

COMUNE DI LAVAGNO

Provincia di Verona



Il Direttore Tecnico
Ing. Domenico MUZZUPAPPA

COPERTURA PIAZZALE ANTISTANTE LA SEDE
BANDA COMUNALE PRESSO LA SCUOLA
SECONDARIA DI 1° GRADO DON LORENZO
MILANI

ESECUTIVO

MODIF.	1		PROT. DIS. N°
	2		SOSTITUISCE IL N°
	3		SOSTITUITO DAL N°

OGGETTO DEL DISEGNO:

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

ALL. N. :

G06

SCALA

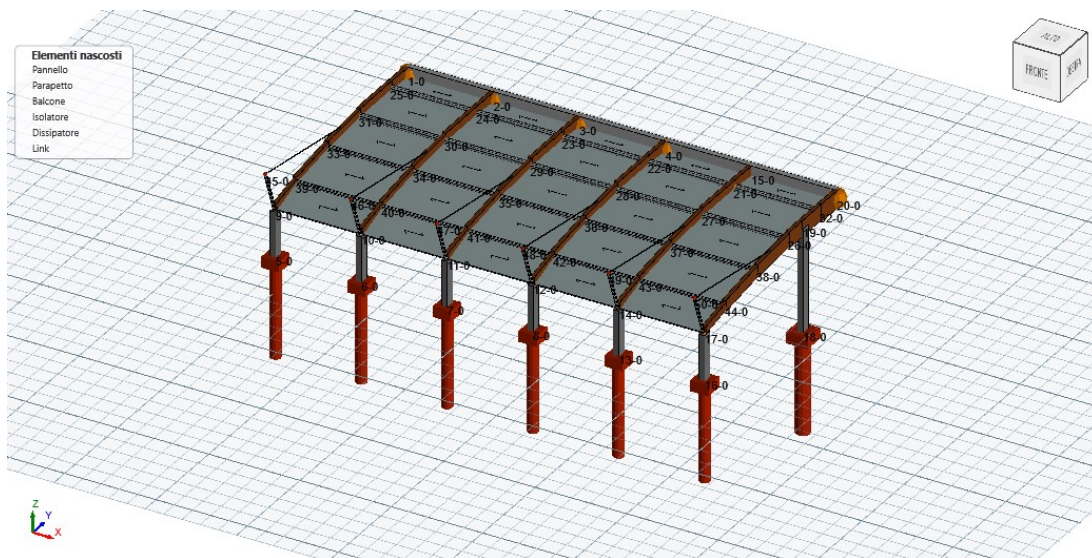
VARIE

IL RUP:
ARCH. FRANCESCA GRATTONI

VERONA Settembre 2021

Comune:
Provincia:

RELAZIONE DI CALCOLO



Archivio: Copertura6.fnx - Data : 29/07/2021

Oggetto:

Committente	Progettista architettonico	Progettista strutturale	Direttore dei Lavori
Geologo	Collaudatore	Appaltatore	

Sommario

1 Introduzione	9
1.1 Premessa	9
1.1.1 Cenni sulla casa produttrice del software	9
1.2 Descrizione dell'opera da calcolare.....	9
1.3 Localizzazione sito	11
1.4 Riferimenti Legislativi	11
1.5 Convenzioni, unità di misura e simboli adottati.....	12
2 Descrizione del Modello	14
2.1 Modello assunto per il calcolo.....	14
2.2 Tipo di calcolo.....	16
2.2.1 Analisi statica lineare.....	16
2.2.2 Analisi dinamica lineare.....	16
2.3 Azioni sulla struttura	18
2.3.1 Azione sismica	18
2.3.1.1 Pericolosità sismica di base	18
2.3.1.2 Azione sismica di progetto	21
2.3.2 Carico vento.....	24
2.3.2.1 Dati del caso in esame	24
2.3.2.2 Pressione del vento	24
2.3.2.3 Pressione cinetica di riferimento.....	25
2.3.2.4 Velocità di riferimento	25
2.3.2.5 Coefficiente di esposizione.....	26
2.3.2.6 Coefficienti aerodinamici c_p	27
2.3.2.7 Valori delle condizioni di carico da valutare.....	28
2.3.3 Azioni di carico elementari	29
2.3.4 Condizioni di carico	30
2.4 Procedura di verifica degli elementi.....	36
2.4.1 Elementi in C.A.	36
2.4.2 Elementi in Acciaio	41
2.4.3 Elementi in Legno	51
3 Dati Struttura.....	56
3.1 Elenco e caratteristiche dei materiali.....	56

3.1.1 Calcestruzzo.....	56
3.1.2 Acciaio per C.A.....	56
3.1.3 Acciaio per carpenteria	57
3.1.4 Legno strutturale.....	57
3.2 Elenco e caratteristiche delle sezioni trasversali.....	57
3.3 Definizione di proprietà meccaniche.....	62
3.4 Stratigrafie del terreno.....	62
3.5 Elenco e caratteristiche delle tipologie di solaio.....	64
3.6 Elenco e caratteristiche dei plinti.....	65
3.7 Geometria Struttura	66
3.7.1 Caratteristiche dei Nodi.....	66
3.7.2 Caratteristiche delle Aste	76
3.7.3 Caratteristiche degli Elementi collegamento a 2 nodi	79
3.7.4 Caratteristiche dei Solai.....	79
3.8 Carichi sulla Struttura	80
3.8.1 Tipologie carichi applicati.....	80
3.8.1.1 Carichi predefiniti Aste	80
3.8.1.2 Carichi predefiniti Solai	81
3.8.2 Carichi sugli elementi	82
3.8.2.1 Carichi Globali distribuiti sulle Aste.....	82
3.8.2.2 Carichi Locali distribuiti sulle Aste	86
3.9 Armature degli elementi strutturali	87
3.9.1 Armature dei Pilastri.....	87
4 Risultati delle Verifiche.....	89
4.1 Riassunto delle verifiche.....	89
4.2 Calcestruzzo armato	91
4.2.1 Pilastri.....	91
4.2.1.1 Flessione composta retta in direzione 2 SLU	91
4.2.1.2 Flessione composta retta in direzione 2 SLV.....	92
4.2.1.3 Flessione composta retta in direzione 3 SLU	92
4.2.1.4 Flessione composta retta in direzione 3 SLV.....	93
4.2.1.5 Taglio SLU	93
4.2.1.6 Taglio SLV.....	94
4.2.1.7 Torsione SLU	95

4.2.1.8 Torsione SLV	95
4.2.1.9 Resistenza massima a compressione sezione cls SLV.....	96
4.2.1.10 Dettagli costruttivi per la duttilità SLV	96
4.2.1.11 Spostamenti relativi (RIG) SLD.....	96
4.2.1.12 Stato Tensionale SLE.....	97
4.2.1.13 Fessurazione SLE.....	97
4.3 Acciaio per carpenterie	98
4.3.1 Travi di Elevazione	98
4.3.1.1 Resistenza (Trazione) SLU.....	98
4.3.1.2 Resistenza (Trazione) SLV	98
4.3.1.3 Resistenza (Compressione) SLU	99
4.3.1.4 Resistenza (Taglio) SLU	99
4.3.1.5 Resistenza (Taglio) SLV	100
4.3.1.6 Resistenza (Taglio + Azione assiale + Flessione) SLU	101
4.3.1.7 Resistenza (Taglio + Azione assiale + Flessione) SLV	101
4.3.1.8 Stabilità (Compressione) SLU	102
4.3.1.9 Stabilità (Compressione) SLV.....	103
4.3.1.10 Deformabilità SLE	103
4.4 Legno	104
4.4.1 Travi di Elevazione	104
4.4.1.1 Resistenza (Flessione) SLU.....	104
4.4.1.2 Resistenza (Flessione) SLV	104
4.4.1.3 Resistenza (Flessione) SLE	105
4.4.1.4 Resistenza (Compressione + Flessione) SLU	105
4.4.1.5 Resistenza (Compressione + Flessione) SLV	107
4.4.1.6 Resistenza (Compressione + Flessione) SLE	108
4.4.1.7 Resistenza (Trazione + Flessione) SLU	109
4.4.1.8 Resistenza (Trazione + Flessione) SLV	110
4.4.1.9 Resistenza (Trazione + Flessione) SLE.....	112
4.4.1.10 Resistenza (Taglio) SLU	113
4.4.1.11 Resistenza (Taglio) SLV	113
4.4.1.12 Resistenza (Taglio + Torsione) SLU	114
4.4.1.13 Resistenza (Taglio + Torsione) SLV	114
4.4.1.14 Instabilità Euleriana SLU	115

4.4.1.15 Instabilità Euleriana SLV	116
4.4.1.16 Svergolamento SLU	117
4.4.1.17 Svergolamento SLV.....	119
4.4.1.18 Deformabilità SLE	120
4.5 Unioni di Forza.....	121
4.5.1 Nodo 1	121
4.5.1.1 UdF 5 (Nodo 1)	121
4.5.2 Nodo 2	121
4.5.2.1 UdF 4 (Nodo 2)	121
4.5.3 Nodo 3	121
4.5.3.1 UdF 3 (Nodo 3)	121
4.5.4 Nodo 4	121
4.5.4.1 UdF 2 (Nodo 4)	121
4.5.5 Nodo 17	121
4.5.5.1 UdF 10 (Nodo 17)	121
4.5.6 Nodo 20	128
4.5.6.1 UdF 1 (Nodo 20)	128
4.5.7 Nodo 21	128
4.5.7.1 UdF 6 (Nodo 21)	128
4.5.8 Nodo 22	140
4.5.8.1 UdF 7 (Nodo 22)	140
4.5.9 Nodo 23	152
4.5.9.1 UdF 8 (Nodo 23)	152
4.5.10 Nodo 24	164
4.5.10.1 UdF 9 (Nodo 24)	164
5 Allegato A - Relazione Plinti.....	177
5.1 Dati Struttura.....	177
5.1.1 Elenco e caratteristiche dei materiali.....	177
5.1.1.1 Calcestruzzo.....	177
5.1.1.2 Acciaio per C.A.....	177
5.1.1.3 Acciaio per carpenteria	178
5.1.2 Elenco e caratteristiche dei plinti.....	178
5.2 Risultati delle Verifiche.....	179
5.2.1 Riassunto delle verifiche	179

5.2.2 Calcestruzzo armato	180
5.2.2.1 Plinti (Corpo).....	180
5.2.2.2 Pali	180
5.2.2.2.1 Flessione deviata SLU	181
5.2.2.2.2 Flessione deviata SLV	181
5.2.2.2.3 Taglio SLU	181
5.2.2.2.4 Taglio SLV.....	182
5.2.2.2.5 Resistenza massima a compressione SLV.....	183
5.2.2.2.6 Carico limite orizzontale.....	184
5.2.2.2.7 Carico limite verticale.....	184
5.2.2.2.8 Instabilità SLU	185
5.2.2.2.9 Instabilità SLV	185
5.2.2.2.10 Fessurazione SLE.....	186
5.2.2.2.11 Tensioni di esercizio SLE	186
5.2.2.2.12 Cedimenti SLE.....	187
5.2.3 Analisi Cedimenti Plinti-Pali.....	187
6 Allegato B - Schemi Grafici di Calcolo.....	188
7 Allegato C - Giudizio motivato di accettabilità dei risultati (§10.2 NTC 2018)	189
7.1 Informativa sull'affidabilità dei codici	189
7.2 Dichiarazione sull'accettabilità dei risultati.....	222
8 Relazione Geotecnica	223
8.1 Riferimenti Legislativi	223
8.2 Descrizione dell'opera e degli interventi.....	223
8.3 Descrizione delle fondazioni.....	223
8.3.1 Tipologie di plinti/pali di fondazione utilizzate	224
8.3.2 Caratteristiche dei Nodi con la loro ubicazione in pianta	224
8.4 Relazione Geotecnica (DM 17/01/2018 CAP. 6 e CIRC. CSLLPP n. 7 del 21/01/2019)	225
8.4.1 Problemi geotecnici e scelte tipologiche.....	225
8.4.2 Descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche	226
8.4.3 Caratterizzazione fisico meccanica dei terreni e definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici	226
8.4.4 Caratterizzazione sismica della categoria di sottosuolo, modelli geotecnici di sottosuolo e metodi di analisi	228
8.4.5 Verifica della sicurezza e delle prestazioni: identificazione stati limite	228
8.4.6 Teoria di calcolo capacità portante fondazioni profonde	229

8.4.6.1 Teoria di calcolo carico limite laterale fondazioni profonde.....	229
8.4.6.2 Teoria di calcolo carico limite verticale fondazioni profonde	230
8.4.7 Verifica capacità portante fondazioni (7.11.5.3.1 e 7.11.5.3.2 del DM 17/01/2018)	231
8.4.7.1 Verifica capacità portante a carichi trasversali di Pali di Fondazione (Pali in CA)	232
8.4.7.2 Verifica capacità portante a carichi verticali di Pali di Fondazione (Pali in CA).....	232
8.4.8 Verifica dello Stato Limite d'Esercizio per le fondazioni superficiali (6.4.2.2 del DM 17/01/2018)	233
8.4.8.1 Verifica allo Stato Limite d'Esercizio Pali di Fondazione (Pali in CA).....	233
8.4.8.2 Analisi Cedimenti Plinti-Pali.....	234
9 Relazione sulle Fondazioni	235
9.1 Riferimenti Legislativi	235
9.2 Descrizione delle fondazioni.....	235
9.2.1 Tipologie di plinti/pali di fondazione utilizzate	235
9.2.2 Caratteristiche dei Nodi con la loro ubicazione in pianta	236
9.3 Categoria di sottosuolo e definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici	237
9.4 Relazione sulle Fondazioni (DM 17/01/2018 e CIRC. CSLLPP n. 7 DEL 21/01/2019)	239
9.4.1 Scelta del tipo di fondazioni	239
9.4.2 Ipotesi assunte ed analisi dei risultati nei riguardi del complesso terreno - opera di fondazione.....	239
10 Relazione sui Materiali	241
10.1 Materiali in genere	241
10.2 Calcestruzzi.....	241
10.3 Acciai per c.a.....	243
10.4 Acciai per carpenteria.....	244
10.5 Legno da costruzione.....	246
10.6 Prove sui Materiali.....	247

1 Introduzione

1.1 Premessa

La presente relazione di calcolo è stata redatta ai sensi del §10.2 delle NTC 2018 e del §C.10.2 della Circolare esplicativa CSLLPP n.7/2019 con tutta la cura necessaria affinché la presentazione delle impostazioni del calcolo e dei risultati finali ne garantisca la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità.

La relazione di calcolo, a tal fine, comprende, senza ambiguità ed in modo esaustivo:

- tipo di analisi svolta (vedi par. *“Tipo di calcolo”*);
- metodologie adottate per la risoluzione del problema strutturale (vedi par. *“Modello assunto per il calcolo”*);
- metodologie seguite per le verifiche o per il progetto-verifica delle sezioni (vedi par. *“Procedura di verifica degli elementi”*);
- combinazioni di carico adottate (vedi par. *“Condizioni di carico”*);
- criteri seguiti per la modellazione (vedi par. *“Dati struttura”*);
- titolo, autore, produttore, distributore, versione, estremi della licenza o di altro titolo d’uso (vedi par. *“Cenni sulla casa produttrice del software”*);
- documentazione fornita dal produttore e dal distributore a corredo del programma (vedi Allegato *“Giudizio motivato di accettabilità dei risultati”*):
 - a. una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati;
 - b. l’individuazione dei campi d’impiego;
 - c. i casi di prova interamente risolti e commentati con files di input che consentano la riproduzione dell’elaborazione

Si allega dichiarazione sulla valutazione dell’affidabilità e soprattutto dell’idoneità del programma nel caso specifico di applicazione in funzione degli esami condotti dal Progettista Strutturale (vedi par. *“Dichiarazione sull’accettabilità dei risultati”*).

Sono parte integrante gli schemi grafici rappresentativi delle sollecitazioni della struttura e delle configurazioni delle deformate dei diagrammi di involuppo associati alle combinazioni di carichi considerate (vedi Allegato *“Schemi grafici di calcolo”*).

Si sottolinea, infine, che i tabulati forniti dal software, cui la Relazione di calcolo fa riferimento ne costituiscono un allegato (vedi elaborato *“Tabulati di calcolo”*).

1.1.1 Cenni sulla casa produttrice del software

La relazione seguente riporta i dati relativi ai criteri di progettazione, alla geometria, alla meccanica della struttura descritta al relativo paragrafo, nonché i relativi risultati dei calcoli strutturali così come ricavati dal calcolatore elettronico tramite l’utilizzo del Software “FaTA Next” prodotto e distribuito da Stacec srl con sede in Bovalino (RC), e concesso in licenza al responsabile dei calcoli stessi.

FaTA Next è un programma sviluppato specificatamente per la progettazione e la verifica di edifici tridimensionali multipiano ed industriali realizzati con elementi strutturali in C.A., in Acciaio, in legno (massiccio e/o lamellare) o in muratura.

FaTA Next articola le operazioni di progetto secondo tre fasi distinte:

- 1) **preprocessore**: fase di Input dove viene definita e modellata interamente la struttura;
- 2) **solutore**: fase di elaborazione della struttura tramite un solutore agli elementi finiti;
- 3) **post-processore**: fase di verifica degli elementi, creazione degli elaborati grafici e della relazione di calcolo.

1.2 Descrizione dell’opera da calcolare

Comune :
Provincia :
Oggetto :

Committente :
Indirizzo :
Comune :
Provincia :
Telefono :
Indirizzo Email :

Progettista :
Architettonico :
Indirizzo :
Comune :
Provincia :
Telefono :
Indirizzo Email :
Indirizzo PEC :

Progettista Strutturale :
Indirizzo :
Comune :
Provincia :
Telefono :
Indirizzo Email :
Indirizzo PEC :

Direttore dei Lavori :
Indirizzo :
Comune :
Provincia :
Telefono :
Indirizzo Email :
Indirizzo PEC :

Geologo :
Indirizzo :
Comune :
Provincia :
Telefono :
Indirizzo Email :
Indirizzo PEC :

Collaudatore :
Indirizzo :
Comune :
Provincia :
Telefono :
Indirizzo Email :
Indirizzo PEC :

Appaltatore :
Indirizzo :
Comune :
Provincia :
Telefono :
Indirizzo Email :

Indirizzo PEC :

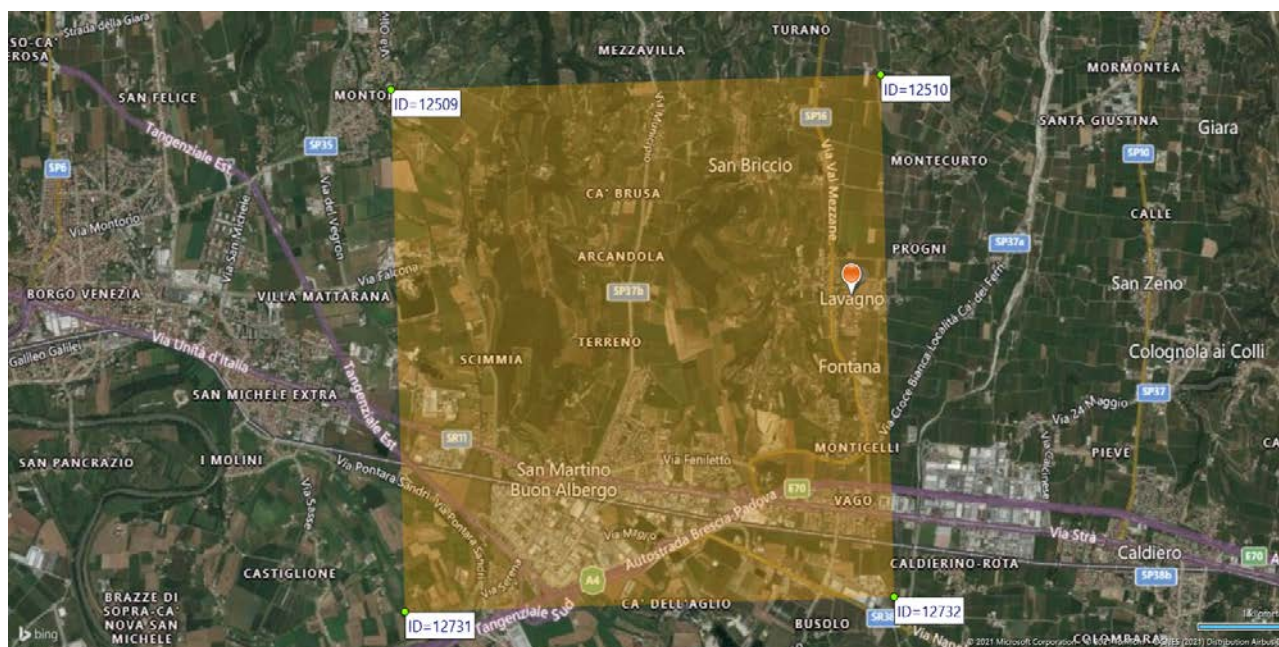
Nome File : Copertura6.fnx

1.3 Localizzazione sito

Descrizione sito : Via Palazzina 14, 37030 Lavagno Verona

Coordinate del sito

Latitudine (WGS84) : 45°.4397
 Longitudine (WGS84) : 11°.1352
 Latitudine (ED50) : 45°.4406
 Longitudine (ED50) : 11°.1362
 Altezza s.l.m. : 62.55 m



1.4 Riferimenti Legislativi

Tutte le operazioni illustrate nel proseguo, relative all'analisi della struttura ed alle verifiche sugli elementi sono state effettuate in piena conformità alle seguenti norme:

UNI ENV 1992-1-1: Eurocodice 2:

"Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"

UNI ENV 1993-1-1: Eurocodice 3:

"Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici."

UNI ENV 1998-1-1: Eurocodice 8:

"Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 1-1: Regole generali."

D.M. 17/01/2018:

"Norme tecniche per le costruzioni."

Circolare CSLPP n. 7 del 21/01/2019:

"Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018."

CNR-DT 200 R1/2013 del 15/05/2014:

"Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati."

1.5 Convenzioni, unità di misura e simboli adottati

Nei calcoli sono state utilizzate le seguenti unità:

- distanze : cm
- forze, tagli, e sforzi normali : kN
- coppie e momenti flettenti : kNm
- carichi sulle aste : kN/m²
- carichi su superfici : kN/m²
- peso specifico : kN/m³
- tensioni e resistenze : N/mm²
- temperatura : °C

I simboli adottati hanno il seguente significato:

- q : fattore di comportamento;
- R_{ck} : Resistenza caratteristica cubica a compressione del calcestruzzo;
- f_{ck} : Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo;
- E_c : Modulo elastico secante del calcestruzzo;
- E_{ct} : Modulo elastico a trazione del calcestruzzo
- f_{cd} : Resistenza di calcolo del calcestruzzo;
- f_{ctk} : Resistenza caratteristica a trazione;
- ν : Coefficiente di Poisson;
- α_t : Coefficiente di dilatazione termica;
- γ_s : peso specifico;
- f_{yk} : Resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio;
- f_{tk} : Resistenza caratteristica di rottura dell'acciaio;
- f_d : resistenza di calcolo dell'acciaio;
- A : Superficie della sezione trasversale;
- $[R]$: Elemento con rinforzo;
- J_X : Momento di inerzia rispetto all'asse X;
- J_Y : Momento di inerzia rispetto all'asse Y;
- J_{XY} : Momento di inerzia centrifugo rispetto agli assi X ed Y;
- J_T : Fattore torsionale;
- N : sforzo normale;
- M_T : Momento Torcente;
- M_{XZ} : Momento Flettente X-Z;
- T_{XZ} : Taglio X-Z;
- M_{XY} : Momento Flettente X-Y;
- T_{YX} : Taglio X-Y;
- f_i : Frequenza del modo i-esimo;
- T_i : Periodo del modo i-esimo;
- Γ_X : Fattore di partecipazione del modo i-esimo in direzione x;
- Γ_Y : Fattore di partecipazione del modo i-esimo in direzione y;
- Γ_Z : Fattore di partecipazione del modo i-esimo in direzione z;
- N_{sd} : Sforzo Normale sollecitante di calcolo;
- $M_{sd,XZ}$: Momento Flettente X-Z sollecitante di calcolo;

$M_{Sd,XY}$: Momento Flettente X-Y sollecitante di calcolo;
 M_{tS} : Momento Torcente sollecitante di calcolo;
 $V_{Sd,XZ}$: Taglio X-Z sollecitante di calcolo;
 $V_{Sd,XY}$: Taglio X-Y sollecitante di calcolo;
 N_{Rd} : Sforzo Normale resistente di calcolo;
 $M_{Rd,XZ}$: Momento Flettente X-Z resistente di calcolo;
 $M_{Rd,XY}$: Momento Flettente X-Y resistente di calcolo;
 M_{tR} : Momento Torcente resistente di calcolo;
 $V_{Rd,XZ}$: Taglio X-Z resistente di calcolo;
 $V_{Rd,XY}$: Taglio X-Y resistente di calcolo;
 σ_C : Tensioni del calcestruzzo;
 σ_S : Tensioni delle armature;
 $\sigma_{C,lim}$: Tensioni limite del calcestruzzo;
 $\sigma_{S,lim}$: Tensioni limite dell'acciaio;
 f/l : rapporto freccia/lunghezza;
 f_{lim} : valore limite del rapporto freccia/lunghezza;

2 Descrizione del Modello

2.1 Modello assunto per il calcolo

L'analisi numerica della struttura è stata condotta attraverso l'utilizzo del metodo degli elementi finiti ipotizzando, a seconda dei casi, un comportamento elastico-lineare oppure elastoplastico.

Il metodo degli elementi finiti consiste nel sostituire il modello continuo della struttura con un modello discreto equivalente e di approssimare la funzione di spostamento con polinomio algebrico, definito in regioni (dette appunto elementi finiti) che sono delle funzioni interpolanti il valore di spostamento definito in punti discreti (detti nodi).

Gli elementi finiti utilizzabili ai fini della corretta modellazione della struttura verranno descritti di seguito.

Il modello di calcolo può essere articolato sulla base dell'ipotesi di impalcato rigido, in funzione della reale presenza di solai continui atti ad irrigidire tutto l'impalcato.

Tale ipotesi viene realizzata attraverso l'introduzione di adeguate relazioni cinematiche tra i gradi di libertà dei nodi costituenti l'impalcato stesso.

Il metodo di calcolo adottato, le combinazioni di carico, e le procedure di verifica saranno descritte di seguito.

Riferimento globale e locale

La struttura viene definita utilizzando una terna di assi cartesiani formanti un sistema di riferimento levogiro, unico per tutti gli elementi e chiamato "globale". Localmente esiste un ulteriore sistema di riferimento, detto appunto "locale", utile alla definizione delle caratteristiche di rigidezza dei singoli elementi.

I due sistemi di riferimento sono correlati da una matrice, detta di rotazione.

Modellazione geometrica della struttura

Il modello geometrico (mesh) della struttura è basato sull'utilizzo dei seguenti elementi:

- Nodi

Si definiscono nodi, entità geometriche determinate tramite le tre coordinate nel riferimento globale.

I nodi, nello spazio tridimensionale, posseggono tre gradi di libertà traslazionali e tre rotazionali.

Essi sono posizionati in modo da definire gli estremi degli elementi finiti e, di regola, in ogni discontinuità strutturale, di carico, di caratteristiche meccaniche, di campo di spostamento.

- Vincoli e Molle

I gradi di libertà possono essere vincolati, bloccando il cinematismo nella direzione voluta o assegnando "molle" applicate ai nodi tramite valori di rigidezza finiti.

Un vincolo assegna a priori un valore di spostamento nullo, e quindi la variabile corrispondente viene eliminata.

- Vincoli interni

Tali vincoli servono a definire le modalità di trasmissione degli sforzi dall'elemento finito ai nodi. Ciò viene associato al concetto di trasferimento della rigidezza.

Generalmente l'elemento considerato è rigidamente connesso ai nodi che lo definiscono, in modo da bloccare tutti i gradi di libertà relativi. E' possibile, comunque "rilasciare" le caratteristiche delle sollecitazioni, in modo da svincolare i gradi di libertà corrispondenti. Nel caso particolare, il modello utilizzato consente di svincolare le tre rotazioni intorno agli assi locali dell'asta.

- Aste

Si tratta di elementi finiti monodimensionali ad asse rettilineo delimitate da due nodi (i nodi di estremità).

Per questi elementi generalmente la funzione interpolante è quella del modello analitico per cui la mesh non influisce sensibilmente sulla convergenza.

Le aste sono dotate di rigidezza assiale, flessionale, e a taglio, secondo il modello classico della trave inflessa di Eulero-Bernoulli e/o Timoshenko.

Alla singola asta è possibile associare una sezione costante per tutta la sua lunghezza.

- Asta su suolo elastico

Si tratta di elementi finiti monodimensionali ad asse rettilineo, di definizione simile alle aste. Sono utili a modellare travi

di fondazione, considerate poggianti su suolo alla **Winkler**, e reagenti sia rispetto alle componenti traslazionali di cinematismo, sia rotazionali.

-Asta con plasticità diffusa

Si tratta di un elemento finito monodimensionale in grado di modellare la risposta elastoplastica in ogni punto dello stesso. A tal proposito l'asse della trave viene discretizzato in un numero finito di sezioni (significative ai fini dell'integrazione numerica) ognuna delle quali viene a sua volta suddivisa in un certo numero di fibre. La risposta 3d assiale e flessionale viene ottenuta attraverso l'integrazione delle sollecitazioni relative alla singola fibra sull'intera sezione trasversale.

- Lastra-Piastra

Si tratta di elementi finiti bidimensionali, definiti da tre o quattro nodi, posti ai vertici rispettivamente di un triangolo o di un quadrilatero irregolare. La geometria reale dell'elemento viene ricondotta ad un triangolo rettangolo (elemento a tre nodi) o ad un quadrato definito nella trattazione isoparametrica.

L'elemento lastra-piastra non ha rigidità per la rotazione intorno all'asse perpendicolare al suo piano e viene trattato secondo la teoria di **Mindlin-Reissner**. Nel modello considerato si tiene conto dell'accoppiamento tra azioni flessionali e membranali.

- Forze e coppie concentrate

Per la risoluzione statica della struttura, tutti i carichi applicati agli elementi vengono trasferiti ai nodi. Ciò avviene in automatico per il peso delle aste, delle piastre, delle pareti, dei pannelli di carico presenti sulle aste e per la distribuzione di carico applicate

agli elementi bidimensionali.

Il modello di calcolo consente anche l'introduzione di forze e coppie ai nodi.

Le forze sono dirette lungo le tre direzioni del sistema di riferimento globale ed in entrambi i versi per ogni direzione.

Le coppie concentrate sono riferite ai tre assi del riferimento globale, in entrambi i versi di rotazione di ciascun asse.

- Carichi distribuiti

Il modello di calcolo consente anche l'introduzione di carichi ripartiti sulle aste e di distribuzione di carico su piastre e pareti.

I carichi ripartiti sulle aste possono essere riferite sia al riferimento globale, sia al riferimento locale, lungo le tre direzioni ed in entrambe i versi. E' possibile anche introdurre carichi distribuiti torcenti agenti intorno all'asse dell'asta ed in entrambe i versi di rotazione.

Tutti i tipi di carico ripartito devono avere forma trapezia.

Sugli elementi bidimensionali, che fanno parte della mesh di piastre e pareti, è possibile assegnare una distribuzione uniforme, avente le caratteristiche di una pressione diretta ortogonalmente all'elemento.

- Pannelli di carico

Il pannello di carico è un concetto legato alla reale distribuzione di carichi gravanti sulle aste. Ne fanno parte: solai, balconi, scale.

Da tali pannelli, di forma irregolare come definiti dalla geometria dell'input, si passa alla quantificazione dei carichi trapezoidali ripartiti sulle aste. Per meglio simulare l'effetto dei pannelli, vengono generati in modo automatico anche dei carichi ripartiti torcenti, anch'essi di forma trapezia, relativi ai carichi distribuiti equivalenti al pannello.

- Sezioni

Le sezioni assegnabili alle aste sono definite attraverso le caratteristiche geometrico-elastiche, i moduli di resistenza plastici (sezioni in acciaio) ed il materiale.

Materiali

I parametri che descrivono il comportamento meccanico dei materiali variano in funzione di:

- Natura del materiale;
- Tipo di analisi (Lineare o non Lineare);
- Modello meccanico adottato.
- Comportamento isotropo, ortotropo ed anisotropo.

Oltre a questi vengono associati anche il peso dell'unità di volume ed il coefficiente di dilatazione termica.

Matrici di calcolo della struttura

Dalla discretizzazione geometrica della struttura vengono definite le matrici utili a studiare il comportamento globale della struttura in esame.

- Matrice di rigidezza

Tale matrice viene costruita partendo dalla matrice di rigidezza espressa nel sistema di riferimento locale dell'elemento considerato. Attraverso un'operazione di trasformazione, mediante la matrice di rotazione, viene riferita al sistema di riferimento globale. L'ultima operazione consiste nell'"assemblaggio" delle singole matrici di ogni elemento, in modo da formare un'unica matrice relativa all'intera struttura.

- Matrice delle masse

La generazione della matrice globale è del tutto analoga a quella sopra descritta per la matrice di rigidezza. La matrice delle masse è di tipo "consistent" e considera l'effettiva distribuzione delle masse della struttura. Come definito dalla normativa, alle masse relative ai carichi permanenti, viene aggiunta un'aliquota delle masse equivalenti ai carichi d'esercizio.

- Matrice di smorzamento

Il modello di smorzamento adottato è di tipo viscoso ed in modo particolare quello di **Rayleigh** detto anche smorzamento proporzionale. Secondo tale modello la matrice di smorzamento viene calcolata secondo la relazione:

$$C = \alpha M + \beta K$$

dove α e β sono le costanti di smorzamento di **Rayleigh**.

2.2 Tipo di calcolo

2.2.1 Analisi statica lineare

Il calcolo risolutivo della struttura viene condotto utilizzando un sistema di equazioni lineari (di dimensioni pari ai gradi di libertà), secondo la relazione:

$$u = K^{-1} F$$

dove:

- F** : vettore dei carichi risultanti applicate ai nodi;
- u** : vettore dei cinematismi nodali;
- K** : matrice di rigidezza globale.

Tale analisi è stata ripetuta per tutte le condizioni presenti sulla struttura, identificati dai vettori dei carichi relativi a:

- carichi permanenti;
- carichi d'esercizio;
- delta termico;
- torsioni accidentali;
- carichi utente;

2.2.2 Analisi dinamica lineare

L'analisi sismica nella componente orizzontale è basata sulla teoria ed i concetti propri dell'analisi modale.

L'analisi modale consente di determinare le oscillazioni libere della struttura discretizzata.

Tali modi di vibrare sono legati agli autovalori e autovettori del sistema dinamico generalizzato, che può essere riassunto in:

$$K a = \omega^2 M a$$

dove:

K : matrice di rigidezza globale;
 M : matrice delle masse globale;
 a : autovettori (forme modali);
 ω^2 : autovalori del sistema generalizzato.

La frequenza f dei modi di vibrare è calcolata mediante la seguente formula:

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

Il periodo T è calcolato come:

$$T = \frac{1}{f}$$

I "fattori di partecipazione modali" possono essere calcolati mediante la seguente formula:

$$\Gamma_i = \phi_i^T M I$$

dove:

ϕ_i : autovettori normalizzati relativi al modo i -esimo;
 I : vettore di trascinamento (o di direzione di entrata del sisma).

Per ogni direzione del sisma vengono scelti i modi efficaci al raggiungimento del valore imposto dalla normativa (85%). Il parametro di riferimento è il "fattore di partecipazione delle masse", la cui formulazione è:

$$\Lambda_{xi} = \frac{\Gamma_i^2}{M_{tot}}$$

I cinematismi modali vengono calcolati come:

$$u_i = \phi_i \Gamma_i \frac{S_d(T_i)}{\omega_i^2}$$

dove:

$S_d(T_i)$: ordinata spettro di risposta orizzontale o verticale;
 ω^2 : autovalore del modo i -esimo.

Gli effetti relativi ai modi di vibrare, vengono combinati utilizzando la combinazione quadratica completa (CQC):

$$E = \sqrt{\sum_i \sum_j \rho_{ij} E_i E_j}$$

con ρ_{ij} rappresenta il coefficiente di correlazione tra il modo i -esimo ed il modo j -esimo ed ha la seguente espressione:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2(1 + \beta_{ij})\beta_{ij}^{3/2}}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4\xi^2\beta_{ij}(1 + \beta_{ij}^2) + 8\xi^2\beta_{ij}^2}$$

dove:

ξ : rapporto di smorzamento viscoso;
 β_{ij} : rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia di modi f_i/f_j ;
 E_i ed E_j : effetti considerati in valore assoluto.

La condizione "Torsione Accidentale" contiene il momento torcente generato dalla forza sismica di piano per l'eccentricità calcolata in funzione della dimensione massima dell'ingombro in pianta nella direzione ortogonale a

quella considerata.(5%).

2.3 Azioni sulla struttura

2.3.1 Azione sismica

La valutazione delle azioni sismiche sulle strutture viene condotta in relazione ad un periodo di riferimento c che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U (§2.4.3 NTC 2018).

Nel caso specifico risulta:

$V_N = 50$ anni (Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale)

$C_U = 1.0$ anni (Classe d'uso II §2.4.2 NTC 2018)

$V_R = 50$ anni

Gli stati limite nei confronti dell'azione sismica, in relazione alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, si dividono in:

Stati limite di esercizio

Stato Limite di Operatività (**SLO**);

Stato Limite di Danno (**SLD**).

Stati limite ultimi

Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**);

Stato Limite di prevenzione del Collasso (**SLC**).

Per ciascuno degli stati limite considerati viene associata una probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} (Tab. 3.2.I. NTC 2018).

Per ogni valore di P_{V_R} viene calcolato il periodo di ritorno medio T_R di un evento avente quell'entità attraverso la seguente relazione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

i valori così ottenuti vengono riportati nella seguente tabella:

Stato limite	$P_{V_R}[\%]$	$T_R[\text{anni}]$
SLO	81	30
SLD	63	50
SLV	10	475
SLC	5	975

2.3.1.1 Pericolosità sismica di base

L'elemento di conoscenza primario per la valutazione delle azioni sismiche in un determinato sito è rappresentato dalla "pericolosità sismica di base". Questa viene espressa, per ogni stato limite, in funzione della probabilità di superamento P_{V_R} in termini di spettro di risposta in accelerazione per un suolo di categoria **A**.

I parametri che identificano la pericolosità sismica di base sono:

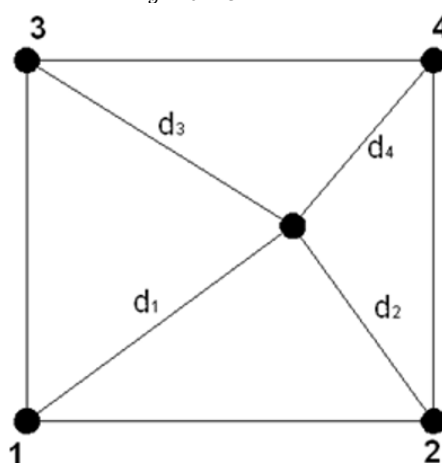
- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono forniti dalla norma (NTC 2018), per diversi periodi di ritorno T_R , su tutto il territorio nazionale in un numero di punti che definiscono un reticolo di riferimento. Pertanto, per ogni punto del territorio nazionale è possibile individuare quattro punti del reticolo in modo da definire una maglia. I parametri sismici di tale punto si ottengono da quelli della maglia attraverso la seguente relazione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- p : generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) da calcolare per il punto oggetto di studio;
- d_i : distanza tra il punto oggetto di studio e l' i -esimo punto della maglia;
- p_i : valore del generico parametro (a_g, F_0, T_C^*) nell' i -esimo punto della maglia.



Nel caso specifico si ha:

Coordinate del sito

Latitudine (ED50): 45°.4406

Longitudine (ED50): 11°.1362

Identificativi e coordinate (Datum ED50) dei punti che includono il sito		
Numero punto	Latitudine [°]	Longitudine [°]
12510	45°.4620	11°.1404
12731	45°.4106	11°.0713
12732	45°.4120	11°.1424
12509	45°.4606	11°.0693

	Parametri dello spettro di risposta orizzontale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
Tempo di ritorno [anni]	475	975	50	30
Accelerazione sismica [g]	0.155	0.201	0.055	0.041
Coefficiente F_0	2.43	2.471	2.496	2.501
Periodo T_C^* [sec]	0.277	0.28	0.25	0.237

Una volta valutati i parametri che definiscono la pericolosità sismica di base è possibile calcolare le ordinate spettrali degli spettri di risposta in accelerazione mediante le seguenti relazioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T$$

$$S_e(T) = a_g F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Dove:

F_0 : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;

T_C : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

$$T_C = T_C^*$$

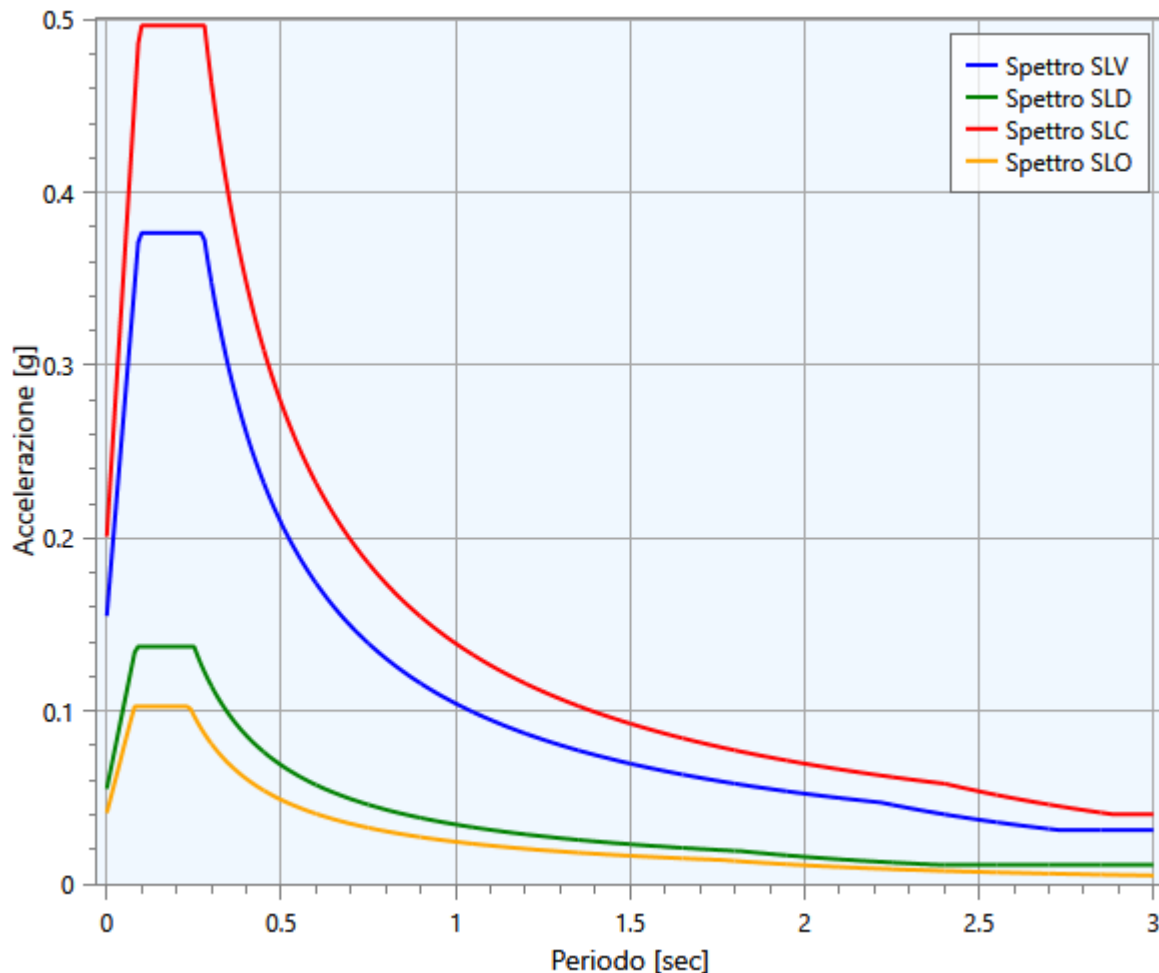
T_B : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

T_D : è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4.0 \frac{a_g}{g} + 1.6$$

Le forme spettrali così valutate vengono riportate per ogni stato limite nella figura seguente.



	Periodi caratteristici dello spettro di risposta orizzontale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
$T_B[sec]$	0.092	0.093	0.083	0.079
$T_C[sec]$	0.277	0.28	0.25	0.237
$T_D[sec]$	2.22	2.404	1.82	1.764
C_c	1.00	1.00	1.00	1.00

	Periodi caratteristici dello spettro di risposta verticale			
	SLV	SLC	SLD	SLO
$T_B[sec]$	0.05	0.05	0.05	0.05
$T_C[sec]$	0.15	0.15	0.15	0.15
$T_D[sec]$	1.00	1.00	1.00	1.00
C_c	1.00	1.00	1.00	1.00

2.3.1.2 Azione sismica di progetto

La definizione dell'azione sismica di progetto necessita di studi opportuni in merito agli effetti della risposta sismica locale. Tuttavia, per come specificato al §3.2.2 dell'NTC 2018, in assenza di tali analisi è possibile far riferimento all'approccio semplificato proposto dalla stessa normativa che si basa sull'individuazione di una categoria di sottosuolo. Valutata tale categoria da parte del progettista, in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, la norma fornisce dei parametri che modificano lo spettro di risposta per tenere conto degli effetti di sito. Tali parametri vengono riportati nella Tabella 3.2.V dello stesso NTC e per il caso oggetto di studio (Categoria **A**), per i diversi stati limite, risultano:

Stato limite	S_s	C_c
SLO	1.00	1.00
SLD	1.00	1.00
SLV	1.00	1.00
SLC	1.00	1.00

Inoltre, per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tabella 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento. Per il caso in esame (Categoria **T1**) si ha:

$$S_T = 1.0$$

Attraverso tali parametri le forme spettrali vengono calcolate per come segue:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

dove:

S : coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

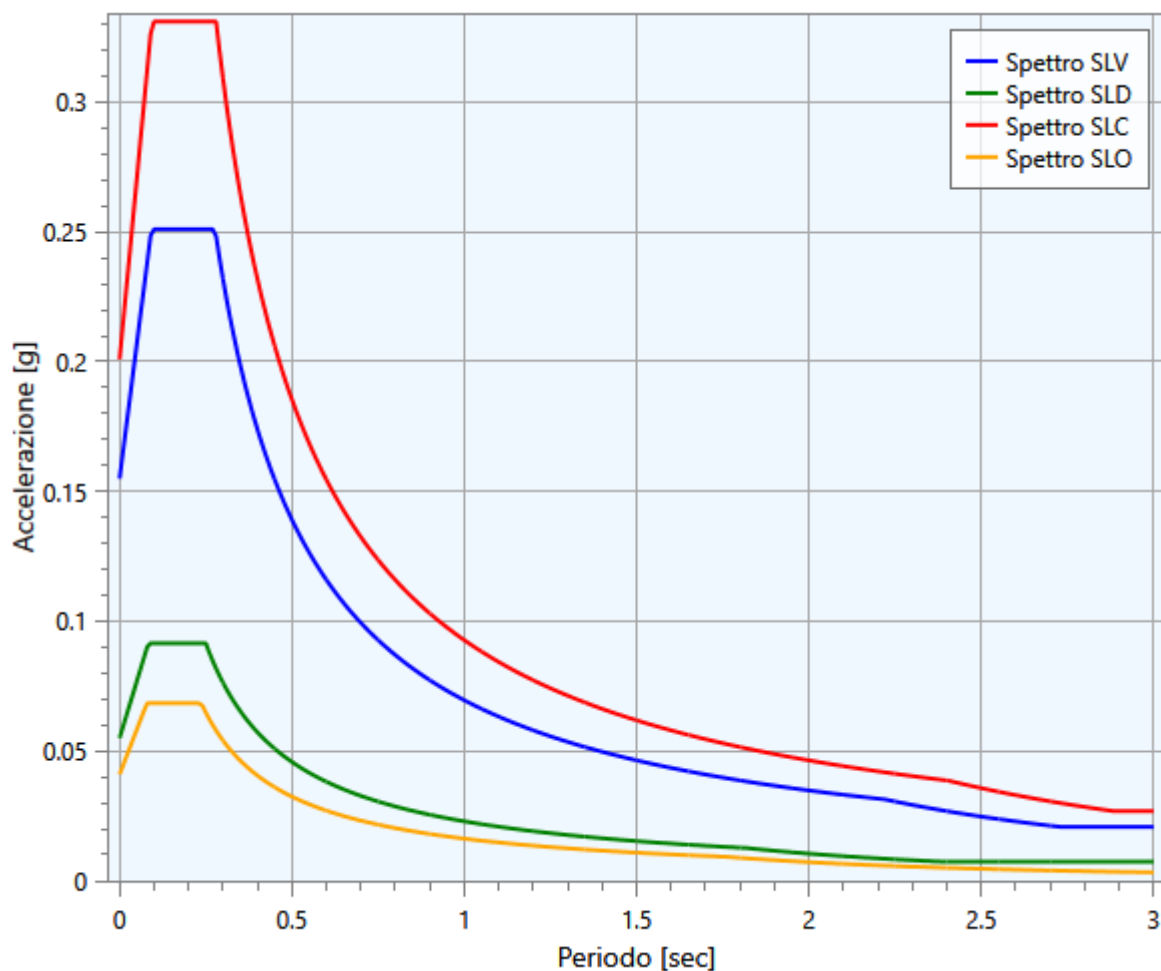
$$S = S_s S_T$$

η : fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\xi = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione; Per il caso in esame, assunto uno smorzamento convenzionale $\xi = 5\%$, gli spettri di progetto della componente

orizzontale del moto vengono riportati nel grafico seguente.



Qualora necessari, gli spettri di risposta che definiscono la componente verticale del moto sismico possono essere calcolati sostituendo nelle equazioni appena viste il coefficiente F_0 con F_V , calcolato mediante la seguente equazione:

$$F_V = 1.35 F_0 \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$$

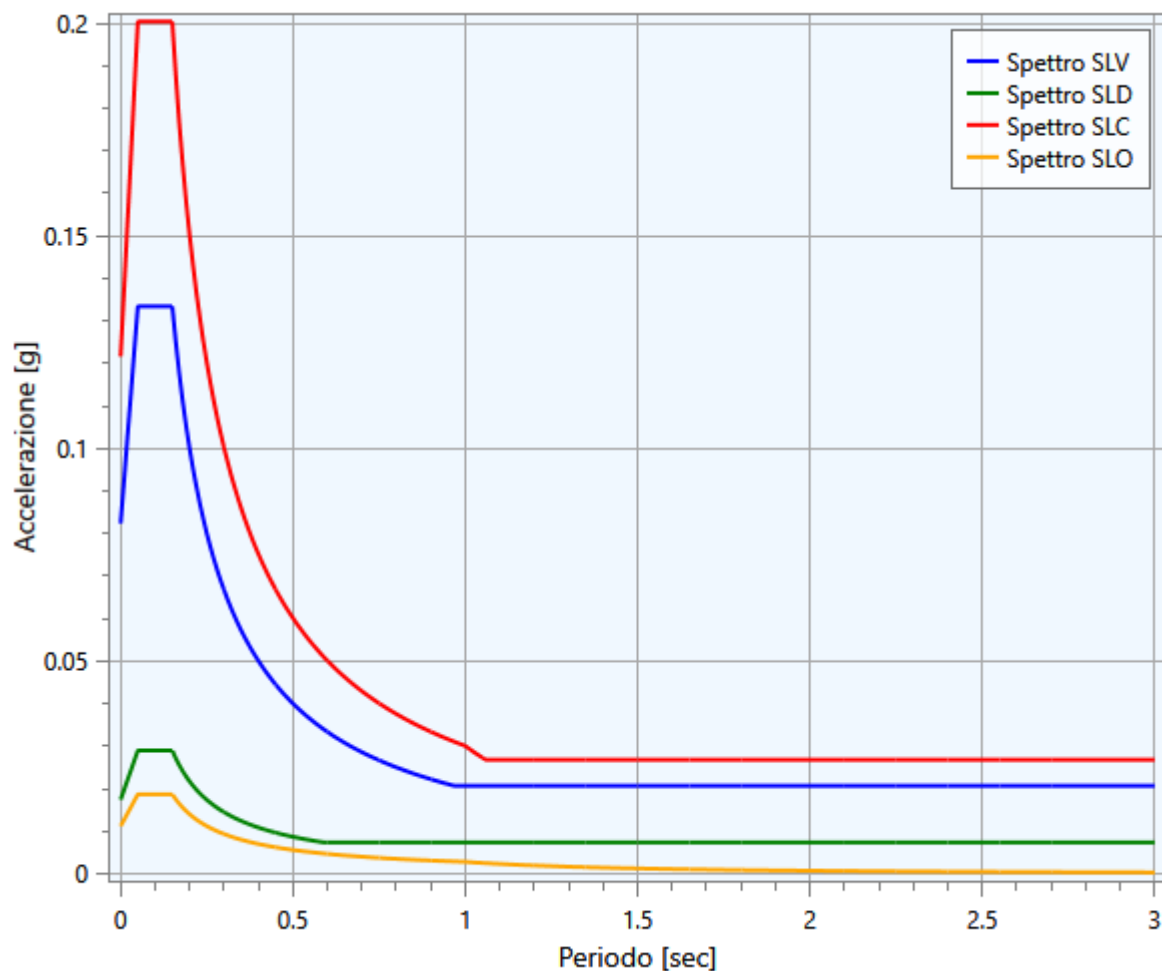
Ed utilizzando, in mancanza di analisi specifiche, per ogni categoria di sottosuolo i seguenti parametri:

$$S_S = 1.00; T_B = 0.05 \text{ sec}; T_C = 0.15 \text{ sec}; T_D = 1.00 \text{ sec}$$

Per il caso in esame, per ogni stato limite, i valori del coefficiente F_V risultano:

Stato limite	F_V
SLO	0.68
SLD	0.79
SLV	1.29
SLC	1.50

e di seguito vengono rappresentate le forme spettrali.



Con le analisi lineari mediante l'utilizzo dello spettro di progetto $S_d(T)$ per gli stati limite ultimi, viene effettuata la seguente sostituzione:

$$\eta = \frac{1}{q}$$

Il parametro q , chiamato fattore di comportamento, assume i seguenti valori:

Fattore di comportamento in direzione X (q_x)	1.50
Calcolato considerando i seguenti parametri	
Tipo Struttura	Calcestruzzo
Regolarità in elevazione	NO
Regolarità in pianta	NO
Kr	0.80
Tipologia Edificio	Strutture a telaio a un piano
au / a1	1.05
Tipologia Strutturale	Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste
Modalità di collasso	Strutture a telaio e miste equivalenti a telai
α_0	0.00
Kw	1.00

Fattore di comportamento in direzione Y (q_y)	1.50
Calcolato considerando i seguenti parametri	
Tipo Struttura	Calcestruzzo
Regolarità in elevazione	NO
Regolarità in pianta	NO
Kr	0.80
Tipologia Edificio	Strutture a telaio a un piano
au / a1	1.05

Tipologia Strutturale	Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste
Modalità di collasso	Strutture a telaio e miste equivalenti a telai
α_0	0.00
Kw	1.00

Fattore di comportamento in direzione Z (q_x)	1.50
-------------------------------------------------------------------	-------------

Il progetto della struttura è stato effettuato considerando un comportamento non dissipativo.

2.3.2 Carico vento

Di seguito sono fornite le indicazioni per la determinazione dei valori dei carichi statici equivalenti al vento da impiegarsi nella progettazione strutturale di edifici e di opere di ingegneria civile nel caso costruzioni usuali, per le quali non è richiesto l'uso di metodologie di calcolo sperimentali di tipo avanzato. Non si applica per siti posti a quota maggiore di 1500 m, i cui valori di velocità base di riferimento possono essere ricavati da opportuna documentazione o da indagini statistiche adeguatamente comprovate.

I seguenti paragrafi contengono la valutazione della velocità e della pressione cinetica del vento di progetto, la determinazione dei coefficienti degli effetti aerodinamici riferiti ai casi tipologici più comuni, al fine di modellare l'azione del vento (pressioni, forze, momenti, ecc.) da impiegare sull'organismo strutturale resistente complessivo e sui suoi elementi componenti, ivi comprese le parti strutturali e non strutturali.

La valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni verrà elaborata in funzione dei seguenti parametri:

- posizione geografica e l'altitudine sul livello del mare della costruzione;
- periodo di ritorno di progetto T_R ;
- caratteristiche del sito ove sorge la costruzione (rugosità e topografia);
- forma, dimensioni e orientamento della costruzione;

Il calcolo del carico vento è stato effettuato ai sensi del D.M. del 17 Gennaio 2018: "Norme tecniche per le costruzioni", integrato dalle indicazioni per le varie tipologie di costruzione delle Linee Guida CNR DT 207/2008.

2.3.2.1 Dati del caso in esame

Coordinate del sito

Latitudine (ED50) : 45°.4406
 Longitudine (ED50) : 11°.1362
 Altezza s.l.m. : 62.55 m

Dati caratteristici del sito

Zonazione per vento : Zona 1
 Categorie di esposizione : Cat. IV

Tipologia della costruzione

Pareti laterali di Edifici a pianta rettangolare
 Tipo di superficie : Liscia (acciaio, calcestruzzo liscio)

Dati di calcolo

Tempo di ritorno : 50 Anni

2.3.2.2 Pressione del vento

Le azioni aerodinamiche di picco esercitate dal vento su ciascuna faccia delle superfici di una costruzione o dei suoi elementi si traducono in sovrappressioni e depressioni p agenti normalmente alle superfici sia esterne che interne.

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Dove:

- q_r : pressione cinetica di riferimento;
 c_e : coefficiente di esposizione;
 c_p : coefficiente di pressione;
 c_d : coefficiente dinamico (pari ad 1);

Le sovrappressioni sono definite convenzionalmente positive e le depressioni sono definite convenzionalmente negative.

2.3.2.3 Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento q_r (o di picco) è data dall'espressione:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2$$

Dove:

- v_r : velocità di riferimento del vento;
 ρ : densità dell'aria (pari a 1.25 kg/m^3);

La pressione cinetica di picco rappresenta il valore atteso della pressione cinetica massima. Esprimendo ρ in kg/m^3 e v_r in m/s , q_r risulta espresso in N/m^2 .

Nel caso in esame q_r è pari a 0.39 kN/m^2 e v_r è pari a 25.00 m/s .

2.3.2.4 Velocità di riferimento

La velocità base di riferimento v_b è il parametro che caratterizza la ventosità della zona ove sorge la costruzione. Essa è definita come il valore della velocità media del vento su un intervallo di tempo di 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo, su un terreno pianeggiante e omogeneo con lunghezza di rugosità z_0 pari a 0.05 m (II categoria di esposizione), riferito a un periodo di ritorno T_R pari a 50 anni.

Per località poste a quota inferiore di 1500 m sul livello del mare, la velocità base di riferimento può essere assunta calcolata con la seguente espressione:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

La velocità di riferimento corrispondente si calcola mediante la seguente formula:

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

Dove:

- $v_{b,0}$: velocità base di riferimento al livello del mare in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
 c_a : coefficiente di altitudine;
 c_r : coefficiente di ritorno funzione del periodo di ritorno di progetto T_R .

Il coefficiente di altitudine c_a viene calcolato con la seguente formula:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

Dove:

- a_0, k_s : parametri tabellati in funzione della zona in cui sorge la costruzione;
 a_s : altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Nel caso in esame i valori dei parametri utilizzati sono:

Zona	Descrizione	$v_{b,0} [\text{m/s}]$	$a_0 [\text{m}]$	k_s
------	-------------	------------------------	------------------	-------

Zona 1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0.40
-----------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----	------	------

Il coefficiente c_a è pari a 0.01 .

Il coefficiente di ritorno c_r è fornito, in funzione del tempo di ritorno T_R dalla relazione:

$$c_r = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

Il coefficiente c_r è pari a 1.00 .

2.3.2.5 Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione c_e viene calcolato in funzione della categoria di esposizione ove sorge la costruzione. Il suo valore dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo z non maggiori di 200 m, è possibile utilizzare la seguente formula:

$$c_e = k_r^2 c_t \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \left[7 + c_t \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \right] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e = k_r^2 c_t \ln \left(\frac{z_{min}}{z_0} \right) \left[7 + c_t \ln \left(\frac{z_{min}}{z_0} \right) \right] \quad \text{per } z < z_{min}$$

Dove:

k_r : fattore di terreno;

z_0 : lunghezza di rugosità;

z_{min} : altezza minima;

c_t : coefficiente di topografia (pari ad 1)

Nel caso in esame si sono utilizzati i seguenti valori:

Categoria di esposizione	k_r	z_0	z_{min}
Cat. IV	0.22	0.30	8

La categoria di esposizione è assegnata in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno, in base al seguente schema:

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa mare	2 km	10 km	30 km	500m	750m
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

Nel caso in esame la classe di rugosità è la seguente:

Categoria di rugosità	Descrizione
Classe B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive

2.3.2.6 Coefficienti aerodinamici c_p

In funzione della tipologia di costruzione verranno calcolati uno o più coefficienti adimensionali aerodinamici c_p .

Questi coefficienti sono necessari per trasformare la pressione cinetica del vento in azioni aerodinamiche globali sulle costruzioni.

Tali coefficienti, definiti nel loro complesso coefficienti aerodinamici globali, comprendono i coefficienti di pressione (utilizzati per definire la pressione esterna, interna e complessiva), i coefficienti di forza e di momento (utilizzati per definire le forze e i momenti risultanti e per unità di lunghezza) e i coefficienti di attrito (utilizzati per definire le azioni radenti).

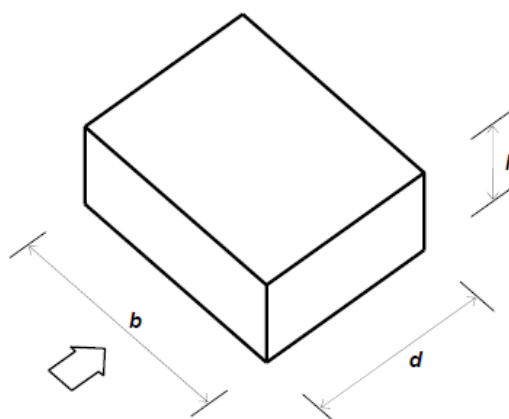
I coefficienti aerodinamici globali possono essere utilizzati in tutti i casi in cui la rappresentazione delle azioni aerodinamiche del vento può essere effettuata in una maniera semplificata, rivolta alla valutazione delle azioni globali su porzioni estese di costruzioni o delle risultanti delle azioni indotte dal vento sugli elementi principali della struttura.

I coefficienti aerodinamici possono assumere valori sia positivi sia negativi, in relazione alla geometria delle costruzioni. In particolare, per quanto riguarda la pressione esterna, i coefficienti di pressione assumono valori positivi in tutti i punti direttamente investiti dal vento. Assumono invece valori negativi sulle superfici esposte ad un flusso separato, ossia sulle superfici sottovento e laterali.

I valori positivi del coefficiente di pressione sono generalmente compresi nell'intervallo $[0,1]$. I valori negativi del coefficiente di pressione sono spesso più elevati (in modulo), e possono assumere valori compresi nell'intervallo $[-3,0]$.

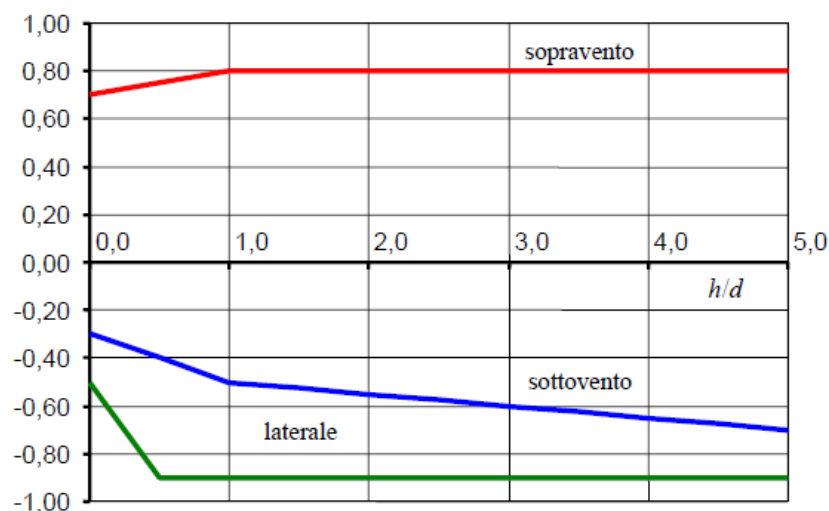
Analogamente, i coefficienti di forza e di momento possono assumere valori sia positivi sia negativi, in funzione della geometria del corpo investito, della direzione di provenienza del vento e della convenzione adottata.

Per costruzioni a pianta rettangolare (con $h/d < 5$) il calcolo dei coefficienti aerodinamici è elaborato considerando il seguente schema:



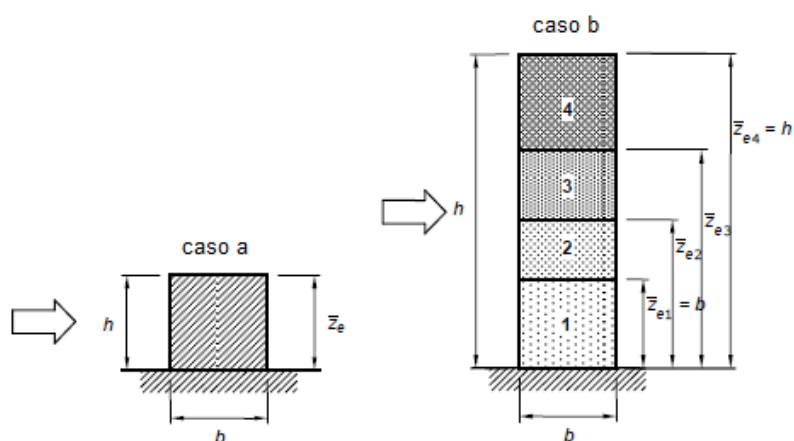
Per le varie facce si utilizzano le seguenti relazioni:

Faccia sopravvento	Facce laterali	Faccia sottovento
per $h/d \leq 1 \rightarrow c_p = 0.7 + 0.1 \cdot h/d$ per $h/d > 1 \rightarrow c_p = 0.8$	per $h/d \leq 0.5 \rightarrow c_p = -0.5 - 0.8 \cdot h/d$ per $h/d > 0.5 \rightarrow c_p = -0.9$	per $h/d \leq 1 \rightarrow c_p = -0.3 - 0.2 \cdot h/d$ per $1 < h/d \leq 5 \rightarrow c_p = -0.5 - 0.05 \cdot (h/d - 1)$



Per il calcolo dell'andamento dei coefficienti rispetto all'altezza dell'edificio si possono distinguere due diversi casi:

- edifici bassi ($h \leq b$) l'altezza di riferimento z_e è costante e pari alla quota di sommità dell'edificio (caso a)
- edifici alti ($b < h \leq 5 \cdot d$) si definiscono due zone distinte (costante fino a $z_e = b$ e discretizzata a tratti nella parte superiore) (caso b)



2.3.2.7 Valori delle condizioni di carico da valutare

Si riportano i risultati delle pressioni poste sulle pareti della costruzione alle varie altezze:

Vento +X

Risultati - parete sopravento			
z [m]	C_e	C_{pe}	p [kN/m ²]
6.93	1.63	0.75	0.48

Risultati - parete sottovento			
z [m]	C_e	C_{pe}	p [kN/m ²]
6.93	1.63	-0.40	-0.26

Risultati - pareti laterali			
z [m]	C_e	C_{pe}	p [kN/m ²]
6.93	1.63	-0.90	-0.57

Vento +Y

Risultati - parete sopravento			
z [m]	C_e	C_{pe}	p [kN/m ²]
6.93	1.63	0.73	0.47

Risultati - parete sottovento			
z [m]	C_e	C_{pe}	p [kN/m ²]
6.93	1.63	-0.36	-0.23

Risultati - pareti laterali			
z [m]	C_e	C_{pe}	p [kN/m ²]
6.93	1.63	-0.73	-0.47

2.3.3 Azioni di carico elementari

Con riferimento al §2.5.1 delle NTC 2018, la classificazione delle azioni di carico che agiscono sulla struttura può avvenire secondo tre parametri fondamentali:

Classificazione delle azioni in base al modo di esplicarsi;

Classificazione delle azioni secondo la risposta strutturale;

Classificazione delle azioni secondo la variazione della loro intensità nel tempo.

Nella seguente tabella vengono riportate le azioni di carico per il caso in esame con riferimento a tale classificazione.

Nome Azione	Modo di esplicarsi	Risposta strutturale	Intensità nel tempo
Carichi permanenti strutturali	Dirette	Statiche	Permanente (G1)
Carichi permanenti non strutturali	Dirette	Statiche	Permanente (G2)
Carichi d'esercizio	Dirette	Statiche	Variabili di lunga durata (Q)
Variazione di temperatura	Indirette	Statiche	Variabili di breve durata (Q)
Sisma in direzione X	Dirette	Pseudo statiche	Sismiche (E)
Sisma in direzione Y	Dirette	Pseudo statiche	Sismiche (E)
Sisma in direzione Z	Dirette	Pseudo statiche	Sismiche (E)
Torsione accidentale sisma X	Dirette	Pseudo statiche	Sismiche (E)
Torsione accidentale sisma Y	Dirette	Pseudo statiche	Sismiche (E)
Vento in direzione X	Dirette	Pseudo statiche	Variabili di breve durata (Q)
Vento in direzione Y	Dirette	Pseudo statiche	Variabili di breve durata (Q)
Neve	Dirette	Statiche	Variabili di breve durata (Q)

Per le azioni elementari di tipo variabile, in funzione del periodo di riferimento dell'azione stessa, si fa riferimento a dei valori cosiddetti caratteristici Q_k (valori che corrispondono ad un frattile pari al 95 % della popolazione dei massimi).

Nella definizione delle combinazioni delle azioni che possono agire contemporaneamente, assieme alle azioni permanenti, si ha una concomitanza di azioni variabili Q_{kj} . Per tener conto della probabilità più o meno bassa che queste possano presentarsi contemporaneamente, in funzione della durata percentuale relativa ai livelli di intensità dell'azione variabile stessa, si assume a giro che una di esse sia predominante (e quindi il valore considerato è quello caratteristico) e le altre vengono considerate come secondarie (il cui valore viene ridotto mediante un opportuno coefficiente ψ).

Di seguito per le azioni variabili vengono riportati tali coefficienti di combinazione:

Nome azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Carichi d'esercizio	0.7	0.5	0.3
Variazione di temperatura	0.6	0.5	0.0
Vento in direzione X	0.6	0.2	0.0
Vento in direzione Y	0.6	0.2	0.0
Neve	0.5	0.2	0.0

dove:

- ψ_0 : coefficiente di combinazione utilizzato per ottenere il **valore raro** (valore di durata breve ma ancora significativa nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili);
- ψ_1 : coefficiente di combinazione utilizzato per ottenere il **valore frequente** (valore corrispondente al frattile 95% della distribuzione temporale dell'intensità e cioè che è superato per una limitata frazione del periodo di riferimento);
- ψ_2 : coefficiente di combinazione utilizzato per ottenere il **valore quasi permanente** (valore relativo alla media della distribuzione temporale dell'intensità).

Le azioni di carico, agenti sulla struttura, sono riportate nella tabella seguente:

Azione	Nome azione	Tipo azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	G1	G1	1.00	1.00	1.00
2	G2	G2	1.00	1.00	1.00
3	Q ese	Qk (Cat. A)	0.70	0.50	0.30
4	Q balconi-scale	Qk (Cat. C2)	0.70	0.70	0.60
5	Temperatura	Qk (Var. termiche)	0.60	0.50	0.00
6	Copertura	Qk (Cat. H)	0.00	0.00	0.00
7	Sisma X	Sisma X	0.00	0.00	0.00
8	Sisma Y	Sisma Y	0.00	0.00	0.00
9	Sisma Z	Sisma Z	0.00	0.00	0.00
10	Eccentricità accidentale MX	Eccentricità accidentale MX	0.00	0.00	0.00
11	Eccentricità accidentale MY	Eccentricità accidentale MY	0.00	0.00	0.00
12	Vento +X	Qk (Vento)	0.60	0.20	0.00
13	Vento +Y	Qk (Vento)	0.60	0.20	0.00
14	Neve	Qk (Neve \leq 1000 m)	0.50	0.20	0.00

2.3.4 Condizioni di carico

Le possibili condizioni di carico agenti sulla struttura vengono valutate con riferimento alle combinazioni delle azioni elementari riportate al § 2.5.3 dell'NTC 2018 da utilizzare per le verifiche agli stati limite.

Condizioni di carico per stati limite ultimi SLU

Le verifiche agli stati limite ultimi vengono condotte facendo riferimento ai seguenti stati limite:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido (**EQU**);
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione (**STR**);
- lo stato limite di resistenza del terreno (**GEO**).

Per quanto riguarda lo stato limite di resistenza della struttura (**STR**) in assenza di sisma vengono considerate le seguenti condizioni di carico:

Stato Limite SLU (Struttura)														
	G1	G2	Q ese	Q balconi-scale	Temperatura	Copertura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z	Eccentricità accidentale MX	Eccentricità accidentale MY	Vento +X	Vento +Y	Neve
CC1	1.3	1.5	1.5	1.05	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC2	1.3	1.5	1.05	1.5	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC3	1.3	1.5	1.05	1.05	0.9	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0
CC4	1.3	1.5	1.05	1.05	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC5	1.3	1.5	1.5	1.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC6	1.3	1.5	1.05	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC7	1.3	1.5	1.05	1.05	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0
CC8	1.3	1.5	1.05	1.05	-1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC9	1.3	1.5	1.5	1.05	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0.75
CC10	1.3	1.5	1.05	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0.75
CC11	1.3	1.5	1.05	1.05	0	1.5	0	0	0	0	0	0.9	0	0.75
CC12	1.3	1.5	1.05	1.05	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	1.5
CC13	1.3	1.5	1.05	1.05	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0.75
CC14	1.3	1.5	1.5	1.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0.75
CC15	1.3	1.5	1.05	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0.75
CC16	1.3	1.5	1.05	1.05	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0.9	0.75
CC17	1.3	1.5	1.05	1.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	1.5
CC18	1.3	1.5	1.05	1.05	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0.75
CC19	1.3	1.5	1.05	1.05	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5
CC20	1.3	1.5	1.05	1.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75

Per quanto riguarda gli stati limite relativi alla fondazione (A1 e A2) in assenza di sisma vengono considerate le seguenti condizioni di carico:

Stato Limite SLU (Fondazione A1)														
	G1	G2	Q ese	Q balconi-scale	Temperatura	Copertura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z	Eccentricità accidentale MX	Eccentricità accidentale MY	Vento +X	Vento +Y	Neve
CC1	1.3	1.5	1.5	1.05	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC2	1.3	1.5	1.05	1.5	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC3	1.3	1.5	1.05	1.05	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC4	1.3	1.5	1.05	1.05	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC5	1.3	1.5	1.5	1.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC6	1.3	1.5	1.05	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC7	1.3	1.5	1.05	1.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC8	1.3	1.5	1.05	1.05	-1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC9	1.3	1.5	1.5	1.05	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0.75
CC10	1.3	1.5	1.05	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0.75
CC11	1.3	1.5	1.05	1.05	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0.75
CC12	1.3	1.5	1.05	1.05	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	1.5
CC13	1.3	1.5	1.05	1.05	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0.75
CC14	1.3	1.5	1.5	1.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0.75
CC15	1.3	1.5	1.05	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0.75
CC16	1.3	1.5	1.05	1.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0.75
CC17	1.3	1.5	1.05	1.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	1.5
CC18	1.3	1.5	1.05	1.05	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0.75
CC19	1.3	1.5	1.05	1.05	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5
CC20	1.3	1.5	1.05	1.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75

Stato Limite SLU (Fondazione A2)														
	G1	G2	Q ese	Q balconi-scale	Temperatura	Copertura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z	Eccentricità accidentale MX	Eccentricità accidentale MY	Vento +X	Vento +Y	Neve
CC1	1	1.3	1.3	0.91	0.78	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC2	1	1.3	0.91	1.3	0.78	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC3	1	1.3	0.91	0.91	0.78	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC4	1	1.3	0.91	0.91	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC5	1	1.3	1.3	0.91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC6	1	1.3	0.91	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC7	1	1.3	0.91	0.91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC8	1	1.3	0.91	0.91	-1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC9	1	1.3	1.3	0.91	0	0	0	0	0	0	0	0.78	0	0.65
CC10	1	1.3	0.91	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0.78	0	0.65
CC11	1	1.3	0.91	0.91	0	0	0	0	0	0	0	0.78	0	0.65
CC12	1	1.3	0.91	0.91	0	0	0	0	0	0	0	0.78	0	1.3
CC13	1	1.3	0.91	0.91	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0	0.65
CC14	1	1.3	1.3	0.91	0	0	0	0	0	0	0	0	0.78	0.65
CC15	1	1.3	0.91	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.78	0.65
CC16	1	1.3	0.91	0.91	0	0	0	0	0	0	0	0	0.78	0.65
CC17	1	1.3	0.91	0.91	0	0	0	0	0	0	0	0	0.78	1.3
CC18	1	1.3	0.91	0.91	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0.65
CC19	1	1.3	0.91	0.91	0.78	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3
CC20	1	1.3	0.91	0.91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.65

Condizioni di carico per stati limite di esercizio SLE

Le condizioni di carico considerate per le verifiche agli stati limite di esercizio vengono divise in funzione dei valori delle azioni relative ai livelli di intensità dell'azione variabile (valori frequenti, rari e quasi permanenti). Di seguito si riportano i le condizioni considerate con i rispettivi coefficienti:

Frequenti

Stato Limite SLE (Frequenti)														
	G1	G2	Q ese	Q balconi-scale	Temperatura	Copertura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z	Eccentricità accidentale MX	Eccentricità accidentale MY	Vento +X	Vento +Y	Neve
CC1	1	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC2	1	1	0.3	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC3	1	1	0.3	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC4	1	1	0.3	0.6	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC5	1	1	0.3	0.6	-0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC6	1	1	0.3	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0
CC7	1	1	0.3	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0
CC8	1	1	0.3	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2

Rare

Stato Limite SLE (Rare)														
	G1	G2	Q ese	Q balconi-scale	Temperatura	Copertura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z	Eccentricità accidentale MX	Eccentricità accidentale MY	Vento +X	Vento +Y	Neve
CC1	1	1	1	0.7	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC2	1	1	0.7	1	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC3	1	1	0.7	0.7	0.6	1	0	0	0	0	0	0	0	0
CC4	1	1	0.7	0.7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC5	1	1	1	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC6	1	1	0.7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CC7	1	1	0.7	0.7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
CC8	1	1	1	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0.5
CC9	1	1	0.7	1	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0.5
CC10	1	1	0.7	0.7	0	1	0	0	0	0	0	0.6	0	0.5
CC11	1	1	0.7	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	1
CC12	1	1	0.7	0.7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.5
CC13	1	1	1	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0.5
CC14	1	1	0.7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0.5
CC15	1	1	0.7	0.7	0	1	0	0	0	0	0	0	0.6	0.5
CC16	1	1	0.7	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	1
CC17	1	1	0.7	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.5
CC18	1	1	0.7	0.7	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	1
CC19	1	1	0.7	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5

Quasi permanenti

Stato Limite SLE (Quasi permanenti)														
-------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	G1	G2	Q ese	Q balconi-scale	Temperatura	Copertura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z	Eccentricità accidentale MX	Eccentricità accidentale MY	Vento +X	Vento +Y	Neve
CC1	1	1	0.3	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Condizioni di carico per stati limite sismici

Per ognuno degli stati limite sismici, vengono considerate le seguenti condizioni di carico:

Stato Limite SLV (Struttura)														
	G1	G2	Q ese	Q balconi-scale	Temperatura	Copertura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z	Eccentricità accidentale MX	Eccentricità accidentale MY	Vento +X	Vento +Y	Neve
CC1	1	1	0.3	0.6	0	0	1	0.3	0	1	0	0	0	0
CC2	1	1	0.3	0.6	0	0	1	0.3	0	-1	0	0	0	0
CC3	1	1	0.3	0.6	0	0	1	-0.3	0	1	0	0	0	0
CC4	1	1	0.3	0.6	0	0	1	-0.3	0	-1	0	0	0	0
CC5	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	0.3	0	1	0	0	0	0
CC6	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	0.3	0	-1	0	0	0	0
CC7	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	-0.3	0	1	0	0	0	0
CC8	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	-0.3	0	-1	0	0	0	0
CC9	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	1	0	0	1	0	0	0
CC10	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	1	0	0	-1	0	0	0
CC11	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	1	0	0	1	0	0	0
CC12	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	1	0	0	-1	0	0	0
CC13	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	-1	0	0	1	0	0	0
CC14	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	-1	0	0	-1	0	0	0
CC15	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0	1	0	0	0
CC16	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0	-1	0	0	0

Stato Limite SLC (Struttura)														
	G1	G2	Q ese	Q balconi-scale	Temperatura	Copertura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z	Eccentricità accidentale MX	Eccentricità accidentale MY	Vento +X	Vento +Y	Neve
CC1	1	1	0.3	0.6	0	0	1	0.3	0	1	0	0	0	0
CC2	1	1	0.3	0.6	0	0	1	0.3	0	-1	0	0	0	0
CC3	1	1	0.3	0.6	0	0	1	-0.3	0	1	0	0	0	0
CC4	1	1	0.3	0.6	0	0	1	-0.3	0	-1	0	0	0	0
CC5	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	0.3	0	1	0	0	0	0
CC6	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	0.3	0	-1	0	0	0	0
CC7	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	-0.3	0	1	0	0	0	0
CC8	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	-0.3	0	-1	0	0	0	0
CC9	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	1	0	0	1	0	0	0
CC10	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	1	0	0	-1	0	0	0
CC11	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	1	0	0	1	0	0	0
CC12	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	1	0	0	-1	0	0	0

CC13	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	-1	0	0	1	0	0	0
CC14	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	-1	0	0	-1	0	0	0
CC15	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0	1	0	0	0
CC16	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0	-1	0	0	0

Stato Limite SLD (Struttura)														
	G1	G2	Q ese	Q balconi-scale	Temperatura	Copertura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z	Eccentricità accidentale MX	Eccentricità accidentale MY	Vento +X	Vento +Y	Neve
CC1	1	1	0.3	0.6	0	0	1	0.3	0	1	0	0	0	0
CC2	1	1	0.3	0.6	0	0	1	0.3	0	-1	0	0	0	0
CC3	1	1	0.3	0.6	0	0	1	-0.3	0	1	0	0	0	0
CC4	1	1	0.3	0.6	0	0	1	-0.3	0	-1	0	0	0	0
CC5	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	0.3	0	1	0	0	0	0
CC6	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	0.3	0	-1	0	0	0	0
CC7	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	-0.3	0	1	0	0	0	0
CC8	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	-0.3	0	-1	0	0	0	0
CC9	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	1	0	0	1	0	0	0
CC10	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	1	0	0	-1	0	0	0
CC11	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	1	0	0	1	0	0	0
CC12	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	1	0	0	-1	0	0	0
CC13	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	-1	0	0	1	0	0	0
CC14	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	-1	0	0	-1	0	0	0
CC15	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0	1	0	0	0
CC16	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0	-1	0	0	0

Stato Limite SLO (Struttura)														
	G1	G2	Q ese	Q balconi-scale	Temperatura	Copertura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z	Eccentricità accidentale MX	Eccentricità accidentale MY	Vento +X	Vento +Y	Neve
CC1	1	1	0.3	0.6	0	0	1	0.3	0	1	0	0	0	0
CC2	1	1	0.3	0.6	0	0	1	0.3	0	-1	0	0	0	0
CC3	1	1	0.3	0.6	0	0	1	-0.3	0	1	0	0	0	0
CC4	1	1	0.3	0.6	0	0	1	-0.3	0	-1	0	0	0	0
CC5	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	0.3	0	1	0	0	0	0
CC6	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	0.3	0	-1	0	0	0	0
CC7	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	-0.3	0	1	0	0	0	0
CC8	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	-0.3	0	-1	0	0	0	0
CC9	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	1	0	0	1	0	0	0
CC10	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	1	0	0	-1	0	0	0
CC11	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	1	0	0	1	0	0	0
CC12	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	1	0	0	-1	0	0	0
CC13	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	-1	0	0	1	0	0	0
CC14	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	-1	0	0	-1	0	0	0
CC15	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0	1	0	0	0
CC16	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0	-1	0	0	0

Stato Limite SLV (Fondazione A1)														
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	G1	G2	Q ese	Q balconi-scale	Temperatura	Copertura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z	Eccentricità accidentale MX	Eccentricità accidentale MY	Vento +X	Vento +Y	Neve
CC1	1	1	0.3	0.6	0	0	1	0.3	0	1	0	0	0	0
CC2	1	1	0.3	0.6	0	0	1	0.3	0	-1	0	0	0	0
CC3	1	1	0.3	0.6	0	0	1	-0.3	0	1	0	0	0	0
CC4	1	1	0.3	0.6	0	0	1	-0.3	0	-1	0	0	0	0
CC5	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	0.3	0	1	0	0	0	0
CC6	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	0.3	0	-1	0	0	0	0
CC7	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	-0.3	0	1	0	0	0	0
CC8	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	-0.3	0	-1	0	0	0	0
CC9	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	1	0	0	1	0	0	0
CC10	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	1	0	0	-1	0	0	0
CC11	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	1	0	0	1	0	0	0
CC12	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	1	0	0	-1	0	0	0
CC13	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	-1	0	0	1	0	0	0
CC14	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	-1	0	0	-1	0	0	0
CC15	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0	1	0	0	0
CC16	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0	-1	0	0	0

Stato Limite SLC (Fondazione A1)														
	G1	G2	Q ese	Q balconi-scale	Temperatura	Copertura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z	Eccentricità accidentale MX	Eccentricità accidentale MY	Vento +X	Vento +Y	Neve
CC1	1	1	0.3	0.6	0	0	1	0.3	0	1	0	0	0	0
CC2	1	1	0.3	0.6	0	0	1	0.3	0	-1	0	0	0	0
CC3	1	1	0.3	0.6	0	0	1	-0.3	0	1	0	0	0	0
CC4	1	1	0.3	0.6	0	0	1	-0.3	0	-1	0	0	0	0
CC5	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	0.3	0	1	0	0	0	0
CC6	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	0.3	0	-1	0	0	0	0
CC7	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	-0.3	0	1	0	0	0	0
CC8	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	-0.3	0	-1	0	0	0	0
CC9	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	1	0	0	1	0	0	0
CC10	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	1	0	0	-1	0	0	0
CC11	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	1	0	0	1	0	0	0
CC12	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	1	0	0	-1	0	0	0
CC13	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	-1	0	0	1	0	0	0
CC14	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	-1	0	0	-1	0	0	0
CC15	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0	1	0	0	0
CC16	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0	-1	0	0	0

Stato Limite SLV (Fondazione A2)														
	G1	G2	Q ese	Q balconi-scale	Temperatura	Copertura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z	Eccentricità accidentale MX	Eccentricità accidentale MY	Vento +X	Vento +Y	Neve
CC1	1	1	0.3	0.6	0	0	1	0.3	0	1	0	0	0	0
CC2	1	1	0.3	0.6	0	0	1	0.3	0	-1	0	0	0	0
CC3	1	1	0.3	0.6	0	0	1	-0.3	0	1	0	0	0	0

CC4	1	1	0.3	0.6	0	0	1	-0.3	0	-1	0	0	0	0
CC5	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	0.3	0	1	0	0	0	0
CC6	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	0.3	0	-1	0	0	0	0
CC7	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	-0.3	0	1	0	0	0	0
CC8	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	-0.3	0	-1	0	0	0	0
CC9	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	1	0	0	1	0	0	0
CC10	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	1	0	0	-1	0	0	0
CC11	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	1	0	0	1	0	0	0
CC12	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	1	0	0	-1	0	0	0
CC13	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	-1	0	0	1	0	0	0
CC14	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	-1	0	0	-1	0	0	0
CC15	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0	1	0	0	0
CC16	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0	-1	0	0	0

Stato Limite SLC (Fondazione A2)														
	G1	G2	Q ese	Q balconi-scale	Temperatura	Copertura	Sisma X	Sisma Y	Sisma Z	Eccentricità accidentale MX	Eccentricità accidentale MY	Vento +X	Vento +Y	Neve
CC1	1	1	0.3	0.6	0	0	1	0.3	0	1	0	0	0	0
CC2	1	1	0.3	0.6	0	0	1	0.3	0	-1	0	0	0	0
CC3	1	1	0.3	0.6	0	0	1	-0.3	0	1	0	0	0	0
CC4	1	1	0.3	0.6	0	0	1	-0.3	0	-1	0	0	0	0
CC5	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	0.3	0	1	0	0	0	0
CC6	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	0.3	0	-1	0	0	0	0
CC7	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	-0.3	0	1	0	0	0	0
CC8	1	1	0.3	0.6	0	0	-1	-0.3	0	-1	0	0	0	0
CC9	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	1	0	0	1	0	0	0
CC10	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	1	0	0	-1	0	0	0
CC11	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	1	0	0	1	0	0	0
CC12	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	1	0	0	-1	0	0	0
CC13	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	-1	0	0	1	0	0	0
CC14	1	1	0.3	0.6	0	0	0.3	-1	0	0	-1	0	0	0
CC15	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0	1	0	0	0
CC16	1	1	0.3	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0	-1	0	0	0

Il calcolo delle forze di inerzia viene effettuato considerando i seguenti pesi sismici (§2.5.3 NTC 2018):

Azione da peso sismico	Peso sismico (ψ_2)
G1	1.00
G2	1.00
Q ese	0.30
Q balconi-scale	0.60
Copertura	0.00
Vento +X	0.00
Vento +Y	0.00
Neve	0.00

2.4 Procedura di verifica degli elementi

2.4.1 Elementi in C.A.

Le singole verifiche vengono descritte qui di seguito:

Flessione composta deviata

Le sollecitazioni che vengono considerate in tale verifica sono: Sforzo Normale, Momento Flettente X-Z, Momento Flettente X-Y.

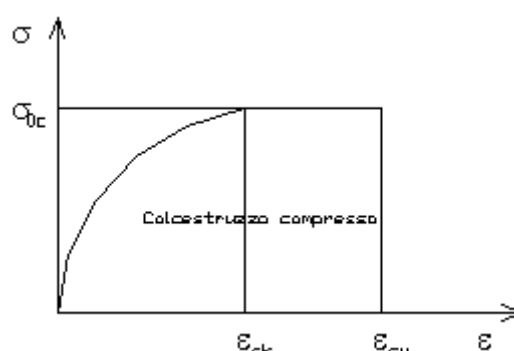
La verifica di resistenza è soddisfatta se la sollecitazione determinata dalla condizione considerata cade all'interno del dominio di sicurezza determinato, attraverso la conoscenza: - del comportamento meccanico della sezione in esame;

- delle caratteristiche dei materiali di cui è composta;
- dei coefficienti di sicurezza forniti dalla normativa seguita.

Il calcolo è condotto nelle ipotesi che:

1. Le sezioni rimangano piane fino a rottura;
2. Ci sia perfetta aderenza fra acciaio e calcestruzzo;
3. Il calcestruzzo non abbia alcuna capacità di resistenza a trazione.

Il diagramma tensioni-deformazioni assunto per il calcestruzzo è di tipo parabola-rettangolo come indicato nella seguente figura:



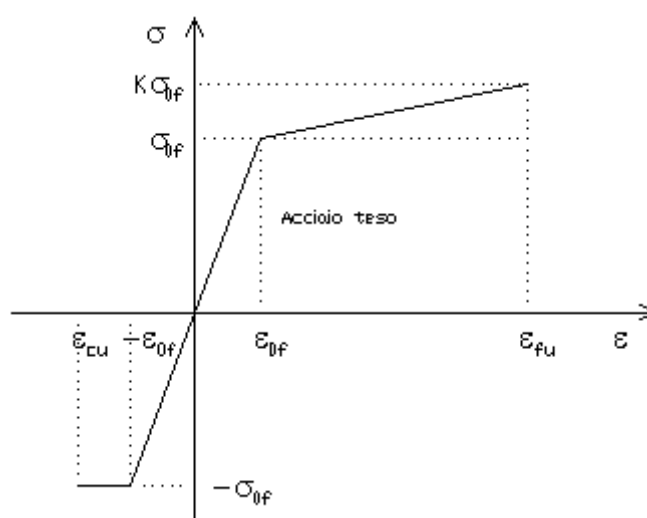
dove: ϵ_{ck} = deformazione caratteristica;
 ϵ_{cu} = deformazione ultima del calcestruzzo;
 σ_{0c} = resistenza di calcolo del calcestruzzo;

Le equazioni che descrivono il diagramma sono:

$$\epsilon < \epsilon_{ck} : \sigma(\epsilon) = 1000 \sigma_{0c} \epsilon (1 - 250 \epsilon)$$

$$\epsilon_{ck} < \epsilon < \epsilon_{cu} : \sigma(\epsilon) = \sigma_{0c}$$

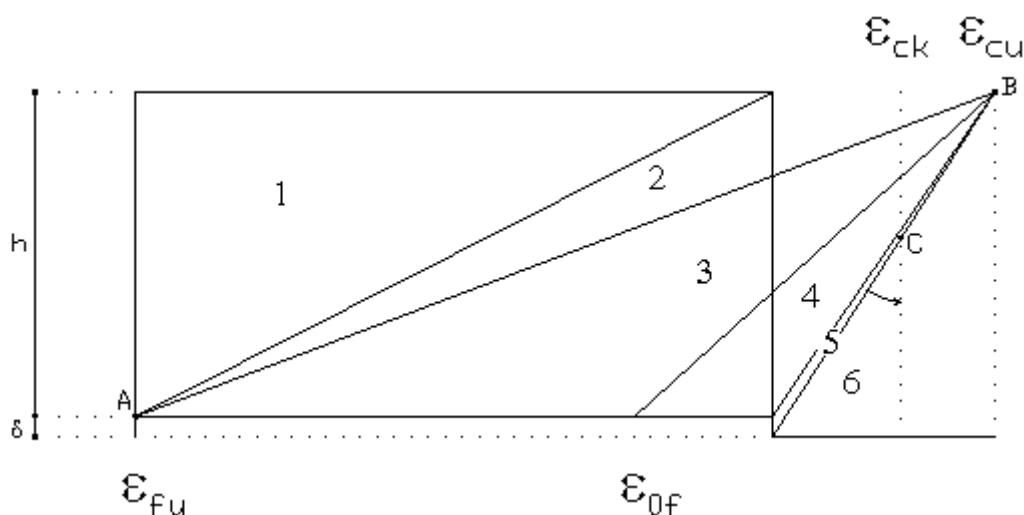
Il diagramma tensioni-deformazioni assunto per l'acciaio è indicato nella seguente figura:



dove: $\epsilon_{0f} = \sigma_{0f}/E$
 E : Modulo di elasticità dell'acciaio;
 σ_{0f} : resistenza di calcolo dell'acciaio;

k	: rapporto di sovrarresistenza (se è pari ad 1 il comportamento è bilineare elastico-perfettamente plastico);
f_{yk}	: Resistenza caratteristica dell'acciaio
γ_m	: coefficiente di sicurezza dell'acciaio;
ε_{fu}	: deformazione ultima dell'acciaio;
ε_{cu}	: deformazione ultima del calcestruzzo;

Le limitazioni delle deformazioni unitarie per il conglomerato e per l'acciaio conducono a definire sei diversi campi (o regioni) nei quali potrà trovarsi la retta di deformazione specifica. Tali campi sono descritti nel seguente modo:



Campo 1 : è caratterizzato dall'allungamento massimo tollerabile per l'acciaio pari a ε_{fu} . Il diagramma delle deformazioni specifiche appartiene ad un fascio di rette passanti per il punto (A) mentre la distanza dall'asse neutro potrà variare da $-\infty$ a 0. È il caso di trazione semplice o con piccola eccentricità; la sezione risulta interamente tesa. La crisi si ha per cedimento dell'acciaio teso.

Campo 2 : è caratterizzato dall'allungamento massimo tollerabile per l'acciaio pari a ε_{fu} e dalla rotazione del diagramma attorno al punto (A). La deformazione specifica del calcestruzzo varia da 0 al valore massimo del calcestruzzo compresso (ε_{cu}) mentre la distanza dell'asse neutro dal lembo compresso può variare da 0 a $0.259h$. La sezione risulterà in parte tesa ed in parte compressa e quindi sarà sollecitata a flessione semplice o composta.

Campo 3 : è caratterizzato dall'accorciamento massimo del conglomerato pari a ε_{cu} . Le rette di deformazione appartengono ad un fascio passante per (B). La massima tensione del calcestruzzo in questa regione è pari a quella di rottura di calcolo mentre l'armatura è ancora deformata in campo plastico. La sezione risulterà in parte tesa ed in parte compressa e quindi sarà sollecitata a flessione semplice o composta.

Campo 4 : è caratterizzato dall'accorciamento massimo del conglomerato pari a ε_{cu} . Le rette di deformazione appartengono ad un fascio passante per (B). La massima tensione del calcestruzzo in questa regione è pari a quella di rottura di calcolo mentre l'armatura è sollecitata con tensioni inferiori allo snervamento e può risultare anche scarica. La sezione risulterà in parte tesa ed in parte compressa e quindi sarà sollecitata a flessione semplice o composta.

Campo 5 : è caratterizzato dall'accorciamento massimo del conglomerato pari a ε_{cu} . Le rette di deformazione appartengono ad un fascio passante per (B) mentre la distanza dell'asse neutro varia da h ad $h + d$. L'armatura in tale regione è sollecitata a compressione e pertanto tutta la sezione è compressa; è questo il caso della flessione composta.

Campo 6 : è caratterizzato dall'accorciamento massimo del conglomerato compresso che varia fra ε_{cu} e ε_{cu} . Le rette di deformazione specifica appartengono ad un fascio passante per (C) e la distanza dell'asse neutro varia fra 0 e $-\infty$. La distanza di (C) dal lembo superiore vale $3h/7$. La sezione risulta sollecitata a compressione semplice o composta.

Taglio

Il calcolo del taglio viene eseguito secondo il metodo di Ritter-Morsch. Per gli elementi in cui è richiesta la verifica a taglio, deve risultare:

$$V_{sd} \leq \min\{V_{Rsd}, V_{Rcd}\}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 d (A_{sw}/s) f_{yd} (ctg \alpha + ctg \theta) \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 d b_w \alpha_c f'_{cd} (ctg \alpha + ctg \theta)/(1 + ctg^2 \theta)$$

dove:

- V_{sd} : taglio sollecitante il calcolo;
- d : altezza utile della sezione;
- A_{sw} : area dell'armatura trasversale;
- s : passo dell'armatura trasversale;
- f_{yd} : resistenza a snervamento dell'acciaio;
- b_w : larghezza minima della sezione lungo l'altezza efficace;
- α_c : coefficiente di compressione della sezione;
- f'_{cd} : resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo;
- α : angolo di inclinazione delle armature a taglio;
- θ : angolo di inclinazione delle bielle compresse.

Il contributo delle armature a taglio è somma del contributo delle staffe e degli eventuali sagomati. In ogni caso l'aliquota massima che può essere affidata ai sagomati è il 50% dello sforzo di taglio massimo.

Stabilità pali

La verifica di instabilità degli elementi snelli in c.a. viene condotta attraverso un'analisi del secondo ordine che tiene in conto degli effetti flessionali dell'azione assiale sulla configurazione deformata degli elementi stessi.

Si sono assunti legami fra le azioni interne e le deformazioni che mettono in conto il comportamento non lineare dei materiali e si è trascurato il contributo del calcestruzzo teso. È stato utilizzato il "criterio della snellezza per elementi isolati" descritto nell'Eurocodice 2.

Il valore limite della snellezza per ogni colonna è stato assunto pari a:

$$\lambda_{lim} = \frac{20 A B C}{\sqrt{n}}$$

dove:

$$n = N_{ed}/(A_c f_{cd})$$

$$A = 0.7$$

$$B = 1.1$$

$$C = 0.7$$

La snellezza della colonna da confrontare con λ_{lim} è pari a:

$$\lambda = \lambda_0/i$$

λ_0 è la lunghezza libera d'inflessione definita in base ai vincoli di estremità (o calcolata con metodi numerici) ed i è il raggio d'inerzia della sezione in calcestruzzo non fessurato.

Nel caso in cui sia necessaria l'amplificazione dei momenti flettenti, la stessa è stata effettuata mediante il "metodo della stima della curvatura nominale". Il momento di progetto viene calcolato con la seguente relazione:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} + M_2$$

Il valore M_{0Ed} , rappresenta il momento del primo ordine equivalente di estremità calcolato come:

$$M_{0ed} = 0.6 M_{02} + 0.4 M_{01} \geq 0.4 M_{02}$$

M_{01} e M_{02} rappresentano i momenti di estremità del primo ordine.

Il momento nominale del secondo ordine M_2 viene calcolato mediante la seguente relazione:

$$M_2 = N_{Ed} e_2$$

Il parametro e_2 è l'inflessione calcolata come:

$$e_2 = \left(\frac{1}{r}\right) \frac{l_0^2}{c}$$

Il valore c può essere posto pari a 10.

La curvatura $1/r$ viene calcolata mediante:

$$\frac{1}{r} = K_r K_\varphi \frac{1}{r_0}$$

Dove:

$$K_r = (1 + \omega - n)/(1 + \omega - 0.4) \leq 1$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \varphi_{ef} \geq 1$$

ω : percentuale meccanica di armatura totale

n : forza assiale adimensionalizzata

$$\beta = 0.35 + f_{ck}/200 - \lambda/150$$

Con riferimento al punto 4.1.2.3.9.3 delle NTC 2018 in aggiunta al momento sollecitante esterno viene sommata un'aliquota dovuta ad un'eccentricità dello sforzo normale pari a $1/300$ dell'altezza della colonna (difetto di rettilineità).

Stato tensionale

Tale verifica rientra nell'ambito della verifica di esercizio. Il calcolo delle tensioni si ottiene sfruttando le ipotesi tradizionali per il calcolo del cemento armato ordinario, e cioè:

1. assunzione dei materiali elastico lineari;
2. conservazione delle sezioni piane al crescere dei carichi;
3. perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
4. resistenza nulla a trazione del calcestruzzo;

Inoltre può essere stabilito un coefficiente di omogeneizzazione diverso dal valore ordinario.

Le tensioni di esercizio si possono calcolare considerando le combinazioni di carico caratteristica, frequente e quasi permanente.

La verifica consiste nel confrontare le tensioni di calcolo con quelle limite dei materiali.

Fessurazione

Il calcolo delle ampiezze delle fessure si effettua considerando anche la parte di calcestruzzo reagente a trazione utilizzando la seguente espressione

$$W_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

W_k : ampiezza di calcolo delle fessure;

$s_{r,max}$: distanza massima tra le fessure;

ε_{sm} : deformazione media dell'armatura che tiene conto, nella combinazione di carico considerata, anche degli effetti "tension stiffening";

ε_{cm} : deformazione media del calcestruzzo.

La quantità $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ si ottiene dalla seguente espressione:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - 0.4 \frac{f_{ctm}}{\rho_{eff}} (1 + \alpha_e \rho_{eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

dove:

σ_s : tensione dell'acciaio teso calcolata a sezione fessurata;

E_s : modulo elastico dell'acciaio;

σ_s : tensione dell'acciaio teso calcolata nella sezione per una condizione di carico che induce alla prima fessurazione;

α_s : rapporto E_s/E_{cm} ;

ρ_{eff} : percentuale di armatura efficace.

La quantità s_{rm} si ottiene dalla seguente espressione:

$$s_{rm} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 (\phi / \rho_{eff})$$

dove:

c : ricoprimento delle armature;

k_1 : coefficiente di aderenza delle barre. Assume valore 1.6 per barre lisce e 0.8 per barre ad aderenza migliorata;

k_2 : coefficiente che tiene conto della forma del diagramma delle deformazioni. Assume valore 0.5 per flessione e 1 per trazione pura;

k_3 : coefficiente pari a 3.4;

k_4 : coefficiente pari a 0.425;

ϕ : diametro delle barre in mm. Se si utilizzano più diametri si utilizza il diametro medio.

La fessurazione causata dalle azioni tangenziali si considera contenuta in limiti accettabili se si adotta un passo delle staffe. Tale verifica non è necessaria in elementi in cui non è richiesta l'armatura a taglio.

Prescrizioni aggiuntive (Elementi di fondazione)

Il dimensionamento delle strutture di fondazione è stato eseguito assumendo come azioni in fondazione le resistenze degli elementi strutturali soprastanti secondo le indicazioni del punto 7.2.5. In particolare viene applicato un fattore di sovrarresistenza rispetto alle azioni resistenti trasferite dagli elementi soprastanti, pari a 1,1 in CD "B" e 1,3 in CD "A". In ogni caso i valori utilizzati non sono maggiori di quelle derivanti da una analisi elastica della struttura in elevazione eseguita con un fattore di comportamento q pari a 1.

Operazioni per il controllo della duttilità (DUT) richiesta dagli elementi in c.a.

Nel caso di comportamento strutturale dissipativo il comportamento sismico della struttura è largamente dipendente dal comportamento delle sue zone dissipative, esse devono formarsi ove previsto e mantenere, in presenza di azioni cicliche, la capacità di trasmettere le necessarie sollecitazioni e di dissipare energia, garantendo la capacità in duttilità relativa alla classe di duttilità scelta.

I dettagli costruttivi delle zone dissipative e delle connessioni tra queste zone e le restanti parti della struttura, nonché dei diversi elementi strutturali tra loro, sono fondamentali per un corretto comportamento sismico e devono essere esaurientemente specificati negli elaborati di progetto.

Nel caso di analisi lineare la verifica di duttilità si può ritenere soddisfatta, rispettando per tutti gli elementi strutturali, sia primari sia secondari, le regole specifiche per i dettagli costruttivi precisate dalle norme per le diverse tipologie costruttive.

Inoltre, per le sezioni allo spiccato dalle fondazioni degli elementi strutturali verticali primari la verifica di duttilità, indipendentemente dai particolari costruttivi adottati, è stata effettuata la verifica in duttilità accertando che la capacità in duttilità della costruzione sia almeno pari a 1.2 volte la domanda in duttilità locale, valutata in corrispondenza dello SLV.

2.4.2 Elementi in Acciaio

Sulle strutture in acciaio verranno effettuate delle verifiche locali alle aste componenti il modello di calcolo e delle verifiche globali relative all'intero modello.

Il tipo di verifiche locali da effettuare su ognuna delle aste in acciaio saranno funzione della destinazione d'uso all'interno del modello (colonna, trave, asta di travatura reticolare, controvento, arcareccio, etc.). In questo modo, se, un elemento è definito come "arcareccio" non verranno svolte, per esempio, le verifiche di stabilità a carico di punta ovvero se un elemento è definito come "controvento" non verranno effettuate le verifiche di deformabilità a flessione.

Le verifiche locali nel loro complesso possono essere così articolate:

- Verifiche di resistenza delle aste, suddivise in:

- Verifica di resistenza a trazione;
- Verifica di resistenza compressione;
- Verifica di resistenza a flessione;
- Verifica di resistenza a taglio;
- Verifica di resistenza a flessione e a taglio;
- Verifica di resistenza ad azioni assiali e flessione;
- Verifica di resistenza elastica puntuale.
- Verifiche di stabilità delle aste, suddivise in:
 - Verifiche di stabilità a carico di punta;
 - Verifiche stabilità presso – flessionale;
 - Verifiche stabilità flesso – torsionale;
 - Verifiche stabilità dei pannelli d'anima a taglio.
- Verifiche di duttilità.
- Verifiche di deformabilità delle aste.

Le verifiche globali, inerenti la struttura intesa nella sua totalità, sono, invece:

- Verifica degli spostamenti laterali;
- Verifica del contenimento del danno negli elementi non strutturali;
- Verifica di compatibilità tra fattori di struttura e classi delle sezioni in acciaio;
- Verifica del rispetto della gerarchia delle resistenze.

VERIFICHE DI RESISTENZA

Le verifiche di resistenza delle aste vengono effettuate per tutte le combinazioni di carico in corrispondenza dei punti più significativi dell'asse. Il software colloca tali punti di controllo in modo automatico stabilendone il numero in funzione della lunghezza dell'elemento. Il caso limite è costituito dagli elementi tozzi in cui i punti di controllo saranno semplicemente disposti in prossimità delle due estremità e della mezzera.

Le sezioni trasversali associate ai punti di controllo e relative ai profilati metallici vengono classificate, sulla base del proprio stato tensionale, della geometria e del tipo di acciaio, secondo il seguente prospetto:

Sezione di Classe 1	Sezioni trasversali in grado di generare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta dall'analisi plastica senza alcuna riduzione di resistenza
Sezione di Classe 2	Sezioni trasversali in grado di raggiungere il proprio momento resistente plastico ma con una capacità rotazionale limitata
Sezione di Classe 3	Sezioni trasversali in grado di raggiungere il momento resistente elastico e dunque il valore di snervamento secondo una distribuzione lineare delle tensioni. Il momento resistente plastico non risulta raggiungibile per l'insorgere di fenomeni di instabilità locale
Sezione di Classe 4	Sezioni trasversali non in grado di raggiungere il momento resistente elastico e dunque con capacità di resistenza ridotte in seguito a fenomeni di instabilità locale

La classificazione influenzerà il calcolo delle grandezze resistenti della sezione da rapportare alle azioni di progetto. Per sezioni di classe 1 e 2 (più prestazionali) si potrà accedere alle risorse plastiche. Per sezioni di classe 3 si utilizzeranno le grandezze elastiche.

Per le sezioni sottili di classe 4 si prevede la definizione e l'utilizzo di una sezione ridotta delle parti inefficaci degli elementi compressi. Con tale sezione ridotta vengono ricalcolate le proprietà elastiche da impiegare nelle verifiche (proprietà efficaci). Di fatto l'utilizzo delle grandezze efficaci porta ad assumere un approccio cautelativo nei confronti degli effetti dei fenomeni di instabilità locale tramite una riduzione (tanto più consistente quanto più la sezione risulta compressa e sottile) delle parti reagenti della sezione trasversale.

Verifiche di resistenza a Trazione

La verifica consiste nell'accertare che risulti:

$$N_{Ed} = N_{t,Rd}$$

dove: N_{Ed} : azione di trazione di progetto;
 $N_{t,Rd}$: resistenza a trazione di progetto calcolata come indicato in seguito;

$$N_{t,Rd} = \min (N_{pl,Rd}, N_{u,Rd})$$

dove: $N_{pl,Rd}$: resistenza plastica di progetto;
 $N_{u,Rd}$: resistenza ultima di progetto;

Inoltre

$$N_{pl,Rd} = A \left(\frac{f_y}{\gamma_{M0}} \right)$$

$$N_{u,Rd} = 0.9 A_{nett} \left(\frac{f_u}{\gamma_{M2}} \right)$$

dove: A : area lorda della sezione;
 A_{nett} : area della sezione al netto delle forature;
 f_u, f_y : rispettivamente tensioni di rottura e di snervamento dell'acciaio;
 γ_{M0}, γ_{M2} : coefficienti di sicurezza;

Il fattore di sicurezza, ossia l'indice di quanto la verifica sia lontana dal caso limite, viene così calcolato:

$$F.S. = \left(\frac{N_{t,Rd}}{N_{Ed}} \right) \geq 1$$

Verifiche di resistenza a Compressione

La verifica consiste nell'accertare che risulti:

$$N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$$

dove: N_{Ed} : azione di compressione di progetto;
 $N_{c,Rd}$: resistenza a compressione di progetto calcolata come indicato in seguito;

$$N_{c,Rd} = A \left(\frac{f_y}{\gamma_{M0}} \right) \text{ per sezioni di classe 1,2 e 3}$$

$$N_{c,Rd} = A_{eff} \left(\frac{f_y}{\gamma_{M0}} \right) \text{ per sezioni di classe 4}$$

dove: A : area della sezione;
 A_{eff} : area efficace della sezione;
 f_y : tensione di snervamento dell'acciaio;
 γ_{M0}, γ_{M1} : coefficienti di sicurezza;

Il fattore di sicurezza, ossia l'indice di quanto la verifica sia lontana dal caso limite, viene così calcolato:

$$F.S. = \left(\frac{N_{c,Rd}}{N_{Ed}} \right) \geq 1$$

Verifiche di resistenza a Taglio

Il valore di progetto dell'azione tagliante in ogni sezione trasversale e per ognuna delle due direzioni principali di verifica, deve soddisfare la relazione:

$$SFR_2 = \frac{V_{sd,2}}{V_{pl,Rd,2}} \leq 1$$

$$SFR_3 = \frac{V_{sd,3}}{V_{pl,Rd,3}} \leq 1$$

$V_{pl,Rd}$ è il valore del taglio resistente di progetto, calcolato nella direzione 2 o 3, assunto pari a:

$$V_{pl,Rd} = \left(\frac{A_t \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} \right)$$

dove: A_t : area resistente al taglio della sezione nella direzione dell'azione tagliante agente;
 f_y : tensione di snervamento dell'acciaio;
 γ_{M0} : coefficiente di sicurezza;

Il fattore di sicurezza, ossia l'indice di quanto la verifica sia lontana dal caso limite, viene così calcolato:

$$F.S. = \left(\frac{1}{\max(SFR_2, SFR_3)} \right) \geq 1$$

Verifiche di resistenza a Flessione

Si verifica che il valore dello sfruttamento "SFR", calcolato come di seguito riportato, sia inferiore o uguale a 1.

$$SFR = \frac{|M_{sd,2}|}{M_{Rd,2}} + \frac{|M_{sd,3}|}{M_{Rd,3}} \leq 1$$

dove

M_{sd} è il valore del momento di progetto nella direzione 2 o 3;

M_{Rd} è il momento flettente resistente di progetto, funzione della classe della sezione e della direzione 2 o 3;

$$M_{Rd} = W_{pl} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \text{ per le classi 1 e 2}$$

$$M_{Rd} = W_{el} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \text{ per la classe 3}$$

$$M_{Rd} = W_{eff} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \text{ per la classe 4}$$

dove: W_{pl} : modulo di resistenza plastico della sezione;
 W_{el} : modulo di resistenza elastico della sezione;
 W_{eff} : modulo di resistenza della sezione efficace;
 f_y : tensione di snervamento dell'acciaio;
 γ_{M0} : coefficiente di sicurezza;

Il fattore di sicurezza, ossia l'indice di quanto la verifica sia lontana dal caso limite, viene così calcolato:

$$F.S. = \left(\frac{1}{SFR} \right) \geq 1$$

Verifiche di resistenza a Flessione e Taglio

Quando la forza di taglio è maggiore della metà del valore del taglio resistente il momento resistente plastico viene ridotto della quantità $(1 - \rho)$.

$$M_{Rd,eff} = M_{Rd} (1 - \rho) \quad [\text{solo se } \frac{V_{sd}}{V_{pl,Rd}} > 0.5]$$

La grandezza ρ viene calcolata come di seguito riportato:

$$\rho = \left(\left(2 \frac{V_{sd}}{V_{pl,Rd}} \right) - 1 \right)^2$$

dove vale la terminologia assunta sopra relativamente alle verifiche a taglio.

Calcolato il valore del momento resistente ridotto per la presenza del taglio, in ognuna delle due direzioni principali di verifica, si procede come per le verifiche a Flessione semplice ovvero a Presso Tenso Flessione.

Verifiche di resistenza a Flessione + Azioni assiali + Taglio

Per sezioni di classe 1 o 2 la verifica viene condotta controllando che il valore dello sfruttamento "SFR", calcolato come di seguito riportato, sia inferiore o uguale ad 1.

$$SFR = \frac{|M_{Sd,2}|}{M_{N,Rd,2}} + \frac{|M_{Sd,3}|}{M_{N,Rd,3}} \leq 1$$

dove:

$M_{N,Rd,2}$, $M_{N,Rd,3}$: momenti flettenti resistenti nelle due direzioni analizzate, ridotti per la presenza dello sforzo normale e dell'azione tagliante;

$M_{Sd,2}$, $M_{Sd,3}$: momenti flettenti di progetto nelle due direzioni analizzate;

Per sezioni di classe 3, in assenza di azioni di taglio, la verifica a presso o tenso - flessione è condotta mediante un approccio alle tensioni puntuali utilizzando il metodo delle verifiche elastiche.

Per sezioni di classe 4, come per le sezioni di classe 3, le verifiche sono condotte sempre in regime elastico puntuale ma utilizzando, al posto dell'intera sezione, le sole parti efficaci della sezione trasversale.

Il fattore di sicurezza, ossia l'indice di quanto la verifica sia lontana dal caso limite, viene così calcolato :

$$F.S. = \left(\frac{1}{SFR} \right) \geq 1$$

Verifiche di resistenza Elastiche

Le verifiche in campo elastico vengono effettuate in modo che in nessun punto della sezione venga superato il valore della resistenza di calcolo.

La formula utilizzata è:

$$\sigma_{id}(x, y) \leq f_d$$

dove $f_d = f_y / \gamma_m$

$$\sigma_{id}(x, y) = \sqrt{(\sigma(x, y) + 3\tau^2(x, y))}$$

dove, ancora: f_d : valore della tensione di progetto;

f_y : valore di snervamento dell'acciaio;

γ_m : coefficiente di sicurezza;

$\sigma_{id}(x, y)$: tensione ideale nel punto di coordinate (x, y) della sezione;

$\tau(x, y)$: tensione tangenziale nel punto di coordinate (x, y) della sezione;

$\sigma(x, y)$: tensione normale nel punto di coordinate (x, y) della sezione;

inoltre:

$$\sigma(x, y) = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Sd,2} J_3 + M_{Sd,3} J_{2,3}}{J_2 J_3 - J_{2,3}^2} d3 - \frac{M_{Sd,3} J_2 + M_{Sd,2} J_{2,3}}{J_2 J_3 - J_{2,3}^2} d2$$

$$\tau(x, y) = V / A_T$$

dove, rispetto al sistema di riferimento baricentrico utilizzato:

$d2$, $d3$: ascissa e ordinata (rispetto a sistema di riferimento baricentrico) rispettivamente nella direzione 2 e 3 e relativamente;

$N, M_{Sd,2}, M_{Sd,3}$: azioni esterne capaci di generare tensioni normali sulla sezione;
 V : azione esterna capace di generare tensioni tangenziali sulla sezione;
 $J_2, J_3, J_{2,3}$: momenti d'inerzia della sezione;
 A_T : area resistente al taglio della sezione;

EFFETTI DELLE IMPERFEZIONI

Nell'analisi della struttura, in quella dei sistemi di controvento e nel calcolo delle membrature si è tenuto conto degli effetti delle imperfezioni geometriche e strutturali quali: mancanza di verticalità o di rettilineità, mancanza di accoppiamento e le inevitabili eccentricità minori presenti nei collegamenti reali.

Tali effetti sono stati inclusi implicitamente nel calcolo della resistenza degli elementi strutturali, così come indicato al punto 4.2.3.5 delle NTC 2018, tramite il calcolo di momenti flettenti addizionali $M_{Sd,I2}$ e $M_{Sd,I3}$ ricavati dall'eccentricità dell'asse e dalla presenza delle azioni assiali.

VERIFICHE DI STABILITÀ

Verifiche di stabilità a compressione

Le verifiche di stabilità delle aste vengono effettuate nell'ipotesi che la sezione trasversale sia uniformemente compressa. Deve essere sempre:

$$SFR = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

dove:

N_{Ed} : è l'azione di compressione di calcolo;

$N_{b,Rd}$: è la resistenza all'instabilità nell'asta compressa data da:

$$N_{b,Rd} = \chi A \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \text{ per sezioni di classe 1, 2 e 3}$$

$$N_{b,Rd} = \chi A_{eff} \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \text{ per sezioni di classe 4}$$

χ : è un coefficiente dipendente dal tipo di sezione e dal tipo di acciaio impiegato, ottenuto in funzione di appropriati valori della snellezza adimensionalizzata $\bar{\lambda}$ dalla seguente formula:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

dove:

$$\phi = 0.5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$$

α : fattore di imperfezione opportunamente tabellato dalla normativa;

Inoltre:

$$\lambda_a = \sqrt{A \frac{f_y}{N_{cr}}} \text{ per sezioni di classe 1, 2 e 3}$$

$$\lambda_a = \sqrt{A_{eff} \frac{f_y}{N_{cr}}} \text{ per sezioni di classe 4}$$

N_{cr} : carico critico elastico basato sulle proprietà della sezione lorda e sulla lunghezza di libera inflessione dell'asta, calcolato per la modalità di collasso per instabilità appropriata.

Il fattore di sicurezza, ossia l'indice di quanto la verifica sia lontana dal caso limite, viene così calcolato:

$$F.S. = \left(\frac{1}{SFR} \right) \geq 1$$

Verifiche di stabilità presso flessionale

Nell'esecuzione di tali verifiche si è fatto uso del punto 4.2.4.1.3.3 delle NTC 2018. Tale paragrafo indica che per elementi strutturali oggetti a compressione e flessione, occorre studiare i relativi fenomeni di instabilità facendo riferimento a normative di comprovata validità.

In tal senso si è optato per la norma UNI EN 1993-1-1:2005 la quale al punto 6.3.3 ed all'annesso B indica le procedure da adottare per effettuare le verifiche in questione oltre che per il punto C4.2.4.1.3.3.2, Metodo B, della Circolare Ministeriale N.7/2019.

In particolare nel caso di membrature a sezione costante con sezioni doppiamente simmetriche aperte o chiuse, soggette a sforzo assiale e momento flettente, la verifica di stabilità a pressoflessione, per sezioni di classe 1, 2 o 3, è stata eseguita controllando che siano soddisfatte le seguenti disuguaglianze :

$$SFR = \frac{N_{Ed} \gamma_{M1}}{\chi_2 A f_{yk}} + k_{22} \frac{M_{2,Ed} \gamma_{M1}}{\chi_{LT} W_2 f_{yk}} + k_{23} \frac{M_{3,Ed} \gamma_{M1}}{W_3 f_{yk}} \leq 1$$

$$SFR = \frac{N_{Ed} \gamma_{M1}}{\chi_3 A f_{yk}} + k_{32} \frac{M_{2,Ed} \gamma_{M1}}{\chi_{LT} W_2 f_{yk}} + k_{33} \frac{M_{3,Ed} \gamma_{M1}}{W_3 f_{yk}} \leq 1$$

dove

- N_{Ed} , $M_{2,Ed}$ ed $M_{3,Ed}$ sono, rispettivamente, lo sforzo assiale ed i massimi momenti flettenti agenti sull'elemento nei piani di normale 2 e 3;
- A è l'area della sezione;
- W_2 e W_3 sono i moduli resistenti elastici per le sezioni di classe 3 e i moduli resistenti plastici per le sezioni di classe 1 e 2,
- k_{22} , k_{23} , k_{32} e k_{33} sono opportuni coefficienti di interazione forniti dalla TAB. C4.2.IV e dalla TAB. C4.2.V della circolare sopra citata.

Per sezioni di classe 4 si ha, invece :

$$SFR = \frac{N_{Ed} \gamma_{M1}}{\chi_2 A_{eff} f_{yk}} + k_{22} \frac{(M_{2,Ed} + \Delta M_{2,Ed}) \gamma_{M1}}{\chi_{LT} W_{eff,2} f_{yk}} + k_{23} \frac{(M_{3,Ed} + \Delta M_{3,Ed}) \gamma_{M1}}{W_{eff,3} f_{yk}} \leq 1$$

$$SFR = \frac{N_{Ed} \gamma_{M1}}{\chi_3 A_{eff} f_{yk}} + k_{32} \frac{(M_{2,Ed} + \Delta M_{2,Ed}) \gamma_{M1}}{\chi_{LT} W_{eff,2} f_{yk}} + k_{33} \frac{(M_{3,Ed} + \Delta M_{3,Ed}) \gamma_{M1}}{W_{eff,3} f_{yk}} \leq 1$$

dove

A_{eff} è l'area efficace della sezione;

$W_{eff,2}$ e $W_{eff,3}$ sono i moduli resistenti efficaci;

$\Delta M_{2,Ed}$ e $\Delta M_{3,Ed}$ sono i momenti (parassiti) della forza normale N_{Ed} rispetto al baricentro della sezione efficace.

Per tutte le classi delle sezioni i coefficienti χ_2 , χ_3 sono i coefficienti di riduzione per l'instabilità a compressione e χ_{LT} è il coefficiente di riduzione per l'instabilità flessione-torsionale, dati nel §4.2.4.1.3.1 delle N.T.C. di cui al DM 17/01/2018.

Il fattore di sicurezza, ossia l'indice di quanto la verifica sia lontana dal caso limite, viene così calcolato:

$$F.S. = \left(\frac{1}{SFR} \right) \geq 1$$

Verifiche di stabilità flessione-torsionale

Nell'esecuzione di tali verifiche si è fatto uso del punto 4.2.4.1.3.2 delle NTC 2018.

Una trave con sezione ad I o H soggetta a flessione nel piano dell'anima, con la piattabanda compressa non sufficientemente vincolata lateralmente, deve essere verificata nei riguardi dell'instabilità flessione torsionale secondo la formula:

$$SFR = \frac{M_{Ed,2}}{M_{b,Rd,2}} \leq 1$$

dove: $M_{Ed,2}$: massimo momento flettente di calcolo;
 $M_{b,Rd,2}$: momento resistente di progetto per l'instabilità;

Il momento resistente di progetto per i fenomeni di instabilità di una trave lateralmente non vincolata può essere assunto pari a:

$$M_{b,Rd,2} = \chi_{LT} W_2 \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}}$$

dove:

W_2 : modulo resistente della sezione:

- per le sezioni di classe 1 e 2 è pari al modulo plastico : $W_2 = W_{pl,2}$
- per le sezioni di classe 3 è pari al modulo elastico : $W_2 = W_{el,2}$
- per le sezioni di classe 4 è pari al modulo efficace : $W_2 = W_{eff,2}$

χ_{LT} : fattore di riduzione per l'instabilità flessione-torsionale, dipendente dal tipo di profilo impiegato; può essere determinato per profili laminati o composti saldati dalla formula:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq \begin{cases} 1,0 \\ \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2} \frac{1}{f} \end{cases}$$

dove:

$$\phi_{LT} = 0.5 [1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

Il coefficiente di snellezza adimensionale è dato dalla formula:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_{yk}}{M_{cr}}}$$

dove:

M_{cr} : momento critico elastico di instabilità torsionale, calcolato considerando la sezione lorda del profilo e i ritegni torsionali nell'ipotesi di diagramma di momento flettente uniforme.

α_{LT} : fattore di imperfezione ottenuto dalle indicazioni riportate nella Tabella 4.2.IX.

$\bar{\lambda}_{LT,0}$: assunto pari a 0.4

β : assunto pari ad 0.75.

Il fattore f considera la reale distribuzione del momento flettente tra i ritegni torsionali dell'elemento inflesso ed è definito dalla formula:

$$f = 1 - 0.5 (1 - k_c) [1 - 2.0 (\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2]$$

dove k_c assume i valori riportati nella Tabella 4.2.X contenuta all'interno delle NTC 2018.

Il fattore di sicurezza, ossia l'indice di quanto la verifica sia lontana dal caso limite, viene così calcolato:

$$F.S. = \left(\frac{1}{SFR} \right) \geq 1$$

Stabilità a taglio dei pannelli d'anima

I pannelli d'anima degli elementi strutturali, laminati oppure realizzati in soluzione composta saldata, devono essere verificati nei confronti dei fenomeni di instabilità dell'equilibrio allo stato limite ultimo (vedi C4.2.4.1.3.4.1 – C.617 e UNI EN 1993-1-5:2007).

I pannelli non irrigiditi vanno verificati se:

$$\frac{h_w}{t} \geq \frac{72}{\eta} \varepsilon$$

mentre i pannelli irrigiditi vanno verificati se:

$$\frac{h_w}{t} \geq \frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau}$$

essendo:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad \text{con } f_y \text{ in } \frac{N}{mm^2}$$

η è un coefficiente che vale 1.0 oppure 1.2 in funzione della normativa di riferimento e della classe di acciaio del pannello.

La resistenza all'instabilità per taglio di un pannello d'anima privo di irrigidimenti intermedi è espressa da

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}}$$

Il contributo resistente dell'anima $V_{bw,Rd}$ si calcola, invece, tramite la formula seguente:

$$V_{bw,Rd} = \frac{X_w f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}}$$

Il contributo resistente delle ali (piattabande) $V_{bf,Rd}$ si calcola tramite la formula seguente:

$$V_{bf,Rd} = \frac{b_f t_f^2 f_{yf}}{a \left(0.25 + \frac{1.6 b_f t_f^2 f_{yf}}{t h_w^2 f_{yw}} \right) \gamma_{M1}} \left[1 - \frac{M_{Ed}}{M_{f,red}} \right]$$

dove

$$M_{f,red} = \frac{M_{fk}}{\gamma_{M0}} \left(1 - \frac{N_{Ed} \gamma_{M0}}{(A_{fi} + A_{fs}) f_{yf}} \right)$$

dove

- h_w : Altezza del pannello;
- t : Spessore del pannello;
- a : Larghezza del pannello;
- $V_{bw,Rd}$: Contributo resistente dell'anima;
- $V_{bf,Rd}$: Contributo resistente delle ali (piattabande);
- f_{yw} : Valore di snervamento dell'acciaio dei pannelli d'anima;
- b_f : Larghezza dell'ala;
- t_f : Spessore dell'ala;
- h : Altezza totale della sezione (comprese le ali);
- A_{fs} : Area efficace della sola piattabanda superiore;
- A_{fi} : Area efficace della sola piattabanda inferiore;

Il coefficiente χ_w dipende dalla rigidità del montante d'appoggio: un montante d'appoggio costituito da due coppie di piatti simmetrici rispetto al piano dell'anima, poste a distanza longitudinale $e > 0.1 h_w$, e tali che l'area di ciascuna coppia di piatti sia almeno uguale a $(4 h_w t^2)/e$ e può essere considerato rigido, negli altri casi il montante d'appoggio deve essere considerato non rigido.

Coefficiente di snellezza	Coefficiente χ_w per montanti d'appoggio rigidi	Coefficiente χ_w per gli altri casi
$\lambda_w < 0.83/\eta$	η	η
$(0.83/\eta) \leq \lambda_w < 1.08$	$0.83/\lambda_w$	$0.83/\lambda_w$
$\lambda_w \geq 1.08$	$1.37/(0.7 + \bar{\lambda}_w)$	$0.83/\lambda_w$

Il parametro di snellezza λ_w è dato dalla formula:

$$\lambda_w = 0.76 \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}}$$

dove $\tau_{cr} = K_\tau \sigma_E$ è la tensione tangenziale critica e σ_E è la tensione critica euleriana, che per un piatto di altezza h_w e spessore t è data da

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 E t^2}{12(1 - \nu^2)h_w} = 19000 \left(\frac{t}{h_w} \right)^2 [MPa]$$

Il parametro K_τ dipende dalla presenza e dal numero degli irrigiditori longitudinali e per ognuno di tali casi viene fornito dalla normativa.

VERIFICHE DI DUTTILITA'

La verifica di duttilità per elementi in acciaio si ritiene comunque soddisfatta qualora siano rispettate, in funzione della classe di duttilità e del valore di base del fattore di comportamento q_0 utilizzato in fase di progetto, le prescrizioni relative alle classi di sezioni trasversali per le zone/elementi dissipativi riportate nella tabella seguente nonché le prescrizioni di norma relativi a ciascuna tipologia strutturale. In ogni caso deve essere soddisfatta, per le sezioni delle colonne primarie delle strutture a telaio in cui si prevede la formazione di zone dissipative, la relazione:

$$N_{Ed}/N_{pl,Rd} \leq 0.3$$

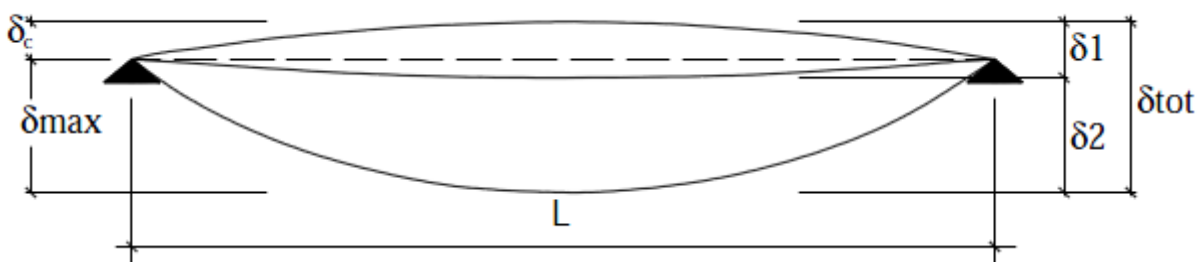
dove N_{Ed} è il valore della domanda a sforzo normale e $N_{pl,Rd}$ è il valore della capacità a sforzo normale.

Classe di duttilità	Valore di base q_0 del fattore di comportamento	Classe di sezione trasversale richiesta
CD "B"	$2 \leq q_0 \leq 4$	Classe 1 o 2
CD "A"	$q_0 > 4$	Classe 1

VERIFICHE DI DEFORMABILITA'

Il valore totale dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento è definito come

$$\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2$$



essendo:

δ_c la monta iniziale della trave;

δ_1 lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti;

δ_2 lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili;

δ_{max} lo spostamento nello stato finale, depurato dalla monta iniziale = $\delta_{tot} - \delta_c$;

VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI LATERALI

Ai sensi del punto 4.2.4.2.2 delle NTC vengono controllati gli spostamenti laterali alle sommità delle colonne per le combinazioni SLE. Gli spostamenti devono limitarsi ad una frazione dell'altezza della colonna e dell'altezza

complessiva dell'edificio. Il valore limite deve essere valutato sulla base degli effetti sugli elementi portati, della qualità del confort richiesto alla costruzione e delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti.

CONTROLLO DEL CONTENIMENTO DEL DANNO NEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI

Ai sensi del punto 7.3.7.2 delle NTC viene verificato che l'azione sismica di progetto non produca agli elementi costruttivi senza funzione strutturale danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile. Per gli edifici in classe I e II, questa verifica si ritiene soddisfatta se gli spostamenti d'interpiano calcolati allo SLD sono inferiori al valore limite, funzione del tipo di elementi non strutturali presenti. Per edifici in classe d'uso III e IV il controllo viene effettuato agli SLO.

COMPATIBILITA' TRA FATTORE DI STRUTTURA E CLASSI DI SEZIONI

Ai sensi del punto 7.5.3.1 e della tabella 7.5.III delle NTC il valore della classe delle sezioni delle aste che dissipano energia deve essere compatibile con la classe di duttilità e con il fattore di struttura utilizzato.

GERARCHIA DELLE RESISTENZE

Ai sensi del punto 7.5.4.3 delle NTC, per assicurare lo sviluppo del meccanismo globale dissipativo è stata rispettata la gerarchia delle resistenze tra la trave e la colonna. Inoltre sono state rispettate tutte le regole di dettaglio previste nelle NTC, e per ogni nodo colonna-trave è stata verificata la seguente condizione:

$$\sum M_{c,pl,Rd} \geq \gamma_{RD} \sum M_{b,pl,Rd}$$

dove:

$\gamma_{RD} = 1,3$ se struttura in classe CD"A";

$\gamma_{RD} = 1,1$ se struttura in classe CD"B";

$M_{c,pl,Rd}$ = momento resistente della colonna calcolato per i livelli di sollecitazione assiale presenti nella colonna nelle combinazioni sismiche delle azioni;

$M_{b,pl,Rd}$ = momento resistente delle travi che convergono nel nodo trave-colonna.

2.4.3 Elementi in Legno

Tutte le verifiche di seguito illustrate sono state formulate nel rispetto delle NTC e dell'Eurocodice 5.

VERIFICHE DI RESISTENZA

Verifica trazione

Nel caso di azioni di trazione viene controllato che la seguente condizione sia sempre soddisfatta:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

dove:

$\sigma_{t,0,d}$ è la tensione di progetto a trazione parallela alla fibratura valutata sulla sezione netta;

$f_{t,0,d}$ è la corrispondente resistenza di progetto determinata tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente K_h , come definito al §11.7.1.1 delle NTC;

Verifica compressione

Nel caso di azioni di compressione viene controllato che la seguente condizione sia sempre soddisfatta:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

dove:

$\sigma_{c,0,d}$ è la tensione di progetto a compressione parallela alla fibratura;

$f_{c,0,d}$ è la corrispondente resistenza di progetto;

Verifica a flessione

Nel caso di azioni flettenti viene controllato che le due seguenti condizioni siano sempre soddisfatte:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

dove:

$\sigma_{m,y,d}$ e $\sigma_{m,z,d}$ sono le tensioni di progetto massime per flessione rispettivamente nei piani xz e xy determinate assumendo una distribuzione elastico lineare delle tensioni sulla sezione;

$f_{m,y,d}$ e $f_{m,z,d}$ sono le corrispondenti resistenze di progetto a flessione, determinate tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente K_h , come definito al §11.7.1.1 delle NTC;

K_m è un coefficiente pari a 0.7 trattandosi di elementi in legno con sezione trasversale rettangolare;

Verifica a tensoflessione

Nel caso di sforzo normale di trazione, accompagnato da sollecitazioni di flessione attorno ai due assi principali dell'elemento strutturale, viene controllato che entrambe le seguenti condizioni siano soddisfatte:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

dove la simbologia adottata è stata già illustrata per i casi precedenti.

Verifica a presso-tenso-flessione

Nel caso di sforzo normale di compressione, accompagnato da sollecitazioni di flessione attorno ai due assi principali dell'elemento strutturale, viene controllato che entrambe le seguenti condizioni siano soddisfatte:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

dove la simbologia adottata è stata già illustrata per i casi precedenti.

Verifica a taglio

Nel caso di azioni taglianti viene controllato il rispetto della seguente condizione:

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

dove:

τ_d è la massima tensione tangenziale di progetto, valutata secondo la teoria di Jourawski, considerando una larghezza di trave opportunamente ridotta per la presenza di eventuali fessurazioni;

$f_{v,d}$ è la corrispondente resistenza di progetto a taglio;

Verifica a torsione

Nel caso di azioni torcenti viene controllato il rispetto della seguente condizione:

$$\tau_{tor,d} \leq k_{sh} f_{v,d}$$

dove:

$\tau_{tor,d}$ è la massima tensione tangenziale di progetto per torsione;
 k_{sh} è un coefficiente che tiene conto della forma della sezione trasversale;
 $f_{v,d}$ è la resistenza di progetto a taglio;

Per il coefficiente k_{sh} si assumeranno i seguenti valori in funzione della geometria della sezione trasversale:

$k_{sh} = 1.2$ per sezioni circolari piene;

$k_{sh} = 1 + 0.15 h/b \leq 2$ per sezioni rettangolari piene, di lati b e h , $b \leq h$;

$k_{sh} = 1$ altri tipi di sezione;

Verifica combinata a taglio e a torsione

Nel caso di torsione, accompagnata da taglio, si può eseguire una verifica combinata adottando la formula di interazione:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{k_{sh} f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1$$

dove il significato dei simboli è già stato descritto nei punti precedenti corrispondenti alle verifiche a taglio e a torsione.

VERIFICHE DI STABILITÀ

Oltre alle verifiche di resistenza sono state eseguite anche le verifiche necessarie ad accertare la sicurezza della struttura o delle singole membrature nei confronti di possibili fenomeni di instabilità, quali lo svergolamento delle travi inflesse (instabilità flessotorsionale) e lo sbandamento laterale degli elementi compressi o pressoinflessi.

Nella valutazione della sicurezza all'instabilità si è tenuto conto, per il calcolo delle tensioni per flessione, anche della curvatura iniziale dell'elemento, dell'eccentricità del carico assiale e delle eventuali deformazioni (frecche o controfrecche) imposte.

Per queste verifiche si sono utilizzati i valori caratteristici al frattile 5% per i moduli elastici dei materiali.

Elementi inflessi (instabilità di trave)

Nel caso di flessione semplice, con momento flettente agente attorno all'asse forte y della sezione (cioè nel piano ortogonale a quello di possibile svergolamento), con riferimento alla tensione dovuta al massimo momento agente nel tratto di trave compreso tra due successivi ritegni torsionali, si è controllato che sia sempre soddisfatta la relazione:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit,m} f_{m,d}} \leq 1$$

dove:

$\sigma_{m,d}$ è la tensione di progetto massima per flessione;

$k_{crit,m}$ è il coefficiente riduttivo di tensione critica per instabilità di trave, per tener conto della riduzione di resistenza dovuta allo sbandamento laterale;

$f_{m,d}$ è la resistenza di progetto a flessione determinata tenendo conto anche delle dimensioni della sezione trasversale mediante il coefficiente k_h ;

Per travi aventi una deviazione laterale iniziale rispetto alla rettilineità nei limiti di accettabilità del prodotto, si sono assunti i seguenti valori del coefficiente di tensione critica $k_{crit,m}$:

$$k_{crit,m} = \begin{cases} 1 & \text{per } \lambda_{rel,m} \leq 0.75 \\ 1.56 - 0.75 \lambda_{rel,m} & \text{per } 0.75 < \lambda_{rel,m} \leq 1.4 \\ 1/\lambda_{rel,m}^2 & \text{per } 1.4 < \lambda_{rel,m} \end{cases}$$

dove:

$\lambda_{rel,m}$ è la snellezza relativa di trave calcolata come di seguito illustrato:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k}/\sigma_{m,crit}}$$

$f_{m,k}$ è la resistenza caratteristica a flessione (§11.7.1.1 delle NTC);

$\sigma_{m,crit}$ è la tensione critica per flessione calcolata secondo la teoria classica della stabilità, con i valori dei moduli elastici caratteristici (frattile 5%) (§11.7.1.1 delle NTC);

Elementi inflessi (instabilità di colonna)

Nel caso di asta soggetta solo a sforzo normale è stato verificato che sia sempre soddisfatta la condizione:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{crit,c} f_{c,0,d}} \leq 1$$

dove:

$\sigma_{c,0,d}$ è la tensione di compressione di progetto per sforzo normale;

$f_{c,0,d}$ è la resistenza di progetto a compressione;

$k_{crit,c}$ è il coefficiente riduttivo di tensione critica per instabilità di colonna valutato per il piano in cui assume il valore minimo;

Il coefficiente riduttivo $k_{crit,c}$ si calcola in funzione della snellezza relativa di colonna $\lambda_{rel,c}$, che vale:

$$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

dove:

$f_{c,0,k}$ è la resistenza caratteristica a compressione parallela alla fibratura;

$\sigma_{c,crit}$ è la tensione critica calcolata secondo la teoria classica della stabilità, con i valori dei moduli elastici caratteristici (frattile 5%);

λ è la snellezza dell'elemento strutturale valutata per il piano in cui essa assume il valore massimo;

Quando $\lambda_{rel,c} \leq 0.3$ si è posto $k_{crit,c} = 1$, altrimenti si è posto:

$$k_{crit,c} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}$$

con

$$k = 0.5(1 + \beta_c (\lambda_{rel,c} - 0.3) + \lambda_{rel,c}^2)$$

β_c è un coefficiente di imperfezione, che, se gli elementi rientrano nei limiti di rettilineità definiti nel §4.4.15 delle NTC, può assumere i seguenti valori:

- per legno massiccio $\beta_c = 0.2$;
- per legno lamellare $\beta_c = 0.1$;

VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ

Le deformazioni della struttura, dovute agli effetti delle azioni applicate, sono state controllate affinché siano contenute entro limiti accettabili, sia in relazione ai danni che possono essere indotti ai materiali di rivestimento, ai pavimenti, alle tramezzature e, più in generale, alle finiture, sia in relazione ai requisiti estetici ed alla funzionalità dell'opera.

Nel fare ciò, si sono valutate sia la deformazione istantanea U_i sia la deformazione a lungo termine U_f .

La deformazione istantanea U_i si è calcolata utilizzando i valori medi dei moduli elastici per le membrature e il valore istantaneo del modulo di scorrimento dei collegamenti.

La deformazione a lungo termine U_f si è calcolata utilizzando i valori medi dei moduli elastici ridotti opportunamente mediante il fattore $1/(1 + k_{def})$, per le membrature, e utilizzando eventualmente un valore ridotto nello stesso modo

del modulo di scorrimento dei collegamenti.

Il coefficiente k_{def} tiene conto dell'aumento di deformabilità con il tempo causato dall'effetto combinato della viscosità, dell'umidità del materiale e delle sue variazioni. I valori di k_{def} sono riportati nella Tab. 4.4.V. delle NTC.

La freccia (valore dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento) netta $U_{f,n}$ di un elemento inflesso è data dalla somma della freccia dovuta ai soli carichi permanenti, della freccia dovuta ai soli carichi variabili, dedotta dalla eventuale controfreccia U_{ctf} (se presente).

I valori limite di confronto $U_{i,lim}$, $U_{f,lim}$ e $U_{f,n,lim}$ rispettivamente impiegati per la verifica delle frecce istantanea, finale e finale netta, sono ricavati dividendo la lunghezza dell'elemento ligneo per un valore specifico suggerito dalla stessa normativa.

3 Dati Struttura

3.1 Elenco e caratteristiche dei materiali

Nell'ambito del progetto si è fatto uso dei seguenti materiali divisi per categoria di appartenenza:

3.1.1 Calcestruzzo

Nome	: Nome del materiale;
Classe	: Classe del calcestruzzo in base alla classificazione da normativa (fck/Rck);
fck	: Resistenza caratteristica cilindrica a compressione;
Rck	: Resistenza caratteristica cubica a compressione;
ν	: Modulo di Poisson;
ps	: Peso per unità di volume;
αT	: Coefficiente di dilatazione termica;
Ec	: Modulo elastico del materiale;
FC	: Fattore di confidenza (solo per costruzioni esistenti);
$\gamma_{m,c}$: Coefficiente parziale per le resistenze;
Ect/Ec	: Rapporto tra i moduli elastici a trazione e compressione;
fcm	: Resistenza media riscontrata (solo per costruzioni esistenti);
fcd SLU	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLU;
fctd SLU	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
fcd SLD	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLD;
fctd SLD	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
fctk,0.05	: Resistenza caratteristica a trazione;
fctm	: Resistenza media a trazione;
ϵ_{c2}	: Deformazione al raggiungimento della massima tensione di compressione;
ϵ_{cu2}	: Deformazione ultima di compressione del calcestruzzo.

Nom e	Classe	ν	ps kN/m ³	αT 1/°C	Ec N/mm ²	FC	$\gamma_{m,c}$	Ect/Ec	fcm N/mm ²	Fcd SLU N/mm ²	fctd SLU N/mm ²	fcd SLD N/mm ²	fctd SLD N/mm ²	fctk,0.0 5 N/mm ²	fctm N/mm ²	ϵ_{c2} %	ϵ_{cu2} %
Cl (1)	C25/3 0	0.1 5	25.00	1E- 05	31475.80 6	-	1.50	0.50	25.00	14.16 7	1.197	21.25	1.795	1.795	2.565	0.20	0.35

3.1.2 Acciaio per C.A.

Nome	: Nome del materiale;
Tipo	: Tipo di acciaio in base alla classificazione da normativa;
γ_m	: Coefficiente parziale per le resistenze;
FC	: Fattore di confidenza (solo per costruzioni esistenti);
Es	: Modulo elastico del materiale;
f _{yk}	: Resistenza caratteristica di snervamento a trazione;
f _{tk}	: Resistenza caratteristica a rottura a trazione;
fd SLU	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
fd SLD	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
fd SLE	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLE;
k	: Rapporto di sovrarresistenza (f _{tk} / f _{yk} > 1 per modello incrudente)
ϵ_{ud}	: Valore di calcolo della deformazione ultima a trazione.

Nome	Tipo	γ_m	FC	Es N/mm ²	f _{yk} N/mm ²	f _{tk} N/mm ²	fd SLU N/mm ²	fd SLD N/mm ²	fd SLE N/mm ²	k	ϵ_{ud} %
Barre (1)	B450C	1.15	-	210000.00	450.00	540.00	391.304	450.00	391.304	1.20	1.00

3.1.3 Acciaio per carpenteria

Nome	: Nome del materiale;
Tipo	: Tipo di acciaio in base alla classificazione da normativa;
ν	: Modulo di Poisson;
ρ_s	: Peso per unità di volume;
α_T	: Coefficiente di dilatazione termica;
E_s	: Modulo elastico del materiale;
FC	: Fattore di confidenza (solo per costruzioni esistenti);
γ_{M0}	: Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza delle membrature;
γ_{M1}	: Coefficiente parziale di sicurezza per l'instabilità delle membrature;
γ_{M2}	: Coefficiente parziale di sicurezza connessioni;
f_{yk}	: Resistenza caratteristica di snervamento;
f_{tk}	: Resistenza caratteristica a rottura;

Nome	Tipo	ν	ρ_s kN/m ³	α_T 1/°C	E_s N/mm ²	FC	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}	f_{yk} N/mm ²	f_{tk} N/mm ²
Acciaio (1)	S235 (UNI EN 10025-2)	0.30	78.50	1.2E-05	210000.00	-	1.05	1.05	1.25	235.00	360.00

3.1.4 Legno strutturale

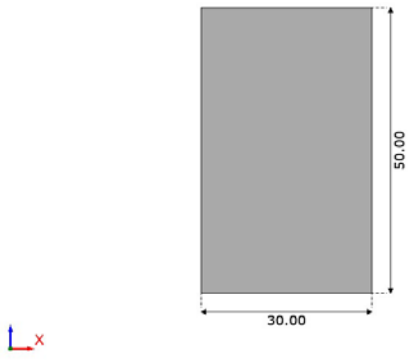
Nome	: Nome del materiale;
Norm.	: Normativa di riferimento;
Classe	: Classe in base alla classificazione da normativa;
ρ_s	: Peso per unità di volume;
FC	: Fattore di confidenza (solo per costruzioni esistenti);
$E_{0,mean}$: Modulo elastico medio parallelo alle fibre;
$E_{0,05}$: Modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre;
G_{mean}	: Modulo elastico medio tangenziale alle fibre;
$f_{m,k}$: Resistenza caratteristica a flessione;
$f_{t,0,k}$: Resistenza caratteristica a trazione parallela alle fibre;
$f_{c,0,k}$: Resistenza caratteristica a compressione parallela alle fibre;
$f_{v,k}$: Resistenza caratteristica a taglio.

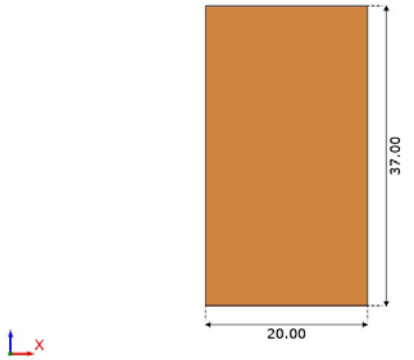
Nome	Norm.	Classe	ρ_s kN/m ³	FC	$E_{0,mean}$ N/mm ²	$E_{0,05}$ N/mm ²	G_{mean} N/mm ²	$f_{m,k}$ N/mm ²	$f_{t,0,k}$ N/mm ²	$f_{c,0,k}$ N/mm ²	$f_{v,k}$ N/mm ²
Legno (1) (Lamellare di conifera)	EN 14080	GL24h	4.20	-	11500.00	9600.00	650.00	24.00	19.20	24.00	3.50

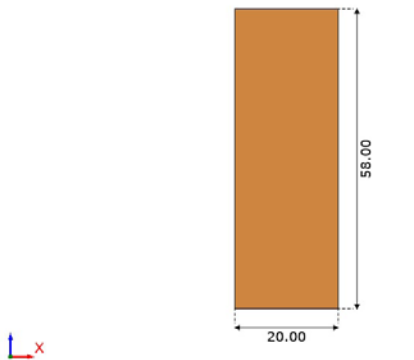
3.2 Elenco e caratteristiche delle sezioni trasversali

Prof.	: Profilato/i associati alla sezioni in acciaio;
A	: Area della sezione;
J2	: Momento di inerzia baricentrico intorno all'asse 2 locale;
J3	: Momento di inerzia baricentrico intorno all'asse 3 locale;
Jt	: Momento di inerzia torsionale;
Mat.	: Nome dei materiali della sezione (vedi "Elenco e Caratteristiche dei materiali");
Tr. tral.	: Tipologia trave tralicciata associata (vedi "Elenco e Caratteristiche delle tipologie di trave tralicciata");
Peso	: Peso per unità di lunghezza della sezione;

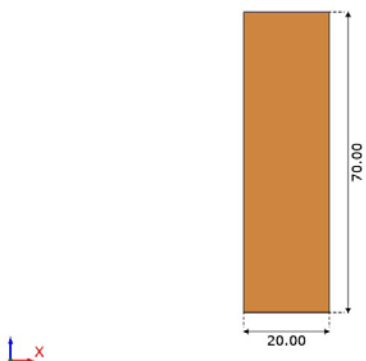
Tipologia N.1 (30x50)

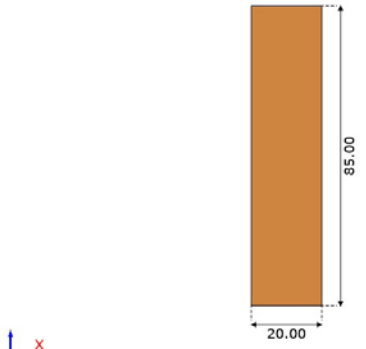
	<p> A = 150000.00 mm² J2 = 3125000000.0 mm⁴ J3 = 1125000000.0 mm⁴ Jt = 2807100000.0 mm⁴ Mat. = Cls (1) Peso = 3750.00 N/m </p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

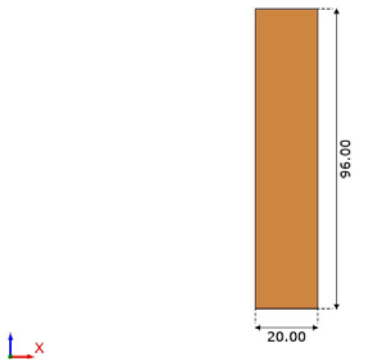
Tipologia N.2 (20x37)	
	<p> A = 74000.00 mm² J2 = 844216666.7 mm⁴ J3 = 246666666.7 mm⁴ Jt = 652266666.7 mm⁴ Mat. = Legno (1) Peso = 310.80 N/m </p>

Tipologia N.3 (20x58)	
	<p> A = 116000.00 mm² J2 = 3251866666.7 mm⁴ J3 = 386666666.7 mm⁴ Jt = 1212266666.7 mm⁴ Mat. = Legno (1) Peso = 487.20 N/m </p>

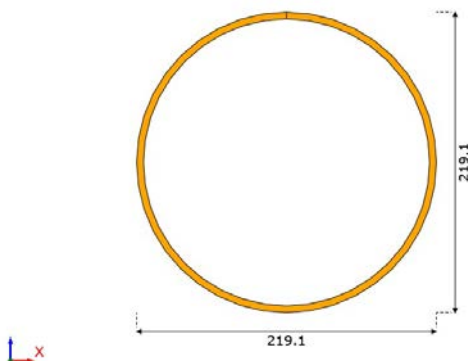
Tipologia N.4 (20x70)	
-----------------------	--

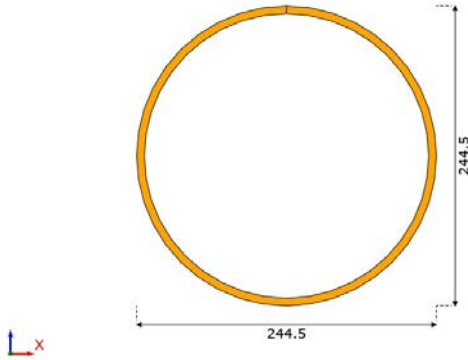
	<p> A = 140000.00 mm² J2 = 5716666666.7 mm⁴ J3 = 4666666666.7 mm⁴ Jt = 1532266666.7 mm⁴ Mat. = Legno (1) Peso = 588.00 N/m </p>
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

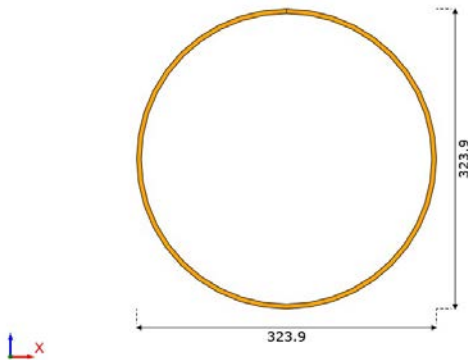
Tipologia N.5 (20x85)	
	<p> A = 170000.00 mm² J2 = 10235416666.7 mm⁴ J3 = 5666666666.7 mm⁴ Jt = 1932266666.7 mm⁴ Mat. = Legno (1) Peso = 714.00 N/m </p>

Tipologia N.6 (20x96)	
	<p> A = 192000.00 mm² J2 = 14745600000.0 mm⁴ J3 = 6400000000.0 mm⁴ Jt = 2225600000.0 mm⁴ Mat. = Legno (1) Peso = 806.40 N/m </p>

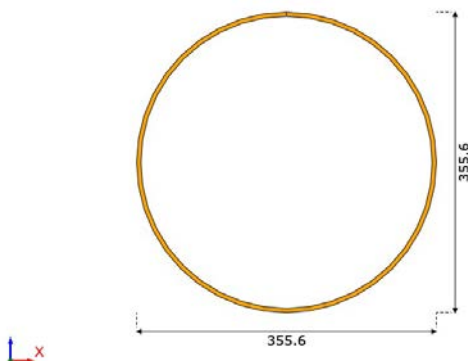
Tipologia N.7 (CHS219x5.0)	
----------------------------	--

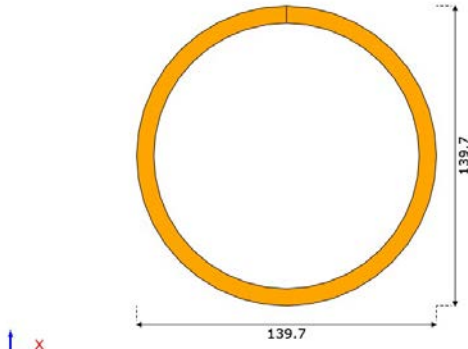
	<p> Prof. = CHS219x5.0 A = 3349.26 mm² J2 = 19122439.2 mm⁴ J3 = 19122439.2 mm⁴ Jt = 38539838.2 mm⁴ Mat. = Acciaio (1) Peso = 262.92 N/m </p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

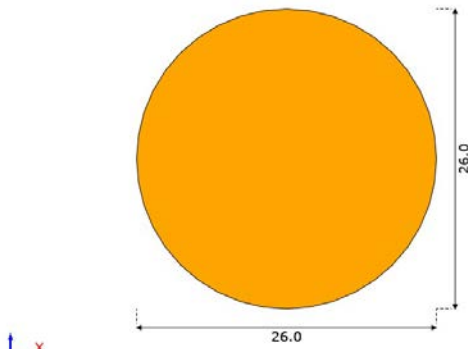
Tipologia N.8 (CHS244x6.3)	
	<p> Prof. = CHS244x6.3 A = 4695.10 mm² J2 = 33186083.2 mm⁴ J3 = 33186083.2 mm⁴ Jt = 66873753.8 mm⁴ Mat. = Acciaio (1) Peso = 368.57 N/m </p>

Tipologia N.9 (CHS323x5.0)	
	<p> Prof. = CHS323x5.0 A = 4988.70 mm² J2 = 63172315.9 mm⁴ J3 = 63172315.9 mm⁴ Jt = 127357182.7 mm⁴ Mat. = Acciaio (1) Peso = 391.61 N/m </p>

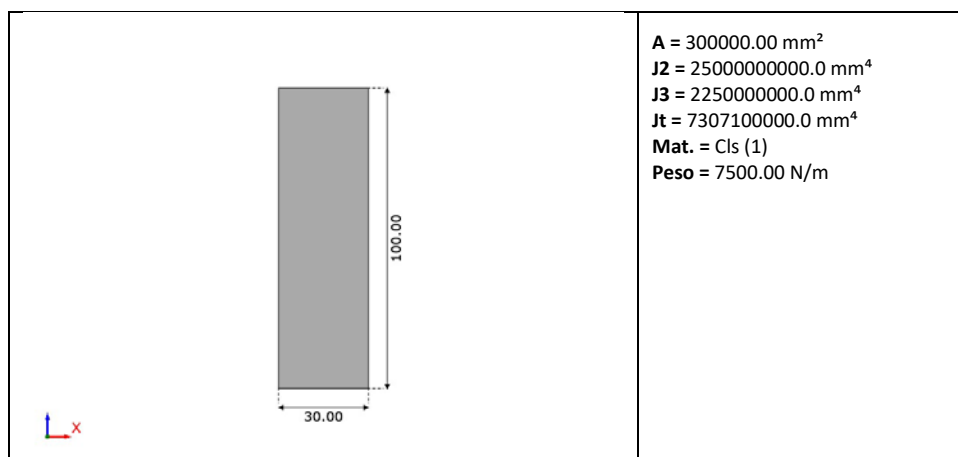
Tipologia N.10 (CHS355x5.0)	
-----------------------------	--

	<p> Prof. = CHS355x5.0 A = 5484.59 mm² J2 = 83942238.5 mm⁴ J3 = 83942238.5 mm⁴ Jt = 169237118.0 mm⁴ Mat. = Acciaio (1) Peso = 430.54 N/m </p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tipologia N.11 (CHS139x8.0)	
	<p> Prof. = CHS139x8.0 A = 3296.39 mm² J2 = 7143866.5 mm⁴ J3 = 7143866.5 mm⁴ Jt = 14352818.5 mm⁴ Mat. = Acciaio (1) Peso = 258.77 N/m </p>

Tipologia N.12 (TON26)	
	<p> Prof. = TON26 A = 528.75 mm² J2 = 22247.9 mm⁴ J3 = 22247.9 mm⁴ Jt = 44863.5 mm⁴ Mat. = Acciaio (1) Peso = 41.51 N/m </p>

Tipologia N.13 (30x100)	
-------------------------	--



3.3 Definizione di proprietà meccaniche

Materiale C. : Denominazione del materiale;
 Kx : Rigidezza traslazionale in direzione 1 dell'elemento;
 Ky : Rigidezza traslazionale in direzione 2 dell'elemento;
 Kz : Rigidezza traslazionale in direzione 3 dell'elemento;
 Krx : Rigidezza rotazionale attorno all'asse 1 dell'elemento;
 Kry : Rigidezza rotazionale attorno all'asse 2 dell'elemento;
 Krz : Rigidezza rotazionale attorno all'asse 3 dell'elemento;

Materiale C.	Kx	Ky	Kz	Krx	Kry	Krz
			N/m			
Materiale	0	0	14.14	0	0	0
Materiale	0	0	14.14	0	0	0
Materiale	0	0	14.14	0	0	0
Materiale	0	0	14.14	0	0	0
Materiale	0	0	14.14	0	0	0
Materiale	0	0	14.14	0	0	0
Materiale	0	0	25.13	0	0	0

3.4 Stratigrafie del terreno

- Caratteristiche litostratigrafiche

L'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini per la caratterizzazione della categoria di sottosuolo sono meglio indicati nella relazione geologico-tecnica allegata. Per quanto riguarda l'aspetto geologico a seguito il rilevamento di un significativo intorno della zona in esame si è riscontrata la presenza delle seguenti successioni litostratigrafiche nelle relative sezioni geologiche (colonne stratigrafiche):

Colonna : Nome della colonna stratigrafica usata;
 Nome dello strato : Nome dello strato appartenente la colonna stratigrafica usata;
 Descrizione dello strato : Descrizione estesa dello strato;

Colonna	Strato	Descrizione
Col_Str (1)	Strato (1)	Strato (1)
Col_Str (2)	Strato (1)	Strato (1)

- Caratteristiche fisico meccaniche dei terreni di fondazione

Nell'ambito del progetto si è fatto uso delle seguenti colonne stratigrafiche:

Caratteristiche delle colonne stratigrafiche:

Colonna : Nome della colonna stratigrafica;
 Falda : Presenza della falda;
 Prof. Falda : Profondità della falda (se è presente);
 Quota piano campagna : Quota piano campagna;
 N. Strati : Numero degli strati della colonna stratigrafica.
 RQD : (Rock Quality Designation)grado di fratturazione dell'ammasso roccioso in [0-1]

Colonna	Falda	Prof. Falda [cm]	Quota piano campagna [cm]	N. Strati	RQD
Col_Str (1)	Non presente	-	0.00	1	0.00
Col_Str (2)	Non presente	-	200.00	1	0.00

Caratteristiche degli strati appartenenti alle colonne stratigrafiche:

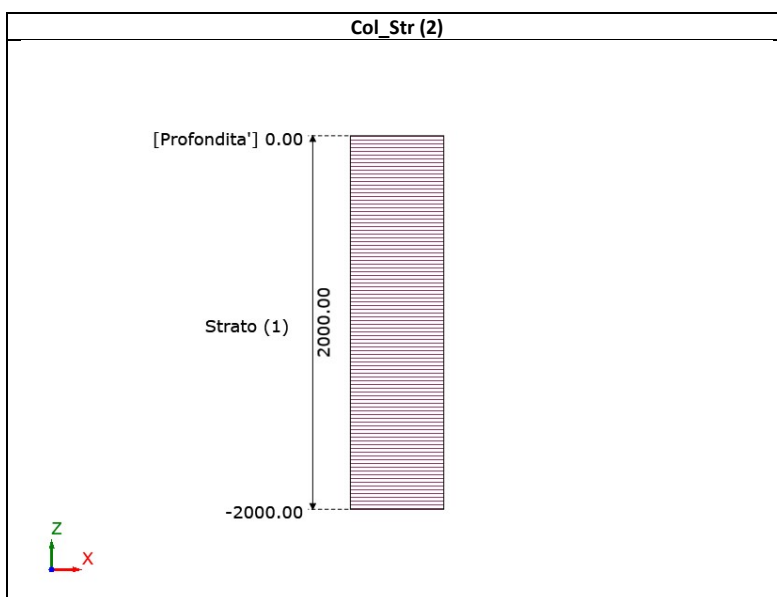
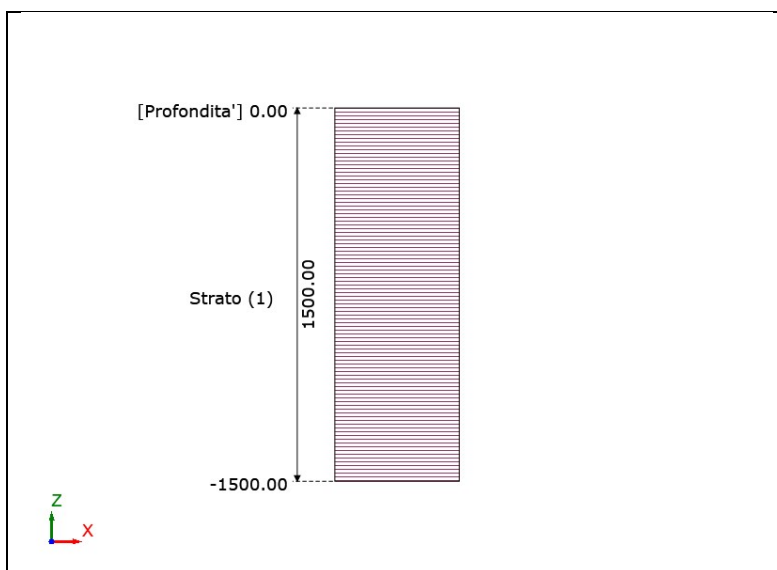
Colonna : Nome della colonna stratigrafica;
 Strato : Nome dello strato appartenente la colonna stratigrafica;
 Spess. : Spessore dello strato;
 Peso : Peso dell'unità di volume dello strato;
 Peso sat. : Peso dell'unità di volume saturo dello strato;
 NSPT : Numero di colpi medio misurato nello strato;
 Qc : Resistenza alla punta media misurata nello strato;
 ϕ : Angolo di attrito del terreno;
 δ : Angolo di attrito terreno/struttura;
 α : Inclinazione dello strato;
 c' : Coesione drenata del terreno;
 cu' : Coesione non drenata del terreno;
 E : Modulo elastico del terreno;
 G : Modulo di taglio del terreno;
 ν : Coefficiente di Poisson;
 Eed : Modulo Edometrico;
 OCR : Grado di sovraconsolidazione del terreno.

Col_Str (1)															
Strato	Spess.	Peso	Peso sat.	NSPT	Qc	ϕ	δ	α	c'	cu'	E	G	ν	Eed	OCR
	[cm]	[kN/m ³]	[kN/m ³]		[N/mm ²]	[°]	[°]	[°]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	
Strato (1)	1500.00	18.00	19.00	10.00	1.50	29.00	19.33	0.00	0.03	0.07	20.00	10.00	0.35	8.00	1.00

Col_Str (2)															
Strato	Spess.	Peso	Peso sat.	NSPT	Qc	ϕ	δ	α	c'	cu'	E	G	ν	Eed	OCR
	[cm]	[kN/m ³]	[kN/m ³]		[N/mm ²]	[°]	[°]	[°]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	
Strato (1)	2000.00	18.00	19.00	10.00	1.50	30.00	20.00	0.00	0.03	0.07	20.00	10.00	0.35	8.00	1.00

- Sezioni Geologiche:

Col_Str (1)

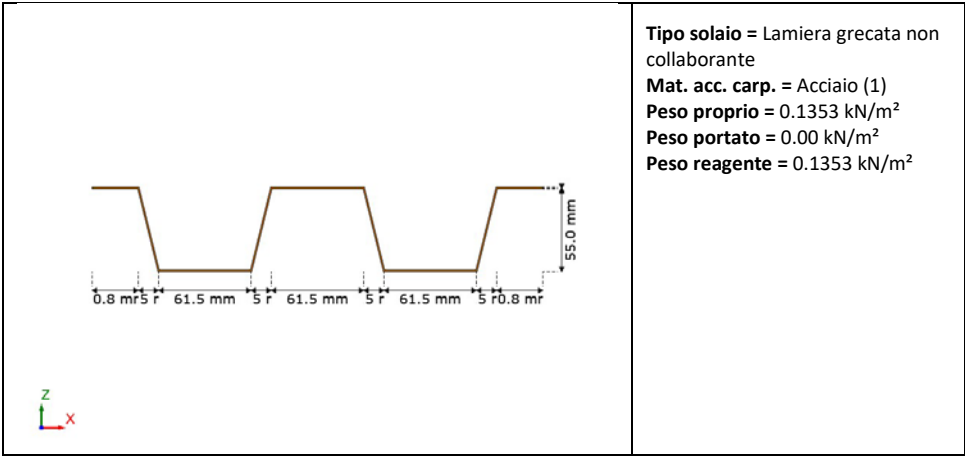


3.5 Elenco e caratteristiche delle tipologie di solaio

Tipo solaio : Tipo di solaio;
 Mat. cls : Nome del materiale calcestruzzo per la tipologia di solaio*;
 Mat. acc. carp. : Nome del materiale acciaio da carpenteria per la tipologia di solaio*;
 Mat. legno travi : Nome del materiale legno delle travi per la tipologia di solaio*;
 Mat. legno tav. : Nome del materiale legno del tavolato per la tipologia di solaio*;
 Peso proprio : Peso proprio per unità di superficie della tipologia di solaio;
 Peso portato : Peso portato per unità di superficie della tipologia di solaio;
 Peso reagente : Peso reagente per unità di superficie della tipologia di solaio;

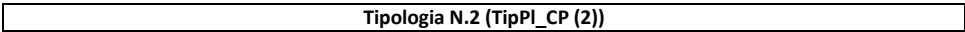
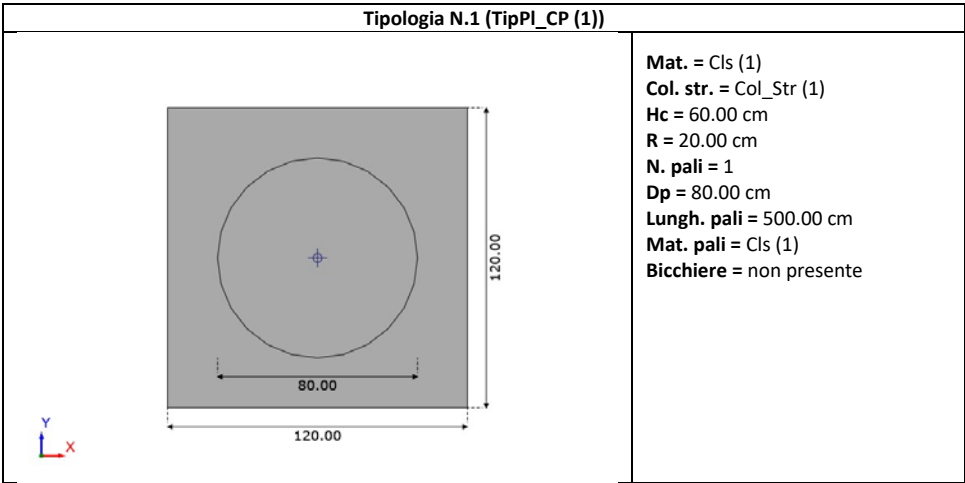
* vedi "Elenco e Caratteristiche dei materiali"

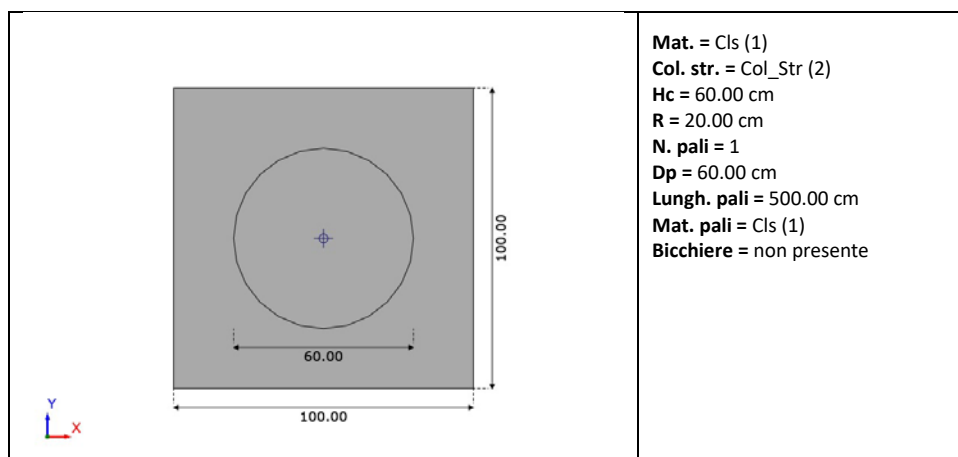
Tipologia N.1 (Traslucido)



3.6 Elenco e caratteristiche dei plinti

- Mat.** : Nome del materiale del plinto (vedi “Elenco e Caratteristiche dei materiali”);
Col. str. : Colonna stratigrafica associata al plinto (vedi “Stratigrafie del terreno”);
Hc : Altezza del corpo del plinto;
Hm : Altezza del magrone del plinto;
Ht : Altezza della testa del plinto;
R : Risega;
Rm : Risega magrone;
N. pali : Numero di pali;
Tipo pali : Tipo di pali;
Dp : Diametro dei pali;
Prof. cam. pali : Profilato associato alla camicia dei pali;
Lungh. pali : Lunghezza dei pali;
Mat. pali : Nome del materiale dei pali (vedi “Elenco e Caratteristiche dei materiali”);
Mat. cam. pali : Nome del materiale della camicia pali (vedi “Elenco e Caratteristiche dei materiali”);
Bicchieri : Presenza del bicchiere;
Hb : Altezza bicchiere;
Sb : Spessore bicchiere;





3.7 Geometria Struttura

3.7.1 Caratteristiche dei Nodi

I dati seguenti riportano tutte le caratteristiche relative ai nodi che definiscono la struttura ed in modo particolare:

Nodo I.	: Etichetta del nodo di input;
Nodo C.	: Numerazione interna del nodo relativa al modello di calcolo;
Impalcato	: Impalcato di appartenenza del nodo;
Tipo legame	: Tipo di legame master-slave di cui il nodo corrente è master;
Coordinate	: Coordinate del nodo secondo il sistema di riferimento globale cartesiano;
Tip. plinto	: Tipologia plinto associata al nodo (vedi "Elenco e caratteristiche dei plinti");
Tip. rinforzo	: Tipologia rinforzo associata al nodo (vedi "Elenco e caratteristiche delle tipologie di rinforzo");
Master	: Nodo MASTER dal quale dipende il nodo corrente;
Vincoli	: Eventuali vincoli esterni del nodo in ognuna delle 6 direzioni:
Sx	: Direzione X rispetto al sistema di riferimento globale;
Sy	: Direzione Y rispetto al sistema di riferimento globale;
Sz	: Direzione Z rispetto al sistema di riferimento globale;
Rx	: Rotazione attorno all'asse X del sistema di riferimento globale;
Ry	: Rotazione attorno all'asse Y del sistema di riferimento globale;
Rz	: Rotazione attorno all'asse Z del sistema di riferimento globale;

I simboli dei vincoli assumono il seguente significato:

L	: Non presenza di vincoli;
P	: Valore infinito della rigidezza;
Valore	: Valore della molla applicata al nodo;

Nodo I.	Nodo C.	Impalcato	Tipo legame	Coordinate			Tip. plinto	Tip. rinforzo	Master
				x	y	z			
				[cm]	[cm]	[cm]			
Nodo 1	1	-	-	0.00	1255.00	558.00	-	-	-
Nodo 2	2	-	-	470.00	1255.00	558.00	-	-	-
Nodo 3	3	-	-	940.00	1255.00	558.00	-	-	-
Nodo 4	4	-	-	1410.00	1255.00	558.00	-	-	-
Nodo 5	5	-	-	0.00	0.00	200.00	2	-	-
Nodo 5	6	-	-	0.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 5	7	-	-	-50.00	-50.00	170.00	2	-	-
Nodo 5	8	-	-	50.00	-50.00	170.00	2	-	-
Nodo 5	9	-	-	50.00	50.00	170.00	2	-	-
Nodo 5	10	-	-	-50.00	50.00	170.00	2	-	-
Nodo 5	11	-	-	0.00	0.00	-330.00	2	-	-

-	12	-	-	0.00	0.00	-330.00	-	-	-
Nodo 6	13	-	-	470.00	0.00	200.00	2	-	-
Nodo 6	14	-	-	470.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 6	15	-	-	420.00	-50.00	170.00	2	-	-
Nodo 6	16	-	-	520.00	-50.00	170.00	2	-	-
Nodo 6	17	-	-	520.00	50.00	170.00	2	-	-
Nodo 6	18	-	-	420.00	50.00	170.00	2	-	-
Nodo 6	19	-	-	470.00	0.00	-330.00	2	-	-
-	20	-	-	470.00	0.00	-330.00	-	-	-
Nodo 7	21	-	-	940.00	0.00	200.00	2	-	-
Nodo 7	22	-	-	940.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 7	23	-	-	890.00	-50.00	170.00	2	-	-
Nodo 7	24	-	-	990.00	-50.00	170.00	2	-	-
Nodo 7	25	-	-	990.00	50.00	170.00	2	-	-
Nodo 7	26	-	-	890.00	50.00	170.00	2	-	-
Nodo 7	27	-	-	940.00	0.00	-330.00	2	-	-
-	28	-	-	940.00	0.00	-330.00	-	-	-
Nodo 8	29	-	-	1410.00	0.00	200.00	2	-	-
Nodo 8	30	-	-	1410.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 8	31	-	-	1360.00	-50.00	170.00	2	-	-
Nodo 8	32	-	-	1460.00	-50.00	170.00	2	-	-
Nodo 8	33	-	-	1460.00	50.00	170.00	2	-	-
Nodo 8	34	-	-	1360.00	50.00	170.00	2	-	-
Nodo 8	35	-	-	1410.00	0.00	-330.00	2	-	-
-	36	-	-	1410.00	0.00	-330.00	-	-	-
Nodo 9	37	-	-	0.00	0.00	450.00	-	-	-
Nodo 10	38	-	-	470.00	0.00	450.00	-	-	-
Nodo 11	39	-	-	940.00	0.00	450.00	-	-	-
Nodo 12	40	-	-	1410.00	0.00	450.00	-	-	-
Nodo 13	41	-	-	1880.00	0.00	200.00	2	-	-
Nodo 13	42	-	-	1880.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 13	43	-	-	1830.00	-50.00	170.00	2	-	-
Nodo 13	44	-	-	1930.00	-50.00	170.00	2	-	-
Nodo 13	45	-	-	1930.00	50.00	170.00	2	-	-
Nodo 13	46	-	-	1830.00	50.00	170.00	2	-	-
Nodo 13	47	-	-	1880.00	0.00	-330.00	2	-	-
-	48	-	-	1880.00	0.00	-330.00	-	-	-
Nodo 14	49	-	-	1880.00	0.00	450.00	-	-	-
Nodo 15	50	-	-	1880.00	1255.00	558.00	-	-	-
Nodo 16	51	-	-	2350.00	0.00	200.00	2	-	-
Nodo 16	52	-	-	2350.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 16	53	-	-	2300.00	-50.00	170.00	2	-	-
Nodo 16	54	-	-	2400.00	-50.00	170.00	2	-	-
Nodo 16	55	-	-	2400.00	50.00	170.00	2	-	-
Nodo 16	56	-	-	2300.00	50.00	170.00	2	-	-
Nodo 16	57	-	-	2350.00	0.00	-330.00	2	-	-
-	58	-	-	2350.00	0.00	-330.00	-	-	-
Nodo 17	59	-	-	2350.00	0.00	450.00	-	-	-
Nodo 18	60	-	-	2350.00	932.00	0.00	1	-	-
Nodo 18	61	-	-	2350.00	932.00	-30.00	1	-	-
Nodo 18	62	-	-	2290.00	872.00	-30.00	1	-	-
Nodo 18	63	-	-	2410.00	872.00	-30.00	1	-	-
Nodo 18	64	-	-	2410.00	992.00	-30.00	1	-	-
Nodo 18	65	-	-	2290.00	992.00	-30.00	1	-	-
Nodo 18	66	-	-	2350.00	932.00	-530.00	1	-	-
-	67	-	-	2350.00	932.00	-530.00	-	-	-
Nodo 19	68	-	-	2350.00	932.00	569.50	-	-	-
Nodo 20	69	-	-	2350.00	1255.00	558.00	-	-	-
Nodo 21	70	-	-	1880.00	1088.00	570.00	-	-	-
Nodo 22	71	-	-	1410.00	1088.00	570.00	-	-	-
Nodo 23	72	-	-	940.00	1088.00	570.00	-	-	-
Nodo 24	73	-	-	470.00	1088.00	570.00	-	-	-
Nodo 25	74	-	-	0.00	1088.00	570.00	-	-	-
Nodo 26	75	-	-	2350.00	788.00	569.00	-	-	-
Nodo 27	76	-	-	1880.00	788.00	569.00	-	-	-
Nodo 28	77	-	-	1410.00	788.00	569.00	-	-	-
Nodo 29	78	-	-	940.00	788.00	569.00	-	-	-
Nodo 30	79	-	-	470.00	788.00	569.00	-	-	-
Nodo 31	80	-	-	0.00	788.00	569.00	-	-	-

Nodo 32	81	-	-	2350.00	1088.00	570.00	-	-	-
Nodo 33	82	-	-	0.00	488.00	548.00	-	-	-
Nodo 34	83	-	-	470.00	488.00	548.00	-	-	-
Nodo 35	84	-	-	940.00	488.00	548.00	-	-	-
Nodo 36	85	-	-	1410.00	488.00	548.00	-	-	-
Nodo 37	86	-	-	1880.00	488.00	548.00	-	-	-
Nodo 38	87	-	-	2350.00	488.00	548.00	-	-	-
Nodo 39	88	-	-	0.00	188.00	507.00	-	-	-
Nodo 40	89	-	-	470.00	188.00	507.00	-	-	-
Nodo 41	90	-	-	940.00	188.00	507.00	-	-	-
Nodo 42	91	-	-	1410.00	188.00	507.00	-	-	-
Nodo 43	92	-	-	1880.00	188.00	507.00	-	-	-
Nodo 44	93	-	-	2350.00	188.00	507.00	-	-	-
Nodo 45	94	-	-	0.00	-97.60	691.00	-	-	-
Nodo 46	95	-	-	470.00	-97.60	691.00	-	-	-
Nodo 47	96	-	-	940.00	-97.60	691.00	-	-	-
Nodo 48	97	-	-	1410.00	-97.60	691.00	-	-	-
Nodo 49	98	-	-	1880.00	-97.60	691.00	-	-	-
Nodo 50	99	-	-	2350.00	-97.60	691.00	-	-	-
-	100	-	-	0.00	0.00	143.43	-	-	-
-	101	-	-	0.00	0.00	115.71	-	-	-
-	102	-	-	0.00	0.00	86.67	-	-	-
-	103	-	-	0.00	0.00	56.10	-	-	-
-	104	-	-	0.00	0.00	23.75	-	-	-
-	105	-	-	0.00	0.00	-10.75	-	-	-
-	106	-	-	0.00	0.00	-47.90	-	-	-
-	107	-	-	0.00	0.00	-88.42	-	-	-
-	108	-	-	0.00	0.00	-133.43	-	-	-
-	109	-	-	0.00	0.00	-184.86	-	-	-
-	110	-	-	0.00	0.00	-246.67	-	-	-
-	111	-	-	-25.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	112	-	-	0.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	113	-	-	25.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	114	-	-	50.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	115	-	-	50.00	0.00	170.00	-	-	-
-	116	-	-	50.00	25.00	170.00	-	-	-
-	117	-	-	25.00	50.00	170.00	-	-	-
-	118	-	-	0.00	50.00	170.00	-	-	-
-	119	-	-	-25.00	50.00	170.00	-	-	-
-	120	-	-	-50.00	25.00	170.00	-	-	-
-	121	-	-	-50.00	0.00	170.00	-	-	-
-	122	-	-	-50.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	123	-	-	470.00	0.00	143.43	-	-	-
-	124	-	-	470.00	0.00	115.71	-	-	-
-	125	-	-	470.00	0.00	86.67	-	-	-
-	126	-	-	470.00	0.00	56.10	-	-	-
-	127	-	-	470.00	0.00	23.75	-	-	-
-	128	-	-	470.00	0.00	-10.75	-	-	-
-	129	-	-	470.00	0.00	-47.90	-	-	-
-	130	-	-	470.00	0.00	-88.42	-	-	-
-	131	-	-	470.00	0.00	-133.43	-	-	-
-	132	-	-	470.00	0.00	-184.86	-	-	-
-	133	-	-	470.00	0.00	-246.67	-	-	-
-	134	-	-	445.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	135	-	-	470.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	136	-	-	495.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	137	-	-	520.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	138	-	-	520.00	0.00	170.00	-	-	-
-	139	-	-	520.00	25.00	170.00	-	-	-
-	140	-	-	495.00	50.00	170.00	-	-	-
-	141	-	-	470.00	50.00	170.00	-	-	-
-	142	-	-	445.00	50.00	170.00	-	-	-
-	143	-	-	420.00	25.00	170.00	-	-	-
-	144	-	-	420.00	0.00	170.00	-	-	-
-	145	-	-	420.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	146	-	-	940.00	0.00	143.43	-	-	-
-	147	-	-	940.00	0.00	115.71	-	-	-
-	148	-	-	940.00	0.00	86.67	-	-	-
-	149	-	-	940.00	0.00	56.10	-	-	-

-	150	-	-	940.00	0.00	23.75	-	-	-
-	151	-	-	940.00	0.00	-10.75	-	-	-
-	152	-	-	940.00	0.00	-47.90	-	-	-
-	153	-	-	940.00	0.00	-88.42	-	-	-
-	154	-	-	940.00	0.00	-133.43	-	-	-
-	155	-	-	940.00	0.00	-184.86	-	-	-
-	156	-	-	940.00	0.00	-246.67	-	-	-
-	157	-	-	915.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	158	-	-	940.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	159	-	-	965.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	160	-	-	990.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	161	-	-	990.00	0.00	170.00	-	-	-
-	162	-	-	990.00	25.00	170.00	-	-	-
-	163	-	-	965.00	50.00	170.00	-	-	-
-	164	-	-	940.00	50.00	170.00	-	-	-
-	165	-	-	915.00	50.00	170.00	-	-	-
-	166	-	-	890.00	25.00	170.00	-	-	-
-	167	-	-	890.00	0.00	170.00	-	-	-
-	168	-	-	890.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	169	-	-	1410.00	0.00	143.43	-	-	-
-	170	-	-	1410.00	0.00	115.71	-	-	-
-	171	-	-	1410.00	0.00	86.67	-	-	-
-	172	-	-	1410.00	0.00	56.10	-	-	-
-	173	-	-	1410.00	0.00	23.75	-	-	-
-	174	-	-	1410.00	0.00	-10.75	-	-	-
-	175	-	-	1410.00	0.00	-47.90	-	-	-
-	176	-	-	1410.00	0.00	-88.42	-	-	-
-	177	-	-	1410.00	0.00	-133.43	-	-	-
-	178	-	-	1410.00	0.00	-184.86	-	-	-
-	179	-	-	1410.00	0.00	-246.67	-	-	-
-	180	-	-	1385.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	181	-	-	1410.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	182	-	-	1435.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	183	-	-	1460.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	184	-	-	1460.00	0.00	170.00	-	-	-
-	185	-	-	1460.00	25.00	170.00	-	-	-
-	186	-	-	1435.00	50.00	170.00	-	-	-
-	187	-	-	1410.00	50.00	170.00	-	-	-
-	188	-	-	1385.00	50.00	170.00	-	-	-
-	189	-	-	1360.00	25.00	170.00	-	-	-
-	190	-	-	1360.00	0.00	170.00	-	-	-
-	191	-	-	1360.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	192	-	-	1880.00	0.00	143.43	-	-	-
-	193	-	-	1880.00	0.00	115.71	-	-	-
-	194	-	-	1880.00	0.00	86.67	-	-	-
-	195	-	-	1880.00	0.00	56.10	-	-	-
-	196	-	-	1880.00	0.00	23.75	-	-	-
-	197	-	-	1880.00	0.00	-10.75	-	-	-
-	198	-	-	1880.00	0.00	-47.90	-	-	-
-	199	-	-	1880.00	0.00	-88.42	-	-	-
-	200	-	-	1880.00	0.00	-133.43	-	-	-
-	201	-	-	1880.00	0.00	-184.86	-	-	-
-	202	-	-	1880.00	0.00	-246.67	-	-	-
-	203	-	-	1855.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	204	-	-	1880.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	205	-	-	1905.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	206	-	-	1930.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	207	-	-	1930.00	0.00	170.00	-	-	-
-	208	-	-	1930.00	25.00	170.00	-	-	-
-	209	-	-	1905.00	50.00	170.00	-	-	-
-	210	-	-	1880.00	50.00	170.00	-	-	-
-	211	-	-	1855.00	50.00	170.00	-	-	-
-	212	-	-	1830.00	25.00	170.00	-	-	-
-	213	-	-	1830.00	0.00	170.00	-	-	-
-	214	-	-	1830.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	215	-	-	2350.00	0.00	143.43	-	-	-
-	216	-	-	2350.00	0.00	115.71	-	-	-
-	217	-	-	2350.00	0.00	86.67	-	-	-
-	218	-	-	2350.00	0.00	56.10	-	-	-

-	219	-	-	2350.00	0.00	23.75	-	-	-
-	220	-	-	2350.00	0.00	-10.75	-	-	-
-	221	-	-	2350.00	0.00	-47.90	-	-	-
-	222	-	-	2350.00	0.00	-88.42	-	-	-
-	223	-	-	2350.00	0.00	-133.43	-	-	-
-	224	-	-	2350.00	0.00	-184.86	-	-	-
-	225	-	-	2350.00	0.00	-246.67	-	-	-
-	226	-	-	2325.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	227	-	-	2350.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	228	-	-	2375.00	-50.00	170.00	-	-	-
-	229	-	-	2400.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	230	-	-	2400.00	0.00	170.00	-	-	-
-	231	-	-	2400.00	25.00	170.00	-	-	-
-	232	-	-	2375.00	50.00	170.00	-	-	-
-	233	-	-	2350.00	50.00	170.00	-	-	-
-	234	-	-	2325.00	50.00	170.00	-	-	-
-	235	-	-	2300.00	25.00	170.00	-	-	-
-	236	-	-	2300.00	0.00	170.00	-	-	-
-	237	-	-	2300.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	238	-	-	2350.00	932.00	-60.18	-	-	-
-	239	-	-	2350.00	932.00	-91.76	-	-	-
-	240	-	-	2350.00	932.00	-124.95	-	-	-
-	241	-	-	2350.00	932.00	-160.01	-	-	-
-	242	-	-	2350.00	932.00	-197.33	-	-	-
-	243	-	-	2350.00	932.00	-237.38	-	-	-
-	244	-	-	2350.00	932.00	-280.87	-	-	-
-	245	-	-	2350.00	932.00	-328.90	-	-	-
-	246	-	-	2350.00	932.00	-383.27	-	-	-
-	247	-	-	2350.00	932.00	-447.43	-	-	-
-	248	-	-	2320.00	872.00	-30.00	-	-	-
-	249	-	-	2350.00	872.00	-30.00	-	-	-
-	250	-	-	2380.00	872.00	-30.00	-	-	-
-	251	-	-	2410.00	902.00	-30.00	-	-	-
-	252	-	-	2410.00	932.00	-30.00	-	-	-
-	253	-	-	2410.00	962.00	-30.00	-	-	-
-	254	-	-	2380.00	992.00	-30.00	-	-	-
-	255	-	-	2350.00	992.00	-30.00	-	-	-
-	256	-	-	2320.00	992.00	-30.00	-	-	-
-	257	-	-	2290.00	962.00	-30.00	-	-	-
-	258	-	-	2290.00	932.00	-30.00	-	-	-
-	259	-	-	2290.00	902.00	-30.00	-	-	-
-	260	-	-	0.00	25.00	170.00	-	-	-
-	261	-	-	-25.00	0.00	170.00	-	-	-
-	262	-	-	0.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	263	-	-	25.00	0.00	170.00	-	-	-
-	264	-	-	25.00	25.00	170.00	-	-	-
-	265	-	-	25.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	266	-	-	-25.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	267	-	-	-25.00	25.00	170.00	-	-	-
-	268	-	-	470.00	25.00	170.00	-	-	-
-	269	-	-	445.00	0.00	170.00	-	-	-
-	270	-	-	470.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	271	-	-	495.00	0.00	170.00	-	-	-
-	272	-	-	495.00	25.00	170.00	-	-	-
-	273	-	-	495.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	274	-	-	445.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	275	-	-	445.00	25.00	170.00	-	-	-
-	276	-	-	940.00	25.00	170.00	-	-	-
-	277	-	-	915.00	0.00	170.00	-	-	-
-	278	-	-	940.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	279	-	-	965.00	0.00	170.00	-	-	-
-	280	-	-	965.00	25.00	170.00	-	-	-
-	281	-	-	965.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	282	-	-	915.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	283	-	-	915.00	25.00	170.00	-	-	-
-	284	-	-	1410.00	25.00	170.00	-	-	-
-	285	-	-	1385.00	0.00	170.00	-	-	-
-	286	-	-	1410.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	287	-	-	1435.00	0.00	170.00	-	-	-

-	288	-	-	1435.00	25.00	170.00	-	-	-
-	289	-	-	1435.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	290	-	-	1385.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	291	-	-	1385.00	25.00	170.00	-	-	-
-	292	-	-	1880.00	25.00	170.00	-	-	-
-	293	-	-	1855.00	0.00	170.00	-	-	-
-	294	-	-	1880.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	295	-	-	1905.00	0.00	170.00	-	-	-
-	296	-	-	1905.00	25.00	170.00	-	-	-
-	297	-	-	1905.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	298	-	-	1855.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	299	-	-	1855.00	25.00	170.00	-	-	-
-	300	-	-	2350.00	25.00	170.00	-	-	-
-	301	-	-	2325.00	0.00	170.00	-	-	-
-	302	-	-	2350.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	303	-	-	2375.00	0.00	170.00	-	-	-
-	304	-	-	2375.00	25.00	170.00	-	-	-
-	305	-	-	2375.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	306	-	-	2325.00	-25.00	170.00	-	-	-
-	307	-	-	2325.00	25.00	170.00	-	-	-
-	308	-	-	2380.00	932.00	-30.00	-	-	-
-	309	-	-	2350.00	962.00	-30.00	-	-	-
-	310	-	-	2350.00	902.00	-30.00	-	-	-
-	311	-	-	2380.00	902.00	-30.00	-	-	-
-	312	-	-	2320.00	932.00	-30.00	-	-	-
-	313	-	-	2320.00	902.00	-30.00	-	-	-
-	314	-	-	2320.00	962.00	-30.00	-	-	-
-	315	-	-	2380.00	962.00	-30.00	-	-	-

Nodo C.	Vincoli					
	Sx	Sy	Sz	Rx	Ry	Rz
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	L	L	P	L	L	L
2	L	L	P	L	L	L
3	L	L	P	L	L	L
4	L	L	P	L	L	L
5	L	L	L	L	L	L
6	L	L	L	L	L	L
7	L	L	L	L	L	L
8	L	L	L	L	L	L
9	L	L	L	L	L	L
10	L	L	L	L	L	L
11	L	L	L	L	L	L
12	P	P	P	P	P	P
13	L	L	L	L	L	L
14	L	L	L	L	L	L
15	L	L	L	L	L	L
16	L	L	L	L	L	L
17	L	L	L	L	L	L
18	L	L	L	L	L	L
19	L	L	L	L	L	L
20	P	P	P	P	P	P
21	L	L	L	L	L	L
22	L	L	L	L	L	L
23	L	L	L	L	L	L
24	L	L	L	L	L	L
25	L	L	L	L	L	L
26	L	L	L	L	L	L
27	L	L	L	L	L	L
28	P	P	P	P	P	P
29	L	L	L	L	L	L
30	L	L	L	L	L	L
31	L	L	L	L	L	L
32	L	L	L	L	L	L
33	L	L	L	L	L	L
34	L	L	L	L	L	L
35	L	L	L	L	L	L
36	P	P	P	P	P	P

37	L	L	P	L	L	L
38	L	L	P	L	L	L
39	L	L	P	L	L	L
40	L	L	P	L	L	L
41	L	L	L	L	L	L
42	L	L	L	L	L	L
43	L	L	L	L	L	L
44	L	L	L	L	L	L
45	L	L	L	L	L	L
46	L	L	L	L	L	L
47	L	L	L	L	L	L
48	P	P	P	P	P	P
49	L	L	P	L	L	L
50	L	L	P	L	L	L
51	L	L	L	L	L	L
52	L	L	L	L	L	L
53	L	L	L	L	L	L
54	L	L	L	L	L	L
55	L	L	L	L	L	L
56	L	L	L	L	L	L
57	L	L	L	L	L	L
58	P	P	P	P	P	P
59	L	L	P	L	L	L
60	L	L	L	L	L	L
61	L	L	L	L	L	L
62	L	L	L	L	L	L
63	L	L	L	L	L	L
64	L	L	L	L	L	L
65	L	L	L	L	L	L
66	L	L	L	L	L	L
67	P	P	P	P	P	P
68	P	P	P	P	P	P
69	L	L	P	L	L	L
70	P	P	P	P	P	P
71	P	P	P	P	P	P
72	P	P	P	P	P	P
73	P	P	P	P	P	P
74	P	P	P	P	P	P
75	P	P	P	P	P	P
76	P	P	P	P	P	P
77	P	P	P	P	P	P
78	P	P	P	P	P	P
79	P	P	P	P	P	P
80	P	P	P	P	P	P
81	P	P	P	P	P	P
82	P	P	P	P	P	P
83	P	P	P	P	P	P
84	P	P	P	P	P	P
85	P	P	P	P	P	P
86	P	P	P	P	P	P
87	P	P	P	P	P	P
88	P	P	P	P	P	P
89	P	P	P	P	P	P
90	P	P	P	P	P	P
91	P	P	P	P	P	P
92	P	P	P	P	P	P
93	P	P	P	P	P	P
94	L	L	L	L	L	L
95	L	L	L	L	L	L
96	L	L	L	L	L	L
97	L	L	L	L	L	L
98	L	L	L	L	L	L
99	L	L	L	L	L	L
100	L	L	L	L	L	L
101	L	L	L	L	L	L
102	L	L	L	L	L	L
103	L	L	L	L	L	L
104	L	L	L	L	L	L
105	L	L	L	L	L	L

106	L	L	L	L	L	L
107	L	L	L	L	L	L
108	L	L	L	L	L	L
109	L	L	L	L	L	L
110	L	L	L	L	L	L
111	L	L	L	L	L	L
112	L	L	L	L	L	L
113	L	L	L	L	L	L
114	L	L	L	L	L	L
115	L	L	L	L	L	L
116	L	L	L	L	L	L
117	L	L	L	L	L	L
118	L	L	L	L	L	L
119	L	L	L	L	L	L
120	L	L	L	L	L	L
121	L	L	L	L	L	L
122	L	L	L	L	L	L
123	L	L	L	L	L	L
124	L	L	L	L	L	L
125	L	L	L	L	L	L
126	L	L	L	L	L	L
127	L	L	L	L	L	L
128	L	L	L	L	L	L
129	L	L	L	L	L	L
130	L	L	L	L	L	L
131	L	L	L	L	L	L
132	L	L	L	L	L	L
133	L	L	L	L	L	L
134	L	L	L	L	L	L
135	L	L	L	L	L	L
136	L	L	L	L	L	L
137	L	L	L	L	L	L
138	L	L	L	L	L	L
139	L	L	L	L	L	L
140	L	L	L	L	L	L
141	L	L	L	L	L	L
142	L	L	L	L	L	L
143	L	L	L	L	L	L
144	L	L	L	L	L	L
145	L	L	L	L	L	L
146	L	L	L	L	L	L
147	L	L	L	L	L	L
148	L	L	L	L	L	L
149	L	L	L	L	L	L
150	L	L	L	L	L	L
151	L	L	L	L	L	L
152	L	L	L	L	L	L
153	L	L	L	L	L	L
154	L	L	L	L	L	L
155	L	L	L	L	L	L
156	L	L	L	L	L	L
157	L	L	L	L	L	L
158	L	L	L	L	L	L
159	L	L	L	L	L	L
160	L	L	L	L	L	L
161	L	L	L	L	L	L
162	L	L	L	L	L	L
163	L	L	L	L	L	L
164	L	L	L	L	L	L
165	L	L	L	L	L	L
166	L	L	L	L	L	L
167	L	L	L	L	L	L
168	L	L	L	L	L	L
169	L	L	L	L	L	L
170	L	L	L	L	L	L
171	L	L	L	L	L	L
172	L	L	L	L	L	L
173	L	L	L	L	L	L
174	L	L	L	L	L	L

175	L	L	L	L	L	L
176	L	L	L	L	L	L
177	L	L	L	L	L	L
178	L	L	L	L	L	L
179	L	L	L	L	L	L
180	L	L	L	L	L	L
181	L	L	L	L	L	L
182	L	L	L	L	L	L
183	L	L	L	L	L	L
184	L	L	L	L	L	L
185	L	L	L	L	L	L
186	L	L	L	L	L	L
187	L	L	L	L	L	L
188	L	L	L	L	L	L
189	L	L	L	L	L	L
190	L	L	L	L	L	L
191	L	L	L	L	L	L
192	L	L	L	L	L	L
193	L	L	L	L	L	L
194	L	L	L	L	L	L
195	L	L	L	L	L	L
196	L	L	L	L	L	L
197	L	L	L	L	L	L
198	L	L	L	L	L	L
199	L	L	L	L	L	L
200	L	L	L	L	L	L
201	L	L	L	L	L	L
202	L	L	L	L	L	L
203	L	L	L	L	L	L
204	L	L	L	L	L	L
205	L	L	L	L	L	L
206	L	L	L	L	L	L
207	L	L	L	L	L	L
208	L	L	L	L	L	L
209	L	L	L	L	L	L
210	L	L	L	L	L	L
211	L	L	L	L	L	L
212	L	L	L	L	L	L
213	L	L	L	L	L	L
214	L	L	L	L	L	L
215	L	L	L	L	L	L
216	L	L	L	L	L	L
217	L	L	L	L	L	L
218	L	L	L	L	L	L
219	L	L	L	L	L	L
220	L	L	L	L	L	L
221	L	L	L	L	L	L
222	L	L	L	L	L	L
223	L	L	L	L	L	L
224	L	L	L	L	L	L
225	L	L	L	L	L	L
226	L	L	L	L	L	L
227	L	L	L	L	L	L
228	L	L	L	L	L	L
229	L	L	L	L	L	L
230	L	L	L	L	L	L
231	L	L	L	L	L	L
232	L	L	L	L	L	L
233	L	L	L	L	L	L
234	L	L	L	L	L	L
235	L	L	L	L	L	L
236	L	L	L	L	L	L
237	L	L	L	L	L	L
238	L	L	L	L	L	L
239	L	L	L	L	L	L
240	L	L	L	L	L	L
241	L	L	L	L	L	L
242	L	L	L	L	L	L
243	L	L	L	L	L	L

244	L	L	L	L	L	L
245	L	L	L	L	L	L
246	L	L	L	L	L	L
247	L	L	L	L	L	L
248	L	L	L	L	L	L
249	L	L	L	L	L	L
250	L	L	L	L	L	L
251	L	L	L	L	L	L
252	L	L	L	L	L	L
253	L	L	L	L	L	L
254	L	L	L	L	L	L
255	L	L	L	L	L	L
256	L	L	L	L	L	L
257	L	L	L	L	L	L
258	L	L	L	L	L	L
259	L	L	L	L	L	L
260	L	L	L	L	L	L
261	L	L	L	L	L	L
262	L	L	L	L	L	L
263	L	L	L	L	L	L
264	L	L	L	L	L	L
265	L	L	L	L	L	L
266	L	L	L	L	L	L
267	L	L	L	L	L	L
268	L	L	L	L	L	L
269	L	L	L	L	L	L
270	L	L	L	L	L	L
271	L	L	L	L	L	L
272	L	L	L	L	L	L
273	L	L	L	L	L	L
274	L	L	L	L	L	L
275	L	L	L	L	L	L
276	L	L	L	L	L	L
277	L	L	L	L	L	L
278	L	L	L	L	L	L
279	L	L	L	L	L	L
280	L	L	L	L	L	L
281	L	L	L	L	L	L
282	L	L	L	L	L	L
283	L	L	L	L	L	L
284	L	L	L	L	L	L
285	L	L	L	L	L	L
286	L	L	L	L	L	L
287	L	L	L	L	L	L
288	L	L	L	L	L	L
289	L	L	L	L	L	L
290	L	L	L	L	L	L
291	L	L	L	L	L	L
292	L	L	L	L	L	L
293	L	L	L	L	L	L
294	L	L	L	L	L	L
295	L	L	L	L	L	L
296	L	L	L	L	L	L
297	L	L	L	L	L	L
298	L	L	L	L	L	L
299	L	L	L	L	L	L
300	L	L	L	L	L	L
301	L	L	L	L	L	L
302	L	L	L	L	L	L
303	L	L	L	L	L	L
304	L	L	L	L	L	L
305	L	L	L	L	L	L
306	L	L	L	L	L	L
307	L	L	L	L	L	L
308	L	L	L	L	L	L
309	L	L	L	L	L	L
310	L	L	L	L	L	L
311	L	L	L	L	L	L
312	L	L	L	L	L	L

313	L	L	L	L	L	L
314	L	L	L	L	L	L
315	L	L	L	L	L	L

3.7.2 Caratteristiche delle Aste

La tabella seguente riporta tutte le caratteristiche relative alle aste della struttura ed in modo particolare la colonna:

Asta I.	: Etichetta dell'asta di input;
Asta C.	: Numerazione interna dell'asta relativa al modello di calcolo;
Ni	: Nodo iniziale dell'asta (vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
Nf	: Nodo finale dell'asta (vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
Gruppo	: Numerazione del gruppo di cui l'asta fa parte;
Imp.	: Impalcato di appartenenza dell'asta;
Tipo	: Funzione dell'asta;
Formulaz.	: Formulazione strutturale dell'asta;
Risposta	: Risposta strutturale dell'asta;
Sez.	: Sezione trasversale associata all'asta (vedi "Elenco e caratteristiche delle sezioni trasversali");
Tip. rinf.	: Tipologia rinforzo associata all'asta (vedi "Elenco e caratteristiche delle tipologie di rinforzo");
Disp.	: Dispositivo antisismico associato all'asta (vedi "Elenco e caratteristiche dei dispositivi antisismici");
Cl. serv.	: Classe di servizio (solo per aste in legno);
L	: Lunghezza teorica (nodo-nodo) dell'asta;
Kw1	: Modulo di Winkler in direzione 1 locale;
Kw2	: Modulo di Winkler in direzione 2 locale;
Kw3	: Modulo di Winkler in direzione 3 locale;
Qult	: Carico ultimo;
Z50	: Cedimento 50%;
Tipo	: Coesivo/Incoerente;

Vincoli interni

S1	: Grado di rigidezza (0÷1) o Valore di rigidezza dello spostamento lungo la direzione 1 locale;
S2	: Grado di rigidezza (0÷1) o Valore di rigidezza dello spostamento lungo la direzione 2 locale;
S3	: Grado di rigidezza (0÷1) o Valore di rigidezza dello spostamento lungo la direzione 3 locale;
R1	: Grado di rigidezza (0÷1) o Valore di rigidezza della rotazione intorno alla direzione 1 locale;
R2	: Grado di rigidezza (0÷1) o Valore di rigidezza della rotazione intorno alla direzione 2 locale;
R3	: Grado di rigidezza (0÷1) o Valore di rigidezza della rotazione intorno alla direzione 3 locale;

Asta I.	Asta C.	Ni	Nf	Gruppo	Imp.	Tipo	Formulaz.	Risposta	Sez.	Tip. rinf.	Disp.	Cl. serv.	L [cm]
-	1	5	6	-	-	Palo	Elemento collegamento 2 nodi	lineare	-	-	-	-	30.00
-	2	6	11	-	-	Palo	Bernoulli	lineare	-	-	-	-	500.00
-	3	13	14	-	-	Palo	Elemento collegamento 2 nodi	lineare	-	-	-	-	30.00
-	4	14	19	-	-	Palo	Bernoulli	lineare	-	-	-	-	500.00
-	5	21	22	-	-	Palo	Elemento collegamento 2 nodi	lineare	-	-	-	-	30.00
-	6	22	27	-	-	Palo	Bernoulli	lineare	-	-	-	-	500.00
-	7	29	30	-	-	Palo	Elemento collegamento 2 nodi	lineare	-	-	-	-	30.00
-	8	30	35	-	-	Palo	Bernoulli	lineare	-	-	-	-	500.00
-	9	41	42	-	-	Palo	Elemento collegamento 2 nodi	lineare	-	-	-	-	30.00
-	10	42	47	-	-	Palo	Bernoulli	lineare	-	-	-	-	500.00
-	11	51	52	-	-	Palo	Elemento collegamento 2 nodi	lineare	-	-	-	-	30.00
-	12	52	57	-	-	Palo	Bernoulli	lineare	-	-	-	-	500.00
-	13	60	61	-	-	Palo	Elemento collegamento 2 nodi	lineare	-	-	-	-	30.00
-	14	61	66	-	-	Palo	Bernoulli	lineare	-	-	-	-	500.00

Asta 1 (9-5)	15	37	5	-	-	Pilastro	Bernoulli	lineare	1	-	-	-	250.00
Asta 2 (10-6)	16	38	13	-	-	Pilastro	Bernoulli	lineare	1	-	-	-	250.00
Asta 3 (11-7)	17	39	21	-	-	Pilastro	Bernoulli	lineare	1	-	-	-	250.00
Asta 4 (12-8)	18	40	29	-	-	Pilastro	Bernoulli	lineare	1	-	-	-	250.00
Asta 5 (14-13)	19	49	41	-	-	Pilastro	Bernoulli	lineare	1	-	-	-	250.00
Asta 6 (17-16)	20	59	51	-	-	Pilastro	Bernoulli	lineare	1	-	-	-	250.00
Asta 7 (19-18)	21	68	60	-	-	Pilastro	Bernoulli	lineare	1	-	-	-	569.50
Asta 8 (9-39)	22	37	88	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	2	-	-	2	196.45
Asta 9 (10-40)	23	38	89	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	2	-	-	2	196.45
Asta 10 (11-41)	24	39	90	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	2	-	-	2	196.45
Asta 11 (12-42)	25	40	91	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	2	-	-	2	196.45
Asta 12 (14-43)	26	49	92	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	2	-	-	2	196.45
Asta 13 (17-44)	27	59	93	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	2	-	-	2	196.45
Asta 14 (39-33)	28	88	82	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	3	-	-	2	302.79
Asta 15 (40-34)	29	89	83	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	3	-	-	2	302.79
Asta 16 (41-35)	30	90	84	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	3	-	-	2	302.79
Asta 17 (42-36)	31	91	85	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	3	-	-	2	302.79
Asta 18 (43-37)	32	92	86	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	3	-	-	2	302.79
Asta 19 (44-38)	33	93	87	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	3	-	-	2	302.79
Asta 20 (33-31)	34	82	80	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	4	-	-	2	300.73
Asta 21 (34-30)	35	83	79	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	4	-	-	2	300.73
Asta 22 (35-29)	36	84	78	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	4	-	-	2	300.73
Asta 23 (36-28)	37	85	77	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	4	-	-	2	300.73
Asta 24 (37-27)	38	86	76	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	4	-	-	2	300.73
Asta 25 (38-26)	39	87	75	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	4	-	-	2	300.73
Asta 26 (25-31)	40	74	80	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	5	-	-	2	300.00
Asta 27 (24-30)	41	73	79	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	5	-	-	2	300.00
Asta 28 (23-29)	42	72	78	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	5	-	-	2	300.00
Asta 29 (22-28)	43	71	77	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	5	-	-	2	300.00
Asta 30 (21-27)	44	70	76	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	5	-	-	2	300.00
Asta 31 (19-26)	45	68	75	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	5	-	-	2	144.00
Asta 32 (32-19)	46	81	68	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	5	-	-	2	156.00
Asta 33 (1-25)	47	1	74	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	6	-	-	2	167.43
Asta 34 (2-24)	48	2	73	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	6	-	-	2	167.43
Asta 35 (3-23)	49	3	72	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	6	-	-	2	167.43

Asta 36 (4-22)	50	4	71	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	6	-	-	2	167.43
Asta 37 (15-21)	51	50	70	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	6	-	-	2	167.43
Asta 38 (20-32)	52	69	81	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	6	-	-	2	167.43
Asta 39 (39-40)	53	88	89	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	7	-	-	-	470.00
Asta 40 (40-41)	54	89	90	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	7	-	-	-	470.00
Asta 41 (41-42)	55	90	91	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	7	-	-	-	470.00
Asta 42 (42-43)	56	91	92	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	7	-	-	-	470.00
Asta 43 (43-44)	57	92	93	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	7	-	-	-	470.00
Asta 44 (33-34)	58	82	83	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	8	-	-	-	470.00
Asta 45 (34-35)	59	83	84	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	8	-	-	-	470.00
Asta 46 (35-36)	60	84	85	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	8	-	-	-	470.00
Asta 47 (36-37)	61	85	86	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	8	-	-	-	470.00
Asta 48 (37-38)	62	86	87	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	8	-	-	-	470.00
Asta 49 (31-30)	63	80	79	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	9	-	-	-	470.00
Asta 50 (30-29)	64	79	78	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	9	-	-	-	470.00
Asta 51 (29-28)	65	78	77	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	9	-	-	-	470.00
Asta 52 (28-27)	66	77	76	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	9	-	-	-	470.00
Asta 53 (27-26)	67	76	75	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	9	-	-	-	470.00
Asta 54 (25-24)	68	74	73	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	10	-	-	-	470.00
Asta 55 (24-23)	69	73	72	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	10	-	-	-	470.00
Asta 56 (23-22)	70	72	71	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	10	-	-	-	470.00
Asta 57 (22-21)	71	71	70	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	10	-	-	-	470.00
Asta 58 (21-32)	72	70	81	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	10	-	-	-	470.00
Asta 59 (9-45)	73	37	94	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	11	-	-	-	260.01
Asta 60 (10-46)	74	38	95	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	11	-	-	-	260.01
Asta 61 (11-47)	75	39	96	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	11	-	-	-	260.01
Asta 62 (12-48)	76	40	97	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	11	-	-	-	260.01
Asta 63 (14-49)	77	49	98	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	11	-	-	-	260.01
Asta 64 (17-50)	78	59	99	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	11	-	-	-	260.01
Asta 65 (45-31)	79	94	80	-	-	Tirante	Bernoulli	lineare	12	-	-	-	893.96
Asta 66 (46-30)	80	95	79	-	-	Tirante	Bernoulli	lineare	12	-	-	-	893.96
Asta 67 (47-29)	81	96	78	-	-	Tirante	Bernoulli	lineare	12	-	-	-	893.96
Asta 68 (48-28)	82	97	77	-	-	Tirante	Bernoulli	lineare	12	-	-	-	893.96
Asta 69 (49-27)	83	98	76	-	-	Tirante	Bernoulli	lineare	12	-	-	-	893.96
Asta 70 (50-26)	84	99	75	-	-	Tirante	Bernoulli	lineare	12	-	-	-	893.96

Asta 71 (20-4)	85	69	4	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	13	-	-	-	940.00
Asta 72 (4-3)	86	4	3	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	13	-	-	-	470.00
Asta 73 (3-2)	87	3	2	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	13	-	-	-	470.00
Asta 74 (2-1)	88	2	1	-	-	Trave	Bernoulli	lineare	13	-	-	-	470.00

Asta C.	Kw1 [daN/cm³]	Kw2 [daN/cm³]	Kw3 [daN/cm³]	Qult	Z50 -	Tipo
2	5.00	2.50	2.50	-	-	-
4	5.00	2.50	2.50	-	-	-
6	5.00	2.50	2.50	-	-	-
8	5.00	2.50	2.50	-	-	-
10	5.00	2.50	2.50	-	-	-
12	5.00	2.50	2.50	-	-	-
14	5.00	2.50	2.50	-	-	-

3.7.3 Caratteristiche degli Elementi collegamento a 2 nodi

La tabella seguente riporta tutte le caratteristiche relative agli elementi di collegamento a 2 nodi della struttura ed in modo particolare la colonna:

Elem. C. : Numerazione interna dell'elemento relativa al modello di calcolo;
 Ni : Nodo iniziale dell'elemento (vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
 Nf : Nodo finale dell'elemento (vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
 Dir1 : Coseni direttori del versore 1 dell'elemento;
 Dir2 : Coseni direttori del versore 2 dell'elemento;
 Dir3 : Coseni direttori del versore 3 dell'elemento;
 Materiale : Propr. meccaniche associate all'elem. (vedi "Materiale C." in "Definizione Proprietà Meccaniche");

Elem. C.	Ni	Nf	Dir1	Dir2	Dir3	Materiale
Link 1 (11, 12)	11	12	X Globale	Y Globale	Z Globale	Materiale
Link 2 (19, 20)	19	20	X Globale	Y Globale	Z Globale	Materiale
Link 3 (27, 28)	27	28	X Globale	Y Globale	Z Globale	Materiale
Link 4 (35, 36)	35	36	X Globale	Y Globale	Z Globale	Materiale
Link 5 (47, 48)	47	48	X Globale	Y Globale	Z Globale	Materiale
Link 6 (57, 58)	57	58	X Globale	Y Globale	Z Globale	Materiale
Link 7 (66, 67)	66	67	X Globale	Y Globale	Z Globale	Materiale

3.7.4 Caratteristiche dei Solai

La tabella seguente riporta tutte le caratteristiche relative ai solai della struttura:

Solaio : Etichetta del solaio di input;
 Nodi : Nodi ai quali appartiene il solaio (vedi "Nodo I." in "Caratteristiche dei Nodi");
 Tipologia : Tipologia solaio associata (vedi "Elenco e caratteristiche delle tipologie di solaio");
 Tipo : Tipo di solaio (solaio o balcone);

Solaio	Nodi	Tipologia	Tipo
Solaio 1 (1-2-24-25)	Nodo 1 - Nodo 2 - Nodo 73 - Nodo 74	1	solaio
Solaio 2 (3-23-24-2)	Nodo 3 - Nodo 72 - Nodo 73 - Nodo 2	1	solaio
Solaio 3 (3-4-22-23)	Nodo 3 - Nodo 4 - Nodo 71 - Nodo 72	1	solaio
Solaio 4 (4-15-21-22)	Nodo 4 - Nodo 50 - Nodo 70 - Nodo 71	1	solaio
Solaio 5 (15-20-32-21)	Nodo 50 - Nodo 69 - Nodo 81 - Nodo 70	1	solaio
Solaio 6 (39-33-34-40)	Nodo 88 - Nodo 82 - Nodo 83 - Nodo 89	1	solaio
Solaio 7 (40-34-35-41)	Nodo 89 - Nodo 83 - Nodo 84 - Nodo 90	1	solaio
Solaio 8 (41-35-36-42)	Nodo 90 - Nodo 84 - Nodo 85 - Nodo 91	1	solaio
Solaio 9 (42-36-37-43)	Nodo 91 - Nodo 85 - Nodo 86 - Nodo 92	1	solaio

Solaio 10 (43-37-38-44)	Nodo 92 - Nodo 86 - Nodo 87 - Nodo 93	1	solaio
Solaio 11 (36-28-27-37)	Nodo 85 - Nodo 77 - Nodo 76 - Nodo 86	1	solaio
Solaio 12 (37-27-26-38)	Nodo 86 - Nodo 76 - Nodo 75 - Nodo 87	1	solaio
Solaio 13 (29-30-24-23)	Nodo 78 - Nodo 79 - Nodo 73 - Nodo 72	1	solaio
Solaio 14 (28-29-23-22)	Nodo 77 - Nodo 78 - Nodo 72 - Nodo 71	1	solaio
Solaio 15 (27-28-22-21)	Nodo 76 - Nodo 77 - Nodo 71 - Nodo 70	1	solaio
Solaio 16 (26-27-21-32-19)	Nodo 75 - Nodo 76 - Nodo 70 - Nodo 81 - Nodo 68	1	solaio
Solaio 17 (25-24-30-31)	Nodo 74 - Nodo 73 - Nodo 79 - Nodo 80	1	solaio
Solaio 18 (29-28-36-35)	Nodo 78 - Nodo 77 - Nodo 85 - Nodo 84	1	solaio
Solaio 19 (30-29-35-34)	Nodo 79 - Nodo 78 - Nodo 84 - Nodo 83	1	solaio
Solaio 20 (31-30-34-33)	Nodo 80 - Nodo 79 - Nodo 83 - Nodo 82	1	solaio
Solaio 21 (39-40-10-9)	Nodo 88 - Nodo 89 - Nodo 38 - Nodo 37	1	solaio
Solaio 22 (40-41-11-10)	Nodo 89 - Nodo 90 - Nodo 39 - Nodo 38	1	solaio
Solaio 23 (41-42-12-11)	Nodo 90 - Nodo 91 - Nodo 40 - Nodo 39	1	solaio
Solaio 24 (42-43-14-12)	Nodo 91 - Nodo 92 - Nodo 49 - Nodo 40	1	solaio
Solaio 25 (43-44-17-14)	Nodo 92 - Nodo 93 - Nodo 59 - Nodo 49	1	solaio

3.8 Carichi sulla Struttura

3.8.1 Tipologie carichi applicati

3.8.1.1 Carichi predefiniti Aste

Nel presente paragrafo sono riportate per tipologia i carichi tipici applicati alle aste. I valori riportati verranno utilizzati per calcolare i carichi effettivi applicati al modello riportati nei paragrafi “Carichi locali sulle aste” e “Carichi globali sulle aste”.

Oltre a questi carichi sono stati considerati tutti i carichi trasferiti da elementi strutturali e non strutturali secondari come solai, balconi, pannelli, tamponature.

Tipologia : Nome della tipologia di carico;
 Azione : Azione di carico utilizzata per assegnare il carico (vedi “Azione” in “Azioni di carico elementari”);
 Q : Valore del carico di superficie applicato alla proiezione in pianta dell’asta;

Tipologia	Sovraccarico permanente		Incidenza tramezzi		Carico d’esercizio	
	Azione	Q [kN/m ²]	Azione	Q [kN/m ²]	Azione	Q [kN/m ²]
Carico asta	2	1.50	G2	1.00	Q ese	2.00

Asta : Numero dell’asta (vedi “Asta C.” in “Caratteristiche delle Aste”);
 Imp. : Impalcato al quale appartiene l’asta;
 Nodi : Nodi ai quali appartiene l’asta (vedi “Nodo C.” in “Caratteristiche dei Nodi”);
 Tipologia : Nome della tipologia di carico;

Asta	Imp.	Nodi	Tipologia
15	-	37 - 5	Carico asta
16	-	38 - 13	Carico asta
17	-	39 - 21	Carico asta
18	-	40 - 29	Carico asta
19	-	49 - 41	Carico asta
20	-	59 - 51	Carico asta
21	-	68 - 60	Carico asta
22	-	37 - 88	Carico asta
23	-	38 - 89	Carico asta
24	-	39 - 90	Carico asta
25	-	40 - 91	Carico asta
26	-	49 - 92	Carico asta
27	-	59 - 93	Carico asta
28	-	88 - 82	Carico asta
29	-	89 - 83	Carico asta

30	-	90 - 84	Carico asta
31	-	91 - 85	Carico asta
32	-	92 - 86	Carico asta
33	-	93 - 87	Carico asta
34	-	82 - 80	Carico asta
35	-	83 - 79	Carico asta
36	-	84 - 78	Carico asta
37	-	85 - 77	Carico asta
38	-	86 - 76	Carico asta
39	-	87 - 75	Carico asta
40	-	74 - 80	Carico asta
41	-	73 - 79	Carico asta
42	-	72 - 78	Carico asta
43	-	71 - 77	Carico asta
44	-	70 - 76	Carico asta
45	-	68 - 75	Carico asta
46	-	81 - 68	Carico asta
47	-	1 - 74	Carico asta
48	-	2 - 73	Carico asta
49	-	3 - 72	Carico asta
50	-	4 - 71	Carico asta
51	-	50 - 70	Carico asta
52	-	69 - 81	Carico asta
53	-	88 - 89	Carico asta
54	-	89 - 90	Carico asta
55	-	90 - 91	Carico asta
56	-	91 - 92	Carico asta
57	-	92 - 93	Carico asta
58	-	82 - 83	Carico asta
59	-	83 - 84	Carico asta
60	-	84 - 85	Carico asta
61	-	85 - 86	Carico asta
62	-	86 - 87	Carico asta
63	-	80 - 79	Carico asta
64	-	79 - 78	Carico asta
65	-	78 - 77	Carico asta
66	-	77 - 76	Carico asta
67	-	76 - 75	Carico asta
68	-	74 - 73	Carico asta
69	-	73 - 72	Carico asta
70	-	72 - 71	Carico asta
71	-	71 - 70	Carico asta
72	-	70 - 81	Carico asta
73	-	37 - 94	Carico asta
74	-	38 - 95	Carico asta
75	-	39 - 96	Carico asta
76	-	40 - 97	Carico asta
77	-	49 - 98	Carico asta
78	-	59 - 99	Carico asta
79	-	94 - 80	Carico asta
80	-	95 - 79	Carico asta
81	-	96 - 78	Carico asta
82	-	97 - 77	Carico asta
83	-	98 - 76	Carico asta
84	-	99 - 75	Carico asta
85	-	69 - 4	Carico asta
86	-	4 - 3	Carico asta
87	-	3 - 2	Carico asta
88	-	2 - 1	Carico asta

3.8.1.2 Carichi predefiniti Solai

Nel presente paragrafo sono riportate per tipologia i carichi tipici applicati ai solai. I valori riportati verranno utilizzati per calcolare i carichi effettivi applicati al modello sugli elementi sui quali scaricano i solai.

Tipologia : Nome della tipologia di carico;

Azione : Azione di carico utilizzata per assegnare il carico (vedi "Azione" in "Azioni di carico elementari");
 Q : Valore del carico di superficie applicato al solaio;

Tipologia	Sovraccarico permanente		Incidenza tramezzi		Carico d'esercizio	
	Azione	Q [kN/m²]	Azione	Q [kN/m²]	Azione	Q [kN/m²]
Carico copertura solaio	2	1.50	G2	0.00	Copertura	0.50

Solaio : Solaio di input (vedi "Solaio" in "Caratteristiche dei Solai");
 Imp. : Impalcato al quale appartiene la piastra;
 Nodi : Nodi ai quali appartiene la piastra;
 Tipologia : Nome della tipologia di carico;

Solaio	Imp.	Nodi	Tipologia
Solaio 1 (1-2-24-25)	Oggetti 3D	1 - 2 - 24 - 25	Carico copertura solaio
Solaio 2 (3-23-24-2)	Oggetti 3D	3 - 23 - 24 - 2	Carico copertura solaio
Solaio 3 (3-4-22-23)	Oggetti 3D	3 - 4 - 22 - 23	Carico copertura solaio
Solaio 4 (4-15-21-22)	Oggetti 3D	4 - 15 - 21 - 22	Carico copertura solaio
Solaio 5 (15-20-32-21)	Oggetti 3D	15 - 20 - 32 - 21	Carico copertura solaio
Solaio 6 (39-33-34-40)	Oggetti 3D	39 - 33 - 34 - 40	Carico copertura solaio
Solaio 7 (40-34-35-41)	Oggetti 3D	40 - 34 - 35 - 41	Carico copertura solaio
Solaio 8 (41-35-36-42)	Oggetti 3D	41 - 35 - 36 - 42	Carico copertura solaio
Solaio 9 (42-36-37-43)	Oggetti 3D	42 - 36 - 37 - 43	Carico copertura solaio
Solaio 10 (43-37-38-44)	Oggetti 3D	43 - 37 - 38 - 44	Carico copertura solaio
Solaio 11 (36-28-27-37)	Oggetti 3D	36 - 28 - 27 - 37	Carico copertura solaio
Solaio 12 (37-27-26-38)	Oggetti 3D	37 - 27 - 26 - 38	Carico copertura solaio
Solaio 13 (29-30-24-23)	Oggetti 3D	29 - 30 - 24 - 23	Carico copertura solaio
Solaio 14 (28-29-23-22)	Oggetti 3D	28 - 29 - 23 - 22	Carico copertura solaio
Solaio 15 (27-28-22-21)	Oggetti 3D	27 - 28 - 22 - 21	Carico copertura solaio
Solaio 16 (26-27-21-32-19)	Oggetti 3D	26 - 27 - 21 - 32 - 19	Carico copertura solaio
Solaio 17 (25-24-30-31)	Oggetti 3D	25 - 24 - 30 - 31	Carico copertura solaio
Solaio 18 (29-28-36-35)	Oggetti 3D	29 - 28 - 36 - 35	Carico copertura solaio
Solaio 19 (30-29-35-34)	Oggetti 3D	30 - 29 - 35 - 34	Carico copertura solaio
Solaio 20 (31-30-34-33)	Oggetti 3D	31 - 30 - 34 - 33	Carico copertura solaio
Solaio 21 (39-40-10-9)	Oggetti 3D	39 - 40 - 10 - 9	Carico copertura solaio
Solaio 22 (40-41-11-10)	Oggetti 3D	40 - 41 - 11 - 10	Carico copertura solaio
Solaio 23 (41-42-12-11)	Oggetti 3D	41 - 42 - 12 - 11	Carico copertura solaio
Solaio 24 (42-43-14-12)	Oggetti 3D	42 - 43 - 14 - 12	Carico copertura solaio
Solaio 25 (43-44-17-14)	Oggetti 3D	43 - 44 - 17 - 14	Carico copertura solaio

3.8.2 Carichi sugli elementi

3.8.2.1 Carichi Globali distribuiti sulle Aste

I carichi riportati sono stati calcolati considerando anche tutti i carichi applicati sugli elementi e derivanti da solai, balconi, pannelli, tamponature.

Asta : Numero dell'asta (vedi "Asta C." in "Caratteristiche delle Aste");
 Imp. : Impalcato al quale appartiene l'asta;
 Nodi : Nodi ai quali appartiene l'asta (vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
 Azione : Azione di carico (vedi "Azione" in "Azioni di carico elementari");
 DGlob : Direzione dei carichi secondo il sistema di riferimento globale dell'asta;
 in : Valore del carico distribuito relativo al nodo iniziale come da paragrafo "Caratteristiche delle Aste";
 fin : Valore del carico distribuito relativo al nodo finale come da paragrafo "Caratteristiche delle Aste";

Asta	Imp.	Nodi	Azione	DGlob X [kN/m]		DGlob Y [kN/m]		DGlob Z [kN/m]		DGlob RX [kNm/m]		DGlob RY [kNm/m]		DGlob RZ [kNm/m]	
				in.	fin.	in.	fin.	in.	fin.	in.	fin.	in.	fin.	in.	fin.
15	-	37 - 5	12	0.232727	0.232727	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	-	37 - 5	13	0.00	0.00	0.143721	0.143721	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	-	38 - 13	13	0.00	0.00	0.143721	0.143721	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

33	-	93 - 87	12	0.132651	0.132651	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33	-	93 - 87	13	0.00	0.00	0.095814	0.095814	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	-	82 - 80	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.304395	-0.304395	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	-	82 - 80	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.875	-3.875	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	-	82 - 80	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	-	82 - 80	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.125	-1.125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	-	82 - 80	12	0.325818	0.325818	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	-	83 - 79	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60879	-0.60879	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	-	83 - 79	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.25	-7.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	-	83 - 79	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	-	83 - 79	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.25	-2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	-	84 - 78	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60879	-0.60879	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	-	84 - 78	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.25	-7.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	-	84 - 78	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	-	84 - 78	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.25	-2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37	-	85 - 77	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60879	-0.60879	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37	-	85 - 77	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.25	-7.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37	-	85 - 77	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37	-	85 - 77	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.25	-2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38	-	86 - 76	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60879	-0.60879	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38	-	86 - 76	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.25	-7.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38	-	86 - 76	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38	-	86 - 76	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.25	-2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39	-	87 - 75	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.304395	-0.304395	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39	-	87 - 75	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.875	-3.875	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39	-	87 - 75	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39	-	87 - 75	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.125	-1.125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39	-	87 - 75	12	0.160096	0.160096	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	-	74 - 80	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.304395	-0.304395	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	-	74 - 80	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.875	-3.875	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	-	74 - 80	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	-	74 - 80	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.125	-1.125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	-	74 - 80	12	0.395636	0.395636	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41	-	73 - 79	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60879	-0.60879	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41	-	73 - 79	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.25	-7.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41	-	73 - 79	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41	-	73 - 79	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.25	-2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
42	-	72 - 78	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60879	-0.60879	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
42	-	72 - 78	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.25	-7.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
42	-	72 - 78	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
42	-	72 - 78	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.25	-2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
43	-	71 - 77	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60879	-0.60879	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
43	-	71 - 77	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.25	-7.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
43	-	71 - 77	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
43	-	71 - 77	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.25	-2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
44	-	70 - 76	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.61075	-0.593608	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
44	-	70 - 76	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.271727	-7.081662	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
44	-	70 - 76	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
44	-	70 - 76	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.257242	-2.193887	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45	-	68 - 75	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.305084	-0.308614	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45	-	68 - 75	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.882643	-3.921781	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45	-	68 - 75	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45	-	68 - 75	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.127548	-1.140594	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45	-	68 - 75	12	0.194402	0.194402	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
46	-	81 - 68	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.271516	-0.303939	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
46	-	81 - 68	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.510455	-3.869943	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
46	-	81 - 68	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
46	-	81 - 68	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.003485	-1.123314	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
46	-	81 - 68	12	0.194402	0.194402	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
47	-	1 - 74	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.304395	-0.304395	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
47	-	1 - 74	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.875	-3.875	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
47	-	1 - 74	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
47	-	1 - 74	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.125	-1.125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
47	-	1 - 74	12	0.446836	0.446836	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
47	-	1 - 74	13	0.00	0.00	0.051188	0.051188	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	-	2 - 73	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60879	-0.60879	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	-	2 - 73	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.25	-7.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	-	2 - 73	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	-	2 - 73	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.25	-2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

48	-	2 - 73	13	0.00	0.00	0.051188	0.051188	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
49	-	3 - 72	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60879	-0.60879	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
49	-	3 - 72	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.25	-7.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
49	-	3 - 72	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
49	-	3 - 72	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.25	-2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
49	-	3 - 72	13	0.00	0.00	0.051188	0.051188	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	-	4 - 71	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60879	-0.60879	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	-	4 - 71	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.25	-7.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	-	4 - 71	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	-	4 - 71	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.25	-2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	-	4 - 71	13	0.00	0.00	0.051188	0.051188	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	-	50 - 70	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60879	-0.60879	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	-	50 - 70	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.25	-7.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	-	50 - 70	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	-	50 - 70	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.25	-2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	-	50 - 70	13	0.00	0.00	0.051188	0.051188	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
52	-	69 - 81	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.304395	-0.304395	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
52	-	69 - 81	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.875	-3.875	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
52	-	69 - 81	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
52	-	69 - 81	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.125	-1.125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
52	-	69 - 81	12	0.21956	0.21956	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
52	-	69 - 81	13	0.00	0.00	0.051188	0.051188	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
53	-	88 - 89	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.54775	-0.54775	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
53	-	88 - 89	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.4382	-0.4382	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
53	-	88 - 89	13	0.00	0.00	0.104964	0.104964	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
54	-	89 - 90	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.54775	-0.54775	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
54	-	89 - 90	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.4382	-0.4382	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
54	-	89 - 90	13	0.00	0.00	0.104964	0.104964	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
55	-	90 - 91	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.54775	-0.54775	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
55	-	90 - 91	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.4382	-0.4382	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
55	-	90 - 91	13	0.00	0.00	0.104964	0.104964	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
56	-	91 - 92	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.54775	-0.54775	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
56	-	91 - 92	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.4382	-0.4382	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
56	-	91 - 92	13	0.00	0.00	0.104964	0.104964	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
57	-	92 - 93	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.54775	-0.54775	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
57	-	92 - 93	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.4382	-0.4382	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
57	-	92 - 93	13	0.00	0.00	0.104964	0.104964	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
58	-	82 - 83	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.61125	-0.61125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
58	-	82 - 83	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.489	-0.489	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
58	-	82 - 83	13	0.00	0.00	0.117132	0.117132	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
59	-	83 - 84	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.61125	-0.61125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
59	-	83 - 84	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.489	-0.489	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
59	-	83 - 84	13	0.00	0.00	0.117132	0.117132	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	-	84 - 85	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.61125	-0.61125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	-	84 - 85	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.489	-0.489	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	-	84 - 85	13	0.00	0.00	0.117132	0.117132	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
61	-	85 - 86	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.61125	-0.61125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
61	-	85 - 86	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.489	-0.489	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
61	-	85 - 86	13	0.00	0.00	0.117132	0.117132	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
62	-	86 - 87	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.61125	-0.61125	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
62	-	86 - 87	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.489	-0.489	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
62	-	86 - 87	13	0.00	0.00	0.117132	0.117132	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63	-	80 - 79	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.80975	-0.80975	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63	-	80 - 79	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.6478	-0.6478	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63	-	80 - 79	13	0.00	0.00	0.155171	0.155171	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
64	-	79 - 78	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.80975	-0.80975	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
64	-	79 - 78	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.6478	-0.6478	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
64	-	79 - 78	13	0.00	0.00	0.155171	0.155171	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65	-	78 - 77	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.80975	-0.80975	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65	-	78 - 77	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.6478	-0.6478	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65	-	78 - 77	13	0.00	0.00	0.155171	0.155171	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
66	-	77 - 76	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.80975	-0.80975	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
66	-	77 - 76	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.6478	-0.6478	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
66	-	77 - 76	13	0.00	0.00	0.155171	0.155171	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
67	-	76 - 75	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.002114	-0.008331	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
67	-	76 - 75	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.833185	-0.902123	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
67	-	76 - 75	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.6478	-0.6478	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
67	-	76 - 75	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.007812	-0.030791	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
67	-	76 - 75	13	0.00	0.00	0.155171	0.155171	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

68	-	74 - 73	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.889	-0.889	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
68	-	74 - 73	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.7112	-0.7112	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
68	-	74 - 73	13	0.00	0.00	0.091012	0.091012	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
69	-	73 - 72	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.889	-0.889	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
69	-	73 - 72	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.7112	-0.7112	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
69	-	73 - 72	13	0.00	0.00	0.091012	0.091012	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70	-	72 - 71	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.889	-0.889	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70	-	72 - 71	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.7112	-0.7112	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70	-	72 - 71	13	0.00	0.00	0.091012	0.091012	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
71	-	71 - 70	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.889	-0.889	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
71	-	71 - 70	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.7112	-0.7112	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
71	-	71 - 70	13	0.00	0.00	0.091012	0.091012	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
72	-	70 - 81	1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00855	-0.002948	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
72	-	70 - 81	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.983802	-0.921682	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
72	-	70 - 81	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.7112	-0.7112	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
72	-	70 - 81	6	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.031601	-0.010894	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
72	-	70 - 81	13	0.00	0.00	0.091012	0.091012	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
73	-	37 - 94	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.34925	-0.34925	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
73	-	37 - 94	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2794	-0.2794	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
73	-	37 - 94	12	0.065024	0.065024	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
73	-	37 - 94	13	0.00	0.00	0.066926	0.066926	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
74	-	38 - 95	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.34925	-0.34925	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
74	-	38 - 95	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2794	-0.2794	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
74	-	38 - 95	13	0.00	0.00	0.066926	0.066926	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
75	-	39 - 96	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.34925	-0.34925	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
75	-	39 - 96	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2794	-0.2794	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
75	-	39 - 96	13	0.00	0.00	0.066926	0.066926	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
76	-	40 - 97	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.34925	-0.34925	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
76	-	40 - 97	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2794	-0.2794	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
76	-	40 - 97	13	0.00	0.00	0.066926	0.066926	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
77	-	49 - 98	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.34925	-0.34925	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
77	-	49 - 98	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2794	-0.2794	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
77	-	49 - 98	13	0.00	0.00	0.066926	0.066926	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
78	-	59 - 99	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.34925	-0.34925	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
78	-	59 - 99	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2794	-0.2794	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
78	-	59 - 99	12	0.031951	0.031951	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
78	-	59 - 99	13	0.00	0.00	0.066926	0.066926	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
79	-	94 - 80	12	0.012102	0.012102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
79	-	94 - 80	13	0.00	0.00	0.006654	0.006654	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80	-	95 - 79	13	0.00	0.00	0.006654	0.006654	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
81	-	96 - 78	13	0.00	0.00	0.006654	0.006654	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
82	-	97 - 77	13	0.00	0.00	0.006654	0.006654	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
83	-	98 - 76	13	0.00	0.00	0.006654	0.006654	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
84	-	99 - 75	12	0.005946	0.005946	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
84	-	99 - 75	13	0.00	0.00	0.006654	0.006654	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85	-	69 - 4	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.75	-0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85	-	69 - 4	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60	-0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
86	-	4 - 3	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.75	-0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
86	-	4 - 3	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60	-0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
87	-	3 - 2	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.75	-0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
87	-	3 - 2	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60	-0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
88	-	2 - 1	2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.75	-0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
88	-	2 - 1	3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.60	-0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

3.8.2.2 Carichi Locali distribuiti sulle Aste

I carichi riportati sono stati calcolati considerando anche tutti i carichi applicati sugli elementi e derivanti da solai, balconi, pannelli, tamponature.

Asta : numero dell'asta come da paragrafo (vedi "Asta C." in "Caratteristiche delle Aste");

Imp. : impalcato al quale appartiene l'asta;

Nodi : nodi ai quali appartiene l'asta;

Azione : azione di carico (vedi "Azione" in "Azioni di carico elementari");

DLoc : direzione dei carichi secondo il sistema di riferimento locale dell'asta;

in : valore del carico distribuito relativo al nodo iniziale come da paragrafo (vedi "Ni" in "Caratteristiche delle

Aste");

fin : valore del carico distribuito relativo al nodo finale come da paragrafo (vedi "Nf" in "Caratteristiche delle Aste").

Asta	Imp.	Nodi	Azione	DLoc 1 [kN/m]		DLoc 2 [kN/m]		DLoc 3 [kN/m]		DLoc R1 [kNm/m]		DLoc R2 [kNm/m]		DLoc R3 [kNm/m]	
				in.	fin.	in.	fin.	in.	fin.	in.	fin.	in.	fin.	in.	fin.
22	-	37 - 88	13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.826039	0.826039	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	-	38 - 89	13	0.00	0.00	0.00	0.00	1.652079	1.652079	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	-	39 - 90	13	0.00	0.00	0.00	0.00	1.652079	1.652079	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	-	40 - 91	13	0.00	0.00	0.00	0.00	1.652079	1.652079	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	-	49 - 92	13	0.00	0.00	0.00	0.00	1.652079	1.652079	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	-	59 - 93	13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.826039	0.826039	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	-	88 - 82	13	0.00	0.00	0.00	0.00	1.000019	1.000019	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	-	89 - 83	13	0.00	0.00	0.00	0.00	2.000038	2.000038	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	-	90 - 84	13	0.00	0.00	0.00	0.00	2.000038	2.000038	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	-	91 - 85	13	0.00	0.00	0.00	0.00	2.000038	2.000038	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32	-	92 - 86	13	0.00	0.00	0.00	0.00	2.000038	2.000038	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33	-	93 - 87	13	0.00	0.00	0.00	0.00	1.000019	1.000019	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	-	82 - 80	13	0.00	0.00	0.00	0.00	1.149055	1.149055	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	-	83 - 79	13	0.00	0.00	0.00	0.00	2.298111	2.298111	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	-	84 - 78	13	0.00	0.00	0.00	0.00	2.298111	2.298111	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37	-	85 - 77	13	0.00	0.00	0.00	0.00	2.298111	2.298111	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38	-	86 - 76	13	0.00	0.00	0.00	0.00	2.298111	2.298111	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39	-	87 - 75	13	0.00	0.00	0.00	0.00	1.149055	1.149055	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
47	-	1 - 74	13	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.287264	-0.287264	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	-	2 - 73	13	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.574528	-0.574528	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
49	-	3 - 72	13	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.574528	-0.574528	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	-	4 - 71	13	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.574528	-0.574528	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	-	50 - 70	13	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.574528	-0.574528	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
52	-	69 - 81	13	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.287264	-0.287264	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

3.9 Armature degli elementi strutturali

Le verifiche effettuate sulla struttura sono state eseguite considerando le configurazioni di armatura descritte nei paragrafi seguenti.

3.9.1 Armature dei Pilastri

I dati seguenti riportano la configurazione delle armature relative ai pilastri della struttura:

Pilastro	: Pilastro di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
Asta	: Numerazione interna dell'asta (vedi "Asta C." in "Caratteristiche delle Aste");
Imp.	: Impalcato di appartenenza dell'asta;
Nodi	: Nodi ai quali appartiene l'asta (vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
Tipo Sez.	: Tipologia della sezione dell'asta;
Cop.	: Copriferro delle armature;
ID Sez.	: Indice della sezione di input;
Mat.	: Nome del materiale delle armature (vedi "Elenco e Caratteristiche dei materiali");
Arm. Long.	: Armature longitudinali;
(R)	: Simbologia per i reggistaffe;
(L)	: Simbologia per le armature longitudinali;
(P)	: Simbologia per le armature di parete;
Arm. Trasv.	: Armature trasversali;
NBx	: Numero di bracci delle staffe in direzione 2;
NBy	: Numero di bracci delle staffe in direzione 3;

Pilastro	Asta	Imp.	Nodi	Tipo Sez.	Cop.	ID Sez.	Mat.	Arm. Long.	Arm. Trasv.		
					[cm]				Blocco 1	Blocco 2	Blocco 3

Asta 1 (9-5)	15	-	37-5	1	2.50	1	Barre (1)	4Ø12(R) 2Ø12(L)	Ø8/14.00 (NBx=2) Ø8/14.00 (NBy=2)	-	-
Asta 1 (9-5)	15	-	37-5	1	2.50	2	Barre (1)	4Ø12(R) 2Ø12(L)	Ø8/14.00 (NBx=2) Ø8/14.00 (NBy=2)	-	-
Asta 2 (10-6)	16	-	38-13	1	2.50	1	Barre (1)	4Ø12(R) 2Ø12(L)	Ø8/14.00 (NBx=2) Ø8/14.00 (NBy=2)	-	-
Asta 2 (10-6)	16	-	38-13	1	2.50	2	Barre (1)	4Ø12(R) 2Ø12(L)	Ø8/14.00 (NBx=2) Ø8/14.00 (NBy=2)	-	-
Asta 3 (11-7)	17	-	39-21	1	2.50	1	Barre (1)	4Ø12(R) 2Ø12(L)	Ø8/14.00 (NBx=2) Ø8/14.00 (NBy=2)	-	-
Asta 3 (11-7)	17	-	39-21	1	2.50	2	Barre (1)	4Ø12(R) 2Ø12(L)	Ø8/14.00 (NBx=2) Ø8/14.00 (NBy=2)	-	-
Asta 4 (12-8)	18	-	40-29	1	2.50	1	Barre (1)	4Ø12(R) 2Ø12(L)	Ø8/14.00 (NBx=2) Ø8/14.00 (NBy=2)	-	-
Asta 4 (12-8)	18	-	40-29	1	2.50	2	Barre (1)	4Ø12(R) 2Ø12(L)	Ø8/14.00 (NBx=2) Ø8/14.00 (NBy=2)	-	-
Asta 5 (14-13)	19	-	49-41	1	2.50	1	Barre (1)	4Ø12(R) 2Ø12(L)	Ø8/14.00 (NBx=2) Ø8/14.00 (NBy=2)	-	-
Asta 5 (14-13)	19	-	49-41	1	2.50	2	Barre (1)	4Ø12(R) 2Ø12(L)	Ø8/14.00 (NBx=2) Ø8/14.00 (NBy=2)	-	-
Asta 6 (17-16)	20	-	59-51	1	2.50	1	Barre (1)	4Ø14(R) 8Ø14(L)	Ø8/14.00 (NBx=2) Ø8/14.00 (NBy=2)	-	-
Asta 6 (17-16)	20	-	59-51	1	2.50	2	Barre (1)	4Ø14(R) 8Ø14(L)	Ø8/14.00 (NBx=2) Ø8/14.00 (NBy=2)	-	-
Asta 6 (17-16)	20	-	59-51	1	2.50	3	Barre (1)	4Ø14(R) 8Ø14(L)	Ø8/14.00 (NBx=2) Ø8/14.00 (NBy=2)	-	-
Asta 7 (19-18)	21	-	68-60	1	2.50	1	Barre (1)	4Ø12(R) 2Ø12(L)	Ø8/14.00 (NBx=2) Ø8/14.00 (NBy=2)	-	-
Asta 7 (19-18)	21	-	68-60	1	2.50	2	Barre (1)	4Ø12(R) 2Ø12(L)	Ø8/14.00 (NBx=2) Ø8/14.00 (NBy=2)	-	-

4 Risultati delle Verifiche

4.1 Riassunto delle verifiche

Calcestruzzo Armato

Per gli elementi in calcestruzzo armato sono state effettuate le seguenti verifiche:

Pilastri

Flessione composta (SLU)

Flessione composta (SLV)

Taglio (SLU)

Taglio (SLV)

Torsione (SLU)

Torsione (SLV)

Resistenza massima a compressione sezione cls (SLV)

Dettagli costruttivi per la duttilità

Spostamenti relativi (RIG) (SLD)

Stato tensionale (SLE Car., SLE Quasi Permanenti)

Fessurazione (SLE Frequenti, SLE Quasi Permanenti)

RIASSUNTO RISULTATI VERIFICHE:

Elemento : Tipo di elemento;

Tipo verifica : Verifica analizzata;

sMin : Coefficiente di sicurezza minimo;

sMax : Coefficiente di sicurezza max;

Elemento	Tipo verifica	sMin	sMax
Pilastri	Flessione composta SLU	3.31	47.03
Pilastri	Flessione composta SLV	2.12	36.12
Pilastri	Taglio SLU	100.00	100.00
Pilastri	Taglio SLV	59.79	100.00
Pilastri	Torsione SLU	100.00	100.00
Pilastri	Torsione SLV	100.00	100.00
Pilastri	Resistenza massima a compressione sezione cls SLV	100.00	100.00
Pilastri	Dettagli costruttivi per la duttilità SLV	2.28	2.68
Pilastri	Spostamenti relativi (RIG) SLD	21.39	100.00
Pilastri	Stato tensionale SLE	3.76	12.13
Pilastri	Fessurazione SLE	100.00	100.00

Acciaio per Carpenterie

Per gli elementi in acciaio per carpenterie sono state effettuate le seguenti verifiche:

Travi di Elevazione

Resistenza (Trazione) (SLU)

Resistenza (Trazione) (SLV)

Resistenza (Compressione) (SLU)

Resistenza (Taglio) (SLU)

Resistenza (Taglio) (SLV)

Resistenza (Taglio + Azione Assiale + Flessione) (SLU)

Resistenza (Taglio + Azione Assiale + Flessione) (SLV)

Stabilità (SLU)

Stabilità (SLV)

Deformabilità (SLE Car., SLE Frequenti, SLE Quasi Permanenti)

RIASSUNTO RISULTATI VERIFICHE:

Elemento : Tipo di elemento;
 Tipo verifica : Verifica analizzata;
 sMin : Coefficiente di sicurezza minimo;
 sMax : Coefficiente di sicurezza max;

Elemento	Tipo verifica	sMin	sMax
Travi di Elevazione	Resistenza (Trazione) SLU	100.00	100.00
Travi di Elevazione	Resistenza (Trazione) SLV	100.00	100.00
Travi di Elevazione	Resistenza (Compressione) SLU	100.00	100.00
Travi di Elevazione	Resistenza (Taglio) SLU	64.67	100.00
Travi di Elevazione	Resistenza (Taglio) SLV	100.00	100.00
Travi di Elevazione	Resistenza (Taglio + Azione Assiale + Flessione) SLU	15.63	48.08
Travi di Elevazione	Resistenza (Taglio + Azione Assiale + Flessione) SLV	8.54	49.56
Travi di Elevazione	Stabilità SLU	100.00	100.00
Travi di Elevazione	Stabilità SLV	100.00	100.00
Travi di Elevazione	Deformabilità SLE	46.66	100.00

Legno

Per gli elementi in legno sono state effettuate le seguenti verifiche:

Travi di Elevazione

Resistenza (Flessione) (SLU)
 Resistenza (Flessione) (SLV)
 Resistenza (Flessione) (SLE Car., SLE Frequenti, SLE Quasi Permanenti)
 Resistenza (Compressione + Flessione) (SLU)
 Resistenza (Compressione + Flessione) (SLV)
 Resistenza (Compressione + Flessione) (SLE Car., SLE Frequenti, SLE Quasi Permanenti)
 Resistenza (Trazione + Flessione) (SLU)
 Resistenza (Trazione + Flessione) (SLV)
 Resistenza (Trazione + Flessione) (SLE Car., SLE Frequenti, SLE Quasi Permanenti)
 Resistenza (Taglio) (SLU)
 Resistenza (Taglio) (SLV)
 Resistenza (Taglio + Torsione) (SLU)
 Resistenza (Taglio + Torsione) (SLV)
 Instabilità Eurliana (SLU)
 Instabilità Eurliana (SLV)
 Svergolamento (SLU)
 Svergolamento (SLV)
 Deformabilità (SLE Car., SLE Quasi Permanenti)

RIASSUNTO RISULTATI VERIFICHE:

Elemento : Tipo di elemento;
 Tipo verifica : Verifica analizzata;
 sMin : Coefficiente di sicurezza minimo;
 sMax : Coefficiente di sicurezza max;

Elemento	Tipo verifica	sMin	sMax
Travi di Elevazione	Resistenza (Flessione) SLU	100.00	100.00
Travi di Elevazione	Resistenza (Flessione) SLV	100.00	100.00
Travi di Elevazione	Resistenza (Flessione) SLE	90.20	100.00
Travi di Elevazione	Resistenza (Compressione + Flessione) SLU	13.24	100.00
Travi di Elevazione	Resistenza (Compressione + Flessione) SLV	12.79	100.00
Travi di Elevazione	Resistenza (Compressione + Flessione) SLE	19.60	100.00

Travi di Elevazione	Resistenza (Trazione + Flessione) SLU	13.41	100.00
Travi di Elevazione	Resistenza (Trazione + Flessione) SLV	8.78	100.00
Travi di Elevazione	Resistenza (Trazione + Flessione) SLE	19.85	100.00
Travi di Elevazione	Resistenza (Taglio) SLU	5.84	45.15
Travi di Elevazione	Resistenza (Taglio) SLV	17.45	100.00
Travi di Elevazione	Resistenza (Taglio + Torsione) SLU	94.34	100.00
Travi di Elevazione	Resistenza (Taglio + Torsione) SLV	26.59	100.00
Travi di Elevazione	Instabilità Eurliana SLU	20.13	100.00
Travi di Elevazione	Instabilità Eurliana SLV	18.11	100.00
Travi di Elevazione	Svergolamento SLU	12.81	100.00
Travi di Elevazione	Svergolamento SLV	10.47	100.00
Travi di Elevazione	Deformabilità SLE	78.86	100.00

4.2 Calcestruzzo armato

Nei seguenti paragrafi si riportano i risultati delle verifiche per gli elementi in calcestruzzo armato.

4.2.1 Pilastri

Nei seguenti paragrafi si riportano i risultati delle verifiche dei pilastri.

4.2.1.1 Flessione composta retta in direzione 2 SLU

Pilastro : Pilastro di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");

Pos. : Posizione misurata lungo l'asse dell'elemento;

As : Valore dell'area totale di armature longitudinali;

SL : Stato limite della combinazione più gravosa;

CdC : Combinazione di carico più gravosa;

Azioni Sollecitanti

NSd : Sforzo normale sollecitante;

MSd3 : Valore del momento sollecitante attorno all'asse 3 locale;

MSd2 : Valore del momento sollecitante attorno all'asse 2 locale;

Azioni Resistenti

NRd : Sforzo normale resistente;

MRd3 : Valore del momento resistente attorno all'asse 3 locale;

MRd2 : Valore del momento resistente attorno all'asse 2 locale;

ecls : Deformazione massima del calcestruzzo compresso

eacc : Deformazione massima dell'armatura tesa

C : Campo di rottura

S : Valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

I momenti sollecitanti sono stati amplificati, in funzione della snellezza dell'elemento, mediante il metodo della curvatura nominale. In questa fase è stato considerato anche l'incremento del momento considerando i difetti di rettilineità mediante l'applicazione della forza assiale con un'eccentricità pari ad 1/300 dell'altezza dell'elemento. Si rimanda alla tabella del paragrafo "Stabilità" per ulteriori dettagli.

Pilastro	Pos. [cm]	As [mm²]	SL	CdC	Azioni Sollecitanti			Azioni Resistenti			ecls [%]	eacc [%]	C	S	Esito
					NSd [kN]	MSd3 [kNm]	MSd2 [kNm]	NRd [kN]	MRd3 [kNm]	MRd2 [kNm]					
Asta 1 (9-5)	0.00	678.58	SLU	CC3	59.69	1.44	0.00	59.69	23.71	0.00	0.04	0.19	2	16.43	V
Asta 2 (10-6)	0.00	678.58	SLU	CC3	59.69	2.95	0.00	59.69	23.71	0.00	0.04	0.19	2	8.03	V
Asta 3 (11-7)	0.00	678.58	SLU	CC3	59.69	2.95	0.00	59.69	23.71	0.00	0.04	0.19	2	8.03	V
Asta 4 (12-8)	0.00	678.58	SLU	CC3	59.69	2.95	0.00	59.69	23.71	0.00	0.04	0.19	2	8.03	V
Asta 5 (14-13)	0.00	678.58	SLU	CC3	59.69	2.95	0.00	59.69	23.71	0.00	0.04	0.19	2	8.03	V
Asta 6 (17-16)	0.00	1847.26	SLU	CC3	59.69	1.44	0.00	59.69	67.88	0.00	0.08	0.19	2	47.03	V
Asta 7 (19-18)	0.00	678.58	SLU	CC1	80.16	0.00	0.00	265.53	0.00	0.00	0.00	0.00	1	3.31	V

4.2.1.2 Flessione composta retta in direzione 2 SLV

Pilastro : Pilastro di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
 Pos. : Posizione misurata lungo l'asse dell'elemento;
 As : Valore dell'area totale di armature longitudinali;
 SL : Stato limite della combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Azioni Sollecitanti
 NSd : Sforzo normale sollecitante;
 MSd3 : Valore del momento sollecitante attorno all'asse 3 locale;
 MSd2 : Valore del momento sollecitante attorno all'asse 2 locale;
 Azioni Resistenti
 NRd : Sforzo normale resistente;
 MRd3 : Valore del momento resistente attorno all'asse 3 locale;
 MRd2 : Valore del momento resistente attorno all'asse 2 locale;
 ecls : Deformazione massima del calcestruzzo compresso
 eacc : Deformazione massima dell'armatura tesa
 C : Campo di rottura
 S : Valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

I momenti sollecitanti sono stati amplificati, in funzione della snellezza dell'elemento, mediante il metodo della curvatura nominale. In questa fase è stato considerato anche l'incremento del momento considerando i difetti di rettilineità mediante l'applicazione della forza assiale con un'eccentricità pari ad 1/300 dell'altezza dell'elemento. Si rimanda alla tabella del paragrafo "Stabilità" per ulteriori dettagli.

Pilastro	Pos. [cm]	As [mm²]	SL	CdC	Azioni Sollecitanti			Azioni Resistenti			ecls [%]	eacc [%]	C	S	Esito
					NSd [kN]	MSd3 [kNm]	MSd2 [kNm]	NRd [kN]	MRd3 [kNm]	MRd2 [kNm]					
Asta 1 (9-5)	0.00	678.58	SLV	CC9	45.91	1.96	0.00	45.91	25.60	0.00	0.04	0.19	2	13.08	V
Asta 2 (10-6)	0.00	678.58	SLV	CC9	45.91	2.07	0.00	45.91	25.60	0.00	0.04	0.19	2	12.37	V
Asta 3 (11-7)	0.00	678.58	SLV	CC9	45.91	2.23	0.00	45.91	25.60	0.00	0.04	0.19	2	11.46	V
Asta 4 (12-8)	0.00	678.58	SLV	CC9	45.91	3.23	0.00	45.91	25.60	0.00	0.04	0.19	2	7.93	V
Asta 5 (14-13)	0.00	678.58	SLV	CC9	45.91	3.22	0.00	45.91	25.60	0.00	0.04	0.19	2	7.95	V
Asta 6 (17-16)	0.00	1847.26	SLV	CC9	45.91	1.92	0.00	45.91	69.45	0.00	0.08	0.19	2	36.12	V
Asta 7 (19-18)	0.00	678.58	SLV	CC9	61.66	0.77	0.00	61.66	23.44	0.00	0.04	0.19	2	30.61	V

4.2.1.3 Flessione composta retta in direzione 3 SLU

Pilastro : Pilastro di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
 Pos. : Posizione misurata lungo l'asse dell'elemento;
 As : Valore dell'area totale di armature longitudinali;
 SL : Stato limite della combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Azioni Sollecitanti
 NSd : Sforzo normale sollecitante;
 MSd3 : Valore del momento sollecitante attorno all'asse 3 locale;
 MSd2 : Valore del momento sollecitante attorno all'asse 2 locale;
 Azioni Resistenti
 NRd : Sforzo normale resistente;
 MRd3 : Valore del momento resistente attorno all'asse 3 locale;
 MRd2 : Valore del momento resistente attorno all'asse 2 locale;
 ecls : Deformazione massima del calcestruzzo compresso
 eacc : Deformazione massima dell'armatura tesa
 C : Campo di rottura
 S : Valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

I momenti sollecitanti sono stati amplificati, in funzione della snellezza dell'elemento, mediante il metodo della curvatura nominale. In questa fase è stato considerato anche l'incremento del momento considerando i difetti di rettilineità mediante l'applicazione della forza assiale con un'eccentricità pari ad 1/300 dell'altezza dell'elemento. Si rimanda alla tabella del paragrafo "Stabilità" per ulteriori dettagli.

Pilastro	Pos. [cm]	As [mm ²]	SL	CdC	Azioni Sollecitanti			Azioni Resistenti			ecls [%]	eacc [%]	C	S	Esito
					Nsd [kN]	Msd3 [kNm]	Msd2 [kNm]	Nrd [kN]	Mrd3 [kNm]	Mrd2 [kNm]					
Asta 1 (9-5)	0.00	678.58	SLU	CC1	59.69	0.00	0.00	265.53	0.00	0.00	0.00	0.00	1	4.45	V
Asta 2 (10-6)	0.00	678.58	SLU	CC1	59.69	0.00	0.00	265.53	0.00	0.00	0.00	0.00	1	4.45	V
Asta 3 (11-7)	0.00	678.58	SLU	CC1	59.69	0.00	0.00	265.53	0.00	0.00	0.00	0.00	1	4.45	V
Asta 4 (12-8)	0.00	678.58	SLU	CC1	59.69	0.00	0.00	265.53	0.00	0.00	0.00	0.00	1	4.45	V
Asta 5 (14-13)	0.00	678.58	SLU	CC1	59.69	0.00	0.00	265.53	0.00	0.00	0.00	0.00	1	4.45	V
Asta 6 (17-16)	0.00	1847.26	SLU	CC1	59.69	0.00	0.00	722.84	0.00	0.00	0.00	0.00	1	12.11	V
Asta 7 (19-18)	0.00	678.58	SLU	CC1	80.16	0.00	0.00	265.53	0.00	0.00	0.00	0.00	1	3.31	V

4.2.1.4 Flessione composta retta in direzione 3 SLV

Pilastro : Pilastro di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");

Pos. : Posizione misurata lungo l'asse dell'elemento;

As : Valore dell'area totale di armature longitudinali;

SL : Stato limite della combinazione più gravosa;

CdC : Combinazione di carico più gravosa;

Azioni Sollecitanti

Nsd : Sforzo normale sollecitante;

Msd3 : Valore del momento sollecitante attorno all'asse 3 locale;

Msd2 : Valore del momento sollecitante attorno all'asse 2 locale;

Azioni Resistenti

NRd : Sforzo normale resistente;

MRd3 : Valore del momento resistente attorno all'asse 3 locale;

MRd2 : Valore del momento resistente attorno all'asse 2 locale;

ecls : Deformazione massima del calcestruzzo compresso

eacc : Deformazione massima dell'armatura tesa

C : Campo di rottura

S : Valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

I momenti sollecitanti sono stati amplificati, in funzione della snellezza dell'elemento, mediante il metodo della curvatura nominale. In questa fase è stato considerato anche l'incremento del momento considerando i difetti di rettilineità mediante l'applicazione della forza assiale con un'eccentricità pari ad 1/300 dell'altezza dell'elemento. Si rimanda alla tabella del paragrafo "Stabilità" per ulteriori dettagli.

Pilastro	Pos. [cm]	As [mm ²]	SL	CdC	Azioni Sollecitanti			Azioni Resistenti			ecls [%]	eacc [%]	C	S	Esito
					Nsd [kN]	Msd3 [kNm]	Msd2 [kNm]	Nrd [kN]	Mrd3 [kNm]	Mrd2 [kNm]					
Asta 1 (9-5)	250.00	678.58	SLV	CC1	37.17	5.82	0.00	37.17	18.98	0.00	0.05	0.19	2	3.26	V
Asta 2 (10-6)	250.00	678.58	SLV	CC1	37.17	6.85	0.00	37.17	18.98	0.00	0.05	0.19	2	2.77	V
Asta 3 (11-7)	250.00	678.58	SLV	CC1	37.17	8.03	0.00	37.17	18.98	0.00	0.05	0.19	2	2.36	V
Asta 4 (12-8)	250.00	678.58	SLV	CC1	37.17	8.96	0.00	37.17	18.98	0.00	0.05	0.19	2	2.12	V
Asta 5 (14-13)	250.00	678.58	SLV	CC1	37.17	2.76	0.00	37.17	18.98	0.00	0.05	0.19	2	6.87	V
Asta 6 (17-16)	250.00	1847.26	SLV	CC1	37.17	2.83	0.00	37.17	48.65	0.00	0.09	0.19	2	17.18	V
Asta 7 (19-18)	526.91	678.58	SLV	CC1	41.37	-1.99	0.00	41.37	-18.62	0.00	0.05	0.19	2	9.37	V

4.2.1.5 Taglio SLU

Pilastro : Pilastro di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");

Blocco : Tratto nel quale le staffe vengono mantenute costanti

1 : Estremo iniziale;
 2 : Mediano;
 3 : Estremo finale;
 Ltr : Lunghezza del blocco;
 Tagli Sollecitanti
 VSd1-3 : Valore del Taglio 1-3 sollecitante di calcolo
 (calcolato per soddisfare $V_{Sd} = V_{Ed}$; $V_{Ed} = \gamma_{Rd} (M_{C,Rdsup} + M_{C,Rdinf}) / l_p$);
 VSd1-2 : Valore del Taglio 1-2 sollecitante di calcolo
 (calcolato per soddisfare $V_{Sd} = V_{Ed}$; $V_{Ed} = \gamma_{Rd} (M_{C,Rdsup} + M_{C,Rdinf}) / l_p$);
 $\gamma_{Rd} = 1.1$;
 cot(θ) : Cotangente dell'angolo θ di inclinazione delle bielle;
 Tagli Resistenti
 VRd1-3 : Valore del Taglio 1-3 resistente di calcolo;
 VRd1-2 : Valore del Taglio 1-2 resistente di calcolo;
 \emptyset : Diametro della staffa;
 Nbr 2 : Numero di bracci di cui è composta la staffa in direzione 2 locale;
 Nbr 3 : Numero di bracci di cui è composta la staffa in direzione 3 locale;
 Passo : Interasse tra le staffe;
 S1-2 : Coefficiente di sicurezza relativo a VSd1-2
 S1-3 : Coefficiente di sicurezza relativo a VSd1-3
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Pilastro	Blocco	Ltr [cm]	\emptyset [mm]	Nbr 2	Nbr 3	Passo [mm]	Vsd1-2 [kN]	Vsd1-3 [kN]	cot(θ)	Vrd1-2 [kN]	Vrd1-3 [kN]	S1-2	S1-3	Esito
Asta 1 (9-5)	-	250.00	8.0	2	2	140.0	1.02	0.83	2.50	173.86	300.31	100.00	100.00	V
Asta 2 (10-6)	-	250.00	8.0	2	2	140.0	0.00	1.53	2.50	173.86	300.31	100.00	100.00	V
Asta 3 (11-7)	-	250.00	8.0	2	2	140.0	0.00	1.53	2.50	173.86	300.31	100.00	100.00	V
Asta 4 (12-8)	-	250.00	8.0	2	2	140.0	0.00	1.53	2.50	173.86	300.31	100.00	100.00	V
Asta 5 (14-13)	-	250.00	8.0	2	2	140.0	0.00	1.53	2.50	173.86	300.31	100.00	100.00	V
Asta 6 (17-16)	-	250.00	8.0	2	2	140.0	0.50	0.83	2.50	173.86	300.31	100.00	100.00	V
Asta 7 (19-18)	-	526.91	8.0	2	2	140.0	0.54	0.59	2.50	173.86	300.31	100.00	100.00	V

4.2.1.6 Taglio SLV

Pilastro : Pilastro di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
 Blocco : Tratto nel quale le staffe vengono mantenute costanti
 1 : Estremo iniziale;
 2 : Mediano;
 3 : Estremo finale;
 Ltr : Lunghezza del blocco;
 Tagli Sollecitanti
 VSd1-3 : Valore del Taglio 1-3 sollecitante di calcolo
 (calcolato per soddisfare $V_{Sd} = V_{Ed}$; $V_{Ed} = \gamma_{Rd} (M_{C,Rdsup} + M_{C,Rdinf}) / l_p$);
 VSd1-2 : Valore del Taglio 1-2 sollecitante di calcolo
 (calcolato per soddisfare $V_{Sd} = V_{Ed}$; $V_{Ed} = \gamma_{Rd} (M_{C,Rdsup} + M_{C,Rdinf}) / l_p$);
 $\gamma_{Rd} = 1.1$;
 cot(θ) : Cotangente dell'angolo θ di inclinazione delle bielle;
 Tagli Resistenti
 VRd1-3 : Valore del Taglio 1-3 resistente di calcolo;
 VRd1-2 : Valore del Taglio 1-2 resistente di calcolo;
 \emptyset : Diametro della staffa;
 Nbr 2 : Numero di bracci di cui è composta la staffa in direzione 2 locale;
 Nbr 3 : Numero di bracci di cui è composta la staffa in direzione 3 locale;
 Passo : Interasse tra le staffe;
 S1-2 : Coefficiente di sicurezza relativo a VSd1-2
 S1-3 : Coefficiente di sicurezza relativo a VSd1-3
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Pilastro	Blocco	Ltr [cm]	Ø [mm]	Nbr 2	Nbr 3	Passo [mm]	Vsd1-2 [kN]	Vsd1-3 [kN]	cot(θ)	Vrd1-2 [kN]	Vrd1-3 [kN]	S1-2	S1-3	Esito
Asta 1 (9-5)	-	250.00	8.0	2	2	140.0	1.58	0.99	2.50	173.86	300.31	100.00	100.00	V
Asta 2 (10-6)	-	250.00	8.0	2	2	140.0	2.44	1.07	2.50	173.86	300.31	71.24	100.00	V
Asta 3 (11-7)	-	250.00	8.0	2	2	140.0	2.32	1.16	2.50	173.86	300.31	75.08	100.00	V
Asta 4 (12-8)	-	250.00	8.0	2	2	140.0	2.91	1.64	2.50	173.86	300.31	59.79	100.00	V
Asta 5 (14-13)	-	250.00	8.0	2	2	140.0	0.88	1.63	2.50	173.86	300.31	100.00	100.00	V
Asta 6 (17-16)	-	250.00	8.0	2	2	140.0	1.34	0.98	2.50	173.86	300.31	100.00	100.00	V
Asta 7 (19-18)	-	526.91	8.0	2	2	140.0	0.61	0.01	2.50	173.86	300.31	100.00	100.00	V

4.2.1.7 Torsione SLU

Pilastro : Pilastro di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");

Blocco : Tratto nel quale le staffe vengono mantenute costanti

1 : Estremo iniziale;

2 : Mediano;

3 : Estremo finale;

Ltr : Lunghezza del blocco;

Azioni Sollecitanti

Tsd : Valore del momento torcente di calcolo;

cot(θ) : Cotangente dell'angolo θ di inclinazione delle bielle;

Azioni Resistenti

TRd : Valore del momento torcente resistente;

Ast : Area delle staffe necessarie per la torsione;

Along : Area delle armature longitudinali necessarie per la torsione;

S : Coefficiente di sicurezza;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Pilastro	Blocco	Ltr [cm]	Ast [mm²]	Along [mm²]	Tsd [kNm]	cot(θ)	Trd [kNm]	S	Esito
Asta 1 (9-5)	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	100.00	V
Asta 2 (10-6)	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	100.00	V
Asta 3 (11-7)	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	100.00	V
Asta 4 (12-8)	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	100.00	V
Asta 5 (14-13)	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	100.00	V
Asta 6 (17-16)	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	100.00	V
Asta 7 (19-18)	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	100.00	V

4.2.1.8 Torsione SLV

Pilastro : Pilastro di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");

Blocco : Tratto nel quale le staffe vengono mantenute costanti

1 : Estremo iniziale;

2 : Mediano;

3 : Estremo finale;

Ltr : Lunghezza del blocco;

Azioni Sollecitanti

Tsd : Valore del momento torcente di calcolo;

cot(θ) : Cotangente dell'angolo θ di inclinazione delle bielle;

Azioni Resistenti

TRd : Valore del momento torcente resistente;

Ast : Area delle staffe necessarie per la torsione;

Along : Area delle armature longitudinali necessarie per la torsione;

S : Coefficiente di sicurezza;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Pilastro	Blocco	Ltr [cm]	Ast [mm²]	Along [mm²]	Tsd [kNm]	cot(θ)	Trd [kNm]	S	Esito
Asta 1 (9-5)	-	0.00	0.00	0.00	1.184	2.50	0.00	100.00	V

Asta 2 (10-6)	-	0.00	0.00	0.00	1.684	2.50	0.00	100.00	V
Asta 3 (11-7)	-	0.00	0.00	0.00	1.163	2.50	0.00	100.00	V
Asta 4 (12-8)	-	0.00	0.00	0.00	1.597	2.50	0.00	100.00	V
Asta 5 (14-13)	-	0.00	0.00	0.00	0.536	2.50	0.00	100.00	V
Asta 6 (17-16)	-	0.00	0.00	0.00	1.359	2.50	0.00	100.00	V
Asta 7 (19-18)	-	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	100.00	V

4.2.1.9 Resistenza massima a compressione sezione cls SLV

Pilastro : Pilastro di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
 Area sezione : Area della sezione trasversale;
 SL : Stato limite della combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 NEd : Sforzo normale a compressione massimo di calcolo;
 Nlim : Valore limite a compressione della sezione in relazione alla classe di duttilità;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Pilastro	Area sezione [mm²]	SL	CdC	NEd [kN]	Nlim [kN]	S	Esito
Asta 1 (9-5)	150000.00	Nessuno	-	0.00	1381.25	100.00	V
Asta 2 (10-6)	150000.00	Nessuno	-	0.00	1381.25	100.00	V
Asta 3 (11-7)	150000.00	Nessuno	-	0.00	1381.25	100.00	V
Asta 4 (12-8)	150000.00	Nessuno	-	0.00	1381.25	100.00	V
Asta 5 (14-13)	150000.00	Nessuno	-	0.00	1381.25	100.00	V
Asta 6 (17-16)	150000.00	Nessuno	-	0.00	1381.25	100.00	V
Asta 7 (19-18)	150000.00	Nessuno	-	0.00	1381.25	100.00	V

4.2.1.10 Dettagli costruttivi per la duttilità SLV

Pilastro : Pilastro di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
 α : Coefficiente di efficacia del confinamento;
 ω_{wd} : Rapporto meccanico dell'armatura trasversale di confinamento all'interno della zona dissipativa;
 μ_{ϕ} : Domanda di duttilità di curvatura;
 V_d : Forza assiale adimensionalizzata di progetto relativa alla combinazione sismica «Asta_Dutt_ST»
 $\epsilon_{sy,d}$: Deformazione di snervamento dell'acciaio;
 b_c : Larghezza minima della sezione trasversale lorda;
 b_0 : Larghezza del nucleo confinato corrispondente a b_c ;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Pilastro	α	ω_{wd}	μ_{ϕ}	V_d	$\epsilon_{sy,d}$	b_c [cm]	b_0 [cm]	S	Esito
Asta 1 (9-5)	0.34	0.13	4.53	0.00	0.0019	50.0	42.2	2.28	V
Asta 2 (10-6)	0.34	0.13	4.53	0.00	0.0019	50.0	42.2	2.28	V
Asta 3 (11-7)	0.34	0.13	4.53	0.00	0.0019	50.0	42.2	2.28	V
Asta 4 (12-8)	0.34	0.13	4.53	0.00	0.0019	50.0	42.2	2.28	V
Asta 5 (14-13)	0.34	0.13	4.53	0.00	0.0019	50.0	42.2	2.28	V
Asta 6 (17-16)	0.44	0.13	4.53	0.00	0.0019	50.0	42.0	2.68	V
Asta 7 (19-18)	0.34	0.13	4.53	0.00	0.0019	50.0	42.2	2.28	V

4.2.1.11 Spostamenti relativi (RIG) SLD

Pilastro : Pilastro di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
 SL 2 : Stato limite della combinazione più gravosa in direzione locale 2;
 SL 3 : Stato limite della combinazione più gravosa in direzione locale 3;
 Hrif : Altezza di riferimento per la verifica;

Dr 3 : Spostamento relativo tra gli estremi in direzione locale 3;
 Dlim 3 : Spostamento limite in direzione locale 3;
 Dr 2 : Spostamento relativo tra gli estremi in direzione locale 2;
 Dlim 2 : Spostamento limite in direzione locale 2;
 S 3 : Valore del coefficiente di sicurezza in direzione locale 3;
 S 2 : Valore del coefficiente di sicurezza in direzione locale 2;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

La verifica degli spostamenti relativi è stata effettuata al fine di limitare il danno sugli elementi strutturali verticali.

Pilastro	SL 2	SL 3	Hrif [cm]	Dr 3 [cm]	Dlim 3 [cm]	Dr 2 [cm]	Dlim 2 [cm]	S 3	S 2	Esito
Asta 1 (9-5)	SLD	SLD	250.00	0.05	1.25	0.01	1.25	25.65	76.06	V
Asta 2 (10-6)	SLD	SLD	250.00	0.05	1.25	0.02	1.25	26.88	81.37	V
Asta 3 (11-7)	SLD	SLD	250.00	0.06	1.25	0.02	1.25	21.39	83.10	V
Asta 4 (12-8)	SLD	SLD	250.00	0.04	1.25	0.02	1.25	32.84	69.68	V
Asta 5 (14-13)	SLD	SLD	250.00	0.06	1.25	0.01	1.25	21.95	85.84	V
Asta 6 (17-16)	SLD	SLD	250.00	0.02	1.25	0.01	1.25	65.97	100.00	V
Asta 7 (19-18)	SLD	SLD	526.91	0.01	2.63	0.01	2.63	100.00	100.00	V

4.2.1.12 Stato Tensionale SLE

Pilastro : Pilastro di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
 N. Sez. : Posizione misurata lungo l'asse dell'elemento;
 SL : Stato limite della combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Azioni Sollecitanti
 Nsd : Sforzo normale sollecitante;
 Msd3 : Valore del momento sollecitante attorno all'asse 3 locale;
 Msd2 : Valore del momento sollecitante attorno all'asse 2 locale;
 Tensioni massime
 σ MaxCls : Tensione massima di compressione sul calcestruzzo;
 σ MaxAcc : Tensione massima di trazione sulle barre da armatura;
 Tensioni limite
 σ LimCls : Tensione limite di compressione del calcestruzzo;
 σ LimAcc : Tensione limite di trazione delle barre da armatura;
 S : Valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Pilastro	N. Sez.	SL	CdC	Azioni Sollecitanti			Tensioni massime		Tensioni limite		S	Esito
				Nsd [kN]	Msd3 [kNm]	Msd2 [kNm]	σ MaxCls [N/mm ²]	σ MaxAcc [N/mm ²]	σ LimCls [N/mm ²]	σ LimAcc [N/mm ²]		
Asta 1 (9-5)	1	SLE Car.	CC10	45.91	0.96	0.20	0.00	-80.336	15.00	360.00	4.48	V
Asta 2 (10-6)	1	SLE Car.	CC3	45.91	1.97	0.00	0.00	-88.333	15.00	360.00	4.08	V
Asta 3 (11-7)	1	SLE Car.	CC3	45.91	1.97	0.00	0.00	-88.333	15.00	360.00	4.08	V
Asta 4 (12-8)	1	SLE Car.	CC3	45.91	1.97	0.00	0.00	-88.333	15.00	360.00	4.08	V
Asta 5 (14-13)	1	SLE Car.	CC3	45.91	1.97	0.00	0.00	-88.333	15.00	360.00	4.08	V
Asta 6 (17-16)	1	SLE Car.	CC10	45.91	0.96	0.10	0.00	-29.668	15.00	360.00	12.13	V
Asta 7 (19-18)	1	SLE Car.	CC12	61.66	0.00	0.37	0.00	-95.741	15.00	360.00	3.76	V

4.2.1.13 Fessurazione SLE

Pilastro : Pilastro di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
 N. Sez. : Posizione misurata lungo l'asse dell'elemento;
 SL : Stato limite della combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Azioni Sollecitanti
 Nsd : Sforzo normale sollecitante;

Msd3 : Valore del momento sollecitante attorno all'asse 3 locale;

Msd2 : Valore del momento sollecitante attorno all'asse 2 locale;

Fessurazione

Wk Max : Massima apertura delle fessure;

Wk Lim : Valore limite dell'apertura delle fessure;

S : Valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Pilastro	N. Sez.	SL	CdC	Azioni Sollecitanti			Fessurazione		S	Esito
				Nsd [kN]	Msd3 [kNm]	Msd2 [kNm]	Wk max [cm]	Wk Lim [cm]		
Asta 1 (9-5)	1	SLE Frequenti	CC1	45.91	0.72	0.00	0.00	0.04	100.00	V
Asta 2 (10-6)	1	SLE Frequenti	CC1	45.91	1.50	0.00	0.00	0.04	100.00	V
Asta 3 (11-7)	1	SLE Frequenti	CC1	45.91	1.50	0.00	0.00	0.04	100.00	V
Asta 4 (12-8)	1	SLE Frequenti	CC1	45.91	1.50	0.00	0.00	0.04	100.00	V
Asta 5 (14-13)	1	SLE Frequenti	CC1	45.91	1.50	0.00	0.00	0.04	100.00	V
Asta 6 (17-16)	1	SLE Frequenti	CC1	45.91	0.72	0.00	0.00	0.04	100.00	V
Asta 7 (19-18)	1	SLE Frequenti	CC1	61.66	0.00	0.00	0.00	0.04	100.00	V

4.3 Acciaio per carpenterie

Nei seguenti paragrafi si riportano i risultati delle verifiche per gli elementi in acciaio per carpenterie.

4.3.1 Travi di Elevazione

Nei seguenti paragrafi si riportano i risultati delle verifiche delle travi di elevazione.

4.3.1.1 Resistenza (Trazione) SLU

Trave : Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");

CdC : Combinazione di carico più gravosa;

Sez. : Sezione di verifica più gravosa;

N_{Ed} : Azione di progetto a trazione;

N_{t,Rd} : Resistenza di progetto a trazione;

N_{pl,Rd} : Resistenza plastica di progetto;

N_{u,Rd} : Resistenza ultima di progetto;

F.S. : Fattore di sicurezza;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	N _{Ed} [kN]	N _{t,Rd} [kN]	N _{pl,Rd} [kN]	N _{u,Rd} [kN]	F.S.	Esito
Asta 65 (45-31)	CC9	S1	0.414	118.339	118.339	137.052	100.00	V
Asta 66 (46-30)	CC1	S1	0.398	118.339	118.339	137.052	100.00	V
Asta 67 (47-29)	CC1	S1	0.398	118.339	118.339	137.052	100.00	V
Asta 68 (48-28)	CC1	S1	0.398	118.339	118.339	137.052	100.00	V
Asta 69 (49-27)	CC1	S1	0.398	118.339	118.339	137.052	100.00	V
Asta 70 (50-26)	CC9	S1	0.414	118.339	118.339	137.052	100.00	V

4.3.1.2 Resistenza (Trazione) SLV

Trave : Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");

CdC : Combinazione di carico più gravosa;

Sez. : Sezione di verifica più gravosa;

N_{Ed} : Azione di progetto a trazione;

N_{t,Rd} : Resistenza di progetto a trazione;

$N_{pl,Rd}$: Resistenza plastica di progetto;
 $N_{u,Rd}$: Resistenza ultima di progetto;
 F.S. : Fattore di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	N_{Ed} [kN]	$N_{t,Rd}$ [kN]	$N_{pl,Rd}$ [kN]	$N_{u,Rd}$ [kN]	F.S.	Esito
Asta 65 (45-31)	CC9	S1	0.257	118.339	118.339	137.052	100.00	V
Asta 66 (46-30)	CC13	S1	0.225	118.339	118.339	137.052	100.00	V
Asta 67 (47-29)	CC9	S1	0.235	118.339	118.339	137.052	100.00	V
Asta 68 (48-28)	CC9	S1	0.272	118.339	118.339	137.052	100.00	V
Asta 69 (49-27)	CC9	S1	0.266	118.339	118.339	137.052	100.00	V
Asta 70 (50-26)	CC9	S1	0.261	118.339	118.339	137.052	100.00	V

4.3.1.3 Resistenza (Compressione) SLU

Trave : Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Sez. : Sezione di verifica più gravosa;
 Classe : Classe sezione;
 N_{Ed} : Azione di progetto a compressione;
 $N_{c,Rd}$: Resistenza di progetto a compressione;
 $N_{pl,Rd}$: Resistenza plastica di progetto;
 F.S. : Fattore di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	Classe	N_{Ed} [kN]	$N_{c,Rd}$ [kN]	$N_{pl,Rd}$ [kN]	F.S.	Esito
Asta 59 (9-45)	CC14	S0	1	2.575	737.763	737.763	100.00	V
Asta 60 (10-46)	CC14	S0	1	2.569	737.763	737.763	100.00	V
Asta 61 (11-47)	CC14	S0	1	2.569	737.763	737.763	100.00	V
Asta 62 (12-48)	CC14	S0	1	2.569	737.763	737.763	100.00	V
Asta 63 (14-49)	CC14	S0	1	2.569	737.763	737.763	100.00	V
Asta 64 (17-50)	CC14	S0	1	2.575	737.763	737.763	100.00	V

4.3.1.4 Resistenza (Taglio) SLU

Trave : Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Sez. : Sezione di verifica più gravosa;
 $V_{sd,2}$: Azione di progetto di taglio dir. 2;
 $V_{sd,3}$: Azione di progetto di taglio dir. 3;
 $V_{pl,Rd,2}$: Resistenza plastica di progetto contro il taglio dir. 2;
 $V_{pl,Rd,3}$: Resistenza plastica di progetto contro il taglio dir. 3;
 SFR_2 : Sfruttamento taglio dir. 2;
 SFR_3 : Sfruttamento taglio dir. 3;
 $F.S._{min}$: Fattore di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	$V_{sd,2}$ [kN]	$V_{sd,3}$ [kN]	$V_{pl,Rd,2}$ [kN]	$V_{pl,Rd,3}$ [kN]	SFR_2	SFR_3	$F.S._{min}$	Esito
Asta 39 (39-40)	CC1	S1	0.00	4.157	276.653	276.653	0.00	0.02	66.55	V
Asta 40 (40-41)	CC1	S1	0.00	4.097	276.653	276.653	0.00	0.01	67.53	V
Asta 41 (41-42)	CC1	S1	0.00	4.097	276.653	276.653	0.00	0.01	67.53	V
Asta 42 (42-43)	CC1	S1	0.00	4.097	276.653	276.653	0.00	0.01	67.53	V
Asta 43 (43-44)	CC1	S9	0.00	4.157	276.653	276.653	0.00	0.02	66.55	V
Asta 44 (33-34)	CC1	S1	0.00	4.862	387.82	387.82	0.00	0.01	79.76	V
Asta 45 (34-35)	CC1	S1	0.00	4.791	387.82	387.82	0.00	0.01	80.94	V
Asta 46 (35-36)	CC1	S1	0.00	4.791	387.82	387.82	0.00	0.01	80.94	V
Asta 47 (36-37)	CC1	S1	0.00	4.791	387.82	387.82	0.00	0.01	80.94	V

Asta 48 (37-38)	CC1	S9	0.00	4.862	387.82	387.82	0.00	0.01	79.76	V
Asta 49 (31-30)	CC1	S1	0.00	6.111	412.071	412.071	0.00	0.01	67.43	V
Asta 50 (30-29)	CC1	S9	0.00	6.065	412.071	412.071	0.00	0.01	67.95	V
Asta 51 (29-28)	CC1	S9	0.00	6.065	412.071	412.071	0.00	0.01	67.95	V
Asta 52 (28-27)	CC1	S9	0.00	6.065	412.071	412.071	0.00	0.01	67.95	V
Asta 53 (27-26)	CC1	S9	0.00	6.372	412.071	412.071	0.00	0.02	64.67	V
Asta 54 (25-24)	CC1	S1	0.00	6.759	453.033	453.033	0.00	0.01	67.03	V
Asta 55 (24-23)	CC1	S9	0.00	6.66	453.033	453.033	0.00	0.01	68.02	V
Asta 56 (23-22)	CC1	S9	0.00	6.66	453.033	453.033	0.00	0.01	68.02	V
Asta 57 (22-21)	CC1	S9	0.00	6.66	453.033	453.033	0.00	0.01	68.02	V
Asta 58 (21-32)	CC1	S9	0.00	6.95	453.033	453.033	0.00	0.02	65.19	V
Asta 59 (9-45)	CC1	S1	0.00	0.921	272.285	272.285	0.00	0.00	100.00	V
Asta 60 (10-46)	CC1	S1	0.00	0.934	272.285	272.285	0.00	0.00	100.00	V
Asta 61 (11-47)	CC1	S1	0.00	0.934	272.285	272.285	0.00	0.00	100.00	V
Asta 62 (12-48)	CC1	S1	0.00	0.934	272.285	272.285	0.00	0.00	100.00	V
Asta 63 (14-49)	CC1	S1	0.00	0.934	272.285	272.285	0.00	0.00	100.00	V
Asta 64 (17-50)	CC1	S1	0.00	0.921	272.285	272.285	0.00	0.00	100.00	V
Asta 65 (45-31)	CC3	S1	0.00	0.237	68.605	68.605	0.00	0.00	100.00	V
Asta 66 (46-30)	CC3	S1	0.00	0.237	68.605	68.605	0.00	0.00	100.00	V
Asta 67 (47-29)	CC3	S1	0.00	0.237	68.605	68.605	0.00	0.00	100.00	V
Asta 68 (48-28)	CC3	S1	0.00	0.237	68.605	68.605	0.00	0.00	100.00	V
Asta 69 (49-27)	CC3	S1	0.00	0.237	68.605	68.605	0.00	0.00	100.00	V
Asta 70 (50-26)	CC3	S1	0.00	0.237	68.605	68.605	0.00	0.00	100.00	V

4.3.1.5 Resistenza (Taglio) SLV

Trave	: Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
CdC	: Combinazione di carico più gravosa;
Sez.	: Sezione di verifica più gravosa;
V _{sd,2}	: Azione di progetto di taglio dir. 2;
V _{sd,3}	: Azione di progetto di taglio dir. 3;
V _{pl,Rd,2}	: Resistenza plastica di progetto contro il taglio dir. 2;
V _{pl,Rd,3}	: Resistenza plastica di progetto contro il taglio dir. 3;
SFR ₂	: Sfruttamento taglio dir. 2;
SFR ₃	: Sfruttamento taglio dir. 3;
F.S.min	: Fattore di sicurezza;
Esito	: V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	V _{sd,2} [kN]	V _{sd,3} [kN]	V _{pl,Rd,2} [kN]	V _{pl,Rd,3} [kN]	SFR ₂	SFR ₃	F.S.min	Esito
Asta 39 (39-40)	CC1	S1	0.00	2.151	276.653	276.653	0.00	0.01	100.00	V
Asta 40 (40-41)	CC1	S1	0.00	2.12	276.653	276.653	0.00	0.01	100.00	V
Asta 41 (41-42)	CC1	S1	0.00	2.12	276.653	276.653	0.00	0.01	100.00	V
Asta 42 (42-43)	CC1	S1	0.00	2.12	276.653	276.653	0.00	0.01	100.00	V
Asta 43 (43-44)	CC1	S9	0.00	2.151	276.653	276.653	0.00	0.01	100.00	V
Asta 44 (33-34)	CC1	S1	0.00	2.572	387.82	387.82	0.00	0.01	100.00	V
Asta 45 (34-35)	CC1	S1	0.00	2.535	387.82	387.82	0.00	0.01	100.00	V
Asta 46 (35-36)	CC1	S1	0.00	2.535	387.82	387.82	0.00	0.01	100.00	V
Asta 47 (36-37)	CC1	S1	0.00	2.535	387.82	387.82	0.00	0.01	100.00	V
Asta 48 (37-38)	CC1	S9	0.00	2.572	387.82	387.82	0.00	0.01	100.00	V
Asta 49 (31-30)	CC1	S1	0.00	3.164	412.071	412.071	0.00	0.01	100.00	V
Asta 50 (30-29)	CC1	S1	0.00	3.14	412.071	412.071	0.00	0.01	100.00	V
Asta 51 (29-28)	CC1	S1	0.00	3.14	412.071	412.071	0.00	0.01	100.00	V
Asta 52 (28-27)	CC1	S1	0.00	3.14	412.071	412.071	0.00	0.01	100.00	V
Asta 53 (27-26)	CC1	S9	0.00	3.34	412.071	412.071	0.00	0.01	100.00	V
Asta 54 (25-24)	CC1	S1	0.00	3.50	453.033	453.033	0.00	0.01	100.00	V
Asta 55 (24-23)	CC1	S9	0.00	3.449	453.033	453.033	0.00	0.01	100.00	V
Asta 56 (23-22)	CC1	S9	0.00	3.449	453.033	453.033	0.00	0.01	100.00	V
Asta 57 (22-21)	CC1	S9	0.00	3.449	453.033	453.033	0.00	0.01	100.00	V
Asta 58 (21-32)	CC1	S1	0.00	3.634	453.033	453.033	0.00	0.01	100.00	V
Asta 59 (9-45)	CC3	S1	0.819	0.558	272.285	272.285	0.00	0.00	100.00	V
Asta 60 (10-46)	CC3	S1	1.143	0.56	272.285	272.285	0.00	0.00	100.00	V
Asta 61 (11-47)	CC3	S1	1.00	0.562	272.285	272.285	0.00	0.00	100.00	V
Asta 62 (12-48)	CC3	S1	1.322	0.571	272.285	272.285	0.00	0.00	100.00	V
Asta 63 (14-49)	CC13	S1	0.118	0.61	272.285	272.285	0.00	0.00	100.00	V

Asta 64 (17-50)	CC1	S1	0.704	0.534	272.285	272.285	0.00	0.00	100.00	V
Asta 65 (45-31)	CC13	S1	0.00	0.183	68.605	68.605	0.00	0.00	100.00	V
Asta 66 (46-30)	CC9	S1	0.00	0.183	68.605	68.605	0.00	0.00	100.00	V
Asta 67 (47-29)	CC9	S1	0.00	0.183	68.605	68.605	0.00	0.00	100.00	V
Asta 68 (48-28)	CC13	S1	0.00	0.183	68.605	68.605	0.00	0.00	100.00	V
Asta 69 (49-27)	CC13	S1	0.00	0.183	68.605	68.605	0.00	0.00	100.00	V
Asta 70 (50-26)	CC13	S1	0.00	0.183	68.605	68.605	0.00	0.00	100.00	V

4.3.1.6 Resistenza (Taglio + Azione assiale + Flessione) SLU

Trave	: Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
CdC	: Combinazione di carico più gravosa;
Sez.	: Sezione di verifica più gravosa;
Classe	: Classe sezione;
N _{Ed}	: Azione di progetto dello sforzo normale;
M _{Sd,2}	: Azione di progetto del momento flettente dir. 2;
M _{Sd,3}	: Azione di progetto del momento flettente dir. 3;
M _{Sd,I2}	: Momento flettente aggiuntivo dovuto alle imperfezioni attorno alla dir. 2;
M _{Sd,I3}	: Momento flettente aggiuntivo dovuto alle imperfezioni attorno alla dir. 3;
M _{N,Rd,2}	: Momento resistente ridotto per taglio e sforzo normale dir. 2;
M _{N,Rd,3}	: Momento resistente ridotto per taglio e sforzo normale dir. 3;
SFR	: Sfruttamento presso-flessione;
F.S.	: Fattore di sicurezza;
Esito	: V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	Classe	N _{Ed} [kN]	M _{Sd,2} [kNm]	M _{Sd,3} [kNm]	M _{Sd,I2} [kNm]	M _{Sd,I3} [kNm]	M _{N,Rd,2} [kNm]	M _{N,Rd,3} [kNm]	SFR	F.S.	Esito
Asta 39 (39-40)	CC14	S1	1	0.00	3.102*	0.161*	0.00	0.00	50.989	50.989	0.06*	15.63*	V
Asta 40 (40-41)	CC14	S1	1	0.00	2.977*	0.154*	0.00	0.00	50.989	50.989	0.06*	16.28*	V
Asta 41 (41-42)	CC14	S1	1	0.00	2.977*	0.154*	0.00	0.00	50.989	50.989	0.06*	16.28*	V
Asta 42 (42-43)	CC14	S1	1	0.00	2.977*	0.154*	0.00	0.00	50.989	50.989	0.06*	16.28*	V
Asta 43 (43-44)	CC14	S9	1	0.00	3.102*	0.161*	0.00	0.00	50.989	50.989	0.06*	15.63*	V
Asta 44 (33-34)	CC14	S1	1	0.00	3.628*	0.18*	0.00	0.00	79.528	79.528	0.05*	20.89*	V
Asta 45 (34-35)	CC14	S9	1	0.00	3.482*	0.172*	0.00	0.00	79.528	79.528	0.05*	21.76*	V
Asta 46 (35-36)	CC14	S9	1	0.00	3.482*	0.172*	0.00	0.00	79.528	79.528	0.05*	21.76*	V
Asta 47 (36-37)	CC14	S9	1	0.00	3.482*	0.172*	0.00	0.00	79.528	79.528	0.05*	21.76*	V
Asta 48 (37-38)	CC14	S9	1	0.00	3.628*	0.18*	0.00	0.00	79.528	79.528	0.05*	20.89*	V
Asta 49 (31-30)	CC14	S1	2	0.00	4.503*	0.233*	0.00	0.00	113.113	113.113	0.04*	23.88*	V
Asta 50 (30-29)	CC14	S9	2	0.00	4.408*	0.228*	0.00	0.00	113.113	113.113	0.04*	24.40*	V
Asta 51 (29-28)	CC14	S9	2	0.00	4.408*	0.228*	0.00	0.00	113.113	113.113	0.04*	24.40*	V
Asta 52 (28-27)	CC14	S9	2	0.00	4.408*	0.228*	0.00	0.00	113.113	113.113	0.04*	24.40*	V
Asta 53 (27-26)	CC14	S9	2	0.00	4.677*	0.233*	0.00	0.00	113.113	113.113	0.04*	23.04*	V
Asta 54 (25-24)	CC14	S1	3	0.00	5.043*	0.14*	0.00	0.00	105.664	105.664	0.05*	20.39*	V
Asta 55 (24-23)	CC14	S9	3	0.00	4.84*	0.134*	0.00	0.00	105.664	105.664	0.05*	21.24*	V
Asta 56 (23-22)	CC14	S9	3	0.00	4.84*	0.134*	0.00	0.00	105.664	105.664	0.05*	21.24*	V
Asta 57 (22-21)	CC14	S9	3	0.00	4.84*	0.134*	0.00	0.00	105.664	105.664	0.05*	21.24*	V
Asta 58 (21-32)	CC14	S9	3	0.00	5.202*	0.14*	0.00	0.00	105.664	105.664	0.05*	19.78*	V
Asta 59 (9-45)	CC13	S1	1	-2.972	0.443*	0.422*	-0.032	-0.032	30.902	30.902	0.03*	31.23*	V
Asta 60 (10-46)	CC1	S1	1	-3.272	0.506*	0.00*	-0.036	-0.036	30.902	30.902	0.02*	48.08*	V
Asta 61 (11-47)	CC1	S1	1	-3.272	0.506*	0.00*	-0.036	-0.036	30.902	30.902	0.02*	48.08*	V
Asta 62 (12-48)	CC1	S1	1	-3.272	0.506*	0.00*	-0.036	-0.036	30.902	30.902	0.02*	48.08*	V
Asta 63 (14-49)	CC1	S1	1	-3.272	0.506*	0.00*	-0.036	-0.036	30.902	30.902	0.02*	48.08*	V
Asta 64 (17-50)	CC13	S1	1	-2.972	0.443*	0.207*	-0.032	-0.032	30.902	30.902	0.03*	39.87*	V

*Comprensivo degli effetti delle Imperfezioni: M_{Sd,I2} e M_{Sd,I3}.

4.3.1.7 Resistenza (Taglio + Azione assiale + Flessione) SLV

Trave	: Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
CdC	: Combinazione di carico più gravosa;
Sez.	: Sezione di verifica più gravosa;
Classe	: Classe sezione;

N_{Ed} : Azione di progetto dello sforzo normale;
 $M_{Sd,2}$: Azione di progetto del momento flettente dir. 2;
 $M_{Sd,3}$: Azione di progetto del momento flettente dir. 3;
 $M_{Sd,I2}$: Momento flettente aggiuntivo dovuto alle imperfezioni attorno alla dir. 2;
 $M_{Sd,I3}$: Momento flettente aggiuntivo dovuto alle imperfezioni attorno alla dir. 3;
 $M_{N,Rd,2}$: Momento resistente ridotto per taglio e sforzo normale dir. 2;
 $M_{N,Rd,3}$: Momento resistente ridotto per taglio e sforzo normale dir. 3;
SFR : Sfruttamento presso-flessione;
F.S. : Fattore di sicurezza;
Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	Classe	N_{Ed} [kN]	$M_{Sd,2}$ [kNm]	$M_{Sd,3}$ [kNm]	$M_{Sd,I2}$ [kNm]	$M_{Sd,I3}$ [kNm]	$M_{N,Rd,2}$ [kNm]	$M_{N,Rd,3}$ [kNm]	SFR	F.S.	Esito
Asta 39 (39-40)	CC1	S1	1	0.00	1.605*	0.00*	0.00	0.00	50.989	50.989	0.03*	31.77*	V
Asta 40 (40-41)	CC1	S9	1	0.00	1.541*	0.00*	0.00	0.00	50.989	50.989	0.03*	33.10*	V
Asta 41 (41-42)	CC1	S9	1	0.00	1.541*	0.00*	0.00	0.00	50.989	50.989	0.03*	33.10*	V
Asta 42 (42-43)	CC1	S9	1	0.00	1.541*	0.00*	0.00	0.00	50.989	50.989	0.03*	33.10*	V
Asta 43 (43-44)	CC1	S9	1	0.00	1.605*	0.00*	0.00	0.00	50.989	50.989	0.03*	31.77*	V
Asta 44 (33-34)	CC1	S1	1	0.00	1.919*	0.00*	0.00	0.00	79.528	79.528	0.02*	41.44*	V
Asta 45 (34-35)	CC1	S9	1	0.00	1.842*	0.00*	0.00	0.00	79.528	79.528	0.02*	43.17*	V
Asta 46 (35-36)	CC1	S9	1	0.00	1.842*	0.00*	0.00	0.00	79.528	79.528	0.02*	43.17*	V
Asta 47 (36-37)	CC1	S9	1	0.00	1.842*	0.00*	0.00	0.00	79.528	79.528	0.02*	43.17*	V
Asta 48 (37-38)	CC1	S9	1	0.00	1.919*	0.00*	0.00	0.00	79.528	79.528	0.02*	41.44*	V
Asta 49 (31-30)	CC1	S1	2	0.00	2.332*	0.00*	0.00	0.00	113.113	113.113	0.02*	48.51*	V
Asta 50 (30-29)	CC1	S9	2	0.00	2.282*	0.00*	0.00	0.00	113.113	113.113	0.02*	49.56*	V
Asta 51 (29-28)	CC1	S9	2	0.00	2.282*	0.00*	0.00	0.00	113.113	113.113	0.02*	49.56*	V
Asta 52 (28-27)	CC1	S9	2	0.00	2.282*	0.00*	0.00	0.00	113.113	113.113	0.02*	49.56*	V
Asta 53 (27-26)	CC1	S9	2	0.00	2.449*	0.00*	0.00	0.00	113.113	113.113	0.02*	46.19*	V
Asta 54 (25-24)	CC1	S1	3	0.00	2.612*	0.00*	0.00	0.00	105.664	105.664	0.02*	40.46*	V
Asta 55 (24-23)	CC1	S9	3	0.00	2.507*	0.00*	0.00	0.00	105.664	105.664	0.02*	42.15*	V
Asta 56 (23-22)	CC1	S9	3	0.00	2.507*	0.00*	0.00	0.00	105.664	105.664	0.02*	42.15*	V
Asta 57 (22-21)	CC1	S9	3	0.00	2.507*	0.00*	0.00	0.00	105.664	105.664	0.02*	42.15*	V
Asta 58 (21-32)	CC1	S9	3	0.00	2.719*	0.00*	0.00	0.00	105.664	105.664	0.03*	38.86*	V
Asta 59 (9-45)	CC7	S1	1	-1.792	0.319*	-1.978*	-0.02	-0.02	30.902	30.902	0.08*	13.03*	V
Asta 60 (10-46)	CC7	S1	1	-1.785	0.325*	-2.762*	-0.019	-0.019	30.902	30.902	0.10*	9.77*	V
Asta 61 (11-47)	CC7	S1	1	-1.78	0.329*	-2.415*	-0.019	-0.019	30.902	30.902	0.09*	10.96*	V
Asta 62 (12-48)	CC3	S1	1	-1.781	0.352*	3.193*	-0.019	-0.019	30.902	30.902	0.12*	8.54*	V
Asta 63 (14-49)	CC7	S1	1	-1.79	0.352*	-0.948*	-0.02	-0.02	30.902	30.902	0.04*	22.48*	V
Asta 64 (17-50)	CC7	S1	1	-1.778	0.319*	1.70*	-0.019	-0.019	30.902	30.902	0.07*	14.76*	V

*Comprensivo degli effetti delle Imperfezioni: $M_{Sd,I2}$ e $M_{Sd,I3}$.

4.3.1.8 Stabilità (Compressione) SLU

Trave : Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
Piano : Piano di instabilità;
CdC : Combinazione di carico più gravosa;
Sez. : Sezione di verifica più gravosa;
 N_{Ed} : Sforzo normale sollecitante di calcolo;
 β : Fattore di lunghezza efficace;
 l_0 : Lunghezza libera di inflessione dell'elemento rispetto al piano YZ (A.P.I.);
 λ : Snellezza dell'elemento rispetto al piano YZ (A.P.I.);
 N_{cr} : Carico critico;
 λ_a : Snellezza adimensionale;
Curva : Curva di instabilità;
 α : Coefficiente di imperfezione;
 χ : Coefficiente riduttivo;
 $N_{b,Rd}$: Resistenza all'instabilità;
F.S. : Fattore di sicurezza;
Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	Piano	CdC	Sez.	N_{Ed}	β	l_0	λ	N_{cr}	λ_a	Curva	α	χ	$N_{b,Rd}$	F.S.	Esito
-------	-------	-----	------	----------	---------	-------	-----------	----------	-------------	-------	----------	--------	------------	------	-------

				[kN]		[mm]		[kN]					[kN]		
Asta 59 (9-45)	1-2	CC14	S1	-3.30	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 59 (9-45)	1-3	CC14	S1	-3.30	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 60 (10-46)	1-2	CC14	S1	-3.30	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 60 (10-46)	1-3	CC14	S1	-3.30	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 61 (11-47)	1-2	CC14	S1	-3.30	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 61 (11-47)	1-3	CC14	S1	-3.30	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 62 (12-48)	1-2	CC14	S1	-3.30	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 62 (12-48)	1-3	CC14	S1	-3.30	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 63 (14-49)	1-2	CC14	S1	-3.30	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 63 (14-49)	1-3	CC14	S1	-3.30	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 64 (17-50)	1-2	CC14	S1	-3.30	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 64 (17-50)	1-3	CC14	S1	-3.30	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V

4.3.1.9 Stabilità (Compressione) SLV

Trave	: Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
Piano	: Piano di instabilità;
CdC	: Combinazione di carico più gravosa;
Sez.	: Sezione di verifica più gravosa;
N _{Ed}	: Sforzo normale sollecitante di calcolo;
β	: Fattore di lunghezza efficace;
l ₀	: Lunghezza libera di inflessione dell'elemento rispetto al piano YZ (A.P.I.);
λ	: Snellezza dell'elemento rispetto al piano YZ (A.P.I.);
N _{cr}	: Carico critico;
λ _a	: Snellezza adimensionale;
Curva	: Curva di instabilità;
α	: Coefficiente di imperfezione;
χ	: Coefficiente riduttivo;
N _{b,Rd}	: Resistenza all'instabilità;
F.S.	: Fattore di sicurezza;
Esito	: V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	Piano	CdC	Sez.	N _{Ed} [kN]	β	l ₀ [mm]	λ	N _{cr} [kN]	λ _a	Curva	α	χ	N _{b,Rd} [kN]	F.S.	Esito
Asta 59 (9-45)	1-2	CC9	S1	-1.86	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 59 (9-45)	1-3	CC9	S1	-1.86	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 60 (10-46)	1-2	CC9	S1	-1.87	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 60 (10-46)	1-3	CC9	S1	-1.87	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 61 (11-47)	1-2	CC9	S1	-1.88	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 61 (11-47)	1-3	CC9	S1	-1.88	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 62 (12-48)	1-2	CC9	S1	-1.88	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 62 (12-48)	1-3	CC9	S1	-1.88	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 63 (14-49)	1-2	CC9	S1	-1.85	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 63 (14-49)	1-3	CC9	S1	-1.85	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 64 (17-50)	1-2	CC9	S1	-1.91	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V
Asta 64 (17-50)	1-3	CC9	S1	-1.91	1.00	2182.1	46.87	3109.699	0.50	Curva A	0.21	0.92	682.098	100.00	V

4.3.1.10 Deformabilità SLE

Trave	: Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
δ _c	: Monta iniziale della trave;
δ ₁	: Spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti;
δ ₂	: Spostamento elastico dovuto ai carichi variabili;
δ _{Tot}	: δ ₁ + δ ₂ ;
Limite δ ₂	: Valore limite δ ₂ ;
Limite δ _{Tot}	: Valore limite δ _{Tot} ;
F.S.	: Fattore di sicurezza;
Esito	: V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	δ_c [mm]	δ_2 [cm]	δ_{Tot} [cm]	Limite δ_2 [cm]	Limite δ_{Tot} [cm]	F.S.	Esito
Asta 39 (39-40)	0.0	0.01	0.04	1.29	1.80	46.66	OK
Asta 40 (40-41)	0.0	0.01	0.04	1.29	1.80	47.02	OK
Asta 41 (41-42)	0.0	0.01	0.04	1.29	1.80	47.02	OK
Asta 42 (42-43)	0.0	0.01	0.04	1.29	1.80	47.02	OK
Asta 43 (43-44)	0.0	0.01	0.04	1.29	1.80	47.19	OK
Asta 44 (33-34)	0.0	0.01	0.03	1.29	1.80	68.86	OK
Asta 45 (34-35)	0.0	0.01	0.03	1.29	1.80	69.39	OK
Asta 46 (35-36)	0.0	0.01	0.03	1.29	1.80	69.39	OK
Asta 47 (36-37)	0.0	0.01	0.03	1.29	1.80	69.39	OK
Asta 48 (37-38)	0.0	0.01	0.03	1.29	1.80	69.64	OK
Asta 49 (31-30)	0.0	0.01	0.02	1.29	1.80	100.00	OK
Asta 50 (30-29)	0.0	0.01	0.02	1.29	1.80	100.00	OK
Asta 51 (29-28)	0.0	0.01	0.02	1.29	1.80	100.00	OK
Asta 52 (28-27)	0.0	0.01	0.02	1.29	1.80	100.00	OK
Asta 53 (27-26)	0.0	0.01	0.02	1.29	1.80	100.00	OK
Asta 54 (25-24)	0.0	0.01	0.01	1.29	1.80	100.00	OK
Asta 55 (24-23)	0.0	0.00	0.01	1.29	1.80	100.00	OK
Asta 56 (23-22)	0.0	0.00	0.01	1.29	1.80	100.00	OK
Asta 57 (22-21)	0.0	0.00	0.01	1.29	1.80	100.00	OK
Asta 58 (21-32)	0.0	0.00	0.01	1.29	1.80	100.00	OK
Asta 59 (9-45)	0.0	0.00	0.01	0.62	0.87	100.00	OK
Asta 60 (10-46)	0.0	0.00	0.01	0.62	0.87	100.00	OK
Asta 61 (11-47)	0.0	0.00	0.01	0.62	0.87	100.00	OK
Asta 62 (12-48)	0.0	0.00	0.01	0.62	0.87	100.00	OK
Asta 63 (14-49)	0.0	0.00	0.01	0.62	0.87	100.00	OK
Asta 64 (17-50)	0.0	0.00	0.01	0.62	0.87	100.00	OK

4.4 Legno

Nei seguenti paragrafi si riportano i risultati delle verifiche per gli elementi in legno.

4.4.1 Travi di Elevazione

Nei seguenti paragrafi si riportano i risultati delle verifiche delle travi di elevazione.

4.4.1.1 Resistenza (Flessione) SLU

Trave	: Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
CdC	: Combinazione di carico più gravosa;
Sez.	: Sezione di verifica più gravosa;
KMod	: Coefficiente riduttivo della resistenza;
$\sigma_{m,y,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xz;
$\sigma_{m,z,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xy;
$f_{m,y,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xz;
$f_{m,z,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xy;
F.S.	: Fattore di sicurezza;
Esito	: V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	KMod	$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{m,z,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,z,d}$ [N/mm ²]	F.S.	Esito
Asta 26 (25-31)	CC5	S5	0.70	0.11	0.00	11.586	11.586	100.00	V
Asta 31 (19-26)	CC7	S3	0.70	0.029	0.00	11.586	11.586	100.00	V
Asta 32 (32-19)	CC7	S3	0.70	0.036	0.00	11.586	11.586	100.00	V

4.4.1.2 Resistenza (Flessione) SLV

Trave	: Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
CdC	: Combinazione di carico più gravosa;
Sez.	: Sezione di verifica più gravosa;
KMod	: Coefficiente riduttivo della resistenza;
$\sigma_{m,y,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xz;
$\sigma_{m,z,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xy;
$f_{m,y,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xz;
$f_{m,z,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xy;
F.S.	: Fattore di sicurezza;
Esito	: V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	KMod	$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{m,z,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,z,d}$ [N/mm ²]	F.S.	Esito
Asta 26 (25-31)	CC1	S5	1.10	0.071	0.00	18.207	18.207	100.00	V
Asta 27 (24-30)	CC1	S4	1.10	0.124	0.00	18.207	18.207	100.00	V
Asta 28 (23-29)	CC1	S4	1.10	0.124	0.00	18.207	18.207	100.00	V
Asta 29 (22-28)	CC1	S4	1.10	0.124	0.00	18.207	18.207	100.00	V
Asta 30 (21-27)	CC1	S4	1.10	0.123	0.00	18.207	18.207	100.00	V
Asta 31 (19-26)	CC1	S3	1.10	0.016	0.00	18.207	18.207	100.00	V
Asta 32 (32-19)	CC1	S3	1.10	0.019	0.00	18.207	18.207	100.00	V

4.4.1.3 Resistenza (Flessione) SLE

Trave	: Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
CdC	: Combinazione di carico più gravosa;
Sez.	: Sezione di verifica più gravosa;
KMod	: Coefficiente riduttivo della resistenza;
$\sigma_{m,y,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xz;
$\sigma_{m,z,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xy;
$f_{m,y,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xz;
$f_{m,z,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xy;
F.S.	: Fattore di sicurezza;
Esito	: V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	KMod	$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{m,z,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,z,d}$ [N/mm ²]	F.S.	Esito
Asta 8 (9-39)	CC8	S4	0.90	0.065	0.095	15.634	15.634	100.00	V
Asta 13 (17-44)	CC8	S4	0.90	0.065	0.047	15.634	15.634	100.00	V
Asta 26 (25-31)	CC7	S5	0.70	0.09	0.00	11.586	11.586	100.00	V
Asta 27 (24-30)	CC5	S4	0.70	0.128	0.00	11.586	11.586	90.20	V
Asta 28 (23-29)	CC5	S4	0.70	0.128	0.00	11.586	11.586	90.20	V
Asta 29 (22-28)	CC5	S4	0.70	0.128	0.00	11.586	11.586	90.20	V
Asta 30 (21-27)	CC5	S4	0.70	0.127	0.00	11.586	11.586	90.94	V
Asta 31 (19-26)	CC7	S3	0.70	0.02	0.00	11.586	11.586	100.00	V
Asta 32 (32-19)	CC7	S3	0.70	0.024	0.00	11.586	11.586	100.00	V

4.4.1.4 Resistenza (Compressione + Flessione) SLU

Trave	: Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
CdC	: Combinazione di carico più gravosa;
Sez.	: Sezione di verifica più gravosa;
KMod	: Coefficiente riduttivo della resistenza;
$\sigma_{c,0,d}$: Tensione di progetto a compressione parallela alla fibratura;
$f_{c,0,d}$: Resistenza di progetto a compressione parallela alla fibratura;
F.S. (Compr.)	: Fattore di sicurezza compressione;
$\sigma_{m,y,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xz;
$\sigma_{m,z,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xy;
$f_{m,y,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xz;
$f_{m,z,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xy;

F.S. (Fless.) : Fattore di sicurezza flessione;
 F.S. (Glob.) : Fattore di sicurezza globale;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	KMod	$\sigma_{c,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,d}$ [N/mm ²]	F.S. (Compr.)	$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{m,z,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,z,d}$ [N/mm ²]	F.S. (Fless.)	F.S. (Glob.)	Esito
Asta 8 (9-39)	CC18	S4	0.90	-0.046	11.586	100.00	0.415	0.00	12.16	12.16	29.30	29.29	V
Asta 9 (10-40)	CC20	S3	0.90	-0.081	11.586	100.00	0.733	0.00	12.16	12.16	16.58	16.57	V
Asta 10 (11-41)	CC20	S3	0.90	-0.081	11.586	100.00	0.733	0.00	12.16	12.16	16.58	16.57	V
Asta 11 (12-42)	CC20	S3	0.90	-0.081	11.586	100.00	0.733	0.00	12.16	12.16	16.58	16.57	V
Asta 12 (14-43)	CC20	S3	0.90	-0.081	11.586	100.00	0.733	0.00	12.16	12.16	16.58	16.57	V
Asta 13 (17-44)	CC18	S4	0.90	-0.046	11.586	100.00	0.415	0.00	12.16	12.16	29.30	29.29	V
Asta 14 (39-33)	CC20	S4	0.90	-0.015	11.586	100.00	0.488	0.00	11.626	11.626	23.82	23.82	V
Asta 15 (40-34)	CC20	S4	0.90	-0.026	11.586	100.00	0.878	0.00	11.626	11.626	13.24	13.24	V
Asta 16 (41-35)	CC20	S4	0.90	-0.026	11.586	100.00	0.878	0.00	11.626	11.626	13.24	13.24	V
Asta 17 (42-36)	CC20	S4	0.90	-0.026	11.586	100.00	0.878	0.00	11.626	11.626	13.24	13.24	V
Asta 18 (43-37)	CC20	S4	0.90	-0.026	11.586	100.00	0.878	0.00	11.626	11.626	13.24	13.24	V
Asta 19 (44-38)	CC20	S4	0.90	-0.015	11.586	100.00	0.488	0.00	11.626	11.626	23.82	23.82	V
Asta 20 (33-31)	CC20	S4	0.90	-0.006	11.586	100.00	0.325	0.00	11.586	11.586	35.67	35.67	V
Asta 21 (34-30)	CC20	S4	0.90	-0.011	11.586	100.00	0.582	0.00	11.586	11.586	19.90	19.90	V
Asta 22 (35-29)	CC20	S4	0.90	-0.011	11.586	100.00	0.582	0.00	11.586	11.586	19.90	19.90	V
Asta 23 (36-28)	CC20	S4	0.90	-0.011	11.586	100.00	0.582	0.00	11.586	11.586	19.90	19.90	V
Asta 24 (37-27)	CC20	S4	0.90	-0.011	11.586	100.00	0.582	0.00	11.586	11.586	19.90	19.90	V
Asta 25 (38-26)	CC20	S4	0.90	-0.006	11.586	100.00	0.325	0.00	11.586	11.586	35.67	35.67	V
Asta 26 (25-31)	CC20	S7	0.90	0.00	11.586	100.00	0.132	0.00	11.586	11.586	87.94	87.94	V
Asta 27 (24-30)	CC20	S7	0.90	0.00	11.586	100.00	0.226	0.00	11.586	11.586	51.17	51.17	V
Asta 28 (23-29)	CC20	S7	0.90	0.00	11.586	100.00	0.226	0.00	11.586	11.586	51.17	51.17	V
Asta 29 (22-28)	CC20	S7	0.90	0.00	11.586	100.00	0.226	0.00	11.586	11.586	51.17	51.17	V
Asta 30 (21-27)	CC20	S7	0.90	0.00	11.586	100.00	0.224	0.00	11.586	11.586	51.72	51.72	V
Asta 32 (32-19)	CC20	S5	0.90	0.00	11.586	100.00	0.026	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 33 (1-25)	CC20	S2	0.90	-0.002	11.586	100.00	0.055	0.003	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 34 (2-24)	CC20	S2	0.90	-0.003	11.586	100.00	0.094	0.001	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 35 (3-23)	CC20	S2	0.90	-0.003	11.586	100.00	0.096	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 36 (4-22)	CC20	S2	0.90	-0.003	11.586	100.00	0.096	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 37 (15-21)	CC20	S2	0.90	-0.004	11.586	100.00	0.085	0.001	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 38 (20-32)	CC20	S2	0.90	-0.002	11.586	100.00	0.055	0.003	11.586	11.586	100.00	100.00	V

4.4.1.5 Resistenza (Compressione + Flessione) SLV

Trave	: Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
CdC	: Combinazione di carico più gravosa;
Sez.	: Sezione di verifica più gravosa;
KMod	: Coefficiente riduttivo della resistenza;
$\sigma_{c,0,d}$: Tensione di progetto a compressione parallela alla fibratura;
$f_{c,0,d}$: Resistenza di progetto a compressione parallela alla fibratura;
F.S. (Compr.)	: Fattore di sicurezza compressione;
$\sigma_{m,y,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xz;
$\sigma_{m,z,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xy;
$f_{m,y,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xz;
$f_{m,z,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xy;
F.S. (Fless.)	: Fattore di sicurezza flessione;
F.S. (Glob.)	: Fattore di sicurezza globale;
Esito	: V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	KMod	$\sigma_{c,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,d}$ [N/mm ²]	F.S. (Compr.)	$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{m,z,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,z,d}$ [N/mm ²]	F.S. (Fless.)	F.S. (Glob.)	Esito
Asta 8 (9-39)	CC12	S5	1.10	-0.046	18.207	100.00	0.066	0.874	19.109	19.109	20.77	20.76	V
Asta 9 (10-40)	CC12	S5	1.10	-0.073	18.207	100.00	0.111	1.094	19.109	19.109	16.31	16.30	V
Asta 10 (11-41)	CC12	S5	1.10	-0.081	18.207	100.00	0.112	1.231	19.109	19.109	14.59	14.59	V
Asta 11 (12-42)	CC12	S5	1.10	-0.079	18.207	100.00	0.116	1.413	19.109	19.109	12.79	12.79	V
Asta 12 (14-43)	CC12	S5	1.10	-0.065	18.207	100.00	0.753	0.089	19.109	19.109	23.43	23.42	V
Asta 13 (17-44)	CC12	S5	1.10	-0.06	18.207	100.00	0.208	0.694	19.109	19.109	22.75	22.74	V
Asta 14 (39-33)	CC16	S4	1.10	-0.008	18.207	100.00	0.261	0.00	18.269	18.269	70.00	70.00	V
Asta 15 (40-34)	CC16	S4	1.10	-0.014	18.207	100.00	0.462	0.00	18.269	18.269	39.57	39.57	V
Asta 16 (41-35)	CC16	S4	1.10	-0.014	18.207	100.00	0.462	0.00	18.269	18.269	39.57	39.57	V
Asta 17 (42-36)	CC16	S4	1.10	-0.014	18.207	100.00	0.462	0.00	18.269	18.269	39.57	39.57	V
Asta 18 (43-37)	CC16	S4	1.10	-0.014	18.207	100.00	0.462	0.00	18.269	18.269	39.57	39.57	V
Asta 19 (44-38)	CC16	S4	1.10	-0.008	18.207	100.00	0.261	0.00	18.269	18.269	70.00	70.00	V
Asta 20 (33-31)	CC16	S4	1.10	-0.003	18.207	100.00	0.175	0.00	18.207	18.207	100.00	100.00	V
Asta 21 (34-30)	CC16	S4	1.10	-0.006	18.207	100.00	0.307	0.00	18.207	18.207	59.23	59.23	V
Asta 22 (35-29)	CC16	S4	1.10	-0.006	18.207	100.00	0.307	0.00	18.207	18.207	59.23	59.23	V
Asta 23 (36-28)	CC16	S4	1.10	-0.006	18.207	100.00	0.307	0.00	18.207	18.207	59.23	59.23	V
Asta 24 (37-27)	CC16	S4	1.10	-0.006	18.207	100.00	0.307	0.00	18.207	18.207	59.23	59.23	V
Asta 25 (38-26)	CC16	S4	1.10	-0.003	18.207	100.00	0.175	0.00	18.207	18.207	100.00	100.00	V
Asta 26 (25-31)	CC16	S7	1.10	0.00	18.207	100.00	0.044	0.00	18.207	18.207	100.00	100.00	V
Asta 27 (24-30)	CC16	S7	1.10	0.00	18.207	100.00	0.12	0.00	18.207	18.207	100.00	100.00	V
Asta 28 (23-29)	CC16	S7	1.10	0.00	18.207	100.00	0.12	0.00	18.207	18.207	100.00	100.00	V
Asta 29 (22-28)	CC16	S7	1.10	0.00	18.207	100.00	0.12	0.00	18.207	18.207	100.00	100.00	V
Asta 30 (21-27)	CC16	S7	1.10	0.00	18.207	100.00	0.119	0.00	18.207	18.207	100.00	100.00	V

Asta 32 (32-19)	CC16	S5	1.10	0.00	18.207	100.00	0.007	0.00	18.207	18.207	100.00	100.00	V
Asta 33 (1-25)	CC16	S5	1.10	-0.026	18.207	100.00	0.032	1.03	18.207	18.207	17.31	17.30	V
Asta 34 (2-24)	CC16	S5	1.10	-0.032	18.207	100.00	0.014	1.169	18.207	18.207	15.44	15.44	V
Asta 35 (3-23)	CC16	S5	1.10	-0.051	18.207	100.00	0.052	1.117	18.207	18.207	15.79	15.79	V
Asta 36 (4-22)	CC16	S5	1.10	-0.05	18.207	100.00	0.052	1.117	18.207	18.207	15.79	15.79	V
Asta 37 (15-21)	CC16	S5	1.10	-0.032	18.207	100.00	0.001	1.335	18.207	18.207	13.63	13.63	V
Asta 38 (20-32)	CC16	S5	1.10	-0.024	18.207	100.00	0.032	1.03	18.207	18.207	17.31	17.31	V

4.4.1.6 Resistenza (Compressione + Flessione) SLE

Trave : Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Sez. : Sezione di verifica più gravosa;
 KMod : Coefficiente riduttivo della resistenza;
 $\sigma_{c,0,d}$: Tensione di progetto a compressione parallela alla fibratura;
 $f_{c,0,d}$: Resistenza di progetto a compressione parallela alla fibratura;
 F.S. (Compr.) : Fattore di sicurezza compressione;
 $\sigma_{m,y,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xz;
 $\sigma_{m,z,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xy;
 $f_{m,y,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xz;
 $f_{m,z,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xy;
 F.S. (Fless.) : Fattore di sicurezza flessione;
 F.S. (Glob.) : Fattore di sicurezza globale;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	KMod	$\sigma_{c,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,d}$ [N/mm ²]	F.S. (Compr.)	$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{m,z,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,z,d}$ [N/mm ²]	F.S. (Fless.)	F.S. (Glob.)	Esito
Asta 8 (9-39)	CC17	S4	0.90	-0.031	11.586	100.00	0.282	0.00	12.16	12.16	43.16	43.14	V
Asta 9 (10-40)	CC1	S3	0.70	-0.055	11.586	100.00	0.496	0.00	12.16	12.16	24.52	24.51	V
Asta 10 (11-41)	CC1	S3	0.70	-0.055	11.586	100.00	0.496	0.00	12.16	12.16	24.52	24.51	V
Asta 11 (12-42)	CC1	S3	0.70	-0.055	11.586	100.00	0.496	0.00	12.16	12.16	24.52	24.51	V
Asta 12 (14-43)	CC1	S3	0.70	-0.055	11.586	100.00	0.496	0.00	12.16	12.16	24.52	24.51	V
Asta 13 (17-44)	CC17	S4	0.90	-0.031	11.586	100.00	0.282	0.00	12.16	12.16	43.16	43.14	V
Asta 14 (39-33)	CC1	S4	0.70	-0.01	11.586	100.00	0.331	0.00	11.626	11.626	35.12	35.12	V
Asta 15 (40-34)	CC1	S4	0.70	-0.018	11.586	100.00	0.593	0.00	11.626	11.626	19.60	19.60	V
Asta 16 (41-35)	CC1	S4	0.70	-0.018	11.586	100.00	0.593	0.00	11.626	11.626	19.60	19.60	V
Asta 17 (42-36)	CC1	S4	0.70	-0.018	11.586	100.00	0.593	0.00	11.626	11.626	19.60	19.60	V
Asta 18 (43-37)	CC1	S4	0.70	-0.018	11.586	100.00	0.593	0.00	11.626	11.626	19.60	19.60	V
Asta 19 (44-38)	CC1	S4	0.70	-0.01	11.586	100.00	0.331	0.00	11.626	11.626	35.12	35.12	V
Asta 20 (33-31)	CC1	S4	0.70	-0.004	11.586	100.00	0.221	0.00	11.586	11.586	52.47	52.47	V
Asta 21 (34-30)	CC1	S4	0.70	-0.008	11.586	100.00	0.394	0.00	11.586	11.586	29.41	29.41	V
Asta 22 (35-29)	CC1	S4	0.70	-0.008	11.586	100.00	0.394	0.00	11.586	11.586	29.41	29.41	V

Asta 23 (36-28)	CC1	S4	0.70	-0.008	11.586	100.00	0.394	0.00	11.586	11.586	29.41	29.41	V
Asta 24 (37-27)	CC1	S4	0.70	-0.008	11.586	100.00	0.394	0.00	11.586	11.586	29.41	29.41	V
Asta 25 (38-26)	CC1	S4	0.70	-0.004	11.586	100.00	0.221	0.00	11.586	11.586	52.47	52.47	V
Asta 26 (25-31)	CC1	S7	0.70	0.00	11.586	100.00	0.055	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 27 (24-30)	CC1	S7	0.70	0.00	11.586	100.00	0.153	0.00	11.586	11.586	75.54	75.54	V
Asta 28 (23-29)	CC1	S7	0.70	0.00	11.586	100.00	0.153	0.00	11.586	11.586	75.54	75.54	V
Asta 29 (22-28)	CC1	S7	0.70	0.00	11.586	100.00	0.153	0.00	11.586	11.586	75.54	75.54	V
Asta 30 (21-27)	CC1	S7	0.70	0.00	11.586	100.00	0.152	0.00	11.586	11.586	76.34	76.34	V
Asta 32 (32-19)	CC1	S5	0.70	0.00	11.586	100.00	0.009	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 33 (1-25)	CC1	S2	0.70	-0.001	11.586	100.00	0.038	0.002	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 34 (2-24)	CC1	S2	0.70	-0.002	11.586	100.00	0.064	0.001	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 35 (3-23)	CC1	S2	0.70	-0.002	11.586	100.00	0.065	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 36 (4-22)	CC1	S2	0.70	-0.002	11.586	100.00	0.065	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 37 (15-21)	CC1	S2	0.70	-0.003	11.586	100.00	0.057	0.001	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 38 (20-32)	CC1	S2	0.70	-0.001	11.586	100.00	0.038	0.002	11.586	11.586	100.00	100.00	V

4.4.1.7 Resistenza (Trazione + Flessione) SLU

Trave	: Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
CdC	: Combinazione di carico più gravosa;
Sez.	: Sezione di verifica più gravosa;
KMod	: Coefficiente riduttivo della resistenza;
$\sigma_{t,0,d}$: Tensione di progetto a trazione parallela alla fibratura;
$f_{t,0,d}$: Resistenza di progetto a trazione parallela alla fibratura;
F.S. (Traz.)	: Fattore di sicurezza trazione;
$\sigma_{m,y,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xz;
$\sigma_{m,z,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xy;
$f_{m,y,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xz;
$f_{m,z,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xy;
F.S. (Fless.)	: Fattore di sicurezza flessione;
F.S. (Glob.)	: Fattore di sicurezza globale;
Esito	: V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	KMod	$\sigma_{t,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{t,0,d}$ [N/mm ²]	F.S. (Traz.)	$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{m,z,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,z,d}$ [N/mm ²]	F.S. (Fless.)	F.S. (Glob.)	Esito
Asta 8 (9-39)	CC20	S5	0.90	0.016	9.728	100.00	0.368	0.347	15.634	15.634	25.57	24.52	V
Asta 9 (10-40)	CC20	S5	0.90	0.032	9.728	100.00	0.846	0.00	12.16	12.16	14.38	13.73	V
Asta 10 (11-41)	CC20	S5	0.90	0.032	9.728	100.00	0.846	0.00	12.16	12.16	14.38	13.73	V
Asta 11 (12-42)	CC20	S5	0.90	0.032	9.728	100.00	0.846	0.00	12.16	12.16	14.38	13.73	V
Asta 12 (14-43)	CC20	S5	0.90	0.032	9.728	100.00	0.846	0.00	12.16	12.16	14.38	13.73	V
Asta 13 (17-44)	CC20	S5	0.90	0.016	9.728	100.00	0.459	0.00	12.16	12.16	26.48	25.35	V
Asta 14 (39-33)	CC20	S7	0.90	0.014	9.30	100.00	0.465	0.00	11.626	11.626	24.99	24.05	V

Asta 15 (40-34)	CC20	S7	0.90	0.026	9.30	100.00	0.834	0.00	11.626	11.626	13.93	13.41	V
Asta 16 (41-35)	CC20	S7	0.90	0.026	9.30	100.00	0.834	0.00	11.626	11.626	13.93	13.41	V
Asta 17 (42-36)	CC20	S7	0.90	0.026	9.30	100.00	0.834	0.00	11.626	11.626	13.93	13.41	V
Asta 18 (43-37)	CC20	S7	0.90	0.026	9.30	100.00	0.834	0.00	11.626	11.626	13.93	13.41	V
Asta 19 (44-38)	CC20	S7	0.90	0.014	9.30	100.00	0.465	0.00	11.626	11.626	24.99	24.05	V
Asta 20 (33-31)	CC20	S7	0.90	0.006	9.269	100.00	0.234	0.00	11.586	11.586	49.47	48.02	V
Asta 21 (34-30)	CC20	S7	0.90	0.011	9.269	100.00	0.526	0.00	11.586	11.586	22.03	21.48	V
Asta 22 (35-29)	CC20	S7	0.90	0.011	9.269	100.00	0.526	0.00	11.586	11.586	22.03	21.48	V
Asta 23 (36-28)	CC20	S7	0.90	0.011	9.269	100.00	0.526	0.00	11.586	11.586	22.03	21.48	V
Asta 24 (37-27)	CC20	S7	0.90	0.011	9.269	100.00	0.526	0.00	11.586	11.586	22.03	21.48	V
Asta 25 (38-26)	CC20	S7	0.90	0.006	9.269	100.00	0.234	0.00	11.586	11.586	49.47	48.02	V
Asta 26 (25-31)	CC20	S4	0.90	0.00	9.269	100.00	0.198	0.00	11.586	11.586	58.56	58.47	V
Asta 27 (24-30)	CC20	S4	0.90	0.00	9.269	100.00	0.351	0.00	11.586	11.586	33.00	32.95	V
Asta 28 (23-29)	CC20	S4	0.90	0.00	9.269	100.00	0.351	0.00	11.586	11.586	33.00	32.95	V
Asta 29 (22-28)	CC20	S4	0.90	0.00	9.269	100.00	0.351	0.00	11.586	11.586	33.00	32.95	V
Asta 30 (21-27)	CC20	S4	0.90	0.00	9.269	100.00	0.348	0.00	11.586	11.586	33.26	33.20	V
Asta 31 (19-26)	CC16	S2	0.90	0.00	9.269	100.00	0.028	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 32 (32-19)	CC20	S2	0.90	0.00	9.269	100.00	0.03	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 33 (1-25)	CC20	S5	0.90	0.003	9.269	100.00	0.056	0.002	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 34 (2-24)	CC20	S5	0.90	0.005	9.269	100.00	0.096	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 35 (3-23)	CC20	S5	0.90	0.005	9.269	100.00	0.097	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 36 (4-22)	CC20	S5	0.90	0.005	9.269	100.00	0.097	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 37 (15-21)	CC20	S5	0.90	0.005	9.269	100.00	0.098	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 38 (20-32)	CC20	S5	0.90	0.003	9.269	100.00	0.056	0.002	11.586	11.586	100.00	100.00	V

4.4.1.8 Resistenza (Trazione + Flessione) SLV

Trave	: Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
CdC	: Combinazione di carico più gravosa;
Sez.	: Sezione di verifica più gravosa;
KMod	: Coefficiente riduttivo della resistenza;
$\sigma_{t,0,d}$: Tensione di progetto a trazione parallela alla fibratura;
$f_{t,0,d}$: Resistenza di progetto a trazione parallela alla fibratura;
F.S. (Traz.)	: Fattore di sicurezza trazione;
$\sigma_{m,y,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xz;
$\sigma_{m,z,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xy;
$f_{m,y,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xz;
$f_{m,z,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xy;
F.S. (Fless.)	: Fattore di sicurezza flessione;
F.S. (Glob.)	: Fattore di sicurezza globale;
Esito	: V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	KMod	$\sigma_{t,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{t,0,d}$ [N/mm ²]	F.S. (Traz.)	$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{m,z,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,z,d}$ [N/mm ²]	F.S. (Fless.)	F.S. (Glob.)	Esito
Asta 8 (9-39)	CC16	S5	1.10	0.031	15.287	100.00	0.275	1.076	19.109	19.109	15.07	14.63	V
Asta 9 (10-40)	CC16	S5	1.10	0.047	15.287	100.00	0.456	1.426	19.109	19.109	10.95	10.59	V
Asta 10 (11-41)	CC16	S5	1.10	0.055	15.287	100.00	0.461	1.503	19.109	19.109	10.47	10.08	V
Asta 11 (12-42)	CC16	S5	1.10	0.054	15.287	100.00	0.488	1.768	19.109	19.109	9.06	8.78	V
Asta 12 (14-43)	CC16	S5	1.10	0.039	15.287	100.00	0.487	0.542	19.109	19.109	21.63	20.49	V
Asta 13 (17-44)	CC16	S5	1.10	0.045	15.287	100.00	0.274	0.694	19.109	19.109	21.56	20.27	V
Asta 14 (39-33)	CC16	S7	1.10	0.008	14.615	100.00	0.249	0.00	18.269	18.269	73.41	70.67	V
Asta 15 (40-34)	CC16	S7	1.10	0.014	14.615	100.00	0.439	0.00	18.269	18.269	41.62	40.07	V
Asta 16 (41-35)	CC16	S7	1.10	0.014	14.615	100.00	0.439	0.00	18.269	18.269	41.62	40.07	V
Asta 17 (42-36)	CC16	S7	1.10	0.014	14.615	100.00	0.439	0.00	18.269	18.269	41.62	40.07	V
Asta 18 (43-37)	CC16	S7	1.10	0.014	14.615	100.00	0.439	0.00	18.269	18.269	41.62	40.07	V
Asta 19 (44-38)	CC16	S7	1.10	0.008	14.615	100.00	0.249	0.00	18.269	18.269	73.41	70.67	V
Asta 20 (33-31)	CC16	S7	1.10	0.003	14.566	100.00	0.126	0.00	18.207	18.207	100.00	100.00	V
Asta 21 (34-30)	CC16	S7	1.10	0.006	14.566	100.00	0.278	0.00	18.207	18.207	65.58	63.94	V
Asta 22 (35-29)	CC16	S7	1.10	0.006	14.566	100.00	0.278	0.00	18.207	18.207	65.58	63.94	V
Asta 23 (36-28)	CC16	S7	1.10	0.006	14.566	100.00	0.278	0.00	18.207	18.207	65.58	63.94	V
Asta 24 (37-27)	CC16	S7	1.10	0.006	14.566	100.00	0.278	0.00	18.207	18.207	65.58	63.94	V
Asta 25 (38-26)	CC16	S7	1.10	0.003	14.566	100.00	0.126	0.00	18.207	18.207	100.00	100.00	V
Asta 26 (25-31)	CC16	S3	1.10	0.00	14.566	100.00	0.107	0.00	18.207	18.207	100.00	100.00	V
Asta 27 (24-30)	CC16	S3	1.10	0.00	14.566	100.00	0.186	0.00	18.207	18.207	97.77	97.62	V
Asta 28 (23-29)	CC16	S3	1.10	0.00	14.566	100.00	0.186	0.00	18.207	18.207	97.77	97.62	V
Asta 29 (22-28)	CC16	S3	1.10	0.00	14.566	100.00	0.186	0.00	18.207	18.207	97.77	97.62	V
Asta 30 (21-27)	CC16	S3	1.10	0.00	14.566	100.00	0.185	0.00	18.207	18.207	98.51	98.36	V
Asta 31 (19-26)	CC16	S1	1.10	0.00	14.566	100.00	0.005	0.00	18.207	18.207	100.00	100.00	V
Asta 32 (32-19)	CC16	S2	1.10	0.00	14.566	100.00	0.016	0.00	18.207	18.207	100.00	100.00	V
Asta 33 (1-25)	CC12	S5	1.10	0.027	14.566	100.00	0.029	1.033	18.207	18.207	17.29	16.75	V
Asta 34 (2-24)	CC12	S5	1.10	0.033	14.566	100.00	0.014	1.168	18.207	18.207	15.46	14.94	V
Asta 35 (3-23)	CC12	S5	1.10	0.052	14.566	100.00	0.051	1.117	18.207	18.207	15.80	14.96	V
Asta 36 (4-22)	CC12	S5	1.10	0.052	14.566	100.00	0.051	1.117	18.207	18.207	15.80	14.96	V
Asta 37 (15-21)	CC12	S5	1.10	0.032	14.566	100.00	0.001	1.333	18.207	18.207	13.65	13.25	V
Asta 38 (20-32)	CC12	S5	1.10	0.025	14.566	100.00	0.029	1.033	18.207	18.207	17.29	16.79	V

4.4.1.9 Resistenza (Trazione + Flessione) SLE

Trave	: Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
CdC	: Combinazione di carico più gravosa;
Sez.	: Sezione di verifica più gravosa;
KMod	: Coefficiente riduttivo della resistenza;
$\sigma_{t,0,d}$: Tensione di progetto a trazione parallela alla fibratura;
$f_{t,0,d}$: Resistenza di progetto a trazione parallela alla fibratura;
F.S. (Traz.)	: Fattore di sicurezza trazione;
$\sigma_{m,y,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xz;
$\sigma_{m,z,d}$: Tensione di progetto massima per flessione nel piano xy;
$f_{m,y,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xz;
$f_{m,z,d}$: Resistenza di progetto a flessione nel piano xy;
F.S. (Fless.)	: Fattore di sicurezza flessione;
F.S. (Glob.)	: Fattore di sicurezza globale;
Esito	: V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	KMod	$\sigma_{t,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{t,0,d}$ [N/mm ²]	F.S. (Traz.)	$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{m,z,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,y,d}$ [N/mm ²]	$f_{m,z,d}$ [N/mm ²]	F.S. (Fless.)	F.S. (Glob.)	Esito
Asta 8 (9-39)	CC1	S5	0.70	0.011	9.728	100.00	0.249	0.232	15.634	15.634	38.00	36.41	V
Asta 9 (10-40)	CC1	S5	0.70	0.021	9.728	100.00	0.57	0.00	12.16	12.16	21.34	20.38	V
Asta 10 (11-41)	CC1	S5	0.70	0.021	9.728	100.00	0.57	0.00	12.16	12.16	21.34	20.38	V
Asta 11 (12-42)	CC1	S5	0.70	0.021	9.728	100.00	0.57	0.00	12.16	12.16	21.34	20.38	V
Asta 12 (14-43)	CC1	S5	0.70	0.021	9.728	100.00	0.57	0.00	12.16	12.16	21.34	20.38	V
Asta 13 (17-44)	CC1	S5	0.70	0.011	9.728	100.00	0.31	0.00	12.16	12.16	39.23	37.54	V
Asta 14 (39-33)	CC1	S7	0.70	0.01	9.30	100.00	0.316	0.00	11.626	11.626	36.83	35.45	V
Asta 15 (40-34)	CC1	S7	0.70	0.018	9.30	100.00	0.564	0.00	11.626	11.626	20.62	19.85	V
Asta 16 (41-35)	CC1	S7	0.70	0.018	9.30	100.00	0.564	0.00	11.626	11.626	20.62	19.85	V
Asta 17 (42-36)	CC1	S7	0.70	0.018	9.30	100.00	0.564	0.00	11.626	11.626	20.62	19.85	V
Asta 18 (43-37)	CC1	S7	0.70	0.018	9.30	100.00	0.564	0.00	11.626	11.626	20.62	19.85	V
Asta 19 (44-38)	CC1	S7	0.70	0.01	9.30	100.00	0.316	0.00	11.626	11.626	36.83	35.45	V
Asta 20 (33-31)	CC1	S7	0.70	0.004	9.269	100.00	0.159	0.00	11.586	11.586	72.78	70.64	V
Asta 21 (34-30)	CC1	S7	0.70	0.007	9.269	100.00	0.356	0.00	11.586	11.586	32.57	31.76	V
Asta 22 (35-29)	CC1	S7	0.70	0.007	9.269	100.00	0.356	0.00	11.586	11.586	32.57	31.76	V
Asta 23 (36-28)	CC1	S7	0.70	0.007	9.269	100.00	0.356	0.00	11.586	11.586	32.57	31.76	V
Asta 24 (37-27)	CC1	S7	0.70	0.007	9.269	100.00	0.356	0.00	11.586	11.586	32.57	31.76	V
Asta 25 (38-26)	CC1	S7	0.70	0.004	9.269	100.00	0.159	0.00	11.586	11.586	72.78	70.64	V
Asta 26 (25-31)	CC1	S3	0.70	0.00	9.269	100.00	0.135	0.00	11.586	11.586	85.94	85.81	V
Asta 27 (24-30)	CC15	S4	0.90	0.00	9.269	100.00	0.238	0.00	11.586	11.586	48.71	48.64	V
Asta 28 (23-29)	CC15	S4	0.90	0.00	9.269	100.00	0.238	0.00	11.586	11.586	48.71	48.64	V
Asta 29 (22-28)	CC15	S4	0.90	0.00	9.269	100.00	0.238	0.00	11.586	11.586	48.71	48.64	V
Asta 30 (21-27)	CC15	S4	0.90	0.00	9.269	100.00	0.236	0.00	11.586	11.586	49.09	49.01	V

Asta 31 (19-26)	CC1	S1	0.70	0.00	9.269	100.00	0.006	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 32 (32-19)	CC1	S2	0.70	0.00	9.269	100.00	0.021	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 33 (1-25)	CC1	S5	0.70	0.002	9.269	100.00	0.038	0.001	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 34 (2-24)	CC1	S5	0.70	0.004	9.269	100.00	0.065	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 35 (3-23)	CC1	S5	0.70	0.004	9.269	100.00	0.066	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 36 (4-22)	CC1	S5	0.70	0.004	9.269	100.00	0.066	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 37 (15-21)	CC1	S5	0.70	0.004	9.269	100.00	0.067	0.00	11.586	11.586	100.00	100.00	V
Asta 38 (20-32)	CC1	S5	0.70	0.002	9.269	100.00	0.038	0.001	11.586	11.586	100.00	100.00	V

4.4.1.10 Resistenza (Taglio) SLU

Trave : Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Sez. : Sezione di verifica più gravosa;
 $\tau_{d,y}$: Tensione tangenziale di progetto in dir. y;
 $\tau_{d,z}$: Tensione tangenziale di progetto in dir. z;
 $f_{v,d}$: Resistenza di progetto a taglio;
 F.S. : Fattore di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	$\tau_{d,y}$ [N/mm ²]	$\tau_{d,z}$ [N/mm ²]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]	F.S.	Esito
Asta 8 (9-39)	CC7	S5	0.00	0.155	1.69	10.90	V
Asta 9 (10-40)	CC7	S5	0.00	0.284	1.69	5.95	V
Asta 10 (11-41)	CC7	S5	0.00	0.284	1.69	5.95	V
Asta 11 (12-42)	CC7	S5	0.00	0.284	1.69	5.95	V
Asta 12 (14-43)	CC7	S5	0.00	0.284	1.69	5.95	V
Asta 13 (17-44)	CC7	S5	0.00	0.155	1.69	10.90	V
Asta 14 (39-33)	CC7	S1	0.00	0.161	1.69	10.50	V
Asta 15 (40-34)	CC7	S1	0.00	0.289	1.69	5.84	V
Asta 16 (41-35)	CC7	S1	0.00	0.289	1.69	5.84	V
Asta 17 (42-36)	CC7	S1	0.00	0.289	1.69	5.84	V
Asta 18 (43-37)	CC7	S1	0.00	0.289	1.69	5.84	V
Asta 19 (44-38)	CC7	S1	0.00	0.161	1.69	10.50	V
Asta 20 (33-31)	CC7	S1	0.00	0.134	1.69	12.65	V
Asta 21 (34-30)	CC7	S1	0.00	0.239	1.69	7.07	V
Asta 22 (35-29)	CC7	S1	0.00	0.239	1.69	7.07	V
Asta 23 (36-28)	CC7	S1	0.00	0.239	1.69	7.07	V
Asta 24 (37-27)	CC7	S1	0.00	0.239	1.69	7.07	V
Asta 25 (38-26)	CC7	S1	0.00	0.134	1.69	12.65	V
Asta 26 (25-31)	CC7	S1	0.00	0.108	1.69	15.68	V
Asta 27 (24-30)	CC7	S1	0.00	0.191	1.69	8.84	V
Asta 28 (23-29)	CC7	S1	0.00	0.191	1.69	8.84	V
Asta 29 (22-28)	CC7	S1	0.00	0.191	1.69	8.84	V
Asta 30 (21-27)	CC7	S1	0.00	0.19	1.69	8.89	V
Asta 31 (19-26)	CC7	S1	0.00	0.037	1.69	45.15	V
Asta 32 (32-19)	CC7	S1	0.00	0.047	1.69	36.28	V

4.4.1.11 Resistenza (Taglio) SLV

Trave : Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Sez. : Sezione di verifica più gravosa;
 $\tau_{d,y}$: Tensione tangenziale di progetto in dir. y;
 $\tau_{d,z}$: Tensione tangenziale di progetto in dir. z;

$f_{v,d}$: Resistenza di progetto a taglio;
 F.S. : Fattore di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	$\tau_{d,y}$ [N/mm ²]	$\tau_{d,z}$ [N/mm ²]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]	F.S.	Esito
Asta 14 (39-33)	CC1	S1	0.00	0.086	2.655	30.86	V
Asta 15 (40-34)	CC1	S1	0.00	0.152	2.655	17.45	V
Asta 16 (41-35)	CC1	S1	0.00	0.152	2.655	17.45	V
Asta 17 (42-36)	CC1	S1	0.00	0.152	2.655	17.45	V
Asta 18 (43-37)	CC1	S1	0.00	0.152	2.655	17.45	V
Asta 19 (44-38)	CC1	S1	0.00	0.086	2.655	30.86	V
Asta 20 (33-31)	CC1	S1	0.00	0.072	2.655	36.94	V
Asta 21 (34-30)	CC1	S1	0.00	0.126	2.655	21.05	V
Asta 22 (35-29)	CC1	S1	0.00	0.126	2.655	21.05	V
Asta 23 (36-28)	CC1	S1	0.00	0.126	2.655	21.05	V
Asta 24 (37-27)	CC1	S1	0.00	0.126	2.655	21.05	V
Asta 25 (38-26)	CC1	S1	0.00	0.072	2.655	36.94	V
Asta 26 (25-31)	CC1	S1	0.00	0.058	2.655	45.43	V
Asta 27 (24-30)	CC1	S1	0.00	0.101	2.655	26.19	V
Asta 28 (23-29)	CC1	S1	0.00	0.101	2.655	26.19	V
Asta 29 (22-28)	CC1	S1	0.00	0.101	2.655	26.19	V
Asta 30 (21-27)	CC1	S1	0.00	0.101	2.655	26.33	V
Asta 31 (19-26)	CC1	S1	0.00	0.02	2.655	100.00	V
Asta 32 (32-19)	CC1	S1	0.00	0.025	2.655	100.00	V

4.4.1.12 Resistenza (Taglio + Torsione) SLU

Trave : Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Sez. : Sezione di verifica più gravosa;
 $\tau_{d,y}$: Tensione tangenziale di progetto in dir. y;
 $\tau_{d,z}$: Tensione tangenziale di progetto in dir. z;
 $f_{v,d}$: Resistenza di progetto a taglio;
 F.S. (Taglio) : Fattore di sicurezza taglio;
 $\tau_{tors,d}$: Tensione tangenziale di progetto per torsione;
 K_{sh} : Coefficiente che tiene conto della forma della sezione trasversale;
 F.S. (Tors.) : Fattore di sicurezza torsione;
 F.S. (Glob.) : Fattore di sicurezza globale;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	$\tau_{d,y}$ [N/mm ²]	$\tau_{d,z}$ [N/mm ²]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]	F.S. (Taglio)	$\tau_{tors,d}$ [N/mm ²]	K_{sh}	F.S. (Tors.)	F.S. (Glob.)	Esito
Asta 8 (9-39)	CC13	S5	0.008	0.155	2.172	13.99	0.013	1.08	100.00	94.34	V
Asta 13 (17-44)	CC13	S5	0.004	0.155	2.172	14.00	0.006	1.08	100.00	100.00	V
Asta 33 (1-25)	CC20	S5	0.00	0.064	1.69	26.48	0.003	1.03	100.00	100.00	V
Asta 34 (2-24)	CC20	S5	0.00	0.111	1.69	15.23	0.001	1.03	100.00	100.00	V
Asta 35 (3-23)	CC20	S5	0.00	0.111	1.69	15.17	0.00	1.03	100.00	100.00	V
Asta 36 (4-22)	CC20	S5	0.00	0.111	1.69	15.17	0.00	1.03	100.00	100.00	V
Asta 37 (15-21)	CC20	S5	0.00	0.111	1.69	15.23	0.001	1.03	100.00	100.00	V
Asta 38 (20-32)	CC20	S5	0.00	0.064	1.69	26.48	0.003	1.03	100.00	100.00	V

4.4.1.13 Resistenza (Taglio + Torsione) SLV

Trave : Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Sez. : Sezione di verifica più gravosa;
 $\tau_{d,y}$: Tensione tangenziale di progetto in dir. y;
 $\tau_{d,z}$: Tensione tangenziale di progetto in dir. z;
 $f_{v,d}$: Resistenza di progetto a taglio;
 F.S. (Taglio) : Fattore di sicurezza taglio;

$\tau_{tors,d}$: Tensione tangenziale di progetto per torsione;
 K_{sh} : Coefficiente che tiene conto della forma della sezione trasversale;
 F.S. (Tors.) : Fattore di sicurezza torsione;
 F.S. (Glob.) : Fattore di sicurezza globale;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	$\tau_{d,y}$ [N/mm ²]	$\tau_{d,z}$ [N/mm ²]	$f_{v,d}$ [N/mm ²]	F.S. (Taglio)	$\tau_{tors,d}$ [N/mm ²]	K_{sh}	F.S. (Tors.)	F.S. (Glob.)	Esito
Asta 8 (9-39)	CC16	S5	0.007	0.101	2.655	26.23	0.064	1.08	45.12	42.34	V
Asta 9 (10-40)	CC16	S5	0.012	0.157	2.655	16.86	0.071	1.08	40.21	35.23	V
Asta 10 (11-41)	CC16	S5	0.009	0.16	2.655	16.61	0.087	1.08	33.00	29.47	V
Asta 11 (12-42)	CC16	S5	0.012	0.175	2.655	15.14	0.095	1.08	30.08	26.59	V
Asta 12 (14-43)	CC16	S5	0.004	0.175	2.655	15.19	0.029	1.08	97.48	68.53	V
Asta 13 (17-44)	CC16	S5	0.007	0.10	2.655	26.37	0.028	1.08	100.00	89.14	V
Asta 33 (1-25)	CC16	S5	0.069	0.035	2.655	34.36	0.003	1.03	100.00	100.00	V
Asta 34 (2-24)	CC16	S5	0.083	0.059	2.655	26.14	0.001	1.03	100.00	100.00	V
Asta 35 (3-23)	CC16	S5	0.08	0.059	2.655	26.62	0.001	1.03	100.00	100.00	V
Asta 36 (4-22)	CC16	S5	0.08	0.059	2.655	26.62	0.001	1.03	100.00	100.00	V
Asta 37 (15-21)	CC16	S5	0.083	0.059	2.655	26.14	0.001	1.03	100.00	100.00	V
Asta 38 (20-32)	CC16	S5	0.069	0.035	2.655	34.36	0.003	1.03	100.00	100.00	V

4.4.1.14 Instabilità Euleriana SLU

Trave : Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Sez. : Sezione di verifica più gravosa;
 Piano : Piano di instabilità;
 β : Coefficiente β ;
 λ : Snellezza dell'elemento strutturale;
 $\lambda_{rel,c}$: Snellezza relativa dell'elemento strutturale;
 β_c : Coefficiente di imperfezione β_c utile per il calcolo di k ;
 k : Coefficiente K utile per il calcolo di $k_{crit,c}$;
 $k_{crit,c}$: Coefficiente riduttivo di tensione critica per instabilità;
 $\sigma_{c,0,d}$: Tensione di progetto a compressione parallela alla fibratura;
 $f_{c,0,d}$: Resistenza di progetto a compressione parallela alla fibratura;
 F.S. : Fattore di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	Piano	β	λ	$\lambda_{rel,c}$	β_c	k	$k_{crit,c}$	$\sigma_{c,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,d}$ [N/mm ²]	F.S.	Esito
Asta 8 (9-39)	CC20	SO	XY	1.00	33.88	0.54	0.10	0.66	0.97	-0.046	11.586	36.21	V
Asta 8 (9-39)	CC20	SO	XZ	1.00	18.31	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.046	11.586	36.21	V
Asta 9 (10-40)	CC20	SO	XY	1.00	33.88	0.54	0.10	0.66	0.97	-0.081	11.586	20.13	V
Asta 9 (10-40)	CC20	SO	XZ	1.00	18.31	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.081	11.586	20.13	V
Asta 10 (11-41)	CC20	SO	XY	1.00	33.88	0.54	0.10	0.66	0.97	-0.081	11.586	20.13	V
Asta 10 (11-41)	CC20	SO	XZ	1.00	18.31	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.081	11.586	20.13	V
Asta 11 (12-42)	CC20	SO	XY	1.00	33.88	0.54	0.10	0.66	0.97	-0.081	11.586	20.13	V
Asta 11 (12-42)	CC20	SO	XZ	1.00	18.31	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.081	11.586	20.13	V
Asta 12 (14-43)	CC20	SO	XY	1.00	33.88	0.54	0.10	0.66	0.97	-0.081	11.586	20.13	V
Asta 12 (14-43)	CC20	SO	XZ	1.00	18.31	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.081	11.586	20.13	V
Asta 13 (17-44)	CC20	SO	XY	1.00	33.88	0.54	0.10	0.66	0.97	-0.046	11.586	36.21	V
Asta 13 (17-44)	CC20	SO	XZ	1.00	18.31	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.046	11.586	36.21	V
Asta 14 (39-33)	CC20	SO	XY	1.00	52.44	0.83	0.10	0.88	0.88	-0.015	11.586	37.46	V
Asta 14 (39-33)	CC20	SO	XZ	1.00	18.08	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.015	11.586	37.46	V
Asta 15 (40-34)	CC20	SO	XY	1.00	52.44	0.83	0.10	0.88	0.88	-0.026	11.586	21.41	V
Asta 15 (40-34)	CC20	SO	XZ	1.00	18.08	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.026	11.586	21.41	V
Asta 16 (41-35)	CC20	SO	XY	1.00	52.44	0.83	0.10	0.88	0.88	-0.026	11.586	21.41	V
Asta 16 (41-35)	CC20	SO	XZ	1.00	18.08	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.026	11.586	21.41	V
Asta 17 (42-36)	CC20	SO	XY	1.00	52.44	0.83	0.10	0.88	0.88	-0.026	11.586	21.41	V
Asta 17 (42-36)	CC20	SO	XZ	1.00	18.08	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.026	11.586	21.41	V
Asta 18 (43-37)	CC20	SO	XY	1.00	52.44	0.83	0.10	0.88	0.88	-0.026	11.586	21.41	V
Asta 18 (43-37)	CC20	SO	XZ	1.00	18.08	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.026	11.586	21.41	V
Asta 19 (44-38)	CC20	SO	XY	1.00	52.44	0.83	0.10	0.88	0.88	-0.015	11.586	37.46	V

Asta 19 (44-38)	CC20	SO	XZ	1.00	18.08	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.015	11.586	37.46	V
Asta 20 (33-31)	CC20	SO	XY	1.00	52.09	0.83	0.10	0.87	0.88	-0.006	11.586	74.58	V
Asta 20 (33-31)	CC20	SO	XZ	1.00	14.88	0.24	0.10	0.52	1.00	-0.006	11.586	74.58	V
Asta 21 (34-30)	CC20	SO	XY	1.00	52.09	0.83	0.10	0.87	0.88	-0.011	11.586	34.43	V
Asta 21 (34-30)	CC20	SO	XZ	1.00	14.88	0.24	0.10	0.52	1.00	-0.011	11.586	34.43	V
Asta 22 (35-29)	CC20	SO	XY	1.00	52.09	0.83	0.10	0.87	0.88	-0.011	11.586	34.43	V
Asta 22 (35-29)	CC20	SO	XZ	1.00	14.88	0.24	0.10	0.52	1.00	-0.011	11.586	34.43	V
Asta 23 (36-28)	CC20	SO	XY	1.00	52.09	0.83	0.10	0.87	0.88	-0.011	11.586	34.43	V
Asta 23 (36-28)	CC20	SO	XZ	1.00	14.88	0.24	0.10	0.52	1.00	-0.011	11.586	34.43	V
Asta 24 (37-27)	CC20	SO	XY	1.00	52.09	0.83	0.10	0.87	0.88	-0.011	11.586	34.43	V
Asta 24 (37-27)	CC20	SO	XZ	1.00	14.88	0.24	0.10	0.52	1.00	-0.011	11.586	34.43	V
Asta 25 (38-26)	CC20	SO	XY	1.00	52.09	0.83	0.10	0.87	0.88	-0.006	11.586	74.57	V
Asta 25 (38-26)	CC20	SO	XZ	1.00	14.88	0.24	0.10	0.52	1.00	-0.006	11.586	74.57	V
Asta 26 (25-31)	CC20	SO	XY	1.00	51.96	0.83	0.10	0.87	0.88	0.00	11.586	100.00	V
Asta 26 (25-31)	CC20	SO	XZ	1.00	12.23	0.19	0.10	0.51	1.00	0.00	11.586	100.00	V
Asta 27 (24-30)	CC20	SO	XY	1.00	51.96	0.83	0.10	0.87	0.88	0.00	11.586	100.00	V
Asta 27 (24-30)	CC20	SO	XZ	1.00	12.23	0.19	0.10	0.51	1.00	0.00	11.586	100.00	V
Asta 28 (23-29)	CC20	SO	XY	1.00	51.96	0.83	0.10	0.87	0.88	0.00	11.586	100.00	V
Asta 28 (23-29)	CC20	SO	XZ	1.00	12.23	0.19	0.10	0.51	1.00	0.00	11.586	100.00	V
Asta 29 (22-28)	CC20	SO	XY	1.00	51.96	0.83	0.10	0.87	0.88	0.00	11.586	100.00	V
Asta 29 (22-28)	CC20	SO	XZ	1.00	12.23	0.19	0.10	0.51	1.00	0.00	11.586	100.00	V
Asta 30 (21-27)	CC20	SO	XY	1.00	51.96	0.83	0.10	0.87	0.88	0.00	11.586	100.00	V
Asta 30 (21-27)	CC20	SO	XZ	1.00	12.23	0.19	0.10	0.51	1.00	0.00	11.586	100.00	V
Asta 31 (19-26)	CC20	SO	XY	1.00	20.61	0.33	0.10	0.56	1.00	0.00	11.586	100.00	V
Asta 31 (19-26)	CC20	SO	XZ	1.00	4.85	0.08	0.10	0.49	1.00	0.00	11.586	100.00	V
Asta 32 (32-19)	CC20	SO	XY	1.00	31.35	0.50	0.10	0.63	0.97	0.00	11.586	100.00	V
Asta 32 (32-19)	CC20	SO	XZ	1.00	7.38	0.12	0.10	0.50	1.00	0.00	11.586	100.00	V
Asta 33 (1-25)	CC20	SO	XY	1.00	28.95	0.46	0.10	0.61	0.98	-0.002	11.586	100.00	V
Asta 33 (1-25)	CC20	SO	XZ	1.00	6.03	0.10	0.10	0.49	1.00	-0.002	11.586	100.00	V
Asta 34 (2-24)	CC20	SO	XY	1.00	28.95	0.46	0.10	0.61	0.98	-0.003	11.586	100.00	V
Asta 34 (2-24)	CC20	SO	XZ	1.00	6.03	0.10	0.10	0.49	1.00	-0.003	11.586	100.00	V
Asta 35 (3-23)	CC20	SO	XY	1.00	28.95	0.46	0.10	0.61	0.98	-0.003	11.586	100.00	V
Asta 35 (3-23)	CC20	SO	XZ	1.00	6.03	0.10	0.10	0.49	1.00	-0.003	11.586	100.00	V
Asta 36 (4-22)	CC20	SO	XY	1.00	28.95	0.46	0.10	0.61	0.98	-0.003	11.586	100.00	V
Asta 36 (4-22)	CC20	SO	XZ	1.00	6.03	0.10	0.10	0.49	1.00	-0.003	11.586	100.00	V
Asta 37 (15-21)	CC20	SO	XY	0.00	0.00	0.00	0.10	0.49	1.00	-0.004	11.586	100.00	V
Asta 37 (15-21)	CC20	SO	XZ	1.00	6.03	0.10	0.10	0.49	1.00	-0.004	11.586	100.00	V
Asta 38 (20-32)	CC20	SO	XY	1.00	28.95	0.46	0.10	0.61	0.98	-0.002	11.586	100.00	V
Asta 38 (20-32)	CC20	SO	XZ	1.00	6.03	0.10	0.10	0.49	1.00	-0.002	11.586	100.00	V

4.4.1.15 Instabilità Euleriana SLV

Trave	: Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
CdC	: Combinazione di carico più gravosa;
Sez.	: Sezione di verifica più gravosa;
Piano	: Piano di instabilità;
β	: Coefficiente β ;
λ	: Snellezza dell'elemento strutturale;
$\lambda_{rel,c}$: Snellezza relativa dell'elemento strutturale;
β_c	: Coefficiente di imperfezione β_c utile per il calcolo di k ;
k	: Coefficiente K utile per il calcolo di $k_{crit,c}$;
$k_{crit,c}$: Coefficiente riduttivo di tensione critica per instabilità;
$\sigma_{c,0,d}$: Tensione di progetto a compressione parallela alla fibratura;
$f_{c,0,d}$: Resistenza di progetto a compressione parallela alla fibratura;
F.S.	: Fattore di sicurezza;
Esito	: V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	Piano	β	λ	$\lambda_{rel,c}$	β_c	k	$k_{crit,c}$	$\sigma_{c,0,d}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,d}$ [N/mm ²]	F.S.	Esito
Asta 8 (9-39)	CC16	SO	XY	1.00	33.88	0.54	0.10	0.66	0.97	-0.046	18.207	30.38	V
Asta 8 (9-39)	CC16	SO	XZ	1.00	18.31	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.046	18.207	30.38	V
Asta 9 (10-40)	CC16	SO	XY	1.00	33.88	0.54	0.10	0.66	0.97	-0.073	18.207	21.91	V
Asta 9 (10-40)	CC16	SO	XZ	1.00	18.31	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.073	18.207	21.91	V
Asta 10 (11-41)	CC16	SO	XY	1.00	33.88	0.54	0.10	0.66	0.97	-0.081	18.207	20.95	V

Asta 10 (11-41)	CC16	SO	XZ	1.00	18.31	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.081	18.207	20.95	V
Asta 11 (12-42)	CC16	SO	XY	1.00	33.88	0.54	0.10	0.66	0.97	-0.079	18.207	18.11	V
Asta 11 (12-42)	CC16	SO	XZ	1.00	18.31	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.079	18.207	18.11	V
Asta 12 (14-43)	CC16	SO	XY	1.00	33.88	0.54	0.10	0.66	0.97	-0.065	18.207	24.49	V
Asta 12 (14-43)	CC16	SO	XZ	1.00	18.31	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.065	18.207	24.49	V
Asta 13 (17-44)	CC16	SO	XY	1.00	33.88	0.54	0.10	0.66	0.97	-0.06	18.207	33.99	V
Asta 13 (17-44)	CC16	SO	XZ	1.00	18.31	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.06	18.207	33.99	V
Asta 14 (39-33)	CC16	SO	XY	1.00	52.44	0.83	0.10	0.88	0.88	-0.008	18.207	70.86	V
Asta 14 (39-33)	CC16	SO	XZ	1.00	18.08	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.008	18.207	70.86	V
Asta 15 (40-34)	CC16	SO	XY	1.00	52.44	0.83	0.10	0.88	0.88	-0.014	18.207	40.18	V
Asta 15 (40-34)	CC16	SO	XZ	1.00	18.08	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.014	18.207	40.18	V
Asta 16 (41-35)	CC16	SO	XY	1.00	52.44	0.83	0.10	0.88	0.88	-0.014	18.207	40.18	V
Asta 16 (41-35)	CC16	SO	XZ	1.00	18.08	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.014	18.207	40.18	V
Asta 17 (42-36)	CC16	SO	XY	1.00	52.44	0.83	0.10	0.88	0.88	-0.014	18.207	40.18	V
Asta 17 (42-36)	CC16	SO	XZ	1.00	18.08	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.014	18.207	40.18	V
Asta 18 (43-37)	CC16	SO	XY	1.00	52.44	0.83	0.10	0.88	0.88	-0.014	18.207	40.18	V
Asta 18 (43-37)	CC16	SO	XZ	1.00	18.08	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.014	18.207	40.18	V
Asta 19 (44-38)	CC16	SO	XY	1.00	52.44	0.83	0.10	0.88	0.88	-0.008	18.207	70.86	V
Asta 19 (44-38)	CC16	SO	XZ	1.00	18.08	0.29	0.10	0.54	1.00	-0.008	18.207	70.86	V
Asta 20 (33-31)	CC16	SO	XY	1.00	52.09	0.83	0.10	0.87	0.88	-0.003	18.207	100.00	V
Asta 20 (33-31)	CC16	SO	XZ	1.00	14.88	0.24	0.10	0.52	1.00	-0.003	18.207	100.00	V
Asta 21 (34-30)	CC16	SO	XY	1.00	52.09	0.83	0.10	0.87	0.88	-0.006	18.207	64.04	V
Asta 21 (34-30)	CC16	SO	XZ	1.00	14.88	0.24	0.10	0.52	1.00	-0.006	18.207	64.04	V
Asta 22 (35-29)	CC16	SO	XY	1.00	52.09	0.83	0.10	0.87	0.88	-0.006	18.207	64.04	V
Asta 22 (35-29)	CC16	SO	XZ	1.00	14.88	0.24	0.10	0.52	1.00	-0.006	18.207	64.04	V
Asta 23 (36-28)	CC16	SO	XY	1.00	52.09	0.83	0.10	0.87	0.88	-0.006	18.207	64.04	V
Asta 23 (36-28)	CC16	SO	XZ	1.00	14.88	0.24	0.10	0.52	1.00	-0.006	18.207	64.04	V
Asta 24 (37-27)	CC16	SO	XY	1.00	52.09	0.83	0.10	0.87	0.88	-0.006	18.207	64.04	V
Asta 24 (37-27)	CC16	SO	XZ	1.00	14.88	0.24	0.10	0.52	1.00	-0.006	18.207	64.04	V
Asta 25 (38-26)	CC16	SO	XY	1.00	52.09	0.83	0.10	0.87	0.88	-0.003	18.207	100.00	V
Asta 25 (38-26)	CC16	SO	XZ	1.00	14.88	0.24	0.10	0.52	1.00	-0.003	18.207	100.00	V
Asta 26 (25-31)	CC16	SO	XY	1.00	51.96	0.83	0.10	0.87	0.88	0.00	18.207	100.00	V
Asta 26 (25-31)	CC16	SO	XZ	1.00	12.23	0.19	0.10	0.51	1.00	0.00	18.207	100.00	V
Asta 27 (24-30)	CC16	SO	XY	1.00	51.96	0.83	0.10	0.87	0.88	0.00	18.207	100.00	V
Asta 27 (24-30)	CC16	SO	XZ	1.00	12.23	0.19	0.10	0.51	1.00	0.00	18.207	100.00	V
Asta 28 (23-29)	CC16	SO	XY	1.00	51.96	0.83	0.10	0.87	0.88	0.00	18.207	100.00	V
Asta 28 (23-29)	CC16	SO	XZ	1.00	12.23	0.19	0.10	0.51	1.00	0.00	18.207	100.00	V
Asta 29 (22-28)	CC16	SO	XY	1.00	51.96	0.83	0.10	0.87	0.88	0.00	18.207	100.00	V
Asta 29 (22-28)	CC16	SO	XZ	1.00	12.23	0.19	0.10	0.51	1.00	0.00	18.207	100.00	V
Asta 30 (21-27)	CC16	SO	XY	1.00	51.96	0.83	0.10	0.87	0.88	0.00	18.207	100.00	V
Asta 30 (21-27)	CC16	SO	XZ	1.00	12.23	0.19	0.10	0.51	1.00	0.00	18.207	100.00	V
Asta 31 (19-26)	CC16	SO	XY	1.00	20.61	0.33	0.10	0.56	1.00	0.00	18.207	100.00	V
Asta 31 (19-26)	CC16	SO	XZ	1.00	4.85	0.08	0.10	0.49	1.00	0.00	18.207	100.00	V
Asta 32 (32-19)	CC16	SO	XY	1.00	31.35	0.50	0.10	0.63	0.97	0.00	18.207	100.00	V
Asta 32 (32-19)	CC16	SO	XZ	1.00	7.38	0.12	0.10	0.50	1.00	0.00	18.207	100.00	V
Asta 33 (1-25)	CC16	SO	XY	1.00	28.95	0.46	0.10	0.61	0.98	-0.026	18.207	50.84	V
Asta 33 (1-25)	CC16	SO	XZ	1.00	6.03	0.10	0.10	0.49	1.00	-0.026	18.207	50.84	V
Asta 34 (2-24)	CC16	SO	XY	1.00	28.95	0.46	0.10	0.61	0.98	-0.032	18.207	44.32	V
Asta 34 (2-24)	CC16	SO	XZ	1.00	6.03	0.10	0.10	0.49	1.00	-0.032	18.207	44.32	V
Asta 35 (3-23)	CC16	SO	XY	1.00	28.95	0.46	0.10	0.61	0.98	-0.051	18.207	42.86	V
Asta 35 (3-23)	CC16	SO	XZ	1.00	6.03	0.10	0.10	0.49	1.00	-0.051	18.207	42.86	V
Asta 36 (4-22)	CC16	SO	XY	1.00	28.95	0.46	0.10	0.61	0.98	-0.05	18.207	42.93	V
Asta 36 (4-22)	CC16	SO	XZ	1.00	6.03	0.10	0.10	0.49	1.00	-0.05	18.207	42.93	V
Asta 37 (15-21)	CC16	SO	XY	0.00	0.00	0.00	0.10	0.49	1.00	-0.032	18.207	44.65	V
Asta 37 (15-21)	CC16	SO	XZ	1.00	6.03	0.10	0.10	0.49	1.00	-0.032	18.207	44.65	V
Asta 38 (20-32)	CC16	SO	XY	1.00	28.95	0.46	0.10	0.61	0.98	-0.024	18.207	51.05	V
Asta 38 (20-32)	CC16	SO	XZ	1.00	6.03	0.10	0.10	0.49	1.00	-0.024	18.207	51.05	V

4.4.1.16 Svergolamento SLU

Trave : Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Sez. : Sezione di verifica più gravosa;
 Piano : Piano di instabilità;
 L_{eff} : Lunghezza efficace;
 M_{crit} : Momento critico per flessione;

$\sigma_{m,crit}$: Tensione critica per flessione;
 $f_{m,d}$: Resistenza di progetto a flessione;
 $\sigma_{m,d}$: Tensione di progetto massima per flessione;
 $\lambda_{rel,m}$: Snellezza relativa dell'elemento strutturale;
 $k_{crit,m}$: Coefficiente riduttivo di tensione critica;
 F.S. : Fattore di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	Piano	L_{eff} [cm]	M_{crit} [kN]	$\sigma_{m,crit}$ [N/mm ²]	$f_{m,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{m,d}$ [N/mm ²]	$\lambda_{rel,m}$	$k_{crit,m}$	F.S.	Esito
Asta 8 (9-39)	CC20	S4	XY	184.40	3083776.689	1250.18	12.16	0.00	0.14	1.00	23.91	V
Asta 8 (9-39)	CC20	S4	XZ	184.40	1666906.318	365.283	12.16	0.459	0.26	1.00	23.91	V
Asta 9 (10-40)	CC20	S4	XY	184.40	3083776.689	1250.18	12.16	0.00	0.14	1.00	13.02	V
Asta 9 (10-40)	CC20	S4	XZ	184.40	1666906.318	365.283	12.16	0.846	0.26	1.00	13.02	V
Asta 10 (11-41)	CC20	S4	XY	184.40	3083776.689	1250.18	12.16	0.00	0.14	1.00	13.02	V
Asta 10 (11-41)	CC20	S4	XZ	184.40	1666906.318	365.283	12.16	0.846	0.26	1.00	13.02	V
Asta 11 (12-42)	CC20	S4	XY	184.40	3083776.689	1250.18	12.16	0.00	0.14	1.00	13.02	V
Asta 11 (12-42)	CC20	S4	XZ	184.40	1666906.318	365.283	12.16	0.846	0.26	1.00	13.02	V
Asta 12 (14-43)	CC20	S4	XY	184.40	3083776.689	1250.18	12.16	0.00	0.14	1.00	13.02	V
Asta 12 (14-43)	CC20	S4	XZ	184.40	1666906.318	365.283	12.16	0.846	0.26	1.00	13.02	V
Asta 13 (17-44)	CC20	S4	XY	184.40	3083776.689	1250.18	12.16	0.00	0.14	1.00	23.91	V
Asta 13 (17-44)	CC20	S4	XZ	184.40	1666906.318	365.283	12.16	0.459	0.26	1.00	23.91	V
Asta 14 (39-33)	CC20	S0	XY	277.96	5265866.648	1361.862	11.626	0.00	0.13	1.00	23.03	V
Asta 14 (39-33)	CC20	S0	XZ	277.96	1815816.086	161.934	11.626	0.488	0.38	1.00	23.03	V
Asta 15 (40-34)	CC20	S0	XY	277.96	5265866.648	1361.862	11.626	0.00	0.13	1.00	12.81	V
Asta 15 (40-34)	CC20	S0	XZ	277.96	1815816.086	161.934	11.626	0.878	0.38	1.00	12.81	V
Asta 16 (41-35)	CC20	S0	XY	277.96	5265866.648	1361.862	11.626	0.00	0.13	1.00	12.81	V
Asta 16 (41-35)	CC20	S0	XZ	277.96	1815816.086	161.934	11.626	0.878	0.38	1.00	12.81	V
Asta 17 (42-36)	CC20	S0	XY	277.96	5265866.648	1361.862	11.626	0.00	0.13	1.00	12.81	V
Asta 17 (42-36)	CC20	S0	XZ	277.96	1815816.086	161.934	11.626	0.878	0.38	1.00	12.81	V
Asta 18 (43-37)	CC20	S0	XY	277.96	5265866.648	1361.862	11.626	0.00	0.13	1.00	12.81	V
Asta 18 (43-37)	CC20	S0	XZ	277.96	1815816.086	161.934	11.626	0.878	0.38	1.00	12.81	V
Asta 19 (44-38)	CC20	S0	XY	277.96	5265866.648	1361.862	11.626	0.00	0.13	1.00	23.03	V
Asta 19 (44-38)	CC20	S0	XZ	277.96	1815816.086	161.934	11.626	0.488	0.38	1.00	23.03	V
Asta 20 (33-31)	CC20	S0	XY	272.24	7949074.579	1703.373	11.586	0.00	0.12	1.00	34.91	V
Asta 20 (33-31)	CC20	S0	XZ	272.24	2271164.165	139.051	11.586	0.325	0.42	1.00	34.91	V
Asta 21 (34-30)	CC20	S0	XY	272.24	7949074.579	1703.373	11.586	0.00	0.12	1.00	19.48	V
Asta 21 (34-30)	CC20	S0	XZ	272.24	2271164.165	139.051	11.586	0.582	0.42	1.00	19.48	V
Asta 22 (35-29)	CC20	S0	XY	272.24	7949074.579	1703.373	11.586	0.00	0.12	1.00	19.48	V
Asta 22 (35-29)	CC20	S0	XZ	272.24	2271164.165	139.051	11.586	0.582	0.42	1.00	19.48	V
Asta 23 (36-28)	CC20	S0	XY	272.24	7949074.579	1703.373	11.586	0.00	0.12	1.00	19.48	V
Asta 23 (36-28)	CC20	S0	XZ	272.24	2271164.165	139.051	11.586	0.582	0.42	1.00	19.48	V
Asta 24 (37-27)	CC20	S0	XY	272.24	7949074.579	1703.373	11.586	0.00	0.12	1.00	19.48	V
Asta 24 (37-27)	CC20	S0	XZ	272.24	2271164.165	139.051	11.586	0.582	0.42	1.00	19.48	V
Asta 25 (38-26)	CC20	S0	XY	272.24	7949074.579	1703.373	11.586	0.00	0.12	1.00	34.91	V
Asta 25 (38-26)	CC20	S0	XZ	272.24	2271164.165	139.051	11.586	0.325	0.42	1.00	34.91	V
Asta 26 (25-31)	CC20	S0	XY	265.97	12155197.817	2145.035	11.586	0.00	0.11	1.00	58.50	V
Asta 26 (25-31)	CC20	S0	XZ	265.97	2860046.545	118.756	11.586	0.198	0.45	1.00	58.50	V
Asta 27 (24-30)	CC20	S0	XY	265.97	12155197.817	2145.035	11.586	0.00	0.11	1.00	32.96	V
Asta 27 (24-30)	CC20	S0	XZ	265.97	2860046.545	118.756	11.586	0.351	0.45	1.00	32.96	V
Asta 28 (23-29)	CC20	S0	XY	265.97	12155197.817	2145.035	11.586	0.00	0.11	1.00	32.96	V
Asta 28 (23-29)	CC20	S0	XZ	265.97	2860046.545	118.756	11.586	0.351	0.45	1.00	32.96	V
Asta 29 (22-28)	CC20	S0	XY	265.97	12155197.817	2145.035	11.586	0.00	0.11	1.00	32.96	V
Asta 29 (22-28)	CC20	S0	XZ	265.97	2860046.545	118.756	11.586	0.351	0.45	1.00	32.96	V
Asta 30 (21-27)	CC20	S0	XY	265.97	12155197.817	2145.035	11.586	0.00	0.11	1.00	33.22	V
Asta 30 (21-27)	CC20	S0	XZ	265.97	2860046.545	118.756	11.586	0.348	0.45	1.00	33.22	V
Asta 31 (19-26)	CC20	S2	XY	102.60	31509620.276	5560.521	11.586	0.00	0.07	1.00	100.00	V
Asta 31 (19-26)	CC20	S2	XZ	102.60	7414028.30	307.849	11.586	0.029	0.28	1.00	100.00	V
Asta 32 (32-19)	CC20	S2	XY	113.36	28520128.399	5032.964	11.586	0.00	0.07	1.00	100.00	V
Asta 32 (32-19)	CC20	S2	XZ	113.36	6710618.447	278.642	11.586	0.036	0.29	1.00	100.00	V
Asta 33 (1-25)	CC20	S4	XY	134.08	30977221.19	4840.191	11.586	0.002	0.07	1.00	100.00	V
Asta 33 (1-25)	CC20	S4	XZ	134.08	6453587.748	210.078	11.586	0.056	0.34	1.00	100.00	V
Asta 34 (2-24)	CC20	S4	XY	134.08	30977221.19	4840.191	11.586	0.00	0.07	1.00	100.00	V
Asta 34 (2-24)	CC20	S4	XZ	134.08	6453587.748	210.078	11.586	0.096	0.34	1.00	100.00	V
Asta 35 (3-23)	CC20	S4	XY	134.08	30977221.19	4840.191	11.586	0.00	0.07	1.00	100.00	V
Asta 35 (3-23)	CC20	S4	XZ	134.08	6453587.748	210.078	11.586	0.097	0.34	1.00	100.00	V
Asta 36 (4-22)	CC20	S4	XY	134.08	30977221.19	4840.191	11.586	0.00	0.07	1.00	100.00	V

Asta 36 (4-22)	CC20	S4	XZ	134.08	6453587.748	210.078	11.586	0.097	0.34	1.00	100.00	V
Asta 37 (15-21)	CC20	S2	XY	149.14	27848982.551	4351.404	11.586	0.00	0.07	1.00	100.00	V
Asta 37 (15-21)	CC20	S2	XZ	149.14	5801871.365	188.863	11.586	0.098	0.36	1.00	100.00	V
Asta 38 (20-32)	CC20	S4	XY	134.08	30977221.19	4840.191	11.586	0.002	0.07	1.00	100.00	V
Asta 38 (20-32)	CC20	S4	XZ	134.08	6453587.748	210.078	11.586	0.056	0.34	1.00	100.00	V

4.4.1.17 Svergolamento SLV

Trave	: Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
CdC	: Combinazione di carico più gravosa;
Sez.	: Sezione di verifica più gravosa;
Piano	: Piano di instabilità;
L_{eff}	: Lunghezza efficace;
M_{crit}	: Momento critico per flessione;
$\sigma_{m,crit}$: Tensione critica per flessione;
$f_{m,d}$: Resistenza di progetto a flessione;
$\sigma_{m,d}$: Tensione di progetto massima per flessione;
$\lambda_{rel,m}$: Snellezza relativa dell'elemento strutturale;
$k_{crit,m}$: Coefficiente riduttivo di tensione critica;
F.S.	: Fattore di sicurezza;
Esito	: V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	Piano	L_{eff} [cm]	M_{crit} [kN]	$\sigma_{m,crit}$ [N/mm ²]	$f_{m,d}$ [N/mm ²]	$\sigma_{m,d}$ [N/mm ²]	$\lambda_{rel,m}$	$k_{crit,m}$	F.S.	Esito
Asta 8 (9-39)	CC16	S4	XY	184.40	3083776.689	1250.18	19.109	1.076	0.14	1.00	17.24	V
Asta 8 (9-39)	CC16	S4	XZ	184.40	1666906.318	365.283	19.109	0.208	0.26	1.00	17.24	V
Asta 9 (10-40)	CC16	S4	XY	184.40	3083776.689	1250.18	19.109	1.426	0.14	1.00	12.90	V
Asta 9 (10-40)	CC16	S4	XZ	184.40	1666906.318	365.283	19.109	0.424	0.26	1.00	12.90	V
Asta 10 (11-41)	CC16	S4	XY	184.40	3083776.689	1250.18	19.109	1.503	0.14	1.00	12.24	V
Asta 10 (11-41)	CC16	S4	XZ	184.40	1666906.318	365.283	19.109	0.42	0.26	1.00	12.24	V
Asta 11 (12-42)	CC16	S4	XY	184.40	3083776.689	1250.18	19.109	1.768	0.14	1.00	10.47	V
Asta 11 (12-42)	CC16	S4	XZ	184.40	1666906.318	365.283	19.109	0.393	0.26	1.00	10.47	V
Asta 12 (14-43)	CC16	S4	XY	184.40	3083776.689	1250.18	19.109	0.089	0.14	1.00	23.21	V
Asta 12 (14-43)	CC16	S4	XZ	184.40	1666906.318	365.283	19.109	0.753	0.26	1.00	23.21	V
Asta 13 (17-44)	CC16	S4	XY	184.40	3083776.689	1250.18	19.109	0.694	0.14	1.00	26.11	V
Asta 13 (17-44)	CC16	S4	XZ	184.40	1666906.318	365.283	19.109	0.208	0.26	1.00	26.11	V
Asta 14 (39-33)	CC16	S0	XY	277.96	5265866.648	1361.862	18.269	0.00	0.13	1.00	67.68	V
Asta 14 (39-33)	CC16	S0	XZ	277.96	1815816.086	161.934	18.269	0.261	0.38	1.00	67.68	V
Asta 15 (40-34)	CC16	S0	XY	277.96	5265866.648	1361.862	18.269	0.00	0.13	1.00	38.26	V
Asta 15 (40-34)	CC16	S0	XZ	277.96	1815816.086	161.934	18.269	0.462	0.38	1.00	38.26	V
Asta 16 (41-35)	CC16	S0	XY	277.96	5265866.648	1361.862	18.269	0.00	0.13	1.00	38.26	V
Asta 16 (41-35)	CC16	S0	XZ	277.96	1815816.086	161.934	18.269	0.462	0.38	1.00	38.26	V
Asta 17 (42-36)	CC16	S0	XY	277.96	5265866.648	1361.862	18.269	0.00	0.13	1.00	38.26	V
Asta 17 (42-36)	CC16	S0	XZ	277.96	1815816.086	161.934	18.269	0.462	0.38	1.00	38.26	V
Asta 18 (43-37)	CC16	S0	XY	277.96	5265866.648	1361.862	18.269	0.00	0.13	1.00	38.26	V
Asta 18 (43-37)	CC16	S0	XZ	277.96	1815816.086	161.934	18.269	0.462	0.38	1.00	38.26	V
Asta 19 (44-38)	CC16	S0	XY	277.96	5265866.648	1361.862	18.269	0.00	0.13	1.00	67.68	V
Asta 19 (44-38)	CC16	S0	XZ	277.96	1815816.086	161.934	18.269	0.261	0.38	1.00	67.68	V
Asta 20 (33-31)	CC16	S0	XY	272.24	7949074.579	1703.373	18.207	0.00	0.12	1.00	100.00	V
Asta 20 (33-31)	CC16	S0	XZ	272.24	2271164.165	139.051	18.207	0.175	0.42	1.00	100.00	V
Asta 21 (34-30)	CC16	S0	XY	272.24	7949074.579	1703.373	18.207	0.00	0.12	1.00	57.97	V
Asta 21 (34-30)	CC16	S0	XZ	272.24	2271164.165	139.051	18.207	0.307	0.42	1.00	57.97	V
Asta 22 (35-29)	CC16	S0	XY	272.24	7949074.579	1703.373	18.207	0.00	0.12	1.00	57.97	V
Asta 22 (35-29)	CC16	S0	XZ	272.24	2271164.165	139.051	18.207	0.307	0.42	1.00	57.97	V
Asta 23 (36-28)	CC16	S0	XY	272.24	7949074.579	1703.373	18.207	0.00	0.12	1.00	57.97	V
Asta 23 (36-28)	CC16	S0	XZ	272.24	2271164.165	139.051	18.207	0.307	0.42	1.00	57.97	V
Asta 24 (37-27)	CC16	S0	XY	272.24	7949074.579	1703.373	18.207	0.00	0.12	1.00	57.97	V
Asta 24 (37-27)	CC16	S0	XZ	272.24	2271164.165	139.051	18.207	0.307	0.42	1.00	57.97	V
Asta 25 (38-26)	CC16	S0	XY	272.24	7949074.579	1703.373	18.207	0.00	0.12	1.00	100.00	V
Asta 25 (38-26)	CC16	S0	XZ	272.24	2271164.165	139.051	18.207	0.175	0.42	1.00	100.00	V
Asta 26 (25-31)	CC16	S0	XY	265.97	12155197.817	2145.035	18.207	0.00	0.11	1.00	100.00	V
Asta 26 (25-31)	CC16	S0	XZ	265.97	2860046.545	118.756	18.207	0.107	0.45	1.00	100.00	V
Asta 27 (24-30)	CC16	S0	XY	265.97	12155197.817	2145.035	18.207	0.00	0.11	1.00	97.67	V
Asta 27 (24-30)	CC16	S0	XZ	265.97	2860046.545	118.756	18.207	0.186	0.45	1.00	97.67	V

Asta 28 (23-29)	CC16	S0	XY	265.97	12155197.817	2145.035	18.207	0.00	0.11	1.00	97.67	V
Asta 28 (23-29)	CC16	S0	XZ	265.97	2860046.545	118.756	18.207	0.186	0.45	1.00	97.67	V
Asta 29 (22-28)	CC16	S0	XY	265.97	12155197.817	2145.035	18.207	0.00	0.11	1.00	97.67	V
Asta 29 (22-28)	CC16	S0	XZ	265.97	2860046.545	118.756	18.207	0.186	0.45	1.00	97.67	V
Asta 30 (21-27)	CC16	S0	XY	265.97	12155197.817	2145.035	18.207	0.00	0.11	1.00	98.40	V
Asta 30 (21-27)	CC16	S0	XZ	265.97	2860046.545	118.756	18.207	0.185	0.45	1.00	98.40	V
Asta 31 (19-26)	CC16	S2	XY	102.60	31509620.276	5560.521	18.207	0.00	0.07	1.00	100.00	V
Asta 31 (19-26)	CC16	S2	XZ	102.60	7414028.30	307.849	18.207	0.016	0.28	1.00	100.00	V
Asta 32 (32-19)	CC16	S2	XY	113.36	28520128.399	5032.964	18.207	0.00	0.07	1.00	100.00	V
Asta 32 (32-19)	CC16	S2	XZ	113.36	6710618.447	278.642	18.207	0.019	0.29	1.00	100.00	V
Asta 33 (1-25)	CC16	S4	XY	134.08	30977221.19	4840.191	18.207	1.03	0.07	1.00	17.33	V
Asta 33 (1-25)	CC16	S4	XZ	134.08	6453587.748	210.078	18.207	0.032	0.34	1.00	17.33	V
Asta 34 (2-24)	CC16	S0	XY	134.08	30977221.19	4840.191	18.207	1.166	0.07	1.00	15.41	V
Asta 34 (2-24)	CC16	S0	XZ	134.08	6453587.748	210.078	18.207	0.014	0.34	1.00	15.41	V
Asta 35 (3-23)	CC16	S0	XY	134.08	30977221.19	4840.191	18.207	1.117	0.07	1.00	16.05	V
Asta 35 (3-23)	CC16	S0	XZ	134.08	6453587.748	210.078	18.207	0.015	0.34	1.00	16.05	V
Asta 36 (4-22)	CC16	S4	XY	134.08	30977221.19	4840.191	18.207	1.117	0.07	1.00	16.05	V
Asta 36 (4-22)	CC16	S4	XZ	134.08	6453587.748	210.078	18.207	0.015	0.34	1.00	16.05	V
Asta 37 (15-21)	CC16	S0	XY	149.14	27848982.551	4351.404	18.207	1.331	0.07	1.00	13.52	V
Asta 37 (15-21)	CC16	S0	XZ	149.14	5801871.365	188.863	18.207	0.001	0.36	1.00	13.52	V
Asta 38 (20-32)	CC16	S4	XY	134.08	30977221.19	4840.191	18.207	1.03	0.07	1.00	17.34	V
Asta 38 (20-32)	CC16	S4	XZ	134.08	6453587.748	210.078	18.207	0.032	0.34	1.00	17.34	V

4.4.1.18 Deformabilità SLE

Trave	: Trave di elevazione di input (vedi "Asta I." in "Caratteristiche delle Aste");
CdC	: Combinazione di carico più gravosa;
Sez.	: Sezione di verifica più gravosa;
Piano	: Piano di instabilità;
k_{def}	: Coefficiente per aumento di deformabilità per viscosità e umidità;
U_{ctf}	: Controfreccia;
$U_{i,lim}$: Valore limite della freccia istantanea;
$U_{f,lim}$: Valore limite della freccia finale;
$U_{f,n,lim}$: Valore limite della freccia finale netta;
U_i	: Valore di progetto della freccia istantanea;
U_f	: Valore di progetto della freccia finale;
$U_{f,n}$: Valore di progetto della freccia finale netta;
F.S.	: Fattore di sicurezza;
Esito	: V = Verificato; NV = Non Verificato;

Trave	CdC	Sez.	k_{def}	U_{ctf} [cm]	$U_{i,lim}$ [cm]	$U_{f,lim}$ [cm]	$U_{f,n,lim}$ [cm]	U_i [cm]	U_f [cm]	$U_{f,n}$ [cm]	F.S.	Esito
Asta 8 (9-39)	CC12	S0	0.80	0.00	0.39	0.65	0.56	0.00	0.01	0.01	86.14	V
Asta 9 (10-40)	CC3	S0	0.80	0.00	0.39	0.65	0.56	0.00	0.01	0.01	78.86	V
Asta 10 (11-41)	CC3	S0	0.80	0.00	0.39	0.65	0.56	0.00	0.01	0.01	78.86	V
Asta 11 (12-42)	CC3	S0	0.80	0.00	0.39	0.65	0.56	0.00	0.01	0.01	78.86	V
Asta 12 (14-43)	CC3	S0	0.80	0.00	0.39	0.65	0.56	0.00	0.01	0.01	78.86	V
Asta 13 (17-44)	CC10	S0	0.80	0.00	0.39	0.65	0.56	0.00	0.00	0.00	100.00	V
Asta 14 (39-33)	CC10	S0	0.80	0.00	0.61	1.01	0.87	0.00	0.01	0.01	100.00	V
Asta 15 (40-34)	CC3	S0	0.80	0.00	0.61	1.01	0.87	0.00	0.01	0.01	94.55	V
Asta 16 (41-35)	CC3	S0	0.80	0.00	0.61	1.01	0.87	0.00	0.01	0.01	94.55	V
Asta 17 (42-36)	CC3	S0	0.80	0.00	0.61	1.01	0.87	0.00	0.01	0.01	94.55	V
Asta 18 (43-37)	CC3	S0	0.80	0.00	0.61	1.01	0.87	0.00	0.01	0.01	94.55	V
Asta 19 (44-38)	CC10	S0	0.80	0.00	0.61	1.01	0.87	0.00	0.01	0.01	100.00	V
Asta 20 (33-31)	CC10	S0	0.80	0.00	0.60	1.00	0.86	0.00	0.00	0.00	100.00	V
Asta 21 (34-30)	CC3	S0	0.80	0.00	0.60	1.00	0.86	0.00	0.01	0.01	100.00	V
Asta 22 (35-29)	CC3	S0	0.80	0.00	0.60	1.00	0.86	0.00	0.01	0.01	100.00	V
Asta 23 (36-28)	CC3	S0	0.80	0.00	0.60	1.00	0.86	0.00	0.01	0.01	100.00	V
Asta 24 (37-27)	CC3	S0	0.80	0.00	0.60	1.00	0.86	0.00	0.01	0.01	100.00	V
Asta 25 (38-26)	CC10	S0	0.80	0.00	0.60	1.00	0.86	0.00	0.00	0.00	100.00	V
Asta 26 (25-31)	CC12	S0	0.80	0.00	0.60	1.00	0.86	0.00	0.00	0.00	100.00	V
Asta 27 (24-30)	CC3	S0	0.80	0.00	0.60	1.00	0.86	0.00	0.00	0.00	100.00	V
Asta 28 (23-29)	CC3	S0	0.80	0.00	0.60	1.00	0.86	0.00	0.00	0.00	100.00	V
Asta 29 (22-28)	CC3	S0	0.80	0.00	0.60	1.00	0.86	0.00	0.00	0.00	100.00	V

Asta 30 (21-27)	CC3	S0	0.80	0.00	0.60	1.00	0.86	0.00	0.00	0.00	100.00	V
Asta 31 (19-26)	CC10	S0	0.80	0.00	0.24	0.40	0.34	0.00	0.00	0.00	100.00	V
Asta 32 (32-19)	CC10	S0	0.80	0.00	0.36	0.60	0.52	0.00	0.00	0.00	100.00	V
Asta 33 (1-25)	CC12	S0	0.80	0.00	0.33	0.56	0.48	0.00	0.00	0.00	100.00	V
Asta 34 (2-24)	CC12	S0	0.80	0.00	0.33	0.56	0.48	0.00	0.00	0.00	100.00	V
Asta 35 (3-23)	CC12	S0	0.80	0.00	0.33	0.56	0.48	0.00	0.00	0.00	100.00	V
Asta 36 (4-22)	CC12	S0	0.80	0.00	0.33	0.56	0.48	0.00	0.00	0.00	100.00	V
Asta 37 (15-21)	CC12	S0	0.80	0.00	0.33	0.56	0.48	0.00	0.00	0.00	100.00	V
Asta 38 (20-32)	CC12	S0	0.80	0.00	0.33	0.56	0.48	0.00	0.00	0.00	100.00	V

4.5 Unioni di Forza

4.5.1 Nodo 1

4.5.1.1 UdF 5 (Nodo 1)

4.5.2 Nodo 2

4.5.2.1 UdF 4 (Nodo 2)

4.5.3 Nodo 3

4.5.3.1 UdF 3 (Nodo 3)

4.5.4 Nodo 4

4.5.4.1 UdF 2 (Nodo 4)

4.5.5 Nodo 17

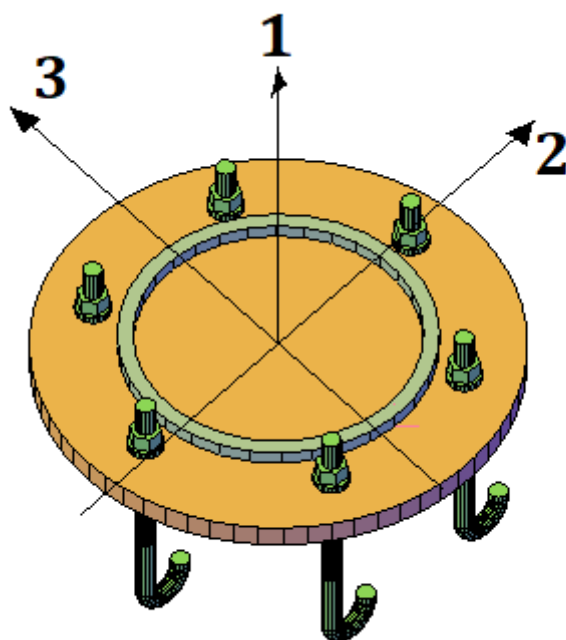
4.5.5.1 UdF 10 (Nodo 17)

COLLEGAMENTO TRAVE CON PIASTRA DI ESTREMITÀ "TMA-001 (tr)"

Il collegamento viene realizzato saldando una piastra in acciaio all'estremità della trave da collegare e ancorando il sistema trave - piastra all'elemento in conglomerato cementizio per mezzo di appositi tirafondi annegati nel calcestruzzo.

Il sistema di riferimento locale adottato prevede l'origine disposto nel punto di intersezione tra l'asse della trave e il piano intradosso della piastra di base, la direzione 1 lungo l'asse della trave con verso positivo se si allontana

dall'elemento in c.a., direzione 2 nel piano della piastra di base in direzione parallela alla base della piastra e direzione 3 sempre nel piano della piastra di base ma in direzione parallela all'altezza della piastra.



Dati:

Asta profilato trave	: Asta 64 (17-50)
Sezione trasversale profilato trave	: CHS139x8.0
Acciaio Sezione trasversale profilato trave	: Acciaio (1)
Acciaio Piastra di base	: Acciaio (1)
Calcestruzzo	: Cls (1)
Forma piastra di base	: Circolare
Dimensioni piastra di base (D x t)	: 300.0 mm x 10.0 mm
Tirafondi	: 8 x M18.0 / 8.8
Diametro fori piastra	: 19.0 mm
Lunghezza di ancoraggio	: 130.0 mm
Tipo Tirafondi	: TRF Diritto

Rispetto al sistema di riferimento (centro piastra) i centri delle forature sulla piastra, per il passaggio dei tirafondi, presenteranno le seguenti coordinate:

Foro	Dir 2 [mm]	Dir 3 [mm]
1	0.0	100.0
2	70.7	70.7
3	100.0	0.0
4	70.7	-70.7
5	0.0	-100.0
6	-70.7	-70.7
7	-100.0	0.0
8	-70.7	70.7

Le sollecitazioni esterne agenti sul collegamento sono di seguito riportate considerando che le azioni assiali e taglienti N, V2 e V3 agiscono rispettivamente lungo le direzioni 1, 2 e 3 e presentano segno positivo se concordi con quelli del

sistema di riferimento mentre le azioni flettenti e torsionali M2, M3 e Mt agiscono rispettivamente attorno agli assi 2, 3 e 1. Il momento M2 è positivo se comprime i punti della piastra disposti con dir 3 > 0 mentre il momento M3 è positivo se comprime i punti della piastra disposti con dir 2 > 0.

		N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	Mt [kNm]
Asta 64 (17-50)	CC1 - SLU	-3.279	0.00	0.921	-0.474	0.00	0.00
Asta 64 (17-50)	CC2 - SLU	-2.972	0.00	0.851	-0.443	0.00	0.00
Asta 64 (17-50)	CC3 - SLU	-2.97	0.00	0.856	-0.453	0.00	0.00
Asta 64 (17-50)	CC4 - SLU	-2.972	0.00	0.851	-0.443	0.00	0.00
Asta 64 (17-50)	CC5 - SLU	-3.279	0.00	0.921	-0.474	0.00	0.00
Asta 64 (17-50)	CC6 - SLU	-2.972	0.00	0.851	-0.443	0.00	0.00
Asta 64 (17-50)	CC7 - SLU	-2.97	0.00	0.856	-0.453	0.00	0.00
Asta 64 (17-50)	CC8 - SLU	-2.972	0.00	0.851	-0.443	0.00	0.00
Asta 64 (17-50)	CC9 - SLU	-3.279	-0.093	0.921	-0.474	-0.124	-0.031
Asta 64 (17-50)	CC10 - SLU	-2.972	-0.093	0.851	-0.443	-0.124	-0.031
Asta 64 (17-50)	CC11 - SLU	-2.97	-0.093	0.856	-0.453	-0.124	-0.031
Asta 64 (17-50)	CC12 - SLU	-2.972	-0.093	0.851	-0.443	-0.124	-0.031
Asta 64 (17-50)	CC13 - SLU	-2.972	-0.156	0.851	-0.443	-0.207	-0.051
Asta 64 (17-50)	CC14 - SLU	-3.303	0.00	0.832	-0.427	0.00	0.00
Asta 64 (17-50)	CC15 - SLU	-2.996	0.00	0.763	-0.397	0.00	0.00
Asta 64 (17-50)	CC16 - SLU	-2.994	0.00	0.767	-0.406	0.00	0.00
Asta 64 (17-50)	CC17 - SLU	-2.996	0.00	0.763	-0.397	0.00	0.00
Asta 64 (17-50)	CC18 - SLU	-3.012	0.00	0.704	-0.366	0.00	0.00
Asta 64 (17-50)	CC19 - SLU	-2.972	0.00	0.851	-0.443	0.00	0.00
Asta 64 (17-50)	CC20 - SLU	-2.972	0.00	0.851	-0.443	0.00	0.00
Asta 64 (17-50)	CC1 - SLV	-1.84	0.704	0.534	-0.262	1.70	-0.001
Asta 64 (17-50)	CC2 - SLV	-1.84	0.704	0.534	-0.262	1.70	-0.001
Asta 64 (17-50)	CC3 - SLV	-1.778	0.704	0.557	-0.319	1.70	-0.001
Asta 64 (17-50)	CC4 - SLV	-1.778	0.704	0.557	-0.319	1.70	-0.001
Asta 64 (17-50)	CC5 - SLV	-1.84	-0.704	0.534	-0.262	-1.70	0.001
Asta 64 (17-50)	CC6 - SLV	-1.84	-0.704	0.534	-0.262	-1.70	0.001
Asta 64 (17-50)	CC7 - SLV	-1.778	-0.704	0.557	-0.319	-1.70	0.001
Asta 64 (17-50)	CC8 - SLV	-1.778	-0.704	0.557	-0.319	-1.70	0.001
Asta 64 (17-50)	CC9 - SLV	-1.912	0.211	0.506	-0.195	0.51	0.00
Asta 64 (17-50)	CC10 - SLV	-1.912	0.211	0.506	-0.195	0.51	0.00
Asta 64 (17-50)	CC11 - SLV	-1.912	-0.211	0.506	-0.195	-0.51	0.00
Asta 64 (17-50)	CC12 - SLV	-1.912	-0.211	0.506	-0.195	-0.51	0.00
Asta 64 (17-50)	CC13 - SLV	-1.706	0.211	0.585	-0.385	0.51	0.00
Asta 64 (17-50)	CC14 - SLV	-1.706	0.211	0.585	-0.385	0.51	0.00
Asta 64 (17-50)	CC15 - SLV	-1.706	-0.211	0.585	-0.385	-0.51	0.00
Asta 64 (17-50)	CC16 - SLV	-1.706	-0.211	0.585	-0.385	-0.51	0.00

Verifica spessore della flangia

E' necessario, in questo caso, trasformare l'insieme piastra di base + tirafondi in una sezione equivalente in c.a. in cui le dimensioni della piastra di base costituiscono le dimensioni della sezione in c.a. mentre i tirafondi costituiranno le armature metalliche.

Analizzando la sezione in c.a. così articolata si ottiene:

Condizione più gravosa	: CC13 - SLV
Momento flettente per compressione cls	: $M_{f,CLS} = 0.003 \text{ kNm}$
Tensione massima sui tirafondi	: $T_i = -1135.0863 \text{ kN/m}^2$
Tiro massimo sui tirafondi	: $F_{trf,max} = -288844.2772 \text{ kN/m}^2$
Momento flettente per trazione tirafondi	: $M_{f,TRF} = -0.009 \text{ kNm}$

Resistenza a flessione sezione di verifica piastra : $M_{fl,Rd} = 0.136 \text{ kNm}$

La verifica risulta soddisfatta essendo

$$M_{fl} = \max \{ |M_{fl,CLS}|, |M_{fl,TRF}| \} \leq M_{fl,Rd}$$

Il fattore di sicurezza è pari a

$$FS = \frac{M_{fl,Rd}}{|M_{fl}|} = 0.136 \text{ kNm} / 0.009 \text{ kNm} = 15.665$$

per cui lo spessore della piastra di base risulta verificato.

Verifica di compressione del calcestruzzo

Occorre verificare che la pressione esercitata dalla piastra sul calcestruzzo non superi il valore limite a compressione previsto per il materiale:

Condizione più gravosa : CC1 - SLU
 Tensione di compressione massima sul cls : $f_c = 0.486 \text{ N/mm}^2$
 Resistenza di contatto del giunto : $f_{jd} = 42.50 \text{ N/mm}^2$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{f_{jd}}{|f_c|} = 42.50 \text{ N/mm}^2 / 0.486 \text{ N/mm}^2 = 87.457$$

Verifica di estrazione dei tirafondi

Condizione più gravosa : CC13 - SLV
 Resistenza a trazione della vite del singolo TRF : $F_{t,Rd,1} = 117.259 \text{ kN}$
 Resistenza a sfilamento del singolo TRF : $F_{t,Rd,2} = 29.698 \text{ kN}$
 Resistenza finale a trazione del singolo TRF : $F_{t,Rd} = \min(F_{t,Rd,1}, F_{t,Rd,2}) = 29.698 \text{ kN}$
 Azione di trazione sul singolo TRF : $F_{trf} = -0.289 \text{ kN}$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{F_{t,Rd}}{|F_{trf}|} = 29.698 \text{ kN} / 0.289 \text{ kN} = 100.00$$

Verifica a taglio

L'azione torcente, se presente, viene ripartita tra tutti i tirafondi in funzione della loro posizione rispetto al centro della bullonatura:

RIPARTIZIONE MOMENTO TORCENTE								
TRF	d [mm]	ϕ [°]	CC	$M_{t,par}$ [kNm]	$M_{t,tot}$ [kNm]	$V_{T,Mt}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]
1	100.0	180.00	CC9 - SLU	0.00	-0.031	-0.039	0.039	0.00
2	100.0	135.00	CC1 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	100.0	90.00	CC1 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	100.0	45.00	CC1 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	100.0	0.00	CC13 - SLU	0.00	-0.051	-0.064	-0.064	0.00
6	100.0	315.00	CC13 - SLU	0.00	-0.051	-0.064	-0.045	0.045
7	100.0	270.00	CC13 - SLU	0.00	-0.051	-0.064	0.00	0.064

8	100.0	225.00	CC13 - SLU	0.00	-0.051	-0.064	0.045	0.045
---	-------	--------	------------	------	--------	--------	-------	-------

Dove:

TRF è il numero identificativo del tirafondo;

d è la distanza radiale tra il tirafondo analizzato e il centro della bullonatura;

ϕ è l'angolo, misurato rispetto alla direzione 2, della normale alla distanza " d " con verso pari a quello dell'azione torcente;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo tirafondo;

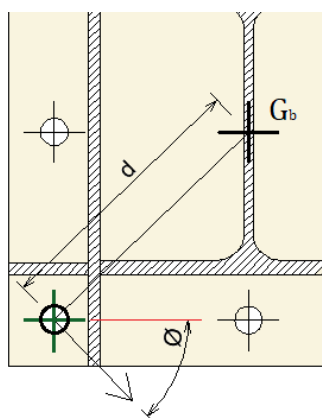
$M_{t,par}$ è il momento torcente parassita nato dall'eccentricità del punto di applicazione delle azioni di taglio rispetto al centro del sistema di bullonatura;

$M_{t,tot}$ è il momento torcente totale dato dalla somma tra il momento torcente parassita $M_{t,par}$ e il momento torcente M_t della condizione di carico analizzata.

$V_{T,Mt}$ è l'azione tagliante di competenza giacente sulla retta con angolo ϕ e passante per il centro del tirafondo;

$V_{T,Mt,2}$ è l'azione componente di $V_{T,Mt}$ lungo la direzione 2;

$V_{T,Mt,3}$ è l'azione componente di $V_{T,Mt}$ lungo la direzione 3;



Determinata l'azione derivante dal momento flettente le sue componenti nelle direzioni 2 e 3 vanno sommate alle azioni da taglio sui tirafondi derivanti da V_2 e V_3 .

AZIONI TAGLIANTI TOTALI SUI TIRAFONDI									
TRF	CC	$V_{T,2}$ [kN]	$V_{T,3}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]	$V_{T,2,tot}$ [kN]	$V_{T,3,tot}$ [kN]	V_T [kN]	β [°]
1	CC9 - SLU	-0.012	0.115	0.039	0.00	0.027	0.115	0.118	76.83
2	CC1 - SLU	0.00	0.115	0.00	0.00	0.00	0.115	0.115	90.00
3	CC1 - SLU	0.00	0.115	0.00	0.00	0.00	0.115	0.115	90.00
4	CC1 - SLU	0.00	0.115	0.00	0.00	0.00	0.115	0.115	90.00
5	CC13 - SLU	-0.019	0.106	-0.064	0.00	-0.084	0.106	0.135	128.22
6	CC13 - SLU	-0.019	0.106	-0.045	0.045	-0.065	0.152	0.165	113.15
7	CC13 - SLU	-0.019	0.106	0.00	0.064	-0.019	0.171	0.172	96.50
8	CC13 - SLU	-0.019	0.106	0.045	0.045	0.026	0.152	0.154	80.28

Dove:

TRF è il numero identificativo del tirafondo;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo tirafondo;

$V_{T,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione tagliante V_2 sul tirafondo analizzato;

$V_{T,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione tagliante V_3 sul tirafondo analizzato;

$V_{T,Mt,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione torcente sul tirafondo analizzato;

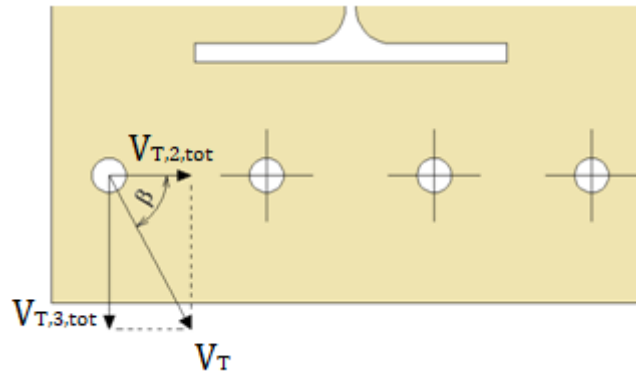
$V_{T,Mt,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione torcente sul tirafondo analizzato;

$V_{T,2,tot}$ è la somma tra $V_{T,2}$ e $V_{T,Mt,2}$;

$V_{T,3,tot}$ è la somma tra $V_{T,3}$ e $V_{T,Mt,3}$;

V_T è l'azione tagliante totale sul tirafondo data dalla somma vettoriale tra $V_{T,2,tot}$ e $V_{T,3,tot}$;

β è l'angolo di giacitura dell'azione V_T ;



Dalla tabella precedente si evince che l'azione massima tagliante totale sui tirafondi dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico è:

$$V_t = 0.172 \text{ kN}$$

Affinché la verifica risulti soddisfatta per ogni tirafondo verrebbe dunque controllato che:

$$V_t \leq F_{V,trf,Rd}$$

Dove $F_{V,trf,Rd}$ è la resistenza a taglio del singolo tirafondo ottenuto come:

$$F_{V,trf,Rd} = \min(F_{v,Rd}, F_{b,Rd}) + \frac{F_{a,Rd}}{n}$$

Dove, ancora:

$F_{v,Rd}$ è la resistenza a taglio della vite;

$F_{b,Rd}$ è la resistenza a rifollamento;

$F_{a,Rd}$ è la resistenza fornita dall'attrito (se considerato);

Essendo, pertanto:

$$F_{v,Rd} = 40.389 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 34.422 \text{ kN}$$

$$F_{a,Rd} = 0.00 \text{ kN}$$

Si ottiene, essendo stata tenuta in conto la resistenza dell'attrito, la resistenza totale del singolo tirafondo.

$$F_{V,trf,Rd} = 34.422 \text{ kN}$$

La verifica è, pertanto, soddisfatta essendo

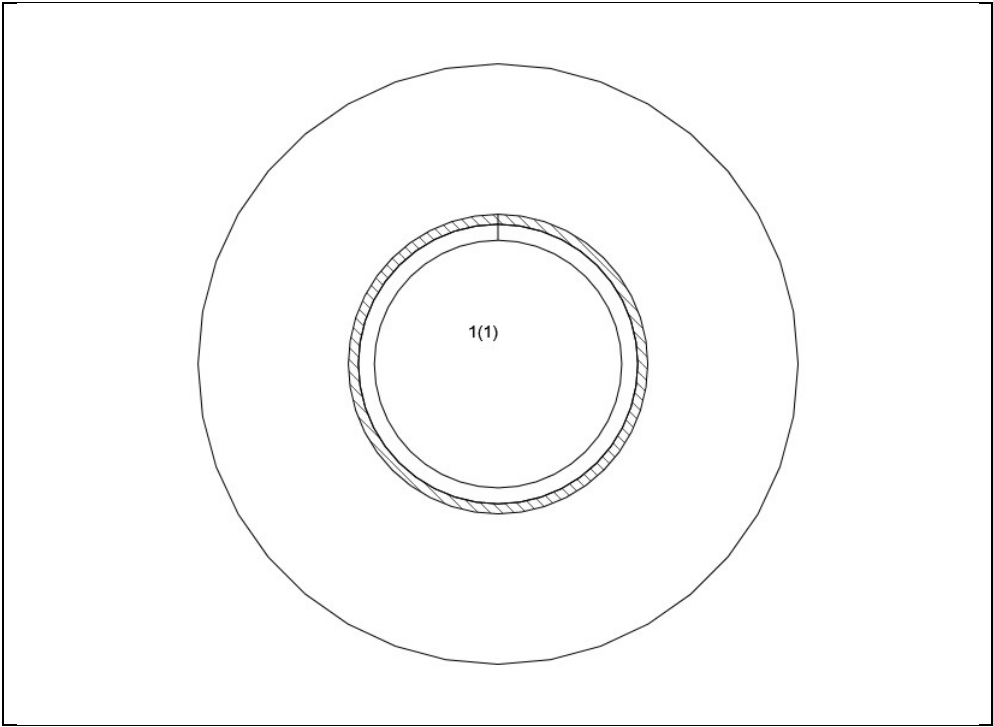
$$V_t \leq F_{V,trf,Rd}$$

con fattore di sicurezza pari a:

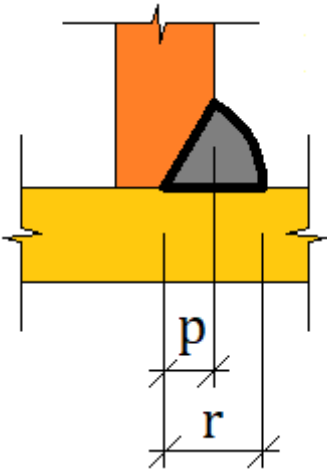
$$FS = \frac{F_{V,trf,Rd}}{|V_t|} = 34.422 \text{ kN} / 0.172 \text{ kN} = 100.00$$

Verifica saldatura

La trave è resa solidale alla piastra di base e alle eventuali nervature presenti per mezzo di saldature effettuate in officina. La disposizione e la numerazione di tutte le saldature a contatto con la piastra di base sono riportate nella figura seguente:



Gruppo	Lungh [mm]	Spess [mm]	Rientro [mm]	Cordoni
1	438	5	0	1



La tabella seguente riporta, per la combinazione di carico più gravosa, il punto più sollecitato in ognuno dei cordoni della saldatura:

<i>CRD</i>	<i>CC</i>	t'_2 [N/mm ²]	t'_3 [N/mm ²]	n'_2 [N/mm ²]	t''_2 [N/mm ²]	t''_3 [N/mm ²]	n''_2 [N/mm ²]	$f_{w,Ed}$ [N/mm ²]
1	CC9 - SLU	-0.059	0.581	-2.07	0.279	-0.005	-10.623	12.708

Dove:

- CRD*** è il numero identificativo del cordone di saldatura;
- CC*** è la Condizione di Carico più gravosa per il singolo cordone;
- t'_2** è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 2;
- t'_3** è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 3;
- n'_2** è la Tensione normale primaria da sforzo normale;
- t''_2** è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 2;
- t''_3** è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 3;
- n''_2** è la Tensione normale secondaria da sforzo normale;
- $f_{w,Ed}$** è la Tensione totale di progetto;

Dalla tabella precedente si evince che la massima Tensione totale di progetto, dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico, è:

$$f_{w,Ed} = 12.708 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a rottura elemento saldato più debole : $f_u = 360.00 \text{ N/mm}^2$

Coefficiente di correlazione : $\beta_w = 0.80$

Coefficiente di sicurezza collegamento : $\gamma_{M2} = 1.25$

Resistenza di progetto della saldatura : $f_{w,Rd} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 180.684 \text{ N/mm}^2$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo

$$f_{w,Ed} \leq f_{w,Rd}$$

Il fattore di sicurezza è pari a:

$$F.S. = \frac{f_{w,Rd}}{|f_{w,Ed}|} = 180.684 \text{ N/mm}^2 / 12.708 \text{ N/mm}^2 = 14.218$$

Sintesi delle verifiche effettuate

TIPO VERIFICA	FS
Verifica spessore della flangia	15.665
Verifica di compressione del calcestruzzo	87.457
Verifica di estrazione dei tirafondi	100.00
Verifica a taglio	100.00
Verifica saldatura	14.218

4.5.6 Nodo 20

4.5.6.1 UdF 1 (Nodo 20)

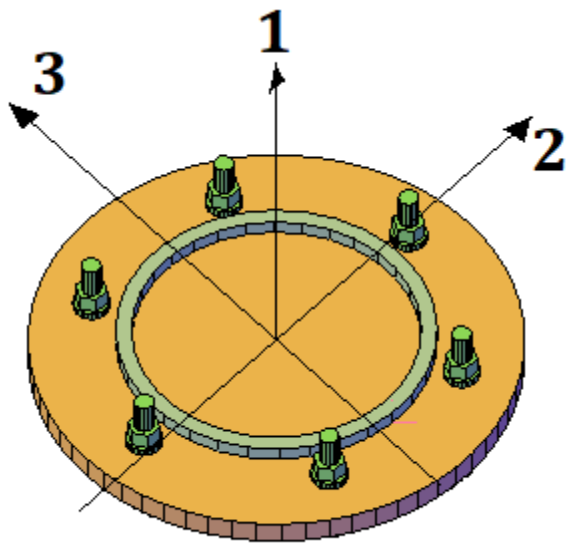
4.5.7 Nodo 21

4.5.7.1 UdF 6 (Nodo 21)

COLLEGAMENTO TRAVE - TRAVE CON PIASTRA DI ESTREMITÀ "TMA-006 (tr)"

Il collegamento viene realizzato saldando una piastra (flangia) in acciaio all'estremità di ognuna delle due travi, disponendo e bullonando testa a testa il sistema così costituito: flangia 1 – flangia 2.

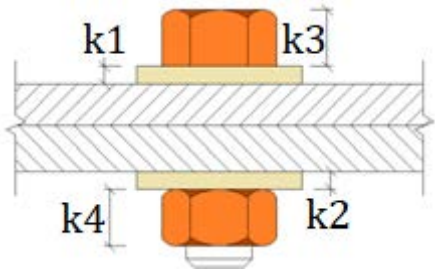
Il sistema di riferimento locale adottato prevede l'origine disposto nel punto di intersezione tra l'asse dei due profilati con la direzione 1 disposta lungo l'asse del profilato con verso positivo se si allontana dalla nodo, la direzione 2 e 3 nel piano dell'anima della flangia.



Dati:

Asta profilato trave 1	: Asta 58 (21-32)
Asta profilato trave 2	: Asta 57 (22-21)
Sezione trasversale profilato travi	: CHS355x5.0
Acciaio Sezione trasversale profilato travi	: Acciaio (1)
Acciaio flangie	: Acciaio (1)
Forma flangie	: Circolare
Dimensioni flangia trave 1 ($D \times t$)	: 503.0 mm x 10.0 mm
Dimensioni flangia trave 2 ($D \times t$)	: 503.0 mm x 10.0 mm
Bulloni	: 8 x M12.0 / 8.8
Diametro fori piastra	: 13.0 mm

Dati bulloni	: K1 = 0.0 mm
	: K2 = 0.0 mm
	: K3 = 7.5 mm
	: K4 = 10.8 mm
	: As = 84.00 mm ²
	: Fyb = 640.00 N/mm ²
	: Fub = 800.00 N/mm ²



Rispetto al sistema di riferimento (centro piastra) i centri delle forature sulla piastra, per il passaggio dei bulloni, presenteranno le seguenti coordinate:

Foro	Dir 2 [mm]	Dir 3 [mm]

1	0.0	225.0
2	159.1	159.1
3	225.0	0.0
4	159.1	-159.1
5	0.0	-225.0
6	-159.1	-159.1
7	-225.0	0.0
8	-159.1	159.1

Le sollecitazioni esterne agenti sul collegamento sono di seguito riportate considerando che le azioni assiali e taglianti N, V2 e V3 agiscono rispettivamente lungo le direzioni 1, 2 e 3 e presentano segno positivo se concordi con quelli del sistema di riferimento mentre le azioni flettenti e torsionali M2, M3 e Mt agiscono rispettivamente attorno agli assi 2, 3 e 1. Il momento M2 è positivo se comprime i punti della piastra disposti con dir 3 > 0 mentre il momento M3 è positivo se comprime i punti della piastra disposti con dir 2 > 0.

		N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	Mt [kNm]
Asta 58 (21-32)	CC1 - SLU	0.00	0.00	6.935	-5.024	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC2 - SLU	0.00	0.00	6.215	-4.501	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC3 - SLU	0.00	0.00	6.30	-4.557	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC4 - SLU	0.00	0.00	6.215	-4.501	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC5 - SLU	0.00	0.00	6.935	-5.024	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC6 - SLU	0.00	0.00	6.215	-4.501	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC7 - SLU	0.00	0.00	6.30	-4.557	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC8 - SLU	0.00	0.00	6.215	-4.501	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC9 - SLU	0.00	0.00	6.935	-5.024	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC10 - SLU	0.00	0.00	6.215	-4.501	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC11 - SLU	0.00	0.00	6.30	-4.557	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC12 - SLU	0.00	0.00	6.215	-4.501	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC13 - SLU	0.00	0.00	6.215	-4.501	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC14 - SLU	0.00	-0.184	6.935	-5.024	-0.134	0.00
Asta 58 (21-32)	CC15 - SLU	0.00	-0.184	6.215	-4.501	-0.134	0.00
Asta 58 (21-32)	CC16 - SLU	0.00	-0.184	6.30	-4.557	-0.134	0.00
Asta 58 (21-32)	CC17 - SLU	0.00	-0.184	6.215	-4.501	-0.134	0.00
Asta 58 (21-32)	CC18 - SLU	0.00	-0.307	6.215	-4.501	-0.223	0.00
Asta 58 (21-32)	CC19 - SLU	0.00	0.00	6.215	-4.501	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC20 - SLU	0.00	0.00	6.215	-4.501	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC1 - SLV	0.00	0.00	3.634	-2.63	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC2 - SLV	0.00	0.00	3.634	-2.63	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC3 - SLV	0.00	0.00	3.634	-2.63	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC4 - SLV	0.00	0.00	3.634	-2.63	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC5 - SLV	0.00	0.00	3.634	-2.63	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC6 - SLV	0.00	0.00	3.634	-2.63	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC7 - SLV	0.00	0.00	3.634	-2.63	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC8 - SLV	0.00	0.00	3.634	-2.63	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC9 - SLV	0.00	0.00	3.634	-2.63	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC10 - SLV	0.00	0.00	3.634	-2.63	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC11 - SLV	0.00	0.00	3.634	-2.63	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC12 - SLV	0.00	0.00	3.634	-2.63	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC13 - SLV	0.00	0.00	3.634	-2.63	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC14 - SLV	0.00	0.00	3.634	-2.63	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC15 - SLV	0.00	0.00	3.634	-2.63	0.00	0.00
Asta 58 (21-32)	CC16 - SLV	0.00	0.00	3.634	-2.63	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC1 - SLU	0.00	0.00	-6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC2 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00

Asta 57 (22-21)	CC3 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC4 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC5 - SLU	0.00	0.00	-6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC6 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC7 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC8 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC9 - SLU	0.00	0.00	-6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC10 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC11 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC12 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC13 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC14 - SLU	0.00	0.184	-6.66	-4.84	-0.134	0.00
Asta 57 (22-21)	CC15 - SLU	0.00	0.184	-5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 57 (22-21)	CC16 - SLU	0.00	0.184	-5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 57 (22-21)	CC17 - SLU	0.00	0.184	-5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 57 (22-21)	CC18 - SLU	0.00	0.307	-5.94	-4.317	-0.223	0.00
Asta 57 (22-21)	CC19 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC20 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC1 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC2 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC3 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC4 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC5 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC6 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC7 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC8 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC9 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC10 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC11 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC12 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC13 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC14 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC15 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC16 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00

Verifica della flangia soggetta a flessione - Trave 1

Condizione più gravosa	: CC1 - SLU
Tiro massimo sui bulloni	: $F_{bull,max} = 3.727 \text{ kN}$
Momento flettente per trazione bulloni	: $M_{fl,bull} = 0.176 \text{ kNm}$
Resistenza a flessione sezione di verifica flangia	: $M_{fl,Rd} = 0.347 \text{ kNm}$

La verifica risulta soddisfatta essendo

$$|M_{fl,bull}| \leq M_{fl,Rd}$$

Il fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{M_{fl,Rd}}{|M_{fl,bull}|} = 0.347 \text{ kNm} / 0.176 \text{ kNm} = 1.974$$

Verifica della flangia soggetta a flessione - Trave 2

Condizione più gravosa	: CC1 - SLU
------------------------	-------------

Tiro massimo sui bulloni	: $F_{bull,max} = 3.59 \text{ kN}$
Momento flettente per trazione bulloni	: $M_{fl,bull} = 0.169 \text{ kNm}$
Resistenza a flessione sezione di verifica flangia	: $M_{fl,rd} = 0.347 \text{ kNm}$

La verifica risulta soddisfatta essendo

$$|M_{fl,bull}| \leq M_{fl,Rd}$$

Il fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{M_{fl,rd}}{|M_{fl,bull}|} = 0.347 \text{ kNm} / 0.169 \text{ kNm} = 2.049$$

Verifica a trazione dei bulloni - Trave 1

Condizione più gravosa	: CC1 - SLU
Azione di trazione sull'ala	: $N_t = 0.00 \text{ kN}$
Trazione sulla fila di bulloni prossimi all'ala tesa	: $\sum N_e = 0.00 \text{ kN}$
Trazione massima sul singolo bullone della fila	: $N_{max} = 3.727 \text{ kN}$
Resistenza per rottura del singolo bullone	: $F_{T,bull} = 48.384 \text{ kN}$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{F_{T,bull}}{N_{max}} = 48.384 \text{ kN} / 3.727 \text{ kN} = 12.983$$

Verifica a trazione dei bulloni - Trave 2

Condizione più gravosa	: CC1 - SLU
Azione di trazione sull'ala	: $N_t = 0.00 \text{ kN}$
Trazione sulla fila di bulloni prossimi all'ala tesa	: $\sum N_e = 0.00 \text{ kN}$
Trazione massima sul singolo bullone della fila	: $N_{max} = 3.59 \text{ kN}$
Resistenza per rottura del singolo bullone	: $F_{T,bull} = 48.384 \text{ kN}$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{F_{T,bull}}{N_{max}} = 48.384 \text{ kN} / 3.59 \text{ kN} = 13.476$$

Verifica a trazione dei bulloni

Condizione più gravosa	: CC1 - SLU
Azione di trazione sull'ala	: $N_t = 7.317 \text{ kN}$
Trazione sulla fila di bulloni prossimi all'ala tesa	: $\sum N_e = 0.00 \text{ kN}$
Trazione massima sul singolo bullone della fila	: $N_{max} = 7.317 \text{ kN}$
Resistenza per rottura del singolo bullone	: $F_{T,bull} = 48.384 \text{ kN}$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{F_{T,bull}}{N_{max}} = 48.384 \text{ kN} / 7.317 \text{ kN} = 6.613$$

Verifica a taglio bulloni - Trave 1

L'azione torcente, se presente, viene ripartita tra tutti i bulloni in funzione della loro posizione rispetto al centro della

bullonatura:

RIPARTIZIONE MOMENTO TORCENTE								
BUL	d [mm]	ϕ [°]	CC	$M_{t,par}$ [kNm]	$M_{t,tot}$ [kNm]	$V_{T,Mt}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]
1	225.0	180.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	225.0	135.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	225.0	90.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	225.0	45.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	225.0	360.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	225.0	315.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	225.0	270.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	225.0	225.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dove:

BUL è il numero identificativo del bullone;

d è la distanza radiale tra il bullone analizzato e il centro della bullonatura;

ϕ è l'angolo, misurato rispetto alla direzione 2, della normale alla distanza " d " con verso pari a quello dell'azione torcente;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo bullone;

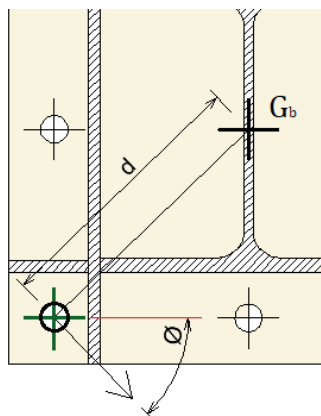
$M_{t,par}$ è il momento torcente parassita nato dall'eccentricità del punto di applicazione delle azioni di taglio rispetto al centro del sistema di bullonatura;

$M_{t,tot}$ è il momento torcente totale dato dalla somma tra il momento torcente parassita $M_{t,par}$ e il momento torcente M_t della condizione di carico analizzata.

$V_{T,Mt}$ è l'azione tagliante di competenza giacente sulla retta con angolo ϕ e passante per il centro del bullone;

$V_{T,Mt,2}$ è l'azione componente di $V_{T,Mt}$ lungo la direzione 2;

$V_{T,Mt,3}$ è l'azione componente di $V_{T,Mt}$ lungo la direzione 3;



Determinata l'azione derivante dal momento flettente le sue componenti nelle direzioni 2 e 3 vanno sommate alle azioni da taglio sui bulloni derivanti da V_2 e V_3 .

AZIONI TAGLIANTI TOTALI SUI BULLONI									
BUL	CC	$V_{T,2}$ [kN]	$V_{T,3}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]	$V_{T,2,tot}$ [kN]	$V_{T,3,tot}$ [kN]	V_T [kN]	β [°]
1	CC14 - SLU	-0.023	0.867	0.00	0.00	-0.023	0.867	0.867	91.52
2	CC14 - SLU	-0.023	0.867	0.00	0.00	-0.023	0.867	0.867	91.52
3	CC14 - SLU	-0.023	0.867	0.00	0.00	-0.023	0.867	0.867	91.52
4	CC14 - SLU	-0.023	0.867	0.00	0.00	-0.023	0.867	0.867	91.52
5	CC14 - SLU	-0.023	0.867	0.00	0.00	-0.023	0.867	0.867	91.52
6	CC14 - SLU	-0.023	0.867	0.00	0.00	-0.023	0.867	0.867	91.52
7	CC14 - SLU	-0.023	0.867	0.00	0.00	-0.023	0.867	0.867	91.52
8	CC14 - SLU	-0.023	0.867	0.00	0.00	-0.023	0.867	0.867	91.52

Dove:

BUL è il numero identificativo del bullone;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo bullone;

$V_{T,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione tagliente V_2 sul bullone analizzato;

$V_{T,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione tagliente V_3 sul bullone analizzato;

$V_{T,Mt,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione torcente sul bullone analizzato;

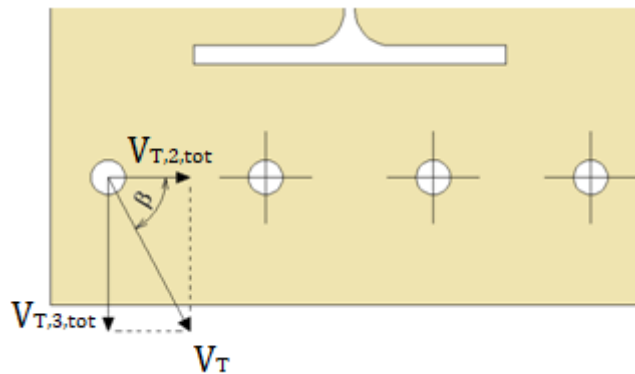
$V_{T,Mt,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione torcente sul bullone analizzato;

$V_{T,2,tot}$ è la somma tra $V_{T,2}$ e $V_{T,Mt,2}$;

$V_{T,3,tot}$ è la somma tra $V_{T,3}$ e $V_{T,Mt,3}$;

V_T è l'azione tagliente totale sul bullone data dalla somma vettoriale tra $V_{T,2,tot}$ e $V_{T,3,tot}$;

β è l'angolo di giacitura dell'azione V_T ;



Dalla tabella precedente si evince che l'azione massima tagliente totale sui bulloni dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico è:

$$V_t = 0.867 \text{ kN}$$

Affinché la verifica risulti soddisfatta per ogni bullone verrà dunque controllato che:

$$V_t \leq F_{V,bull,Rd}$$

Dove $F_{V,bull,Rd}$ è la resistenza a taglio del singolo bullone ottenuto come:

$$F_{V,bull,Rd} = \min(F_{v,Rd}, F_{b,Rd}) + \frac{F_{a,Rd}}{n}$$

Dove, ancora:

$F_{v,Rd}$ è la resistenza a taglio della vite;

$F_{b,Rd}$ è la resistenza a rifollamento;

$F_{a,Rd}$ è la resistenza fornita dall'attrito (se considerato);

Essendo, pertanto:

$$F_{v,Rd} = 43.429 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 22.948 \text{ kN}$$

$$F_{a,Rd} = 0.00 \text{ kN}$$

Si ottiene, essendo stata tenuta in conto la resistenza dell'attrito, la resistenza totale del singolo bullone.

$$F_{V,bull,Rd} = 22.948 \text{ kN}$$

La verifica è, pertanto, soddisfatta essendo

$$V_t \leq F_{V,bull,Rd}$$

con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{F_{V,bull,Rd}}{|V_T|} = 22.948 \text{ kN} / 0.867 \text{ kN} = 26.463$$

Verifica a taglio bulloni - Trave 2

L'azione torcente, se presente, viene ripartita tra tutti i bulloni in funzione della loro posizione rispetto al centro della bullonatura:

RIPARTIZIONE MOMENTO TORCENTE								
BUL	d [mm]	ϕ [°]	CC	$M_{t,par}$ [kNm]	$M_{t,tot}$ [kNm]	$V_{T,Mt}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]
1	225.0	180.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	225.0	225.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	225.0	270.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	225.0	315.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	225.0	0.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	225.0	45.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	225.0	90.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	225.0	135.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dove:

BUL è il numero identificativo del bullone;

d è la distanza radiale tra il bullone analizzato e il centro della bullonatura;

ϕ è l'angolo, misurato rispetto alla direzione 2, della normale alla distanza " d " con verso pari a quello dell'azione torcente;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo bullone;

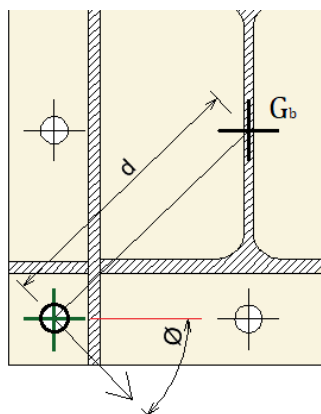
$M_{t,par}$ è il momento torcente parassita nato dall'eccentricità del punto di applicazione delle azioni di taglio rispetto al centro del sistema di bullonatura;

$M_{t,tot}$ è il momento torcente totale dato dalla somma tra il momento torcente parassita $M_{t,par}$ e il momento torcente M_t della condizione di carico analizzata.

$V_{T,Mt}$ è l'azione tagliante di competenza giacente sulla retta con angolo ϕ e passante per il centro del bullone;

$V_{T,Mt,2}$ è l'azione componente di $V_{T,Mt}$ lungo la direzione 2;

$V_{T,Mt,3}$ è l'azione componente di $V_{T,Mt}$ lungo la direzione 3;



Determinata l'azione derivante dal momento flettente le sue componenti nelle direzioni 2 e 3 vanno sommate alle azioni da taglio sui bulloni derivanti da V_2 e V_3 .

AZIONI TAGLIANTI TOTALI SUI BULLONI									
BUL	CC	$V_{T,2}$ [kN]	$V_{T,3}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]	$V_{T,2,tot}$ [kN]	$V_{T,3,tot}$ [kN]	V_T [kN]	β [°]
1	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
2	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
3	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59

4	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
5	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
6	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
7	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
8	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59

Dove:

BUL è il numero identificativo del bullone;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo bullone;

$V_{T,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione tagliente V_2 sul bullone analizzato;

$V_{T,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione tagliente V_3 sul bullone analizzato;

$V_{T,Mt,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione torcente sul bullone analizzato;

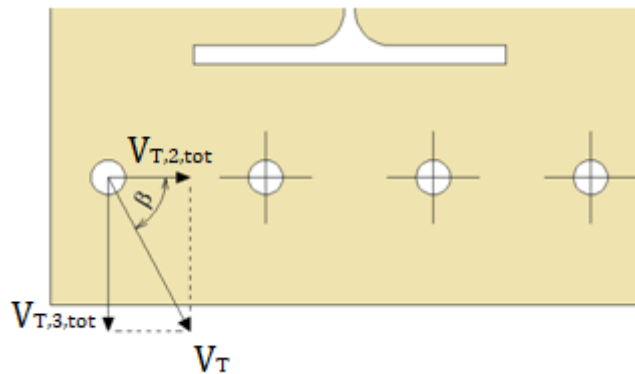
$V_{T,Mt,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione torcente sul bullone analizzato;

$V_{T,2,tot}$ è la somma tra $V_{T,2}$ e $V_{T,Mt,2}$;

$V_{T,3,tot}$ è la somma tra $V_{T,3}$ e $V_{T,Mt,3}$;

V_T è l'azione tagliente totale sul bullone data dalla somma vettoriale tra $V_{T,2,tot}$ e $V_{T,3,tot}$;

β è l'angolo di giacitura dell'azione V_T ;



Dalla tabella precedente si evince che l'azione massima tagliente totale sui bulloni dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico è:

$$V_t = 0.833 \text{ kN}$$

Affinché la verifica risulti soddisfatta per ogni bullone verrà dunque controllato che:

$$V_t \leq F_{V,bull,Rd}$$

Dove $F_{V,bull,Rd}$ è la resistenza a taglio del singolo bullone ottenuto come:

$$F_{V,bull,Rd} = \min(F_{v,Rd}, F_{b,Rd}) + \frac{F_{a,Rd}}{n}$$

Dove, ancora:

$F_{v,Rd}$ è la resistenza a taglio della vite;

$F_{b,Rd}$ è la resistenza a rifollamento;

$F_{a,Rd}$ è la resistenza fornita dall'attrito (se considerato);

Essendo, pertanto:

$$F_{v,Rd} = 43.429 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 22.948 \text{ kN}$$

$$F_{a,Rd} = 0.00 \text{ kN}$$

Si ottiene, essendo stata tenuta in conto la resistenza dell'attrito, la resistenza totale del singolo bullone.

$$F_{V,bull,Rd} = 22.948 \text{ kN}$$

La verifica è, pertanto, soddisfatta essendo

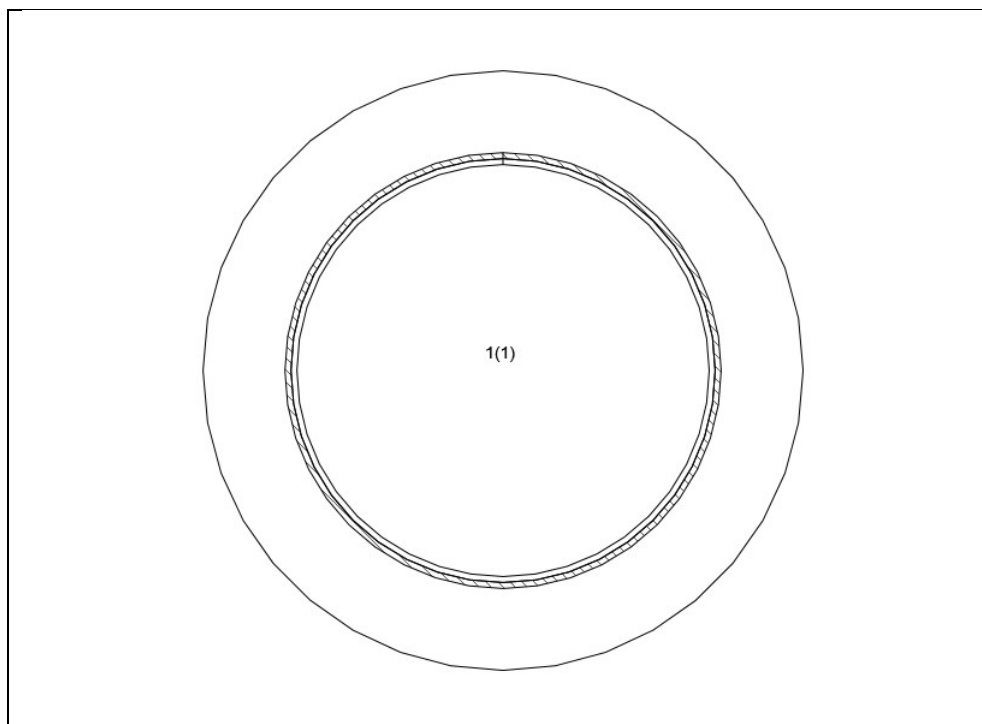
$$V_t \leq F_{V,bull,Rd}$$

con fattore di sicurezza pari a:

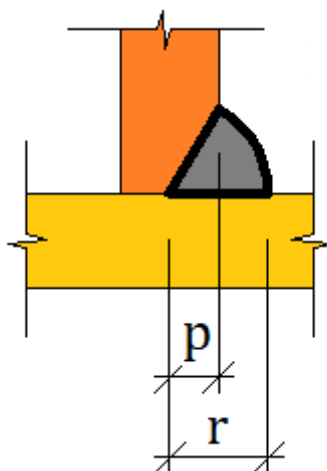
$$FS = \frac{F_{V,bull,Rd}}{|V_T|} = 22.948 \text{ kN} / 0.833 \text{ kN} = 27.554$$

Verifica saldatura - Trave 1

La trave è resa solidale alla flangia e agli eventuali rinforzi presenti per mezzo di saldature effettuate in officina. La disposizione e la numerazione di tutte le saldature a contatto con la piastra di base sono riportate nella figura seguente:



Gruppo	Lungh [mm]	Spess [mm]	Rientro [mm]	Cordoni
1	1116	5	0	1



La tabella seguente riporta, per la combinazione di carico più gravosa, il punto più sollecitato in ognuno dei cordoni della saldatura:

CRD	CC	t'_2 [N/mm ²]	t'_3 [N/mm ²]	n'_2 [N/mm ²]	t''_2 [N/mm ²]	t''_3 [N/mm ²]	n''_2 [N/mm ²]	$f_{w,Ed}$ [N/mm ²]
-----	----	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	------------------------------------

1	CC14 - SLU	-0.046	1.746	0.00	0.00	0.00	-14.265	14.372
---	------------	--------	-------	------	------	------	---------	--------

Dove:

CRD è il numero identificativo del cordone di saldatura;
CC è la Condizione di Carico più gravosa per il singolo cordone;
 t'_2 è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 2;
 t'_3 è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 3;
 n'_2 è la Tensione normale primaria da sforzo normale;
 t''_2 è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 2;
 t''_3 è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 3;
 n''_2 è la Tensione normale secondaria da sforzo normale;
 $f_{w,Ed}$ è la Tensione totale di progetto;

Dalla tabella precedente si evince che la massima Tensione totale di progetto, dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico, è:

$$f_{w,Ed} = 14.372 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a rottura elemento saldato più debole : $f_u = 360.00 \text{ N/mm}^2$
 Coefficiente di correlazione : $\beta_w = 0.80$
 Coefficiente di sicurezza collegamento : $\gamma_{M2} = 1.25$
 Resistenza di progetto della saldatura : $f_{w,Rd} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 74.463 \text{ N/mm}^2$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo

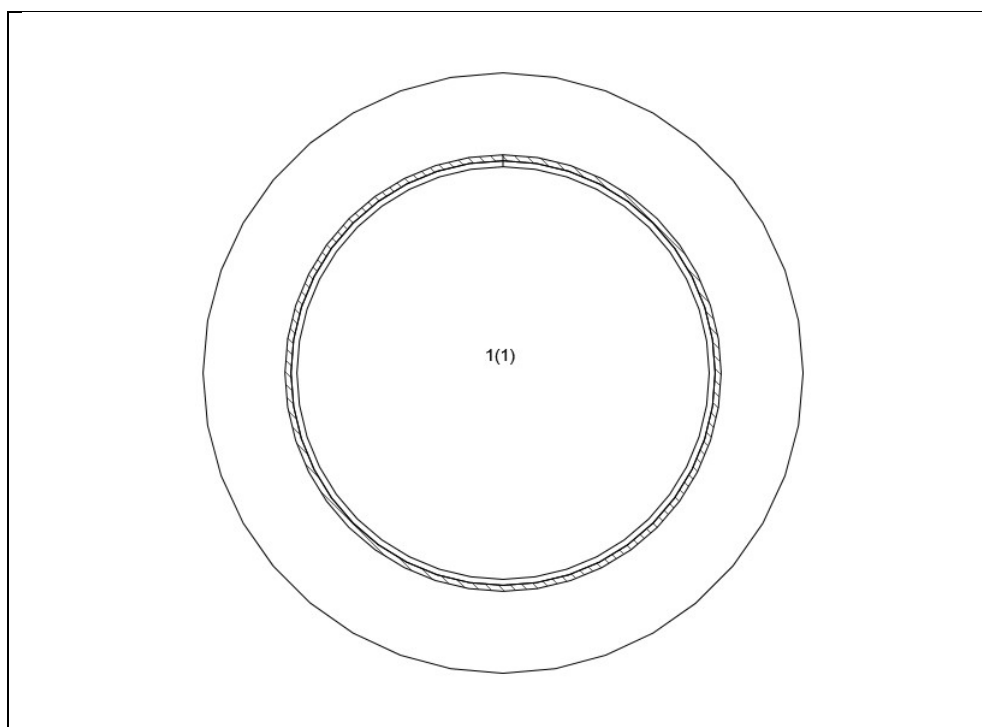
$$f_{w,Ed} \leq f_{w,Rd}$$

Il fattore di sicurezza è pari a:

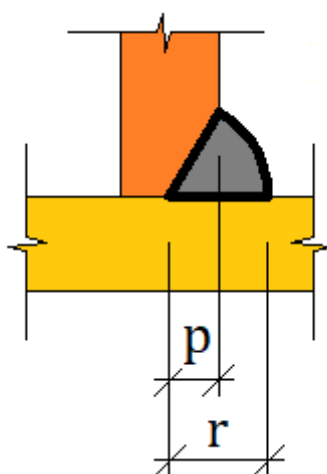
$$F.S. = \frac{f_{w,Rd}}{|f_{w,Ed}|} = 74.463 \text{ N/mm}^2 / 14.372 \text{ N/mm}^2 = 5.181$$

Verifica saldatura - Trave 2

La trave è resa solidale alla flangia e agli eventuali rinforzi presenti per mezzo di saldature effettuate in officina. La disposizione e la numerazione di tutte le saldature a contatto con la piastra di base sono riportate nella figura seguente:



Gruppo	Lungh [mm]	Spess [mm]	Rientro [mm]	Cordoni
1	1116	5	0	1



La tabella seguente riporta, per la combinazione di carico più gravosa, il punto più sollecitato in ognuno dei cordoni della saldatura:

CRD	CC	t'_2 [N/mm ²]	t'_3 [N/mm ²]	n'_2 [N/mm ²]	t''_2 [N/mm ²]	t''_3 [N/mm ²]	n''_2 [N/mm ²]	$f_{w,Ed}$ [N/mm ²]
1	CC14 - SLU	0.046	-1.677	0.00	0.00	0.00	-13.743	13.845

Dove:

- CRD** è il numero identificativo del cordone di saldatura;
CC è la Condizione di Carico più gravosa per il singolo cordone;
 t'_2 è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 2;
 t'_3 è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 3;
 n'_2 è la Tensione normale primaria da sforzo normale;
 t''_2 è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 2;
 t''_3 è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 3;
 n''_2 è la Tensione normale secondaria da sforzo normale;
 $f_{w,Ed}$ è la Tensione totale di progetto;

Dalla tabella precedente si evince che la massima Tensione totale di progetto, dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico, è:

$$f_{w,Ed} = 13.845 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a rottura elemento saldato più debole : $f_u = 360.00 \text{ N/mm}^2$

Coefficiente di correlazione : $\beta_w = 0.80$

Coefficiente di sicurezza collegamento : $\gamma_{M2} = 1.25$

Resistenza di progetto della saldatura : $f_{w,Rd} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_w \gamma_{M2}} = 74.463 \text{ N/mm}^2$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo

$$f_{w,Ed} \leq f_{w,Rd}$$

Il fattore di sicurezza è pari a:

$$F.S. = \frac{f_{w,Rd}}{|f_{w,Ed}|} = 74.463 \text{ N/mm}^2 / 13.845 \text{ N/mm}^2 = 5.378$$

Sintesi delle verifiche effettuate

TIPO VERIFICA	FS
Verifica della flangia soggetta a flessione - Trave 1	1.974
Verifica della flangia soggetta a flessione - Trave 2	2.049
Verifica a trazione dei bulloni - Trave 1	12.983
Verifica a trazione dei bulloni - Trave 2	13.476
Verifica a trazione dei bulloni	6.613
Verifica a taglio bulloni - Trave 1	26.463
Verifica a taglio bulloni - Trave 2	27.554
Verifica saldatura - Trave 1	5.181
Verifica saldatura - Trave 2	5.378

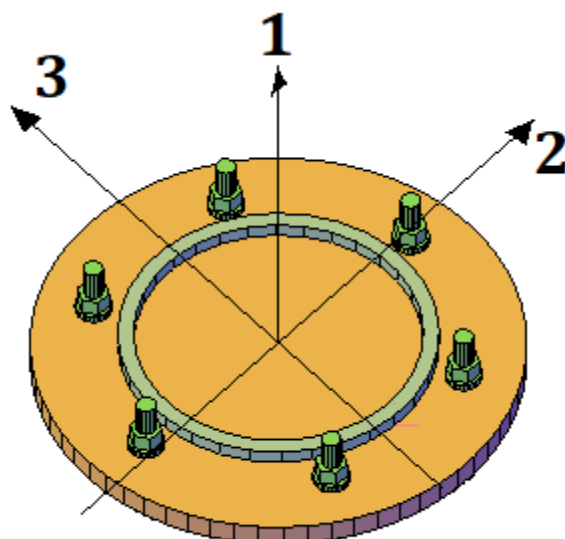
4.5.8 Nodo 22

4.5.8.1 UdF 7 (Nodo 22)

COLLEGAMENTO TRAVE - TRAVE CON PIASTRA DI ESTREMITÀ "TMA-006 (tr)"

Il collegamento viene realizzato saldando una piastra (flangia) in acciaio all'estremità di ognuna delle due travi, disponendo e bullonando testa a testa il sistema così costituito: flangia 1 – flangia 2.

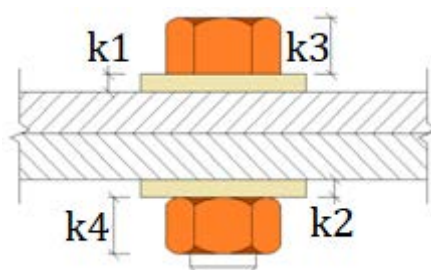
Il sistema di riferimento locale adottato prevede l'origine disposto nel punto di intersezione tra l'asse dei due profilati con la direzione 1 disposta lungo l'asse del profilato con verso positivo se si allontana dalla nodo, la direzione 2 e 3 nel piano dell'anima della flangia.

Dati:

Asta profilato trave 1	: Asta 57 (22-21)
Asta profilato trave 2	: Asta 56 (23-22)
Sezione trasversale profilato travi	: CHS355x5.0
Acciaio Sezione trasversale profilato travi	: Acciaio (1)
Acciaio flangie	: Acciaio (1)
Forma flangie	: Circolare
Dimensioni flangia trave 1 ($D \times t$)	: 503.0 mm x 10.0 mm
Dimensioni flangia trave 2 ($D \times t$)	: 503.0 mm x 10.0 mm
Bulloni	: 8 x M12.0 / 8.8
Diametro fori piastra	: 13.0 mm

Dati bulloni

: K1 = 0.0 mm
: K2 = 0.0 mm
: K3 = 7.5 mm
: K4 = 10.8 mm
: $A_s = 84.00 \text{ mm}^2$
: $F_{yb} = 640.00 \text{ N/mm}^2$
: $F_{ub} = 800.00 \text{ N/mm}^2$



Rispetto al sistema di riferimento (centro piastra) i centri delle forature sulla piastra, per il passaggio dei bulloni, presenteranno le seguenti coordinate:

Foro	Dir 2 [mm]	Dir 3 [mm]
1	0.0	225.0

2	159.1	159.1
3	225.0	0.0
4	159.1	-159.1
5	0.0	-225.0
6	-159.1	-159.1
7	-225.0	0.0
8	-159.1	159.1

Le sollecitazioni esterne agenti sul collegamento sono di seguito riportate considerando che le azioni assiali e taglianti N, V2 e V3 agiscono rispettivamente lungo le direzioni 1, 2 e 3 e presentano segno positivo se concordi con quelli del sistema di riferimento mentre le azioni flettenti e torsionali M2, M3 e Mt agiscono rispettivamente attorno agli assi 2, 3 e 1. Il momento M2 è positivo se comprime i punti della piastra disposti con dir 3 > 0 mentre il momento M3 è positivo se comprime i punti della piastra disposti con dir 2 > 0.

		N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	Mt [kNm]
Asta 57 (22-21)	CC1 - SLU	0.00	0.00	6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC2 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC3 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC4 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC5 - SLU	0.00	0.00	6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC6 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC7 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC8 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC9 - SLU	0.00	0.00	6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC10 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC11 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC12 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC13 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC14 - SLU	0.00	-0.184	6.66	-4.84	-0.134	0.00
Asta 57 (22-21)	CC15 - SLU	0.00	-0.184	5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 57 (22-21)	CC16 - SLU	0.00	-0.184	5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 57 (22-21)	CC17 - SLU	0.00	-0.184	5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 57 (22-21)	CC18 - SLU	0.00	-0.307	5.94	-4.317	-0.223	0.00
Asta 57 (22-21)	CC19 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC20 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC1 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC2 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC3 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC4 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC5 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC6 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC7 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC8 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC9 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC10 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC11 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC12 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC13 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC14 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC15 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 57 (22-21)	CC16 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC1 - SLU	0.00	0.00	-6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC2 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC3 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00

Asta 56 (23-22)	CC4 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC5 - SLU	0.00	0.00	-6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC6 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC7 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC8 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC9 - SLU	0.00	0.00	-6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC10 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC11 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC12 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC13 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC14 - SLU	0.00	0.184	-6.66	-4.84	-0.134	0.00
Asta 56 (23-22)	CC15 - SLU	0.00	0.184	-5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 56 (23-22)	CC16 - SLU	0.00	0.184	-5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 56 (23-22)	CC17 - SLU	0.00	0.184	-5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 56 (23-22)	CC18 - SLU	0.00	0.307	-5.94	-4.317	-0.223	0.00
Asta 56 (23-22)	CC19 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC20 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC1 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC2 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC3 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC4 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC5 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC6 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC7 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC8 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC9 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC10 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC11 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC12 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC13 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC14 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC15 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC16 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00

Verifica della flangia soggetta a flessione - Trave 1

Condizione più gravosa	: CC1 - SLU
Tiro massimo sui bulloni	: $F_{bull,max} = 3.59 \text{ kN}$
Momento flettente per trazione bulloni	: $M_{fl,bull} = 0.169 \text{ kNm}$
Resistenza a flessione sezione di verifica flangia	: $M_{fl,Rd} = 0.347 \text{ kNm}$

La verifica risulta soddisfatta essendo

$$|M_{fl,bull}| \leq M_{fl,Rd}$$

Il fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{M_{fl,Rd}}{|M_{fl,bull}|} = 0.347 \text{ kNm} / 0.169 \text{ kNm} = 2.049$$

Verifica della flangia soggetta a flessione - Trave 2

Condizione più gravosa	: CC1 - SLU
Tiro massimo sui bulloni	: $F_{bull,max} = 3.59 \text{ kN}$

Momento flettente per trazione bulloni : $M_{fl,bull} = 0.169 \text{ kNm}$
 Resistenza a flessione sezione di verifica flangia : $M_{fl,Rd} = 0.347 \text{ kNm}$

La verifica risulta soddisfatta essendo

$$|M_{fl,bull}| \leq M_{fl,Rd}$$

Il fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{M_{fl,Rd}}{|M_{fl,bull}|} = 0.347 \text{ kNm} / 0.169 \text{ kNm} = 2.049$$

Verifica a trazione dei bulloni - Trave 1

Condizione più gravosa : CC1 - SLU
 Azione di trazione sull'ala : $N_t = 0.00 \text{ kN}$
 Trazione sulla fila di bulloni prossimi all'ala tesa : $\sum N_e = 0.00 \text{ kN}$
 Trazione massima sul singolo bullone della fila : $N_{max} = 3.59 \text{ kN}$
 Resistenza per rottura del singolo bullone : $F_{T,bull} = 48.384 \text{ kN}$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{F_{T,bull}}{N_{max}} = 48.384 \text{ kN} / 3.59 \text{ kN} = 13.476$$

Verifica a trazione dei bulloni - Trave 2

Condizione più gravosa : CC1 - SLU
 Azione di trazione sull'ala : $N_t = 0.00 \text{ kN}$
 Trazione sulla fila di bulloni prossimi all'ala tesa : $\sum N_e = 0.00 \text{ kN}$
 Trazione massima sul singolo bullone della fila : $N_{max} = 3.59 \text{ kN}$
 Resistenza per rottura del singolo bullone : $F_{T,bull} = 48.384 \text{ kN}$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{F_{T,bull}}{N_{max}} = 48.384 \text{ kN} / 3.59 \text{ kN} = 13.476$$

Verifica a trazione dei bulloni

Condizione più gravosa : CC1 - SLU
 Azione di trazione sull'ala : $N_t = 7.181 \text{ kN}$
 Trazione sulla fila di bulloni prossimi all'ala tesa : $\sum N_e = 0.00 \text{ kN}$
 Trazione massima sul singolo bullone della fila : $N_{max} = 7.181 \text{ kN}$
 Resistenza per rottura del singolo bullone : $F_{T,bull} = 48.384 \text{ kN}$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{F_{T,bull}}{N_{max}} = 48.384 \text{ kN} / 7.181 \text{ kN} = 6.738$$

Verifica a taglio bulloni - Trave 1

L'azione torcente, se presente, viene ripartita tra tutti i bulloni in funzione della loro posizione rispetto al centro della bullonatura:

RIPARTIZIONE MOMENTO TORCENTE								
BUL	d [mm]	ϕ [°]	CC	$M_{t,par}$ [kNm]	$M_{t,tot}$ [kNm]	$V_{T,Mt}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]
1	225.0	180.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	225.0	135.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	225.0	90.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	225.0	45.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	225.0	360.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	225.0	315.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	225.0	270.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	225.0	225.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dove:

BUL è il numero identificativo del bullone;

d è la distanza radiale tra il bullone analizzato e il centro della bullonatura;

ϕ è l'angolo, misurato rispetto alla direzione 2, della normale alla distanza " d " con verso pari a quello dell'azione torcente;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo bullone;

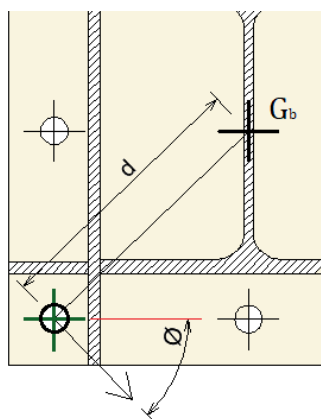
$M_{t,par}$ è il momento torcente parassita nato dall'eccentricità del punto di applicazione delle azioni di taglio rispetto al centro del sistema di bullonatura;

$M_{t,tot}$ è il momento torcente totale dato dalla somma tra il momento torcente parassita $M_{t,par}$ e il momento torcente M_t della condizione di carico analizzata.

$V_{T,Mt}$ è l'azione tagliente di competenza giacente sulla retta con angolo ϕ e passante per il centro del bullone;

$V_{T,Mt,2}$ è l'azione componente di $V_{T,Mt}$ lungo la direzione 2;

$V_{T,Mt,3}$ è l'azione componente di $V_{T,Mt}$ lungo la direzione 3;



Determinata l'azione derivante dal momento flettente le sue componenti nelle direzioni 2 e 3 vanno sommate alle azioni da taglio sui bulloni derivanti da V_2 e V_3 .

AZIONI TAGLIANTI TOTALI SUI BULLONI									
BUL	CC	$V_{T,2}$ [kN]	$V_{T,3}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]	$V_{T,2,tot}$ [kN]	$V_{T,3,tot}$ [kN]	V_T [kN]	β [°]
1	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
2	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
3	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
4	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
5	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
6	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
7	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
8	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59

Dove:

BUL è il numero identificativo del bullone;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo bullone;

$V_{T,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione tagliente V_2 sul bullone analizzato;

$V_{T,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione tagliente V_3 sul bullone analizzato;

$V_{T,Mt,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione torcente sul bullone analizzato;

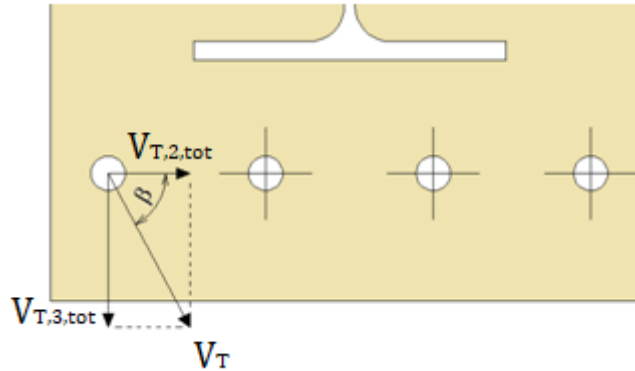
$V_{T,Mt,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione torcente sul bullone analizzato;

$V_{T,2,tot}$ è la somma tra $V_{T,2}$ e $V_{T,Mt,2}$;

$V_{T,3,tot}$ è la somma tra $V_{T,3}$ e $V_{T,Mt,3}$;

V_T è l'azione tagliente totale sul bullone data dalla somma vettoriale tra $V_{T,2,tot}$ e $V_{T,3,tot}$;

β è l'angolo di giacitura dell'azione V_T ;



Dalla tabella precedente si evince che l'azione massima tagliente totale sui bulloni dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico è:

$$V_t = 0.833 \text{ kN}$$

Affinché la verifica risulti soddisfatta per ogni bullone verrà dunque controllato che:

$$V_t \leq F_{V,bull,Rd}$$

Dove $F_{V,bull,Rd}$ è la resistenza a taglio del singolo bullone ottenuto come:

$$F_{V,bull,Rd} = \min(F_{v,Rd}, F_{b,Rd}) + \frac{F_{a,Rd}}{n}$$

Dove, ancora:

$F_{v,Rd}$ è la resistenza a taglio della vite;

$F_{b,Rd}$ è la resistenza a rifollamento;

$F_{a,Rd}$ è la resistenza fornita dall'attrito (se considerato);

Essendo, pertanto:

$$F_{v,Rd} = 43.429 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 22.948 \text{ kN}$$

$$F_{a,Rd} = 0.00 \text{ kN}$$

Si ottiene, essendo stata tenuta in conto la resistenza dell'attrito, la resistenza totale del singolo bullone.

$$F_{V,bull,Rd} = 22.948 \text{ kN}$$

La verifica è, pertanto, soddisfatta essendo

$$V_t \leq F_{V,bull,Rd}$$

con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{F_{V,bull,Rd}}{|V_T|} = 22.948 \text{ kN} / 0.833 \text{ kN} = 27.554$$

Verifica a taglio bulloni - Trave 2

L'azione torcente, se presente, viene ripartita tra tutti i bulloni in funzione della loro posizione rispetto al centro della bullonatura:

RIPARTIZIONE MOMENTO TORCENTE								
BUL	d [mm]	ϕ [°]	CC	$M_{t,par}$ [kNm]	$M_{t,tot}$ [kNm]	$V_{T,Mt}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]
1	225.0	180.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	225.0	225.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	225.0	270.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	225.0	315.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	225.0	0.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	225.0	45.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	225.0	90.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	225.0	135.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dove:

BUL è il numero identificativo del bullone;

d è la distanza radiale tra il bullone analizzato e il centro della bullonatura;

ϕ è l'angolo, misurato rispetto alla direzione 2, della normale alla distanza " d " con verso pari a quello dell'azione torcente;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo bullone;

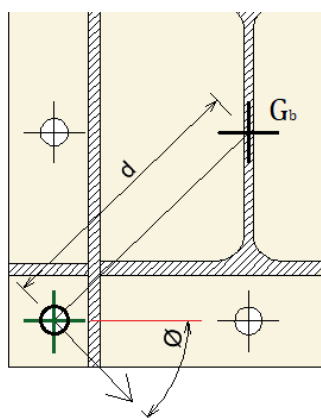
$M_{t,par}$ è il momento torcente parassita nato dall'eccentricità del punto di applicazione delle azioni di taglio rispetto al centro del sistema di bullonatura;

$M_{t,tot}$ è il momento torcente totale dato dalla somma tra il momento torcente parassita $M_{t,par}$ e il momento torcente M_t della condizione di carico analizzata.

$V_{T,Mt}$ è l'azione tagliante di competenza giacente sulla retta con angolo ϕ e passante per il centro del bullone;

$V_{T,Mt,2}$ è l'azione componente di $V_{T,Mt}$ lungo la direzione 2;

$V_{T,Mt,3}$ è l'azione componente di $V_{T,Mt}$ lungo la direzione 3;



Determinata l'azione derivante dal momento flettente le sue componenti nelle direzioni 2 e 3 vanno sommate alle azioni da taglio sui bulloni derivanti da V_2 e V_3 .

AZIONI TAGLIANTI TOTALI SUI BULLONI									
BUL	CC	$V_{T,2}$ [kN]	$V_{T,3}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]	$V_{T,2,tot}$ [kN]	$V_{T,3,tot}$ [kN]	V_T [kN]	β [°]
1	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
2	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
3	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
4	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
5	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59

6	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
7	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
8	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59

Dove:

BUL è il numero identificativo del bullone;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo bullone;

$V_{T,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione tagliente V_2 sul bullone analizzato;

$V_{T,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione tagliente V_3 sul bullone analizzato;

$V_{T,Mt,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione torcente sul bullone analizzato;

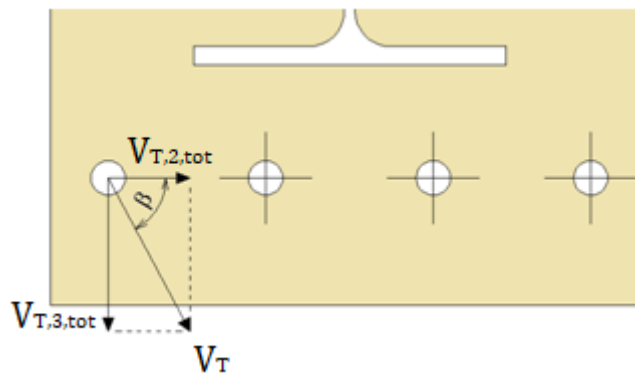
$V_{T,Mt,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione torcente sul bullone analizzato;

$V_{T,2,tot}$ è la somma tra $V_{T,2}$ e $V_{T,Mt,2}$;

$V_{T,3,tot}$ è la somma tra $V_{T,3}$ e $V_{T,Mt,3}$;

V_T è l'azione tagliente totale sul bullone data dalla somma vettoriale tra $V_{T,2,tot}$ e $V_{T,3,tot}$;

β è l'angolo di giacitura dell'azione V_T ;



Dalla tabella precedente si evince che l'azione massima tagliente totale sui bulloni dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico è:

$$V_t = 0.833 \text{ kN}$$

Affinché la verifica risulti soddisfatta per ogni bullone verrà dunque controllato che:

$$V_t \leq F_{V,bull,Rd}$$

Dove $F_{V,bull,Rd}$ è la resistenza a taglio del singolo bullone ottenuto come:

$$F_{V,bull,Rd} = \min(F_{v,Rd}, F_{b,Rd}) + \frac{F_{a,Rd}}{n}$$

Dove, ancora:

$F_{v,Rd}$ è la resistenza a taglio della vite;

$F_{b,Rd}$ è la resistenza a rifollamento;

$F_{a,Rd}$ è la resistenza fornita dall'attrito (se considerato);

Essendo, pertanto:

$$F_{v,Rd} = 43.429 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 22.948 \text{ kN}$$

$$F_{a,Rd} = 0.00 \text{ kN}$$

Si ottiene, essendo stata tenuta in conto la resistenza dell'attrito, la resistenza totale del singolo bullone.

$$F_{V,bull,Rd} = 22.948 \text{ kN}$$

La verifica è, pertanto, soddisfatta essendo

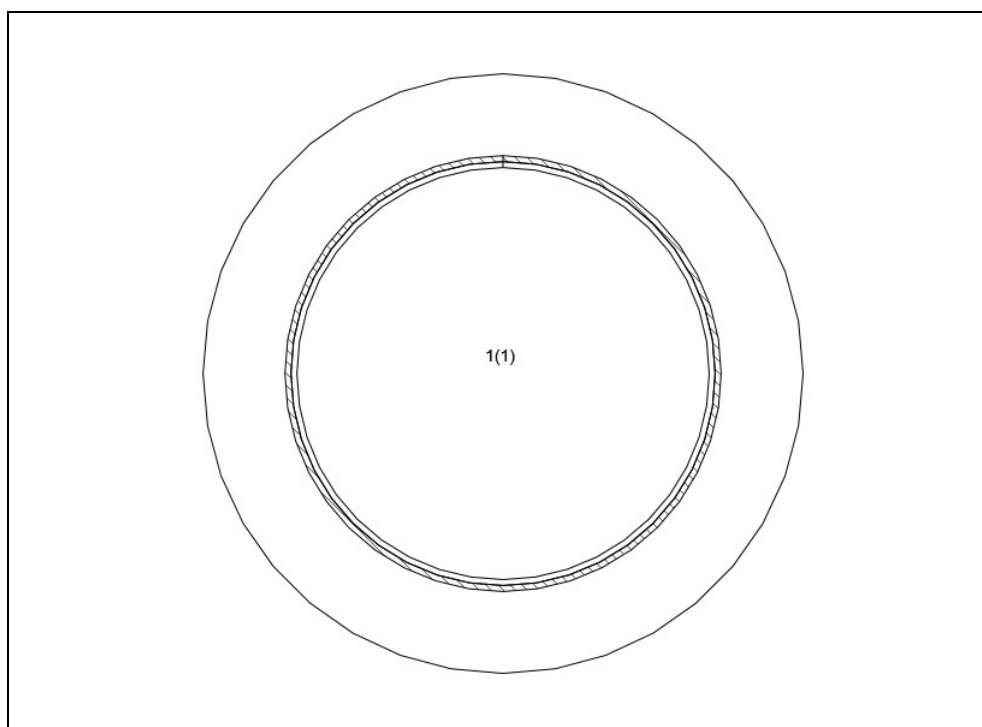
$$V_t \leq F_{V,bull,Rd}$$

con fattore di sicurezza pari a:

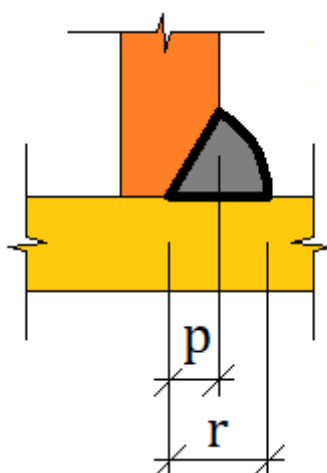
$$FS = \frac{F_{V,bull,Rd}}{|V_T|} = 22.948 \text{ kN} / 0.833 \text{ kN} = 27.554$$

Verifica saldatura - Trave 1

La trave è resa solidale alla flangia e agli eventuali rinforzi presenti per mezzo di saldature effettuate in officina. La disposizione e la numerazione di tutte le saldature a contatto con la piastra di base sono riportate nella figura seguente:



Gruppo	Lungh [mm]	Spess [mm]	Rientro [mm]	Cordoni
1	1116	5	0	1



La tabella seguente riporta, per la combinazione di carico più gravosa, il punto più sollecitato in ognuno dei cordoni della saldatura:

CRD	CC	t'_2 [N/mm ²]	t'_3 [N/mm ²]	n'_2 [N/mm ²]	t''_2 [N/mm ²]	t''_3 [N/mm ²]	n''_2 [N/mm ²]	$f_{w,Ed}$ [N/mm ²]
1	CC14 - SLU	-0.046	1.677	0.00	0.00	0.00	-13.743	13.845

Dove:

CRD è il numero identificativo del cordone di saldatura;
CC è la Condizione di Carico più gravosa per il singolo cordone;
 t'_2 è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 2;
 t'_3 è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 3;
 n'_2 è la Tensione normale primaria da sforzo normale;
 t''_2 è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 2;
 t''_3 è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 3;
 n''_2 è la Tensione normale secondaria da sforzo normale;
 $f_{w,Ed}$ è la Tensione totale di progetto;

Dalla tabella precedente si evince che la massima Tensione totale di progetto, dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico, è:

$$f_{w,Ed} = 13.845 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a rottura elemento saldato più debole : $f_u = 360.00 \text{ N/mm}^2$
 Coefficiente di correlazione : $\beta_w = 0.80$
 Coefficiente di sicurezza collegamento : $\gamma_{M2} = 1.25$
 Resistenza di progetto della saldatura : $f_{w,Rd} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 74.463 \text{ N/mm}^2$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo

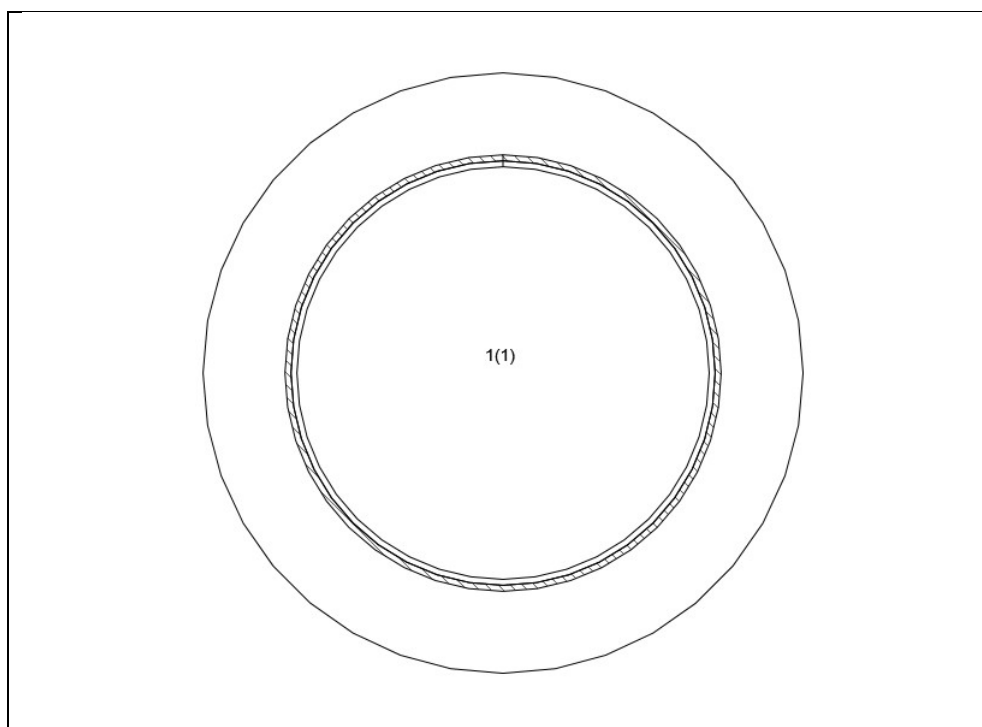
$$f_{w,Ed} \leq f_{w,Rd}$$

Il fattore di sicurezza è pari a:

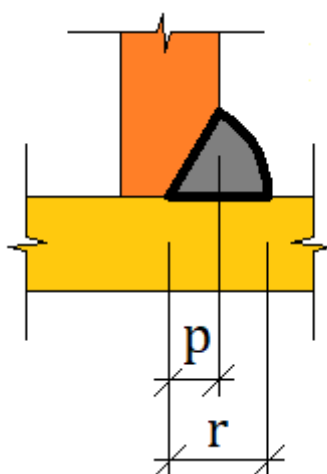
$$F.S. = \frac{f_{w,Rd}}{|f_{w,Ed}|} = 74.463 \text{ N/mm}^2 / 13.845 \text{ N/mm}^2 = 5.378$$

Verifica saldatura - Trave 2

La trave è resa solidale alla flangia e agli eventuali rinforzi presenti per mezzo di saldature effettuate in officina. La disposizione e la numerazione di tutte le saldature a contatto con la piastra di base sono riportate nella figura seguente:



Gruppo	Lungh [mm]	Spess [mm]	Rientro [mm]	Cordoni
1	1116	5	0	1



La tabella seguente riporta, per la combinazione di carico più gravosa, il punto più sollecitato in ognuno dei cordoni della saldatura:

<i>CRD</i>	<i>CC</i>	t'_2 [N/mm ²]	t'_3 [N/mm ²]	n'_2 [N/mm ²]	t''_2 [N/mm ²]	t''_3 [N/mm ²]	n''_2 [N/mm ²]	$f_{w,Ed}$ [N/mm ²]
1	CC14 - SLU	0.046	-1.677	0.00	0.00	0.00	-13.743	13.845

Dove:

- CRD*** è il numero identificativo del cordone di saldatura;
CC è la Condizione di Carico più gravosa per il singolo cordone;
 t'_2 è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 2;
 t'_3 è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 3;
 n'_2 è la Tensione normale primaria da sforzo normale;
 t''_2 è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 2;
 t''_3 è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 3;
 n''_2 è la Tensione normale secondaria da sforzo normale;
 $f_{w,Ed}$ è la Tensione totale di progetto;

Dalla tabella precedente si evince che la massima Tensione totale di progetto, dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico, è:

$$f_{w,Ed} = 13.845 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a rottura elemento saldato più debole : $f_u = 360.00 \text{ N/mm}^2$
 Coefficiente di correlazione : $\beta_w = 0.80$
 Coefficiente di sicurezza collegamento : $\gamma_{M2} = 1.25$
 Resistenza di progetto della saldatura : $f_{w,Rd} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 74.463 \text{ N/mm}^2$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo

$$f_{w,Ed} \leq f_{w,Rd}$$

Il fattore di sicurezza è pari a:

$$F.S. = \frac{f_{w,Rd}}{|f_{w,Ed}|} = 74.463 \text{ N/mm}^2 / 13.845 \text{ N/mm}^2 = 5.378$$

Sintesi delle verifiche effettuate

TIPO VERIFICA	FS
Verifica della flangia soggetta a flessione - Trave 1	2.049
Verifica della flangia soggetta a flessione - Trave 2	2.049
Verifica a trazione dei bulloni - Trave 1	13.476
Verifica a trazione dei bulloni - Trave 2	13.476
Verifica a trazione dei bulloni	6.738
Verifica a taglio bulloni - Trave 1	27.554
Verifica a taglio bulloni - Trave 2	27.554
Verifica saldatura - Trave 1	5.378
Verifica saldatura - Trave 2	5.378

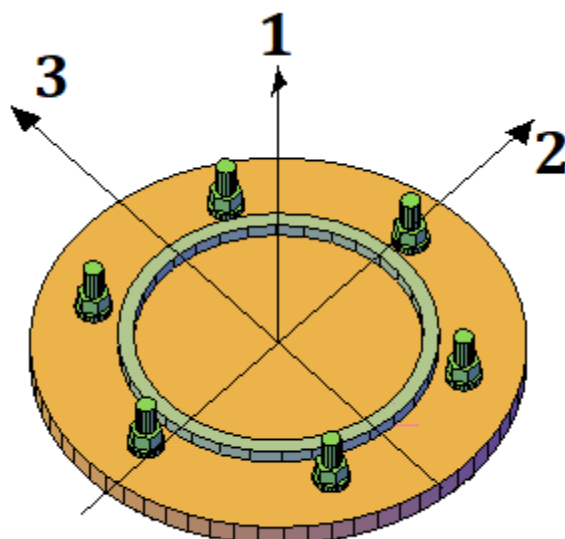
4.5.9 Nodo 23

4.5.9.1 UdF 8 (Nodo 23)

COLLEGAMENTO TRAVE - TRAVE CON PIASTRA DI ESTREMITÀ "TMA-006 (tr)"

Il collegamento viene realizzato saldando una piastra (flangia) in acciaio all'estremità di ognuna delle due travi, disponendo e bullonando testa a testa il sistema così costituito: flangia 1 – flangia 2.

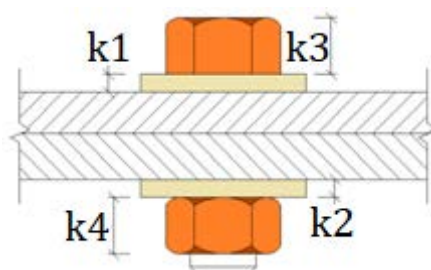
Il sistema di riferimento locale adottato prevede l'origine disposto nel punto di intersezione tra l'asse dei due profilati con la direzione 1 disposta lungo l'asse del profilato con verso positivo se si allontana dalla nodo, la direzione 2 e 3 nel piano dell'anima della flangia.

Dati:

Asta profilato trave 1	: Asta 56 (23-22)
Asta profilato trave 2	: Asta 55 (24-23)
Sezione trasversale profilato travi	: CHS355x5.0
Acciaio Sezione trasversale profilato travi	: Acciaio (1)
Acciaio flangie	: Acciaio (1)
Forma flangie	: Circolare
Dimensioni flangia trave 1 ($D \times t$)	: 503.0 mm x 10.0 mm
Dimensioni flangia trave 2 ($D \times t$)	: 503.0 mm x 10.0 mm
Bulloni	: 8 x M12.0 / 8.8
Diametro fori piastra	: 13.0 mm

Dati bulloni

: K1 = 0.0 mm
: K2 = 0.0 mm
: K3 = 7.5 mm
: K4 = 10.8 mm
: $A_s = 84.00 \text{ mm}^2$
: $F_{yb} = 640.00 \text{ N/mm}^2$
: $F_{ub} = 800.00 \text{ N/mm}^2$



Rispetto al sistema di riferimento (centro piastra) i centri delle forature sulla piastra, per il passaggio dei bulloni, presenteranno le seguenti coordinate:

Foro	Dir 2 [mm]	Dir 3 [mm]
1	0.0	225.0

2	159.1	159.1
3	225.0	0.0
4	159.1	-159.1
5	0.0	-225.0
6	-159.1	-159.1
7	-225.0	0.0
8	-159.1	159.1

Le sollecitazioni esterne agenti sul collegamento sono di seguito riportate considerando che le azioni assiali e taglianti N, V2 e V3 agiscono rispettivamente lungo le direzioni 1, 2 e 3 e presentano segno positivo se concordi con quelli del sistema di riferimento mentre le azioni flettenti e torsionali M2, M3 e Mt agiscono rispettivamente attorno agli assi 2, 3 e 1. Il momento M2 è positivo se comprime i punti della piastra disposti con $\text{dir } 3 > 0$ mentre il momento M3 è positivo se comprime i punti della piastra disposti con $\text{dir } 2 > 0$.

		N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	Mt [kNm]
Asta 56 (23-22)	CC1 - SLU	0.00	0.00	6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC2 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC3 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC4 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC5 - SLU	0.00	0.00	6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC6 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC7 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC8 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC9 - SLU	0.00	0.00	6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC10 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC11 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC12 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC13 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC14 - SLU	0.00	-0.184	6.66	-4.84	-0.134	0.00
Asta 56 (23-22)	CC15 - SLU	0.00	-0.184	5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 56 (23-22)	CC16 - SLU	0.00	-0.184	5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 56 (23-22)	CC17 - SLU	0.00	-0.184	5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 56 (23-22)	CC18 - SLU	0.00	-0.307	5.94	-4.317	-0.223	0.00
Asta 56 (23-22)	CC19 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC20 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC1 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC2 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC3 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC4 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC5 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC6 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC7 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC8 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC9 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC10 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC11 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC12 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC13 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC14 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC15 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 56 (23-22)	CC16 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC1 - SLU	0.00	0.00	-6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC2 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC3 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00

Asta 55 (24-23)	CC4 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC5 - SLU	0.00	0.00	-6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC6 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC7 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC8 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC9 - SLU	0.00	0.00	-6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC10 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC11 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC12 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC13 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC14 - SLU	0.00	0.184	-6.66	-4.84	-0.134	0.00
Asta 55 (24-23)	CC15 - SLU	0.00	0.184	-5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 55 (24-23)	CC16 - SLU	0.00	0.184	-5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 55 (24-23)	CC17 - SLU	0.00	0.184	-5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 55 (24-23)	CC18 - SLU	0.00	0.307	-5.94	-4.317	-0.223	0.00
Asta 55 (24-23)	CC19 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC20 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC1 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC2 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC3 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC4 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC5 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC6 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC7 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC8 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC9 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC10 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC11 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC12 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC13 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC14 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC15 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC16 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00

Verifica della flangia soggetta a flessione - Trave 1

Condizione più gravosa	: CC1 - SLU
Tiro massimo sui bulloni	: $F_{bull,max} = 3.59 \text{ kN}$
Momento flettente per trazione bulloni	: $M_{fl,bull} = 0.169 \text{ kNm}$
Resistenza a flessione sezione di verifica flangia	: $M_{fl,rd} = 0.347 \text{ kNm}$

La verifica risulta soddisfatta essendo

$$|M_{fl,bull}| \leq M_{fl,Rd}$$

Il fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{M_{fl,Rd}}{|M_{fl,bull}|} = 0.347 \text{ kNm} / 0.169 \text{ kNm} = 2.049$$

Verifica della flangia soggetta a flessione - Trave 2

Condizione più gravosa	: CC1 - SLU
Tiro massimo sui bulloni	: $F_{bull,max} = 3.59 \text{ kN}$

Momento flettente per trazione bulloni : $M_{fl,bull} = 0.169 \text{ kNm}$
 Resistenza a flessione sezione di verifica flangia : $M_{fl,Rd} = 0.347 \text{ kNm}$

La verifica risulta soddisfatta essendo

$$|M_{fl,bull}| \leq M_{fl,Rd}$$

Il fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{M_{fl,Rd}}{|M_{fl,bull}|} = 0.347 \text{ kNm} / 0.169 \text{ kNm} = 2.049$$

Verifica a trazione dei bulloni - Trave 1

Condizione più gravosa : CC1 - SLU
 Azione di trazione sull'ala : $N_t = 0.00 \text{ kN}$
 Trazione sulla fila di bulloni prossimi all'ala tesa : $\sum N_e = 0.00 \text{ kN}$
 Trazione massima sul singolo bullone della fila : $N_{max} = 3.59 \text{ kN}$
 Resistenza per rottura del singolo bullone : $F_{T,bull} = 48.384 \text{ kN}$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{F_{T,bull}}{N_{max}} = 48.384 \text{ kN} / 3.59 \text{ kN} = 13.476$$

Verifica a trazione dei bulloni - Trave 2

Condizione più gravosa : CC1 - SLU
 Azione di trazione sull'ala : $N_t = 0.00 \text{ kN}$
 Trazione sulla fila di bulloni prossimi all'ala tesa : $\sum N_e = 0.00 \text{ kN}$
 Trazione massima sul singolo bullone della fila : $N_{max} = 3.59 \text{ kN}$
 Resistenza per rottura del singolo bullone : $F_{T,bull} = 48.384 \text{ kN}$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{F_{T,bull}}{N_{max}} = 48.384 \text{ kN} / 3.59 \text{ kN} = 13.476$$

Verifica a trazione dei bulloni

Condizione più gravosa : CC1 - SLU
 Azione di trazione sull'ala : $N_t = 7.181 \text{ kN}$
 Trazione sulla fila di bulloni prossimi all'ala tesa : $\sum N_e = 0.00 \text{ kN}$
 Trazione massima sul singolo bullone della fila : $N_{max} = 7.181 \text{ kN}$
 Resistenza per rottura del singolo bullone : $F_{T,bull} = 48.384 \text{ kN}$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{F_{T,bull}}{N_{max}} = 48.384 \text{ kN} / 7.181 \text{ kN} = 6.738$$

Verifica a taglio bulloni - Trave 1

L'azione torcente, se presente, viene ripartita tra tutti i bulloni in funzione della loro posizione rispetto al centro della bullonatura:

RIPARTIZIONE MOMENTO TORCENTE								
BUL	d [mm]	ϕ [°]	CC	$M_{t,par}$ [kNm]	$M_{t,tot}$ [kNm]	$V_{T,Mt}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]
1	225.0	180.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	225.0	135.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	225.0	90.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	225.0	45.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	225.0	360.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	225.0	315.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	225.0	270.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	225.0	225.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dove:

BUL è il numero identificativo del bullone;

d è la distanza radiale tra il bullone analizzato e il centro della bullonatura;

ϕ è l'angolo, misurato rispetto alla direzione 2, della normale alla distanza " d " con verso pari a quello dell'azione torcente;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo bullone;

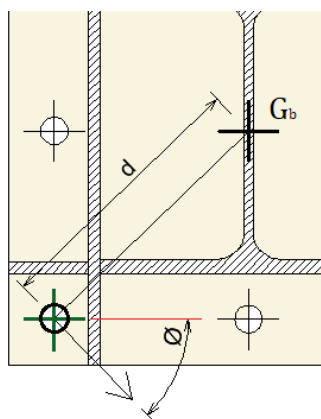
$M_{t,par}$ è il momento torcente parassita nato dall'eccentricità del punto di applicazione delle azioni di taglio rispetto al centro del sistema di bullonatura;

$M_{t,tot}$ è il momento torcente totale dato dalla somma tra il momento torcente parassita $M_{t,par}$ e il momento torcente M_t della condizione di carico analizzata.

$V_{T,Mt}$ è l'azione tagliente di competenza giacente sulla retta con angolo ϕ e passante per il centro del bullone;

$V_{T,Mt,2}$ è l'azione componente di $V_{T,Mt}$ lungo la direzione 2;

$V_{T,Mt,3}$ è l'azione componente di $V_{T,Mt}$ lungo la direzione 3;



Determinata l'azione derivante dal momento flettente le sue componenti nelle direzioni 2 e 3 vanno sommate alle azioni da taglio sui bulloni derivanti da V_2 e V_3 .

AZIONI TAGLIANTI TOTALI SUI BULLONI									
BUL	CC	$V_{T,2}$ [kN]	$V_{T,3}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]	$V_{T,2,tot}$ [kN]	$V_{T,3,tot}$ [kN]	V_T [kN]	β [°]
1	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
2	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
3	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
4	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
5	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
6	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
7	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
8	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59

Dove:

BUL è il numero identificativo del bullone;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo bullone;

$V_{T,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione tagliente V_2 sul bullone analizzato;

$V_{T,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione tagliente V_3 sul bullone analizzato;

$V_{T,Mt,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione torcente sul bullone analizzato;

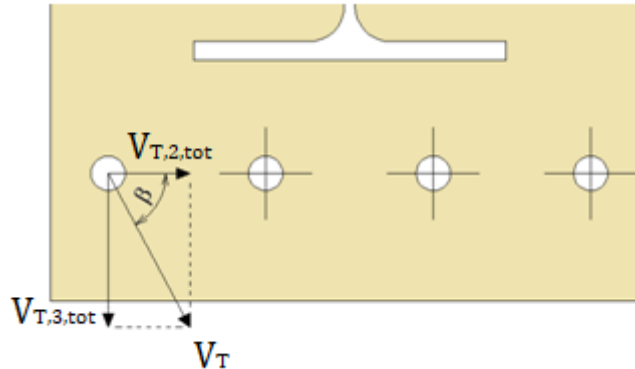
$V_{T,Mt,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione torcente sul bullone analizzato;

$V_{T,2,tot}$ è la somma tra $V_{T,2}$ e $V_{T,Mt,2}$;

$V_{T,3,tot}$ è la somma tra $V_{T,3}$ e $V_{T,Mt,3}$;

V_T è l'azione tagliente totale sul bullone data dalla somma vettoriale tra $V_{T,2,tot}$ e $V_{T,3,tot}$;

β è l'angolo di giacitura dell'azione V_T ;



Dalla tabella precedente si evince che l'azione massima tagliente totale sui bulloni dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico è:

$$V_t = 0.833 \text{ kN}$$

Affinché la verifica risulti soddisfatta per ogni bullone verrà dunque controllato che:

$$V_t \leq F_{V,bull,Rd}$$

Dove $F_{V,bull,Rd}$ è la resistenza a taglio del singolo bullone ottenuto come:

$$F_{V,bull,Rd} = \min(F_{v,Rd}, F_{b,Rd}) + \frac{F_{a,Rd}}{n}$$

Dove, ancora:

$F_{v,Rd}$ è la resistenza a taglio della vite;

$F_{b,Rd}$ è la resistenza a rifollamento;

$F_{a,Rd}$ è la resistenza fornita dall'attrito (se considerato);

Essendo, pertanto:

$$F_{v,Rd} = 43.429 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 22.948 \text{ kN}$$

$$F_{a,Rd} = 0.00 \text{ kN}$$

Si ottiene, essendo stata tenuta in conto la resistenza dell'attrito, la resistenza totale del singolo bullone.

$$F_{V,bull,Rd} = 22.948 \text{ kN}$$

La verifica è, pertanto, soddisfatta essendo

$$V_t \leq F_{V,bull,Rd}$$

con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{F_{V,bull,Rd}}{|V_T|} = 22.948 \text{ kN} / 0.833 \text{ kN} = 27.554$$

Verifica a taglio bulloni - Trave 2

L'azione torcente, se presente, viene ripartita tra tutti i bulloni in funzione della loro posizione rispetto al centro della bullonatura:

RIPARTIZIONE MOMENTO TORCENTE								
BUL	d [mm]	ϕ [°]	CC	$M_{t,par}$ [kNm]	$M_{t,tot}$ [kNm]	$V_{T,Mt}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]
1	225.0	180.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	225.0	225.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	225.0	270.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	225.0	315.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	225.0	0.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	225.0	45.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	225.0	90.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	225.0	135.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dove:

BUL è il numero identificativo del bullone;

d è la distanza radiale tra il bullone analizzato e il centro della bullonatura;

ϕ è l'angolo, misurato rispetto alla direzione 2, della normale alla distanza " d " con verso pari a quello dell'azione torcente;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo bullone;

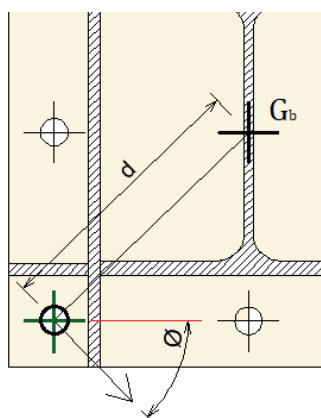
$M_{t,par}$ è il momento torcente parassita nato dall'eccentricità del punto di applicazione delle azioni di taglio rispetto al centro del sistema di bullonatura;

$M_{t,tot}$ è il momento torcente totale dato dalla somma tra il momento torcente parassita $M_{t,par}$ e il momento torcente M_t della condizione di carico analizzata.

$V_{T,Mt}$ è l'azione tagliante di competenza giacente sulla retta con angolo ϕ e passante per il centro del bullone;

$V_{T,Mt,2}$ è l'azione componente di $V_{T,Mt}$ lungo la direzione 2;

$V_{T,Mt,3}$ è l'azione componente di $V_{T,Mt}$ lungo la direzione 3;



Determinata l'azione derivante dal momento flettente le sue componenti nelle direzioni 2 e 3 vanno sommate alle azioni da taglio sui bulloni derivanti da V_2 e V_3 .

AZIONI TAGLIANTI TOTALI SUI BULLONI									
BUL	CC	$V_{T,2}$ [kN]	$V_{T,3}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]	$V_{T,2,tot}$ [kN]	$V_{T,3,tot}$ [kN]	V_T [kN]	β [°]
1	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
2	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
3	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
4	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
5	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59

6	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
7	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
8	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59

Dove:

BUL è il numero identificativo del bullone;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo bullone;

$V_{T,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione tagliente V_2 sul bullone analizzato;

$V_{T,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione tagliente V_3 sul bullone analizzato;

$V_{T,Mt,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione torcente sul bullone analizzato;

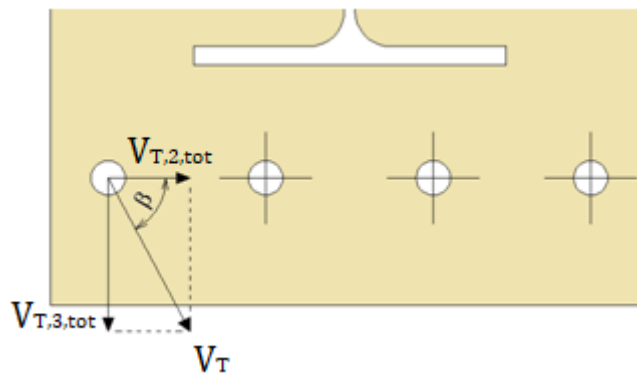
$V_{T,Mt,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione torcente sul bullone analizzato;

$V_{T,2,tot}$ è la somma tra $V_{T,2}$ e $V_{T,Mt,2}$;

$V_{T,3,tot}$ è la somma tra $V_{T,3}$ e $V_{T,Mt,3}$;

V_T è l'azione tagliente totale sul bullone data dalla somma vettoriale tra $V_{T,2,tot}$ e $V_{T,3,tot}$;

β è l'angolo di giacitura dell'azione V_T ;



Dalla tabella precedente si evince che l'azione massima tagliente totale sui bulloni dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico è:

$$V_t = 0.833 \text{ kN}$$

Affinché la verifica risulti soddisfatta per ogni bullone verrà dunque controllato che:

$$V_t \leq F_{V,bull,Rd}$$

Dove $F_{V,bull,Rd}$ è la resistenza a taglio del singolo bullone ottenuto come:

$$F_{V,bull,Rd} = \min(F_{v,Rd}, F_{b,Rd}) + \frac{F_{a,Rd}}{n}$$

Dove, ancora:

$F_{v,Rd}$ è la resistenza a taglio della vite;

$F_{b,Rd}$ è la resistenza a rifollamento;

$F_{a,Rd}$ è la resistenza fornita dall'attrito (se considerato);

Essendo, pertanto:

$$F_{v,Rd} = 43.429 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 22.948 \text{ kN}$$

$$F_{a,Rd} = 0.00 \text{ kN}$$

Si ottiene, essendo stata tenuta in conto la resistenza dell'attrito, la resistenza totale del singolo bullone.

$$F_{V,bull,Rd} = 22.948 \text{ kN}$$

La verifica è, pertanto, soddisfatta essendo

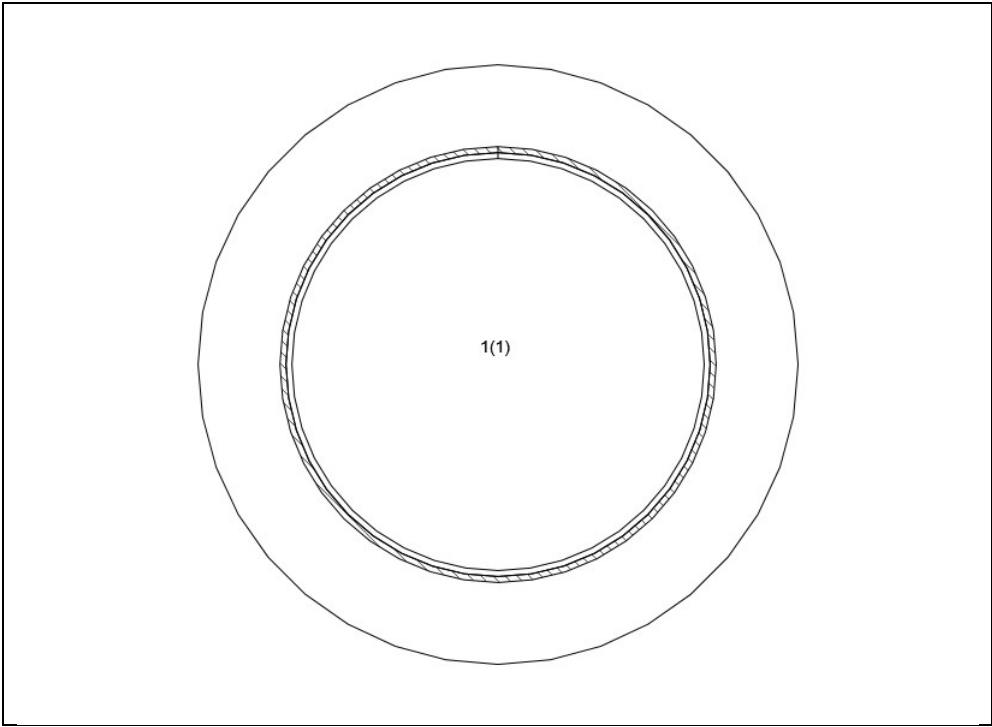
$$V_t \leq F_{V,bull,Rd}$$

con fattore di sicurezza pari a:

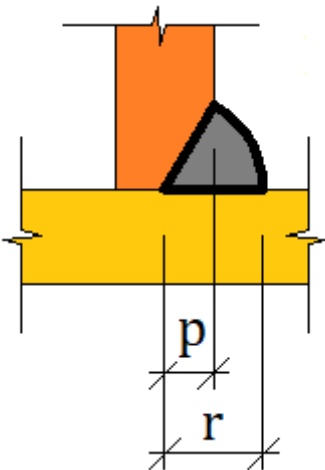
$$FS = \frac{F_{V,bull,Rd}}{|V_T|} = 22.948 \text{ kN} / 0.833 \text{ kN} = 27.554$$

Verifica saldatura - Trave 1

La trave è resa solidale alla flangia e agli eventuali rinforzi presenti per mezzo di saldature effettuate in officina. La disposizione e la numerazione di tutte le saldature a contatto con la piastra di base sono riportate nella figura seguente:



Gruppo	Lungh [mm]	Spess [mm]	Rientro [mm]	Cordoni
1	1116	5	0	1



La tabella seguente riporta, per la combinazione di carico più gravosa, il punto più sollecitato in ognuno dei cordoni della saldatura:

CRD	CC	t'_2 [N/mm ²]	t'_3 [N/mm ²]	n'_2 [N/mm ²]	t''_2 [N/mm ²]	t''_3 [N/mm ²]	n''_2 [N/mm ²]	$f_{w,Ed}$ [N/mm ²]
1	CC14 - SLU	-0.046	1.677	0.00	0.00	0.00	-13.743	13.845

Dove:

CRD è il numero identificativo del cordone di saldatura;
CC è la Condizione di Carico più gravosa per il singolo cordone;
 t'_2 è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 2;
 t'_3 è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 3;
 n'_2 è la Tensione normale primaria da sforzo normale;
 t''_2 è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 2;
 t''_3 è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 3;
 n''_2 è la Tensione normale secondaria da sforzo normale;
 $f_{w,Ed}$ è la Tensione totale di progetto;

Dalla tabella precedente si evince che la massima Tensione totale di progetto, dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico, è:

$$f_{w,Ed} = 13.845 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a rottura elemento saldato più debole : $f_u = 360.00 \text{ N/mm}^2$
 Coefficiente di correlazione : $\beta_w = 0.80$
 Coefficiente di sicurezza collegamento : $\gamma_{M2} = 1.25$
 Resistenza di progetto della saldatura : $f_{w,Rd} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 74.463 \text{ N/mm}^2$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo

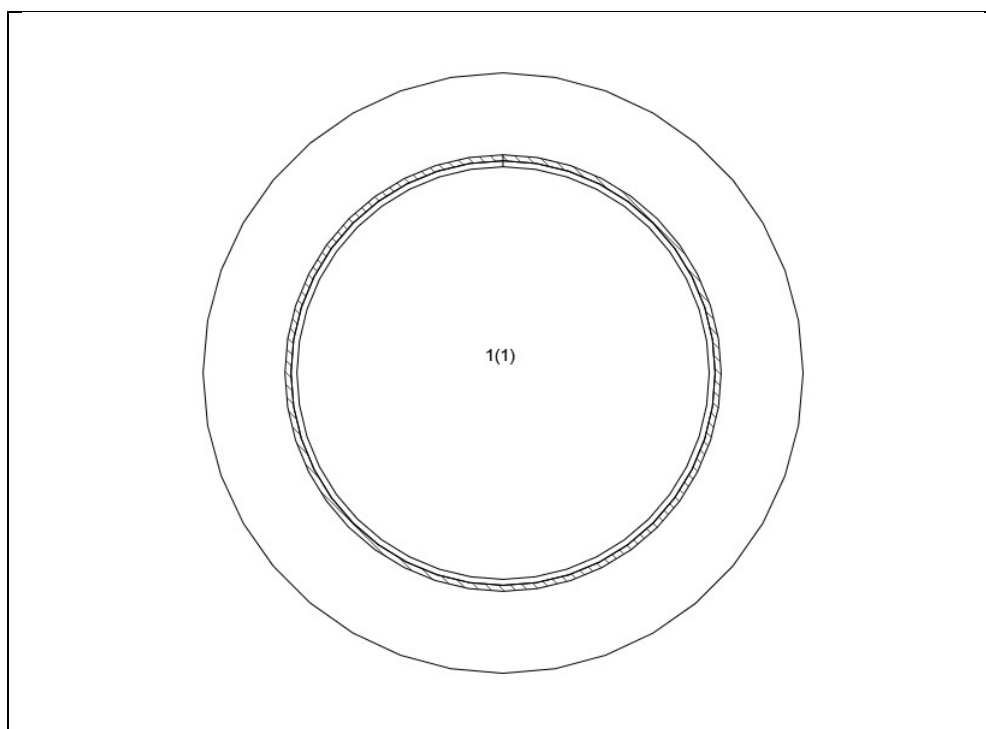
$$f_{w,Ed} \leq f_{w,Rd}$$

Il fattore di sicurezza è pari a:

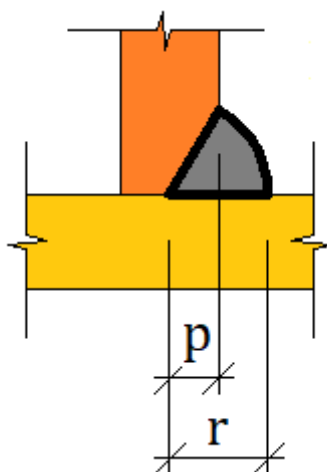
$$F.S. = \frac{f_{w,Rd}}{|f_{w,Ed}|} = 74.463 \text{ N/mm}^2 / 13.845 \text{ N/mm}^2 = 5.378$$

Verifica saldatura - Trave 2

La trave è resa solidale alla flangia e agli eventuali rinforzi presenti per mezzo di saldature effettuate in officina. La disposizione e la numerazione di tutte le saldature a contatto con la piastra di base sono riportate nella figura seguente:



Gruppo	Lungh [mm]	Spess [mm]	Rientro [mm]	Cordoni
1	1116	5	0	1



La tabella seguente riporta, per la combinazione di carico più gravosa, il punto più sollecitato in ognuno dei cordoni della saldatura:

<i>CRD</i>	<i>CC</i>	t'_2 [N/mm ²]	t'_3 [N/mm ²]	n'_2 [N/mm ²]	t''_2 [N/mm ²]	t''_3 [N/mm ²]	n''_2 [N/mm ²]	$f_{w,Ed}$ [N/mm ²]
1	CC14 - SLU	0.046	-1.677	0.00	0.00	0.00	-13.743	13.845

Dove:

- CRD*** è il numero identificativo del cordone di saldatura;
CC è la Condizione di Carico più gravosa per il singolo cordone;
 t'_2 è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 2;
 t'_3 è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 3;
 n'_2 è la Tensione normale primaria da sforzo normale;
 t''_2 è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 2;
 t''_3 è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 3;
 n''_2 è la Tensione normale secondaria da sforzo normale;
 $f_{w,Ed}$ è la Tensione totale di progetto;

Dalla tabella precedente si evince che la massima Tensione totale di progetto, dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico, è:

$$f_{w,Ed} = 13.845 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a rottura elemento saldato più debole : $f_u = 360.00 \text{ N/mm}^2$

Coefficiente di correlazione : $\beta_w = 0.80$

Coefficiente di sicurezza collegamento : $\gamma_{M2} = 1.25$

Resistenza di progetto della saldatura : $f_{w,Rd} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_w \gamma_{M2}} = 74.463 \text{ N/mm}^2$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo

$$f_{w,Ed} \leq f_{w,Rd}$$

Il fattore di sicurezza è pari a:

$$F.S. = \frac{f_{w,Rd}}{|f_{w,Ed}|} = 74.463 \text{ N/mm}^2 / 13.845 \text{ N/mm}^2 = 5.378$$

Sintesi delle verifiche effettuate

TIPO VERIFICA	FS
Verifica della flangia soggetta a flessione - Trave 1	2.049
Verifica della flangia soggetta a flessione - Trave 2	2.049
Verifica a trazione dei bulloni - Trave 1	13.476
Verifica a trazione dei bulloni - Trave 2	13.476
Verifica a trazione dei bulloni	6.738
Verifica a taglio bulloni - Trave 1	27.554
Verifica a taglio bulloni - Trave 2	27.554
Verifica saldatura - Trave 1	5.378
Verifica saldatura - Trave 2	5.378

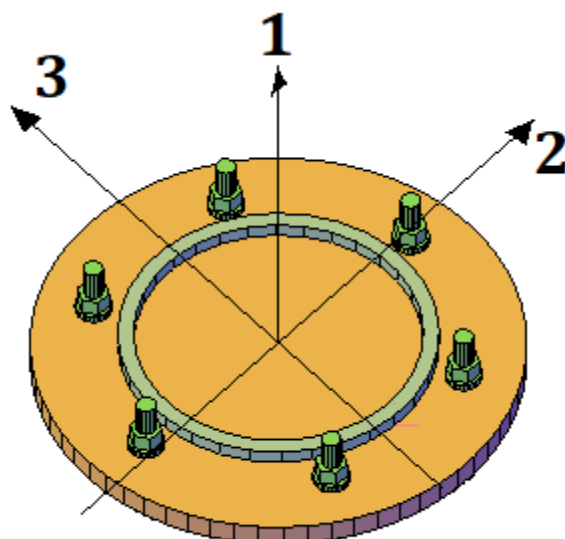
4.5.10 Nodo 24

4.5.10.1 UdF 9 (Nodo 24)

COLLEGAMENTO TRAVE - TRAVE CON PIASTRA DI ESTREMITÀ "TMA-006 (tr)"

Il collegamento viene realizzato saldando una piastra (flangia) in acciaio all'estremità di ognuna delle due travi, disponendo e bullonando testa a testa il sistema così costituito: flangia 1 – flangia 2.

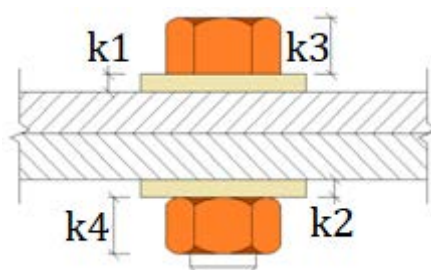
Il sistema di riferimento locale adottato prevede l'origine disposto nel punto di intersezione tra l'asse dei due profilati con la direzione 1 disposta lungo l'asse del profilato con verso positivo se si allontana dalla nodo, la direzione 2 e 3 nel piano dell'anima della flangia.

Dati:

Asta profilato trave 1	: Asta 55 (24-23)
Asta profilato trave 2	: Asta 54 (25-24)
Sezione trasversale profilato travi	: CHS355x5.0
Acciaio Sezione trasversale profilato travi	: Acciaio (1)
Acciaio flangie	: Acciaio (1)
Forma flangie	: Circolare
Dimensioni flangia trave 1 ($D \times t$)	: 503.0 mm x 10.0 mm
Dimensioni flangia trave 2 ($D \times t$)	: 503.0 mm x 10.0 mm
Bulloni	: 8 x M12.0 / 8.8
Diametro fori piastra	: 13.0 mm

Dati bulloni

: K1 = 0.0 mm
: K2 = 0.0 mm
: K3 = 7.5 mm
: K4 = 10.8 mm
: $A_s = 84.00 \text{ mm}^2$
: $F_{yb} = 640.00 \text{ N/mm}^2$
: $F_{ub} = 800.00 \text{ N/mm}^2$



Rispetto al sistema di riferimento (centro piastra) i centri delle forature sulla piastra, per il passaggio dei bulloni, presenteranno le seguenti coordinate:

Foro	Dir 2 [mm]	Dir 3 [mm]
1	0.0	225.0

2	159.1	159.1
3	225.0	0.0
4	159.1	-159.1
5	0.0	-225.0
6	-159.1	-159.1
7	-225.0	0.0
8	-159.1	159.1

Le sollecitazioni esterne agenti sul collegamento sono di seguito riportate considerando che le azioni assiali e taglianti N, V2 e V3 agiscono rispettivamente lungo le direzioni 1, 2 e 3 e presentano segno positivo se concordi con quelli del sistema di riferimento mentre le azioni flettenti e torsionali M2, M3 e Mt agiscono rispettivamente attorno agli assi 2, 3 e 1. Il momento M2 è positivo se comprime i punti della piastra disposti con dir 3 > 0 mentre il momento M3 è positivo se comprime i punti della piastra disposti con dir 2 > 0.

		N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]	Mt [kNm]
Asta 55 (24-23)	CC1 - SLU	0.00	0.00	6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC2 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC3 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC4 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC5 - SLU	0.00	0.00	6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC6 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC7 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC8 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC9 - SLU	0.00	0.00	6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC10 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC11 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC12 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC13 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC14 - SLU	0.00	-0.184	6.66	-4.84	-0.134	0.00
Asta 55 (24-23)	CC15 - SLU	0.00	-0.184	5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 55 (24-23)	CC16 - SLU	0.00	-0.184	5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 55 (24-23)	CC17 - SLU	0.00	-0.184	5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 55 (24-23)	CC18 - SLU	0.00	-0.307	5.94	-4.317	-0.223	0.00
Asta 55 (24-23)	CC19 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC20 - SLU	0.00	0.00	5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC1 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC2 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC3 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC4 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC5 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC6 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC7 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC8 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC9 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC10 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC11 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC12 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC13 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC14 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC15 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 55 (24-23)	CC16 - SLV	0.00	0.00	3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC1 - SLU	0.00	0.00	-6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC2 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC3 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00

Asta 54 (25-24)	CC4 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC5 - SLU	0.00	0.00	-6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC6 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC7 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC8 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC9 - SLU	0.00	0.00	-6.66	-4.84	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC10 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC11 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC12 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC13 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC14 - SLU	0.00	0.184	-6.66	-4.84	-0.134	0.00
Asta 54 (25-24)	CC15 - SLU	0.00	0.184	-5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 54 (25-24)	CC16 - SLU	0.00	0.184	-5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 54 (25-24)	CC17 - SLU	0.00	0.184	-5.94	-4.317	-0.134	0.00
Asta 54 (25-24)	CC18 - SLU	0.00	0.307	-5.94	-4.317	-0.223	0.00
Asta 54 (25-24)	CC19 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC20 - SLU	0.00	0.00	-5.94	-4.317	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC1 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC2 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC3 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC4 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC5 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC6 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC7 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC8 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC9 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC10 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC11 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC12 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC13 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC14 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC15 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00
Asta 54 (25-24)	CC16 - SLV	0.00	0.00	-3.449	-2.507	0.00	0.00

Verifica della flangia soggetta a flessione - Trave 1

Condizione più gravosa	: CC1 - SLU
Tiro massimo sui bulloni	: $F_{bull,max} = 3.59 \text{ kN}$
Momento flettente per trazione bulloni	: $M_{fl,bull} = 0.169 \text{ kNm}$
Resistenza a flessione sezione di verifica flangia	: $M_{fl,Rd} = 0.347 \text{ kNm}$

La verifica risulta soddisfatta essendo

$$|M_{fl,bull}| \leq M_{fl,Rd}$$

Il fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{M_{fl,Rd}}{|M_{fl,bull}|} = 0.347 \text{ kNm} / 0.169 \text{ kNm} = 2.049$$

Verifica della flangia soggetta a flessione - Trave 2

Condizione più gravosa	: CC1 - SLU
Tiro massimo sui bulloni	: $F_{bull,max} = 3.59 \text{ kN}$

Momento flettente per trazione bulloni : $M_{fl,bull} = 0.169 \text{ kNm}$
 Resistenza a flessione sezione di verifica flangia : $M_{fl,Rd} = 0.347 \text{ kNm}$

La verifica risulta soddisfatta essendo

$$|M_{fl,bull}| \leq M_{fl,Rd}$$

Il fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{M_{fl,Rd}}{|M_{fl,bull}|} = 0.347 \text{ kNm} / 0.169 \text{ kNm} = 2.049$$

Verifica a trazione dei bulloni - Trave 1

Condizione più gravosa : CC1 - SLU
 Azione di trazione sull'ala : $N_t = 0.00 \text{ kN}$
 Trazione sulla fila di bulloni prossimi all'ala tesa : $\sum N_e = 0.00 \text{ kN}$
 Trazione massima sul singolo bullone della fila : $N_{max} = 3.59 \text{ kN}$
 Resistenza per rottura del singolo bullone : $F_{T,bull} = 48.384 \text{ kN}$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{F_{T,bull}}{N_{max}} = 48.384 \text{ kN} / 3.59 \text{ kN} = 13.476$$

Verifica a trazione dei bulloni - Trave 2

Condizione più gravosa : CC1 - SLU
 Azione di trazione sull'ala : $N_t = 0.00 \text{ kN}$
 Trazione sulla fila di bulloni prossimi all'ala tesa : $\sum N_e = 0.00 \text{ kN}$
 Trazione massima sul singolo bullone della fila : $N_{max} = 3.59 \text{ kN}$
 Resistenza per rottura del singolo bullone : $F_{T,bull} = 48.384 \text{ kN}$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{F_{T,bull}}{N_{max}} = 48.384 \text{ kN} / 3.59 \text{ kN} = 13.476$$

Verifica a trazione dei bulloni

Condizione più gravosa : CC1 - SLU
 Azione di trazione sull'ala : $N_t = 7.181 \text{ kN}$
 Trazione sulla fila di bulloni prossimi all'ala tesa : $\sum N_e = 0.00 \text{ kN}$
 Trazione massima sul singolo bullone della fila : $N_{max} = 7.181 \text{ kN}$
 Resistenza per rottura del singolo bullone : $F_{T,bull} = 48.384 \text{ kN}$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{F_{T,bull}}{N_{max}} = 48.384 \text{ kN} / 7.181 \text{ kN} = 6.738$$

Verifica a taglio bulloni - Trave 1

L'azione torcente, se presente, viene ripartita tra tutti i bulloni in funzione della loro posizione rispetto al centro della bullonatura:

RIPARTIZIONE MOMENTO TORCENTE								
BUL	d [mm]	ϕ [°]	CC	$M_{t,par}$ [kNm]	$M_{t,tot}$ [kNm]	$V_{T,Mt}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]
1	225.0	180.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	225.0	135.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	225.0	90.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	225.0	45.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	225.0	360.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	225.0	315.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	225.0	270.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	225.0	225.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dove:

BUL è il numero identificativo del bullone;

d è la distanza radiale tra il bullone analizzato e il centro della bullonatura;

ϕ è l'angolo, misurato rispetto alla direzione 2, della normale alla distanza "d" con verso pari a quello dell'azione torcente;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo bullone;

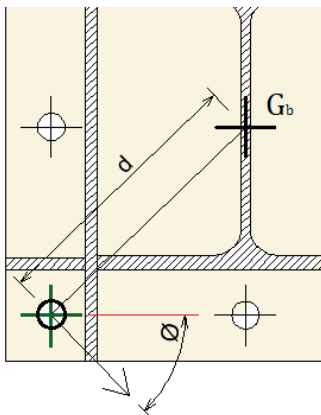
$M_{t,par}$ è il momento torcente parassita nato dall'eccentricità del punto di applicazione delle azioni di taglio rispetto al centro del sistema di bullonatura;

$M_{t,tot}$ è il momento torcente totale dato dalla somma tra il momento torcente parassita $M_{t,par}$ e il momento torcente M_t della condizione di carico analizzata.

$V_{T.Mt}$ è l'azione tagliente di competenza giacente sulla retta con angolo ϕ e passante per il centro del bullone;

$V_{T.Mt.2}$ è l'azione componente di $V_{T.Mt}$ lungo la direzione 2;

$V_{T.Mt.3}$ è l'azione componente di $V_{T.Mt}$ lungo la direzione 3;



Determinata l'azione derivante dal momento flettente le sue componenti nelle direzioni 2 e 3 vanno sommate alle azioni da taglio sui bulloni derivanti da V_2 e V_3 .

AZIONI TAGLIANTI TOTALI SUI BULLONI									
BUL	CC	$V_{T,2}$ [kN]	$V_{T,3}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]	$V_{T,2,tot}$ [kN]	$V_{T,3,tot}$ [kN]	V_T [kN]	β [°]
1	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
2	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
3	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
4	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
5	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
6	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
7	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59
8	CC14 - SLU	-0.023	0.833	0.00	0.00	-0.023	0.833	0.833	91.59

Dove:

BUL è il numero identificativo del bullone;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo bullone;

$V_{T,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione tagliente V_2 sul bullone analizzato;

$V_{T,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione tagliente V_3 sul bullone analizzato;

$V_{T,Mt,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione torcente sul bullone analizzato;

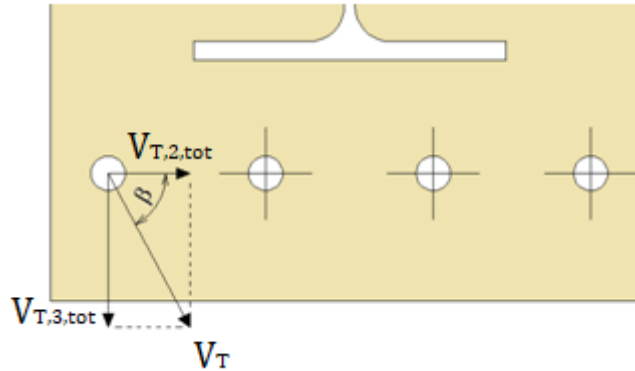
$V_{T,Mt,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione torcente sul bullone analizzato;

$V_{T,2,tot}$ è la somma tra $V_{T,2}$ e $V_{T,Mt,2}$;

$V_{T,3,tot}$ è la somma tra $V_{T,3}$ e $V_{T,Mt,3}$;

V_T è l'azione tagliente totale sul bullone data dalla somma vettoriale tra $V_{T,2,tot}$ e $V_{T,3,tot}$;

β è l'angolo di giacitura dell'azione V_T ;



Dalla tabella precedente si evince che l'azione massima tagliente totale sui bulloni dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico è:

$$V_t = 0.833 \text{ kN}$$

Affinché la verifica risulti soddisfatta per ogni bullone verrà dunque controllato che:

$$V_t \leq F_{V,bull,Rd}$$

Dove $F_{V,bull,Rd}$ è la resistenza a taglio del singolo bullone ottenuto come:

$$F_{V,bull,Rd} = \min(F_{v,Rd}, F_{b,Rd}) + \frac{F_{a,Rd}}{n}$$

Dove, ancora:

$F_{v,Rd}$ è la resistenza a taglio della vite;

$F_{b,Rd}$ è la resistenza a rifollamento;

$F_{a,Rd}$ è la resistenza fornita dall'attrito (se considerato);

Essendo, pertanto:

$$F_{v,Rd} = 43.429 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 22.948 \text{ kN}$$

$$F_{a,Rd} = 0.00 \text{ kN}$$

Si ottiene, essendo stata tenuta in conto la resistenza dell'attrito, la resistenza totale del singolo bullone.

$$F_{V,bull,Rd} = 22.948 \text{ kN}$$

La verifica è, pertanto, soddisfatta essendo

$$V_t \leq F_{V,bull,Rd}$$

con fattore di sicurezza pari a:

$$FS = \frac{F_{V,bull,Rd}}{|V_T|} = 22.948 \text{ kN} / 0.833 \text{ kN} = 27.554$$

Verifica a taglio bulloni - Trave 2

L'azione torcente, se presente, viene ripartita tra tutti i bulloni in funzione della loro posizione rispetto al centro della bullonatura:

RIPARTIZIONE MOMENTO TORCENTE								
BUL	d [mm]	ϕ [°]	CC	$M_{t,par}$ [kNm]	$M_{t,tot}$ [kNm]	$V_{T,Mt}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]
1	225.0	180.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	225.0	225.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	225.0	270.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	225.0	315.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	225.0	0.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	225.0	45.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	225.0	90.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	225.0	135.00	CC14 - SLU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dove:

BUL è il numero identificativo del bullone;

d è la distanza radiale tra il bullone analizzato e il centro della bullonatura;

ϕ è l'angolo, misurato rispetto alla direzione 2, della normale alla distanza " d " con verso pari a quello dell'azione torcente;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo bullone;

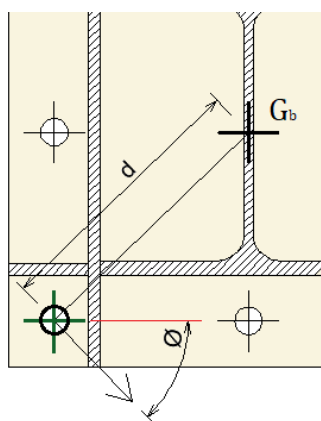
$M_{t,par}$ è il momento torcente parassita nato dall'eccentricità del punto di applicazione delle azioni di taglio rispetto al centro del sistema di bullonatura;

$M_{t,tot}$ è il momento torcente totale dato dalla somma tra il momento torcente parassita $M_{t,par}$ e il momento torcente M_t della condizione di carico analizzata.

$V_{T,Mt}$ è l'azione tagliante di competenza giacente sulla retta con angolo ϕ e passante per il centro del bullone;

$V_{T,Mt,2}$ è l'azione componente di $V_{T,Mt}$ lungo la direzione 2;

$V_{T,Mt,3}$ è l'azione componente di $V_{T,Mt}$ lungo la direzione 3;



Determinata l'azione derivante dal momento flettente le sue componenti nelle direzioni 2 e 3 vanno sommate alle azioni da taglio sui bulloni derivanti da V_2 e V_3 .

AZIONI TAGLIANTI TOTALI SUI BULLONI									
BUL	CC	$V_{T,2}$ [kN]	$V_{T,3}$ [kN]	$V_{T,Mt,2}$ [kN]	$V_{T,Mt,3}$ [kN]	$V_{T,2,tot}$ [kN]	$V_{T,3,tot}$ [kN]	V_T [kN]	β [°]
1	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
2	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
3	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
4	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
5	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59

6	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
7	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59
8	CC14 - SLU	0.023	-0.833	0.00	0.00	0.023	-0.833	0.833	271.59

Dove:

BUL è il numero identificativo del bullone;

CC è la condizione di carico più gravosa per il singolo bullone;

$V_{T,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione tagliante V_2 sul bullone analizzato;

$V_{T,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione tagliante V_3 sul bullone analizzato;

$V_{T,Mt,2}$ è l'aliquota, nella direzione 2, dell'azione torcente sul bullone analizzato;

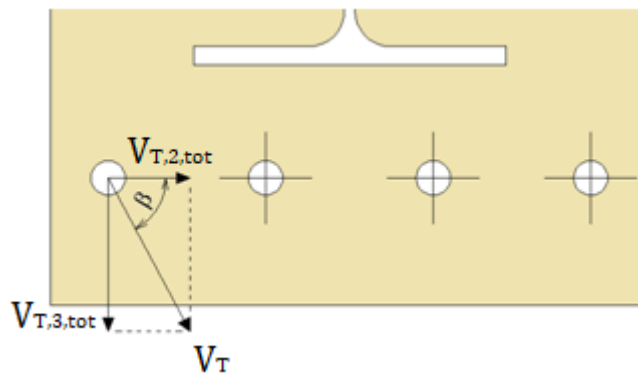
$V_{T,Mt,3}$ è l'aliquota, nella direzione 3, dell'azione torcente sul bullone analizzato;

$V_{T,2,tot}$ è la somma tra $V_{T,2}$ e $V_{T,Mt,2}$;

$V_{T,3,tot}$ è la somma tra $V_{T,3}$ e $V_{T,Mt,3}$;

V_T è l'azione tagliante totale sul bullone data dalla somma vettoriale tra $V_{T,2,tot}$ e $V_{T,3,tot}$;

β è l'angolo di giacitura dell'azione V_T ;



Dalla tabella precedente si evince che l'azione massima tagliante totale sui bulloni dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico è:

$$V_t = 0.833 \text{ kN}$$

Affinché la verifica risulti soddisfatta per ogni bullone verrà dunque controllato che:

$$V_t \leq F_{V,bull,Rd}$$

Dove $F_{V,bull,Rd}$ è la resistenza a taglio del singolo bullone ottenuto come:

$$F_{V,bull,Rd} = \min(F_{v,Rd}, F_{b,Rd}) + \frac{F_{a,Rd}}{n}$$

Dove, ancora:

$F_{v,Rd}$ è la resistenza a taglio della vite;

$F_{b,Rd}$ è la resistenza a rifollamento;

$F_{a,Rd}$ è la resistenza fornita dall'attrito (se considerato);

Essendo, pertanto:

$$F_{v,Rd} = 43.429 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 22.948 \text{ kN}$$

$$F_{a,Rd} = 0.00 \text{ kN}$$

Si ottiene, essendo stata tenuta in conto la resistenza dell'attrito, la resistenza totale del singolo bullone.

$$F_{V,bull,Rd} = 22.948 \text{ kN}$$

La verifica è, pertanto, soddisfatta essendo

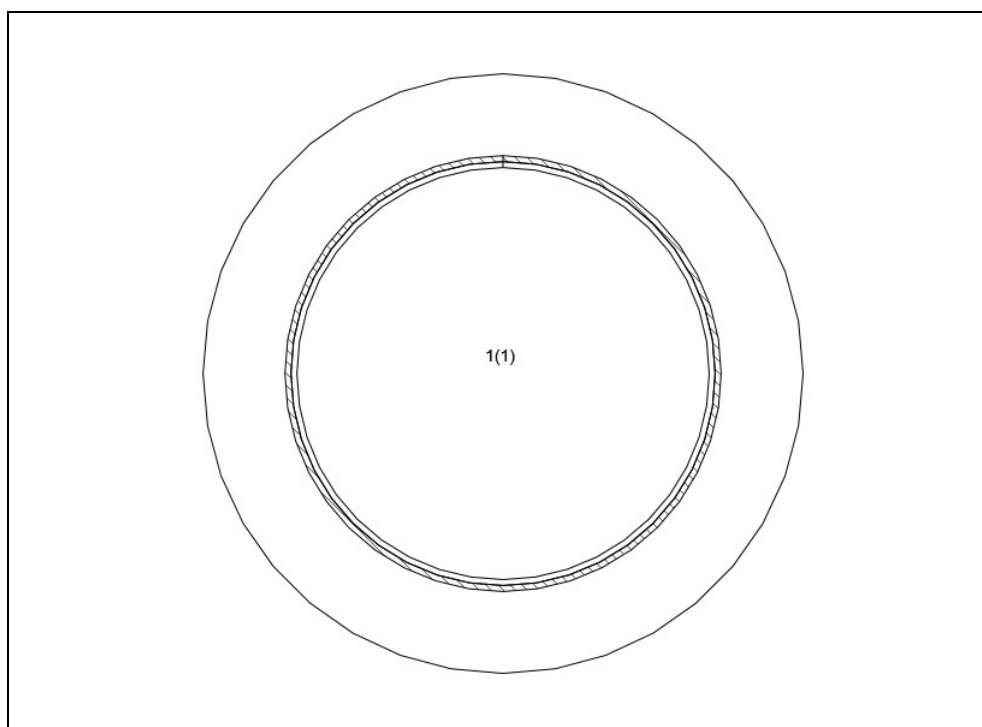
$$V_t \leq F_{V,bull,Rd}$$

con fattore di sicurezza pari a:

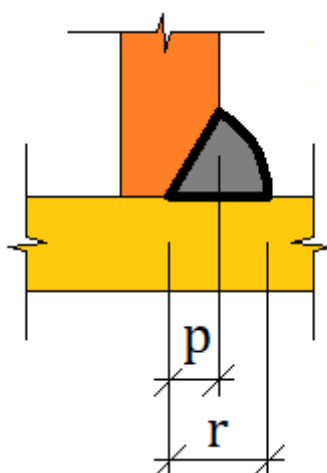
$$FS = \frac{F_{V,bull,Rd}}{|V_T|} = 22.948 \text{ kN} / 0.833 \text{ kN} = 27.554$$

Verifica saldatura - Trave 1

La trave è resa solidale alla flangia e agli eventuali rinforzi presenti per mezzo di saldature effettuate in officina. La disposizione e la numerazione di tutte le saldature a contatto con la piastra di base sono riportate nella figura seguente:



Gruppo	Lungh [mm]	Spess [mm]	Rientro [mm]	Cordoni
1	1116	5	0	1



La tabella seguente riporta, per la combinazione di carico più gravosa, il punto più sollecitato in ognuno dei cordoni della saldatura:

CRD	CC	t'_2 [N/mm ²]	t'_3 [N/mm ²]	n'_2 [N/mm ²]	t''_2 [N/mm ²]	t''_3 [N/mm ²]	n''_2 [N/mm ²]	$f_{w,Ed}$ [N/mm ²]
1	CC14 - SLU	-0.046	1.677	0.00	0.00	0.00	-13.743	13.845

Dove:

CRD è il numero identificativo del cordone di saldatura;
CC è la Condizione di Carico più gravosa per il singolo cordone;
 t'_2 è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 2;
 t'_3 è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 3;
 n'_2 è la Tensione normale primaria da sforzo normale;
 t''_2 è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 2;
 t''_3 è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 3;
 n''_2 è la Tensione normale secondaria da sforzo normale;
 $f_{w,Ed}$ è la Tensione totale di progetto;

Dalla tabella precedente si evince che la massima Tensione totale di progetto, dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico, è:

$$f_{w,Ed} = 13.845 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a rottura elemento saldato più debole : $f_u = 360.00 \text{ N/mm}^2$
 Coefficiente di correlazione : $\beta_w = 0.80$
 Coefficiente di sicurezza collegamento : $\gamma_{M2} = 1.25$
 Resistenza di progetto della saldatura : $f_{w,Rd} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 74.463 \text{ N/mm}^2$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo

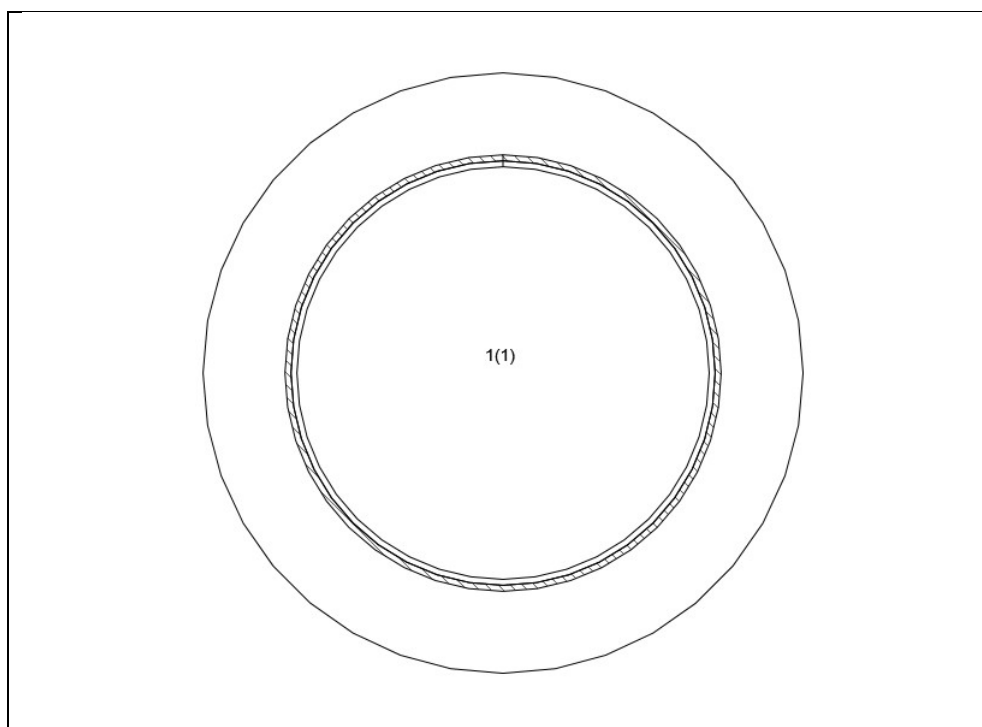
$$f_{w,Ed} \leq f_{w,Rd}$$

Il fattore di sicurezza è pari a:

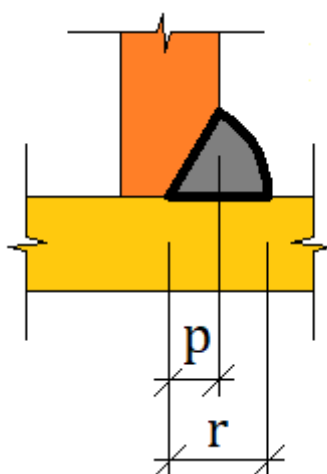
$$F.S. = \frac{f_{w,Rd}}{|f_{w,Ed}|} = 74.463 \text{ N/mm}^2 / 13.845 \text{ N/mm}^2 = 5.378$$

Verifica saldatura - Trave 2

La trave è resa solidale alla flangia e agli eventuali rinforzi presenti per mezzo di saldature effettuate in officina. La disposizione e la numerazione di tutte le saldature a contatto con la piastra di base sono riportate nella figura seguente:



Gruppo	Lungh [mm]	Spess [mm]	Rientro [mm]	Cordoni
1	1116	5	0	1



La tabella seguente riporta, per la combinazione di carico più gravosa, il punto più sollecitato in ognuno dei cordoni della saldatura:

CRD	CC	t'_2 [N/mm ²]	t'_3 [N/mm ²]	n'_2 [N/mm ²]	t''_2 [N/mm ²]	t''_3 [N/mm ²]	n''_2 [N/mm ²]	$f_{w,Ed}$ [N/mm ²]
1	CC14 - SLU	0.046	-1.677	0.00	0.00	0.00	-13.744	13.846

Dove:

- CRD** è il numero identificativo del cordone di saldatura;
CC è la Condizione di Carico più gravosa per il singolo cordone;
 t'_2 è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 2;
 t'_3 è la Tensione tangenziale primaria da taglio in dir. 3;
 n'_2 è la Tensione normale primaria da sforzo normale;
 t''_2 è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 2;
 t''_3 è la Tensione tangenziale secondaria da taglio in dir. 3;
 n''_2 è la Tensione normale secondaria da sforzo normale;
 $f_{w,Ed}$ è la Tensione totale di progetto;

Dalla tabella precedente si evince che la massima Tensione totale di progetto, dopo aver esaminato tutti i cordoni e tutte le condizioni di carico, è:

$$f_{w,Ed} = 13.846 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza a rottura elemento saldato più debole : $f_u = 360.00 \text{ N/mm}^2$

Coefficiente di correlazione : $\beta_w = 0.80$

Coefficiente di sicurezza collegamento : $\gamma_{M2} = 1.25$

Resistenza di progetto della saldatura : $f_{w,Rd} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 74.463 \text{ N/mm}^2$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta essendo

$$f_{w,Ed} \leq f_{w,Rd}$$

Il fattore di sicurezza è pari a:

$$F.S. = \frac{f_{w,Rd}}{|f_{w,Ed}|} = 74.463 \text{ N/mm}^2 / 13.846 \text{ N/mm}^2 = 5.378$$

Sintesi delle verifiche effettuate

TIPO VERIFICA	FS
Verifica della flangia soggetta a flessione - Trave 1	2.049
Verifica della flangia soggetta a flessione - Trave 2	2.049
Verifica a trazione dei bulloni - Trave 1	13.476
Verifica a trazione dei bulloni - Trave 2	13.476
Verifica a trazione dei bulloni	6.738
Verifica a taglio bulloni - Trave 1	27.554
Verifica a taglio bulloni - Trave 2	27.554
Verifica saldatura - Trave 1	5.378
Verifica saldatura - Trave 2	5.378

5 Allegato A - Relazione Plinti

5.1 Dati Struttura

5.1.1 Elenco e caratteristiche dei materiali

Nell'ambito del progetto si è fatto uso dei seguenti materiali divisi per categoria di appartenenza:

5.1.1.1 Calcestruzzo

Nome	: Nome del materiale;
Classe	: Classe del calcestruzzo in base alla classificazione da normativa (fck/Rck);
fck	: Resistenza caratteristica cilindrica a compressione;
Rck	: Resistenza caratteristica cubica a compressione;
ν	: Modulo di Poisson;
ps	: Peso per unità di volume;
αT	: Coefficiente di dilatazione termica;
Ec	: Modulo elastico del materiale;
FC	: Fattore di confidenza (solo per costruzioni esistenti);
$\gamma_{m,c}$: Coefficiente parziale per le resistenze;
Ect/Ec	: Rapporto tra i moduli elastici a trazione e compressione;
fcm	: Resistenza media riscontrata (solo per costruzioni esistenti);
fcd SLU	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLU;
fctd SLU	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
fcd SLD	: Resistenza di calcolo a compressione per gli SLD;
fctd SLD	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
fctk,0.05	: Resistenza caratteristica a trazione;
fctm	: Resistenza media a trazione;
ϵ_{c2}	: Deformazione al raggiungimento della massima tensione di compressione;
ϵ_{cu2}	: Deformazione ultima di compressione del calcestruzzo.

Nome	Classe	ν	ps	αT	Ec	FC	$\gamma_{m,c}$	Ect/Ec	fcm	Fcd SLU	fctd SLU	fcd SLD	fctd SLD	fctk,0.05	fctm	ϵ_{c2}	ϵ_{cu2}
			kN/m ³	1/°C	N/mm ²				N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%
Cls (1)	C25/30	0.15	25.00	1E-05	31475.806	-	1.50	0.50	25.00	14.167	1.197	21.25	1.795	1.795	2.565	0.20	0.35

5.1.1.2 Acciaio per C.A.

Nome	: Nome del materiale;
Tipo	: Tipo di acciaio in base alla classificazione da normativa;
γ_m	: Coefficiente parziale per le resistenze;
FC	: Fattore di confidenza (solo per costruzioni esistenti);
Es	: Modulo elastico del materiale;
f _{yk}	: Resistenza caratteristica di snervamento a trazione;
f _{tk}	: Resistenza caratteristica a rottura a trazione;
fd SLU	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLU;
fd SLD	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLD;
fd SLE	: Resistenza di calcolo a trazione per gli SLE;
k	: Rapporto di sovrarresistenza (f _{tk} / f _{yk} > 1 per modello incrudente)
ϵ_{ud}	: Valore di calcolo della deformazione ultima a trazione.

Nome	Tipo	γ_m	FC	Es N/mm ²	f _{yk} N/mm ²	f _{tk} N/mm ²	f _d SLU N/mm ²	f _d SLD N/mm ²	f _d SLE N/mm ²	k	sud %
Barre (1)	B450C	1.15	-	210000.00	450.00	540.00	391.304	450.00	391.304	1.20	1.00

5.1.1.3 Acciaio per carpenteria

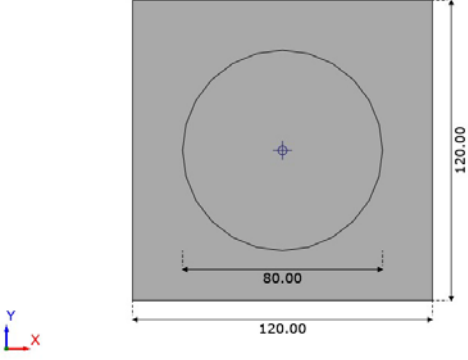
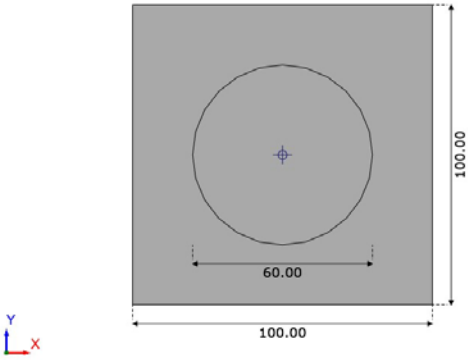
Nome	: Nome del materiale;
Tipo	: Tipo di acciaio in base alla classificazione da normativa;
ν	: Modulo di Poisson;
ρ_s	: Peso per unità di volume;
α_T	: Coefficiente di dilatazione termica;
Es	: Modulo elastico del materiale;
FC	: Fattore di confidenza (solo per costruzioni esistenti);
γ_{M0}	: Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza delle membrature;
γ_{M1}	: Coefficiente parziale di sicurezza per l'instabilità delle membrature;
γ_{M2}	: Coefficiente parziale di sicurezza connessioni;
f _{yk}	: Resistenza caratteristica di snervamento;
f _{tk}	: Resistenza caratteristica a rottura;

Nome	Tipo	ν	ρ_s kN/m ³	α_T 1/°C	Es N/mm ²	FC	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}	f _{yk} N/mm ²	f _{tk} N/mm ²
Acciaio (1)	S235 (UNI EN 10025-2)	0.30	78.50	1.2E-05	210000.00	-	1.05	1.05	1.25	235.00	360.00

5.1.2 Elenco e caratteristiche dei plinti

Mat.	: Nome del materiale del plinto (vedi "Elenco e Caratteristiche dei materiali");
Col. str.	: Colonna stratigrafica associata al plinto (vedi "Stratigrafie del terreno");
H _c	: Altezza del corpo del plinto;
H _m	: Altezza del magrone del plinto;
H _t	: Altezza della testa del plinto;
R	: Risega;
R _m	: Risega magrone;
N. pali	: Numero di pali;
Tipo pali	: Tipo di pali;
D _p	: Diametro dei pali;
Prof. cam. pali	: Profilato associato alla camicia dei pali;
Lungh. pali	: Lunghezza dei pali;
Mat. pali	: Nome del materiale dei pali (vedi "Elenco e Caratteristiche dei materiali");
Mat. cam. pali	: Nome del materiale della camicia pali (vedi "Elenco e Caratteristiche dei materiali");
Bicchieri	: Presenza del bicchiere;
H _b	: Altezza bicchiere;
S _b	: Spessore bicchiere;

Tipologia N.1 (TipPI_CP (1))

	<p> Mat. = Cls (1) Col. str. = Col_Str (1) Hc = 60.00 cm R = 20.00 cm N. pali = 1 Dp = 80.00 cm Lungh. pali = 500.00 cm Mat. pali = Cls (1) Bicchiere = non presente </p>
Tipologia N.2 (TipPI_CP (2))	
	<p> Mat. = Cls (1) Col. str. = Col_Str (2) Hc = 60.00 cm R = 20.00 cm N. pali = 1 Dp = 60.00 cm Lungh. pali = 500.00 cm Mat. pali = Cls (1) Bicchiere = non presente </p>

5.2 Risultati delle Verifiche

5.2.1 Riassunto delle verifiche

Calcestruzzo Armato

Per gli elementi in calcestruzzo armato sono state effettuate le seguenti verifiche:

Plinti (Corpo)

Pali

Flessione deviata (SLU)
 Flessione deviata (SLV)
 Taglio (SLU)
 Taglio (SLV)
 Resistenza massima a compressione (SLV)
 Carico limite orizzontale (SLU)
 Carico limite orizzontale (SLV)
 Carico limite orizzontale (SLD)
 Carico limite verticale (SLU)
 Carico limite verticale (SLV)
 Carico limite verticale (SLD)
 Instabilità (SLU)

Instabilità (SLV)

Fessurazione (SLE Frequenti, SLE Quasi Permanenti)

Tensioni di esercizio (SLE Car., SLE Frequenti, SLE Quasi Permanenti)

Cedimenti (SLE Quasi Permanenti)

RIASSUNTO RISULTATI VERIFICHE:

Elemento : Tipo di elemento;

Tipo verifica : Verifica analizzata;

sMin : Coefficiente di sicurezza minimo;

sMax : Coefficiente di sicurezza max;

Elemento	Tipo verifica	sMin	sMax
Pali	Flessione deviata SLU	86.11	100.00
Pali	Flessione deviata SLV	19.81	100.00
Pali	Taglio SLU	100.00	100.00
Pali	Taglio SLV	61.94	100.00
Pali	Resistenza massima a compressione SLV	100.00	100.00
Pali	Carico limite orizzontale SLU	100.00	100.00
Pali	Carico limite orizzontale SLV	89.23	100.00
Pali	Carico limite orizzontale SLD	100.00	100.00
Pali	Carico limite verticale SLU	7.54	10.34
Pali	Carico limite verticale SLV	9.80	13.44
Pali	Carico limite verticale SLD	9.80	13.44
Pali	Instabilità SLU	100.00	100.00
Pali	Instabilità SLV	100.00	100.00
Pali	Fessurazione SLE	100.00	100.00
Pali	Tensioni di esercizio SLE	36.14	100.00
Pali	Cedimenti SLE	100.00	100.00

Plinti-Pali

Per i Plinti-Pali sono state effettuate le seguenti verifiche:

Analisi cedimenti (SLE Quasi Permanenti)

RIASSUNTO RISULTATI VERIFICHE:

Elemento : Tipo di elemento;

Tipo verifica : Verifica analizzata;

sMin : Coefficiente di sicurezza minimo;

sMax : Coefficiente di sicurezza max;

Elemento	Tipo verifica	sMin	sMax
Plinti-Pali	Analisi cedimenti	100.00	100.00

5.2.2 Calcestruzzo armato

Nei seguenti paragrafi si riportano i risultati delle verifiche per gli elementi in calcestruzzo armato.

5.2.2.1 Plinti (Corpo)

Nei seguenti paragrafi si riportano i risultati delle verifiche dei plinti (corpo).

5.2.2.2 Pali

Nei seguenti paragrafi si riportano i risultati delle verifiche dei pali.

5.2.2.2.1 Flessione deviata SLU

Nodo : Numerazione del nodo (Vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
 N. Sez. : Posizione misurata lungo l'asse dell'elemento;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Nsd : Sforzo normale sollecitante di calcolo;
 Msd 2 : Momento sollecitante di calcolo in direzione 2;
 Msd 3 : Momento sollecitante di calcolo in direzione 3;
 Nrd : Sforzo normale resistente;
 Mrd 2 : Momento resistente di calcolo attorno all'asse 2;
 Mrd 3 : Momento resistente di calcolo attorno all'asse 3;
 Campo : Campo;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	N. Sez.	CdC	Nsd [kN]	Msd 2 [kNm]	Msd 3 [kNm]	Nrd [kN]	Mrd 2 [kNm]	Mrd 3 [kNm]	Campo	S	Esito
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC13	-27.61	-2.24	-0.38	-27.64	-192.59	-32.41	2	86.11	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC3	-27.61	0.00	-1.06	-27.61	0.00	-195.15	2	100.00	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC3	-27.61	0.00	-1.06	-27.61	0.00	-195.15	2	100.00	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC3	-27.61	0.00	-1.06	-27.61	0.00	-195.15	2	100.00	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC3	-27.61	0.00	-1.06	-27.61	0.00	-195.15	2	100.00	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC13	-27.61	-1.10	-0.38	-27.59	-187.49	-64.22	2	100.00	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	1	CC1	-23.26	0.00	0.00	-2301.28	0.00	0.00	0	98.93	V

5.2.2.2.2 Flessione deviata SLV

Nodo : Numerazione del nodo (Vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
 N. Sez. : Posizione misurata lungo l'asse dell'elemento;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Nsd : Sforzo normale sollecitante di calcolo;
 Msd 2 : Momento sollecitante di calcolo in direzione 2;
 Msd 3 : Momento sollecitante di calcolo in direzione 3;
 Nrd : Sforzo normale resistente;
 Mrd 2 : Momento resistente di calcolo attorno all'asse 2;
 Mrd 3 : Momento resistente di calcolo attorno all'asse 3;
 Campo : Campo;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	N. Sez.	CdC	Nsd [kN]	Msd 2 [kNm]	Msd 3 [kNm]	Nrd [kN]	Mrd 2 [kNm]	Mrd 3 [kNm]	Campo	S	Esito
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC5	-21.24	6.27	-0.33	-21.25	196.21	-10.18	2	31.28	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	2	CC5	-14.52	7.82	-0.24	-14.57	197.77	-6.00	2	25.28	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC7	-21.24	8.75	-0.61	-21.20	195.82	-13.74	2	22.38	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC5	-21.24	9.89	-0.65	-21.20	195.95	-12.78	2	19.81	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	2	CC15	-14.52	0.88	4.21	-14.53	40.54	193.21	2	45.90	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	2	CC3	-14.52	-4.11	0.92	-14.51	-193.89	43.58	2	47.20	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	2	CC13	-14.64	-1.17	4.31	-14.64	-125.74	461.03	2	100.00	V

5.2.2.2.3 Taglio SLU

Nodo : Numerazione del nodo (vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
 Blocco : Tratto nel quale le staffe vengono mantenute costanti
 1 : Estremo iniziale;
 2 : Mediano;
 3 : Estremo finale;
 Ltr : Lunghezza del blocco;

Tagli Sollecitanti

VSd1-3 : Valore del Taglio 1-3 sollecitante di calcolo
(calcolato per soddisfare $V_{Sd} = V_{Ed}$; $V_{Ed} = \gamma_{Rd} (M_{C,Rdsup} + M_{C,Rdinf}) / l_p$);

VSd1-2 : Valore del Taglio 1-2 sollecitante di calcolo
(calcolato per soddisfare $V_{Sd} = V_{Ed}$; $V_{Ed} = \gamma_{Rd} (M_{C,Rdsup} + M_{C,Rdinf}) / l_p$);

$\gamma_{Rd} = 1.1$;

cot(θ) : Cotangente dell'angolo θ di inclinazione delle bielle;

Tagli Resistenti

VRd1-3 : Valore del Taglio 1-3 resistente di calcolo;

VRd1-2 : Valore del Taglio 1-2 resistente di calcolo;

\emptyset : Diametro della staffa;

Nbr 2 : Numero di bracci di cui è composta la staffa in direzione 2 locale;

Nbr 3 : Numero di bracci di cui è composta la staffa in direzione 3 locale;

Passo : Interasse tra le staffe;

S1-2 : Coefficiente di sicurezza relativo a VSd1-2

S1-3 : Coefficiente di sicurezza relativo a VSd1-3

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	Blocco	Ltr [cm]	\emptyset [mm]	Nbr 2	Nbr 3	Passo [mm]	VSd1- 2 [kN]	VSd1- 3 [kN]	cot(θ)	VRd1-2 [kN]	VRd1-3 [kN]	S1-2	S1-3	Esito
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	190.99	8.0	2	2	108.0	0.09	-0.68	2.50	532.46	154.40	100.00	100.00	V
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	3	0.00	0.0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	190.99	8.0	2	2	108.0	1.52	0.00	2.50	532.46	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	3	0.00	0.0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	190.99	8.0	2	2	108.0	1.52	0.00	2.50	532.46	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	3	0.00	0.0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	190.99	8.0	2	2	108.0	1.52	0.00	2.50	532.46	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	3	0.00	0.0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	190.99	8.0	2	2	108.0	1.52	0.00	2.50	532.46	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	3	0.00	0.0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	190.99	8.0	2	2	108.0	0.74	0.00	2.50	532.46	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	3	0.00	0.0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	1	254.65	8.0	2	2	144.0	-0.58	0.00	2.50	532.46	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	3	0.00	0.0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	V

5.2.2.2.4 Taglio SLV

Nodo : Numerazione del nodo (vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");

Blocco : Tratto nel quale le staffe vengono mantenute costanti

1 : Estremo iniziale;

2 : Mediano;

3 : Estremo finale;

Ltr : Lunghezza del blocco;

Tagli Sollecitanti

VSd1-3 : Valore del Taglio 1-3 sollecitante di calcolo
(calcolato per soddisfare $V_{Sd} = V_{Ed}$; $V_{Ed} = \gamma_{Rd} (M_{C,Rdsup} + M_{C,Rdinf}) / l_p$);

VSd1-2 : Valore del Taglio 1-2 sollecitante di calcolo

(calcolato per soddisfare $V_{sd} = V_{ed}$; $V_{ed} = \gamma_{Rd} (M_{C,Rdsup} + M_{C,Rdinf}) / l_p$);

$\gamma_{Rd} = 1.1$;

$\cot(\theta)$: Cotangente dell'angolo θ di inclinazione delle bielle;

Tagli Resistenti

VRd1-3 : Valore del Taglio 1-3 resistente di calcolo;

VRd1-2 : Valore del Taglio 1-2 resistente di calcolo;

\emptyset : Diametro della staffa;

Nbr 2 : Numero di bracci di cui è composta la staffa in direzione 2 locale;

Nbr 3 : Numero di bracci di cui è composta la staffa in direzione 3 locale;

Passo : Interasse tra le staffe;

S1-2 : Coefficiente di sicurezza relativo a VSd1-2

S1-3 : Coefficiente di sicurezza relativo a VSd1-3

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	Blocco	Ltr [cm]	\emptyset [mm]	Nbr 2	Nbr 3	Passo [mm]	Vsd1- 2 [kN]	Vsd1- 3 [kN]	$\cot(\theta)$	Vrd1-2 [kN]	Vrd1-3 [kN]	S1-2	S1-3	Esito
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	190.99	8.0	2	2	108.0	-0.83	2.93	2.50	532.46	300.71	100.00	100.00	V
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	3	0.00	0.0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	190.99	8.0	2	2	108.0	0.23	4.79	2.50	532.46	306.28	100.00	64.01	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	3	0.00	0.0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	190.99	8.0	2	2	108.0	1.47	-3.55	2.50	532.46	310.00	100.00	87.20	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	3	0.00	0.0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	190.99	8.0	2	2	108.0	2.44	5.05	2.50	532.46	312.95	100.00	61.94	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	3	0.00	0.0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	190.99	8.0	2	2	108.0	6.35	-0.46	2.50	532.46	532.46	83.86	100.00	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	3	0.00	0.0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	190.99	8.0	2	2	108.0	1.52	3.70	2.50	532.46	249.17	100.00	67.37	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	3	0.00	0.0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	1	254.65	8.0	2	2	144.0	-7.29	-2.00	2.50	532.46	532.46	73.00	100.00	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	3	0.00	0.0	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	V

5.2.2.2.5 Resistenza massima a compressione SLV

Nodo : Numerazione del nodo (vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");

Area sezione : Area della sezione trasversale;

SL : Stato limite della combinazione più gravosa;

CdC : Combinazione di carico più gravosa;

NEd : Sforzo normale a compressione massimo di calcolo;

Nlim : Valore limite a compressione della sezione in relazione alla classe di duttilità;

S : Coefficiente di sicurezza;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	Area sezione [mm ²]	SL	CdC	NEd [kN]	Nlim [kN]	S	Esito
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	282743.34	Nessuno	-	0.00	1781.969	100.00	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	282743.34	Nessuno	-	0.00	1781.969	100.00	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	282743.34	Nessuno	-	0.00	1781.969	100.00	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	282743.34	Nessuno	-	0.00	1781.969	100.00	V

Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	282743.34	Nessuno	-	0.00	1781.969	100.00	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	282743.34	Nessuno	-	0.00	1781.969	100.00	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	502654.82	Nessuno	-	0.00	3167.945	100.00	V

5.2.2.2.6 Carico limite orizzontale

Nodo : Numerazione del nodo (Vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
 SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;
 Hsd : Carico orizzontale sollecitante di cui corrisponde il minimo coefficiente di sicurezza;
 Hrlimd : Carico limite di calcolo a slittamento del plinto;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 (Verifica della combinazione di carico A1)							
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Hsd	Hrlimd	S	Esito
				[kN]	[kN]		
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC15	-	5.246	701.267	100.00	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC7	-	6.10	701.267	100.00	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC3	-	5.024	701.267	100.00	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC13	-	7.859	701.267	89.23	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC15	-	6.81	701.267	100.00	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC13	-	5.332	701.267	100.00	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	SLV	CC9	-	9.29	866.606	93.28	V
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC13	-	1.581	701.267	100.00	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC3	-	1.524	701.267	100.00	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC3	-	1.524	701.267	100.00	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC3	-	1.524	701.267	100.00	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC3	-	1.524	701.267	100.00	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC13	-	1.06	701.267	100.00	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	SLU	CC18	-	0.577	866.606	100.00	V
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC15	-	3.054	701.267	100.00	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC15	-	3.051	701.267	100.00	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC3	-	3.446	701.267	100.00	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC13	-	3.43	701.267	100.00	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC15	-	2.798	701.267	100.00	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC13	-	1.258	701.267	100.00	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	SLD	CC13	-	3.405	866.606	100.00	V

5.2.2.2.7 Carico limite verticale

Nodo : Numerazione del nodo (Vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
 SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;
 Qvsd : Carico verticale di calcolo cui corrisponde il minimo coefficiente di sicurezza;
 Wpd : Peso del palo di calcolo;
 Eff. : Efficienza palificata;
 QlimLd : Carico limite laterale di calcolo del palo;
 QlimBd : Carico limite di base di calcolo del palo;
 QvLimTotd : Carico limite verticale totale di calcolo del palo;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 - Lt (Verifica della combinazione di carico A1 a lungo termine)											
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Qvsd	Wpd	Eff.	QlimLd	QlimBd	QvLimTotd	S	Esito
				[kN]	[kN]		[kN]	[kN]	[kN]		
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V

Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	SLV	CC1	-	-17.894	62.832	1.00	177.633	0.00	177.633	13.44	V
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC2	-	-27.614	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	7.54	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC2	-	-27.614	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	7.54	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC2	-	-27.614	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	7.54	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC2	-	-27.614	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	7.54	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC2	-	-27.614	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	7.54	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC2	-	-27.614	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	7.54	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	SLU	CC2	-	-23.263	62.832	1.00	177.633	0.00	177.633	10.34	V
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	SLD	CC1	-	-17.894	62.832	1.00	177.633	0.00	177.633	13.44	V

5.2.2.2.8 Instabilità SLU

Nodo : Numerazione del nodo (Vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
 N. Sez. : Posizione misurata lungo l'asse dell'elemento;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Pk : Carico critico per instabilità;
 Nsd : Sforzo normale sollecitante di calcolo;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	N. Sez.	CdC	Pk [kN]	Nsd [kN]	S	Esito
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC1	146223.58	0.00	100.00	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC1	146223.58	0.00	100.00	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC1	146223.58	0.00	100.00	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC1	146223.58	0.00	100.00	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC1	146223.58	0.00	100.00	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC1	146223.58	0.00	100.00	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	1	CC1	269549.50	0.00	100.00	V

5.2.2.2.9 Instabilità SLV

Nodo : Numerazione del nodo (Vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
 N. Sez. : Posizione misurata lungo l'asse dell'elemento;
 CdC : Combinazione di carico più gravosa;
 Pk : Carico critico per instabilità;
 Nsd : Sforzo normale sollecitante di calcolo;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	N. Sez.	CdC	Pk [kN]	Nsd [kN]	S	Esito
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC1	146223.58	0.00	100.00	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC1	146223.58	0.00	100.00	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC1	146223.58	0.00	100.00	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC1	146223.58	0.00	100.00	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC1	146223.58	0.00	100.00	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	CC1	146223.58	0.00	100.00	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	1	CC1	269549.50	0.00	100.00	V

5.2.2.2.10 Fessurazione SLE

Nodo : Numerazione del nodo (Vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");

N. Sez. : Posizione misurata lungo l'asse dell'elemento;

SL : Stato limite della combinazione più gravosa;

CdC : Combinazione di carico più gravosa;

Azioni Sollecitanti

NSd : Sforzo normale sollecitante;

MSd3 : Valore del momento sollecitante attorno all'asse 3 locale;

MSd2 : Valore del momento sollecitante attorno all'asse 2 locale;

Fessurazione

Wk Max : Massima apertura delle fessure;

Wk Lim : Valore limite dell'apertura delle fessure;

S : Valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Nodo	N. Sez.	SL	CdC	Azioni Sollecitanti			Fessurazione		S	Esito
				NSd [kN]	MSd3 [kNm]	MSd2 [kNm]	Wk Max [cm]	Wk Lim [cm]		
«TabVerifPlintoFess_Elem»	1	SLE Frequenti	CC1	21.24	0.00	0.25	0.00	0.04	100.00	V
«TabVerifPlintoFess_Elem»	1	SLE Frequenti	CC1	21.24	0.00	0.53	0.00	0.04	100.00	V
«TabVerifPlintoFess_Elem»	1	SLE Frequenti	CC1	21.24	0.00	0.53	0.00	0.04	100.00	V
«TabVerifPlintoFess_Elem»	1	SLE Frequenti	CC1	21.24	0.00	0.53	0.00	0.04	100.00	V
«TabVerifPlintoFess_Elem»	1	SLE Frequenti	CC1	21.24	0.00	0.53	0.00	0.04	100.00	V
«TabVerifPlintoFess_Elem»	1	SLE Frequenti	CC1	21.24	0.00	0.25	0.00	0.04	100.00	V
«TabVerifPlintoFess_Elem»	1	SLE Frequenti	CC1	17.89	0.00	0.00	0.00	0.04	100.00	V

5.2.2.2.11 Tensioni di esercizio SLE

Nodo : Numerazione del nodo (Vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");

N. Sez. : Posizione misurata lungo l'asse dell'elemento;

SL : Stato limite della combinazione più gravosa;

CdC : Combinazione di carico più gravosa;

Azioni Sollecitanti

NSd : Sforzo normale sollecitante;

MSd3 : Valore del momento sollecitante attorno all'asse 3 locale;

MSd2 : Valore del momento sollecitante attorno all'asse 2 locale;

Tensioni massime

σ MaxCls : Tensione massima di compressione sul calcestruzzo;

σ MaxAcciaio : Tensione massima di trazione sulle barre da armatura;

Tensioni limite

σ LimCls : Tensione limite di compressione del calcestruzzo;

σ LimAcciaio : Tensione limite di trazione delle barre da armatura;

S : Valore del coefficiente di sicurezza minimo della sezione;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

;

Nodo	N. Sez.	SL	CdC	Azioni Sollecitanti			Tensioni massime		Tensioni limite		S	Esito
				NSd [kN]	MSd3 [kNm]	MSd2 [kNm]	σ MaxCls [N/mm ²]	σ MaxAcciaio [N/mm ²]	σ LimCls [N/mm ²]	σ LimAcciaio [N/mm ²]		
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	SLE Car.	CC12	21.24	1.49	0.25	0.00	-9.96	15.00	360.00	36.14	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	SLE Car.	CC3	21.24	0.00	0.71	0.00	-8.081	15.00	360.00	44.55	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	SLE Car.	CC3	21.24	0.00	0.71	0.00	-8.081	15.00	360.00	44.55	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	SLE Car.	CC3	21.24	0.00	0.71	0.00	-8.081	15.00	360.00	44.55	V

Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	SLE Car.	CC3	21.24	0.00	0.71	0.00	-8.081	15.00	360.00	44.55	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	1	SLE Car.	CC12	21.24	0.73	0.25	0.00	-8.196	15.00	360.00	43.92	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	1	SLE Car.	CC17	17.89	0.00	-0.46	0.00	-3.475	15.00	360.00	100.00	V

5.2.2.2.12 Cedimenti SLE

Nodo : Numerazione del nodo (Vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
 SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
 Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;
 Acc. El. : Accorciamento elastico del palo;
 Istant. : Cedimento istantaneo;
 Consol. : Cedimento di consolidamento;
 Tot. : Cedimento totale;

Nodo	SL	Impalcato	Acc. El.	Istant.	Consol.	Tot.
				[cm]	[cm]	[cm]
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLE Quasi Permanenti	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLE Quasi Permanenti	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLE Quasi Permanenti	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLE Quasi Permanenti	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLE Quasi Permanenti	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLE Quasi Permanenti	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	SLE Quasi Permanenti	-	0.00	0.00	0.00	0.00

5.2.3 Analisi Cedimenti Plinti-Pali

SL : Stato limite d'esercizio analizzato;
 Dist. : Distanza tra i plinti-pali di massimo cedimento differenziale;
 N. ced. max : Nodo di calcolo del plinto/palo con cedimento massimo;
 Ced. tot. max : Cedimento totale massimo;
 N. ced. min : Nodo di calcolo del plinto/palo con cedimento minimo;
 Ced. tot. min. : Cedimento totale minimo;
 Diff. : Cedimento differenziale;
 Lim. : Cedimento limite (‰ x Dist.);
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato;

Analisi cedimenti massimi									
SL	Dist.	N. ced. max	Ced. Tot. max	N. ced. min	Ced. Tot. min	Diff.	Lim.	S	Esito
	[cm]		[cm]		[cm]	[cm]	[cm]		
SLE Quasi Permanenti	0.00	1	0.00	1	0.00	0.00	(4‰ x Dist.) 0.00	100.00	V

Dalle tabelle relative al cedimento differenziale limite delle fondazioni, si evince che i cedimenti differenziali massimi stimati risultano compatibili con la funzionalità dei lavori in oggetto.

6 Allegato B - Schemi Grafici di Calcolo

Non sono presenti schemi grafici di calcolo.

7 Allegato C - Giudizio motivato di accettabilità dei risultati (§10.2 NTC 2018)

7.1 Informativa sull'affidabilità dei codici

Il processo di progettazione e sviluppo del software **FaTA Next**, per ciò che riguarda le procedure di calcolo e l'elaborazione degli elaborati in output forniti, è sottoposto al controllo del Sistema di Gestione della Qualità Aziendale della **Stacec s.r.l.**, con sede in Bovalino (RC), S.S. 106 km 87, n. 59, conforme alla norma ISO 9001:2000 e certificato da **Certiquality** con n. 8679.

Al fine della comprensione del metodo e dei parametri utilizzati si allegano i cenni teorici adeguatamente commentati.

Si dichiara, inoltre, che al progettista sono stati forniti gli esempi di calcolo sottoelencati, utilizzati per verificare la validità delle procedure di calcolo ed effettuare le necessarie verifiche di controllo, i cui dati in ingresso, in essi riportati, potranno essere utilizzati per eventuali confronti con altri strumenti di calcolo.

- Test01_PortaleQdis.fnx
- Test02_PortaleFOr_01.fnx e Test02_PortaleFOr_02.fnx
- Test03_Portale_DT.fnx
- Test04_Imp_Rigido.fnx
- Test05b_Conci rigidi.fnx

Il software è dotato di strumenti di autodiagnostica che controllano ed evidenziano, durante le procedure di inserimento dei dati e di elaborazione, eventuali valori non congrui, il cui utilizzo comprometterebbe una corretta elaborazione.

Bovalino, 11/04/2018

Allegato 1: Cenni teorici

Introduzione

Questo allegato descrive i concetti teorici e la modellazione strutturale su cui poggia il calcolo di FaTA Next. La descrizione è relativa alla soluzione delle incognite strutturali e alle sollecitazioni di calcolo agenti sulle varie parti della struttura. Per tutto ciò che concerne le verifiche strutturali dei singoli elementi si rimanda il lettore all'apposito capitolo.

L'analisi numerica della struttura viene condotta attraverso l'utilizzo del metodo degli elementi finiti ipotizzando un comportamento elastico-lineare.

Il metodo degli elementi finiti consiste nel sostituire il modello continuo della struttura con un modello discreto equivalente e di approssimare la funzione di spostamento con un polinomio algebrico, definito in regioni (dette appunto elementi finiti) che sono delle funzioni interpolanti il valore di spostamento definito in punti discreti (detti nodi).

Gli elementi finiti utilizzabili ai fini della corretta modellazione della struttura verranno descritti di seguito.

Il modello di calcolo può essere articolato sulla base dell'ipotesi di impalcato rigido, in funzione della reale presenza di solai continui atti a irrigidire tutto l'impalcato. Tale ipotesi viene realizzata attraverso l'introduzione di adeguate relazioni cinematiche tra i gradi di libertà dei nodi costituenti l'impalcato e i gradi di libertà del nodo "master" posizionato nel centro di massa dell'impalcato stesso.

Modellazione geometrica della struttura

Il modello geometrico (mesh) della struttura è basato sull'utilizzo dei seguenti elementi:

- Nodi

Si definiscono nodi, entità geometriche determinate tramite le tre coordinate nel riferimento globale. I nodi, nello spazio tridimensionale, posseggono tre gradi di libertà traslazionali e tre rotazionali. Essi sono posizionati in modo da definire gli estremi degli elementi finiti e, di regola, in ogni discontinuità strutturale, di carico, di caratteristiche meccaniche, di campo di spostamento.

- Vincoli e Molle

I gradi di libertà possono essere vincolati, bloccando il cinematismo nella direzione voluta o assegnando "molle" applicate ai nodi tramite valori di rigidità finiti. Un vincolo assegna a priori un valore di spostamento nullo, e quindi la variabile corrispondente viene eliminata.

- Vincoli interni

Tali vincoli servono a definire le modalità di trasmissione degli sforzi dall'elemento finito ai nodi. Ciò viene associato al concetto di trasferimento della rigidità. Generalmente l'elemento considerato è rigidamente connesso ai nodi che lo definiscono, in modo da bloccare tutti i gradi di libertà relativi. E' possibile, comunque "rilasciare" le caratteristiche delle sollecitazioni, in modo da svincolare i gradi di libertà corrispondenti. Nel caso particolare, il modello utilizzato consente di svincolare le tre rotazioni intorno agli assi locali dell'asta.

- Aste

Si tratta di elementi finiti monodimensionali ad asse rettilineo delimitate da due nodi (i nodi di estremità). Per questi elementi generalmente la funzione interpolante è quella del modello analitico per cui la mesh non influisce sensibilmente sulla convergenza. Le aste sono dotate di rigidità assiale, flessionale, e a taglio, secondo il modello classico della trave inflessa di Eulero- Bernoulli e/o Timoshenko. Alla singola asta è possibile associare una sezione costante per tutta la sua lunghezza.

- Asta su suolo elastico

Si tratta di elementi finiti monodimensionali ad asse rettilineo, di definizione simile alle aste. Sono utili a modellare travi di fondazione, considerate poggianti su suolo alla **Winkler**, e reagenti sia rispetto alle componenti traslazionali di cinematismo, sia rotazionali.

-Asta con plasticità diffusa

Si tratta di un elemento finito monodimensionale in grado di modellare la risposta elastoplastica in ogni punto dello

stesso. A tal proposito l'asse della trave viene discretizzato in un numero finito di sezioni (significative ai fini dell'integrazione numerica) ognuna delle quali viene a sua volta suddivisa in un certo numero di fibre. La risposta 3d assiale e flessionale viene ottenuta attraverso l'integrazione delle sollecitazioni relative alla singola fibra sull'intera sezione trasversale.

- Lastra-Piastra

Si tratta di elementi finiti bidimensionali, definiti da tre o quattro nodi, posti ai vertici rispettivamente di un triangolo o di un quadrilatero irregolare. La geometria reale dell'elemento viene ricondotta ad un triangolo rettangolo (elemento a tre nodi) o ad un quadrato definito nella trattazione isoparametrica. L'elemento lastra-piastra non ha rigidità per la rotazione intorno all'asse perpendicolare al suo piano e viene trattato secondo la teoria di **Mindlin-Reissner**. Nel modello considerato si tiene conto dell'accoppiamento tra azioni flessionali e membranali.

- Forze e coppie concentrate

Per la risoluzione statica della struttura, tutti i carichi applicati agli elementi vengono trasferiti ai nodi. Ciò avviene in automatico per il peso delle aste, delle piastre, delle pareti, dei pannelli di carico presenti sulle aste e per la distribuzione di carico applicate agli elementi bidimensionali. Il modello di calcolo consente anche l'introduzione di forze e coppie ai nodi. Le forze sono dirette lungo le tre direzioni del sistema di riferimento globale ed in entrambi i versi per ogni direzione. Le coppie concentrate sono riferite ai tre assi del riferimento globale, in entrambi i versi di rotazione di ciascun asse.

- Carichi distribuiti

Il modello di calcolo consente anche l'introduzione di carichi ripartiti sulle aste e di distribuzione di carico su piastre e pareti. I carichi ripartiti sulle aste possono essere riferite sia al riferimento globale, sia al riferimento locale, lungo le tre direzioni ed in entrambe i versi. E' possibile anche introdurre carichi distribuiti torcenti agenti intorno all'asse dell'asta ed in entrambe i versi di rotazione. Tutti i tipi di carico ripartito devono avere forma trapezia. Sugli elementi bidimensionali, che fanno parte della mesh di piastre e pareti, è possibile assegnare una distribuzione uniforme, avente le caratteristiche di una pressione diretta ortogonalmente all'elemento.

- Pannelli di carico

Il pannello di carico è un concetto legato alla reale distribuzione di carichi gravanti sulle aste. Ne fanno parte: solai, balconi, scale. Da tali pannelli, di forma irregolare come definiti dalla geometria dell'input, si passa alla quantificazione dei carichi trapezoidali ripartiti sulle aste. Per meglio simulare l'effetto dei pannelli, vengono generati in modo automatico anche dei carichi ripartiti torcenti, anch'essi di forma trapezia, relativi ai carichi distribuiti equivalenti al pannello.

- Sezioni

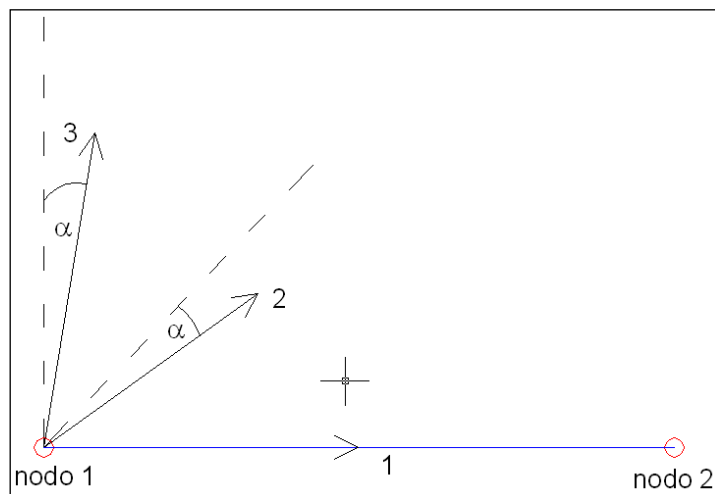
Le sezioni assegnabili alle aste sono definite attraverso le caratteristiche geometrico-elastiche, i moduli di resistenza plastici (sezioni in acciaio) ed il materiale.

Sistema di coordinate

I sistemi di riferimento sono usati per definire localmente le parti del modello strutturale e per riferire i carichi, gli spostamenti, le sollecitazioni, le tensioni, le reazioni. Per la risoluzione della struttura il programma utilizza due distinti sistemi di riferimento tridimensionali:

- **Globale:** unico per tutti gli elementi finiti e utile a risolvere l'intera struttura. Viene definito con l'asse Z lungo la direzione della forza di gravità ma con verso positivo opposto, e gli assi X e Y tali da formare una terna ortogonale levogira (identificabile con la "regola della mano destra") ;
- **Locale:** definito per ogni elemento e utile a riferire la rigidità e i carichi locali.

Per gli elementi BEAM il sistema di riferimento locale viene definito in base alla geometria dell'asta. L'asse 1 è il versore coincidente con la direzione dell'asta indicata dal primo al secondo nodo, secondo la seguente figura:

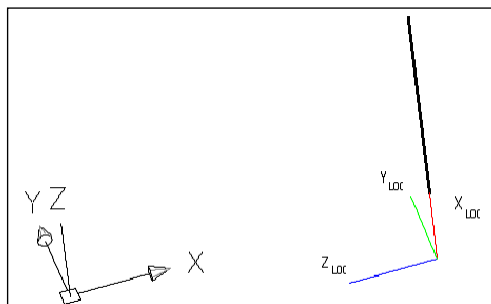


L'asse 2 e il 3 vengono costruiti realizzando una roto-traslazione rigida nello spazio del sistema di riferimento globale, in modo che l'asse X coincida con l'asse 1 locale. Il sistema di riferimento locale è dotato di un angolo α di deviazione (positivo antiorario) relativamente alla torsione intorno all'asse 1 in modo da considerare eventuali torsioni della sezione.

La matrice di rotazione, utile a definire le trasformazioni di base, è calcolata in modo tale che il sistema di riferimento locale e globale coincidono in direzione e verso se i due punti hanno angolo nullo nel piano XY (il segmento che li congiunge ha direzione e verso dell'asse x) e la torsione è nulla.

Un caso particolare si presenta quando i due nodi sono perfettamente allineati in verticale (angolo di 90 o 270 gradi dal piano XY). In tal caso è possibile scegliere tra infiniti sistemi di riferimento, uno per ogni possibile angolo nel piano XY. Per eliminare questa arbitrarietà, nella generazione automatica del modello in FaTA Next, è stata prevista la possibilità di imporre due angoli di torsione diversi: uno per il caso verticale (*angTorsVert*) ed uno per gli altri casi (*angTors*).

La scelta di tali angoli dipende dall'utilizzo della matrice di rotazione stessa, come sarà chiaro dagli esempi seguenti. Quando l'angolo di torsione verticale è nullo se il sistema di riferimento è quello illustrato in figura (è stata impostata la continuità con il caso di due punti aventi angolo nullo nel piano XY angolo pressoché pari a 90 dal piano XY).

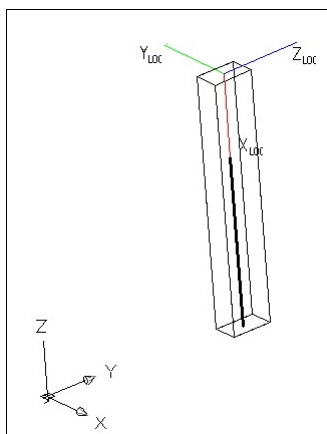


Per comprendere meglio la modellazione automatica di FaTA Next, riportiamo due esempi relativi al caso pilastro e trave supponendo che non siano presenti angoli di torsione propri delle aste (tipologia, filo fisso, angolo di torsione imposto all'asta). In caso di presenza di questi angoli di torsione i sistemi di riferimento descritti sotto ruotano in maniera solidale con l'asta.

ESEMPIO 1: MATRICE DI ROTAZIONE DEL PILASTRO DEL FATA NEXT

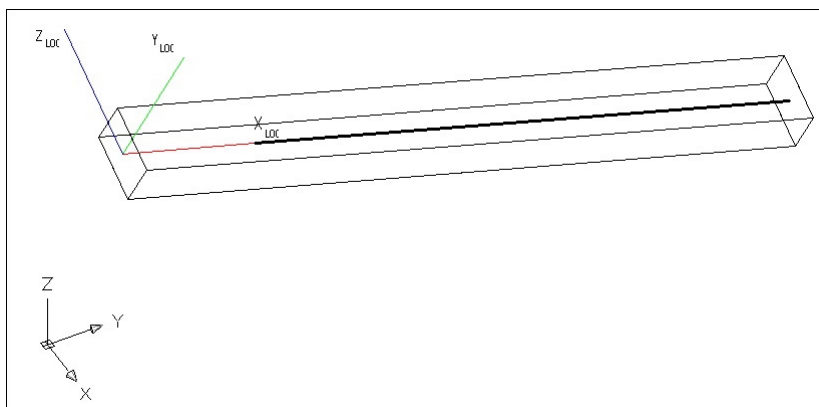
In FaTA Next, per scelta di input, il pilastro può essere pensato come una trave verticale avente angolo di -90° nel piano XY. Inoltre nel caso in cui l'asta del pilastro non è esattamente verticale per mantenere il sistema di riferimento coerente con il caso verticale è necessario imporre un ulteriore angolo di torsione Alfa pari all'angolo dell'asta nel piano XY (confondendo quest'angolo con un angolo di torsione). Per cui si pone $\text{angTorsVert}=-90$ e $\text{angTors}=\text{angTorsVert}-\text{Alfa}$.

Il sistema di riferimento del pilastro è, con queste assunzioni, sempre quello illustrato in figura:

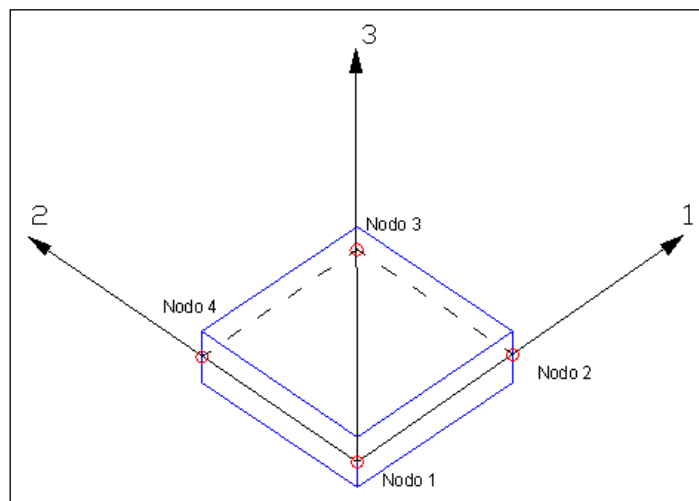


ESEMPIO 2: MATRICE DI ROTAZIONE DELLA TRAVE DEL FATA NEXT

Per la trave non verticale non è necessaria la presenza di angoli di torsione. Per la trave verticale, se è un tratto di asta spezzata oppure un'asta derivante da una travatura reticolare, è necessaria la presenza di un angolo di torsione pari all'angolo dell'asta originale nel piano XY.



Anche per gli elementi SHELL il sistema di riferimento è legato alla geometria. In particolare, l'asse 1 ha direzione coincidente con il vettore congiungente il primo e il secondo nodo dell'elemento. Gli altri due assi sono creati in modo da formare una terna ortogonale levogira (identificabile con la "regola della mano destra");



Più precisamente, nel caso di modellazione di pareti e piastre le sollecitazioni relative ai singoli elementi finiti (automaticamente creati secondo una mesh i cui criteri vengono riportati in seguito) vengono riferiti al sistema di riferimento locale del macroelemento piastra o parete.

Nodi e gradi di libertà

I nodi nell'analisi agli elementi finiti giocano un ruolo fondamentale, in quanto rappresentano i punti in cui sono definite le funzioni interpolanti degli spostamenti. È in questi punti che vengono calcolati gli spostamenti della struttura (spostamenti nodali) attraverso la risoluzione dei sistemi lineari.

I nodi vengono automaticamente creati dal programma il quale provvede ad inserirli nelle discontinuità strutturali, in modo che gli estremi degli elementi ne vengano definiti. Le tre coordinate di posizionamento dei nodi sono riferite al sistema globale.

L'entità "nodo" è importante in quanto in esso è possibile:

- **Connettere** gli elementi strutturali attraverso il trasferimento di carichi e masse dagli elementi;
- **Limitare** i gradi di libertà attraverso l'applicazione di vincoli cinematici e molle (rigidezze concentrate);
- **Caricare** la struttura attraverso forze e coppie concentrate applicate o riportate dagli elementi.

I nodi vengono creati all'intersezione degli elementi strutturali (pilastri e travi) ed internamente ad oggetti parete e piastra. In quest'ultimo caso i nodi sono definiti dal passo della meshatura scelta.

Le deformazioni della struttura sono governate dagli spostamenti dei nodi. Le componenti di spostamento (traslazioni e rotazioni) dei nodi sono chiamati **gradi di libertà** del problema. Ogni nodo, nello spazio, ha sei gradi di libertà: tre traslazionali e tre rotazionali riferiti al sistema di riferimento globale. I vincoli applicati annullano i gradi di libertà (cioè il valore dello spostamento) i quali vengono ignorati come incognite ed utilizzati per il calcolo delle reazioni vincolari. Tali reazioni vengono esplicitate nella direzione dei gradi di libertà bloccati.

Tra i vincoli più familiari ricordiamo:

- **Incastro**: reagisce con tre forze e tre momenti in quanto vengono bloccati tutte le componenti di spostamento (traslazionali e rotazionali);
- **Cerniera sferica**: reagisce con tre forze concentrate in quanto vengono bloccati solo le componenti traslazionali;
- **Cerniera cilindrica**: reagisce con due forze contenute nel piano ortogonale all'asse di rotazione della cerniera;
- **Carrello**: reagisce con una forza diretta lungo l'asse del carrello.

Gli spostamenti nodali possono anche essere limitati applicando delle molle. Le molle sono valori di rigidità aggiuntiva applicate ai nodi. Il sistema lineare da risolvere è, relativamente ad un nodo, il seguente:

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{xx} & K_{xy} & K_{xz} & K_{x\phi x} & K_{x\phi y} & K_{x\phi z} \\ & K_{yy} & K_{yz} & K_{y\phi x} & K_{y\phi y} & K_{y\phi z} \\ & & K_{zz} & K_{z\phi x} & K_{z\phi y} & K_{z\phi z} \\ & & & K_{\phi x\phi x} & K_{\phi x\phi y} & K_{\phi x\phi z} \\ & Sym & & & K_{\phi y\phi y} & K_{\phi y\phi z} \\ & & & & & K_{\phi z\phi z} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} u_x \\ u_y \\ u_z \\ \phi_x \\ \phi_y \\ \phi_z \end{bmatrix}$$

La matrice di rigidità è del tipo pieno. L'introduzione delle molle comporta un'aggiunta alla matrice di rigidità della seguente matrice:

$$\begin{bmatrix} K_x & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & K_y & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & K_z & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & K_{\phi x} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & K_{\phi y} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K_{\phi z} \end{bmatrix}$$

Il valore delle rigidità sulla diagonale viene inserito sui nodi nell'apposito ambiente contenuto in "Modellazione3D" di FaTA Next. In questo caso le reazioni verranno automaticamente calcolate moltiplicando lo spostamento nodale per il valore della rigidità introdotta corrispondente alla reazione cercata.

Sia i valori di spostamento che delle rigidità sono riportati sulla relazione di calcolo generata da FaTA Next.

Matrici di calcolo della struttura

Dalla discretizzazione geometrica della struttura vengono definite le matrici utili a studiare il comportamento globale della struttura in esame.

- Matrice di rigidità

Tale matrice viene costruita partendo dalla matrice di rigidità espressa nel sistema di riferimento locale dell'elemento considerato. Attraverso un'operazione di trasformazione, mediante la matrice di rotazione, viene riferita al sistema di riferimento globale. L'ultima operazione consiste nell'"assemblaggio" delle singole matrici di ogni elemento, in modo da formare un'unica matrice relativa all'intera struttura.

- Matrice delle masse

La generazione della matrice globale è del tutto analoga a quella sopra descritta per la matrice di rigidità. La matrice delle masse è di tipo "consistent" e considera l'effettiva distribuzione delle masse della struttura. Come definito dalla normativa, alle masse relative ai carichi permanenti, viene aggiunta un'aliquota delle masse equivalenti ai carichi d'esercizio.

- Matrice di smorzamento

Il modello di smorzamento adottato è di tipo viscoso ed in modo particolare quello di **Rayleigh** detto anche smorzamento proporzionale. Secondo tale modello la matrice di smorzamento viene calcolata secondo la relazione:

$$C = \alpha M + \beta K$$

dove α e β sono le costanti di smorzamento di **Rayleigh**.

Relazioni Master-Slave

I gradi di libertà della struttura possono essere relazionati attraverso delle equazioni ai fini di modellare i seguenti comportamenti:

- **Impalcato rigido;**
- **Corpo rigido;**
- **Platea rigida;**
- **Spostamenti uguali.**

In FaTA Next è possibile utilizzare solo il modello “impalcato rigido”. Gli altri modelli non sono al momento disponibili dall’interfaccia utente.

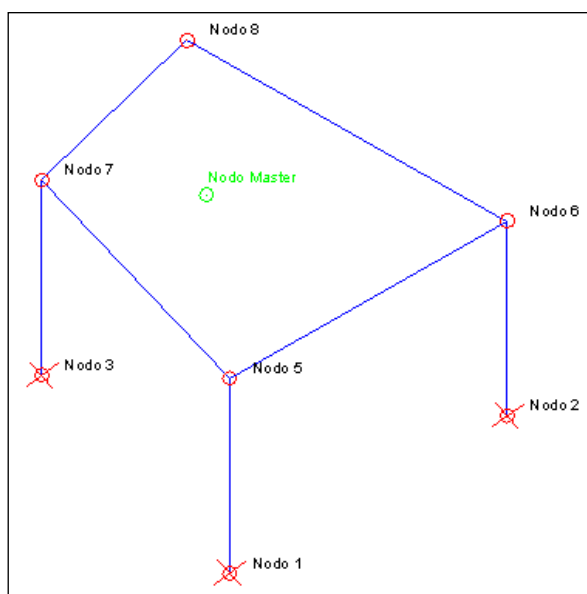
Ogni modellazione viene eseguita attraverso delle relazioni cinematiche tra gli spostamenti dei nodi chiamati “slave” e gli spostamenti di un nodo rappresentativo chiamato “master”.

Nel caso di **impalcato rigido** l’ipotesi viene condotta in modo che l’impalcato sia infinitamente rigido ad azioni complanari e deformabile ad azioni ortogonali al piano.

L’ipotesi di rigidità è realistica se viene utilizzata su nodi appartenenti ad uno stesso piano orizzontale. Per questo motivo, nel tentativo di condurre il progettista verso modelli teorici soddisfacenti, nell’ambiente di modellazione non è consentito attribuire relazioni master-slave tra nodi che appartengono ad impalcati diversi. Si ricorda che il programma, dal momento che non può riconoscere la forma dell’edificio, genera automaticamente un nodo master per piano.

In molti casi (ampi fori nel solaio, coperture inclinati, strutture reticolari, ecc.) è opportuno eliminare il master di piano, in quanto il modello potrebbe presentare un comportamento non vicino al reale. Tutte le operazioni di introduzione, cancellazione e modifica dei nodi master sono attuabili dall’ambiente “Modellazione 3D”.

Nella seguente figura sono mostrati i significati dei vari elementi:



Nella figura i nodi contrassegnati dai numeri 5,6,7,8 sono legati al nodo master (di colore verde) attraverso le seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} Ux_s &= Ux_m + (y_m - y_s) \times Rz_m \\ Uy_s &= Uy_m + (x_s - x_m) \times Rz_m \\ Rz_s &= Rz_m \end{aligned}$$

Dove i pedici “s” e “m” indicano rispettivamente il nodo “slave” e “master”. Il nodo master è rappresentativo dell’impalcato, per cui in esso è contenuta tutta la massa dell’impalcato e le componenti di rigidezza relative alle trasformazioni matriciali.

Per tali motivi esso viene posizionato nel centro di massa dei nodi appartenenti allo stesso master. Per quanto riguarda i nodi 1,2,3,4 essi non vengono masterizzati in quanto appartenenti all’impalcato fondazioni. È chiaro che qualora fosse

presente un solaio rigido in fondazione, può essere necessario introdurre le relazioni master-slave anche per i nodi appartenenti a tale impalcato.

Nel caso di **corpo rigido** l'ipotesi viene condotta in modo che i nodi selezionati, rappresentativi del corpo siano legati da relazioni di spostamento rigido nello spazio. Le relazioni che regolano il fenomeno sono le seguenti:

$$\begin{aligned} Ux_s &= Ux_m - (z_m - z_s) \times Ry_m + (y_m - y_s) \times Rz_m \\ Uy_s &= Uy_m - (x_s - x_m) \times Rz_m + (z_s - z_m) \times Rx_m \\ Uz_s &= Uz_m - (y_s - y_m) \times Rx_m + (x_s - x_m) \times Ry_m \\ Rx_s &= Rx_m \\ Ry_s &= Ry_m \\ Rz_s &= Rz_m \end{aligned}$$

L'ipotesi di **platea rigida** è relativa al comportamento di piastra rigida alle deformazioni flessionali. Le relazioni cinematiche utili a modellare il comportamento sono:

$$\begin{aligned} Uz_s &= Uz_m - (y_s - y_m) \times Rx_m + (x_s - x_m) \times Ry_m \\ Rx_s &= Rx_m \\ Ry_s &= Ry_m \end{aligned}$$

L'ultimo modello vincola i nodi interessati a spostarsi presentando gli stessi spostamenti, secondo le seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} Ux_s &= Ux_m \\ Uy_s &= Uy_m \\ Uz_s &= Uz_m \\ Rx_s &= Rx_m \\ Ry_s &= Ry_m \\ Rz_s &= Rz_m \end{aligned}$$

I cinematismi **masterizzati** non possono essere vincolati. Il programma informa l'utente di tale errore durante il calcolo della struttura.

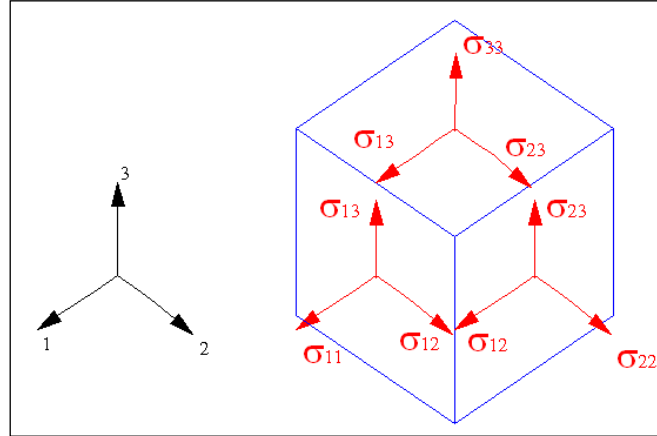
La modellazione master-slave introduce anche un vantaggio prestazionale riguardante la velocità di calcolo. Infatti, considerando la struttura della figura precedente, se non si effettua nessuna "masterizzazione" si hanno 24 incognite da calcolare (per cui la matrice di rigidezza di calcolo è 24x24), con l'ipotesi di impalcato rigido si hanno solo 15 incognite (matrice di rigidezza di calcolo è 15x15).

È ovvio che il vantaggio computazionale aumenta calcolando strutture più grandi.

Proprietà dei materiali

Il comportamento dei materiali utilizzati nel calcolo è di tipo omogeneo isotropo con legame elastico-lineare. Le proprietà elastiche e meccaniche dei materiali sono definite rispetto al sistema di riferimento locale. Il sistema di riferimento locale è importante nel caso di materiale anisotropi o ortotropi, è indifferente nel caso di materiali isotropi, in quanto le caratteristiche meccaniche e elastiche sono indipendenti da ogni sistema di riferimento utilizzato.

Le caratteristiche elastiche sono relazionate alle tensioni e alle deformazioni attraverso il materiale. Le tensioni sono definite come forze per unità di superficie agenti sulle facce di un solido che chiameremo "cubetto elementare". Utilizzando il sistema di riferimento locale possiamo riassumere il tutto nella seguente figura:



I termini σ_{11} , σ_{22} , σ_{33} sono le componenti di tensione che provocano l'allungamento del cubetto nella dimensione considerata. I termini σ_{12} , σ_{13} , σ_{23} sono le componenti di tensione che provocano distorsioni angolari tra le direzioni considerate.

Alcune delle componenti di tensione non sono presenti in tutti gli elementi. Per esempio nelle aste sono assunte nulle le σ_{22} , σ_{33} , σ_{23} , mentre nelle piastre è nulla la σ_{33} .

Le componenti di deformazione del cubetto si calcolano come:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{11} &= \frac{\partial u_1}{\partial x_1} \\ \varepsilon_{22} &= \frac{\partial u_2}{\partial x_2} \\ \varepsilon_{33} &= \frac{\partial u_3}{\partial x_3} \\ \gamma_{12} &= \frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \\ \gamma_{13} &= \frac{\partial u_1}{\partial x_3} + \frac{\partial u_3}{\partial x_1} \\ \gamma_{23} &= \frac{\partial u_2}{\partial x_3} + \frac{\partial u_3}{\partial x_2}\end{aligned}$$

dove u_1 , u_2 , u_3 sono gli spostamenti riferiti al sistema di riferimento locale. Le deformazioni possono essere anche causate da dilatazioni termiche applicate sugli elementi strutturali.

Come già accennato il comportamento dei materiali in FaTA Next è di tipo isotropico. Ciò vuol dire che l'elemento solido ha il medesimo comportamento indipendentemente dalla direzione considerata.

La correlazione tra deformazioni e tensioni è riportata nella seguente relazione:

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{22} \\ \varepsilon_{33} \\ \gamma_{12} \\ \gamma_{13} \\ \gamma_{23} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/E & -\nu/E & -\nu/E & 0 & 0 & 0 \\ & 1/E & -\nu/E & 0 & 0 & 0 \\ & & 1/E & 0 & 0 & 0 \\ & & & 1/G & 0 & 0 \\ & sym & & & 1/G & 0 \\ & & & & & 1/G \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \sigma_{33} \\ \sigma_{12} \\ \sigma_{13} \\ \sigma_{23} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha \\ \alpha \\ \alpha \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Delta T$$

Dove E è il modulo elastico longitudinale, ν è il coefficiente di Poisson, G è il modulo elastico a taglio e α è il coefficiente di espansione termica. Il modulo elastico a taglio è calcolabile dalla seguente relazione:

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

Il modulo elastico longitudinale è sempre positivo e il coefficiente di Poisson deve soddisfare le seguenti limitazioni:

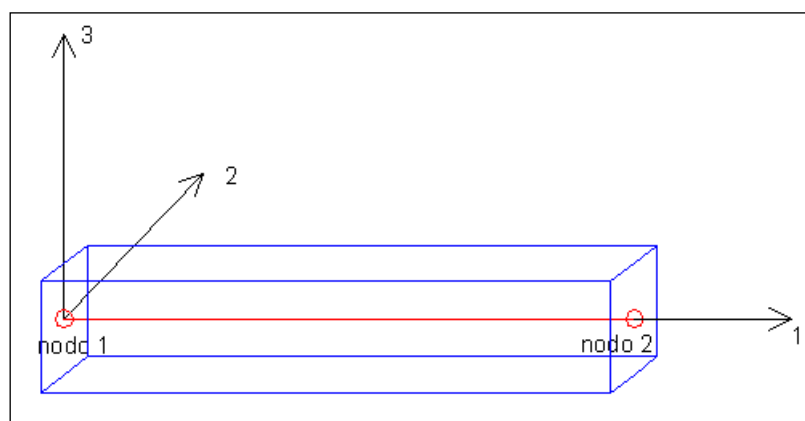
$$-1 < \nu < 0.5$$

Elementi BEAM e TRUSS

In questa sezione approfondiremo la trattazione degli elementi finiti BEAM e TRUSS, utili alla modellazione di travi, pilastri e aste di travature reticolari, comunque e sempre ad asse rettilineo.

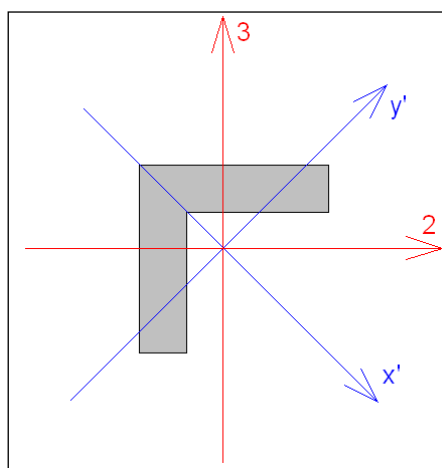
La differenza tra BEAM e TRUSS sta nel grado di connessione alle estremità. Infatti l'elemento TRUSS (noto come biella) presenta sconnessioni ai momenti flettenti e torcenti di estremità.

D'ora in avanti intenderemo approfondire solo l'elemento BEAM. Questo elemento finito possiede 12 gradi di libertà in quanto i due nodi di estremità hanno 6 gradi di libertà ciascuno: 3 alla traslazione e 3 alla rotazione:

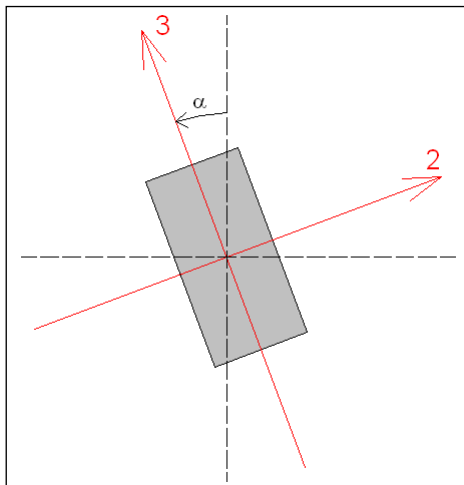


Il sistema di riferimento locale viene costruito partendo dall'asse 1 fatto coincidere con la linea d'asse della trave e orientato positivamente dal nodo 1 al 2. Gli altri due assi sono costruiti attraverso una roto-traslazione rigida del sistema di riferimento di riferimento globale in modo da sovrapporre l'asse x all'asse 1, secondo le indicazioni riportate precedentemente. I momenti di inerzia della sezione sono riferiti agli assi 2 e 3.

Per le sezioni doppiamente non simmetriche (ad esempio le sezioni a L) i momenti d'inerzia non sono riferiti agli assi principali ma ai due assi identificati con 2 e 3 orientati secondo la seguente figura:



Tutte le proprietà delle sezioni, i carichi e le caratteristiche della sollecitazione sono riferite agli assi locali della trave. Eventuali rotazioni della sezione vengono considerate ruotando il sistema di riferimento locale coerentemente all'angolo α :



I dati relativi alla sezione sono:

- **Area della sezione trasversale;**
- **Momenti principali di inerzia;**
- **Momento d'inerzia torsionale;**

Come già spiegato il materiale costituente la trave è assunto essere di tipo isotropo. I parametri atti a definirlo sono il modulo elastico longitudinale E e il coefficiente di Poisson. Le altre caratteristiche del materiale sono costituite dal peso proprio per unità di lunghezza della trave (automaticamente calcolato dal programma), dalla massa per unità di lunghezza (automaticamente calcolato dal programma) e dal coefficiente termico di dilatazione lineare.

Sulla linea d'asse della trave possono agire contemporaneamente una molteplicità di carichi:

- **Carichi distribuiti uniformi** espressi nel sistema di riferimento locale dell'asta;
- **Carichi distribuiti uniformi** espressi nel sistema di riferimento globale;
- **Carichi trapezoidali** espressi nel sistema di riferimento locale dell'asta;
- **Variazioni termiche uniformi;**

I carichi ripartiti (uniformi o trapezoidali) interessano tutta la lunghezza dell'asta ed hanno componenti lungo gli assi locali 1,2,3 del sistema di riferimento locale. È tuttavia possibile introdurre lo stesso tipo di carico riferito al riferimento globale X,Y,Z .

Tutti i tipi di carico ripartito possono essere forze o momenti, entrambi riferiti all'unità di lunghezza. I carichi termici introducibili sono del tipo lineare costante e provocano allungamenti della trave lungo il proprio asse.

La connessione interna tra le aste è per default sempre del tipo rigido, ovvero le aste generano ai nodi reazioni di incastro perfetto. Dall'ambiente "Modellazione 3D" è possibile "svincolare" localmente la risposta flessionale ai nodi di estremità. In poche parole è possibile introdurre cerniere cilindriche (orientate localmente) o sferiche.

Come accennato l'Elemento TRUSS ha, nella sua definizione, automaticamente liberi le componenti di reazione a rotazione.

Per modellare la compenetrazione delle aste ai nodi è possibile introdurre tratti rigidi agli estremi. La lunghezza di questi tratti (l_{ri} e l_{rj}) viene automaticamente calcolata dal programma. Per cui la lunghezza della parte deformabile della trave viene quindi ad essere assunta pari a:

$$\bar{L} = L - (l_{ri} + l_{rj})$$

La valutazione dei momenti di incastro perfetto indotti dagli schemi di carico tiene conto della presenza all'estremità della trave dei tronchi rigidi.

I dati di output relativi agli elementi BEAM e TRUSS sono:

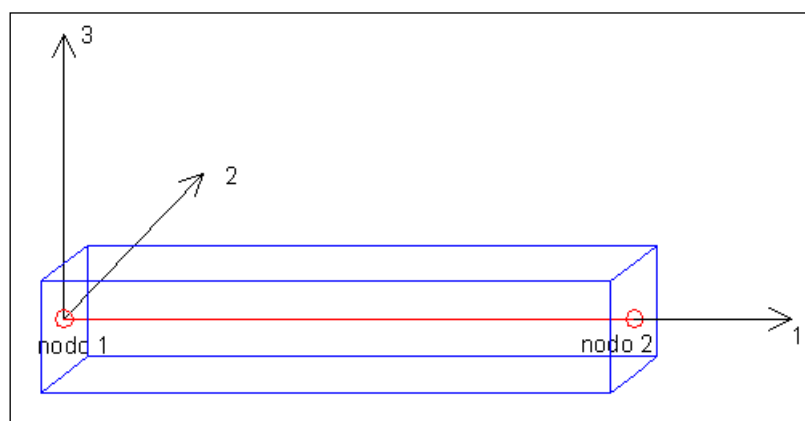
- **forze interne** (N_1 , T_2 , T_3);
- **momenti interni** (M_T , M_{12} , M_{13}).

Elemento FOND

Questo tipo di elemento finito viene utilizzato per modellare travi rovesce di fondazione. Questo elemento si discosta dal BEAM in quanto è vincolato attraverso delle molle traslazionali e rotazionali atte a simulare l'iterazione terreno-fondazione.

Il programma aggiunge alla matrice di rigidezza elastica dell'asta quella del contributo delle molle ripartite sulle facce della fondazione. I valori di tali contributi sono calcolate computando i coefficienti funzione delle aree di contatto terreno-fondazione. Tutti i calcoli sono effettuati sulla base di cinematismi unitari.

Questo elemento finito possiede 12 gradi di libertà in quanto i due nodi di estremità hanno 6 gradi di libertà ciascuno: 3 alla traslazione e 3 alla rotazione:



Il sistema di riferimento locale viene costruito partendo dall'asse 1 fatto coincidere con la linea d'asse della trave e orientato positivamente dal nodo 1 al 2. Gli altri due assi sono costruiti attraverso una roto-traslazione rigida del sistema di riferimento di riferimento globale in modo da sovrapporre l'asse x all'asse 1. I momenti di inerzia della sezione sono riferiti agli assi 2 e 3.

Tutte le proprietà delle sezioni, i carichi e le caratteristiche della sollecitazione sono riferite agli assi locali della trave. Eventuali rotazioni della sezione vengono considerate riferendo le inerzie agli assi locali di riferimento.

I dati relativi alla sezione sono:

- **Area della sezione trasversale;**
- **Momenti principali di inerzia;**
- **Momento d'inerzia torsionale;**
- **Modulo di Winkler verticale;**
- **Modulo di Winkler orizzontale;**

Come già spiegato il materiale costituente la trave è assunto essere di tipo isotropo. I parametri atti a definirlo sono il modulo elastico longitudinale E e il coefficiente di Poisson. Le altre caratteristiche del materiale sono costituite dal peso proprio per unità di lunghezza della trave (automaticamente calcolato dal programma), dalla massa per unità di lunghezza (automaticamente calcolato dal programma) e dal coefficiente termico di dilatazione lineare.

Sulla linea d'asse della trave possono agire contemporaneamente una molteplicità di carichi:

- **Carichi distribuiti uniformi** espressi nel sistema di riferimento locale dell'asta;
- **Carichi distribuiti uniformi** espressi nel sistema di riferimento globale;
- **Carichi trapezoidali** espressi nel sistema di riferimento locale dell'asta;
- **Variazioni termiche uniformi**;

I carichi ripartiti (uniformi o trapezoidali) interessano tutta la lunghezza dell'asta ed hanno componenti lungo gli assi locali 1,2,3 del sistema di riferimento locale. È tuttavia possibile introdurre lo stesso tipo di carico riferito al riferimento globale X,Y,Z.

Tutti i tipi di carico ripartito possono essere forze o momenti, entrambi riferiti all'unità di lunghezza. I carichi termici introducibili sono del tipo lineare costante e provocano allungamenti della trave lungo il proprio asse.

Per modellare la compenetrazione delle aste ai nodi è possibile introdurre tratti rigidi agli estremi. La lunghezza di questi tratti (l_{ri} e l_{rj}) viene automaticamente calcolata dal programma. Per cui la lunghezza della parte deformabile della trave viene quindi ad essere assunta pari a:

$$\bar{L} = L - (l_{ri} + l_{rj})$$

La valutazione dei momenti di incastro perfetto indotti dagli schemi di carico tiene conto della presenza all'estremità della trave dei tronchi rigidi.

I dati di output relativi agli elementi FOND sono:

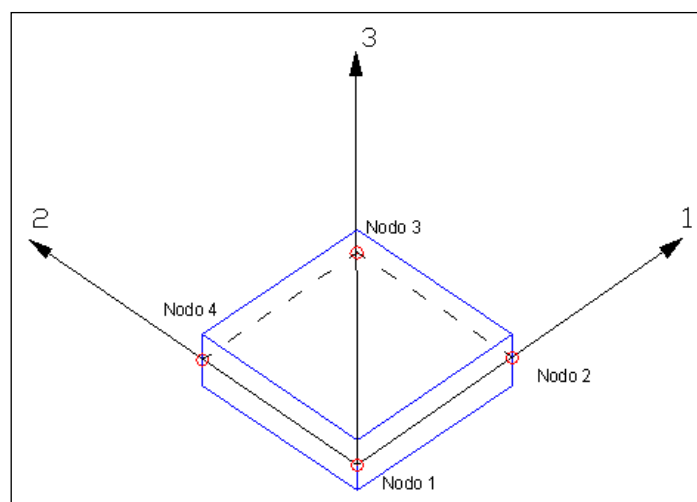
- **Forze interne** (N_1 , T_2 , T_3);
- **Momenti interni** (M_7 , M_{12} , M_{13}).

Elemento SHELL

In questa sezione approfondiremo la trattazione dell'elemento finito SHELL, utile alla modellazione di piastre orizzontali, platee di fondazione, pareti verticali e volte di varia forma. Questo tipo di elemento finito segue sempre la giacitura di un piano.

L'elemento lastra-piastra, nel seguito denominato guscio, possiede nel sistema di riferimento locale come in quello globale 6 gradi di libertà per nodo. L'elemento è computato sovrapponendo il comportamento lastra o membrana, che possiede 3 gradi di libertà per nodo (una coppia di spostamenti planari e un grado di libertà alla rotazione intorno ad un asse perpendicolare al piano medio), e il comportamento piastra, che possiede 3 gradi di libertà per nodo (uno spostamento perpendicolare al piano medio e una coppia di rotazioni ortogonali aventi assi sostegno paralleli al piano medio).

La geometria dell'elemento finito SHELL può essere definita attraverso 3 o 4 nodi. La trattazione nei due casi è completamente diversa. L'elemento a 3 nodi viene usato per creare esclusivamente mesh di transizione nel caso di figure irregolari. Il sistema di riferimento locale viene posizionato attraverso una roto-traslazione rigida facendo coincidere il vettore congiungente il primo e il secondo nodo dell'elemento con l'asse X del sistema di riferimento e denominandolo come asse 1:



Tutte le proprietà della sezione, i carichi e le caratteristiche della sollecitazione sono riferite agli assi locali dell'elemento. Il parametro geometrico che definisce l'elemento, oltre le coordinate dei nodi, è lo spessore della sezione trasversale.

Il materiale costituente il guscio è assunto essere di tipo isotropo. I parametri atti a definirlo sono il modulo elastico longitudinale E e il coefficiente di Poisson. Le altre caratteristiche del materiale sono costituite dal peso proprio per unità di superficie (automaticamente calcolato dal programma), dalla massa per unità di superficie (automaticamente calcolato dal programma) e dal coefficiente termico di dilatazione lineare.

Sull'elemento SHELL è possibile introdurre vari tipi di carico:

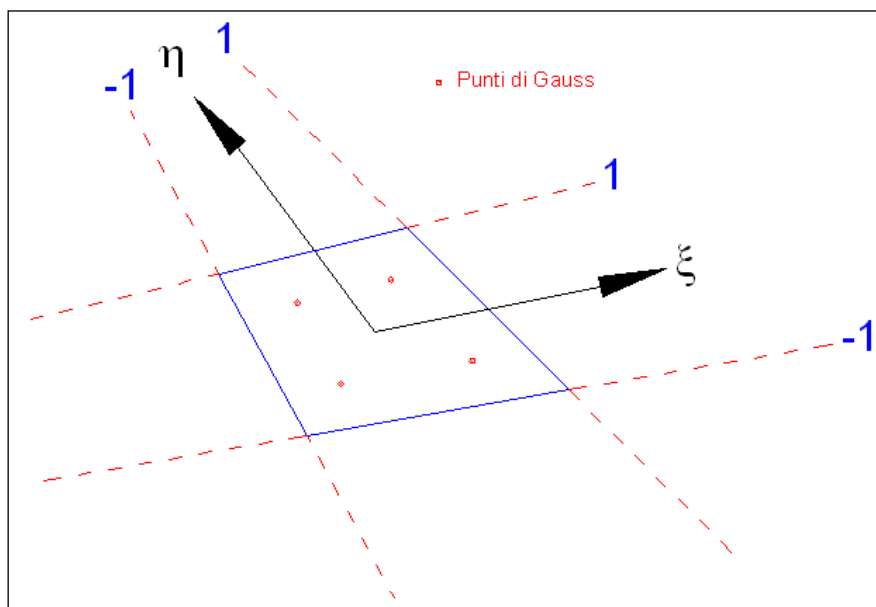
- **Carichi ripartiti** per unità di superficie agenti ortogonalmente al piano dell'elemento;
- **Carichi** (rispetto al sistema di riferimento locale e globale) ripartiti trapezoidali per unità di lunghezza applicati sui lati dell'elemento;
- **Variazioni termiche** costanti sul volume dell'elemento.

La formulazione dell'elemento è basata sulla teoria di Mindlin-Reissner in cui viene considerato anche il contributo della deformazione dovuta al taglio risolvendolo secondo la formulazione isoparametrica. Tutte le caratteristiche sono calcolate attraverso l'integrazione numerica ai punti di Gauss secondo la regola 2x2 ed estrapolate ai nodi.

Una volta ricondotte alle coordinate isoparametriche, le funzioni di forma nei due casi sono le seguenti:

$$\begin{aligned}
 &\text{Elementi Quadrangolari} \quad \begin{cases} N_1 = \frac{1}{4}(1 - \xi)(1 - \eta) \\ N_2 = \frac{1}{4}(1 + \xi)(1 - \eta) \\ N_3 = \frac{1}{4}(1 - \xi)(1 + \eta) \\ N_4 = \frac{1}{4}(1 + \xi)(1 + \eta) \end{cases} \\
 &\text{Elementi Triangolari} \quad \begin{cases} N_1 = (1 - \xi - \eta) \\ N_2 = \xi \\ N_3 = \eta \end{cases}
 \end{aligned}$$

Il significato delle coordinate parametriche è spiegato, per gli elementi quadrangolari, nella seguente figura:



Ogni oggetto piastra o parete introdotto dall'input viene meshato automaticamente dal programma secondo algoritmi di calcolo geometrici. La definizione della mesh è fondamentale per la corretta risoluzione della struttura.

Lo stesso elemento SHELL può essere utilizzato per modellare platee di fondazione attraverso l'introduzione di molle distribuite sulla superficie dell'elemento che vengono automaticamente concentrate (rappresentative della propria area di influenza e calcolate attraverso l'integrazione di Gauss) e applicate ai nodi di estremità.

La massa dell'elemento viene calcolata e rappresentata dai valori nodali (lumped).

I dati di output relativi agli elementi SHELL sono:

- **Forze** interne per unità di lunghezza (F_{11} , F_{22} , F_{12});
- **Momenti** interni per unità di lunghezza (M_{11} , M_{22} , M_{12});
- **Risultanti di taglio** interno per unità di lunghezza (V_{13} , V_{23}).

Le forze interne sono correlate alle tensioni dalle seguenti relazioni:

$$\begin{aligned}\sigma_{11} &= \frac{F_{11}}{s} - \frac{6M_{11}}{s^2} \\ \sigma_{22} &= \frac{F_{22}}{s} - \frac{6M_{22}}{s^2} \\ \sigma_{12} &= \frac{F_{12}}{s} - \frac{6M_{12}}{s^2} \\ \sigma_{13} &= \frac{V_{13}}{s} \\ \sigma_{23} &= \frac{V_{23}}{s} \\ \sigma_{33} &= 0\end{aligned}$$

dove s è lo spessore trasversale dell'elemento.

Tipi di analisi

Il motore di calcolo di FaTA Next consente di effettuare quattro tipi di analisi:

- **Statica lineare**
- **Dinamica modale**
- **Statica non lineare**
- **Dinamica non lineare**

L'analisi Statica Lineare è utilizzata per processare sempre i vettori di carico relativi a:

- **Carichi permanenti strutturali;**
- **Carichi permanenti non strutturali;**
- **Carichi accidentali;**
- **Variazioni termiche;**
- **Sisma torcente accidentale.**

Rimane facoltà dell'utente scegliere il tipo di analisi sismica voluta in funzione delle varie esigenze e alle indicazioni normative. In questo ambito, oltre all'analisi statica lineare relativa a Sisma equivalente nelle tre direzioni principali, è possibile utilizzare l'analisi Dinamica Modale, utile per calcolare i modi di vibrazione della struttura secondo due direzioni reciprocamente ortogonali.

Entrambi i metodi di calcolo si fondano su algoritmi di calcolo dell'analisi matriciale create appositamente per l'ottimizzazione su elaboratore elettronico.

Le matrici di massa e rigidezza sono memorizzate nella forma di **matrice sparsa**, un formato compatto che consente di memorizzare solo le posizioni diverse da zero. Nel caso specifico delle problematiche connesse al calcolo strutturale consente un risparmio di memoria fino al 95% e l'utilizzo di algoritmi per la risoluzione dei sistemi lineari ed il calcolo degli autovalori notevolmente ottimizzati.

Trattiamo nello specifico l'Analisi Statica Lineare.

Dopo il calcolo e l'assemblaggio della matrice di rigidezza, effettuata solo sui nodi liberi (e quindi relativamente alle incognite di spostamento), si passa alla risoluzione del sistema di equazioni lineari di equilibrio della struttura:

$$[F] = [\bar{K}] \times [u]$$

dove:

$[F]$ è il vettore dei carichi applicati ai nodi;

$[\bar{K}]$ è la matrice di rigidezza bandata relativa ai cinematismi liberi;

$[u]$ è il vettore degli spostamenti nodali.

La risoluzione del sistema avviene attraverso la triangolarizzazione della matrice di rigidezza bandata e con la successiva sostituzione all'indietro. Il controllo di labilità viene fatto controllando che sulla diagonale della matrice decomposta non vi siano valori nulli. È tuttavia possibile che per motivi esclusivamente numerici alcune forme di labilità non vengano riscontrate dall'algoritmo.

Una volta calcolati gli spostamenti nodali incogniti, vengono calcolati le deformazioni interne ad ogni singolo elemento utilizzando le funzioni di forma utili alla definizione degli elementi finiti. Dallo stato deformativo si passa, infine, al calcolo delle caratteristiche di sollecitazione, definite rispetto al sistema di riferimento locale, di ogni elemento presente nel modello.

L'analisi dinamica di FaTA Next consente di determinare le oscillazioni libere della struttura discretizzata. Questi modi di vibrare sono legati agli autovalori e autovettori del sistema dinamico generalizzato, che può essere riassunto in:

$$[K] \times \{a\} = \omega^2 [M] \times \{a\}$$

dove:

$[K]$ è la matrice di rigidezza della struttura;

$[M]$ è la matrice delle masse strutturali;

$\{a\}$ sono gli autovettori del problema generalizzato (forme modali);

ω^2 sono gli autovalori del sistema generalizzato;

Per la soluzione del problema generalizzato agli autovalori è stata utilizzata una variante del metodo di Arnoldi, detta Implicit Restarted Arnoldi Method (IRAM), un algoritmo iterativo che consente di calcolare un numero relativamente piccolo di autovalori per ogni passo ottimizzando la memoria occupata ed il tempo di calcolo.

Il numero di autovalori per ogni passo può essere scelto dall'input. L'algoritmo itera per calcolare un numero di autovalori tale da soddisfare il requisito dell'85% delle masse eccitate per ciascuna direzione del sisma (vedi Ordinanza 3274, 4.5.3).

E' prevista la possibilità di effettuare una sola iterazione. Quest'ultima opzione unita alla possibilità di scegliere il numero di autovalori da calcolare ad ogni passo consente, se necessario, di effettuare un'analisi di massima della struttura, calcolando gli autovalori che di fatto influenzano il comportamento della struttura senza essere vincolati all'85% di legge.

Successivamente viene calcolate la frequenza (f) dei modi di vibrare come:

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

Il periodo (T) è calcolato come:

$$T = \frac{1}{f}$$

Utilizzando il vettore di trascinamento \underline{d} (o di direzione di entrata del sisma) calcoliamo i "fattori di partecipazione modali" Γ_i :

$$\Gamma_i = \underline{\phi}_i^T \times [M] \times \underline{d}$$

dove:

$\underline{\phi}_i$ è l'autovettore normalizzato relativo al modo i -esimo.

Per ogni direzione del sisma vengono scelti i modi efficaci al raggiungimento del valore limite imposto dalla normativa (85 %). Il parametro di riferimento è il "fattore di partecipazione delle masse", la cui formulazione è:

$$\Lambda_{xi} = \frac{\Gamma_i^2}{M_{tot}}$$

I cinematismi \underline{u} vengono calcolati come:

$$\underline{u} = \frac{\Gamma_i S_d(T_i)}{\omega_i^2}$$

dove:

$S_d(T_i)$ è ordinata dello spettro di risposta orizzontale o verticale (vedi punto 3.2.5 norma);

ω_i^2 è l'autovalore del modo i-esimo.

Gli effetti relativi ai modi di vibrare, vengono combinati utilizzando la combinazione quadratica completa (CQC):

$$E = \sqrt{\sum_i \sum_j \rho_{ij} E_i E_j}$$

dove:

$\rho_{ij} = \frac{(8\xi^2(1+\beta_{ij})\beta_{ij}^{3/2})}{((1-\beta_{ij}^2)^2 + 4\xi^2\beta_{ij}(1+\beta_{ij}^2)^2 + 8\xi^2\beta_{ij}^2)}$ è il coefficiente di correlazione tra il modo i-esimo e il modo j-esimo;

ξ è il coefficiente di smorzamento viscoso;

ρ_{ij} è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia di modi $\left(\frac{f_i}{f_j}\right)$

E_i e E_j sono gli effetti considerati in valore assoluto.

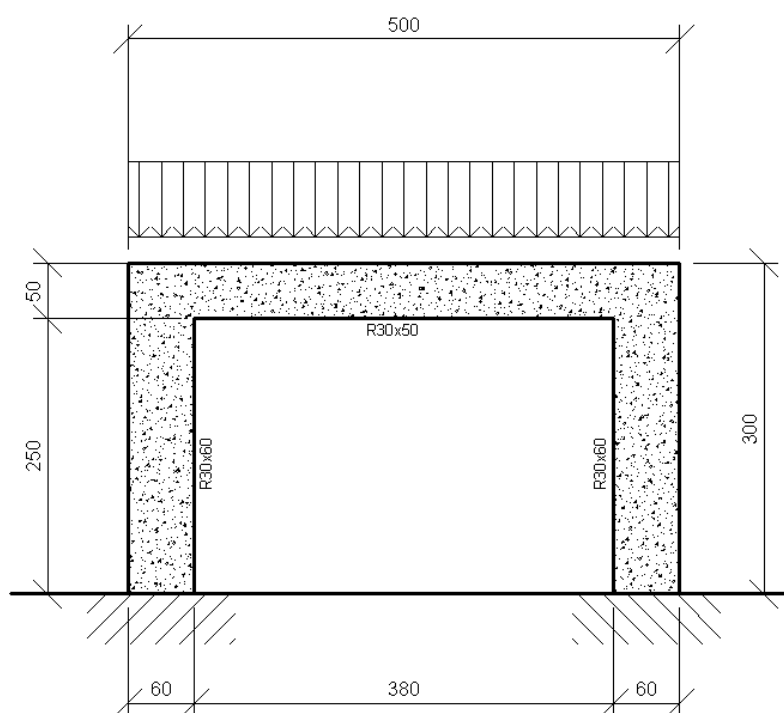
Allegato 2: Test di affidabilità

Test 01

Portale incastrato con carico distribuito sulla trave

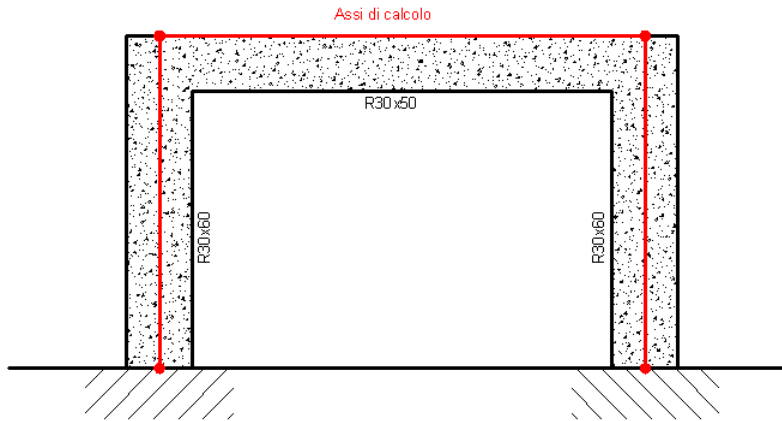
Dati del confronto

Altezza del portale:	300 cm
Dimensione longitudinale:	500 cm
Dimensione trasversale:	30 cm
Sezione pilastri:	30x60 cm
Sezione trave:	30x50 cm
Carico distribuito (q):	20.00 KN/m

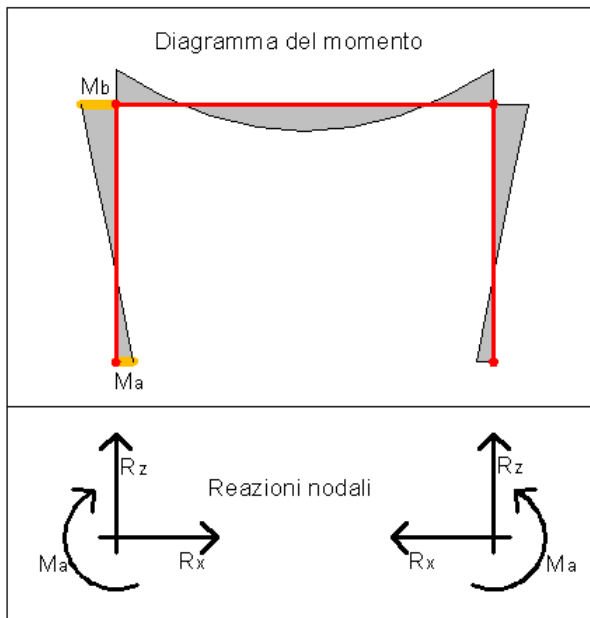


Modello di riferimento per il calcolo

Luce pilastro (h):	300 cm
Luce trave (l):	440 cm
Vincolo piede:	incastro



Soluzione dello schema strutturale



$$Ma = \frac{q \cdot l^2}{12 \cdot (k + 2)}$$

$$Mb = 2 \cdot Ma$$

$$Rx = \frac{q \cdot l^2}{4 \cdot h \cdot (k + 2)}$$

$$Rz = \frac{q \cdot l}{2}$$

$$k = \frac{I_T \cdot h}{I_P \cdot l}$$

Dove I_T e I_P sono rispettivamente il momento di inerzia della trave e del pilastro attorno all'asse uscente al piano del telaio e riferiti al baricentro della sezione.

Confronto risultati numerici

Si riportano le reazioni vincolari relativi al punto A della condizione di carico "Car_Rip" del file allegato "Test01_PortaleQdis.fnx":

Nodo Vinc.	Reazioni					
	Rx [KN]	Ry [KN]	Rz [KN]	Rfx [KNm]	Ma [KNm]	Rfz [KNm]
1	13.47	0.00	44.00	0.00	13.47	0.00
2	-13.47	0.00	44.00	0.00	-13.47	0.00

Dal confronto, riportato nella tabella sottostante, risulta la correttezza delle sollecitazioni calcolate con FaTA Next:

	Valore teorico	Risultato FaTA Next
Rz	44.00 KN	44.00 KN
Rx	13.47 KN	13.47 KN
Ma	13.47 KNm	13.47 KNm
Mb	26.95 KNm	26.95 KNm

Evidenziamo che le ipotesi semplificative adottate per la risoluzione "a mano" del telaio trascurano la presenza delle deformabilità tangenziale, torsionale e assiale delle aste, che nel presente esempio non influiscono sulla determinazione dei parametri di confronto.

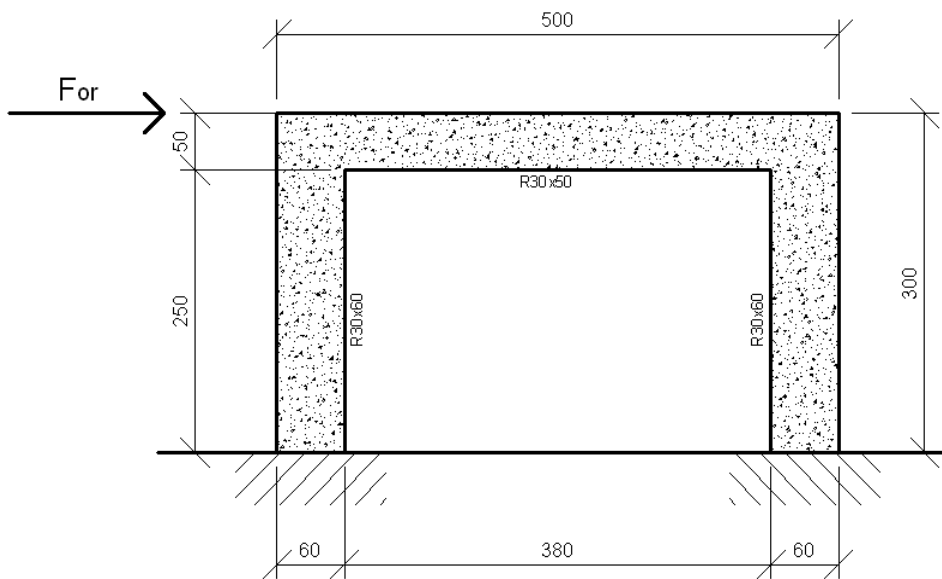
È da puntualizzare che nel modello adottato in FaTA Next i contributi precedentemente menzionati sono considerati a meno della deformabilità assiale della trave, in quanto l'elaborazione è stata effettuata in presenza dell'ipotesi di impalcato rigido.

Test02

Portale incastrato con carico orizzontale a livello impalcato

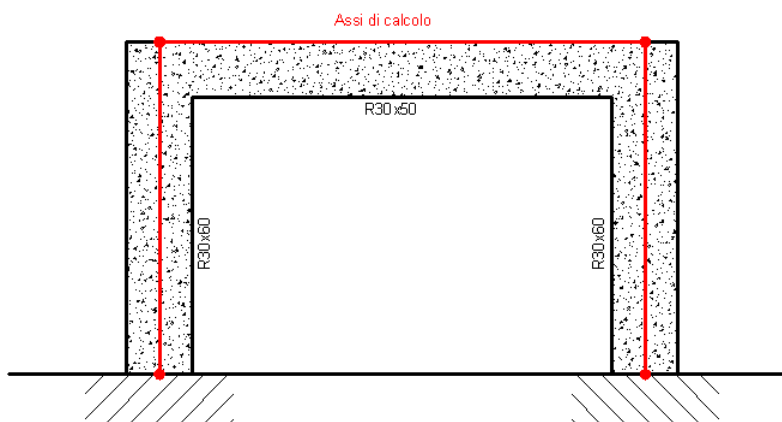
Dati del confronto

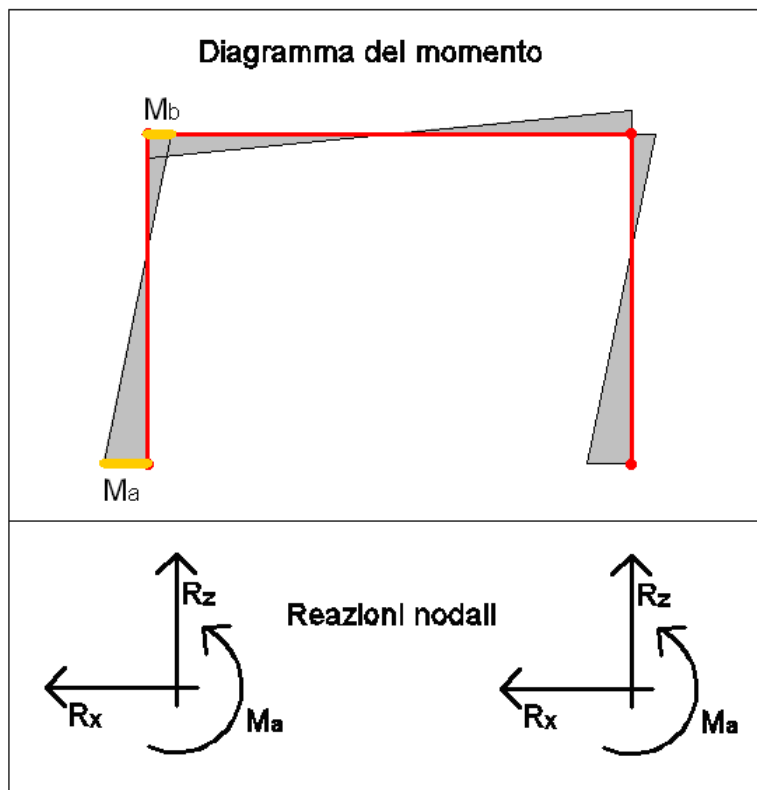
Altezza del portale:	300 cm
Dimensione longitudinale:	500 cm
Dimensione trasversale:	30 cm
Sezione pilastri:	30x60 cm
Sezione trave:	30x50 cm
Forza orizzontale (F_{or}):	50.00 kN



Modello di riferimento per il calcolo

Luce pilastro (h):	300 cm
Luce trave (l):	440 cm
Vincolo piede:	incastro



Soluzione dello schema strutturale

$$M_a = M_b + R_x \cdot h - F_{or} \cdot h$$

$$M_b = \frac{F \cdot h}{2} k \left[\frac{3}{1 + 6k} \right]$$

$$R_x = \frac{F}{2 \cdot (k + 2)} \cdot [3 \cdot (k + 1) - (2 \cdot k + 1)]$$

$$R_z = \frac{3 \cdot F \cdot h}{l} \cdot \frac{k}{6 \cdot k + 1}$$

$$k = \frac{I_T \cdot h}{I_P \cdot l}$$

Dove I_T e I_P sono rispettivamente il momento di inerzia della trave e del pilastro attorno all'asse uscente al piano del telaio e riferiti al baricentro della sezione.

Confronto risultati numerici

Si riportano le reazioni vincolari relativi al punto A della condizione di carico "Forza_Or" del file "Test02_PortaleFOr_01.fnx":

Nodo Vinc.	Reazioni					
	Rx [KN]	Ry [KN]	Rz [KN]	Rfx [KNm]	Ma [KNm]	Rfz [KNm]
1	-25.00	0.00	-11.93	0.00	-48.75	0.00
2	-25.00	0.00	11.93	0.00	-48.75	0.00

Riportiamo la tabella utile al confronto dei risultati:

	Valore teorico	Risultato FaTA Next
Rz	11.98 KN	11.93 KN
Rx	25.00 KN	25.00 KN
Ma	48.64 KNm	48.75 KNm
Mb	26.36 KNm	26.25 KNm

Le differenze che si riscontrano sono dovute alle ipotesi semplificative della risoluzione "a mano" del telaio trascurando la presenza delle deformabilità tangenziale, torsionale e assiale delle aste, che nel presente esempio non influiscono sulla determinazione dei parametri di confronto.

Volendo avere un confronto a parità di ipotesi introduciamo ai nodi di estremo della trave delle molle in direzione verticale di valore $1E+10$, in quanto nella precedente elaborazione è stata già considerata la presenza dell'ipotesi di impalcato rigido utile a modellare la indeformabilità assiale della trave.

In tal caso leggeremo i dati in FaTA Next considerando l'aliquota di reazione assorbita dalle molle, in particolare:

$$R_z = \text{Sforzo normale pilastro} + \text{Reazione molla} = 0.2221 + 11.7605 = 11.98 \text{ KN}$$

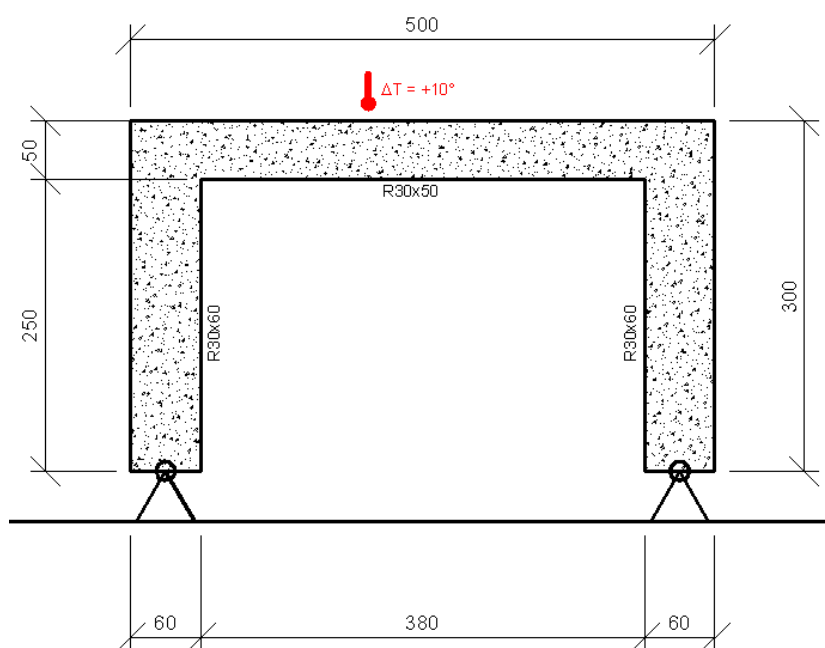
Riportiamo tutti i valori del confronto evidenziando la corrispondenza del confronto:

	Valore teorico	Risultato FaTA Next
Rz	11.98 KN	11.98 KN
Rx	25.00 KN	25.00 KN
Ma	48.64 KNm	48.64 KNm
Mb	26.36 KNm	26.36 KNm

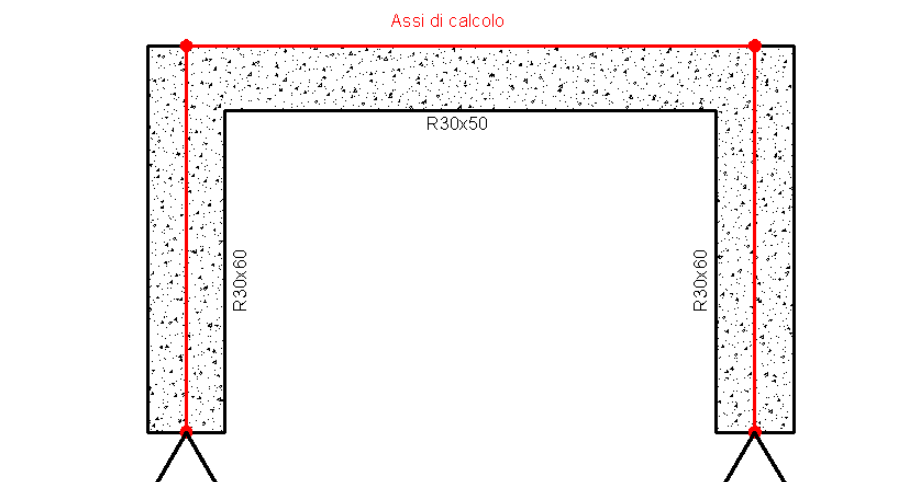
Il secondo test è riportato nel file "Test02_PortaleFOr_02.fnx".

Test03**Portale incernierato con gradiente di temperatura alla trave****Dati del confronto**

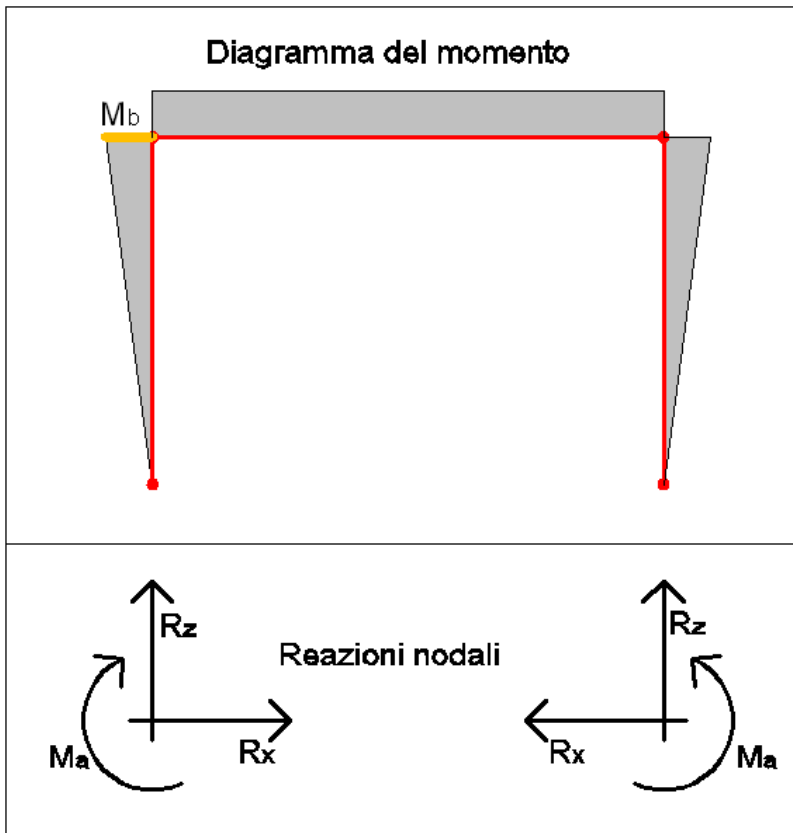
Altezza del portale:	300 cm
Dimensione longitudinale:	500 cm
Dimensione trasversale:	30 cm
Sezione pilastri:	30x60 cm
Sezione trave:	30x50 cm
Gradiente della temperatura (ΔT):	10°
Coefficiente di dilatazione (α):	1E-5

**Modello di riferimento per il calcolo**

Luce pilastro (h):	300 cm
Luce trave (l):	440 cm
Vincolo piede:	incastro



Soluzione dello schema strutturale



$$M_b = R_x \cdot h$$

$$R_x = \frac{3 \cdot \alpha \cdot E \cdot I_T \cdot \Delta T}{h^2 \cdot (3 + 2 \cdot k)}$$

$$k = \frac{I_T \cdot h}{I_P \cdot l}$$

Dove I_T e I_P sono rispettivamente il momento di inerzia della trave e del pilastro attorno all'asse uscente al piano del telaio e riferiti al baricentro della sezione.

Confronto risultati numerici

Si riportano le reazioni vincolari relativi al punto A della condizione di carico "Delta T" del file "Test03_Portale_DT.fnx":

Nodo Vinc.	Reazioni					
	Rx [KN]	Ry [KN]	Rz [KN]	Rfx [KNm]	Rfy [KNm]	Rfz [KNm]
1	0.8637	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.8637	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Riportiamo la tabella utile al confronto dei risultati:

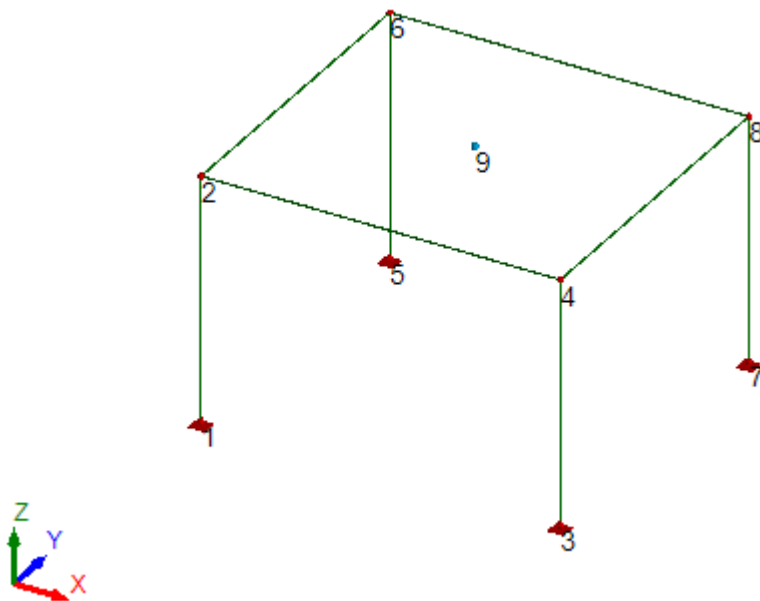
	Valore teorico	Risultato FaTA Next
Rx	0.8652 KN	0.8637 KN
Mb	2.5959 KNm	2.5911 KNm

Evidenziamo che le ipotesi semplificative adottate per la risoluzione "a mano" del telaio trascurano la presenza delle deformabilità tangenziale, torsionale e assiale delle aste, che nel presente esempio non influiscono sulla determinazione dei parametri di confronto.

È da puntualizzare che nel modello adottato in FaTA Next i contributi precedentemente menzionati sono considerati compresa la deformabilità assiale della trave.

Test04**Efficacia dell'impalcato rigido****Dati del confronto**

Altezza della struttura:	300 cm
Dimensione longitudinale:	500 cm
Dimensione trasversale:	430 cm
Sezione pilastri:	30x50 cm
Sezione travi:	30x60 cm
Forza orizzontale (F_{or}):	100.00 KN

Modello di riferimento per il calcolo**Geometria del problema**

Si riportano le coordinate dei nodi in condizione di struttura indeformata:

Nodo I.	Nodo C.	Impalcato	Tipo legame	Coordinate			Tip. plinto	Tip. rinforzo	Master
				x	y	z			
				[cm]	[cm]	[cm]			
Nodo 1	1	1	-	30.00	0.00	0.00	-	-	-
Nodo 2	2	2	-	30.00	0.00	300.00	-	-	9
Nodo 3	3	1	-	470.00	0.00	0.00	-	-	-
Nodo 4	4	2	-	470.00	0.00	300.00	-	-	9
Nodo 5	5	1	-	30.00	400.00	0.00	-	-	-
Nodo 6	6	2	-	30.00	400.00	300.00	-	-	9
Nodo 7	7	1	-	470.00	400.00	0.00	-	-	-
Nodo 8	8	2	-	470.00	400.00	300.00	-	-	9
-	9	2	Diaframma rigido	250.00	200.00	300.00	-	-	-

Nodo C.	Vincoli					
	Sx	Sy	Sz	Rx	Ry	Rz
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]

1	P	P	P	P	P	P
2	L	L	L	L	L	L
3	P	P	P	P	P	P
4	L	L	L	L	L	L
5	P	P	P	P	P	P
6	L	L	L	L	L	L
7	P	P	P	P	P	P
8	L	L	L	L	L	L
9	L	L	L	L	L	L

Il modello di impalcato rigido viene gestito tramite le seguenti relazioni cinematiche:

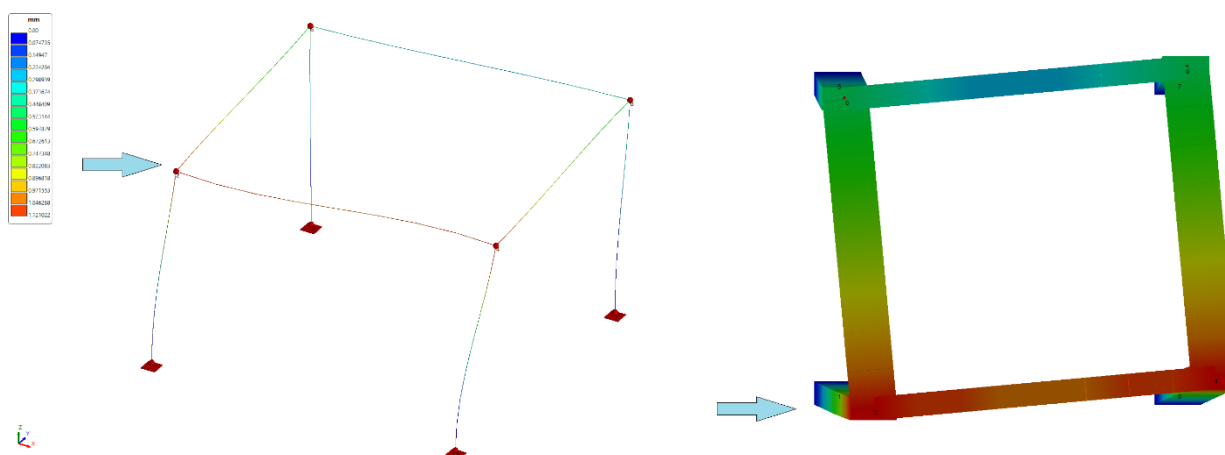
$$\begin{cases} Ux_s = Ux_m + (y_m - y_s) \times Rz_m \\ Uy_s = Uy_m + (x_s - x_m) \times Rz_m \\ Rz_s = Rz_m \end{cases}$$

Dove Ux, Uy, Rz sono rispettivamente gli spostamenti orizzontali e la rotazione attorno a all'asse z globale. Le relazioni Master-Slave sono riferite al nodo master creato nel centro di massa dell'impalcato:

Nodo Master	Coordinate [cm]		
	x	y	z
9	250.00	200.00	300.00

Spostamenti dovuti alla forza orizzontale applicata

Al fine di dimostrare l'efficacia dell'impalcato rigido calcoliamo la posizione dei nodi dopo l'applicazione della forza orizzontale verificando graficamente le deformate della condizione "Forza Or" del file "Test04_Imp_Rigido":



Le posizioni dei nodi dopo lo spostamento saranno quelle riportate nella seguente tabella:

Nodo	Coordinate [cm]		
	x	y	z
1	30.000	0.000	30.000
2	30.103	-0.044	30.103
3	470.000	0.000	470.000
4	470.103	0.044	470.103
5	30.000	400.000	30.000

6	30.023	399.956	30.023
7	470.000	400.000	470.000
8	470.023	400.044	470.023

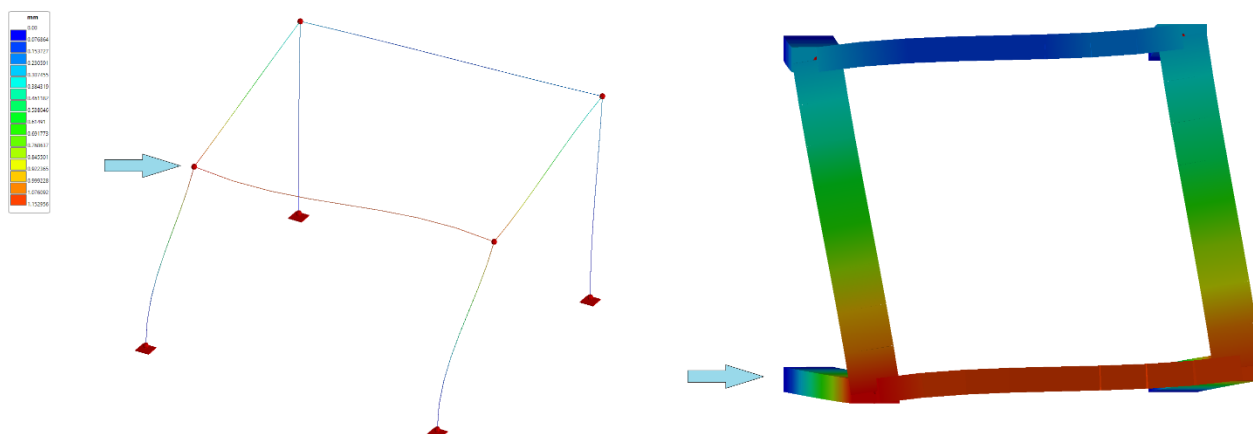
Analisi dei risultati

Il metodo per verificare l'avvenuta rotazione rigida intorno al master è di calcolare le mutue distanze tra i nodi dell'impalcato:

Lato	Distanza iniziale [cm]	Distanza finale [cm]
2-4	440.000	440.000
2-6	400.000	400.000
8-4	400.000	400.000
8-6	440.000	440.000

Si verifica semplicemente come la distanza tra i nodi rimane immutata.

Ripetendo l'elaborazione eliminando il master di piano otteniamo il seguente comportamento:



Si evidenzia tra i due casi la diversa forma della deformata dell'impalcato.

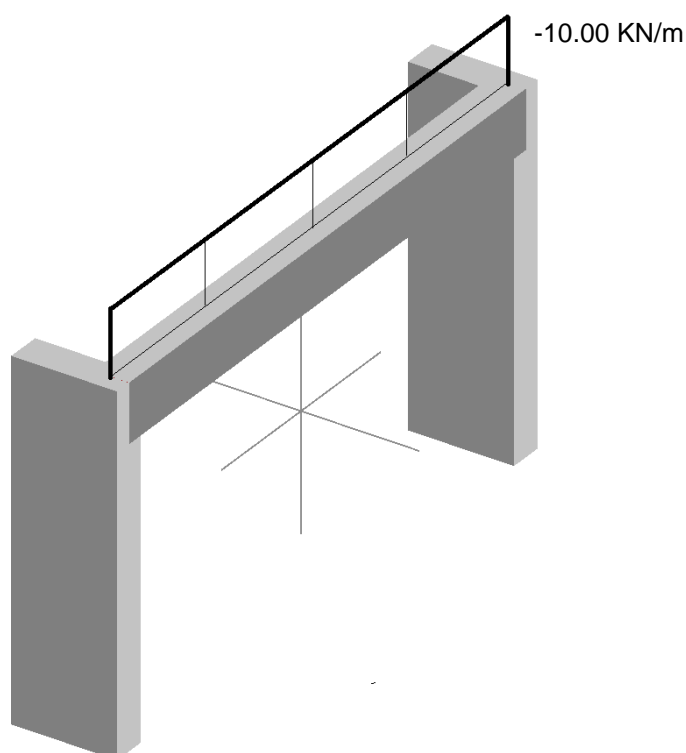
Come riportato nella seguente tabella si nota che il lato 5-6 subisce una deformazione assiale di "contrazione" dell'elemento strutturale dovuto alla forza applicata:

Lato	Distanza iniziale [cm]	Distanza finale [cm]
2-4	439.995	440.000
2-6	400.000	400.000
8-4	400.000	400.000
8-6	440.000	440.000

Le differenze per le altre aste sono influenti sui decimali superiori al terzo.

Test05**Efficacia del modello a “conci rigidi” per la trasmissione degli sforzi in presenza di eccentricità trave-pilastro****Dati del confronto**

Altezza della struttura:	300 cm
Dimensione longitudinale:	500 cm
Sezione pilastri:	30x90 cm
Sezione travi:	30x50 cm
Carico distribuito lineare:	-10.00 KN/m
Eccentricità assi trave-pilastro:	30 cm
Condizioni di vincolo:	incastro al piede

Modello di riferimento per il calcolo**Geometria del problema e modello di calcolo**

Si riportano le coordinate dei nodi in condizione di struttura indeformata:

Nodo I.	Nodo C.	Tipo legame	Coordinate			Tip. plinto	Tip. rinforzo	Master
			x	y	z			
			[cm]	[cm]	[cm]			
Nodo 1	1	Corpo rigido	0.00	45.00	0.00	-	-	-
Nodo 2	2	Corpo rigido	7.50	30.00	262.50	-	-	-
Nodo 3	3	Corpo rigido	500.00	45.00	0.00	-	-	-
Nodo 4	4	Corpo rigido	492.50	30.00	262.50	-	-	-
Nodo 2	5	-	15.00	15.00	275.00	-	-	2
Nodo 4	6	-	485.00	15.00	275.00	-	-	4
Nodo 2	7	-	0.00	45.00	250.00	-	-	2
Nodo 1	8	-	0.00	45.00	0.00	-	-	1
Nodo 4	9	-	500.00	45.00	250.00	-	-	4
Nodo 3	10	-	500.00	45.00	0.00	-	-	3

Nodo C.	Vincoli					
	Sx	Sy	Sz	Rx	Ry	Rz
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	P	P	P	P	P	P
2	L	L	L	L	L	L
3	P	P	P	P	P	P
4	L	L	L	L	L	L
5	L	L	L	L	L	L
6	L	L	L	L	L	L
7	L	L	L	L	L	L
8	L	L	L	L	L	L
9	L	L	L	L	L	L
10	L	L	L	L	L	L

Il modello **corpo rigido** l'ipotesi viene condotta in modo che i nodi selezionati, rappresentativi del corpo siano legati da relazioni di spostamento rigido nello spazio. Le relazioni che regolano il fenomeno sono le seguenti:

$$Ux_s = Ux_m - (z_m - z_s) \times Ry_m + (y_m - y_s) \times Rz_m$$

$$Uy_s = Uy_m - (x_s - x_m) \times Rz_m + (z_s - z_m) \times Rx_m$$

$$Uz_s = Uz_m - (y_s - y_m) \times Rx_m + (x_s - x_m) \times Ry_m$$

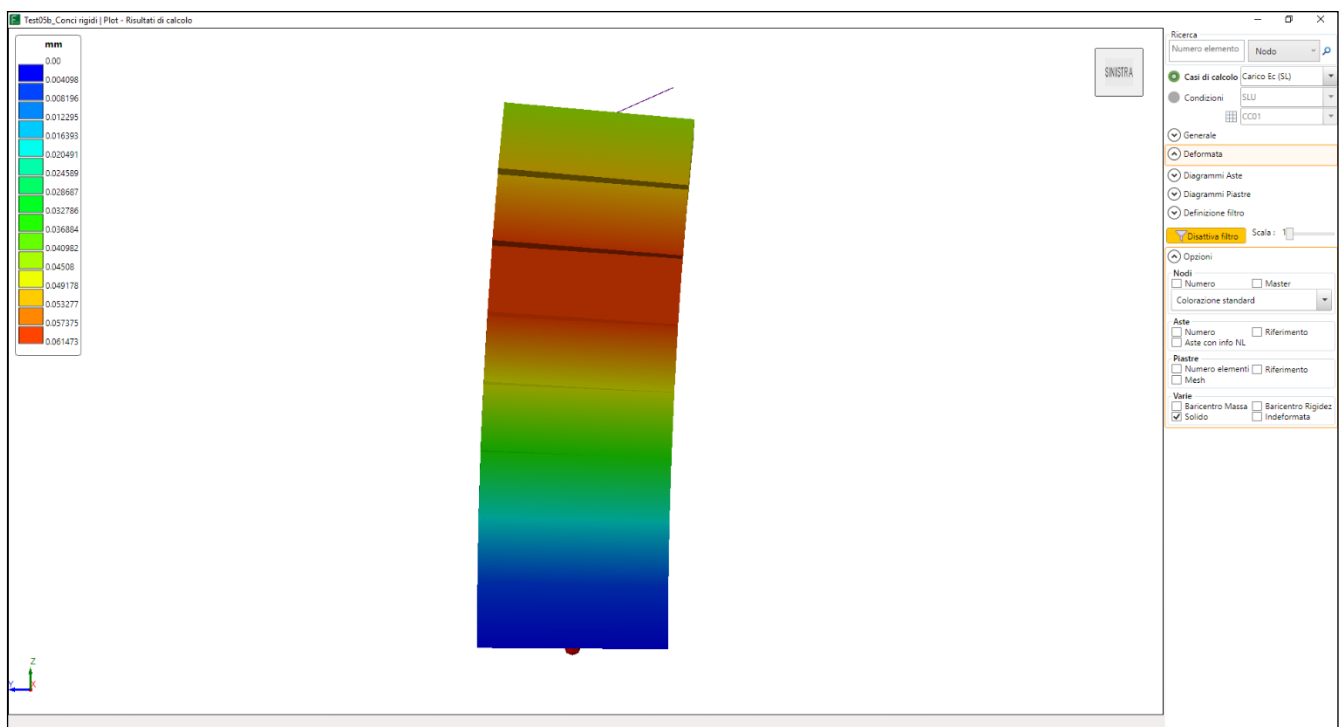
$$Rx_s = Rx_m$$

$$Ry_s = Ry_m$$

$$Rz_s = Rz_m$$

Momenti flettenti dovuti all'eccentricità del carico

Al fine di dimostrare l'efficacia del modello per la trasmissione degli sforzi dovuta all'eccentricità trave-pilastro, leggiamo dal software i momenti Mxz della condizione "Carico Ec" del file "Test05b_Conci rigidi.fnx":



Deformate e diagramma del momento Mxz

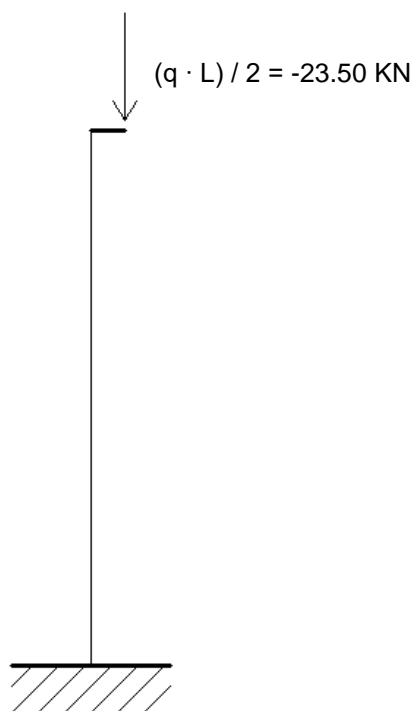
Sollecitazioni							
Asta	X [cm]	N [kN]	Mt [kNm]	Mxz [kNm]	Txz [kN]	Mxy [kNm]	Txy [kN]
2 (Pilastro)	0	-23.50	1.83	-7.05	0.00	14.24	8.70
	125	-23.50	1.83	-7.05	0.00	3.36	8.70
	250	-23.50	1.83	-7.05	0.00	-7.52	8.70

Analisi dei risultati

Per controllare la bontà del modello basta calcolare il momento prodotto dal carico applicato per l'eccentricità:

Lunghezza netta trave (L): 4.70 m
 Carico lineare sulla trave (q): -10.00 kN/m.
 Eccentricità trave-pilastro (e): 0.30 m

Momento ecc. = $e \cdot (q \cdot L) / 2 = 0.3 \cdot (-10.00 \cdot 4.7) / 2 = -7.05$ kN/m



Dal confronto con i valori evidenziati in giallo si riscontra il **perfetto funzionamento** del modello.

7.2 Dichiarazione sull'accettabilità dei risultati

La differenza fra i valori determinati con il calcolo di predimensionamento e quelli determinati nel calcolo generale, sotto il profilo ingegneristico, possono essere dichiarati accettabili in considerazione che il predimensionamento è stato condotto su singoli elementi strutturali, mentre il programma di elaborazione impiegato, considera la struttura in modo tridimensionale e modelli di calcolo più sofisticati, soprattutto in presenza di elementi bidimensionali quali parete o piastre. Inoltre tale situazione dà un giudizio positivo di congruità fra le scelte preventive operate e i risultati di calcolo generali.

Pertanto, alla luce di quanto esposto e dal confronto fra le sollecitazioni determinate dal calcolo preventivo di prima approssimazione e quelle calcolate dal programma di calcolo impiegato, il sottoscritto progettista strutturale, con la presente

D I C H I A R A

accettabili i risultati di calcolo della struttura in oggetto eseguiti con il Programma di Calcolo Strutturale FaTA Next, Versione 2021.9.6, Licenza n. S/2004-D/2224, e ne assume la piena responsabilità prevista dalla vigente normativa.

8 Relazione Geotecnica

8.1 Riferimenti Legislativi

Tutte le operazioni illustrate nel proseguo, relative all'analisi della struttura ed alle verifiche sugli elementi sono state effettuate in piena conformità alle seguenti norme:

D.M. 17/01/2018:

"Norme tecniche per le costruzioni."

Circolare CSLLPP N. 7 del 21/01/2019:

"Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018."

UNI ENV 1997-1: Eurocodice 7:

"Progettazione geotecnica " - Parte 1: Regole generali."

UNI ENV 1998-5: Eurocodice 8:

"Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici."

8.2 Descrizione dell'opera e degli interventi

Nella presente relazione vengono riportati i risultati delle elaborazioni a carattere geotecnico eseguite per le opere di fondazione da analizzare nell'ambito dei lavori di:

I risultati delle indagini effettuate, degli studi eseguiti e delle valutazioni geotecniche operate, parte integrante degli elaborati progettuali relativi ai lavori in oggetto, faranno riferimento per le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione ai dati riportati nella Relazione geologico-tecnica allegata alla presente.

La presente relazione, basata sul rilevamento geologico e geomorfologico della zona, sull'analisi della letteratura specifica e delle indagini in sito, è tesa alla comprensione delle caratteristiche geologiche e geotecniche di massima dei terreni interessati dal progetto, al fine di poter effettuare valutazioni delle condizioni di stabilità dell'area e dare indicazioni sulle strutture di fondazione e sugli interventi tecnici atti alla risoluzione dei eventuali problemi incontrati.

La presente relazione contiene le considerazioni eseguite dal progettista sulle problematiche relative alle opere di fondazione, in particolare sui problemi geotecnici e sulle scelte tipologiche adottate sulla base di quanto emerso dalle documentazioni disponibili ed inerenti l'opera in oggetto.

TIPOLOGIA FONDAZIONI:

Fondazioni profonde, del tipo indirette, costituite da pali.

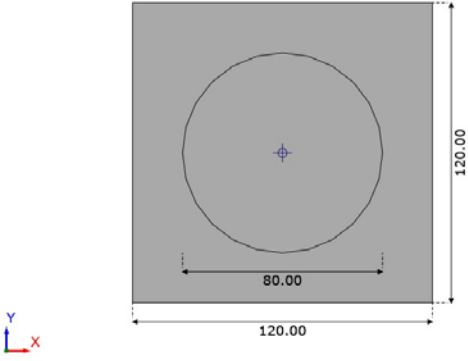
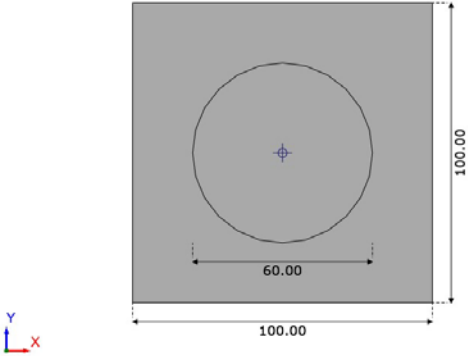
8.3 Descrizione delle fondazioni

Nell'ambito dei lavori in oggetto si sono utilizzate le seguenti tipologie di fondazione: le cui dimensioni e la loro ubicazione vengono di seguito meglio descritte.

RAPPRESENTAZIONE IN PIANTA DI TUTTI GLI ELEMENTI STRUTTURALI DI FONDAZIONE.

8.3.1 Tipologie di plinti/pali di fondazione utilizzate

Mat.	: Nome del materiale del plinto;
Col. str.	: Colonna stratigrafica associata al plinto (vedi "Stratigrafie del terreno");
Hc	: Altezza del corpo del plinto;
Hm	: Altezza del magrone del plinto;
Ht	: Altezza della testa del plinto;
R	: Risega;
Rm	: Risega magrone;
N. pali	: Numero di pali;
Tipo pali	: Tipo di pali;
Dp	: Diametro dei pali;
Prof. cam. pali	: Profilato associato alla camicia dei pali;
Lungh. pali	: Lunghezza dei pali;
Mat. pali	: Nome del materiale dei pali;
Mat. cam. pali	: Nome del materiale della camicia pali;
Bicchieri	: Presenza del bicchiere;
Hb	: Altezza bicchiere;
Sb	: Spessore bicchiere;

Tipologia N.1 (TipPl_CP (1))	
	<p> Mat. = Cls (1) Col. str. = Col_Str (1) Hc = 60.00 cm R = 20.00 cm N. pali = 1 Dp = 80.00 cm Lungh. pali = 500.00 cm Mat. pali = Cls (1) Bicchieri = non presente </p>
Tipologia N.2 (TipPl_CP (2))	
	<p> Mat. = Cls (1) Col. str. = Col_Str (2) Hc = 60.00 cm R = 20.00 cm N. pali = 1 Dp = 60.00 cm Lungh. pali = 500.00 cm Mat. pali = Cls (1) Bicchieri = non presente </p>

8.3.2 Caratteristiche dei Nodi con la loro ubicazione in pianta

I dati seguenti riportano tutte le caratteristiche relative ai nodi che definiscono la struttura ed in modo particolare:

Nodo I. : Etichetta del nodo di input;
 Nodo C. : Numerazione interna del nodo relativa al modello di calcolo;
 Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;
 Tipo legame : Tipo di legame master-slave di cui il nodo corrente è master;
 Coordinate : Coordinate del nodo secondo il sistema di riferimento globale cartesiano;
 Tip. plinto : Tipologia plinto associata al nodo (vedi "Elenco e caratteristiche dei plinti");
 Tip. rinforzo : Tipologia rinforzo associata al nodo (vedi "Elenco e caratteristiche delle tipologie di rinforzo");
 Master : Nodo MASTER dal quale dipende il nodo corrente;
 Vincoli : Eventuali vincoli esterni del nodo in ognuna delle 6 direzioni:
 Sx : Direzione X rispetto al sistema di riferimento globale;
 Sy : Direzione Y rispetto al sistema di riferimento globale;
 Sz : Direzione Z rispetto al sistema di riferimento globale;
 Rx : Rotazione attorno all'asse X del sistema di riferimento globale;
 Ry : Rotazione attorno all'asse Y del sistema di riferimento globale;
 Rz : Rotazione attorno all'asse Z del sistema di riferimento globale;

I simboli dei vincoli assumono il seguente significato:

L : Non presenza di vincoli;
 P : Valore infinito della rigidità;
 Valore : Valore della molla applicata al nodo;

Nodo I.	Nodo C.	Impalcato	Tipo legame	Coordinate			Tip. plinto	Tip. rinforzo	Master
				x	y	z			
				[cm]	[cm]	[cm]			
Nodo 5	6	-	-	0.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 6	14	-	-	470.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 7	22	-	-	940.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 8	30	-	-	1410.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 13	42	-	-	1880.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 16	52	-	-	2350.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 18	61	-	-	2350.00	932.00	-30.00	1	-	-

Nodo C.	Vincoli					
	Sx	Sy	Sz	Rx	Ry	Rz
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
6	L	L	L	L	L	L
14	L	L	L	L	L	L
22	L	L	L	L	L	L
30	L	L	L	L	L	L
42	L	L	L	L	L	L
52	L	L	L	L	L	L
61	L	L	L	L	L	L

8.4 Relazione Geotecnica (DM 17/01/2018 CAP. 6 e CIRC. CSLPP n. 7 del 21/01/2019)

8.4.1 Problemi geotecnici e scelte tipologiche

La caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione compresi nel volume significativo, ovvero in quella parte di sottosuolo che viene influenzata direttamente o indirettamente dalle opere in oggetto, viene riportata in dettaglio nella relazione geologico-tecnica allegata.

Vengono di seguito indicati i parametri fondamentali per la valutazione della capacità portante del terreno di fondazione e le scelte tipologiche adottate per il dimensionamento delle opere di fondazione, non avendo riscontrato altre particolari problematiche di tipo geotecnico.

Al fine d'identificare la categoria di sottosuolo, tramite la conoscenza dello spessore e natura dei diversi strati che

compongono il terreno sottostante il piano di posa delle fondazioni, per il dimensionamento strutturale e geotecnico delle stesse sono state effettuate delle indagini in sito ubicate nell'area oggetto dell'intervento.

L'area in esame è sostanzialmente pianeggiante, caratterizzata da un fattore di amplificazione corrispondente alla categoria topografica T1, pertanto non si osservano variazioni di quota della superficie topografica degne di valutazioni particolari.

8.4.2 Descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche

Per definire la stratigrafia di progetto, dei terreni di sedime dei lavori in oggetto e per acquisire i parametri fisico-meccanici dei terreni in esame è stata condotta sull'area interessata dall'intervento di progetto un'adeguata campagna di indagini.

Il programma delle indagini e delle prove con l'ubicazione delle stesse è stato definito a seguito di un attento sopralluogo dell'area in oggetto e risulta più ampiamente descritto nella relazione geologico-tecnica allegata.

8.4.3 Caratterizzazione fisico meccanica dei terreni e definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici

- Caratteristiche litostratigrafiche

L'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini per la caratterizzazione della categoria di sottosuolo sono meglio indicati nella relazione geologico-tecnica allegata. Per quanto riguarda l'aspetto geologico a seguito il rilevamento di un significativo intorno della zona in esame si è riscontrata la presenza delle seguenti successioni litostratigrafiche nelle relative sezioni geologiche (colonne stratigrafiche):

Colonna : Nome della colonna stratigrafica usata;
 Nome dello strato : Nome dello strato appartenente la colonna stratigrafica usata;
 Descrizione dello strato : Descrizione estesa dello strato;

Colonna	Strato	Descrizione
Col_Str (1)	Strato (1)	Strato (1)
Col_Str (2)	Strato (1)	Strato (1)

- Caratteristiche fisico meccaniche dei terreni di fondazione

Nell'ambito del progetto si è fatto uso delle seguenti colonne stratigrafiche:

Caratteristiche delle colonne stratigrafiche:

Colonna : Nome della colonna stratigrafica;
 Falda : Presenza della falda;
 Prof. Falda : Profondità della falda (se è presente);
 Quota piano campagna : Quota piano campagna;
 N. Strati : Numero degli strati della colonna stratigrafica.
 RQD : (Rock Quality Designation)grado di fratturazione dell'ammasso roccioso in [0-1]

Colonna	Falda	Prof. Falda [cm]	Quota piano campagna [cm]	N. Strati	RQD
Col_Str (1)	Non presente	-	0.00	1	0.00
Col_Str (2)	Non presente	-	200.00	1	0.00

Caratteristiche degli strati appartenenti alle colonne stratigrafiche:

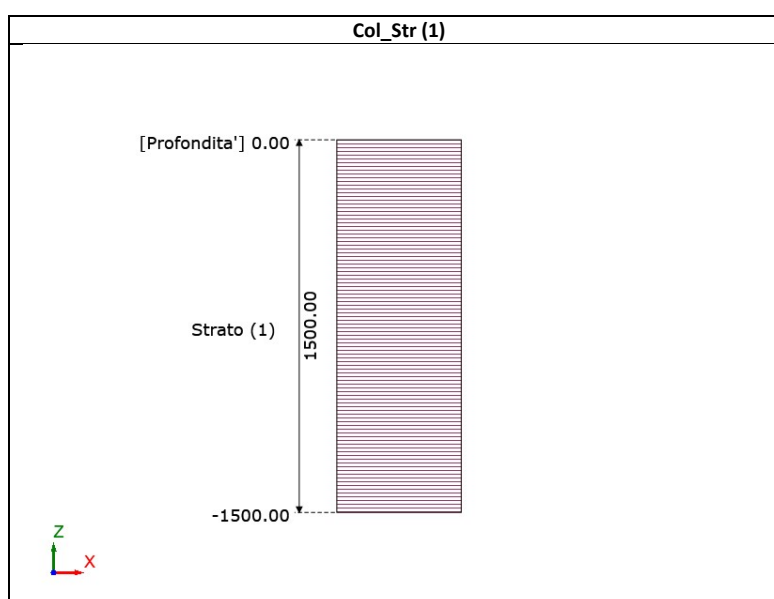
Colonna : Nome della colonna stratigrafica;

Strato : Nome dello strato appartenente la colonna stratigrafica;
 Spess. : Spessore dello strato;
 Peso : Peso dell'unità di volume dello strato;
 Peso sat. : Peso dell'unità di volume saturo dello strato;
 NSPT : Numero di colpi medio misurato nello strato;
 Qc : Resistenza alla punta media misurata nello strato;
 ϕ : Angolo di attrito del terreno;
 δ : Angolo di attrito terreno/struttura;
 α : Inclinazione dello strato;
 c' : Coesione drenata del terreno;
 cu' : Coesione non drenata del terreno;
 E : Modulo elastico del terreno;
 G : Modulo di taglio del terreno;
 ν : Coefficiente di Poisson;
 Eed : Modulo Edometrico;
 OCR : Grado di sovraconsolidazione del terreno.

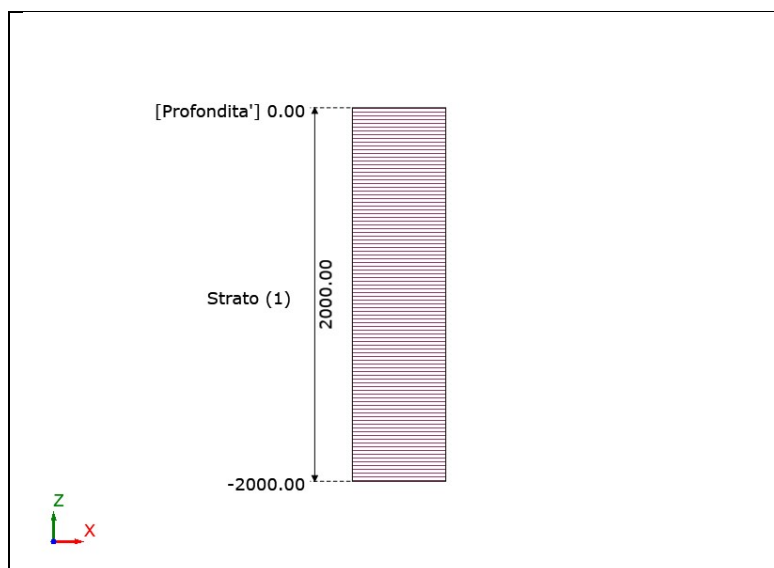
Col_Str (1)															
Strato	Spess.	Peso	Peso sat.	NSPT	Qc	ϕ	δ	α	c'	cu'	E	G	ν	Eed	OCR
	[cm]	[kN/m ³]	[kN/m ³]		[N/mm ²]	[°]	[°]	[°]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	
Strato (1)	1500.00	18.00	19.00	10.00	1.50	29.00	19.33	0.00	0.03	0.07	20.00	10.00	0.35	8.00	1.00

Col_Str (2)															
Strato	Spess.	Peso	Peso sat.	NSPT	Qc	ϕ	δ	α	c'	cu'	E	G	ν	Eed	OCR
	[cm]	[kN/m ³]	[kN/m ³]		[N/mm ²]	[°]	[°]	[°]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	
Strato (1)	2000.00	18.00	19.00	10.00	1.50	30.00	20.00	0.00	0.03	0.07	20.00	10.00	0.35	8.00	1.00

- Sezioni Geologiche:



Col_Str (2)



8.4.4 Caratterizzazione sismica della categoria di sottosuolo, modelli geotecnici di sottosuolo e metodi di analisi

La categoria di sottosuolo assunta per il sito in oggetto è : **A**

L'interazione terreno struttura viene modellata applicando il modello di Winkler, il quale caratterizza il sottosuolo con una relazione lineare fra il cedimento in un punto della superficie limite e la pressione agente nello stesso punto, indipendentemente da altri carichi applicati in punti diversi. Si assume cioè che:

$$p = k_v w$$

dove K_v è detta costante di sottofondo o coefficiente di reazione del terreno e w è l'abbassamento fondazione tale da comprimere il terreno sottostante e p è la pressione agente nello stesso punto.

Il valore di tale coefficiente k_v adottato nel lavoro in oggetto ($k_v = 5.00 \text{ daN/cm}^3$) è stato desunto con riferimento ai dati riportati in relazione geologico-tecnica allegata e comparato con i valori ammessi nella letteratura tecnica per terreni di fondazione con caratteristiche fisico-meccaniche simili alla categoria di sottosuolo in oggetto.

Tale modello viene esteso anche alla componente orizzontale dello spostamento, utilizzando un valore della costante orizzontale pari a $k_o = 2.50 \text{ daN/cm}^3$.

Per i plinti inclusi nel modello Fem il software discretizzerà ogni plinto con elementi di tipo SHELL per il corpo del plinto mentre se presenti i pali, questi verranno discretizzati in diversi elementi interagenti con il suolo di fondazione.

Per ogni plinto (alto o basso) il software genererà in maniera automatica dei collegamenti pilastro - lati esterni del plinto ed in presenza di pali anche dei collegamenti tra la testa dei singoli pali e tutti questi collegamenti saranno oggetto di opportune verifiche.

Ogni palo sarà discretizzato in un numero adeguato di elementi lungo la lunghezza del palo e ad ogni elemento saranno assegnate dei moduli di reazione con il terreno laterale interagente con la struttura di fondazione in funzione della stratigrafia assegnata al plinto/palo.

Nel caso di ipotesi di vincolo fisso base palo, il software invece di inserire una molla alla base del palo di opportuna rigidità inserirà un vincolo perfetto.

8.4.5 Verifica della sicurezza e delle prestazioni: identificazione stati limite

Le verifiche della sicurezza in fondazione sono condotte nei riguardi di tutti gli stati limite previsti dalla normativa vigente.

Le verifiche nei riguardi dello stato limite ultimo (SLU) previste dalla Normativa ed eseguite sono:

STR - raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;

GEO - raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;

Verifiche STR: le verifiche di resistenza degli elementi strutturali di fondazione sono state eseguite contestualmente alla verifica degli elementi strutturali in elevazione. I risultati e l'esito delle relative verifiche sono riportate negli appositi elaborati allegati alla presente relazione;

Verifiche GEO: le verifiche di resistenza del terreno interagente con la struttura sono condotte confrontando i valori di resistenza con quelli di progetto.

Le verifiche saranno condotte in funzione degli SLU, cioè quelli che possono mettere fuori servizio le strutture di fondazione ed in funzione degli SLE, atti a garantire la prestazione dell'opera durante il suo esercizio.

Per ogni stato limite si verificherà che verrà rispettata la condizione:

$$E_d < R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Verifiche GEO: Approcci progettuali e valori di progetto dei parametri geotecnici.

Nodi con plinti

Nodo : Numerazione del nodo (vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
 Approccio : Approccio di progetto;
 Teoria carico limite : Teoria di calcolo carico limite terreno di fondazione;

Nodo	Approccio di progetto	Teoria carico limite
5	Approccio 2	Brinch-Hansen
13	Approccio 2	Brinch-Hansen
21	Approccio 2	Brinch-Hansen
29	Approccio 2	Brinch-Hansen
41	Approccio 2	Brinch-Hansen
51	Approccio 2	Brinch-Hansen
60	Approccio 2	Brinch-Hansen

8.4.6 Teoria di calcolo capacità portante fondazioni profonde

8.4.6.1 Teoria di calcolo carico limite laterale fondazioni profonde

La resistenza laterale ultima di ogni singolo palo sarà valutata considerando la resistenza del terreno che può essere mobilitata alle varie profondità dalla semplice traslazione laterale del palo secondo la teoria di Broms (1964). In prossimità del piano campagna il raggiungimento della resistenza limite del terreno causerebbe un meccanismo di scivolamento lungo una superficie che isola un cuneo in condizioni di spinta passiva che causa il sollevamento del terreno.

Il carico limite orizzontale H_{lim} , nel caso di terreni prevalentemente coesivi, sarà valutato secondo le relazioni seguenti:

- Se palo corto vincolato in testa ad una struttura che ne impedisca la rotazione:

$$H_{lim} = 9 * C_u * D * (L - 1.5 * D)$$

- Se palo lungo vincolato in testa ad una struttura che ne impedisca la rotazione:

$$\frac{M_u}{C_u * D^3} = \frac{H_{lim}}{C_u * D^2} * \left[0.75 + \frac{H_{lim}}{36 * C_u * D^2} \right]$$

dove:

C_u : resistenza a taglio del terreno;
 D : diametro del palo;
 L : lunghezza del palo;

M_u : momento di plasticizzazione della sezione del palo;

Nel caso di terreno prevalentemente granulare, incoerente, il carico limite sarà valutato secondo le relazioni seguenti:

- Se palo corto vincolato in testa ad una struttura che ne impedisca la rotazione:

$$H_{lim} = 1.5 * K_p * \sigma'_{vo} * D * L$$

- Se palo lungo vincolato in testa ad una struttura che ne impedisca la rotazione:

$$H_{lim} = \frac{2 * M_u}{0.544 * \sqrt{\frac{H_{ult}}{\gamma * D * K_p}}}$$

dove:

K_p : coefficiente di spinta passivo del terreno;

σ'_{vo} : tensione efficace del terreno;

D : diametro del palo;

L : lunghezza del palo;

γ : peso dell'unità di volume del terreno;

8.4.6.2 Teoria di calcolo carico limite verticale fondazioni profonde

L'espressione generale della capacità portante verticale del palo (Q_{ult}) è data dalla somma della portata limite di base (Q_{base}) e dalla portata limite per attrito laterale ($Q_{laterale}$) meno il peso proprio del palo (W_{palo}):

$$Q_{ult} = Q_{base} + Q_{laterale} - W_{palo}$$

Nei casi di palo soggetto ad azioni assiali di trazione e non di compressione, la relazione per la valutazione del carico limite del palo (Q_{ult}) è data dalla somma della portata limite per attrito laterale ($Q_{laterale}$) più il peso proprio del palo (W_{palo}) trascurando la portata limite di base (Q_{base}):

$$Q_{ult} = Q_{laterale} + W_{palo}$$

La portata di base e quella laterale del singolo palo vengono calcolate con metodi di calcolo analitici, a partire dai valori caratteristici dei parametri geotecnici con le relazioni e secondo le teorie classiche per la stima del carico limite verticale suggerite dalla letteratura tecnica di riferimento.

Teoria di Bowles

- Portata di Base -

$$Q_{base} = (Q_u * N_q * S_q * D_q + cb * N_c) * A_b$$

dove:

Q_u : pressione geostatica raggiunta dalla punta del palo;

N_q : fattore di capacità portante funzione dell'angolo di attrito dello strato alla punta del palo;

$$N_q = e^{\pi * \tan(\varphi)} * \tan^2(45 + \varphi/2)$$

S_q : fattore correttivo funzione della forma, valido per fondazioni circolari;

$$S_q = 1 + \tan(\varphi)$$

D_q : fattore correttivo funzione della profondità;

$$D_q = 1 + 2 \tan(\varphi) * (1 - \sin(\varphi))^2 * \tan^{-1}(L_p/D)$$

cb : coesione dello strato alla punta;

N_c : fattore di capacità portante funzione del diametro del palo ($7 \div 9$);

A_b : area della superficie di base del palo;

- Portata per attrito laterale –

$$Q_{laterale} = \sum Al_i * (qc_i + qatt_i) = \sum Al_i * [\alpha * ci + qi * ko * \tan(\delta)]$$

dove:

Al_i : superficie laterale del palo relativo allo strato i-esimo;

qc_i : valore medio dell'aderenza palo-terreno del singolo strato per unità di superficie laterale;

$qatt_i$: valore medio della portata per attrito laterale del singolo strato per unità di superficie;

α : coeff. d'adesione o di mobilitazione dell'attrito laterale, funz. della coesione non drenata ($\alpha = 0.4 \div 0.9$);

ci : coesione del singolo strato;

qi : pressione geostatica valutata alla profondità media del singolo strato;

ko : coeff. di spinta orizz. del singolo strato funz. del coeff. di spinta a riposo e del grado di sovraconsolidamento;

δ : angolo dell'attrito efficace fra il terreno ed il palo;

8.4.7 Verifica capacità portante fondazioni (7.11.5.3.1 e 7.11.5.3.2 del DM 17/01/2018)

La verifica del sistema di fondazione relativo alla struttura in oggetto, è stata effettuata sulla base dei dati geologici e dei parametri geotecnici forniti, seguendo l'approccio di progetto relativo alla normativa di riferimento:

Per fondazioni superficiali (punto 6.4.2.1 del DM 17/01/2018):

Approccio 2

- Combinazione 1: **A1 + M1 + R3**

Per fondazioni profonde (punto 6.4.3.1 del DM 17/01/2018):

Approccio 2

- Combinazione 1: **A1 + M1 + R3**

dove:

- Coefficienti parziali per le azioni

CARICHI	COEFFICIENTE PARZIALE	Combinazione A1	Combinazione A2
PERMANENTI	γ_{G1ns}	1.3	1.0
PERMANENTI NON STRUTTURALI	γ_{G2ns}	1.5	1.3
VARIABILI	γ_{Qi}	1.5	1.3

- Coefficienti per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPL. IL COEFF. PARZIALE	Combinazione M1	Combinazione M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\tan\phi$	1.0	1.25
Coesione drenata del terreno	C	1.0	1.25
Coesione non drenata del terreno	C_u	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	1.0	1.0

- Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati ultimi di fondazioni superficiali

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE R1	COEFFICIENTE PARZIALE R2	COEFFICIENTE PARZIALE R3
Capacità portante	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.8$	$\gamma_R = 2.3$

- Coefficienti parziali γ_R applicate alle resistenze caratteristiche:

RESISTENZA	PALI INFISSI			PALI TRIVELLATI		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Base	1.00	1.45	1.15	1.00	1.70	1.35
Laterale in compressione	1.00	1.45	1.15	1.00	1.45	1.15
Totale	1.00	1.45	1.15	1.00	1.60	1.30
Laterale in trazione	1.00	1.60	1.25	1.00	1.60	1.25

Le verifiche vengono riassunte nelle successive tabelle.

8.4.7.1 Verifica capacità portante a carichi trasversali di Pali di Fondazione (Pali in CA)

Nodo : Numerazione del nodo (Vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
 SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
 CdC : Indice della combinazione di carico più gravosa;
 Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;
 Hsd : Carico orizzontale sollecitante di cui corrisponde il minimo coefficiente di sicurezza;
 Hrlimd : Carico limite di calcolo a slittamento del plinto;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 (Verifica della combinazione di carico A1)							
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Hsd	Hrlimd	S	Esito
				[kN]	[kN]		
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC15	-	5.246	701.267	100.00	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC7	-	6.10	701.267	100.00	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC3	-	5.024	701.267	100.00	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC13	-	7.859	701.267	89.23	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC15	-	6.81	701.267	100.00	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC13	-	5.332	701.267	100.00	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	SLV	CC9	-	9.29	866.606	93.28	V
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC13	-	1.581	701.267	100.00	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC3	-	1.524	701.267	100.00	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC3	-	1.524	701.267	100.00	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC3	-	1.524	701.267	100.00	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC3	-	1.524	701.267	100.00	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC13	-	1.06	701.267	100.00	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	SLU	CC18	-	0.577	866.606	100.00	V
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC15	-	3.054	701.267	100.00	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC15	-	3.051	701.267	100.00	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC3	-	3.446	701.267	100.00	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC13	-	3.43	701.267	100.00	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC15	-	2.798	701.267	100.00	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC13	-	1.258	701.267	100.00	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	SLD	CC13	-	3.405	866.606	100.00	V

8.4.7.2 Verifica capacità portante a carichi verticali di Pali di Fondazione (Pali in CA)

Nodo : Numerazione del nodo (Vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
 SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
 CdC : Indice della combinazione di carico più gravosa;

Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;
 Qvsd : Carico verticale di calcolo cui corrisponde il minimo coefficiente di sicurezza;
 Wpd : Peso del palo di calcolo;
 Eff. : Efficienza palificata;
 QlimLd : Carico limite laterale di calcolo del palo;
 QlimBd : Carico limite di base di calcolo del palo;
 QvLimTotd : Carico limite verticale totale di calcolo del palo;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Combinazione A1 – Lt (Verifica della combinazione di carico A1 a lungo termine)											
Nodo	SL	CdC	Impalcato	Qvsd	Wpd	Eff.	QlimLd	QlimBd	QvLimTotd	S	Esito
				[kN]	[kN]		[kN]	[kN]	[kN]		
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLV	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	SLV	CC1	-	-17.894	62.832	1.00	177.633	0.00	177.633	13.44	V
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC2	-	-27.614	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	7.54	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC2	-	-27.614	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	7.54	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC2	-	-27.614	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	7.54	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC2	-	-27.614	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	7.54	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC2	-	-27.614	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	7.54	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLU	CC2	-	-27.614	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	7.54	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	SLU	CC2	-	-23.263	62.832	1.00	177.633	0.00	177.633	10.34	V
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLD	CC1	-	-21.242	35.343	1.00	172.853	0.00	172.853	9.80	V
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	SLD	CC1	-	-17.894	62.832	1.00	177.633	0.00	177.633	13.44	V

8.4.8 Verifica dello Stato Limite d'Esercizio per le fondazioni superficiali (6.4.2.2 del DM 17/01/2018)

Gli stati limite di esercizio investigati, si riferiscono al raggiungimento di valori critici dei cedimenti differenziali che possono compromettere la funzionalità dell'opera.

Il calcolo dei cedimenti è stato eseguito per le combinazioni di esercizio: Quasi permanente.

8.4.8.1 Verifica allo Stato Limite d'Esercizio Pali di Fondazione (Pali in CA)

Nodo : Numerazione del nodo (Vedi "Nodo C." in "Caratteristiche dei Nodi");
 SL : Stato limite corrispondente alla combinazione più gravosa;
 Impalcato : Impalcato di appartenenza del nodo;
 Acc. El. : Accorciamento elastico del palo;
 Istant. : Cedimento istantaneo;
 Consol. : Cedimento di consolidamento;
 Tot. : Cedimento totale;

Nodo	SL	Impalcato	Acc. El.	Istant.	Consol.	Tot.
				[cm]	[cm]	[cm]
Nodo 5 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLE Quasi Permanenti	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Nodo 6 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLE Quasi Permanenti	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Nodo 7 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLE Quasi Permanenti	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Nodo 8 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLE Quasi Permanenti	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Nodo 13 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLE Quasi Permanenti	-	0.00	0.00	0.00	0.00

Nodo 16 - TipPI_CP (2) - Palo 1	SLE Quasi Permanenti	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Nodo 18 - TipPI_CP (1) - Palo 1	SLE Quasi Permanenti	-	0.00	0.00	0.00	0.00

8.4.8.2 Analisi Cedimenti Plinti-Pali

SL	: Stato limite d'esercizio analizzato;
Dist.	: Distanza tra i plinti-pali di massimo cedimento differenziale;
N. ced. max	: Nodo di calcolo del plinto/palo con cedimento massimo;
Ced. tot. max	: Cedimento totale massimo;
N. ced. min	: Nodo di calcolo del plinto/palo con cedimento minimo;
Ced. tot. min.	: Cedimento totale minimo;
Diff.	: Cedimento differenziale;
Lim.	: Cedimento limite (‰ x Dist.);
S	: Coefficiente di sicurezza;
Esito	: V = Verificato; NV = Non Verificato;

Analisi cedimenti massimi									
SL	Dist.	N. ced. max	Ced. Tot. max	N. ced. min	Ced. Tot. min	Diff.	Lim.	S	Esito
	[cm]		[cm]		[cm]	[cm]	[cm]		
SLE Quasi Permanenti	0.00	1	0.00	1	0.00	0.00	(4‰ x Dist.) 0.00	100.00	V

Dalle tabelle relative al cedimento differenziale limite delle fondazioni, si evince che i cedimenti differenziali massimi stimati risultano compatibili con la funzionalità dei lavori in oggetto.

9 Relazione sulle Fondazioni

9.1 Riferimenti Legislativi

Tutte le operazioni illustrate nel proseguo, relative all'analisi della struttura ed alle verifiche sugli elementi sono state effettuate in piena conformità alle seguenti norme:

D.M. 17/01/2018:

"Norme tecniche per le costruzioni."

Circolare CSLLPP N. 7 del 21/01/2019:

"Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018."

UNI ENV 1997-1: Eurocodice 7:

"Progettazione geotecnica " - Parte 1: Regole generali."

UNI ENV 1998-5: Eurocodice 8:

"Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici."

9.2 Descrizione delle fondazioni

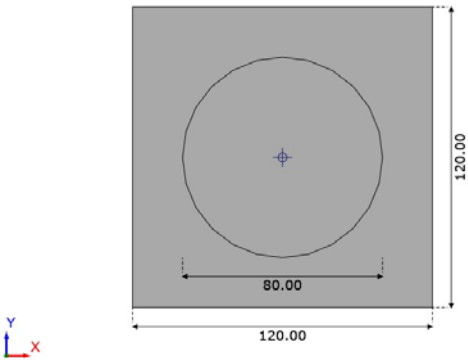
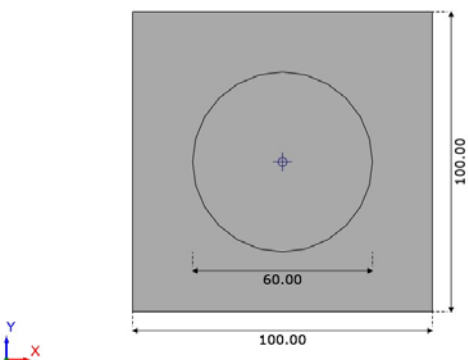
Nell'ambito dei lavori in oggetto si sono utilizzate le seguenti tipologie di fondazione: le cui dimensioni e la loro ubicazione vengono di seguito meglio descritte.

RAPPRESENTAZIONE IN PIANTA DI TUTTI GLI ELEMENTI STRUTTURALI DI FONDAZIONE.

9.2.1 Tipologie di plinti/pali di fondazione utilizzate

Mat.	: Nome del materiale del plinto;
Col. str.	: Colonna stratigrafica associata al plinto (vedi "Stratigrafie del terreno");
Hc	: Altezza del corpo del plinto;
Hm	: Altezza del magrone del plinto;
Ht	: Altezza della testa del plinto;
R	: Risega;
Rm	: Risega magrone;
N. pali	: Numero di pali;
Tipo pali	: Tipo di pali;
Dp	: Diametro dei pali;
Prof. cam. pali	: Profilato associato alla camicia dei pali;
Lungh. pali	: Lunghezza dei pali;
Mat. pali	: Nome del materiale dei pali;
Mat. cam. pali	: Nome del materiale della camicia pali;
Bicchiera	: Presenza del bicchiere;
Hb	: Altezza bicchiere;
Sb	: Spessore bicchiere;

Tipologia N.1 (TipPI_CP (1))

	<p> Mat. = Cls (1) Col. str. = Col_Str (1) Hc = 60.00 cm R = 20.00 cm N. pali = 1 Dp = 80.00 cm Lungh. pali = 500.00 cm Mat. pali = Cls (1) Bicchiera = non presente </p>
<p style="text-align: center;">Tipologia N.2 (TipPI_CP (2))</p> 	<p> Mat. = Cls (1) Col. str. = Col_Str (2) Hc = 60.00 cm R = 20.00 cm N. pali = 1 Dp = 60.00 cm Lungh. pali = 500.00 cm Mat. pali = Cls (1) Bicchiera = non presente </p>

9.2.2 Caratteristiche dei Nodi con la loro ubicazione in pianta

I dati seguenti riportano tutte le caratteristiche relative ai nodi che definiscono la struttura ed in modo particolare:

Nodo I.	: Etichetta del nodo di input;
Nodo C.	: Numerazione interna del nodo relativa al modello di calcolo;
Impalcato	: Impalcato di appartenenza del nodo;
Tipo legame	: Tipo di legame master-slave di cui il nodo corrente è master;
Coordinate	: Coordinate del nodo secondo il sistema di riferimento globale cartesiano;
Tip. plinto	: Tipologia plinto associata al nodo (vedi "Elenco e caratteristiche dei plinti");
Tip. rinforzo	: Tipologia rinforzo associata al nodo (vedi "Elenco e caratteristiche delle tipologie di rinforzo");
Master	: Nodo MASTER dal quale dipende il nodo corrente;
Vincoli	: Eventuali vincoli esterni del nodo in ognuna delle 6 direzioni:
Sx	: Direzione X rispetto al sistema di riferimento globale;
Sy	: Direzione Y rispetto al sistema di riferimento globale;
Sz	: Direzione Z rispetto al sistema di riferimento globale;
Rx	: Rotazione attorno all'asse X del sistema di riferimento globale;
Ry	: Rotazione attorno all'asse Y del sistema di riferimento globale;
Rz	: Rotazione attorno all'asse Z del sistema di riferimento globale;

I simboli dei vincoli assumono il seguente significato:

L	: Non presenza di vincoli;
P	: Valore infinito della rigidità;
Valore	: Valore della molla applicata al nodo;

Nodo I.	Nodo C.	Impalcato	Tipo legame	Coordinate			Tip. plinto	Tip. rinforzo	Master
				x	y	z			
				[cm]	[cm]	[cm]			
Nodo 5	6	-	-	0.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 6	14	-	-	470.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 7	22	-	-	940.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 8	30	-	-	1410.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 13	42	-	-	1880.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 16	52	-	-	2350.00	0.00	170.00	2	-	-
Nodo 18	61	-	-	2350.00	932.00	-30.00	1	-	-

Nodo C.	Vincoli					
	Sx	Sy	Sz	Rx	Ry	Rz
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
6	L	L	L	L	L	L
14	L	L	L	L	L	L
22	L	L	L	L	L	L
30	L	L	L	L	L	L
42	L	L	L	L	L	L
52	L	L	L	L	L	L
61	L	L	L	L	L	L

9.3 Categoria di sottosuolo e definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici

- Caratteristiche litostratigrafiche

L'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini per la caratterizzazione della categoria di sottosuolo sono meglio indicati nella relazione geologico-tecnica allegata. Per quanto riguarda l'aspetto geologico a seguito il rilevamento di un significativo intorno della zona in esame si è riscontrata la presenza delle seguenti successioni litostratigrafiche nelle relative sezioni geologiche (colonne stratigrafiche):

Colonna : Nome della colonna stratigrafica usata;
 Nome dello strato : Nome dello strato appartenente la colonna stratigrafica usata;
 Descrizione dello strato : Descrizione estesa dello strato;

Colonna	Strato	Descrizione
Col_Str (1)	Strato (1)	Strato (1)
Col_Str (2)	Strato (1)	Strato (1)

- Caratteristiche fisico meccaniche dei terreni di fondazione

Nell'ambito del progetto si è fatto uso delle seguenti colonne stratigrafiche:

Caratteristiche delle colonne stratigrafiche:

Colonna : Nome della colonna stratigrafica;
 Falda : Presenza della falda;
 Prof. Falda : Profondità della falda (se è presente);
 Quota piano campagna : Quota piano campagna;
 N. Strati : Numero degli strati della colonna stratigrafica.
 RQD : (Rock Quality Designation) grado di fratturazione dell'ammasso roccioso in [0-1]

Colonna	Falda	Prof. Falda [cm]	Quota piano campagna [cm]	N. Strati	RQD
Col_Str (1)	Non presente	-	0.00	1	0.00
Col_Str (2)	Non presente	-	200.00	1	0.00

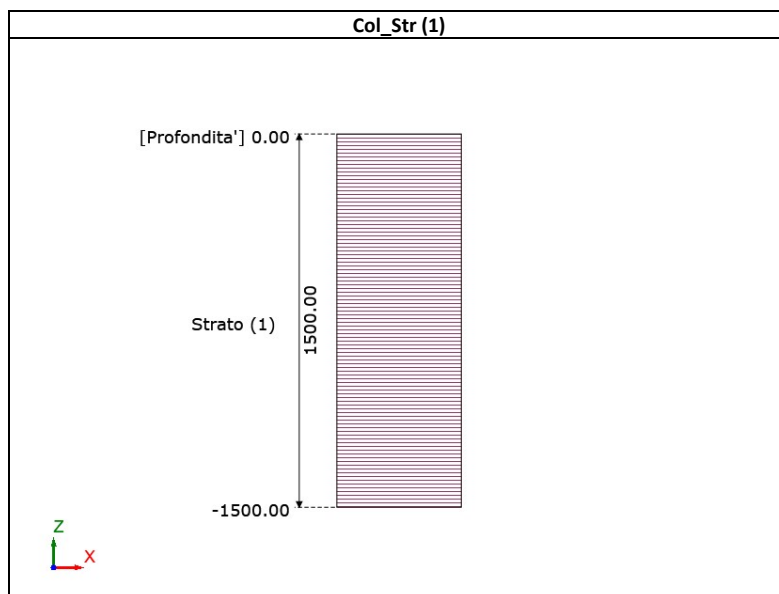
Caratteristiche degli strati appartenenti alle colonne stratigrafiche:

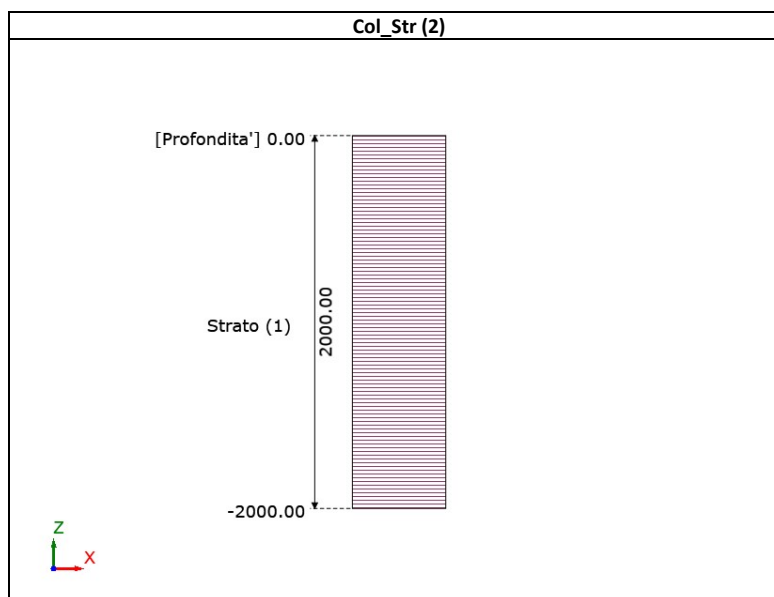
Colonna : Nome della colonna stratigrafica;
 Strato : Nome dello strato appartenente la colonna stratigrafica;
 Spess. : Spessore dello strato;
 Peso : Peso dell'unità di volume dello strato;
 Peso sat. : Peso dell'unità di volume saturo dello strato;
 NSPT : Numero di colpi medio misurato nello strato;
 Qc : Resistenza alla punta media misurata nello strato;
 ϕ : Angolo di attrito del terreno;
 δ : Angolo di attrito terreno/struttura;
 α : Inclinazione dello strato;
 c' : Coesione drenata del terreno;
 cu' : Coesione non drenata del terreno;
 E : Modulo elastico del terreno;
 G : Modulo di taglio del terreno;
 ν^o : Coefficiente di Poisson;
 Eed : Modulo Edometrico;
 OCR : Grado di sovraconsolidazione del terreno.

Col_Str (1)															
Strato	Spess.	Peso	Peso sat.	NSPT	Qc	ϕ	δ	α	c'	cu'	E	G	ν^o	Eed	OCR
	[cm]	[kN/m ³]	[kN/m ³]		[N/mm ²]	[°]	[°]	[°]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	
Strato (1)	1500.00	18.00	19.00	10.00	1.50	29.00	19.33	0.00	0.03	0.07	20.00	10.00	0.35	8.00	1.00

Col_Str (2)															
Strato	Spess.	Peso	Peso sat.	NSPT	Qc	ϕ	δ	α	c'	cu'	E	G	ν^o	Eed	OCR
	[cm]	[kN/m ³]	[kN/m ³]		[N/mm ²]	[°]	[°]	[°]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	
Strato (1)	2000.00	18.00	19.00	10.00	1.50	30.00	20.00	0.00	0.03	0.07	20.00	10.00	0.35	8.00	1.00

- Sezioni Geologiche:





9.4 Relazione sulle Fondazioni (DM 17/01/2018 e CIRC. CSLPP n. 7 DEL 21/01/2019)

9.4.1 Scelta del tipo di fondazioni

In funzione dei risultati ottenuti dalla campagna di indagini eseguite e della tipologia strutturale adottata per i lavori in oggetto, si è proceduto alla scelta delle tipologie di fondazione profonde per distribuire i carichi trasmessi dalla sovrastruttura agli strati più profondi della sezione geologica affidando alle fondazioni indirette anche il compito di ridurre i cedimenti di progetto valutati certamente ammissibili per le opere in oggetto.

Le dimensioni strutturali delle opere di fondazione, le tipologie usate e la loro ubicazione risultano descritte nella prima parte della presente relazione e vengono meglio evidenziate negli elaborati grafici allegati.

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) ed agli stati limite d'esercizio (SLE) indagati risultano tali da non limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza, la durabilità della struttura garantendo un grado di sicurezza ed un livello di prestazioni nel rispetto della normativa vigente in materia.

9.4.2 Ipotesi assunte ed analisi dei risultati nei riguardi del complesso terreno - opera di fondazione

Tutte le analisi presentate si riferiscono allo studio del sottosuolo semplificando la situazione reale con criteri cautelativi, analizzando diverse possibili schematizzazioni ed adottando i risultati meno favorevoli mediante coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno, coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni e coefficienti parziali di sicurezza da applicare alle resistenze caratteristiche.

Le analisi delle elaborazioni eseguite permette di evidenziare i seguenti livelli di sicurezza:

RIASSUNTO RISULTATI VERIFICHE:

Elemento : elemento di fondazione;
 Tipo verifica : verifica analizzata;
 sMin : coefficiente di sicurezza minimo;
 sMax : coefficiente di sicurezza max;

Elemento	Tipo verifica	sMin	sMax
Pali di fondazione (Pali in CA)	Capacità portante Carichi trasversali	89.23	100.00
Pali di fondazione (Pali in CA)	Capacità portante Carichi verticali	7.54	13.44

Pali di Fondazione (Pali in CA)	Cedimenti differenziali SLE	100.00 (SLE Quasi Permanenti)	100.00 (SLE Quasi Permanenti)
Analisi cedimenti Plinti-Pali	Cedimenti differenziali SLE	100.00	100.00

La caratterizzazione geologica da un lato, le caratteristiche dimensionali, strutturali e le configurazioni di carico dall'altro, hanno reso possibile effettuare valutazioni che hanno conto del comportamento complessivo delle strutture e delle interazioni terreno–fondazione.

Si rimanda alla Relazione Geologica-Tecnica allegata per prendere visione di ogni altra informazione relativa alla stratigrafia che caratterizza la categoria di sottosuolo ed in particolare del volume significativo che risulta influenzato, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza la struttura in oggetto.

I coefficienti di sicurezza per tutte le verifiche di resistenza eseguite sulle strutture di fondazione, sono riportate nella Relazione di Calcolo allegata.

Dalle verifiche eseguite su tutti gli elementi di fondazione risultano livelli di sicurezza accettabili e pertanto i lavori in oggetto si valutano realizzabili.

Per quanto sopra esposto, a seguito delle analisi geomorfologiche e dalle verifiche geotecniche svolte l'intervento in oggetto, nel rispetto delle disposizioni progettuali individuate, si ritiene perfettamente compatibile con le caratteristiche del sottosuolo ed attuabile nel rispetto delle Norme vigenti e delle esigenze della Committenza.

Si prescrive che in corso d'opera si debba riscontrare la rispondenza della caratterizzazione geotecnica assunta in progetto e la situazione reale e che la sistemazione esterna dovrà evitare infiltrazioni di acqua tale da variare le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione.

10 Relazione sui Materiali

10.1 Materiali in genere

I materiali ed i prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere in oggetto alla presente relazione, devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- identificati univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;
- qualificati sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili;
- accettati dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

I materiali in genere occorrenti per la costruzione delle opere di cui al presente progetto proverranno da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della Direzione dei lavori, siano riconosciuti della migliore qualità e rispondano ai requisiti appresso indicati.

Quando la Direzione dei lavori avrà rifiutata qualche provvista perché ritenuta a suo giudizio insindacabile non idonea ai lavori, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che risponda ai requisiti voluti, ed i materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dalla sede del lavoro o dai cantieri a cura e spese dell'Appaltatore.

Le prove su materiali e prodotti, a seconda delle specifiche procedure applicabili, come specificato di volta in volta nel seguito, devono generalmente essere effettuate da:

- a) laboratori di prova notificati ai sensi dell'art.18 della Direttiva n.89/106/CEE;
- b) laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001;
- c) altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, appositamente abilitati dal Servizio Tecnico Centrale.

Qualora si applichino specifiche tecniche europee armonizzate, ai fini della marcatura CE, le attività di certificazione, ispezione e prova dovranno essere eseguite dai soggetti previsti nel relativo sistema di attestazione della conformità.

Il richiamo alle specifiche tecniche europee EN armonizzate, di cui alla Dir. 89/106/CEE ed al DPR 246/93, deve intendersi riferito all'ultima versione aggiornata, salvo diversamente specificato. Il richiamo alle specifiche tecniche volontarie EN, UNI e ISO deve intendersi riferito alla data di pubblicazione se indicata, ovvero, laddove non indicata, all'ultima versione aggiornata.

10.2 Calcestruzzi

Cementi

Tutti i manufatti in c.a. e c.a.p. potranno essere eseguiti impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197-1.

Qualora vi sia l'esigenza di eseguire getti massivi, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma UNI EN 197-1.

Se è prevista una classe di esposizione XA, secondo le indicazioni della norma UNI EN 206 e UNI 11104, conseguente ad un'aggressione di tipo solfatico o di dilavamento della calce, sarà necessario utilizzare cementi resistenti ai solfati o alle acque dilavanti in accordo con la UNI 9156 o la UNI 9606.

Per getti di calcestruzzo in sbarramenti di ritenuta di grandi dimensioni si dovranno utilizzare cementi di cui all'art. 1 lettera C della legge 595 del 26 maggio 1965 o, al momento del recepimento nell'ordinamento italiano, cementi a bassissimo calore di idratazione VHL conformi alla norma UNI EN 14216.

Acqua di impasto

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008.

Aggregati

Gli aggregati utilizzabili, ai fini del confezionamento del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo D.P.R. 246/93 e successivi decreti attuativi.

Gli aggregati debbono essere conformi ai requisiti della normativa UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo.

La massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a 2300 kg/m³. A questa prescrizione si potrà derogare solo in casi di comprovata impossibilità di approvvigionamento locale, purché si continuino a rispettare le prescrizioni in termini di resistenza caratteristica a compressione e di durabilità descritti in fase di progetto. Per opere caratterizzate da un elevato rapporto superficie/volume, laddove assume un'importanza predominante la minimizzazione del ritiro igrometrico del calcestruzzo, occorrerà preliminarmente verificare che l'impiego di aggregati di minore massa volumica non determini un incremento del ritiro rispetto ad un analogo conglomerato confezionato con aggregati di massa volumica media maggiore di 2300 Kg/m³.

Per i calcestruzzi con classe di resistenza caratteristica a compressione maggiore di C50/60 preferibilmente dovranno essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di 2600 kg/m³.

Gli aggregati dovranno rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520 parte 2 relativamente al contenuto di sostanze nocive. In particolare:

- il contenuto di solfati solubili in acido (espressi come SO₃ da determinarsi con la procedura prevista dalla UNI-EN 1744-1: 1999 punto 12) dovrà risultare inferiore allo 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente se l'aggregato è grosso oppure fine (aggregati con classe di contenuto di solfati ASO,2);
- il contenuto totale di zolfo (da determinarsi con UNI-EN 1744-1 punto 11) dovrà risultare inferiore allo 0.1%;
- non dovranno contenere forme di silice amorfa alcali-reattiva o in alternativa dovranno evidenziare espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.

La granulometria degli aggregati litici per i conglomerati sarà prescritta dalla Direzione dei lavori in base alla destinazione, al dosaggio ed alle condizioni di messa in opera dei calcestruzzi. L'Impresa dovrà garantire la costanza delle caratteristiche della granulometria per ogni lavoro.

Additivi

Gli additivi, ove previsti, per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4, 5). Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo. E' onere del produttore di calcestruzzo verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati. Per la produzione degli impasti, si consiglia l'impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità dei getti. Nel periodo estivo si consiglia di impiegare specifici additivi capaci di mantenere una prolungata lavorabilità del calcestruzzo in funzione dei tempi di trasporto e di getto.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto. Nel periodo invernale al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5°C, si farà ricorso, oltre che agli additivi superfluidificanti, all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri.

Per i getti sottoposti all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle normative UNI EN 206 e UNI 11104.

Conglomerato cementizio

Al fine di ottenere le prestazioni richieste, si dovranno dare indicazioni in merito alla composizione, ai processi di maturazione ed alle procedure di posa in opera, facendo utile riferimento alla norma UNI ENV 13670-1 ed alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, nonché dare indicazioni in merito alla composizione della miscela, compresi gli eventuali additivi, tenuto conto anche delle previste classi di esposizione ambientale (di cui, ad esempio, alla norma UNI EN 206-1) e del requisito di durabilità delle opere.

I quantitativi dei diversi materiali da impiegare per la composizione dei conglomerati, secondo le particolari indicazioni che potranno essere imposte dalla Direzione dei lavori o stabilite nell'elenco prezzi, dovranno corrispondere alle seguenti proporzioni:

Classe	Classi di esposizione	Consistenza	Aggregato [D _{max}]	Tipo Cemento	Quantità Cemento [q.li]	Sabbia [m³]	Ghiaia [m³]	Acqua [lt]
C25/30	XC2	S4	15	42.5	3.5	0.4	0.8	175

Quando la Direzione dei lavori ritenesse di variare tali proporzioni, l'Appaltatore sarà obbligato ad uniformarsi alle prescrizioni della medesima, salvo le conseguenti variazioni di prezzo in base alle nuove proporzioni previste.

Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegati aggregati appartenenti a non meno di due classi granulometriche diverse. La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione ottimali. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio, pompabilità), e quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato.

La dimensione massima dell'aggregato dovrà essere non maggiore di $\frac{1}{4}$ della sezione minima dell'elemento da realizzare, dell'interferro ridotto di 5 mm, dello spessore del copriferro aumentato del 30%.

l'impasto di materiali, se realizzati in cantiere, dovrà essere fatto a mezzo di macchine impastatrici. I materiali componenti le malte cementizie saranno prima mescolate a secco, fino ad ottenere un miscuglio di tinta uniforme, il quale verrà poi asperso ripetutamente con la minore quantità d'acqua possibile, ma sufficiente, rimescolando continuamente.

La distribuzione granulometrica degli inerti, il cemento e la consistenza degli impasti, saranno determinate in funzione della destinazione d'uso ed al procedimento di posa in opera calcestruzzo. **Tutti i calcestruzzi messi in opera dovranno essere costipati mediante vibratore meccanico.**

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo possieda al momento della consegna del calcestruzzo in cantiere la lavorabilità prescritta.

Qualsiasi altra informazione sarà fornita direttamente dalla Direzione dei lavori.

10.3 Acciai per c.a.

Per opere in calcestruzzo armato si userà acciaio in barre del tipo:

Tipo acciaio	Tensione caratteristica di snervamento (f_{yk}) [N/mm²]	Tensione caratteristica di rottura (f_{tk}) [N/mm²]
B450C	450.00	540.00

Non saranno poste in opera barre eccessivamente ossidate, corrose, recanti difetti che ne riducano la resistenza o ricoperte da sostanze che possano ridurne l'aderenza al conglomerato.

L'acciaio da calcestruzzo armato, in ogni sua forma commerciale, deve rispondere alle caratteristiche richieste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 17/01/2018, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova, le condizioni di prova e il sistema per l'attestazione di conformità per gli acciai destinati alle costruzioni in cemento armato che ricadono sotto la Direttiva Prodotti CPD (89/106/CE).

L'acciaio deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, come prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

Nei riguardi della saldabilità, la composizione chimica deve essere in accordo con quanto specificato nel D.M. 17/01/2018.

Le proprietà meccaniche devono essere in accordo con quanto specificato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018):

Proprietà	Valore caratteristico
f_y [N/mm²]	≥ 450
f_t [N/mm²]	≥ 540
f_t/f_y	$\geq 1,15$ $\leq 1,35$
A_{gt} [%]	$\geq 7,5$
$f_y/f_{y,nom}$	$\leq 1,25$

Prova di piega e raddrizzamento In accordo con quanto specificato nel D.M. 17/01/2018, è richiesto il rispetto dei limiti seguenti:

Diametro nominale (\emptyset) [mm]	Diametro massimo del mandrino
$\emptyset < 12$	4 \emptyset
$12 \leq \emptyset \leq 16$	5 \emptyset
$16 \leq \emptyset \leq 25$	8 \emptyset
$25 \leq \emptyset \leq 40$	10 \emptyset

Il valore del diametro nominale deve essere concordato all'atto dell'ordine. Le tolleranze devono essere in accordo con il D.M. 17/01/2018:

Diametro nominale [mm]	Da 6 a ≤ 8	Da > 8 a ≤ 50
Tolleranza in % sulla sezione	± 6	± 4.5

I prodotti devono avere una superficie nervata in accordo con il D.M. 17/01/2018. L'area di nervatura (o puntellatura) deve essere misurata in accordo a quanto riportato nel paragrafo 11.3.2.10.4 del D.M. 17/01/2018. I prodotti devono aver superato le prove di Beam Test effettuate presso un Laboratorio Ufficiale (Legge 1086).

Diametro nominale [mm]	
$5 \leq \emptyset \leq 6$	≥ 0.035
$6 < \emptyset \leq 12$	≥ 0.040
$\emptyset \geq 12$	≥ 0.056

10.4 Acciai per carpenteria

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+.

Per gli acciai di cui alle norme armonizzate UNI EN 10025, UNI EN 10210 ed UNI EN 10219-1, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità, ed in favore di sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} da utilizzare nei calcoli si assumono i valori nominali $f_y = ReH$ e $f_t = R_m$ riportati nelle relative norme di prodotto.

Gli acciai per carpenteria in ogni forma commerciale come ad esempio:

- laminati mercantili (angolari, L, T, piatti e altri prodotti di forma);
- travi ad ali parallele del tipo HE e IPE, travi IPN;
- laminati ad U;
- lamiere e piatti;
- nastri, profilati cavi prodotti a caldo;
- travi saldate (ricavate da lamiere o da nastri a caldo);
- profilati a freddo (ricavati da nastri a caldo);
- tubi saldati (cilindrici o di forma ricavati da nastri a caldo);
- lamiere grecate (ricavate da nastri a caldo);

devono essere conformi alle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1. In particolare gli acciai per strutture saldate, oltre a soddisfare le condizioni indicate nelle norme UNI armonizzate indicate precedentemente, devono avere adeguata composizione chimica, come indicato nelle stesse norme.

Per l'utilizzo in zona sismica, l'acciaio costituente le membrature, le saldature ed i bulloni deve essere conforme ai requisiti riportati nelle norme sulle costruzioni in acciaio.

Per le zone dissipative si applicano le seguenti regole aggiuntive:

- per gli acciai da carpenteria il rapporto fra i valori caratteristici della tensione di rottura f_{tk} (nominale) e la tensione di snervamento f_{yk} (nominale) deve essere maggiore di 1,20 e l'allungamento a rottura A5, misurato su provino standard, deve essere non inferiore al 20%;
- la tensione di snervamento massima $f_{y,max}$ deve risultare $f_{y,max} \leq 1,2 f_{yk}$;

Per la costruzione in oggetto sono stati usati i seguenti acciai da carpenteria:

Tipo acciaio	Norma di riferimento	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]
S235	UNI EN 10025-2	235.00	360.00

Qualsiasi altra informazione sarà fornita direttamente dalla Direzione dei lavori.

Processo di saldatura

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011 parti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

In assenza di tali dati per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817 e il livello B per strutture soggette a fatica.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN 12062.

Bulloni

I bulloni - conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016 e UNI 5592 devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1, associate nel modo indicato nella seguente tabella:

	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10

Le tensioni di snervamento f_{yb} e di rottura f_{tb} delle viti appartenenti alle classi indicate nella precedente tabella sono riportate nella seguente tabella:

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
f_{yb} [N/mm²]	240	300	480	649	900
f_{tb} [N/mm²]	400	500	600	800	1000

I bulloni per giunzioni ad attrito devono essere conformi alle prescrizioni della precedente tabella. Viti e dadi, devono essere associati come indicato nella seguente tabella:

Elemento	Materiale	Riferimento
Viti	8.8 – 10.9 secondo UNI EN ISO 898-1	UNI EN 14399 parti 3 e 4
Dadi	8 - 10 secondo UNI EN 20898-2	UNI EN 14399 parti 3 e 4
Rosette	Acciaio C50 UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 32, 40	UNI EN 14399 parti 5 e 6
Piastrine	Acciaio C50 UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 32, 40	UNI EN 14399 parti 5 e 6

Gli elementi di collegamento strutturali ad alta resistenza adatti al precarico devono soddisfare i requisiti di cui alla norma europea armonizzata UNI EN 14399-1, e recare la relativa marcatura CE.

In zona sismica i collegamenti bullonati devono essere realizzati con bulloni ad alta resistenza di classe 8.8 o 10.9.

Chiodi

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla norma UNI 7356.

Connettori a piolo

Nel caso si utilizzino connettori a piolo, l'acciaio deve essere idoneo al processo di formazione dello stesso e compatibile per saldatura con il materiale costituente l'elemento strutturale interessato dai pioli stessi. Esso deve avere le seguenti caratteristiche meccaniche:

- allungamento percentuale a rottura (valutato su base $L_0 = 5,65 A_0$, dove A_0 è l'area della sezione trasversale del saggio) ≥ 12 ;
- rapporto $f_t / f_y \geq 1,2$.

Quando i connettori vengono uniti alle strutture con procedimenti di saldatura speciali, senza metallo d'apporto, essi devono essere fabbricati con acciai la cui composizione chimica soddisfi le limitazioni seguenti:

$$C \leq 0,18\%, \quad Mn \leq 0,9\%, \quad S \leq 0,04\%, \quad P \leq 0,05\%$$

10.5 Legno da costruzione

La produzione, fornitura e utilizzazione dei prodotti di legno e dei prodotti a base di legno per uso strutturale dovranno avvenire in applicazione di un sistema di assicurazione della qualità e di un sistema di rintracciabilità che copra la catena di distribuzione dal momento della prima classificazione e marcatura dei singoli componenti e/o semilavorati almeno fino al momento della prima messa in opera.

Ogni fornitura deve essere accompagnata, a cura del produttore, da un manuale contenente le specifiche tecniche per la posa in opera. Il Direttore dei Lavori è tenuto a rifiutare le eventuali forniture non conformi a quanto sopra prescritto.

Il progettista sarà tenuto ad indicare nel progetto le caratteristiche dei materiali secondo le indicazioni di cui al presente capitolo.

Tali caratteristiche devono essere garantite dai fornitori e/o produttori, per ciascuna fornitura, secondo le disposizioni applicabili di cui alla marcatura CE ovvero di cui al D.M. 17/01/2018.

Il Direttore dei Lavori potrà inoltre far eseguire ulteriori prove di accettazione sul materiale pervenuto in cantiere e sui collegamenti, secondo le metodologie di prova indicate nella presente norma.

La produzione di elementi strutturali di legno massiccio a sezione rettangolare dovrà risultare conforme alla norma europea armonizzata UNI EN 14081 e, secondo quanto specificato al punto A del paragrafo 11.1 del D.M. 17/01/2018, recare la Marcatura CE.

Qualora non sia applicabile la marcatura CE, i produttori di elementi di legno massiccio per uso strutturale, secondo quanto specificato al punto B del par. 11.1 del D.M. 17/01/2018, devono essere qualificati così come specificato al par. 11.7.10 del D.M. 17/01/2018.

Il legno massiccio per uso strutturale è un prodotto naturale, selezionato e classificato in dimensioni d'uso secondo la resistenza, elemento per elemento, sulla base delle normative applicabili.

La Classe di Resistenza di un elemento è definita mediante uno specifico profilo resistente unificato, a tal fine può farsi utile riferimento alle norme UNI EN 338 ed UNI EN 1912, per legno di provenienza estera, ed UNI 11035 parti 1 e 2 per legno di provenienza italiana.

In generale è possibile definire il profilo resistente di un elemento strutturale anche sulla base dei risultati documentati di prove sperimentali, in conformità a quanto disposto nella UNI EN 384.

Le prove sperimentali per la determinazione di, resistenza a flessione e modulo elastico devono essere eseguite in maniera da produrre gli stessi tipi di effetti delle azioni alle quali il materiale sarà presumibilmente soggetto nella struttura.

Per tipi di legno non inclusi in normative vigenti (emanate da CEN o da UNI), e per i quali sono disponibili dati ricavati su campioni "piccoli e netti", è ammissibile la determinazione dei parametri di cui sopra sulla base di confronti con specie legnose incluse in normative di dimostrata validità.

Gli elementi strutturali di legno lamellare incollato debbono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 14080. Le dimensioni delle singole lamelle dovranno rispettare i limiti per lo spessore e l'area della sezione trasversale indicati nella norma UNI EN 386.

Il legno lamellare deve essere classificato secondo le indicazioni riportate nelle UNI EN 1194.

Per la costruzione in oggetto sono stati usati i seguenti legnami da costruzione:

Tipo Legno	Norma di riferimento	Classe
Lamellare di conifera	EN 14080	GL24h

Qualsiasi altra informazione sarà fornita direttamente dalla Direzione dei lavori.

10.6 Prove sui Materiali

La prescrizione del calcestruzzo all'atto del progetto deve essere caratterizzata almeno mediante la classe di resistenza, la classe di consistenza ed il diametro massimo dell'aggregato.

La definizione del calcestruzzo viene effettuata mediante la classe di resistenza, contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cubica R_{ck} e cilindrica f_{ck} a compressione uniassiale, misurate su provini normalizzati e cioè rispettivamente su cubi di spigolo 150 mm e su cilindri di diametro 150 mm e di altezza 300 mm. Al fine delle verifiche sperimentali i provini prismatici di base 150x150 mm e di altezza 300 mm sono equiparati ai cilindri di cui sopra.

Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-1:2002 e UNI EN 12390-2:2002. Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-3:2003 e UNI EN 12390-4:2002. Circa il procedimento da seguire per la determinazione della massa volumica vale quanto indicato nella norma UNI EN 12390-7:2002.

Salvo diverse specifiche e/o accordi con il produttore del conglomerato la lavorabilità al momento del getto verrà controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione secondo le indicazioni riportate sulle Norme Tecniche sulle Costruzioni. La misura della lavorabilità verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0.3 mc di calcestruzzo. In accordo con le specifiche di capitolato la misura della lavorabilità potrà essere effettuata mediante differenti metodologie. In particolare la lavorabilità del calcestruzzo può essere definita mediante:

- Il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2) che definisce la classe di consistenza o uno slump di riferimento oggetto di specifica;
- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5).

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio per carpenteria, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377, UNI 552, EN 10002-1, UNI EN 10045-1.

Sono abilitati ad effettuare le prove ed i controlli sul legname da costruzione, sia sui prodotti che sui cicli produttivi, i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e gli organismi di prova abilitati ai sensi del DPR n. 246/93 in materia di prove e controlli sul legno.

La determinazione sperimentale della resistenza a compressione, a taglio, e del modulo elastico secante dovrà avvenire nel rispetto delle indicazioni contenute nel cap. 11 del D.M. 17/01/2018.

L'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegarsi, sottostando a tutte le spese di prelevamento ed invio di campioni ad Istituto Sperimentale riconosciuto.

L'Impresa sarà tenuta a pagare le spese per dette prove, salvo pattuizioni contrarie.

UNIONE TRA ELEMENTI IN LEGNO - C.A. CON SCARPA " Lavangno "

Il collegamento viene realizzato per sovrapposizione dell'asta in legno convergente sul nodo interessato a una scarpa in acciaio opportunamente dimensionata con alette laterali disposte a vista sui due lati dell'asta in legno stessa. Le due alette convergono a delle flange (a vista e a scomparsa) collegate all'elemento di ancoraggio formando un unico pezzo.

Dati

Normativa di riferimento : NTC - D.M. 17/01/2018

Numero aste convergenti sul nodo oltre all'elemento di appoggio : 1

Il prospetto seguente sintetizza le caratteristiche dell'asta in legno :

Asta Loc.	Asta Glo.	Angolo [deg]	Materiale	Collegamento	Continuità	Sezione	Fibratura [deg]
1	0	0.69	LEGNO:GL24h	Con Viti	NO	Test	0.00°

dove:

Angolo : inclinazione asse asta con piano orizzontale;

Continuità : indica se l'asta attraversa il nodo senza soluzione di continuità;

Sezione : dimensioni della sezione trasversale associata all'asta.

Fibratura : angolo della direzione delle fibre riferito all'asse dell'asta in legno.

l'asta sarà interessata da stati sollecitazionali articolati nelle varie combinazioni di carico previste:

Nome Combinazione CC11 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	431	-268	281	24	-181	-3

Nome Combinazione CC13 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-470	264	275	24	177	-2

Nome Combinazione CC16 - SLU						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-37	-3	523	46	-3	-3

Nome Combinazione CC15 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-322	-265	276	24	-178	-3

Nome Combinazione CC3 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-379	880	275	24	590	-1

Nome Combinazione CC5 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	340	-884	280	24	-594	-3

Nome Combinazione CC3 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-379	880	275	24	590	-1

Nome Combinazione CC5 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	340	-884	280	24	-594	-3

Nome Combinazione CC16 - SLU						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-37	-3	523	46	-3	-3

Nome Combinazione CC13 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-470	264	275	24	177	-2

Nome Combinazione CC1 - SLU						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-30	-3	427	37	-3	-3

Nome Combinazione CC1 - SLU						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-30	-3	427	37	-3	-3

Nome Combinazione CC3 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-379	880	275	24	590	-1

Nome Combinazione CC5 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	340	-884	280	24	-594	-3

Nome Combinazione CC1 - SLU						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-30	-3	427	37	-3	-3

Nome Combinazione CC1 - SLU						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-30	-3	427	37	-3	-3

Nome Combinazione CC7 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	114	-883	279	24	-593	-3

Nome Combinazione CC1 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-153	879	277	24	589	-1

Nome Combinazione CC1 - SLU						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-30	-3	427	37	-3	-3

Nome Combinazione CC3 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-379	880	275	24	590	-1

Le suddette azioni, considerando gli effetti 'parassiti', sulla flangia diventeranno:

Nome Combinazione CC11 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	428	0	275	2	0	0

Nome Combinazione CC13 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-473	0	280	1	0	0

Nome Combinazione CC16 - SLU						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-43	0	523	4	0	0

Nome Combinazione CC15 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-326	0	280	1	0	0

Nome Combinazione CC3 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-382	0	280	2	0	0

Nome Combinazione CC5 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	337	0	276	2	0	0

Nome Combinazione CC3 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-382	0	280	2	0	0

Nome Combinazione CC5 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	337	0	276	2	0	0

Nome Combinazione CC16 - SLU						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-43	0	523	4	0	0

Nome Combinazione CC13 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-473	0	280	1	0	0

Nome Combinazione CC1 - SLU						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]

1	-35	0	428	2	0	0
----------	-----	---	-----	---	---	---

Nome Combinazione CC1 - SLU						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-35	0	428	2	0	0

Nome Combinazione CC3 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-382	0	280	2	0	0

Nome Combinazione CC5 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	337	0	276	2	0	0

Nome Combinazione CC1 - SLU						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-35	0	428	2	0	0

Nome Combinazione CC1 - SLU						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-35	0	428	2	0	0

Nome Combinazione CC7 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	111	0	277	2	0	0

Nome Combinazione CC1 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-156	0	279	2	0	0

Nome Combinazione CC1 - SLU						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-35	0	428	2	0	0

Nome Combinazione CC3 - SLV						
Asta	N [daN]	Tx [daN]	Ty [daN]	Mx [daNm]	My [daNm]	Mt [daNm]
1	-382	0	280	2	0	0

DATI SCARPA.

Acciaio	: S235 mm.
Base inferiore delle alette laterali	: 200 mm.
Base superiore delle alette laterali	: 100 mm.
Altezza delle alette laterali	: 950 mm.
Spessore delle alette laterali	: 5 mm.
Base della flangia a vista (esterna)	: 0 mm.
Base della flangia a scomparsa (interna)	: 80 mm.
Altezza delle flange	: 950 mm.
Spessore delle flange	: 5 mm.

Elemento di Ancoraggio delle Flange.

Materiale : CALCESTRUZZO classe **C25/30**
Dimensione parallela alla base della Flangia : 9400 mm.
Dimensione parallela all'altezza della Flangia : 1000 mm.
Spessore : 300 mm.

Risultati del Calcolo

1. VERIFICA DEI MEZZI DI UNIONE DELLA SINGOLA ALETTA

Asta in LEGNO classe **GL24h** - Sezione : Test

- Mezzi di unione utilizzati : **Viti**

Il Numero Totale dei mezzi di unione è pari a 4

Il diametro del gambo delle viti è : 5 mm; Il diametro della testa delle viti è : 10 mm; Il diametro della filettatura delle viti è : 3.4 mm; La lunghezza delle viti è : 45 mm; La lunghezza della parte filettata delle viti è : 24 mm.

La Resistenza dichiarata a trazione della vite è : 750 N/mm².

Le caratteristiche meccaniche delle viti dichiarate dal fornitore in conformità alla EN 14592 sono:

- Resistenza caratteristica a estrazione 'f_{ax,k}' : 11.7 N/mm².
- Resistenza caratteristica ad attraversamento 'f_{head,k}' : 10.5 N/mm².
- Massa volumica associata a per f_{ax,k}: 350 daN/m³.

Per quanto riguarda le alette laterali le distanze reciproche assunte tra i mezzi di unione sono :

Ve [mm]	He [mm]	Vi [mm]	Hi [mm]	Pref
80.00	100.00	250 250 250	-	SI

dove:

***Hi** sono le distanze (parallela all'asse) tra le righe di mezzi di unione nella direzione parallela all'asta;*

***He** è la distanza (parallela all'asse) tra il lembo verticale del fazzoletto e il primo mezzo di unione;*

***Vi** sono le distanze (ortogonale all'asse) tra le colonne di mezzi di unione nella direzione ortogonale all'asta.*

***Ve** è la distanza (ortogonale all'asse) tra la l'estradosso della flangia e il mezzo di unione più vicino;*

***Pref** è la presenza di preforatura per i mezzi di unione.*

Ai sensi del punto 8.2.3 dell'EC5 si ha che lo spessore per fazzoletto sottile è pari a 2.5 mm mentre lo spessore per fazzoletto spesso è pari a 5 mm.

Essendo dunque lo spessore del fazzoletto in oggetto pari a 5 mm si tratta di una piastra definita SPESSA

La lunghezza di penetrazione della vite è pari a 40 mm.

I prospetti seguenti sintetizzano le verifiche effettuate sui mezzi di unione in riferimento alle varie condizioni di carico utilizzate.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC11 - SLV

k_{mod} = 1- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Istantanea - g_m = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ^q	N/mm ^q				
1	2	105	-400	105.8	0.7	41.8	380.2	5.3	21.2	4.96	3.91	22.22	POS.
2	2	105	-150	120.7	0.6	35.6	380.2	6	24.1	4.34	3.43	19.46	POS.
3	2	105	100	136.8	0.5	30.8	380.2	6.8	27.4	3.83	3.02	17.18	POS.
4	2	105	350	153.6	0.5	27	380.2	7.7	30.7	3.41	2.69	15.3	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC13 - SLV

k_{mod} = 1- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Istantanea - g_m = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
-----------	-----------	----------	----------	----------	----------	-----------	--------------	-------------	-------------	------------	------------	------------	--------------

		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	161.4	2.7	154.7	380.2	8.1	32.3	3.25	2.56	14.56	POS.
2	2	105	-150	144.4	2.7	151.6	380.2	7.2	28.9	3.63	2.86	16.27	POS.
3	2	105	100	128	2.6	147.6	380.2	6.4	25.6	4.1	3.23	18.36	POS.
4	2	105	350	112.3	2.5	142.5	380.2	5.6	22.5	4.67	3.68	20.93	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC16 - SLU

kmod = 0.9- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Breve - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	146	2	115.9	380.2	7.3	29.2	3.23	2.55	16.09	POS.
2	2	105	-150	133.7	1.8	101.8	380.2	6.7	26.7	3.53	2.78	17.57	POS.
3	2	105	100	130.8	1.5	86	380.2	6.5	26.2	3.61	2.85	17.97	POS.
4	2	105	350	137.8	1.2	70.7	380.2	6.9	27.6	3.43	2.7	17.06	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC15 - SLV

kmod = 1- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Istantanea - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	129.1	2.6	147.6	380.2	6.5	25.8	4.06	3.2	18.2	POS.
2	2	105	-150	113.4	2.5	142.5	380.2	5.7	22.7	4.62	3.65	20.71	POS.
3	2	105	100	98.9	2.4	135.9	380.2	4.9	19.8	5.3	4.18	23.75	POS.
4	2	105	350	86.2	2.2	127.3	380.2	4.3	17.2	6.09	4.8	27.27	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC3 - SLV

kmod = 1- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Istantanea - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	141.5	2.6	150.7	380.2	7.1	28.3	3.71	2.92	16.61	POS.
2	2	105	-150	125	2.6	146.5	380.2	6.2	25	4.2	3.31	18.8	POS.
3	2	105	100	109.4	2.5	141.1	380.2	5.5	21.9	4.79	3.78	21.48	POS.
4	2	105	350	95.1	2.3	134	380.2	4.8	19	5.51	4.35	24.7	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC5 - SLV

kmod = 1- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Istantanea - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	90.1	0.9	51.4	380.2	4.5	18	5.82	4.59	26.09	POS.
2	2	105	-150	103	0.8	42.9	380.2	5.1	20.6	5.09	4.02	22.82	POS.
3	2	105	100	117.6	0.6	36.5	380.2	5.9	23.5	4.46	3.52	19.98	POS.
4	2	105	350	133.4	0.6	31.5	380.2	6.7	26.7	3.93	3.1	17.62	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC3 - SLV

kmod = 1- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Istantanea - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	141.5	2.6	150.7	380.2	7.1	28.3	3.71	2.92	16.61	POS.
2	2	105	-150	125	2.6	146.5	380.2	6.2	25	4.2	3.31	18.8	POS.
3	2	105	100	109.4	2.5	141.1	380.2	5.5	21.9	4.79	3.78	21.48	POS.
4	2	105	350	95.1	2.3	134	380.2	4.8	19	5.51	4.35	24.7	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC5 - SLV

kmod = 1- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Istantanea - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
----	----	---	---	---	---	----	-------	------	------	-----	-----	-----	-------

		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	90.1	0.9	51.4	380.2	4.5	18	5.82	4.59	26.09	POS.
2	2	105	-150	103	0.8	42.9	380.2	5.1	20.6	5.09	4.02	22.82	POS.
3	2	105	100	117.6	0.6	36.5	380.2	5.9	23.5	4.46	3.52	19.98	POS.
4	2	105	350	133.4	0.6	31.5	380.2	6.7	26.7	3.93	3.1	17.62	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC16 - SLU

kmod = 0.9- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Breve - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	146	2	115.9	380.2	7.3	29.2	3.23	2.55	16.09	POS.
2	2	105	-150	133.7	1.8	101.8	380.2	6.7	26.7	3.53	2.78	17.57	POS.
3	2	105	100	130.8	1.5	86	380.2	6.5	26.2	3.61	2.85	17.97	POS.
4	2	105	350	137.8	1.2	70.7	380.2	6.9	27.6	3.43	2.7	17.06	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC13 - SLV

kmod = 1- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Istantanea - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	161.4	2.7	154.7	380.2	8.1	32.3	3.25	2.56	14.56	POS.
2	2	105	-150	144.4	2.7	151.6	380.2	7.2	28.9	3.63	2.86	16.27	POS.
3	2	105	100	128	2.6	147.6	380.2	6.4	25.6	4.1	3.23	18.36	POS.
4	2	105	350	112.3	2.5	142.5	380.2	5.6	22.5	4.67	3.68	20.93	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLU

kmod = 0.9- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Breve - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	119.1	2	115.6	380.2	6	23.8	3.96	3.13	19.74	POS.
2	2	105	-150	109.3	1.8	101.7	380.2	5.5	21.9	4.32	3.41	21.5	POS.
3	2	105	100	106.9	1.5	86.2	380.2	5.3	21.4	4.41	3.48	21.98	POS.
4	2	105	350	112.4	1.3	71.1	380.2	5.6	22.5	4.2	3.31	20.9	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLU

kmod = 0.9- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Breve - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	119.1	2	115.6	380.2	6	23.8	3.96	3.13	19.74	POS.
2	2	105	-150	109.3	1.8	101.7	380.2	5.5	21.9	4.32	3.41	21.5	POS.
3	2	105	100	106.9	1.5	86.2	380.2	5.3	21.4	4.41	3.48	21.98	POS.
4	2	105	350	112.4	1.3	71.1	380.2	5.6	22.5	4.2	3.31	20.9	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC3 - SLV

kmod = 1- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Istantanea - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	141.5	2.6	150.7	380.2	7.1	28.3	3.71	2.92	16.61	POS.
2	2	105	-150	125	2.6	146.5	380.2	6.2	25	4.2	3.31	18.8	POS.
3	2	105	100	109.4	2.5	141.1	380.2	5.5	21.9	4.79	3.78	21.48	POS.
4	2	105	350	95.1	2.3	134	380.2	4.8	19	5.51	4.35	24.7	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC5 - SLV

kmod = 1- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Istantanea - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
----	----	---	---	---	---	----	-------	------	------	-----	-----	-----	-------

		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	90.1	0.9	51.4	380.2	4.5	18	5.82	4.59	26.09	POS.
2	2	105	-150	103	0.8	42.9	380.2	5.1	20.6	5.09	4.02	22.82	POS.
3	2	105	100	117.6	0.6	36.5	380.2	5.9	23.5	4.46	3.52	19.98	POS.
4	2	105	350	133.4	0.6	31.5	380.2	6.7	26.7	3.93	3.1	17.62	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLU

kmod = 0.9- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Breve - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	119.1	2	115.6	380.2	6	23.8	3.96	3.13	19.74	POS.
2	2	105	-150	109.3	1.8	101.7	380.2	5.5	21.9	4.32	3.41	21.5	POS.
3	2	105	100	106.9	1.5	86.2	380.2	5.3	21.4	4.41	3.48	21.98	POS.
4	2	105	350	112.4	1.3	71.1	380.2	5.6	22.5	4.2	3.31	20.9	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLU

kmod = 0.9- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Breve - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	119.1	2	115.6	380.2	6	23.8	3.96	3.13	19.74	POS.
2	2	105	-150	109.3	1.8	101.7	380.2	5.5	21.9	4.32	3.41	21.5	POS.
3	2	105	100	106.9	1.5	86.2	380.2	5.3	21.4	4.41	3.48	21.98	POS.
4	2	105	350	112.4	1.3	71.1	380.2	5.6	22.5	4.2	3.31	20.9	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC7 - SLV

kmod = 1- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Istantanea - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	70	1.6	90.1	380.2	3.5	14	7.49	5.91	33.58	POS.
2	2	105	-150	72.3	1.3	74.8	380.2	3.6	14.5	7.26	5.72	32.51	POS.
3	2	105	100	79.2	1.1	61.3	380.2	4	15.8	6.62	5.22	29.66	POS.
4	2	105	350	89.8	0.9	50.5	380.2	4.5	18	5.84	4.61	26.18	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLV

kmod = 1- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Istantanea - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	96.6	2.3	133.9	380.2	4.8	19.3	5.43	4.28	24.33	POS.
2	2	105	-150	84.2	2.2	124.6	380.2	4.2	16.8	6.23	4.91	27.91	POS.
3	2	105	100	74.8	2	112.5	380.2	3.7	15	7.01	5.53	31.43	POS.
4	2	105	350	69.5	1.7	97.7	380.2	3.5	13.9	7.55	5.95	33.82	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLU

kmod = 0.9- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Breve - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	119.1	2	115.6	380.2	6	23.8	3.96	3.13	19.74	POS.
2	2	105	-150	109.3	1.8	101.7	380.2	5.5	21.9	4.32	3.41	21.5	POS.
3	2	105	100	106.9	1.5	86.2	380.2	5.3	21.4	4.41	3.48	21.98	POS.
4	2	105	350	112.4	1.3	71.1	380.2	5.6	22.5	4.2	3.31	20.9	POS.

VERIFICA A TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC3 - SLV

kmod = 1- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE Istantanea - gm = 1.45

MU	SR	X	Y	R	T	Tf	Fv,Rk	Rf.w	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
----	----	---	---	---	---	----	-------	------	------	-----	-----	-----	-------

		mm	mm	daN	deg	deg	daN	N/mm ²	N/mm ²				
1	2	105	-400	141.5	2.6	150.7	380.2	7.1	28.3	3.71	2.92	16.61	POS.
2	2	105	-150	125	2.6	146.5	380.2	6.2	25	4.2	3.31	18.8	POS.
3	2	105	100	109.4	2.5	141.1	380.2	5.5	21.9	4.79	3.78	21.48	POS.
4	2	105	350	95.1	2.3	134	380.2	4.8	19	5.51	4.35	24.7	POS.

dove:

MU è il numero del Mezzo di Unione esaminato.

SR è il numero delle sezioni resistenti.

X,Y sono le coordinate del centro foro rispetto ad un S.R. con origine nel nodo.

R è la risultante di tutte le azioni agenti sul singolo mezzo di unione.

T è l'angolo di 'R' rispetto ad un S.R. con origine nel nodo.

Tf è l'angolo di 'R' rispetto alla direzione delle fibre.

Fv,Rk è la Capacità portante caratteristica per Mezzo di Unione e per piano di taglio.

Rf.w è la Tensione di rifollamento sull'asta in legno.

Rf.s è la Tensione di rifollamento sul fazzoletto in acciaio.

fs1 è il Fattore di Sicurezza associato a 'Fv,Rk'.

fs2 è il Fattore di Sicurezza associato a 'Rf.w'.

fs3 è il Fattore di Sicurezza associato a 'Rf.s'.

N.B.

Nel calcolo dei Fattori di Sicurezza 'fs1' e 'fs3' si è fatto riferimento alle resistenze di progetto 'Rd' ricavate dalle rispettive resistenze caratteristiche 'Rk' per mezzo della formula 2.17 (par. 2.4.3) della norma Eurocodice 5 UNI EN 1995-1-1/2009.

$R_d = k_{mod} / \gamma_m \cdot R_k$

Dove k_{mod} è un coefficiente definito dalla tabella 3.1 della norma Eurocodice 5 funzione della durata della combinazione di carico analizzata, della classe di servizio e del tipo di materiale legno mentre γ_m è il coefficiente parziale raccomandato dalla tabella 2.3 dell'EC5 per le connessioni tra elementi in legno.

2. VERIFICA DEI MEZZI DI UNIONE DELLA FLANGIA

Mezzi di unione utilizzati : **Tirafondi**

Il Numero Totale dei mezzi di unione è pari a 6

Per quanto riguarda le flange interne (a scomparsa) le distanze reciproche assunte tra i mezzi di unione sono :

Ve [mm]	He [mm]	Vi [mm]	Hi [mm]	Pref
150.00	50.00	350 350	-	SI

dove:

Hi sono le distanze (parallela all'asse) tra le righe di mezzi di unione nella direzione parallela all'asta;

He è la distanza (parallela all'asse) tra il lembo verticale del fazzoletto e il primo mezzo di unione;

Vi sono le distanze (ortogonale all'asse) tra le colonne di mezzi di unione nella direzione ortogonale all'asta.

Ve è la distanza (ortogonale all'asse) tra la l'estradosso della flangia e il mezzo di unione più vicino;

Pref è la presenza di preforatura per i mezzi di unione.

Ai sensi del punto 8.2.3 dell'EC5 si ha che lo spessore per fazzoletto sottile è pari a 7 mm mentre lo spessore per fazzoletto spesso è pari a 14 mm.

Essendo dunque lo spessore del fazzoletto in oggetto pari a 5 mm si tratta di una piastra definita SPESSEA

I prospetti seguenti sintetizzano le verifiche effettuate sugli ancoraggi in riferimento alle varie condizioni di carico utilizzate.

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC11 - SLV

MU	X	Y	N [daN]	V	Fax,Rd	Fv,Rd	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
-----------	----------	----------	----------------	----------	---------------	--------------	-------------	------------	------------	------------	--------------

	[mm]	[mm]		[daN]	[daN]	[daN]	[N/mm q]				
1	-50.00	155.00	69.79 (T)	45.91	1500.0 0	2500.0 0	6.56	21.49	544.53	109.78	POSITIVO
2	-50.00	505.00	71.32 (T)	45.91	1500.0 0	2500.0 0	6.56	21.03	544.53	109.78	POSITIVO
3	-50.00	855.00	72.85 (T)	45.91	1500.0 0	2500.0 0	6.56	20.59	544.53	109.78	POSITIVO
4	50.00	155.00	69.79 (T)	45.91	1500.0 0	2500.0 0	6.56	21.49	544.53	109.78	POSITIVO
5	50.00	505.00	71.32 (T)	45.91	1500.0 0	2500.0 0	6.56	21.03	544.53	109.78	POSITIVO
6	50.00	855.00	72.85 (T)	45.91	1500.0 0	2500.0 0	6.56	20.59	544.53	109.78	POSITIVO

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC13 - SLV

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	46.72	-	2500.0 0	6.67	-	535.08	107.87	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	46.72	-	2500.0 0	6.67	-	535.08	107.87	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	46.72	-	2500.0 0	6.67	-	535.08	107.87	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	46.72	-	2500.0 0	6.67	-	535.08	107.87	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	46.72	-	2500.0 0	6.67	-	535.08	107.87	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	46.72	-	2500.0 0	6.67	-	535.08	107.87	POSITIVO

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC16 - SLU

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	87.19	-	2500.0 0	12.46	-	286.73	57.81	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	87.19	-	2500.0 0	12.46	-	286.73	57.81	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	87.19	-	2500.0 0	12.46	-	286.73	57.81	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	87.19	-	2500.0 0	12.46	-	286.73	57.81	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	87.19	-	2500.0 0	12.46	-	286.73	57.81	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	87.19	-	2500.0 0	12.46	-	286.73	57.81	POSITIVO

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC15 - SLV

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	46.58	-	2500.0 0	6.65	-	536.65	108.19	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	46.58	-	2500.0 0	6.65	-	536.65	108.19	POSITIVO

3	-50.00	855.00	0.00	46.58	-	2500.0 0	6.65	-	536.65	108.19	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	46.58	-	2500.0 0	6.65	-	536.65	108.19	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	46.58	-	2500.0 0	6.65	-	536.65	108.19	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	46.58	-	2500.0 0	6.65	-	536.65	108.19	POSITIVO

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC3 - SLV

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC5 - SLV

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	54.75 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	27.40	543.63	109.59	POSITIVO
2	-50.00	505.00	56.11 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	26.73	543.63	109.59	POSITIVO
3	-50.00	855.00	57.46 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	26.10	543.63	109.59	POSITIVO
4	50.00	155.00	54.75 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	27.40	543.63	109.59	POSITIVO
5	50.00	505.00	56.11 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	26.73	543.63	109.59	POSITIVO
6	50.00	855.00	57.46 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	26.10	543.63	109.59	POSITIVO

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC3 - SLV

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO

6	50.00	855.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
---	-------	--------	------	-------	---	-------------	------	---	--------	--------	----------

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC5 - SLV

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	54.75 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	27.40	543.63	109.59	POSITIVO
2	-50.00	505.00	56.11 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	26.73	543.63	109.59	POSITIVO
3	-50.00	855.00	57.46 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	26.10	543.63	109.59	POSITIVO
4	50.00	155.00	54.75 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	27.40	543.63	109.59	POSITIVO
5	50.00	505.00	56.11 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	26.73	543.63	109.59	POSITIVO
6	50.00	855.00	57.46 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	26.10	543.63	109.59	POSITIVO

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC16 - SLU

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	87.19	-	2500.0 0	12.46	-	286.73	57.81	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	87.19	-	2500.0 0	12.46	-	286.73	57.81	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	87.19	-	2500.0 0	12.46	-	286.73	57.81	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	87.19	-	2500.0 0	12.46	-	286.73	57.81	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	87.19	-	2500.0 0	12.46	-	286.73	57.81	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	87.19	-	2500.0 0	12.46	-	286.73	57.81	POSITIVO

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC13 - SLV

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	46.72	-	2500.0 0	6.67	-	535.08	107.87	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	46.72	-	2500.0 0	6.67	-	535.08	107.87	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	46.72	-	2500.0 0	6.67	-	535.08	107.87	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	46.72	-	2500.0 0	6.67	-	535.08	107.87	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	46.72	-	2500.0 0	6.67	-	535.08	107.87	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	46.72	-	2500.0 0	6.67	-	535.08	107.87	POSITIVO

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLU

MU	X	Y	N [daN]	V	Fax,Rd	Fv,Rd	Rf.s	fs1	fs2	fs3	Esito
----	---	---	---------	---	--------	-------	------	-----	-----	-----	-------

	[mm]	[mm]		[daN]	[daN]	[daN]	[N/mm q]				
1	-50.00	155.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLU

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC3 - SLV

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC5 - SLV

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	54.75 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	27.40	543.63	109.59	POSITIVO
2	-50.00	505.00	56.11 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	26.73	543.63	109.59	POSITIVO

3	-50.00	855.00	57.46 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	26.10	543.63	109.59	POSITIVO
4	50.00	155.00	54.75 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	27.40	543.63	109.59	POSITIVO
5	50.00	505.00	56.11 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	26.73	543.63	109.59	POSITIVO
6	50.00	855.00	57.46 (T)	45.99	1500.0 0	2500.0 0	6.57	26.10	543.63	109.59	POSITIVO

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLU

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLU

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC7 - SLV

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	17.26 (T)	46.19	1500.0 0	2500.0 0	6.60	86.91	541.25	109.12	POSITIVO
2	-50.00	505.00	18.43 (T)	46.19	1500.0 0	2500.0 0	6.60	81.37	541.25	109.12	POSITIVO
3	-50.00	855.00	19.61 (T)	46.19	1500.0 0	2500.0 0	6.60	76.50	541.25	109.12	POSITIVO
4	50.00	155.00	17.26 (T)	46.19	1500.0 0	2500.0 0	6.60	86.91	541.25	109.12	POSITIVO
5	50.00	505.00	18.43 (T)	46.19	1500.0 0	2500.0 0	6.60	81.37	541.25	109.12	POSITIVO

6	50.00	855.00	19.61 (T)	46.19	1500.0 0	2500.0 0	6.60	76.50	541.25	109.12	POSITIVO
---	-------	--------	-----------	-------	-------------	-------------	------	-------	--------	--------	----------

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLV

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	46.44	-	2500.0 0	6.63	-	538.29	108.52	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	46.44	-	2500.0 0	6.63	-	538.29	108.52	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	46.44	-	2500.0 0	6.63	-	538.29	108.52	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	46.44	-	2500.0 0	6.63	-	538.29	108.52	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	46.44	-	2500.0 0	6.63	-	538.29	108.52	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	46.44	-	2500.0 0	6.63	-	538.29	108.52	POSITIVO

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLU

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	71.30	-	2500.0 0	10.19	-	350.62	70.68	POSITIVO

VERIFICA A ESTRAZIONE, TAGLIO E RIFOLLAMENTO - CONDIZIONE DI CARICO CC3 - SLV

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	V [daN]	Fax,Rd [daN]	Fv,Rd [daN]	Rf.s [N/mm q]	fs1	fs2	fs3	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	46.65	-	2500.0 0	6.66	-	535.96	108.05	POSITIVO

dove:

MU è il numero del Mezzo di Unione esaminato.

X,Y sono le coordinate del centro foro rispetto ad un S.R. con origine nel centro foro posto più in basso a sinistra.
N sono le azioni normali (C):compressione (T):trazione agenti sui singoli tirafondi.
V sono le azioni taglianti agenti sui singoli tirafondi.
Fax,Rd è la Capacità portante di progetto del Tirafondo caricato assialmente.
Fv,Rd è la Capacità portante di progetto per Tirafondo caricato a Taglio.
Rf.s è la Tensione di rifollamento sulla flangia.
fs1 è il Fattore di sicurezza associato a 'Fax,Rd'.
fs2 è il Fattore di Sicurezza associato a 'Fv,Rk'.
fs3 è il Fattore di Sicurezza associato a 'Rf.s'.

Inoltre, nel corso delle precedenti verifiche,

La resistenza allo sfilamento (estrazione) 'Fax,Rd' delle barre ancorate chimicamente è a parziale ripristino e pertanto è stata assunta sulla base delle caratteristiche meccaniche fornite in tale senso dalla azienda fornitrice.

La resistenza a taglio 'Fv,Rk' delle barre ancorate chimicamente è a parziale ripristino e pertanto è stata assunta sulla base delle caratteristiche meccaniche fornite in tale senso dalla azienda fornitrice.

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC11 - SLV

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	69.79	1500.00	21.49	POSITIVO
2	-50.00	505.00	71.32	1500.00	21.03	POSITIVO
3	-50.00	855.00	72.85	1500.00	20.59	POSITIVO
4	50.00	155.00	69.79	1500.00	21.49	POSITIVO
5	50.00	505.00	71.32	1500.00	21.03	POSITIVO
6	50.00	855.00	72.85	1500.00	20.59	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC13 - SLV

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC16 - SLU

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC15 - SLV

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

2	-50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC3 - SLV

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC5 - SLV

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	54.75	1500.00	27.40	POSITIVO
2	-50.00	505.00	56.11	1500.00	26.73	POSITIVO
3	-50.00	855.00	57.46	1500.00	26.10	POSITIVO
4	50.00	155.00	54.75	1500.00	27.40	POSITIVO
5	50.00	505.00	56.11	1500.00	26.73	POSITIVO
6	50.00	855.00	57.46	1500.00	26.10	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC3 - SLV

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC5 - SLV

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	54.75	1500.00	27.40	POSITIVO
2	-50.00	505.00	56.11	1500.00	26.73	POSITIVO
3	-50.00	855.00	57.46	1500.00	26.10	POSITIVO
4	50.00	155.00	54.75	1500.00	27.40	POSITIVO
5	50.00	505.00	56.11	1500.00	26.73	POSITIVO
6	50.00	855.00	57.46	1500.00	26.10	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC16 - SLU

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

2	-50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC13 - SLV

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLU

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLU

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC3 - SLV

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC5 - SLV

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	54.75	1500.00	27.40	POSITIVO

2	-50.00	505.00	56.11	1500.00	26.73	POSITIVO
3	-50.00	855.00	57.46	1500.00	26.10	POSITIVO
4	50.00	155.00	54.75	1500.00	27.40	POSITIVO
5	50.00	505.00	56.11	1500.00	26.73	POSITIVO
6	50.00	855.00	57.46	1500.00	26.10	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLU

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLU

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC7 - SLV

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	17.26	1500.00	86.91	POSITIVO
2	-50.00	505.00	18.43	1500.00	81.37	POSITIVO
3	-50.00	855.00	19.61	1500.00	76.50	POSITIVO
4	50.00	155.00	17.26	1500.00	86.91	POSITIVO
5	50.00	505.00	18.43	1500.00	81.37	POSITIVO
6	50.00	855.00	19.61	1500.00	76.50	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLV

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC1 - SLU

kmod = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

2	-50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

VERIFICA ASSIALE - CONDIZIONE DI CARICO CC3 - SLV

km_{od} = 0- CLASSE DI SERVIZIO LEGNO 2- DURATA CONDIZIONE - gm = 1.45

MU	X [mm]	Y [mm]	N [daN]	Fax,Rd [daN]	fs4	Esito
1	-50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
2	-50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
3	-50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
4	50.00	155.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
5	50.00	505.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO
6	50.00	855.00	0.00	1500.00	1000.00	POSITIVO

dove:

MU è il numero del Mezzo di Unione esaminato.

X,Y sono le coordinate del centro foro rispetto ad un S.R. con origine nel nodo.

N è la somma di tutte le azioni assiali agenti sul singolo mezzo di unione.

Fax,Rd è la Capacità portante di progetto del Mezzo di Unione caricato assialmente.

fs4 è il Fattore di sicurezza associato a 'Fax,Rd'.

fs5 è il Fattore di sicurezza della verifica combinata azione tagliante ed azione assiale.

3. VERIFICA DI RESISTENZA DELLE ALETTE

Le alette vengono verificate a resistenza tramite il criterio elastico (classe 3) utilizzando la formula (6.1) riportata al punto 6.2.1 delle norme UNI EN 1993-1-1:2005.

La sezione della scarpa sottoposta a verifica è quella di contatto con la flangia formando due piatti accoppiati, distanziati dello spessore della trave in legno e disposti verticalmente oltre ad un piatto orizzontale di raccordo. La forma finale della sezione è a 'U'. La verifica presenterà esito positivo se il rapporto tensionale calcolato utilizzando la formula sopra citata risulterà minore o uguale a 1.

Numero dei piatti	: 3
Spessore del singolo piatto [mm]	: 5
Altezza dei due piatti verticali [mm]	: 950
Distanza interasse tra i due piatti verticali [mm]	: 205
Altezza del piatto orizzontale [mm]	: 210
Azione assiale sulla sezione [daN]	: 427.92
Azione tagliante sulla sezione [daN]	: 275.47
Azione flettente attorno all'asse forte della sezione [daNm]	: 2.14
Azione flettente attorno all'asse debole della sezione [daNm]	: 0
Area della sezione [mm²]	: 10550
Momento d'inerzia attorno all'asse forte della sezione [mm⁴]	: 930060480
Momento d'inerzia attorno all'asse debole della sezione [mm⁴]	: 103687912
Tensione normale max sulla sezione [N/mm²]	: 0.42
Tensione tangenziale max sulla sezione [N/mm²]	: 0.29
Rapporto tensionale (EC5-6.2.1-form.6.1)	: 0
Resistenza caratteristica puntuale della Flangia [N/mm²]	: 235
Coefficiente di parziale sicurezza per la verifica di resistenza	: 1.05
fattore di sicurezza	: 1000