



Ricerca di Sistema elettrico

Allegato 1: Relazione di calcolo strutturale Vinci Technologies (Ing. Orrù)

ALLEGATO 1 – RELAZIONE CALCOLO STRUTTURALE
VINCI TECHNOLOGIES (ING. ORRU')

Dicembre 2021

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero della Transizione Ecologica - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - III annualità

Obiettivo: Sistema Elettrico

Progetto: 1.2 Sistemi di accumulo, compresi elettrochimico e power to gas, e relative interfacce con le reti

Work package: 3 Power-to-gas

Linea di attività: LA 3.20 – Power to Gas/Liquid: realizzazione dell'impianto pilota e sperimentazione

Responsabile del Progetto: Giulia Monteleone, ENEA

Responsabile del Work package: Eugenio Giacomazzi, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "POWER-to-Gas/Liquid Utilizzo della CO₂"

Responsabile scientifico ENEA: Paolo Deiana

Responsabile scientifico Co-beneficiario SOTACARBO: Marcella Fadda



SITO/LOCALITA'
CARBONIA (SU)

N° DOC.
2021-190-CC101-E

REV
2

TITOLO

VERIFICA STRUTTURA SKID

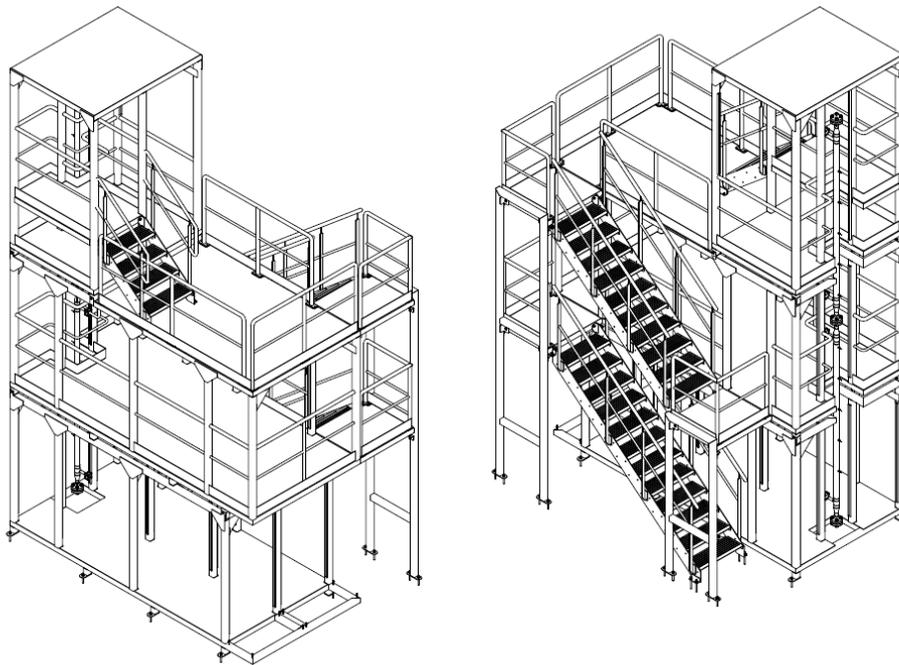
Fg./Sh. **2** di/of **61**

Comune di Carbonia

Provincia del Sud Sardegna

RELAZIONE DI CALCOLO

Oggetto: STRUTTURA SKID



Il Committente:

Il Progettista:



Sommario

1. Premessa	4
2. Normativa di riferimento	7
3. Disegni di riferimento	7
4. Codice di calcolo	8
4.1. Caratteristiche del software di modellazione adottato: SISMICAD	8
5. Materiali	9
5.1. Materiali c.a.	9
5.2. Curve di materiali c.a.	9
5.3. Acciai	10
5.3.1. Proprietà acciai base	10
5.3.2. Proprietà acciai EC3	10
5.4. Classe di esecuzione struttura nuova realizzazione (UNI EN 1090-2)	11
5.4.1. Classe di conseguenza	11
5.4.2. Classe di rischio	11
5.4.3. Classe di produzione	12
5.4.4. Classe di esecuzione	12
6. Parametri di progetto	13
6.1. Zonizzazione sismica, vita nominale, classe d'uso e preferenze di analisi	13
6.2. Preferenze di analisi	13
6.3. Considerazioni sul terreno di fondazione	14
7. Durabilità	15
8. Analisi dei carichi	16
8.1. Azione del vento	17
8.2. Azione della neve	17
8.3. Definizioni di carichi lineari	18
8.4. Definizioni di carichi superficiali	18
8.5. Combinazione di carico	20
8.5.1. Condizioni elementari di carico	20
8.5.2. Combinazioni di carico	20
9. Schematizzazione e modellazione della struttura	24
9.1. Schemi grafici di rappresentazione dei carichi applicati	25
9.2. Schemi grafici di rappresentazione delle reazioni vincolari	28
9.3. Preferenze FEM	28
9.4. Andamento della deformata agli stati limite	29
9.5. Andamento delle sollecitazioni agli stati limite	31
10. Verifiche agli stati limite ultimi e di esercizio	33
10.1. Verifiche degli elementi strutturali in elevazione	33
10.1.1. Verifiche superelementi aste acciaio laminate	33
10.1.2. Verifiche connessioni aste in acciaio	39
10.2. Verifiche delle strutture di fondazione	55
11. Conclusioni	61

1. Premessa

Nella presente relazione di calcolo sono riportate le verifiche dei principali elementi strutturali della struttura skid che verrà installata nella piattaforma sperimentale esistente nella Grande Miniera di Serbariu, nel comune di Carbonia. L'impianto dovrà essere posizionato sulla platea nella zona riportata in Figura 1.1-1.2. La struttura attualmente presente verrà smantellata per dare spazio alla nuova struttura skid.



Figura 1.1 - Vista aerea oggetto di interesse.



Figura 1.2 – Immagini relative alla nuova area (6000x4000) disponibile per l'impianto P2G/L, sulla quale sorge attualmente una struttura che funge da locale compressori.

La seguente relazione elenca la normativa di riferimento utilizzata, riporta i carichi permanenti e accidentali, specifica le caratteristiche dei materiali, descrive le ipotesi di calcolo assunte nelle operazioni di progetto, riporta il calcolo e le verifiche strutturali degli elementi più significativi. Per tutte le restanti opere non riportate esplicitamente nella presente relazione di calcolo si sono utilizzate le stesse ipotesi, metodologie e criteri di calcolo di quelle riportate nella relazione stessa e si rimanda alla consultazione dei tabulati di calcolo allegati alla presente.

L'opera oggetto della presente relazione consiste in una struttura in carpenteria metallica costituita da colonne e travi saldate tra di loro in profili tubolari 80x80x4, formata da 3 moduli connessi tra loro mediante giunzione bullonata. La nuova struttura, che presenta uno sviluppo in pianta di 3x4,5 m, è destinata esclusivamente a un uso di tipo industriale, e, pertanto, è stata progettata nel rispetto del capitolo 3 delle NTC2018.

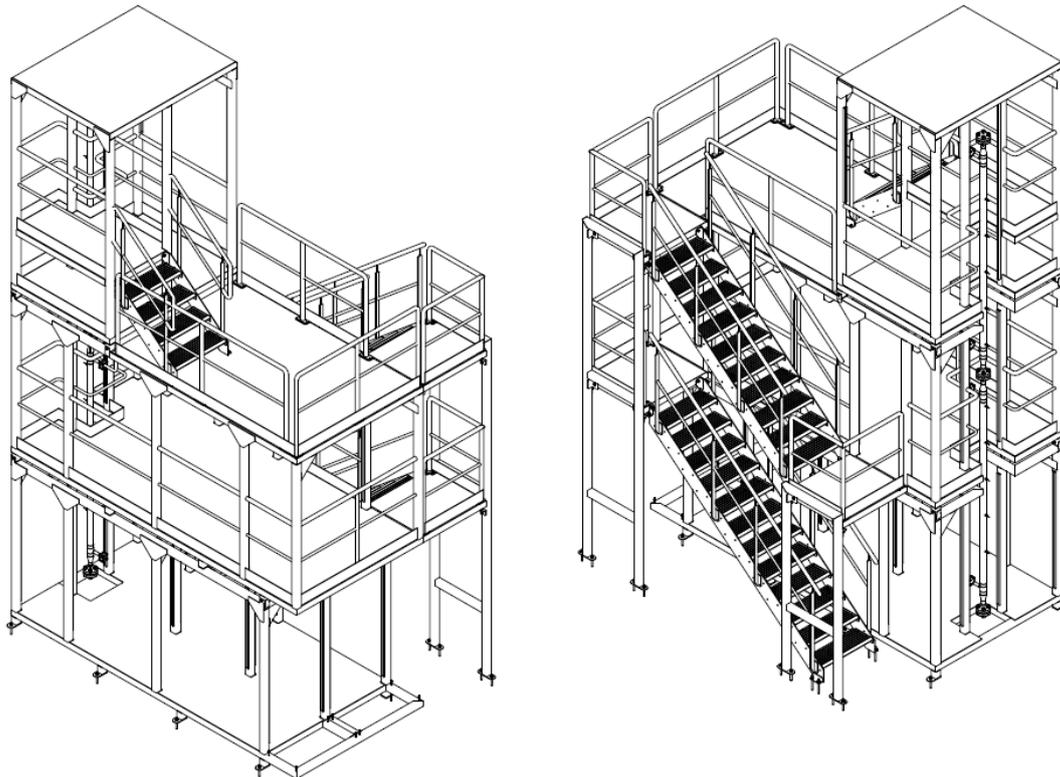


Figura 1.3 – Vista della struttura.

In particolare, è stata progettata per uno schema di carico che preveda, quale azione antropica accidentale, un sovraccarico distribuito pari a 4 KN/m^2 . La vita nominale di progetto, convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga inalterati i livelli di prestazioni iniziale, è assunta pari a 50 anni. La nuova struttura sarà realizzata mediante profili di comune reperibilità commerciale, pre-assemblati e saldati in officina. A piè d'opera, le varie componenti saranno assemblate sia mediante unioni saldate, come meglio descritto nelle tavole di progetto.

Il piano di calpestio sarà realizzato mediante grigliato. Mentre, la scala sarà costituita da piatti come definito nel Dis. D-0-15942-A. Per quanto riguarda l'acciaio di carpenteria, si adoterà il classico acciaio strutturale S275 JR.

Le colonne della struttura verranno ancorate per mezzo di tasselli chimici su una platea di nuova realizzazione in c.a. che sarà inghisata sulla pavimentazione esistente non armata.

Ai fini delle verifiche sono state individuate le azioni che interessano il manufatto e le relative sollecitazioni sia nella fase statica che in quella sismica; per le sezioni maggiormente caratterizzanti la struttura, sono riportate le verifiche di stabilità e di resistenza adottando il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo la Normativa vigente (NTC2018).

Tale relazione costituisce parte integrante dei disegni esecutivi di progetto, allegati alla stessa, nei quali sono riportate le caratteristiche geometriche delle sezioni strutturali adottate.

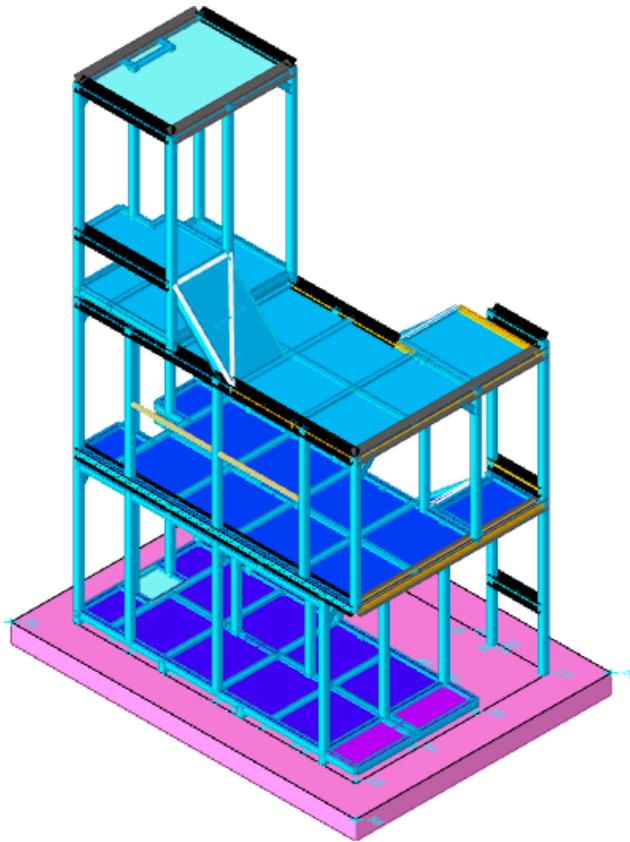


Figura 1.4 - Modello strutturale realizzato all'interno dell'ambiente di calcolo.

2. Normativa di riferimento

D.M. LL. PP. 11-03-88

Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Circolare Ministeriale del 24-07-88, n. 30483/STC.

Legge 02-02-74 n. 64, art. 1 - D.M. 11-03-88

Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18

Sicurezza e prestazioni attese (cap.2), Azioni sulle costruzioni (cap.3), Costruzioni in calcestruzzo (par.4.1), Costruzioni in legno (par.4.4), Costruzioni in muratura (par.4.5), Progettazione geotecnica (cap.6), Progettazione per azioni sismiche (cap.7), Costruzioni esistenti (cap.8), Riferimenti tecnici (cap.12), EC3.

Circolare 7 21-01-19 C.S.LL.PP

Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle N.T.C. di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Eurocodici

EN 1995-1-1:2004 +AC:2006 + A1:2008 + A2:2014

ETA-03/0050

ETA-07/0086

ETA-08/0147

Eurocodice 3 UNI ENV 1993-1-1:1994, Eurocodice 3 UNI EN 1993-1-1:2014 Luglio 2014, Eurocodice 3 UNI ENV 1993-1-3:2000, Eurocodice 3 UNI EN 1993-1-3:2007 Gennaio 2007, Eurocodice 3 EN 1993-1-8:2005

3. Disegni di riferimento

Tavole di riferimento:

- D-0-15945-A – Adds 1 3D;
- D-0-15944-A – Adds 2 3D;
- D-0-15943-A – Structural Base Anchors Draw 3D;
- D-0-15942-A – Structural Stairs 3D;
- D-0-15941-A – Structural Skid top 3D;
- D-0-15940-A – Structural Skid Middle 3D;
- D-0-15939-A – Structural Skid Bottom 3D;

4. Codice di calcolo

I calcoli sono stati condotti adottando il metodo semiprobabilistico agli stati limite; sono stati soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo e allo stato limite di esercizio (anche sotto gli effetti dell'azione sismica). La schematizzazione della procedura progettuale adottata può essere così sinteticamente riassunta:

- Individuazione della classe d'uso dell'opera e della sua vita utile;
- Definizione delle azioni agenti in condizione statiche e dinamiche attraverso l'individuazione delle condizioni di carico;
- Predisposizione delle combinazioni di carico (con i relativi coefficienti di combinazione) allo SLU, SLE, SLV e SLD;
- Stima dell'involuppo delle azioni agenti;
- Pre-dimensionamento delle membrature strutturali;
- Applicazioni dei criteri della gerarchia delle resistenze e scelta delle soluzioni strutturali che impediscono rotture fragili;
- Verifica della funzionalità allo stato limite di danno delle strutture progettate.

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli stati limite sopra definiti in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme; in particolare si è verificata:

- La sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU e SLV) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dalle NTC per i vari tipi di materiale. I valori utilizzati sono riportati nel seguito;
- La sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (SLE) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare, di concerto con il committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti riportati nel seguito;
- La sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (SLD) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica;
- La robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani.

Per quanto riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta sollecitata in maniera più gravosa della fase finale. L'analisi strutturale condotta è stata del tipo statica lineare. La ricerca dei parametri di sollecitazione è stata fatta secondo le disposizioni di carico più gravose avvalendosi di codici di calcolo automatico per l'analisi strutturale. Tali codici sono di sicura ed accertata validità e sono stati impiegati conformemente alle loro caratteristiche. In particolare, sono stati utilizzati i seguenti programmi di calcolo: SISMICAD 12.13, realizzato da CONCRETE SRL - Via della Pieve, n. 19 - 35121 Padova (PD), Italy

4.1. Caratteristiche del software di modellazione adottato: SISMICAD

Descrizione del programma Sismicad

Si tratta di un programma di calcolo strutturale che nella versione più estesa è dedicato al progetto e verifica degli elementi in cemento armato, acciaio, muratura e legno di opere civili. Il programma utilizza come analizzatore e solutore del modello strutturale un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale fornito col pacchetto. Il programma è sostanzialmente diviso in tre moduli: un preprocessore che consente l'introduzione della geometria e dei carichi e crea il file dati di input al solutore; il solutore agli elementi finiti; un post processore che a soluzione avvenuta elabora i risultati eseguendo il progetto e la verifica delle membrature e producendo i grafici ed i tabulati di output.

Specifiche tecniche

Denominazione del software: Sismicad 12.15

Produttore del software: Concrete

Concrete srl, via della Pieve, 19, 35121 PADOVA - Italy

Rivenditore: CONCRETE SRL - Via della Pieve 19 - 35121 Padova - tel.049-8754720

Versione: 12.15

Identificatore licenza: SW-9876026

Intestatario della licenza: SESA S.r.l. - Strada Sesta Ovest - Uta (CA)

Versione regolarmente licenziata

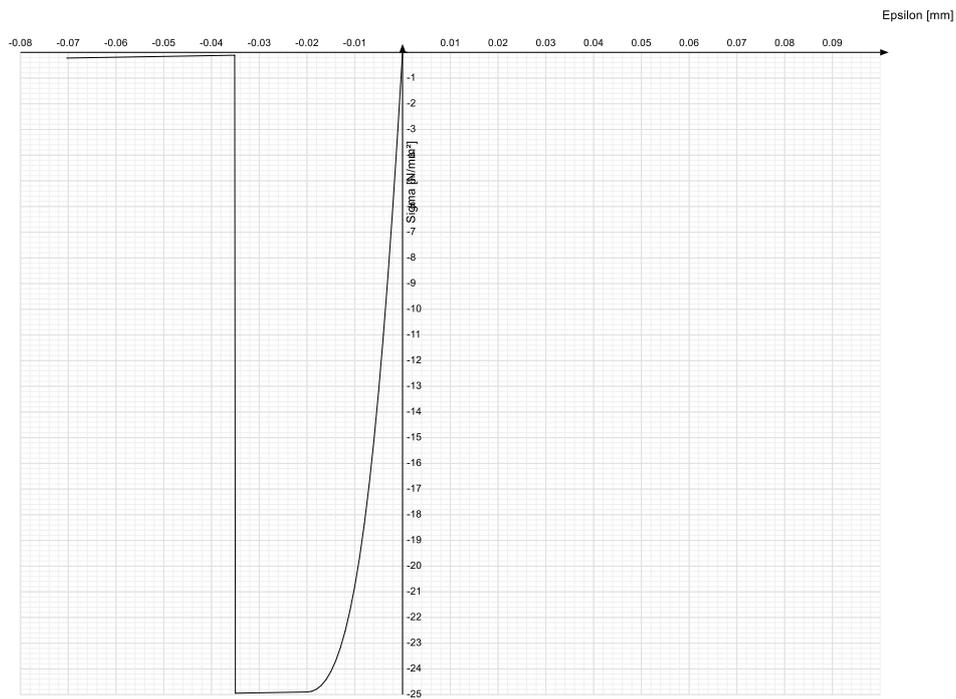
5. Materiali

5.1. Materiali c.a.

Descrizione	Rck N/mm ²	E N/mm ²	G N/mm ²	v	γ N/mm ³	α °C-1
C25/30	30	31447.2	Default (142941.64)	0.1	0.000025	0.00001

5.2. Curve di materiali c.a.

Descrizione	Curva									
	Reaz.traz.	Comp.frag.	E.compr. N/mm ²	Incr.compr.	EpsEc	EpsUc	E.traz. N/mm ²	Incr.traz.	EpsEt	EpsUt
C25/30	No	Si	31447.161	0.001	-0.002	-0.0035	31447.161	0.001	0.0000569	0.0000626



5.3. Acciai

5.3.1. Proprietà acciai base

Descrizione	E	G	ν	γ	α
	N/mm ²	N/mm ²		N/mm ³	°C-1
S275	210000	Default (8076.9231)	0.3	0.0000785	0.000012

5.3.2. Proprietà acciai EC3

Descrizione	Tipo	$f_y(s \leq 40 \text{ mm})$	$f_y(s > 40 \text{ mm})$	$f_u(s \leq 40 \text{ mm})$	$f_u(s > 40 \text{ mm})$
		N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
S275	S275	275	255	430	410

5.4. Classe di esecuzione struttura nuova realizzazione (UNI EN 1090-2)

5.4.1. Classe di conseguenza

EN 1990:2002 Tabella B.1		
Classe di conseguenza (CC)	Descrizione	Esempi
CC3	Gravi conseguenze per perdite di vite umane, economiche o sociali. Oppure gravi conseguenze per l'ambiente	Tribune coperte, edifici pubblici ove le conseguenze di errori sono alte (Esempio: sale di concerti)
CC2	Conseguenze di media entità per perdite di vite umane, economiche, sociali, oppure considerevoli conseguenze per l'ambiente.	Costruzioni residenziali oppure per uffici, uffici pubblici ove le conseguenze in caso di fallimento sono medie (Costruzioni di uffici)
CC1	Lievi conseguenze per perdite di vite umane, economiche, sociali, oppure basse o trascurabili conseguenze per l'ambiente.	Costruzioni agricole dove le persone normalmente non entrano (esempio: Magazzini), serre.

Con riferimento alla Tabella B.1 della EN 1990:2002, per la struttura in acciaio **si assume la classe CC1**.

5.4.2. Classe di rischio

EN 1090-2 Tabella B.1(Categorie di servizio)	
Categoria	Criteri
SC1	<ul style="list-style-type: none"> - Strutture e componenti progettati per azioni quasi-statiche (Esempio: Edifici) - Strutture e componenti per connessioni progettate per resistere ad azioni simiche in regioni a bassa intensità sismica e DCL - Strutture e componenti progettati per azioni a fatica da gru (Classe S₀)
SC2	<ul style="list-style-type: none"> - Strutture e componenti progettati per azioni a fatica in accordo con EN 1993 (Esempio: ponti ferroviari e stradali, gru (da S₁ a S₉), strutture suscettibili a vibrazioni determinate dall'azione del vento, gru oppure macchine con funzione rotazionale) - Strutture e componenti le cui connessioni sono progettate per azioni sismiche in regioni con medio ed alto rischio sismico e in DCM e DCH
Legenda: DCL: Comportamento strutturale poco dissipativo (EN 1998 – Prospetto 6.1) DCM: Comportamento strutturale mediamente dissipativo (EN 1998 – Prospetto 6.1) DCH: Comportamento strutturale altamente dissipativo (EN 1998 – Prospetto 6.1) Classe S _{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9} : Vedi tabella 2.11 della EN 1991-1e EN 13001che forniscono la classe di progettazione a fatica in funzione dei carichi a fatica applicati al manufatto ed al numero di cicli previsto.	

Con riferimento alla Tabella B.1 della EN 1090-2, in relazione agli elementi strutturali in acciaio considerati non dissipativi (secondari) e alla zona a bassa sismicità del sito oggetto d'intervento, **si assume la categoria di servizio SC2**.

5.4.3. Classe di produzione

EN 1090-2 Tabella B.2(Categorie di produzione)	
Categoria	Criteri
PC1	<ul style="list-style-type: none"> - Componenti non saldati e realizzati con qualunque grado di acciaio - Componenti saldati realizzati con acciaio di grado inferiore a S355
PC2	<ul style="list-style-type: none"> - Componenti saldati realizzati con acciaio di grado S355 e superiore. - Componenti essenziali per l'integrità strutturale che vengono assemblati tramite saldatura sulla costruzione in situ - Componenti con formatura a caldo oppure che abbiano ricevuto un trattamento termico durante la produzione - Componenti di tralicci CHS che richiedono tagli e profilature.

Si assume la categoria di produzione PC1.

5.4.4. Classe di esecuzione

Tabella di determinazione della classe di esecuzione							
Classi di conseguenza →		CC1		CC2		CC3	
Categorie di servizio →		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Categorie di produzione	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC3
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC4
La classe di esecuzione EXC4 deve essere scelta in caso di strutture con estreme conseguenze in caso di cedimento della struttura in base a disposizioni legislative.							

La classe di esecuzione derivante è EXC2.

6. Parametri di progetto

6.1. Zonizzazione sismica, vita nominale, classe d'uso e preferenze di analisi

Le prestazioni della struttura e le condizioni per la sua sicurezza sono state individuate comunemente dal progettista e dal committente; a tal fine è stata posta attenzione al tipo della struttura, al suo uso e alle possibili conseguenze delle azioni indotte dal sisma. I parametri che, in questo senso, classificano la struttura sono riportati di seguito.

L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare. Per ciò che concerne l'azione sismica, tenendo conto che per la tipologia strutturale in esame possono essere maggiormente significativi i modi superiori, si è optato per l'analisi statica lineare con spettro di risposta di progetto e fattore di struttura ma assumendo elementi non dissipativi. Tale assunzione risulta ragionevole per via della regolarità sia in pianta che in altezza che presenta la struttura in analisi e per l'ubicazione del sito oggetto d'esame. Tale scelta è stata anche dettata dal fatto che il tipo di analisi adottata è indicata nelle NTC2018 come l'analisi di riferimento che può essere utilizzata senza limitazione di sorta. Nelle analisi sono state considerate le eccentricità accidentali pari al 5% della dimensione della struttura nella direzione trasversale al sisma.

6.2. Preferenze di analisi

Analisi

Normativa	D.M. 17-01-18 (N.T.C.)	
Tipo di costruzione	2 - Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	
Vn	50	
Classe d'uso	II	
Vr	50	
Tipo di analisi	Statica semplificata (§ 7.0)	
Considera sisma Z	Solo se $A_g \geq 0.15$ g, conformemente a §3.2.3.1	
Località	Carbonia-Iglesias, Carbonia; Latitudine ED50 39,1664° (39° 9' 59''); Longitudine ED50 8,5288° (8° 31' 44''); Altitudine s.l.m. 103,89 m.	
Classe di duttilità	Non dissipativa	
Rotazione del sisma	0	[rad]
Quota dello '0' sismico	0	[m]
Edificio acciaio	Si	
Edificio esistente	No	
Altezza costruzione	7.5	[m]
T1,x	0.06331	[s]
T1,y	0.52825	[s]
λ SLV,x	0.85	
λ SLV,y	0.85	
Coefficiente di sicurezza per carico limite (fondazioni superficiali)	2.3	
Coefficiente di sicurezza per scorrimento (fondazioni superficiali)	1.1	
Coefficiente di sicurezza per ribaltamento (plinti superficiali)	1.15	
Esegui verifiche in combinazioni SLD per elementi esistenti	Si	

Verifiche C.A.

Normativa	D.M. 17-01-18 (N.T.C.)	
γ_s (fattore di sicurezza parziale per l'acciaio)	1.15	
γ_c (fattore di sicurezza parziale per il calcestruzzo)	1.5	
Limite σ/f_{ck} in combinazione rara	0.6	
Limite σ/f_{ck} in combinazione quasi permanente	0.45	
Limite σ/f_{yk} in combinazione rara	0.8	
Coefficiente di riduzione della τ per cattiva aderenza	0.7	
Dimensione limite fessure w1 §4.1.2.2.4	0.0002	[m]
Dimensione limite fessure w2 §4.1.2.2.4	0.0003	[m]
Dimensione limite fessure w3 §4.1.2.2.4	0.0004	[m]
Fattori parziali di sicurezza unitari per meccanismi duttili di strutture esistenti con fattore q	Si	
α_{cc} elementi nuovi nelle combinazioni sismiche	0.85	
α_{cc} elementi esistenti	0.85	

Verifiche acciaio

Normativa	D.M. 17-01-18 (N.T.C.)	
ym0	1.05	
ym1	1.05	
ym2	1.25	
Coefficiente riduttivo per effetto vettoriale	0.7	
Calcolo coefficienti C1, C2, C3 per Mcr	automatico	
Coefficienti α , β per flessione deviata	unitari	
Verifica semplificata conservativa	si	
L/e0 iniziale per profili accoppiati compressi	500	
Metodo semplificato formula (4.2.82)	si	
Escludi §§ 6.2.6.7-6.2.6.8 EN 1993-1-8:2005 + AC:2009 in 7.5.4.3-7.5.4.5	si	
Applica Nota 1 del prospetto 6.2	si	
Riduzione f_y per tubi tondi di classe 4	no	
Effettua la verifica secondo 6.2.8 con irrigidimenti superiori (piastra di base)	si	
Limite spostamento relativo interpiano e monopiano colonne	0.00333	
Limite spostamento relativo complessivo multipiano colonne	0.002	
Considera taglio resistente estremità sagomati	no	
Fattori parziali di sicurezza unitari per meccanismi duttili di strutture esistenti con fattore q	si	

6.3. Considerazioni sul terreno di fondazione

È stata considerata quale materiale presente alla quota di posa delle fondazioni superficiali uno strato di terreno con le caratteristiche riportate in Figura 6.1 tratte dalla relazione geotecnica del sito di interesse.

Con riferimento alla stratigrafia ipotizzata si sono considerati i seguenti parametri geotecnici: la capacità portante dei terreni, in termini di carico limite, è stata calcolata in condizioni drenate (condizione valida per terreni di natura prevalentemente granulare) ed è assunta pari a 1,05 kg/cmq.

È stata considerata la presenza della platea esistente ipotizzata con spessore di 20 cm armata con doppia rete elettrosaldata Ø10 passo 20 cm (tipico delle pavimentazioni industriali della zona interessata) in modo da verificare che le colonne di nuova realizzazione non provochino rotture a causa dell'effetto di punzonamento.

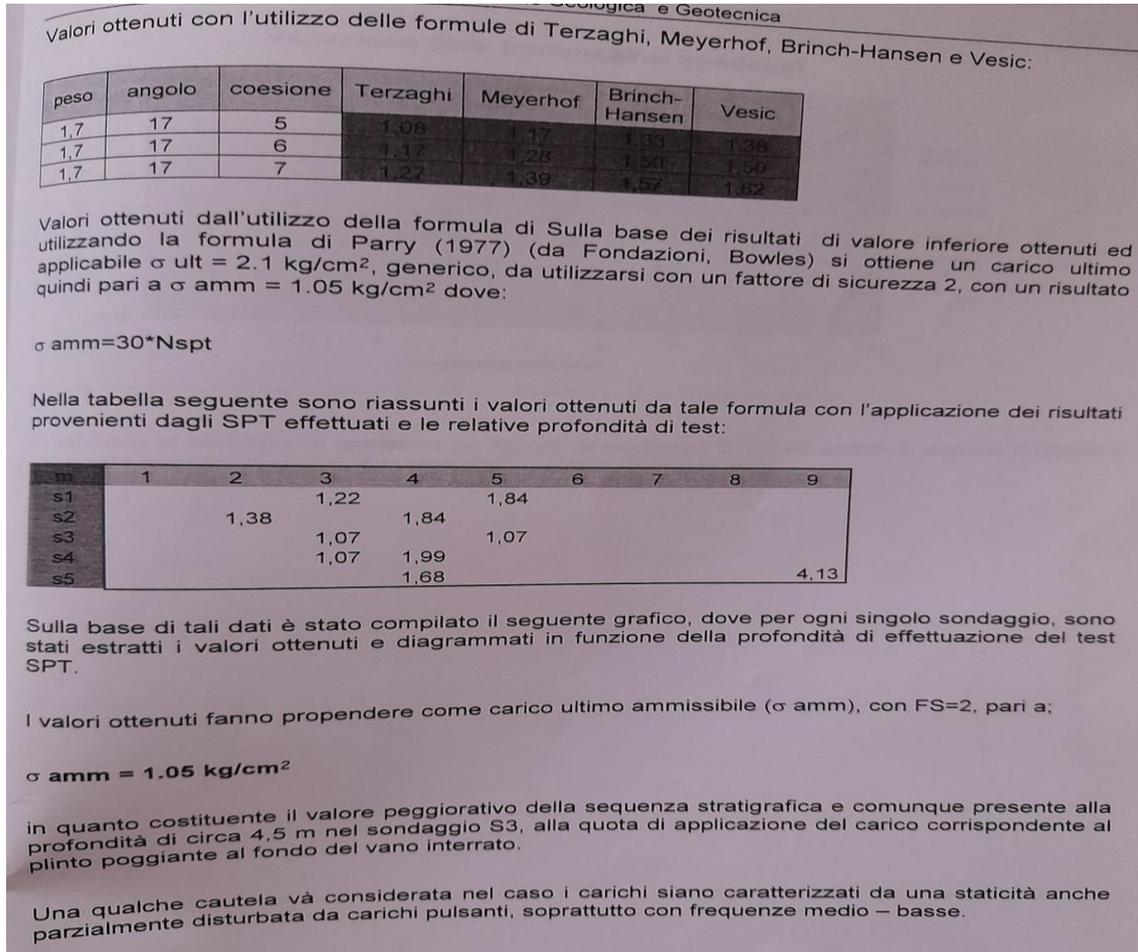


Figura 6.1 – Estratto relazione geotecnica.

1.2.6 Dati utilizzati nel calcolo

Lato minore della fondazione	B	1,000	[m]
Lato maggiore della fondazione	L	1,000	[m]
Profondità del piano di posa della fondazione	D	1,000	[m]
Peso di volume del terreno	γ	1,700	[t]
Angolo di attrito del terreno	φ	17,000	[gradi]
Coesione	c	1,000	[t/mq]
Aderenza alla base della fondazione	c''	1,000	[t/mq]
Componente orizzontale del carico trasmesso al terreno	H	0,000	[t]
Componente verticale del carico trasmesso al terreno	V	0,000	[t]
Angolo formato tra H e il lato maggiore della fondazione L	θ	0,000	[gradi]
Eccentricità del carico parallela a B	e(B)	0,000	[m]
Eccentricità del carico parallelo a L	e(L)	0,000	[m]
Angolo di inclinazione tra il piano di fondazione e l'orizzontale	η	0,000	[gradi]
Angolo di inclinazione del terreno	β	0,000	[gradi]
Profondità del livello di falda dal piano di fondazione	Z	0,000	[m]

I dati utilizzati nelle formule considerate tengono conto della reale situazione e riportano un terreno pianeggiante, carichi verticali centrati ed un piano di posa delle fondazioni posto ad 1 m dal p.c..

Figura 6.2 – Estratto relazione geotecnica.

7. Durabilità

Particolare cura è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere garantite solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera; si dovranno, inoltre, utilizzare tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture.

La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Per garantire la durabilità della struttura sono stati presi in considerazione opportuni stati limite di esercizio (SLE) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando gli stati tensionali. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel seguito e negli allegati di calcolo.

Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle NTC2018.

8. Analisi dei carichi

In accordo con quanto indicato al §2.3 delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018, per la valutazione della sicurezza della costruzione si adotta il "metodo semi-probabilistico agli stati limite". Per la sicurezza strutturale, la resistenza dei materiali e le azioni sono rappresentate dai valori caratteristici, R_{kj} e F_{kj} definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore e inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza. In genere, i frattili sono assunti pari al 5%. La verifica della sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale: $R_d > E_d$

Il sottoscritto progettista ha verificato che le combinazioni prese in considerazione per il calcolo siano sufficienti a garantire il soddisfacimento delle prestazioni sia per gli stati limite ultimi che per gli stati limite di esercizio. Le combinazioni considerate ai fini del progetto tengono infatti in conto le azioni derivanti dai pesi propri, dai carichi permanenti, dalle azioni variabili, dalle azioni termiche e dalle azioni sismiche combinate utilizzando i coefficienti parziali previsti dal D.M. 2018 per le prestazioni di SLU e SLE. In particolare, per le azioni sismiche si sono considerate le azioni derivanti dallo spettro di progetto ridotto del fattore q e le eccentricità accidentali pari al 5%.

Considerando che il peso proprio assunto per gli elementi strutturali è 78,50 kN/m³ per tutti i tipi di acciaio; il dimensionamento e la verifica di sicurezza degli elementi strutturali sono eseguiti assumendo i seguenti carichi:

Per quanto riguarda il peso delle apparecchiature (navi, linee, armadio elettrico, etc.), sono stati stimati i seguenti carichi:

- 650 kg al piano inferiore;
- 250 kg al centro;
- il singolo reattore che va dal basso verso l'alto è di 210 kg.

Sono, poi, state prese in considerazione i carichi accidentali da normativa e le forze orizzontali dovute al vento, alla neve e al sisma, opportunamente calcolate.

Segue l'elenco generale dei carichi agenti sulle strutture ed applicati ai modelli di calcolo dei vari corpi.

L'analisi e la verifica degli elementi strutturali è stata effettuata considerando i seguenti carichi meglio definiti nelle tabelle riportate nella presente.

8.1. Azione del vento

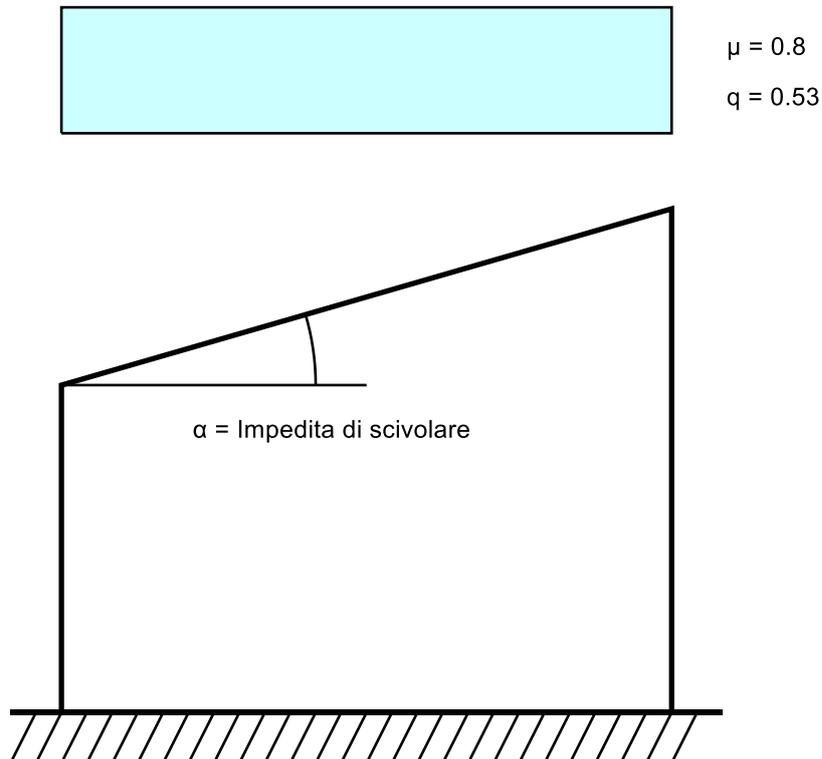
Zona Zona 5
 Rugosità Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
 Categoria esposizione III
 Vb 28 [m/s]
 Tr 0.5 [m/s]
 Ct 0.01 [m/s]
 qr 0.491 [kN/m²]
 Quota piano campagna 0 [m]

8.2. Azione della neve

Zona Zona III
 Classe topografica Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti
 Ce 1.1
 Ct 1
 Tr 50
 qsk 0.6 [kN/m²]

Copertura ad una falda D.M. 17-01-18 §3.4.3.2

α Impedita di scivolare
 μ 0.8
 q 0.53 [kN/m²]



8.3. Definizioni di carichi lineari

Nome	Condizione Descrizione	Valori											
		Fx i.	Fx f.	Fy i.	Fy f.	Fz i.	Fz f.	Mx i.	Mx f.	My i.	My f.	Mz i.	Mz f.
		kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Corrimano	Pesi strutturali	0	0	0	0	-0.2	-0.2	0	0	0	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variable E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Neve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. + x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. + y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. - x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vento dir. + y	Pesi strutturali	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variable E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Neve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. + x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. + y	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. - x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vento dir. - y	Pesi strutturali	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variable E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Neve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. + x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. + y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. - x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vento dir. + x	Pesi strutturali	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variable E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Neve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. + x	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. + y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. - x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vento dir. - x	Pesi strutturali	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variable E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Neve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. + x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. + y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. - x	-0.1	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spinta corrimano	Pesi strutturali	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Permanenti portati	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Variable E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Neve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. + x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. + y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vento dir. - x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

8.4. Definizioni di carichi superficiali

Nome	Valori		
	Condizione Descrizione	Valore	Applicazione
		kN/m ²	
Grigliato floor level	Pesi strutturali	0.26	Verticale
	Permanenti portati	3.25	Verticale
	Variable E	2	Verticale
	Neve	0	Verticale
	Vento dir. + x	0	Verticale
	Vento dir. + y	0	Verticale
	Vento dir. - x	0	Verticale
Calpestio floor level	Pesi strutturali	0	Verticale
	Permanenti portati	3.25	Verticale
	Variable E	2	Verticale
	Neve	0	Verticale

Nome	Valori		
	Condizione Descrizione	Valore	Applicazione
		kN/m ²	
	Vento dir. + x	0	Verticale
	Vento dir. + y	0	Verticale
	Vento dir. - x	0	Verticale
	Vento dir. - y	0	Verticale
Copertura	Pesi strutturali	0.26	Verticale
	Permanenti portati	0	Verticale
	Variabile E	0.5	Verticale
	Neve	0.8	Normale alla superficie
	Vento dir. + x	0	Verticale
	Vento dir. + y	0	Verticale
	Vento dir. - x	0	Verticale
	Vento dir. - y	0	Verticale
Grigliato level 1	Pesi strutturali	0.26	Verticale
	Permanenti portati	1.25	Verticale
	Variabile E	2	Verticale
	Neve	0	Verticale
	Vento dir. + x	0	Verticale
	Vento dir. + y	0	Verticale
	Vento dir. - x	0	Verticale
	Vento dir. - y	0	Verticale
Calpestio level 1	Pesi strutturali	0	Verticale
	Permanenti portati	1.25	Verticale
	Variabile E	2	Verticale
	Neve	0	Verticale
	Vento dir. + x	0	Verticale
	Vento dir. + y	0	Verticale
	Vento dir. - x	0	Verticale
	Vento dir. - y	0	Verticale
Grigliato level 2	Pesi strutturali	0.26	Verticale
	Permanenti portati	0	Verticale
	Variabile E	2	Verticale
	Neve	0.4	Normale alla superficie
	Vento dir. + x	0	Verticale
	Vento dir. + y	0	Verticale
	Vento dir. - x	0	Verticale
	Vento dir. - y	0	Verticale
Calpestio level 2	Pesi strutturali	0	Verticale
	Permanenti portati	0	Verticale
	Variabile E	2	Verticale
	Neve	0.4	Normale alla superficie
	Vento dir. + x	0	Verticale
	Vento dir. + y	0	Verticale
	Vento dir. - x	0	Verticale
	Vento dir. - y	0	Verticale
Scala level 1	Pesi strutturali	0.26	Verticale
	Permanenti portati	0	Verticale
	Variabile E	4	Verticale
	Neve	0	Verticale
	Vento dir. + x	0	Verticale
	Vento dir. + y	0	Verticale
	Vento dir. - x	0	Verticale
	Vento dir. - y	0	Verticale
Scala level 2	Pesi strutturali	0.26	Verticale
	Permanenti portati	0	Verticale
	Variabile E	4	Verticale
	Neve	0	Verticale
	Vento dir. + x	0	Verticale
	Vento dir. + y	0	Verticale
	Vento dir. - x	0	Verticale
	Vento dir. - y	0	Verticale
Scala level 3	Pesi strutturali	0.26	Verticale
	Permanenti portati	0	Verticale
	Variabile E	4	Verticale
	Neve	0	Verticale
	Vento dir. + x	0	Verticale
	Vento dir. + y	0	Verticale
	Vento dir. - x	0	Verticale
	Vento dir. - y	0	Verticale
Electric Cabinet	Pesi strutturali	0.5	Verticale
	Permanenti portati	0	Verticale
	Variabile E	0	Verticale
	Neve	0	Verticale
	Vento dir. + x	0	Verticale

Nome	Valori		
	Condizione	Valore	Applicazione
	Descrizione	kN/m ²	
	Vento dir. + y	0	Verticale
	Vento dir. - x	0	Verticale
	Vento dir. - y	0	Verticale

8.5. Combinazione di carico

8.5.1. Condizioni elementari di carico

Descrizione	Nome breve	Indice	Codice	Condizione base	Durata	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Con segno
Pesi strutturali	Pesi	0	UserPermanenti		Permanente				
Permanenti portati	Port.	1	UserPermanentiPortati		Permanente				
Variabile E	Variabile E	2	User	Si	Media	1	0.9	0.8	
Neve	Neve	3	User	Si	Media	0.5	0.2	0	
Vento dir. + x	Vento dir. + x	4	User	Si	Media	0.6	0.2	0	
Vento dir. + y	Vento dir. + y	5	User	Si	Media	0.6	0.2	0	
Vento dir. - x	Vento dir. - x	6	User	Si	Media	0.6	0.2	0	
Vento dir. - y	Vento dir. - y	7	User	Si	Media	0.6	0.2	0	
ΔT	ΔT	8	Thermal	Si	Media	0.6	0.5	0	No
Sisma X SLV	SLV X	9	SismaX						
Sisma Y SLV	SLV Y	10	SismaY						

8.5.2. Combinazioni di carico

Tutte le combinazioni di carico vengono raggruppate per famiglia di appartenenza. Le celle di una riga contengono i coefficienti moltiplicatori della i-esima combinazione, dove il valore della prima cella è da intendersi come moltiplicatore associato alla prima condizione elementare, la seconda cella si riferisce alla seconda condizione elementare e così via.

Famiglia SLU

Il nome compatto della famiglia è SLU.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Vento dir. + x	Vento dir. + y	Vento dir. - x	Vento dir. - y	ΔT
1	SLU 1	1	0.8	0	0	0	0	0	0	0
2	SLU 2	1	0.8	0	0	0	0	0	1.5	0
3	SLU 3	1	0.8	0	0	0	0	1.5	0	0
4	SLU 4	1	0.8	0	0	0	1.5	0	0	0
5	SLU 5	1	0.8	0	0	1.5	0	0	0	0
6	SLU 6	1	0.8	0	0.75	0	0	0	1.5	0
7	SLU 7	1	0.8	0	0.75	0	0	1.5	0	0
8	SLU 8	1	0.8	0	0.75	0	1.5	0	0	0
9	SLU 9	1	0.8	0	0.75	1.5	0	0	0	0
10	SLU 10	1	0.8	0	1.5	0	0	0	0	0
11	SLU 11	1	0.8	0	1.5	0	0	0	0.9	0
12	SLU 12	1	0.8	0	1.5	0	0	0.9	0	0
13	SLU 13	1	0.8	0	1.5	0	0.9	0	0	0
14	SLU 14	1	0.8	0	1.5	0.9	0	0	0	0
15	SLU 15	1	0.8	1.5	0	0	0	0	1.5	0
16	SLU 16	1	0.8	1.5	0	0	0	1.5	0	0
17	SLU 17	1	0.8	1.5	0	0	1.5	0	0	0
18	SLU 18	1	0.8	1.5	0	1.5	0	0	0	0
19	SLU 19	1	0.8	1.5	0.75	0	0	0	1.5	0
20	SLU 20	1	0.8	1.5	0.75	0	0	1.5	0	0
21	SLU 21	1	0.8	1.5	0.75	0	1.5	0	0	0
22	SLU 22	1	0.8	1.5	0.75	1.5	0	0	0	0
23	SLU 23	1	0.8	1.5	1.5	0	0	0	0	0
24	SLU 24	1	0.8	1.5	1.5	0	0	0	0.9	0
25	SLU 25	1	0.8	1.5	1.5	0	0	0.9	0	0
26	SLU 26	1	0.8	1.5	1.5	0	0.9	0	0	0
27	SLU 27	1	0.8	1.5	1.5	0.9	0	0	0	0
28	SLU 28	1	0.8	1.5	0	0	0	0	0	0
29	SLU 29	1	0.8	1.5	0	0	0	0	0.9	0
30	SLU 30	1	0.8	1.5	0	0	0	0.9	0	0
31	SLU 31	1	0.8	1.5	0	0	0.9	0	0	0
32	SLU 32	1	0.8	1.5	0	0.9	0	0	0	0
33	SLU 33	1	0.8	1.5	0.75	0	0	0	0	0
34	SLU 34	1	0.8	1.5	0.75	0	0	0	0.9	0
35	SLU 35	1	0.8	1.5	0.75	0	0	0.9	0	0
36	SLU 36	1	0.8	1.5	0.75	0	0.9	0	0	0
37	SLU 37	1	0.8	1.5	0.75	0.9	0	0	0	0

Relazione di calcolo: VERIFICA STRUTTURA SKID

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Vento dir. + x	Vento dir. + y	Vento dir. - x	Vento dir. - y	ΔT
38	SLU 38	1	1.5	0	0	0	0	0	0	0
39	SLU 39	1	1.5	0	0	0	0	0	1.5	0
40	SLU 40	1	1.5	0	0	0	0	1.5	0	0
41	SLU 41	1	1.5	0	0	0	1.5	0	0	0
42	SLU 42	1	1.5	0	0	1.5	0	0	0	0
43	SLU 43	1	1.5	0	0.75	0	0	0	1.5	0
44	SLU 44	1	1.5	0	0.75	0	0	1.5	0	0
45	SLU 45	1	1.5	0	0.75	0	1.5	0	0	0
46	SLU 46	1	1.5	0	0.75	1.5	0	0	0	0
47	SLU 47	1	1.5	0	1.5	0	0	0	0	0
48	SLU 48	1	1.5	0	1.5	0	0	0	0.9	0
49	SLU 49	1	1.5	0	1.5	0	0	0.9	0	0
50	SLU 50	1	1.5	0	1.5	0	0.9	0	0	0
51	SLU 51	1	1.5	0	1.5	0.9	0	0	0	0
52	SLU 52	1	1.5	1.5	0	0	0	0	1.5	0
53	SLU 53	1	1.5	1.5	0	0	0	1.5	0	0
54	SLU 54	1	1.5	1.5	0	0	1.5	0	0	0
55	SLU 55	1	1.5	1.5	0	1.5	0	0	0	0
56	SLU 56	1	1.5	1.5	0.75	0	0	0	1.5	0
57	SLU 57	1	1.5	1.5	0.75	0	0	1.5	0	0
58	SLU 58	1	1.5	1.5	0.75	0	1.5	0	0	0
59	SLU 59	1	1.5	1.5	0.75	1.5	0	0	0	0
60	SLU 60	1	1.5	1.5	1.5	0	0	0	0	0
61	SLU 61	1	1.5	1.5	1.5	0	0	0	0.9	0
62	SLU 62	1	1.5	1.5	1.5	0	0	0.9	0	0
63	SLU 63	1	1.5	1.5	1.5	0	0.9	0	0	0
64	SLU 64	1	1.5	1.5	1.5	0.9	0	0	0	0
65	SLU 65	1	1.5	1.5	0	0	0	0	0	0
66	SLU 66	1	1.5	1.5	0	0	0	0	0.9	0
67	SLU 67	1	1.5	1.5	0	0	0	0.9	0	0
68	SLU 68	1	1.5	1.5	0	0	0.9	0	0	0
69	SLU 69	1	1.5	1.5	0	0.9	0	0	0	0
70	SLU 70	1	1.5	1.5	0.75	0	0	0	0	0
71	SLU 71	1	1.5	1.5	0.75	0	0	0	0.9	0
72	SLU 72	1	1.5	1.5	0.75	0	0	0.9	0	0
73	SLU 73	1	1.5	1.5	0.75	0	0.9	0	0	0
74	SLU 74	1	1.5	1.5	0.75	0.9	0	0	0	0
75	SLU 75	1.3	0.8	0	0	0	0	0	0	0
76	SLU 76	1.3	0.8	0	0	0	0	0	1.5	0
77	SLU 77	1.3	0.8	0	0	0	0	1.5	0	0
78	SLU 78	1.3	0.8	0	0	0	1.5	0	0	0
79	SLU 79	1.3	0.8	0	0	1.5	0	0	0	0
80	SLU 80	1.3	0.8	0	0.75	0	0	0	1.5	0
81	SLU 81	1.3	0.8	0	0.75	0	0	1.5	0	0
82	SLU 82	1.3	0.8	0	0.75	0	1.5	0	0	0
83	SLU 83	1.3	0.8	0	0.75	1.5	0	0	0	0
84	SLU 84	1.3	0.8	0	1.5	0	0	0	0	0
85	SLU 85	1.3	0.8	0	1.5	0	0	0	0.9	0
86	SLU 86	1.3	0.8	0	1.5	0	0	0.9	0	0
87	SLU 87	1.3	0.8	0	1.5	0	0.9	0	0	0
88	SLU 88	1.3	0.8	0	1.5	0.9	0	0	0	0
89	SLU 89	1.3	0.8	1.5	0	0	0	0	1.5	0
90	SLU 90	1.3	0.8	1.5	0	0	0	1.5	0	0
91	SLU 91	1.3	0.8	1.5	0	0	1.5	0	0	0
92	SLU 92	1.3	0.8	1.5	0	1.5	0	0	0	0
93	SLU 93	1.3	0.8	1.5	0.75	0	0	0	1.5	0
94	SLU 94	1.3	0.8	1.5	0.75	0	0	1.5	0	0
95	SLU 95	1.3	0.8	1.5	0.75	0	1.5	0	0	0
96	SLU 96	1.3	0.8	1.5	0.75	1.5	0	0	0	0
97	SLU 97	1.3	0.8	1.5	1.5	0	0	0	0	0
98	SLU 98	1.3	0.8	1.5	1.5	0	0	0	0.9	0
99	SLU 99	1.3	0.8	1.5	1.5	0	0	0.9	0	0
100	SLU 100	1.3	0.8	1.5	1.5	0	0.9	0	0	0
101	SLU 101	1.3	0.8	1.5	1.5	0.9	0	0	0	0
102	SLU 102	1.3	0.8	1.5	0	0	0	0	0	0
103	SLU 103	1.3	0.8	1.5	0	0	0	0	0.9	0
104	SLU 104	1.3	0.8	1.5	0	0	0	0.9	0	0
105	SLU 105	1.3	0.8	1.5	0	0	0.9	0	0	0
106	SLU 106	1.3	0.8	1.5	0	0.9	0	0	0	0
107	SLU 107	1.3	0.8	1.5	0.75	0	0	0	0	0
108	SLU 108	1.3	0.8	1.5	0.75	0	0	0	0.9	0
109	SLU 109	1.3	0.8	1.5	0.75	0	0	0.9	0	0
110	SLU 110	1.3	0.8	1.5	0.75	0	0.9	0	0	0
111	SLU 111	1.3	0.8	1.5	0.75	0.9	0	0	0	0
112	SLU 112	1.3	1.5	0	0	0	0	0	0	0
113	SLU 113	1.3	1.5	0	0	0	0	0	1.5	0

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Vento dir. + x	Vento dir. + y	Vento dir. - x	Vento dir. - y	ΔT
114	SLU 114	1.3	1.5	0	0	0	0	1.5	0	0
115	SLU 115	1.3	1.5	0	0	0	1.5	0	0	0
116	SLU 116	1.3	1.5	0	0	1.5	0	0	0	0
117	SLU 117	1.3	1.5	0	0.75	0	0	0	1.5	0
118	SLU 118	1.3	1.5	0	0.75	0	0	1.5	0	0
119	SLU 119	1.3	1.5	0	0.75	0	1.5	0	0	0
120	SLU 120	1.3	1.5	0	0.75	1.5	0	0	0	0
121	SLU 121	1.3	1.5	0	1.5	0	0	0	0	0
122	SLU 122	1.3	1.5	0	1.5	0	0	0	0.9	0
123	SLU 123	1.3	1.5	0	1.5	0	0	0.9	0	0
124	SLU 124	1.3	1.5	0	1.5	0	0.9	0	0	0
125	SLU 125	1.3	1.5	0	1.5	0.9	0	0	0	0
126	SLU 126	1.3	1.5	1.5	0	0	0	0	1.5	0
127	SLU 127	1.3	1.5	1.5	0	0	0	1.5	0	0
128	SLU 128	1.3	1.5	1.5	0	0	1.5	0	0	0
129	SLU 129	1.3	1.5	1.5	0	1.5	0	0	0	0
130	SLU 130	1.3	1.5	1.5	0.75	0	0	0	1.5	0
131	SLU 131	1.3	1.5	1.5	0.75	0	0	1.5	0	0
132	SLU 132	1.3	1.5	1.5	0.75	0	1.5	0	0	0
133	SLU 133	1.3	1.5	1.5	0.75	1.5	0	0	0	0
134	SLU 134	1.3	1.5	1.5	1.5	0	0	0	0	0
135	SLU 135	1.3	1.5	1.5	1.5	0	0	0	0.9	0
136	SLU 136	1.3	1.5	1.5	1.5	0	0	0.9	0	0
137	SLU 137	1.3	1.5	1.5	1.5	0	0.9	0	0	0
138	SLU 138	1.3	1.5	1.5	1.5	0.9	0	0	0	0
139	SLU 139	1.3	1.5	1.5	0	0	0	0	0	0
140	SLU 140	1.3	1.5	1.5	0	0	0	0	0.9	0
141	SLU 141	1.3	1.5	1.5	0	0	0	0.9	0	0
142	SLU 142	1.3	1.5	1.5	0	0	0.9	0	0	0
143	SLU 143	1.3	1.5	1.5	0	0.9	0	0	0	0
144	SLU 144	1.3	1.5	1.5	0.75	0	0	0	0	0
145	SLU 145	1.3	1.5	1.5	0.75	0	0	0	0.9	0
146	SLU 146	1.3	1.5	1.5	0.75	0	0	0.9	0	0
147	SLU 147	1.3	1.5	1.5	0.75	0	0.9	0	0	0
148	SLU 148	1.3	1.5	1.5	0.75	0.9	0	0	0	0

Famiglia SLE rara

Il nome compatto della famiglia è SLE RA.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Vento dir. + x	Vento dir. + y	Vento dir. - x	Vento dir. - y	ΔT
1	SLE RA 1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
2	SLE RA 2	1	1	0	0	0	0	0	1	0
3	SLE RA 3	1	1	0	0	0	0	1	0	0
4	SLE RA 4	1	1	0	0	0	1	0	0	0
5	SLE RA 5	1	1	0	0	1	0	0	0	0
6	SLE RA 6	1	1	0	0.5	0	0	0	1	0
7	SLE RA 7	1	1	0	0.5	0	0	1	0	0
8	SLE RA 8	1	1	0	0.5	0	1	0	0	0
9	SLE RA 9	1	1	0	0.5	1	0	0	0	0
10	SLE RA 10	1	1	0	1	0	0	0	0	0
11	SLE RA 11	1	1	0	1	0	0	0	0.6	0
12	SLE RA 12	1	1	0	1	0	0	0.6	0	0
13	SLE RA 13	1	1	0	1	0	0.6	0	0	0
14	SLE RA 14	1	1	0	1	0.6	0	0	0	0
15	SLE RA 15	1	1	1	0	0	0	0	1	0
16	SLE RA 16	1	1	1	0	0	0	1	0	0
17	SLE RA 17	1	1	1	0	0	1	0	0	0
18	SLE RA 18	1	1	1	0	1	0	0	0	0
19	SLE RA 19	1	1	1	0.5	0	0	0	1	0
20	SLE RA 20	1	1	1	0.5	0	0	1	0	0
21	SLE RA 21	1	1	1	0.5	0	1	0	0	0
22	SLE RA 22	1	1	1	0.5	1	0	0	0	0
23	SLE RA 23	1	1	1	1	0	0	0	0	0
24	SLE RA 24	1	1	1	1	0	0	0	0.6	0
25	SLE RA 25	1	1	1	1	0	0	0.6	0	0
26	SLE RA 26	1	1	1	1	0	0.6	0	0	0
27	SLE RA 27	1	1	1	1	0.6	0	0	0	0
28	SLE RA 28	1	1	1	0	0	0	0	0	0
29	SLE RA 29	1	1	1	0	0	0	0	0.6	0
30	SLE RA 30	1	1	1	0	0	0	0.6	0	0
31	SLE RA 31	1	1	1	0	0	0.6	0	0	0
32	SLE RA 32	1	1	1	0	0.6	0	0	0	0
33	SLE RA 33	1	1	1	0.5	0	0	0	0	0
34	SLE RA 34	1	1	1	0.5	0	0	0	0.6	0
35	SLE RA 35	1	1	1	0.5	0	0	0.6	0	0
36	SLE RA 36	1	1	1	0.5	0	0.6	0	0	0

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Vento dir. + x	Vento dir. + y	Vento dir. - x	Vento dir. - y	ΔT
37	SLE RA 37	1	1	1	0.5	0.6	0	0	0	0

Famiglia SLE frequente

Il nome compatto della famiglia è SLE FR.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Vento dir. + x	Vento dir. + y	Vento dir. - x	Vento dir. - y	ΔT
1	SLE FR 1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
2	SLE FR 2	1	1	0	0	0	0	0	0.2	0
3	SLE FR 3	1	1	0	0	0	0	0.2	0	0
4	SLE FR 4	1	1	0	0	0	0.2	0	0	0
5	SLE FR 5	1	1	0	0	0.2	0	0	0	0
6	SLE FR 6	1	1	0	0.2	0	0	0	0	0
7	SLE FR 7	1	1	0.8	0	0	0	0	0.2	0
8	SLE FR 8	1	1	0.8	0	0	0	0.2	0	0
9	SLE FR 9	1	1	0.8	0	0	0.2	0	0	0
10	SLE FR 10	1	1	0.8	0	0.2	0	0	0	0
11	SLE FR 11	1	1	0.8	0.2	0	0	0	0	0
12	SLE FR 12	1	1	0.9	0	0	0	0	0	0

Famiglia SLE quasi permanente

Il nome compatto della famiglia è SLE QP.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Vento dir. + x	Vento dir. + y	Vento dir. - x	Vento dir. - y	ΔT
1	SLE QP 1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
2	SLE QP 2	1	1	0.8	0	0	0	0	0	0

Famiglia SLU eccezionale

Il nome compatto della famiglia è SLU EX.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Vento dir. + x	Vento dir. + y	Vento dir. - x	Vento dir. - y	ΔT
------	------------	------	-------	-------------	------	----------------	----------------	----------------	----------------	------------

Famiglia SLV

Il nome compatto della famiglia è SLV.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile E	Neve	Vento dir. + x	Vento dir. + y	Vento dir. - x	Vento dir. - y	ΔT	SLV X	SLV Y
1	SLV 1	1	1	0.8	0	0	0	0	0	0	-1	0
2	SLV 2	1	1	0.8	0	0	0	0	0	0	0	-1
3	SLV 3	1	1	0.8	0	0	0	0	0	0	0	1
4	SLV 4	1	1	0.8	0	0	0	0	0	0	1	0

9. Schematizzazione e modellazione della struttura

La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e dinamiche è stato adeguatamente valutato, interpretato e idealizzato in un modello tridimensionale; tale modello ha consentito di effettuare un'analisi particolarmente reale sia della distribuzione di massa che della effettiva rigidezza.

L'analisi strutturale, nella fase statica, è stata condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici. Lo studio strutturale, nella fase sismica, è stato condotto mediante l'analisi statica lineare semplificata considerando, quindi, elementi non dissipativi per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi dinamici. In entrambi i casi l'analisi strutturale è stata condotta con il metodo degli elementi finiti.

Il modello rappresenta la struttura costituita da un insieme di aste rappresentanti il comportamento di travi e colonne; l'interazione terreno-struttura è stata tenuta in conto considerando un comportamento bloccato alla base per lo studio delle sollecitazioni della struttura in elevazione e di un comportamento del terreno sostanzialmente rappresentato tramite una schematizzazione lineare alla Winkler, caratterizzata da una opportuna costante di sottofondo in funzione del terreno ipotizzato, per lo studio del collegamento con le opere di fondazioni esistenti.

La modellazione è stata effettuata utilizzando le corrette dimensioni geometriche di colonne e travi rispettando al meglio i carichi previsti sia permanenti che variabili, avendo quindi cura che la modellazione agli elementi finiti rispecchiasse nel modo migliore possibile il reale comportamento statico e dinamico della struttura analizzata. Il modello di calcolo è sinteticamente descritto nella Figura 9.1.

Le colonne e le travi sono state schematizzate considerando elementi finiti monodimensionali beam a due nodi aventi in totale 12 gradi di libertà in grado di riprodurre sforzo normale, flessione deviata, taglio deviato e momento torcente. I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzati al calcolo delle sollecitazioni sono del tipo elastico lineare.

Viceversa, la platea di fondazione è stata modellata, nella sola fase di analisi dell'interazione della nuova struttura con la fondazione esistente, attraverso l'uso di elementi shell piani.

Le figure di seguito riportate illustrano il modello tridimensionale adottato e i carichi applicati.

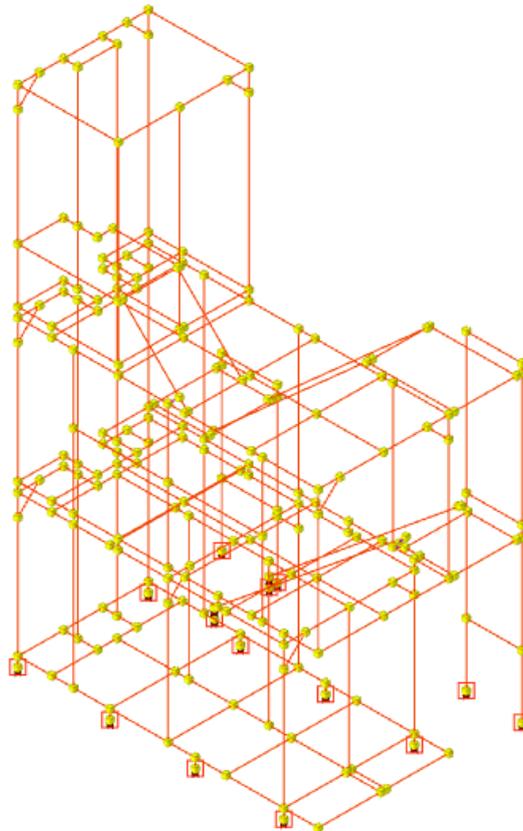


Figura 9.1 - Modello tridimensionale di calcolo.

9.1. Schemi grafici di rappresentazione dei carichi applicati

Le seguenti figure riportano l'applicazione dei carichi precedentemente descritti nelle diverse condizioni di carico; tali figure non forniscono i valori ma si limitano ad individuare il loro andamento. I suddetti valori sono ricavabili dagli output di calcolo allegati alla presente relazione quale sua parte integrante.

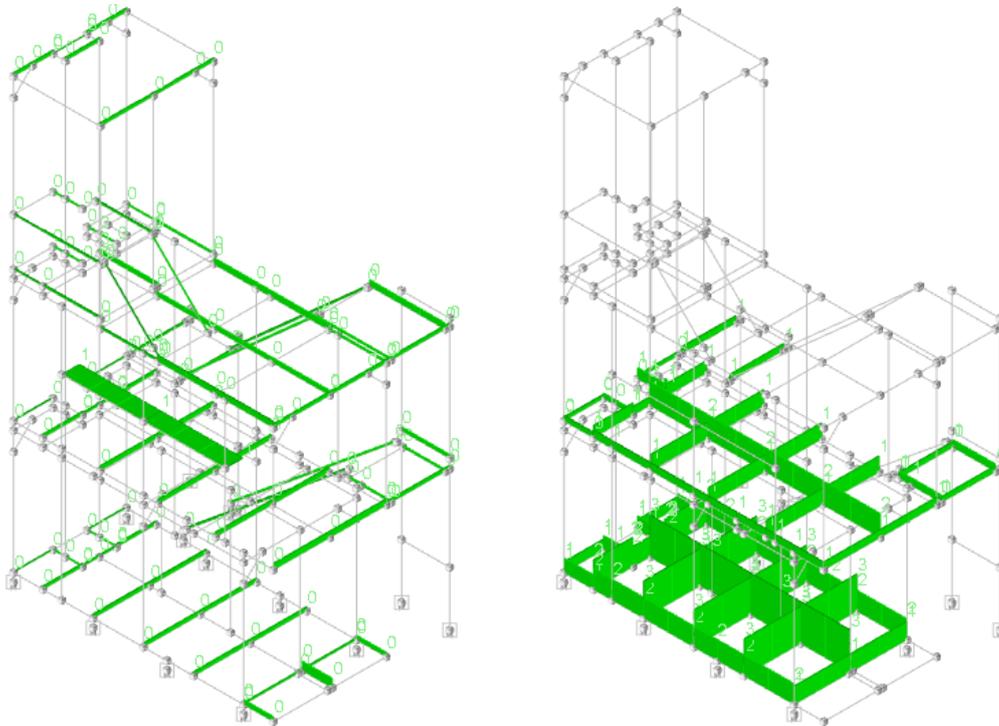


Figura 9.2 – Vista carichi strutturali permanenti (1) e strutturali portati applicati al modello (2).

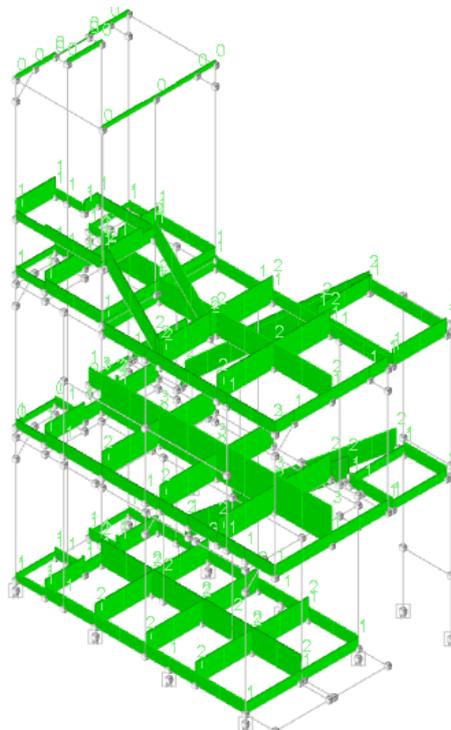


Figura 9.3 - Vista carichi strutturali portati applicati al modello.

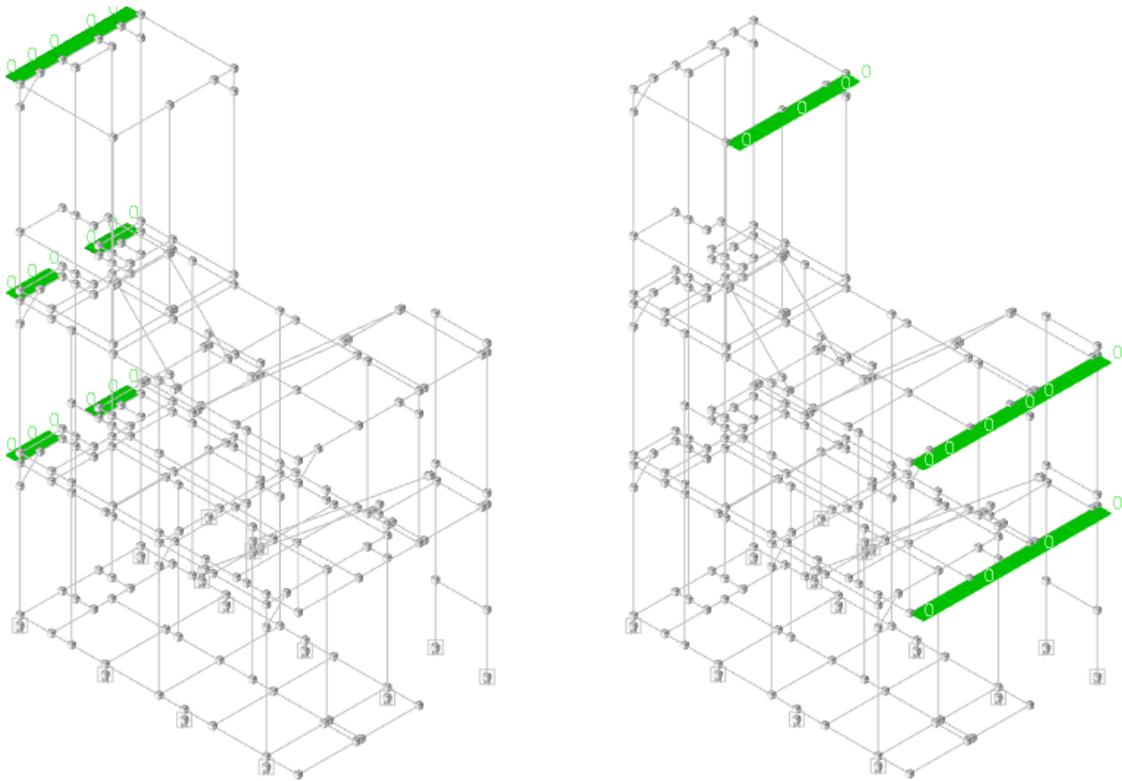


Figura 9.4 - Vista carichi vento dir. X applicati al modello.

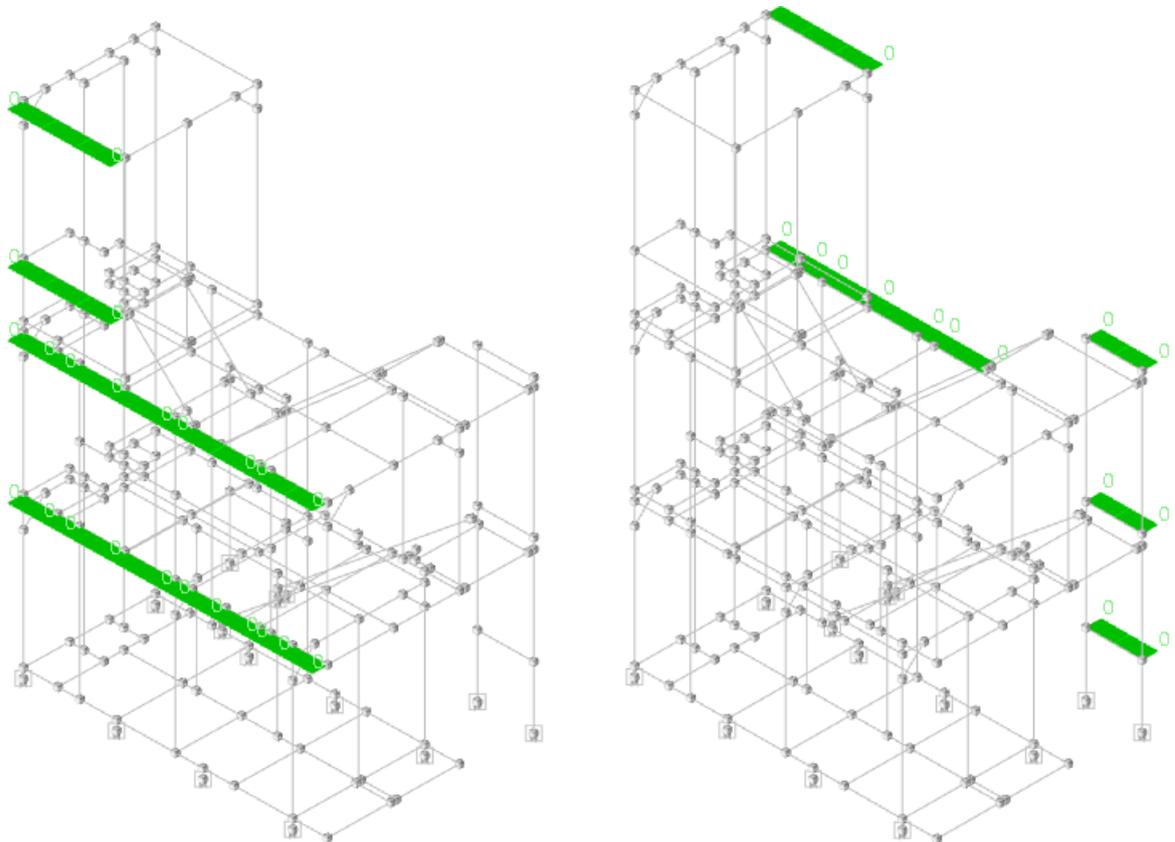


Figura 9.5 - Vista carichi vento dir. Y applicati al modello.

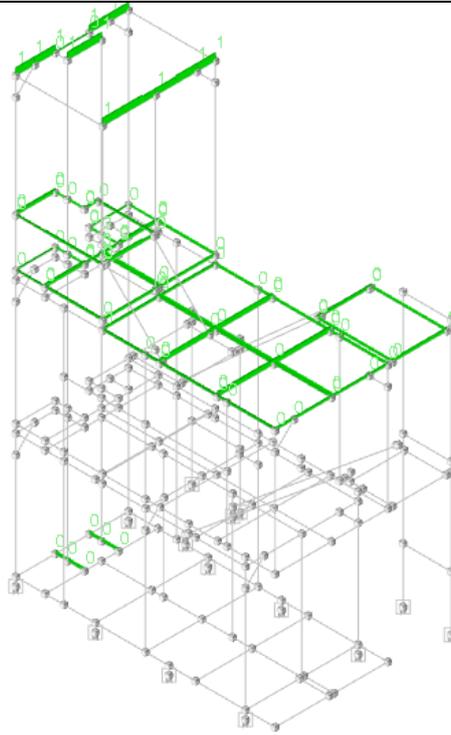


Figura 9.6 - Vista carichi neve applicati al modello.

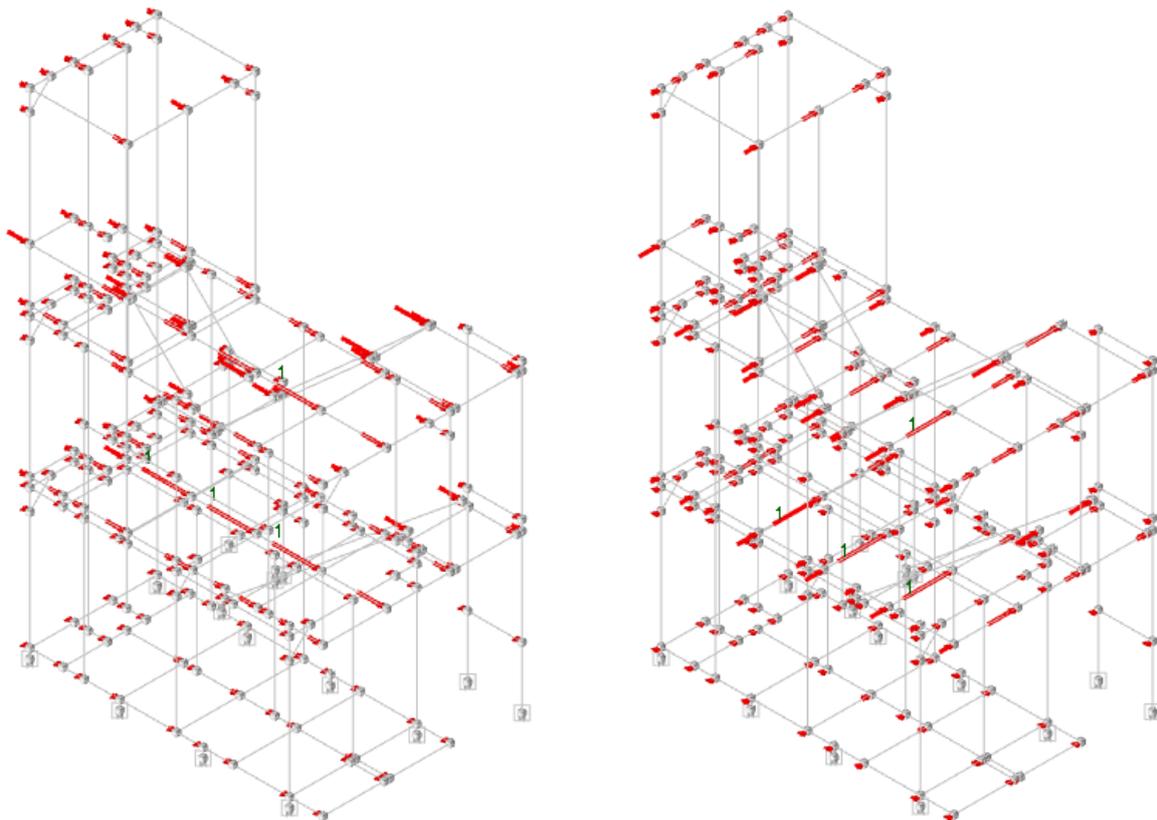


Figura 9.7 - Vista carichi sisma dir. X e Y applicati al modello.

9.2. Schemi grafici di rappresentazione delle reazioni vincolari

Le seguenti figure riportano l'involuppo delle reazioni vincolari; tali figure non forniscono i valori ma si limitano ad individuare il loro andamento. I suddetti valori sono ricavabili dagli output di calcolo allegati alla presente relazione quale sua parte integrante.

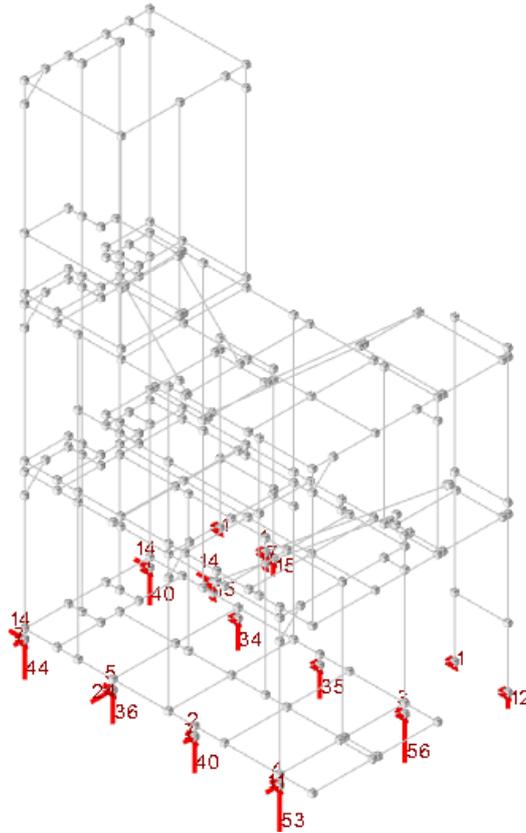


Figura 9.8 – Vista reazioni vincolari.

9.3. Preferenze FEM

Dimensione massima ottimale mesh pareti (default)	80	[cm]
Dimensione massima ottimale mesh piastre (default)	80	[cm]
Dimensione massima ottimale suddivisioni archi finestre/porte (default)	30	[cm]
Tipo di mesh dei gusci (default)	Quadrilateri o triangoli	
Tipo di mesh imposta ai gusci	Specifico dell'elemento	
Metodo P-Delta	non utilizzato	
Analisi buckling	non utilizzata	
Rapporto spessore flessionale/membranale gusci muratura verticali	0.2	
Spessori membranale e flessionale pareti XLAM da sole tavole verticali	No	
Moltiplicatore rigidità connettori pannelli pareti legno a diaframma	1	
Tolleranza di parallelismo	0.08716	[rad]
Tolleranza di unicità punti	10	[cm]
Tolleranza generazione nodi di aste	1	[cm]
Tolleranza di parallelismo in suddivisione aste	0.08716	[rad]
Tolleranza generazione nodi di gusci	4	[cm]
Tolleranza eccentricità carichi concentrati	100	[cm]
Considera deformabilità a taglio negli elementi guscio	No	
Modello elastico pareti in muratura	Gusci	
Concentra masse pareti nei vertici	No	
Segno risultati analisi spettrale	Analisi statica	
Metodo di risoluzione della matrice	Intel MKL PARDISO	
Scrivi commenti nel file di input	No	
Scrivi file di output in formato testo	No	
Solidi colle e corpi ruvidi (default)	Solidi reali	
Moltiplicatore rigidità molla torsionale applicata ad aste di fondazione	1	
Modello trave su suolo alla Winkler nel caso di modellazione lineare	Equilibrio elastico	
Numero di modi di vibrare da ricercare	20	
Algoritmo di analisi modale	Proiezione nel sottospazio totale	
Algoritmo di combinazione modale	CQC	

9.4. Andamento della deformata agli stati limite

Le seguenti figure riportano l'andamento delle deformate nelle diverse condizioni di carico; tali figure non forniscono i valori degli spostamenti ma si limitano ad individuare il loro andamento e comportamento generale. I suddetti valori sono ricavabili dagli output di calcolo allegati alla presente relazione quale sua parte integrante.

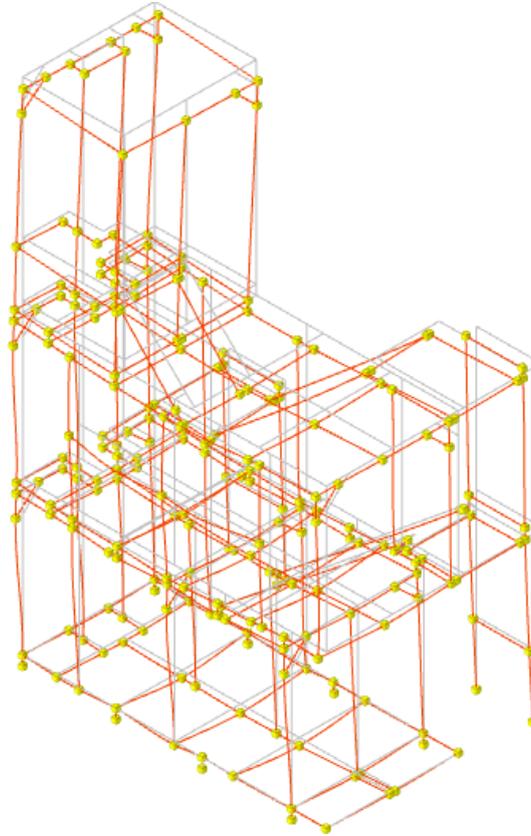


Figura 9.7 - Deformata SLU.

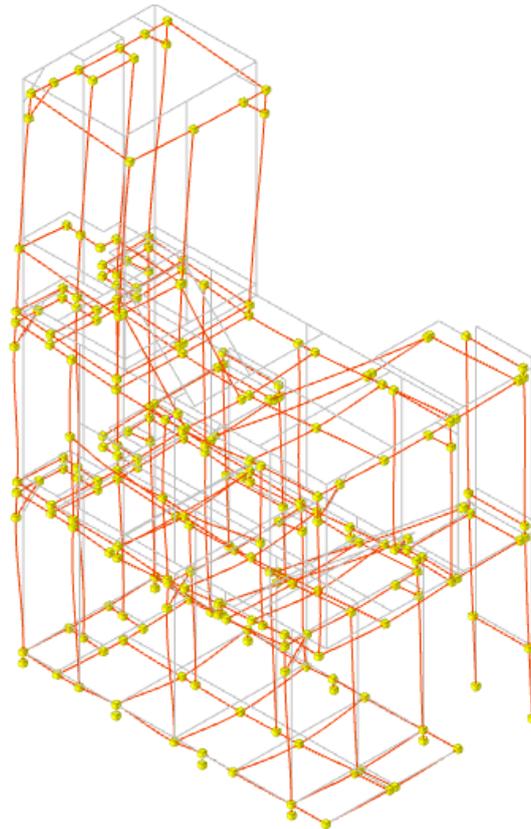


Figura 9.8 - Deformata SLE.

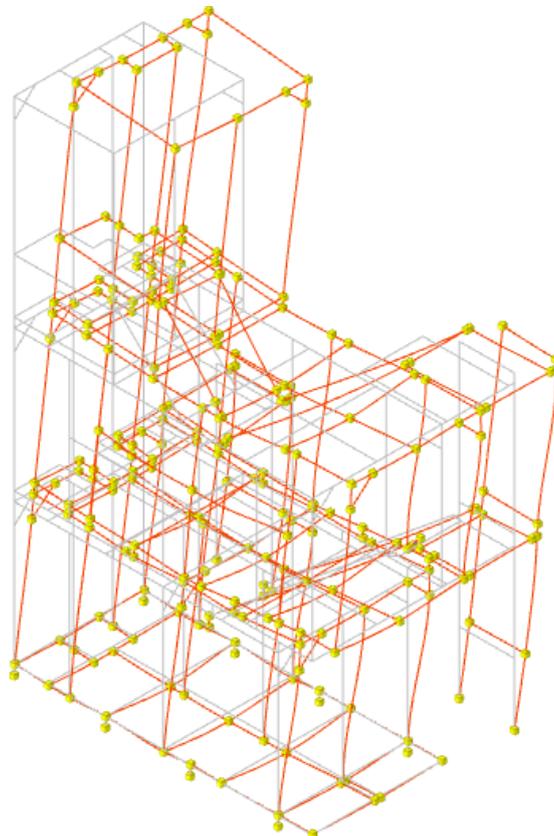


Figura 9.9 - Deformata SLV.

9.5. Andamento delle sollecitazioni agli stati limite

Le seguenti figure riportano l'involuppo delle sollecitazioni allo SLU nella fase statica; tali figure non forniscono i valori delle sollecitazioni ma si limitano ad individuarne il loro andamento e comportamento generale. I suddetti valori sono ricavabili dagli output di calcolo allegati alla presente relazione quale sua parte integrante.

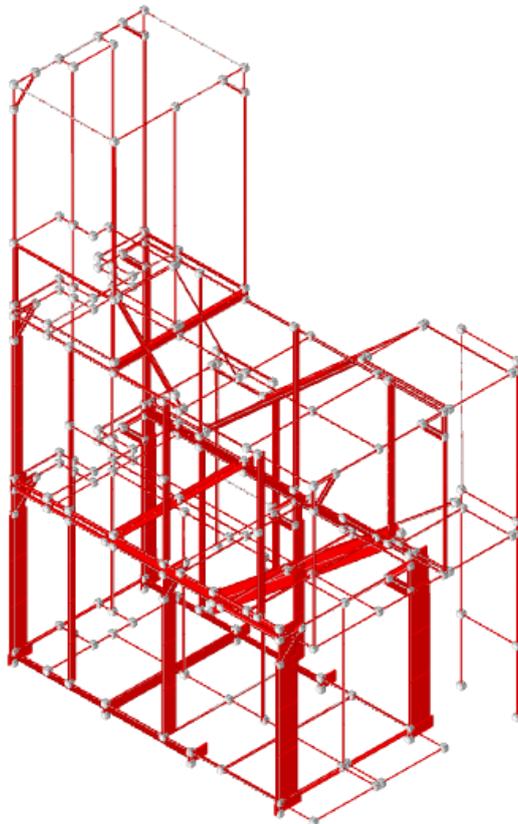


Figura 9.10 - Involuppo dell'azione normale (N).

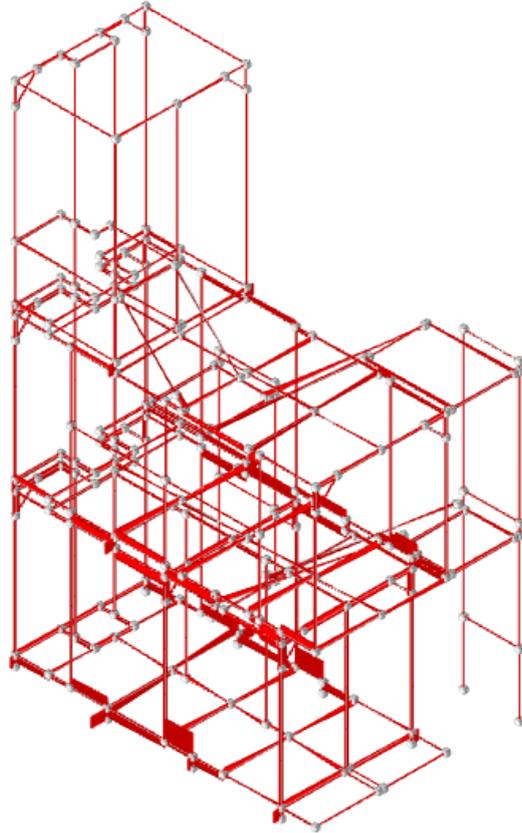


Figura 9.11 - Involuppo del taglio (T).

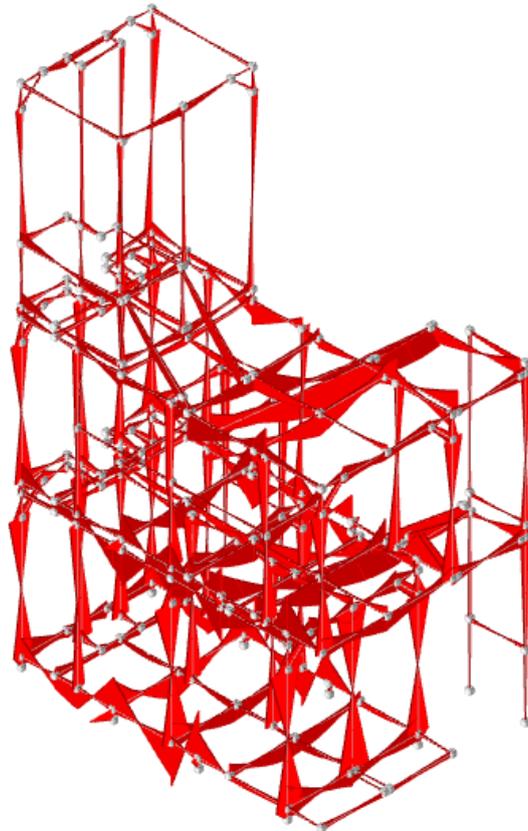


Figura 9.12 - Involuppo del momento flettente.

10. Verifiche agli stati limite ultimi e di esercizio

In questo paragrafo si riportano le verifiche strutturali relative alle membrature della struttura; al fine di facilitare la lettura degli output di calcolo allegati si riportano informazioni utili ad interpretare i relativi tabulati del fascicolo ma si riportano, in forma sintetica, i risultati delle aste in acciaio maggiormente sollecitate.

10.1. Verifiche degli elementi strutturali in elevazione

10.1.1. Verifiche superelementi aste acciaio laminate

Superelemento in acciaio a "Piano 3" fili 3 - 25

Caratteristiche del materiale

Acciaio: S275, fyk = 275000

Caratteristiche geometriche

Lunghezza: 4.42

Nodo iniziale: 30 Nodo finale: 38

Cerniera iniziale: No Cerniera finale: No

Sovraresistenza: 0% Sisma Z: No

Verifiche di resistenza

Verifiche a forza assiale §4.2.4.1.2.1 - §4.2.4.1.2.2 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	NEd	Nc,Rd	Nt,Rd	Riduzione da taglio	px	py	Verifica
2.223	SLU 135	0.049	1	-15.066	307.685		1	0	0	Si

Verifica a taglio X §4.2.4.1.2.4 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	VEd	Vc,Rd	Av	Interazione taglio-torsione	Riduzione torsione	Verifica
2.57	SLU 135	0.048	4.128	86.468	0.000587	Considerata	0.97	Si

Verifica a taglio Y §4.2.4.1.2.4 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	VEd	Vc,Rd	Av	Interazione taglio-torsione	Riduzione torsione	Verifica
2.61	SLU 135	0.346	-29.926	86.468	0.000587	Considerata	0.97	Si

Verifica a torsione §4.2.4.1.2.5 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento torsione	TEd	TRd	Riduzione taglio resistente	Sfruttamento taglio-torsione	$\tau_{Ed,totale}$	τ_{Rd}	Verifica
2.625	SLU 130	0.119	-0.82927	6.94977	Considerata				Si

Verifica a flessione semplice X §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	Mx,Ed	Mx,Rd	Rid. Mx,Rd da VEd	px	py	Verifica
4.42	SLU 133	0.021	1	-0.18445	8.66141	1	0	0	Si

Verifica a flessione semplice Y §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	My,Ed	My,Rd	Rid. My,Rd da VEd	px	py	Verifica
3.915	SLV 3	0.005	1	0.04392	8.66141	1	0	0	Si

Verifica a flessione deviata §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	Mx,Ed	Mx,Rd	My,Ed	My,Rd	Rid. Mx,Rd da VEd	Rid. My,Rd da VEd	α	β	px	py	Verifica
2.61	SLU 40	0.241	1	1.6139	8.6614	0.4757	8.6614	1	1			0	0	Si

Verifica a presso/tenso flessione retta X §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

Verifiche eseguite utilizzando la formula conservativa (6.2) §6.2.1 EN 1993-1-1:2005.

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	NEd	NRd	Rid. NRd da VEd	Mx,Ed	Mx,Rd	Rid. Mx,Rd da VEd	Rid. Mx,Rd da NEd	px	py	Verifica
0.809	SLV 1	0.211	1	-4.703	307.685	1	-1.6976	8.6614	1		0	0	Si

Verifica a presso/tenso flessione retta Y §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

Verifiche eseguite utilizzando la formula conservativa (6.2) §6.2.1 EN 1993-1-1:2005.

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	NEd	NRd	Rid. NRd da VEd	My,Ed	My,Rd	Rid. My,Rd da VEd	Rid. My,Rd da NEd	px	py	Verifica
0.267	SLV 3	0.023	1	-6.821	307.685	1	0.0081	8.6614	1		0	0	Si

Verifica a presso/tenso flessione deviata §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

Verifiche eseguite utilizzando la formula conservativa (6.2) §6.2.1 EN 1993-1-1:2005.

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	NEd	NRd	Rid. NRd da VEd	Mx,Ed	Mx,Rd	My,Ed	My,Rd	Rid. Mx,Rd da VEd	Rid. Mx,Rd da NEd	Rid. My,Rd da VEd	Rid. My,Rd da NEd	α	β	px	py	Verifica
2.61	SLU 135	0.846	1	-15.066	307.685	1	5.9802	8.6614	0.926	8.6614	1		1				0	0	Si

Verifiche ad instabilità**Caratteristiche iniziali**

Membratura principale per controllo snellezza; Calcolo di snellezze ed N critici condotti secondo gli assi principali;

Curva X: c; Curva Y: c; Svergolamento: Carico all'estradosso; Curva svergolamento: d;

Verifica di stabilità a taglio anima X §4.2.4.1.2.4 [4.2.27] NTC18

η	hw	tw	hw/tw max	Verifica
1.2	0.072	0.004	55.46	Si

Verifica di stabilità a taglio anima Y §4.2.4.1.2.4 [4.2.27] NTC18

η	hw	tw	hw/tw max	Verifica
1.2	0.072	0.004	55.46	Si

Verifiche a deformabilità

Mensola X: No; Mensola Y: No.

Frecce lungo X

Ascissa freccia	Combinazione	Freccia	Luce	L/f	L/f,min	Tipo	Verifica
2.61	SLE RA 1	-0.00008	4.42	10000	250	Totale	Si
2.61	SLE RA 21	-0.00013	4.42	10000	250	Totale	Si
2.61	SLE RA 22	-0.00013	4.42	10000	250	Totale	Si
2.61	SLE RA 23	-0.00013	4.42	10000	250	Totale	Si
2.61	SLE RA 24	-0.00013	4.42	10000	250	Totale	Si
1.355	SLE RA 2	-0.00001	4.42	10000	350	Variabile	Si
2.61	SLE RA 22	-0.00006	4.42	10000	350	Variabile	Si
2.61	SLE RA 23	-0.00006	4.42	10000	350	Variabile	Si
2.61	SLE RA 24	-0.00006	4.42	10000	350	Variabile	Si
2.61	SLE RA 25	-0.00006	4.42	10000	350	Variabile	Si

Frecce lungo Y

Ascissa freccia	Combinazione	Freccia	Luce	L/f	L/f,min	Tipo	Verifica
2.125	SLE RA 24	-0.00115	4.42	3834.5	250	Totale	Si
2.125	SLE RA 25	-0.00115	4.42	3847.4	250	Totale	Si
2.125	SLE RA 23	-0.00115	4.42	3854.6	250	Totale	Si
2.125	SLE RA 27	-0.00115	4.42	3859.1	250	Totale	Si
2.125	SLE RA 26	-0.00114	4.42	3882.2	250	Totale	Si
2.125	SLE RA 24	-0.00064	4.42	6859	350	Variabile	Si
2.125	SLE RA 25	-0.00064	4.42	6900.4	350	Variabile	Si
2.125	SLE RA 23	-0.00064	4.42	6923.6	350	Variabile	Si
2.125	SLE RA 27	-0.00064	4.42	6938.3	350	Variabile	Si
2.125	SLE RA 26	-0.00063	4.42	7013.3	350	Variabile	Si

Superelemento in acciaio a "Piano 6" fili 25 - 3**Caratteristiche del materiale**

Acciaio: S275, fyk = 275000

Caratteristiche geometriche

Lunghezza: 4.42

Nodo iniziale: 124 Nodo finale: 114

Cerniera iniziale: No Cerniera finale: No

Sovraresistenza: 0% Sisma Z: No

Verifiche di resistenza**Verifiche a forza assiale §4.2.4.1.2.1 - §4.2.4.1.2.2 NTC18**

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	NEd	Nc,Rd	Nt,Rd	Riduzione da taglio	px	py	Verifica
1.96	SLU 135	0.066	1	-20.302	307.685		1	0	0	Si

Verifica a taglio X §4.2.4.1.2.4 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	VEd	Vc,Rd	Av	Interazione taglio-torsione	Riduzione torsione	Verifica
0.61	SLU 126	0.031	2.698	85.83	0.000587	Considerata	0.97	Si

Verifica a taglio Y §4.2.4.1.2.4 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	VEd	Vc,Rd	Av	Interazione taglio-torsione	Riduzione torsione	Verifica
0.505	SLU 138	0.28	24.043	85.999	0.000587	Considerata	0.97	Si

Verifica a torsione §4.2.4.1.2.5 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento torsione	TEd	TRd	Riduzione taglio resistente	Sfruttamento taglio-torsione	$\tau_{Ed,totale}$	τ_{Rd}	Verifica
0.889	SLU 130	0.269	1.86702	6.94977	Considerata				Si

Verifica a flessione semplice X §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	Mx,Ed	Mx,Rd	Rid. Mx,Rd da VEd	px	py	Verifica
0.152	SLU 19	0.079	1	0.68742	8.66141	1	0	0	Si

Verifica a flessione semplice Y §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	My,Ed	My,Rd	Rid. My,Rd da VEd	px	py	Verifica
0.067	SLU 126	0.016	1	0.13427	8.66141	1	0	0	Si

Verifica a flessione deviata §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	Mx,Ed	Mx,Rd	My,Ed	My,Rd	Rid. Mx,Rd da VEd	Rid. My,Rd da VEd	α	β	px	py	Verifica
0.505	SLU 135	0.555	1	4.2006	8.6614	-0.6022	8.6614	1	1			0	0	Si

Verifica a presso/tenso flessione retta X §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

Verifiche eseguite utilizzando la formula conservativa (6.2) §6.2.1 EN 1993-1-1:2005.

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	NEd	NRd	Rid. NRd da VEd	Mx,Ed	Mx,Rd	Rid. Mx,Rd da VEd	Rid. Mx,Rd da NEd	px	py	Verifica
2.002	SLV 3	0.186	1	-9.175	307.685	1	-1.3496	8.6614	1		0	0	Si

Verifica a presso/tenso flessione retta Y §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

Verifiche eseguite utilizzando la formula conservativa (6.2) §6.2.1 EN 1993-1-1:2005.

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	NEd	NRd	Rid. NRd da VEd	My,Ed	My,Rd	Rid. My,Rd da VEd	Rid. My,Rd da NEd	px	py	Verifica
1.426	SLU 141	0.092	1	-7.72	307.685	1	-0.5754	8.6614	1		0	0	Si

Verifica a presso/tenso flessione deviata §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

Verifiche eseguite utilizzando la formula conservativa (6.2) §6.2.1 EN 1993-1-1:2005.

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	NEd	NRd	Rid. NRd da VEd	Mx,Ed	Mx,Rd	My,Ed	My,Rd	Rid. Mx,Rd da VEd	Rid. Mx,Rd da NEd	Rid. My,Rd da VEd	Rid. My,Rd da NEd	α	β	px	py	Verifica
0.505	SLU 135	0.66	1	-10.776	307.685	1	4.8678	8.6614	-0.5475	8.6614	1		1				0	0	Si

Verifiche ad instabilità**Caratteristiche iniziali**

Membratura principale per controllo snellezza; Calcolo di snellezze ed N critici condotti secondo gli assi principali;
 Curva X: c; Curva Y: c; Svergolamento: Carico all'estradosso; Curva svergolamento: d;

Verifica di stabilità a taglio anima X §4.2.4.1.2.4 [4.2.27] NTC18

η	hw	tw	hw/tw max	Verifica
1.2	0.072	0.004	55.46	Si

Verifica di stabilità a taglio anima Y §4.2.4.1.2.4 [4.2.27] NTC18

η	hw	tw	hw/tw max	Verifica
1.2	0.072	0.004	55.46	Si

Verifiche a deformabilità

Mensola X: No; Mensola Y: No.

Frecce lungo X

Ascissa freccia	Combinazione	Freccia	Luce	L/f	L/f,min	Tipo	Verifica
2.259	SLE RA 1	-0.00008	4.42	10000	250	Totale	Si
1.459	SLE RA 21	0.00014	4.42	10000	250	Totale	Si
1.459	SLE RA 22	0.00014	4.42	10000	250	Totale	Si
1.459	SLE RA 23	0.00015	4.42	10000	250	Totale	Si
1.459	SLE RA 24	0.00015	4.42	10000	250	Totale	Si
1.718	SLE RA 2	0.00001	4.42	10000	350	Variabile	Si
1.459	SLE RA 22	0.0001	4.42	10000	350	Variabile	Si
1.459	SLE RA 23	0.0001	4.42	10000	350	Variabile	Si

Ascissa freccia	Combinazione	Freccia	Luce	L/f	L/f,min	Tipo	Verifica
1.459	SLE RA 24	0.00011	4.42	10000	350	Variabile	Si
1.459	SLE RA 25	0.0001	4.42	10000	350	Variabile	Si

Frecce lungo Y

Ascissa freccia	Combinazione	Freccia	Luce	L/f	L/f,min	Tipo	Verifica
2.193	SLE RA 27	-0.00346	4.42	1277.4	250	Totale	Si
2.193	SLE RA 24	-0.00346	4.42	1277.5	250	Totale	Si
2.193	SLE RA 23	-0.00345	4.42	1281	250	Totale	Si
2.193	SLE RA 25	-0.00344	4.42	1284.4	250	Totale	Si
2.193	SLE RA 26	-0.00344	4.42	1286.2	250	Totale	Si
2.202	SLE RA 27	-0.00244	4.42	1812.1	350	Variabile	Si
2.202	SLE RA 24	-0.00244	4.42	1812.4	350	Variabile	Si
2.202	SLE RA 23	-0.00243	4.42	1819.4	350	Variabile	Si
2.202	SLE RA 25	-0.00242	4.42	1826.2	350	Variabile	Si
2.202	SLE RA 26	-0.00242	4.42	1830	350	Variabile	Si

Superelemento in acciaio a "Piano 6" fili 27 - 25**Caratteristiche del materiale**

Acciaio: S275, fyk = 275000

Caratteristiche geometriche

Lunghezza: 3

Nodo iniziale: 160 Nodo finale: 124

Cerniera iniziale: No Cerniera finale: No

Sovraresistenza: 0% Sisma Z: No

Verifiche di resistenza**Verifiche a forza assiale §4.2.4.1.2.1 - §4.2.4.1.2.2 NTC18**

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	NEd	Nc,Rd	Nt,Rd	Riduzione da taglio	px	py	Verifica
1.112	SLV 3	0.003	1	-0.819	307.685		1	0	0	Si

Verifica a taglio X §4.2.4.1.2.4 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	VEd	Vc,Rd	Av	Interazione taglio-torsione	Riduzione torsione	Verifica
0.468	SLV 4	0.009	-0.748	85.875	0.000587	Considerata	0.97	Si

Verifica a taglio Y §4.2.4.1.2.4 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	VEd	Vc,Rd	Av	Interazione taglio-torsione	Riduzione torsione	Verifica
3	SLU 135	0.063	-5.148	81.405	0.000587	Considerata	0.92	Si

Verifica a torsione §4.2.4.1.2.5 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento torsione	TEd	TRd	Riduzione taglio resistente	Sfruttamento taglio-torsione	$\tau_{Ed,totale}$	τ_{Rd}	Verifica
1.496	SLU 138	0.088	0.60929	6.94977	Considerata				Si

Verifica a flessione semplice X §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	Mx,Ed	Mx,Rd	Rid. Mx,Rd da VEd	px	py	Verifica
2.104	SLU 138	0.197	1	-1.70932	8.66141	1	0	0	Si

Verifica a flessione semplice Y §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	My,Ed	My,Rd	Rid. My,Rd da VEd	px	py	Verifica
2.616	SLU 15	0.012	1	0.1061	8.66141	1	0	0	Si

Verifica a flessione deviata §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	Mx,Ed	Mx,Rd	My,Ed	My,Rd	Rid. Mx,Rd da VEd	Rid. My,Rd da VEd	α	β	px	py	Verifica
3	SLU 135	0.226	1	1.7309	8.6614	0.226	8.6614	1	1			0	0	Si

Verifica a presso/tenso flessione retta X §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

Verifiche eseguite utilizzando la formula conservativa (6.2) §6.2.1 EN 1993-1-1:2005.

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	NEd	NRd	Rid. NRd da VEd	Mx,Ed	Mx,Rd	Rid. Mx,Rd da VEd	Rid. Mx,Rd da NEd	px	py	Verifica
2.104	SLU 128	0.2	1	-0.246	307.685	1	-1.7275	8.6614	1		0	0	Si

Verifica a presso/tenso flessione retta Y §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

Verifiche eseguite utilizzando la formula conservativa (6.2) §6.2.1 EN 1993-1-1:2005.

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	NEd	NRd	Rid. NRd da VEd	My,Ed	My,Rd	Rid. My,Rd da VEd	Rid. My,Rd da NEd	px	py	Verifica
2.616	SLU 107	0.012	1	0.147	307.685	1	0.1014	8.6614	1		0	0	Si

Verifica a presso/tenso flessione deviata §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

Verifiche eseguite utilizzando la formula conservativa (6.2) §6.2.1 EN 1993-1-1:2005.

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	NEd	NRd	Rid. NRd da VEd	Mx,Ed	Mx,Rd	My,Ed	My,Rd	Rid. Mx,Rd da VEd	Rid. Mx,Rd da NEd	Rid. My,Rd da VEd	Rid. My,Rd da NEd	α	β	px	py	Verifica
3	SLV 2	0.242	1	0.306	307.685	1	1.8144	8.6614	0.2695	8.6614	1		1				0	0	Si

Verifiche ad instabilità**Caratteristiche iniziali**

Membratura principale per controllo snellezza; Calcolo di snellezze ed N critici condotti secondo gli assi principali;

Curva X: c; Curva Y: c; Svergolamento: Carico all'estradosso; Curva svergolamento: d;

Verifica di stabilità a taglio anima X §4.2.4.1.2.4 [4.2.27] NTC18

η	hw	tw	hw/tw max	Verifica
1.2	0.072	0.004	55.46	Si

Verifica di stabilità a taglio anima Y §4.2.4.1.2.4 [4.2.27] NTC18

η	hw	tw	hw/tw max	Verifica
1.2	0.072	0.004	55.46	Si

Verifiche a deformabilità

Mensola X: No; Mensola Y: No.

Frecce lungo X

Ascissa freccia	Combinazione	Freccia	Luce	L/f	L/f,min	Tipo	Verifica
2.168	SLE RA 1	-0.00004	3	10000	250	Totale	Si
1.008	SLE RA 21	0.0001	3	10000	250	Totale	Si
1.008	SLE RA 22	0.00012	3	10000	250	Totale	Si
1.008	SLE RA 23	0.00011	3	10000	250	Totale	Si
1.044	SLE RA 24	0.0001	3	10000	250	Totale	Si
0.612	SLE RA 2	-0.00001	3	10000	350	Variabile	Si
1.08	SLE RA 22	0.00015	3	10000	350	Variabile	Si
1.08	SLE RA 23	0.00014	3	10000	350	Variabile	Si
1.08	SLE RA 24	0.00014	3	10000	350	Variabile	Si
1.08	SLE RA 25	0.00013	3	10000	350	Variabile	Si

Frecce lungo Y

Ascissa freccia	Combinazione	Freccia	Luce	L/f	L/f,min	Tipo	Verifica
1.976	SLE RA 26	-0.00155	3	1929.3	250	Totale	Si
1.976	SLE RA 21	-0.00155	3	1930.6	250	Totale	Si
1.976	SLE RA 27	-0.00155	3	1933.5	250	Totale	Si
1.976	SLE RA 36	-0.00155	3	1934.8	250	Totale	Si
1.976	SLE RA 23	-0.00155	3	1935.6	250	Totale	Si
1.976	SLE RA 26	-0.00088	3	3411.2	350	Variabile	Si
1.976	SLE RA 21	-0.00088	3	3415.4	350	Variabile	Si
1.976	SLE RA 27	-0.00088	3	3424.4	350	Variabile	Si
1.976	SLE RA 36	-0.00087	3	3428.7	350	Variabile	Si
1.976	SLE RA 23	-0.00087	3	3431	350	Variabile	Si

Superelemento in acciaio quote "Piano 3" - "Piano 4" filo 3**Caratteristiche del materiale**

Acciaio: S275, fyk = 275000

Caratteristiche geometriche

Lunghezza: 2.108

Nodo iniziale: 30 Nodo finale: 77

Cerniera iniziale: No Cerniera finale: No

Sovraresistenza: 0% Sisma Z: No

Verifiche di resistenza**Verifiche a forza assiale §4.2.4.1.2.1 - §4.2.4.1.2.2 NTC18**

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	NEd	Nc,Rd	Nt,Rd	Riduzione da taglio	px	py	Verifica
0	SLU 135	0.102	1	-31.296	307.685		1	0	0	Si

Verifica a taglio X §4.2.4.1.2.4 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	VEd	Vc,Rd	Av	Interazione taglio-torsione	Riduzione torsione	Verifica
2.108	SLV 1	0.015	1.285	88.388	0.000587	Considerata	1	Si

Verifica a taglio Y §4.2.4.1.2.4 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento	VEd	Vc,Rd	Av	Interazione taglio-torsione	Riduzione torsione	Verifica
1.864	SLV 2	0.056	-4.995	88.739	0.000587	Considerata	1	Si

Verifica a torsione §4.2.4.1.2.5 NTC18

X	Comb.	Sfruttamento torsione	TEd	TRd	Riduzione taglio resistente	Sfruttamento taglio-torsione	$\tau_{Ed,totale}$	τ_{Rd}	Verifica
1.014	SLV 1	0.014	-0.10041	6.94977	Considerata				Si

Verifica a presso/tenso flessione retta X §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

Verifiche eseguite utilizzando la formula conservativa (6.2) §6.2.1 EN 1993-1-1:2005.

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	NEd	NRd	Rid. NRd da VEd	Mx,Ed	Mx,Rd	Rid. Mx,Rd da VEd	Rid. Mx,Rd da NEd	px	py	Verifica
1.014	SLU 135	0.123	1	-31.174	307.685	1	0.186	8.6614	1		0	0	Si

Verifica a presso/tenso flessione retta Y §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

Verifiche eseguite utilizzando la formula conservativa (6.2) §6.2.1 EN 1993-1-1:2005.

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	NEd	NRd	Rid. NRd da VEd	My,Ed	My,Rd	Rid. My,Rd da VEd	Rid. My,Rd da NEd	px	py	Verifica
2.002	SLU 25	0.113	1	-22.878	307.685	1	-0.3365	8.6614	1		0	0	Si

Verifica a presso/tenso flessione deviata §§ 4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6 - 4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.8 NTC18

Verifiche eseguite utilizzando la formula conservativa (6.2) §6.2.1 EN 1993-1-1:2005.

X	Comb.	Sfruttamento	Classe	NEd	NRd	Rid. NRd da VEd	Mx,Ed	Mx,Rd	My,Ed	My,Rd	Rid. Mx,Rd da VEd	Rid. Mx,Rd da NEd	Rid. My,Rd da VEd	Rid. My,Rd da NEd	α	β	px	py	Verifica
1.79	SLV 2	0.35	1	-27.056	307.685	1	1.7839	8.6614	-0.4856	8.6614	1		1				0	0	Si

Verifiche ad instabilità**Caratteristiche iniziali**

Membratura principale per controllo snellezza; Calcolo di snellezze ed N critici condotti secondo gli assi principali;
 Curva X: c; Curva Y: c; Svergolamento: Carico all'estradosso; Curva svergolamento: d;

Verifica di stabilità a taglio anima X §4.2.4.1.2.4 [4.2.27] NTC18

η	hw	tw	hw/tw max	Verifica
1.2	0.072	0.004	55.46	Si

Verifica di stabilità a taglio anima Y §4.2.4.1.2.4 [4.2.27] NTC18

η	hw	tw	hw/tw max	Verifica
1.2	0.072	0.004	55.46	Si

Verifiche a deformabilità

Mensola X: No; Mensola Y: No.

Verifiche non eseguite in quanto il superelemento è verticale.

10.1.2. Verifiche connessioni aste in acciaio

Di seguito sono riportate le verifiche dei **principali nodi più sollecitati**.

Elemento	Valore	Unità	Riferimento
γ_{M0}	1,05	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1,05	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_C	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1,20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Coefficiente unione β_j	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Area utile - influenza della dimensione della mesh	0,10	-	
Coefficiente di attrito - calcestruzzo	0,25	-	EN 1993-1-8
Coefficiente di attrito in resistenza all'attrito	0,30	-	EN 1993-1-8 scheda 3.7
Deformazione plastica limite	0,05	-	EN 1993-1-5
Valutazione della tensione nella saldatura	Ridistribuzione plastica		
Dettagli costruttivi	Si		
Distanza tra i bulloni [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: scheda 3.3
Distanza tra i bulloni e il bordo [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: scheda 3.3
Resistenza a rottura conica del calcestruzzo	Entrambi		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Usa il valore di α_b calcolato nella verifica a rifollamento	Si		EN 1993-1-8: scheda 3.4
Calcestruzzo fessurato	Si		EN 1992-4
Verifica di deformazione locale	Si		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Limite di deformazione locale	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Non linearità geometrica (GMNA)	Si		Grandi deformazioni per sezioni cave
Sistema controventato	Si		EN 1993-1-8: 5.2.2.5

Piastra di base Asta 14 Nodo 17**Resistenza a trazione dell'ancoraggio (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.3)**

$$N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 71,2 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 29,8 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,s} = c \cdot A_s \cdot f_{yk} = 106,8 \text{ kN}$$

Dove:

$$c = 0,85$$

– fattore di riduzione per taglio filettatura

$$A_s = 157 \text{ mm}^2$$

– area soggetta alla trazione

$$f_{yk} = 800,0 \text{ MPa}$$

– resistenza alla trazione minima del bullone

$$\gamma_{Ms} = 1,50$$

– coefficiente di sicurezza per acciaio

$$\gamma_{Ms} = 1,2 \cdot \frac{f_{yk}}{f_{yk}} \geq 1,4$$

, dove:

$$f_{yk} =$$

640,0 MPa – tensione di snervamento minima del bullone

Resistenza a rottura conica del calcestruzzo dell'ancoraggio a trazione (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.4)

La verifica viene eseguita per un gruppo di ancoraggi che formano i coni di rottura a trazione comuni: A1

$$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{M,c}} = 46,5 \text{ kN} \geq N_{Ed,g} = 29,8 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{M,N} = 83,7 \text{ kN}$$

Dove:

$$N_{Ed,g} = 29,8 \text{ kN} \quad \text{– somma delle forze di trazione degli ancoraggi con area del cono di rottura del calcestruzzo comune}$$

$$N_{Rk,c}^0 = 44,4 \text{ kN} \quad \text{– resistenza caratteristica di un fissaggio a distanza dagli effetti dei fissaggi e bordi adiacenti dell'elemento in calcestruzzo}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_c} \cdot h_{ef}^{1,5}$$

, dove:

$$k_1 =$$

7,70 – parametro che tiene conto del tipo di ancoraggio e della condizione del calcestruzzo

$$f_c =$$

25,0 MPa – resistenza a compressione del calcestruzzo

$$h_{ef} = \min(h_{emb}, \max(\frac{c_{a,max}}{1,5}, \frac{s_{max}}{3})) =$$

110 mm – profondità dell'ancoraggio, dove:

$$h_{emb} =$$

110 mm – lunghezza dell'ancoraggio incorporata nel calcestruzzo

$$c_{a,max} =$$

345 mm – distanza massima dall'ancoraggio a uno dei tre bordi più vicini

$$s_{max} =$$

0 mm – spaziatura massima tra ancoraggi

$$A_{c,N} = 108900 \text{ mm}^2 \quad \text{– area del cono di rottura del calcestruzzo per gruppo di ancoraggi}$$

$$A_{c,N}^0 = 108900 \text{ mm}^2 \quad \text{– area del cono di rottura di calcestruzzo per ancoraggio singolo non influenzato dai bordi}$$

$$A_{c,N}^0 = (3 \cdot h_{ef})^2$$

, dove:

$$h_{ef} =$$

110 mm – profondità dell'ancoraggio

$$\psi_{s,N} = 1,00 \quad \text{– parametro relativo alla distribuzione delle tensioni nel calcestruzzo a causa della vicinanza del fissaggio a un bordo dell'elemento in calcestruzzo:}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{1,5 \cdot h_{ef}} \leq 1$$

, dove:

$$c =$$

335 mm – distanza minima dall'ancoraggio al bordo

$$h_{ef} =$$

110 mm – profondità dell'ancoraggio

$$\psi_{re,N} = 1,00 \quad \text{– parametro che tiene conto del fenomeno dello spalling del guscio:}$$

$$\psi_{re,N} = 0,5 + \frac{h_{emb}}{200} \leq 1$$

, dove:

$$h_{emb} =$$

110 mm – lunghezza dell'ancoraggio incorporata nel calcestruzzo

$$\psi_{ec,N} = 1,00 \quad \text{– fattore di modifica per gruppi di ancoraggi caricati eccentricamente a trazione:}$$

$$\psi_{ec,N} = \psi_{ecx,N} \cdot \psi_{ecy,N}$$

, dove:

$$\psi_{ecx,N} = \frac{1}{1 + \frac{e_{x,N}}{3 \cdot h_{ef}}} =$$

1,00 – fattore di modifica che dipende dall'eccentricità nella direzione x

$$e_{x,N} =$$

0 mm – eccentricità del carico a trazione nella direzione x

$$\psi_{ecy,N} = \frac{1}{1 + \frac{e_{y,N}}{3 \cdot h_{ef}}} =$$

1,00 – fattore di modifica che dipende dall'eccentricità nella direzione y

$$e_{y,N} =$$

0 mm – eccentricità del carico a trazione nella direzione y

$$h_{ef} =$$

110 mm – profondità dell'ancoraggio

$$\psi_{M,N} = 1,89$$

– parametro che tiene conto dell'effetto di una forza di compressione tra il dispositivo di fissaggio e il calcestruzzo; questo parametro è uguale a 1 se $c < 1.5h_{ef}$ o il rapporto tra la forza di compressione (inclusa la compressione dovuta alla flessione) e la somma delle forze di trazione negli ancoraggi è inferiore a 0.8

$$\psi_{M,N} = 2 - \frac{2z}{3 \cdot h_{ef}} \geq 1$$

, dove:

$$z =$$

18 mm – braccio della leva interno

$$h_{ef} =$$

110 mm – profondità dell'ancoraggio

$$\gamma_{Mc} = 1,80 \quad \text{– coefficiente di sicurezza per calcestruzzo}$$

Resistenza a taglio (EN1992-4 - Cl.7.2.2.3.1)

$$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 50,2 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 0,2 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 = 62,8 \text{ kN}$$

Dove:

$$k_7 = 1,00 \quad \text{– coefficiente di duttilità dell'acciaio dell'ancoraggio}$$

$$k_7 = \begin{cases} 0,8, & A < 0,08 \\ 1,0, & A \geq 0,08 \end{cases}$$

, dove:

$$A =$$

0,12 – allungamento della classe del bullone al rottura

$$V_{Rk,s}^0 = 62,8 \text{ kN} \quad \text{– la resistenza caratteristica a taglio}$$

$$V_{Rk,s}^0 = k_6 \cdot A_s \cdot f_{uk}$$

, dove:

$$k_6 =$$

0,50 – coefficiente per resistenza all'ancoraggio a taglio

$$A_s =$$

157 mm² – area soggetta alla trazione

$$f_{uk} =$$

800,0 MPa – resistenza alla rottura specificata dell'acciaio dell'ancoraggio

$$\gamma_{Ms} = 1,25 \quad \text{– coefficiente di sicurezza per acciaio}$$

Resistenza a pryout del calcestruzzo (EN1992-4 - Cl. 7.2.2.4)

La verifica viene eseguita per un gruppo di ancoraggi sulla piastra di base comune

$$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}} = 79,5 \text{ kN} \geq V_{Ed,g} = 0,0 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} = 119,2 \text{ kN}$$

Dove:

$$k_8 = 2,00 \quad \text{– fattore che tiene conto della profondità di infissione del fissaggio}$$

$$N_{Rk,c} = 59,6 \text{ kN} \quad - \text{resistenza caratteristica del cono di calcestruzzo per un singolo fissaggio o per un fissaggio in un gruppo}$$

$$\gamma_{Mc} = 1,50 \quad - \text{coefficiente di sicurezza per calcestruzzo}$$

Interazione delle forze di trazione e taglio nell'acciaio (EN 1992-4 - Table 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}}\right)^2 = 0,00 \leq 1,0$$

Dove:

$$N_{Ed} = 1,3 \text{ kN} \quad - \text{forza di trazione di progetto}$$

$$N_{Rd,s} = 71,2 \text{ kN} \quad - \text{resistenza alla trazione del fissaggio}$$

$$V_{Ed} = 0,0 \text{ kN} \quad - \text{sforzo di taglio di progetto}$$

$$V_{Rd,s} = 50,2 \text{ kN} \quad - \text{resistenza al taglio del fissaggio}$$

Interazione delle forze di trazione e taglio nel calcestruzzo (EN 1992-4 - Table 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}}\right)^{1,5} + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,t}}\right)^{1,5} = 0,00 \leq 1,0$$

Dove:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} \quad - \text{il valore di utilizzo pi\`u grande per le modalit\`a di rottura per trazione}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,t}} \quad - \text{il valore di utilizzo pi\`u grande per le modalit\`a di rottura per taglio}$$

$$\frac{N_{Ed,t}}{N_{Rd,t}} = 2\% \quad - \text{rottura del cono di calcestruzzo dell'ancoraggio a trazione}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,p}} = 0\% \quad - \text{rottura a pullout del calcestruzzo}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,cb}} = 0\% \quad - \text{rottura a blowout del calcestruzzo}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,t}} = 0\% \quad - \text{rottura del bordo del calcestruzzo}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,cb}} = 0\% \quad - \text{rottura a pryout del calcestruzzo}$$

Saldature:**Verifica della resistenza della saldatura (EN 1993-1-8 4.5.3.2)**

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404,7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 101,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9f_u / \gamma_{M2} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 13,4 \text{ MPa}$$

dove:

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad - \text{Resistenza Ultima}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad - \text{fattore di correlazione appropriato tratto dalla Tabella 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad - \text{Coefficiente di sicurezza}$$

Utilizzo tensione

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 25,0 \%$$

Verifica della resistenza della saldatura (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = \frac{404,7}{1} \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = \frac{165,1}{1} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9f_u / \gamma_{M2} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 112,2 \text{ MPa}$$

dove:

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad - \text{ Resistenza Ultima}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad - \text{ fattore di correlazione appropriato tratto dalla Tabella 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad - \text{ Coefficiente di sicurezza}$$

Utilizzo tensione

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 40,8 \quad \%$$

Blocco di calcestruzzo

Verifica resistenza a compressione del blocco di calcestruzzo (EN 1993-1-8 6.2.5)

$$\sigma = \frac{N}{A_{eff}} = 8,4 \text{ MPa}$$

$$F_{jd} = \alpha_{cc} \beta_j k_j f_{ck} / \gamma_c = 33,5 \text{ MPa}$$

dove:

$$N = 55,5 \text{ kN} \quad - \text{ Forza normale di progetto}$$

$$A_{eff} = 5631 \text{ mm}^2 \quad - \text{ Area utile su cui la forza N del pilastro è distribuita}$$

$$\alpha_{cc} = 1,00 \quad - \text{ Effetti a lungo termine su Fcd}$$

$$\beta_j = 0,67 \quad - \text{ Coefficiente unione } \beta_j$$

$$k_j = 3,00 \quad - \text{ Fattore di Concentrazione}$$

$$f_{ck} = 25,0 \text{ MPa} \quad - \text{ Resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo}$$

$$\gamma_c = 1,50 \quad - \text{ Coefficiente di sicurezza}$$

Utilizzo tensione

$$U_t = \frac{\sigma}{F_{jd}} = 25,0 \quad \%$$

Taglio nel piano di contatto

Carichi	V _y [kN]	V _z [kN]	V _{Rd,y} [kN]	V _{Rd,z} [kN]	V _{c,Rd} [kN]	Ut [%]	Stato
SLU	-12,0	5,0	13,9	13,9	0,0	93,7	OK

Verifica della resistenza a taglio della piastra di base (EN 1993-1-8 - 6.2.2)

$$V_{Rd,y} = NC_f = 13,9 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,z} = NC_f = 13,9 \text{ kN}$$

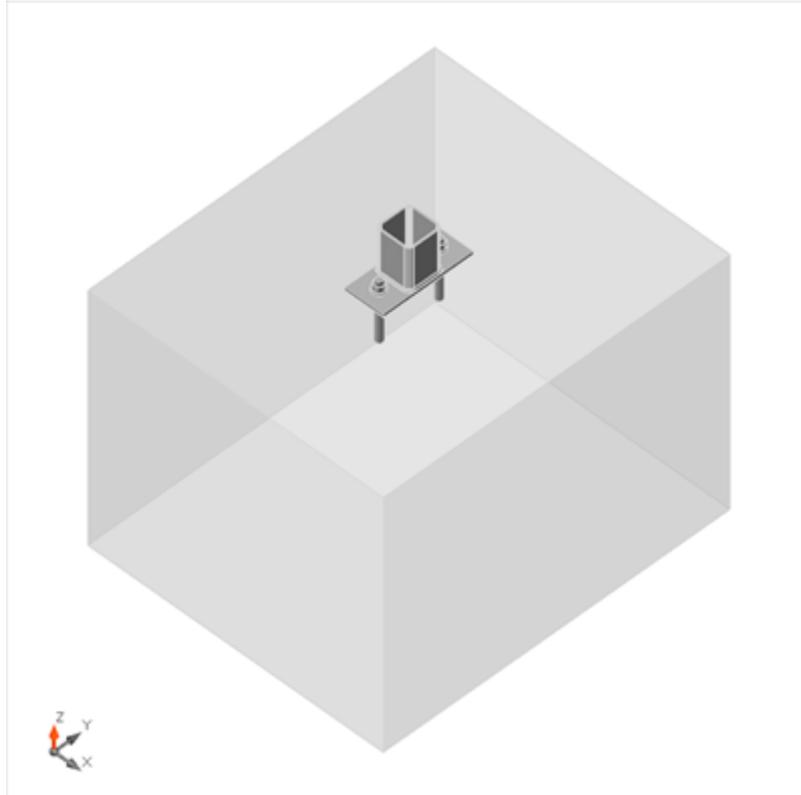
dove:

$$N = 55,5 \text{ kN} \quad - \text{ Forza normale di progetto}$$

$$C_f = 0,25 \quad - \text{ Coefficiente di attrito}$$

Utilizzo a taglio

$$U_t = \max\left(\frac{\sqrt{V_y^2 + V_z^2}}{V_{Rd,y}}, \frac{\sqrt{V_y^2 + V_z^2}}{V_{Rd,z}}\right) = 93,7 \quad \%$$

Piastra di base Asta 39 Nodo 28**Resistenza a trazione dell'ancoraggio (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.3)**

$$N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 71,2 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 2,5 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,s} = c \cdot A_s \cdot f_{uk} = 106,8 \text{ kN}$$

Dove:

$$c = 0,85$$

– fattore di riduzione per taglio filettatura

$$A_s = 157 \text{ mm}^2$$

– area soggetta alla trazione

$$f_{uk} = 800,0 \text{ MPa}$$

– resistenza alla trazione minima del bullone

$$\gamma_{Ms} = 1,50$$

– coefficiente di sicurezza per acciaio

$$\gamma_{Ms} = 1,2 \cdot \frac{f_{yk}}{f_{yk}} \geq 1,4$$

, dove:

$$f_{yk} =$$

640,0 MPa – tensione di snervamento minima del bullone

Resistenza a rottura conica del calcestruzzo dell'ancoraggio a trazione (EN1992-4 - Cl. 7.2.1.4)

La verifica viene eseguita per un gruppo di ancoraggi che formano i coni di rottura a trazione comuni: A1

$$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} = 35,1 \text{ kN} \geq N_{Ed,g} = 4,9 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{M,N} = 63,2 \text{ kN}$$

Dove:

$$N_{Ed,g} = 4,9 \text{ kN} \quad \text{– somma delle forze di trazione degli ancoraggi con area del cono di rottura del calcestruzzo comune}$$

$$N_{Rk,c}^0 = 44,4 \text{ kN} \quad \text{– resistenza caratteristica di un fissaggio a distanza dagli effetti dei fissaggi e bordi adiacenti dell'elemento in calcestruzzo}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_c} \cdot h_{ef}^{1,5}$$

, dove:

$$k_1 =$$

7,70 – parametro che tiene conto del tipo di ancoraggio e della condizione del calcestruzzo

$$f_c =$$

25,0 MPa – resistenza a compressione del calcestruzzo

$$h_{ef} = \min(h_{emb}, \max(\frac{c_{a,max}}{1,5}, \frac{s_{max}}{3})) =$$

110 mm – profondità dell'ancoraggio, dove:

$$h_{emb} =$$

110 mm – lunghezza dell'ancoraggio incorporata nel calcestruzzo

$$c_{a,max} =$$

345 mm – distanza massima dall'ancoraggio a uno dei tre bordi più vicini

$$s_{max} =$$

140 mm – spaziatura massima tra ancoraggi

$$A_{c,N} = 108900 \text{ mm}^2 \quad \text{– area del cono di rottura del calcestruzzo per gruppo di ancoraggi}$$

$$A_{c,N}^0 = 108900 \text{ mm}^2 \quad \text{– area del cono di rottura di calcestruzzo per ancoraggio singolo non influenzato dai bordi}$$

$$A_{c,N}^0 = (3 \cdot h_{ef})^2$$

, dove:

$$h_{ef} =$$

110 mm – profondità dell'ancoraggio

$$\psi_{s,N} = 1,00 \quad \text{– parametro relativo alla distribuzione delle tensioni nel calcestruzzo a causa della vicinanza del fissaggio a un bordo dell'elemento in calcestruzzo:}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{1,5 \cdot h_{ef}} \leq 1$$

, dove:

$$c =$$

335 mm – distanza minima dall'ancoraggio al bordo

$$h_{ef} =$$

110 mm – profondità dell'ancoraggio

$$\psi_{re,N} = 1,00 \quad \text{– parametro che tiene conto del fenomeno dello spalling del guscio:}$$

$$\psi_{re,N} = 0,5 + \frac{h_{emb}}{200} \leq 1$$

, dove:

$$h_{emb} =$$

110 mm – lunghezza dell'ancoraggio incorporata nel calcestruzzo

$$\psi_{ec,N} = 1,00 \quad \text{– fattore di modifica per gruppi di ancoraggi caricati eccentricamente a trazione:}$$

$$\psi_{ec,N} = \psi_{ecx,N} \cdot \psi_{ecy,N}$$

, dove:

$$\psi_{ecx,N} = \frac{1}{1 + \frac{e_{x,N}}{3 \cdot h_{ef}}} =$$

1,00 – fattore di modifica che dipende dall'eccentricità nella direzione x

$$e_{x,N} =$$

0 mm – eccentricità del carico a trazione nella direzione x

$$\psi_{e_{y,N}} = \frac{1}{1 + \frac{e_{y,N}}{3 \cdot h_{ef}}} =$$

1,00 – fattore di modifica che dipende dall'eccentricità nella direzione y

$$e_{y,N} =$$

0 mm – eccentricità del carico a trazione nella direzione y

$$h_{ef} =$$

110 mm – profondità dell'ancoraggio

$$\psi_{M,N} = 1,89$$

– parametro che tiene conto dell'effetto di una forza di compressione tra il dispositivo di fissaggio e il calcestruzzo; questo parametro è uguale a 1 se $c < 1.5h_{ef}$ o il rapporto tra la forza di compressione (inclusa la compressione dovuta alla flessione) e la somma delle forze di trazione negli ancoraggi è inferiore a 0.8

$$\psi_{M,N} = 2 - \frac{2z}{3 \cdot h_{ef}} \geq 1$$

, dove:

$$z =$$

18 mm – braccio della leva interno

$$h_{ef} =$$

2 mm – profondità dell'ancoraggio

$$\gamma_{Mc} = 1,80 \quad \text{– coefficiente di sicurezza per calcestruzzo}$$

Resistenza a taglio (EN1992-4 - Cl.7.2.2.3.1)

$$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 50,2 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 0,2 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 = 62,8 \text{ kN}$$

Dove:

$$k_7 = 1,00 \quad \text{– coefficiente di duttilità dell'acciaio dell'ancoraggio}$$

$$k_7 = \begin{cases} 0,8, & A < 0,08 \\ 1,0, & A \geq 0,08 \end{cases}$$

, dove:

$$A =$$

0,12 – allungamento della classe del bullone al rottura

$$V_{Rk,s}^0 = 62,8 \text{ kN} \quad \text{– la resistenza caratteristica a taglio}$$

$$V_{Rk,s}^0 = k_6 \cdot A_s \cdot f_{uk}$$

, dove:

$$k_6 =$$

0,50 – coefficiente per resistenza all'ancoraggio a taglio

$$A_s =$$

157 mm² – area soggetta alla trazione

$$f_{uk} =$$

800,0 MPa – resistenza alla rottura specificata dell'acciaio dell'ancoraggio

$$\gamma_{Ms} = 1,25 \quad \text{– coefficiente di sicurezza per acciaio}$$

Resistenza a pryout del calcestruzzo (EN1992-4 - Cl. 7.2.2.4)

La verifica viene eseguita per un gruppo di ancoraggi sulla piastra di base comune

$$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}} = 84,3 \text{ kN} \geq V_{Ed,g} = 0,0 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} = 126,5 \text{ kN}$$

Dove:

$$k_8 = 2,00 \quad \text{– fattore che tiene conto della profondità di infissione del fissaggio}$$

$$N_{Rk,c} = 63,3 \text{ kN} \quad - \text{resistenza caratteristica del cono di calcestruzzo per un singolo fissaggio o per un fissaggio in un gruppo}$$

$$\gamma_{Mc} = 1,50 \quad - \text{coefficiente di sicurezza per calcestruzzo}$$

Interazione delle forze di trazione e taglio nell'acciaio (EN 1992-4 - Table 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}}\right)^2 = 0,00 \leq 1,0$$

Dove:

$$N_{Ed} = 2,5 \text{ kN} \quad - \text{forza di trazione di progetto}$$

$$N_{Rd,s} = 71,2 \text{ kN} \quad - \text{resistenza alla trazione del fissaggio}$$

$$V_{Ed} = 0,0 \text{ kN} \quad - \text{sforzo di taglio di progetto}$$

$$V_{Rd,s} = 50,2 \text{ kN} \quad - \text{resistenza al taglio del fissaggio}$$

Interazione delle forze di trazione e taglio nel calcestruzzo (EN 1992-4 - Table 7.3)

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}}\right)^{1,5} + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,t}}\right)^{1,5} = 0,05 \leq 1,0$$

Dove:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,t}} \quad - \text{il valore di utilizzo pi\`u grande per le modalit\`a di rottura per trazione}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,t}} \quad - \text{il valore di utilizzo pi\`u grande per le modalit\`a di rottura per taglio}$$

$$\frac{N_{Ed,c}}{N_{Rd,c}} = 14\% \quad - \text{rottura del cono di calcestruzzo dell'ancoraggio a trazione}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,p}} = 0\% \quad - \text{rottura a pullout del calcestruzzo}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,cb}} = 0\% \quad - \text{rottura a blowout del calcestruzzo}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = 0\% \quad - \text{rottura del bordo del calcestruzzo}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,cb}} = 0\% \quad - \text{rottura a pryout del calcestruzzo}$$

Saldature:**Verifica della resistenza della saldatura (EN 1993-1-8 4.5.3.2)**

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404,7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 26,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9f_u / \gamma_{M2} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 9,0 \text{ MPa}$$

dove:

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad - \text{Resistenza Ultima}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad - \text{fattore di correlazione appropriato tratto dalla Tabella 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad - \text{Coefficiente di sicurezza}$$

Utilizzo tensione

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 6,5 \%$$

Verifica della resistenza della saldatura (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404,7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 25,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9f_u / \gamma_{M2} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 14,6 \text{ MPa}$$

dove:

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad - \text{ Resistenza Ultima}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad - \text{ fattore di correlazione appropriato tratto dalla Tabella 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad - \text{ Coefficiente di sicurezza}$$

Utilizzo tensione

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 6,3 \quad \%$$

Blocco di calcestruzzo

Verifica resistenza a compressione del blocco di calcestruzzo (EN 1993-1-8 6.2.5)

$$\sigma = \frac{N}{A_{eff}} = 2,1 \text{ MPa}$$

$$F_{jd} = \alpha_{cc} \beta_j k_j f_{ck} / \gamma_c = 33,5 \text{ MPa}$$

dove:

$$N = 15,1 \text{ kN} \quad - \text{ Forza normale di progetto}$$

$$A_{eff} = 7240 \text{ mm}^2 \quad - \text{ Area utile su cui la forza N del pilastro è distribuita}$$

$$\alpha_{cc} = 1,00 \quad - \text{ Effetti a lungo termine su Fcd}$$

$$\beta_j = 0,67 \quad - \text{ Coefficiente unione } \beta_j$$

$$k_j = 3,00 \quad - \text{ Fattore di Concentrazione}$$

$$f_{ck} = 25,0 \text{ MPa} \quad - \text{ Resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo}$$

$$\gamma_c = 1,50 \quad - \text{ Coefficiente di sicurezza}$$

Utilizzo tensione

$$U_t = \frac{\sigma}{F_{jd}} = 6,2 \quad \%$$

Taglio nel piano di contatto

Carichi	V_y [kN]	V_z [kN]	$V_{Rd,y}$ [kN]	$V_{Rd,z}$ [kN]	$V_{c,Rd}$ [kN]	Ut [%]	Stato
SLU	-0,3	-0,3	3,8	3,8	0,0	10,8	OK

Verifica della resistenza a taglio della piastra di base (EN 1993-1-8 - 6.2.2)

$$V_{Rd,y} = NC_f = 3,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,z} = NC_f = 3,8 \text{ kN}$$

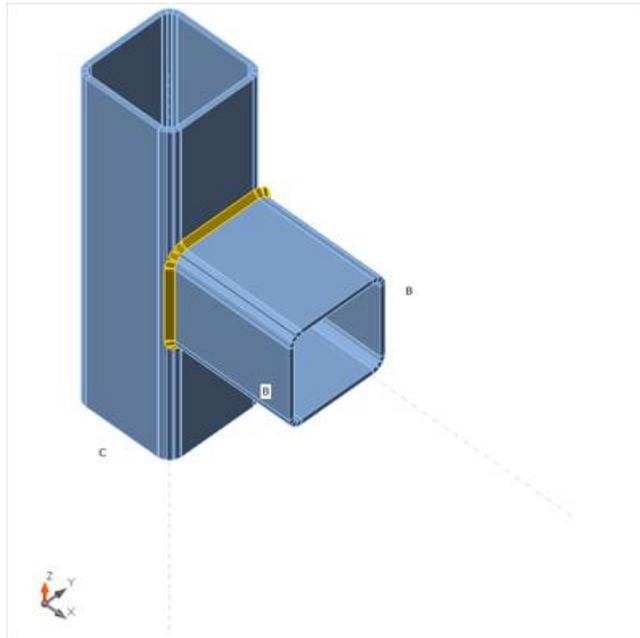
dove:

$$N = 15,1 \text{ kN} \quad - \text{ Forza normale di progetto}$$

$$C_f = 0,25 \quad - \text{ Coefficiente di attrito}$$

Utilizzo a taglio

$$U_t = \max\left(\frac{\sqrt{V_y^2 + V_z^2}}{V_{Rd,y}}, \frac{\sqrt{V_y^2 + V_z^2}}{V_{Rd,z}}\right) = 10,8 \quad \%$$

Colonna Asta 31 Trave 103 Nodo 34**Verifica della resistenza della saldatura (EN 1993-1-8 4.5.3.2)**

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404,7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 92,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9f_u / \gamma_{M2} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 30,5 \text{ MPa}$$

dove:

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Resistenza Ultima}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– fattore di correlazione appropriato tratto dalla Tabella 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Coefficiente di sicurezza}$$

Utilizzo tensione

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 22,8 \text{ \%}$$

Verifica della resistenza della saldatura (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404,7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 79,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9f_u / \gamma_{M2} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 56,4 \text{ MPa}$$

dove:

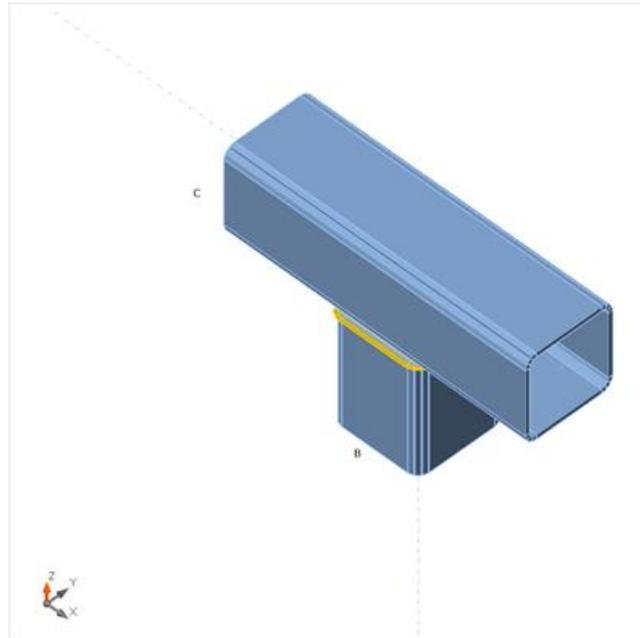
$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Resistenza Ultima}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– fattore di correlazione appropriato tratto dalla Tabella 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Coefficiente di sicurezza}$$

Utilizzo tensione

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 19,7 \text{ \%}$$

Colonna Asta 32 Trave 162 Nodo 82**Verifica della resistenza della saldatura (EN 1993-1-8 4.5.3.2)**

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404,7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 216,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9f_u / \gamma_{M2} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 6,0 \text{ MPa}$$

dove:

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Resistenza Ultima}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– fattore di correlazione appropriato tratto dalla Tabella 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Coefficiente di sicurezza}$$

Utilizzo tensione

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 53,5 \%$$

Verifica della resistenza della saldatura (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404,7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 188,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9f_u / \gamma_{M2} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 99,8 \text{ MPa}$$

dove:

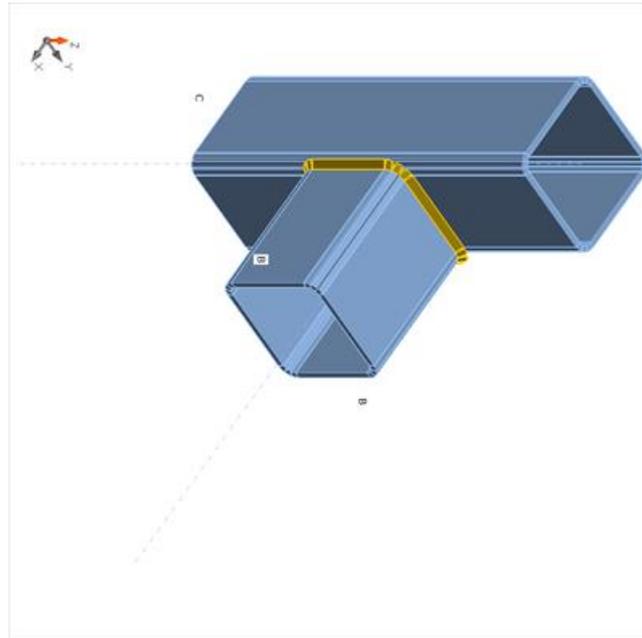
$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Resistenza Ultima}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– fattore di correlazione appropriato tratto dalla Tabella 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Coefficiente di sicurezza}$$

Utilizzo tensione

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 46,4 \%$$

Trave Asta 164 Trave 149 Nodo 80**Verifica della resistenza della saldatura (EN 1993-1-8 4.5.3.2)**

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404,7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 113,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9f_u / \gamma_{M2} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 36,1 \text{ MPa}$$

dove:

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Resistenza Ultima}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– fattore di correlazione appropriato tratto dalla Tabella 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Coefficiente di sicurezza}$$

Utilizzo tensione

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 28,0 \%$$

Verifica della resistenza della saldatura (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404,7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 97,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9f_u / \gamma_{M2} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 69,3 \text{ MPa}$$

dove:

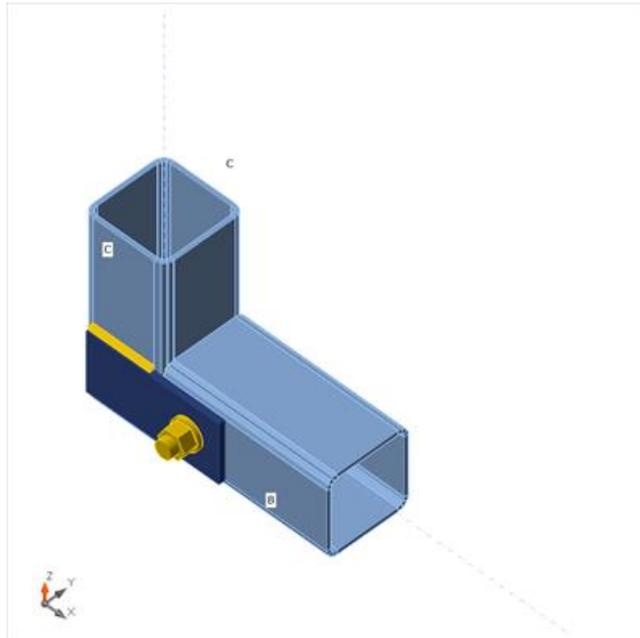
$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad \text{– Resistenza Ultima}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad \text{– fattore di correlazione appropriato tratto dalla Tabella 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Coefficiente di sicurezza}$$

Utilizzo tensione

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 24,1 \%$$

Colonna Asta 44 Trave 151 Nodo 77**Verifica di resistenza a trazione (EN 1993-1-8 scheda 3.4)**

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 90,4 \text{ kN} \geq F_t = 0,0 \text{ kN}$$

dove:

- $k_2 = 0,90$ – Fattore
- $f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$ – Resistenza ultima alla trazione del bullone
- $A_s = 157 \text{ mm}^2$ – Area soggetta alla trazione del bullone
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Coefficiente di sicurezza

Verifica a punzonamento (EN 1993-1-8 scheda 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 64,8 \text{ kN} \geq F_t = 0,0 \text{ kN}$$

dove:

- $d_m = 25 \text{ mm}$ – La media delle dimensioni dei punti sopra e la parte piatta della testa del bullone o del dado, il minore dei due
- $t_p = 4 \text{ mm}$ – Spessore
- $f_u = 430,0 \text{ MPa}$ – Resistenza Ultima
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Coefficiente di sicurezza

Verifica della resistenza a taglio (EN 1993-1-8 scheda 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 60,3 \text{ kN} \geq V = 0,2 \text{ kN}$$

dove:

- $\beta_p = 1,00$ – Fattore di riduzione
- $\alpha_v = 0,60$ – Fattore di riduzione
- $f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$ – Resistenza ultima alla trazione del bullone
- $A = 157 \text{ mm}^2$ – Area soggetta alla trazione del bullone

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad - \text{Coefficiente di sicurezza}$$

Verifica della Resistenza di progetto (EN 1993-1-8 scheda 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 31,6 \text{ kN} \geq V = 0,2 \text{ kN}$$

dove:

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,50 \quad - \text{Fattore per distanza dal bordo e spaziatura tra i bulloni perpendicolare alla direzione del trasferimento del carico}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = 0,57 \quad - \text{Fattore per la distanza dall'estremità e la distanza dei bulloni in direzione del trasferimento del carico}$$

$$e_2 = 30 \text{ mm} \quad - \text{Distanza dal bordo della piastra perpendicolare alla forza di taglio}$$

$$p_2 = \infty \text{ mm} \quad - \text{Distanza tra i bulloni perpendicolare alla forza di taglio}$$

$$d_0 = 18 \text{ mm} \quad - \text{Diametro del foro del bullone}$$

$$e_1 = 31 \text{ mm} \quad - \text{Distanza dal bordo della piastra nella direzione della forza di taglio}$$

$$p_1 = \infty \text{ mm} \quad - \text{Distanza tra i bulloni nella direzione della forza di taglio}$$

$$f_{ub} = 800,0 \text{ MPa} \quad - \text{Resistenza ultima alla trazione del bullone}$$

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad - \text{Resistenza Ultima}$$

$$d = 16 \text{ mm} \quad - \text{Diametro nominale del fissaggio}$$

$$t = 4 \text{ mm} \quad - \text{Spessore della piastra}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad - \text{Coefficiente di sicurezza}$$

Interazione di trazione e taglio (EN 1993-1-8 scheda 3.4)

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = 0,3 \%$$

Utilizzo in trazione

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 0,0 \%$$

Utilizzo a taglio

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 0,5 \%$$

Verifica della resistenza della saldatura (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404,7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} = 26,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 309,6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 2,7 \text{ MPa}$$

dove:

$$f_u = 430,0 \text{ MPa} \quad - \text{Resistenza Ultima}$$

$$\beta_w = 0,85 \quad - \text{fattore di correlazione appropriato tratto dalla Tabella 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad - \text{Coefficiente di sicurezza}$$

Utilizzo tensione

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 6,6 \%$$

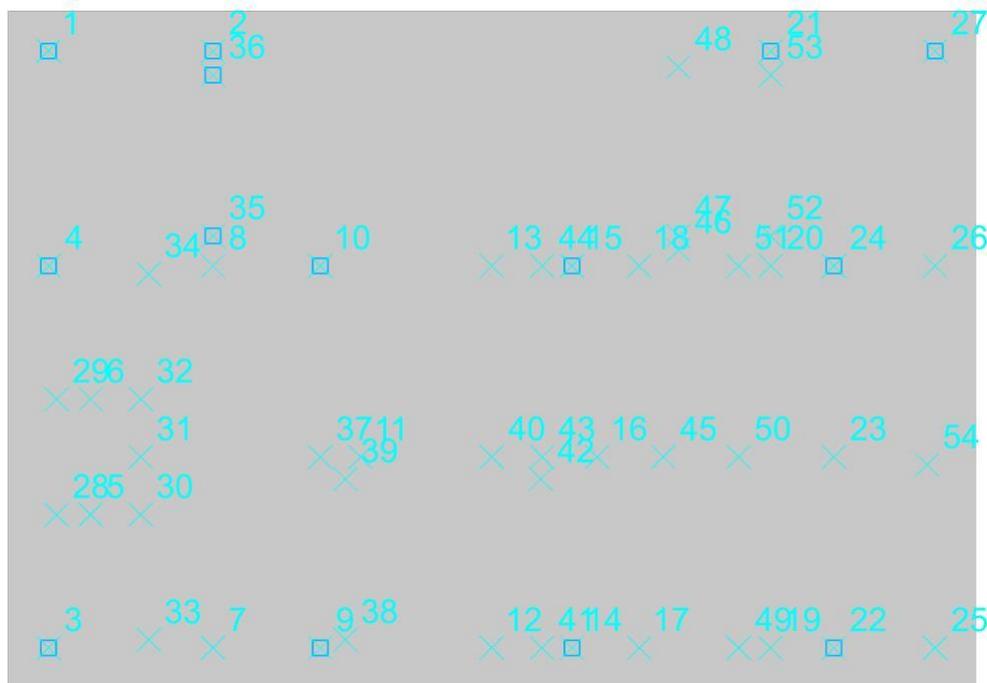
10.2. Verifiche delle strutture di fondazione

Di seguito è riportata la verifica della platea di nuova realizzazione, avente sp. 20 cm e doppia armatura Ø12 passo 20 cm. Le verifiche strutturali delle fondazioni sono state condotte in campo sostanzialmente elastico a comportamento non dissipativo come espressamente richiesto dalle NTC2018.

Platea a "+0.00"

Verifiche condotte secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.)

Geometria



Caratteristiche dei materiali

Acciaio: B450C Fyk 0.45

Calcestruzzo: C25/30 Rck 0

Sistema di riferimento e direzioni di armatura

Le coordinate citate nel seguito sono espresse in un sistema di riferimento cartesiano con origine in (-200; -120; 0), direzione dell'asse X = (10; 0; 0), direzione dell'asse Y = (0; 10; 0).

Le direzioni X/Y di armatura e le sezioni X/Y di verifica sono individuate dagli assi del sistema di riferimento.

Verifiche nei nodi

Verifiche SLU flessione nei nodi

Piastra di fondazione con comportamento non dissipativo pertanto la verifica a pressoflessione, per le combinazioni SLV, viene eseguita calcolando i momenti resistenti in campo sostanzialmente elastico secondo D.M. 17-01-2018 §7.4.1

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	Mu	Nu	c.s.	Verifica
26	X	500	200	196	45	196	45	SLV 2	-4311.1	0	-10283	0	2.3852	Si
11	X	500	200	196	45	196	45	SLV 2	4211.3	0	10283	0	2.4417	Si
4	Y	500	200	196	35	196	35	SLV 2	-4308.7	0	-10898.4	0	2.5294	Si
25	X	500	200	196	45	196	45	SLU 52	-5055.5	0	-12951.7	0	2.5619	Si
64	Y	500	200	196	35	196	35	SLU 53	4974.4	0	12798.3	0	2.5728	Si

Verifiche SLU taglio nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	A. st.	A. sag.	Comb.	Ved	N	Vrd	Vrdc	Vrsc	Vrscd	cotgθ	Asl	c.s.	Verifica
13	Y	700	200	275	35	275	35	0	0	SLU 52	54.65	0	57.06	57.06	0	252.89	2.5	274.9	1.0441	Si
2	Y	500	200	196	35	196	35	0	0	SLU 52	34.28	0	40.75	40.75	0	180.63	2.5	196.3	1.189	Si
11	Y	700	200	275	35	275	35	0	0	SLU 52	46.03	0	57.06	57.06	0	252.89	2.5	274.9	1.2396	Si
19	X	100 0	200	393	45	393	45	0	0	SLU 52	56.9	0	76.57	76.57	0	339.37	2.5	392.7	1.3457	Si
11	X	500	200	196	45	196	45	0	0	SLU 52	-27.47	0	38.28	38.28	0	169.68	2.5	196.3	1.3935	Si

Verifiche SLE tensione calcestruzzo nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	oc	σlim	Es/Ec	Verifica
25	X	500	200	196	45	196	45	SLE QP 2	-3037.8	0	-0.00087	0.01121	15	Si
64	Y	500	200	196	35	196	35	SLE QP 2	2892	0	-0.00081	0.01121	15	Si
11	X	500	200	196	45	196	45	SLE QP 2	2795.5	0	-0.0008	0.01121	15	Si
54	Y	700	200	275	35	275	35	SLE QP 2	3960.2	0	-0.00079	0.01121	15	Si
50	Y	821	200	322	35	322	35	SLE QP 2	4539.3	0	-0.00077	0.01121	15	Si

Verifiche SLE tensione acciaio nei nodi

Nodo	Dir.	B	H	A. sup.	C. sup.	A. inf.	C. inf.	Comb.	M	N	of	σlim	Es/Ec	Verifica
64	Y	500	200	196	35	196	35	SLE RA 8	3388.1	0	0.00922	0.36	15	Si
54	Y	700	200	275	35	275	35	SLE RA 8	4636	0	0.00901	0.36	15	Si
50	Y	821	200	322	35	322	35	SLE RA 8	5314	0	0.00881	0.36	15	Si
4	Y	500	200	196	35	196	35	SLE RA 7	-3148	0	0.00857	0.36	15	Si
9	Y	500	200	196	35	196	35	SLE RA 7	3031.9	0	0.00825	0.36	15	Si

Verifiche SLE fessurazione nei nodi

La piastra non presenta nodi con apertura delle fessure.

Verifiche punzonamento**Zone di punzonamento considerate**

Nome	Lato punzonante	Verticali inferiori	Verticali superiori
ZF3	Superiore		Colonna in acciaio tronco +0.00 - Piano 3 filo 3
ZF9	Superiore		Colonna in acciaio tronco +0.00 - Piano 3 filo 9
ZF14	Superiore		Colonna in acciaio tronco +0.00 - Piano 3 filo 14
ZF22	Superiore		Colonna in acciaio tronco +0.00 - Piano 3 filo 22
ZF4	Superiore		Colonna in acciaio tronco +0.00 - Piano 3 filo 4
ZF10	Superiore		Colonna in acciaio tronco +0.00 - Piano 3 filo 10
ZF15	Superiore		Colonna in acciaio tronco +0.00 - Piano 3 filo 15
ZF24	Superiore		Colonna in acciaio tronco +0.00 - Piano 3 filo 24
ZF35	Superiore		Colonna in acciaio tronco +0.00 - Piano 3 filo 35
ZF36	Superiore		Colonna in acciaio tronco +0.00 - Piano 3 filo 36
ZF1	Superiore		Colonna in acciaio tronco +0.00 - Piano 1 filo 1
ZF2	Superiore		Colonna in acciaio tronco +0.00 - Piano 1 filo 2
ZF21	Superiore		Colonna in acciaio tronco +0.00 - Piano 5 filo 21
ZF27	Superiore		Colonna in acciaio tronco +0.00 - Piano 5 filo 27

Verifiche punzonamento U0 SLU

Zona	Lato	Comb.	ved	vrd,max	d	U0	VEd	Peso	Suolo	β	M1	M2	W11	W12	β	c.s.	Verifica
ZF35	Sup.	SLU 55	-1934	2090	0.16	0.32	-8.49	0.04	0.17	(6.39)	0.0009	4.5251	0.0096	0.0096	11.66	1.0809	Si
ZF36	Sup.	SLU 54	-1900	2090	0.16	0.32	-6.39	0.04	0.13	(6.39)	0.0003	4.5451	0.0096	0.0096	15.23	1.1	Si
ZF24	Sup.	SLU 54	-1050	2090	0.16	0.32	-53.77	0.04	0.14	(6.39)	0.0002	-0.0001	0.0096	0.0096	1	1.9903	Si
ZF22	Sup.	SLU 52	-996	2090	0.16	0.32	-51	0.04	0.16	(6.39)	0.0001	-0.0001	0.0096	0.0096	1	2.0983	Si
ZF3	Sup.	SLU 52	-803	2090	0.16	0.32	-41.13	0.04	0.18	(6.39)	0.0001	0.0001	0.0096	0.0096	1	2.6019	Si

Verifiche punzonamento U1 SLU

Zona	Lato	Comb.	ved	vrd,c	d	Offset	U1	VEd	Peso	Suolo	β	M1	M2	W11	W12	β	c.s.	Verifica
ZF24	Sup.	SLU 54	167	561	0.16	0.243	1.834	-49.08	0.88	5.66	(6.39)	0.0002	-0.0001	0.3397	0.3397	1	3.3539	Si
ZF22	Sup.	SLU 52	168	610	0.16	0.223	1.713	-46.02	0.77	5.87	(6.39)	0.0001	-0.0001	0.2963	0.2963	1	3.6309	Si
ZF3	Sup.	SLU 52	143	668	0.16	0.204	1.592	-36.33	0.67	5.61	(6.39)	0.0001	0.0001	0.2559	0.2559	1	4.6819	Si
ZF4	Sup.	SLU 54	135	668	0.16	0.204	1.592	-34.37	0.67	4.6	(6.39)	0.0001	0.0001	0.2559	0.2559	1	4.9481	Si
ZF14	Sup.	SLU 52	141	738	0.16	0.184	1.471	-33.2	0.57	5.63	(6.39)	-0.0003	-0.0003	0.2185	0.2185	1	5.2307	Si

Verifiche geotecniche**Dati geometrici dell'impronta di calcolo**

Forma dell'impronta di calcolo: rettangolare di area equivalente

Centro impronta, nel sistema globale: 2210; 1580; -200

Lato minore B dell'impronta: 3400

Lato maggiore L dell'impronta: 4820

Area dell'impronta rettangolare di calcolo: 16388001.4

Verifica di scorrimento sul piano di posa

Coefficiente di sicurezza minimo per scorrimento 4.19

In alcune combinazioni l'angolo di attrito di progetto risulta penalizzato rispetto al valore statico (SLU 32, SLV 2)

Comb.	Fh	Fv	Cnd	Ad	Phi	RPI	γR	Rd	Ed	Rd/Ed	Verifica
SLU 32	4.89	-210.25	LT	0.000002	11	0	1.1	72.91	4.89	14.91	Si
SLV 2	21.06	-297.62	LT	0.000002	11	0	1.1	88.35	21.06	4.19	Si

Verifica di capacità portante sul piano di posa

Profondità massima del bulbo di rottura considerato: 2.3 m

Peso specifico efficace del terreno di progetto γs: 1700 daN/m3

Accelerazione normalizzata massima attesa al suolo Amax per verifiche in SLV: 0.03

Coefficiente di sicurezza minimo per portanza 1.89

ID	Comb.	Fx	Fy	Fz	Mx	My	ix	iy	ex	ey	B'	L'	Cnd	C	Phi	Qs	yR	Rd	Ed	Rd/Ed	Verifica
1	SLU 52	0	-4.89	-463.56	138348.1	-21686.2	0	-1	-47	298	2803	4726	LT	0.000006	17	0	2.3	876.16	463.56	1.89	Si
2	SLV 2	0	-21.06	-297.62	157460.1	-14249	0	-4	-48	529	2342	4724	LT	0.000006	17	0	2.3	597.44	297.62	2.01	Si

Verifiche geotecniche di capacità portante - fattori utilizzati nel calcolo di Rd

ID	N			S			D			I			B			G			P			E		
	Nq	Nc	Ng	Sq	Sc	Sg	Dq	Dc	Dg	Iq	Ic	Ig	Bq	Bc	Bg	Gq	Gc	Gg	Pq	Pc	Pg	Eq	Ec	Eg
1	5	12	4	1.18	1.23	0.76	1	1	1	0.99	0.98	0.98	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	5	12	4	1.15	1.19	0.8	1	1	1	0.91	0.89	0.86	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.96	0.99	0.96

Significato dei simboli utilizzati:

Le unità di misura elencate sono in [mm, kN, deg] ove non espressamente specificato.

Nodo: indice del nodo di verifica.**Dir.:** direzione della sezione di verifica.**B:** base della sezione rettangolare di verifica. [mm]**H:** altezza della sezione rettangolare di verifica. [mm]**A. sup.:** area barre armatura superiori. [mm²]**C. sup.:** distanza media delle barre superiori dal bordo superiore della sezione. [mm]**A. inf.:** area barre armatura inferiori. [mm²]**C. inf.:** distanza media delle barre inferiori dal bordo inferiore della sezione. [mm]**Comb.:** combinazione di verifica.**M:** momento flettente. [kN*mm]**N:** sforzo normale. [kN]**Mu:** momento flettente ultimo. [kN*mm]**Nu:** sforzo normale ultimo. [kN]**c.s.:** coefficiente di sicurezza.**Verifica:** stato di verifica.**A. st.:** area staffe su interasse. [mm]**A. sag.:** area sagomati su interasse. [mm]**Ved:** taglio agente. [kN]**Vrd:** taglio resistente. [kN]**Vrdd:** resistenza di calcolo a taglio per elementi privi di armature trasversali. [kN]**Vrds:** resistenza di calcolo a taglio trazione. [kN]**Vrdd:** resistenza di calcolo a taglio compressione. [kN]**cotgθ:** cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento.**Asl:** area longitudinale tesa nella combinazione di verifica di Ved. [mm²]**σc:** tensione nel calcestruzzo. [kN/mm²]**σlim:** tensione limite. [kN/mm²]**Es/Ec:** coefficiente di omogenizzazione.**σf:** tensione nell'acciaio d'armatura. [kN/mm²]**Comb.:** combinazione.**Fh:** componente orizzontale del carico. [kN]**Fv:** componente verticale del carico. [kN]**Cnd:** resistenza valutata a breve o lungo termine (BT - LT).**Ad:** adesione di progetto. [kN/mm²]**Phi:** angolo di attrito di progetto. [deg]**RPI:** resistenza passiva laterale unitaria di progetto. [kN/mm²]**yR:** coefficiente parziale sulla resistenza di progetto.**Rd:** resistenza alla traslazione di progetto. [kN]**Ed:** azione di progetto. [kN]**Rd/Ed:** coefficiente di sicurezza allo scorrimento.**ID:** indice della verifica di capacità portante.**Fx:** componente lungo x del carico. [kN]**Fy:** componente lungo y del carico. [kN]**Fz:** componente verticale del carico. [kN]**Mx:** componente lungo x del momento. [kN*mm]**My:** componente lungo y del momento. [kN*mm]**ix:** inclinazione del carico in x. [deg]**iy:** inclinazione del carico in y. [deg]**ex:** eccentricità del carico in x. [mm]**ey:** eccentricità del carico in y. [mm]**B':** larghezza efficace. [mm]**L':** lunghezza efficace. [mm]**C:** coesione di progetto. [kN/mm²]**Qs:** sovraccarico laterale da piano di posa. [kN/mm²]**Rd:** resistenza alla rottura del complesso di progetto. [kN]**Ed:** azione di progetto (sforzo normale al piano di posa). [kN]**Rd/Ed:** coefficiente di sicurezza alla capacità portante.**N:****Nq:** fattore di capacità portante per il termine di sovraccarico.**Nc:** fattore di capacità portante per il termine coesivo.**Ng:** fattore di capacità portante per il termine attritivo.**S:****Sq:** fattore correttivo di capacità portante per forma (shape), per il termine di sovraccarico.**Sc:** fattore correttivo di capacità portante per forma (shape), per il termine coesivo.**Sg:** fattore correttivo di capacità portante per forma (shape), per il termine attritivo.

- D:**
Dq: fattore correttivo di capacità portante per approfondimento (deep), per il termine di sovraccarico.
Dc: fattore correttivo di capacità portante per approfondimento (deep), per il termine coesivo.
Dg: fattore correttivo di capacità portante per approfondimento (deep), per il termine attritivo.
I:
Iq: fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del carico, per il termine di sovraccarico.
Ic: fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del carico, per il termine coesivo.
Ig: fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del carico, per il termine attritivo.
B:
Bq: fattore correttivo di capacità portante per inclinazione della base, per il termine di sovraccarico.
Bc: fattore correttivo di capacità portante per inclinazione della base, per il termine coesivo.
Bg: fattore correttivo di capacità portante per inclinazione della base, per il termine attritivo.
G:
Gq: fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del pendio, per il termine di sovraccarico.
Gc: fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del pendio, per il termine coesivo.
Gg: fattore correttivo di capacità portante per inclinazione del pendio, per il termine attritivo.
P:
Pq: fattore correttivo di capacità portante per punzonamento, per il termine di sovraccarico.
Pc: fattore correttivo di capacità portante per punzonamento, per il termine coesivo.
Pg: fattore correttivo di capacità portante per punzonamento, per il termine attritivo.
E:
Eq: fattore correttivo di capacità portante per sisma (earthquake), per il termine di sovraccarico.
Ec: fattore correttivo di capacità portante per sisma (earthquake), per il termine coesivo.
Eg: fattore correttivo di capacità portante per sisma (earthquake), per il termine attritivo.

Pressioni terreno in SLU

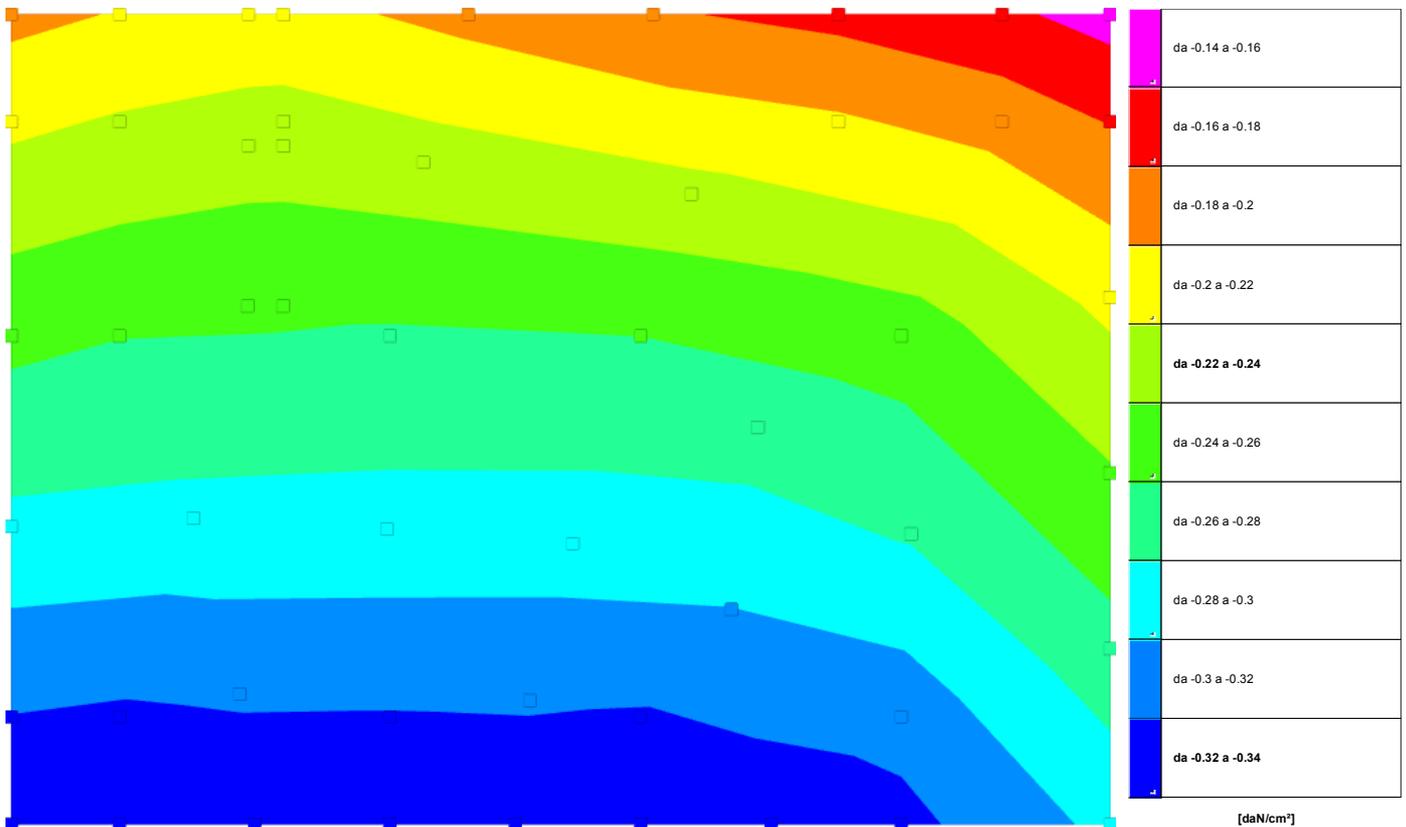


Figura 10.1 - Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglia SLU.

Nodo: Nodo che interagisce col terreno.

Ind.: indice del nodo.

Posizione: posizione spaziale del nodo.

X: componente X della coordinata del nodo. [cm]

Y: componente Y della coordinata del nodo. [cm]

Z: componente Z della coordinata del nodo. [cm]

Pressione minima: situazione in cui si verifica la pressione minima nel nodo.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione minima.

uz: spostamento massimo verticale del nodo. [cm]

Valore: pressione minima sul terreno del nodo. [daN/cm²]

Pressione massima: situazione in cui si verifica la pressione massima nel nodo.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione massima.

uz: spostamento minimo verticale del nodo. [cm]

Valore: pressione massima sul terreno del nodo. [daN/cm²]

Molla: comportamento elastoplastico del terreno sotto il nodo.

K verticale: coefficiente di sottofondo verticale del letto di molle. [daN/cm³]

Compressione estrema massima **0.3399** al nodo di indice 3 (inferiore al massimo consentito pari a 1,05 kg/cmq), di coordinate x = 0, y = -46, z = 0, nel contesto SLU 135.

Spostamento estremo minimo -0.1133 al nodo di indice 3, di coordinate x = 0, y = -46, z = 0, nel contesto SLU 135.

Spostamento estremo massimo -0.02504 al nodo di indice 67, di coordinate x = 496, y = 362, z = 0, nel contesto SLU 2.

Ind.	Nodo			Pressione minima			Pressione massima			Molla
	X	Y	Z	Cont.	uz	Valore	Cont.	uz	Valore	K verticale
11	-54	8	0	SLU 135	-0.10684	-0.32051	SLU 4	-0.04315	-0.12945	3
14	136	8	0	SLU 135	-0.10704	-0.32112	SLU 4	-0.04401	-0.13202	3

Nodo: nodo che interagisce col terreno.

Ind.: indice del nodo.

Posizione: posizione spaziale del nodo.

X: componente X della coordinata del nodo. [cm]

Y: componente Y della coordinata del nodo. [cm]

Z: componente Z della coordinata del nodo. [cm]

spostamento nodale massimo: situazione in cui si verifica lo spostamento massimo verticale nel nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento massimo con segno è quello con valore massimo lungo l'asse Z, dove valori positivi rappresentano spostamenti verso l'alto.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce lo spostamento.

uz: spostamento verticale del nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento è dotato di segno. [cm]

Press.: pressione sul terreno corrispondente allo spostamento. Valori positivi indicano trazione, valori negativi indicano compressione. [daN/cm²]

spostamento nodale minimo: situazione in cui si verifica lo spostamento minimo verticale del nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento minimo con segno è quello con valore minimo lungo l'asse Z, dove valori negativi rappresentano spostamenti verso il basso.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce lo spostamento.

uz: spostamento verticale del nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento è dotato di segno. [cm]

Press.: pressione sul terreno corrispondente allo spostamento. Valori positivi indicano trazione, valori negativi indicano compressione. [daN/cm²]

Cedimento elastico: cedimento teorico elastico massimo.

Cont.: nome breve della combinazione di carico in cui è stato calcolato il cedimento teorico elastico massimo.

v.: valore del cedimento teorico elastico massimo. [cm]

Cedimento edometrico: cedimento teorico edometrico massimo.

Cont.: nome breve della combinazione di carico in cui è stato calcolato il cedimento teorico edometrico massimo.

v.: valore del cedimento teorico edometrico massimo. [cm]

Cedimento di consolidazione: cedimento teorico di consolidazione massimo.

Cont.: nome breve della combinazione di carico in cui è stato calcolato il cedimento teorico di consolidazione massimo.

v.: valore del cedimento teorico di consolidazione massimo. [cm]

Spostamento estremo minimo -0.08007 al nodo di indice 3, di coordinate x = 0, y = -46, z = 0, nel contesto SLE rara 24.

Spostamento estremo massimo -0.02546 al nodo di indice 67, di coordinate x = 496, y = 362, z = 0, nel contesto SLE rara 2.

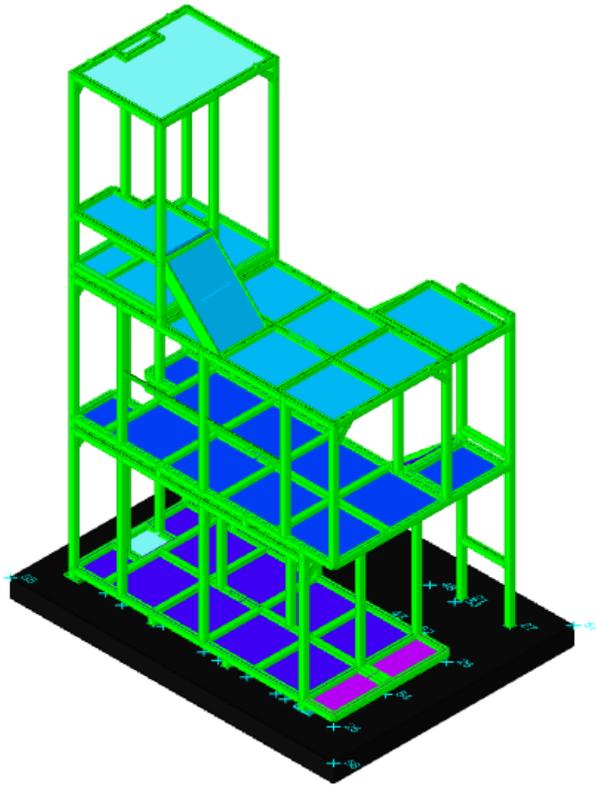
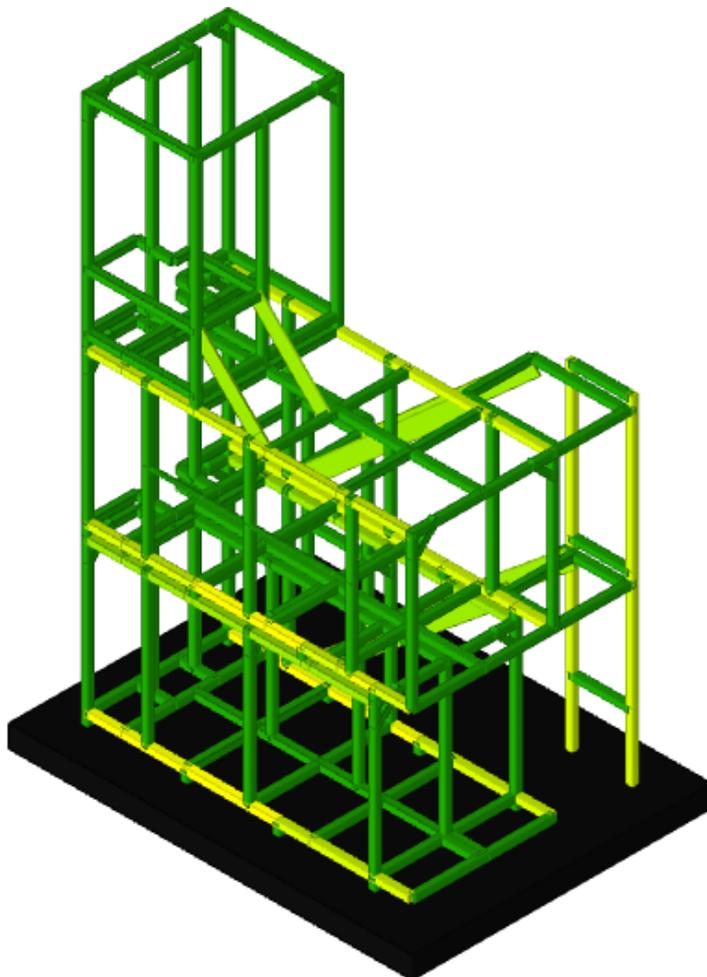


Figura 10.1 - Verifiche soddisfatte degli elementi.



	da 2 a 1.9
	da 1.9 a 1.8
	da 1.8 a 1.7
	da 1.7 a 1.6
	da 1.6 a 1.5
	da 1.5 a 1.4
	da 1.4 a 1.3
	da 1.3 a 1.2
	da 1.2 a 1.1
	da 1.1 a 1
	da 1 a 0.9
	da 0.9 a 0.8
	da 0.8 a 0.7
	da 0.7 a 0.6
	da 0.6 a 0.5
	da 0.5 a 0.4
	da 0.4 a 0.3
	da 0.3 a 0.2
	da 0.2 a 0.1
	da 0.1 a 0

Figura 10.2 - Sicurezza minima.

11. Conclusioni

Al fine di fornire un giudizio motivato di accettabilità dei risultati, come richiesto al §10.2 NTC2018, il sottoscritto progettista strutturale assevera di aver esaminato preliminarmente la documentazione a corredo del software SISMICAD e di ritenerlo affidabile ed idoneo per la progettazione della struttura in oggetto; e inoltre, di aver esaminato gli stati tensionali e deformativi e di ritenerli consistenti e coerenti con la schematizzazione e modellazione della struttura.

Il sottoscritto ritiene che i risultati riportati nel presente elaborato siano corretti e che il progetto strutturale sia conforme alle Leggi 1086/71 e 64/74, e al D.M. 17/01/2018 (Norme tecniche per le costruzioni). **Tutti i calcoli svolti nel rispetto della norma citata, soddisfano la condizione statica richiesta. Si attesta, pertanto, che la struttura risulta idonea allo scopo.**

Alla presente sono associati i seguenti elaborati:

Disegno di progetto:

Carpenteria:

- D-0-15945-A – Adds 1 3D;
- D-0-15944-A – Adds 2 3D;
- D-0-15943-A – Structural Base Anchors Draw 3D;
- D-0-15942-A – Structural Stairs 3D;
- D-0-15941-A – Structural Skid top 3D;
- D-0-15940-A – Structural Skid Middle 3D;
- D-0-15939-A – Structural Skid Bottom 3D;

Civile:

- 2021-190-CC001-A1;