



**NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE
CUP C11J05000030001**

**Chantier Opérationnel 04 – Cantiere Operativo 04
CIG ZC32971235**

**Travaux de construction de l'espace visiteurs et parcours panoramique provisoires –
Lavori di realizzazione dello spazio visitatori e percorso panoramico provvisori**

**Etude d'exécution – Progetto Esecutivo
Génie civil – Opere civili
Rapport de calcul pour les travaux d'élévation et de fondation –
Relazione di calcolo opere in elevazione e fondazione**

| Indice | Date/ Data | Modifications / Modifiche | Etabli par / Concepito da | Vérifié par / Controllato da | Autorisé par / Autorizzato da |
|--------|------------|--|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 0 | 02/11/2020 | Première diffusion / Prima emissione | M.MARELLI | M.MARELLI | A.POLLI |
| A | 13/11/2020 | Deuxième diffusion / Seconda emissione | M.MARELLI | M.MARELLI | A.POLLI |
| B | 18/11/2020 | Troisième diffusion / Terza emissione | M.MARELLI | M.MARELLI | A.POLLI |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------------------|---|---|---|------------------|---|-------------------|-----------------|---------------|------------------------------------|------------------|--|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 4 | 0 | 1 | 9 | 2 | 1 | 8 | 8 | 0 | F | A | 1 | 5 | 0 | Z | E | R | E | S | T | 1 | 1 | 0 | 1 | B |
| Cantiere Operativo Chantier Opérationnel | | Contratto Contrat | | | | Opera Ouvrage | | Tratta Tronçon | Parte Partie | Fase Phase | Tipo documento Type de document | Oggetto Objet | Numero documento Numéro de document | | Indice | | | | | | | | | | |



| | |
|-------------------------|----------------|
| - | A P |
| Scala / Echelle | Stato / Statut |
| | |
| Indirizzo / Adresse GED | |

Il progettista / Le designer

L'appaltatore / L'entrepreneur

Il Direttore dei Lavori / Le Maître d'Oeuvre



SOMMAIRE / INDICE

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUZIONE..... | 5 |
| 2 | DESCRIZIONE DELL'OPERA..... | 6 |
| 2.1 | Moduli base | 7 |
| 2.2 | Moduli modificati..... | 7 |
| 2.3 | Fondazioni..... | 11 |
| 3 | NORMATIVE DI RIFERIMENTO | 13 |
| 4 | MATERIALI | 13 |
| 5 | GEOTECNICA..... | 13 |
| 6 | ANALISI DEI CARICHI | 14 |
| 6.1 | Peso proprio (DEAD) | 14 |
| 6.2 | Permanenti portati (PERM)..... | 14 |
| 6.3 | Variabili (VAR, VAR_COP, VAR_SBALZO) | 14 |
| 6.4 | Neve (NEVE, NEVE_SBALZO) | 15 |
| 6.5 | Vento (W+X, W-X, W+Y, W-Y) | 16 |
| 6.6 | Carico termico (TEMP+, TEMP-) | 16 |
| 6.7 | Sisma..... | 16 |
| 6.8 | Combinazioni dei carichi | 19 |
| 7 | CRITERI DI ANALISI E MODELLAZIONE | 21 |
| 7.1 | Verifiche elementi standard dei container..... | 21 |
| 7.1.1 | Solaio calpestabile..... | 21 |
| 7.1.2 | Solaio di copertura container | 21 |
| 7.2 | Pre-dimensionamento interventi | 22 |
| 7.2.1 | Rinforzo trave perimetrale..... | 22 |
| 7.2.2 | Rinforzo con trave UPN 300 a soffitto degli sbalzi..... | 23 |
| 7.2.3 | Reticolari dello sbalzo | 25 |
| 7.2.4 | Altri interventi..... | 28 |
| 7.3 | Modello di calcolo | 29 |
| 8 | RISULTATI..... | 37 |
| 8.1 | Sollecitazioni sugli elementi | 37 |
| 8.2 | Deformazioni..... | 38 |
| 8.3 | Analisi modale..... | 40 |
| 8.4 | Reazioni vincolari | 41 |
| 9 | VERIFICHE | 43 |
| 9.1 | Verifiche di resistenza | 43 |
| 9.1.1 | Resistenza a compressione | 43 |
| 9.1.2 | Resistenza a presso / tenso flessione retta | 43 |
| 9.1.3 | Resistenza a presso / tenso flessione deviata | 44 |
| 9.1.4 | Resistenza a taglio..... | 44 |
| 9.2 | Verifiche di stabilità | 45 |
| 9.2.1 | Stabilità a compressione | 45 |

| | | |
|-------|--|----|
| 9.2.2 | Stabilità a presso flessione retta e deviata | 46 |
| 9.3 | Verifiche elementi strutturali | 48 |
| 9.4 | Verifiche saldature blocchi d'angolo al piede..... | 50 |
| 9.5 | Verifiche piastre di base | 50 |
| 9.6 | Verifiche connessioni fra container | 51 |
| 9.6.1 | Connessioni verticali | 51 |
| 9.6.2 | Connessioni orizzontali..... | 52 |
| 9.6.3 | Connessioni reticolari..... | 52 |
| 10 | VERIFICA FONDAZIONI | 54 |
| 10.1 | Capacità portante..... | 54 |
| 10.2 | Verifica della capacità portante | 54 |
| 10.3 | Verifica strutturale della fondazione | 55 |

RESUME / RIASSUNTO

Le document indique les critères de dimensionnement et de calcul, les contraintes de conception, les contrôles de tous les éléments structurels.

Il documento riporta i criteri di dimensionamento e calcolo, le sollecitazioni di progetto, le verifiche di tutti gli elementi strutturali.

1 INTRODUZIONE

Lo spazio visitatori è un edificio temporaneo; sarà ubicato all'interno del cantiere della Maddalena nel comune di Chiomonte nell'area prospiciente all'imbocco della galleria Maddalena 1.

L'area di cantiere è situata ai piedi del versante in destra idrografica del Torrente Clarea, immediatamente a monte della sua confluenza nella Dora Riparia, al di sotto del viadotto "Clarea" dell'Autostrada A32 Torino-Bardonecchia.

In tale contesto è prevista la realizzazione dello Spazio Visitatori provvisorio, che dovrà accogliere i visitatori durante il periodo di attività del cantiere prima della realizzazione di una struttura definitiva. Il centro informativo si propone di spiegare ai visitatori quello che attiene alla realizzazione di una galleria, argomento tecnicamente complesso, che coinvolge diversi aspetti, dall'integrazione ambientale, al paesaggio, alla complessità delle tecnologie adottate per lo svolgimento dei lavori, partendo dalla storia e dal contesto in cui si opera.

La visita del cantiere attraverso lo spazio visitatori e il percorso di visita in cantiere, vuole essere una esperienza coinvolgente e comprensibile, in accordo con quanto già sviluppato da TELT, sia in Italia sia in Francia, con i "cantieri parlanti".

Lo Spazio Visitatori offre, oltre al percorso espositivo, attraverso grandi vetrate, alcune principali visuali sul cantiere, per poter partecipare ad importanti fasi di lavoro, e nello stesso tempo avere una vista sul territorio circostante.

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'edificio occupa un'area di circa 260 mq; si sviluppa su 3 livelli, serviti da due scale e da un ascensore.

L'edificio si caratterizza per essere realizzato utilizzando come elementi costruttivi base dei container standard ISO (Freight Shipping Container), di grandezze differenti, opportunamente modificati per consentire la fruibilità dell'edificio. Si presenta pertanto come un edificio che punta a sfruttare la modularità di elementi prefabbricati e già ideati per resistere a carichi verticali anche quando disposti su più livelli.

I moduli base dei container sono da 20 e 40 piedi (circa 6 e 12m); si prevedono inoltre alcuni moduli di lunghezza fuori standard (circa 7 e 9m). La larghezza dei singoli moduli è pari a circa 2.40m, secondo lo standard internazionale.

Di seguito l'elenco dei moduli previsti ai diversi livelli:

| | |
|---------------|--------------------|
| piano terra | 4 container da 6m |
| | 4 container da 9m |
| | 1 container da 12m |
| piano primo | 1 container da 6m |
| | 4 container da 9m |
| | 4 container da 12m |
| piano secondo | 1 container da 6m |
| | 1 container da 7m |
| | 1 container da 9m |
| | 4 container da 12m |

In copertura si prevede di realizzare, per un'estensione quasi pari alla totalità dell'edificio, una terrazza calpestabile; si prevede pertanto la posa di pianali di container a realizzare il piano di calpestio (4 pianali da 12m, 1 pianale da 9m, 1 pianale da 6m). La disposizione dei container si caratterizza principalmente per la presenza, al primo piano, di un aggetto di 6m, realizzato con 3 container da 12m disposti affiancati.

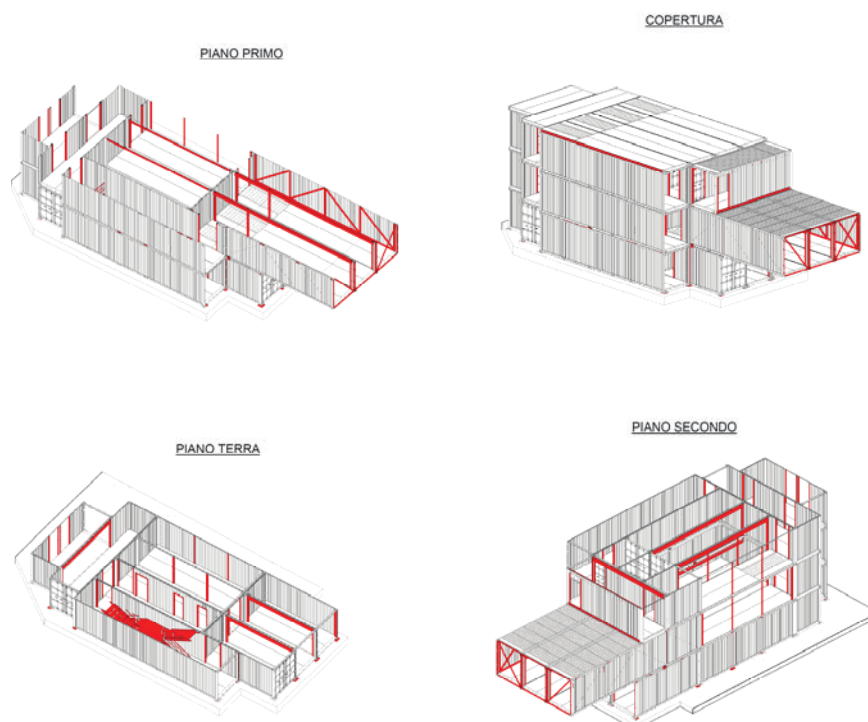


Figura 1 – Viste 3D dell'opera strutturale.

Sono inoltre presenti due manufatti a servizio dell'edificio, ovvero un vano scala ed un vano ascensore. Questi sono realizzati come corpi esterni completamente indipendenti dalle strutture dell'edificio.

I dimensionamenti, il progetto e la verifica degli elementi strutturali relativi sono illustrati nel documento:

| | | | | | | | | | |
|-----|---------|------|---|---|---|----|----|------|--|
| 040 | 1921881 | FA16 | 0 | Z | E | RE | ST | 1148 | Relazione di calcolo_Scala esterna e castelletto ascensore |
|-----|---------|------|---|---|---|----|----|------|--|

2.1 Moduli base

Il container standard è pensato per il trasporto di merci su lunghe distanze, su mezzi rotabili e su mercantili. Il carico massimo ammissibile per il singolo container è pari a circa 28 ton.

Strutturalmente sono principalmente costituiti da:

- un impalcato ordito sulla distanza minore (circa 2.40m di luce), realizzato con travi in profili pressopiegati, affiancate con un interasse di circa 30cm, a sostegno di un pavimento in legno da circa 3cm di spessore; sul perimetro sono presenti travi di bordo sempre in profili pressopiegati;
- pareti verticali in lamiera metallica grecata, di spessori variabili (2-3mm);
- pilastri negli angoli, anch'essi in profili metallici pressopiegati;
- una copertura in lamiera grecata, ordita sui 2.40m, con travi perimetrali realizzati con profili tubolari scatolari (50x50x3mm);
- una delle due pareti corte è realizzata con due ante apribili;
- 8 blocchi d'angolo in ciascuno degli spigoli del container; i blocchi d'angolo sono leggermente sporgenti rispetto al resto delle strutture.

Tutti gli elementi costitutivi del singolo container sono saldati fra loro. Il funzionamento del container è garantito dal comportamento 'a trave' delle pareti lunghe, che sostengono le travi di impalcato e la lamiera di copertura. Tutto il peso delle strutture e del contenuto del container viene scaricato nei 4 blocchi d'angolo inferiori. I container sono 'impilabili'; il carico viene trasmesso fra un livello e l'altro attraverso i blocchi d'angolo.

Tutti i container sono fra loro connessi per garantire spostamenti solidali e trasmissione di eventuali trazioni indotte da carichi eccentrici, come in corrispondenza degli sbalzi, o di carichi orizzontali (vento, sisma). La connessione, sia in orizzontale sia in verticale, è garantita con bullonature puntuali, che vengono descritte nel dettaglio in seguito.

2.2 Moduli modificati

Per realizzare l'edificio, i singoli moduli vengono localmente modificati per le esigenze architettoniche e compositive. Gli interventi principali consistono nella rimozione, totale o parziale, di elementi di parete per realizzare porte, passaggi, locali di dimensioni maggiori di un singolo container.

In assenza delle pareti laterali il sostegno dei carichi verticali e la loro trasmissione ai blocchi d'angolo non sono garantiti; si sono pertanto introdotti degli interventi in carpenteria metallica di rinforzo. Tali interventi sono da considerarsi come rinforzi locali alla struttura del singolo container e si ripetono in diverse situazioni all'interno dell'edificio.

In particolare, ove possibile, si è riproposto lo schema a trave tramite rinforzo delle travi inferiori esistenti, con saldatura di piatti in acciaio. I piatti di rinforzo devono stare nell'ingombro del singolo container, per evitare interferenze con i container affiancati;

pertanto gli interventi proposti consentono di coprire solo luci limitate (fino a 5-6m). Nel caso di luci importanti (9-12m) si sono introdotti punti di appoggio intermedi sui container sottostanti (prevedendo opportuni rinforzi di stabilizzazione della lamiera).

Anche per i container di piano terra, in corrispondenza di interruzioni delle pareti, si sono introdotti sostegni intermedi fra i blocchi di angolo. Tutti i bordi di lamiera in corrispondenza dei tagli sono rinforzati con profili scatolari saldati.

In alcune situazioni si hanno degli scarichi importanti (ad esempio pilastri in falso) a causa della configurazione architettonica. In questi casi, ove possibile, si sono introdotte travi a soffitto, ribassate, per il sostegno dei carichi provenienti dai container superiori.

Tutti gli interventi sopra descritti sono stati studiati in modo puntuale per ogni singolo container.

Infine, oltre agli interventi locali di rinforzo, sostegno e ripristino delle resistenze e rigidità dei diversi container, il tema strutturale principale dell'edificio è costituito dallo sbalzo presente al piano primo. Si hanno 3 container da 12metri, affiancati fra loro, con un appoggio in corrispondenza della loro mezzeria. I due container più esterni presentano la parete esterna completamente cieca, mentre le pareti interne sono rimosse; nel container centrale sono rimosse entrambe le pareti perimetrali. Il sostegno dello sbalzo è garantito dalle due pareti perimetrali, rinforzate tramite due reticolari a tutt'altezza, realizzate in tubolari metallici saldati alla lamiera; le due reticolari laterali perimetrali sostengono, in punta allo sbalzo, una ulteriore reticolare trasversale di facciata (di testa). La reticolare di testa consente il sostegno delle travi inferiori dei tre container, che così lavorano in semplice appoggio sulla luce dei 6 metri di sbalzo.

Di seguito si schematizza graficamente la porzione di edificio interessata dallo sbalzo.

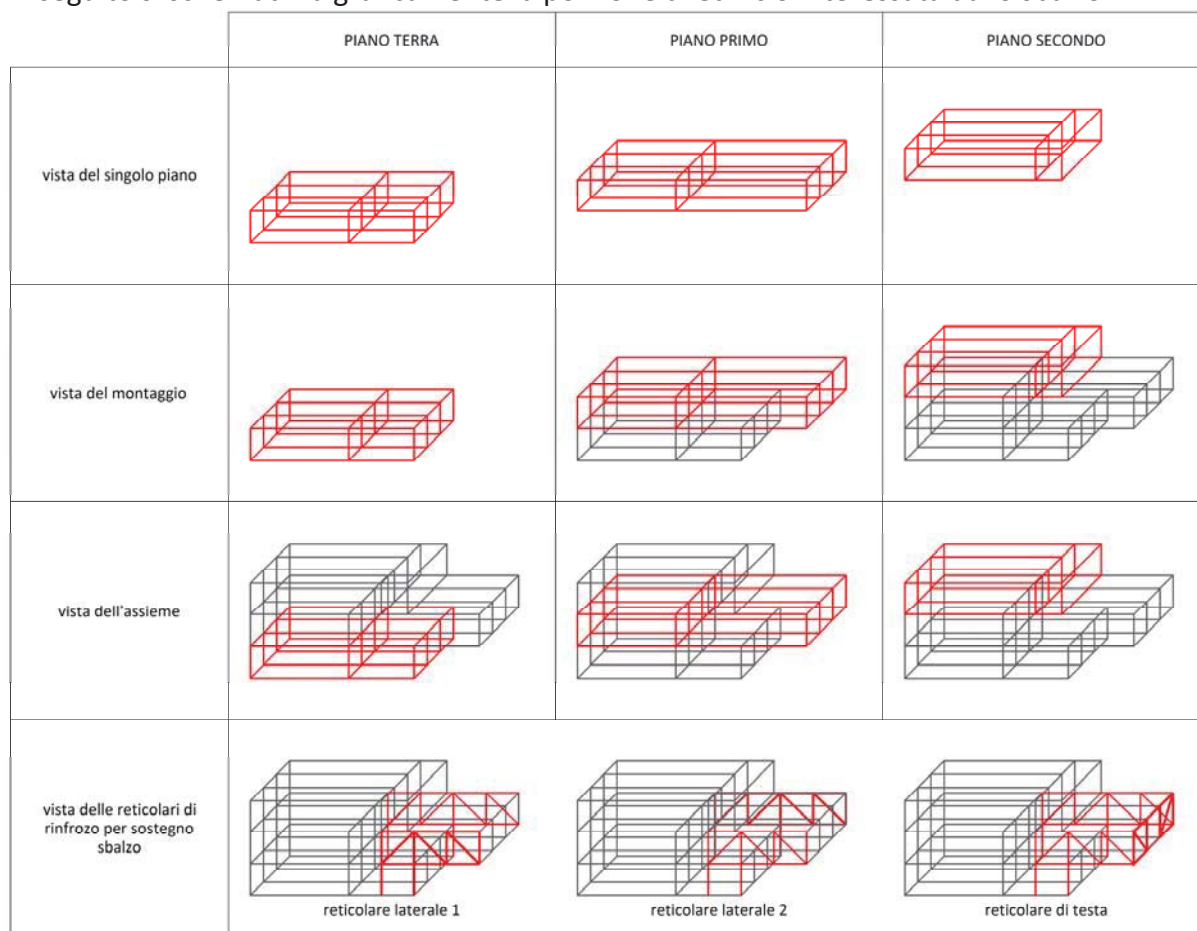


Figura 2 – Schemi grafici delle strutture dello sbalzo.

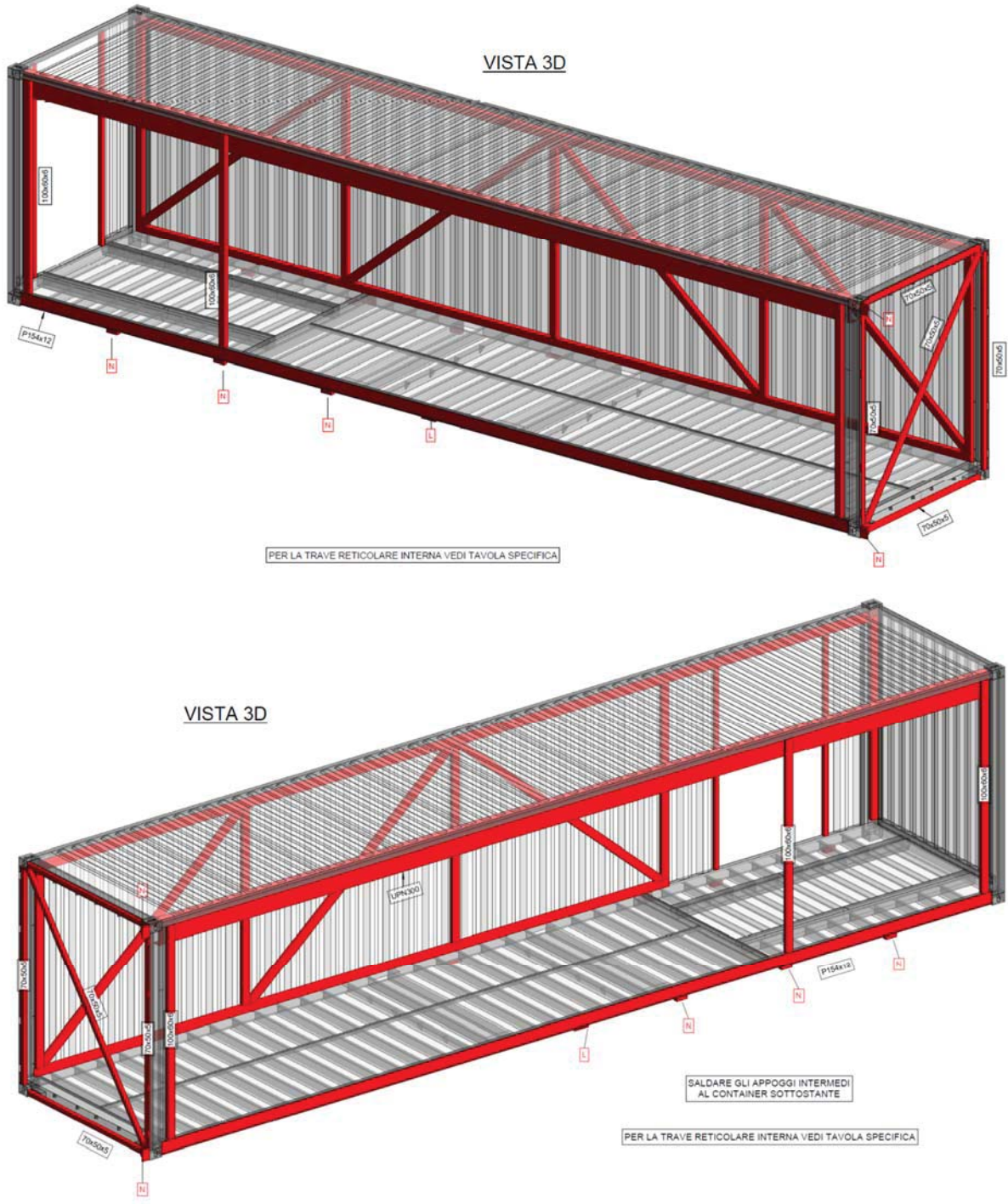


Figura 3 – Viste 3D dei container laterali dello sbalzo.

2.3 Fondazioni

L'edificio occupa un'area già adibita a cantiere. Su tutta l'area è stata realizzata una pavimentazione in calcestruzzo, di spessore medio pari a 20cm, armata con doppia rete e.s.

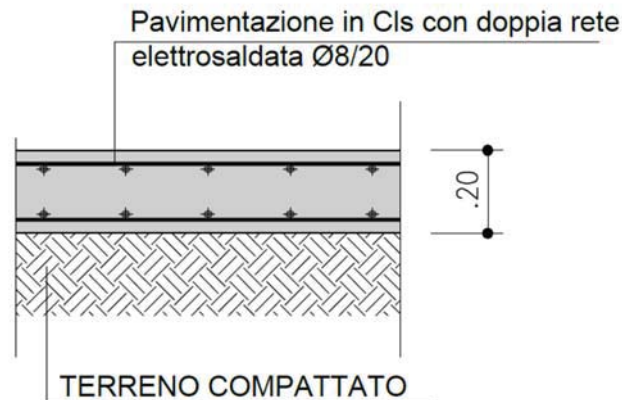


Figura 4 – Stralcio del dettaglio tipologico della pavimentazione esistente sull'area.

Il progetto prevede la realizzazione di un'ulteriore platea in calcestruzzo, da realizzare sopra l'esistente, avente spessore minimo pari a 25cm. Lo spessore sarà variabile perché la pavimentazione esistente non è perfettamente in piano, mentre la piastra di progetto dovrà esserlo.

La piastra di fondazione sarà armata con doppia rete e.s., e con armature integrative in corrispondenza degli scarichi dati dalle strutture. Si prevede inoltre di realizzare inghisaggi di collegamento dei due manufatti (platea esistente e platea di nuova realizzazione); per le verifiche di resistenza le due strutture rimangono indipendenti, gli inghisaggi garantiscono collaborazione (come zavorra) nei confronti delle azioni di trazione presenti al piede di alcuni elementi in certe combinazioni di carico.

Per realizzare la connessione fra la fondazione e l'edificio, si prevede di annegare nel getto delle piastre, opportunamente zancate, poste con la faccia superiore a file dell'estradosso fondazione. Gli appoggi puntuali delle strutture metalliche dell'edificio verranno saldati a tali piastre predisposte.

Questo dettaglio garantisce una tolleranza nei confronti di eventuali errori di posizionamento orizzontale delle piastre durante l'esecuzione dei getti; anche eventuali imprecisioni nella quota finale delle piastre (dovranno essere tutte perfettamente complanari), potranno essere compensate al momento della posa dei container tramite disposizione di opportuni spessoramenti millimetrici metallici.

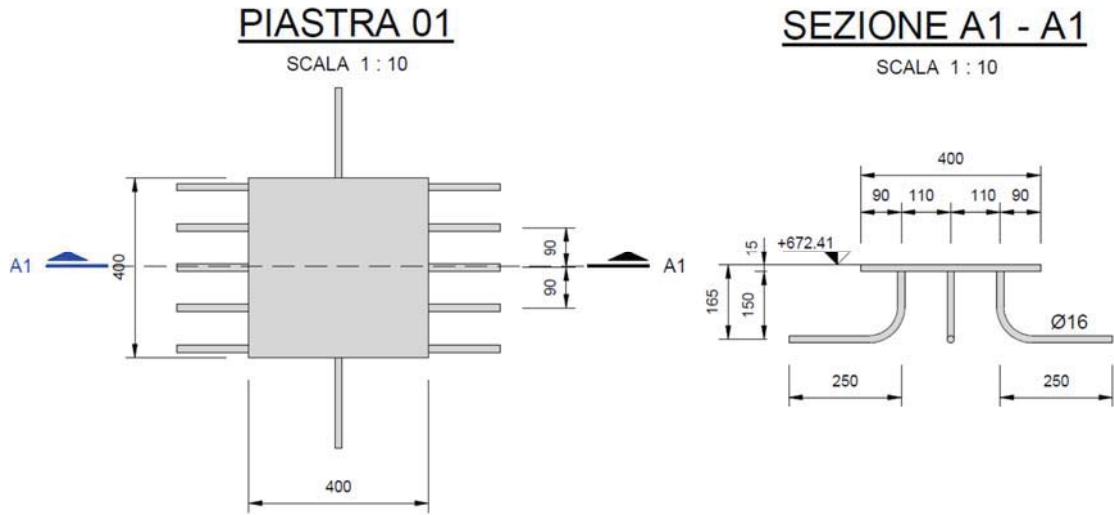


Figura 5 – Dettaglio tipologico della piastra annegata nel getto.

3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento per il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali è:

- D.M. 17-01-2018 Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”
- Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

4 MATERIALI

Interventi in carpenteria metallica sui container:

| | |
|----------------------|--------|
| acciaio | S355J2 |
| classe di esecuzione | EXC3 |

Calcestruzzo per platea di fondazione

| | |
|-----------------------|--------|
| classe | C35/45 |
| classe di esposizione | XD3 |
| copriferro netto | 50 mm |

La classe di calcestruzzo è determinata dalla possibile esposizione ai sali per il disgelo.

Acciaio d’armatura:

B450C

5 GEOTECNICA

Le caratteristiche geotecniche del terreno nell’area oggetto di costruzione dell’edificio sono espresse nella Relazione Geotecnica (elaborato 040_1921880_FA15_0_Z_E_RE_GE_0801).

Il terreno del sito è assimilabile all’unità geotecnica Ug2.

6 ANALISI DEI CARICHI

Fra parentesi si indica il nome dei casi di carico corrispondenti nel modello di calcolo.

6.1 Peso proprio (DEAD)

Il peso proprio delle strutture è tenuto in conto in modo automatico dal software di calcolo. Si è considerato un peso specifico dell'acciaio pari a 7850 kg/mc.

6.2 Permanenti portati (PERM)

In corrispondenza degli impalcati di piano si considera un sovraccarico permanente distribuito uniformemente pari a:

$$g_2 = 0.50 \text{ kN/mq}$$

Tale valore è comprensivo di:

$$\text{pannello in legno di bambù (3cm)} \quad 6.00\text{kN/mc} \cdot 0.03\text{m} = 0.18 \text{ kN/mq}$$

$$\text{impianti appesi e varie} \quad 0.30 \text{ kN/mq}$$

Non sono presenti tavolati divisorii non strutturali.

In corrispondenza delle vetrate sostitutive delle pareti eliminate si è considerato un sovraccarico lineare distribuito uniforme:

$$g_2 = 1.50 \text{ kN/m}$$

6.3 Variabili (VAR, VAR_COP, VAR_SBALZO)

Il sovraccarico accidentale considerato è pari a:

$$q = 2.00 \text{ kN/mq}$$

(Essendo lo Spazio Visitatori non aperto al pubblico, in quanto l'accesso ad esso avviene in modo controllato, conformemente a quanto indicato nella Tab.3.1.11 "Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni" delle NTC 2018 si assume il sovraccarico q_k afferente la Cat B1 (Uffici non aperti al pubblico) pari a 2,00 kN/mq)

Nel progetto il carico variabile è stato applicato in due casi separati:

- Carico variabile di piano
- Carico variabile di copertura

L'entità del carico è la medesima, ma l'applicazione è separata in diverse combinazioni di carico (illustrate nel seguito). VAR sono i carichi nei solai interni; VAR_COP sui pianali della copertura calpestabile; VAR_SBALZO carico nei soli solai dello sbalzo, per massimizzare gli effetti di sbilanciamento e considerare la condizione sfavorevole di presenza di persone nel solo locale dello sbalzo, con il resto dell'edificio completamente vuoto.

Si è effettuato un calcolo indicativo per la stima delle persone ammesse nei singoli locali (si indicano i principali spazi dell'edificio); l'identificativo è relativo al progetto architettonico:

CALCOLO INDICATIVO PERSONE AMMESSE NEI SINGOLI LOCALI

$$n^{\circ} \text{ di persone} / \text{mq} = 200[\text{kg}/\text{mq}] / 75[\text{kg}] = 2.67 \text{ pers.}/\text{mq}$$

| piano | spazio | identificativo | [mq] | persone |
|-------|-------------------------|----------------------|--------|------------|
| P.T. | SPOGLIATOIO VISITATORI | 07 | 42.07 | 112 |
| | FOYER+ DESK RECEPTION | 04+05 | 33.69 | 90 |
| 1°P. | SALA CONFERENZE | 16 | 63.81 | 170 |
| | SALA MULTIMEDIALE | 14 | 61.88 | 165 |
| | I CANTIERI TELT | 17 | 33.24 | 89 |
| | INTRODUZIONE+STORAGE | 13+15 | 20.87 | 56 |
| 2°P. | Percorso Espositivo 2°P | 19+20+21+22+23+24+25 | 110.89 | 296 |
| 3° P. | TERRAZZA | 26 | 81.12 | 216 |

In relazione alle considerazioni sopra espone in merito al sovraccarico accidentale e al numero di persone ammesse nei singoli locali, il documento 040_1921880_FA15_0_Z_E_RE_GC_701 "Piano di manutenzione delle opere strutturali" definisce, per ogni locale dello Spazio Visitatori, il sovraccarico massimo ammissibile e il numero massimo di persone che possono accedere.

6.4 Neve (NEVE, NEVE_SBALZO)

Zona: Alpina
 Altitudine: 700 m s.l.m.m.
 Carico caratteristico neve al suolo: 2.68 kN/mq
 Coefficiente di forma: $\mu_1 = 0.80$
 Carico di progetto: $q_N = 2.14$ kN/mq
 Il carico viene cautelativamente approssimato a:
 $q_{N,d} = 2.50$ kN/mq

Nel modello di carico si sono introdotti due casi di carico: neve in copertura (tutto l'edificio) e neve sullo sbalzo, per massimizzare gli effetti di sbilanciamento della struttura e considerare il caso in cui la terrazza praticabile, e pertanto accessibile, sia liberata dalla neve, a differenza della copertura dello sbalzo (inaccessibile).

Considerando la tipologia strutturale e la configurazione con uno sbalzo importante, si introduce, a maggior tutela e su richiesta della Committente, sulla copertura un sistema di serpentine atte a sciogliere la neve per evitare accumuli eccessivi. Qualora si verificassero comunque accumuli, si indicano nel piano di manutenzione le seguenti procedure da mettere in atto, concordate con la Committente: rimozione manuale della neve quando questa si accumuli oltre i 30cm (se l'edificio è in funzione con presenza di visitatori); rimozione manuale della neve con accumuli oltre i 50cm (se l'edificio non prevede la presenza di visitatori).

In relazione alle considerazioni sopra espone in merito al sovraccarico neve:

- il documento 040_1921880_FA15_0_Z_E_RE_GC_701 "Piano di manutenzione delle opere strutturali" definisce nel dettaglio le attività manutentive da effettuare in ordine alla rimozione manuale della neve, superati i prescritti spessore di 30 e 50cm;
- il documento 040_1921880_FA15_0_Z_E_RE_IM_701 "Piano di manutenzione delle opere impiantistiche" definisce nel dettaglio le attività di manutenzione dell'impianto di serpentine.

6.5 Vento (W+X, W-X, W+Y, W-Y)

| | |
|--------------------|----------------------------|
| Zona | 1 (Piemonte) |
| Rugosità | D (area priva di ostacoli) |
| Altitudine | 700 m s.l.m.m. |
| Cat. Esposizione | III |
| Altezza edificio | ~9.00 m |
| Pressione rif. | 391 N/mq |
| Coeff. Esposizione | 2.07 (massimo) |
| Coeff.forma | 0.80 (sopravento) |
| | 0.40 (sottovento) |

Pressioni di progetto:

| | |
|------|-------------------------|
| qw = | 0.65 kN/mq (sopravento) |
| | 0.33 kN/mq (sottovento) |

Il carico da vento è applicato sul modello come un carico distribuito lineare sugli elementi di bordo a quota pavimento e a quota copertura di ogni container perimetrale. L'area di influenza di ciascuna trave è stimata pari a:

$$i = 2.90/2 = 1.45 \text{ m}$$

Carichi di progetto:

| | |
|------|------------------------|
| qw = | 0.95 kN/m (sopravento) |
| | 0.48 kN/m (sottovento) |

Il vento è applicato separatamente nelle due direzioni principali, nei due versi per ogni direzione.

6.6 Carico termico (TEMP+, TEMP-)

Si è considerato un carico termico secondo Normativa; in particolare:

- Strutture esposte $\Delta T = \pm 25^\circ\text{C}$
- Strutture interne non esposte $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$

applicato come dilatazioni in tutte le membrature.

6.7 Sisma

Il sisma è stato considerato, in accordo alle NTC 2018, con analisi spettrali. Sono state eseguite analisi allo stato limite di vita (SLV) e allo stato limite di danneggiamento (SLD). Si è considerato anche il sisma verticale, in ossequio a quanto richiesto dalle NTC per strutture con sbalzi significativi.

I parametri considerati sono i seguenti:

| | |
|-----------------|---------|
| Cat.suolo | C |
| Vita Nominale | 10 anni |
| Classe uso | II |
| Coeff. Uso | 1.0 |
| Periodo di rif. | 35 anni |
| Latitudine | 45.128 |
| Longitudine | 6.989 |

| SLV | |
|-----|-------|
| F0 | 2.452 |
| ag | 0.117 |
| Tc | 0.260 |

| SLD | |
|-----|-------|
| F0 | 2.429 |
| ag | 0.043 |
| Tc | 0.213 |

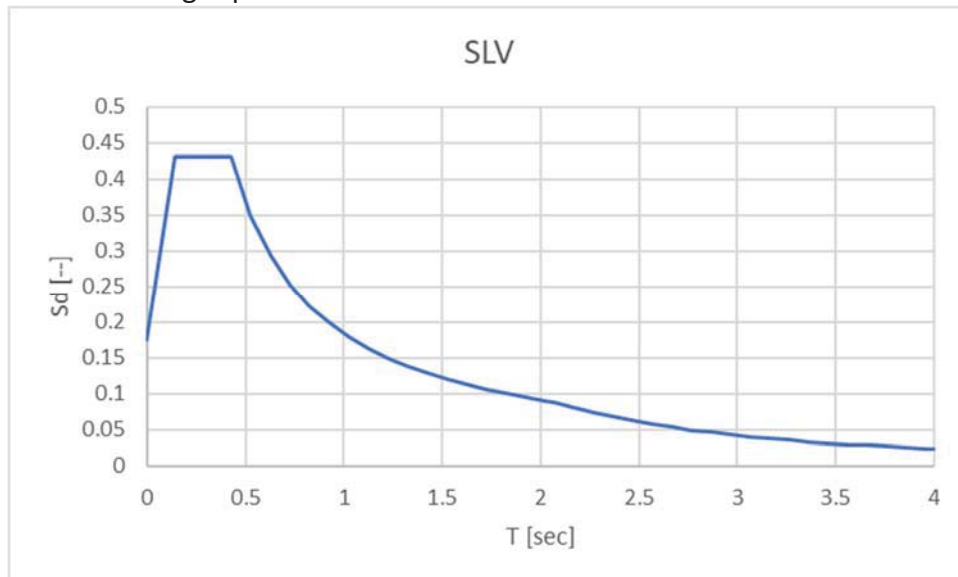
| SLV_V | |
|-------|-------|
| F0 | 2.452 |
| ag | 0.117 |
| Tc | 0.260 |

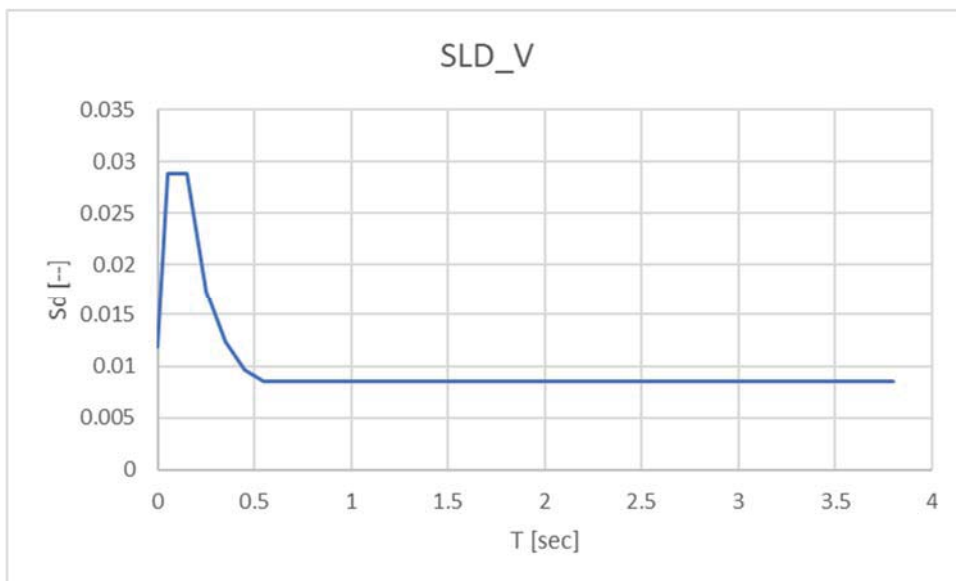
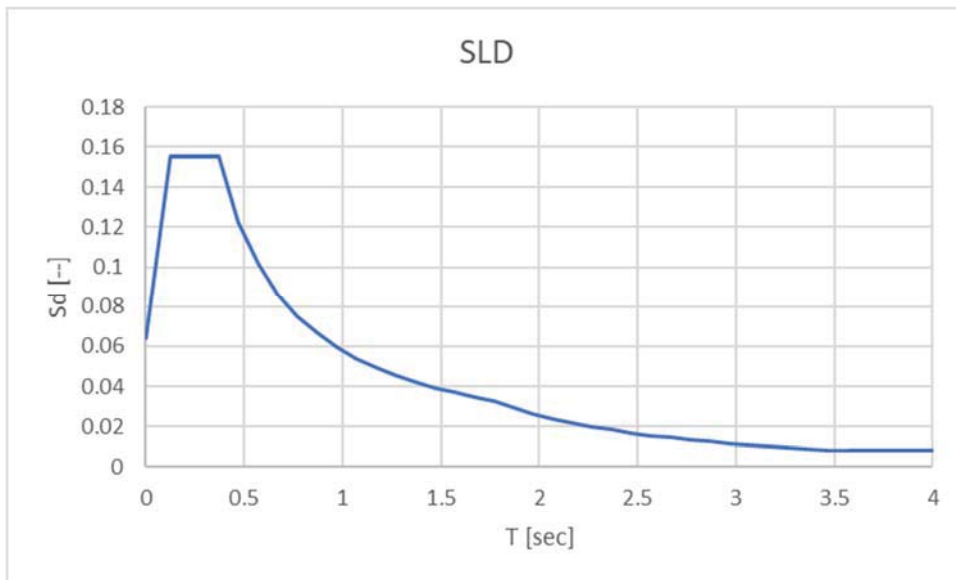
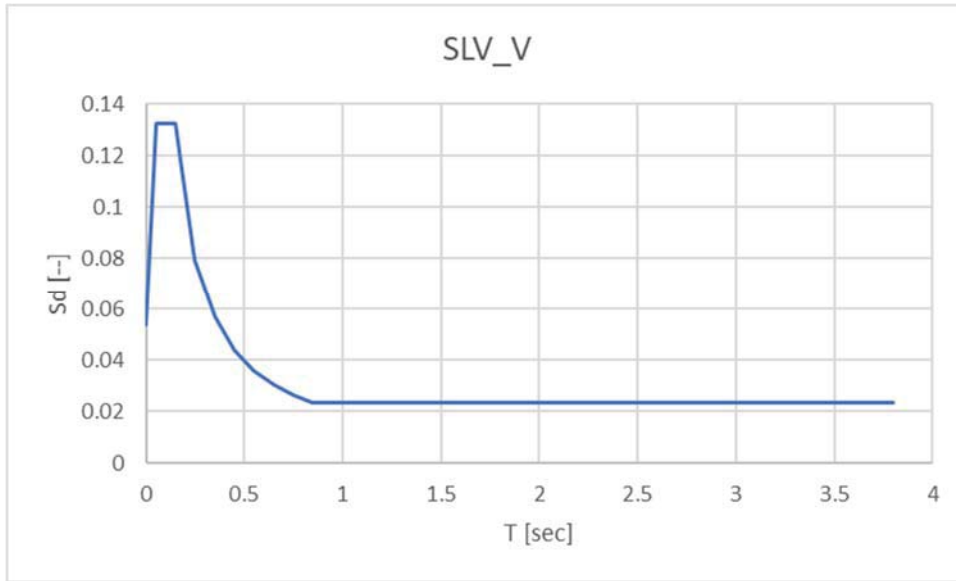
| SLD_V | |
|-------|-------|
| F0 | 2.429 |
| ag | 0.043 |
| Tc | 0.213 |

Le masse considerate nell'analisi spettrale sono date da pesi propri, carichi permanenti e una porzione di carichi variabili:

| | |
|------|------|
| DEAD | 1.00 |
| PERM | 1.00 |
| VAR | 0.30 |

Di seguito si mostrano gli spettri considerati nel calcolo.





6.8 Combinazioni dei carichi

Le combinazioni considerate nel dimensionamento e nella verifica:

| | DEAD | PERM | VAR | VAR_COP | NEVE | VAR_SBALZO | NEVE_SBALZO | W+X | W-X | W+Y | W-Y | TEMP+ | TEMP- | SLVX | SLVY | SLVZ | SLDX | SLDY | SLDZ |
|-------|------|------|------|---------|------|------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| SLU01 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU02 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU03 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU04 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU05 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU06 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU07 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU08 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU09 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU10 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU11 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU12 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU13 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU14 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU15 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU16 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 0 | 0.75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU17 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU18 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU19 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU20 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU21 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU22 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU23 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU24 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU25 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU26 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU27 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU28 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU29 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU30 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU31 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU32 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU33 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU34 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU35 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU36 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU37 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU38 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU39 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU40 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU41 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU42 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU43 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU44 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU45 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU46 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU47 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU48 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU49 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU50 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU51 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU52 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU53 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU54 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU55 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU56 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU57 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU58 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU59 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU60 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU61 | 1.3 | 1.3 | 1.05 | 1.05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU62 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0.75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLU63 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.05 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLV01 | 1 | 1 | 0.3 | 0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.3 | 0.3 | 0 | 0 | 0 |
| SLV02 | 1 | 1 | 0.3 | 0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.3 | 0 | 0 | 0 |
| SLV03 | 1 | 1 | 0.3 | 0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.3 | 0.3 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| | DEAD | PERM | VAR | VAR_COP | NEVE | VAR_SBALZO | NEVE_SBALZO | W+X | W-X | W+Y | W-Y | TEMP+ | TEMP- | SLVX | SLVY | SLVZ | SLDX | SLDY | SLDZ | |
|-------|------|------|-----|---------|------|------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-----|
| SLE01 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE02 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE03 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE04 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE05 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE06 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE07 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE08 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE09 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE16 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE17 | 1 | 1 | 0.7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE18 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE19 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE20 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE21 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE22 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE23 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE24 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE25 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE26 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE27 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE28 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE29 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE30 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE31 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE32 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE33 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE34 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE35 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE36 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE37 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE38 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE39 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE40 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE41 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE42 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE43 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE44 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE45 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE46 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE47 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE48 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE49 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE50 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE51 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE52 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE53 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE54 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE55 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE56 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE57 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE58 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE59 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE60 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE61 | 1 | 1 | 0.7 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE62 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLE63 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SLD01 | 1 | 1 | 0.3 | 0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.3 | 0.3 | 0 |
| SLD02 | 1 | 1 | 0.3 | 0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.3 | 1 | 0.3 |
| SLD03 | 1 | 1 | 0.3 | 0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.3 | 0.3 | 1 |

7 CRITERI DI ANALISI E MODELLAZIONE

Tutte le strutture integrative ai container sono state pre-dimensionate con schemi classici della scienza delle costruzioni, valutandoli come interventi locali.

Successivamente si è sviluppato un modello di calcolo 3D FEM per la verifica di quanto progettato e per l'analisi globale nei confronti delle sollecitazioni orizzontali.

7.1 Verifiche elementi standard dei container

7.1.1 Solaio calpestabile

Il solaio del container è realizzato con travi pressopiegate ad un interasse ridotto, disposte su una luce di circa 2.4m. I container sono certificati per sostenere circa 28 ton di carico; si considera pertanto che il carico ammissibile per il solaio sia di:

$$q_{amm} = \frac{280 \text{ kN}}{(2.40 \text{ m} \cdot 12.00 \text{ m})} = 10 \text{ kN/mq}$$

Tale valore è sempre ampiamente inferiore dei carichi previsti a progetto.

7.1.2 Solaio di copertura container

Il solaio di copertura del container è realizzato con una lamiera grecata e non è considerato calpestabile. I carichi cui può essere soggetto sono quelli dati dalla possibile presenza di neve. In particolare, ciò vale per quei container la cui copertura non è interessata da una terrazza (es. container dello sbalzo).

La lamiera ha spessore 2mm, l'altezza della grecatura è 20mm.

| <u>LAMIERA COPERTURA</u> | |
|--------------------------|--------------|
| A | 2158 mmq/m |
| Jxx | 151902 mm4/m |
| a' | 10 mm |
| W | 15190 mm3/m |



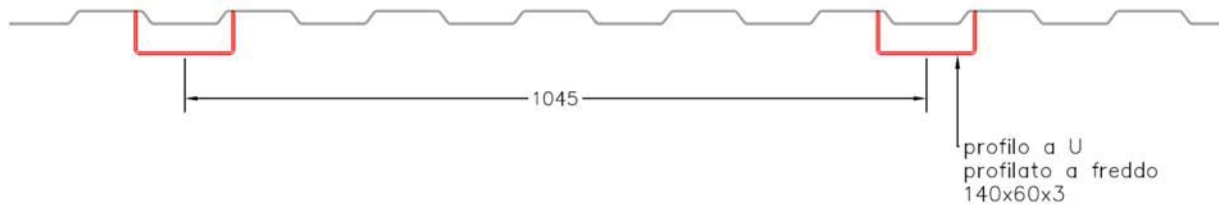
| <u>SOLLECITAZIONI</u> | |
|-----------------------|------------|
| pp_solaio = | 0.17 kN/mq |
| neve = | 2.50 kN/mq |
| p_SLE = | 2.67 kN/mq |
| p_SLU = | 3.97 kN/mq |

| <u>VERIFICHE</u> | |
|------------------|-----------|
| L = | 2.40 m |
| M_SLU = | 2.86 kNm |
| σ_SLU = | 188 N/mmq |
| σ_SLU,lim = | 338 N/mmq |
| f_SLE = | 37 mm |

Si evidenzia come la lamiera sia in grado di resistere al carico massimo da neve, a prezzo di forti deformazioni.

Si introducono pertanto degli irrigidimenti a soffitto, con interasse pari a circa 100cm. Si prevedono profili pressopiegati a freddo, del tipo a U, con larghezza 140mm, pieghe da 60mm, spessore 3mm. Da profilario specifico, questi elementi sono adeguati per sostenere un carico

di circa 5.0kN/m su luci di 2.50m (verifica a deformabilità, più stringente della verifica a resistenza)



7.2 Pre-dimensionamento interventi

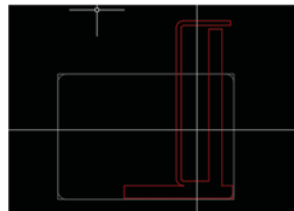
Si riportano nel seguito le operazioni di pre-dimensionamento degli interventi, effettuate con schemi statici semplificati. Tutti gli interventi sono poi stati inseriti nel modello globale di calcolo e sono verificati secondo le azioni ricavate.

7.2.1 Rinforzo trave perimetrale

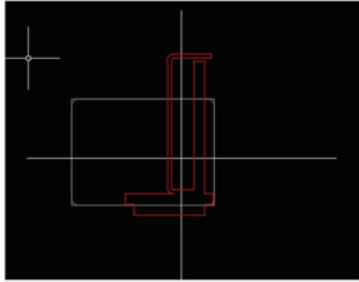
I container presentano, sui lati lunghi a pavimento, delle travi a C asimmetrica in lamiera pressopiegata. Quando la parete soprastante viene eliminata o parzialmente interrotta, si interviene con un rinforzo in piatti saldati da rendere solidali con il profilo esistente. La complicazione è geometrica, in quanto il rinforzo ha vincoli molto stretti per il proprio ingombro (evitare interferenze con container sottostanti o affiancati). Nell'immagine seguente si mostra l'ingombro in proiezione del blocco d'angolo.

Si prevede un intervento tipologico con due piatti di spessore 12mm da saldare al profilo esistente. Di seguito le verifiche di predimensionamento; la luce massima, compatibile con le verifiche di deformazione, è pari a circa 6.00m (5.80m).

| PROFILO | | |
|-----------------|--------------------------|--|
| A | 4012 mm ² | |
| J _{xx} | 12730395 mm ⁴ | |
| J _{yy} | 2139197 mm ⁴ | |
| b' | 104 mm | |
| a' | 67 mm | |
| W _{xx} | 121826.6 mm ³ | |
| W _{yy} | 31915.46 mm ³ | |
| i _y | 56 mm | |
| i _x | 23 mm | |
| SOLLECITAZIONI | | |
| i = | 1.20 m | |
| pp_solaio = | 0.19 kN/m ² | |
| perm_solaio = | 0.50 kN/m ² | |
| var_solaio = | 2.00 kN/m ² | |
| p_SLE = | 2.69 kN/m ² | |
| p_SLU = | 3.90 kN/m ² | |
| p_SLE*i = | 3.23 kN/m | |
| pp_trave = | 0.31 kN/m | |
| pp_parete = | 0.54 kN/m | |
| | 4.08 kN/m | |
| p_SLU*i = | 4.68 kN/m | |
| pp_trave = | 0.41 kN/m | |
| pp_parete = | 0.70 kN/m | |
| | 5.79 kN/m | |
| VERIFICHE | | |
| L = | 5.80 m | |
| f_SLE = | 23 mm | |
| | = 1/ 252 L | |
| f_LIM = | 1/ 250 L | |
| M_SLU = | 24.34 kNm | |
| σ_SLU = | 200 N/mm ² | |
| σ_SLU,lim = | 338 N/mm ² | |



In corrispondenza dei solai dello sbalzo si considera un rinforzo ulteriore, saldando un piatto all'intradosso della trave già rinforzata. Tale intervento è possibile nella zona di sbalzo in quanto sono assenti interferenze con il container inferiore.

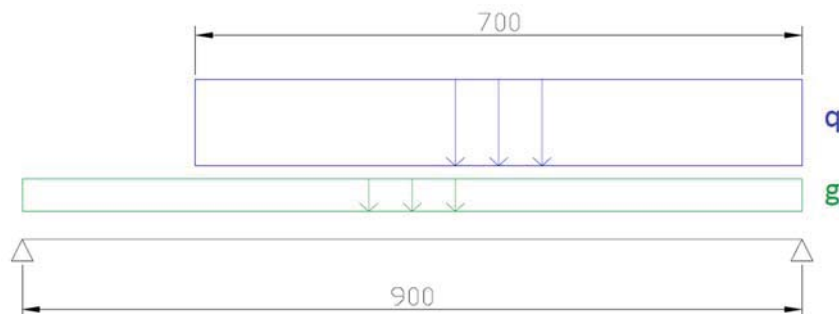
| PROFILO | |  |
|-----------------|--------------------------|--|
| A | 4972 mm ² | |
| J _{xx} | 16702587 mm ⁴ | |
| J _{yy} | 2875783 mm ⁴ | |
| b' | 118 mm | |
| a' | 64 mm | |
| W _{xx} | 141187.2 mm ³ | |
| W _{yy} | 45118.11 mm ³ | |
| i _y | 58 mm | |
| i _x | 24 mm | |
| SOLLECITAZIONI | | VERIFICHE |
| i = | 1.20 m | |
| pp_solaio | 0.19 kN/m ² | |
| perm_sol: | 0.50 kN/m ² | |
| var_solaic | 2.00 kN/m ² | |
| p_SLE = | 2.69 kN/m ² | |
| p_SLU = | 3.90 kN/m ² | |
| p_SLE*i = | 3.23 kN/m | |
| pp_trave : | 0.39 kN/m | |
| pp_parete | 0.54 kN/m | |
| | 4.16 kN/m | |
| p_SLU*i = | 4.68 kN/m | |
| pp_trave : | 0.51 kN/m | |
| pp_parete | 0.70 kN/m | |
| | 5.89 kN/m | |
| L = | 6.00 m | |
| f_SLE = | 20 mm | |
| | = 1/ 293 L | |
| f_LIM = 1/ 250 | L | |
| M_SLU = | 26.49 kNm | |
| σ_SLU = | 188 N/mm ² | |
| σ_SLU,lim | 338 N/mm ² | |

7.2.2 Rinforzo con trave UPN 300 a soffitto degli sbalzi

I container denominati C1-12-T3/T4/T5, lunghi 40 piedi (circa 12m), sono disposti in modo da realizzare lo sbalzo di piano terra (6 metri di aggetto). La copertura non è sostenuta da alcuna parete, in quanto internamente lo sbalzo presenta un unico volume vuoto. Si introducono pertanto delle travi di rinforzo per sostenere la lamiera di copertura.

Tali travi hanno luce pari a 9.00m (all'interno del container è presente un pilastro che spezza la luce originaria di 12.00m), e per i primi 7metri sono caricate dalla neve, mentre per il resto del loro sviluppo sono scariche in quanto sono presenti, al livello superiore, container trasversali che impediscono l'accumulo di neve.

Il profilo che si intende posare a soffitto è una UPN300.



| <u>PROFILO</u> | | <u>SOLLECITAZIONI</u> | |
|----------------|--------------------------|-----------------------|-----------|
| A | 5880 mmq | L = | 9.00 m |
| Jxx | 80300000 mm ⁴ | L1 = | 7.00 m |
| b' | 150 mm | Mg_SLU = | 8.8 kNm |
| Wxx | 535333.3 mm ³ | Mq_SLU = | 41.2 kNm |
| <u>CARICHI</u> | | M_SLU = | 49.9 kNm |
| i = | 1.20 m | σ_SLU = | 93 N/mmq |
| pp_solaio = | 0.17 kN/mq | σ_SLU,lim | 338 N/mmq |
| neve = | 2.50 kN/mq | f_g_SLE = | 3.5 mm |
| pp_solaio*i = | 0.20 kN/m | f_q_SLE = | 8.7 mm |
| pp_trave = | 0.46 kN/m | | 12.1 mm |
| g_SLE | 0.67 kN/m | = 1/ 742 | L |
| g_SLU = | 0.87 kN/m | f_LIM = 1 / 250 | L |
| neve * i = | 3.00 kN/m | | |
| q_SLE = | 3.00 kN/m | | |
| q_SLU = | 4.50 kN/m | | |

7.2.3 Reticolari dello sbalzo

Lo sbalzo di piano primo è sostenuto da tre travate reticolari, secondo lo schema illustrato graficamente di seguito.

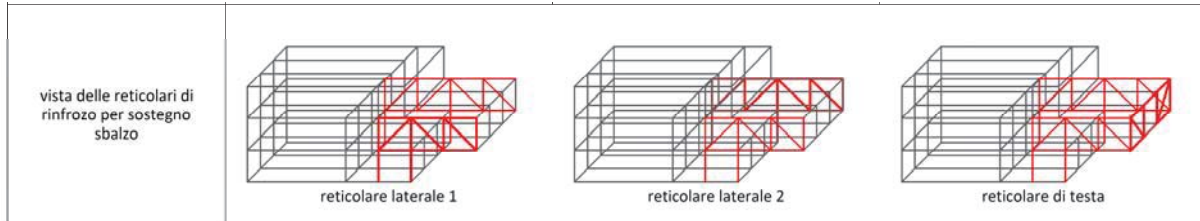
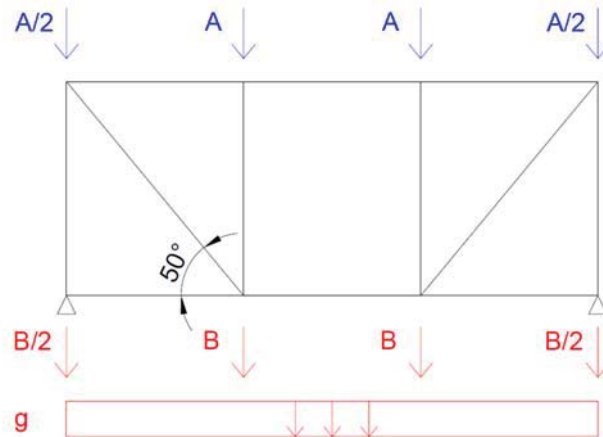


Figura 6 – Reticolari di sbalzo.

Reticolare di testa



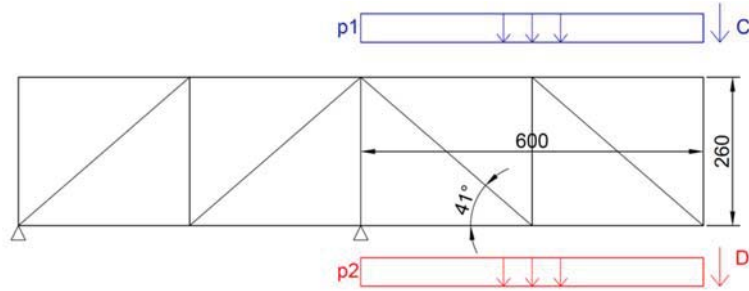
La reticolare di testa collega tre container affiancati, e riporta i carichi verticali alle due reticolari laterali, secondo lo schema sopra riportato.

'A' carico derivante dalle travi di copertura (si veda paragrafo precedente); 'B' carico derivante dalle travi di solaio interne allo sbalzo.

Nel predimensionamento si sono considerati tassi di lavoro non eccessivi, per cautela nei confronti dello schema statico isostatico e per contenere le deformazioni, che saranno poi valutate analiticamente con il modello di calcolo.

| | | | | | |
|-----------------------|------------|-----------------------|---------|-----------------------------|-----------|
| Calcolo di A | | | | | |
| <u>CARICHI</u> | | <u>SOLLECITAZIONI</u> | | Diagonale | |
| i = | 2.40 m | L = | 9.00 m | (A+B)_SLU = | 76.9 kN |
| pp_solaio = | 0.17 kN/mq | L1 = | 7.00 m | g_SLU*2.4m = | 4.7 kN |
| neve = | 2.50 kN/mq | L2 = | 2.00 m | | 81.6 kN |
| pp_solaio*i = | 0.41 kN/m | A_g = | 6.0 kN | alfa = | 50 ° |
| pp_trave = | 0.92 kN/m | A_q = | 25.7 kN | alfa = | 0.873 rad |
| g_SLE | 1.33 kN/m | A_SLE = | 31.6 kN | N_diag_SLU = 81.6/sen(alfa) | |
| neve * i = | 6.00 kN/m | A_SLU = | 46.3 kN | N_diag_SLU = | 106.5 kN |
| q_SLE = | 6.00 kN/m | | | Scatolare: | |
| | | | | 70x50x5 | |
| | | | | A = | 1040 mmq |
| | | | | σ_SLU = | 102 N/mmq |
| | | | | σ_SLU,lim = | 338 N/mmq |
| | | | | Correnti | |
| | | | | N_corr_SLU = 81.6/tan(alfa) | |
| | | | | N_corr_SLU = | 68.4 kN |
| | | | | Scatolare: | |
| | | | | 70x50x5 | |
| | | | | A = | 1040 mmq |
| | | | | σ_SLU = | 66 N/mmq |
| | | | | σ_SLU,lim = | 338 N/mmq |
| | | | | Montanti | |
| | | | | A_SLU = | 46.3 kN |
| | | | | A_SLU/2 = | 23.1 kN |
| | | | | B_SLU = | 30.6 kN |
| | | | | g_SLU*2.4m = | 4.7 kN |
| | | | | | 104.7 kN |
| | | | | Scatolare: | |
| | | | | 70x50x5 | |
| | | | | A = | 1040 mmq |
| | | | | σ_SLU = | 101 N/mmq |
| | | | | σ_SLU,lim = | 338 N/mmq |
| Calcolo di B | | | | | |
| <u>CARICHI</u> | | <u>SOLLECITAZIONI</u> | | | |
| i = | 2.40 m | L = | 6.00 m | | |
| pp_solaio+perm = | 0.70 kN/mq | | | | |
| var = | 2.00 kN/mq | | | | |
| pp*i = | 1.68 kN/m | B_g = | 6.9 kN | | |
| pp_trave = | 0.63 kN/m | B_q = | 14.4 kN | | |
| g_SLE | 2.31 kN/m | B_SLE = | 21.3 kN | | |
| var * i = | 4.80 kN/m | B_SLU = | 30.6 kN | | |
| q_SLE = | 4.80 kN/m | | | | |
| Calcolo di 'g' | | | | | |
| g_SLE = | 1.50 kN/m | | | | |
| g_SLU = | 1.95 kN/m | | | | |

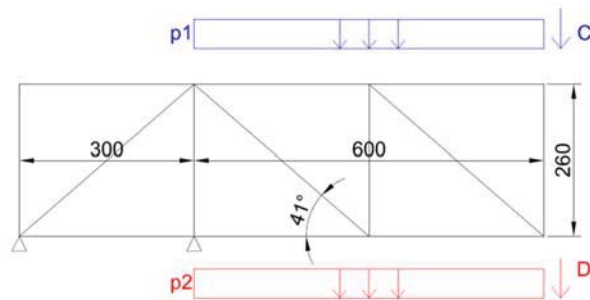
Reticolare laterale 1



Le reticolari laterali vanno a rinforzare le pareti laterali dei container esterni, cui sono saldate. Sostengono in punta la reticolare di testa.

| | | |
|---|--|--|
| <p>Calcolo di C</p> <p>C = A</p> <p>C_SLU = 46.3 kN</p> <p>p1</p> <p><u>CARICHI</u></p> <p>i = 1.20 m</p> <p>pp_solaio = 0.17 kN/mq</p> <p>neve = 2.50 kN/mq</p> <p>pp_solaio*i = 0.20 kN/m</p> <p>pp_trave = 0.46 kN/m</p> <p>g_SLE = 0.66 kN/m</p> <p>neve * i = 3.00 kN/m</p> <p>q_SLE = 3.00 kN/m</p> <p>p1_SLE = 3.66 kN/m</p> <p>p1_SLU = 5.36 kN/m</p> | <p>Calcolo di D</p> <p>D = B + g* 3.60</p> <p>D_SLU = 37.6 kN</p> <p>p2</p> <p><u>CARICHI</u></p> <p>i = 1.20 m</p> <p>pp_solaio+perm = 0.70 kN/mq</p> <p>var = 2.00 kN/mq</p> <p>pp*solaio = 0.84 kN/m</p> <p>pp_trave = 0.31 kN/m</p> <p>g_SLE = 1.15 kN/m</p> <p>var * i = 2.40 kN/m</p> <p>q_SLE = 2.40 kN/m</p> <p>p2_SLE = 3.55 kN/m</p> <p>p2_SLU = 5.10 kN/m</p> | <p>Montante</p> <p>$N_{mont_SLU} = V_{tot_SLU} + M_{tot_SLU} / 6.00m$</p> <p>$N_{mont_SLU} = 262.0 \text{ kN}$</p> <p>Scatolare:</p> <p>120x80x8</p> <p>A = 2720 mmq</p> <p>$\sigma_{SLU} = 96 \text{ N/mm}^2$</p> <p>$\sigma_{SLU,lim} = 338 \text{ N/mm}^2$</p> <p>Correnti</p> <p>$N_{corr_SLU} = M_{tot_SLU} / 2.60m$</p> <p>$N_{corr_SLU} = 266.0 \text{ kN}$</p> <p>Scatolare:</p> <p>120x80x8</p> <p>A = 2720 mmq</p> <p>$\sigma_{SLU} = 98 \text{ N/mm}^2$</p> <p>$\sigma_{SLU,lim} = 338 \text{ N/mm}^2$</p> <p>Diagonali</p> <p>alfa = 41 °</p> <p>alfa = 0.716 rad</p> <p>$N_{diag_SLU} = V_{tot_SLU} / \sin(\text{alfa})$</p> <p>$N_{diag_SLU} = 223.6 \text{ kN}$</p> <p>Scatolare:</p> <p>120x80x8</p> <p>A = 2720 mmq</p> <p>$\sigma_{SLU} = 82 \text{ N/mm}^2$</p> <p>$\sigma_{SLU,lim} = 338 \text{ N/mm}^2$</p> |
| <p>L = 6.00 m</p> <p>$M_{tot_SLU} = (C_{SLU} + D_{SLU}) * L + (p1_{SLU} + p2_{SLU}) * L^2 / 2$</p> <p>$M_{tot_SLU} = 691.7 \text{ kNm}$</p> <p>$V_{tot_SLU} = (C_{SLU} + D_{SLU}) + (p1_{SLU} + p2_{SLU}) * L$</p> <p>$V_{tot_SLU} = 146.7 \text{ kN}$</p> | | |

Reticolare laterale 2



Le reticolari laterali vanno a rinforzare le pareti laterali dei container esterni, cui sono saldate. Sostengono in punta la reticolare di testa.

| | | |
|--|---|--|
| <p>Calcolo di C</p> <p>C = A</p> <p>C_SLU = 46.3 kN</p> <p>p1</p> <p><u>CARICHI</u></p> <p>i = 1.20 m</p> <p>pp_solaio = 0.17 kN/mq</p> <p>neve = 2.50 kN/mq</p> <p>pp_solaio*i = 0.20 kN/m</p> <p>pp_trave = 0.46 kN/m</p> <p>g_SLE = 0.66 kN/m</p> <p>neve * i = 3.00 kN/m</p> <p>q_SLE = 3.00 kN/m</p> <p>p1_SLE = 3.66 kN/m</p> <p>p1_SLU = 5.36 kN/m</p> | <p>Calcolo di D</p> <p>D = B + g* 3.60</p> <p>D_SLU = 37.6 kN</p> <p>p2</p> <p><u>CARICHI</u></p> <p>i = 1.20 m</p> <p>pp_solaio+perm = 0.70 kN/mq</p> <p>var = 2.00 kN/mq</p> <p>pp*i = 0.84 kN/m</p> <p>pp_trave = 0.31 kN/m</p> <p>g_SLE = 1.15 kN/m</p> <p>var * i = 2.40 kN/m</p> <p>q_SLE = 2.40 kN/m</p> <p>p2_SLE = 3.55 kN/m</p> <p>p2_SLU = 5.10 kN/m</p> | <p>Montante</p> <p>$N_{\text{mont_SLU}} = V_{\text{tot_SLU}} + M_{\text{tot_SLU}} / 3.00\text{m}$</p> <p>$N_{\text{mont_SLU}} = 377.2 \text{ kN}$</p> <p>Scatolare: 120x80x8</p> <p>A = 2720 mmq</p> <p>$\sigma_{\text{SLU}} = 139 \text{ N/mm}^2$</p> <p>$\sigma_{\text{SLU,lim}} = 338 \text{ N/mm}^2$</p> <p>Correnti</p> <p>$N_{\text{corr_SLU}} = M_{\text{tot_SLU}} / 2.60\text{m}$</p> <p>$N_{\text{corr_SLU}} = 266.0 \text{ kN}$</p> <p>Scatolare: 120x80x8</p> <p>A = 2720 mmq</p> <p>$\sigma_{\text{SLU}} = 98 \text{ N/mm}^2$</p> <p>$\sigma_{\text{SLU,lim}} = 338 \text{ N/mm}^2$</p> <p>Diagonali</p> <p>alfa = 41 °</p> <p>alfa = 0.716 rad</p> <p>$N_{\text{diag_SLU}} = V_{\text{tot_SLU}} / \text{sen}(\text{alfa})$</p> <p>$N_{\text{diag_SLU}} = 223.6 \text{ kN}$</p> <p>Scatolare: 120x80x8</p> <p>A = 2720 mmq</p> <p>$\sigma_{\text{SLU}} = 82 \text{ N/mm}^2$</p> <p>$\sigma_{\text{SLU,lim}} = 338 \text{ N/mm}^2$</p> |
| <p>L = 6.00 m</p> <p>$M_{\text{tot_SLU}} = (C_{\text{SLU}} + D_{\text{SLU}}) * L + (p1_{\text{SLU}} + p2_{\text{SLU}}) * L^2 / 2$</p> <p>$M_{\text{tot_SLU}} = 691.7 \text{ kNm}$</p> <p>$V_{\text{tot_SLU}} = (C_{\text{SLU}} + D_{\text{SLU}}) + (p1_{\text{SLU}} + p2_{\text{SLU}}) * L$</p> <p>$V_{\text{tot_SLU}} = 146.7 \text{ kN}$</p> | | |

7.2.4 Altri interventi

Altri interventi tipologici riguardano: la bordatura delle aperture, con il rinforzo del bordo libero delle lamiere tagliate, con la posa di scatolari quadrati; il rinforzo delle travi in corrispondenza dei locali 'a doppia altezza', in cui si prevede di rimuovere anche l'impalcato di pavimento. Tali ultime travi rimangono senza funzione strutturale, ma sono comunque rinforzate perché sotto il loro solo peso proprio subiscono deformazioni eccessive.

Tutti gli interventi secondari sono stati pre-dimensionati manualmente e poi modellati e pertanto verificati nel modello globale di calcolo.

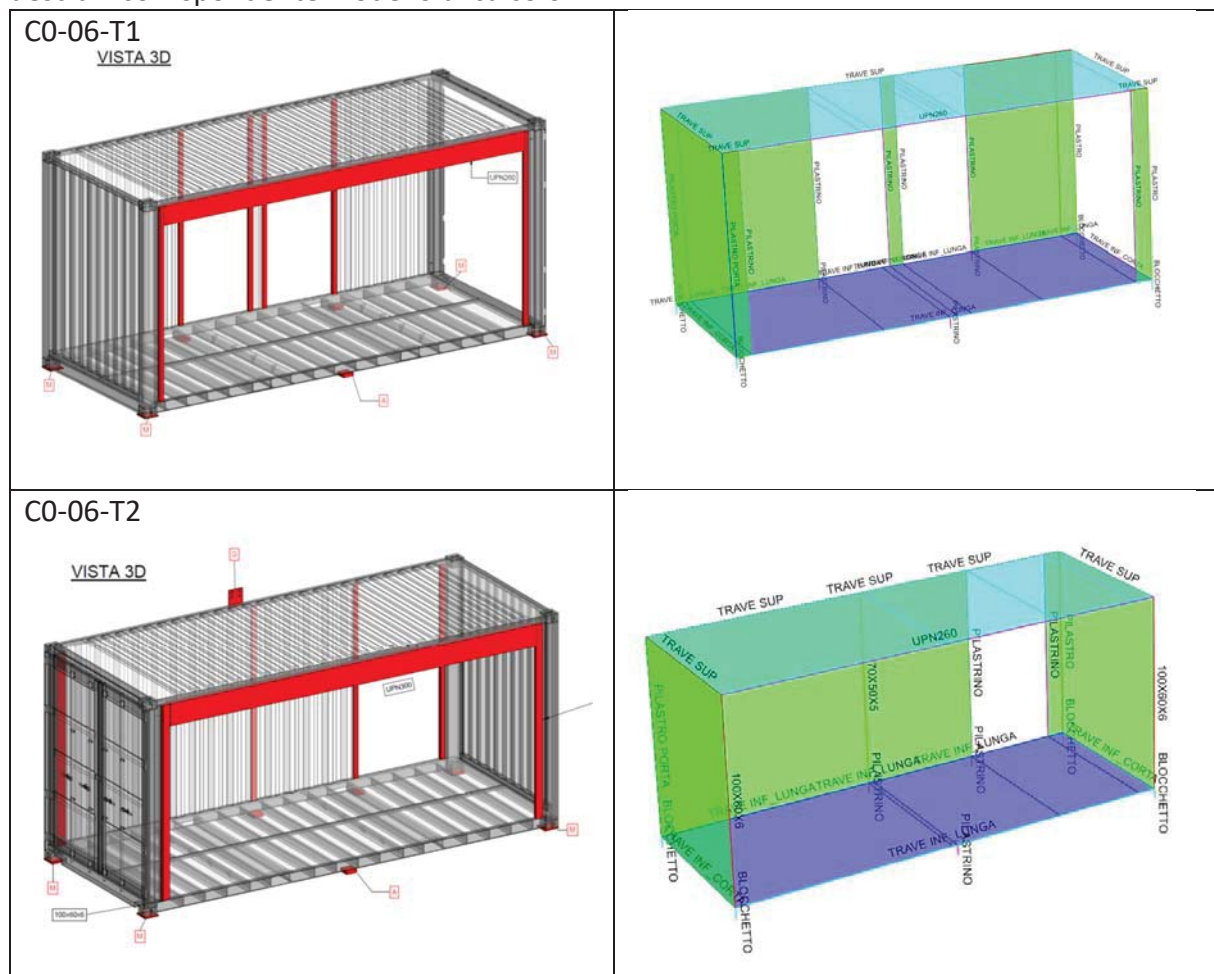
7.3 Modello di calcolo

E' stato sviluppato un modello di calcolo FEM 3D, con l'ausilio del software: SAP2000 di C.S.I.

Si è modellato ogni singolo container con elementi trave 'frame' (pilastri d'angolo, travi perimetrali di pavimento, travi perimetrali di copertura) ed elementi piastra 'shell' (pareti perimetrali, pavimento, copertura). Per ogni container si sono modellati elementi verticali di fissaggio a terra o al container inferiori; sono inoltre state modellate le connessioni laterali fra i blocchi d'angolo, con elementi aventi elevata rigidezza. Infine, si sono modellati tutti gli elementi di rinforzo e sostegno progettati.

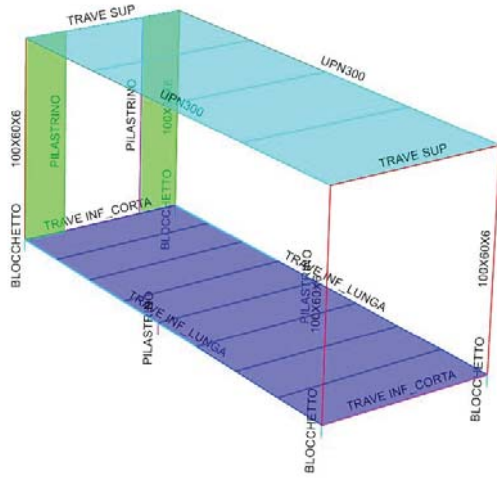
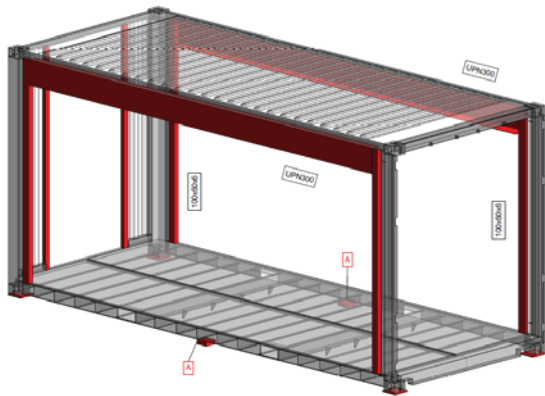
I container sono stati vincolati con cerniere al piede in corrispondenza dei blocchi d'angolo e degli altri eventuali appoggi intermedi.

Di seguito si mostrano i diversi container: a sinistra gli estratti 3D dagli elaborati grafici, a destra il corrispondente modello di calcolo FEM.



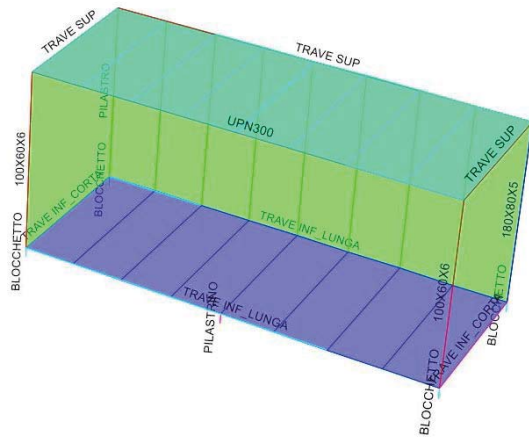
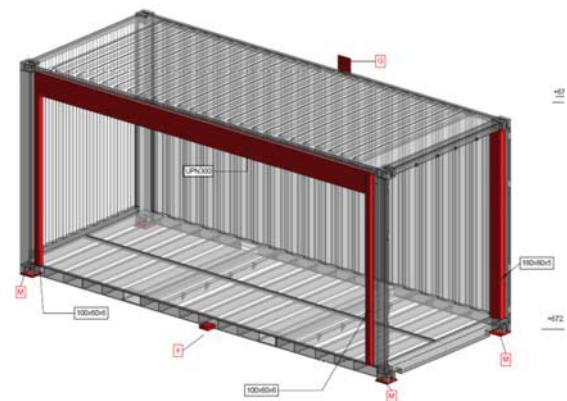
C0-06-T3

VISTA 3D



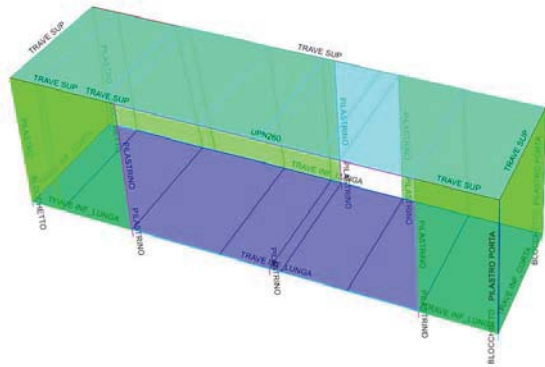
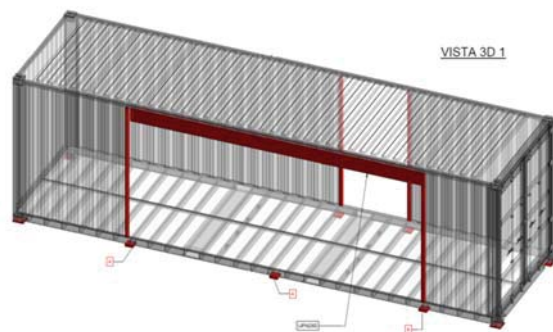
C0-06-T4

VISTA 3D



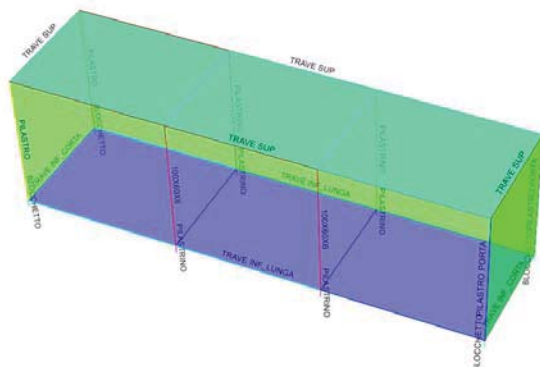
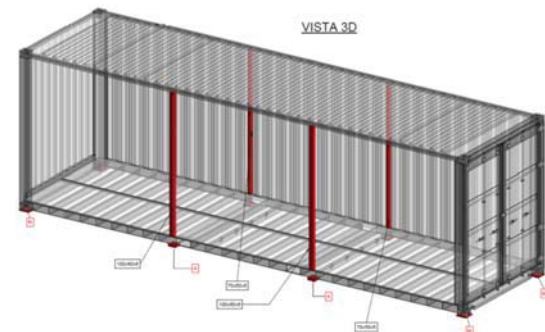
C0-09-T1

VISTA 3D 1



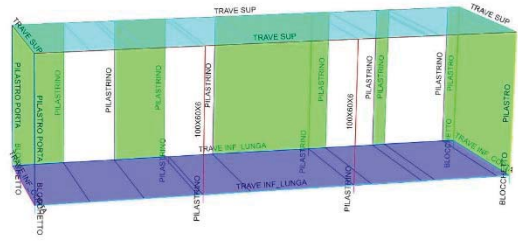
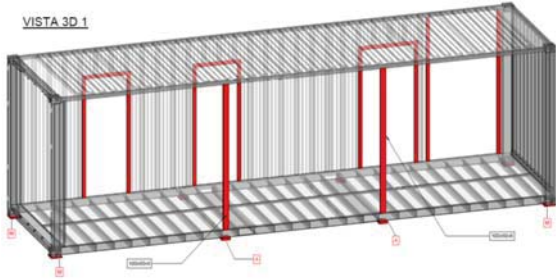
C0-09-T2

VISTA 3D



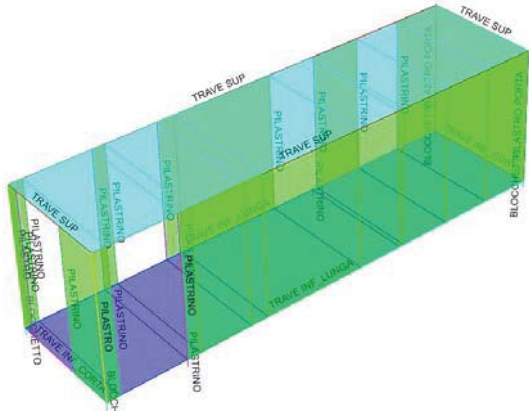
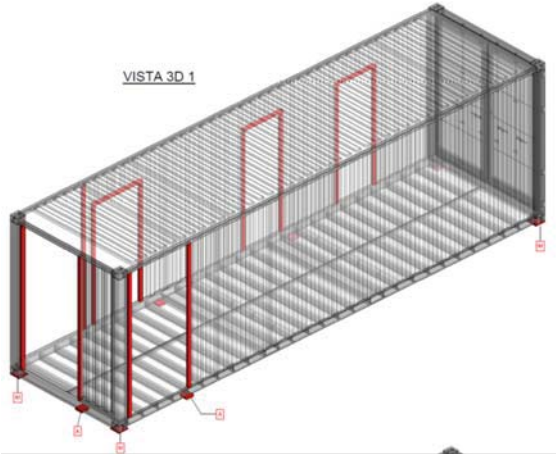
C0-09-T3

VISTA 3D 1



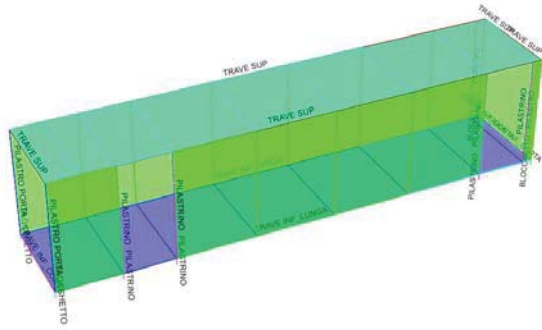
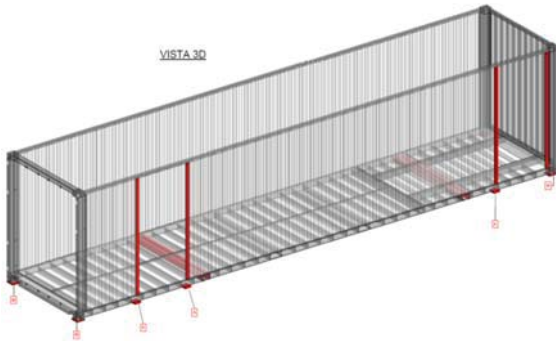
C0-09-T4

VISTA 3D 1



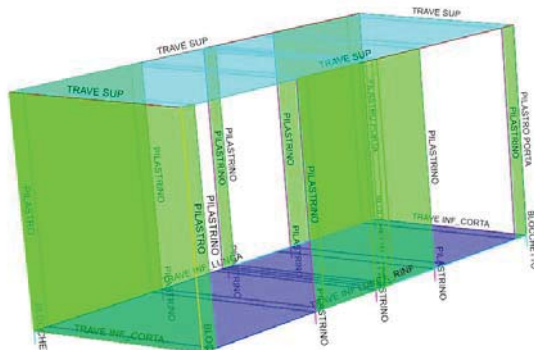
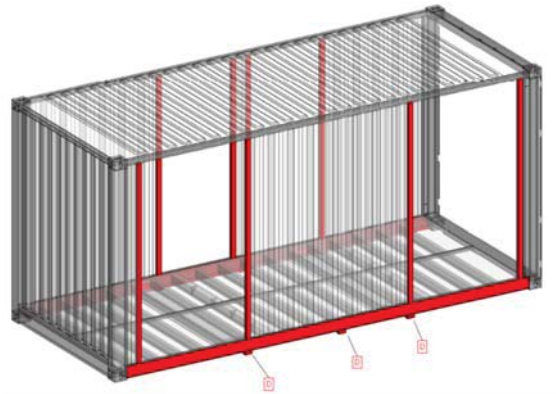
C0-12-T1

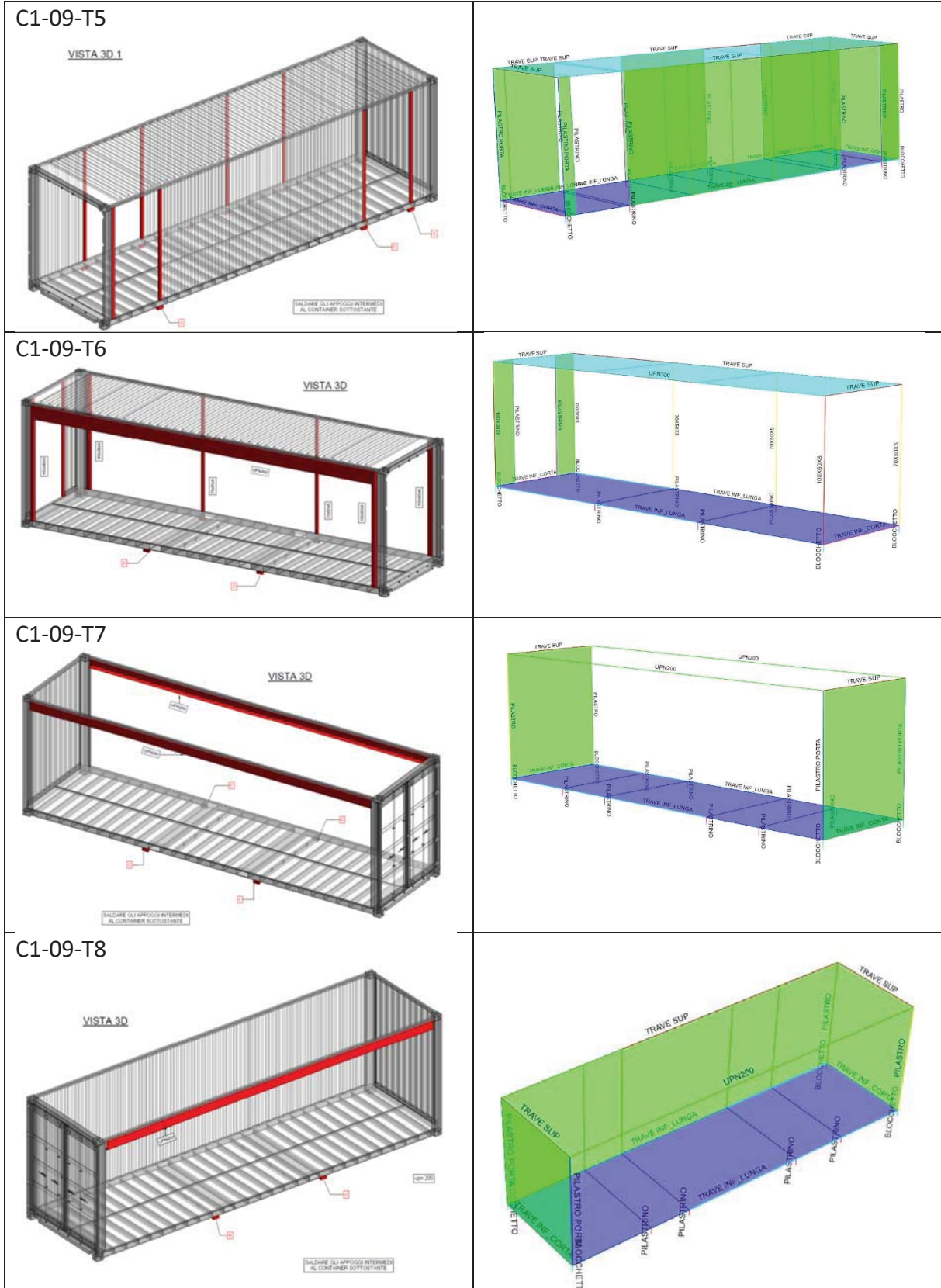
VISTA 3D



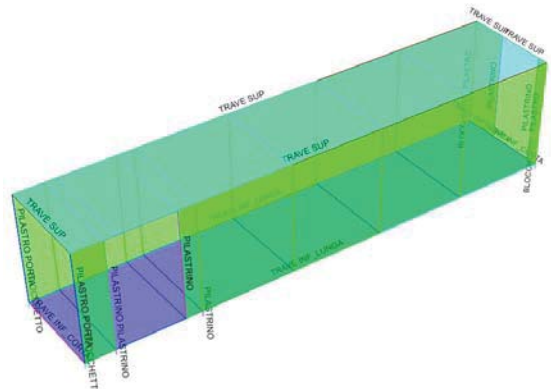
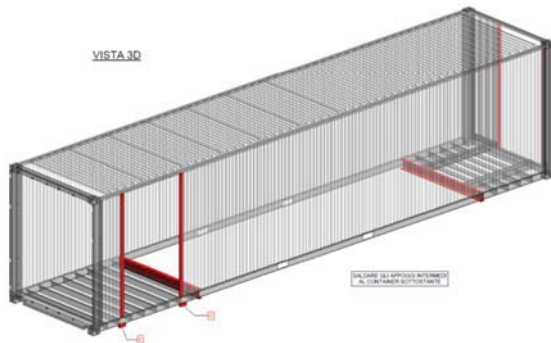
C1-06-T5

VISTA 3D 1

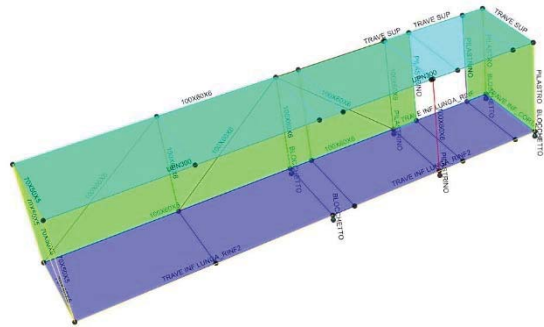
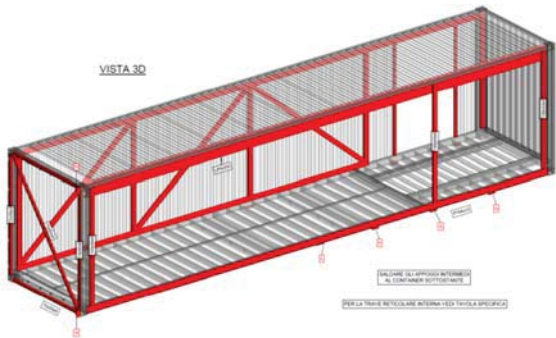




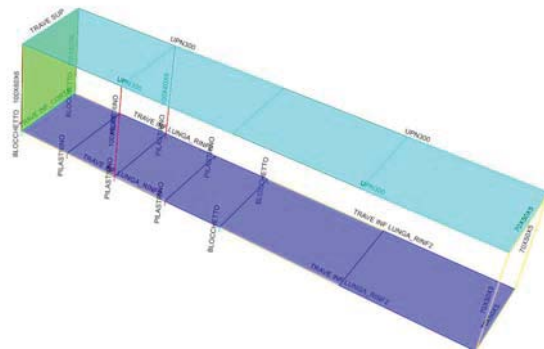
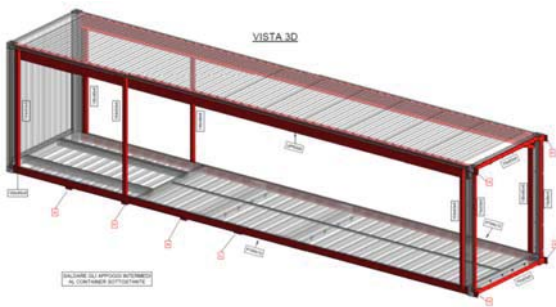
C1-12-T2



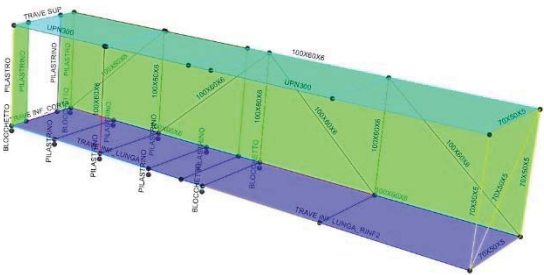
C1-12-T3



C1-12-T4

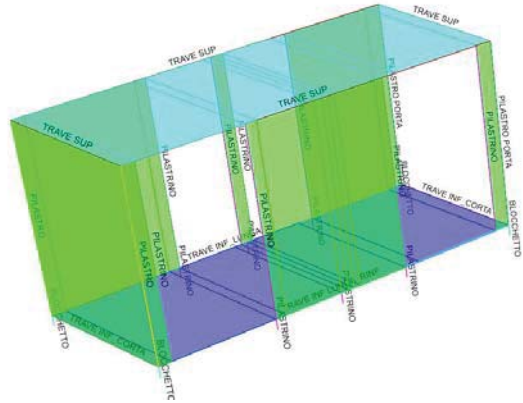


C1-12-T5



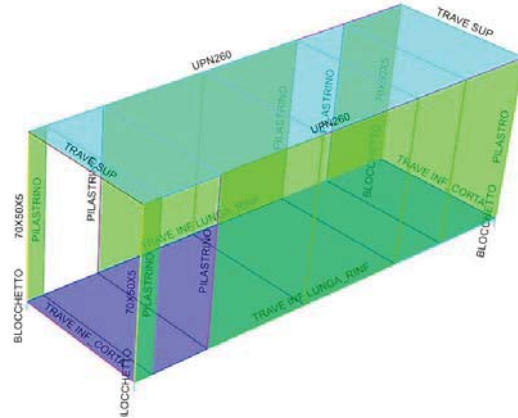
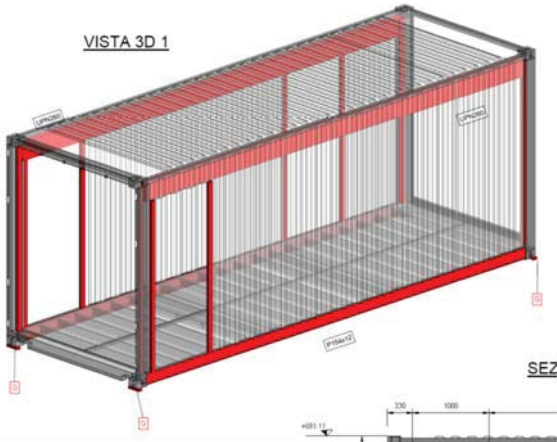
C2-06-T6

VISTA 3D 1



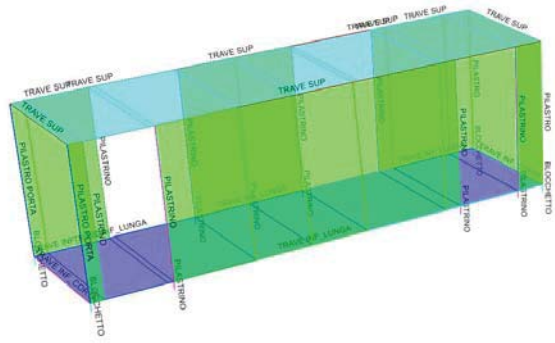
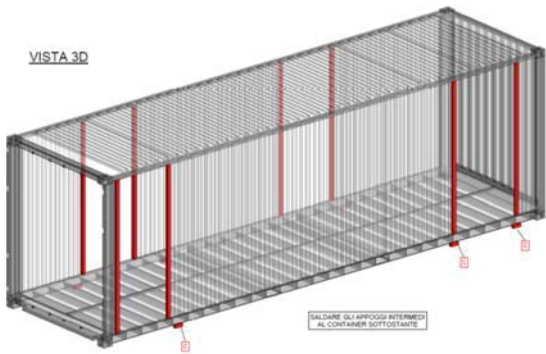
C2-07-T2

VISTA 3D 1



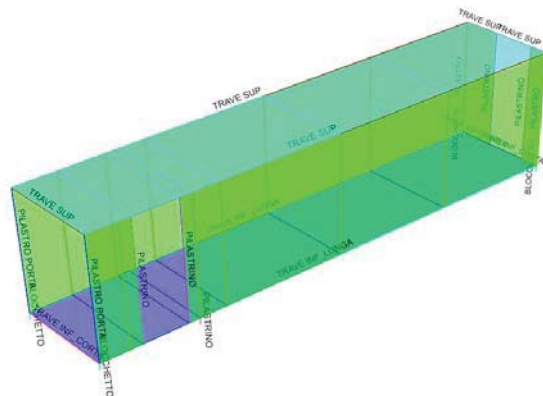
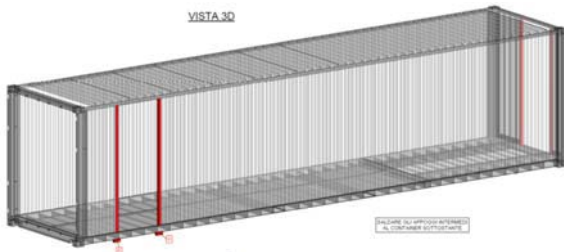
C2-09-T9

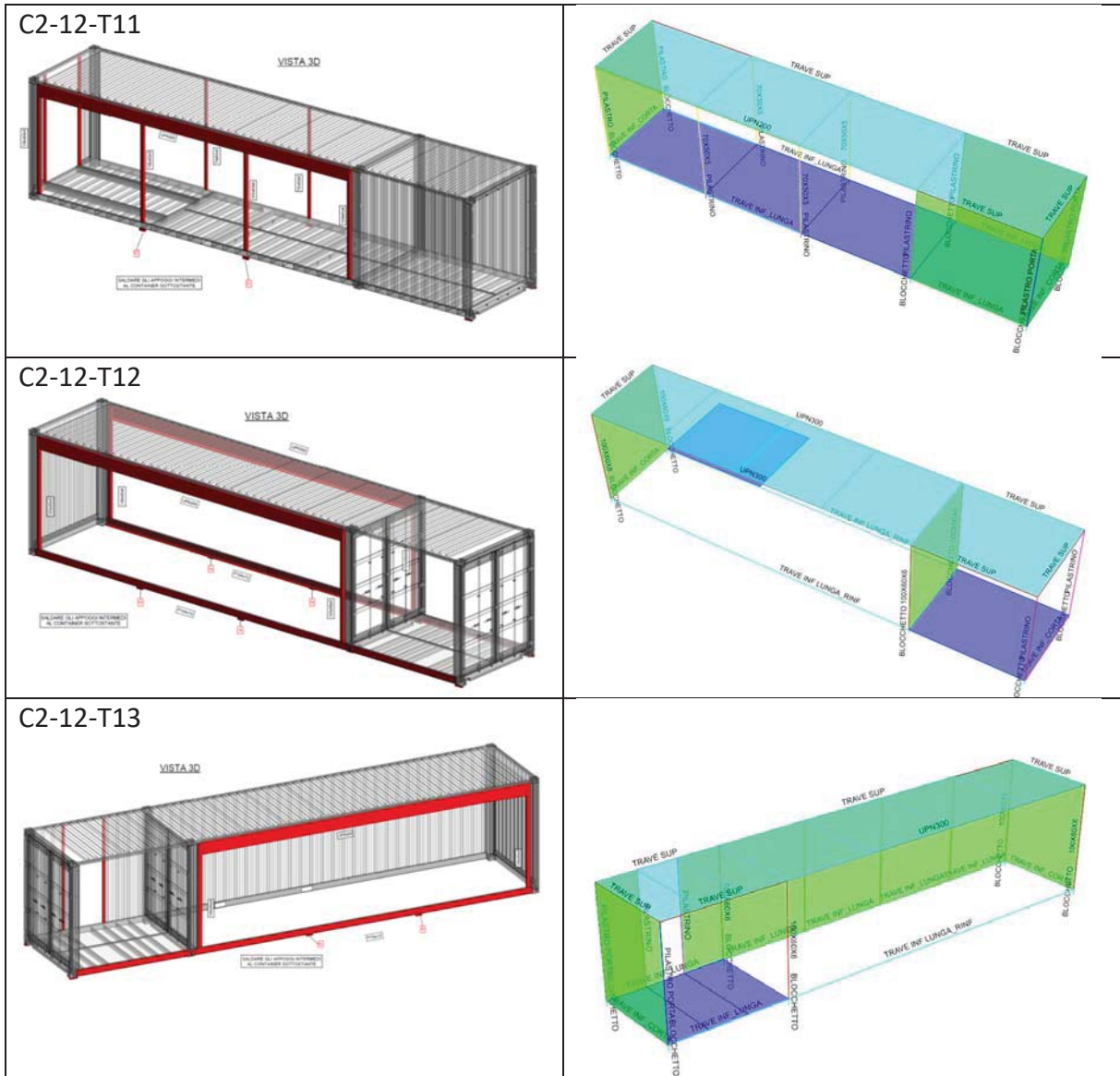
VISTA 3D



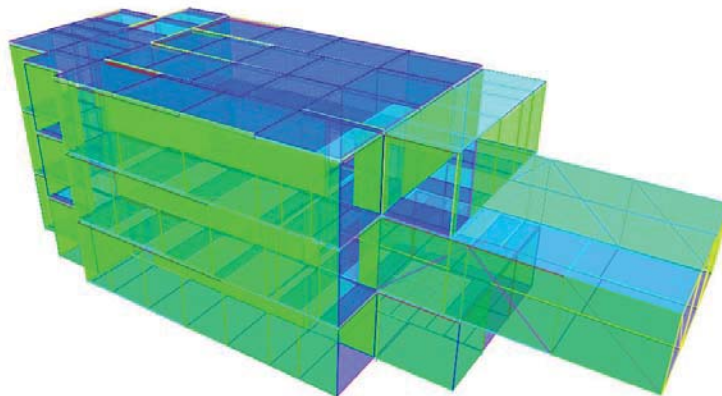
C2-12-T9

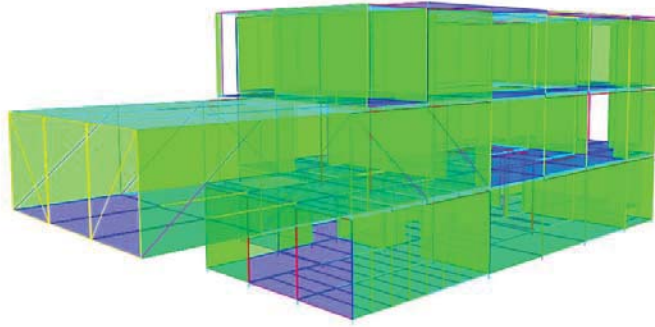
VISTA 3D





Di seguito alcune viste del modello completo.



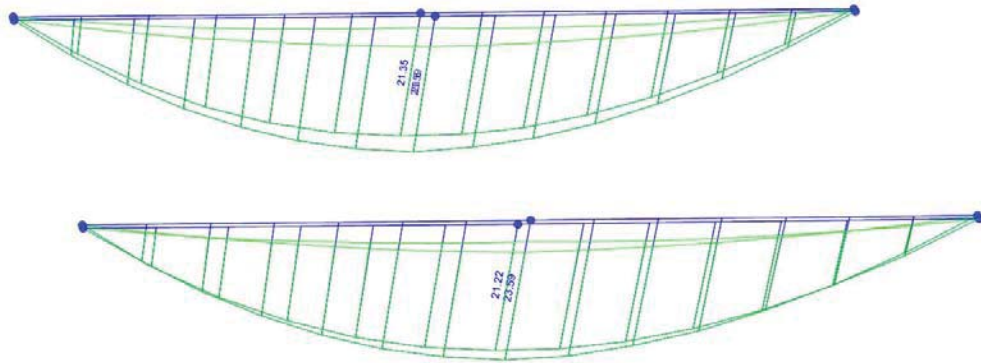


8 RISULTATI

8.1 Sollecitazioni sugli elementi

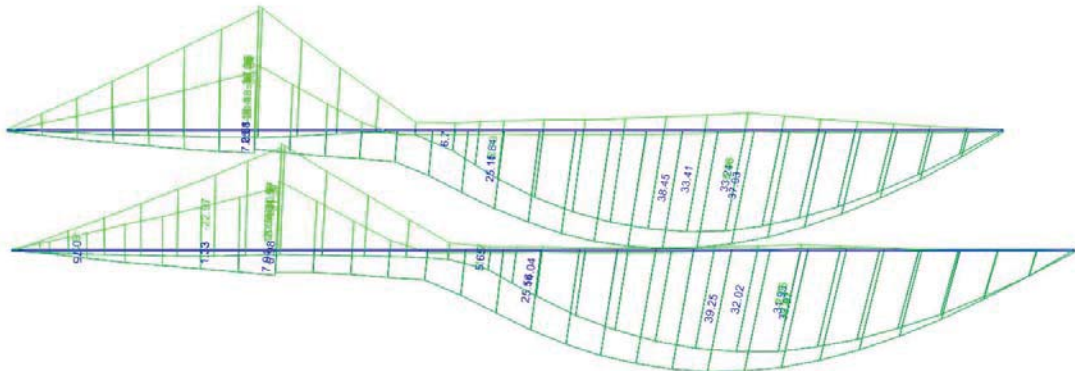
Si mostrano le sollecitazioni su alcuni elementi significativi.

Travi inferiori dei container a sbalzo (rinforzate con piatti); momenti flettenti; involucro delle combinazioni SLU/SLV:



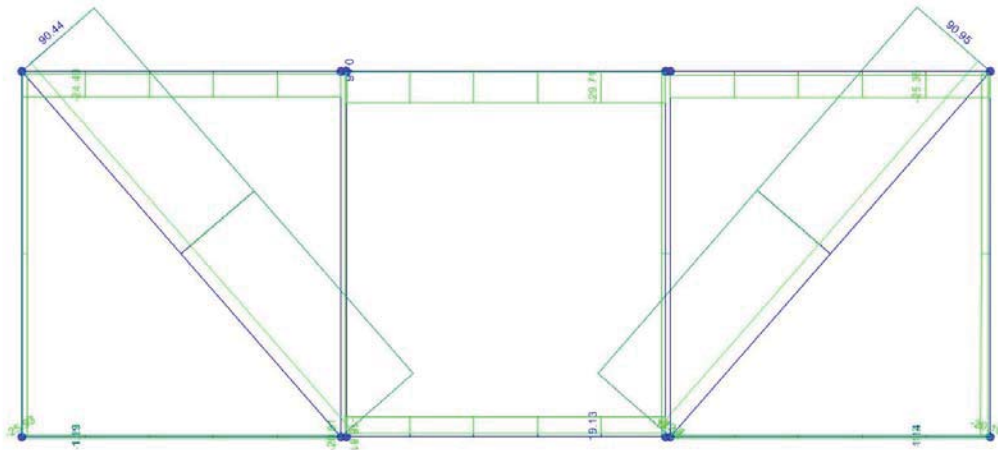
$$M_{\max_SLU} = 23.6 \text{ kNm}$$

Travi UPN a soffitto dei container di sbalzo, momenti flettenti; involucro delle combinazioni SLU/SLV:



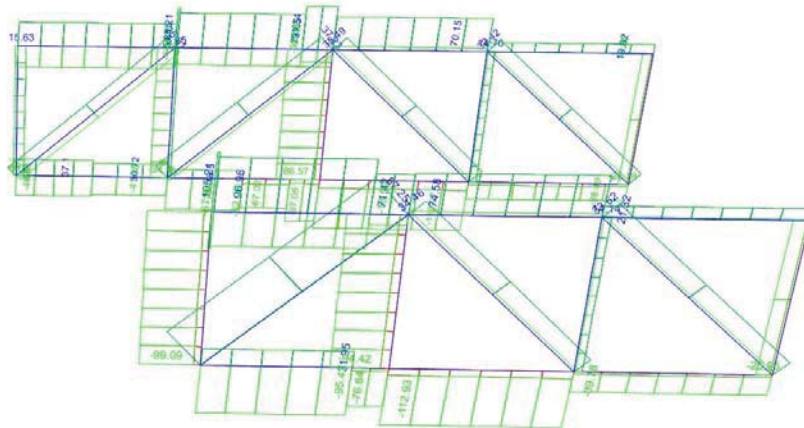
$$M_{\max_SLU} = 39.3 \text{ kNm}$$

Reticolare di testa; azioni assiali; involucro delle combinazioni SLU/SLV:



$N_{\max_diag_SLU} = 91.0 \text{ kN}$
 $N_{\max_corr_SLU} = 29.7 \text{ kN}$
 $N_{\max_mont_SLU} = 20.8 \text{ kN}$

Reticolare laterali; azioni assiali; involucro delle combinazioni SLU/SLV:



$N_{\max_diag_SLU} = 86.9 \text{ kN}$
 $N_{\max_corr_SLU} = 113.0 \text{ kN}$
 $N_{\max_mont_SLU} = 99.1 \text{ kN}$

8.2 Deformazioni

Dal punto di vista deformativo il punto più critico della struttura è lo sbalzo di piano primo; le altre strutture sono realizzate con container appoggiati uno sull'altro; tali strutture sono ideate per essere montate su più livelli sui mercantili. Si mostra l'involuppo della deformata delle strutture reticolari di sbalzo, per tutte le combinazioni SLE:

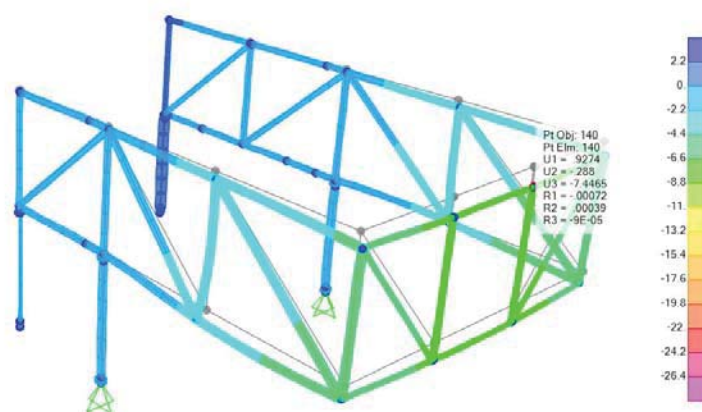


Figura 7 – Deformata involucro SLE strutture reticolari di sbalzo

La deformata massima in punta allo sbalzo risulta essere:

$$f_{SLE} = 7.4 \text{ mm}$$

(inferiore ad 1/800 dello sbalzo)

La freccia massima è ottenuta per le combinazioni SLE17 (7.4mm) e SLE63 (7.3mm).

Data la particolare importanza dello sbalzo, si è sviluppato un modello di calcolo alternativo e semplificato, che considera i soli container dello sbalzo, nei quali si è trascurata la presenza delle pareti laterali dei container di sbalzo, cui sono saldate le reticolari. Si è anche eliminato il contributo irrigidente (pur presente) dato dalla lamiera di copertura che è saldata al resto delle strutture.

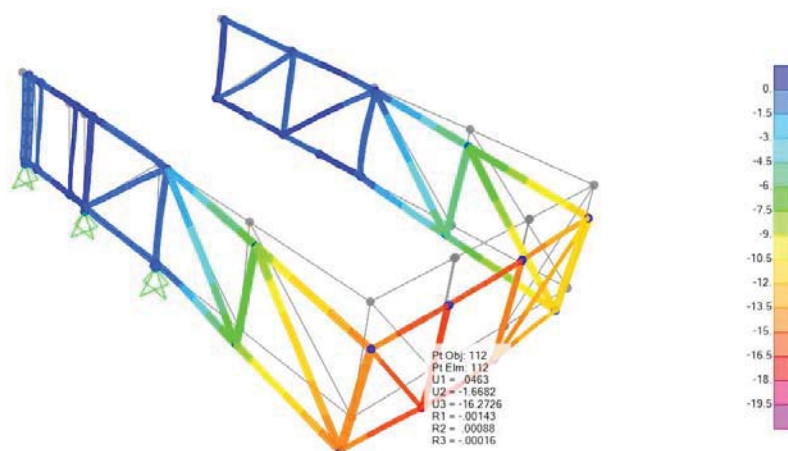


Figura 8 – Deformata per la combinazione SLE063 [modello senza pareti]

La deformata massima in punta allo sbalzo risulta essere:

$$f_{SLE} = 16.2 \text{ mm}$$

(pari a circa 1/400 dello sbalzo)

Tali deformate risultano compatibili con l'utilizzo dello spazio visitatori. Si segnala la presenza di vetrate nella sola parete di testa dello sbalzo, soggette pertanto a limitati spostamenti differenziali.

8.3 Analisi modale

L'analisi modale è stata estesa ad un numero di modi molto importante (fino a 250 modi). Ciò è dovuto al fatto che sono presenti numerosi interventi locali, i quali determinano dei modi che mobilitano poca massa; inoltre le strutture dei container sono collegate fra loro solo localmente in corrispondenza dei blocchi d'angolo, pertanto anche questo tipo di vincolo determina la presenza di modi locali di vibrare. Nella tabella seguente si identificano, all'interno dei primi modi di vibrare, quelli che mobilitano più del 5% della massa totale.

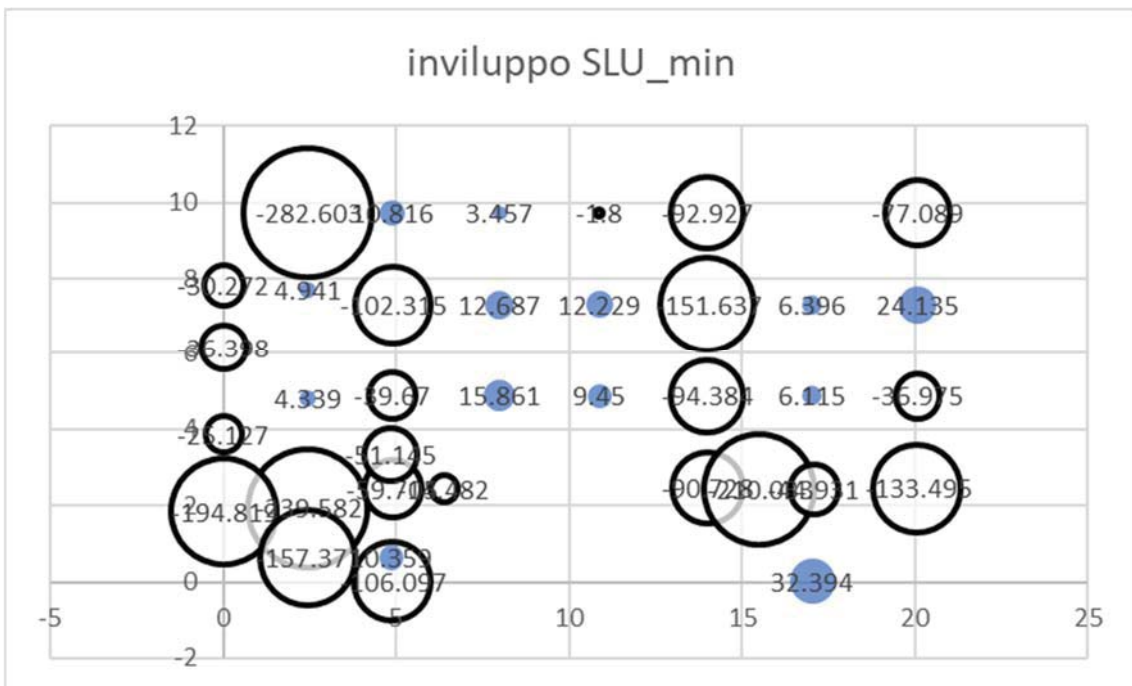
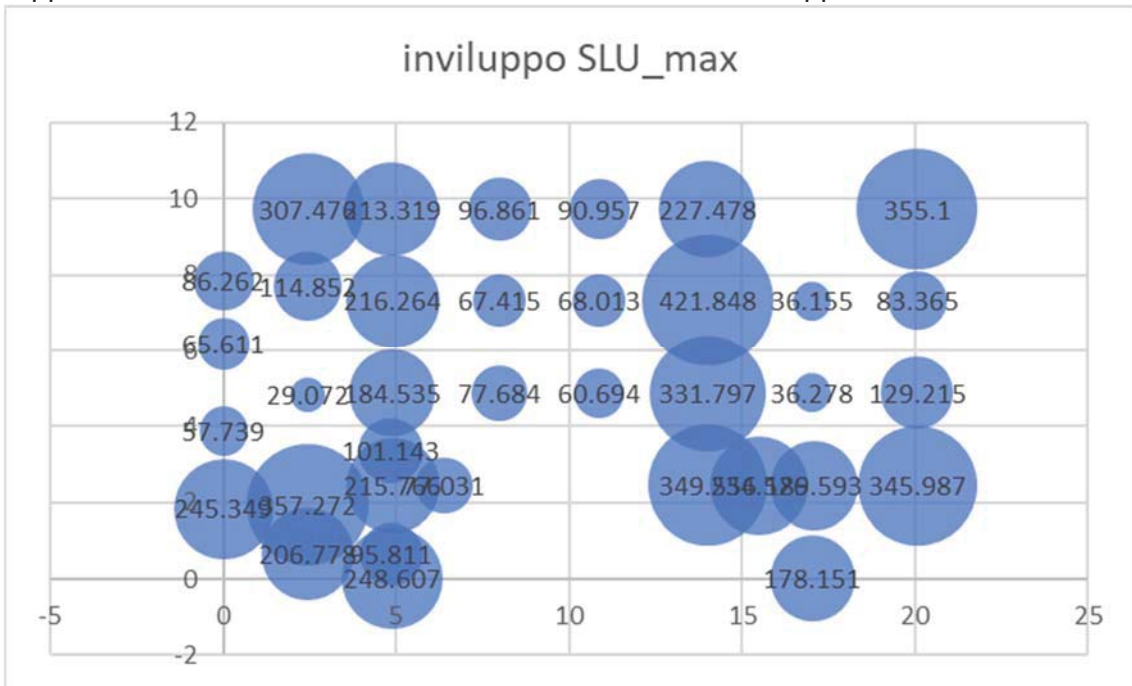
| Analisi modale | | | | | |
|----------------|---------|------|------|-------------|-------------|
| Modo | Periodo | UX | UY | ΣUX | ΣUY |
| [--] | [sec] | [--] | [--] | [--] | [--] |
| 1 | 0.635 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 |
| 2 | 0.553 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.02 |
| 3 | 0.548 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.04 |
| 4 | 0.545 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.05 |
| 5 | 0.507 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.05 |
| 36 | 0.181 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.22 |
| 37 | 0.172 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.22 |
| 38 | 0.154 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.22 |
| 39 | 0.149 | 0.00 | 0.08 | 0.04 | 0.29 |
| 40 | 0.146 | 0.00 | 0.02 | 0.04 | 0.32 |
| 41 | 0.143 | 0.00 | 0.08 | 0.04 | 0.40 |
| 42 | 0.139 | 0.01 | 0.03 | 0.05 | 0.43 |
| 43 | 0.139 | 0.00 | 0.01 | 0.05 | 0.44 |
| 44 | 0.132 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.44 |
| 45 | 0.119 | 0.00 | 0.03 | 0.06 | 0.47 |
| 46 | 0.111 | 0.00 | 0.05 | 0.06 | 0.52 |
| 47 | 0.109 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.52 |
| 48 | 0.108 | 0.31 | 0.01 | 0.37 | 0.54 |
| 49 | 0.108 | 0.00 | 0.00 | 0.37 | 0.54 |
| 50 | 0.106 | 0.01 | 0.00 | 0.38 | 0.54 |
| 60 | 0.087 | 0.00 | 0.00 | 0.39 | 0.58 |
| 61 | 0.087 | 0.02 | 0.00 | 0.42 | 0.58 |
| 62 | 0.086 | 0.07 | 0.01 | 0.49 | 0.59 |
| 63 | 0.084 | 0.00 | 0.00 | 0.49 | 0.59 |
| 64 | 0.084 | 0.00 | 0.00 | 0.49 | 0.59 |
| 65 | 0.083 | 0.01 | 0.05 | 0.50 | 0.64 |
| 76 | 0.077 | 0.00 | 0.00 | 0.52 | 0.65 |
| 77 | 0.077 | 0.00 | 0.00 | 0.52 | 0.65 |
| 78 | 0.076 | 0.07 | 0.00 | 0.59 | 0.65 |
| 79 | 0.072 | 0.00 | 0.00 | 0.59 | 0.65 |
| 80 | 0.072 | 0.00 | 0.00 | 0.59 | 0.65 |
| [...] | | | | | |
| 250 | 0.022 | 0.00 | 0.00 | 0.87 | 0.89 |

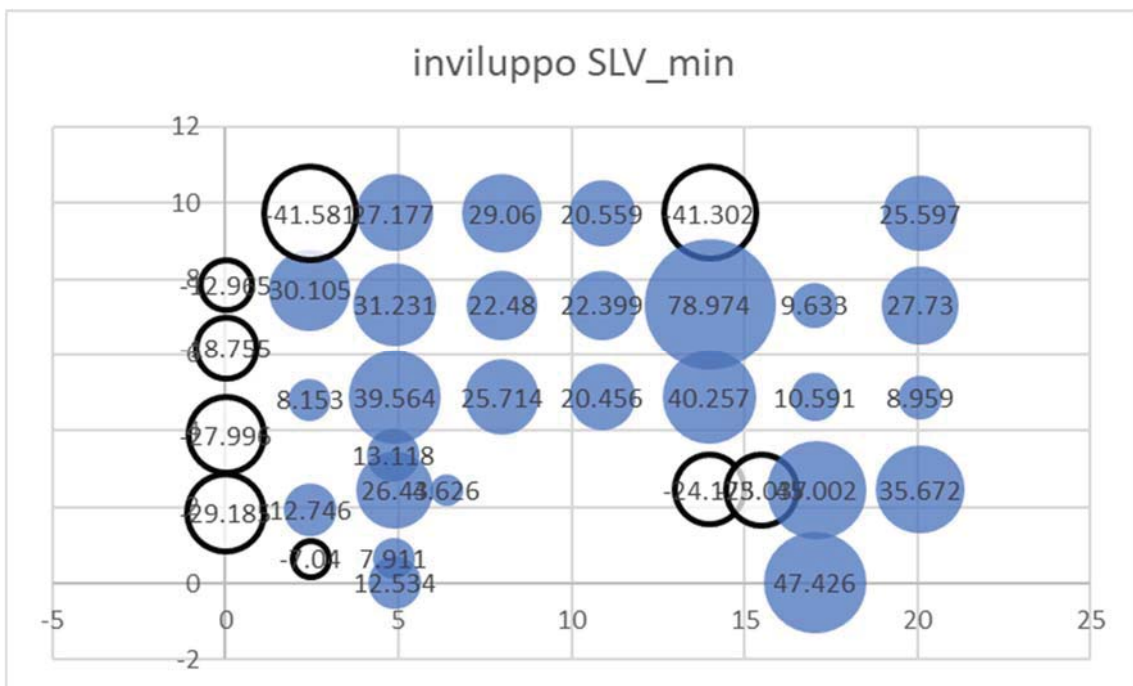
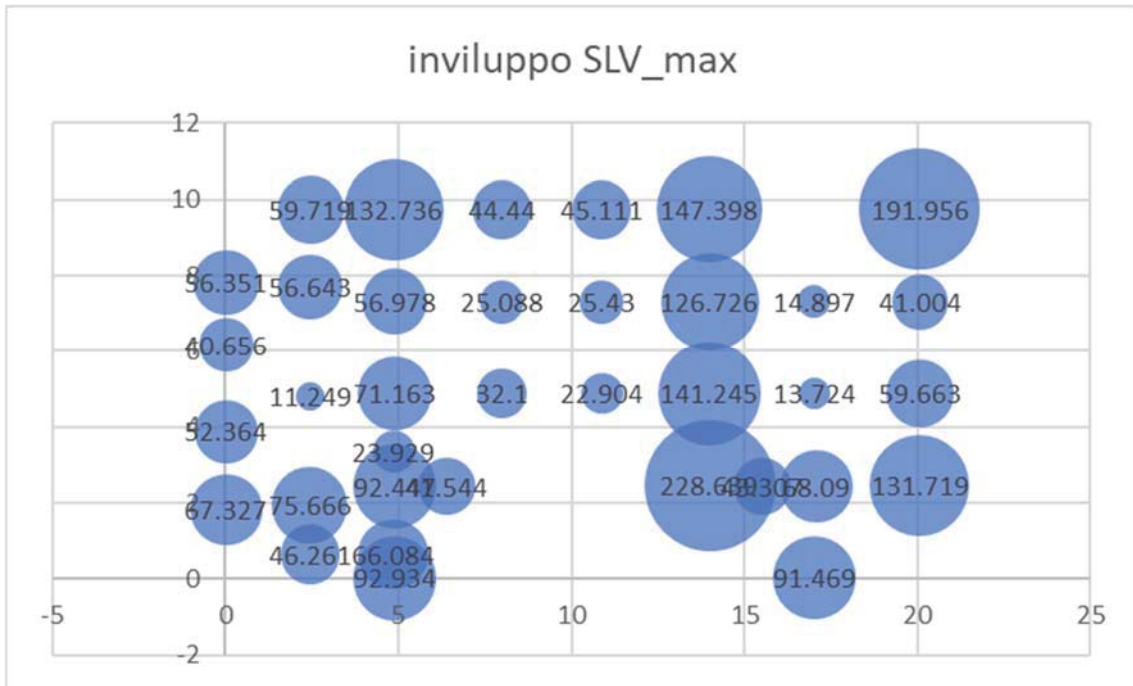
8.4 Reazioni vincolari

I blocchi d'angolo dei container sono saldati al piede alle piastre annegate nella platea di fondazione. Per valutare le sollecitazioni presenti su queste ultime, si sono introdotti dei nodi master per tutte le piastre in cui convergono più blocchi d'angolo. In questo modo si ricavano le risultanti dei diversi blocchi che insistono sulla stessa piastra.

Nei diagrammi che seguono si riportano le sollecitazioni verticali di involucro per le combinazioni agli stati limite e per le combinazioni sismiche SLV; per ogni involucro si mostrano i massimi ed i minimi per ogni piastra.

Per facilità di lettura si riportano i valori con un diagramma a bolle, in cui l'ascissa e l'ordinata corrispondono alle coordinate di posizionamento in pianta, mentre la dimensione della bolla rappresenta l'entità della reazione vincolare. Le bolle vuote rappresentano i valori di trazione.





9 VERIFICHE

Si è sviluppato un modello FEM 3D per l'analisi delle sollecitazioni nei profili; il software consente anche di effettuare le verifiche di resistenza e stabilità delle diverse membrature.

Si sono eseguite le verifiche di tutti gli elementi aggiuntivi introdotti nelle strutture dei container; le strutture non modificate sono infatti verificate perché ideate e certificate per sollecitazioni ben superiori a quelle indotte dai carichi dell'edificio.

Le lunghezze di libera inflessione ($L_0 = \beta L$) per le verifiche di stabilità sono state imputate a mano in modo cautelativo, con le seguenti ipotesi:

| | | |
|------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| colonne | $\beta_{\max} = \beta_{\min} =$ | 1.0 |
| travi reticolari | $\beta_{\max} = \beta_{\min} =$ | 1.0 |
| travi | $\beta_{\max} =$ | 1.0 |
| | $\beta_{\min} =$ | 0.2 (se trave vincolata da impalcato) |

Le verifiche effettuate per ciascun elemento sono quelle di resistenza e di stabilità delle membrature; si riportano di seguito i criteri di verifica utilizzati.

9.1 Verifiche di resistenza

9.1.1 Resistenza a compressione

Sezioni di classe 1, 2 e 3:

Si è verificato che:

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

dove:

N_{Sd} = azione di compressione sollecitante

$N_{c,Rd}$ = azione di compressione resistente

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$\gamma_{M0} = 1,05$$

A = area della sezione

9.1.2 Resistenza a presso / tenso flessione retta

Sezioni di classe 1 e 2:

Si è verificato che:

$$M_{Sd} \leq M_{N,Rd}$$

dove:

M_{Sd} = momento flettente sollecitante

$M_{N,Rd}$ = momento resistente in presenza di azione assiale

$$M_{N,Rd} = M_{PL,Rd} \cdot (1 - n) / (1 - 0,5 \cdot a) \leq M_{PL,Rd}$$

$M_{PL,Rd}$ = momento plastico a flessione semplice nel piano dell'anima

$$n = N_{Sd} / N_{PL,Rd}$$

N_{Sd} = azione assiale sollecitante

$N_{PL,Rd}$ = resistenza plastica assiale

$$a = (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A \leq 0,5$$

A = area lorda della sezione

b = larghezza delle ali (per sezioni ad "I" o ad "H");
larghezza della sezione (per sezioni scatolari quadre o rettangolari);
larghezza dell'equivalente sezione quadrata (per sezioni tubolari circolari);

t_f = spessore delle ali (per sezioni ad "I" o ad "H");
spessore della sezione (per sezioni scatolari e tubolari);

Per quanto riguarda il momento resistente, si è anche tenuto conto dell'eventuale riduzione di resistenza qualora il taglio sollecitante fosse risultato maggiore della metà del taglio resistente in tal caso, si è adottata una tensione di snervamento ridotta $f_{y,red}$ pari a :

$$f_{y,red} = (1 - \rho) \cdot f_{yk}$$

dove:

$$\rho = (2 \cdot V_{Sd} / V_{Rd} - 1)^2$$

V_{Sd} = azione di taglio sollecitante

V_{Rd} = azione di taglio resistente

Sezioni di classe 3:

Si è verificato che:

$$N_{Sd} / A + M_{Sd} / W_{EI} \leq f_{yk} / \gamma_{M0}$$

dove:

N_{Sd} = azione assiale sollecitante

M_{Sd} = momento flettente sollecitante

A = area lorda della sezione

W_{EI} = modulo di resistenza elastico della sezione

$\gamma_{M0} = 1,05$

9.1.3 Resistenza a presso / tenso flessione deviata

Sezioni di classe 1 e 2:

Si è verificato che:

$$(M_{Y,Sd} / M_{NY,Rd})^2 + (M_{Z,Sd} / M_{NZ,Rd})^{5n} \leq 1$$

dove:

$$n = N_{Sd} / N_{PL,Rd}$$

Sezioni di classe 3:

Si è verificato che:

$$N_{Sd} / A + M_{Y,Sd} / W_{Y,EI} + M_{Z,Sd} / W_{Z,EI} \leq f_{yk} / \gamma_{M0}$$

9.1.4 Resistenza a taglio

Sezioni di classe 1, 2 e 3:

Si è verificato che:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd}$$

dove:

V_{Sd} = azione di taglio sollecitante

V_{Rd} = azione di taglio resistente

$$V_{Rd} = \frac{A_V \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

$$\gamma_{M0} = 1,05$$

A_V = area resistente a taglio

9.2 Verifiche di stabilità

9.2.1 Stabilità a compressione

Sezioni di classe 1, 2 e 3:

Si è verificato che:

$$N_{Sd} / N_{b,Rd} \leq 1$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}}$$

A = area della sezione

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

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

α = fattore di imperfezione

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{l_0^2}$$

J = momento di inerzia della sezione

l_0 = lunghezza di libera inflessione del profilo

9.2.2 Stabilità a presso flessione retta e deviata

Per le verifiche di stabilità si sono applicati, in alternativa, i metodi A e B specificati al § C4.2.4.1.3.3 delle normative vigenti.

Metodo A

Stabilità piana

Si è verificato che:

$$\frac{N_{Sd} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{\min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{y,eq} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_y \cdot \left(1 - \frac{N_{Sd}}{N_{cr,y}}\right)} + \frac{M_{z,eq} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_z \cdot \left(1 - \frac{N_{Sd}}{N_{cr,z}}\right)} \leq 1$$

dove:

$$\gamma_{M0} = 1,05$$

W_y e W_z = moduli di resistenza plastici (sezioni di classi 1 e 2) o elastici (sezioni di classe 3)

χ_{\min} = minimo fattore χ intorno agli assi principali di inerzia

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

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

α = fattore di imperfezione

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{l_0^2}$$

J = momento di inerzia della sezione

l_0 = lunghezza di libera inflessione del profilo

$M_{y,eq}$ e $M_{z,eq}$ = momenti flettenti equivalenti

Stabilità flessio-torsionale

Si è verificato che:

$$\frac{N_{Sd} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{\min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{y,eq} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{LT} \cdot f_{yk} \cdot W_y \cdot \left(1 - \frac{N_{Sd}}{N_{cr,y}}\right)} + \frac{M_{z,eq} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_z \cdot \left(1 - \frac{N_{Sd}}{N_{cr,z}}\right)} \leq 1$$

dove:

χ_{LT} = fattore di riduzione per instabilità flessio-torsionale

$$\chi_{LT} = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq \min[1; 1/(f \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2)]$$

f = fattore che considera la reale distribuzione del momento flettente

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

α_{LT} è il fattore di imperfezione

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

M_{cr} = momento critico elastico di instabilità torsionale

$M_{y,eq}$ e $M_{z,eq}$ = momenti flettenti equivalenti

Metodo B

Si è verificato che:

$$\frac{N_{Sd} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_y \cdot f_{yk} \cdot A} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Sd} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{LT} \cdot f_{yk} \cdot W_y} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Sd} \cdot \gamma_{M1}}{W_z \cdot f_{yk}} \leq 1$$

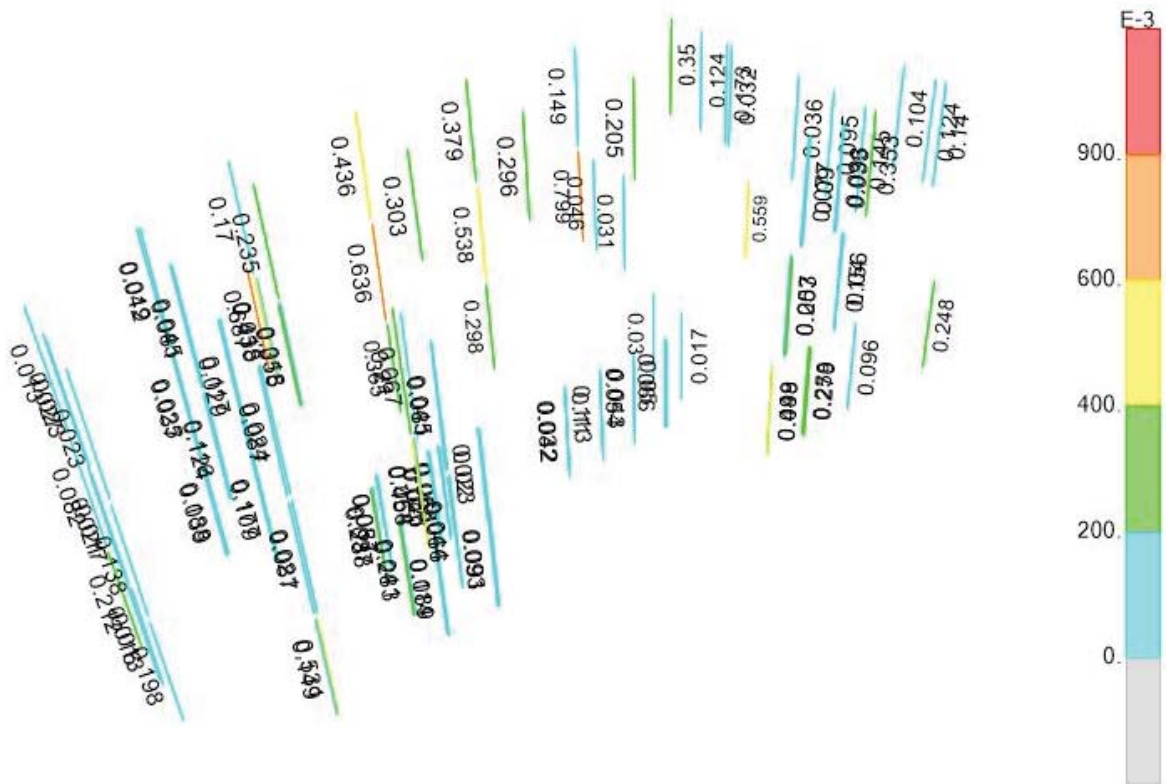
$$\frac{N_{Sd} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_z \cdot f_{yk} \cdot A} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Sd} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{LT} \cdot f_{yk} \cdot W_y} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Sd} \cdot \gamma_{M1}}{W_z \cdot f_{yk}} \leq 1$$

dove k_{yy} , k_{yz} , k_{zz} , k_{zy} sono opportuni coefficienti di interazione.

9.3 Verifiche elementi strutturali

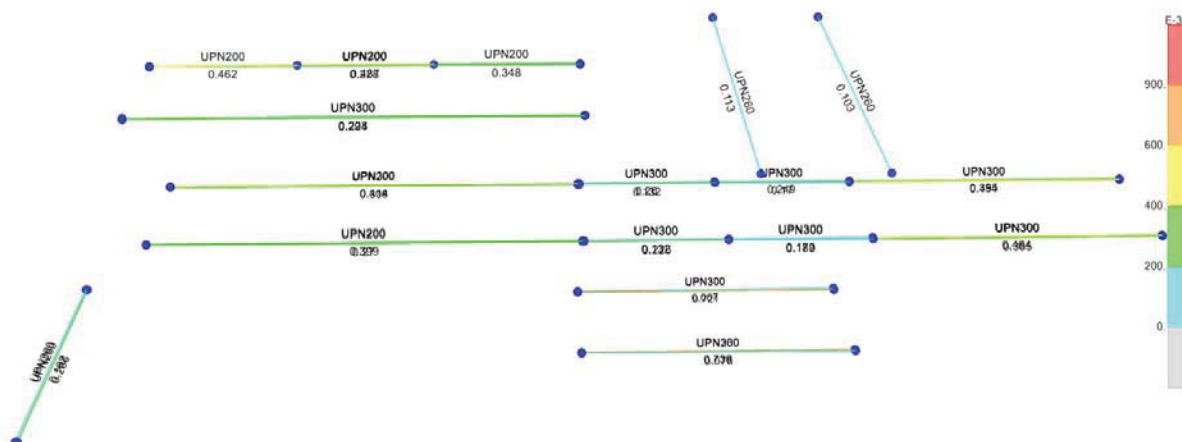
Verifiche pilastri aggiuntivi di rinforzo

Si riportano i valori massimi di sfruttamento (da 0.00 a 1.00) degli elementi, valutati dal software secondo l'approccio sopra esposto. A favore di sicurezza, in presenza di nuovi pilastri saldati a pilastri esistenti, si è considerato come resistente solamente il primo.



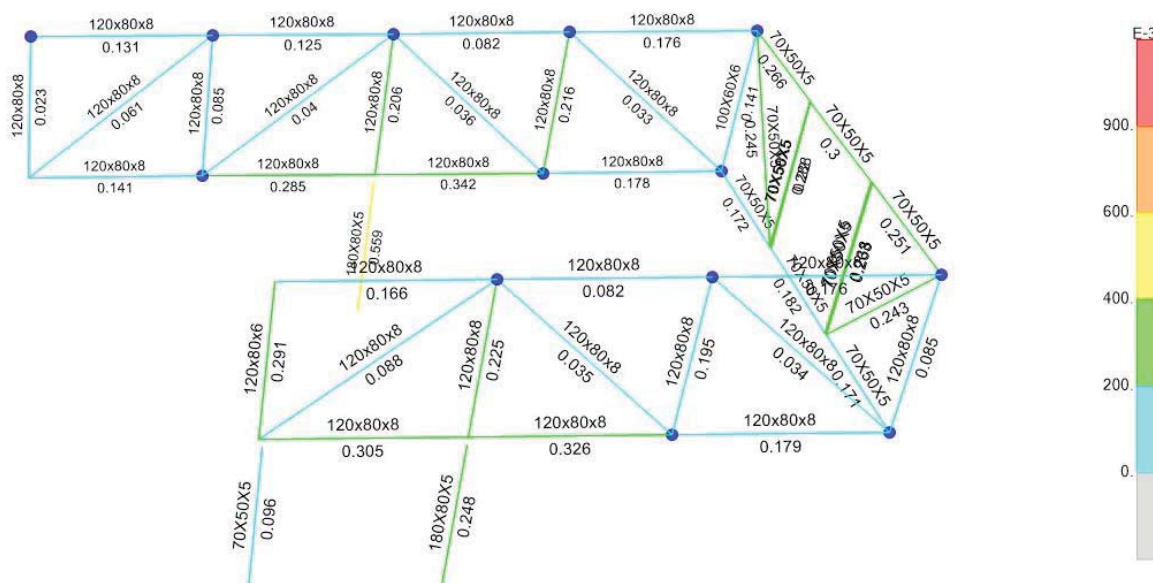
Verifiche travi aggiuntive tipo UPN

Si riportano i valori massimi di sfruttamento (da 0.00 a 1.00) degli elementi, valutati dal software secondo l'approccio sopra esposto.

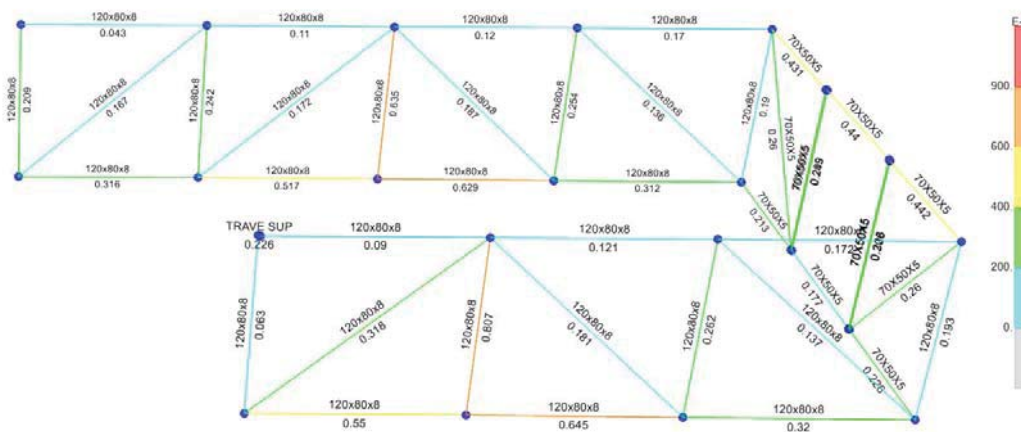


Travi reticolari dello sbalzo

Si riportano i valori massimi di sfruttamento (da 0.00 a 1.00) degli elementi, valutati dal software secondo l'approccio sopra esposto.



Data la particolare importanza delle strutture delle reticolari, si sono eseguite anche le verifiche per il modello semplificato, già illustrato in precedenza, in cui si è trascurato il contributo delle pareti perimetrali esistenti e della lamiera di copertura, modellando le sole membrature.



9.4 Verifiche saldature blocchi d'angolo al piede

Si prevede la saldatura dei blocchi d'angolo al piede, sulle piastre annegate nel getto. La verifica della saldatura, in accordo alle NTC, viene eseguita come segue:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq f_{yk}/(0.9 \cdot \gamma_{M2})$$

Con gli sforzi valutati sull'area di gola della saldatura.

Per ogni elemento modellato al piede dei container, si sono estratte le sollecitazioni di taglio nelle due direzioni e di azione assiale, per ogni singola combinazione di carico. Nella verifica della saldatura si sono considerate solo le azioni assiali di trazione.

Tramite un foglio di calcolo si è stimata l'area minima di gola della saldatura da garantire in opera.

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{\left(\frac{N}{A}\right)^2 + 3\left(\frac{V}{A}\right)^2} = \frac{1}{A} \sqrt{(N)^2 + 3(V)^2} \leq f_{yk}/(0.9 \cdot \gamma_{M2})$$

$$A \geq = \frac{\sqrt{(N)^2 + 3(V)^2}}{f_{yk}/(0.9 \cdot \gamma_{M2})}$$

Dalle verifiche effettuate si evince che l'area della gola della saldatura deve essere maggiore di:

$$A_{S,min,gola} = 1840 \text{ mmq} = 18.40 \text{ cmq}$$

9.5 Verifiche piastre di base

La connessione al piede dei container avviene tramite saldatura su piastre zancate.

Si prevedono due tipologie di piastre, in funzione della geometria necessaria. La zancatura è realizzata con barre di armatura, sagomate ad L.

La piastra di tipo 1 presenta 8 barre di diametro 16mm, la piastra di tipo 2 ne presenta 10.

Si verificano nel seguito le zanche.

Lo stato tensionale nelle barre viene valutato come segue:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq f_{yd}$$

Le tensioni assiali e tangenziali vengono valutate considerando una distribuzione della sollecitazione uniforme sulle diverse barre.

Per ogni piastra si sono estratte le sollecitazioni di taglio nelle due direzioni e di azione assiale, per ogni singola combinazione di carico. Nella verifica della zancatura si sono considerate solo le azioni assiali di trazione.

Si ottengono i seguenti risultati:

| | | | | |
|----------------|-----------|-------------|---|-----------|
| piastra tipo 1 | fsd,max = | 337.7 N/mmq | < | 391 N/mmq |
| piastra tipo 1 | fsd,max = | 323.4 N/mmq | < | 391 N/mmq |

9.6 Verifiche connessioni fra container

Tutti i container saranno connessi fra loro tramite bullonatura. In particolare, si individuano tre tipologie di connessione:

- Connessioni 'verticali', fra blocchi d'angolo di container sovrapposti, e quindi su livelli differenti, realizzate tramite inserimento di una barra filettata all'interno dei due blocchi da collegare, e fissata con dadi;
- Connessioni 'orizzontali', fra container posti allo stesso piano; realizzate tramite imbullonatura fra gli elementi di pilastro d'angolo presenti nei container;
- Connessioni per gli sbalzi; sono connessioni atipiche presenti per garantire la stabilità dello sbalzo. Sono in particolare le connessioni della reticolare di testa e i fissaggi dei container da 40' sulla loro parte posteriore, potenzialmente soggetti a trazione.

9.6.1 Connessioni verticali

Tali connessioni sono realizzate all'interno dei blocchi d'angolo; questi elementi presentano delle forometrie su tutte le facce accessibili. Si prevede l'inserimento e saldatura, in officina, di piatti posti in orizzontale a cavallo delle forature. Tali piatti presentano un foro per l'infilaggio di una barra filettata M18, che viene poi stretta con dadi, fissando in tal modo i due container.

Nel modello di calcolo si sono modellati i blocchi d'angolo dei container come elementi trave rigidi applicati al piede di ogni container ed incernierati al container inferiore.

Si verifica la barra filettata, soggetta a trazione (eventualmente, in alcuni casi) e taglio, con la formulazione di normativa:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} \leq 1$$

Con:

| | |
|--------------|----------------------------|
| $F_{v,Ed}$ = | sfuerzo di taglio agente |
| $F_{t,Ed}$ = | sfuerzo di trazione agente |
| $F_{v,Rd}$ = | taglio resistente |
| $F_{t,Rd}$ = | resistenza a trazione |

Le condizioni di trazione (perlopiù date da effetti locali dovuti alle coazioni termiche) massime determinano una verifica:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} = 0.40 \leq 1$$

per la combinazione SLU051 per un blocco d'angolo del container C2-12-T9.

Le condizioni di taglio massime determinano una verifica:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} = 0.98 \leq 1$$

per la combinazione SLU056, anche in questo caso per un blocco d'angolo del container C2-12-T9.

9.6.2 Connessioni orizzontali

Tali connessioni sono previste per rendere solidali i container posti su di uno stesso livello. Si prevede di imbullonare fra loro i pilastri d'angolo dei diversi container posati affiancati. La bullonatura è costituita da 3 bulloni M20 lungo lo sviluppo verticale dei pilastri. Nel modello di calcolo sono stati modellati come elementi rigidi a colmare il gap presente fra i diversi container.

Si verificano i bulloni con la seguente formulazione:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} \leq 1$$

Con:

- $F_{v,Ed}$ = sforzo di taglio agente sul singolo bullone
- $F_{t,Ed}$ = sforzo di trazione agente sul singolo bullone
- $F_{v,Rd}$ = taglio resistente
- $F_{t,Rd}$ = resistenza a trazione

Le condizioni massime determinano una verifica:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} = 0.42 \leq 1$$

per la combinazione SLU061 nella connessione fra i container CO-06-T4 e CO-09-T2.

9.6.3 Connessioni reticolari

Si verificano le connessioni della reticolare di testa. Si prevede di imbullonare il container centrale ai container laterali. Ogni connessione prevede una coppia di bulloni M20. Le azioni sono ricavate dal modello di calcolo, dove si sono modellati elementi rigidi a connessione degli spigoli dei container.

Si verificano i bulloni con la seguente formulazione:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} \leq 1$$

Con:

- $F_{v,Ed}$ = sforzo di taglio agente sul singolo bullone
- $F_{t,Ed}$ = sforzo di trazione agente sul singolo bullone
- $F_{v,Rd}$ = taglio resistente
- $F_{t,Rd}$ = resistenza a trazione

Le condizioni massime determinano una verifica:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} = 0.33 \leq 1$$

Si verificano anche le connessioni della reticolare laterali. In particolare si procede a visualizzare le verifiche di tre punti di aggancio fra i container con le reticolari ed i container sottostanti. La parte in appoggio dei container a sbalzo viene fissata per resistere a eventuali trazioni dovute allo sbilanciamento dei carichi. Si realizza un dettaglio con 4 bulloni M20 che lavorano a taglio.

Si verificano i bulloni con la seguente formulazione:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} \leq 1$$

Con:

$F_{v,Ed}$ = sforzo di taglio agente sul singolo bullone
 $F_{t,Ed}$ = sforzo di trazione agente sul singolo bullone
 $F_{v,Rd}$ = taglio resistente
 $F_{t,Rd}$ = resistenza a trazione

Il tiro di bilanciamento agisce come forza tagliante sui bulloni, e viene combinato con le azioni orizzontali.

Le condizioni massime determinano una verifica:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} = 0.23 \leq 1$$

(combinazione SLU061)

A maggior tutela e come controllo della affidabilità dei risultati, si verificano i nodi anche per le azioni derivanti dal modello semplificato prima esposto.

Le condizioni massime determinano una verifica:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4F_{t,Rd}} = 0.52 \leq 1$$

(combinazione SLU017)

Infine, si verifica la connessione fra i container dello sbalzo ed i container inferiori, in corrispondenza del punto di appoggio. I container superiori sfilano sopra i blocchi d'angolo inferiori, appoggiandosi con degli opportuni spessori. Si prevede di saldare puntualmente le strutture in opera.

La verifica della saldatura, in accordo alle NTC, viene eseguita come segue:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq f_{yk}/(0.9 \cdot \gamma_{M2})$$

Con gli sforzi valutati sull'area di gola della saldatura.

Per ogni elemento modellato al piede dei container, si sono estratte le sollecitazioni di taglio nelle due direzioni e di azione assiale, per ogni singola combinazione di carico. Nella verifica della saldatura si sono considerate solo le azioni assiali di trazione.

Tramite un foglio di calcolo si è stimata l'area minima di gola della saldatura da garantire in opera.

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{\left(\frac{N}{A}\right)^2 + 3\left(\frac{V}{A}\right)^2} = \frac{1}{A} \sqrt{(N)^2 + 3(V)^2} \leq f_{yk}/(0.9 \cdot \gamma_{M2})$$

$$A \geq \frac{\sqrt{(N)^2 + 3(V)^2}}{f_{yk}/(0.9 \cdot \gamma_{M2})}$$

Dalle verifiche effettuate si evince che l'area della gola della saldatura deve essere maggiore di:

512 mmq = 5.12 cmq (SLU063)

10 VERIFICA FONDAZIONI

10.1 Capacità portante

La fondazione è realizzata come un'unica platea in calcestruzzo, da realizzarsi sopra il piano esistente di pavimentazione dell'area di cantiere. La pavimentazione esistente è realizzata con una piastra in calcestruzzo di spessore medio paria 20cm, armata con doppia rete e.s.

La nuova fondazione avrà spessore variabile, andando a realizzare un piano a quota costante, colmando quindi lo spazio sopra la soletta esistente che presenta una pendenza.

Lo spessore è variabile fra 25 e 40cm, con un picco puntuale di 50cm.

La capacità portante del terreno è dedotta dalla relazione geotecnica.

La soluzione a piastra per un sistema fondazionale è quella che minimizza le pressioni localizzate sul terreno; la presenza di un'ulteriore piastra in calcestruzzo sotto la nuova tutela ulteriormente nei confronti dei carichi verticali. Si procede comunque ad una verifica cautelativa della pressione limite sul terreno.

Cautelativamente si stima la capacità portante del terreno con un'analisi a plinto isolato (ottenendo pertanto un valore inferiore a quello reale atteso).

Si considerano le caratteristiche del terreno indicate in relazione geotecnica per la stratigrafia di interesse Ug2:

| | | |
|------------------------------|------|-------|
| peso | 19.0 | kN/mc |
| angolo d'attrito di progetto | 30° | |
| coesione | 5 | kPa |

Ipotizzando un plinto isolato di 2.00m x 2.00m, con spessore 45cm (terreno all'interfaccia con la soletta esistente), si ottiene una capacità portante di progetto (approccio 2 NTC2018):

$$q_d = 339 \text{ kN/mq} \quad (= 3.4 \text{ kg/cmq})$$

da utilizzare per le verifiche SLU.

10.2 Verifica della capacità portante

Si esegue la verifica per la situazione peggiore, che involupa tutte le altre.

Dal modello di calcolo si ottiene che lo scarico massimo di compressione sulla singola piastra vale:

$$N_{sd} = 421 \text{ kN}$$

Lo scarico massimo è in corrispondenza di un punto interno; a favore di sicurezza si considera un plinto equivalente di dimensioni pari a:

$$150\text{cm} * 150\text{cm}$$

Considerando una diffusione a 45° nella soletta esistente, si ha un'area di contatto pari ad almeno:

$$190\text{cm} * 190\text{cm}$$

La pressione di contatto così stimata è pari a:

$$\sigma_{slu,terr} = 421 / (1.9 * 1.9) = 117 \text{ kN/mq} \quad \ll \quad q_d = 339 \text{ kN/mq}$$

Si considera anche la situazione della piastra posta nello spigolo della platea; la dimensione minima della porzione di nuova piastra da considerare, partendo dalla geometria della piastra, vale:

$$120\text{cm} * 150\text{cm}$$

Considerando una diffusione a 45° nella soletta esistente, si ha un'area di contatto pari ad almeno:

$$160\text{cm} * 190\text{cm}$$

Il carico agente vale:

$$N_{sd} = 355 \quad \text{kN}$$

La pressione di contatto così stimata è pari a:

$$\sigma_{slu,terr} = 355 / (1.6 * 1.9) = 117 \quad \text{kN/mq} \quad \ll \quad q_d = 339 \text{ kN/mq}$$

10.3 Verifica strutturale della fondazione

La fondazione è armata con una doppia rete e.s.; in corrispondenza delle piastre si introducono delle armature aggiuntive nelle due direzioni principali, sia inferiormente sia superiormente.

Le armature aggiuntive si prolungano fra una piastra e l'altra, a realizzare degli effetti trave.

Cautelativamente si considera la pressione massima e si considera una porzione di soletta pari alla dimensione del plinto isolato stimato precedentemente per il calcolo della pressione massima. Si considera uno schema semplificato di mensola dal limitare del 'plinto' fino al filo della piastra.

$$l_{sbalzo} = (1.90\text{m} - 0.40\text{m}) / 2 = 0.75\text{m}$$

$$m_{sd} = 117\text{kN/mq} * 0.75\text{m} * 0.75\text{m} / 2 = 32.9 \quad \text{kNm/m}$$

L'armatura è costituita da:

| | |
|----------------------|-------------------|
| rete e.s. superiore | $\phi 10/20 * 20$ |
| rete e.s. inferiore | $\phi 10/20 * 20$ |
| aggiuntivi superiori | $\phi 16/10$ |
| aggiuntivi inferiori | $\phi 16/10$ |

Il momento resistente è pari a:

$$m_{rd} = 157.7 \quad \text{kNm/m} \gg \quad m_{sd}$$

Titolo :

N° strati barre

| N* | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 25 |

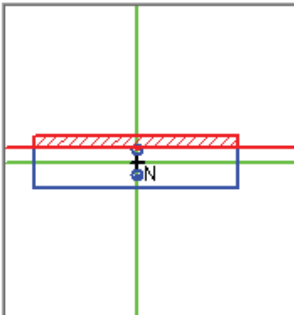
| N* | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 3.93 | 5 |
| 2 | 20.11 | 6 |
| 3 | 20.11 | 19 |
| 4 | 3.93 | 20 |

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.



Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN

M_{xEd} kNm

M_{yEd}

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C

C35/45

ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰

f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰

E_s N/mm² f_{cd} ‰

E_s/E_c f_{cc}/f_{cd}

ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰

σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰

τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ε_c ‰

ε_s ‰

d cm

x x/d

δ

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

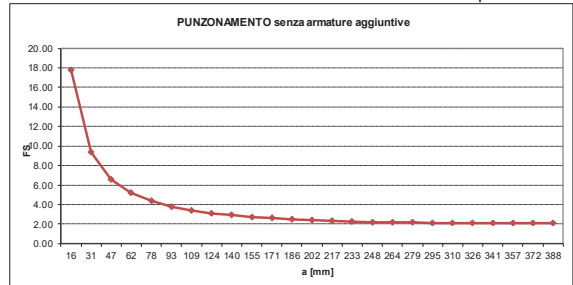
N° rett.

L₀ cm

Precompresso

Si effettua la verifica a punzonamento; cautelativamente non si considera la presenza della platea esistente. Non risulta necessaria la posa di armatura a punzonamento.

| PUNZONAMENTO PLATEA DI FONDAZIONE (EC2 + App. Nazionale) | | Verifica vrd lungo il perimetro di verifica con "a" <= 2d, senza armatura a taglio: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|---|-------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------|--|--------|----------------------|-------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------|------|------------|------|----------|----------------------|------------------------------|--------|--------------------|-----------|--------------------|---------|-------------------------|---|------------------|---|---|-----|------------------|-----------|
| NORMATIVA | | a [mm] | u [mm] | ΔV_{Ed} [kN] | $V_{Ed,red}$ [kN] | V_{Ed} [N/mm ²] | $V_{Rd,calc}$ [N/mm ²] | $V_{Rd,min}$ [N/mm ²] | $V_{Rd,c}$ [N/mm ²] | FS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Calcestruzzo | | 15.5 | 2098 | 25 | 396 | 1.12 | 19.87 | 0.59 | 19.87 | 17.75 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Classe | C35/45 | 31.0 | 2195 | 28 | 393 | 1.06 | 9.93 | 0.59 | 9.93 | 9.36 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R_{ck} | 45 [MPa] | 46.6 | 2293 | 31 | 390 | 1.01 | 6.62 | 0.59 | 6.62 | 6.57 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| f_{ck} | 35 [MPa] | 62.1 | 2390 | 35 | 386 | 0.96 | 4.97 | 0.59 | 4.97 | 5.18 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| f_{ctd} | 20 [MPa] | 77.6 | 2488 | 38 | 383 | 0.91 | 3.97 | 0.59 | 3.97 | 4.35 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| α_{ct} | 0.85 | 93.1 | 2585 | 42 | 379 | 0.87 | 3.31 | 0.59 | 3.31 | 3.81 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| γ_c | 1.5 | 108.6 | 2683 | 45 | 376 | 0.83 | 2.84 | 0.59 | 2.84 | 3.42 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| d_c | 194 [mm] | 124.2 | 2780 | 49 | 372 | 0.79 | 2.48 | 0.59 | 2.48 | 3.13 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Geometria piastra | | 139.7 | 2878 | 53 | 368 | 0.76 | 2.21 | 0.59 | 2.21 | 2.91 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H= | 250 [mm] | 155.2 | 2975 | 58 | 363 | 0.72 | 1.99 | 0.59 | 1.99 | 2.74 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| c= | 40 [mm] | 170.7 | 3073 | 62 | 359 | 0.69 | 1.81 | 0.59 | 1.81 | 2.61 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Armatura direzione X | | 186.2 | 3170 | 66 | 355 | 0.66 | 1.66 | 0.59 | 1.66 | 2.50 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n° ferri /m in x = | 10.00 | 201.8 | 3268 | 71 | 350 | 0.64 | 1.53 | 0.59 | 1.53 | 2.41 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Φ_x | 16 [mm] | 217.3 | 3365 | 76 | 345 | 0.61 | 1.42 | 0.59 | 1.42 | 2.33 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A_{sx} | 2011 [mm ²] | 232.8 | 3463 | 80 | 341 | 0.58 | 1.32 | 0.59 | 1.32 | 2.27 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| d_x | 202 [mm] | 248.3 | 3560 | 85 | 336 | 0.56 | 1.24 | 0.59 | 1.24 | 2.22 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Armatura direzione Y | | 263.8 | 3658 | 91 | 330 | 0.54 | 1.17 | 0.59 | 1.17 | 2.18 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n° ferri /m in y = | 10.00 | 279.4 | 3755 | 96 | 325 | 0.51 | 1.10 | 0.59 | 1.10 | 2.15 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Φ_y | 16 [mm] | 294.9 | 3853 | 101 | 320 | 0.49 | 1.05 | 0.59 | 1.05 | 2.13 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A_{sy} | 2011 [mm ²] | 310.4 | 3950 | 107 | 314 | 0.47 | 0.99 | 0.59 | 0.99 | 2.11 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| d_y | 186 [mm] | 325.9 | 4048 | 113 | 308 | 0.45 | 0.95 | 0.59 | 0.95 | 2.09 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Calcolo lunghezza perimetro "u ₀ " | | 341.4 | 4145 | 118 | 303 | 0.43 | 0.90 | 0.59 | 0.90 | 2.09 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| u _{0,rettangolare} | 2000 [mm] | 357.0 | 4243 | 124 | 297 | 0.41 | 0.86 | 0.59 | 0.86 | 2.08 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| u _{0,circolare} | 0 [mm] | 372.5 | 4340 | 131 | 290 | 0.40 | 0.83 | 0.59 | 0.83 | 2.09 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Distanza tra il contorno del pilastro e il perimetro "u ₁ " massimo da verificare | | 388.0 | 4438 | 137 | 284 | 0.38 | 0.79 | 0.59 | 0.79 | 2.09 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a = | 388 [mm] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dati per il calcolo di V _{Rd,c} lungo il perim. di verifica "u ₁ " | | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Verifica in adiacenza pilastro (perimetro "u₀")</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V_{Ed}</td> <td>399 [kN]</td> </tr> <tr> <td>v_{Ed}</td> <td>1.182 [Mpa]</td> </tr> <tr> <td>FS</td> <td>4.19 OK</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | | Verifica in adiacenza pilastro (perimetro "u ₀ ") | | V_{Ed} | 399 [kN] | v_{Ed} | 1.182 [Mpa] | FS | 4.19 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verifica in adiacenza pilastro (perimetro "u ₀ ") | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V_{Ed} | 399 [kN] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| v_{Ed} | 1.182 [Mpa] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FS | 4.19 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dati per il calcolo di V _{Rd,c} lungo il perim. di verifica "u ₁ " | | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Dati per il calcolo di V_{Rd,c} lungo il perim. di verifica "u₁"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$f_{yk,eff}$</td> <td>298.5 [MPa]</td> </tr> <tr> <td>$\phi_{barra\ punz}$ [mm]</td> <td>0 OK</td> </tr> <tr> <td>n° barre per fila</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>s_x [mm]</td> <td>7 OK</td> </tr> <tr> <td>s_y [mm]</td> <td>0 OK</td> </tr> <tr> <td>A_{sw}</td> <td>0 [mm²]</td> </tr> <tr> <td>α [angolo barre punz]</td> <td>90 [°]</td> </tr> <tr> <td>u_{0,eff}</td> <td>2120 [mm]</td> </tr> <tr> <td>u_{0,eff}</td> <td>19 [mm]</td> </tr> <tr> <td>n° file arm consigliate</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>n° file arm (≥2)</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>k</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>R_{out}</td> <td>-272 [mm]</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | | Dati per il calcolo di V _{Rd,c} lungo il perim. di verifica "u ₁ " | | $f_{yk,eff}$ | 298.5 [MPa] | $\phi_{barra\ punz}$ [mm] | 0 OK | n° barre per fila | 0 | s_x [mm] | 7 OK | s_y [mm] | 0 OK | A_{sw} | 0 [mm ²] | α [angolo barre punz] | 90 [°] | u _{0,eff} | 2120 [mm] | u _{0,eff} | 19 [mm] | n° file arm consigliate | 7 | n° file arm (≥2) | 4 | k | 1.5 | R _{out} | -272 [mm] |
| Dati per il calcolo di V _{Rd,c} lungo il perim. di verifica "u ₁ " | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $f_{yk,eff}$ | 298.5 [MPa] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\phi_{barra\ punz}$ [mm] | 0 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n° barre per fila | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| s_x [mm] | 7 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| s_y [mm] | 0 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A_{sw} | 0 [mm ²] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| α [angolo barre punz] | 90 [°] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| u _{0,eff} | 2120 [mm] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| u _{0,eff} | 19 [mm] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n° file arm consigliate | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n° file arm (≥2) | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| k | 1.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R _{out} | -272 [mm] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verifica vrd nel perimetro di verifica con la condizione più sfavorevole, senza armatura a taglio: | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>a [mm]</th> <th>u [mm]</th> <th>ΔV_{Ed} [kN]</th> <th>$V_{Ed,red}$ [kN]</th> <th>V_{Ed} [N/mm²]</th> <th>$V_{Rd,calc}$ [N/mm²]</th> <th>$V_{Rd,min}$ [N/mm²]</th> <th>$V_{Rd,c}$ [N/mm²]</th> <th>FS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>357</td> <td>4243</td> <td>124</td> <td>297</td> <td>0.41</td> <td>0.86</td> <td>0.59</td> <td>0.86</td> <td>2.08 OK</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | | a [mm] | u [mm] | ΔV_{Ed} [kN] | $V_{Ed,red}$ [kN] | V_{Ed} [N/mm ²] | $V_{Rd,calc}$ [N/mm ²] | $V_{Rd,min}$ [N/mm ²] | $V_{Rd,c}$ [N/mm ²] | FS | 357 | 4243 | 124 | 297 | 0.41 | 0.86 | 0.59 | 0.86 | 2.08 OK | | | | | | | | | | |
| a [mm] | u [mm] | ΔV_{Ed} [kN] | $V_{Ed,red}$ [kN] | V_{Ed} [N/mm ²] | $V_{Rd,calc}$ [N/mm ²] | $V_{Rd,min}$ [N/mm ²] | $V_{Rd,c}$ [N/mm ²] | FS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 357 | 4243 | 124 | 297 | 0.41 | 0.86 | 0.59 | 0.86 | 2.08 OK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Armatura a taglio non necessaria | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



Non si riportano le verifiche a fessurazione in quanto non significative per il dimensionamento strutturale.