

Regione Lombardia
Direzione Generale Infrastrutture e Opere Pubbliche



CODICE
COMMESSA

LIVELLO
PROGETTAZIONE

D.P.R.
207/10

PROGRESSIVO
ELABORATO

CATEGORIA
OPERA

NUMERO
OPERA

REVISIONE

SCALA

F 3 0

D

f

0 0 1

0 A

- -

R 0

--

LINEA MILANO-VARESE-LAVENO
RISOLUZIONE PL LOCATE VARESINO - FASE 2
Progetto Definitivo

RELAZIONE DI CALCOLO DELLA PASSERELLA

| Revisioni | | Data | Descrizione | Redatto | Controllato |
|-----------|---|-------------|-----------------|---------|-------------|
| | 3 | | - | | |
| | 2 | | - | | |
| | 1 | | - | | |
| | 0 | MAGGIO 2024 | PRIMA EMISSIONE | | |

NORD_ING

NORD_ING Srl
IL DIRETTORE TECNICO
Ing. Laura Stiriti

FERROVIENORD

FERROVIENORD S.p.A.
DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURA
IL DIRETTORE
Ing. Andrea Lucia Passarelli

Progettista



Collaborazione



Piazza Oriani 3/1
16154, Genova (GE)
Tel. 010 604 3225
010 604 3245

| REDATTO | CONTROLLATO | APPROVATO | DATA |
|-------------------------------|-------------|-----------|-------------|
| D. Cipriani | L. Scarsi | S. Ameri | maggio 2024 |
| CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE | | | AGG. |
| RS.01 | | | |
| Prima Emissione | | | 0 |

LINEA MILANO-VARESE-LAVENO

RISOLUZIONE PL LOCATE VARESINO-FASE 2

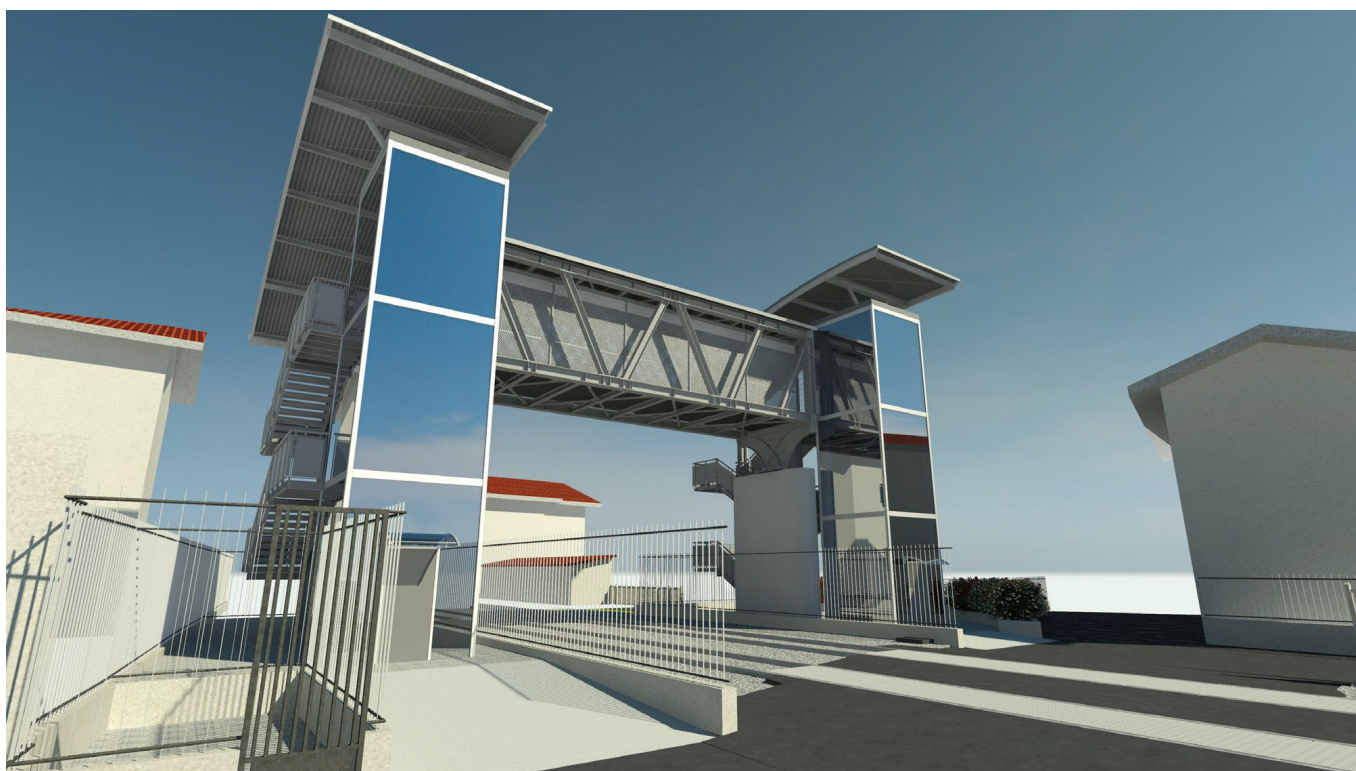
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE METALLICHE

PASSERELLA

SITO DELL'EDIFICIO: **LOCATE VARESINO (CO)**

DITTA UTILIZZATRICE: **FERROVIENORD FNM GROUP**

RIF. NORD_ING : Cod. Comm. F30 – **rev. 1**



OPERE STRUTTURALI METALLICHE

Ing. Daniele Cipriani



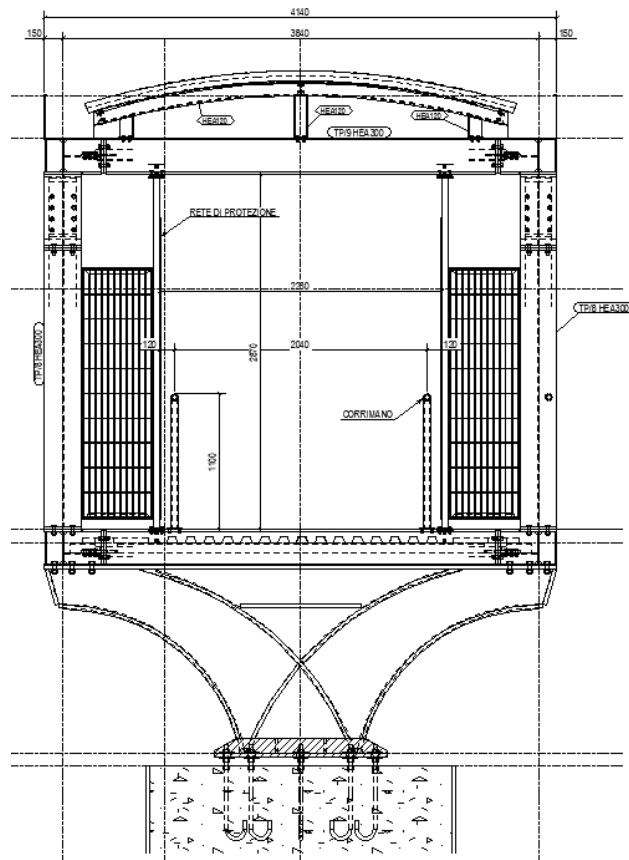
INDICE :

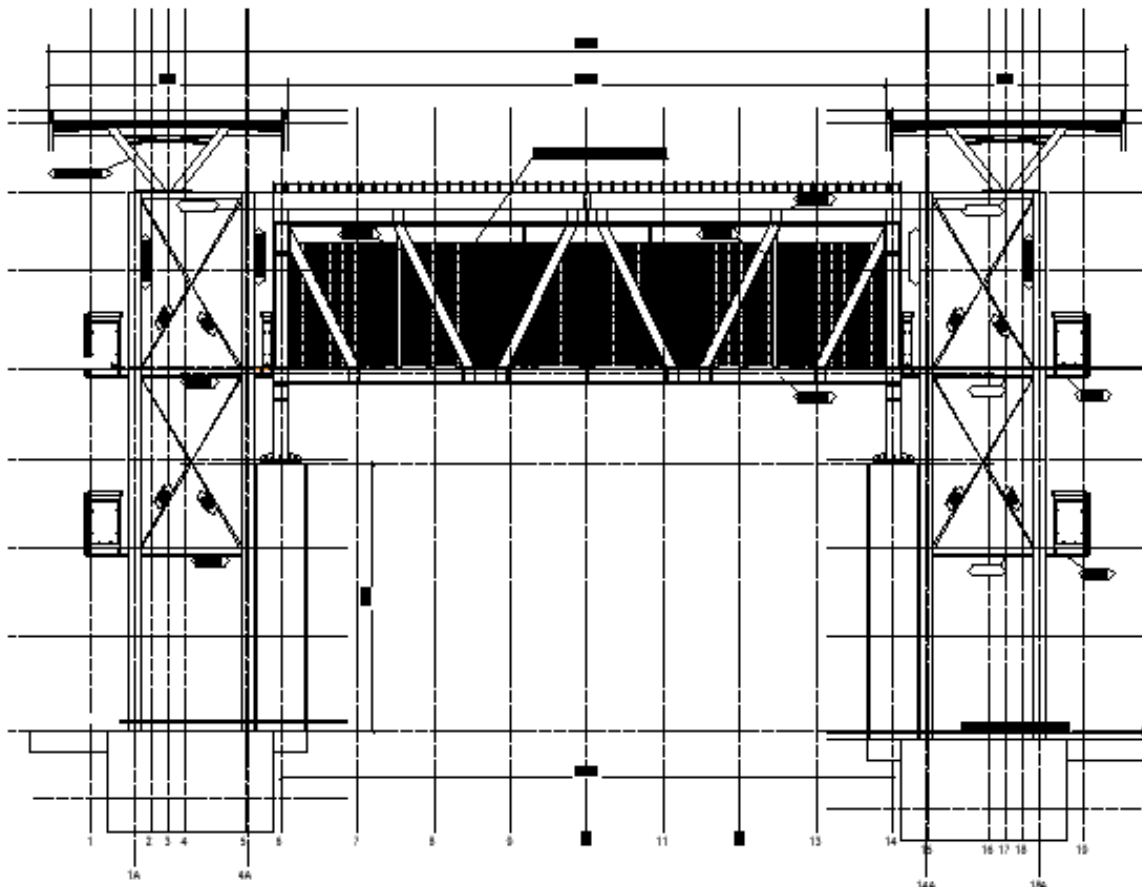
| | | |
|----------|--|---------|
| 1 | descrizione delle opere | pag. 4 |
| 2 | normativa di riferimento | pag. 7 |
| 3 | classe della struttura, vita utile | pag. 8 |
| 3.1 | schematizzazione strutturale | |
| 3.2 | criteri per la misura della sicurezza | |
| 3.3 | schematizzazione delle azioni, combinazioni di carico | |
| 3.4 | metodologie di calcolo | |
| 4 | classe di esecuzione della struttura | pag. 11 |
| 5 | tipo e caratteristiche dei materiali strutturali | pag. 12 |
| 6 | azioni applicate alla struttura | pag. 14 |
| 6.1 | stampa dei dati di progetto | pag. 19 |
| 6.2 | criteri di progettazione e modellazione | |
| 6.3 | principali combinazioni delle azioni | |
| 6.4 | metodo di analisi | |
| 6.5 | criteri di verifica | |
| 7 | verifiche elementi portanti | pag. 30 |
| 7.8 | verifica elemento tubolare spinta folla | pag. 52 |
| 8 | caratteristiche e affidabilità del codice di calcolo (licenza d'uso software) | pag. 54 |

Punto 1) DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'intervento in oggetto prevede la sostituzione dei passaggi a livello in Comune di Locate varesino (CO) sulla linea FERROVIE NORD Milano-Varese-Laveno mediante la realizzazione di un sovrappasso pedonale dotato di ascensori, ubicato in corrispondenza del PL di Via Mazzini. L'opera in progetto è costituita da una struttura portante metallica di tipo reticolare (passerella) con appoggio su pilastri in c.a. di dimensione 400 x 100 cm avente un'altezza dal piano binari di 6900 mm in corrispondenza dell'estradosso della briglia inferiore del traliccio portante. L'altezza della passerella è pari a 3495 mm considerando l'estradosso delle 2 briglie. Le briglie sono costituite da profili laminati HEA 300, le aste diagonali sono costituite da laminati HEA 220. Il piano di calpestio viene realizzato mediante travi secondarie con vincolo di semplice appoggio sulle briglie del traliccio, su di esse abbiamo l'azione di un carico permanente costituito da lamiera Hi Bond A55 P600 e getto di reintegro con altezza totale di soletta pari a 110 mm e l'azione di un carico accidentale dovuto al passaggio pedonale. In copertura le travi secondarie avranno un carico permanente dovuto ad un pannello sandwich ed un carico accidentale dovuto alla neve. La passerella presenta gli appoggi sui pilastri in CLS mediante dei piatti calandrati saldati ad un piastra di base collegata ai pilastri stessi mediante tirafondi annegati nel getto e tacca al taglio.

Alcuni particolari di quanto descritto in precedenza vengono riportati nelle immagini sottostanti.





Punto 2) NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione strutturale viene condotta secondo la normativa vigente costituita dal D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" e dalla Circolare n.7 del 21.01.2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni".

Tali norme sono state emesse ai sensi delle leggi 05.11.1971, n. 1086, e 02.02.1974, n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al D.P.R. 06.06.2001, n. 380, e dell'art. 5 del decreto legge 28.05.2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27.07.2004, n. 186 e ss. mm. ii.. Esse raccolgono in un unico organico testo le norme prima distribuite in diversi decreti ministeriali.

L'analisi dei carichi è stata condotta in conformità a quanto riportato al Capitolo 3 "Azioni sulle costruzioni", mentre per quanto riguarda la definizione dell'azione sismica, valutata secondo il paragrafo 3.2, il sito presenta un valore di ag/g pari a **0.0390 (SLV)**.

Nel calcolo delle strutture si è tenuto conto delle situazioni derivanti dall'effetto combinato dei carichi accidentali e permanenti.

Si sono inoltre tenute in considerazione, ove non in contrasto con le norme su indicate, le prescrizioni delle corrispondenti norme europee ed in particolare:

- EN 1993-1-1, Eurocodice 3, Progettazione delle strutture in acciaio, Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- EN 1993-1-3, Eurocodice 3, Progettazione delle strutture in acciaio, Parte 1-3: Regole generali - regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegate a freddo;
- EN 1998-1, Eurocodice 8, Progettazione delle strutture per la resistenza sismica, Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.

- UNI EN 1090-2:2018 "Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 2: requisiti tecnici per strutture di acciaio e di alluminio."
- UNI EN 1090-4:2018 "Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 4: Requisiti tecnici per elementi strutturali di acciaio formati a freddo e strutture formate a freddo per applicazioni su tetti, soffitti, pavimenti e pareti."

Punto 3) PRESTAZIONI DI PROGETTO, CLASSE DELLA STRUTTURA, VITA UTILE E PROCEDURE DI QUALITÀ

Le prestazioni della struttura e le condizioni per la sua sicurezza sono state individuate comunemente dal progettista e dal committente. A tal fine è stata posta attenzione al tipo della struttura, al suo uso e alle possibili conseguenze di azioni anche accidentali; particolare rilievo è stato dato alla sicurezza delle persone.

La classe della struttura è di tipo III.

La vita nominale VN è stata scelta ≥ 50 anni.

Altrettanta cura è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere adeguatamente realizzate solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera. Per quanto riguarda la durabilità si sono presi tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture, in considerazione dell'ambiente in cui l'opera dovrà vivere e dei cicli di carico a cui sarà sottoposta. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

In fase di costruzione saranno attuate severe procedure di controllo sulla qualità, in particolare per quanto riguarda materiali, componenti, lavorazione, metodi costruttivi.

Saranno seguiti tutti gli inderogabili suggerimenti previsti nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni".

• **3.1 CRITERI DI CONCEZIONE E DI SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE, MODELLAZIONE DEL TERRENO, PROPRIETÀ DEI MATERIALI, EFFICACIA DEL MODELLO.**

La struttura e il suo comportamento sotto le azioni statiche e dinamiche sono stati adeguatamente valutati, interpretati e trasferiti nel modello che si caratterizza per la sua impostazione completamente tridimensionale. A tal fine ai nodi strutturali possono convergere diverse tipologie di elementi, che corrispondono nel codice numerico di calcolo in altrettante tipologie di elementi finiti. Travi e pilastri, ovvero componenti in cui una dimensione prevale sulle altre due, vengono modellati con elementi "beam", il cui comportamento può essere opportunamente perfezionato attraverso alcune opzioni quali quelle in grado di definire le modalità di connessione all'estremità. Eventuali elementi soggetti a solo sforzo normale possono essere trattati come elementi "truss" oppure con elementi "beam" opportunamente svincolati. Le pareti, le piastre, le platee ovvero in generale i componenti strutturali bidimensionali, con due dimensioni prevalenti sulla terza (lo spessore), sono stati modellati con elementi "shell" a comportamento flessionale e membranale. I vincoli con il mondo esterno vengono rappresentati, nei casi più semplici (apparecchi d'appoggio, cerniere, carrelli), con elementi in grado di definire le modalità di vincolo e le rigidezze nello spazio. Questi elementi, coniugati con i precedenti, consentono di modellare i casi più complessi ma più frequenti di interazione con il terreno, realizzabile tipicamente mediante fondazioni, pali, platee nonché attraverso una combinazione di tali situazioni. Il comportamento del terreno è sostanzialmente rappresentato tramite una schematizzazione lineare alla Winkler, principalmente caratterizzabile attraverso una opportuna costante di sottofondo, che può essere anche variata nella superficie di contatto fra struttura e terreno e quindi essere in grado di descrivere anche situazioni più complesse. Nel caso dei pali il comportamento del terreno implica anche l'introduzione di vincoli per la traslazione orizzontale.

I parametri dei materiali utilizzati per la modellazione riguardano il modulo di Young, il coefficiente di Poisson, ma sono disponibili anche opzioni per ridurre la rigidezza flessionale e tagliante dei materiali per considerare l'effetto di fenomeni fessurativi nei materiali.

Il calcolo viene condotto mediante analisi lineare, ma vengono considerati gli effetti del secondo ordine e si può simulare il comportamento di elementi resistenti a sola trazione o compressione.

La presenza di diaframmi orizzontali, se rigidi, nel piano viene gestita attraverso l'impostazione di un'apposita relazione fra i nodi strutturali coinvolti, che ne condiziona il movimento relativo. Relazioni analoghe possono essere impostate anche fra elementi contigui.

Si ritiene che il modello utilizzato sia rappresentativo del comportamento reale della struttura. Sono stati inoltre valutate tutti i possibili effetti o le azioni anche transitorie che possano essere significative e avere implicazione per la struttura. E' stata impiegata **un'analisi sismica dinamica in campo lineare**. Agli effetti del dimensionamento è stato quindi impiegato il metodo agli stati limite.

• 3.2 CRITERI PER LA MISURA DELLA SICUREZZA

• *Metodo di calcolo agli stati limite*

In generale ai fini della sicurezza sono stati adottati i criteri contemplati dal metodo semiprobabilistico agli stati limite. In particolare sono stati soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica), allo stato limite di esercizio, nei confronti di eventuali azioni eccezionali. Per quanto riguarda le azioni sismiche verranno anche esaminate le deformazioni relative, che controllano eventuali danni alle opere secondarie e agli impianti.

• 3.3 SCHEMATIZZAZIONE DELLE AZIONI, CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO

Le azioni sono state schematizzate applicando i carichi previsti dalla norma. In particolare i carichi gravitazionali, derivanti dalle azioni permanenti o variabili, sono applicati in direzione verticale (ovvero - Z nel sistema globale di riferimento del modello). Le azioni del vento sono applicate prevalentemente nelle due direzioni orizzontali o ortogonalmente alla falda in copertura. Le azioni sismiche, statiche o dinamiche, derivano dall'eccitazione delle masse assegnate alla struttura in proporzione ai carichi a cui sono associate per norma. I carichi sono suddivisi in più condizioni elementari di carico in modo da poter generare le combinazioni necessarie.

• **3.4 METODOLOGIE DI CALCOLO, TIPO DI ANALISI E STRUMENTI UTILIZZATI**

L'analisi di tipo numerico è stata realizzata mediante il programma di calcolo MasterSap, prodotto da Studio Software AMV di Ronchi dei Legionari (Gorizia). E' stato utilizzata un'analisi sismica dinamica nel rispetto delle norme indicate in precedenza.

Punto 4) CLASSE DI ESECUZIONE DELLA STRUTTURA

La Classe di esecuzione della struttura è **EXC2** e viene determinata in base alle specifiche sotto indicate :

7.4.3 Welding coordination

For EXC1, a sufficient supervision during the execution of welding works shall be provided as specified in EN ISO 3834-4.

For EXC2, EXC3 and EXC4, welding coordination shall be maintained during the execution of welding processes by welding coordination personnel suitably qualified for, and experienced in the welding operations they supervise as specified in EN ISO 14731.

With respect to the welding operations being supervised, welding coordination personnel shall have a technical knowledge according to Tables 14 and 15 in which B, S and C are respectively basic, specific and comprehensive knowledge as specified in EN ISO 14731.

NOTE Steel groups are those defined in CEN ISO/TR 15608. Correspondence to steel grades and reference standards can be found in CEN ISO/TR 20172.

The technical knowledge of welding coordination personnel for welding reinforcement steel shall be in accordance with EN ISO 17660-1.

The welding coordinator is responsible for the process of qualification of the welders/operators. Welding coordinators may act as examiners. If qualification is undertaken by external examiners/examination bodies, this should be done in accordance with the procedures of EN ISO/IEC 17024 or EN ISO/IEC 17020.

Table 14 — Technical knowledge of the coordination personnel — Structural carbon steels

| EXC | Steels (steel group) | Reference standards | Thickness (mm) | | |
|------|---------------------------------|---|--------------------------|-------------------------------|----------------|
| | | | $t \leq 25$ ^a | $25 < t \leq 50$ ^b | $t > 50$ |
| EXC2 | S235 to S355 (1.1, 1.2, 1.4) | EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10219-1 | B | S | C ^c |
| | S420 to S700 (1.3, 2, 3) | EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6, EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10219-1 | S | C ^d | C |

Table 15 — Technical knowledge of the coordination personnel — Stainless steels

| EXC | Steels (steel group) | Reference standards | Thickness (mm) | | |
|------|----------------------------------|--|----------------|---------------------|----------|
| | | | $t \leq 25$ | $25 \leq t \leq 50$ | $t > 50$ |
| EXC2 | Austenitic (8) Ferritic (7.1) | EN 10088-4:2009, Table 3 EN 10088-5:2009, Table 4 EN 10296-2:2005, Table 1 EN 10297-2:2005, Table 2 | B | S | C |
| | Austenitic-ferritic (10) | EN 10088-4:2009, Table 4 EN 10088-5:2009, Table 5 EN 10296-2:2005, Table 1 EN 10297-2:2005, Table 3 | S | C | C |

Punto 5) TIPO E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

o ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

Proprietà dei materiali per la fase di analisi strutturale

Modulo Elastico: $E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$ (210.000 N/mm^2)

Coefficiente di Poisson: $\nu = 0.3$

Modulo di elasticità trasversale: $G = E / [2 \cdot (1 + \nu)]$ (N/mm^2)

Coefficiente di espansione termica lineare: $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}^{-1}$ (per $T < 100^{\circ}\text{C}$)

Densità: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Caratteristiche minime dei materiali

Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale dell'elemento | | | |
|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | t ≤ 40 mm | | 40 mm < t ≤ 80 mm | |
| | f_{yk} [N/mm ²] | f_{tk} [N/mm ²] | f_{yk} [N/mm ²] | f_{tk} [N/mm ²] |
| UNI EN 10025-2 | | | | |
| S 235 | 235 | 360 | 215 | 360 |
| S 275 | 275 | 430 | 255 | 410 |
| S 355 | 355 | 510 | 335 | 470 |
| S 450 | 440 | 550 | 420 | 550 |
| UNI EN 10025-3 | | | | |
| S 275 N/NL | 275 | 390 | 255 | 370 |
| S 355 N/NL | 355 | 490 | 335 | 470 |
| S 420 N/NL | 420 | 520 | 390 | 520 |
| S 460 N/NL | 460 | 540 | 430 | 540 |
| UNI EN 10025-4 | | | | |
| S 275 M/ML | 275 | 370 | 255 | 360 |
| S 355 M/ML | 355 | 470 | 335 | 450 |
| S 420 M/ML | 420 | 520 | 390 | 500 |
| S 460 M/ML | 460 | 540 | 430 | 530 |
| UNI EN 10025-5 | | | | |
| S 235 W | 235 | 360 | 215 | 340 |
| S 355 W | 355 | 510 | 335 | 490 |

Tabella 11.3.X - Laminati a caldo con profili a sezione cava

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale dell'elemento | | | |
|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | t ≤ 40 mm | | 40 mm < t ≤ 80 mm | |
| | f_{yk} [N/mm ²] | f_{tk} [N/mm ²] | f_{yk} [N/mm ²] | f_{tk} [N/mm ²] |
| UNI EN 10210-1 | | | | |
| S 235 H | 235 | 360 | 215 | 340 |
| S 275 H | 275 | 430 | 255 | 410 |
| S 355 H | 355 | 510 | 335 | 490 |
| S 275 NH/NLH | 275 | 390 | 255 | 370 |
| S 355 NH/NLH | 355 | 490 | 335 | 470 |
| S 420 NH/NLH | 420 | 540 | 390 | 520 |
| S 460 NH/NLH | 460 | 560 | 430 | 550 |

| | | | | |
|----------------|-----|-----|--|--|
| UNI EN 10219-1 | | | | |
| S 235 H | 235 | 360 | | |
| S 275 H | 275 | 430 | | |
| S 355 H | 355 | 510 | | |
| S 275 NH/NLH | 275 | 370 | | |
| S 355 NH/NLH | 355 | 470 | | |
| S 275 MH/MLH | 275 | 360 | | |
| S 355 MH/MLH | 355 | 470 | | |
| S 420 MH/MLH | 420 | 500 | | |
| S 460 MH/MLH | 460 | 530 | | |

Bulloneria

Nelle unioni con bulloni si assumono le seguenti resistenze di calcolo:

| STATO DI TENSIONE | | | | | |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| CLASSE VITE | F _{tb} | F _{yb} | f _{k,N} | f _{d,N} | f _{d,V} |
| | (N/mm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) |
| 4.6 | 400 | 240 | 240 | 240 | 170 |
| 5.6 | 500 | 300 | 300 | 300 | 212 |
| 6.8 | 600 | 480 | 360 | 360 | 255 |
| 8.8 | 800 | 640 | 560 | 560 | 396 |
| 10.9 | 1000 | 900 | 700 | 700 | 495 |

legenda:

$f_{k,N}$ è assunto pari al minore dei due valori $f_{k,N} = 0.7 f_t$ ($f_{k,N} = 0.6 f_t$ per viti di classe 6.8)

$f_{k,N} = f_y$ essendo f_{tb} ed f_{yb} le tensioni di rottura e di snervamento

$f_{d,N} = f_{k,N}$ = resistenza di calcolo a trazione

$f_{d,V} = f_{k,N} / \sqrt{2}$ = resistenza di calcolo a taglio

La bulloneria strutturale segue le caratteristiche riportate delle :

- EN 14399-4 assume HV a serraggio controllato K1 con classe di resistenza 10.9 secondo le esigenze dettate dai valori di sollecitazione
- EN 15048 non a serraggio controllato tipo SB

Punto 6) AZIONI APPLICATE ALLA STRUTTURA : PASSERELLA PEDONALE

- Le azioni applicate al modello strutturale sono le seguenti:

a) CARICHI PERMANENTI E PESI PROPRI:

Peso proprio acciaio 7850 kg/mc

b) SOVRACCARICHI PERMANENTI

Piano di calpestio :

p.p. lamiera e getto H=110 mm $g_1 = 300$ kg/mq.
permanente copertura pann. Sandwich $g_2 = 15$ kg/mq.

c) CARICHI ACCIDENTALI

carico accidentale (neve) $q_1 = 130$ kg/mq.
carico accidentale cat. C3 $q_2 = 500$ kg/mq.
(cat. C3 atri di stazioni ferroviarie)
(cat. C5 piattaforme ferroviarie)
(C5.1.8 ponti pedonali schema di carico folla compatta)

CARICO DA NEVE

Provincia : Como

Zona : Ia**Altitudine :** 274 m s.l.m.**Valore caratteristico neve al suolo :** $q_{sk} = 161.93 \text{ kg/m}^2$ **Coefficiente di esposizione C_E :** 1 (Normale)**Coefficiente termico C_t :** 1**Tipo di copertura:** ad una falda ($\alpha = 0^\circ$)

Dimensione minima in pianta della copertura: 4 m.

Dimensione massima in pianta della copertura: 12 m.

Dimensione in pianta equivalente L_c : 6.67 m.

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare.

Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo α .

Coefficiente $C_{e,F} = 1$ **Carico da neve :** $q_s(\mu_1(\alpha)) = 129.54 \text{ kg/m}^2$ [$\mu_1(\alpha) = 0.8$] $q_s(\mu_1=0.8) = 129.54 \text{ kg/m}^2$ **Tipo di copertura:** ad una falda ($\alpha = 0^\circ$)

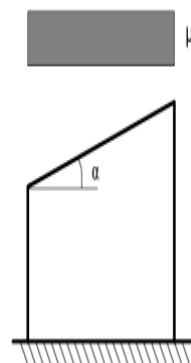
Dimensione minima in pianta della copertura: 3.865 m.

Dimensione massima in pianta della copertura: 12.5 m.

Dimensione in pianta equivalente L_c : 6.53 m.

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare.

Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo α .

Coefficiente $C_{e,F} = 1$ **Carico da neve :** $q_s(\mu_1(\alpha)) = 122.45 \text{ kg/m}^2$ [$\mu_1(\alpha) = 0.8$] $q_s(\mu_1=0.8) = 122.45 \text{ kg/m}^2$ **d) AZIONI DELLA TEMPERATURA**

AZIONI TERMICHE SUGLI EDIFICI (3.5.5 DM Infrastrutture 17 gennaio 2018) :
valore $\Delta T_u = \pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$

e) AZIONI DEL VENTO

Normativa: D.M. 17/01/2018 (NTC 2018, Circolare 17/01/2019, n.7)

La pressione del vento è calcolata secondo l'espressione:

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

Provincia: Como

Zona: 1

Altitudine: 274 m s.l.m

Tempo di ritorno T_r : 50 anni;

Velocità di riferimento $v_r(T_r)$: 25 m/s

Pressione cinetica di riferimento q_r : 39.86 Kg/m²

Altezza della costruzione z : 12 m (z_{\min} : 5m)

Distanza dalla costa: Terra, oltre i 40 km dalla costa, sotto i 500 m

Classe di rugosità del terreno: C

Categoria di esposizione del sito: III

Coefficiente topografico c_t : 1

Coefficiente dinamico c_d : 1

Coefficiente di esposizione $c_e(z)$:

$c_e(z_{\min} = 5\text{m})$: 1.71

$c_e(z = 12\text{m})$: 2.26

Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde inclinate o curvilinee

Dimensioni in pianta: 12.2 * 3.84 m

Altezza: 12 m

Pareti verticali

Faccia sopravvento: $c_p = 0.8$

Faccia laterale: $c_p = -0.9$

Faccia sottovento: $c_p = -0.69$

Copertura piana

Fascia sopravvento di profondità pari a 1.25: $c_{pe,A} = -0.8$

Restanti zone: $c_{pe,B} = +0.2, -0.2$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = -0.9$

$p(z_{\min} = 5\text{ m}) = -61.26\text{ Kg/m}^2$

$p(z = 12\text{ m}) = -80.98\text{ Kg/m}^2$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = -0.8$

$$p(z_{\min} = 5 \text{ m}) = -54.45 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 12 \text{ m}) = -71.98 \text{ Kg/m}^2$$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = -0.69$

$$p(z_{\min} = 5 \text{ m}) = -46.96 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 12 \text{ m}) = -62.08 \text{ Kg/m}^2$$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = -0.2$

$$p(z_{\min} = 5 \text{ m}) = -13.61 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 12 \text{ m}) = -18 \text{ Kg/m}^2$$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = 0.2$

$$p(z_{\min} = 5 \text{ m}) = 13.61 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 12 \text{ m}) = 18 \text{ Kg/m}^2$$

Pressione del vento con coefficiente di forma $c_p = 0.8$

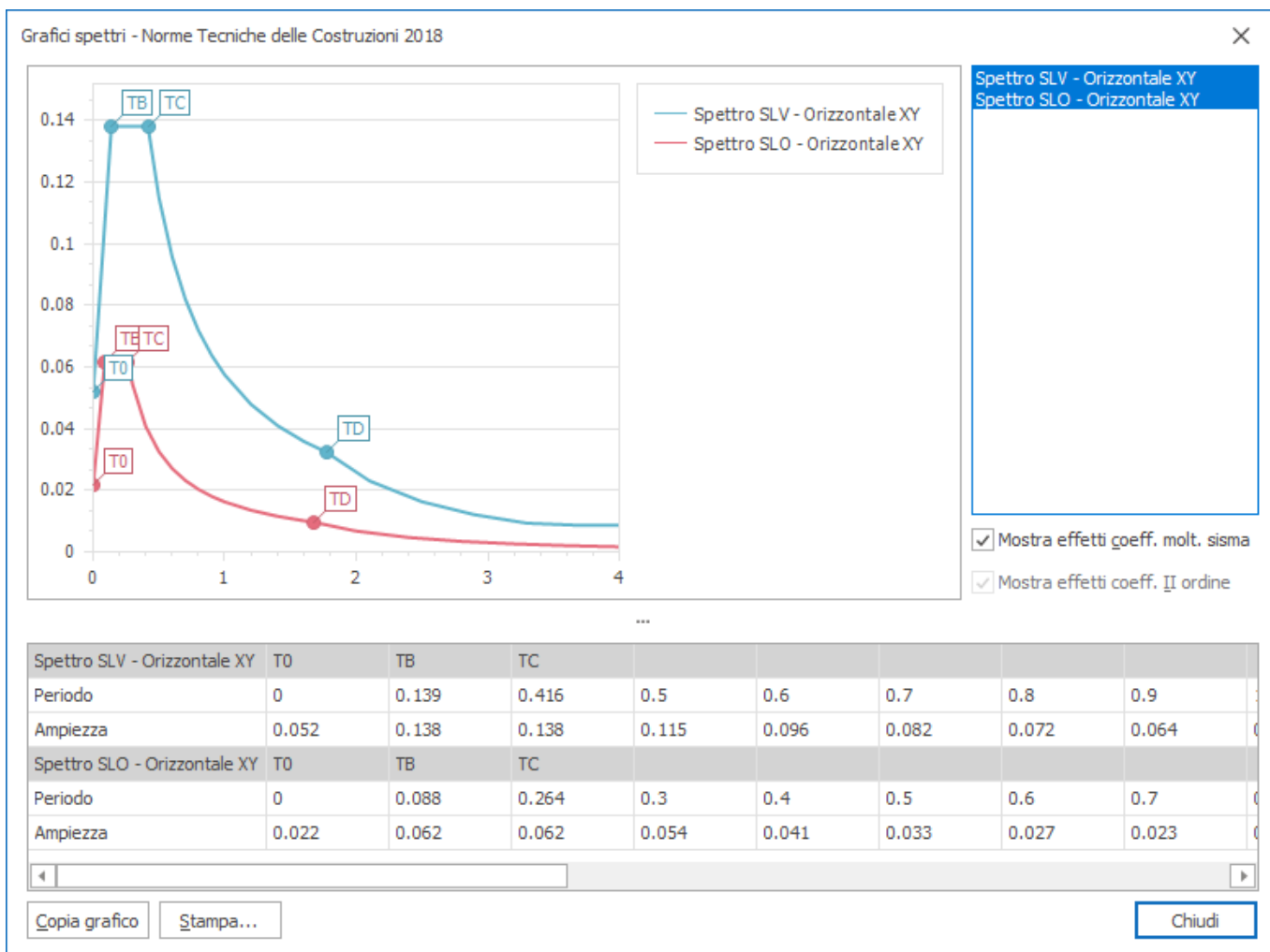
$$p(z_{\min} = 5 \text{ m}) = 54.45 \text{ Kg/m}^2$$

$$p(z = 12 \text{ m}) = 71.98 \text{ Kg/m}^2$$

f) CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il Comune di LOCATE VARESINO (CO) , ai sensi della classificazione introdotta dall' **OPCM 3274/03**, rientra in **zona sismica 4** ora contraddistinta da accelerazione al suolo pari a **$a_g / g = 0.0390$ (SLV)**

SPETTRI SLV , SLO



6.1) STAMPA DEI DATI DI PROGETTO E COMBINAZIONI DI CARICO

STAMPA DEI DATI DI PROGETTO

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

| | |
|----------------------------------|------------------------|
| Nome dell'archivio di lavoro | PASSERELLA |
| Intestazione del lavoro | LOCATE VARESINO |
| Tipo di struttura | Nello Spazio |
| Tipo di analisi | Statica e Dinamica |
| Tipo di soluzione | Lineare |
| Unita' di misura delle forze | kg |
| Unita' di misura delle lunghezze | m |
| Normativa | NTC-2018 |

NORMATIVA

| | |
|---------------------------------|------------------------|
| Vita nominale costruzione | 50 anni |
| Classe d'uso costruzione | III |
| Vita di riferimento | 75 anni |
| Localita' | Locate Varesino - (CO) |
| Longitudine (WGS84) | 8.93237 |
| Latitudine (WGS84) | 45.6922 |
| Categoria del suolo | B |
| Coefficiente topografico | 1 |
| Coefficiente di smorzamento | 3% |
| Eccentricita' accidentale | 5% |
| Numero di frequenze | 50 |
| Comportamento strutturale | NON Dissipativo |

PARAMETRI SISMICI

| | TR | ag/g | FO | TC* | CC | Ss | Pga (ag*S) (m/s^2) |
|-----|------|--------|--------|------|------|------|-----------------------|
| SLO | 45 | 0.0180 | 2.5530 | 0.17 | 1.57 | 1.20 | 0.212 |
| SLD | 75 | 0.0223 | 2.5230 | 0.19 | 1.53 | 1.20 | 0.263 |
| SLV | 712 | 0.0433 | 2.6560 | 0.30 | 1.40 | 1.20 | 0.510 |
| SLE | 712 | 0.0433 | 2.6560 | 0.30 | 1.40 | 1.20 | 0.510 |
| SLC | 1462 | 0.0514 | 2.7190 | 0.32 | 1.38 | 1.20 | 0.605 |

STATO LIMITE ULTIMO

| | |
|--|-------|
| Fattore di comportamento q per sisma orizzontale | qor=1 |
|--|-------|

STATO LIMITE OPERATIVITA'

| | |
|----------------------------|-------|
| Coeff.moltiplicativo sisma | 1.000 |
|----------------------------|-------|

PARAMETRI SISMICI

| | |
|---|--------------------|
| Angolo del sisma nel piano orizzontale | 0 |
| Sisma verticale | Assente |
| Combinazione dei modi | CQC |
| Combinazione componenti azioni sismiche | NTC - Eurocodice 8 |
| λ | 0.3 |
| μ | 0.3 |

LISTA MATERIALI UTILIZZATI

| Codice | Descrizione | Tipo materiale | Mod. elast. | Coef. Poisson | Peso unit. | Dil. term. | Aliq. inerz. | Rigid. taglio | Rigid. fless. |
|--------|-------------|----------------|-------------|---------------|------------|------------|--------------|---------------|---------------|
|--------|-------------|----------------|-------------|---------------|------------|------------|--------------|---------------|---------------|

| | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------|-----------|-------|------------|-----------|-------|-----------|-----------|
| 1 | Acciaio | Altro | +2.10e+10 | 0.300 | 7850.00000 | +1.20e-05 | 1.000 | +1.00e+00 | +1.00e+00 |
| 2 | Acciaio controventi | Altro | +1.05e+10 | 0.300 | 0.78500 | +1.20e-05 | 1.000 | +1.00e+00 | +1.00e+00 |
| 3 | Calcestruzzo C28/35 (Rck 350) | Altro | +3.30e+09 | 0.120 | 2500.00000 | +1.00e-05 | 1.000 | +1.00e+00 | +1.00e+00 |

CARICHI PER ELEMENTI TRAVE, TRAVE DI FONDAZIONE E RETICOLARE

Carico distribuito con riferimento globale X

| Descrizione | Cod. | Cond. carico | Tipo Azione/categoria | Val. iniz. | Dist. iniz. nodo I | Val. finale | Dist.fin. nodo I | Aliq.inerz. | Aliq.inerz. SLD |
|----------------------------------|------|--------------|--------------------------|------------|-----------------------|----------------|---------------------|-------------|--------------------|
| VENTO X DEPRES | 4 | Condizione 5 | Variabile: Vento | 55.000000 | 0.000 | 55.000000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Vento X parete | 6 | Condizione 5 | Variabile: Vento | 65.000000 | 0.000 | 65.000000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 |
| vento X depress generato da Y | 11 | Condizione 4 | Variabile: Vento | 75.000000 | 0.000 | 75.000000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 |

Carico distribuito con riferimento globale Y

| Descrizione | Cod. | Cond. carico | Tipo Azione/categoria | Val. iniz. | Dist. iniz. nodo I | Val. finale | Dist.fin. nodo I | Aliq.inerz. | Aliq.inerz. SLD |
|----------------------------------|------|--------------|--------------------------|------------|-----------------------|----------------|---------------------|-------------|--------------------|
| vento Y depress generato da X | 8 | Condizione 5 | Variabile: Vento | 75.000000 | 0.000 | 75.000000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 |
| vento Y depress | 10 | Condizione 4 | Variabile: Vento | 55.000000 | 0.000 | 55.000000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 |
| Vento Y press | 16 | Condizione 4 | Variabile: Vento | 65.000000 | 0.000 | 65.000000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 |

Carico distribuito con riferimento globale Z

| Descrizione | Cod. | Cond. carico | Tipo Azione/categoria | Val. iniz. | Dist. iniz. nodo I | Val. finale | Dist.fin. nodo I | Aliq.inerz. | Aliq.inerz. SLD |
|-------------|------|--------------|--------------------------|------------|-----------------------|----------------|---------------------|-------------|--------------------|
| Neve | 2 | Condizione 2 | Variabile: Neve | 130.000000 | 0.000 | 130.000000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 |

Carico termico tx

| Descrizione | Cod. | Cond. carico | Tipo Azione/categoria | Temperatura |
|----------------|------|--------------|--------------------------|-------------|
| carico termico | 13 | Condizione 6 | Nessuna | 25.000000 |

Carico distribuito con riferimento globale Z, agente sulla lunghezza reale

| Descrizione | Cod. | Cond. carico | Tipo Azione/categoria | Val. iniz. | Dist.iniz. nodo I | Val. finale | Dist.fin. nodo I | Aliq.inerz. | Aliq.inerz. SLD |
|--|------|--------------|--|------------|----------------------|----------------|---------------------|-------------|--------------------|
| Permanente copertura | 1 | Condizione 1 | Permanente: Permanente portato | -15.000000 | 0.000 | -15.000000 | 0.000 | 1.0000 | 1.0000 |
| Categoria C3 - Musei, sale da ballo, palestre | 3 | Condizione 3 | Variabile: Aree di acquisto e congresso | 510.000000 | 0.000 | 510.000000 | 0.000 | 0.6000 | 0.6000 |
| permanente scale | 5 | Condizione 1 | Permanente: Permanente portato | -50.000000 | 0.000 | -50.000000 | 0.000 | 1.0000 | 1.0000 |
| ringhiera | 7 | Condizione 1 | Permanente: Permanente portato | -30.000000 | 0.000 | -30.000000 | 0.000 | 1.0000 | 1.0000 |
| Permanente solaio calpestabile passerella | 9 | Condizione 1 | Permanente: Permanente portato | 300.000000 | 0.000 | 300.000000 | 0.000 | 1.0000 | 1.0000 |
| tamponamento vano ascensore | 12 | Condizione 1 | Permanente: Permanente portato | -15.000000 | 0.000 | -15.000000 | 0.000 | 1.0000 | 1.0000 |
| accid mezza passerella | 14 | Condizione 7 | Variabile: Aree di acquisto e congresso | 510.000000 | 0.000 | 510.000000 | 0.000 | 0.6000 | 0.6000 |

GRUPPI DELLA STRUTTURA

ELEMENTO FINITO: TRAVE

| Numero gruppo | Descrizione gruppo | | |
|---------------|---------------------------------|--|--|
| 1 | controventi piano | | |
| 2 | FORCELLE W | | |
| 3 | PRIMARIE IMPALCATO HEA300 | | |
| 4 | secondarie impalcato | | |
| 5 | primarie copertura | | |
| 6 | aste parete HEA220 | | |
| 7 | secondarie copertura | | |
| 8 | monconi reggi copertura | | |
| 9 | calandrata copertura passerella | | |

ELEMENTO FINITO: VINCOLO

| Numero gruppo | Descrizione gruppo | | |
|---------------|--------------------|--|--|
| 1 | vincoli | | |

NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

| Num. | Descrizione | Parametri | Tipo azione/categoria | Condizione | Moltiplicatore |
|------|------------------------------|-------------------------------|---|-------------------------|----------------|
| 1 | Dinamica | Azione sismica: Presente | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.000 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.000 |
| | | | Variabile: Aree di acquisto e congresso | Condizione 3 | 0.600 |
| 2 | SLU perm+acc+neve | Azione sismica: Sisma assente | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.300 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.300 |
| | | | Variabile: Aree di acquisto e congresso | Condizione 3 | 1.500 |
| | | | Variabile: Neve | Condizione 2 | 0.750 |
| 7 | SLU perm+vento X | Azione sismica: Sisma assente | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.300 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.300 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 5 | 1.500 |
| 8 | SLU perm+vento Y | Azione sismica: Sisma assente | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.300 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.300 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 4 | 1.500 |
| 9 | SLU perm+neve+acc+vento X | Azione sismica: Sisma assente | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.300 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.300 |
| | | | Variabile: Aree di acquisto e congresso | Condizione 3 | 1.050 |
| | | | Variabile: Neve | Condizione 2 | 1.500 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 5 | 0.900 |
| 10 | SLU perm+neve+acc+vento Y | Azione sismica: Sisma assente | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.300 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.300 |
| | | | Variabile: Aree di acquisto e congresso | Condizione 3 | 1.050 |
| | | | Variabile: Neve | Condizione 2 | 1.500 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 4 | 0.900 |
| 13 | SLU termico-25 perm+acc+neve | Azione sismica: Sisma assente | Nessuna | Condizione 6 | -1.000 |
| | | | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.300 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.300 |
| | | | Variabile: Aree di acquisto e congresso | Condizione 3 | 1.500 |
| | | | Variabile: Neve | Condizione 2 | 0.750 |
| 14 | SLU termico-25 perm+neve+acc | Azione sismica: Sisma assente | Nessuna | Condizione 6 | -1.000 |

| Num. | Descrizione | Parametri | Tipo azione/categoria | Condizione | Moltiplicatore |
|------|---|-------------------------------|---|-------------------------|----------------|
| 15 | SLU termico+25+vento X | Azione sismica: Sisma assente | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.300 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.300 |
| | | | Variabile: Aree di acquisto e congresso | Condizione 3 | 1.050 |
| | | | Variabile: Neve | Condizione 2 | 1.500 |
| 16 | SLU termico+25 + vento Y | Azione sismica: Sisma assente | Nessuna | Condizione 6 | 1.000 |
| | | | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.300 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.300 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 5 | 1.500 |
| 21 | slu accid su mezza pass acc+neve+vento Y | Azione sismica: Sisma assente | Nessuna | Condizione 6 | 1.000 |
| | | | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.300 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.300 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 4 | 1.500 |
| 22 | slu perm+neve+accid mezza pass +vento Y | Azione sismica: Sisma assente | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.300 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.300 |
| | | | Variabile: Aree di acquisto e congresso | Condizione 7 | 1.050 |
| | | | Variabile: Neve | Condizione 2 | 1.500 |
| 23 | SLU termico-25+accid mezza pass accid+neve | Azione sismica: Sisma assente | Variabile: Vento | Condizione 4 | 0.900 |
| | | | Nessuna | Condizione 6 | -1.000 |
| | | | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.300 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.300 |
| | | | Variabile: Aree di acquisto e congresso | Condizione 7 | 1.500 |
| | | | Variabile: Neve | Condizione 2 | 0.750 |

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

| Num. | Descrizione | Parametri | Tipo azione/categoria | Condizione | Moltiplicatore |
|------|----------------------------------|-----------------|---|-------------------------|----------------|
| 3 | SLE perm+acc+neve | Tipologia: Rara | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.000 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.000 |
| | | | Variabile: Aree di acquisto e congresso | Condizione 3 | 1.000 |
| | | | Variabile: Neve | Condizione 2 | 0.500 |
| 4 | SLE perm+vento X | Tipologia: Rara | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.000 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.000 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 5 | 1.000 |
| 5 | SLE perm+vento Y | Tipologia: Rara | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.000 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.000 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 4 | 1.000 |
| 11 | SLE perm+neve+acc+vento X | Tipologia: Rara | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.000 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.000 |
| | | | Variabile: Aree di acquisto e congresso | Condizione 3 | 0.700 |
| | | | Variabile: Neve | Condizione 2 | 1.000 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 5 | 0.600 |
| 12 | SLE perm+neve+acc+vento Y | Tipologia: Rara | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.000 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.000 |
| | | | Variabile: Aree di acquisto e congresso | Condizione 3 | 0.700 |
| | | | Variabile: Neve | Condizione 2 | 1.000 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 4 | 0.600 |
| 17 | SLE termico- 25+perm+acc+neve | Tipologia: Rara | Nessuna | Condizione 6 | 1.000 |
| | | | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.000 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.000 |
| | | | Variabile: Aree di acquisto e congresso | Condizione 3 | 1.000 |
| | | | Variabile: Neve | Condizione 2 | 0.500 |

| Num. | Descrizione | Parametri | Tipo azione/categoria | Condizione | Moltiplicatore |
|------|---|-----------------|---|-------------------------|----------------|
| 18 | SLE termico-25 + perm+neve+acc | Tipologia: Rara | Nessuna | Condizione 6 | 1.000 |
| | | | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.000 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.000 |
| | | | Variabile: Aree di acquisto e congresso | Condizione 3 | 0.700 |
| | | | Variabile: Neve | Condizione 2 | 1.000 |
| 19 | SLE termico+25 + vento X | Tipologia: Rara | Nessuna | Condizione 6 | 1.000 |
| | | | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.000 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.000 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 5 | 1.000 |
| 20 | SLE termico +25 + vento Y | Tipologia: Rara | Nessuna | Condizione 6 | 1.000 |
| | | | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.000 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.000 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 4 | 1.000 |
| 24 | sle accidentale mezza pass acc+neve+vento Y | Tipologia: Rara | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.000 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.000 |
| | | | Variabile: Aree di acquisto e congresso | Condizione 7 | 1.000 |
| | | | Variabile: Neve | Condizione 2 | 0.500 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 4 | 0.600 |
| 25 | sle perm+neve+accid mezza pass acci+vento Y | Tipologia: Rara | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.000 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.000 |
| | | | Variabile: Aree di acquisto e congresso | Condizione 7 | 0.700 |
| | | | Variabile: Neve | Condizione 2 | 1.000 |
| | | | Variabile: Vento | Condizione 4 | 0.600 |
| 26 | SLE termico-25+accid mezza pass accid+neve | Tipologia: Rara | Nessuna | Condizione 6 | -1.000 |
| | | | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.000 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.000 |
| | | | Variabile: Aree di acquisto e congresso | Condizione 7 | 1.000 |
| | | | Variabile: Neve | Condizione 2 | 0.500 |

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

| Num. | Descrizione | Parametri | Tipo azione/categoria | Condizione | Moltiplicatore |
|------|-------------|--------------------------|---|-------------------------|----------------|
| 6 | S.L.D. | Azione sismica: Presente | Permanente: Peso Proprio | Condizione peso proprio | 1.000 |
| | | | Permanente: Permanente portato | Condizione 1 | 1.000 |
| | | | Variabile: Aree di acquisto e congresso | Condizione 3 | 0.600 |

6.2) CRITERI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE

Il progetto dell'opera è stato eseguito con l'ausilio di modelli FEM che rappresentano fedelmente le reali geometrie e le proprietà dei materiali.

Pur essendo la struttura regolare in pianta ed in elevazione, si è optato per considerare, come previsto dalla nuova normativa, un comportamento non dissipativo.

Per quanto riguarda gli elementi non strutturali e gli impianti sono state considerate tutte le prescrizioni contenute all'interno delle NTC2018.

Per quanto riguarda le sezioni adottate per i profili in acciaio si ricorda che trattandosi di una struttura non dissipativa non occorre soddisfare i requisiti di duttilità (e quindi di classe delle sezioni) indicati nel paragrafo 7 delle NTC 2018.

6.3) PRINCIPALI COMBINAZIONI DELLE AZIONI

A pag. 20 della presente relazione sono state riportate le combinazioni delle condizioni di carico utilizzate per il calcolo delle sollecitazioni, rielaborate a partire dalle seguenti 5 definite dalla normativa.

Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^{i=n} \gamma_{Qi} (\psi_{0i} Q_{ki})$$

Combinazione caratteristica (rara), impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_k + Q_{k1} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{0i} Q_{ki})$$

Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_k + \psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{2i} Q_{ki})$$

Combinazione quasi permanente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine:

$$G_k + \psi_{21} Q_{k1} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{2i} Q_{ki})$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_k + \sum_{i=1}^{i=n} (\psi_{2i} Q_{ki})$$

dove:

G_k : il valore caratteristico delle azioni permanenti

Q_{k1} : il valore caratteristico dell'azione di base di ogni combinazione

Q_{ki} : i valori caratteristici delle azioni variabili che possono agire contemporaneamente

ψ : coefficiente che tiene conto della durata percentuale relativa ai livelli di intensità dell'azione variabile.

Per quanto riguarda i valori dei coefficienti parziali da impiegare per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi, nella presenti relazioni si è adottato l'approccio progettuale "Approccio 2" nel quale è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti da adottare sia nelle verifiche strutturali che geotecniche. In particolare si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e eventualmente per la resistenza globale del sistema (R). Le verifiche sono effettuate nei confronti dello stato limite di resistenza della struttura (STR) e dello stato limite di resistenza del terreno (GEO).

| | | |
|--------------------------------|--------------------|-----|
| Coeff. Parziali per le azioni: | Carichi permanenti | 1.3 |
| | Carichi variabili | 1.5 |

| | |
|---|---|
| Coeff. di combinazione: Ambienti suscettibili di affollamento | $\Psi_{0j}=0.7 \quad \Psi_{1j}=0.7 \quad \Psi_{2j}=0.6$ |
| Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.) | $\Psi_{0j}=0.5 \quad \Psi_{1j}=0.2 \quad \Psi_{2j}=0.0$ |
| Vento | $\Psi_{0j}=0.6 \quad \Psi_{1j}=0.2 \quad \Psi_{2j}=0.$ |

6.4) METODO DI ANALISI

Il calcolo è stato effettuato considerando un'analisi lineare dinamica con spettro di risposta di progetto ottenuto dai dati del sito e dalla scelta di comportamento non dissipativo.

- ANALISI DINAMICA MODALE

Il programma effettua l'analisi dinamica con il metodo dello spettro di risposta.

Il sistema da analizzare è essere visto come un oscillatore a n gradi di libertà, di cui vanno individuati i modi propri di vibrazione. Il numero di frequenze da considerare è un dato di ingresso che l'utente deve assegnare. In generale si osservi che il numero di modi propri di vibrazione non può superare il numero di gradi di libertà del sistema.

La procedura attua l'analisi dinamica in due fasi distinte: la prima si occupa di calcolare le frequenze proprie di vibrazione, la seconda calcola spostamenti e sollecitazioni conseguenti allo spettro di risposta assegnato in input.

Nell'analisi spettrale il programma utilizza lo spettro di risposta assegnato in input, coerentemente con quanto previsto dalla normativa. L'eventuale spettro nella direzione globale Z è unitario. L'ampiezza degli spettri di risposta è determinata dai parametri sismici previsti dalla normativa e assegnati in input dall'utente.

La procedura calcola inizialmente i coefficienti di partecipazione modale per ogni direzione del sistema e per ogni frequenza. Tali coefficienti possono essere visti come il contributo dinamico di ogni

modo di vibrazione nelle direzioni assegnate. Si potrà perciò notare in quale direzione il singolo modo di vibrazione ha effetti predominanti.

Successivamente vengono calcolati, per ogni modo di vibrazione, gli spostamenti e le sollecitazioni relative a ciascuna direzione dinamica attivata, per ogni modo di vibrazione. Per ogni direzione dinamica viene calcolato l'effetto globale, dovuto ai singoli modi di vibrazione, mediante la radice quadrata della somma dei quadrati dei singoli effetti. E' prevista una specifica fase di stampa per tali risultati.

L'ultima elaborazione riguarda il calcolo degli effetti complessivi, ottenuti considerando tutte le direzioni dinamiche applicate. Tale risultato (involuppo) può essere ottenuto, a discrezione dell'utente in tre modi distinti, inclusi quelli suggeriti della normativa italiana e dall'Eurocodice 8.

6.5) CRITERI DI VERIFICA

Sono state eseguite tutte le principali verifiche previste dalle NTC2018, in particolare:

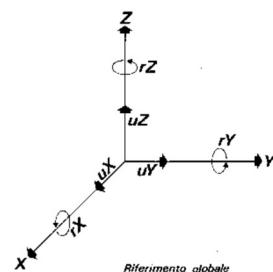
1. Verifica a pressoflessione delle colonne e delle travi in acciaio allo SLU;
2. Verifica a taglio delle colonne e delle travi in acciaio allo SLU;
3. Verifica delle deformate agli SLE degli elementi in acciaio;
4. Verifica dei principali nodi di giunzione;
5. Verifiche di spostamenti relativi di interpiano;
6. Verifiche tensionali e fessurative agli SLE per gli elementi di fondazione;
7. Verifiche della capacità portante delle fondazioni;
8. Verifica delle soles di fondazione;
9. Verifiche dei cedimenti in fondazione;

Per tutti gli elementi strutturali è stato verificato che il valore di progetto di ciascuna sollecitazione (E_d) risulti inferiore al valore della resistenza di progetto (R_d).

PRESENTAZIONE DEI RISULTATI DELL'ANALISI STRUTTURALE

•DEFORMATE

Per ogni combinazione di carico e per tutti i nodi non completamente bloccati il programma calcola spostamenti (unità di misura L) e rotazioni (ra-



dianti). Viene anche rappresentata la deformata in luce dell'asta che riproduce il comportamento di una funzione polinomiale di quarto grado. Gli spostamenti sono positivi se diretti nel verso degli assi globali X Y Z, le rotazioni positive se antiorarie rispetto all'asse di riferimento, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo (vedi figura a lato). Viene anche determinato il valore massimo assoluto (con segno) di ogni singola deformazione e il valore massimo dello spostamento nello spazio (radice quadrata della somma dei quadrati degli spostamenti).

●ASPETTI PARTICOLARI DELL'ANALISI DINAMICA

Nella stampa degli autovettori vengono riportati i relativi risultati, pertinenti ad ogni nodo. Nel calcolo della risposta spettrale vengono determinate, per ogni verso del sisma, le deformazioni relative ai vari modi di vibrare e la corrispondente media quadratica. Tali risultati vengono successivamente combinati e danno luogo ad uno o più inviluppi in relazione a quanto imposto dall'utente nella fase iniziale di intestazione del lavoro.

Nel caso dell'applicazione dell'Ordinanza 3431 (ex 3272) vengono anche determinate le deformazioni allo stato limite ultimo, che risultano amplificate per effetto dei fattori di struttura q rassegnati alle due direzioni orizzontali e a quella verticale.

●ASTE RETICOLARI

Per ogni elemento e per ogni combinazione di carico statica vengono calcolate:

- tensione unitaria (F/L^2);
- forza assiale (F).

Il segno positivo indica trazione.

Nell'analisi dinamica, per ogni direzione sismica e per ogni asta, viene indicato il modo che dà luogo al massimo effetto e il relativo valore, nonché l'effetto risultante calcolato in base al criterio SRSS o CQC come scelto dall'utente.

Nella stampa degli inviluppi viene riportata la tensione e lo sforzo assiale F_x calcolato secondo la modalità scelta dall'utente nella fase di input riguardante l'assegnazione dell'intestazione e dei parametri iniziali.

●TRAVI, PILASTRI E TRAVI DI FONDAZIONE

Il programma calcola ai due nodi estremi di ogni elemento e per ogni combinazione di carico sei sollecitazioni, riferite agli assi locali (come indicato nella figura a lato):

- F_x = forza assiale nella direzione locale x ;
- F_y = taglio nella direzione locale y ;
- F_z = taglio nella direzione locale z ;
- M_x = momento torcente attorno all'asse locale x ;
- M_y = momento flettente attorno all'asse locale y ;
- M_z = momento flettente attorno all'asse locale z ,

con le seguenti convenzioni sui segni:

- forze positive se concordi con gli assi locali (F);
- momenti positivi se antiorari rispetto agli assi locali, per un osservatore disteso lungo il corrispondente semiasse positivo ($F*L$).

Tali convenzioni sono caratteristiche dei codici di calcolo numerico e sono mantenute soltanto nelle stampe globali. Nelle rappresentazioni grafiche e nelle stampe delle verifiche di sicurezza vengono invece adottate le convenzioni tipiche della Scienza delle Costruzioni.

In caso di analisi sismica con il metodo statico equivalente viene riportato un prospetto riguardante il peso sismico del gruppo, le coordinate baricentriche relative, il coefficiente di distribuzione globale del gruppo funzione della sua quota, il coefficiente globale ricavato dal precedente in base ai parametri sismici, la forza sismica relativa.

Nell'analisi dinamica vengono calcolate le medesime sollecitazioni per ognuna delle tre azioni sismiche previste (Z eventuale). Viene evidenziato il modo di vibrazione che dà luogo all'effetto massimo, il valore di tale effetto (con segno), la risultante dovuta alla combinazione di tutti i modi di vibrazione mediante il criterio prescelto dall'utente.

Per le travi di fondazione il programma calcola ai due nodi estremi della trave e in tutti i punti intermedi generati per effetto della suddivisione della trave di fondazione, per ogni combinazione di carico:

- F_y = taglio nella direzione locale y (F);
- M_x = momento torcente attorno asse locale x ($F*L$);
- M_z = momento flettente attorno asse locale z ($F*L$);
- U_z = spostamento lungo Z (L);

- rX = rotazione intorno X (rad);
- rY = rotazione intorno Y (rad);
- pressione sul suolo ($F/L2$).

●VINCOLI

In stampa vengono fornite, per ogni nodo vincolato, le reazioni corrispondenti ai vincoli assegnati. Per quanto concerne i versi si tenga presente che è stata adottata la convenzione tradizionale. In generale le forze vincolari (unità di misura F) sono positive se vanno nel verso dell'asse di riferimento, i momenti ($F \cdot L$) sono positivi se antiorari per un osservatore disposto lungo il corrispondente semiasse positivo; tali sollecitazioni tendono a contrastare deformazioni di segno opposto.

Per quanto concerne i vincoli comunque disposti nello spazio vale la stessa regola: se uno spostamento è positivo tende ad allontanare il nodo N da I; la conseguente reazione è di segno opposto, cioè negativa.

Nell'analisi dinamica, per ogni direzione, per ogni nodo vincolato, viene indicato il modo che dà luogo all'effetto massimo e il relativo valore; viene anche indicato il risultato complessivo calcolato a partire dai singoli effetti modali. Nella stampa degli involucri viene calcolata la risultante obbedendo alla modalità scelta dall'utente.

•

●VERIFICHE DI OPERE IN ACCIAIO, ALLUMINIO O LEGNO CON IL METODO DEGLI STATI

LIMITE

●I RISULTATI PER TRAVI E PILASTRI

Le sollecitazioni sono riferite al sistema locale x, y, z:

- numero combinazione di carico;
- ascissa di calcolo (cm);
- in sequenza F_x , F_y , F_z (F), M_x , M_y , M_z ($F \cdot m$).

Le convenzioni sui segni delle sollecitazioni sono:

- F_x (sforzo normale) è positivo se di trazione;
- F_y (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione interessata, nel verso positivo dell'asse locale corrispondente;
- F_z (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione interessata, nel verso negativo dell'asse locale corrispondente;
- M_x (momento torcente) è positivo se antiorario intorno a x a sinistra dell'ascissa in esame;
- M_y (momento flettente) è positivo se tende le fibre posteriori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse z;
- M_z (momento flettente) è positivo se tende le fibre inferiori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse y.

Il tabulato di uscita riporta inoltre in ordine:

- $S_f (F_x)$, (Tens. (F_x) per il legno): tensione derivante solo da sforzo normale;
- $S_f (M)$, (Tens. (M) per il legno): tensione derivante solo dagli effetti flettenti di M_y e M_z ; viene riportato il valore massimo riscontrato fra tutti i punti soggetti a indagine;
- tensione da torsione, derivante da M_x , valore massimo riscontrato;
- tensione di taglio, derivante da F_y e F_z , valore massimo riscontrato;

- Sf ideale: tensione ideale massima nel caso di acciaio e alluminio. Nel caso del legno, invece, viene riportata una "tensione (Fx, M)" derivante dall'interazione fra Fx e M, in cui si somma il contributo tensionale dovuto allo sforzo normale con quello derivante dal momento flettente, la cui entità viene però riparametrizzata tramite il rapporto fra le tensioni ammissibili a sforzo normale e momento flettente. In questo modo tens (Fx, M) viene confrontata, per la sua accettabilità, con la tensione massima ammessa a sforzo normale;
- locazione, ovvero il punto della sezione in cui si verifica il massimo della tensione ideale;
- Nota: compare un avviso qualora la tensione ideale o "tens (Fx, M)" superi il valore massimo ammissibile, che dipende anche dal relativo coefficiente di incremento connesso alle combinazioni di carico.

Alla fine del tabulato delle verifiche di resistenza, se attivata l'opzione sulla combinazione dei carichi, la procedura propone uno specchietto che riepiloga nell'ordine:

- numero della combinazione di carico che dà luogo al momento massimo: tale sollecitazione si può infatti verificare per effetto di una combinazione di carico spaziale di MasterSap (in questo caso viene riportato il relativo numero o simbolo identificativo) o a causa della combinazione dei carichi permanenti e accidentali (contrassegnata in stampa dal simbolo --);
- xMmax: ascissa dell'asta in cui si verifica il momento massimo positivo;
- Mmax: valore del momento massimo positivo;
- Xfmax: ascissa in cui si verifica la freccia massima in campata;
- Fmax: valore della freccia massima in campata;
- fmax/l: rapporto fra freccia massima e luce dell'asta.

La verifica di stabilità viene effettuata per le sole combinazioni di carico che presentano, in almeno un'ascissa, condizioni di lavoro a pressoflessione. Il prospetto riepilogativo della verifica a stabilità riporta le informazioni relative all'asta iniziale e finale coinvolte, e inoltre:

- numero combinazione di carico;
- valore dello sforzo normale; (compressione più elevata trovata in tutte le ascisse soggette a verifica);
- valore del momento flettente My equivalente;
- valore del momento flettente Mz equivalente;
- snellezza ω (che influisce sullo sforzo normale), solo per acciaio e alluminio;
- snellezza nel piano locale "yx" (che influisce su Mz);
- snellezza nel piano locale "zx" (che influisce su My);
- ω ; ω_1 (solo per acciaio e alluminio);
- tensione nell'acciaio o alluminio; nel caso del legno viene riportata un valore di tensione (Fx, M) calcolato nei modi già espressi per la verifica di resistenza.

7.0) VERIFICHE ELEMENTI PORTANTI

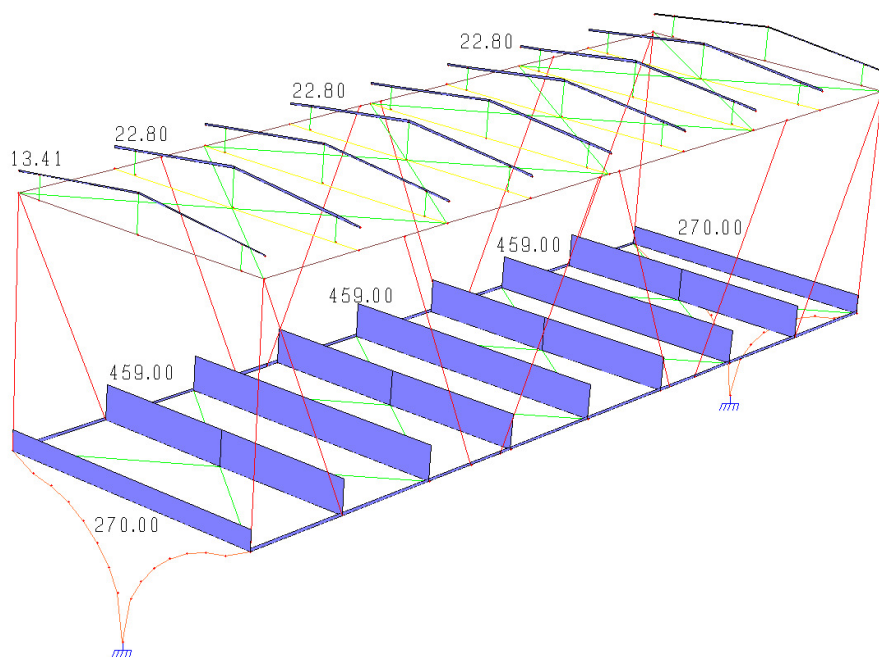
Si riportano di seguito i risultati più significativi delle caratteristiche di sollecitazione, delle verifiche di sicurezza e delle configurazioni deformate.

MODELLO DI CALCOLO GENERALE

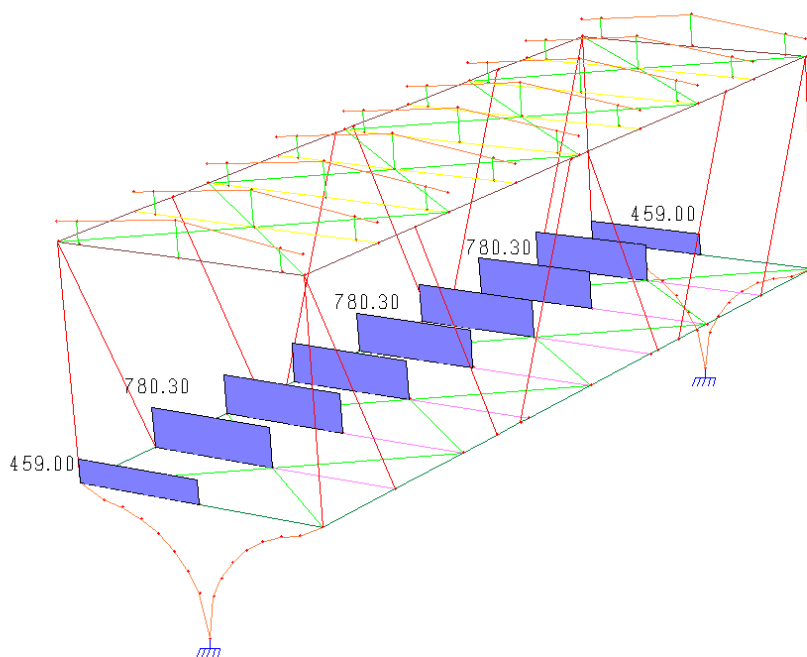
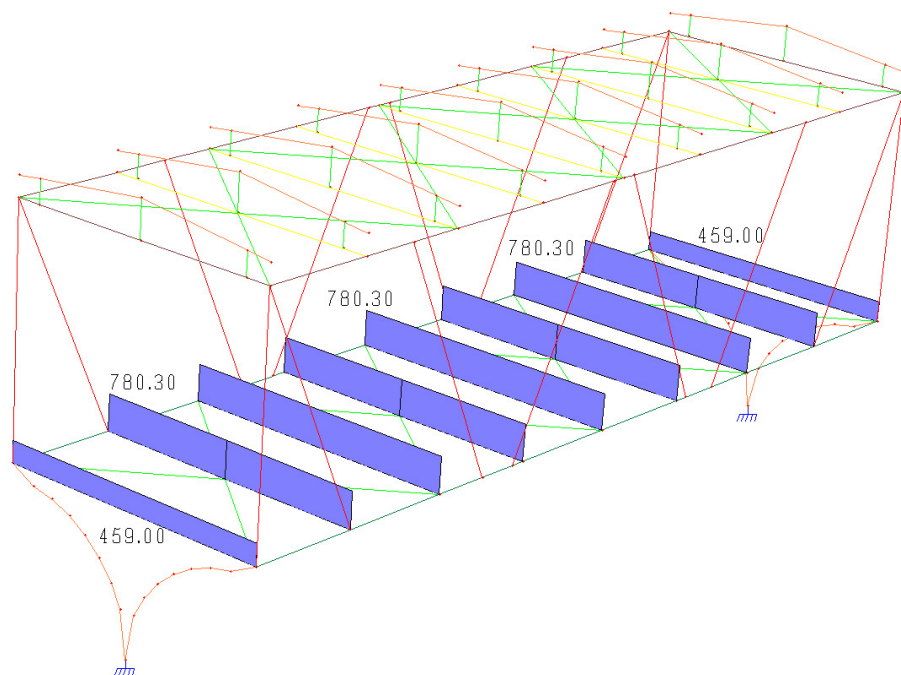


INDIVIDUAZIONE ASTE CARICATE

PERMANENTE : peso proprio struttura, lamiera e getto, pannello di copertura, corrimano e reti di protezione (kg/m)

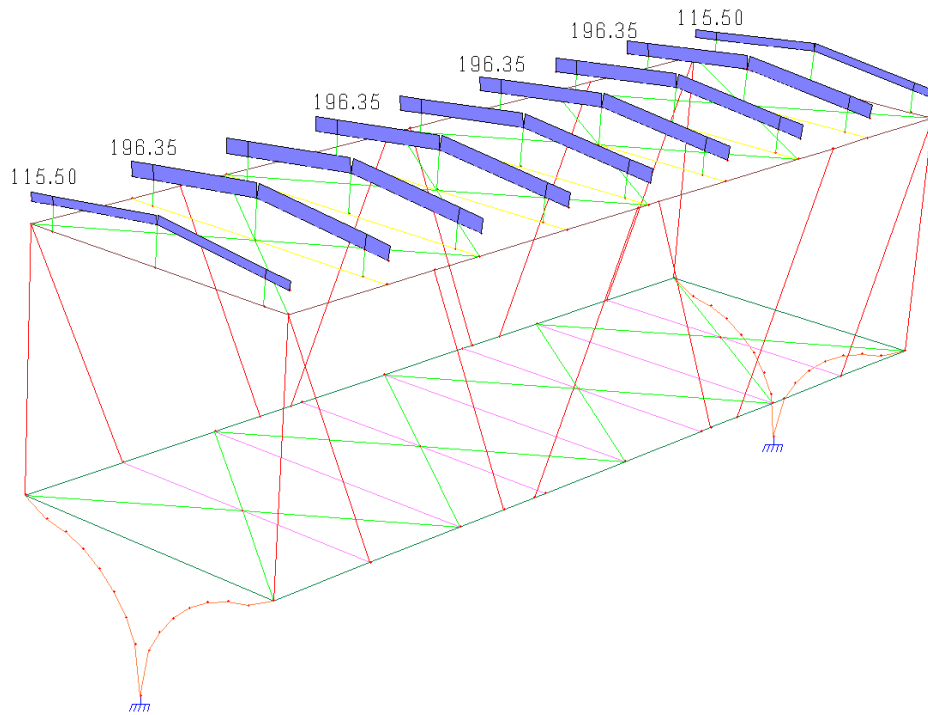


ACCIDENTALE : carico accidentale Cat. C3 : ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone quali musei, sale di esposizione, alberghi e ospedali, atri di stazioni ferroviarie (kg/m) **CARICO UNIFORMEMENTE RIPARTITO**

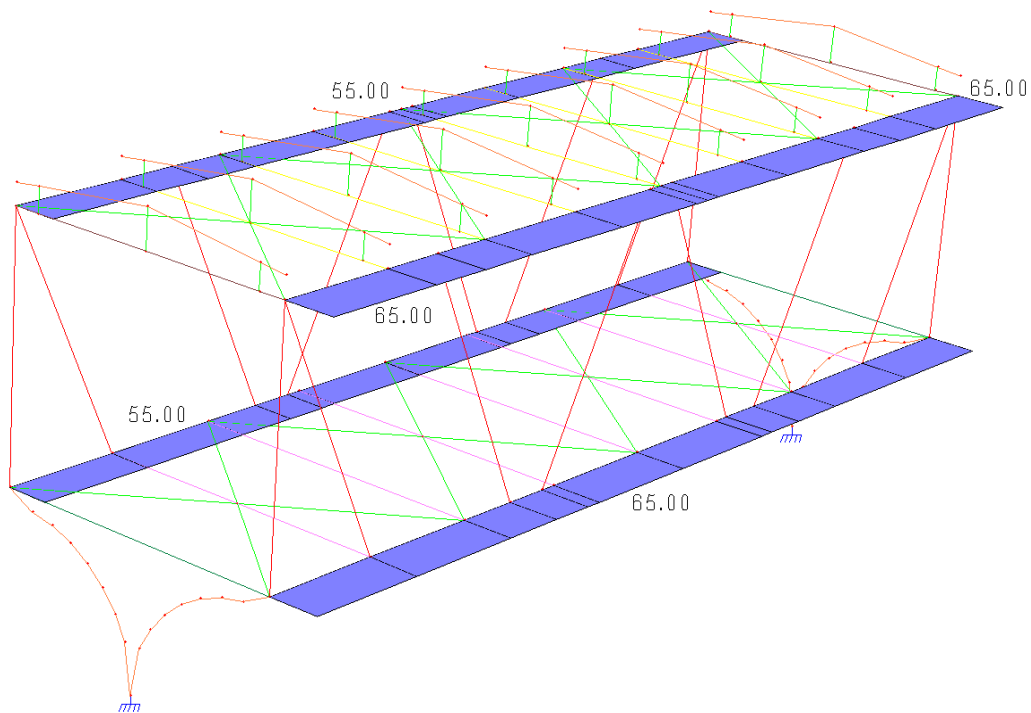


CARICO ACCIDENTALE RIPARTITO SU MEZZA PASSERELLA

ACCIDENTALE : carico accidentale neve uniforme (kg/m)

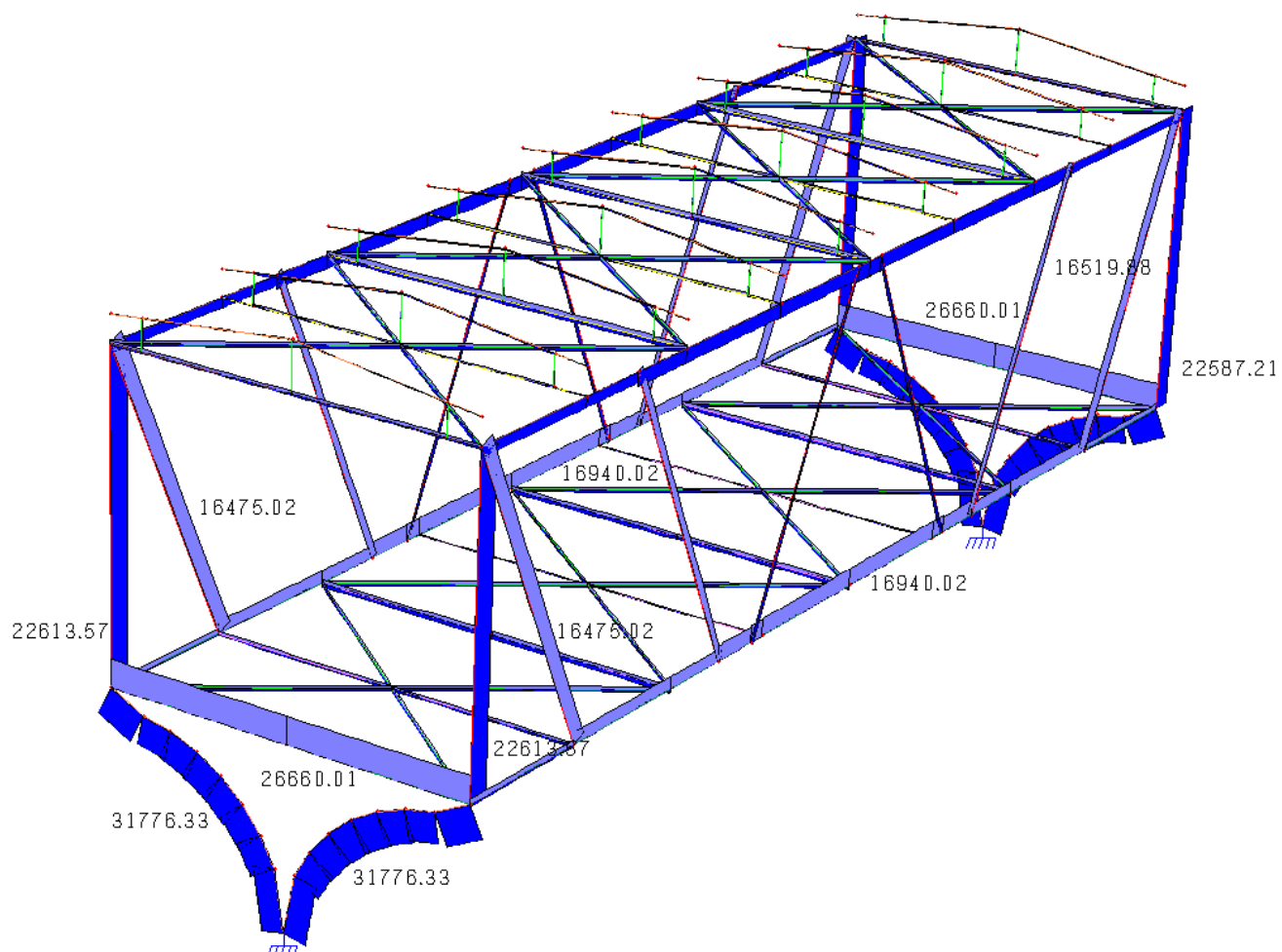


AZIONE DEL VENTO : vento in pressione e depressione sulle facciate (kg/m)



7.1) SOLLECITAZIONI, DEFORMATE E VERIFICHE STRUTTURA GENERALE

SFORZO NORMALE F_x (kg)



Lettura dei valori

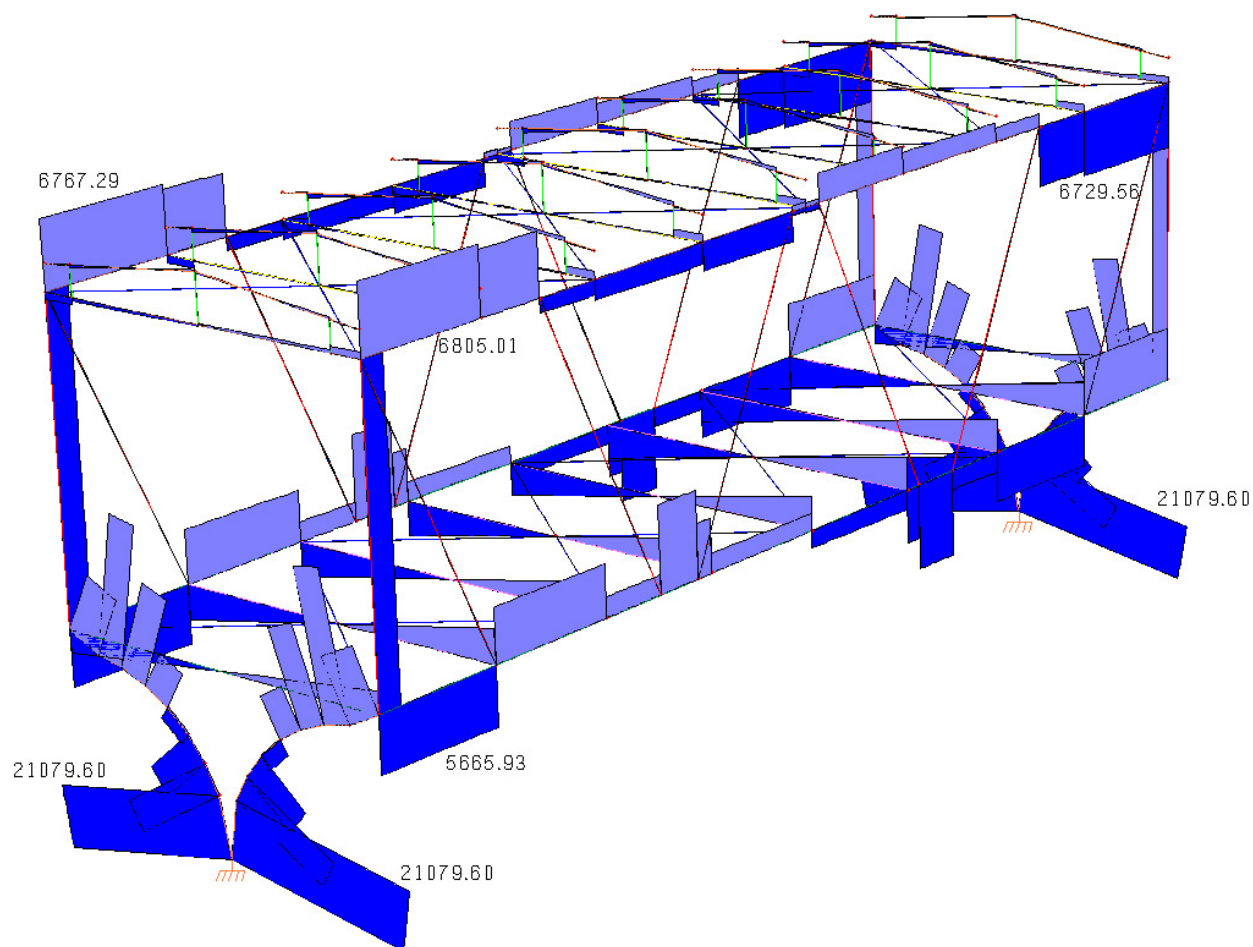
16940 kg : valore di trazione nella briglia inferiore

31776 kg : valore di compressione nelle due aste calandrate di appoggio

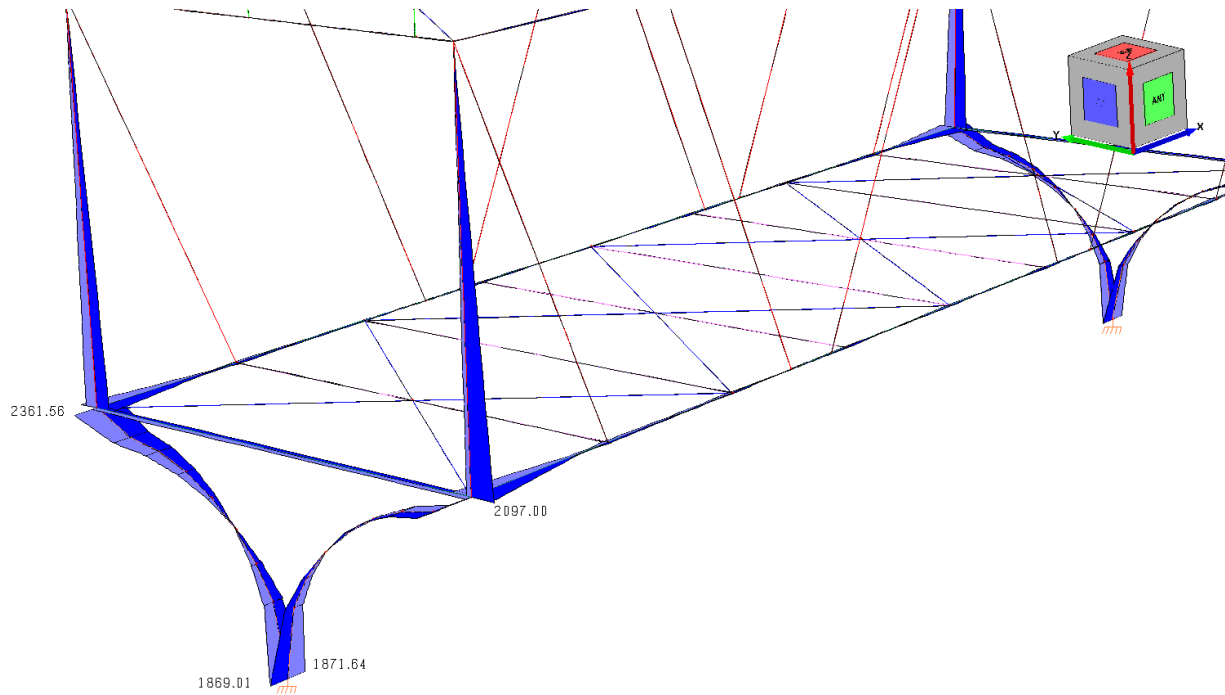
16475 kg : valore di trazione nella diagonale del traliccio

22614 kg : valore di compressione nel primo montante di traliccio

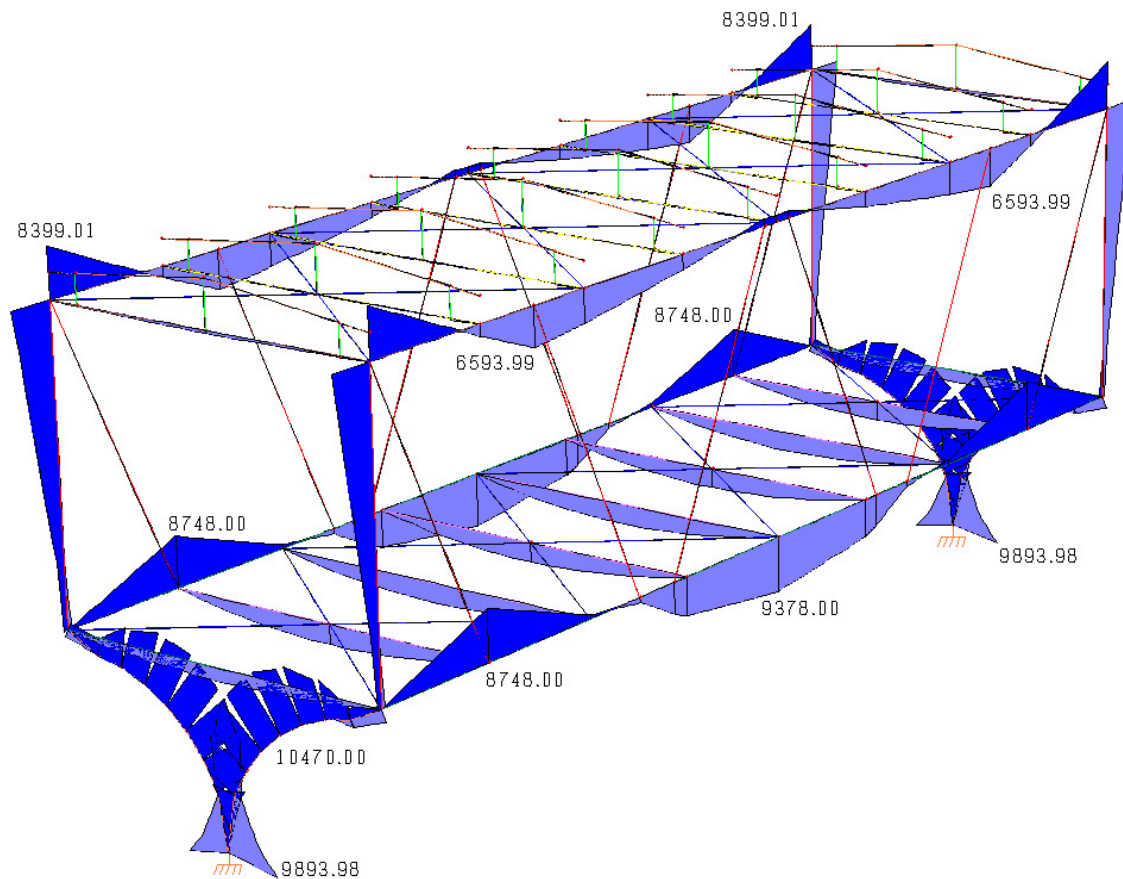
SFORZO DI TAGLIO F_y (kg)



MOMENTO FLETTENTE M_y (kgm)



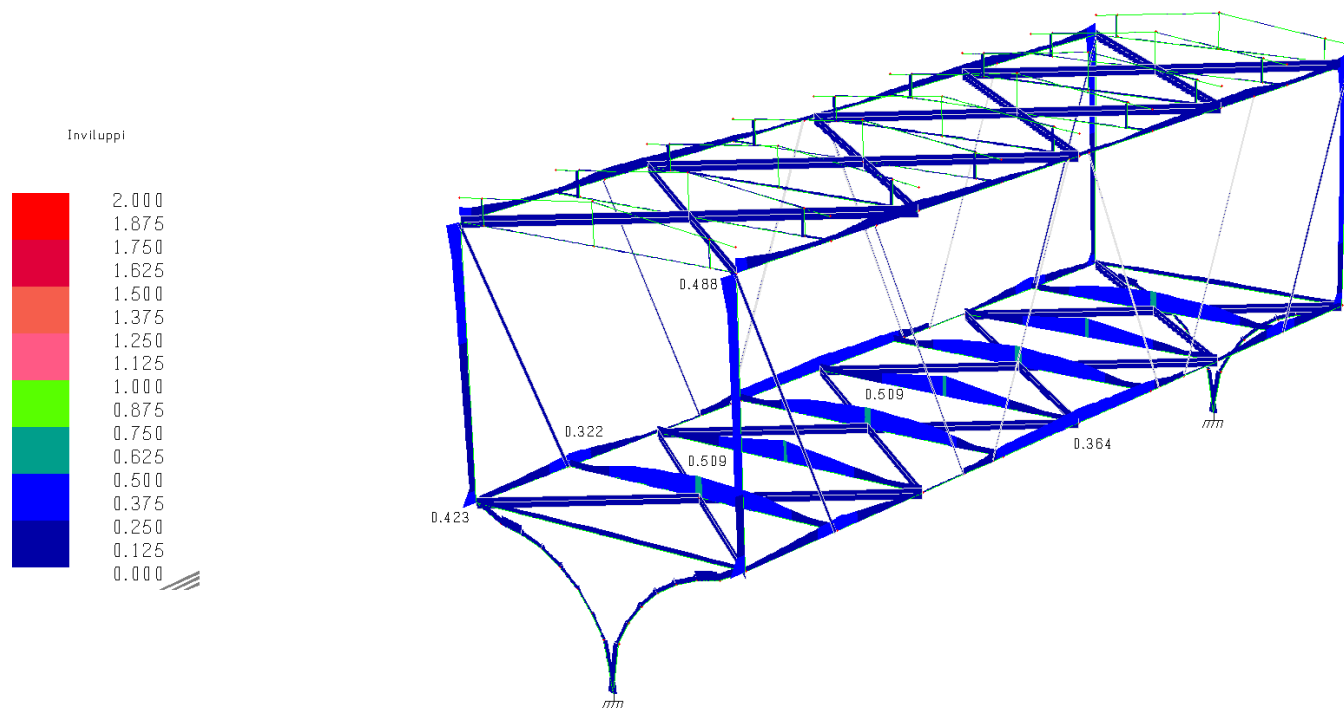
MOMENTO FLETTENTE M_z (kgm)



VERIFICA GLOBALE DELLA STRUTTURA CON L'AUSILIO DELLA MAPPA A COLORI

Indice di inviluppo: elementi verificati per indice < 1

$$I = 0.509 < 1$$



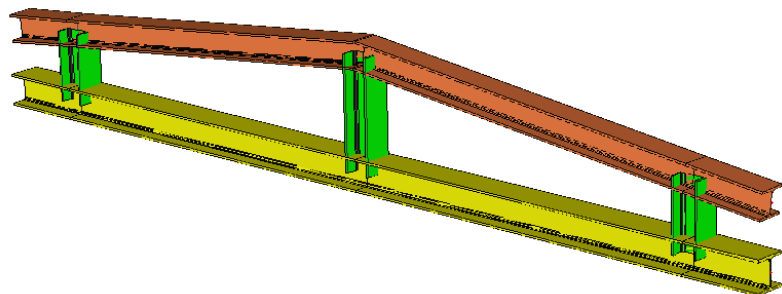
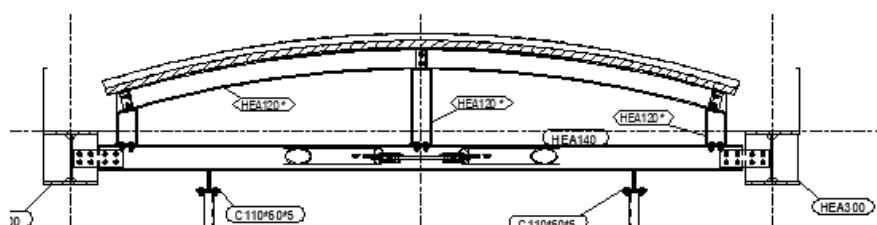
VERIFICA ELEMENTI PRINCIPALI DELLA PASSERELLA

Si analizzano gli elementi principali che compongono la struttura

7.2) VERIFICA TRAVI SECONDARIE DI COPERTURA

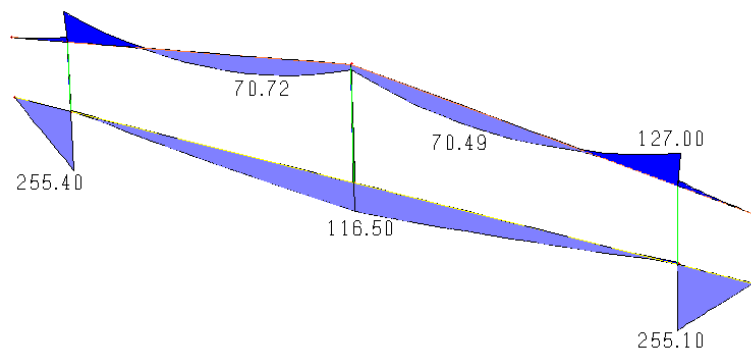
Luce della trave secondaria $L = 3840$ mm profilo **HEA 140 S 275**

Le travi secondarie di copertura sono in semplice appoggio sulle briglie superiori del traliccio, ricevono il carico di copertura attraverso una trave in HEA 120 calandrata che a sua volta trasmette le sollecitazioni alla trave sottostante mediante tre puntoni in HEA 120. Si analizza l'intero telaio di copertura

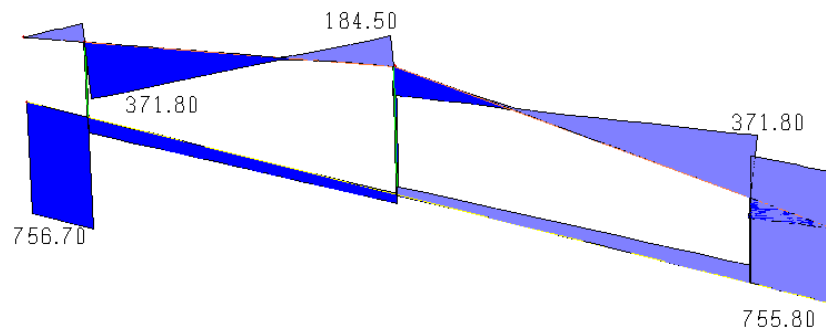


SOLLECITAZIONI

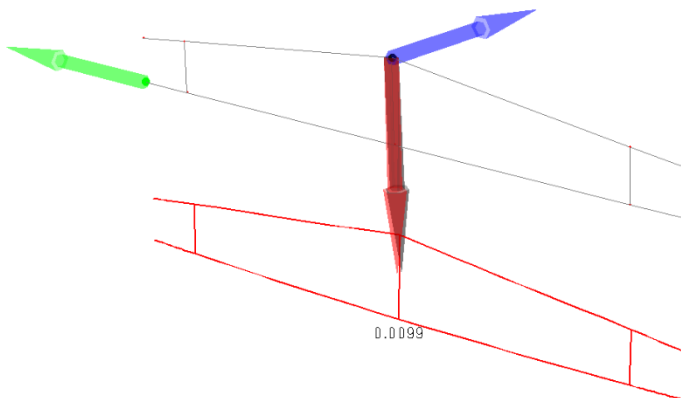
MOMENTO M_z (kgm)



TAGLIO Fy (kg)



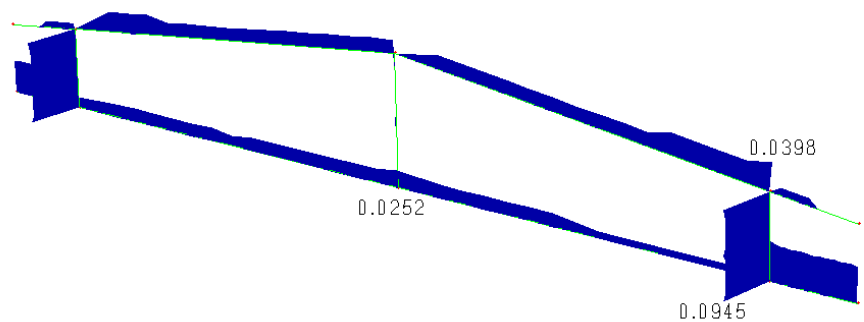
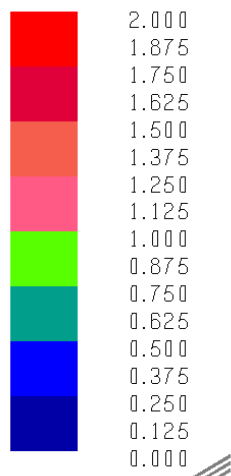
Deformata massima trave : comb. SLE neve + perm.



$$f_{\max} = - 0.99 \text{ cm} = L/388$$

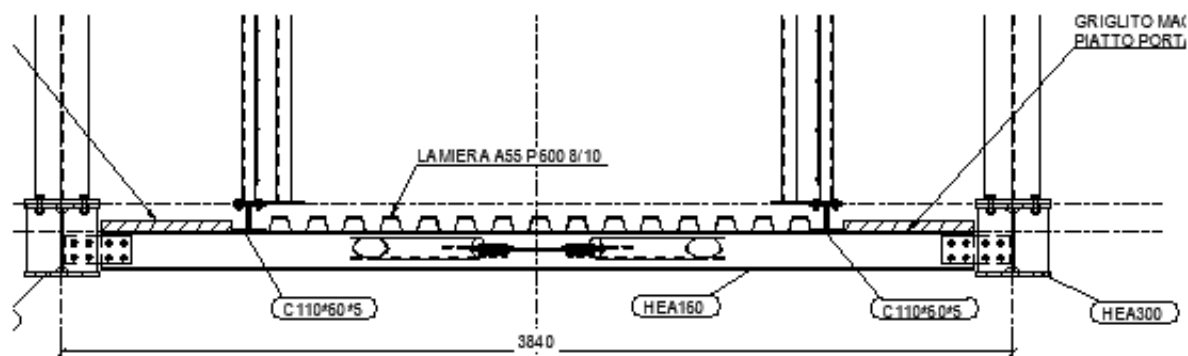
Verifica con MAPPA A COLORI : indice di inviluppo $I = 0.0945 < 1$

Involuppi

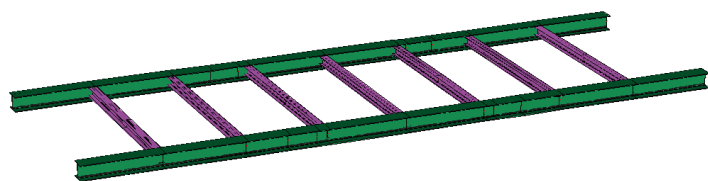


7.3) VERIFICA TRAVI SECONDARIE a livello BRIGLIE INFERIORI

Sono le travi secondarie che hanno il vincolo di appoggio sulle briglie inferiori del traliccio

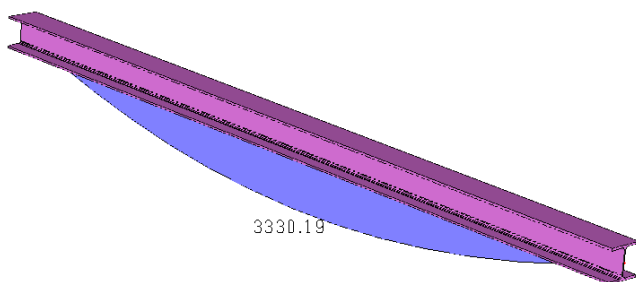


Luce della trave secondaria $L = 3840$ mm profilo **HEA 160 S 275**

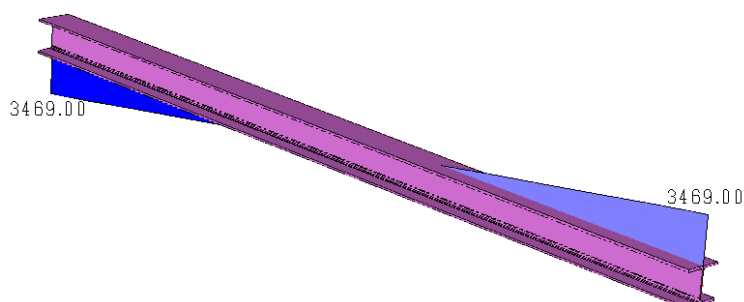


SOLLECITAZIONI

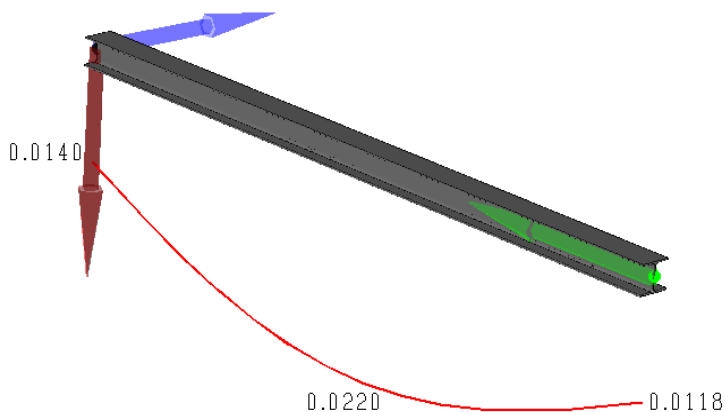
MOMENTO M_z (kgm)



TAGLIO F_y (kg)



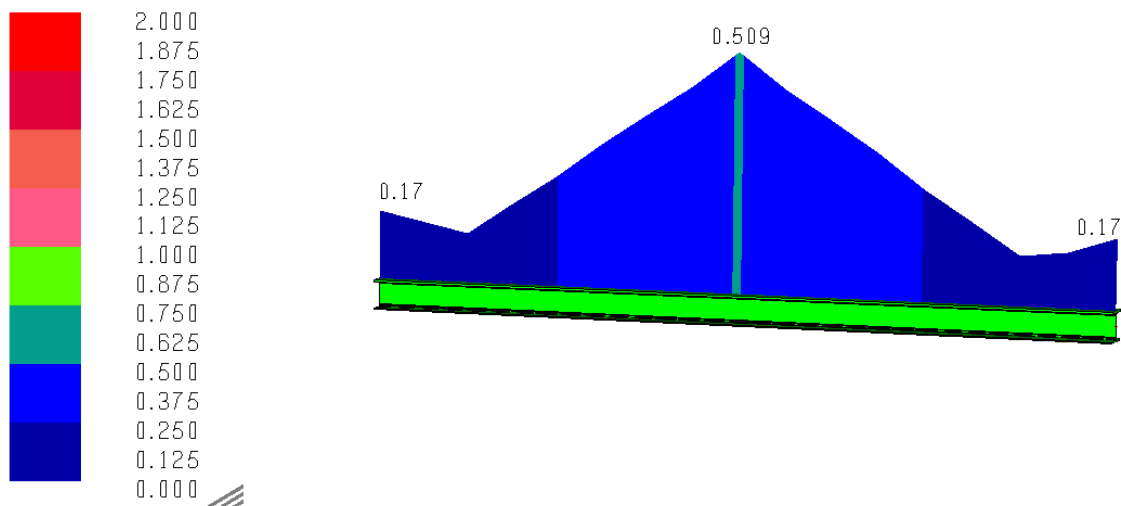
Deformata massima trave : comb. **SLE perm. + accid.**



$f_{\max} = - 2.20$ cm a questo valore si dovrà togliere l'abbassamento della briglia inferiore del traliccio pari a 1.18 cm per cui l'abbassamento effettivo della trave secondaria risulterà di $f_{\max} = 2.20 - 1.18 = 1.02$ cm = $L/376 < L/200$

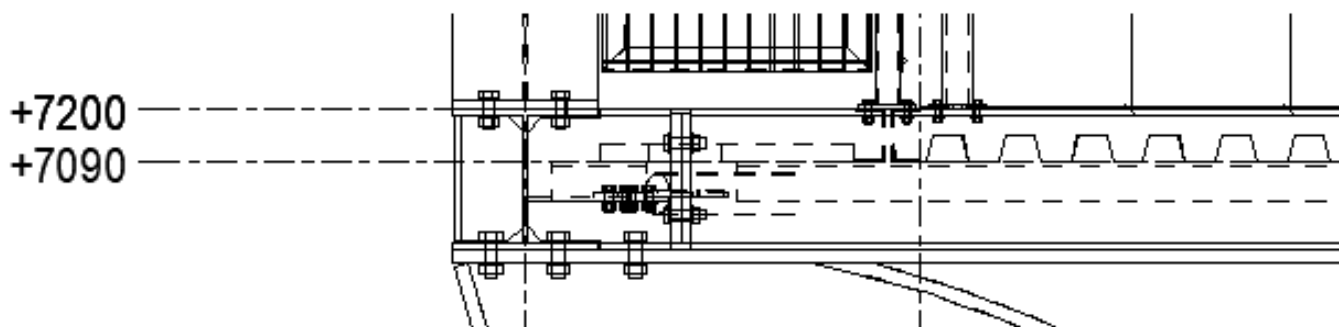
Verifica con MAPPA A COLORI : indice di inviluppo $I = 0.875 < 1$

Inviluppi



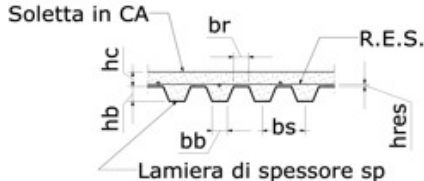
7.4) VERIFICA SOLAIO IN LAMIERA E GETTO

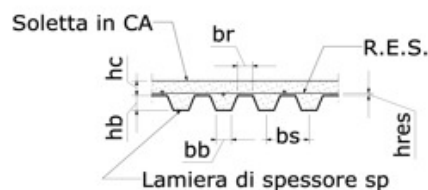
La lamiera utilizzata è tipo A55 P 600 sp. 8/10 mm con getto in cls a formare uno spessore di 110 mm, quindi greca di altezza 55 mm + soletta in cls di spessore 55 mm, nel getto viene inserita una rete elettrosaldata di ripartizione degli sforzi ϕ 8 maglia 20 x 20



Allegato di calcolo - Verifica di solaio in lamiera grecata (DM 17.01.2018)

Pagina 1 di 1

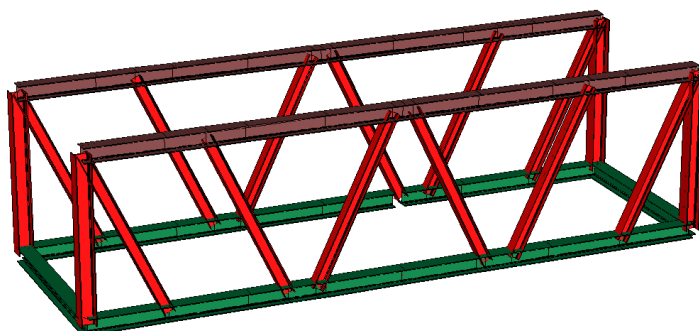
| Verifica di solaio in lamiera grecata e soletta in CA | | | | | | |
|--|-----------------|----------------------|----------------------|------------|--------------------|------|
| Oggetto: FNM SOVRAPASSO FERR. LOCATE VARESINO : SOLAIO IN LAMIERA E GETTO PASSERELLA | | | | | | |
| Caratteristiche dei materiali | | | | | | |
| Calcestruzzo | C25/30 | $f_{ck} = 25$ Mpa | $f_{cd} = 14,17$ MPa | | | |
| Acciaio | S 275 | $f_{yp,k} = 275$ MPa | $f_{yp,d} = 262$ MPa | | | |
| Acciaio rete | B450C | $f_{yk} = 450$ MPa | $f_{yd} = 391$ MPa | | | |
| Caratteristiche geometriche | | | | | | |
| L | 152,5 | cm | | | | |
| b_b | 6,15 | cm | | | | |
| b_r | 6,15 | cm | h_c | 5,5 | cm | |
| b_s | 15 | cm | h_b | 5,5 | cm | |
| s_p | 0,8 | mm | h | 11 | cm | |
| $b_r/b_s =$ | 0,41 | (EC4 §9.1.1 (2)P) | | | | |
| $A_{pe} =$ | 189 mmq | $x_G =$ | 2,75 cm | | | |
| $A_c =$ | 12375 mmq | $J_G =$ | 7,44 cm4 | | | |
| | | $W =$ | 2,71 cm3 | | | |
| | | $A_v =$ | 0,44 cmq | | | |
| Analisi dei carichi | | | | | | |
| g_1 | 217 | kg/mq | $q_{getto} =$ | 0,33 kg/cm | | |
| g_2 | 83 | kg/mq | $L_{1/500} =$ | 219 cm | | |
| q_1 | 500 | kg/mq | $L_c =$ | 127 cm | | |
| Tot = | 800 | kg/mq | | | | |
|  | | | | | | |
| Verifica a flessione in campata allo SLU ($M_{max} = q L^2/a$ - arm. resistente: lamiera) | | | | | | |
| a | 8 | $x_{pl} =$ | 2,33 cm | $x_L =$ | 8,25 cm | |
| q (kg/m) | M_{Ed} (kg m) | z (mm) | $N_{c,t}$ (N) | N_p (N) | $M_{pl,Rd}$ (kg m) | FS |
| 173,49 | 50,43 | 70,9 | 49503 | 49503 | 351 | 6,95 |
| Verifica a flessione in appoggio allo SLU ($M_{max} = q L^2/a$ - arm. resistente: rete) | | | | | | |
| a | 16 | $x_{pl} =$ | 1,49 cm | | | |
| q (kg/m) | M_{Ed} (kg m) | z (mm) | $N_{c,t}$ (N) | N_p (N) | $M_{pl,Rd}$ (kg m) | FS |
| 173,49 | 25,22 | 49,0 | 10400 | 10400 | 51 | 2,02 |
| Verifica a taglio allo SLU ($V_{max} = q L/\beta$) | | | | | | |
| β | 2 | | | | | |
| | V_{Ed} (N) | k | V_{Rd} (N) | FS | | |
| | 1323 | 2 | 5981 | 4,52 | | |



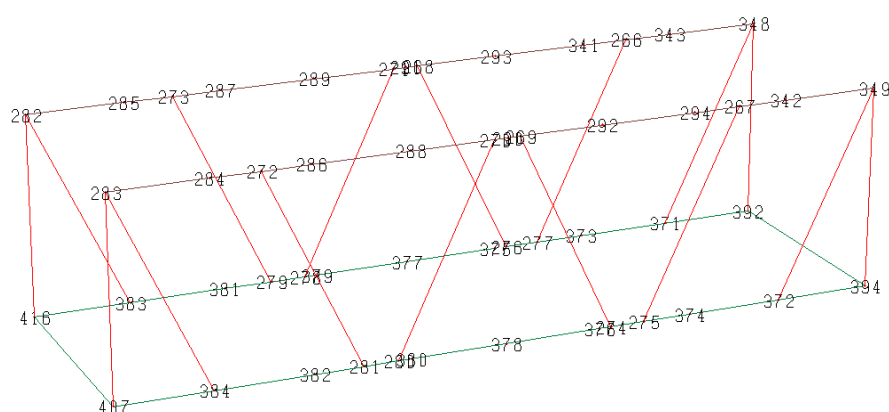
| Verifica a flessione e punzonamento della soletta per carico concentrato | | | | | | | |
|--|------------|-----------------|-----------------|------------------------|------------------|------------------|--------------------|
| | P | 300 kg | | | ϕ (mm) | passo (cm) | h_{res} (cm) |
| | b_p | 5 cm | h_t | 5,5 cm | Rete | 8 | 20 |
| | | | | | | | 0 |
| | | | | | | | $a_{s,r}$ (cmq/cm) |
| | | | | | | | 0,025 |
| Flessione allo SLER | | | | | | | |
| | b_m (cm) | M_{Ed} (kg m) | x (cm) | J (cm ⁴) | σ_c (MPa) | σ_t (MPa) | |
| | SLER | 27 | 8,55 | 1,11 | 40 | 2,4 MPa | 53 MPa |
| Punzonamento allo SLU | | | | | | | |
| | $V_{Ed,0}$ | 0,27 MPa | $V_{Rd,0}$ | 2,83 MPa | | | |
| | $V_{Ed,1}$ | 0,10 MPa | $V_{Rd,1}$ | 0,54 MPa | | | |
| Verifica di deformabilità | | | | | | | |
| | K | 1 | λ_{lim} | 245,62 | $\lambda = L/h$ | 13,86 | |
| Note: Utilizzabile come diaframma rigido (§4.3.6.5.2) | | | | | | | |
| Lunghezza minima di appoggio della lamiera su acciaio o calcestruzzo 50 mm, su altro materiale 70 mm | | | | | | | |
| Lunghezza minima di appoggio della soletta su acciaio o calcestruzzo 75 mm, su altro materiale 100 mm | | | | | | | |
| Per i materiali sono stati utilizzati i seguenti coefficienti di sicurezza: $\gamma_c = 1,5$; $\gamma_s = 1,15$. | | | | | | | |
| Per i carichi sono stati utilizzati i seguenti coefficienti parziali: $\gamma_{G1} = 1,3$; $\gamma_{G2} = 1,5$; $\gamma_Q = 1,5$. | | | | | | | |

7.5) VERIFICA TRALICCIO

BRIGLIE INFERIORI E SUPERIORI e ASTE DI PARETE

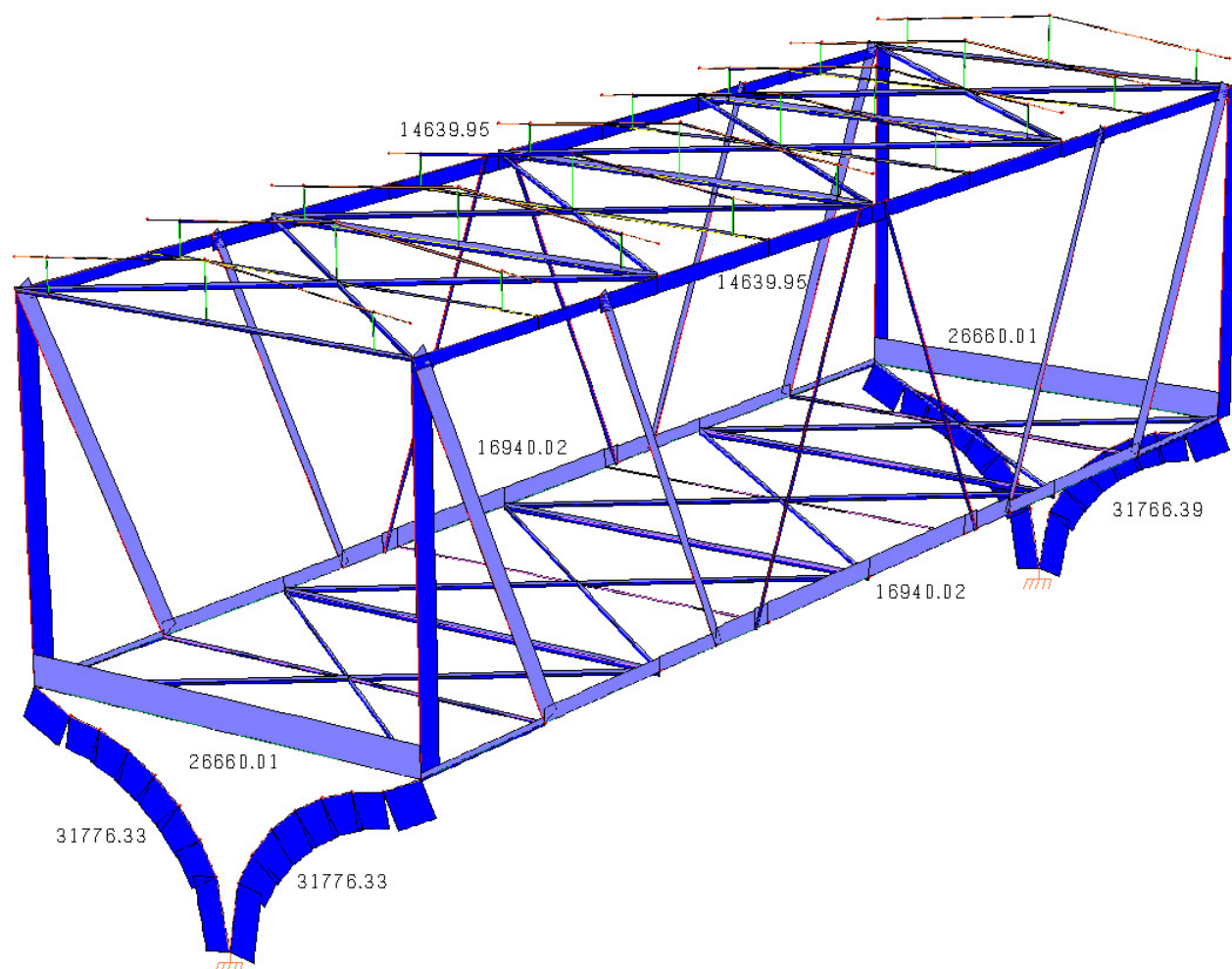


Numerazione dei nodi



SOLLECITAZIONI

SFORZO NORMALE N (kg)

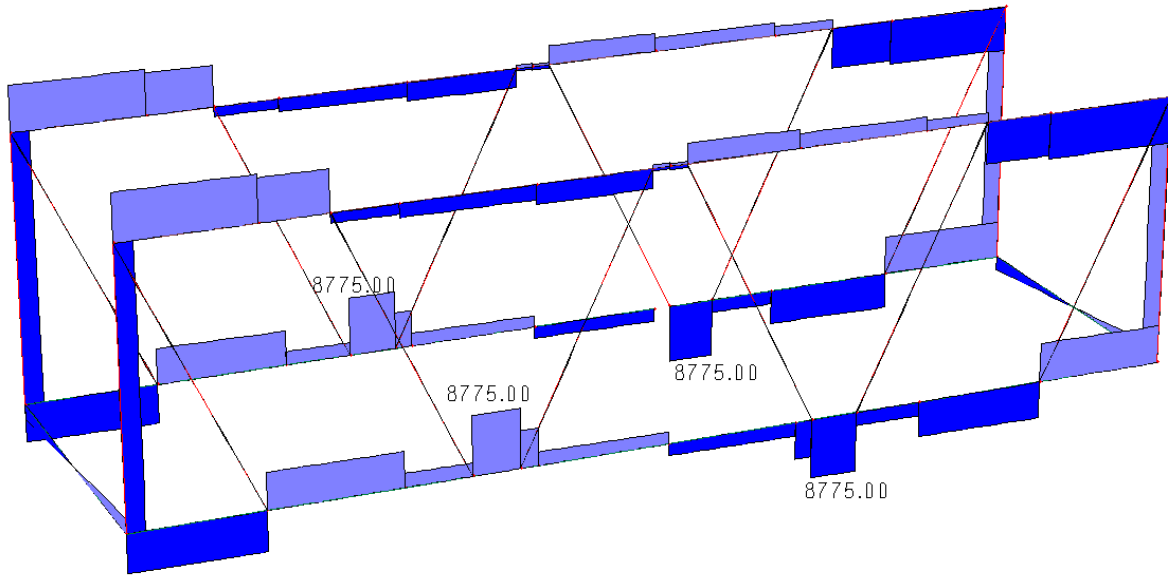


Valore massimo di **trazione** nelle briglie inferiori : N = 16940 kg

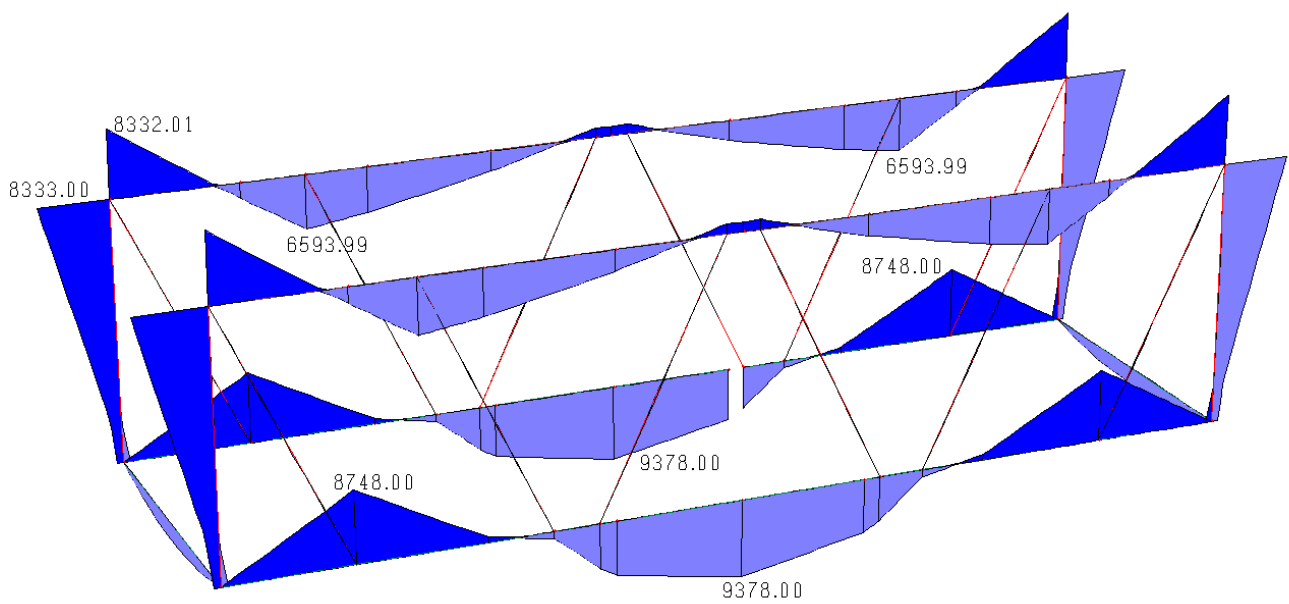
Valore massimo di **compressione** nelle briglie superiori : N = -14640 kg

Valore massimo di **compressione** nelle forcelle : N = -31776 kg

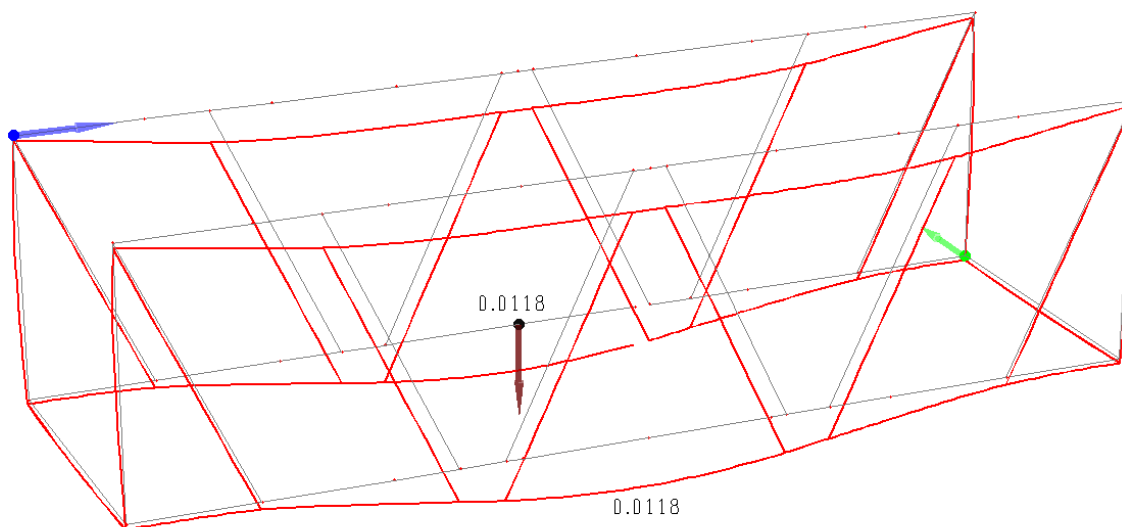
TAGLIO F_y (kg)




MOMENTO M_z (kgm)





Deformata massima traliccio : comb. **SLE PERM. + ACC.PERSONE + ACCID. NEVE**



Rappresentazione

Rappresentaz.: Deformata statica 

Comb. di carico: 3 SLE perm+acc+neve 

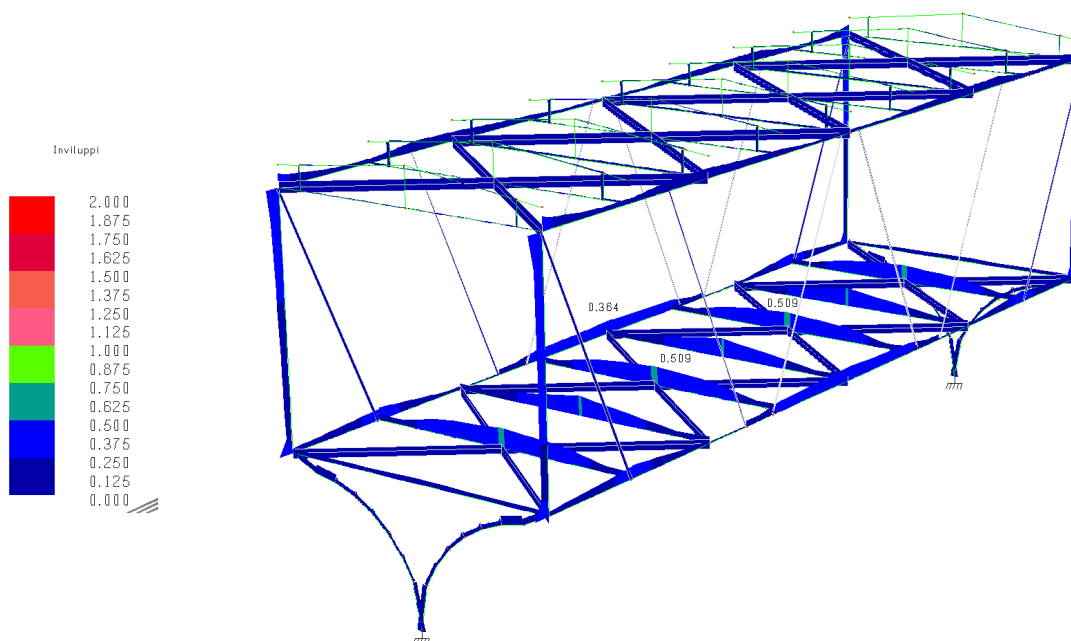
Fattore di scala: 50 

☒ Freccie dei massimi

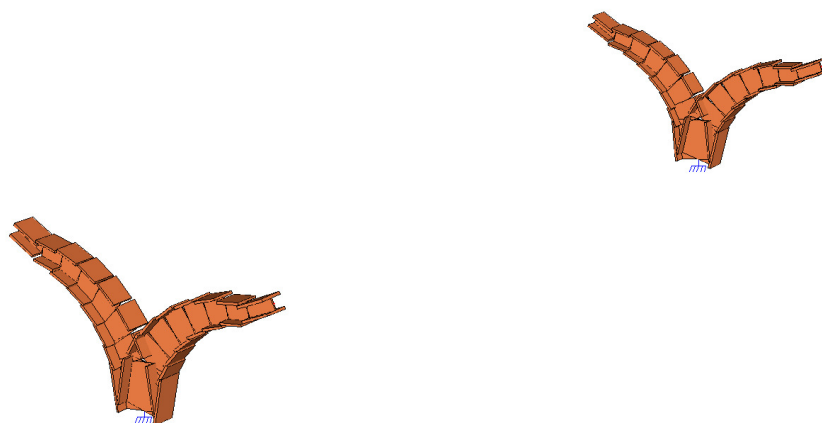
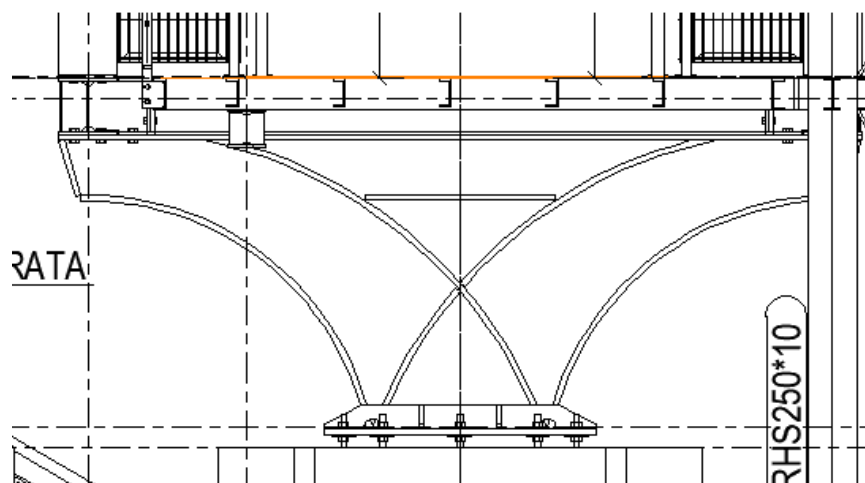
Luce traliccio $L = 12500$ mm

$f_{\max} = -1.18$ cm $= L/1059 < L/700$ secondo 2.6.2.2.3 stato limite di deformazione : le deformazioni massime devono risultare compatibili con la geometria della struttura in relazione alle esigenze del traffico

Verifica con MAPPA A COLORI : indice di inviluppo $I = 0.509 < 1$



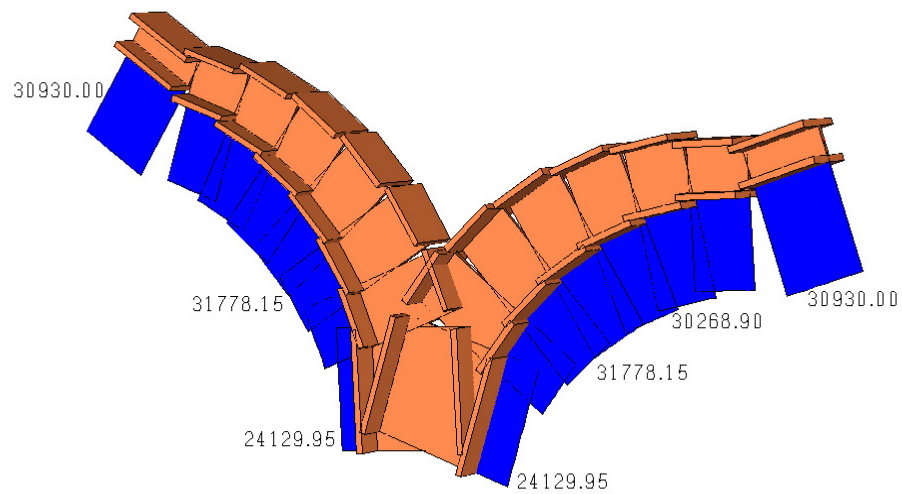
7.6) VERIFICA TRAVI CALANDRATE APPOGGIO PASSERELLA



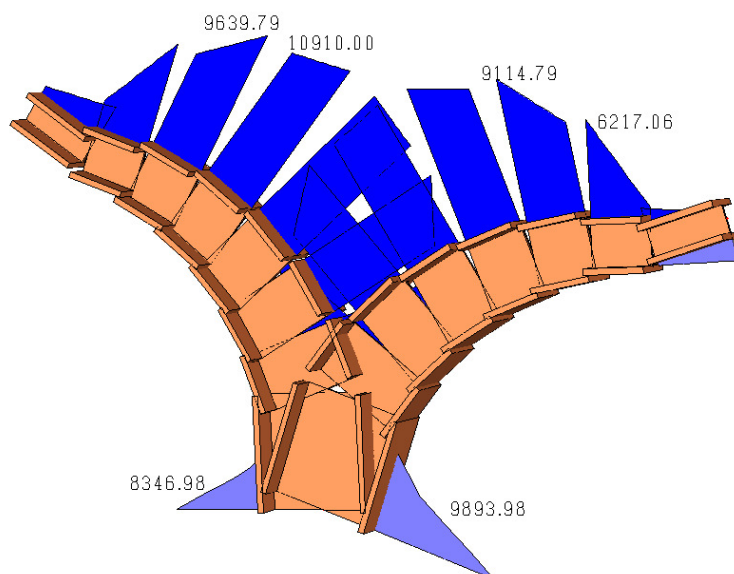
Le travi calandrate, sopra rappresentate, sono formate da piatti saldati a formare travi elettrosaldate con piattabande sp. 30 mm ed anima sp. 20 mm. Le travi verranno a loro volta saldate su una piastra di base di spessore 30 mm nervata per avere una minore deformabilità collegata al getto in CLS del pilastro mediante tirafondi e tacca al taglio. La presenza della tacca al taglio è dovuta al valore del taglio presente nel collegamento piastra di base passerella-pilastro in CLS per effetto dell'applicazione al pilastro di una forza di **4000 kN**, dovuta all'ipotesi di deragliamento di un treno, applicata in direzione parallela alla direzione di marcia del convoglio (**azioni di urto da traffico ferroviario come indicato al p.to 3.6.3.4 del DM del 17.01.2018**).

VERIFICA ELEMENTO

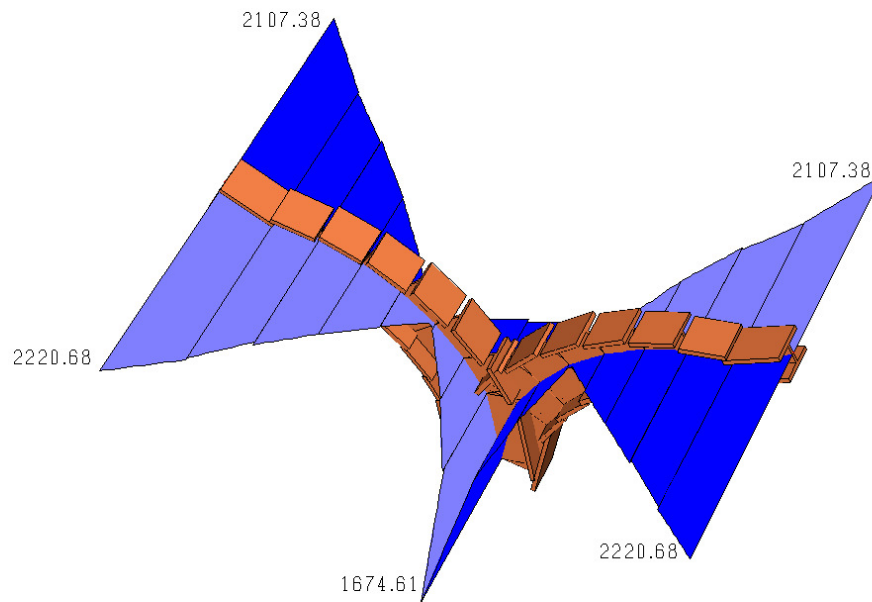
SOLLECITAZIONI : SFORZO NORMALE N (kg)



MOMENTO Mz (kgm)

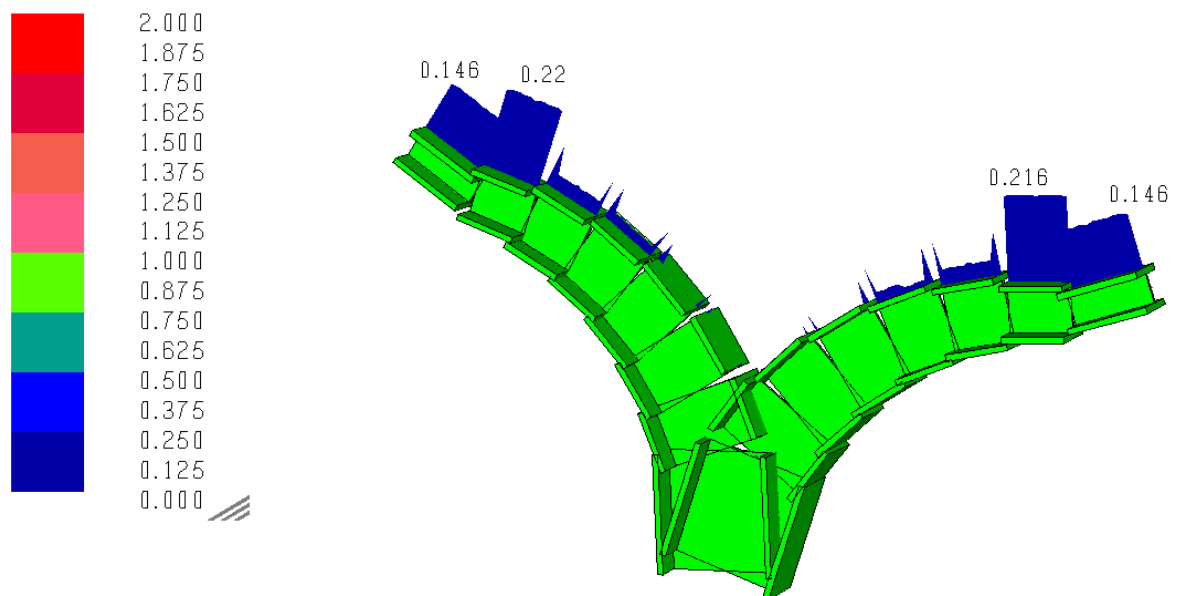


MOMENTO M_y (kgm)



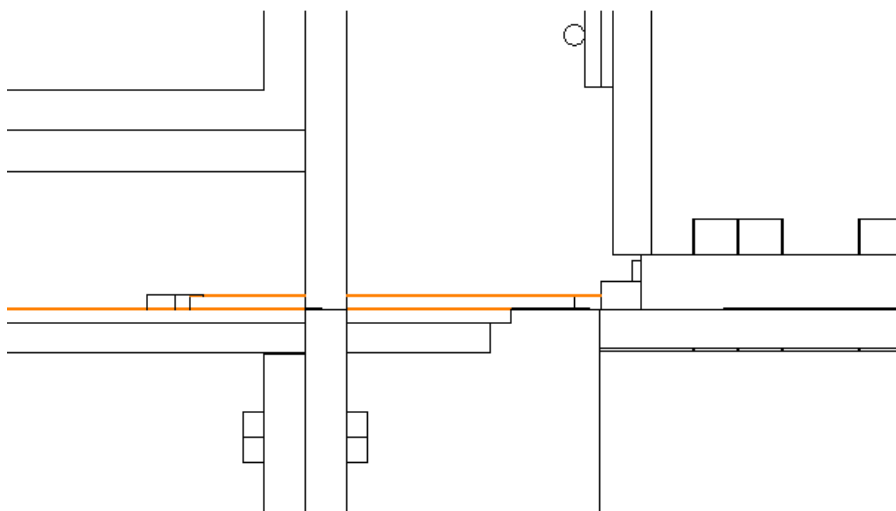
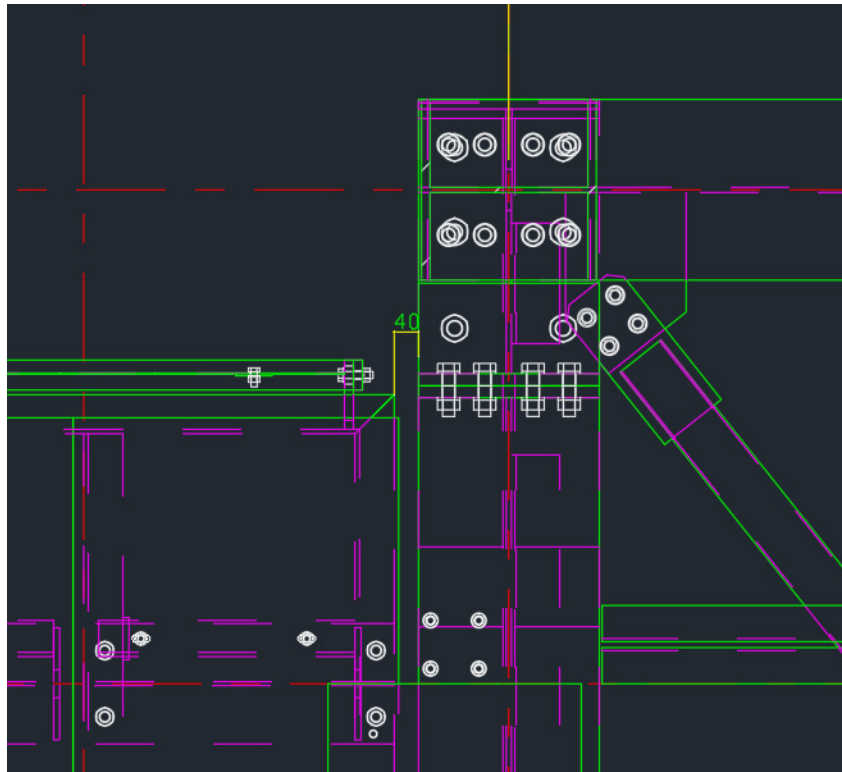
VERIFICA ELEMENTO CON MAPPA A COLORI

Inviluppi



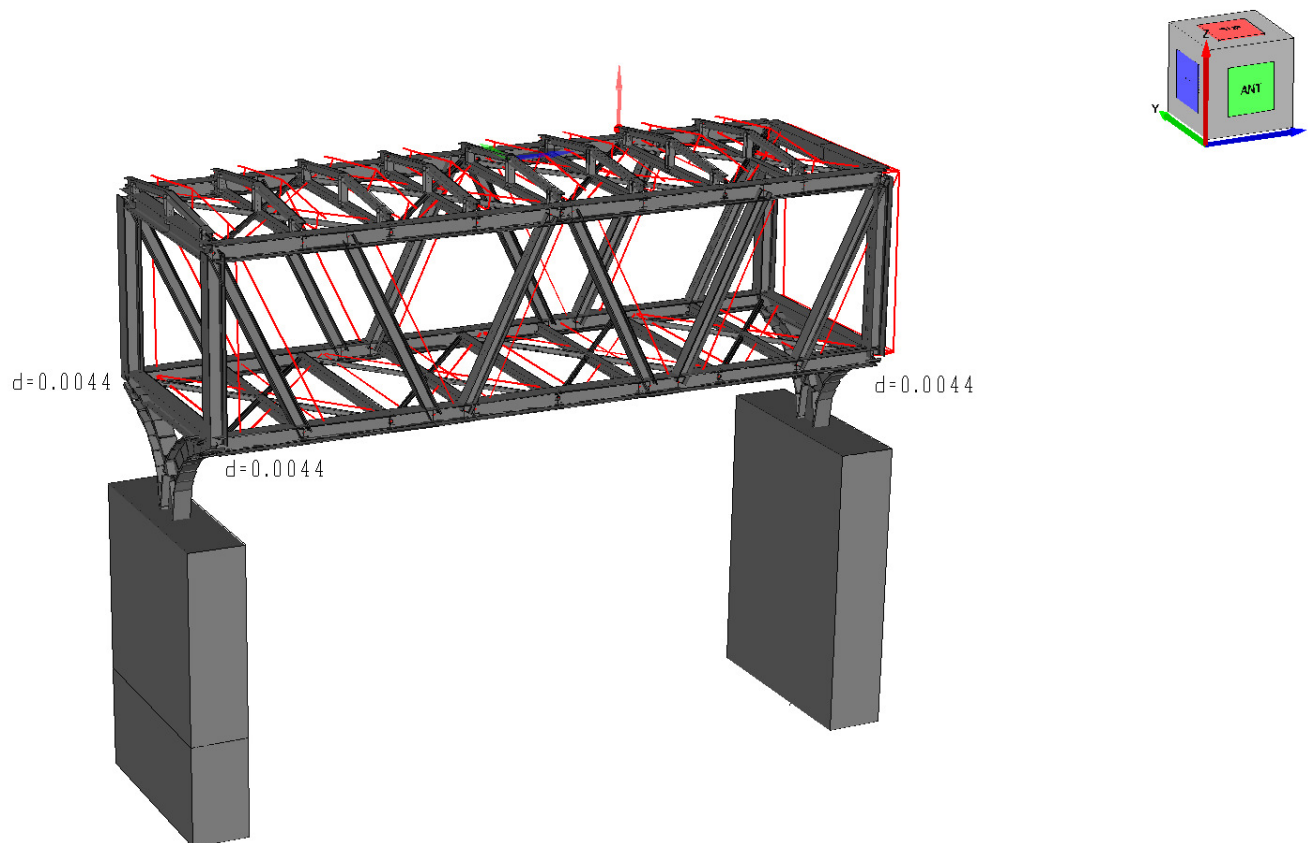
7.7) VERIFICA GIUNTO TECNICO TRA LE DUE STRUTTURE

Le due strutture ovvero il corpo scala-ascensore e struttura passerella sono state analizzate separatamente avendosi il giunto tecnico come indicato nelle immagini sottostanti

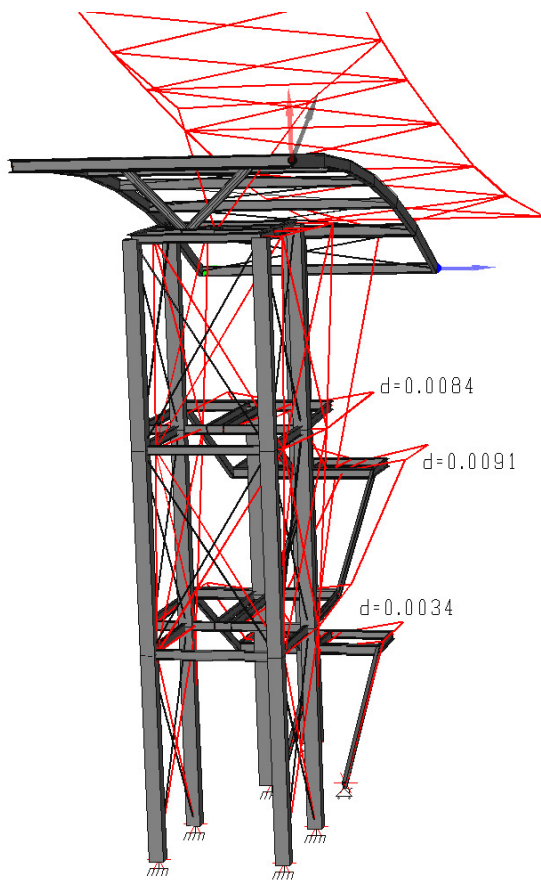
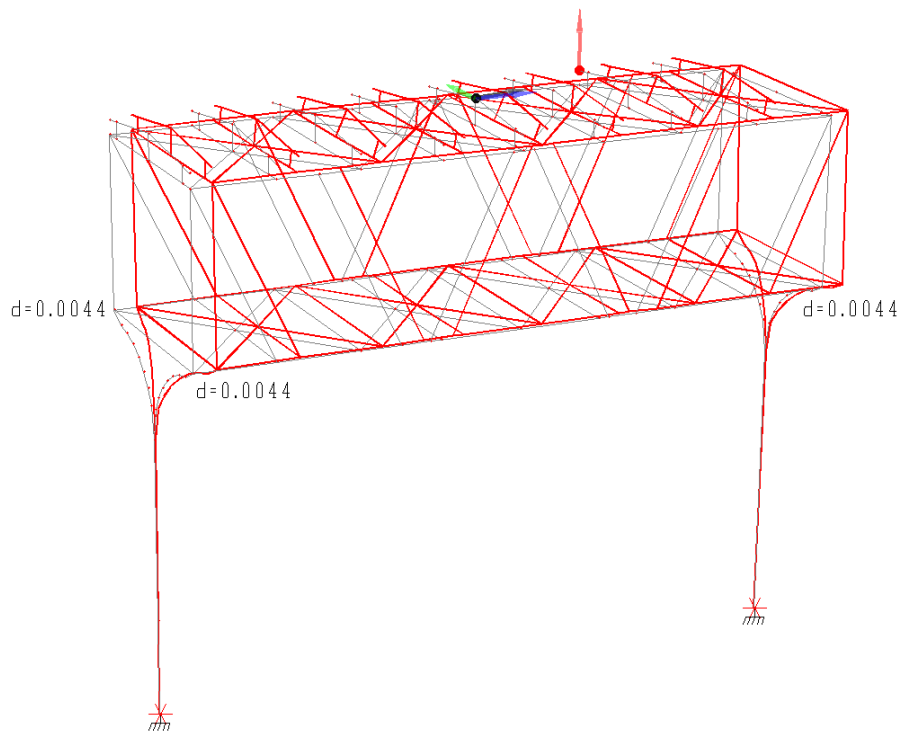


Come si può vedere il giunto tecnico ha una dimensione pari a 40 mm per cui per evitare il martellamento tra le due strutture avremo bisogno di avere degli spostamenti tale per cui la loro somma dovrà essere inferiore alla q.ta indicata

Analizzeremo lo spostamento del modello complessivo ovvero con inseriti anche i piloni in cls



Ex + lamda Ey spostamento lungo X = 4.4 mm (nel modello la misura è indicata in m)



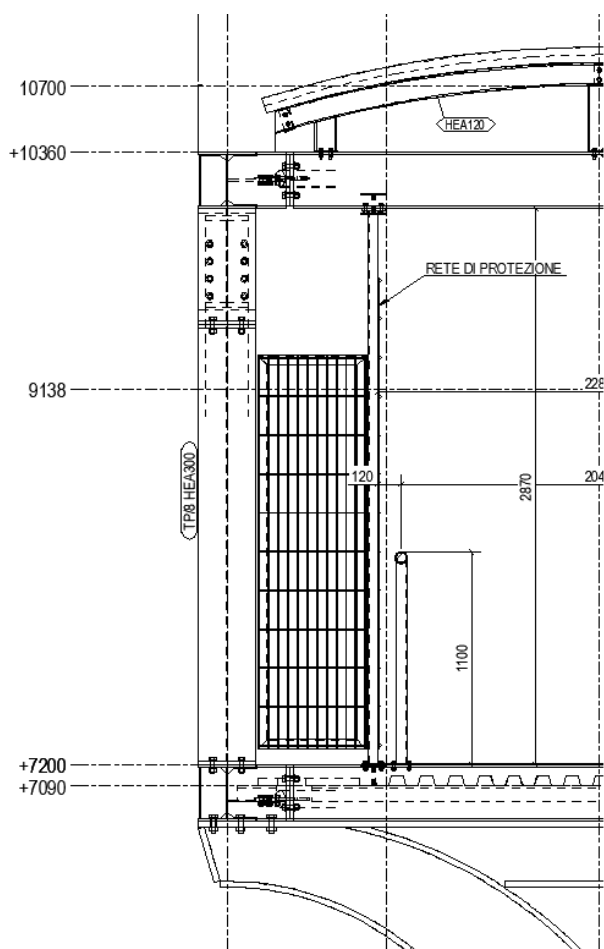
Ex + lamda Ey spostamento lungo X = 8.4 mm (nel modello la misura è indicata in m)

Gli spostamenti analizzati sono i seguenti :

- Complesso passerella-pilastri spostamento lungo X = 4.4 mm
- Complesso vano scala-ascensore spostamento lungo X = 8.4 mm
- Somma spostamenti $4.4 + 8.4 = 12.8 \text{ mm} < 40 \text{ mm}$

7.8) VERIFICA PROFILO TUBOLARE SPINTA FOLLA

In questa verifica andremo a verificare la spinta della folla sulle reti di protezione che a loro volta sono collegate ad un elemento tubolare quadro come descritto nell'immagine sotto riportata :



I tubi sono collegati mediante flangia bullonata all'elemento secondario di copertura (HEA 140) ed all'elemento secondario di solaio di calpestio in HEA 160. Il passo degli elementi tubolari 50 x 50 x 5 è di 1525 mm e presentano un'altezza di 3650 mm.

Da NTC 2018 5.1.3.10 : i parapetti devono essere calcolati in base ad un'azione orizzontale di 1.5 kN/m. La spinta sarà sulle reti che a loro volta scaricheranno tale azione sugli elementi tubolari ad un'altezza di 1.10 m

Spinta sull'elemento tubolare : $150 \text{ kg/m} \times 1.525 \times 1.5 = 343 \text{ kg}$

Tubo 50 x 50 x 5 S 235

| Lato | Spessore | Profilo | Massa lineica | Area | Momento d'inerzia | Raggio d'inerzia | Modulo di resistenza elastico | Modulo di resistenza plastico | Momento d'inerzia torsionale | Costante di torsione | Superficie esterna |
|------|----------|-------------|---------------|-----------------|-------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|
| | | | kg/m | cm ² | cm ⁴ | cm | cm ³ | cm ³ | cm ⁴ | cm ³ | m ² /m |
| | | | M | A | I | R | W | S | J | C | S |
| 50 | 5 | 50 X 50 X 5 | 6,56 | 8,36 | 27 | 1,8 | 10,8 | 13,7 | 47,5 | 16,6 | 0,183 |

Trave con vincolo di incastro alle estremità con carico concentrato di $F = 343 \text{ kg}$ ad 110 cm dall'estremità.

$M = 2 F (a^2 b^2)/l^3$ dove $a = 110 \text{ cm}$ $b = 255 \text{ cm}$ nel punto di applicazione del carico

$$M = 2 \times 343 (110^2 \times 255^2)/365^3 = 11100 \text{ kgcm}$$

$$M_{\text{incastro}} = - 343 \times (110 \times 255^2)/365^2 = 18415 \text{ kgcm} \quad \text{a } 110 \text{ cm dal punto di spinta}$$

$$M_{\text{incastro}} = - 343 \times (255 \times 110^2)/365^2 = 7944 \text{ kgcm}$$

$$M_{\text{max}} = 18415 \text{ kgcm}$$

$$F_{\text{YD}} = 2350/1.05 = 2238 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{\text{RD}} = F_{\text{YD}} \times W_{\text{pl}} = 2238 \times 13.7 = 30660 \text{ kgcm} > M_{\text{max}} = 18415 \text{ kgcm}$$

Punto 8) CARATTERISTICHE E AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO**•Elaboratore utilizzato**

| | |
|----------|--|
| Computer | Hewlett - Packard |
| | HP - Workstation XW4100 |
| | Intel ® |
| | Pentium ® 4 CPU 3.00 GHz |
| | 2.99 GHz, 1.00 Gb di RAM |
| Sistema | Microsfot Windows XP Professional |
| | Versione 2002 |
| | Service Pack 2 |
| | Registrato a nome di: CIPRIANI DANIELE |

Il programma di calcolo utilizzato MasterSap è idoneo a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura e gli elementi finiti disponibili e utilizzati sono rappresentativi della realtà costruttiva. Le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate. Si evidenzia che il modello viene generato direttamente dal disegno architettonico riproducendone così fedelmente le proporzioni geometriche. In ogni caso sono stati effettuati alcuni controlli dimensionali con gli strumenti software a disposizione dell'utente. Tutte le proprietà di rilevanza strutturale (materiali, sezioni, carichi, sconnessioni, etc.) sono state controllate attraverso le funzioni di indagine specificatamente previste. Sono state sfruttate le funzioni di autodiagnostica presenti nel software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione.

E' stato accertato che le risultanti delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati.

Sono state controllate le azioni taglianti di piano ed accertata la loro congruenza con quella ricavabile da semplici ed agevoli elaborazioni. Le sollecitazioni prodotte da alcune combinazioni di carico di prova hanno prodotto valori prossimi a quelli ricavabili adottando consolidate formulazioni ricavate della Scienza delle Costruzioni. Anche le deformazioni risultano prossime ai valori attesi. Il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinato risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confortati anche dalla propria esperienza.

L'analisi di tipo numerico è stata realizzata mediante il programma di calcolo MasterSap, prodotto da Studio Software AMV di Ronchi dei Legionari (Gorizia). E' stata utilizzata un'analisi dinamica nel rispetto delle norme indicate in precedenza. Le procedure di verifica adottate seguono il metodo di calcolo degli stati limite.

Il progettista strutturale

Ing. Daniele Cipriani



AMV S.r.l.
Via San Lorenzo, 106
34077 Ronchi dei Legionari
(Gorizia) Italy

Ph. +39 0481.779.903 r.a.
Fax +39 0481.777.125
E-mail: info@amv.it
www.amv.it

Cap. Soc. € 10.920,00 i.v.
P.Iva: IT00382470318
C.F. e Iscriz. nel Reg. delle Imp. di GO
00382470318 - R.E.A. GO n° 048216



LICENZA D'USO SOFTWARE

Ragione Sociale: **STEEL ENGINEERING SRLS**

Indirizzo: **VIA MONTA', 159**

CAP: **35136**

Città: **PADOVA**

Prov.: **PD**

Telefono: **049.684789**

Fax: **049.684789**

Email: **steel.cipriani@gmail.com**

Partita IVA: **04999610282**

Codice Fiscale: **04999610282**

DATI RELATIVI ALL'INSTALLAZIONE DEI PROGRAMMI (se diversi da quelli di fatturazione)

Nominativo

Indirizzo (Via, n°, CAP, città, prov. e tel.):

DESCRIZIONE PROGRAMMI

| TITOLO PROGRAMMA | AUTORE / DISTRIBUT. | VERS. | N° LICENZA D'USO | DECORRENZA LICENZA D'USO | SCADENZA ASSIST./ MANUT. |
|--------------------------------|------------------------|-------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| MASTERSAP TOP | AMV | 36,00 | 30192 | 04/02/1998 | 28/02/2025 |
| ANALISI NON LINEARE TOP | AMV | 36,00 | 30192 | 30/11/2022 | 28/02/2025 |
| BIM TOP | AMV | 36,00 | 30192 | 26/02/2024 | 31/08/2024 |
| MASTERLEGNO TOP | AMV | 36,00 | 30192 | 21/02/2020 | 28/02/2025 |
| MASTERSTEEL TOP | AMV | 36,00 | 30192 | 21/02/2020 | 28/02/2025 |

Zoom indietro (Ctrl+I)

AMV S.r.l.
Via San Lorenzo, 106
34077 Ronchi dei Legionari
(Gorizia) Italy

Ph. +39 0481.779.803 r.a.
Fax +39 0481.777.125
E-mail: info@amv.it
www.amv.it

Cap. Soc. € 10.920,00 i.v.
P.iva: IT00382470318
C.F. e iscriz. nel Reg. delle Imp. di GO
00382470318 - R.E.A. GO n° 048216



**Attestato dell'affidabilità del codice di calcolo e delle procedure implementate nei prodotti software AMV
in base al paragrafo 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018 e successivi aggiornamenti).**

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito (www.amv.it) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LIFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore. Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di Lanczos noto come *Thick Restarted Lanczos* ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria LAPACK.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore. Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il manuale di validazione è disponibile sul sito www.amv.it.

È importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap. I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture. In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodiagnostica. In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità. Un'ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore. I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente. Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per l'acciaio, legno, alluminio, muratura etc. Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo). Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione.

Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati. È possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale. Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidezza del sistema.

Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

Le altre procedure di calcolo, oltre a MasterSap, seguono la medesima impostazione teorica e lo stesso procedimento di validazione.

Nei relativi manuali viene fornita una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, dei metodi e criteri usati per il dimensionamento strutturale e delle sezioni; vengono forniti esempi significativi che possono essere facilmente replicati, segnalando che si tratta spesso di procedure di calcolo e di verifica, che per loro natura, non denotano particolari complessità teoriche e concettuali.

Il rilascio di ogni nuova versione dei programmi è sottoposta a rigorosi check automatici che mettono a confronto i risultati della release in esame con quelli già validati e realizzati da versioni precedenti. Inoltre, sessioni specifiche di lavoro sono condotte da personale esperto per controllare il corretto funzionamento delle varie procedure software, con particolare riferimento a quelle che sono state oggetto di interventi manutentivi o di aggiornamento.

AMV S.r.l.
Amministratore Unico
Ing. Luciano Migliorini