

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA - VITERBO

TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

N R 1 J 0 0 D 2 9 C L F V 0 1 0 0 1 0 2 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A		USAI 	10.2018	PASSARO 	10.2018	PAOLETTI 	10.2018	ARDUINI 11.2019 ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Dott. Ing. Edoardo Arduini Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. 16302/4/17
B	Revisione	USAI 	11.2019	PASSARO 	11.2019	PAOLETTI 	11.2019	

File: NR1J00D29CLFV0100102B.docx

n. Elab.: 447.05

1.	GENERALITA	4
1.1.	PREMESSA.....	4
1.2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
1.3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	7
2.	MODELLAZIONE STRUTTURALE	10
3.	ANALISI DEI CARICHI	12
3.1.	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA	12
3.2.	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI	12
3.3.	CARICO VARIABILE SULLA COPERTURA.....	13
3.4.	AZIONE TERMICA	13
3.5.	CARICO DELLA NEVE SULLA COPERTURA.....	13
3.6.	AZIONE DEL VENTO.....	15
3.7.	PRESSIONE AERODINAMICA DOVUTA AL PASSAGGIO DEI TRENI	17
3.8.	COLLISIONE SUI MONTANTI DELLA PENSILINA.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
3.9.	AZIONE SISMICA	19
4.	COMBINAZIONI DI CARICO	28
5.	RISULTATI ANALISI MODALE	35
5.1.	MASSA MODALE	35
5.2.	COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE.....	35
5.3.	PRINCIPALI FORME MODALI	35
6.	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	37
7.	VERIFICHE DELLE DIFFERENTI MEMBRATURE ALLO STATO LIMITE ULTIMO	40
7.1.	VERIFICHE DI RESISTENZA DI TUTTI GLI ELEMENTI.....	41
7.2.	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE COLONNE HEB400	42
7.3.	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI IPE400	44
7.4.	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI HEB160.....	46

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	3 di 63

7.5.	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI HEA160	48
7.6.	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI 2L 100*75*10.....	50
7.7.	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI 2L 150*100*14.....	52
8.	VERIFICHE DI DEFORMABILITA' DELLA STRUTTURA METALLICA.....	54
8.1.	TRAVI DELLA COPERTURA- SPOSTAMENTI VERTICALI.....	54
8.2.	COLONNE – SPOSTAMENTI ORIZZONTALI.....	56
9.	VERIFICA GIUNTO DI BASE	58
9.1.	VERIFICA A TAGLIO- TRAZIONE DEL TIRAFONDO	60

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA

NR1J

LOTTO

00 D 29

CODIFICA

CL

DOCUMENTO

FV0100102

REV.

B

FOGLIO

4 di 63

1. GENERALITA

1.1. Premessa

Nella seguente relazione tecnica si descrive l'analisi statica e sismica della pensilina d'acciaio lato binario dispari sulla Fermata di Anguillara Sabazia FV01. Le caratteristiche dell'opera sono:

- 2 pilastri HE400B impostati circa 4m uno dall'altro nella direzione trasversale;
- travi trasversali IPE400;
- travi longitudinali principali HE400B;
- travi longitudinali secondari HE160B;
- arcarecci HE160A;
- controventi di copertura 2L 100*75*10;
- controventi di parete 2L 150*100*14.

La lunghezza complessiva della pensilina è di 23.00 m.

La larghezza è di 8.3m.

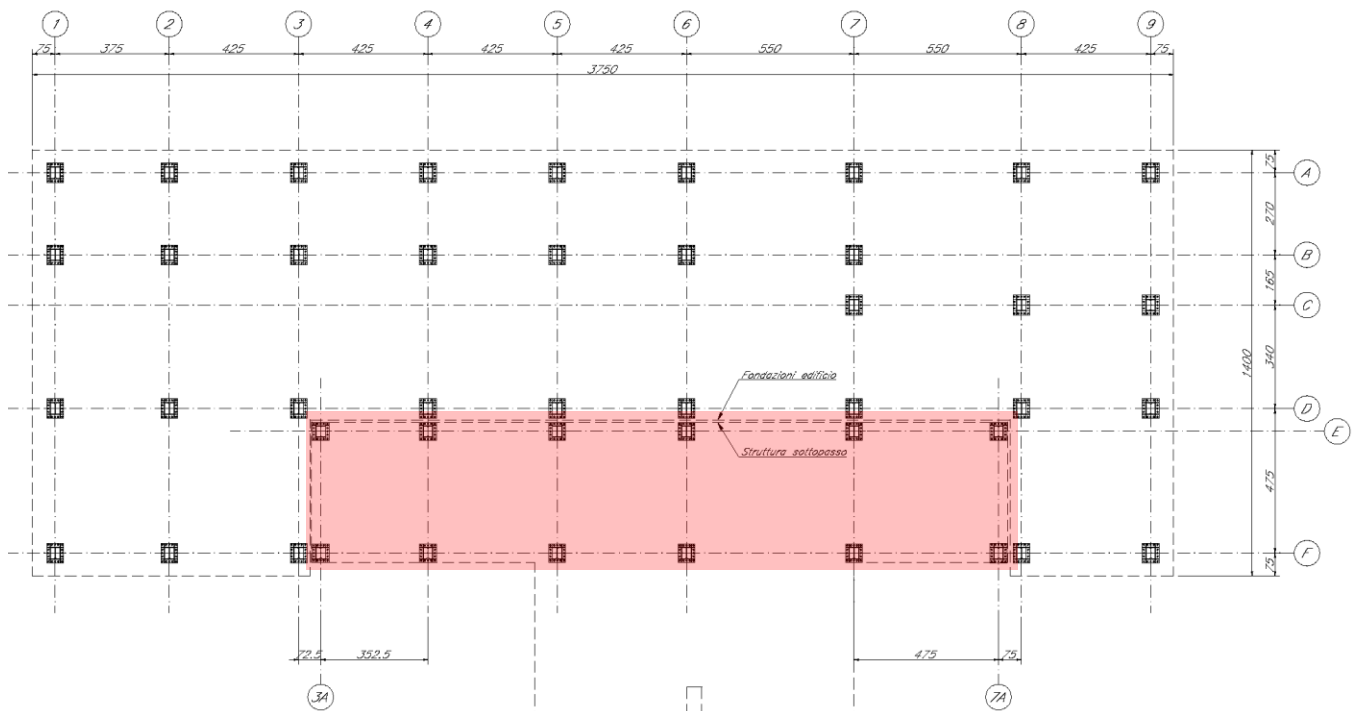


Figura 1. Pianta fili fissi

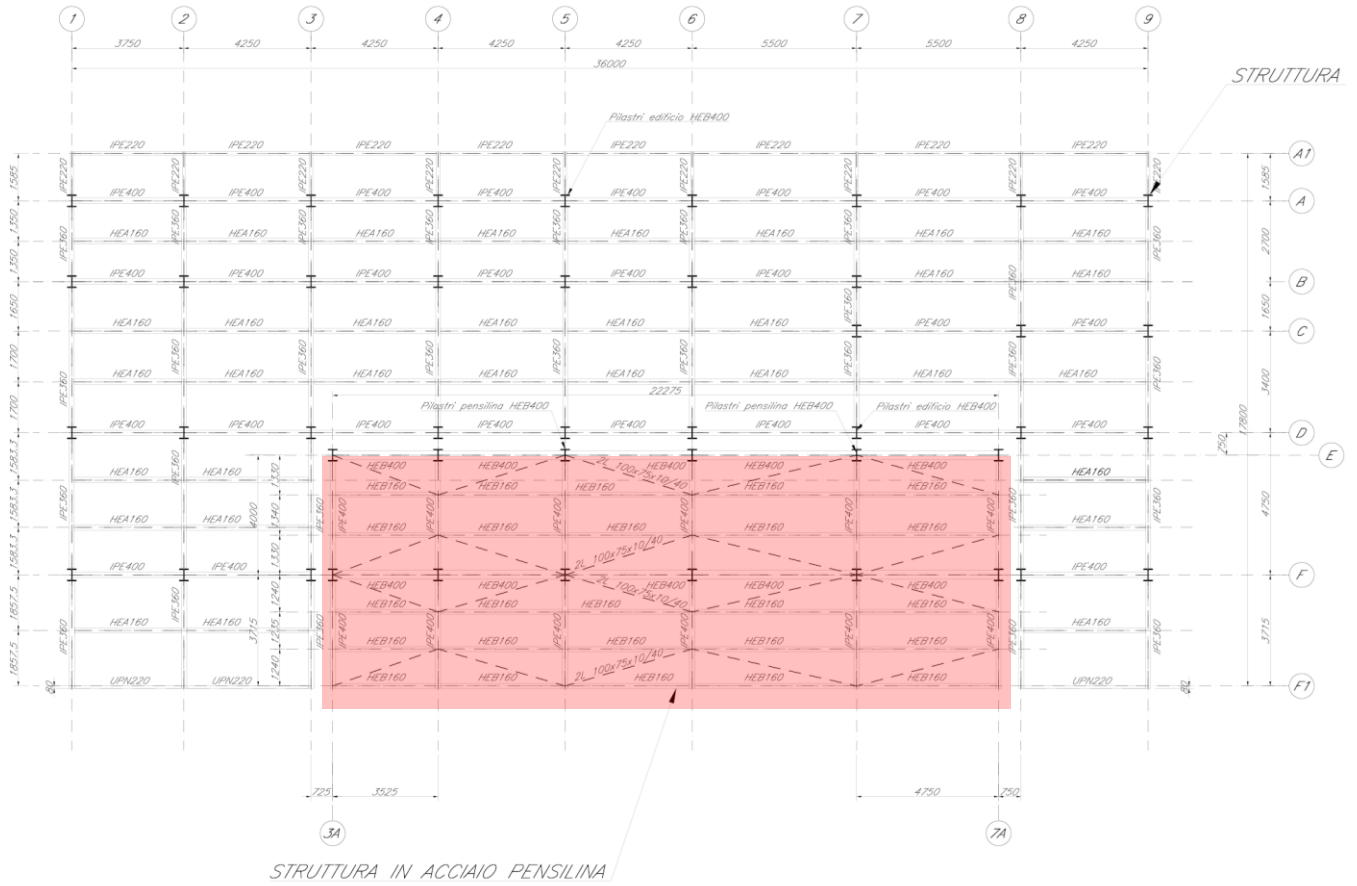


Figura 2. Pianta copertura

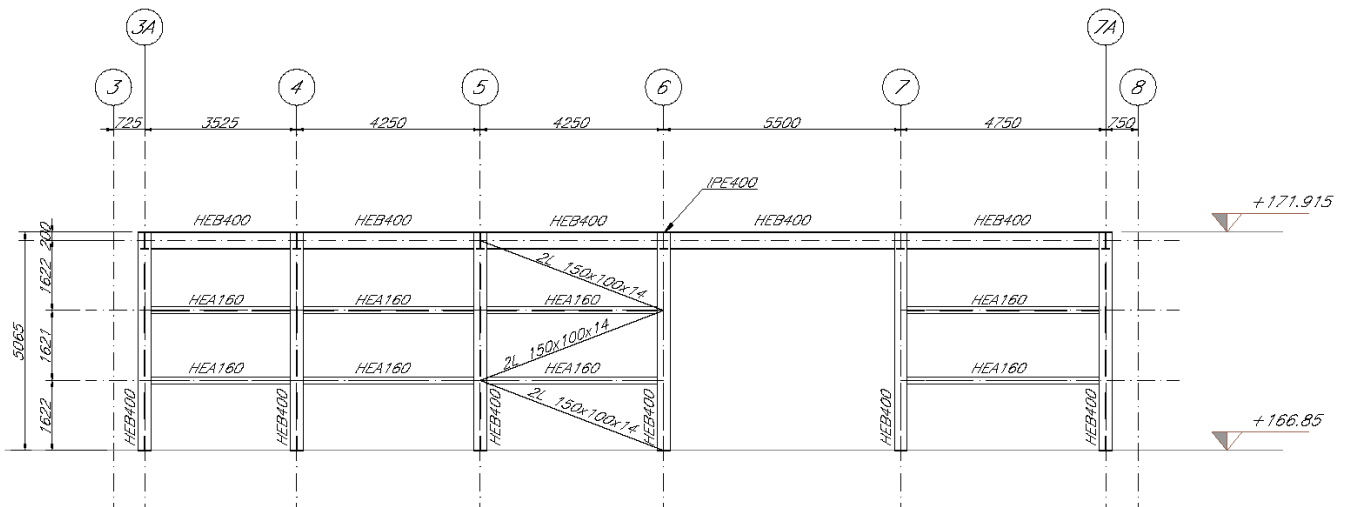


Figura 3. Sezione all. E

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE RADDOPPIO CESANO – VIGNA DI VALLE STAZIONE DI ANGUILLARA SABAZIA					
FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 00 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO FV0100102	REV. B	FOGLIO 6 di 63

1.2. Normativa di riferimento

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore e nel seguito elencate:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- D.M. 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018
- Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- RFI DTC SI MA IFS 001 C Manuale di progettazione delle opere civili – Parte I
- RFI DTC SI AM MA IFS 001 B Ambiente Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 1 –
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 C Ponti e Strutture Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 –
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 C Corpo Stradale Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 3 –
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 C del 21.12.2018 - "Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili".
- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18/11/2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.

1.3. Caratteristiche dei materiali

ACCIAI DA CARPENTERIA

- ACCIAIO per montanti metallici, piastre e irrigidenti saldati tipo S355J2 UNI EN 10025-DOP (Regolamento 305-2011)
- ACCIAIO per montanti metallici, piastre e irrigidenti non saldati tipo S355J0 UNI EN 10025-DOP (Regolamento 305-2011)

Per quanto riguarda la classe di esecuzione, la qualità dei materiali (lamiere, profili, bulloni, ecc.), le saldature, e i rivestimenti superficiali vale quanto riportato al punto 6.6 del "CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI - PARTE II - SEZIONE 6" CAPITOLO 6.6. con le seguenti precisazioni:

CLASSE DI ESECUZIONE

EXC3

TIRAFONDI

- Barre interamente filettate con filettatura metrica ISO a passo grosso, di caratteristiche meccaniche equivalenti alla classe 8.8 secondo UNI EN ISO 898 parte I
- dadi con caratteristiche meccaniche equivalenti alla classe 8 secondo UNI EN 898 parte II conformi per le caratteristiche dimensionali alla ISO 4032
- rondelle in acciaio temperato e rinvenuto HV 300 conformi per le caratteristiche dimensionali alla UNI EN ISO 7089

BULLONI

- Tutte le giunzioni bullonate sono "a taglio".

NOTE:

- i bulloni dovranno essere montati con una rosetta sotto la testa e sotto il dado
- i tirafondi dovranno essere montati con una rosetta sotto il dado
- i tirafondi dovranno essere montati con dado e controdado. Qualora il controdado non fosse compatibile con la geometria e gli ingombri del collegamento, si dovranno prevedere dadi ribassati o idonei dispositivi di antisvitamento.

ALLETTAMENTO PIASTRA DI BASE

Realizzato con malta tipo Emaco S55.

SALDATURE

In accordo al punto 6.6.7 del CAPITOLATO soprarichiamato.

Le saldature si intendono continue, con lato del cordone almeno pari almeno allo 0.7 del minimo spessore da collegare.

Le saldature si intendono a cordone d'angolo (salvo diversa indicazione).

RIVESTIMENTI PROTETTIVI E ISOLAMENTO ELETTRICO

Tutte le parti metalliche dovranno essere sottoposte a zincatura a caldo in accordo al punto 6.6.10 del CAPITOLATO soprarichiamato.

Verniciatura con cicli omologati In accordo al punto 6.6.10.3 del CAPITOLATO soprarichiamato.

Tirafondi zincati a caldo in accordo a quanto riportato nella norma UNI EN ISO 10684.

Le paline TE sui montanti della pensilina dovranno essere isolate da questi ai fini delle eventuali correnti vaganti, con fogli e boccole dielettriche in tessuto di vetro e resina epossidica avente caratteristiche meccaniche ed elettriche similari o superiori al Misolet LG11H.

Poiché la pensilina metallica ricade (in parte) in zona di rispetto TE dovrà essere collegata al C.R.T.E. tramite limitatore di tensione bidirezionale; inoltre al fine di poter considerare la pensilina come un'unica massa metallica le unioni bullonate devono essere realizzate con le parti affacciate NON verniciate, in alternativa si deve cavallottare ogni giunto.

PROVE SUI MATERIALI

Tutti i materiali impiegati dovranno essere effettuate prove in accordo al punto 6.6.4 del CAPITOLATO soprarichiamato.

Per i tirafondi dovranno essere eseguite 3 prove di trazione e un'analisi chimica per ciascuna colata.

CONTROLLO DEI MATERIALI LAVORATI

Prima della spedizione in opera, gli elementi costruiti dovranno essere sottoposti da parte di personale FS, oltre ai controlli previsti sulle saldature, ai controlli dimensionali e visivi, nonché a quelli sul

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	9 di 63

rivestimento in ragione del 30% degli elementi prodotti per ciascun lotto di produzione; tali controlli potranno essere estesi in funzione dell'esito dei controlli, fino al 100% degli elementi stessi.

Le tolleranze di tutti i materiali lavorati dovranno essere in linea con quelle previste nelle normative di riferimento dei singoli elementi costituenti.

I montanti devono essere marcati meccanicamente in maniera indelebile sulle due ali, possibilmente alla stessa altezza.

CONTROLLO IN OPERA

Dopo il montaggio in opera saranno effettuate a campione da parte delle FS verifiche di posizionamento dei montanti e delle coppie di serraggio; tali controlli potranno essere estesi in funzione dell'esito degli stessi, fino al 100% degli elementi stessi. Infine saranno effettuati controlli sulla finitura del rivestimento.

2. MODELLAZIONE STRUTTURALE

L'analisi della struttura scatolare è stata condotta con un programma agli elementi finiti:

Titolo SAP2000

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. Le differenti membrature sono state discretizzate con elementi finiti monodimensionali.

L'output di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Il modello di calcolo della singola unità è mostrato in figura:

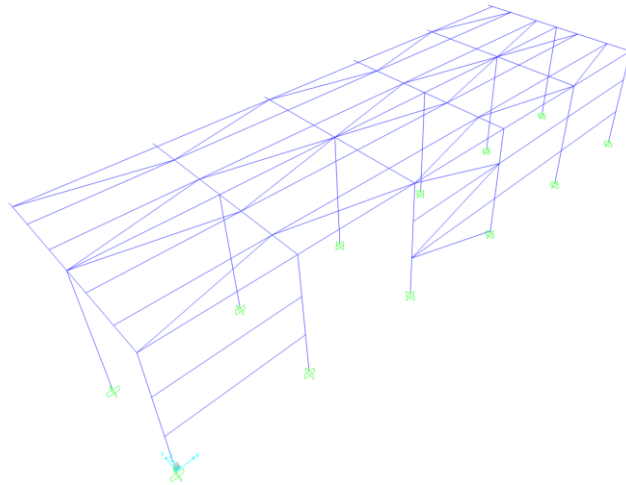


Figura 4- Modello SAP2000, vista prospettica

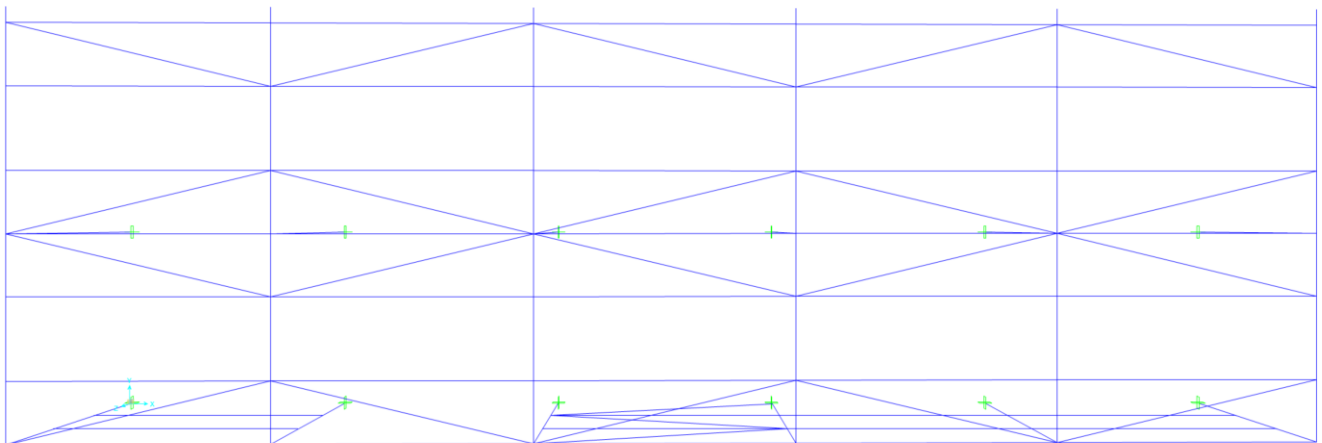


Figura 5- Modello SAP2000, vista in pianta

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord
FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	11 di 63

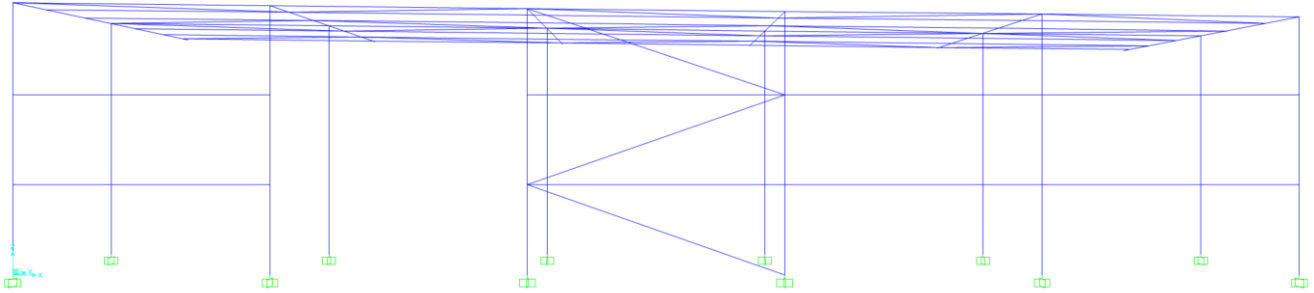


Figura 6- Modello SAP2000, vista prospetto longitudinale

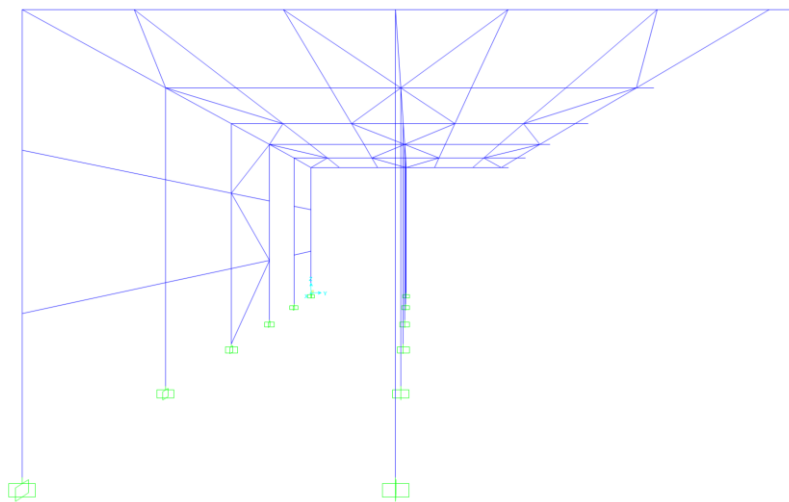


Figura 7- Modello SAP2000, vista prospetto trasversale

3. ANALISI DEI CARICHI

Come prescritto dalle NTC2018, sono state considerate agenti sulla struttura le seguenti condizioni di carico elementari, combinate tra loro in modo da determinare gli effetti più sfavorevoli ai fini delle verifiche dei singoli elementi strutturali:

- peso proprio strutture;
- carichi permanenti non strutturali;
- sovraccarico variabile;
- azione sismica;
- azione del vento;
- azione della neve;
- variazioni termiche.

Per il calcolo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali è stato impiegato il programma di calcolo SAP2000.

3.1. Peso proprio della struttura

Il peso dei differenti elementi strutturali viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato.

Per tenere conto li irrigidenti, fazzoletti , piattebande , il peso proprio dell'acciaio non e stato introdotto 78.5 KN/m^3 , ma 20 % in più , 94.2 KN/m^3

3.2. Carichi permanenti non strutturali

Il peso della copertura e del controsoffitto: **1.5 kN/m^2** .

Installazioni di copertura: **0.20 kN/m^2**

I carichi (massimi) che la palina TE potrà trasmettere al montante sono:

$$M_x \text{ (trasversale al binario)} = 82.50 \quad [\text{kNm}];$$

$$T_x \text{ (trasversale al binario)} = 11.90 \quad [\text{kN}];$$

$$N \text{ (carico assiale)} = 17.10 \quad [\text{kN}];$$

I carichi trasmessi dalla TE sono da intendersi caratteristici e ai fini delle verifiche verranno incrementati da un coefficiente di combinazione $\gamma=1.5$.

3.3. Carico variabile sulla copertura

Il carico della manutenzione è di: **0.5 kN/m²**(categoria H)

3.4. Azione termica

Nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente T_u , ricavandola direttamente dalla Tab. 3.5.II delle NTC 2018 che viene riportata nel seguito.

Nel caso in cui la temperatura costituisca, invece, azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura, l'andamento della temperatura T nelle sezioni degli elementi strutturali deve essere valutato più approfonditamente studiando il problema della trasmissione del calore.

Tabella 3.5.II – Valori di ΔT_u per gli edifici

Tipo di struttura	ΔT_u
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio protette	$\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$

Nel caso in esame, si tiene conto della sola componente ΔT_u e in particolare si assume $\Delta T_u = \pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$ per tutta la struttura. Il coefficiente di dilatazione termica vale $\alpha = 0.00001$.

3.5. Carico della neve sulla copertura

Le azioni della neve sono definite al capitolo 3.4 delle NTC2018. Il carico provocato dalla neve sulle coperture è definito dall'espressione seguente:

$$q_s = \mu_i C_e C_t q_{sk}$$

dove:

q_s - carico neve sulla copertura;

μ_i - coefficiente di forma della copertura, fornito al successivo § 3.4.5;

q_{sk} - valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²], fornito al successivo §3.4.2 per un periodo di ritorno di 50 anni;

C_e è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.4.3;

C_t è il coefficiente termico di cui al § 3.4.4.

- Zona III $q_{sk} = 0.51 [1 + (a_s/481)^2]$ kN/m², $a_s < 200m \Rightarrow q_{sk} = 0.6 \text{ kN/m}^2$

La pensilina in acciaio si trova ad altitudine 170 m.

Il coefficiente di esposizione C_e può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti in tabella 3.4.I. NTC2018. Per il caso in esame, essendo un tipologico, si assume $C_e = 1.0$.

Il coefficiente termico C_t può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1.0$ (3.4.5 - NTC2018)

Il coefficiente di forma della copertura dipende dall'angolo di inclinazione della falda, i valori proposti dalla normativa vigente vengono riportati nella Tab.3.4.II (DM 17 Gennaio 2018):

Tab.3.4.II (DM 17 Gennaio 2018):

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_i	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Nel caso in esame si ha $\alpha = 0^\circ$

$\Rightarrow \mu_i = 0.8$

$$q_s = 0.8 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 0.6 = 0.48 \text{ kN/m}^2$$

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	15 di 63

3.6. Azione del vento

NTC 2018 - CALCOLO CARICO DA VENTO

VELOCITA' BASE DI RIFERIMENTO = **27** m/s

$$V_b = V_{b0} \times C_a$$

V_{b0} = velocità base di riferimento al livello del mare - tab. 3.3.1

C_a = coefficiente di altitudine

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

$$C_a = 1 + k_r (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per} \quad a_0 < a_s \leq 1500\text{m}$$

Altitudine zona di installazione = **170** m.s.m.

Valori dei parametri

Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)

vb0 [m/]	a0 [m]	ks
27	500	0.37

Coefficiente di altitudine 1

VELOCITA' DI RIFERIMENTO = **27** m/s

$$V_r = V_b \times C_r$$

V_b = velocità base di riferimento

C_r = coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorni progetto T_r

COEFFICIENTE DI RITORNO

$$C_r = 0,75 \times \text{RADQ} (1 - 0,2 \times \text{LN}(-\text{LN}(1 - 1/T_r))) = 1$$

TEMPO DI RITORNO = **50** anni

per fasi di costruzione con durata prevista in sede di progetto superiore a un anno si assumerà $TR \geq 50$ anni;

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	16 di 63

PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO	=	455.625	N/mq
q_r	=	$0,5 \times \rho \times v_r^2$	
v_r	=	velocità di riferimento	
ρ	=	1.25 kg/mc	densità dell'aria
COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE	=	2.138	
CLASSE DI RUGOSITA' DEL TERRENO			
Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive			
DISTANZA DALLA COSTA / ALTITUDINE			
terra da 10 a 30 km dalla costa			
CATEGORIA DI ESPOSIZIONE AL SITO	=	III	
ALTEZZA STRUTTURA	=	10	m
COEFFICIENTE DI PRESSIONE	=	1	
COEFFICIENTE DINAMICO	=	1	
PRESSIONE DEL VENTO	=	0.97	kN/mq

Pressione del vento sulle pareti

$$p=0.97 \text{ KN/m}^2$$

Pressione e depressione vento sulla copertura

$$p=\pm 1.2 \times 0.97 = 1.164 \text{ KN/m}^2$$

3.7. Pressione aerodinamica dovuta al passaggio dei treni

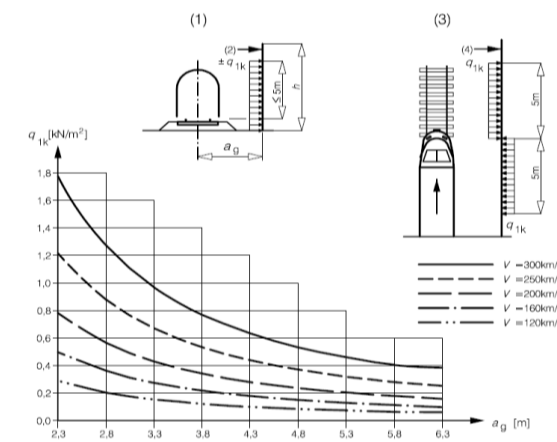
Il passaggio dei convogli ferroviari induce sulle superfici situate in prossimità della linea ferroviaria onde di pressione e depressione secondo gli schemi riportati nel seguito.

L'ampiezza delle azioni dipende principalmente dai seguenti fattori:

- (a) dal quadrato della velocità del treno;
- (b) dalla forma aerodinamica del convoglio;
- (c) dalla forma della struttura;
- (d) dalla posizione della struttura e dalla distanza della stessa dal binario.

Le azioni possono essere schematizzate mediante carichi equivalenti agenti nelle zone prossime alla testa ed alla coda del treno. I carichi equivalenti sono considerati valori caratteristici delle azioni. In ogni caso, i valori delle azioni aerodinamiche dovranno essere cumulati con l'azione del vento.

a) pressione orizzontale sui piedritti



AERODINAMICA - §5.2.2.6.1 NTC18

Superfici verticali parallele al binario

$a_{g,max0} = 5,30$ m distanza asse binario struttura

$V = 200,00$ Km/h velocità treno

$q_{1k} = 0,25$ kN/mq caratteristica fig. 5.2.8 §5.2.2.6.1 NTC18

$k_1 = 1,00$ coef riduttivo forma treno

$K_2 = 1,00$ coef amplificativo geometria ostacolo

$q_2 = 0,25$ kN/mq di calcolo

b) pressione verticale sulla copertura al di sopra dei binari

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NR1J

00 D 29

CL

FV0100102

B

18 di 63

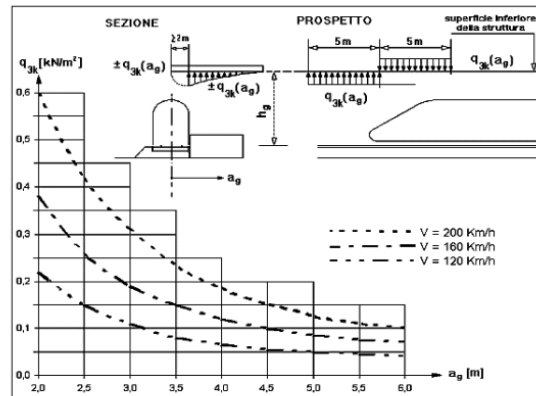


Figura 5.2.10 - Valori caratteristici delle azioni q_{3k} per superfici orizzontali adiacenti al binario

AERODINAMICA - §5.2.2.6.3 NTC18

Superfici orizzontali adiacenti al binario

$a_{g,min}$ = 1,50 m distanza minima

$a_{g,max0}$ = 5,30 m distanza massima reale

V = 200,00 Km/h velocità treno

$q_{3k,(max)}$ = 0,60 kN/mq caratteristica fig. 5.2.10 §5.2.2.6.3 NTC18

$q_{3k,(min)}$ = 0,15 kN/mq caratteristica fig. 5.2.10 §5.2.2.6.3 NTC18

h_g = 4,95 m distanza P.F. intradosso pensilina

K_3 = 0,69 coeff riduttivo

$q_{2(max)}$ = 0,41 kN/mq

$q_{2(min)}$ = 0,10 kN/mq

$q_{2(med)}$ = 0,26 kN/mq valore medio

q_{2Ed} = 0,41 kN/mq valore di calcolo

3.8. Azione sismica

In ottemperanza al D.M. del 17.01.2018 (Norme tecniche per le costruzioni) per la definizione dell'azione sismica occorre definire il periodo di riferimento V_R in funzione dello stato limite, considerato:

- la vita nominale (V_N) dell'opera;
- la classe d'uso;
- il periodo di riferimento (V_R) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso.

Per l'opera in esame si considera:

V_N	75	vita nominale dell'opera (anni)
C_U	1.0	coefficiente d'uso (classe II)
V_R	75	periodo di riferimento (anni)

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

Ricerca per comune

LONGITUDINE	LATITUDINE
<input type="text" value="12.29268"/>	<input type="text" value="42.06703"/>

REGIONE	PROVINCIA	COMUNE
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta ➔

Variabilità dei parametri ➔

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri ➔

Nodi del reticolo intorno al sito




Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata ▼



a le
per
che
le
sere
così
i, la

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	20 di 63

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

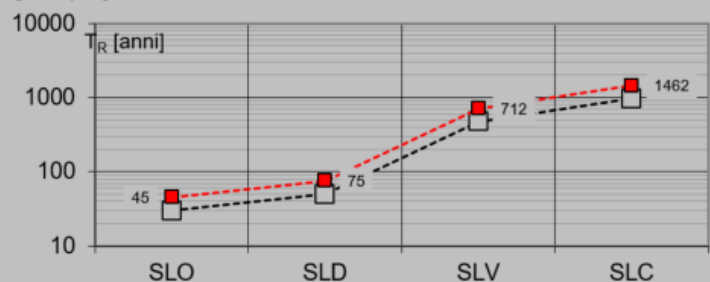
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	Valore
SLO - $P_{VR} = 81\%$	45
SLD - $P_{VR} = 63\%$	75
Stati limite ultimi - SLU	Valore
SLV - $P_{VR} = 10\%$	712
SLC - $P_{VR} = 5\%$	1462

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Di seguito i parametri dell'azione sismica differenziata per i vari Stati Limite.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0.038	2.654	0.252
SLD	75	0.044	2.669	0.276
SLV	712	0.074	2.941	0.351
SLC	1462	0.086	3.020	0.384

I parametri di risposta sismica locale sono:

- Categoria del sottosuolo **C**
- Categoria topografica **T₁**

In relazione allo schema statico della struttura in esame il fattore di struttura q considerato nel calcolo delle azioni sismiche è pari a 1 per lo SLV è pari a 1.0 per lo SLD.

La valutazione degli effetti del sisma sulla struttura è effettuata tramite un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta.

Si riportano di seguito gli spettri considerati, in relazione al sito, alle caratteristiche del sottosuolo e alle proprietà dissipative della struttura. Coefficiente di smorzamento strutturale canonico pari al 5%.

Spettri di risposta (componenti orizzontali e verticali) per lo stato limite: SLV

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato SLV info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo C info $S_s =$ 1.500 $C_c =$ 1.483 info

Categoria topografica T1 info $h/H =$ 0.000 $S_T =$ 1.000 info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) 5 $\eta =$ 1.000 info

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 1 Regol. in altezza no info

Compon. verticale

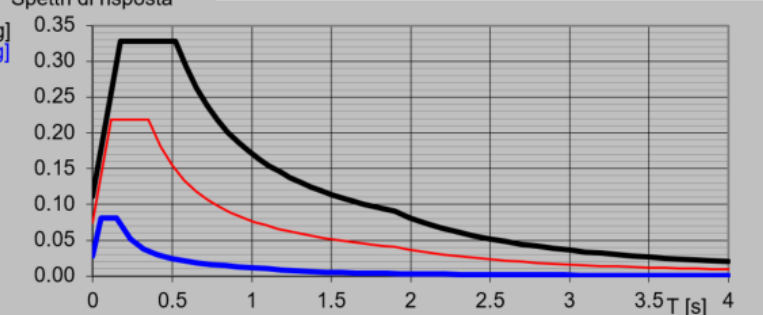
Spettro di progetto Fattore q 1 $\eta =$ 1.000 info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta ▶▶▶

Parametri e punti spettri di risposta ▶▶▶

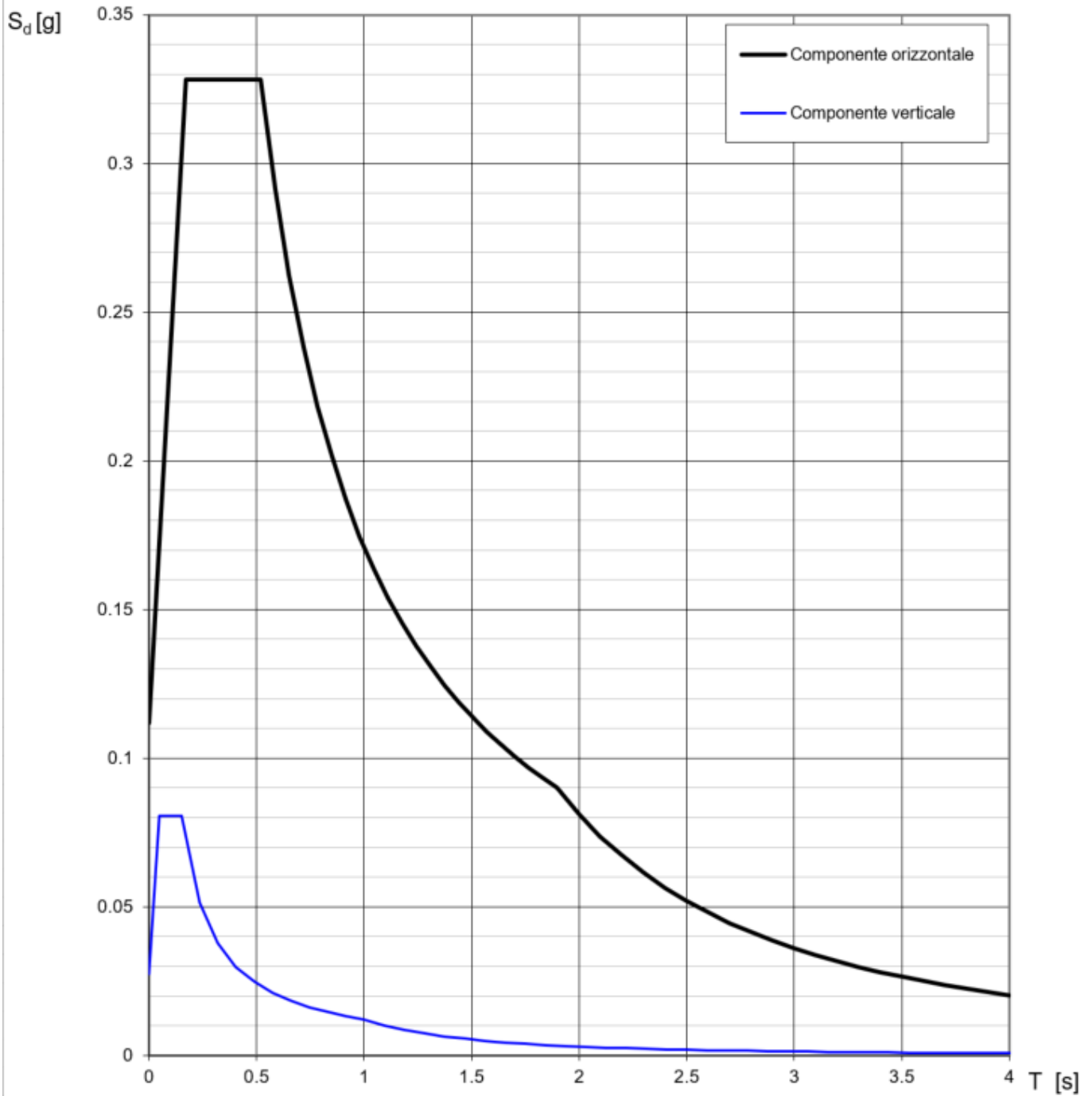
Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale
— Spettro di progetto - componente verticale
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.074 g
F_o	2.941
T_C	0.351 s
S_S	1.500
C_C	1.483
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.174 s
T_C	0.521 s
T_D	1.898 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

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

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

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

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

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.112
$T_B \leftarrow$	0.174	0.328
$T_C \leftarrow$	0.521	0.328
	0.587	0.292
	0.652	0.262
	0.718	0.238
	0.783	0.218
	0.849	0.202
	0.914	0.187
	0.980	0.175
	1.046	0.164
	1.111	0.154
	1.177	0.145
	1.242	0.138
	1.308	0.131
	1.373	0.125
	1.439	0.119
	1.504	0.114
	1.570	0.109
	1.636	0.105
	1.701	0.101
	1.767	0.097
	1.832	0.093
$T_D \leftarrow$	1.898	0.090
	1.998	0.081
	2.098	0.074
	2.198	0.067
	2.298	0.061
	2.398	0.056
	2.498	0.052
	2.599	0.048
	2.699	0.045
	2.799	0.041
	2.899	0.039
	2.999	0.036
	3.099	0.034
	3.199	0.032
	3.299	0.030
	3.399	0.028
	3.499	0.027
	3.600	0.025
	3.700	0.024
	3.800	0.022
	3.900	0.021
	4.000	0.020

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	24 di 63

Spettri di risposta (componenti orizzontali e verticali) per lo stato limite: SLD

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato: **SLD** ▼ info

Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: **C** ▼ info $S_S = 1.500$ $C_C = 1.606$ ▼ info
 Categoria topografica: **T1** ▼ info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ ▼ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) **5** $\eta = 1.000$ ▼ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 **1** Regol. in altezza **no** ▼ info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q **1** $\eta = 1.000$ ▼ info

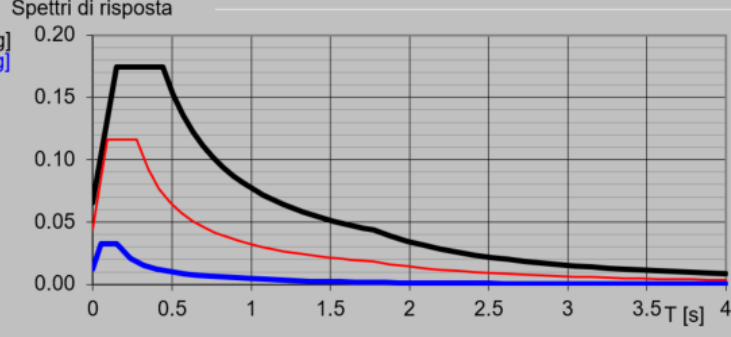
Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta ▶▶▶
 Parametri e punti spettri di risposta ▶▶▶

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

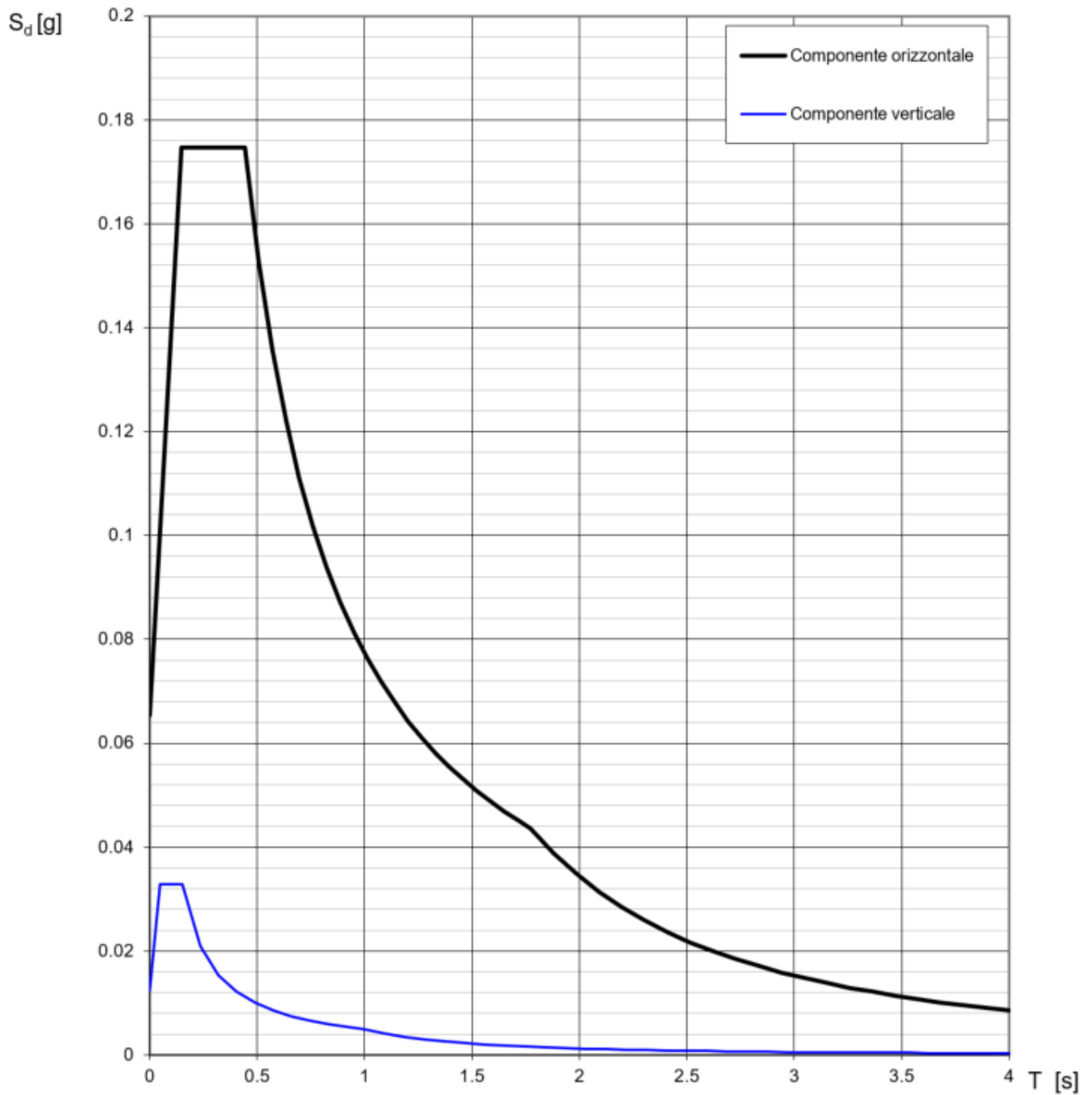
Spettri di risposta



$S_{d,o}$ [g]
 $S_{d,v}$ [g]
 S_e [g]

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.044 g
F_o	2.669
T_C	0.276 s
S_S	1.500
C_C	1.606
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.148 s
T_C	0.443 s
T_D	1.774 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(S + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

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

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

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

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

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.065
T_B ←	0.148	0.175
T_C ←	0.443	0.175
	0.506	0.153
	0.570	0.136
	0.633	0.122
	0.697	0.111
	0.760	0.102
	0.823	0.094
	0.887	0.087
	0.950	0.081
	1.014	0.076
	1.077	0.072
	1.140	0.068
	1.204	0.064
	1.267	0.061
	1.331	0.058
	1.394	0.055
	1.457	0.053
	1.521	0.051
	1.584	0.049
	1.648	0.047
	1.711	0.045
T_D ←	1.774	0.044
	1.880	0.039
	1.986	0.035
	2.092	0.031
	2.198	0.028
	2.304	0.026
	2.410	0.024
	2.516	0.022
	2.622	0.020
	2.728	0.018
	2.834	0.017
	2.940	0.016
	3.046	0.015
	3.152	0.014
	3.258	0.013
	3.364	0.012
	3.470	0.011
	3.576	0.011
	3.682	0.010
	3.788	0.010
	3.894	0.009
	4.000	0.009

Come metodo di analisi per determinare gli effetti dell'azione sismica si è scelto di utilizzare l'analisi dinamica lineare o analisi modale con spettro di risposta, nella quale l'equilibrio è trattato dinamicamente e l'azione sismica è modellata direttamente attraverso lo spettro di progetto.

L'analisi dinamica lineare consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
- nella combinazione di questi effetti.

Come prescritto dalle NTC 2018 al paragrafo 7.3.3.1, devono essere considerati tutti i modi di vibrare con massa partecipante significativa. E' opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%. Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi, deve essere utilizzata una combinazione quadratica completa (CQC) degli effetti relativi a ciascun modo, secondo quanto definito al punto 7.3.3.1 delle NTC2018.

La risposta della struttura viene calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti dell'azione sismica orizzontale; gli effetti sulla struttura, in termini di sollecitazioni e spostamenti, sono poi combinati applicando le seguenti espressioni:

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.3 \cdot E_z$$

$$1.00 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_x + 0.3 \cdot E_z$$

$$1.00 \cdot E_z + 0.30 \cdot E_x + 0.3 \cdot E_y$$

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NR1J

00 D 29

CL

FV0100102

B

28 di 63

4. COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si riportano per comodità le combinazioni delle azioni riportate nella normativa alla quale è possibile fare riferimento per la simbologia adottata:

– Combinazione fondamentale. generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

– Combinazione caratteristica (rara). generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

– Combinazione frequente. generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	29 di 63

I coefficienti di amplificazione dei carichi γ e i coefficienti di combinazione ψ sono riportati nelle tabelle seguenti.

<u>Peso proprio</u>		$\gamma_g=1.3$			
$g_1 =$	Pilastri				
	Travi - Longitudinali				
	Travi - Trasversali				
	Travi - Secondari				
<u>Permanenti non strutturali</u>		$\gamma_{\Delta g}=1.5$			
$\Delta g =$	Copertura				
	Installazioni di copertura				
	Pannelli				
	Controsoffitti				
	Installazione elettrica - Catenaria				
<u>Variabili</u>		$\gamma_{Qi} = 1.5$	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
$q_1 =$	Vento ₁		0.6	0.5	0.0
$q_2 =$	Neve		0.5	0.2	0.0
$q_3 =$	Copertura		0.0	0.0	0.0
$q_4 =$	Aerodinamica		0.8	0.8	0.0
<u>Temperature changes</u>					
$t^+ =$	$\Delta t^+ + t^{*+}$		0.6	0.6	0.5
$t^- =$	$t^* = -25^\circ\text{C}$		0.6	0.6	0.5
<u>Eccezionale</u>		$\gamma_{Ei} = 1.0$			
Urto-x	$F_{U_x} = 50\text{kN}$		0.0	0.0	0.0
Urto-y	$F_{U_y} = 50\text{kN}$		0.0	0.0	0.0
<u>Seismic</u>					
SLVx	Sisma X SLV				
SLVy	Sisma Y SLV				
SLVz	Sisma Z SLV				
SLDx	Sisma X SLD				
SLDy	Sisma Y SLD				
SLDz	Sisma Z SLD				

STATO LIMITE ESERCIZIO

CARATTERISTICA

$$G_1 + \Delta G + P + Q_{k1} + \psi_{0i} * Q_{ki}$$

	g	Δg	q _{1.1}	q _{1.2}	q ₂	q ₃	q ₄	t ⁺	t ⁻	u _x	u _y
K ₁	1	1	1	0	0.5	0	0.8	0.6	0	0	0
K ₂	1	1	1	0	0.5	0	0.8	0	0.6	0	0
K ₃	1	1	0	1	0.5	0	0.8	0.6	0	0	0
K ₄	1	1	0	1	0.5	0	0.8	0	0.6	0	0
K ₅	1	1	0.6	0	1	0	0.8	0.6	0	0	0
K ₆	1	1	0.6	0	1	0	0.8	0	0.6	0	0
K ₇	1	1	0	0.6	1	0	0.8	0.6	0	0	0
K ₈	1	1	0	0.6	1	0	0.8	0	0.6	0	0
K ₉	1	1	0.6	0	0.5	1	0.8	0.6	0	0	0
K ₁₀	1	1	0.6	0	0.5	1	0.8	0	0.6	0	0
K ₁₁	1	1	0	0.6	0.5	1	0.8	0.6	0	0	0
K ₁₂	1	1	0	0.6	0.5	1	0.8	0	0.6	0	0
K ₁₃	1	1	0.6	0	0.5	0	1	0.6	0	0	0
K ₁₄	1	1	0.6	0	0.5	0	1	0	0.6	0	0
K ₁₅	1	1	0	0.6	0.5	0	1	0.6	0	0	0
K ₁₆	1	1	0	0.6	0.5	0	1	0	0.6	0	0
K ₁₇	1	1	0.6	0	0.5	0	0.8	1	0	0	0
K ₁₈	1	1	0	0.6	0.5	0	0.8	1	0	0	0
K ₁₉	1	1	0.6	0	0.5	0	0.8	0	1	0	0

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA

NR1J

LOTTO

00 D 29

CODIFICA

CL

DOCUMENTO

FV0100102

REV.

B

FOGLIO

31 di 63

K ₂₀	1	1	0	0.6	0.5	0	0.8	0	1	0	0
-----------------	---	---	---	-----	-----	---	-----	---	---	---	---

FREQUENTE

$$G_1 + \Delta G + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{2i} * Q_{ki}$$

	g	Δg	q _{1.1}	q _{1.2}	q ₂	q ₃	q ₄	t ⁺	t ⁻	u _x	u _y
F ₁	1	1	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0	0
F ₂	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0.5	0	0
F ₃	1	1	0	0.5	0	0	0	0.5	0	0	0
F ₄	1	1	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0
F ₅	1	1	0	0	0.2	0	0	0.5	0	0	0
F ₆	1	1	0	0	0.2	0	0	0	0.5	0	0
F ₇	1	1	0	0	0	0	0.8	0.5	0	0	0
F ₈	1	1	0	0	0	0	0.8	0	0.5	0	0
F ₉	1	1	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0
F ₁₀	1	1	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0

QUASI PERMANENTE

$$G_1 + \Delta G + P + \psi_{21} * Q_{k1}$$

	g	Δg	q _{1.1}	q _{1.2}	q ₂	q ₃	q ₄	t ⁺	t ⁻	u _x	u _y
QP ₁	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	32 di 63

QP ₂	1	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---

STATO LIMITE ULTIMO

FONDAMENTALE

$$\gamma_{g1} * G_1 + \gamma_{\Delta g} * \Delta G + \gamma_p * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Qi} * \psi_{0i} * Q_{ki}$$

	g	Δg	q _{1.1}	q _{1.2}	q ₂	q ₃	q ₄	t ⁺	t ⁻	u _x	u _y
U ₁	1.3	1.5	1.5	0	0.75	0	1.2	0.9	0	0	0
U ₂	1.3	1.5	1.5	0	0.75	0	1.2	0	0.9	0	0
U ₃	1.3	1.5	0	1.5	0.75	0	1.2	0.9	0	0	0
U ₄	1.3	1.5	0	1.5	0.75	0	1.2	0	0.9	0	0
U ₅	1.3	1.5	0.9	0	1.5	0	1.2	0.9	0	0	0
U ₆	1.3	1.5	0.9	0	1.5	0	1.2	0	0.9	0	0
U ₇	1.3	1.5	0	0.9	1.5	0	1.2	0.9	0	0	0
U ₈	1.3	1.5	0	0.9	1.5	0	1.2	0	0.9	0	0
U ₉	1.3	1.5	0.9	0	0.75	1.5	1.2	0.9	0	0	0
U ₁₀	1.3	1.5	0.9	0	0.75	1.5	1.2	0	0.9	0	0
U ₁₁	1.3	1.5	0	0.9	0.75	1.5	1.2	0.9	0	0	0
U ₁₂	1.3	1.5	0	0.9	0.75	1.5	1.2	0	0.9	0	0
U ₁₃	1.3	1.5	0.9	0	0.75	0	1.5	0.9	0	0	0
U ₁₄	1.3	1.5	0.9	0	0.75	0	1.5	0	0.9	0	0
U ₁₅	1.3	1.5	0	0.9	0.75	0	1.5	0.9	0	0	0
U ₁₆	1.3	1.5	0	0.9	0.75	0	1.5	0	0.9	0	0

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	33 di 63

U ₁₇	1.3	1.5	0.9	0	0.75	0	1.2	1.5	0	0	0
U ₁₈	1.3	1.5	0	0.9	0.75	0	1.2	1.5	0	0	0
U ₁₉	1.3	1.5	0.9	0	0.75	0	1.2	0	1.5	0	0
U ₂₀	1.3	1.5	0	0.9	0.75	0	1.2	0	1.5	0	0

ECCEZIONALE

$$G1 + \Delta G + P + Ad + \psi_{21} \cdot Qk1 + \psi_{2i} \cdot Qki$$

	g	Δg	q _{1.1}	q _{1.2}	q ₂	q ₃	q ₄	t ⁺	t ⁻	u _x	u _y
E ₁	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0	1	0
E ₂	1	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0	1

COMBINAZIONE SISMICA

$$E + G1 + G2 + P + \psi_{21} \cdot Qk1 + \psi_{22} \cdot Qk2 + \dots$$

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂
g ₁	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Δg	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
t ⁺	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0
t ⁻	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5
SLV _x	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0
SLV _y	0.3	0.3	1	1	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0
SLV _z	0.3	0.3	0.3	0.3	1	1	0	0	0	0	0	0

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	34 di 63

SLDx	0	0	0	0	0	0	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3
SLDy	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	1	1	0.3	0.3
SLDz	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	0.3	0.3	1	1

5. RISULTATI ANALISI MODALE

La risposta dinamica della struttura in assenza di forzanti esterne è stata determinata mediante il metodo della analisi modale, con determinazione degli autovalori e degli autovettori caratteristici del sistema; la sovrapposizione delle risposte modali è stata eseguita secondo il metodo CQC.

Nello svolgimento delle analisi sono stati indagati un numero di modi sufficienti ad eccitare la minima percentuale di massa strutturale richiesta dalla normativa NTC18.

5.1. Massa modale

La massa della struttura (pesi propri strutturali g_1 + permanenti portati g_2) è pari a ca 75 ton.

5.2. Coefficienti di partecipazione modale

StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
Mode	1	0.369	70%	0%	0%
Mode	2	0.242	0%	25%	15%
Mode	6	0.187	0%	52%	2%
Mode	12	0.092	11%	0%	0%

5.3. Principali forme modali

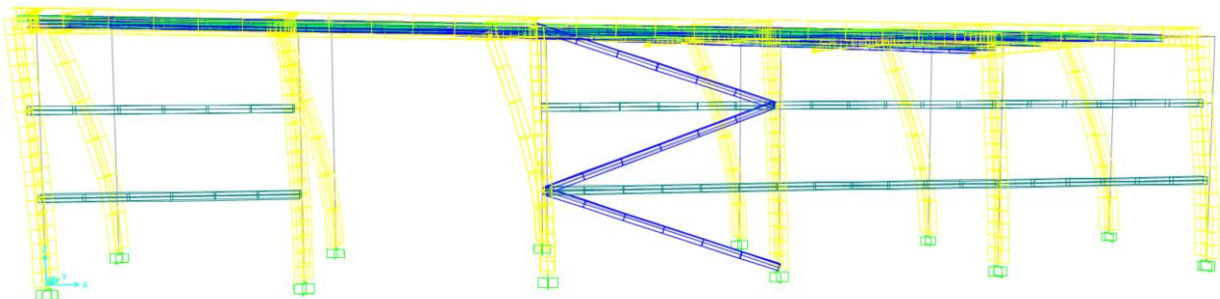


Figura 8- Modo 1, longitudinale (T=0.369 sec)

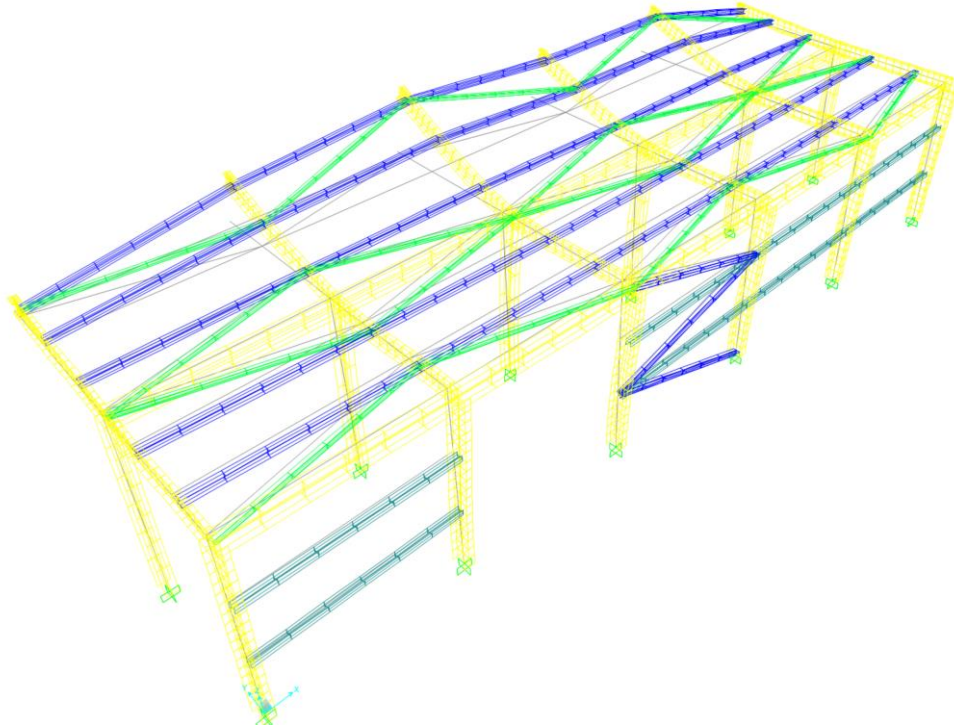


Figura 9- Modo 2, trasversale (T=0.242 sec)

6. SOLLECITAZIONI DI CALCOLO SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Vengono riportate nel seguito le immagini maggiormente significative degli involuipi delle sollecitazioni e delle deformate della struttura:

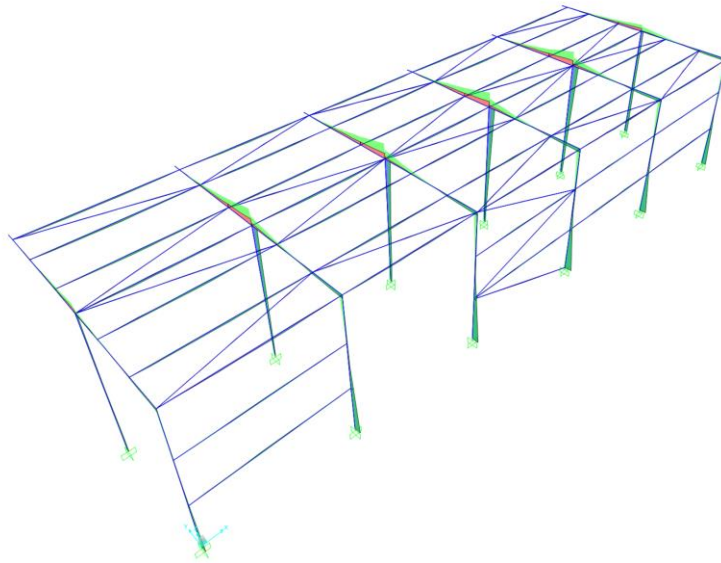


Figura 10- Diagramma momento M33, Involuppo SLU

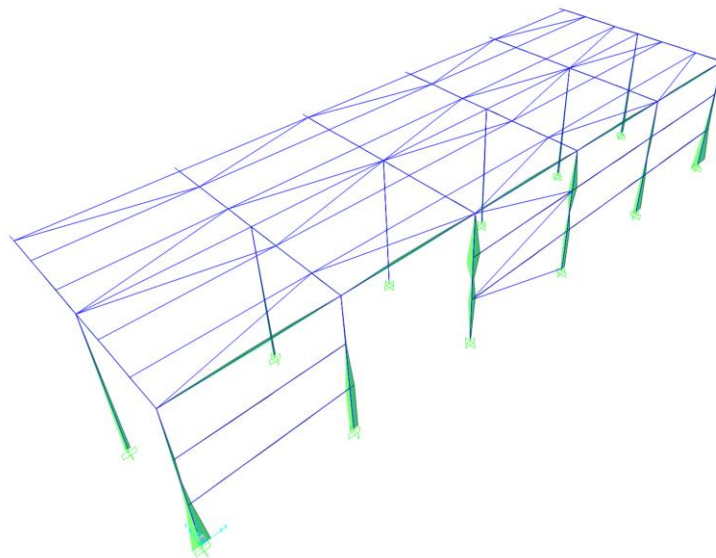


Figura 11- Diagramma momento M22, Involuppo SLU

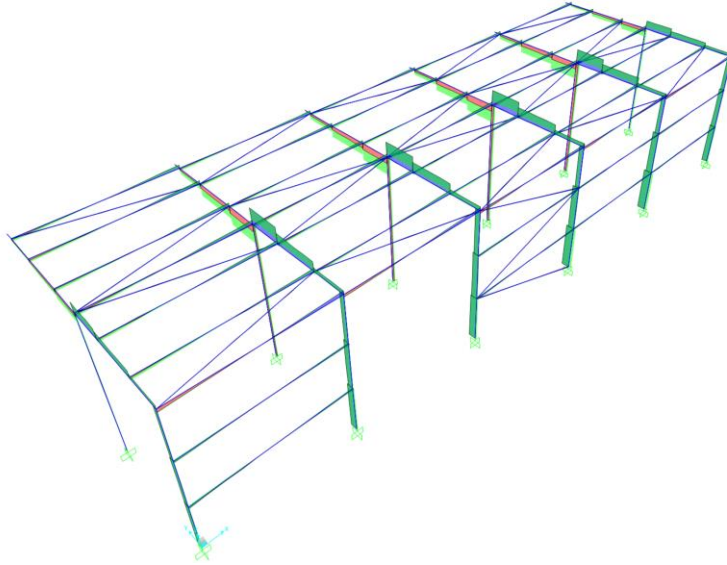


Figura 12- Diagramma taglio V22, Involuppo SLU

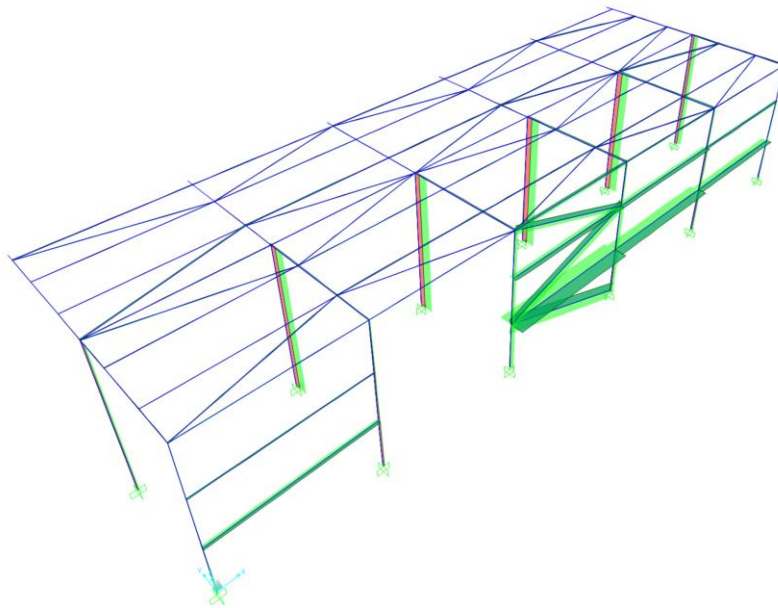


Figura 13- Diagramma sforzo assiale N, Involuppo SLU

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NR1J

00 D 29

CL

FV0100102

B

39 di 63

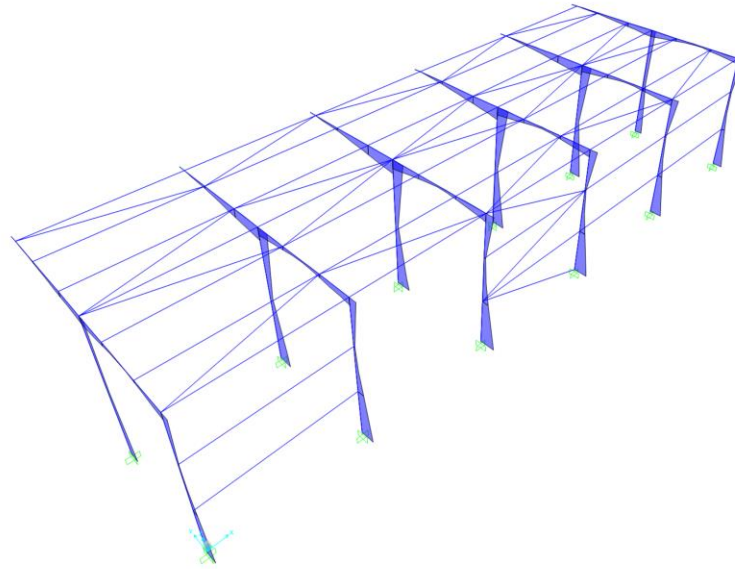


Figura 14- Diagramma momento, Combinazione modale sisma trasversale

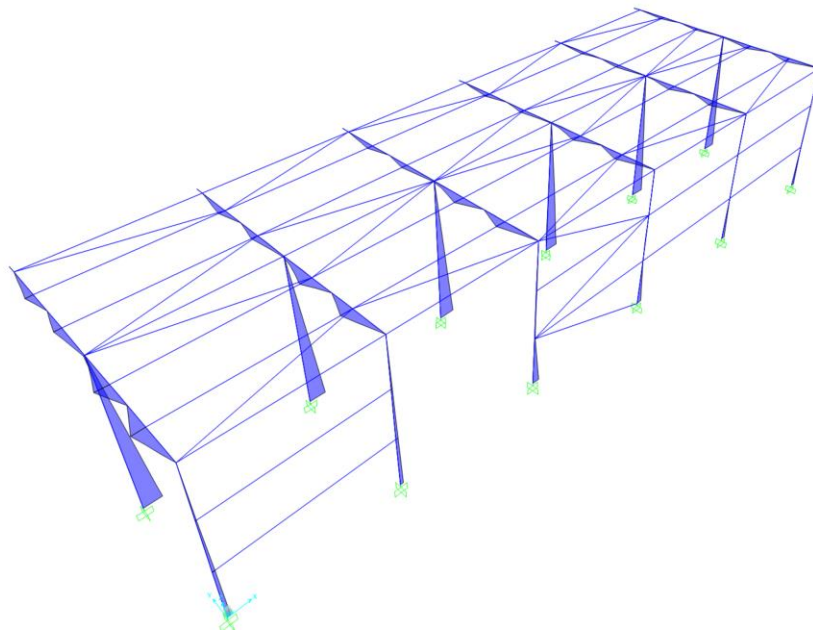


Figura 15- Diagramma momento, Combinazione modale sisma trasversale

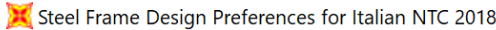
FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	40 di 63

7. VERIFICHE DELLE DIFFERENTI MEMBRATURE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Si riportano a seguire i parametri impostati nel software di calcolo per l'esecuzione delle verifiche degli elementi strutturali.



Item	Value
1 Design Code	Italian NTC 2018
2 Method Used for Buckling in P-M-M	Method B
3 Multi-Response Case Design	Envelopes
4 Framing Type	DCL-CBF
5 Behavior Factor, q0	1.
6 System Overstrength Factor, Omega	1.
7 Consider P-Delta Done?	No
8 Consider Torsion?	No
9 GammaM0	1.05
10 GammaM1	1.05
11 GammaM2	1.25
12 Ignore Seismic Code?	No
13 Ignore Special Seismic Load?	No
14 Is Doubler Plate Plug-Welded?	Yes
15 Consider Deflection?	No
16 DL Limit, L/	0.
17 Super DL+LL Limit, L/	0.
18 Live Load Limit, L/	300.
19 Total Limit, L/	0.
20 Total--Camber Limit, L/	250.
21 Pattern Live Load Factor	0.
22 Demand/Capacity Ratio Limit	1.

Set To Default Values

Reset To Previous Values

All Items Selected Items All Items Selected Items

OK Cancel

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA

NR1J

LOTTO

00 D 29

CODIFICA

CL

DOCUMENTO

FV0100102

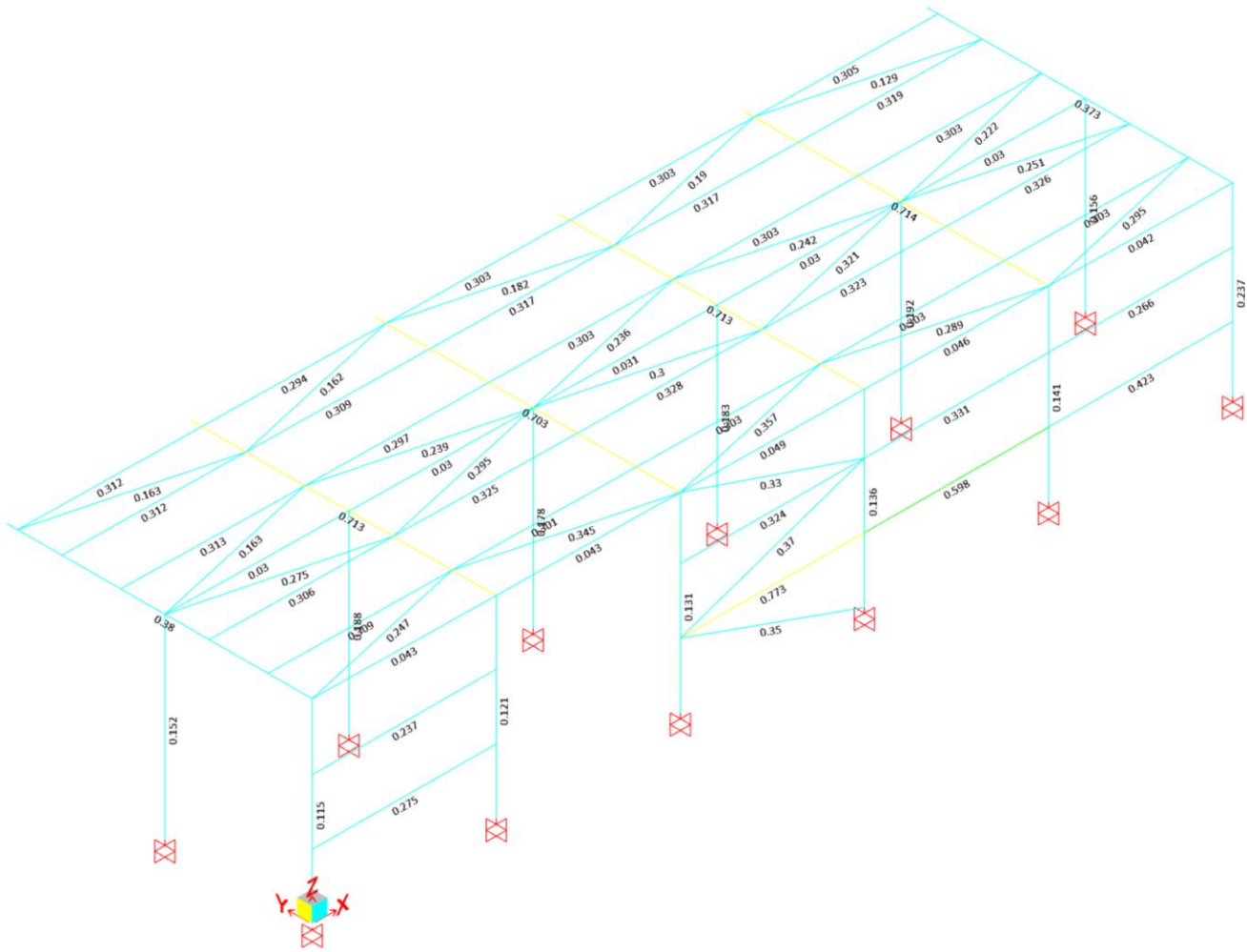
REV.

B

FOGLIO

41 di 63

7.1. Verifiche di resistenza di tutti gli elementi

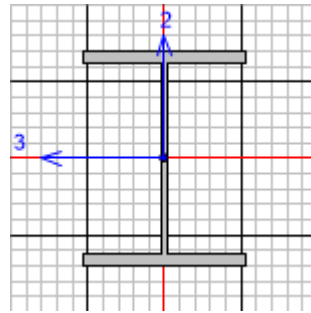


FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	42 di 63

7.2. Verifiche di resistenza delle colonne HEB400



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 61	X Mid: 25.	Combo: SLU_19	Design Type: Column
Length: 5.004	Y Mid: 0.	Shape: HE400B	Frame Type: DCL-CBF
Loc : 0.	Z Mid: 2.502	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.1
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.
		D/C Lim=1.

Aeff=0.02	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.02	Iyy=5.768E-04	iyy=0.171	Wel, yy=0.003	Weff, yy=0.003
It=3.610E-06	Izz=1.082E-04	izz=0.074	Wel, zz=7.213E-04	Weff, zz=7.213E-04
Iw=3.824E-06	Iyz=0.	h=0.4	Wpl, yy=0.003	Av, y=0.015
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl, zz=0.001	Av, z=0.007

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
0.	-16.698	83.404	86.206	28.217	70.704	-0.007

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq 4.2.38)

D/C Ratio: 0.237 = (0.076)^2. + (0.231)^1. < 1. OK
= (My, Ed/Mn, y, Rd)^Alpha + (Mz, Ed/Mn, z, Rd)^Beta (NTC Eq 4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-16.698	6694.286	6694.286

	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	6694.286	7270.56	83238.212	83238.212	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	a	0.21	47742.998	0.384	0.593	0.957	6406.604
MajorB(y-y)	a	0.21	47742.998	0.384	0.593	0.957	6406.604
Minor (z-z)	b	0.34	73226.825	0.31	0.567	0.96	6429.817

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	43 di 63

MinorB(z-z)	b	0.34	73226.825	0.31	0.567	0.96	6429.817
Torsional TF	b	0.34	83238.212	0.291	0.558	0.968	6477.032

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	83.404	83.404	238.488	34.023
Minor (z-z)	86.206	86.206	246.501	17.478

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	1092.724	1092.724	1092.724	1092.724
Minor (z-z)	373.257	373.257	373.257	

LTB	Curve b	AlphaLT 0.34	LambdaBarLT 0.205	PhiLT 0.522	ChiLT 1.	psi 1.883	Mcr 27349.555
-----	------------	-----------------	----------------------	----------------	-------------	--------------	------------------

Factors	kyy 0.4	kzy 0.344	kzy 0.91	kzz 0.573
---------	------------	--------------	-------------	--------------

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	28.217	0.007	1370.299	0.021	OK
Minor (y)	70.704	0.007	2937.359	0.024	OK

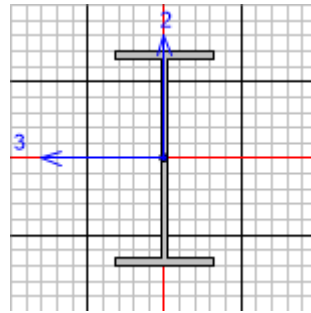
Reduction	Vpl, Rd 1370.299	Eta 1.	LambdabarW 0.361
-----------	---------------------	-----------	---------------------

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	44 di 63

7.3. Verifiche di resistenza delle travi IPE400



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 384	X Mid: 20.	Combo: SLU_09	Design Type: Beam
Length: 8.3	Y Mid: 4.15	Shape: IPE400	Frame Type: DCL-CBF
Loc : 2.8	Z Mid: 5.06	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.1
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.
		D/C Lim=1.

Aeff=0.008	eNy=0.	eNz=0.	Wel,yy=0.001	Weff,yy=0.001
A=0.008	Iyy=2.313E-04	iyy=0.165	Wel,zz=1.464E-04	Weff,zz=1.464E-04
It=0.	Izz=1.318E-05	izz=0.039	Wpl,yy=0.001	Av,y=0.005
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.4	Wpl,zz=2.290E-04	Av,z=0.004
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.		

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
2.8	15.637	-60.233	0.786	55.539	-1.014	-8.589E-05

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.714 = 0. + 0.708 + 0.006 < 1. OK

$$= \frac{NED}{(\chi_z NR_k / \Gamma_{M1})} + k_{zy} \frac{(M_y, Ed + NED e_{Ny})}{(\chi_{LT} M_y, R_k / \Gamma_{M1})} + k_{zz} \frac{(M_z, Ed + NED e_{Nz})}{(M_z, R_k / \Gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	15.637	2856.905	2856.905				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	2856.905	3102.84	15205.692	15205.692	1.		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	25927.328	0.34	0.573	0.968	2765.259
MajorB (y-y)	a	0.21	25927.328	0.34	0.573	0.968	2765.259

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	45 di 63

Minor (z-z)	b	0.34	10670.739	0.53	0.697	0.871	2487.183
MinorB(z-z)	b	0.34	10670.739	0.53	0.697	0.871	2487.183
Torsional TF	b	0.34	15205.692	0.444	0.64	0.908	2594.513

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-60.233	-295.354	-312.461	-295.354
Minor (z-z)	0.786	0.786	4.077	0.12

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	441.89	441.89	441.89	417.431
Minor (z-z)	77.424	77.424	77.424	

	Curve c	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB		0.49	0.426	0.646	0.945	1.179	2554.716

	kyy	kzy	kzz
Factors	0.937	0.38	1.

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	55.539	8.589E-05	834.106	0.067	OK
Minor (y)	1.014	8.589E-05	1023.274	0.001	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	834.106	1.	0.606

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

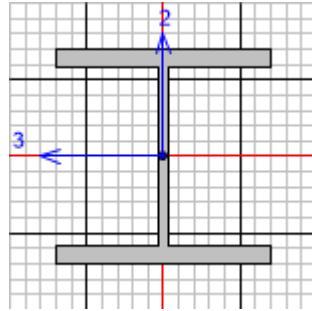
	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	20.626	0.

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	46 di 63

7.4. Verifiche di resistenza delle travi HEB160



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 304	X Mid: 12.5	Combo: SLU_09	Design Type: Brace
Length: 5.	Y Mid: 2.8	Shape: HEB 160	Frame Type: DCL-CBF
Loc : 5.	Z Mid: 5.144	Class: Class 1	Rolled : No

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25		
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.1		
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.	D/C Lim=1.	
Aeff=0.005	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.005	Iyy=2.414E-05	iyy=0.068	Wel,yy=3.017E-04	Weff,yy=3.017E-04
It=0.	Izz=8.880E-06	izz=0.041	Wel,zz=1.110E-04	Weff,zz=1.110E-04
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.16	Wpl,yy=3.417E-04	Av,y=0.004
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,zz=1.685E-04	Av,z=0.001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
5.	-13.254	0.	0.	17.367	0.	2.105E-05

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.328 = 0.026 + 0.302 + 0. < 1. OK

$$= \frac{NEd}{(\chi_z N Rk / \Gamma M1)} + k_{zy} \frac{(M_y, Ed + NEd eNy)}{(\chi_{LT} M_y, Rk / \Gamma M1)} + k_{zz} \frac{(M_z, Ed + NEd eNz)}{(M_z, Rk / \Gamma M1)}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	-13.254	1768.914	1768.914				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	1768.914	1921.19	3757.81	3757.81	1.		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	2000.738	0.964	1.094	0.62	1097.302
MajorB (y-y)	b	0.34	2000.738	0.964	1.094	0.62	1097.302

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	47 di 63

Minor (z-z)	c	0.49	736.133	1.588	2.102	0.288	508.599
MinorB(z-z)	c	0.49	736.133	1.588	2.102	0.288	508.599
Torsional TF	c	0.49	3757.81	0.703	0.87	0.723	1278.581

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0.	21.711	0.	16.283
Minor (z-z)	0.	0.	0.	0.

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	115.518	115.518	115.518	71.659
Minor (z-z)	56.984	56.984	56.984	

	Curve AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	c 0.49	0.896	1.072	0.62	1.143	150.963

	kyy	kzy	kzy	kzz
Factors	0.959	0.622	0.996	1.036

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	17.367	2.105E-05	209.254	0.083	OK
Minor (y)	0.	2.105E-05	812.029	0.	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	209.254	1.	0.236

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

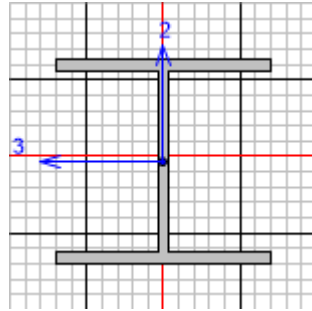
	P Comp	P Tens
Axial	-13.254	0.

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	48 di 63

7.5. Verifiche di resistenza delle travi HEA160



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 189	X Mid: 12.5	Combo: SLU_18	Design Type: Beam
Length: 5.	Y Mid: 0.	Shape: HEA 160	Frame Type: DCL-CBF
Loc : 5.	Z Mid: 1.75	Class: Class 2	Rolled : No

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25	
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.1	
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.	D/C Lim=1.

Aeff=0.004	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.004	Iyy=1.595E-05	iyy=0.066	Wel, yy=2.098E-04	Weff, yy=2.098E-04
It=0.	Izz=6.146E-06	izz=0.041	Wel, zz=7.683E-05	Weff, zz=7.683E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.152	Wpl, yy=2.329E-04	Av, y=0.003
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl, zz=1.164E-04	Av, z=8.040E-04

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
5.	-217.128	0.	0.	-3.6	-1.106	0.

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.773 = 0.615 + 0.096 + 0.062 < 1. OK

$$= \frac{NEd}{(\chi_z N_{Rk} / \Gamma_{M1})} + k_{zy} \frac{(M_y, Ed + NEd e_{Ny})}{(\chi_{LT} M_y, Rk / \Gamma_{M1})} + k_{zz} \frac{(M_z, Ed + NEd e_{Nz})}{(M_z, Rk / \Gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-217.128	1245.543	1245.543

	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	1245.543	1352.765	1570.899	1570.899	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	b 0.34	1321.979	0.995	1.13	0.6	747.867
MajorB (y-y)	b 0.34	1321.979	0.995	1.13	0.6	747.867

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	49 di 63

Minor (z-z)	c	0.49	509.566	1.602	2.127	0.284	353.29
MinorB(z-z)	c	0.49	509.566	1.602	2.127	0.284	353.29
Torsional TF	c	0.49	1570.899	0.912	1.091	0.592	737.624

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0.	-4.5	0.	3.375
Minor (z-z)	0.	-1.382	0.	1.037

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	78.727	78.727	72.965	42.671
Minor (z-z)	39.356	39.356	39.356	

	Curve AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	c 0.49	1.022	1.223	0.542	1.143	79.164

	kyy	kzy	kzz
Factors	1.169	1.06	1.767

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	3.6	0.	156.94	0.023	OK
Minor (y)	1.106	0.	562.174	0.002	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	156.94	1.	0.314

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

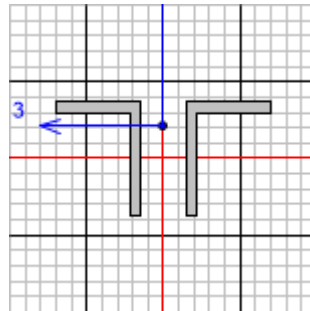
	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	6.	6.

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	50 di 63

7.6. Verifiche di resistenza delle travi 2L 100*75*10



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 20	X Mid: 12.5	Combo: Sism_01	Design Type: Brace
Length: 5.142	Y Mid: 0.6	Shape: 2L100x75x10/40	Frame Type: DCL-CBF
Loc : 0.	Z Mid: 5.144	Class: Class 3	Rolled : No

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.1
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.
		D/C Lim=1.

Aeff=0.003	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.003	Iyy=3.273E-06	iyy=0.031	Wel,yy=4.833E-05	Weff,yy=4.833E-05
It=0.	Izz=6.803E-06	izz=0.045	Wel,zz=7.161E-05	Weff,zz=7.161E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.1	Wpl,yy=8.738E-05	Av,y=0.002
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,zz=1.313E-04	Av,z=0.002

Iyz=0.	Imax=6.803E-06	imax=0.045	Wel,zz,maj=7.161E-05
Rot= 90. deg	Imin=3.273E-06	imin=0.031	Wel,zz,min=4.833E-05

DESIGN MESSAGES

Warning: Section is not at least Class 2 (EC8 6.5.3(2), Table 6.3)

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.	-56.885	0.	0.	-0.784	0.	-2.456E-04

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.37)

D/C Ratio: 0.357 = 0.274 + 0.083 + 0. < 1. OK

$$= \frac{N_{Ed}}{(\chi_y N_{Rk} / \Gamma_{M1})} + k_{yy} \frac{(M_y, Ed + N_{Ed} e_{Ny})}{(\chi_{LT} M_y, R_k / \Gamma_{M1})} + k_{yz} \frac{(M_z, Ed + N_{Ed} e_{Nz})}{(M_z, R_k / \Gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.37)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd		
	Force	Capacity	Capacity		
Axial	-56.885	1115.714	1115.714		
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	51 di 63

1115.714 1211.76 2235.69 504.394 1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Minor (y-y)	b	0.34	256.535	2.137	3.113	0.186	207.547
MinorB(y-y)	b	0.34	256.535	2.137	3.113	0.186	207.547
Major (z-z)	b	0.34	533.181	1.482	1.817	0.349	389.195
MajorB(z-z)	b	0.34	533.181	1.482	1.817	0.349	389.195
Torsional TF	b	0.34	504.394	1.524	1.886	0.334	372.147

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Minor (y-y)	0.	0.999	0.	0.749
Major (z-z)	0.	0.	0.	0.

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Minor (y-y)	16.339	16.339	16.339	13.351
Major (z-z)	24.209	24.209	24.209	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	d	0.76	0.474	0.716	0.817	1.136	76.45

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	1.106	1.088	0.99	1.088

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	0.784	0.001	390.399	0.002	OK
Minor (y)	0.	0.001	292.799	0.	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdaBarW
Reduction	390.399	1.	0.127

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

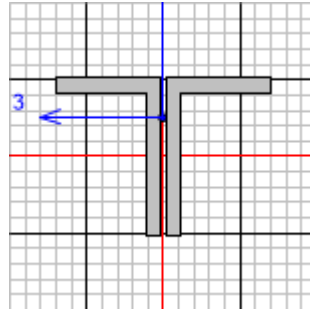
	P Comp	P Tens
Axial	-56.885	1417.515

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	52 di 63

7.7. Verifiche di resistenza delle travi 2L 150*100*14



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 34	X Mid: 12.5	Combo: Sism_02	Design Type: Brace
Length: 5.297	Y Mid: 0.	Shape: 2L150x100x14	Frame Type: DCL-CBF
Loc : 5.297	Z Mid: 2.625	Class: Class 3	Rolled : No

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes
Ignore Seismic Code? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25	
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.1	
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.	D/C Lim=1.

Aeff=0.007	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.007	Iyy=1.499E-05	iyy=0.048	Wel, yy=1.502E-04	Weff, yy=1.502E-04
It=0.	Izz=1.046E-05	izz=0.04	Wel, zz=1.020E-04	Weff, zz=1.020E-04
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.15	Wpl, yy=2.695E-04	Av, y=0.003
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl, zz=1.832E-04	Av, z=0.004

DESIGN MESSAGES

Warning: Section is not at least Class 2 (EC8 6.5.3(2), Table 6.3)

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
5.297	-191.27	0.	0.	1.526	0.	-0.003

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.37 = 0.321 + 0.049 + 0. < 1. OK

$$= \frac{NEd}{(\chi_z NRk / \Gamma_{M1})} + k_{zy} \frac{(M_y, Ed + NEd eNy)}{(\chi_z LT M_y, Rk / \Gamma_{M1})} + k_{zz} \frac{(M_z, Ed + NEd eNz)}{(M_z, Rk / \Gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc, Rd Capacity	Nt, Rd Capacity
Axial	-191.27	2234.133	2234.133

	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	2234.133	2426.458	5831.25	737.433	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
-------	-------	-----	-----------	-----	-----	--------

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	53 di 63

Minor (y-y)	b	0.34	1107.223	1.456	1.773	0.359	802.274
MinorB(y-y)	b	0.34	1107.223	1.456	1.773	0.359	802.274
Major (z-z)	b	0.34	772.303	1.743	2.281	0.266	595.357
MajorB(z-z)	b	0.34	772.303	1.743	2.281	0.266	595.357
Torsional TF	b	0.34	737.433	1.784	2.36	0.256	572.143

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Minor (y-y)	0.	2.021	0.	1.516
Major (z-z)	0.	0.	0.	0.

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Minor (y-y)	50.797	50.797	50.797	40.495
Major (z-z)	34.491	34.491	34.491	

	Curve d	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB		0.76	0.503	0.741	0.797	1.316	211.166

	kyy	kyy	kzy	kzz
Factors	1.086	1.193	0.977	1.193

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	1.526	0.001	819.837	0.002	OK
Minor (y)	0.	0.001	546.558	0.	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	819.837	1.	0.137

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

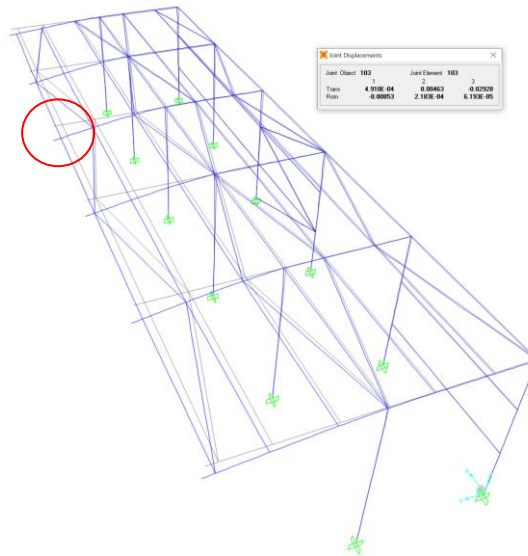
	P Comp	P Tens
Axial	-191.27	2838.466

8. VERIFICHE DI DEFORMABILITA' DELLA STRUTTURA METALLICA

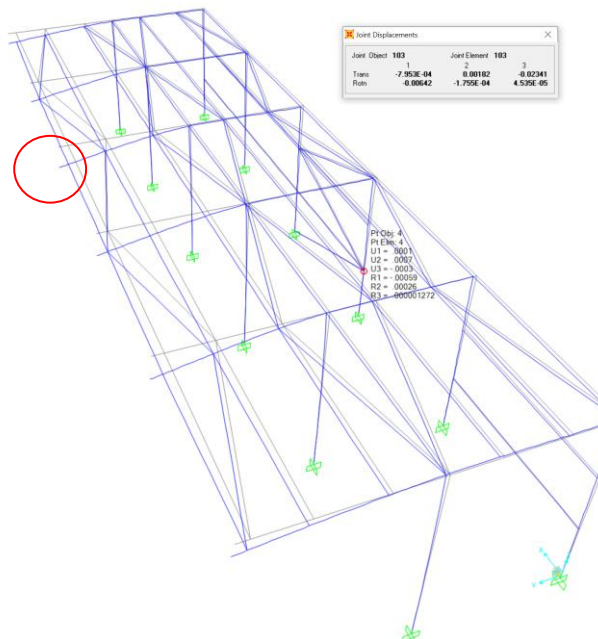
8.1. Travi della copertura- spostamenti verticali

La freccia massima delle travi di copertura indotta dai carichi permanenti e dai carichi variabili è di

- **f = 29.4 mm** combinazioni caratteristica **SLE RARA 09** $L/f=4300/29.4=146$



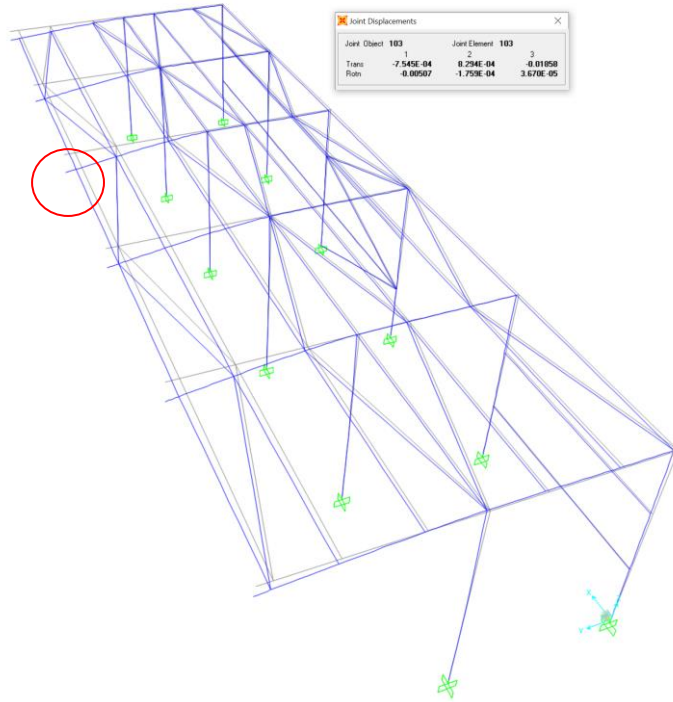
- **f = 23.4 mm** combinazioni frequenti **SLE FREQ 02** $L/f=4300/23.4=184$



- **f = 18.4 mm** combinazioni quasi permanenti **SLE QP2** $L/f=4300/18.4=234$

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord
FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	55 di 63



FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

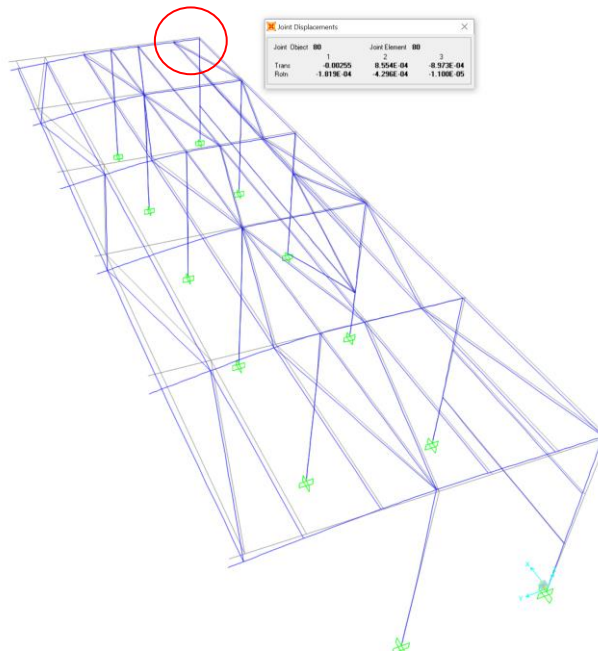
FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	56 di 63

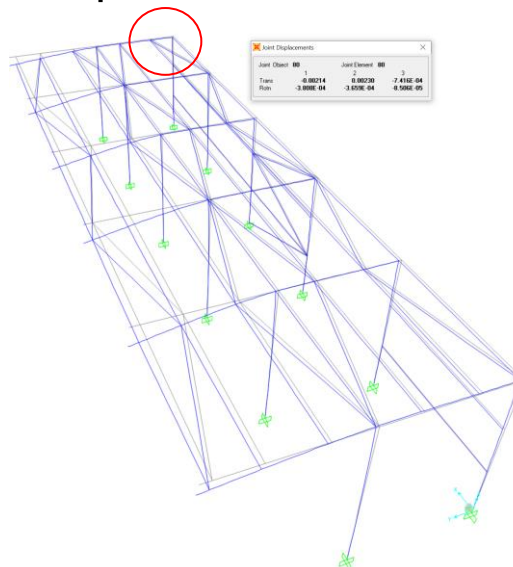
8.2. Colonne – spostamenti orizzontali

Lo spostamento orizzontale massimo assoluto delle colonne indotto dai carichi permanenti e dai carichi variabili è di

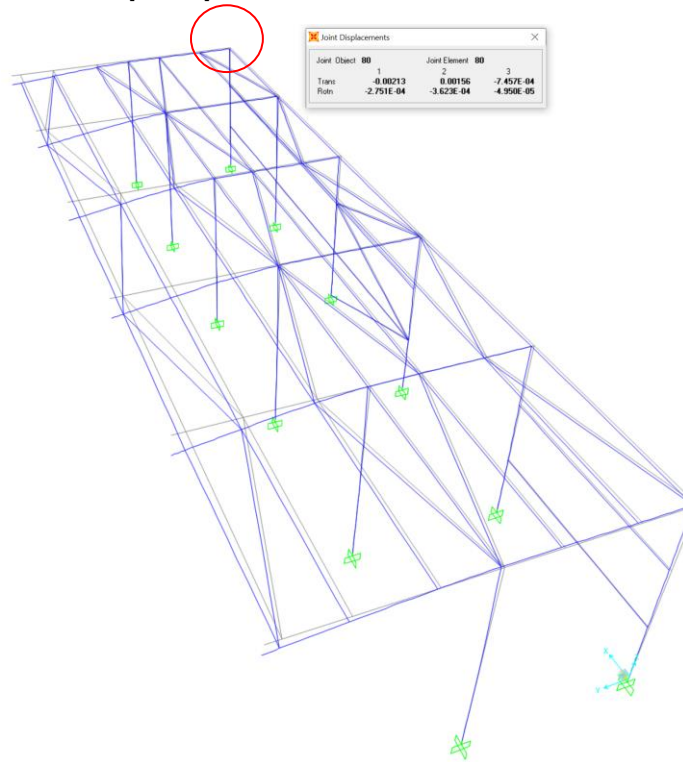
- $\delta=2.6$ mm combinazioni caratteristica **SLE RARA16** Si ha $H/\delta=5000/2.6=1923$



- $\delta=2.1$ mm combinazioni frequenti **SLE FREQ 02** Si ha $H/\delta=5000/2.1=2380$

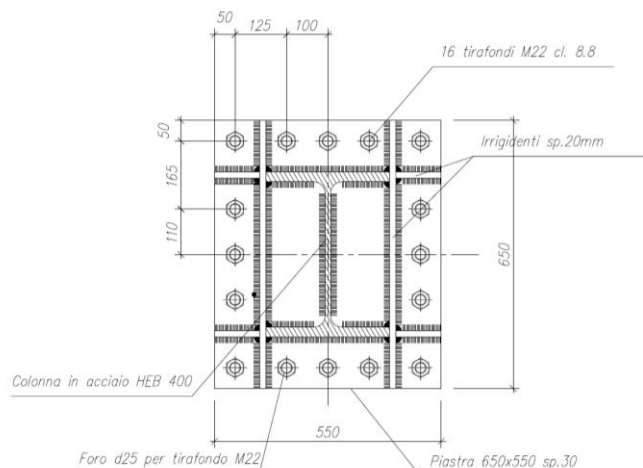


- $\delta=2.1\text{mm}$ combinazioni quasi permanenti SLE QP2 Si ha $H/\delta=5000/2.1=2380$



9. VERIFICA GIUNTO DI BASE

Verifica nodo di base e colonna HEB400.



Si riportano a seguire le sollecitazioni agenti alla base delle colonne metalliche, calcolate nelle combinazioni di carico più gravose, sia in condizioni statiche che sismiche (F1: taglio longitudinale (parallelo al binario); F2: taglio trasversale; F3: forza verticale; M1: momento intorno asse longitudinale; M2: momento intorno asse trasversale):

Condizioni statiche:

SLU	max	Joint	Combo.	F1	F2	F3	M1	M2
				kN	kN	kN	kNm	kNm
max	F1	76	SLU_20	74	-4	29	22	91
max	F2	186	SLU_12	1	27	167	-33	7
max	F3	188	SLU_09	-1	19	264	23	-3
max	M1	31	SLU_02	12	-50	26	136	6
max	M2	76	SLU_20	74	-4	29	22	91
max	M3	76	SLU_01	-44	-30	13	81	-54

SLU	min	Joint	Combo.	F1	F2	F3	M1	M2
				kN	kN	kN	kNm	kNm
min	F1	76	SLU_17	-74	-21	17	55	-91
min	F2	31	SLU_02	12	-50	26	136	6
min	F3	1	SLU_02	-41	-35	12	101	-54
min	M1	188	SLU_04	1	22	103	-43	3
min	M2	76	SLU_17	-74	-21	17	55	-91
min	M3	193	SLU_02	-1	21	262	12	-4

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Nord

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100102	B	59 di 63

Condizioni sismiche:

SLV		max	Joint	Combo.	F1	F2	F3	M1	M2
					kN	kN	kN	kNm	kNm
<i>max</i>	F1	46	Sism_01	133	-1	170	52	0	
<i>max</i>	F2	193	Sism_04	1	34	144	52	6	
<i>max</i>	F3	46	Sism_02	103	-4	179	61	18	
<i>max</i>	M1	31	Sism_04	9	6	85	95	7	
<i>max</i>	M2	1	Sism_01	27	13	37	84	39	
<i>max</i>	M3	46	Sism_01	133	-1	170	52	0	

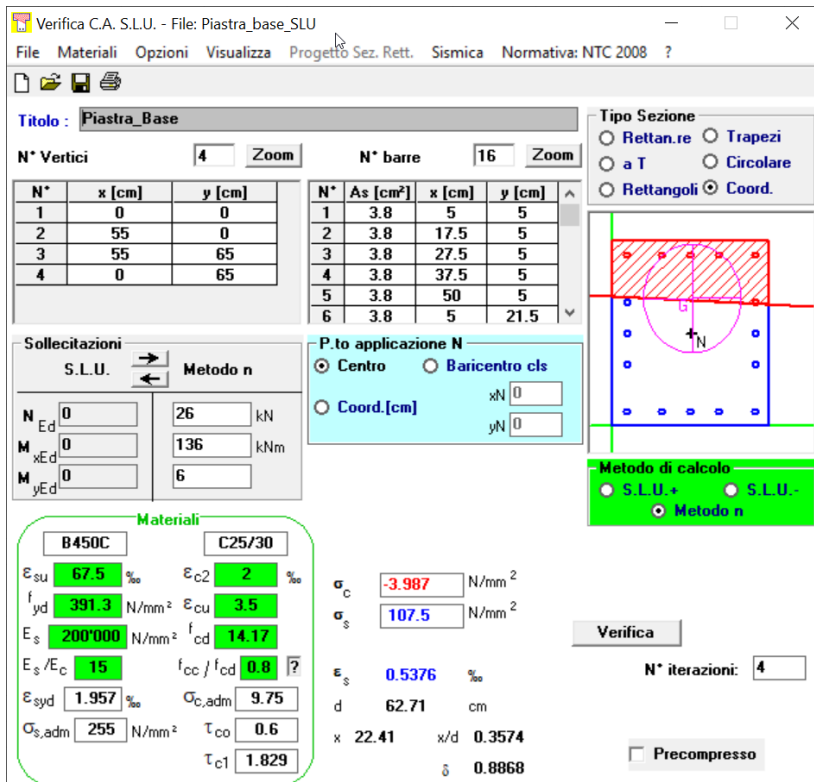
SLV		min	Joint	Combo.	F1	F2	F3	M1	M2
					kN	kN	kN	kNm	kNm
<i>min</i>	F1	46	Sism_02	-133	-19	-103	12	0	
<i>min</i>	F2	31	Sism_04	4	-29	-27	-20	0	
<i>min</i>	F3	46	Sism_01	-103	-16	-112	3	-18	
<i>min</i>	M1	31	Sism_03	-9	-6	-10	-80	-7	
<i>min</i>	M2	1	Sism_02	-27	-28	-3	-35	-39	
<i>min</i>	M3	46	Sism_02	-133	-19	-103	12	0	

La sezione è soggetta a pressoflessione deviata e taglio; la compressione verrà trasferita per semplice contatto, quindi i tirafondi saranno soggetti a forza di trazione e taglio.

9.1. Verifica a taglio- trazione del tirafondo

Il calcolo della tensione agente nei tirafondi viene eseguito mediante il programma VcaSLU del Prof. Piero Gelfi, del quale di riportano le schermate a seguire, con riferimento alle tre condizioni di carico più gravose.

Condizioni statiche:



Verifica C.A. S.L.U. - File: Piastra_base_SLU

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: **Piastra_Base**

N° Vertici: Zoom N° barre: Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	55	0
3	55	65
4	0	65

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.8	5	5
2	3.8	17.5	5
3	3.8	27.5	5
4	3.8	37.5	5
5	3.8	50	5
6	3.8	5	21.5

Tipo Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 26 kN
M_{xEd} 136 kNm
M_{yEd} 6

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo:
 S.L.U. + S.L.U. - Metodo n

Materiali

B450C **C25/30**

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} ‰

σ_c N/mm²
σ_s N/mm²

Verifica N° iterazioni:

Precompresso

ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

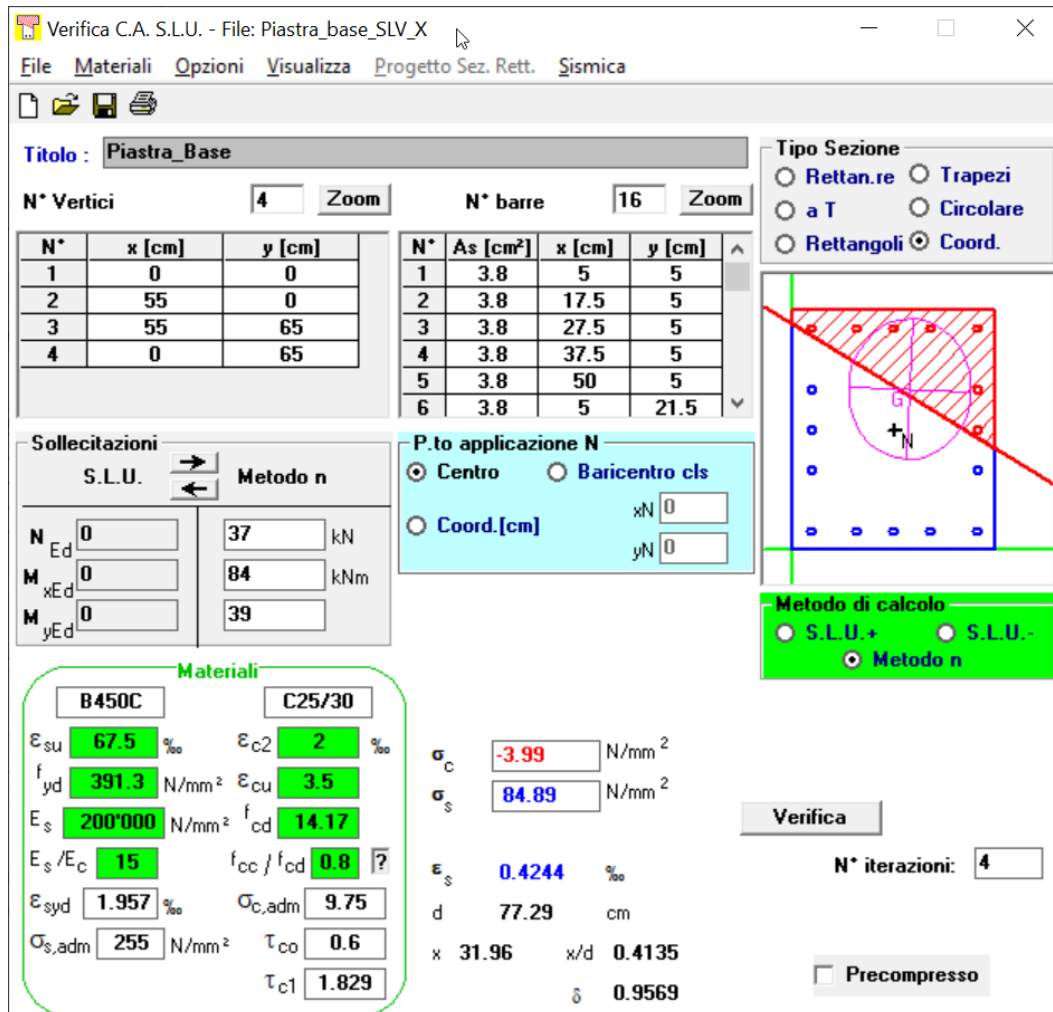
$F_{Ed} = 107.5 \text{ MPa} \cdot 380 \text{ mm}^2 = 41.0 \text{ kN}$ forza assiale di trazione nel tirafondo più sollecitato

La tensione di compressione sul calcestruzzo è inferiore al limite di normativa, pari a:

$$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_m = 0.85 \cdot 25 \text{ MPa} / 1.5 = 14.16 \text{ MPa} \quad (\text{calcestruzzo plinto C25/30}).$$

Condizioni sismiche:

In direzione longitudinale:



Verifica C.A. S.L.U. - File: Piastra_base_SLV_X

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica

Titolo : Piastra_Base

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 16 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0	0	1	3.8	5	5
2	55	0	2	3.8	17.5	5
3	55	65	3	3.8	27.5	5
4	0	65	4	3.8	37.5	5
			5	3.8	50	5
			6	3.8	5	21.5

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

Materiali:
 B450C C25/30
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 14.17 MPa
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75 MPa
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6 MPa
 τ_{c1} 1.829 MPa

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

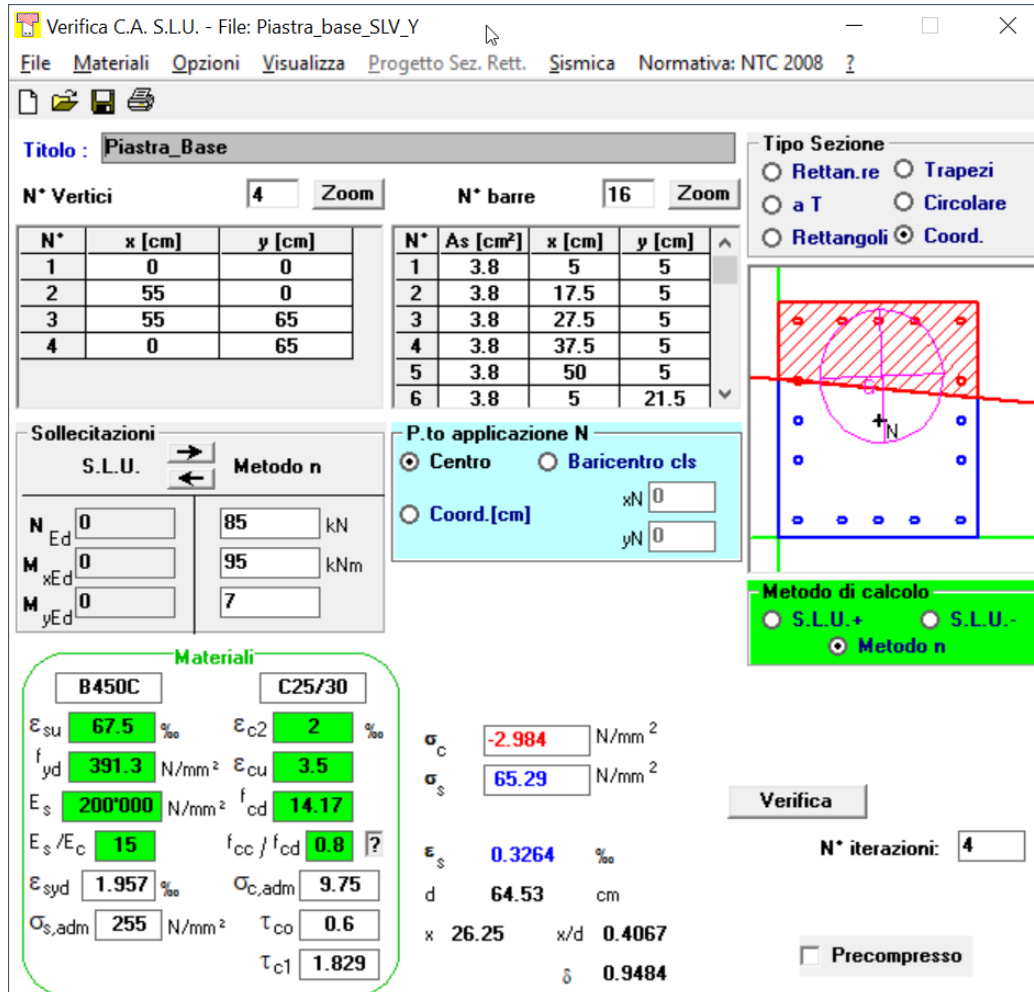
Calcoli:
 σ_c -3.99 N/mm²
 σ_s 84.89 N/mm²
 ϵ_s 0.4244 ‰
 d 77.29 cm
 x 31.96 x/d 0.4135
 δ 0.9569

$F_{Ed} = 84.9 \text{ MPa} \cdot 380 \text{ mm}^2 = 32.3 \text{ kN}$ forza assiale di trazione nel tirafondo più sollecitato

La tensione di compressione sul calcestruzzo è inferiore al limite di normativa, pari a:

$$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_m = 0.85 \cdot 25 \text{ MPa} / 1.5 = 14.16 \text{ MPa} \quad (\text{calcestruzzo plinto C25/30}).$$

In direzione trasversale:



Verifica C.A. S.L.U. - File: Piastra_base_SLV_Y

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: Piastra_Base

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 16 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	55	0
3	55	65
4	0	65

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.8	5	5
2	3.8	17.5	5
3	3.8	27.5	5
4	3.8	37.5	5
5	3.8	50	5
6	3.8	5	21.5

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 85 kN
M_{xEd} 0 95 kNm
M_{yEd} 0 7

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C C25/30

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 14.17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
τ_{c1} 1.829

σ_c -2.984 N/mm²
σ_s 65.29 N/mm²

ε_s 0.3264 ‰
d 64.53 cm
x 26.25 x/d 0.4067
δ 0.9484

Verifica

N° iterazioni: 4

Precompresso

$F_{Ed} = 65.3 \text{ MPa} \cdot 380 \text{ mm}^2 = 24.7 \text{ kN}$ forza assiale di trazione nel tirafondo più sollecitato

La tensione di compressione sul calcestruzzo è inferiore al limite di normativa, pari a:

$$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_m = 0.85 \cdot 25 \text{ MPa} / 1.5 = 14.16 \text{ MPa} \quad (\text{calcestruzzo plinto C25/30}).$$

Con riferimento alla condizione di più gravosa, si svolge a seguire la verifica del tirafondo più sollecitato, considerando l'azione contemporanea delle forze di trazione e taglio.

Nel caso di presenza combinata di forza di trazione e taglio si può adottare la seguente formula di interazione lineare per la verifica del tirafondo:

$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 F_{t,Rd}) \leq 1$$

in cui:

$F_{v,Ed}$ forza di taglio sul tirafondo [kN]

$F_{t,Ed}$ forza assiale sul tirafondo [kN]

$F_{v,Rd}$ resistenza a taglio del tirafondo [kN]

$F_{t,Rd}$ resistenza a forza assiale del tirafondo [kN]

Nel caso in esame:

$$F_{v,Ed} = (12 \text{ kN})^2 + (-50 \text{ kN})^2 = 52 \text{ kN} \quad (\text{combinazione SLU}_{02})$$

$$F_{t,Ed} = 41.0 \text{ kN} \quad (\text{combinazione SLU}_{02})$$

$$F_{v,Rd} = 0.6 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 0.6 * 800 \text{ MPa} * 303 \text{ mm}^2 / 1.25 = 116.4 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 0.9 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 0.9 * 800 \text{ MPa} * 303 \text{ mm}^2 / 1.25 = 174.5 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 F_{t,Rd}) = 52 \text{ kN} / 116.4 \text{ kN} + 41.0 \text{ kN} / (1.4 * 174.5 \text{ kN}) = 0.45 + 0.17 = 0.62 < 1$$

quindi la verifica è soddisfatta.

Si calcola a seguire la resistenza a sfilamento del singolo tirafondo, assumendo una lunghezza di ancoraggio nel cls semplice (C25/30) pari a 600mm e trascurando la presenza dei bolzoni di ancoraggio (a vantaggio di sicurezza).

$$f_{ctk0.05} = 0.7 * f_{ctm} = 0.7 (0.3 f_{ck}^2/3) = 0.7 * (0.3 * 25 \text{ MPa}^2/3) = 1.79 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2.25 f_{ctk0.05} / \gamma_c = 2.25 * 1.79 \text{ MPa} / 1.5 = 2.68 \text{ MPa}$$

La resistenza allo sfilamento del singolo tassello è quindi pari a:

$$F_{t,Rd} = l_b * 3.14 * \text{diam} * f_{bd} = 600\text{mm} * 3.14 * 22\text{mm} * 2.68 \text{ MPa} = 112 \text{ kN} > F_{t,Ed} = 41 \text{ kN} \quad (\text{F.S.} = 2.4)$$

quindi la verifica è soddisfatta.