

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA
U.O INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA - VITERBO
TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE

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

SCALA:

-

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

NR1J 00 D 29 CL FV0100 202 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	USAI 	11.2019	PASSARO 	11.2019	PAOLETTI 	11.2019	ARDUINI 11.2019
								ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Dott. Ing. Eraldo Arduini Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. 16302 del 1/11/19

File: NR1J00D29CLFV0100202A.docx

n. Elab.: 447.08

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	13
3.1.	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA	13
3.2.	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI	13
3.3.	CARICO VARIABILE SULLA COPERTURA.....	13
3.4.	AZIONE TERMICA	14
3.5.	CARICO DELLA NEVE SULLA COPERTURA.....	14
3.6.	AZIONE DEL VENTO.....	16
3.7.	PRESSIONE AERODINAMICA DOVUTA AL PASSAGGIO DEI TRENI	18
3.8.	AZIONE SISMICA	21
4.	COMBINAZIONI DI CARICO	30
5.	RISULTATI ANALISI MODALE	36
5.1.	MASSA MODALE	36
5.2.	COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE.....	36
5.3.	PRINCIPALI FORME MODALI	37
6.	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	38
7.	VERIFICHE DELLE DIFFERENTI MEMBRATURE ALLO STATO LIMITE ULTIMO	47
7.1.	VERIFICHE DI RESISTENZA DI TUTTI GLI ELEMENTI.....	48
7.2.	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE COLONNE HEB360	49
7.3.	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI IPE400	51
7.4.	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI HEB400.....	53
7.5.	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI HEA160.....	55

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	3 di 106

7.6.	VERIFICHE DI RESISTENZA DIE CONTROVENTI 2L 150*100*10/20	57
7.7.	VERIFICHE DI RESISTENZA DELLE TRAVI L120X10	59
8.	VERIFICHE DI DEFORMABILITA' DELLA STRUTTURA METALLICA.....	61
8.1.	TRAVI DELLA COPERTURA- SPOSTAMENTI VERTICALI.....	61
8.2.	COLONNE – SPOSTAMENTI ORIZZONTALI.....	64
9.	VERIFICA GIUNTO DI BASE	67
9.1.	VERIFICA SEZIONE DI CONTATTO	69
9.2.	VERIFICA A FLESSIONE DELLA PIASTRA	73
9.3.	VERIFICA A TAGLIO - TRAZIONE DEL TIRAFONDO	73
9.4.	VERIFICA A RIFOLLAMENTO PIASTRA	74
9.5.	VERIFICA A PUNZONAMENTO PIASTRA.....	74
9.6.	CALCOLO LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO DEI TIRAFONDI	74
9.7.	VERIFICA A FATICA DEI TIRAFONDI	75
10.	VERIFICA FONDAZIONI	78
10.1.	DESCRIZIONE.....	78
10.2.	MODELLO STRUTTURALE	78
10.3.	TRAVI DI FONDAZIONE.....	81
10.4.	SOLLECITAZIONI	81
10.5.	SLU - VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE.....	84
10.6.	SLU - VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO.....	87
10.7.	SLE - VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....	88
10.8.	VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE	94
11.	INCIDENZA ARMATURA	106

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	4 di 106

1. GENERALITA

1.1. Premessa

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

- 3 pilastri HE360B impostati ca 4m uno dall'altro nella direzione trasversale, con ca 4m di sbalzo;
- travi trasversali IPE400;
- travi longitudinali principali HE400B;
- travi longitudinali secondarie HE160A;
- arcarecci HE160A;
- controventi di copertura L120*10;
- controventi di parete 2 L150*100*10/20.

La lunghezza complessiva della pensilina è di 38.0 m.

La larghezza è di 12.7m.

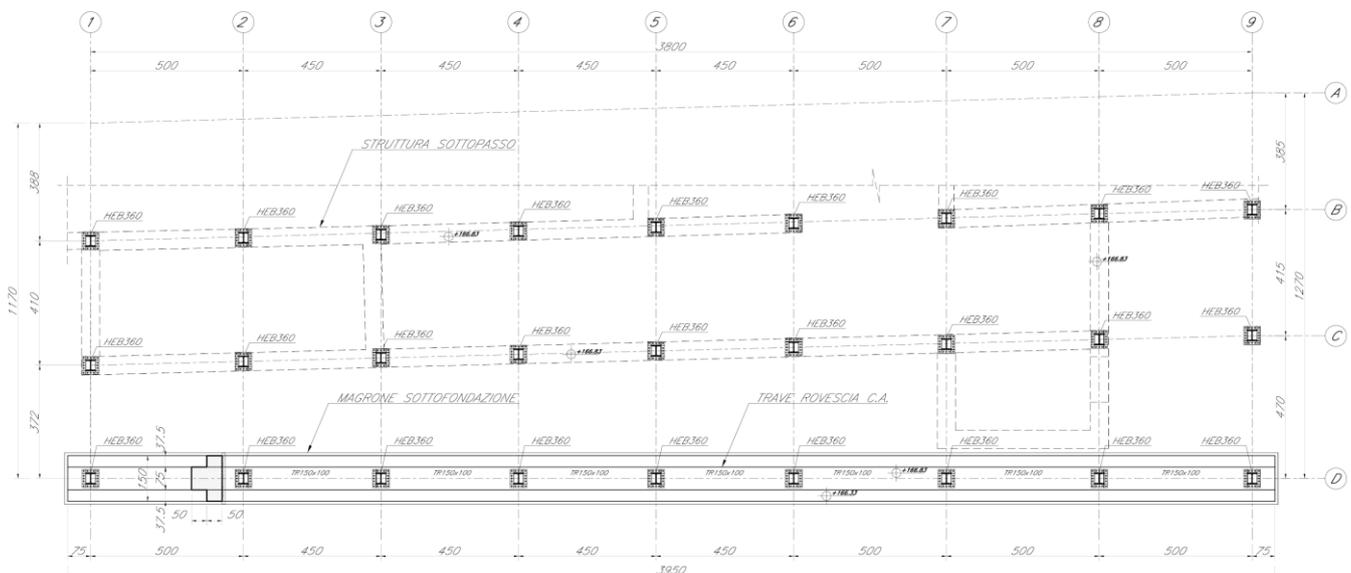


Figura 1. Pianta fili fissi

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	5 di 106

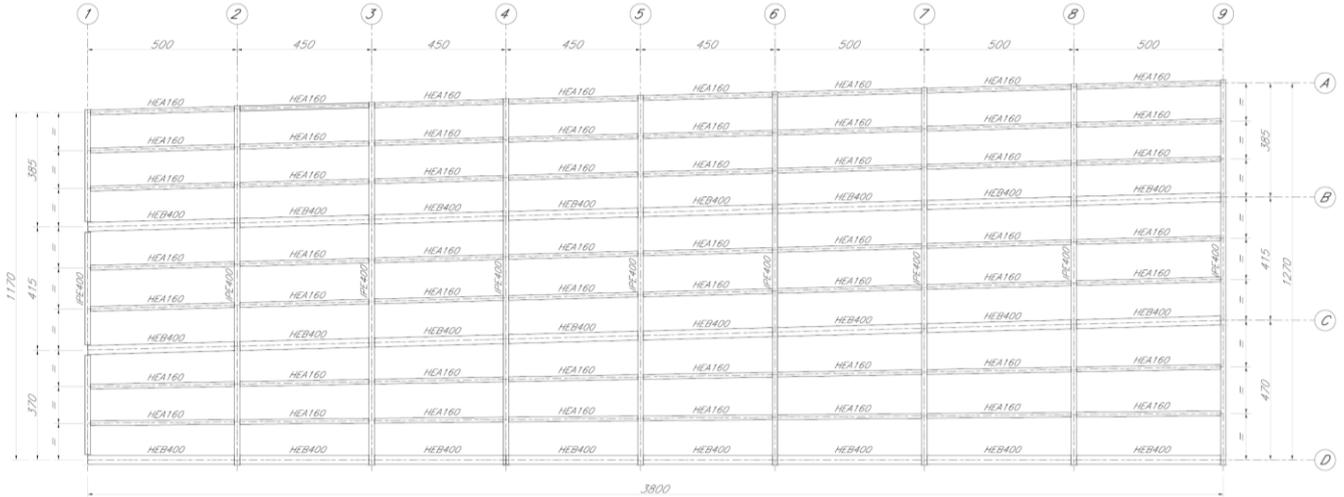


Figura 2. Pianta copertura

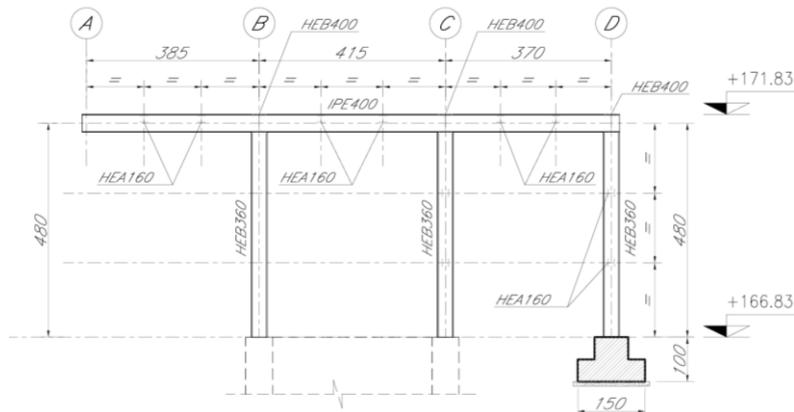


Figura 3. Sezione all. 5

Tutti i pilastri della pensilina in oggetto sono fondati sulla struttura in c.a. del sottopasso di stazione, salvo quelli appartenenti all'allineamento D, che sono fondati su una trave rovescia di fondazione con sezione a T.

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	6 di 106

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 Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 1 – Ambiente
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 C Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 C Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale
- 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.

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	7 di 106

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.

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	8 di 106

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 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.

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	9 di 106

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.

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	10 di 106

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:

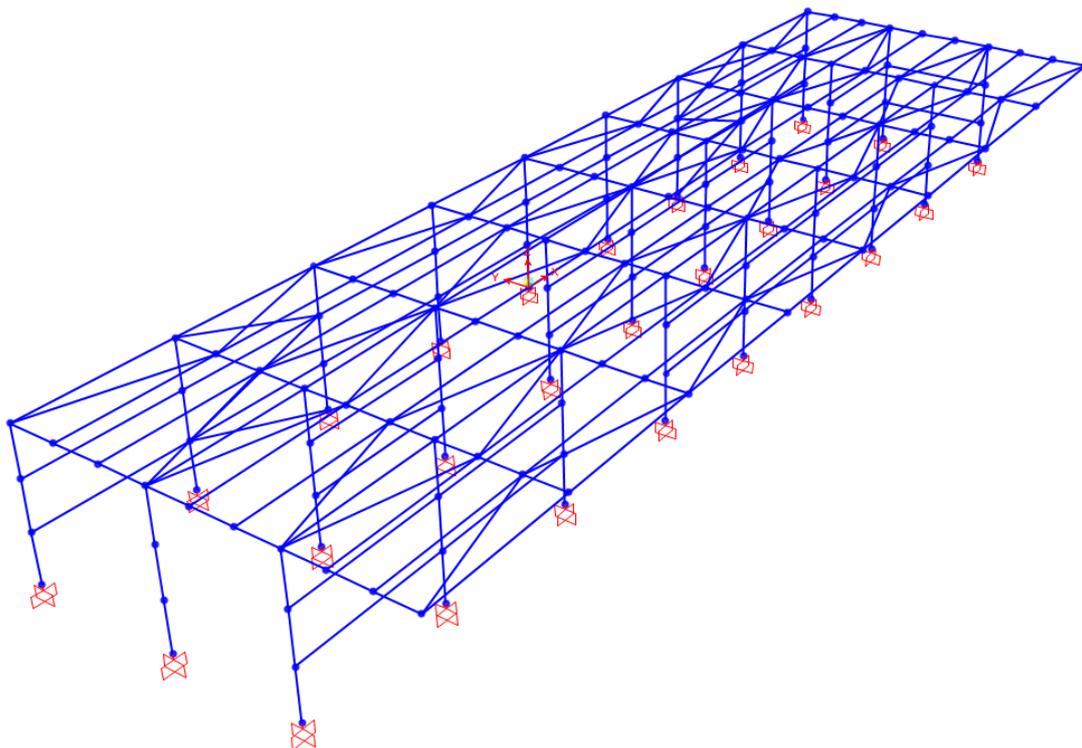


Figura 4 - Modello SAP2000, vista prospettica

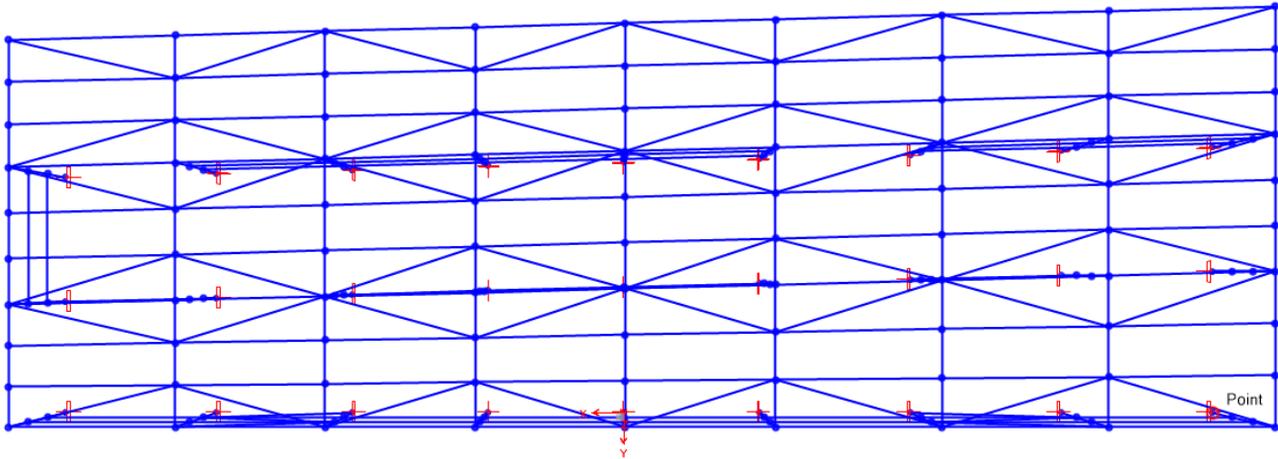


Figura 5- Modello SAP2000, vista in pianta

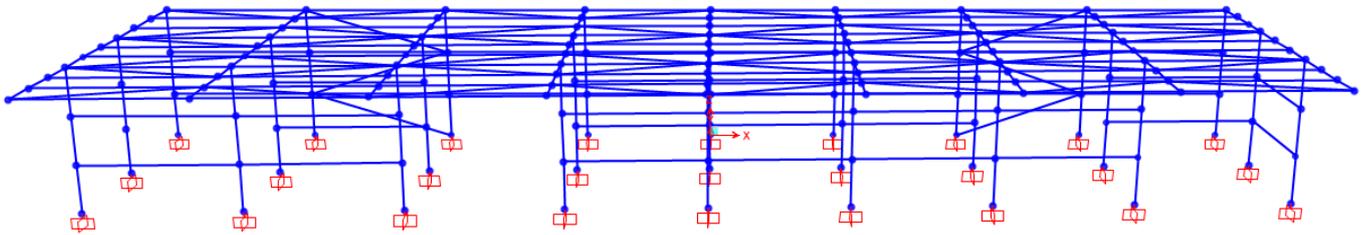


Figura 6- Modello SAP2000, vista prospetto longitudinale

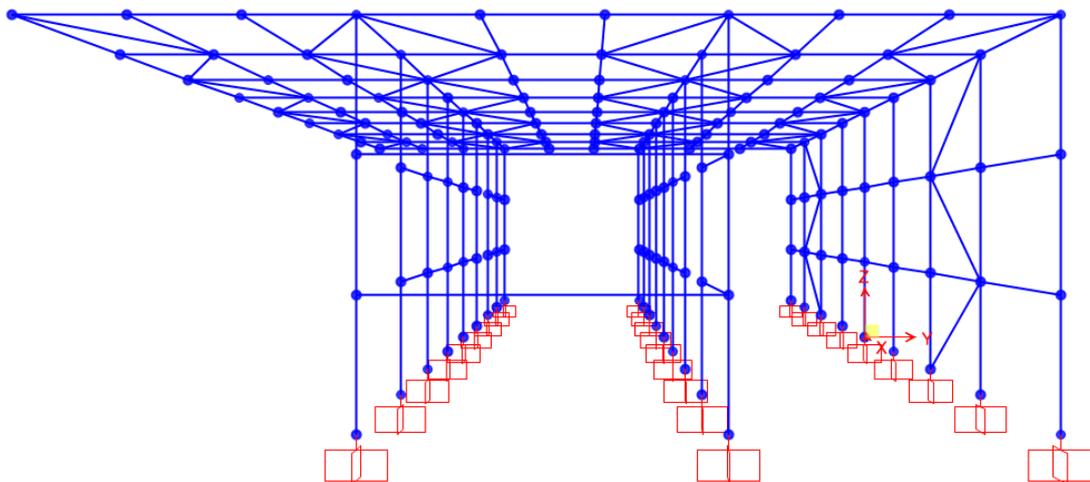


Figura 7- Modello SAP2000, vista prospetto trasversale

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	12 di 106

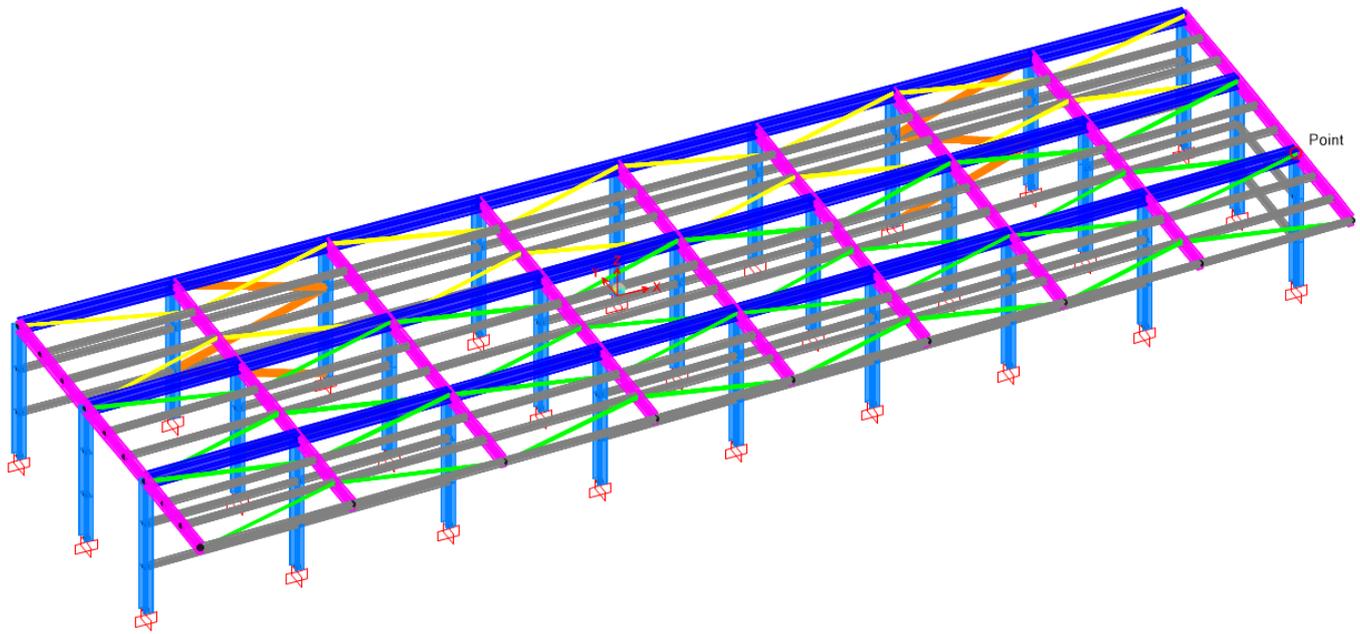


Figura 8- Modello SAP2000, vista estrusa

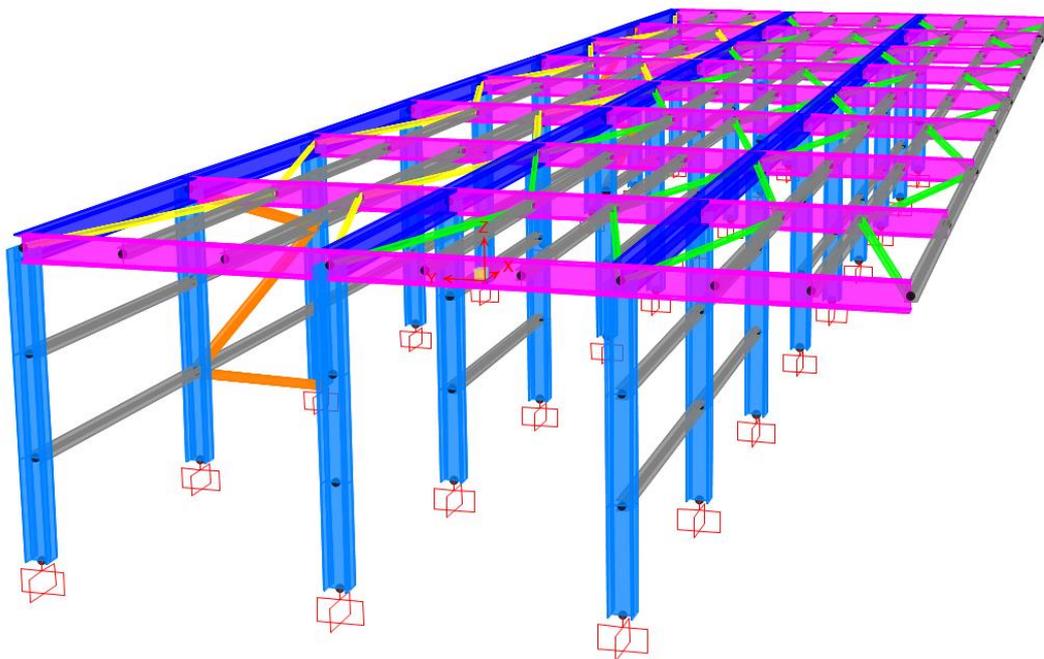


Figura 9- Modello SAP2000, vista estrusa prospettica

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**

3.3. Carico variabile sulla copertura

Il carico della manutenzione è di: **0.5 kN/m^2** (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/m^2], 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/m^2 , $a_s < 200\text{ m}$ $\Rightarrow q_{sk} = 0.6\text{ kN/m}^2$

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 $C_e = 1.0$.

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	15 di 106

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_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

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

$$\Rightarrow \mu_1 = 0.8$$

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

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 ritornodi 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 Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	17 di 106

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

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	18 di 106

3.7. Pressione aerodinamica dovuta al passaggio dei treni

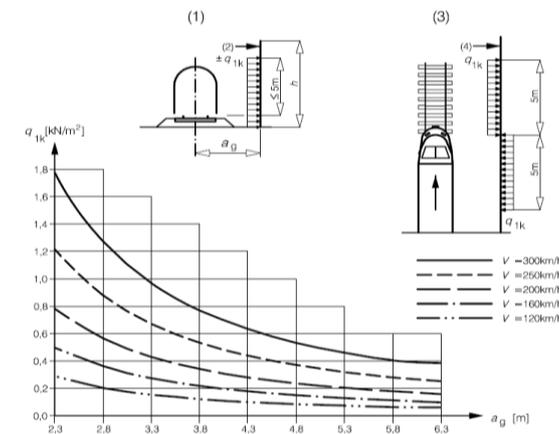
Il passaggio dei convogli ferroviari induce sulle superfici situate in prossimità della linea ferroviaria onde di pressione e depressione secondo gli schemi riportati nel seguito.

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

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NR1J

00 D 29

CL

FV0100202

A

19 di 106

b) pressione verticale sulla copertura al di sopra dei binari

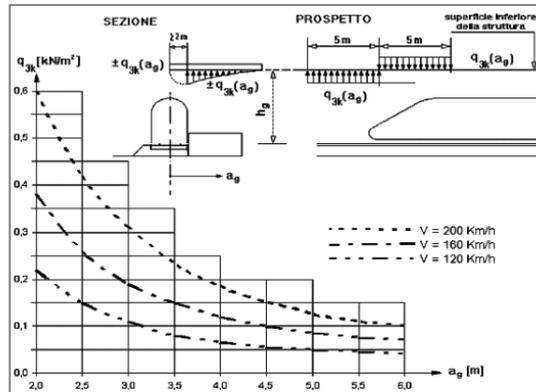


Figura 5.2.10 - Valori caratteristici delle azioni q_{3k} per superfici orizzontali adiacenti il binario

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

Si riporta a seguire la prescrizione indicata nel Manuale di Progettazione RFI, sez II, pag.74 di 497:

In ogni caso le azioni aerodinamiche devono essere cumulate con l'azione del vento. L'azione risultante dovrà essere maggiore di un valore minimo, funzione della velocità della linea e comunque di 1,50 kN/m² sia nella verifica agli SLE (combinazione caratteristica) sia nella verifica agli SLU con $\gamma_Q = 1,00$ e $\gamma_{Qi} = 1,00$.

Il valore minimo della risultante della combinazione del vento e dell'azione aerodinamica si assumerà pari a 1,50 KN/m² per linee percorse a velocità $V \leq 200$ Km/h e pari a 2,50 KN/m² per linee percorse a velocità $V > 200$ Km/h.

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	20 di 106

Nel caso in esame si distinguono i seguenti valori di pressione totale (azione del vento + effetto aerodinamico):

- sui piedritti pari a $p^* = 0.97 \text{ kN/m}^2 + 0.25 \text{ kN/m}^2 = 1.22 \text{ kN/m}^2 < 1.5 \text{ kN/m}^2$
si adotta quindi un valore minimo di pressione pari a 1.5 kN/m^2 ;
- sulla copertura pari a $p^* = 1.164 \text{ kN/m}^2 + 0.41 \text{ kN/m}^2 = 1.574 \text{ kN/m}^2 > 1.5 \text{ kN/m}^2$.

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

LONGITUDINE:

LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:

PROVINCIA:

COMUNE:

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 ▼

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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

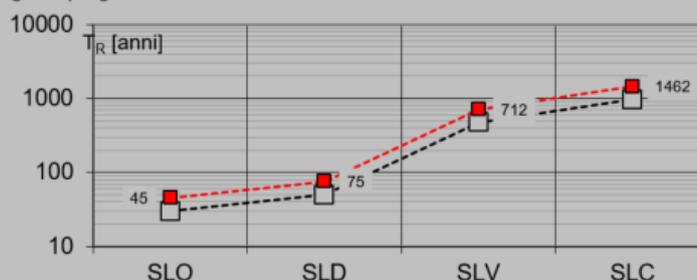
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="45"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="75"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="712"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="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

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	23 di 106

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
 Categoria topografica: **T1** info
 $S_s = 1.500$ $C_c = 1.483$ 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

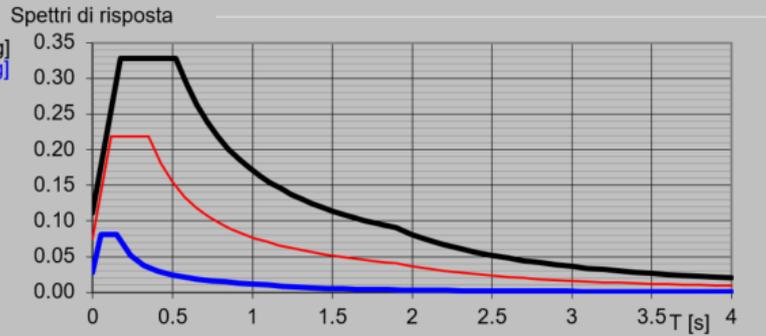
Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q **1** $\eta = 1.000$ info

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

$S_{d,o}$ [g]

$S_{d,v}$ [g]

S_e [g]



— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

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

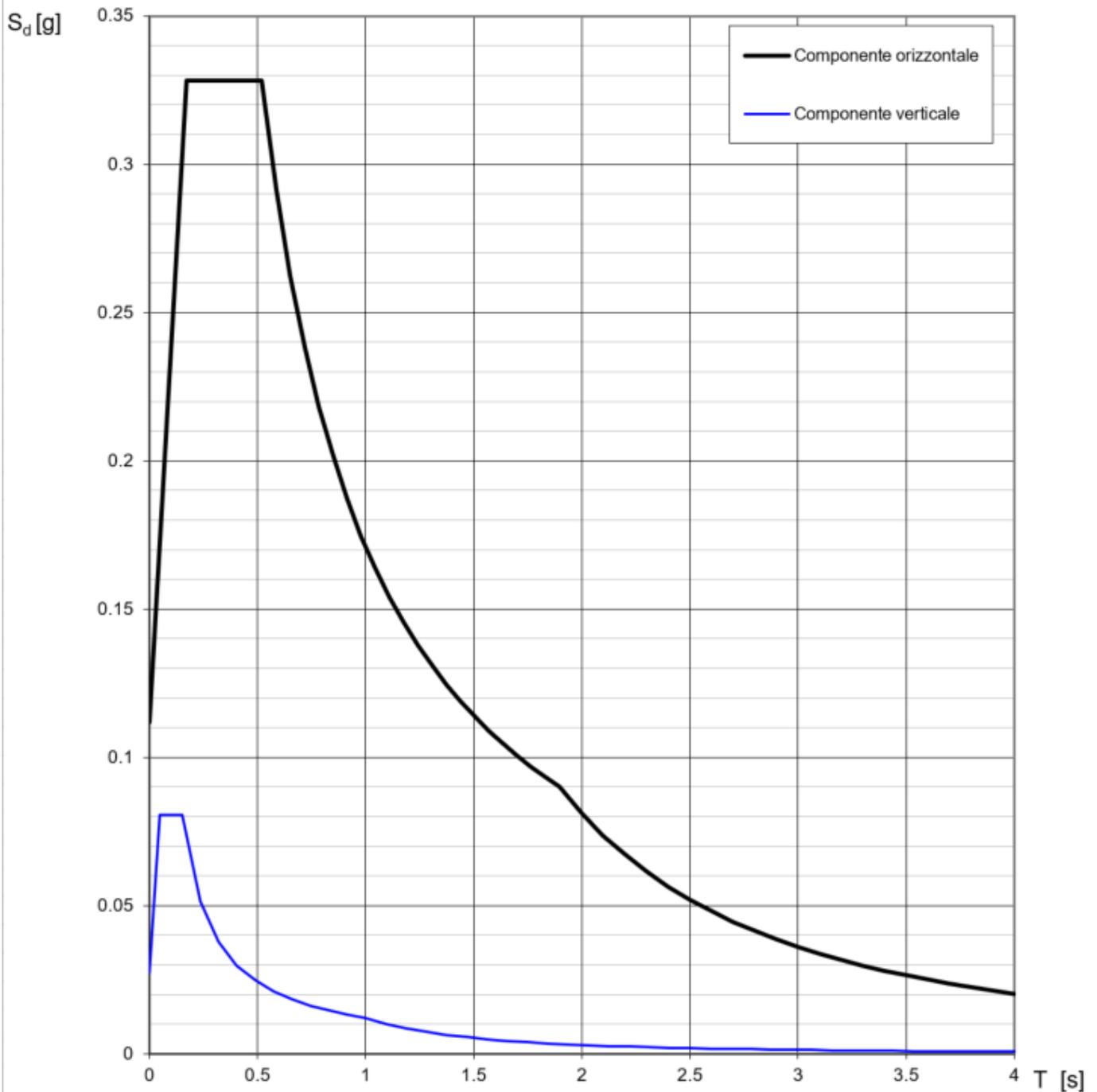
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	24 di 106

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

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

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

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

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

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

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	0.112
T_B ←	0.174	0.328
T_C ←	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 ←	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 Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	26 di 106

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

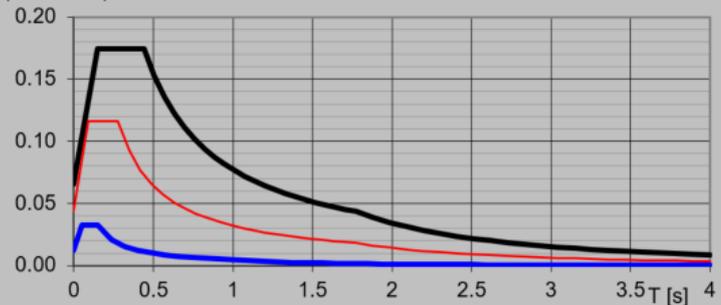
Grafici spettri di risposta ▶▶

Parametri e punti spettri di risposta ▶▶

Spettri di risposta

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

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



INTRO

FASE 1

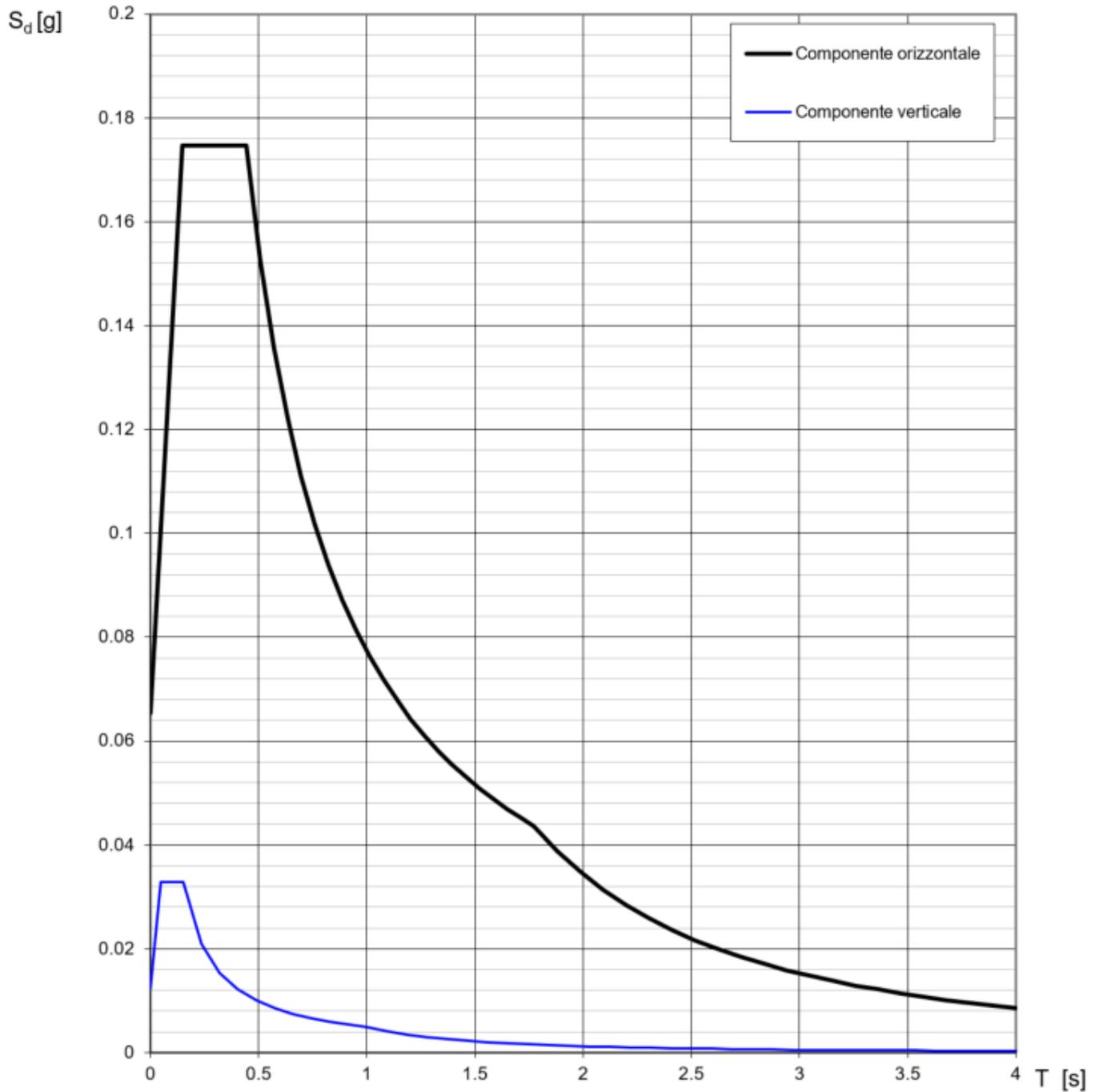
FASE 2

FASE 3

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	27 di 106

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 Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	30 di 106

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 Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	31 di 106

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

<u>Peso proprio</u>		$\gamma_g=1.35$			
$g_1 =$	Pilastri				
	Travi - Longitudinali				
	Travi - Transversali				
	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>					
$t^+ =$	$\Delta t^+ + t^{o+}$		0.6	0.6	0.5
$t^- =$	$t^o = -25^\circ\text{C}$		0.6	0.6	0.5
<u>Sismica</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				

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA

NR1J

LOTTO

00 D 29

CODIFICA

CL

DOCUMENTO

FV0100202

REV.

A

FOGLIO

32 di 106

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^-
K ₁	1	1	1	0	0.5	0	0.8	0.6	0
K ₂	1	1	1	0	0.5	0	0.8	0	0.6
K ₃	1	1	0	1	0.5	0	0.8	0.6	0
K ₄	1	1	0	1	0.5	0	0.8	0	0.6
K ₅	1	1	0.6	0	1	0	0.8	0.6	0
K ₆	1	1	0.6	0	1	0	0.8	0	0.6
K ₇	1	1	0	0.6	1	0	0.8	0.6	0
K ₈	1	1	0	0.6	1	0	0.8	0	0.6
K ₉	1	1	0.6	0	0.5	1	0.8	0.6	0
K ₁₀	1	1	0.6	0	0.5	1	0.8	0	0.6
K ₁₁	1	1	0	0.6	0.5	1	0.8	0.6	0
K ₁₂	1	1	0	0.6	0.5	1	0.8	0	0.6
K ₁₃	1	1	0.6	0	0.5	0	1	0.6	0
K ₁₄	1	1	0.6	0	0.5	0	1	0	0.6
K ₁₅	1	1	0	0.6	0.5	0	1	0.6	0
K ₁₆	1	1	0	0.6	0.5	0	1	0	0.6
K ₁₇	1	1	0.6	0	0.5	0	0.8	1	0
K ₁₈	1	1	0	0.6	0.5	0	0.8	1	0
K ₁₉	1	1	0.6	0	0.5	0	0.8	0	1
K ₂₀	1	1	0	0.6	0.5	0	0.8	0	1

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA

NR1J

LOTTO

00 D 29

CODIFICA

CL

DOCUMENTO

FV0100202

REV.

A

FOGLIO

33 di 106

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^-
F ₁	1	1	0.5	0	0	0	0	0.5	0
F ₂	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0.5
F ₃	1	1	0	0.5	0	0	0	0.5	0
F ₄	1	1	0	0.5	0	0	0	0	0.5
F ₅	1	1	0	0	0.2	0	0	0.5	0
F ₆	1	1	0	0	0.2	0	0	0	0.5
F ₇	1	1	0	0	0	0	0.8	0.5	0
F ₈	1	1	0	0	0	0	0.8	0	0.5
F ₉	1	1	0	0	0	0	0	0.6	0
F ₁₀	1	1	0	0	0	0	0	0	0.6
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^-
QP ₁	1	1	0	0	0	0	0	0.5	0
QP ₂	1	1	0	0	0	0	0	0	0.5

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA

NR1J

LOTTO

00 D 29

CODIFICA

CL

DOCUMENTO

FV0100202

REV.

A

FOGLIO

34 di 106

STATO LIMITE ULTIMO									
FONDAMENTALE			$\gamma_{g1} \cdot G_1 + \gamma_{\Delta g} \cdot \Delta G + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$						
	g	Δg	$q_{1.1}$	$q_{1.2}$	q_2	q_3	q_4	t^+	t^-
U ₁	1.35	1.5	1.5	0	0.75	0	1.2	0.9	0
U ₂	1.35	1.5	1.5	0	0.75	0	1.2	0	0.9
U ₃	1.35	1.5	0	1.5	0.75	0	1.2	0.9	0
U ₄	1.35	1.5	0	1.5	0.75	0	1.2	0	0.9
U ₅	1.35	1.5	0.9	0	1.5	0	1.2	0.9	0
U ₆	1.35	1.5	0.9	0	1.5	0	1.2	0	0.9
U ₇	1.35	1.5	0	0.9	1.5	0	1.2	0.9	0
U ₈	1.35	1.5	0	0.9	1.5	0	1.2	0	0.9
U ₉	1.35	1.5	0.9	0	0.75	1.5	1.2	0.9	0
U ₁₀	1.35	1.5	0.9	0	0.75	1.5	1.2	0	0.9
U ₁₁	1.35	1.5	0	0.9	0.75	1.5	1.2	0.9	0
U ₁₂	1.35	1.5	0	0.9	0.75	1.5	1.2	0	0.9
U ₁₃	1.35	1.5	0.9	0	0.75	0	1.5	0.9	0
U ₁₄	1.35	1.5	0.9	0	0.75	0	1.5	0	0.9
U ₁₅	1.35	1.5	0	0.9	0.75	0	1.5	0.9	0
U ₁₆	1.35	1.5	0	0.9	0.75	0	1.5	0	0.9
U ₁₇	1.35	1.5	0.9	0	0.75	0	1.2	1.5	0
U ₁₈	1.35	1.5	0	0.9	0.75	0	1.2	1.5	0
U ₁₉	1.35	1.5	0.9	0	0.75	0	1.2	0	1.5
U ₂₀	1.35	1.5	0	0.9	0.75	0	1.2	0	1.5

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	35 di 106

COMBINAZIONE SISMICA	E + G1 + G2 + P + $\psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \dots$											
	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
SLVx	1	1	0.3	0.3	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0
SLVy	0.3	0.3	1	1	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0
SLVz	0.3	0.3	0.3	0.3	1	1	0	0	0	0	0	0
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

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	36 di 106

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 g1 + permanenti portati g2) è pari a ca 235 ton.

5.2. Coefficienti di partecipazione modale

OutputCase	StepNum	Period	UX	UY	UZ
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	1	0.431	63%	0%	0%
MODAL	2	0.215	0%	66%	2%
MODAL	10	0.165	0%	8%	2%
MODAL	11	0.160	0%	8%	3%
MODAL	19	0.088	13%	0%	0%

5.3. Principali forme modali

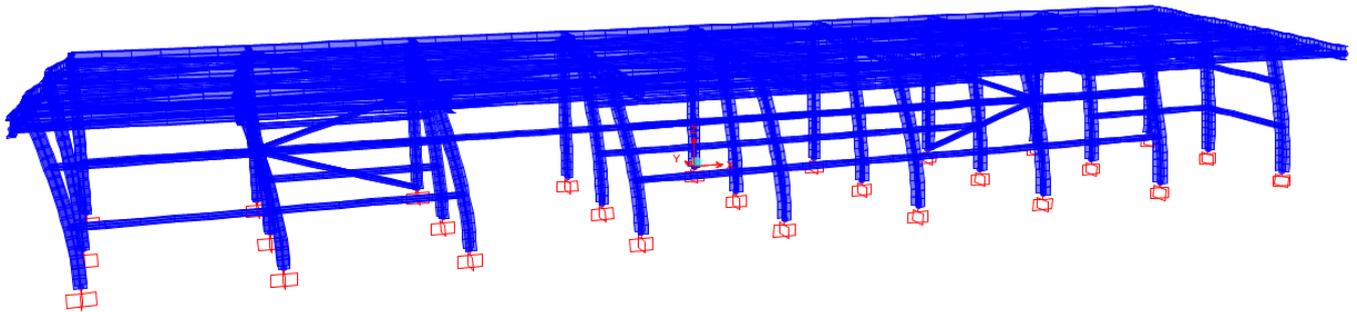


Figura 10- Modo 1, longitudinale (T=0.431sec)

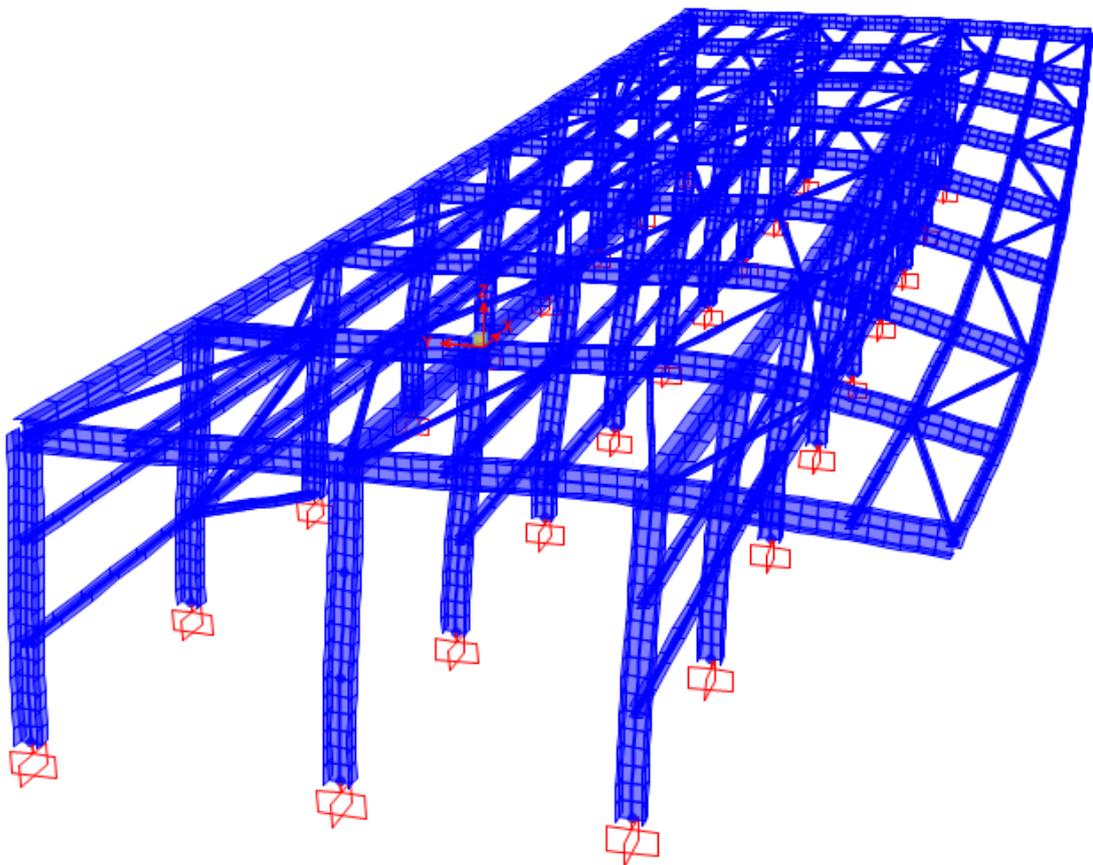


Figura 11- Modo 2, trasversale (T=0.215 sec)

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NR1J

00 D 29

CL

FV0100202

A

38 di 106

6. SOLLECITAZIONI DI CALCOLO SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI

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

Nelle seguenti immagini, gli elementi secondari sono stati nascosti con finalità di chiarezza espositiva.

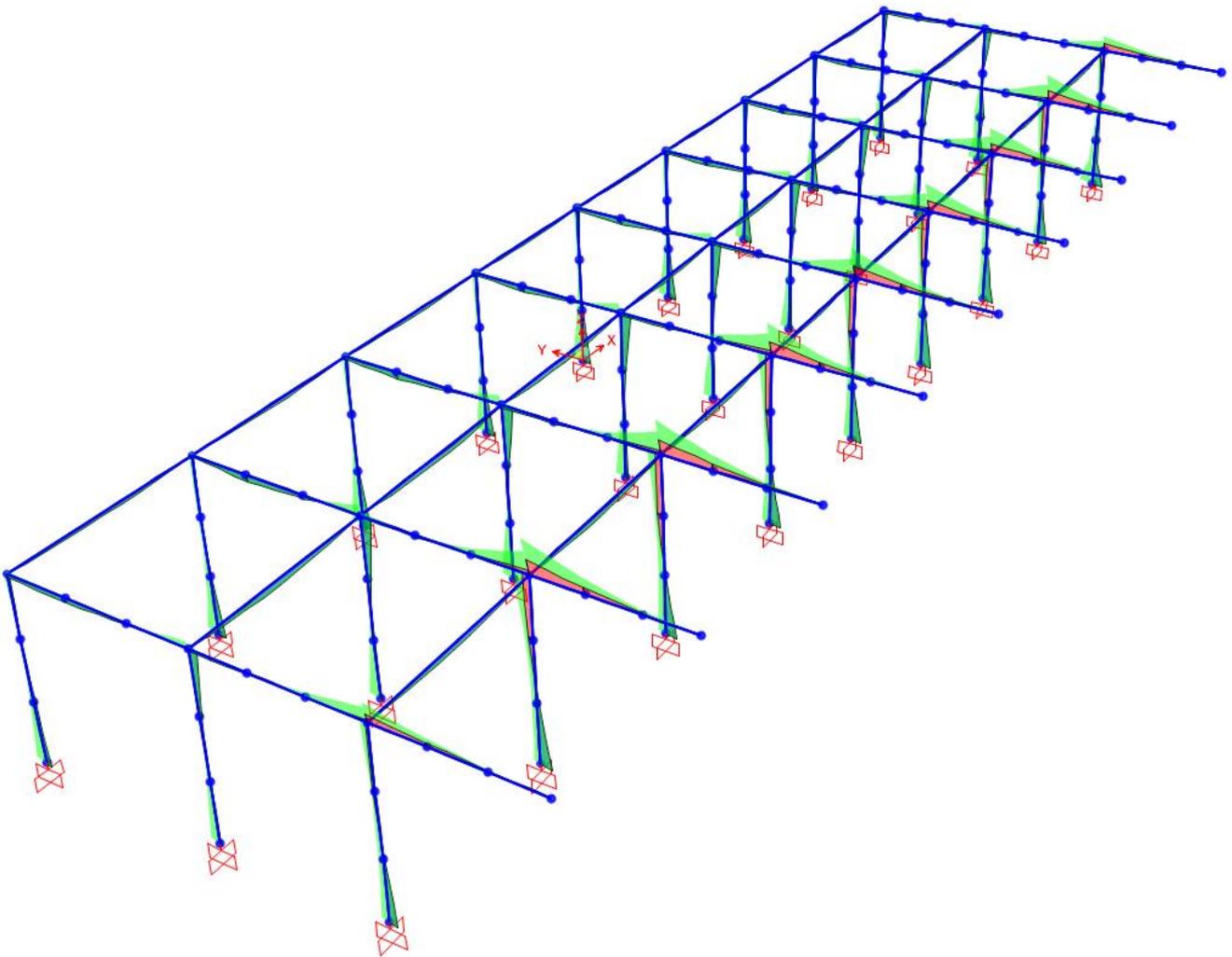


Figura 12- Momento flettente M33 - Involuppo SLU

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	39 di 106

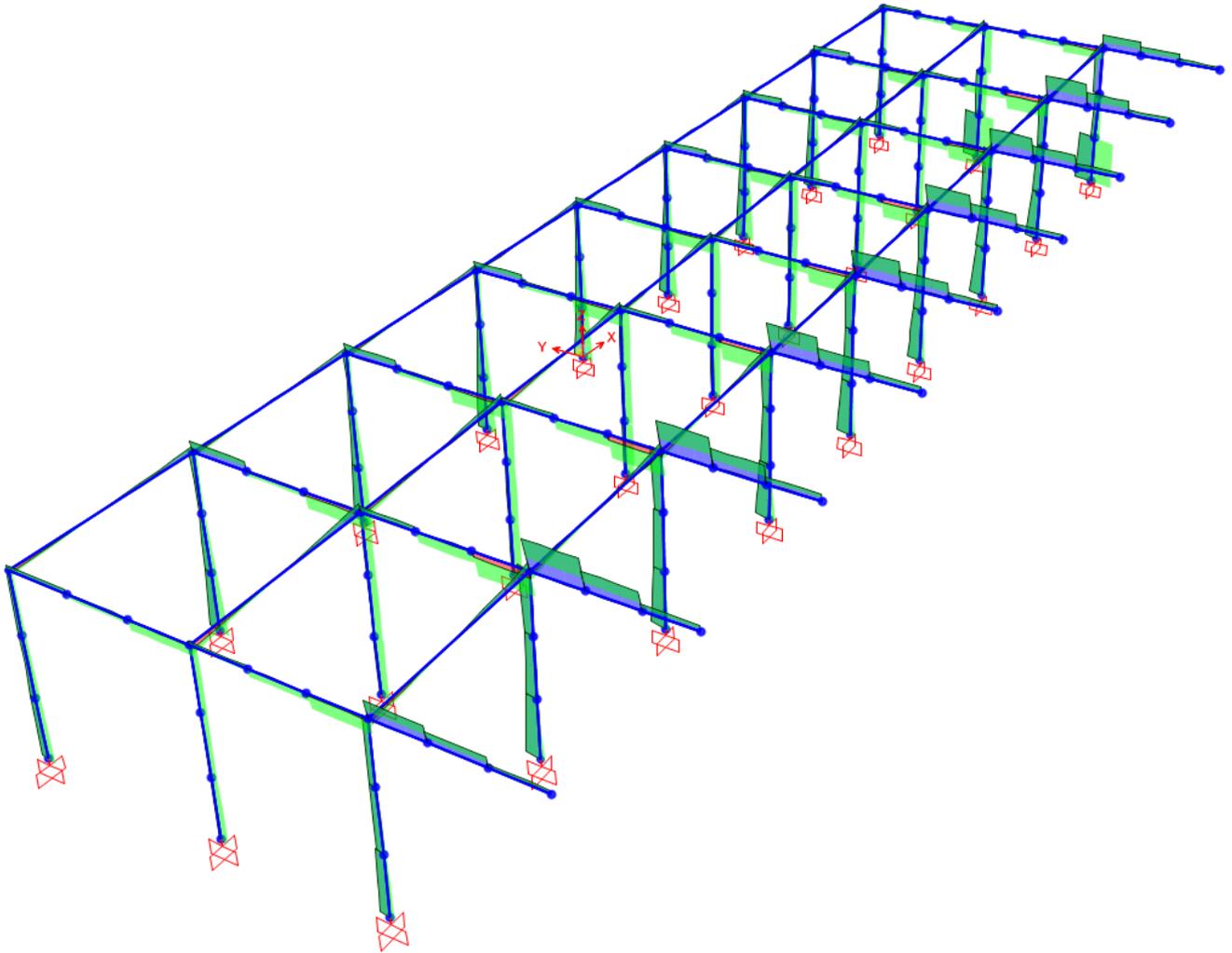


Figura 13- Taglio V22 - Inviluppo SLU

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	40 di 106

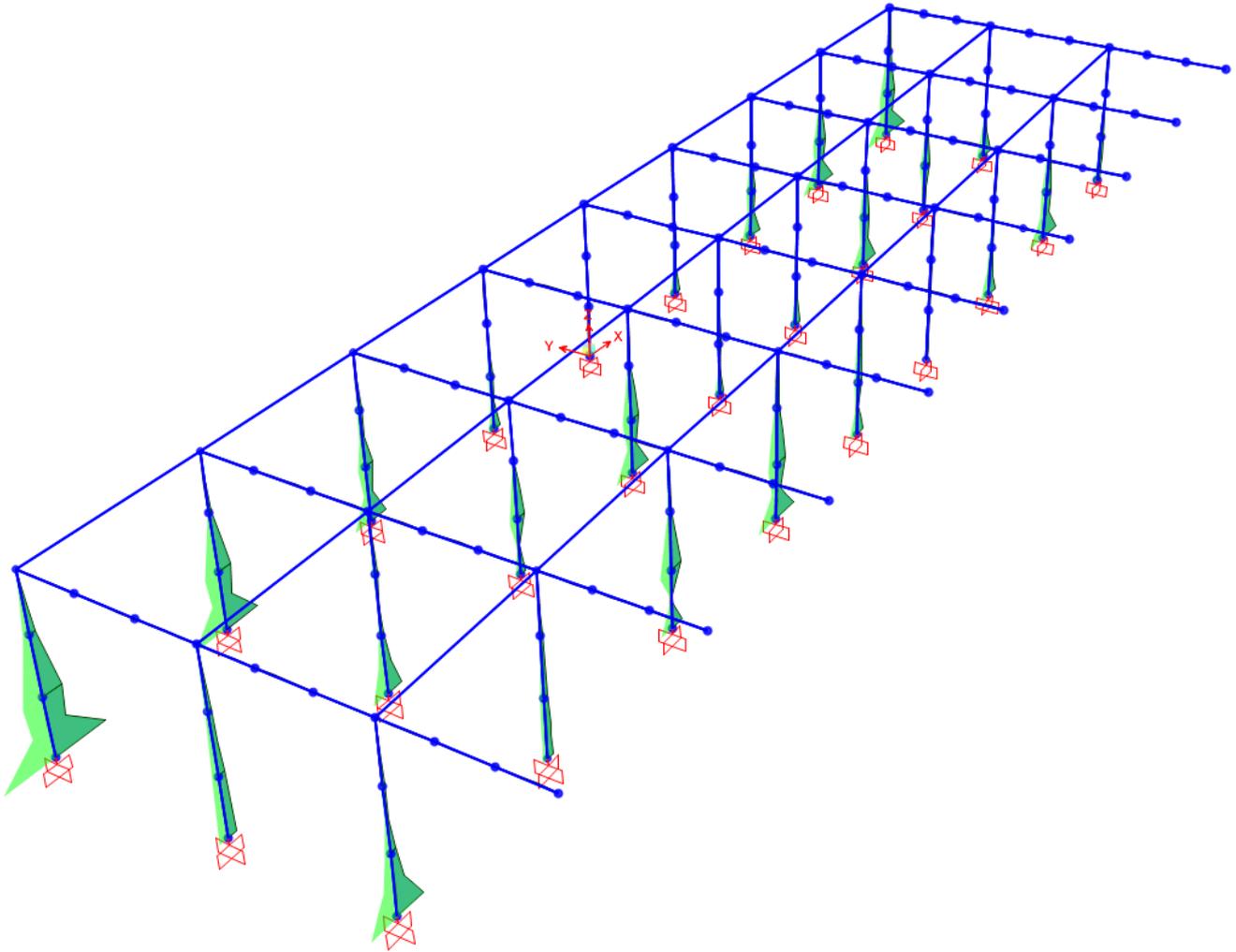


Figura 14- Momento flettente M22 - Involuppo SLU

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	41 di 106

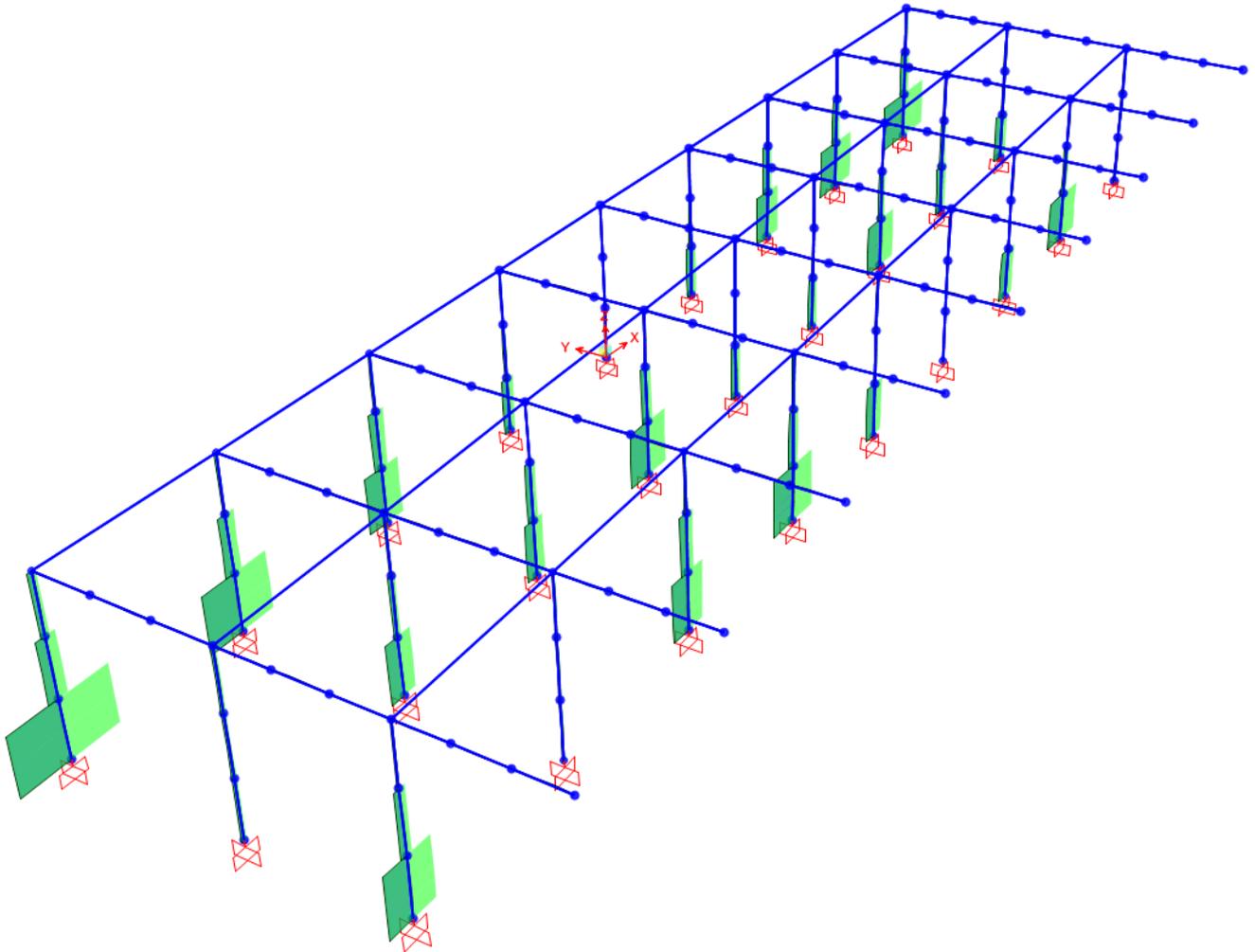


Figura 15- Taglio V33 - Involuppo SLU

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	42 di 106

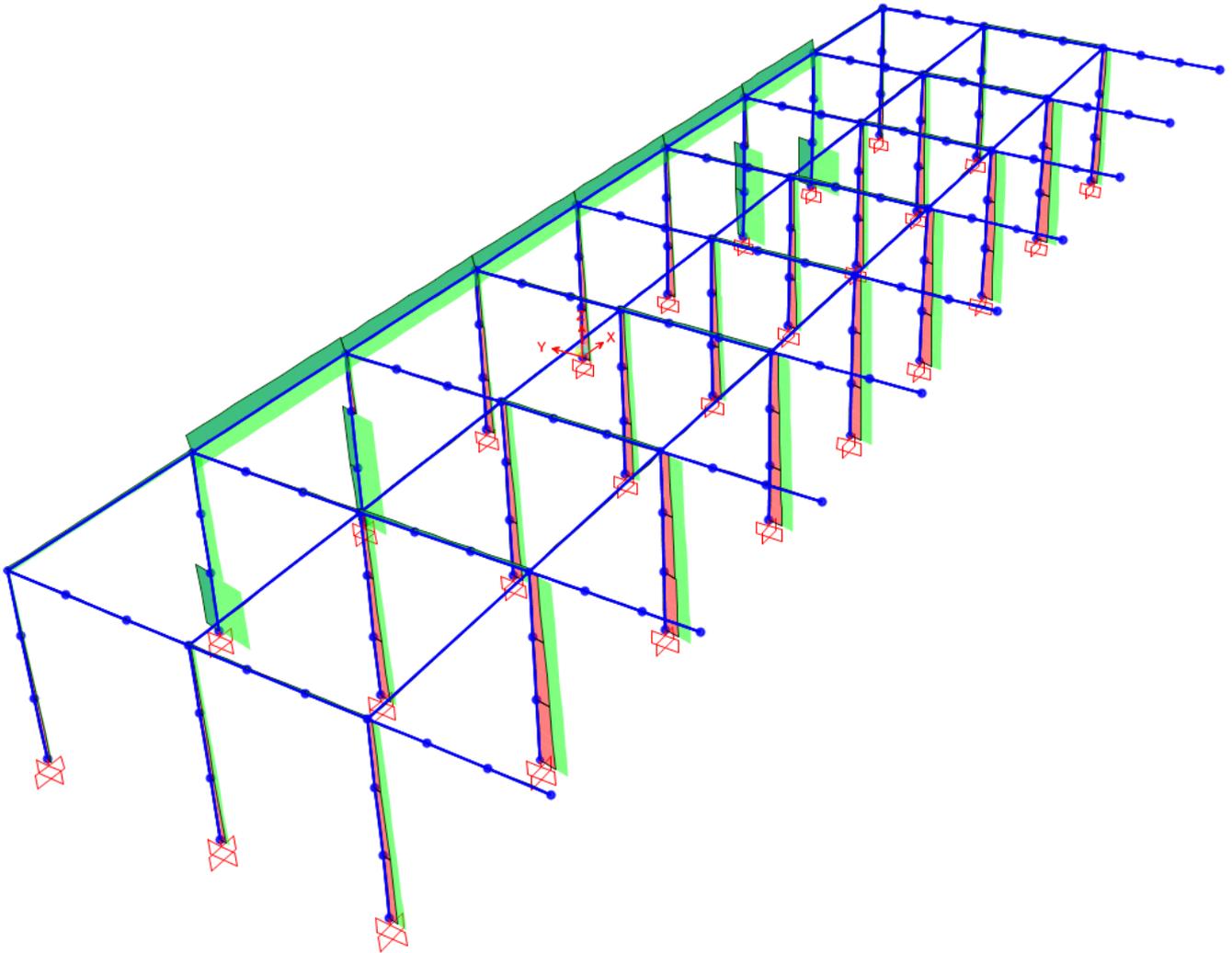


Figura 16- Forza assiale N - Involuppo SLU

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	43 di 106

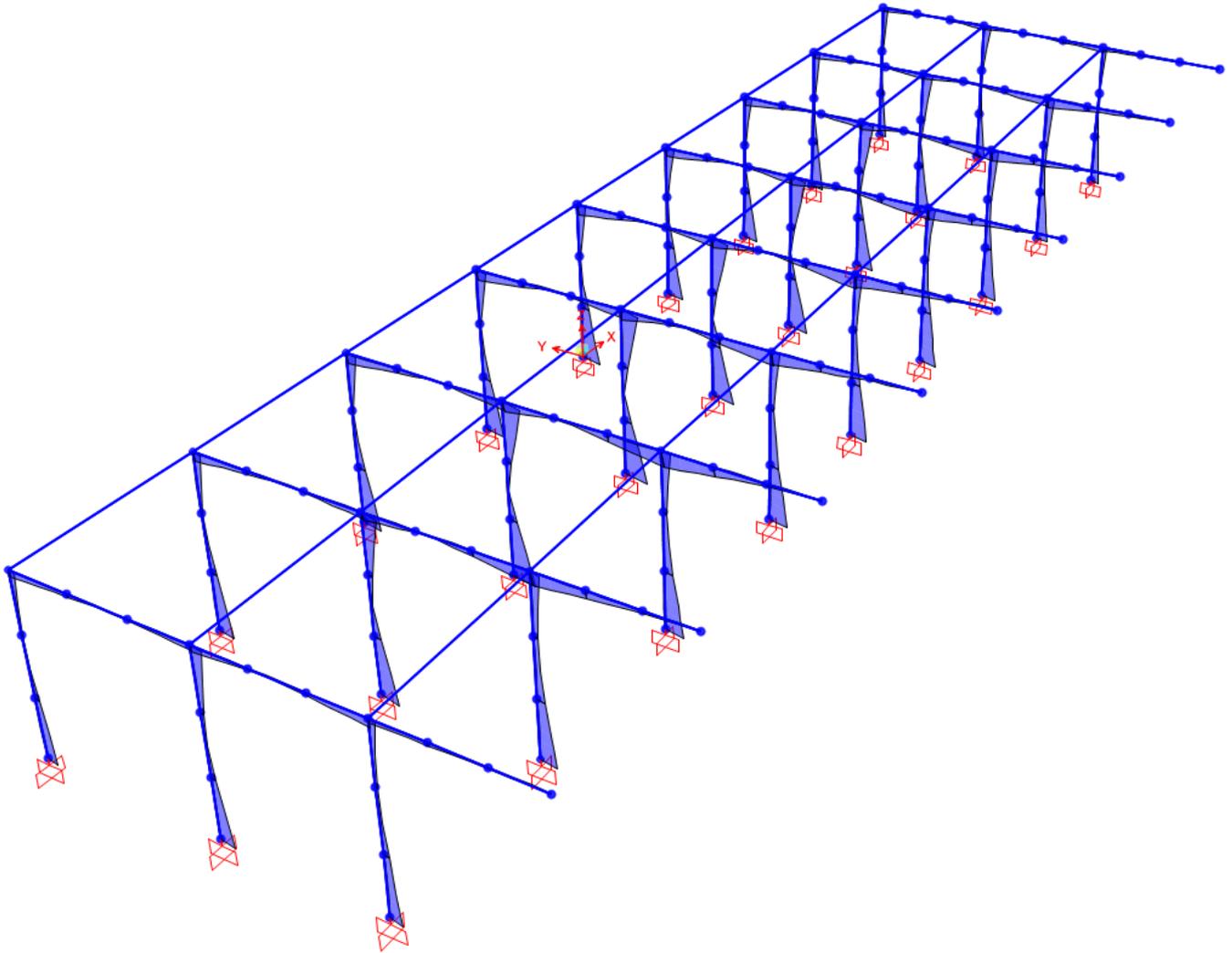


Figura 17- Momento flettente M33 - Sisma trasversale SLV_y

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	44 di 106

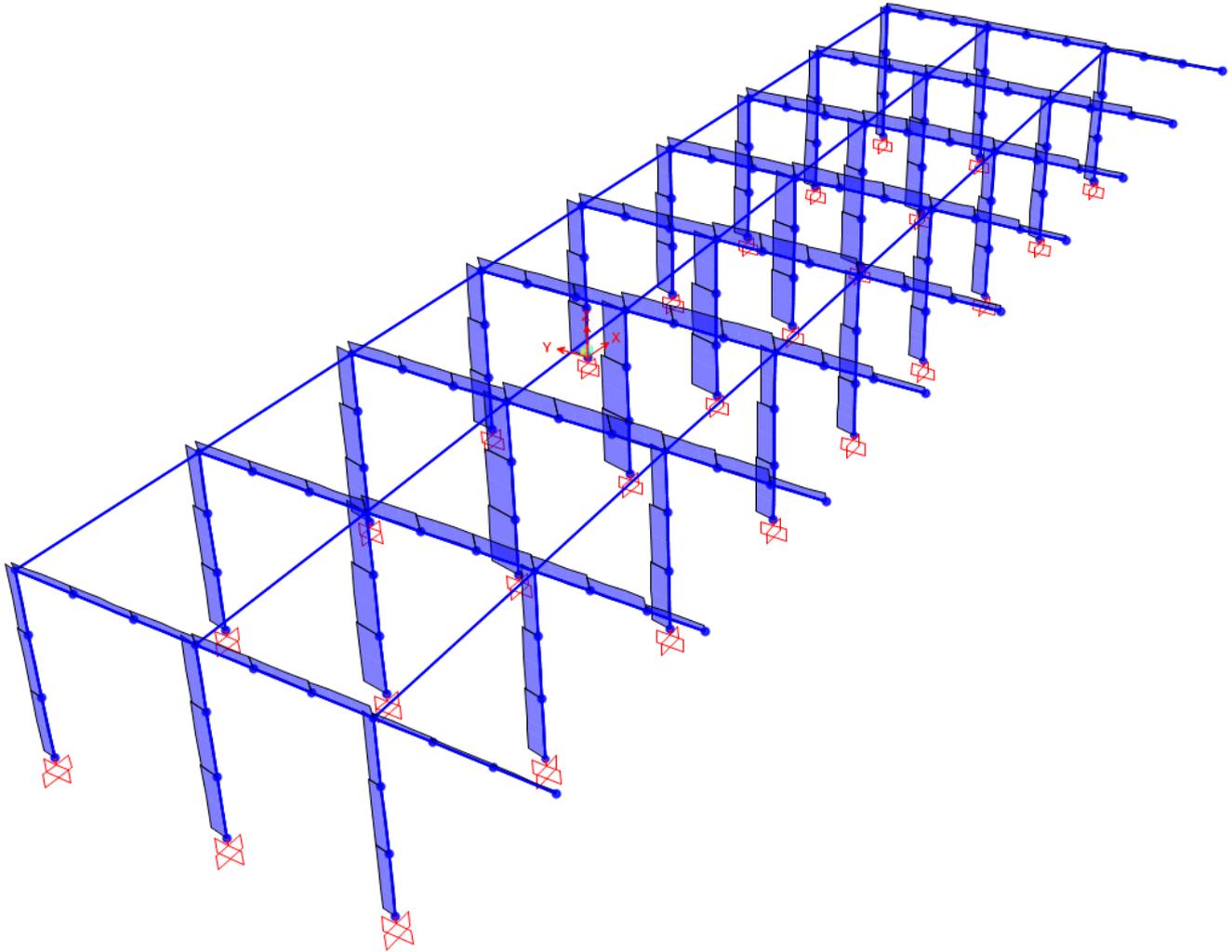


Figura 18- Taglio V22 - Sisma trasversale SLV_y

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	45 di 106

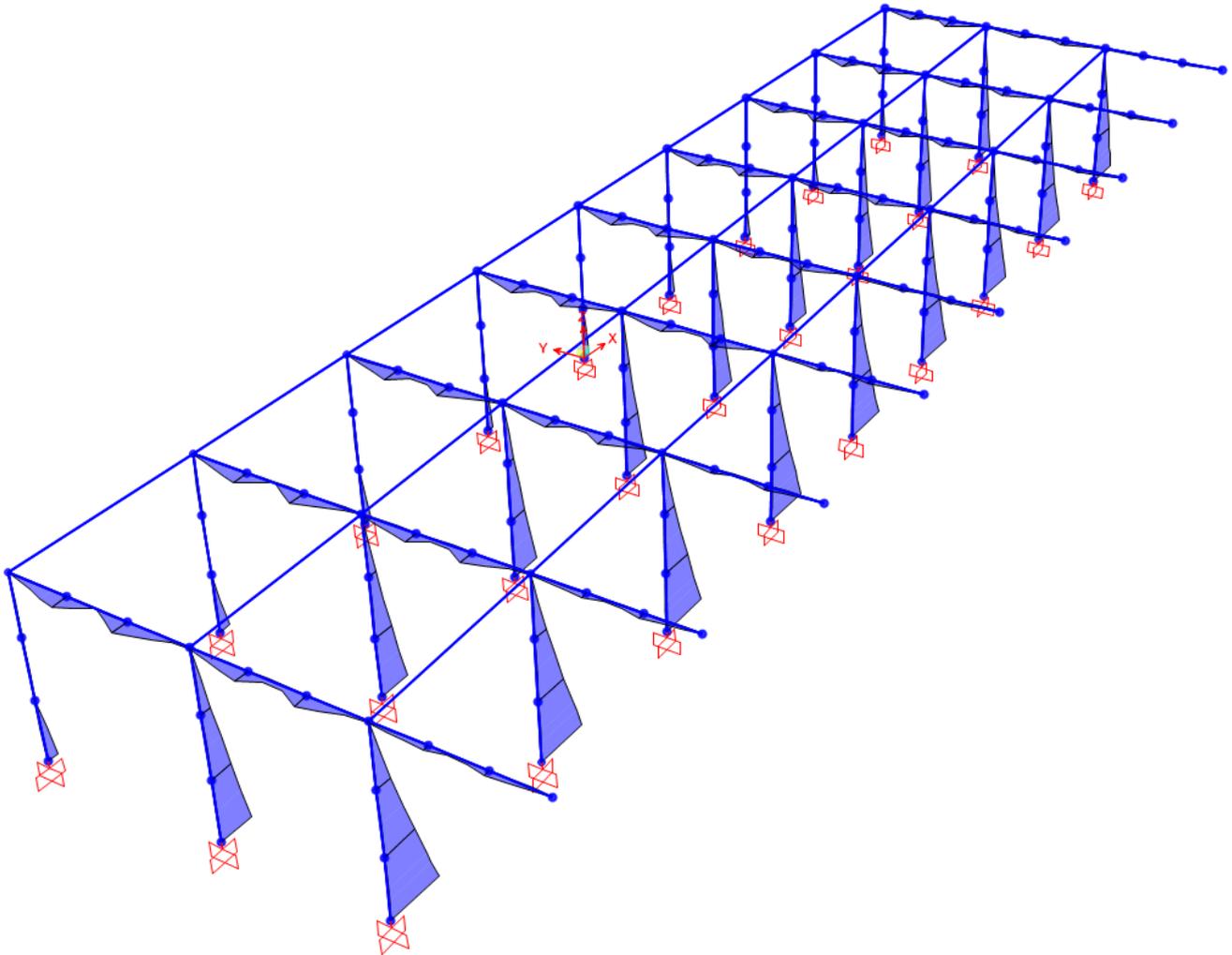


Figura 19- Momento flettente M22 - Sisma longitudinale SLV_x

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	46 di 106

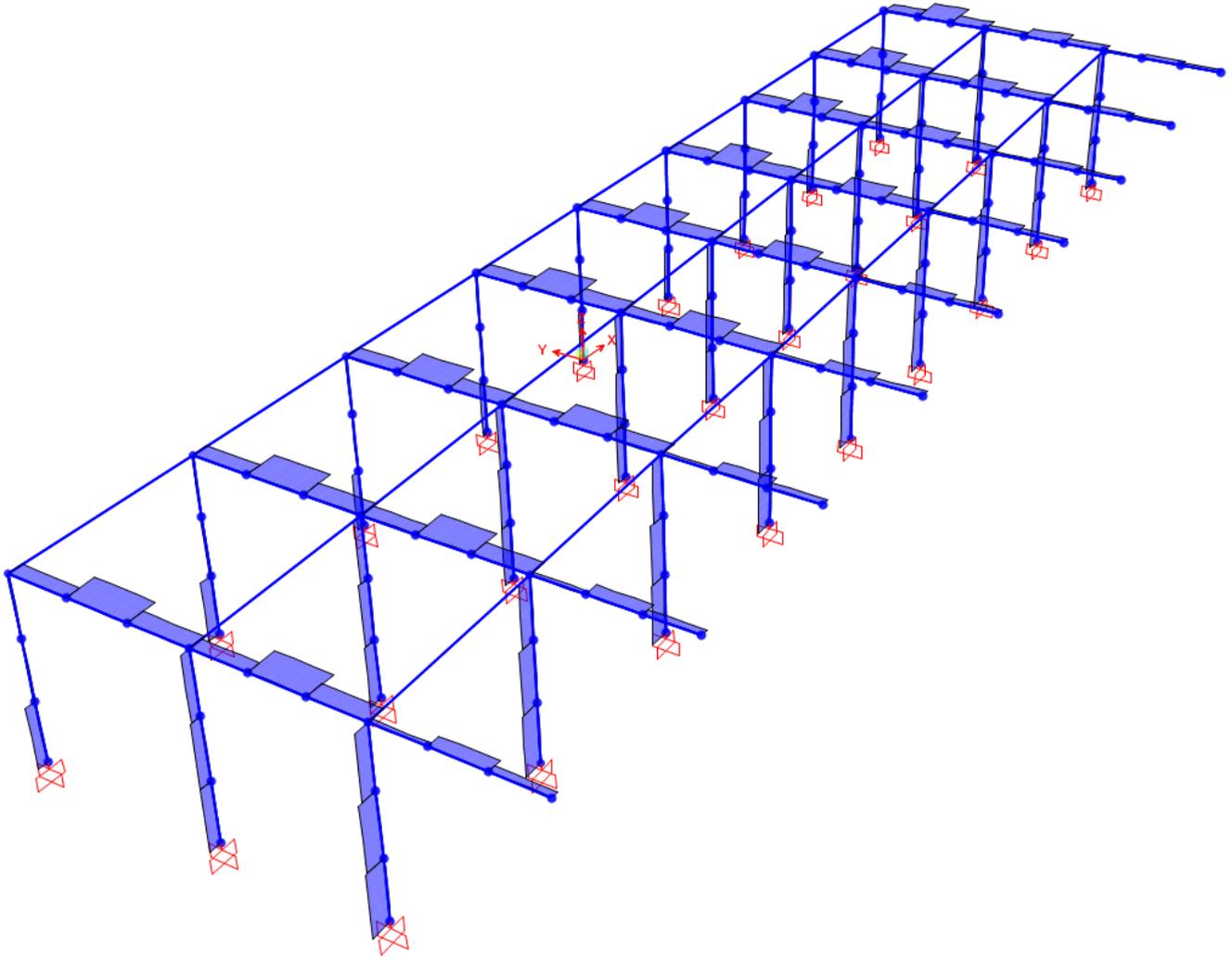


Figura 20- Taglio V33 - Sisma longitudinale SLV_x

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	47 di 106

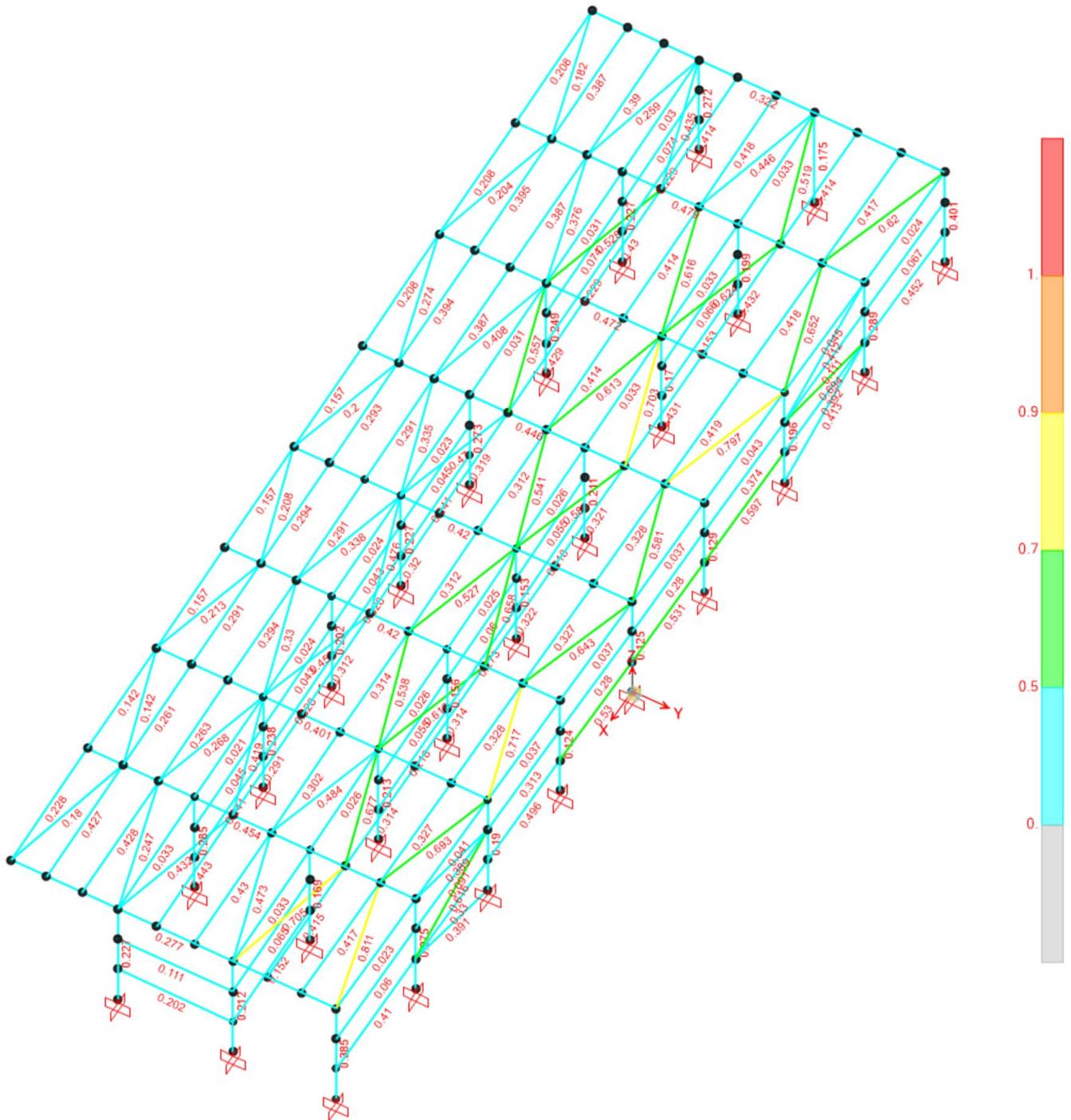
7. VERIFICHE DELLE DIFFERENTI MEMBRATURE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

Steel Frame Design Preferences for Italian NTC 2018

	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-MRF
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/	120.
17	Super DL+LL Limit, L/	120.
18	Live Load Limit, L/	360.
19	Total Limit, L/	240.
20	Total--Camber Limit, L/	240.
21	Pattern Live Load Factor	0.75
22	Demand/Capacity Ratio Limit	0.95

7.1. Verifiche di resistenza di tutti gli elementi

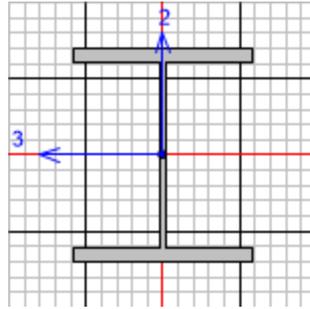


FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	49 di 106

7.2. Verifiche di resistenza delle colonne HEB360



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

Frame : 330	X Mid: -19.5	Combo: SLU_19	Design Type: Column
Length: 4.7	Y Mid: 0.	Shape: HE360B	Frame Type: DCL-MRF
Loc : 0.	Z Mid: 2.35	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=0.75	D/C Lim=0.95

Aeff=0.018	eNy=-2.537E-04	eNz=-2.537E-04		
A=0.018	Iyy=4.319E-04	iyy=0.154	Wel,yy=0.002	Weff,yy=0.002
It=2.980E-06	Izz=1.014E-04	izz=0.075	Wel,zz=6.760E-04	Weff,zz=6.760E-04
Iw=2.888E-06	Iyz=0.	h=0.36	Wpl,yy=0.003	Av,y=0.014
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,zz=0.001	Av,z=0.006

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.	-59.004	-61.95	-138.183	-22.436	-119.56	5.608E-04

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

D/C Ratio: 0.401 = $(0.068)^2 + (0.396)^1 < 0.95$ OK
 = $(My,Ed/Mn,y,Rd)^\alpha + (Mz,Ed/Mn,z,Rd)^\beta$ (NTC Eq 4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-59.004	6119.524	6119.524

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	6119.524	6646.32	90924.787	90924.787	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	40523.461	0.398	0.613	0.927	5671.496
MajorB (y-y)	b	0.34	40523.461	0.398	0.613	0.927	5671.496
Minor (z-z)	c	0.49	85625.632	0.274	0.556	0.962	5889.54

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	50 di 106

MinorB(z-z)	c	0.49	85625.632	0.274	0.556	0.962	5889.54
Torsional TF	c	0.49	90924.787	0.266	0.551	0.967	5914.731

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-61.95	-61.95	-185.851	-29.563
Minor (z-z)	-138.183	-138.183	-414.548	-16.361

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	907.11	907.11	907.11	907.11
Minor (z-z)	348.914	348.914	348.914	

LTB	Curve b	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
		0.34	0.198	0.519	1.	1.604	24294.556

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.401	0.44	0.874	0.733

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	22.436	5.608E-04	1189.984	0.019	OK
Minor (y)	119.56	5.608E-04	2764.51	0.043	OK

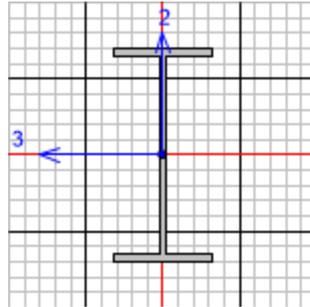
Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
	1189.984	1.	0.35

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	51 di 106

7.3. Verifiche di resistenza delle travi IPE400



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

Frame : 95	X Mid: -14.5	Combo: SLU_10	Design Type: Beam
Length: 12.57	Y Mid: -6.285	Shape: IPE400	Frame Type: DCL-MRF
Loc : 3.85	Z Mid: 4.7	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=0.75	D/C Lim=0.95

Aeff=0.008	eNy=-2.537E-04	eNz=-2.537E-04		
A=0.008	Iyy=2.313E-04	iyy=0.165	Wel,yy=0.001	Weff,yy=0.001
It=0.	Izz=1.318E-05	izz=0.039	Wel,zz=1.464E-04	Weff,zz=1.464E-04
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.4	Wpl,yy=0.001	Av,y=0.005
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,zz=2.290E-04	Av,z=0.004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
3.85	-1.643	-204.589	0.027	88.954	0.291	0.002

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

D/C Ratio: 0.479 = 0. + 0.475 + 0.003 < 0.95 OK

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

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-1.643	2856.905	2856.905

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	2856.905	3102.84	16626.979	16626.979	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	22954.206	0.362	0.582	0.963	2750.207
MajorB (y-y)	a	0.21	22954.206	0.362	0.582	0.963	2750.207

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	52 di 106

Minor (z-z)	b	0.34	11771.846	0.505	0.679	0.882	2520.026
MinorB(z-z)	b	0.34	11771.846	0.505	0.679	0.882	2520.026
Torsional TF	b	0.34	16626.979	0.425	0.628	0.916	2617.299

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-204.589	-204.589	-1688.196	-8.671
Minor (z-z)	0.027	0.403	0.22	0.302

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	441.89	441.89	441.89	430.6
Minor (z-z)	77.424	77.424	77.424	

	Curve c	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB		0.49	0.353	0.6	0.974	1.562	3716.675

	kyy	kzy	kzz
Factors	0.4	0.36	1.0601

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	88.954	0.002	834.106	0.107	OK
Minor (y)	0.291	0.002	1023.274	0.	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdaBarW
Reduction	834.106	1.	0.61

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

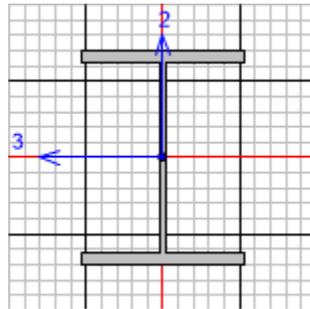
	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	17.342	31.048

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	53 di 106

7.4. Verifiche di resistenza delle travi HEB400



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

Frame : 23	X Mid: -12.	Combo: Sism_12	Design Type: Beam
Length: 5.	Y Mid: 0.	Shape: HE400B	Frame Type: DCL-MRF
Loc : 5.	Z Mid: 4.7	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=0.75
		D/C Lim=0.95

Aeff=0.02	eNy=-2.537E-04	eNz=-2.537E-04		
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
5.	19.966	0.	0.	444.727	0.	-0.004

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

D/C Ratio: 0.01 = 0. + 0.01 + 0. < 0.95 OK

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

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	19.966	6694.286	6694.286				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	6694.286	7270.56	17592.306	17592.306	1.		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	47819.418	0.383	0.593	0.957	6407.132
MajorB(y-y)	a	0.21	47819.418	0.383	0.593	0.957	6407.132
Minor (z-z)	b	0.34	8970.286	0.885	1.008	0.671	4489.74

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	54 di 106

MinorB(z-z)	b	0.34	8970.286	0.885	1.008	0.671	4489.74
Torsional TF	b	0.34	17592.306	0.632	0.773	0.821	5493.501

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0.	9.547	0.	7.161
Minor (z-z)	0.	0.	0.	0.

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	1092.724	1092.724	1092.724	909.277
Minor (z-z)	373.257	373.257	373.257	

LTB	Curve b	AlphaLT 0.34	LambdaBarLT 0.656	PhiLT 0.792	ChiLT 0.832	psi 1.143	Mcr 2669.746
-----	------------	-----------------	----------------------	----------------	----------------	--------------	-----------------

Factors	kyy 0.95	kyz 0.6	kzy 1.	kzz 1.
---------	-------------	------------	-----------	-----------

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	444.727	0.002	1370.299	0.325	OK
Minor (y)	0.	0.002	2937.359	0.	OK

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

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

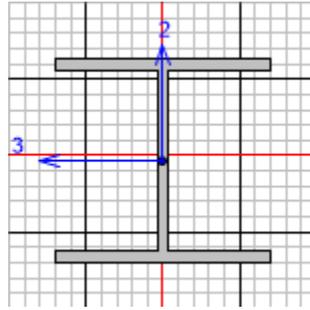
Major (V2)	VMajor Left 14.301	VMajor Right 14.301
------------	--------------------------	---------------------------

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	55 di 106

7.5. Verifiche di resistenza delle travi HEA160



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

Frame : 358	X Mid: -7.	Combo: SLU_17	Design Type: Beam
Length: 5.	Y Mid: 0.	Shape: HE160A	Frame Type: DCL-MRF
Loc : 5.	Z Mid: 1.567	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=0.75	D/C Lim=0.95

Aeff=0.004	eNy=-2.537E-04	eNz=-2.537E-04		
A=0.004	Iyy=1.673E-05	iy=0.066	Wel,yy=2.201E-04	Weff,yy=2.201E-04
It=0.	Izz=6.160E-06	izz=0.04	Wel,zz=7.700E-05	Weff,zz=7.700E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.152	Wpl,yy=2.450E-04	Av,y=0.003
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,zz=1.180E-04	Av,z=0.001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
5.	-190.417	0.	0.	0.	-1.234	5.982E-05

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

D/C Ratio: 0.597 = 0.533 + 0. + 0.064 < 0.95 OK

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

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-190.417	1311.81	1311.81

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	1311.81	1424.736	2099.144	2099.144	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	1386.995	0.997	1.132	0.599	786.068
MajorB(y-y)	b	0.34	1386.995	0.997	1.132	0.599	786.068
Minor (z-z)	c	0.49	510.693	1.642	2.202	0.273	357.571

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	56 di 106

MinorB(z-z)	c	0.49	510.693	1.642	2.202	0.273	357.571
Torsional TF	c	0.49	2099.144	0.81	0.978	0.656	860.347

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0.	0.	0.	0.
Minor (z-z)	0.	-1.542	0.	1.156

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	82.833	82.833	81.284	47.071
Minor (z-z)	39.895	39.895	39.895	

LTB	Curve b	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
		0.34	1.046	1.191	0.568	1.	79.526

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	1.193	0.995	0.929	1.658

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	0.	5.982E-05	258.444	0.	OK
Minor (y)	1.234	5.982E-05	600.433	0.002	OK

Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
	258.444	1.	0.314

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

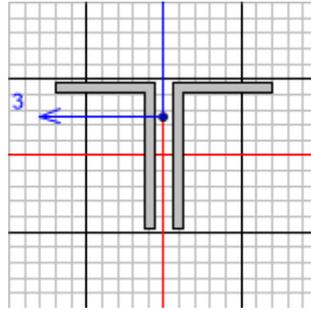
Major (V2)	VMajor Left	VMajor Right
	0.	0.

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	57 di 106

7.6. Verifiche di resistenza die controventi 2L 150*100*10/20



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

Frame : 478	X Mid: -12.	Combo: SLU_18	Design Type: Brace
Length: 5.24	Y Mid: 0.	Shape: 2L150X100X10/20	Frame Type: DCL-MRF
Loc : 5.24	Z Mid: 2.35	Class: Class 4	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=0.75
		D/C Lim=0.95

Aeff=0.004	eNy=0.011	eNz=0.		
A=0.005	Iyy=1.103E-05	iy=0.048	Wel, yy=1.081E-04	Weff, yy=1.081E-04
It=0.	Izz=9.338E-06	izz=0.044	Wel, zz=8.489E-05	Weff, zz=8.489E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.15	Wpl, yy=1.980E-04	Av, y=0.002
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl, zz=1.614E-04	Av, z=0.003

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
5.24	-322.388	0.	0.	1.537	0.	8.357E-05

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq 4.2.41)
D/C Ratio: 0.694 = 0.694 < 0.95 OK
= (Ned/Nb, Rd) (NTC Eq 4.2.41)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc, Rd Capacity	Nt, Rd Capacity
Axial	-322.388	1450.74	1635.029

	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	1635.029	1775.779	2119.435	624.328	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Minor (y-y)	b	0.34	832.687	1.353	1.611	0.402	583.78
MinorB(y-y)	b	0.34	832.687	1.353	1.611	0.402	583.78
Major (z-z)	b	0.34	704.953	1.47	1.796	0.354	512.86
MajorB(z-z)	b	0.34	704.953	1.47	1.796	0.354	512.86

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	58 di 106

Torsional TF b 0.34 624.328 1.562 1.951 0.32 464.794

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Minor (y-y)	0.	2.014	0.	1.51
Major (z-z)	0.	0.	0.	0.

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Minor (y-y)	36.557	36.557	36.557	27.876
Major (z-z)	28.701	28.701	28.701	

	Curve d	AlphaLT 0.76	LambdaBarLT 0.553	PhiLT 0.787	ChiLT 0.763	psi 1.316	Mcr 125.588
LTB							

	kyy	kzy	kzy	kzz
Factors	1.229	1.335	0.96	1.335

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	1.537	8.357E-05	585.598	0.003	OK
Minor (y)	0.	8.357E-05	324.031	0.	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	585.598	1.	0.197

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

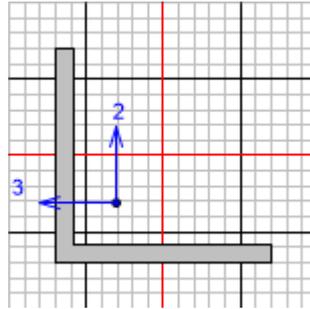
	P Comp	P Tens
Axial	-322.388	0.

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	59 di 106

7.7. Verifiche di resistenza delle travi L120x10



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

Frame : 468	X Mid: 16.	Combo: Sism_01	Design Type: Beam
Length: 5.16	Y Mid: -0.638	Shape: L120X10	Frame Type: DCL-MRF
Loc : 5.16	Z Mid: 4.7	Class: Class 4	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=0.75	D/C Lim=0.95

Aeff=0.002	eNy=-2.537E-04	eNz=-2.537E-04		
A=0.002	Iyy=3.129E-06	iyy=0.037	Wel, yy=3.602E-05	Weff, yy=3.615E-05
It=0.	Izz=3.129E-06	izz=0.037	Wel, zz=3.602E-05	Weff, zz=3.615E-05
Iw=0.	Iyz=-1.894E-06	h=0.12	Wpl, yy=6.648E-05	Av, y=0.001
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl, zz=6.648E-05	Av, z=0.001

Iyz=-1.894E-06	Imax=5.023E-06	imax=0.047	Wel, zz, maj=5.919E-05
Rot= 45. deg	Imin=1.235E-06	imin=0.023	Wel, zz, min=2.612E-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
5.16	-59.815	0.	0.	9.275	0.	-0.001

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

D/C Ratio: 0.811 = 0.733 + 0.076 + 0.002 < 0.95 OK

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

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-59.815	776.866	783.705

Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
---------	--------	--------	---------	-------

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	60 di 106

783.705 851.17 1434.554 348.918 1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	390.924	1.445	1.755	0.363	282.357
MajorB(y-y)	b	0.34	390.924	1.445	1.755	0.363	282.357
Minor (z-z)	b	0.34	96.14	2.913	5.203	0.105	81.644
MinorB(z-z)	b	0.34	96.14	2.913	5.203	0.105	81.644
Torsional TF	b	0.34	348.918	1.529	1.895	0.332	257.749

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0.	0.721	0.	0.541
Minor (z-z)	0.	0.	0.	0.

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	12.221	12.221	12.221	9.134
Minor (z-z)	12.221	12.221	12.221	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	d	0.76	0.575	0.808	0.747	1.	38.834

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	1.07	1.436	0.948	1.436

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	9.275	7.127E-04	234.239	0.04	OK
Minor (y)	0.	7.127E-04	234.239	0.	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	234.239	1.	0.

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	0.761	0.761

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	61 di 106

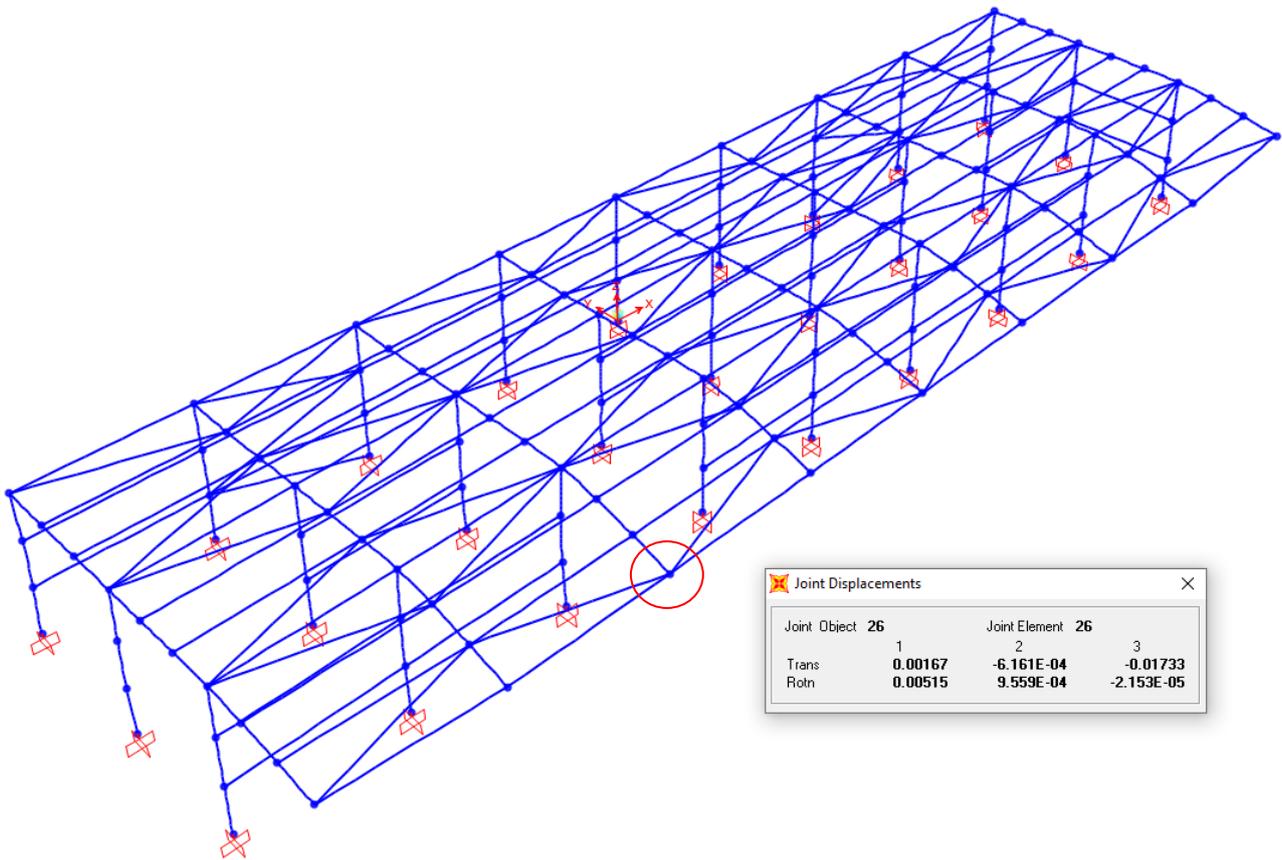
8. VERIFICHE DI DEFORMABILITA' DELLA STRUTTURA METALLICA

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 = 17.1 mm combinazioni caratteristica SLE RARA 10**

$$L / f = 3850 \text{ mm} / 17.3 \text{ mm} = 222$$

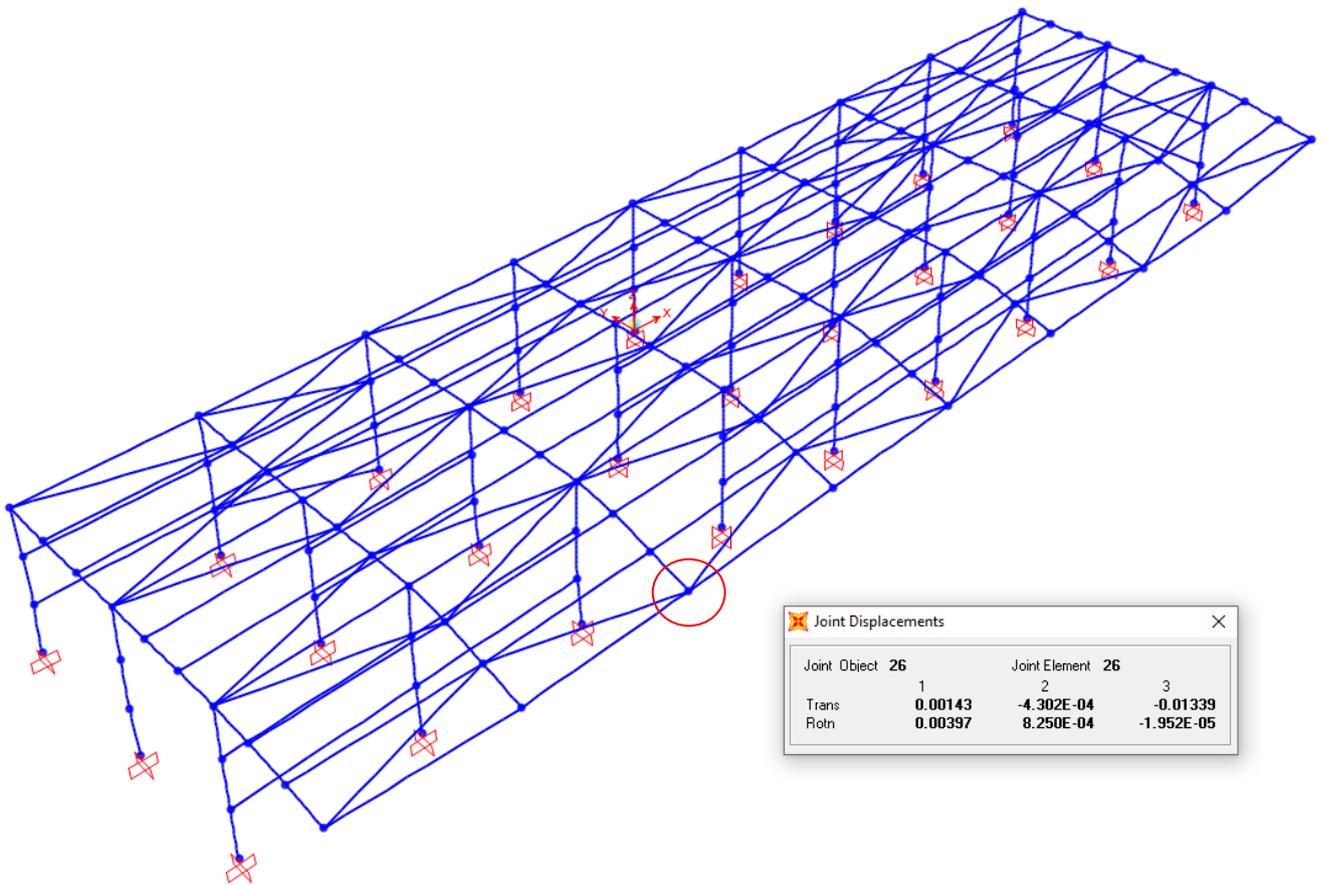


FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud
FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	62 di 106

- $f = 13.4 \text{ mm}$ combinazioni frequenti SLE FREQ 02

$$L / f = 3850 \text{ mm} / 13.4 \text{ mm} = 287$$



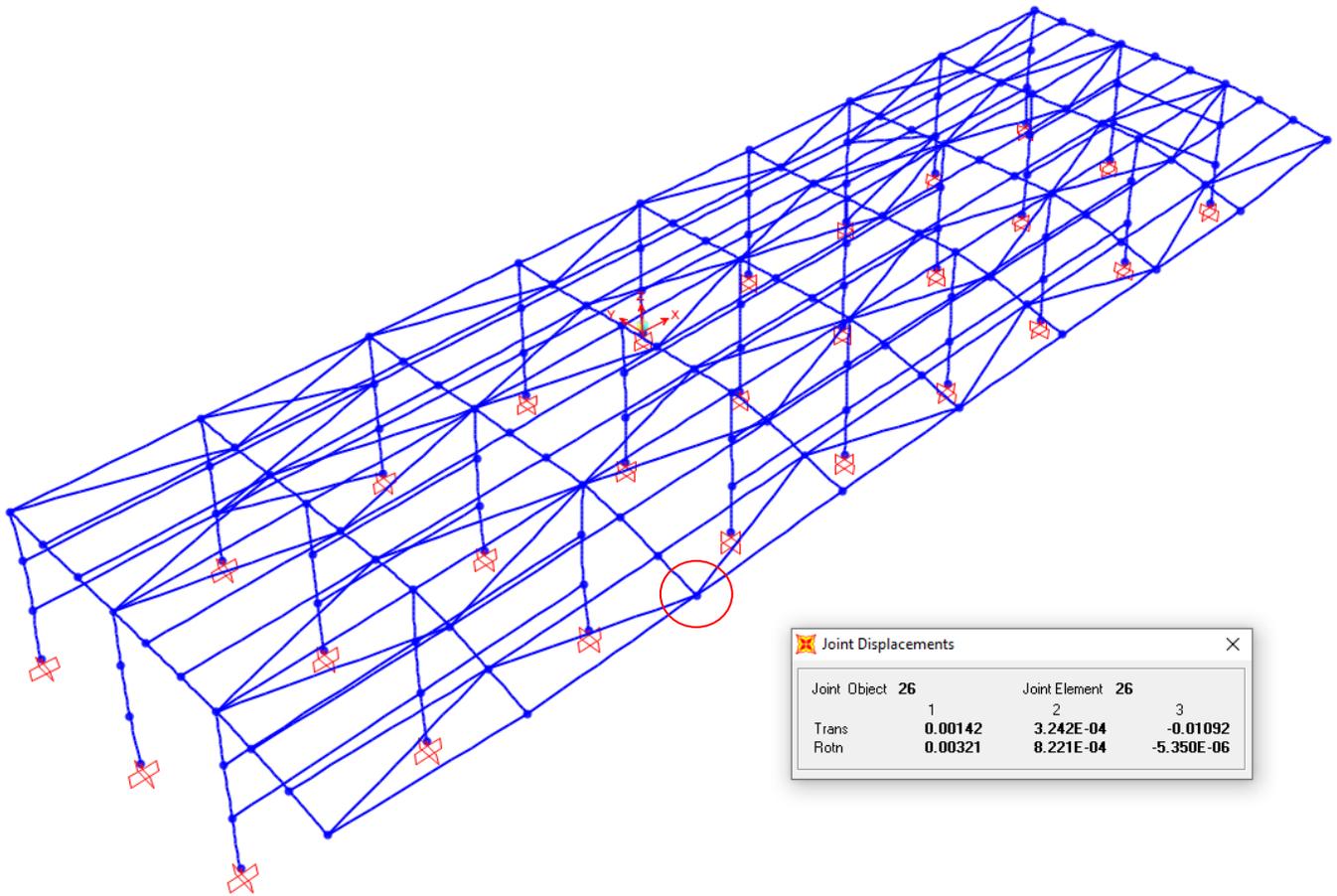
FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	63 di 106

- **f = 10.9 mm** combinazioni quasi permanenti SLE QP2

$$L / f = 3850 \text{ mm} / 10.9 \text{ mm} = 353$$



Joint Object	Joint Element 26		
	1	2	3
Trans	0.00142	3.242E-04	-0.01092
Rotn	0.00321	8.221E-04	-5.350E-06

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	64 di 106

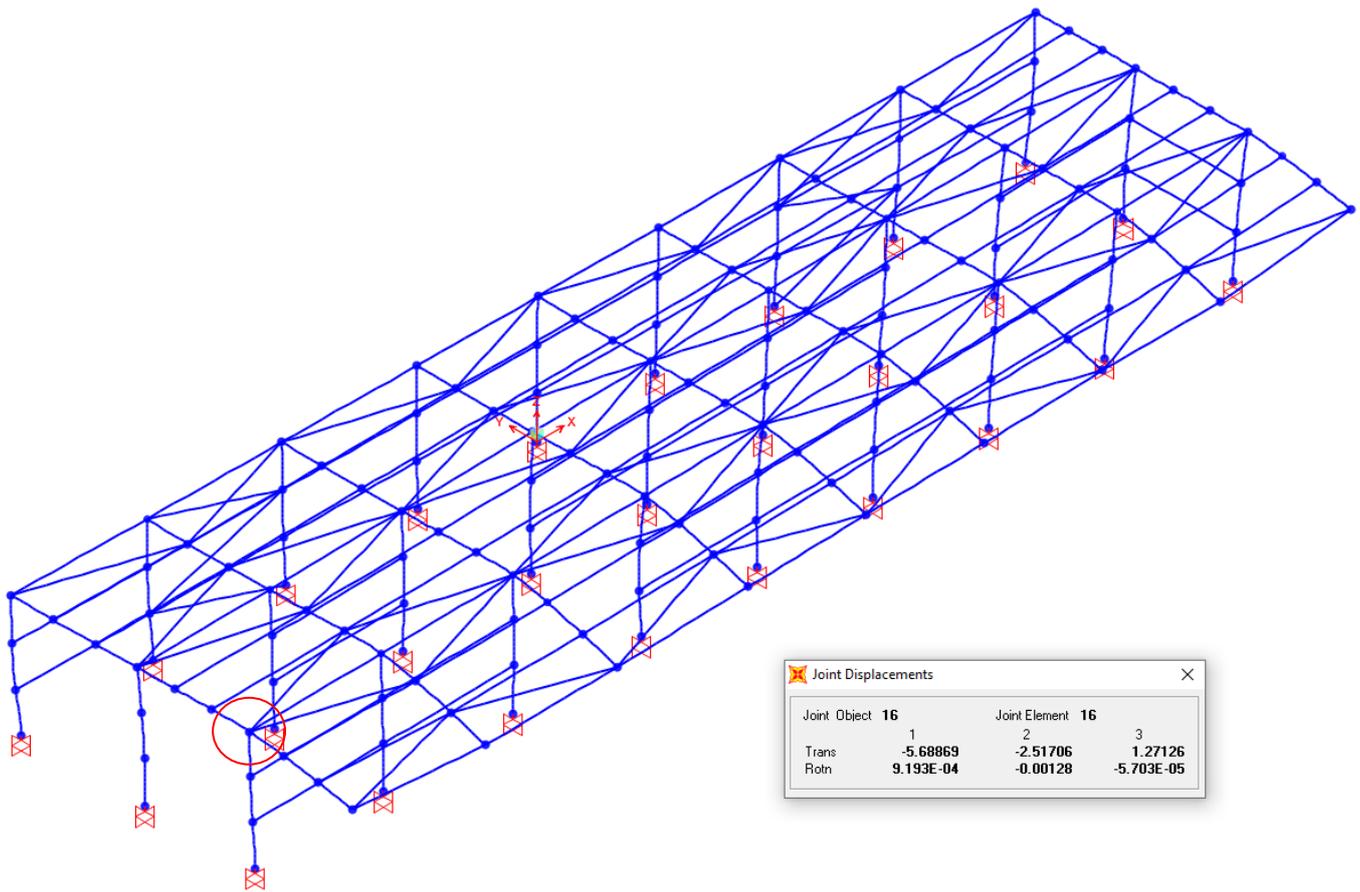
8.2. Colonne – spostamenti orizzontali

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

- $\delta=6.2 \text{ mm}$ combinazioni caratteristica SLE RARA17

$$\delta = (5.7 \text{ mm}^2 + 2.5 \text{ mm}^2)^{0.5} = 6.2 \text{ mm}$$

$$H / \delta = 4700 \text{ mm} / 6.2 \text{ mm} = 758$$



FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

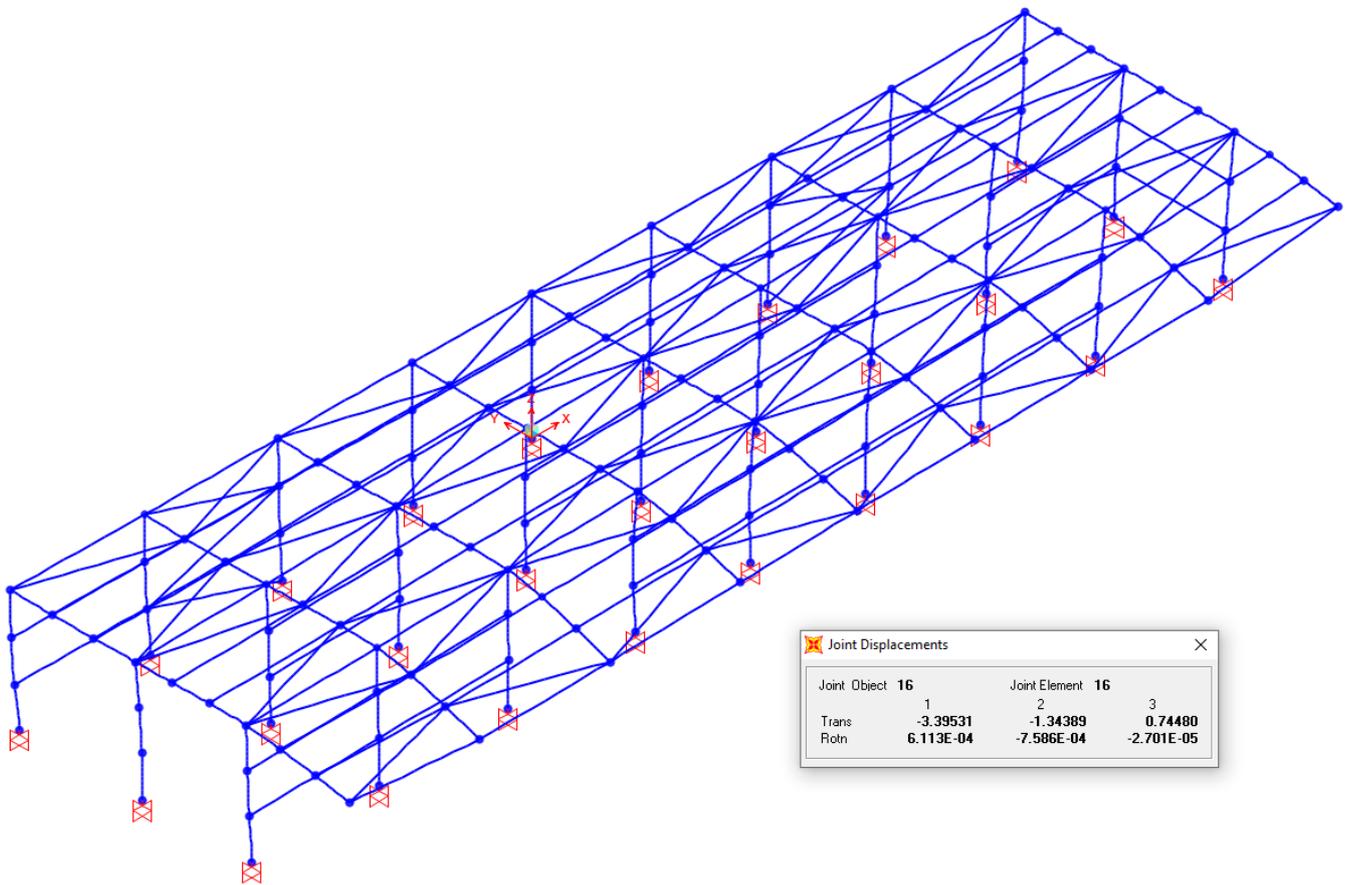
FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	65 di 106

- $\delta=3.7$ mm combinazioni frequenti SLE FREQ 09

$$\delta = (3.4 \text{ mm}^2 + 1.3 \text{ mm}^2)^{0.5} = 3.6 \text{ mm}$$

$$H / \delta = 4700 \text{ mm} / 3.6 \text{ mm} = 1305$$



FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

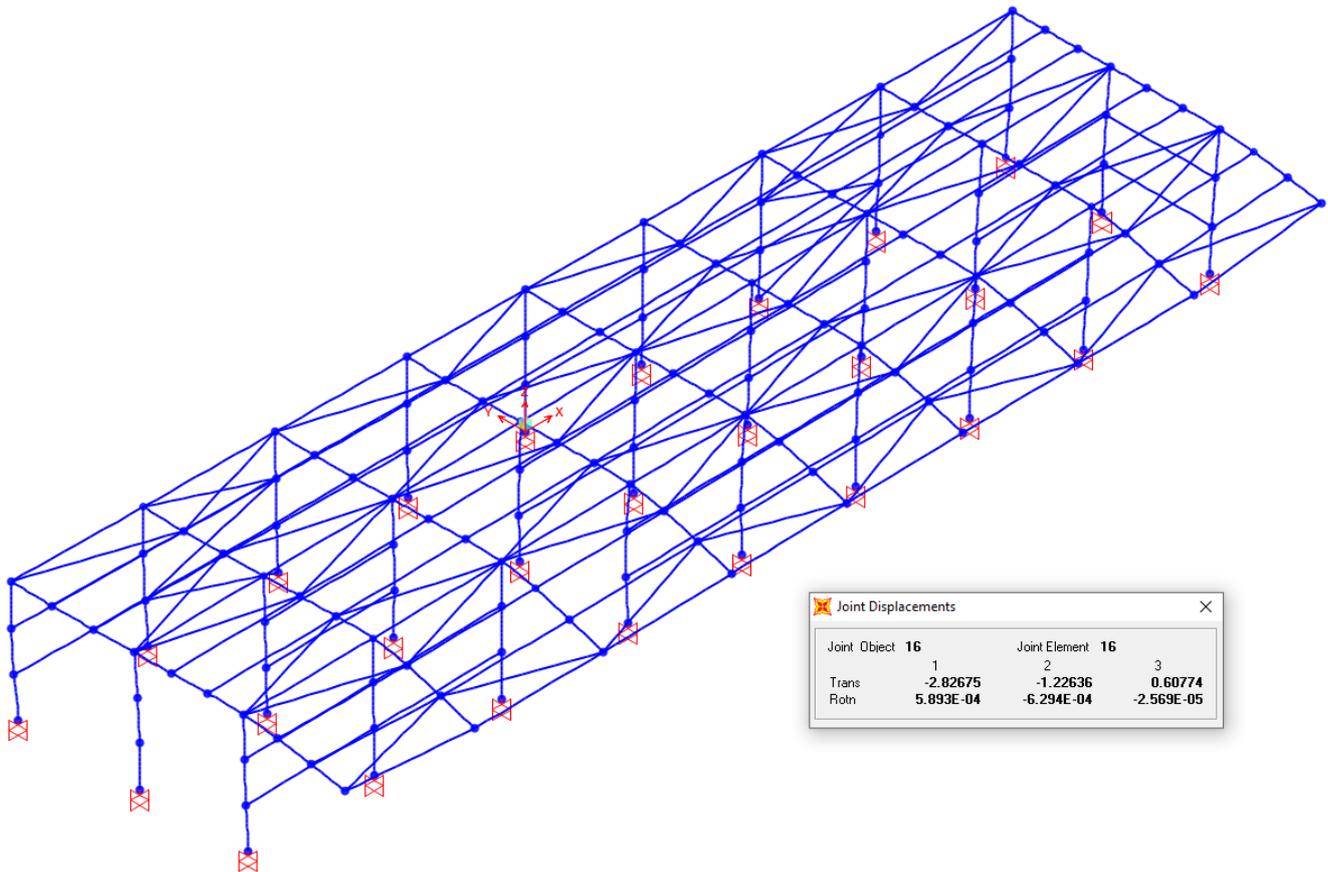
FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	66 di 106

- $\delta=3.1\text{mm}$ combinazioni quasi permanenti SLE QP1

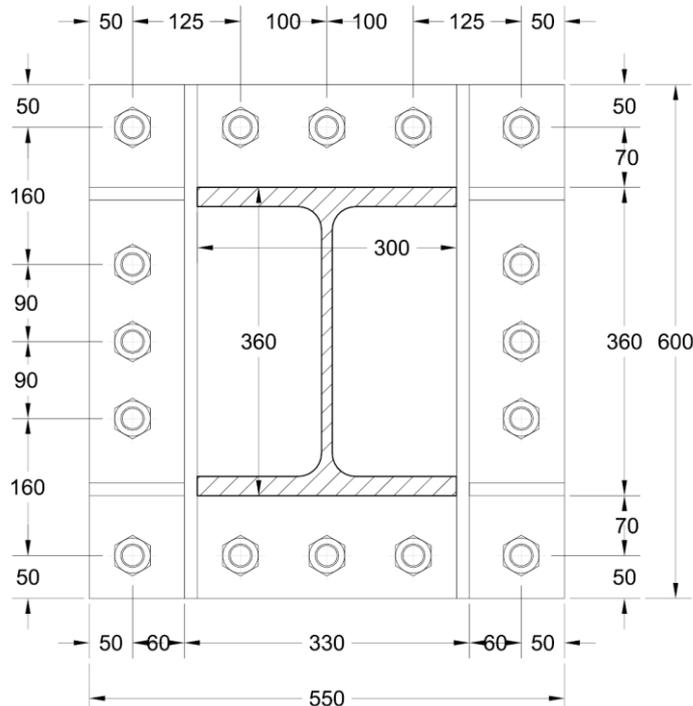
$$\delta = (2.8 \text{ mm}^2 + 1.2 \text{ mm}^2)^{0.5} = 3.1 \text{ mm}$$

$$H / \delta = 4700 \text{ mm} / 3.1 \text{ mm} = 1516$$



9. VERIFICA GIUNTO DI BASE

Verifica nodo di base e colonna HEB360. Sono presenti 16 tirafondi M22 cl. 8.8.



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:

Joint	Combo	F1	F2	F3	M1	M2	
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	
148	SLU_18	-299	-26	-167	46	-53	F1 min
63	SLU_20	5	-63	96	75	22	F2 min
150	SLU_20	79	-7	-178	-10	89	F3 min
63	SLU_17	-5	76	142	-103	-23	M1 min
25	SLU_19	-116	22	56	-60	-133	M2 min
148	SLU_19	302	29	386	-67	52	F1 max
63	SLU_17	-5	76	142	-103	-23	F2 max
150	SLU_17	-80	11	396	-13	-89	F3 max
63	SLU_20	5	-63	96	75	22	M1 max
25	SLU_18	117	-18	62	39	134	M2 max

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	68 di 106

Condizioni sismiche:

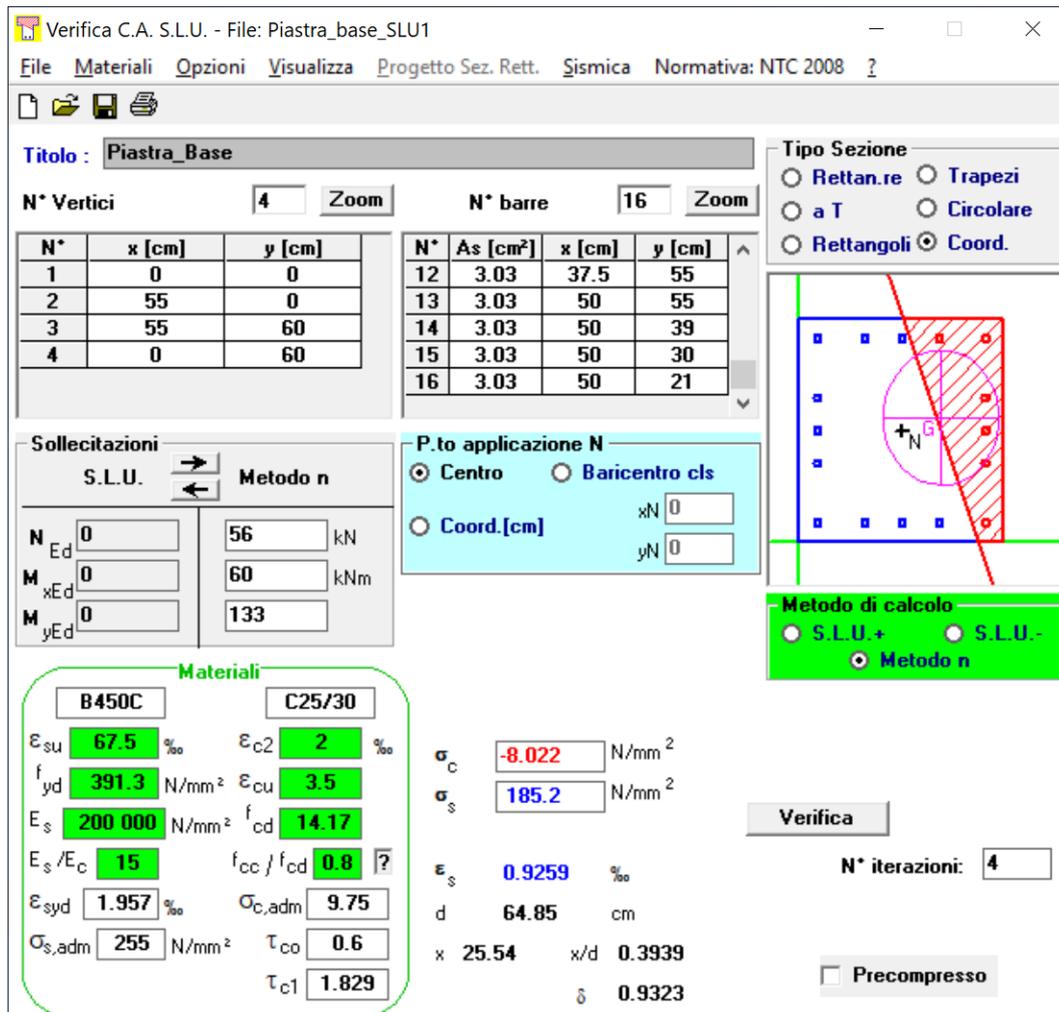
Joint	Combo	F1	F2	F3	M1	M2	
		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	
148	Sism_01	-221	-11	-155	-24	-28	F1 min
49	Sism_03	59	-45	-56	-31	15	F2 min
150	Sism_02	18	-8	-167	-50	17	F3 min
29	Sism_04	6	-23	85	-95	-5	M1 min
57	Sism_01	-38	-19	112	-32	-83	M2 min
148	Sism_02	224	14	304	8	27	F1 max
61	Sism_03	5	-45	54	-32	5	F2 max
150	Sism_01	-18	10	315	36	-18	F3 max
61	Sism_03	8	2	83	100	10	M1 max
57	Sism_02	38	0	139	49	83	M2 max

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 sezione di contatto

Le verifiche della sezione di contatto sono condotte ipotizzando una sezione generica di calcestruzzo in cui le barre di armatura sono rappresentate dai tirafondi

Condizioni statiche – SLU 19:



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The main window title is 'Verifica C.A. S.L.U. - File: Piastra_base_SLU1'. The menu bar includes 'File', 'Materiali', 'Opzioni', 'Visualizza', 'Progetto Sez. Rett.', 'Sismica', and 'Normativa: NTC 2008'. The 'Titolo' field is 'Piastra_Base'. The 'N° Vertici' is 4 and 'N° barre' is 16. There are two tables for bar coordinates:

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	55	0
3	55	60
4	0	60

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
12	3.03	37.5	55
13	3.03	50	55
14	3.03	50	39
15	3.03	50	30
16	3.03	50	21

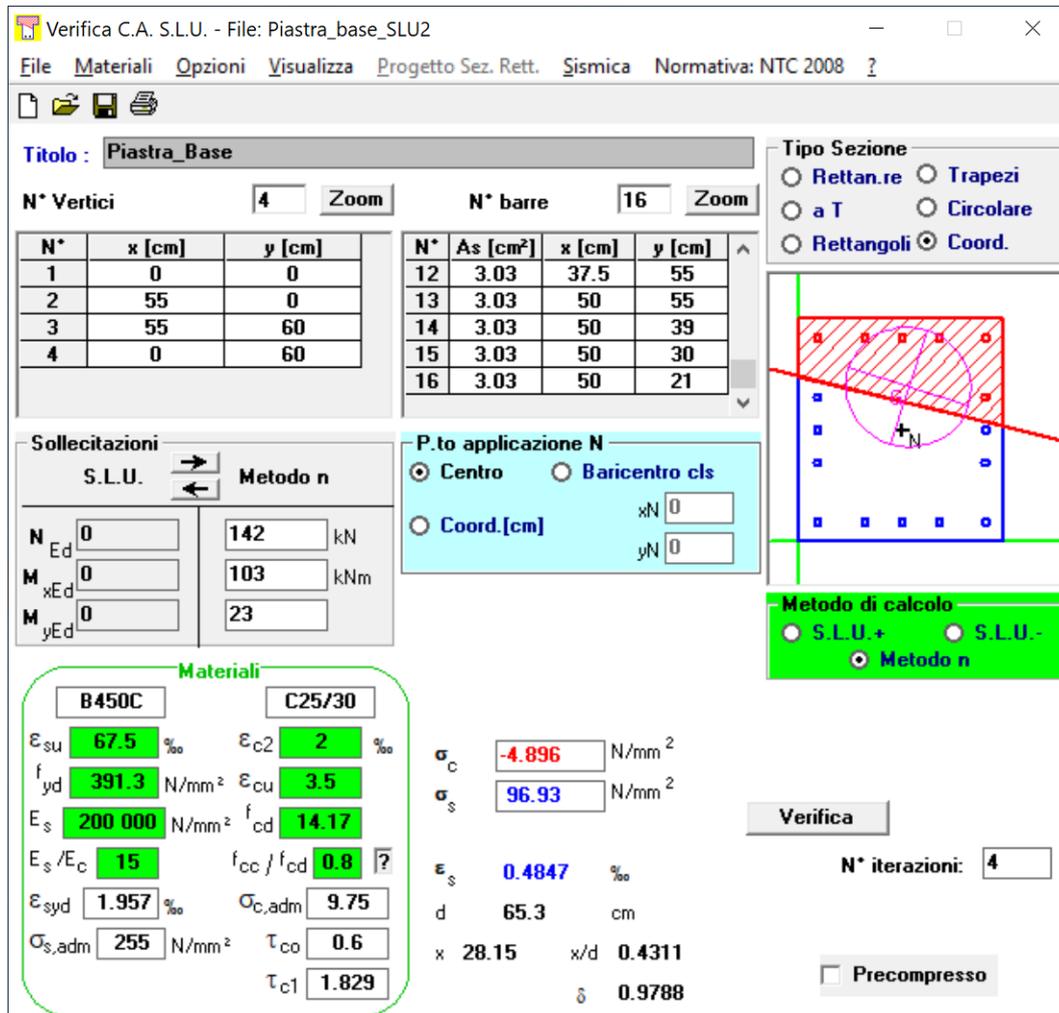
The 'Sollecitazioni' section shows 'S.L.U.' selected, with 'Metodo n' chosen. The values are: $N_{Ed} = 0$ kN, $M_{xEd} = 0$ kNm, $M_{yEd} = 0$ kNm. The 'P.to applicazione N' is set to 'Centro'. The 'Metodo di calcolo' is 'Metodo n'. The 'Materiali' section shows concrete grade 'C25/30' and steel grade 'B450C'. The design stress values are: $\sigma_c = -8.022$ N/mm², $\sigma_s = 185.2$ N/mm², $\epsilon_s = 0.9259$ ‰, $d = 64.85$ cm, $x = 25.54$ cm, $x/d = 0.3939$, $\delta = 0.9323$. The 'Verifica' button is active, and 'N° iterazioni' is 4. The 'Precompresso' checkbox is unchecked.

$F_{Ed} = 185.2 \text{ MPa} \cdot 303 \text{ mm}^2 = 56.1 \text{ kN}$ forza assiale di trazione nel tirafondo più sollecitato

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

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

Condizioni statiche – SLU17:



Titolo: Piastra_Base

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 16 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	55	0
3	55	60
4	0	60

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
12	3.03	37.5	55
13	3.03	50	55
14	3.03	50	39
15	3.03	50	30
16	3.03	50	21

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 142 kN
M_{xEd}: 0 103 kNm
M_{yEd}: 0 23

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

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

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: -4.896 N/mm²
σ_s: 96.93 N/mm²
ε_s: 0.4847 ‰
d: 65.3 cm
x: 28.15 x/d: 0.4311
δ: 0.9788

Verifica
N° iterazioni: 4
 Precompresso

$F_{Ed} = 96.9 \text{ MPa} \cdot 303 \text{ mm}^2 = 29.4 \text{ kN}$ forza assiale di trazione nel tirafondo più sollecitato

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

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

Condizioni sismiche – Sism_01:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Piastra_base_SLV1

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]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0	0	12	3.03	37.5	55
2	55	0	13	3.03	50	55
3	55	60	14	3.03	50	39
4	0	60	15	3.03	50	30
			16	3.03	50	21

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

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

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

Materiali

 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
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

$F_{Ed} = 94.2 \text{ MPa} \cdot 303 \text{ mm}^2 = 28.5 \text{ kN}$ forza assiale di trazione nel tirafondo più sollecitato

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

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

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	73 di 106

9.2. Verifica a flessione della piastra

Per la verifica a flessione della piastra di base, si è considerata una mensola incastrata in corrispondenza delle costole di rinforzo e caricata dalla forza massima trasmessa dai bulloni calcolata in precedenza ($F_{tb,Ed}$).

Caratteristiche mensola:

Luce = 0.070 m

Base sezione (b) = 0.100 m

Altezza sezione (h) = 0.035 m

$W = bh^2/6 = 20417 \text{ mm}^3$

Procedendo al calcolo delle tensioni massime:

$\sigma_{max} = M / W = 56100 \text{ N} \cdot 70 \text{ mm} / 20417 \text{ mm}^3 = 192 \text{ MPa}$

$\tau = V / b h = 56100 \text{ N} / (100 \text{ mm} \cdot 35 \text{ mm}) = 16 \text{ MPa}$

$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0.5} = 194 \text{ MPa}$

Utilizzando per la piastra un acciaio S355, si ha:

$f_{yk} = 355 \text{ MPa} / f_{yd} = 355 \text{ MPa} / 1.05 = 338 \text{ MPa} > \sigma_{id} \rightarrow \text{Verificato.}$

9.3. Verifica a taglio - trazione del tirafondo

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:

$$F_{v,Ed} = (302 \text{ kN} / 16)^2 + (29 \text{ kN} / 16 \text{ kN})^2 = 19.0 \text{ kN} \quad (\text{combinazione SLU}_{19})$$

$$F_{t,Ed} = 56.1 \text{ kN} \quad (\text{combinazione SLU}_{19})$$

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

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

$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 F_{t,Rd}) = 19 \text{ kN} / 116.4 \text{ kN} + 56.1 \text{ kN} / (1.4 \cdot 174.5 \text{ kN}) = 0.16 + 0.23 = 0.39 < 1$$

quindi la verifica è soddisfatta.

9.4. Verifica a rifollamento piastra

Si omette la verifica a rifollamento della piastra considerato l'elevato spessore della stessa e il valore contenuto dell'azione di taglio agente.

9.5. Verifica a punzonamento piastra

Nelle unioni bullonate soggette a trazione, la resistenza a punzonamento della piastra viene calcolata con la seguente formula:

$$B_{p,Rd} = 0.6\pi f_{tk} \cdot d_m \cdot t_p / \gamma_{M2}$$

dove d_m è il minimo tra il diametro del dado e il diametro medio della testa del bullone; t_p è lo spessore del piatto e f_{tk} è la tensione di rottura dell'acciaio del piatto.

Assumendo conservativamente $d_m =$ diametro bullone, si ottiene:

$$B_{p,Rd} = 0.6 \cdot 3.14 \cdot 510 \text{ MPa} \cdot 22 \text{ mm} \cdot 35 \text{ mm} / 1.25 = 591.8 \text{ kN} > 56.1 \text{ kN} \rightarrow \text{Verificato}$$

9.6. Calcolo lunghezza di ancoraggio dei tirafondi

Si considera la tensione di aderenza di progetto valutata al §4.1.2.1.1.4 della NTC2018 definita da:

$$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c \quad [4.1.6]$$

dove:

γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo, pari a 1,5;

f_{bk} è la resistenza tangenziale caratteristica di aderenza data da:

$$f_{bk} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctk} \quad [4.1.7]$$

in cui

$\eta_1 = 1,0$ in condizioni di buona aderenza;

$\eta_1 = 0,7$ in condizioni di non buona aderenza, quali nei casi di armature molto addensate, ancoraggi in zona tesa, ancoraggi in zone superiori di getto, in elementi strutturali realizzati con casseforme scorrevoli, a meno che non si adottino idonei provvedimenti;

$\eta_2 = 1,0$ per barre di diametro $\Phi \leq 32 \text{ mm}$

$\eta_2 = (132 - \Phi)/100$ per barre di diametro superiore

Nel caso in esame

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

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

La lunghezza di ancoraggio è calcolata considerando il diametro ϕ del bullone con la seguente espressione:

$$L_p = \frac{F_{t,Rd}}{\pi \cdot \phi \cdot f_{bd}}$$

Nel caso in esame:

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

Quindi la lunghezza di ancoraggio per la massima forza assiale $F_{t,Rd}$ è pari a:

$$L_{p,min} = 174.5 \text{ kN} \cdot 1000 / (3.14 \cdot 22 \text{ mm} \cdot 2.68 \text{ MPa}) = 943 \text{ mm}$$

Si assume una lunghezza di ancoraggio pari a 950 mm.

9.7. Verifica a fatica dei tirafondi

1.5.4.3.5 Verifica a fatica

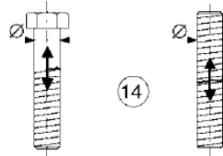
Per tutte le tipologie di barriere occorrerà effettuare le verifiche a fatica dei montanti e dei pannelli e dei relativi collegamenti (tirafondi, bullonature, saldature e rivettature), considerando le azioni derivanti dalle pressioni aerodinamiche associate al transito dei convogli ferroviari di cui al paragrafo 5.2.2.7 del DM 14.1.2008, verificando che i $\Delta\sigma$ siano inferiori al $\Delta\sigma_D$ di riferimento, diviso il coefficiente di sicurezza $\gamma_m = 1.35$. Analogo discorso vale per le sollecitazioni di taglio.

Per le linee con velocità > 200 km/h il controllo verrà eseguito con i valori di $\Delta\sigma$ risultanti dall'analisi dinamica, verificando che gli stessi siano inferiori al $\Delta\sigma_D$ di riferimento diviso il coefficiente di sicurezza γ_m .

Le verifiche statiche e a fatica del collegamento alla sottostruttura, ove avvenga per il tramite di tirafondi, dovranno essere effettuate non considerando la sollecitazione prodotta dall'azione di serraggio dei tirafondi stessi.

La verifica a fatica del tirafondo dovrà essere effettuata prendendo a riferimento la Classe di dettaglio 50 riportata nella Tabella C4.2.XIII.d *Dettagli costruttivi per giunti chiodati o bullonati* della Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008".

Tabella C4.2.XIII.d *Dettagli costruttivi per giunti chiodati o bullonati ($\Delta\sigma$)*

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
50		<p>14) Bulloni e barre filettate soggetti a trazione. Per bulloni di diametro $\phi > 30$ mm, si deve adottare una classe ridotta del coefficiente</p> $k_s = (30 / \phi)^{0.25}$	<p>$\Delta\sigma$ riferiti alla sezione della parte filettata, considerando gli effetti dovuti all'effetto leva e alla flessione ulteriore. Per bulloni preancati i $\Delta\sigma$ possono essere ridotti.</p>

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA

NR1J

LOTTO

00 D 29

CODIFICA

CL

DOCUMENTO

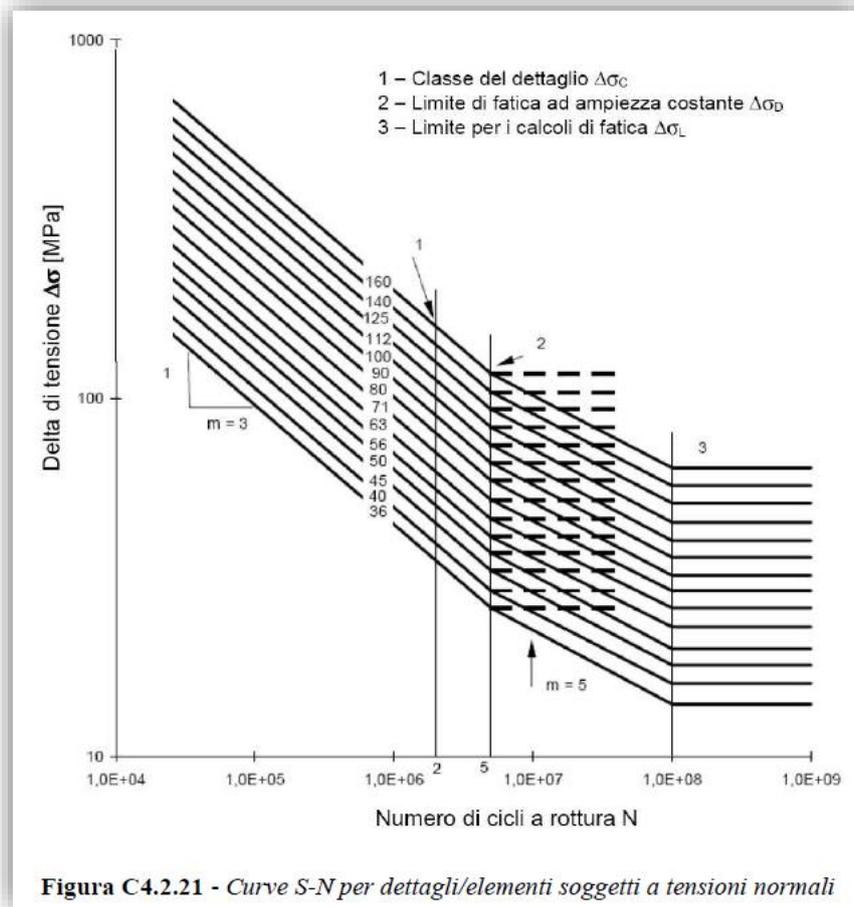
FV0100202

REV.

A

FOGLIO

76 di 106

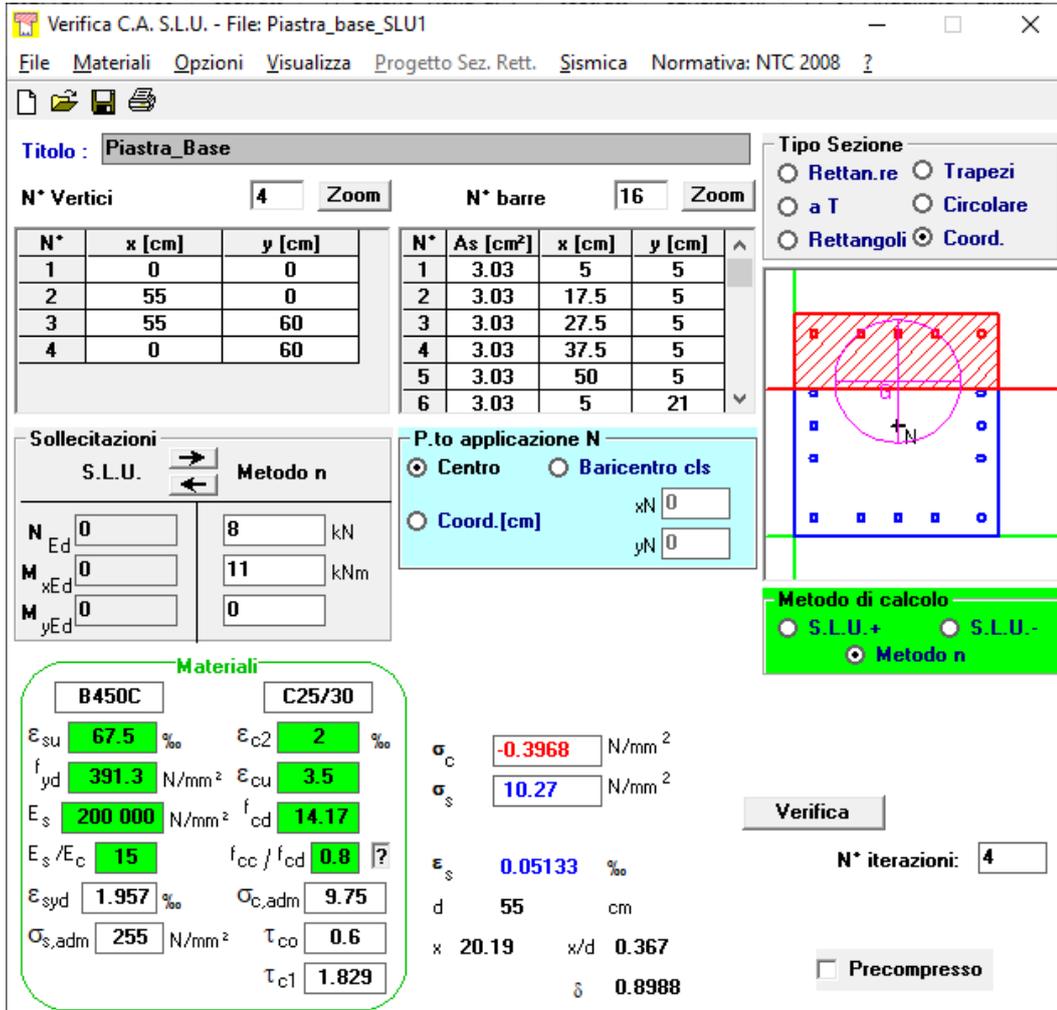


Nel nodo più sollecitato, l'azione aerodinamica genera le seguenti reazioni vincolari:

$$M_x = 11 \text{ KNm}$$

$$N = 8 \text{ KN} \quad (\text{compressione})$$

Tali sollecitazioni inducono una variazione di tensione normale nel tirafondo più sollecitato pari a:



Verifica C.A. S.L.U. - File: Piastra_base_SLU1

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]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0	0	1	3.03	5	5
2	55	0	2	3.03	17.5	5
3	55	60	3	3.03	27.5	5
4	0	60	4	3.03	37.5	5
			5	3.03	50	5
			6	3.03	5	21

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 8 kN
M_{xEd} 0 11 kNm
M_{yEd} 0 0

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

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 -0.3968 N/mm²
σ_s 10.27 N/mm²
ε_s 0.05133 ‰
d 55 cm
x 20.19 x/d 0.367
δ 0.8988

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

Verifica
N° iterazioni: 4
 Precompresso

$\Delta\sigma_s = 10.3 \text{ MPa}$

γ_M	1,35					
$\Delta\sigma_c$	50 Mpa	classe del dettaglio				
$\Delta\sigma_D$	36,85 MPa	limite di fatica ad ampiezza costante (C4.2.96)				
$\Delta\sigma_{D,max}$	27,30 MPa	limite per la verifica				

$\Delta\sigma_D = 0,737\Delta\sigma_c$

La verifica è soddisfatta in quanto $\Delta\sigma_{D,max} > \Delta\sigma_s$.

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	78 di 106

10. VERIFICA FONDAZIONI

10.1. Descrizione

I pilastri degli allineamenti B e C sono fondati sulla struttura in c.a. del sottopasso della stazione.

I pilastri dell'allineamento D sono fondati su una trave rovescia in c.a. con sezione a T, avente altezza pari a 1m e larghezza pari a 1.5m, rastremata a 0.75m nella parte di sommità.

10.2. Modello strutturale

L'analisi della struttura di fondazione è stata effettuata mediante una modellazione agli elementi finiti tramite l'utilizzo del software SAP2000. La struttura è stata modellata con un modello numerico tridimensionale il cui sistema di riferimento globale prevede una terna destrorsa il cui l'asse X è orientato in direzione longitudinale e l'asse Z verticale positivo verso l'alto.

Travi e colonne sono stati modellati con elementi *frame*. Le travi secondarie sono state svincolate al momento flettente M2-M3 mediante inserimento di *release* alle estremità.

L'interazione tra terreno e struttura è stata studiata ipotizzando un comportamento elastico del terreno. L'intera struttura è poggiata a terra su un letto di molle alla Winkler.

Il coefficiente di fondazione (Winkler) adottato nel modello, calcolato secondo la formula di Vesic, è pari a:

K_{terr} 10417 kN/m³

E_s 15000 kPa

B 1.5 M

μ 0.2

Le molle assegnate ai nodi di base dell'allineamento D del modello E.F. assumono i seguenti valori:

Molle intermedie

K_{terr} = 10417 kN/m³ coefficiente di Winkler (valore approssimato)

i = 1.0 m interasse tra due molle adiacenti

B = 1.5 m larghezza superficie di base

K_v = 1.5m * 1m * 10417 kN/m = 15625 kN/m

K_h = 0.5 K_v = 7812 kN/m

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA

NR1J

LOTTO

00 D 29

CODIFICA

CL

DOCUMENTO

FV0100202

REV.

A

FOGLIO

79 di 106

Molle di estremità

$K_{terr} = 10417 \text{ kN/m}^3$ coefficiente di Winkler

$i = 0.5 \text{ m}$ interasse tra due molle adiacenti

$B = 1.5 \text{ m}$ larghezza superficie di base

$K_v = 1.5\text{m} * 0.5\text{m} * 10417 \text{ kN/m} = 7812 \text{ kN/m}$

$K_h = 0.5 K_v = 3906 \text{ kN/m}$

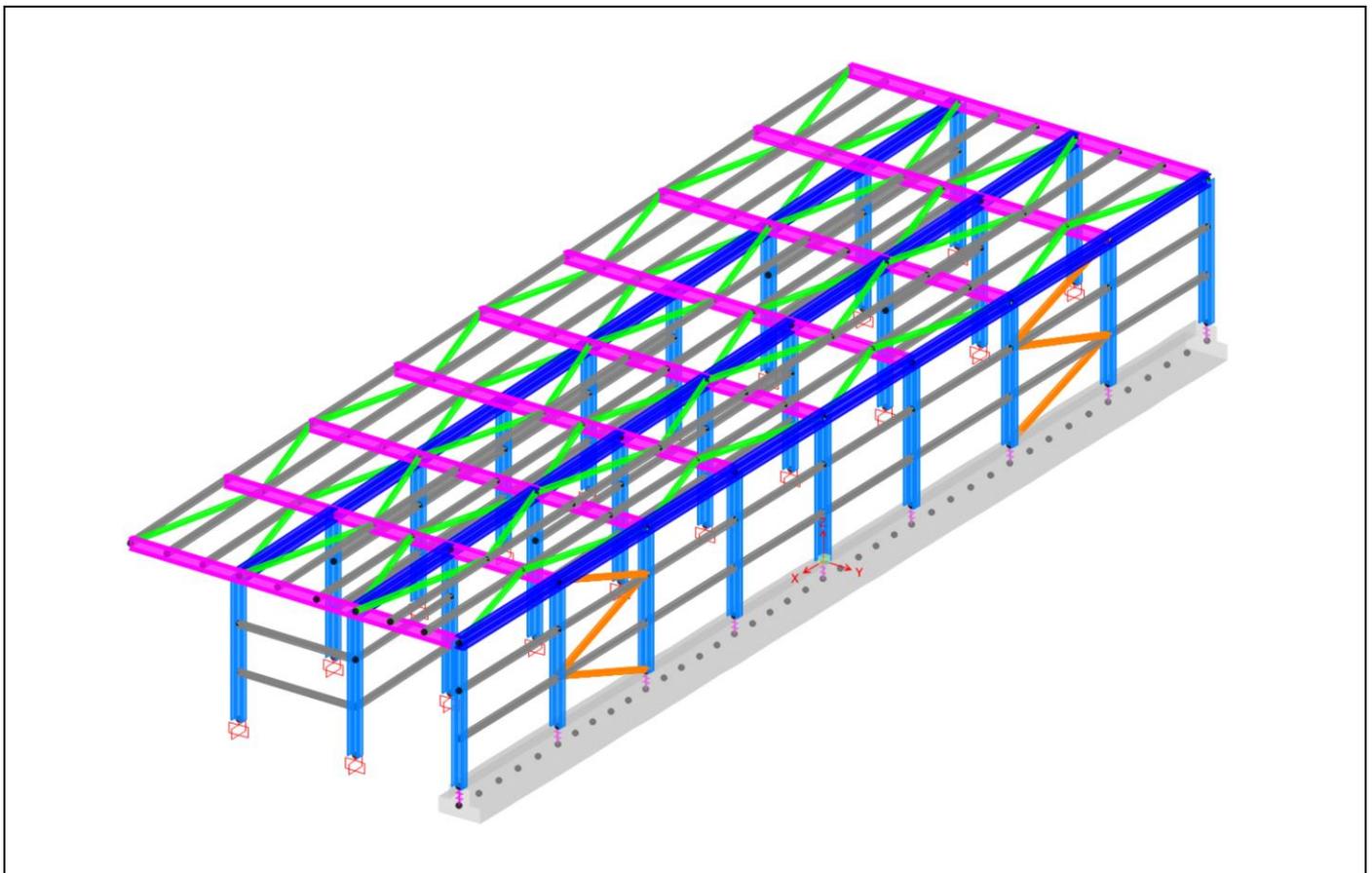


Figura 21- Modello SAP2000 struttura – Vista estrusa

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	80 di 106

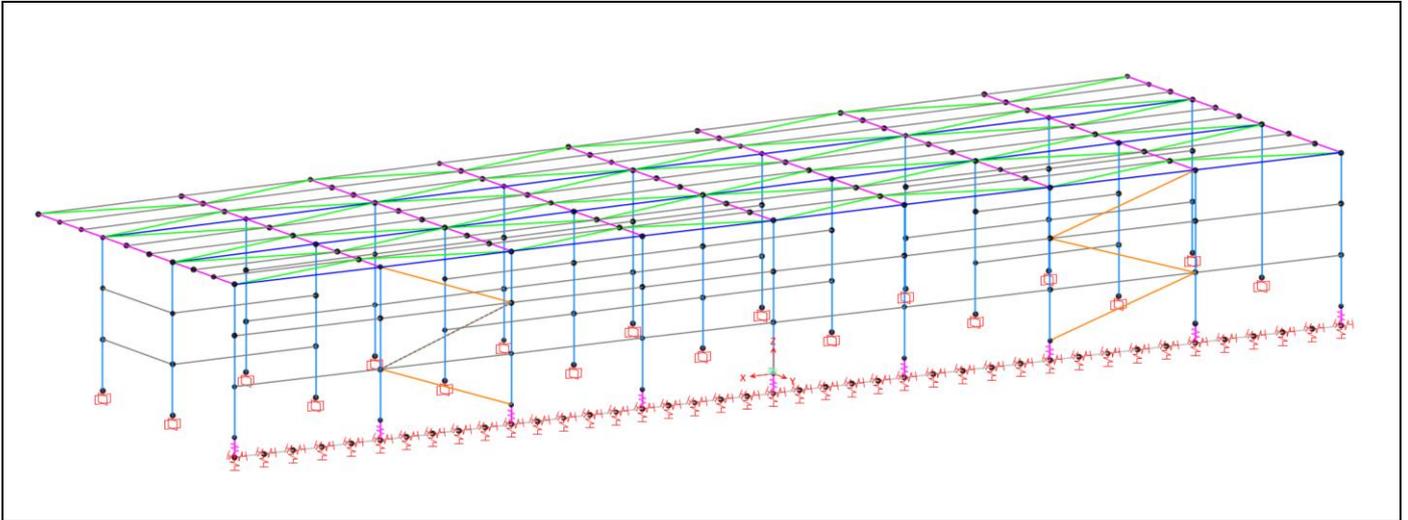


Figura 22- Molle di Winkler

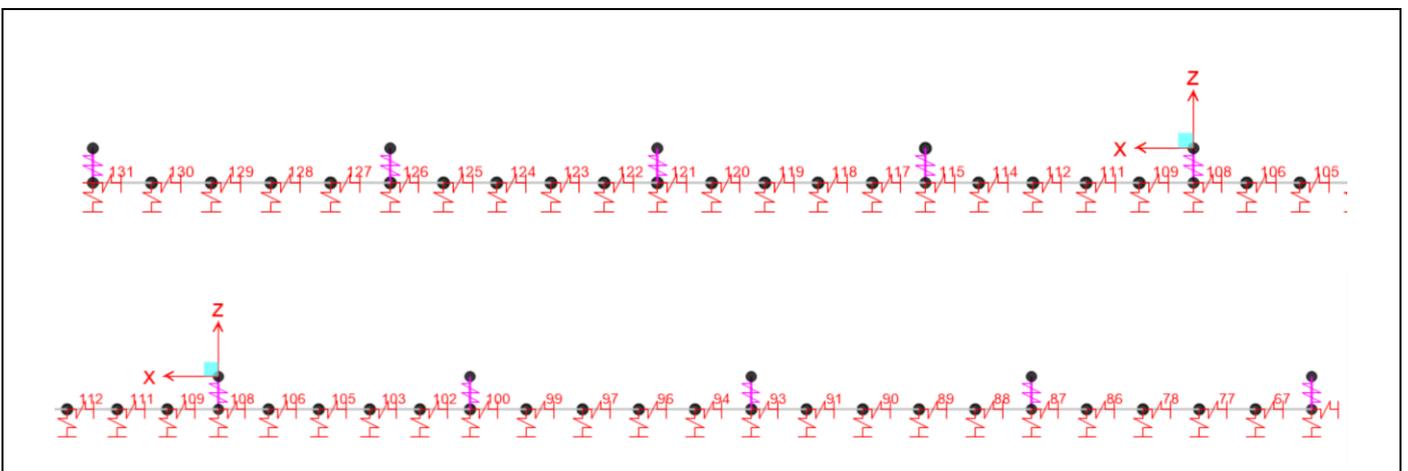


Figura 23- Denominazione elementi frames

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	81 di 106

10.3. Travi di fondazione

Nelle verifiche agli stati limite ultimi finalizzate al dimensionamento strutturale (STR), si considerano gli stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza negli elementi che costituiscono la fondazione. Le azioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi del comportamento dell'intera opera alla quale sono applicate le azioni statiche e sismiche.

Le fondazioni superficiali sono verificate sia in condizioni sismiche che in condizioni statiche:

- in condizioni sismiche utilizzando le sollecitazioni ottenute amplificando i valori nelle SLV mediante il coefficiente 1,1. (combinazione di carico 1,1 x SLV) ed utilizzando le sollecitazioni ottenute amplificando i valori nelle SLD mediante il coefficiente 1,1 (combinazione di carico 1,1 x SLD), secondo quanto prescritto nel paragrafo 7.2.5 delle NTC 2018.
- in condizioni statiche utilizzando le sollecitazioni non amplificate della combinazione statica SLU.

in condizioni statiche sono state inoltre eseguite le verifiche a fessurazione e delle tensioni di esercizio per le combinazioni di carico SLE.

10.4. Sollecitazioni

SLU	max	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm
max	P	102	0.0	SLU_18	352	-4	4	7	20
max	V2	127	1.0	SLU_17	97	158	-4	15	30
max	V3	131	0.0	SLU_01	60	-40	10	10	-123
max	T	127	0.0	SLU_03	57	75	7	22	105
max	M2	121	0.9	SLU_03	195	34	-8	24	-157
max	M3	94	0.0	SLU_19	-341	112	-6	-9	351

SLU	min	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm
min	P	102	0.0	SLU_19	-362	61	-6	-8	48
min	V2	87	0.0	SLU_17	99	-166	4	7	5
min	V3	122	0.0	SLU_02	-101	54	-10	-6	132
min	T	67	0.0	SLU_03	61	8	1	0	-105
min	M2	100	1.0	SLU_02	-205	9	8	-11	18
min	M3	121	0.9	SLU_18	329	68	-6	23	-279

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	82 di 106

SLV	max	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm
<i>max</i>	P	94	0	Sism_01 (x1.1)	179	53	3	21	205
<i>max</i>	V2	127	1	Sism_01 (x1.1)	62	151	2	26	102
<i>max</i>	V3	131	0	Sism_01 (x1.1)	44	-23	12	12	-54
<i>max</i>	T	109	0	Sism_01 (x1.1)	130	32	2	9	55
<i>max</i>	M2	122	0	Sism_03 (x1.1)	79	26	8	32	24
<i>max</i>	M3	121	0.9	Sism_02 (x1.1)	-67	23	4	20	428

SLV	min	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm
<i>min</i>	P	121	0	Sism_02 (x1.1)	-188	-151	-1	-17	-145
<i>min</i>	V2	87	0	Sism_01 (x1.1)	9	-152	-3	-12	-99
<i>min</i>	V3	87	0	Sism_03 (x1.1)	26	-107	-10	-4	-44
<i>min</i>	T	117	0	Sism_02 (x1.1)	-152	-47	-4	-15	-29
<i>min</i>	M2	122	0	Sism_02 (x1.1)	-122	-44	-7	-20	-117
<i>min</i>	M3	121	0.9	Sism_01 (x1.1)	57	-56	-2	-14	-380

SLE_K	max	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm
<i>max</i>	P	102	0.0	SLE_K_18	238	19	3	4	19
<i>max</i>	V2	127	1.0	SLE_K_17	64	108	-3	11	19
<i>max</i>	V3	131	0.0	SLE_K_01	40	-28	7	7	-83
<i>max</i>	T	127	0.0	SLE_K_03	38	49	5	15	70
<i>max</i>	M2	122	0.0	SLE_K_03	65	-4	3	16	-46
<i>max</i>	M3	94	0.0	SLE_K_19	-227	74	-4	-6	236

SLE_K	min	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm
<i>min</i>	P	102	0.0	SLE_K_19	-242	40	-4	-6	33
<i>min</i>	V2	87	0.0	SLE_K_17	66	-113	3	5	3
<i>min</i>	V3	122	0.0	SLE_K_02	-67	36	-7	-4	88
<i>min</i>	T	67	0.0	SLE_K_03	41	5	1	0	-70
<i>min</i>	M2	100	1.0	SLE_K_02	-137	7	6	-7	12
<i>min</i>	M3	121	0.9	SLE_K_18	-4	-18	-3	0	-206

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	83 di 106

SLE_F	max	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm
<i>max</i>	P	102	0.0	SLE_F_09	139	6	0	1	18
<i>max</i>	V2	127	1.0	SLE_F_09	38	79	0	7	6
<i>max</i>	V3	131	0.0	SLE_F_01	33	-29	5	5	-72
<i>max</i>	T	88	0.0	SLE_F_02	-60	1	-2	0	20
<i>max</i>	M2	124	0.9	SLE_F_07	54	1	0	10	-37
<i>max</i>	M3	94	0.0	SLE_F_10	-138	49	-1	-1	155

SLE_F	min	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm
<i>min</i>	P	115	0.0	SLE_F_10	-147	-53	1	0	-9
<i>min</i>	V2	87	0.0	SLE_F_09	39	-84	0	5	-5
<i>min</i>	V3	122	0.0	SLE_F_02	-56	31	-4	-3	75
<i>min</i>	T	122	0.0	SLE_F_02	-56	31	-4	-3	75
<i>min</i>	M2	108	0.9	SLE_F_02	-123	-12	4	-4	-9
<i>min</i>	M3	121	0.9	SLE_F_09	129	21	0	6	-102

SLE_QP	max	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm
<i>max</i>	P	102	0.0	SLE_QP_01	115	8	0	1	18
<i>max</i>	V2	127	1.0	SLE_QP_01	32	72	-1	7	2
<i>max</i>	V3	131	0.0	SLE_QP_01	33	-29	3	3	-71
<i>max</i>	T	88	0.0	SLE_QP_02	-60	-1	-1	3	18
<i>max</i>	M2	124	0.9	SLE_QP_01	54	2	0	8	-38
<i>max</i>	M3	94	0.0	SLE_QP_02	-115	43	-1	0	135

SLE_QP	min	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm
<i>min</i>	P	115	0.0	SLE_QP_02	-123	-51	1	0	-9
<i>min</i>	V2	87	0.0	SLE_QP_01	32	-78	0	5	-6
<i>min</i>	V3	122	0.0	SLE_QP_02	-57	30	-2	0	74
<i>min</i>	T	122	0.0	SLE_QP_02	-57	30	-2	0	74
<i>min</i>	M2	108	0.9	SLE_QP_02	-123	-11	1	-1	-9
<i>min</i>	M3	121	0.9	SLE_QP_01	107	15	0	5	-81

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	84 di 106

10.5. SLU - Verifica di resistenza a presso-flessione

Si riportano di seguito le sollecitazioni di calcolo, per l'elemento maggiormente sollecitato, in corrispondenza della sezione d'appoggio e della sezione di campata intermedia.

Si adotta la seguente convenzione sui segni: compressione negativa (-), momento flettente che tende le fibre superiori negativo (-).

Come prescritto dalle NTC2018 nel paragrafo 7.2.5, poiché le sollecitazioni di calcolo più gravose si rilevano in corrispondenza della combinazione sismica SLV, andranno amplificate del fattore 1,1 per CDB.

Le verifiche di resistenza a flessione e pressoflessione allo SLU (NTC2018 – 4.1.2.1.2.4) per le sezioni di appoggio e di campata sono state condotte con il supporto del software VcaSLU, considerando la seguente armatura longitudinale:

Armatura longitudinale a flessione

	numero barre	diametro barre	larghezza	passo	Area
	n	fi	b	s	As
	-	mm	mm	mm	mm ²
Armatura sup	5	20	750	150	1570
Armatura inf	9	20	1500	166.67	2826

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	85 di 106

Momento flettente massimo negativo (fibre superiori tese):

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

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

Titolo: TRAVE T ROVESCIA

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	75	50	1	15.71	6
2	150	50	2	28.27	94

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

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} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} τ_{c1}

M_{xRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Calcola MRd **Dominio M-N**
 L₀ cm **Col. modello**
 Precompresso

La verifica è soddisfatta.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	86 di 106

Momento flettente massimo positivo (fibre inferiori tese):

Verifica C.A. S.L.U. - File: Fondazione_T_SLU_M+

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

Titolo: TRAVE T ROVESCIA

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	75	50	1	15.71	6
2	150	50	2	28.27	94

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

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} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Calcola MRd **Dominio M-N**
 L₀ cm **Col. modello**
 Precompresso

La verifica è soddisfatta.

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	87 di 106

10.6. SLU - Verifica di resistenza a taglio

Trave a T

classe cls	R_{ck}	35	N/mm^2
resist. Caratteristica cilindrica	f_{ck}	29	N/mm^2
	f_{cd}	16	
coeff. parziale	γ_c	1.5	
larghezza membratura resistente a V	b_w	750	mm
altezza membratura resistente a V	H	1000	mm
altezza utile	d	900	mm
area della sezione	A_{TOT}	675000	mm ²
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
ok	σ_{cp}	0.00	N/mm^2
	α_c	1.00	
Acciaio	f_{yk}	450	N/mm^2
Feb44k	f_{yd}	391	N/mm^2
diametro staffe (spille)	\varnothing_w	12	mm
Area staffa (spilla)	A_{\varnothing_w}	113	mm ²
0.9 d	z	810	mm
passo delle staffe (spille)	s_w	400	mm
	n° bracci	2	
angolo di inclinazione	θ	21.8	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	2.50	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	α	90	°
	$\cot(\alpha)$	0.00	
	A_{s_w} / s_w	0.57	mm ² /mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	V_{Rsd}	448	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	V_{Rcd}	1724	kN
taglio sollecitante	V_{Ed}	166	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	γ_{Rd}	1	
taglio resistente	V_{Rd}	448	kN
	V_{Ed}	<	V_{Rd}
		verifica	
	FS	2.7	

10.7. SLE - Verifiche agli stati limite di esercizio

Le verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio degli elementi strutturali si effettuano in termini di:

- verifica di fessurazione;
- verifica delle tensioni di esercizio.

Verifiche di fessurazione e tensioni di esercizio

Per assicurare la funzionalità e la durata della struttura è necessario:

- realizzare un sufficiente ricoprimento delle armature con calcestruzzo di buona qualità e compattezza, bassa porosità e bassa permeabilità;
- non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni ed alla sensibilità delle armature alla corrosione;
- tener conto delle esigenze estetiche.

Avendo adottato acciai ordinari si rientra nel gruppo di armature poco sensibili alla corrosione. Pertanto sulla base della tabella 4.1.IV – NTC2018 è possibile definire lo stato limite di fessurazione in funzione delle condizioni ambientali (ordinarie) e dell'armatura (poco sensibile), prendendo in considerazione le combinazioni quasi permanenti e frequenti. Nel caso in esame lo stato limite di fessurazione da considerare è lo *stato limite di apertura delle fessure*. La verifica consiste nell'accertarsi che il valore di calcolo di apertura delle fessure (w_d) non superi il valore limite fissato per la combinazione considerata. In particolare:

- per la combinazione di carico quasi permanente si deve verificare: $w_d < w_2 = 0.3 \text{ mm}$.

Conservativamente si verifica che nella combinazione SLE rara l'apertura delle lesioni sia inferiore al valore limite (più severo) riferito alla combinazione quasi permanente.

Per completare il quadro delle verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) è necessario controllare le tensioni di esercizio, in accordo con quanto riportato al punto 4.1.2.2.5 delle NTC2018. In particolare bisogna verificare che:

- per il calcestruzzo compresso:

$$\sigma_c < 0.60 f_{ck} \text{ (per combinazione caratteristica rara);}$$

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} \text{ (per combinazione quasi permanente);}$$

- per l'acciaio:

$$\sigma_s < 0.80 f_{yk} \text{ (per combinazione caratteristica rara).}$$

Di seguito si riportano le tensioni di esercizio determinante in corrispondenza della combinazione che produce il valore di tensione più gravoso ottenuto tra le combinazioni rare e quasi permanenti.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	89 di 106

Momento flettente massimo positivo (fibre inferiori tese) – SLE K19:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Fondazione_T_SLE_M+

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

Titolo : TRAVE T ROVESCIA

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	75	50	1	15.71	6
2	150	50	2	28.27	94

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

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

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
 ε_s ‰
 d cm
 x w/d
 δ

Verifica N° iterazioni:

Precompresso

R_{ck} MPa
 f_{ck} MPa
 f_{yk} MPa

σ_c MPa < 0.6 f_{ck} = -15.0 MPa **VERO**
 σ_s MPa < 0.8 f_{yk} = 360 MPa **VERO**

x mm

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	90 di 106

Momento flettente massimo positivo (fibre inferiori tese) – SLE K18:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Fondazione_T_SLE2_M+

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

Titolo : TRAVE T ROVESCIA

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	75	50	1	15.71	6
2	150	50	2	28.27	94

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} -238 kN
 M_{xEd} 19 kNm
 M_{yEd} 0

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} 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_{sMax} 62 N/mm²
 σ_{sMin} 49.73 N/mm²
 ε_s 0.31 ‰

Verifica N° iterazioni:

Precompresso

R_{ck} 30 MPa
 f_{ck} 25 MPa
 f_{yk} 450 MPa

σ_c - MPa < 0.6 f_{ck} = -15.0 MPa **VERO**
 σ_s 62 MPa < 0.8 f_{yk} = 360 MPa **VERO**

x - mm

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	91 di 106

Verifica di apertura delle fessure:

		Armatura longitudinale inferiore					
		INPUT			OUTPUT		
		R_{ck}	30	Mpa	diff. def. armature-cls		
	dimensione	h	1000	mm	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	1.83E-04	-
	pos. baric. 1° strato	c_1	60	mm	distanza max fessure		
	diametro barre 1° strato	ϕ_1	20	mm	$s_{r,max}$	439	mm
	numero barre 1° strato	n_1	6.0		ampiezza fessure:		
	pos. baric. 2° strato	c_2	120	mm	w_k	0.081	mm
	diametro barre 2° strato	ϕ_2	0	mm	w_{lim}	0.300	mm
	numero barre 2° strato	n_2	6.0	1/m	La verifica è soddisfatta.		
distanza lembo compresso-lembo teso della sezione		d	940	mm			
		b_{eff}	166	mm			
posizione asse neutro da lembo compresso		x	360	mm			
Tensione massima barre 1° strato		$\sigma_{s,max1}$	63	Mpa			
Tensione massima barre 2° strato		$\sigma_{s,max2}$		Mpa			
altezza efficace		$h_{c,eff}$	150.0	mm			
area efficace relativamente ad una singola barre		$A_{c,eff}$	24900	mm ²			
percentuale di armatura relativa a $A_{c,eff}$		$\rho_{p,eff}$	0.013				
(0.6 carichi brevi; 0.4 lunga durata)		k_t	0.6				
(0.8 barre ad. migliorata; 1.6 lisce)		k_1	0.8				
(0.5 per flessione; 1 trazione)		k_2	0.5				
		k_3	3.4				
		k_4	0.425				

Le verifiche sono soddisfatte.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	92 di 106

Momento flettente massimo negativo (fibre superiori tese) – SLE K18:

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

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

Titolo : TRAVE T ROVESCIA

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	75	50
2	150	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	6
2	28.27	94

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

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

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 -1.76 N/mm²
 σ_s 146.1 N/mm²
 ε_s 0.7304 ‰
 d 94 cm
 x 14.39 w/d 0.1531
 δ 0.7

Verifica N° iterazioni:

Precompresso

R_{ck} 30 MPa
 f_{ck} 25 MPa
 f_{yk} 450 MPa

σ_c -1.8 MPa < 0.6 f_{ck} = -15.0 MPa **VERO**
 σ_s 146 MPa < 0.8 f_{yk} = 360 MPa **VERO**

x 144 mm

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NR1J

00 D 29

CL

FV0100202

A

93 di 106

Verifica di apertura delle fessure:

		INPUT			OUTPUT		
		R_{ck}	30	Mpa	diff. def. armature-cls		
	dimensione	h	750	mm	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	4.25E-04	-
	pos. baric. 1° strato	c_1	60	mm	distanza max fessure		
	diametro barre 1° strato	ϕ_1	20	mm	$s_{r,max}$	414	mm
	numero barre 1° strato	n_1	5.000		ampiezza fessure:		
	pos. baric. 2° strato	c_2	60	mm	w_k	0.176	mm
	diametro barre 2° strato	ϕ_2	0	mm	w_{lim}	0.300	mm
	numero barre 2° strato	n_2	5.000	1/m	La verifica è soddisfatta.		
	distanza lembo compresso-lembo teso della sezione	d	690	mm			
		b_{eff}	150	mm			
	posizione asse neutro da lembo compresso	x	144	mm			
	Tensione massima barre 1° strato	$\sigma_{s,max1}$	146	Mpa			
	Tensione massima barre 2° strato	$\sigma_{s,max2}$		Mpa			
	altezza efficace	$h_{c,eff}$	150.0	mm			
	area efficace relativamente ad una singola barre	$A_{c,eff}$	22500	mm ²			
	percentuale di armatura relativa a $A_{c,eff}$	$\rho_{p,eff}$	0.014				
	(0.6 carichi brevi; 0.4 lunga durata)	k_t	0.4				
	(0.8 barre ad. migliorata; 1.6 liscie)	k_1	0.8				
	(0.5 per flessione; 1 trazione)	k_2	0.5				
		k_3	3.4				
		k_4	0.425				

Le verifiche sono soddisfatte.

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	94 di 106

10.8. Verifica della capacità portante

Si riportano a seguire le sollecitazioni alla base dei pilastri ottenute dal modello di calcolo, nelle combinazioni SLV e SLU (per le verifiche a breve termine) e SLE q.perm. per le verifiche a lungo termine.

Frame	OutputCase	P	V2	M3	
Text	Text	KN	KN	KN-m	
348	SLU_17	-254	-12	6	P min
348	SLU_20	62	5	0	P max
336	SLU_02	-172	-22	5	V2 min
336	SLU_03	-44	16	-4	V2 max
483	SLU_03	-36	-2	-20	M3 min
330	SLU_02	-57	-9	20	M3 max

Frame	OutputCase	P	V2	M3	
Text	Text	KN	KN	KN-m	
348	Sism_01 (x1.1)	-291	-9	-9	P min
348	Sism_02 (x1.1)	153	4	15	P max
336	Sism_04 (x1.1)	-158	-16	-6	V2 min
339	Sism_03 (x1.1)	-52	23	2	V2 max
483	Sism_03 (x1.1)	-39	-6	-41	M3 min
483	Sism_02 (x1.1)	-22	6	34	M3 max

Frame	OutputCase	P	V2	M3	
Text	Text	KN	KN	KN-m	
333	SLE_QP_01	-115	-1	2	P min
348	SLE_QP_02	-12	-3	3	P max
345	SLE_QP_02	-100	-4	1	V2 min
333	SLE_QP_01	-115	-1	2	V2 max
336	SLE_QP_02	-102	-3	0	M3 min
483	SLE_QP_02	-31	-3	3	M3 max

Tali sollecitazioni si considerano distribuite su un tratto di trave rovescia avente lunghezza pari alla sua altezza, ossia 1m.

Trattandosi di terreno incoerente la verifica di capacità portante sarà condotta solo in termini di tensioni efficaci.

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	95 di 106

Si adotta il seguente modello geotecnico, definito mod. 3 nella relazione geotecnica generale del presente progetto.

Dalla pk 29+900 alla pk 31+300

Descrizione	z iniz (m)	z fin (m)	spessore (m)	Peso di volume (kN/m ³)	Tipo di terreno	Angolo di resistenza al taglio ϕ' (°)	C' (kPa)
Terreno vegetale	0	1	1	15	-	-	-
Limo sabbioso	1	10	9	17	GG	26	10
Depositi vulcanici - Sabbia limosa argillosa addensata	10	24	14	16	GG	30	0
Roccia debolmente alterata e fratturata con livelli di piroclastite alterata	24	30	6	27	R	40	-

Modulo elastico Eop (MPa)	RQD (%)	GSI	Resistenza a compressione sigma (Mpa)	K media (m/s)
-	-	-	-	-
15	-	-	-	$1,5 \cdot 10^{-3}$
25	-	-	-	$1,35 \cdot 10^{-2}$
5300	70	60	160	-

Verifica in condizioni statiche SLU

Fondazioni Dirette Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma}$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = M_b/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = M/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

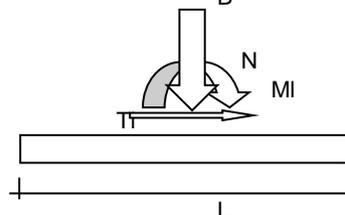
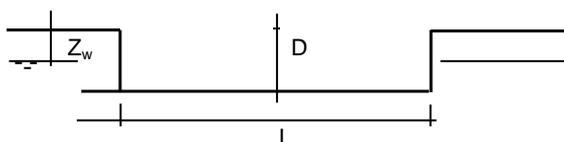
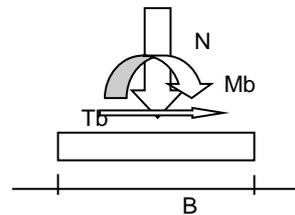
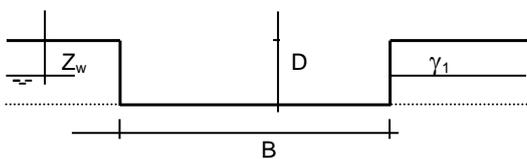
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'	q_{lim}	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definiti dal Progettista	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	



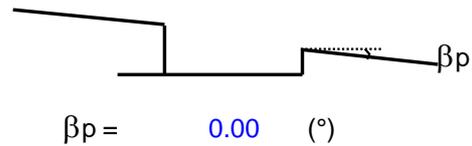
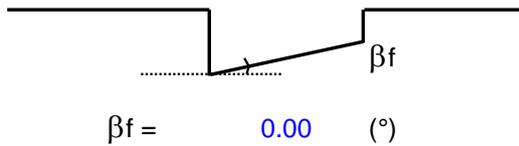
(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

B = 1.50 (m)
L = 100.00 (m)
D = 1.50 (m)

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	97 di 106



ACTIONS

	Input values		Design values
	permanent	transient	
N [kN]	115.00	176.00	291.00
Mb [kNm]	0.00	41.00	41.00
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	0.00	23.00	23.00
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	0.00	23.00	23.00

Soil unit weight

$\gamma_1 = 17.00$ (kN/cm)
 $\gamma = 17.00$ (kN/cm)

Soil resistance characteristic values

$c' = 10.00$ (kN/mq)
 $\varphi' = 26.00$ (°)

Design values

$c' = 10.00$ (kN/mq)
 $\varphi' = 26.00$ (°)

Water table depth

$Z_w = 10.70$ (m)

$e_B = 0.14$ (m)

$e_L = 0.00$ (m)

$B^* = 1.22$ (m)

$L^* = 1.00$ (m)

q : load at depth D

$q = 25.50$ (kN/mq)

γ : weight foundation soil

$\gamma = 17.00$ (kN/mc)

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	98 di 106

Nc, Nq, N_γ : load capacity coefficients

$$Nq = \tan^2(45 + \varphi'/2) * e^{(\pi * \tan \varphi')}$$

$$Nq = 11.85$$

$$Nc = (Nq - 1) / \tan \varphi'$$

$$Nc = 22.25$$

$$N\gamma = 2 * (Nq + 1) * \tan \varphi'$$

$$N\gamma = 12.54$$

s_c, s_q, s_γ : shape factor

$$s_c = 1 + B * Nq / (L * Nc)$$

$$s_c = 1.00$$

$$s_q = 1 + B * \tan \varphi' / L^*$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 * B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 1.00$$

i_c, i_q, i_γ : load inclination factor

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 0.00 \quad \theta = \arctg(Tb/TI) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m_1 = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00 \quad m = 2.00 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H / (N + B * L^* * c' * \cotg \varphi'))^m$$

(m=2 nel caso di fondazione nastroforme e m=(m_bsin²θ+m₁cos²θ) in tutti gli altri casi)

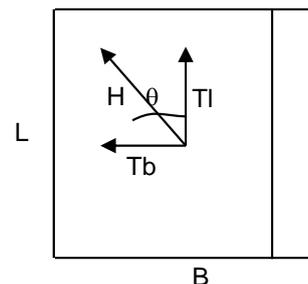
$$i_q = 0.86$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (Nq - 1)$$

$$i_c = 0.84$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B * L^* * c' * \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.79$$



FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	99 di 106

d_c, d_q, d_γ : depth of support plane factors

per $D/B^* \leq 1$; $d_q = 1 + 2 D \tan\varphi' (1 - \sin\varphi')^2 / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan\varphi' (1 - \sin\varphi')^2) * \arctan(D / B^*)$

$$d_q = 1.30$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$d_c = 1.33$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

b_c, b_q, b_γ : foundation inclination factor

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\varphi')^2$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00$$

$$\beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c, g_q, g_γ : terrain level inclination factor

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00$$

$$\beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	100 di 106

Load capacity

$$q_{lim} = 672.43 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Acting pressure

$$q = N / B * L^*$$

$$q = 238.87 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Load capacity verification

$$q_{lim} / \gamma_R = 292.36 \geq q = 238.87 \quad (\text{kN/m}^2)$$

SLIDING VERIFICATION

Acting load

$$Hd = 23.00 \quad (\text{kN})$$

Resistance

$$Sd = N \tan(\varphi') + c' B * L^*$$

$$Sd = 154.11 \quad (\text{kN})$$

Sliding security factor verification

$$Sd / \gamma_R = 140.1 \geq Hd = 23.00 \quad (\text{kN})$$

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	101 di 106

Verifica in condizioni sismiche SLV

Fondazioni Dirette Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = MI/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

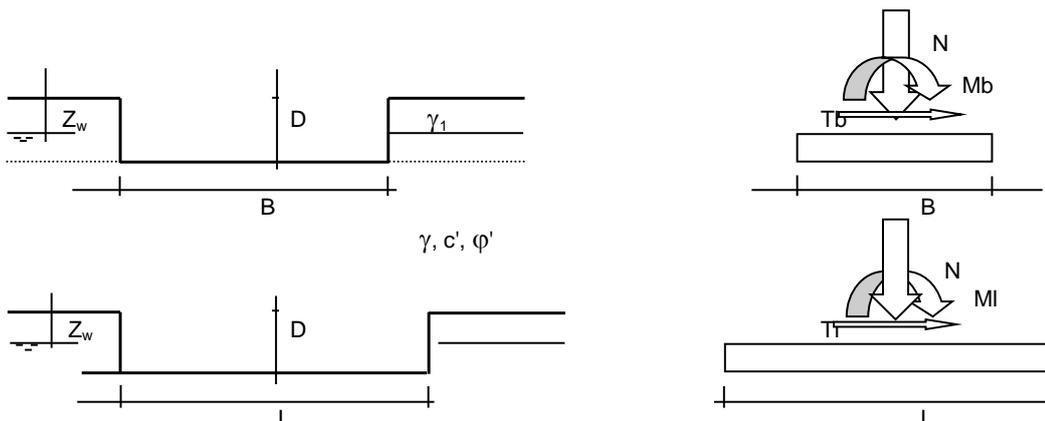
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze	
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'	q_{lim}	scorr
Stato Limite Ultimo						
A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
SISMA	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
SISMA	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

B = 1.50 (m)
L = 100.00 (m)
D = 1.50 (m)

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	102 di 106

ACTIONS

	Input values		Design values
	permanent	transient	
N [kN]	115.00	139.00	254.00
Mb [kNm]	0.00	20.00	20.00
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	0.00	22.00	22.00
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	0.00	22.00	22.00

Soil unit weight

$\gamma_1 = 17.00$ (kN/cm)
 $\gamma = 17.00$ (kN/cm)

Soil resistance characteristic values

$c' = 10.00$ (kN/mq)
 $\varphi' = 26.00$ (°)

Design values

$c' = 10.00$ (kN/mq)
 $\varphi' = 26.00$ (°)

Water table depth

$Z_w = 10.70$ (m)

$e_B = 0.08$ (m)
 $e_L = 0.00$ (m)

$B^* = 1.34$ (m)
 $L^* = 1.00$ (m)

q : load at depth D

$q = 25.50$ (kN/mq)

γ : weight foundation soil

$\gamma = 17.00$ (kN/mc)

Nc, Nq, N γ : load capacity coefficients

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$N_q = 11.85$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$N_c = 22.25$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$N_\gamma = 12.54$

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	103 di 106

s_c, s_q, s_γ : shape factor

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.00$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 1.00$$

i_c, i_q, i_γ : load inclination factor

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 0.00 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 0.00 \quad m = 2.00 \quad (-)$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^m$$

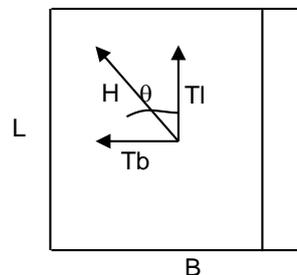
$$i_q = 0.85$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.83$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.78$$



d_c, d_q, d_γ : depth of support plane factors

$$\text{per } D/B^* \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B^*$$

$$\text{per } D/B^* > 1; d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) \cdot \arctan (D / B^*)$$

$$d_q = 1.30$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1.33$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	104 di 106

b_c, b_q, b_γ : foundation inclination factor

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2 \qquad \beta_f + \beta_p = \qquad 0.00 \qquad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = \qquad 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_c = \qquad 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = \qquad 1.00$$

g_c, g_q, g_γ : terrain level inclination factor

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2 \qquad \beta_f + \beta_p = \qquad 0.00 \qquad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = \qquad 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$g_c = \qquad 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = \qquad 1.00$$

Load capacity

$$q_{lim} = \qquad 662.36 \qquad (\text{kN/m}^2)$$

Acting pressure

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = \qquad 189.20 \qquad (\text{kN/m}^2)$$

Load capacity verification

$$q_{lim} / \gamma_R = \qquad 287.98 \qquad \geq \qquad q = \qquad 189.20 \qquad (\text{kN/m}^2)$$

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	105 di 106

SLIDING VERIFICATION

Acting load

$$Hd = 22.00 \quad (\text{kN})$$

Resistance

$$Sd = N \tan(\varphi') + c' B^* L^*$$

$$Sd = 137.31 \quad (\text{kN})$$

Sliding security factor verification

$$Sd / \gamma_R = 124.83 \geq Hd = 22.00 \quad (\text{kN})$$

FV01 – Fermata Anguillara – Lato Sud

FV01 – Pensilina - Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	00 D 29	CL	FV0100202	A	106 di 106

11. INCIDENZA ARMATURA

Fondazioni 100 kg/m³