

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA - VITERBO

TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord

FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

NR1J 01 D 29 CL FV0200 101 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A		Usai 	10.2018	Passaro 	10.2018	Paoletti 	10.2018	Arduini 11.2019 ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Dott. Ing. Fabrizio Arduini Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n° 18392/1-1-A
B	Revisione	Usai 	11.2019	Passaro 	11.2019	Paoletti 	11.2019	
C	Revisione	Serrau 	05.2020	Monda 	05.2020	Paoletti 	05.2020	

File: NR1J00D29CLFV0200101C.doc

n. Elab.: 461.04

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	SCOPO DEL DOCUMENTO	4
1.2	DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3	MATERIALI	7
3.1	ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA.....	7
3.2	CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI.....	8
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	9
5	ANALISI DEI CARICHI	10
5.1	PESO PROPRIO STRUTTURE	10
5.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI	11
5.3	SOVRACCARICO ACCIDENTALE	11
5.4	SOVRACCARICO DI MANUTENZIONE	11
5.5	AZIONE DELLA NEVE	12
5.6	AZIONE DEL VENTO.....	13
5.7	AZIONE DEL VENTO CON AZIONE AERODINAMICA PER TRAFFICO FERROVIARIO.....	16
5.8	AZIONE TERMICA	17
5.9	AZIONE SISMICA	18
5.10	COMBINAZIONI DELLE AZIONI	30
6	MODELLO STRUTTURALE	33
7	VERIFICA DELLA STRUTTURA	36
7.1	ANALISI MODALE	36
7.2	DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI	38
7.3	VERIFICHE STRUTTURALI DI RESISTENZA DELLE MEMBRATURE	41
7.4	VERIFICHE STRUTTURALI DI DEFORMABILITÀ DELLE MEMBRATURE IN ACCIAIO.....	53

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	3 di 97

7.5	VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI DI PIANO (DRIFT) PER CONDIZIONI DI CARICO NON SISMICHE	55
7.6	VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI DI PIANO PER CONDIZIONI DI CARICO SISMICHE	57
7.7	VERIFICA PIASTRA DI BASE PILASTRO.....	58
	<i>Verifica a taglio-trazione del tirafondo</i>	<i>60</i>
8	VERIFICA FONDAZIONI	64
8.1	DESCRIZIONE.....	64
8.2	MODELLO STRUTTURALE	64
8.3	TRAVI DI FONDAZIONE.....	67
8.4	SOLLECITAZIONI	68
8.5	VERIFICA DI RESISTENZA ALLO SLU	71
	<i>Verifica a Presso-flessione</i>	<i>71</i>
	<i>Verifica a Taglio</i>	<i>77</i>
8.6	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE	79
	<i>Verifiche di fessurazione e tensioni di esercizio</i>	<i>79</i>
8.7	VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE	88

1 PREMESSA

1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO

1.2 DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

La presente relazione di calcolo ha per oggetto l'analisi e le verifiche strutturali del Fabbricato Viaggiatori della stazione di Vigna di Valle.

La struttura portante realizzata in carpenteria metallica, è costituita dai seguenti profili:

- Colonne costituite da HEB 400;
- Travi longitudinali costituita da IPE 400;
- Tiranti trasversali costituite da IPE 360;
- Travi di chiusura costituite da IPE220 su bordo lato strada e UPN220 su bordo lato binario;
- Arcarecci HEA160.

A completare la struttura sono poi presenti dei portali metallici costituiti da profili tubolari di sezione 300x150x5.

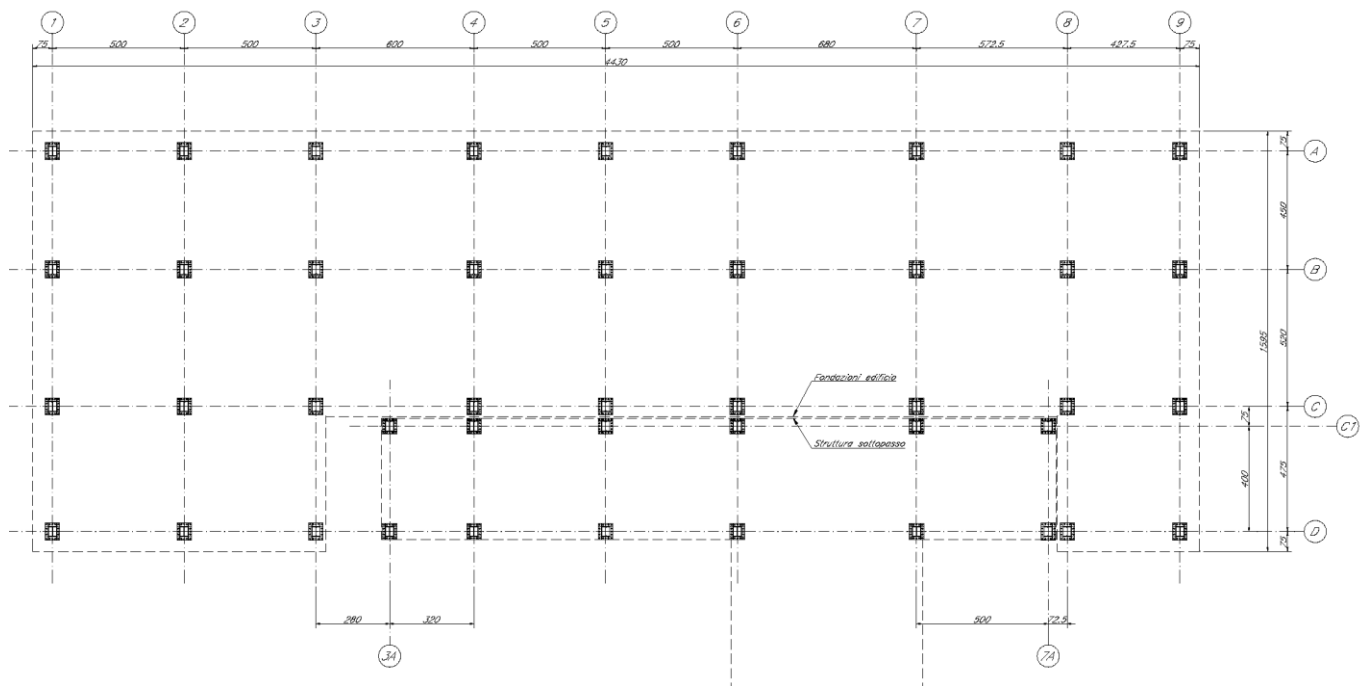


Figura 1. Pianta fili fissi

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	5 di 97

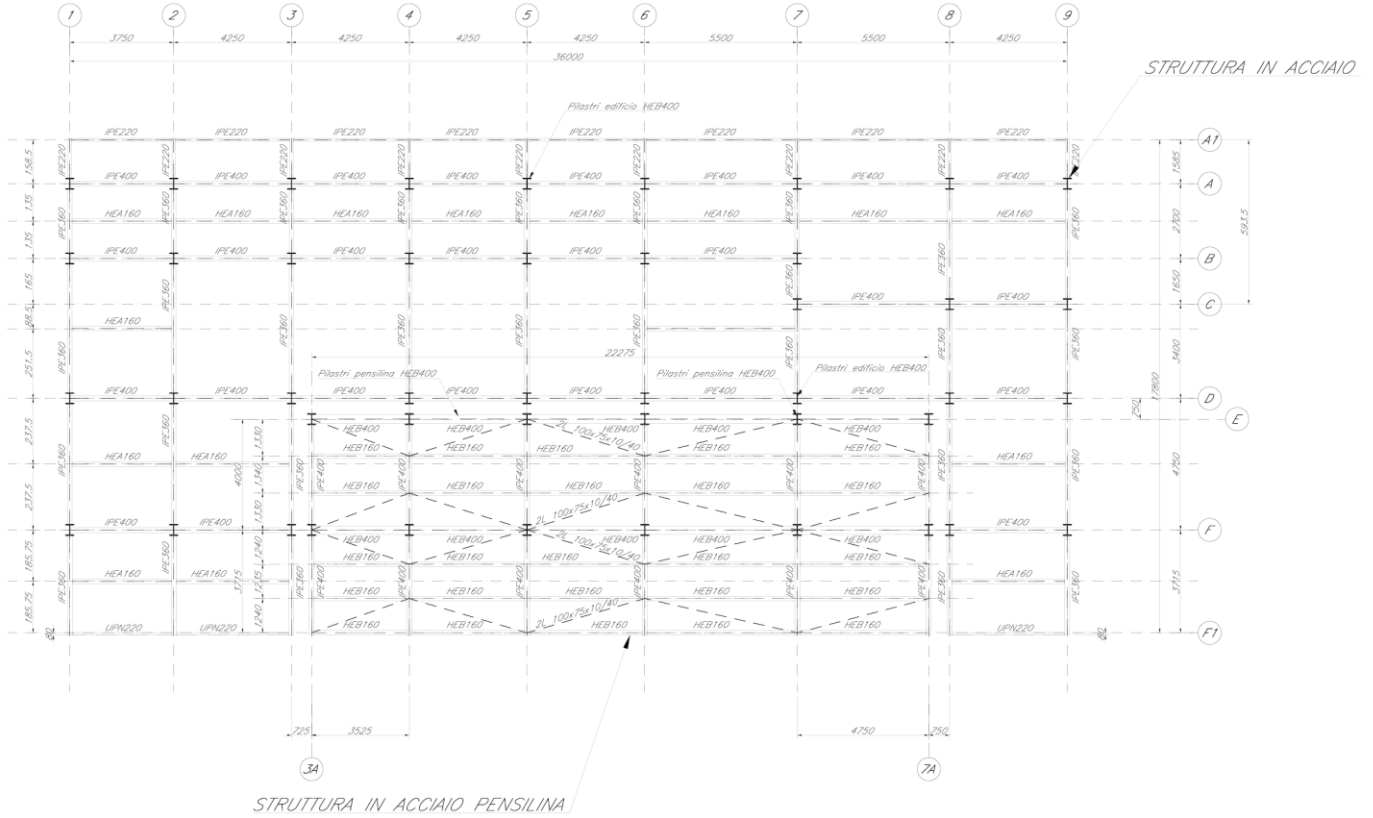


Figura 2. Pianta copertura

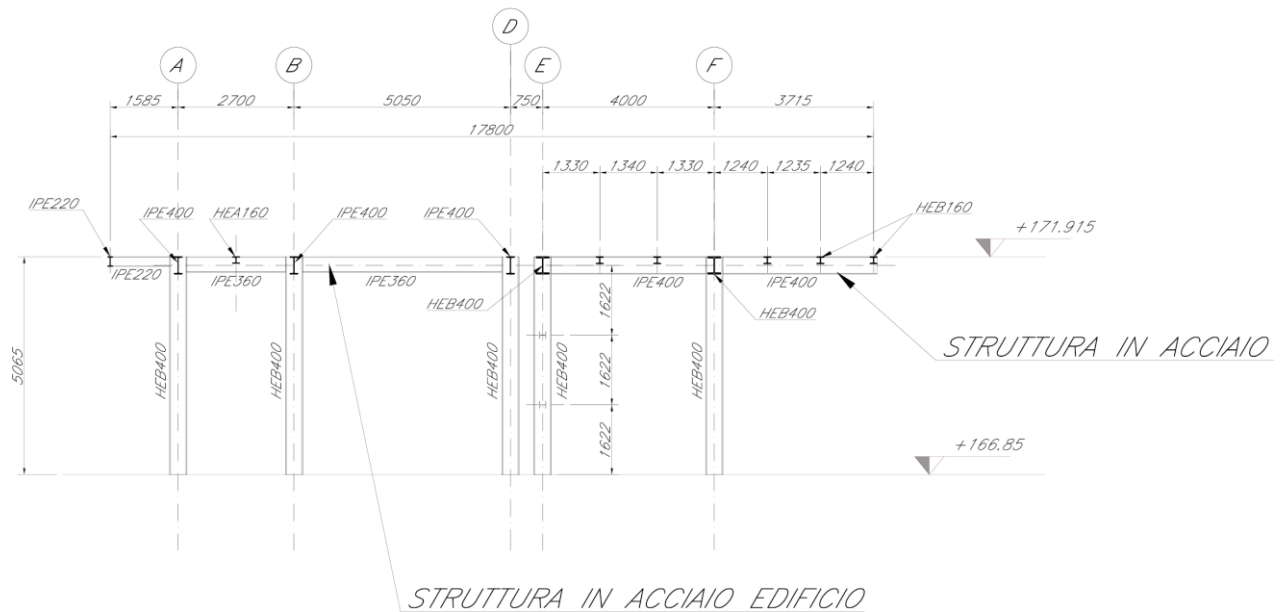


Figura 3. Sezione all. 5

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione è stata svolta in conformità alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.. La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- 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.

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	7 di 97

3 MATERIALI

3.1 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA

S275 UNI EN 10025:

- Tipologia laminati: Laminati a caldo con profili a sezione aperta
- Spessore nominale elemento: $t \leq 40\text{mm}$
- Dimensioni secondo UNI 5397
- Saldature con elettrodi secondo UNI 5132
- Struttura non protetta
- Temperatura minima del sito $T_{md} = -25\text{ °C}$
- Temperatura di riferimento $T_{Ed} = -25\text{ °C}$

Classe acciaio	Subgrade	f_{tk} [MPa]	E_s [MPa]	ν	G_s [MPa]	f_{yk} [MPa]	γ_{Rd}	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}	β	β_1	β_2
S 275 - UNI EN 10025-2 JR		430	210000	0.3	80769.2307692308	275	1.15	1.05	1.05	1.25	0.85	0.7	0.85

BULLONI CL. 8.8:

- Caratteristiche dimensionali conformi alle norme UNI EN ISO 4016:2011
- Viti conformi alla norma UNI EN ISO 898-1:2009
- Dadi conformi alla norma UNI EN 898-2:2012
- Rosette in acciaio C 50 UNI EN 10083-2:2006 temperato e rinvenuto HRC 32-40
- Piastrine in acciaio C 50 UNI EN 10083-2:2006 temperato e rinvenuto HRC 32-40

Classe bulloni	Classe dado	f_{yb} kg/cm ²	f_{tb} kg/cm ²	α_V	γ_{M2}	γ_{M3}	$\gamma_{M6,ser}$	γ_{M7}
8.8	8	6 400	8 000	0.6	1.25	1.25	1.00	1.10

SALDATURE

Per le caratteristiche delle saldature e le modalità di esecuzione vale quanto indicato ai paragrafi §4.2.8.2 e §11.3.4.5 delle NTC/08.

3.2 CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI

Classe C28/35

$R_{ck} =$	35.00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0,83 R_{ck} =$	29.05	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	37.05	MPa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85		Coeff. rid. per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1.50	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_M =$	16.46	MPa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	2.84	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm} =$	3.40	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} =$	1.98	MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0,60 f_{ck} =$	17.43	MPa	Tensione in esercizio in comb. rara (rif. §4.1.2.2.5.1 [1])
$\sigma_c = 0,45 f_{ck} =$	13.07	MPa	Tensione in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §4.1.2.2.5.1 [1])
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{(0,3)} =$	32588	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0.20		Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1 + \nu)) =$	13578	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Condizioni ambientali =	Ordinarie		
Classe di esposizione =	XC2		

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	9 di 97

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Di seguito si riportano i modelli geotecnici considerati riportati nella relazione geotecnica generale allegata NR1J00D29GEGE0005001A.

- 9° Modello – Stazione di Vigna di Valle

Modello 9a - Da pk 38+000 alla pk 39+150

Unità Geotecnica	Descrizione	z iniz (m)	z fin (m)	spessore (m)	z media (m da p.c.)	Peso di volume (kN/m ³)	Tipo di terreno	Densità relativa (%)	Angolo di resistenza al taglio piccolo ϕ' (°)	Angolo di resistenza al taglio a volume costante ϕ'_{cv} (°)	C' (kPa)
P1	Depositi superficiali zona Lago Morto	0	4	4	2	17	GF/GG	30-40	26	25	10
U1a	Limo sabbioso debolmente argilloso	4	8	4	2	17	GF/GG	50-60	28	24.5	10
U3b	PVS-Depositi vulcanici -Sabbia limosa addensata con presenze di ghiaia e litici vulcanici	8	30	22	11	17	GG	60-70	32	27	5

Cu (kPa)	Modulo elastico Eop,1 (MPa)	Modulo elastico Eop,2 (MPa)	Modulo edometrico M (MPa)	Modulo non drenato Eu (MPa)	Coefficiente di consolidazione e cv (m ² /s)	K rilevata (cm/s)	K media (cm/s)
40	18	36	25	36	$5 \cdot 10^{-3}$	-	-
60	26	52	40	54	$5 \cdot 10^{-2}$	$2,16 \cdot 10^{-3}$	-
-	35	70	50	-	-	$2,80 \cdot 10^{-4} / 3,76 \cdot 10^{-5}$	$2,02 \cdot 10^{-5}$

- Modello sismico, dalla pk 34+500 alla pk 39+497

L'accelerazione di picco assunta riferimento è il valore massimo ottenuto da NTC2018 e DGR 22 maggio 2009 n.387 - Linee Guida Regione Lazio n. 545 del 26/11/2010 vigenti (Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 e della deliberazione Giunta regionale Lazio 766/2003):

PGANTC2018 = 0.073

PGADGR_Lazio = Non discretizzata

Accelerazione di picco al suolo: si sono presi i valori dati da NTC2018 per la stazione di Vigna di Valle:

Periodo di rif_ da pk 34+500 alla pk 39+497,781	Vn	VR	TR	NTC2018
Stazione di Vigna di Valle	(anni)	(anni)	(anni)	ag/g
	50	50	475	0,065
	75	75	712	0,071
	100	200	949	0,086

Per la stazione sopra riportata ricadente nell'omonimo comune, la DGR Lazio n. 545 del 26/11/2010 non discretizza tale comune, pertanto si utilizzeranno i valori di ag/g da NTC2018.

5 ANALISI DEI CARICHI

Come prescritto dalle NTC 2018, 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 dovuti alla schermatura di rivestimento;
- sovraccarico variabile da manutenzione;
- azione del vento con effetto aerodinamico da passaggio treno;
- azione della neve;
- azione termica;
- azione sismica.

5.1 PESO PROPRIO STRUTTURE

Il peso proprio degli elementi strutturali in elevazione viene calcolato considerando il peso specifico dell'acciaio:

$$\gamma = 78,50 \text{ kN/m}^3$$

Il peso proprio degli elementi strutturali in fondazione viene calcolato considerando il peso specifico del cemento armato:

$$\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$$

5.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

Il carico permanente non strutturale corrisponde al carico associato al rivestimento orizzontale, compresa sottostruttura è pari a:

$$g_{2k}=1,5 \text{ kN/m}^2$$

5.3 SOVRACCARICO ACCIDENTALE

Il fabbricato rientra nella cat. C3 - Aree d'accesso ad atri di stazione ferroviarie secondo Tab.3.1.II delle NTC2018:

$$q_{5k}=5 \text{ kN/m}^2$$

5.4 SOVRACCARICO DI MANUTENZIONE

Si adotta il carico distribuito di cat. H, tipico delle coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione, definito secondo la Tab.3.1.II delle NTC2018:

$$q_{3k}=0.5 \text{ kN/m}^2$$

5.5 AZIONE DELLA NEVE

NEVE (Q4)			
zona	=	III	
a_s	=	250.00m	altitudine del sito

	I-Alpina	I-Med	II	III
$a_s < 200$	1.50	1.50	1.00	0.60
$a_s > 200$	1.55	1.58	1.08	0.65

q_{sk}	=	0.65	kN/mq	valore caratteristico di riferimento
c_t	=	1.00	-	coefficiente termico
classi		Normale	-	classe di topografia
n°		1.00		numero falde
c_E	=	1.00		coefficiente di esposizione
α_1	=	0.00	°	angolo inclinazione falda sx
μ_1	=	0.80	-	coeff. di forma falda sx
$q_{sk4.1}$	=	0.52	kN/mq	carico da neve falda 1

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	13 di 97

5.6 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 = **250** 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;

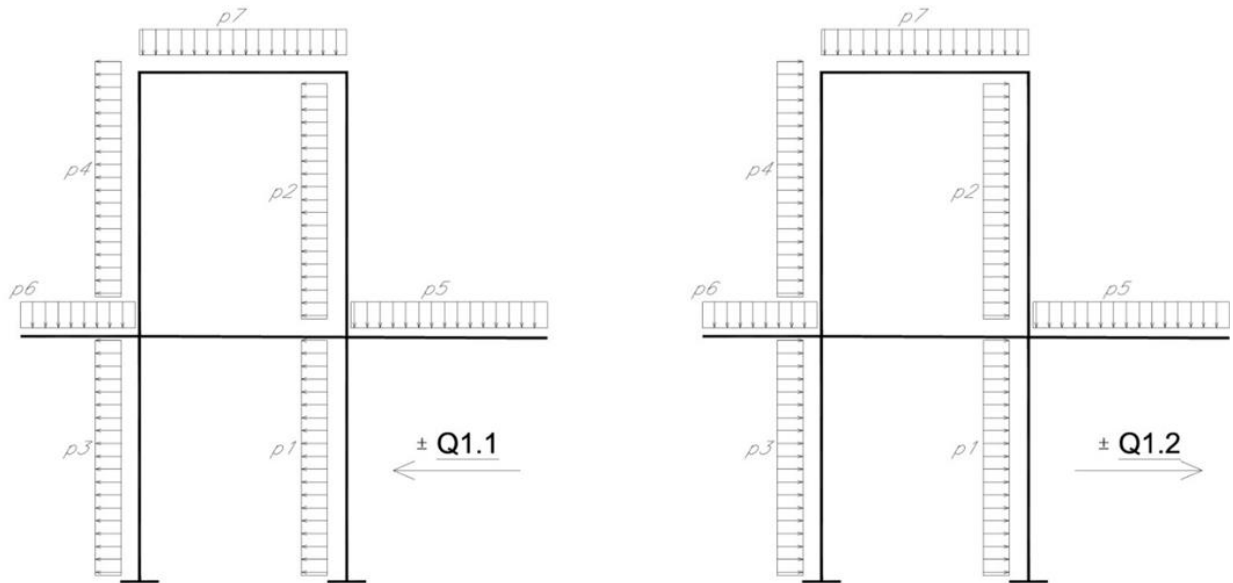
FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	14 di 97

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	=	2.033	
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	=	8.5	m
COEFFICIENTE DI PRESSIONE	=	1	
COEFFICIENTE DINAMICO	=	1	
PRESSIONE DEL VENTO	=	0.93	kN/mq

La pressione del vento a meno del coefficiente C_p vale 0,93 kN/m². I coefficienti di forma per vento sui pannelli di copertura sono stati determinati in accordo con le indicazioni della Circolare 617/2019 delle NTC 2018.

Scenari di carico da vento:



Coefficiente di forma

	Q1.1	Q1.2		
C_{p1}	=	1.00	0.60	coefficiente di forma pareti laterali sopravento (Q1.1)/sottovento (Q1.2)
C_{p2}	=	1.00	0.60	coefficiente di forma pareti laterali sopravento (Q1.1)/sottovento (Q1.2)
C_{p3}	=	0.60	1.00	coefficiente di forma pareti laterali sottovento (Q1.1)/sopravento (Q1.2)
C_{p4}	=	0.60	1.00	coefficiente di forma pareti laterali sottovento (Q1.1)/sopravento (Q1.2)
C_{p5}	=	1.20	1.20	coefficiente di forma per carico in copertura
C_{p6}	=	1.20	1.20	coefficiente di forma per carico in copertura
C_{p7}	=	1.20	1.20	coefficiente di forma per carico in copertura
p_1	=	0.93	0.56	kN/mq coefficiente di forma pareti laterali
p_2	=	0.93	0.56	kN/mq coefficiente di forma pareti laterali
p_3	=	0.56	0.93	kN/mq coefficiente di forma pareti laterali
p_4	=	0.56	0.93	kN/mq coefficiente di forma pareti laterali
p_5	=	1.11	1.11	kN/mq pressione in copertura
p_6	=	1.11	1.11	kN/mq pressione in copertura
p_7	=	1.11	1.11	kN/mq pressione in copertura

5.7 AZIONE DEL VENTO CON AZIONE AERODINAMICA PER TRAFFICO FERROVIARIO

In accordo al 5.2.2.7 delle NTC 2018 si prevede un carico addizionale dovuto all'effetto aerodinamico causato dal passaggio del treno in base alla distanza dall'asse del binario. In accordo con quanto previsto in RFI DTC-SI-PS MA IFS 001 C, si considera l'effetto aerodinamico associato al passaggio dei treni. Tali prescrizioni si riscontrano anche al punto 5.2.2.7 delle NTC 2018 relativo ai ponti ferroviari. Le azioni possono essere schematizzate mediante carichi equivalenti agenti nelle zone prossime alla testa ed alla coda del treno. Nel determinare l'intensità della pressione generata dal passaggio del convoglio sono stati considerati diversi scenari, quali:

- Caso con superfici orizzontali adiacenti il binario;
- Caso con superfici verticali parallele al binario;
- Caso con strutture con superfici multiple a fianco del binario sia verticali che orizzontali o inclinate.

AERODINAMICA (Q2) - §5.2.2.7.3 NTC18

Superfici orizzontali adiacenti il 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 §5.2.2.7.3 NTC18
$q_{3k,(min)}$	=	0,15	kN/mq	caratteristica fig. 5.2.10 §5.2.2.7.3 NTC18
hg	=	4,95	m	distanza P.F. intradosso pensilina
K_3	=	0,69		coef riduttivo
$q2_{(max)}$	=	0,41	kN/mq	
$q2_{(min)}$	=	0,10	kN/mq	
$q2_{(med)}$	=	0,26	kN/mq	valore medio
$q2_{Ed}$	=	0,41	kN/mq	valore di calcolo

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	17 di 97

AERODINAMICA (Q2) - §5.2.2.7.1 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 §5.2.2.7.1 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

AERODINAMICA (Q2) - §5.2.2.7.4 NTC18

Azione sulle superfici multiple a fianco del binario sia verticali che orizzontali o inclinate

$a_{g,min}$ = 1,50 m distanza minima
 $a_{g,max0}$ = 5,30 m distanza massima reale
 $a_{g,max}$ = 5,30 m distanza massima da considerare
 $a'_{g,max}$ = 3,02 m distanza fittizia
 V = 200,00 Km/h velocità treno
 q_{4k} = 0,41 kN/mq caratteristica fig. 5.2.8 §5.2.2.7.1 NTC18
 k_1 = 1,00 coef riduttivo forma treno
 K_2 = 1,00 coef amplificativo geometria ostacolo
 q_2 = 0,41 kN/mq di calcolo

In accordo alle Istruzioni FS (RFI DTC-SI-PS MA IFS 001 C Parte II sezione 1 cap. 1.5.4.3) si assume un minimo carico da vento con effetto aerodinamico pari a:

$$q_{v,tot,k} = \pm 1.50 \text{ kN/m}^2$$

5.8 AZIONE TERMICA

In accordo con il paragrafo 3.5.5 delle NTC 2018, relativamente al caso di strutture in acciaio esposte, è stata considerata un'azione termica uniforme pari a:

$$\Delta T = \pm 25^\circ C$$

Tale azione è stata applicata in combinazione alle altre azioni.

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	18 di 97

5.9 AZIONE SISMICA

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

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

Per l'opera in esame si considera:

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

Ricerca per comune

LONGITUDINE:

LATITUDINE:

REGIONE:

PROVINCIA:

COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche


Tabella parametri

Reticolo di riferimento

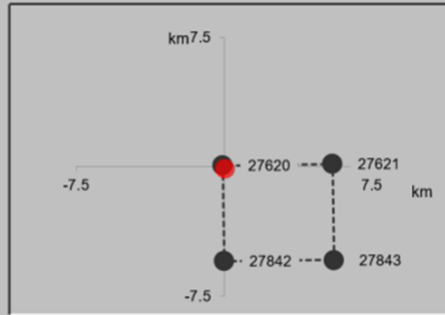
Controllo sul reticolo

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

Interpolazione:



Nodi del reticolo intorno al sito



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	0.036	2.660	0.248
SLD	75	0.041	2.674	0.274
SLV	712	0.071	2.929	0.349
SLC	1462	0.082	3.004	0.381

I parametri di risposta sismica locale sono:

- Categoria del sottosuolo **B**
- 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%.

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	20 di 97

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: **B** ▼ info
 Categoria topografica: **T1** ▼ info
 $S_S = 1.200$ $C_C = 1.358$ ▼ 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_o **1** Regol. in altezza **no** ▼ info

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

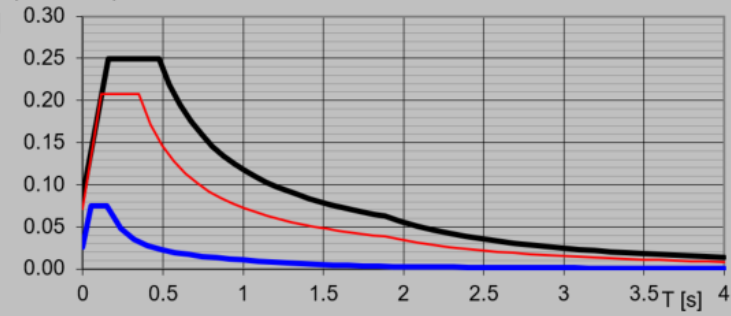
Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta ▶▶
 Parametri e punti spettri di risposta ▶▶

$S_{d,o}$ [g]

$S_{d,v}$ [g]

S_e [g]

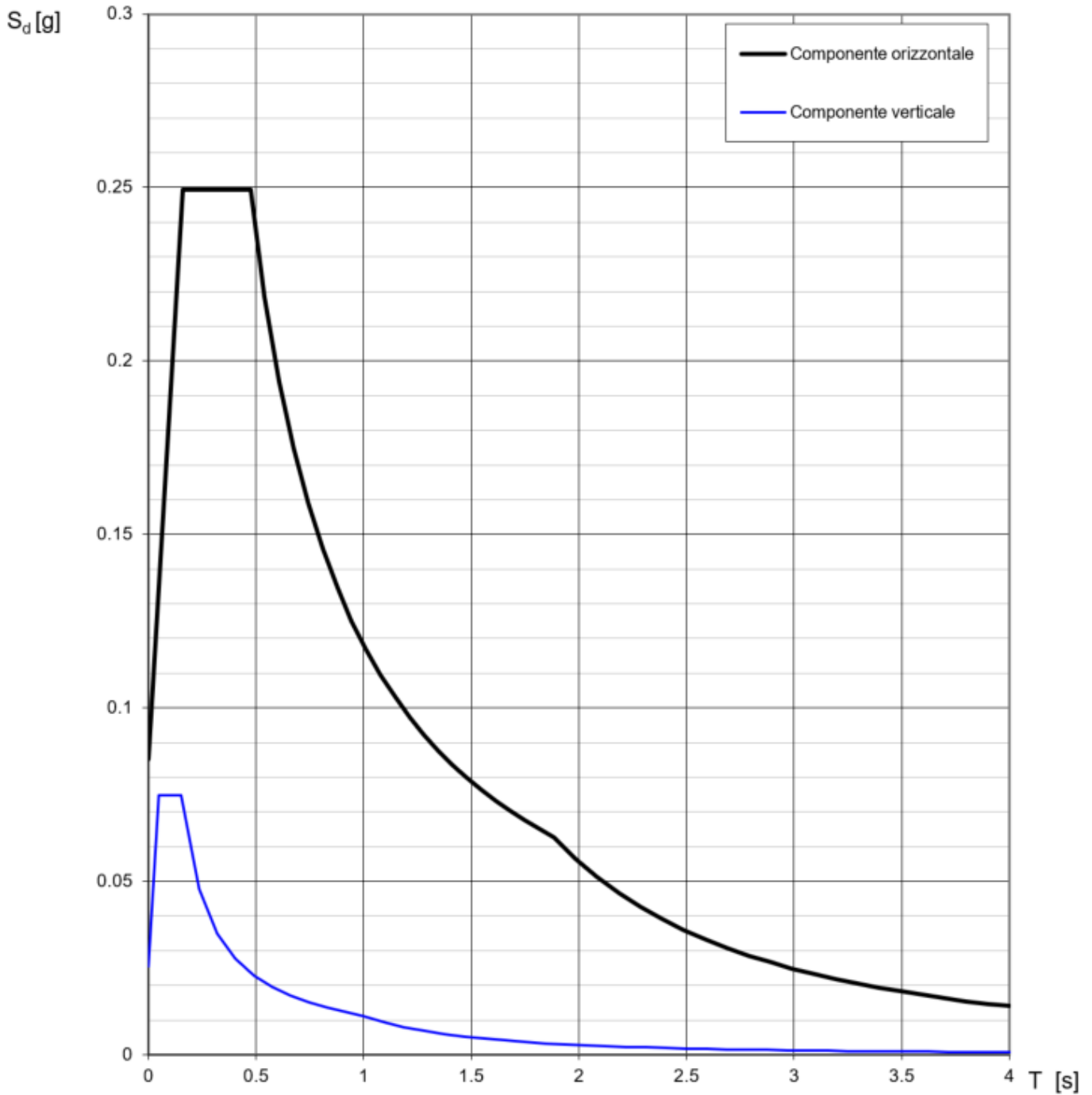
Spettri di risposta



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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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



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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.071 g
F_0^*	2.929
T_C^*	0.349 s
S_S	1.200
C_C	1.358
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.158 s
T_C	0.474 s
T_D	1.884 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)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

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	0.085
T_B ←	0.158	0.249
T_C ←	0.474	0.249
	0.541	0.218
	0.608	0.194
	0.675	0.175
	0.742	0.159
	0.809	0.146
	0.877	0.135
	0.944	0.125
	1.011	0.117
	1.078	0.110
	1.145	0.103
	1.212	0.097
	1.279	0.092
	1.347	0.088
	1.414	0.084
	1.481	0.080
	1.548	0.076
	1.615	0.073
	1.682	0.070
	1.749	0.068
	1.817	0.065
T_D ←	1.884	0.063
	1.984	0.056
	2.085	0.051
	2.186	0.047
	2.287	0.043
	2.388	0.039
	2.488	0.036
	2.589	0.033
	2.690	0.031
	2.791	0.029
	2.891	0.027
	2.992	0.025
	3.093	0.023
	3.194	0.022
	3.295	0.020
	3.395	0.019
	3.496	0.018
	3.597	0.017
	3.698	0.016
	3.798	0.015
	3.899	0.015
	4.000	0.014

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	23 di 97

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 **B** info

Categoria topografica **T1** info

$S_S =$ **1.200**

$C_C =$ **1.425** info

$h/H =$ **0.000**

$S_T =$ **1.000** info

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

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento ξ (%) **5**

$\eta =$ **1.000** info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q_0 **1**

Regol. in altezza **no** info

Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore q **1**

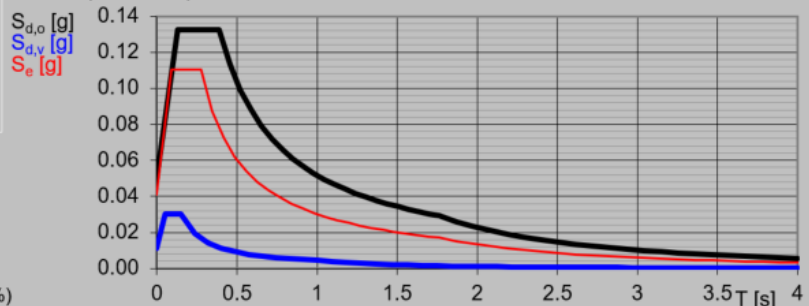
$\eta =$ **1.000** info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



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

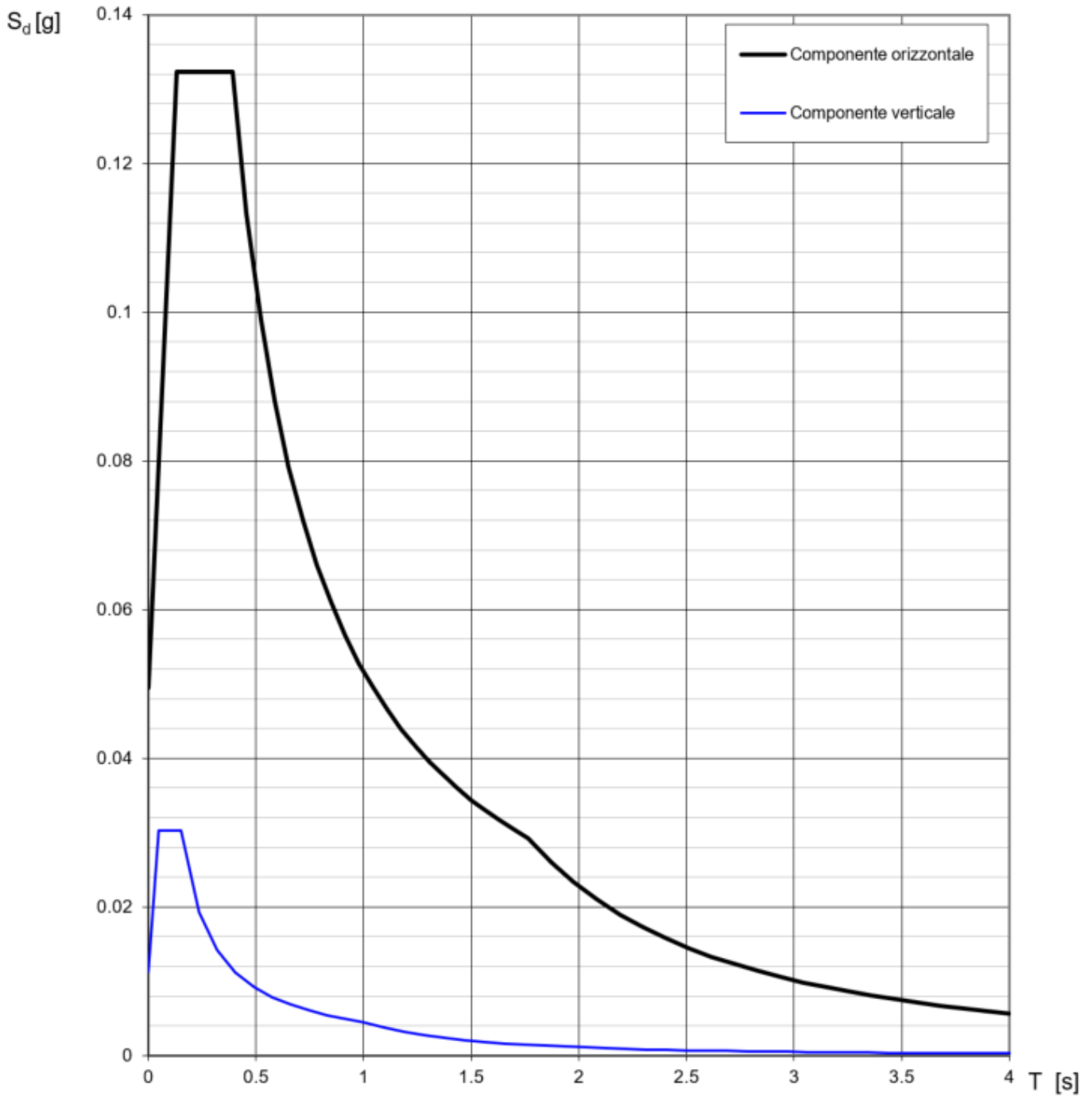
INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

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



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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.041 g
F_o	2.674
T_C	0.274 s
S_S	1.200
C_C	1.425
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.130 s
T_C	0.390 s
T_D	1.765 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)

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

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

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

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

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	0.049
T_B ←	0.130	0.132
T_C ←	0.390	0.132
	0.456	0.113
	0.521	0.099
	0.587	0.088
	0.652	0.079
	0.718	0.072
	0.783	0.066
	0.849	0.061
	0.914	0.057
	0.980	0.053
	1.045	0.049
	1.110	0.047
	1.176	0.044
	1.241	0.042
	1.307	0.040
	1.372	0.038
	1.438	0.036
	1.503	0.034
	1.569	0.033
	1.634	0.032
	1.699	0.030
T_D ←	1.765	0.029
	1.871	0.026
	1.978	0.023
	2.084	0.021
	2.191	0.019
	2.297	0.017
	2.403	0.016
	2.510	0.014
	2.616	0.013
	2.723	0.012
	2.829	0.011
	2.936	0.011
	3.042	0.010
	3.149	0.009
	3.255	0.009
	3.361	0.008
	3.468	0.008
	3.574	0.007
	3.681	0.007
	3.787	0.006
	3.894	0.006
	4.000	0.006

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	26 di 97

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

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato: **SLO** ▼ info

Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: **B** ▼ info
 Categoria topografica: **T1** ▼ info
 $S_s = 1.200$ $C_c = 1.454$ info
 $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

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

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

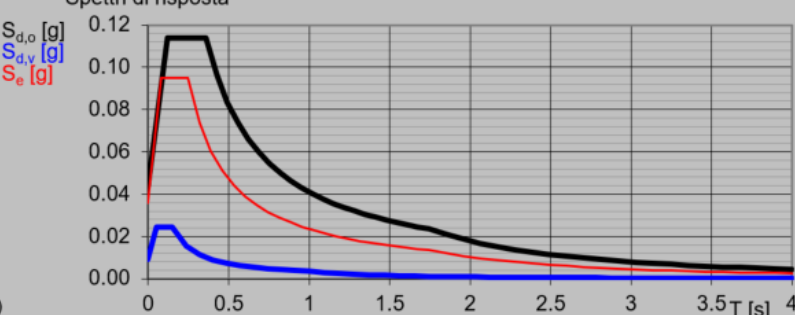
Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta ▶▶▶
 Parametri e punti spettri di risposta ▶▶▶

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

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

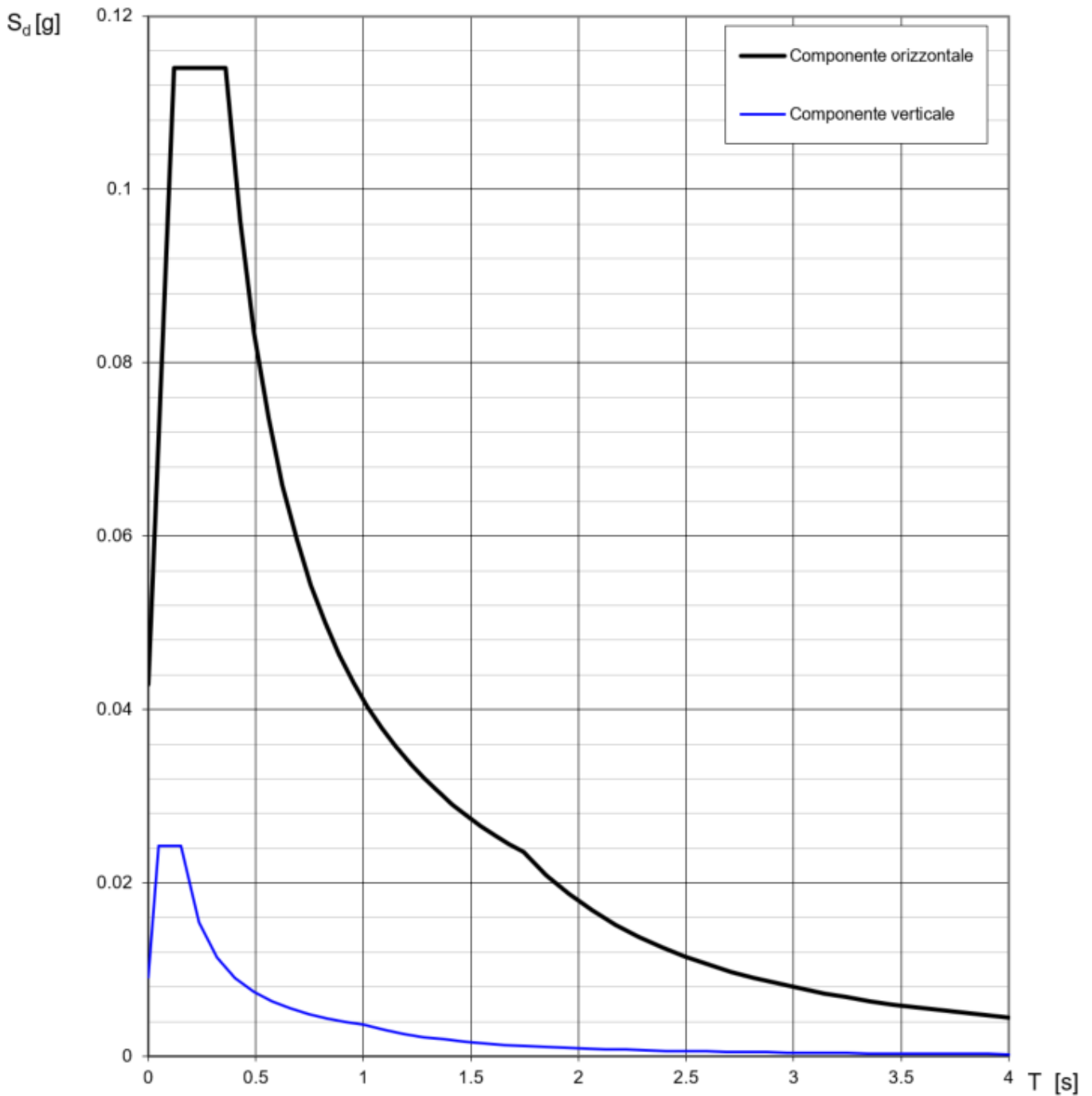
Spettri di risposta



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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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



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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_g	0.036 g
F_o	2.660
T_C^*	0.248 s
S_S	1.200
C_C	1.454
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.120 s
T_C	0.360 s
T_D	1.743 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	0.043
T_B ←	0.120	0.114
T_C ←	0.360	0.114
	0.426	0.096
	0.492	0.084
	0.558	0.074
	0.624	0.066
	0.689	0.060
	0.755	0.054
	0.821	0.050
	0.887	0.046
	0.953	0.043
	1.019	0.040
	1.084	0.038
	1.150	0.036
	1.216	0.034
	1.282	0.032
	1.348	0.030
	1.414	0.029
	1.480	0.028
	1.545	0.027
	1.611	0.025
	1.677	0.024
T_D ←	1.743	0.024
	1.850	0.021
	1.958	0.019
	2.065	0.017
	2.173	0.015
	2.280	0.014
	2.388	0.013
	2.495	0.011
	2.603	0.011
	2.710	0.010
	2.818	0.009
	2.925	0.008
	3.033	0.008
	3.140	0.007
	3.248	0.007
	3.355	0.006
	3.463	0.006
	3.570	0.006
	3.678	0.005
	3.785	0.005
	3.893	0.005
	4.000	0.004



PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONI DI CALCOLO STRUTTURE
RADDOPPIO CESANO – VIGNA DI VALLE
STAZIONE DI VIGNA DI VALLE

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord

FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	29 di 97

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:

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

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

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

5.10 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Le azioni caratteristiche (carichi, distorsioni, variazioni termiche, ecc.) devono essere definite in accordo con quanto indicato nel capitolo 2 delle NTC 2018. Per costruzioni civili o industriali di tipo corrente e per le quali non esistano regolamentazioni specifiche, le azioni di calcolo si ottengono combinando le azioni caratteristiche secondo le seguenti formule di correlazione.

- Combinazione fondamentale, utilizzata 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, impiegata per gli stati limite di esercizio irreversibili (SLE Rara):

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

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti a lungo termine (SLE Quasi permanente):

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

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi di salvaguardia per la vita (SLV) e di esercizio (SLO) connessi con l'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 A_d :

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

Si riportano le tabelle con i coefficienti di combinazione delle azioni previste dalle NTC 2018.

Tabella 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{01}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli	γ_{01}	1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{02}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli	γ_{02}	1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{0i}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli	γ_{0i}	1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Figura 4. Tabella 2.6.I estratta dalle NTC 2018.

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Figura 5. Tabelle 2.5.I e 2.6.I estratte dalle NTC 2018.



PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONI DI CALCOLO STRUTTURE
RADDOPPIO CESANO – VIGNA DI VALLE
STAZIONE DI VIGNA DI VALLE

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
 FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	32 di 97

		SLE												SISMICA											
		SLE-K-q5										SLE-QP				SLV			SLO			SLD			
		K59	K60	K61	K62	K63	K64	K65	K66	K67	K68	K69	K70	QP1	QP2	QP3	QP4	EX	EY	EZ	O1	O2	O3	DX	DY
pp	DEAD	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
perm	G2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
vento1	Q1.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
vento2	Q1.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
manutenzione	Q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
neve	Q4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
folia	Q5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.70	0.70	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
temp	Dt	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.00	0.00	0.50	-0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sisma slv_x	SLV_X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sisma slv_y	SLV_Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sisma slv_z	SLV_Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sisma slo_x	SLO_X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.30	0.00	0.00	0.00
sisma slo_y	SLO_Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	0.30	0.00	0.00	0.00
sisma slo_z	SLO_Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	1.00	0.00	0.00	0.00
sisma sld_x	SLD_X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.30	0.30
sisma sld_y	SLD_Y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	0.30
sisma sld_z	SLD_Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	1.00

6 MODELLO STRUTTURALE

L'analisi della struttura in esame 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*, mentre i pannelli di rivestimento mediante elementi *shell none*. Questi ultimi, in accordo con le orditure dei pannelli di copertura, sono stati utilizzati per la ripartizione dei carichi sulle travi mediante l'opzione *uniform loads to frame* nel verso dell'asse 1 degli elementi shell.

Le travi secondarie sono state svincolate a momento flettente M2-M3 mediante inserimento di *release* alle estremità, mentre i pilastri sono vincolati al suolo con dei vincoli di incastro.

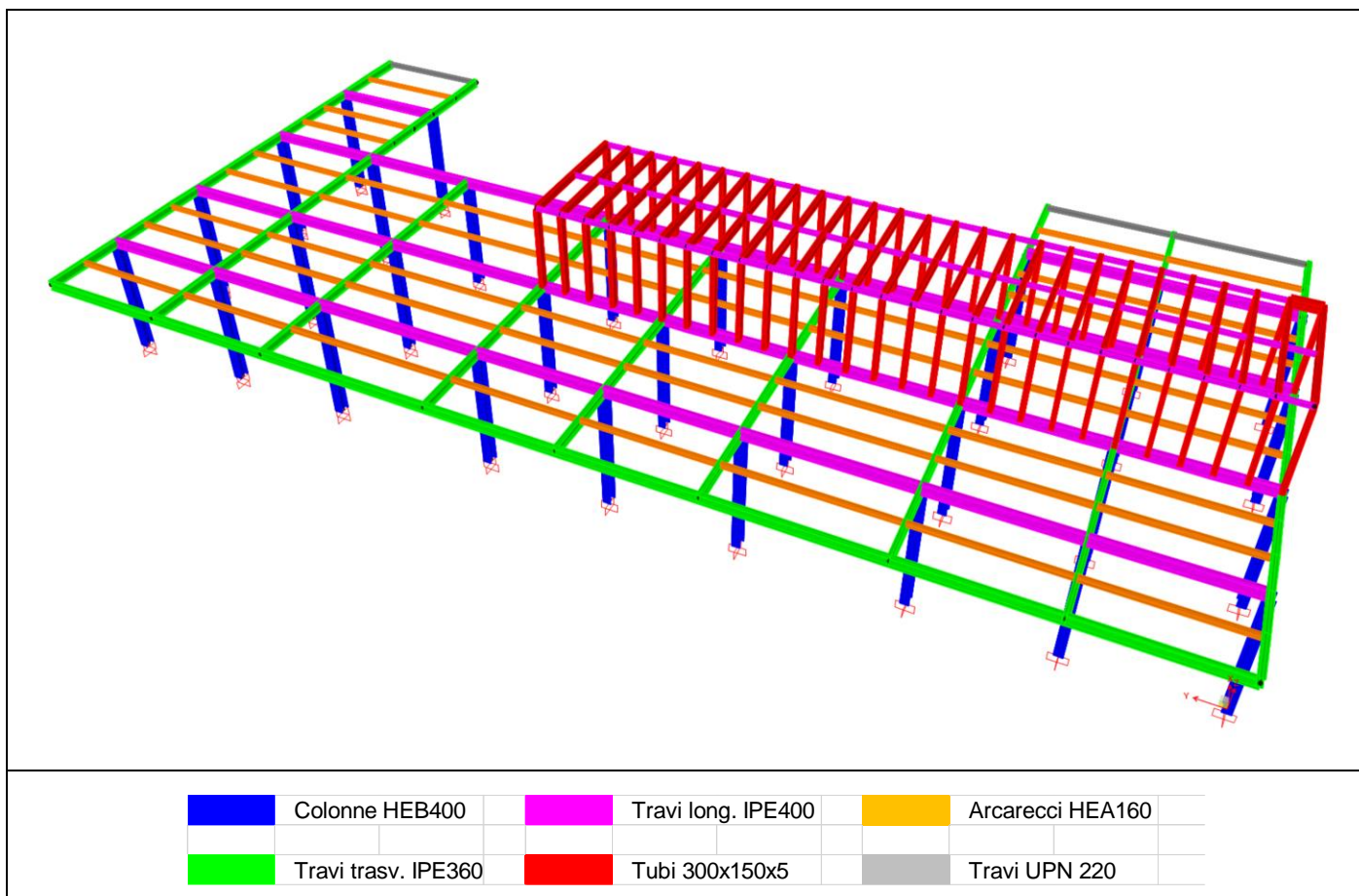


Figura 6. Modello SAP2000 struttura – Vista estrusa

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	34 di 97

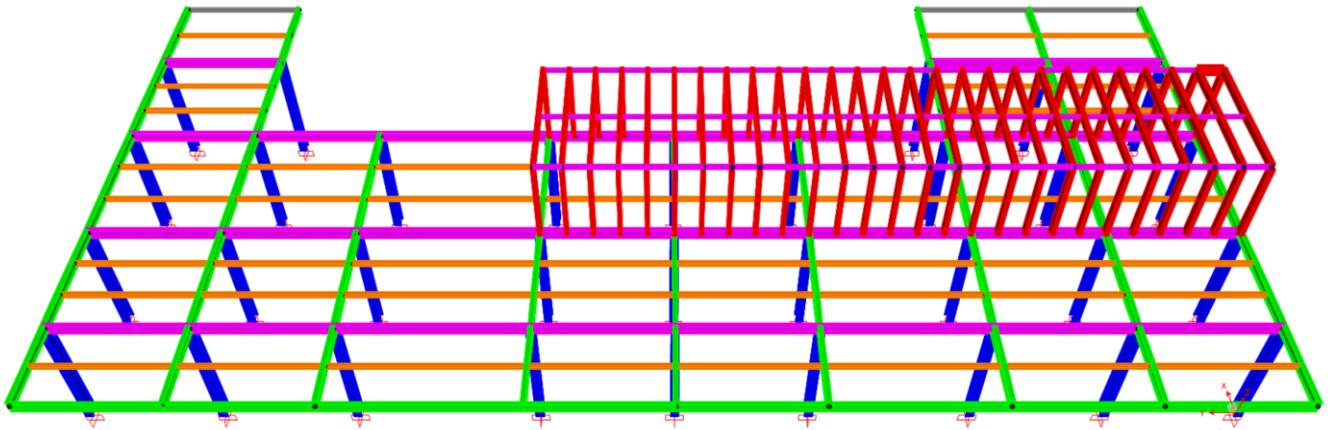


Figura 7. Modello SAP2000 struttura – Vista estrusa

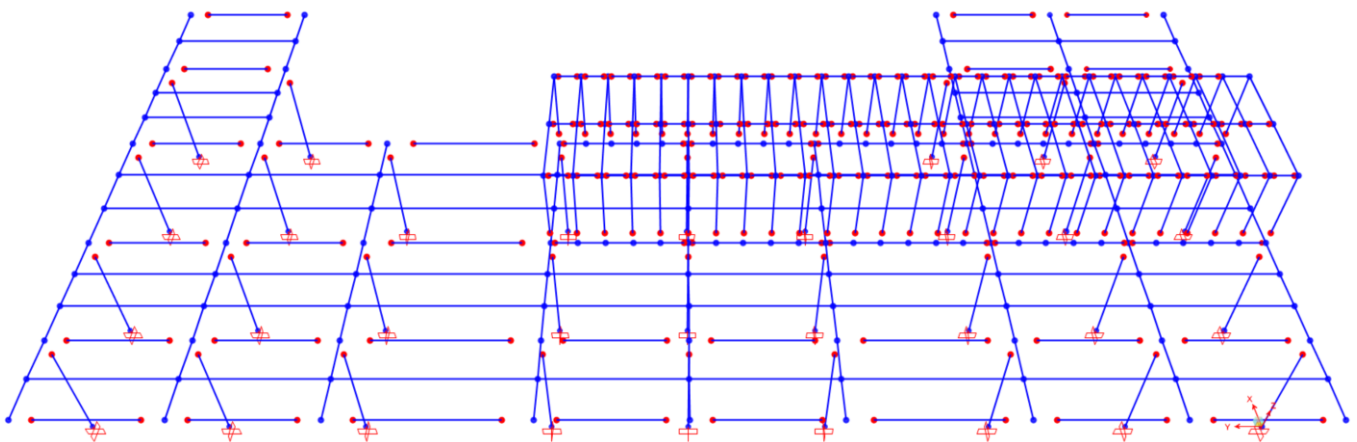


Figura 8. Vista - svincoli assegnati

Per chiarezza espositiva, nelle figure seguenti non sono visualizzati gli arcarecci.

Unità di misura: forze [**kN**]; lunghezze [**m**]; temperatura [**°C**].

Metodo di assegnazione dei carichi sul modello di calcolo

I carichi sono stati assegnati come segue:

1. Definizione dello schema di carico (load pattern);
2. Definizione del caso di carico con intensità pari al valore caratteristico (load case);
3. Assegnazione dello schema di carico con intensità unitaria (entità del load pattern pari a 1), eccetto per:
4. L'entità del carico risultante è data dal prodotto dell'entità del caso di carico per l'entità dello schema di carico:

Load = Load pattern x Load case

5. I carichi distribuiti di superficie sono stati assegnati mediante l'opzione *Area loads -> Uniform to frame*, che distribuisce il carico secondo l'orditura dei pannelli per aree di influenza;
6. I carichi distribuiti lineari sono stati assegnati mediante l'opzione *Frame loads -> Distributed*, che distribuisce il carico in maniera uniforme lungo l'estensione dell'elemento frame;
7. I fattori parziali per ottenere il valore di calcolo dei carichi sono stati assegnati nelle rispettive combinazioni come fattori di scala.

7 VERIFICA DELLA STRUTTURA

7.1 ANALISI MODALE

Per il calcolo delle sollecitazioni strutturali è stato impiegato il programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000 v.15.1.0 Stante il tipo di analisi condotta, ossia dinamica lineare con spettro di risposta, è stato necessario svolgere dapprima un'analisi modale per determinare i periodi e le frequenze associate ai differenti modi. Questi ultimi sono stati considerati in numero tale da rispettare le prescrizioni previste dalle NTC 2018 al paragrafo § 7.3.3.1 in cui è riportato: *“Devono essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. È 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 degli effetti relativi a ciascun modo”*.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa contenente i risultati dell'analisi modale svolta.

OutputCase	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	1	1.24	0%	12%	0%	0%	12%	0%
MODAL	4	0.68	0%	77%	0%	0%	94%	0%
MODAL	14	0.39	13%	0%	0%	42%	98%	0%
MODAL	17	0.36	12%	0%	0%	59%	98%	0%

Con 20 modi si soddisfano le specifiche richieste dalla normativa cogente in termini di massa partecipante complessiva.

Seguono alcune immagini rappresentative delle principali deformate modali della struttura in esame:

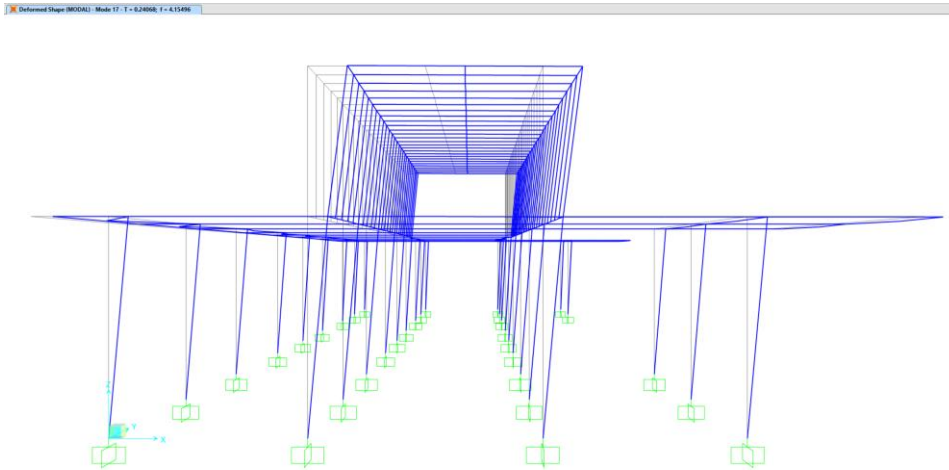


Figura 9. Deformata modale associata al 17° modo.

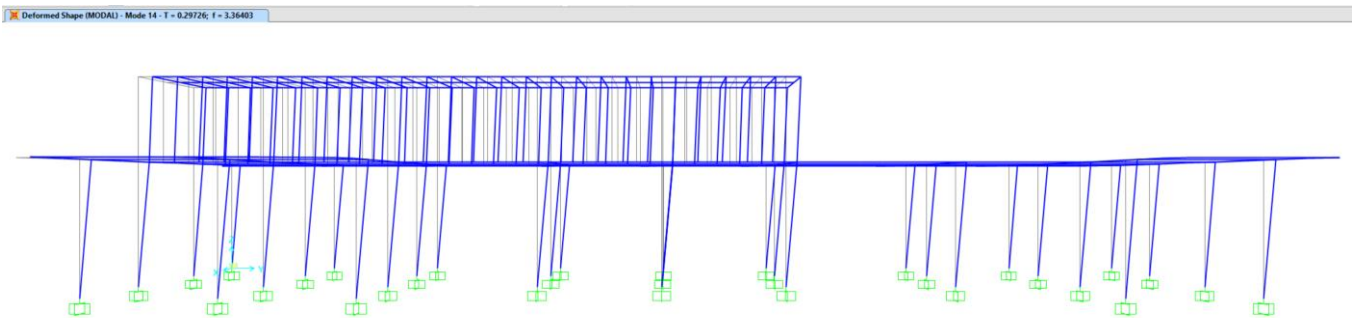


Figura 10. Deformata modale associata al 14° modo.

TABLE: Masses 1 - Mass Source		
MassFrom	LoadPat	Multiplier
Text	Text	Unitless
Loads	DEAD	1
Loads	g2.1_scatalari	1
Loads	g2.2_pannelli	1
Loads	g2.3_cop_pensilina	1
Loads	g2.4_solaio	1

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	KN	KN	KN
DEAD	LinStatic	0	0	614
G2	LinStatic	0	0	1360

La massa eccitata dall'accelerazione spettrale è pari a **197.3 ton**.

7.2 DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI

Si riportano di seguito i diagrammi qualitativi delle sollecitazioni di momento, taglio e sforzo normale nella combinazione di involucro SLU.

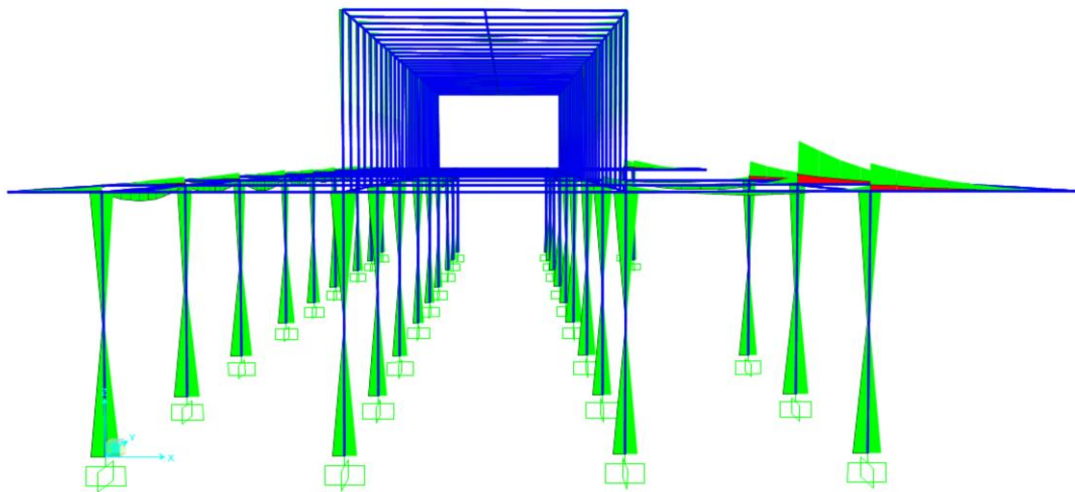


Figura 11. Diagramma del momento flettente M3-3 in combinazione involucro SLU.

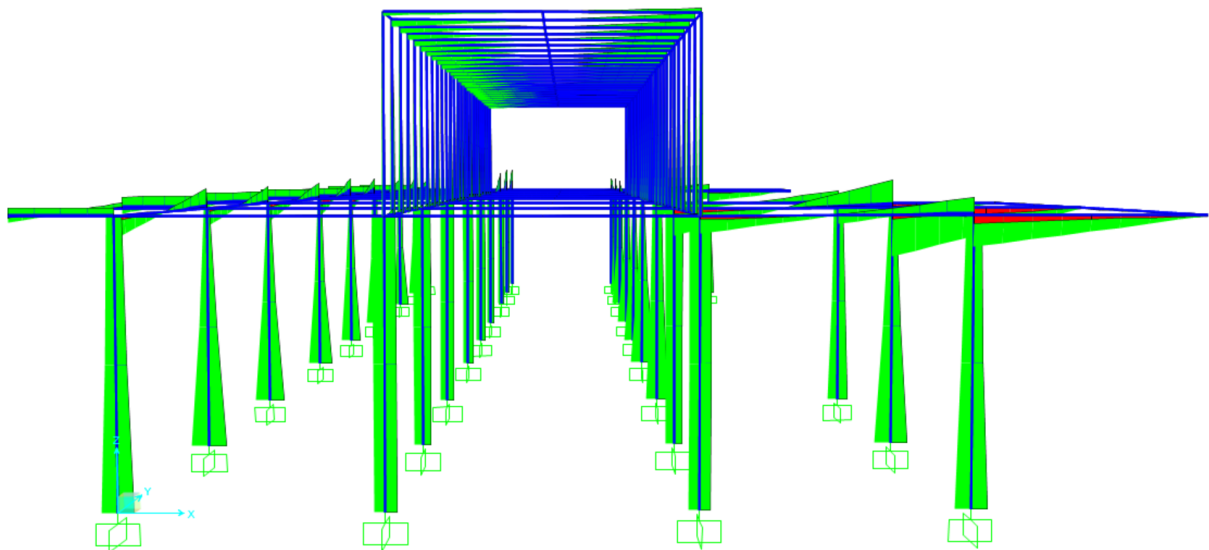


Figura 12. Diagramma del taglio V2-2 in combinazione involucro SLU.

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	39 di 97

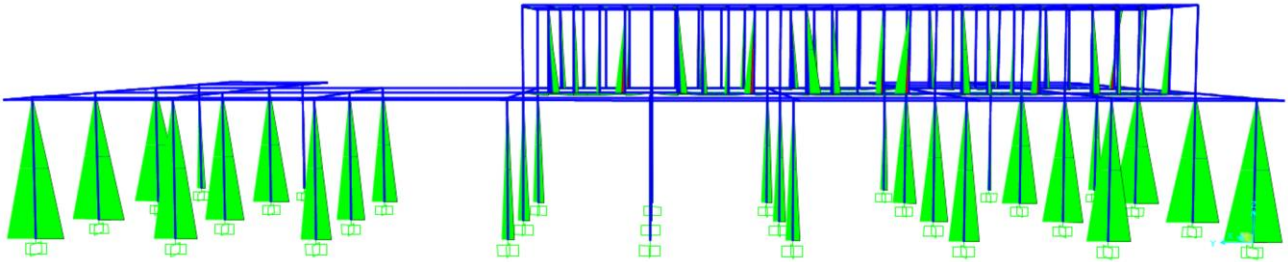


Figura 13. Diagramma del momento flettente M2-2 in combinazione di involucro SLU

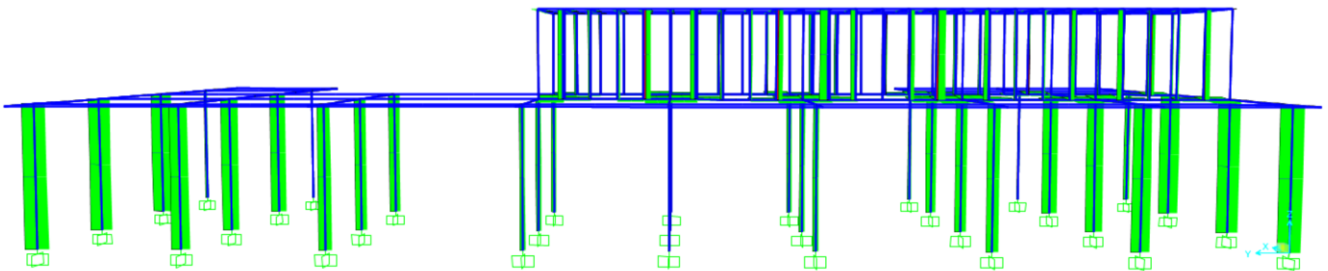


Figura 14. Diagramma del taglio V3-3 in combinazione di involucro SLU

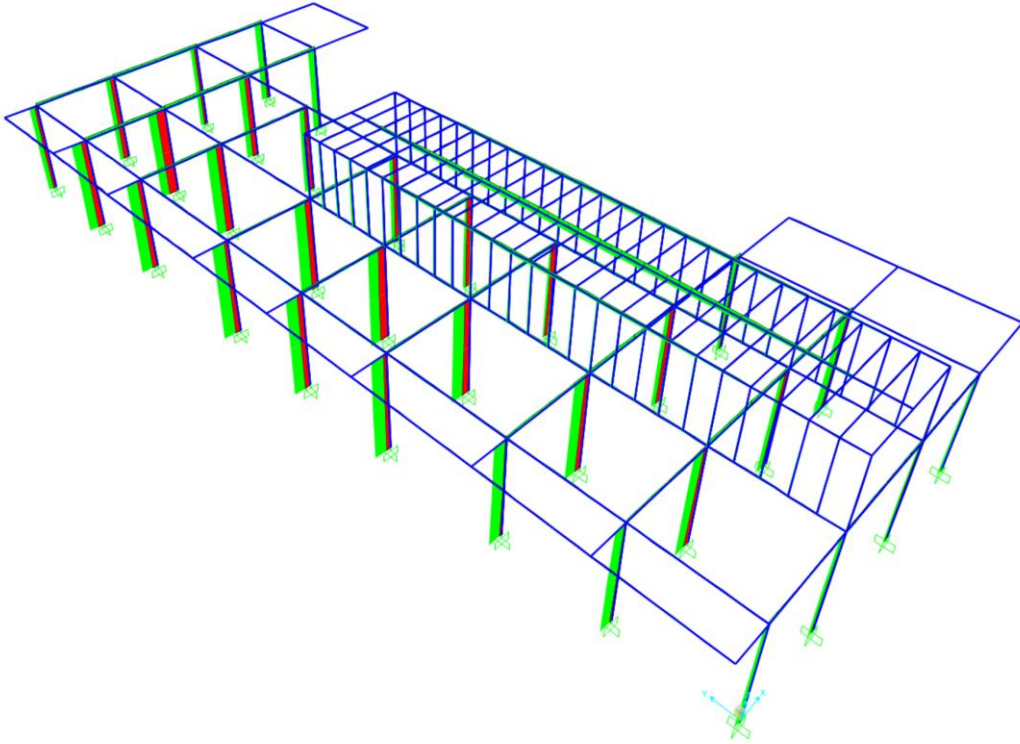



Figura 15 Diagramma dello sforzo normale in combinazione di involucro SLU.

7.3 VERIFICHE STRUTTURALI DI RESISTENZA DELLE MEMBRATURE

Si riportano di seguito le verifiche delle membrature in acciaio eseguite in accordo alla normative cogente, i cui parametri di progetto sono stati impostati come mostrato in figura.

 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-CBF
5 Behavior Factor, q0	1.
6 System Overstrength Factor, Omega	1.
7 Consider P-Delta Done?	No
8 Consider Torsion?	No
9 GammaM0	1.05
10 GammaM1	1.05
11 GammaM2	1.25
12 Ignore Seismic Code?	No
13 Ignore Special Seismic Load?	No
14 Is Doubler Plate Plug-Welded?	Yes
15 Consider Deflection?	Yes
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	1.

Set To Default Values

Reset To Previous Values

Figura 16. Parametri di progetto delle membrature

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	42 di 97

Si riportano di seguito i grafici dello sfruttamento degli elementi orizzontali e verticali, estratti dal modello di calcolo dopo aver impostato i parametri per la progettazione in accordo alla Normativa attuale sulle costruzioni.

Il grado di colore indica lo stato di verifica nei riguardi di una sollecitazione di pressoflessione deviata. I numeri rappresentano il tasso di lavoro degli elementi strutturali per le combinazioni di carico allo SLU (condizione statica e sismica).

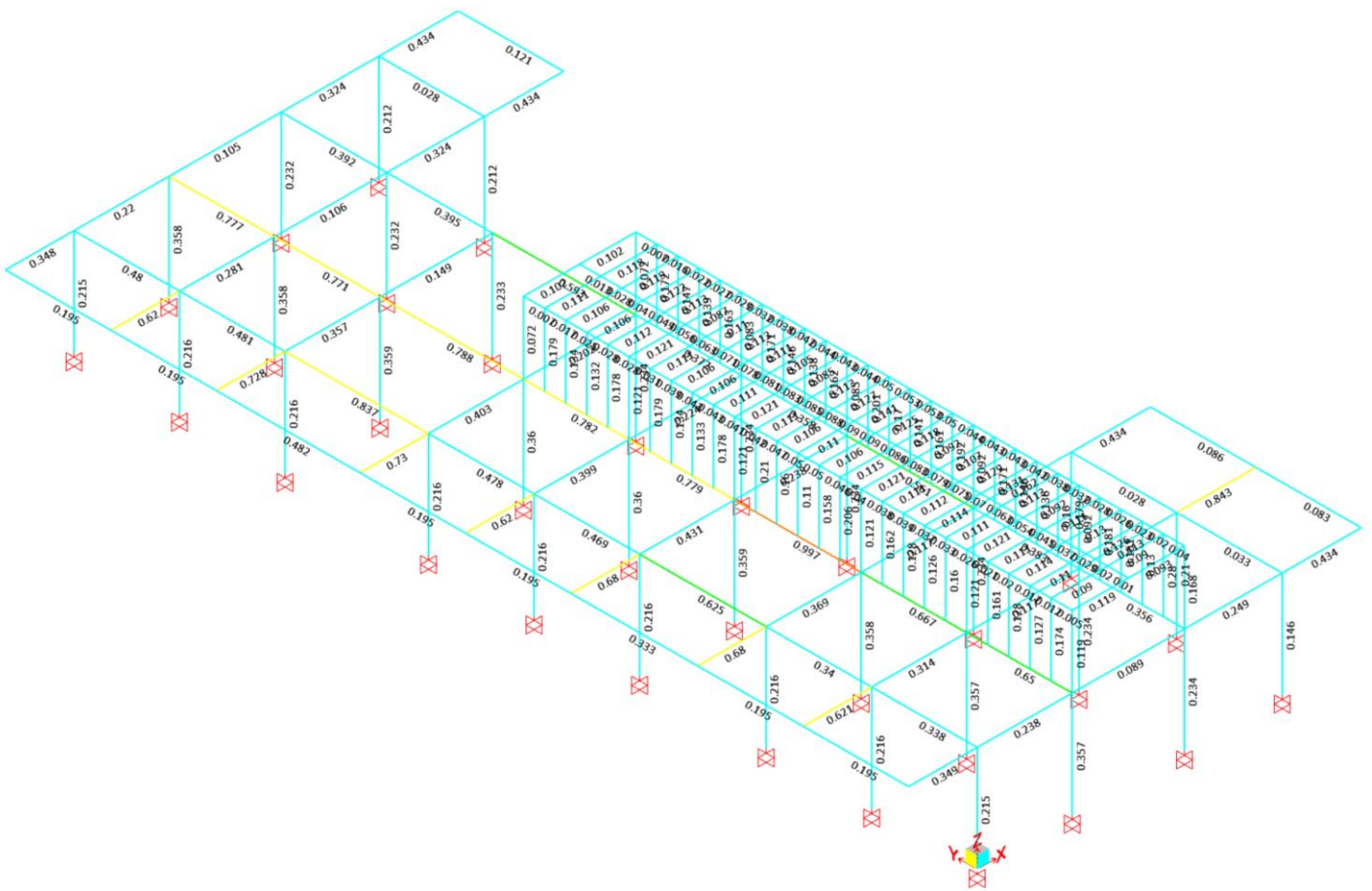


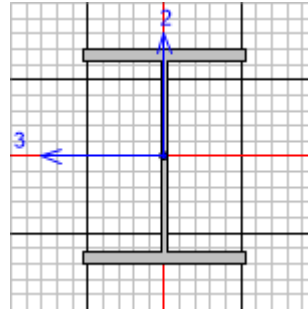
Figura 17. Sfruttamento delle membrature in acciaio.

A seguire si riportano i report delle verifiche effettuate per il frame più sollecitato degli elementi principali della strutturale.

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	43 di 97

COLONNE HEB 400



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

Frame : 49	X Mid: 4.5	Combo: EY	Design Type: Column
Length: 5.	Y Mid: 21.	Shape: HE400B	Frame Type: DCL-CBF
Loc : 0.	Z Mid: 2.5	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=1.15
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75
		D/C Lim=1.

Aeff=0.02	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.02	Iyy=5.768E-04	iyy=0.171	Wel, yy=0.003	Weff, yy=0.003
It=3.610E-06	Izz=1.082E-04	izz=0.074	Wel, zz=7.213E-04	Weff, zz=7.213E-04
Iw=3.824E-06	Iyz=0.	h=0.4	Wpl, yy=0.003	Av, y=0.015
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl, zz=0.001	Av, z=0.007

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
0.	-100.165	-36.599	103.437	1.654	-20.683	-0.05

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

D/C Ratio: 0.36 = $(0.043)^2 + (0.358)^1 < 1$. OK
= $(M_y, Ed/Mn, y, Rd)^{\text{Alpha}} + (M_z, Ed/Mn, z, Rd)^{\text{Beta}}$ (NTC Eq 4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-101.602	5185.714	5185.714

	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	5185.714	6130.08	17592.306	17592.306	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	a	0.21	23851.061	0.478	0.643	4828.034
MajorB (y-y)	a	0.21	73600.333	0.272	0.545	5102.514
Minor (z-z)	b	0.34	8970.286	0.779	0.902	3823.194
MinorB (z-z)	b	0.34	8970.286	0.779	0.902	3823.194
Torsional TF	b	0.34	17592.306	0.556	0.715	4451.303

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	44 di 97

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-36.599	-36.599	-19.092	-22.594
Minor (z-z)	103.437	103.437	51.719	62.062

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	846.476	846.476	846.476	837.584
Minor (z-z)	289.143	289.143	289.143	

	Curve b	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB		0.34	0.472	0.658	0.989	1.705	3984.009

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.618	0.369	0.994	0.615

SHEAR DESIGN

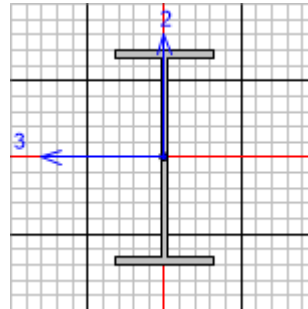
	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	12.639	0.051	1061.499	0.012	OK
Minor (y)	20.687	0.051	2275.419	0.009	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdaBarW
Reduction	1061.499	1.	0.318

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	45 di 97

TRAVE IPE 400



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

Frame : 73	X Mid: 4.5	Combo: U10	Design Type: Beam
Length: 6.	Y Mid: 13.	Shape: IPE400	Frame Type: DCL-CBF
Loc : 6.	Z Mid: 5.	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=1.15
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75
		D/C Lim=1.

Aeff=0.008	eNy=0.	eNz=0.		
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=275000.	fu=430000.	Wpl, zz=2.290E-04	Av, z=0.004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
6.	-6.806	0.	0.	83.582	13.525	0.

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

D/C Ratio: $0.997 = 0.012 + 0.759 + 0.226 < 1.$ OK
 $= \frac{NEd}{(\chi_z N Rk / \Gamma M1)} + kzy \frac{(My, Ed + NEd eNy)}{(\chi_{LT} My, Rk / \Gamma M1)}$
 $+ kzz \frac{(Mz, Ed + NEd eNz)}{(Mz, Rk / \Gamma M1)}$ (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-6.806	2213.095	2213.095

	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	2213.095	2616.12	2411.566	2411.566	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	a	479396.295	0.07	0.489	1.	2213.095
MajorB (y-y)	a	479396.295	0.07	0.489	1.	2213.095
Minor (z-z)	b	758.808	1.75	2.295	0.265	585.632
MinorB (z-z)	b	758.808	1.75	2.295	0.265	585.632

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord

FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	46 di 97

Torsional TF b 0.34 2411.566 0.982 1.115 0.609 1347.165

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0.	119.034	0.	89.275
Minor (z-z)	0.	14.827	0.	11.12

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	342.31	342.31	342.31	156.572
Minor (z-z)	59.976	59.976	59.976	

LTB	Curve c	AlphaLT 0.49	LambdaBarLT 1.172	PhiLT 1.425	ChiLT 0.457	psi 1.138	Mcr 261.779
-----	------------	-----------------	----------------------	----------------	----------------	--------------	----------------

Factors	kyy 0.994	kyz 0.549	kzy 0.998	kzz 0.915
---------	--------------	--------------	--------------	--------------

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	83.582	0.	646.139	0.129	OK
Minor (y)	13.525	0.	792.677	0.017	OK

Reduction	Vpl, Rd 646.139	Eta 1.	LambdabarW 0.53
-----------	--------------------	-----------	--------------------

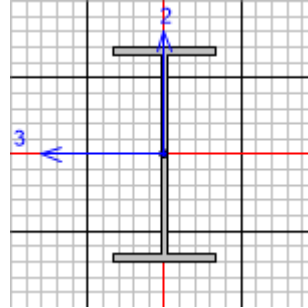
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	83.412	83.582

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	47 di 97

TRAVE IPE360



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

Frame :	135	X Mid:	16.325	Combo:	U18	Design Type:	Beam
Length:	3.75	Y Mid:	5.	Shape:	IPE360	Frame Type:	DCL-CBF
Loc :	3.75	Z Mid:	5.	Class:	Class 1	Rolled :	Yes

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

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25	
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.15	
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75	D/C Lim=1.

Aeff=0.007	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.007	Iyy=1.627E-04	iyy=0.15	Wel, yy=9.039E-04	Weff, yy=9.039E-04
It=0.	Izz=1.043E-05	izz=0.038	Wel, zz=1.227E-04	Weff, zz=1.227E-04
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.36	Wpl, yy=0.001	Av, y=0.005
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl, zz=1.910E-04	Av, z=0.004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
3.75	0.	0.	0.	-2.061	0.009	0.

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

D/C Ratio: 0.843 = 0. + 0.842 + 0. < 1. 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
	0.	1904.048	1904.048

	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	1904.048	2250.792	3214.96	3214.96	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	a	0.21	23979.717	0.289	0.551	1866.175
MajorB (y-y)	a	0.21	23979.717	0.289	0.551	1866.175
Minor (z-z)	b	0.34	1537.237	1.14	1.31	973.902
MinorB (z-z)	b	0.34	1537.237	1.14	1.31	973.902

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord

FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	48 di 97

Torsional TF b 0.34 3214.96 0.789 0.911 0.731 1392.762

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0.	-184.529	0.	138.397
Minor (z-z)	0.	0.034	0.017	0.021

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	266.881	266.881	266.881	219.042
Minor (z-z)	50.024	50.024	50.024	

LTB	Curve c	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
		0.49	0.598	0.776	0.821	2.288	784.834

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.408	0.36	1.	0.6

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	2.061	0.	530.871	0.004	OK
Minor (y)	0.009	0.	694.541	1.324E-05	OK

Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdaBarW
	530.871	1.	0.507

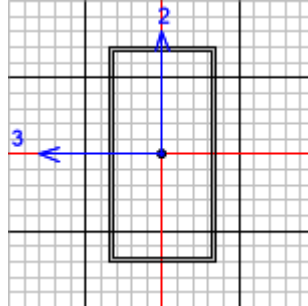
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	96.355	2.061

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	49 di 97

TUBOLARI RETTANGOLARI 300x150x5



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

Frame : 363	X Mid: 4.5	Combo: U18	Design Type: Column
Length: 3.4	Y Mid: 15.	Shape: 300x150x5	Frame Type: DCL-CBF
Loc : 0.	Z Mid: 6.7	Class: Class 1	Rolled : No

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

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25
q0=1.	Omega=1.	GammaRd=1.15
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75
		D/C Lim=1.

Aeff=0.004	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.004	Iyy=5.296E-05	iyy=0.11	Wel, yy=3.531E-04	Weff, yy=3.531E-04
It=4.158E-05	Izz=1.806E-05	izz=0.064	Wel, zz=2.408E-04	Weff, zz=2.408E-04
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.3	Wpl, yy=4.315E-04	Av, y=0.002
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl, zz=2.665E-04	Av, z=0.003

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
0.	-20.827	0.	14.664	-3.801	4.418	4.283

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.9.1(6z))

D/C Ratio: 0.21 = 0.21 < 1. OK
= (Mz, Ed/Mn, z, Rd) (EC3 6.2.9.1(6z))

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-20.827	1152.381	1152.381

	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	1152.381	1362.24	208077.409	1673.456	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	b 0.34	1673.456	0.85	0.972	0.693	798.526
MajorB (y-y)	b 0.34	12072.676	0.317	0.57	0.958	1103.973
Minor (z-z)	b 0.34	3238.315	0.611	0.757	0.831	958.048
MinorB (z-z)	b 0.34	3238.315	0.611	0.757	0.831	958.048
Torsional TF	b 0.34	1673.456	0.85	0.972	0.693	798.526



PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONI DI CALCOLO STRUTTURE
RADDOPPIO CESANO – VIGNA DI VALLE
STAZIONE DI VIGNA DI VALLE

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
 FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	50 di 97

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0.	9.906	0.	7.43
Minor (z-z)	14.664	14.664	7.152	8.655

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	113.012	113.012	113.012	113.012
Minor (z-z)	69.798	69.798	69.798	

	Curve d	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB		0.76	0.152	0.493	1.	1.556	5131.907

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.662	0.357	0.397	0.595

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	3.801	4.283	438.511	0.009	OK
Minor (y)	4.418	4.283	226.816	0.019	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	438.511	1.	0.704

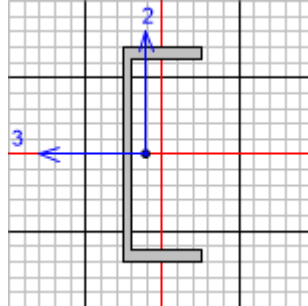


PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONI DI CALCOLO STRUTTURE
RADDOPPIO CESANO – VIGNA DI VALLE
STAZIONE DI VIGNA DI VALLE

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
 FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	51 di 97

TRAVE UPN220



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

Frame : 335 X Mid: 18.2 Combo: EX Design Type: Beam
 Length: 5. Y Mid: 40.3 Shape: UPN220 Frame Type: DCL-CBF
 Loc : 2.5 Z Mid: 5. 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=1.15
 An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=1.

Aeff=0.004 eNy=0. eNz=0.
 A=0.004 Iyy=2.691E-05 iyy=0.085 Wel,yy=2.446E-04 Weff,yy=2.446E-04
 It=0. Izz=1.966E-06 izz=0.023 Wel,zz=3.353E-05 Weff,zz=3.353E-05
 Iw=0. Iyz=0. h=0.22 Wpl,yy=2.988E-04 Av,y=0.002
 E=210000000. fy=275000. fu=430000. Wpl,zz=7.187E-05 Av,z=0.002

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
2.5	-0.119	1.724	-1.168	-0.293	0.467	0.

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

D/C Ratio: $0.121 = 0.001 + 0.057 + 0.062 < 1.$ 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				
	-0.151	980.571	980.571				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	980.571	1159.142	1367.998	1115.682	1.		
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd	
Major (y-y)	c	0.49	2230.965	0.679	0.848	0.737	723.107
MajorB (y-y)	c	0.49	2230.965	0.679	0.848	0.737	723.107
Minor (z-z)	c	0.49	162.991	2.513	4.225	0.131	128.656
MinorB (z-z)	c	0.49	162.991	2.513	4.225	0.131	128.656

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord

FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	52 di 97

Torsional TF c 0.49 1115.682 0.961 1.148 0.563 552.149

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	1.724	1.724	1.724	1.724
Minor (z-z)	-1.168	-1.168	0.	0.

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	78.257	78.257	78.257	30.049
Minor (z-z)	18.823	18.823	18.823	

LTB	Curve d	AlphaLT 0.76	LambdaBarLT 1.2	PhiLT 1.6	ChiLT 0.384	psi 1.21	Mcr 57.055
-----	------------	-----------------	--------------------	--------------	----------------	-------------	---------------

Factors	kyy 0.95	kyz 0.601	kzy 1.	kzz 1.001
---------	-------------	--------------	-----------	--------------

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	0.293	0.	304.349	0.001	OK
Minor (y)	0.467	0.	300.758	0.002	OK

Reduction	Vpl, Rd 304.349	Eta 1.	LambdabarW 0.267
-----------	--------------------	-----------	---------------------

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	1.086	1.086

7.4 VERIFICHE STRUTTURALI DI DEFORMABILITÀ DELLE MEMBRATURE IN ACCIAIO

Le verifiche di deformabilità vengono condotte con riferimento alle prescrizioni riportate al paragrafo §4.2.4.2.1 delle NTC 2018 che pone dei limiti sia agli abbassamenti generati dalla combinazione di carico caratteristica sia a quelli generati dai soli carichi variabili. Tali valori limite sono espressi come funzione della luce L dell'elemento che nel caso di elementi a sbalzo è pari al doppio della luce dello stesso.

Tabella 4.2.X Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

Figura 18. Limiti di deformabilità

Nel caso in esame si considera come limite superiore quello relativo alle coperture in generale che la norma fissa pari a L/200.

Si riporta in particolare la verifica dello sbalzo trasversale lato binario.

Spostamenti Verticali in Copertura (4.2.4.2.1 NTC18)

sbalzo trasversale lato binario

Da Normativa

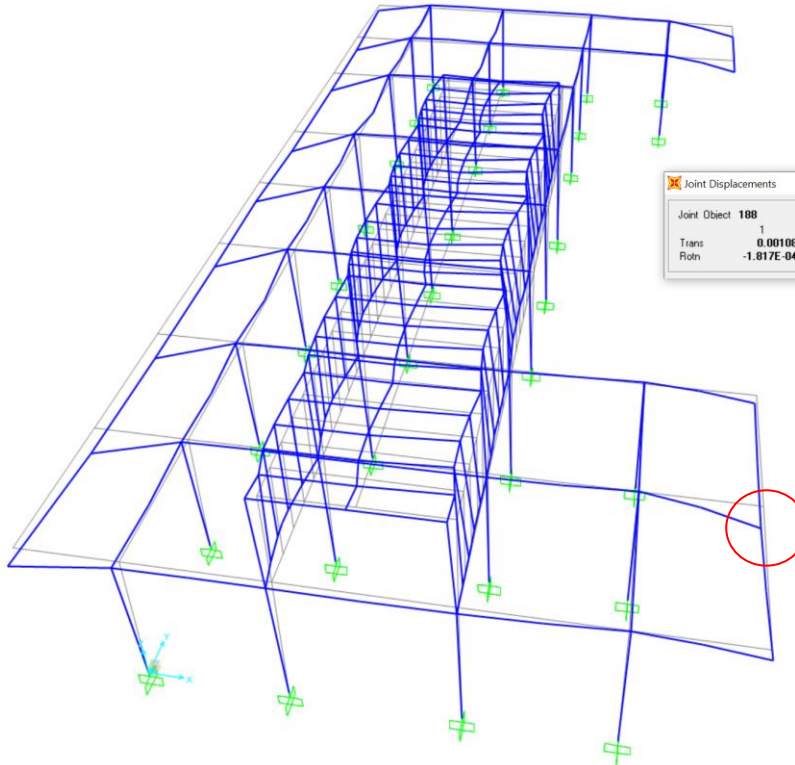
L	=	3750.00 mm	luce di calcolo
Lrif	=	7500.00 mm	luce di riferimento
1/Lrif	=	200.00 -	limite inferiore
δ	=	37.50 mm	freccia ammissibile

Da Calcolo

L	=	3750.00 mm	luce di calcolo
Lrif	=	7500.00 mm	luce di riferimento
δ	=	17.00 mm	freccia da calcolo
1/L	=	441.18	
check	=	ok	

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	54 di 97



Joint Object	Joint Element 188		
	1	2	3
Trans	0.00108	0.00242	-0.01630
Rotn	-1.817E-04	0.00559	7.054E-04

7.5 VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI DI PIANO (DRIFT) PER CONDIZIONI DI CARICO NON SISMICHE

La valutazione degli spostamenti di piano, oltre che per le condizioni di carico sismiche, va effettuata anche con riferimento alla combinazione caratteristica. I valori limite degli spostamenti laterali massimi ammissibili sono riportati nella tabella di seguito riportata che fa riferimento alle prescrizioni del paragrafo 4.2.4.2.2 delle NTC2018.

4.2.4.2.2 Spostamenti laterali

Negli edifici gli spostamenti laterali alla sommità delle colonne per le combinazioni caratteristiche delle azioni devono generalmente limitarsi ad una frazione dell'altezza della colonna e dell'altezza complessiva dell'edificio da valutarsi in funzione degli effetti sugli elementi portati, della qualità del comfort richiesto alla costruzione, delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti.

In assenza di più precise indicazioni si possono adottare i limiti per gli spostamenti orizzontali indicati in Tab. 4.2.XI (Δ spostamento in sommità; δ spostamento relativo di piano – Fig. 4.2.2).

Tabella 4.2.XI Limiti di deformabilità per costruzioni ordinarie soggette ad azioni orizzontali

Tipologia dell'edificio	Limiti superiori per gli spostamenti orizzontali	
	$\frac{\delta}{h}$	$\frac{\Delta}{H}$
Edifici industriali monopiano senza carroponte	$\frac{1}{150}$	/
Altri edifici monopiano	$\frac{1}{300}$	/
Edifici multipiano	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{500}$

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

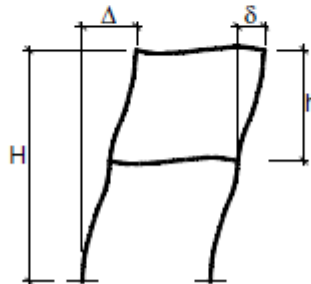


Figura 4.2.2 - Definizione degli spostamenti orizzontali per le verifiche in esercizio

In fase di verifica si prendono a riferimento i limiti associati al caso di edifici multipiano.

Nelle immagini a seguire si riportano gli spostamenti orizzontali massimi, prima in direzione trasversale e poi in longitudinale, per la combinazione SLE rara.

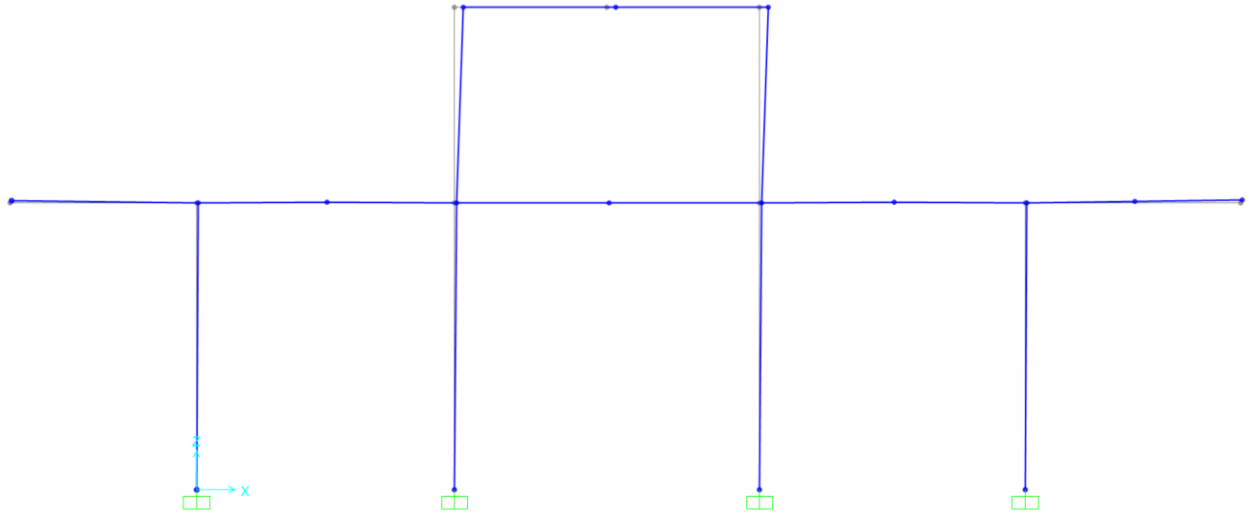


Figura 19. Spostamenti in direzione X

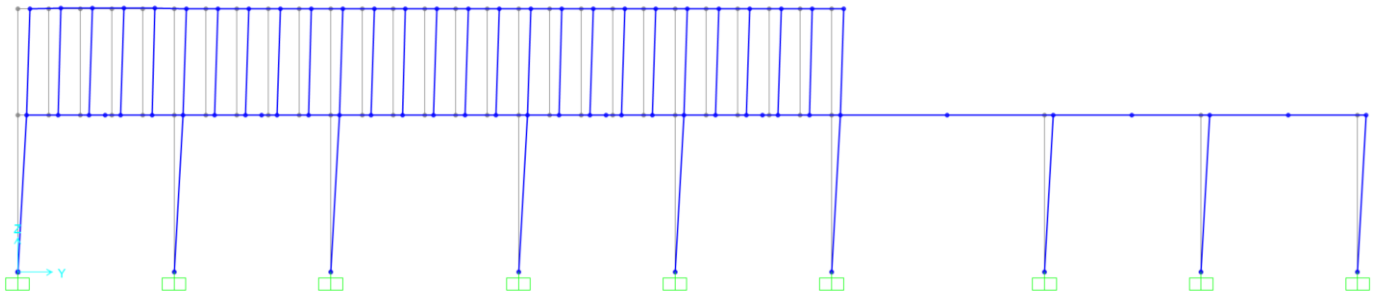


Figura 20. Spostamenti in direzione Y

Limiti sommità e interpiano					
		δ_0 relativo	δ_1 relativo	Δ assoluto	
H	=	5000	8400	3400	mm
					max tra dx e dy
H	=	5000	8400	3400	mm
1/L	=	300	500	300	mm
Δ (δ)	=	16.67	16.80	11.33	mm
					spostamento laterale ammissibile
Δ (δ)	=	1.20	4.60	3.40	mm
					spostamento laterale di calcolo
		ok	ok	ok	

7.6 VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI DI PIANO PER CONDIZIONI DI CARICO SISMICHE

La valutazione degli spostamenti di piano in condizioni di carico sismiche, va effettuata rispettando le prescrizioni previste dalle NTC 2018 al paragrafo § 7.3.7.2.. Trattandosi di costruzione in classe d'uso III, il valore limite di spostamento orizzontale per tamponamenti collegati rigidamente alla struttura che interferiscono con la deformabilità della stessa è pari a:

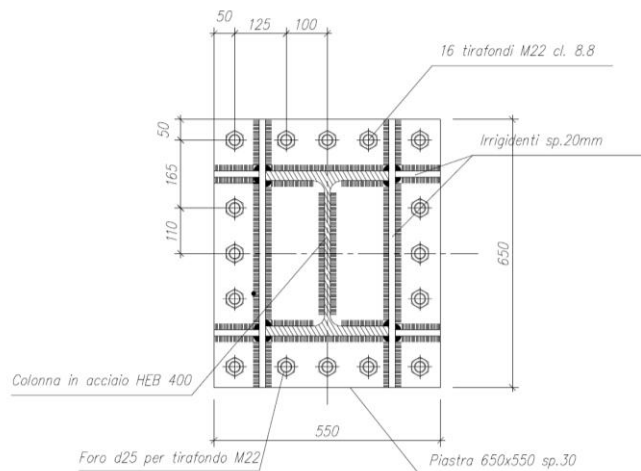
$$d_r < \frac{2}{3} \cdot (0,005 h) = \frac{2}{3} 0,005 \cdot 6010 = 20,03 \text{ mm}$$

Nella formula sopra riportata, con d_r si indica lo spostamento interpiano ottenuto dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo SLO.

Contenimento del Danno SLO_drift(7.3.7.2 NTC18)					
		δ_0 relativo	δ_1 relativo		max tra dx e dy
H	=	5000	3400	mm	altezza colonna
d	=	25.00	17.00	mm	0,005H agli SLD
d_r	=	16.67	11.33	mm	drift ammissibile SLO
δh	=	4.00	9.00	mm	drift di calcolo
		ok	ok		

7.7 VERIFICA PIASTRA DI BASE PILASTRO

Verifica nodo di base e colonna HEB400.



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

Condizioni statiche:

SLU	max	Joint	Combo.	F1	F2	F3	M1	M2
				kN	kN	kN	kNm	kNm
max	F1	115	U3	70	0	155	1	137
max	F2	183	U36	6	5	64	-26	16
max	F3	161	U17	-3	-1	229	3	40
max	M1	183	U33	-5	-5	73	26	-16
max	M2	153	U3	58	-1	88	4	147
max	M3	210	U33	9	0	84	-1	-11

SLU	min	Joint	Combo.	F1	F2	F3	M1	M2
				kN	kN	kN	kNm	kNm
min	F1	149	U15	-57	-1	60	4	-122
min	F2	183	U33	-5	-5	73	26	-16

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	59 di 97

<i>min</i>	F3	5	U7	-27	-3	24	15	-70
<i>min</i>	M1	183	U40	6	5	64	-26	16
<i>min</i>	M2	149	U15	-57	-1	60	4	-122
<i>min</i>	M3	210	U36	12	0	39	1	48

Condizioni sismiche:

SLV	max	Joint	Combo.	F1	F2	F3	M1	M2
				kN	kN	kN	kNm	kNm
<i>max</i>	F1	157	EX	28	6	109	32	84
<i>max</i>	F2	143	EY	11	21	82	103	31
<i>max</i>	F3	157	EX	28	6	109	32	84
<i>max</i>	M1	163	EY	12	21	88	103	36
<i>max</i>	M2	157	EX	28	6	109	32	84
<i>max</i>	M3	208	EY	7	12	42	61	13

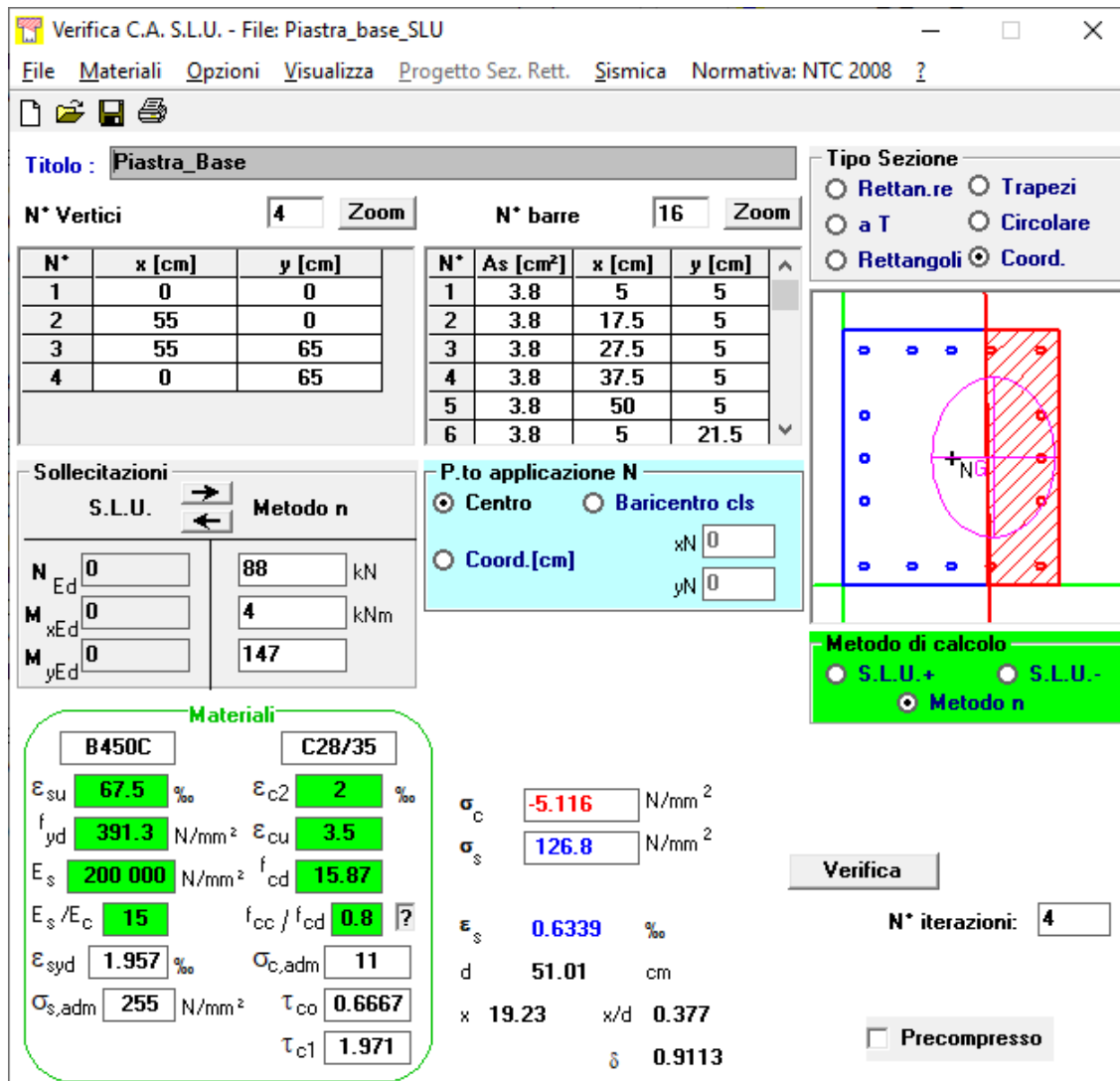
SLV	min	Joint	Combo.	F1	F2	F3	M1	M2
				kN	kN	kN	kNm	kNm
<i>min</i>	F1	155	EX	-25	-4	76	-19	-65
<i>min</i>	F2	143	EY	2	-21	79	-103	4
<i>min</i>	F3	9	EY	-3	-14	30	-68	-10
<i>min</i>	M1	163	EY	0	-21	70	-103	-1
<i>min</i>	M2	155	EX	-25	-4	76	-19	-65
<i>min</i>	M3	208	EY	4	-12	38	-61	2

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.

Verifica a taglio-trazione del tirafondo

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

Condizioni statiche:



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

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

Titolo: Piastra_Base

N* Vertici: 4 **N* barre:** 16

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

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

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

Carichi (S.L.U.): N_{Ed} = 0 kN, M_{xEd} = 0 kNm, M_{yEd} = 0 kNm. Metodo n: 88 kN, 4 kNm, 147 kNm.

Materiali: B450C, C28/35. 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} = 15.87, E_s/E_c = 15, f_{cc}/f_{cd} = 0.8, ϵ_{syd} = 1.957‰, $\sigma_{c,adm}$ = 11, $\sigma_{s,adm}$ = 255 N/mm², τ_{co} = 0.6667, τ_{c1} = 1.971.

Calcolo: σ_c = -5.116 N/mm², σ_s = 126.8 N/mm², ϵ_s = 0.6339‰, d = 51.01 cm, x = 19.23 cm, x/d = 0.377, δ = 0.9113.

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

Verifica: N* iterazioni: 4. Precompresso

$F_{Ed} = 126.8 \text{ MPa} \cdot 380 \text{ mm}^2 = 48.3 \text{ kN}$ forza assiale di trazione nel tirafondo più sollecitato

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

$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_m = 0.85 \cdot 28 \text{ MPa} / 1.5 = 15.9 \text{ MPa}$ (calcestruzzo plinto C28/35).

Condizioni sismiche:

In direzione longitudinale:

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

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

Titolo: **Piastra_Base**

N° Vertici: Zoom N° barre: Zoom

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

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

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

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 88 kN
M_{xEd} 103 kNm
M_{yEd} 36

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

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

Materiali: B450C C28/35

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

$F_{Ed} = 88.4 \text{ MPa} \cdot 380 \text{ mm}^2 = 33.4 \text{ kN}$ forza assiale di trazione nel tirafondo più sollecitato

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

$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_m = 0.85 \cdot 28 \text{ MPa} / 1.5 = 15.9 \text{ MPa}$ (calcestruzzo plinto C28/35).

In direzione trasversale:

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

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

Titolo : **Piastra_Base**

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

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

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

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 109 kN
 M_{xEd} 32 kNm
 M_{yEd} 84

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

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

Verifica N° iterazioni:

Precompresso

Materiali

B450C	C28/35
ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm ²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s 200 000 N/mm ²	f_{cd} 15.87
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 11
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0.6667
	τ_{c1} 1.971

σ_c -3.998 N/mm²
 σ_s 76.82 N/mm²
 ϵ_s 0.3841 ‰
 d 62.86 cm
 x 27.56 x/d 0.4384
 δ 0.988

$F_{Ed} = 76.8 \text{ MPa} \cdot 380 \text{ mm}^2 = 29.3 \text{ kN}$ forza assiale di trazione nel tirafondo più sollecitato

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

$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_m = 0.85 \cdot 28 \text{ MPa} / 1.5 = 15.9 \text{ MPa}$ (calcestruzzo plinto C28/35).

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	63 di 97

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

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

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

in cui:

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

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

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

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

Nel caso in esame:

$$F_{v,Ed} = (58 \text{ kN})^2 + (-1 \text{ kN})^2 = 58 \text{ kN (combinazione U3)}$$

$$F_{t,Ed} = 48.3 \text{ kN} \quad (\text{combinazione U3})$$

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

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

$$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 F_{t,Rd}) = 58 \text{ kN} / 116.4 \text{ kN} + 48.3 \text{ kN} / (1.4 * 174.5 \text{ kN}) = 0.5 + 0.19 = 0.69 < 1$$

quindi la verifica è soddisfatta.

Si calcola a seguire la resistenza a sfilamento del singolo tirafondo, assumendo una lunghezza di ancoraggio nel cls semplice (C28/35) pari a 600mm e trascurando la presenza dei bolzoni di ancoraggio (a vantaggio di sicurezza).

$$f_{ctk0.05} = 0.7 * f_{ctm} = 0.7 (0.3 f_{ck}^{2/3}) = 0.7 * (0.3 * 28 \text{ MPa}^{2/3}) = 1.94 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2.25 f_{ctk0.05} / \gamma_c = 2.25 * 1.94 \text{ MPa} / 1.5 = 2.90 \text{ MPa}$$

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

$$F_{t,Rd} = l_b * 3.14 * \text{diam} * f_{bd} = 600 \text{ mm} * 3.14 * 22 \text{ mm} * 2.90 \text{ MPa} = 120 \text{ kN} > F_{t,Ed} = 48 \text{ kN} \quad (\text{F.S.} = 2.5)$$

quindi la verifica è soddisfatta.

8 VERIFICA FONDAZIONI

8.1 DESCRIZIONE

Le fondazioni dell'edificio sono di tipo diretto, costituite da un grigliato di travi rovesce. Le travi hanno sezione a "T" rovescia con altezza 1.00 m e larghezza 1.50 m all'eccezione delle travi adiacente al sottopasso che hanno sezione a "L" con altezza 1.00 m e larghezza 1.10m. Al di sotto delle fondazioni è previsto uno strato di magrone di spessore 0.15 m debordante l'impronta delle fondazioni di 0.15 m.

8.2 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*, mentre i pannelli di rivestimento mediante elementi *shell none*. Questi ultimi, in accordo con le orditure dei pannelli di copertura, sono stati utilizzati per la ripartizione dei carichi sulle travi mediante l'opzione *uniform loads to frame* nel verso dell'asse 1 degli elementi shell.

Le travi secondarie sono state svincolate a 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 la cui rigidità viene assegnata per unità di lunghezza di elemento.

Fondazione B=1.50m

$$E = 18000 \text{ kN/m}^2$$

$$n = 0.3$$

$$B = 1.5 \text{ m}$$

$$L = 44.00 \text{ m}$$

$$L/B = 29.33$$

$$c_t = 2.26$$

$$K_w = 5832 \text{ kN/m}^3$$

Fondazione B=1.10m

$$E = 18000 \text{ kN/m}^2$$

$$n = 0.3$$

$$B = 1.1 \text{ m}$$

$$L = 5.00 \text{ m}$$

$$L/B = 4.55$$

$$c_t = 1.66$$

$$K_w = 10822 \text{ kN/m}^3$$

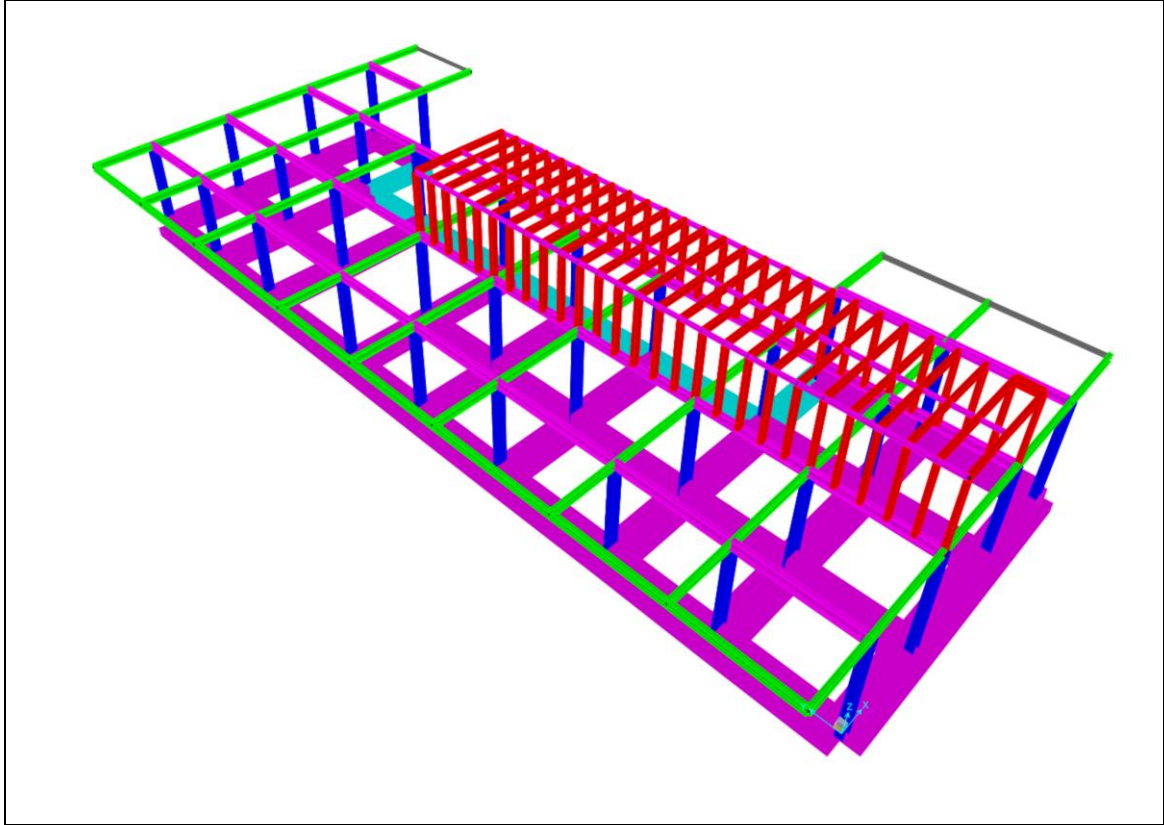


Figura 21- Modello SAP2000 struttura – Vista estrusa

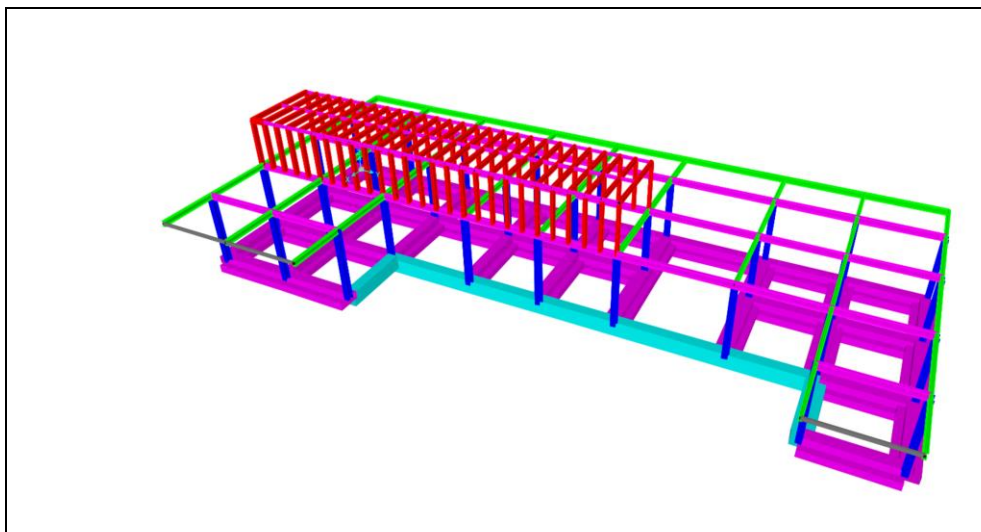


Figura 22- Modello SAP2000 struttura – Vista estrusa

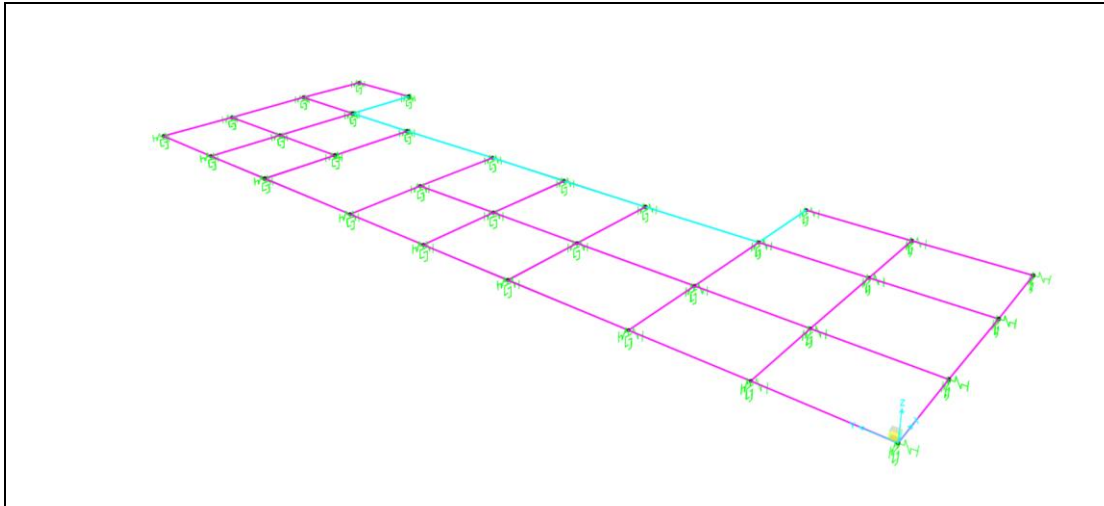


Figura 23- Letto di molle di Winkler

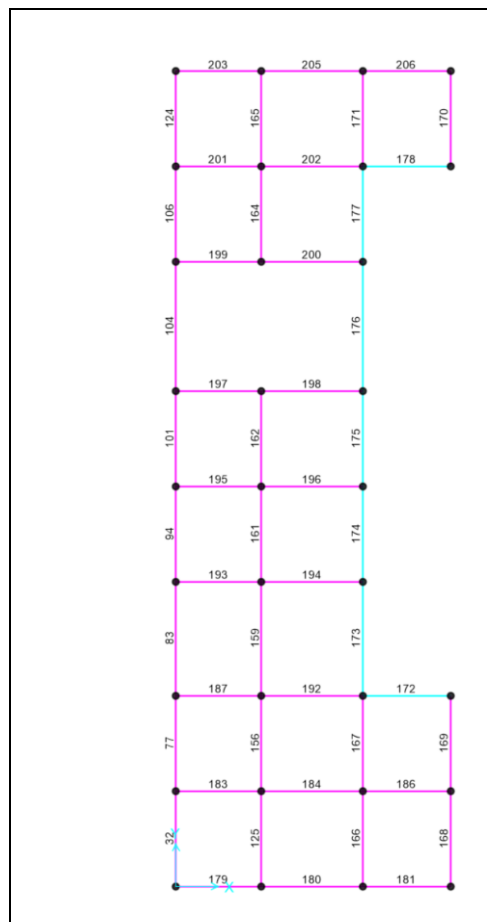


Figura 24- Nomenclatura travi di fondazione



PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONI DI CALCOLO STRUTTURE
RADDOPPIO CESANO – VIGNA DI VALLE
STAZIONE DI VIGNA DI VALLE

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	67 di 97

8.3 TRAVI DI FONDAZIONE

Le verifiche di resistenza delle travi di fondazione sono state eseguite con riferimento alle travi rovesce correnti e di bordo.

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 in condizioni sismiche e 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 non sismica SLU.

Inoltre sono state eseguite le verifiche a fessurazione e delle tensioni di esercizio per le combinazioni relative allo SLE.

Seguono le verifiche di resistenza delle travi di fondazione.

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	68 di 97

8.4 SOLLECITAZIONI

Sollecitazioni SLU

SLU	max	Frame	Station m	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>max</i>	P	101	0.0	U1	40	-128	-1	2	6	-70
<i>max</i>	V2	159	6.0	U48	-3	276	5	-2	-17	-234
<i>max</i>	V3	164	0.0	U3	2	-200	15	14	40	-58
<i>max</i>	T	197	0.0	U48	-2	-73	4	46	15	64
<i>max</i>	M2	199	0.0	U7	-10	-74	14	-34	41	63
<i>max</i>	M3	171	2.5	U47	-5	-3	3	17	-1	279

SLU	min	Frame	Station m	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>min</i>	P	197	0.0	U3	-42	-108	-9	29	-30	-32
<i>min</i>	V2	159	0.0	U45	5	-281	-5	-8	-16	-250
<i>min</i>	V3	164	0.0	U5	-1	-198	-15	-4	-39	-60
<i>min</i>	T	199	0.0	U51	-16	-98	-6	-44	-21	-5
<i>min</i>	M2	199	0.0	U1	-16	-101	-14	-39	-42	-54
<i>min</i>	M3	159	0.0	U50	7	-281	5	3	15	-251

Sollecitazioni SLVx1.1

SLVx1. 1	max	Frame	Station m	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>max</i>	P	94	0.0	EX	104	-91	13	11	38	-61
<i>max</i>	V2	159	6.0	EY	11	155	18	1	56	-46
<i>max</i>	V3	199	0.0	EX	39	-44	43	-9	131	72
<i>max</i>	T	197	0.0	EY	10	-51	36	43	102	36
<i>max</i>	M2	104	0.0	EX	73	-105	41	15	142	-100
<i>max</i>	M3	171	3.0	EY	52	40	12	18	8	165

SLVx1. 1	min	Frame	Station m	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>min</i>	P	94	0.0	EX	-103	-115	-13	-10	-38	-128
<i>min</i>	V2	159	0.0	EY	-10	-159	-18	-6	-53	-190

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	69 di 97

<i>min</i>	V3	199	0.0	EX	-56	-91	-43	-32	-132	-66
<i>min</i>	T	199	0.0	EY	-31	-84	-42	-40	-113	-33
<i>min</i>	M2	104	0.0	EX	-71	-122	-41	-13	-142	-164
<i>min</i>	M3	104	0.0	EY	-40	-132	-29	-12	-96	-196

Sollecitazioni SLDx1.1

SLDx1.1	max	Frame	Station m	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>max</i>	P	94	0.0	DX	57	-97	7	6	21	-77
<i>max</i>	V2	159	6.0	DY	6	144	10	-1	30	-82
<i>max</i>	V3	199	0.0	DX	17	-55	23	-15	72	40
<i>max</i>	T	197	0.0	DY	2	-59	19	31	55	20
<i>max</i>	M2	104	0.0	DX	40	-109	23	8	78	-116
<i>max</i>	M3	171	3.0	DY	28	28	6	12	4	142

SLDx1.1	min	Frame	Station m	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>min</i>	P	94	0.0	DX	-56	-109	-7	-5	-21	-112
<i>min</i>	V2	159	0.0	DY	-5	-147	-10	-5	-28	-155
<i>min</i>	V3	199	0.0	DX	-35	-80	-23	-27	-72	-34
<i>min</i>	T	199	0.0	DY	-21	-76	-23	-30	-61	-16
<i>min</i>	M2	104	0.0	DX	-39	-118	-23	-7	-78	-148
<i>min</i>	M3	104	0.0	DY	-21	-122	-16	-6	-52	-162

Sollecitazioni SLE (rar)

SLE	max	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>max</i>	P	101	0.0	K1	26	-78	-1	3	4	-52
<i>max</i>	V2	159	6.0	K66	-2	196	4	-1	-11	-166
<i>max</i>	V3	164	0.0	K2	1	-98	10	8	27	-29
<i>max</i>	T	197	0.0	K66	0	-56	3	33	10	42
<i>max</i>	M2	199	0.0	K12	-6	-52	9	-17	27	42
<i>max</i>	M3	171	2.5	K64	-3	-3	2	11	-1	196

SLE	min	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	70 di 97

<i>min</i>	P	197	0.0	K2	-29	-76	-6	14	-20	-23
<i>min</i>	V2	159	0.0	K63	3	-200	-4	-5	-10	-178
<i>min</i>	V3	164	0.0	K11	-1	-97	-10	-4	-26	-31
<i>min</i>	T	199	0.0	K64	-13	-72	-4	-31	-14	0
<i>min</i>	M2	199	0.0	K1	-11	-71	-9	-21	-28	-36
<i>min</i>	M3	159	0.0	K65	4	-200	4	2	10	-178

Sollecitazioni SLE-QP

QP	max	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>max</i>	P	104	0.0	QP3	6	-102	0	0	0	-119
<i>max</i>	V2	159	6.0	QP4	-2	122	0	-4	0	-105
<i>max</i>	V3	197	0.0	QP3	-5	-62	1	19	1	-7
<i>max</i>	T	197	0.0	QP4	-10	-61	-1	19	-1	14
<i>max</i>	M2	199	4.5	QP3	-5	74	-1	-18	2	-35
<i>max</i>	M3	171	2.5	QP4	-2	-6	0	7	0	118

QP	min	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>min</i>	P	184	0.0	QP4	-14	-81	0	1	0	-41
<i>min</i>	V2	159	0.0	QP3	3	-126	0	-1	0	-116
<i>min</i>	V3	199	0.0	QP3	-5	-62	-1	-18	-2	-8
<i>min</i>	T	199	0.0	QP4	-10	-61	1	-19	1	13
<i>min</i>	M2	200	0.0	QP4	-4	-88	0	9	-2	-33
<i>min</i>	M3	104	6.8	QP3	6	103	0	0	-1	-121

8.5 VERIFICA DI RESISTENZA ALLO SLU

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

Verifica a Presso-flessione

Le verifiche di resistenza a flessione e presso-flessione 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 le sollecitazioni riportate nel prospetto precedente:

Trave a T rovescia

Armatura

	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

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
 FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	72 di 97

Momento flettente massimo negativo (fibre superiori tese):

SLU	min	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
			m		kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>min</i>	M3	159	0.0	U50	7	-281	5	3	15	-251

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

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica

Titolo: TRAVE T ROVESCIA

N° figure elementari: 2 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	75	50	1	15.71	5.5
2	150	50	2	28.27	94.5

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} -251 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

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

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali
 B450C C28/35
 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} 15.87 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11 N/mm²
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6667
 τ_{c1} 1.971

Calcolo
 M_{xRd} -579.3 kNm
 σ_c -15.87 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 66.02 ‰
 d 94.5 cm
 x 4.758 x/d 0.05035
 δ 0.7

Parametri
 N° rett. 100
 L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

MEd -251 kNm
 MRd -579 kNm
 FS 2.31

La verifica risulta soddisfatta.

Momento flettente massimo positivo (fibre inferiori tese):

SLU	max	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
			m		kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
max	M3	171	2.5	U47	-5	-3	3	17	-1	279

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: 2 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	75	50	1	15.71	5.5
2	150	50	2	28.27	94.5

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

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	0	0	kN
M _{xEd}	279	0	kNm
M _{yEd}	0	0	

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

Tipologia rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali:
 B450C C28/35
 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} 15.87
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 % $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6667
 τ_{c1} 1.971

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

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

Calcoli:
 M_{xRd} 1'001 kN m
 σ_c -15.87 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 %
 ϵ_s 38.13 %
 d 94.5 cm
 x 7.945 x/d 0.08408
 δ 0.7

Parametri:
 N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L_o 0 cm Col. modello
 Precompresso

MEd 279 kNm
 MRd 1000 kNm
 FS 3.58

La verifica risulta soddisfatta.

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	74 di 97

Trave a L

Armatura

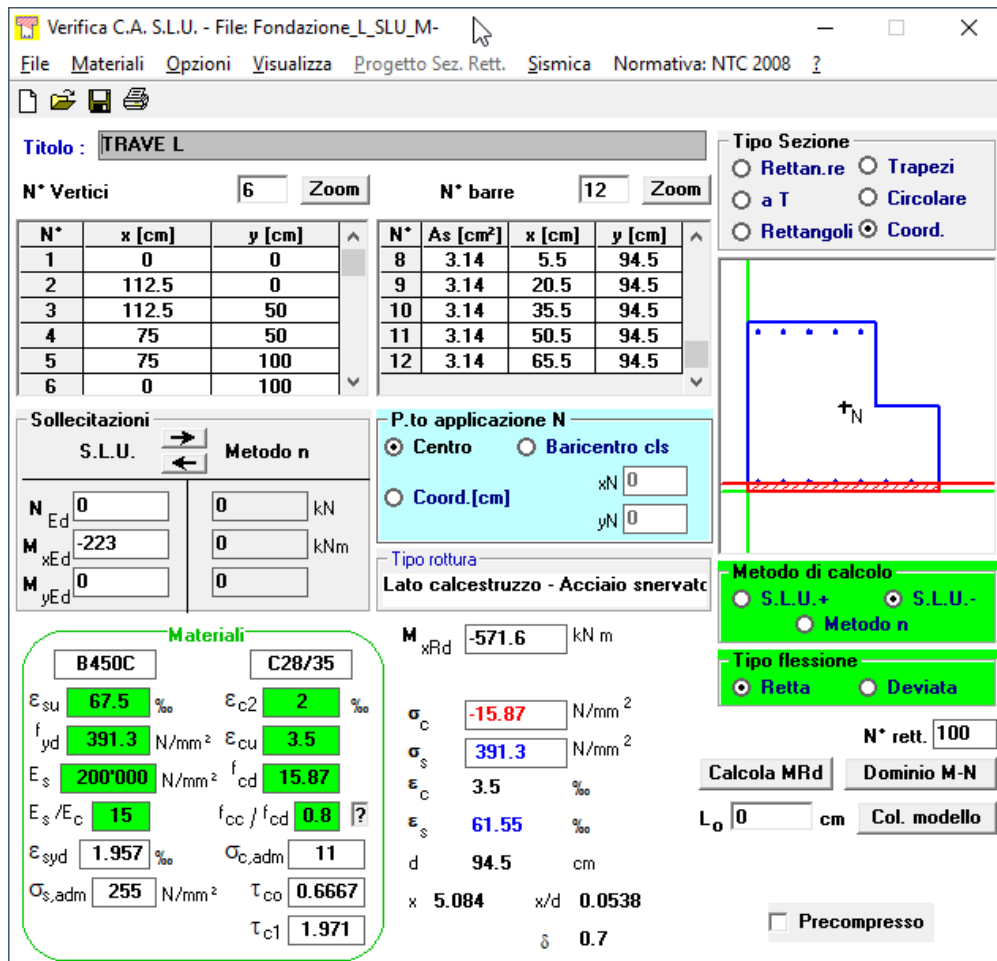
	numero barre	diametro barre	larghezza	passo	Area
	n	fi	b	s	As
	-	mm	mm	mm	mm ²
Armatura sup	5	20	750	150	1570
Armatura inf	7	20	1100	157.14	8

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
 FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	75 di 97

Momento flettente massimo negativo (fibre superiori tese):

SLU	min	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>min</i>	M3	173	0.0	U46	19	-201	3	3	7	-223



Verifica C.A. S.L.U. - File: Fondazione_L_SLU_M-
 File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

TITOLO: TRAVE L
N° Vertici: 6 **N° barre:** 12

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0	0	8	3.14	5.5	94.5
2	112.5	0	9	3.14	20.5	94.5
3	112.5	50	10	3.14	35.5	94.5
4	75	50	11	3.14	50.5	94.5
5	75	100	12	3.14	65.5	94.5
6	0	100				

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} -223 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N: Centro
 xN 0 yN 0

Materiali: B450C, C28/35
 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} 15.87
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6667
 τ_{c1} 1.971

Calcolo: Metodo di calcolo S.L.U.- Metodo n
 Tipo flessione Retta
 N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

Risultati:
 M_{xRd} -571.6 kNm
 σ_c -15.87 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 61.55 ‰
 d 94.5 cm
 x 5.084 x/d 0.0538
 δ 0.7

MEd -223 kNm
 MRd -572 kNm
 FS 2.56

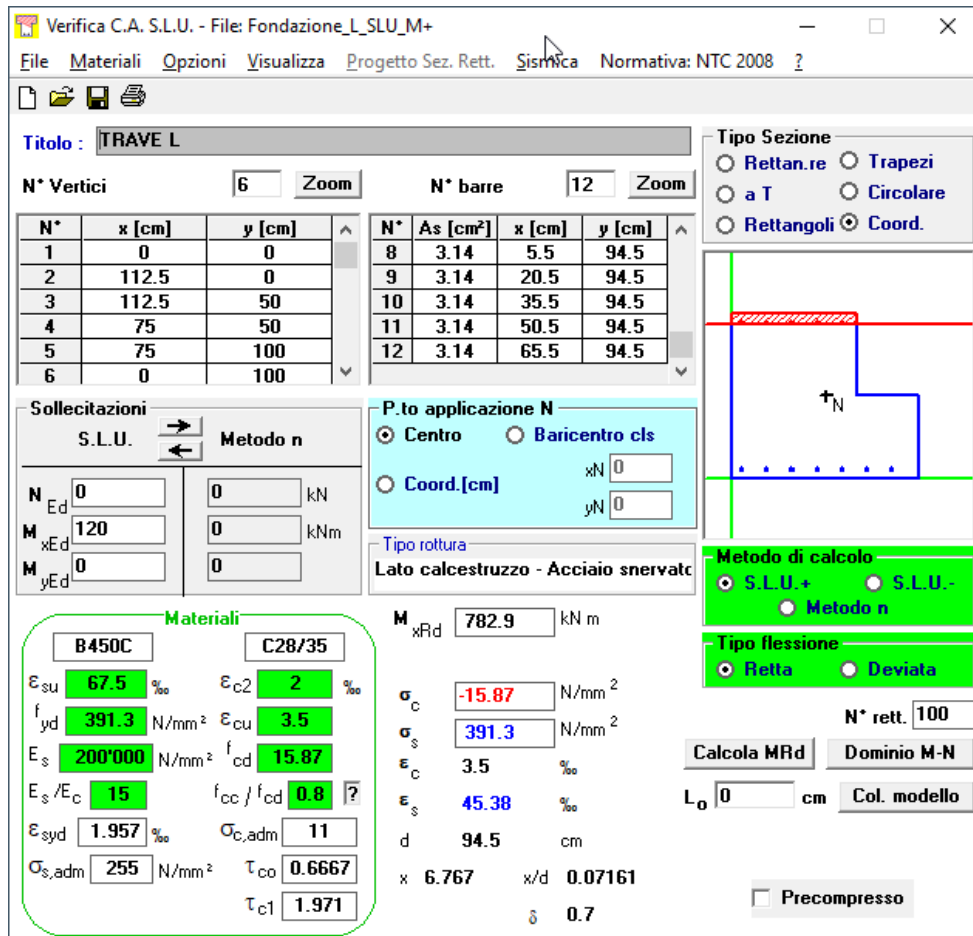
La verifica risulta soddisfatta.

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
 FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	76 di 97

Momento flettente massimo positivo (fibre inferiori tese):

SLU	max	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
max	M3	177	3.0	U47	-12	-9	3	25	-3	120



Verifica C.A. S.L.U. - File: Fondazione_L_SLU_M+
 File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO: TRAVE L
N° Vertici: 6 **Zoom** **N° barre:** 12 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0	0	8	3.14	5.5	94.5
2	112.5	0	9	3.14	20.5	94.5
3	112.5	50	10	3.14	35.5	94.5
4	75	50	11	3.14	50.5	94.5
5	75	100	12	3.14	65.5	94.5
6	0	100				

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n
N_{Ed}: 0 kN **M_{xEd}:** 120 kNm **M_{yEd}:** 0 kNm

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

Materiali: B450C C28/35
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}:** 15.87 N/mm²
E_s/E_c: 15 **f_{cc}/f_{cd}:** 0.8
ε_{syd}: 1.957 ‰ **σ_{c,adm}:** 11 N/mm²
σ_{s,adm}: 255 N/mm² **τ_{co}:** 0.6667 **τ_{c1}:** 1.971

M_{xRd}: 782.9 kNm
σ_c: -15.87 N/mm² **σ_s:** 391.3 N/mm²
ε_c: 3.5 ‰ **ε_s:** 45.38 ‰
d: 94.5 cm **x:** 6.767 **x/d:** 0.07161
δ: 0.7

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

Tipo flessione: Retta Deviata
N° rett.: 100
Calcola MRd **Dominio M-N**
L₀: 0 cm **Col. modello**
 Precompresso

MEd 120 kNm
 MRd 783 kNm
 FS 6.53

La verifica risulta soddisfatta.

Verifica a Taglio

Trave a T rovescia

SLU	max	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
			m		kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>min</i>	V2	159	0.0	U45	5	-281	-5	-8	-16	-250

Verifica a taglio per sezioni rettangolari armate a taglio (D.M. 17/01/2018)

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 resistene a V	b_w	750	mm
altezza membratura resistene a V	H	1000	mm
altezza utile	d	900	mm
area della sezione	A_{TOT}	7E+05	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_{sw} / 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}	281	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

$$FS \quad 1.59$$

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	78 di 97

Trave a L

SLU	min	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>min</i>	V2	173	0.0	U46	19	-201	3	3	7	-223

Verifica a taglio per sezioni rettangolari armate a taglio (D.M. 17/01/2018)

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 resistene a V	b_w	750	mm
altezza membratura resistene 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}	201	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 2.23

	PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONI DI CALCOLO STRUTTURE RADDOPPIO CESANO – VIGNA DI VALLE STAZIONE DI VIGNA DI VALLE					
	FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 01	CODIFICA D29CL	DOCUMENTO FV 02 00 001	REV. C

8.6 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE

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 supera il valore limite fissato per la combinazione considerata. In particolare:

- per la combinazione di carico quasi permanente bisogna accertarsi che risulti: $w_d < w_2 = 0.3 \text{ mm}$.

Per rapidità di calcolo 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:
 $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ (per combinazione caratteristica rara); $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ (per combinazione quasi permanente);

- Per l'acciaio:

$\sigma_s < 0.80 f_{yk}$ (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.

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
 FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	80 di 97

Trave a T rovescia

Momento flettente massimo negativo (fibre superiori tese):

SLE	min	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>min</i>	M3	159	0.0	K65	4	-200	4	2	10	-178

Rck **35** MPa
 fck 29.05 MPa
 fyk **450** MPa

σ_c **-1.5** MPa < 0.6 fck = -17.4 MPa
 σ_s **126.4** MPa < 0.8 fyk = 360 MPa

VERO
 VERO

x **142** mm

Le verifiche sono soddisfatte.

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	81 di 97

Armatura longitudinale superiore

INPUT			OUTPUT		
R_{ck}	35	Mpa	diff. def. armature-cls		
h	1000	mm	ϵ_{sm}	3.68E-04	-
c_1	50	mm	distanza max fessure		
φ_1	20	mm	$s_{r,max}$	339	mm
n_1	6.667		ampiezza fessure:		
c_2	80	mm	w_k	0.125	mm
φ_2	0	mm	w_{lim}	0.300	mm
n_2	6.667	1/m	La verifica è soddisfatta.		
d	950	mm			
b_{eff}	150	mm			
x	142	mm			
$\sigma_{s,max1}$	126	Mpa			
$\sigma_{s,max2}$		Mpa			
$h_{c,eff}$	125.0	mm			
$A_{c,eff}$	18750	mm ²			
$\rho_{p,eff}$	0.017				
k_t	0.4				
k_1	0.8				
k_2	0.5				
k_3	3.4				
k_4	0.425				

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
 FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	82 di 97

Momento flettente massimo positivo (fibre inferiori tese):

SLE	max	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
max	M3	171	2.5	K64	-3	-3	2	11	-1	196

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: 2 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	75	50	1	15.71	5.5
2	150	50	2	28.27	94.5

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

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

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

Materiali:
 B450C C28/35
 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}: 15.87 ‰
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
 ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 11
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6667
 τ_{c1}: 1.971

σ_c: -1.982 N/mm²
 σ_s: 80.18 N/mm²
 ε_s: 0.4009 ‰
 d: 94.5 cm
 x: 25.56 x/d: 0.2705
 δ: 0.7781

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

Verifica
 N° iterazioni: 5
 Precompresso

Rck: 35 MPa
 fck: ##### MPa
 fyk: 450 MPa

σ_c: -2 MPa < 0.6 fck = -17.4 MPa
 σ_s: 80 MPa < 0.8 fyk = 360 MPa

VERO

VERO

x: 256 mm

Le verifiche sono soddisfatte.

Armatura longitudinale inferiore

INPUT			OUTPUT		
R_{ck}	35	Mpa	diff. def. armature-cls		
dimensione h	1000	mm	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	2.33E-04	-
pos. baric. 1° strato c_1	50	mm	distanza max fessure		
diametro barre 1° strato φ_1	20	mm	$S_{r,max}$	339	mm
numero barre 1° strato n_1	6.667		ampiezza fessure:		
pos. baric. 2° strato c_2	80	mm	w_k	0.079	mm
diametro barre 2° strato φ_2	0	mm	w_{lim}	0.300	mm
numero barre 2° strato n_2	6.667	1/m	La verifica è soddisfatta.		
distanza lembo compresso-lembo teso della sezione d	950	mm			
b_{eff}	150	mm			
posizione asse neutro da lembo compresso x	256	mm			
Tensione massima barre 1° strato $\sigma_{s,max1}$	80	Mpa			
Tensione massima barre 2° strato $\sigma_{s,max2}$		Mpa			
altezza efficace $h_{c,eff}$	125.0	mm			
area efficace relativamente ad una singola barre $A_{c,eff}$	18750	mm ²			
percentuale di armatura relativa a $A_{c,eff}$ $\rho_{p,eff}$	0.017				
(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				

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
 FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	84 di 97

Trave a L

Momento flettente massimo negativo (fibre superiori tese):

SLE	min	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
<i>min</i>	M3	173	0.0	K65	13	-145	2	2	5	-160

Verifica C.A. S.L.U. - File: Fondazione_L_SLE_M-
 File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO : TRAVE L
 N° Vertici: 6 Zoom N° barre: 12 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0	0	1	3.14	5.5	5.5
2	112.5	0	2	3.14	20.5	5.5
3	112.5	50	3	3.14	35.5	5.5
4	75	50	4	3.14	50.5	5.5
5	75	100	5	3.14	65.5	5.5
6	0	100	6	3.14	80.5	5.5

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 -160 kNm
 M_{yEd} 0

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

Materiali
 B450C C28/35
 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} 15.87
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6667
 τ_{c1} 1.971

σ_c -2.437 N/mm²
 σ_s 122.4 N/mm²
 ε_s 0.612 ‰
 d 103.7 cm
 x 23.83 x/d 0.2299
 δ 0.7274

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

Verifica N° iterazioni: 5
 Precompresso

R_{ck} 35 MPa
 f_{ck} 29.05 MPa
 f_{yk} 450 MPa

σ_c -2.4 MPa < 0.6 f_{ck} = -17.4 MPa
 σ_s 122.4 MPa < 0.8 f_{yk} = 360 MPa

VERO
 VERO

x 238 mm

Le verifiche sono soddisfatte.

Armatura longitudinale superiore

INPUT			OUTPUT		
R_{ck}	35	Mpa	diff. def. armature-cls		
h	1000	mm	ϵ_{sm}	3.57E-04	-
c_1	50	mm	ϵ_{cm}		
φ_1	20	mm	distanza max fessure		
n_1	6.667		$s_{r,max}$	339	mm
c_2	80	mm	ampiezza fessure:		
φ_2	0	mm	w_k	0.121	mm
n_2	6.667	1/m	w_{lim}	0.300	mm
d	950	mm	La verifica è soddisfatta.		
b_{eff}	150	mm			
x	238	mm			
$\sigma_{s,max1}$	122	Mpa			
$\sigma_{s,max2}$		Mpa			
$h_{c,eff}$	125.0	mm			
$A_{c,eff}$	18750	mm ²			
$\rho_{p,eff}$	0.017				
k_t	0.4				
k_1	0.8				
k_2	0.5				
k_3	3.4				
k_4	0.425				

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
 FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	86 di 97

Momento flettente massimo negativo (fibre superiori tese):

SLE	max	Frame	Station	Combo.	P	V2	V3	T	M2	M3
					kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
max	M3	172	1.4	K52	-20	1	0	17	1	82

Rck **35** MPa
 fck 29.05 MPa
 fyk **450** MPa

σ_c **-1.3** MPa < 0.6 fck = -17.4 MPa
 σ_s **50.3** MPa < 0.8 fyk = 360 MPa

VERO
 VERO

x **306** mm

Le verifiche sono soddisfatte.

Armatura longitudinale inferiore

INPUT			OUTPUT		
	R_{ck}	35	Mpa	diff. def. armature-clc	
dimensione	h	1000	mm	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	1.47E-04 -
pos. baric. 1° strato	c₁	50	mm	distanza max fessure	
diametro barre 1° strato	φ_1	20	mm	S_{r,max}	339 mm
numero barre 1° strato	n₁	6.667		ampiezza fessure:	
pos. baric. 2° strato	c₂	80	mm	w_k	0.050 mm
diametro barre 2° strato	φ_2	0	mm	w_{lim}	0.300 mm
numero barre 2° strato	n₂	6.667	1/m	La verifica è soddisfatta.	
distanza lembo compresso-lembo teso della sezione	d	950	mm		
	b_{eff}	150	mm		
posizione asse neutro da lembo compresso	x	306	mm		
Tensione massima barre 1° strato	σ_{s_max1}	50	Mpa		
Tensione massima barre 2° strato	σ_{s_max2}		Mpa		
altezza efficace	h_{c,eff}	125.0	mm		
area efficace relativamente ad una singola barre	A_{c,eff}	18750	mm ²		
percentuale di armatura relativa a A _{c,eff}	$\rho_{p,eff}$	0.017			
(0.6 carichi brevi; 0.4 lunga durata)	k_t	0.4			
(0.8 barre ad. migliorata; 1.6 liscie)	k₁	0.8			
(0.5 per flessione; 1 trazione)	k₂	0.5			
	k₃	3.4			
	k₄	0.425			

8.7 VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE

Si riportano qui di seguito si riportano le reazioni delle molle alla Winkler 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.

Stato limite	Joint	Combo.	F3
			kN
SLU	151	U47	77.15
SLV	151	EZ	44.99
SLE	151	K64	54.97

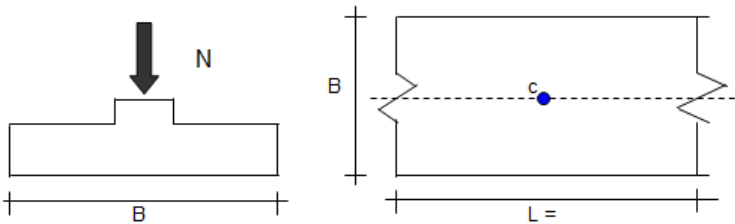
FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	89 di 97

Cedimenti a lungo termine

CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE NASTRIFORME

LAVORO:



Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis: 1974)

$$\Delta\sigma_{zi} = (2q/\pi)^*(\alpha + \text{sen}\alpha\text{cos}\alpha)$$

$$\Delta\sigma_{xi} = (2q/\pi)^*(\alpha - \text{sen}\alpha\text{cos}\alpha)$$

$$\Delta\sigma_{yi} = (4q/\pi)^*(v\alpha)$$

$$\alpha = \tan^{-1}((B/2)/z)$$

$$\delta_{tot} = \sum\delta_i = \sum(((\Delta\sigma_{zi} - v_i(\Delta\sigma_{xi} + \Delta\sigma_{yi}))\Delta z_i/E_i)$$

DATI DI INPUT:

B = 1.50 (m) (Larghezza della Fondazione)

N = 44.99 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 29.99 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/B))

ns = 3 (-) (numero strati) (massimo 6)

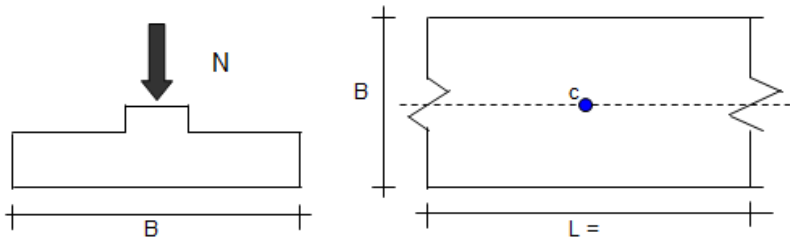
Strato	Litologia	Spessore	da z _i	a z _{i+1}	Δz _i	E	v	δ _{ci}
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m ²)	(-)	(cm)
1	P1	5.00	0.0	5.0	1.0	18000	0.30	0.32
2	U1a	9.50	5.0	14.5	1.0	26000	0.30	0.10
3	U3b	20.00	14.5	34.5	1.0	35000	0.30	0.07
-			0.0	0.0	1.0		0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.00	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.00	-

$$\delta_{ctot} = 0.49 \text{ (cm)}$$

Cedimenti a breve termine

CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE NASTRIFORME

LAVORO:



Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis: 1974)

$$\Delta\sigma_{zi} = (2q/\pi) * (\alpha + \text{sen}\alpha\text{cos}\alpha)$$

$$\Delta\sigma_{xi} = (2q/\pi) * (\alpha - \text{sen}\alpha\text{cos}\alpha)$$

$$\Delta\sigma_{yi} = (4q/\pi) * (v\alpha)$$

$$\alpha = \tan^{-1}((B/2)/z)$$

$$\delta_{tot} = \Sigma\delta_i = \Sigma(((\Delta\sigma_{zi} - v(\Delta\sigma_{xi} + \Delta\sigma_{yi}))\Delta z_i / E_i)$$

DATI DI INPUT:

B = 1.50 (m) (Larghezza della Fondazione)

N = 44.99 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 29.99 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/B))

ns = 3 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da z _i	a z _{i+1}	Δz _i	E	v	δ _{ci}
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m ²)	(-)	(cm)
1	P1	5.00	0.0	5.0	1.0	36000	0.30	0.16
2	U1a	9.50	5.0	14.5	1.0	54000	0.30	0.05
3	U3b	20.00	14.5	34.5	1.0	35000	0.30	0.07
-			0.0	0.0	1.0		0.30	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.00	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.00	-

$$\delta_{ctot} = 0.28 \text{ (cm)}$$

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	91 di 97

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

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

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 $e_L = 0$; $L^* = L$)

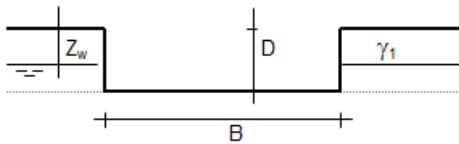
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

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

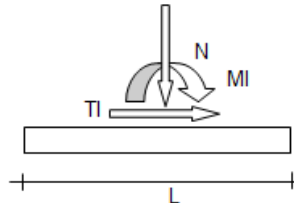
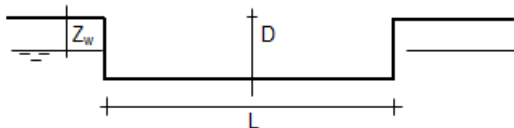
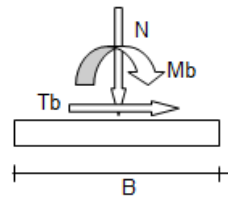
(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

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	
	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	

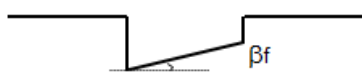


γ, c', φ'

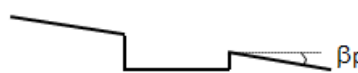


(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

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



$\beta_f = 0.00$ (°)



$\beta_p = 0.00$ (°)

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	92 di 97

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	77.15		77.15
Mb [kNm]	0.00		0.00
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	0.00		0.00
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 17.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 17.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 26.00 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

$$c^* = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi^* = 26.00 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 25.00 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 1.50 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.50 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 25.50 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 17.00 \quad (\text{kN/mc})$$

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

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

$$N_q = 11.85$$

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

$$N_c = 22.25$$

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

$$N_\gamma = 12.54$$

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	93 di 97

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B^* N_q / (L^* N_c)$$

$$s_c = 1.53$$

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

$$s_q = 1.49$$

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

$$s_\gamma = 0.60$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.50 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.50 \quad m = 1.50 \quad (-)$$

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

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

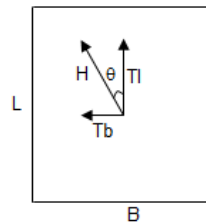
$$i_q = 1.00$$

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

$$i_c = 1.00$$

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

$$i_\gamma = 1.00$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

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

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

$$d_q = 1.31$$

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

$$d_c = 1.34$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

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

$$b_q = 1.00$$

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

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	94 di 97

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \qquad \beta_f + \beta_p = 0.00 \qquad \beta_f + \beta_p < 4$$

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 684.01 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 34.29 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 297.4 \geq q = 34.29 \quad (\text{kN/m}^2)$$

FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	95 di 97

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni totali

$$q_{lim} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q$$

D = Profondità del piano di appoggio

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

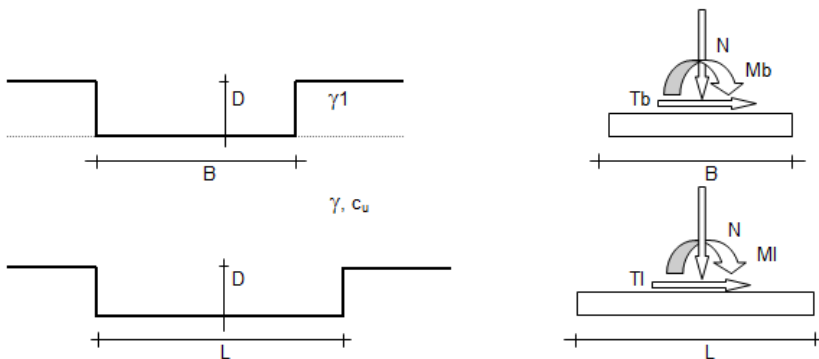
e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = MI/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

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

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

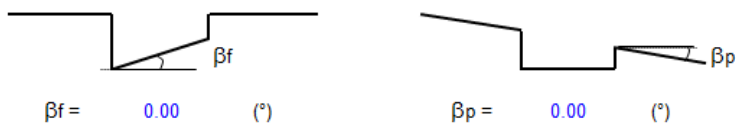
coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	c_u	q_{lim}	scorr		
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.40	1.80	1.00
	SISMA	○	1.00	1.00	1.40	1.80	1.00
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	2.30	1.10
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	○		1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista	●		1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazioni nastriformi $L=100$ m)

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



FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	96 di 97

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	77.15	0.00	77.15
Mb [kNm]	0.00	0.00	0.00
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	0.00	0.00	0.00
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 17.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 17.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valore caratteristico di resistenza del terreno

$$c_u = 40.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$e_B = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

Valore di progetto

$$c_u = 40.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$B^* = 1.50 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.50 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 25.50 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 17.00 \quad (\text{kN/mc})$$

N_c : coefficiente di capacità portante

$$N_c = 2 + \pi$$

$$N_c = 5.14$$

s_c : fattori di forma

$$s_c = 1 + 0,2 B^* / L^*$$

$$s_c = 1.20$$

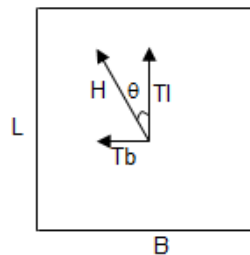
i_c : fattore di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.50$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.50$$

$$\theta = \arctg(T_b/TI) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 1.50$$



FV02 – Fermata Vigna di Valle – Lato Nord
FV02 – Fabbricato viaggiatori – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D29CL	FV 02 00 001	C	97 di 97

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

$$i_c = (1 - m H / (B^* L^* c_u^* N_c))$$

$$i_c = 1.00$$

d_c : fattore di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_c = 1 + 0,4 D / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_c = 1 + 0,4 \arctan (D / B^*)$

$$d_c = 1.40$$

b_c : fattore di inclinazione base della fondazione

$$b_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2))$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00$$

$$\beta_f + \beta_p < 4$$

$$b_c = 1.00$$

g_c : fattore di inclinazione piano di campagna

$$g_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2))$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00$$

$$\beta_f + \beta_p < 4$$

$$g_c = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 370.91 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 34.29 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 161.26 \geq q = 34.29 \quad (\text{kN/m}^2)$$