

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE
DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.**

CUP: J14D20000010001

U.O. COORDINAMENTO TERRITORIALE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA

LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA

NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

SL10 - Sottovia pedonale di servizio località Cason - prolungamento e
finiture

Relazione di calcolo sottopasso e scala

SCALA:

-

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

I N 1 A 2 0 D 2 6 C L S L 1 0 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	V. Reale	Gen 2022	M. Rigo	Gen 2022	C.Mazzocchi	Feb 2022	A.Perego Gen 2022

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

INDICE

1	PREMESSA.....	5
1	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	6
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
2	CARATTERISTICHE MATERIALI	7
2.1	CALCESTRUZZO	7
2.1.1	<i>Magrone</i>	7
2.1.2	<i>Calcestruzzo per soletta di fondazione, piedritti e soletta di copertura</i>	7
2.2	ACCIAIO.....	8
2.2.1	<i>Acciaio di armatura per c.a.</i>	8
3	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	9
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	11
1.1	RILEVATO FERROVIARIO	11
1.2	TERRENO DI FONDAZIONE	11
5	MODELLO DI CALCOLO	13
6	ANALISI DEI CARICHI.....	16
6.1	PESO PROPRIO (PP)	16
6.2	SOVRACCARICO PERMANENTE (PERM).....	16
6.2.1	<i>Ballast e armamento (G2)</i>	17
6.3	AZIONI SOLLECITANTI ESERCITATE DAI CARICHI FERROVIARI.....	17
6.4	AZIONI DI AVVIAMENTO E FRENATURA	21
6.4.1	<i>Azioni termiche uniformi (TU)</i>	22

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</p>					
<p>Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse</p>	<p>COMMESSA IN1A</p>	<p>LOTTO 20</p>	<p>CODIFICA D26CL</p>	<p>DOCUMENTO FV 03 00 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 3 di 58</p>

6.4.2	Azioni termiche differenziali (TF).....	23
6.4.3	Ritiro.....	24
6.5	PERMANENTI PORTATI: SPINTA DEL TERRENO (SPINTA SINISTRO / SOLETTO)	27
6.6	SOVRASPINTA ACCIDENTALE (CARICO FERROVIAIO QSQ.DX-QSQ.SX)	28
6.6.1	Concomitanza delle azioni pedoni.....	29
6.7	AZIONI SISMICHE.....	30
6.7.1	Carichi Sismici.....	37
7	VERIFICA AL MARTELLAMENTO	37
8	VERIFICHE SLD E SLO	38
9	COMBINAZIONI DI CARICO.....	38
10	RISULTATI DELLE ANALISI	45



LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA
LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

Relazione di calcolo sottopasso, vano
ascensore, Scale Fisse

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV 03 00 001	A	4 di 58

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la progettazione definitiva di opere strutturali relative all’Ingresso Ovest al Nodo AV/AC di Verona Porta Nuova della Tratta AV/AC Brescia-Verona.

L’intervento prevede la realizzazione delle nuove linee, prevalentemente in affiancamento al sedime della attuale Linea Storica Milano-Venezia, nel tratto compreso tra l’intersezione con l’Autostrada del Brennero A22 e la radice est della Stazione Ferroviaria di Verona Porta Nuova, per una estensione di circa 10km. Tali interventi sono funzionali al progetto di linea della Tratta Brescia Est – Verona.

Il progetto prevede la rilocazione della Linea Storica leggermente più a nord al fine di lasciare spazio all’inserimento dei binari della Linea AV/AC. Viene anche prevista la realizzazione di una ulteriore linea denominata “indipendente merci” per il collegamento con la Linea Brennero.

Sono previsti interventi di potenziamento e riconfigurazione della stazione di Verona Porta Nuova e realizzazione di una nuova Sottostazione Elettrica con conseguenti interventi tecnologici per la gestione delle modifiche.

Il progetto comprende tutte le opere atte a consentire l’allaccio e l’interfaccia con le linee storiche esistenti e la risoluzione delle interferenze tra la parte di progetto stesso e l’esistente (viabilità, idrografia, ecc).



	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

1 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

1.1 Normativa di riferimento

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono effettuate in accordo con le prescrizioni di seguito elencate è conformi alle normative vigenti:

- ✓ Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, «Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni»
- ✓ Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 11 febbraio 2019, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018»
- ✓ Manuale di progettazione RFI Opere Civili RFI DTC SIM AI FS 001 E e relative parti e sezioni.
- ✓ Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)
- ✓ Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea
- ✓ UNI EN 1998-1:2013 – Strutture in zone sismiche – parte 1: generale ed edifici.
- ✓ UNI EN 1998-2:2011 – Strutture in zone sismiche –parte 2: ponti.
- ✓ UNI EN 1992-1-1: EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

2 CARATTERISTICHE MATERIALI

2.1 Calcestruzzo

2.1.1 Magrone

Classe di resistenza = C12/15

2.1.2 Calcestruzzo per soletta di fondazione, piedritti e soletta di copertura

γ_c = peso specifico = 25.00 kN/m³

Classe di resistenza = C30/37

R_{ck} = resistenza cubica = 37.00 N/mm²

f_{ck} = resistenza cilindrica caratteristica = 0.83 R_{ck} = 30.0 N/mm²

f_{cm} = resistenza cilindrica media = $f_{ck} + 8$ = 38.0 N/mm²

f_{cd} = resistenza di calcolo a compressione = $\alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$ = 0.85 * 30/1.5 = 17.0 N/mm²

f_{ctm} = resistenza a trazione media = 0.30 * $f_{cm}^{2/3}$ = 2.90 N/mm²

f_{ctm} = resistenza a traz. per flessione media = 1.20 * f_{ctm} = 3.63 N/mm²

f_{ctk} = resistenza a traz. per flessione caratt. = 0.70 * f_{ctm} = 2.12 N/mm²

E_{cm} = modulo elast. tra 0 e 0.40 f_{cm} = 22000 * ($f_{cm}/10$)^{0.3} = 33345 N/mm²

σ_c = Resistenza a compressione (Comb. Rara) = 0.6 * f_{ck} = 18.0 N/mm²

σ_c = Resistenza a compressione (Comb. Quasi Permanente) = 0.45 * f_{ck} = 13.5 N/mm²

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

2.2 Acciaio

2.2.1 Acciaio di armatura per c.a.

Tipo = B 450 C

γ_a = peso specifico = 78.50 kN/m³

$f_{y\ nom}$ = tensione nominale di snervamento = 450 N/mm²

$f_{t\ nom}$ = tensione nominale di rottura = 540 N/mm²

$f_{yk\ min}$ = minima tensione caratteristica di snervamento = 450 N/mm²

$f_{tk\ min}$ = minima tensione caratteristica di rottura = 540 N/mm²

$(f_t/f_y)_{k\ min}$ = minimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.15

$(f_t/f_y)_{k\ max}$ = massimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.35

$(f_y/f_{y\ nom})_k$ = massimo rapporto tra i valori nominali = 1.25

$(A_{gt})_k$ = allungamento caratteristico sotto carico massimo = 7.5 %

$\varphi_{\ min}$ = minimo diametro consentito delle barre = 6 mm

$\varphi_{\ max}$ = massimo diametro consentito delle barre = 40 mm

E = modulo di elasticità dell'acciaio = 206000 N/mm²

α_T = coefficiente di dilatazione termica = 0.00001 °C⁻¹

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

3 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'opera oggetto della presente relazione è uno scatolare realizzato interamente in cmeneto armato gettato in opera, caratterizzato da uno vani.

L'altezza netta interna dello scatolare è 3.20m. Lo spessore della soletta superiore è 0.80m, dei piedritti è pari a 0.8m e del solettone di fondo è pari a 0.9m. Il manufatto è gettato in uno concio di dimensioni in pianta pari a 5.80x24.80 metri ed ha un'altezza complessiva di 5.90 m; il calcolo è stato effettuato considerando una sezione di profondità unitaria.

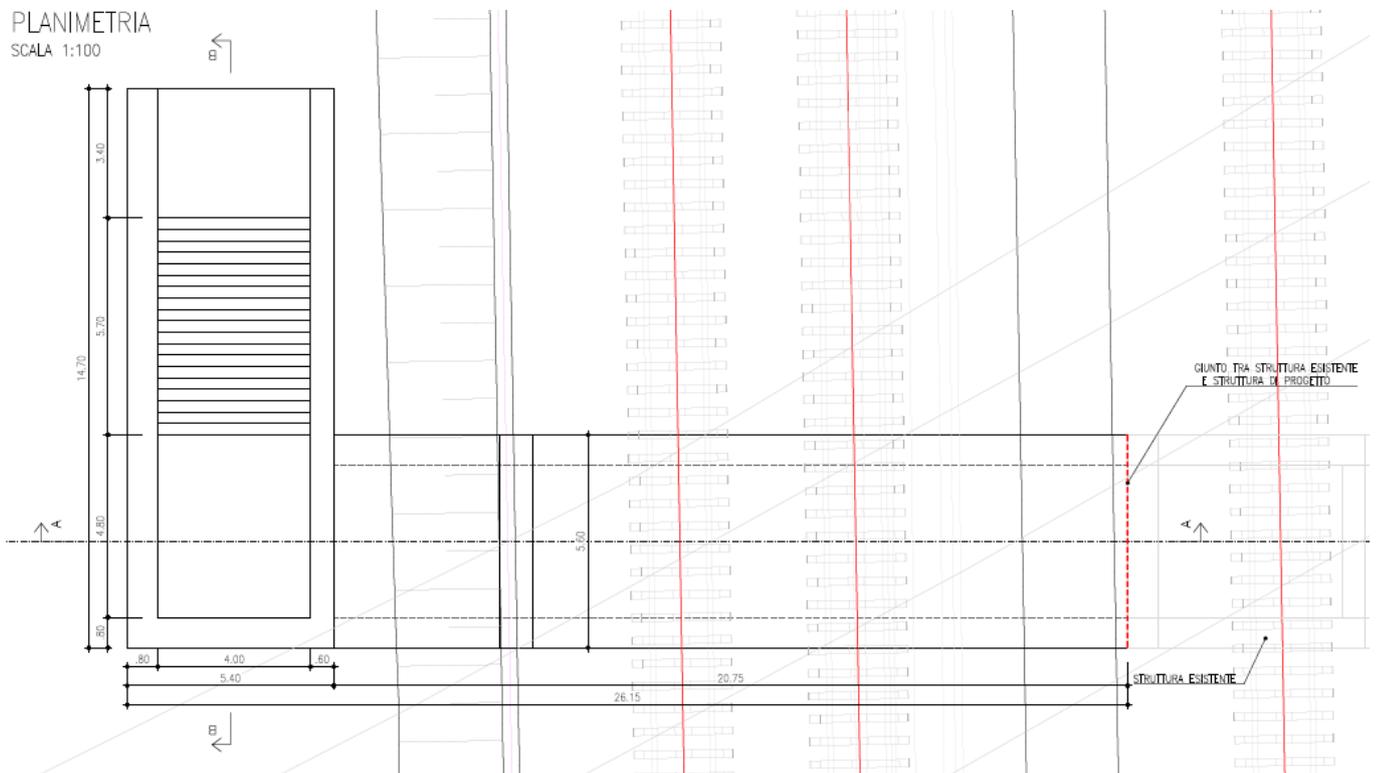


Fig. 1 – Planimetria generale

Relazione di calcolo sottopasso, vano
ascensore, Scale Fisse

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV 03 00 001	A	10 di 58

SEZIONE A-A
SCALA 1:100

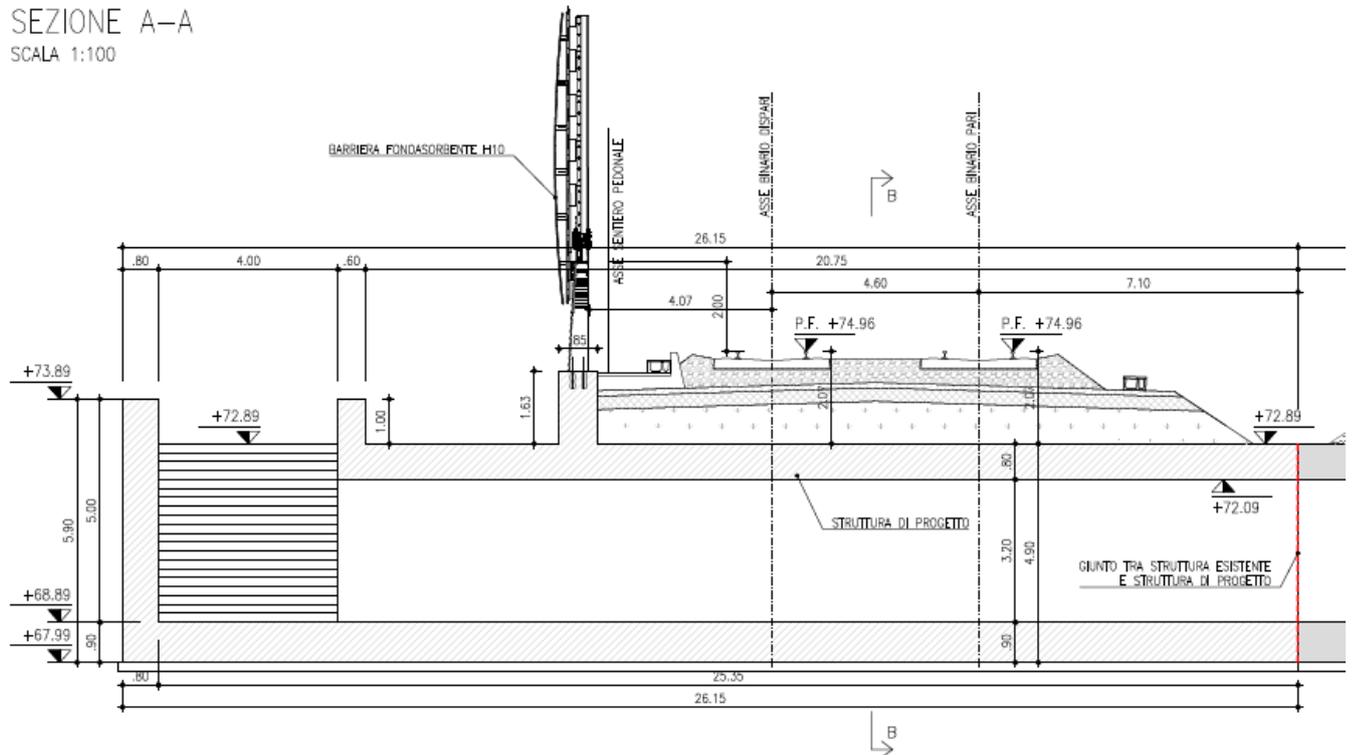


Fig. 2 – Sezione longitudinale

SEZIONE B-B
SCALA 1:100

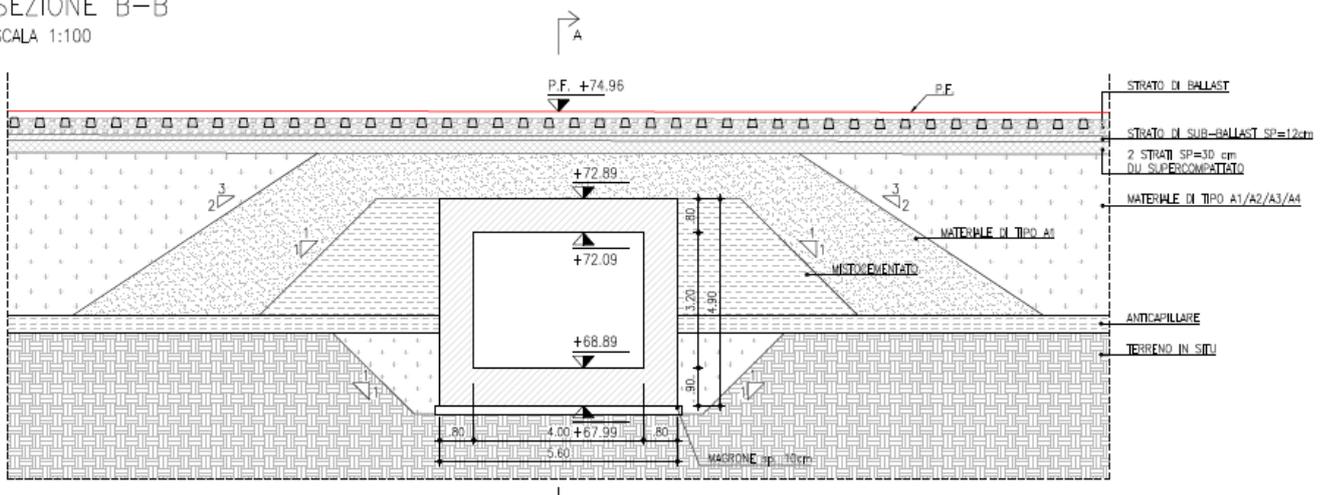


Fig. 3 – Sezione trasversale di calcolo – sezione

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

In riferimento al modello geotecnico del sottosuolo che caratterizza l'area di sedime del opera si definiscono i principali parametri fisico-meccanici dei terreni interagenti con l'opera.

In relazione alla sezione trasversale dell'opera si evince una stratigrafia con caratteristiche che entrano in gioco nel calcolo strutturale dei muri dal punto di vista dei carichi e dell'interazione terreno-struttura. Procedendo dal basso verso l'alto si hanno, nell'ordine:

- il terreno di fondazione;
- il rilevato ferroviario.

1.1 Rilevato ferroviario

Il terreno che costituisce il rilevato ferroviario ha le seguenti caratteristiche:

Peso di volume $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

Coesione efficace $c' = 0$

Angolo di resistenza al taglio $\varphi' = 38^\circ$

1.2 Terreno di fondazione

I principali parametri geotecnici sono riportati di seguito:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

5 MODELLO DI CALCOLO

La struttura viene schematizzata con un modello di calcolo a telaio chiuso su un letto di molle alla Winkler mediante un'analisi elastico-lineare svolta con il programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000 v.20.1 (Computers and Structures®). Gli elementi frame che schematizzano il telaio piano hanno una sezione rettangolare di larghezza 1.0m ed altezza pari a:

- soletta superiore $h = 0.80\text{m}$
- piedritti destra / sinistra / media $h = 0.80\text{ m}$
- fondazione $h = 0.90\text{ m}$

Il modulo elastico del materiale assegnato agli elementi asta è assunto:

- Struttura in elevazione $E = 33346\text{ N/mm}^2$: $\text{cls Rck} = 37\text{N/mm}^2$

Nelle successive figure si riporta lo schema di calcolo adottato con la numerazione dei nodi (Figura 4) .

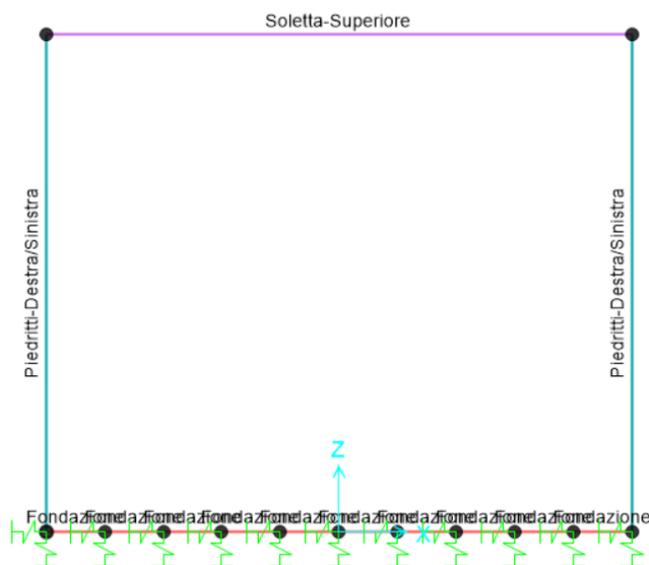


Fig. 4 – Modellazione unifilare dello scatolare

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

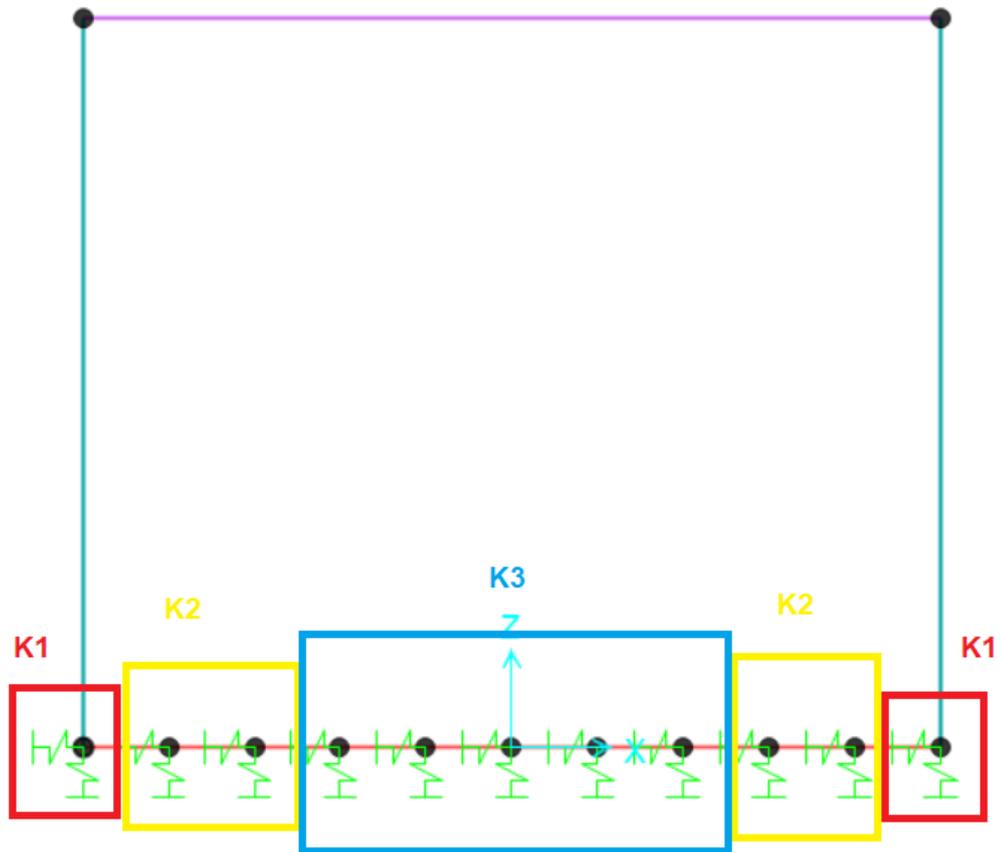


Fig. 5 – Vincoli alla base del modello di calcolo

La fondazione è appoggiata su un insieme di molle elastiche che simulano la risposta del terreno di fondazione sottostante (molle alla Winkler calibrate sul modello geotecnico del terreno).

Relazione di calcolo sottopasso, vano
ascensore, Scale Fisse

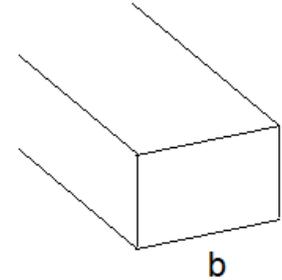
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV 03 00 001	A	15 di 58

Per la modellazione del terreno si considera la trave su suolo elastico, modellata con l'utilizzo di molle alla Winkler, aventi la seguente rigidezza (Vesic, 1965):

Per cui risulta:

$$K = \frac{0.65E}{1-\nu^2} \sqrt[3]{\frac{Eb^4}{(EJ)_{fond}}}$$

E= 70000 kN/mq modulo elastico del terreno
v= 0.3 coeff. di Poisson



trave di fondazione

b= 1.00 m dimensione trasversale trave
h= 0.90 m altezza trave
J= 0.060750 m⁴ inerzia trave
Rck= 37 Mpa
Ec= 34671746 kN/mq modulo di elasticità cls

K= 37650 kN/mc modulo di reazione lineare sulla trave



i =	0.48m			
		Kv	Kh	
K3	37650*0.48	18072	6024	kN/m
K1-S	2*37650 *(0.8/2 +0.48/2) =	48192	16064	kN/m
K1-D	2*37650 *(0.8/2 +0.48/2) =	48192	16064	kN/m
K2	1.5*K1	56475	18825	kN/m

Tabella 1 – Calcolo della rigidezza di fondazione

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

6 ANALISI DEI CARICHI

6.1 Peso proprio (PP)

Il peso proprio è stato considerato ponendo il peso per unità di volume del calcestruzzo armato pari a $\gamma = 25.0$ kN/m³.

6.2 Sovraccarico permanente (PERM)

Sul solettone superiore si considera uno spessore medio del massetto delle pendenze $s_b = 1.00$ m con peso per unità di volume $\gamma_b = 20.00$ kN/m³

$$G2_{\text{sov.perm.}} = 1.0\text{m} \times 20.00\text{kN/m}^3 \times 1.0\text{m} = 20.0 \text{ kN/m}$$

Sul solettone fondazione si considera uno spessore medio del massetto delle pendenze $s_b = 0.20$ m con peso per unità di volume $\gamma_b = 20.00$ kN/m³

$$G2_{\text{sov.perm.}} = 1.0\text{m} \times 20.00\text{kN/m}^3 \times 0.2\text{m} = 4.0 \text{ kN/m}$$

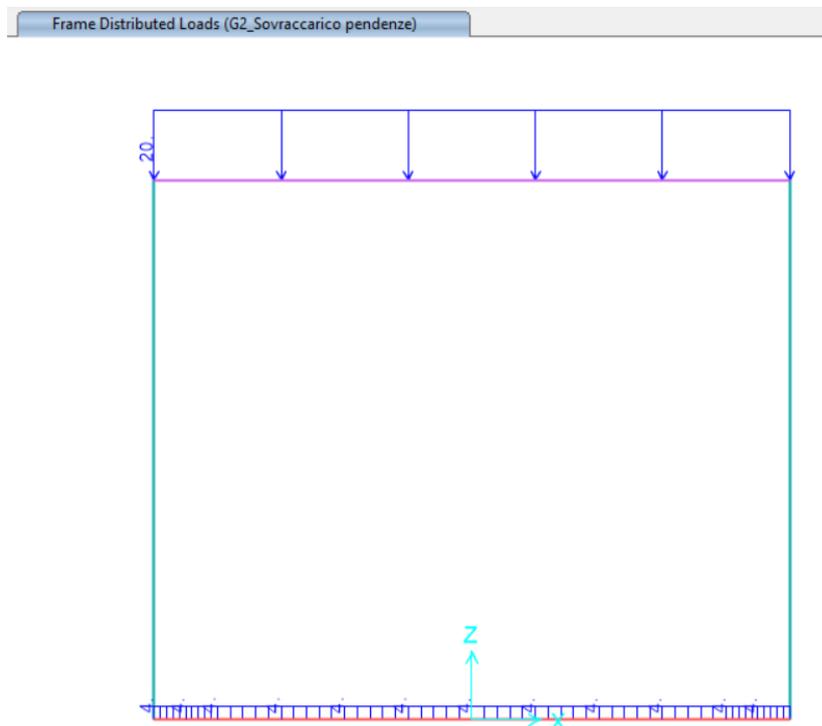


Fig. 6 – Sovraccarico permanente

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

6.2.1 Ballast e armamento (G2)

Sul solettone superiore si considera uno spessore di ballast e armamento de linea ferroviaria pari a 0.60 m con peso di unità di volume $\gamma_{\text{pav_str}} = 18.00\text{kN/m}^3$ distribuito su tutta larghezza dela soletta superiore .

$$G2_balast = 0.6\text{m} \times 1.0\text{m} \times 18.00\text{kN/m}^3 = 10.8 \text{ kN/m}$$



Fig. 7 – G2_Ballast armamento

6.3 Azioni sollecitanti esercitate dai carichi ferroviari

Il carico verticale ferroviario è definito per mezzo di diversi modelli di carico: in particolare sono forniti due treni di carico distinti, il primo rappresentativo del traffico normale LM71, il secondo rappresentativo del traffico pesante SW2.

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

Coefficiente di adattamento α

I valori dei suddetti carichi relativi alla configurazione LM71 e SW2 dovranno essere moltiplicati per un coefficiente di adattamento, variabile in ragione della tipologia dell'Infrastruttura (ferrovia ordinaria, ferrovia leggera metropolitana), viene di seguito riportata la tabella con la variabilità del coefficiente in base al tipo di linea o categoria di linea.

Tipi di linea o categorie di linea STI	Valore minimo del fattore alfa (α)
IV	1.1
V	1.0
VI	1.1
VII-P	0.83
VII-F, VII-M	0.91

Tabella 2 – Coefficiente di adattamento

Per completezza di informazioni viene di seguito riportata la tabella attinente alla categorie di linea STI per il sottosistema Infrastruttura del sistema ferroviario convenzionale:

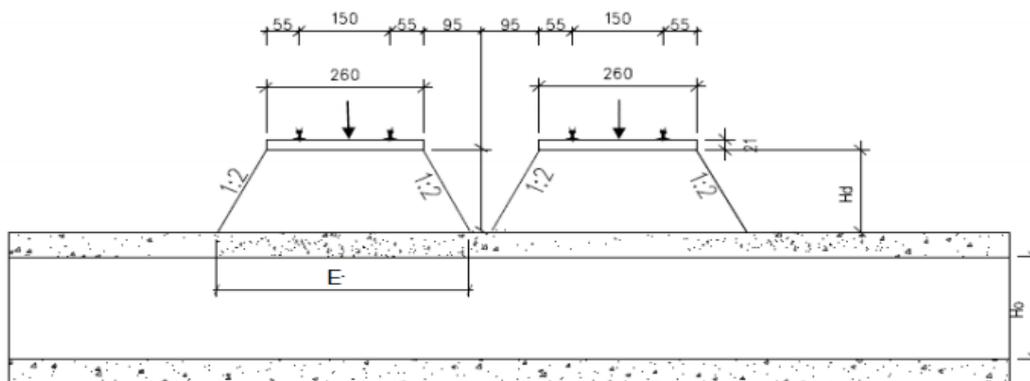


Fig. 8 – Diffusione del carico ferroviario

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

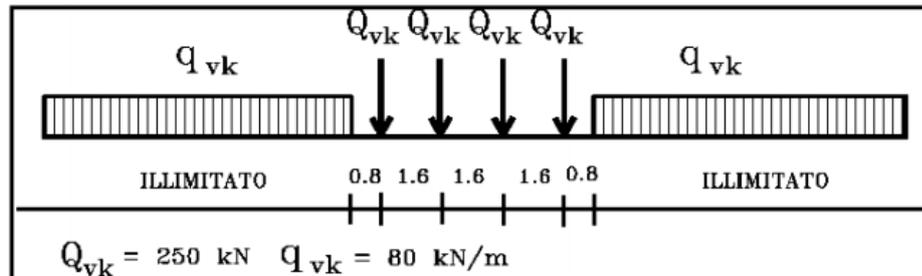


Fig. 9 –Modello di carico LM71

$H_d \approx 1.5\text{m}$

$L_{net} = 4.0\text{m}$

$\Phi_1 = 1.4$

$\Phi_2 = [2.16 / (L_{clear}^{0.5} - 0.2)] + 0.73 = 1.93$

diffondere il carico del treno = $80 \times 1.4 \times 1.93 \times 2 = 432.3 \text{ kN/m}$

carico del treno singolo = $250 \times 1.4 \times 1.93 \times 4 \times 2 = 5404 \text{ kN}$

$E_x = 10.5\text{m}$

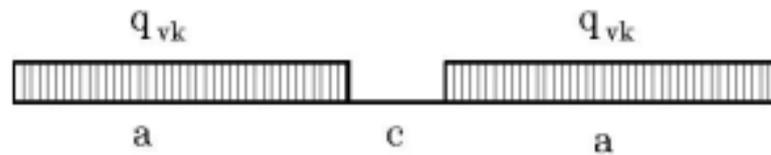
$E_y = 1.6\text{m} \times 4 + 1.5\text{m} = 7.9\text{m}$

$A = 10.5 \times 7.9 = 82.9\text{m}^2$

Carico LM71 $\rightarrow W_{trn}(\text{singolo}) = 5404 / 82.9 = 65.2 \text{ kN/m}^2$

Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV 03 00 001	A	20 di 58



Tipo di Carico	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

Fig. 10 –Modello di carico SW

$E = 10.5m$

Carico SW \rightarrow diffondere il carico del treno = $150 \times 2 / 10.5 = 28.6 \text{ kN/m}^2$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

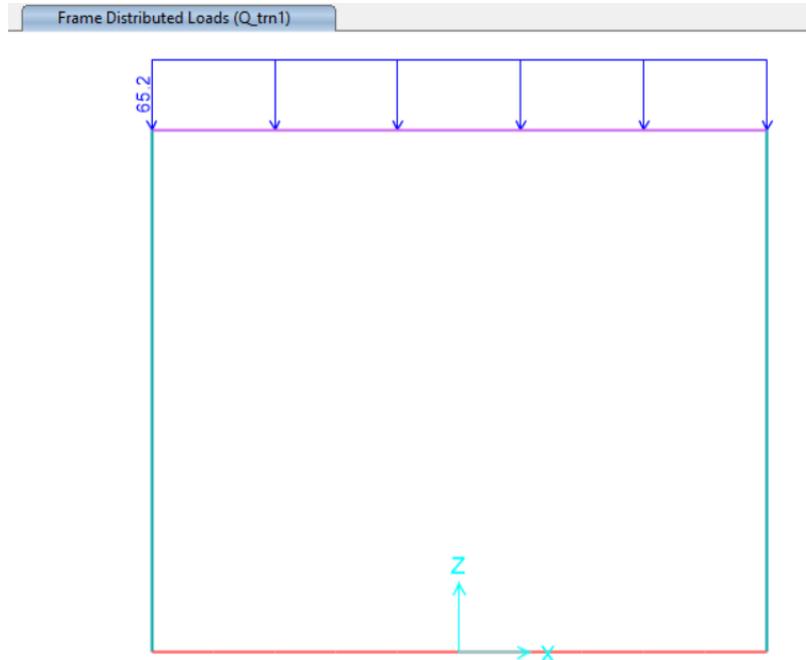


Fig. 11 –Qtrn1 – Carico del treno sfalsato

6.4 Azioni di avviamento e frenatura

I valori caratteristici da considerare sono i seguenti:

avviamento: $Q_{la,k} = 33 \text{ [kN/m]} \cdot L[m] \leq 1000 \text{ kN}$ per modelli di carico LM 71

$Q_{lak} = 33 \text{ kN/m} \times 4.8\text{m} = 158 \text{ kN} \leq 1000 \text{ kN}$

frenatura: $Q_{lb,k} = 20 \text{ [kN/m]} \cdot L[m] \leq 6000 \text{ kN}$ per modelli di carico LM 71

$Q_{lbk} = 20 \text{ kN/m} \times 4.8\text{m} = 96 \text{ kN} \leq 6000 \text{ kN}$

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

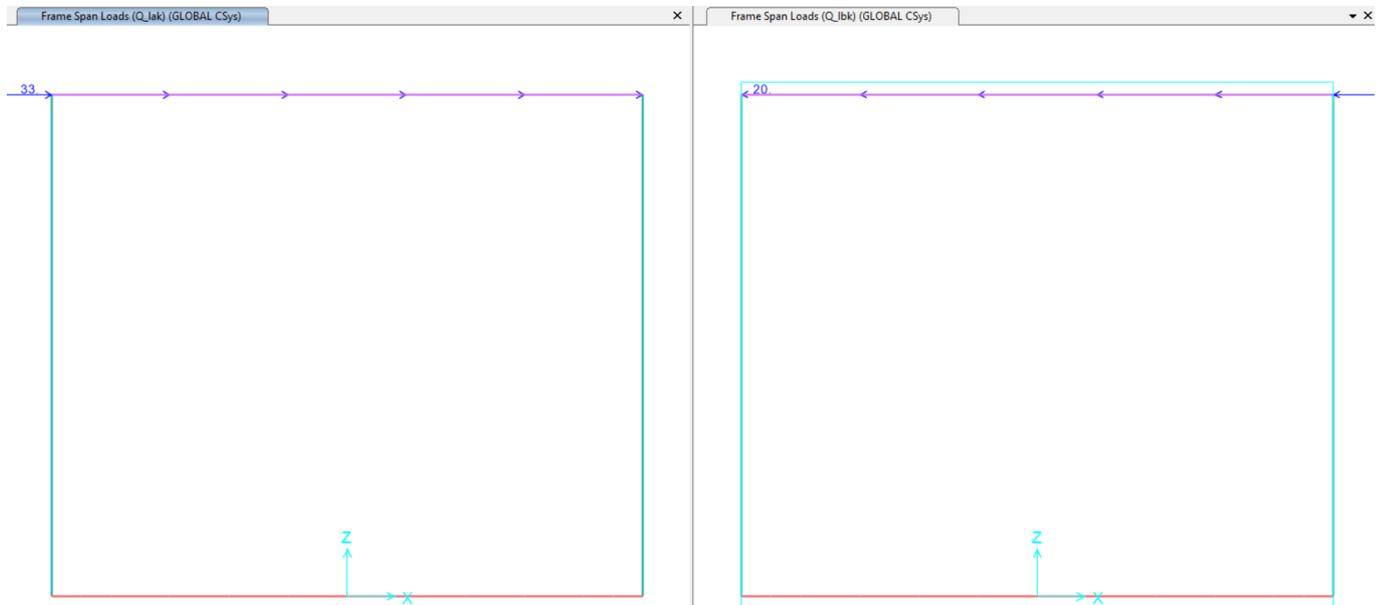


Fig. 12 – Q_{lak} e Q_{lbk} – Azioni di avviamento e frenatura

6.4.1 Azioni termiche uniformi (TU)

Si considera una variazione termica uniforme $\Delta T = 15.0^{\circ}\text{C}$ sugli elementi della struttura in elevazione, adottando per il coefficiente di dilatazione termica un valore $\alpha = 10 \times 10^{-6}$.

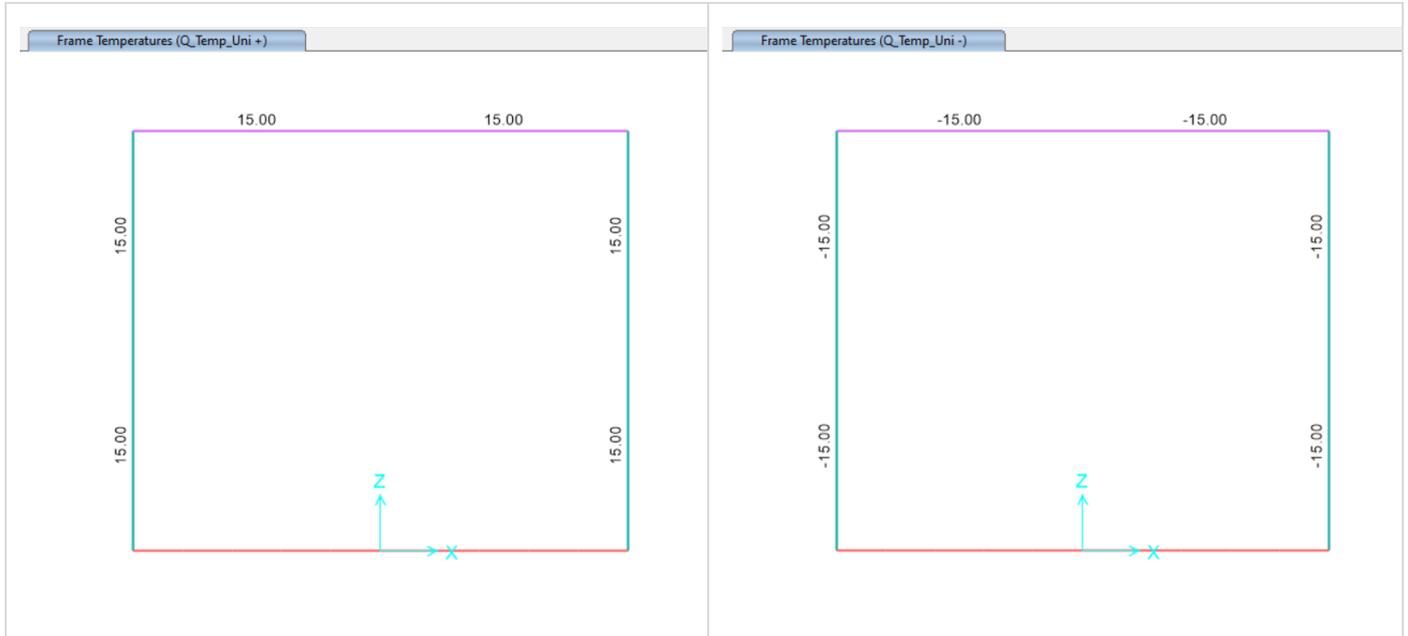


Fig. 13 – Q_Temp_Uni +/-: Forza termiche uniformi

6.4.2 Azioni termiche differenziali (TF)

Si considera una variazione termica differenziale $\Delta T = 5.0^{\circ}\text{C}$ su tutti gli elementi della struttura in elevazione, adottando per il coefficiente di dilatazione termica un valore $\alpha = 10 \times 10^{-6}$.

Q_Temp_Farfalla:

Piedritti : $(\pm \Delta t \times 2) / h = 5.0^{\circ}\text{C} \times 2 / 0.8\text{m} = \pm 12.5^{\circ}\text{C}$

Soletta : $5.0^{\circ}\text{C} \times 2 / 0.8\text{m} = \pm 12.5^{\circ}\text{C}$

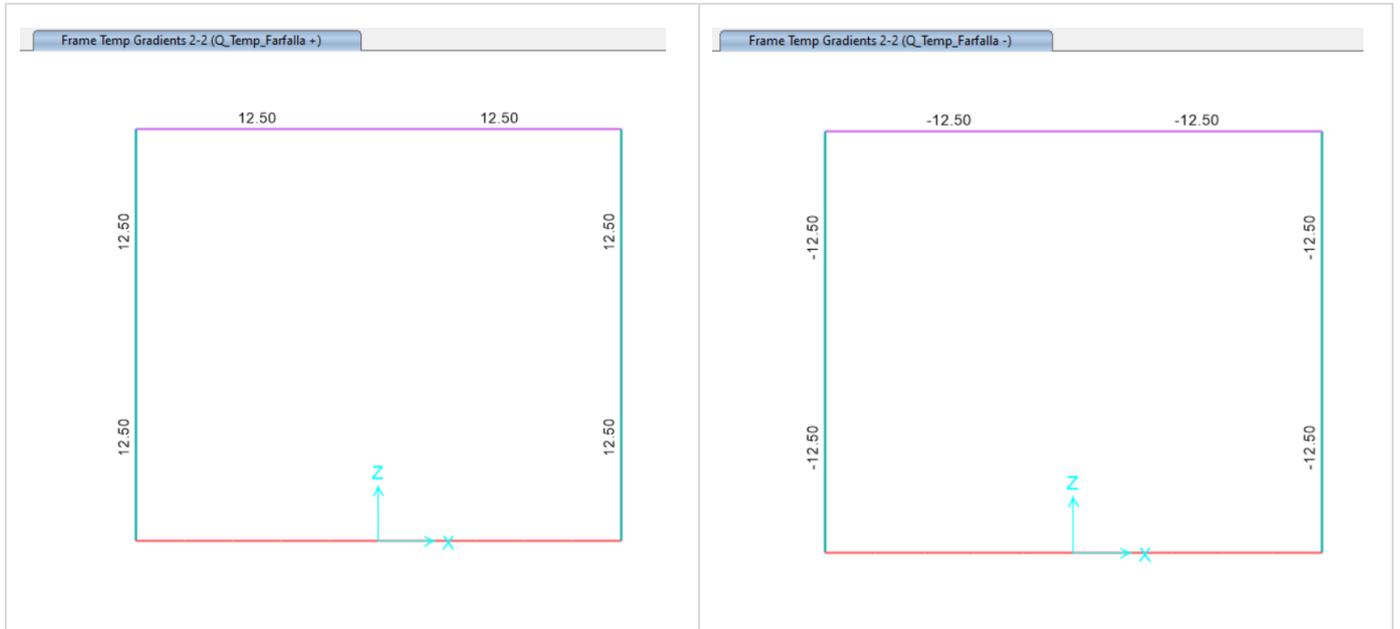


Fig. 14 – Q_Temp_Farfalla+/-: Forza termiche differenziali

6.4.3 Ritiro

Si considera una variazione termica uniforme equivalente $\Delta T = -9.79^{\circ}\text{C}$ sulla soletta superiore. Il calcolo viene condotto secondo le indicazioni nell'EUROCODICE 2-UNI EN1992-1-1 Novembre 2005 e D.M.17-01-2018.

--

Coefficiente di viscosità		
$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 * \beta_c(t, t_0)$	2.7092	creep coefficient
$\varphi_0 = \varphi_{RH} * \beta(f_{cm}) * \beta(t_0) =$	2.7547	nominal creep coefficient
φ_{RH}	1.2455	per $f_{cm} > 35$ Mpa
φ_{RH}		per $f_{cm} \leq 35$ Mpa

Relazione di calcolo sottopasso, vano
ascensore, Scale Fisse

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV 03 00 001	A	25 di 58

RH	75	[%]	
$\beta(f_{cm})$	2.7619		
$\beta(t_0)$	0.8008		
h_0	796.812749	[mm]	
A_c	10000	[cm ²]	
u	251	[cm]	
$\beta_c(t, t_0)$	0.9835		
t	25550	[days]	
t_0	2	[days]	
$t-t_0$	25548	[days]	
β_H	1617.76		per $f_{cm} > 35$ Mpa
β_H			per $f_{cm} \leq 35$ Mpa
α_1	0.9618		
α_2	0.9889		
α_3	0.9726		
f_{cm}	37.00	[MPa]	
f_{ck}	30.00	[MPa]	

DEFORMAZIONE TOTALE DA RITIRO

$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca} =$	0.000351692	deformazione totale da ritiro
$\epsilon_{cd} =$	0.000301692	deformazione da ritiro per essiccamento
$\epsilon_{ca} =$	5E-05	deformazione da ritiro autogeno

DEFORMAZIONE DA RITIRO PER ESSICCAMENTO

$\epsilon_{cd\infty} = k_h * \epsilon_{cd0}$	0.000312317	
$\epsilon_{cd0} =$	0.000446167	appendix B for ϵ_{cd0}
$\alpha_{ds1} =$	6	CLS class R
$\alpha_{ds2} =$	0.11	CLS class R
$\beta_{RH} =$	0.8961	

Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV 03 00 001	A	26 di 58

	$RH_0=$	100	[%]
	$f_{cm0}=$	10	[MPa]
	$\beta_{ds}(t,ts)=$	0.96598217	
t	25550		
ts	2		
DEFORMAZIONE DA RITIRO AUTOGENO			
$\beta_{as}(t)=$	1		
t	25550		
$\varepsilon_{ca}(\infty)=$		0.00005	coefficiente di dilatazione termica
$\Delta T_{rit}=$	9.48		

Frame Temperatures (Q_Ritiro)

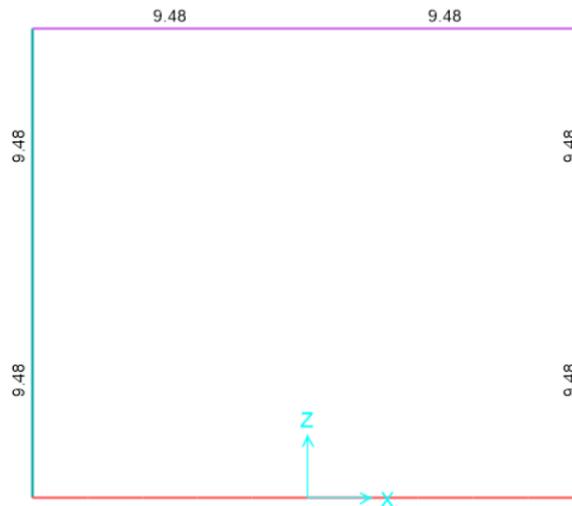


Fig. 15 – Q_Ritiro

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

6.5 Permanenti portati: spinta del terreno (Spinta Sinistro / Soletto)

Le spinte del terreno di rinfiango vengono calcolate assumendo alternativamente uno scenario di spinta non equilibrata sui due piedritti con spinta a riposo sul piedritto destro e spinta a riposo ridotta a 0.80 sul piedritto sinistro. Il caso opposto non viene considerato a causa della natura simmetrica della struttura.

I caratteristici del riempimento usato sono:

- peso di volume $\gamma = 19 \text{ kN/mc}$;
- angolo di attrito $\phi' = 42^\circ$;
- coesione efficace $c' = 0$

$$K_0 = 1 - \text{sen } \phi = 1 - \text{sen}(38^\circ) = 0.33$$

$$\text{Spinta sinistra in asse a soletta sup. } P_1 = H_1 * K_0 * \gamma = 0.70\text{m} * 0.33 * 19\text{kN/m}^3 = 4.4 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Spinta sinistra in asse a soletta inf. } P_2 = H_2 * K_0 * \gamma = 6.00\text{m} * 0.33 * 19\text{kN/m}^3 = 37.6 \text{ kN/m}^2$$



Fig. 16 – Spinta Sinistro e – Spinta Destra (permanenti)

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

6.6 Sovrappinta accidentale (carico ferroviario QSQ.dx-QSQ.sx)

La sovrappinta dovuta al passaggio ferroviario in superficie è stata presa in considerazione sul piedritto.

$$W_{trn}(\text{diffondere-sovraccarico}) = 65.2 \times (1 - \sin\theta') = 21.5 \text{ kN/m}$$

$$QSQ.dx = QSQ.sx = 21.5 \text{ kN/m}$$

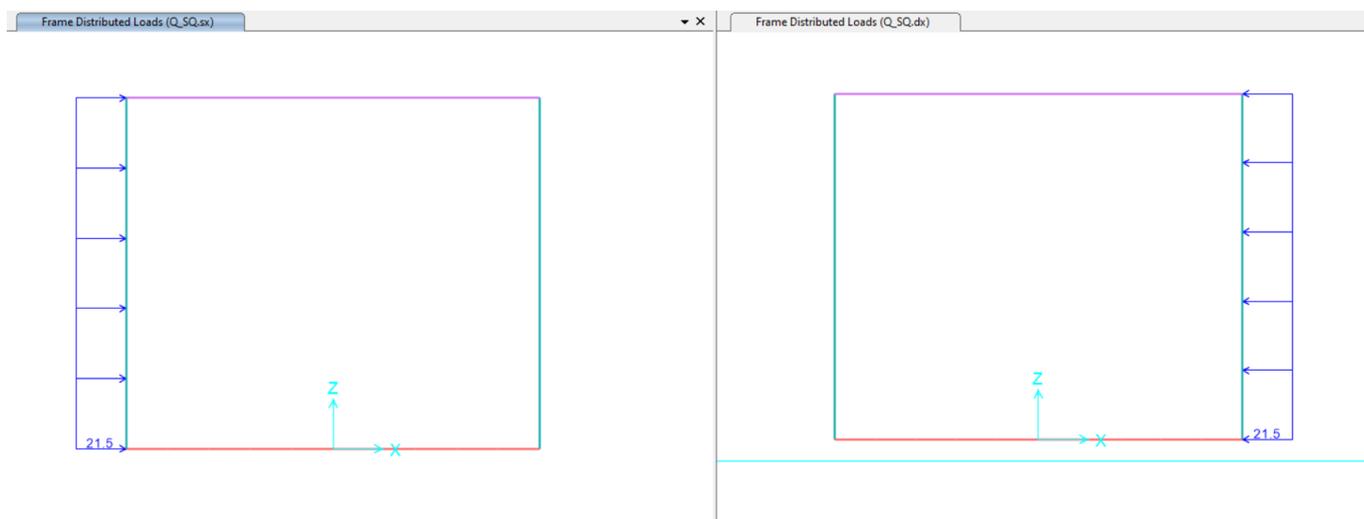


Fig. 17 – Spinta Sinistro e – Spinta Destra (accidentale)

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

6.6.1 Concomitanza delle azioni pedoni

Nel caso in cui venga considerata una folla di pedoni che provoca una forza verticale: 5 kN/m^2

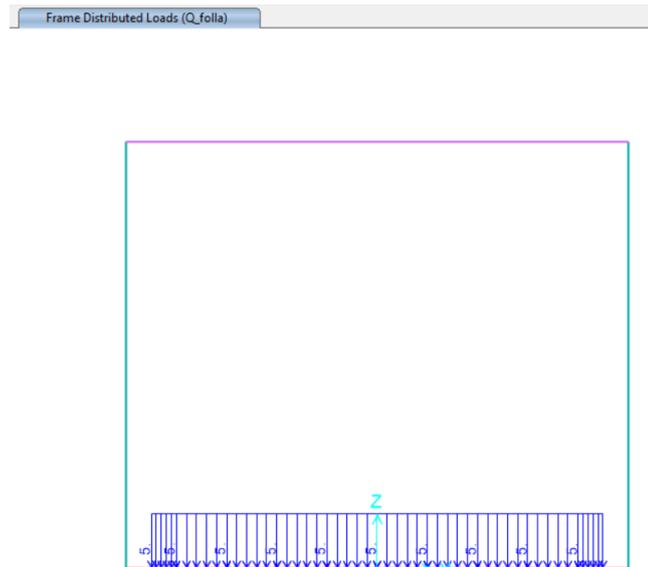


Fig. 18 – Q_{folla} : Forza distribuiti dovuti alle forze folla

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

6.7 Azioni sismiche

In condizioni sismiche, il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; nel caso di specie per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

Per la definizione dell'azione sismica si assumono i seguenti parametri di base:

- Categoria di suolo: B
- Categoria topografica: T1
- Vita nominale: VN = 75 anni;
- Classe d'uso : IV;
- Coeff. d'uso: $c_u = 2.0$
- Periodo di riferimento per l'azione sismica: $VR = VN \times c_u = 150$ anni

I parametri che definiscono l'azione sismica, calcolati mediante il documento excel Spettri-NTC.ver.1.0.3.xls fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, vengono di seguito riportati:

Individuazione della pericolosità sismica del sito

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATTITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

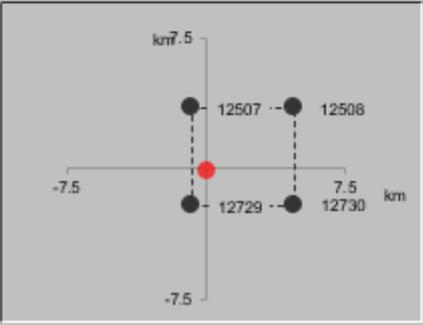
Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri →

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta



Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Scelta della strategia di progettazione

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="90"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="151"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1424"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

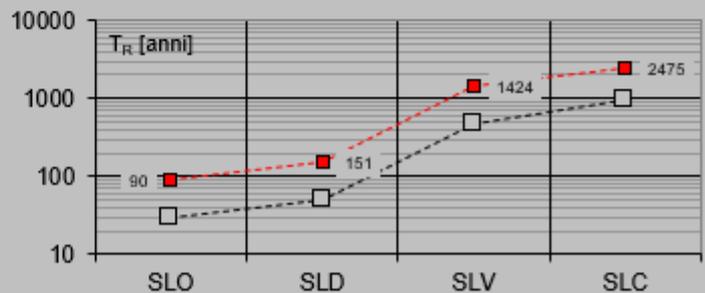
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
-■..... Strategia scelta

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV 03 00 001	A	33 di 58

Determinazione dell'azione di progetto SLV

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** [info](#)

Risposta sismica

Categoria di sottosuolo **B** [info](#)

Categoria topografica **T1** [info](#)

$S_s =$ **1.173** [info](#)

$C_c =$ **1.415** [info](#)

$h/H =$ **1.000** [info](#)

$S_T =$ **1.000** [info](#)

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

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento ξ (%) **5** [info](#)

$\eta =$ **1.000** [info](#)

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q_o **1** [info](#)

Regol. in altezza **si** [info](#)

Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore q **1** [info](#)

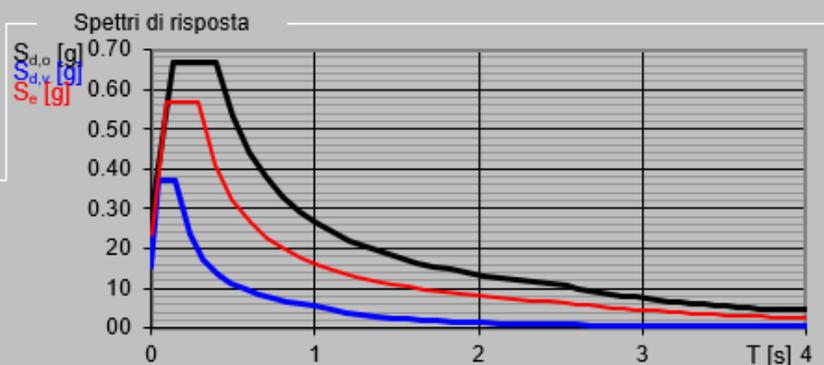
$\eta = 1/q =$ **1.000** [info](#)

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, $\xi = 5\%$)



INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale e' verticale per lo stato SLV

SLV-Orizzontale

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV	
a_g	0.233	g
F_0	2.434	
T_c^*	0.284	s
S_s	1.173	
C_c	1.415	
S_T	1.000	
q	1.000	

Parametri dipendenti

S	1.173	
η	1.000	
T_c	0.401	s
T_B	0.134	s
T_D	2.534	s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

$$T_B \leq T < T_c \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

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

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

Lo spettro di progetto $S_s(T)$ 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

	0.000	0.274
T_B	0.134	0.688
T_c	0.401	0.688
	0.503	0.532
	0.604	0.442
	0.706	0.379
	0.807	0.331
	0.909	0.294
	1.011	0.285
	1.112	0.240
	1.214	0.220
	1.315	0.203
	1.417	0.189
	1.518	0.176
	1.620	0.165
	1.721	0.155
	1.823	0.147
	1.925	0.139
	2.026	0.132
	2.128	0.126
	2.229	0.120
	2.331	0.115
	2.432	0.110
T_D	2.534	0.106
	2.604	0.100
	2.674	0.095
	2.743	0.090
	2.813	0.086
	2.883	0.082
	2.953	0.078
	3.023	0.074
	3.092	0.071
	3.162	0.068
	3.232	0.066
	3.302	0.062
	3.372	0.060
	3.441	0.057
	3.511	0.055
	3.581	0.053
	3.651	0.051
	3.721	0.049
	3.791	0.047
	3.860	0.047
	3.930	0.047
	4.000	0.047

SLV-Verticale

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV	
a_{gv}	0.152	g
S_s	1.000	
S_T	1.000	
q	1.000	
T_B	0.050	s
T_c	0.150	s
T_A	1.000	s

Parametri dipendenti

F_v	1.588	
S	1.000	
η	1.000	

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

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

$$T_B \leq T < T_c \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	0.000	0.152
T_B	0.050	0.371
T_c	0.150	0.371
	0.235	0.237
	0.320	0.174
	0.405	0.137
	0.490	0.113
	0.575	0.097
	0.660	0.084
	0.745	0.075
	0.830	0.067
	0.915	0.061
T_D	1.000	0.056
	1.094	0.046
	1.188	0.039
	1.281	0.034
	1.375	0.029
	1.469	0.026
	1.563	0.023
	1.656	0.020
	1.750	0.018
	1.844	0.016
	1.938	0.015
	2.031	0.013
	2.125	0.012
	2.219	0.011
	2.313	0.010
	2.406	0.010
	2.500	0.009
	2.594	0.008
	2.688	0.008
	2.781	0.007
	2.875	0.007
	2.969	0.006
	3.063	0.006
	3.156	0.006
	3.250	0.005
	3.344	0.005
	3.438	0.005
	3.531	0.004
	3.625	0.004
	3.719	0.004
	3.813	0.004
	3.906	0.004
	4.000	0.003

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale e' verticale per lo stato SLD

SLD-Orizzontale		
Parametri indipendenti		
STATO LIMITE	SLD	
a_g	0.097	g
F_0	2.418	
T_c^*	0.266	s
S_s	1.200	
C_c	1.434	
S_T	1.000	
q	1.000	

Parametri dipendenti		
S	1.200	
η	1.000	
T_c	0.381	s
T_B	0.127	s
T_D	1.988	s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

$$T_B \leq T < T_c \quad S_q(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

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

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

Lo spettro di progetto $S_q(T)$ 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

	0.000	0.116
$T_B \rightarrow$	0.127	0.281
$T_c \rightarrow$	0.381	0.281
	0.458	0.234
	0.534	0.201
	0.611	0.176
	0.687	0.156
	0.764	0.140
	0.840	0.128
	0.917	0.117
	0.993	0.108
	1.070	0.100
	1.148	0.093
	1.223	0.088
	1.299	0.082
$T_D \rightarrow$	1.376	0.078
	1.452	0.074
	1.529	0.070
	1.605	0.067
	1.682	0.064
	1.758	0.061
	1.835	0.058
	1.911	0.056
	1.988	0.054
	2.063	0.049
	2.179	0.045
	2.275	0.041
	2.371	0.038
	2.467	0.035
	2.563	0.032
	2.658	0.030
	2.754	0.028
	2.850	0.026
	2.946	0.025
	3.042	0.023
	3.138	0.022
	3.233	0.020
	3.329	0.019
	3.425	0.018
	3.521	0.017
	3.617	0.016
	3.713	0.015
	3.808	0.015
	3.904	0.014
	4.000	0.013

SLD-Verticale

Parametri indipendenti		
STATO LIMITE	SLD	
a_{gv}	0.041	g
S_s	1.000	
S_T	1.000	
q	1.000	
T_B	0.050	s
T_c	0.150	s
T_A	1.000	s

Parametri dipendenti		
F_v	1.016	
S	1.000	
η	1.000	

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 § 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_g \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

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

$$T_B \leq T < T_c \quad S_q(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_q(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_q(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	0.000	0.041
$T_B \rightarrow$	0.050	0.098
$T_c \rightarrow$	0.150	0.098
	0.235	0.083
	0.320	0.046
	0.405	0.036
	0.490	0.030
	0.575	0.026
	0.660	0.022
	0.745	0.020
	0.830	0.018
	0.915	0.016
$T_D \rightarrow$	1.000	0.015
	1.094	0.012
	1.188	0.010
	1.281	0.009
	1.375	0.008
	1.469	0.007
	1.563	0.006
	1.656	0.005
	1.750	0.005
	1.844	0.004
	1.938	0.004
	2.031	0.004
	2.125	0.003
	2.219	0.003
	2.313	0.003
	2.406	0.003
	2.500	0.002
	2.594	0.002
	2.688	0.002
	2.781	0.002
	2.875	0.002
	2.969	0.002
	3.063	0.002
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.001
	3.813	0.001
	3.906	0.001
	4.000	0.001

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

Per il calcolo in condizioni sismiche si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k . Le forze sismiche sono pertanto:

- Forza sismica orizzontale $F_h = k_h W$
- Forza sismica verticale $F_v = k_v W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v sono posti pari all'accelerazione massima degli spettri di progetto relativi allo stato limite considerato (SLV, SLD).

$a_{max} = S \cdot a_g = (S_S \cdot S_T) \cdot a_g$	Tab. 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito		$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$ $k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Categoria di sottosuolo</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B, C, D, E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$</td> <td>β_s</td> <td>β_s</td> </tr> <tr> <td>$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$</td> <td>0,30</td> <td>0,28</td> </tr> <tr> <td>$a_g (g) \leq 0,1$</td> <td>0,27</td> <td>0,24</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,20</td> <td>0,20</td> </tr> </tbody> </table>				Categoria di sottosuolo		A	B, C, D, E	$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	β_s	β_s	$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,30	0,28	$a_g (g) \leq 0,1$	0,27	0,24	
	Categoria di sottosuolo																	
	A	B, C, D, E																
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	β_s	β_s																
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,30	0,28																
$a_g (g) \leq 0,1$	0,27	0,24																
	0,20	0,20																
Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti: $\beta_s=1.0$																		

$a_{max} = 0.233 \times 1.174g = 0.274g$; $k_h = 1.0 \times 0.274g / g = 0.274$; $k_v = \pm 0.5 \times 0.273 = 0.138$

Stato limite	k_h	k_v
SLD	0.117	0.059
SLV	0.274	0.138
sld / slv	0.429	0.429

Tabella 3 – Coefficienti sismici

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$G1 + G2 + \psi_2 Q_k$

Nel caso specifico per i carichi dovuti al transito dei veicoli stradali si assume $\psi_2 = 0$.

I carichi gravitazionali coinvolti dall'azione sismica sono:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

6.7.1 Carichi Sismici

EQ - Calculation					
Stato limite		kh	kv		
SLD		0.117	0.059		
SLV		0.274	0.138		
sld / slv		0.429	0.429		
Carichi sismici					
Solleta Superiore			Piedritti		
Larghezza	5.60 m	Larghezza di Modello	4.8 m	Larghezza	4.95 m
Spessore	0.80 m			Spessore	0.80 m
γ_{conc}	25.00 kN/m ³			γ_{conc}	25.00 kN/m ³
Forze d'inerzia orizzontali (Sisma H)			Forze d'inerzia orizzontali (Sisma H)		
SLD	2.73 kN/m		SLD	2.83 kN/m	
SLV	6.39 kN/m		SLV	6.62 kN/m	
Forze d'inerzia verticale (Sisma V)			1.1.1 Forze d'inerzia verticale (Sisma V)		
SLD	1.38 kN/m ²		SLD	1.42 kN/m ²	$f_{iv} = k_v \cdot V$
SLV	3.22 kN/m ²		SLV	3.33 kN/m ²	$f_{iv} = k_v \cdot V$
Spinta Del Terreno in Fase Sismica					
F_{fill}	19.00 kN/m ³				
Fill Height	1	**** Fill load start joint is right wall side therefore maximum seismic fill load is applied right wall.			
Orizzontali			Verticale		
SLD	19.1951	$(\gamma_{fill} \cdot H_{total}^2 / H_{medias}) \cdot k_{H,SLD}$	SLD	0.1068	$(\gamma_{fill} \cdot H_{total}^2 / H_{medias}) \cdot k_{V,SLD}$
SLV	44.9525	$(\gamma_{fill} \cdot H_{total}^2 / H_{medias}) \cdot k_{H,SLV}$	SLV	0.2497	$(\gamma_{fill} \cdot H_{total}^2 / H_{medias}) \cdot k_{V,SLV}$
Sisma SLD_H		Sisma SLD_V			
Right Wall	22.02 kN/m	Right Wall	1.42 kN/m		
Left Wall	2.83 kN/m	Left Wall	1.42 kN/m		
Top Slab	2.73 kN/m	Top Slab	1.48 kN/m		
Sisma SLV_H		Sisma SLV_V			
Right Wall	51.57 kN/m	Right Wall	3.33 kN/m		
Left Wall	6.62 kN/m	Left Wall	3.33 kN/m		
Top Slab	6.39 kN/m	Top Slab	3.47 kN/m		

Tabella 4 – Carichi sismici

Le forze d'inerzia orizzontali relative allo SLV sono applicate come un carico fh uniformemente distribuito lungo lo sviluppo dell'elemento agente da sinistra verso destra.

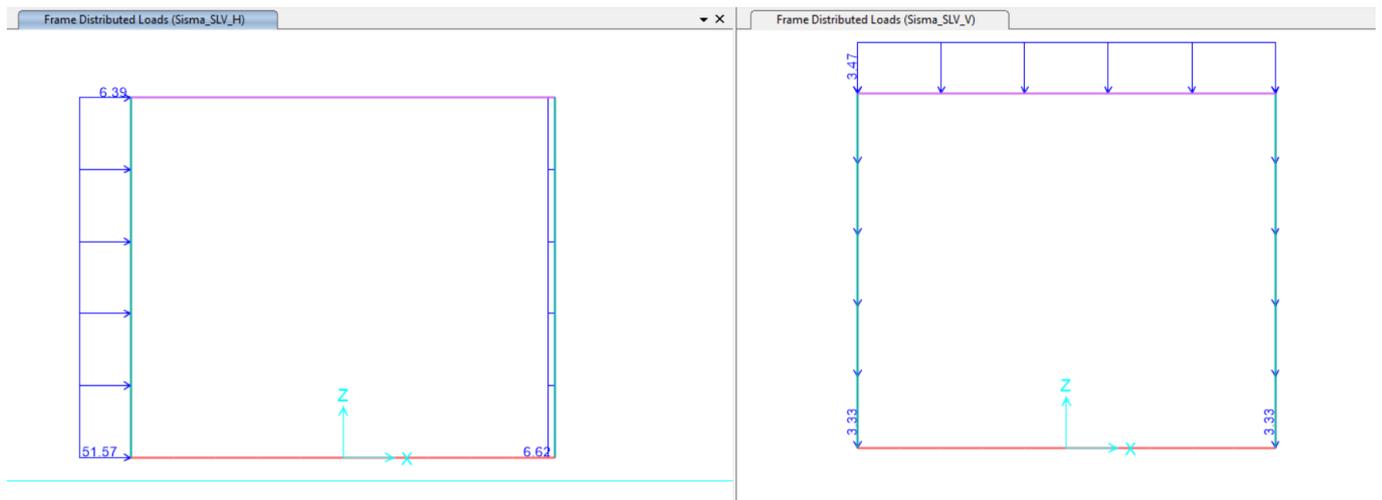


Fig. 19 – Sisma SLV_H e Sisma SLV_V – Forze inerziali orizzontali

7 VERIFICA AL MARTELLAMENTO

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

Tutte le strutture che costituiscono la galleria artificiale sono posizionate in continuità tra le parti. Il giunto strutturale presente tra i singoli tratti è un giunto necessario per consentire il ritiro della struttura ma non permette spostamenti relativi tra le due strutture contigue. Di fatto tale giunto garantisce per i due tratti un comportamento indipendente solo trasversalmente. Dal punto di vista longitudinale, infatti, vista l'enorme rigidità strutturale in tale direzione, gli spostamenti relativi possono essere trascurati.

Per tali ragioni le verifiche al martellamento possono ritenersi soddisfatte.

8 VERIFICHE SLD E SLO

Con riferimento alle verifiche allo Stato Limite di Danno ed allo Stato Limite di Operatività (SLD e SLO) si mette in evidenza che sono verifiche di deformabilità relativa (verifiche sugli spostamenti relativi di interpiano). Nel caso in esame, le strutture sono interamente interrato e in caso di sisma subiscono un moto traslazionale di tipo rigido, con spostamenti di interpiano quindi trascurabili. Pertanto, le verifiche SLD e SLO non sono significative e non vengono riportate e si ritengono implicitamente verificate.

9 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto nei capitoli 2 e 5 del DM 17/01/2018.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

Gli stati limite ultimi analizzati si riferiscono al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera ed allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno.

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche della fondazione possono essere condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1", utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 5.1.V delle NTC per i parametri geotecnici e le azioni.

- combinazione 1 → (A1+M1+R1) → generalmente dimensionante per STR
- combinazione 2 → (A2+M2+R2) → generalmente dimensionante per GEO (carico limite)

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g ₁ e g ₃	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g ₂	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{r1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	γ_{r2} , γ_{r3} , γ_{r4}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

⁽²⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Fig. 20 – Estretto NTC2018

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

Per le opere di luce maggiore di 300 m è possibile modificare i coefficienti indicati in tabella previa autorizzazione del Servizio tecnico centrale del Consiglio superiore dei lavori pubblici, sentito lo stesso Consiglio.

Fig. 21 – Estretto NTC2018

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{STR}) \Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G1 + \gamma_{G2} \cdot G2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d = \Phi_k)$$

$$\text{GEO}) \Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G1 + \gamma_{G2} \cdot G2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\text{spinte } \Phi_d = \tan^{-1}(\tan \Phi_k / \gamma_\Phi))$$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{Rara}) \Rightarrow G1 + G2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \quad \text{controllo tensioni cls / acc}$$

$$\text{Frequente}) \Rightarrow G1 + G2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \quad \text{controllo apertura fessure}$$

$$\text{Quasi permanente}) \Rightarrow G1 + G2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \quad \text{controllo tensioni cls}$$

Per la condizione sismica, le combinazioni per gli stati limite da prendere in considerazione sono le seguenti:

$$\text{STR}) \Rightarrow E + G1 + G2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d = \Phi_k)$$

$$\text{GEO}) \Rightarrow E + G1 + G2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\text{spinte } \Phi_d = \tan^{-1}(\tan \Phi_k / \gamma_\Phi))$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G1 + G2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

I valori del coefficiente ψ_{2i} sono quelli riportati nella tabella 2.5.I della norma; la stessa propone nel caso di ponti, di assumere per i carichi dovuti al transito dei mezzi $\psi_{2i} = 0.2$ solo quando rilevanti.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

Nel caso in esame si è posto $\Psi_2 = 0$.

Le condizioni elementari di carico, riportate nella tabella sottostante, sono state combinate in modo da determinare gli effetti più gravosi per la struttura.

G1_DEAD	Dead
G2_Sovraccarico pendenze	Dead
G2_Ballast	Dead
G2_mac	Dead
G3_SP.dx_Spinta destra	Super Dead
G3_SP.sx_Spinta sinistra	Super Dead
G3_P.cop_Spinta verticale	Super Dead
Q_trn1	Live
Q_folla	Live
Q_SQ.sx	Live
Q_SQ.dx	Live
Q_lak	Live
Q_lbk	Live
Q_Temp_Uni +	Temperature
Q_Temp_Uni -	Temperature
Q_Temp_Farfalla +	Temperature
Q_Temp_Farfalla -	Temperature
Q_Ritira	Temperature
Sisma_SLD_H	Quake
Sisma_SLD_V	Quake
Sisma_SLV_V	Quake
Sisma_SLV_H	Quake

Tabella 5 - Condizioni elementari di carico definite nel modello di calcolo

Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV 03 00 001	A	45 di 58

		SLE-OP-01	SLE-OP-02	SLE-OP-03	SLE-OP-04	SLE-OP-05	SLE-OP-06	SLE-OP-07	SLE-OP-08					
PP	G1_DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1					
PERM	G2_Sovraccarico pendenz	1	1	1	1	1	1	1	1					
	G2_Ballast													
G3	G3_SP.sx.Spinta sinistra	1	0	0	1	1	0	0	1					
	G3_SP.dx.Spinta destra	0	1	0	0	0	1	0	0					
	G3_P.cop.Spinta verticale	1	1	1	0	1	1	1	0					
	Q_trn1	0	0	0	0	0	0	0	0					
Q	Q_trn2	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_lak	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_lbk	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_SQ.sx	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_SQ.dx	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli1_p1	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli1_q1	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli1_p2	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli1_q2	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli1_p3	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli1_q3	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli2_p1	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli2_q1	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli2_p2	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli2_q2	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli2_p3	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli2_q3	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli3_p1	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli3_q1	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli3_p2	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli3_q2	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli3_p3	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli3_q3	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli4_p1	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli4_q1	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli4_p2	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli4_q2	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli4_p3	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veicoli4_q3	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_veic_centrifuga	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_folla	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Q_vento+pedoni	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Qtemp	Q_Temp_Uni +	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0				
		Q_Temp_Uni -	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5				
		Q_Temp_Farfalla +	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0				
		Q_Temp_Farfalla -	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5				
	E	Q_Ritiro	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5				
		Sisma_SLV_H	0	0	0	0	0	0	0	0				
		Sisma_SLV_V	0	0	0	0	0	0	0	0				
		Sisma_SLD_H	0	0	0	0	0	0	0	0				
	Sisma_SLD_V	0	0	0	0	0	0	0	0					
		SLV-01	SLV-02	SLV-03	SLV-04	SLV-05	SLV-06	SLV-07	SLV-08	SLV-09	SLV-10			
PP	G1_DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
PERM	G2_Sovraccarico pendenz	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	G2_Ballast													
G3	G3_SP.sx.Spinta sinistra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	G3_SP.dx.Spinta destra													
	G3_P.cop.Spinta verticale													
	Q_trn1	0.2	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0.2	0.2			
Q	Q_trn2	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0.2	0.2	0.2			
	Q_lak	0.2	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0.2	0.2			
	Q_lbk	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0.2	0.2	0.2			
	Q_SQ.sx	0.2	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0.2	0.2			
	Q_SQ.dx	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0.2	0.2	0.2			
	Q_veicoli1_p1	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0.2	0	0	0			
	Q_veicoli1_q1	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0.2	0	0	0			
	Q_veicoli1_p2	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0.2	0	0	0			
	Q_veicoli1_q2	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0.2	0	0	0			
	Q_veicoli1_p3	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0.2	0	0	0			
	Q_veicoli1_q3	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0.2	0	0	0			
	Q_veicoli2_p1	0.2	0	0.2	0	0	0.2	0	0.2	0	0			
	Q_veicoli2_q1	0.2	0	0.2	0	0	0.2	0	0.2	0	0			
	Q_veicoli2_p2	0.2	0	0.2	0	0	0.2	0	0.2	0	0			
	Q_veicoli2_q2	0.2	0	0.2	0	0	0.2	0	0.2	0	0			
	Q_veicoli2_p3	0.2	0	0.2	0	0	0.2	0	0.2	0	0			
	Q_veicoli2_q3	0.2	0	0.2	0	0	0.2	0	0.2	0	0			
	Q_veicoli3_p1	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.2	0			
	Q_veicoli3_q1	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.2	0			
	Q_veicoli3_p2	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.2	0			
	Q_veicoli3_q2	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.2	0			
	Q_veicoli3_p3	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.2	0			
	Q_veicoli3_q3	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.2	0			
	Q_veicoli4_p1	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.2			
	Q_veicoli4_q1	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.2			
	Q_veicoli4_p2	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.2			
	Q_veicoli4_q2	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.2			
	Q_veicoli4_p3	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.2			
	Q_veicoli4_q3	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.2			
	Q_veic_centrifuga	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2			
	Q_folla	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2			
	Q_vento+pedoni	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2			
	Qtemp	Q_Temp_Uni +	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0	0		
		Q_Temp_Uni -	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		
		Q_Temp_Farfalla +	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0	0		
		Q_Temp_Farfalla -	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		
	E	Q_Ritiro	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		
		Sisma_SLV_H	1	1	0.3	1	0.3	1	0.3	1	0.3	1		
		Sisma_SLV_V	1	0.3	1	0.3	1	0.3	1	0.3	1	0.3		
		Sisma_SLD_H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Sisma_SLD_V	0	0	0	0	0	0	0	0	0				

10 RISULTATI DELLE ANALISI

	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

Le verifiche sono state condotte con riferimento alle seguenti sezioni significative.

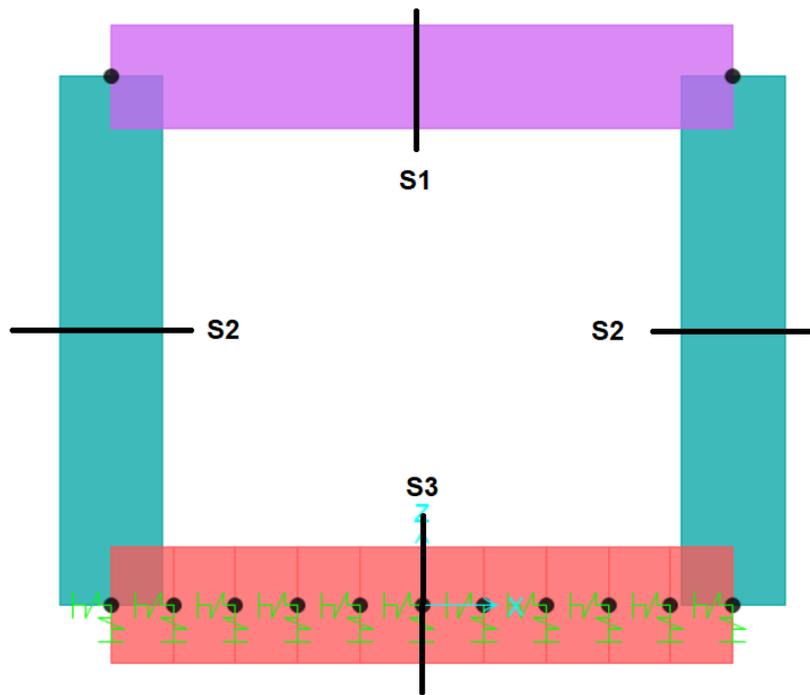


Fig. 22 – Sezioni di verifica

Si riportano di seguito una sintesi dei risultati delle analisi espressi in forma tabellare delle sollecitazioni lungo gli elementi.

La convenzione adottata per i segni delle sollecitazioni prevede che

$N < 0$ compressione

$M > 0$ fibre tese sul lato interno allo scatolare

Le unità di misura adottate sono

Momenti kNm

Forze kN

Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV 03 00 001	A	47 di 58

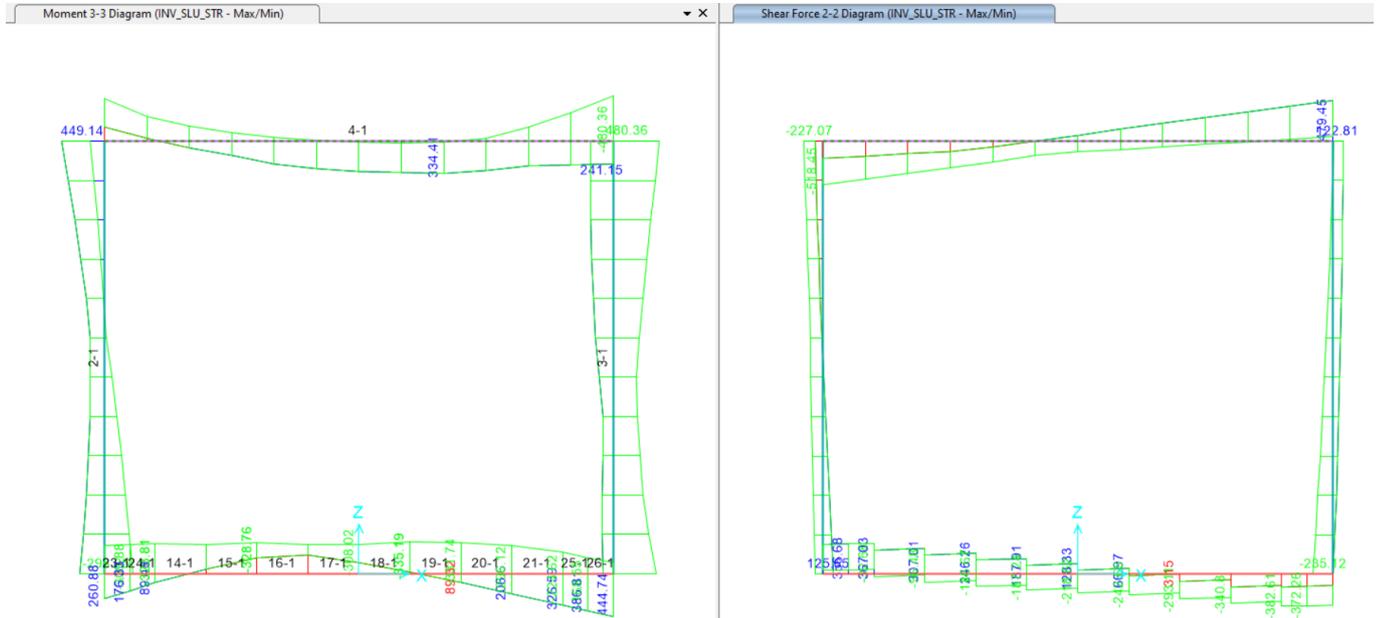


Fig. 23 – Involuppo SLU_Static – Momenti Flettenti/ Sforzo di taglio

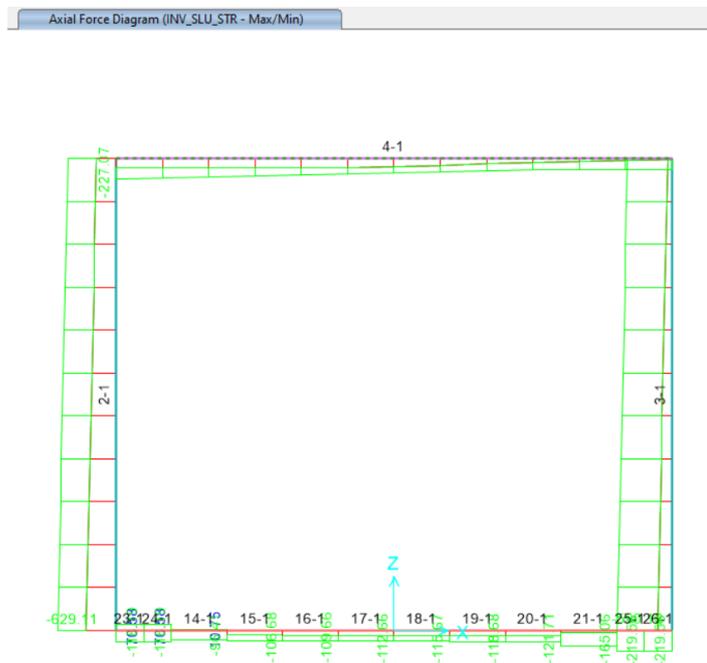


Fig. 24 – Involuppo SLU_Static – Sforzo Normale

Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV 03 00 001	A	50 di 58

SOLETTA-SUPERIORE_(S1)

INPUT

SOLECCITAZIONI DI VERIFICA

Combinazione	N_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]	V_{sd} [kN]
SLE Quasi Permanente	-4.0	138.0	138
SLE Frequente	-20.0	208.0	271
SLE Rara	-17.0	231.0	305
SLU	-25.0	335.0	451.0
SLV	-47.0	187.0	193.0

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

Geometria della sezione

Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	100
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	80
Altezza utile della sezione	d [cm]	73
Area di calcestruzzo	A_c [cm ²]	8000

Armatura longitudinale tesa

	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	
Numero Barre	n	6.70	0.00	0
Diametro	ϕ [mm]	20	0	0
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	6.6	13.0	0.0
Area strato	A_s [cm ²]	21.05	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ [%]		0.287%	

Armatura longitudinale compressa

	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	
Numero Barre	n	6.7	0	0
Diametro	ϕ [mm]	20	0	0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	6.6	13.0	0.0
Area strato	A_s' [cm ²]	21.05	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ' [%]		0.287%	

Armatura trasversale

	1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	
Diametro	ϕ [mm]	0	0	0
Numero bracci	n	0	0	0
Passo	s_w [cm]	0	0	0
Inclinazione	α [de]	90	90	90
Area armatura a metro	A_{sw}/s_w [cm ²]	0.00	0.00	0.00

CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Concrete

Resistenza cubica a compressione	RCK	37
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f_{ck} [Mpa]	30.00
Resistenza cilindrica media a compressione	f_{cm} [Mpa]	38.00
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctm} [Mpa]	2.90
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f_{ctk} [Mpa]	2.03
Resistenza di progetto a compressione	f_{cd} [Mpa]	17.00
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f_{ctd} [Mpa]	8.98

Acciaio

Resistenza di progetto a snervamento	f_{td} [Mpa]	382.61
--------------------------------------	----------------	--------

OUTPUT

VERIFICHE IN ESERCIZIO

Verifica Tensionale

Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ_c [Mpa] =	1.96	ϵ limit	13.500
Calcestruzzo SLE Rara	σ_c [Mpa] =	3.29		18.000
Acciaio SLE Rara	σ_s [Mpa] =	158.64		352.000

Verifica di fessurazione

Combinazione SLE Quasi permanente	w_d [mm] =	0.000	w limit	0.200
Combinazione SLE Frequente	w_d [mm] =	0.000		0.300

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Sollecitazioni di progetto

Taglio sollecitante = max Taglio (SLU, SLV)	V_{sd} [kN]	451.0
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N_{sd} [kN]	-25.0

Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica

Resistenza di progetto senza armatura specifica	V_{Rd1} [kN]	914.70
Coefficiente di sicurezza	V_{Rd1}/V_{sd}	2.03

Verifica di resistenza dell'armatura specifica

Co Tan(θ) di progetto	cotan(θ)	2.5
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	$V_{Rd2}(\theta)$ [kN]	-
Resistenza a taglio dell'armatura	$V_{Rd3}(\theta)$ [kN]	-
Resistenza a taglio di progetto	V_{sd} [kN]	-
Coefficiente di sicurezza	V_{Rd}/V_{sd}	-

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

Sollecitazioni di progetto

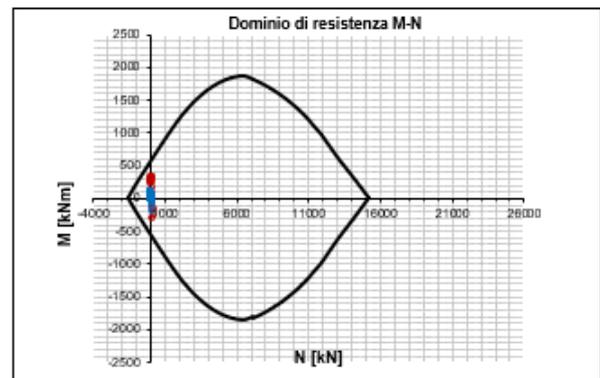
	SLU	SLV
Momento sollecitante	M_{sd} [kNm]	335.0
Sforzo Normale concomitante	N_{sd} [kN]	-25.0

Verifica di resistenza in termini di momento

	SLU	SLV
Momento resistente	M_{Rd} [kNm]	588.8
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd}/M_{sd}	1.73

Verifica di resistenza in termini di sforzo normale

	SLU	SLV
Sforzo normale resistente	N_{Rd} [kN]	-
Coefficiente di sicurezza	N_{Rd}/N_{sd}	-



Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV 03 00 001	A	51 di 58

PIEDRITTI_(S2)

INPUT

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Combinazione	N_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]	V_{sd} [kN]
SLE Quasi Permanente	-93.0	185.0	53
SLE Frequente	-54.0	268.0	123
SLE Rara	-43.0	288.0	144
SLU	-57.0	436.0	213.0
SLV	-100.0	230.0	211.0

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

Geometria della sezione		
Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	100
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	80
Altezza utile della sezione	d [cm]	73
Area di calcestruzzo	A_c [cm ²]	8000

Armatura longitudinale tesa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	
Numero Barre	n	6.70	0.00	0
Diametro	ϕ [mm]	20	0	0
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	6.6	13.0	0.0
Area strato	A_s [cm ²]	21.05	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ [%]		0.287%	

Armatura longitudinale compressa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	
Numero Barre	n	6.7	0	0
Diametro	ϕ [mm]	20	0	0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	6.6	13.0	0.0
Area strato	A_s' [cm ²]	21.05	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ' [%]		0.287%	

Armatura trasversale	1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	
Diametro	ϕ [mm]	0	0	0
Numero bracci	n	0	0	0
Passo	s_w [cm]	0	0	0
Inclinazione	α [°]	90	90	90
Area armatura a metro	A_{sw}/s_w [cm ²]	0.00	0.00	0.00

CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Concrete		
Resistenza cubica a compressione	RCK	37
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f_{ck} [Mpa]	30.00
Resistenza cilindrica media a compressione	f_{cm} [Mpa]	38.00
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctm} [Mpa]	2.90
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f_{ctk} [Mpa]	2.03
Resistenza di progetto a compressione	f_{cd} [Mpa]	17.00
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f_{td} [Mpa]	8.98

Acciaio		
Resistenza di progetto a snervamento	f_{yd} [Mpa]	382.61

OUTPUT

VERIFICHE IN ESERCIZIO

Verifica Tensionale		σ limit
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ_c [Mpa] = 2.70	13.500
Calcestruzzo SLE Rara	σ_c [Mpa] = 4.12	18.000
Acciaio SLE Rara	σ_s [Mpa] = 192.89	352.000

Verifica di fessurazione		w limit
Combinazione SLE Quasi permanente	w_d [mm] = 0.000	0.200
Combinazione SLE Frequente	w_d [mm] = 0.000	0.300

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Sollecitazioni di progetto		
Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V_{sd} [kN]	213.0
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N_{sd} [kN]	-57.0

Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica		
Resistenza di progetto senza armatura specifica	V_{Rd1} [kN]	919.11
Coefficiente di sicurezza	V_{Rd1}/V_{sd}	4.32

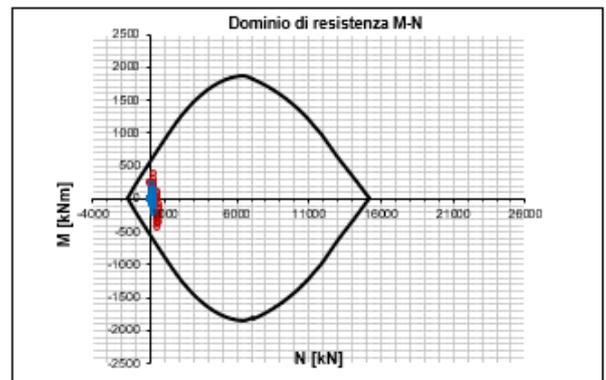
Verifica di resistenza dell'armatura specifica		
CoTan(θ) di progetto	$\cotan(\theta)$	2.5
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	$V_{Rd2}(\theta)$ [kN]	-
Resistenza a taglio dell'armatura	$V_{Rd3}(\theta)$ [kN]	-
Resistenza a taglio di progetto	V_{sd} [kN]	-
Coefficiente di sicurezza	V_{Rd3}/V_{sd}	-

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

Sollecitazioni di progetto		SLU	SLV
Momento sollecitante	M_{sd} [kNm]	436.0	230.0
Sforzo Normale concomitante	N_{sd} [kN]	-57.0	-100.0

Verifica di resistenza in termini di momento		SLU	SLV
Momento resistente	M_{Rd} [kNm]	591.6	606.1
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd}/M_{sd}	1.36	2.64

Verifica di resistenza in termini di sforzo normale		SLU	SLV
Sforzo normale resistente	N_{Rd} [kN]	-	-
Coefficiente di sicurezza	N_{Rd}/N_{sd}	-	-



FONDAZIONE(S3)

INPUT

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Combinazione	N_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]	V_{sd} [kN]
SLE Quasi Permanente	27.0	147.0	154
SLE Frequente	12.0	228.0	238
SLE Rara	23.0	260.0	260
SLU	71.0	387.0	383.0
SLV	31.0	257.0	196.0

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

Geometria della sezione

Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	100
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	90
Altezza utile della sezione	d [cm]	83
Area di calcestruzzo	A_c [cm ²]	9000

Armatura longitudinale tesa

	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	
Numero Barre	n	6.70	0.00	0
Diametro	ϕ [mm]	20	0	0
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	6.6	13.0	0.0
Area strato	A_s [cm ²]	21.05	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ [%]	0.252%		

Armatura longitudinale compressa

	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	
Numero Barre	n	6.7	0	0
Diametro	ϕ [mm]	20	0	0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	6.6	13.0	0.0
Area strato	A_s' [cm ²]	21.05	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0.252%		

Armatura trasversale

	1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	
Diametro	ϕ [mm]	0	0	0
Numero bracci	n	0	0	0
Passo	s_w [cm]	15	0	0
Inclinazione	α [de]	90	90	90
Area armatura a metro	A_{sw}/s_w [cm ²]	0.00	0.00	0.00

CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Concrete

Resistenza cubica a compressione	RCK	37
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f_{ck} [Mpa]	30.00
Resistenza cilindrica media a compressione	f_{cm} [Mpa]	38.00
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctm} [Mpa]	2.90
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f_{ctk} [Mpa]	2.03
Resistenza di progetto a compressione	f_{cd} [Mpa]	17.00
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f_{cd} [Mpa]	8.98

Acciaio

Resistenza di progetto a snervamento	f_{yd} [Mpa]	382.61
--------------------------------------	----------------	--------

OUTPUT

VERIFICHE IN ESERCIZIO

Verifica Tensionale		σ limit
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ_c [Mpa] =	1.67 13.500
Calcestruzzo SLE Rara	σ_c [Mpa] =	2.98 18.000
Acciaio SLE Rara	σ_s [Mpa] =	165.19 352.000

Verifica di fessurazione		w limit
Combinazione SLE Quasi permanente	w_d [mm] =	0.000 0.200
Combinazione SLE Frequente	w_d [mm] =	0.000 0.300

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Sollecitazioni di progetto

Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V_{sd} [kN]	383.0
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N_{sd} [kN]	0.0

Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica

Resistenza di progetto senza armatura specifica	V_{rd1} [kN]	1035.41
Coefficiente di sicurezza	V_{rd1}/V_{sd}	2.70

Verifica di resistenza dell'armatura specifica

Co Tan(θ) di progetto	$\cotan(\theta)$	2.5
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	$V_{Rd1}(\theta)$ [kN]	-
Resistenza a taglio dell'armatura	$V_{Rd2}(\theta)$ [kN]	-
Resistenza a taglio di progetto	V_{sd} [kN]	-
Coefficiente di sicurezza	V_{Rd}/V_{sd}	-

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

Sollecitazioni di progetto

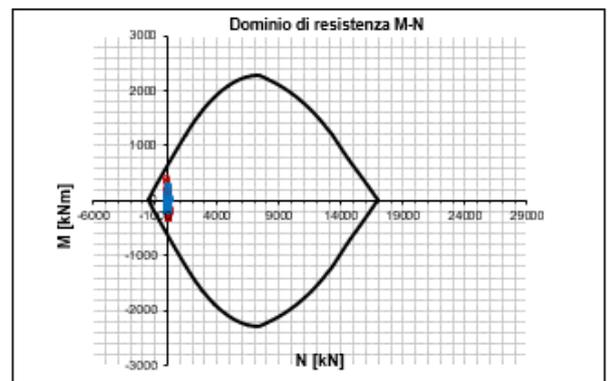
	SLU	SLV
Momento sollecitante	M_{sd} [kNm]	387.0 257.0
Sforzo Normale concomitante	N_{sd} [kN]	71.0 31.0

Verifica di resistenza in termini di momento

	SLU	SLV
Momento resistente	M_{Rd} [kNm]	625.2 640.8
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd}/M_{sd}	1.62 2.49

Verifica di resistenza in termini di sforzo normale

	SLU	SLV
Sforzo normale resistente	N_{Rd} [kN]	671.5 998.5
Coefficiente di sicurezza	N_{Rd}/N_{sd}	9.46 32.21



In conclusione, sulla base dei risultati delle verifiche strutturali condotte sia nei confronti degli SLU/SLV che degli SLE, l'armatura necessaria considerata nelle verifiche ha un'incidenza complessiva di 165 kg/m³.

Relazione di calcolo sottopasso, vano
ascensore, Scale Fisse

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV 03 00 001	A	53 di 58

Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c^*Nc^* sc^*dc^*ic^*bc^*gc + q^*Nq^*sq^*dq^*iq^*bq^*gq + 0,5^*\gamma^*B^*N\gamma^*s\gamma^*d\gamma^*i\gamma^*b\gamma^*g\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

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

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

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

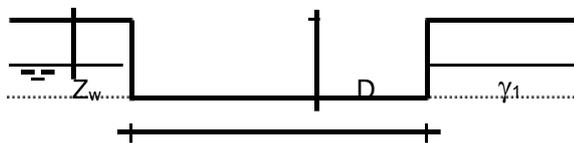
L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2^*e_L$)

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

coefficienti parziali

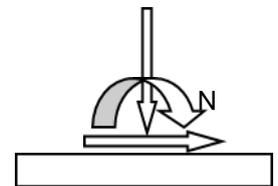
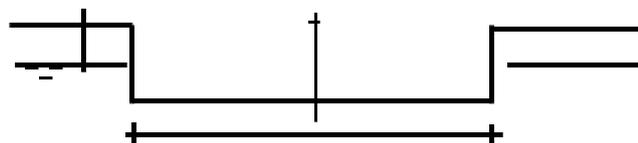
Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno	
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'
Stato limite ultimo	1.00	1.30	1.25	1.60
Tensioni ammissibili	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dall'utente	1.00	1.00	1.00	1.00

valori suggeriti dall'EC7



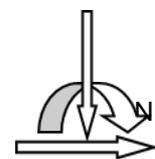
B

γ, c', φ'



T_b

B



MI

Relazione di calcolo sottopasso, vano
ascensore, Scale Fisse

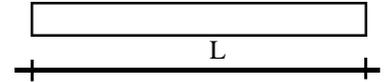
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV 03 00 001	A	54 di 58

Z_w

D

L

T_I



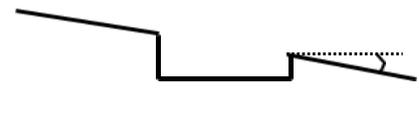
(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 1.00 (m)
L = 5.60 (m)
D = 0.80 (m) 15.5



β_f

$\beta_f = 0.00$ (°)



β_p

$\beta_p = 0.00$ (°)

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	1016.00	0.00	1016.00
M _b [kNm]	0.00	0.00	0.00
M _I [kNm]	512.00	0.00	512.00
T _b [kN]	0.00	0.00	0.00
T _I [kN]	124.00	0.00	124.00
H [kN]	124.00	0.00	124.00

Peso unità di volume del terreno

$\gamma_1 = 19.00$ (kN/mc)

$\gamma = 19.00$ (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$c' = 0.00$ (kN/mq)

$\varphi' = 38.00$ (°)

Valori di progetto

$c' = 0.00$ (kN/mq)

$\varphi' = 38.00$ (°)

Profondità della falda

Z_w = 5.60 (m)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

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

$$e_L = 0.50 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 1.00 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 4.59 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 15.20 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

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

$$N_q = 48.93$$

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

$$N_c = 61.35$$

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

$$N_\gamma = 78.02$$

s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

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

$$s_c = 1.17$$

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

$$s_q = 1.17$$

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

$$s_\gamma = 0.91$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

Relazione di calcolo sottopasso, vano
ascensore, Scale Fisse

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	FV 03 00 001	A	56 di 58

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.82 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.18 \quad m = 1.18 \quad (-)$$

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

(m=2 nel caso di fondazione
nastri-forme e m=(m_bsin²θ+m_lcos²θ) in
tutti gli altri casi)

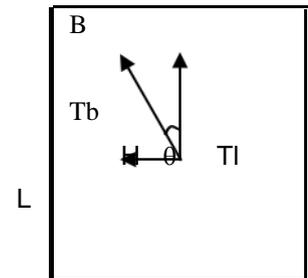
$$i_q = 0.86$$

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

$$i_c = 0.85$$

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

$$i_\gamma = 0.75$$



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

$$d_q = 1.18$$

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

$$d_c = 1.19$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

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

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

$$b_q = 1.00$$

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

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

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

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 1393.95 \quad (\text{kN/m}^2) \qquad R3 \qquad 2.30$$

$$q_{rd} = 606 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

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

$$q = 221.25 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = q_{lim} / q = 6.30 \quad \text{OK}$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

$$H_d = 124.00 \quad (\text{kN})$$

$$S_d = N * \tan(\phi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 793.79 \quad (\text{kN})$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo sottopasso, vano ascensore, Scale Fisse	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO FV 03 00 001	REV. A

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

Fscorr = 6.40 OK

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFZ	GlobalMY
Text	Text	Text	KN	KN	KN-m
INV_SLU_GEO	Combination	Max	124	1016	512
INV_SLU_GEO	Combination	Min	0	609	0