

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J64H17000140001

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

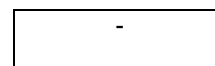
RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

SCALA:



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

N B 1 R 0 2 D 2 6 C L R I 0 0 0 5 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Serrau	Marzo 2020	A. Maran	Marzo 2020	M. Berlingeri	Marzo 2020	A. Perego Marzo 2020



File: NB1R02026CLFV0100001A.docx

n. Elab.:

SOMMARIO

1	PREMESSA	5
2	MURI DI SOSTEGNO.....	6
3	NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	8
3.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
3.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	9
4.1	CALCESTRUZZO	9
4.2	ACCIAIO.....	9
5	SOFTWARE DI CALCOLO.....	10
6	DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	12
7	CARATTERISTICHE DEL TERRENO	13
8	ANALISI DEI CARICHI	14
8.1	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI - G1.....	14
8.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI – G2.....	14
8.3	CARICO VARIABILE PER TRAFFICO FERROVIARIO– Q.....	15
8.4	AZIONE SISMICA.....	15
8.4.1	Vita nominale.....	16
8.4.2	Classe d’uso.....	16
8.4.3	Periodo di riferimento	18
8.4.4	Valutazione dei parametri di pericolosità sismica.....	18
8.4.5	Caratterizzazione sismica del terreno	19
8.4.6	Spinta del terreno in condizioni sismiche	24
8.5	COMBINAZIONI DEI CARICHI E VALUTAZIONE DEI COEFFICIENTI DI SICUREZZA.....	26
9	CRITERI DI ANALISI	27
9.1	VERIFICHE GEOTECNICHE	27
9.2	VERIFICHE STRUTTURALI	29
10	RISULTATI	35
10.1	GEOMETRIA MURO E FONDAZIONE	35
10.2	MODELLO GEOTECNICO	35
10.3	ELENCO DELLE CONDIZIONI DI CARICO.....	36
10.4	ELENCO DELLE COMBINAZIONI DI CALCOLO	37
10.5	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	42
10.5.1	Condizione Drenata	42
10.5.2	Condizione Non drenata	42
10.5.3	Stima dei cedimenti.....	44
10.6	VERIFICHE STRUTTURALI.....	46
10.6.1	Paramento.....	47
10.6.2	Fondazione	49

11	CONCLUSIONE	51
12	MURI DI BANCHINA	52
13	NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	54
13.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	54
13.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	54
13.3	SOFTWARE	54
14	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	55
14.1	CALCESTRUZZO.....	55
14.1.1	Magrone di fondazione C12/15	55
14.1.2	Paramento del muro di sostegno	55
14.1.3	Fondazione del muro di sostegno	55
14.2	ACCIAIO IN BARRE	55
15	DESCRIZIONE DELLE OPERE	57
16	MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO	59
17	ANALISI DEI CARICHI.....	60
17.1	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI - G1	60
17.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI – G2	61
17.3	CARICO VARIABILE PER TRAFFICO FERROVIARIO– Q1	61
17.4	CARICO VARIABILE PER FOLLA-Q2	61
17.5	AZIONE SISMICA	61
17.5.1	Vita nominale	62
17.5.2	Classe d'uso.....	63
17.5.3	Periodo di riferimento	64
17.5.4	Categoria di sottosuolo	64
17.5.5	Condizioni topografiche.....	64
17.5.6	Amplificazione sismica	65
17.5.7	Spinta del terreno in condizioni sismiche	65
18	VERIFICA AGLI STATI LIMITE.....	68
19	CRITERI DI ANALISI.....	71
19.1	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	71
19.1.1	Verifica al ribaltamento.....	71
19.1.2	Verifica a scorrimento	71
19.1.3	Verifica al carico limite di fondazione	72
19.1.4	Verifica al carico limite di fondazione	72
19.1.5	Calcolo dei cedimenti	73
19.2	VERIFICHE STRUTTURALI.....	73
19.2.1	Verifica di resistenza a pressoflessione allo SLU	74
19.2.2	Verifica di resistenza a taglio allo SLU.....	74
20	MODELLAZIONE NUMERICA	79
20.1	MURO TIPO 1	79
20.2	MURO TIPO 2	80

21	RISULTATI	82
21.1	MURO TIPO 1	82
21.1.1	Sollecitazioni stimate.....	82
21.1.2	Verifiche geotecniche agli SLU	84
21.1.3	Verifiche geotecniche agli SLE	86
21.1.4	Incidenze.....	87
21.2	MURO TIPO 2	87
21.2.1	Sollecitazioni stimate.....	87
21.2.2	Verifiche geotecniche agli SLU	89
21.2.3	Verifiche geotecniche agli SLE	91
21.2.4	Incidenze.....	92
22	CONCLUSIONI.....	93
	ALLEGATI.....	95
	ALLEGATO 1 – TABULATI DI MAX14	96
	ALLEGATO 2 – COEFFICIENTI DI SPINTA.....	343

1 PREMESSA

La presente relazione descrive il dimensionamento e la verifica di alcuni muri di banchina e di sostegno previsti nell'ambito del "PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO".

In particolare, il documento si articola in due sezioni distinte:

- la prima, a partire dal capitolo 2 e fino al capitolo 11, riguarda la progettazione dei muri di sostegno in calcestruzzo armato tra le progressive 2+012 e 2+300, descritto in dettaglio nel capitolo 6.
- la seconda, a partire dal capitolo 12 e fino al capitolo 22, concerne il calcolo dei muri in corrispondenza della banchina della stazione di Curno, descritti nel capitolo 15.

2 MURI DI SOSTEGNO

Nella presente relazione si presentano il dimensionamento e la verifica dei muri di sostegno nell’ambito del “PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO”.

Nella figura che segue si riporta la planimetria dei muri di sostegno oggetto dello studio:

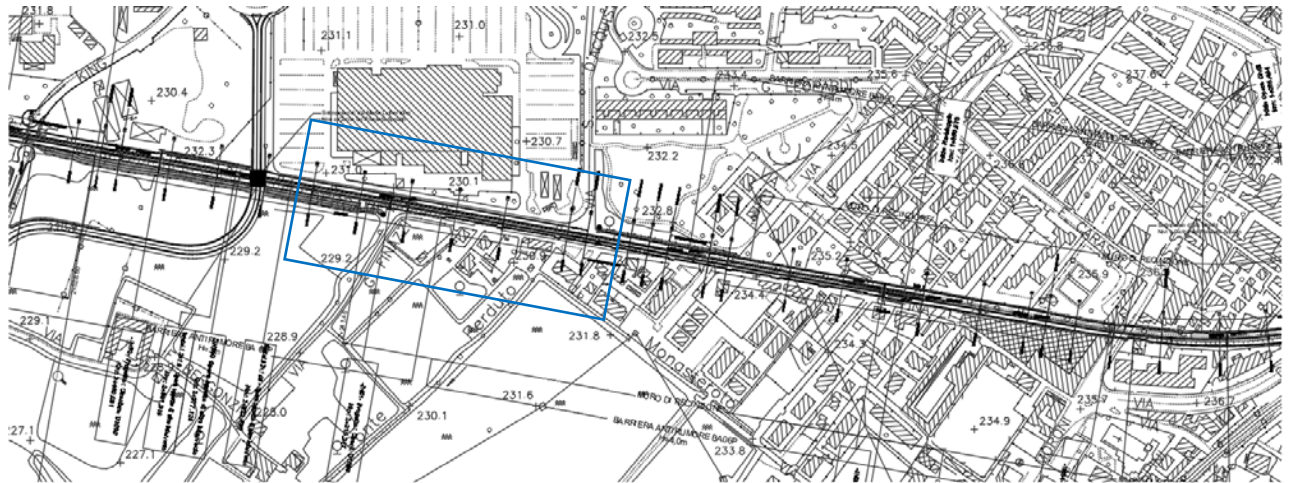


Figura 2-1 Inquadramento di area di intervento

Di seguito si illustrano le assunzioni strutturali di progetto prese a base di calcolo, la normativa di riferimento, i materiali utilizzati, la caratterizzazione geotecnica prevista, i carichi di progetto e le relative condizioni e combinazioni, lo schema strutturale adottato e le verifiche effettuate.

Le azioni applicate alla struttura seguono i criteri generali riportati nel D.M. 17/01/2018, “*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*” e le relative specifiche ferroviarie.

- azioni permanenti (pesi propri, permanenti, etc.);
- azioni sismiche;
- azioni variabili da traffico ferroviario



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO
APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA
CURNO A BERGAMO

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	7 DI 345

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

3 NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione è conforme alle normative vigenti.

- [1] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”, Supplemento Ordinario alla G.U. n.42 del 20.2.2018.
- [2] Circolare 21 gennaio 2019 n.7 ” Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”
- [3] UNI EN 206-1/2006 – “Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- [4] UNI 11104/2004 – “Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”;
- [5] EN 1992-1-1:2005 Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici
- [6] Norme UNI ENV 1991 ; UNI ENV 1992; UNI EN 1993; UNI EN 1997; UNI EN 1998;
- [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili (RFI DTC SI MA IFS 001) – Parte II- Sezione 2 - Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001) e Sezione 3 - Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001);

3.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [8] NB1R01D26P7CS0000003A - Planimetria di progetto Tav. 3/7
- [9] NB1R01D26P7CS0000006A - Planimetria di progetto Tav. 6/7
- [10] NB1R01D26P7CS0000007A - Planimetria di progetto Tav. 7/7
- [11] NB1R01D26W9CS000000(1-15)A - Sezioni trasversali Tav. 1-15
- [12] NB1R00D26TTOC0001001A - Tabella dei materiali
- [13] Relazione geotecnica

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO

Magrone di fondazione C12/15

Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore	Note
Resistenza cubica a compressione	R_{ck}		N/mm ²	15	
Contenuto minimo cemento			kg/m ³	150	

Paramento del muro di sostegno C32/40

Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore	Note
Resistenza cubica a compressione	R_{ck}		N/mm ²	40.0	
Resistenza cilindrica a compressione	f_{ck}	$0.83 * R_{ck}$	N/mm ²	33.2	
Resistenza cilindrica media a compressione	f_{cm}	$f_{ck} + 8$	N/mm ²	41.2	
Coefficiente per effetti a lungo termine e sfavorevoli	α_{cc} (t>28gg)		-	0.85	
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo	γ_c		-	1.5	Viene ridotto a 1.40 per produzioni continuative di elementi o strutture soggette a controllo continuativo del calcestruzzo dal quale risulti un coefficiente di variazione (rapporto tra scarto quadratico medio e valore medio della resistenza) non superiore al 10%)
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	$(\alpha_{cc} * f_{ck}) / \gamma_c$	N/mm ²	18.8	
Resistenza cilindrica media a trazione	f_{ctm}	$0.3 * (f_{ck})^{2/3}$	N/mm ²	3.1	Per classi \leq C50/60
Resistenza cilindrica media a trazione	f_{ctk}	$0.7 * f_{ctm}$	N/mm ²	2.2	
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	f_{ctk} / γ_c	N/mm ²	1.4	
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctm}	$1.2 * f_{ctm}$	N/mm ²	3.7	
Resistenza cilindrica caratteristica a trazione	f_{ctk}	$0.7 * f_{ctm}$	N/mm ²	2.6	
Modulo elastico	E_{cm}	$22000 * (f_{cm}/10)^{0.3}$	N/mm ²	33643	
Peso proprio	γ_c		N/m ³	25000	
Coefficiente di Poisson	ν		-	0.2	Secondo quanto prescritto al punto 11.2.10.4 della NTC208, per il coefficiente di Poisson può adottarsi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra 0 (calcestruzzo fessurato) e 0.2 (calcestruzzo non fessurato).
Coefficiente di aderenza	η		-	1.0	Per barre di diametro \leq 32mm
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	f_{bk}	$2.25 * \eta * f_{ctk}$	N/mm ²	4.9	
Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo	f_{bd}	f_{bk} / γ_c	N/mm ²	3.3	
Tensioni di progetto del cls allo S.L.E.					
Massima tensione di compressione in combinazione di carico RARA	σ_c	$0.55 * f_{ck}$	N/mm ²	18.3	Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra scritti vanno ridotti del 20%.
Massima tensione di compressione in combinazione di carico PERMANENTE	σ_c	$0.40 * f_{ck}$	N/mm ²	13.3	Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra scritti vanno ridotti del 20%.
					Calcestruzzo con mix design studiato in modo da eliminare fenomeni di ritiro

Fondazione del muro di sostegno C30/37

Caratteristiche		U.M.	
Resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	[MPa]	> 37.00
Modulo elastico	E_c	[MPa]	33'000
Resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	[MPa]	30.00
Resistenza a compressione di calcolo $f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5$	f_{cd}	[MPa]	17.00
Coefficiente di sicurezza	γ_c		1.50
Resistenza a trazione media ($f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$)	f_{ctm}	[MPa]	2.896
Coefficiente di dilatazione termica	α	[°C ⁻¹]	0.00001

4.2 ACCIAIO

Acciaio per calcestruzzo armato

Muri di sostegno sede ferroviaria

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	10 DI 345

Relazione di calcolo

Acciaio ad aderenza migliorata B450C					
Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore	Note
Resistenza caratteristica di rottura	$f_{t, nom}$		N/mm ²	540	
Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{y, nom}$		N/mm ²	450	
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio	γ_s		-	1.15	
Resistenza di calcolo	f_{yd}	f_{yk} / γ_s	N/mm ²	391.3	
Modulo elastico	E_s		N/mm ²	206000	
Tensioni di progetto del cls allo S.L.E.					
Tensione massima di esercizio per l'acciaio	σ_s	$0.75 * f_{yk}$	N/mm ²	337.5	

5 SOFTWARE DI CALCOLO

Dalla caratteristica di opera in linea il muro è progettato per sezioni.

Le sollecitazioni sono state determinate mediante l'uso del software Max 14.



Aztec Informatica®
Il Software per l'Ingegneria Geotecnica e Strutturale
Corso Umberto, 43 – 87050
Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
tel. e fax 0984.432617 r.a. - 0984.438325

MAX 14.0 vers. 14.01b
Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Copyright © 1993, 2018 Aztec Informatica s.r.l. - Tutti i diritti riservati

Copia concessa in licenza d'uso a
NET ENGINEERING S.P.A. * AIR011090

- RC-SEC 2018



Attivazione

Dopo aver acquistato il software sarà comunicato tramite email il codice di attivazione (License Key). Lo stesso codice si trova nella propria area riservata.

Licenza a: Email:

License Key:

Dopo aver inserito: EMAIL e LICENSE KEY cliccare su ATTIVA. E' richiesta una connessione ad internet.

V. 18.8.1008

6 DESCRIZIONE DELLE OPERE

La presente relazione di calcolo ha per oggetto l'analisi e le verifiche geotecniche e strutturali dei muri di sostegno in calcestruzzo armato tra le progressive 2+012 e 2+300. Il muro ha una lunghezza totale circa 290 m, con l'altezza massima di paramento pari a 1.30 m. Viene considerata la sezione di verifica in corrispondenza del punto critico dello sviluppo del muro. La larghezza di fondazione è stata assunta pari a 1.50 m. Per ulteriori indicazioni si rimanda agli elaborati progettuali.

Di seguito si riportano la sezione di verifica per eseguire le verifiche geotecniche e strutturali.

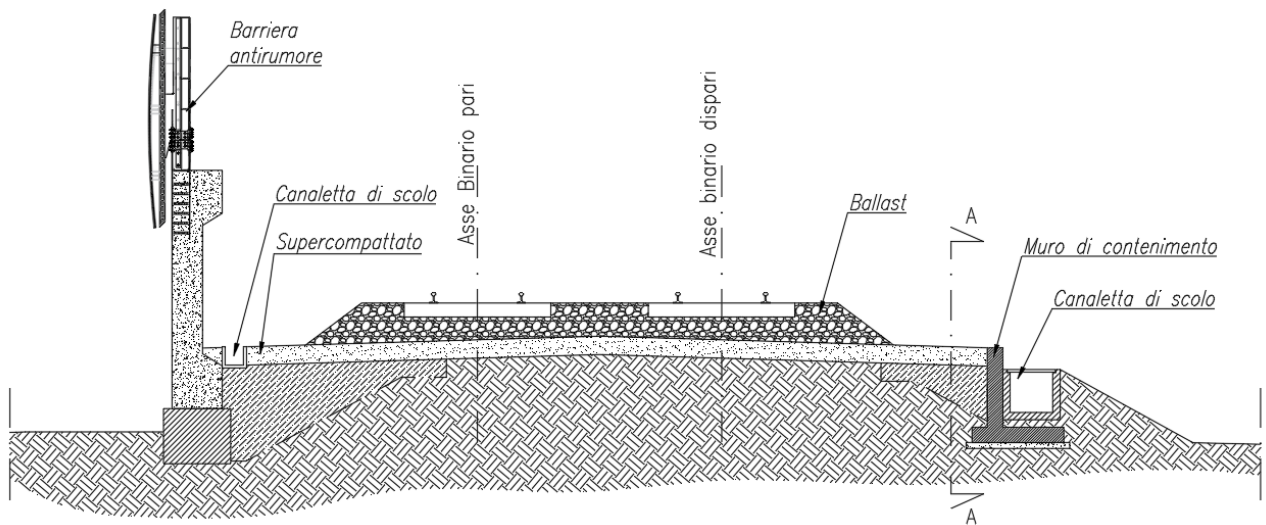


Figura 6-1 sezione di studio

7 CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Facendo riferimento alla Relazione Geotecnica, le verifiche sono state condotte in riferimento alle caratteristiche geotecniche peggiori riscontrabili sulla linea oggetto di intervento.

Il terreno si considera quindi costituito dai seguenti parametri:

Strato 1: Ug2 – sabbia limosa e limo sabbioso

Profondità: da 0m a 2m (da p.c.)

$$C_u = 30 \text{ kPa}$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 26^\circ$$

$$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$$

Strato 2: Ug3 – argilla sabbiosa e argilla con sabbia

Profondità: da 2m a 30m (da p.c.)

$$C_u = 50-200 \text{ kPa}$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 24^\circ$$

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

Il terreno di monte è costituito da rilevato ferroviario, per il quale si utilizzano i seguenti parametri:

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 38^\circ$$

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

Per la falda si assume conservativamente una profondità di 9m da p.c, Secondo quanto descritto nella Relazione Geotecnica

8 ANALISI DEI CARICHI

I carichi presi in esame nel progetto delle suddette opere di sostegno sono:

- Carichi permanenti strutturali;
- Carichi permanenti non strutturali;
- Carico variabile per traffico ferroviario;
- Azione sismica

8.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI - G1

I carichi permanenti strutturali si riferiscono ad un metro lineare di estensione del muro di sostegno e sono:

- peso proprio dell'opera di sostegno;
- spinta del terreno a monte dell'opera di sostegno.

Il peso proprio dell'opera di sostegno, corrisponde ad un carico verticale e dipende esclusivamente dalle dimensioni geometriche dell'opera e dal peso specifico del calcestruzzo armato:

$$\gamma_{cls} = 25.00 \text{ kN/m}^3$$

La spinta del terreno a monte dell'opera di sostegno si calcola in accordo con la teoria di Coulomb. La spinta attiva del terrapieno in condizioni statiche vale:

$$S_{G1} = \gamma_t \cdot H^2 / 2 \cdot k_a$$

Dove:

- γ_t è il peso specifico del terreno a monte del paramento (nel caso specifico si riferisce al rilevato)
- H è la somma tra l'altezza dell'opera di sostegno e l'eventuale spessore dello strato di terreno a monte dell'opera, in corrispondenza della superficie ideale di spinta;
- k_a è il coefficiente di spinta attiva valutato secondo l'espressione fornita da Coulomb.

Per una pendenza del terreno a monte, inferiore all'angolo di attrito del terreno, il coefficiente di spinta secondo la teoria di Coulomb dipende dall'angolo di attrito del terreno " φ ", dall'angolo di inclinazione del terreno a monte della superficie ideale di spinta " ε ", dall'angolo di attrito terreno/paramento " δ " e dall'angolo di inclinazione che il paramento forma con il piano orizzontale " ψ ". Il coefficiente di spinta attiva vale:

$$k_a = \frac{\sin^2(\psi + \varphi)}{\sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \delta) \cdot \left[1 - \frac{\sqrt{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}}{\sqrt{\sin(\psi - \delta) \cdot \sin(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$$

8.2 **CARICHI PERMANENTI NON**

STRUTTURALI – G2

Il carico associato alla sovrastruttura ferroviaria secondo specifica RFI è posto convenzionalmente pari a:

$$p = 18 \text{ kN/m}^3 \times 0.8\text{m} = 14.4 \text{ kN/m}^2$$

8.3 CARICO VARIABILE PER TRAFFICO FERROVIARIO– Q

Secondo quanto previsto dal Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Corpo Stradale (Capitolo 3.5.2.3.4), per il carico del treno di riferimento (SW/2) si assume un valore pari a 150 kN/m. Tale valore viene distribuito su una larghezza di diffusione come segue:

$$B_{\text{diff}} = B1 + 2 \cdot B2$$

dove:

$B1 = 2.40 \text{ m}$; larghezza del binario

$$B2 = (h - h_{\text{traverso}}) \cdot \text{tg}(\beta) \text{ dove } = (80 - 35) \cdot \text{tg}(\beta)$$

$\beta = \text{Arctg}(4/1)$; angolo di diffusione nello strato di ballast

$h = 80 \text{ cm}$; altezza totale (ballast + traverso)

$$B_{\text{diff}} = 2.625 \text{ m}$$

$q = 150 / B_{\text{diff}} = 57.14 \text{ kPa}$; il carico ferroviario

8.4 AZIONE SISMICA

Con riferimento alla normativa vigente (NTC2018), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 del D.M. 2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1 del D.M. 2018, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4 del D.M. 2018.


Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Gli spettri di risposta di progetto sono stati definiti per tutti gli stati limite considerati, e, note la latitudine e la longitudine del sito, si sono ricavati i valori dei parametri necessari alla definizione

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

dell'azione sismica e quindi del relativo spettro di risposta. Più avanti sono indicati i valori di a_g , F_0 e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

8.4.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. Per la definizione della Vita Nominale da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di una infrastruttura ferroviaria si rimanda al "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI" - RFI DTC SICS MA IFS 001 A del 29.12.2105;

L'oggetto della presente relazione risulta essere un'opera nuova su infrastrutture ferroviarie esistenti a velocità convenzionale ($v < 250$ km/h).

Tabella 1 - Tabella Vita Nominale in funzione del tipo di costruzione

Tipo di costruzione ⁽¹⁾	Vita Nominale [V_N] ⁽¹⁾
Opere nuove su infrastrutture ferroviarie esistenti opere nuove su infrastrutture ferroviarie progettate con le norme vigenti prima del dm 14/01/2018 a velocità convenzionale ($V < 250$ Km/h)	50
Altre opere nuove a velocità ($v < 250$ km/h)	75
Altre opere nuove a velocità ($v \geq 250$ km/h)	100
Opere di grandi dimensioni: ponti e viadotti con campate di luce maggiore di 150 m	≥ 100 ⁽²⁾

(1) - La medesima V_N si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.


(2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di RFI.

Tenendo conto delle indicazioni precedenti le strutture di progetto avranno vita nominale $V_N = 50$ anni.

8.4.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.


Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per la definizione della Classe di uso da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di una infrastruttura ferroviaria esistente si rimanda al punto 1.1.1 dell'Istruzione RFI " *Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario*" - RFI DTC-INC-PO SP IFS 001 A del 21.12.2011".

Tabella 2 - Classe d'uso Coeff. d'uso in funzione del tipo di costruzione per l'infrastruttura ferroviaria

Tipo di costruzione	Classe d'uso	Coefficiente d'uso [C_u]
Grandi stazioni	C IV	2,0
Opere d'arte del sistema di grande viabilità ferroviaria	C III	1,5
Altre opere d'arte	C II	1,0

Facendo riferimento al, "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI " pag.151 di 431 – *Ponti e strutture* - RFI DTC SICS MA IFS 001 A del 29.12.2105, le strutture di

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

progetto non ricadono in una linea del sistema di grande viabilità strategica pertanto nel progetto si considera una classe d'uso tipo II con coefficiente d'uso $C_U=1,0$.

8.4.3 Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.00 = 50 \text{ anni (periodo di riferimento).}$$

8.4.4 Valutazione dei parametri di pericolosità sismica

Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

Tabella 3 - Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stato limite		P_{VR} : probabilità di superamento nel periodo di riferimento
SLE	SLO - Stato Limite di Operatività	81%
	SLD - Stato Limite di Danno	63%
	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%
SLU	SLC - Stato Limite di prevenzione del	
	Collasso	5%

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{C_U \cdot V_N}{\ln(1 - P_{VR})} \text{ da cui si ottiene la seguente tabella:}$$


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

Tabella 4 - Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati limite	Valori in anni del periodo di ritorno T_R al variare del periodo di riferimento V_R (anni)	
	SLE	SLO
	SLD	50
SLU	SLV	475
	SLC	975

Per il sito in esame, in base ai parametri precedentemente adottati, il periodo T_R in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV è pari a $T_R = 475$ anni.

Le strutture di progetto avranno quindi i seguenti parametri sismici:

vita nominale $V_N = 50$ anni;

periodo di riferimento pari a $V_R = 50$ anni;

il periodo T_R in corrispondenza dello SLV sarà pari a $T_R = 475$ anni.

8.4.5 Caratterizzazione sismica del terreno

Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale.

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2018.

Con riferimento alla Relazione Geotecnica, i terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di Categoria C.

Condizioni topografiche

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Tabella 5 - Classificazione topografie superficiali

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
-----------	--

T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le categorie topografiche appena definite si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. L'area interessata risulta classificabile come T1.

Amplificazione Stratigrafica e Topografica


In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC2018 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente $S = S_S \cdot S_T$ e di C_C in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle tabelle che sono riportate di seguito:

Tabella 6 - Tabella delle espressioni per S_S e C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 7 - Tabella valori massimi del coeff. di amplificazione topografica S_T

Categoria Topografica	Ubicazione dell'intervento	dell'opera S_T
T1	-	1,0

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

T2	In corrispondenza della sommità del pendio	della	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	della	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	della	1,4

Il valore del coefficiente di amplificazione topografica è posto pari a $S_T = 1$

I valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica sono pari a $S_S = 1,50$ e $C_C = 1,615$

Parametri sismici di calcolo

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
9.67

LATITUDINE
45.6989

Ricerca per comune

REGIONE
Lombardia

PROVINCIA
Bergamo

COMUNE
Bergamo

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche


Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta



Interpolazione

superficie rigata

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

Figura 8-1 - Individuazione della pericolosità del sito (Fase 1)

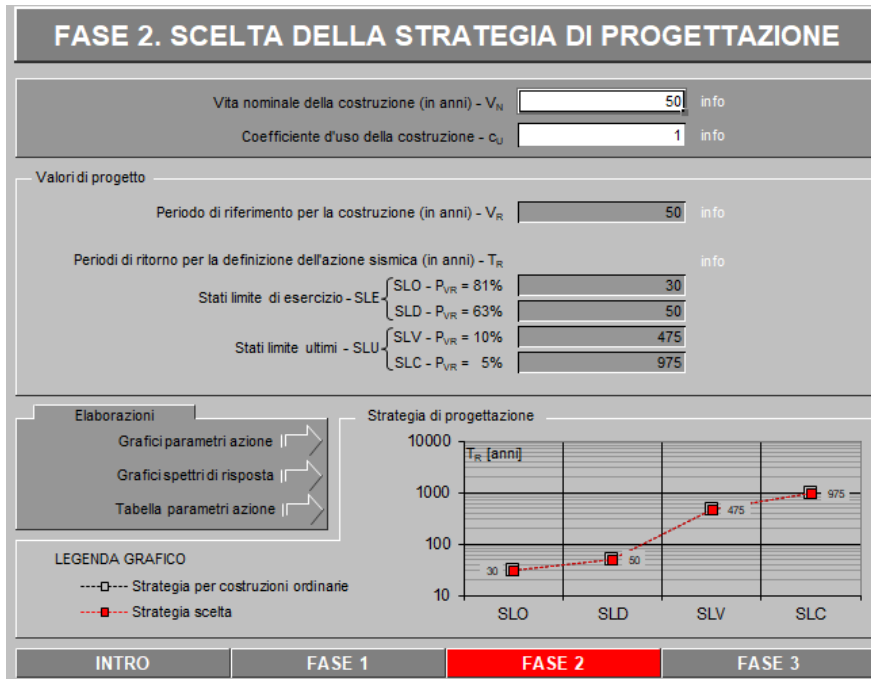


Figura 8-2 - Scelta della strategia di progettazione (Fase 2)

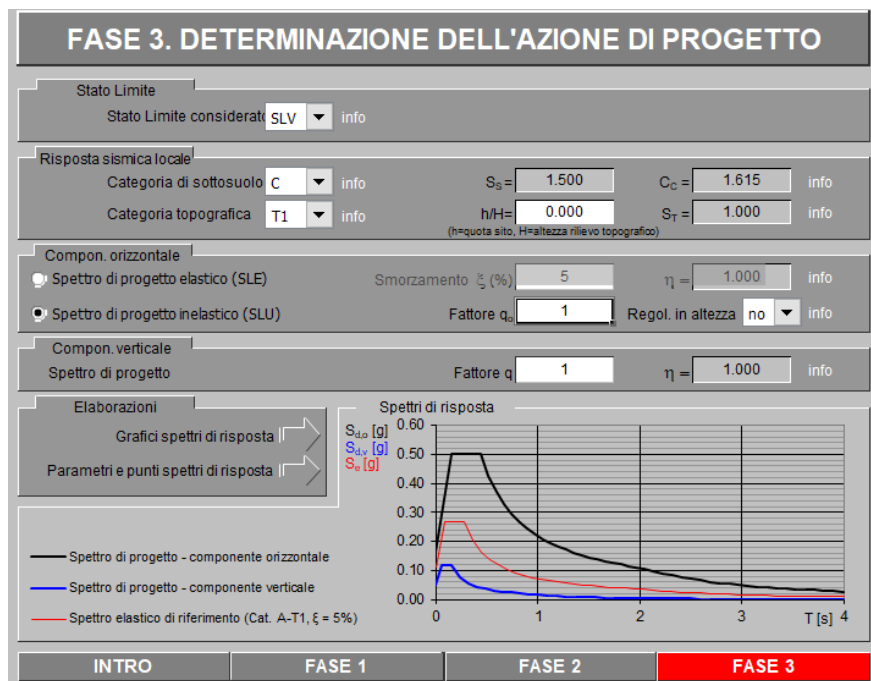


Figura 8-3 - Determinazione dell'azione di progetto (Fase 3)

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.110 g
$F_{0,1}$	2.418
T_C	0.271 s
S_S	1.500
C_C	1.615
S_T	1.000
q	0.800

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.250
T_B	0.146 s
T_C	0.438 s
T_D	2.041 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	0.165
T_B	0.146	0.500
T_C	0.438	0.500
	0.514	0.426
	0.591	0.371
	0.667	0.328
	0.743	0.294
	0.820	0.267
	0.896	0.244
	0.972	0.225
	1.049	0.209
	1.125	0.195
	1.201	0.182
	1.278	0.171
	1.354	0.162
	1.430	0.153
	1.507	0.145
	1.583	0.138
	1.659	0.132
	1.736	0.126
	1.812	0.121
	1.888	0.116
	1.965	0.111
T_D	2.041	0.107
	2.134	0.098
	2.228	0.090
	2.321	0.083
	2.414	0.077
	2.507	0.071
	2.601	0.066
	2.694	0.062
	2.787	0.057
	2.881	0.054
	2.974	0.051
	3.067	0.047
	3.160	0.045
	3.254	0.042
	3.347	0.040
	3.440	0.038
	3.534	0.036
	3.627	0.034
	3.720	0.032
	3.813	0.031
	3.907	0.029
	4.000	0.028

Figura 8-4 – parametri sismici di calcolo

8.4.6 Spinta del terreno in condizioni sismiche

Per muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto ove agisce la spinta in condizioni statiche. Essendo questa circostanza applicabile ai muri esaminati, la spinta a tergo del muro in condizioni sismiche è stata valutata sostituendo al coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche K_a il coefficiente K_{as} (coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche):

$$p'_a(z) = [\sigma'_v(z) + q] \cdot K_{as} - 2c' \sqrt{K_{as}}$$

- per $\beta \leq \phi - \theta$:

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \text{sen}^2\psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \text{sen}(\phi - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

- per $\beta > \phi - \theta$:

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \text{sen}^2\psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta)}$$

in cui:

ϕ = angolo di resistenza al taglio del terreno

β = inclinazione del terreno a monte del muro rispetto all'orizzontale (positivo per terreno che sale allontanandosi dal muro)

ψ = inclinazione del muro rispetto all'orizzontale ($>90^\circ$ per parete inclinata verso valle)

δ = angolo di attrito muro-terreno

θ = angolo dipendente dalla accelerazione sismica e definito dalle seguenti espressioni:

$$\theta = \text{tg}^{-1} (k_h / (1 \pm k_v))$$

essendo k_h e k_v rispettivamente i coefficienti di accelerazione sismica orizzontale e verticale.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parete pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \text{arctg}(k_h / (1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h .

In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w))^*(k_h/(1\pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w))^*(k_h/(1\pm k_v))]$$

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .


Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

8.5 COMBINAZIONI DEI CARICHI E VALUTAZIONE DEI COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni (§ 2.5.3 delle NTC 2018):

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]

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

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]

– Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]

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

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.5]

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.6]

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

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

Nelle formule sopra riportate il simbolo "+" vuol dire "combinato con".

I valori dei coefficienti ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} sono dati nella Tab. 2.5.I oppure nella Tab. 5.1.VI per i ponti stradali e nella Tab. 5.2.VII per i ponti ferroviari. I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{G1} e γ_{Q3} sono dati nel § 2.6.1.

Le condizioni elementari di carico sono opportunamente combinate per determinare le condizioni più sfavorevoli per le verifiche strutturali e geotecniche. Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali e geotecnici è stato adottato l'Approccio2, i cui coefficienti di sicurezza per azioni e resistenze si riferiscono ad A1+M1+R3.

Nella tabella che segue si riportano i coefficienti parziali per le azioni.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q3}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Per la valutazione delle sollecitazioni allo SLU, nel foglio di calcolo che si utilizza per il dimensionamento della struttura non si ha distinzione tra carichi permanenti strutturali G_1 e non strutturali G_2 . In fase di calcolo si considera il carico G_2 come compitamente definito, pertanto si adotta lo stesso coefficiente previsto per i carichi strutturali G_1 .

9 CRITERI DI ANALISI

9.1 VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche geotecniche prese a riferimento per lo studio dei muri di sostegno in esame sono le seguenti:

- Verifiche al ribaltamento;
- Verifica allo scorrimento;
- Verifiche al carico limite della fondazione.
- Verifica di stabilità globale
- Verifica dei cedimenti

L'approccio di verifica adottato per le verifiche geotecniche in condizioni statiche è l'approccio A1+M1+R3. I coefficienti parziali per le azioni sono riportati al paragrafo precedente.

Nella tabella che segue si riportano i coefficienti parziali per i materiali.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	γ_φ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Per le verifiche geotecniche in condizioni statiche, si adottano i seguenti coefficienti di sicurezza.

Tab. 6.5.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

Per le verifiche geotecniche in condizioni sismiche, si adottano i seguenti coefficienti di sicurezza.

Tab. 7.11.III - Coefficienti parziali γ_n per le verifiche degli stati limite (SLV) dei muri di sostegno.

Verifica	Coefficiente parziale γ_n
Carico limite	1.2
Scorrimento	1.0
Ribaltamento	1.0
Resistenza del terreno a valle	1.2

A seguire si riporta una breve descrizione delle verifiche geotecniche da eseguire per il dimensionamento dei muri di sostegno.

Verifica al ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r .

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte.


Per quanto riguarda la componente verticale della spinta essa, in quanto associata ad un'azione esterna ribaltante, comporterà un effetto benefico di riduzione del momento ribaltante solo se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo.

In accordo con il paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC 2018, in condizioni sismiche il coefficiente di spinta per le verifiche a ribaltamento è differente rispetto a quello per le verifiche geotecniche di scorrimento e di carico limite.

Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s .

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Tale forza dipende dalla componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione, dalla componente verticale della spinta (vale solo se l'angolo δ è positivo) e dall'angolo di attrito terreno fondazione. Non è stato considerato alcun contributo di spinta passiva.

Verifica al carico limite di fondazione

La verifica al carico limite di fondazione è una verifica a rottura del terreno di fondazione. Tale verifica si ritiene soddisfatta se il rapporto tra il carico limite in fondazione Q_u e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione risulta superiore a η_q .

La verifica di capacità portante verticale si esegue in accordo con le espressioni di Brinch-Hansen del 1970, prendendo a riferimento una condizione di terreno incoerente.

9.2 VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche strutturali del muro di sostegno si articolano in verifiche di resistenza allo SLU (si riferiscono alla combinazione fondamentale e alla combinazione sismica) e verifiche allo SLE.

Verifica di resistenza a pressoflessione allo SLU

La verifica di resistenza a pressoflessione sugli elementi viene condotta calcolando il momento resistente massimo della sezione in presenza o meno di sforzo assiale di compressione. Il calcolo si basa sull'assunzione dei diagrammi di calcolo a tensione-deformazione del calcestruzzo e dell'acciaio previsti dalla normativa. Tale verifica si eseguono in accordo con le prescrizioni riportate al paragrafo 4.1.2.3.4 delle NTC 2018. La suddetta verifica si ritiene soddisfatta se risulta rispettata la seguente disuguaglianza:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove: N_{Ed} è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione; M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ; M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

Verifica di resistenza a taglio allo SLU

La verifica di resistenza nei confronti delle sollecitazioni taglianti si esegue nel rispetto delle prescrizioni riportate al paragrafo 4.1.2.3.5 delle NTC 2018. Per prima cosa si valuta il soddisfacimento delle verifiche considerando elementi strutturali senza armature trasversali resistenti a taglio (paragrafo 4.1.2.3.5.1 delle NTC 2018). Qualora tale verifica non risultasse

soddisfatta si procede con il calcolo del taglio resistente considerando il caso di elementi con armature trasversali resistenti al taglio (paragrafo 4.1.2.3.5.2 delle NTC 2018).

4.1.2.3.5.1 Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

Se, sulla base del calcolo, non è richiesta armatura al taglio, è comunque necessario disporre un'armatura minima secondo quanto previsto al punto 4.1.6.1.1. E' consentito omettere tale armatura minima in elementi quali solai, piastre e membrature a comportamento analogo, purché sia garantita una ripartizione trasversale dei carichi.

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad [4.1.22]$$

dove V_{Ed} è il valore di progetto dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\} \quad [4.1.23]$$

con

f_{ck} espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ($\leq 0,02$) che si estende per non meno di $(l_{ba} + d)$ oltre la sezione considerata, dove l_{ba} è la lunghezza di ancoraggio;

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ [MPa] è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

4.1.2.3.5.2 Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

La resistenza di progetto a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntوني d'anima inclinati. L'inclinazione θ dei puntوني di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2,5 \quad [4.1.25]$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad [4.1.26]$$

dove V_{Ed} è il valore di progetto dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \cdot \sin \alpha \quad [4.1.27]$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta) \quad [4.1.28]$$

La resistenza di progetto a taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd}) \quad [4.1.29]$$

dove d , b_w e σ_{cp} hanno il significato indicato in § 4.1.2.3.5.1. e inoltre si è posto:

A_{sw} area dell'armatura trasversale;

s interasse tra due armature trasversali consecutive;

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

$v f_{cd}$ resistenza di progetto a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($v = 0,5$);

α_c coefficiente maggiorativo pari a 1 per membrature non compresse

$$1 + \sigma_{cp} / f_{cd} \quad \text{per } 0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$$

$$1,25 \quad \text{per } 0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$$

$$2,5 (1 - \sigma_{cp} / f_{cd}) \quad \text{per } 0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$$

Le armature longitudinali devono essere dimensionate in base alle sollecitazioni flessionali ottenute traslando il diagramma dei momenti flettenti di

$$a_l = (0,9 \cdot d \cdot \text{ctg } \theta) / 2 \quad [4.1.30]$$

lungo l'asse della trave, nel verso meno favorevole.

Verifica allo stato limite di fessurazione allo SLE

La verifica allo stato limite di fessurazione si effettua prendendo a riferimento le sollecitazioni associate alla combinazione di carico allo SLE. Tale verifica si effettua in accordo con le prescrizioni riportate al paragrafo 4.1.2.2.4 delle NTC 2018.

4.1.2.2.4 Stato limite di fessurazione

In ordine di severità decrescente, per la combinazione di azioni prescelta, si distinguono i seguenti stati limite:

- stato limite di decompressione, nel quale la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0;
- stato limite di formazione delle fessure, nel quale la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2} \quad [4.1.13]$$

dove f_{ctm} è definito nel § 11.2.10.2;

- stato limite di apertura delle fessure, nel quale il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione, come descritto nel seguito.

4.1.2.2.4.1 Combinazioni di azioni

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni:

- combinazioni quasi permanenti;
- combinazioni frequenti.

4.1.2.2.4.2 Condizioni ambientali

Ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche e della protezione contro il degrado del calcestruzzo, le condizioni ambientali possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella Tab. 4.1.III con riferimento alle classi di esposizione definite nelle *Linee Guida per il calcestruzzo strutturale* emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nonché nella UNI EN 206:2016 .

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Con riferimento alla Tabella dei Materiali:

	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206)
Elevazione	XC4
Fondazione	XA1

4.1.2.2.4.3 Sensibilità delle armature alla corrosione

Le armature si distinguono in due gruppi:

- armature sensibili;
- armature poco sensibili.

Appartengono al primo gruppo gli acciai da precompresso.

Appartengono al secondo gruppo gli acciai ordinari.

Per gli acciai zincati e per quelli inossidabili, si può tener conto della loro minor sensibilità alla corrosione sulla base di documenti di comprovata validità.

4.1.2.2.4.4 Scelta degli stati limite di fessurazione

Nella Tab. 4.1.IV sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle esigenze sopra riportate.

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	w_k	Poco sensibile Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

w_1, w_2, w_3 sono definiti al § 4.1.2.2.4, il valore w_k è definito al § 4.1.2.2.4.5.

4.1.2.2.4.5 Verifica dello stato limite di fessurazione

Stato limite di decompressione e di formazione delle fessure

Le tensioni sono calcolate in base alle caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione omogeneizzata non fessurata.

Stato limite di apertura delle fessure

Il valore caratteristico di apertura delle fessure (w_k) non deve superare i valori nominali w_1, w_2, w_3 secondo quanto riportato nella Tab. 4.1.IV.

L'ampiezza caratteristica delle fessure w_k è calcolata come 1,7 volte il prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ϵ_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

$$w_k = 1,7 \epsilon_{sm} \Delta_{sm} \quad [4.1.14]$$

Per il calcolo di ϵ_{sm} e Δ_{sm} vanno utilizzati criteri consolidati riportati in documenti di comprovata validità.

La verifica dell'ampiezza di fessurazione può anche essere condotta senza calcolo diretto, limitando la tensione di trazione nell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, ad un massimo correlato al diametro delle barre ed alla loro spaziatura.

Verifica allo stato limite delle tensioni allo SLE

La verifica allo stato limite delle tensioni si effettua prendendo a riferimento le sollecitazioni associate alla combinazione di carico allo SLE. Tale verifica si effettua in accordo con le prescrizioni riportate al paragrafo 4.1.2.2.5 delle NTC 2018.

4.1.2.2.5 Stato limite di limitazione delle tensioni

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

4.1.2.2.5.1 Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo $\sigma_{c,max}$, deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{c,max} \leq 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica} \quad [4.1.15]$$

$$\sigma_{c,max} \leq 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.} \quad [4.1.16]$$

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra prescritti vanno ridotti del 20%.

4.1.2.2.5.2 Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

La tensione massima, $\sigma_{s,max}$, per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{s,max} \leq 0,8 f_{yk} \quad [4.1.17]$$



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO
APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA
CURNO A BERGAMO

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	34 DI 345

10 RISULTATI

10.1 GEOMETRIA MURO E FONDAZIONE

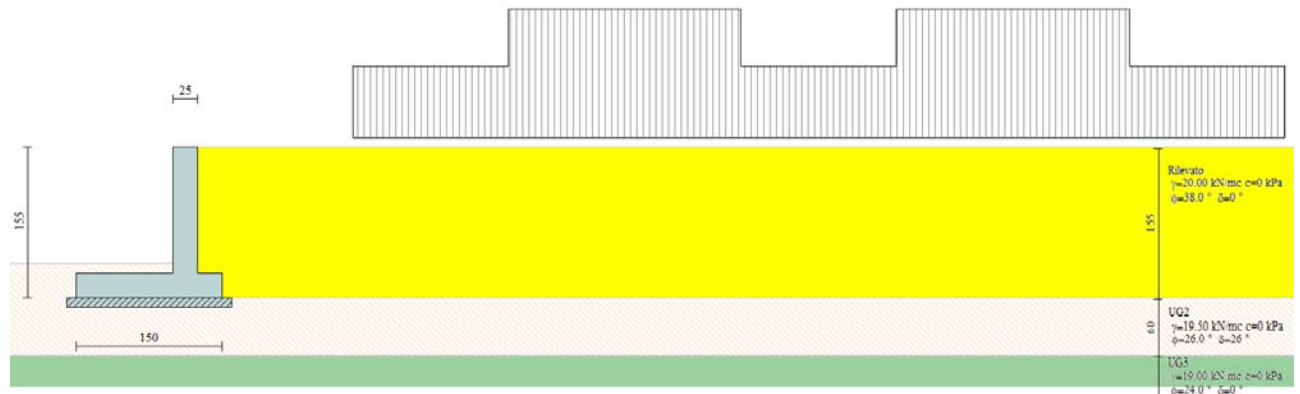


Figura 10-1 – Modello di calcolo

Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	1.30 [m]
Spessore in sommità	0.25 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.25 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	10.00 [m]
<u>Fondazione</u>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	1.00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0.25 [m]
Lunghezza totale fondazione	1.50 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.25 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

10.2 MODELLO GEOTECNICO

Simbologia adottata

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
<i>c</i>	Coesione espressa in [kPa]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	<i>c</i>	c_u	c_a
Rilevato	20.00	20.00	38.00	0.00	0.0	0.0	-
UG2	19.50	19.50	26.00	26.00	0.0	30.0	15
UG3	19.00	19.00	24.00	0.00	0.0	50.0	-

10.3 ELENCO DELLE CONDIZIONI DI CARICO

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

<i>X</i>	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F_x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F_y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
<i>M</i>	Momento espresso in [kNm]
X_i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X_f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q_i	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]
Q_f	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m]
<i>D / C</i>	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (ballast)

D	Profilo	$X_i=1.60$	$X_f=11.20$	$Q_i=14.4000$	$Q_f=14.4000$
---	---------	------------	-------------	---------------	---------------

Condizione n° 2 (treno SW/2)

D	Profilo	$X_i=3.20$	$X_f=5.60$	$Q_i=57.1400$	$Q_f=57.1400$
D	Profilo	$X_i=7.20$	$X_f=9.60$	$Q_i=57.1400$	$Q_f=57.1400$

10.4 ELENCO DELLE COMBINAZIONI DI CALCOLO

Simbologia adottata

F/S Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	38 DI 345

Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
----------------	------	------	------	------

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
ballast	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
ballast	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 9 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	39 DI 345

Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
ballast	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 10 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
ballast	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 11 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
ballast	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
ballast	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 13 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
ballast	SFAV	1.00	1.00	1.00

treno SW/2	SFAV	1.00	0.20	0.20
------------	------	------	------	------

Combinazione n° 14 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
ballast	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 15 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
ballast	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 16 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
ballast	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 17 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
ballast	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 18 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
ballast	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 19 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
ballast	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 20 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
ballast	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 21 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
ballast	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	1.00	1.00

Si evidenzia che l'azione di sisma è stata applicata solo per l'analisi non drenata.

10.5 VERIFICHE GEOTECNICHE

10.5.1 Condizione Drenata

Simbologia adottata

C Identificativo della combinazione

Tipo Tipo combinazione

Sisma Combinazione sismica

CS_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento

CS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento

CS_{QLIM} Coeff. di sicurezza a carico limite

CS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	cs_{sco}	cs_{rib}	cs_{qlim}	cs_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	1.55	--	3.66	--
2	A1-M1 - [1]	--	2.02	--	3.44	--
3	A1-M1 - [1]	--	1.68	--	3.47	--
4	A1-M1 - [1]	--	1.89	--	3.65	--
5	EQU - [1]	--	--	6.46	--	--
6	STAB - [1]	--	--	--	--	1.22
7	A1-M1 - [2]	--	1.68	--	3.47	--
8	A1-M1 - [2]	--	1.89	--	3.65	--
9	A1-M1 - [2]	--	1.55	--	3.66	--
10	A1-M1 - [2]	--	2.02	--	3.44	--
11	EQU - [2]	--	--	6.46	--	--
12	STAB - [2]	--	--	--	--	1.22
13	SLEQ - [1]	--	2.02	--	4.47	--
14	SLEF - [1]	--	2.02	--	4.47	--
15	SLER - [1]	--	2.02	--	4.47	--

10.5.2 Condizione Non drenata

C	Tipo	Sisma	cs_{sco}	cs_{rib}	cs_{qlim}	cs_{stab}
---	------	-------	------------	------------	-------------	-------------

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	43 DI 345

1	A1-M1 - [1]	--	3.03	--	8.20	--
2	A1-M1 - [1]	--	3.03	--	5.87	--
3	A1-M1 - [1]	--	3.03	--	7.06	--
4	A1-M1 - [1]	--	3.03	--	6.65	--
5	EQU - [1]	--	--	6.46	--	--
6	STAB - [1]	--	--	--	--	2.55
7	A1-M1 - [2]	--	3.03	--	7.06	--
8	A1-M1 - [2]	--	3.03	--	6.65	--
9	A1-M1 - [2]	--	3.03	--	8.20	--
10	A1-M1 - [2]	--	3.03	--	5.87	--
11	EQU - [2]	--	--	6.46	--	--
12	STAB - [2]	--	--	--	--	2.18
13	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	2.75	--	8.08	--
14	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	2.87	--	8.72	--
15	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	5.12	--	--
16	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	4.14	--	--
17	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	2.56
18	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	2.65
19	SLEQ - [1]	--	3.94	--	7.87	--
20	SLEF - [1]	--	3.94	--	7.87	--
21	SLER - [1]	--	3.94	--	7.87	--

10.5.3 Stima dei cedimenti

Come noto, il problema dei cedimenti può essere diviso in cedimento immediato, cedimento di consolidazione primario e cedimento dovuto alla deformazione differita nel tempo dopo il termine del processo di consolidazione primario, detto anche cedimento secondario. La consolidazione primaria è associata ai processi di dissipazione delle sovrappressioni interstiziali e si esaurisce in tempi relativamente brevi, mentre la consolidazione secondaria, legata a fenomeni di origine viscosa, si sviluppa in tempi molto più lunghi.

Dato che l'opera in esame è fondata sui terreni di natura incoerente, i cedimenti di consolidazione non assumono alcuna rilevanza e sarà l'oggetto di studio soltanto il cedimento immediato e quindi, si è tenuto conto dei moduli di elasticità delle formazioni presenti.

È da tener conto che la costruzione di un rilevato stradale tra i muri comporta un incremento di tensione sul terreno che si trasferisce in profondità con un progressivo decremento fino ad annullarsi. Prima di procedere nella stima dei cedimenti è dunque necessario calcolare l'incremento di tensione a tali profondità indotto dai lavori.

Con riferimento allo schema riportato, il calcolo dello stato tensionale in profondità deriva dalla seguente relazione di applicazione della teoria del semispazio elastico:

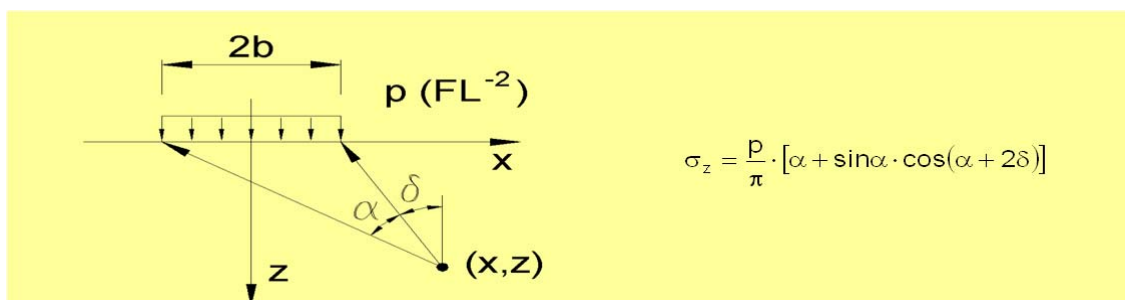


Figura 10-2 Incremento di tensione indotto dal carico sul terreno

La stima del cedimento immediato in terreni stratificati è valutata mediante la formula seguente:

$$w = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_i \cdot \Delta \sigma_{zi}}{E_i}$$

dove:

- n = numero degli strati di terreno;
- ΔH_i = altezza dello strato i-esimo;

- $\Delta\sigma_{zi}$ = incremento medio della pressione verticale indotto dall'area di carico nello strato i-esimo;
- E_i = modulo elastico dello strato i-esimo.

La stima del cedimento considererà sia il contributo derivante dal muro che quello del nuovo rilevato autostradale.

Lo schema tipico di calcolo per fronte di scavo libero è rappresentato nella seguente figura:

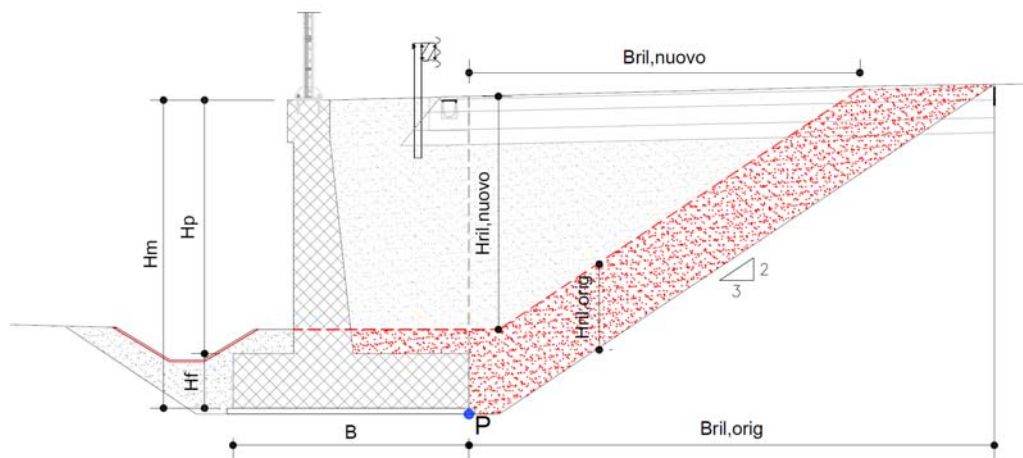


Figura 10-3 Schema di calcolo per fronte di scavo libero

Dati input:

Fondazione muro di sostegno

2b_fond	1.50	m
γ_{terreno}	20.00	kN/mc
Hw	9.00	m fondaz
q_fond_vc	25.90	kN/m ²
q_fond_ur	8.80	kN/m ²
Evc	30.00	Mpa
Eur	48.00	Mpa

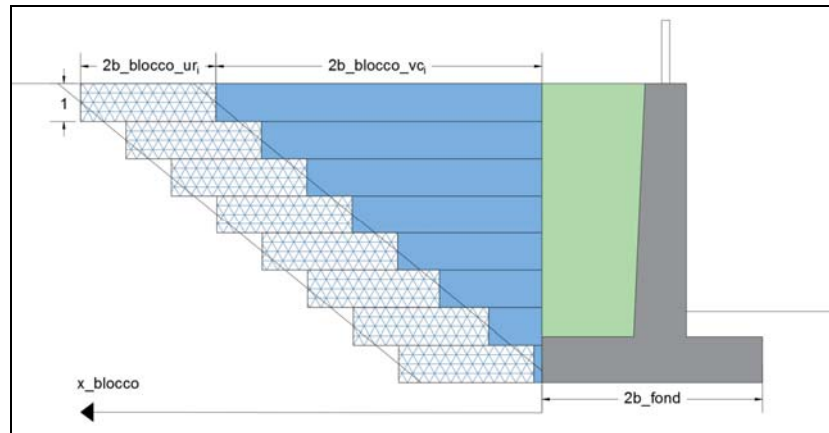


Figura 10-4 Schema di calcolo dei cedimenti

H_w : altezza di falda

q_{fond_vc} : il contributo della pressione dovuto dal pre-scavo

q_{fond_ur} : il contributo della pressione dovuto dal ricarico-scarico

E_{vc} : il modulo elastico (compressione vergine)

E_{ur} : il modulo elastico (scarico-ricarico)

$q_{fond_vc} + q_{fond_ur} = q_{tot}$ (≈ 34.7 kPa); la pressione massima del terreno (Vedasi 10.6.2)

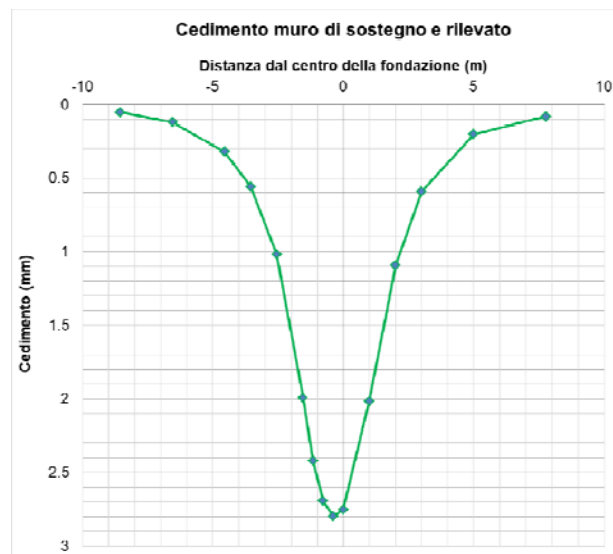


Figura 10-5 – Stima dei cedimenti

Il cedimento massimo risulta pari a 2.8 mm.

10.6 VERIFICHE STRUTTURALI

Nelle figure seguenti si mostrano le sollecitazioni agenti sul paramento e fondazione in entrambi condizioni drenate e non drenate.

10.6.1 Paramento

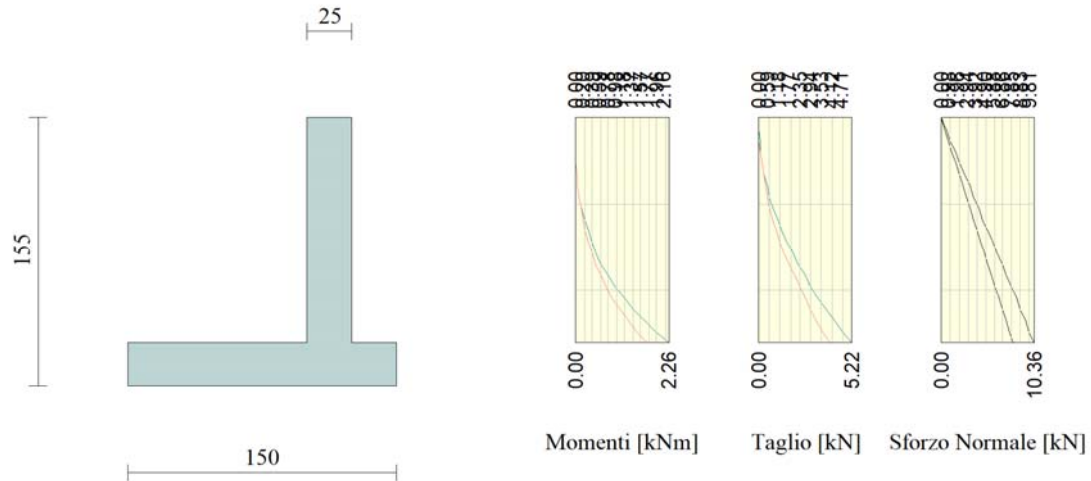


Figura 10-6 – Sollecitazioni massime sul paramento (SLU) – condizione drenata

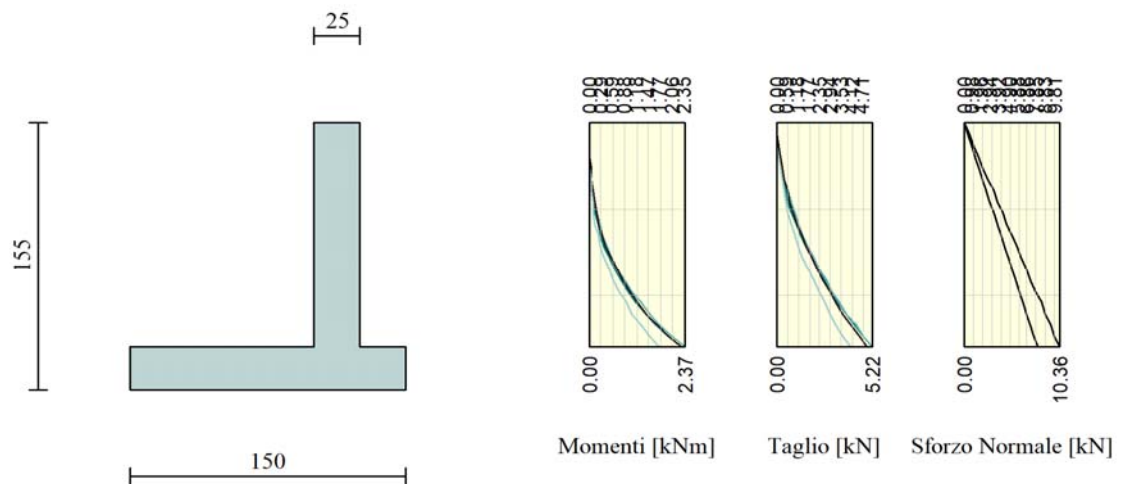


Figura 10-7 – Sollecitazioni massime sul paramento (SLU) – condizione non drenata

la sezione del paramento viene verificata a pressoflessione (SLU) tenendo conto di tali azioni:

M (kNm)	BxH (cm)	A _s	δ [cm]	A's	δ' [cm]	M _{resistente} / M _{agente}
------------	-------------	----------------	-----------	-----	------------	--

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	48 DI 345

2.5	100 x 25	4 ϕ 10	6.8	4 ϕ 10	6.8	>1
-----	----------	-------------	-----	-------------	-----	----

δ : copriferro

Verifica a Taglio:

T (kN)	BxH (cm)	As	T _{resistente} / T _{agente}
5.25	100 x 25	ϕ 10 / 10 cm	>1

Verifica a SLE:

M (kNm)	BxH (cm)	As	δ [cm]	A's	δ' [cm]	σ_s [MPa]	σ_s lim [MPa]	σ_c [MPa]	σ_c lim [MPa]	wk [mm]	wlim [mm]
1.75	100 x 25	4 ϕ 10	6.8	4 ϕ 10	6.8	31.04	360	0.59	14.94	0.055	0.2

10.6.2 Fondazione

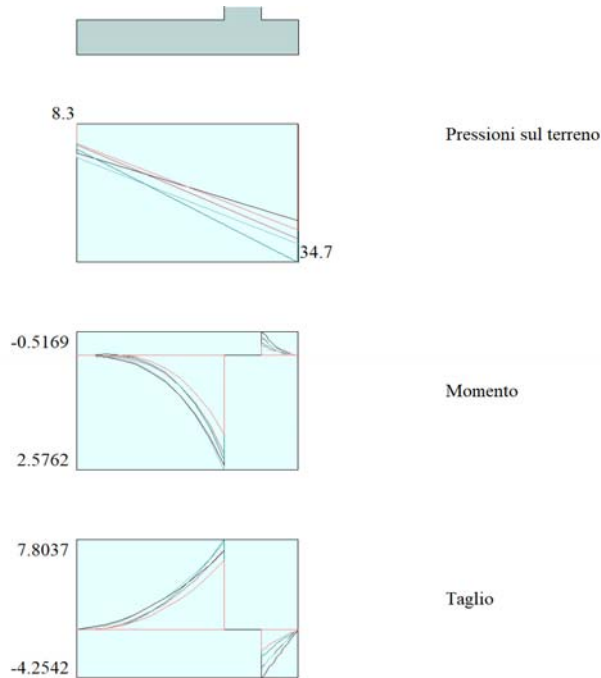


Figura 10-8 – Sollecitazioni massime sulla fondazione (SLU) – condizione drenata

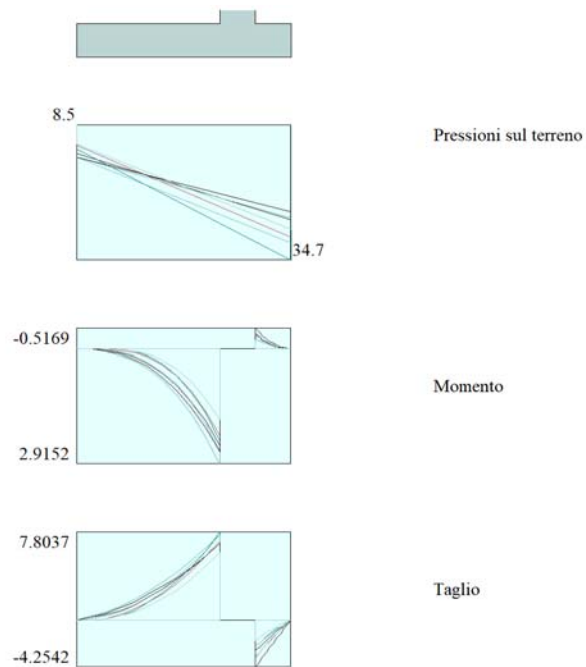


Figura 10-9 – Sollecitazioni massime sulla fondazione (SLU) – condizione non drenata

la sezione della fondazione viene verificata a pressoflessione (**SLU**) tenendo conto di tali azioni:

M (kNm)	BxH (cm)	As	δ [cm]	A's	δ' [cm]	M_{resistente}/ M_{agente}
2.9	100 x 25	4 ϕ 10	6.8	4 ϕ 10	6.8	>1


δ : copriferro

Verifica a Taglio:

T (kN)	BxH (cm)	As	T_{resistente}/ T_{agente}
8	100 x 25	ϕ 10 / 10 cm	>1

Verifica a **SLE**:

M (kNm)	BxH (cm)	As	δ [cm]	A's	δ' [cm]	σ_s [MPa]	σ_s lim [MPa]	σ_c [MPa]	σ_c lim [MPa]	w_k [mm]	w_{lim} [mm]
1.8	100 x 25	4 ϕ 10	6.8	4 ϕ 10	6.8	31.93	360	0.6	13.5	0.057	0.2

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

11 CONCLUSIONE

Dalle verifiche effettuate si può concludere che la struttura risulta rispondere a tutti i requisiti di resistenza e funzionalità previsti allo SLU e SLE, con opportuno margine di sicurezza. La struttura oggetto della presente relazione è conforme ai criteri di progettazione e di resistenza indicati della normativa vigente, prendendo in considerazione anche le azioni sismiche.

L'analisi critica dei risultati e dei parametri di controllo associata al confronto con verifiche di massima eseguite manualmente porta a confermare la validità dei risultati.

Dovrà essere posta attenzione alle effettive misure dello stato di fatto in modo da posizionare la struttura in oggetto in maniera conforme alle indicazioni di progetto.

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17.01.2018.

Per il muro di sostegno si riporta un riepilogo delle armature, riportando inoltre il valore dell'incidenza associato.

Il paramento del muro è armato con:

- Armatura verticale: 4 ϕ /10 nel lato di monte del muro
- Armatura verticale: 4 ϕ /10 nel lato di valle del muro
- Staffe: ϕ 10 /10 cm

La soletta di fondazione del muro è armata con:

- Armatura principale: 4 ϕ /10 teso
- Armatura principale: 4 ϕ /10 compresso
- Staffe: ϕ 10/10 cm.

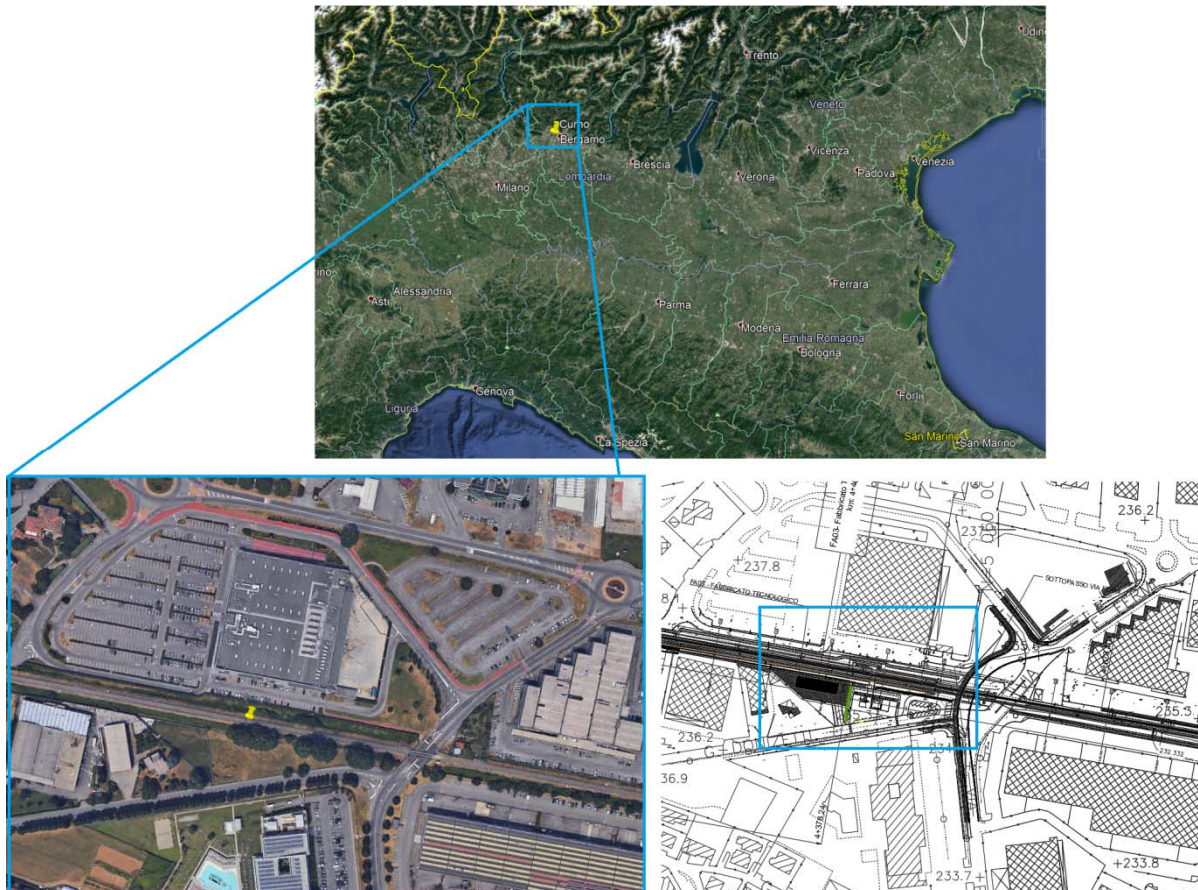
Da cui l'incidenza del paramento è **88** kg/mc e l'incidenza della fondazione paria **88** kg/mc.

12 MURI DI BANCHINA

Nella presente relazione si presentano il dimensionamento e la verifica dei muri di banchina nelle vicinanze del fabbricato tecnologico FA03, nell’ambito del “PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO”.

Le opere ricadono all’interno delle pk 4+300 e 4+580 circa e riguardano i muri della banchina Sud lato Est ed i muri della banchina Nord lato Est ed Ovest. Trattasi di muri a mensola con fondazioni dirette. Le opere di sostegno della banchina Sud lato Ovest saranno rappresentate da paratie il cui dimensionamento è discusso in un elaborato di progetto specifico (Doc. rif. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Nella figura che segue si indica la zona d’intervento. Maggiori dettagli circa la geometria delle opere sono forniti nei seguenti capitoli e nei documenti progettuali di riferimento (Doc. rif. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).





	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A	FOGLIO 53 DI 345

Figura 12-1 Inquadramento di area di intervento

Di seguito si illustrano le assunzioni e la metodologia di calcolo, la normativa di riferimento, i materiali utilizzati, il modello geotecnico di riferimento, i carichi di progetto e le verifiche eseguite.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

13 **NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

13.1 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La progettazione è conforme alle normative vigenti.

- [14] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”, Supplemento Ordinario alla G.U. n.42 del 20.2.2018.
- [15] Circolare 21 gennaio 2019 n.7 ” Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”
- [16] UNI EN 206-1/2006 – “Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- [17] UNI 11104/2004 – “Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”;
- [18] EN 1992-1-1:2005 Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici
- [19] Norme UNI ENV 1991 ; UNI ENV 1992; UNI EN 1993; UNI EN 1997; UNI EN 1998;
- [20] Manuale di Progettazione delle Opere Civili (RFI DTC SI MA IFS 001) – Parte II- Sezione 2 - Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001) e Sezione 3 - Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001);

13.2 **DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

- [21] Relazione geotecnica di progetto
- [22] NB1R02D26PARI0005001 Fermata di Curno - Muro di sostegno banchina - Pianta
- [23] NB1R02D26WARI0005001 Fermata di Curno - Muro di sostegno banchina - Sezioni
- [24] NB1R02D26BARI0005001 Paratie lato nord e sud piante e profili

13.3 **SOFTWARE**

- [25] Max 14.0 – Aztec (www.aztec.it)
- [26] RC-SEC 2016.10.0.510 – GeoStru (www.geostru.eu)

14 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

14.1 CALCESTRUZZO

14.1.1 Magrone di fondazione C12/15

Classe di esposizione	X0
Classe di resistenza	C12/15

14.1.2 Paramento del muro di sostegno

Peso specifico, γ_c	25,00 kN/m ³
Classe di esposizione	XC4
Classe di resistenza	C32/40
Resistenza cubica caratteristica, R_{ck}	40 N/mm ²
Resistenza cilindrica caratteristica, f_{ck}	32 N/mm ²
Resistenza cilindrica media, f_{cm}	41.2 N/mm ²
Resistenza a trazione media, f_{ctm}	3.1 N/mm ²
Resistenza a trazione per flessione media, f_{ctfm}	3.7 N/mm ²
Resistenza a trazione per flessione caratteristica, f_{ctk}	2.4 N/mm ²
Modulo elastico, E_{cm}	33643 N/mm ²

14.1.3 Fondazione del muro di sostegno

Peso specifico, γ_c	25,00 kN/m ³
Classe di esposizione	XA1
Classe di resistenza	C30/37
Resistenza cubica caratteristica, R_{ck}	37 N/mm ²
Resistenza cilindrica caratteristica, f_{ck}	30 N/mm ²
Resistenza cilindrica media, f_{cm}	38 N/mm ²
Resistenza a trazione media, f_{ctm}	2.9 N/mm ²
Resistenza a trazione per flessione media, f_{ctfm}	3.48 N/mm ²
Modulo elastico, E_{cm}	34478 N/mm ²

14.2 ACCIAIO IN BARRE

Tipo acciaio	B 450 C
Peso specifico, γ_a	78,50 kN/mc
Tensione nominale di snervamento, f_y nom	450 N/mm ²

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

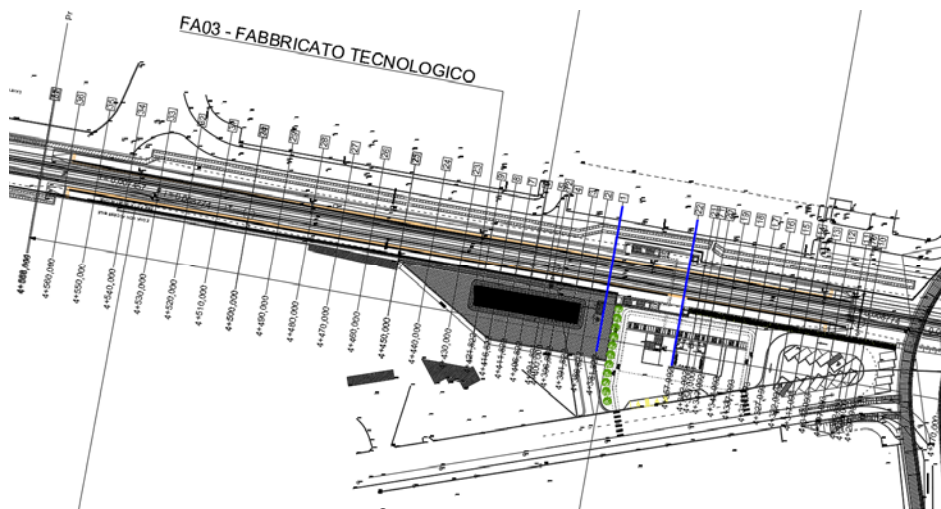
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	56 DI 345

Tensione nominale di rottura, f_t nom	540 N/mm ²
Minima tensione caratteristica di snervamento, f_{yk} min	450 N/mm ²
Minima tensione caratteristica di rottura, f_{tk} min	540 N/mm ²
Minimo rapporto tra i valori caratteristici, $(f_t/f_y)_k$ min	1,15
Massimo rapporto tra i valori caratteristici, $(f_t/f_y)_k$ max	1,35
Massimo rapporto tra i valori nominali, $(f_y/f_y \text{ nom})_k$	1,25
Allungamento caratteristico sotto carico massimo, $(A_{gt})_k$	7,5 %
Modulo di elasticità dell'acciaio, E	206000 N/mm ²

15 DESCRIZIONE DELLE OPERE

La presente relazione di calcolo ha per oggetto l'analisi e le verifiche geotecniche e strutturali dei muri di banchina della stazione di Curno. Il muro ha una lunghezza totale di circa **XXX** m, un'altezza massima del paramento di **XXX** m.

Si individuano n. 2 sezioni tipo. La prima riguardante i muri lato est, caratterizzati da una fondazione della lunghezza di 2.8 m e da un paramento alto 4.62 m. La seconda relativa ai muri lato ovest, aventi una fondazione lunga 1.90 m e da un paramento alto 4.05 m. Le sezioni di calcolo sono descritte nelle figure che seguono; per maggiori informazioni si faccia riferimento ai documenti di progetto (Doc. rif. **XXX**).



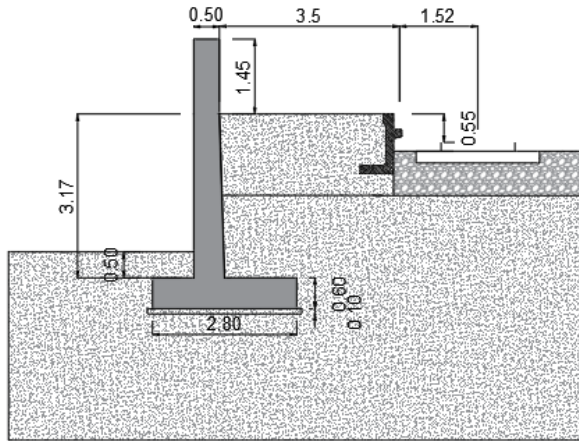


Figura 3 - Sezione tipo1

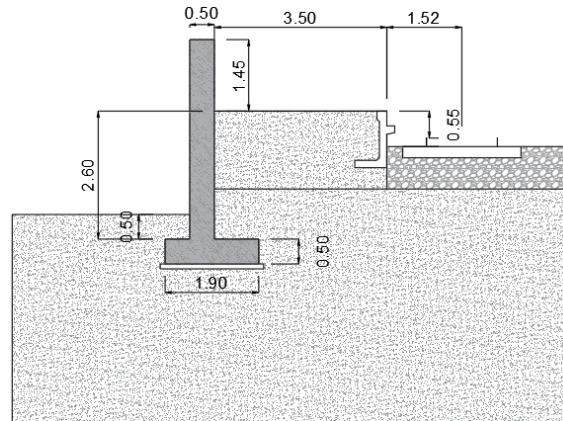


Figura 4 - Sezioni tipo2

16 MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Il modello geotecnico di riferimento è stato definito sulla base di quanto emerso dalla Relazione Geotecnica Generale (Doc. rif. [21]). Si riassumono di seguito la stratigrafia e le proprietà meccaniche delle unità geotecniche caratterizzate.

Tabella 8 - Modello geotecnico di riferimento

ID	Unità litologiche	Profondità		γ KN/m ³	ϕ' °	c' kPa	c_u kPa	E_{op} MPa
		m	p.c.					
Ug2	Sabbia limosa e limo sabbioso	0	2	19.5	26	0	30	4
Ug3	Argilla sabbiosa e argilla con sabbia	2	30	19	24	0	50- 200	10-35

Per il materiale da rilevato si assumeranno i parametri geotecnici prescritti nel manuale RFI.

Dalle misure freatiche effettuate, la soggiacenza di falda di progetto risulta essere pari a 9 m pc.

17 ANALISI DEI CARICHI

I carichi presi in esame nel progetto delle suddette opere di sostegno sono:

- Carichi permanenti strutturali;
- Carichi permanenti non strutturali;
- Carico variabile per traffico ferroviario;
- Azione sismica.

17.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI - G1

I carichi permanenti strutturali includono:

- il peso proprio dell'opera di sostegno;
- la spinta del terreno a monte dell'opera di sostegno.

Per il calcolo del peso proprio dell'opera di sostegno si assume il peso specifico del calcestruzzo armato:

$$\gamma_{cls} = 25.00 \text{ kN/m}^3.$$

Fino alla quota di intradosso del muretto di banchina, la spinta del terreno a monte dell'opera di sostegno si calcola in accordo con la teoria di Coulomb. Da tale quota al piano di calpestio della banchina, si è assunta la presenza di materiale non spingente. La spinta attiva del terrapieno in condizioni statiche vale:


$$S_{G1} = \gamma_t \cdot H^2 / 2 \cdot k_a$$

dove:

- γ_t peso specifico del terreno a monte del paramento (nel caso specifico si riferisce al rilevato)
- H somma tra l'altezza dell'opera di sostegno e l'eventuale spessore dello strato di terreno a monte dell'opera, in corrispondenza della superficie ideale di spinta;
- k_a è il coefficiente di spinta attiva valutato secondo l'espressione fornita da Coulomb.

Nelle condizioni geometriche in esame, il coefficiente di spinta secondo la teoria di Coulomb dipende dall'angolo di attrito del terreno " φ ", dall'angolo di inclinazione del terreno a monte della superficie ideale di spinta " ε ", dall'angolo di attrito terreno/paramento " δ " e dall'angolo di inclinazione che il paramento forma con il piano orizzontale " ψ ". Il coefficiente di spinta attiva vale:

$$k_a = \frac{\sin^2(\psi + \varphi)}{\sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \delta) \cdot \left[1 - \frac{\sqrt{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}}{\sqrt{\sin(\psi - \delta) \cdot \sin(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}.$$

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

17.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI – G2

Il carico associato alla sovrastruttura ferroviaria, dello spessore di 80 cm è pari a:

$$p = 18 \text{ kN/m}^3 \times 0.8\text{m} = 14.4 \text{ kN/m}^2.$$

17.3 CARICO VARIABILE PER TRAFFICO FERROVIARIO– Q1

Coerentemente a quanto previsto dalla normativa vigente, il carico del treno di riferimento (SW/2) è assunto pari a 150 kN/m e si diffonde fino ad intradosso del ballast come descritto di seguito:

$$B_{\text{diff}} = B1 + 2 \cdot B2$$

dove:

$B1 = 2.40 \text{ m}$; larghezza del binario

$$B2 = (h - h_{\text{traverso}}) \cdot \text{tg}(\beta) \text{ dove } = (80 - 35) \cdot \text{tg}(\beta)$$

$\beta = \text{Arctg}(4/1)$; angolo di diffusione nello strato di ballast

$h = 80 \text{ cm}$; altezza totale (ballast + traverso)

$$B_{\text{diff}} = 2.625 \text{ m}$$


$$q = 150 / B_{\text{diff}} = 57.14 \text{ kPa}.$$

17.4 CARICO VARIABILE PER FOLLA-Q2

Coerentemente a quanto richiesto dalle NTC (Doc. rif. [14]), sulla banchina e sul parapetto sono stati applicati rispettivamente un carico distribuito di 5 kPa ed un carico concentrato di 3 kN agente 1,2 m sopra il piano di calpestio.

17.5 AZIONE SISMICA

Con riferimento alla normativa vigente (Doc. rif. [14]), le azioni sismiche di progetto si stimano a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

(di categoria A quale definita al § 3.2.2 del D.M. 2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento V_R .

Per una data probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale è possibile individuare lo spettro dirisposta di riferimento:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

17.5.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. Per la definizione della Vita Nominale da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di una infrastruttura ferroviaria si rimanda al "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI" - RFI DTC SICS MA IFS 001 A del 29.12.2105;

L'opera in esame è di nuova realizzazione e farà parte di un'infrastrutture ferroviarie esistenti sul quale transitano treni a velocità convenzionali ($v < 250$ km/h) e, pertanto, avrà una vita nominale $V_N = 50$ anni.

Tabella 9 - Tabella Vita Nominale in funzione del tipo di costruzione

Tipo di costruzione ⁽¹⁾	Vita Nominale [V_N] ⁽¹⁾
Opere nuove su infrastrutture ferroviarie esistenti opere nuove su infrastrutture ferroviarie progettate con le norme vigenti prima del dm 14/01/2018 a velocità convenzionale ($V < 250$ Km/h)	50
Altre opere nuove a velocità ($v < 250$ km/h)	75
Altre opere nuove a velocità ($v \geq 250$ km/h)	100
Opere di grandi dimensioni: ponti e viadotti con campate di luce maggiore di 150 m	≥ 100 ⁽²⁾

(1) - La medesima V_N si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.

(2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di RFI.

17.5.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un' interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l'opera appartiene alla seguente classe d'uso II (Tabella §2.5.1.1.2.1 di RFI DTC SI PS MA IFS 001 B), poiché non appartenenti ad una linea di grande viabilità strategica:

I Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

II Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.


III Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

IV Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il coefficiente d'uso è pari a 1.00, coerentemente a quanto indicato nella Tab. 2.4.II delle NTC.

Tabella 10 – Valori del coefficiente di uso C_u

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente d'uso	0.7	1.0	1.5	2.0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

17.5.3 Periodo di riferimento

Il periodo di riferimento $V_R = V_N * C_U = 50 * 1.0 = 50.0$ anni.

17.5.4 Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale.

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2018. Come descritto nella Relazione Geotecnica (Doc. rif. [21]), i terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di Categoria C:

- A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.*
- B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*
- C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*
- D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.*
- E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.*

17.5.5 Condizioni topografiche

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la classificazione proposta nelle NTC, secondo la quale le categorie individuate si riferiscono a configurazioni

geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. L'area interessata risulta classificabile come T1.

T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

T2 Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.

T3 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.

T4 Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.

17.5.6 Amplificazione sismica

Di seguito si riportano i valori dei parametri spettrali dipendenti dal sito dell'opera in oggetto:

a_g (g) (SLV)	0.110
Risposta Sismica Locale	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	1.500
Coefficiente di amplificazione topografica S_t	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo	
a_{\max} (g) ($a_{\max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$)	0.165

17.5.7 Spinta del terreno in condizioni sismiche

Per muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto ove agisce la spinta in condizioni statiche. Essendo questa circostanza applicabile ai muri esaminati, la spinta a tergo del muro in condizioni sismiche è stata valutata sostituendo al coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche K_a il coefficiente K_{as} (coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche):

$$p'_a(z) = [\sigma'_v(z) + q] \cdot K_{as} - 2c' \sqrt{K_{as}}$$

per $\beta \leq \phi - \theta$:

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \text{sen}^2\psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \text{sen}(\phi - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

per $\beta > \phi - \theta$:

$$k_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \sin^2\psi \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

in cui:

ϕ angolo di resistenza al taglio del terreno

β inclinazione del terreno a monte del muro rispetto all'orizzontale (positivo per terreno che sale allontanandosi dal muro)

ψ inclinazione del muro rispetto all'orizzontale ($>90^\circ$ per parete inclinata verso valle)

δ angolo di attrito muro-terreno

θ angolo dipendente dalla accelerazione sismica e definito dalle seguenti espressioni:

$$\theta = \text{tg}^{-1} (k_h / (1 \pm k_v))$$

essendo k_h e k_v rispettivamente i coefficienti di accelerazione sismica orizzontale e verticale.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parete pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \text{arctg}(k_h / (1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h .

In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \text{arctg} [(\gamma_{\text{sat}} / (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)) * (k_h / (1 \pm k_v))]$$

terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \text{arctg} [(\gamma / (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)) * (k_h / (1 \pm k_v))]$$

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W, \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

18 VERIFICA AGLI STATI LIMITE

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC-2018 al par.2.5.3:

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

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

Combinazione caratteristica rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche delle tensioni d'esercizio:

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

Combinazione caratteristica frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

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

Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti a lungo termine, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

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

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

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


Per i muri di sostegno si effettuano le verifiche con riferimento a tutti i meccanismi critici, tra i quali:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- Scorrimento sul piano di posa;
- collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
- ribaltamento;
- stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;

SLU di tipo strutturale (STR)

- Raggiungimento delle resistenze negli elementi strutturali.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 dell'Approccio 1 (A2+M2+R2); le rimanenti verifiche si effettuano secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3), tenendo conto dei seguenti coefficienti parziali.

Tabella 11 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Tabella 12 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 13 - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$


Tabella 14 - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLV

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	70 DI 345

Verifica	Coefficiente parziale γ_R
Carico limite	1.2
Scorrimento	1.0
Ribaltamento	1.0
Resistenza del terreno a valle	1.2

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

19 CRITERI DI ANALISI

19.1 VERIFICHE GEOTECNICHE

Le seguenti verifiche sono state effettuate mediante analisi numeriche. Il software di calcolo adottato è Aztec Max 14 (Doc. rif. [25]).

19.1.1 Verifica al ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r .

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte.


Per quanto riguarda la componente verticale della spinta essa, in quanto associata ad un'azione esterna ribaltante, comporterà un effetto benefico di riduzione del momento ribaltante solo se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo.

In accordo con il paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC 2018, in condizioni sismiche il coefficiente di spinta per le verifiche a ribaltamento è differente rispetto a quello per le verifiche geotecniche di scorrimento e di carico limite.

19.1.2 Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s .

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Tale forza dipende dalla componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione, dalla componente verticale della spinta (vale solo se l'angolo δ è positivo) e dall'angolo di attrito terreno fondazione. Non è stato considerato alcun contributo di spinta passiva.

19.1.3 Verifica al carico limite di fondazione

La verifica al carico limite di fondazione è una verifica a rottura del terreno di fondazione. Tale verifica si ritiene soddisfatta se il rapporto tra il carico limite in fondazione Q_u e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione risulta superiore a η_q .

La verifica di capacità portante verticale si esegue in accordo con le espressioni di Brinch-Hansen del 1970, prendendo a riferimento una condizione di terreno incoerente.


19.1.4 Verifica al carico limite di fondazione

Il calcolo è condotto secondo la teoria dell'equilibrio limite nell'ambito della quale i terreni sono caratterizzati mediante un legame costitutivo rigido-plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb (analisi in termini di sforzi efficaci).

Tale approccio consente di svincolarsi da tutte le complesse problematiche legate all'analisi dello stato deformativo dell'ammasso e di definire un semplice fattore di sicurezza, convenzionalmente valutato come rapporto tra le forze di taglio potenzialmente mobilitabili lungo la superficie di rottura analizzata e le forze di taglio effettivamente mobilitate sotto l'azione delle forze agenti sull'ammasso (pesi propri, carichi esterni, ecc.).

Come prescritto dalla normativa la verifica viene effettuata secondo la Combinazione 2 dell'Approccio 1 (A2+M2+R2).

L'analisi delle condizioni di equilibrio viene svolta con ricorso al codice di calcolo MAX14 (Aztec Informatica). Il calcolo viene condotto utilizzando i metodi dell'equilibrio limite con particolare riferimento a quello di Bishop semplificato, considerando forme di superfici di scivolamento compatibili con i cinatismi di rottura attesi. Vengono quindi analizzate tutte le possibili superfici di scivolamento passanti esternamente rispetto all'opera di sostegno

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

(stabilità globale).

La metodologia di calcolo adottata dal programma consiste nell'analizzare molteplici superfici di scivolamento ben definite, fornendone il fattore di sicurezza. La resistenza al taglio agente lungo la superficie di scivolamento necessaria all'equilibrio è calcolata attraverso l'equazione della statica. Il coefficiente di sicurezza è inteso come il fattore per il quale possono essere divisi i parametri di resistenza meccanica del materiale per portare il pendio alle condizioni di equilibrio limite, implicitamente assunto costante lungo tutta la superficie di scivolamento. Nello specifico, nel metodo di Bishop si divide la massa di terreno interessata dal cinematismo in più conci assumendo che le azioni agenti all'interfaccia dei conci stessi abbiano risultante orizzontale, trascurando gli sforzi di taglio all'interfaccia tra i vari volumetti.


Le forze di inerzia, orizzontali e verticali, applicate alle masse in condizioni sismiche sono valutate mediante i coefficienti k_h e k_v . Per muri liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito β assume il valore di 0.38 allo Stato limite di Vita.

19.1.5 Calcolo dei cedimenti

La valutazione dei cedimenti è eseguita sulla base della teoria di elasticità (Timoshenko e Goodier, 1951). Si sono dunque stimati i cedimenti generati in un semispazio elastico equivalente, da parte di due contributi fondamentali e considerando la sovrapposizione degli effetti. Il primo contributo riguarda le azioni trasmesse dal muro, stimate per mezzo delle analisi numeriche, il secondo contributo è relativo alla riprofilatura del rilevato e della banchina a tergo del muro. Le attività per la realizzazione dell'intervento prevedono una prima fase di scavo e, successivamente, l'ampliamento del rilevato. Pertanto, il calcolo è effettuato stimando i cedimenti di scarico e ricarico e quelli di compressione vergine, in considerazione delle proprietà meccaniche del terreno descritte nel modello geotecnico di riferimento e della configurazione attuale del rilevato ferroviario.

19.2 VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche strutturali del muro di sostegno si articolano in verifiche di resistenza allo SLU (si riferiscono alla combinazione fondamentale e alla combinazione sismica) e verifiche allo SLE.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A

19.2.1 Verifica di resistenza a pressoflessione allo SLU

La verifica di resistenza a pressoflessione sugli elementi viene condotta calcolando il momento resistente massimo della sezione in presenza o meno di sforzo assiale di compressione. Il calcolo si basa sull'assunzione dei diagrammi di calcolo a tensione-deformazione del calcestruzzo e dell'acciaio previsti dalla normativa. Tale verifica si esegue in accordo con le prescrizioni riportate al paragrafo 4.1.2.3.4 delle NTC 2018. La suddetta verifica si ritiene soddisfatta se risulta rispettata la seguente disuguaglianza:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove: N_{Ed} è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione; M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ; M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

19.2.2 Verifica di resistenza a taglio allo SLU

La verifica di resistenza nei confronti delle sollecitazioni taglianti si esegue nel rispetto delle prescrizioni riportate al paragrafo 4.1.2.3.5 delle NTC 2018. Per prima cosa si valuta il soddisfacimento delle verifiche considerando elementi strutturali senza armature trasversali resistenti a taglio (paragrafo 4.1.2.3.5.1 delle NTC 2018). Qualora tale verifica non risultasse soddisfatta si procede con il calcolo del taglio resistente considerando il caso di elementi con armature trasversali resistenti al taglio (paragrafo 4.1.2.3.5.2 delle NTC 2018).

4.1.2.3.5.1 Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

Se, sulla base del calcolo, non è richiesta armatura al taglio, è comunque necessario disporre un'armatura minima secondo quanto previsto al punto 4.1.6.1.1. E' consentito omettere tale armatura minima in elementi quali solai, piastre e membrature a comportamento analogo, purché sia garantita una ripartizione trasversale dei carichi.

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad [4.1.22]$$

dove V_{Ed} è il valore di progetto dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\} \quad [4.1.23]$$

con

f_{ck} espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa ($\leq 0,02$) che si estende per non meno di $(l_{ba} + d)$ oltre la sezione considerata, dove l_{ba} è la lunghezza di ancoraggio;

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ [MPa] è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

4.1.2.3.5.2 Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

La resistenza di progetto a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2,5 \quad [4.1.25]$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad [4.1.26]$$

dove V_{Ed} è il valore di progetto dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \cdot \sin \alpha \quad [4.1.27]$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta) \quad [4.1.28]$$

La resistenza di progetto a taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd}) \quad [4.1.29]$$

dove d , b_w e σ_{cp} hanno il significato indicato in § 4.1.2.3.5.1. e inoltre si è posto:

A_{sw} area dell'armatura trasversale;

s interasse tra due armature trasversali consecutive;

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

$v f_{cd}$ resistenza di progetto a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($v = 0,5$);

α_c coefficiente maggiorativo pari a 1 per membrature non compresse

$$1 + \sigma_{cp} / f_{cd} \quad \text{per } 0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$$

$$1,25 \quad \text{per } 0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$$

$$2,5 (1 - \sigma_{cp} / f_{cd}) \quad \text{per } 0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$$

Verifica allo stato limite di fessurazione allo SLE

La verifica allo stato limite di fessurazione si effettua prendendo a riferimento le sollecitazioni associate alla combinazione di carico allo SLE. Tale verifica si effettua in accordo con le prescrizioni riportate al paragrafo 4.1.2.2.4 delle NTC 2018.

4.1.2.2.4 Stato limite di fessurazione

In ordine di severità decrescente, per la combinazione di azioni prescelta, si distinguono i seguenti stati limite:

- stato limite di decompressione, nel quale la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0;
- stato limite di formazione delle fessure, nel quale la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2} \quad [4.1.13]$$

dove f_{ctm} è definito nel § 11.2.10.2;

- stato limite di apertura delle fessure, nel quale il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0,2 \text{ mm} \qquad w_2 = 0,3 \text{ mm} \qquad w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione, come descritto nel seguito.

4.1.2.2.4.1 Combinazioni di azioni

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni:

- combinazioni quasi permanenti;
- combinazioni frequenti.

4.1.2.2.4.2 Condizioni ambientali

Ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche e della protezione contro il degrado del calcestruzzo, le condizioni ambientali possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella Tab. 4.1.III con riferimento alle classi di esposizione definite nelle *Linee Guida per il calcestruzzo strutturale* emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nonché nella UNI EN 206:2016 .

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

4.1.2.2.4.3 Sensibilità delle armature alla corrosione

Le armature si distinguono in due gruppi:

- armature sensibili;
- armature poco sensibili.

Appartengono al primo gruppo gli acciai da precompresso.

Appartengono al secondo gruppo gli acciai ordinari.

Per gli acciai zincati e per quelli inossidabili, si può tener conto della loro minor sensibilità alla corrosione sulla base di documenti di comprovata validità.

4.1.2.2.4.4 Scelta degli stati limite di fessurazione

Nella Tab. 4.1.IV sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle esigenze sopra riportate.

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	w_k	Poco sensibile Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

4.1.2.2.4.3 Sensibilità delle armature alla corrosione

Le armature si distinguono in due gruppi:

- armature sensibili;
- armature poco sensibili.

Appartengono al primo gruppo gli acciai da precompresso.

Appartengono al secondo gruppo gli acciai ordinari.

Per gli acciai zincati e per quelli inossidabili, si può tener conto della loro minor sensibilità alla corrosione sulla base di documenti di comprovata validità.

4.1.2.2.4.4 Scelta degli stati limite di fessurazione

Nella Tab. 4.1.IV sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle esigenze sopra riportate.

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	w_k	Poco sensibile Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

w_1, w_2, w_3 sono definiti al § 4.1.2.2.4, il valore w_k è definito al § 4.1.2.2.4.5.

4.1.2.2.4.5 Verifica dello stato limite di fessurazione

Stato limite di decompressione e di formazione delle fessure

Le tensioni sono calcolate in base alle caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione omogeneizzata non fessurata.

Stato limite di apertura delle fessure

Il valore caratteristico di apertura delle fessure (w_k) non deve superare i valori nominali w_1, w_2, w_3 secondo quanto riportato nella Tab. 4.1.IV.

L'ampiezza caratteristica delle fessure w_k è calcolata come 1,7 volte il prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ϵ_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

$$w_k = 1,7 \epsilon_{sm} \Delta_{sm} \quad [4.1.14]$$

Per il calcolo di ϵ_{sm} e Δ_{sm} vanno utilizzati criteri consolidati riportati in documenti di comprovata validità.

La verifica dell'ampiezza di fessurazione può anche essere condotta senza calcolo diretto, limitando la tensione di trazione nell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, ad un massimo correlato al diametro delle barre ed alla loro spaziatura.

Verifica allo stato limite delle tensioni allo SLE

La verifica allo stato limite delle tensioni si effettua prendendo a riferimento le sollecitazioni associate alla combinazione di carico allo SLE. Tale verifica si effettua in accordo con le prescrizioni riportate al paragrafo 4.1.2.2.5 delle NTC 2018.

4.1.2.2.5 Stato limite di limitazione delle tensioni

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

4.1.2.2.5.1 Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo $\sigma_{c,max}$, deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{c,max} \leq 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica} \quad [4.1.15]$$

$$\sigma_{c,max} \leq 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.} \quad [4.1.16]$$

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra prescritti vanno ridotti del 20%.

4.1.2.2.5.2 Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

La tensione massima, $\sigma_{s,max}$, per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{s,max} \leq 0,8 f_{yk} \quad [4.1.17]$$

20 MODELLAZIONE NUMERICA

Come menzionato nel capitolo introduttivo, i muri di banchina sono stati progettati con riferimento a due sezioni tipo, definite sulla base delle sezioni trasversali evidenziate in Figura 2. In particolar modo, i muri tipo 1 (v. Figura 3) rappresentano lo scenario più cautelativo per la progettazione dei muri della banchine Sud e Nord lato Est, mentre i muri tipo 2 (v. Figura 4) riguardano quelli della banchina Nord lato Ovest. L'opera di sostegno della banchina Sud lato Ovest sarà, invece, costituita da una paratia di pali, non discussa nel presente elaborato progettuale.

Di seguito si fornisce una sintesi dei modelli di calcolo utilizzati per il dimensionamento, il quale è stato eseguito per mezzo di analisi numeriche volte a descrivere il comportamento del complesso opera-terreno sia in condizioni drenate (lungo termine), che in condizioni non drenate (breve termine e sollecitazione sismica). Le azioni gravanti a quote superiori al piano d'imposta del ballast sono state descritte come carichi distribuiti o concentrati.

20.1 MURO TIPO 1

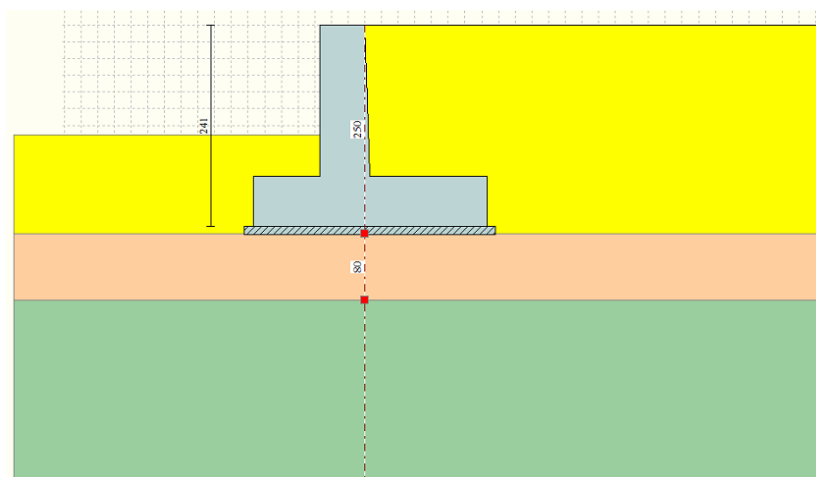


Figura 5 – Muro tipo 1: modello numerico

Altezza del paramento	1.81 [m]
Spessore in sommità	0.54 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.60 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]
Inclinazione paramento interno	2.00 [°]
Lunghezza del muro	10.00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.80 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1.40 [m]
Lunghezza totale fondazione	2.80 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.60 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

20.2 MURO TIPO 2

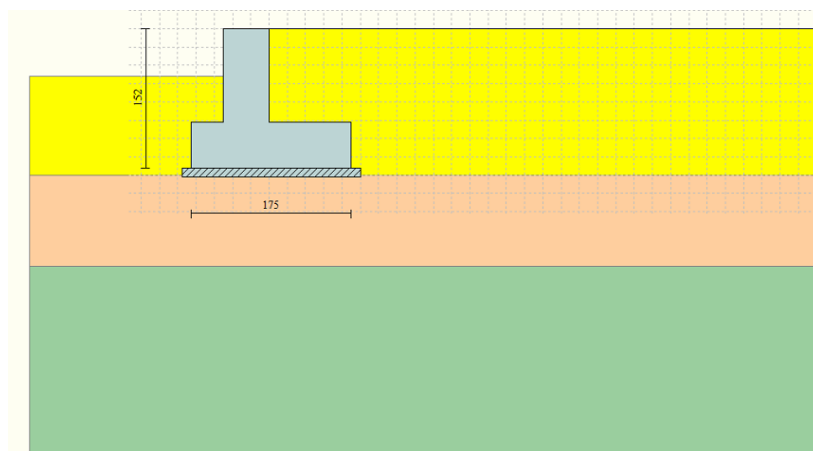


Figura 6 – Muro tipo 2: modello numerico

Descrizione Muro a mensola in c.a.

Altezza del paramento 1.02 [m]

Spessore in sommità 0.50 [m]

Spessore all'attacco con la fondazione 0.50 [m]

Inclinazione paramento esterno 0.00 [°]

Inclinazione paramento interno 0.00 [°]

Lunghezza del muro 10.00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle 0.35 [m]

Lunghezza mensola fondazione di monte 0.90 [m]

Lunghezza totale fondazione 1.75 [m]

Inclinazione piano di posa della fondazione 0.00 [°]

Spessore fondazione 0.50 [m]

Spessore magrone 0.10 [m]

21 RISULTATI

21.1 MURO TIPO 1

21.1.1 Sollecitazioni stimate

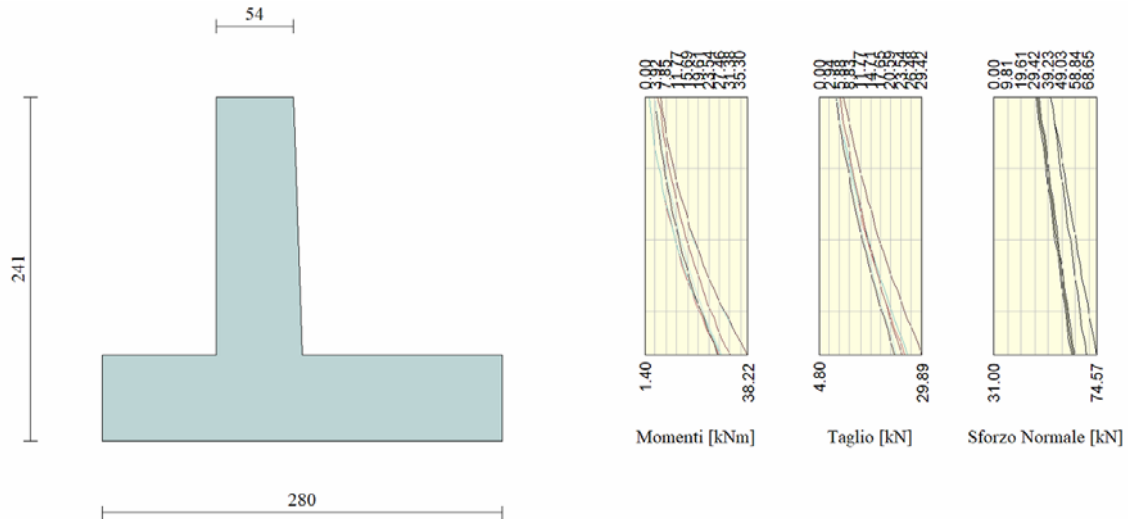


Figura 7 – Muro tipo 1: involucro delle sollecitazioni sul paramento agli SLU/SLV

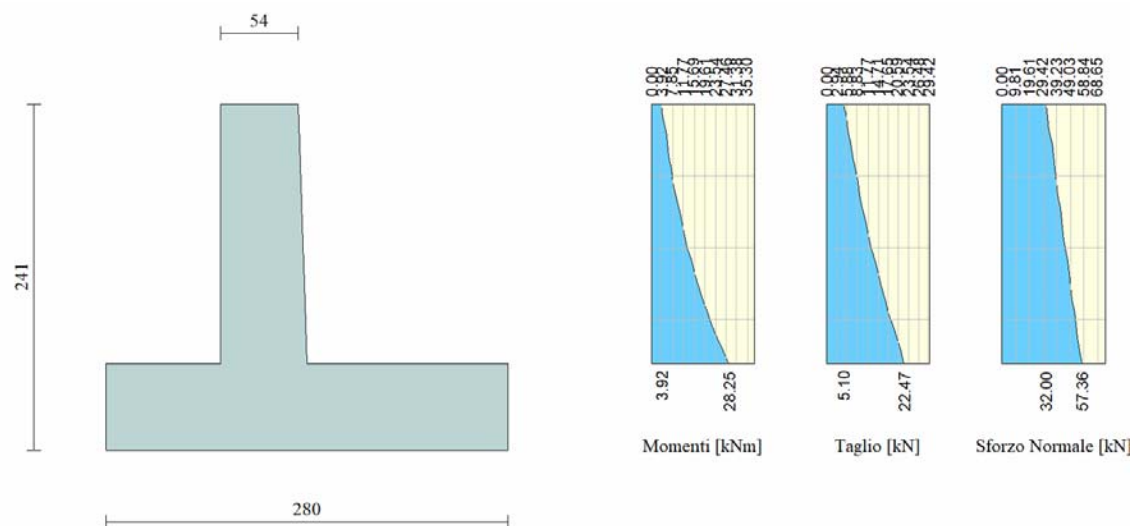


Figura 8 – Muro tipo 1: sollecitazioni massime sul paramento agli SLE

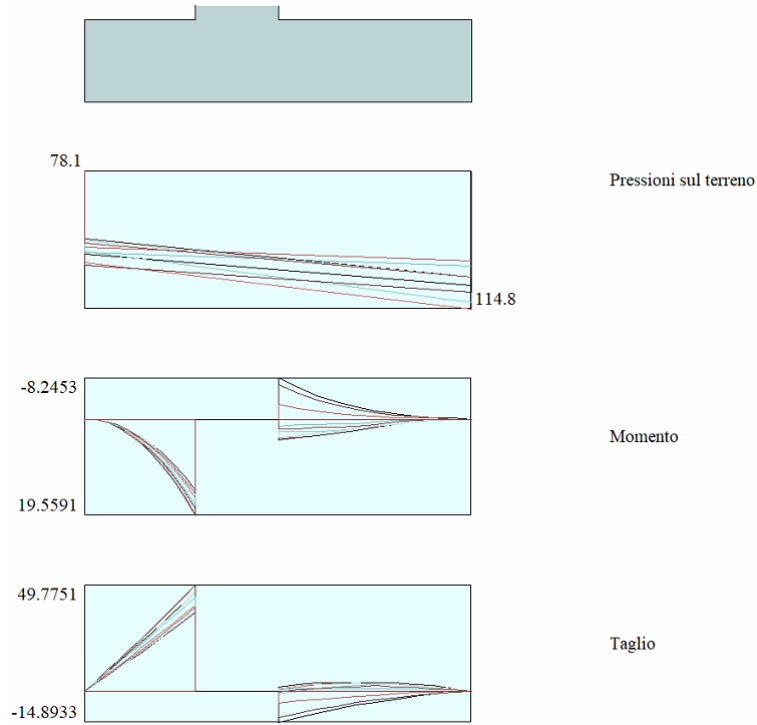


Figura 9 – Muro tipo 1: involucro delle sollecitazioni in fondazione agli SLU/SLV

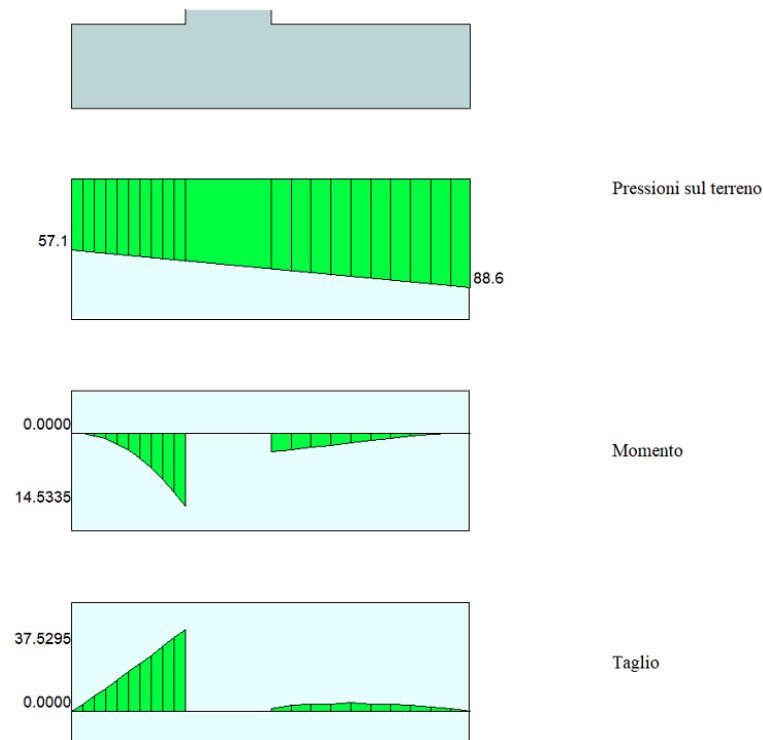


Figura 10 – Muro tipo 1: sollecitazioni massime in fondazione agli SLE

21.1.2 Verifiche geotecniche agli SLU

Di seguito si riassumono i coefficienti di sicurezza relativi alle verifiche geotecniche agli Stati Limite Ultimo e di Vita esaminati. Le verifiche risultano soddisfatte.

CONDIZIONI DRENTE

Simbologia adottata

C	Identificativo della combinazione
Tipo	Tipo combinazione
Sisma	Combinazione sismica
CS_{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS_{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS_{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
CS_{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{QLIM}	CS_{STAB}
1	A1-M1 - [1]	--	2.60	--	17.74	--
2	A1-M1 - [1]	--	3.00	--	16.39	--
3	A1-M1 - [1]	--	2.77	--	16.77	--
4	A1-M1 - [1]	--	2.82	--	17.31	--
5	EQU - [1]	--	--	6.55	--	--
6	STAB - [1]	--	--	--	--	1.93
7	SLEQ - [1]	--	3.00	--	21.31	--
8	SLEF - [1]	--	3.00	--	21.31	--
9	SLEF - [1]	--	3.00	--	21.31	--
10	SLER - [1]	--	3.00	--	21.31	--
11	SLER - [1]	--	3.00	--	21.31	--

CONDIZIONI NON DRENTE

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{QLIM}	CS_{STAB}
1	A1-M1 - [1]	--	2.75	--	18.10	--
2	A1-M1 - [1]	--	3.17	--	16.68	--
3	A1-M1 - [1]	--	2.94	--	17.08	--
4	A1-M1 - [1]	--	2.99	--	17.65	--
5	EQU - [1]	--	--	7.20	--	--
6	STAB - [1]	--	--	--	--	2.62
7	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1.77	--	14.72	--
8	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1.84	--	14.39	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3.13	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3.62	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	3.42
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	3.46
13	SLEQ - [1]	--	2.40	--	18.93	--
14	SLEF - [1]	--	2.40	--	18.93	--
15	SLEF - [1]	--	2.37	--	18.69	--
16	SLER - [1]	--	2.37	--	18.69	--
17	SLER - [1]	--	2.31	--	18.00	--

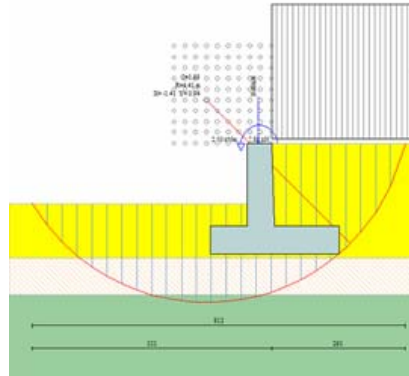


Figura 11 – Muro tipo 1_Capacità portante: meccanismo relativo al fattore di sicurezza minimo

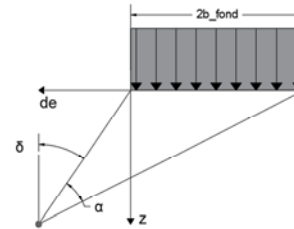
21.1.3 Verifiche geotecniche agli SLE

STRATIGRAFIA

Peso per unità di volume	$\gamma_{\text{terreno}} = 18.00$	kN/m^3
Modulo elastico di compressione vergine	$E_{vc} = 10.67$	MPa
Modulo elastico di scarico e ricarico	$E_{ur} = 32.00$	MPa
Profondità falda rispetto alla fondazione	$H_w = 9.00$	m

MURO DI SOSTEGNO

Larghezza della fondazione	$2b_{\text{fond}} = 2.80$	m
Azione di calcolo	$q_{\text{fond}} = 73.00$	kN/m^2
Azione di ricompressione	$q_{\text{fond_vc}} = 44.20$	kN/m^2
Azione di compressione vergine	$q_{\text{fond_ur}} = 28.80$	kN/m^2



RILEVATO

BLOCCHI_COMPRESSIONE VERGINE

	Blocco 1	Blocco 2	Blocco 3	Blocco 4	Blocco 5	Blocco 6	Blocco 7	Blocco 8	
Distanza del blocco dalla fondazione	$x_{\text{blocco}} = 0.00$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m
Larghezza del blocco	$2b_{\text{blocco_vc}} = 0.00$	0.00	3.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	m
Peso del blocco per unità di volume	$q_{\text{blocco_vc}} = 18.00$	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	kPa

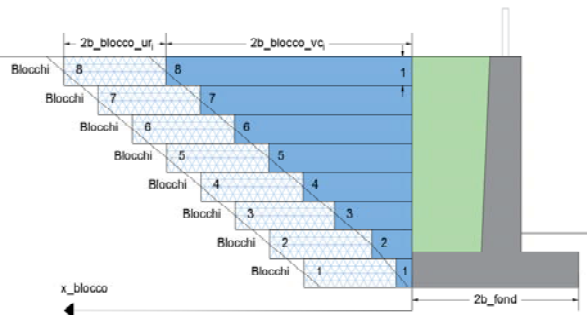
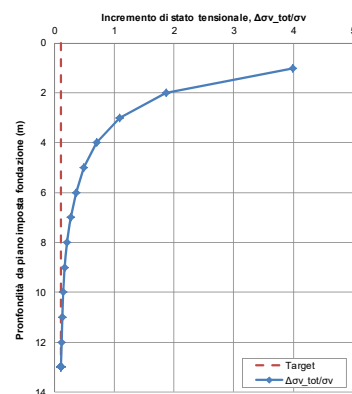
BLOCCHI_RICOMPRESSIONE

	Blocco 1	Blocco 2	Blocco 3	Blocco 4	Blocco 5	Blocco 6	Blocco 7	Blocco 8	
Distanza del blocco dalla fondazione	$x_{\text{blocco}} = 0.00$	0.00	3.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	m
Larghezza del blocco	$2b_{\text{blocco_ur}} = 0.60$	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m
Peso del blocco per unità di volume	$q_{\text{blocco_vc}} = 18.00$	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	kPa

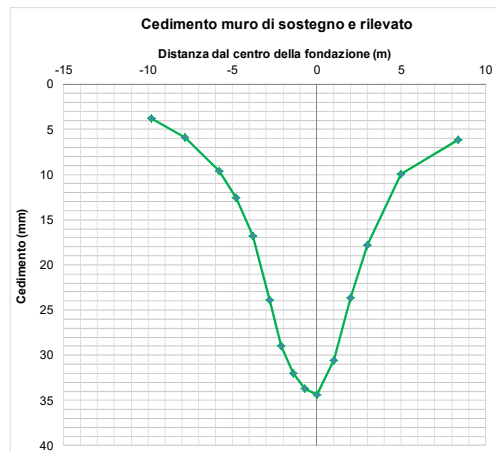
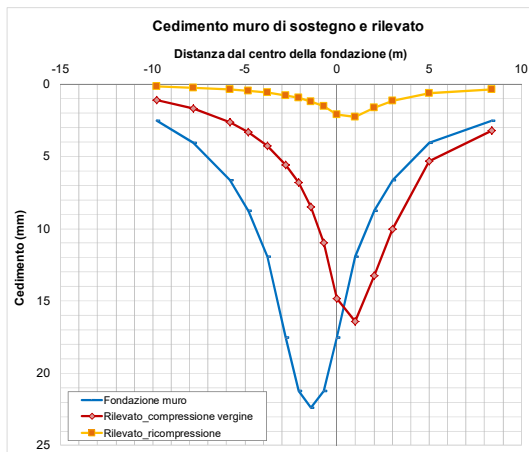
CALCOLO

Criterio definizione della profondità significativa: sulla base di un valore target di incremento di sforzo
 Valore target di incremento di sforzo $\Delta\sigma/\sigma'_{v0} = 0.10$
 Profondità significativa $z_{\text{calc}} = 13.00$

Calcolo dei cedimenti - Profondità significativa



SINTESI DEI RISULTATI



Cedimento massimo = 34mm

21.1.4 Incidenze

Sulla base delle sollecitazioni stimate, in questa fase si assume di armare le sezioni di paramento e fondazione considerando $\Phi 16/20$ sia per le zone tese che compresse e staffe $12\Phi/15$. L'incidenza risulta quindi essere di 65kg/mc .

21.2 MURO TIPO 2

21.2.1 Sollecitazioni stimate

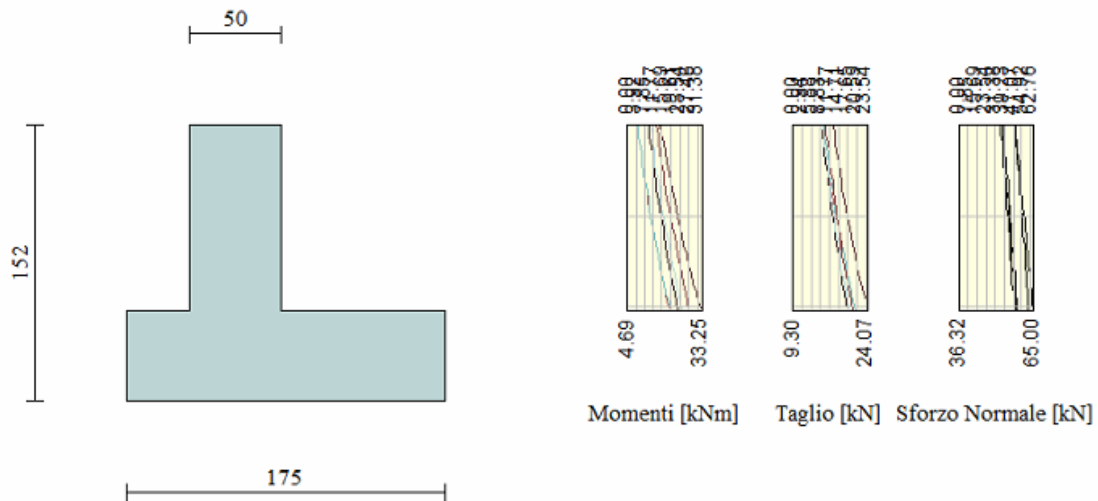


Figura 12 – Muro tipo 1: involucre delle sollecitazioni sul paramento agli SLU/SLV

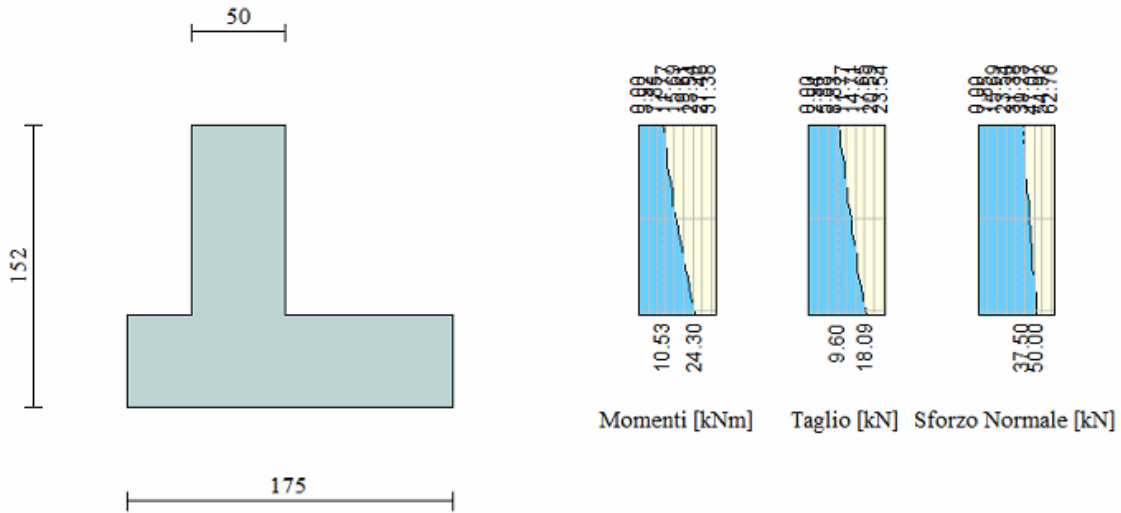


Figura 13 – Muro tipo 1: sollecitazioni massime sul paramento agli SLE

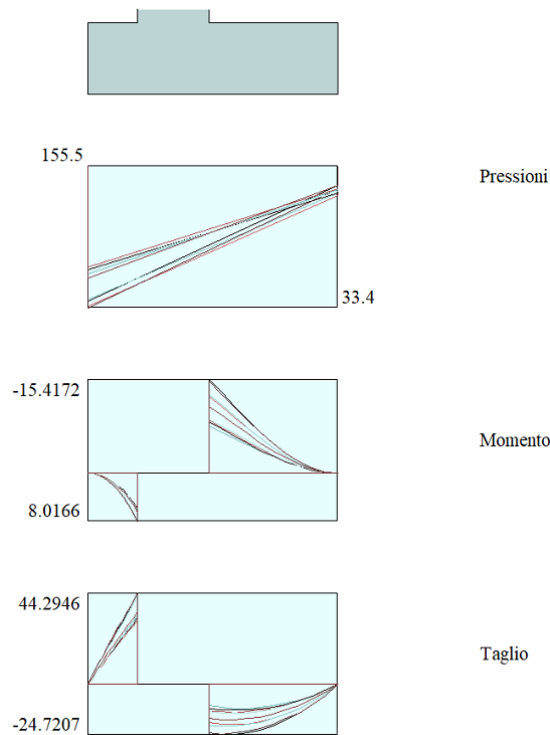


Figura 14 – Muro tipo 1: inviluppo delle sollecitazioni in fondazione agli SLU/SLV

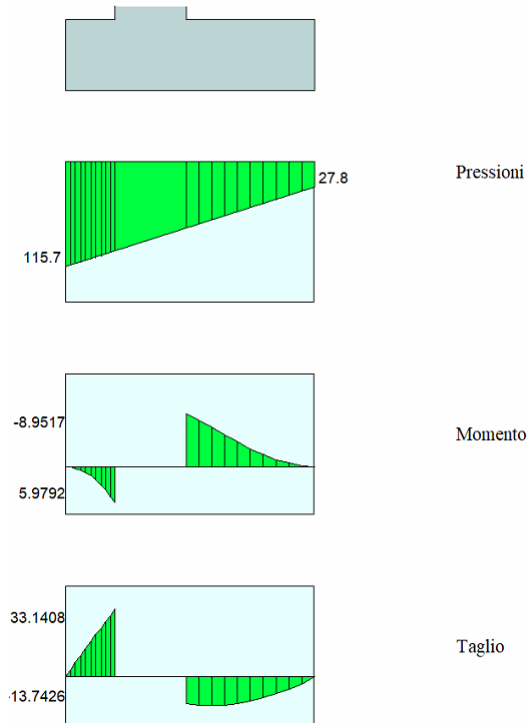


Figura 15 – Muro tipo 1: sollecitazioni massime in fondazione agli SLE

21.2.2 Verifiche geotecniche agli SLU

Di seguito si riassumono i coefficienti di sicurezza relativi alle verifiche geotecniche agli Stati Limite Ultimo e di Vita esaminati. Le verifiche risultano soddisfatte.

CONDIZIONI DRENTE

Simbologia adottata

C	Identificativo della combinazione
Tipo	Tipo combinazione
Sisma	Combinazione sismica
CS _{Sco}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS _{Rib}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS _{qlim}	Coeff. di sicurezza a carico limite
CS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS _{sco}	CS _{rib}	CS _{qlim}	CS _{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	2.53	--	11.97	--
2	A1-M1 - [1]	--	2.80	--	11.81	--
3	A1-M1 - [1]	--	2.62	--	12.13	--
4	A1-M1 - [1]	--	2.71	--	11.68	--
5	EQU - [1]	--	--	4.48	--	--
6	STAB - [1]	--	--	--	--	2.17
7	SLEQ - [1]	--	2.80	--	15.35	--
8	SLEF - [1]	--	2.80	--	15.35	--
9	SLEF - [1]	--	2.80	--	15.35	--
10	SLER - [1]	--	2.80	--	15.35	--

11 SLER - [1] -- 2.80 -- 15.35 --

CONDIZIONI NON DRENTE

C	Tipo	Sisma	CS _{sco}	CS _{rib}	CS _{qlim}	CS _{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	2.23	--	9.52	--
2	A1-M1 - [1]	--	2.47	--	9.61	--
3	A1-M1 - [1]	--	2.31	--	9.74	--
4	A1-M1 - [1]	--	2.38	--	9.42	--
5	EQU - [1]	--	--	3.17	--	--
6	STAB - [1]	--	--	--	--	3.34
7	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1.40	--	5.51	--
8	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1.46	--	5.61	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1.78	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	1.94	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	3.69
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	3.70
13	SLEQ - [1]	--	1.74	--	6.95	--
14	SLEF - [1]	--	1.74	--	6.95	--
15	SLEF - [1]	--	1.73	--	6.76	--
16	SLER - [1]	--	1.73	--	6.76	--
17	SLER - [1]	--	1.68	--	6.21	--

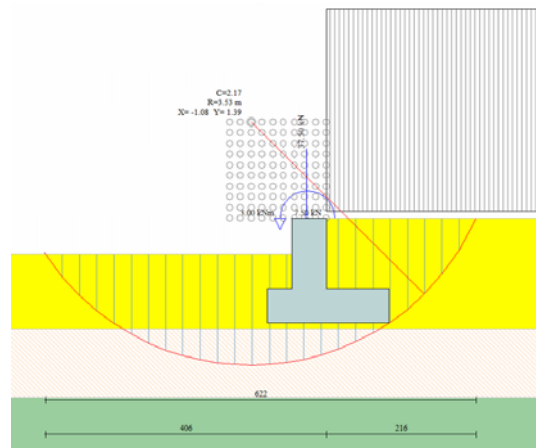


Figura 16 – Muro tipo 2_Capacità portante: meccanismo relativo al fattore di sicurezza minimo

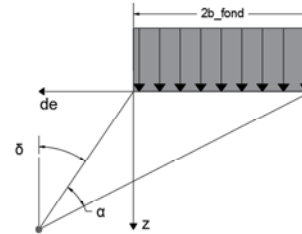
21.2.3 Verifiche geotecniche agli SLE

STRATIGRAFIA

Peso per unità di volume	$\gamma_{\text{terreno}} = 18.00$	kN/m^3
Modulo elastico di compressione vergine	$E_{vc} = 10.67$	MPa
Modulo elastico di scarico e ricarico	$E_{ur} = 32.00$	MPa
Profondità falda rispetto alla fondazione	$H_w = 9.00$	m

MURO DI SOSTEGNO

Larghezza della fondazione	$2b_{\text{fond}} = 1.90$	m
Azione di calcolo	$q_{\text{fond}} = 72.00$	kN/m^2
Azione di ricompressione	$q_{\text{fond_vc}} = 46.80$	kN/m^2
Azione di compressione vergine	$q_{\text{fond_ur}} = 25.20$	kN/m^2



RILEVATO

BLOCCHI_COMPRESSIONE VERGINE

	Blocco 1	Blocco 2	Blocco 3	Blocco 4	Blocco 5	Blocco 6	Blocco 7	Blocco 8
Distanza del blocco dalla fondazione	$x_{\text{blocco}} = 0.00$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larghezza del blocco	$2b_{\text{blocco_vc}} = 0.00$	0.00	1.90	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
Peso del blocco per unità di volume	$q_{\text{blocco_vc}} = 18.00$	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00

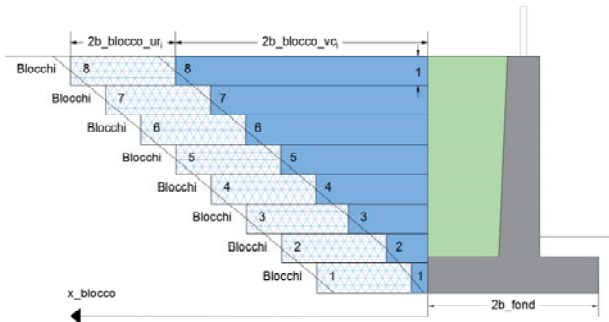
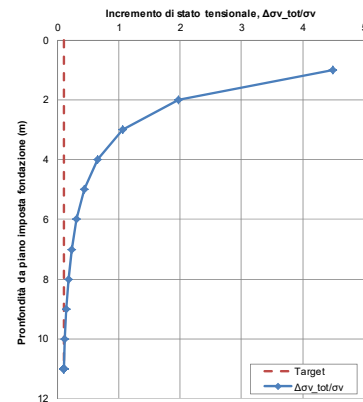
BLOCCHI_RICOMPRESSIONE

	Blocco 1	Blocco 2	Blocco 3	Blocco 4	Blocco 5	Blocco 6	Blocco 7	Blocco 8
Distanza del blocco dalla fondazione	$x_{\text{blocco}} = 0.00$	0.00	1.90	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
Larghezza del blocco	$2b_{\text{blocco_ur}} = 0.60$	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso del blocco per unità di volume	$q_{\text{blocco_vc}} = 18.00$	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00

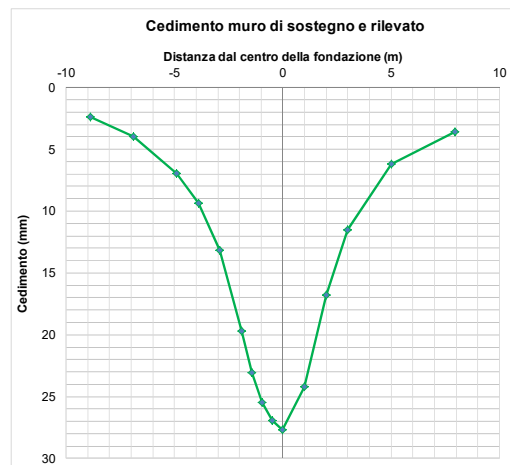
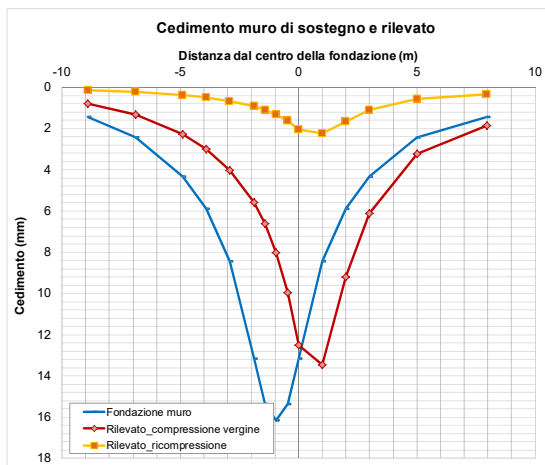
CALCOLO

Criterio definizione della profondità significativa:	sulla base di un valore target di incremento di sforzo
Valore target di incremento di sforzo	$\Delta\sigma/\sigma'v0 = 0.10$
Profondità significativa	$z_{\text{calc}} = 11.00$


Calcolo dei cedimenti - Profondità significativa



SINTESI DEI RISULTATI



Cedimento massimo = 28mm

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO NT10	LOTTO 02	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO RI0005 001	REV A	FOGLIO 92 DI 345

21.2.4 Incidenze

Sulla base delle sollecitazioni stimate, in questa fase si assume di armare le sezioni di paramento e fondazione considerando $\Phi 14/20$ sia per le zone tese che compresse e staffe $12\Phi/15$. L'incidenza risulta quindi essere di 65kg/mc.

22 CONCLUSIONI

Dalle verifiche effettuate si può concludere che la struttura risulta rispondere a tutti i requisiti di resistenza e funzionalità previsti allo SLU e SLE, con opportuno margine di sicurezza. La struttura oggetto della presente relazione è conforme ai criteri di progettazione e di resistenza indicati della normativa vigente, prendendo in considerazione anche le azioni sismiche.

L'analisi critica dei risultati e dei parametri di controllo associata al confronto con verifiche di massima eseguite manualmente porta a confermare la validità dei risultati.

Dovrà essere posta attenzione alle effettive misure dello stato di fatto in modo da posizionare la struttura in oggetto in maniera conforme alle indicazioni di progetto.

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17.01.2018.



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO
APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA
CURNO A BERGAMO

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	94 DI 345



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO
APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA
CURNO A BERGAMO

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	95 DI 345

ALLEGATI



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO
APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA
CURNO A BERGAMO

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	96 DI 345

ALLEGATO 1 – TABULATI DI MAX14

MURO TIPO 1 - CONDIZIONI DRENATE

Normativa

N.T.C. 2018

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
γ_c	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_γ	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	0.90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.30	1.10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.50	1.50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$		1.00	1.25	1.25	1.00
Coesione efficace	γ_c		1.00	1.25	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1.00	1.40	1.40	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}		1.00	1.60	1.60	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_γ		1.00	1.00	1.00	1.00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	0.90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00	1.00	1.10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	1.00	1.00	1.50

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	98 DI 345

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica

Coefficienti parziali

	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Resistenza del terreno a valle	1.00	1.00	1.40
Stabilità globale		1.10	

Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a mensola in c.a.

Altezza del paramento	1.81 [m]
Spessore in sommità	0.54 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.60 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]
Inclinazione paramento interno	2.00 [°]
Lunghezza del muro	10.00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.80 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1.40 [m]
Lunghezza totale fondazione	2.80 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.60 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico	24.517 [kN/mc]
Classe di Resistenza	C32/40
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	40000 [kPa]
Modulo elastico E	33642648 [kPa]

Acciaio

Tipo	B450C
Tensione di snervamento σ_{fa}	449936 [kPa]

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	10.00	0.00	0.00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0.00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0.50	[m]

Falda

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	101 DI 345

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
<i>c</i>	Coesione espressa in [kPa]
<i>c_a</i>	Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	<i>c</i>	<i>c_a</i>
Rilevato	20.00	20.00	38.00	25.33	0.0	0.0
UG2	19.50	19.50	26.00	26.00	0.0	0.0
UG3	19.00	19.00	24.00	24.00	0.0	0.0

Stratigrafia

Simbologia adottata

<i>N</i>	Indice dello strato
<i>H</i>	Spessore dello strato espresso in [m]
<i>a</i>	Inclinazione espressa in [°]
<i>K_w</i>	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
<i>K_s</i>	Coefficiente di spinta
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato

Nr.	H	a	K _w	K _s	Terreno
1	2.50	0.00	11.54	0.00	Rilevato
2	0.80	0.00	2.11	0.00	UG2
3	8.00	0.00	1.90	0.00	UG3

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F_x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F_y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X_i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X_f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q_i	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]
Q_f	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Ballast e riempimento)

C	Paramento	$X=-0.27$	$Y=0.00$	$F_x=7.8000$	$F_y=0.0000$	$M=2.5000$
D	Profilo	$X_i=0.00$	$X_f=10.00$	$Q_i=14.4000$	$Q_f=14.4000$	

Condizione n° 2 (treno SW/2)

D	Profilo	$X_i=3.67$	$X_f=6.28$	$Q_i=57.1400$	$Q_f=57.1400$	
D	Profilo	$X_i=7.67$	$X_f=10.00$	$Q_i=57.1400$	$Q_f=57.1400$	

Condizione n° 3 (Banchina)

C	Paramento	$X=-0.29$	$Y=0.00$	$F_x=0.0000$	$F_y=35.0000$	$M=0.0000$
D	Profilo	$X_i=0.00$	$X_f=3.15$	$Q_i=14.4000$	$Q_f=14.4000$	

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ	Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
--	-----	----------	--------	-----------------

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	104 DI 345

Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.30	1.00	1.30
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	0.50	0.50

Combinazione n° 9 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00

Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	0.80	0.80

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure $w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

Calcolo della portanza metodo di Hansen



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO
APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA
CURNO A BERGAMO

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	106 DI 345

Coefficiente correttivo su N_{γ} per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1.00

Coefficiente correttivo su N_{γ} per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1.00

Impostazioni avanzate

Terreno a monte a elevata permeabilità

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS_{SCO}</i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS_{RIB}</i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS_{QLIM}</i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS_{STAB}</i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{QLIM}	CS_{STAB}
1	A1-M1 - [1]	--	2.60	--	17.74	--
2	A1-M1 - [1]	--	3.00	--	16.39	--
3	A1-M1 - [1]	--	2.77	--	16.77	--
4	A1-M1 - [1]	--	2.82	--	17.31	--
5	EQU - [1]	--	--	6.55	--	--
6	STAB - [1]	--	--	--	--	1.93
7	SLEQ - [1]	--	3.00	--	21.31	--
8	SLEF - [1]	--	3.00	--	21.31	--
9	SLEF - [1]	--	3.00	--	21.31	--
10	SLER - [1]	--	3.00	--	21.31	--
11	SLER - [1]	--	3.00	--	21.31	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Hansen
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	1.10 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.38
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 6.39$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 3.20$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.00 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.47
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.00$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento) 0.0

Lunghezza del muro 10.00 [m]

Peso muro 66.6011 [kN]

Baricentro del muro X=-0.06 Y=-1.66

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 1.46	Y = -2.41
Punto superiore superficie di spinta	X = 1.46	Y = 0.00
Altezza della superficie di spinta	2.41	[m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00	[°]

COMBINAZIONE n° 1

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	35.9085	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	32.4553	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	15.3647	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.39	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1.46	[m]	Y = -2.41	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	106.6065	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.75	[m]	Y = -0.90	[m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	10.14	[kN]
Componente dir. Y	45.50	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	42.5953	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	234.0723	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	234.0723	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	42.5953	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.04	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.80	[m]
Risultante in fondazione	237.9164	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10.31	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-9.5461	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	4151.5990	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.80	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	76.21	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	90.79	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	110 DI 345

Coeff. capacità portante	$N_c = 61.35$	$N_q = 48.93$	$N_\gamma = 56.17$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.61$	$i_q = 0.62$	$i_\gamma = 0.51$
Fattori profondità	$d_c = 1.16$	$d_q = 1.09$	$d_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_\gamma = 1.00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 43.49$	$N'_q = 33.12$	$N'_\gamma = 28.42$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.60
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	17.74

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	45.5000	4.3875	10.1400
2	0.09	46.7017	5.4098	10.8504
3	0.18	47.9103	6.5005	11.6100
4	0.27	49.1260	7.6640	12.4144
5	0.36	50.3487	8.9041	13.2624
6	0.45	51.5783	10.2249	14.1542
7	0.54	52.8150	11.6303	15.0896
8	0.63	54.0588	13.1244	16.0687
9	0.72	55.3095	14.7109	17.0915
10	0.81	56.5672	16.3941	18.1580
11	0.91	57.8319	18.1777	19.2682
12	1.00	59.1037	20.0657	20.4221
13	1.09	60.3824	22.0622	21.6196
14	1.18	61.6682	24.1710	22.8609
15	1.27	62.9610	26.3962	24.1458
16	1.36	64.2607	28.7418	25.4745
17	1.45	65.5675	31.2115	26.8468
18	1.54	66.8813	33.8096	28.2628
19	1.63	68.2021	36.5398	29.7225
20	1.72	69.5300	39.4062	31.2259
21	1.81	70.8648	42.4126	32.7659

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	112 DI 345

2	0.08	0.1973	4.9368
3	0.16	0.7908	9.9069
4	0.24	1.7833	14.9103
5	0.32	3.1773	19.9470
6	0.40	4.9757	25.0170
7	0.48	7.1809	30.1202
8	0.56	9.7958	35.2568
9	0.64	12.8229	40.4266
10	0.72	16.2649	45.6297
11	0.80	20.1245	50.8661

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	-0.0849	-1.2297
3	0.28	-0.3491	-2.5613
4	0.42	-0.8068	-3.9949
5	0.56	-1.4724	-5.5304
6	0.70	-2.3601	-7.1678
7	0.84	-3.4842	-8.9072
8	0.98	-4.8589	-10.7485
9	1.12	-6.4985	-12.6917
10	1.26	-8.4173	-14.7368
11	1.40	-10.6295	-16.8839

COMBINAZIONE n° 2

Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	35.9085	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	32.4553	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	15.3647	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.39	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	113 DI 345

Punto d'applicazione della spinta della falda X = 1.46 [m] Y = -2.41 [m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 122.1537 [kN]

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 0.75 [m] Y = -0.90 [m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X 10.14 [kN]

Componente dir. Y 45.50 [kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 42.5953 [kN]

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 269.5998 [kN]

Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 269.5998 [kN]

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 42.5953 [kN]

Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione -0.07 [m]

Lunghezza fondazione reagente 2.80 [m]

Risultante in fondazione 272.9440 [kN]

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 8.98 [°]

Momento rispetto al baricentro della fondazione -17.8057 [kNm]

Carico ultimo della fondazione 4419.0502 [kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 2.80 [m]

Tensione terreno allo spigolo di valle 82.58 [kPa]

Tensione terreno allo spigolo di monte 109.77 [kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante $N_c = 61.35$ $N_q = 48.93$ $N_\gamma = 56.17$

Fattori forma $s_c = 1.00$ $s_q = 1.00$ $s_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione $i_c = 0.66$ $i_q = 0.66$ $i_\gamma = 0.56$

Fattori profondità $d_c = 1.16$ $d_q = 1.09$ $d_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione piano posa $b_c = 1.00$ $b_q = 1.00$ $b_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione pendio $g_c = 1.00$ $g_q = 1.00$ $g_\gamma = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 46.54$ $N'_q = 35.36$ $N'_\gamma = 31.26$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 3.00

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 16.39

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	45.5000	4.3875	10.1400
2	0.09	47.0621	5.4101	10.8504
3	0.18	48.6334	6.5017	11.6100
4	0.27	50.2138	7.6665	12.4144
5	0.36	51.8033	8.9087	13.2624
6	0.45	53.4019	10.2321	14.1542
7	0.54	55.0096	11.6407	15.0896
8	0.63	56.6264	13.1385	16.0687
9	0.72	58.2523	14.7294	17.0915
10	0.81	59.8874	16.4175	18.1580
11	0.91	61.5315	18.2066	19.2682
12	1.00	63.1848	20.1008	20.4221
13	1.09	64.8472	22.1040	21.6196
14	1.18	66.5186	24.2203	22.8609
15	1.27	68.1992	26.4534	24.1458
16	1.36	69.8890	28.8075	25.4745
17	1.45	71.5878	31.2865	26.8468
18	1.54	73.2957	33.8944	28.2628
19	1.63	75.0128	36.6351	29.7225
20	1.72	76.7389	39.5126	31.2259
21	1.81	78.4742	42.5307	32.7659

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	115 DI 345

2	0.08	0.2039	5.1076
3	0.16	0.8189	10.2772
4	0.24	1.8499	15.5089
5	0.32	3.3020	20.8027
6	0.40	5.1800	26.1586
7	0.48	7.4890	31.5766
8	0.56	10.2339	37.0567
9	0.64	13.4197	42.5988
10	0.72	17.0514	48.2030
11	0.80	21.1338	53.8693

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	0.0558	0.7656
3	0.28	0.2055	1.3412
4	0.42	0.4225	1.7266
5	0.56	0.6801	1.9219
6	0.70	0.9517	1.9270
7	0.84	1.2108	1.7420
8	0.98	1.4306	1.3670
9	1.12	1.5846	0.8018
10	1.26	1.6462	0.0464
11	1.40	1.5888	-0.8990

COMBINAZIONE n° 3

Peso muro favorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	35.9085	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	32.4553	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	15.3647	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.39	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	116 DI 345

Punto d'applicazione della spinta della falda X = 1.46 [m] Y = -2.41 [m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 122.1537 [kN]

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 0.75 [m] Y = -0.90 [m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X 10.14 [kN]

Componente dir. Y 45.50 [kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 42.5953 [kN]

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 249.6195 [kN]

Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 249.6195 [kN]

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 42.5953 [kN]

Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione -0.08 [m]

Lunghezza fondazione reagente 2.80 [m]

Risultante in fondazione 253.2277 [kN]

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 9.68 [°]

Momento rispetto al baricentro della fondazione -20.2066 [kNm]

Carico ultimo della fondazione 4187.2265 [kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 2.80 [m]

Tensione terreno allo spigolo di valle 73.62 [kPa]

Tensione terreno allo spigolo di monte 104.48 [kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante $N_c = 61.35$ $N_q = 48.93$ $N_\gamma = 56.17$

Fattori forma $s_c = 1.00$ $s_q = 1.00$ $s_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione $i_c = 0.63$ $i_q = 0.64$ $i_\gamma = 0.53$

Fattori profondità $d_c = 1.16$ $d_q = 1.09$ $d_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione piano posa $b_c = 1.00$ $b_q = 1.00$ $b_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione pendio $g_c = 1.00$ $g_q = 1.00$ $g_\gamma = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 44.91$ $N'_q = 34.17$ $N'_\gamma = 29.74$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 2.77

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 16.77

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 3

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	45.5000	4.3875	10.1400
2	0.09	46.7017	5.4098	10.8504
3	0.18	47.9103	6.5005	11.6100
4	0.27	49.1260	7.6640	12.4144
5	0.36	50.3487	8.9041	13.2624
6	0.45	51.5783	10.2249	14.1542
7	0.54	52.8150	11.6303	15.0896
8	0.63	54.0588	13.1244	16.0687
9	0.72	55.3095	14.7109	17.0915
10	0.81	56.5672	16.3941	18.1580
11	0.91	57.8319	18.1777	19.2682
12	1.00	59.1037	20.0657	20.4221
13	1.09	60.3824	22.0622	21.6196
14	1.18	61.6682	24.1710	22.8609
15	1.27	62.9610	26.3962	24.1458
16	1.36	64.2607	28.7418	25.4745
17	1.45	65.5675	31.2115	26.8468
18	1.54	66.8813	33.8096	28.2628
19	1.63	68.2021	36.5398	29.7225
20	1.72	69.5300	39.4062	31.2259
21	1.81	70.8648	42.4126	32.7659

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 3

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	118 DI 345

2	0.08	0.1894	4.7479
3	0.16	0.7615	9.5663
4	0.24	1.7219	14.4551
5	0.32	3.0762	19.4144
6	0.40	4.8301	24.4441
7	0.48	6.9892	29.5443
8	0.56	9.5591	34.7150
9	0.64	12.5455	39.9560
10	0.72	15.9539	45.2676
11	0.80	19.7901	50.6496

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 3

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	0.0466	0.6294
3	0.28	0.1662	1.0431
4	0.42	0.3286	1.2410
5	0.56	0.5036	1.2232
6	0.70	0.6610	0.9896
7	0.84	0.7706	0.5402
8	0.98	0.8022	-0.1249
9	1.12	0.7256	-1.0057
10	1.26	0.5105	-2.1024
11	1.40	0.1269	-3.4147

COMBINAZIONE n° 4

Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	35.9085	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	32.4553	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	15.3647	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.39	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	119 DI 345

Punto d'applicazione della spinta della falda X = 1.46 [m] Y = -2.41 [m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 106.6065 [kN]

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 0.75 [m] Y = -0.90 [m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X 10.14 [kN]

Componente dir. Y 45.50 [kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 42.5953 [kN]

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 254.0526 [kN]

Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 254.0526 [kN]

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 42.5953 [kN]

Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione -0.03 [m]

Lunghezza fondazione reagente 2.80 [m]

Risultante in fondazione 257.5987 [kN]

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 9.52 [°]

Momento rispetto al baricentro della fondazione -7.1452 [kNm]

Carico ultimo della fondazione 4398.8008 [kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 2.80 [m]

Tensione terreno allo spigolo di valle 85.17 [kPa]

Tensione terreno allo spigolo di monte 96.09 [kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante $N_c = 61.35$ $N_q = 48.93$ $N_\gamma = 56.17$

Fattori forma $s_c = 1.00$ $s_q = 1.00$ $s_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione $i_c = 0.64$ $i_q = 0.65$ $i_\gamma = 0.54$

Fattori profondità $d_c = 1.16$ $d_q = 1.09$ $d_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione piano posa $b_c = 1.00$ $b_q = 1.00$ $b_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione pendio $g_c = 1.00$ $g_q = 1.00$ $g_\gamma = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 45.29$ $N'_q = 34.45$ $N'_\gamma = 30.09$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 2.82

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 17.31

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 4

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	45.5000	4.3875	10.1400
2	0.09	47.0621	5.4101	10.8504
3	0.18	48.6334	6.5017	11.6100
4	0.27	50.2138	7.6665	12.4144
5	0.36	51.8033	8.9087	13.2624
6	0.45	53.4019	10.2321	14.1542
7	0.54	55.0096	11.6407	15.0896
8	0.63	56.6264	13.1385	16.0687
9	0.72	58.2523	14.7294	17.0915
10	0.81	59.8874	16.4175	18.1580
11	0.91	61.5315	18.2066	19.2682
12	1.00	63.1848	20.1008	20.4221
13	1.09	64.8472	22.1040	21.6196
14	1.18	66.5186	24.2203	22.8609
15	1.27	68.1992	26.4534	24.1458
16	1.36	69.8890	28.8075	25.4745
17	1.45	71.5878	31.2865	26.8468
18	1.54	73.2957	33.8944	28.2628
19	1.63	75.0128	36.6351	29.7225
20	1.72	76.7389	39.5126	31.2259
21	1.81	78.4742	42.5307	32.7659

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 4

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	121 DI 345

2	0.08	0.2117	5.2965
3	0.16	0.8481	10.6179
4	0.24	1.9112	15.9642
5	0.32	3.4030	21.3354
6	0.40	5.3255	26.7315
7	0.48	7.6807	32.1525
8	0.56	10.4706	37.5985
9	0.64	13.6972	43.0693
10	0.72	17.3624	48.5651
11	0.80	21.4682	54.0858

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 4

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	-0.0757	-1.0935
3	0.28	-0.3097	-2.2633
4	0.42	-0.7129	-3.5094
5	0.56	-1.2959	-4.8317
6	0.70	-2.0694	-6.2304
7	0.84	-3.0440	-7.7054
8	0.98	-4.2305	-9.2566
9	1.12	-5.6394	-10.8842
10	1.26	-7.2816	-12.5880
11	1.40	-9.1676	-14.3682

COMBINAZIONE n° 5

Valore della spinta statica	35.9085	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	32.4553	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	15.3647	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.39	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1.46	[m]	Y = -2.41	[m]

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	122 DI 345

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	106.6065	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.75	[m]	Y = -0.90	[m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	10.14	[kN]
Componente dir. Y	45.50	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	42.5953	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	234.0723	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	60.8591	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	398.4817	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	234.0723	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	42.5953	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.04	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.80	[m]
Risultante in fondazione	237.9164	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10.31	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-9.5461	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	6.55
--	------

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 6

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Ctn, Ctt	contributo tiranti espresso in [kN]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1.41 Y[m]= 0.94

Raggio del cerchio R[m]= 4.41

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5.21

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.91

Larghezza della striscia dx[m]= 0.32

Coefficiente di sicurezza C= 1.93

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u	Ctn	Ctt
1	12.4067	70.91	11.7243	0.0097	32.01	0	0	---	---
2	17.3234	60.52	15.0800	0.0065	32.01	0	0	---	---
3	20.5780	52.74	16.3785	0.0053	32.01	0	0	---	---
4	23.0668	46.21	16.6510	0.0046	32.01	0	0	---	---
5	25.5508	40.39	16.5565	0.0042	29.85	0	0	---	---
6	27.5633	35.04	15.8267	0.0039	21.32	0	0	---	---
7	28.8865	30.03	14.4565	0.0037	21.32	0	0	---	---
8	29.9718	25.26	12.7904	0.0035	21.32	0	0	---	---
9	30.7949	20.67	10.8724	0.0034	21.32	0	0	---	---
10	59.9095	16.22	16.7375	0.0033	20.56	0	0	---	---
11	21.1007	11.87	4.3406	0.0033	19.61	0	0	---	---
12	14.5438	7.59	1.9204	0.0032	19.61	0	0	---	---
13	14.7381	3.35	0.8604	0.0032	19.61	0	0	---	---
14	13.9211	-0.88	-0.2127	0.0032	19.61	0	0	---	---
15	13.7450	-5.10	-1.2225	0.0032	19.61	0	0	---	---
16	13.4903	-9.36	-2.1936	0.0032	19.61	0	0	---	---
17	13.0812	-13.67	-3.0907	0.0033	19.61	0	0	---	---

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	124 DI 345

18	12.5028	-18.06	-3.8752	0.0034	21.22	0	0	---	---
19	11.7398	-22.56	-4.5037	0.0035	21.32	0	0	---	---
20	10.7830	-27.21	-4.9313	0.0036	21.32	0	0	---	---
21	9.6088	-32.08	-5.1027	0.0038	21.32	0	0	---	---
22	8.1813	-37.21	-4.9481	0.0040	23.58	0	0	---	---
23	6.4169	-42.74	-4.3546	0.0043	32.01	0	0	---	---
24	4.2354	-48.81	-3.1874	0.0048	32.01	0	0	---	---
25	1.4779	-55.77	-1.2219	0.0057	32.01	0	0	---	---

$$\Sigma W_i = 445.6179 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 115.3510 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 194.5363 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 2.50$$

Muri di sostegno sede ferroviaria

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	125 DI 345

Relazione di calcolo

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	35.0000	3.3750	7.8000
2	0.09	36.2017	4.1616	8.3465
3	0.18	37.4103	5.0013	8.9308
4	0.27	38.6260	5.8973	9.5495
5	0.36	39.8487	6.8528	10.2019
6	0.45	41.0783	7.8708	10.8878
7	0.54	42.3150	8.9544	11.6074
8	0.63	43.5588	10.1065	12.3606
9	0.72	44.8095	11.3303	13.1473
10	0.81	46.0672	12.6288	13.9677
11	0.91	47.3319	14.0051	14.8217
12	1.00	48.6037	15.4622	15.7093
13	1.09	49.8824	17.0031	16.6305
14	1.18	51.1682	18.6310	17.5853
15	1.27	52.4610	20.3488	18.5737
16	1.36	53.7607	22.1596	19.5957
17	1.45	55.0675	24.0666	20.6514
18	1.54	56.3813	26.0726	21.7406
19	1.63	57.7021	28.1809	22.8634
20	1.72	59.0300	30.3943	24.0199
21	1.81	60.3648	32.7159	25.2046

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 7

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	126 DI 345

2	0.08	0.1568	3.9289
3	0.16	0.6299	7.9055
4	0.24	1.4230	11.9300
5	0.32	2.5400	16.0021
6	0.40	3.9846	20.1220
7	0.48	5.7608	24.2897
8	0.56	7.8722	28.5051
9	0.64	10.3229	32.7683
10	0.72	13.1164	37.0792
11	0.80	16.2568	41.4379

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 7

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	0.0429	0.5890
3	0.28	0.1581	1.0317
4	0.42	0.3250	1.3281
5	0.56	0.5231	1.4783
6	0.70	0.7321	1.4823
7	0.84	0.9314	1.3400
8	0.98	1.1005	1.0515
9	1.12	1.2190	0.6167
10	1.26	1.2663	0.0357
11	1.40	1.2221	-0.6916

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	35.0000	3.3750	7.8000
2	0.09	36.2017	4.1616	8.3465
3	0.18	37.4103	5.0013	8.9308
4	0.27	38.6260	5.8973	9.5495
5	0.36	39.8487	6.8528	10.2019
6	0.45	41.0783	7.8708	10.8878
7	0.54	42.3150	8.9544	11.6074
8	0.63	43.5588	10.1065	12.3606
9	0.72	44.8095	11.3303	13.1473
10	0.81	46.0672	12.6288	13.9677
11	0.91	47.3319	14.0051	14.8217
12	1.00	48.6037	15.4622	15.7093
13	1.09	49.8824	17.0031	16.6305
14	1.18	51.1682	18.6310	17.5853
15	1.27	52.4610	20.3488	18.5737
16	1.36	53.7607	22.1596	19.5957
17	1.45	55.0675	24.0666	20.6514
18	1.54	56.3813	26.0726	21.7406
19	1.63	57.7021	28.1809	22.8634
20	1.72	59.0300	30.3943	24.0199
21	1.81	60.3648	32.7159	25.2046

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 8

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	128 DI 345

2	0.08	0.1568	3.9289
3	0.16	0.6299	7.9055
4	0.24	1.4230	11.9300
5	0.32	2.5400	16.0021
6	0.40	3.9846	20.1220
7	0.48	5.7608	24.2897
8	0.56	7.8722	28.5051
9	0.64	10.3229	32.7683
10	0.72	13.1164	37.0792
11	0.80	16.2568	41.4379

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 8

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	0.0429	0.5890
3	0.28	0.1581	1.0317
4	0.42	0.3250	1.3281
5	0.56	0.5231	1.4783
6	0.70	0.7321	1.4823
7	0.84	0.9314	1.3400
8	0.98	1.1005	1.0515
9	1.12	1.2190	0.6167
10	1.26	1.2663	0.0357
11	1.40	1.2221	-0.6916

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 9

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	35.0000	3.3750	7.8000
2	0.09	36.2017	4.1616	8.3465
3	0.18	37.4103	5.0013	8.9308
4	0.27	38.6260	5.8973	9.5495
5	0.36	39.8487	6.8528	10.2019
6	0.45	41.0783	7.8708	10.8878
7	0.54	42.3150	8.9544	11.6074
8	0.63	43.5588	10.1065	12.3606
9	0.72	44.8095	11.3303	13.1473
10	0.81	46.0672	12.6288	13.9677
11	0.91	47.3319	14.0051	14.8217
12	1.00	48.6037	15.4622	15.7093
13	1.09	49.8824	17.0031	16.6305
14	1.18	51.1682	18.6310	17.5853
15	1.27	52.4610	20.3488	18.5737
16	1.36	53.7607	22.1596	19.5957
17	1.45	55.0675	24.0666	20.6514
18	1.54	56.3813	26.0726	21.7406
19	1.63	57.7021	28.1809	22.8634
20	1.72	59.0300	30.3943	24.0199
21	1.81	60.3648	32.7159	25.2046

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 9

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	130 DI 345

2	0.08	0.1568	3.9289
3	0.16	0.6299	7.9055
4	0.24	1.4230	11.9300
5	0.32	2.5400	16.0021
6	0.40	3.9846	20.1220
7	0.48	5.7608	24.2897
8	0.56	7.8722	28.5051
9	0.64	10.3229	32.7683
10	0.72	13.1164	37.0792
11	0.80	16.2568	41.4379

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 9

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	0.0429	0.5890
3	0.28	0.1581	1.0317
4	0.42	0.3250	1.3281
5	0.56	0.5231	1.4783
6	0.70	0.7321	1.4823
7	0.84	0.9314	1.3400
8	0.98	1.1005	1.0515
9	1.12	1.2190	0.6167
10	1.26	1.2663	0.0357
11	1.40	1.2221	-0.6916

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 10

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	35.0000	3.3750	7.8000
2	0.09	36.2017	4.1616	8.3465
3	0.18	37.4103	5.0013	8.9308
4	0.27	38.6260	5.8973	9.5495
5	0.36	39.8487	6.8528	10.2019
6	0.45	41.0783	7.8708	10.8878
7	0.54	42.3150	8.9544	11.6074
8	0.63	43.5588	10.1065	12.3606
9	0.72	44.8095	11.3303	13.1473
10	0.81	46.0672	12.6288	13.9677
11	0.91	47.3319	14.0051	14.8217
12	1.00	48.6037	15.4622	15.7093
13	1.09	49.8824	17.0031	16.6305
14	1.18	51.1682	18.6310	17.5853
15	1.27	52.4610	20.3488	18.5737
16	1.36	53.7607	22.1596	19.5957
17	1.45	55.0675	24.0666	20.6514
18	1.54	56.3813	26.0726	21.7406
19	1.63	57.7021	28.1809	22.8634
20	1.72	59.0300	30.3943	24.0199
21	1.81	60.3648	32.7159	25.2046

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 10

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	132 DI 345

2	0.08	0.1568	3.9289
3	0.16	0.6299	7.9055
4	0.24	1.4230	11.9300
5	0.32	2.5400	16.0021
6	0.40	3.9846	20.1220
7	0.48	5.7608	24.2897
8	0.56	7.8722	28.5051
9	0.64	10.3229	32.7683
10	0.72	13.1164	37.0792
11	0.80	16.2568	41.4379

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 10

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	0.0429	0.5890
3	0.28	0.1581	1.0317
4	0.42	0.3250	1.3281
5	0.56	0.5231	1.4783
6	0.70	0.7321	1.4823
7	0.84	0.9314	1.3400
8	0.98	1.1005	1.0515
9	1.12	1.2190	0.6167
10	1.26	1.2663	0.0357
11	1.40	1.2221	-0.6916

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 11

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	35.0000	3.3750	7.8000
2	0.09	36.2017	4.1616	8.3465
3	0.18	37.4103	5.0013	8.9308
4	0.27	38.6260	5.8973	9.5495
5	0.36	39.8487	6.8528	10.2019
6	0.45	41.0783	7.8708	10.8878
7	0.54	42.3150	8.9544	11.6074
8	0.63	43.5588	10.1065	12.3606
9	0.72	44.8095	11.3303	13.1473
10	0.81	46.0672	12.6288	13.9677
11	0.91	47.3319	14.0051	14.8217
12	1.00	48.6037	15.4622	15.7093
13	1.09	49.8824	17.0031	16.6305
14	1.18	51.1682	18.6310	17.5853
15	1.27	52.4610	20.3488	18.5737
16	1.36	53.7607	22.1596	19.5957
17	1.45	55.0675	24.0666	20.6514
18	1.54	56.3813	26.0726	21.7406
19	1.63	57.7021	28.1809	22.8634
20	1.72	59.0300	30.3943	24.0199
21	1.81	60.3648	32.7159	25.2046

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 11

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	134 DI 345

2	0.08	0.1568	3.9289
3	0.16	0.6299	7.9055
4	0.24	1.4230	11.9300
5	0.32	2.5400	16.0021
6	0.40	3.9846	20.1220
7	0.48	5.7608	24.2897
8	0.56	7.8722	28.5051
9	0.64	10.3229	32.7683
10	0.72	13.1164	37.0792
11	0.80	16.2568	41.4379

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 11

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	0.0429	0.5890
3	0.28	0.1581	1.0317
4	0.42	0.3250	1.3281
5	0.56	0.5231	1.4783
6	0.70	0.7321	1.4823
7	0.84	0.9314	1.3400
8	0.98	1.1005	1.0515
9	1.12	1.2190	0.6167
10	1.26	1.2663	0.0357
11	1.40	1.2221	-0.6916

MURO TIPO 1 – CONDIZIONI NON DRENATE

Normativa

N.T.C. 2018

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_{c'}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_r	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	0.90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.30	1.10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.50	1.50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$	1.00	1.25	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.40	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.60	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	0.90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00	1.00	1.10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	136 DI 345

Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	1.00	1.00	1.50
-----------	-------------	------------------	------	------	------	------

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\psi}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica

Coefficienti parziali

	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Resistenza del terreno a valle	1.00	1.00	1.40
Stabilità globale		1.10	

Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a mensola in c.a.

Altezza del paramento	1.81 [m]
Spessore in sommità	0.54 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.60 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]
Inclinazione paramento interno	2.00 [°]
Lunghezza del muro	10.00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.80 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1.40 [m]
Lunghezza totale fondazione	2.80 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.60 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico	24.517 [kN/mc]
Classe di Resistenza	C32/40
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	40000 [kPa]
Modulo elastico E	33642648 [kPa]

Acciaio

Tipo	B450C
Tensione di snervamento σ_{fa}	449936 [kPa]

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	10.00	0.00	0.00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0.00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0.50	[m]

Falda

Descrizione terreni

Simbologia adottata

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
<i>c</i>	Coesione espressa in [kPa]
<i>c_a</i>	Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	<i>c</i>	<i>c_a</i>
Rilevato	20.00	20.00	38.00	25.33	0.0	0.0
UG2	19.50	19.50	26.00	26.00	30.0	0.0
UG3	19.00	19.00	0.00	0.00	50.0	0.0

Stratigrafia

Simbologia adottata

<i>N</i>	Indice dello strato
<i>H</i>	Spessore dello strato espresso in [m]
<i>a</i>	Inclinazione espressa in [°]
<i>K_w</i>	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
<i>K_s</i>	Coefficiente di spinta
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato

Nr.	H	a	K _w	K _s	Terreno
1	2.50	0.00	11.54	0.00	Rilevato
2	0.80	0.00	5.73	0.00	UG2
3	8.00	0.00	1.90	0.00	UG3

Muri di sostegno sede ferroviaria

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	140 DI 345

Relazione di calcolo

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F_x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F_y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X_i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X_f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q_i	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]
Q_f	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Ballast e riempimento)

C	Paramento	$X=-0.27$	$Y=0.00$	$F_x=3.0000$	$F_y=0.0000$	$M=0.6000$
D	Profilo	$X_i=0.00$	$X_f=10.00$	$Q_i=10.8000$	$Q_f=10.8000$	

Condizione n° 2 (treno SW/2)

D	Profilo	$X_i=3.67$	$X_f=6.28$	$Q_i=57.1400$	$Q_f=57.1400$	
D	Profilo	$X_i=7.67$	$X_f=10.00$	$Q_i=57.1400$	$Q_f=57.1400$	

Condizione n° 3 (Banchina)

C	Paramento	$X=-0.29$	$Y=0.00$	$F_x=0.0000$	$F_y=32.0000$	$M=0.0000$
D	Profilo	$X_i=0.00$	$X_f=3.15$	$Q_i=14.4000$	$Q_f=14.4000$	

Condizione n° 4 (Folla)

C	Paramento	$X=-0.27$	$Y=0.00$	$F_x=3.0000$	$F_y=0.0000$	$M=3.6000$
D	Profilo	$X_i=0.00$	$X_f=3.50$	$Q_i=5.0000$	$Q_f=5.0000$	

Condizione n° 5 (Sisma)

C	Paramento	$X=-0.27$	$Y=0.00$	$F_x=10.7000$	$F_y=0.0000$	$M=9.8000$
---	-----------	-----------	----------	---------------	--------------	------------

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30
Folla	SFAV	1.50	0.70	1.05

Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30
Folla	SFAV	1.50	0.70	1.05

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30
Folla	SFAV	1.50	0.70	1.05

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	142 DI 345

Folla	SFAV	1.50	0.70	1.05
-------	------	------	------	------

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30
Folla	SFAV	1.50	0.70	1.05

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.30	1.00	1.30
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Folla	SFAV	1.30	0.70	0.91

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	143 DI 345

Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
-----------------------	------	------	------	------

Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00
Folla	SFAV	1.00	0.60	0.60

Combinazione n° 14 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	144 DI 345

treno SW/2	SFAV	1.00	0.50	0.50
Folla	SFAV	1.00	0.60	0.60

Combinazione n° 15 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00
Folla	SFAV	1.00	0.70	0.70

Combinazione n° 16 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	1.00	1.00
Folla	SFAV	1.00	0.70	0.70

Combinazione n° 17 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00
Folla	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	0.80	0.80

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50

Muri di sostegno sede ferroviaria

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	145 DI 345

Relazione di calcolo

Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure $w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck} - \sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

Calcolo della portanza metodo di Hansen

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1.00

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1.00

Impostazioni avanzate

Terreno a monte a elevata permeabilità

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS_{SCO}</i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS_{RIB}</i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS_{QLIM}</i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS_{STAB}</i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{QLIM}	CS_{STAB}
1	A1-M1 - [1]	--	2.75	--	18.10	--
2	A1-M1 - [1]	--	3.17	--	16.68	--
3	A1-M1 - [1]	--	2.94	--	17.08	--
4	A1-M1 - [1]	--	2.99	--	17.65	--
5	EQU - [1]	--	--	7.20	--	--
6	STAB - [1]	--	--	--	--	2.62
7	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1.77	--	14.72	--
8	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1.84	--	14.39	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3.13	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3.62	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	3.42
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	3.46
13	SLEQ - [1]	--	2.40	--	18.93	--
14	SLEF - [1]	--	2.40	--	18.93	--
15	SLEF - [1]	--	2.37	--	18.69	--
16	SLER - [1]	--	2.37	--	18.69	--
17	SLER - [1]	--	2.31	--	18.00	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Hansen
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	1.08 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.38
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 6.28$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 3.14$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.00 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.47
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.00$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento) 0.0

Lunghezza del muro 10.00 [m]

Peso muro 66.6011 [kN]

Baricentro del muro X=-0.06 Y=-1.66

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	148 DI 345

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 1.46	Y = -2.41
Punto superiore superficie di spinta	X = 1.46	Y = 0.00
Altezza della superficie di spinta	2.41	[m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0.00	[°]

COMBINAZIONE n° 1

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	36.2062	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	32.7244	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	15.4920	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.39	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1.46	[m]	Y = -2.41	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	107.4405	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.75	[m]	Y = -0.90	[m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	7.05	[kN]
Componente dir. Y	41.60	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	39.7744	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	231.1337	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	231.1337	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	39.7744	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.08	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.80	[m]
Risultante in fondazione	234.5310	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9.76	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-17.5001	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	4183.3292	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.80	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	69.09	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	95.82	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Muri di sostegno sede ferroviaria	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
Relazione di calcolo	NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	149 DI 345

Coeff. capacità portante	$N_c = 61.35$	$N_q = 48.93$	$N_\gamma = 56.17$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.63$	$i_q = 0.64$	$i_\gamma = 0.53$
Fattori profondità	$d_c = 1.16$	$d_q = 1.09$	$d_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_\gamma = 1.00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 44.73$	$N'_q = 34.03$	$N'_\gamma = 29.57$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.75
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	18.10

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	150 DI 345

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	41.6000	5.6000	7.0500
2	0.09	42.8017	6.3370	7.7709
3	0.18	44.0103	7.1433	8.5410
4	0.27	45.2260	8.0233	9.3560
5	0.36	46.4487	8.9810	10.2146
6	0.45	47.6783	10.0203	11.1170
7	0.54	48.9150	11.1452	12.0630
8	0.63	50.1588	12.3596	13.0527
9	0.72	51.4095	13.6676	14.0861
10	0.81	52.6672	15.0730	15.1632
11	0.91	53.9319	16.5799	16.2839
12	1.00	55.2037	18.1922	17.4484
13	1.09	56.4824	19.9138	18.6565
14	1.18	57.7682	21.7488	19.9084
15	1.27	59.0610	23.7011	21.2039
16	1.36	60.3607	25.7747	22.5431
17	1.45	61.6675	27.9736	23.9260
18	1.54	62.9813	30.3016	25.3526
19	1.63	64.3021	32.7628	26.8229
20	1.72	65.6300	35.3611	28.3368
21	1.81	66.9648	38.1003	29.8875

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	151 DI 345

2	0.08	0.1748	4.3810
3	0.16	0.7026	8.8230
4	0.24	1.5881	13.3260
5	0.32	2.8364	17.8900
6	0.40	4.4522	22.5150
7	0.48	6.4404	27.2010
8	0.56	8.8059	31.9481
9	0.64	11.5537	36.7562
10	0.72	14.6886	41.6253
11	0.80	18.2154	46.5554

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	-0.0432	-0.6485
3	0.28	-0.1903	-1.4838
4	0.42	-0.4674	-2.5060
5	0.56	-0.9007	-3.7150
6	0.70	-1.5163	-5.1109
7	0.84	-2.3405	-6.6937
8	0.98	-3.3993	-8.4633
9	1.12	-4.7189	-10.4198
10	1.26	-6.3255	-12.5631
11	1.40	-8.2453	-14.8933

COMBINAZIONE n° 2

Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	36.2062	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	32.7244	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	15.4920	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.39	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	152 DI 345

Punto d'applicazione della spinta della falda X = 1.46 [m] Y = -2.41 [m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 122.9877 [kN]

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 0.75 [m] Y = -0.90 [m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X 7.05 [kN]

Componente dir. Y 41.60 [kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 39.7744 [kN]

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 266.6612 [kN]

Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 266.6612 [kN]

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 39.7744 [kN]

Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione -0.10 [m]

Lunghezza fondazione reagente 2.80 [m]

Risultante in fondazione 269.6112 [kN]

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 8.48 [°]

Momento rispetto al baricentro della fondazione -25.7597 [kNm]

Carico ultimo della fondazione 4447.7943 [kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 2.80 [m]

Tensione terreno allo spigolo di valle 75.46 [kPa]

Tensione terreno allo spigolo di monte 114.80 [kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante $N_c = 61.35$ $N_q = 48.93$ $N_\gamma = 56.17$

Fattori forma $s_c = 1.00$ $s_q = 1.00$ $s_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione $i_c = 0.67$ $i_q = 0.68$ $i_\gamma = 0.58$

Fattori profondità $d_c = 1.16$ $d_q = 1.09$ $d_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione piano posa $b_c = 1.00$ $b_q = 1.00$ $b_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione pendio $g_c = 1.00$ $g_q = 1.00$ $g_\gamma = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 47.70$ $N'_q = 36.22$ $N'_\gamma = 32.37$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 3.17

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 16.68

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	41.6000	5.6000	7.0500
2	0.09	43.1621	6.3372	7.7709
3	0.18	44.7334	7.1444	8.5410
4	0.27	46.3138	8.0259	9.3560
5	0.36	47.9033	8.9856	10.2146
6	0.45	49.5019	10.0275	11.1170
7	0.54	51.1096	11.1555	12.0630
8	0.63	52.7264	12.3737	13.0527
9	0.72	54.3523	13.6860	14.0861
10	0.81	55.9874	15.0964	15.1632
11	0.91	57.6315	16.6088	16.2839
12	1.00	59.2848	18.2273	17.4484
13	1.09	60.9472	19.9557	18.6565
14	1.18	62.6186	21.7981	19.9084
15	1.27	64.2992	23.7584	21.2039
16	1.36	65.9890	25.8405	22.5431
17	1.45	67.6878	28.0486	23.9260
18	1.54	69.3957	30.3864	25.3526
19	1.63	71.1128	32.8580	26.8229
20	1.72	72.8389	35.4674	28.3368
21	1.81	74.5742	38.2184	29.8875

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	154 DI 345

2	0.08	0.1815	4.5517
3	0.16	0.7307	9.1932
4	0.24	1.6548	13.9245
5	0.32	2.9610	18.7457
6	0.40	4.6565	23.6566
7	0.48	6.7484	28.6574
8	0.56	9.2441	33.7480
9	0.64	12.1505	38.9284
10	0.72	15.4750	44.1986
11	0.80	19.2247	49.5586

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	0.0975	1.3469
3	0.28	0.3643	2.4187
4	0.42	0.7619	3.2155
5	0.56	1.2518	3.7372
6	0.70	1.7955	3.9839
7	0.84	2.3545	3.9555
8	0.98	2.8902	3.6521
9	1.12	3.3642	3.0736
10	1.26	3.7380	2.2201
11	1.40	3.9730	1.0915

COMBINAZIONE n° 3

Peso muro favorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	36.2062	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	32.7244	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	15.4920	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.39	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	155 DI 345

Punto d'applicazione della spinta della falda X = 1.46 [m] Y = -2.41 [m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 122.9877 [kN]

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 0.75 [m] Y = -0.90 [m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X 7.05 [kN]

Componente dir. Y 41.60 [kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 39.7744 [kN]

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 246.6809 [kN]

Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 246.6809 [kN]

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 39.7744 [kN]

Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione -0.11 [m]

Lunghezza fondazione reagente 2.80 [m]

Risultante in fondazione 249.8669 [kN]

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 9.16 [°]

Momento rispetto al baricentro della fondazione -28.1606 [kNm]

Carico ultimo della fondazione 4213.6233 [kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 2.80 [m]

Tensione terreno allo spigolo di valle 66.50 [kPa]

Tensione terreno allo spigolo di monte 109.50 [kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante $N_c = 61.35$ $N_q = 48.93$ $N_\gamma = 56.17$

Fattori forma $s_c = 1.00$ $s_q = 1.00$ $s_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione $i_c = 0.65$ $i_q = 0.66$ $i_\gamma = 0.55$

Fattori profondità $d_c = 1.16$ $d_q = 1.09$ $d_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione piano posa $b_c = 1.00$ $b_q = 1.00$ $b_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione pendio $g_c = 1.00$ $g_q = 1.00$ $g_\gamma = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 46.12$ $N'_q = 35.05$ $N'_\gamma = 30.87$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 2.94

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 17.08

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 3

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	41.6000	5.6000	7.0500
2	0.09	42.8017	6.3370	7.7709
3	0.18	44.0103	7.1433	8.5410
4	0.27	45.2260	8.0233	9.3560
5	0.36	46.4487	8.9810	10.2146
6	0.45	47.6783	10.0203	11.1170
7	0.54	48.9150	11.1452	12.0630
8	0.63	50.1588	12.3596	13.0527
9	0.72	51.4095	13.6676	14.0861
10	0.81	52.6672	15.0730	15.1632
11	0.91	53.9319	16.5799	16.2839
12	1.00	55.2037	18.1922	17.4484
13	1.09	56.4824	19.9138	18.6565
14	1.18	57.7682	21.7488	19.9084
15	1.27	59.0610	23.7011	21.2039
16	1.36	60.3607	25.7747	22.5431
17	1.45	61.6675	27.9736	23.9260
18	1.54	62.9813	30.3016	25.3526
19	1.63	64.3021	32.7628	26.8229
20	1.72	65.6300	35.3611	28.3368
21	1.81	66.9648	38.1003	29.8875

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 3

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	157 DI 345

2	0.08	0.1670	4.1921
3	0.16	0.6733	8.4823
4	0.24	1.5268	12.8707
5	0.32	2.7353	17.3573
6	0.40	4.3066	21.9421
7	0.48	6.2486	26.6251
8	0.56	8.5692	31.4063
9	0.64	11.2763	36.2856
10	0.72	14.3776	41.2632
11	0.80	17.8810	46.3389

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 3

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	0.0883	1.2107
3	0.28	0.3250	2.1207
4	0.42	0.6680	2.7300
5	0.56	1.0753	3.0386
6	0.70	1.5048	3.0465
7	0.84	1.9143	2.7537
8	0.98	2.2618	2.1603
9	1.12	2.5051	1.2661
10	1.26	2.6023	0.0713
11	1.40	2.5111	-1.4242

COMBINAZIONE n° 4

Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	36.2062	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	32.7244	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	15.4920	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.39	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	158 DI 345

Punto d'applicazione della spinta della falda X = 1.46 [m] Y = -2.41 [m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 107.4405 [kN]

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 0.75 [m] Y = -0.90 [m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X 7.05 [kN]

Componente dir. Y 41.60 [kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 39.7744 [kN]

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 251.1140 [kN]

Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 251.1140 [kN]

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 39.7744 [kN]

Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione -0.06 [m]

Lunghezza fondazione reagente 2.80 [m]

Risultante in fondazione 254.2445 [kN]

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 9.00 [°]

Momento rispetto al baricentro della fondazione -15.0992 [kNm]

Carico ultimo della fondazione 4432.7046 [kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 2.80 [m]

Tensione terreno allo spigolo di valle 78.05 [kPa]

Tensione terreno allo spigolo di monte 101.11 [kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante $N_c = 61.35$ $N_q = 48.93$ $N_\gamma = 56.17$

Fattori forma $s_c = 1.00$ $s_q = 1.00$ $s_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione $i_c = 0.65$ $i_q = 0.66$ $i_\gamma = 0.56$

Fattori profondità $d_c = 1.16$ $d_q = 1.09$ $d_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione piano posa $b_c = 1.00$ $b_q = 1.00$ $b_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione pendio $g_c = 1.00$ $g_q = 1.00$ $g_\gamma = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 46.49$ $N'_q = 35.33$ $N'_\gamma = 31.21$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 2.99

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 17.65

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	159 DI 345

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 4

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	41.6000	5.6000	7.0500
2	0.09	43.1621	6.3372	7.7709
3	0.18	44.7334	7.1444	8.5410
4	0.27	46.3138	8.0259	9.3560
5	0.36	47.9033	8.9856	10.2146
6	0.45	49.5019	10.0275	11.1170
7	0.54	51.1096	11.1555	12.0630
8	0.63	52.7264	12.3737	13.0527
9	0.72	54.3523	13.6860	14.0861
10	0.81	55.9874	15.0964	15.1632
11	0.91	57.6315	16.6088	16.2839
12	1.00	59.2848	18.2273	17.4484
13	1.09	60.9472	19.9557	18.6565
14	1.18	62.6186	21.7981	19.9084
15	1.27	64.2992	23.7584	21.2039
16	1.36	65.9890	25.8405	22.5431
17	1.45	67.6878	28.0486	23.9260
18	1.54	69.3957	30.3864	25.3526
19	1.63	71.1128	32.8580	26.8229
20	1.72	72.8389	35.4674	28.3368
21	1.81	74.5742	38.2184	29.8875

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 4

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	160 DI 345

2	0.08	0.1893	4.7406
3	0.16	0.7599	9.5339
4	0.24	1.7161	14.3798
5	0.32	3.0621	19.2783
6	0.40	4.8020	24.2295
7	0.48	6.9402	29.2333
8	0.56	9.4808	34.2898
9	0.64	12.4280	39.3989
10	0.72	15.7860	44.5607
11	0.80	19.5591	49.7751

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 4

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	-0.0340	-0.5123
3	0.28	-0.1510	-1.1857
4	0.42	-0.3735	-2.0204
5	0.56	-0.7242	-3.0164
6	0.70	-1.2256	-4.1735
7	0.84	-1.9003	-5.4919
8	0.98	-2.7709	-6.9715
9	1.12	-3.8599	-8.6123
10	1.26	-5.1898	-10.4143
11	1.40	-6.7834	-12.3776

COMBINAZIONE n° 5

Valore della spinta statica	36.2062	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	32.7244	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	15.4920	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.39	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1.46	[m]	Y = -2.41	[m]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	161 DI 345

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	107.4405	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.75	[m]	Y = -0.90	[m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	7.05	[kN]
Componente dir. Y	41.60	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	39.7744	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	231.1337	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	55.0463	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	396.5041	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	231.1337	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	39.7744	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.08	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.80	[m]
Risultante in fondazione	234.5310	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9.76	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-17.5001	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	7.20
--	------

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	162 DI 345

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 6

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Ctn, Ctt	contributo tiranti espresso in [kN]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 2.12

Raggio del cerchio R[m]= 4.76

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3.31

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4.27

Larghezza della striscia dx[m]= 0.30

Coefficiente di sicurezza C= 2.62

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u	Ctn	Ctt
1	27.3454	59.49	23.5585	0.0059	32.01	0	0	---	---
2	29.3859	53.37	23.5830	0.0050	32.01	0	0	---	---
3	10.5196	47.60	7.7685	0.0044	32.01	0	0	---	---
4	14.4792	42.42	9.7671	0.0040	32.01	0	0	---	---
5	19.0045	37.64	11.6061	0.0038	32.01	0	0	---	---
6	20.3129	33.15	11.1087	0.0036	32.01	0	0	---	---
7	21.4198	28.89	10.3473	0.0034	32.01	0	0	---	---
8	22.3508	24.79	9.3714	0.0033	32.01	0	0	---	---
9	23.1244	20.82	8.2210	0.0032	32.01	0	0	---	---
10	24.3720	16.96	7.1102	0.0031	32.01	0	0	---	---
11	25.0688	13.18	5.7150	0.0031	24.71	16	0	---	---
12	25.4301	9.45	4.1759	0.0030	21.32	24	0	---	---
13	25.6710	5.77	2.5787	0.0030	21.32	24	0	---	---
14	25.9008	2.10	0.9504	0.0030	21.32	24	0	---	---
15	19.9257	-1.55	-0.5393	0.0030	21.32	24	0	---	---
16	49.6823	-5.21	-4.5124	0.0030	21.32	24	0	---	---
17	8.5196	-8.89	-1.3170	0.0030	21.32	24	0	---	---

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	163 DI 345

18	8.1750	-12.61	-1.7850	0.0030	22.96	20	0	---	---
19	7.2878	-16.39	-2.0560	0.0031	32.01	0	0	---	---
20	6.2711	-20.24	-2.1690	0.0032	32.01	0	0	---	---
21	5.5199	-24.18	-2.2613	0.0033	32.01	0	0	---	---
22	4.6137	-28.26	-2.1843	0.0034	32.01	0	0	---	---
23	3.5348	-32.50	-1.8991	0.0035	32.01	0	0	---	---
24	2.2589	-36.95	-1.3577	0.0037	32.01	0	0	---	---
25	0.7503	-41.68	-0.4989	0.0040	32.01	0	0	---	---

$$\Sigma W_i = 430.9242 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 115.2817 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 227.1298 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 2.68$$

COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	25.7419	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	23.2664	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	11.0145	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.40	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Incremento sismico della spinta	3.3436	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.40	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	57.71	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1.46	[m]	Y = -2.41	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	88.6968	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.75	[m]	Y = -0.90	[m]
Inerzia del muro	4.1794	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-2.0897	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	5.5659	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-2.7830	[kN]		
<u>Risultanti carichi esterni</u>				
Componente dir. X	15.71	[kN]		
Componente dir. Y	31.00	[kN]		
<u>Risultanti</u>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	51.7418	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	193.8664	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	193.8664	[kN]		

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	164 DI 345

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	51.7418	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.14	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.80	[m]
Risultante in fondazione	200.6525	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14.94	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	27.7367	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	2853.2568	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.80	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	90.34	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	47.98	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 61.35$	$N_q = 48.93$	$N_\gamma = 56.17$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.48$	$i_q = 0.49$	$i_\gamma = 0.36$
Fattori profondità	$d_c = 1.16$	$d_q = 1.09$	$d_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_\gamma = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 33.93$	$N'_q = 26.08$	$N'_\gamma = 19.97$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.77
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	14.72

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	30.9960	11.2000	15.7081
2	0.09	32.1976	12.7006	16.3234
3	0.18	33.4063	14.2608	16.9811
4	0.27	34.6219	15.8841	17.6779
5	0.36	35.8446	17.5742	18.4129
6	0.45	37.0743	19.3345	19.1861
7	0.54	38.3110	21.1684	19.9975
8	0.63	39.5547	23.0794	20.8472
9	0.72	40.8054	25.0711	21.7351
10	0.81	42.0632	27.1468	22.6612
11	0.91	43.3279	29.3100	23.6255
12	1.00	44.5996	31.5643	24.6281
13	1.09	45.8784	33.9130	25.6688
14	1.18	47.1642	36.3597	26.7478
15	1.27	48.4569	38.9078	27.8650
16	1.36	49.7567	41.5608	29.0205
17	1.45	51.0635	44.3221	30.2141
18	1.54	52.3773	47.1952	31.4460
19	1.63	53.6981	50.1837	32.7161
20	1.72	55.0259	53.2909	34.0244
21	1.81	56.3607	56.5202	35.3649

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 7

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	166 DI 345

2	0.08	0.2407	6.0018
3	0.16	0.9577	11.9069
4	0.24	2.1432	17.7153
5	0.32	3.7896	23.4270
6	0.40	5.8890	29.0420
7	0.48	8.4337	34.5603
8	0.56	11.4161	39.9819
9	0.64	14.8283	45.3068
10	0.72	18.6626	50.5350
11	0.80	22.9113	55.6665

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 7

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	-0.2688	-3.7901
3	0.28	-1.0474	-7.2841
4	0.42	-2.2945	-10.4819
5	0.56	-3.9685	-13.3835
6	0.70	-6.0280	-15.9890
7	0.84	-8.4316	-18.2983
8	0.98	-11.1377	-20.3114
9	1.12	-14.1050	-22.0284
10	1.26	-17.2919	-23.4492
11	1.40	-20.6569	-24.5739

COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica	25.7419	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	23.2664	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	11.0145	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.40	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	167 DI 345

Incremento sismico della spinta	4.9402	[kN]			
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.40	[m]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	57.90	[°]			
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1.46	[m]	Y = -2.41	[m]	

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	88.6968	[kN]			
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.75	[m]	Y = -0.90	[m]	
Inerzia del muro	4.1794	[kN]			
Inerzia verticale del muro	2.0897	[kN]			
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	5.5659	[kN]			
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	2.7830	[kN]			

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	15.71	[kN]			
Componente dir. Y	33.00	[kN]			

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	53.1848	[kN]			
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	206.3030	[kN]			
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	206.3030	[kN]			
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	53.1848	[kN]			
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.13	[m]			
Lunghezza fondazione reagente	2.80	[m]			
Risultante in fondazione	213.0482	[kN]			
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14.46	[°]			
Momento rispetto al baricentro della fondazione	27.7352	[kNm]			
Carico ultimo della fondazione	2967.7925	[kN]			

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.80	[m]			
Tensione terreno allo spigolo di valle	94.77	[kPa]			
Tensione terreno allo spigolo di monte	52.42	[kPa]			

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 61.35$	$N_q = 48.93$	$N_r = 56.17$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_r = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.49$	$i_q = 0.50$	$i_r = 0.37$
Fattori profondità	$d_c = 1.16$	$d_q = 1.09$	$d_r = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_r = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_r = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 34.86$	$N'_q = 26.77$	$N'_r = 20.77$
----------------	----------------	----------------

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	168 DI 345

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento

1.84

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo

14.39

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	169 DI 345

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	33.0040	11.2000	15.7081
2	0.09	34.2057	12.7019	16.3532
3	0.18	35.4143	14.2662	17.0430
4	0.27	36.6300	15.8967	17.7741
5	0.36	37.8527	17.5971	18.5454
6	0.45	39.0824	19.3711	19.3570
7	0.54	40.3191	21.2223	20.2089
8	0.63	41.5628	23.1544	21.1012
9	0.72	42.8135	25.1711	22.0337
10	0.81	44.0712	27.2759	23.0066
11	0.91	45.3360	29.4726	24.0198
12	1.00	46.6077	31.7648	25.0732
13	1.09	47.8865	34.1562	26.1670
14	1.18	49.1722	36.6504	27.3011
15	1.27	50.4650	39.2512	28.4755
16	1.36	51.7648	41.9621	29.6902
17	1.45	53.0716	44.7868	30.9452
18	1.54	54.3854	47.7289	32.2405
19	1.63	55.7062	50.7923	33.5762
20	1.72	57.0340	53.9804	34.9521
21	1.81	58.3688	57.2968	36.3619

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 8

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	170 DI 345

2	0.08	0.2549	6.3567
3	0.16	1.0145	12.6166
4	0.24	2.2710	18.7799
5	0.32	4.0167	24.8464
6	0.40	6.2438	30.8163
7	0.48	8.9447	36.6894
8	0.56	12.1116	42.4659
9	0.64	15.7367	48.1456
10	0.72	19.8123	53.7287
11	0.80	24.3307	59.2150

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 8

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	-0.2253	-3.1688
3	0.28	-0.8735	-6.0415
4	0.42	-1.9031	-8.6181
5	0.56	-3.2727	-10.8985
6	0.70	-4.9408	-12.8827
7	0.84	-6.8660	-14.5709
8	0.98	-9.0069	-15.9628
9	1.12	-11.3218	-17.0587
10	1.26	-13.7695	-17.8584
11	1.40	-16.3083	-18.3619

COMBINAZIONE n° 9

Valore della spinta statica	25.7419	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	23.2664	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	11.0145	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.40	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	171 DI 345

Incremento sismico della spinta	5.2667	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.40	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55.96	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1.46	[m]	Y = -2.41	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	88.6968	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.75	[m]	Y = -0.90	[m]
Inerzia del muro	6.2691	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-3.1345	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	8.3489	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-4.1744	[kN]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	16.71	[kN]
Componente dir. Y	30.49	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	59.3566	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	191.7510	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	109.0165	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	341.1143	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	191.7510	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	59.3566	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.19	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.80	[m]
Risultante in fondazione	200.7278	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17.20	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	36.6610	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.13
--	------

COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	25.7419	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	23.2664	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	11.0145	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.40	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Incremento sismico della spinta	7.6225	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1.46	[m]	Y = -1.40	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	56.46	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1.46	[m]	Y = -2.41	[m]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	172 DI 345

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	88.6968	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.75	[m]	Y = -0.90	[m]
Inerzia del muro	6.2691	[kN]		
Inerzia verticale del muro	3.1345	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	8.3489	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	4.1744	[kN]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	16.71	[kN]
Componente dir. Y	33.51	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	61.4859	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	210.3890	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	98.4344	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	356.6700	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	210.3890	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	61.4859	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.17	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.80	[m]
Risultante in fondazione	219.1896	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16.29	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	36.6464	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.62
--	------

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 11

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Ctn, Ctt	contributo tiranti espresso in [kN]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.47 Y[m]= 0.94

Raggio del cerchio R[m]= 3.87

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3.63

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3.29

Larghezza della striscia dx[m]= 0.28

Coefficiente di sicurezza C= 3.42

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u	Ctn	Ctt
1	7.0481	69.64	6.6079	0.0078	38.00	0	0	---	---
2	12.4245	60.06	10.7659	0.0054	38.00	0	0	---	---
3	14.7529	52.57	11.7159	0.0045	38.00	0	0	---	---
4	16.5520	46.24	11.9540	0.0039	38.00	0	0	---	---
5	18.0064	40.57	11.7121	0.0036	38.00	0	0	---	---
6	19.2048	35.36	11.1149	0.0033	38.00	0	0	---	---
7	20.5012	30.47	10.3965	0.0031	38.00	0	0	---	---
8	21.7641	25.82	9.4784	0.0030	28.50	24	0	---	---
9	22.4206	21.34	8.1591	0.0029	26.00	30	0	---	---
10	22.9429	17.00	6.7068	0.0028	26.00	30	0	---	---
11	23.3418	12.75	5.1527	0.0028	26.00	30	0	---	---
12	23.3499	8.58	3.4833	0.0027	26.00	30	0	---	---
13	51.1221	4.45	3.9676	0.0027	26.00	30	0	---	---
14	17.6353	0.35	0.1066	0.0027	26.00	30	0	---	---
15	9.6048	-3.76	-0.6293	0.0027	26.00	30	0	---	---
16	9.4514	-7.88	-1.2957	0.0027	26.00	30	0	---	---
17	8.9789	-12.04	-1.8735	0.0028	26.00	30	0	---	---

Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	174 DI 345

18	8.0418	-16.27	-2.2536	0.0028	26.00	30	0	---	---
19	7.5435	-20.60	-2.6539	0.0029	26.00	30	0	---	---
20	6.9143	-25.05	-2.9276	0.0030	26.32	29	0	---	---
21	6.1292	-29.67	-3.0341	0.0031	38.00	0	0	---	---
22	5.1669	-34.52	-2.9278	0.0033	38.00	0	0	---	---
23	4.0059	-39.67	-2.5571	0.0035	38.00	0	0	---	---
24	2.5996	-45.24	-1.8459	0.0039	38.00	0	0	---	---
25	0.8678	-51.44	-0.6786	0.0044	38.00	0	0	---	---

$$\Sigma W_i = 360.3707 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 88.6444 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 214.3733 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.65$$

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	175 DI 345

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 12

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Ctn, Ctt	contributo tiranti espresso in [kN]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.47 Y[m]= 0.94

Raggio del cerchio R[m]= 3.87

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3.63

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3.29

Larghezza della striscia dx[m]= 0.28

Coefficiente di sicurezza C= 3.46

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u	Ctn	Ctt
1	7.0481	69.64	6.6079	0.0078	38.00	0	0	---	---
2	12.4245	60.06	10.7659	0.0054	38.00	0	0	---	---
3	14.7529	52.57	11.7159	0.0045	38.00	0	0	---	---
4	16.5520	46.24	11.9540	0.0039	38.00	0	0	---	---
5	18.0064	40.57	11.7121	0.0036	38.00	0	0	---	---
6	19.2048	35.36	11.1149	0.0033	38.00	0	0	---	---
7	20.5012	30.47	10.3965	0.0031	38.00	0	0	---	---
8	21.7641	25.82	9.4784	0.0030	28.50	24	0	---	---
9	22.4206	21.34	8.1591	0.0029	26.00	30	0	---	---
10	22.9429	17.00	6.7068	0.0028	26.00	30	0	---	---
11	23.3418	12.75	5.1527	0.0028	26.00	30	0	---	---
12	23.3499	8.58	3.4833	0.0027	26.00	30	0	---	---
13	51.1221	4.45	3.9676	0.0027	26.00	30	0	---	---
14	17.6353	0.35	0.1066	0.0027	26.00	30	0	---	---
15	9.6048	-3.76	-0.6293	0.0027	26.00	30	0	---	---
16	9.4514	-7.88	-1.2957	0.0027	26.00	30	0	---	---
17	8.9789	-12.04	-1.8735	0.0028	26.00	30	0	---	---

Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	176 DI 345

18	8.0418	-16.27	-2.2536	0.0028	26.00	30	0	---	---
19	7.5435	-20.60	-2.6539	0.0029	26.00	30	0	---	---
20	6.9143	-25.05	-2.9276	0.0030	26.32	29	0	---	---
21	6.1292	-29.67	-3.0341	0.0031	38.00	0	0	---	---
22	5.1669	-34.52	-2.9278	0.0033	38.00	0	0	---	---
23	4.0059	-39.67	-2.5571	0.0035	38.00	0	0	---	---
24	2.5996	-45.24	-1.8459	0.0039	38.00	0	0	---	---
25	0.8678	-51.44	-0.6786	0.0044	38.00	0	0	---	---

$$\Sigma W_i = 360.3707 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 88.6444 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 214.3733 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.65$$

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 13

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	32.0000	13.3600	15.5000
2	0.09	33.2017	14.8382	16.0354
3	0.18	34.4103	16.3685	16.6086
4	0.27	35.6260	17.9541	17.2162
5	0.36	36.8487	19.5982	17.8574
6	0.45	38.0783	21.3038	18.5322
7	0.54	39.3150	23.0739	19.2407
8	0.63	40.5588	24.9117	19.9827
9	0.72	41.8095	26.8200	20.7583
10	0.81	43.0672	28.8021	21.5676
11	0.91	44.3319	30.8609	22.4104
12	1.00	45.6037	32.9995	23.2869
13	1.09	46.8824	35.2210	24.1969
14	1.18	48.1682	37.5283	25.1406
15	1.27	49.4610	39.9247	26.1179
16	1.36	50.7607	42.4130	27.1288
17	1.45	52.0675	44.9964	28.1732
18	1.54	53.3813	47.6780	29.2513
19	1.63	54.7021	50.4607	30.3630
20	1.72	56.0300	53.3476	31.5083
21	1.81	57.3648	56.3417	32.6819

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 13

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	178 DI 345

2	0.08	0.2194	5.4757
3	0.16	0.8748	10.9016
4	0.24	1.9623	16.2776
5	0.32	3.4779	21.6037
6	0.40	5.4175	26.8800
7	0.48	7.7773	32.1065
8	0.56	10.5533	37.2830
9	0.64	13.7413	42.4098
10	0.72	17.3375	47.4866
11	0.80	21.3378	52.5137

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 13

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	-0.1677	-2.3707
3	0.28	-0.6567	-4.5886
4	0.42	-1.4454	-6.6539
5	0.56	-2.5126	-8.5665
6	0.70	-3.8369	-10.3265
7	0.84	-5.3969	-11.9337
8	0.98	-7.1712	-13.3883
9	1.12	-9.1385	-14.6902
10	1.26	-11.2774	-15.8394
11	1.40	-13.5664	-16.8359

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 14

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	32.0000	13.3600	15.5000
2	0.09	33.2017	14.8382	16.0354
3	0.18	34.4103	16.3685	16.6086
4	0.27	35.6260	17.9541	17.2162
5	0.36	36.8487	19.5982	17.8574
6	0.45	38.0783	21.3038	18.5322
7	0.54	39.3150	23.0739	19.2407
8	0.63	40.5588	24.9117	19.9827
9	0.72	41.8095	26.8200	20.7583
10	0.81	43.0672	28.8021	21.5676
11	0.91	44.3319	30.8609	22.4104
12	1.00	45.6037	32.9995	23.2869
13	1.09	46.8824	35.2210	24.1969
14	1.18	48.1682	37.5283	25.1406
15	1.27	49.4610	39.9247	26.1179
16	1.36	50.7607	42.4130	27.1288
17	1.45	52.0675	44.9964	28.1732
18	1.54	53.3813	47.6780	29.2513
19	1.63	54.7021	50.4607	30.3630
20	1.72	56.0300	53.3476	31.5083
21	1.81	57.3648	56.3417	32.6819

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 14

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	180 DI 345

2	0.08	0.2194	5.4757
3	0.16	0.8748	10.9016
4	0.24	1.9623	16.2776
5	0.32	3.4779	21.6037
6	0.40	5.4175	26.8800
7	0.48	7.7773	32.1065
8	0.56	10.5533	37.2830
9	0.64	13.7413	42.4098
10	0.72	17.3375	47.4866
11	0.80	21.3378	52.5137

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 14

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	-0.1677	-2.3707
3	0.28	-0.6567	-4.5886
4	0.42	-1.4454	-6.6539
5	0.56	-2.5126	-8.5665
6	0.70	-3.8369	-10.3265
7	0.84	-5.3969	-11.9337
8	0.98	-7.1712	-13.3883
9	1.12	-9.1385	-14.6902
10	1.26	-11.2774	-15.8394
11	1.40	-13.5664	-16.8359

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 15

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	32.0000	13.7200	15.8000
2	0.09	33.2017	15.2258	16.3446
3	0.18	34.4103	16.7845	16.9271
4	0.27	35.6260	18.3994	17.5440
5	0.36	36.8487	20.0735	18.1945
6	0.45	38.0783	21.8100	18.8786
7	0.54	39.3150	23.6119	19.5963
8	0.63	40.5588	25.4822	20.3476
9	0.72	41.8095	27.4240	21.1325
10	0.81	43.0672	29.4404	21.9510
11	0.91	44.3319	31.5343	22.8032
12	1.00	45.6037	33.7089	23.6889
13	1.09	46.8824	35.9671	24.6082
14	1.18	48.1682	38.3122	25.5612
15	1.27	49.4610	40.7470	26.5477
16	1.36	50.7607	43.2747	27.5679
17	1.45	52.0675	45.8982	28.6217
18	1.54	53.3813	48.6208	29.7091
19	1.63	54.7021	51.4453	30.8300
20	1.72	56.0300	54.3749	31.9846
21	1.81	57.3648	57.4125	33.1675

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 15

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	182 DI 345

2	0.08	0.2220	5.5419
3	0.16	0.8853	11.0314
4	0.24	1.9856	16.4686
5	0.32	3.5189	21.8535
6	0.40	5.4808	27.1860
7	0.48	7.8672	32.4662
8	0.56	10.6740	37.6941
9	0.64	13.8969	42.8697
10	0.72	17.5318	47.9929
11	0.80	21.5744	53.0638

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 15

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	-0.1748	-2.4705
3	0.28	-0.6843	-4.7808
4	0.42	-1.5060	-6.9309
5	0.56	-2.6174	-8.9207
6	0.70	-3.9963	-10.7502
7	0.84	-5.6200	-12.4195
8	0.98	-7.4663	-13.9285
9	1.12	-9.5125	-15.2773
10	1.26	-11.7364	-16.4659
11	1.40	-14.1155	-17.4941

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	183 DI 345

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 16

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	32.0000	13.7200	15.8000
2	0.09	33.2017	15.2258	16.3446
3	0.18	34.4103	16.7845	16.9271
4	0.27	35.6260	18.3994	17.5440
5	0.36	36.8487	20.0735	18.1945
6	0.45	38.0783	21.8100	18.8786
7	0.54	39.3150	23.6119	19.5963
8	0.63	40.5588	25.4822	20.3476
9	0.72	41.8095	27.4240	21.1325
10	0.81	43.0672	29.4404	21.9510
11	0.91	44.3319	31.5343	22.8032
12	1.00	45.6037	33.7089	23.6889
13	1.09	46.8824	35.9671	24.6082
14	1.18	48.1682	38.3122	25.5612
15	1.27	49.4610	40.7470	26.5477
16	1.36	50.7607	43.2747	27.5679
17	1.45	52.0675	45.8982	28.6217
18	1.54	53.3813	48.6208	29.7091
19	1.63	54.7021	51.4453	30.8300
20	1.72	56.0300	54.3749	31.9846
21	1.81	57.3648	57.4125	33.1675

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 16

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	184 DI 345

2	0.08	0.2220	5.5419
3	0.16	0.8853	11.0314
4	0.24	1.9856	16.4686
5	0.32	3.5189	21.8535
6	0.40	5.4808	27.1860
7	0.48	7.8672	32.4662
8	0.56	10.6740	37.6941
9	0.64	13.8969	42.8697
10	0.72	17.5318	47.9929
11	0.80	21.5744	53.0638

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 16

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	-0.1748	-2.4705
3	0.28	-0.6843	-4.7808
4	0.42	-1.5060	-6.9309
5	0.56	-2.6174	-8.9207
6	0.70	-3.9963	-10.7502
7	0.84	-5.6200	-12.4195
8	0.98	-7.4663	-13.9285
9	1.12	-9.5125	-15.2773
10	1.26	-11.7364	-16.4659
11	1.40	-14.1155	-17.4941

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 17

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	32.0000	14.8000	16.7000
2	0.09	33.2017	16.3885	17.2722
3	0.18	34.4103	18.0324	17.8825
4	0.27	35.6260	19.7350	18.5272
5	0.36	36.8487	21.4994	19.2055
6	0.45	38.0783	23.3287	19.9175
7	0.54	39.3150	25.2258	20.6631
8	0.63	40.5588	27.1939	21.4422
9	0.72	41.8095	29.2361	22.2550
10	0.81	43.0672	31.3553	23.1014
11	0.91	44.3319	33.5546	23.9814
12	1.00	45.6037	35.8370	24.8949
13	1.09	46.8824	38.2057	25.8421
14	1.18	48.1682	40.6637	26.8229
15	1.27	49.4610	43.2139	27.8373
16	1.36	50.7607	45.8596	28.8854
17	1.45	52.0675	48.6036	29.9670
18	1.54	53.3813	51.4492	31.0822
19	1.63	54.7021	54.3993	32.2310
20	1.72	56.0300	57.4569	33.4135
21	1.81	57.3648	60.6251	34.6242

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 17

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	186 DI 345

2	0.08	0.2300	5.7403
3	0.16	0.9169	11.4208
4	0.24	2.0557	17.0416
5	0.32	3.6419	22.6027
6	0.40	5.6706	28.1040
7	0.48	8.1370	33.5456
8	0.56	11.0363	38.9274
9	0.64	14.3637	44.2495
10	0.72	18.1146	49.5118
11	0.80	22.2840	54.7144

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 17

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.14	-0.1960	-2.7702
3	0.28	-0.7671	-5.3575
4	0.42	-1.6876	-7.7618
5	0.56	-2.9319	-9.9831
6	0.70	-4.4743	-12.0214
7	0.84	-6.2893	-13.8768
8	0.98	-8.3513	-15.5493
9	1.12	-10.6346	-17.0387
10	1.26	-13.1136	-18.3452
11	1.40	-15.7627	-19.4688

MURO BANCHINA NORD LATO OVEST – CONDIZIONI DRENATE

Normativa

N.T.C. 2018

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_{c'}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_{γ}	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	0.90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.30	1.10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.50	1.50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$		1.00	1.25	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$		1.00	1.25	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1.00	1.40	1.40	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}		1.00	1.60	1.60	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}		1.00	1.00	1.00	1.00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	0.90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00	1.00	1.10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	1.00	1.00	1.50

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	188 DI 345

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\psi}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

<i>Verifica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Resistenza del terreno a valle	1.00	1.00	1.40
Stabilità globale		1.10	

Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a mensola in c.a.

Altezza del paramento	1.02 [m]
Spessore in sommità	0.50 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.50 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	10.00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.35 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0.90 [m]
Lunghezza totale fondazione	1.75 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.50 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico 24.517 [kN/mc]

Classe di Resistenza C32/40

Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} 40000 [kPa]

Modulo elastico E 33642648 [kPa]

Acciaio

Tipo B450C

Tensione di snervamento σ_{fa} 449936 [kPa]

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	10.00	0.00	0.00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.00 [°]

Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0.50 [m]

Falda

Descrizione terreni

Simbologia adottata

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
<i>c</i>	Coesione espressa in [kPa]
<i>c_a</i>	Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	<i>c</i>	<i>c_a</i>
Rilevato	20.00	20.00	38.00	25.33	0.0	0.0
UG2	19.50	19.50	26.00	26.00	0.0	0.0
UG3	19.00	19.00	24.00	24.00	0.0	0.0

Stratigrafia

Simbologia adottata

<i>N</i>	Indice dello strato
<i>H</i>	Spessore dello strato espresso in [m]
<i>a</i>	Inclinazione espressa in [°]
<i>K_w</i>	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
<i>K_s</i>	Coefficiente di spinta
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato

Nr.	H	a	K _w	K _s	Terreno
1	1.60	0.00	8.87	0.00	Rilevato
2	1.00	0.00	2.11	0.00	UG2
3	8.00	0.00	1.90	0.00	UG3

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	192 DI 345

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F_x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F_y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X_i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X_f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q_i	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]
Q_f	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Ballast e riempimento)

C	Paramento	$X=-0.27$	$Y=0.00$	$F_x=7.5000$	$F_y=0.0000$	$M=3.0000$
D	Profilo	$X_i=0.00$	$X_f=10.00$	$Q_i=14.4000$	$Q_f=14.4000$	

Condizione n° 2 (treno SW/2)

D	Profilo	$X_i=3.67$	$X_f=6.38$	$Q_i=57.1400$	$Q_f=57.1400$	
D	Profilo	$X_i=7.67$	$X_f=10.00$	$Q_i=57.1400$	$Q_f=57.1400$	

Condizione n° 3 (Banchina)

C	Paramento	$X=-0.29$	$Y=0.00$	$F_x=0.0000$	$F_y=37.5000$	$M=0.0000$
D	Profilo	$X_i=0.00$	$X_f=3.15$	$Q_i=14.4000$	$Q_f=14.4000$	

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ	Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
--	-----	----------	--------	-----------------

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	194 DI 345

Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.30	1.00	1.30
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	0.50	0.50

Combinazione n° 9 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	195 DI 345

Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	0.80	0.80

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali

Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature

Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

Calcolo della portanza

metodo di Hansen



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO
APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA
CURNO A BERGAMO

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	196 DI 345

Coefficiente correttivo su N_{γ} per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1.00

Coefficiente correttivo su N_{γ} per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1.00

Impostazioni avanzate

Terreno a monte a elevata permeabilità

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	197 DI 345

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS_{SCO}</i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS_{RIB}</i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS_{QLIM}</i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS_{STAB}</i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{QLIM}	CS_{STAB}
1	A1-M1 - [1]	--	2.53	--	11.97	--
2	A1-M1 - [1]	--	2.80	--	11.81	--
3	A1-M1 - [1]	--	2.62	--	12.13	--
4	A1-M1 - [1]	--	2.71	--	11.68	--
5	EQU - [1]	--	--	4.48	--	--
6	STAB - [1]	--	--	--	--	2.17
7	SLEQ - [1]	--	2.80	--	15.35	--
8	SLEF - [1]	--	2.80	--	15.35	--
9	SLEF - [1]	--	2.80	--	15.35	--
10	SLER - [1]	--	2.80	--	15.35	--
11	SLER - [1]	--	2.80	--	15.35	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Hansen
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	1.10 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.38
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 6.39$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 3.20$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.00 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.47
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.00$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento) 0.0

Lunghezza del muro 10.00 [m]

Peso muro 33.9561 [kN]

Baricentro del muro X=-0.08 Y=-0.99

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	199 DI 345

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 0.90	Y = -1.52
Punto superiore superficie di spinta	X = 0.90	Y = 0.00
Altezza della superficie di spinta	1.52	[m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0.00	[°]

COMBINAZIONE n° 1

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	18.8352	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	17.0239	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	8.0593	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.85	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -1.52	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	52.0560	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -0.51	[m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	9.75	[kN]
Componente dir. Y	48.75	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	26.7739	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	142.8213	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	142.8213	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	26.7739	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.14	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Risultante in fondazione	145.3092	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10.62	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	20.0283	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	1710.1599	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	120.85	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	42.37	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Muri di sostegno sede ferroviaria	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
Relazione di calcolo	NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	200 DI 345

Coeff. capacità portante	$N_c = 61.35$	$N_q = 48.93$	$N_\gamma = 56.17$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.60$	$i_q = 0.61$	$i_\gamma = 0.49$
Fattori profondità	$d_c = 1.23$	$d_q = 1.13$	$d_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_\gamma = 1.00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 45.47$	$N'_q = 33.86$	$N'_\gamma = 27.80$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.53
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	11.97

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	48.7500	6.0937	9.7500
2	0.05	49.3752	6.6005	10.1245
3	0.10	50.0004	7.1268	10.5174
4	0.15	50.6256	7.6735	10.9247
5	0.20	51.2507	8.2413	11.3452
6	0.26	51.8759	8.8309	11.7790
7	0.31	52.5011	9.4430	12.2260
8	0.36	53.1263	10.0782	12.6863
9	0.41	53.7515	10.7372	13.1598
10	0.46	54.3767	11.4207	13.6466
11	0.51	55.0018	12.1294	14.1466
12	0.56	55.6270	12.8639	14.6599
13	0.61	56.2522	13.6249	15.1864
14	0.66	56.8774	14.4131	15.7262
15	0.71	57.5026	15.2292	16.2792
16	0.77	58.1278	16.0738	16.8454
17	0.82	58.7529	16.9477	17.4250
18	0.87	59.3781	17.8514	18.0177
19	0.92	60.0033	18.7857	18.6238
20	0.97	60.6285	19.7513	19.2431
21	1.02	61.2537	20.7487	19.8735

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	202 DI 345

2	0.04	0.0662	3.7733
3	0.07	0.2635	7.4916
4	0.10	0.5900	11.1550
5	0.14	1.0437	14.7635
6	0.17	1.6228	18.3171
7	0.21	2.3253	21.8157
8	0.24	3.1492	25.2593
9	0.28	4.0928	28.6481
10	0.31	5.1540	31.9819
11	0.35	6.3309	35.2607

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.1316	-2.8645
3	0.18	-0.5047	-5.3657
4	0.27	-1.0866	-7.5037
5	0.36	-1.8445	-9.2784
6	0.45	-2.7458	-10.6899
7	0.54	-3.7578	-11.7382
8	0.63	-4.8477	-12.4232
9	0.72	-5.9830	-12.7450
10	0.81	-7.1309	-12.7035
11	0.90	-8.2588	-12.2988

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cm²]

A_{fv} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cm²]

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M_u momento ultimo espresso in [kNm]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	203 DI 345

CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	5415.31	-676.91	111.08	213.35	--	--
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	5192.49	-694.13	105.16	213.43	--	--
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	4977.06	-709.40	99.54	213.52	--	--
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	4768.46	-722.77	94.19	213.60	--	--
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	4572.75	-735.31	89.22	213.69	--	--
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	4370.09	-743.93	84.24	213.77	--	--
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	4173.57	-750.67	79.49	213.86	--	--
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	3990.24	-756.96	75.11	213.94	--	--
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	3765.70	-752.22	70.06	214.02	--	--
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	3547.99	-745.18	65.25	214.11	--	--
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	3342.71	-737.16	60.77	214.19	--	--
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	3129.39	-723.68	56.26	214.28	--	--
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	2937.85	-711.58	52.23	214.36	--	--
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	2753.69	-697.80	48.41	214.45	--	--
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	2569.32	-680.47	44.68	214.53	--	--
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	2404.87	-665.01	41.37	214.62	--	--
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	2257.08	-651.07	38.42	214.70	--	--
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	2100.64	-631.54	35.38	214.78	--	--
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	1961.82	-614.20	32.70	214.87	--	--
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	1837.83	-598.72	30.31	214.95	--	--
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	1726.47	-584.82	28.19	215.04	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 1

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V_{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V_{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
V_{Rd}	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	2584.58	197.32	--	--
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	649.29	197.32	--	--
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	289.98	197.32	--	--
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	163.92	197.32	--	--
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	105.42	197.32	--	--
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	73.57	197.32	--	--
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	54.32	197.32	--	--
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	41.80	197.32	--	--
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	33.19	197.32	--	--
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	27.02	197.32	--	--

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	1299.75	197.32	--	--
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	338.97	197.32	--	--
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	157.45	197.32	--	--
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	92.75	197.32	--	--
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	62.31	197.32	--	--
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	45.53	197.32	--	--
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	35.29	197.32	--	--
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	28.59	197.32	--	--

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	205 DI 345

10	0.81	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	23.99	197.32	--	--
11	0.90	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	20.72	197.32	--	--

COMBINAZIONE n° 2

Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	18.8352	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	17.0239	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	8.0593	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.85	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -1.52	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	57.5640	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -0.51	[m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	9.75	[kN]
Componente dir. Y	48.75	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	26.7739	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	158.5162	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	158.5162	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	26.7739	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.12	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Risultante in fondazione	160.7614	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9.59	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	18.7190	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	1872.0247	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	127.25	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	53.91	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 61.35$	$N_q = 48.93$	$N_\gamma = 56.17$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.64$	$i_q = 0.64$	$i_\gamma = 0.53$

Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	206 DI 345

Fattori profondità	$d_c = 1.23$	$d_q = 1.13$	$d_r = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_r = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_r = 1.00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 47.93$	$N'_q = 35.63$	$N'_r = 29.94$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.80
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	11.81

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	48.7500	6.0937	9.7500
2	0.05	49.5627	6.6005	10.1245
3	0.10	50.3755	7.1268	10.5174
4	0.15	51.1882	7.6735	10.9247
5	0.20	52.0010	8.2413	11.3452
6	0.26	52.8137	8.8309	11.7790
7	0.31	53.6264	9.4430	12.2260
8	0.36	54.4392	10.0782	12.6863
9	0.41	55.2519	10.7372	13.1598
10	0.46	56.0647	11.4207	13.6466
11	0.51	56.8774	12.1294	14.1466
12	0.56	57.6901	12.8639	14.6599
13	0.61	58.5029	13.6249	15.1864
14	0.66	59.3156	14.4131	15.7262
15	0.71	60.1283	15.2292	16.2792
16	0.77	60.9411	16.0738	16.8454
17	0.82	61.7538	16.9477	17.4250
18	0.87	62.5666	17.8514	18.0177
19	0.92	63.3793	18.7857	18.6238
20	0.97	64.1920	19.7513	19.2431
21	1.02	65.0048	20.7487	19.8735

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	208 DI 345

2	0.04	0.0679	3.8705
3	0.07	0.2703	7.6896
4	0.10	0.6056	11.4574
5	0.14	1.0718	15.1738
6	0.17	1.6671	18.8389
7	0.21	2.3899	22.4527
8	0.24	3.2382	26.0151
9	0.28	4.2103	29.5262
10	0.31	5.3044	32.9859
11	0.35	6.5188	36.3943

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.1002	-2.1693
3	0.18	-0.3803	-3.9991
4	0.27	-0.8098	-5.4894
5	0.36	-1.3582	-6.6402
6	0.45	-1.9949	-7.4515
7	0.54	-2.6893	-7.9233
8	0.63	-3.4109	-8.0556
9	0.72	-4.1291	-7.8484
10	0.81	-4.8134	-7.3017
11	0.90	-5.4332	-6.4156

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{ft} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M_u momento ultimo espresso in [kNm]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	209 DI 345

CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	5415.31	-676.91	111.08	213.35	--	--
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	5204.98	-693.17	105.02	213.46	--	--
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	5002.76	-707.75	99.31	213.57	--	--
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	4805.59	-720.39	93.88	213.68	--	--
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	4620.41	-732.26	88.85	213.79	--	--
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	4435.65	-741.68	83.99	213.90	--	--
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	4248.44	-748.10	79.22	214.01	--	--
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	4073.43	-754.11	74.83	214.12	--	--
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	3891.80	-756.30	70.44	214.23	--	--
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	3678.91	-749.42	65.62	214.34	--	--
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	3484.74	-743.14	61.27	214.45	--	--
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	3291.34	-733.91	57.05	214.56	--	--
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	3099.14	-721.77	52.97	214.67	--	--
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	2925.11	-710.78	49.31	214.78	--	--
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	2755.91	-698.01	45.83	214.89	--	--
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	2585.73	-682.01	42.43	215.00	--	--
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	2432.68	-667.62	39.39	215.10	--	--
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	2294.33	-654.62	36.67	215.21	--	--
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	2152.54	-638.02	33.96	215.32	--	--
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	2019.63	-621.42	31.46	215.43	--	--
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	1900.14	-606.50	29.23	215.54	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 2

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V_{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V_{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
V_{Rd}	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	2520.22	197.32	--	--
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	632.85	197.32	--	--
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	282.52	197.32	--	--
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	159.63	197.32	--	--
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	102.62	197.32	--	--
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	71.59	197.32	--	--
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	52.83	197.32	--	--
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	40.63	197.32	--	--
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	32.25	197.32	--	--
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	26.24	197.32	--	--

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	1708.00	197.32	--	--
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	449.87	197.32	--	--
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	211.26	197.32	--	--
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	125.96	197.32	--	--
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	85.76	197.32	--	--
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	63.62	197.32	--	--
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	50.16	197.32	--	--
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	41.43	197.32	--	--

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	211 DI 345

10	0.81	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	35.54	197.32	--	--
11	0.90	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	31.49	197.32	--	--

COMBINAZIONE n° 3

Peso muro favorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	18.8352	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	17.0239	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	8.0593	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.85	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -1.52	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	57.5640	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -0.51	[m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	9.75	[kN]
Componente dir. Y	48.75	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	26.7739	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	148.3293	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	148.3293	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	26.7739	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.12	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Risultante in fondazione	150.7264	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10.23	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	17.6874	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	1799.6764	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	119.41	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	50.11	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 61.35$	$N_q = 48.93$	$N_\gamma = 56.17$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.62$	$i_q = 0.62$	$i_\gamma = 0.51$

Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	212 DI 345

Fattori profondità	$d_c = 1.23$	$d_q = 1.13$	$d_r = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_r = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_r = 1.00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 46.38$	$N'_q = 34.52$	$N'_r = 28.59$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.62
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	12.13

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	213 DI 345

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 3

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	48.7500	6.0937	9.7500
2	0.05	49.3752	6.6005	10.1245
3	0.10	50.0004	7.1268	10.5174
4	0.15	50.6256	7.6735	10.9247
5	0.20	51.2507	8.2413	11.3452
6	0.26	51.8759	8.8309	11.7790
7	0.31	52.5011	9.4430	12.2260
8	0.36	53.1263	10.0782	12.6863
9	0.41	53.7515	10.7372	13.1598
10	0.46	54.3767	11.4207	13.6466
11	0.51	55.0018	12.1294	14.1466
12	0.56	55.6270	12.8639	14.6599
13	0.61	56.2522	13.6249	15.1864
14	0.66	56.8774	14.4131	15.7262
15	0.71	57.5026	15.2292	16.2792
16	0.77	58.1278	16.0738	16.8454
17	0.82	58.7529	16.9477	17.4250
18	0.87	59.3781	17.8514	18.0177
19	0.92	60.0033	18.7857	18.6238
20	0.97	60.6285	19.7513	19.2431
21	1.02	61.2537	20.7487	19.8735

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 3

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	214 DI 345

2	0.04	0.0653	3.7261
3	0.07	0.2603	7.4038
4	0.10	0.5830	11.0329
5	0.14	1.0320	14.6134
6	0.17	1.6054	18.1455
7	0.21	2.3016	21.6291
8	0.24	3.1189	25.0641
9	0.28	4.0555	28.4507
10	0.31	5.1099	31.7887
11	0.35	6.2802	35.0782

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 3

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.1009	-2.1897
3	0.18	-0.3845	-4.0585
4	0.27	-0.8219	-5.6066
5	0.36	-1.3841	-6.8339
6	0.45	-2.0423	-7.7405
7	0.54	-2.7677	-8.3262
8	0.63	-3.5314	-8.5911
9	0.72	-4.3045	-8.5353
10	0.81	-5.0582	-8.1587
11	0.90	-5.7635	-7.4612

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 3

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cm²]

A_{fv} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cm²]

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M_u momento ultimo espresso in [kNm]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	215 DI 345

CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	5415.31	-676.91	111.08	213.35	--	--
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	5192.49	-694.13	105.16	213.43	--	--
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	4977.06	-709.40	99.54	213.52	--	--
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	4768.46	-722.77	94.19	213.60	--	--
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	4572.75	-735.31	89.22	213.69	--	--
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	4370.09	-743.93	84.24	213.77	--	--
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	4173.57	-750.67	79.49	213.86	--	--
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	3990.24	-756.96	75.11	213.94	--	--
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	3765.70	-752.22	70.06	214.02	--	--
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	3547.99	-745.18	65.25	214.11	--	--
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	3342.71	-737.16	60.77	214.19	--	--
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	3129.39	-723.68	56.26	214.28	--	--
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	2937.85	-711.58	52.23	214.36	--	--
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	2753.69	-697.80	48.41	214.45	--	--
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	2569.32	-680.47	44.68	214.53	--	--
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	2404.87	-665.01	41.37	214.62	--	--
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	2257.08	-651.07	38.42	214.70	--	--
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	2100.64	-631.54	35.38	214.78	--	--
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	1961.82	-614.20	32.70	214.87	--	--
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	1837.83	-598.72	30.31	214.95	--	--
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	1726.47	-584.82	28.19	215.04	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 3

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V_{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V_{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
V_{Rd}	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	2617.96	197.32	--	--
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	657.34	197.32	--	--
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	293.43	197.32	--	--
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	165.78	197.32	--	--
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	106.56	197.32	--	--
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	74.33	197.32	--	--
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	54.85	197.32	--	--
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	42.18	197.32	--	--
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	33.48	197.32	--	--
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	27.24	197.32	--	--

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	1694.86	197.32	--	--
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	444.92	197.32	--	--
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	208.16	197.32	--	--
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	123.61	197.32	--	--
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	83.77	197.32	--	--
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	61.81	197.32	--	--
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	48.45	197.32	--	--
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	39.74	197.32	--	--

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	217 DI 345

10	0.81	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	33.82	197.32	--	--
11	0.90	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	29.68	197.32	--	--

COMBINAZIONE n° 4

Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	18.8352	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	17.0239	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	8.0593	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.85	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -1.52	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	52.0560	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -0.51	[m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	9.75	[kN]
Componente dir. Y	48.75	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	26.7739	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	153.0082	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	153.0082	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	26.7739	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.14	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Risultante in fondazione	155.3330	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9.93	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	21.0599	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	1787.8692	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	128.69	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	46.17	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 61.35$	$N_q = 48.93$	$N_\gamma = 56.17$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.63$	$i_q = 0.63$	$i_\gamma = 0.52$

Muri di sostegno sede ferroviaria	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
Relazione di calcolo	NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	218 DI 345

Fattori profondità	$d_c = 1.23$	$d_q = 1.13$	$d_r = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_r = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_r = 1.00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 47.11$	$N'_q = 35.04$	$N'_r = 29.23$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.71
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	11.68

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 4

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	48.7500	6.0937	9.7500
2	0.05	49.5627	6.6005	10.1245
3	0.10	50.3755	7.1268	10.5174
4	0.15	51.1882	7.6735	10.9247
5	0.20	52.0010	8.2413	11.3452
6	0.26	52.8137	8.8309	11.7790
7	0.31	53.6264	9.4430	12.2260
8	0.36	54.4392	10.0782	12.6863
9	0.41	55.2519	10.7372	13.1598
10	0.46	56.0647	11.4207	13.6466
11	0.51	56.8774	12.1294	14.1466
12	0.56	57.6901	12.8639	14.6599
13	0.61	58.5029	13.6249	15.1864
14	0.66	59.3156	14.4131	15.7262
15	0.71	60.1283	15.2292	16.2792
16	0.77	60.9411	16.0738	16.8454
17	0.82	61.7538	16.9477	17.4250
18	0.87	62.5666	17.8514	18.0177
19	0.92	63.3793	18.7857	18.6238
20	0.97	64.1920	19.7513	19.2431
21	1.02	65.0048	20.7487	19.8735

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 4

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	220 DI 345

2	0.04	0.0687	3.9176
3	0.07	0.2736	7.7775
4	0.10	0.6125	11.5796
5	0.14	1.0835	15.3239
6	0.17	1.6845	19.0105
7	0.21	2.4135	22.6393
8	0.24	3.2686	26.2103
9	0.28	4.2476	29.7236
10	0.31	5.3485	33.1791
11	0.35	6.5694	36.5768

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 4

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.1308	-2.8441
3	0.18	-0.5005	-5.3062
4	0.27	-1.0745	-7.3864
5	0.36	-1.8186	-9.0847
6	0.45	-2.6983	-10.4009
7	0.54	-3.6793	-11.3353
8	0.63	-4.7272	-11.8877
9	0.72	-5.8076	-12.0581
10	0.81	-6.8862	-11.8466
11	0.90	-7.9285	-11.2531

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 4

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{ft} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M_u momento ultimo espresso in [kNm]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	221 DI 345

CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	5415.31	-676.91	111.08	213.35	--	--
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	5204.98	-693.17	105.02	213.46	--	--
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	5002.76	-707.75	99.31	213.57	--	--
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	4805.59	-720.39	93.88	213.68	--	--
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	4620.41	-732.26	88.85	213.79	--	--
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	4435.65	-741.68	83.99	213.90	--	--
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	4248.44	-748.10	79.22	214.01	--	--
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	4073.43	-754.11	74.83	214.12	--	--
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	3891.80	-756.30	70.44	214.23	--	--
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	3678.91	-749.42	65.62	214.34	--	--
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	3484.74	-743.14	61.27	214.45	--	--
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	3291.34	-733.91	57.05	214.56	--	--
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	3099.14	-721.77	52.97	214.67	--	--
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	2925.11	-710.78	49.31	214.78	--	--
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	2755.91	-698.01	45.83	214.89	--	--
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	2585.73	-682.01	42.43	215.00	--	--
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	2432.68	-667.62	39.39	215.10	--	--
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	2294.33	-654.62	36.67	215.21	--	--
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	2152.54	-638.02	33.96	215.32	--	--
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	2019.63	-621.42	31.46	215.43	--	--
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	1900.14	-606.50	29.23	215.54	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 4

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V _{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
V _{Rd}	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	2489.28	197.32	--	--
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	625.39	197.32	--	--
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	279.33	197.32	--	--
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	157.90	197.32	--	--
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	101.56	197.32	--	--
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	70.88	197.32	--	--
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	52.34	197.32	--	--
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	40.28	197.32	--	--
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	31.99	197.32	--	--
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	26.04	197.32	--	--

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	1307.47	197.32	--	--
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	341.83	197.32	--	--
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	159.22	197.32	--	--
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	94.07	197.32	--	--
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	63.40	197.32	--	--
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	46.50	197.32	--	--
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	36.19	197.32	--	--
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	29.46	197.32	--	--

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	223 DI 345

10	0.81	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	24.84	197.32	--	--
11	0.90	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	21.58	197.32	--	--

COMBINAZIONE n° 5

Valore della spinta statica	18.8352	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	17.0239	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	8.0593	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.85	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -1.52	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	52.0560	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -0.51	[m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	9.75	[kN]
Componente dir. Y	48.75	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	26.7739	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	142.8213	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	30.1655	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	135.1058	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	142.8213	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	26.7739	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.14	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Risultante in fondazione	145.3092	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10.62	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	20.0283	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.48
--	------

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	224 DI 345

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 6

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Ctn, Ctt	contributo tiranti espresso in [kN]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1.08 Y[m]= 1.39

Raggio del cerchio R[m]= 3.53

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.06

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.16

Larghezza della striscia dx[m]= 0.25

Coefficiente di sicurezza C= 2.17

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u	Ctn	Ctt
1	8.3133	61.73	7.3214	0.0051	32.01	0	0	---	---
2	10.3378	54.72	8.4391	0.0042	32.01	0	0	---	---
3	11.9037	48.19	8.8721	0.0037	32.01	0	0	---	---
4	13.1605	42.42	8.8770	0.0033	32.01	0	0	---	---
5	14.1944	37.14	8.5707	0.0031	32.01	0	0	---	---
6	15.5727	32.22	8.3027	0.0029	27.61	0	0	---	---
7	16.3157	27.55	7.5465	0.0028	21.32	0	0	---	---
8	16.8910	23.07	6.6200	0.0027	21.32	0	0	---	---
9	15.5022	18.74	4.9813	0.0026	21.32	0	0	---	---
10	49.2270	14.52	12.3433	0.0025	21.32	0	0	---	---
11	10.8764	10.38	1.9595	0.0025	21.32	0	0	---	---
12	8.4189	6.29	0.9226	0.0025	21.32	0	0	---	---
13	7.9903	2.24	0.3117	0.0024	21.32	0	0	---	---
14	7.9318	-1.81	-0.2503	0.0024	21.32	0	0	---	---
15	7.8508	-5.86	-0.8018	0.0025	21.32	0	0	---	---
16	7.6831	-9.95	-1.3269	0.0025	21.32	0	0	---	---
17	7.4261	-14.08	-1.8067	0.0025	21.32	0	0	---	---

Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	225 DI 345

18	7.0754	-18.29	-2.2208	0.0026	21.32	0	0	---	---
19	6.6248	-22.61	-2.5470	0.0026	21.32	0	0	---	---
20	6.0653	-27.07	-2.7602	0.0027	21.32	0	0	---	---
21	5.3821	-31.71	-2.8293	0.0029	26.49	0	0	---	---
22	4.5428	-36.61	-2.7091	0.0030	32.01	0	0	---	---
23	3.5293	-41.84	-2.3542	0.0033	32.01	0	0	---	---
24	2.2992	-47.55	-1.6964	0.0036	32.01	0	0	---	---
25	0.7721	-53.98	-0.6245	0.0041	32.01	0	0	---	---

$$\Sigma W_i = 265.8869 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 63.1409 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 122.6139 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 1.27$$

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	226 DI 345

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	37.5000	4.6875	7.5000
2	0.05	38.1252	5.0773	7.7880
3	0.10	38.7504	5.4821	8.0903
4	0.15	39.3756	5.9027	8.4036
5	0.20	40.0007	6.3395	8.7271
6	0.26	40.6259	6.7930	9.0608
7	0.31	41.2511	7.2638	9.4046
8	0.36	41.8763	7.7525	9.7587
9	0.41	42.5015	8.2594	10.1229
10	0.46	43.1267	8.7852	10.4974
11	0.51	43.7518	9.3303	10.8820
12	0.56	44.3770	9.8953	11.2768
13	0.61	45.0022	10.4807	11.6818
14	0.66	45.6274	11.0870	12.0970
15	0.71	46.2526	11.7148	12.5224
16	0.77	46.8778	12.3645	12.9580
17	0.82	47.5029	13.0367	13.4038
18	0.87	48.1281	13.7319	13.8598
19	0.92	48.7533	14.4505	14.3260
20	0.97	49.3785	15.1933	14.8023
21	1.02	50.0037	15.9605	15.2873

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 7

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	227 DI 345

2	0.04	0.0522	2.9773
3	0.07	0.2079	5.9151
4	0.10	0.4658	8.8134
5	0.14	0.8244	11.6722
6	0.17	1.2824	14.4915
7	0.21	1.8384	17.2713
8	0.24	2.4909	20.0116
9	0.28	3.2387	22.7124
10	0.31	4.0803	25.3738
11	0.35	5.0144	27.9956

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 7

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.0770	-1.6687
3	0.18	-0.2925	-3.0762
4	0.27	-0.6229	-4.2226
5	0.36	-1.0448	-5.1078
6	0.45	-1.5345	-5.7319
7	0.54	-2.0687	-6.0948
8	0.63	-2.6237	-6.1966
9	0.72	-3.1762	-6.0372
10	0.81	-3.7026	-5.6167
11	0.90	-4.1794	-4.9351

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fv} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	228 DI 345

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	180	20	329	-2365
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	193	20	502	-2512
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	206	21	705	-2669
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	220	22	941	-2835
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	236	23	1212	-3010
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	252	24	1519	-3195
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	270	25	1866	-3388
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	288	26	2252	-3591
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	307	26	2678	-3801
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	328	27	3145	-4019
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	349	28	3654	-4245
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	371	29	4204	-4478
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	394	31	4795	-4719
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	418	32	5427	-4966
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	442	33	6100	-5221
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	468	34	6814	-5483
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	494	35	7569	-5751
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	522	36	8366	-6027
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	550	37	9204	-6310
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	579	39	10084	-6600
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	609	40	11006	-6898

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 7

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	2	8	125	-16
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	9	15	498	-65
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	20	23	1115	-146
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	36	31	1973	-258
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	56	38	3070	-402
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	80	45	4400	-576
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	108	52	5962	-780
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	141	59	7752	-1015
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	177	66	9767	-1278
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	218	73	12003	-1571

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	3	-4	-24	184
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	13	-8	-92	700
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	27	-11	-195	1491
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	45	-13	-327	2501
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	67	-15	-481	3673
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	90	-16	-648	4952
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	114	-16	-822	6280
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	138	-16	-995	7603
10	0.81	100, 50	10.05	10.05	161	-15	-1160	8863

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	230 DI 345

11 0.90 100, 50 10.05 10.05 182 -13 -1309 10004

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ϵ_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	0.00	16.08	8.04	-79.38	-4.69	0.0000	0.00	0.000
2	0.05	16.08	8.04	-79.38	-5.08	0.0000	0.00	0.000
3	0.10	16.08	8.04	-79.38	-5.48	0.0000	0.00	0.000
4	0.15	16.08	8.04	-79.38	-5.90	0.0000	0.00	0.000
5	0.20	16.08	8.04	-79.38	-6.34	0.0000	0.00	0.000
6	0.26	16.08	8.04	-79.38	-6.79	0.0000	0.00	0.000
7	0.31	16.08	8.04	-79.38	-7.26	0.0000	0.00	0.000
8	0.36	16.08	8.04	-79.38	-7.75	0.0000	0.00	0.000
9	0.41	16.08	8.04	-79.38	-8.26	0.0000	0.00	0.000
10	0.46	16.08	8.04	-79.38	-8.79	0.0000	0.00	0.000
11	0.51	16.08	8.04	-79.38	-9.33	0.0000	0.00	0.000
12	0.56	16.08	8.04	-79.38	-9.90	0.0000	0.00	0.000
13	0.61	16.08	8.04	-79.38	-10.48	0.0000	0.00	0.000
14	0.66	16.08	8.04	-79.38	-11.09	0.0000	0.00	0.000
15	0.71	16.08	8.04	-79.38	-11.71	0.0000	0.00	0.000
16	0.77	16.08	8.04	-79.38	-12.36	0.0000	0.00	0.000
17	0.82	16.08	8.04	-79.38	-13.04	0.0000	0.00	0.000
18	0.87	16.08	8.04	-79.38	-13.73	0.0000	0.00	0.000
19	0.92	16.08	8.04	-79.38	-14.45	0.0000	0.00	0.000
20	0.97	16.08	8.04	-79.38	-15.19	0.0000	0.00	0.000
21	1.02	16.08	8.04	-79.38	-15.96	0.0000	0.00	0.000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	-0.85	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	-0.81	10.05	10.05	76.77	0.05	0.0000	0.00	0.000
3	-0.78	10.05	10.05	76.77	0.21	0.0000	0.00	0.000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	231 DI 345

4	-0.74	10.05	10.05	76.77	0.47	0.0000	0.00	0.000
5	-0.71	10.05	10.05	76.77	0.82	0.0000	0.00	0.000
6	-0.68	10.05	10.05	76.77	1.28	0.0000	0.00	0.000
7	-0.64	10.05	10.05	76.77	1.84	0.0000	0.00	0.000
8	-0.60	10.05	10.05	76.77	2.49	0.0000	0.00	0.000
9	-0.57	10.05	10.05	76.77	3.24	0.0000	0.00	0.000
10	-0.54	10.05	10.05	76.77	4.08	0.0000	0.00	0.000
11	-0.50	10.05	10.05	76.77	5.01	0.0000	0.00	0.000
12	0.00	10.05	10.05	-76.77	-4.18	0.0000	0.00	0.000
13	0.09	10.05	10.05	-76.77	-3.70	0.0000	0.00	0.000
14	0.18	10.05	10.05	-76.77	-3.18	0.0000	0.00	0.000
15	0.27	10.05	10.05	-76.77	-2.62	0.0000	0.00	0.000
16	0.36	10.05	10.05	-76.77	-2.07	0.0000	0.00	0.000
17	0.45	10.05	10.05	-76.77	-1.53	0.0000	0.00	0.000
18	0.54	10.05	10.05	-76.77	-1.04	0.0000	0.00	0.000
19	0.63	10.05	10.05	-76.77	-0.62	0.0000	0.00	0.000
20	0.72	10.05	10.05	-76.77	-0.29	0.0000	0.00	0.000
21	0.81	10.05	10.05	-76.77	-0.08	0.0000	0.00	0.000
22	0.90	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	37.5000	4.6875	7.5000
2	0.05	38.1252	5.0773	7.7880
3	0.10	38.7504	5.4821	8.0903
4	0.15	39.3756	5.9027	8.4036
5	0.20	40.0007	6.3395	8.7271
6	0.26	40.6259	6.7930	9.0608
7	0.31	41.2511	7.2638	9.4046
8	0.36	41.8763	7.7525	9.7587
9	0.41	42.5015	8.2594	10.1229
10	0.46	43.1267	8.7852	10.4974
11	0.51	43.7518	9.3303	10.8820
12	0.56	44.3770	9.8953	11.2768
13	0.61	45.0022	10.4807	11.6818
14	0.66	45.6274	11.0870	12.0970
15	0.71	46.2526	11.7148	12.5224
16	0.77	46.8778	12.3645	12.9580
17	0.82	47.5029	13.0367	13.4038
18	0.87	48.1281	13.7319	13.8598
19	0.92	48.7533	14.4505	14.3260
20	0.97	49.3785	15.1933	14.8023
21	1.02	50.0037	15.9605	15.2873

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 8

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	233 DI 345

2	0.04	0.0522	2.9773
3	0.07	0.2079	5.9151
4	0.10	0.4658	8.8134
5	0.14	0.8244	11.6722
6	0.17	1.2824	14.4915
7	0.21	1.8384	17.2713
8	0.24	2.4909	20.0116
9	0.28	3.2387	22.7124
10	0.31	4.0803	25.3738
11	0.35	5.0144	27.9956

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 8

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.0770	-1.6687
3	0.18	-0.2925	-3.0762
4	0.27	-0.6229	-4.2226
5	0.36	-1.0448	-5.1078
6	0.45	-1.5345	-5.7319
7	0.54	-2.0687	-6.0948
8	0.63	-2.6237	-6.1966
9	0.72	-3.1762	-6.0372
10	0.81	-3.7026	-5.6167
11	0.90	-4.1794	-4.9351

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fv} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	234 DI 345

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	180	20	329	-2365
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	193	20	502	-2512
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	206	21	705	-2669
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	220	22	941	-2835
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	236	23	1212	-3010
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	252	24	1519	-3195
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	270	25	1866	-3388
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	288	26	2252	-3591
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	307	26	2678	-3801
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	328	27	3145	-4019
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	349	28	3654	-4245
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	371	29	4204	-4478
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	394	31	4795	-4719
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	418	32	5427	-4966
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	442	33	6100	-5221
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	468	34	6814	-5483
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	494	35	7569	-5751
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	522	36	8366	-6027
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	550	37	9204	-6310
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	579	39	10084	-6600
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	609	40	11006	-6898

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 8

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	2	8	125	-16
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	9	15	498	-65
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	20	23	1115	-146
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	36	31	1973	-258
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	56	38	3070	-402
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	80	45	4400	-576
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	108	52	5962	-780
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	141	59	7752	-1015
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	177	66	9767	-1278
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	218	73	12003	-1571

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	3	-4	-24	184
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	13	-8	-92	700
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	27	-11	-195	1491
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	45	-13	-327	2501
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	67	-15	-481	3673
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	90	-16	-648	4952
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	114	-16	-822	6280
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	138	-16	-995	7603
10	0.81	100, 50	10.05	10.05	161	-15	-1160	8863

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	236 DI 345

11 0.90 100, 50 10.05 10.05 182 -13 -1309 10004

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ϵ_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	0.00	16.08	8.04	-79.38	-4.69	0.0000	0.00	0.000
2	0.05	16.08	8.04	-79.38	-5.08	0.0000	0.00	0.000
3	0.10	16.08	8.04	-79.38	-5.48	0.0000	0.00	0.000
4	0.15	16.08	8.04	-79.38	-5.90	0.0000	0.00	0.000
5	0.20	16.08	8.04	-79.38	-6.34	0.0000	0.00	0.000
6	0.26	16.08	8.04	-79.38	-6.79	0.0000	0.00	0.000
7	0.31	16.08	8.04	-79.38	-7.26	0.0000	0.00	0.000
8	0.36	16.08	8.04	-79.38	-7.75	0.0000	0.00	0.000
9	0.41	16.08	8.04	-79.38	-8.26	0.0000	0.00	0.000
10	0.46	16.08	8.04	-79.38	-8.79	0.0000	0.00	0.000
11	0.51	16.08	8.04	-79.38	-9.33	0.0000	0.00	0.000
12	0.56	16.08	8.04	-79.38	-9.90	0.0000	0.00	0.000
13	0.61	16.08	8.04	-79.38	-10.48	0.0000	0.00	0.000
14	0.66	16.08	8.04	-79.38	-11.09	0.0000	0.00	0.000
15	0.71	16.08	8.04	-79.38	-11.71	0.0000	0.00	0.000
16	0.77	16.08	8.04	-79.38	-12.36	0.0000	0.00	0.000
17	0.82	16.08	8.04	-79.38	-13.04	0.0000	0.00	0.000
18	0.87	16.08	8.04	-79.38	-13.73	0.0000	0.00	0.000
19	0.92	16.08	8.04	-79.38	-14.45	0.0000	0.00	0.000
20	0.97	16.08	8.04	-79.38	-15.19	0.0000	0.00	0.000
21	1.02	16.08	8.04	-79.38	-15.96	0.0000	0.00	0.000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	-0.85	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	-0.81	10.05	10.05	76.77	0.05	0.0000	0.00	0.000
3	-0.78	10.05	10.05	76.77	0.21	0.0000	0.00	0.000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	237 DI 345

4	-0.74	10.05	10.05	76.77	0.47	0.0000	0.00	0.000
5	-0.71	10.05	10.05	76.77	0.82	0.0000	0.00	0.000
6	-0.68	10.05	10.05	76.77	1.28	0.0000	0.00	0.000
7	-0.64	10.05	10.05	76.77	1.84	0.0000	0.00	0.000
8	-0.60	10.05	10.05	76.77	2.49	0.0000	0.00	0.000
9	-0.57	10.05	10.05	76.77	3.24	0.0000	0.00	0.000
10	-0.54	10.05	10.05	76.77	4.08	0.0000	0.00	0.000
11	-0.50	10.05	10.05	76.77	5.01	0.0000	0.00	0.000
12	0.00	10.05	10.05	-76.77	-4.18	0.0000	0.00	0.000
13	0.09	10.05	10.05	-76.77	-3.70	0.0000	0.00	0.000
14	0.18	10.05	10.05	-76.77	-3.18	0.0000	0.00	0.000
15	0.27	10.05	10.05	-76.77	-2.62	0.0000	0.00	0.000
16	0.36	10.05	10.05	-76.77	-2.07	0.0000	0.00	0.000
17	0.45	10.05	10.05	-76.77	-1.53	0.0000	0.00	0.000
18	0.54	10.05	10.05	-76.77	-1.04	0.0000	0.00	0.000
19	0.63	10.05	10.05	-76.77	-0.62	0.0000	0.00	0.000
20	0.72	10.05	10.05	-76.77	-0.29	0.0000	0.00	0.000
21	0.81	10.05	10.05	-76.77	-0.08	0.0000	0.00	0.000
22	0.90	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 9

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	37.5000	4.6875	7.5000
2	0.05	38.1252	5.0773	7.7880
3	0.10	38.7504	5.4821	8.0903
4	0.15	39.3756	5.9027	8.4036
5	0.20	40.0007	6.3395	8.7271
6	0.26	40.6259	6.7930	9.0608
7	0.31	41.2511	7.2638	9.4046
8	0.36	41.8763	7.7525	9.7587
9	0.41	42.5015	8.2594	10.1229
10	0.46	43.1267	8.7852	10.4974
11	0.51	43.7518	9.3303	10.8820
12	0.56	44.3770	9.8953	11.2768
13	0.61	45.0022	10.4807	11.6818
14	0.66	45.6274	11.0870	12.0970
15	0.71	46.2526	11.7148	12.5224
16	0.77	46.8778	12.3645	12.9580
17	0.82	47.5029	13.0367	13.4038
18	0.87	48.1281	13.7319	13.8598
19	0.92	48.7533	14.4505	14.3260
20	0.97	49.3785	15.1933	14.8023
21	1.02	50.0037	15.9605	15.2873

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 9

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	239 DI 345

2	0.04	0.0522	2.9773
3	0.07	0.2079	5.9151
4	0.10	0.4658	8.8134
5	0.14	0.8244	11.6722
6	0.17	1.2824	14.4915
7	0.21	1.8384	17.2713
8	0.24	2.4909	20.0116
9	0.28	3.2387	22.7124
10	0.31	4.0803	25.3738
11	0.35	5.0144	27.9956

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 9

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.0770	-1.6687
3	0.18	-0.2925	-3.0762
4	0.27	-0.6229	-4.2226
5	0.36	-1.0448	-5.1078
6	0.45	-1.5345	-5.7319
7	0.54	-2.0687	-6.0948
8	0.63	-2.6237	-6.1966
9	0.72	-3.1762	-6.0372
10	0.81	-3.7026	-5.6167
11	0.90	-4.1794	-4.9351

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 9

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fv} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	240 DI 345

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	180	20	329	-2365
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	193	20	502	-2512
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	206	21	705	-2669
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	220	22	941	-2835
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	236	23	1212	-3010
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	252	24	1519	-3195
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	270	25	1866	-3388
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	288	26	2252	-3591
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	307	26	2678	-3801
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	328	27	3145	-4019
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	349	28	3654	-4245
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	371	29	4204	-4478
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	394	31	4795	-4719
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	418	32	5427	-4966
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	442	33	6100	-5221
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	468	34	6814	-5483
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	494	35	7569	-5751
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	522	36	8366	-6027
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	550	37	9204	-6310
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	579	39	10084	-6600
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	609	40	11006	-6898

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 9

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	2	8	125	-16
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	9	15	498	-65
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	20	23	1115	-146
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	36	31	1973	-258
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	56	38	3070	-402
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	80	45	4400	-576
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	108	52	5962	-780
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	141	59	7752	-1015
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	177	66	9767	-1278
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	218	73	12003	-1571

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	3	-4	-24	184
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	13	-8	-92	700
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	27	-11	-195	1491
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	45	-13	-327	2501
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	67	-15	-481	3673
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	90	-16	-648	4952
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	114	-16	-822	6280
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	138	-16	-995	7603
10	0.81	100, 50	10.05	10.05	161	-15	-1160	8863

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	242 DI 345

11 0.90 100, 50 10.05 10.05 182 -13 -1309 10004

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 9

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ϵ_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	0.00	16.08	8.04	-79.38	-4.69	0.0000	0.00	0.000
2	0.05	16.08	8.04	-79.38	-5.08	0.0000	0.00	0.000
3	0.10	16.08	8.04	-79.38	-5.48	0.0000	0.00	0.000
4	0.15	16.08	8.04	-79.38	-5.90	0.0000	0.00	0.000
5	0.20	16.08	8.04	-79.38	-6.34	0.0000	0.00	0.000
6	0.26	16.08	8.04	-79.38	-6.79	0.0000	0.00	0.000
7	0.31	16.08	8.04	-79.38	-7.26	0.0000	0.00	0.000
8	0.36	16.08	8.04	-79.38	-7.75	0.0000	0.00	0.000
9	0.41	16.08	8.04	-79.38	-8.26	0.0000	0.00	0.000
10	0.46	16.08	8.04	-79.38	-8.79	0.0000	0.00	0.000
11	0.51	16.08	8.04	-79.38	-9.33	0.0000	0.00	0.000
12	0.56	16.08	8.04	-79.38	-9.90	0.0000	0.00	0.000
13	0.61	16.08	8.04	-79.38	-10.48	0.0000	0.00	0.000
14	0.66	16.08	8.04	-79.38	-11.09	0.0000	0.00	0.000
15	0.71	16.08	8.04	-79.38	-11.71	0.0000	0.00	0.000
16	0.77	16.08	8.04	-79.38	-12.36	0.0000	0.00	0.000
17	0.82	16.08	8.04	-79.38	-13.04	0.0000	0.00	0.000
18	0.87	16.08	8.04	-79.38	-13.73	0.0000	0.00	0.000
19	0.92	16.08	8.04	-79.38	-14.45	0.0000	0.00	0.000
20	0.97	16.08	8.04	-79.38	-15.19	0.0000	0.00	0.000
21	1.02	16.08	8.04	-79.38	-15.96	0.0000	0.00	0.000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	-0.85	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	-0.81	10.05	10.05	76.77	0.05	0.0000	0.00	0.000
3	-0.78	10.05	10.05	76.77	0.21	0.0000	0.00	0.000

Muri di sostegno sede ferroviaria	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
Relazione di calcolo	NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	243 DI 345

4	-0.74	10.05	10.05	76.77	0.47	0.0000	0.00	0.000
5	-0.71	10.05	10.05	76.77	0.82	0.0000	0.00	0.000
6	-0.68	10.05	10.05	76.77	1.28	0.0000	0.00	0.000
7	-0.64	10.05	10.05	76.77	1.84	0.0000	0.00	0.000
8	-0.60	10.05	10.05	76.77	2.49	0.0000	0.00	0.000
9	-0.57	10.05	10.05	76.77	3.24	0.0000	0.00	0.000
10	-0.54	10.05	10.05	76.77	4.08	0.0000	0.00	0.000
11	-0.50	10.05	10.05	76.77	5.01	0.0000	0.00	0.000
12	0.00	10.05	10.05	-76.77	-4.18	0.0000	0.00	0.000
13	0.09	10.05	10.05	-76.77	-3.70	0.0000	0.00	0.000
14	0.18	10.05	10.05	-76.77	-3.18	0.0000	0.00	0.000
15	0.27	10.05	10.05	-76.77	-2.62	0.0000	0.00	0.000
16	0.36	10.05	10.05	-76.77	-2.07	0.0000	0.00	0.000
17	0.45	10.05	10.05	-76.77	-1.53	0.0000	0.00	0.000
18	0.54	10.05	10.05	-76.77	-1.04	0.0000	0.00	0.000
19	0.63	10.05	10.05	-76.77	-0.62	0.0000	0.00	0.000
20	0.72	10.05	10.05	-76.77	-0.29	0.0000	0.00	0.000
21	0.81	10.05	10.05	-76.77	-0.08	0.0000	0.00	0.000
22	0.90	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 10

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	37.5000	4.6875	7.5000
2	0.05	38.1252	5.0773	7.7880
3	0.10	38.7504	5.4821	8.0903
4	0.15	39.3756	5.9027	8.4036
5	0.20	40.0007	6.3395	8.7271
6	0.26	40.6259	6.7930	9.0608
7	0.31	41.2511	7.2638	9.4046
8	0.36	41.8763	7.7525	9.7587
9	0.41	42.5015	8.2594	10.1229
10	0.46	43.1267	8.7852	10.4974
11	0.51	43.7518	9.3303	10.8820
12	0.56	44.3770	9.8953	11.2768
13	0.61	45.0022	10.4807	11.6818
14	0.66	45.6274	11.0870	12.0970
15	0.71	46.2526	11.7148	12.5224
16	0.77	46.8778	12.3645	12.9580
17	0.82	47.5029	13.0367	13.4038
18	0.87	48.1281	13.7319	13.8598
19	0.92	48.7533	14.4505	14.3260
20	0.97	49.3785	15.1933	14.8023
21	1.02	50.0037	15.9605	15.2873

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 10

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

2	0.04	0.0522	2.9773
3	0.07	0.2079	5.9151
4	0.10	0.4658	8.8134
5	0.14	0.8244	11.6722
6	0.17	1.2824	14.4915
7	0.21	1.8384	17.2713
8	0.24	2.4909	20.0116
9	0.28	3.2387	22.7124
10	0.31	4.0803	25.3738
11	0.35	5.0144	27.9956

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 10

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.0770	-1.6687
3	0.18	-0.2925	-3.0762
4	0.27	-0.6229	-4.2226
5	0.36	-1.0448	-5.1078
6	0.45	-1.5345	-5.7319
7	0.54	-2.0687	-6.0948
8	0.63	-2.6237	-6.1966
9	0.72	-3.1762	-6.0372
10	0.81	-3.7026	-5.6167
11	0.90	-4.1794	-4.9351

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 10

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fv} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	246 DI 345

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	180	20	329	-2365
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	193	20	502	-2512
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	206	21	705	-2669
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	220	22	941	-2835
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	236	23	1212	-3010
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	252	24	1519	-3195
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	270	25	1866	-3388
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	288	26	2252	-3591
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	307	26	2678	-3801
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	328	27	3145	-4019
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	349	28	3654	-4245
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	371	29	4204	-4478
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	394	31	4795	-4719
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	418	32	5427	-4966
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	442	33	6100	-5221
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	468	34	6814	-5483
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	494	35	7569	-5751
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	522	36	8366	-6027
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	550	37	9204	-6310
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	579	39	10084	-6600
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	609	40	11006	-6898

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 10

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	2	8	125	-16
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	9	15	498	-65
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	20	23	1115	-146
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	36	31	1973	-258
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	56	38	3070	-402
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	80	45	4400	-576
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	108	52	5962	-780
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	141	59	7752	-1015
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	177	66	9767	-1278
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	218	73	12003	-1571

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	3	-4	-24	184
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	13	-8	-92	700
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	27	-11	-195	1491
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	45	-13	-327	2501
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	67	-15	-481	3673
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	90	-16	-648	4952
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	114	-16	-822	6280
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	138	-16	-995	7603
10	0.81	100, 50	10.05	10.05	161	-15	-1160	8863

11 0.90 100, 50 10.05 10.05 182 -13 -1309 10004

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 10

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ε_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ε_m	s_m	w
1	0.00	16.08	8.04	-79.38	-4.69	0.0000	0.00	0.000
2	0.05	16.08	8.04	-79.38	-5.08	0.0000	0.00	0.000
3	0.10	16.08	8.04	-79.38	-5.48	0.0000	0.00	0.000
4	0.15	16.08	8.04	-79.38	-5.90	0.0000	0.00	0.000
5	0.20	16.08	8.04	-79.38	-6.34	0.0000	0.00	0.000
6	0.26	16.08	8.04	-79.38	-6.79	0.0000	0.00	0.000
7	0.31	16.08	8.04	-79.38	-7.26	0.0000	0.00	0.000
8	0.36	16.08	8.04	-79.38	-7.75	0.0000	0.00	0.000
9	0.41	16.08	8.04	-79.38	-8.26	0.0000	0.00	0.000
10	0.46	16.08	8.04	-79.38	-8.79	0.0000	0.00	0.000
11	0.51	16.08	8.04	-79.38	-9.33	0.0000	0.00	0.000
12	0.56	16.08	8.04	-79.38	-9.90	0.0000	0.00	0.000
13	0.61	16.08	8.04	-79.38	-10.48	0.0000	0.00	0.000
14	0.66	16.08	8.04	-79.38	-11.09	0.0000	0.00	0.000
15	0.71	16.08	8.04	-79.38	-11.71	0.0000	0.00	0.000
16	0.77	16.08	8.04	-79.38	-12.36	0.0000	0.00	0.000
17	0.82	16.08	8.04	-79.38	-13.04	0.0000	0.00	0.000
18	0.87	16.08	8.04	-79.38	-13.73	0.0000	0.00	0.000
19	0.92	16.08	8.04	-79.38	-14.45	0.0000	0.00	0.000
20	0.97	16.08	8.04	-79.38	-15.19	0.0000	0.00	0.000
21	1.02	16.08	8.04	-79.38	-15.96	0.0000	0.00	0.000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ε_m	s_m	w
1	-0.85	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	-0.81	10.05	10.05	76.77	0.05	0.0000	0.00	0.000
3	-0.78	10.05	10.05	76.77	0.21	0.0000	0.00	0.000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	249 DI 345

4	-0.74	10.05	10.05	76.77	0.47	0.0000	0.00	0.000
5	-0.71	10.05	10.05	76.77	0.82	0.0000	0.00	0.000
6	-0.68	10.05	10.05	76.77	1.28	0.0000	0.00	0.000
7	-0.64	10.05	10.05	76.77	1.84	0.0000	0.00	0.000
8	-0.60	10.05	10.05	76.77	2.49	0.0000	0.00	0.000
9	-0.57	10.05	10.05	76.77	3.24	0.0000	0.00	0.000
10	-0.54	10.05	10.05	76.77	4.08	0.0000	0.00	0.000
11	-0.50	10.05	10.05	76.77	5.01	0.0000	0.00	0.000
12	0.00	10.05	10.05	-76.77	-4.18	0.0000	0.00	0.000
13	0.09	10.05	10.05	-76.77	-3.70	0.0000	0.00	0.000
14	0.18	10.05	10.05	-76.77	-3.18	0.0000	0.00	0.000
15	0.27	10.05	10.05	-76.77	-2.62	0.0000	0.00	0.000
16	0.36	10.05	10.05	-76.77	-2.07	0.0000	0.00	0.000
17	0.45	10.05	10.05	-76.77	-1.53	0.0000	0.00	0.000
18	0.54	10.05	10.05	-76.77	-1.04	0.0000	0.00	0.000
19	0.63	10.05	10.05	-76.77	-0.62	0.0000	0.00	0.000
20	0.72	10.05	10.05	-76.77	-0.29	0.0000	0.00	0.000
21	0.81	10.05	10.05	-76.77	-0.08	0.0000	0.00	0.000
22	0.90	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	250 DI 345

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 11

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	37.5000	4.6875	7.5000
2	0.05	38.1252	5.0773	7.7880
3	0.10	38.7504	5.4821	8.0903
4	0.15	39.3756	5.9027	8.4036
5	0.20	40.0007	6.3395	8.7271
6	0.26	40.6259	6.7930	9.0608
7	0.31	41.2511	7.2638	9.4046
8	0.36	41.8763	7.7525	9.7587
9	0.41	42.5015	8.2594	10.1229
10	0.46	43.1267	8.7852	10.4974
11	0.51	43.7518	9.3303	10.8820
12	0.56	44.3770	9.8953	11.2768
13	0.61	45.0022	10.4807	11.6818
14	0.66	45.6274	11.0870	12.0970
15	0.71	46.2526	11.7148	12.5224
16	0.77	46.8778	12.3645	12.9580
17	0.82	47.5029	13.0367	13.4038
18	0.87	48.1281	13.7319	13.8598
19	0.92	48.7533	14.4505	14.3260
20	0.97	49.3785	15.1933	14.8023
21	1.02	50.0037	15.9605	15.2873

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 11

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

2	0.04	0.0522	2.9773
3	0.07	0.2079	5.9151
4	0.10	0.4658	8.8134
5	0.14	0.8244	11.6722
6	0.17	1.2824	14.4915
7	0.21	1.8384	17.2713
8	0.24	2.4909	20.0116
9	0.28	3.2387	22.7124
10	0.31	4.0803	25.3738
11	0.35	5.0144	27.9956

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 11

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.0770	-1.6687
3	0.18	-0.2925	-3.0762
4	0.27	-0.6229	-4.2226
5	0.36	-1.0448	-5.1078
6	0.45	-1.5345	-5.7319
7	0.54	-2.0687	-6.0948
8	0.63	-2.6237	-6.1966
9	0.72	-3.1762	-6.0372
10	0.81	-3.7026	-5.6167
11	0.90	-4.1794	-4.9351

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 11

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fv} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	252 DI 345

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	180	20	329	-2365
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	193	20	502	-2512
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	206	21	705	-2669
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	220	22	941	-2835
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	236	23	1212	-3010
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	252	24	1519	-3195
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	270	25	1866	-3388
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	288	26	2252	-3591
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	307	26	2678	-3801
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	328	27	3145	-4019
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	349	28	3654	-4245
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	371	29	4204	-4478
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	394	31	4795	-4719
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	418	32	5427	-4966
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	442	33	6100	-5221
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	468	34	6814	-5483
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	494	35	7569	-5751
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	522	36	8366	-6027
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	550	37	9204	-6310
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	579	39	10084	-6600
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	609	40	11006	-6898

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 11

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	2	8	125	-16
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	9	15	498	-65
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	20	23	1115	-146
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	36	31	1973	-258
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	56	38	3070	-402
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	80	45	4400	-576
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	108	52	5962	-780
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	141	59	7752	-1015
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	177	66	9767	-1278
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	218	73	12003	-1571

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	3	-4	-24	184
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	13	-8	-92	700
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	27	-11	-195	1491
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	45	-13	-327	2501
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	67	-15	-481	3673
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	90	-16	-648	4952
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	114	-16	-822	6280
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	138	-16	-995	7603
10	0.81	100, 50	10.05	10.05	161	-15	-1160	8863

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	254 DI 345

11 0.90 100, 50 10.05 10.05 182 -13 -1309 10004

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 11

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ε_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ε_m	s_m	w
1	0.00	16.08	8.04	-79.38	-4.69	0.0000	0.00	0.000
2	0.05	16.08	8.04	-79.38	-5.08	0.0000	0.00	0.000
3	0.10	16.08	8.04	-79.38	-5.48	0.0000	0.00	0.000
4	0.15	16.08	8.04	-79.38	-5.90	0.0000	0.00	0.000
5	0.20	16.08	8.04	-79.38	-6.34	0.0000	0.00	0.000
6	0.26	16.08	8.04	-79.38	-6.79	0.0000	0.00	0.000
7	0.31	16.08	8.04	-79.38	-7.26	0.0000	0.00	0.000
8	0.36	16.08	8.04	-79.38	-7.75	0.0000	0.00	0.000
9	0.41	16.08	8.04	-79.38	-8.26	0.0000	0.00	0.000
10	0.46	16.08	8.04	-79.38	-8.79	0.0000	0.00	0.000
11	0.51	16.08	8.04	-79.38	-9.33	0.0000	0.00	0.000
12	0.56	16.08	8.04	-79.38	-9.90	0.0000	0.00	0.000
13	0.61	16.08	8.04	-79.38	-10.48	0.0000	0.00	0.000
14	0.66	16.08	8.04	-79.38	-11.09	0.0000	0.00	0.000
15	0.71	16.08	8.04	-79.38	-11.71	0.0000	0.00	0.000
16	0.77	16.08	8.04	-79.38	-12.36	0.0000	0.00	0.000
17	0.82	16.08	8.04	-79.38	-13.04	0.0000	0.00	0.000
18	0.87	16.08	8.04	-79.38	-13.73	0.0000	0.00	0.000
19	0.92	16.08	8.04	-79.38	-14.45	0.0000	0.00	0.000
20	0.97	16.08	8.04	-79.38	-15.19	0.0000	0.00	0.000
21	1.02	16.08	8.04	-79.38	-15.96	0.0000	0.00	0.000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ε_m	s_m	w
1	-0.85	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	-0.81	10.05	10.05	76.77	0.05	0.0000	0.00	0.000
3	-0.78	10.05	10.05	76.77	0.21	0.0000	0.00	0.000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	255 DI 345

4	-0.74	10.05	10.05	76.77	0.47	0.0000	0.00	0.000
5	-0.71	10.05	10.05	76.77	0.82	0.0000	0.00	0.000
6	-0.68	10.05	10.05	76.77	1.28	0.0000	0.00	0.000
7	-0.64	10.05	10.05	76.77	1.84	0.0000	0.00	0.000
8	-0.60	10.05	10.05	76.77	2.49	0.0000	0.00	0.000
9	-0.57	10.05	10.05	76.77	3.24	0.0000	0.00	0.000
10	-0.54	10.05	10.05	76.77	4.08	0.0000	0.00	0.000
11	-0.50	10.05	10.05	76.77	5.01	0.0000	0.00	0.000
12	0.00	10.05	10.05	-76.77	-4.18	0.0000	0.00	0.000
13	0.09	10.05	10.05	-76.77	-3.70	0.0000	0.00	0.000
14	0.18	10.05	10.05	-76.77	-3.18	0.0000	0.00	0.000
15	0.27	10.05	10.05	-76.77	-2.62	0.0000	0.00	0.000
16	0.36	10.05	10.05	-76.77	-2.07	0.0000	0.00	0.000
17	0.45	10.05	10.05	-76.77	-1.53	0.0000	0.00	0.000
18	0.54	10.05	10.05	-76.77	-1.04	0.0000	0.00	0.000
19	0.63	10.05	10.05	-76.77	-0.62	0.0000	0.00	0.000
20	0.72	10.05	10.05	-76.77	-0.29	0.0000	0.00	0.000
21	0.81	10.05	10.05	-76.77	-0.08	0.0000	0.00	0.000
22	0.90	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000

MURO BANCHINA NORD LATO OVEST – CONDIZIONI NON DRENATE

Normativa

N.T.C. 2018

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_{c'}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_{γ}	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	0.90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.30	1.10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.50	1.50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$		1.00	1.25	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$		1.00	1.25	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1.00	1.40	1.40	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}		1.00	1.60	1.60	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}		1.00	1.00	1.00	1.00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	0.90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00	1.00	1.10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	1.00	1.00	1.50

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	257 DI 345

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

<i>Verifica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Resistenza del terreno a valle	1.00	1.00	1.40
Stabilità globale		1.10	

Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	1.02 [m]
Spessore in sommità	0.50 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.50 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	10.00 [m]
<u>Fondazione</u>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	0.35 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0.90 [m]
Lunghezza totale fondazione	1.75 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.50 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

Muri di sostegno sede ferroviaria

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	259 DI 345

Relazione di calcolo

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico	24.517 [kN/mc]
Classe di Resistenza	C32/40
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	40000 [kPa]
Modulo elastico E	33642648 [kPa]

Acciaio

Tipo	B450C
Tensione di snervamento σ_{fa}	449936 [kPa]

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	10.00	0.00	0.00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0.00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0.50	[m]

Falda

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	260 DI 345

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
<i>c</i>	Coesione espressa in [kPa]
<i>c_a</i>	Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	<i>c</i>	<i>c_a</i>
Rilevato	20.00	20.00	38.00	25.33	0.0	0.0
UG2	19.50	19.50	26.00	26.00	30.0	0.0
UG3	19.00	19.00	0.00	0.00	50.0	0.0

Stratigrafia

Simbologia adottata

<i>N</i>	Indice dello strato
<i>H</i>	Spessore dello strato espresso in [m]
<i>a</i>	Inclinazione espressa in [°]
<i>K_w</i>	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
<i>K_s</i>	Coefficiente di spinta
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato

Nr.	H	a	K _w	K _s	Terreno
1	1.60	0.00	8.87	0.00	Rilevato
2	1.00	0.00	5.73	0.00	UG2
3	8.00	0.00	1.90	0.00	UG3

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F_x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F_y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X_i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X_f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q_i	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]
Q_f	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Ballast e riempimento)

C	Paramento	$X=-0.27$	$Y=0.00$	$F_x=7.5000$	$F_y=0.0000$	$M=3.0000$
D	Profilo	$X_i=0.00$	$X_f=10.00$	$Q_i=14.4000$	$Q_f=14.4000$	

Condizione n° 2 (treno SW/2)

D	Profilo	$X_i=3.67$	$X_f=6.38$	$Q_i=57.1400$	$Q_f=57.1400$	
D	Profilo	$X_i=7.67$	$X_f=10.00$	$Q_i=57.1400$	$Q_f=57.1400$	

Condizione n° 3 (Banchina)

C	Paramento	$X=-0.29$	$Y=0.00$	$F_x=0.0000$	$F_y=37.5000$	$M=0.0000$
D	Profilo	$X_i=0.00$	$X_f=3.15$	$Q_i=14.4000$	$Q_f=14.4000$	

Condizione n° 4 (Folla)

C	Paramento	$X=-0.27$	$Y=0.00$	$F_x=3.0000$	$F_y=0.0000$	$M=8.3400$
D	Profilo	$X_i=0.00$	$X_f=3.50$	$Q_i=5.0000$	$Q_f=5.0000$	

Condizione n° 5 (Sisma)

C	Paramento	$X=-0.25$	$Y=0.00$	$F_x=10.7000$	$F_y=0.0000$	$M=9.8000$
---	-----------	-----------	----------	---------------	--------------	------------

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30
Folla	SFAV	1.50	0.70	1.05

Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30
Folla	SFAV	1.50	0.70	1.05

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30
Folla	SFAV	1.50	0.70	1.05

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.30	1.00	1.30
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	263 DI 345

Folla	SFAV	1.50	0.70	1.05
-------	------	------	------	------

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Ballast e riempimento	SFAV	1.30	1.00	1.30
treno SW/2	SFAV	1.50	1.00	1.50
Banchina	SFAV	1.30	1.00	1.30
Folla	SFAV	1.50	0.70	1.05

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.30	1.00	1.30
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Folla	SFAV	1.30	0.70	0.91

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	264 DI 345

Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00
-------	------	------	------	------

Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00
Folla	SFAV	1.00	0.60	0.60

Combinazione n° 14 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	265 DI 345

treno SW/2	SFAV	1.00	0.50	0.50
Folla	SFAV	1.00	0.60	0.60

Combinazione n° 15 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00
Folla	SFAV	1.00	0.70	0.70

Combinazione n° 16 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	1.00	1.00
Folla	SFAV	1.00	0.70	0.70

Combinazione n° 17 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Ballast e riempimento	SFAV	1.00	1.00	1.00
Banchina	SFAV	1.00	1.00	1.00
Sisma	SFAV	1.00	1.00	1.00
Folla	SFAV	1.00	1.00	1.00
treno SW/2	SFAV	1.00	0.80	0.80

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50

Muri di sostegno sede ferroviaria

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	266 DI 345

Relazione di calcolo

Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure $w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

Calcolo della portanza metodo di Hansen

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1.00

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1.00

Impostazioni avanzate

Terreno a monte a elevata permeabilità

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS_{SCO}</i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS_{RIB}</i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS_{QLIM}</i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS_{STAB}</i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{QLIM}	CS_{STAB}
1	A1-M1 - [1]	--	2.23	--	9.52	--
2	A1-M1 - [1]	--	2.47	--	9.61	--
3	A1-M1 - [1]	--	2.31	--	9.74	--
4	A1-M1 - [1]	--	2.38	--	9.42	--
5	EQU - [1]	--	--	3.17	--	--
6	STAB - [1]	--	--	--	--	3.34
7	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1.40	--	5.51	--
8	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1.46	--	5.61	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1.78	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	1.94	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	3.69
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	3.70
13	SLEQ - [1]	--	1.74	--	6.95	--
14	SLEF - [1]	--	1.74	--	6.95	--
15	SLEF - [1]	--	1.73	--	6.76	--
16	SLER - [1]	--	1.73	--	6.76	--
17	SLER - [1]	--	1.68	--	6.21	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Hansen
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	1.08 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.38
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 6.28$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 3.14$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.00 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.47
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.00$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento) 0.0

Lunghezza del muro 10.00 [m]

Peso muro 33.9561 [kN]

Baricentro del muro X=-0.08 Y=-0.99

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	269 DI 345

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 0.90	Y = -1.52
Punto superiore superficie di spinta	X = 0.90	Y = 0.00
Altezza della superficie di spinta	1.52	[m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0.00	[°]

COMBINAZIONE n° 1

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	20.5640	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	18.5865	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	8.7990	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.84	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -1.52	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	56.7810	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -0.51	[m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	12.90	[kN]
Componente dir. Y	48.75	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	31.4865	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	148.2861	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	148.2861	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	31.4865	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.22	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Risultante in fondazione	151.5921	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	11.99	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	32.1047	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	1411.4201	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	147.63	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	21.84	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	270 DI 345

Coeff. capacità portante	$N_c = 61.35$	$N_q = 48.93$	$N_\gamma = 56.17$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.56$	$i_q = 0.57$	$i_\gamma = 0.45$
Fattori profondità	$d_c = 1.23$	$d_q = 1.13$	$d_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_\gamma = 1.00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 42.33$	$N'_q = 31.60$	$N'_\gamma = 25.13$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.23
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.52

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	48.7500	14.8508	12.9000
2	0.05	49.3752	15.5194	13.3260
3	0.10	50.0004	16.2103	13.7713
4	0.15	50.6256	16.9243	14.2311
5	0.20	51.2507	17.6621	14.7040
6	0.26	51.8759	18.4244	15.1903
7	0.31	52.5011	19.2118	15.6898
8	0.36	53.1263	20.0250	16.2025
9	0.41	53.7515	20.8646	16.7285
10	0.46	54.3767	21.7315	17.2677
11	0.51	55.0018	22.6262	17.8202
12	0.56	55.6270	23.5494	18.3859
13	0.61	56.2522	24.5018	18.9649
14	0.66	56.8774	25.4840	19.5571
15	0.71	57.5026	26.4968	20.1626
16	0.77	58.1278	27.5408	20.7814
17	0.82	58.7529	28.6167	21.4134
18	0.87	59.3781	29.7252	22.0586
19	0.92	60.0033	30.8669	22.7171
20	0.97	60.6285	32.0426	23.3888
21	1.02	61.2537	33.2528	24.0717

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

2	0.04	0.0824	4.6941
3	0.07	0.3276	9.3002
4	0.10	0.7324	13.8182
5	0.14	1.2938	18.2481
6	0.17	2.0087	22.5900
7	0.21	2.8741	26.8438
8	0.24	3.8868	31.0095
9	0.28	5.0437	35.0872
10	0.31	6.3418	39.0769
11	0.35	7.7781	42.9785

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.2328	-5.0758
3	0.18	-0.8962	-9.5693
4	0.27	-1.9378	-13.4806
5	0.36	-3.3052	-16.8096
6	0.45	-4.9461	-19.5564
7	0.54	-6.8079	-21.7209
8	0.63	-8.8383	-23.3031
9	0.72	-10.9850	-24.3030
10	0.81	-13.1954	-24.7207
11	0.90	-15.4172	-24.5561

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cm²]

A_{ft} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cm²]

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M_u momento ultimo espresso in [kNm]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	273 DI 345

CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	2054.00	-625.71	42.13	213.35	--	--
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	1948.99	-612.60	39.47	213.43	--	--
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	1852.31	-600.53	37.05	213.52	--	--
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	1762.99	-589.37	34.82	213.60	--	--
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	1677.57	-578.13	32.73	213.69	--	--
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	1586.73	-563.55	30.59	213.77	--	--
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	1503.56	-550.20	28.64	213.86	--	--
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	1427.13	-537.93	26.86	213.94	--	--
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	1356.69	-526.62	25.24	214.02	--	--
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	1291.57	-516.17	23.75	214.11	--	--
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	1231.21	-506.48	22.38	214.19	--	--
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	1175.12	-497.48	21.13	214.28	--	--
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	1121.97	-488.69	19.95	214.36	--	--
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	1066.50	-477.85	18.75	214.45	--	--
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	1015.26	-467.82	17.66	214.53	--	--
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	967.80	-458.54	16.65	214.62	--	--
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	923.74	-449.92	15.72	214.70	--	--
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	882.73	-441.90	14.87	214.78	--	--
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	844.49	-434.42	14.07	214.87	--	--
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	808.76	-427.44	13.34	214.95	--	--
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	775.31	-420.89	12.66	215.04	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 1

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V_{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V_{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
V_{Rd}	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	2076.12	197.32	--	--
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	522.29	197.32	--	--
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	233.59	197.32	--	--
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	132.23	197.32	--	--
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	85.17	197.32	--	--
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	59.53	197.32	--	--
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	44.02	197.32	--	--
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	33.92	197.32	--	--
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	26.98	197.32	--	--
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	22.00	197.32	--	--

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	734.95	197.32	--	--
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	190.90	197.32	--	--
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	88.29	197.32	--	--
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	51.76	197.32	--	--
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	34.59	197.32	--	--
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	25.13	197.32	--	--
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	19.36	197.32	--	--
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	15.57	197.32	--	--

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	275 DI 345

10	0.81	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	12.97	197.32	--	--
11	0.90	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	11.10	197.32	--	--

COMBINAZIONE n° 2

Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	20.5640	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	18.5865	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	8.7990	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.84	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -1.52	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	62.2890	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -0.51	[m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	12.90	[kN]
Componente dir. Y	48.75	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	31.4865	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	163.9809	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	163.9809	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	31.4865	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.19	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Risultante in fondazione	166.9765	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10.87	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	30.7954	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	1575.6665	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	154.04	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	33.37	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 61.35$	$N_q = 48.93$	$N_\gamma = 56.17$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.60$	$i_q = 0.60$	$i_\gamma = 0.49$

Muri di sostegno sede ferroviaria	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
Relazione di calcolo	NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	276 DI 345

Fattori profondità	$d_c = 1.23$	$d_q = 1.13$	$d_r = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_r = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_r = 1.00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 44.88$	$N'_q = 33.44$	$N'_r = 27.30$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.47
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.61

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	48.7500	14.8508	12.9000
2	0.05	49.5627	15.5194	13.3260
3	0.10	50.3755	16.2103	13.7713
4	0.15	51.1882	16.9243	14.2311
5	0.20	52.0010	17.6621	14.7040
6	0.26	52.8137	18.4244	15.1903
7	0.31	53.6264	19.2118	15.6898
8	0.36	54.4392	20.0250	16.2025
9	0.41	55.2519	20.8646	16.7285
10	0.46	56.0647	21.7315	17.2677
11	0.51	56.8774	22.6262	17.8202
12	0.56	57.6901	23.5494	18.3859
13	0.61	58.5029	24.5018	18.9649
14	0.66	59.3156	25.4840	19.5571
15	0.71	60.1283	26.4968	20.1626
16	0.77	60.9411	27.5408	20.7814
17	0.82	61.7538	28.6167	21.4134
18	0.87	62.5666	29.7252	22.0586
19	0.92	63.3793	30.8669	22.7171
20	0.97	64.1920	32.0426	23.3888
21	1.02	65.0048	33.2528	24.0717

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	278 DI 345

2	0.04	0.0841	4.7913
3	0.07	0.3344	9.4981
4	0.10	0.7480	14.1205
5	0.14	1.3219	18.6584
6	0.17	2.0531	23.1119
7	0.21	2.9387	27.4808
8	0.24	3.9758	31.7653
9	0.28	5.1613	35.9654
10	0.31	6.4923	40.0809
11	0.35	7.9660	44.1120

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.2013	-4.3806
3	0.18	-0.7718	-8.2027
4	0.27	-1.6611	-11.4663
5	0.36	-2.8189	-14.1714
6	0.45	-4.1951	-16.3179
7	0.54	-5.7394	-17.9060
8	0.63	-7.4015	-18.9355
9	0.72	-9.1310	-19.4065
10	0.81	-10.8779	-19.3190
11	0.90	-12.5917	-18.6729

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{ft} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M_u momento ultimo espresso in [kNm]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	279 DI 345

CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	2054.00	-625.71	42.13	213.35	--	--
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	1961.31	-614.14	39.57	213.46	--	--
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	1875.02	-603.36	37.22	213.57	--	--
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	1794.47	-593.31	35.06	213.68	--	--
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	1719.11	-583.90	33.06	213.79	--	--
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	1639.86	-572.08	31.05	213.90	--	--
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	1561.95	-559.57	29.13	214.01	--	--
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	1489.70	-547.97	27.36	214.12	--	--
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	1422.56	-537.20	25.75	214.23	--	--
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	1360.00	-527.16	24.26	214.34	--	--
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	1301.59	-517.78	22.88	214.45	--	--
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	1246.95	-509.01	21.61	214.56	--	--
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	1195.74	-500.79	20.44	214.67	--	--
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	1147.66	-493.07	19.35	214.78	--	--
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	1098.61	-484.13	18.27	214.89	--	--
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	1050.38	-474.69	17.24	215.00	--	--
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	1005.37	-465.89	16.28	215.10	--	--
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	963.30	-457.66	15.40	215.21	--	--
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	923.89	-449.95	14.58	215.32	--	--
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	886.92	-442.72	13.82	215.43	--	--
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	852.18	-435.93	13.11	215.54	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 2

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V_{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V_{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
V_{Rd}	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	2034.39	197.32	--	--
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	511.60	197.32	--	--
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	228.72	197.32	--	--
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	129.42	197.32	--	--
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	83.33	197.32	--	--
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	58.22	197.32	--	--
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	43.03	197.32	--	--
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	33.15	197.32	--	--
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	26.35	197.32	--	--
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	21.48	197.32	--	--

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	849.81	197.32	--	--
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	221.68	197.32	--	--
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	103.00	197.32	--	--
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	60.69	197.32	--	--
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	40.78	197.32	--	--
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	29.81	197.32	--	--
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	23.11	197.32	--	--
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	18.74	197.32	--	--

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	281 DI 345

10	0.81	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	15.73	197.32	--	--
11	0.90	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	13.59	197.32	--	--

COMBINAZIONE n° 3

Peso muro favorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	20.5640	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	18.5865	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	8.7990	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.84	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -1.52	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	62.2890	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -0.51	[m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	12.90	[kN]
Componente dir. Y	48.75	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	31.4865	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	153.7941	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	153.7941	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	31.4865	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.19	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Risultante in fondazione	156.9841	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	11.57	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	29.7638	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	1498.1138	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	146.20	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	29.57	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 61.35$	$N_q = 48.93$	$N_\gamma = 56.17$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.57$	$i_q = 0.58$	$i_\gamma = 0.46$

Muri di sostegno sede ferroviaria	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
Relazione di calcolo	NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	282 DI 345

Fattori profondità	$d_c = 1.23$	$d_q = 1.13$	$d_r = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_r = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_r = 1.00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 43.27$	$N'_q = 32.28$	$N'_r = 25.92$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.31
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.74

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 3

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	48.7500	14.8508	12.9000
2	0.05	49.3752	15.5194	13.3260
3	0.10	50.0004	16.2103	13.7713
4	0.15	50.6256	16.9243	14.2311
5	0.20	51.2507	17.6621	14.7040
6	0.26	51.8759	18.4244	15.1903
7	0.31	52.5011	19.2118	15.6898
8	0.36	53.1263	20.0250	16.2025
9	0.41	53.7515	20.8646	16.7285
10	0.46	54.3767	21.7315	17.2677
11	0.51	55.0018	22.6262	17.8202
12	0.56	55.6270	23.5494	18.3859
13	0.61	56.2522	24.5018	18.9649
14	0.66	56.8774	25.4840	19.5571
15	0.71	57.5026	26.4968	20.1626
16	0.77	58.1278	27.5408	20.7814
17	0.82	58.7529	28.6167	21.4134
18	0.87	59.3781	29.7252	22.0586
19	0.92	60.0033	30.8669	22.7171
20	0.97	60.6285	32.0426	23.3888
21	1.02	61.2537	33.2528	24.0717

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 3

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	284 DI 345

2	0.04	0.0816	4.6470
3	0.07	0.3243	9.2123
4	0.10	0.7255	13.6960
5	0.14	1.2821	18.0980
6	0.17	1.9914	22.4184
7	0.21	2.8504	26.6572
8	0.24	3.8564	30.8143
9	0.28	5.0065	34.8898
10	0.31	6.2978	38.8837
11	0.35	7.7274	42.7959

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 3

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.2021	-4.4010
3	0.18	-0.7760	-8.2622
4	0.27	-1.6731	-11.5836
5	0.36	-2.8448	-14.3652
6	0.45	-4.2426	-16.6069
7	0.54	-5.8179	-18.3089
8	0.63	-7.5220	-19.4710
9	0.72	-9.3065	-20.0933
10	0.81	-11.1226	-20.1759
11	0.90	-12.9219	-19.7186

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 3

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{ft} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M_u momento ultimo espresso in [kNm]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	285 DI 345

CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	2054.00	-625.71	42.13	213.35	--	--
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	1948.99	-612.60	39.47	213.43	--	--
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	1852.31	-600.53	37.05	213.52	--	--
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	1762.99	-589.37	34.82	213.60	--	--
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	1677.57	-578.13	32.73	213.69	--	--
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	1586.73	-563.55	30.59	213.77	--	--
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	1503.56	-550.20	28.64	213.86	--	--
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	1427.13	-537.93	26.86	213.94	--	--
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	1356.69	-526.62	25.24	214.02	--	--
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	1291.57	-516.17	23.75	214.11	--	--
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	1231.21	-506.48	22.38	214.19	--	--
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	1175.12	-497.48	21.13	214.28	--	--
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	1121.97	-488.69	19.95	214.36	--	--
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	1066.50	-477.85	18.75	214.45	--	--
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	1015.26	-467.82	17.66	214.53	--	--
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	967.80	-458.54	16.65	214.62	--	--
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	923.74	-449.92	15.72	214.70	--	--
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	882.73	-441.90	14.87	214.78	--	--
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	844.49	-434.42	14.07	214.87	--	--
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	808.76	-427.44	13.34	214.95	--	--
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	775.31	-420.89	12.66	215.04	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 3

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V_{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V_{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
V_{Rd}	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	2097.60	197.32	--	--
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	527.48	197.32	--	--
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	235.82	197.32	--	--
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	133.44	197.32	--	--
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	85.91	197.32	--	--
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	60.02	197.32	--	--
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	44.36	197.32	--	--
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	34.17	197.32	--	--
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	27.17	197.32	--	--
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	22.14	197.32	--	--

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	846.54	197.32	--	--
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	220.47	197.32	--	--
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	102.25	197.32	--	--
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	60.14	197.32	--	--
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	40.32	197.32	--	--
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	29.41	197.32	--	--
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	22.74	197.32	--	--
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	18.38	197.32	--	--

Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	287 DI 345

10	0.81	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	15.38	197.32	--	--
11	0.90	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	13.24	197.32	--	--

COMBINAZIONE n° 4

Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	20.5640	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	18.5865	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	8.7990	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.84	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -1.52	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	56.7810	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -0.51	[m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	12.90	[kN]
Componente dir. Y	48.75	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	31.4865	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	158.4729	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	158.4729	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	31.4865	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.21	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Risultante in fondazione	161.5706	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	11.24	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	33.1363	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	1493.5306	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	155.48	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	25.64	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 61.35$	$N_q = 48.93$	$N_\gamma = 56.17$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.58$	$i_q = 0.59$	$i_\gamma = 0.47$

Muri di sostegno sede ferroviaria	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
Relazione di calcolo	NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	288 DI 345

Fattori profondità $d_c = 1.23$ $d_q = 1.13$ $d_r = 1.00$

Fattori inclinazione piano posa $b_c = 1.00$ $b_q = 1.00$ $b_r = 1.00$

Fattori inclinazione pendio $g_c = 1.00$ $g_q = 1.00$ $g_r = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 44.03$ $N'_q = 32.83$ $N'_r = 26.57$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 2.38

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 9.42

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 4

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	48.7500	14.8508	12.9000
2	0.05	49.5627	15.5194	13.3260
3	0.10	50.3755	16.2103	13.7713
4	0.15	51.1882	16.9243	14.2311
5	0.20	52.0010	17.6621	14.7040
6	0.26	52.8137	18.4244	15.1903
7	0.31	53.6264	19.2118	15.6898
8	0.36	54.4392	20.0250	16.2025
9	0.41	55.2519	20.8646	16.7285
10	0.46	56.0647	21.7315	17.2677
11	0.51	56.8774	22.6262	17.8202
12	0.56	57.6901	23.5494	18.3859
13	0.61	58.5029	24.5018	18.9649
14	0.66	59.3156	25.4840	19.5571
15	0.71	60.1283	26.4968	20.1626
16	0.77	60.9411	27.5408	20.7814
17	0.82	61.7538	28.6167	21.4134
18	0.87	62.5666	29.7252	22.0586
19	0.92	63.3793	30.8669	22.7171
20	0.97	64.1920	32.0426	23.3888
21	1.02	65.0048	33.2528	24.0717

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 4

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	290 DI 345

2	0.04	0.0849	4.8385
3	0.07	0.3376	9.5860
4	0.10	0.7549	14.2427
5	0.14	1.3336	18.8085
6	0.17	2.0704	23.2834
7	0.21	2.9623	27.6674
8	0.24	4.0061	31.9605
9	0.28	5.1985	36.1628
10	0.31	6.5364	40.2741
11	0.35	8.0166	44.2946

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 4

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.2320	-5.0554
3	0.18	-0.8919	-9.5099
4	0.27	-1.9258	-13.3634
5	0.36	-3.2793	-16.6159
6	0.45	-4.8986	-19.2674
7	0.54	-6.7294	-21.3180
8	0.63	-8.7178	-22.7675
9	0.72	-10.8096	-23.6161
10	0.81	-12.9507	-23.8638
11	0.90	-15.0870	-23.5104

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 4

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cm²]

A_{fv} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cm²]

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M_u momento ultimo espresso in [kNm]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	291 DI 345

CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	2054.00	-625.71	42.13	213.35	--	--
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	1961.31	-614.14	39.57	213.46	--	--
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	1875.02	-603.36	37.22	213.57	--	--
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	1794.47	-593.31	35.06	213.68	--	--
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	1719.11	-583.90	33.06	213.79	--	--
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	1639.86	-572.08	31.05	213.90	--	--
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	1561.95	-559.57	29.13	214.01	--	--
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	1489.70	-547.97	27.36	214.12	--	--
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	1422.56	-537.20	25.75	214.23	--	--
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	1360.00	-527.16	24.26	214.34	--	--
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	1301.59	-517.78	22.88	214.45	--	--
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	1246.95	-509.01	21.61	214.56	--	--
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	1195.74	-500.79	20.44	214.67	--	--
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	1147.66	-493.07	19.35	214.78	--	--
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	1098.61	-484.13	18.27	214.89	--	--
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	1050.38	-474.69	17.24	215.00	--	--
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	1005.37	-465.89	16.28	215.10	--	--
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	963.30	-457.66	15.40	215.21	--	--
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	923.89	-449.95	14.58	215.32	--	--
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	886.92	-442.72	13.82	215.43	--	--
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	852.18	-435.93	13.11	215.54	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 4

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V_{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V_{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
V_{Rd}	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	2014.18	197.32	--	--
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	506.71	197.32	--	--
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	226.63	197.32	--	--
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	128.29	197.32	--	--
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	82.63	197.32	--	--
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	57.75	197.32	--	--
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	42.71	197.32	--	--
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	32.91	197.32	--	--
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	26.17	197.32	--	--
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	21.34	197.32	--	--

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	737.41	197.32	--	--
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	191.81	197.32	--	--
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	88.84	197.32	--	--
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	52.17	197.32	--	--
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	34.92	197.32	--	--
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	25.42	197.32	--	--
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	19.62	197.32	--	--
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	15.83	197.32	--	--

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	293 DI 345

10	0.81	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	13.21	197.32	--	--
11	0.90	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	11.34	197.32	--	--

COMBINAZIONE n° 5

Valore della spinta statica	20.5640	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	18.5865	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	8.7990	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.84	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -1.52	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	56.7810	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -0.51	[m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	12.90	[kN]
Componente dir. Y	48.75	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	31.4865	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	148.2861	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	44.8973	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	142.5429	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	148.2861	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	31.4865	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.22	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.75	[m]
Risultante in fondazione	151.5921	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	11.99	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	32.1047	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.17
--	------

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 6

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Ctn, Ctt	contributo tiranti espresso in [kN]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.62 Y[m]= 1.39

Raggio del cerchio R[m]= 3.29

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3.30

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.37

Larghezza della striscia dx[m]= 0.23

Coefficiente di sicurezza C= 3.34

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u	Ctn	Ctt
1	8.4480	59.82	7.3033	0.0044	32.01	0	0	---	---
2	10.0346	53.77	8.0942	0.0038	32.01	0	0	---	---
3	11.2977	47.50	8.3290	0.0033	32.01	0	0	---	---
4	12.3206	41.91	8.2302	0.0030	32.01	0	0	---	---
5	13.1669	36.79	7.8850	0.0028	32.01	0	0	---	---
6	13.8728	31.99	7.3490	0.0026	32.01	0	0	---	---
7	14.7322	27.43	6.7866	0.0025	32.01	0	0	---	---
8	15.4567	23.05	6.0529	0.0024	23.58	19	0	---	---
9	15.8440	18.82	5.1106	0.0023	21.32	24	0	---	---
10	16.1483	14.69	4.0938	0.0023	21.32	24	0	---	---
11	12.7257	10.63	2.3476	0.0023	21.32	24	0	---	---
12	47.5267	6.63	5.4868	0.0022	21.32	24	0	---	---
13	8.8924	2.66	0.4128	0.0022	21.32	24	0	---	---
14	6.7040	-1.30	-0.1516	0.0022	21.32	24	0	---	---
15	6.2201	-5.26	-0.5700	0.0022	21.32	24	0	---	---
16	5.9945	-9.25	-0.9632	0.0023	21.32	24	0	---	---
17	5.7945	-13.28	-1.3310	0.0023	21.32	24	0	---	---

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	295 DI 345

18	5.5192	-17.38	-1.6488	0.0023	21.32	24	0	---	---
19	5.1638	-21.58	-1.8992	0.0024	21.32	24	0	---	---
20	4.7173	-25.90	-2.0607	0.0025	30.54	3	0	---	---
21	4.1660	-30.39	-2.1077	0.0026	32.01	0	0	---	---
22	3.5028	-35.10	-2.0142	0.0027	32.01	0	0	---	---
23	2.7082	-40.10	-1.7445	0.0029	32.01	0	0	---	---
24	1.7515	-45.51	-1.2494	0.0032	32.01	0	0	---	---
25	0.5812	-51.51	-0.4549	0.0036	32.01	0	0	---	---

$$\Sigma W_i = 253.2897 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 61.2867 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 123.1699 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 1.39$$

COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	14.4886	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	13.0953	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	6.1994	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.85	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Incremento sismico della spinta	1.8819	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.85	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	57.71	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -1.52	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	44.2800	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -0.51	[m]
Inerzia del muro	2.1308	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-1.0654	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	2.7787	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-1.3893	[kN]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	20.55	[kN]
Componente dir. Y	36.32	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	40.2589	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	119.1094	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	119.1094	[kN]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	296 DI 345

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	40.2589	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.40	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.42	[m]
Risultante in fondazione	125.7292	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18.68	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	47.8676	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	656.5612	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.42	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	167.84	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.00	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 61.35$	$N_q = 48.93$	$N_\gamma = 56.17$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.38$	$i_q = 0.40$	$i_\gamma = 0.26$
Fattori profondità	$d_c = 1.23$	$d_q = 1.13$	$d_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_\gamma = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 28.92$	$N'_q = 21.95$	$N'_\gamma = 14.56$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.40
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	5.51

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	297 DI 345

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	36.3234	14.4875	20.5532
2	0.05	36.9486	15.5449	20.9179
3	0.10	37.5738	16.6214	21.2987
4	0.15	38.1989	17.7176	21.6919
5	0.20	38.8241	18.8342	22.0966
6	0.26	39.4493	19.9717	22.5129
7	0.31	40.0745	21.1307	22.9406
8	0.36	40.6997	22.3118	23.3799
9	0.41	41.3249	23.5156	23.8307
10	0.46	41.9500	24.7427	24.2930
11	0.51	42.5752	25.9937	24.7668
12	0.56	43.2004	27.2691	25.2521
13	0.61	43.8256	28.5696	25.7490
14	0.66	44.4508	29.8957	26.2574
15	0.71	45.0760	31.2481	26.7773
16	0.77	45.7012	32.6272	27.3087
17	0.82	46.3263	34.0337	27.8516
18	0.87	46.9515	35.4683	28.4060
19	0.92	47.5767	36.9314	28.9720
20	0.97	48.2019	38.4236	29.5495
21	1.02	48.8271	39.9456	30.1366

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 7

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	298 DI 345

2	0.04	0.0944	5.3728
3	0.07	0.3744	10.6007
4	0.10	0.8348	15.6837
5	0.14	1.4706	20.6219
6	0.17	2.2766	25.4152
7	0.21	3.2479	30.0637
8	0.24	4.3794	34.5674
9	0.28	5.6660	38.9262
10	0.31	7.1026	43.1401
11	0.35	8.6841	47.2092

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 7

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.2489	-5.5313
3	0.18	-0.9956	-11.0625
4	0.27	-2.2402	-16.5938
5	0.36	-3.9820	-22.0741
6	0.45	-6.1892	-26.8140
7	0.54	-8.7798	-30.5961
8	0.63	-11.6677	-33.4204
9	0.72	-14.7667	-35.2868
10	0.81	-17.9906	-36.1955
11	0.90	-21.2532	-36.1464

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fv} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M_u momento ultimo espresso in [kNm]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	299 DI 345

CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	1295.90	-516.87	35.68	211.67	--	--
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	1186.98	-499.39	32.13	211.76	--	--
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	1091.06	-482.65	29.04	211.84	--	--
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	1003.78	-465.58	26.28	211.92	--	--
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	929.97	-451.14	23.95	212.01	--	--
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	866.67	-438.76	21.97	212.09	--	--
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	811.74	-428.02	20.26	212.18	--	--
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	763.58	-418.60	18.76	212.26	--	--
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	720.97	-410.27	17.45	212.35	--	--
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	682.99	-402.84	16.28	212.43	--	--
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	648.88	-396.16	15.24	212.52	--	--
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	618.07	-390.14	14.31	212.60	--	--
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	590.07	-384.66	13.46	212.68	--	--
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	564.50	-379.66	12.70	212.77	--	--
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	541.05	-375.07	12.00	212.85	--	--
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	519.45	-370.85	11.37	212.94	--	--
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	499.48	-366.94	10.78	213.02	--	--
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	480.95	-363.32	10.24	213.11	--	--
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	463.70	-359.95	9.75	213.19	--	--
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	447.60	-356.80	9.29	213.28	--	--
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	432.52	-353.85	8.86	213.36	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 7

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V _{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
V _{Rd}	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	1811.42	197.32	--	--
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	456.94	197.32	--	--
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	204.94	197.32	--	--
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	116.34	197.32	--	--
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	75.15	197.32	--	--
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	52.67	197.32	--	--
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	39.06	197.32	--	--
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	30.19	197.32	--	--
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	24.09	197.32	--	--
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	19.70	197.32	--	--

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	687.33	197.32	--	--
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	171.83	197.32	--	--
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	76.37	197.32	--	--
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	42.96	197.32	--	--
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	27.64	197.32	--	--
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	19.49	197.32	--	--
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	14.66	197.32	--	--
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	11.59	197.32	--	--

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	301 DI 345

10	0.81	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	9.51	197.32	--	--
11	0.90	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	8.05	197.32	--	--

COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica	14.4886	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	13.0953	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	6.1994	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.85	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		

Incremento sismico della spinta	2.7806	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.85	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	57.90	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -1.52	[m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	44.2800	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -0.51	[m]
Inerzia del muro	2.1308	[kN]		
Inerzia verticale del muro	1.0654	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	2.7787	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	1.3893	[kN]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	20.55	[kN]
Componente dir. Y	38.68	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	41.0712	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	126.7566	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	126.7566	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	41.0712	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.39	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.46	[m]
Risultante in fondazione	133.2444	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17.95	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	49.1711	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	710.5641	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.46	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	173.49	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.00	[kPa]

Muri di sostegno sede ferroviaria

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	302 DI 345

Relazione di calcolo

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 61.35$	$N_q = 48.93$	$N_\gamma = 56.17$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.40$	$i_q = 0.41$	$i_\gamma = 0.28$
Fattori profondità	$d_c = 1.23$	$d_q = 1.13$	$d_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_\gamma = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 30.23$	$N'_q = 22.89$	$N'_\gamma = 15.52$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.46
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	5.61

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	38.6766	14.4875	20.5532
2	0.05	39.3018	15.5454	20.9358
3	0.10	39.9270	16.6232	21.3353
4	0.15	40.5522	17.7218	21.7479
5	0.20	41.1773	18.8417	22.1727
6	0.26	41.8025	19.9836	22.6097
7	0.31	42.4277	21.1481	23.0587
8	0.36	43.0529	22.3358	23.5200
9	0.41	43.6781	23.5474	23.9934
10	0.46	44.3033	24.7834	24.4789
11	0.51	44.9284	26.0444	24.9766
12	0.56	45.5536	27.3312	25.4864
13	0.61	46.1788	28.6442	26.0084
14	0.66	46.8040	29.9842	26.5425
15	0.71	47.4292	31.3518	27.0888
16	0.77	48.0544	32.7475	27.6472
17	0.82	48.6795	34.1720	28.2178
18	0.87	49.3047	35.6259	28.8005
19	0.92	49.9299	37.1099	29.3954
20	0.97	50.5551	38.6245	30.0024
21	1.02	51.1803	40.1703	30.6196

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 8

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	304 DI 345

2	0.04	0.0979	5.5704
3	0.07	0.3882	10.9954
4	0.10	0.8659	16.2749
5	0.14	1.5258	21.4090
6	0.17	2.3628	26.3977
7	0.21	3.3719	31.2409
8	0.24	4.5480	35.9386
9	0.28	5.8859	40.4910
10	0.31	7.3807	44.8978
11	0.35	9.0271	49.1593

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 8

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.2489	-5.5313
3	0.18	-0.9956	-11.0625
4	0.27	-2.2402	-16.5938
5	0.36	-3.9754	-21.8237
6	0.45	-6.1397	-26.1128
7	0.54	-8.6468	-29.4402
8	0.63	-11.4101	-31.8059
9	0.72	-14.3430	-33.2099
10	0.81	-17.3590	-33.6523
11	0.90	-20.3716	-33.1329

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{ft} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]

M_u momento ultimo espresso in [kNm]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	305 DI 345

CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	1442.81	-540.45	37.30	211.99	--	--
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	1314.15	-519.80	33.44	212.07	--	--
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	1207.29	-502.65	30.24	212.16	--	--
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	1115.26	-487.38	27.50	212.24	--	--
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	1027.73	-470.26	24.96	212.33	--	--
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	953.24	-455.69	22.80	212.41	--	--
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	889.02	-443.13	20.95	212.50	--	--
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	833.05	-432.19	19.35	212.58	--	--
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	783.79	-422.55	17.94	212.66	--	--
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	740.08	-414.00	16.70	212.75	--	--
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	701.00	-406.36	15.60	212.83	--	--
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	665.82	-399.48	14.62	212.92	--	--
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	633.98	-393.25	13.73	213.00	--	--
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	605.00	-387.58	12.93	213.09	--	--
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	578.49	-382.40	12.20	213.17	--	--
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	554.15	-377.64	11.53	213.26	--	--
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	531.71	-373.25	10.92	213.34	--	--
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	510.93	-369.18	10.36	213.42	--	--
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	491.65	-365.41	9.85	213.51	--	--
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	473.68	-361.90	9.37	213.59	--	--
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	456.91	-358.62	8.93	213.68	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 8

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V_{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V_{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
V_{Rd}	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	1747.39	197.32	--	--
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	440.67	197.32	--	--
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	197.58	197.32	--	--
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	112.13	197.32	--	--
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	72.41	197.32	--	--
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	50.74	197.32	--	--
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	37.62	197.32	--	--
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	29.07	197.32	--	--
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	23.18	197.32	--	--
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	0.00	171.08	18.95	197.32	--	--

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0.00	0.00	1000.00	197.32	--	--
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	687.33	197.32	--	--
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	171.83	197.32	--	--
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	76.37	197.32	--	--
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	43.04	197.32	--	--
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	27.86	197.32	--	--
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	19.79	197.32	--	--
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	14.99	197.32	--	--
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	11.93	197.32	--	--

Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	307 DI 345

10	0.81	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	9.86	197.32	--	--
11	0.90	100, 50	10.05	10.05	0.00	-171.08	8.40	197.32	--	--

COMBINAZIONE n° 9

Valore della spinta statica	14.4886	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	13.0953	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	6.1994	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.85	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Incremento sismico della spinta	2.9643	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.85	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55.96	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -1.52	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	44.2800	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -0.51	[m]
Inerzia del muro	3.1962	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-1.5981	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	4.1680	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-2.0840	[kN]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	21.73	[kN]
Componente dir. Y	35.74	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	44.8686	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	117.7569	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	66.2838	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	117.7182	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	117.7569	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	44.8686	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.44	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.31	[m]
Risultante in fondazione	126.0154	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20.86	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	51.6028	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.78
--	------

COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	14.4886	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	13.0953	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	6.1994	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.85	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Incremento sismico della spinta	4.2903	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0.90	[m]	Y = -0.85	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	56.46	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.90	[m]	Y = -1.52	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	44.2800	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.45	[m]	Y = -0.51	[m]
Inerzia del muro	3.1962	[kN]		
Inerzia verticale del muro	1.5981	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	4.1680	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	2.0840	[kN]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	21.73	[kN]
Componente dir. Y	39.26	[kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	46.0670	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	129.2183	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	63.1438	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	122.6568	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	129.2183	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	46.0670	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.41	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.38	[m]
Risultante in fondazione	137.1843	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	19.62	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	53.5529	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.94
--	------

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	309 DI 345

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 11

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Ctn, Ctt	contributo tiranti espresso in [kN]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.15 Y[m]= 1.39

Raggio del cerchio R[m]= 3.10

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2.60

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.62

Larghezza della striscia dx[m]= 0.21

Coefficiente di sicurezza C= 3.69

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u	Ctn	Ctt
1	6.7391	58.76	5.7618	0.0040	38.00	0	0	---	---
2	8.0320	52.68	6.3876	0.0034	38.00	0	0	---	---
3	9.0681	46.68	6.5970	0.0030	38.00	0	0	---	---
4	9.9148	41.29	6.5423	0.0027	38.00	0	0	---	---
5	10.6195	36.32	6.2898	0.0025	38.00	0	0	---	---
6	11.2098	31.65	5.8825	0.0024	38.00	0	0	---	---
7	11.7037	27.21	5.3517	0.0023	38.00	0	0	---	---
8	12.1131	22.94	4.7214	0.0022	38.00	0	0	---	---
9	12.8103	18.80	4.1288	0.0022	38.00	0	0	---	---
10	13.1820	14.76	3.3592	0.0021	31.81	15	0	---	---
11	13.3774	10.80	2.5065	0.0021	26.00	30	0	---	---
12	13.5111	6.89	1.6201	0.0021	26.00	30	0	---	---
13	11.2420	3.01	0.5896	0.0021	26.00	30	0	---	---
14	46.0518	-0.86	-0.6911	0.0020	26.00	30	0	---	---
15	8.2844	-4.73	-0.6832	0.0021	26.00	30	0	---	---
16	5.2674	-8.62	-0.7897	0.0021	26.00	30	0	---	---
17	4.9184	-12.56	-1.0692	0.0021	26.00	30	0	---	---

Muri di sostegno sede ferroviaria Relazione di calcolo	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	310 DI 345

18	4.4088	-16.55	-1.2559	0.0021	36.87	3	0	---	---
19	4.1146	-20.63	-1.4497	0.0022	38.00	0	0	---	---
20	3.7482	-24.82	-1.5735	0.0023	38.00	0	0	---	---
21	3.3024	-29.16	-1.6092	0.0023	38.00	0	0	---	---
22	2.7674	-33.70	-1.5354	0.0025	38.00	0	0	---	---
23	2.1288	-38.49	-1.3249	0.0026	38.00	0	0	---	---
24	1.3652	-43.63	-0.9419	0.0028	38.00	0	0	---	---
25	0.4419	-49.25	-0.3348	0.0031	38.00	0	0	---	---

$$\Sigma W_i = 230.3223 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 46.4799 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 147.5531 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 1.88$$

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	311 DI 345

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 12

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Ctn, Ctt	contributo tiranti espresso in [kN]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.15 Y[m]= 1.39

Raggio del cerchio R[m]= 3.10

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2.60

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.62

Larghezza della striscia dx[m]= 0.21

Coefficiente di sicurezza C= 3.70

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u	Ctn	Ctt
1	6.7391	58.76	5.7618	0.0040	38.00	0	0	---	---
2	8.0320	52.68	6.3876	0.0034	38.00	0	0	---	---
3	9.0681	46.68	6.5970	0.0030	38.00	0	0	---	---
4	9.9148	41.29	6.5423	0.0027	38.00	0	0	---	---
5	10.6195	36.32	6.2898	0.0025	38.00	0	0	---	---
6	11.2098	31.65	5.8825	0.0024	38.00	0	0	---	---
7	11.7037	27.21	5.3517	0.0023	38.00	0	0	---	---
8	12.1131	22.94	4.7214	0.0022	38.00	0	0	---	---
9	12.8103	18.80	4.1288	0.0022	38.00	0	0	---	---
10	13.1820	14.76	3.3592	0.0021	31.81	15	0	---	---
11	13.3774	10.80	2.5065	0.0021	26.00	30	0	---	---
12	13.5111	6.89	1.6201	0.0021	26.00	30	0	---	---
13	11.2420	3.01	0.5896	0.0021	26.00	30	0	---	---
14	46.0518	-0.86	-0.6911	0.0020	26.00	30	0	---	---
15	8.2844	-4.73	-0.6832	0.0021	26.00	30	0	---	---
16	5.2674	-8.62	-0.7897	0.0021	26.00	30	0	---	---
17	4.9184	-12.56	-1.0692	0.0021	26.00	30	0	---	---

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	312 DI 345

18	4.4088	-16.55	-1.2559	0.0021	36.87	3	0	---	---
19	4.1146	-20.63	-1.4497	0.0022	38.00	0	0	---	---
20	3.7482	-24.82	-1.5735	0.0023	38.00	0	0	---	---
21	3.3024	-29.16	-1.6092	0.0023	38.00	0	0	---	---
22	2.7674	-33.70	-1.5354	0.0025	38.00	0	0	---	---
23	2.1288	-38.49	-1.3249	0.0026	38.00	0	0	---	---
24	1.3652	-43.63	-0.9419	0.0028	38.00	0	0	---	---
25	0.4419	-49.25	-0.3348	0.0031	38.00	0	0	---	---

$$\Sigma W_i = 230.3223 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 46.4799 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 147.5531 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 1.88$$

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	313 DI 345

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 13

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	37.5000	19.4915	20.0000
2	0.05	38.1252	20.5195	20.3175
3	0.10	38.7504	21.5641	20.6497
4	0.15	39.3756	22.6260	20.9930
5	0.20	40.0007	23.7056	21.3464
6	0.26	40.6259	24.8035	21.7101
7	0.31	41.2511	25.9202	22.0839
8	0.36	41.8763	27.0562	22.4679
9	0.41	42.5015	28.2121	22.8622
10	0.46	43.1267	29.3883	23.2666
11	0.51	43.7518	30.5855	23.6812
12	0.56	44.3770	31.8040	24.1060
13	0.61	45.0022	33.0444	24.5410
14	0.66	45.6274	34.3073	24.9862
15	0.71	46.2526	35.5932	25.4416
16	0.77	46.8778	36.9026	25.9071
17	0.82	47.5029	38.2359	26.3829
18	0.87	48.1281	39.5938	26.8689
19	0.92	48.7533	40.9767	27.3650
20	0.97	49.3785	42.3852	27.8714
21	1.02	50.0037	43.8197	28.3863

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 13

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	314 DI 345

2	0.04	0.0946	5.3818
3	0.07	0.3751	10.6254
4	0.10	0.8368	15.7308
5	0.14	1.4747	20.6979
6	0.17	2.2840	25.5268
7	0.21	3.2599	30.2174
8	0.24	4.3976	34.7698
9	0.28	5.6922	39.1840
10	0.31	7.1389	43.4600
11	0.35	8.7328	47.5977

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 13

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.2611	-5.8013
3	0.18	-1.0442	-11.6025
4	0.27	-2.3495	-17.3994
5	0.36	-4.1588	-22.6544
6	0.45	-6.3999	-26.9953
7	0.54	-8.9905	-30.4222
8	0.63	-11.8484	-32.9351
9	0.72	-14.8914	-34.5339
10	0.81	-18.0371	-35.2188
11	0.90	-21.2034	-34.9896

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 13

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fv} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	315 DI 345

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	747	52	19154	-7830
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	786	53	20516	-8200
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	826	54	21906	-8574
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	866	55	23322	-8954
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	907	56	24767	-9339
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	948	57	26241	-9729
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	991	58	27743	-10125
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	1033	59	29276	-10527
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	1077	60	30840	-10935
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	1121	61	32435	-11349
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	1167	62	34063	-11769
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	1212	63	35723	-12196
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	1259	64	37417	-12631
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	1307	65	39146	-13072
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	1355	67	40909	-13520
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	1404	68	42709	-13975
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	1454	69	44546	-14439
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	1505	70	46420	-14909
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	1557	72	48332	-15388
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	1610	73	50283	-15875
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	1663	74	52274	-16370

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 13

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	4	14	226	-30
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	16	28	898	-118
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	36	41	2003	-262
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	64	54	3530	-462
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	99	67	5467	-715
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	142	79	7803	-1021
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	191	91	10526	-1378
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	247	102	13625	-1783
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	310	114	17088	-2236
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	379	124	20903	-2736

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	11	-15	-82	625
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	45	-30	-327	2500
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	102	-45	-736	5624
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	181	-59	-1303	9955
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	278	-71	-2005	15319
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	391	-80	-2816	21520
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	515	-86	-3712	28361
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	647	-90	-4665	35645
10	0.81	100, 50	10.05	10.05	784	-92	-5650	43175

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	317 DI 345

11 0.90 100, 50 10.05 10.05 921 -91 -6642 50754

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 13

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ε_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ε_m	s_m	w
1	0.00	16.08	8.04	-79.38	-19.49	0.0000	0.00	0.000
2	0.05	16.08	8.04	-79.38	-20.52	0.0000	0.00	0.000
3	0.10	16.08	8.04	-79.38	-21.56	0.0000	0.00	0.000
4	0.15	16.08	8.04	-79.38	-22.63	0.0000	0.00	0.000
5	0.20	16.08	8.04	-79.38	-23.71	0.0000	0.00	0.000
6	0.26	16.08	8.04	-79.38	-24.80	0.0000	0.00	0.000
7	0.31	16.08	8.04	-79.38	-25.92	0.0000	0.00	0.000
8	0.36	16.08	8.04	-79.38	-27.06	0.0000	0.00	0.000
9	0.41	16.08	8.04	-79.38	-28.21	0.0000	0.00	0.000
10	0.46	16.08	8.04	-79.38	-29.39	0.0000	0.00	0.000
11	0.51	16.08	8.04	-79.38	-30.59	0.0000	0.00	0.000
12	0.56	16.08	8.04	-79.38	-31.80	0.0000	0.00	0.000
13	0.61	16.08	8.04	-79.38	-33.04	0.0000	0.00	0.000
14	0.66	16.08	8.04	-79.38	-34.31	0.0000	0.00	0.000
15	0.71	16.08	8.04	-79.38	-35.59	0.0000	0.00	0.000
16	0.77	16.08	8.04	-79.38	-36.90	0.0000	0.00	0.000
17	0.82	16.08	8.04	-79.38	-38.24	0.0000	0.00	0.000
18	0.87	16.08	8.04	-79.38	-39.59	0.0000	0.00	0.000
19	0.92	16.08	8.04	-79.38	-40.98	0.0000	0.00	0.000
20	0.97	16.08	8.04	-79.38	-42.39	0.0000	0.00	0.000
21	1.02	16.08	8.04	-79.38	-43.82	0.0000	0.00	0.000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ε_m	s_m	w
1	-0.85	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	-0.81	10.05	10.05	76.77	0.09	0.0000	0.00	0.000
3	-0.78	10.05	10.05	76.77	0.38	0.0000	0.00	0.000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	318 DI 345

4	-0.74	10.05	10.05	76.77	0.84	0.0000	0.00	0.000
5	-0.71	10.05	10.05	76.77	1.47	0.0000	0.00	0.000
6	-0.68	10.05	10.05	76.77	2.28	0.0000	0.00	0.000
7	-0.64	10.05	10.05	76.77	3.26	0.0000	0.00	0.000
8	-0.60	10.05	10.05	76.77	4.40	0.0000	0.00	0.000
9	-0.57	10.05	10.05	76.77	5.69	0.0000	0.00	0.000
10	-0.54	10.05	10.05	76.77	7.14	0.0000	0.00	0.000
11	-0.50	10.05	10.05	76.77	8.73	0.0000	0.00	0.000
12	0.00	10.05	10.05	-76.77	-21.20	0.0000	0.00	0.000
13	0.09	10.05	10.05	-76.77	-18.04	0.0000	0.00	0.000
14	0.18	10.05	10.05	-76.77	-14.89	0.0000	0.00	0.000
15	0.27	10.05	10.05	-76.77	-11.85	0.0000	0.00	0.000
16	0.36	10.05	10.05	-76.77	-8.99	0.0000	0.00	0.000
17	0.45	10.05	10.05	-76.77	-6.40	0.0000	0.00	0.000
18	0.54	10.05	10.05	-76.77	-4.16	0.0000	0.00	0.000
19	0.63	10.05	10.05	-76.77	-2.35	0.0000	0.00	0.000
20	0.72	10.05	10.05	-76.77	-1.04	0.0000	0.00	0.000
21	0.81	10.05	10.05	-76.77	-0.26	0.0000	0.00	0.000
22	0.90	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 14

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	37.5000	19.4915	20.0000
2	0.05	38.1252	20.5195	20.3175
3	0.10	38.7504	21.5641	20.6497
4	0.15	39.3756	22.6260	20.9930
5	0.20	40.0007	23.7056	21.3464
6	0.26	40.6259	24.8035	21.7101
7	0.31	41.2511	25.9202	22.0839
8	0.36	41.8763	27.0562	22.4679
9	0.41	42.5015	28.2121	22.8622
10	0.46	43.1267	29.3883	23.2666
11	0.51	43.7518	30.5855	23.6812
12	0.56	44.3770	31.8040	24.1060
13	0.61	45.0022	33.0444	24.5410
14	0.66	45.6274	34.3073	24.9862
15	0.71	46.2526	35.5932	25.4416
16	0.77	46.8778	36.9026	25.9071
17	0.82	47.5029	38.2359	26.3829
18	0.87	48.1281	39.5938	26.8689
19	0.92	48.7533	40.9767	27.3650
20	0.97	49.3785	42.3852	27.8714
21	1.02	50.0037	43.8197	28.3863

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 14

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	320 DI 345

2	0.04	0.0946	5.3818
3	0.07	0.3751	10.6254
4	0.10	0.8368	15.7308
5	0.14	1.4747	20.6979
6	0.17	2.2840	25.5268
7	0.21	3.2599	30.2174
8	0.24	4.3976	34.7698
9	0.28	5.6922	39.1840
10	0.31	7.1389	43.4600
11	0.35	8.7328	47.5977

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 14

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.2611	-5.8013
3	0.18	-1.0442	-11.6025
4	0.27	-2.3495	-17.3994
5	0.36	-4.1588	-22.6544
6	0.45	-6.3999	-26.9953
7	0.54	-8.9905	-30.4222
8	0.63	-11.8484	-32.9351
9	0.72	-14.8914	-34.5339
10	0.81	-18.0371	-35.2188
11	0.90	-21.2034	-34.9896

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 14

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fv} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	321 DI 345

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	747	52	19154	-7830
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	786	53	20516	-8200
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	826	54	21906	-8574
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	866	55	23322	-8954
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	907	56	24767	-9339
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	948	57	26241	-9729
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	991	58	27743	-10125
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	1033	59	29276	-10527
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	1077	60	30840	-10935
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	1121	61	32435	-11349
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	1167	62	34063	-11769
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	1212	63	35723	-12196
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	1259	64	37417	-12631
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	1307	65	39146	-13072
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	1355	67	40909	-13520
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	1404	68	42709	-13975
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	1454	69	44546	-14439
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	1505	70	46420	-14909
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	1557	72	48332	-15388
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	1610	73	50283	-15875
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	1663	74	52274	-16370

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 14

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	4	14	226	-30
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	16	28	898	-118
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	36	41	2003	-262
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	64	54	3530	-462
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	99	67	5467	-715
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	142	79	7803	-1021
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	191	91	10526	-1378
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	247	102	13625	-1783
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	310	114	17088	-2236
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	379	124	20903	-2736

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	11	-15	-82	625
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	45	-30	-327	2500
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	102	-45	-736	5624
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	181	-59	-1303	9955
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	278	-71	-2005	15319
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	391	-80	-2816	21520
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	515	-86	-3712	28361
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	647	-90	-4665	35645
10	0.81	100, 50	10.05	10.05	784	-92	-5650	43175

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	323 DI 345

11 0.90 100, 50 10.05 10.05 921 -91 -6642 50754

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 14

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ε_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ε_m	s_m	w
1	0.00	16.08	8.04	-79.38	-19.49	0.0000	0.00	0.000
2	0.05	16.08	8.04	-79.38	-20.52	0.0000	0.00	0.000
3	0.10	16.08	8.04	-79.38	-21.56	0.0000	0.00	0.000
4	0.15	16.08	8.04	-79.38	-22.63	0.0000	0.00	0.000
5	0.20	16.08	8.04	-79.38	-23.71	0.0000	0.00	0.000
6	0.26	16.08	8.04	-79.38	-24.80	0.0000	0.00	0.000
7	0.31	16.08	8.04	-79.38	-25.92	0.0000	0.00	0.000
8	0.36	16.08	8.04	-79.38	-27.06	0.0000	0.00	0.000
9	0.41	16.08	8.04	-79.38	-28.21	0.0000	0.00	0.000
10	0.46	16.08	8.04	-79.38	-29.39	0.0000	0.00	0.000
11	0.51	16.08	8.04	-79.38	-30.59	0.0000	0.00	0.000
12	0.56	16.08	8.04	-79.38	-31.80	0.0000	0.00	0.000
13	0.61	16.08	8.04	-79.38	-33.04	0.0000	0.00	0.000
14	0.66	16.08	8.04	-79.38	-34.31	0.0000	0.00	0.000
15	0.71	16.08	8.04	-79.38	-35.59	0.0000	0.00	0.000
16	0.77	16.08	8.04	-79.38	-36.90	0.0000	0.00	0.000
17	0.82	16.08	8.04	-79.38	-38.24	0.0000	0.00	0.000
18	0.87	16.08	8.04	-79.38	-39.59	0.0000	0.00	0.000
19	0.92	16.08	8.04	-79.38	-40.98	0.0000	0.00	0.000
20	0.97	16.08	8.04	-79.38	-42.39	0.0000	0.00	0.000
21	1.02	16.08	8.04	-79.38	-43.82	0.0000	0.00	0.000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ε_m	s_m	w
1	-0.85	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	-0.81	10.05	10.05	76.77	0.09	0.0000	0.00	0.000
3	-0.78	10.05	10.05	76.77	0.38	0.0000	0.00	0.000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	324 DI 345

4	-0.74	10.05	10.05	76.77	0.84	0.0000	0.00	0.000
5	-0.71	10.05	10.05	76.77	1.47	0.0000	0.00	0.000
6	-0.68	10.05	10.05	76.77	2.28	0.0000	0.00	0.000
7	-0.64	10.05	10.05	76.77	3.26	0.0000	0.00	0.000
8	-0.60	10.05	10.05	76.77	4.40	0.0000	0.00	0.000
9	-0.57	10.05	10.05	76.77	5.69	0.0000	0.00	0.000
10	-0.54	10.05	10.05	76.77	7.14	0.0000	0.00	0.000
11	-0.50	10.05	10.05	76.77	8.73	0.0000	0.00	0.000
12	0.00	10.05	10.05	-76.77	-21.20	0.0000	0.00	0.000
13	0.09	10.05	10.05	-76.77	-18.04	0.0000	0.00	0.000
14	0.18	10.05	10.05	-76.77	-14.89	0.0000	0.00	0.000
15	0.27	10.05	10.05	-76.77	-11.85	0.0000	0.00	0.000
16	0.36	10.05	10.05	-76.77	-8.99	0.0000	0.00	0.000
17	0.45	10.05	10.05	-76.77	-6.40	0.0000	0.00	0.000
18	0.54	10.05	10.05	-76.77	-4.16	0.0000	0.00	0.000
19	0.63	10.05	10.05	-76.77	-2.35	0.0000	0.00	0.000
20	0.72	10.05	10.05	-76.77	-1.04	0.0000	0.00	0.000
21	0.81	10.05	10.05	-76.77	-0.26	0.0000	0.00	0.000
22	0.90	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 15

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	37.5000	20.3255	20.3000
2	0.05	38.1252	21.3690	20.6224
3	0.10	38.7504	22.4292	20.9596
4	0.15	39.3756	23.5070	21.3079
5	0.20	40.0007	24.6028	21.6663
6	0.26	40.6259	25.7172	22.0350
7	0.31	41.2511	26.8506	22.4138
8	0.36	41.8763	28.0035	22.8028
9	0.41	42.5015	29.1766	23.2020
10	0.46	43.1267	30.3703	23.6115
11	0.51	43.7518	31.5852	24.0311
12	0.56	44.3770	32.8217	24.4609
13	0.61	45.0022	34.0803	24.9008
14	0.66	45.6274	35.3617	25.3510
15	0.71	46.2526	36.6663	25.8114
16	0.77	46.8778	37.9947	26.2820
17	0.82	47.5029	39.3473	26.7627
18	0.87	48.1281	40.7246	27.2537
19	0.92	48.7533	42.1273	27.7549
20	0.97	49.3785	43.5558	28.2662
21	1.02	50.0037	45.0106	28.7861

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 15

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	326 DI 345

2	0.04	0.0966	5.4955
3	0.07	0.3830	10.8479
4	0.10	0.8543	16.0571
5	0.14	1.5053	21.1232
6	0.17	2.3312	26.0461
7	0.21	3.3269	30.8259
8	0.24	4.4874	35.4625
9	0.28	5.8076	39.9559
10	0.31	7.2826	44.3062
11	0.35	8.9074	48.5134

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 15

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.2631	-5.8463
3	0.18	-1.0523	-11.6925
4	0.27	-2.3677	-17.5388
5	0.36	-4.2008	-23.0473
6	0.45	-6.4879	-27.6207
7	0.54	-9.1441	-31.2476
8	0.63	-12.0841	-33.9279
9	0.72	-15.2227	-35.6616
10	0.81	-18.4748	-36.4487
11	0.90	-21.7551	-36.2893

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 15

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fv} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	327 DI 345

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	778	53	20392	-8113
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	818	54	21780	-8488
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	858	55	23194	-8866
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	899	56	24637	-9250
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	941	57	26107	-9640
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	983	58	27607	-10035
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	1025	59	29136	-10436
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	1069	60	30696	-10842
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	1113	61	32286	-11255
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	1158	62	33909	-11675
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	1204	63	35564	-12101
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	1250	64	37252	-12533
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	1298	65	38975	-12973
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	1346	66	40732	-13419
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	1395	67	42525	-13873
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	1445	69	44354	-14335
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	1495	70	46220	-14804
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	1547	71	48124	-15281
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	1600	73	50067	-15765
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	1653	74	52049	-16259
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	1708	75	54071	-16760

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 15

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	4	14	231	-30
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	17	28	917	-120
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	37	42	2045	-268
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	65	55	3603	-472
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	101	68	5580	-730
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	145	81	7964	-1042
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	195	93	10741	-1406
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	252	104	13902	-1819
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	316	116	17432	-2281
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	387	127	21321	-2790

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	11	-15	-82	630
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	46	-31	-330	2519
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	103	-46	-742	5668
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	182	-60	-1316	10055
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	282	-72	-2032	15530
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	397	-82	-2864	21888
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	525	-89	-3785	28925
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	661	-93	-4769	36438
10	0.81	100, 50	10.05	10.05	803	-95	-5787	44223

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	329 DI 345

11 0.90 100, 50 10.05 10.05 945 -95 -6815 52075

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 15

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ϵ_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	0.00	16.08	8.04	-79.38	-20.33	0.0000	0.00	0.000
2	0.05	16.08	8.04	-79.38	-21.37	0.0000	0.00	0.000
3	0.10	16.08	8.04	-79.38	-22.43	0.0000	0.00	0.000
4	0.15	16.08	8.04	-79.38	-23.51	0.0000	0.00	0.000
5	0.20	16.08	8.04	-79.38	-24.60	0.0000	0.00	0.000
6	0.26	16.08	8.04	-79.38	-25.72	0.0000	0.00	0.000
7	0.31	16.08	8.04	-79.38	-26.85	0.0000	0.00	0.000
8	0.36	16.08	8.04	-79.38	-28.00	0.0000	0.00	0.000
9	0.41	16.08	8.04	-79.38	-29.18	0.0000	0.00	0.000
10	0.46	16.08	8.04	-79.38	-30.37	0.0000	0.00	0.000
11	0.51	16.08	8.04	-79.38	-31.59	0.0000	0.00	0.000
12	0.56	16.08	8.04	-79.38	-32.82	0.0000	0.00	0.000
13	0.61	16.08	8.04	-79.38	-34.08	0.0000	0.00	0.000
14	0.66	16.08	8.04	-79.38	-35.36	0.0000	0.00	0.000
15	0.71	16.08	8.04	-79.38	-36.67	0.0000	0.00	0.000
16	0.77	16.08	8.04	-79.38	-37.99	0.0000	0.00	0.000
17	0.82	16.08	8.04	-79.38	-39.35	0.0000	0.00	0.000
18	0.87	16.08	8.04	-79.38	-40.72	0.0000	0.00	0.000
19	0.92	16.08	8.04	-79.38	-42.13	0.0000	0.00	0.000
20	0.97	16.08	8.04	-79.38	-43.56	0.0000	0.00	0.000
21	1.02	16.08	8.04	-79.38	-45.01	0.0000	0.00	0.000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	-0.85	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	-0.81	10.05	10.05	76.77	0.10	0.0000	0.00	0.000
3	-0.78	10.05	10.05	76.77	0.38	0.0000	0.00	0.000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	330 DI 345

4	-0.74	10.05	10.05	76.77	0.85	0.0000	0.00	0.000
5	-0.71	10.05	10.05	76.77	1.51	0.0000	0.00	0.000
6	-0.68	10.05	10.05	76.77	2.33	0.0000	0.00	0.000
7	-0.64	10.05	10.05	76.77	3.33	0.0000	0.00	0.000
8	-0.60	10.05	10.05	76.77	4.49	0.0000	0.00	0.000
9	-0.57	10.05	10.05	76.77	5.81	0.0000	0.00	0.000
10	-0.54	10.05	10.05	76.77	7.28	0.0000	0.00	0.000
11	-0.50	10.05	10.05	76.77	8.91	0.0000	0.00	0.000
12	0.00	10.05	10.05	-76.77	-21.76	0.0000	0.00	0.000
13	0.09	10.05	10.05	-76.77	-18.47	0.0000	0.00	0.000
14	0.18	10.05	10.05	-76.77	-15.22	0.0000	0.00	0.000
15	0.27	10.05	10.05	-76.77	-12.08	0.0000	0.00	0.000
16	0.36	10.05	10.05	-76.77	-9.14	0.0000	0.00	0.000
17	0.45	10.05	10.05	-76.77	-6.49	0.0000	0.00	0.000
18	0.54	10.05	10.05	-76.77	-4.20	0.0000	0.00	0.000
19	0.63	10.05	10.05	-76.77	-2.37	0.0000	0.00	0.000
20	0.72	10.05	10.05	-76.77	-1.05	0.0000	0.00	0.000
21	0.81	10.05	10.05	-76.77	-0.26	0.0000	0.00	0.000
22	0.90	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000

Muri di sostegno sede ferroviaria

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	331 DI 345

Relazione di calcolo

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 16

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	37.5000	20.3255	20.3000
2	0.05	38.1252	21.3690	20.6224
3	0.10	38.7504	22.4292	20.9596
4	0.15	39.3756	23.5070	21.3079
5	0.20	40.0007	24.6028	21.6663
6	0.26	40.6259	25.7172	22.0350
7	0.31	41.2511	26.8506	22.4138
8	0.36	41.8763	28.0035	22.8028
9	0.41	42.5015	29.1766	23.2020
10	0.46	43.1267	30.3703	23.6115
11	0.51	43.7518	31.5852	24.0311
12	0.56	44.3770	32.8217	24.4609
13	0.61	45.0022	34.0803	24.9008
14	0.66	45.6274	35.3617	25.3510
15	0.71	46.2526	36.6663	25.8114
16	0.77	46.8778	37.9947	26.2820
17	0.82	47.5029	39.3473	26.7627
18	0.87	48.1281	40.7246	27.2537
19	0.92	48.7533	42.1273	27.7549
20	0.97	49.3785	43.5558	28.2662
21	1.02	50.0037	45.0106	28.7861

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 16

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

2	0.04	0.0966	5.4955
3	0.07	0.3830	10.8479
4	0.10	0.8543	16.0571
5	0.14	1.5053	21.1232
6	0.17	2.3312	26.0461
7	0.21	3.3269	30.8259
8	0.24	4.4874	35.4625
9	0.28	5.8076	39.9559
10	0.31	7.2826	44.3062
11	0.35	8.9074	48.5134

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 16

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.2631	-5.8463
3	0.18	-1.0523	-11.6925
4	0.27	-2.3677	-17.5388
5	0.36	-4.2008	-23.0473
6	0.45	-6.4879	-27.6207
7	0.54	-9.1441	-31.2476
8	0.63	-12.0841	-33.9279
9	0.72	-15.2227	-35.6616
10	0.81	-18.4748	-36.4487
11	0.90	-21.7551	-36.2893

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 16

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fv} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	333 DI 345

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	778	53	20392	-8113
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	818	54	21780	-8488
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	858	55	23194	-8866
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	899	56	24637	-9250
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	941	57	26107	-9640
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	983	58	27607	-10035
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	1025	59	29136	-10436
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	1069	60	30696	-10842
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	1113	61	32286	-11255
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	1158	62	33909	-11675
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	1204	63	35564	-12101
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	1250	64	37252	-12533
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	1298	65	38975	-12973
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	1346	66	40732	-13419
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	1395	67	42525	-13873
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	1445	69	44354	-14335
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	1495	70	46220	-14804
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	1547	71	48124	-15281
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	1600	73	50067	-15765
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	1653	74	52049	-16259
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	1708	75	54071	-16760

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 16

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	4	14	231	-30
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	17	28	917	-120
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	37	42	2045	-268
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	65	55	3603	-472
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	101	68	5580	-730
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	145	81	7964	-1042
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	195	93	10741	-1406
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	252	104	13902	-1819
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	316	116	17432	-2281
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	387	127	21321	-2790

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	11	-15	-82	630
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	46	-31	-330	2519
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	103	-46	-742	5668
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	182	-60	-1316	10055
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	282	-72	-2032	15530
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	397	-82	-2864	21888
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	525	-89	-3785	28925
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	661	-93	-4769	36438
10	0.81	100, 50	10.05	10.05	803	-95	-5787	44223

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	335 DI 345

11 0.90 100, 50 10.05 10.05 945 -95 -6815 52075

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 16

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ε_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ε_m	s_m	w
1	0.00	16.08	8.04	-79.38	-20.33	0.0000	0.00	0.000
2	0.05	16.08	8.04	-79.38	-21.37	0.0000	0.00	0.000
3	0.10	16.08	8.04	-79.38	-22.43	0.0000	0.00	0.000
4	0.15	16.08	8.04	-79.38	-23.51	0.0000	0.00	0.000
5	0.20	16.08	8.04	-79.38	-24.60	0.0000	0.00	0.000
6	0.26	16.08	8.04	-79.38	-25.72	0.0000	0.00	0.000
7	0.31	16.08	8.04	-79.38	-26.85	0.0000	0.00	0.000
8	0.36	16.08	8.04	-79.38	-28.00	0.0000	0.00	0.000
9	0.41	16.08	8.04	-79.38	-29.18	0.0000	0.00	0.000
10	0.46	16.08	8.04	-79.38	-30.37	0.0000	0.00	0.000
11	0.51	16.08	8.04	-79.38	-31.59	0.0000	0.00	0.000
12	0.56	16.08	8.04	-79.38	-32.82	0.0000	0.00	0.000
13	0.61	16.08	8.04	-79.38	-34.08	0.0000	0.00	0.000
14	0.66	16.08	8.04	-79.38	-35.36	0.0000	0.00	0.000
15	0.71	16.08	8.04	-79.38	-36.67	0.0000	0.00	0.000
16	0.77	16.08	8.04	-79.38	-37.99	0.0000	0.00	0.000
17	0.82	16.08	8.04	-79.38	-39.35	0.0000	0.00	0.000
18	0.87	16.08	8.04	-79.38	-40.72	0.0000	0.00	0.000
19	0.92	16.08	8.04	-79.38	-42.13	0.0000	0.00	0.000
20	0.97	16.08	8.04	-79.38	-43.56	0.0000	0.00	0.000
21	1.02	16.08	8.04	-79.38	-45.01	0.0000	0.00	0.000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ε_m	s_m	w
1	-0.85	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	-0.81	10.05	10.05	76.77	0.10	0.0000	0.00	0.000
3	-0.78	10.05	10.05	76.77	0.38	0.0000	0.00	0.000

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	336 DI 345

4	-0.74	10.05	10.05	76.77	0.85	0.0000	0.00	0.000
5	-0.71	10.05	10.05	76.77	1.51	0.0000	0.00	0.000
6	-0.68	10.05	10.05	76.77	2.33	0.0000	0.00	0.000
7	-0.64	10.05	10.05	76.77	3.33	0.0000	0.00	0.000
8	-0.60	10.05	10.05	76.77	4.49	0.0000	0.00	0.000
9	-0.57	10.05	10.05	76.77	5.81	0.0000	0.00	0.000
10	-0.54	10.05	10.05	76.77	7.28	0.0000	0.00	0.000
11	-0.50	10.05	10.05	76.77	8.91	0.0000	0.00	0.000
12	0.00	10.05	10.05	-76.77	-21.76	0.0000	0.00	0.000
13	0.09	10.05	10.05	-76.77	-18.47	0.0000	0.00	0.000
14	0.18	10.05	10.05	-76.77	-15.22	0.0000	0.00	0.000
15	0.27	10.05	10.05	-76.77	-12.08	0.0000	0.00	0.000
16	0.36	10.05	10.05	-76.77	-9.14	0.0000	0.00	0.000
17	0.45	10.05	10.05	-76.77	-6.49	0.0000	0.00	0.000
18	0.54	10.05	10.05	-76.77	-4.20	0.0000	0.00	0.000
19	0.63	10.05	10.05	-76.77	-2.37	0.0000	0.00	0.000
20	0.72	10.05	10.05	-76.77	-1.05	0.0000	0.00	0.000
21	0.81	10.05	10.05	-76.77	-0.26	0.0000	0.00	0.000
22	0.90	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 17

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	37.5000	22.8275	21.2000
2	0.05	38.1252	23.9172	21.5372
3	0.10	38.7504	25.0245	21.8893
4	0.15	39.3756	26.1501	22.2525
5	0.20	40.0007	27.2945	22.6260
6	0.26	40.6259	28.4581	23.0096
7	0.31	41.2511	29.6416	23.4034
8	0.36	41.8763	30.8455	23.8074
9	0.41	42.5015	32.0702	24.2217
10	0.46	43.1267	33.3163	24.6461
11	0.51	43.7518	34.5842	25.0807
12	0.56	44.3770	35.8747	25.5254
13	0.61	45.0022	37.1880	25.9804
14	0.66	45.6274	38.5248	26.4456
15	0.71	46.2526	39.8856	26.9210
16	0.77	46.8778	41.2709	27.4065
17	0.82	47.5029	42.6813	27.9023
18	0.87	48.1281	44.1171	28.4082
19	0.92	48.7533	45.5791	28.9244
20	0.97	49.3785	47.0676	29.4507
21	1.02	50.0037	48.5832	29.9856

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 17

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000

2	0.04	0.1029	5.8536
3	0.07	0.4079	11.5480
4	0.10	0.9094	17.0833
5	0.14	1.6019	22.4593
6	0.17	2.4797	27.6762
7	0.21	3.5373	32.7339
8	0.24	4.7692	37.6324
9	0.28	6.1698	42.3717
10	0.31	7.7334	46.9518
11	0.35	9.4545	51.3727

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 17

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.09	-0.2692	-5.9813
3	0.18	-1.0766	-11.9625
4	0.27	-2.4224	-17.9438
5	0.36	-4.3065	-23.9200
6	0.45	-6.7080	-29.2715
7	0.54	-9.5438	-33.5705
8	0.63	-12.7191	-36.8169
9	0.72	-16.1393	-39.0106
10	0.81	-19.7095	-40.1518
11	0.90	-23.3350	-40.2404

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 17

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in [cm]

H altezza della sezione espressa in [cm]

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fv} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	339 DI 345

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kPa]

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kPa]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.00	100, 50	16.08	8.04	873	55	24121	-8958
2	0.05	100, 50	16.08	8.04	914	56	25583	-9345
3	0.10	100, 50	16.08	8.04	956	57	27073	-9737
4	0.15	100, 50	16.08	8.04	998	58	28591	-10135
5	0.20	100, 50	16.08	8.04	1042	59	30139	-10538
6	0.26	100, 50	16.08	8.04	1085	60	31716	-10948
7	0.31	100, 50	16.08	8.04	1130	61	33324	-11363
8	0.36	100, 50	16.08	8.04	1175	62	34963	-11785
9	0.41	100, 50	16.08	8.04	1221	63	36634	-12213
10	0.46	100, 50	16.08	8.04	1268	64	38338	-12648
11	0.51	100, 50	16.08	8.04	1316	66	40076	-13090
12	0.56	100, 50	16.08	8.04	1364	67	41848	-13539
13	0.61	100, 50	16.08	8.04	1413	68	43655	-13996
14	0.66	100, 50	16.08	8.04	1464	69	45498	-14459
15	0.71	100, 50	16.08	8.04	1515	70	47377	-14930
16	0.77	100, 50	16.08	8.04	1566	72	49294	-15409
17	0.82	100, 50	16.08	8.04	1619	73	51249	-15896
18	0.87	100, 50	16.08	8.04	1673	74	53243	-16391
19	0.92	100, 50	16.08	8.04	1728	76	55277	-16894
20	0.97	100, 50	16.08	8.04	1783	77	57351	-17406
21	1.02	100, 50	16.08	8.04	1840	78	59467	-17926

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 17

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cm ²]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cm ²]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kPa]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.04	100, 50	10.05	10.05	4	15	246	-32
3	0.07	100, 50	10.05	10.05	18	30	976	-128
4	0.10	100, 50	10.05	10.05	40	45	2177	-285
5	0.14	100, 50	10.05	10.05	70	59	3834	-502
6	0.17	100, 50	10.05	10.05	108	72	5936	-777
7	0.21	100, 50	10.05	10.05	154	86	8467	-1108
8	0.24	100, 50	10.05	10.05	207	98	11416	-1494
9	0.28	100, 50	10.05	10.05	268	111	14768	-1933
10	0.31	100, 50	10.05	10.05	336	123	18511	-2423
11	0.35	100, 50	10.05	10.05	411	134	22631	-2962

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 50	10.05	10.05	0	0	0	0
2	0.09	100, 50	10.05	10.05	12	-16	-84	644
3	0.18	100, 50	10.05	10.05	47	-31	-337	2577
4	0.27	100, 50	10.05	10.05	105	-47	-759	5798
5	0.36	100, 50	10.05	10.05	187	-63	-1349	10308
6	0.45	100, 50	10.05	10.05	291	-77	-2101	16057
7	0.54	100, 50	10.05	10.05	415	-88	-2990	22845
8	0.63	100, 50	10.05	10.05	553	-96	-3984	30445
9	0.72	100, 50	10.05	10.05	701	-102	-5056	38632
10	0.81	100, 50	10.05	10.05	856	-105	-6174	47178

Muri di sostegno sede ferroviaria

Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	341 DI 345

11 0.90 100, 50 10.05 10.05 1014 -105 -7310 55856

Verifiche a fessurazione

Combinazione n° 17

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M_{pf} Momento di prima fessurazione espressa in [kNm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kNm]

ϵ_m deformazione media espressa in [%]

s_m Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	0.00	16.08	8.04	-79.38	-22.83	0.0000	0.00	0.000
2	0.05	16.08	8.04	-79.38	-23.92	0.0000	0.00	0.000
3	0.10	16.08	8.04	-79.38	-25.02	0.0000	0.00	0.000
4	0.15	16.08	8.04	-79.38	-26.15	0.0000	0.00	0.000
5	0.20	16.08	8.04	-79.38	-27.29	0.0000	0.00	0.000
6	0.26	16.08	8.04	-79.38	-28.46	0.0000	0.00	0.000
7	0.31	16.08	8.04	-79.38	-29.64	0.0000	0.00	0.000
8	0.36	16.08	8.04	-79.38	-30.85	0.0000	0.00	0.000
9	0.41	16.08	8.04	-79.38	-32.07	0.0000	0.00	0.000
10	0.46	16.08	8.04	-79.38	-33.32	0.0000	0.00	0.000
11	0.51	16.08	8.04	-79.38	-34.58	0.0000	0.00	0.000
12	0.56	16.08	8.04	-79.38	-35.87	0.0000	0.00	0.000
13	0.61	16.08	8.04	-79.38	-37.19	0.0000	0.00	0.000
14	0.66	16.08	8.04	-79.38	-38.52	0.0000	0.00	0.000
15	0.71	16.08	8.04	-79.38	-39.89	0.0000	0.00	0.000
16	0.77	16.08	8.04	-79.38	-41.27	0.0000	0.00	0.000
17	0.82	16.08	8.04	-79.38	-42.68	0.0000	0.00	0.000
18	0.87	16.08	8.04	-79.38	-44.12	0.0000	0.00	0.000
19	0.92	16.08	8.04	-79.38	-45.58	0.0000	0.00	0.000
20	0.97	16.08	8.04	-79.38	-47.07	0.0000	0.00	0.000
21	1.02	16.08	8.04	-79.38	-48.58	0.0000	0.00	0.000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A_{fs}	A_{fi}	M_{pf}	M	ϵ_m	s_m	w
1	-0.85	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000
2	-0.81	10.05	10.05	76.77	0.10	0.0000	0.00	0.000
3	-0.78	10.05	10.05	76.77	0.41	0.0000	0.00	0.000

Muri di sostegno sede ferroviaria	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
Relazione di calcolo	NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	342 DI 345

4	-0.74	10.05	10.05	76.77	0.91	0.0000	0.00	0.000
5	-0.71	10.05	10.05	76.77	1.60	0.0000	0.00	0.000
6	-0.68	10.05	10.05	76.77	2.48	0.0000	0.00	0.000
7	-0.64	10.05	10.05	76.77	3.54	0.0000	0.00	0.000
8	-0.60	10.05	10.05	76.77	4.77	0.0000	0.00	0.000
9	-0.57	10.05	10.05	76.77	6.17	0.0000	0.00	0.000
10	-0.54	10.05	10.05	76.77	7.73	0.0000	0.00	0.000
11	-0.50	10.05	10.05	76.77	9.45	0.0000	0.00	0.000
12	0.00	10.05	10.05	-76.77	-23.34	0.0000	0.00	0.000
13	0.09	10.05	10.05	-76.77	-19.71	0.0000	0.00	0.000
14	0.18	10.05	10.05	-76.77	-16.14	0.0000	0.00	0.000
15	0.27	10.05	10.05	-76.77	-12.72	0.0000	0.00	0.000
16	0.36	10.05	10.05	-76.77	-9.54	0.0000	0.00	0.000
17	0.45	10.05	10.05	-76.77	-6.71	0.0000	0.00	0.000
18	0.54	10.05	10.05	-76.77	-4.31	0.0000	0.00	0.000
19	0.63	10.05	10.05	-76.77	-2.42	0.0000	0.00	0.000
20	0.72	10.05	10.05	-76.77	-1.08	0.0000	0.00	0.000
21	0.81	10.05	10.05	-76.77	-0.27	0.0000	0.00	0.000
22	0.90	10.05	10.05	-76.77	0.00	0.0000	0.00	0.000



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO
APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA
CURNO A BERGAMO

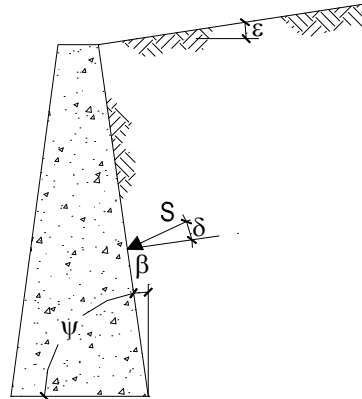
Muri di sostegno sede ferroviaria
Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
NT10	02	D 26 CL	RI0005 001	A	343 DI 345

ALLEGATO 2 – COEFFICIENTI DI SPINTA

COEFFICIENTI DI SPINTA

$\varphi' =$	38.0	(°)
$\varepsilon =$	0.0	(°)
$\delta =$	25.3	(°)
$\beta =$	0.0	(°)
$\psi =$	90.0	(°)



STATICO

COULOMB	
$k_a =$	$\frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi')}{\text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi' + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi' - \varepsilon)}{\text{sen}(\psi - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$
$k_p =$	$\frac{\text{sen}^2(\psi - \varphi')}{\text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi + \delta) \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi' + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi' + \varepsilon)}{\text{sen}(\psi + \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$
RANKINE ($\psi = 90^\circ$)	
$k_a =$	$\frac{\cos \varepsilon - \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi'}}{\cos \varepsilon + \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi'}}$
$k_p =$	$\frac{\cos \varepsilon + \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi'}}{\cos \varepsilon - \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi'}}$

coefficiente di spinta attiva

Coulomb		Rankine	
$k_a =$	0.2168 (-)	$k_a =$	0.2379 (-)
$k_{ah} = k_a \cos(\delta_{muro} + \beta)$		$k_{ah} = k_a \cos(\varepsilon)$	
$k_{ah} =$	0.1959 (-)	$k_{ah} =$	0.2379 (-)

coefficiente di spinta passiva

Coulomb		Rankine	
$k_p =$	14.2207 (-)	$k_p =$	4.2037 (-)
$k_{ph} = k_p \cos(\delta_{muro} + \beta)$		$k_{ph} = k_p \cos(\varepsilon)$	
$k_{ph} =$	12.8532 (-)	$k_{ph} =$	4.2037 (-)

SISMICO

$$\text{per } \varepsilon \leq \varphi' - \theta \quad k_a = \frac{\sin^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi' + \delta) \cdot \sin(\varphi' - \varepsilon - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \sin(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$$

$$\text{per } \varepsilon > \varphi' - \theta \quad k_a = \frac{\sin^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

$$k_p = \frac{\sin^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi + \theta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin \varphi' \cdot \sin(\varphi' + \varepsilon - \theta)}{\sin(\psi + \varepsilon) \cdot \sin(\psi + \theta)}} \right]^2}$$

1. $\theta = \arctan\left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$ 2. $\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$ 3. $\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_d}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$

massima accelerazione al suolo	$a_g/g =$	0.11	(-)
coefficiente stratigrafico	$S_S =$	1.50	(-)
coefficiente stratigrafico	$S_T =$	1.00	(-)
rapporto sisma verticale/orizzontale	$k_v / k_h =$	0.50	(-)
peso di volume naturale del terreno	$\gamma =$	18.0	(kN/mc)
peso di volume secco del terreno	$\gamma_d =$	13.0	(kN/mc)
peso specifico dell'acqua	$\gamma_w =$	10.0	(kN/mc)

1. quota falda al di sotto dell'opera di sostegno
2. terreno impermeabile in condizioni dinamiche in falda ($\gamma = \gamma_{sat}$)
3. terreno permeabile in condizioni dinamiche in falda

Coefficiente β per spostamenti ammissibili del muro $\beta = 0.38$

$k_h =$	0.0627	$k_v =$	0.0314
$\theta^+ =$	5.64 (°)	$\theta^- =$	6.00 (°)

coefficienti di spinta attiva		coefficienti di spinta passiva ($\delta = 0$)	
$ka^+ =$	0.2740 (-)	$kps^+ =$	3.9970 (-)
$ka^- =$	0.2782 (-)	$kps^- =$	3.9833 (-)