

COMMITTENTE:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE
DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**DIREZIONE TECNICA - CENTRO DI PRODUZIONE MILANO
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO**

**POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA TRATTA RHO-GALLARATE
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y**

**OPERE PRINCIPALI – INTERFERENZE VIARIE
NR30 – RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO STRADALE**

SCALA:

-

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

MDL1 12 D 26 CL NV3000 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	Ingletti	Dic.2110	<i>ca</i>		S. Borelli			

ITALFERR
dot. ing. Donato LAVOCCA
Ordine Ingegneri di NOVARA
n° 1109

File: MDL112D26CLNV3000001A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	3
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	4
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
	3.1 Documenti Referenziati	6
	3.2 Documenti correlati	8
	3.3 Documenti superati	8
4	MATERIALI	9
5	CARATTERISTICHE DEL TERRENO	10
6	ANALISI DEI CARICHI	11
	6.1 Spinta del terreno (SPT)	11
	6.2 Spinta del terreno dovuta ai carichi accidentali (SPACC).....	11
	6.3 Azioni sismiche (SPS).....	11
7	MURO TIPO 1	12
	7.1 Verifiche geotecniche.....	13
	7.1.1 Verifiche in condizioni di esercizio.....	13
	7.1.2 Verifiche in condizioni sismiche.....	14
	7.2 Verifiche di portanza	15
	7.3 Verifiche di resistenza	16
	7.3.1 Verifiche paramento	16
	7.3.2 Verifiche fondazione.....	17
	7.4 Verifiche a fessurazione.....	18
	7.4.1 Verifiche paramento	18
	7.4.2 Verifiche fondazione.....	19
8	MURO TIPO 2	20
	8.1 Calcolo sollecitazioni.....	20
	8.2 Verifica di resistenza	21
	8.2.1 Paramento	21
	8.2.2 Fondazione – Valle.....	22
	8.2.3 Fondazione – Monte.....	23
	8.3 Verifica a fessurazione.....	23
	8.4 Verifica micropali	24
9	INCIDENZE ARMATURE	26

1 PREMESSA

Nella presente relazione vengono riportati il dimensionamento e le verifiche relative ai muri di sostegno presenti lungo la pista ciclopedonale che collegherà la viabilità di progetto dell' IV01 all'esistente sottovia già realizzato a cura del comune di Busto Arsizio, nell' ambito dei lavori per il potenziamento della linea ferroviaria Gallarate – Rho.

Si prevedono 2 tipi di muro:

- 1) Muro a fondazione diretta di altezza 4.00 m;
- 2) Muro su micropali di altezza 2.40 m

Le opere si trovano in zona sismica di 4a categoria però, in fase di calcolo, verrà considerata assimilata alla terza categoria. Il calcolo viene effettuato in conformità al D.M. 16/01/1996, con il metodo delle tensioni ammissibili.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo del presente documento è quello di descrivere l'opera e le strutture di sostegno presenti lungo la pista ciclopedonale che collegherà la viabilità di progetto dell' IV01 all'esistente sottovia di Busto Arsizio.

Il progetto prevede che l'inizio intervento della pista coincida con il sottovia esistente posto ad una prog. 16+750.3 del tracciato ferroviario ed abbia termine sulla viabilità di progetto in prossimità dello scatolare di sottoattraversamento viario del raccordo a Y. Il sottovia esistente già realizzato dal comune di Busto prevedeva lo sviluppo di una viabilità di collegamento tra nord e sud in corrispondenza della linea ferroviaria. Con l'introduzione del raccordo "Y" di collegamento tra il triplicamento della linea RFI e le linee FNM verso Malpensa è venuta meno la possibilità dell'introduzione di tale viabilità di collegamento. In accordo con il comune di Busto si è deciso di utilizzare comunque il sottovia sviluppando una pista ciclopedonale di collegamento tra l'area a Nord e quella a Sud della linea. Tale pista necessita di caratteristiche plano altimetriche meno restrittive di un asse viario e si inserisce più facilmente inseribile nel territorio e nel contesto.

Si riporta la planimetria di progetto dell'opera:

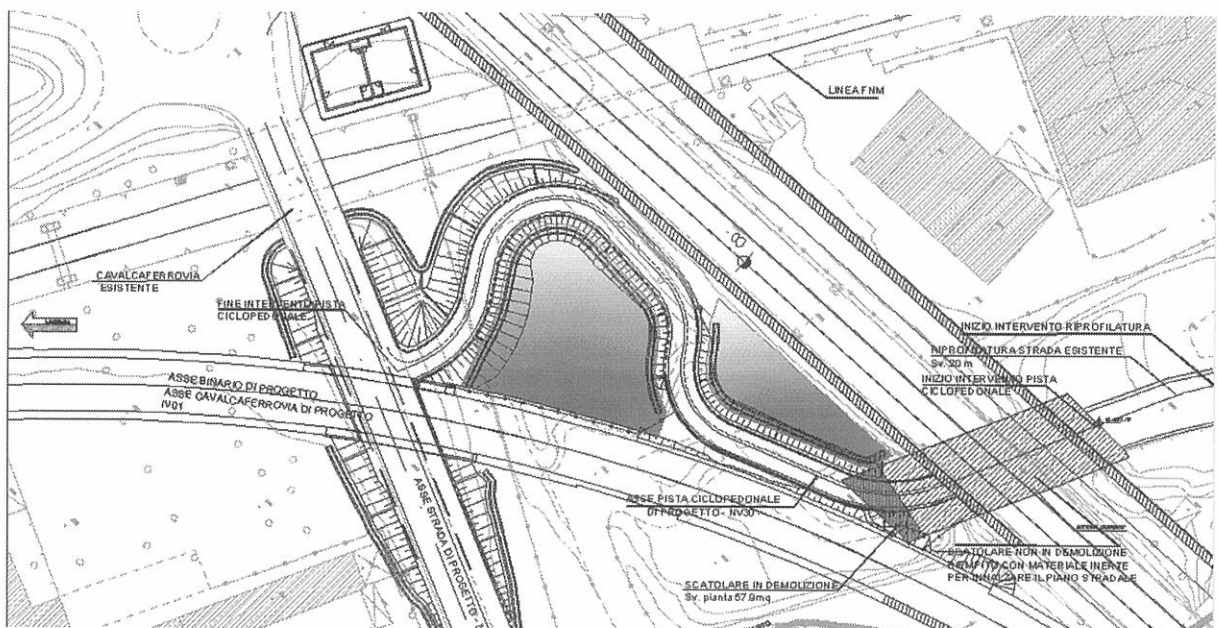


FIGURA 1: Planimetria di progetto

Visto il carattere carrabile di concepimento del sottovia esistente, la sua altezza interna netta è pari a circa 5,50 m. Tale altezza è ritenuta eccessiva per il nuovo utilizzo dell'opera e per questo e per poter contenere la pendenza massima della pista entro il 5% (DM 30/11/99 n°557) si provvederà ad un riempimento con materiale inerte dell'interno del sottovia tale da raggiungere un'altezza utile pari a 4.00 m.

Per consentire l'inserimento del primo raccordo circolare in uscita dallo scatolare esistente, senza accostarsi eccessivamente alla linea ferroviaria del raccordo Y è necessario demolire un piccolo tratto di manufatto scatolare.

In uscita dal sottovia il tracciato risulta essere tutto in rilevato per poter risalire fino a quota 227.7 s.l.m. di collegamento con la nuova viabilità di progetto.

Al fine di evitare l'interferenza tra la pista ed il raccordo Y, è prevista la realizzazione di un muro a sostegno del rilevato, dello sviluppo di 31 m ca. ed una altezza max di 3.5 m, tra la prog. 34.50 e la prog. 65.5 della pista.

Analogamente è previsto un muro a sostegno del rilevato della linea ferroviaria di progetto, dello sviluppo di 31 m ca. ed una altezza max di 1.5 m, tra la prog. 84.00 e la prog. 105.00 della pista.

Nelle zona interclusa tra la pista ed il tracciato ferroviario di progetto e la zona compresa tra il raccordo Y e la pista, sono previsti riempimenti con terreno di riporto ed una successiva sistemazione a verde delle aree che hanno rispettivamente una superficie di 300 mq la prima ed 690 mq la seconda.

Complessivamente il volume di terreno utilizzato per il riempimento delle due aree intercluse è di 1340 mc.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 Documenti Referenziati

La normativa e le prescrizioni cui viene fatto riferimento sono le seguenti:

Legge 5.11.1971 n.1086

Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

Legge 2.2.1974 n.64

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

D.M. 14.02.1992

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. 09.01.1996

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato e precompresso e per le strutture metalliche e relative istruzioni.

D.M. 16.01.1996

Norme tecniche relative ai "criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".

D.M. 16.01.1996

Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

D.M. 11.03.1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Istruzione n. I/SC/PS-OM/2298 del 2.06.1995 rev. 13.01.1997 – "sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari – Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo"

ISTRUZIONE n. 44 B del 14.11.1996

Istruzioni tecniche per manufatti sotto binario da costruire in zona sismica (Testo aggiornato della istruzione 44b del 14.11.1996, approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con voto dell'Assemblea Generale n.565 del 16.12.1997).

ISTRUZIONE n. 44 D del 25.07.2000

Istruzioni tecniche per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo.

Inoltre per la redazione della presente relazione si è fatto riferimento alla seguente documentazione:

- [E_1] MDL1 00 D 26 RG GE0001 001 A. - Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Progetto Definitivo – Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica.
- [E_2] MDL1 00 D 26 F5 GE0001 001 A. - Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Progetto Definitivo – Profilo geologico-tecnico binario pari linea storica – tav. 1/3.
- [E_3] MDL1 00 D 26 F5 GE0001 002 A. - Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Progetto Definitivo – Profilo geologico-tecnico binario pari linea storica – tav. 2/3.
- [E_4] MDL1 00 D 26 F5 GE0001 003 A. - Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Progetto Definitivo – Profilo geologico-tecnico binario pari linea storica – tav. 3/3.
- [E_5] MDL1 00 D 26 RB GE0005 001 A. - Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Relazione geotecnica generale.
- [E_6] MDL1 00 D 26 F5 GE0005 001 A. - Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Profilo geotecnico – tav. 1/6.
- [E_7] MDL1 00 D 26 F5 GE0005 002 A. - Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Profilo geotecnico – tav. 2/6.
- [E_8] MDL1 00 D 26 F5 GE0005 003 A. - Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Profilo geotecnico – tav. 3/6.
- [E_9] MDL1 00 D 26 F5 GE0005 004 A. - Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Profilo geotecnico – tav. 4/6.
- [E_10] MDL1 00 D 26 F5 GE0005 005 A. - Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Profilo geotecnico – tav. 5/6.
- [E_11] MDL1 00 D 26 F5 GE0005 006 A. - Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Profilo geotecnico – tav. 6/6.

3.2 Documenti correlati

I documenti correlati sono:

NR30 - Nuova viabilità ciclopedonale zona raccordo Y

Relazione tecnica descrittiva	-
Planimetria di progetto	1:200
Planimetria idraulica	1:200
Profilo	1:500
Sezioni	1:200
Carpenteria muri di sostegno	1:100

3.3 Documenti superati

Non ci sono documenti superati

4 MATERIALI

I calcoli statici sono stati eseguiti prevedendo l'impiego dei seguenti materiali.

CALCESTRUZZO

Si assumono le seguenti caratteristiche cubiche minime a compressione:

Magrone $R_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$

Fondazione $R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$

Elevazione $R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$

In conformità alla normativa vigente e delle citate Istruzioni, i massimi valori unitari di tensione da prendere in conto nelle verifiche con il metodo delle tensioni ammissibili sono:

$R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$

Tensione di compressione $\sigma_c = 11.00 \text{ N/mm}^2$

Tensioni tangenziali $\tau_{c0} = 0.67 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{c1} = 1,97 \text{ N/mm}^2$

ACCIAIO

per tondi di diametro $\leq 26 \text{ mm}$ FeB 44k

In conformità alla normativa vigente e delle citate Istruzioni, i massimi valori unitari di tensione da prendere in conto nelle verifiche con il metodo delle tensioni ammissibili sono:

Acciaio tipo FeB 44k $\sigma_s = 255 \text{ N/mm}^2$

In accordo alla Tab. 2.2.2.4 delle istruzioni F.S., la tensione dell'acciaio (per le combinazioni TA1 e TA2), i diametri e le distanze tra le barre di acciaio, per limitare gli effetti della fessurazione, risultano:

$\sigma_s \leq 220 \text{ N/mm}^2$ diametro $\leq 20 \text{ mm}$ (massimo interasse barre 200mm)

$\sigma_s \leq 190 \text{ N/mm}^2$ diametro $\leq 24 \text{ mm}$ (massimo interasse barre 250mm)

$\sigma_s \leq 160 \text{ N/mm}^2$ diametro $\leq 30 \text{ mm}$ (massimo interasse barre 300mm)

COPRIFERRO

Soletta: 4 cm

Struttura controterra: 4 cm

5 CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Si considera per il rilevato un terreno avente le seguenti caratteristiche:

$$\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)} = 18$$

$$\varphi' \text{ (}^\circ\text{)} = 35^\circ$$

Si considera in fondazione un terreno avente le seguenti caratteristiche:

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

$$\varphi' \text{ (}^\circ\text{)} = 32^\circ$$

Per la verifica a scorrimento è stato considerato un angolo attrito terra-fondazione pari a $0.6 \times \varphi'$
 $= 19.2^\circ$

6 ANALISI DEI CARICHI

6.1 Spinta del terreno (SPT)

Per il rinterro si prevede un angolo di attrito $\phi = 35^\circ$ ed un peso di volume $\gamma = 18 \text{ KN/m}^3$, lungo tutta l'altezza dei muri. Il coefficiente di spinta viene calcolato utilizzando la formula $K_a = (1 - \sin \phi) / (1 + \sin \phi)$, per cui si ottiene il valore $K_a = 0,271$.

6.2 Spinta del terreno dovuta ai carichi accidentali (SPACC)

Si considera sul terrapieno la presenza di un sovraccarico accidentale pari a $q = 20.00 \text{ kN/m}^2$.
 In fase sismica si considera un sovraccarico accidentale pari a $q = 10.00 \text{ kN/m}^2$.

6.3 Azioni sismiche (SPS)

La spinta del terreno F_s , viene così calcolata:

$$F_s = A \cdot F'$$

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

$\theta = \arctan C$ con $C =$ coefficiente di intensità sismica

$F' =$ spinta del terreno calcolata per $\alpha' = \alpha + \theta$

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

β, α indicano, rispettivamente, l'angolo di inclinazione del terreno rispetto all'orizzontale e l'angolo di inclinazione del paramento interno rispetto alla verticale, come da normativa sismica, in questo caso sono entrambi pari a zero.

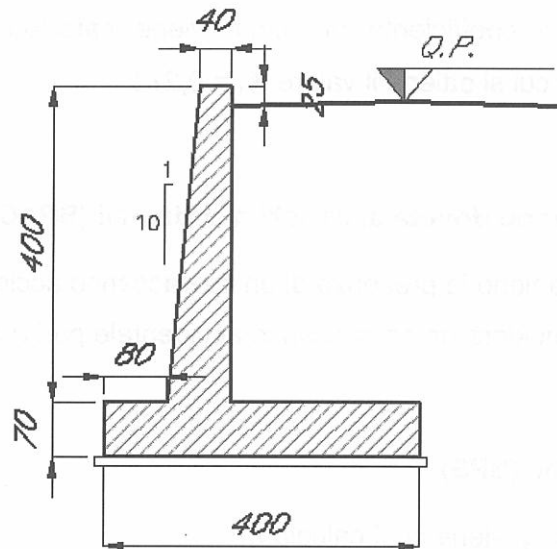
La sovraspinta sismica viene quindi calcolata considerando un coefficiente di spinta sismico incrementato rispetto a quello statico.

$K_{as} =$ coefficiente di spinta attivo in condizioni sismiche =

$$\frac{\sin(\alpha' + \Phi)^2}{\sin^2(\alpha') \cdot \sin(\alpha' - \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\Phi + \delta) \cdot \sin(\Phi - \beta')}{\sin(\beta' - \delta) \cdot \sin(\alpha' + \beta')}} \right]^2} = 0.293$$

7 MURO TIPO 1

Questa tipologia è valida per i muri di altezza pari a $H=4.0$ m.



Sezione trasversale

7.1 Verifiche geotecniche

7.1.1 Verifiche in condizioni di esercizio

Muro IN30 - In esercizio					
Hmuro	4.00 m	Sovraccarichi			
s sup	0.40 m		1	2	
s base	0.8 m	d [m]	0.00	0.00	
L fond	4.00 m	q [daN/m²]	2000	0	
L valle	0.80 m	d1 [m]	0.00	0.00	
L monte	2.40 m	Azioni esterne			
s fond	0.70 m		1	2	3
Hterreno	3.75 m	N [daN]	-	-	-
γ	1800 daN/m ³	F [daN]	0	-	-
φ	35 °	M [daNm]	0	-	-
Ka	0.271	z [m]	0.00	0.00	0.00
Ca	0.35				
		F orizz.	Fvert	M rib	M stab
		[daN]	[daN]	[daN m]	[daN m]
Spinta del terreno		4830	-	7164	-
Peso del muro		-	13000	-	-21467
Peso del terreno		-	16200	-	-45360
Sovraccarico 1		2412	4800	5366	-13440
Sovraccarico 2		0	0	0	0
Azione 1		0	0	0	0
Azione 2		0	0	0	0
Azione 3		0	0	0	0
Totale		7241	34000	12530	-80267
Coeff. sicurezza ribaltamento		Csr = Mstab / Mrib	6.41	>1.5	
Coeff. sicurezza scorrimento		Css = Fv x Ca / Fo	1.64	>1.3	
Tensione sul terreno media			0.9	daN/cm²	
Tensione sul terreno massima			0.9	daN/cm²	
Tensione sul terreno minima			0.8	daN/cm²	

Azioni al piede del muro				
	T	M		
	[daN]	[daN m]	σa	1600 daN/cm²
Spinta del terreno	3429.718	4287	c	5 cm
Sovraccarico 1	2032	3811		
Sovraccarico 2	0	0		
Azione 1	0	0	Aa	7.5 cm²/m
Azione 2	0	0	Aa min	12.0 cm²/m
Azione 3	0	0		
Totale	5462	8098		

7.1.2 Verifiche in condizioni sismiche

Muro IN30 - Fase sismica								
Hmuro	4.00	m	Sovraccarichi					
s sup	0.40	m		1	2			
s inf	0.80	m	d [m]	0.00	0.00			
L fond	4.00	m	q [daN/m²]	1000	0			
L valle	0.80	m	d1 [m]	0.00	0.00			
L monte	2.40	m	Azioni esterne					
s fond	0.70	m		1	2	3		
Hterreno	3.75	m	N [daN]	-	-	-		
γ	1800	daN/m ³	F [daN]	-	-	-		
φ	35	°	M [daN]	-	-	-		
Ka	0.271		z [m]	0.00	0.00	0.00		
Ca	0.35							
c	0.04							
θ	2.3	°						
A	0.999							
Ka'	0.293							
			F orizz.	Fvert	M rib	M stab		
			[daN]	[daN]	[daN m]	[daN m]		
Spinta del terreno	4830		-	-	7164	-		
Incremento sismico	480		-	-	1423	-		
Peso del muro	520		13000		693	-21467		
Peso del terreno	648		16200		1669	-45360		
Sovraccarico 1	1206		2400		2683	-6720		
Sovraccarico 2	0		0		0	0		
Sovr. 1 - F. inerzia	96		-		427	-		
Sovr. 2 - F. inerzia	0		-		0	-		
Azione 1	0		0		0	0		
Azione 2	0		0		0	0		
Azione 3	0		0		0	0		
Totale	7779		31600		14059	-73547		
Coeff. sicurezza ribaltamento Csr = Mstab / Mrib					5.23	>1.5		
Coeff. sicurezza scorrimento Css = Fv x Ca / Fo					1.41	>1.3		
Tensione media					0.8	daN/cm ²		
Tensione massima					0.9	daN/cm ²		
Tensione minima					0.7	daN/cm ²		

<i>Azioni al piede del muro</i>					
	T	M			
	[daN]	[daN m]		σ_a	1600 daN/cm ²
Spinta del terreno	3429.718	4287.14734		c	5 cm
Incremento sismico	353	884			
Peso del muro	240	427			
Peso del terreno	648	1 215		Aa	8.4 cm ² /m
Sovraccarico 1	1016	1 905		Aa min	12.0 cm ² /m
Sovraccarico 2	0	-			
Sovr. 1 - F. inerzia	96	360			
Sovr. 2 - F. inerzia	0	0			
Azione 1	0	0			
Azione 2	0	0			
Azione 3	0	0			
Totale	5783	9078			

7.2 Verifiche di portanza

In considerazione dei valori modesti della pressione sul terreno ($\sigma < 0.9 \text{ kg/cm}^2$) non si riporta la verifica di portanza del terreno.

7.3 Verifiche di resistenza

7.3.1 Verifiche paramento

Sollecitazioni

Momento flettente	M	91	kN m
Sforzo normale	N	60	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	35	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	11.0	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	78	cm
Larghezza sezione	B	100	cm
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	12.72	cm ²
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	12.72	cm ²

$5 \text{ } \emptyset \text{ } 18 \text{ } c_{s1} = 6 \text{ cm}$
 $\emptyset \text{ } c_{s2} = \text{ cm}$
 $\emptyset \text{ } c_{t2} = \text{ cm}$
 $5 \text{ } \emptyset \text{ } 18 \text{ } c_{t1} = 6 \text{ cm}$

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ	1.7	N/mm ²	<	σ_{amm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	84.2	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e	151.7	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u	112.7	cm		
Posizione asse neutro	y	16.9	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	8156	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	4370275	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	763251	cm ⁴		

Verifica a taglio

Taglio	T	58	kN
Tensione tangenziale	τ	0.09	N/mm ²
	$\tau_{c,0}$	0.67	N/mm ²

L'armatura tesa prevista al piede del muro (per una striscia unitaria) è 5ø 18, per rispettare l'armatura minima necessaria pari allo 0.15% dello spessore del muro.

7.3.2 Verifiche fondazione

Cautelativamente si effettuano le verifiche della fondazione considerando la stessa sollecitazione del paramento.

Sollecitazioni

Momento flettente	M	91	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	35	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{camm}	11.0	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	70	cm			
Larghezza sezione	B	100	cm			
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	12.72	cm ²	5	\emptyset 18	$C_{s1} =$ 6 cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²		\emptyset	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²		\emptyset	$C_{i2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	12.72	cm ²	5	\emptyset 18	$C_{i1} =$ 6 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	2.0	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	120.3	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e	∞	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u	∞	cm		
Posizione asse neutro	y	13.0	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	7356	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	3179346	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	578989	cm ⁴		

7.4 Verifiche a fessurazione

7.4.1 Verifiche paramento

Sollecitazioni

Momento flettente	M	91	kN m
Sforzo normale	N	60	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	35	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{camm}	11.0	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	2.9	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.0	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	78	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	As_1'	12.72	cm ²	5	\emptyset 18 $C_{s1} =$ 6 cm
Armatura compressa (2° strato)	As_2'	0.00	cm ²	\emptyset	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	As_2	0.00	cm ²	\emptyset	$C_{i2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	As_1	12.72	cm ²	5	\emptyset 18 $C_{i1} =$ 6 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	1.7	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	84.2	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	151.7	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	112.7	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	16.9	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	8156	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	4370275	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	763251	cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	235	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

7.4.2 Verifiche fondazione

Sollecitazioni

Momento flettente	M	91	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	35	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{camm}	11.0	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	2.9	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.0	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	70	cm			
Larghezza sezione	B	100	cm			
Armatura compressa (1° strato)	As_1'	12.72	cm ²	5	\emptyset 18	$C_{s1} =$ 6 cm
Armatura compressa (2° strato)	As_2'	0.00	cm ²	\emptyset		$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	As_2	0.00	cm ²	\emptyset		$C_{i2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	As_1	12.72	cm ²	5	\emptyset 18	$C_{i1} =$ 6 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	2.0	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	120.3	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	∞	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	13.0	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	7356	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	3179346	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	578989	cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	184	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

8 MURO TIPO 2

8.1 Calcolo sollecitazioni

Muro 2

Geometria e terreno

Hmuro	2.40 m
s sup	0.40 m
s base	0.64 m
L fond	2.65 m
L valle	1.45 m
L monte	0.56 m
s fond	0.70 m

Hterreno	2.40 m
□	1800 daN/m ³
□	35 °
Ka	0.271

Sovraccarichi

	1	2
d [m]	0.00	0.00
q [daN/m ²]	2000	0
d1 [m]	0.00	0.00

Azioni esterne

	1	2	3
N [daN]	-	-	-
F [daN]	-	-	-
M [daN]	-	-	-
z [m]	0.00	0.00	0.00

Risultanti a intradosso fondazione

	F orizz. [daN]	F [c]
Spinta del terreno	2 344	
Peso del muro	-	
Peso del terreno	-	
Sovracc. 1 - Spinta	1 680	
Sovracc. 1 - Peso	-	
Sovracc. 2 - Spinta	0	
Sovracc. 2 - Peso	-	
Azione 1	0	
Azione 2	0	
Azione 3	0	
Totale	4 024	

Azioni sui micropali

int. long. micropali	2.00 m
int. trasv micropali	1.85 m
N sul micropalo di valle	11 044 kg
N sul micropalo di monte	11 549 kg
T sul micropalo	4 024 kg
M sul micropalo	11 kgm

Azioni al piede del paramento

	T [daN]	M [daN m]
Spinta del terreno	1 405	1 124
Sovraccarico 1	1 301	1 561
Sovraccarico 2	0	0
Azione 1	0	0
Azione 2	0	0
Azione 3	0	0
Totale	2 706	2 685

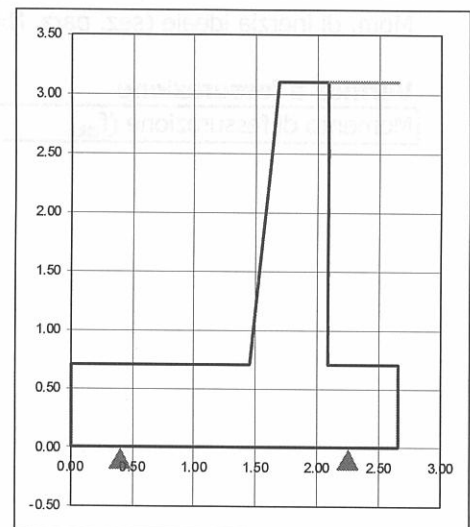
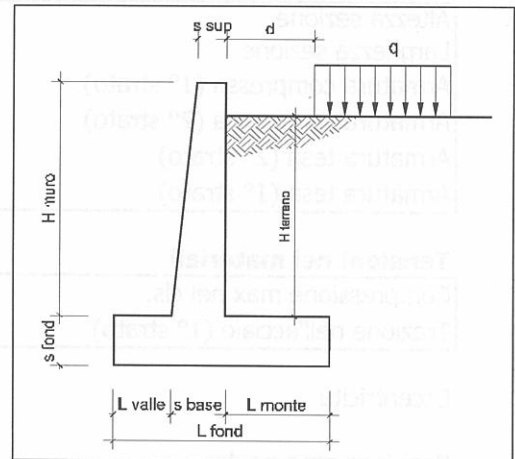
Sollecitazioni sulla fondazione (uniformemente ripartite)

M monte	-341 kgm	+ tese le fibre inf; - tese le fibre sup
M valle	3 959 kgm	+ tese le fibre inf; - tese le fibre sup
T monte	1 255 kg	
T valle	2 985 kg	

Sollecitazioni sulla fondazione

(considerando una rip. a 45° da asse micropalo)

D micropalo	0.30 m	
L rip. monte	0.62 m	
M monte	1 715 kgm/m	+ tese le fibre inf; - tese le fibre sup
T monte	14 108	
L rip. valle	2.00 m	
M valle	3 959 kgm/m	+ tese le fibre inf; - tese le fibre sup
T valle	2 985 kg/m	



8.2 Verifica di resistenza

8.2.1 Paramento

Sollecitazioni

Momento flettente	M	26.8	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	35	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{camm}	11.0	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	64	cm			
Larghezza sezione	B	100	cm			
Armatura compressa (1° strato)	As_1'	10.05	cm ²	5	\emptyset 16	$C_{s1} =$ 6 cm
Armatura compressa (2° strato)	As_2'	0.00	cm ²	\emptyset		$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	As_2	0.00	cm ²	\emptyset		$C_{i2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	As_1	10.05	cm ²	5	\emptyset 16	$C_{i1} =$ 6 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	0.8	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	49.4	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e	∞	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u	∞	cm		
Posizione asse neutro	y	11.2	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	6681	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	2388410	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	381189	cm ⁴		

8.2.2 Fondazione – Valle

Sollecitazioni

Momento flettente	M	39.6	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	35	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	11.0	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{amm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	70	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	As_1'	10.05	cm ²	5 Ø 16	$C_{s1} = 6$ cm
Armatura compressa (2° strato)	As_2'	0.00	cm ²	Ø	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	As_2	0.00	cm ²	Ø	$C_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	As_1	10.05	cm ²	5 Ø 16	$C_{t1} = 6$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	1.0	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	65.8	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e	∞	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u	∞	cm		
Posizione asse neutro	y	11.8	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	7281	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	3111973	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	470736	cm ⁴		

8.2.3 Fondazione – Monte

Sollecitazioni

Momento flettente	M	17.2	kN m
Sforzo normale	N	0	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	35	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{camm}	11.0	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	70	cm			
Larghezza sezione	B	100	cm			
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	10.05	cm ²	5	\emptyset 16	$C_{s1} =$ 6 cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	\emptyset		$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	\emptyset		$C_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	10.05	cm ²	5	\emptyset 16	$C_{t1} =$ 6 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	0.4	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	28.5	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e	∞	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u	∞	cm		
Posizione asse neutro	y	11.8	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	7281	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	3111973	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	470736	cm ⁴		

8.3 Verifica a fessurazione

In considerazione dei tassi di lavoro modesti dell'armatura, non si riportano le verifiche a fessurazione.

8.4 Verifica micropali

Verifica della sezione del micropalo

Diametro perforazione	Dp	300 mm
Diametro esterno armatura	Dest	193.7 mm
Spessore armatura	s	12 mm
Diametro interno armatura	Dint	169.7 mm
Modulo di elasticità acciaio	E	210000 N/mm ²
Area	A	6 850 mm ²
Momento di inerzia	J	28 392 004 mm ⁴
Modulo di resistenza in campo elastico	W	293 154 mm ³
Sforzo normale	N	115 kN
Taglio in testa	T	40.2 kN
Coeff. di reazione orizzontale del terreno	kh	17 000 kN/m ³
$b (=(kh*D/(4EJ))^4)$		0.00068 mm ⁻¹
Momento flettente ($=T/2b$)	M	29.6 kNm
Tensione normale	σ	117.8 N/mm ²
Tensione tangenziale	τ	17.6 N/mm ²
Tensione ideale	σid	121.7 N/mm ²

Calcolo del carico limite orizzontale

Angolo di attrito terreno	φ	35 °
Coefficiente di spinta passiva	Kp	3.69
Peso di volume del terreno	γ	18 kN/m ³
Diametro perforazione	Dp	300 mm
Modulo di resistenza in campo plastico	Wpl	396 755 mm ³
Tensione di snervamento acciaio	fy	275 N/mm ²
Momento plastico	My	109.1 kNm
Carico orizzontale limite	Tlim	147.4 kN
Carico orizzontale ammissibile ($=Tlim/3$)	Tamm	49.1 kN
Fattore di sicurezza ($=Tlim/T$)	FS	3.7

NV30 -Relazione di calcolo muri si sostegno stradale

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12 D 26	CL	NV30000001	A	25/ 26

Calcolo del carico limite orizzontale

Quota testa palo	0.0 m
Quota fondo palo	8.0 m
Lunghezza palo	-8.0 m
Quota falda	-8.0 m
Diametro palo	0.30 m
Perimetro palo	0.94 m
Area palo	0.07 m ²
Peso palo	P_p -14 kN
Sottospinta acqua	P_{pw} -11 kN
Peso sommerso palo	$P_{p,ef}$ -3 kN

	Quota sommità	Quota base	Quota del baricentro	Spessore	Peso specifico	Angolo di attrito	Coesione	Riduzione coesione	Tensione totale verticale nel baricentro	Pressione dell'acqua nel baricentro	Tensione efficace verticale nel baricentro	ks	Portata laterale limite
	Q_s [m]	Q_i [m]	Q_b [m]	s [m]	γ [kN/m ³]	φ [°]	c' [kN/m ²]	α	σ_v [kN/m ²]	u [kN/m ²]	σ'_v [kN/m ²]		$P_{L,lim}$ [kN]
Strato 1	0.0	-8	-4.0	8.0	18	35	0	0	72.0	-40.0	112.0	0.5	296
Strato 2	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	144.0	-80.0	224.0	0	0
Strato 3	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	144.0	-80.0	224.0	0	0
Strato 4	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	144.0	-80.0	224.0	0	0
													296

Portata alla punta	
Angolo di attrito	35 °
N_q	33.3
σ_v	144.0 kN/m ²
u	-160.0 kN/m ²
σ'_v	304.0 kN/m ²
Portata alla base	$P_{p,lim}$ 0 kN

Portata limite totale	
$P_{lim} = P_{p,lim} + P_{L,lim} =$	296 kN

Coefficiente di sicurezza	
Carico verticale	R 115 kN
$\eta = P_{lim} / (R + P_{p,ef}) =$	2.62

9 INCIDENZE ARMATURE

Si riportano di seguito le incidenze delle armature [kg / m³]:

- MURO TIPO 1 70
- MURO TIPO 2 70

Descrizione	Incidenza [kg / m ³]
MURO TIPO 1	70
MURO TIPO 2	70