

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

RADDOPPIO TRATTA FIUME TORTO – LERCARA DIRAMAZIONE LOTTO 1 + 2

SINGOLE OPERE DI LINEA

IN52 – Nuovo tombino al km 28+747

Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
RS3Z	00	D	26	CL	IN5200	002	B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	C. INTEGRA	Gennaio 2020	M.SALLEONI	Gennaio 2020	A. BARRECA	Gennaio 2020	F. SACCIO Maggiorilegittimato ITALFERR - UC INFRASTRUTTURE NORD Det. Ing. Francesco Saccio Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. 25372/SP/20	
B	1° AGG. A CONSEGNA CSLP	C. INTEGRA	Maggio 2020	M.SALLEOLINI	Maggio 2020	A. BARRECA	Maggio 2020		

INDICE

1. PREMESSA	2
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
3. DESCRIZIONE DELL’OPERA	5
4. METODO DI CALCOLO DELLA SPINTA.....	7
4.1 Analisi dei carichi nella Fase 1 (spinta iniziale)	7
4.2 Analisi dei carichi nella Fase 2 (spinta finale).....	8
5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E PARAMETRI GEOTECNICI	9
6. CALCOLO DELLE AZIONI E VERIFICA GEOTECNICA	11
7. PLATEA DI VARO.....	15
7.1 Azioni di calcolo.....	15
7.2 Verifiche strutturali.....	16
8. MURO REGGISPINTA	17
8.1 Azioni di calcolo.....	17
8.2 Verifiche strutturali.....	19
8.2.1 Verifica a pressoflessione (sez. c-c)	19
8.2.2 Verifiche a taglio	20



**PROGETTO DEFINITIVO
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA
DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2**

IN52 –Nuovo Tombino al km 28+747
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5200002	B	2 di 21

1. PREMESSA

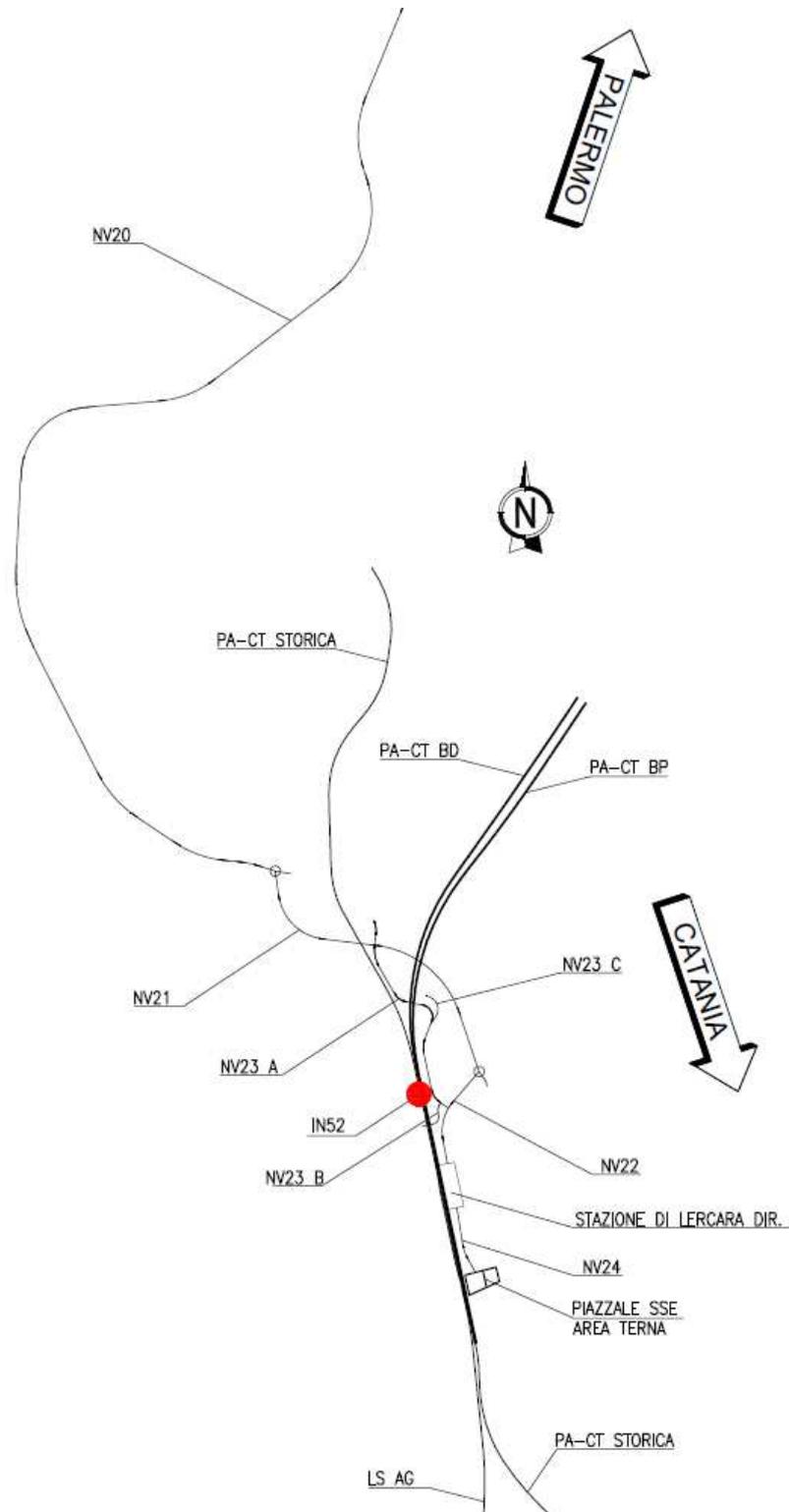
Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione definitiva del collegamento Palermo-Catania, raddoppio tratta Fiumetorto-Lercara Diramazione, appartenente alla Direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo.

Nella presente relazione è riportato il dimensionamento della platea di varo e del muro reggispinta del tombino di linea IN52 alla progr. 28+747 avente sezione interna 2.0x2.0m.

Segue l'ubicazione dell'opera.

IN52 -Nuovo Tombino al km 28+747
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5200002	B	3 di 21



	PROGETTO DEFINITIVO DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2					
IN52 –Nuovo Tombino al km 28+747 <i>Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta</i>	COMMESSA RS3Z	LOTTO 00	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLIN5200002	REV. B	FOGLIO 4 di 21

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il progetto degli elementi strutturali è stato condotto nel rispetto delle seguenti normative:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l’applicazione dell’“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C.: Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996;
- RFI DTC SI MA IFS 001 B: “Manuale di progettazione delle opere civili” del 22/12/2017.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture

Riferimenti STI:

– Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;

3. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il tombino IN52 è situato al km 28+747 della tratta Fiumetorto – Lercara.

La vita nominale dell'opera è pari a $V_N = 75$ anni. La classe d'uso è la III con $C_U = 1.5$.

Il tombino è costituito da una struttura scatolare e dai manufatti di imbocco/sbocco per una lunghezza complessiva di 36m0, di cui 17m realizzati a spinta.

La sezione dello scatolare è costituita da piedritti di spessore pari ad 0.30 m, soletta superiore di 0.30 m e soletta di fondazione di spessore pari a 0.30 m.

La sezione interna libera è pari a (bxh) 2.00 m x 2.00 m.

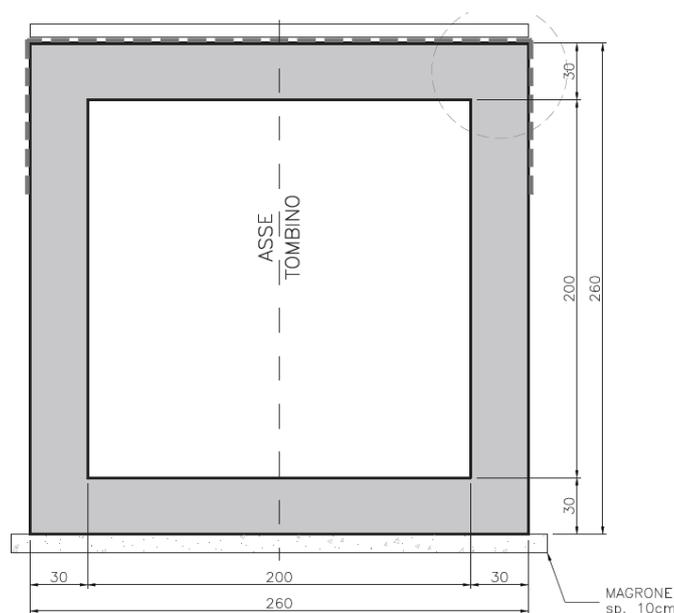


Fig. 3.1 Tombino scatolare - sezione trasversale

La struttura viene realizzata in parte gettata in opera ed in parte *a spinta* al di sotto della linea esistente in modo da ridurre al minimo indispensabile ogni tipo di interferenza con il traffico ferroviario esistente e, contestualmente ridurre i tempi di realizzazione.

La realizzazione a spinta consiste nella realizzazione – in apposito cantiere a lato del rilevato ferroviario esistente - di un monolite in calcestruzzo armato, e della sua successiva infissione all'interno del terrapieno ferroviario con un sistema di martinetti oleodinamici. Il monolite poggia su una platea di varo realizzata e dimensionata per poter sopportare le sollecitazioni derivanti dal peso e dallo scorrimento del manufatto sulla

stessa. La platea di varo è collegata al muro reggispinta, necessario per garantire la necessaria azione di contrasto ai martinetti durante le fasi di spinta.

Durante la traslazione dell'opera il binario è irrigidito da un insieme di travi parallele allo stesso e collegate tra loro da traverse poste a piccolo interasse per il sostegno della rotaia. La struttura di irrigidimento longitudinale appoggia trasversalmente su travi in acciaio (travi di manovra) aventi la funzione di sostenere il tutto scorrendo sull'estradosso dello stesso manufatto in corso di varo.



Fig. 3.2 Pianta platea di varo

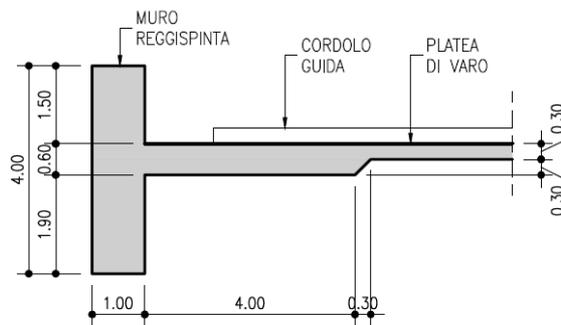


Fig. 3.3 Struttura reggispinta

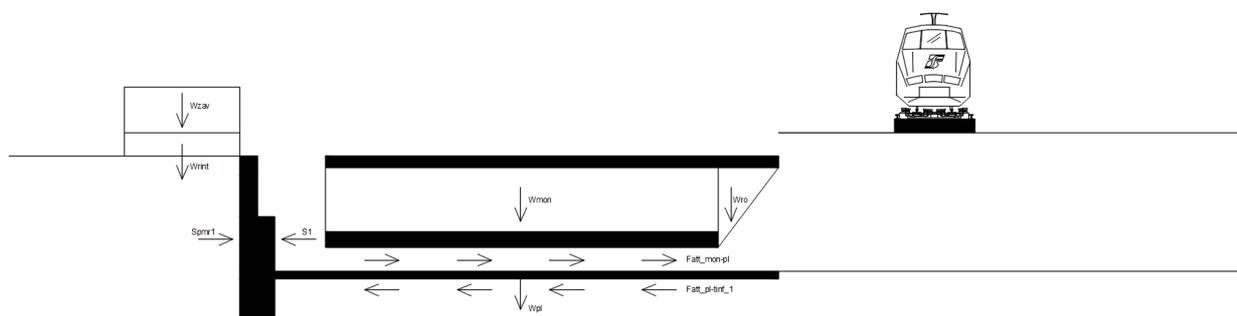
Per garantire il sufficiente contrasto a tergo del muro reggispinta si prevede una zavorra costituita da blocchi in cls avente un'altezza pari a 1.0m.

4. METODO DI CALCOLO DELLA SPINTA

Per la verifica delle strutture di contrasto, necessarie ad assorbire le azione delle attrezzature di spinta, si individuano due fasi, relativamente una all’inizio e una alla fine delle operazioni di spinta.

4.1 Analisi dei carichi nella Fase 1 (spinta iniziale)

È la configurazione che si ha all’inizio delle operazioni di spinta.



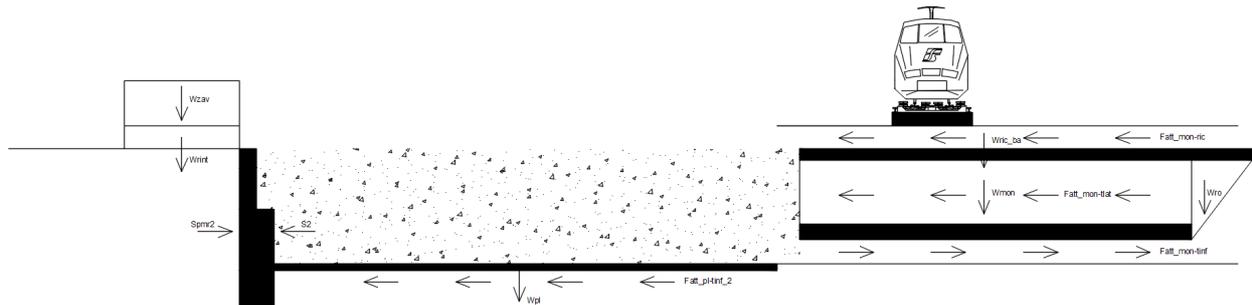
In questa configurazione i martinetti di spinta devono vincere l’attrito fra l’intradosso della fondazione e la platea di varo. Il coefficiente di attrito di primo distacco può raggiungere valori di poco superiori all’unità. Essendo il monolite ancora all’esterno del terrapieno ferroviario, non è presente alcun attrito fra terreno e pareti laterali, fra terreno e soletta superiore e fra terreno e soletta inferiore.

Questa configurazione risulta significativa per il dimensionamento dell’armatura della platea di varo, soggetta a prevalenti azioni di sforzo normale di trazione. Tale sforzo normale ha valore nullo all’estremità libera ed aumenta gradualmente fino a raggiungere il valore massimo all’attacco col muro reggispinta. Tale sforzo è generato dalle azioni di attrito che nascono al contatto tra il monolite e la platea ed è parzialmente limitato dalle azioni di attrito tra la platea e il terreno sottostante.

In questa configurazione il muro reggispinta deve assorbire l’azione dei martinetti. A resistere alla spinta attiva generata dai martinetti idraulici si hanno i contributi della spinta passiva del terreno a monte del muro reggispinta e dell’attrito e della forza di attrito tra la platea e il terreno sottostante. La spinta attiva sul muro generata dai martinetti risulta inferiore a quella presente nella fase 2, che viene considerata per la valutazione della capacità resistente del muro. Infatti, la spinta che viene trasmessa al terreno retrostante va aumentando gradualmente man mano che il monolite avanza dalla fase 1 alla fase finale 2.

4.2 Analisi dei carichi nella Fase 2 (spinta finale)

Questa configurazione corrisponde alla fase in cui il monolite è uscito dalla platea di varo e la spinta è nella fasi finali.



In questa fase è massima la spinta che deve assorbire il terreno a monte del muro ed è minimo invece il contributo resistente fornito dalla platea di varo che si oppone alle azioni di martinetti di spinta soltanto con l'attrito sul terreno relativo al suo peso proprio. In questa fase si ha la massima spinta attiva sul muro reggispinta, che viene presa a riferimento per il dimensionamento del muro.

5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E PARAMETRI GEOTECNICI

Caratteristiche calcestruzzo muro reggispinta e platea di varo

Classe di calcestruzzo			C30/37
Resistenza a compressione cubica caratteristica	R_{ck}	[MPa]	37
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	f_{ck}	[MPa]	30.71
Resistenza media a compressione cilindrica caratteristica	f_{cm}	[MPa]	38.71
Resistenza media a trazione caratteristica	f_{ctm}	[MPa]	2.94
Coefficiente parziale di sicurezza per resistenza	γ_c	[-]	1.50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	[-]	0.85
Resistenza a compressione cilindrica di calcolo	f_{cd}	[MPa]	17.40
Peso specifico calcestruzzo	γ_{dis}	[kN/m ³]	25

Caratteristiche acciaio muro reggispinta e platea di varo

Classe acciaio barre di armatura	Classe	[-]	B450C
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	[MPa]	450
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	[MPa]	540
Coefficiente parziale di sicurezza per resistenza	γ_s	[-]	1.15
Resistenza a snervamento di calcolo	f_{yd}	[MPa]	391.30

Caratteristiche del terreno di ricoprimento, del terreno ai lati del monolite e del terreno sotto la platea

Parametri geotecnici caratteristici

Peso specifico del terreno di ricoprimento sopra al monolite	γ_{t_ric}	[kN/m ³]	19.0
Peso specifico del terreno ai lati del monolite	γ_{t_lat}	[kN/m ³]	19.0
Peso specifico del terreno sotto la platea e il monolite	γ_{t_tinf}	[kN/m ³]	19.0
Peso specifico del terreno a tergo del muro reggispinta	γ_{t_mr}	[kN/m ³]	19.0
Peso specifico del terreno di rinterro a tergo del muro reggispinta	γ_{t_rint}	[kN/m ³]	19.0
Angolo di attrito del terreno di ricoprimento sopra al monolite	ϕ'_{ric}	[°]	35.0
Angolo di attrito del terreno ai lati del monolite	ϕ'_{lat}	[°]	35.0
Angolo di attrito del terreno sotto la platea e il monolite	ϕ'_{tinf}	[°]	35.0
Angolo di attrito del terreno alla base del muro reggispinta	ϕ'_{mr_tinf}	[°]	35.0
Angolo di attrito del terreno a tergo del muro reggispinta	ϕ'_{mr}	[°]	35.0
Coesione efficace del terreno a tergo del muro reggispinta	c'_{mr}	[MPa]	0.0
Coesione non drenata del terreno a tergo del muro reggispinta	c_{u_mr}	[MPa]	0.0

Coefficienti parziali di sicurezza per i materiali

Tipologia di metodo di calcolo	M	[-]	M2
Coefficiente per peso dell'unità di volume di terreno	γ_y	[-]	1.00
Coefficiente tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\phi'}$	[-]	1.25
Coefficiente per coesione efficace	$\gamma_{c'}$	[-]	1.25
Coefficiente per resistenza non drenata	γ_{cu}	[-]	1.40

IN52 -Nuovo Tombino al km 28+747
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5200002	B	10 di 21

Parametri geotecnici di calcolo			
Peso specifico del terreno di ricoprimento sopra al monolite	γ_{td_ric}	[kN/m ³]	19.0
Peso specifico del terreno ai lati del monolite	γ_{td_tlat}	[kN/m ³]	19.0
Peso specifico del terreno sotto la platea e il monolite	γ_{td_tinf}	[kN/m ³]	19.0
Peso specifico del terreno a tergo del muro reggispinta	γ_{td_mr}	[kN/m ³]	19.0
Peso specifico del terreno di rinterro a tergo del muro reggispinta	γ_{td_rint}	[kN/m ³]	19.0
Angolo di attrito del terreno di ricoprimento sopra al monolite	ϕ'_d_{ric}	[°]	29.3
Angolo di attrito del terreno ai lati del monolite	ϕ'_d_{tlat}	[°]	29.3
Angolo di attrito del terreno sotto la platea e il monolite	ϕ'_d_{tinf}	[°]	29.3
Angolo di attrito del terreno alla base del muro reggispinta	ϕ'_{mr_tinf}	[°]	29.3
Angolo di attrito del terreno a tergo del muro reggispinta	ϕ'_d_{mr}	[°]	29.3
Coesione efficace del terreno a tergo del muro reggispinta	c'_d_{mr}	[MPa]	0.0
Coesione non drenata del terreno a tergo del muro reggispinta	c_{ud_mr}	[MPa]	0.0
Coefficienti di spinta e attrito di calcolo			
Grado di sovraconsolidazione del terreno ai lati del monolite	OCR	[-]	1.00
Coefficiente empirico	m	[-]	0.55
Coefficiente di spinta a riposo del terreno ai lati del monolite	k_{o_tlat}	[-]	0.51
Coefficiente di spinta passiva del terreno a tergo del muro reggispinta	k_{p_mr}	[-]	2.91
Coefficiente di attrito monolite-terreno di ricoprimento	μ_{mon_ric}	[-]	0.35
Coefficiente di attrito monolite-terreno laterale	μ_{mon_tlat}	[-]	0.35
Coefficiente di attrito platea/monolite con il terreno sottostante	μ_{pl/mon_tinf}	[-]	0.56
Coefficiente di attrito muro-terreno sottostante	μ_{mr_tinf}	[-]	0.56
Coefficiente di attrito monolite-platea di primo distacco	μ_{mon_pl}	[-]	1.00

IN52 -Nuovo Tombino al km 28+747
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5200002	B	11 di 21

6. CALCOLO DELLE AZIONI E VERIFICA GEOTECNICA

GEOMETRIA			
Geometria del monolite			
Dimensione longitudinale del monolite a meno del rostro	L_{long_mon-ro}	[m]	17.00
Spessore soletta superiore	S_s	[m]	0.30
Spessore soletta di fondazione	S_f	[m]	0.30
Spessore piedritti	S_p	[m]	0.30
Altezza interna del monolite	H_{int}	[m]	2.00
Larghezza interna del monolite	L_{int}	[m]	2.00
Larghezza ringrosso della soletta di fondazione	L_r	[m]	0.00
Altezza totale del monolite	H_{mon}	[m]	2.60
Larghezza del monolite a meno del ringrosso	L_{trasv_mon}	[m]	2.60
Area della sezione piena del monolite	A_{mon}	[m ²]	2.76
Dimensione longitudinale del rostro	L_{long_ro}	[m]	2.60
Spessore setti del rostro	S_{ro}	[m]	0.30
Altezza del rostro	H_{ro}	[m]	2.60
Area laterale del rostro	A_{lat_ro}	[m ²]	3.38
Larghezza trasversale del rostro	L_{trasv_ro}	[m]	2.60
Dimensione longitudinale del monolite	L_{long_mon}	[m]	19.60
Area laterale del monolite	A_{lat_mon}	[m ²]	47.58
Geometria della platea di varo			
Dimensione longitudinale della platea	L_{long_pl}	[m]	18.30
Dimensione trasversale della platea	L_{trasv_pl}	[m]	3.80
Spessore della platea	S_{pl}	[m]	0.30
Area della sezione della platea	A_{pl}	[m ²]	1.14
Geometria del muro reggispinta			
Dimensione trasversale del muro	L_{trasv_mr}	[m]	3.80
Altezza del muro sopra al piano campagna	H_{mr_sup}	[m]	2.10
Altezza del dente sotto al piano campagna	H_{mr_inf}	[m]	1.90
Altezza del muro	H_{mr}	[m]	4.00
Altezza del muro con spessore minimo sopra al piano campagna	H_{mr_smin}	[m]	0.00
Altezza del muro con spessore massimo sopra al piano campagna	H_{mr_smax}	[m]	2.10
Spessore minimo del muro	S_{mr_min}	[m]	0.00
Spessore massimo del muro	S_{mr_max}	[m]	1.00
Spessore del dente del muro	S_{mr_dente}	[m]	1.00
Area della sezione del muro con spessore minore	A_{mr_min}	[m ²]	0.00
Area della sezione del muro con spessore maggiore	A_{mr_max}	[m ²]	2.10
Area della sezione del dente	A_{mr_dente}	[m ²]	1.90
Area della sezione del muro	A_{mr}	[m ²]	4.00
Interasse martinetti idraulici	i_{mar}	[m]	1.00

IN52 -Nuovo Tombino al km 28+747
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5200002	B	12 di 21

Geometria della sovrastruttura sopra al monolite e a tergo del muro			
Altezza media dello strato di ricoprimento sopra al monolite	H_r	[m]	0.75
Spessore del complesso ballast + armamento	H_p	[m]	0.80
Altezza dello strato di rinterro permanente a tergo del muro di spinta	H_{rint}	[m]	0.00
Altezza della zavorra di blocchi di calcestruzzo prefabbricati	H_{zav}	[m]	1.00

VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA DEL TERRENO A TERGO DEL MURO REGGISPINTA - FASE 1
Analisi dei carichi nella fase 1 - spinta attiva sul muro reggispinta
Carichi permanenti strutturali per spinta attiva sul muro reggispinta

Peso proprio del monolite	W_{mon}	[kN]	1223.70
Forza di attrito tra monolite e platea di varo	F_{att_mon-pl}	[kN]	1223.70
Spinta attiva sul muro reggispinta per carichi strutturali in fase 1	S_{1_G1}	[kN]	1223.70

Analisi dei carichi nella fase 1 - azioni resistenti alla spinta sul muro reggispinta
Carichi permanenti strutturali per spinta passiva del terreno

Tensione verticale in testa al muro reggispinta	σ_{vmr_t}	[kPa]	25.00
Tensione orizzontale passiva in testa al muro reggispinta	σ_{hpmr_t}	[kPa]	72.79
Tensione verticale alla base del muro reggispinta	σ_{vmr_b}	[kPa]	101.00
Tensione orizzontale passiva alla base del muro reggispinta	σ_{hpmr_b}	[kPa]	294.08
Primo contributo spinta passiva statica a tergo del muro reggispinta	S_{pmr_1}	[kN]	1106.45
Secondo contributo spinta passiva statica a tergo del muro reggispinta	S_{pmr_2}	[kN]	1681.80
Spinta passiva statica del terreno a tergo del muro reggispinta	S_{pmr}	[kN]	2788.25

Carichi permanenti strutturali per forze di attrito resistenti

Peso proprio del muro reggispinta	W_{mr}	[kN]	380.00
Peso proprio della platea di varo	W_{pl}	[kN]	521.55
Forza di attrito caratteristica tra platea di varo e terreno sotto la platea in fase 1	$F_{att_pl-tinf_1}$	[kN]	977.63
Forza di attrito tra muro e terreno sottostante al muro in fase 1	$F_{att_mr-tinf_1}$	[kN]	212.86

Spinta attiva sul muro reggispinta indotta dai martinetti idraulici (valori di calcolo)

Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 1 per carichi strutturali	S_{1d_G1}	[kN]	1223.70
Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 1	S_{1d}	[kN]	1223.70

Azioni resistenti alla spinta sul muro reggispinta indotta dai martinetti idraulici (valori di calcolo)

Spinta passiva di calcolo sul muro reggispinta per carichi strutturali	S_{pmrd}	[kN]	2788.25
Forza di attrito di calcolo tra platea di varo e terreno sotto la platea in fase 1	$F_{attd_pl-tinf_1}$	[kN]	977.63
Forza di attrito di calcolo tra muro e terreno sottostante al muro in fase 1	$F_{attd_mr-tinf_1}$	[kN]	212.86
Azione resistente di calcolo alla spinta sul muro reggispinta in fase 1	R_{spd_1}	[kN]	3978.74

Verifica geotecnica di resistenza del terreno a tergo del muro reggispinta

Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 1	S_{1d}	[kN]	1223.70
Azione resistente di calcolo alla spinta sul muro reggispinta in fase 1	R_{spd_1}	[kN]	3978.74
Verifica geotecnica di resistenza del terreno a tergo del muro in fase 1	ρ_{Rmr_1}	[-]	0.31

verifica soddisfatta

IN52 -Nuovo Tombino al km 28+747
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5200002	B	13 di 21

VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA DEL TERRENO A TERGO DEL MURO REGGISPINTA - FASE 2

Analisi dei carichi nella fase 2 - spinta attiva sul muro reggispinta

Carichi permanenti strutturali per spinta attiva sul muro reggispinta

Peso proprio del monolite	W_{mon}	[kN]	1223.70
Forza di attrito tra monolite e terreno sotto il monolite per G1	$F_{att_mon-tinf_G1}$	[kN]	685.48
Spinta sul muro reggispinta per carichi strutturali in fase 2	S_{2_G1}	[kN]	685.48

Carichi permanenti non strutturali per spinta attiva sul muro reggispinta

Peso specifico del complesso ballast più armamento	γ_{ba}	[kN/m ³]	18.00
Tensione verticale in testa al monolite	σ_{vmon_t}	[kPa]	14.25
Tensione orizzontale in testa al monolite	σ_{hmon_t}	[kPa]	7.29
Tensione verticale alla base del monolite	σ_{vmon_b}	[kPa]	63.65
Tensione orizzontale alla base del monolite	σ_{hmon_b}	[kPa]	32.54
Tensione orizzontale media all'interfaccia monolite-terreno laterale	σ_{hmon_tlat}	[kPa]	19.91
Tensione tangenziale media all'interfaccia monolite-terreno laterale	τ_{mon_tlat}	[kPa]	7.05
Tensione tangenziale all'interfaccia monolite-terreno di ricoprimento	τ_{mon_ric}	[kPa]	5.05
Forza di attrito tra monolite e terreno di ricoprimento	$F_{att_mon-ric}$	[kN]	128.61
Forza di attrito tra monolite e terreno laterale	$F_{att_mon-tlat}$	[kN]	335.62
Forza di attrito tra monolite e terreno sotto il monolite per G2	$F_{att_mon-tinf_G2}$	[kN]	406.78
Spinta sul muro reggispinta per carichi non strutturali in fase 2	S_{2_G2}	[kN]	1206.62

Analisi dei carichi nella fase 2 - azioni resistenti alla spinta sul muro reggispinta

Carichi permanenti strutturali per spinta passiva del terreno

Tensione verticale in testa al muro reggispinta	σ_{vmr_t}	[kPa]	25.00
Tensione orizzontale passiva in testa al muro reggispinta	σ_{hpmr_t}	[kPa]	72.79
Tensione verticale alla base del muro reggispinta	σ_{vmr_b}	[kPa]	101.00
Tensione orizzontale passiva alla base del muro reggispinta	σ_{hpmr_b}	[kPa]	294.08
Primo contributo spinta passiva statica a tergo del muro reggispinta	S_{pmr_1}	[kN]	1106.45
Secondo contributo spinta passiva statica a tergo del muro reggispinta	S_{pmr_2}	[kN]	1681.80
Spinta passiva statica del terreno a tergo del muro reggispinta	S_{pmr}	[kN]	2788.25

Carichi permanenti strutturali per forze di attrito resistenti

Peso proprio del muro reggispinta	W_{mr}	[kN]	380.00
Peso proprio della platea di varo	W_{pl}	[kN]	521.55
Forza di attrito caratteristica tra platea di varo e terreno sotto la platea in fase 2	$F_{att_pl-tinf_2}$	[kN]	292.15
Forza di attrito tra muro e terreno sottostante al muro in fase 2	$F_{att_mr-tinf_2}$	[kN]	212.86

Spinta di calcolo sul muro reggispinta indotta dai martinetti idraulici

Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 2 per carichi strutturali	S_{2d_G1}	[kN]	685.48
Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 2 per carichi non strutturali	S_{2d_G2}	[kN]	1568.60
Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 2	S_{2d}	[kN]	2254.08

IN52 -Nuovo Tombino al km 28+747
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5200002	B	14 di 21

Azioni resistenti di calcolo alla spinta sul muro reggispinta indotta dai martinetti idraulici			
Spinta passiva di calcolo sul muro reggispinta per carichi strutturali	S_{pmrd}	[kN]	2788.25
Forza di attrito di calcolo tra platea di varo e terreno sotto la platea in fase 2	$F_{attd_pl_tinf_2}$	[kN]	292.15
Forza di attrito di calcolo tra muro e terreno sottostante al muro in fase 2	$F_{attd_mr_tinf_2}$	[kN]	212.86
Azione resistente di calcolo alla spinta sul muro reggispinta in fase 2	R_{spd_2}	[kN]	3293.26
Verifica geotecnica di resistenza del terreno a tergo del muro reggispinta			
Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 2	S_{2d}	[kN]	2254.08
Azione resistente di calcolo alla spinta sul muro reggispinta in fase 2	R_{spd_2}	[kN]	3293.26
Verifica geotecnica di resistenza del terreno a tergo del muro in fase 2	ρ_{Rmr_2}	[-]	0.68
			verifica soddisfatta

7. PLATEA DI VARO

7.1 Azioni di calcolo

La platea è soggetta a prevalenti azioni di sforzo normale di trazione. Tale sforzo normale ha valore nullo all'estremità libera ed aumenta gradualmente fino a raggiungere il valore massimo all'attacco col muro reggispinta.

La forza di trazione agente sulla platea è la massima tra quella che si ha in fase 1 e fase 2. In fase 1 tale forza è pari alla differenza tra la forza di attrito che nasce al contatto tra la il monolite e la platea (corrisponde alla spinta attiva sul muro reggispinta in fase 1) e la forza di attrito tra la platea e il terreno sottostante. In fase 2 tale forza è pari alla sola forza di attrito tra la platea e il terreno sottostante.

L'armatura longitudinale a trazione progettata deve garantire l'assorbimento dello sforzo normale di trazione. Per l'armatura trasversale si considera il 20% dell'armatura disposta in direzione longitudinale.

PROGETTO E VERIFICA DELLA PLATEA DI VARO

Dimensionamento armatura longitudinale della platea di varo

Forza di trazione sulla platea di varo nella fase 1	$F_{td,1}$	[kN]	246.07
Forza di trazione sulla platea di varo nella fase 2	$F_{td,2}$	[kN]	292.15
Forza massima di trazione sulla platea di varo	F_{td}	[kN]	292.15
Larghezza media della zona tesa	b_t	[m]	3.80
Distanza lembo esterno sezione asse armatura	c	[cm]	5.0
Altezza utile della sezione	d	[cm]	25.00
Minimo d'armatura in zona tesa a metro lineare	$A_{s,min,ml}$	[cm ² /m]	8.23
Diametro barra di armatura	ϕ	[mm]	16
Area della barra di armatura	A_s	[mm ²]	201.06
Numero di ferri a metro lineare superiormente o inferiormente	n	[-]	5
Numero di ferri a metro lineare totale	n_{tot}	[-]	10.00
Area totale delle barre di armatura a metro lineare	$A_{s,tot}$	[cm ²]	20.11
Interasse barre di armatura superiori e inferiori	s	[cm]	20.00

Dimensionamento armatura trasversale della platea di varo

Larghezza media della zona tesa	b_t	[m]	3.80
Minimo d'armatura inferiore per NTC	$A_{s,min,inf,NTC}$	[cm ²]	11.40
Minimo d'armatura superiore per NTC	$A_{s,min,sup,NTC}$	[cm ²]	11.40
Minimo d'armatura trasversale per NTC	$A_{s,min,NTC}$	[cm ²]	22.80
Minimo d'armatura trasversale a metro lineare per NTC	$A_{s,min,ml,NTC}$	[cm ² /m]	1.25
Armatura minima trasversale pari al 20% di quella longitudinale	$A_{s,min,perc}$	[cm ² /m]	1.65
Armatura minima trasversale	$A_{s,min,trasv,ml}$	[cm ² /m]	1.65
Diametro barra di armatura	ϕ	[mm]	10
Area della barra di armatura	A_s	[mm ²]	78.54
Numero di ferri a metro lineare superiormente o inferiormente	n	[-]	5
Numero di ferri a metro lineare totale	n_{tot}	[-]	10.00
Area totale delle barre di armatura a metro lineare	$A_{s,tot}$	[cm ²]	7.85
Interasse barre di armatura superiori e inferiori	s	[cm]	20.00

IN52 –Nuovo Tombino al km 28+747
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5200002	B	16 di 21

7.2 Verifiche strutturali

La platea di varo è armata con:

- ϕ 16/20 cm sup. e inf. in direzione longitudinale
- ϕ 10/20 cm sup. e inf. in direzione trasversale

La verifica strutturale della platea di varo è una verifica a sforzo normale. Nello specifico l'armatura longitudinale progettata deve essere in grado di sopportare lo sforzo normale di trazione agente, trascurando il contributo del cls teso:

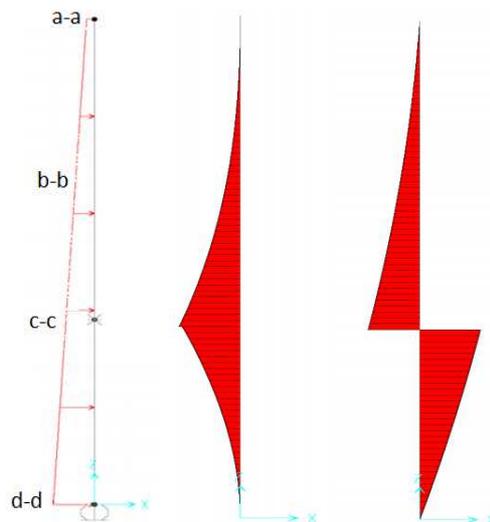
<i>Verifica strutturale della platea di varo in direzione longitudinale</i>			
Forza massima di trazione sulla platea di varo a metro lineare	F_{td_ml}	[kN/m]	322.03
Resistenza di calcolo a trazione della platea di varo a metro lineare	F_{tRd_ml}	[kN/m]	786.76
Verifica a trazione della platea di varo	ρ_t	[-]	0.41
verifica soddisfatta			

8. MURO REGGISPINTA

8.1 Azioni di calcolo

Si procede al calcolo dell'armatura verticale del muro. Il muro reggispinta si modella considerando un vincolo di carrello alla base del dente e vincolo di appoggio in corrispondenza della platea. Il muro si considera soggetto ad un carico trapezoidale dato dalla spinta passiva fornita dal terreno a monte del muro. Tale spinta si esprime come somma di un contributo costante ed uno triangolare. Si definiscono delle sezioni di verifica: a-a testa muro; b-b cambio spessore muro; c-c base muro quota platea; d-d base inferiore muro.

Nell'immagine che segue si riportano il diagramma della spinta passiva del terreno ed il diagramma di momento flettente e taglio.



Nelle tabelle a seguire si riportano le sollecitazioni agenti e le armature utilizzate.

IN52 -Nuovo Tombino al km 28+747
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Z	00	D 26	CLIN5200002	B	18 di 21

Calcolo sollecitazioni di progetto per metro di lunghezza del muro reggispinta

Si modella il muro con vincolo di carrello alla base del dente e vincolo di appoggio in corrispondenza della platea

Si schematizza il carico trapezoidale della spinta passiva come somma di un contributo costante ed uno triangolare.

Si definiscono delle sezioni di verifica: a-a testa muro; b-b cambio spessore muro; c-c base muro quota platea; d-d base inferiore muro

Luce di calcolo del muro con spessore minimo sopra al piano campagna	L_{mr_smin}	[m]	0.00
Luce di calcolo del muro sopra al piano campagna	L_{mr_sup}	[m]	1.95
Luce di calcolo del dente sotto al piano campagna	L_{mr_inf}	[m]	2.05
Tensione orizzontale passiva in testa al muro reggispinta	σ_{hpmr_t}	[kPa]	72.79
Tensione orizzontale passiva alla base del muro reggispinta	σ_{hpmr_b}	[kPa]	294.08
Tensione orizzontale passiva nella sezione a-a del muro	σ_{hpmr_aa}	[kPa]	72.79
Tensione orizzontale passiva nella sezione b-b del muro	σ_{hpmr_bb}	[kPa]	72.79
Tensione orizzontale passiva nella sezione c-c del muro	σ_{hpmr_cc}	[kPa]	180.67
Tensione orizzontale passiva nella sezione d-d del muro	σ_{hpmr_dd}	[kPa]	294.08
Carico distribuito uniforme sul muro	q_{uni}	[kN/m]	72.79
Carico distribuito triangolare massimo nella sezione a-a del muro	q_{tr_aa}	[kN/m]	0.00
Carico distribuito triangolare massimo nella sezione b-b del muro	q_{tr_bb}	[kN/m]	0.00
Carico distribuito triangolare massimo nella sezione c-c del muro	q_{tr_cc}	[kN/m]	107.88
Carico distribuito triangolare massimo nella sezione d-d del muro	q_{tr_dd}	[kN/m]	221.29
Momento flettente di calcolo nella sezione a-a del muro	M_{Ed_aa}	[kNm]	0.00
Momento flettente di calcolo nella sezione b-b del muro	M_{Ed_bb}	[kNm]	0.00
Momento flettente di calcolo nella sezione c-c del muro superiore	$M_{Ed_cc_sup}$	[kNm]	206.76
Momento flettente di calcolo nella sezione c-c del muro inferiore	$M_{Ed_cc_inf}$	[kNm]	538.50
Momento flettente di calcolo nella sezione d-d del muro	M_{Ed_dd}	[kNm]	0
Taglio di calcolo nella sezione a-a del muro	V_{Ed_aa}	[kN]	0
Taglio di calcolo nella sezione b-b del muro	V_{Ed_bb}	[kN]	0.00
Taglio di calcolo nella sezione c-c del muro superiore	$V_{Ed_cc_sup}$	[kN]	247.13
Taglio di calcolo nella sezione c-c del muro inferiore	$V_{Ed_cc_inf}$	[kN]	486.62
Taglio di calcolo nella sezione d-d del muro	V_{Ed_dd}	[kN]	0

Dimensionamento armatura verticale minima

Armatura verticale - Sezione c-c

Numero di ferri lato paramento compresso	n_{c_vert}	[-]	5
Diametro barra di armatura lato paramento compresso	ϕ_{c_vert}	[mm]	20
Passo tra le barre di armatura lato paramento compresso	s_{c_vert}	[cm]	20
Numero di ferri lato paramento teso	n_{t_vert}	[-]	5
Diametro barra di armatura lato paramento teso	ϕ_{t_vert}	[mm]	24
Passo tra le barre di armatura lato paramento teso	s_{t_vert}	[cm]	20

8.2.2 Verifiche a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd1}$ la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd2}$ la verifica è soddisfatta

Calcestruzzo

R_{ck}	37.00	N/mm ²
f_{ck}	30.71	N/mm ²
γ_c	1.50	
α_{cc}	0.85	
f_{cd}	17.40	N/mm ²

Acciaio

f_{tk}	540.00	N/mm ²
f_{yk}	450.00	N/mm ²
γ_s	1.15	
f_{yd}	391	N/mm ²

Sollecitazioni

		Sez c-c
V_{Ed}	kN	486.62
N_{Ed}	kN	0.00

Armatura a taglio

Diametro	mm	10
Numero barre		2.5
A_{sw}	cm ²	1.96
Passo s	cm	20
Angolo α	°	90

Armatura longitudinale

n_1		5
\varnothing_1	mm	24
n_2		
\varnothing_2	mm	
Asl	cm ²	22.62

Sezione

b_w	cm	100.00
H	cm	100.00
c	cm	5.00
d	cm	95.00
k	N/mm ²	1.46
v_{min}	N/mm ²	0.34
ρ		0.0024
σ_{cp}	N/mm ²	0.00
α_c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	324.67
----------	----	---------------

Resistenza con armatura a taglio

Inclinazione puntone θ	°	21.80
V_{RSd}	kN	821.21
V_{Rcd}	kN	2565.21
V_{Rd}	kN	821.21

Elementi senza armatura a taglio

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

Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

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

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$