

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO

INTERFERENZE VIARIE ED IDRAULICHE

Elaborati Generali

Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta: Tombino 10.00x4.00m

SCALA:

-

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

NN1X 00 D 78 CL IN0000 013 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	F.Durastanti	Ott-2020	G.Romano	Ott-2020	M.D'Avino	Ott-2020	D.Tiberti Gen-2021
B	Emissione Esecutiva	F.Durastanti	Gen-2021	G.Romano	Gen-2021	M.D'Avino	Gen-2021	ITALFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane Direzione Infrastrutture Sud UO Infrastrutture Sud Dist. Ing. - Genio Tiberti Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10876

NN1X.0.0.D.78.CL.IN.00.0.0.013.B

n. Elab.:

Elaborati generali:
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA NN1X	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.013	REV. B	FOGLIO 2 di 23
------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	-------------------

INDICE

1.	OPERE DI VARO	3
1.1.	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA E DATI DI INPUT	3
1.2.	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	4
2.	PROGETTO OPERE DI VARO.....	5
2.1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
2.2.	UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA	6
2.3.	MATERIALI.....	6
2.4.	INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	7
2.5.	DIMENSIONAMENTO DELL'APPARATO DI SPINTA	8
2.5.1.	CONDIZIONI DI CALCOLO	9
2.5.2.	DETERMINAZIONE DEI PESI E DELLE SPINTE.....	9
2.6.	VERIFICA GEOTECNICA	11
2.6.1.	SOLLECITAZIONI - SPINTA DEL MONOLITE.....	11
2.6.2.	SPINTA PASSIVA	13
2.6.3.	RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO.....	13
2.6.4.	CALCOLO COEFFICIENTE DI SICUREZZA	14
2.7.	VERIFICHE STRUTTURALI.....	15
2.7.1.	SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA.....	15
2.7.1.1.	SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA ARMATURE ORIZZONTALI	16
2.7.1.2.	SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA ARMATURE VERTICALI	17
2.7.1.3.	VERIFICA DEL MURO REGGISPINTA	18
2.7.2.	VERIFICA DELLA PLATEA DI VARO	20
2.8.	INCIDENZA ARMATURE	22

Elaborati generali:
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	0 0 D 78	CL	IN.00.0.0.013	B	3 di 23

1. OPERE DI VARO

1.1. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA E DATI DI INPUT

Come già precedentemente detto parte del tombino, nel rispetto dei tempi di chiusura dell'esercizio e nell'ottica di velocizzare i tempi di cantierizzazione, deve essere realizzato lontano dalla sua sede di progetto ed essere poi portato in posizione attraverso un sistema di spinta oleodinamico.

Il monolite viene, quindi, costruito a lato del rilevato ferroviario e poi infisso mediante operazioni di spinta a vuoto. Esso poggia su una platea di varo che è collegata al muro reggispinta, per garantire la necessaria azione di contrasto dei manufatti durante le fasi di spinta.

Il monolite presenta una sezione trasversale di dimensioni interne nette $L_{int} \times H_{int}$ pari a 10.00 m x 4.00 m, con solette superiore e pareti laterali di spessore 1,10 e fondazione di 1.20 m. Le dimensioni esterne della sezione trasversale risultano quindi pari a 12.20 m x 6.30 m. La lunghezza del monolite è di 9.00 m.

Scopo del presente documento tecnico è quello di illustrare, i criteri di calcolo e le verifiche della platea di varo e del muro reggispinta da realizzare per poter poi infiggere il monolite.

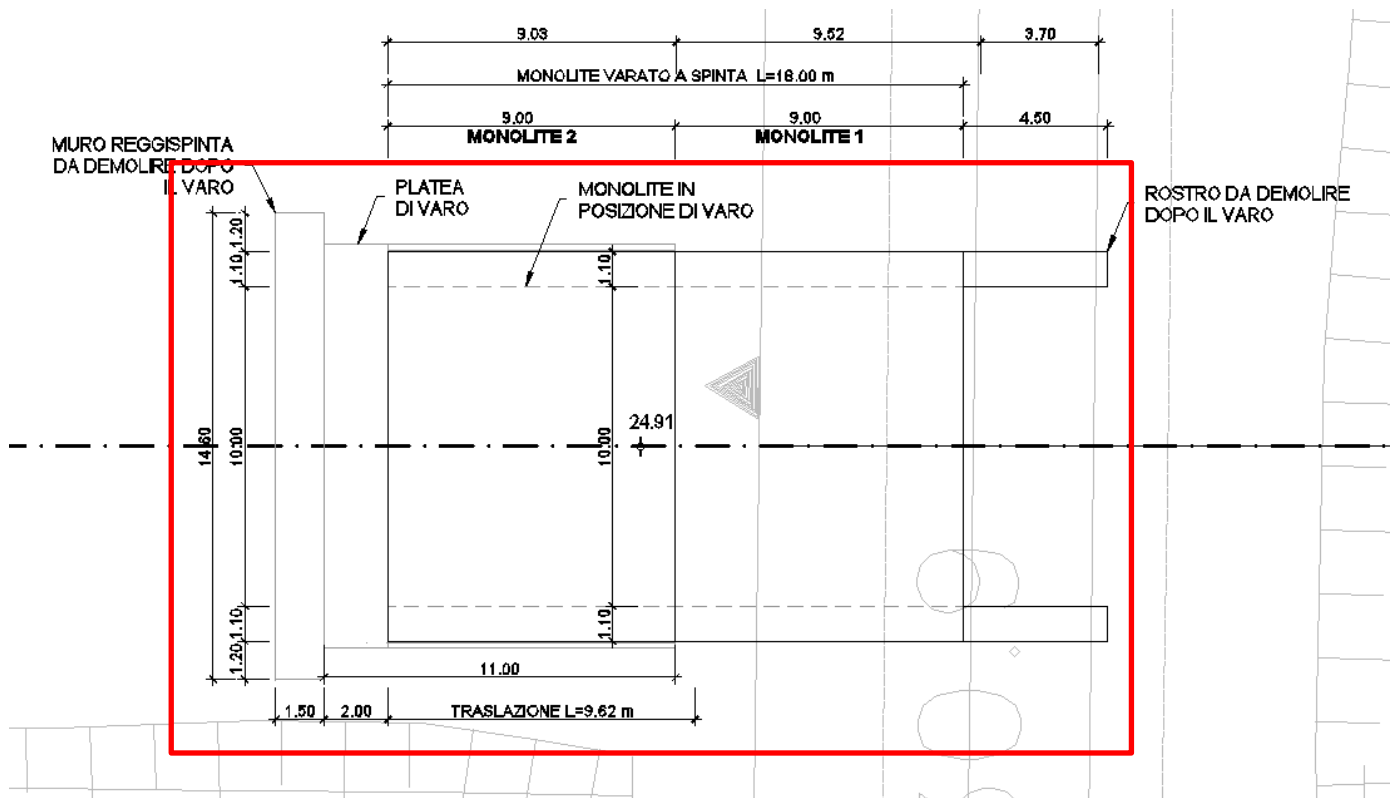


Figura 1 – Pianta tombino

Elaborati generali:
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	0 0 D 78	CL	IN.00.0.0.013	B	4 di 23

1.2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La platea in c.a. ha dimensioni in pianta di 11.00 m x 12.65 m con spessore di 0.20 m e collegata al muro reggispinta che ha spessore del paramento di 1.50 m.

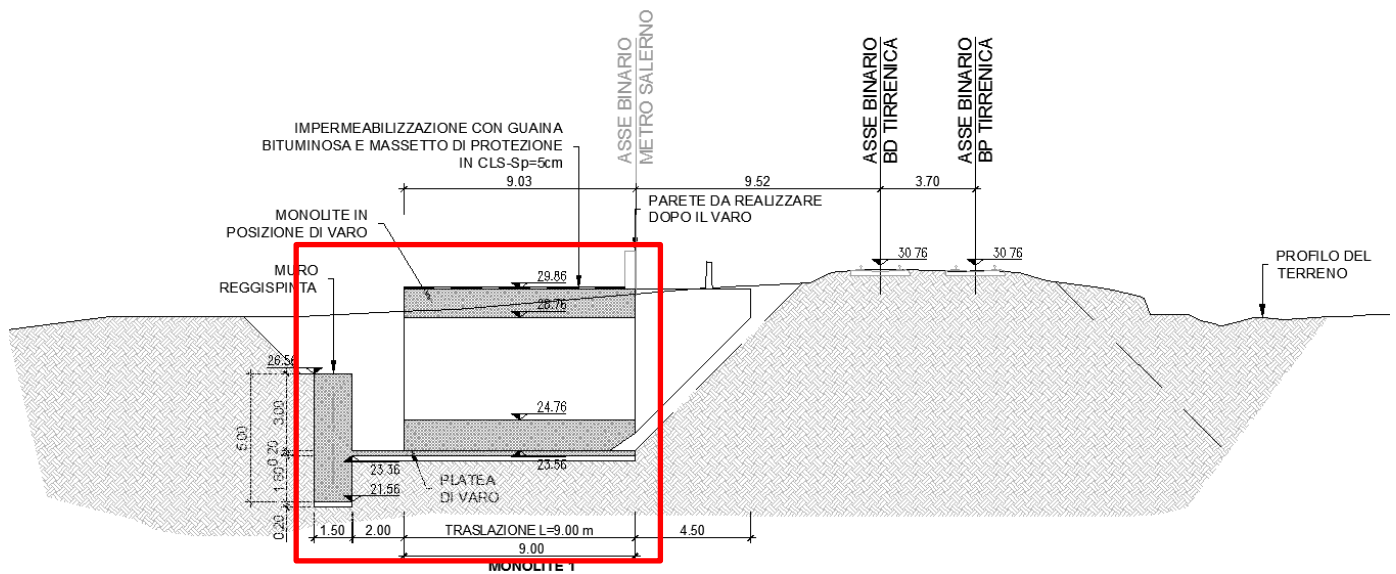


Figura 2 - Sezione longitudinale monolite in posizione di varo

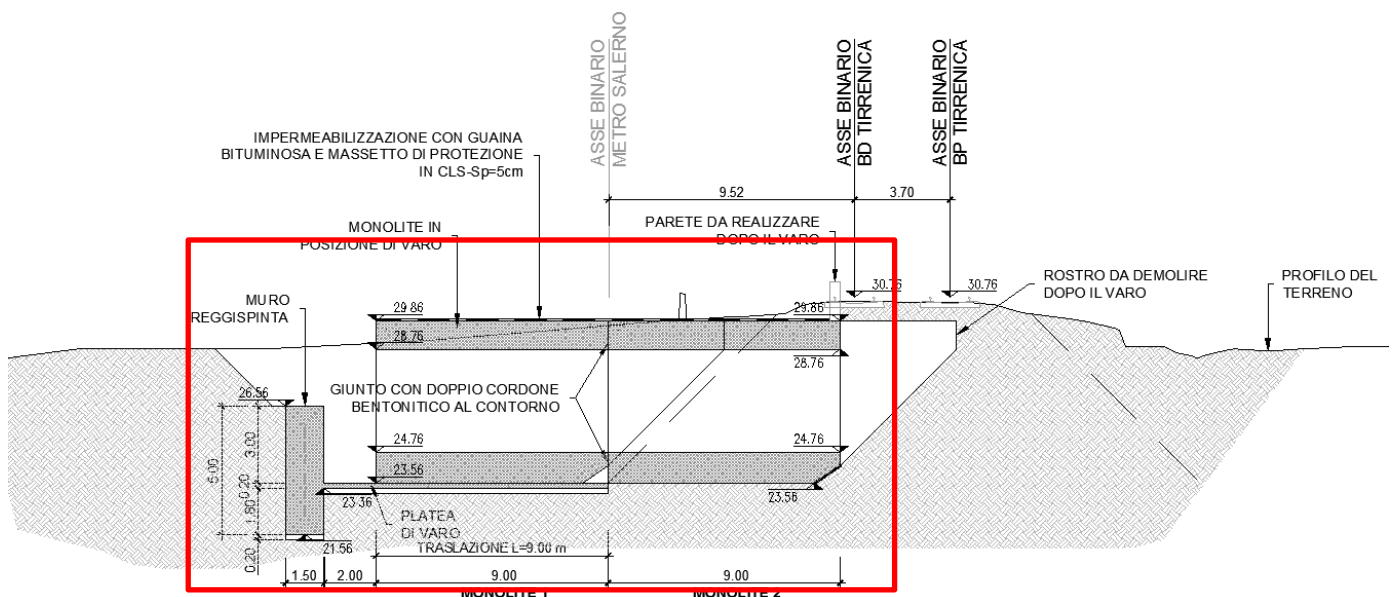


Figura 3 - Sezione longitudinale monolite a varo ultimato

Elaborati generali:
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	0 0 D 78	CL	IN.00.0.0.013	B	5 di 23

2. PROGETTO OPERE DI VARO

Nel presente paragrafo si riportano i calcoli volti alla progettazione del sottopasso nel rispetto della norma attualmente vigente NTC18.

2.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Tutte le calcolazioni sono state eseguite nel rispetto delle normativa NTC18 attualmente vigente.. In particolare si è fatto riferimento:

- | | |
|---|---|
| - L. n. 64 del 2/2/1974 - | Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche; |
| - L. n. 1086 del 5/11/1971 | Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica; |
| - D.M. 17.01.2018 | Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni; |
| - Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7 | Istruzione per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018; |
| - RFI DTC INC PO SP IFS 001 A | Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sottobinario; |
| - RFI DTC INC CS SP IFS 001 A | Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie; |
| - EN 1992-1-1-1:2004 | Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules of building; |
| - EN 1991-2-2003/AC:2010-1:2004 | Eurocode 1-Parte 2 |
| - RFI DTC SI PS MA IFS 001 C | Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - Sezione 2 Ponti e Strutture; |
| - RFI DTC SI MA IFS 001 D | Manuale di progettazione delle opere civili |
| - RFI DTC SI SP IFS 001 C | Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili; |
| - EC08 | Eurocode 8; |
| - Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea | Specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea. |

Elaborati generali:
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA NN1X	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.013	REV. B	FOGLIO 6 di 23
------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	-------------------

2.2. UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale (SI):

Unità di misura principali

- N (Newton) unità di forza
- m (metro) unità di lunghezza
- kg (kilogrammo) unità di massa
- s (secondo) unità di tempo

Unità di misura derivate da N 10^3 N

- (kiloNewton)

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

γ (gamma)	peso dell'unità di volume	(kN/m ³)	
σ (sigma)	tensione normale	(N/mm ²)	
τ (tau)	tensione tangenziale	(N / mm ²)	
ε (epsilon)	deformazione	(m/m)	-
ϕ (fi)	angolo di resistenza	(° sessagesimali)	

2.3. MATERIALI

Per le opere in c.a. si adotta:

Calcestruzzo **C25/30** le cui caratteristiche principali sono:

- Resistenza cilindrica caratteristica: $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione semplice: $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_m$, dove:
 - $\alpha_{cc} = 0.85$ e $\gamma_m = 1.5$;
 - $f_{cd} = 14,6 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione semplice: $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_m$, dove :
 - $\gamma_m = 1.5$;

Elaborati generali:
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	0 0 D 78	CL	IN.00.0.0.013	B	7 di 23

- $f_{ctd} = 1.35 \text{ N/mm}^2$.
- Modulo elastico: $E_c = 31475 \text{ N/mm}^2$.
- Tolleranza di posa del copriferro = **10 mm**;
- Classe di esposizione **XA1**
- Copriferro = **40 mm**
- Condizioni ambientali: **aggressive**
- Apertura fessure limite: $w_1 = 0.2 \text{ mm}$

Acciaio da cemento armato normale **B450C** controllato in stabilimento. Le barre sono ad aderenza migliorata. Le caratteristiche meccaniche sono:

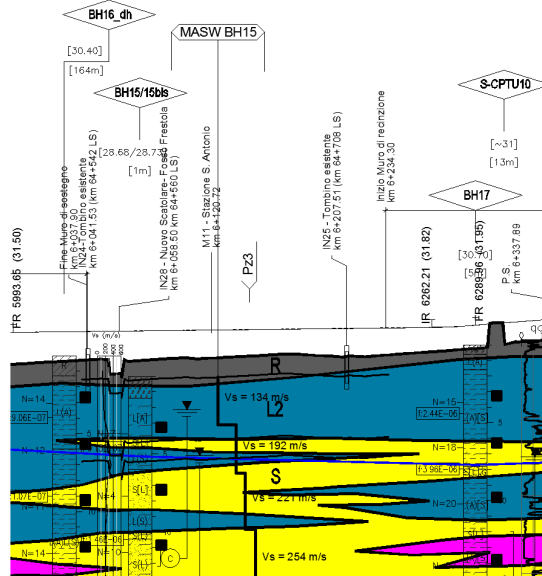
- Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} = 450 \text{ Nmm}^2$
- Resistenza di calcolo dell'acciaio: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ dove:
- $\gamma_s = 1.15$
- $f_{yd} = 391 \text{ Nmm}^2$
- Allungamento **D1 > 12%**
- Modulo di elasticità: **$E_s = 206000 \text{ Nmm}^2$**
- Sovrapposizioni barre **$\geq 40\varphi$**

2.4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Si riporta di seguito la stratigrafia in corrispondenza della zona di riferimento:

Elaborati generali:
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA NN1X	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.013	REV. B	FOGLIO 8 di 23
-------------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	-------------------



Per l'inquadramento geotecnico si fa riferimento alla relazione geotecnica, della quale si riportano gli stralci significativi del profilo geotecnico e dei parametri geotecnici del terreno di fondazione, del rinterro e del rinfiacco.

Lo strato significativo del profilo geotecnico è l'unità
la cui descrizione nella relazione geotecnica è:

3) L2

Limo media consistenza

Peso specifico terreno	γ_t	18.0 kN/m ³	
angolo d'attrito terreno	ϕ	22.0 [°]	
coesione efficace terreno	c'	10.0 kN/m ²	
coesione non drenata terreno	c_u	45.0 kN/m ²	

I parametri geotecnici del rinterro e del terreno di rinfiacco sono i seguenti:

Peso specifico rinterro	FERROVIARIO	γ_t	20.0 kN/m ³	
angolo di attrito rinterro		ϕ'	38.0 [°]	0.663 [rad]
coesione rinterro		c_u	0.0 kN/m ²	
Peso specifico terreno di rinfiacco		γ_t	20.0 kN/m ³	
angolo di attrito terreno di rinfiacco		ϕ'	38.0 [°]	0.663 [rad]
coesione terreno di rinfiacco		c_u	0.0 kN/m ²	

FALDA

Quota falda dal p.c.	q_w	8.04 m
Peso specifico	γ_w	10.00 kN/m ³

2.5. DIMENSIONAMENTO DELL'APPARATO DI SPINTA

Elaborati generali:
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA NN1X	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.013	REV. B	FOGLIO 9 di 23
-------------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	-------------------

La struttura monolitica da infiggere viene gettata in opera al di sopra di una platea di varo armata.

L'infissione avviene tramite martinetti che contrastano su una parete, detta muro reggispinta, che a sua volta scarica e ripartisce tale azione sul terreno retrostante.

Nella fase iniziale la distanza tra la soletta di fondazione del monolite e la parete reggispinta dovrà essere, ove possibile, di almeno 3.00 m per consentire l'alloggiamento dei martinetti e della trave di ripartizione.

2.5.1. CONDIZIONI DI CALCOLO

Le condizioni di spinta considerate sono:

- 1) Al momento della spinta iniziale (distacco del manufatto dalla platea di varo - fase 1);
- 2) Al momento della spinta massima (fine dell'infissione - fase 2).

Sia per le **verifiche geotecniche** che per le **verifiche strutturali** si è considerato l'approccio 2 con combinazione: A1+M1+R3.

2.5.2. DETERMINAZIONE DEI PESI E DELLE SPINTE

Per le analisi seguenti si fa riferimento alla seguente stratigrafia:

DATI GEOTECNICI

TERRENO 1 - Riempi. a tergo del muro

Spessore	h_1	5.00 m	
Peso specifico	γ_{d1}	20.00 kN/m ³	
Angolo di attrito	Φ_1	30 °	0.524 [rad]
Tangente angolo d'attrito	$\tan(\Phi_1)$	0.577 [-]	
Coesione drenata	c_1	0.00 kN/m ²	
Coeff. di spinta a riposo	$k_{0,1}$	0.500 [-]	$(1 - \sin\theta)$
Coeff. di spinta passiva	$k_{p,1}$	3.00 [-]	$(1 + \sin\theta) / (1 - \sin\theta)$

TERRENO 2 - Terreno di fondazione

Peso specifico	γ_t	18 kN/m ³	
Angolo di attrito	Φ	22 °	0.384 [rad]
Tangente angolo di attrito	$\tan(\Phi)$	0.404 [-]	
Coesione dreanta	c'	10 kN/m ²	

FALDA

Quota falda dal p.c.	q_w	8.04 m	
Peso specifico	γ_w	10.00 kN/m ³	

Tra la struttura del monolite ed il piano di scorrimento viene interposto un foglio di polietilene cerato al

Elaborati generali:
 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
 Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA NN1X	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.013	REV. B	FOGLIO 10 di 23
-------------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

fine di evitare fenomeni di adesione. Con tale accorgimento si può valutare prudenzialmente che il valore della spinta per cui il monolite inizia la traslazione sia circa pari al peso della struttura (ciò equivale a fissare un coefficiente di attrito di primo stacco pari all'unità).

L'attrito di scorrimento, dopo la fase di primo stacco, scende a valori inferiori.

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche geometriche e il calcolo analitico dei pesi del monolite, della platea di varo e del muro reggispinta.

CARATTERISTICHE DELL'OPERA

MONOLITE

Lunghezza totale di spinta del monolite	Lsp	9.00 m	
Lunghezza totale dello scatolare	L	9.00 m	
Larghezza totale dello scatolare	Ltot	12.20 m	
Larghezza utile dello scatolare	Lint	10.00 m	
Altezza totale dello scatolare	Htot	6.30 m	
Altezza libera dello scatolare	Hint	4.00 m	
Spessore soletta superiore	Ss	1.10 m	
Spessore piedritti	Sp	1.10 m	
Numero piedritti	n	2.00 [-]	
Spessore soletta di fondazione	Sf	1.20 m	
Peso specifico calcestruzzo armato	γ_{cls}	25.00 kN/m ³	
Peso totale soletta	Ps	3019.50 kN	$\gamma_{cls} \times Ss \times Ls \times L_{tot}$
Peso totale piedritti	Pp	1980.00 kN	$\gamma_{cls} \times Sp \times L \times Hint \times n$
Peso totale fondazione	Pf	3294.00 kN	$\gamma_{cls} \times Sf \times Lsp \times L_{tot}$
Peso scatolare finale	Pscat	8294 kN	$P_s + P_p + P_f$
Lunghezza max muri avambecco	Lmuri	4.50 m	
Altezza muri avambecco	Hmuri	6.30 m	<i>A fav di sic si considerano alti quanto lo scatolare</i>
Spessore muri avambecco	Smuri	1.10 m	
Numero muri avambecco	n	2.00 [-]	
Peso muri avambecco	Pmuri	916 kN	$\gamma_{cls} \times Smuri \times Lmuri \times Hmuri$
Peso totale monolite	Pmon	9209 kN	$P_{scat} + P_{mon}$

PLATEA

Lunghezza platea di varo	Lu,pv	11 m	
Larghezza platea di varo	La,pv	12.65 m	
Altezza platea di varo	Hpv	0.20 m	
Peso platea di varo	Ppv	696 kN	$\gamma_{cls} \times Lu,pv \times La,pv \times Hpv$
Altezza cordoli	Hcc	0.20 m	
Larghezza cordoli	Lcc	0.20 m	
Peso cordoli	Pcc	11 kN	$\gamma_{cls} \times Lu,pv \times Lcc \times Hcc$
Peso totale platea di varo	Ppv,tot	707 kN	$P_{pv} + P_{cc}$

MURO REGGISPINTA

Altezza totale muro reggispinta	Hms	5.00 m	
Altezza muro reggispinta sopra la platea	Hms2	3.00 m	
Spessore muro reggispinta	Sms	1.50 m	
Lunghezza muro reggispinta	Lms	14.60 m	

Elaborati generali:
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	0 0 D 78	CL	IN.00.0.0.013	B	11 di 23

2.6. VERIFICA GEOTECNICA

Le verifiche geotecniche sono condotte utilizzando l'approccio 2 combinazione 1: A1+M1+R3.

2.6.1. SOLLECITAZIONI - SPINTA DEL MONOLITE

Una volta superata la platea di varo, la resistenza che si oppone allo scorrimento dovuto all'attrito alla base del manufatto vale $P_{mon} * \tan(\varphi)$, valore ottenuto considerando come coefficiente d'attrito $c_{s-terreno}$, la tangente dell'angolo d'attrito del terreno stesso.

Nella tabella che segue si riporta il calcolo analitico del peso del monolite nelle due fasi iniziali e finale.

Elaborati generali:
 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
 Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA NN1X	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.013	REV. B	FOGLIO 12 di 23
-------------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI
FASE INIZIALE

Peso totale monolite	P _{mon}	9209 kN	
Coefficiente di attrito in fase 1	tan(Φ)	1.00 [-]	
Spinta di primo distacco	S_{in}	9209 kN	$P_{mon} \times \phi$

FASE FINALE
Attrito alla base del monolite

Peso totale monolite	P _{mon}	9209 kN	
Sovraccarico su soletta inferiore	q	0.00 kN/m ²	
Peso sovraccarico su soletta inferiore	P _{ss}	0.00 kN	$q \times L \times L_{int}$
Coeff. di attrito	tan(Φ)	0.404 [-]	
Forza di attrito alla base del monolite	S_{fin}	3721 kN	$(P_{mon} + P_{ss}) \times \tan(\Phi)$

Attrito laterale
SPINTA A VUOTO
NO

Pressione asse soletta superiore	P1	13.51 kN/m ²	Da condizione di carico SPTDX/SX monolite
Pressione asse soletta inferiore	P2	68.54 kN/m ²	Da condizione di carico SPTDX/SX monolite
Spinta laterale terreno	S _{plat}	258 kN/m	$(P1 + P2) \times H_{tot} / 2$
Coeff. di attrito laterale	tan(Φ')	0.404 [-]	
Forza di attrito parete dx	S _{lat,1}	940 kN	$S_{plat} \times \tan(\Phi') \times L_{sp}$
Forza di attrito parete sx	S _{lat,2}	940 kN	$S_{plat} \times \tan(\Phi') \times L_{sp}$
Forza di attrito pareti laterali	F_{attr}	1880 kN	$S_{lat,1} + S_{lat,2}$

FASE INIZIALE / FASE FINALE - Spinta totale di infissione

Spinta complessiva in FASE INIZIALE	S _{T1}	9209 kN	S _{in}
Spinta complessiva in FASE FINALE	S _{T2}	5600 kN	S _{fin} + F _{attr}
Coefficiente moltiplicativo dei carichi	γ_f	1.30 [-]	
Spinta di progetto	S_{T,d}	11972 kN	$(S_{T1} + S_{T2}) \times \gamma_f$

Elaborati generali:
 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinga:
 Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA NN1X	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.013	REV. B	FOGLIO 13 di 23
------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

2.6.2. SPINTA PASSIVA

Il calcolo della spinta passiva opposta dal terreno a tergo del muro reggispinga viene effettuato considerando le caratteristiche di resistenza del terreno di riempimento.

Nella tabella seguente si riporta il calcolo della resistenza passiva del terreno.

CALCOLO DELLA RESISTENZA

RESISTENZA PASSIVA

Il calcolo della spinta passiva opposta dal terreno a tergo del muro reggispinga viene effettuato considerando le caratteristiche di resistenza del terreno di riempimento.

Nella tabella seguente si riporta il calcolo della resistenza passiva del terreno

Sovraccarico terreno		q	0 kN/mq	
Tensione verticale estradosso murc	z=0.00	$\sigma'_{v,3}$	0 kN/mq	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Tensione verticale intradosso murc	z=5.00	$\sigma'_{v,4}$	100 kN/mq	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Press. dovuta alla spinta pass. in testa al muro		σ'_{p1}	0 kN/mq	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
Press. dovuta alla spinta pass. alla base del muro		σ'_{p2}	300 kN/mq	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
Spinta passiva resistente		R_{p,max}	10950 kN	

2.6.3. RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO

Il contributo di resistenza allo scorrimento, offerto dalla platea di varo, si valuta come segue:

RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO

Il contributo di resistenza allo scorrimento, offerto dalla platea di varo, si valuta come segue:

FASE INIZIALE

Peso monolite	P _{mon}	9209 kN	
Peso platea di varo	P _{pv}	707 kN	
Coefficiente di attrito	tan(Φ)	0.404 [-]	
Contrib. alla resist. platea varo+monolite	R_{mon+pv,in}	4006 kN	$(P_{mon} + P_{pv}) \times \tan(\Phi)$

FASE FINALE

Peso platea di varo	P _{pv}	707 kN	
Coefficiente di attrito	tan(Φ)	0.404 [-]	
Contrib. alla resist. platea varo	R_{pv,fin}	286 kN	$(P_{mon} + P_{pv}) \times \tan(\Phi)$

Elaborati generali:
 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
 Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA NN1X	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.013	REV. B	FOGLIO 14 di 23
-------------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

2.6.4. CALCOLO COEFFICIENTE DI SICUREZZA

I valori risultanti dalle forze di reazione su cui si può fare affidamento nelle due fasi per vincere le resistenze per attrito e far muovere il monolite e i corrispondenti coefficienti di sicurezza CS valgono:

CALCOLO COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Spinta complessiva FASE INIZIALE	S_{T1}	11972 kN
Spinta complessiva FASE FINALE	S_{T2}	7281 kN
Contrib. platea di varo+monolite FASE INIZIALE	R_{pv+mon}	4006 kN
Contrib. platea di varo FASE FINALE	R_{pv}	286 kN
Resist. pass. FASE INIZIALE+FASE FINALE	$R_{p,max}$	10950 kN
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_{R1}	1.1
VERIFICA FASE INIZIALE	C.S.	1.25 > 1.1
VERIFICA FASE FINALE	C.S.	1.54 > 1.1

OK

OK

La spinta resistente che può essere mobilitata è MAGGIORE della spinta necessaria all'infissione del manufatto per entrambe le fasi.

Elaborati generali:
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA NN1X	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.013	REV. B	FOGLIO 15 di 23
------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

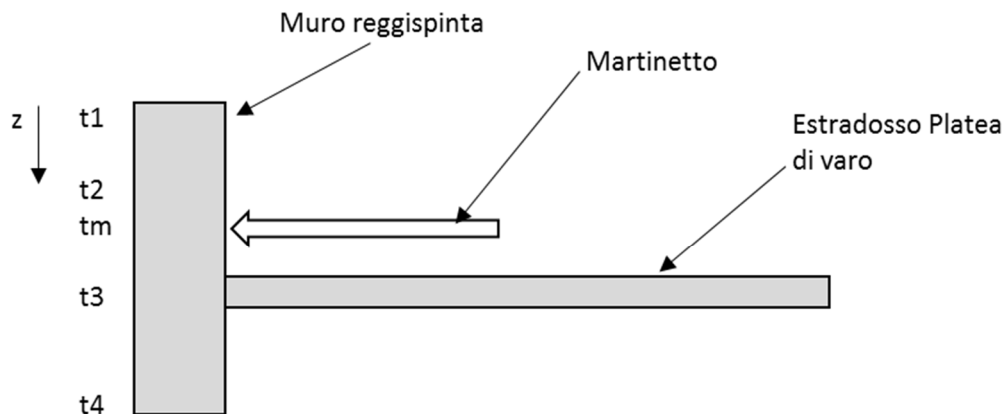
2.7. VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche strutturali nei confronti dello SLU sono condotte utilizzando l'approccio 1 combinazione
1: A1+M1+R1.

2.7.1. SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA

Il procedimento utilizzato per il calcolo delle spinte è lo stesso già mostrato nei paragrafi precedenti, utilizzando i valori caratteristici dei parametri di resistenza dei terreni M1.

Si riportano i calcoli:



t1= in testa al muro reggispinta
t2= in corrispondenza del martinetto
tm=interasse martinetto
t3= in corrispondenza della platea di v
t4= alla base del muro reggispinta

	σ'_v [kN/m ²]	σ'_p [kN/m ²]	z [m]
t1	0	0.0	0.00
t2	52	156.0	2.60
tm	56	168.0	2.80
t3	64	192.0	3.20
t4	100	300.0	5.00

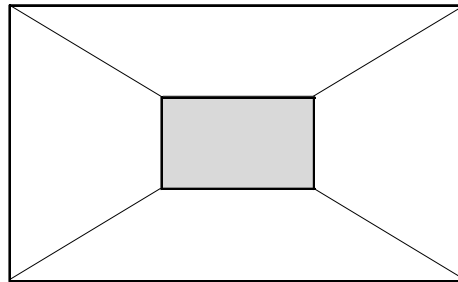
Elaborati generali:
 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
 Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA NN1X	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.013	REV. B	FOGLIO 16 di 23
------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

2.7.1.1. SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA ARMATURE ORIZZONTALI

Si considera la spinta passiva agente in corrispondenza del martinetto e si distribuisce su una fascia di carico pari alle dimensioni della piastra del martinetto, di 0.40x0.40 m, più la distribuzione del carico stesso a 45° nello spessore del muro reggispinta, pari a 1.50 m.

CALCOLO SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA ARMATURE ORIZZONTALI



h1/2	0.40	h1/2
0.40 + h1		

Il calcolo delle armature orizzontali è stato svolto considerando il comportamento del muro reggispinta come una mensola, la cui lunghezza è pari alla distanza tra la fine della fascia di distribuzione del carico sopra descitta e l'estremità laterale del muro stesso.

Si riportano i calcoli effettuati:

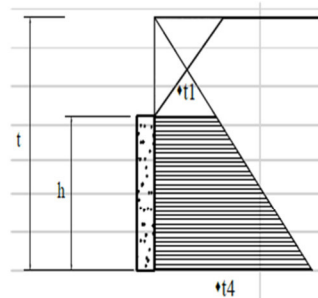
Larghezza piastra martinetto	Lm	0.40 m	
Altezza piastra martinetto	Hm	0.40 m	
Interasse martinetti	im	8.00 m	
Fascia di diffusione martinetto	fa	1.90 m	
Sbalzo di calcolo	l	2.35 m	$(L.ms/2) - (fa/2)$
Carico distribuito dovuto alla spinta	qp	820 kN/m	$S_{T,d} / L_{ms}$
Coefficiente moltiplicativo dei carichi	γ_{SLU}	1.3 [-]	
Momento ultimo agente sul muro reggispinta	Mslu	2264 kNm	$\gamma_{SLU} \times \sigma'p \times fa \times l^2 / 2$
Taglio ultimo agente sul muro reggispinta	Vslu	1927 kN	$\gamma_{SLU} \times \sigma'p \times fa \times l$
Momento in esercizio sul muro reggispinta	Msle	1742 kNm	$\sigma'p \times fa \times l^2 / 2$

Elaborati generali:
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA NN1X	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.013	REV. B	FOGLIO 17 di 23
------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

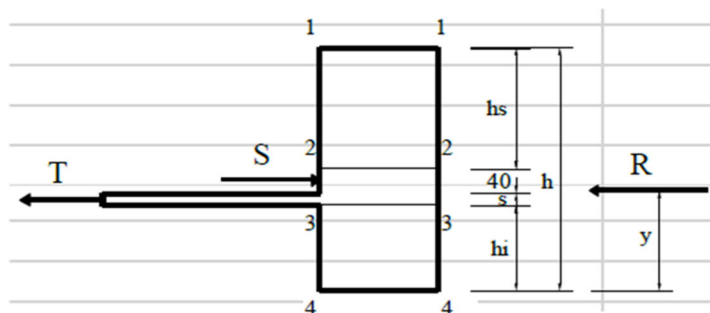
2.7.1.2. SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA ARMATURE VERTICALI

Per il calcolo dell'armatura verticale si assume la configurazione seguente:



Al fine di valutare le sollecitazioni nelle sezioni critiche della parete di spinta si fa riferimento al seguente schema di calcolo. Di seguito si valutano il valor medio della reazione del terreno, le pressioni in testa e al piede del muro e il momento di verifica nella sezione 2 e 3. Le verifiche saranno condotte considerando, quindi, le sollecitazioni al metro lineare di muro. Si riportano le formule utilizzate nella verifica:

$$Ry + T (hi + s/2) - S (hi + s + 0.40) = 0$$



$$R \cdot y = \left[\frac{1}{2} \cdot \sigma_{t1} \cdot h^2 + \frac{1}{6} \cdot (\sigma_{t4} - \sigma_{t1}) \cdot h^2 \right] \cdot b$$

Spessore soletta	Hpv	0.20 m	
Altezza muro reggispinta	Hms	5.00 m	
Distanza testa muro-filo piastra martinetto	hs	2.60 m	$H_{m2} - s_2$
Distanza base muro-intradosso platea di varo	hi	1.80 m	$H - h_j - s - s_2$

Elaborati generali:
 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
 Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA NN1X	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.013	REV. B	FOGLIO 18 di 23
-------------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

VALORI TENSIONALI

Tensioni verticali in testa al muro	z=0.0	$\sigma'_{v,t1}$	0	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Tensioni in testa al muro		$\sigma_{p,t1}$	0,0 kN/m ²	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
Tensioni verticali alla base del mur	z=5.0	$\sigma'_{v,t4}$	100	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Tensioni alla base del muro		$\sigma_{p,t4}$	300,0 kN/m ²	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
Tensioni verticali sez.2	z=2.6	$\sigma'_{v,t2}$	52	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Tensioni sez.2		$\sigma_{p,t2}$	156,0 kN/m ²	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
Tensioni verticali sez.3	z=3.2	$\sigma'_{v,t3}$	64	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Tensioni sez.3		$\sigma_{p,t3}$	192,0 kN/m ²	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
Coefficiente moltiplicativo dei carichi		γ_q	1.3 [-]	

SEZIONE 2

Momento ultimo di calcolo agente	M_{slu2}	228.49 kNm/m	$1/2 \times \sigma_{t1} \times b_s^2 + 1/6 \times (\sigma_{t2} - \sigma_{t1}) \times b_s^2 \times \gamma q$
Taglio ultimo di calcolo agente	V_{slu2}	263.64 kN/m	$\sigma_{t1} \times b_s + 1/2 \times (\sigma_{t2} - \sigma_{t1}) \times b_s$
Momento di esercizio agente	M_{sle2}	175.76 kNm/m	$1/2 \times \sigma_{t1} \times b_s^2 + 1/6 \times (\sigma_{t2} - \sigma_{t1}) \times b_s^2$

SEZIONE 3

Momento ultimo di calcolo agente	M_{slu3}	943.49 kNm/m	$1/2 \times \sigma_{t3} \times b_i^2 + 1/3 \times (\sigma_{t4} - \sigma_{t3}) \times b_i^2 \times \gamma q$
Taglio ultimo di calcolo agente	V_{slu3}	711.36 kN/m	$\sigma_{t3} \times b_i + 1/2 \times (\sigma_{t4} - \sigma_{t3}) \times b_i$
Momento di esercizio agente	M_{sle3}	725.76 kNm/m	$1/2 \times \sigma_{t3} \times b_i^2 + 1/6 \times (\sigma_{t4} - \sigma_{t3}) \times b_i^2$

2.7.1.3. VERIFICA DEL MURO REGGISPINTA

Si riportano una tabella riassuntiva delle caratteristiche geometriche della sezione di calcolo, le armature e le verifiche allo SLU e allo SLE:

VERIFICHE STRUTTURALI DEL MURO REGGISPINTA
ARMATURA VERTICALE

Armatura principale esterna	F22 /100	3801 mm ²
Armatura principale interna	F22 /100	3801 mm ²
Armatura a taglio	F10 /200	5 braccia
Copriferro armatura sup. compressa	c'	67 mm
Copriferro armatura inf. Tesa	c	67 mm

Sollecitazioni di calcolo

Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione] - SLU	Ned	0 kN
Momento flettente di calcolo [(+)] - SLU	Med	943 kNm
Taglio di calcolo [(+)] - SLU	Ved	711 kN
Momento flettente di calcolo [(+)] - SLE RARA	Med	726 kNm

Elaborati generali:
 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
 Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA NN1X	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.013	REV. B	FOGLIO 19 di 23
-------------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

Dati di Output:
SLU - Momento e Taglio resistenti

Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	<S-N>	S	Coeff.Sfrutt.
Momento ultimo resistente	Mrd	2063 kNm	46%
Taglio ultimo resistente senza staffe	Vrd	404 kN	176%
Taglio ultimo resistente	Vrd	1982 kN	36%
Momento torcente ultimo resistente	Trd	18 kNm	

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

Tensione barre superiori [(-)Compresso]	Sigs-sup	-32 Mpa	9%
Tensione barre inferiori [(+)Teso]	Sigs-inf	143 Mpa	40%
Tensione cls superiore [(-)Compresso]	Sigc-sup	-3 Mpa	18%
Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	Sigc-inf	0 Mpa	
Momento di prima fessurazione	Mcr	1047 kNm	
Ampiezza di fessura	wk	0.17 mm	85%

 Coeff.Sfrutt.Max **85%**
OK
ARMATURA ORIZZONTALE

Armatura principale esterna	F22 /95	7603 mm ²
Armatura principale interna	F22 /95	7603 mm ²
Armatura a taglio	F10 /200	5 braccia
Copriferro armatura sup. compressa		40 mm
Copriferro armatura inf. Tesa		40 mm

Sollecitazioni di calcolo

Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione] - SLU	Ned	0 kN
Momento flettente di calcolo [(+) - SLU	Med	2264 kNm
Taglio di calcolo [(+) - SLU	Ved	1927 kN
Momento flettente di calcolo [(+) - SLE RARA	Med	1742 kNm

Dati di Output:
SLU - Momento e Taglio resistenti

Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	<S-N>	S	Coeff.Sfrutt.
Momento ultimo resistente	Mrd	4170 kNm	54%
Taglio ultimo resistente senza staffe	Vrd	772 kN	250%
Taglio ultimo resistente	Vrd	1997 kN	96%
Momento torcente ultimo resistente	Trd	38 kNm	

SLE - Tensioni e ampiezza fessure

Tensione barre superiori [(-)Compresso]	Sigs-sup	-40 Mpa	11%
Tensione barre inferiori [(+)Teso]	Sigs-inf	170 Mpa	47%
Tensione cls superiore [(-)Compresso]	Sigc-sup	-3 Mpa	22%
Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	Sigc-inf	0 Mpa	
Momento di prima fessurazione	Mcr	2000 kNm	
Ampiezza di fessura	wk	0.19 mm	96%

 Coeff.Sfrutt. **96%**
OK

Elaborati generali:
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA NN1X	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.013	REV. B	FOGLIO 20 di 23
------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

Riepilogo armature muro reggispinta:

Elemento strutturale	Armatura Verticale	Armatura Orizzontale	Armatura a taglio
Sezione Sp.=100cm	Φ 22/10 sup. e inf.	Φ 22/9.5 sup. e inf.	Φ 10/200/200

2.7.2. VERIFICA DELLA PLATEA DI VARO

Il calcolo della platea di varo è effettuato nell'ipotesi che l'armatura longitudinale nella stessa sia in grado di assorbire l'azione di attrito trasmessa dal monolite in fase di spinta.

In direzione trasversale si dispone in soletta armatura di ripartizione sia all'estradosso che all'intradosso della soletta pari a circa il 25% dell'armatura longitudinale principale.

Lo sforzo di trazione agente sulla platea di varo varia linearmente dal valore massimo calcolato nella sezione di attacco al muro reggispinta sino al valore nullo all'estremità opposta.

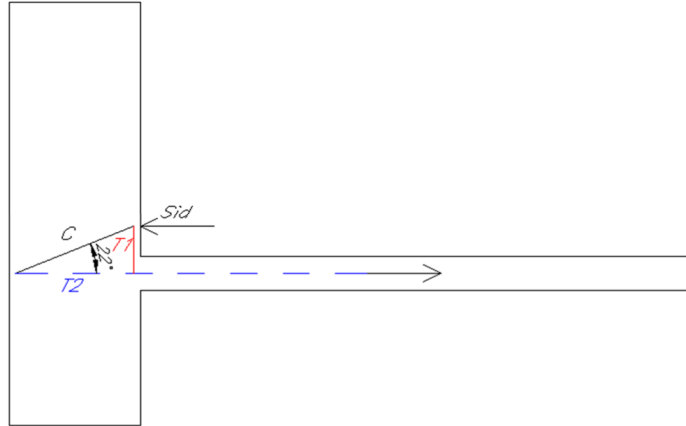
La platea di varo è soggetta ad azioni taglianti trascurabili, pertanto la relativa verifica a taglio viene omessa.

L'azione di spinta applicata dai martinetti $S_{ED,T2}$ e la corrispettiva azione di tiro impressa dalla soletta di varo $N_{EK,T2}$ vengono riportati nella tabella nella pagina successiva.

Il muro reggispinta è quindi sottoposto ad un regime di sforzi le cui risultanti di trazione e compressione si esplicano come in figura a seguire:

Elaborati generali:
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	0 0 D 78	CL	IN.00.0.0.013	B	21 di 23



Il corrente teso inferiore ($T2$) sottopone a trazione le barre di armatura della soletta di varo.
Si riporta la verifica delle armature longitudinali e trasversali della platea di varo:

Elaborati generali:
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA NN1X	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.013	REV. B	FOGLIO 22 di 23
-------------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

Il corrente teso inferiore (T2) sottopone a trazione le barre di armatura della soletta di varo.

Si riporta la verifica delle armature longitudinali e trasversali della platea di varo:

CALCOLO DELLA FORZA DI TRAZIONE

Sforzo di trazione agente sulla platea al metro	$S_{Ek,T2}$	728.0 kN/m
Forza di trazione agente nella soletta di varo	$N_{Ek,T2}$	9209.3 kN
Coefficiente moltiplicativo dei carichi	γ_{SLU}	1.5 [-]
Sforzo assiale di progetto	$S_{Ed,T2}$	1092.0 kN/m

ARMATURA LONGITUDINALE

Resistenza caratteristica dell'acciaio d'armatura	f_{yk}	450 N/mm ²
Coefficiente di sicurezza	γ_s	1.15 [-]
Resistenza di progetto dell'acciaio d'armatura	f_{yd}	391.3 N/mm ²
Diametro armatura longitudinale	ϕ_{long}	20 [-]
Passo barre armatura longitudinale	p_1	200 mm
Numero strati armature	n	2 [-]
Numero barre in direzione longitudinale	n_1	10 [-]
Area minima di armatura resistente necessaria	$A_{s,min}$	2790.7 mm ² /m
Area totale di armatura longitudinale	$A_{s,eff}$	3141.6 mm ² /m
Coefficiente di sicurezza	C.S.	1.13 [-] OK

ARMATURA TRASVERSALE

Resistenza caratteristica dell'acciaio d'armatura	f_{yk}	450 N/mm ²
Coefficiente di sicurezza	γ_s	1.15 [-]
Resistenza di progetto dell'acciaio d'armatura	f_{yd}	391.3 N/mm ²
Diametro armatura longitudinale	ϕ_{long}	16 [-]
Passo barre armatura longitudinale	p_2	400 mm
Numero strati armature	n	2 [-]
Numero barre in direzione longitudinale	n_2	5 [-]
Area minima di armatura resistente necessaria	$A_{s,min}$	785.4 mm ² /m
Area totale di armatura trasversale	$A_{s,eff}$	1005.3 mm ² /m
Coefficiente di sicurezza	C.S.	1.3 [-] OK

Riepilogo armature platea di varo:

Elemento strutturale	Armatura Longitudinale	Armatura Trasversale	Armatura a taglio
Sezione Sp.=20cm	Φ20/20 sup. e inf.	Φ 16/40 sup. e inf.	-

2.8. INCIDENZA ARMATURE

Elaborati generali:
 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:
 Tombino 10.00x4.00m

COMMESSA NN1X	LOTTO 0 0 D 78	CODIFICA CL	DOCUMENTO IN.00.0.0.013	REV. B	FOGLIO 23 di 23
-------------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

A seguire il calcolo dell'incidenza delle armature per il Muro reggispinta e per la Platea di varo:

CALCOLO INCIDENZA ARMATURE
Incidenza armature:

Larghezza sezione Platea	$I_{a,pv}$	12.65 m
Altezza sezione Platea	H_{pv}	0.20 m
Larghezza sezione Muro	L_{ms}	14.60 m
Altezza sezione Muro	S_{ms}	1.50 m
Copriferro	c	0.06 mm
incidenza sovrapp.		20%

Elem.	Ø1 sup/int [mm]	pass1 [mm]	Ø2 sup/int [mm]	pass2 [mm]	Ø3 inf/ext [mm]	pass3 [mm]	Ø4 inf/ext [mm]	pass4 [mm]	Øleg [mm]	Øleg pass1 [mm]	Øleg pass2 [mm]
Muro reggispinta	22	100	0	1000	22	100	0	1000	10	200	200
Platea	20	200	0	1000	20	200	0	1000	0	1000	1000
Ripartiz. muro reggispinta	22	95	x	2 strati							
Ripartiz. platea	16	400	x	2 strati							

Elem.	LØ [m]	Lleg [mm]	Vol [m3]	Peso [kg]	incd [kg/m3]	Inc%
Muro reggispinta	14.38	1.59	21.9	1458	67	48%
Platea	12.54	0.29	2.5	371	147	12%
Ripartiz. muro reggispinta			21.9	1101	50	36%
Ripartiz. platea			2.5	120	47	4%
TOTALE			24.4	3050	125	100%

INCIDENZE TOMBINO

PARTE D'OPERA	INCIDENZA (Kg/mc)
Muro reggispinta	120
Platea di varo	200

kg.rip	kg.princ.	kg.tot	incidenza verif.	peso tot.
1101	1458	2559	117	5118
120	371	491	194	491