

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 doppia canna 3.00x1.20

SCALA:

-

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

NN1X 00 D 78 CL IN0000 006 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	ITA FERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Direzione Generale UO Infrastrutture Sud Prof. Ing. Danilo Tiberti Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10876

NN1X.0.0.D.78.CL.IN.00.0.0.006.B

n. Elab.:

ELABORATI GENERALI

 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
 Tombino doppia canna 3.00x1.20

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NN1X

00

D 78

CL IN0000 006

B

1 di 20

## INDICE

<b>1. OPERE DI VARO .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA E DATI DI INPUT .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. PROGETTO OPERE DI VARO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3. MATERIALI .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO .....</b>	<b>7</b>
<b>2.5. DIMENSIONAMENTO DELL'APPARATO DI SPINTA.....</b>	<b>7</b>
<b>2.5.1. CONDIZIONI DI CALCOLO.....</b>	<b>8</b>
<b>2.5.2. DETERMINAZIONE DEI PESI E DELLE SPINTE .....</b>	<b>8</b>
<b>2.6. VERIFICA GEOTECNICA .....</b>	<b>10</b>
<b>2.6.1. SOLLECITAZIONI - SPINTA DEL MONOLITE .....</b>	<b>10</b>
<b>2.6.2. SPINTA PASSIVA .....</b>	<b>11</b>
<b>2.6.3. RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.6.4. CALCOLO COEFFICIENTE DI SICUREZZA.....</b>	<b>12</b>
<b>2.7. VERIFICHE STRUTTURALI.....</b>	<b>13</b>
<b>2.7.1. SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA .....</b>	<b>13</b>
<b>2.7.1.1. SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA ARMATURE ORIZZONTALI.....</b>	<b>14</b>
<b>2.7.1.2. SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA ARMATURE VERTICALI .....</b>	<b>15</b>
<b>2.7.1.3. VERIFICA DEL MURO REGGISPINTA.....</b>	<b>16</b>
<b>2.7.2. VERIFICA DELLA PLATEA DI VARO.....</b>	<b>18</b>

## 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 3.00 m x 1.20 m, con solette superiore e pareti laterali di spessore 0,40 e fondazione di 0.50 m. Le dimensioni esterne della sezione trasversale risultano quindi pari a 7.20 m x 2.10 m. La lunghezza del monolite è di 12.35 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.

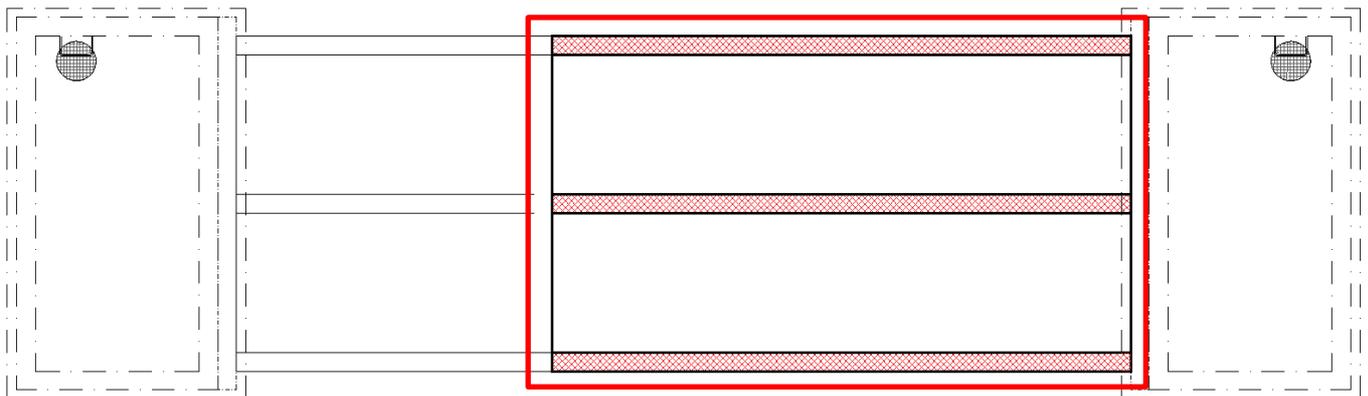


Figura 1 – Pianta tombino con individuazione della porzione di sottopasso da varare a spinta





## 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:

[N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);

[N.2]. Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;

[N.3]. 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

[N.4]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2

[N.5]. RFI DTC SI MA IFS 001 D del 20 dicembre 2019 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili

### 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

- (kiloNewton)  $10^3$  N

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

- |                  |                           |                      |
|------------------|---------------------------|----------------------|
| $\gamma$ (gamma) | peso dell'unità di volume | (kN/m <sup>3</sup> ) |
| $\sigma$ (sigma) | tensione normale          | (N/mm <sup>2</sup> ) |

**ELABORATI GENERALI**

 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
 Tombino doppia canna 3.00x1.20

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 006	B	6 di 20

$\tau$ (tau)	tensione tangenziale	(N / mm <sup>2</sup> )	
$\varepsilon$ (epsilon)	deformazione	(m/m)	-
$\phi$ (fi)	angolo di resistenza	(° sessagesimali)	

### 2.3. MATERIALI

Per le opere in c.a. si adotta:

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

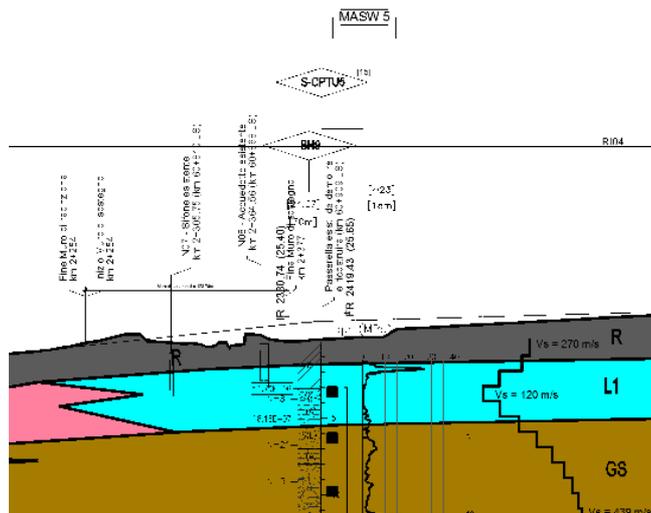
- Resistenza cilindrica caratteristica:  **$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$**
- Resistenza di calcolo a compressione semplice:  $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_m$ , dove:
  - $\alpha_{cc} = 0.85$  e  $\gamma_m = 1.5$ ;
  - **$f_{cd} = 14,6 \text{ N/mm}^2$**
- Resistenza di calcolo a trazione semplice:  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_m$ , dove :
  - $\gamma_m = 1.5$ ;
  - **$f_{ctd} = 1.35 \text{ N/mm}^2$** .
- 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: **w1 = 0.2 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  **$\geq 40\phi$**

## 2.4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

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



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:

1) L1

Peso specifico terreno	$\gamma_t$	18.0 kN/m <sup>3</sup>
angolo d'attrito terreno	$\phi$	22.0 [°]
coesione efficace terreno	$c'$	2.0 kN/m <sup>2</sup>
coesione non drenata terreno	$c_u$	70.0 kN/m <sup>2</sup>

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

Peso specifico rinterro	<b>FERROVIARIO</b>	$\gamma_t$	20.0 kN/m <sup>3</sup>	
angolo di attrito rinterro		$\phi'$	38.0 [°]	0.663 [rad]
coesione rinterro		$c_u$	0.0 kN/m <sup>2</sup>	
Peso specifico terreno di rinfiacco		$\gamma_t$	20.0 kN/m <sup>3</sup>	
angolo di attrito terreno di rinfiacco		$\phi'$	38.0 [°]	0.663 [rad]
coesione terreno di rinfiacco		$c_u$	0.0 kN/m <sup>2</sup>	

### FALDA

Quota falda dal p.c.	$q_w$	12.90 m
Peso specifico	$\gamma_w$	10.00 kN/m <sup>3</sup>

## 2.5. DIMENSIONAMENTO DELL'APPARATO DI SPINTA

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 - Riemp. a tergo del muro**

Spessore	$h_1$	5.00 m	
Peso specifico	$\gamma_{d1}$	20.00 kN/m <sup>3</sup>	
Angolo di attrito	$\Phi_1$	30 °	0.524 [rad]
Tangente angolo d'attrito	$\tan(\Phi_1)$	0.577 [-]	
Coesione drenata	$c_1$	0.00 kN/m <sup>2</sup>	
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	$\gamma_t$	18 kN/m <sup>3</sup>	
Angolo di attrito	$\Phi$	22 °	0.384 [rad]
Tangente angolo di attrito	$\tan(\Phi)$	0.404 [-]	
Coesione dreanta	$c'$	2 kN/m <sup>2</sup>	

##### **FALDA**

Quota falda dal p.c.	$q_w$	12.90 m	
Peso specifico	$\gamma_w$	10.00 kN/m <sup>3</sup>	

**ELABORATI GENERALI**

 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggisplinta:  
 Tombino doppia canna 3.00x1.20

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 006	B	9 di 20

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

**CARATTERISTICHE DELL'OPERA**
**MONOLITE**

Lunghezza totale di spinta del monolite	Lsp	12.54 m	
Lunghezza totale dello scatolare	L	12.35 m	
Larghezza totale dello scatolare	Ltot	7.20 m	
Larghezza utile dello scatolare	Lint	3.00 m	
Altezza totale dello scatolare	Htot	2.10 m	
Altezza libera dello scatolare	Hint	1.20 m	
Spessore soletta superiore	Ss	0.40 m	
Spessore piedritti	Sp	0.40 m	
Numero piedritti	n	3.00 [-]	
Spessore soletta di fondazione	Sf	0.50 m	
Peso specifico calcestruzzo armato	$\gamma_{cls}$	25.00 kN/m <sup>3</sup>	
Peso totale soletta	Ps	889.20 kN	$\gamma_{cls} \times Ss \times Ls \times L_{tot}$
Peso totale piedritti	Pp	444.60 kN	$\gamma_{cls} \times Sp \times L \times Hint \times n$
Peso totale fondazione	Pf	1111.50 kN	$\gamma_{cls} \times Sf \times Lsp \times L_{tot}$
<b>Peso scatolare finale</b>	<b>Pscat</b>	<b>2445 kN</b>	$P_s + P_p + P_f$
Lunghezza max muri avambecco	Lmuri	1.60 m	
Altezza muri avambecco	Hmuri	2.10 m	<i>A fav di sic si considerano alti quanto lo scatolare</i>
Spessore muri avambecco	Smuri	0.40 m	
Numero muri avambecco	n	2.00 [-]	
<b>Peso muri d'ala</b>	<b>Pmuri</b>	<b>40 kN</b>	$\gamma_{cls} \times Smuri \times Lmuri \times Hmuri$
<b>Peso totale monolite</b>	<b>Pmon</b>	<b>2485 kN</b>	$P_{scat} + P_{mon}$

**PLATEA**

Lunghezza platea di varo	Lu,pv	14.35 m	
Larghezza platea di varo	La,pv	8.00 m	
Altezza platea di varo	Hpv	0.20 m	
<b>Peso platea di varo</b>	<b>Ppv</b>	<b>574 kN</b>	$\gamma_{cls} \times Lu,pv \times La,pv \times Hpv$
Altezza cordoli	Hcc	0.20 m	
Larghezza cordoli	Lcc	0.20 m	
<b>Peso cordoli</b>	<b>Pcc</b>	<b>14 kN</b>	$\gamma_{cls} \times Lu,pv \times Lcc \times Hcc$
<b>Peso totale platea di varo</b>	<b>Ppv,tot</b>	<b>588 kN</b>	$P_{pv} + P_{cc}$

**MURO REGGISPLINTA**

Altezza totale muro reggisplinta	Hms	3.00 m	
Altezza muro reggisplinta sopra la platea	Hms2	1.80 m	
Spessore muro reggisplinta	Sms	1.00 m	
Lunghezza muro reggisplinta	Lms	9.60 m	

## 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  $P_{mon} \cdot \tan(\varphi)$ , valore ottenuto considerando come coefficiente d'attrito cls-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.

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI

##### FASE INIZIALE

Peso totale monolite	$P_{mon}$	2485 kN	
Coefficiente di attrito in fase 1	$\tan(\Phi)$	1.00 [-]	
<b>Spinta di primo distacco</b>	<b>Sin</b>	<b>2485 kN</b>	$P_{mon} \times \phi$

##### FASE FINALE

##### Attrito alla base del monolite

Peso totale monolite	$P_{mon}$	2485 kN	
Sovraccarico su soletta inferiore	q	0.00 kN/m <sup>2</sup>	
Peso sovraccarico su soletta inferiore	$P_{ss}$	0.00 kN	$q \times L \times L_{int}$
Coeff. di attrito	$\tan(\Phi)$	0.404 [-]	
<b>Forza di attrito alla base del monolite</b>	<b>Sfin</b>	<b>1004 kN</b>	$(P_{mon} + P_{ss}) \times \tan(\Phi)$

##### Attrito laterale

##### SPINTA A VUOTO

**NO**

Pressione asse soletta superiore	P1	7.84 kN/m <sup>2</sup>	Da condizione di carico SPTDX/SX monolite
Pressione asse soletta inferiore	P2	23.98 kN/m <sup>2</sup>	Da condizione di carico SPTDX/SX monolite
Spinta laterale terreno	Splat	33 kN/m	$(P1+P2) \times H_{tot} / 2$
Coeff. di attrito laterale	$\tan(\Phi')$	0.404 [-]	
Forza di attrito parete dx	Slat,1	169 kN	$S_{plat} \times \tan(\Phi') \times L_{sp}$
Forza di attrito parete sx	Slat,2	169 kN	$S_{plat} \times \tan(\Phi') \times L_{sp}$
<b>Forza di attrito pareti laterali</b>	<b>Fattr</b>	<b>339 kN</b>	$S_{lat,1} + S_{lat,2}$

##### FASE INIZIALE / FASE FINALE - Spinta totale di infissione

Spinta complessiva in FASE INIZIALE	$S_{T1}$	2485 kN	Sin
Spinta complessiva in FASE FINALE	$S_{T2}$	1343 kN	Sfin+Fattr
Coefficiente moltiplicativo dei carichi	$\gamma_f$	1.30 [-]	
<b>Spinta di progetto</b>	<b>S<sub>T,d</sub></b>	<b>3231 kN</b>	$(S_{T1}+S_{T2}) \times \gamma_f$

**ELABORATI GENERALI**

 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinga:  
 Tombino doppia canna 3.00x1.20

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 006	B	11 di 20

### 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	<b>z=0.00</b>	$\sigma'_{v,3}$	0 kN/mq	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Tensione verticale intradosso murc	<b>z=3.00</b>	$\sigma'_{v,4}$	60 kN/mq	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Press. dovuta alla spinta pass. in testa al muro		$\sigma'_{p1}$	0 kN/mq	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
Press. dovuta alla spinta pass. alla base del muro		$\sigma'_{p2}$	180 kN/mq	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
<b>Spinta passiva resistente</b>		<b>R<sub>p,max</sub></b>	<b>2592 kN</b>	

### 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 <sub>mon</sub>	2485 kN	
Peso platea di varo	P <sub>pv</sub>	588 kN	
Coefficiente di attrito	tan(Φ)	0.404 [-]	
<b>Contrib. alla resist. platea varo+monolite</b>	<b>R<sub>mon+pv,in</sub></b>	<b>1242 kN</b>	$(P_{mon} + P_{pv}) \times \tan(\Phi)$

##### FASE FINALE

Peso platea di varo	P <sub>pv</sub>	588 kN	
Coefficiente di attrito	tan(Φ)	0.404 [-]	
<b>Contrib. alla resist. platea varo</b>	<b>R<sub>pv,fin</sub></b>	<b>238 kN</b>	$(P_{pv}) \times \tan(\Phi)$

ELABORATI GENERALI

 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
 Tombino doppia canna 3.00x1.20

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 006	B	12 di 20

#### 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	$S_{T1}$	3231 kN	
Spinta complessiva FASE FINALE	$S_{T2}$	1745 kN	
Contrib. platea di varo+monolite FASE INIZIALE $R_{pv+mon}$		1242 kN	
Contrib. platea di varo FASE FINALE	$R_{pv}$	238 kN	
Resist. pass. FASE INIZIALE+FASE FINALE	$R_{p,max}$	2592 kN	
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_{R1}$	1.1	
<b>VERIFICA FASE INIZIALE</b>	<b>C.S.</b>	<b>1.19 &gt; 1.1</b>	<b>OK</b>
<b>VERIFICA FASE FINALE</b>	<b>C.S.</b>	<b>1.62 &gt; 1.1</b>	<b>OK</b>

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 doppia canna 3.00x1.20

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NN1X

00

D 78

CL IN0000 006

B

13 di 20

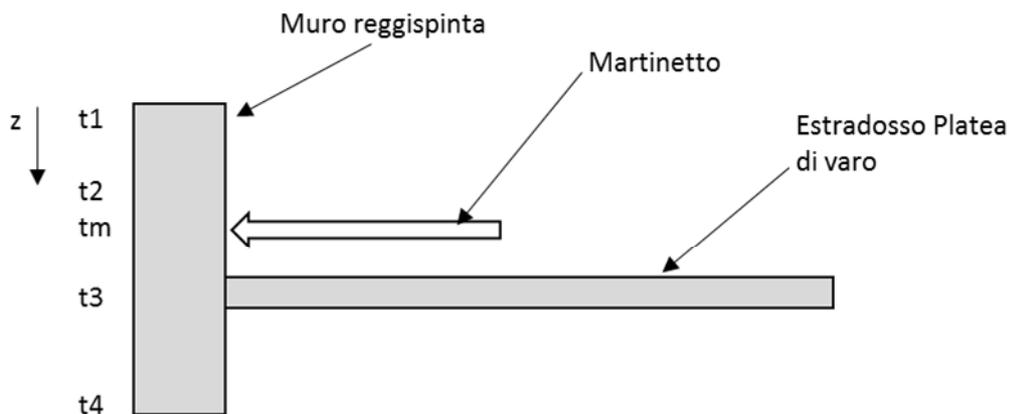
## 2.7. VERIFICHE STRUTTURALI

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 varo

t4= alla base del muro reggispinta

	$\sigma'_v$	$\sigma'_p$	$z$
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]
<b>t1</b>	0	0	0.00
<b>t2</b>	28	84	1.40
<b>tm</b>	32	96	1.60
<b>t3</b>	40	120	2.00
<b>t4</b>	60	180	3.00

**ELABORATI GENERALI**

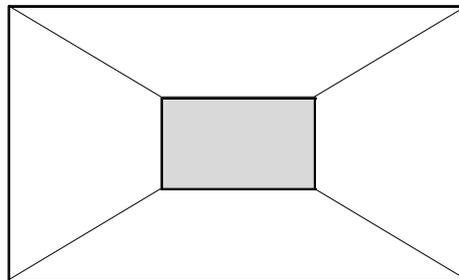
Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
Tombino doppia canna 3.00x1.20

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 006	B	14 di 20

**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 1.00 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	5.50 m	
Fascia di diffusione martinetto	fa	1.40 m	
Sbalzo di calcolo	l	1.35 m	$(L_{ms}/2) - (fa/2)$
Carico distribuito dovuto alla spinta	qp	337 kN/m	$S_{T,d} / L_{ms}$
Coefficiente moltiplicativo dei carichi	$\gamma_{SLU}$	1.3 [-]	
<b>Momento ultimo agente sul muro reggispinta</b>	<b>Mslu</b>	<b>307 kNm</b>	$\gamma_{SLU} \times \sigma'_p \times fa \times l^2 / 2$
<b>Taglio ultimo agente sul muro reggispinta</b>	<b>Vslu</b>	<b>454 kN</b>	$\gamma_{SLU} \times \sigma'_p \times fa \times l$
<b>Momento in esercizio sul muro reggispinta</b>	<b>Msle</b>	<b>236 kNm</b>	$\sigma'_p \times fa \times l^2 / 2$

ELABORATI GENERALI

 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
 Tombino doppia canna 3.00x1.20

COMMESSA

NN1X

LOTTO

00

CODIFICA

D 78

DOCUMENTO

CL IN0000 006

REV.

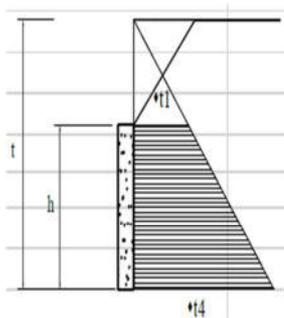
B

FOGLIO

15 di 20

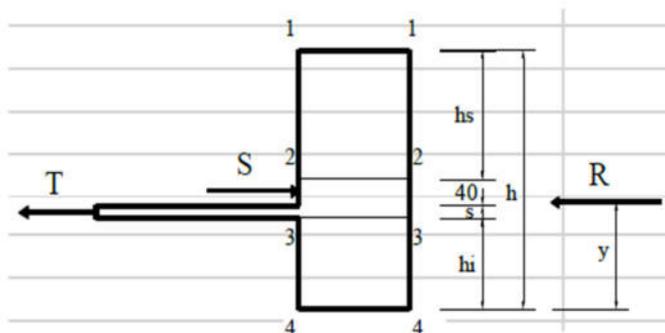
### 2.7.1.2. SOLLECITAZIONI MURO REGGISPINTA ARMATURE VERTICALI

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:

$$R_y + T (h_i + s/2) - S (h_i + s + 0.40) = 0$$



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

Spessore soletta

Hpv 0.20 m

Altezza muro reggispinta

Hms 3.00 m

Distanza testa muro-filo piastra martinetto

hs 1.40 m

 $H_{m2} - s_2$ 

Distanza base muro-intradosso platea di varo

hi 1.00 m

 $H - h_i - s - s_2$

**ELABORATI GENERALI**

 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
 Tombino doppia canna 3.00x1.20

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 006	B	16 di 20

**VALORI TENSIONALI**

Tensioni verticali in testa al muro	<b>z=0.0</b>	$\sigma'_{v,t1}$	0	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Tensioni in testa al muro		$\sigma_{p,t1}$	0,0 kN/m <sup>2</sup>	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
Tensioni verticali alla base del mur	<b>z=3.0</b>	$\sigma'_{v,t4}$	60	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Tensioni alla base del muro		$\sigma_{p,t4}$	180,0 kN/m <sup>2</sup>	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
Tensioni verticali sez.2	<b>z=1.4</b>	$\sigma'_{v,t2}$	28	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Tensioni sez.2		$\sigma_{p,t2}$	84,0 kN/m <sup>2</sup>	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
Tensioni verticali sez.3	<b>z=2.0</b>	$\sigma'_{v,t3}$	40	$[\gamma d1 \times b1 - \gamma w (z-qw)] * Kp$
Tensioni sez.3		$\sigma_{p,t3}$	120,0 kN/m <sup>2</sup>	$2 \times c' \times (kp)^{0.5} + Kp \times (\sigma'_{v+q})$
Coefficiente moltiplicativo dei carichi		$\gamma_q$	1.3 [-]	

**SEZIONE 2**

Momento ultimo di calcolo agente	$M_{slu2}$	35.67 kNm/m	$1/2 \times \sigma_{t1} \times h_s^2 + 1/6 \times (\sigma_{t2} - \sigma_{t1}) \times h_s^2 \times \gamma q$
Taglio ultimo di calcolo agente	$V_{slu2}$	76.44 kN/m	$\sigma_{t1} \times h_s + 1/2 \times (\sigma_{t2} - \sigma_{t1}) \times h_s$
Momento di esercizio agente	$M_{sle2}$	27.44 kNm/m	$1/2 \times \sigma_{t1} \times h_s^2 + 1/6 \times (\sigma_{t2} - \sigma_{t1}) \times h_s^2$

**SEZIONE 3**

Momento ultimo di calcolo agente	$M_{slu3}$	246.27 kNm/m	$1/2 \times \sigma_{t3} \times h_i^2 + 1/3 \times (\sigma_{t4} - \sigma_{t3}) \times h_i^2 \times \gamma q$
Taglio ultimo di calcolo agente	$V_{slu3}$	274.56 kN/m	$\sigma_{t3} \times h_i + 1/2 \times (\sigma_{t3} - \sigma_{t3}) \times h_i$
Momento di esercizio agente	$M_{sle3}$	189.44 kNm/m	$1/2 \times \sigma_{t3} \times h_i^2 + 1/6 \times (\sigma_{t4} - \sigma_{t3}) \times h_i^2$

**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	<b>F24 /200</b>	2262 mm <sup>2</sup>
Armatura principale interna	<b>F24 /200</b>	2262 mm <sup>2</sup>
Armatura a taglio	<b>2 braccia</b>	
Copriferro armatura sup. compressa	c'	72 mm
Copriferro armatura inf. Tesa	c	72 mm

**Sollecitazioni di calcolo**

Sforzo normale di calcolo [(+)Trazione] - SLU	Ned	0 kN
Momento flettente di calcolo [(+)] - SLU	Med	246 kNm
Taglio di calcolo [(+)] - SLU	Ved	275 kN
Momento flettente di calcolo [(+)] - SLE RARA	Med	189 kNm

**ELABORATI GENERALI**

 Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
 Tombino doppia canna 3.00x1.20

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 006	B	17 di 20

**Dati di Output:**
**SLU - Momento e Taglio resistenti**

Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	<S-N>	S	Coeff.Sfrutt.
Momento ultimo resistente	Mrd	793 kNm	31%
Taglio ultimo resistente senza staffe	Vrd	288 kN	95%
Taglio ultimo resistente	Vrd	298 kN	92%
Momento torcente ultimo resistente	Trd	0 kNm	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Tensione barre superiori [(-)Compresso]	Sigs-sup	-17 Mpa	5%
Tensione barre inferiori [(+)Teso]	Sigs-inf	97 Mpa	27%
Tensione cls superiore [(-)Compresso]	Sigc-sup	-2 Mpa	12%
Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	Sigc-inf	0 Mpa	
Momento di prima fessurazione	Mcr	459 kNm	
Ampiezza di fessura	wk	0.16 mm	80%

Coeff.Sfrutt.Max 92%

OK

**ARMATURA ORIZZONTALE**

Armatura principale esterna	F20 /200	2199 mm <sup>2</sup>
Armatura principale interna	F20 /200	2199 mm <sup>2</sup>
Armatura a taglio	/200	
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	307 kNm
Taglio di calcolo [(+)] - SLU	Ved	454 kN
Momento flettente di calcolo [(+)] - SLE RARA	Med	236 kNm

**Dati di Output:**
**SLU - Momento e Taglio resistenti**

Momento Ultimo resistente dissipativo <S/N>	<S-N>	S	Coeff.Sfrutt.
Momento ultimo resistente	Mrd	791 kNm	39%
Taglio ultimo resistente senza staffe	Vrd	407 kN	112%
Taglio ultimo resistente	Vrd	650 kN	70%
Momento torcente ultimo resistente	Trd	9 kNm	

**SLE - Tensioni e ampiezza fessure**

Tensione barre superiori [(-)Compresso]	Sigs-sup	-18 Mpa	5%
Tensione barre inferiori [(+)Teso]	Sigs-inf	122 Mpa	34%
Tensione cls superiore [(-)Compresso]	Sigc-sup	-2 Mpa	12%
Tensione cls inferiore [non reag.Trazione]	Sigc-inf	0 Mpa	
Momento di prima fessurazione	Mcr	630 kNm	
Ampiezza di fessura	wk	0.19 mm	93%

93%

OK

### Riepilogo armature muro reggispinta:

Elemento strutturale	Armatura Verticale	Armatura Orizzontale	Armatura a taglio
Sezione Sp.=100cm	Φ 24/20 sup. e inf.	Φ20/20 sup. e inf.	Φ 12/200/500

### **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.

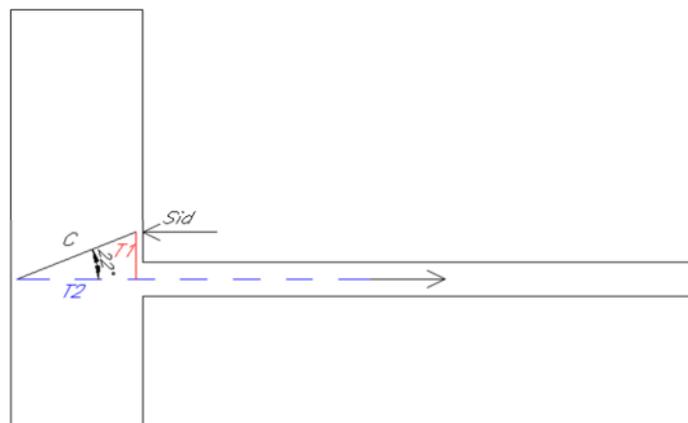
In direzione trasversale si dispone in soletta armatura di ripartizione sia all'estradosso che all'intradosso della soletta pari a circa il 25% dell'armatura longitudinale principale.

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 doppia canna 3.00x1.20

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 006	B	19 di 20

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	$S_{Ek,T2}$	310.7 kN/m
Forza di trazione agente nella soletta di varo	$N_{Ek,T2}$	2485.3 kN
Coefficiente moltiplicativo dei carichi	$\gamma_{SLU}$	1.5 [-]
Sforzo assiale di progetto	$S_{Ed,T2}$	<b>466.0</b> kN/m

**ARMATURA LONGITUDINALE**

Resistenza caratteristica dell'acciaio d'armatura	$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_s$	1.15 [-]
Resistenza di progetto dell'acciaio d'armatura	$f_{yd}$	391.3 N/mm <sup>2</sup>
Diametro armatura longitudinale	$\phi_{long}$	16 [-]
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	$A_{s,min}$	1190.9 mm <sup>2</sup> /m
Area totale di armatura longitudinale	$A_{s,eff}$	2010.6 mm <sup>2</sup> /m
<b>Coefficiente di sicurezza</b>	<b>C.S.</b>	<b>1.69</b> [-] <b>OK</b>

**ARMATURA TRASVERSALE**

Resistenza caratteristica dell'acciaio d'armatura	$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_s$	1.15 [-]
Resistenza di progetto dell'acciaio d'armatura	$f_{yd}$	391.3 N/mm <sup>2</sup>
Diametro armatura longitudinale	$\phi_{long}$	12 [-]
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	$A_{s,min}$	502.7 mm <sup>2</sup> /m
Area totale di armatura trasversale	$A_{s,eff}$	565.5 mm <sup>2</sup> /m
<b>Coefficiente di sicurezza</b>	<b>C.S.</b>	<b>1.1</b> [-] <b>OK</b>

**Riepilogo armature platea di varo:**

Elemento strutturale	Armatura Longitudinale	Armatura Trasversale	Armatura a taglio
Sezione Sp.=20cm	Φ16/20 sup. e inf.	Φ 12/40 sup. e inf.	-



**LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO  
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO  
TRATTA ARECHI - PONTECAGNANO AEROPORTO  
PROGETTO DEFINITIVO – INTERFERENZE VIARIE  
ED IDRAULICHE**

**ELABORATI GENERALI**

Relazione di calcolo platea di varo e muro reggispinta:  
Tombino doppia canna 3.00x1.20

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	CL IN0000 006	B	20 di 20