

**AUTOSTRADA A2 "MEDITERRANEA"
COLLEGAMENTO PORTO GIOIA TAURO GATE SUD CON
AUTOSTRADA A2 - LOTTO 1 E LOTTO 2**

DG 54/17 LOTTO 1

COD. UC165

PROGETTO DEFINITIVO

COD. UC167

GRUPPO DI PROGETTAZIONE: R.T.I.: INTEGRA CONSORZIO STABILE (capogruppo mandataria)
Prometeoengineering.it S.r.l. - Dott. Geol. Andrea Rondinara

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Prof. Ing. Franco BRAGA (Integra Consorzio Stabile)

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



GEOLOGO:
Dott. Geol. A. CANESSA (Prometeoengineering.it S.r.l.)

Direttore Tecnico:
Prof. Ing. Franco Braga

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Dott. Ing. Alessandro Orsini (Integra Consorzio Stabile)

MANDANTI:



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
Dott. Ing. Giuseppe Danilo Malgeri

Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Alessandro FOCARACCI

Dott. Geol. Andrea Rondinara

**05 - OPERE D'ARTE
05.01 - OPERE D'ARTE MAGGIORI
05.1.1 Galleria artificiale GA.01
Relazione di calcolo platea e muro reggispinta**

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO		T00GA01STRRE03_A			
DPUC0165	LIV. PROG.	CODICE ELAB.	T00GA01STRRE03	A	-
DPUC0167	N. PROG.				
	D				
	21				
A	EMISSIONE	Settembre 2022	Citterio	Salcuni	Focaracci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Pagina lasciata intenzionalmente bianca

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	4
3.1	Calcestruzzo	4
3.1.1	Dati generali	4
3.1.2	Stati Limite Ultimo	4
3.1.3	Stati Limite di Esercizio	5
3.1.4	Caratteristiche fisiche del materiale	5
3.2	Acciaio per cemento armato	5
3.2.1	Stati Limite Ultimi	5
3.2.2	Stati Limite di Esercizio	5
3.2.3	Caratteristiche fisiche del materiale	5
4	QUADRO GEOTECNICO DEI TERRENI	6
5	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL MONOLITE	6
6	ANALISI DEI CARICHI	6
7	VALUTAZIONE DELLA SPINTA	7
7.1	Spinta Del Monolite	7
8	MURO REGGISPINTA	9
8.1	Ipotesi di calcolo	9
8.2	Risultati del calcolo	9
9	PLATEA DI VARO	11
9.1	Ipotesi di calcolo	11
9.2	Risultati del calcolo	11
10	CALCOLO INCIDENZE	11

1 PREMESSA

La presente Relazione di Calcolo riguarda il dimensionamento e la verifica della struttura reggisplinta e della platea di varo durante le operazioni di infissione del manufatto di attraversamento della linea ferroviaria Tirrenica-Meridionale.

Il monolite, costruito a piè di opera, verrà posizionato sotto al rilevato ferroviario spingendolo mediante l'utilizzo di martinetti.

Per eseguire questa operazione il monolite verrà realizzato e "scorrerà" su una platea di "varo". L'infissione avviene tramite martinetti che contrastano da un lato sul monolite e dall'altro su un muro reggisplinta che scarica e ripartisce tale azione sul terreno retrostante.

Le verifiche verranno condotte in due situazioni:

- **SITUAZIONE INIZIALE:** monolite in posizione iniziale in cui per essere spostato si dovrà vincere l'attrito fra il monolite e la platea di varo. Quest'ultima trasferirà "parzialmente" l'azione al terreno attraverso l'attrito "platea-terreno". Questa prima configurazione è significativa per il dimensionamento dell'armatura della platea di varo, soggetta a prevalenti azioni di sforzo normale di trazione. Tale azione assume valore nullo all'estremità libera ed aumenta gradualmente fino a raggiungere il valore massimo all'attacco con la trave reggisplinta; è generata dalle azioni di attrito con la fondazione del monolite ed è parzialmente limitato dalle azioni di attrito/adesione tra la soletta e il terreno sottostante.
- **SITUAZIONE FINALE:** monolite in posizione prossima a quella definitiva in cui l'attrito "platea-terreno" è minimo ed è massimo l'attrito fra il monolite e il terreno.

La struttura reggisplinta sarà pertanto sottoposta all'azione di contrasto esercitata durante la fase di infissione del monolite.

Nella fase iniziale la distanza tra la platea del monolite e la parete dovrà essere di 2.00m per consentire l'alloggiamento dei martinetti e della trave di ripartizione. Dopo un avanzamento di 50cm ("corsa" dei martinetti) questi ultimi vengono ritratti e viene interposta una trave in acciaio con funzione di spessoramento.

L'operazione viene ripetuta più volte fino a coprire con tali spessoramenti una distanza di 5.00m oltre la quale, per problemi legati a fenomeni di instabilità dell'equilibrio, lo spessoramento sarà realizzato mediante un getto in calcestruzzo a presa rapida, non armato, rinforzato solo nella zona di azione dei martinetti. Si riprende quindi con l'avanzamento, l'interposizione di travi in acciaio e il getto dello spessoramento, ciclicamente, fino ad infissione completata.

La struttura reggisplinta sarà costituita da una trave in c.a. con sezione rettangolare di altezza 5,5 m e larghezza 1,5m.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Il presente lavoro è stato condotto con riferimento alla normativa tecnica vigente ed in particolare:

- Norme Tecniche per le Costruzioni, DM del 17/01/2018;
- Applicazione Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (Circ. Min. 21.01.2019 n. 7).

Nel progetto si è inoltre fatto riferimento a:

- UNI ENV 1992 Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo.

3 **CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

3.1 **CALCESTRUZZO**

CALCESTRUZZO PER MAGRONE:

Cemento Portland EN 197-1

- Classe di resistenza: C12/15
- Classe di esposizione X0

STRUTTURA REGGISPINTA

Cemento Portland EN 197-1

- Classe di resistenza: C25/30
- Classe di consistenza: S3
- Classe di esposizione: X0
- Rapporto A/C: 0.6
- Diametro max inerti: 25 mm
- Copriferro minimo: 40 mm

3.1.1 **Dati generali**

$$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

resistenza caratteristica a compressione cubica

$$f_{ck} = 24,9 \text{ N/mm}^2$$

resistenza caratteristica a compressione cilindrica

$$f_{ctm} = 0,48 * \sqrt{R_{ck}} = 2,56 \text{ N/mm}^2$$

resistenza media a trazione

$$f_{ctk} = 0,7 * f_{ctm} = 1,8 \text{ N/mm}^2$$

resistenza caratteristica a trazione

$$\tau_{rd} = \frac{\sqrt[3]{R_{ck}^2}}{28} = 0,35 \text{ N/mm}^2$$

resistenza a taglio di riferimento

3.1.2 **Stati Limite Ultimo**

$$\gamma_c = 1,5$$

coeff. di sicurezza resistenza a compressione

$$f_{cd} = \frac{0,83 * R_{ck}}{\gamma_c} = 16,67 \text{ N/mm}^2$$

resistenza di calcolo a compressione nel cls

$$\alpha = 0,85$$

coefficiente che tiene conto della durata dei carichi

$$\alpha * f_{cd} = 0,85 * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 14,17 \text{ N/mm}^2$$

resistenza di calcolo nel cls utilizzato nelle verifiche

$$\gamma_c = 1,5$$

coeff. di sicurezza per la resistenza a trazione

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_{m,c}} = 1,2 \text{ N/mm}^2$$

resistenza di calcolo a trazione

3.1.3 Stati Limite di Esercizio

$$\sigma_c = \frac{0,83 * R_{ck}}{\gamma_c} = 24,9 \text{ N/mm}^2$$

tensione massima nel cls

$$\gamma_c = 1$$

coeff. di sicurezza per la resistenza a compressione

3.1.4 Caratteristiche fisiche del materiale

$$E_c = 11000^3 \sqrt{R_{cm}} = 31475,8 \text{ N/mm}^2$$

modulo di elasticità

$$\alpha = 1\text{E-}05^\circ\text{C}E^{-1}$$

coefficiente di dilatazione termica

$$\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$$

massa volumetrica

$$\nu = 0,2$$

rapporto di Poisson

3.2 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Si impiegano barre in acciaio B450C controllato in stabilimento, caratterizzato dalle seguenti proprietà fondamentali:

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$$

tensione caratteristica di snervamento nominale

$$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$$

tensione caratteristica di rottura nominale

3.2.1 Stati Limite Ultimi

$$\gamma_{m,s} = 1,15$$

coefficiente di sicurezza per l'acciaio

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_m} = 391 \text{ N/mm}^2$$

resistenza di calcolo nell'acciaio

3.2.2 Stati Limite di Esercizio

$$\sigma_s = 360 \text{ N/mm}^2$$

resistenza di calcolo nell'acciaio

3.2.3 Caratteristiche fisiche del materiale

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2$$

modulo di elasticità

$$\alpha = 1\text{E-}05^\circ\text{C}E^{-1}$$

coefficiente di dilatazione termica

$$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$$

massa volumetrica

4 QUADRO GEOTECNICO DEI TERRENI

Le caratteristiche geotecniche dei terreni sopra elencati, adottate per il progetto delle strutture, sono riassunte nella seguente tabella.

Unità geotecnica	z	γ	c'	φ'	E'
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]
R	0-1,5	20	0	30	30
UG1	1,5-inf.	21	0	35	70

Non è stata rilevata presenza di falda a quote interferenti con le strutture.

5 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL MONOLITE

Considerando che la struttura ha carattere provvisoriale, si trascura nel dimensionamento l'azione sismica.

Il carico di riferimento è costituito dal peso del manufatto oggetto di spinta.

Per il dimensionamento della struttura si considera il manufatto di dimensioni maggiori, in carreggiata Nord (dir. Porto).

Il peso complessivo del manufatto è pari a

$$G_m = 58.240 \text{ kN}$$

6 ANALISI DEI CARICHI

Considerando che la struttura ha carattere provvisoriale, si trascura nel dimensionamento l'azione sismica.

Il carico di riferimento è costituito dal peso del manufatto oggetto di spinta.

Per il dimensionamento della struttura si considera il manufatto di dimensioni maggiori, in carreggiata Nord (dir. Porto).

Il peso complessivo del manufatto è pari a 58.240 kN.

7 VALUTAZIONE DELLA SPINTA

Pur essendo, nel caso generale, il terreno stratificato si fa riferimento ad un terreno ideale omogeneo, le cui caratteristiche medie vengono desunte dagli elementi geotecnici caratteristici dell'area.

La massima reazione del terreno a tergo della parete di spinta viene valutata in funzione dell'angolo di attrito. Nel caso in argomento non è presente l'effetto destabilizzante della eventuale presenza di acqua di falda. A tale valore limite di rottura è applicato un coefficiente di sicurezza pari a 1.50.

Tra la struttura del monolite ed il piano di scorrimento viene interposto un foglio di polietilene di 300gr/m² al fine di evitare fenomeni di adesione.

Il valore della spinta per cui il monolite inizia la sua traslazione sia circa pari al peso della struttura. Ciò equivale a fissare un coefficiente di attrito di primo stacco pari all'unità.

Durante l'infissione vengono ad aggiungersi alle forze che si oppongono all'avanzamento della struttura anche gli attriti laterali. L'attrito di scorrimento, dopo la fase di primo stacco, scende a valori più modesti. Si considera che tale riduzione dia una "riserva" disponibile per superare la resistenza frontale.

7.1 SPINTA DEL MONOLITE

La spinta massima sul monolite in fase di infissione vale:

$$S_{max} = S_{ps} + S_t$$

Dove

S_{ps} = spinta di primo stacco

S_t = spinta necessaria a contrastare gli attriti laterali

$$S_{ps} = 1.35 \times G_m$$

$$S_t = 1.35 \times 2A_{lm} \times \sigma_{hmed} \times \tan\delta$$

Dove

$$\sigma_{hmed} = \left(\frac{\sigma_{h1} + \sigma_{h2}}{2} \right) = 61,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{h1} = \gamma_{ter} \times h_{ric} \times k_0 = 8,95 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{h2} = \gamma_{ter} \times (h_{ric} + h_{scat}) \times k_0 = 114,63 \text{ kN/m}^2$$

$$A_l = l_{scat} \times h_{scat} = 472 \text{ m}^2$$

$$\delta = \frac{2}{3}\phi = 23,33^\circ$$

Da cui risulta

$$S_{ps} = 78.624 \text{ kN}$$

$$S_t = 33.967 \text{ kN}$$

La spinta massima è quindi pari a:

$$S_{max} = 112.591 \text{ kN}$$

Il calcolo dell'azione che si scarica sulla parete reggispinta è frutto dell'esperienza maturata su lavori analoghi che hanno portato a considerare, oltre alla reazione della parete stessa, il peso del terreno depositato sulla platea di varo e l'esecuzione di getti integrativi di spinta al fine di spostare il punto d'appoggio dei martinetti (S_{pl}).

$$S_{pl} = k \times \gamma_{ter} \times h_{ter} \times (L_{pl} - 3) \times L_{scat} = 36.316 \text{ kN}$$

dove

$k = 0,7$	coeff. funzione di terreno e geometria della struttura
$h_{ter} = 3,0 \text{ m}$	altezza di terreno su platea di varo
$L_{pl} = 48,0 \text{ m}$	coeff. di sicurezza per la resistenza a trazione
$L_{scat} = 18,3 \text{ m}$	larghezza monolite

$$S_d = S_{max} - S_{pl} = 76.274 \text{ kN}$$

La resistenza massima offerta dal terreno si ottiene facendo riferimento a considerazioni di carattere pratico ($\alpha = 1.75$) in base alle quali risulta:

$$R_d = \frac{1/2 \gamma_{ter} t^2 k_0 \times (\alpha(B_p H_p))}{\gamma_s} = 78.606 \text{ kN}$$

dove

$t = 12,0 \text{ m}$	dislivello tra piede parete e altezza rilevato
$h_{ter} = 3,0 \text{ m}$	altezza di terreno su platea di varo
$B_p = 19,0 \text{ m}$	larghezza della parete reggispinta
$H_p = 5,5 \text{ m}$	altezza della parete reggispinta
$\gamma_s = 1,5 \text{ m}$	coefficiente di sicurezza

$$R_d > S_d$$

La verifica risulta quindi soddisfatta.

8 MURO REGGISPINTA

8.1 IPOTESI DI CALCOLO

Il calcolo è effettuato nell'ipotesi che la spinta venga ripartita uniformemente sull'intera lunghezza della parete e che l'interasse max tra i martinetti idraulici sia pari a 3.5m.

8.2 RISULTATI DEL CALCOLO

Il valore massimo di pressione unitaria esercitata dalla spinta del monolite è pari a:

$$P = \frac{S_{max}}{B_p} = 5.926 \text{ kN}$$

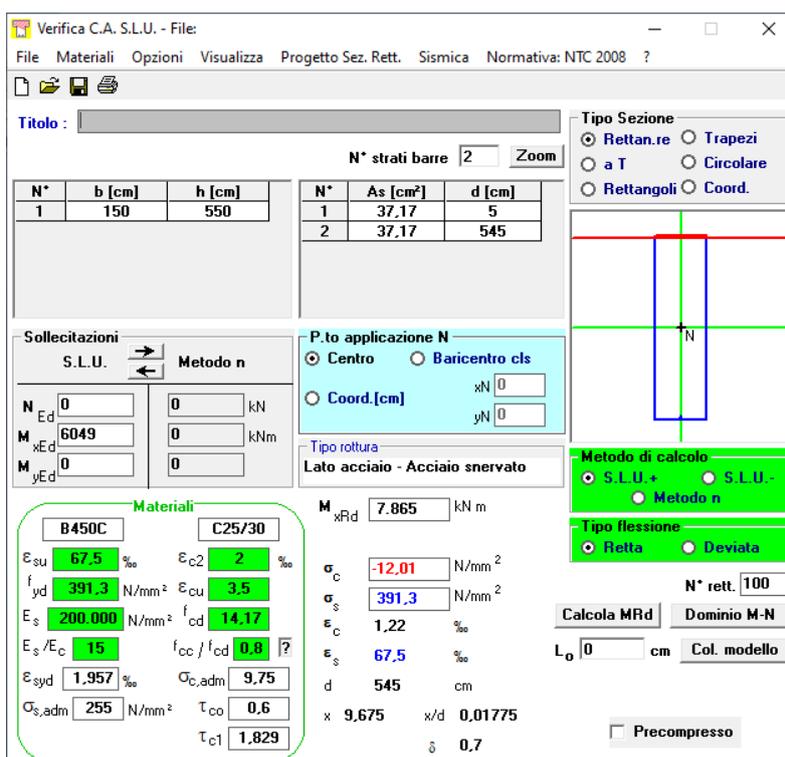
Considerando la struttura di ripartizione come una trave continua su più appoggi (in corrispondenza dei martinetti), le sollecitazioni massime agenti sul muro in termini di momento flettente e taglio sono pari a:

$$M_E = \frac{pl^2}{12} = 6.049 \text{ kNm}$$

$$V_E = \frac{pl}{2} = 10.370 \text{ kN}$$

La struttura reggispinta, di dimensioni 150x550 cm, sarà pertanto armata con 7+7φ26 ottenendo un momento resistente pari a:

$$M_R = 7.865 \text{ kNm} > M_E$$



Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	150	550	1	37.17	5
			2	37.17	545

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} 6049 kNm
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali
 B450C C25/30
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14.17 ‰
 ε_s/E_c 15 ‰ f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75 N/mm²
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 7.865 kNm
σ_c -12.01 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 1.22 ‰
ε_s 67.5 ‰
d 545 cm
x 9.675 x/d 0.01775
δ 0.7

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

Per il taglio di disporranno invece staffe $\phi 14/20$ a 4 braccia, ottenendo

$$V_R = 14773 \text{ kN} > V_E$$

Muro Reggispinta			
Senza armatura resistente a taglio - solo resistenza cls			
Altezza utile sezione	d	545	cm
$k = 1 + (200/d)^{1/2}$	k	1,19	≤ 2
$V_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2}$	V_{min}	0,23	MPa
Coefficiente di sicurezza	γ_c	1,50	-
Sforzo assiale	N_d	0,00	kN
Tensione di compressione media nella sezione	$\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c$	0,00	MPa
Larghezza minima sezione	b_w	1500,00	mm
Altezza utile sezione	d	5450,00	mm
Area armatura longitudinale	A_{sl}	53,09	cm ²
Rapporto geometrico armatura longitudinale	$\rho_l = A_{sl} / (b_w * d) < 0.02$	0,0006	-
Resistenza a taglio	V_{Rd}	1382,98	kN
Sforzo di taglio agente	V_d	10370,00	kN
armatura a taglio necessaria			
Con armatura resistente a taglio			
Altezza elemento	H	5500	mm
Copriferro	c	50	mm
Larghezza minima sezione	b_w	1500	mm
Altezza utile della sezione	d	5450	mm
Braccio delle forze interno	z	4905	mm
Diametro barre	ϕ	14	mm
Braccia staffe	b_r	4	-
Interasse armature trasversali	s	200	mm
Area dell'armatura trasversale	A_{sw}	615,75	mm ²
inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse	α	90	°
	$\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c$	0,00	MPa
	σ_{cp} / f_{cd}	0,00	
coefficiente maggiorativo	α_c	1,00	-
	v	0,23	MPa
inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse	ctg θ	2,5	-
Condizione limite			
Resistenza di calcolo a taglio compressione	V_{Rcd}	18330,32	kN
Resistenza di calcolo a taglio trazione	V_{Rsd}	14773,03	kN
$V_{Rd} = \min [V_{Rcd}; V_{Rsd}]$	V_{Rd}	14773,03	kN
Sforzo di taglio agente	V_{ed}	10370,00	kN
	Verifica	$V_d < V_{Rd}$	OK
OK			

9 PLATEA DI VARO

9.1 IPOTESI DI CALCOLO

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 (calcolata considerando prudenzialmente un coefficiente di attrito pari a 0.5) diminuita di una quantità pari al peso della platea per il coefficiente di attrito all'interfaccia platea-terreno.

9.2 RISULTATI DEL CALCOLO

Si prevede il getto di una platea di varo di spessore 40 cm per agevolare le operazioni di spinta ed infissione del monolite.

L'azione di spinta trasmessa dal monolite in fase di spinta è pari a:

$$S_1 = \frac{S_{ps}}{2} = 39312 \text{ kN}$$

L'azione di attrito all'interfaccia platea-terreno vale:

$$S_2 = \gamma_{cls} L_{pl} B_{pl} H_{pl} \tan \delta = 6.147 \text{ kN}$$

$$S = S_1 - S_2 = 33165 \text{ kN}$$

L'armatura minima della platea è quindi pari a

$$A_{s,min} = \frac{S}{B_{pl} f_{yd}} = 47,4 \text{ cm}^2/m$$

In direzione longitudinale si dispongono pertanto 5+5 ϕ 26/m ($A_s=53.09 \text{ cm}^2$).

In direzione trasversale, invece, si dispone un'armatura pari almeno al 20% di quella in direzione longitudinale, ossia pari a 5+5 ϕ 16/m (20.11cm²).

10 CALCOLO INCIDENZE

Elemento	Dimensioni [m]	Calcestruzzo [m ³ /m]	Acciaio [kg/m]	Incidenza [kg/m ³]
Muro	1,50x5,50	8,25	995,0	125,0
Platea	0,40x19,00	7,60	405,0	55,0