

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA
S.O. COORDINAMENTO TERRITORIALE SUD.

PROGETTO ESECUTIVO

RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI C.LE E BARI TORRE A MARE

Opere oggetto di prescrizione della Delibera CIPE n. 1 del 28 gennaio 2015

Sottovia carrabile e ciclopedonale S. Anna

CONDOTTA IN ATTRAVERSAMENTO LINEA FERROVIARIA ESISTENTE
RELAZIONE DI CALCOLO

SCALA:

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

I A 1 U 0 4 E 7 8 C L I N 0 1 0 0 4 0 1 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	E&G <i>g.f.</i>	Dic. 2016	A.Forcina	Dic.2016	F.Gernone <i>F. Gernone</i>	Dic. 2016	D. Tiberti GIUGNO 2021
B	Emissione esecutiva	INTEGRA	GIUGNO 2021	G. FICORELLA <i>G. F. Corella</i>	GIUGNO 2021	G. DIMAGGIO <i>G. Dimaggio</i>	GIUGNO 2021	 ITALFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Direzione Investimenti UO Infrastrutture Sud Dott. Ing. Dario Tiberti Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10876

File:IA1U04E78CLIN0100401B.DOC

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA.....	3
1.1	SCOPO DEL DOCUMENTO.....	4
2	DESCRIZIONE DELLE FASI ESECUTIVE.....	6
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
4	MATERIALI	8
5	PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO.....	10
6	VERIFICA DELLA TUBAZIONE.....	11
6.1	PREMESSA.....	11
6.2	ANALISI DEI CARICHI	11
6.3	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	13
6.4	DATI.....	14
6.5	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	15
6.6	VERIFICHE DI RESISTENZA.....	18
7	VERIFICA DEL MURO REGGISPINTA	19
7.1	VERIFICA SPINTA.....	19
7.2	VERIFICA ARMATURA MURO	20
7.3	VERIFICHE ARMATURA PLATEA DI VARO.....	26
7.4	RIEPILOGO ARMATURE.....	27
8	CENNI AL MONITORAGGIO DI LIVELLAZIONE SUPERFICIALE DEL PIANO CAMPAGNA E DEL P.F.	28



RIASSETTO NODO DI BARI
PROGETTO DEFINITIVO TRATTA A SUD DI BARI
**VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI C.LE E BARI TORRE A
MARE**

RELAZIONE DI CALCOLO SPINGITUBO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA1U	04	E 78 CL	IN 01 00 401	B	3 di 28

1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto del Riassetto del nodo di Bari, si prevede la realizzazione di un Sottovia ferroviario denominato sottovia S.Anna.

Il monolite viene costruito a lato del rilevato ferroviario e poi infisso mediante operazioni di spinta. 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.

Al termine delle lavorazioni, è prevista l'installazione di uno spingi tubo sottobinario per permettere il passaggio del collettore di raccolta delle acque.

Lo spingi tubo si trova a una distanza di 10.0m dal monolite. L'opera serve a consentire l'alloggiamento del collettore destinato a convogliare l'aliquota di acque di piattaforma stradale a monte del sottovia, senza doverla destinare al sollevamento.

1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione riguarda la verifica del tubo camicia in acciaio a protezione del collettore e del muro reggispinta per l'infissione.

La tecnica consiste nella posa di tubi mediante lo scavo a fronte aperto con contemporanea evacuazione del materiale di risulta per mezzo di una testa di perforazione provvista di coclea.

Il tubo infisso nel rilevato ferroviario mediante presso-trivellazione sarà un tubo $\phi 600$ in acciaio sp. 12 mm, S355. All'interno di questo tubo verrà posta la tubazione della fogna vera e propria (pead $\phi 400$) mediante distanziatori in pead.

Nel seguito si riportano:

- la descrizione delle fasi esecutive;
- le verifiche del controtubo in acciaio e del muro reggispinta;
- un accenno alla valutazione della subsidenza indotta dallo scavo;
- la descrizione del monitoraggio di livellazione superficiale del piano campagna e del p.f.

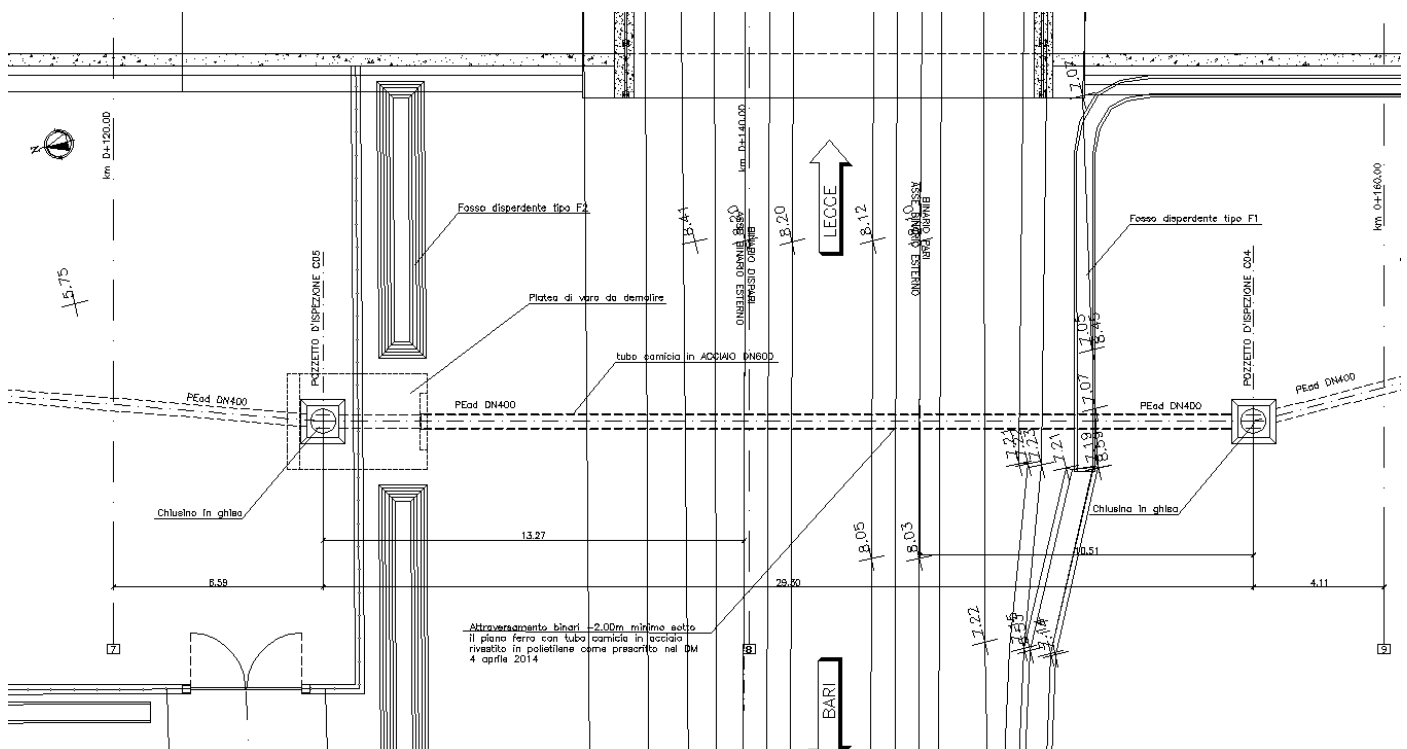


Figura 1 Stralcio planimetrico

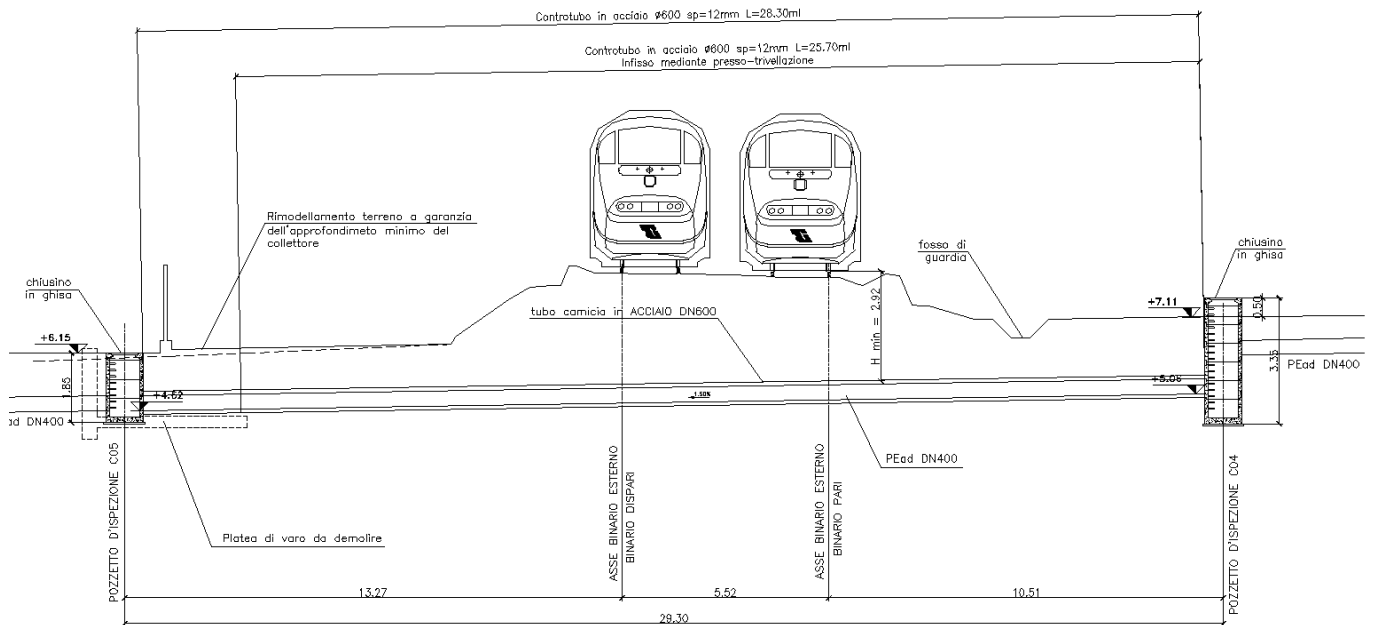


Figura 2 Sezione longitudinale tubo



RIASSETTO NODO DI BARI
PROGETTO DEFINITIVO TRATTA A SUD DI BARI
**VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI C.LE E BARI TORRE A
MARE**

RELAZIONE DI CALCOLO SPINGITUBO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA1U	04	E 78 CL	IN 01 00 401	B	6 di 28

2 DESCRIZIONE DELLE FASI ESECUTIVE

La tecnica d'infissione della tubazione si sviluppa in una serie di lavorazioni successive.

Al lato della sede ferroviaria viene innanzitutto realizzata una fossa per l'alloggiamento dei martinetti e dei tubi da infiggere.

All'interno della fossa si realizza una platea munita di parete reggispingita per l'alloggiamento della presso-trivella.

Sulla platea in c.a. della fossa vengono fissate le guide ed i supporti della presso-trivella, allo scopo di realizzare il sostegno dei tubi da infiggere.

Si colloca sulle guide di spinta il primo elemento di tubazione, al cui interno è alloggiato il primo elemento di coclea munito di robusta testa di scavo.

Si inizia a spingere l'elemento nel terreno, con contemporaneo scavo della sezione circoscritta dal tubo tramite l'azione di rotazione della testa di scavo, che convoglia nelle spirali della coclea il terreno scaricandolo all'esterno sul fondo della fossa di spinta.

Ultimata l'infissione del primo elemento viene calato il secondo, si allinea al primo, in modo che non risulti il minimo disassamento, si procede all'accoppiamento tramite saldatura dei tubi e si inizia una nuova spinta secondo il procedimento già descritto.

L'avanzamento della tubazione avverrà così costante, sino al raggiungimento della completa lunghezza di infissione.

	RIASSETTO NODO DI BARI PROGETTO DEFINITIVO TRATTA A SUD DI BARI VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI C.LE E BARI TORRE A MARE					
RELAZIONE DI CALCOLO SPINGITUBO	COMMESSA IA1U	LOTTO 04	CODIFICA E 78 CL	DOCUMENTO IN 01 00 401	REV. B	FOGLIO 7 di 28

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche sono state eseguite secondo i metodi classici della scienza delle costruzioni e nel rispetto della seguente normativa:

- L. 5 novembre 1971 n. 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge n. 64 del 2 febbraio 1974: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. del 14.01.2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni” (G.U. n.29 del 04.02.2008);
- Circolare del 02.02.2009 contenente le istruzioni per le l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. del 14.01.2008 (G.U. n.47 del 26.02.2009).
- “Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie” (rif. RFI-DTC-INC-CS-SP-IFS-001-A);
- “Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario” (rif. RFI-DTC-INC-PO-SP-IFS-001-A).
- Decreto 04/04/2014 “Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto”
- RFI DTC SI SP IFS 001 E - Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – RFI 2021

4 MATERIALI

Acciaio per controtubo S355

f_{yk} = 355 MPa tensione caratteristica di snervamento

f_{yd} = $f_{yk} / 1.05 = 338$ MPa tensione caratteristica di calcolo

E_s = 210000 MPa modulo elastico

Classe di resistenza: PLATEA E MURO	C25/30	
Resistenza a compressione cubica caratteristica	$R_{ck} =$	30 N/mm ²
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	$f_{ck} =$	24.9 N/mm ²
Resistenza a compressione cilindrica media	$f_{cm} =$	32.9 N/mm ²
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} =$	2.56 N/mm ²
Resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	3.07 N/mm ²
Modulo elastico secante medio	$E_{cm} =$	31447 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%)	$f_{ctk} =$	1.79 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%)	$f_{ctk} =$	3.33 N/mm ²
<i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i>	$\gamma_c =$	1.5
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU:	$f_{cd} =$	14.1 N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU:	$f_{ctd} =$	1.19 N/mm ²
<i>Coefficiente di sicurezza SLE:</i>	$\gamma_c =$	1.0
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE:	$f_{cd} =$	24.9 N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE:	$f_{ctd} =$	1.79 N/mm ²
Massime tensioni di compressione in esercizio:		
Combinazione rara	$\sigma_{c,ad} =$	14.94 N/mm ²
Combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} =$	11.21 N/mm ²
Classe di esposizione		XC2
Classe di consistenza slump:		S3-S4
Contenuto minimo di cemento:		280 daN/m ³
Massima dimensione aggregato		25 mm
Copriferro		40 mm
Rapporto A/C		0.5

Acciaio per cemento armato

Acciaio per cemento armato tipo B450C secondo D.M. 14.01.2008, avente le seguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq$	450	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq$	540	N/mm ²
Modulo elastico	$E_s =$	2.1E+05	N/mm ²
Coefficiente di sicurezza SLU:	$\gamma_s =$	1.15	
Resistenza di calcolo SLU:	$f_{sd} =$	391.30	N/mm ²
Tensione di calcolo SLE:	$\sigma_{y,ad} =$	360	N/mm ²

Deve rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{y, nom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{t, nom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
$(f_v/f_{v, nom})_k$	$< 1,35$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$:	$\geq 7,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 ϕ	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 ϕ	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 ϕ	

5 PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Lungo il tracciato in esame si rinvencono fondamentalmente depositi lapidei. Procedendo a partire dal p.c. fino alla massima profondità investigata (30.0 m) si riscontra la presenza delle seguenti unità:

- Unità TV - Terreno vegetale: si tratta del primo strato di spessore pari a circa 60÷70 cm, costituito da sabbia con resti vegetali;
- Unità S – Sabbia e Sabbia limosa: sabbia / sabbia limosa con ciottoli calcarei e/o calcarenitici;
- Unità CBA - Calcari di Bari: si tratta di calcari dolomitici bianchi o grigio chiari. L'ammasso si presenta da fratturato a molto fratturato, duro, e caratterizzato talvolta dalla presenza di vuoti generati da dissoluzione carsica, quasi sempre riempiti da materiale residuale di colore rossastro, a granulometria limo – sabbiosa. All'interno di tale unità si intercetta una fascia di alterazione denominata CBAalt.

Unità	Stratigrafia (m da p.c.)	Peso per unità di volume γ_g (kN/m ³)	Angolo di attrito efficace ϕ' (°)	Coesione efficace c' (kPa)	E' (MPa)
S	0.0÷2.00	20	35	0	30
CBAalt	>2.0	24	35	10	200

Per il terreno di ritombamento si adotteranno i seguenti parametri:

$$c' = 0 \text{ KPa}$$

$$\phi' = 34^\circ$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 19 \text{ kN/mc}$$

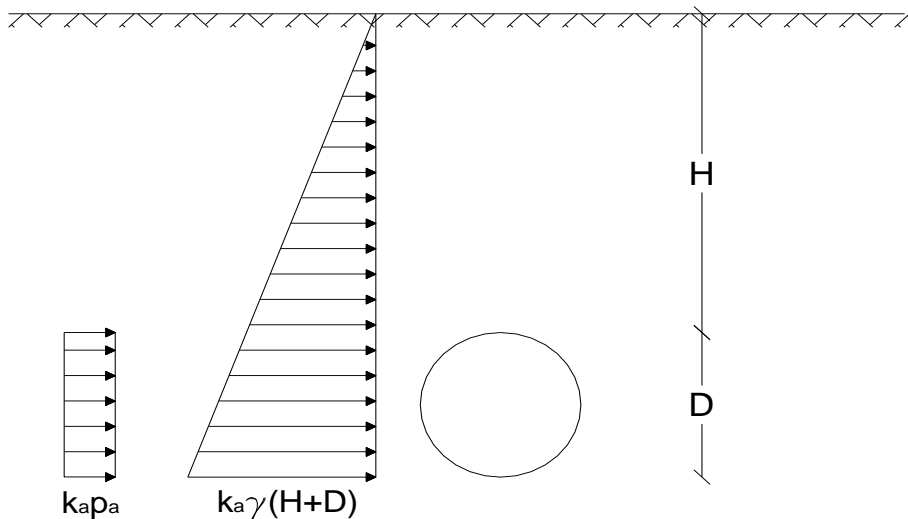
Ai fini del dimensionamento delle opere definitive è stata considerata una falda posta cautelativamente a +0.5m sul livello del mare

Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione geotecnica.

6 VERIFICA DELLA TUBAZIONE

6.1 Premessa

Il calcolo dei carichi ripartiti dovuti al terreno, all'acqua ed ai sovraccarichi mobili, nonchè il calcolo delle sollecitazioni massime a cui il tubo è soggetto nelle condizioni sopra indicate verrà condotto facendo riferimento al D.M. 04-04-2014.



6.2 Analisi dei carichi

A. Pesi propri:

- Acciaio 78.5 kN/m³
- Peso terreno 19 kN/m³

B. Carico ripartito superiore: corrispondente al peso del terrapieno sovrastante la tubazione ed al carico mobile.

E' dato dalla somma di due termini p_{st} (carichi permanenti) e p_{acc} (sovraccarichi mobili):

$$p_{st} = \gamma_t * H$$



RIASSETTO NODO DI BARI
PROGETTO DEFINITIVO TRATTA A SUD DI BARI
VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI C.LE E BARI TORRE A MARE

RELAZIONE DI CALCOLO SPINGITUBO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA1U	04	E 78 CL	IN 01 00 401	B	12 di 28

Il carico accidentale è dovuto ai sovraccarichi mobili transitanti sui binari. Questi si valutano in base a quanto scritto nel D.M. del 04/04/2014:

$$p_{acc} = [15000 : (2.6+1.5H)] \text{ daN/m}^3 \text{ per ferrovie a semplice binario}$$

$$p_{acc} = [15000 : (3.08+0.8H)] \text{ daN/m}^3 \text{ per ferrovie a doppio binario}$$

dove H è la distanza minima tra il piano di posa del ballast e la generatrice superiore del tubo di protezione.

C. Carico ripartito laterale: corrispondente alla parte rettangolare del diagramma di spinta (terra + sovraccarico).

$$q_{st} = K_0 * \gamma_t * H$$

$$q_{acc} = K_0 * p_{acc}$$

assumendo il coefficiente di spinta in a riposo, calcolato come:

$$K_0 = (1 - \text{sen } \phi)$$

D. Carico triangolare laterale (pressione laterale variabile "z"): corrispondente alla parte triangolare del diagramma di spinta:

$$s_t = K_0 * \gamma_t * D$$

E. Reazione radiale costante: in un settore corrispondente ad un angolo al centro di 60°, in funzione del carico Q pari alla somma di tutti i carichi verticali agenti sulla tubazione.

$$Q = p_t * D_e + p_{acc} * D_e + \gamma_{acciaio} * (D_e^2 - D_i^2) * \pi / 4$$

Dove: D_i , D_e = diametro interno/esterno della tubazione

F. Carico idrostatico interno: corrispondente alla situazione in cui il tubo sia pieno d'acqua.

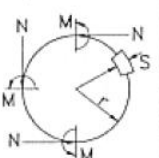
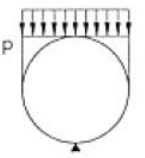
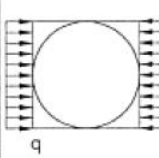
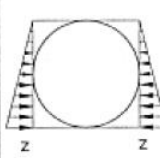
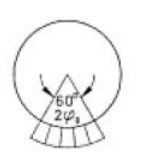
Nel caso di tubazione piena d'acqua al valore di "Q" così determinato si dovrà sommare il peso del liquido contenuto P_a :

$$Q' = Q + P_{acqua} = Q + (\gamma_{acqua} \times D_i^2 \times \pi / 4)$$

6.3 Calcolo delle sollecitazioni

Vengono di seguito determinati i momenti flettenti e gli sforzi assiali nelle sezioni più significative della tubazione indotti dai carichi precedentemente indicati.

I contributi dovuti alle diverse condizioni di carico sono stati calcolati seguendo le indicazioni riportate nella seguente tabella.

	A	B	C	D	E
	PESO PROPRIO	CARICO RIPARTITO SUPERIORE	CARICO RIPARTITO LATERALE	CARICO TRIANGOLARE LATERALE	REAZIONE RADIALE COSTANTE SETTORE $2\varphi_s = 60^\circ$
SCHEMA					
SEZIONE VERTICALE SUPERIORE	$M = \frac{1}{2} \gamma_1 sr^2$ $N = -\frac{1}{2} \gamma_1 sr$	$M = \left(\frac{4}{3\pi} - \frac{1}{8}\right) pr^2 = 0.29941 pr^2$ $N = -\frac{1}{3\pi} pr = -0.10610 pr$	$M = -\frac{1}{4} qr^2$ $N = qr$	$M = -\frac{5}{48} zr^2 = -0.10417 zr^2$ $N = \frac{5}{16} zr = 0.31250 zr$	(Q=reazione totale) $M = -0.0073038 Qr$ $N = 0.014817 Q$
SEZIONE ORIZZONTALE MEDIANA	$M = -\frac{\pi-2}{2} \gamma_1 sr^2 = -0.57080 \gamma_1 sr^2$ $N = \frac{\pi}{2} \gamma_1 sr = 1.57080 \gamma_1 sr$	$M = \left(\frac{1}{\pi} - \frac{5}{8}\right) pr^2 = -0.30669 pr^2$ $N = pr$	$M = \frac{1}{4} qr^2$ $N = 0$	$M = \frac{1}{8} zr^2 = 0.125 zr^2$ $N = 0$	$M = 0.0075118 Qr$ $N = 0$
SEZIONE VERTICALE INFERIORE	$M = \frac{3}{2} \gamma_1 sr^2$ $N = \frac{1}{2} \gamma_1 sr$	$M = \left(\frac{2}{3\pi} + \frac{3}{8}\right) pr^2 = 0.58721 pr^2$ $N = \frac{1}{3\pi} pr = 0.10610 pr$	$M = -\frac{1}{4} qr^2$ $N = qr$	$M = -\frac{7}{48} zr^2 = -0.14583 zr^2$ $N = \frac{11}{16} zr = 0.68750 zr$	$M = -0.11165 Qr$ $N = 0.11916 Q$

dove:

M = momento flettente

N = sforzo normale

p = carico uniformemente ripartito dovuto ai carichi mobili ed al peso della massicciata

q = pressione uniforme dovuta alle spinte orizzontali

z = pressione variabile dovuta alle spinte orizzontali

R = raggio medio della tubazione (assunto cautelativamente pari al raggio esterno)

s = spessore della tubazione

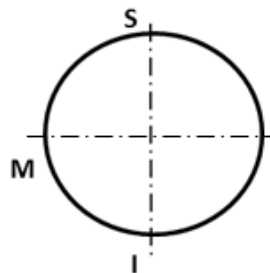
γ_t = peso specifico del materiale costituente la tubazione

6.4 Dati

diámetro	Φ =	600	mm
D int	0.600	m	
spessore	0.012	m	
D ext	0.624	m	
raggio med	r =	0.306	m
γ_{tub}	78.5	KN/mc	
γ_t	19	KN/mc	
Φ_t	34	°	
ricoprim.	H =	2.60	m

6.5 Calcolo delle sollecitazioni

A) PESO PROPRIO TUBAZIONE		
peso proprio tubo	1.81	KN/m
B) CARICO RIPARTITO SUPERIORE		
peso terreno sovrastante		
P_{st}	49.4	KN/mq
traffico ferroviario		
binario semplice		
doppio binario X		
P_{acc}	29.07	KN/mq
C) CARICO RIPARTITO LATERALE q		
SPINTE LATERALI		
K_o	0.44	
q_{st}	21.79	KN/mq
q_{acc}	12.82	KN/mq
D) CARICO TRIANGOLARE LATERALE		
s_t	5.03	KN/mq
E) REAZIONE RADIALE		
Q	50.78	KN/mq
F) CARICO IDROSTATICO INTERNO		
P_{acqua}	2.83	KN/mq



	Sezione verticale superiore	Sezione orizzontale mediana	Sezione verticale inferiore	
A) PESO PROPRIO				
	Sup	Med	Inf	
N	0.14	0.45	0.14	KN/m
M	0.04	-0.05	0.13	KNm/m
B) RICOPRIMENTO				
	P_{st}	49.4	KN/mq	
N	-1.60	15.12	1.60	KN/m
M	1.39	-1.42	2.72	KNm/m
B) SOVRACCARICO ACCIDENTALE				
	P_{acc}	29.07	KN/mq	
	Sup	Med	Inf	
N	-0.94	8.90	0.94	KN/m
M	0.82	-0.83	1.60	KNm/m
C) SPINTA LATERALE RETTANGOLARE RICOPR.				
	q_{st}	21.79	KN/mq	
	Sup	Med	Inf	
N	6.67	0.00	6.67	KN/m
M	-0.51	0.51	-0.51	KNm/m
C) SPINTA LATERALE RETTANGOLARE ACC.				
	q_{acc}	12.82	KN/mq	
	Sup	Med	Inf	
N	3.92	0.00	3.92	KN/m
M	-0.30	0.30	-0.30	KNm/m

D) SPINTA LATERALE TRIANGOLARE				
	s_t	5.03	KN/mq	
	Sup	Med	Inf	
N	0.48	0.00	1.06	KN/m
M	-0.05	0.06	-0.07	KNm/m
E) REAZIONE RADIALE				
	Q	50.78	KN/mq	
	Sup	Med	Inf	
N	0.75	0.00	6.05	KN/m
M	-0.11	0.12	-1.73	KNm/m
F) CARICO IDROSTATICO INTERNO				
	P_{acqua}	2.83	KN/mq	
	Sup	Med	Inf	
N	0.04	0.00	0.34	KN/m
M	-0.01	0.01	-0.10	KNm/m

TOTALE SLU				
1.35(G+P)+1.45Q				
	Sup	Med	Inf	
N	13.1	33.9	28.5	KN/m
M	1.76	-1.8	2.5	KNm/m

6.6 Verifiche di resistenza

Le verifiche di resistenza sono effettuate seguendo le indicazioni riportate al punto 4.2.4.1.2 del DM 14/02/2008, ovvero confrontando la massima tensione prodotta nello spessore del tubo, con la resistenza di progetto del materiale.

Noti i valori degli sforzi normali N e del momento flettente M per le tre sezioni indicate in precedenza si procede al calcolo delle tensioni all'estradosso e all'intradosso della tubazione, rispettivamente indicati con σ_e e σ_i mediante le relazioni:

- $\sigma_i = \frac{N}{s} - 6 \frac{M}{s^2}$ con s che indica lo spessore della tubazione;
- $\sigma_e = \frac{N}{s} + 6 \frac{M}{s^2}$;

	TOTALE	SLU	1.35(G+P)+1.45Q
	Sup	Med	Inf
σ_e	74.5	-73.1	105.5
σ_i	-72.3	78.8	-100.7

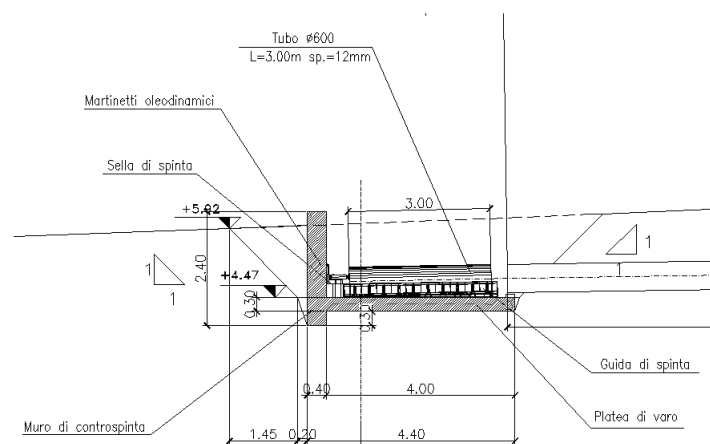
La resistenza di progetto vale:

$$f_{yd} = 355/1.05 = 338 \text{ MPa}$$

Le verifiche sono soddisfatte.

7 VERIFICA DEL MURO REGGISPINTA

7.1 Verifica spinta



Sezione muro e platea

Per la verifica del muro reggispinginta si determina il massimo valore della spinta da applicare al tubo, durante le operazioni di tunneling. Questo è stato valutato come:

$$S_{\max} = L \times U \times \sigma_{h,media} \times f_{lat}$$

dove:

L = lunghezza massima del tratto d'opera a contatto con il terrapieno

U = perimetro del tubo = πD

$\sigma_{h,media}$ = pressione media agente sul tubo, cautelativamente posta pari alla massima tens. Vert. = $\gamma^*(H+D_n)$

f_{lat} = coefficiente di attrito laterale acciaio-terreno, assunto pari a 0.20.

Il muro reggispinginta ha un'altezza di 2.4 m ed una larghezza di 3.00 m.

Si trascura il contributo dell'attrito presente all'interfaccia della soletta di varo.

La spinta passiva esercitata sul muro è pari a:

$$S_p = 0.5 \times \gamma_t \times K_p \times H^2 \times B + q \times K_p \times H \times B$$

La verifica del muro é soddisfatta $S_p > S_{max}$.

diametro	Φ	600	mm
lunghezza	L	26	m
perimetro	U	1.88	mq
peso terreno rinterro	γ_t	19	KN/mc
ricoprim.	H	3	m
angolo attrito fond	ϕ	34	
coeff. Sp. pass	K_p	3.54	-
tensione media	$\sigma_{h,med}$	60.8	KN/mq
coeff. attr.lat.	f_{lat}	0.2	-
Altezza muro	H_m	2.4	m
Larghezza muro	B_m	3.0	m
peso zavorra	q	0	kPa
Spinta da applicare			
$S_{max} =$	570	kN	
Spinta passiva resistente			
$S_p =$	581	kN	
VERIFICA SODDISFATTA			

7.2 Verifica armatura muro

Per il calcolo dell'armatura longitudinale si assume l'ipotesi che la spinta venga ripartita uniformemente sull'intera lunghezza della parete considerando l'interasse massimo tra i martinetti come distanza tra due appoggi.

Assumendo il valore massimo di pressione unitaria:

$$p = S_T / L_{ms}$$

il momento e il taglio considerando la struttura di ripartizione come una trave continua su più appoggi, i cui appoggi sono costituiti dai martinetti valgono:

$$M = pl^2 / 12$$

$$T = pl/2$$

con $l = i_m$ =interasse martinetti

Si ha:

Altezza totale muro di spinta	h_{ms}	2.40	m
Altezza muro sopra la platea	h_{ms2}	1.80	m
spessore muro di spinta	S_{ms}	0.40	m
Lunghezza muro di spinta	L_{ms}	3.00	m
Interasse martinetti	i_m	0.60	m

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA DEL MURO REGGISPINTA

$S_{max} =$	596	kN	(spinta totale di infissione)
$\gamma_{SLU} =$	1.5		(coefficiente moltiplicativo dei carichi)
$S_{T,d} = S_T * \gamma_{SLU} =$	894	kN	(spinta di progetto)
$p = S_T / L_{ms} =$	199	kN/m	(pressione agente sul muro reggispinta al metro)
$M_{SLU} = \gamma_{SLU} * pl^2 / 12 =$	9	kNm	(azione di momento sul muro reggispinta)
$T_{SLU} = \gamma_{SLU} pl / 2 =$	89	kN	(azione di taglio sul muro reggispinta)
$m_{SLU} = M_{SLU} / h_{ms} =$	4	kNm/ml	(azione di momento sul muro reggispinta al metro)
$t_{SLU} = T_{SLU} / h_{ms} =$	50	kN/ml	(azione di taglio sul muro reggispinta al metro)

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: Muro-spicc

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inertzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di calcolo fcd:	141.60	daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.00	daN/cm ²
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	314750	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	25.60	daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	150.00	daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	112.50	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200	mm



RIASSETTO NODO DI BARI
PROGETTO DEFINITIVO TRATTA A SUD DI BARI
VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI C.LE E BARI TORRE A MARE

RELAZIONE DI CALCOLO SPINGITUBO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA1U	04	E 78 CL	IN 01 00 401	B	22 di 28

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di calcolo ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	3600.0	daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C25/30
N°vertice:	X [cm] Y [cm]
1	-50.0 0.0
2	-50.0 40.0
3	50.0 40.0
4	50.0 0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.8	7.2	14
2	-42.8	32.8	14
3	42.8	32.8	14
4	42.8	7.2	14

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	3	14
2	4	1	3	14

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x
N°Comb.	N Mx My Vy Vx



RIASSETTO NODO DI BARI
PROGETTO DEFINITIVO TRATTA A SUD DI BARI
VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI C.LE E BARI TORRE A MARE

RELAZIONE DI CALCOLO SPINGITUBO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA1U	04	E 78 CL	IN 01 00 401	B	23 di 28

1 0 400 0 5000 0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0	267	0

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0	267 (7311)	0 (0)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0	267 (7311)	0 (0)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mx ult	Momento flettente ultimo [daNm] intorno all'asse X di riferimento della sezione
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)



RIASSETTO NODO DI BARI
PROGETTO DEFINITIVO TRATTA A SUD DI BARI
VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI C.LE E BARI TORRE A MARE

RELAZIONE DI CALCOLO SPINGITUBO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA1U	04	E 78 CL	IN 01 00 401	B	24 di 28

As Tesa Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0	400	0	0	10601	0	26.503	15.4(8.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00881	-50.0	40.0	-0.00167	42.8	32.8	-0.02006	-42.8	7.2

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000718348	-0.025233934	0.149	0.700

METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
 Vsdu Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
 Vwct Taglio trazione resistente [daN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)NTC]
 d Altezza utile sezione [cm]
 bw Larghezza minima sezione [cm]
 Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]
 Scp Tensione media di compressione nella sezione [daN/cm²]

N°Comb	Ver	Vsdu	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	5000	13641	32.8	100.0	0.0023	0.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [daN/cm²]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [daN/cm²]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	--------



RIASSETTO NODO DI BARI
PROGETTO DEFINITIVO TRATTA A SUD DI BARI
VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI C.LE E BARI TORRE A MARE

RELAZIONE DI CALCOLO SPINGITUBO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA1U	04	E 78 CL	IN 01 00 401	B	25 di 28

1 S 2.3 -50.0 40.0 -115 -42.8 7.2 1314 7.7 19.6 1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.3	-50.0	40.0	-115	-42.8	7.2	1314	7.7	19.6	0.50

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver.	Esito della verifica
S1	Massima tensione [daN/cm ²] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
S2	Minima di trazione [daN/cm ²] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area Ac eff
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= (S1 + S2)/(2*S1) con riferimento all'area tesa Ac eff
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	= $1 - \text{Beta}12 * (\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12 * (\text{fctm}/\text{S2})^2 = 1 - \text{Beta}12 * (\text{Mfess}/\text{M})^2$
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure . Il valore limite = $0.4 * \text{Ss}/\text{Es}$ è tra parentesi
srm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e \text{ sm} * \text{srm}$. Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [daNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [daNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.9	-0.2	0.152	14	65.0-373.879	0.00002 (0.00002)	314	0.012 (0.30)	7311	0	

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.3	-50.0	40.0	-115	-42.8	7.2	1314	7.7	19.6	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.9	-0.2	0.152	14	65.0-373.879	0.00002 (0.00002)	314	0.012 (0.20)	7311	0	

7.3 Verifiche armatura platea di varo

Lunghezza platea di varo	L_{Upv}	4.00	m
Larghezza platea di varo	L_{apv}	3.00	m
Altezza platea di varo	H_{pv}	0.30	m

In base a dati sperimentali, si può valutare che il valore della spinta di primo distacco per cui il tubo inizia la sua traslazione sia circa pari al peso del tubo stesso:

Spinta di primo distacco

$S_i =$	$P_{tubo} =$	47	kN	(sforzo di trazione agente sulla platea)
$s_i =$	$S_i / L_{Upv} =$	16	kN/m	(sforzo di trazione agente sulla platea al metro)

VERIFICA DELLA PLATEA DI VARO

$f_{sd} =$	391.3	N/mm ²		(Resistenza di calcolo dell'acciaio)
$\gamma_{SLU} =$	1.5			(coefficiente moltiplicativo dei carichi)
$s_{i,d} =$	$s_i \cdot \gamma_{SLU} =$	23.5	kN/m	(sforzo assiale di progetto)
$A_{s,min} =$	$s_{i,d} / f_{sd} =$	60.1	mm ² /m	(area minima di armatura resistente)
$\phi_{lon} =$	14	mm		(Diametro armatura longitudinale)
$p_1 =$	200	mm		(passo barre in direzione longitudinale)
$n_1 =$	10			(numero barre in direzione longitudinale)
$A_{s,eff} =$	1539	mm ²	OK	(area effettiva di armatura longitudinale)
$\phi_{tr} =$	14	mm		(Diametro armatura trasversale)
$p_2 =$	200	mm		(passo barre in direzione trasversale)
$n_2 =$	10			(numero barre in direzione trasversale)
$A_{tr,sv} =$	1539	mm ²	>25%Aseff	

7.4 Riepilogo armature

Elemento strutturale	Armatura longitudinale	Armatura trasversale
Platea di varo	$\phi 14/20$ sup. e inf. longitudinale	$\phi 14/20$ sup. e inf. trasversale
Muro	$\phi 14/20$ est. e int. longitudinale	$\phi 14/20$ est. e int. trasversale



RIASSETTO NODO DI BARI
PROGETTO DEFINITIVO TRATTA A SUD DI BARI
VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI C.LE E BARI TORRE A
MARE

RELAZIONE DI CALCOLO SPINGITUBO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA1U	04	E 78 CL	IN 01 00 401	B	28 di 28

8 CENNI AL MONITORAGGIO DI LIVELLAZIONE SUPERFICIALE DEL PIANO CAMPAGNA E DEL P.F.

Durante l'attività di scavo devono essere misurati i possibili cedimenti del suolo e del piano ferro, che si determinano nel breve e nel lungo termine.

Le misure di cedimento al piano ferro consistono nel rilievo della quota di caposaldi posizionati, compatibilmente con la disponibilità dei luoghi, su allineamenti ubicati perpendicolarmente all'asse della tubazione.

Le misure di livellazione topografiche verranno eseguite con la frequenza che verrà stabilita dalla Direzione Lavori.

Il sistema di acquisizione dati deve essere costituito da una stazione composta da livello elettronico in grado di restituire i cedimenti dei caposaldi con la precisione di ± 1 mm.

I valori di cedimento in superficie non dovranno superare la soglia massima di 10 mm complessivi, per le zone di rilevato, mentre per quanto riguarda il piano di rotolamento della rotaia, devono essere rispettati i limiti imposti dalle specifiche RFI.