COMUNE DI MOLA DI BARI

PROVINCIA DI BARI

LAVORI DI ADEGUAMENTO DEL RECAPITO FINALE E COMPLETAMENTO DELLE RETI DI FOGNATURA BIANCA DELLE ZONE A SUD E OVEST DELL'ABITATO

CODICE CIG: 516417298A

PROGETTO DEFINITIVO 1° LOTTO

PROGETTAZIONE:
COSTITUENDO RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI

Studio Romanazzi-Boscia e Associati s.r.l.
(Capogruppo Mandataria)

Prof. ing. Eligio Romanazzi _____

Ing. Giovanni F. Boscia _____

Ing. Sebanino Giotta _____

Ing. Fabio Paccapelo _____

Dott. Ing. Fabio ROMITO _____
(Mandante)

ORDINE DEGLI INGEGNERI PROVINCIA DI BARI — INGEGNERE GIOVANNI FRANCESCO BOSCIA Sez. A - 2823 — a) CIVILE AMBIENTALE b) INDUSTRIALE c) dell'INFORMAZIONE

ORDINE DEGLI INGEGNERI PROVINCIA DI BARI — INGEGNERE ELIGIO ROMANAZZI Sez. A - 1323 — a) CIVILE AMBIENTALE b) INDUSTRIALE c) dell'INFORMAZIONE

ORDINE DEGLI INGEGNERI PROVINCIA DI BARI — INGEGNERE FABIO PACCAPELO Sez. A - 6089 — a) CIVILE AMBIENTALE b) INDUSTRIALE c) dell'INFORMAZIONE

ORDINE DEGLI INGEGNERI PROVINCIA DI BARI — INGEGNERE SEBANINO GIOTTA Sez. A - 6067 — a) CIVILE AMBIENTALE b) INDUSTRIALE c) dell'INFORMAZIONE

ORDINE DEGLI INGEGNERI PROVINCIA DI BARI — INGEGNERE FABIO ROMITO Sez. A - 9590 — a) CIVILE AMBIENTALE b) INDUSTRIALE c) dell'INFORMAZIONE

Elaborato: **A.9**

Scala:

Data: Luglio 2018

RELAZIONE ATTRAVERSAMENTO FFS KM 667+352

INDICE

1 Premessa 2
2 Modalità di attraversamento del tratto ferroviario 2
3 Caratteristiche tecniche dei materiali impiegati 3
4 Verifica della condotta: attraversamento ferroviario a doppio binario 4
5 Modalità di realizzazione dell'attraversamento mediante spingitubo 7

1 PREMESSA

La presente relazione è stata sviluppata nell'ambito del Progetto Definitivo per i "*Lavori di adeguamento del recapito finale e completamento delle reti di fognatura bianca delle zone a sud e ovest dell'abitato*".

Il progetto prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- rete di collettori fognari in calcestruzzo armato prefabbricato di vario diametro;
- collettore emissario costituito da uno scatolare in calcestruzzo armato prefabbricato;
- tratto terminale del collettore emissario costituito da un canale a cielo aperto.

La realizzazione delle predette condotte interseca la rete ferroviaria ed in particolare il tronco M-O in c.a. del DN1400 interseca, tra le sezioni 82 e 83 (sezioni corrispondenti ai muri appartenenti ad RFI) la rete ferroviaria delle Ferrovie dello Stato (linea Bari – Lecce) alla progressiva km 667+352.

In corrispondenza di tale progressiva chilometrica vi è uno scambio e la linea ferroviaria è costituita da complessivi n.4 binari (di cui uno trasversale) con ferro posto rispettivamente alle quote 20.26, 20.30, 20.31 e 20.32 m sul livello medio mare. Per le verifiche successive si è utilizzato come piano del ferro la quota più cautelativa, ovvero 20,26 m slm.

2 MODALITÀ DI ATTRAVERSAMENTO DEL TRATTO FERROVIARIO

L'attraversamento ferroviario sarà effettuato mediante perforazione a spinta monitorata e direzionabile.

Lo scavo avverrà mediante l'avanzamento di "conci" di tubazione calcestruzzo armato prefabbricato del diametro interno Di=1400 mm e diametro esterno De=1720 mm, che costituiranno la linea, e di un'unità di perforazione spinta da martinetti idraulici situati nella camera di partenza ed agenti per il tramite di un anello ripartitore (anello di spinta).

L'attraversamento a spinta verrà effettuato tra le sezioni 81 ed 84 per una lunghezza di 49 m.

La condotta che sarà posata è realizzata in calcestruzzo C 40/50 con armatura doppia in acciaio B450C avente sistema di giunzione maschio e femmina completo di giunto a tenuta costituito da un manicotto in acciaio Fe360 verniciato e incorporato nel getto e da una guarnizione elastomerica SBR a sezione cuneiforme di tenuta montata sul giunto maschio.

A monte e a valle dell'attraversamento è prevista la realizzazione di idonei pozzetti di ispezione.

3 CARATTERISTICHE TECNICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

L'attraversamento sarà realizzato in conformità al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 4 aprile 2014, "*Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto*".

Infatti, con riferimento alle "*5 - Norme tecniche per gli attraversamenti di ferrovie con condotte o canali convoglianti acque a pelo libero*":

- ai sensi dell'art. 5.2, l'attraversamento sarà realizzato con tubazioni di materiale che non venga attaccato dai liquidi di scarico e che siano auto resistenti. Inoltre, essendo le condotte autoresistenti, non necessitano di tubo di protezione;
- ai sensi dell'art. 5.3, la profondità tra il piano del ferro e la generatrice superiore della tubazione è superiore a 2m. Infatti, considerando la quota del cielo condotta in corrispondenza della sezione 81 paria 15,87 m slm (dato dalla somma della quota di scorrimento 14,31 m slm, del diametro interno della condotta di 1,40 m e dello spessore della condotta stessa di 0,16 m) e la quota del ferro posta a 20,26 m slm, risulta una profondità minima di 4,39 m;
- ai sensi dell'art. 5.4, è prevista la realizzazione di pozzetti di ispezione ubicati a non meno di 10 m dalla più vicina rotaia e di 3 m dal piede del rilevato o dal ciglio della trincea (infatti il pozzetto di monte è posto a circa 11,90 m dal muro perimetrale posto a sud della linea ferroviaria ed il pozzetto di valle è posto a 12,40 m dal muro perimetrale posto a nord);
- ai sensi dell'art. 4.1.1.1, il tracciato della condotta intersecherà in maniera perpendicolare l'asse del binario;
- in prossimità dell'attraversamento non esistono opere d'arte, impianti tecnologici o altre strutture che impongono il rispetto di particolari distanze, come stabilito dall'art'4.1.1.2.
- ai sensi dell'art. 4.1.1.4, la condotta attraversante sarà interrata a una quota tale che l'estradosso del tubo di protezione si troverà a una profondità maggiore di 2 m al disotto del piano attuale di ferro;

Nel seguito si riportano i calcoli di verifica statica ed idraulica delle opere di attraversamento richiesti dalle "*Norme tecniche*"

4 VERIFICA DELLA CONDOTTA: ATTRAVERSAMENTO FERROVIARIO A DOPPIO BINARIO

L'attraversamento interessa una linea ferroviaria a doppio binario e sarà effettuato con l'infissione di una condotta in calcestruzzo autoportante del diametro interno 1400 mm e spessore 160 mm infissa in terreno di peso specifico 1,8 t/mc e angolo di attrito 30°.

Di seguito si riportano i calcoli effettuati secondo le *"Norme tecniche"*.

Il calcolo dello spessore del tubo è stato eseguito in base alla sollecitazione massima:

$$\sigma max = max\ (N/A + My/J) = max\ \{4N/\pi\ (de^2 - di^2) + 32Mde/\pi\ (de^4 - di^4)\}$$

Considerando i seguenti criteri di calcolo:

a) Peso proprio del tubo

$$P1 = gg\ \pi\ D\ S$$

dove:

gg = 2,5 t/m^3 peso specifico del calcestruzzo armato

D = diametro del tubo (= 1.400 mm)

S = spessore del tubo (= 160 mm) per cui

$$P1 = 2,5 \times \pi \times 1,40 \times 0,160 \times 1000 = \mathbf{1.759,29\ kg/ml}$$

b) Sovraccarico uniformemente distribuito

corrispondente al peso del terreno sovrastante le tubazioni ed al carico mobile transitante sul binario valutato per ferrovie a doppio binario. Tale sovraccarico è stato valutato con la seguente espressione:

$$p = \gamma H + [15.000 / (3,08+0,8H)]$$

dove:

γ = 1,8 t/m^3 = peso specifico del terreno;

H = 4,39 m = distanza minima tra il piano del ferro e la generatrice superiore del tubo;

si ricava:

$$p = 1.800 \times 4,39 + [15.000 / (3,08+0,8x4,39)] = \mathbf{9.987,65\ kg/mq}$$

c) Carico ripartito laterale

corrispondente alla parte rettangolare del diagramma di spinta (terra + sovraccarico), valutato con la seguente espressione:

$$q = \gamma H\ Ka + Kp\ [15.000 / (3,08+0,8H)]$$

dove:

Ka = coefficiente di spinta attiva $\quad Ka = tg^2 (45 - Ø/2)$ $\quad$ dove Ø = 30° angolo di attrito del terreno

Kp = coefficiente di spinta passiva $\quad Kp = tg^2 (45 + Ø/2)$

H = distanza minima tra il piano il piano del ferro e la generatrice superiore del tubo di protezione

Essendo estremamente pessimistico prendere una spinta passiva della terra si può porre:

Kp = 1 per cui:

$$q = (1.800 \times 4,39) \times [tg2\ (45° - Ø/2)] + 1x[15.000 / (3,08+0,8H)] = \mathbf{4.719,65\ kg/mq}$$

d) Carico triangolare

corrispondente alla parte triangolare del diagramma di spinta, valutato con la espressione

$$Z = De\ \gamma\ tg2\ (45°- Ø/2\ )$$

per cui:

$$Z = 1{,}72 \times 1.800 \times tg2\ (45°\text{-}15°) = \mathbf{1.032\ Kg/mq}$$

e) Reazione radiale di un settore corrispondente ad un angolo al centro di 60°

pari alla somma di tutti i carichi verticali agenti sulla tubazione:

$$Q = p\ De + P1$$

$$Q = 9.987{,}65 \times 1{,}72 + 1.759{,}29 = \mathbf{17.178{,}92\ Kg/ml}$$

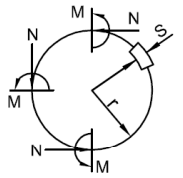
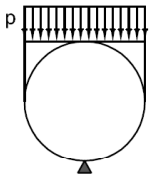
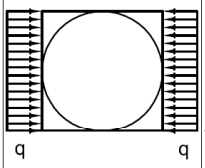
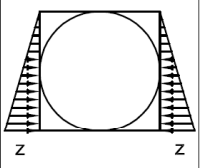
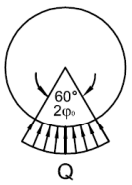
Per ogni situazione di carico sono stati calcolati nei punti indicati nella figura A, i momenti e gli sforzi normali.

	Peso Proprio		**Carico ripartito superiore**		**Carico ripartito laterale**		**Carico triangolare laterale**		**Reazione radiale**	
	M (kgm)	N (kg)	M (kgm)	N (kg)	M (kgm)	N (kg)	M (kgm)	N (kg)	M (kgm)	N (kg)
Sezione verticale superiore (1)	147,92	-172,00	2.211,70	-911,33	-872,66	4.058,90	-79,51	277,35	-96,82	280,61
Sezione orizzontale mediana (2-4)	-168,87	540,36	-2.634,28	8.589,38	872,66	0,00	95,41	0,00	99,58	0,00
Sezione verticale superiore (3)	443,76	172,00	5.043,77	911,33	-872,66	4.058,90	-111,31	610,17	-1.480,10	2.256,66

Combinando i carichi calcolati si determinano le seguenti tensioni.

	Sollecitazioni Complessive		**Tensioni**
	M (kgm)	**N (kg)**	**kg/cm**
Sezione verticale superiore (1)	1.310,62	3.533,52	**17,02**
Sezione orizzontale mediana (2-4)	-1.735,49	9.129,73	**116,05**
Sezione verticale superiore (3)	3.023,46	8.009,06	**102,86**

Considerando la resistenza caratteristica cilindrica minima del calcestruzzo C40/50 pari a 40N/mm^2 (pari a 400 kg/cm^2) e quindi una tensione ammissibile pari al 50% (200 kg/cm^2), lo spessore del tubo risulta quindi verificato nel caso di H = 4,39 m, pari a quella prevista nelle condizioni progettuali.

	A	B	C	D	E
	PESO PROPRIO	CARICO RIPARTITO SUPERIORE	CARICO RIPARTITO LATERALE	CARICO TRIANGOLARE LATERALE	REAZIONE RADIALE COSTANTE SETTORE $2\varphi_0 = 60°$
SCHEMA					
SEZIONE VERTICALE SUPERIORE	$M = \frac{1}{2}\gamma_t s r^2$ $N = -\frac{1}{2}\gamma_t s r$	$M = (\frac{4}{3\pi} - \frac{1}{8}) p r^2 = 0{,}29941\ p r^2$ $N = -\frac{1}{3\pi} p r = -0{,}10610\ p r$	$M = -\frac{1}{4} q r^2$ $N = q r$	$M = -\frac{5}{48} z r^2 = -0{,}10417\ z r^2$ $N = \frac{5}{16} z r = 0{,}31250\ z r$	Q = (reazione totale) $M = -0{,}0073038\ Q r$ $N = 0{,}014817\ Q$
SEZIONE ORIZZONTALE MEDIANA	$M = -\frac{\pi-2}{2}\gamma_t s r^2 = -0{,}57080\ \gamma_t s r^2$ $N = \frac{\pi}{2}\gamma_t s r = 1{,}57080\ \gamma_t s r$	$M = (\frac{1}{\pi} - \frac{5}{8}) p r^2 = -0{,}30669\ p r^2$ $N = p r$	$M = \frac{1}{4} q r^2 =$ $N = 0$	$M = \frac{1}{8} z r^2 = 0{,}125\ z r^2$ $N = 0$	$M = 0{,}0075118\ Q r$ $N = 0$
SEZIONE VERTICALE INFERIORE	$M = \frac{3}{2}\gamma_t s r^2$ $N = \frac{1}{2}\gamma_t s r$	$M = (\frac{2}{3\pi} + \frac{3}{8}) p r^2 = 0{,}58721\ p r^2$ $N = \frac{1}{3\pi} p r = 0{,}10610\ p r$	$M = -\frac{1}{4} q r^2$ $N = q r$	$M = -\frac{7}{48} z r^2 = -0{,}14583\ z r^2$ $N = \frac{11}{16} z r = 0{,}68750\ z r$	$M = -0{,}11165\ Q r$ $N = 0{,}11916\ Q$

M = momento flettente
N = sforzo assiale
p = carico uniformemente ripartito, dovuto ai carichi mobili ed al peso della massicciata
q = pressione uniforme dovuta alle spinte oprizzontali
z = pressione variabile dovuta alle spinte orizzontali
r = raggio medio della tubazione
s = spessore della tubazione
γ_t = peso specifico del materiale costituente la tubazione
Q = reazione radiale totale

Tabella 1 *– Allegato al DM 23 febbraio 1971 n.2445 (mod. secondo il DM 10 agosto 2004)*

5 MODALITÀ DI REALIZZAZIONE DELL'ATTRAVERSAMENTO MEDIANTE SPINGITUBO

Come già accennato in precedenza, in corrispondenza dell'attraversamento ferroviario, il tubo in c.a. prefabbricato sarà posto in opera, non mediante scavo a cielo aperto, ma mediante la tecnica dello **spingitubo**.

La suddetta tecnica consiste nella realizzazione di micro-gallerie rettilinee, generalmente di diametro compreso fra i 100 mm ed i 3000 mm, nel caso in questione una condotta in acciaio del DN 1400 mm, tramite l'infissione a spinta nel terreno della tubazione a fronte aperto e contemporaneo scavo.

L'infissione avviene per mezzo di una centrale idraulica di spinta ubicata all'esterno che agisce con propri martinetti sull'ultimo elemento facendo progressivamente avanzare tutti gli elementi all'interno della micro-galleria. Il necessario contrasto ai martinetti si realizza con una struttura provvisionale (opportunamente dimensionata) posizionata all'interno della camera di spinta, detta solitamente "*muro di controspinta*". Le attrezzature di scavo utilizzate variano in funzione del materiale, del diametro, della lunghezza della tubazione da inserire e delle condizioni geologiche del sito.

Determinante la presenza dell'attrito all'interfaccia tubazione-terreno: l'entità di detto fattore è vincolante nella determinazione della lunghezza massima di infissione e nell'utilizzo o meno di stazioni intermedie di spinta.

Nel caso in questione la lunghezza di spinta risulta pari a circa 49,00 m e senza stazioni intermedie di spinta.

***Figura 1** – Posa in opera di tubazioni mediante la tecnica dello spingitubo*

Solitamente si distinguono due diverse modalità operative:

1. Spingitubo ad infissione dislocante: l'infissione del tubo, per il tramite di martinetti di spinta, si realizza senza asportazione di terreno; nel caso di tubi di piccolo diametro e/o in presenza di terreni coesivi, la conseguente formazione di un'occlusione nella parte anteriore della tubazione impedisce l'ingresso continuo al suo interno: in tale caso l'avanzamento si esplica per spostamento del terreno al fronte di scavo. Qualora ciò non si verifichi, il terreno andrà a riempire pressoché totalmente la tubazione e da questa sarà quindi asportato a fine infissione;

2. Spingitubo con unità di perforazione manuale: per diametri maggiori un addetto opera in prossimità del fronte all'interno della tubazione e procede allo scavo con mezzo meccanico e con un sistema di allontanamento (carrelli, nastro trasportatore, etc.) del materiale di risulta.

Nel caso in questione, data la dimensione della condotta (DN1400) si procederà alla realizzazione di **spingitubo con unità di perforazione manuale**.

In genere si possono distinguere le seguenti **fasi operative di realizzazione** dello spingitubo:

- realizzazione della camera di spinta delle dimensioni opportune per il tipo di condotta da installare, con profondità dell'asse di spinta rispetto al piano dell'opera pari ad almeno 0,90 m; per diametri di tubo camicia compresi tra 400-1200 mm. Infatti la distanza compresa tra lo scorrimento inferiore del tubo camicia e il fondo della camera di spinta deve essere almeno pari a 0,90 m, mentre per diametri maggiori deve essere definita di volta in volta;
- posizionamento dell'attrezzatura di spinta: martinetti idraulici e telaio di guida posto in corrispondenza dell'asse del tracciato; sul telaio si posiziona il primo elemento da infiggere preceduto, nel caso di perforazione manuale, da uno scudo metallico a fronte aperto con funzione di "*tagliente*";
- la forza di spinta, attraverso un anello ripartitore, viene applicata sulla faccia posteriore della tubazione; infisso il primo elemento, se ne posiziona posteriormente un secondo (con giunto maschio-femmina o con saldatura) e si procede all'ulteriore successiva spinta;
- ad infissione ultimata, in corrispondenza della camera di arrivo (preferibilmente già realizzata) si procede al recupero dello scudo metallico.

***Figura 2** – Particolare martinetti idraulici*

L'allineamento della condotta viene solitamente controllato con sistemi laser; eventuali correzione di traiettoria di scavo, per mantenere la rettilineità della tubazione, si fanno sovra scavando dalla parte nella quale si vuole spostare lo scudo. Piccole quantità di venute d'acqua possono essere smaltite con gli usuali sistemi di aggottamento.