



TARANTO
Autorità portuale



DIREZIONE LAVORI



**INTERVENTI PER IL DRAGAGGIO DI 2,3 M m³ DI SEDIMENTI IN AREA MOLO
POLISETTORIALE PER LA REALIZZAZIONE DI UN PRIMO LOTTO DELLA CASSA DI
COLMATA FUNZIONALE ALL'AMPLIAMENTO DEL V SPORGENTE DEL PORTO DI TARANTO**
Progetto Esecutivo

ELABORATI GENERALI

Disciplinare tecnico integrativo al CSA

SCALA:

CODICE PROGETTO				CODICE ELABORATO				REV	REP						
P	U	G	102	P	E	G	E	00	00	R	E	08	B	5	17

REVISIONI	REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
B		Giugno 2016	Nota D.L. Prot. U-02973 del 01/06/2016	Lottiingegneria		
A		Gennaio 2016	Emissione per uso interno	Lottiingegneria		

Progettisti indicati - R.T.P.:



IL PROGETTISTA



Impresa:



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

1	PREMESSA	2
2	MARGINAMENTO A MARE	3
2.1	CARPENTERIA METALLICA	3
2.2	SISTEMA DI POSA IN OPERA.....	4
2.3	SIGILLATURA DEI GIUNTI.....	7
3	MARGINAMENTO A TERRA – DIAFRAMMA PLASTICO COMPOSITO	12
3.1	BONIFICA PROFONDA MEDIANTE FRANTUMAZIONE DEL RIEMPIMENTO ANTROPICO	
12		
3.2	DIAFRAMMA COMPOSITO CON TELO IN HDPE.....	13
4	CONSOLIDAZIONE COLMATA.....	17
4.1	SISTEMA DI DEWATERING.....	17
5	DRAGAGGIO.....	22
5.1	PROTEZIONE PIEDE BANCHINA	22
5.2	BAGS PER IL TRASPORTO SEDIMENTI.....	23

1 PREMESSA

La presente relazione fornisce, per le lavorazioni non previste nel Progetto Definitivo posto a Base di Gara ed introdotte in sede di offerta e di redazione della progettazione esecutiva, le specifiche tecniche che integrano le voci contenute nel Capitolato Speciale d'Appalto.

In particolare, vengono analizzati i seguenti argomenti:

- Marginamento a mare (carpenteria metallica e giunti);
- Marginamento a terra (bonifica e diaframma composito);
- Consolidazione colmata;
- Protezione piede banchina.

2 MARGINAMENTO A MARE

L'opera di marginamento della cassa di colmata lungo i due lati a mare è rappresentata da una struttura ad andamento lineare rettilineo, costituita da una sequenza di pali in acciaio di grande diametro e di diaframmi a doppia parete stagna (cofferdam) sempre in acciaio.

I pali, profondamente infissi nelle argille impermeabili grigio-azzurre (lunghezze di infissione di circa 12 metri mediante vibroinfissore), assolvono, sin dalle prime fasi di costruzione, alle esigenze di resistenza strutturale necessaria. I pali sono dotati di nervature verticali aventi funzione di guide strutturali nelle quali vengono inseriti diaframmi a mo' di "cassetto", con funzione di conterminazione.

Gli elementi sono caratterizzati da una lunghezza variabile lungo lo sviluppo del marginamento in funzione della stratigrafia rinvenuta in sede d'indagine (cfr. quota del tetto delle argille).

2.1 CARPENTERIA METALLICA

PALI E DIAFRAMMI

Acciaio tipo: S355 JR

Peso specifico: $\gamma_a = 78.50$ kN/mc

Tensione nominale di snervamento $f_{y\ nom} = 355$ N/mm²

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati) e UNI EN 10219 (per i tubi saldati).

La tabella n. 2 della UNI 10219 prescrive le seguenti tolleranze per le sezioni circolari:

Thickness (T)	For $D \leq 406,4$ mm: $T \leq 5$ mm ± 10 % $T > 5$ mm $\pm 0,5$ mm For $D > 406,4$ mm: ± 10 % with a maximum of ± 2 mm 0,20 % of total length and 3 mm over any 1 m length
Straightness (e)	

Per quanto riguarda i controlli sugli acciai, la fornitura e le saldature, si rimanda a quanto previsto dal Capitolo 11 delle "Norme Tecniche per le Costruzioni", DM 2008.

LAMIERINO

Per il lamierino metallico a Z saldato alle lamiere del gargame, si utilizzerà acciaio armonico temprato C67S BLEU D, che dovrà essere conforme alla norma UNI EN 10132.

PROTEZIONE CARPENTERIA METALLICA (Coating)

Ai manufatti verranno applicati i rivestimenti rispondenti alla ISO 12944 e alla ISO 20340. Le superfici saranno preparate prima dell'applicazione di qualsiasi rivestimento, al fine di raggiungere un grado SA 2.5 in accordo con la ISO 8501-1. Esse saranno prive di contaminazioni quali, ad esempio: olio, grasso, Sali e cloruri; idonei solventi dovranno essere utilizzati per rimuovere tali contaminanti.

Gli spessori del cappotto (film secco) posto in opera saranno controllati con strumentazione e calibrazione secondo la norma ISO 2808; l'adesione del cappotto sarà controllata secondo norma SS 184171- SIS.

Sistema tipico di rivestimento	Aspettativa di vita	Categoria corrosiva
Trattamento in poliestere spessore medio del film secco > 700 μm – o in alternativa – Trattamento epossidico con fiocco lucido spessore medio del film secco > 700 μm	20 anni e più	C5 - M

2.2 SISTEMA DI POSA IN OPERA

L'andamento lineare e rettilineo della struttura consente l'utilizzo di una dima di montaggio per l'infissione guidata che, velocizza e semplifica l'allineamento dell'intera opera.

L'infissione di pali e diaframmi seguirà le seguenti fasi (v. figura seguente):

- 1: il pontone, che trasporta un monopalo e un diaframma, si accosta alla piattaforma auto-sollevante;
- 2: la gru posizionata sulla piattaforma aggancia il diaframma sollevandolo;
- 3: quando il diaframma viene messo in posizione verticale il pontone si allontana dalla piattaforma;
- 4: apertura barca porta per il posizionamento del diaframma;
- 5: messa in quota e in asse con guide inferiori e bloccaggio del diaframma con morse superiori;
- 6: chiusura barca porta, inserimento del diaframma nel gargame palo, registrazione guida assiale e guida laterale ed infissione guidata diaframma per peso proprio;
- 7: il pontone si accosta alla piattaforma per la movimentazione del monopalo;
- 8: sollevamento del monopalo e apertura barca porta;
- 9: posizionamento palo con distanziatore, chiusura barca porta e posizione della guida del palo;
- 10: infissione guidata del palo per peso proprio, infissione del palo con vibrohammer;
- 11: infissione del diaframma con vibrohammer.



L'Impresa redigerà una procedura scritta del sistema di infissione e la sottoporrà alla Direzione Lavori. Tale procedura dovrà:

- definire le modalità di movimentazione degli elementi;
- definire le modalità di posizionamento degli elementi in sito (sollevamento, numero di elementi infissi simultaneamente, impiego di dime, ecc.);
- individuare la tipologia dei mezzi.

Per i restanti aspetti vale quanto indicato sui disegni di progetto.

La procedura dovrà dare evidenza delle interfaccia fra le diverse lavorazioni e del rispetto delle fasi e delle modalità di messa in opera descritte nel capitolato, negli elaborati grafici e nella relazione tecnica del presente progetto. E' data facoltà all'Impresa di proporre modifiche alle suddette fasi o modalità di messa in opera; l'operatività di tali modifiche è subordinata all'approvazione della documentazione da parte della Direzione Lavori.

INDICAZIONI GENERALI PER L'INFISSIONE

Durante l'infissione, la pressione o l'impatto dovranno essere esercitati in posizione baricentrica e in direzione dell'asse di infissione. Tutti gli elementi, durante l'infissione, dovranno sempre essere guidati, tenendo conto della loro rigidità e delle tensioni che occorrono durante l'infissione, fermo restando che la posizione di progetto deve essere quella raggiunta al termine dell'infissione. Per questo fatto, il sistema delle guide deve essere sufficientemente stabile, rigido e resistente.

L'infissione dovrà avvenire in modo tale che gli elementi siano inseriti dritti, verticali, paralleli l'uno all'altro e alla spaziatura prevista. Prerequisiti affinché ciò possa avvenire sono una buona guida durante il posizionamento iniziale ed il mantenimento di una corretta sequenza di infissione; inoltre è necessaria un'adeguata attrezzatura di infissione.

Le lavorazioni relative alla posa in opera dei pali e diaframmi del marginamento a mare verranno condotte con l'ausilio di adeguata strumentazione per il controllo del posizionamento planimetrico e della verticalità degli elementi. Durante le operazioni di infissione la posizione degli elementi, le loro condizioni e le azioni esercitate su di essi per realizzare

l'infissione devono essere costantemente controllati e devono essere effettuate opportune misure per verificare quando la posizione prevista in progetto è raggiunta.

Devono essere sottoposte a verifica sia la posizione iniziale che le fasi intermedie, in particolare dopo i primi metri di infissione. Questo infatti permette di percepire anche le più piccole deviazioni dalla posizione prevista (inclinazione, fuori piombo, disallineamento, ecc.) e di porvi rimedio.

In merito alle tolleranze di infissione vale quanto segue:

- tolleranza di verticalità: il disassamento angolare massimo rispetto alla verticale ammesso è del quattro per mille rispetto alla lunghezza del pezzo nelle direzioni perpendicolare e parallela all'allineamento del marginamento;
- tolleranza planimetrica dei pali: è ammesso uno scostamento massimo di ± 50 mm all'asse dell'allineamento;
- tolleranza planimetrica dei diaframmi: è ammesso uno scostamento massimo di ± 40 mm rispetto ai pali adiacenti;
- quota testa pali/diaframmi rispetto al progetto: scostamento massimo pari a ± 150 mm.

RAPPORTI DI INFISSIONE

Durante la fase d'infissione di ciascun elemento si procederà alla misura e registrazione delle velocità di infissione e dei parametri operativi dell'attrezzatura d'infissione, allo scopo di acquisire informazioni sulla resistenza opposta dal materiale attraversato.

Durante l'infissione l'Impresa compilerà, in contraddittorio con la Direzione Lavori, dei rapporti sulle principali osservazioni effettuate durante l'infissione.

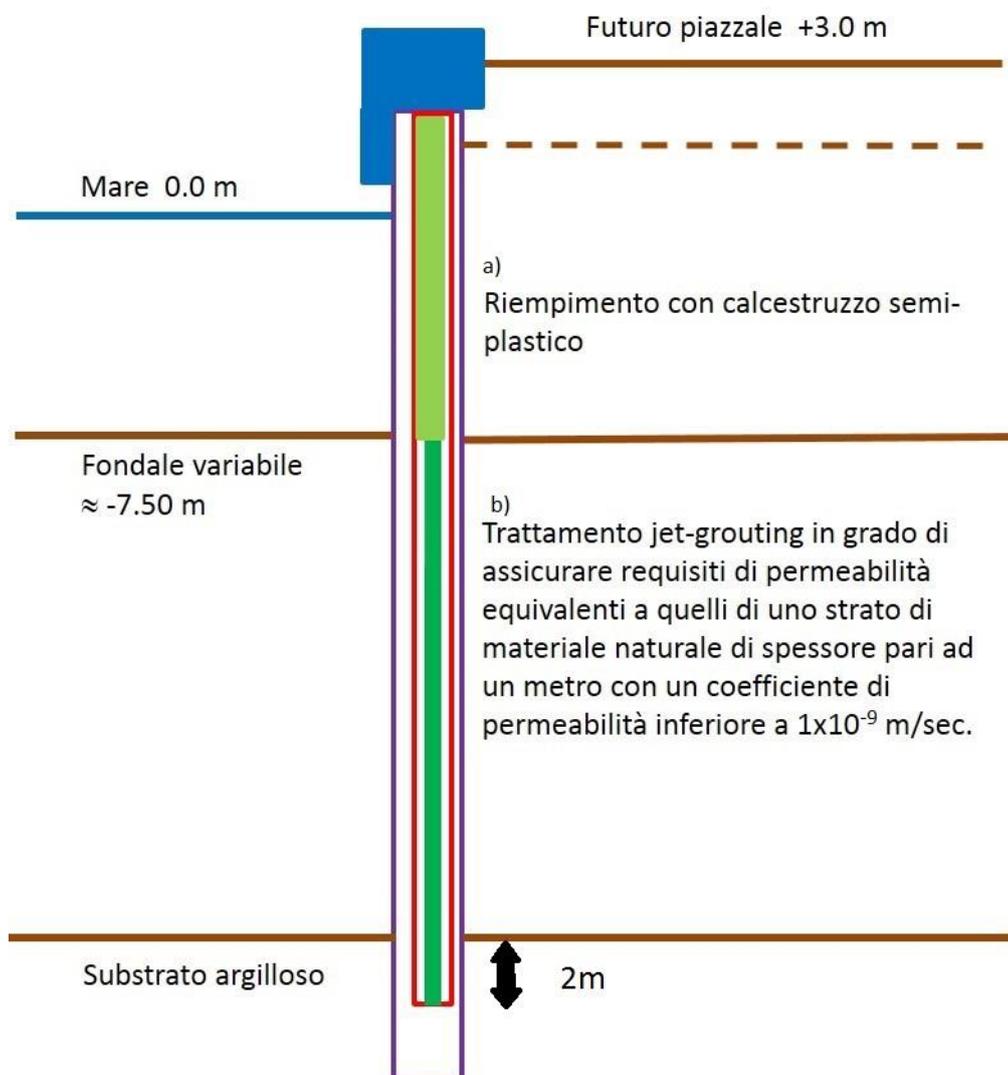
APPROVAZIONI DELLA DIREZIONE LAVORI

L'Impresa è tenuta a redigere la documentazione in merito alle modalità di fornitura e alle lavorazioni, secondo quanto richiesto dal presente disciplinare e le sottoporrà per approvazione alla Direzione Lavori. Tali documenti saranno consegnati con congruo anticipo rispetto alla data prevista per l'inizio delle lavorazioni, al fine di consentirne l'approvazione da parte della Direzione Lavori, senza causare ritardi ai tempi di cantiere previsti.

2.3 SIGILLATURA DEI GIUNTI

Tutti i giunti tra pali e diaframmi del marginamento dovranno essere sigillati, allo scopo di assicurare requisiti di permeabilità equivalenti a quelli di uno strato di materiale naturale di spessore pari ad un metro con coefficiente di permeabilità $k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s (art. 5 bis della Legge 84/1994 e s.m.i.). Il trattamento di sigillatura dei giunti tra palo e diaframma viene ottenuto mediante interventi all'interno del giunto che prevedono:

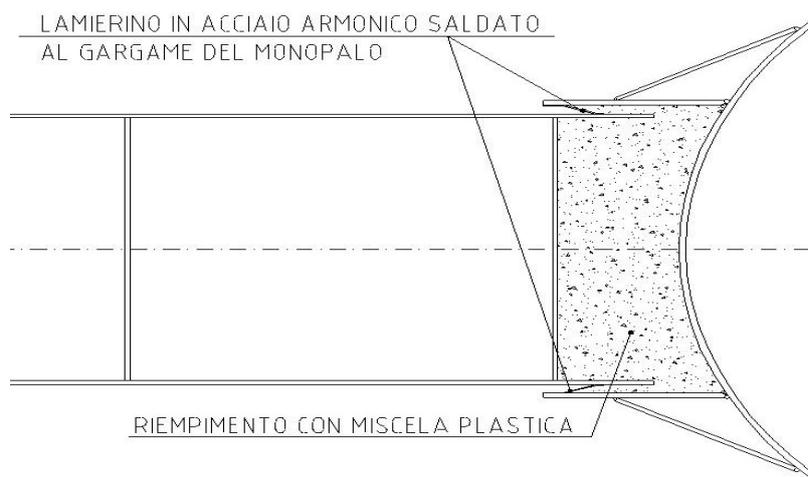
- il riempimento, da testa giunto (quota + 2,00) a quota fondale, con miscela semiplastica.
- il trattamento dei terreni confinanti all'interno del gargame con la tecnica del jet-grouting bi-tri fluido, da quota fondale fino a 2 metri al di sotto del tetto delle argille;



RIEMPIMENTO AL DI SOPRA DELLA QUOTA FONDALE

Per la parte al di sopra della quota fondale del giunto, per un'altezza variabile da 6,50 m a 10,50 m, come detto, viene previsto il riempimento completo con miscela plastica.

Nello spazio tra diaframma e gargame è previsto l'inserimento di due lamierini in acciaio armonico C67S sagomati a Z, saldati all'interno dei gargami per i primi 15m della struttura. Tali lamierini hanno funzione di "guidare" l'inserimento dei diaframmi all'interno dei gargami oltre che di contenimento della miscela in fase liquida nella parte superiore del giunto compresa tra le quote del fondale e la quota testa palo.



Indicativamente, per avviare la sperimentazione di cui sopra, si potrà prendere a riferimento il seguente mix design per l'ottenimento di una permeabilità a 28gg. dell'ordine di $k \leq 5 \times 10^{-10}$ m/s:

- Cemento Altoforno 32,5 / Pozzolatico 42,5; (Rapporti C/A = 0,35 ÷ 0,40 per Altoforno; C/A = 0,40 ÷ 0,45 per Pozzolatico);
- Bentonite; Rapporto B/A = 0,06
- Additivo per bentonite: disperdente, deflocculante fluidificante e riduttore di acqua libera.

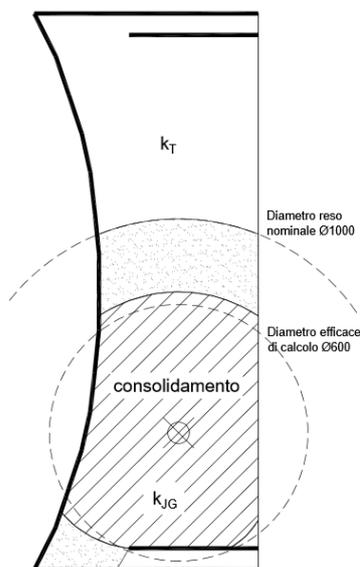
Prima dell'inizio della sigillatura dei giunti, l'Appaltatore eseguirà apposite prove sperimentali su almeno 2 tipi di miscele, una con cemento pozzolanico ed una con cemento d'altoforno, ai fini della qualifica del mix design del materiale di riempimento

I risultati delle suddette prove saranno sottoposte alla DL, per l'approvazione del mix design prescelto.

La miscela dovrà garantire, come previsto dalla Relazione Tecnico Illustrativa PUG102-PE-STR-MM-00-00-RE-03, la sigillatura del giunto con un valore di permeabilità $< 1 \cdot 10^{-8}$ m/s.

TRATTAMENTO MEDIANTE JET-GROUTING

La tenuta del giunto viene affidata all'impedenza idraulica legata al percorso di filtrazione attraverso i materiali presenti in sito, interclusi durante l'infissione all'interno del giunto palo-diaframma, e dal relativo trattamento con la tecnica del jet-grouting bi-tri fluido per ottenere una colonna di terreno consolidato con diametro nominale 1,0 m. Per il trattamento mediante jet-grouting verrà adottata una miscela ternaria acqua-cemento-bentonite.



Alla luce dei risultati delle analisi eseguite nella Relazione Tecnico Illustrativa si è calcolato che, per tutti quei tratti in cui il terreno naturale che riempie il volume del giunto d'accoppiamento, presenta una permeabilità superiore al valore di soglia $K_T > 7 \cdot 10^{-8}$ m/s, il terreno stesso dovrà essere opportunamente trattato in modo da conseguire la prestazione minima prescritta. Nei casi in cui $K_T < 7 \cdot 10^{-8}$ m/s, non sarà necessario prevedere il trattamento. Ciò considerato, sulla base delle permeabilità medie dei terreni interessati ed interclusi tra i gargami (limi argillosi e limi sabbiosi) e dei risultati delle verifiche condotte ed esposte nella citata Relazione di progetto, nei 2 litotipi dovranno essere raggiunti i seguenti valori di permeabilità mediante il trattamento con jet-grouting:

Tratto GIUNTO	Profondità	Terreno intercluso	K_T terreno naturale intercluso	K_{JG} terreno trattato	diametro efficace
	[m]	[-]	[m/s]	[-]	[cm]
B1	8 - 22	Unità DLA Limi argillosi	2.00E-07	1.00E-08	60
B2	22 - 29	Unità DLS Limi sabbiosi	1.00E-05	8.00E-09	60

Tali valori, considerando cautelativamente un diametro efficace del trattamento di soli 60 cm, assicurano permeabilità equivalenti della barriera sempre inferiori al limite di normativa $K = 1 \cdot 10^{-9}$ m/s.

La scelta dei parametri operativi più adeguati dovrà essere verificata preventivamente mediante apposite sperimentazioni preliminari all'esecuzione dell'intervento.

Indicativamente, per avviare la sperimentazione di cui sopra, si potranno prendere a riferimento il seguente mix design per l'ottenimento di una permeabilità a 28gg. dell'ordine di $k \leq 5 \times 10^{-10}$ m/s:

- Cemento Altoforno 32,5 / Pozzolanico 42,5; (Rapporti C/A = 0,35 ÷ 0,40 per Altoforno; C/A = 0,40 ÷ 0,45 per Pozzolanico);
- Bentonite; Rapporto B/A = 0,06
- Additivo per bentonite: disperdente, deflocculante fluidificante e riduttore di acqua libera.

Il campo prova necessario per la verifica del grado di permeabilità del sistema palo-diaframma con i giunti impermeabilizzati dovrà essere realizzato su almeno n°2 giunti.

La metodologia di esecuzione e le specifiche di prova saranno predisposte in dettaglio e concordate con la Direzione Lavori prima dell'avvio.

A valle della sperimentazione, verranno definiti e concordati con la D.L i set di parametri operativi per l'esecuzione del trattamento (intesi in senso globale, compresi materiali, attrezzature, metodologie).

Nuove definizioni potranno essere aggiunte sulla base dei risultati delle prime sperimentazioni.

PROVE IN CORSO D'OPERA

Durante l'esecuzione della sigillatura dei giunti saranno eseguite sulle miscele di riempimento e di iniezione del jet-grouting le seguenti prove sul fresco:

- Determinazione del peso di volume;
- Determinazione della viscosità col cono Marsh ultimata la preparazione della miscela (10 minuti dopo la miscelazione) 38 ÷ 50 sec;
- Determinazione del ritiro volumetrico della miscela in accordo alla UNI 8996 (solo per la miscela di riempimento);

Sui campioni di miscela di riempimento, maturati nell'acqua marina del sito, verranno eseguite le seguenti prove:

- Determinazione della resistenza a compressione semplice $R = 50 \div 100$ kPa a 28 gg.;
- Determinazione della permeabilità "k" [m/s] a 28 gg. (eventualmente ripetuta a 90 gg. di maturazione). Le prove di permeabilità verranno condotte utilizzando, quale liquido di permeazione, l'acqua marina di Taranto.

Sul trattamento eseguito, sia per la parte trattata con jet grouting che per quella riempita con miscele plastiche, verranno effettuati prelievi sul 5% dei giunti per la determinazione di resistenza e permeabilità.

Sul 30% di questi ultimi, inoltre, saranno eseguite prove di permeabilità in situ con la procedura tipica delle prove a carico variabile, in assorbimento, imponendo prefissati carichi idraulici e misurando abbassamenti e volumi assorbiti nel tempo. Le modalità di prova potranno essere sia quelle tipiche delle prove in foro, eseguite quindi all'interno di carotaggi a tutt'altezza, tipo Lefranc, oppure mediante l'istallazione di punte piezometriche metalliche tipo piezometri Drive Point, istallate contestualmente all'intasamento dei gargami. Le prove di permeabilità quindi, potranno essere eseguite all'interno delle strumentazioni precedentemente istallate, prolungando la testa dei piezometri con burette trasparenti graduate in plexiglass, imponendo quindi un determinato carico idraulico iniziale e misurando gli abbassamenti secondo il tipico approccio delle prove di permeabilità a carico variabile. Il principale vantaggio della predetta modalità è la possibilità di ripetere la prova in relazione al grado di maturazione della miscela e, di poter eseguire la prova in drill-less, ottimizzando molto la logistica operativa.

Si riporta una tabella riepilogativa delle prove previste:

 TARANTO PORT AUTHORITY	Autorità Portuale di Taranto Interventi per il dragaggio di 2,3 M m ³ di sedimenti in area Molo Polisettoriale e per la realizzazione di un primo lotto della cassa di colmata funzionale all'ampliamento del V Sporgente del Porto di Taranto	Disciplinare tecnico integrativo al CSA	Data: 06/2016 517B.doc Pag. 10 di 23
--	---	---	--

RIEMPIMENTO CON CLS SEMIPLASTICO			
<i>Controllo sulla miscela fresca (in cantiere)</i>			
Tipologia prova	N° prove		
Peso di volume	1/ giorno di getto		
Ritiro volumetrico	1/ giorno di getto		
Viscosità	1/ giorno di getto		
<i>Controllo sulla miscela a lungo termine</i>			
Tipologia prova	% sul n° gargami	N° prove/gargame	N° prove totali
Resistenza a 28 gg.	10%	1	24
Permeabilità a 28 gg.	10%	1	24
Permeabilità a 90 gg. *	10%	1	24
<i>Controllo sul riempimento eseguito</i>			
Tipologia prova	% sul n° gargami	N° prove/gargame	N° prove totali
Resistenza a 28 gg.	5%	2	24
Permeabilità a 28 gg.	5%	1	12
Permeabilità a 90 gg. *	5%	1	12

TRATTAMENTO MEDIANTE JET GROUTING			
<i>Controllo sulla miscela fresca (in cantiere)</i>			
Tipologia prova	N° prove		
Peso di volume	1/ giorno di getto		
Viscosità	1/ giorno di getto		
<i>Controllo sul trattamento eseguito</i>			
Tipologia prova	% sul n° gargami	N° prove/gargame	N° prove totali
Resistenza a 28 gg.	5%	4	48
Permeabilità a 28 gg.	5%	2	24
Permeabilità a 90 gg. *	5%	2	24
Permeabilità in situ	1,5%	1	4

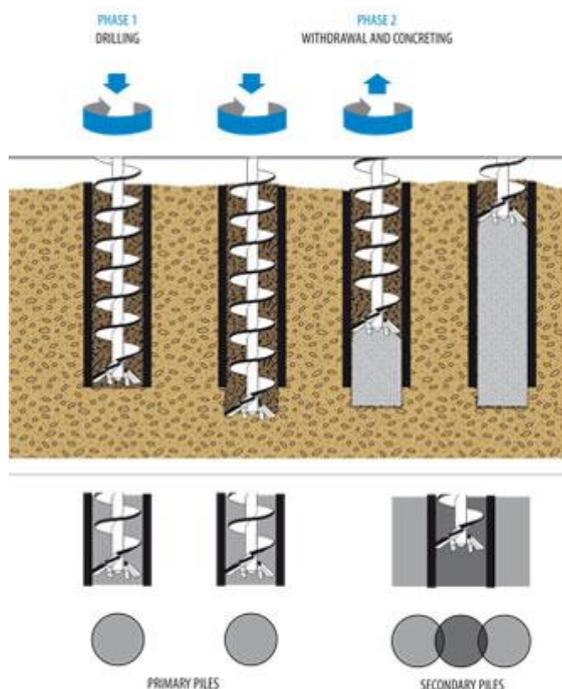
* Se necessaria

3 MARGINAMENTO A TERRA – DIAFRAMMA PLASTICO COMPOSITO

3.1 BONIFICA PROFONDA MEDIANTE FRANTUMAZIONE DEL RIEMPIMENTO ANTROPICO

Preliminarmente all'esecuzione del diaframma plastico composito per il marginamento a terra, in presenza di trovanti costituiti da loppa e blocchi lapidei nel materiale costituente lo strato di riporto antropico del V sporgente ed ex Yard Belleli, è necessario procedere ad un intervento di bonifica profonda, finalizzato alla disgregazione e frantumazione mediante perforazioni secanti con attrezzatura per pali ad elica CAP/CSP (Cased Augered/Secant Piles) di diametro 1000mm senza asportazione di terreno.

Tale intervento consentirà di disgregare ed omogeneizzare il materiale e di stabilizzarlo mediante iniezione dalle aste di perforazione e miscelazione in foro (in fase di perforazione e/o di estrazione) di malta cementizia.



Fasi di realizzazione della perforazione di frantumazione con tecnologia CAP/CSP

L'utilizzo di una sonda perforatrice CAP allo scopo di frantumare e disgregare il materiale, presenta anche l'indubbio vantaggio della stabilizzazione del terreno con ulteriori benefici in termini di impermeabilità dell'elemento di conterminazione (coerentemente con quanto indicato nel Progetto Definitivo a base gara).

La miscela da utilizzare per conferire al materiale frantumato un'adeguata stabilità ai fini dello scavo del pannello con benna mordente, dovrà essere messa a punto con una sperimentazione in laboratorio che, utilizzando il materiale

prelevato in situ, individuati il mix più idoneo con prove su un adeguato numero di provini e diversi tempi di maturazione (7gg, 15gg, 28gg).

La consistenza del materiale stabilizzato dovrà comunque essere non troppo elevata per non indurre eccessive resistenze nelle successive fasi di esecuzione del diaframma (resistenza a compressione semplice $R = 50 \div 100$ kPa a 28 gg).

3.2 DIAFRAMMA COMPOSITO CON TELO IN HDPE

Il marginamento lato terra (conterminazione laterale) sarà eseguito mediante la realizzazione di un diaframma delle dimensioni indicate negli elaborati grafici di progetto con l'impiego di attrezzatura speciale esostituzione del materiale in situ. Più in dettaglio il diaframma verrà realizzato per uno sviluppo longitudinale di circa 130 m lungo il V Sporgente, nei tratti i di marginamento caratterizzati da elevata profondità (superiore a 24 metri).

Il diaframma dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- permeabilità equivalente a quello di uno strato di materiale naturale di spessore pari ad un metro con coefficiente di permeabilità $k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s;
-
- la quota inferiore dei pannelli sarà quella indicata negli elaborati grafici di progetto e più in particolare si dovrà ammorsare per almeno 2 m nella formazione impermeabile di base (argille in facies grigio azzurra).

Dopo la frantumazione preventiva a mezzo di trivella ad elica continua CAP/CSP del diametro di 1000 mm, sarà scavato con benna mordente da 600 mm di spessore ed avrà tenuta idraulica assicurata per l'interposizione di una membrana in HDPE.

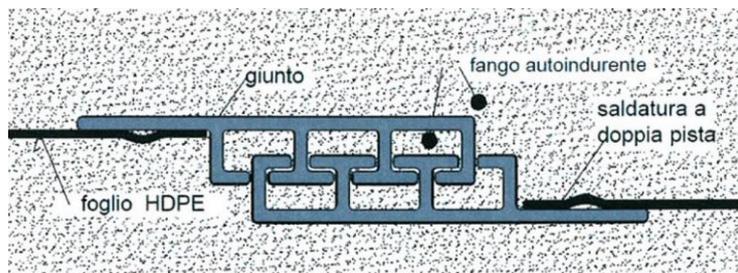
I pannelli in HDPE verranno inseriti nella miscela appena gettata, attraverso sistemi di giunzione ad incastro pre-saldati, garantendo la continuità per tutto il fronte dell'opera.

La realizzazione del diaframma plastico composito viene condotta in presenza di un fango autoindurente (cemento-bentonite) con evoluzione controllata e compatibile coi tempi di inserimento dei pannelli in HDPE che vengono calati a gravità nella miscela in fase di indurimento.

L'inserimento del telo HDPE può avvenire con rullo o su telaio con apposito tubo spalla per il collegamento e la giunzione all'elemento adiacente.

Le geomembrane utilizzate devono soddisfare i requisiti previsti dalla normativa UNI 8898-6 e possedere caratteristiche di stabilità dimensionale a caldo tali che la variazione dimensionale percentuale, in direzione longitudinale e trasversale, sia minore o uguale al 2%. Ai fini della normativa UNI 10567 lo spessore deve essere non inferiore a mm. 2.00 con una massa volumica compresa tra 0,940 e 0,965 g/cm³.

Ogni giunto è composto di due metà che vengono saldate alle estremità dei pannelli contigui e successivamente inserite una nell'altra, garantendo così la continuità della barriera (v. figura seguente).



Particolare del giunto

PROVE IN CORSO D'OPERA SUL TELO HDPE

L'esecuzione e la tenuta delle saldature dell'accoppiamento giunto/pannello, dovranno essere oggetto di una serie di controlli e verifiche che ne accertano la perfetta esecuzione e tenuta, tra cui:

- esame visivo su tutta la lunghezza dei giunti saldati (durante l'esame viene valutato l'aspetto delle saldature secondo quanto previsto al punto 8.2.2 normativa UNI 10567);
- prova di impermeabilità su tutta la lunghezza dei giunti saldati in funzione della tipologia del giunto realizzato (prova ad aria come previsto al punto 8.2.3.1 normativa UNI 10567);
- esame dimensionale effettuato con strumenti meccanici di misurazione (come previsto al punto 8.2.4 normativa UNI 10567) utilizzando appositi campioni prelevati dai giunti saldati trasversalmente all'asse di saldatura –un campione per ogni giunto saldato;
- prova di sfogliamento, eseguita sui giunti saldati, una per giunto saldato (come previsto al punto 8.2.5 della normativa UNI 10567) ove sia possibile.

Il fango autoindurente sarà confezionato utilizzando acqua, bentonite e cemento. Al fine di ridurre il coefficiente di permeabilità ed allungarne i tempi di lavorabilità, al fango potranno essere aggiunti specifici additivi.

CARATTERISTICHE E PROVE IN CORSO D'OPERA SUL FANGO AUTOINDURENTE

Il fango autoindurente dovrà presentare le seguenti caratteristiche fisiche:

- La miscela dovrà risultare stabile, presentando una resa volumetrica a 24 ore $\geq 99\%$ (essudazione $\leq 1\%$). La prova per la determinazione della stabilità alla decantazione sarà eseguita ponendo miscela appena confezionata in cilindri graduati da 1 litro e misurando il valore della resa volumetrica a riposo.
- Le caratteristiche di resistenza e deformabilità, misurate nell'ipotesi di drenaggio e consolidazione nulli, mediante prove di compressione con espansione laterale libera su provini cilindrici ($h/d = 2$) maturati in acqua per 28 giorni alla temperatura ambiente di laboratorio, dovranno fornire:
 - Resistenza a compressione a rottura $R_c \geq 100$ kPa
- Le prove per la determinazione della conducibilità idraulica su provini cilindrici maturati almeno 28 giorni, condotte in permeametro a pareti flessibili (cella triassiale), dovranno consentire di ottenere dalla miscela valori mediamente $\leq 10^{-9}$ m/s (valore estremamente cautelativo in considerazione della presenza del telo HDPE).

Prove sul fango autoindurente – prelevato all'impianto

Il fango autoindurente, prelevato all'impianto di confezionamento e/o all'immissione nello scavo, dovrà essere quotidianamente sottoposto a prove per la determinazione delle caratteristiche di densità, viscosità e decantazione.

Ogni 50 m di sviluppo lineare del diaframma, con parte della miscela campionata all'impianto, dovrà essere confezionata una serie di 9 provini cilindrici.

Per tutto il periodo di maturazione, i provini dovranno essere conservati sommersi da acqua. Trascorsi 28 giorni dalla data del confezionamento, i provini saranno sottoposti a prove per la determinazione:

- delle caratteristiche meccaniche di resistenza e deformabilità mediante prova di Compressione ELL;
- delle caratteristiche di conducibilità idraulica mediante prova di permeabilità.

Nel caso in cui non si ottenesse il valore di permeabilità richiesto, la prova andrà ripetuta a distanza di almeno 60 gg..

Prove sul fango autoindurente - prelevato in trincea

Mediamente ogni 50 m lineari di sviluppo in pianta, prima della posa della geomembrana, dalla trincea dovrà essere prelevato un campione di fango autoindurente, a circa 1/2 della profondità.

Con ogni campione dovranno essere confezionati almeno 6 provini cilindrici. I provini verranno inviati al laboratorio (approvato dalla D.L.) dove, trascorsi 28 giorni dalla data del confezionamento, verranno sottoposti a prove per la determinazione delle caratteristiche meccaniche ed idrauliche (una coppia per ogni prova).

Nel caso in cui non si ottenesse il valore di permeabilità richiesto, la prova andrà ripetuta a distanza di almeno 60 gg..

È prevista infine, una prova in sito per la determinazione della permeabilità, in ottemperanza alla prescrizione del D.M. 80 art.1 – sezione A – c.23. La modalità di esecuzione della suddetta prova saranno concordate con la Direzione Lavori ed il Collaudatore e saranno finalizzate alla verifica della conducibilità idraulica dell'elemento diaframma.

Si riporta una tabella riepilogativa delle prove previste:

MARGINAMENTO A TERRA		
<i>Controllo sulla miscela fresca (in cantiere)</i>		
Tipologia prova	N° prove	
Peso di volume	1/ giorno di getto	
Ritiro volumetrico	1/ giorno di getto	
Viscosità	1/ giorno di getto	
<i>Controllo sulla miscela a lungo termine</i>		
Tipologia prova	N° prove	N° prove totali
Resistenza a 28 gg.	3 / 50 ml	9
Permeabilità a 28 gg.	3 / 50 ml	9
Permeabilità a 90 gg. *	3 / 50 ml	9

<i>Controllo sul riempimento eseguito</i>		
Tipologia prova	N° prove	N° prove totali
Resistenza a 28 gg.	2 / 50 ml	6
Permeabilità a 28 gg.	2 / 50 ml	6
Permeabilità a 90 gg. *	2 / 50 ml	6
Permeabilità in situ	1	1

* Se necessaria

4 CONSOLIDAZIONE COLMATA

4.1 SISTEMA DI DEWATERING

Il sistema di drenaggio attivo ai fini dell'accelerazione dei processi di consolidazione prevede una rete costituita da 194 elementi drenanti realizzati mediante colonne in materiale granulare dotate di sistema di emungimento attivo. Tali elementi verranno realizzati mediante perforazione dalla sommità della colmata a quota +1,50 m slm fino alla quota di imposta dei depositi limosi compressibili e, quindi, fino alla testa delle argille consistenti.

Rispetto a ciascuna colonna drenante, sarà differenziato un primo tratto caratterizzato dall'installazione del sistema di pompaggio, previsto fino all'incirca alla quota di testa dei depositi limosi di fondazione, ed un secondo tratto caratterizzato dal solo nucleo drenante spinto fino all'incirca alla quota di testa dei depositi argillosi consistenti.

Il diametro delle colonne drenanti sarà pari a 800mm e verrà previsto, previo intasamento della colonna con sabbia/ghiaia vagliata a granulometria controllata, la disposizione nel cavo di perforazione, di un geotessile filtrante a calza per tutta l'altezza della colonna.

Prima del completamento del riempimento dell'ultima porzione del dreno, di profondità variabile in funzione degli spessori della colmata nei vari tratti, e quindi, rispetto alla testa dei materiali compressibili di fondazione, verrà installata la tubazione in PVC microfessurata Ø250 per l'allestimento del sistema di emungimento, costituito da elettropompe sommergibili di piccola taglia e relativa tubazione premente.

I dreni saranno collegati tra di loro da collettori di raccolta di testa, da collegare a loro volta agli apparati di pompaggio disposti in modo da ottimizzare le prevalenze delle pompe rispetto alla profondità di installazione degli apparati di emungimento all'interno di ciascun dreno, nelle varie zone.

FASI COSTRUTTIVE E MATERIALI

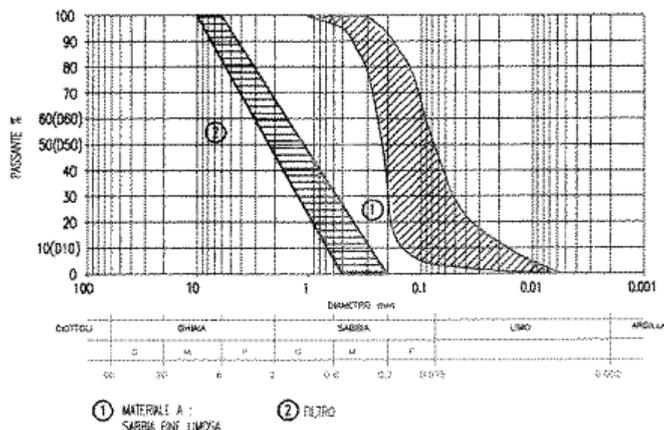
Effettuata la perforazione con avanzamento progressivo del rivestimento in lamierino, verrà installata una calza in geotessile TNT ad elevata grammatura e capacità idraulica, procedendo poi alla realizzazione del cilindro filtrante da fondo foro fino alle differenti quote previste, mediante immissione di materiale granulare sabbio-ghiaioso vagliato a granulometria selezionata.

Filtro in materiale granulare

Diametro (mm)	Passante in peso (%)	
	min	max
0.075	0	3
0.40	0	10
2.00	15	45
5.00	35	75
10.00	70	100

La curva granulometrica del materiale con cui sarà realizzato il filtro sarà certificata dal fornitore e sarà sottoposta alla Direzione Lavori per preventiva accettazione.

FUSO GRANULOMETRICO FILTRO SILICEO



Calza in geotessile filtrante

La calza in geotessile filtrante dovrà garantire le seguenti caratteristiche:

- resistenza a trazione ≥ 100 kN/m
- allungamento massimo a rottura $\leq 6\%$
- modulo di rigidità ≥ 1000 kN/m.
- portata filtrante ≥ 60 l/min/m

Nell'operazione di posa del filtro granulare la corona del rivestimento sarà progressivamente estratta. La posa del filtro avverrà partendo dal fondo, mediante l'utilizzo di tubi convogliatori. Per garantire l'assestamento uniforme del materiale, si provvederà al pistonaggio progressivo dello stesso durante le fasi di riempimento delle colonne.

Raggiunta la quota di fondo di testa del tratto passivo dei dreni, si procederà con il completamento della colonna drenante fino alla quota di testa, procedendo con l'installazione della tubazione microfessurata in PVC all'interno della quale verrà installata dell'elettropompa di emungimento e della relativa tubazione premente. Le teste delle tubazioni di aspirazione, previste in HDPE, verranno collegate tra di esse rispetto a collettori in materiale plastico, ciascuno a connettere due file di pozzi. Tali collettori verranno recapitati in una vasca di compenso posta nell'area ex Yard-Belleli, nelle immediate pertinenze dei tratti terminali dei collettori. All'interno della vasca verranno predisposti adeguati apparati di rilancio per l'avvio delle acque a recapito finale.

I predetti materiali dovranno garantire le seguenti caratteristiche:

Tubazione microfessurata

- PVC microfessurato secondo DIN 4925
- con giunti a bicchiere filettati m/f
- apertura fessure 0.5-0.7mm
- diametro DN 250 - 9" sp.=11.9mm
- completa con puntazze terminali e tappi di testa ferma tubo-cavo

Elettropompe sommergibili

- corpo di aspirazione e mandata in fusione di acciaio inox
- mantello esterno, albero, giunto di trasmissione, tegolo protezione cavi e bussola di protezione in acciaio inox
- giranti in resina termoplastica
- valvola di ritegno a clapet con molla
- motore trifase asincrono 400V
- $q=0.1-0.15\text{l/s}$, $h=60\text{m}$, $p=0.4\text{kW}$

Tubazione in HDPE liscio per condotte in pressione

- tipo PE 100 PN 16
- conforme alle UNI EN 12201, ISO 4427, UNI EN ISO 15494
- colore nero con righe azzurre coestruse longitudinali
- giunti a bicchiere ad elettrofusione

Le lunghezze dei tratti di aspirazione attiva sono previste nell'ordine 9/15m valutate rispetto alla ricostruzione dell'andamento batimetrico del fondale e relativo andamento stratigrafico delle litologie da trattare. Le lunghezze dei tratti più profondi delle colonne drenanti, caratterizzati del solo intasamento in granulare protetto con geotessile TNT, variano tra 10/17m.

PRESTAZIONI

Il controllo delle prestazioni del sistema saranno verificate in corso d'opera rispetto alle previsioni delle analisi di consolidazione sviluppate in Progetto Esecutivo – rif. PUG 102 PE GEN DW 00 00 RE 01 B.

Il raggiungimento delle prestazioni previste sarà verificato tramite una opportuna campagna di monitoraggio, da porre in opera contestualmente alla finestra temporale di funzionamento del sistema di drenaggio.

In accordo e secondo le indicazioni della DL e della commissione di Collaudo, potranno essere poste in opera misure assestometriche e/o topografiche per il monitoraggio dei cedimenti dell'area della colmata e, per eventuali approfondimenti circa il regime delle pressioni interstiziali, celle piezometriche elettropneumatiche o a corda vibrante, secondo uno specifico piano di monitoraggio e controllo da sviluppare in fase costruttiva.

CONTROLLI TOPOGRAFICI

Rispetto ad un approccio di valutazione dei cedimenti su area estesa, potrà essere posta in opera una campagna di livellazione topografica di precisione del piano della colmata. Le letture saranno eseguite da stazioni fisse posizionate a terra e punti di controllo posti nell'area della colmata secondo una maglia rappresentativa delle possibili variazioni areali dei cedimenti. La griglia dei punti di controllo potrà essere distribuita secondo una maglia approssimativa di 40x40m. La frequenza delle letture sarà mensile, da incrementare a settimanale o bi-settimanale rispetto ai primi risultati raccolti. La precisione delle misure potrà attestarsi su $\pm 1\text{mm}$.

MISURE ASSESTIMETRICHE

Rispetto ad un approccio di valutazione dei cedimenti con la profondità, potrà essere posta in opera l'installazione di verticali assestometriche profonde. Gli assestimetri saranno di tipo ad anelli magnetici multibase tipo BRS da sottoporre a letture manuali con sonda estensimetrica removibile a misure incrementali. Le lunghezze saranno variabili e da valutare rispetto ai punti di installazione. La frequenza delle letture sarà mensile, da incrementare a settimanale o bi-settimanale rispetto ai primi risultati raccolti.

Il tubo di misura sarà costituito da una serie di tubi in PVC o ABS di lunghezza pari a un metro e di diametro interno pari a circa 60 mm, opportunamente assemblati per raggiungere la lunghezza desiderata. Gli spezzoni di tubo sono forniti di manicotti che fungono sia da collegamento che da base per la battuta della sonda. L'installazione del tubo si completa con la cementazione dello strumento all'interno del foro. Le misure all'interno del tubo saranno effettuate per mezzo di sonda manuale in grado di rilevare sia gli spostamenti planimetrici per tutta la lunghezza del tubo con passo di 1 metro, in corrispondenza degli anelli magnetici installati.

Si riportano di seguito le principali specifiche tecniche del sistema di misura:

- Materiale: tubo HPVC o ABS: Ø 63/70 mm esterno;
- Manicotti manicotti in ABS;
- Interdistanza basi di misura 1 m (anelli magnetici);
- Sensore LVDT;
- Base di misura 1000 mm;
- Campo di Misura (f.s.) +/- 50 mm;
- Precisione del sistema (sonda + centralina di acquisizione) +/-0.3 mm/m;
- Campo di Temperatura 0° / +40° C.

La colonna estensimetrica deve essere installata in un foro con diametro minimo di 100 mm. Precedentemente e/o contemporaneamente all'esecuzione del sondaggio si devono assemblare i vari spezzoni di tubo estensimetrico secondo la seguente procedura:

- collegare due tubi estensimetrici tramite l'apposito manicotto. Il collegamento viene eseguito grazie agli appositi quattro fori circolari i quali devono coincidere con le rispettive sedi presenti nel tubo che viene infilato nel manicotto; sulla testa del tubo che viene infilato nel manicotto deve essere spalmato uno strato di silicone;
- inserire le viti a brugola nei quattro fori del manicotto ed avvitare fino a portarle a filo del manicotto stesso, senza forzarle nelle loro sedi;
- sigillare con nastro adesivo la giunzione dei due tubi così uniti al fine di impedire l'entrata di boiaccia all'interno della colonna estensimetrica;
- prendere un terzo tubo e collegarlo agli altri due seguendo le istruzioni suddette;
- ripetere le operazioni sopra descritte per gli altri spezzoni fino a raggiungere la lunghezza necessaria ma senza assemblare insieme più di tre tubi alla volta;
- collegare la cannetta di sfiato al tubo di fondo foro tramite robusti legacci realizzati con nastro adesivo o fascette tenditrici. La cannetta di iniezione sarà posizionata nel tratto di tubo posto in prossimità della bocca foro;
- calare nel foro i primi tre spezzoni di tubi, tra loro precedentemente assemblati, insieme alla cannetta di sfiato già ad essi collegata;
- calare nel foro altri tre metri di tubo, collegandoli direttamente a quelli già presenti nel foro attraverso il manicotto e seguendo le istruzioni precedentemente descritte;
- contemporaneamente calare nel foro anche la cannetta di iniezione e collegarla alla tubazione tramite nastro adesivo o fascette tenditrici;
- ripetere le tre operazioni precedentemente descritte fino a raggiungere la bocca foro, avendo collegare negli ultimi 3 metri di la cannetta corta di iniezione;
- prima di procedere all'iniezione della boiaccia cementizia si deve realizzare un tappo a bocca foro utilizzando cemento a presa rapida;
- iniettare a partire dalla cannetta corta la boiaccia cementizia con le seguenti caratteristiche 80 Kg di acqua, 55 Kg di cemento, 5,5 Kg di bentonite attivata;

- a livello di riempimento raggiunto e stabilizzazione avvenuta, si deve procedere al lavaggio dell'interno del tubo strumentato al fine di eliminare eventuale sporcizia.

La documentazione fornita alla DL in seguito all'installazione dello strumento dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, opera, progressiva della sezione strumentata, data, nominativo dell'operatore);
- codifica dello strumento;
- stratigrafia del foro di sondaggio (a carotaggio continuo con compilazione log stratigrafico);
- caratteristiche del tubo estensimetrico installato;
- caratteristiche della miscela utilizzata per la cementazione del tubo e quantità assorbita durante la cementazione;
- schema di installazione nel foro del tubo estensimetrico;
- schema grafico con indicazione dell'ubicazione e orientazione dello strumento relativamente alla sezione d'installazione.

MISURE PIEZOMETRICHE

Rispetto al controllo delle pressioni interstiziali in profondità potranno essere installate celle piezometriche piezoresistive o elettropneumatiche a lettura automatica.

Tali celle verranno installate in perforazioni in diverse punti ed a diverse profondità di controllo, da valutare nell'ambito del Progetto di Monitoraggio, ed attrezzate con misuratori di livello elettrico con sensori di misura piezoresistivi, dotato delle seguenti caratteristiche tecniche e relativi accessori:

- campo di misura da 1 a 10 bar (da 10 a 100 metri d'acqua);
- accuratezza totale <0,25% FS;
- stabilità <0,1% FS;
- uscita 4-20 mA a 2 fili;
- contenitore in acciaio inox (316L) completamente sommergibile;
- diametro 20 mm;
- puntale di protezione in PVC;
- cavo elettrico di collegamento immergibile ed autoportante in PUR (contenente un tubicino interno per la compensazione della pressione atmosferica per la versione relativa);
- cavo elettrico per misuratore di livello.

5 DRAGAGGIO

5.1 PROTEZIONE PIEDE BANCHINA

MATERASSI DI PROTEZIONE (TIPO RENO)

I materassi di protezione dovranno essere metallici a tasche di 1m, aventi spessore 0.30 m in rete metallica a doppia torsione marcata CE. La rete metallica a doppia torsione deve essere realizzata con maglia esagonale tipo 8x10, tessuta con filo in acciaio trafilato avente un diametro minimo pari 2.20 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) con un quantitativo non inferiore a 230 g/mq.

La resistenza a trazione nominale della rete dovrà essere non inferiore a 35 kN/m (test eseguiti in accordo alla UNI EN 10223-3:2013).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in SO₂ (0,2 dm³ SO₂ per 2 dm³ acqua) tale per cui dopo 28 cicli la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 6988).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in test in nebbia salina tale per cui dopo 6000h la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 9227).

Le dimensioni dei materassi saranno tali da garantire la copertura del piede della banchina come da elaborati grafici di progetto.

Gli elementi saranno assemblati utilizzando sia per le cuciture sia per i tiranti un filo con le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete ed avente diametro pari a 2.20/3.20 mm e quantitativo di galvanizzazione sul filo non inferiore a 230 g/mq; l'operazione sarà compiuta in modo da realizzare una struttura monolitica e continua. I diaframmi intermedi saranno costituiti di rete metallica che costituisce, senza soluzione di continuità, base, diaframmi e pareti laterali della struttura.

Prima della messa in opera e per ogni partita ricevuta in cantiere, l'Appaltatore dovrà consegnare alla D.L. la relativa Dichiarazione di conformità rilasciata in originale, in cui specifica il nome del prodotto, la Ditta produttrice, le quantità fornite e la destinazione.

Completata la preparazione del materasso, esso dovrà essere fissato al geocomposito reattivo atto alla captazione degli inquinanti presenti nel sedimento.

Il fissaggio tra gli elementi dovrà essere realizzato prima delle operazioni di riempimento del materasso tipo reno tramite cucitura con filo di ferro oppure mediante l'utilizzo di elementi meccanici quali ad esempio i punti metallici tipo Spenax, in maniera da formare un elemento unico e solidale atto al varo.

Terminato l'assemblaggio degli scatolari si procederà alla sistemazione meccanica e manuale del pietrame, che dovrà essere fornito di idonea pezzatura, né friabile né gelivo, di dimensioni tali da non fuoriuscire dalla maglia della rete.

Il materiale di riempimento dei materassi sarà costituito da pietrame di cava spaccato o da ciottolame di fiume preferibilmente di forma appiattita; le dimensioni del pietrame e dei ciottoli dovrà essere almeno 1,5 D, dove con D è indicata la dimensione della maglia della rete del materasso.

MATERASSI REATTIVI

Il materasso reattivo (Reactive Core Mattress) è costituito da un sandwich di geotessili non tessuti in polipropilene aventi, ciascuno, una massa areica non inferiore a gr/m^2 200 e da un geocomposito a base di argilla organica (tipo Organoclay o equivalente).

La miscela a base di argilla contenuta nel geocomposito sarà del tipo granulare, permeabile ed in grado di assorbire oli ed altre sostanze dannose organiche per una massa areica non inferiore a gr/m^2 4000 ed avrà le seguenti caratteristiche minime:

- Peso per unità di volume: $705 \div 898 \text{ kg/m}^3$;
- Capacità di adsorbimento degli olii: 0.5 kg di olio ogni kg di argilla organiche;
- Contenuto di ammina quaternaria: $25 \div 33\%$ carico a 800° ;
- Peso per unità di superficie: 4.0 kg/m^2 ;
- Resistenza a trazione: 400 N MARV ;
- Conducibilità idraulica: $1 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ minimum.

I singoli strati del geocomposito saranno assemblati mediante un sistema continuo di agugliatura meccanica tale da garantire una resistenza allo spellamento (peeling) secondo ASTM D6496 non inferiore a 400 N/10 cm ed il geocomposito, prodotto in qualità secondo le norme ISO 9001:2000, dovrà garantire le seguenti caratteristiche:

Resistenza a trazione nelle due direzioni non inferiore a kN/m 8.0 (EN ISO 10319); Allungamento a rottura non inferiore al 70%; Permeabilità minima non superiore a $1 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$

La preparazione viene eseguita a terra e successivamente si effettua il varo nello specchio d'acqua. Si garantisce la sovrapposizione dei tappetini reattivi, lasciando un fianco all'estremo del perimetro di ciascuno materasso in geogriglia. Il materasso reattivo viene reso solidale con il materasso di protezione in gabbioni metallici tramite legatura con filo di ferro, sempre a forte zincatura, del diametro di 2,2/3,2 mm.

5.2 BAGS PER IL TRASPORTO SEDIMENTI

Per il contenimento dei fanghi di rifiuto prodotto dalla filtropressa, in alternativa al telo di copertura (cover) in HDPE, potranno essere utilizzati sacchi (bags) con chiusura a "caramella" a fondo chiuso in tessuto PP normale tubolare anti UV con liner SWL 1500 – SF 6:1 omologato secondo normativa UN 13H3Y. Le dimensioni dei BIG BAGS sono $90 \times 90 \times 115 \text{ cm}$.