

Analysis of the foam penetration in the EPB excavation

*Original*

Analysis of the foam penetration in the EPB excavation / Todaro, C.. - In: GEAM. GEOINGEGNERIA AMBIENTALE E MINERARIA. - ISSN 1121-9041. - STAMPA. - 147:1(2016), pp. 49-52.

*Availability:*

This version is available at: 11583/2918092 since: 2021-08-18T17:21:45Z

*Publisher:*

Patron Editore S.r.l.

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

GENERIC preprint/submitted version accettata

This article has been accepted for publication in GEAM. GEOINGEGNERIA AMBIENTALE E MINERARIA, published by Patron Editore S.r.l..

(Article begins on next page)

# Analisi sulla penetrazione delle schiume nello scavo con EPB

Carmine Todaro\*

\* DIATI, Politecnico di Torino (Italy)

## 1. Introduzione

La prova è stata progettata e sviluppata per verificare quantitativamente la capacità di diffusione della schiuma normalmente utilizzata per il condizionamento del terreno nello scavo meccanizzato con macchine a piena sezione di tipo EPB (Peila, 2014). Lo studio si è concentrato sulla permeazione della schiuma all'interno di terreni granulari saturi in quanto, nei terreni argillosi, la bassa permeabilità del materiale unita alla coesione, limitano a valori minimi la capacità di diffusione delle bolle di schiuma all'interno dell'argilla in posto (Peila et al., 2015; Martinelli et al., 2015); il condizionamento, ossia la voluta miscelazione tra schiuma e terreno, avviene in tal caso solo all'interno della macchina di scavo.

## 2. Descrizione dell'attrezzatura sperimentale

L'attrezzatura utilizzata consiste in un tubo in PVC PN16 (diametro esterno 63 mm, spessore 5,5 mm e lunghezza di 0,5 m) forato longitudinalmente su 4 direzioni ortogonali con fori del diametro di 2 mm. Il tubo è riempito di materiale granulare compattato e saturato all'interno del quale viene pompata schiuma in pressione (Chieragato et al., 2014). L'allestimento simula l'azione di penetrazione della schiuma verso il fronte di scavo, spruzzata in pressione dagli ugelli posti sulla testa dell'EPB.

*Il problema della minimizzazione dell'impatto ambientale relativo alla costruzione di grandi opere in sotterraneo è ad oggi uno degli argomenti più discussi in fase di progettazione. Le schiume, indispensabili al corretto funzionamento delle EPB sono costituite da tensioattivi biodegradabili e vengono iniettate in pressione davanti alla testa della macchina, all'interno della camera di scavo e lungo la coclea.*

*Il presente lavoro è stato finalizzato all'individuazione della potenziale diffusione della schiuma in terreni granulari saturi mediante una prova sperimentale appositamente progettata.*

**Parole chiave:** Scudi EPB, Condizionamento, Schiuma, Ambiente.

*Nowadays, the problem of reduction of environmental impact about construction of underground buildings is one of the main issue discussed during design phase. Foams, essential for EPB, consist of biodegradable surfactants which are injected in pressure ahead the cutterhead, inside the excavating chamber and along the screw conveyor.*

*The present work aims to understand the process of foam diffusion through saturated media by using a new experimental procedure.*

**Key words:** EPB Shield, Conditioning, Foam, Environment

I fori sono stati eseguiti con un'inclinazione di circa 45° rispetto all'asse longitudinale del tubo ad una distanza di 60, 80, 100 e 140 mm dal punto di iniezione; tale angolatura è stata scelta in modo tale da favorire la fuoriuscita della schiuma e quindi meglio osservare il fenomeno (fig. 1). Il tubo è chiuso posteriormente con apposito raccordo di riduzione (fig. 2) in modo da permettere lo sfogo dell'aria ed eventualmente della schiuma. Internamente al raccordo è stato inserito un tessuto filtrante allo scopo di evitare il dilavamento della frazione fine del materiale granulare sottoposto alla prova. Riempito il tubo di prova con il terreno compattato e saturato con acqua, la parte anteriore dello stesso è stata sigillata con un altro raccordo di riduzione analogo al precedente (fig. 2). Le distanze tra l'inizio del tubo riempito (punto di inizio della penetrazione della schiuma all'interno del terreno) ed i fori corrispondono alle potenziali distanze di penetrazione della schiuma e sono pari a 10, 30, 50 e 90 mm.

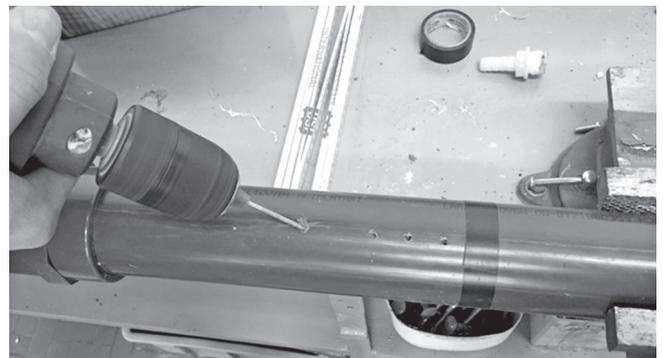


Fig. 1. Realizzazione dei fori inclinati a 45° sul tubo di prova.  
Realization of the 45° inclined holes on the test pipe.

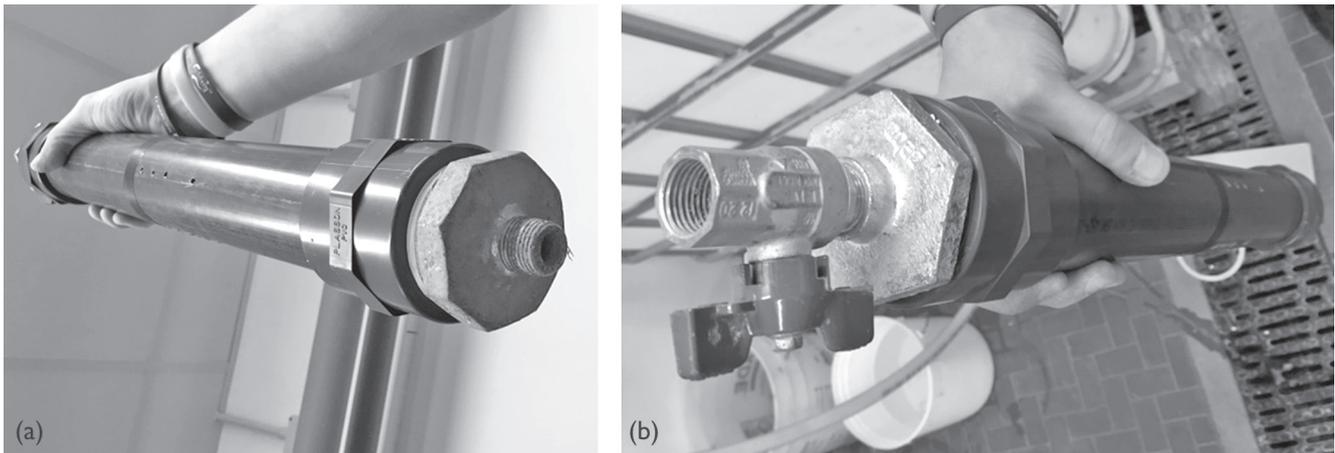


Fig. 2. Dettaglio del tubo di prova: particolare del raccordo di chiusura posteriore del tubo (a); particolare del raccordo di chiusura anteriore del tubo da connettere al generatore di schiuma (b).  
*Detail of the test pipe: particular of the back connection (a); particular of the front connection which is connected with the foam generator (b).*

### 3. Descrizione della prova sperimentale e materiali utilizzati

La prova è stata sviluppata secondo lo schema seguente:

- preparazione del tubo per l'esecuzione della prova (foratura e montaggio del raccordo di riduzione posteriore);
- riempimento del tubo con il materiale granulare;
- compattazione manuale del terreno granulare seguita da saturazione con acqua a flusso costante;
- chiusura del tubo e connessione con il generatore di schiuma e suo posizionamento in direzione orizzontale;
- pompaggio della schiuma per il tempo predeterminato per la prova ossia 15 s.

Una visione globale del tubo assemblato, pronto all'utilizzo ed uno schema esemplificativo della prova sono visibili in figg. 3 e 4.

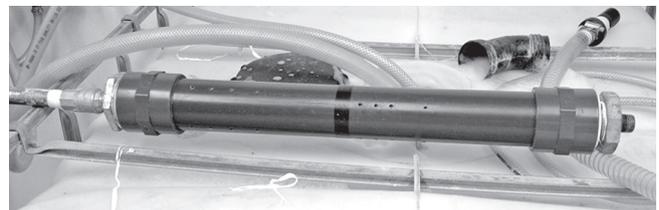


Fig. 3. Tubo pronto prima dell'avvio della prova.  
*did. inglese*

La pressione della schiuma all'interno del tubo viene controllata con un manometro. Si verifica il tempo corrispondente all'uscita della schiuma dai fori, avendo portata in ingresso costante pari a 0,7 l/s.

La schiuma utilizzata per le prove è stata generata con l'agente schiumogeno Polyfoamer FP (prodotto da Mapei SpA) utilizzando differenti valori di FER. Il terreno sottoposto a prova è una sabbia fine con granulometria riportata in fig. 5.

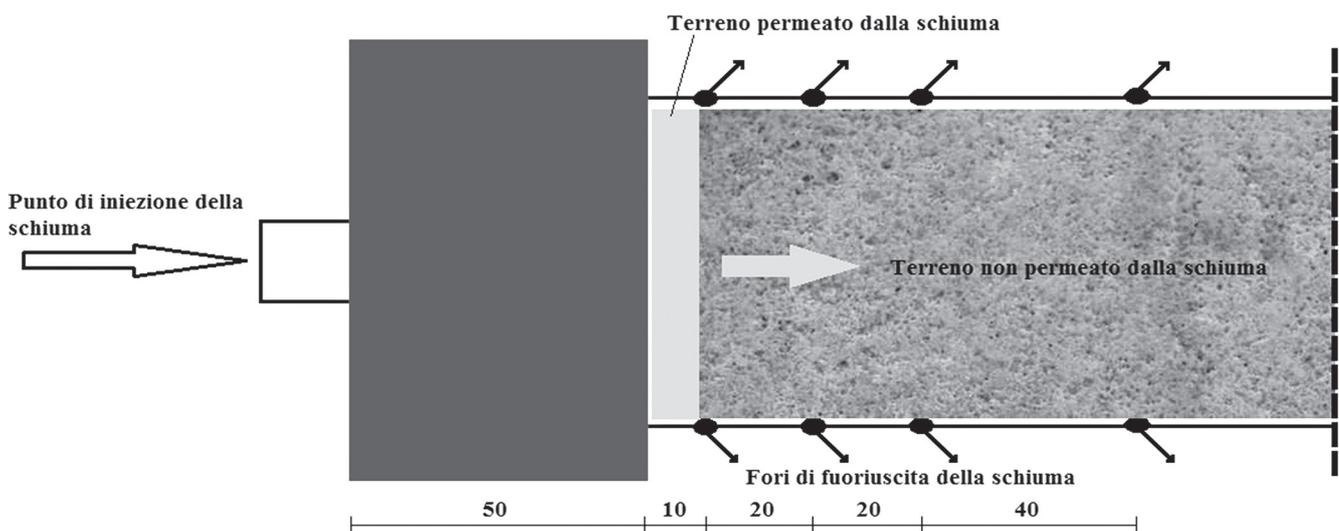


Fig. 4. Schema della prova di penetrazione della schiuma sviluppata (misure in millimetri).  
*did. inglese*

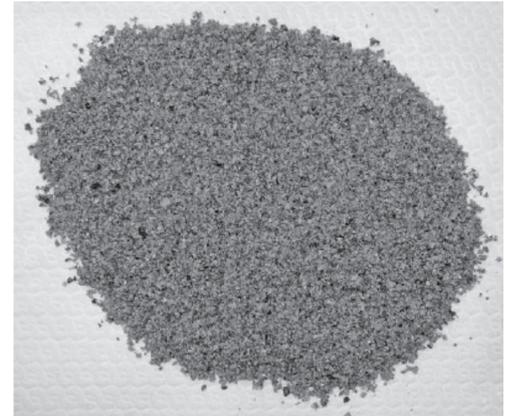
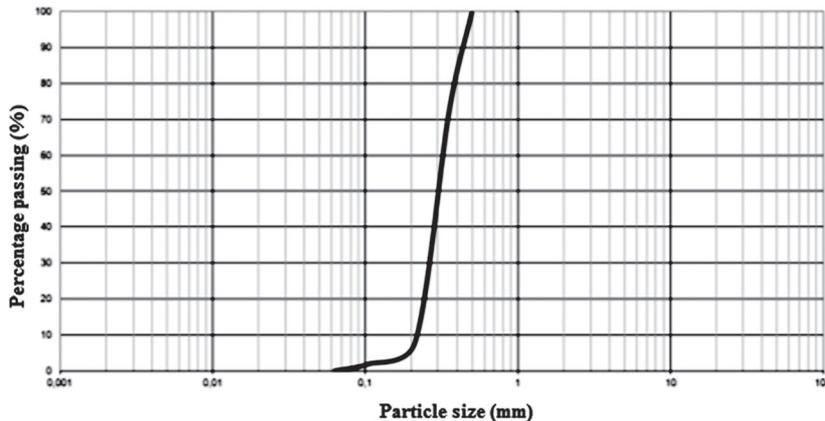


Fig. 5. Curva granulometrica e foto della sabbia utilizzata per la sperimentazione.  
dida inglese

#### 4. Risultati ottenuti e commenti

Sono state effettuate tre differenti prove, variando il valore del FER (Borio et al., 2010) della schiuma.

I risultati della prova sono riportati in tab. 1 dove il tempo  $t$ , espresso in secondi, rappresenta l'intervallo compreso tra l'attivazione del generatore di schiuma e la fuoriuscita della schiuma stessa del primo livello di fori mentre  $p$  è la pressione di mandata.

Tab. 1. Risultati delle prove sperimentali.  
dida inglese

PROVA	FER	$t$ (s)	$p$ (bar)
1	13	11	2,2
2	8,5	8	1,8
3	14,5	14	2,6

La prima prova con FER di 13 ha evidenziato che la schiuma fuoriesce dopo 11 s dal primo livello dei fori e, quindi, è penetrata nel terreno per una profondità compresa tra 1 e 3 cm con pressione di iniezione pari a 2,2 bar (fig. 6).

È importante osservare che nella prova si è ipo-

tizzato il terreno saturo ma senza alcun battente idraulico: la presenza di un carico idraulico tenderebbe, infatti, a limitare ulteriormente la capacità penetrante della schiuma.

La seconda prova con FER pari a 8,5 evidenzia una capacità penetrante della schiuma maggiore dato che fuoriesce dal primo foro in soli 8 s con pressione di iniezione di 1,8 bar. La terza prova con FER di 14,5 ha confermato il comportamento evidenziato dalle precedenti.

I risultati dimostrano la limitata penetrabilità della schiuma all'interno del terreno per il raggiungimento del primo foro con aumento del tempo di penetrazione e della pressione di iniezione in funzione dell'incremento del FER (fig. 7).

#### 5. Conclusioni

Lo studio preliminare sviluppato in questo lavoro ha evidenziato come la schiuma iniettata davanti alla testa di una macchina di scavo penetra nel terreno circostan-

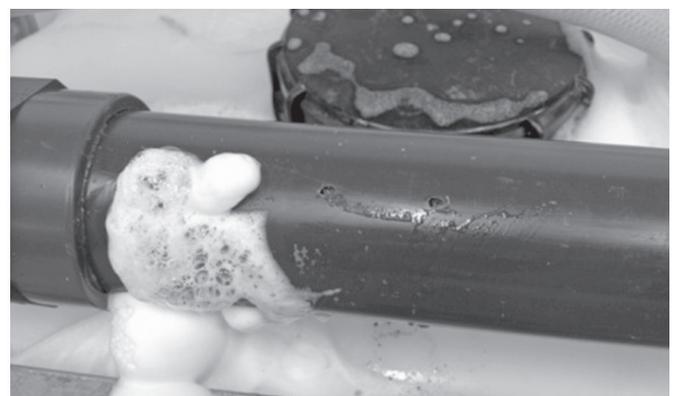
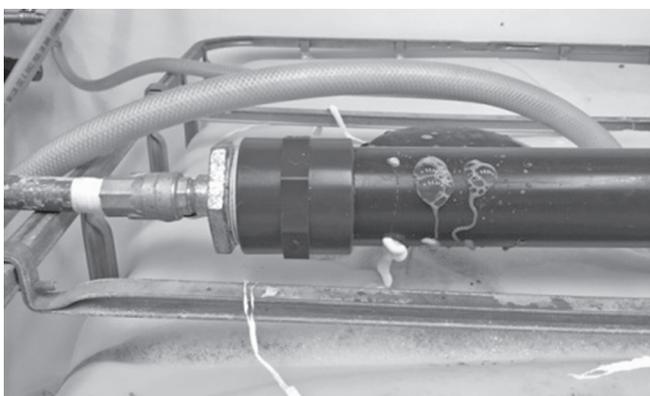


Fig. 6. Fasi di esecuzione della prova 1. SX: particolare della schiuma che inizia a fuoriuscire dal primo livello di fori dopo 11 secondi dall'inizio del pompaggio della schiuma; DX: situazione al termine della fase di iniezione (15 secondi).  
dida inglese

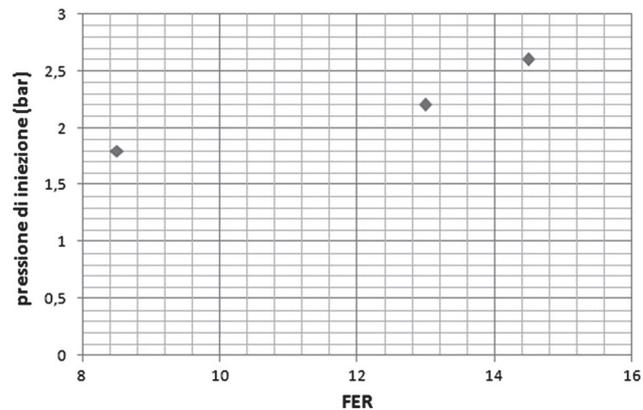
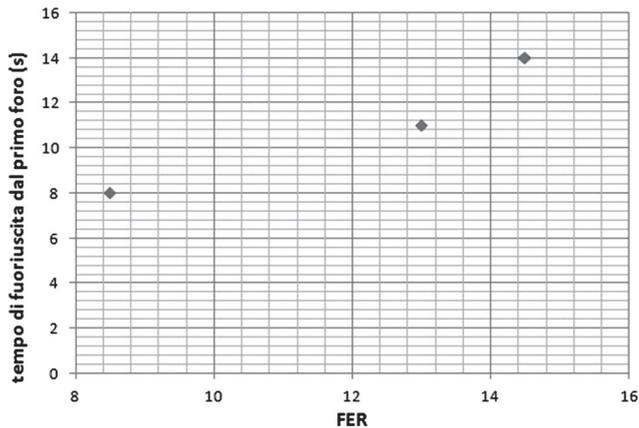


Fig. 7. Tempo di fuoriuscita della schiuma dal primo livello di fori e relative pressioni di iniezione in funzione della variazione del FER. *didata inglese*

te per pochi centimetri in tempi tali da essere immediatamente rimossa dall'azione di scavo degli utensili. Ovviamente, questo risultato non vale in presenza di vie di circolazione della schiuma molto aperte che potrebbero agire da percorsi preferenziali portando il fluido a distanze superiori in tempi brevi.

## Bibliografia

Borio, L., Peila, D., 2010. *Study of the Permeability of Foam Conditioned Soils with Laboratory Tests*. American Journal of Environmental Sciences. Volume 6, pp. 365-370.

Borio, L., Chierigato A., Picchio, A., Peila, D. 2010. *Studio della permeabilità di terreni condizionati con schiume*. Geingegneria Ambientale e Mineraria. Volume 47 n. 2. pp. 75-80.

Borio, L., Peila, D. 2011. *Laboratory test for EPB tunnelling assessment: results of test campaign on two different granular soils*. Gospodarka Surowcami Mineralnym. Volume 27 n. 1, pp. 85-100.

Chierigato, A., Oñate Salazar, C.G., Todaro, C., Martinelli, D., Peila, D., 2014. *Test di laboratorio di iniezione per l'impermeabilizzazione e consolidamento di terreni granulari per mezzo di materiali innovativi*. Geingegneria Am-

bientale e Mineraria. Volume 141 n. 1. pp. 63-68.

Martinelli, D., Peila, D., Campa, E., 2015. *Feasibility study of tar sands conditioning for earth pressure balance tunnelling*. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. Volume 7 n. 6. pp. 684-690.

Peila, D. 2014. *Soil Conditioning for EPB Shield Tunnelling*. KSCE JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING. Volume 18 n. 3. pp. 831-836.

Peila, D., Oggeri, C., Borio, L., 2009. *Using the slump test to assess the behavior of conditioned soil for EPB tunneling*. Environmental & Engineering Geoscience. Volume XV n. 3. pp. 167-174.

Peila, D., Picchio, A., Chierigato, A., 2013. *Earth pressure balance tunnelling in rock masses: Laboratory feasibility study of the conditioning process*. Tunnelling and Underground Space Technology. Volume 35. pp. 55-66.

Peila, D., Picchio, A., Martinelli, D., Dal Negro, E., 2015. *Laboratory tests on soil conditioning of clayey soil*. Acta Geotechnica. DOI: 10.1007/s11440-015-0406-8.

Uotinen, L.K.T., Siren, T., Martinelli, D., Hakala, M. *In-situ experiment concerning thermally induced spalling of circular shotcreted shafts in deep crystalline rock* in: World Tunneling Congress, 2013, Geneva, CH.

Vinai, R., Oggeri, C. and Peila, D. 2008. *Soil conditioning of sand for EPB applications: A laboratory research*. Tunnelling and Underground Space Technology. Volume 23 n. 3. pp. 308-317.