

Sulla linea Bologna-Verona, la realizzazione del tappo di fondo al di sotto del piano di posa dei plinti di fondazione

IL NUOVO PONTE SUL FIUME PO A OSTIGLIA

Tecnologie & Sistemi

Stefano Ciufegni*
Giulio Marcheselli**
Stefano Sdogà**
Lorenzo Bellicchi***
Gianfranco Bruzzi****

Nell'ambito dei lavori del raddoppio della linea Bologna-Verona è in corso di completamento la costruzione del ponte sul fiume Po, tra le progressive pK 67+021,85 e 67+975,25 della tratta Poggio Rusco-Nogara. I comuni interessati a tale opera sono Revere e Ostiglia, entrambi ubicati nella provincia di Mantova.

Premessa

Nel presente articolo, dopo una veloce presentazione del progetto nel suo complesso, sarà analizzato in dettaglio il tappo di fondo eseguito per mezzo di jet grouting e saranno presentate le ipotesi sviluppate per ridurre al minimo i rischi di anomalie in relazione all'ambiente in cui si era chiamati a operare e alle profondità da raggiungere.

Sarà illustrato il campo prova realizzato in due fasi sviluppate in condizioni operative simili a quelle di produzione: il trattamento è stato, infatti, eseguito alle stesse profondità di progetto e in terreni con le stesse caratteristiche tecniche. Sono poi descritte le indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo, prove in sito e di laboratorio) e indirette (prospezioni geofisiche bidimensionali e tridimensionali) eseguite nelle due fasi del campo prova per individuare e per verificare le caratteristiche tecniche del terreno trattato e la sua continuità e omogeneità alle profondità di progetto. Saranno quindi presentati e analizzati i risultati ottenuti e la funzionalità delle indagini eseguite. Infine, sarà analizzato il comportamento del tappo di fondo durante le fasi di scavo dei pozzi.

Le caratteristiche dell'intervento

Il ponte è costituito da quattordici campate il cui sviluppo complessivo è pari a 935,40 m e collega i due viadotti di approccio già realizzati. Il ponte è a doppio binario e ogni impalcato è a semplice binario per cui ogni pila sostiene due coppie di impalcati.

Delle tredici pile, due (pile di transizione PT1 e PT2) sono situate al di fuori degli argini maestri, quattro (P1, P2, P10, P11) in zona golenale e sette (dalla P3 alla P9) all'interno dell'alveo del fiume Po. Le pile in alveo P3, P4, P5 sono state realizzate con l'ausilio di natanti e lavorando sull'isola realizzata mediante palancolato impermeabile posto a



Figura 1

perimetro della fondazione e riempito per realizzare il piano di lavoro con materiale idoneo. Le restanti pile in alveo (P6, P7, P8 e P9) sono state eseguite da terra realizzando un pennello provvisorio, rimosso dopo il completamento delle pile.

Le pile P3, P4, P5 e P6 hanno fondazioni costituite da plinti con dimensioni di 21,45 x 15,70 m e altezza di 3,5 m, impostati su 32 pali del diametro di 1.200 mm (lunghezza pali: 27,00 m per le pile P3, P4, P5 e 35,00 m per la pila P6). Le restanti pile in alveo P7, P8, P9 e le pile in golenale P1, P2, P10 e P11 hanno invece plinti di 21,45 x 12,95 m e altezza di 3 m e sono impostati su 26 pali (lunghezze dei pali: 26,00 m per le pile P1, P2, P9, P10 e P11; 36,00 m per le pile P7 e P8).

Le pile di transizione PT1 e PT2 sono fondate invece su plinti aventi dimensioni di 18 x 10,15 m e altezza pari a 1,80 m impostati su 13 pali del diametro di 1.500 mm (L = 30,00 m) per la PT1 e su pali del diametro di 1.200 mm (L = 33,00 m).

Per garantire la stabilità del fondo scavo e la sicurezza dei lavoratori durante lo scavo dei pozzi per la realizzazione dei plinti all'interno delle paratie di palancole, il terreno è stato consolidato con la tecnica del jet grouting. La quota del piano da cui sono stati eseguiti i pali e le colonne di terreno consolidato, per le pile in alveo, era 12 m slm.

Il tappo di fondo è stato realizzato per mezzo di 111 colonne penetrate del diametro di 2.500 mm, la lunghezza massima della perforazione è stata di 26 m e l'altezza massima del trattamento è stata di oltre 10 m.

L'inquadratura geologica e le caratteristiche dei terreni da trattare

L'area interessata dall'opera in progetto fa parte della porzione centrale e orientale del grande bacino plio-quadernario della Pianura Padana che, precisamente, si colloca nella bassa pianura di Mantova, fra la piana modenese a Sud e quella veronese a Nord.

In corrispondenza dell'opera in progetto, i terreni interessati delle opere fondali sono rappresentati da una successione di termini fini, quali limi e argille, e di materiali prevalentemente granulari come sabbie e sabbie limose, depositati a seconda dell'energia di trasporto del fiume stesso. In dettaglio, i terreni interessati dal trattamento sono rappresentati da sabbie che vanno da debolmente limose a limose con rare e sottili inclusioni di argilla.

Localmente sono stati rilevati frammenti lignei o livelli torbosi che a grande scala risultano completamente inglobati nell'orizzonte sabbioso; a tratti, a profondità elevate, si rileva la presenza di lenti di ghiaia fina, i cui clasti si presentano a forma sferica con superfici arrotondate o subarrotondate, con matrice sabbiosa.

Il progetto del tappo di fondo

Tenendo conto delle caratteristiche tecniche dei terreni da trattare, è stata scelta come metodologia operativa quella del jet bifluide. Il progetto dei parametri di jettizzazione da testare nel campo prova è stata eseguita avendo come obiettivo l'ottenimento di un diametro che permettesse da una parte di aumentare la compenetrazione delle singole colonne e dall'altro di eseguire il minor numero possibile di colonne per ridurre i tempi dell'intervento, tenendo anche conto che la perforazione a vuoto rappresentava il 50% della perforazione totale. Vista l'importanza che il tappo di fondo ricopriva nello sviluppo di progetto e per la sicurezza dei lavoratori durante le fasi di realizzazione del plinto di fondazione, doveva essere garantita l'assoluta impermeabilità del terreno trattato.

Va osservato che una deviazione rispetto alla verticale di una colonna di 1° genera uno spostamento del centro alla profondità dell'inizio del trattamento di circa 0,45 m e di circa 0,28 m alla fine del trattamento stesso; l'obiettivo iniziale, pertanto, era quello di avere una compenetrazione tale da assorbire, con sufficiente garanzia, la deviazione opposta di due colonne contigue.

Inoltre, aumentando il diametro delle colonne sarebbe stato possibile ridurre al minimo il numero di macchine da utilizzare vista l'esiguità degli spazi di lavoro (Figure 2 e 3).



Figura 2



Figura 3

Per la scelta del set di parametri da utilizzare in produzione è stato eseguito un opportuno campo prova sviluppato in due fasi:

- ◆ con la prima fase è stato definito il set dei parametri di iniezione;
- ◆ con la seconda è stata simulata la lavorazione su scala reale realizzando un trattamento con un gruppo di sette colonne del diametro di 2,50 m compenetrato secondo lo schema operativo.

Di seguito sono riassunte le metodologie utilizzate per lo sviluppo delle varie fasi del campo prova e i risultati saranno illustrati e commentati nei capitoli successivi.

Campo prova - Prima fase

Nella prima fase del campo prova sono state realizzate otto colonne variando, per ognuna di queste, pressione di iniezione, pressione dell'aria, diametro e numero di ugelli, velocità di rotazione e di risalita. Le colonne sono state realizzate a profondità simili a quelle operative e i diametri attesi erano di 1,8, 2,0 e 2,5 m.

E' stata inoltre eseguita un'altra colonna, il cui diametro medio atteso e verificato era di 3 m fino al piano campagna, in modo da poter verificare visivamente il diametro massimo raggiungibile nei terreni presenti e la sua corrispondenza con i valori di progetto.

La verifica del diametro medio reso delle colonne è stata eseguita per mezzo di sondaggi a carotaggio continuo e sui campioni prelevati sono state eseguite prove di laboratorio. Verificato il diametro medio reso e le caratteristiche dei campioni per una più completa valutazione della omogeneità del trattamento su una colonna, prima della seconda fase del campo prova è stata eseguita una indagine geofisica bidimensionale.

Il progetto della maglia delle colonne per il tappo di fondo

Il set di parametri scelto aveva generato, così come previsto, una colonna con diametro medio reso di 2,5 m.

Tenendo conto che durante l'esecuzione del campo prova di prima fase era stato riscontrato un errore di verticalità stimabile in 1°, l'intervallo tra le singole colonne che costituivano il tappo di fondo è stato calcolato in modo da garantire, anche con tale deviazione, una compenetrazione significativa per una parte dello spessore del terreno trattato.

La profondità prevista della perforazione era di 26 m e lo spessore del terreno trattato di 10,5 m: in questa ottica si poteva ipotizzare che, anche con tale errore, si ottenesse una compenetrazione di almeno il 50% dello spessore del terreno trattato in caso di deviazione opposta di due colonne contigue. Questo risultato si ottiene con una compenetrazione di 0,7 m; infatti con 1° di deviazione dalla verticale si ha a 26 m uno spostamento del centro della colonna di 0,45 m, che diventerà 0,35 m alla profondità di 20 m e 0,28 a 16 m.

Campo prova - Seconda fase

Nella seconda fase è stata, come detto, simulata la lavorazione, sia per quanto riguarda i parametri di iniezione sia per la geometria delle singole colonne, con la realizzazione di una "rosetta" costituita da nove colonne con diametro di 2,5 m compenstrate di 0,7 m.

Il trattamento è stato eseguito tra -11 e -5 m dal piano campagna. Le prove eseguite per il controllo dei risultati ottenuti sono state:

- ◆ sondaggi a carotaggio continuo, con l'esecuzione di prove di permeabilità;
- ◆ prove di laboratorio sui campioni prelevati;
- ◆ indagine geofisica tridimensionale.

Di seguito saranno descritte le metodologie di indagine e i risultati ottenuti nelle due fasi del campo prove.

I sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nelle due fasi del campo prova hanno permesso di verificare l'ottima qualità del trattamento: nella prima fase avevano l'obiettivo di verificare l'omogeneità del trattamento a varie distanze dal centro della colonna, permettendo di individuare in tal modo anche il diametro medio reso; nella seconda fase hanno permesso, oltre a verificare l'omogeneità del trattamento nelle zone di compenetrazione, di predisporre i fori su cui eseguire l'indagine geofisica.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state effettuate prove di permeabilità tipo Lugeon, sviluppate fino a ottenere, nei sondaggi di bordo, fenomeni di fratturazione idraulica del terreno trattato. Nella Figura 4 è riportata la foto di un cassetta con i campioni prelevati a ridosso del bordo della colonna.



Figura 4 - La cassetta di un sondaggio a carotaggio continuo eseguito a ridosso del bordo teorico della colonna

Le prove di laboratorio

Per determinare i parametri da utilizzare per la verifica della sicurezza rispetto al sollevamento del volume trattato negli scavi dei pozzi per realizzare i plinti di fondazione sono state eseguite una serie di prove di laboratorio su una gamma di campioni prelevati con i sondaggi geognostici.

I campioni erano rappresentativi di tutto il volume trattato, essendo stati prelevati sia nelle zone di compenetrazione sia in quelle centrali della colonna, a varie profondità.

L'indagine geofisica

Per individuare tramite indagine non invasiva le eventuali disomogeneità, quali sbulbature (claquage) o assottigliamenti anche localizzati non interessanti tutto il volume della colonna nonché eventuali disomogeneità all'interno del volume trattato, è stata sviluppata una indagine geofisica bidimensionale e tridimensionale.

Risulta evidente che i sondaggi a carotaggio continuo se da una parte rendono visibile la qualità del processo di consolidazione dall'altra presentano il limite che le informazioni che forniscono riguardino uni-

camente il volume perforato, con il rischio di sovrastimare sia le anomalie sia i risultati positivi. In ultima analisi, con questo tipo di indagini si tratta di estendere spazialmente le informazioni che le indagini dirette (sondaggi e prove di laboratorio) forniscono, oppure individuare e valutare la gravità di eventuali anomalie presenti e non rilevate dai sondaggi.

La metodologia è quella della tomografia sismica, già abbondantemente utilizzata per indagini di questo tipo, che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di un considerevole numero di dati, la costruzione di immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione in continuo della velocità sismica di compressione (onde P). Con questa tecnica si riesce pertanto a ricostruire una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica.

La tecnica di prospezione consiste nella misura dei tempi impiegati dalle onde sismiche longitudinali (onde P) per percorrere un tragitto rettilineo, compreso tra una serie di punti di energizzazione (sorgente sismica) e una serie di punti di ricezione.

Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali - come quelle in esame - o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica. Essendo, come accennato, la velocità sismica correlabile alla densità del materiale indagato, il metodo è utilizzabile - di norma - per individuare variazioni di densità legate a disomogeneità litologiche, fratturazioni, vuoti, linee di discontinuità.

Grazie alla predisposizione di un modello teorico-previsionale e all'impiego di programmi di elaborazione idonei, si è potuto stabilire sia il dimensionamento del dispositivo di misura sia la rispondenza del sistema di osservazione alle ipotesi di progetto.

L'indagine bidimensionale

Questa indagine è stata eseguita nella prima fase del campo prova con l'obiettivo di valutare le caratteristiche di una delle colonne e per tarare il metodo per la successiva applicazione nel campo prova di seconda fase. Per questo motivo sono state realizzate due sezioni incrociate sull'asse della colonna, il cui diametro medio atteso era di 2 m. In Figura 5 è riportata la planimetria dello schema di acquisizione. Analogamente per le due sezioni in un foro è stata calata una colonna con 24 sensori (idrofon) spazati di 0,5 m, mentre nel foro opposto sono stati creati degli impulsi sismici procedendo dal fondo alla superficie a intervalli di 1 m. La procedura di acquisizione è stata ripetuta invertendo la posizione dei sensori e dei punti di energizzazione. Come sorgente delle onde elastiche è stato utilizzato un apposito dispositivo meccanico con possibilità di ancoraggio pneumatico alle pareti del foro.

I risultati ottenuti, che si evincono nelle Figu-

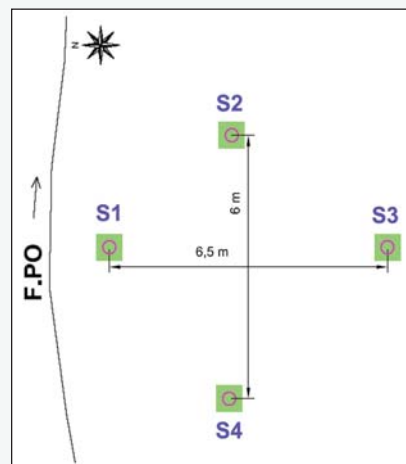


Figura 5 - La planimetria dello schema di acquisizione per le sezioni tomografiche

re 6 e 7, hanno permesso di sviluppare diverse considerazioni:

- ◆ le immagini tomografiche evidenziano che le velocità del terreno trattato sono maggiori di 2,3 km/sec.;
- ◆ l'aumento di velocità, rispetto al terreno naturale, risulta evidente alle quote e per lo spessore previsto. Il diametro medio della colonna è, come previsto in entrambe le sezioni, mediamente di 2 m;
- ◆ all'interno della colonna si registrano valori leggermente inferiori (2,2-2,3 km/sec.), rilevando la presenza di materiale leggermente meno compatto.

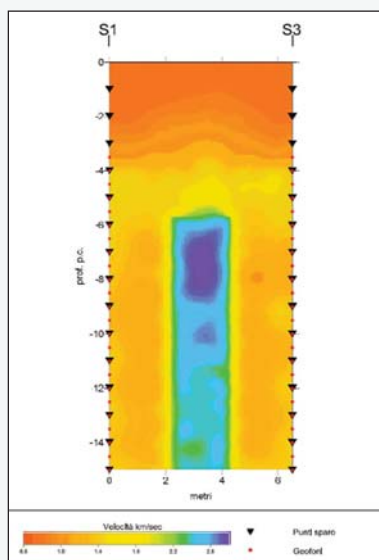


Figura 6 - La sezione tomografica S1-S3

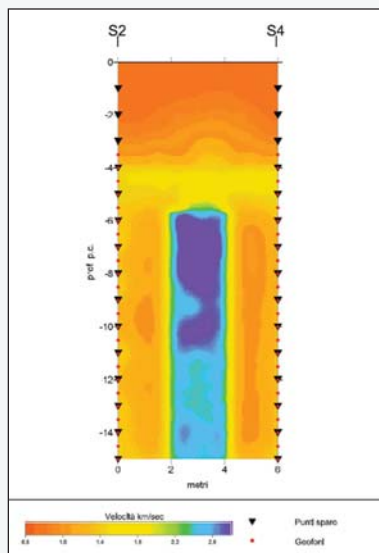


Figura 7 - La sezione tomografica S2-S4

bilendo sia il dimensionamento del dispositivo di misura sia la rispondenza del sistema di osservazione alle ipotesi di progetto.

Prima è stato realizzato un modello teorico della distribuzione di velocità del sistema terreno-tappo di fondo trattato con jet grouting e si è ricostruito il percorso dei raggi sismici relativi al layout ipotizzato (sistema spari-ricevitori). Successivamente è stata simulata la presenza di alcune anomalie nel volume di terreno trattato:

- ◆ due fori passanti con diametro rispettivamente di 0,5 e 1 m;
- ◆ due zone a bassa velocità, che dovevano simulare un volume di terreno non trattato.

Nel complesso, comunque, la colonna di jet grouting appare omogenea, senza significative anomalie sia per quanto riguarda la geometria sia, pur con locali variazioni, per quanto riguarda l'omogeneità di insieme.

L'indagine tridimensionale

Questa tecnica è stata sviluppata e messa a punto per questo progetto con l'obiettivo di individuare la presenza di eventuali discontinuità, cavità, aperture "passanti" nel suo interno o locali anomalie di continuità delle caratteristiche del tappo di fondo stesso. E' stata quindi realizzata una "rosetta" di colonne che simula la lavorazione prevista con caratteristiche geometriche e con tecniche pensate per la produzione.

In Figura 8 è riportato lo schema delle colonne e dei sondaggi eseguiti per verificare le caratteristiche del materiale e per predisporre i fori per l'indagine geofisica.

Sulla base dei risultati ottenuti nella prima fase del campo prova è stato possibile costruire un modello teorico previsionale, stabilendo

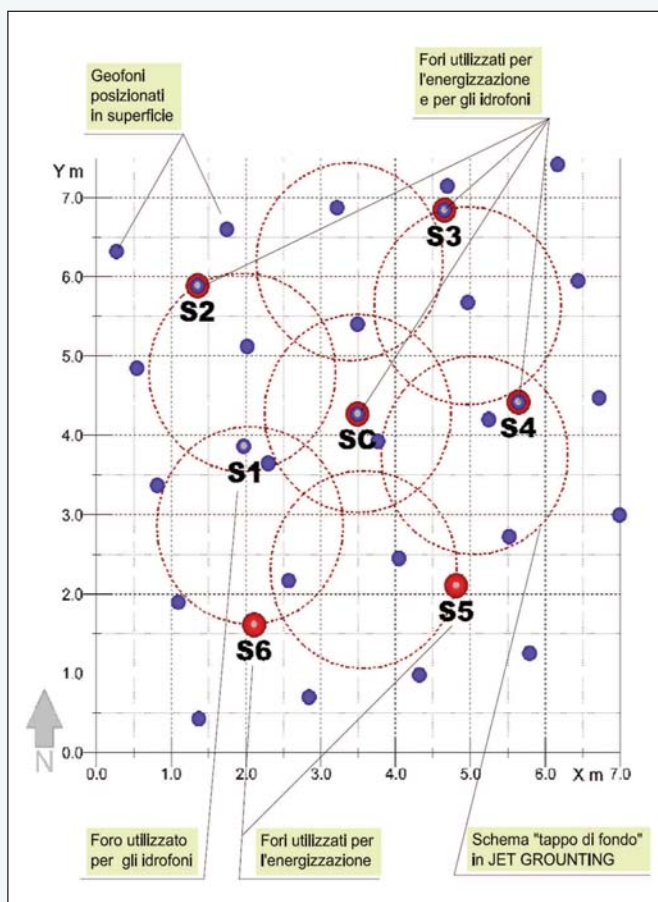


Figura 8 - Lo schema della rosetta di nove colonne realizzate per la seconda fase del campo prova con l'ubicazione dei sondaggi attrezzati per le geofisica

Come si può osservare in Figura 9, il risultato della simulazione ottenuto riproduce in modo assolutamente accettabile quanto ipotizzato, confermando la validità dello schema di lavoro proposto.

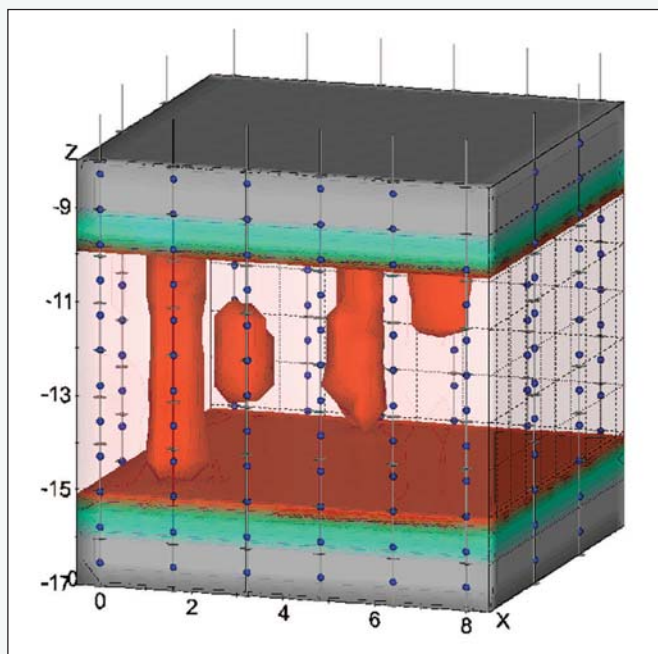


Figura 9 - La simulazione delle anomalie inserite nel modello teorico costruito sulla base dei dati ottenuti nella prima fase del campo prova

La metodologia utilizzata

Verificata l'idoneità del modello proposto, sono state eseguite operazioni di campagna secondo lo schema indicato in Figura 10.

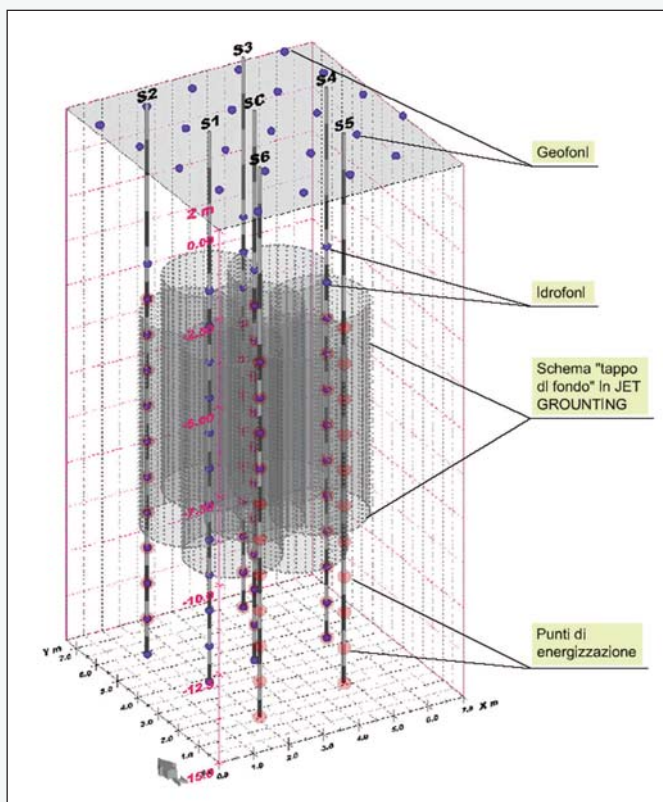


Figura 10 - Lo schema di acquisizione

Nel dettaglio, è stata effettuata la registrazione simultanea di quattro catene da 12 sensori (idrofoli) con intervallo di 1 m inserite nei fori attrezzati e di una rete (24) di geofoni superficiali disposti secondo una maglia quadrata con lato di 1,5 m.

L'energizzazione è stata ripetuta lungo tutte le colonne di sondaggio a intervalli di 1 m, procedendo dal fondo dei fori verso la superficie. Le operazioni sono state ripetute in modo simmetrico, con posizioni rovesciate dei punti sorgente e dei punti registrazione. In questo modo è stata possibile l'acquisizione di una ragnatela di traiettorie sismiche attraversanti l'intero corpo oggetto di indagine. In dettaglio, l'attrezzatura utilizzata è stata:

- ◆ quattro catenarie di idrofoli con sensori spazati di 1 m;
 - ◆ 24 geofoni verticali con frequenza propria di 14 Hz;
 - ◆ cannoncino da foro con geofono starter;
 - ◆ cartucce senza pallettone;
 - ◆ bombola di azoto, compressore e gruppo elettrogeno;
 - ◆ sismografo Strataview della Geometrics a 48 canali (dinamica 16 bit);
 - ◆ sismografo Geode della Geometrics a 24 canali (dinamica 24 bit).
- L'elaborazione dei dati ha comportato la lavorazione di un numero elevato di impulsi sismici che hanno consentito di determinare, per ogni traiettoria individuata, le velocità di percorso e di definire in tal modo una matrice cubica di cellette elementari ognuna caratterizzata da un singolo valore di velocità sismica. L'utilizzo di un algoritmo "robusto" di inversione 3D ha consentito di ottenere un'immagine tridimensionale dell'ottimizzazione del modello di elaborazione utilizzato. Per una più completa e chiara rappresentazione dei risultati, i valori di velocità sismica ricavati dall'elaborazione tomografica 3D sono stati ela-

borati mediante l'impiego di un programma di visualizzazione 3D, che consente di inserire tutte le informazioni disponibili in una data area per calcolare un modello tridimensionale del volume di terreno investigato. In tal modo, è stato possibile visualizzare il modello solido del volume di materiale indagato.

Le rappresentazioni finali sono rappresentate da immagini tridimensionali del solido oppure può essere "tagliato" lungo piani predefiniti per rappresentare in modo bidimensionale la situazione esistente.

Nella Figura 11 è visualizzato il volume solido relativo alla porzione di materiale caratterizzato da velocità sismica V_p superiore ai 2,4 km/sec., ritenendo tale velocità rappresentativa del terreno trattato con metodologia jet grouting. La figura descrive, in pratica, l'effetto dell'intervento di trattamento.

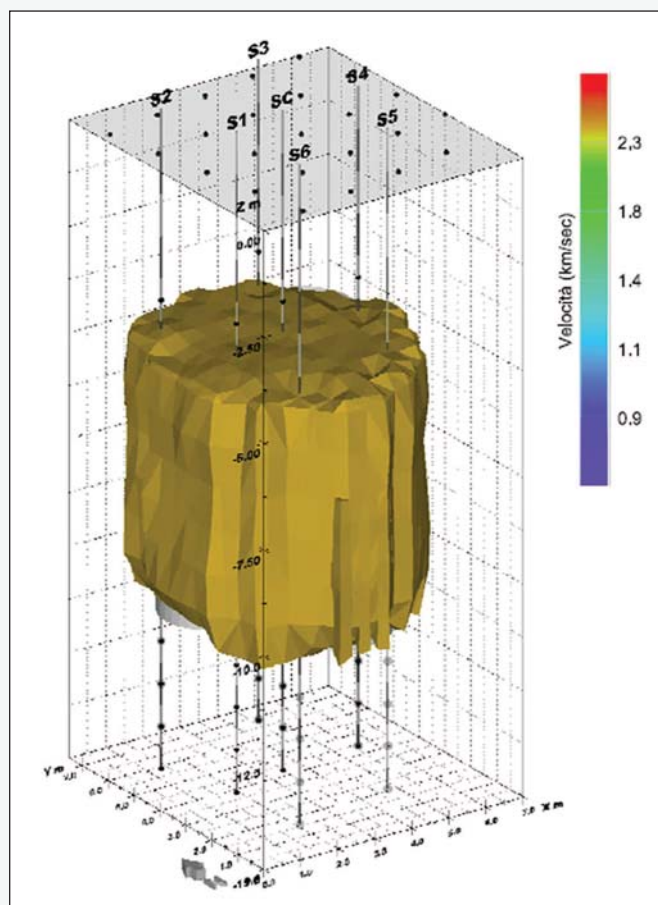


Figura 11 - Il volume di terreno trattato con velocità maggiori a 2,4 km/sec.

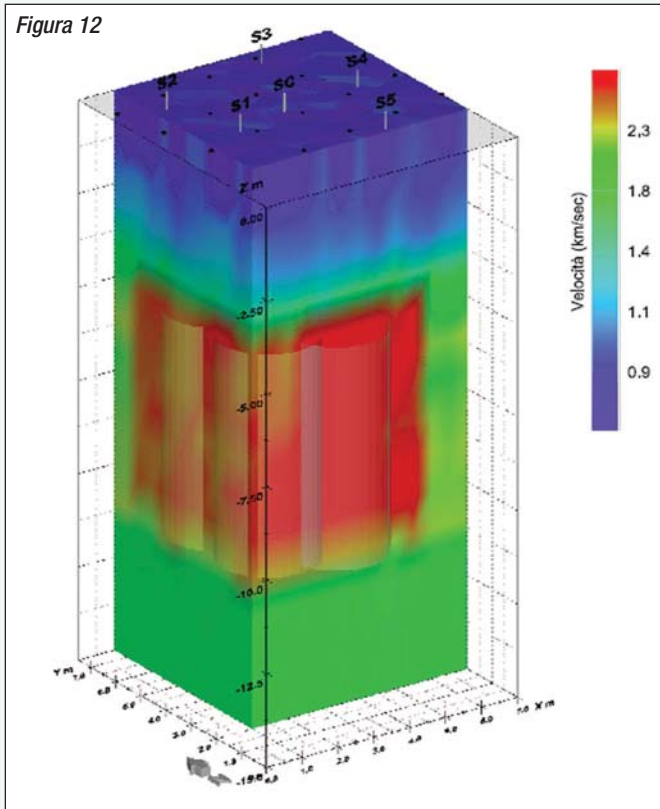
La Figura 12 fornisce un'altra visione di insieme dell'effetto di consolidazione (rappresentato dal colore rosso relativo alle alte velocità sismiche corrispondenti) rispetto al terreno non trattato; sono inoltre visualizzati i volumi teorici delle colonne che costituiscono il tappo di fondo.

Nelle Figure 13, 14 e 15 si possono osservare alcuni tagli effettuati su piani orizzontali crescenti in profondità; nelle Figure 16 e 17 quelli effettuati su sezioni verticali.

Come si può osservare, l'indagine geofisica realizzata - pur nella complessità esecutiva - ha confermato le potenzialità diagnostiche ipotizzate tramite la predisposizione del modello teorico. Il rilievo ha quindi consentito, attraverso una metodologia di indagine non invasiva, di valutare il grado di omogeneità del trattamento del terreno effettuato con metodologia jet-grouting per la realizzazione del tappo di fondo.



Figura 12



I risultati dell'indagine si possono così sintetizzare:

- ◆ i valori delle velocità sismiche all'interno del terreno trattato sono variabili da 2,4 km/sec. a 2,9 km/sec.;
- ◆ la distribuzione dei valori di velocità sismica, nel complesso, rispecchia la geometria teorica del trattamento, sia in senso verticale sia in senso laterale;
- ◆ all'interno del solido formato dal terreno trattato con jet-grouting la distribuzione delle velocità sismiche sono nel complesso omogenee, denotando un grado di addensamento sostanzialmente uniforme;
- ◆ le modeste variazioni di velocità rilevate, sono localizzate soprattutto in corrispondenza del sondaggio S1 nel quale la prova di permeabilità eseguita era stata sviluppata fino alla fratturazione idraulica dell'ammasso;

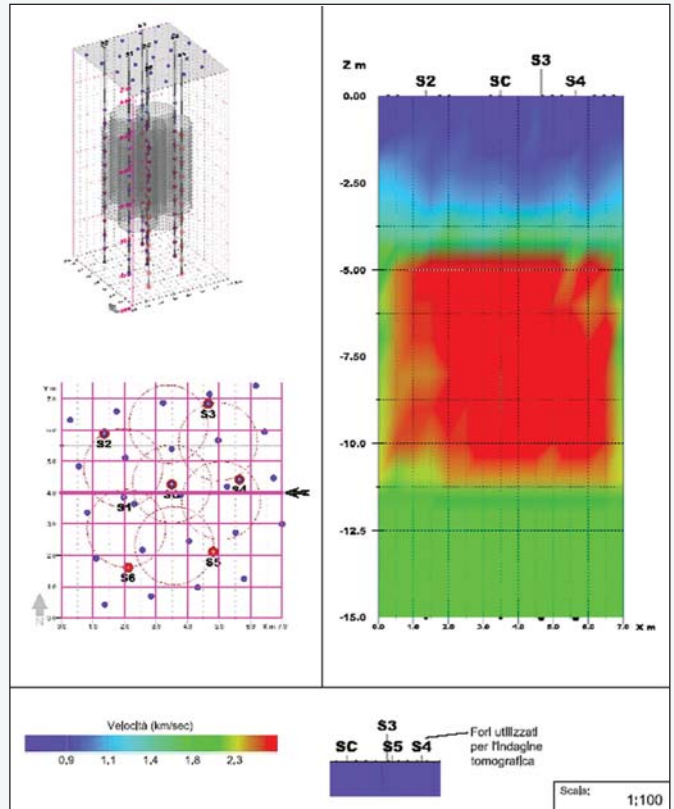


Figura 16 - La sezione verticale effettuata con taglio a passante per la colonna centrale della rosetta

- ◆ le altre variazioni sono rilevabili sul bordo esterno tra i sondaggi S3 e S4 e non hanno nessun significato in quanto queste sono zone di compenetrazione.
- ◆ in ultima analisi la parte centrale della "rosetta" che simula le condizioni operative appare omogenea e priva di anomalie.

Sulla base di questi risultati il tappo di fondo è stato eseguito con la geometria testata nel campo prova di seconda fase. In questo modo si è avuta certezza che quanto emerso, in maniera puntuale, dai sondaggi a carotaggio continuo e i valori ottenuti dalle prove di laboratorio potevano essere tranquillamente estesi a tutto il volume di terreno consolidato.

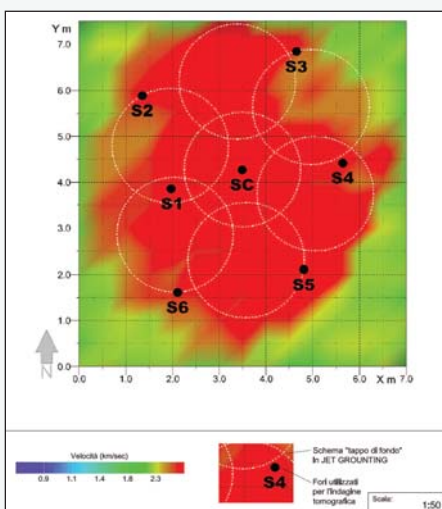


Figura 13 - La sezione orizzontale effettuata con taglio a -6 m dal piano campagna

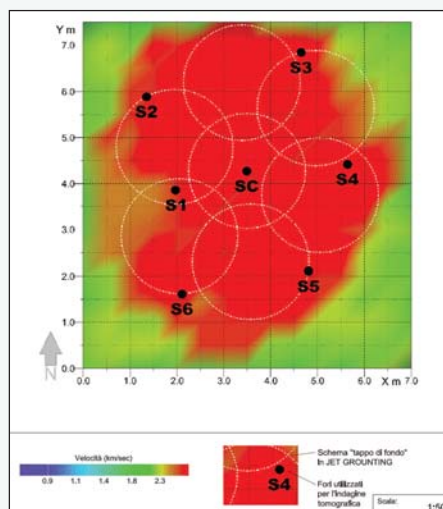


Figura 14 - La sezione orizzontale effettuata con taglio a -8 m dal piano campagna

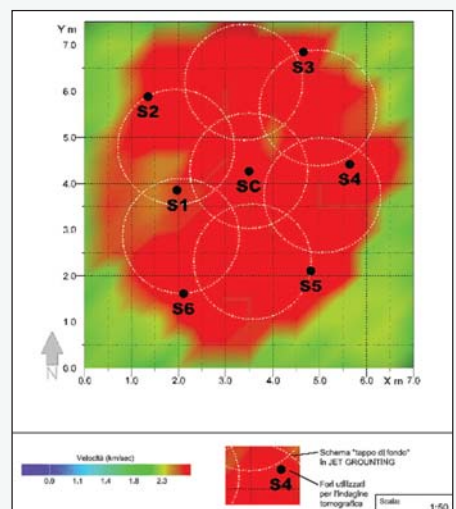


Figura 15 - La sezione orizzontale effettuata con taglio a -10 m dal piano campagna

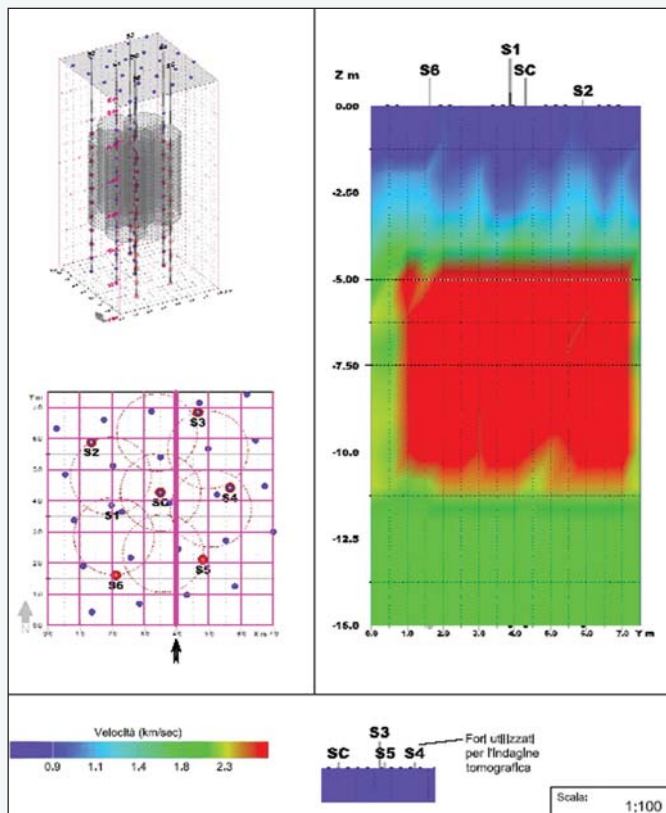


Figura 17 - La sezione verticale effettuata con taglio a passante per la colonna centrale della rosetta e ortogonale alla precedente

Conclusioni

Come detto, visto il risultato delle indagini eseguite, il tappo di fondo è stato realizzato con i parametri di iniezione e con le caratteristiche geometriche del campo prova di seconda fase. Durante lo scavo dei pozzi di fondazione è stata registrata, così come previsto, una perfetta tenuta del tappo di fondo.

La presenza di acqua a fondo scavo era dovuta alle infiltrazioni tra le palancole, come si può osservare nelle Figure 18 e 19.

- * Geologo di Italferr SpA
- ** Ingegnere di Italferr SpA
- *** Ingegnere della Fondazioni Speciali SpA
- **** Geologo di Geoinvest Srl



Figura 18 - Il fondo scavo



Figura 19 - L'armatura del plinto di fondazione

Ringraziamenti

Un ringraziamento particolarmente sentito va al Geol. Renato Briganti di Italferr SpA per essere stato un prezioso punto di riferimento nelle indagini svolte. I suoi consigli e i suoi contributi nelle lunghe discussioni per la verifica prima delle metodologie da utilizzare e poi dei risultati ottenuti sono stati determinanti per il raggiungimento degli obiettivi che ci eravamo preposti.

In memoria di Gianfranco Bruzzi

Da qualche mese Gianfranco Bruzzi ci ha lasciato. Si è spento, infatti, alla fine del 2006 dopo una breve malattia, lasciando un vuoto incolmabile a chi - come me - aveva avuto l'opportunità di conoscerlo sia professionalmente sia, soprattutto, umanamente.

La sua passione per la geofisica lo aveva portato a cercare e a trovare sempre nuove applicazioni, e l'articolo qui presentato ne è un esempio. Gianfranco credeva in quello che faceva, si presentava sempre con la sua disponibilità e umanità ed era sempre pronto a discutere e ad affrontare nuove sfide.

Ma, come ho detto, è soprattutto dal punto di vista umano che lo voglio ricordare: con me, tutti gli altri Autori, perché in questi anni l'amicizia e il rispetto reciproci sono andati ben al di là di un rapporto di semplice, anche se intensa, collaborazione professionale.

Questo articolo è anche un piccolo modo per ricordarlo: scriverlo non è stato facile per l'emozione che spesso si generava pensando alle lunghe discussioni in un confronto senza preconcetti.

Alla moglie, alla figlia, al figlio e ai Colleghi di Geoinvest vanno, ancora una volta, le nostre più sincere e sentite condoglianze, convinti che il dolore non si sia attenuato ma sicuri che Gianfranco ci guardi e vegli su di noi.



Stefano Ciufegni