

L'Italia sul Bosforo

UN CONTRIBUTO TECNOLOGICO NAZIONALE IN UNA DELLE PIÙ IMPORTANTI OPERE INFRASTRUTTURALI DEL DECENNIO. IL NUOVO GALATAPORT ISTANBUL VEDE PROTAGONISTE LE ATTREZZATURE SOILMEC E LO STRAORDINARIO KNOW-HOW MATURATO DA TREVÌ

Tra le numerose eccellenze italiane del settore delle costruzioni il binomio Soilmec – Trevi è senza dubbio una delle più prestigiose, anche per la particolare complessità dell'ambito disciplinare che costituisce la specialità delle due aziende, le costruzioni geotecniche. Una leadership tecnologica sancita dalla loro partecipazione da protagoniste a uno dei progetti più prestigiosi dell'ultimo decennio: il nuovo Galataport Istanbul, situato nell'antico quartiere di Galata, oggi Beyoğlu, nel cuore del centro storico della città. Tra i più grandi e importanti waterfront commerciali al mondo con un valore di investimento pari a 1,7 miliardi di dollari, una lunghezza di 1,2 km e una superficie totale di 100.000 m², il progetto recupera a uso pubblico una sezione litoranea chiusa all'accesso da oltre 200 anni. Qui troveranno spazio un terminal navale sotterraneo, oltre 250 esercizi commerciali distribuiti su 52.000 m², 43.000 m² di spazi ufficio, il Peninsula Istanbul, una lussuosa struttura alberghiera da 177 camere che utilizzerà gli spazi di tre edifici storici sottoposti a tutela e la cui hall sarà ricavata all'interno della Karaköy Passenger Hall, il primo moderno terminal crociere della Turchia risalente agli anni '40, il Museo d'Arte Moderna di Istanbul e il Museo di Pittura e Scultura dell'Università di Belle Arti Mimar Sinan. Il tutto per un flusso di visitatori stimato in oltre 25 milioni di unità. La complessità del progetto, che ha previsto la realizzazione di una serie di strutture sotterranee sia in aree aperte che sotto gli edifici storici esistenti, ha comportato l'impiego di una vasta gamma di tecnologie per l'esecuzione di strutture di contenimento, fondazioni profonde e interventi di miglioramento dei suoli in un contesto caratterizzato da un elevato rischio sismico. Le soluzioni tecniche adottate hanno coinvolto una squadra di attrezzature Soilmec opportunamente allestite per ottenere risultati ottimali, fra cui la nuova idrofresa SC-135 e una perforatrice idraulica SR-95 in versione TurboJet.



Vista generale del cantiere



Il progetto

L'intervento è stato diviso nei due lotti Salıpazarı e Karaköy, inizialmente oggetto di due diverse gare d'appalto alla fine entrambe aggiudicate a Trevi. La progettazione del concept tender è stata attentamente studiata dagli ingegneri dell'ufficio Design, Research & Development di Trevi, operante nella doppia veste di main contractor e progettista di tutte le opere geotecniche, che hanno proposto diversi miglioramenti tecnici e soluzioni alternative incentrate su una strategia di progettazione più sostenibile ed economicamente vantaggiosa. Le complesse condizioni idrauliche e geologiche del sito, il suo elevato rischio sismico, la presenza di edifici storici necessitanti di importanti opere di consolidamento strutturale, unitamente alla contemporanea costruzione della nuova banchina portuale e alla necessità di garantire il mantenimento delle normali attività portuali sono stati fattori che hanno richiesto l'impiego di tecnologie all'avanguardia nel campo dell'ingegneria delle fondazioni.

Il lotto Salıpazarı includeva in particolare la costruzione di un terminal sotterraneo per i cruiser, che ha richiesto l'esecuzione di uno scavo fino a circa 15 metri di profondità dal piano campagna (13 m sotto il livello del mare) su tutti i 65.000 m² di superficie del sito. L'area sovrastante il terminal è stata adibita a lungomare destinato alla viabilità automobilistica e pedonale. I lavori di fondazione hanno in questo caso incluso l'esecuzione di una parete di diaframmi ancorati dello spessore di 1.200 mm realizzata con benna e idrofresa per un totale di 50.000 m² di diaframmi e 30.000 m di ancoraggi, un massiccio intervento di miglioramento del suolo per contrastare eventuali fenomeni di liquefazione eseguito mediante vibrazione sostitutiva (oltre 100.000 metri lineari di colonne in pietra realizzate) e deep soil mixing con tecnica TurboJet (250.000

Una delle perforatrici idrauliche SR-95 utilizzata per la miscelazione profonda dei suoli



m³ di terreno trattato), la creazione di una fondazione su pali trivellati da 1.000 mm di diametro per un totale di 35.000 metri lineari e la realizzazione di un sistema di drenaggio a servizio dell'intero sito.

Oltre alla ristrutturazione della porzione di banchina di pertinenza, il lotto Karaköy ha previsto la riqualificazione di cinque edifici esistenti. Gli immobili privi di rilevanza storica sono stati demoliti e all'interno del loro perimetro sono state create le necessarie opere di fondazione, consistenti nella realizzazione di diaframmi e pali secanti da 1.000 mm di spessore eseguiti

Per la realizzazione dei diaframmi è stata utilizzata un'idrofresa Soilmecc SC-135



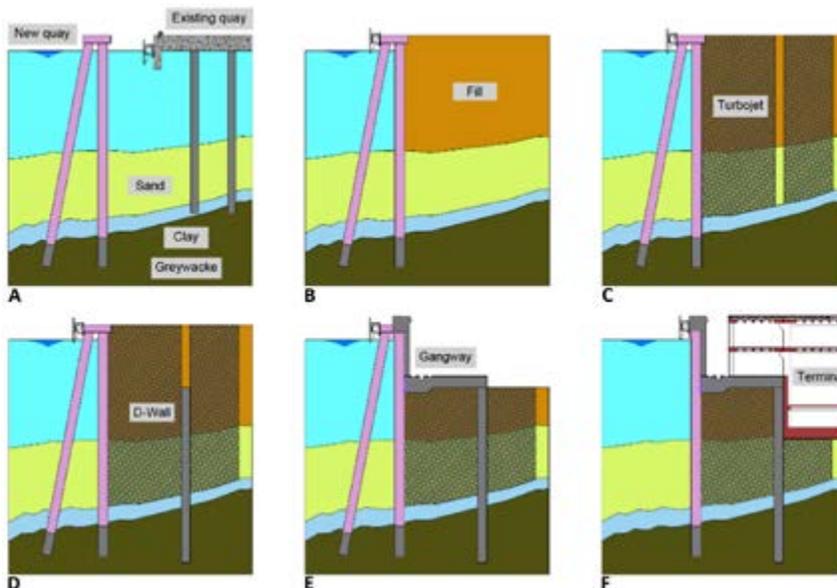
Gli interventi di miglioramento delle caratteristiche del suolo per contrastare eventuali fenomeni di liquefazione



sia mediante benna meccanica (18.000 m² di diaframmi e 7.000 metri lineari di pali secanti), un tappo di fondo idraulico con il compito di ridurre il flusso di risalita delle acque sotterranee durante le operazioni di scavo e riqualificazione degli edifici adiacenti costituito da colonne jet grouting bifluide secanti da 2.000 mm (45.000 m³ di terreno trattato), un intervento di miglioramento del suolo finalizzato a contrastarne la liquefazione sempre eseguito tramite colonne jet grouting ellittiche (50.000 m³ di terreno trattato) e una maglia di 10.000 metri di micropali pretensionati tramite barre di acciaio DCP (Double Corrosion Protected). Per quanto riguarda gli edifici storici soggetti a tutela i relativi lavori di fondazione, eseguiti dall'interno e con forti vincoli spaziali, sono consistiti in un importante intervento di miglioramento del suolo contro la liquefazione mediante jet grouting monofluide (40.000 m³ di terreno trattato) e nella realizzazione di 2000 metri lineari di micropali. In entrambi i lotti Trevi ha installato e gestito un sofisticato sistema di monitoraggio per tenere sotto controllo i movimenti e le forze agenti sui diversi elementi del sistema di fondazione, sul suolo circostante e sugli edifici esistenti. Tutte le attività sopra elencate sono state eseguite quasi in contemporanea, cosa che ha inserito ulteriori elementi di complessità nella gestione del progetto.

La nuova banchina di Salipazari

Per la sezione litoranea della nuova banchina e la realizzazione del terminal è stata adottata un'interessante soluzione progettuale. La nuova banchina è composta da un combi-wall formato da pali trivellati con camicia di acciaio a perdere gettati in opera da un pontone, operazione accompagnata dalla progressiva demolizione dei pilastri di sostegno della vecchia banchina (Figura a), il cui allineamento è stato garantito da pali inclinati installati a un interasse dalle rispettive sezioni centrali di 5 metri. Successivamente, l'area tra la vecchia e la nuova banchina è stata colmata con un riempimento in ghiaia a granulometria controllata (Figura b), le cui proprietà meccaniche sono state migliorate grazie a un trattamento di miscelazione



profonda tramite colonne tangenti da 1500 mm di diametro (Figura c).

Il trattamento di miglioramento del suolo aveva tre obiettivi principali:

- stabilizzare il riempimento prima dell'esecuzione dei diaframmi;
- ridurre il rischio di liquefazione della sabbia sciolta situata al di sotto del livello del fondale marino;
- creare un blocco rigido tra la murata della nuova banchina, i diaframmi e l'edificio del nuovo terminal in modo da garantire una corretta distribuzione dei futuri carichi.

La miscelazione profonda del terreno ha seguito un pattern triangolare, lasciando un'unica fila vuota in corrispondenza della futura parete di diaframmi, realizzati in seconda battuta in spessore da 1200 mm (Figura d). La miscelazione profonda è stata eseguita fino alla quota dello strato di argilla per una profondità massima di 25 metri sotto il piano di lavoro, mentre il piede dei diaframmi ha raggiunto la quota di -32 metri. Una volta completata la parete di diaframmi hanno avuto inizio lo scavo e la realizzazione della passerella che collega permanentemente la nuova banchina e i diaframmi (Figura e). L'intervento è poi stato completato con la costruzione del terminal e la rimozione dei pali inclinati di supporto della nuova

Il consolidamento delle fondazioni degli edifici sottoposti a tutela è stato eseguito mediante micropali e jet grouting monofluido



All'esecuzione dei diaframmi ha partecipato anche una gru idraulica Soilmecc SC-90 munita di idrofresa



banchina (Figura f).

Le due perforatrici idrauliche Soilmecc SR-95 qui utilizzate sono state allestite con il sofisticato sistema di monitoraggio DMS per consentire agli operatori una gestione ottimale delle macchine. Il sistema è in grado di guidare automaticamente il carro durante le fasi di perforazione e sollevamento nel corso delle iniezioni. Il DMS è stato montato anche sull'idrofresa Soilmecc SC-135 Tiger e ha permesso di creare una ricostruzione 3D virtuale dei diaframmi eseguiti sulla base dei dati registrati durante la loro esecuzione al fine di rilevare eventuali problemi o deviazioni indesiderate dall'asse.

I nuovi edifici del lotto Karaköy

Fra tutte le opere geotecniche eseguite nel lotto Karaköy, una menzione speciale merita il tappo di fondo multifunzione (MPBP - Multi-Purpose Bottom Plug). Questa innovativa opera geotecnica è stata realizzata nel quadro degli scavi all'interno della pianta originale degli edifici demoliti per consentire la loro ricostruzione e la realizzazione di 2 o 3 piani interrati. L'MPBP è una combinazione di soluzioni di controllo delle infiltrazioni, miglioramento del terreno ed elementi portanti, adottata per consentire lo scavo profondo all'interno del perimetro degli edifici demoliti. La profondità di scavo è stata di circa 12,5 metri sotto il piano di lavoro (11 metri sotto il livello del mare). Il corpo principale del tappo di fondo è composto da colonne

jet grouting secanti di sezione circolare del diametro di 2000 mm, eseguite con metodo bifluido. Le colonne vengono realizzate seguendo un pattern triangolare con un interasse medio tra le sezioni centrali delle colonne di 1.500 mm. Lo spessore del tappo di fondo è quello strettamente necessario per garantire la stabilità idraulica dello scavo. In un secondo momento sono state realizzate colonne jet grouting semiellittiche dall'estradosso del tappo di fondo fino al piano campagna secondo una disposizione reticolare al fine di contrastare eventuali fenomeni di liquefazione del terreno. La forma semiellittica è stata scelta al posto di quella circolare al fine di ottimizzare la geometria del reticolo, riducendo al minimo la quantità dei getti e il relativo tempo di esecuzione; il reticolo così creato fungerà anche da base per il futuro edificio e supporto per i carichi strutturali verticali permanenti.

Le tecnologie coinvolte e i dispositivi di controllo elettronico utilizzati per l'esecuzione del tappo di fondo sono di ultima generazione. In particolare, per la sua esecuzione mediante jet grouting bifluido le perforatrici sono state dotate dei sistemi Jet-Vision System e Drilling Position System (DPS). Il primo controlla, monitora e registra il movimento dell'utensile/asta di perforazione durante la fase di getto, mentre il secondo monitora e registra la posizione 3D dell'utensile di perforazione durante la fase di perforazione, cosa di fondamentale importanza per garantire una corretta sovrapposizione tra le colonne jet grouting e la buona esecuzione del tappo di fondo. Per la realizzazione delle colonne jet grouting semiellittiche il sistema Jet-Vision è stato dotato dell'opzione "Orbital Jet", che consente di modificare la velocità di rotazione durante la fase di getto in modo pianificato al fine di creare sezioni di raggio variabile.

Alcuni edifici storici a Karaköy erano invece tutelati come patrimonio culturale e dovevano perciò essere integralmente preservati durante e dopo i lavori, e a questo scopo sono stati restaurati per inserirsi nelle future strutture portuali. Le strutture e le fondazioni esistenti necessitavano di essere consolidate e le proprietà meccaniche del terreno di sottofondo dovevano essere migliorate. Per questo motivo sono state realizzate colonne jet grouting tangenti monofluido da 1,5 metri di diametro.

La geologia del sito

Il terreno incontrato lungo la sezione costiera dei diaframmi è costituito da uno strato di spessore variabile da 15 a 20 metri di materiale di riempimento non compattato costituito da ghiaia e ciottoli, seguito da un layer di circa 5/10 metri di sabbia limosa molto sciolta contenente una elevata quantità di conchiglie,

concentrata nella sezione più superficiale da 3 a 6 metri. Il sottostante letto roccioso è costituito da arenaria compatta molto fratturata, situato a una profondità compresa tra 25 e 45 metri sotto il livello del mare e coperto da uno strato di argilla compatta di circa 2 metri di spessore.