

OnSite

CONSTRUCTION

Marzo 2021 - n. 2

Hands On

Il miniescavatore
Volvo ECR58 Serie F

Hands On

La benna frantoio

MB-C50

Attualità

Il cantiere

è sempre connesso

Attrezzature

Il 30° anniversario

di Simex!

**Innovazione nella
meccanizzazione**
Il cantiere "tecnologico"

SIMEX
TFC 600

Testa fresante
a taglio continuo
Simex TFC 600

WWW.ONSITENEWS.IT

Ingegneria geotecnica per il Porto di Galata

IL PROGETTO

“Galataport Istanbul”



Dopo un lungo periodo di inattività in Turchia, Trevi è tornata a essere qui protagonista prendendo parte a Istanbul, in Turchia, a uno dei progetti più prestigiosi e ambiziosi dell'ultimo decennio

di *Ettore Zanatta*

Il progetto “Galataport Istanbul” ha coinvolto l'antico quartiere di Galata, ora Beyoğlu, nel centro storico della città turca. Considerato uno dei più grandi progetti “sul mare” di sempre, il “Galataport Istanbul” si evidenzia per un valore di investimento tota-

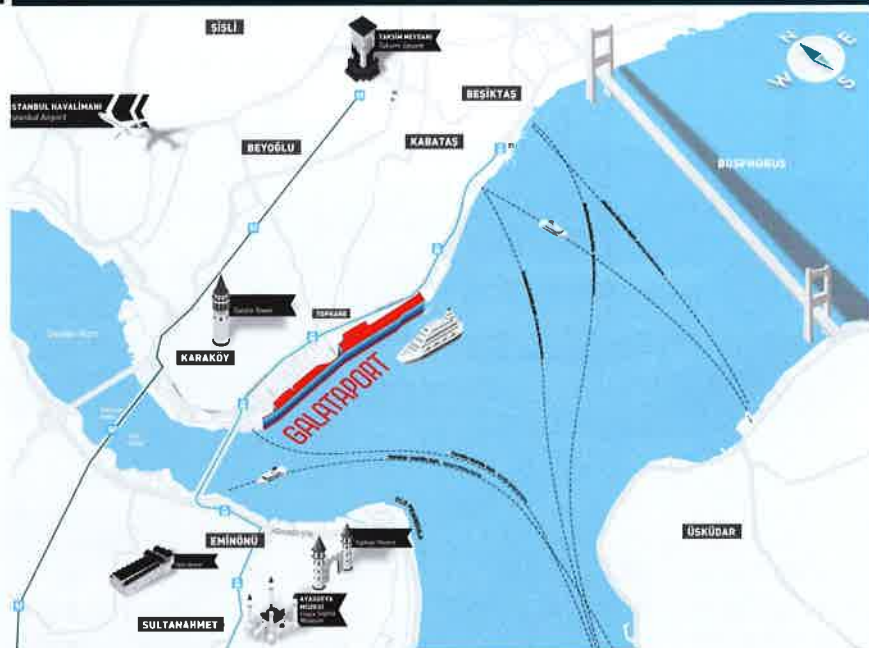
le di circa 1,7 miliardi di dollari, copre una lunghezza di 1,2 km di costa sul Bosforo e un'area totale di quasi 100.000 m².

Questo tratto di costa, che è stata chiusa al pubblico per ben 200 anni, è stato quindi finalmente aperto agli abitanti e ai visitatori di Istanbul.

Il progetto in dettaglio

Il progetto “Galataport Istanbul” è suddiviso in due “pacchetti”, Salıpazarı e Karaköy, inizialmente emessi come due diversi bandi e poi aggiudicati entrambi a Trevi.

Il processo produttivo è stato studiato a fondo dagli ingegneri dell'ufficio “Trevi Design, Research & Development”, i quali hanno proposto diversi miglioramenti tecnici e soluzioni alternative che hanno portato a una strategia di progettazione sostenibile e a un risparmio di costi per il cliente (Galataport Istanbul Liman İşletmeciliği ve Yatırımları A.Ş.). Trevi ha qui agito sia come appaltatore principale che come “progettista di proposte” per tutte le opere di ingegneria



geotecnica. Le difficili condizioni idrauliche e geotecniche, la pericolosità sismica del sito, la presenza di edifici storici da rinforzare, la contestuale ricostruzione della banchina da parte di altri appaltatori e il funzionamento continuativo del porto durante lo svolgimento delle attività di costruzione hanno richiesto l'impiego di tecnologie all'avanguardia nel campo dell'ingegneria delle fondazioni.

Il "pacchetto" Salipazari ha compreso la costruzione di un terminal portuale sotterraneo crocieristico, per il quale è stato necessario scavare l'intero sito di 65.000 m² fino a circa 15 m sotto il livello del suolo (13 m sotto il livello del mare). La superficie del terreno in cima al terminal è stata destinata al lungomare, ai percorsi pedonali e alle piazze pubbliche. I relativi lavori di fondazione hanno compreso l'esecuzione di un diaframma ancorato di 1.200 mm di spessore, eseguito sia con benna meccanica che con fresa idraulica (50.000 m² di D-Wall e 30.000 m di ancoraggi a terra), un massiccio miglioramento del suolo contro la liquefazione mediante vibro-sostituzione (100.000 m di "stone columns") e Deep Soil Mixing tramite TurboJet (250.000 m³ di terreno trattato), una fondazione su pali composta da pali trivellati di 1.000 mm di diametro (35.000 m) e l'implementazione di un sistema di drenaggio dell'intero sito.

Il "pacchetto" Karaköy, oltre alla ricostruzione della sua porzione di banchina, ha previsto invece la ristrutturazione di cinque edifici esistenti. Gli edifici non storici sono stati demoliti e ricostruiti con due o tre piani interrati.

Le opere di fondazione all'interno del loro ingombro consistevano in un diaframma puntellato di 1.000 mm di spessore/muro di pali secanti, che sono stati eseguiti sia con benna meccanica che con perforatrice (18.000 m² di D-Wall con 200 puntelli in acciaio e 7.000 m di pali secanti), un tappo idraulico di fon-

IL PROGETTO "GALATAPORT ISTANBUL". LA SUA REALIZZAZIONE HA PREVISTO, TRA LE ALTRE COSE, LA COSTRUZIONE DI CIRCA 250 PUNTI VENDITA COMMERCIALI SU UNA SUPERFICIE TOTALE DI 52.000 M² E SPAZI PER UFFICI SU OLTRE 43.000 M²



ri di fondazione dovevano essere condotti dall'interno degli edifici, con altezza libera ridotta, e consistevano in un massiccio miglioramento del suolo contro la liquefazione mediante jet-grouting mono-fluido (40.000 m³ di terreno trattato) e sostegno strutturale mediante micropali (2.000 m), al fine di consentire lo scavo di un basamento parziale sottostante le fondazioni esistenti. Per entrambi i "lotti", Salıpazarı e Karaköy, Trevi ha installato e gestito un imponente sistema di monitoraggio per tenere sotto controllo il movimento e le

do al fine di ridurre il flusso delle acque sotterranee durante lo scavo e relativi cedimenti di edifici adiacenti, eseguito da colonne sovrapposte di getto doppio fluido da 2.000 mm (45.000 m³ di terreno trattato), un miglioramento del suolo di tipo cellulare contro la liquefazione composto da colonne ellittiche jet-grouting (50.000 m³ di terreno trattato) e una rete di micropali a trazione, progettata per contrastare la sottospinta agente sugli edifici interrati, composta da barre in acciaio Double Corrosion Protected (DCP) (10.000 m).



I lavori di fondazione

Per quanto riguarda gli edifici storici che sono stati preservati, i relativi lavori

> LE SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE HANNO COINVOLTO MACCHINE E ATTREZZATURE PREDISPOSTE PER GARANTIRE LE PRESTAZIONI PIÙ PERFORMANTI ED EFFICACI, COME LA IDROFRESA SOILMEC SC-135 E LA PERFORATRICE SOILMEC SR-95 IN VERSIONE TURBOJET



forze che agiscono sui diversi componenti del sistema di fondazione, il suolo circostante e gli edifici esistenti. Tutte le attività sopra elencate sono state eseguite quasi contemporaneamente.

La banchina del terminal sotterraneo

Un'interessante soluzione progettuale è stata adottata per il tratto a mare della nuova banchina e del terminal. La prima è composta da una paratia "combi-wall", formata da "bored-cast-insitu piles" scavati attraverso un lamierino di acciaio

permanente battuto, che è stato installato da una chiatta mentre in parallelo avveniva la demolizione della banchina a giorno esistente. L'allineamento principale di pali contigui è sostenuto da pali inclinati installati a distanza centro/centro di 5 m; successivamente, l'area è stata riempita con materiale di riempimento controllato, dalle dimensioni medie di una ghiaia, migliorato da un massiccio trattamento di miscelazione del terreno profondo, costituito da colonne tangenti di 1.500 mm di diametro. Questo miglioramento del suolo ha

avuto tre obiettivi principali: stabilizzare il riempimento artificiale sciolto prima della realizzazione del diaframma; ridurre il rischio di liquefazione della sabbia sciolta in situ al di sotto del livello naturale del fondale marino; creare un blocco rigido tra il nuovo muro della banchina e il diaframma/edificio terminal, al fine di dissipare adeguatamente il carico della nave.

Le colonne di miscelazione del terreno profondo sono state eseguite su uno schema triangolare. Una fila vuota è stata lasciata in corrispondenza del futu-





> IL "NUOVO" PORTO DI GALATA PREVEDE DI ACCOGLIERE 25 MILIONI DI VISITATORI ALL'ANNO: LA COMPLESSITÀ DEL PROGETTO - CHE HA PREVISTO LA REALIZZAZIONE DI STRUTTURE INTERRATE SIA IN AREE PRIMA "APERTE" CHE SOTTO EDIFICI STORICI PRE-ESISTENTI - HA RICHIESTO L'UTILIZZO DI UN'AMPIA GAMMA DI TECNOLOGIE SPECIFICHE PER L'ESECUZIONE DI STRUTTURE DI CONTENIMENTO, DI FONDAZIONI PROFONDE E PER IL MIGLIORAMENTO DEL SUOLO IN UN CONTESTO AD ALTO RISCHIO SISMICO

ro allineamento del diaframma. In questa fase è stato costruito il diaframma di 1.200 mm di spessore, progettato per essere collegato alla piattaforma di passerella per i passeggeri. Il trattamento Deep Soil Mixing è stato eseguito fino allo strato solido di argilla (profondità massima di circa 30 m sotto la piattaforma di lavoro), mentre il livello della base del diaframma era tra i 32 m e i 40 m. Completato il diaframma sono iniziati gli scavi e la costruzione della passerella, in modo che la nuova banchina e il diaframma fossero collegati in modo permanente. Le attività sono state finalizzate completando l'intero scavo fino a 13 m sotto il livello del mare, realizzando l'edificio del terminal e rimuovendo i pali di sostegno inclinati a mare.



Sotto gli edifici di Karaköy

Alcuni edifici storici a Karaköy sono stati valutati quale patrimonio cultu-



IL PROCESSO PRODUTTIVO È STATO STUDIATO A FONDO DAGLI INGEGNERI DELL'UFFICIO "TREV DESIGN, RESEARCH & DEVELOPMENT", I QUALI HANNO PROPOSTO DIVERSI MIGLIORAMENTI TECNICI E SOLUZIONI ALTERNATIVE CHE HANNO PORTATO A UNA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE SOSTENIBILE E A UN RISPARMIO DI COSTI PER IL CLIENTE



rale di primo grado e dovevano essere preservati durante e dopo i lavori di costruzione. Sono quindi stati ripristinati per far parte delle future strutture portuali. Poiché le strutture e le fondamenta esistenti dovevano essere rafforzate, le proprietà meccaniche del terreno portante dovevano essere migliorate per sostenere i nuovi maggiori carichi. Per questo motivo sono state progettate colonne tangenti di jet-grouting monofluido di 1,5 m di diametro, che avevano anche lo scopo di ridurre il rischio di liquefazione del riempimento in situ sciolto e della sabbia. Poiché era necessario scavare un piano interrato al di sotto degli edifici esistenti (fino a -5,2/-6,5 msl), le colonne di jet-grouting sono state sovrapposte attorno all'area di scavo e hanno funzionato come muro di sostegno a gravità e come barriera impermeabilizzante durante lo scavo. Per sostenere le strutture esistenti durante lo scavo del seminterrato è stata progettata una serie di micropali di sottomurazione.

Tutte le colonne jet-grouting erano eseguite fino alla profondità massima di

21,5 m (da WPL a +1,5 msl a livello della punta a -20,0 ml), mentre i micropali sono stati eseguiti dal livello della piattaforma di lavoro di +1,6 m slm e della base compresa tra -10,5 m e -12,0 m msl. Pertanto, la lunghezza massima del micropalo era di 13,5 m. Le attività sono state svolte dall'interno degli edifici esistenti, con massima altezza libera di 3 m.

I nuovi edifici

Tra tutti i lavori geotecnici eseguiti nel sito di Karaköy, una menzione speciale va fatta al Multi-Purpose Bottom Plug (MPBP): quest'innovazione geotecnica è stata impiegata per lo scavo in corrispondenza degli edifici demo-

liti, per consentirne la ricostruzione a due o tre piani interrati. Questa soluzione è una combinazione di controllo delle infiltrazioni, miglioramento del terreno ed elementi portanti che è stata adottata per consentire lo scavo profondo all'interno dell'impronta degli edifici demoliti.

La profondità di scavo era di circa 12,5 m sotto la piattaforma di lavoro (11,0 m slm). Il corpo principale del tappo di fondo è composto da colonne circolari sovrapposte in jet-grouting, eseguite con il metodo "double-fluid" e progettate per avere un diametro di 2.000 mm. Le colonne sono state eseguite su uno schema triangolare con una spaziatura media da centro a cen-

“ IL PROGETTO “GALATAPORT ISTANBUL”, IN CUI SI È RESA PROTAGONISTA TREVI, HA COINVOLTO L'ANTICO QUARTIERE DI GALATA, NEL CENTRO STORICO DELLA CITTÀ TURCA ”





➤ IL PROGETTO "GALATAPORT ISTANBUL" È SUDDIVISO IN DUE "PACCHETTI", SALIPAZARI E KARAKÖY, INIZIALMENTE EMESSI COME DUE DIVERSI BANDI E POI AGGIUDICATI ENTRAMBI A TREVI DAL COMMITTENTE GALATAPORT ISTANBUL LIMAN İŞLETMECİLİĞİ VE YATIRIMLARI A.Ş



tro di 1.500 mm. Lo spessore del tappo di fondo è quello strettamente necessario per garantire la stabilità idraulica dello scavo. Successivamente sono state eseguite colonne di jet-grouting pseudoellittiche dal livello superiore del tappo di fondo fino al livello di scavo secondo uno schema di tipo cellulare, al fine di agire da elemento di mitigazione della liquefazione. In particolare, è stata scelta la forma pseudoellittica delle colonne jet-grouting al posto di quella circolare in modo da ottimizzare la geometria del reticolo, minimizzando la quantità di cemento e il relativo tempo di esecuzione. Questo trattamento funge anche da base per l'edificio futuro e supporterà i carichi strutturali verticali in condizioni permanenti. La larghezza media in pianta della colonna di jet-grouting ellittica è di 4 m. Infine, la stabilità dell'edificio contro la sottospinta dell'acqua è assicurata da barre d'acciaio DCP (Double Corrosion Protected) permanenti, installate come micropali forati e cementati attraverso le colonne ellittiche di jet-grouting precedentemente eseguite. Le barre in acciaio DCP hanno un diametro di 63,5 mm e sono state installate all'interno di un foro di diametro 250 mm. Le tecnologie coinvolte e i dispositivi elettronici di controllo impiegati per l'esecuzione dell'MPBP sono di ultima generazione. In particolare, per l'esecuzione del tappo di fondo, le perforatrici sono state dotate del "Jet-Vision System" e dei dispositivi elettronici "Drilling Position System" (DPS). Il primo controlla, monitora e registra il sollevamento automatico dell'utensile/aste di perforazione durante la fase di getto; il secondo monitora e registra la posizione in 3D dell'utensile di perforazione durante la fase di perforazione, fondamentale per garantire la sovrapposizione tra le colonne del jet-grouting e la conseguente buona esecuzione del tappo di fondo. Per l'esecuzione di colonne jet-grouting pseudoellittiche il sistema Jet-Vision è stato dotato dell'opzione "get-to orbitale", che permette di modificare in modo programmato la velocità di rotazione durante la fase di getto per consentire la formazione di settori a raggio variabile. ■