

Soilcrete-Jet Grouting... sotto controllo!

La realizzazione delle nuove stazioni della costruenda "tratta B1" delle Metropolitane di Roma prevede l'esecuzione di opere speciali quali tamponi di fondo jet-grouting a profondità rilevanti. Vediamo i particolari di questo intervento

Nell'ambito della tratta B1 - appaltata dalla società Roma Metropolitane al Consorzio RI.MA.T.I., avente come mandataria la Salini Costruttori Spa - Keller Fondazioni (Verona) è stata chiamata alla realizzazione di opere di notevole impegno quali: il completamento del tampone di fondo del "Corpo aggiunto" della Stazione Conca d'Oro; i tamponi di fondo sui pozzi di intertratta PI20 e PI30; il completamento del tampone di fondo della stazione Gondar; la realizzazione del tampone di fondo del pozzo estrazione scudi di Piazza Bologna (opera nella quale Keller ha realizzato anche le paratie laterali costituite da pali trivellati D1200). Direttore tecnico della società appaltante è l'Ingegnere Luigi Napoli, il RUP è l'Ingegnere Piero Lattanzi, mentre il direttore lavori è l'Ingegnere Andrea Sciotti. Per il Consorzio RI.MA.T.I. il presidente è il dott. Alberto Liberatori; il direttore tecnico è l'Ingegnere Giovanni Saggio.

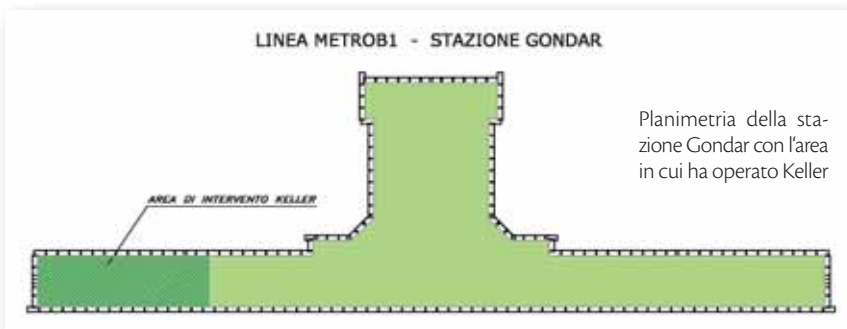


La stazione Gondar

Tra i sopracitati interventi, di particolare interesse è stato quello della stazione Gondar. Su tale opera Keller Fondazioni è stata chiamata per proporre una metodologia di lavoro finalizzata a garantire il controllo delle possibili interferenze che l'utilizzo delle alte pressioni di jettinazione potevano indurre sulle strutture adiacenti. Qui, infatti, nel corso di precedenti lavori di jet-grouting si erano registrati fenomeni deformativi che avevano consigliato la sospensione dei lavori su un'area limitata. Keller ha operato quindi in condizioni di particolare complessità, quali: la profondità rilevante del tampone di fondo,

posto a 52 m dal piano di lavoro; le ridotte distanze dagli edifici presenti su ambedue i lati della stazione, a circa 5 m dai diaframmi perimetrali; la logistica particolarmente complessa.

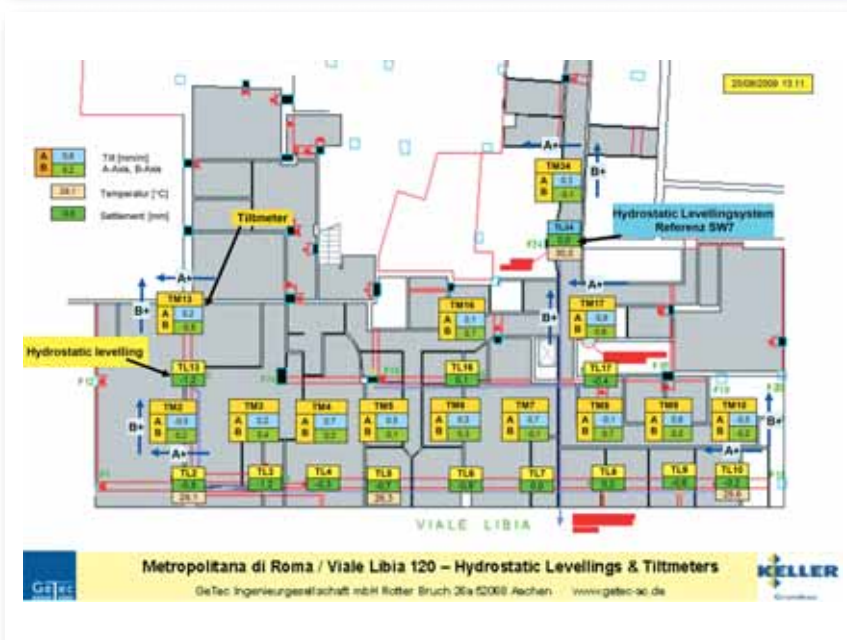
Il progetto prevedeva l'esecuzione di colonne diametro D1800 in terreni eterogenei, prevalentemente coesivi (limi/limi argillosi) nella parte più alta per passare a depositi incoerenti a profondità di circa 35-40 m dal piano campagna. In questo contesto, l'azienda ha proposto la propria tecnologia Soilcrete-Jet Grouting accoppiata a un articolato sistema di monitoraggio e controllo integrativo a quello preesistente già messo in opera dal Consorzio RI.MA.T.I.



Il cantiere in esame. Sulla sinistra il fabbricato 85, le cui strutture di fondazione erano state interessate da fenomeni deformativi



special modo per quanto riguarda gli interventi in stretta adiacenza e/o sottofondazione a fabbricati esistenti. La finalità di tale sistema, peraltro già dimostrata da Keller nell'ambito della realizzazione del cantiere di Conca d'Oro, è quella di annullare e/o tenere sotto controllo le deformazioni indotte sulle strutture adiacenti, pur sfruttando - in fase di trattamento - energie specifiche superiori agli standard.



Rete di monitoraggio del fabbricato 85

Questo sistema di monitoraggio è stato applicato sul fabbricato 85, le cui strutture di fondazione erano state interessate da fenomeni deformativi.

Il sistema Soilcrete è stato introdotto in Germania da Keller Grundbau nel 1979 dopo l'acquisizione delle licenze sugli originali brevetti jet-grouting; da allora l'evoluzione della tecnica è passata attraverso fasi successive di sviluppo, in

Il metodo Soilcrete

Nel metodo Soilcrete la perforazione viene eseguita utilizzando utensili e alesatori specificatamente studiati per le tipologie di terreno da attraversare. La stabilità del camino di spurgo viene garantita, inoltre, "ripetendo" più volte il passaggio della batteria di perforazione.

Al di sopra degli alesatori è montato lo speciale monitor di fabbricazione Keller; sopra di esso si trovano speciali aste "stabilizzatrici", più rigide e pesanti di quelle abitualmente in uso, che favoriscono il mantenimento della verticalità e facilitano lo spurgo a bocca foro del materiale in eccesso che si forma durante la formazione della colonna. Nel caso della Stazione Gondar, è stata adottata, come ulteriore cautela, il controllo sul flusso d'aria immessa nel



Le tazze livello metriche e il tiltmeter

terreno in fase di trattamento.

Il flusso è stato costantemente rilevato da un flussimetro montato sulla macchina operatrice e tarato in modo da segnalare e bloccare automaticamente la jettinazione in caso di anomalie dei valori di portata d'aria.

Di seguito, alcuni dei valori significativi dei parametri utilizzati per la formazione delle colonne Soilcrete: pressione miscela 400÷420 bar; portata miscela 370÷380 l/min; pressione aria 6÷10 bar; portata aria 6.500÷8.000 l/min.

L'intervento per il completamento del tampone della stazione Gondar affidato a Keller ha comportato l'esecuzione di circa 200 colonne D1800 mm spinte fino a 52 m di profondità, per una lunghezza di trattamento di 15m.

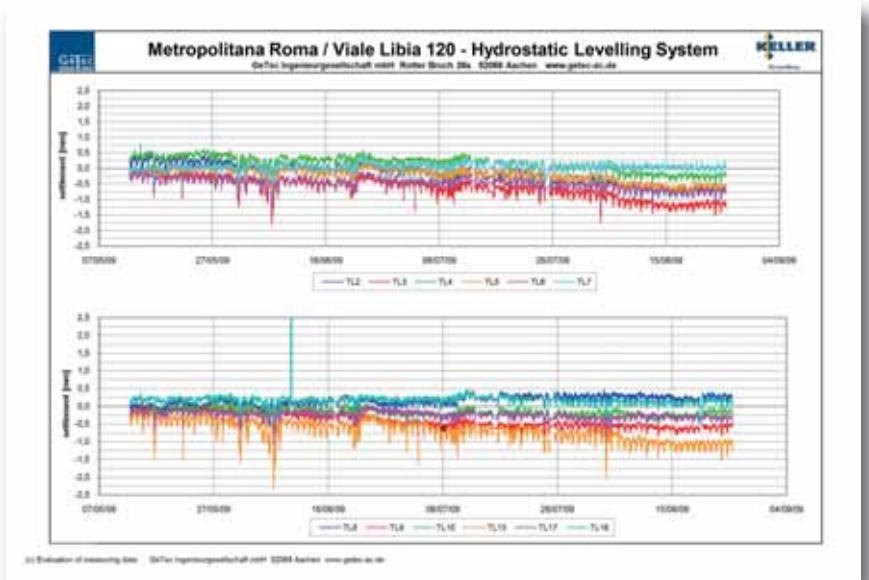
L'area interessata è quella adiacente il suddetto fabbricato 85.

Il monitoraggio della stazione

Il sistema di controllo in corso d'opera, già previsto in progetto e funzionante prima che i lavori venissero affidati a Keller, era costituito da due stazioni di monitoraggio composte ciascuna da catene inclinometriche, assestimetri, piezometri e capisaldi topografici.

Nel caso in esame, con il quadro deformativo già in essere, Keller Fondazioni ha proposto e installato sulle strutture portanti del fabbricato 85 un sistema integrativo costituito da tazze livellometriche e tiltmeter.

Il sistema delle tazze livellometriche è basato sull'impiego di trasduttori che rilevano, secondo il principio dei vasi comunicanti, la variazione di pressione del fluido nei singoli sensori rispetto a un sensore di riferimento (di solito installato all'esterno della potenziale zona influenzata dall'attività). Le differenze



di pressione vengono poi convertite in variazioni di quota. Tutti i sensori livellometrici sono collegati tra di loro, attraverso una tubazione, al serbatoio principale e, quindi, al sensore di riferimento. Sono state installati in totale

Il terminale di acquisizione e controllo dati

13 tazze livellometriche. Inoltre, su ogni pilastro strumentato con tazza livellometrica è stato installato anche un "tilt-meter" (inclinometro biassiale a



Gli operatori Keller mentre effettuano le rilevazioni termometriche

parete) per il rilievo di eventuali spostamenti relativi orizzontali dei pilastri stessi. La strumentazione è stata fissata al piano interrato dell'edificio.

Sia le tazze che i tiltmeter sono stati collegati ad un sistema di registrazione gestito da un software che elabora i dati con intervalli di circa 15 minuti: questo sistema di monitoraggio di tipo idrostatico, continuo e automatico, in sovrapposizione a quello già installato, è stato finalizzato alla messa in funzione di un sistema di allarme acustico e/o luminoso collegato direttamente all'impianto di pompaggio e al responsabile del sistema di monitoraggio, direttamente sul terminale di acquisizione. Sono state stabilite due soglie: la prima corrispondente ad un valore di attenzione, la seconda ad un valore limite al raggiungimento del quale si aveva automaticamente il bloccaggio della pompa di iniezione. Con questo sistema si è fornito in tempo reale, sia agli addetti delle macchine operatrici Keller che alla Direzione Lavori (attraverso monitor e/o telematicamente), l'andamento effettivo delle deformazioni in essere in corso d'opera.

L'aver consentito di ultimare con successo l'opera, avendo minimizzato e controllato il rischio di deformazioni mediante l'abbinamento della tecnica Soilcrete con il sistema automatico di monitoraggio, ha convinto il Consorzio RI.MA.T.I. e Roma Metropolitane a mantenere in esercizio i sensori anche nella successiva fase di scavo, tuttora in corso. A ulteriore conferma del successo

tecnico delle proposte Keller, la metodologia Soilcrete - unitamente al sistema di monitoraggio precedentemente descritto - è stata applicata anche durante l'esecuzione del tampone di fondo del "pozzo di estrazione scudi" di Piazza Bologna, a salvaguardia del prospiciente edificio 1.

Controlli post-operam

Al fine di verificare la tenuta idraulica delle opere di impermeabilizzazione - quali i diaframmi perimetrali delle Stazioni Conca d'Oro (corpo aggiunto) e Gondar e i relativi tamponi di fondo - è stata affidata a Keller Fondazioni anche l'esecuzione dei controlli con la tecnica delle termometrie, ovvero la rilevazione nel tempo del gradiente termico generato dalla dissipazione del calore di idratazione che si genera a valle dell'intervento di gettiniezione o dell'esecuzione di opere in calcestruzzo.

Il metodo permette di effettuare rilevazioni in sito fino a circa 40 m di profondità tramite una serie di catene termometriche, ciascuna delle quali dotata di speciali sensori disposti ad interasse pari a 1 m. I sensori, ubicati planimetricamente secondo una maglia regolare, sono alloggiati all'interno di tubolari metallici di protezione.

Tramite l'emungimento dell'acqua di falda dall'interno dell'area compartimentata, realizzato tramite pozzi preventivamente attrezzati, si verifica l'eventuale nascita di un moto di filtrazione dall'esterno che viene evidenziato dalla variazione della temperatura. Disponendo i sensori in prossimità delle paratie e sull'estradosso del tampone è possibile localizzare, con buona approssimazione, le eventuali zone di preferenziale comunicazione con l'esterno.

Conclusioni

Le esperienze acquisite nel tempo dal gruppo multinazionale al quale Keller Fondazioni appartiene si sono rivelate determinanti per proporre ed eseguire interventi di particolare delicatezza in aree fortemente urbanizzate. Il successo è fondato sulla corretta scelta delle attrezzature, la notevole esperienza degli operatori e dei tecnici di cantiere e l'utilizzo di sistemi di controllo e monitoraggio avanzati. Ovvero, in sintesi, il "Soilcrete Keller".

≤



I tecnici di Keller Fondazioni con al centro il direttore del cantiere, il dottor Camiscia