

MONITORAGGIO DELLE OPERE METROPOLITANE: L'ESPERIENZA DELLA STAZIONE JONIO DELLA LINEA METROPOLITANA B1 DI ROMA

Alessandro Lombardi (a.lombardi@sgsroma.it)
SGS Studio Geotecnico Strutturale s.r.l.

Aldo Capata (a.capata@sgsroma.it)
SGS Studio Geotecnico Strutturale s.r.l.

ABSTRACT. In questa nota si vuole illustrare brevemente il sistema di monitoraggio predisposto per il controllo dei parametri di progetto e del comportamento tenso-deformativo del terreno e delle strutture provvisorie e definitive della Stazione Jonio, capolinea del Prolungamento della Linea B1 della Metropolitana di Roma. Nella parte finale viene fatto un breve cenno alle misure registrate ed alle loro possibili interpretazioni.

1. Descrizione dell'opera e condizioni geotecniche

L'area interessata dalla costruzione della stazione è limitata a nord e ad est da via del Gran Paradiso, ad ovest da via Scarpanto e a sud da viale Jonio, in una zona densamente urbanizzata del quartiere Nuovo Salaria della città di Roma. Considerata la notevole differenza di quota tra via del Gran Paradiso e via Scarpanto/viale Jonio lo scavo della stazione è stato realizzato previo sbancamento dell'area protetta da una paratia a sbalzo di pannelli (dimensioni 1.20 x 3.00 m) disposti "a coltello" (secondo l'inerzia massima) con un interasse di 2.20 m con interposti pali del diametro $\varnothing = 800$ mm infissi al di sotto del fondo scavo per un tratto non inferiore ai 5 m. Lo sbalzo massimo dell'opera di sostegno di monte raggiunge i 16 metri circa. Tale soluzione è stata adottata sia per l'effettiva impossibilità di utilizzo di tiranti (presenza di servitù sui terreni di fondazione dei bulbi) che per ridurre il più possibile le deformazioni dovute al primo scavo di sbancamento che si sarebbero inevitabilmente sommate a quelle dovute allo scavo del pozzo di stazione.

Il manufatto di stazione, situato immediatamente a valle della paratia a sbalzo, è del tipo interrato profondo (massima profondità di scavo pari a 32 m) tra paratie perimetrali, ed è quindi scavato a partire dalla sua sommità fino alla quota finale di scavo (metodo top-down), previa esecuzione del tappo di fondo costituito da colonne in jet grouting (tecnologia bi-fluido) del diametro $\Phi 2200$ mm/1600 mm. Il trattamento al di sotto del fondo scavo (per uno spessore di 11 m) si è reso necessario sia per ridurre il regime di sollecitazione agente sulle paratie perimetrali, sia per garantire uno scavo all'asciutto in presenza di un carico idraulico notevole (circa 26 m). Al termine della costruzione della stazione è stato realizzato il parcheggio e sono tuttora in corso di ultimazione le opere strutturali per il ripristino della viabilità definitiva su via del Gran Paradiso. Il corpo stazione è lungo complessivamente 156 m e ha larghezza (esterna) variabile tra 28.6 e 37 m in due brevi tratti. La stazione è perimetrata da paratie di diaframmi di lunghezza 46 m e spessore 1.2 m, mentre al suo interno sono presenti diaframmi interni dello spessore di 1.2 m, $L = 57$ m, dei quali 18 sono stati realizzati in prima fase unitamente ai pannelli perimetrali, mentre i restanti sono stati costruiti in risalita a partire dal solettone di fondo per ridurre la luce degli impalcati. Gli impalcati sono stati appoggiati sui diaframmi mediante l'utilizzo di tasche posizionate, salvo casi particolari (presenza di asolature o diaframmi d'angolo), in numero di una ogni due pannelli ovvero esclusivamente sui pannelli secondari poiché dotati di gabbia di armatura da 2.50 m.

La successione stratigrafica della stazione viene riportata sinteticamente in Figura 1. A partire dal piano di campagna, si ritrova una prima unità, quella dei riporti recenti (unità R), il cui spessore raggiunge valori variabili da 1 a 2 metri. Segue un deposito piroclastico (unità V), costituito da sabbie limose e tufo stratificato a grado variabile di cementazione. Tale unità di spessore massimo pari a 12 metri ed è presente esclusivamente nel rilievo di via del Gran Paradiso, essendo stato completamente eroso nelle zone più depresse. Al di sotto delle vulcaniti, è presente uno strato di sabbie limose con concrezioni travertinose di spessore variabile tra 6 e 10 m (unità P2-s) a tratti cementate. Sotto il deposito sabbioso, è stata rinvenuta una sequenza di materiali coesivi intercalati a materiali granulari (sabbie e ghiaie) con frequenti eteropie laterali (depositi continentali di ambiente fluviale, fluvio-lacustre e fluvio-palustre del Paleotevere 2). La componente ghiaiosa di tali materiali è stata oggetto dei trattamenti colonnari in jet grouting.



Figura 1: opera di sostegno di monte (a sinistra); ultimo ribasso e getto del solettone di fondo della stazione (a destra)

2. Analisi e requisiti prestazionali del sistema di monitoraggio predisposto

Il sistema di monitoraggio (Figura 2) è stato progettato in modo da poter fornire i parametri necessari ad effettuare una tempestiva analisi della situazione in corso d'opera e permettere la previsione della sua possibile evoluzione.

Alla luce della complessità ed alla particolarità delle opere da realizzare, il monitoraggio doveva consentire la gestione in maniera rapida e tempestiva di eventuali situazioni impreviste, potenzialmente dannose per la stabilità delle opere stesse. Tale obiettivo è stato raggiunto attraverso la raccolta e l'elaborazione dei dati in "tempo reale", mediante l'utilizzo del sistema GIS in remoto per l'acquisizione delle misure in automatico comunque verificate a posteriori mediante misure di tipo manuale.

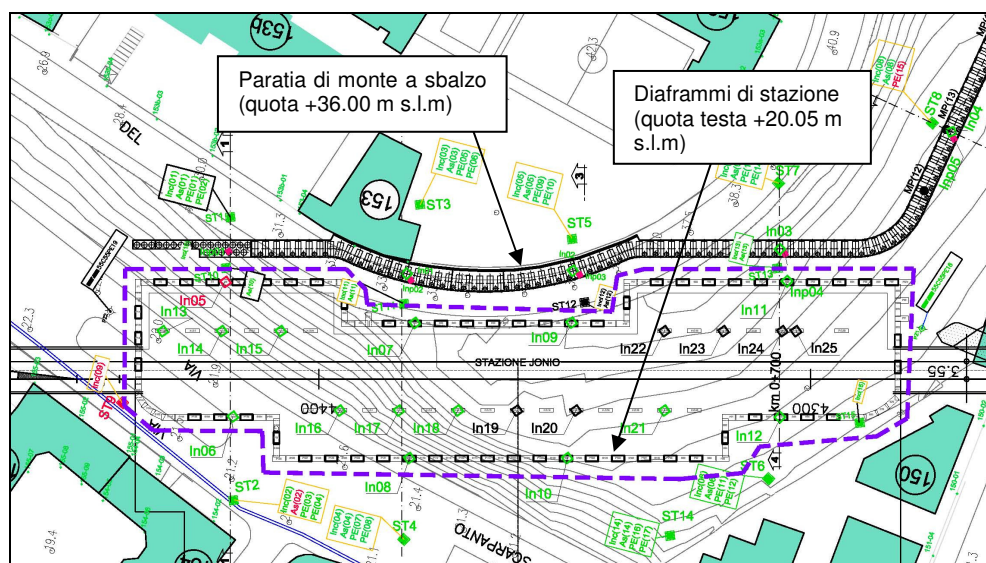


Figura 2: stralcio planimetrico generale del sistema di monitoraggio

3. Breve descrizione della strumentazione utilizzata

La strumentazione installata da piano campagna, raggruppata generalmente in stazioni di monitoraggio (ST) è costituita da: assestimetri multibase (a tre basi di misura), inclinometri, piezometri di tipo Casagrande (all'esterno del manufatto di stazione) ed elettrici (all'interno) e capisaldi topografici. I capisaldi disposti in prossimità delle stazioni di monitoraggio sono stati letti contestualmente all'esecuzione delle misure di inclinometri e assestimetri. Tale operazione si è resa necessaria al fine di "correggere" e riferire a punti fissi le misure ottenute da suddette strumentazioni, in modo da ottenere degli spostamenti assoluti. Per la misura degli spostamenti orizzontali superficiali e profondi sono stati utilizzati inclinometri attrezzati con sonde biassiali removibili. Nel caso in esame gli inclinometri sono

stati installati sia a tergo delle opere di sostegno da realizzare che all'interno dei diaframmi stessi. Attraverso tali strumenti è stato possibile controllare gli spostamenti delle opere, le deformazioni del terreno ed in generale lo stato di sforzo di puntoni e solai. Per il controllo delle condizioni tenso-deformative dei diaframmi sono state invece installate barrette estensimetriche sulle armature.

4. Alcune considerazioni sui risultati delle misure di monitoraggio acquisite

Gli inclinometri installati all'interno dei pannelli e dei pali della paratia di monte hanno mostrato andamenti in linea con quelli calcolati anche se in generale inferiori come valore assoluto. In particolare il massimo spostamento orizzontale in testa alla paratia è stato di circa 20 mm contro i 32 mm previsti. Gli spostamenti della paratia di monte hanno subito modesti incrementi a seguito dello scavo della sottostante stazione. Il monitoraggio topografico degli edifici ha inizialmente mostrato per tutti i fabbricati a ridosso del pozzo di stazione spostamenti assoluti verso l'alto. Anche gli spostamenti paralleli (secondo lo sviluppo longitudinale della stazione) ed ortogonali (trasversali alla stazione) sono concordi con una rotazione dei fabbricati in verso opposto agli scavi. Tale comportamento è stato correlato al trattamento in jet grouting previsti da progetto sull'intera area della stazione sotto il fondo scavo. Questo tipo di fenomeno è stato già osservato anche a seguito della realizzazione del tappo di fondo in jet-grouting della stazione Conca D'Oro – Linea B1 della Metropolitana di Roma (Fontanella *et al.* 2012), in terreni di simili caratteristiche geomeccaniche. In merito allo scavo del pozzo di stazione gli inclinometri hanno fornito andamenti in accordo con quelli stimati attraverso modelli FEM. Gli andamenti osservati sono anche conseguenza della forte asimmetria di carico presente sui diaframmi di stazione: si noti infatti (Figura 3) lo spostamento in testa ai diaframmi di circa 10 mm contro terra dell'allineamento di diaframmi situato sul lato opposto a quello della paratia di monte.

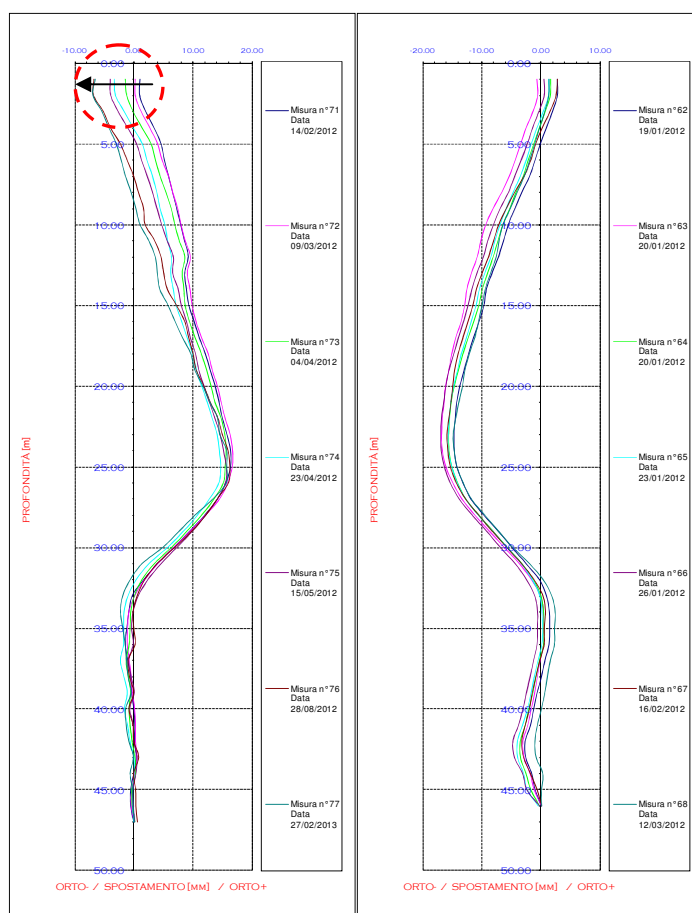


Figura 3: andamento degli spostamenti orizzontali misurato mediante inclinometri installati all'interno dei diaframmi di stazione su una sezione strumentata (a destra i diaframmi lato via del Gran Paradiso)

5. Bibliografia

Fontanella E., Callisto L., Desideri A., Sciotti A., Ottaviani A. (2012). An interpretation of jet-grouting effects on the retaining structures of a deep excavation and on adjacent buildings. In 7th TC28 International Symposium Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground., Publisher: Taylor and Francis, Editor: Giulia Viggiani.