

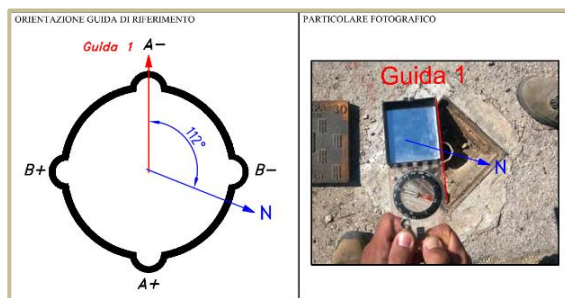
**RETE DI MONITORAGGIO TOPOGRAFICO, GEOTECNICO E STRUTTURALE**


**Figura 1 – A sinistra: cantiere e vista di uno degli edifici monitorati. A destra: paratia lato porto soggetta a monitoraggio topografico.**

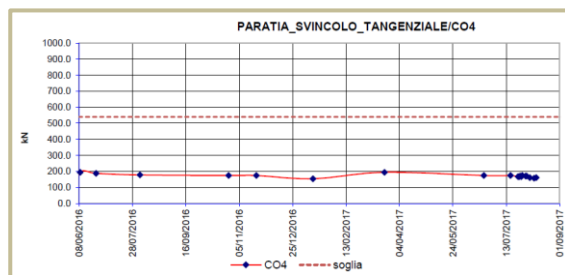
Da Luglio 2014 a Aprile 2017, su incarico di COPIN S.p.A. è stato predisposto un sistema di monitoraggio topografico, geotecnico e strutturale nell'ambito della realizzazione del ramo di collegamento tra la Tangenziale di Napoli (via Campana), la rete viaria costiera e il porto di Pozzuoli (NA). Il sistema di monitoraggio serviva a verificare le condizioni di stabilità durante le lavorazioni di cantiere, l'insorgenza di eventuali fenomeni di subsidenza in corrispondenza delle gallerie naturali e di deformazioni indotte sugli edifici e sulle opere di sostegno adiacenti alle zone di intervento (Figura 1).

**MISURE INCLINOMETRICHE e INCLINO-ASSESTIMETRICHE**

Per verificare che i terreni di fondazione non subissero **cedimenti** o **variazioni di verticalità** e **deformazioni** connesse con le lavorazioni fino ad una profondità di 40 m, in prossimità degli edifici e delle opere di sostegno a ridosso dello scavo delle gallerie di progetto sono stati installati n. 16 **tubi inclinometrici** (Figura 2) e n. 10 **tubi inclino-assestimetrici**. Gli spostamenti nei terreni sono stati verificati a partire dal rilievo della posizione orizzontale e verticale del tubo e/o degli anelli di riferimento, impiegando una sonda inclinometrica e/o una assestimetrica (passo 1 m). Le letture sono state eseguite con cadenza massima mensile. Ad ogni campagna di lettura i dati sono stati salvati automaticamente sulla memoria interna di una centralina di misura portatile per letture manuali. La valutazione degli spostamenti complessivi di ogni colonna rispetto alla configurazione iniziale di riferimento è stata ricavata dall'integrazione numerica delle inclinazioni rilevate e dalle misure differenziali rispetto alla posizione iniziale degli anelli assestimetrici, ove presenti. A parte regolari variazioni dovute all'assestamento previsto a seguito dello scavo, non sono stati rilevati movimenti significativi.



**Figura 2 – Monitoraggio inclinometrico.**



**Figura 3 – Andamento temporale della misura di una cella di carico.**

**CELLE DI CARICO SU TIRANTI**

Sono state utilizzate fino a n. 5 **celle di carico** per controllare lo stato di **tensione dei tiranti** sulle paratie di sostegno (Figura 3). Le celle erano in grado di registrare il **carico** al quale sarebbero state soggette fino a un massimo di 1000 kN. Le misure sono risultate confrontabili e inferiori al valore soglia impostato, pertanto di entità trascurabili.

## MONITORAGGIO TOPOGRAFICO

Una rete di punti di misura comprensiva di n. 291 **caposaldi** e **target topografici** è stata installata su 25 edifici e sulle berlinesi in prossimità delle aree di cantiere, al fine di valutare eventuali **spostamenti** durante le lavorazioni. Per il controllo dei **cedimenti** nelle aree sottese dalle gallerie sono state realizzate 9 **sezioni di livellazione**, comprensive di n. 146 **riferimenti** e **caposaldi**. Ogni punto di controllo è stato inizialmente collimato manualmente mediante stazione topografica. L'andamento nel tempo dei valori di spostamento relativo rispetto alla misura di riferimento all'atto dell'installazione ha permesso di definire la posizione nello spazio (Nord, Est e quota) delle singole mire ottiche. Le misure non hanno segnalato *trend* deformativi significativi, fatta salva una subsidenza di modesta entità nel settore sotteso dalle gallerie (Figura 4).

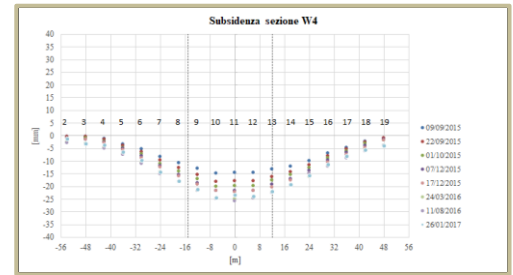


Figura 4 – Curva di subsidenza in asse a una delle sezioni di livellazione.

## CREPEMETRI PER IL CONTROLLO DELLO STATO FESSURATIVO DEGLI EDIFICI



Figura 5 – Caposaldi e comparatore digitale per la valutazione della fessurazione.

**Deformometri removibili** o **crepemetri**, ossia terne di caposaldi adatti alla misurazione di precisione con comparatore digitale o analogico, sono stati installati sulle pareti di due edifici visibilmente lesionati (Figura 5). L'eventuale **progressione del fenomeno fessurativo** è stata verificata con cadenza almeno mensile mediante misure, dell'interdistanza tra almeno due dei riferimenti installati in ogni punto (accuratezze dell'ordine del centesimo o del millesimo di millimetro).

## SEZIONI DI MONITORAGGIO IN GALLERIA

Il monitoraggio delle **deformazioni** e delle **sollecitazioni** in galleria è stato eseguito mediante tre tipologie di sezione di monitoraggio:

- Monitoraggio delle **convergenze**: rilievo della posizione plano-altimetrica di 5 punti disposti lungo il perimetro di scavo della galleria (n. 79 sezioni di **target riflettenti** o bulloni di convergenza abbinati a distometri meccanici - Figura 6-a). Le misure non hanno evidenziato deformazioni significative nel corso delle operazioni di scavo.
- Controllo delle **sollecitazioni** in galleria: n. 23 sezioni costituite da n. 6 coppie di **barrette estensimetriche** a corda vibrante (*Vibrating Wire Strain Gauge*, Figura 6-b).

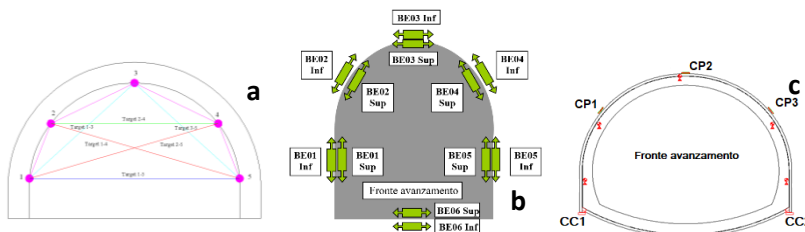


Figura 6 – Sezioni di monitoraggio in galleria.

- Determinazione dei **carichi radiali in calotta e alla base delle centine**: n. 16 sezioni comprensive ognuna di n. 3 **celle di pressione** in calotta e di n. 2 **celle di carico** in corrispondenza dei piedritti (Figura 6-c).

Le celle di pressione sono costituite da un doppio piatto metallico di forma quadrata saldato lungo un'intercapedine. Ogni cella è saturata con olio

disaerato, collegata da un tubo idraulico a un trasduttore di pressione e dotata di valvola di ripressurizzazione. Le celle di carico sono dei toroidi strumentati con 8/16 estensimetri a ponte di *Wheatstone*, equamente spazati, e sono dotate di una calotta sferica o fungo di ripartizione.

Dalle misure, effettuate con una centralina di misura portatile, risulta che tutte le celle hanno mostrato una perdita di carico riconducibile alla stabilizzazione delle strutture di contenimento.

## Ingegneria & Controlli Italia s.r.l.

- Sede legale** • TORINO - Via Donati, 14
- Sedi operative** • TORINO - Via G. Agnelli, 71 -10022 Carmagnola – Ph. +39 011 3975311
- BERGAMO - Via Gramsci, 1 - 24042 Capriate San Gervasio - Ph. +39 02 92864185 - Fax 02 92864187