



COMUNE DI CAPACCIO PAESTUM

AREA E.Q.

Lavori Pubblici - Manutenzioni - Servizi Idrici Integrati - Demanio - Patrimonio - Inventario - Area PIP



United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization



Capaccio Paestum  
inscribed on the World  
Heritage List in 1998

COMPLETAMENTO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA  
COMUNALE DI COLLETTAMENTO E DELLA CONDOTTÀ SOTTOMARINA A  
SERVIZIO DEL DEPURATORE DI VAROLATO E RETE DI DISTRIBUZIONE  
DEI REFLUI DEPURATI PER USO IRRIGUO

Progetto di Fattibilità Tecnica-Economica



RUP: Ing. Roberta Scovotto



PROGETTISTI: Ing. Barbara Immerso - Geom. Antonio Franco



1.0

VERSIONE INIZIALE

VERI DATA DI  
APPROVAZIONE

VER. N°

NOTE DI VERSIONE

DATA VERSIONE

PROGETTO

- - -

SERIE

REL

NUMERO

13.0

RAPP:

-

Piano di Monitoraggio Geotecnico e Strutturale

## **PIANO PRELIMINARE DI MONITORAGGIO GEOTECNICO E STRUTTURALE**

### **1. PREMESSE**

Le fasi in cui si articola la corretta progettazione di un'opera quale il: "COMPLETAMENTO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA COMUNALE DI COLLETTAMENTO E DELLA CONDOTTA SOTTOMARINA A SERVIZIO DEL DEPURATORE DI VAROLATO E RETE DI DISTRIBUZIONE DEI REFLUI DEPURATI PER USO IRRIGUO" possono descriversi come appresso:

- Caratterizzazione e modellazione geologica del sito;
- Scelta del tipo di opera o d'intervento con conseguente programmazione delle indagini geotecniche da concordare tra progettista strutturale e geologo;
- Caratterizzazione fisico meccanica dei terreni e delle rocce con conseguente definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo;
- Determinazione delle fasi e delle modalità costruttive;
- Verifiche di sicurezza e delle prestazioni;
- Piani di controllo e monitoraggio.

In assenza di una normativa specifica di riferimento sono le NTC 2018 che impongono, per alcuni interventi, prima, durante e dopo la realizzazione di un'opera l'esecuzione di un monitoraggio geotecnico e strutturale per verificare gli effetti della realizzazione sull'ambiente circostante nonché la rispondenza delle ipotesi progettuali con il comportamento dell'opera stessa eseguita.

Al punto 6.2 delle predette NTC, nell'ambito della progettazione Geotecnica, al sub. 6 è indicata infatti la programmazione delle attività di controllo e monitoraggio.

Al punto 6.2.5 le citate NTC dispongono quanto appresso in estratto dalla medesima norma.

#### **6.2.5. IMPIEGO DEL METODO OSSERVAZIONALE**

La progettazione può fare ricorso anche al metodo osservazionale, nei casi in cui a causa della particolare complessità della situazione geologica e geotecnica e dell'importanza e impegno dell'opera, dopo estese ed approfondite indagini permangano documentate ragioni di incertezza risolvibili solo in fase di esecuzione dell'opera.

Nell'applicazione di tale metodo si deve utilizzare il seguente procedimento:

- devono essere stabiliti i limiti di accettabilità dei valori di alcune grandezze rappresentative del comportamento del complesso manufatto-terreno;
- si deve dimostrare che la soluzione prescelta è accettabile in rapporto a tali limiti;
- devono essere previste soluzioni alternative, congruenti con il progetto, e definiti i relativi oneri economici;
- deve essere istituito un adeguato sistema di monitoraggio in corso d'opera, con i relativi piani di controllo, tale da consentire tempestivamente l'adozione di una delle soluzioni alternative previste, qualora i limiti indicati siano raggiunti.

Nel caso di specie, attese le informazioni assunte a seguito della realizzazione di altre opere nel sito di intervento, la situazione geologica e geotecnica non appare di particolare

complessità né tale è l'importanza e l'impegno dell'opera in progetto per cui è presumibile che approfondite indagini in situ possano essere sufficienti a determinare la caratterizzazione e la modellazione geologica necessari per una corretta progettazione strutturale dell'opera.

Per quanto specificato, pertanto, in via preliminare, non appare necessario fare ricorso al metodo osservazionale di cui al citato punto 6.2.5 delle NTC consentendo di escludere il procedimento in esso prescritto e quindi anche l'istituzione di *"un adeguato sistema di monitoraggio in corso d'opera, con i relativi piani di controllo, tale da consentire tempestivamente l'adozione di una delle soluzioni alternative previste, qualora i limiti indicati siano raggiunti"*.

Ovviamente tale previsione preliminare dovrà essere confermata dalle risultanze di approfondite indagini in situ necessarie per la successiva stesura della progettazione esecutiva.

## **2. PIANO PRELIMINARE DI MONITORAGGIO STRUTTURALE**

L'attività di monitoraggio strutturale ha lo scopo di acquisire informazioni circa il comportamento dei manufatti e dell'ambiente che con esso interagisce.

L'esigenza di predisporre un monitoraggio può intervenire in un periodo intermedio della progettazione, come nel caso in cui il progettista voglia ricavare sperimentalmente lo stato tensionale di una porzione di struttura per confrontarla con quella che ha determinato con un sofisticato modello di calcolo, ovvero alla fine del processo progettuale, quando si ricerca una conferma sperimentale della bontà degli interventi progettati.

A tal proposito, infatti, le più volte citate NTC al punto 9 Collaudo Statico, 9.1 Prescrizioni preliminari, stabiliscono che *"il collaudatore, nell'ambito della propria discrezionalità, potrà richiedere:....i) di effettuare tutti quegli accertamenti, studi, indagini, sperimentazioni e ricerche utili per formarsi il convincimento della sicurezza, della durabilità e della collaudabilità dell'opera, quali in particolare:....- il monitoraggio programmato di grandezze significative del comportamento dell'opera da proseguire, eventualmente, anche dopo il collaudo della stessa."*

Da queste brevi considerazioni è facilmente intuibile che la definizione di un piano di monitoraggio risulta alquanto complessa.

La definizione di un piano di monitoraggio si articola nelle seguenti fasi:

- a) **Definizione dei parametri di comportamento strutturale che occorre ricercare.**

Questa fase può essere definita in un'unica occasione o ripetuta più volte nel corso dell'attività di progetto.

b) **Individuazione delle tecniche di monitoraggio più idonee allo scopo.** Ciascuna tecnica deve essere qualificata con le potenzialità/limitazioni/invasività del risultato ottenibile. Anche in questo caso si può arrivare a valutazioni di tipo diverso in relazione al caso specifico: ad esempio, alcune prove di misura dello stato tensionale richiedono esecuzioni di tagli di dimensioni relativamente grandi che possono essere effettuati senza rilevanti problemi in strutture massicce di muratura ma da adottare con grande cautela in quelle sottili o in calcestruzzo fortemente armato ove è grande il rischio di tagliare le barre d'armatura. Nel caratterizzare le varie tecniche non vanno trascurati i costi, la velocità d'esecuzione, la pratica operativa.

c) **Scelta delle tecniche di indagine.** Il Progettista, sulla scorta dei punti precedenti, definisce il piano di Monitoraggio stabilendone precisamente il tipo, il numero, l'ubicazione e le fasi temporali in cui eseguire le misure. In aggiunta, andrà anche scelta la frequenza con cui programmare le rilevazioni dei dati.

Il Piano di Monitoraggio si qualifica in modo particolare perché può essere sviluppato in momenti diversi dell'attività progettuale.

Quest'ultima esigenza, unitamente, talvolta, alla necessità di disporre delle relative informazioni in "tempo reale" ha portato a sviluppare sistemi d'acquisizione automatizzati che tuttavia sono applicabili solo, o più facilmente, ad alcune tecniche. Da qui un ulteriore elemento di valutazione che deve essere tenuto in debito conto dal progettista nella definizione del Piano di Monitoraggio.

I parametri strutturali di cui può essere necessaria la conoscenza sono molteplici: i più ricorrenti sono gli spostamenti, le deformazioni, lo stato tensionale etc.

Se il caso lo richiede e risulta necessario, con una certa frequenza, determinare le azioni cui la struttura è assoggettata risulta anche significativo rilevare i parametri ambientali come vento, temperatura ed umidità al fine di valutarne la loro influenza sui risultati delle misurazioni periodiche.

Tra le strumentazioni di rilievo, impiegabili per il monitoraggio di parametri applicabili al caso in specie si segnalano:

**Stazioni Accelerometriche:** sono costituite da geofoni e/o da accelerometri che vengono installati in zone caratteristiche della struttura; dall'elaborazione dei segnali acquisiti si ricavano i principali modi di vibrare e/o la presenza di vibrazioni causa di disturbo;

**Stazioni di misura di Forze, Pressioni, Tensioni:** sono costituite da Celle di carico, Martinetti piatti, Trasduttori di Pressione etc. per la misura di grandezze fisiche complesse che consentono di avere informazioni delle sollecitazioni agenti e sugli stati tensionali cui sono assoggettate le singole membrature componenti la struttura;

**Stazioni Termiche:** sono costituite da sensori elettronici a semiconduttore che vengono installati nelle zone in cui si ritiene opportuno misurare l'andamento della temperatura ambientale; solitamente si utilizzano unitamente ad alcune stazioni di misura per la rilevazione dei parametri strutturali, per valutare se esiste, o meno, correlazione tra i dati strutturali e quelli ambientali.

**Stazioni per Rilevazione Umidità:** sono costituite da sensori digitali a semiconduttore in grado di rilevare, mediante un sensore capacitivo, l'umidità presente nell'aria circostante. Vengono utilizzate, solitamente, quando si ritiene necessaria una correlazione tra i parametri strutturali e quelli ambientali.

**Stazioni Anemometriche:** sono costituite da anemometri che consentono di misurare la velocità e la direzione del vento in modo da poter associare i valori rilevati con quei parametri strutturali che proprio da essi sono influenzati.

In base alla modalità di acquisizione dei dati è possibile distinguere due diverse tecniche di monitoraggio:

- Tecniche di monitoraggio Semplici: consentono la misura diretta di ogni parametro posto in osservazione a prefissati intervalli di tempo costanti;
- Tecniche di monitoraggio complesse: possiedono un trigger e consentono, quindi, la variazione dell'intervallo di tempo d'acquisizione prefissato al superamento di un determinato valore di soglia di alcuni parametri;

In genere la necessità di ricorrere ad un monitoraggio strutturale si manifesta quando sono evidenti gli indizi di una perturbazione delle condizioni di equilibrio del manufatto in esame originata da diverse cause delle quali si citano di seguito le più ricorrenti:

- Rilevanti modifiche dei carichi applicati (sopraelevazioni, modifiche della destinazione d'uso etc.);
- Insorgere di forti vibrazioni e scuotimenti;
- Importante degrado delle parti strutturali;
- Presenza di importanti quadri fessurativi ed inclinazioni anomale;
- Variazioni delle condizioni geotecniche/idrauliche.

Nel caso in specie, trattandosi di manufatti di nuova costruzione, non ricorrono i predetti presupposti pertanto la necessità di prevedere un monitoraggio strutturale può avere quale unico scopo quello di verificare:

- a) Che lo stato di sollecitazione nelle membrature più impegnate, desumibili dall'analisi degli indici di resistenza delle stesse nell'inviluppo delle varie combinazioni di carico, sia in condizioni di esercizio e per combinazioni di sollecitazione corrispondenti a quelle di progetto, comparabile con quello di progetto, verificando così la corretta modellazione strutturale ed una adeguata qualità di esecuzione e di prestazione dell'opera;
- b) Controllo dei principali modi di vibrare della struttura riscontrando che gli stessi rispettino le ipotesi assunte alla base delle verifiche e della modellazione strutturale in progetto.

Tale necessità, non richiesta dalle vigenti norme, può ravvisarsi solo ove il collaudatore la cui nomina deve avvenire contestualmente alla denuncia dei lavori, ravvisi giusto il disposto di cui al punto 9.1 del DM 17.01.2018 (NTC 2018) la necessità “*di effettuare tutti quegli accertamenti, studi, indagini, sperimentazioni e ricerche utili per formarsi il convincimento della sicurezza, della durabilità e della collaudabilità dell'opera, quali in particolare il monitoraggio programmato di grandezze significative del comportamento dell'opera da proseguire, eventualmente, anche dopo il collaudo della stessa*”.

Per quanto sopra, pur avendo individuato come sopra le strumentazioni di rilievo, impiegabili per il monitoraggio di parametri applicabili al caso in specie, non se ne prevede l'implementazione per il manufatto in narrativa non sussistendo né obblighi di norma né preliminari condizioni di complessità realizzativa tali da richiedere il monitoraggio programmato di grandezze significative del comportamento dell'opera da proseguire anche dopo il collaudo della stessa.

Il programma di monitoraggio, da considerarsi come parte integrante del progetto, è stato predisposto al fine di acquisire in corso d'opera il maggior numero possibile di informazioni qualitativamente significative in modo da poter verificare l'idoneità degli interventi e delle modalità esecutive previste in progetto e di controllare che i valori di spostamento delle strutture siano compatibili con la funzionalità statica delle opere e congruenti con quelli stimati in progetto. A tal fine, il piano include strumenti atti a monitorare, durante le diverse fasi esecutive, lo stato tensio-deformativo delle opere, siano esse opere all'aperto o opere in sotterraneo, ed i cedimenti indotti nelle aree adiacenti. Le finalità sopracitate permettono inoltre di individuare durante le fasi realizzative eventuali situazione di rischio potenziale ed agire per tempo con eventuali interventi correttivi.

Nel seguito sarà fornita una sintetica descrizione delle tipologie di opere oggetto di monitoraggio ed una descrizione della strumentazione adottata per il monitoraggio delle opere geotecniche.

### **3. DESCRIZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO**

#### **3.1 Monitoraggio delle opere geotecniche e strutturali**

Il monitoraggio previsto per la platea di fondazione è primariamente finalizzato a:

- fornire indicazioni su variazioni significative delle caratteristiche dell'ammasso in avanzamento;
- valutare l'entità e le modalità di manifestazione dei fenomeni di deformazione;
- valutare l'efficacia degli interventi e delle modalità costruttive,
- valutare lo stato tensio-deformativo.

Allo scopo di acquisire, durante le fasi di scavo, informazioni quanto più dettagliate sulle caratteristiche dell'ammasso in avanzamento, si è previsto il ricorso sistematico a rilievi geomeccanici dei fronti di scavo ed all'esecuzione di perforazioni in avanzamento con registrazione dei parametri di perforazione. Ai fini di una valutazione dei fenomeni di deformazione, dello stato tensio-deformativo e dell'efficacia degli interventi previsti, si è prevista l'installazione di stazioni di monitoraggio capaci di acquisire dati relativamente alle seguenti fasi:

- FASE PRELIMINARE di caratterizzazione e previsione del comportamento dei sistemi geotecnici e strutturali. La preventiva conoscenza del modello di comportamento di un dissesto o di un'opera fornisce solide basi per una progettazione mirata ed efficacie.
- FASE ESECUTIVA di controllo. Le misurazioni in corso d'opera permettono il controllo dei sistemi progettati e forniscono indicazioni in merito ad eventuali azioni correttive da attuare per migliorare l'efficacia degli interventi.
- FASE FINALE di collaudo. Le previsioni analitiche possono essere confrontate con il reale comportamento delle opere progettate fornendo un valido supporto al certificatore finale.

I diversi metodi per le attività di misura e monitoraggio vengono espletate con i seguenti sistemi di monitoraggio:

- Sistema inclinometrico digitale  $\pm 30^\circ$ ;
- Stazione totale;

- Livello ottico di precisione;
- Inclinometri a parete analogici e digitali;
- Fessurimetri e deformometri analogici;
- Trasduttori di pressione analogici;
- Kit per esecuzione di prove di carico piastra.

L'ubicazione e tipologia della strumentazione prevista sulle singole opere oggetto di monitoraggio è la stessa riportata nel paragrafo precedente. Inoltre, per quanto riguarda specifiche tecniche, modalità d'installazione, frequenze di lettura ed eventuali valori di soglia previsti, si rimanda al capitolo successivo. L'ubicazione prevista per la strumentazione e la frequenza di lettura sono da ritenersi indicative, in quanto potranno subire modifiche in corso d'opera (su indicazione della D.LL. e/o del Progettista) sulla base delle evidenze e delle criticità che emergeranno in fase esecutiva durante le diverse lavorazioni. Nel seguito si fornisce una breve descrizione delle diverse tipologie di opere oggetto di monitoraggio e della tipologia di monitoraggio prevista per ognuna di esse.

### **3.2 Monitoraggio sistema di fondazione**

Il monitoraggio previsto è finalizzato a valutare, durante le diverse fasi esecutive, lo stato deformativo e tensionale della piastra di fondazione. A tali scopi, è prevista l'installazione della seguente strumentazione:

- sistema inclinometro digitale;
- livello ottico di precisione installati in corrispondenza dell'estradosso della platea.
- è prevista l'installazione di sistemi di acquisizione automatica dei dati e l'installazione di pannelli di centralizzazione a cui cablare tutti gli strumenti elettrici dell'opera al fine di facilitarne la lettura.

Qualora l'opera sia prossima a recettori sensibili, ovvero edifici e strade, al fine di valutare eventuali cedimenti o lesioni conseguenti alle fasi realizzative dell'opera, il piano prevede un monitoraggio topografico specifico del ricettore stesso, con l'installazione sull'edificio di target topografici e/o miniprismi e, in prossimità del ricettore stesso, l'installazione di cippi di livellazione o caposaldi metallici.

L'ubicazione e la tipologia di strumentazione previste per ogni singola opera sarà definita dalla D.LL. durante lo svolgimento delle opere.

### **3.3 Monitoraggio opere strutturali in elevazione**

Il monitoraggio previsto è finalizzato a valutare, durante le diverse fasi esecutive, lo stato deformativo e tensionale delle strutture verticali in elevazione (pilastri, travi e pareti). A tali scopi, è prevista l'installazione della seguente strumentazione:

- target topografici installati sulle travi, pilastri e pareti;
- inclinometri digitale a parete.

In relazione all'altezza dei pilastri saranno posizionati più mire ottiche poste verticalmente a diverse quote;

L'ubicazione e la tipologia di strumentazione previste per ogni singola opera sarà definita dalla D.LL. durante lo svolgimento delle opere.

Per quanto riguarda le specifiche tecniche, le modalità d'installazione e le frequenze di lettura, si rimanda al capitolo seguente.

## **4. SPECIFICHE TECNICHE E MODALITÀ DI INSTALLAZIONE**

### **4.1 Monitoraggio topografico**

#### **4.1.1 Generalità**

L'installazione di mire ottiche sulle opere verticali permette l'esecuzione di rilievi topografici periodici e quindi il controllo degli spostamenti dell'opera durante le diverse lavorazioni. Le mire ottiche saranno installate sulle opere strutturali verticali (travi, pilastri e pareti in calcestruzzo armato).

#### **4.1.2 Modalità di installazione**

L'installazione dei chiodi di misura topografica dovrà essere realizzata secondo la seguente procedura:

1. Tracciamento topografico delle posizioni di installazione;
2. Realizzazione del foro di alloggiamento del chiodo di diametro adeguato;
3. Infissione e sigillatura del chiodo nel foro precedentemente realizzato.

Alternativamente, il chiodo potrà essere annegato direttamente nel getto della struttura da monitorare. Al termine delle operazioni di posa potrà essere realizzato il primo rilievo topografico di riferimento per i successivi rilievi (lettura di zero). Il caposaldo di riferimento dovrà essere in posizione tale per cui eventuali cedimenti siano minimi e controllabili topograficamente con altri riferimenti certi.

#### **4.1.3 Sistema di acquisizione dati**

I riferimenti così installati dovranno fornire gli spostamenti assoluti delle strutture verticali, nelle tre componenti: abbassamenti, spostamenti radiali e tangenziali, o in alternativa, abbassamenti, spostamenti N e spostamenti E.

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da un teodolite accoppiato a un distanziometro elettronico di precisione. È richiesta la precisione seguente:

- teodolite: lettura angolare non superiore a 2 secondi centesimali;
- distanziometro elettronico:  $\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ .

#### **4.1.4 Frequenza dei rilevamenti**

I riferimenti topografici andranno letti in corrispondenza delle diverse fasi e più precisamente:

- Travi, pilastri e pareti:
  - Prima dell'esecuzione della copertura;
  - Al termine di ogni successiva fase.

La lettura dovrà essere ripetuta con cadenza settimanale fino a stabilizzazione del dato e comunque almeno una volta prima dell'inizio della fase successiva. Eventuali ulteriori letture potranno essere previste, in funzione degli spostamenti registrati durante le letture precedenti. Le cadenze sopra elencate dovranno essere il più possibile coincidenti con l'inizio o la fine delle principali lavorazioni previste.

### **4.2 Inclinometro Digitale**

#### **4.2.1 Generalità**

Per la determinazione delle deformazioni verticali nel medio e lungo termine è prevista l'installazione di opportuni inclinometri digitali. La posa in opera all'interno di un foro di sondaggio comunque inclinato di una tubazione per misure inclinometriche consente, attraverso l'uso di una apposita sonda removibile, il rilievo delle variazioni di inclinazione. Il principio di funzionamento si basa sull'induzione elettromagnetica che consente di determinare la posizione e gli spostamenti di appositi anelli magnetici cementati alle pareti del foro.

#### **4.2.2 Caratteristiche dell'attrezzatura**

I tubi inclinometrici dovranno essere di ABS e dovranno avere una sezione circolare provvista di quattro scanalature con funzione di guida per la sonda inclinometrica.

Le dimensioni del tubo e, per una perforazione di 127 mm, dovranno essere le seguenti:

- Ø<sub>int</sub> tubo = 60 mm;
- Ø<sub>est</sub> tubo = 70 mm;
- Ø<sub>int</sub> guide = 63.5 mm;
- spessore = 5.0 mm • massa ≥ 1600 g/m

All'esterno del tubo inclinometrico dovranno essere posizionati ad intervalli di lunghezza di 1 m appositi anelli metallici di massa non inferiore a 600 g.

Dimensioni diverse del tubo inclinometrico da installare nel foro, in funzione di un diverso diametro di perforazione, dovranno essere comunicate all'Impresa direttamente dalla Direzione Lavori.

#### **4.2.3 Controlli preliminari**

In cantiere, prima dell'installazione, dovrà essere controllato quanto segue:

- i tubi e i manicotti non devono avere lesioni o schiaccature dovute al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- le estremità dei tubi e dei manicotti non dovranno avere sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi e lo scorrimento della sonda di misura;
- l'eventuale tubo per l'iniezione della miscela di cementazione applicato all'esterno della colonna inclinometrica, dovrà essere perfettamente efficiente;
- la miscela di cementazione dovrà essere costituita da acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso.

#### **4.2.4 Installazione**

La posa in opera dei tubi inclinometrici dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità:

- lavaggio accurato con acqua pulita del foro di sondaggio;
- preassemblaggio dei tubi inclinometrici in spezzoni, terminanti ad un estremo con un manicotto. L'accoppiamento dei manicotti con gli spezzoni di tubo dovrà avvenire impiegando apposito collante secondo la seguente procedura: applicazione di un sottile strato di collante all'esterno del tubo e all'interno del manicotto; inserimento del manicotto sul primo tubo per metà della sua lunghezza; o inserimento di un secondo spezzone di tubo nel manicotto; attesa di circa 10' e quindi applicazione di una abbondante fasciatura con nastro adesivo autovulcanizzante, evitando assolutamente bruschi movimenti che possano causare torsioni;
- montaggio del tappo di fondo sul primo spezzone di tubo, già munito di manicotto, e fissaggio dell'estremità inferiore del tubo per l'iniezione della miscela cementizia; nel caso

in cui il tappo di fondo sia provvisto di apposita valvola unidirezionale per l'注射 della miscela quest'ultima operazione non sarà necessaria;

- montaggio sul primo spezzone di tubo di un anello magnetico ogni metro di lunghezza, controllandone la posizione con apposito strumento spaziatore;
- inserimento del primo spezzone di tubo nel foro;
- bloccaggio del tubo mediante apposita morsa, in modo che dal foro fuoriescano circa 40 ÷ 50 cm di tubo più il manicotto;
- inserimento dello spezzone successivo su cui saranno stati posizionati ogni metro gli anelli magnetici; incollaggio e sigillatura del giunto;
- allentamento della morsa per permettere di calare il tubo nel foro (riempendolo d'acqua se necessario) fissando nel contempo il tubo di iniezione;
- bloccaggio del tubo con la morsa, in modo che dal foro fuoriescano circa 40 ÷ 50 cm di tubo più il manicotto;
- prosecuzione delle operazioni descritte fino al completamento della colonna, annotando la lunghezza dei tratti di tubo e la posizione dei manicotti;
- introdurre nella colonna la batteria di tubi di iniezione completi di valvola di fondo;
- eseguire l'iniezione della boiacca cementizia, confezionata per tempo come miscela fluida attraverso il tubo di iniezione o attraverso la valvola di fondo. Si operi con pressione e portata moderate, fino al ritorno a giorno di miscela non diluita in acqua;
- estrarre il rivestimento di perforazione provvisorio operando solo a trazione e senza rotazione, con l'ausilio eventualmente dell'argano;
- non appena la miscela appare in superficie; nella fase di estrazione del rivestimento il rabbocco della miscela potrà essere eseguito da testa foro, per mantenere il livello costante a p.c.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi;
- accurato lavaggio con acqua pulita dell'interno del tubo inclinometrico mediante attrezzo a fori radiali;
- installazione a testa foro di un chiusino di protezione in acciaio verniciato; il chiusino di protezione, che dovrà essere ben cementato al terreno, dovrà sporgere di almeno di 10 cm dalla sommità del tubo inclinometrico e dovrà essere provvisto di un coperchio con chiusura antigelo, dotato di lucchetto e chiavi che dovranno essere consegnate alla Direzione Lavori; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta della D.L., in luogo del chiusino

standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile in ghisa, posto in opera a filo della pavimentazione esistente;

- controllo della funzionalità della tubazione mediante il calaggio nel foro una sonda testimone, lungo le guide del tubo fino a fondo foro. La tubazione verrà dichiarata idonea, in via preliminare, se la sonda testimone sarà passata in tutte e quattro le guide senza incontrare ostacoli sia in discesa sia in risalita;

- al termine dell'installazione dovrà essere eseguito il rilievo topografico fornendo le coordinate piano-altimetriche della testa dello strumento. Dovrà inoltre essere installato, un paletto identificativo con codifica dello strumento adiacente allo stesso. In alternativa, si potrà rivettare al chiusino un'etichetta metallica con l'identificativo dello strumento.

#### **4.2.5 Prescrizioni minime di accettazione della tubazione estensimetrica**

Al termine delle operazioni di installazione e cementazione, non prima di 10 ÷ 14 giorni dalla installazione, si dovrà verificare la funzionalità della tubazione inclinometrica attraverso il controllo della continuità e dell'allineamento degli spezzoni di tubo. Le operazioni di collaudo e la lettura iniziale di riferimento saranno eseguite dalla Società incaricata del successivo monitoraggio, in contraddittorio con l'Impresa e alla presenza della Direzione Lavori. Il controllo verrà eseguito calando nel foro una sonda testimone, facendola scorrere lungo le guide del tubo fino a fondo foro, estraendola e quindi ripetendo l'operazione altre tre volte, dopo aver ruotato la sonda di 90° ogni volta che viene estratta dal foro. Il tubo inclinometrico verrà dichiarato idoneo se la sonda testimone sarà passata in tutte e quattro le guide senza incontrare ostacoli sia in discesa sia in risalita.

Successivamente si dovrà effettuare la calibrazione iniziale della tubazione mediante sonda inclinometrica incrementale avente, registrando le differenze di lunghezza di tutti i tratti strumentati rispetto alla lunghezza di riferimento di un metro. La tubazione inclinometrica verrà dichiarata idonea se la deviazione dalla verticale risulta inferiore al 2%.

#### **4.2.6 Frequenza dei rilevamenti**

La lettura di riferimento sarà eseguita non prima di una settimana dopo l'installazione, per permettere la maturazione della malta di cementazione. Dopo la lettura di zero, le letture saranno così cadenzate:

- 1 lettura al mese minimo;
- 1 lettura a settimana qualora si riscontri una situazione di rischio potenzionale sulla base delle letture precedenti (linea di tendenza) o nel caso il monitoraggio di opere adiacenti

rilevi situazioni anomale (cedimenti, deformazioni o sforzi superiori alle previsioni progettuali).

Le suddette frequenze e l'eventuale prosecuzione delle misure potranno essere modificate in corso d'opera.

#### **4.2.7 Documentazione richiesta relativa all'installazione**

La documentazione dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, codifica dello strumento, data, nominativo dell'operatore);
- codifica dello strumento;
- caratteristiche del tubo inclinometrico installato;
- caratteristiche della miscela utilizzata per la cementazione del tubo e quantità assorbita durante la cementazione;
- schema di installazione nel foro del tubo inclinometrico;
- quota del piano campagna, quota assoluta o relativa e coordinate planimetriche della testa di misura;
- stralcio planimetrico di Progetto con indicazione dell'ubicazione dello strumento.

#### **4.2.8 Restituzione dati**

Si richiede la restituzione grafica e numerica dei seguenti dati:

- Grafico differenziale locale della direzione di spostamento planimetrico (AZIMUT);
- Grafico differenziale integrale della direzione di spostamento planimetrico (AZIMUT);

I dati rilevati saranno elaborati mediante l'ausilio di un software dedicato che permetterà la restituzione tramite elaborati grafici da allegare ai tabulati numerici. Questi ultimi dovranno essere forniti anche su supposto informatico in formato testo.

### **4.3 Sistemi di acquisizione dati a due o più canali**

#### **4.3.1 Generalità'**

Le unità di acquisizione dati consentono l'acquisizione automatica, secondo cadenze prefissate e modificabili in qualsiasi momento, dei segnali provenienti dai trasduttori elettrici (di qualsiasi natura), fornendo loro nel contempo l'opportuna alimentazione. Le unità sono completamente autonome sia dal punto di vista dell'alimentazione elettrica che della memorizzazione dei dati: devono poter essere abbandonate in campo anche nelle più disagevoli condizioni climatiche e/o ambientali. Il loro uso consente di ottenere un gran

numero di dati senza la necessità di recarsi sul posto per la misura manuale. Unitamente all'acquisitore dovrà essere fornito il software di gestione dello stesso. Il file di output delle misure acquisite dovrà essere, in ogni caso, compatibile con il programma excel (es. formati .xls, .csv, .txt).

#### **4.3.2 Caratteristiche delle apparecchiature**

In questo caso le apparecchiature, alimentate mediante batterie a secco o ricaricabili, dovranno essere espandibili con schede di espansione da 16 canali analogici ciascuno fino ad un massimo di 96 canali analogici e saranno costituite dai seguenti elementi:

- scheda elettronica a microprocessore con memoria tamponata per la memorizzazione dei parametri operativi con capacità non inferiore a 8 Kbyte;
- scheda PCMCIA per la memorizzazione dei dati acquisiti con capacità non inferiore a 128 Kbyte;
- doppia porta seriale RS232 optoisolata con possibilità di collegamento in cascata di più unità di acquisizione dati, riconoscibili mediante indirizzo, fino ad un massimo di 64 unità;
- porta seriale RS232 optoisolata per collegamento a PC o, in alternativa, porta USB (il cavo di collegamento dovrà essere fornito alla Direzione Lavori, unitamente all'acquisitore);
- scheda di ingresso a multiplexer con relè per ciascun ingresso;
- convertitore A/D autorange e autozero a doppia rampa con risoluzione  $\pm 20.000$  punti;
- protezioni elettriche a 4 livelli su ciascun ingresso analogico (opzionali);
- display alfanumerico a cristalli liquidi e tastiera per la programmazione di tutti i parametri operativi anche senza la disponibilità di un PC;
- relè generale di massimo e minimo attivabile automaticamente in caso di superamento delle soglie di allerta;
- armadio di contenimento IP67 in lamiera verniciata o poliestere rinforzato, con pressacavi a tenuta per gli ingressi dei cavi provenienti dai sensori. Le apparecchiature installate dovranno in ogni caso soddisfare i seguenti requisiti:
  - autonomia di almeno 2 mesi con 2 acquisizioni giornaliere;
  - possibilità di impostare tramite il software, anche per via remota in caso di utilizzo di modem di trasmissione dati, i seguenti parametri:
    - range di scansione;
    - range di acquisizione;
    - alimentazione dei sensori;

- fondo scala elettrico;
- linearizzazione del segnale mediante impostazione del gain e dello zero per la conversione in unità ingegneristiche;
- soglie di valore di misura minimo e di massimo per eventuali segnali di allerta.
- possibilità di leggere sul display i dati memorizzati dalla RAM-CARD;
- temperatura di funzionamento da –20° a +70° C;
- Acquisitore Multisensor: possibilità di misurare sensori in corrente (4 ÷ 20 mA), in tensione, straingage, Pt100, fornendo loro una tensione variabile da 2 a 24 V dc (scelta canale per canale) o una corrente di riferimento (1 mA).

#### **4.3.3 Installazione**

Le unità di acquisizione dati dovranno essere installate in luoghi adeguatamente protetti sia contro atti di vandalismo sia da condizioni climatiche particolarmente avverse. In questo ultimo caso dovranno essere ubicate all'interno di armadi in vetroresina tipo stradale. Nel caso sia previsto un monitoraggio in automatico anche a lungo termine, e cioè dopo la fine della realizzazione dell'opera, è necessario che l'acquisitore sia ubicato in modo definitivo in zone protette, facilmente raggiungibili e non interferenti con le lavorazioni durante la realizzazione delle opere e con le fasi di esercizio delle stesse. Le connessioni e gli ammaraggi dei cavi dei sensori dovranno essere fatte a regola d'arte garantendo una buona connessione elettrica con le morsettiera o connettori di ingresso. Anche in questo caso si dovrà provvedere a cablaggi non interferenti con le lavorazioni durante la realizzazione dell'opera e con le fasi di esercizio della stessa. Al termine dell'installazione le unità andranno adeguatamente testate in tutte le loro funzioni (scansioni, memorizzazione, trasmissione dati, ecc.). Dovrà essere periodicamente verificato lo stato di carica della batteria interna delle centraline e delle eventuali batterie addizionali con lo scopo di garantire la continuità di memorizzazione dei dati ed evitare la perdita di dati e informazioni.

#### **4.3.4 Documentazione**

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- schemi di cablaggio (ingressi, eventuale linea di alimentazione e collegamenti seriali);
- manuale d'uso;
- Software di gestione e programmazione dell'acquisitore;
- ubicazione piano-altimetrica dell'unità di acquisizione;
- misure di zero di tutta la sensoristica installata;

- tabella con indicazione dei sensori in ingresso, con i parametri operativi impostati canale per canale (alimentazione, scala, gain, zero, soglie di allerta, ecc.);
- eventuali schede aggiuntive (convertitori di seriale, convertitori per fibra ottica, ecc.);
- eventuali note e osservazioni.

#### **4.4 Prescrizioni generali relative alle installazioni**

Tutte le installazioni devono essere coerenti allo schema di progetto e identificate topograficamente rispetto ad un unico sistema di coordinate progetto. La reale posizione degli strumenti installati dovrà essere comunicata alla Direzione Lavori con opportuni disegni.

Tutte le operazioni di verifica della fornitura e tutte le operazioni di installazione devono essere eseguite avendo come scopo finale l'affidabilità e la durata degli impianti di monitoraggio.

E' necessario provvedere a quanto necessario ad evitare manomissioni della rete di strumenti. Nel caso in cui, per esigenze di lavoro o in conseguenza di avvenimenti di qualsiasi natura, gli strumenti risultassero manomessi, si dovrà provvedere ai necessari ripristini.

La correttezza dell'installazione rimane responsabilità dell'Appaltatore che deve, comunque, dimostrarne la correttezza su richiesta della Direzione Lavori.

Al fine di garantire l'affidabilità della strumentazione, è richiesto che gli strumenti da approvvigionare siano prodotti da ditte con comprovata esperienza pluriennale nel settore e per i quali esistano applicazioni documentate attraverso pubblicazioni nella letteratura tecnica e/o certificati/documentazione in cui si attesti il buon funzionamento dello strumento in applicazioni analoghe. Nel caso la strumentazione proposta non soddisfi tali requisiti, la D.LL. sarà autorizzata a richiederne la sostituzione. La fornitura della strumentazione è soggetta all'approvazione della D.LL. A questo proposito, dovrà essere fornita alla DL, mediante comunicazione scritta non meno di 15 giorni lavorativi prima dell'installazione, documentazione tecnica dettagliata degli strumenti rilasciata dal produttore. Tale documentazione dovrà contenere una descrizione dello strumento e le relative specifiche tecniche, dimostrando il soddisfacimento dei requisiti indicati nel presente documento. Su richiesta della D.LL. dovrà essere inoltre fornita documentazione che attesti l'applicazione ed il buon funzionamento di tali strumenti in altri casi pratici, a prova dell'affidabilità dello strumento e indicazioni riguardanti specializzazione ed esperienza degli operatori che l'appaltatore intende utilizzare per l'installazione.

All'arrivo in cantiere, ogni strumento dovrà essere munito di certificato di origine e, se necessario, di certificato di taratura presso un laboratorio ufficiale. L'installazione della strumentazione deve avvenire in contraddittorio con la D.LL., salvo diversa indicazione di quest'ultima. A questo fine, una volta ottenuta l'approvazione da parte della D.LL. relativamente al tipo di strumento approvvigionato, l'appaltatore dovrà far pervenire il programma d'installazione alla D.LL. mediante comunicazione scritta almeno 72 ore prima dell'inizio dell'installazione.

La restituzione dei dati relativi a letture eseguite sugli strumenti, deve avvenire sia su formato cartaceo, che tramite supporto informatico editabile (tipo formato excel e formato testo).

I Tecnici



*Franco*  
Antonio Franco