



O.T.R. s.r.l.

**SPECIFICHE DI MISURA
DELLA TUBAZIONE INCLINOMETRICA**



Indice

1 - GENERALITÀ	3
2 - ATTREZZATURE DA IMPIEGARE E LORO REQUISITI.	3
3 - MODALITÀ' DI ESECUZIONE DELLE MISURE.	4
4 - PROGRAMMA DI CALCOLO.	6
5 - ELABORATI DA CONSEGNARE ALLA COMMITTENTE.	8



SPECIFICHE PER L'ESECUZIONE DELLE MISURE INCLINOMETRICHE

1 - GENERALITÀ

Lo scopo delle misure inclinometriche è quello di individuare con precisione, in un versante probabilmente instabile, eventuali piani di scivolamento, di controllare nel tempo l'entità, la velocità e la direzione dei movimenti, ottenendo così validi dati sulla pericolosità; gli stessi dati possono essere inoltre utilizzati in una progettazione mirata dell'eventuale intervento di stabilizzazione.

Le misure vengono eseguite con apposite apparecchiature in tubi inclinometrici, opportunamente installati nel terreno, ad intervalli di tempo stabiliti dalla Committente.

2 - ATTREZZATURE DA IMPIEGARE E LORO REQUISITI.

2.1 - Sonda inclinometrica.

La sonda inclinometrica **deve essere del tipo biassiale a servoinclinometri o sensori MEMS di alta qualità** con fondo scala 30 gradi sessagesimali.

Il passo sonda, cioè la distanza fra le ruote del carrello superiore e quelle del carrello inferiore, deve essere di 500 mm. (per sonde con passo metrico) o di 24 pollici, \approx 600 mm (per sonde con passo inglese).

La sensibilità all'asse trasverso non deve superare lo 0,015% del fondo scala, per grado sessagesimale.

La variazione in temperatura della sensibilità non deve superare lo 0.015% della lettura, per grado centigrado.

La variazione in temperatura dello zero non deve superare lo 0,01% del fondo scala per grado centigrado.

La sensibilità di lettura deve essere non inferiore a $20.000 \times \sin. \alpha$ (α = angolo di inclinazione rispetto alla verticale).

2.2 - Cavo di controllo.

Il cavo di controllo, cioè il cavo con i conduttori elettrici ed il cavetto di rinforzo in acciaio al quale è assicurata la sonda, deve riportare le tacche di misura ogni 500 mm per sistemi di misura con passo metrico o 24 pollici per sistemi con passo di misura inglese.

Il cavo deve inoltre garantire nel tempo la costanza della distanza fra le tacche di misura .

2.3 - Sonda spiralometrica.

In alcuni casi, quando le elaborazioni dei dati danno come risultato direzioni del movimento difficilmente interpretabili o fisicamente non probabili, potrà essere richiesto l'utilizzo di una sonda particolare, "Sonda spiralometrica", per rilevare la spirallatura delle guide del tubo inclinometrico, consentendo così di correggere le elaborazioni.

La sonda spiralometrica potrà essere dei seguenti tipi:

- completamente elettronica con sensore di Nord magnetico (flux gate);
- con estremità rotanti e sensore d'angolo elettronico (misuratore d'angolo analogico o digitale);
- completamente meccanica con aste e goniometro.

In tutti i casi il sistema di misura spiralometrica deve consentire di verificare e misurare spirallature delle guide con una sensibilità minima di 0.1 gradi sessagesimali per metro di tubo inclinometrico.

2.4 - Unità di lettura (centralina).

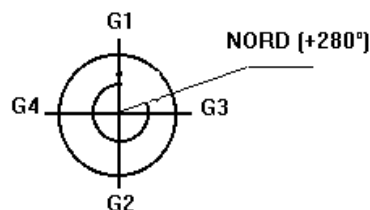
L'unità di lettura può essere del tipo manuale, con uno o due display, o del tipo automatico (acquisizione dati).

In entrambi i casi deve rispettare le caratteristiche di variazione in temperatura di cui al punto 2.1 ed essere in grado di operare correttamente con temperature tra i -5 ed i + 40 gradi centigradi.

3 - MODALITÀ' DI ESECUZIONE DELLE MISURE.

3.1 - Misure di origine

3.1.1 - Individuare sul tubo inclinometrico, fra le quattro guide, quella che più si approssima alla direzione di un probabile movimento (guida verso valle), marcarla con pennarello indelebile e contrassegnarla come guida "1"



3.1.2 - Misurare l'altezza della testa del tubo (o la profondità, nel caso di tubi posti in pozzetti) dal piano campagna ed annotarla sull'apposito modulo.



3.1.3 - Segnare sul paramento di muri, la posizione ed il nome del tubo, quando questo sia possibile.

3.1.4 - Leggere con una bussola l'angolo tra la direzione del Nord magnetico e la congiungente le guide "1" e "2", intendendo per guida "2" la guida diametralmente opposta alla "1", ed annotarla in un apposito modulo indicante tutti i dati della zona di misura ed i dati del tubo inclinometrico (nome, identificativo,). Le rette congiungenti le guide "1"- "2", e le guide "3"- "4", formano un sistema di assi cartesiani, X-Y come in fig. 1.

3.1.5 - Approntare le apparecchiature di misura per l'inizio della misura stessa.

3.1.6 - Inserire la sonda inclinometrica con la ruota di riferimento nella guida "1".

3.1.7 - Calare la sonda inclinometrica fino a fondo tubo; attendere per qualche minuto per una corretta acclimatazione termica e comunque fino a che i valori letti sui display dell'unità di misura risultino stabilizzati.

3.1.8 - Riportare la sonda inclinometrica fino a testa tubo e calarla di nuovo all'interno dello stesso fino a che le ruote del carrello superiore siano ad un passo sonda (50 centimetri o 24 pollici) dalla testa del tubo inclinometrico.

3.1.9 - Annotare i valori letti sui display nell'apposito modulo se l'unità di lettura é manuale o acquisire i dati se l'unità di misura é automatica.

3.1.10 - Proseguire la misura calando la sonda inclinometrica di **un passo sonda**, annotando alle varie profondità i valori letti sui display od acquisendoli con l'unità di lettura se la stessa é automatica..

Non sono accettate misure eseguite calando la sonda di multipli del passo della stessa,

3.1.11 - Arrivati a fondo tubo assicurarsi che l'ultima misura sia eseguita senza che la sonda inclinometrica tocchi sul fondo. Anche l'ultima misura, infatti, deve essere eseguita per un intero passo sonda.

3.1.12 - Recuperare la sonda inclinometrica, inserirla nella guida "2" (guida diametralmente opposta alla "1") e proseguire come dal punto **3.1.8** al punto **3.1.12**.

3.1.13 - Eseguite le misure sulla guida "2", passare alla guida "3", ossia a quella posta a 90 gradi in senso orario rispetto alla "1" e successivamente alla "4" (guida diametralmente opposta alla "3"). Alla fine della misura si saranno ottenuti 4 valori di inclinazione sull'asse X (G3-G4) e quattro valori di inclinazione sull'asse Y (G1-G2) per ogni passo sonda, essendosi così eseguita una misura di precisione **"a quattro guide"**.



Ad esempio: per un tubo inclinometrico di 20 metri misurato con una sonda di passo 500 mm si otterranno 160 valori di inclinazione lungo l'asse X e 160 valori di inclinazione lungo l'asse Y, per un totale di 320 numeri raccolti.

3.2 - Misure di controllo.

Le misure di controllo devono essere eseguite con le stesse modalità di quelle di origine. In particolare si seguiranno le procedure descritte dal punto **3.1.4** al **3.1.12**.

Qualora, durante una misura di controllo, non si riesca più ad eseguire le letture fino alla profondità di origine, si procederà appoggiando la sonda sul punto di massima profondità comunque raggiungibile e si annoteranno accuratamente i dati di inclinazione e la distanza in centimetri dall'ultima lettura completa (un passo sonda).

Qualora, nelle elaborazioni delle misure precedenti, si ottengano direzioni del movimento difficilmente interpretabili o fisicamente improbabili, dovranno essere eseguite misure spiralmetriche con l'apposita sonda descritta al punto **2.3**.

Le modalità di misura con la sonda spiralmetrica saranno, a seconda dei modelli della stessa, quelle suggerite dalla Ditta Costruttrice.

4) PROGRAMMA DI CALCOLO.

Esistono in commercio molti tipi di programmi per l'elaborazione dei dati delle misure inclinometriche; alcuni di questi programmi, prevedono la possibilità di introdurre correzioni di assetto angolare e di sensibilità dell'apparecchiatura di misura (per assetto angolare si intende la direzione di misura, per sensibilità si intende il rapporto tra la grandezza fisica in esame, seno dell'angolo rispetto alla verticale e la lettura o restituzione, se automatica, della centralina di misura); altri programmi non prevedono le possibilità di cui sopra.

Le differenze nel tempo o per cambio dell'apparecchiatura dell'assetto angolare o della sensibilità sono di piccola entità rispetto ai valori nominali; per l'assetto angolare, inizialmente al valore nominale "zero", pochi decimi di grado sessadecimale, per la sensibilità, inizialmente al valore nominale 20.000 o 25.000 volte il seno dell'angolo, percentuali non superiori al 1%.

In molti casi queste piccole variazioni possono falsare i risultati delle elaborazioni rendendo necessaria la loro compensazione a programma e/o mantenendo l'apparecchiatura di misura sempre perfettamente tarata.

Le verifiche di taratura e le eventuali "ritarature" dell'apparecchiatura di misura dovranno essere periodiche ed effettuate presso le Ditte Costruttrici o presso Laboratori Competenti; saranno altresì inviate alla Committente le descrizioni delle metodologie impiegate per tali lavori.



La Committente, nel caso di restituzioni anomale e/o poco attendibili, potrà in ogni momento chiedere verifiche e tarature delle apparecchiature di misura impiegate.

4.1 Programmi di calcolo con possibilità di correzioni.

Nel caso di utilizzo di programmi aventi la possibilità di correzioni di assetto angolare e di sensibilità, **nei tabulati che verranno inviati alla Committente dovranno essere ben evidenziati sia i valori nominali della sensibilità che i valori di assetto angolare e di sensibilità adottati per l'elaborazione.**

Le correzioni che verranno accettate per l'assetto angolare non dovranno essere superiori a $\pm 2^\circ$ sessagesimali (massimo 2° sessagesimali rispetto alla misura origine); per la sensibilità le correzioni per essere accettate non dovranno essere superiori al $\pm 1\%$ (più o meno 1%) del valore nominale di sensibilità dell'apparecchiatura di misura.

Eventuali correzioni superiori a tali valori dovranno essere giustificate e dovranno esserne altresì specificati alla Committente i motivi (cambio dell'apparecchiatura di misura, sostituzione dei servoinclinometri, verifiche di taratura periodiche etc.) e le metodologie adottate per apportare le correzioni.

4.2 - Programmi senza possibilità di correzioni.

Nel caso dell'utilizzo di programmi non in grado di apportare le correzioni di cui al punto 4.1, oltre alle verifiche di taratura periodiche potranno rendersi necessarie delle **"ritarature" dell'apparecchiatura di misura; nel caso di "ritarature" o di cambio dell'apparecchiatura di misura si dovrà avvertire la Committente.**

4.3 - Caratteristiche comuni dei programmi di calcolo.

Il programma deve essere in grado di valutare i "fuori zero", differenza tra una lettura e la coniugata, **e farne stampare le medie bene in evidenza**, per permettere una rapida valutazione della validità della misura; lo stesso programma deve essere inoltre in grado di eseguire elaborazioni sia per sommatoria che per "variazione di inclinazione locale" ("per punti", per "spostamento locale"), di riferire gli azimut al NORD, eseguendo una rotazione di assi, in modo da avere per tutti i cantieri un unico sistema di coordinate.

I diagrammi prodotti dovranno essere riportati in scala e possibilmente la scala delle profondità dovrà essere unica nella stessa zona

Il programma dovrà essere inoltre in grado di fornire i dati in file ASCII come descritto nella parte terza al punto 12 e successivi.



5 - ELABORATI DA CONSEGNARE ALLA COMMITTENTE.

Gli elaborati da consegnare saranno di tipo numerico (tabulati), di tipo grafico (diagrammi) ed in formato ASCII su supporto magnetico. .

5.1 - Tabulati per le misure di origine.

I tabulati dovranno riportare tutti i dati identificativi della zona interessata (Località, Strada, Provincia) e del tubo inclinometrico misurato (nome attribuito, identificativo direzione della guida "1 rispetto al Nord magnetico") i dati di sensibilità nominali della sonda inclinometrica espressi in valori del seno dell'angolo rispetto alla verticale moltiplicato per il valore di "sensibilità", la data della misura: di seguito saranno riportati i dati di "campagna", letture eseguite sugli assi X e Y (8 valori per ogni passo sonda) alle varie profondità e la corrispondente lettura spiralometrica, se è stata richiesta. Saranno inoltre riportate in evidenza le medie dei valori di "fuori zero", differenza tra una lettura e la coniugata, come al punto 4.3.

I tabulati proseguiranno con le coordinate polari calcolate (scostamento rispetto alla verticale in mm ed azimut in gradi sessagesimali) alle varie profondità, in un sistema di assi che ha per origine il piede del tubo inclinometrico ed orientato rispetto al Nord magnetico.

5.2 - Diagrammi per le misure di origine.

I diagrammi per le misure di origine saranno i seguenti:

-diagramma profondità-scostamento dalla verticale per "sommatoria dal basso" (somma vettoriale), con punto di zero al piede del tubo inclinometrico (massima profondità di lettura) e punti calcolati per ogni passo sonda;

-diagramma dell'azimut alle varie profondità riportante l'angolo rispetto al Nord magnetico dello scostamento rispetto alla verticale alle varie profondità;

Nei diagrammi saranno riportati tutti i dati relativi alla zona ed al tubo inclinometrico ed in modo numerico, i valori del massimo scostamento rispetto alla verticale, dello scostamento della testa del tubo rispetto alla verticale, in mm., il relativo azimut in gradi sessagesimali e la profondità in metri da testa tubo del punto in cui si ha il massimo scostamento dalla verticale.

5.3 - Tabulati per misure di controllo.

I tabulati delle misure di controllo oltre a riportare tutti i dati relativi alla zona, al tubo inclinometrico, alla sensibilità del sistema di misura, ai valori di assetto angolare e di sensibilità adottate per l'elaborazione, alla direzione del Nord magnetico rispetto alla guida "1", ai dati "di campagna" come per le misure di origine (punto 5.1), riporteranno ad ogni passo sonda i movimenti calcolati rispetto all'origine, in coordinate polari sia per sommatoria vettoriale dei movimenti a partire dal piede del tubo ("per sommatoria dal basso") esprimendo i valori in metri per la profondità, in mm per i movimenti ed in gradi sessagesimali per l'azimut; **saranno inoltre riportati i valori anche per "variazione di inclinazione**



locale” (“per punti”) esprimendo gli stessi in mm/metro, riportandone inoltre l’azimut in gradi sessagesimali rispetto al Nord magnetico e le relative profondità da testa tubo. Saranno inoltre riportate in evidenza le medie dei valori “fuori zero”, differenza tra una lettura e la coniugata, come al punto **4.3**.

5.4 - Diagrammi per le misure di controllo.

I diagrammi delle misure di controllo saranno i seguenti:

- diagramma profondità-movimento per “**sommatoria dal basso**” (somma vettoriale), con punto di zero al piede del tubo inclinometrico (massima profondità di lettura) e punti calcolati per ogni passo sonda, riportante il movimento rispetto all’origine per sommatoria dal basso in scala 2:1 se possibile;
- diagramma dell’azimut alle varie profondità riportante l’angolo rispetto al Nord magnetico del movimento rispetto all’origine.
- diagramma “variazione di inclinazione locale - profondità” riportante alle varie profondità (ogni passo sonda), la variazione di inclinazione locale espressa in mm/m in scala 10:1 se possibile.

Nei diagrammi saranno riportate almeno due curve precedenti (se esistono) oltre a quella in elaborazione.

Nei diagrammi saranno riportati accuratamente tutti i dati identificativi della misura quali Località, Strada, Provincia, nome del tubo inclinometrico e suo identificativo, date delle misure, data dell’origine. etc..

Saranno inoltre riportati in forma numerica:

- lo spostamento massimo espresso in mm o in mm/metro, il relativo azimut in gradi sessagesimali e la profondità dello spostamento massimo da testa tubo, in metri;
- lo spostamento della testa tubo espresso in mm o in mm/metro ed il relativo azimut con le stesse modalità più volte sopra descritte.

Sia per le misure di origine che per le misure di controllo, è utile che gli elaborati (tabulati e diagrammi) vengano riportati in fogli formato A4, per una comoda lettura ed archiviazione. E’ inoltre utile che nei diagrammi la scala delle profondità sia unica, se possibile, per una stessa zona.