### Università degli studi di Napoli Federico II



## SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

Corso di Laurea Triennale in

#### Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE ED AMBIENTALE

# Sintesi dell'elaborato di laurea Prove di Carico su Tiranti di Ancoraggio

Relatore

Ch.mo Prof. Ing. G. Urciuoli

Candidato

Marino Mariano 518/711

Correlatore

Dott.Ing. R. Papa

Anno Accademico 2012/2013

#### Premessa

Le opere di sostegno destinate alla stabilizzazione di pendii in frana sono frequentemente integrate con la realizzazione di tiranti di ancoraggio. Questi sono elementi strutturali sollecitati a trazione per effetto delle azioni instabilizzanti del terreno a monte dell'opera. Il loro ruolo è di trasferire le sollecitazioni di trazione, cui l'opera è sottoposta, in zone ove il terreno offre la possibilità di assorbirle. Il principale parametro da valutare durante la fase di progettazione è rappresentato dalla resistenza che l'ancoraggio oppone allo sfilamento dal terreno. In questa fase è possibile ottenere solo una stima di tale parametro tramite metodi analitici e semi-empirici, avvalendosi dei risultati provenienti da prospezioni geologiche e da prove di laboratorio per la determinazione dei parametri geotecnici del terreno. La normativa obbliga il progettista ad effettuare prove di carico sugli ancoraggi al fine di pervenire ad una determinazione sperimentale del valore di resistenza allo sfilamento. Le modalità di svolgimento di tali prove sono oggetto delle Raccomandazioni AGI-AICAP: Ancoraggi nei terreni e nelle rocce (2012).

Il presente elaborato ha come obiettivo la determinazione sperimentale della resistenza allo sfilamento e il collaudo in corso d'opera di tiranti di ancoraggio. Tali interventi sono destinati alla stabilizzazione di un pendio in frana nel comune di Mirabella Eclano (AV). A tale scopo sono state condotte prove pilota e prove di accettazione su diversi tiranti di ancoraggio.

#### Tiranti di ancoraggio

Il tirante di ancoraggio è costituito a grandi linee da tre elementi principali: la testata d'ancoraggio, la parte libera e la fondazione, come rappresentato in Figura 1

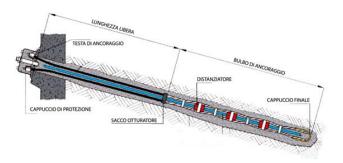


Figura 1: Principali elementi costruttivi di un tirante di ancoraggio

Testata di ancoraggio

La testata è costituita da piastre di acciaio che abbiano forma e dimensioni tali da consentire il trasferimento degli sforzi sulla struttura di ancoraggio. In base al numero di trefoli previsti le piastre sono progettate per sostenere il carico cui saranno soggette. Esse sono dimensionate in modo tale da distribuire gli sforzi al blocco di calcestruzzo in modo omogeneo al fine di evitarne il punzonamento. Inoltre essa deve permettere la messa in tensione dell'armatura, la prova di carico, il bloccaggio e la ritesatura dei trefoli. Inoltre la testata deve essere munita di un dispositivo di protezione dalla corrosione delle armature.

#### Parte libera

La parte libera può essere costituita da trefoli o barre di acciaio armonico in alternativa a tondini di acciaio dolce. Il ruolo principale della parte libera è di trasferire le azioni sollecitanti al bulbo di fondazione. E'un elemento che lavora in trazione e deve necessariamente essere protetto dal pericolo corrosione derivante dall'ambiente esterno.

#### Bulbo di fondazione

La fondazione è ottenuta mediante l'iniezione di boiacca o malta cementizia nel tratto finale del foro di perforazione. La malta iniettata ingloba le armature e intasa il foro di perforazione. I trefoli di acciaio armonico all'interno della fondazione sono disposti con andamento sinusoidale al fine di massimizzare l'aderenza acciaio-malta ed evitare la rottura per sfilamento dell'armatura dal bulbo. La realizzazione dell'iniezione è tra le fasi più delicate dell'esecuzione di un tirante di ancoraggio e può condizionarne significativamente la resistenza allo sfilamento. Al fine di ridurre il fenomeno del ritiro della malta di iniezione possono essere adoperati idonei additivi. Per facilitare l'inserimento del tirante nel foro di perforazione ci si avvale di un puntale sagomato a forma di ogiva. In base alle diverse tecnologie adoperate nella fase di installazione e in base alla tipologia di utilizzo cui sono destinati, essi possono essere in seguito distinti in base a differenti particolari costruttivi.

#### Sito di studio

Il cantiere allo stato attuale presenta due principali aree di frana. Esse sono individuate come da planimetria del cantiere in Figura 2. Le prove sperimentali oggetto del presente studio si riferiscono a prove di carico effettuate su tiranti di ancoraggio disposti nell'area di frana n°1. Le scelte progettuali intraprese prevedono la costruzione di 4 distinti muri, la cui ubicazione nell'area di frana n°1 è indicata in Figura 2. In corrispondenza di ogni muro è prevista la realizzazione di un diverso numero di tiranti

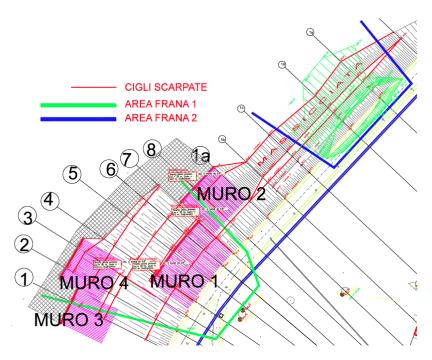


Figura 2: Planimetria del cantiere, Mirabella Eclano (AV)

di ancoraggio.

#### Dispositivi di prova

I dispositivi di prova utilizzati durante la sperimentazione in sito sono costituiti da un blocco di contrasto in calcestruzzo armato, un martinetto idraulico alimentato da una pompa manuale, un micrometro per la misura degli allungamenti del tirante ed un misuratore laser per la rilevazione degli spostamenti della struttura di contrasto.

#### Blocco di contrasto

Il blocco di contrasto ha lo scopo di consentire l'applicazione del carico al tirante. Il martinetto idraulico poggia su di esso in corrispondenza dell'asse del tirante e con la stessa inclinazione in modo tale che il carico applicato sia quello realmente agente all'interno dell'ancoraggio.

#### Dispositivi per l'applicazione del carico

Il tirante di prova è tesato tramite l'azione di un martinetto idraulico alimentato da pompaggio di tipo manuale. Altri strumenti che rendono possibile il trasferimento del carico dal martinetto al tirante sono costituiti da

piastre di carico, cunei e spessori. Il carico deve essere applicato coassial-



Figura 3: Dispositivi per l'applicazione del carico

mente all'armatura. Il martinetto deve garantire l'applicazione del carico contemporaneamente a tutti i trefoli costituenti l'armatura. E'necessario inoltre che la corsa del martinetto sia tale da consentire lo svolgimento della prova senza dover riposizionare il dispositivo di carico.



Figura 4: Dispositivo di carico completamente allestito per la prova

#### Strumenti di misura degli spostamenti

Nel corso delle prove di carico è necessario misurare gli allungamenti del tirante e gli spostamenti subiti dal blocco di contrasto. Gli allungamenti del tirante vengono misurati tramite l'ausilio di un micrometro. Tale dispositivo è provvisto di una massa magnetica che consente il suo fissaggio sulla superficie esterna del martinetto idraulico. La parte terminale dell'asta del micrometro è costituita da una punta magnetica che viene messa in contatto con una piastra al di sopra della quale sono fissati i trefoli da tesare.

Lo spostamento del blocco di contrasto è fornito dalla lettura di un misu-





(a) Comparatore millesimale

(b) Misuratore laser

Figura 5: Strumenti di misura degli allungamenti

ratore laser posto in corrispondenza di un punto fisso esterno alla zona di influenza della prova. Al fine di leggere direttamente lo spostamento effettivo del blocco rispetto al tirante, senza calcolare la componente di tale spostamento nella direzione dell'asse dell'ancoraggio, il misuratore laser è rivolto verso il blocco, parallelamente all'asse del tirante. Ad ogni fase di carico vengono letti gli spostamenti subiti dal tirante e dal blocco di contrasto. I dati ottenuti verranno poi elaborati depurando gli allungamenti del tirante dagli spostamenti che il blocco di contrasto ha subito durante la prova.

#### Risultati Sperimentali

Tutte le prove di carico su tiranti di ancoraggio trattate nel presente capitolo sono state svolte nel cantiere dell'area P.I.P. (Piani di Insediamento Produttivo) di Mirabella Eclano in provincia di Avellino.

Le strumentazioni utilizzate sono elencate nel Capitolo 3 al paragrafo 3.2.4. Le prove possono essere classificate in due principali tipologie: Prove di Collaudo e Prove di Sfilamento. Durante il loro svolgimento, indistintamente dalla tipologia di prova, sono state misurate alcune grandezze di seguito ri-

#### portate:

- Gli allungamenti subiti dal tirante
- Gli spostamenti subiti dal blocco di contrasto
- La pressione al manometro

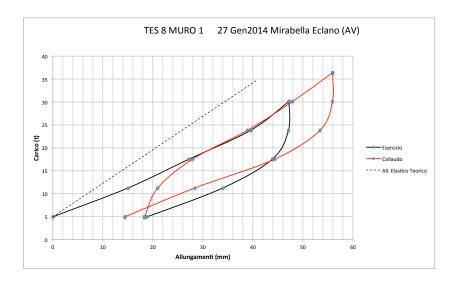
Il tiro applicato all'ancoraggio è ricavato a partire dall'area della sezione trasversale del pistone del martinetto idraulico e dalla pressione dell'olio al suo interno. In riferimento al dispositivo di carico utilizzato in cantiere è possibile stabilire che ad una pressione al manometro di 35,0 bar corrisponde un tiro applicato dell'entità di 5 tonnellate (ton.).

Si precisa, inoltre, che prima dell'inizio delle varie prove viene applicato un carico di allineamento  $P_a=5,0$  ton e si procede all'azzeramento della lettura del micrometro.

I dati relativi agli allungamenti sono depurati dagli spostamenti che la piastra di contrasto subisce durante la prova. I risultati sperimentali vengono infine rappresentati nel piano Carichi - Allungamenti depurati. Nello stesso piano è presente la retta corrispondente agli allungamenti elastici teorici della parte libera d'armatura.

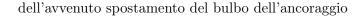
#### Prova di collaudo

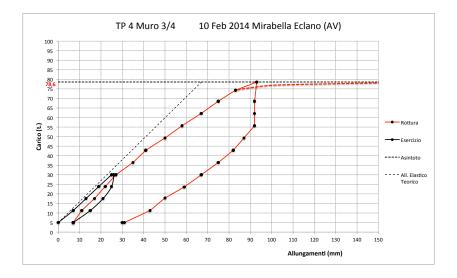
La prova di carico è caratterizzata dal raggiungimento, in 5 fasi, del carico di esercizio,  $P_d$  del valore di 30,2 tonnellate. Ad ogni fase si interrompe la prova per la durata necessaria alla lettura del micrometro e del misuratore laser. Al raggiungimento del carico di esercizio si effettua un'osservazione degli allungamenti a carico costante per un intervallo di tempo corrispondente a 15'. Si procede in seguito allo scarico ripercorrendo gli stessi passi di carico. Si riporta il tiro ad un valore di 5,0 ton. e lo si mantiene costante per 15'. Successivamente si effettua un nuovo ciclo di carico fino al raggiungimento del tiro di collaudo pari a  $P_c = 1, 2P_d = 36, 4$ ton. Tale carico è mantenuto costante per 15' al termine dei quali si procede alla fase di scarico fino al valore iniziale  $P_a = 5,0$  ton. Il tiro di allineamento è mantenuto costante per 15' e vengono misurati, in tale intervallo di tempo, gli allungamenti a carico costante.



#### Prova di sfilamento

La prova di sfilamento sul tirante pilota n°4 presenta, nel complesso, andamento regolare. Il carico massimo raggiunto è di 78,6 ton. In corrispondenza della forza di 68,6 ton. si registra un sensibile decremento della pressione al martinetto, sintomo dell'incipiente di sfilamento. A partire da tale valore il grafico tende ad un asintoto orizzontale che rappresenta la condizione di rottura. Il mancato mantenimento del carico non consente di poter osservare visivamente lo sfilamento, si procede dunque allo scarico fino al valore di  $P_a$ . L'allungamento residuo di 23 mm è un' ulteriore conferma





#### Conclusioni

I risultati ottenuti dalla prova di collaudo del tirante d'esercizio n°8 sono conformi alle prestazioni richieste all'ancoraggio al carico di collaudo. Tale prova, realizzata in corso d'opera, è di fondamentale importanza poichè permette di evidenziare eventuali problematiche legate ad errori di progettazione o ad errori di realizzazione dell'ancoraggio. La conformità dei risultati della prova stabilisce, dunque, la corretta realizzazione del tirante ad opera dell'impresa e consente di procedere alla realizzazione degli altri ancoraggi, destinati all'esercizio, senza che siano apportate modifiche tecnologiche nelle fasi di perforazione ed iniezione.

I risultati delle prove di sfilamento sono sintetizzati in tabella:

| Tirante         | $\mathbf{Muro}$ | d(m)     | $\mathbf{L_f}(\mathbf{m})$ | $\mathbf{R_{a,m}}$ (ton.) | $\mathbf{q_s}$ (kPa) |
|-----------------|-----------------|----------|----------------------------|---------------------------|----------------------|
| TP n°2          | Area frana 2    | 0,15     | 10                         | 51,5                      | 109                  |
| $TP n^{\circ}3$ | 1               | $0,\!15$ | 8                          | 60                        | 160                  |
| TP n°4          | 4               | $0,\!15$ | 10                         | 74,3                      | 157                  |
| T.ES n°8        | 1               | $0,\!15$ | 8                          | 68                        | 180                  |
| T.ES n°1        | 1               | $0,\!15$ | 8                          | 36,4                      | 96                   |

Le prove di sfilamento, condotte allo scopo di verificare le ipotesi progettuali, consentono altresì di proporre interventi di miglioria al progetto. I valori di resistenza limite unitaria allo sfilamento,  $q_s$ , ottenuti consentono

un' ottimizzazione delle geometrie del tiranti. In particolar modo è possibile aumentare l'interasse di progetto degli ancoraggi senza che venga modificato il coefficiente di sicurezza assegnato all'opera.

L'incremento dell'interasse di progetto produce economie che possono essere riutilizzate per il consolidamento della restante parte dell'opera soggetta a rischio frana.