

Manuale per la progettazione di ancoraggi

HANNA T. H. - *Foundations in Tension*.
Trans Tech Publications e McGraw-Hill Book Company, 1982.

Il testo si presenta come un esauriente manuale rivolto agli ingegneri ed ai tecnici che si trovano ad affrontare la progettazione o la costruzione di opere nelle quali gli ancoraggi nel terreno o nella roccia esplicano un ruolo di rilievo.

La pratica professionale e la ricerca svolta per oltre tre lustri nel campo specifico, conferiscono all'autore un'atteggiamento di ragionata fiducia verso l'impiego degli ancoraggi; la vasta informazione e le numerose referenze bibliografiche fornite dalla sua fatica a tutto l'ambiente tecnico interessato contribuiranno sperabilmente a diffondere un atteggiamento analogo fino a generalizzarlo.

La materia è suddivisa in otto capitoli che vengono qui sommariamente riassunti e commentati.

Capitolo 1. Le fondazioni in trazione e l'ingegneria geotecnica

Si fornisce sia l'inquadramento generale delle fondazioni in trazione nell'ambito dell'ingegneria geotecnica, sia la suddivisione tipologica di esse, con i campi di applicazione principali di ciascun tipo.

Si ricorda che in molti casi è opportuno l'approccio noto come « observational method », per superare il residuo divario tra le schematizzazioni e le valutazioni quantitative possibili in base alle indagini preventive sul terreno ed il suo comportamento reale.

Capitolo 2. Ancoraggi nel terreno e nella roccia

Gli ancoraggi sono scomposti nelle parti e nelle operazioni che concorrono alla loro realizzazione, esaminate separatamente:

- armatura dell'ancoraggio e sua confezione;
- perforazione;
- testata dell'ancoraggio;
- tratto connesso, nei tipi in trazione ed in compressione (trazione tra-

smessa meccanicamente dalle armature alla sezione terminale: fig. 1);

- installazione dell'armatura;
- miscele e procedure di iniezione;
- tensionamento e prova dell'ancoraggio finito;
- manutenzione, detensionamento e rimozione degli ancoraggi.

Per ogni parte ed operazione sono descritte le differenti modalità esecutive in uso; in particolare per il tratto connesso si descrive la semplice iniezione di riempimento, il procedimento di iniezione ripetuta in pressione e quello di allargamenti multipli ottenuti con attrezzo allargatore a comando meccanico.

Quest'ultima procedura è poco praticata in Italia ed ha trovato invece numerose applicazioni in Inghilterra, entro argille preconsolidate che non sono troppo diverse dalle argille plico-niche presenti in alcune regioni italiane.

Capitolo 3. La corrosione degli ancoraggi e la sua prevenzione

L'intero capitolo è dedicato a questo argomento di primaria importanza, che viene trattato a fondo, partendo da una illustrazione schematica del feno-

meno fisico della corrosione elettrolitica dei metalli e dall'analisi delle condizioni d'ambiente che lo favoriscono. L'efficacia dei diversi mezzi protettivi (malta cementizia, guaine in P.V.C., polietilene o polipropilene, grassi e vernici) è discussa e comparata, tenuto conto delle effettive condizioni di impiego.

La durabilità dei sistemi di protezione anticorrosione è esaminata sulla base della esperienza di casi documentati di servizio prolungato di ancoraggi e di altre opere interrate in acciaio.

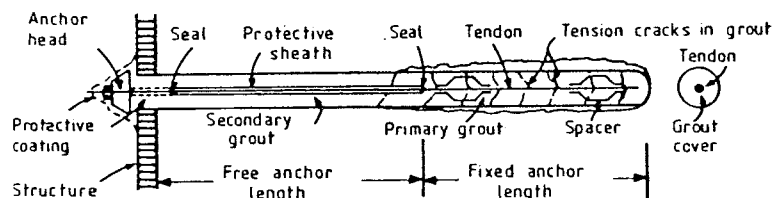
La protezione della testa degli ancoraggi e del tratto di armatura che la segue immediatamente è della massima importanza, perché le condizioni di servizio sono generalmente in queste parti meno favorevoli che altrove.

La difesa è efficace se ogni dettaglio è attentamente studiato ed eseguito in modo da assicurare la continuità della protezione.

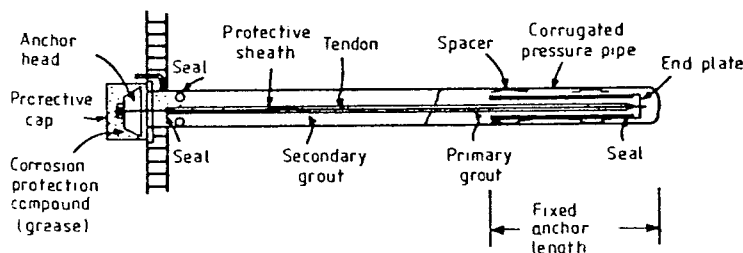
L'aggressività del terreno è correlata con la sua resistività e con il suo potenziale redox.

Capitolo 4. Meccanismi di trasferimento del carico e problemi connessi

La rottura può avvenire per il superamento della resistenza in almeno uno degli elementi:



TENSION ANCHOR



COMPRESSION ANCHOR

Fig. 1.

- connessione armatura/malta;
- connessione malta/terreno;
- terreno incassante;
- armatura o apparecchi di serraggio della testata;
- malta (per compressione);
- gruppo di ancoraggi.

I primi due modi di rottura possono essere analizzati solo conoscendo il meccanismo di trasferimento degli sforzi tra elementi di caratteristiche meccaniche assai diverse.

L'autore indica sia gli schemi teorici che permettono di valutare la distribuzione degli sforzi di taglio al confine tra armatura e malta e tra malta e terreno, sia i valori ammissibili o limiti adottati, in base a prove o all'esperienza operativa di autori diversi, per la resistenza al taglio media lungo le superfici di contatto tra:

- barre e malta;
- fili e malta;
- trefoli e malta;
- malta e vari tipi di rocce lapidee.

Le informazioni raccolte provengono da diversi paesi europei ed extraeuropei.

Circa la resistenza mobilitabile entro i terreni, si mette in evidenza la efficacia della iniezione ripetuta in pressione nei terreni incoerenti ed in quelli coesivi compatti.

La rottura all'interno del terreno per file o gruppi di ancoraggi è esaminata con riferimento agli schemi semplificativi già noti.

Capitolo 5. Prove di carico sugli ancoraggi

Il tensionamento di un ancoraggio comporta delle perdite per attrito nel martinetto, alla testa di trazione e lungo il tratto libero; di esse vengono forniti i valori indicativi entro i quali possono essere considerate normali ed accettabili, ancorché non trascurabili. L'ineliminabilità di queste perdite consiglia una procedura di prova che consenta di tenerne conto.

Le prove sugli ancoraggi sono divise in tre categorie: prove preliminari al contratto; prove di accettazione nel sito e prove di collaudo durante il lavoro.

Le prime si eseguono a cura dell'impresa che mette a punto un suo proprio sistema costruttivo, allo scopo di verificarne l'efficacia. Le seconde sono riferite ad un determinato sito e possono essere condotte prima o dopo la stipulazione del contratto; il loro scopo principale è quello di verificare il grado di sicurezza allo sfilamento del tratto connesso nelle condizioni geotecniche del sito specifico.

Infine le prove di collaudo servono a confermare la corrispondenza dei ti-

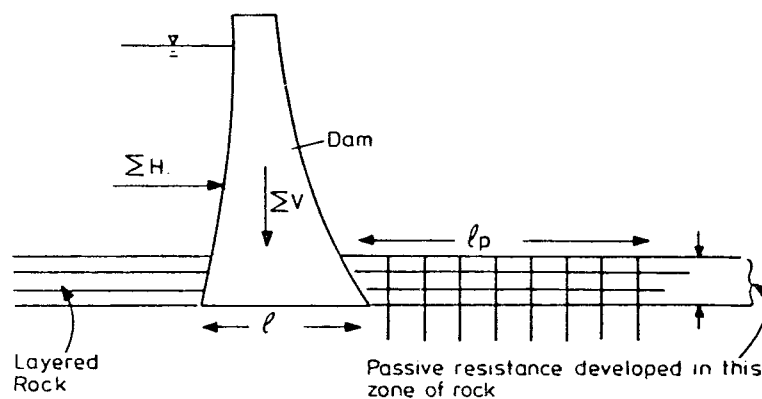


Fig. 2.

ranti eseguiti alle prestazioni specificate: sono cioè un controllo della qualità dell'opera.

Per tutte le categorie di prove sopra specificate l'Autore illustra dettagliatamente e discute le prescrizioni indicate dalle diverse norme europee vigenti: DIN 4125, British Standard on Grout Anchors, Recommendation TA 72 Bureau Securitas (*).

In casi particolari e per opere di notevole importanza è anche opportuno procedere a prove rivolte ad acquisire una approfondita conoscenza di specifici aspetti del comportamento degli ancoraggi, come per esempio prove di carico di lunga durata o prove di rilassamento. Di tali prove sono forniti alcuni esempi particolarmente significativi.

Capitolo 6. Progetto e verifica delle strutture ancorate

L'autore distingue quattro principali applicazioni:

- muri di sostegno nel terreno;
- muri di sostegno in roccia e pendii in roccia stabilizzati con ancoraggi;
- strati rocciosi a valle delle dighe stabilizzati con ancoraggi verticali;
- caverne sotterranee stabilizzate con ancoraggi.

Nel caso di muri nel terreno si espongono le procedure di verifica semplificate di Kranz e la verifica di stabilità globale con superficie di scorrimento a direttrice circolare.

La scelta del tipo esecutivo di paramento (pali secanti, diaframma in c.a., berlinese) è discussa in funzione della natura del terreno, della presenza di falda e degli altri fattori tecnico-economici propri di ciascun caso.

L'andamento del diagramma delle pressioni agenti sul muro è discusso in relazione a:

- natura del terreno;
- movimenti tollerabili nel muro;
- pre-tensione conferita agli ancoraggi.

Si illustrano 5 diversi meccanismi di rottura per muri ancorati: si indica come tener conto degli effetti del cedimento di un solo ancoraggio sull'opera nel suo insieme.

Per gli ancoraggi in roccia, si indicano il metodo del prisma di distacco (wedge analysis) e quello della superficie di scorrimento circolare, per le rocce molto alterate.

Il caso relativo alle dighe (valido peraltro anche per altre opere di sostegno) è quello, molto particolare, in cui il manufatto è immerso in roccia a stratificazione sub-orizzontale e gli ancoraggi sono disposti a valle dell'opera, in direzione verticale, allo scopo di consentire la mobilitazione delle spinte passive e di evitare l'instabilità elastica degli strati corrispondenti all'altezza di immersione (fig. 2).

Per la valutazione della spinta di calcolo e della lunghezza degli ancoraggi sulle volte delle caverne in roccia, si riportano le indicazioni fornite da Cording, Hendron e Deere, basate sull'esame di numerosi progetti eseguiti con esito favorevole.

Capitolo 7. Impiego degli ancoraggi e prestazioni delle strutture ancorate

Sono descritte numerose applicazioni di ancoraggi classificandole in base alle diverse categorie di problemi statici:

- stabilizzazione di pendii e di rupi;
- pareti di sostegno per scavi profondi;
- sottofondazioni;
- preconsolidazione del terreno e contrasto al rigonfiamento;
- equilibrio alle sottopressioni (tipicamente nei bacini di carenaggio);
- reazione ai carichi delle prove su pali o su roccia.

(*) Le raccomandazioni A.I.C.A.P. sono uscite in bozza allorché il volume era già in stampa.

Ulteriori esempi sono descritti con riferimento a diverse categorie di opere:

- autostrade;
- dighe;
- opere marittime;
- difese fluviali;
- tensostrutture;
- fondazioni in trazione;
- gallerie e caverne.

Per ognuna delle applicazioni più importanti, oltre alla descrizione degli esempi riportati nel testo sono elencati i riferimenti bibliografici di numerosi altri casi, con un breve sommario illustrativo delle caratteristiche salienti.

In totale vengono illustrati 36 lavori e sono citati i riferimenti bibliografici di altri 130, così suddivisi:

Tipi di opere	Esempi descritti	Citazioni bibliografiche
Stabilizzazione di pendii	5	40
Scavi profondi	8	38
Opere stradali	1	11
Opere marittime	4	11
Prove di carico	6	5
Caverne e gallerie	5	19
Dighe	7	6

Gli esempi sono tratti da lavori eseguiti nei cinque continenti, con maggior frequenza in quello europeo.

Capitolo 8. Argomenti diversi

Nel capitolo sono riunite le trattazioni dei seguenti temi:

- strumentazione degli ancoraggi e delle opere ancorate;
- comportamento delle strutture ancorate;
- sicurezza;
- aspetti legali;
- manipolazione dei materiali;

- immagazzinamento, trasporto e normativa;
- incertezze nell'uso degli ancoraggi;
- aspetti contrattuali e diversi;
- ricerca e sviluppo.

L'opera è corredata da una importante bibliografia (oltre 900 riferimenti) disposta al termine di ciascun capitolo, da un indice per autori e per materie e da una breve appendice nella quale diverse ditte europee illustrano i loro prodotti attinenti all'argomento trattato.

Il lettore attento e provvisto di una conoscenza geotecnica elementare può rendersi compiutamente conto delle possibilità offerte al progettista ed all'esecutore dagli ancoraggi nel terreno e nella roccia ed inquadrare agevolmente nella tematica generale i problemi specifici in cui può trovarsi coinvolto. Alcuni dettagli importanti trovano nel testo una trattazione approfondita; per ogni aspetto è fornita una bibliografia aggiornata ed estesa, a cui far capo per gli eventuali approfondimenti desiderati.

(Claudio Mascardi)