COMUNE DI META

Provincia di Napoli

"LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA ALLA VIA PONTEVECCHIO"

PROGETTO ESECUTIVO

Tav.5 Relazione di Calcolo

Il Responsabile del Procedimento **(ing. Paola De Maio)**		**Il progettista** **(dott. geol. Francesco Buonocunto)**

Premessa

La presente relazione illustra il calcolo degli interventi previsti per il consolidamento del costone tufaceo mediante chiodature armate – Progetto esecutivo "Lavori di manutenzione straordinaria alla via Pontevecchio" – Comune di Meta.

Caratteristiche degli interventi di consolidamento

Gli ancoraggi, i cui calcoli di dimensionamento sono sviluppati nei paragrafi a seguire, hanno la finalità di resistere alle sollecitazioni più gravose. Essi infatti devono stabilizzare l'ammasso tufaceo trattenendo i massi di volumetria più o meno importante a seconda delle esigenze.

Gli ancoraggi sono tutti effettuati mediante barre metalliche Feb44k di diametro variabile

$$Ø = 16.00 \text{ mm e } 24.00\text{mm}$$

Nella fattispecie sono previste diverse tipologie di ancoraggi a seconda della finalità per cui saranno impiegati.

Un primo tipo di ancoraggio,di lunghezza pari a 3.00 metri, è previsto, per ancorare gli ammassi di volumetria più piccola.

Il secondo tipo di ancoraggio, di lunghezza di 6.00 metri, denominato ancoraggio ripartito, previsto per la cucitura delle svariate fratture presenti sul versante in oggetto, è costituito da una barra metallica, dotata in testa, di una piastra di ripartizione degli sforzi.

L'ultimo tipo di ancoraggio, di lunghezza pari a 9.00 metri, è costituito da una barra metallica datata in testa di un garofano attraverso il quale passano le funi per l'imbracatura dei volumi rocciosi più instabili.

Nel prosieguo della presente relazione sono effettuati calcoli di dimensionamento e verifica degli ancoraggi metallici suddetti.

Calcolo e verifica degli ancoraggi

Le modalità di realizzazione degli ancoraggi in parola sono tali da poter affermare che gli stessi possono essere assimilati a micropali a pressione, seppur utilizzando, per il dimensionamento, dei coefficienti di sicurezza più che cautelativi.

Di fatti, eseguita la perforazione ed introdotta l'armatura, ovvero la barra in Feb44k, si esegue un getto a pressione della miscela di cemento additivata con antiritiro, al termine, alla sommità della barra una testa a tenuta munita di piastra. Per effetto della pressione, il calcestruzzo aderisce alla roccia, creando una superficie laterale scabra capace di elevate resistenze tangenziali.

Ciò premesso, i calcoli a seguire sono stati effettuati per tre distinti valori del volume interessato dal fenomeno di crollo.

Più precisamente, il primo caso in esame è quello relativo alla chiodatura per volume roccioso pari a circa 0.15 m^3. Il secondo caso è invece relativo agli ancoraggi ripartiti per volumi rocciosi fino a 3 m^3, ed infine, il terzo ed ultimo caso è quello relativo agli ancoraggi necessari per imbracare (mediante cavi di collegamento) i massi tufacei instabili.

Chiodatura semplice L=3.00 metri

Per il calcolo della resistenza laterale S che il palo offre alla forza di sfilamento cui è oggetto per effetto della massa instabile che è demandato a sostenere si fa riferimento alla seguente espressione:

$$S=\pi \cdot D \cdot (K \cdot \mu \cdot \gamma_t \cdot L^2/2)$$

in cui:

γ_t :1770 kg/m3 peso specifico dell'unità di volume di terreno in cui è infisso l'ancoraggio;

K: coefficiente empirico dipendente essenzialmente dalla tecnica esecutiva del palo e dalle proprietà del terreno;

μ: coefficiente d'attrito dipendente essenzialmente dalla scabrezza dell'interfaccia palo-terreno. Per pali gettanti in opera si assume $\mu=tg\varphi$ con φ angolo di attrito interno del terreno;

D: diametro del palo trivellato;

L: lunghezza di approfondimento del palo all'interno dell'ammasso tufaceo

Ciò premesso si sono considerati rispettivamente i seguenti valori per i coefficienti empirici μ e **K**:

$$\mu=tg\varphi=tg30°=0.5770$$

Per le modalità di esecuzione del palo il valore del coefficiente k potrebbe essere posto pari a $tg(45+\varphi/2)$; per garantire un margine di sicurezza superiore, il valore k preso in considerazione sarà leggermente inferiore a quello derivante dell'applicazione della formula precedentemente menzionata e più precisamente: k=2.5

Trascurando lo strato più superficiale dall'ammasso che non prende parte nei calcoli dal momento che può essere considerato di qualità estremamente scadente perché durante la fase di esecuzione dei lavori è quello maggiormente danneggiato si ha che un palo avente ø = 3800mm offre una resistenza laterale limite pari a: S_{lim}= 1.3 t. Considerando un coefficiente di sicurezza η = 3, in considerazione dell'incertezza che sussiste nel definire con precisione molti parametri tra i quali:

- Dimensione quindi peso (W) del volume roccioso da contenere
- Modello di rottura più probabile;
- Valore d'inclinazione della superficie di scorrimento

Si ottiene la resistenza laterale ammissibile offerta dal singolo palo:

$$\mathbf{S_{amm}=S_{lim}/3=0.44t}$$

Per effetto di una massa instabile avente volume pari a circa 0.15 m^3 s'ingenerano delle forze di trazione e di taglio sul palo:

$$F^{traz}=P*\cos^2\alpha*(tg\,\alpha - tg\varphi)$$

Ove alfa α rappresenta l'inclinazione, rispetto all'orizzontale, della superficie di scorrimento del masso instabile e P il peso del masso stesso.

Detto ciò:

P=0.15*1700=255Kg

Considerando la condizione più gravosa che si verifica in corrispondenza di alfa α = 60° si ottiene la massima forza di trazione cui può essere soggetto l'ancoraggio per un masso avente volume di 0.15 m^3:

F^{traz}=74Kg

Tenendo conto del valore di esercizio della forza cui è soggetto effettivamente l'ancoraggio si ottiene un coefficiente di sicurezza:

$$\eta=S_{lim}/F^{traz}=1300/74>3$$

Ovvero esso è superiore al valore di 3 preso in considerazione nella fase iniziale del dimensionamento dell'ancoraggio.

Rimangono ora da effettuare la verifica a sfilamento ed al taglio del tondino, ovvero della barra Feb44k posta all'interno della perforazione.

Verifica a trazione del tondino

La tensione d'esercizio cui è soggetto il tondino (avente ø=16.00 mm) per effetto della forza di trazione agente sul palo è pari a:

$$\sigma=F^{traz}/A_f=255/2.01=126Kg/cm2<\sigma_{amm}=2600\ Kg/cm^2$$

È ben evidente che la verifica di trazione del tondino è abbondantemente soddisfatta.

Verifica di taglio del tondino

La forza normale all'ancoraggio che s'ingenera nel tondino per effetto della massa instabile è pari a:

$$F^{tag}=P*\text{sen}\ \alpha*(\text{sen}\ \alpha - \cos\alpha*tg\varphi)$$

Per α =85° in corrispondenza del quale si ha:

$$F^{tag}=126Kg$$
$$A_{tondino}=2.01\ cm^2$$

Quindi la tensione tangenziale che il palo è chiamato a sopportare è pari a:

$$\tau=F^{tag}/A_{palo}=126/2.01=62Kg/cm2<\tau_{amm}=1500Kg/cm^2$$

Anche questa verifica risulta soddisfatta.

Ancoraggio ripartito L = 6.00m

Questa tipologia di ancoraggio è utilizzato per rinforzare e ricucire le numerose linee di frattura presenti nell'ammasso tufaceo.

Facendo ricorso alla formulazione utilizzata in precedenza, per un palo avente diametro ø=52.00mm si ottiene:

$$S_{lim}=7.20t$$

Considerando u coefficiente di sicurezza $\eta=3$, si ottiene la resistenza laterale ammissibile offerta dal singolo palo:

$$S_{amm}=S_{lim}/3=2.4t$$

Per effetto di una massa instabile avente volume pari a circa $3m^3$ s'ingenerano delle forze di trazione e di taglio sul palo:

$$F^{traz}=P*\cos^2\alpha*(tg\ \alpha - tg\varphi)$$

Ove alfa rappresenta l'inclinazione, rispetto all'orizzontale, della superficie di scorrimento del masso instabile e P il peso del masso stesso.

Detto ciò:

$$P = 3*\ 1700 = 5100\ Kg$$

Considerando la condizione più gravosa che si verifica in corrispondenza di a = 60° si ottiene la massima forza di trazione cui può essere soggetto l'ancoraggio per effetto di un masso avente volume di 3 m^3:

$$F^{traz}=1472\ Kg$$

Tenendo conto del valore di esercizio della forza a cui è soggetto effettivamente l'ancoraggio si ottiene un coefficiente di sicurezza:

$$\eta=S_{lim}/F^{traz}=7200/1472=4.8>\mathbf{3.00}$$

Ovvero esso è superiore al valore 3 preso in considerazione nella fase iniziale del dimensionamento dell'ancoraggio.

Rimangono ora da effettuare la verifica a sfilamento ed al taglio del tondino ovvero della sbarra in Feb44k posta all'interno della perforazione.

Verifica a trazione del tondino

La tensione d'esercizio cui è soggetto il tondino (avente ø=24.00mm) per effetto della forza di trazione agente sul palo è pari a:

$$\sigma =F^{traz}/A_f=5100/4.52=1128Kg/cm^2<\sigma_{amm}=2600Kg/cm^2$$

risulta quindi che la verifica a trazione del tondino è soddisfatta.

Verifica a taglio del tondino

La forza normale all'ancoraggio che s'ingenera nel tondino per effetto della massa instabile è pari a:

$$F^{tag}=P*\mathrm{sen}^2\alpha*(\mathrm{sen}\alpha -\cos\alpha*\ tg\varphi)$$

Per alfa $\alpha= 85°$ in corrispondenza del quale si ha:

$$F^{tag}=2520Kg$$

$$A_{tondino}=\pi*D^2/4=4.50\ cm^2$$

Quindi la tensione tangenziale che il palo è chiamato a sopportare è pari a:

$$\tau=F^{tag}/A_{palo}=2520/4.52=557\ Kg/cm2<\tau_{amm}=1500Kg/cm^2$$

La verifica di conseguenza è da ritenersi soddisfatta.

Ancoraggio multiplo L=9.00 m

Tra gli interventi proposti c'è l'imbracatura di massi instabili, tale operazione verrà effettuata a posizionando, nell'area immediatamente prospiciente i massi in questione, una serie di ancoraggi, tali da garantire, dopo un opportuno collegamento degli stessi mediante funi d'acciaio, un adeguato coefficiente di stabilità.

Facendo ricorso alla formulazione utilizzata nei casi precedenti si ottiene:

$$\mathbf{S_{lim}=12.81\ t}$$

Considerando un coefficiente di sicurezza η= 3 si ottiene la resistenza laterale ammissibile offerta dal singolo ancoraggio:

$$\mathbf{S_{amm}=S_{lim}/3=4.27\ t}$$

Per effetto della massa instabile avente al più volume stimato pari a circa 6 m^3 s'ingenerano delle forze di trazione e di taglio sul sistema di ancoraggi:

$$F^{traz}_{sistema}=P*\cos^2\alpha*(tg\ \alpha - tg\ \varphi)$$

Ove alfa rappresenta l'inclinazione, rispetto all'orizzontale, della superficie di scorrimento del masso instabile e P il peso del masso stesso.

Detto ciò:

$$P = 6*\ 1700 = 10200Kg$$

Considerando la condizione più gravosa che si verifica in corrispondenza di a = 60° si ottiene la massima forza di trazione cui può essere soggetto il sistema di ancoraggi per effetto del masso avente volume stimato di circa 6 m3:

$$F^{traz}=2945\ Kg$$

In realtà essendo il sistema di ancoraggio multiplo costituito almeno di 4 ancoraggi aventi lunghezza pari a 8.00m l'effettiva forza di sfilamento cui è soggetto il singolo palo risulterà:

$$F^{traz}=F^{traz}_{sistema}/4=2945/4=736Kg$$

Quindi il coefficiente di sicurezza per singolo palo è:

$$\eta=S_{lim}/F^{traz}=12810/736=17>\mathbf{3}$$

Ovvero esso è superiore al valore 3 preso in considerazione nella fase iniziale del dimensionamento dell'ancoraggio.

Rimangono ora da effettuare la verifica a sfilamento ed a taglio dei tondini, ovvero delle sbarre di Feb44k poste all'interno delle perforazioni.

Verifica a trazione del tondino

La tensione d'esercizio cui è soggetto il tondino (avente ø= 24.00 mm) per effetto della forza di trazione d'esercizio agente sul palo è pari a:

$$\sigma=F^{traz}/A_f=2945/4.52=651Kg/cm^2<\sigma_{amm}=2600Kg/cm^2$$

Risulta quindi che la verifica a trazione del tondino è soddisfatta.

Verifica a taglio del tondino

La forza normale all'ancoraggio che s'ingenera nel tondino per effetto della massa instabile è pari a:

$$F^{tag}/A_{tondino}=P*sen\alpha*(sen\alpha - cos\alpha*tg\varphi)$$

Come in precedenza:

$$F^{tag}=5041Kg$$

Quindi la tensione tangenziale che il palo è chiamato a sopportare è pari a:

$$\tau=F^{tag}/A_{tondino}=5041/4.52=1115Kg/cm^2<\tau_{amm}=1500Kg/cm^2$$

La verifica di conseguenza è da ritenersi soddisfatta.

Il Tecnico incaricato

Dott. Geol. Francesco Paolo Buonocunto