

1

GRUPPO NAZIONALE DI COORDINAMENTO
PER GLI STUDI DI INGEGNERIA GEOTECNICA

del
Consiglio Nazionale delle Ricerche
Comitato Nazionale per le Scienze di
Ingegneria e Architettura

**ATTIVITÀ DI RICERCA
NELL'ANNO 1994-95**

Aprile, 1996

SGE EDITORIALE
ADONIS

PROGETTAZIONE GEOTECNICA DI UNA FONDAZIONE SUPERFICIALE:
CONFRONTO TRA DIVERSE METODOLOGIE

Cherubini C.	Istituto di Geologia Applicata e Geotecnica - Politecnico di Bari
Cucchiara L.	Dottorato di ricerca - Politecnico di Bari
Santoro F.	Borsista CNR - CERIST Bari
Busano G.	Ingegnere. Collaboratore esterno - Bari

Premessa

Nella presente comunicazione si svolgono alcune considerazioni riguardo la progettazione e/o la verifica di opere dell'Ingegneria Geotecnica, effettuate utilizzando metodologie di valutazione della sicurezza di tipo sia deterministico che probabilistico.

L'analisi è stata effettuata prendendo in esame il caso di una fondazione superficiale.

Particolare attenzione è stata rivolta al nuovo approccio metodologico descritto dall'Eurocodice Geotecnico 7 che, essendo di tipo semiprobabilistico, si attesta ad un livello intermedio tra il metodo deterministico e quello probabilistico puro.

La valutazione della sicurezza

In Ingegneria Geotecnica la valutazione della sicurezza di una struttura è tradizionalmente svolta in termini deterministici, mediante calcolo del coefficiente di sicurezza, definito come rapporto tra i valori attesi delle forze (momenti, pressioni) resistenti ed agenti.

Questo metodo soffre, tuttavia, di alcune limitazioni, non esaminando in modo razionale le numerose fonti di indeterminazione da cui è affetto un problema geotecnico, tra cui, la più importante è quella legata alla caratterizzazione geotecnica dei depositi, in genere molto variabili nelle loro proprietà fisico-meccaniche (CHERUBINI, 1993)

Volendo utilizzare un modello di calcolo più rispondente alla realtà, è opportuno, quindi, integrare o, addirittura, sostituire l'approccio classico con nuovi metodi, di natura probabilistica, che, considerando le variabilità dei parametri di progetto, permettono di fornire un giudizio quantitativo sul grado di sicurezza, in termini di probabilità di collasso P_f . L'approccio probabilistico comporta un notevole impegno computazionale o può risultare, addirittura, irrisolvibile qualora si affronti il problema in termini rigorosi. Di più pratica applicazione, risultano, quindi, i metodi probabilistici approssimati come, ad esempio, il metodo β (CORNELL, 1969).

Tali metodologie appaiono, tuttavia, ancora bisognose di messe a punto sostanziali, per cui, è preferibile ricorrere all'uso di coefficienti parziali di sicurezza così come previsto, ad esempio, dagli Eurocodici.

In particolare, tale approccio prevede: l'introduzione di valori caratteristici per tutte le variabili di progetto a carattere aleatorio; la trasformazione di queste grandezze in valori di calcolo mediante applicazione di coefficienti parziali di sicurezza, calibrati su basi probabilistiche secondo il metodo β (LI et al., 1993); il confronto tra i valori di calcolo della resistenza e delle azioni.

Esempio

Gli approcci probabilistici o semiprobabilistici sono stati applicati spesso anche alle fondazioni (CHERUBINI, 1994).

Nella fattispecie viene esaminato il caso di una fondazione superficiale nastriforme, di larghezza $B=1.0$ m e piano di posa a profondità $D=1.0$ m, su un terreno caratterizzato dai seguenti parametri fisico-meccanici.

- Angolo di resistenza a taglio (variabile):
Valore medio $\bar{\phi} = 20^\circ \div 35^\circ$
Coefficiente di variazione $CV_\phi = 5\% \div 15\%$
- Peso specifico di volume (costante):
 $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

La capacità portante ultima q_{LIM} è stata calcolata utilizzando la usuale espressione:

$$q_{LIM} = \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma + q \cdot N_q$$

nella quale:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \phi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \phi$$

E' stata effettuata una valutazione della sicurezza mediante calcolo dell'indice di affidabilità β , relativo alla funzione Margine di Sicurezza (SM):

$$SM = G - \text{Resistenza}(R) - \text{Azione}(A).$$

Per la valutazione di R in ottica probabilistica, ci si è avvalsi del metodo dei punti di stima P.E.M. (ROSENBLUETH, 1975).

La valutazione di A è stata effettuata, in prima istanza, in termini deterministici:

$$A = \frac{q_{LIM}}{3}$$

Come evidenziato in Fig. 1, questo approccio dà luogo ad una notevole variabilità di β rispetto a $\bar{\phi}$ e ad un ampio campo di variabilità rispetto a CV_ϕ , in particolare per $\bar{\phi} < 25^\circ$.

In una seconda fase, l'azione A è stata valutata utilizzando il metodo semiprobabilistico suggerito dagli Eurocodici, che adotta coefficienti parziali di sicurezza costanti. Sebbene tale approccio fornisca valori di β più stabili rispetto a $\bar{\phi}$, tuttavia si riscontra ancora un significativo campo di variabilità rispetto a CV_{ϕ} .

Infine, si è utilizzato un differente metodo semiprobabilistico che utilizza fattori parziali di sicurezza variabili in funzione degli effettivi coefficienti di variazione dei parametri progettuali, di coefficienti adimensionali, definiti fattori di sensibilità α_i , e del valore di β (e quindi di probabilità di rottura) cui si "tende". OLSSON et al. (1989) suggeriscono, al proposito, un calcolo semplificato dei fattori di sensibilità α_i basato su procedimento empirico che tiene conto della gerarchia dell'entità dei coefficienti di variazione dei parametri geotecnici utilizzati.

In quest'ultimo caso, come si evince dalla Fig. 1, si ha un andamento più stabile di β rispetto a $\bar{\phi}$ ed, inoltre, una sensibile riduzione dell'intervallo di variabilità rispetto a CV_{ϕ} . Essendo evidentemente tale metodo calibrato per valori bassi di CV_{ϕ} , all'aumentare di quest'ultimo, i valori di β effettivamente riscontrati cominciano ad essere alquanto più bassi del valore 3 che si tende a raggiungere.

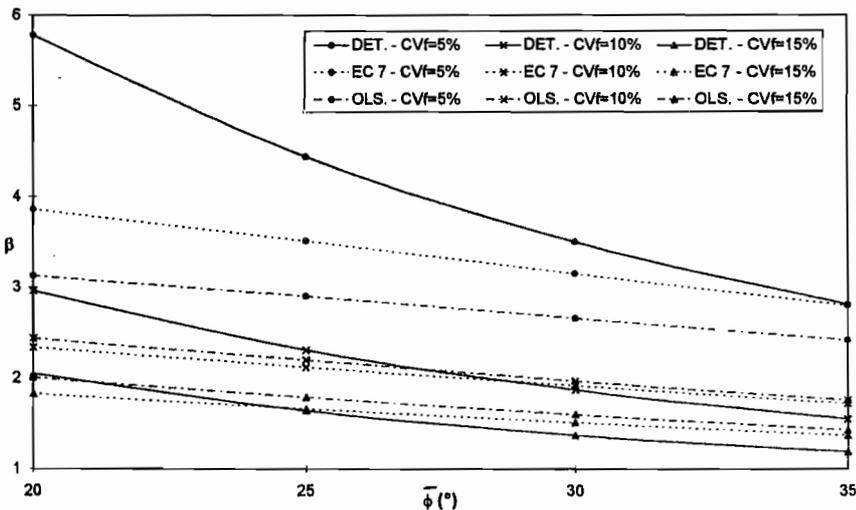


Fig. 1 - Andamento dell'indice di affidabilità β in funzione dell'angolo di resistenza a taglio $\bar{\phi}$ e di diversi coefficienti di variazione CV_{ϕ}

Conclusioni

La valutazione della sicurezza è un problema di notevole importanza in Geotecnica. Tradizionalmente, essa è affidata a coefficienti globali di sicurezza, i cui valori numerici

derivano dall'esperienza.

Le metodologie semiprobabilistiche consentono, invece, una più razionale analisi della sicurezza. Significativo risulta il contributo apportato dagli Eurocodici. Tale approccio è, tuttavia, suscettibile di perfezionamenti al fine di consentire un migliore controllo del livello di affidabilità β di un progetto, così come suggerito nella presente nota con l'applicazione di coefficienti parziali di sicurezza variabili.

Bibliografia

CEN (1994) - Eurocode 7 Geotechnical Design. ENV Version

CHERUBINI C. (1993) The variability of geotechnical parameters. Probabilistics and Materials. Tests, Models and Applications. NATO ASI Series, D Breyse Ed., Kluwer, pp. 69-80

CHERUBINI C., CUCCHIARARO L., GIASI C.I. (1994) - Probabilistic methods for the evaluation of shallow foundations bearing capacity. Proc. XIII ICSMFE, New Delhi, pp. 1407-1410

CORNELL C.A. (1969) - Probability based structural code. Journ. Amer. Concrete Inst., 60 (12), pp. 974-985

LI K.S., LEE I.K., LO S.C.R. (1993) - Limit state design in geotechnics. Proc. Conf. Probabilistic methods in Geotechnical Engineering, Canberra, pp 29-42

OLSSON L., BERGGREN B., BENGTSSON P.E., STILLE H. (1989) - Reliability based partial coefficients. A simplified approach. Proc. XII ICSMFE, Rio de Janeiro., pp. 2081-2084

ROSENBLUETH E. (1975) - Points estimates for probability moments. Proc. Nat. Acad. Sci., USA, vol. 72, n. 10