GEOSTRU SOFTWARE

Determinazione della curva pressione – deformazione per le gallerie

1. Introduzione.

Il presente documento riguarda la valutazione della curva pressioni – deformazioni (o meglio spostamenti) relativamente al problema dello scavo in galleria. Il metodo utilizzato è quello semplificato di Hoek e Brown.

2. Il calcolo

2.1. Assunzioni iniziali

Le importanti assunzioni sulle quali si basa il modello di Hoek e Brown sono le seguenti:

- Si assume una galleria a sezione circolare di lunghezza tale da poter trattare il problema solo in due dimensioni;
- Gli sforzi in situ orizzontali e verticali vengono assunti di pari valore;
- Si ipotizza che i supporti messi in opera esercitino una pressione radiale uniformi sulle pareti del foro;
- L'ammasso roccioso si presume abbia, in condizioni indisturbate, un comportamento di tipo lineare – elastico. Il criterio di rottura di questo materiale deve essere descrivibile attraverso la relazione:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{\left(m \cdot \sigma_c \cdot \sigma_3 + s \cdot \sigma_c^2\right)}$$

- L'ammasso roccioso disturbato attorno al tunnel viene assunto con comportamento di tipo perfettamente plastico, e deve soddisfare il seguente criterio di rottura:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{\left(m_r \cdot \sigma_c \cdot \sigma_3 + s_r \cdot \sigma_c^2\right)}$$

- Le zone a comportamento elastico sono governate dalle costanti elastiche E (Modulo di Young) e n (rapporto di poisson) della roccia; a rottura l'ammasso roccioso subirà un aumento di volume e le relative deformazioni saranno calcolate secondo la teoria della plasticità;
- Si assume che l'ammasso roccioso, disturbato e non, non mostri un comportamento dipendente dal tempo.
- Si ipotizza che la zona a comportamento plastico abbia un'estensione di raggio r_e dipendente dalla pressione in situ P_0, dalla pressione esercitata dai sostegni P_i e dalle caratteristiche dell'ammasso roccioso.

2.2. La curva pressioni – deformazioni

Lo schema di calcolo per ottenere la curva delle pressioni – deformazioni si basa su una procedura iterativa nella quale il parametro che definisce la variabilità del ciclo è la pressione del sostegno. In particolare la sequenza si deve ripetere per diversi valori di p_i (in particolare si parte dalla pressione in situ p0 per assrivare a 0 a seconda dell'intervallo di calcolo desiderato). I dati di input necessari per una corretta conduzione del calcolo sono i seguenti:

- sc – Resistenza alla compressione monoassiale della roccia intatta;

- G.S.I., Geological Strenght Index
- Mi, Grandezza dipendente dalle caratteristiche mineralogiche e petrografiche della roccia intatta;
- E – Modulo di elasticità dell’ammasso roccioso indisturbato;
- n – Coefficiente di poisson;
- g_r – Peso di volume dell’ammasso roccioso disturbato;
- p0 – Pressione in situ;
- rt – Raggio del tunnel;

La procedura è la seguente:

1. Valutazione di costanti di calcolo:

$$M = \frac{1}{2} \cdot \left[\left(\frac{m}{4} \right)^2 + m \cdot \frac{p_0}{\sigma_c} + s \right]^{0.5} - \frac{m}{8}$$

$$D = -\frac{m}{m + 4 \cdot \left[\frac{m}{\sigma_c} \cdot \left(p_0 - M \cdot \sigma_c \right) + s \right]^{0.5}}$$

$$N = 2 \cdot \left[\frac{p_0 - M \cdot \sigma_c}{m_r \cdot \sigma_c} + \frac{s_r}{m_r^2} \right]^{0.5}$$

2. Per ogni p_i valutare il campo di lavoro della roccia (campo elastico o campo plastico).

$$t = p_0 - M \cdot \sigma_c$$

3. se $p_i > t$ allora la roccia si trova in campo elastico e di conseguenza lo spostamento può essere valutato come segue:

$$u_i = \frac{1 + \nu}{E} \cdot \left(p_0 - p_i \right) \cdot rt$$

4. se $p_i \leq t$ allora la roccia si trova in campo plastico e di conseguenza lo spostamento può essere valutato come segue:

$$u_i = \left[1 - \left(\frac{1 - e_{av}}{1 + A} \right)^{0.5} \right] \cdot rt$$

Dove:

$$A = \left[2 \cdot \frac{u_e}{r_e} - e_{av} \right] \cdot \left[\frac{r_e}{r_i} \right]^2$$

Dove:

$$e_{av} = \frac{2 \cdot \frac{u_e}{r_e} \cdot \left[\frac{r_e}{r_t} \right]^2}{\left[\left(\frac{r_e}{r_i} \right)^2 - 1 \right] \left(1 + \frac{1}{R} \right)}$$

Dove:

$$R = \begin{cases} 2 \cdot D \cdot \ln\left(\frac{r_e}{r_t} \right) \; se \; \frac{r_e}{r_t} < \sqrt{3} \\ 1.1 \cdot D \; se \; \frac{r_e}{r_t} > \sqrt{3} \end{cases}$$

Dove:

$$r_e = e^{N - 2 \cdot \left(\frac{p_i}{m_r \cdot \sigma_c} + \frac{s_r}{m_r^{\,2}} \right)^{0.5}} \cdot rt$$

$$u_e = \frac{1 + \upsilon}{E} \cdot M \cdot \sigma_c$$

Nelle precedenti formule:

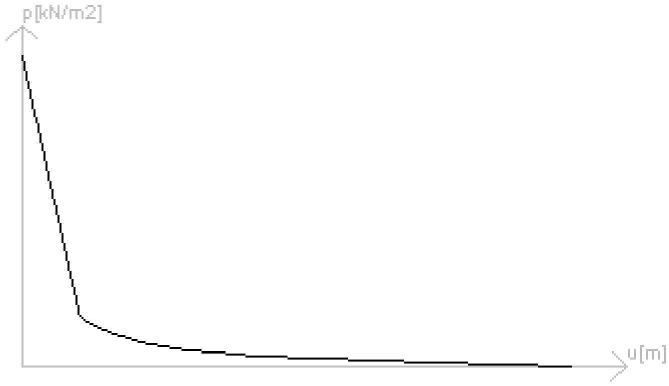
$$m = m_i \cdot e^{\frac{GSI - 100}{28}}$$

$$s = e^{\frac{GSI - 100}{9}} \; se \; G.S.I. > 25$$
$$s = 0 \; se \; G.S.I. \leq 25$$

$$mr = m_i \cdot e^{\frac{GSI - 100}{14}}$$

$$sr = e^{\frac{GSI - 100}{6}}$$

Applicando il procedimento appena descritto è possibile ottenere una curva pressione – spostamento del tipo di quella riportata nella seguente figura:



Curva pressione – spostamento (diagramma tratto dal software realizzato)