

El modelo de Hoek-Brown

Dr. Alejo O. Sfriso

Universidad de Buenos Aires
SRK Consulting (Argentina)
AOSA

materias.fi.uba.ar/6408
latam.srk.com
www.aosa.com.ar

asfriso@fi.uba.ar
asfriso@srk.com.ar
asfriso@aosa.com.ar

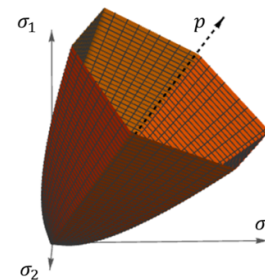
El modelo de Hoek-Brown

Es un modelo enteramente análogo a Mohr-Coulomb

- Elasticidad lineal isotrópica
- Plasticidad perfecta isotrópica

Sólo cambian

- Función de fluencia
- Regla de flujo



$$f_s = \sigma_3 - \sigma_1 - \sigma_{ci} \left(s - m_b \sigma_3 / \sigma_{ci} \right)^a$$

Cada implementación comercial tiene su propia regla de flujo: resultados no comparables

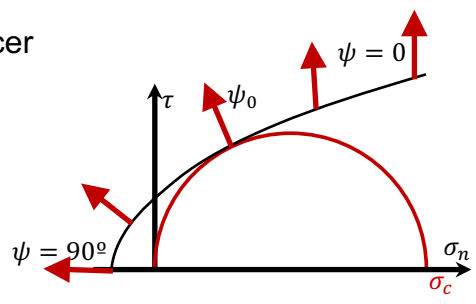
Formulación del modelo de Hoek-Brown



- Cinemática de la elastoplasticidad $\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}^e + \dot{\epsilon}^p$
- Relación tensión-deformación $\dot{\sigma} = \mathbf{D} : \dot{\epsilon}^e$
- Función de fluencia $f_s = \sigma_3 - \sigma_1 - \sigma_{ci}(s - m_b \sigma_3/\sigma_{ci})^a$
- Regla de flujo $\dot{\epsilon}^p = \dot{\lambda} \partial g_s / \partial \sigma$

La regla de flujo debe satisfacer

- Tracción uniaxial: $\psi = 90^\circ$
- Compresión simple: ψ_0
- Alto confinamiento: $\psi = 0$ (confinamiento límite σ_{cv})



Implementación en FLAC



Se cambia Hoek-Brown por Mohr-Coulomb con *cut-off*

Se asume $\epsilon_2^p = 0$ (Vermeer-deBorst)

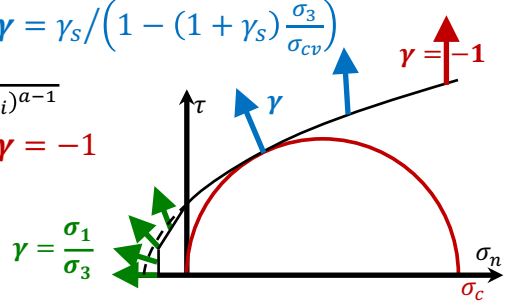
Se impone $\dot{\epsilon}_1^p = \gamma \cdot \dot{\epsilon}_3^p$

- **Tracción** ($\sigma_3 \geq 0$) $\gamma = \sigma_1/\sigma_3$

- **Corte** ($\sigma_{cv} \leq \sigma_3 \leq 0$) $\gamma = \gamma_s / (1 - (1 + \gamma_s) \frac{\sigma_3}{\sigma_{cv}})$

$$\gamma_s = \frac{1}{1 + a m_b (s - m_b \sigma_3 / \sigma_{ci})^{a-1}}$$

- **Alta presión** ($\sigma_3 \leq \sigma_{cv}$) $\gamma = -1$



Implementación en Plaxis



Se define una tensión transformada $S_i = \frac{-\sigma_i}{m_b \sigma_{ci}} + \frac{s}{m_b^2}$

Se aplica Vermeer-deBorst

$$g_s = S_3 - S_1 + (S_1 + S_3) \sin[\psi] = 0$$

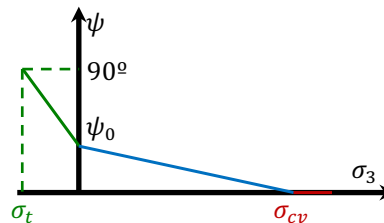
Dilatancia función del confinamiento (parámetros ψ_0 y σ_{cv})

- Compresión

$$\psi = \frac{\sigma_{cv} + \sigma_3}{\sigma_{cv}} \psi_0 \geq 0$$

- Tracción

$$\psi = \psi_0 + \frac{\sigma_3}{\sigma_t} (90^\circ - \psi)$$



El modelo de Hoek-Brown

5

Ventajas y limitaciones del modelo de Hoek-Brown



Ventajas

- Superficie curva mejor que M-C para macizos rocosos
- Amplia aceptación por parte de la industria
- Proceso de calibración bien establecido

Limitaciones

- No tiene un buen fundamento físico
- Plasticidad isotrópica poco realista para macizos rocosos
- Calibración con GSI: falsa sensación de robustez
- No hay criterio para reducción de parámetros resistentes
- Reglas de flujo discontinuas (FLAC)

Propuesta: Hoek-Brown como Mohr-Coulomb con $\phi[p]$

El modelo de Hoek-Brown

6