«Κώδικας Σύμμορφου Μετασχηματισμού για Υπολογισμό Τάσεων Μετατοπίσεων σε Υπόγειες Εκσκαφές»

Δημοσιεύσεις

Exadaktylos, G., Liolios, P. A., & Stavropoulou, M. C. (2003). A semi-analytical elastic stress–displacement solution for notched circular openings in rocks. International Journal of Solids and Structures , 40, 1165–1187.

Exadaktylos, G. E., & Stavropoulou, M. C. (2002). A closed-form elastic solution for stresses and displacements around tunnels. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, *39*(7). https://doi.org/10.1016/S1365-1609(02)00079-5

Διπλωματική Εργασία:

Λιόλιος, Π. (2002). Ανάλυση τάσεων και μετατοπίσεων σε υπόγεια έργα και σήραγγες με τη μέθοδο των μιγαδικών δυναμικών. Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά, Ελλάς.

Μιγαδικοί Αριθμοί

Ο φανταστικός αριθμός: $i=\sqrt{-1}$

Το μιγαδικό επίπεδο: $z=x+i\cdot y=r\cdot e^{i\cdot\theta}=r\cdot(\cos\theta+i\cdot\sin\theta)$

Ο συζυγής αριθμός: $\bar{z}=x-i\cdot y=r\cdot e^{-i\cdot\theta}=r\cdot(\cos\theta-i\cdot\sin\theta)$

Το μέτρο: $\|z\|^2=z\cdot\bar{z}\rightarrow\begin{cases}(x+i\cdot y)\cdot(x-i\cdot y)=x^2+y^2\\ r\cdot e^{i\cdot\theta}\cdot r\cdot e^{-i\cdot\theta}=r^2\end{cases}$

Ολομορφικές συναρτήσεις: $f(z)=u+i\cdot v$

$$f'(z)=\frac{df(z)}{dz}$$

$$\left.\begin{aligned}\frac{\partial f(z)}{\partial x}&=\frac{df(z)}{dz}\frac{dz}{dx}=f'(z)=\frac{\partial(u+i\cdot v)}{\partial x}\\ \frac{\partial f(z)}{\partial y}&=\frac{df(z)}{dz}\frac{dz}{dy}=i\cdot f'(z)=\frac{\partial(u+i\cdot v)}{\partial y}\end{aligned}\right\}\rightarrow\begin{cases}\dfrac{\partial u}{\partial x}=\dfrac{\partial v}{\partial y}\\ \dfrac{\partial u}{\partial y}=-\dfrac{\partial v}{\partial x}\end{cases}\rightarrow\begin{cases}\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2}=0\\ \dfrac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\dfrac{\partial^2 v}{\partial x^2}=0\end{cases}$$

Η Μέθοδος των Μιγαδικών Δυναμικών Kolosov-Muskhelishvili

Οι εκφράσεις των τάσεων:

$$\sigma_{yy} + \sigma_{xx} = 4 \cdot \Re e(\phi'(z))$$

$$\sigma_{yy} - \sigma_{xx} + 2 \cdot i \cdot \sigma_{xy} = 2 \cdot (\bar{z} \cdot \phi''(z) + \chi''(z)) = 2 \cdot (\bar{z} \cdot \phi''(z) + \psi'(z))$$

Οι εκφράσεις των μετατοπίσεων:

$$2 \cdot G \cdot (u + i \cdot v) = k \cdot \phi(z) - z \cdot \overline{\phi'(z)} - \overline{\psi(z)}, \qquad k = \begin{cases} 3 - 4v, \textit{ plain strain} \\ \dfrac{3 - v}{1 + v}, \textit{ plain stress} \end{cases}$$

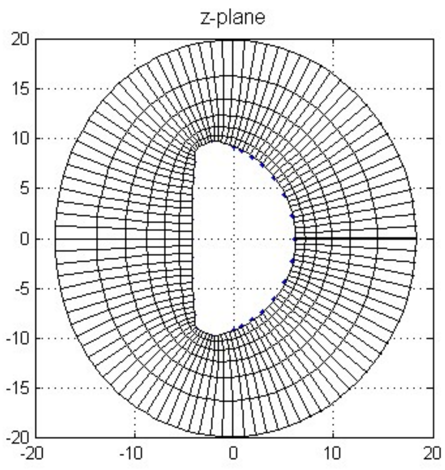
Οι εκφράσεις σε πολικές συντεταγμένες:

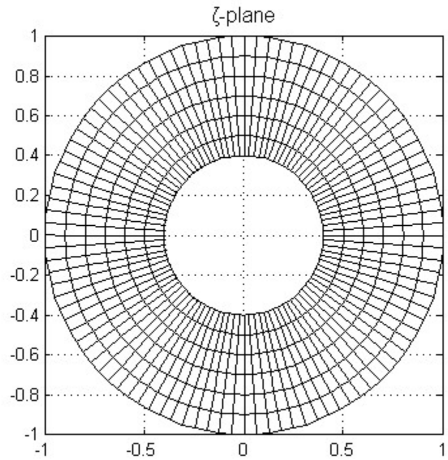
$$\sigma_{yy} + \sigma_{xx} = \sigma_{rr} + \sigma_{\theta\theta}$$

$$\sigma_{\theta\theta} - \sigma_{rr} + 2 \cdot i \cdot \sigma_{r\theta} = \exp(2 \cdot i \cdot \theta) \cdot (\sigma_{yy} - \sigma_{xx} + 2 \cdot i \cdot \sigma_{xy})$$

$$u_r + i \cdot u_\theta = \exp(-i \cdot \theta) \cdot (u + iv)$$

Ο σύμμορφος μετασχηματισμός





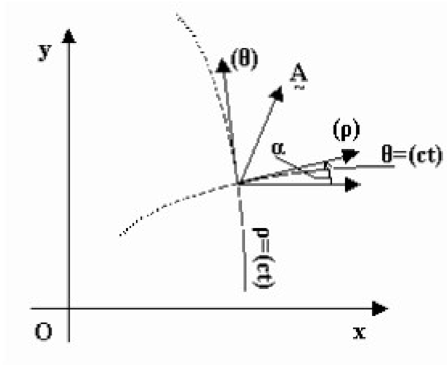
$$z=\omega(\zeta)=\frac{a_0}{\zeta}+\sum_{k=1}^{n}a_k\cdot\zeta^k$$

$$\phi'(z)=\frac{d\phi(\zeta)}{d\zeta}\frac{d\zeta}{dz}=\frac{\phi'(\zeta)}{\omega'(\zeta)}$$

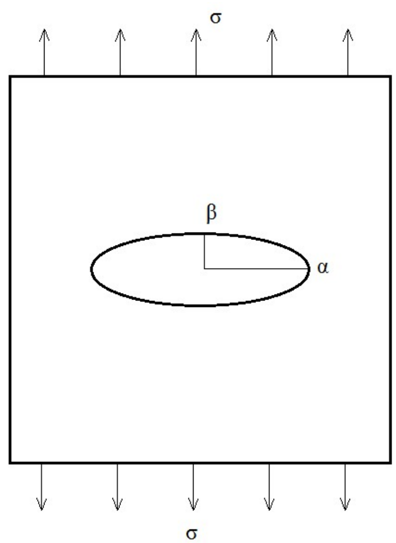
$$e^{2\alpha}=\frac{\zeta^2}{\rho^2}\frac{[\omega'(\zeta)]^2}{\|\omega'(\zeta)\|^2}=\frac{\zeta^2}{\rho^2}\frac{\omega'(\zeta)}{\overline{\omega'(\zeta)}}$$

$$\sigma_\rho+\sigma_\theta=4\Re e\left(\frac{\phi'(\zeta)}{\omega'(\zeta)}\right)=4\Re e(\Phi(\zeta))$$

$$\sigma_\theta-\sigma_\rho+2\cdot i\cdot\sigma_{\rho\theta}=\frac{2\zeta^2}{\rho^2\,\overline{\omega'(\zeta)}}\left[\overline{\omega(\zeta)}\,\Phi'(\zeta)+\psi'(\zeta)\right]$$



Ο σύμμορφος μετασχηματισμός-Έλλειψη



$$z=\omega(\zeta)=\mathrm{A}\cdot\left(\frac{1}{\zeta}+\mathrm{B}\cdot\zeta\right),\ \mathrm{A}=\frac{\alpha+\beta}{2},\mathrm{B}=\frac{\alpha-\beta}{\alpha+\beta}$$

$$\phi(\zeta)=\Gamma\cdot\omega(\zeta)+\phi_0(\zeta)$$
$$\psi(\zeta)=\Gamma'\cdot\omega(\zeta)+\psi_0(\zeta)$$
$$\Gamma=\frac{\sigma}{4},\Gamma'=\frac{\sigma}{2}$$

$$\phi_0(\zeta)=-\frac{\sigma}{2}\cdot A\cdot(1+B)\cdot\zeta$$

$$\psi_0(\zeta)=\frac{\sigma}{2}\cdot A\cdot(1+B)\cdot\left[-\zeta+\frac{\left(\zeta^3+B\cdot\zeta\right)}{\left(B\cdot\zeta^2-1\right)}\right]$$

$$\zeta=r\cdot e^{i\theta}\xrightarrow{r=1}\zeta_0=\cos\theta+i\cdot\sin\theta$$

$$\sigma_\rho+\sigma_\theta=4\Re e\left(\frac{\phi'(\zeta)}{\omega'(\zeta)}\right)=4\Re e(\Phi(\zeta))$$

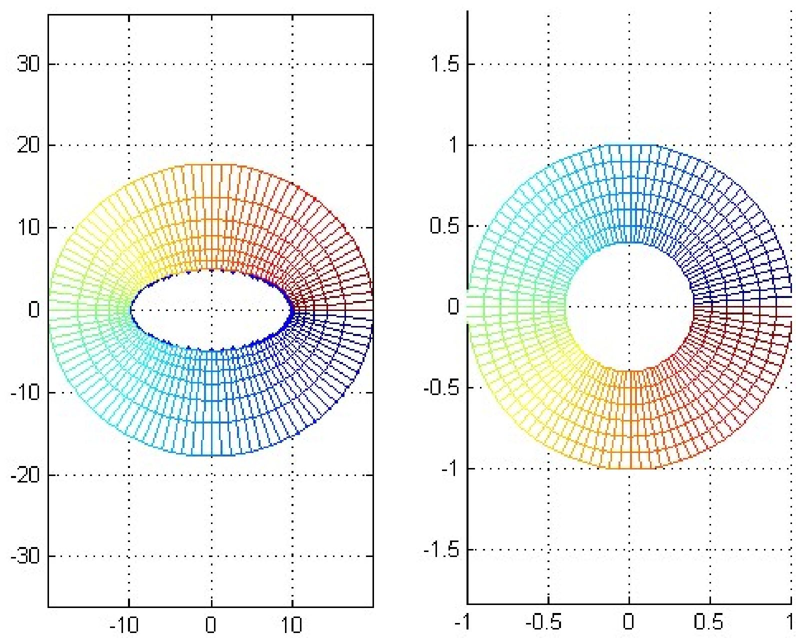
$$\sigma_\theta-\sigma_\rho+2\cdot i\cdot\sigma_{\rho\theta}=\frac{2\zeta^2}{\rho^2\,\overline{\omega'(\zeta)}}\left[\overline{\omega(\zeta)}\,\Phi'(\zeta)+\psi'(\zeta)\right]$$

$$\sigma_\rho=\sigma_{\rho\theta}=0$$

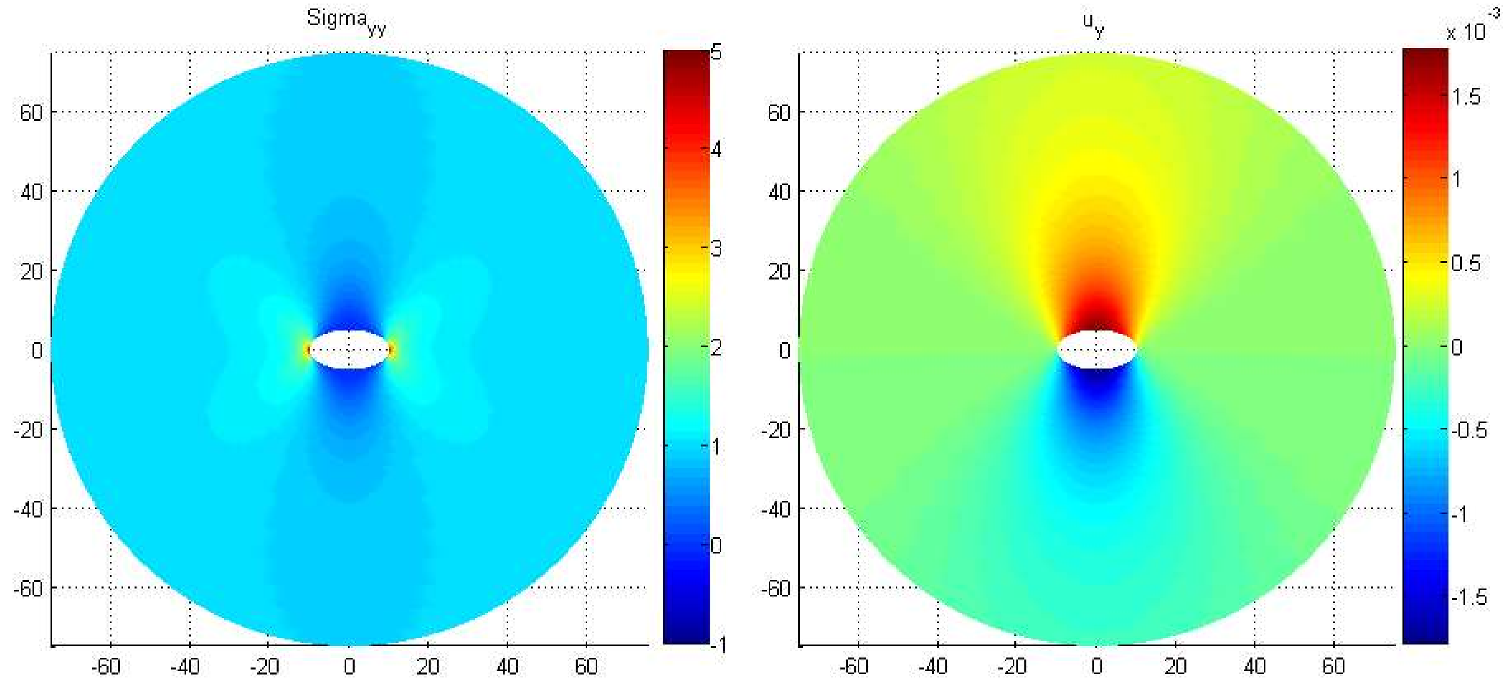
$$\sigma_\theta=\sigma\frac{1-B(2+B)+2\cos(2\theta)}{1+B^2-2B\cdot\cos(2\theta)}$$

$$\sigma_\theta(\theta=0)=\sigma\frac{B+3}{1-B}=\sigma\left(1+2\frac{a}{\beta}\right)$$

Ο σύμμορφος μετασχηματισμός-Έλλειψη

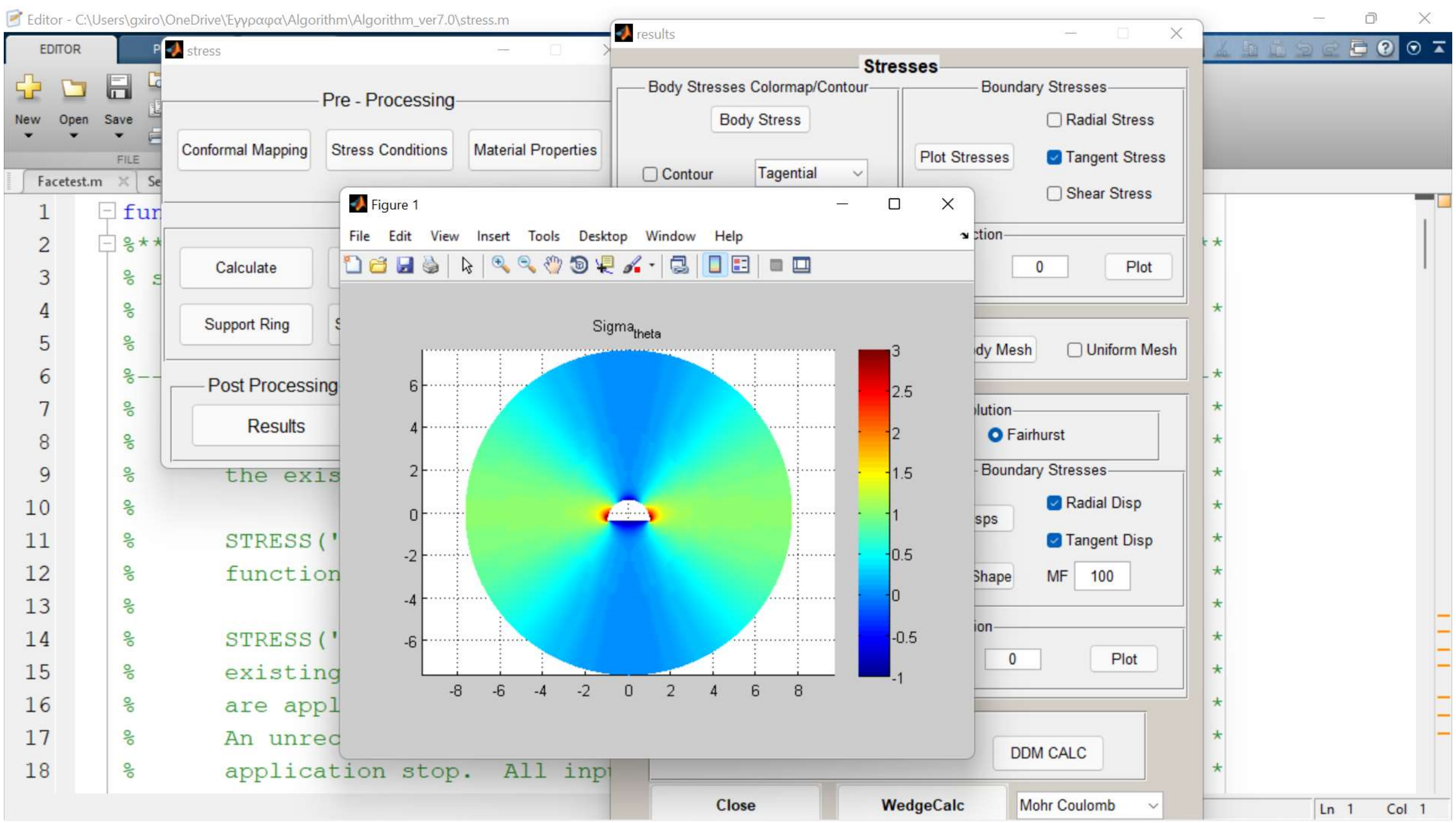


Ο σύμμορφος μετασχηματισμός-Έλλειψη



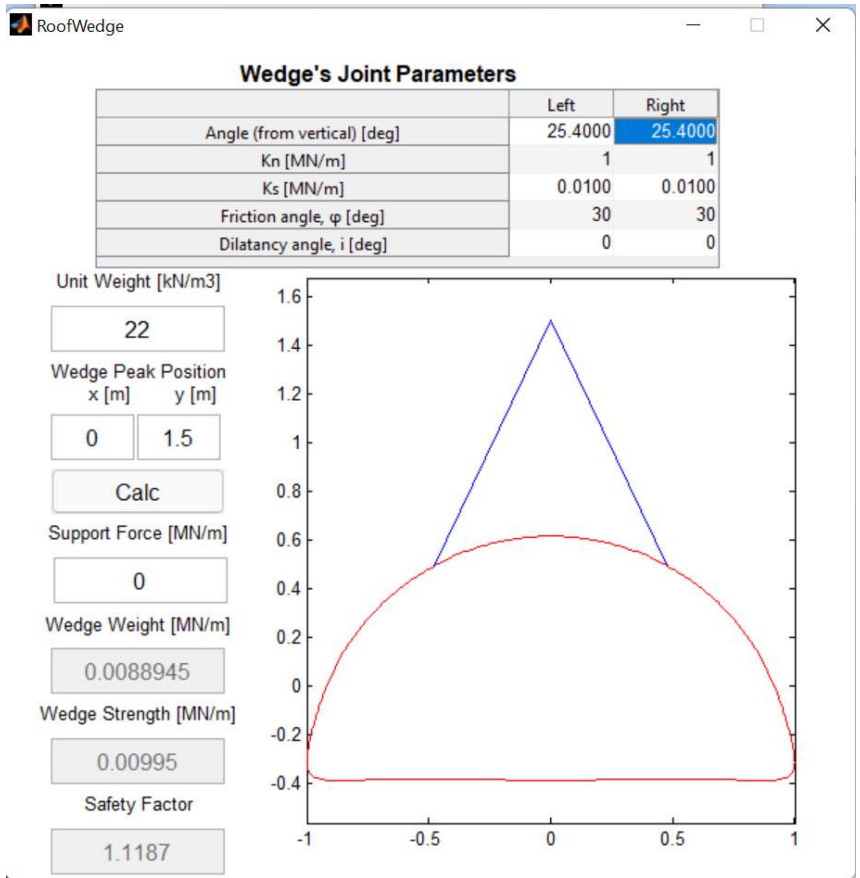
Εργαστήριο Μελέτης και Σχεδιασμού Εκμεταλλεύσεων

Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων



Κώδικας Μιγαδικών Δυναμικών 9/10

Χανιά, Τρίτη, 29 Μαρτίου 2022


RoofWedge
Wedge's Joint Parameters
Left
Right
Angle (from vertical) [deg] 25.4000 25.4000
Kn [MN/m] 1 1
Ks [MN/m] 0.0100 0.0100
Friction angle, φ [deg] 30 30
Dilatancy angle, i [deg] 0 0
Unit Weight [kN/m3]
22
Wedge Peak Position
x [m] y [m]
0 1.5
Calc
Support Force [MN/m]
0
Wedge Weight [MN/m]
0.0088945
Wedge Strength [MN/m]
0.00995
Safety Factor
1.1187