SSNV233 – Essai de torsion avec la loi de Mohr-Coulomb

Résumé :

On réalise un essai de torsion avec la loi de Mohr-Coulomb. L'objectif du test est de vérifier la bonne convergence du modèle en présence de rotation des contraintes principales. La matrice tangente calculée est comparée à celle obtenue par perturbation.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

On reproduit un essai de torsion sur un cylindre creux soumis à des pressions de confinement intérieure P_i et extérieure P_e, à une force verticale F et à un moment de torsion M. On schématise cet essai par un échantillon cubique (un point matériel) soumis aux contraintes de confinement σ_z, σ_r et σ_θ, et à une déformation de cisaillement $\varepsilon_{z\theta}=M(t)$ (**Figure 1.1-a**).

Si $P_i=P_e=\sigma_0$ et $F=\frac{2\sigma_0}{\pi}$, on obtient les valeurs de confinement suivantes :

- $\sigma_\theta=\sigma_r=\sigma_0$
- $\sigma_z=3\sigma_0$

On a alors les valeurs suivantes des contraintes principales :

- $\sigma_1=2\sigma_0+|\sigma_{z\theta}|$
- $\sigma_2=\sigma_0$
- $\sigma_3=2\sigma_0-|\sigma_{z\theta}|$

Mais surtout, les axes principaux tournent d'un angle α égal à [**1**] :

$$\alpha(t)=\frac{1}{2}\arctan\left(\frac{2\sigma_{z\theta}(t)}{\sigma_z-\sigma_\theta}\right)=\frac{1}{2}\arctan\left(\frac{\sigma_{z\theta}(t)}{\sigma_0}\right)$$

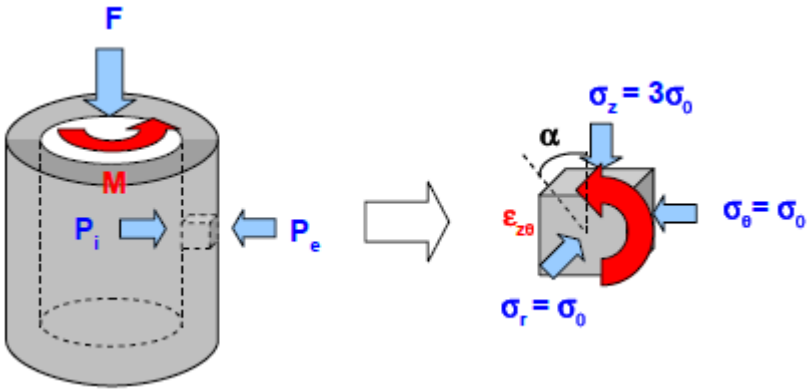


Figure 1.1-a: Schématisation de l'essai de torsion sur un cylindre creux

1.2 Propriétés de l'échantillon

Les paramètres élastiques sont :

- le module de compressibilité isotrope : $K=516{,}2\,MPa$
- le module de cisaillement : $\mu=238{,}2\,MPa$

Les paramètres de la loi de Mohr-Coulomb sont :

- l'angle de frottement : $\phi=33°$
- l'angle caractéristique : $\Psi=27°$
- la cohésion : $c_0=1\,kPa$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

L'essai de torsion présenté ici est réalisé sur un point matériel avec la commande SIMU_POINT_MAT.

On prend une pression de confinement $\sigma_0 = -50\,kPa$. Les contraintes imposées sont donc les suivantes :

- $\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = -50\,kPa$
- $\sigma_{zz} = -150\,kPa$

La déformation de cisaillement imposée ε_{yz} varie linéairement entre $t = 0$ et $100\,sec$ de 0 à $0{,}01\,\%$ en $N = 10$ pas de temps.

2 Solution de référence

On vérifie que $N^{num} < N^{per}$ à chaque pas de temps.

La matrice tangente calculée est donc meilleure que celle obtenue par perturbation, comme on le montre dans le paragraphe §4, grâce à une meilleure prise en compte des mécanismes multiples de la loi de comportement.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est effectuée sur un point matériel avec SIMU_POINT_MAT.

Le redécoupage du pas de temps est actif.

Le critère de convergence est RESI_GLOB_RELA = 10^{-10}.

3.2 Grandeurs testées et résultats

On mesure l'écart à chaque instant entre le nombre d'itérations de Newton donné par la matrice tangente calculée NB_ITER_1 et celui donné par la matrice tangente par perturbation NB_ITER_2. Le test consiste à vérifier que $NB_ITER_1 - NB_ITER_2 \leq 0$ à chaque instant :

$t[sec]$	$NB_ITER_1 - NB_ITER_2$	Valeur de référence	Tolérance $[\%]$
10	0	0	0
20	0	0	0
30	0	0	0
40	0	0	0
50	-8	0	0
60	-11	0	0
70	-11	0	0
80	-11	0	0
90	-11	0	0
100	-11	0	0

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Synthèse des résultats

Dans la figure ci-dessous, on présente une comparaison des itérations de Newton entre le cas de la matrice tangente calculée et celui de la matrice tangente par perturbation. On constate que la matrice tangente calculée est beaucoup plus performante que celle par perturbation, grâce à une meilleure prise en compte des mécanismes multiples de la loi de comportement.

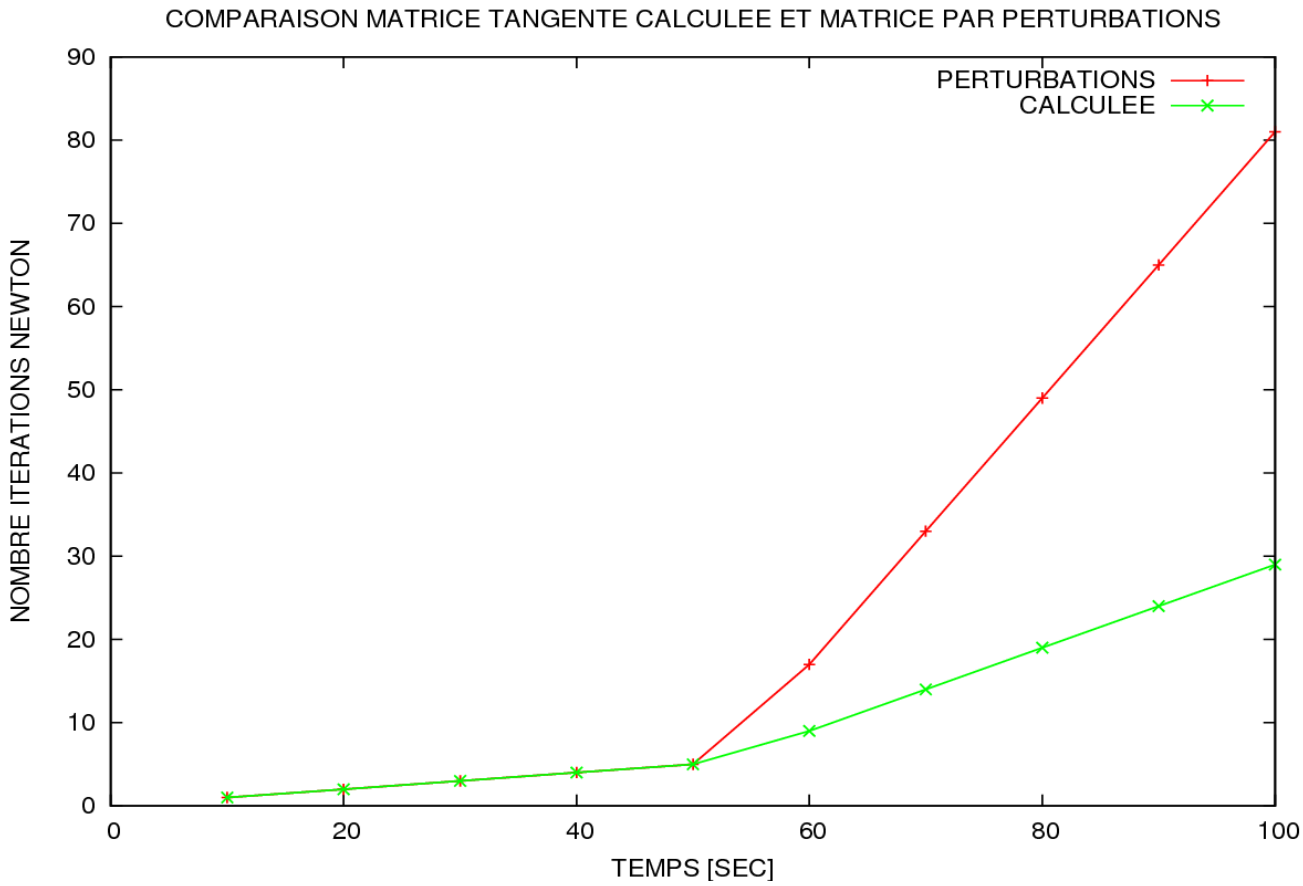


Figure 4-a: Comparaison du nombre cumulé d'itérations de Newton entre les cas « matrice tangente calculée » et « matrice tangente par perturbation »

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Références

[1] P. Reiffsteck. « *La presse triaxiale pour éprouvettes cylindriques creuses du LCPC adaptée à l'étude des sols naturels* ». Bulletin du Laboratoire des Ponts et Chaussées, N°270-271, oct.-déc. 2007.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)