WTNV142 - Essai triaxial non-drainé avec la loi de Mohr-Coulomb

Résumé

On réalise un calcul triaxial en conditions non-drainées avec la loi de Mohr-Coulomb. Les solutions calculées avec un modèle HM sont comparées à celles données par SIMU_POINT_MAT. Ce test comporte deux modélisations:

- une modélisation 3D_HM_SI (STAT_NON_LINE) ;
- une modélisation 3D_HM_SI_DIL(STAT_NON_LINE) ;

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

L'essai triaxial est effectué sur un seul élément fini isoparamétrique de forme cubique $CUB8$. La longueur de chaque arête vaut 1. Les différentes facettes de ce cube sont des groupes de mailles nommés $HAUT$, BAS, $DEVANT$, $DERRIERE$, $DROIT$ et $GAUCHE$. Le groupe de mailles *SYM* contient par ailleurs les groupes de mailles BAS, $DEVANT$ et $GAUCHE$; le groupe de mailles $COTE$ les groupes de mailles $DERRIERE$ et $DROIT$.

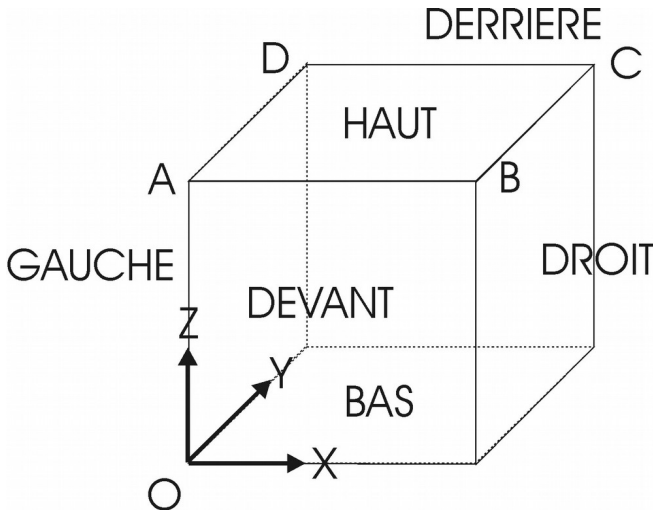


Table 1.1-1 : maille de l'échantillon

1.2 Propriétés de matériaux

Les propriétés élastiques sont :
- module de compressibilité isotrope : $K=516{,}2\,MPa$
- module de cisaillement : $\mu=238{,}2\,MPa$

Les propriétés hydrauliques sont :
- coefficient de Biot : $b=1$
- module de compressibilité du fluide : $K_l=1000\,GPa$

Les paramètres de la loi de Mohr-Coulomb sont :
- angle de frottement : $\varphi=33°$
- angle de dilatance : $\psi=27°$
- cohésion : $c_0=1\,kPa$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Un essai triaxial consiste à imposer à l'éprouvette une variation de charge verticale tout en maintenant la pression latérale constante. Il peut être drainé (la pression interstitielle de fluide ne varie pas au cours de l'essai) ou non-drainé (on ferme le robinet : la pression interstitielle de fluide évolue dans l'échantillon). On s'intéresse ici au cas non drainé.
Dans le modèle considéré, l'élément cubique représente un huitième de l'échantillon. Les conditions limites sont donc les suivantes :
- Les conditions de symétrie :
  - $u_z=0$ sur le groupe de maille BAS
  - $u_x=0$ sur le groupe de maille $GAUCHE$
  - $u_y=0$ sur le groupe de maille $DEVANT$
- Les conditions de pression latérale :
  - $P_n=1$ sur le groupe de maille $COTE$
- Les conditions de chargement :
  - $P_n=1$ sur le groupe de maille $HAUT$ (phase 1)

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

- $u_z=-1$ sur le groupe de maille $HAUT$ (phase 2)

Le chargement s'effectue en deux phases :

- Initialisation. Chargement isotrope entre $t\in[-2;0]\,secondes$: la pression P sur les groupes de mailles $COTE$ et $HAUT$ varie de 0 à $P=P_0=50\,kPa$, la pression de préconsolidation isotrope à l'état intial ;

- test triaxial proprement-dit : déplacement imposé sur le groupe de mailles $HAUT$ avec t variant entre $t\in[0-12]\,secondes$ et u_z variant entre $u_z\in[0;-0,12]\,mm$. La déformation verticale ε_{zz} totale est de $0,012\,\%$;

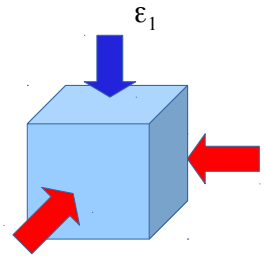


Tableau 1.3-1 : Description de l'essai triaxial

1.4 Résultats

Les solutions données par un vrai calcul hydromécanique couplé sont comparées à celles données par SIMU_POINT_MAT, qui résout le problème *purement mécanique* suivant :

$$\Sigma=\sigma+b\,p=C:\varepsilon-\frac{b\,K_l}{3}trace(\varepsilon)=P(t)$$

Les solutions sont post-traitées au point C pour les termes de contrainte effective horizontale σ_{xx}, de pression hydraulique p, ainsi que ceux de déformation volumique plastique ε_v^p et de déformation déviatorique plastique $|\varepsilon_d^p|=\sqrt{\frac{3}{2}\left(\varepsilon-\frac{\varepsilon_v^p}{3}I\right):\left(\varepsilon-\frac{\varepsilon_v^p}{3}I\right)}$.

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

2 Modélisation A

2.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation A est effectuée en 3D sous-intégré (3D_HM_SI), à l'aide de STAT_NON_LINE.

Le pas de temps est de $\Delta t = 0{,}4\, sec$ jusqu'à $t = 9{,}6\, sec$ (phase purement élastique), puis de $\Delta t = 0{,}025\, sec$ jusqu'à $t = 12\, sec$ (phase plastique). Le redécoupage automatique du pas de temps est activé.

2.2 Grandeurs testées et résultats

2.2.1 Valeurs testées

Les solutions sont calculées au point C et comparées à la solution donnée par SIMU_POINT_MAT à l'instant final $t = 12\, sec$. Elles sont données en termes de contrainte effective horizontale $\bar{\sigma}_{xx}$, de pression hydraulique p, ainsi que ceux de déformation volumique plastique ε_v^p et de déformation déviatorique plastique $|\varepsilon_d^p| = \sqrt{\frac{3}{2}\left(\varepsilon - \frac{\varepsilon_v^p}{3} I\right) : \left(\varepsilon - \frac{\varepsilon_v^p}{3} I\right)}$, et récapitulées dans le tableau suivant :

$t = 12\, sec$	Référence	Erreur relative	Erreur absolue
σ_{xx}	-30777.31	3.E-4	-
p	-19226.58	5.E-4	-
ε_v^p	1.262378E-05	-	1.E-6
ε_d^p	2.270058E-05	-	1.E-6

Tableau 2.2.1-1 : Validation des résultats pour la modélisation A

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

3 Modélisation B

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation A est effectuée en 3D sous-intégrée avec second gradient (3D_HM_SI_DIL), à l'aide de STAT_NON_LINE.

Le but de cette modélisation est de vérifier l'usage du second gradient en 3D_HM_SI.

3.2 Grandeurs testées et résultats

3.2.1 Valeurs testées

Il s'agit d'un test de non-régression.

$t=12\,sec$	Référence	Erreur relative	Erreur absolue
σ_{xx}	-30777.02	3.E-4	-
p	-19226.58	5.E-4	-
ε_v^p	1.262378E-05	-	1.E-6
ε_d^p	2.270058E-05	-	1.E-6

Tableau 3.2.1-1 : Validation des résultats pour la modélisation A

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

4 Synthèse des résultats

Le bon accord des résultats avec la référence permet de valider l'utilisation de la loi de Mohr-Coulomb avec la THM.

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