SSNV135 - Essai triaxial drainé avec le modèle CJS (niveau 1)

Résumé

Ce test permet de valider le niveau 1 du modèle CJS. Il s'agit d'un essai triaxial en condition drainée. Trois niveaux de confinement sont simulés : 100 , 200 , puis $400\,kPa$.

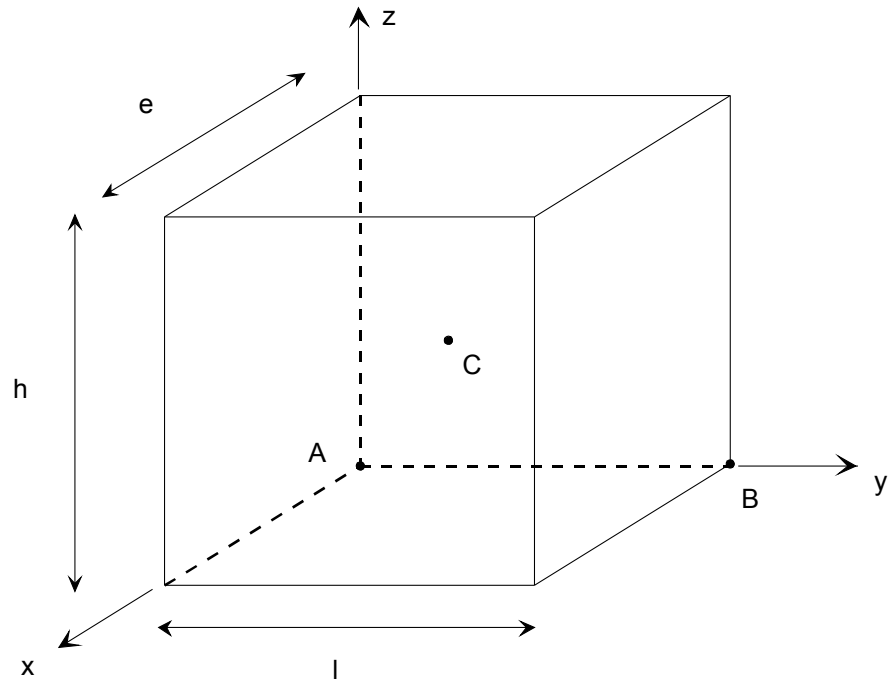
Par raison de symétrie, on ne s'intéresse qu'au huitième d'un échantillon soumis à un essai triaxial.

Les résultats obtenus avec le modèle CJS1 sont comparés avec la solution analytique.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



hauteur : h = 1 m
largeur : l = 1 m
épaisseur : e = 1 m

Coordonnées des points (en mètres) :

	A	B	C
x	0.	0.	0.5
y	0.	1.	0.5
z	0.	0.	0.5

1.2 Propriété de matériaux

$E = 22{,}4\,10^3\,kPa$
$\nu = 0{,}3$

Paramètres CJS1 : $\beta = -0{,}03$ $\gamma = 0{,}82$ $R_m = 0{,}289$ $P_a = -100\,kPa$

1.3 Conditions initiales, conditions aux limites, et chargement

Phase 1 :

On amène l'échantillon à un état homogène : $\sigma^0_{xx} = \sigma^0_{yy} = \sigma^0_{zz}$, en imposant la pression de confinement correspondante sur les faces avant, latérale droite et supérieure. Les déplacements sont bloqués sur les faces arrière ($u_x = 0$), latérale gauche ($u_y = 0$) et inférieure ($u_z = 0$).

Phase 2 :

On maintient les déplacements bloqués sur les faces arrière ($u_x = 0$), latérale gauche ($u_y = 0$) et inférieure ($u_z = 0$), ainsi que la pression de confinement sur les faces avant et latérale droite. On applique un déplacement imposé sur la face supérieure : $u_z(t)$, de façon à obtenir une déformation $\varepsilon_{zz} = -20\,\%$ (comptée à partir du début de la phase 2).

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

2.1 Développement de la solution analytique pour CJS1

On a en permanence :

$$\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = \sigma_{xx}^0$$

où $\sigma_{xx}^0 = C^{te}$ représente la pression de confinement.

Reste à déterminer σ_{zz} .

Phase élastique :

En écrivant simplement la loi élastique, on a :

$$\sigma_{xx}^0 = \sigma_{xx}^0 + \lambda\,\varepsilon_{zz} + (\lambda + 2\,\mu)\,\varepsilon_{xx} + \lambda\,\varepsilon_{xx}$$
$$\sigma_{zz} = \sigma_{zz}^0 + (\lambda + 2\,\mu)\,\varepsilon_{zz} + 2\,\lambda\,\varepsilon_{xx}$$

où ici λ et μ sont les coefficients de Lamé.

En éliminant ε_{xx} entre ces deux équations, on trouve :

$$\sigma_{zz} = \sigma_{zz}^0 + \frac{\mu(3\lambda + 2\mu)}{(\lambda + \mu)}\varepsilon_{zz}$$

Phase plastique :

On a :

$I_1 = \sigma_{zz} + 2\,\sigma_{xx}^0$ où $\sigma_{xx}^0 = C^{te}$ représente la pression de confinement.

On en déduit pour les composantes du déviateur $\underline{\underline{s}}$:

$$s_{zz} = 2\left[\frac{1}{3}I_1 - \sigma_{xx}^0\right] \text{ et } s_{xx} = \sigma_{xx}^0 - \frac{1}{3}I_1$$

soit : $s_{II} = \sqrt{6}\left[\sigma_{xx}^0 - \frac{1}{3}I_1\right]$ et $det(\underline{\underline{s}}) = 2\left[\frac{1}{3}I_1 - \sigma_{xx}^0\right]^3$

Par conséquent : $h(\theta_S) = (1-\gamma)^{1/6}$

Par ailleurs, lorsqu'on atteint le critère du mécanisme déviatoire : $s_{II}\,h(\theta_S) + R_m\,I_1 = 0$
d'où la relation :

$$I_1 = \frac{\sqrt{6}\,\sigma_{xx}^0}{\sqrt{\frac{2}{3}} - \frac{R_m}{(1-\gamma)^{1/6}}}$$

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

et finalement, on a pour la contrainte verticale :

$$\sigma_{zz}=\frac{\sqrt{6}\,\sigma_{xx}^{0}}{\sqrt{\frac{2}{3}}-\frac{R_m}{(1-\gamma)^{1/6}}}-2\,\sigma_{xx}^{0}$$

En outre, on peut calculer que la transition entre les états élastique et parfaitement plastique se fait pour une déformation axiale égale à :

$$\varepsilon_{zz}=\frac{\mu(3\lambda+2\mu)}{\lambda+\mu}\left[\frac{\sqrt{6}\,\sigma_{xx}^{0}}{\sqrt{\frac{2}{3}}-\frac{R_m}{(1-\gamma)^{1/6}}}-2\,\sigma_{xx}^{0}\right]$$

2.2 Résultats de référence

Contraintes σ_{xx}, σ_{yy} et σ_{zz} aux points A, B et C.

2.3 Incertitude sur la solution

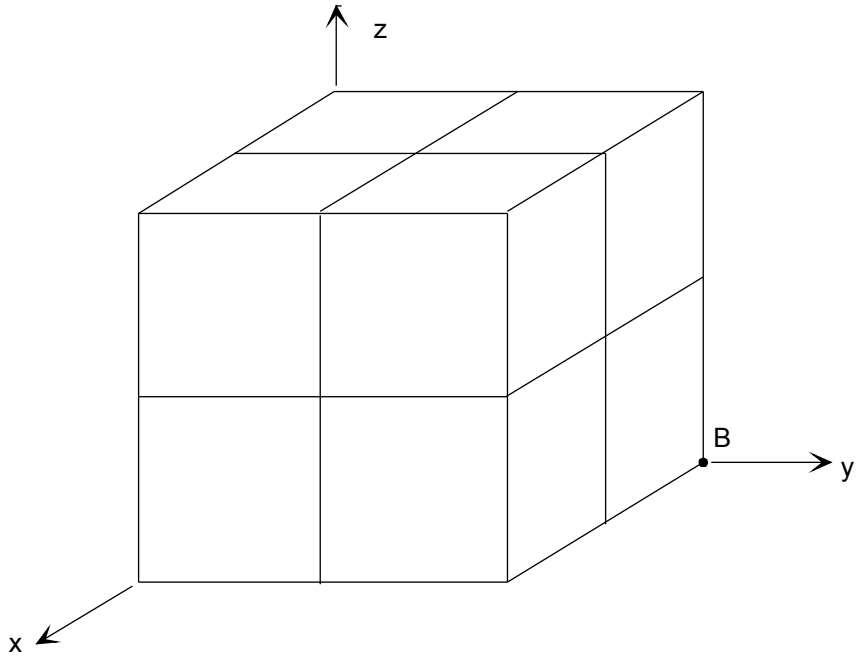
Solution analytique pour CJS1.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

3D :



Découpage : 2 en hauteur, en largeur et en épaisseur.

Chargement de la phase 1 :

Pression de confinement : $\sigma^0_{xx} = \sigma^0_{yy} = \sigma^0_{zz}$: successivement $-100\,kPa$, $-200\,kPa$ et $-400\,kPa$.

Niveau 1 du modèle CJS

3.2 Caractéristique du maillage

Nombre de nœuds : 27
Nombre de mailles et types : 8 HEXA8 et 24 QUA4

3.3 Valeurs testées

Pour $\sigma^0_{xx} = \sigma^0_{yy} = \sigma^0_{zz}$: $-100\,kPa$

Localisation	Numéro d'ordre	déformation axiale ε_{zz} (%)	contrainte (kPa)	Référence
Point A, B et C	10	–0.8 %	σ_{xx}	–100.0
	100	–20.0 %	σ_{xx}	–100.0
	10	–0.8 %	σ_{yy}	–100.0
	100	–20.0 %	σ_{yy}	–100.0
	10	–0.8 %	σ_{zz}	–279.2
	20	–1.6 %	σ_{zz}	–367.159
	40	–3.2 %	σ_{zz}	–367.159

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

60	–7.2 %	σ_{zz}	–367.159
100	–20.0 %	σ_{zz}	–367.159

Pour $\sigma_{xx}^0 = \sigma_{yy}^0 = \sigma_{zz}^0 : -200\,kPa$

Localisation	Numéro d'ordre	déformation axiale ε_{zz} (%)	contrainte (kPa)	Référence
Point A , B et C	10	–0.8 %	σ_{xx}	–200.0
	100	–20.0 %	σ_{xx}	–200.0
	10	–0.8 %	σ_{yy}	–200.0
	100	–20.0 %	σ_{yy}	–200.0
	10	–0.8 %	σ_{zz}	–379.2
	20	–1.6 %	σ_{zz}	–558.4
	40	–3.2 %	σ_{zz}	–734.317
	60	–7.2 %	σ_{zz}	–734.317
	100	–20.0 %	σ_{zz}	–734.317

Pour $\sigma_{xx}^0 = \sigma_{yy}^0 = \sigma_{zz}^0 : -400\,kPa$

Localisation	Numéro d'ordre	déformation axiale ε_{zz} (%)	contrainte (kPa)	Référence
Point A , B et C	10	–0.8 %	σ_{xx}	–400.0
	100	–20.0 %	σ_{xx}	–400.0
	10	–0.8 %	σ_{yy}	–400.0
	100	–20.0 %	σ_{yy}	–400.0
	10	–0.8 %	σ_{zz}	–579.2
	20	–1.6 %	σ_{zz}	–758.4
	40	–3.2 %	σ_{zz}	–1116.8
	60	–7.2 %	σ_{zz}	–1458.6348
	100	–20.0 %	σ_{zz}	–1458.6348

4 Synthèse des résultats

Les valeurs de *Code_Aster* sont en accord parfait avec les valeurs de la solution analytique de référence.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)