SSNV205 – Essai de cisaillement cyclique drainé à pression isotrope constante

Résumé :

L'essai de cisaillement cyclique drainé à pression isotrope constante permet de simuler la perte de raideur d'un sol en fonction de l'amplitude des déformations cycliques appliquées. Ces essais permettent également de déterminer la dissipation introduite au cours des cycles de chargement.

On s'intéresse dans ce cas-tests aux lois de comportement d'Hujeux (modélisation A) et d'Iwan (modélisation B), les deux lois actuellement disponibles dans *Code_Aster* pour le comportement cyclique de matériaux granulaires.

Dans la modélisation A, la réalisation de ces essais permet également de valider l'introduction des seuils déviatoires cycliques du modèle de comportement de Hujeux, Les résultats du Code_Aster sont comparés aux résultats obtenus avec le logiciel GEFDyn pour le même modèle de comportement.

Dans la modélisation B, les résultats obtenus avec le modèle d'Iwan sont comparés à ceux de la modélisation avec le modèle d'Hujeux, en considérant des courbes de comportement similaires pour les deux modèles.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

On considère un élément point.

1.2 Propriétés du matériau

Les propriétés élastiques isotropes du matériau sont :

- $E=619\,MPa$
- $\nu=0.3$

Les paramètres matériau du modèle de Hujeux (modélisation A) sont :

- $n^e=0.4$, $\beta=24$, $b=0.2$, $d=2.5$
- $\varphi=33°$, $\psi=33°$, $P_{c0}=-1.00\,MPa$, $P_{ref}=-1.00\,MPa$
- $a_{cyc}=1.00e-4$, $a_{mon}=8.00e-3$
- $c_{cyc}=1.00e-1$, $c_{mon}=2.00e-1$
- $r^d_{ela}=5.00e-3$, $r^i_{ela}=1.00e-3$, $r^{d,c}_{ela}=5.00e-3$, $r^{i,c}_{ela}=1.00e-3$
- $r_{hys}=5.00e-2$, $r_{mob}=9.00e-1$
- $x_m=1.0$, $\alpha=1.0$

Les paramètres du modèle d'Iwan (modélisation B) sont :

- $\gamma_{ref}=2.00e\text{-}4$
- $n=0.78$

L es modules élastiques doivent être mis à jour pour la pression de confinement de l'essai, car $n^e\neq 0$.

A l'aide de l'outil CALC_ESSAI_GEOMECA, on est en mesure de comparer les courbes de comportement pour les deux modèles en termes de réduction du module de cisaillement sécant et amortissement hystéretique.

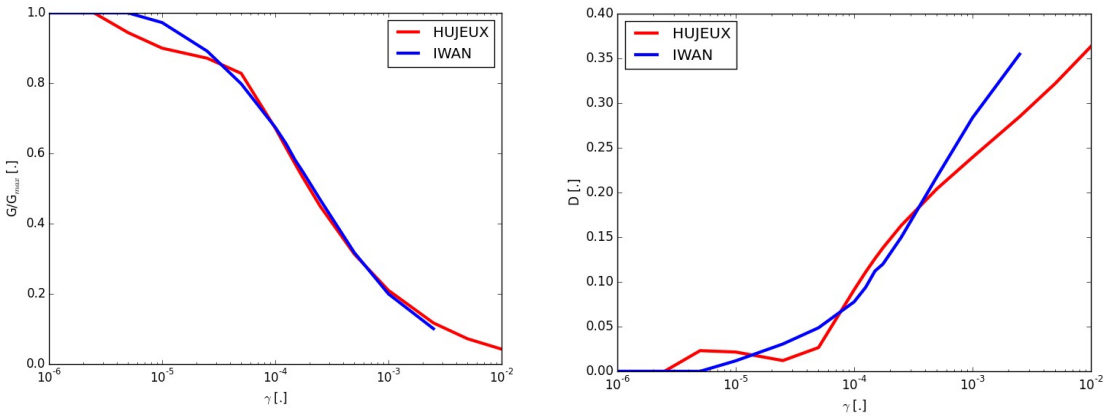


Figure 1 – Courbes de comportement pour les modèles d'Hujeux et d'Iwan

1.3 Conditions aux limites et chargements

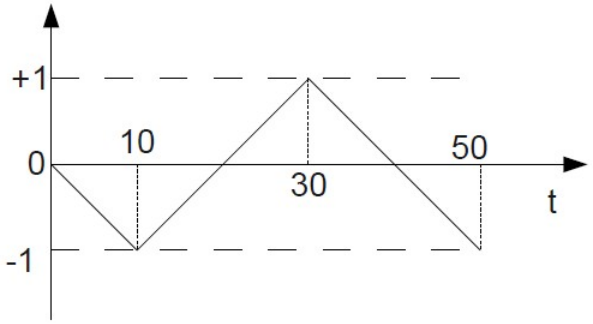
Pour rappel, l'emploi de la commande SIMU_POINT_MAT permet d'imposer directement un champ de déformations et/ou de contraintes.

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

On impose une évolution nulle au cours du chargement pour les composantes suivantes des tenseurs contraintes et déformations :

- $d\sigma_{xx}=d\sigma_{yy}=d\sigma_{zz}=0$
- $d\varepsilon_{yz}=d\varepsilon_{zx}=0$

On impose l'évolution suivante pour les déformations de cisaillement, $d\varepsilon_{xy}$:



On réalise plusieurs calculs indépendants avec le même type de chargement, mais l'amplitude de déformations varie suivant les valeurs suivantes : $[2e\text{-}5, 2e\text{-}4, 2e\text{-}3]$

1.4 Conditions initiales

L'état de contraintes initiales est isotrope et correspond à une pression de $50\,\mathrm{kPa}$.

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

2 Solution de référence pour la modélisation A

2.1 Méthode de calcul

La solution de référence est obtenue à partir des simulations équivalentes réalisées avec le logiciel de calcul par la méthode des Eléments Finis, GEFDyn, développé à l'Ecole Centrale Paris.

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Les grandeurs et résultats de référence fournis par GEFDyn sont les suivants :

- évolution de la contrainte de cisaillement au cours du chargements
- évolution de la déformation volumique plastique

2.3 Incertitudes sur la solution

Les incertitudes sur la solution sont liées directement à la précision demandée pour assumer convergence du calcul numérique réalisé avec GEFDyn, soit 1e-6 en relatif.

2.4 Références bibliographiques

[1] D.Aubry, A.Modaressi. GEFDyn, Manuel Scientifique. École Centrale Paris, LMSS-Mat, 1996.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise la commande SIMU_POINT_MAT avec SUPPORT=POINT.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage n'existe pas et les calculs se restreignent à un point de Gauss

3.3 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs testées et résultats sont les suivants :
- évolution de la contrainte de cisaillement au cours du chargements, SIXY
- évolution de la déformation volumique plastique, V23

On réalise trois appels indépendants à la commande SIMU_POINT_MAT où seule l'amplitude du chargement varie.

Cas 1 : $d\varepsilon_{xy} = 2e\text{-}5$

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
$SIXY - INST = 5$	'SOURCE_EXTERNE'	-1260	1%
$SIXY - INST = 10$	'SOURCE_EXTERNE'	-2465	1%
$SIXY - INST = 20$	'SOURCE_EXTERNE'	54,03	1%
$SIXY - INST = 30$	'SOURCE_EXTERNE'	2463	1%
$SIXY - INST = 40$	'SOURCE_EXTERNE'	55,78	2%
$SIXY - INST = 50$	'SOURCE_EXTERNE'	-2465	1%
$V23 - INST = 10$	'SOURCE_EXTERNE'	-1,828e-9	1%
$V23 - INST = 20$	'SOURCE_EXTERNE'	-1,828e-9	1%
$V23 - INST = 30$	'SOURCE_EXTERNE'	-5,74e-9	1%
$V23 - INST = 40$	'SOURCE_EXTERNE'	-5,74e-9	1%
$V23 - INST = 50$	'SOURCE_EXTERNE'	-9,65e-9	1%

Cas 2 : $d\varepsilon_{xy} = 2e\text{-}4$

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
$SIXY - INST = 5$	'SOURCE_EXTERNE'	-7207	1%
$SIXY - INST = 10$	'SOURCE_EXTERNE'	-10170	1%
$SIXY - INST = 20$	'SOURCE_EXTERNE'	4223	1%
$SIXY - INST = 30$	'SOURCE_EXTERNE'	10150	1%
$SIXY - INST = 40$	'SOURCE_EXTERNE'	-4243	2%

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

$SIXY-INST=50$	'SOURCE_EXTERNE'	-10170	1%
$V23-INST=5$	'SOURCE_EXTERNE'	-3,593e-6	3%
$V23-INST=10$	'SOURCE_EXTERNE'	-1,402e-5	1%
$V23-INST=20$	'SOURCE_EXTERNE'	-2,265e-5	1%
$V23-INST=30$	'SOURCE_EXTERNE'	-4,492e-5	1%
$V23-INST=40$	'SOURCE_EXTERNE'	-5,354e-5	1%
$V23-INST=50$	'SOURCE_EXTERNE'	-7,578e-5	1%

Cas 3 : $d\varepsilon_{xy}=2e\text{-}3$

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
$SIXY-INST=5$	'SOURCE_EXTERNE'	-19591	1%
$SIXY-INST=10$	'SOURCE_EXTERNE'	-24320	1%
$SIXY-INST=20$	'SOURCE_EXTERNE'	14793	1%
$SIXY-INST=30$	'SOURCE_EXTERNE'	24310	1%
$SIXY-INST=40$	'SOURCE_EXTERNE'	14887	2%
$SIXY-INST=50$	'SOURCE_EXTERNE'	-24426	1%
$V23-INST=5$	'SOURCE_EXTERNE'	-1,323e-4	1%
$V23-INST=10$	'SOURCE_EXTERNE'	-2,377e-4	1%
$V23-INST=20$	'SOURCE_EXTERNE'	-6,958e-4	1%
$V23-INST=30$	'SOURCE_EXTERNE'	-9,885e-4	1%
$V23-INST=40$	'SOURCE_EXTERNE'	-1,4475e-3	1%
$V23-INST=50$	'SOURCE_EXTERNE'	-1,7348e-3	1%

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise la commande SIMU_POINT_MAT avec SUPPORT=POINT.

4.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage n'existe pas et les calculs se restreignent à un point de Gauss

4.3 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs testées et résultats sont les suivants :
- évolution de la contrainte de cisaillement au cours du chargements, SIXY

On réalise trois appels indépendants à la commande SIMU_POINT_MAT où seule l'amplitude du chargement varie.

On rappelle que pour cette modélisation on compare les résultats obtenus par le modèle d'Iwan avec ceux du modèle d'Hujeux obtenus dans la modélisation A.

Cas 1 : $d\varepsilon_{xy} = 2e\text{-}5$

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
$SIXY - INST = 5$	'AUTRE_ASTER'	-1259.3243448744	5%
$SIXY - INST = 10$	'AUTRE_ASTER'	-2462.7975417813	5%
$SIXY - INST = 30$	'AUTRE_ASTER'	2466.8646345014	5%
$SIXY - INST = 50$	'AUTRE_ASTER'	-2459.6074144164	5%

Cas 2 : $d\varepsilon_{xy} = 2e\text{-}4$

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
$SIXY - INST = 5$	'AUTRE_ASTER'	-7176.9064750495	5%
$SIXY - INST = 10$	'AUTRE_ASTER'	-10145.337714444	8%
$SIXY - INST = 20$	'AUTRE_ASTER'	4211.6280455068	5%
$SIXY - INST = 30$	'AUTRE_ASTER'	10168.207641876	8%
$SIXY - INST = 40$	'AUTRE_ASTER'	-4187.8912522105	5%
$SIXY - INST = 50$	'AUTRE_ASTER'	-10123.83079066	8%

Cas 3 : $d\varepsilon_{xy} = 2e\text{-}3$

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
$SIXY - INST = 5$	'AUTRE_ASTER'	-19488.466443205	5%
$SIXY - INST = 10$	'AUTRE_ASTER'	-24272.532994658	5%
$SIXY - INST = 20$	'AUTRE_ASTER'	14771.427020076	5%

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

$SIXY-INST=30$	'AUTRE_ASTER'	24346.990829393	5%
$SIXY-INST=40$	'AUTRE_ASTER'	-14787.939443998	5%
$SIXY-INST=50$	'AUTRE_ASTER'	-24381.246915809	5%

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

5 Synthèse des résultats

Ce test permet de comparer les résultats de deux modèles de comportement pour la réponse en cisaillement cyclique de matériaux granulaires.

La modélisation A a permis de valider le comportement du modèle de Hujeux sous chargement cyclique en comparaison des résultats sur le code de référence de ce modèle de comportement.

La modélisation B a permis de vérifier que le modèle d'Iwan permet d'obtenir de résultats proches du modèle d'Hujeux (à un écart d'environ 5%), mais avec une calibration aisée (2 paramètres).

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