SSNV118 - Essai de traction cisaillement avec le modèle viscoplastique de Chaboche

Résumé :

Problème quasi-statique non linéaire de mécanique des structures en transitoire.

Analyse de la réponse d'un élément de volume à un chargement de traction-cisaillement qui impose un état de contrainte-déformation uniforme.

Sur un problème identique, on effectue 4 modélisations :

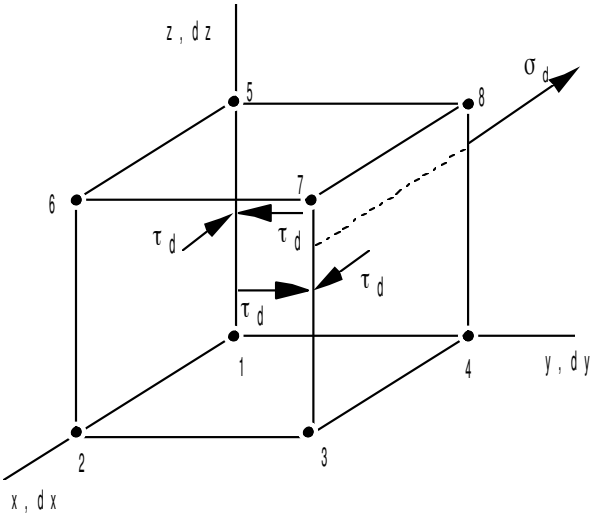
- la première teste le comportement VISCOCHAB avec intégration implicite et coefficients matériau constants avec une matrice tangente cohérente à chaque itération,
- la seconde teste le comportement VISCOCHAB avec intégration implicite et coefficients matériau dépendant de la température et l'intégration avec une matrice élastique,
- la troisième test le comportement VISCOCHAB avec une intégration explicite et des coefficients constants,
- la quatrième compare les comportements VISCOCHAB et VISC_CIN2_MEMO, avec intégration implicite et matrice tangente cohérente.

Ce test valide donc en particulier l'intégration numérique du modèle de comportement élastoviscoplastique de Chaboche prenant en compte le phénomène de mémorisation de l'écrouissage, pour les deux modèles VISCOCHAB et VISC_CIN2_MEMO.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Face YZ : (1, 4, 5, 8)
Face XZ : (1, 2, 5, 6)
Face 1YZ : (2, 3, 6, 7)
Face 1XZ : (4, 3, 8, 7)

σ_d : pression imposée
τ_d : cisaillement imposé

1.2 Propriétés de matériaux

Élasticité isotrope $E=145\,000\,MPa$ $\nu=0.3$
Viscoplasticité modèle VISCOCHAB

k	$35\,MPa$	B	12	ETA	0.04
A_K	1.	M_R	2	$C1$	$1950\,MPa$
A_R	0.65	G_R	$2\,10^{-7}$	M_1	4
K_0	$70\,MPa\,S^{1/N}$	MU	19	$D1$	$0.397\,10^{-3}$
N	24	Q_M	460	G_{X1}	$2.\,10^{-13}\,MPa^{-m1}\,S^{-1}$
ALP	$0\,MPa$	Q_0	$40\,MPa$	$G1_0$	$50\,MPa$
		QR_0	$200\,MPa$		

$C2$	$65000\,MPa$
M_2	4
$D2$	$0.552\,10^{-1}$
G_{X2}	$1.\,10^{-12}\,MPa^{-m1}\,S^{-1}$
$G2_0$	$1300\,MPa$
A_I	0.5

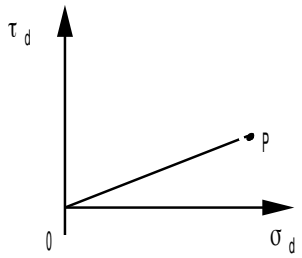
1.3 Conditions aux limites et chargements

$N6$	$dx=dy=dz=0$	Face XZ : $FX=-\tau_d/4$
$N7$	$dx=dy=0$	Face YZ : $FY=-\tau_d/4, FX=-\sigma_d/4$
$N2$, $N3$	$dy=0$	Face $1XZ$: $FX=\tau_d/4$
$N2$, $N3$, $N6$, $N7$	$dx=0$	Face $1YZ$: $FY=\tau_d/4, FZ=\sigma_d/4$

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

1.4 Conditions initiales

Contraintes et déformations nulles à $t=0$.



$\sigma_d(t)$ et $\tau_d(t)$ linéaires, le point P étant atteint en $10\,s$ avec $\sigma_d(10)=150\,MPa$ et $\tau_d(10)=60\,MPa$.

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

On utilise pour établir la solution de référence le logiciel SIDOLO qui permet la simulation et l'identification de lois de comportement.

Les équations du modèle sont écrites par l'utilisateur en Fortran sous forme d'un système d'équations différentielles du premier ordre, résolu par une méthode de Runge Kutta d'ordre 4 à pas adaptatif.

2.2 Résultats de référence

$\sigma_{xx}, \sigma_{xy}, \varepsilon_{xx}, \varepsilon_{xy}, X1_{xx}, X2_{xx}, p, R, q, \xi_{xx}$ à l'instant $P(t=10\,s)$ où $X1$ et $X2$ sont les variables d'écrouissage cinématique, p la déformation plastique cumulée, $R(p,q)$ la variable d'écrouissage isotrope et ξ la variable interne permettant la prise en compte de la mémoire de l'écrouissage.

2.3 Incertitude sur la solution

Incertitude de SIDOLO.

2.4 Références bibliographiques

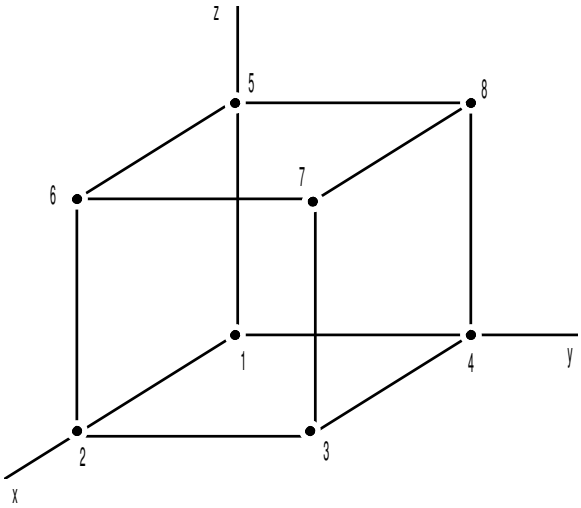
[1] SIDOLO, version 2.3, Notice d'utilisation, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Centre des Matériaux, septembre 1995.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D, 1 hexa8



3.2 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence
σ_{xx}	150
σ_{xy}	60
ε_{xx}	1.49455 E–2
ε_{xy}	0.888452 E–2
$X1_{xx}$	12.4955
$X2_{xx}$	30.0352
p	1.69335 E–2
R	8.36836
q	6.76633 E–4
ξ_{xx}	1.33485 E–2

3.3 Remarques

On utilise seulement 11 incréments de temps dans *Aster*, mais le pas de temps est redécoupé par 10 pour l'intégration locale des équations du modèle. SIDOLO utilise plusieurs centaines de pas de temps, calculés automatiquement.

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Cette modélisation est identique à la modélisation A, mais avec des coefficients matériau définis comme des fonctions (constantes) de la température, et l'utilisation d'une matrice élastique en lieu et place de la matrice tangente.

4.2 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence
σ_{xx}	150
σ_{xy}	60
ε_{xx}	1.49455 E–2
ε_{xy}	0.888452 E–2
$X1_{xx}$	12.4955
$X2_{xx}$	30.0352
p	1.69335 E–2
R	8.36836
q	6.76633 E–4
ξ_{xx}	1.33485 E–2

4.3 Remarques

La précision des résultats est du même ordre que pour la modélisation A avec une matrice tangente élastique et un redécoupage plus petit du pas de temps pour l'intégration locale des équations du modèle.

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Comme la modélisation A, mais avec une intégration explicite (RUNGE_KUTTA).
Le chargement est cette fois à déplacement imposé suivant Z sur la face $FACE1XY$, tel que :

0. instant 4s, $DZ=0.01\text{mm}$
1. instant 7s, $DZ=-0.01\text{mm}$

Sur les faces $FACEXY$ et $FACE1XY$, $DX=DY=0$.

5.2 Grandeurs testées et résultats

Pour cette modélisation, il s'agit de tests de non régression.

Identification	*Code_Aster*
σ_{xx}	1147.8
σ_{yy}	1147.8
σ_{zz}	1329.4
ε_{zz}	1.0 E–2

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

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est la même que la modélisation A, mais avec 2 comportements différents (tous deux intégrés de façon implicite) : VISCOCHAB et VISC_CIN2_MEMO, pour valider la prise en compte de la mémoire du plus grand écrouissage.

6.2 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence Aster (VISCOCHAB)	*Aster (VISC_CIN2_MEMO)*
σ_{xx}	150	150
σ_{yy}	60	60
ε_{xx}	1.67695E-2	1.676947E–2
ε_{xy}	9.978948E-3	9.978922E-3
p	1.914249E-2	1.9142436E-2
R	9.506173	9.506146
q	7.656996E-04	7.656974E-04
ξ_{xx}	1.5074149E-02	1.510558E-02

6.3 Remarques

Les deux comportements donnent des résultats identiques sur toutes les composantes, sauf pour la variable interne ξ_{xx} (différence de 0.2%). Cet écart diminue quand on raffine la discrétisation temporelle.

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

7 Synthèse des résultats

Les équations du modèle étant fortement non linéaires, il est nécessaire d'utiliser des incréments de temps petits pour obtenir une solution précise.

Sur ce test présentant une géométrie et des conditions aux limites simples, le redécoupage du pas de temps au niveau local permet d'améliorer la précision des résultats sans trop augmenter le temps de calcul.

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