SSNP113 - Rotation des contraintes principales (loi de MAZARS)

Résumé :

Ce cas test de mécanique est inspiré des travaux de Willam [bib1] et a été utilisé dans le benchmark EDF/R&D « Modèles tridimensionnels de comportements non-linéaires du matériau béton en fissuration » [bib2] pour évaluer les modèles de comportement dédiés au béton. Il se caractérise par un trajet de chargement spécifique qui crée une rotation continue des contraintes principales. Il est utilisé ici pour tester l'implantation du modèle de Mazars. La validation est effectuée par comparaison avec les résultats obtenus avec le code CASTEM2000 au LGCNSN (École Centrale de Nantes).

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie et conditions aux limites

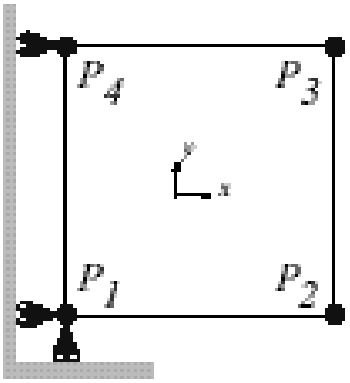


Figure 1.1-a : Géométrie et conditions aux limites

Longueur des arêtes : $a=0.56\,m$

Épaisseur : $0.1\,m$

Le chargement est tel qu'on obtient un état de contrainte homogène et de type contraintes planes même si la modélisation dans Code_Aster a été réalisée en 3D. Le chargement est imposé sous forme de déplacements imposés en deux étapes :

- direction $(\Delta\varepsilon_{xx},\Delta\varepsilon_{yy},\Delta\varepsilon_{xy})=(1,-\nu,0)$, jusqu'à la contrainte maximale (initiation de la phase adoucissante)
- direction $(\Delta\varepsilon_{xx},\Delta\varepsilon_{yy},\Delta\varepsilon_{xy})=(1,1.5,1)$, jusqu'à $\varepsilon_{xx}=0.0015$

Où

- ε_{xx} : déplacement du côté délimité par le côté P_2 - P_3 dans la direction OX
- ε_{yy} : déplacement du côté délimité par le côté P_3 - P_4 dans la direction OY
- ε_{xy} : déplacement du côté délimité par le côté P_2 - P_3 dans la direction OY

Soit $P5P6P7P8$ le plan du cube en $z=0.1$.

Pratiquement, les conditions suivantes sont imposées

- pendant tout le chargement : $P1P4P8P5 : dx=0$
  $P1 : dy=dz=0$
  $P5 : dy=0$
- pendant la phase 1 : $P2\,,\ P6 : dy=0$
  $P2P3P7P6 : dx=1$
  $P3P4P8P7 : dy=-0.2$
- pendant la phase 2 : $P2P3P7P6 : dx=1$
  $P4\,,\ P8 : dy=1.5$
  $P3\ \ ,\ P7\ : dy=3.5$
  $P2\,,\ P6\ : dy=2.$

1.2 Propriétés du matériau

Pour le modèle de Mazars, les paramètres suivants ont été utilisés :

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

Comportement élastique :

$E = 32\,000\,MPa\,,\nu = 0.2$

Comportement endommageant :

$\varepsilon_{d0} = 9.375.10^{-4}\,;\ Ac = 1.15\ ;\ At = 0.8\ ;\ Bc = 1391.3\ ;\ Bt = 10\,000\ ;\ k = 0.7$

2 Solution de référence

Il s'agit d'une comparaison code-code. La référence utilisée est le code Castem2000 (version 2001). Les résultats ont été obtenus par le LGCNSN (École Centrale de Nantes) avec les mêmes paramètres matériaux et la même discrétisation en temps. Contrairement au calcul réalisé avec *Code_Aster*, le calcul Castem a été réalisé en $2D$ sous l'hypothèse de contraintes planes.

2.1 Références bibliographiques

Willam K., Pramono E. et Sture S. - Fundamental issues of smeared crack models, Proc. of the Int. Conf. on fracture and concrete and rock, Huston Texas, 1987, pp 17-19

CR-99-232, Evaluation tests on models of non-linear behaviour of cracking concrete using three dimensional modelling , Benchmark EDF/Division R&D – S. Ghavamian

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D
Élément MECA_HEXA8

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8
Nombre de mailles et type : 1 HEXA8

Grandeurs testées et résultats

On compare à 3 pas de temps différents (à la fin de l'étape 1, pendant la phase de croissance de l'endommagement et à la fin du chargement) les déformations, les contraintes ainsi que la valeur de l'endommagement.

Identification	Référence	*Aster*	% différence
N°10 ε_{xx}	9.375 10^{-5}	9.375 10^{-5}	5.8 10^{-14}
σ_{xx}	3.00 10^{6}	3.00 10^{6}	4.7 10^{-14}
ε_{yy}	–1.875 10^{-5}	–1.875 10^{-5}	9.0 10^{-14}
σ_{yy}	0.	–2.83 10^{-10}	–2.83 10^{-10}
ε_{xy}	0.	0.	-
σ_{xy}	0.	0.	-
D	0.	2.22 10^{-16}	2.22 10^{-16}

Identification	Référence	*Aster*	% différence
N°25 ε_{xx}	1.64 10^{-4}	1.64 10^{-4}	0.065
σ_{xx}	2.04 10^{6}	2.04 10^{6}	-0.048
ε_{yy}	8.67 10^{-5}	8.68 10^{-5}	0.099
σ_{yy}	1.35 10^{6}	1.3 5 10^{6}	-0.016
ε_{xy}	7.03 10^{-5}	7.04 10^{-5}	0.081
σ_{xy}	6.34 10^{5}	6. 33 10^{5}	-0.016
D	0.66211	0.66238	0.040

Identification	Référence	Aster	% différence
N°310 ε_{xx}	1.50 10^{-3}	1.50 10^{-3}	0.06
σ_{xx}	3.69 10^{5}	3.69 10^{5}	-0.002
ε_{yy}	2.09 10^{-3}	2.09 10^{-3}	0.064
σ_{yy}	4.59 10^{5}	4. 59 10^{5}	5.22 10^{-4}
ε_{xy}	1.41 10^{-3}	1.41 10^{-3}	0.063
σ_{xy}	2.16 10^{5}	2. 16 10^{5}	6.85 10^{-4}
D	0.99423	0.99424	8.07 10^{-4}

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D
Élément MECA_HEXA8

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8
Nombre de mailles et type : 1 HEXA8

4.3 Grandeurs testées et résultats

On compare à 3 pas de temps différents (à la fin de l'étape 1, pendant la phase de croissance de l'endommagement et à la fin du chargement) les déformations, les contraintes ainsi que les valeurs des critères ELS et ELU.

Instant	Champ	Composantes	Valeurs	Précision
1.0	'EPSI_NOEU'	'EPXX'	9.375e-05	1.0E-05 %
1.0	'EPSI_NOEU'	'EPYY'	-1.875e-05	1.0E-05 %
1.0	'EPSI_NOEU'	'EPXY'	0.0	1.0E-08
1.2	'EPSI_NOEU'	'EPXX'	0.000164107143	1.0E-05 %
1.2	'EPSI_NOEU'	'EPYY'	8.67857143e-05	1.0E-05 %
1.2	'EPSI_NOEU'	'EPXY'	7.03571429e-05	1.0E-05 %
5.0	'EPSI_NOEU'	'EPXX'	0.00150089286	1.0E-05 %
5.0	'EPSI_NOEU'	'EPYY'	0.00209196429	1.0E-05 %
5.0	'EPSI_NOEU'	'EPXY'	0.00140714286	1.0E-05 %

Instant	Champ	Composantes	Valeurs [Pa]	Précision
1.0	'SIGM_NOEU'	'SIXX'	3000000.0	1.0E-05 %
1.0	'SIGM_NOEU'	'SIYY'	0.0	1.0E-08
1.0	'SIGM_NOEU'	'SIXY'	0.0	1.0E-08
1.2	'SIGM_NOEU'	'SIXX'	1417667.16	1.0E-05 %
1.2	'SIGM_NOEU'	'SIYY'	934415.924	1.0E-05 %
1.2	'SIGM_NOEU'	'SIXY'	439725.141	1.0E-05 %
5.0	'SIGM_NOEU'	'SIXX'	317814.466	1.0E-05 %
5.0	'SIGM_NOEU'	'SIYY'	396114.867	1.0E-05 %
5.0	'SIGM_NOEU'	'SIXY'	186406.996	1.0E-05 %

Instant	Champ	Composantes	Valeurs	Précision
1.0	'VARI_NOEU'	'V1'	0.132978723	1.0E-05 %
1.0	'VARI_NOEU'	'V2'	0.0278365308	1.0E-05 %
1.2	'VARI_NOEU'	'V1'	0.0801512295	1.0E-05 %
1.2	'VARI_NOEU'	'V2'	0.0627904654	1.0E-05 %
5.0	'VARI_NOEU'	'V1'	0.0253632939	1.0E-05 %
5.0	'VARI_NOEU'	'V2'	0.964508329	1.0E-05 %

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

5 Synthèse des résultats

Avec des écarts très faibles de l'ordre de $0.05\ \%$ au maximum sur les contraintes dans la phase la plus non-linéaire et de l'ordre de $0.002\ \%$ après endommagement complet sur un test où les chargements ne sont pas radiaux, on peut considérer que l'implantation du modèle de Mazars est fidèle au modèle original.

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