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 dans sa version locale (modélisation 3D) et dans sa version délocalisée (modélisation 3D_GRAD_EPSI). La validation est effectuée par comparaison avec les résultats obtenus avec le code CASTEM2000 au LGCNSN (École Centrale de Nantes).

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 et conditions aux limites

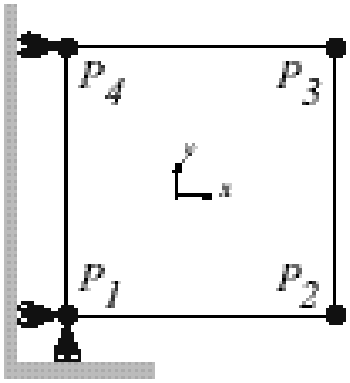

Figure 1.1-a : Géométrie et conditions aux limites

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 :

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

1) ε_{xx} : déplacement du côté délimité par le côté P_2-P_3 dans la direction OX
2) ε_{yy} : déplacement du côté délimité par le côté P_3-P_4 dans la direction OY
3) 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 : $P2P3P7P6:\ dx=1$
  $P4,\ P8:\ dy=1.5$
  $P3,\ P7:\ dy=3.5$
  $P2,\ P6:\ dy=2.$

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

1.2 Propriétés du matériau

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

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.

La version délocalisée du modèle de Mazars a été testée avec une longueur caractéristique nulle de façon à vérifier qu'on retrouve les mêmes résultats qu'avec la version locale.

2.1 Références bibliographiques

1) 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

2) 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

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

Modélisation 3D
Élément MECA_HEXA8

3.2 Caractéristiques du maillage

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

3.3 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 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}

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

L'utilisation de la version délocalisée du modèle de Mazars passe par l'utilisation de la modélisation 3D_GRAD_EPSI et implique l'utilisation d'éléments quadratiques.
Le test est réalisé avec une longueur caractéristique nulle.

Modélisation : 3D_GRAD_EPSI
Élément : MGCA_HEXA20

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds :20
Nombre de mailles et type : 1 HEXA20

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 la valeur de l'endommagement.

Identification		Référence	*Aster*	% différence
N°10	ε_{xx}	9.375 10^{-5}	9.375 10^{-5}	2.02 10^{-13}
	σ_{xx}	3.00 10^{6}	3.00 10^{6}	-2.33 10^{-13}
	ε_{yy}	–1.875 10^{-5}	–1.875 10^{-5}	5.42 10^{-14}
	σ_{yy}	0.	5.98 10^{-10}	5.98 10^{-10}
	ε_{xy}	0.	6.88 10^{-21}	6.88 10^{-21}
	σ_{xy}	0.	0.	-
	D	0.	3.88 10^{-15}	3.88 10^{-15}

Identification		Référence	*Aster*	% différence
N°25	ε_{xx}	1.64 10^{-4}	1.64 10^{-4}	0.038
	σ_{xx}	2.04 10^{6}	2.04 10^{6}	-1.89 10^{-4}
	ε_{yy}	8.67 10^{-5}	8.67 10^{-5}	0.022
	σ_{yy}	1.35 10 ^{6}	1.3 5 10 ^{6}	-3.39 10^{-4}
	ε_{xy}	7.03 10^{-5}	7.03 10^{-5}	0.018
	σ_{xy}	6.34 10^{5}	6.34 10^{5}	1.4 10^{-5}
	D	0.66211	0.66211	-1.88 10^{-4}

Identification		Référence	*Aster*	% différence
N°310	ε_{xx}	1.50 10^{-3}	1.50 10^{-3}	2.02 10^{-13}
	σ_{xx}	3.69 10^{5}	3.69 10^{5}	9.02 10^{-5}
	ε_{yy}	2.09 10^{-3}	2.09 10^{-3}	–2.39 10^{-4}
	σ_{yy}	4.59 10 ^{5}	4. 59 10 ^{5}	-8.66 10^{-5}
	ε_{xy}	1.41 10^{-3}	1.41 10^{-3}	1.23 10^{-13}
	σ_{xy}	2.16 10^{5}	2.16 10^{5}	7.66 10^{-5}
	D	0.99423	0.99423	4.42 10^{-4}

Copyright 2015 EDF R&D - 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 aussi bien en version locale que non-locale, est fidèle au modèle original.

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