SSNV181 - Vérification de la bonne prise en compte du cisaillement dans les modèles BETON_UMLV et BETON_BURGER

Résumé :

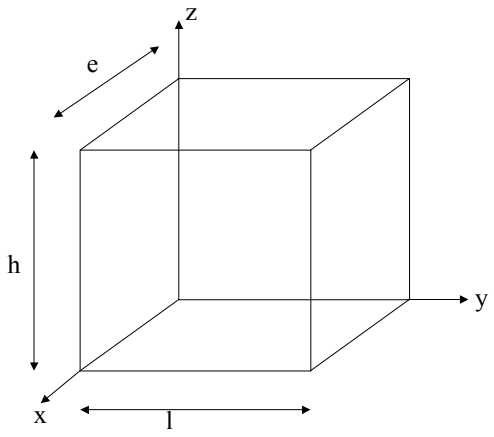
Ce test permet de valider la bonne prise en compte du cisaillement dans les lois de comportement BETON_UMLV et BETON_BURGER. Les résultats de ce test sont comparés avec une solution analytique.

- Modélisation A: Essai de cisaillement à long terme avec le modèle BETON_UMLV.
- Modélisation B: Essai de cisaillement à long terme avec le modèle BETON_BURGER.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Hauteur : $h=1,00[m]$
Largeur : $l=1,00[m]$
Epaisseur : $e=1,00[m]$

1.2 Propriétés du matériau

$E=31[GPa]$ module d'élasticité
$\nu=0.2$ coefficient de Poisson

Paramètres spécifiques au modèle BETON_UMLV :

$k_r^s=1,20E+5$ [MPa] partie sphérique : rigidité apparente associée au squelette formé par des blocs d'hydrates à l'échelle mésoscopique

$k_i^s=6,22E+4$ [MPa] partie sphérique : rigidité apparente associée intrinsèquement aux hydrates à l'échelle microscopique

$k_r^d=3,86E+4$ [MPa] partie déviatorique : rigidité associée à la capacité de l'eau adsorbée à transmettre des charges (*load bearing water*)

$\eta_r^s=2,21E+10$ [$MPa.s$] partie sphérique :viscosité apparente associée au mécanisme de diffusion au sein de la porosité capillaire

$\eta_i^s=4,16E+10$ [$MPa.s$] partie sphérique : viscosité apparente associée au mécanisme de diffusion interlamellaire

$\eta_r^d=6,19E+10$ [$MPa.s$] partie déviatorique :viscosité associée à l'eau adsorbée par les feuillets d'hydrates

$\eta_i^d=1,64E+12$ [$MPa.s$] partie déviatorique : viscosité de l'eau libre.

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

Paramètres spécifiques au modèle BETON_BURGER :

$k_r^s = 1{,}20E+5$ [MPa]	partie sphérique : rigidité apparente associée au domaine réversible des déformations différées
$\kappa = 10.0$	Norme des déformations irréversibles contrôlant la non linéarité appliquée sur le module des déformations à long terme
$k_r^d = 3{,}86E+4$ [MPa]	partie déviatorique : rigidité associée associée au domaine réversible des déformations différées
$\eta_r^s = 2{,}21E+10$ [$MPa.s$]	partie sphérique :viscosité apparente associée au domaine réversible des déformations différées
$\eta_i^s = 4{,}16E+10$ [$MPa.s$]	partie sphérique : viscosité apparente associée au mécanisme de diffusion irréversible
$\eta_r^d = 6{,}19E+10$ [$MPa.s$]	partie déviatorique :viscosité associée au domaine réversible des déformations différées
$\eta_i^d = 1{,}64E+12$ [$MPa.s$]	partie déviatorique : viscosité apparente associée au mécanisme de diffusion irréversible

1.3 Conditions aux limites et chargements

Dans cet essai, on crée un champ de séchage homogène et constant dans la structure.
Le chargement mécanique correspond à un cisaillement dans la plan xz ; son intensité est de $10\ [MPa]$. La charge est appliquée en $1\mathrm{s}$ et est maintenue constante pendant 750 jours.

1.4 Conditions initiales

Le début du calcul est supposé l'instant –1. A cet instant il n'y a ni champ de séchage, ni contrainte mécanique.

A l'instant 0, on applique un champ de séchage correspondant à $100\ \%$ d'hygrométrie.

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

La solution analytique repose sur la résolution des deux équations différentielles qui gouvernent la partie déviatorique du comportement (cf. [R7.01.06] et [R7.01.35]). Le choix du paramètre κ à une valeur très grande assure une équivalence entre les deux modèles pour le chargement appliqué.

Les contraintes déviatoriques sont à l'origine d'un mécanisme de glissement (ou mécanisme de quasi dislocation) des feuillets de CSH dans la nano-porosité. Sous contrainte déviatorique, le fluage s'effectue à volume constant. Par ailleurs, la loi de fluage UMLV suppose l'isotropie du fluage déviatorique. Phénoménologiquement, le mécanisme de glissement comporte une contribution réversible viscoélastique de l'eau fortement adsorbée aux feuillets de CSH et une contribution irréversible visqueuse de l'eau libre :

$$\underbrace{\underline{\underline{\varepsilon}}^{fd}}_{\substack{\text{déformation}\\ \text{déviatorique}\\ \text{totale}}} = \underbrace{\underline{\underline{\varepsilon}}^{fd}_r}_{\substack{\text{contribution}\\ \text{eau}\\ \text{absobée}}} + \underbrace{\underline{\underline{\varepsilon}}^{fd}_i}_{\substack{\text{contribution}\\ \text{eau}\\ \text{libre}}} \qquad \text{éq 2.1-1}$$

La $j^{ème}$ composante principale de la déformation déviatorique totale est régie par les équations [éq 2.1-2] et [éq 2.1- 3] :

$$\eta_r^d \dot{\varepsilon}_r^{d,j} + k_r^d \varepsilon_r^{d,j} = h \cdot \sigma^{d,j} \qquad \text{éq 2.1-2}$$

où k_r^d désigne la rigidité associée à la capacité de l'eau adsorbée à transmettre des charges (*load bearing water*) ;
et η_r^d la viscosité associée à l'eau adsorbée par les feuillets d'hydrates.

$$\eta_i^d \dot{\varepsilon}_i^{d,j} = h \cdot \sigma^{d,j} \qquad \text{éq 2.1-3}$$

où η_i^d désigne la viscosité de l'eau libre.

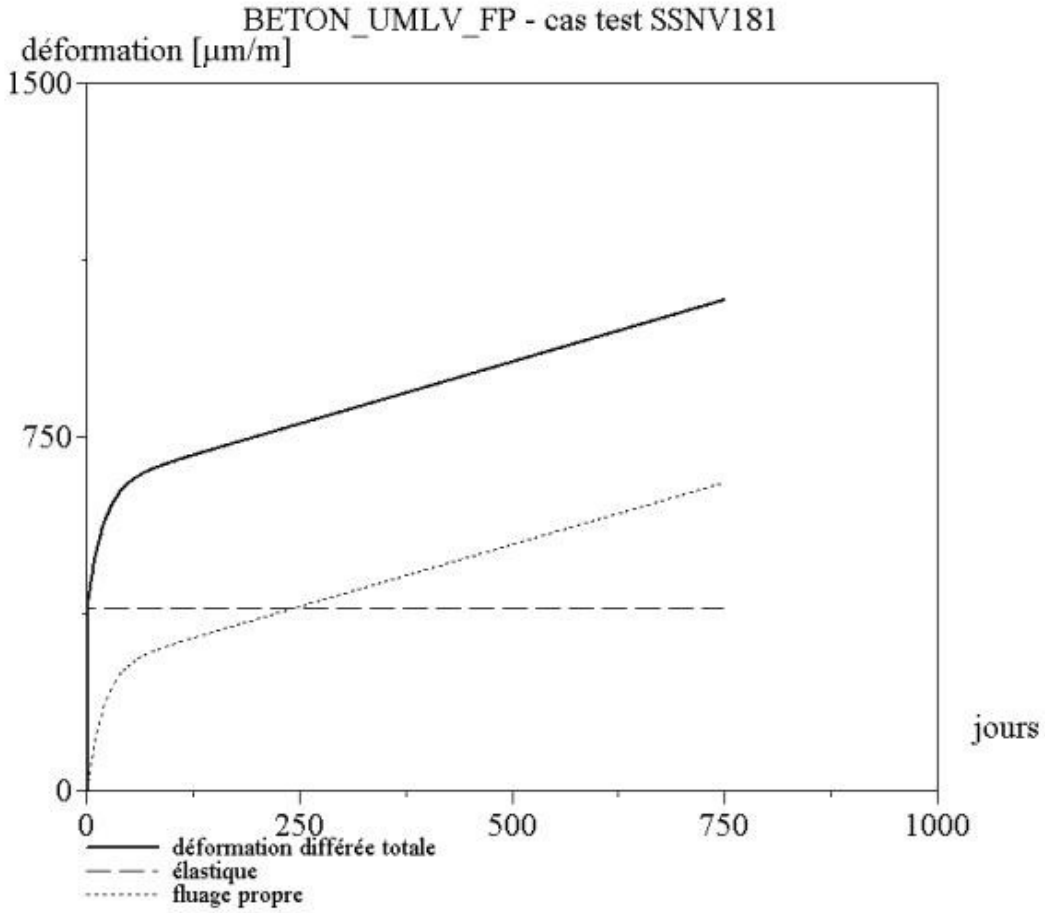
Dans le cas d'un échelon de contrainte σ_{xz}, la déformation de fluage déviatorique correspondante est immédiatement déduite :

$$\varepsilon_{xz}^f = \sigma_{xz} \cdot \left(\frac{t}{\eta_i^d} + \left(1 - e^{-\frac{k_i^d t}{\eta_i^d}} \right) \right) \qquad \text{éq 2.1-4}$$

Lorsqu'on ajoute la partie élastique, il suit que le déformation totale de cisaillement vaut :

$$\varepsilon_{xz}^f = \sigma_{xz} \cdot \left(\frac{1+\nu}{E} + \frac{t}{\eta_i^d} + \left(1 - e^{-\frac{k_i^d t}{\eta_i^d}} \right) \right) \qquad \text{éq 2.1-5}$$

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



2.2 Grandeurs et résultats de référence

L'essai est homogène. On teste la déformation en un nœud quelconque.

2.3 Incertitudes sur la solution

Solution analytique.

2.4 Références bibliographiques

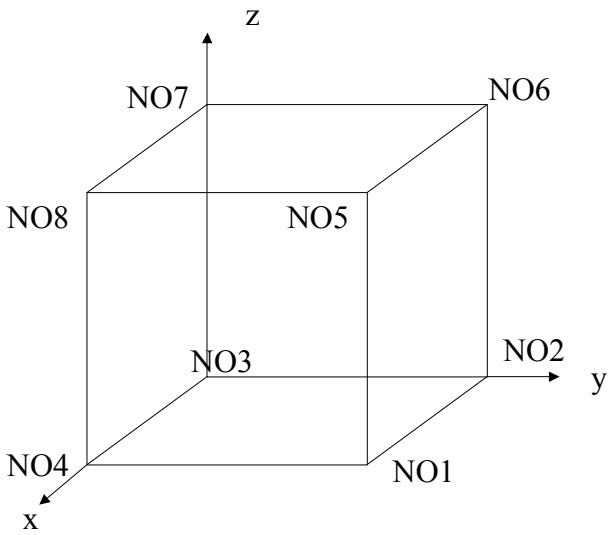
- Le PAPE Y. : Relation de comportement UMLV pour le fluage propre du béton, Documentation de Référence de *Code_Aster* [R7.01.06] 16 p (2002).
- FOUCAULT, A. : Relation de comportement BETON_BURGER, Documentation de Référence de Code-Aster [R7.01.35], 2011.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D



3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8
Nombre de mailles : 1 de type HEXA 8
6 de type QUAD 4

On définit les mailles suivantes :

S_ARR	*NO3 NO7 NO8 NO4*
S_AVT	*NO1 NO2 NO6 NO5*
S_DRT	*NO1 NO5 NO8 NO4*
S_GCH	*NO3 NO2 NO6 NO7*
S_INF	*NO1 NO2 NO3 NO4*
S_SUP	*NO5 NO6 NO7 NO8*

Les conditions aux limites en déplacement imposées sont :

Sur les nœuds $NO1$, $NO2$, $NO3$ et $NO4$: $DZ=0$
Sur les nœuds $NO3$, $NO7$, $NO8$ et $NO4$: $DY=0$
Sur les nœuds $NO2$, $NO6$, $NO7$ et $NO8$: $DX=0$

Le chargement est constitué du même champ de séchage et de la même force nodale 1/4 appliquée sur les quatre nœuds de S_SUP .

3.3 Grandeurs testées et résultats

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

La composante ε_{xz} au nœud $NO6$ a été testée.

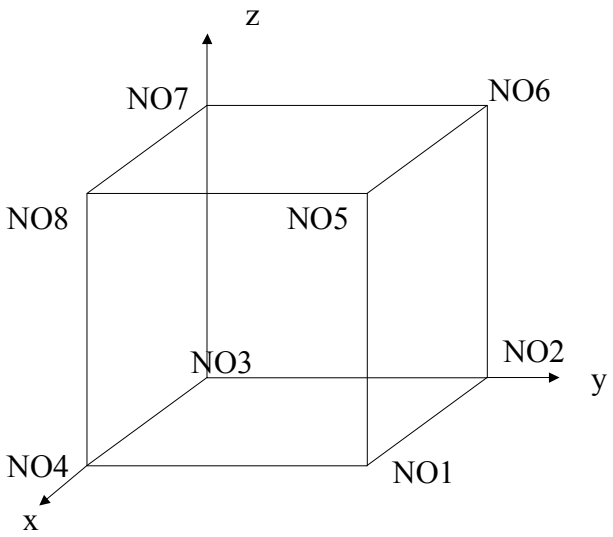
Instant	Type de Référence	Référence	% tolérance
64800	'ANALYTIQUE'	+3.975E-04	0.5
648000	'ANALYTIQUE'	+4.770E-04	0.5
6480000	'ANALYTIQUE'	+6.811E-04	0.5
64800000	'ANALYTIQUE'	+10.413E-04	0.5

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D



4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8
Nombre de mailles : 1 de type HEXA 8
6 de type QUAD 4

On définit les mailles suivantes :

S_ARR	*NO3 NO7 NO8 NO4*
S_AVT	*NO1 NO2 NO6 NO5*
S_DRT	*NO1 NO5 NO8 NO4*
S_GCH	*NO3 NO2 NO6 NO7*
S_INF	*NO1 NO2 NO3 NO4*
S_SUP	*NO5 NO6 NO7 NO8*

Les conditions aux limites en déplacement imposées sont :

Sur les nœuds $NO1$, $NO2$, $NO3$ et $NO4$: $DZ=0$
Sur les nœuds $NO3$, $NO7$, $NO8$ et $NO4$: $DY=0$
Sur les nœuds $NO2$, $NO6$, $NO7$ et $NO8$: $DX=0$

Le chargement est constitué du même champ de séchage et de la même force nodale 1/4 appliquée sur les quatre nœuds de S_SUP .

4.3 Grandeurs testées et résultats

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

La composante ε_{xz} au nœud $NO6$ a été testée.

Instant	Type de Référence	Référence	% tolérance
64800	'ANALYTIQUE'	+3.975E-04	0.5
648000	'ANALYTIQUE'	+4.770E-04	2
6480000	'ANALYTIQUE'	+6.811E-04	3
64800000	'ANALYTIQUE'	+10.413E-04	0.5

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

5 Synthèse des résultats

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

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