SSNV262 – Validation de la régularisation visqueuse REGU_VISC par simulation viscoélastique

Résumé :

Ce test a pour but de valider le modèle de comportement REGU_VISC_ELAS mobilisé par la régularisation visqueuse REGU_VISC de l'opérateur STAT_NON_LINE. Le problème admet une solution de référence dans le cas viscoélastique.

Le problème est mis en œuvre :
- en 3D dans la modélisation A
- en D_PLAN dans la modélisation B

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Il s'agit d'un point matériel, traité par SIMU_POINT_MAT en 3D ou en D_PLAN selon la modélisation.

1.2 Propriétés du matériau

Le matériau obéit à la loi de comportement élastique, à laquelle on superpose la régularisation visqueuse. Les paramètres du comportement valent :

$E=200\,000\,\mathrm{MPa}$	Module d'Young
$\nu=0.3$	Coefficient de Poisson
$k=100\,000\,\mathrm{MPa}$	Rigidité de la régularisation visqueuse
$\tau=10\,\mathrm{s}$	Temps caractéristique de la régularisation visqueuse

1.3 Conditions aux limites et chargements

Il s'agit d'une sollicitation en un point matériel (SIMU_POINT_MAT). Toutes les composantes de déformation sont imposées ; elles sont toutes nulles à l'exception de EPXX . O n prescrit un taux de déformation $\dot{\varepsilon}_{xx}=10^{-3}\,\mathrm{s}^{-1}$ pendant 20 s, jusqu'à atteindre une déformation de 2 %.

1.4 Conditions initiales

Il s'agit de l'état naturel, tous les champs sont nuls .

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

Ce problème admet une solution analytique. On s'inspire très largement des résultats de [Lorentz, Drouet, Hamon, 2020].

Dans le cas d'un chargement uniaxial confiné, la relation de comportement élastique se réduit à :

$$\sigma^e = E_c \varepsilon \quad ; \quad E_c = \lambda + 2\mu \quad ; \quad \lambda = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)} \quad ; \quad 2\mu = \frac{E}{1+\nu}$$

où on omet dorénavant les indices xx . Quant à la contrainte visqueuse, elle est régie par l'équation différentielle suivante :

$$\dot{\sigma}^v + \frac{1}{\tau}\sigma^v = k\tau\dot{\varepsilon} \quad ; \quad \sigma^v(0) = 0$$

Comme le second membre est constant, elle admet la solution suivante :

$$\sigma^v(t) = k\tau\dot{\varepsilon}\left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right]$$

Et donc la contrainte tenant compte de la régularisation visqueuse vaut :

$$\sigma = \sigma^e + \sigma^v = E_c\dot{\varepsilon}\,t + k\tau\dot{\varepsilon}\left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right]$$

Dans la direction transverse, la contrainte visqueuse est nulle, si bien que la contrainte se réduit à la contrainte élastique :

$$\sigma_{yy} = \lambda\varepsilon$$

On peut en déduire aisément l'énergie stockée dans la branche viscoélastique :

$$VISCELAS = \frac{1}{2k}\sigma^{v2}$$

Ainsi que l'énergie dissipée par la branche viscoélastique en intégrant la dissipation :

$$VISCDISS = k\tau^2\dot{\varepsilon}^2\left[\frac{t}{\tau} + 2\exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) - \frac{1}{2}\exp\left(-2\frac{t}{\tau}\right) - \frac{3}{2}\right]$$

2.2 Résultats de référence

On s'assurera q u'à $t = 20\,\mathrm{s}$, la contrainte axiale et transverse ainsi que la contrainte visqueuse, l'énergie stockée et l'énergie dissipée dans la branche visqueuse correspondent bien aux résultats analytiques .

2.3 Incertitudes sur la solution

Néant.

2.4 Références bibliographiques

Lorentz E., Drouet G. Hamon F. (2020) . CIWAP3 / lot SA – Stabilisation numérique d'un modèle de comportement adoucissant par régularisation viscoélastique. Note interne EDF R&D 6125-1724-2020-01606-FR.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit d'une modélisation 3D à l'échelle d'un point matériel (SIMU_POINT_MAT).

3.2 Caractéristiques du maillage

Néant.

3.3 Grandeurs testées et résultats de la modélisation A

L'intervalle de temps est subdivisé en 100 pas de temps pour permettre un calcul suffisamment précis de l'énergie dissipée (de sorte à garder une tolérance faible pour le cas-test).

Identification	Référence	Type	Tolérance
SIXX	$6.249\times10^{9}\,\mathrm{Pa}$	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-4}
SIYY	$2.308\times10^{9}\,\mathrm{Pa}$	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-4}
V 3 (S IVXX)	$0.864\times10^{9}\,\mathrm{Pa}$	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-4}
V 9 (VISC ELAS)	$3.738\times10^{6}\,\mathrm{Pa}$	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-4}
V 10 (VISC DISS)	$7.615\times10^{6}\,\mathrm{Pa}$	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-4}

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit d'une modélisation e n déformations planes à l'échelle d'un point matériel (SIMU_POINT_MAT).

4.2 Caractéristiques du maillage

Néant.

4.3 Grandeurs testées et résultats de la modélisation B

L'intervalle de temps est subdivisé en 100 pas de temps pour permettre un calcul suffisamment précis de l'énergie dissipée (de sorte à garder une tolérance faible pour le cas-test).

Identification	Référence	Type	Tolérance
SIXX	6.249×10^{9} Pa	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-4}
SIYY	2.308×10^{9} Pa	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-4}
V 3 (S IVXX)	0.864×10^{9} Pa	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-4}
V 9 (VISC ELAS)	3.738×10^{6} Pa	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-4}
V 10 (VISC DISS)	7.615×10^{6} Pa	ANALYTIQUE	RELATIF 10^{-4}

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

5 Synthèse des résultats

On note un très bon accord entre la modélisation et la solution de référence.

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