Titre: SSNV105 - Modèle BETON_GRANGER_V: essai de fluag[...]

Date: 19/07/2017 Page: 1/7 Responsable: BOTTONI Marina Clé: V6.04.105 Révision

ecdb02884617

SSNV105 - Modèle BETON GRANGER V: essai de fluage avec prise en compte de l'humidité relative et du vieillissement.

Résumé:

Ce cas-test de mécanique quasi-statique non linéaire simule un essai de fluage uniaxial. Il a pour objectif de valider la relation de comportement de « Granger », permettant de modéliser le fluage propre des bétons. Ce modèle permet de prendre en compte les effets de l'hygrométrie et du vieillissement.

Il s'agit d'un cas-test sur le point matériel, réalisés à l'aide de la commande SIMU POINT MAT. La contrainte appliquée est constante. On étudie séparément l'effet de l'hygrométrie et du vieillissement :

- ssnv105a : l'humidité relative décroît linéairement, le béton est non-vieillissant ;
- ssnv105b : l'humidité relative est constante et égale à la valeur de référence, le béton est vieillissant.

Les résultats obtenus par Code Aster sont comparés avec la solution analytique de référence.

Titre : SSNV105 - Modèle BETON_GRANGER_V : essai de fluag[...]

Responsable : BOTTONI Marina

Date : 19/07/2017 Page : 2/7 Clé : V6.04.105 Révision

ecdb02884617

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Le test est réalisé sur le point matériel, à l'aide de la commande SIMU POINT MAT.

1.2 Propriétés des matériaux

Elasticité isotrope (mot-clé ELAS_FO)

$$E=30000 MPa$$

 $v=0,2$
 $\alpha=10^{-5}$

Fonction de vieillissement (mot-clé v_BETON_GRANGER)

$$k(t_c) = \frac{28^{0.2} + 0.1}{t_c^{0.2} + 0.1}$$

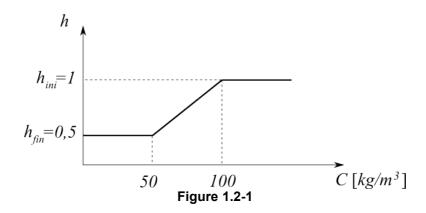
Fluage propre : propriétés des chaînes de Kelvin (mot-clé BETON_GRANGER)

$$\begin{array}{lll} J_1 = 1, 2 \cdot 10^{-7} MPa^{-1} & \tau_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ jours} \\ J_2 = 2, 6 \cdot 10^{-7} MPa^{-1} & \tau_2 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ jours} \\ J_3 = 2, 7 \cdot 10^{-6} MPa^{-1} & \tau_3 = 2 \cdot 10^{-1} \text{ jours} \\ J_4 = 2, 71 \cdot 10^{-6} MPa^{-1} & \tau_4 = 2 \text{ jours} \\ J_5 = 8, 08 \cdot 10^{-6} MPa^{-1} & \tau_5 = 2 \cdot 10 \text{ jours} \\ J_6 = 1, 808 \cdot 10^{-5} MPa^{-1} & \tau_6 = 2 \cdot 10^2 \text{ jours} \\ J_7 = 1, 901 \cdot 10^{-5} MPa^{-1} & \tau_7 = 2 \cdot 10^3 \text{ jours} \\ J_8 = 1, 139 \cdot 10^{-5} MPa^{-1} & \tau_8 = 2 \cdot 10^4 \text{ jours} \end{array}$$

Tableau 1.2-1

La fonction de désorption (à renseigner sous le mot-clé <code>ELAS_FO</code>) décrit l'allure de l'humidité relative h en fonction de la teneur en eau C (qui correspond à la variable de commande Code_Aster <code>SECH</code>).

- Pour la modélisation A, cette fonction est linéaire si $50\,kg/m^3 \le C \le 100\,kg/m^3$ et constante au dehors de ces bornes ; l'humidité varie entre la valeur initiale $h_0 = 1$ et la valeur finale $h_f = 0.5$ et , comme montré dans la Figure 1.2-1.
- Pour la modélisation B, elle est constante et égale à h=1 (ou 100%)



Titre: SSNV105 - Modèle BETON GRANGER V: essai de fluag[...]

Date: 19/07/2017 Page: 3/7 Clé: V6.04.105 Révision Responsable: BOTTONI Marina

ecdb02884617

1.3 Conditions aux limites et chargements

- Conditions aux limites en mécanique : traction uniaxiale. La contrainte imposée (composante SIZZ) est égale à $\sigma_{zz} = \sigma_0 = 10 \ MPa$. On maintient le chargement pendant 1
- Température : on impose uniformément sur la structure une température constante de $T=20\,^{\circ}C$, égale à la température de référence. De ce fait, le retrait thermique est nul.
- Teneur en eau :
 - \circ Pour la modélisation A, cette fonction a une allure linéaire. Elle vaut $C_0 = 100$ au temps initial $t_0 = 0$ et $C_f = 50$ au temps final $t_f = 365$ jours.
 - Pour la modélisation B, elle est constante et égale à $h=h_0=1$ (ou 100%)

Solution de référence 2

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Il s'agit d'un test $1\mathrm{D}$. La contrainte uniaxiale vaut : $\sigma = \sigma_0 \cdot H(t_0)$ où t_0 est l'instant de chargement. La fonction de Heavyside $H(t_0)$ permet d'appliquer le chargement instantanément.

On définit la contrainte équivalente $S(t) = h(t) \cdot \sigma(t)$. On a : $S_0 = S(t_0) = \sigma_0 \cdot h_0$.

On peut expliciter le saut initial de contrainte en écrivant la déformation de fluage de la manière suivante:

$$\varepsilon^{fl}(t) = S_0 J(t, t_0) + \int_{\tau = t_0}^{\tau = t} J(t, \tau) \dot{S} d\tau$$

2.1.1 Modélisation A

Dans la modélisation A, on a :

$$\bullet \quad \text{Pour } t > t_0^+ \text{ on a : } S(t) = \sigma_0 \left(h_0 + \left(h_f - h_0 \right) \frac{t - t_0}{t_f - t_0} \right) \text{ donc : } \dot{S} = \sigma_0 \frac{h_f - h_0}{t_f - t_0}$$

•
$$J(t, \tau) = \sum_{s=1}^{8} J_s \cdot \left(1 - \exp\left[-\frac{t - \tau}{\tau_s}\right]\right)$$

$$\varepsilon^{f}(t) = \sigma_0 h_0 J(t, t_0) + \int_{\tau = t_0}^{\tau = t} J(t, \tau) \sigma_0 \frac{h_f - h_0}{t_f - t_0} d\tau$$

En remplaçant $J(t,\tau)$ on a :

$$\varepsilon^{f}(t) = \sigma_0 h_0 J(t, t_0) + \sigma_0 \frac{h_f - h_0}{t_f - t_0} \sum_{s=1}^{8} J_s \int_{\tau = t_0}^{\tau = t} \left(1 - \exp\left[-\frac{t - \tau}{\tau_s} \right] \right) d\tau$$

Titre: SSNV105 - Modèle BETON GRANGER V: essai de fluag[...]

Date: 19/07/2017 Page: 4/7 Responsable: BOTTONI Marina Clé: V6.04.105 Révision

ecdb02884617

On obtient:

$$\begin{split} \varepsilon^{fl}(t) &= \sigma_0 h_0 \sum_{s=1}^8 J_s \bigg(1 - \exp\bigg[-\frac{t - t_0}{\tau_s} \bigg] \bigg) \\ &- \sigma_0 \frac{h_f - h_0}{t_f - t_0} \sum_{s=1}^8 \tau_s J_s \bigg(1 - \exp\bigg[-\frac{t - t_0}{\tau_s} \bigg] \bigg) + \sigma_0 \frac{h_f - h_0}{t_f - t_0} \bigg(\sum_{s=1}^8 J_s \bigg) \big(t - t_0 \big) \end{split}$$

La déformation totale se calcule comme la somme de la déformation de fluage et de la déformation élastique :

$$\varepsilon(t) = \varepsilon^{e}(t) + \varepsilon^{f}(t) = \frac{\sigma_{0}}{E} + \varepsilon^{f}(t)$$

2.1.2 Modélisation B

Dans la modélisation B, on a :

Pour $t > t_0^+$ on a : $S(t) = \sigma_0 h_0 = constante$ donc : $\dot{S} = 0$

•
$$J(t, \tau) = k(\tau) \sum_{s=1}^{8} J_s \cdot \left(1 - \exp\left[-\frac{t - \tau}{\tau_s}\right]\right)$$

On a donc:

$$\varepsilon^{f}(t) = \sigma_0 h_0 \sum_{s=1}^{8} k(t_0) J_s \cdot \left(1 - \exp \left[-\frac{t - t_0}{\tau_s} \right] \right)$$

La déformation totale vaut :

$$\varepsilon(t) = \varepsilon^{e}(t) + \varepsilon^{f}(t) = \frac{\sigma_{0}}{F} + \varepsilon^{f}(t)$$

2.2 Résultats de référence

On s'intéressera aux valeurs des déformations à 365 jours.

Titre: SSNV105 - Modèle BETON_GRANGER_V: essai de fluag[...]

Responsable : BOTTONI Marina Clé : V6.04.105 Ré

: V6.04.105 Révision ecdb02884617

Date: 19/07/2017 Page: 5/7

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit d'un test sur le point matériel.

L'humidité relative varie de manière linéaire sur l'intervalle de temps considéré dans l'étude : h_0 =1 au temps initial t_0 =0 et h_f =50 au temps final t_f =365 jours. Il n'y a pas de vieillissement.

3.2 Caractéristiques du maillage

Néant

3.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la valeur de la déformation longitudinale (dans la direction du chargement) ϵ_{zz}^{fl} à 365 jours.

Variables	Instant	Référence
$\epsilon_{zz}^{\mathit{fl}}$	31536000.0 sec (365 jours)	0.0005328650

Tableau 3.3-1

Titre: SSNV105 - Modèle BETON GRANGER V: essai de fluag[...]

Date: 19/07/2017 Page: 6/7 Responsable: BOTTONI Marina Clé: V6.04.105 Révision

ecdb02884617

Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit d'un test sur le point matériel.

L'humidité relative est constante sur l'intervalle de temps considéré dans l'étude : $h_0 = 1$.

L'instant initiale du calcul est $t_0=0$, l'instant final est $t_f=365$ jours.

On prend en compte le vieillissement. Le matériau est chargé à trois âges différents : 2, 10 et 28 jours.

Afin de modifier l'âge de chargement, on initialise la variable interne correspondante (V55) dans ETAT INIT de STAT NON LINE.

4.2 Caractéristiques du maillage

Néant

4.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les valeurs de la déformation longitudinale ϵ_{zz}^{fl} aux numéros d'ordre correspondant à 365 jours.

Age au chargement	Variable testé	Instant	Référence
2	${f \epsilon}_{zz}^{fl}$	365 jours	0.0008647473
10	${f \epsilon}_{zz}^{fl}$	365 jours	0.0007271718
28	$\mathbf{\epsilon}^{fl}$	365 jours	0.0006574566

Tableau 4.3-1

Titre : SSNV105 - Modèle BETON_GRANGER_V : essai de fluag[...]

Responsable : BOTTONI Marina

Date : 19/07/2017 Page : 7/7 Clé : V6.04.105 Révision

Révision ecdb02884617

5 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus avec $Code_Aster$ sont proches de ceux de la solution de référence (écarts < $10^{-4}\%$)