

Manuel de Validation
Fascicule V6.03 : Statique non linéaire des systèmes plans
Document : V6.03.118

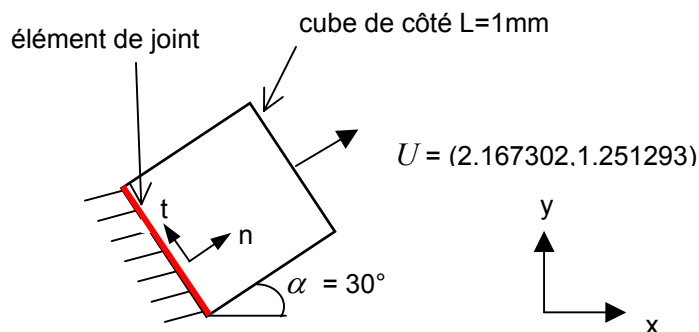
SSNP118 - Validation de l'élément de joint en 2D plan

Résumé :

Validation de l'élément de joint 2D plan avec une loi de comportement cohésive : CZM_EXP_REG et un pilotage de type prédiction élastique. Comparaison des résultats avec la solution analytique.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



1.2 Propriétés du matériau

Cube : élastique
 $E = 0.5 \text{ MPa}$,
 $\nu = 0$

Élément de joint : loi de comportement cohésive : CZM_EXP_REG avec :

ténacité : $G_c = 1 \text{ N/mm}$ (mot clé : GC)

contrainte critique : $\sigma_c = 1 \text{ MPa}$ (mot clé : SIGM_C)

pénalisation de l'adhérence $\text{PENA_ADHERENCE} = 10^{-3} \text{ mm}$ (mot clé : PENA_ADHERENCE)
(petit paramètre de régularisation de l'énergie en 0, voir [R7.02.11])

pénalisation du contact $\text{PENA_CONTACT} = 1$ (valeur par défaut) (mot clé : PENA_CONTACT)

1.3 Conditions aux limites et chargements

Déplacements imposés nuls sur la face gauche de l'élément de joint.
Déplacements imposés sur la face droite du cube.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

La loi de comportement cohésive : CZM_EXP_REG donne les relations entre la contrainte normale et tangentielle dans l'élément de joint et le saut dans l'élément :

le saut dans l'élément est noté : $\begin{bmatrix} u^{loc} \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \begin{bmatrix} u^{loc} \end{bmatrix}_n \\ \begin{bmatrix} u^{loc} \end{bmatrix}_t \end{pmatrix}$

$$\text{la contrainte dans l'élément : } \sigma^{loc} = \begin{pmatrix} \sigma_n^{loc} \\ \sigma_t^{loc} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sigma_c \frac{\begin{bmatrix} u^{loc} \end{bmatrix}_n}{\left\| \begin{bmatrix} u^{loc} \end{bmatrix} \right\|} e^{-\frac{\sigma_c}{G_c} \left\| \begin{bmatrix} u^{loc} \end{bmatrix} \right\|} \\ \sigma_c \frac{\begin{bmatrix} u^{loc} \end{bmatrix}_t}{\left\| \begin{bmatrix} u^{loc} \end{bmatrix} \right\|} e^{-\frac{\sigma_c}{G_c} \left\| \begin{bmatrix} u^{loc} \end{bmatrix} \right\|} \end{pmatrix}$$

on effectue un chargement normal : $\begin{pmatrix} U_n^{loc} \\ 0 \end{pmatrix}$ donc $\begin{bmatrix} u^{loc} \end{bmatrix}_t = 0$ et $\left\| \begin{bmatrix} u^{loc} \end{bmatrix} \right\| = \begin{bmatrix} u^{loc} \end{bmatrix}_n$ (si $\begin{bmatrix} u^{loc} \end{bmatrix}_n > 0$)

$$\text{D'où : } \sigma^{loc} = \begin{pmatrix} \sigma_c e^{-\frac{\sigma_c}{G_c} \begin{bmatrix} u^{loc} \end{bmatrix}_n} \\ 0 \end{pmatrix}$$

Et comme $U_n^{loc} = \begin{bmatrix} u^{loc} \end{bmatrix}_n + L \varepsilon_{elast}$

On a

$$U_n^{loc} = -(G_c / \sigma_c) \ln(\sigma_n^{loc} / \sigma_c) + \sigma_n^{loc} L / E \quad \text{éq 2.1-1}$$

Cette dernière relation est utilisée pour comparer les valeurs analytiques aux résultats numériques.

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Dans le repère local de l'élément on a :

$$U^{loc} = R^t U$$

$$\sigma^{loc} = R^t \sigma R$$

$$\text{avec } R = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \text{ et } \alpha = 30^\circ$$

On vérifie que pour un chargement $U = (2.167302, 1.251293)$ on a une contrainte $\sigma_{XX} = 0.075$

sachant que $U^{loc} = (2.502585, 0)$ et $\sigma^{loc} = \begin{pmatrix} 0.1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$ vérifient [éq 2.1-1].

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation en déformations planes pour le cube de côté 1.
Modélisation plan fissure (mot clé `PLAN_JOINT`) pour l'élément de joint.

Le cube est un QUAD4.
L'élément de joint est un QUAD4 dégénéré (nœuds confondus).

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 6
Nombre et type de mailles : 2 QUAD4.

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes

STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION	CZM_EXP_REG
	PILOTAGE	PRED ELAS	
AFFE_MODELE	MODELISATION	PLAN_JOINT	
DEFI_MATERIAU	RUPT_FRAG	SIGM_C	
		PENA_ADHERENCE	

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Grandeurs testées et résultats

Grandeur testée	Théorie	Code_Aster	Différence (%)
σ_{xx} dans l'élément	7.5E-02	7.49999794404E-02	2.74E-05

4.2 Remarques

- La loi de comportement de l'élément de joint est donnée localement (repère (n, t)), les calculs du système sont effectués dans le repère global (x, y). Le changement de base a été pris en compte dans les calculs. Le cas test a été développé avec une rotation de 30° dans le but de valider ce changement de base.
- Le pilotage a été testé, on arrive à suivre la branche instable de la courbe globale (force, déplacement imposé).

5 Synthèse des résultats

Les résultats numériques sont en accord avec la théorie.