SSNP139 – Fissuration d'une poutre DCB avec un modèle cohésif

Résumé :

Ce test permet de modéliser la propagation d'une fissure rectiligne dans une poutre DCB (Double Cantilever Beam) bidimensionnelle avec les éléments finis d'interface (modélisation PLAN_INTERFACE) et de joint (modélisation PLAN_JOINT).

Modélisation A : Loi cohésive CZM_OUV_MIX , propagation par rupture fragile en présence de plasticité et test de la commande POST_CZM_FISS (OPTION = 'LONGUEUR') avec un matériau élastique.

Modélisation B : Loi cohésive CZM_FAT_MIX , propagation par fatigue en présence de plasticité

Modélisation C : Loi cohésive CZM_LIN_REG, propagation par rupture fragile avec un comportement élastique et test de la commande POST_CZM_FISS (OPTION = 'LONGUEUR').

La numérotation locale *ad hoc* des éléments cohésifs est assurée par la commande MODI_MAILLAGE et le mot clé ORIE_FISSURE.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie et chargement

Soit une poutre DCB possédant une fissure initiale de longueur a_0, soumise à un déplacement imposé U à une extrémité.

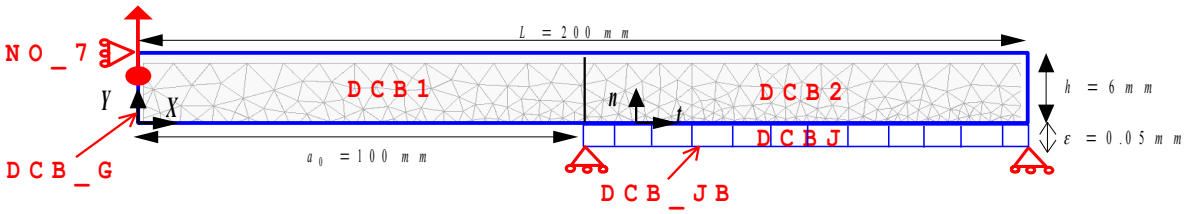


Figure 1.1-a : Schéma de la poutre DCB, conditions aux limites et chargement.

Les éléments finis cohésifs d'interface sont disposés le long de l'axe de symétrie de la poutre dans le prolongement de la fissure initiale. La poutre DCB est maillée avec des éléments triangulaires quadratiques, elle a un comportement élasto-plastique avec écrouissage linéaire isotrope. La symétrie du problème permet d'effectuer les calculs sur la moitié de la poutre, la fissure est sollicitée en mode I pur, voir figure 1.1-a.

Les conditions aux limites sont les suivantes :

- Déplacement imposé U : DY imposé sur la face DCB_G
- Condition de symétrie : $DY=0$ sur DCB_JB
- Blocage des mouvements de corps rigide : $DX=0$ sur NO_7

Pour les modélisation A et C le chargement est monotone, il croît de $DY=0$ à $DY=3.5\,mm$ de l'instant 0 à l'instant 10.

Pour la modélisation B le chargement est cyclique en dents de scie (sommets aux instants impairs : 1, 3 et 5 et creux aux instants pairs : 2 et 4). L'amplitude du chargement est de $0.4\,mm$ et le rapport de charge est nul.

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

2 Solution de référence

En élasticité la solution poutre approchée (valable si $h \ll L$) relie la complaisance $C = U / F$ (déplacement imposé sur résultante de la force) à la longueur de fissure a , à la géométrie et au module d'Young E :

$$a = \left(3\mathrm{C.E.I}\right)^{(1/3)}$$

avec I moment d'inertie de la poutre $I = Bh^3/12$, B l'épaisseur (unitaire en 2D) et h la demi-hauteur. On utilise cette solution dans les modélisations A et C pour valider l'option de post-traitement `OPTION = 'LONGUEUR'` de la macro-commande `POST_CZM_FISS` (calcul de la longueur de fissure cohésive).

Il n'y a pas de solution de référence pour le problème où la DCB a un comportement élastoplastique, on réalise des tests de non régression.

3 Paramètres matériau

Les valeurs du module d'Young, du coefficient de Poisson, de la contrainte seuil d'élasticité, du module plastique, de la contrainte critique et de la ténacité du matériau sont choisies de la façon suivante :

$E = 200000\,MPa$	$\nu = 0.3$
$S_y = 30\,MPa$	$E_{plas} = 3577\,MPa$
$\sigma_c = 35\,MPa$	$G_c = 0.259\,Mpa.mm$

Ce sont des valeurs « tests » qui ne correspondent à aucun matériau en particulier.

Remarque :

Le problème mécanique est symétrisé : on ne modélise que la moitié d'une fissure (une seule lèvre). Cette dernière dissipe une énergie deux fois moins importante qu'une fissure complète. Pour modéliser un matériau de ténacité donnée G_c , il est donc nécessaire d'effectuer la simulation avec une valeur de $G_c/2$.

Les paramètres numériques du modèle d'interface sont ceux proposés par défaut à l'utilisateur.

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

4 Modélisation A

4.1 Caractéristiques de la modélisation

La simulation de la propagation de fissure par rupture fragile est effectuée avec la modélisation PLAN_INTERFACE et la loi de comportement CZM_OUV_MIX pour les mailles cohésives.

Deux calculs sont réalisés.

- L'un avec des éléments volumiques, en déformations planes D_PLAN, et un comportement élasto-plastiques à écrouissage linéaire isotrope : loi VMIS_ISOT_LINE.
- L'autre avec des éléments volumiques en déformations planes D_PLAN et un comportement élastique.

Dans les deux calculs on calcule la longueur de la fissure cohésive avec la macro POST_CZM_FISS.

4.2 Caractéristiques du maillage

On réalise un maillage non structuré quadratique de la demi-poutre et de la fissure potentielle.
Éléments volumiques (DCB) : 8060 TRIA6
Éléments d'interface (trajet de fissure) : 500 QUAD8

4.3 Grandeurs testées et résultats

Pour le calcul élasto-plastique on effectue des tests de non régression. On teste F^R la résultante de la force correspondant au déplacement imposé U, ainsi que le saut de déplacement normal sur la première maille d'interface à s'ouvrir ($V7$ sur la maille $M9788$).

Pour le calcul élastique on effectue des tests de non régression et des tests pour valider l'option de post-traitement OPTION = 'LONGUEUR' de la macro-commande POST_CZM_FISS à partir de la solution analytique présentée en partie 2.

Grandeur testée	analytique
LONG_FIS à l'instant 10	110.2

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

5 Modélisation B

5.1 Caractéristiques de la modélisation

La simulation de la propagation de fissure par fatigue est effectuée avec la modélisation PLAN_INTERFACE et la loi de comportement CZM_FAT_MIX pour les mailles cohésives. Les éléments volumiques, en déformations planes D_PLAN, sont élastoplastiques à écrouissage linéaire isotrope, loi VMIS_ISOT_LINE.

5.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est identique à celui de la modélisation A.

5.3 Grandeurs testées et résultats

On effectue des tests de non régression. On teste F^R la résultante de la force correspondant au déplacement imposé U, le déplacement à un sommet du chargement, ainsi que le saut de déplacement normal sur la première maille d'interface à s'ouvrir ($V7$ sur la maille $M9788$).

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

6 Modélisation C

6.1 Caractéristiques de la modélisation

La simulation de la propagation de fissure par rupture fragile est effectuée avec la modélisation PLAN_JOINT et la loi de comportement CZM_LIN_REG pour les mailles cohésives. Les éléments volumiques en déformations planes D_PLAN ont un comportement élastique.

La longueur de la fissure cohésive est calculée avec la macro POST_CZM_FISS.

6.2 Caractéristiques du maillage

On réalise un maillage non structuré linéaire de la demi-poutre et de la fissure potentielle.
Éléments volumiques (DCB) : 8060 TRIA3
Éléments de joint (trajet de fissure) : 500 QUAD4

6.3 Grandeurs testées et résultats

On effectue des tests de non régression sur la réponse mécanique ainsi qu'un test our valider l'option de post-traitement OPTION = 'LONGUEUR' de la macro-commande POST_CZM_FISS à partir de la solution analytique présentée en partie 2.

Grandeur testée	analytique
LONG_FIS à l'instant 10	110.2

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

7 Synthèse des résultats

Les modèle cohésifs de joint et d'interface permettent de simuler qualitativement la propagation de fissure en rupture fragile ou fatigue avec ou sans plasticité. L'introduction d'une non linéarité matériau perturbe faiblement la convergence des calculs. Le temps nécessaire est un peu plus long que pour un matériau linéaire.

Il faut toutefois prendre certaines précautions lors de l'utilisation des deux types de non linéarité (CZM et plasticité) simultanément. On conseille de se reporter à la documentation d'utilisation des modèles cohésifs U2.05.07.

Ce test permet par ailleurs de valider l'option de post-traitement `OPTION = 'LONGUEUR'` de la macro-commande `POST_CZM_FISS` en 2D sur une solution analytique approchée.

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