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

Résumé :

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

Modélisation A : Loi cohésive CZM_OUV_MIX , propagation par rupture fragile en présence de plasticité
Modélisation B : Loi cohésive CZM_FAT_MIX , propagation par fatigue en présence de plasticité

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

Copyright 2015 EDF R&D - 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.

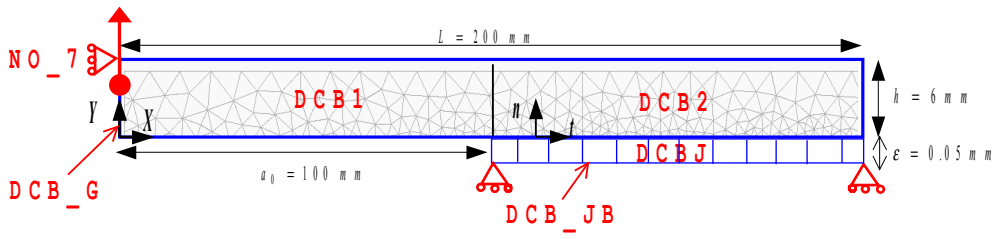

Figure 1.1-a : Schéma de la poutre DCB, conditions aux limites et chargement.

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 élastoplastique 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 la modélisation A 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.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

Il n'y a pas de solution de référence pour ce problème, 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.

Copyright 2015 EDF R&D - 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 en présence de plasticité est effectuée avec la modélisation PLAN_INTERFACE et la loi de comportement CZM_OUV_MIX pour les mailles cohésives. Les éléments volumiques, en déformations planes D_PLAN, sont élastoplastiques à écrouissage linéaire isotrope : loi VMIS_ISOT_LINE.

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

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 $M9788$).

Grandeur testée	*Code_Aster*
F^R à l'instant 3	3.7160114004283D+00
F^R à l'instant 5	4.0367141086100D+00
F^R à l'instant 10	4.5900151235115D+00
$V7$ sur $M9788$ à l'instant 10	3.87055D-03

Copyright 2015 EDF R&D - 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 $M9788$).

Grandeur testée	*Code_Aster*
F^R à l'instant 3	3.1612780004784D+00
F^R à l'instant 5	3.1586454525417D+00
U à l'instant 5	4.0000000000000D-01
$V7$ sur $M9788$ à l'instant 5	6.20331E-05

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6 Synthèse des résultats

Le modèle cohésif d'interface permet de simuler qualitativement la propagation de fissure en rupture fragile ou fatigue en présence de 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.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)