SSLP318 - Propagation d'une fissure X-FEM non débouchante sollicitée en mode I

Résumé :

Le but de ce test est de vérifier que l'opérateur PROPA_FISS traite correctement les cas de multi-fissuration.
Il s'agit d'une plaque $2D$ contenant une seule fissure composée de deux fonds de fissure. Plusieurs propagations sont calculées par l'opérateur PROPA_FISS. On vérifie que les facteurs d'intensité des contraintes de la fissure propagée sont corrects pour une propagation en mode I .

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

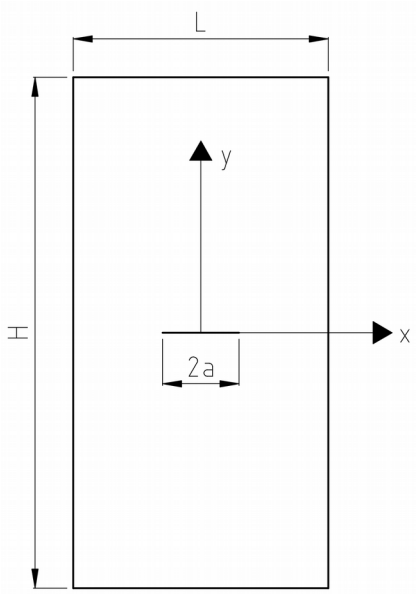


Figure 1.1-a: géométrie de la plaque fissurée

Dimensions géométriques de la plaque fissurée:

largeur $L=1000\,mm$
hauteur $H=2000\,mm$

Longueur initiale de la fissure: $2a_0=300\,mm$.
La fissure est positionnée au milieu de la hauteur de la plaque ($H/2$).

1.2 Propriétés du matériau

Module de Young $E=206000\,MPa$
Coefficient de Poisson $\nu=0.33$

1.3 Conditions aux limites et chargements

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

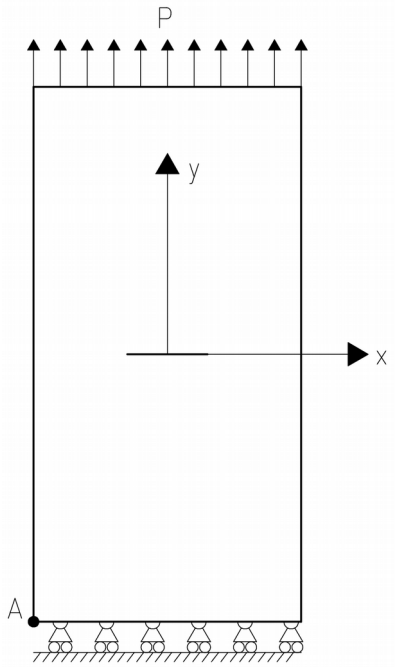


Figure 1.3-a: conditions aux limites et chargements

Conditions aux limites :

Point A : $\Delta X = \Delta Y = 0$

Points de l'extrémité inférieure de la plaque: $\Delta Y = 0$

Chargement :

Pression appliquée à l'extrémité supérieure de la plaque: $P = 1\ MPa$

Trois propagations sont calculées en imposant une avance de la fissure égale à $30\ mm$ au niveau de chacun des fonds de fissure. En conséquence de la symétrie de la géométrie, des conditions aux limites et du chargement, les avances des deux fonds de la fissure sont toujours égales à l'avance imposée.

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

Trois propagations de la fissure sont calculées. Les deux fonds de la fissure avancent toujours de la même distance et leurs facteurs d'intensité des contraintes sont toujours égaux entre eux.
On peut calculer les facteurs d'intensité des contraintes en utilisant les équations suivantes [bib1]:

$$K_I = -P \cdot \sqrt{\pi \cdot a \cdot \left(\cos\left(\frac{\pi a}{L} \right) \right)^{-1}}$$

$$K_{II} = 0$$

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Pour les trois propagations calculées dans les tests, la demi-longueur de la fissure est la suivante:

Propagation	a [mm]
1	180.0
2	210.0
3	240.0

Tableau 2.1

La valeur du K_I attendue est donc la suivante pour chaque fond propagé:

Propagation	K_I [$Pa\sqrt{mm}$]
1	2.2997E+07
2	2.5878E+07
3	2.8894E+07

Tableau 2.2

La valeur du K_{II} attendue est toujours égale à zéro.

2.3 Bibliographie

[1] D.Broek, « Elementary engineering fracture mechanics », Martinus Nijhoff Publishers, The Hague, The Netherlands, 1982

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La méthode UPWIND est utilisée par PROPA_FISS pour résoudre les équations de propagation de la fissure.
Aucune grille auxiliaire n'est utilisée. Cela est possible parce que le maillage de la structure est très régulier.

3.2 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage composé de 1440 éléments QUAD4 (voir Figure 3.2-a).

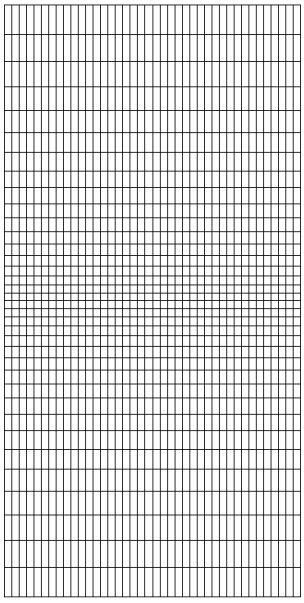


Figure 3.2-a: maillage de la structure

Le maillage est très grossier pour réduire le temps de calcul. Il est plus raffiné dans la zone de propagation de la fissure. Dans cette zone la dimension des éléments est de $25 \times 25\, mm$. Le plus grand élément utilisé a une dimension égale à $25 \times 100\, mm$.

3.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les valeurs de K_I et K_{II} pour les deux fonds de la fissure après chaque propagation. Pour vérifier si ces valeurs sont correctes, on utilise une tolérance relative égale à 5% pour les valeurs de K_I . Par contre, pour vérifier si la valeur de K_{II} est nulle, on utilise une tolérance absolue (valeur de seuil) liée à la valeur de K_I : on considère que K_{II} est nulle si sa valeur est inférieure à 1% de la valeur de K_I . En effet, dans ce cas on peut négliger la valeur de K_{II} .
On teste la valeur maximale de K_I et K_{II} entre les deux fonds de la fissure.

Propagation	K_I référence [$Pa\sqrt{mm}$]	Tolérance [%]
1	2.2997E+07	5.0
2	2.5878E+07	5.0
3	2.8894E+07	5.0

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

Propagation	Max K_{II} [$Pa\sqrt{mm}$]	K_I référence [$Pa\sqrt{mm}$]	K_{II} seuil [$Pa\sqrt{mm}$]
1	7.4881E+03	2.2997E+07	2.2997E+05
2	4.0283E+03	2.5878E+07	2.5878E+05
3	2.0639E+04	2.8894E+07	2.8894E+05

3.4 Remarques

Toutes les valeurs testées sont dans les tolérances utilisées. Cela signifie que la méthode UPWIND calcule correctement à la fois la position des deux fonds de la fissure et les level sets.
L'erreur obtenue sur les valeurs de K_I est presque nulle et les valeurs de K_{II} sont toujours de l'ordre de 0.1% des valeurs de K_I . Les résultats obtenus sont donc très satisfaisants.

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

La méthode SIMPLEXE est utilisée par PROPA_FISS pour résoudre les équations de propagation de la fissure. **Aucune grille auxiliaire** n'est utilisée.

4.2 Caractéristiques du maillage

On utilise le même maillage que celui de la modélisation A.

4.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les valeurs de K_I et K_{II} pour les deux fonds de la fissure après chaque propagation. Pour vérifier si ces valeurs sont correctes, on utilise une tolérance relative égale à 5% pour les valeurs de K_I . Par contre, pour vérifier si la valeur de K_{II} est nulle, on utilise une tolérance absolue (valeur de seuil) liée à la valeur de K_I : on considère que K_{II} est nulle si sa valeur est inférieure à 1% de la valeur de K_I . En effet, dans ce cas on peut négliger la valeur de K_{II} .
On teste la valeur maximale de K_I et K_{II} entre les deux fonds de la fissure.

Propagation	Max K_I [$Pa\sqrt{mm}$]	K_I référence [$Pa\sqrt{mm}$]	Tolérance [%]
1	2.2914E+07	2.2997E+07	5.0
2	2.5803E+07	2.5878E+07	5.0
3	2.8809E+07	2.8894E+07	5.0

Propagation	Max K_{II} [$Pa\sqrt{mm}$]	K_I référence [$Pa\sqrt{mm}$]	K_{II} seuil [$Pa\sqrt{mm}$]
1	7.4881E+03	2.2997E+07	2.2997E+05
2	4.028E+03	2.5878E+07	2.5878E+05
3	2.0639E+04	2.8894E+07	2.8894E+05

4.4 Remarques

Toutes les valeurs testées sont dans les tolérances utilisées. Cela signifie que la méthode SIMPLEXE calcule correctement à la fois la position des deux fonds de fissure et les level sets.
L'erreur obtenue sur les valeurs de K_I est presque nulle et les valeurs de K_{II} sont toujours de l'ordre de 0.1% des valeurs de K_I . Les résultats obtenus sont donc très satisfaisants.

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

La méthode GEOMETRIQUE est utilisée par PROPA_FISS pour résoudre les équations de propagation de la fissure. **Aucune grille auxiliaire** n'est utilisée.

5.2 Caractéristiques du maillage

On utilise le même maillage que celui de la modélisation A.

5.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les valeurs de K_I et K_{II} pour les deux fonds de la fissure après chaque propagation. Pour vérifier si ces valeurs sont correctes, on utilise une tolérance relative égale à 5% pour les valeurs de K_I . Par contre, pour vérifier si la valeur de K_{II} est nulle, on utilise une tolérance absolue (valeur de seuil) liée à la valeur de K_I : on considère que K_{II} est nulle si sa valeur est inférieure à 1% de la valeur de K_I . En effet, dans ce cas on peut négliger la valeur de K_{II} .
On teste la valeur maximale de K_I et K_{II} entre les deux fonds de la fissure.

Propagation	Max K_I [$Pa\sqrt{mm}$]	K_I référence [$Pa\sqrt{mm}$]	Tolérance [%]
1	2.2914E+07	2.2997E+07	5.0
2	2.5803E+07	2.5878E+07	5.0
3	2.8809E+07	2.8894E+07	5.0

Propagation	Max K_{II} [$Pa\sqrt{mm}$]	K_I référence [$Pa\sqrt{mm}$]	K_{II} seuil [$Pa\sqrt{mm}$]
1	7.4881E+03	2.2997E+07	2.2997E+05
2	4.1930E+03	2.5878E+07	2.5878E+05
3	5.1550E+03	2.8894E+07	2.8894E+05

5.4 Remarques

Toutes les valeurs testées sont dans les tolérances utilisées. Cela signifie que la méthode GEOMETRIQUE calcule correctement à la fois la position des deux fonds de fissure et les level sets.
L'erreur obtenue sur les valeurs de K_I est presque nulle et les valeurs de K_{II} sont toujours de l'ordre de 0.1% des valeurs de K_I . Les résultats obtenus sont donc très satisfaisants.

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

6 Synthèse des résultats

Toutes les méthodes utilisées (UPWIND, SIMPLEXE, GEOMETRIQUE) ont permis de bien calculer la position d'une fissure formée par deux fonds et propageant en mode I . Les facteurs d'intensité des contraints ont été calculés correctement et les méthodes utilisées calculent correctement les level sets à chaque propagation.

Les résultats obtenus permettent de valider l'implémentation de la multi-fissuration (cas d'une seule fissure avec plusieurs fonds) dans l'opérateur PROPA_FISS.

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