SSNS110 – Extraction d'une nappe d'armature représentée par une membrane

Résumé :

L'objectif de ce test est de valider la modélisation de la décohésion d'une nappe d'armature. Celle-ci est représentée par une membrane, reliée au volume environnant par une loi d'interface. On compare cette modélisation à une modélisation de référence dans laquelle les barres d'acier sont modélisées en 3D.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

On considère une plaque en béton armé, comportant deux nappes d'armature perpendiculaires en son sein. Cette plaque est maintenue à une extrémité, et l'on applique une force sur la section des barres d'acier à l'autre extrémité.

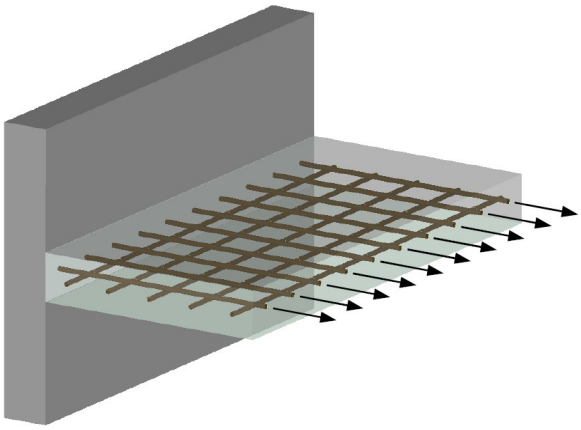


Figure 1: Extraction d'une nappe d'armature hors d'une plaque en béton armé.

Pour limiter le coût de calcul, on ne modélise qu'un tronçon de plaque, aux bords duquel on impose des conditions de périodicité. Les dimensions de la plaque et des armatures sont indiquées sur la Figure 2.

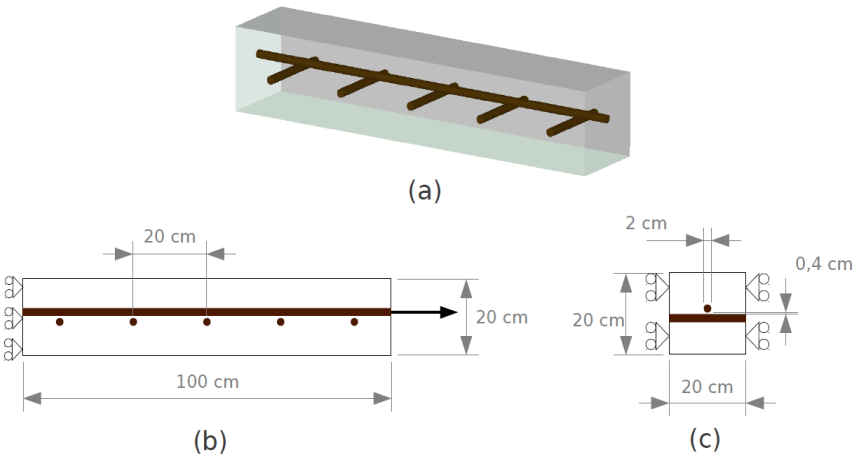


Figure 2: Dimensions du tronçon de plaque modélisé. (a) Vue générale ; (b) vue longitudinale ; (c) coupe du tronçon modélisé.

On représente les deux nappes d'armature par un modèle de membrane relié au volume de béton par une loi d'interface. Ceci permet de beaucoup limiter le coût de calcul (voir Figure 3).

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

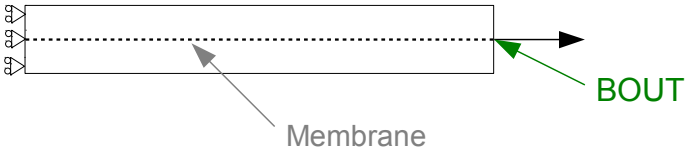


Figure 3: Représentation des nappes d'armature par une membrane

1.2 Propriétés des matériaux

Le béton a un comportement élastique homogène isotrope, caractérisé par le module d'Young et le coefficient de Poisson indiqués ci-dessous :

$$\begin{cases} E_B = 30 \text{ GPa} \\ \nu_B = 0.22 \end{cases}$$

Le module d'Young de l'acier vaut $E_A = 200 \text{ GPa}$, l'espacement entre les barres d'acier $e = 20 \text{ cm}$ et le diamètre des barres $d = 2 \text{ cm}$.

Le comportement de la liaison acier-béton est de type CZM_LAB_MIX, avec les paramètres suivants :

Grandeur	Valeur
σ_C	10 MPa
δ_C	1 mm
α	0.7
β	1

1.3 Conditions aux limites et chargements

Les conditions limite appliquées sur la plaque sont indiquées ci-dessous, correspondant aux conditions limite en bout de plaque, aux conditions de périodicité et à la force exercée sur les armatures :

$$\begin{cases} u_Y = 0 \text{ sur A_FOND et B_FOND} \\ u_Z = 0 \text{ sur A_FOND} \\ u_X = 0 \text{ sur A_GAUC et B_GAUC} \\ u_X = 0 \text{ sur A_DROI et B_DROI} \\ F_Y = -\dfrac{9810.T}{e} \text{ sur BOUT} \end{cases}$$

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

Ce problème n'admet pas de solution analytique exacte. La solution de référence est donc obtenue par une modélisation tridimensionnelle fine, détaillée dans la référence [1].

2.2 Grandeurs et résultats de référence

On précise ci-dessous le déplacement horizontal de l'acier mesuré en bout de plaque, pour deux niveaux de chargement différents.

Grandeur	Composante	Instant	Solution de référence
DEPL – BOUT	DY	5	-140.367141312E-6
		10	-318.457920376E-6

2.3 Références bibliographiques

[1] DAVID M. , Approche multi-échelle du comportement mécanique des structures en béton armé – Application aux enceintes de confinement des centrales nucléaires . Thèse de doctorat

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise un modèle appelé « modèle de grille avec décohésion » pour représenter la nappe d'armature (cf. référence [1]). Le comportement mécanique de la nappe est représenté par un modèle de membrane, dont les coefficients sont calculés analytiquement :

$$M_{LLLL} = M_{TTTT} = E_A \frac{\pi d^2}{4e}$$

Les autres coefficients de rigidité de la membrane sont tous nuls. Ce modèle de membrane est donc équivalent à deux modèles de grille d'orientation orthogonale.

Par ailleurs, cette membrane est reliée au volume environnant par un loi d'interface de type CZM_LAB_MIX , qui autorise le glissement de la membrane dans la direction (Oy) . Les paramètres de cette loi d'interface sont les mêmes que ceux indiqués au paragraphe 1.2 , exception faite de la contrainte critique qui s'écrit sous la forme :

$$\sigma_C = \frac{2\pi d}{e} \times 10 \text{ MPa}$$

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage comporte 4 505 nœuds, 2 543 tétraèdres quadratiques (TETRA10) pour modéliser le béton, 162 pentaèdres quadratiques dégénérés (PENTA15) pour représenter l'interface acier-béton, et 162 triangles quadratiques (TRIA6) pour représenter la nappe d'armature.

3.3 Grandeurs testées et résultats

On compare le déplacement horizontal de la nappe d'armature en bout de plaque à deux instants différents avec la modélisation tridimensionnelle de référence. On double ces tests de tests de non-régression.

Identification	Composante	Instant	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DEPL – BOUT	DY	5	'AUTRE_ASTER'	-140.36714E-6	2 %
		5	'NON_REGRESSION'	-137.99653E-6	1.E-6
		10	'AUTRE_ASTER'	-318.45792E-6	2 %
		10	'NON_REGRESSION'	-314.93105E-6	1.E-6

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Les caractéristiques de la modélisation sont les mêmes que le modèle A.

4.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage comporte 5 488 nœuds, 868 hexaèdres quadratiques (HEXA20) pour modéliser le béton, 62 hexaèdres quadratiques dégénérés (HEXA20) pour représenter l'interface acier-béton, et 62 quadrangles quadratiques (QUAD8) pour représenter la nappe d'armature.

4.3 Grandeurs testées et résultats

On compare le déplacement horizontal de la nappe d'armature en bout de plaque à deux instants différents avec la modélisation tridimensionnelle de référence. On double ces tests de tests de non-régression.

Identification	Composante	Instant	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DEPL – BOUT	DY	5	'AUTRE_ASTER'	-140.36714E-6	2 %
		5	'NON_REGRESSION'	-138.00190E-6	1.E-6
		10	'AUTRE_ASTER'	-318.45792E-6	2 %
		10	'NON_REGRESSION'	-314.93776E-6	1.E-6

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

5 Synthèse des résultats

Ce test valide le principe de la représentation des nappes d'armature par un modèle de membrane relié au volume environnant par une loi d'interface. Cette validation repose sur une comparaison avec un modèle 3D de référence, complétée par plusieurs tests de non-régression.

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