

SSLS132 – Plaque console sous chargement de flexion

Résumé

Ce test quasi-statique entre dans le cadre de la validation des éléments `GRILLE_EXCENTRE`, `GRILLE_MEMBRANE` et `MEMBRANE`. Une plaque en béton (modélisée par `COQUE` éventuellement) est recouverte de deux nappes d'armature sur ses faces supérieure et inférieure, chacune excentrée de la même quantité. Les chargements sont de trois types :

- 1) bord encastré et flexion de la plaque
- 2) effet de la gravité et du poids propre
- 3) pré-déformations dans les deux nappes d'armatures pour faire comprimer la plaque

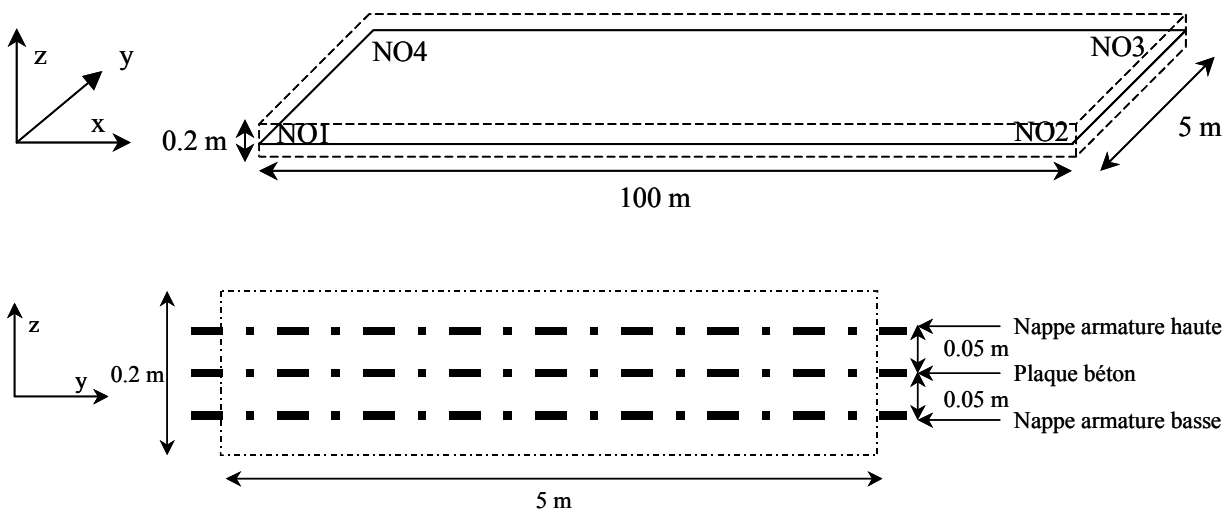
Les résultats de la simulation sont comparés à des solutions analytiques.

L'intérêt de ce test est de valider la modélisation `GRILLE_EXCENTRE`, `GRILLE_MEMBRANE` et `MEMBRANE` sous des chargements de flexion, de pesanteur et en imposant des pré-déformations.

Modélisation *I* teste l'algorithme `IMPLEX` en élasticité.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



La console en béton est modélisée soit en éléments volumiques standards soit par la modélisation COQUE (DKT) . Les nappes d'armature sont respectivement modélisées par des modélisations de GRILLE (GRILLE_MEMBRANE quand il n'y a pas d'excentrement ou GRILLE_EXCENTRE quand les armatures sont excentrées).

1.2 Propriétés des matériaux

Console en béton : $E=3E+10 Pa$, $\nu=0$, $\rho=2500 kg/m^3$

Epaisseur de la console : $0.2 m$; ANGL_REP = (0 ; 0)

Nappes d'armature en acier : $E=2E+11 Pa$, $\nu=0$, $\rho=7800 kg/m^3$

Nappe d'armature haute : section par mètre linéaire = $0.2 m^2/ml$; excentrement = $0.05 m$;
ANGL_REP = (0 ; 0)

Nappe d'armature basse : section par mètre linéaire = $0.2 m^2/ml$; excentrement = $-0.05 m$;
ANGL_REP = (0 ; 0)

1.3 Conditions aux limites et chargements

Les conditions aux limites et les chargements se décomposent de la manière suivante :

Modélisation A et B :

Bord *NO1NO4* (*BOX*) encasté

$DZ=1.0$ sur le bord *NO2NO3* (*BIX*) (flexion)

Modélisation C, D et G :

Bord *BOX* et *BIX* encastés

Pesanteur

Modélisation E, F et H ;

Bord *BOX* encastré

Pré-déformations *EXX* imposées sur les deux nappes d'armatures, égales à 0.001 .

Les modélisations et les chargements considérés sont résumés dans le tableau suivant :

| Modélisations | Flexion | Pesanteur | Pré-déformation |
|-----------------|---------|-----------|-----------------|
| GRILLE_EXCENTRE | A et B | C | E et F |
| GRILLE_MEMBRANE | | D | |
| MEMBRANE | | G | H |

Modélisation I teste MEMBRANE et GRILLE_MEMBRANE simultanément.

2 Solution de référence

2.1 Plaque en flexion

On cherche à calculer la résultante F_z des efforts s'appliquant sur une plaque en béton armé (2 nappes d'armature) de dimension $L_1 \times L_2 \times e$ (L_1 est la dimension suivant la direction principale des armatures), encastrée sur un bord et que l'on soumet à un déplacement de flexion sur le bord opposé (U_z).

La force s'écrit :

$$F_z = K_z U_z$$

avec K_z la rigidité selon z donnée par :

$$K_z = \frac{3(EI)_{tot}}{L_1^3}$$

avec $(EI)_{tot}$ égal à

$$(EI)_{tot} = (EI)_{beton} + (EI)_{armatures}$$

où

$$(EI)_{armatures} = 2.E_{armat} \cdot (s.L_2) \cdot e_{exc}^2$$

avec E_{armat} le module de Young de l'acier, s la section des armatures par mètre linéaire et e_{exc} l'excentrement des nappes d'armatures par rapport au feuillet moyen

$$(EI)_{beton} = E_{béton} \cdot L_2 \cdot \frac{e^3}{12}$$

où $E_{béton}$ est le module de Young du béton.

Connaissant le déplacement vertical imposé et en utilisant les formules précédentes, il est possible de remonter à la valeur analytique de la force.

2.2 Effet de la gravité

On s'intéresse à présent à une plaque en béton armé encastree à ses deux extrémités et soumise à l'effet de la gravité.

On cherche à calculer la résultante des efforts verticaux associée F_z

$$F_z = F_{z,armat} + F_{z,beton}$$

où $F_{z,beton}$ et $F_{z,armat}$ sont respectivement les effets de gravité liés au béton et aux armatures.

$$F_{z,beton} = L_1.L_2.e.\rho_{beton}.g$$

avec g l'accélération de la pesanteur

$$F_{z,armat} = 2.s.L_2.L_1.\rho_{armat}.g$$

avec ρ_{armat} la masse volumique des armatures en acier, et s la section par mètre linéaire.

En combinant les équations précédentes, il devient possible de déterminer la valeur de la force verticale liée à la gravité et d'en déduire la résultante verticale des réactions d'appui.

2.3 Pré-Déformations

On cherche à calculer le déplacement moyen suivant U_x du bord libre d'une plaque en béton armé encastree à l'autre bord. On applique aux armatures une pré-déformation ε_{xx} .

En considérant la déformation homogène et égale sur les nappes d'armatures et dans le béton, on écrit simplement :

$$U_x = \varepsilon_{xx}.L_x$$

avec L_x la dimension de la plaque dans la direction x (égale à L_1 dans ce cas)

On peut ainsi déterminer la valeur de déplacement cherchée.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

On teste ici un chargement de flexion avec des éléments GRILLE_EXCENTRE. La console en béton est maillée avec 1616 éléments TRIA3

3.2 Résultats de la modélisation A

On teste la valeur de la réaction suivant z sur le bord encasté (*BOX*)

Valeur de référence (solution analytique) : $-3.299E3 N$

Valeur fournie par Code_Aster : $-3.3E3 N$

Écart : 0.016 %

4 Modélisation B

Modélisation identique à la modélisation A, avec un maillage de 500 éléments QUAD4.

Les résultats de la modélisation B sont les mêmes que ceux de la modélisation A.

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

On teste ici un chargement de pesanteur avec des éléments GRILLE_EXCENTRE. La console en béton est maillée avec 500 éléments QUAD4.

5.2 Résultats de la modélisation C

On teste la valeur de la réaction suivant z sur les bords encastés (*BOX + BIX*)

Valeur de référence (solution analytique) : $1.7756E+07 N$

Valeur fournie par Code_Aster : $1.7756E+07 N$

Écart : 0.

6 Modélisation D

On teste ici un chargement de pesanteur avec des éléments GRILLE_MEMBRANE. L'excentrement des armatures est considéré nul. Le maillage est identique à celui de la modélisation C.

Les résultats de la modélisation D sont les mêmes que ceux de la modélisation C.

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

On teste ici un chargement de pré-déformation avec des éléments GRILLE_EXCENTRE. Le maillage est identique à celui de la modélisation A.

7.2 Résultats de la modélisation E

On teste la valeur du déplacement moyen suivant x du bord libre BIX

Valeur de référence (solution analytique) : $0.1\ m$

Valeur fournie par Code_Aster : $0.1\ m$

Écart : 0.

8 Modélisation F

Modélisation identique à la modélisation E, avec un maillage de 500 éléments QUAD4.

Les résultats de la modélisation F sont les mêmes que ceux de la modélisation E.

9 Modélisation G

9.1 Caractéristiques de la modélisation

On teste ici un chargement de pesanteur avec des éléments MEMBRANE. Le maillage est identique à celui de la modélisation A.

9.2 Résultats de la modélisation G

On teste la valeur de la réaction suivant z sur les bords encastres ($BOX + BIX$)

Valeur de référence (solution analytique) : $1.7756E+07\ N$

Valeur fournie par Code_Aster : $1.7756E+07\ N$

Écart : 0.

10 Modélisation H

10.1 Caractéristiques de la modélisation

On teste ici un chargement de pré-déformation avec des éléments MEMBRANE. Le maillage est identique à celui de la modélisation A.

10.2 Résultats de la modélisation H

On teste la valeur du déplacement moyen suivant x du bord libre BIX

Valeur de référence (solution analytique) : 0.1 m

Valeur fournie par Code_Aster : 0.1 m

Écart : 0.

11 Modélisation I

11.1 Caractéristiques de la modélisation

On teste ici la méthode IMPLEX en élasticité. Un chargement de flexion est combiné avec la pesanteur. Les éléments MEMBRANE et GRILLE_MEMBRANE sont testés simultanément. Le maillage est volumique avec deux nappes de mailles bidimensionnelles.

11.2 Résultats de la modélisation I

On teste la valeur de la résultante dz de la force nodale du bord libre BIX

Valeur de référence (solution élastique) est égale à la solution en IMPLEX

Écart : 0.

12 Conclusions

On valide par ce cas-test divers modélisations du comportement d'une plaque console sous chargement de flexion, sous l'effet de la gravité et en imposant des pré-déformations aux nappes d'armature. On valide ainsi les modélisations GRILLE_EXCENTRE, GRILLE_MEMBRANE et MEMBRANE.

Les résultats des simulations sont en accord avec les valeurs des solutions analytiques.