

SDNS106 – Réponse transitoire d'une dalle en béton armé : modèles GLRC_DAMAGE et GLRC_DM

Résumé :

Ce test valide les modèles globaux GLRC_DAMAGE [R7.01.31] et GLRC_DM [R7.01.32] appliqués à la dynamique explicite (DYNA_NON_LINE (SCHEMA_TEMPS=DIFF_CENT)). Il s'agit d'une plaque trapézoïdale en béton armé, appuyée sur deux côtés opposés et sollicitée en flexion par une pression.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

La géométrie utilisée dans ce cas test est une plaque en béton armée d'épaisseur $e=0.1\text{ m}$ et de forme trapézoïdale.

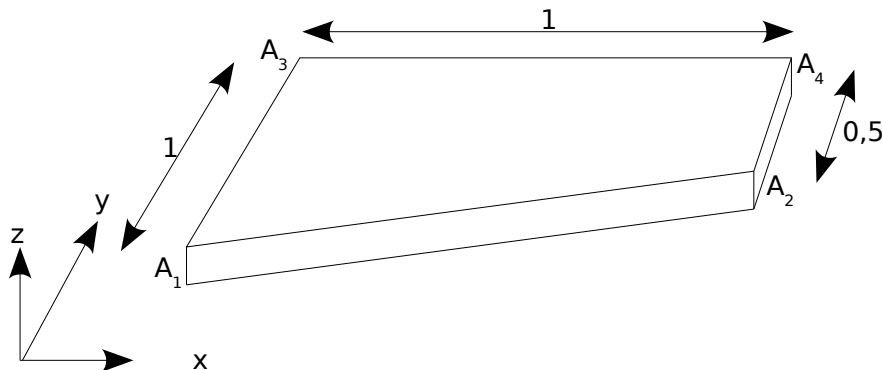


Figure 1.1-a: Géométrie étudiée

Les caractéristiques de la section de béton armée sont :

- Nappe supérieure : section par mètre linéaire suivant x et $y = 5.65 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{ml}$; excentrement par rapport au feuillet moyen suivant x et y : $+0.0475 \text{ m}$ (soit 95% de l'épaisseur),
- Nappe inférieure : section par mètre linéaire suivant x et $y = 5.65 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{ml}$; excentrement par rapport au feuillet moyen suivant x et y : -0.0475 m (soit 95% de l'épaisseur),
- Câbles de précontrainte : section par mètre linéaire suivant $x = 4.56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{ml}$ et $y = 1.32 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{ml}$; pas d'excentrement par rapport au feuillet moyen ; précontrainte suivant x et $y = -3 \text{ MN}$,
- Liner : l'épaisseur du liner est de 6 mm et est positionné sur la face inférieure.

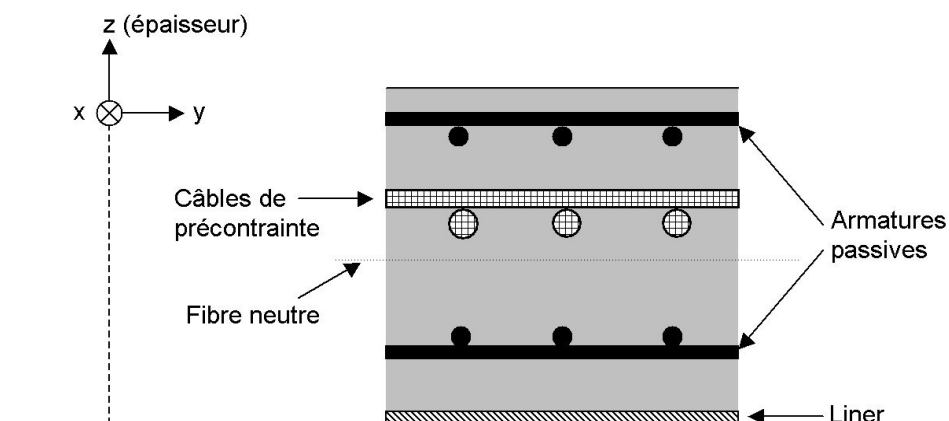


Figure 1.1-b: Section de la plaque en béton armé

1.2 Propriétés des matériaux

Les caractéristiques des différents matériaux pour la modélisation `GLRC_DAMAGE` sont résumées dans le tableau qui suit.

Matériau	Module d'Young MPa	Coefficient de Poisson	Densité kg/m^3	Pente d'érouissage	Limite élastique en traction MPa	Limite élastique en compression MPa
Béton	30000.	0.2	2500	0	5	-35
Acier des armatures	200000	-	-	0	3000	-3000
Acier du liner et des câbles de précontrainte	200000	-	-	0	500	-500

Pour compléter la loi de comportement `GLRC_DAMAGE`, il est nécessaire de définir les paramètres globalisés de loi homogénéisée.

Paramètres	Valeurs
Γ	0
Q_{P1}	0.15
Q_{P2}	0.15
C_N	87.3 MPa
C_M	14.8 MPa

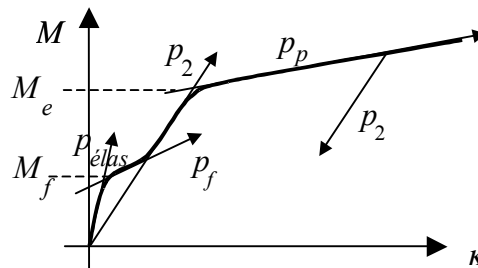


Figure 1.2-a: Courbe moment – courbure du comportement d'une plaque en béton armé en flexion.

Les caractéristiques matériaux pour la modélisation `GLRC_DM` sont résumées dans le tableau qui suit.

Paramètres	Valeurs
E_{eq}^m	30000 MPa
ν_m	0.22
E_{eq}^f	73000 MPa
ν_f	0.24
γ_{mt}	0.02
γ_f	0.05
N_D	470000 N/m
M_D	16000 N

1.3 Conditions aux limites et chargements

Sur le coin AI de la plaque, on encastre les déplacements $u_x = u_y = u_z = 0$, aussi bien que les rotations $\theta_x = \theta_y = \theta_z = 0$. Les déplacements sont bloqués suivant x et z sur les côtés $A1A3$ et $A2A4$. Une pression est appliquée sur l'ensemble de la dalle dans la direction $(0,0,0,1,0)$ et vaut $F_0 = 20 \cdot 10^7 N$ pour la modélisation A. Pour les modélisations B et C, on applique une force nodale sur l'ensemble de la dalle $1500 N$. Cette force est appliquée de manière progressive en suivant la fonction multiplicatrice représentée sur la figure qui suit.

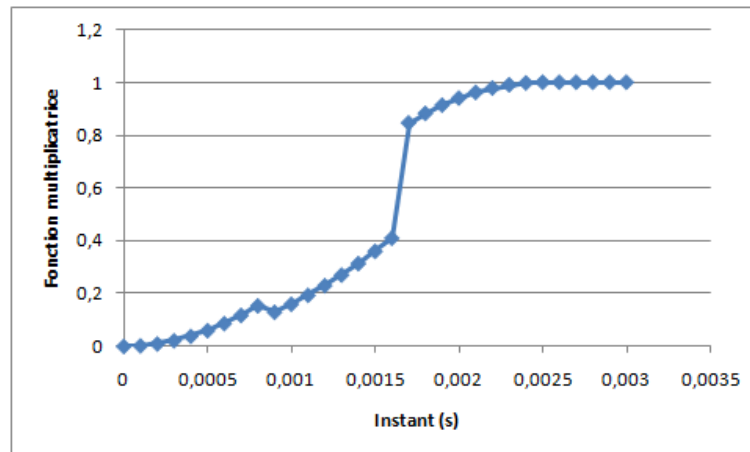


Figure 1.3-a: Fonction multiplicatrice du chargement pour les modélisations B et C

1.4 Conditions initiales

À l'état initial, les déplacements et les vitesses valent zéro partout.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

Les valeurs de référence sont obtenues par comparaison avec EUROPLEXUS pour la modélisation A. Pour les modélisations B et C, les valeurs de référence sont de la non régression.

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Les résultats de référence pour la modélisation A sont récapitulés dans le tableau qui suit. Les données sont obtenues au point P_{04} (cf. figure 3.1-a).

Grandeurs	Référence
Déplacement suivant z à $t=2\ 10^{-5}\ s$	$-1,74913\ 10^{-4}\ m$
Accélération suivant z à $t=2\ 10^{-5}\ s$	$-7,99968\ 10^5\ m.s^{-2}$
Déplacement suivant z à $t=1\ 10^{-3}\ s$	$-4,4933\ 10^{-1}\ m$
Vitesse suivant z à $t=1\ 10^{-3}\ s$	$-8,24761\ 10^2\ m.s^{-1}$
Energie élastique au noeud 2 de la maille 1 à $t=2\ 10^{-6}\ s$	$1,46067\ 10^{-1}\ J$

2.3 Incertitudes sur la solution

Comparaisons avec EUROPLEXUS pour les réponses temporelles en déplacement, les réactions, et l'énergie cinétique, pour un chargement sinusoïdal

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

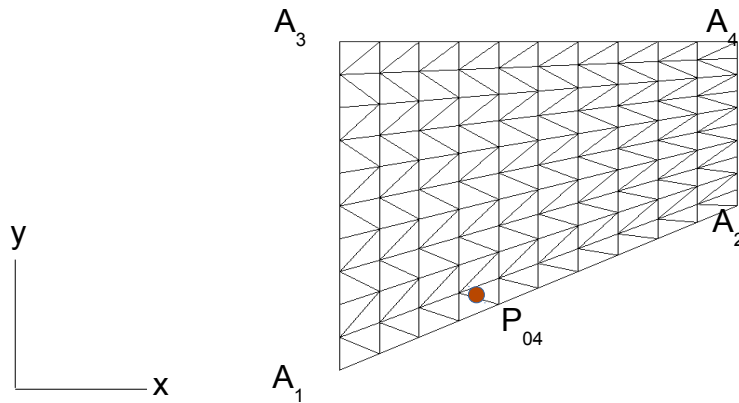


Figure 3.1-a : Maillage de la modélisation A

Modélisation : DKTG

Conditions aux limites :

- Encastrement en $A1$,
- Appui simple $A3A1$ et $A2A4$, soit $DZ=0$ et $DX=0$.

Intégration temporelle :

- Schéma : DIFF_CENT, formulation : ACCELERATION,
- Pas de temps : $2 \cdot 10^{-6} s$.

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 121, Nombre de mailles : éléments TRI3 : 200, éléments SEG2 : 40.

3.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les déplacements, vitesse et accélération du point $P04$ à différents instants. On teste aussi l'énergie élastique en deux points de la structure.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Déplacement suivant z à $t=2 \cdot 10^{-5} s$	'SOURCE_EXTERNE'	$-1,74913 \cdot 10^{-4} m$	0,15
Accélération suivant z à $t=2 \cdot 10^{-5} s$	'SOURCE_EXTERNE'	$-7,99968 \cdot 10^5 m.s^{-2}$	10^{-4}
Déplacement suivant z à $t=1 \cdot 10^{-3} s$	'SOURCE_EXTERNE'	$-4,4933 \cdot 10^{-1} m$	0,03
Vitesse suivant z à $t=1 \cdot 10^{-3} s$	'SOURCE_EXTERNE'	$-8,24761 \cdot 10^2 m.s^{-1}$	0,1
Energie élastique au noeud 2 de la maille 1 à $t=2 \cdot 10^{-6} s$	'SOURCE_EXTERNE'	$1,46067 \cdot 10^{-1} J$	10^{-5}

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

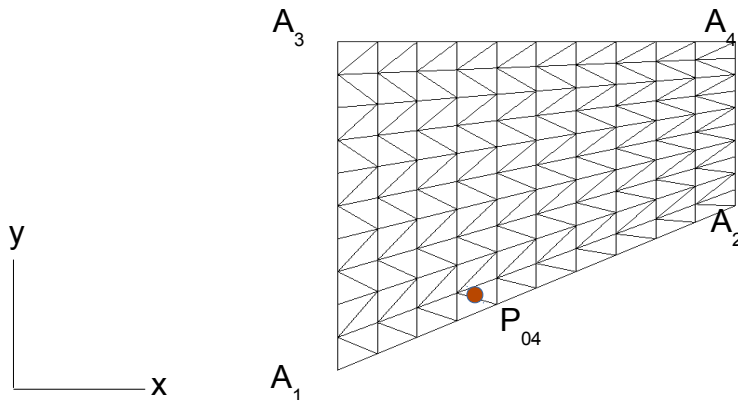


Figure 4.1-a : Maillage de la modélisation A

Modélisation : **DKTG**

Conditions aux limites :

- Encastrement en $A1$,
- Appui simple $A3A1$ et $A2A4$, soit $DZ=0$ et $DX=0$.

Intégration temporelle :

- Schéma : **NEWMARK**, formulation : **DEPLACEMENT** ,
- Pas de temps : $1.10^{-4}s$.

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 121, Nombre de mailles : éléments **QUAD4** : 100, éléments **SEG2** : 40.

4.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les déplacements, vitesse et accélération du point $P04$ à différents instants.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Déplacement suivant z à $t=2.5 \cdot 10^{-3}s$	NON REGRESSION	$-4.09238 \cdot 10^{-4}m$	10^{-5}
Vitesse suivant z à $t=2.5 \cdot 10^{-3}s$	NON REGRESSION	$-0.4984907 m.s^{-1}$	10^{-5}
Accélération suivant z à $t=2.5 \cdot 10^{-3}s$	NON REGRESSION	$-56,1819 m.s^{-2}$	10^{-5}
Déplacement suivant z à $t=5 \cdot 10^{-3}s$	NON REGRESSION	$-1.89876 \cdot 10^{-4}m$	10^{-5}
Vitesse suivant z à $t=5 \cdot 10^{-3}s$	NON REGRESSION	$0.3652467 m.s^{-1}$	10^{-5}
Accélération suivant z à $t=5 \cdot 10^{-3}s$	NON REGRESSION	$-797.416 m.s^{-2}$	10^{-5}

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

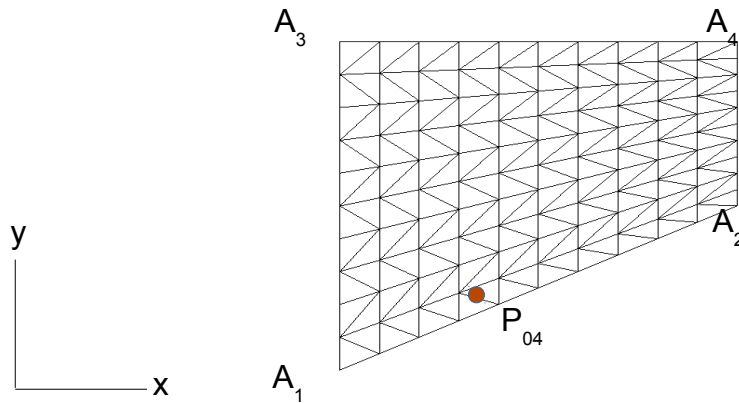


Figure 5.1-a : Maillage de la modélisation A

Modélisation : DKTG

Conditions aux limites :

- Encastrement en $A1$,
- Appui simple $A3A1$ et $A2A4$, soit $DZ=0$ et $DX=0$.

Intégration temporelle :

- Schéma : NEWMARK, formulation : DEPLACEMENT,
- Pas de temps : $1.10^{-4}s$.

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 121, Nombre de mailles : éléments TRI3 : 200, éléments SEG2 : 40.

5.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les déplacements, vitesse et accélération du point $P04$ à différents instants. On teste aussi l'énergie élastique en deux points de la structure.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Déplacement suivant z à $t=2.5 \cdot 10^{-3}s$	NON REGRESSION	$-3.71031 \cdot 10^{-4}m$	10^{-5}
Vitesse suivant z à $t=2.5 \cdot 10^{-3}s$	NON REGRESSION	$-0.4496707 m.s^{-1}$	10^{-5}
Accélération suivant z à $t=2.5 \cdot 10^{-3}s$	NON REGRESSION	$-61,3004 m.s^{-2}$	10^{-5}
Déplacement suivant z à $t=5 \cdot 10^{-3}s$	NON REGRESSION	$-1.56827 \cdot 10^{-4}m$	10^{-5}
Vitesse suivant z à $t=5 \cdot 10^{-3}s$	NON REGRESSION	$-0.4552156 m.s^{-1}$	10^{-5}
Accélération suivant z à $t=5 \cdot 10^{-3}s$	NON REGRESSION	$73.0819 m.s^{-2}$	10^{-5}

6 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus avec *Code_Aster* sont proches de ceux obtenus avec EUROPLEXUS. Cette modélisation valide donc l'utilisation de `GLRC_DAMAGE` avec *Code_Aster*.