

SDNV114 – Simulation du benchmark SAFE - voile T5

Résumé :

Ce test représente une modélisation simplifiée d'une étude SAFE (Structure Armées Faiblement Élancées) sous chargement statique cyclique. On s'intéresse au voile T5. Ce test permet de comparer la réponse de la structure modélisée avec la loi `GLRC_DM` avec les résultats expérimentaux.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

La géométrie étudiée est celle de la structure T5 du programme SAFE [bib1]. Les caractéristiques géométriques des parties en béton armé sont illustrées par la [Figure 1.1-a]. Elles sont composées d'un voile et de deux murs de retour (ou refends). La structure est également équipée de pièces métalliques rapportées nécessaires à sa mise sous chargement. Ces pièces ne seront pas modélisées dans cette étude.

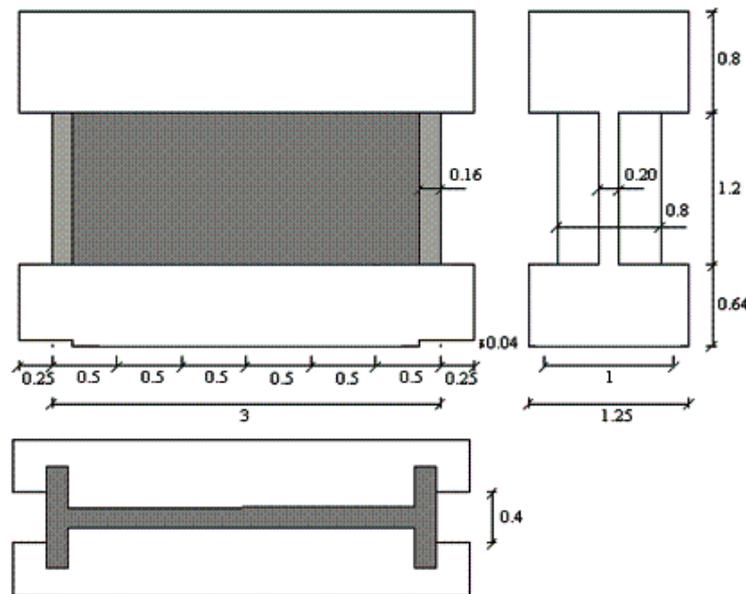
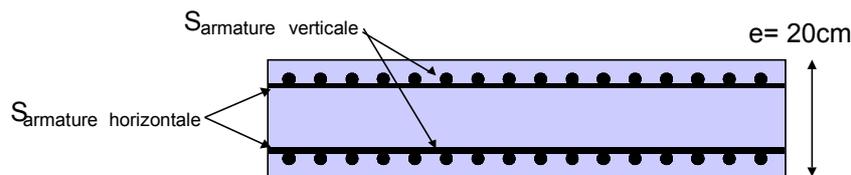


Figure 1.1-a: Géométrie de la maquette T5



Coupe dans le plan horizontal du mur central
Figure 1.1-b: Illustration du ferrailage

Le ferrailage de la maquette est composé de nappes d'armatures horizontales et verticales placées sur chacune des deux faces du mur central, ainsi que dans les retours [Figure 1.1-b]. Suivant les deux directions horizontales et verticales, les taux de ferrailage r_h et r_v (quantité d'armature par mètre linéaire du voile) sont identiques et égaux à 0,8%, soit :

$$\frac{S_{armatures\ horizontales}}{ml(vertical)} = r_h e = \frac{0,8}{100} \cdot 20\text{cm} = 16\text{ cm}^2/ml$$

$$\frac{S_{armatures\ verticales}}{ml(horizontal)} = r_v e = \frac{0,8}{100} \cdot 20\text{cm} = 16\text{ cm}^2/ml$$

Et ce pour l'ensemble des deux nappes faces Nord et Sud.

Soit, $8\text{ cm}^2/ml$ par nappe et par direction (horizontale et verticale, soit $2 \times 8 = 16\text{ cm}^2/ml$).

1.2 Propriétés du matériau

Le comportement du béton armé est modélisé via la loi `GLRC_DM`. Les paramètres de loi de comportement ont été recalés pour obtenir une réponse proche des mesures expérimentales. Les paramètres matériaux de la loi sont données [Tableau 1.2-1] et [Tableau 1.2-2] pour le voile principal et les deux voiles secondaires (bords).

Module d'Young effectif en membrane	<code>E_M</code>	27 160 MPa
Coefficient de poisson effectif en membrane	<code>NU_M</code>	0,19
Module d'Young effectif en membrane	<code>E_F</code>	29 091 MPa
Coefficient de poisson effectif en membrane	<code>NU_F</code>	0,18
Force axiale de limite élastique en traction	<code>NYT</code>	353 kN/m
Moment limite de flexion	<code>MYF</code>	13 kN.m/m
Force axiale limite en compression	<code>NYC</code>	1 976 kN.m/m
Paramètre d'endommagement en traction	<code>GAMMA_T</code>	0,013
Paramètre d'endommagement en flexion	<code>GAMMA_F</code>	0,18
Paramètre d'endommagement en compression	<code>GAMMA_C</code>	0,9
Paramètre d'endommagement de couplage	<code>ALPHA_C</code>	1,1

Tableau 1.2-1: Paramètres du modèle béton pour le voile principal

Module d'Young effectif en membrane	<code>E_M</code>	27 574 MPa
Coefficient de poisson effectif en membrane	<code>NU_M</code>	0,19
Module d'Young effectif en membrane	<code>E_F</code>	29 598 MPa
Coefficient de poisson effectif en membrane	<code>NU_F</code>	0,18
Force axiale de limite élastique en traction	<code>NYT</code>	286 kN/m
Moment limite de flexion	<code>MYF</code>	8 kN.m/m
Force axiale limite en compression	<code>NYC</code>	1 627 kN.m/m
Paramètre d'endommagement en traction	<code>GAMMA_T</code>	0,015
Paramètre d'endommagement en flexion	<code>GAMMA_F</code>	0,209
Paramètre d'endommagement en compression	<code>GAMMA_C</code>	0,9
Paramètre d'endommagement de couplage	<code>ALPHA_C</code>	1,1

Tableau 1.2-2: Paramètres du modèle béton pour les voiles secondaires

1.3 Conditions aux limites et chargements

Liaison à la base :

La liaison de la maquette avec la longrine basse a été jugée suffisamment raide pour qu'on la modélise par un ancrage parfait. Ainsi, tous les nœuds de la base du modèle sont bloqués suivant tous les degrés de liberté.

Mouvements de la longrine haute :

La présence de la longrine haute a pour but de maintenir le bord supérieur du mur à l'horizontal en empêchant les rotations autour de l'axe Y .

Chargement :

Les chargements pris en compte sont le poids propre de la structure ainsi qu'un déplacement imposé en haut de la structure. Le trajet de chargement est donné

1.4 Conditions initiales

Néant

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

La solution de référence correspond aux mesures expérimentales de forces en fonction du déplacement imposé.

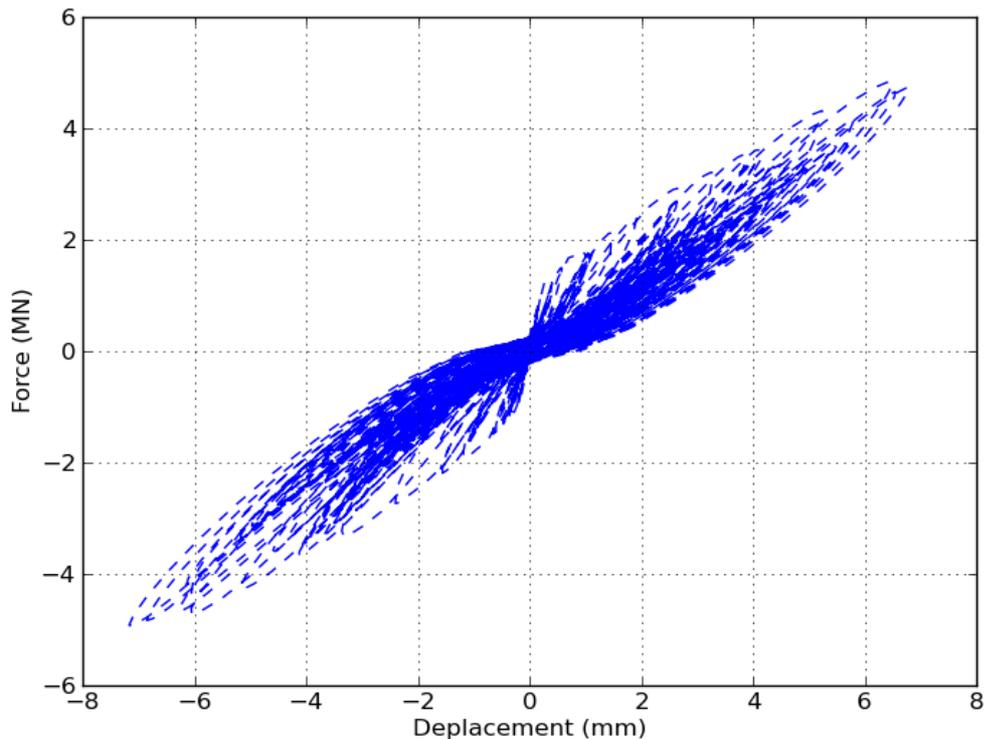


Figure 2.1-1: Réponse du mur SAFE T5

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Les grandeurs testées sont la force horizontale de réaction du mur à différents instants. Les données sont récapitulées dans le [Tableau 2.2-1].

Instant (s)	Force (MN)
11.07	2.9087
11.96	-3.2389
12.13	2.6812
13.09	-2.873
13.3	3.1698
13.47	-3.4344
14.03	2.3883
16.34	-3.1527
16.53	3.3595
16.72	-3.0954

Tableau 2.2-1: Grandeurs testées

2.3 Incertitudes sur la solution

Solutions numériques.

2.4 Références bibliographiques

- [1] P. PEGON, G. MAGONETTE, F.J. MOLINA, G. VERZELETTI, T. DYNGLAND, P. NEGRO, D. TIRELLI, P. TOGNOLI, "Programme SAFE: Rapport du test T5", Unité Mécanique des Structures, Institut des Systèmes, de l'Informatique et de la Sécurité, Centre Commun de Recherche, Commission Européenne, 21020 Ispra (Varese), Italie
- [2] S. GHAVANIAM, S. MOULIN, "Modélisation de la structure T5 du programme SAFE à l'aide de Code_Aster®", EDF R&D, H-T62-2006-04624-FR, 2006.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Les différents voiles sont modélisés par des éléments `DKTG`. La liaison entre les mailles du mur central et des murs de retour se fait par le partage des nœuds au niveau des feuillots médians.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 308 éléments de type `QUAD4` et est représenté sur la [Figure 3.2-1].

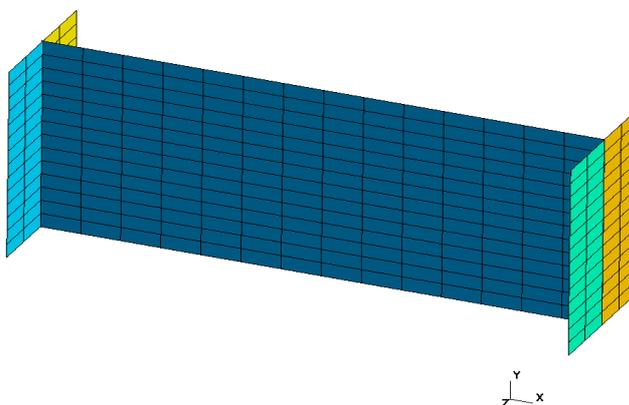


Figure 3.2-1: Maillage de la maquette T5

3.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la force horizontale de réaction du mur calculée sur le bord supérieur du voile.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Instant 11.07s	'SOURCE_EXTERNE'	2.9087E+06	2.00%
Instant 11.96s	'SOURCE_EXTERNE'	-3.2389E+06	6.00%
Instant 12.13s	'SOURCE_EXTERNE'	2.6812E+06	2.00%
Instant 13.09s	'SOURCE_EXTERNE'	-2.873E+06	10.50%
Instant 13.3s	'SOURCE_EXTERNE'	3.1698E+06	4.00%
Instant 13.47s	'SOURCE_EXTERNE'	-3.4344E+06	5.50%
Instant 14.03s	'SOURCE_EXTERNE'	2.3883E+06	10.00%
Instant 16.34s	'SOURCE_EXTERNE'	-3.1527E+06	9.00%
Instant 16.53s	'SOURCE_EXTERNE'	3.3595E+06	10.00%
Instant 16.72s	'SOURCE_EXTERNE'	-3.0954E+06	9.00%

3.4 Remarques

La modélisation du mur SAFE grâce à la loi de comportement `GLRC_DM` dont les paramètres ont été recalés donnent des résultats très satisfaisants en comparaison avec la réponse expérimentale en terme d'effort et de déplacement. Cependant comme on peut le voir sur la Figure 3.4-1, les boucles d'hystérèse ne sont pas suffisamment importantes ce qui permet de mettre en avant la non prise en

compte de certains phénomènes dissipatifs (frottement des lèvres de fissures du béton, liaison acier-béton, ...).

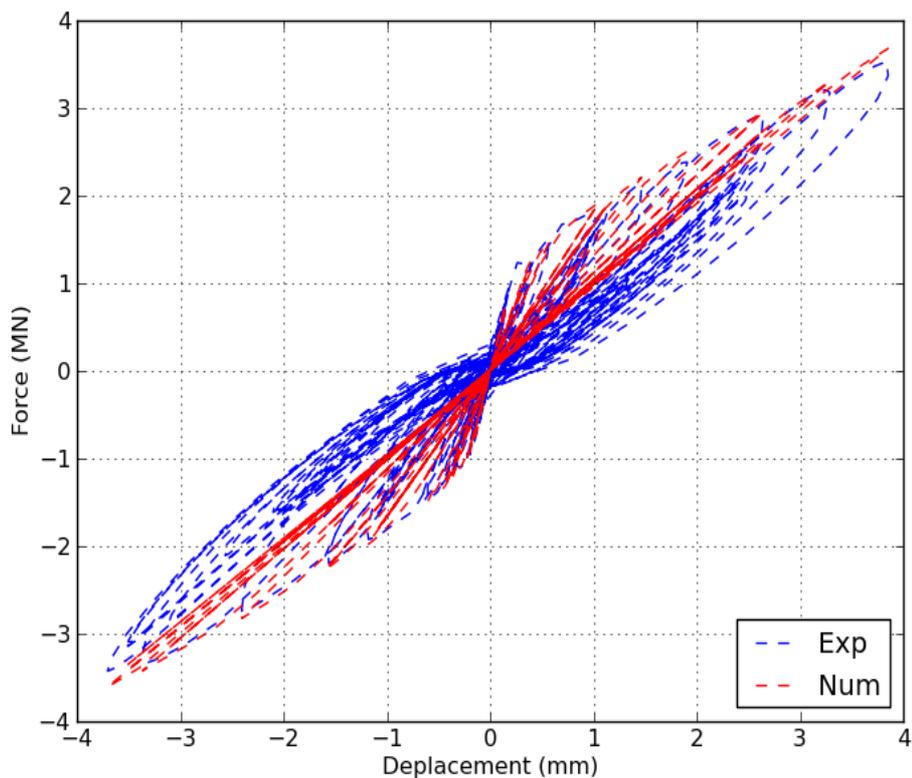


Figure 3.4-1: Comparaison de la réponse du modèle GLRC_DM avec les données expérimentales

4 Synthèse des résultats

La modélisation mise en place permet de retrouver de manière satisfaisante les résultats expérimentaux.