SSNS108 – Simulation de l'essai SAFE par la poussée progressive

Résumé :

Ce test représente une modélisation simplifiée d'une étude SAFE (Structure Armées Faiblement Élancées) sous chargement statique monotone de type poussée progressive (« pushover »). Il a pour objectif de valider l' option de calcul DEBORST sous NEWTON.

Ce test est délicat car il considère un problème mal posé, sans unicité de solution, du à l'adoucissement matériau lié à l'endommagement.

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

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.

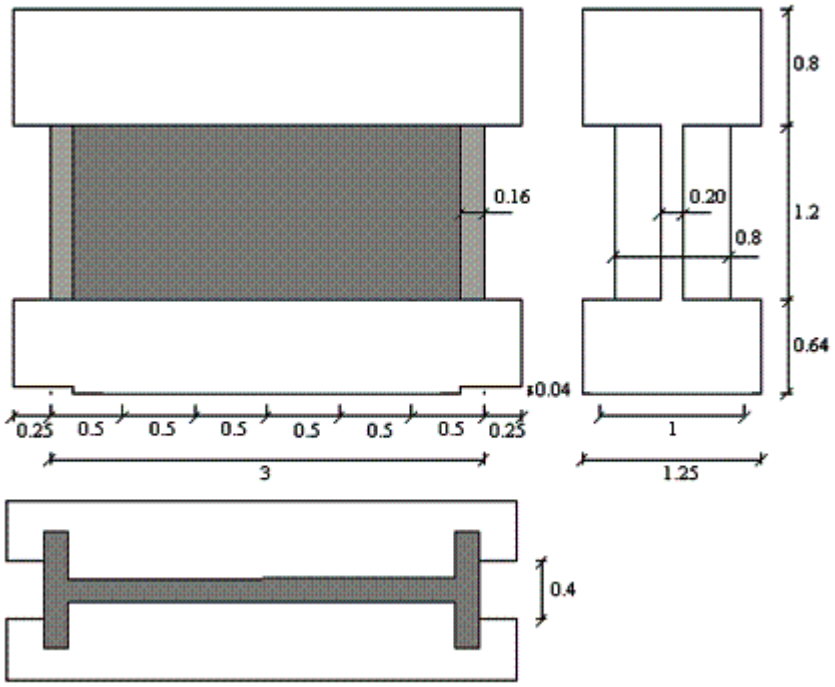
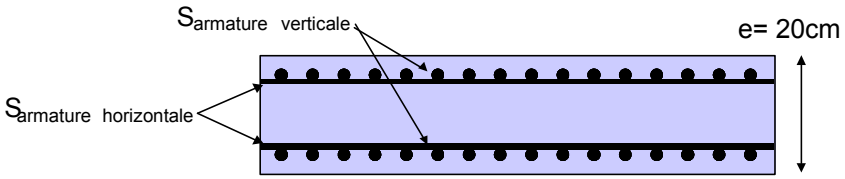


Figure 1.1-a: Géométrie de la maquette T5



Coupe dans le plan horizontal du mur central

Figure 1.1-b: Illustration du ferraillage

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

Le ferraillage 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 ferraillage r_h et r_v (quantité d'armature par mètre linéaire du voile) sont identiques et égaux à $0,8\%$, soit :

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

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

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

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

1.2 Propriétés matériaux

Le comportement du béton est modélisé via le comportement élasto-plastique endommageable ENDO_ISOT_BETON [bib2]. Les propriétés matériaux du béton sont résumées [Tableau 1.2-1].

Module d'Young	E_b	E	$32\,308\ MPa$
Coefficient de Poisson	ν_b	NU	$0{,}2$
Masse volumique	ρ_b	RHO	$2\,500\ kg/m^3$
Contrainte limite en traction	σ_t	SYT	$3{,}415\ MPa$
Contrainte limite en compression	σ_c	SYC	$25\ MPa$
Pente de la courbe post-pic en traction		D_SIGM_EPSI	$-7000\ MPa$

Tableau 1.2-1: Propriétés du modèle béton

Les parties en béton sont renforcées par des armatures en acier modélisées par GRILLE_MEMBRANE [bib3]. L'acier a un comportement élastoplastique avec écrouissage isotrope linéaire GRILLE_ISOT_LINE. Les propriétés matériaux des aciers sont récapitulées dans le tableau [Tableau 1.2-2].

Module d'Young	E_a	E	200 000 MPa
Coefficient de Poisson	ν_a	NU	0,3
Masse volumique	ρ_a	RHO	7 800 kg/m^3
Contrainte limite de plastification	σ_y	SY	570 MPa
Pente d'écrouissage		D_SIGM_EPSI	300 MPa

Tableau 1.2-2: Propriétés du modèle acier

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.

1.4 Conditions initiales

Sans objet

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

Les données de références sont récupérées d'une simulation du même essai avec une loi de comportement globalisée GLRC_DM [bib4]. La [Figure 2.1-a] illustre les résultats de cette simulation par rapport aux données expérimentales.

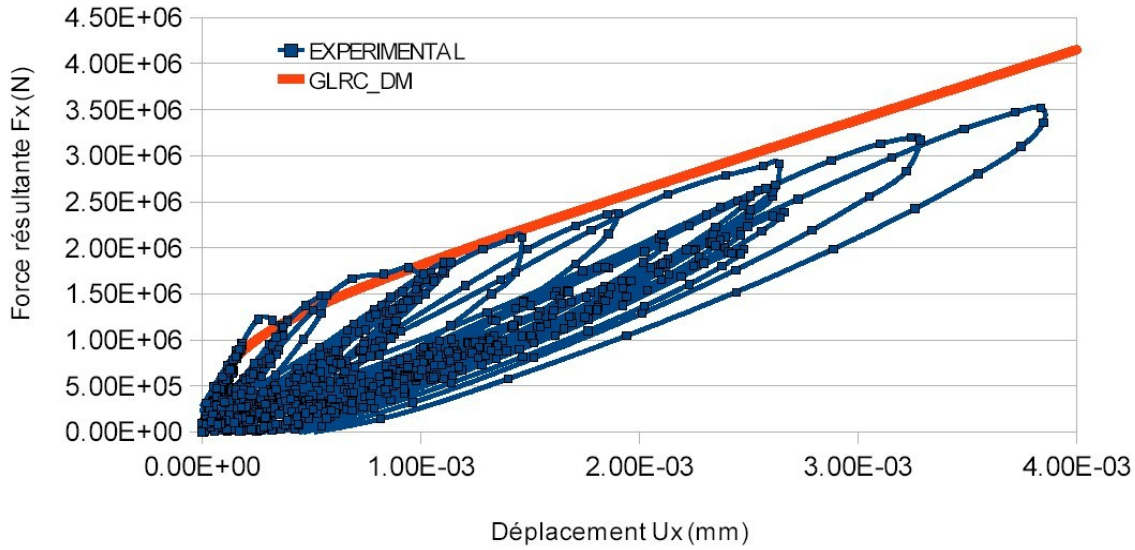


Figure 2.1-a: Comparaison des données expérimentales pour un chargement statique alterné sur la maquette T5 avec une simulation utilisant GLRC_DM

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Les grandeurs testées sont les efforts et les déplacements aux instants $t=0,03\,s$ et $t=0,0495\,s$. Les données sont récapitulées dans le [Tableau 2.2-1].

Instant (s)	Force (MN)
0,03	1,07976
0,0495	1,32921

Tableau 2.2-1: Grandeurs testées

2.3 Incertitude sur la solution

Solutions numériques.

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

2.4 Références bibliographiques

[1] P. PEGON, G. MAGONETTE, F.J. MOLINA, G. VERZELETTI, T. DYNGELAND, 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] [R7.01.04-C], Loi de comportement ENDO_ISOT_BETON

[3] [R3.08.07-A], Éléments de grille d'armature GRILLE_MEMBRANE

[4] 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.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Le béton est modélisé à l'aide d'éléments DKT (coque multicouche en contraintes planes). Le ferraillage est simplifié en négligeant les armatures de couture entre les différentes nappes. Quant aux nappes d'armature des voiles, elles sont modélisées par des éléments plans de type GRILLE_MEMBRANE (positionnés à la côte exacte à l'intérieur du béton pour tenir compte du béton de l'enrobage). La liaison entre les mailles du mur central et des murs de retour se fait par le partage des nœuds au niveau des feuillets médians.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage utilisé pour le calcul est représenté sur la [Figure 3.2-a].

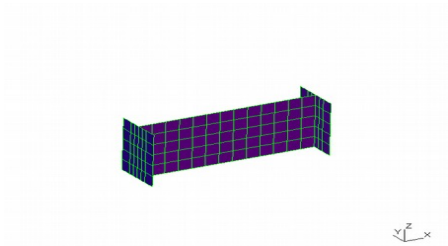


Figure 3.2-a: Maillage de la maquette T5

Le nombre de mailles quadrangulaires linéaires (QUAD4) est de 625. Ces mailles sont répartis en éléments :

- DKT à hauteur de 125,
- GRILLE_MEMBRANE à hauteur de 500.

3.3 Grandeurs testées et résultats

Instant (s)	Force ref. (MN)	Force num. (MN)	Écart Force (%)
0,03	1,07976	1,64144	52,1
0,0495	1,32921	1,46471	13,1

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

4 Synthèse des résultats

Bien que les résultats obtenus entre les deux modélisations peuvent donner des écarts importants (plus de 50%), le cas test a permis de montrer la possibilité de prendre en compte l'option de calcul DEBORST sous NEWTON.

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