

Manuel de Validation

Fascicule V6.02 : Statique non linéaire des structures linéiques

Document : V6.02.119

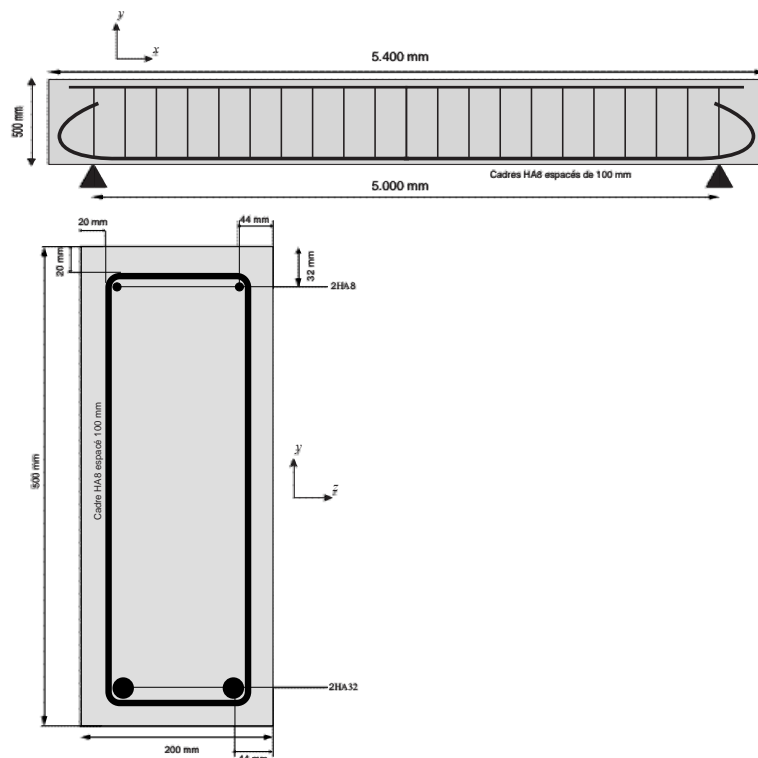
SSNL119 - Réponse statique d'une poutre en béton armé (section rectangulaire) à comportement non linéaire

Résumé :

Le problème consiste à analyser la réponse d'une poutre en béton armé par l'intermédiaire d'une modélisation poutre multifibre [R3.08]. Ce test correspond à une analyse statique d'une poutre ayant un comportement non-linéaire. Le béton est modélisé avec la loi de comportement de La Borderie dans sa version 1D [R7.01.07].

1 Caractéristiques générales

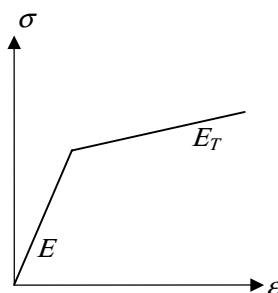
1.1 Géométrie



1.2 Propriétés de matériaux

béton : $E = 37\,272\text{ MPa}$, $\nu = 0.2$, $\sigma_{ft} = 3.9\text{ MPa}$, $\sigma_{fc} = 38.3\text{ MPa}$, $\varepsilon_{fc} = 2.0 \cdot 10^{-3}$, $G_f^1 = 110\text{ J/m}$

acier : $E = 200\,000\text{ MPa}$, $\nu = 0.33$, $\sigma_e = 400\text{ MPa}$, $E_T = 3\,280\text{ MPa}$



1.3 Conditions aux limites et chargements

Appui simple en B : $dy = 0$

Appui "double" en A : $dx = dy = dz = 0$ de même que $rx = ry = 0$.

Chargement : déplacement monotone dy vers le bas appliqué à mi-travée (essai de flexion 3 points).

NB : les armatures transversales ne sont pas prises en compte dans les calculs.

2 Solution de référence

La solution de référence est un calcul réalisé à l'aide du code de calcul EFICOS [bib1]. Il s'agit d'un calcul multicouches (2D) avec les mêmes modèles pour les matériaux. Les éléments ne comportent qu'un point de Gauss selon leur axe et la résolution globale est faite par un algorithme à matrice sécante.

Pour avoir des résultats comparables en termes de localisation et en termes de résultats locaux (contraintes et déformations au point de Gauss le plus proche du milieu de la poutre), le calcul avec EFICOS (1 point par élément) est réalisé avec 10 éléments par demie travée tandis que le calcul avec ASTER (2 points par élément) est réalisé avec 8 éléments par demie travée.

Cette différence dans l'intégration est la principale source des différences constatées dans le paragraphe 4.

3 Modélisation

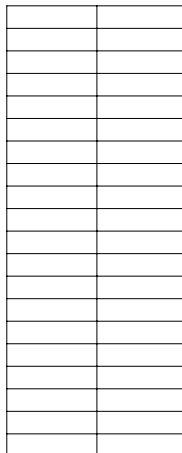
3.1 Caractéristiques de la modélisation

Maillage longitudinal de la poutre :

Il est composé de 17 nœuds et 16 paires d'éléments `POU_D_EM` (16 éléments pour le béton et 16 pour l'acier).

Section transversale de la poutre :

Le béton est modélisé par un maillage (`AFFE_SECT`) composé de 2 x 20 quadrilatères (40 fibres)



L'acier est modélisé par 4 fibres ponctuelles (`AFFE_FIBRE`)

Le béton est modélisé avec le modèle d'endommagement de Christian La Borderie en version 1D (`LABORD_1D`) [R7.01.07].

Les paramètres matériau utilisés sont les suivants :

$$Y_{01} = 310 \text{ Pa}$$

$$Y_{02} = 7000 \text{ Pa}$$

$$A_1 = 9,0.10^{-3} \text{ Pa}^{-1}$$

$$A_2 = 5,2.10^{-6} \text{ Pa}^{-1}$$

$$B_1 = 1,2$$

$$B_2 = 2,0$$

$$\beta_1 = 10^6 \text{ Pa}$$

$$\beta_2 = -40.10^6 \text{ Pa}$$

$$\sigma_f = -3,5.10^6 \text{ Pa}$$

3.2 Fonctionnalités testées

Commandes

CREA_MAILLAGE	CREA_GROUP_MA		
AFFE_MODELE	MAILLAGE		
	AFFE	TOUT	'OUI'
		PHENOMENE	'MECANIQUE'
		MODELISATION	'POU_D_EM'
DEFI_MATERIAU		'ELAS'	
		'LABORD_1D'	
		'ECRO_LINE'	
AFFE_MATERIAU		GROUP_MA	
		MATER	
AFFE_CARA_ELEM	POUTRE	GROUP_MA	
		SECTION	
	ORIENTATION	GROUP_MA	
		CARA	'ANGL_VRIL'
	AFFE_SECT	GROUP_MA	
		MAILLAGE_SECT	
		TOUT_SECT	'OUI'
		GROUP_MA	
	AFFE_PONCT	CARA	
		VALE	'SURFACE'
AFFE_CHAR_MECA	MODELE		
	DDL_IMPO	GROUP_NO	
STAT_NON_LINE	MODELE		
	CHAM_MATER		
	CARA_ELEM		
	EXCIT	CHARGE	
		FONCT_MULT	
	COMP_INCR	LABORD_1D	
		VMIS_CINE_LINE	
	NEWTON	MATRICE	'TANGENTE'
		REAC_ITER	1
	CONVERGENCE	RESI_GLOB_RELA	
		ITER_GLOB_MAXI	
CALC_NO	OPTION	'REAC_NODA'	
	REUSE		
	RESULTAT		
	CHAM_MATER		
	CARA_ELEM		
	EXCIT		
CALC_ELEM	OPTION	'EPSI_ELGA_DEPL'	
	REUSE		
	RESULTAT		
	MODELE		
	CHAM_MATER		
	CARA_ELEM		

4 Résultats

Les courbes suivantes comparent les résultats ASTER à ceux d'EFICOS [bib1]. Les éléments de EFICOS n'ont qu'un point d'intégration, ce qui explique les légères différences constatées. Le maillage EFICOS est composé de 20 éléments de poutre, la section est composée de 20 couches (calcul 2D).

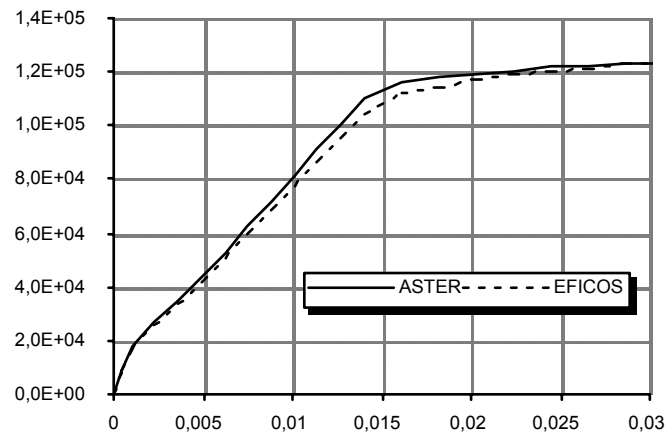


Figure 4-a : Réaction sur un appui (N) en fonction de la flèche au centre (m)

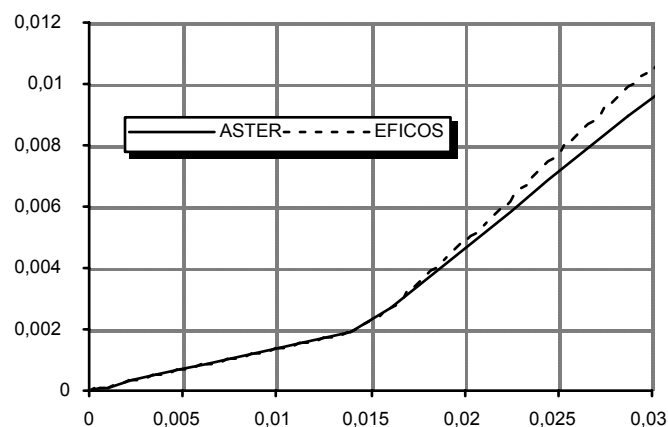


Figure 4-b : Déformation des aciers tendus en fonction de la flèche au centre

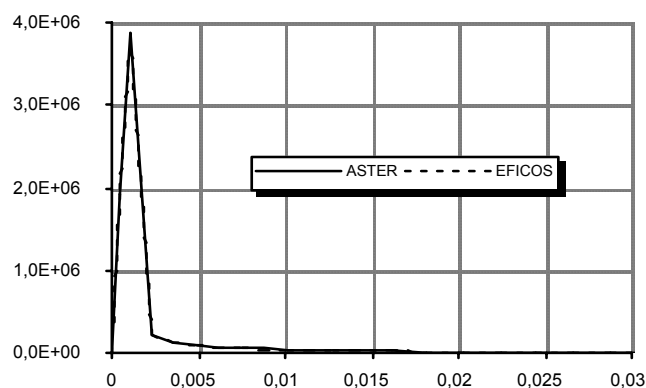


Figure 4-c : Contrainte béton tendu extrême en fonction de la flèche au centre

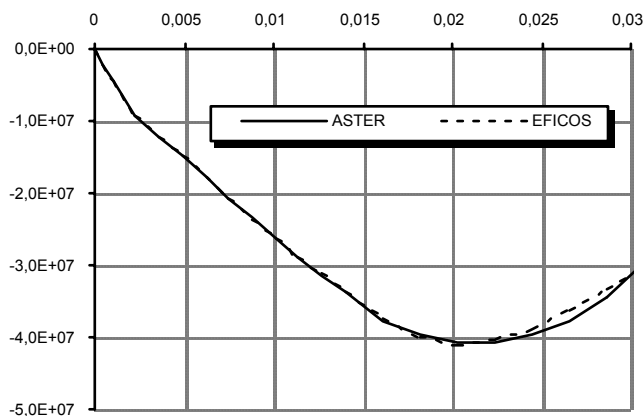


Figure 4-d : Contrainte béton comprimé extrême en fonction de la flèche au centre

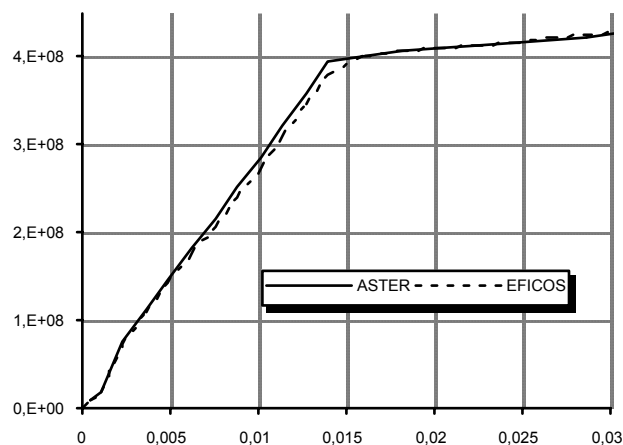


Figure 4-e : Contrainte acier tendu en fonction de la flèche au centre

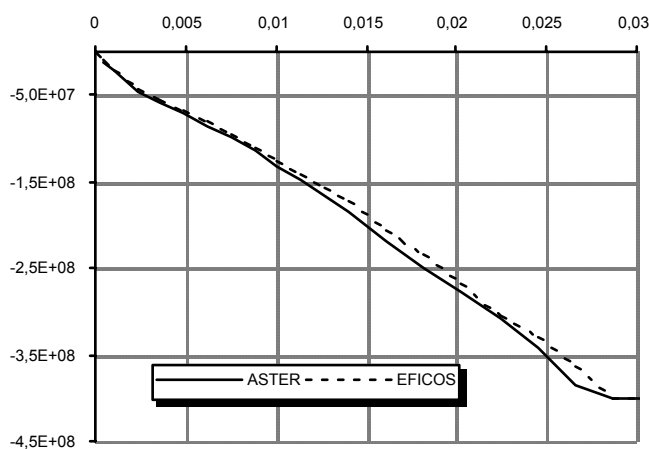


Figure 4-f : Contrainte acier comprimé en fonction de la flèche au centre

Des tests de résultats (TEST_RESU) sont effectués à chaque inflexion sur la courbe flèche-réaction [Figure 4-a], c'est-à-dire pour des flèches de 0,1 cm (pas 2), 1,4 cm (pas 12) et 3,08 cm (pas 20).

PAS 2	EFICOS	ASTER	Erreur relative %
REACTION	$1,71.10^4$	$1,78.10^4$	4,20
Déformation Acier tendu	$8,84.10^{-5}$	$9,08.10^{-5}$	2,78
Contrainte Béton tendu	$3,81.10^6$	$3,86.10^6$	1,37
Contrainte Béton comprimé	$-4,39.10^6$	$-4,41.10^6$	0,46
Contrainte Acier tendu	$1,77.10^7$	$1,89.10^7$	6,98
Contrainte Acier comprimé	$-2,10.10^7$	$-2,18.10^7$	3,72
PAS 12	EFICOS	ASTER	Erreur relative %
REACTION	$1,05.10^5$	$1,10.10^5$	5,33
Déformation Acier tendu	$1,90.10^{-3}$	$1,93.10^{-3}$	1,72
Contrainte Béton tendu	$2,64.10^4$	$2,71.10^4$	2,67
Contrainte Béton comprimé	$-3,35.10^7$	$-3,36.10^7$	0,31
Contrainte Acier tendu	$3,80.10^8$	$3,97.10^8$	4,26
Contrainte Acier comprimé	$-1,73.10^8$	$-1,83.10^8$	6,19
PAS 20	EFICOS	ASTER	Erreur relative %
REACTION	$1,24.10^5$	$1,24.10^5$	0,07
Déformation Acier tendu	$1,09.10^{-2}$	$9,95.10^{-3}$	8,80
Contrainte Béton comprimé	$-3,03.10^7$	$-2,98.10^7$	1,65
Contrainte Acier tendu	$4,29.10^8$	$4,28.10^8$	0,37
Contrainte Acier comprimé	$-4,01.10^8$	$-4,02.10^8$	0,26

5 Bibliographie

- [1] S. GHAVAMIAN, J. MAZARS : Stratégie de calculs simplifiés pour l'analyse du comportement des structures en béton armé : le code EFICOS. Revue française de génie civil 1998 ; 2 : 61-90

6 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus avec le *Code_Aster* sont en assez bon accord avec ceux du code EFICOS.