SSLS135 - Ferraillage d'une cuve carrée selon la méthode de Capra et Maury

Résumé :

Ce test concerne l'étude de la cuve carrée utilisée comme exemple dans le document descriptif de la méthode de Capra et Maury. Le but est de calculer des densités de ferraillage longitudinaux et transversaux pour des éléments Plaque ou Coque.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

On considère une cuve carrée de béton de dimensions $L \times l \times h = 10\,m \times 10\,m \times 5\,m$ (de feuillet moyen à feuillet moyen) et d'épaisseur $0.4\,m$.

1.2 Propriétés du matériau

Matériau élastique linéaire isotrope :

Module d'Young: $E = 3.10^4\,MPa$,
Coefficient de Poisson: $\nu = 0.15$,
Masse volumique: $\mu = 2500\,kg/m^3$.

1.3 Conditions aux limites et chargements

La densité de raideur de sol appliquée sous la cuve est de $50\,kN/m^3$.

L'intégrale de cette densité sur la base de la cuve est donc $5\,10^6\,kN/m$.
Cette quantité est ensuite répartie sur les nœuds de la base.

Le chargement est constitué :
- du poids propre de la cuve
- de la poussée de l'eau de la cuve remplie (poussée constante sur le fond et graduelle sur les bords)
- d'une surcharge répartie sur le contour sur le haut de la cuve ($20\,kN/m$)

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

Les densités des aciers longitudinaux sont calculées selon la méthode de Capra et Maury, pour les directions X et Y de chaque élément et selon les 2 faces, I (Inférieure) et S (Supérieure), définies par leur position suivant la normale Z élémentaire. La densité d'acier transversale est également calculée telle que décrite dans l'article intitulé « Calcul automatique du ferraillage optimal des plaques ou coques en béton armé » par Alain CAPRA et Jean-Francis MAURY.

2.2 Résultats de référence

Les différents résultats sont publiés dans l'article de Capra et Maury sous forme de graphiques (pour un quart de modèle seulement) sont :

- la déformée de la cuve,
- les iso-moments Mxx et Myy ,
- les densités de ferraillage dans les directions X et Y en supérieur et en inférieur.

Ci-dessous l'extrait de l'article pour la déformée et les moments Mx , My .

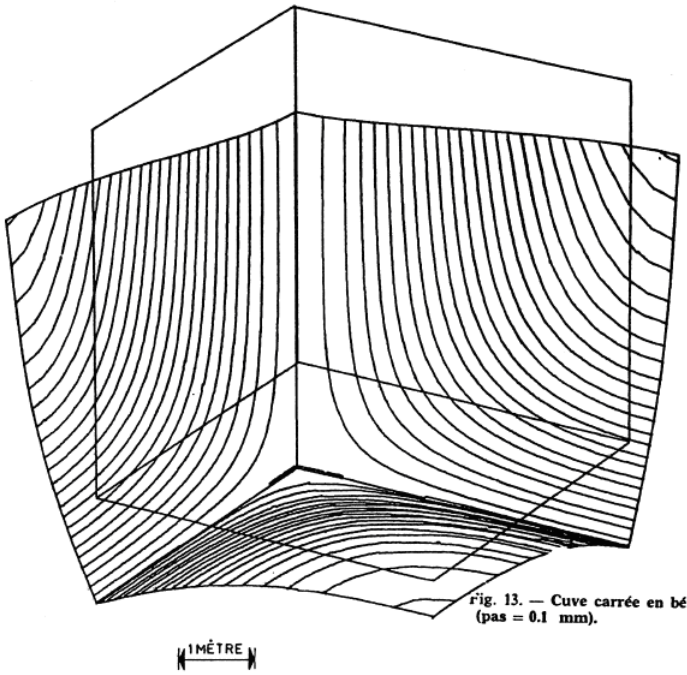


Fig. 13. — Cuve carrée en béton armé. Déformée (pas = 0.1 mm).

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

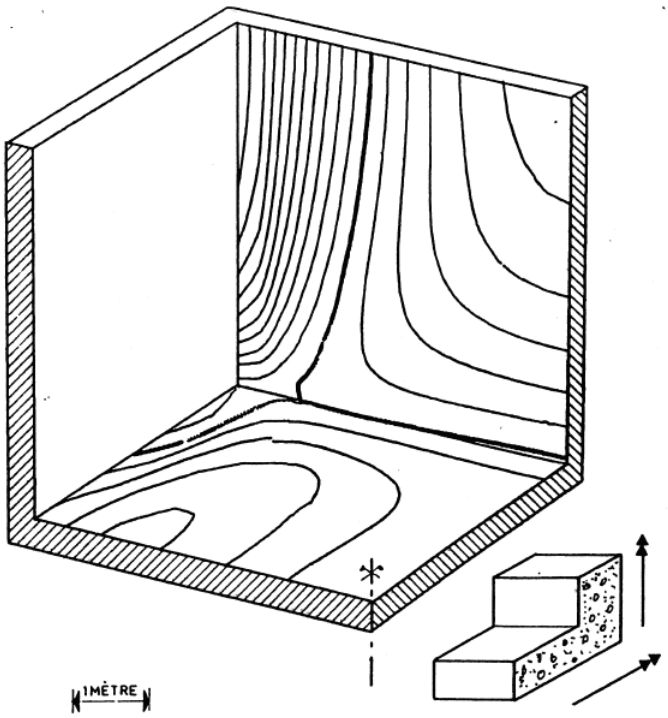


Fig. 14. — Cuve carrée en béton armé. Tracé des iso-moments M_{xx} (pas : 10^4 Nm par mètre).

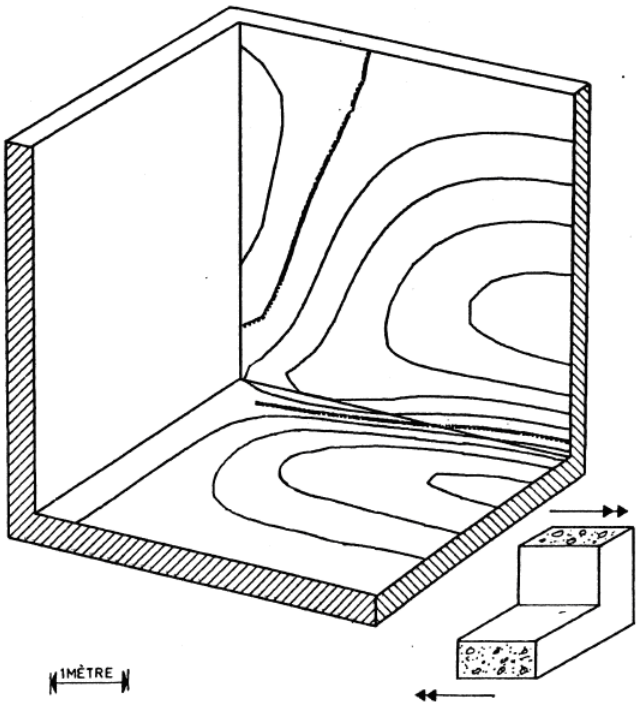


Fig. 15. — Cuve carrée en béton armé. Tracé des iso-moments M_{yy} (pas : 10^4 Nm par mètre).

Ci-dessous l'extrait de l'article pour les densités de ferraillage. Pour une meilleure lisibilité, des couleurs ont été associées aux différentes valeurs de densité de ferraillage.

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

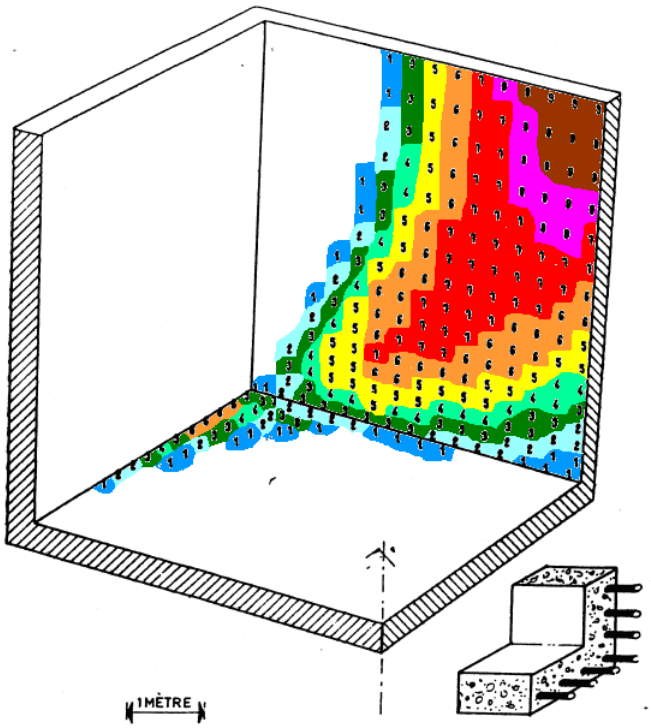


Fig. 16. — Cuve carrée en béton armé. Carte de ferraillage des aciers X extérieurs (en cm² par mètre).

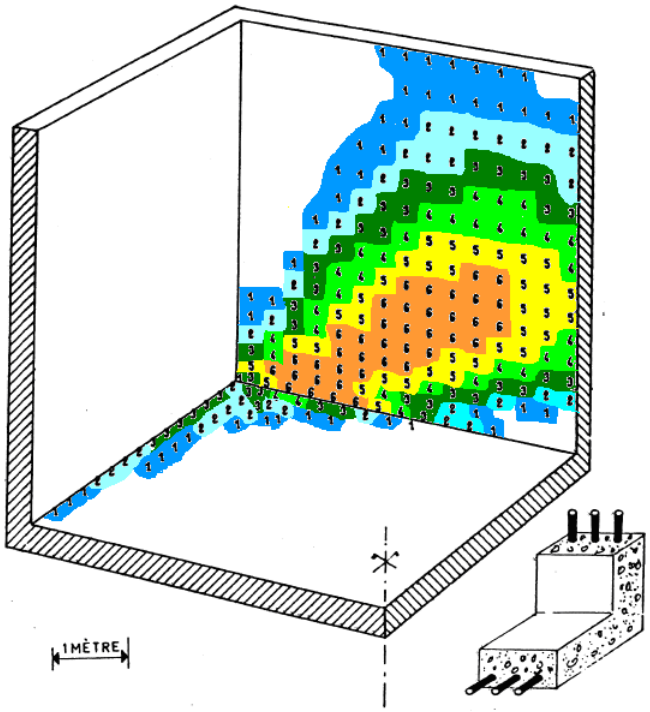


Fig. 17. — Cuve carrée en béton armé. Carte de ferraillage des aciers Y extérieurs (en cm² par mètre).

125

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

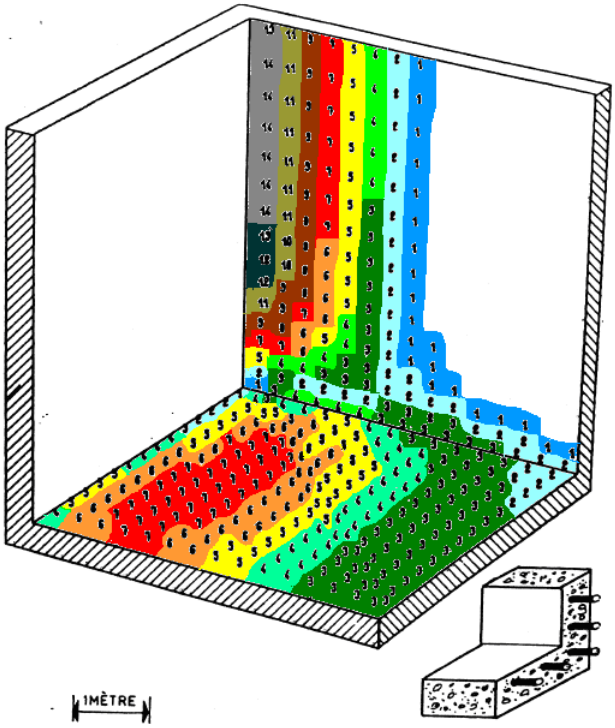


Fig. 18. — Cuve carrée en béton armé. Carte de ferraillage des aciers X intérieurs (en cm² par mètre).

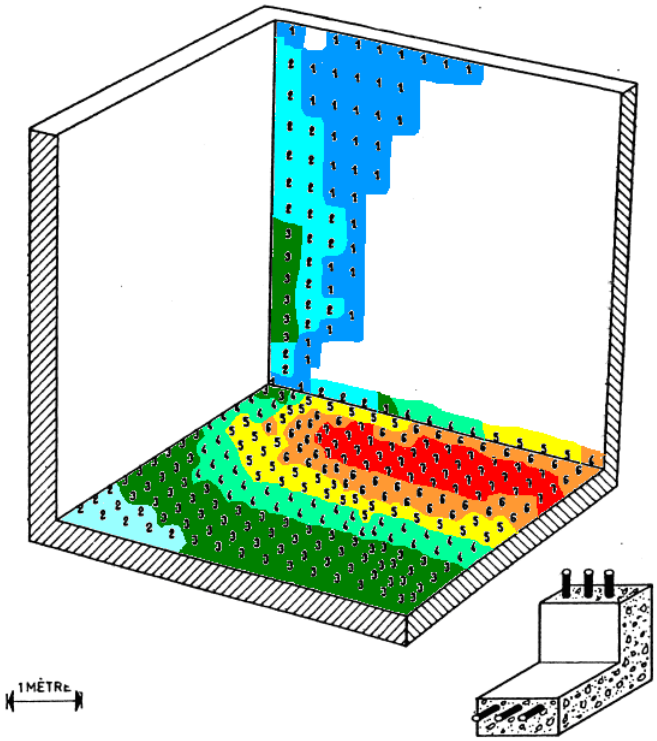


Fig. 19. — Cuve carrée en béton armé. Carte de ferraillage des aciers Y intérieurs (en cm² par mètre).

2.3 Références bibliographiques

[1] Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics N° 367 Décembre 1978 – Série : INFORMATIQUE APPLIQUEE – Article intitulé « Calcul automatique du ferraillage optimal des plaques ou coques en béton armé » par Alain CAPRA et Jean-Francis MAURY.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation DKT. On ne modélise qu'un quart de la cuve.

3.2 Caractéristiques du maillage

Les éléments sont des quadrangles. Les éléments DKT sont orientés de façon à avoir leur normale sortante.

3.3 Autres paramètres du calcul

L'accélération de la pesanteur est de $9.81\,m/s^2$.
La distance entre l'axe des aciers et la surface d'un élément (enrobage) est de $0.04\,m$.
Le coefficient d'équivalence est de 15.0.
La contrainte maximale admissible de l'acier est de $2.8\,10^8\,Pa$.
La contrainte maximale admissible du béton est de $3.5\,10^7\,Pa$.
Le calcul est réalisé à l'État Limite de Service (ELS).
Les pivots valent respectivement $PIVA=1.0\,10^3$ et $PIVB=3.5\,10^{-3}$

3.4 Grandeurs testées et résultats

Les valeurs testées correspondent aux maximums des densités de ferraillage sur les différentes composantes $DNSXI$, $DNSXS$, $DNSYI$, $DNSYS$
Pour faciliter la lecture, les résultats ont été convertis en cm^2/m.

Point	densité	Type de référence	Valeur de référence (en cm^2/m)	Valeur calculée (en cm^2/m)	Tolérance (en cm^2/m)
MAX	DNSXI	'SOURCE_EXTERNE'	14	14.1	2
MAX	DNSXS	'SOURCE_EXTERNE'	9	10.4	4
MAX	DNSYI	'SOURCE_EXTERNE'	7	16.6	10
MAX	DNSYS	'SOURCE_EXTERNE'	6	10.4	5

Point	densité	Type de référence	Valeur de référence
M748	DNSXI	'NON_REGRESSION'	0.00130323479922
M748	DNSXS	'NON_REGRESSION'	0.0
M748	DNSYI	'NON_REGRESSION'	4.23403596532E-05
M748	DNSYS	'NON_REGRESSION'	0.0

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

Identification	Composante	Type de Référence	Référence	% tolérance
UT01_ELEM - Maximum	X 1	'NON_REGRESSION'	–	–
UT01_ELEM - Minimum	X 1	'NON_REGRESSION'	–	–
ferMax - Maximum	X 1	'AUTRE_ASTER'	0.00165857792205	0,1
ferMax - Minimum	X 1	'AUTRE_ASTER'	0.000101286161289	0,1

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

4 Synthèse des résultats

Ce test permet de mettre en évidence la validité des calculs de densité de ferraillage à l'ELS. Les résultats obtenus sont en effet très proches de ceux figurant dans le document de référence des auteurs de la méthode. La validation est cependant limitée par l'absence de données précises de certains paramètres utilisés (valeur de l'enrobage, contrainte admissible pour le béton, coefficient d'équivalence) et la faible quantité de résultats exploitables fournie par la publication d'origine.

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