

Université de Batna²
 - Chahid Mostefa Bembouloul
 Faculté de Technologie
 Département de G.C.

Module = Structures Mixtes Acier-Béton.
 Maître - Responsable du Module T. Bouzid

Cours = Poutres Mixtes Acier-Béton.
 - Poutres soumises à la compression simple axiale

1- Définition = les poutres mixtes sont des poutres composées d'un profilé en acier, du béton et d'armatures. Elles se divisent en deux types.

- Poutres partiellement ou totalement enrobées de béton.
- Les poutres totalement enrobées, tout le profilé, les semelles et âme, est entièrement entouré d'une couche de béton; mais pour ceux qui sont partiellement enrobés, uniquement l'espace entre les semelles est rempli de béton.

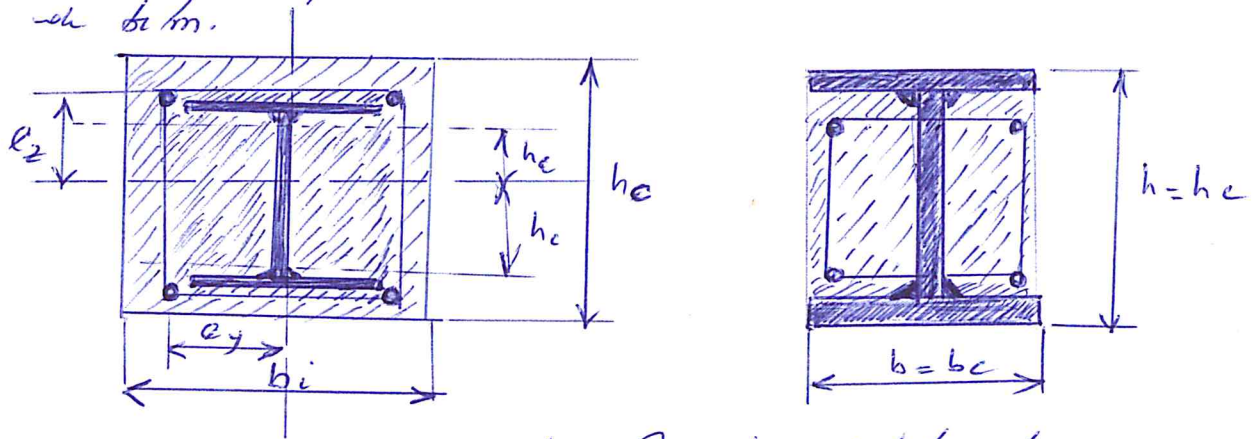


Fig. 1 - Poutres mixtes totalement et partiellement enrobées.

- Poutres en profilés creux = ceux qui sont remplis de béton. Ils peuvent être de section circulaire, carrée ou rectangulaire. L'intérieur du béton améliore la résistance à la compression par effet de confinement.
- Les figures ci-dessous illustrent les cas.

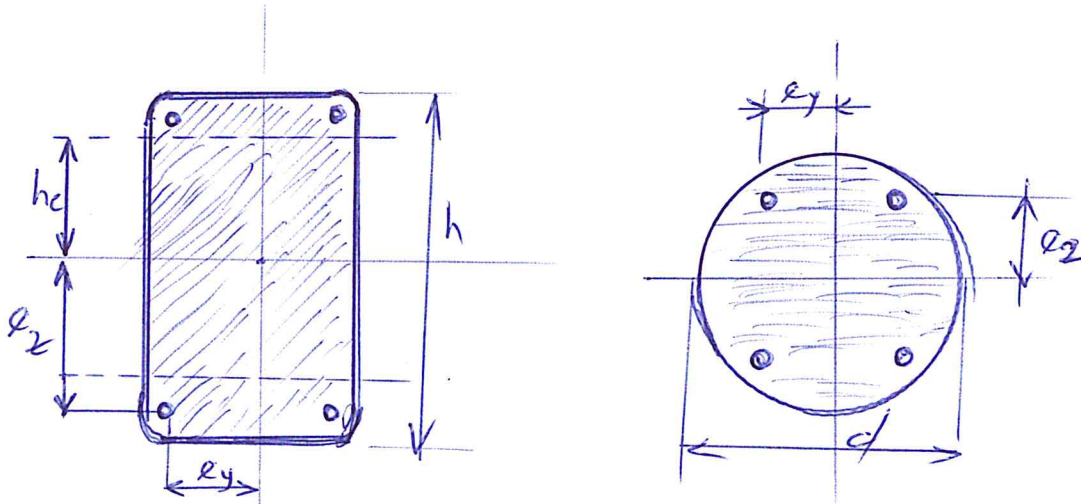


Fig 2 - Poutres en profilés.

2- Avantages et Inconvénients des poutres mixtes.

Les poutres mixtes présentent des avantages certains mais également des inconvénients ou plutôt des défauts et des savoir-faire.

- * Section transversale de faible dimension mais supporte des charges élevées.
- * Profils sont également de faible poids.
- * rapidité dans le montage par emboîtement gain en coût et temps.
- * Le emboîtement du béton par les profils permet la reprise de charge élevée.
- * Protection contre le feu mais comme même il faut être prudente.
- * Pour les sections partiellement enrobées, l'assemblage des poutres est plus facile.

3- Analyse et Calcul

Comme c'est typique de ces cas, il y a deux méthodes développées et qui sont indiquées dans l'E.C.4. Une méthode générale prenant en compte les effets du 2^e ordre ainsi que les imperfections, applicables aux poutres de sections non symétrique ainsi que aux sections variables. Cette méthode nécessite beaucoup

L'utilisation des méthodes avancées dont les tables sont fournies les différents outils de calcul numériques.

Par contre, la méthode simplifiée fait appel aux courbes de flambement des poteaux mixtes et qui prennent en compte de façon implicite les imperfections - cette méthode est applicable à des poteaux mixtes de section transversales symétriques par rapport à l'axe y-z et une forme de l'ordre de la hauteur du poteau.

Hypothèses de Calcul.

- * interaction complète entre l'acier et le béton,
- * imperfections géométriques et structurales doivent être prises dans le calcul.
- * sections droites restent droites et planes avant et après déformation.

3.1- Méthode simplifiée : elle est applicable dans les limites suivantes.

- * section transversale du poteau est constante et symétrique par rapport à l'axe y-z tout le long de la hauteur.
- * contribution relative de profilé à la résistance de calcul de la section complète est telle que $0.2 < S = \frac{A_{a,eff}}{S_a} / \alpha_{pl,Rd} < 0.9$
- * L'éclatement réduit λ du poteau mixte doit être inférieure à 2.0
- * Pour les sections totalement enrobées, l'aire des armatures doit être au moins égale à 0.3% de l'aire du béton. Les armatures peuvent être enrobées sans feu tant que les conditions suivantes = $40mm < c_y < 0.4bc$ et $40mm < c_z < 0.3hc$
- * Il faut que le rapport entre la hauteur h de la section et la largeur b soit entre 0.2 et 5
- * la section d'armature longitudinale ne doit pas dépasser de 6% de l'aire de la section de béton.

4. Resistance plastique en compression axiale

La resistance plastique en compression qui est communement connue comme etant la capacite portante de la colonne mixte s'obtient en superposant les resistance plastique des elements constitutifs selon l'exposition suivante =

> section partiellement ou totalement enrobée.

$$N_{pl, Rd} = A_a \frac{f_y}{\gamma_{Ra}} + 0,85 \cdot A_c \frac{f_{ck}}{\gamma_c} + A_s \frac{f_{sk}}{\gamma_s}$$

> sections creuses remplies de beton =

$$N_{pl, Rd} = A_a \frac{f_y}{\gamma_{Ra}} + A_c \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} + A_s \frac{f_{sk}}{\gamma_s}$$

- A_c, A_a, A_s : respectivement aire de beton, de la section transversale du profilet et des armatures.

- Pm - les profiles creux circulaire on note une augmentation de la compression (resistance) due au frottage de la "colonne" du beton. Si le tube est rigide pour s'opposer au gonflement du beton compresse alors nous aurons dans ce cas une resistance a la compression elevee. Dans ce cas la resistance se calcule comme presentee dans le paragr. relative aux poteaux compresse et flechis.

5. Stabilite des poteaux mixtes en compression axiale

Outre la resistance a la compression, la verification de la stabilite est a effectuer selon les deux axes principaux du flambement tenant des longueurs de flambement appropriees

$$N_{x, ed} \leq N_{b1, Rd} = \chi_{y1} \cdot N_{pl, Rd}$$

$$N_{x, ed} \leq N_{b2, Rd} = \chi_{y2} \cdot N_{pl, Rd}$$

$\bar{m} = N_{b,rd} =$ valeur de calcul de la résistance au flambement du poteau.

$N_{pl,rd} =$ résistance plastique à la compression de la section transversale nette

$\chi =$ coeff. de réduction au flambement.

Ce coefficient de flambement est de l'éclatement réduit, lui-même fonction de la résistance plastique de la section transversale et de la charge critique d'Euler.

De sorte que $\chi = f(\bar{\lambda}) = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$ mais $\chi \leq 1.0$

$$\phi = 0.5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$\bar{m} = \alpha =$ facteur d'imperfection dépendant de la courbe de flambement.

Sous le cas $\bar{\lambda} \leq 0.2$, le flambement n'est pas à prendre en compte et le poteau se calcule comme un poteau ordinaire soumis à la compression.

* L'éclatement réduit $\bar{\lambda}$ est donné par les relations ci-dessous :

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{N_{pl,R}}{N_{cr,y}}}, \quad \bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{N_{pl,R}}{N_{cr,z}}}$$

* La charge critique d'Euler est :

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 (EI_y) \cdot l_e}{L_{by}^2} = \text{selon l'axe } y$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 (EI_z) \cdot l_e}{L_{bz}^2} = \text{selon l'axe } z$$

- rigidité de la section due à l'acier les axes principaux $y-z$
 Elle est donnée respectivement par :

$$EI_y = E_a I_{ya} + 0,18 E_{cd} I_{yc} + E_s I_{ys}$$

$$EI_z = E_a I_{za} + 0,18 E_{cd} I_{zc} + E_s I_{zs}$$

$\bar{m} = \frac{E_a}{E_s}$, $E_s =$ module d'élasticité respectifs du profilé et du béton.

$E_{cd} =$ module d'élasticité du béton.

I_a, I_c et $I_s =$ moments d'inertie respectifs de l'acier, du béton et du béton.

$L_b =$ longueur de flambement de l'axe considéré.

Les élancements limites au-delà desquels on doit prendre en compte certains effets de fluage et de retrait sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Type-structure	structure rigide	structure souple
Profilé enrobé de béton	$\bar{\lambda} = 0,18$	$\bar{\lambda} = 0,15$
Profilé creux rempli de béton	$\bar{\lambda} = 0,18 / (1 - \delta)$	$\bar{\lambda} = 0,15 / (1 - \delta)$

$$\bar{m} = \delta = \frac{A_a \cdot t_{ya}}{N_{pl, Rd}} = \frac{N_{p, profilé}}{N_{p, total}}$$

- 6 - Virement local de parois de la section d'acier

Il est vivement recommandé de s'assurer du non virement des profilés en acier (parois) avant toute vérification de la stabilité. Pour les sections totalement enrobées, ce risque est inexistant. Pour les autres sections, les élancements des parois ne doivent pas dépasser les valeurs limites suivantes :

- $\frac{d}{t} \leq 90 \varepsilon^2 =$ profilés creux ronds remplis de béton
où diamètre d et épaisseur t .
 - $\frac{b}{t} \leq 52 \varepsilon =$ Ame de profilés creux rectangulaires
remplis de béton.
 - $\frac{b}{t} \leq 44 \varepsilon =$ Semelles de largeur b et d'épaisseur
 t_f de profilés en H partiellement enrobés
- Avec $\varepsilon = \left(\frac{235}{f_{yk}} \right)^{1/2}$ où f_{yk} : limite d'élasticité
du profilé.

7 - Cisaillement longitudinal

Le cisaillement longitudinal est à prévoir en compte et cela en tenant compte soit le ressort au calcul au cisaillement T_{rel} par adhérence et frottement. Les valeurs de calcul sont données dans le tableau ci-dessous

Type de section	$T_{rel} - MPa$
Profilé totalement enrobés	0,30
" creux remplis de béton	0,55
" creux rectangulaire rempli de béton	0,40
Semelle de profilé partiellement enrobé	0,20
Ame de profilé partiellement enrobé	0,00