

## 12 Formigó armat

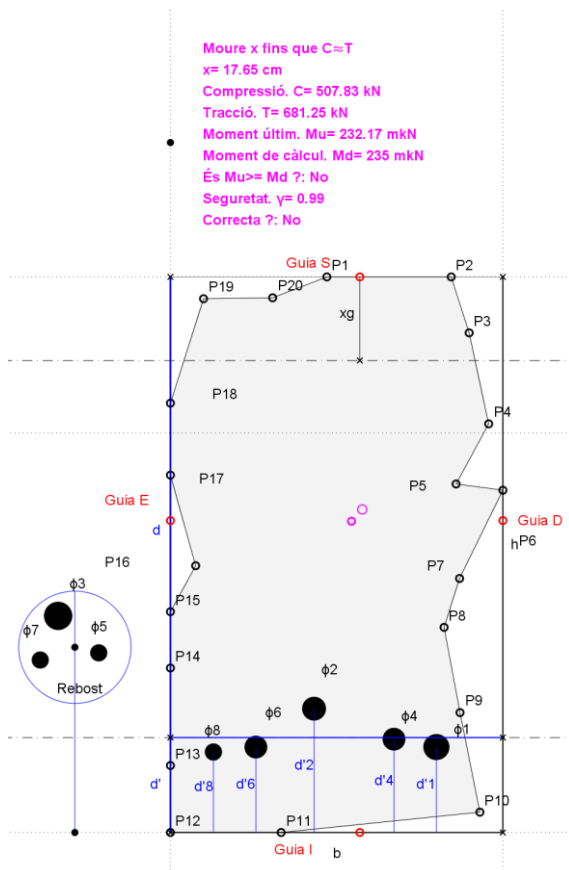
### 12.23 Formigó armat. Flexió. Secció qualsevol. Moment últim. Plantilla

#### 12.23.1 Formigó armat. Flexió. Secció qualsevol. Moment últim. Exemple

### 12.23 Formigó armat. Flexió. Secció qualsevol. Moment últim. Plantilla

De la figura 12.87 es fan els següents aclariments:

1. Es dona un rectangle que queda definit per quatre punts mòbils de GeoGebra. La Guia S (superior) i la Guia I (inferior) es mouen verticalment i la Guia E (esquerra) i la Guia D (dreta) es mouen horitzontalment. El moviment dels esmentats punts no només defineix el rectangle abans indicat, sinó que conforma els extrems de la secció de formigó que és objecte de càlcul (b·h).



2. Es dona una secció de formigó definida pels punts P1...P20. Aquests punts tenen absoluta llibertat de moviments però, en tot cas, dintre del rectangle. Amb quatre excepcions: el punt P1 es mou únicament en la Guia S, el P11 en la Guia I, el P17 en la Guia R, i finalment, el P6 en la Guia D, que són precisament els que donen la forma externa o perimetral de la secció. En el requadre d'entrada de dades de la segona pantalla gràfica, es pot observar que els punts, malgrat es puguin moure en llibertat, han de seguir un cert ordre. Per exemple, el punt P4 no pot estar per sobre del P3.

3. Les coordenades dels punts estan referides al punt O que, a la seva vegada es pot moure en llibertat dins o fora del rectangle. Aquestes coordenades estan condicionades a una escala de longituds indicada amb un punt lliscant.

Fig. 12.87

4. L'armat consisteix en 8 varetes, el diàmetre de les quals es regulen per punts lliscants. Aquestes varetes són actives si es troben dins el rectangle i inactives si es troben fora. Es dona un rebost per agrupar i ordenar les varetes inactives, però sense cap incidència en el càlcul. De cadascuna de les varetes actives es dona el seu recobriment mecànic d'i.

L'entrada de dades es completa amb:

Md. Moment flector de càlcul que actua sobre la secció. És el moment flector de servei implementat amb el coeficient de seguretat de les sol·licitacions

fck. Resistència característica del formigó a compressió

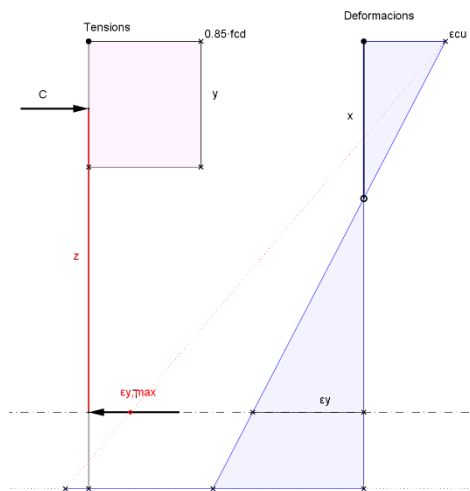
γc. Coeficient de seguretat del formigó

εcu. Deformació en trencament del formigó

$f_{yk}$ . Límit elàstic característic de l'acer  
 $\gamma_s$ . Coeficient de seguretat de l'acer  
 $E_s$ . Mòdul d'elasticitat de l'acer

Per a l'anàlisi de la idoneïtat resistent de la secció se segueix el llibre '*Càlculo, construcción, patología y rehabilitación de forjados de edificación*' de J. Calavera, concretament la 5ª edició, publicat per Intemac el 2002 que permet l'anàlisi de seccions de forma qualsevol. Es fan les següents observacions:

1. Es considera un diagrama de tensions de càlcul rectangular, de longitud  $0.85 \cdot f_{cd}$  i de profunditat  $y$ .
2. El diagrama de deformacions és lineal, en què la fibra superior comprimida del formigó es troba deformada la magnitud  $\epsilon_{cu}$ . La deformació nul·la indica la fibra neutra, de profunditat  $x$ . Aquesta està formada per un punt mòbil de GeoGebra amb moviment vertical. La relació entre profunditats  $x$  i  $y$  és la següent  $x = 1.25 y$ . Per tant, a priori, la fibra neutra no queda definida (fig. 12.88).
3. Unint el punt  $\epsilon_{cu}$  amb  $x$  ens dona la deformació del conjunt de l'armadura  $\epsilon_y$  a l'altura del cantell útil  $d$ . El valor  $\epsilon_{y,max} = 0.01$  dona la màxima deformació de l'acer, que no es pot sobrepassar.



4. Es divideix la profunditat  $y$  en 8 llesques i es calcula la posició del centroide  $x_g$ . Es tindrà en compte que l'altura de les llesques  $\delta$  és variable, atès que depèn d' $y$  i aquest d' $x$ . Es fa una simplificació consistent en considerar que el centroide de les llesques es troba a una profunditat  $\delta/2$ . La posició de  $x_g$  servirà per situar la força  $C$  del cap comprimit. El valor de  $C$  serà l'àrea de formigó comprès per  $y$  i multiplicada per  $0.85 \cdot f_{cd}$ .

5. El cantell útil  $d$  definirà la posició de la tracció  $T$  que es dona al conjunt de les armadures.  $T$  és igual a la capacitat mecànica d'aquestes  $U = A_s \cdot f_{yd}$  sent  $A_s$  la secció del conjunt de les armadures i  $f_{yd}$  la resistència de càlcul de l'acer.

Fig. 12.88

6. Ara tot consisteix en moure  $x$  fins que  $C$  i  $T$  coincideixin. Aconseguit això, el producte  $C$  o  $T$  per  $z$ , distància entre  $C$  i  $T$ , definirà el moment últim  $M_u$ . Aquest, comparat amb  $M_d$  donarà la idoneïtat resistent de la secció. Finalment, el coeficient de seguretat global  $\gamma$  serà  $M_u/M_d$ . Per tant, modificant la quantitat d'armadura  $A_s$  i el valor d' $x$  podem valorar  $\gamma$ .

Aquesta aplicació no està preparada per a l'anàlisi de seccions que necessitin armadura de compressió. Per això, es posa un límit. Aquest és  $0.375 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2$ .  $b$  és l'amplada mitjana de les llesques al cap comprimit. Si  $M_d$  es major que el valor calculat, serà necessària l'armadura de compressió. És una forma simplificada d'obtenir el límit d'aquesta però suficientment precisa.

### 12.23.1 Formigó armat. Flexió. Secció qualsevol. Moment últim. Exemple

Com a exemple d'aquesta aplicació es dona una secció com la que es veu a la figura 12.89. En aquest cas, la secció està traçada amb línies rectes, pels 20 punts disponibles que permeten fer, si és convenient, figures sensiblement arrodonides. A la figura 12.90 s'observen els resultats d'aquest exemple.

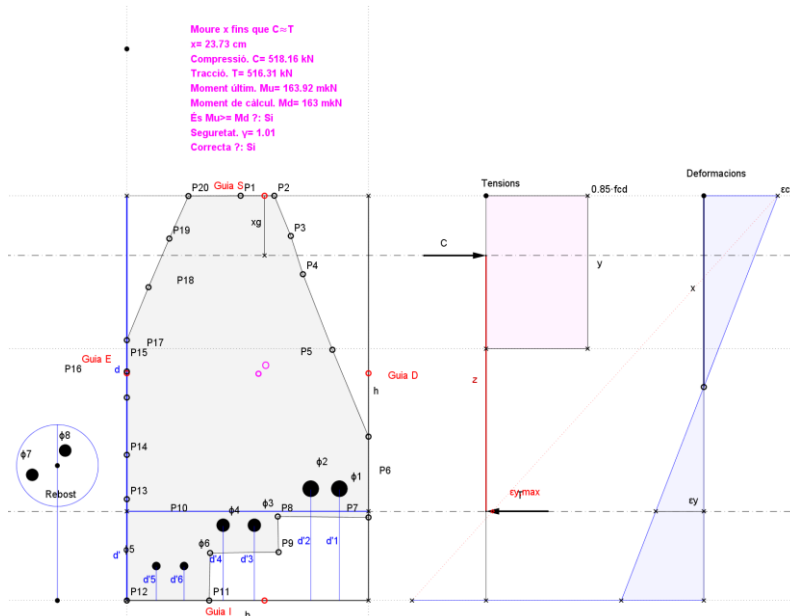


Fig. 12.89

#### Resultats

Cantell útil.  $d = 39.16$  cm  
 Recobriment mecànic.  $d' = 11.07$  cm  
 Secció. Àrea bruta.  $A_b = 1094.49$  cm<sup>2</sup>  
 Armat. Àrea.  $A_s = 11.88$  cm<sup>2</sup>  
 Secció. Àrea neta.  $A_n = 1082.61$  cm<sup>2</sup>

#### Resistències de càlcul (N/mm<sup>2</sup>)

Formigó.  $f_{cd} = 16.67$   
 Acer.  $f_{yd} = 434.78$

#### Llesques

Nombre.  $n = 8$   
 Gruix.  $\delta = 2.37$  cm

#### Cap comprimit

Àrea.  $A_c = 365.76$  cm<sup>2</sup>  
 Centroide.  $x_g = 1.5$  cm  
 Fibra neutra.  $x = 23.73$  cm  
 $0.85 \cdot f_{cd} = 14.17$   
 Profunditat.  $y = 18.98$  cm  
 Braç mecànic.  $z = 31.75$  cm  
 Força.  $C = 518.16$  kN

#### Acer traccionat

Deformació.  $\epsilon_y = 22.75 \times 10^{-4}$   
 Deformació màxima.  $\epsilon_{y,max} = 0.01\%$   
 Capacitat mecànica.  $U = T = 516.31$  kN

Armadura de compressió ? : No

Fig. 12.90