

12 Formigó armat

12.15 Punxonament. Suport circular. 'Código Estructural'

En el punt 6.4 del *Código Estructural* s'ha analitzat el punxonament. Superant les adversitats degudes als defectes de redacció, ordre en l'exposició dels temes, errades tipogràfiques i a les figures, etc. s'ha elaborat aquesta aplicació que, al contrari de la '12.10 Punxonament', vol ser, tant com sigui possible, el més curosa i conseqüent amb la font, que és el *Código Estructural*. En tot cas, s'ha de dir, que la crítica negativa a aquest document es fa únicament a partir del punt 6.4 i amb un format pdf amb data gener del 2022. Per qüestions tècniques vinculades amb GeoGebra, únicament es contemplen els suports circulars.

Un dèficit important d'aquest *Código* és que no soluciona un problema que s'arrossega d'instruccions anteriors. Es tracta de definir el nom del suport per a la posició que ocupa amb referència al perímetre del forjat. Per això es fa el següent aclariment (fig. 12.68):

Geometria suport (cm)
D= 59.11
dx= 11.85
dy= 73.79

Consideració suport
Sentit x: Interior
Sentit y: Vora
Resum:

*Armats negatius
Direcció x: 17.9 cm² en amplaria 210.18 cm
Direcció y: 22.1 cm² en amplaria 148.24 cm

Forat
Dimensions
l1= 28.86 cm
l2= 40.08 cm
Àrea. Af= 0.12 m²
df= 1.51 m
l1 <= l2 ? : Si
Dimensió suport per l1 > l2. ls= 34.01 cm
Produeix reducció d'u1 ? : Si

·Es considera suport interior quan els seu perímetre es troba allunyats com a mínim 2·d del perímetre del forjat.

·Es considera suport de vora quan el seu perímetre més pròxim a 2·d del perímetre del forjat.

·Es considera suport de cantonada aquell en què el perímetre del suport es troba, en les dues direccions, més a prop que 2·d de les branques del forjat.

·En un requadre de diàleg (fig. 12.68) es troben els casos intermedis com, per exemple, que el suport sigui interior amb referència a l'eix x i de vora amb referència a l'eix y.

Fig. 12.68

Quan un forat es troba pròxim al forjat, el perímetre crític de punxonament es pot veure reduït. Segons sigui la relació entre els costats del forat l1/l2, la reducció del perímetre crític és diferent. Quan l1 <= l2 aquesta reducció es realitza segons l'*Instrucción EHE-08*. S'ha respectat, sense massa credulitat, la correcció de les línies que defineixen la reducció del perímetre crític quan l1 > l2. Això provoca un segment de longitud ls = $\sqrt{(l1 \cdot l2)}$ (fig. 12.68) a partir del qual les línies es dirigeixen al centre del suport G, provocant una silueta que no estem avesats a observar.

L'aplicació es divideix en dues parts. La primera part és eminent gràfica, dedicada a definir el perímetre crític del forjat. Aquest pot ser complet u1, o es pot veure reduït per la posició de P, Ru1,P, o per l'existència d'un forat Ru1,F. Finalment, el perímetre crític resultant es diu u1,cal

(fig. 12.70). La segona, casi exclusivament teòrica i que es desenvolupa en el full de càlcul de GeoGebra, estudia les conseqüències del punxonament en forjats o plaques planes.

Quant a la primera qüestió, la gràfica, s'han realitzat les següents aproximacions (fig. 12.69):

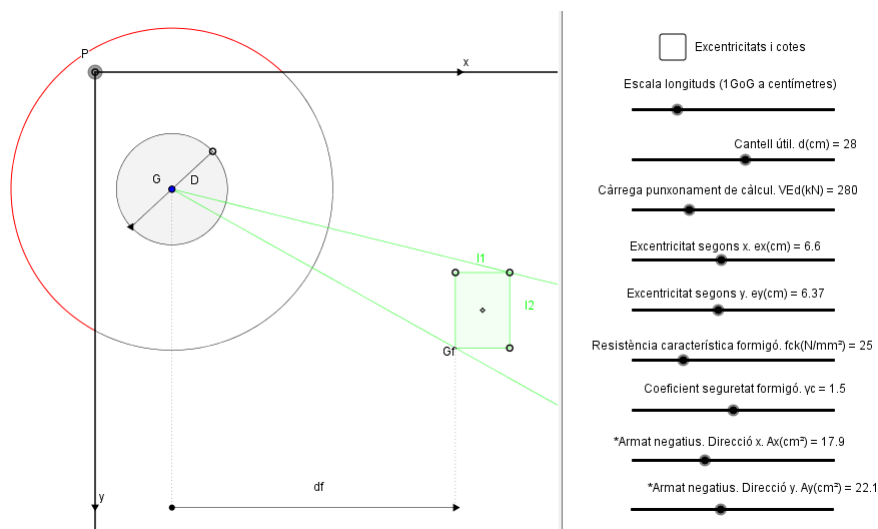


Fig. 12.69

·El punt P defineix un punt extrem del perímetre del forjat o placa. És mòbil i concreta la seva

posició amb referència al punt G del suport, que és fix. Els eixos x i y del forjat representen el seu perímetre, són ortogonals i la seva intersecció defineix el punt P. La zona de perímetre crític que queda a fora de les dimensions del forjat s'acolorix de color vermell.

·La referència del forat és el seu centre de gravetat Gf. El seu moviment, en allò que fa referència al pas de quadrants quan $l1 \leq l2$, o al pas de les diagonals que formen el suport quan $l1 > l2$, pot crear alguna distorsió, atès que les dimensions del forat sobrepassen la posició de Gf.

·El punt Gf del forat apareix de color vermell quan sobrepassa les dimensions del forjat.

Resultats
Perímetre crític. u1 (cm)
Complert. u1= 499.86
·Reducció posició P
Ru1,P= 162.82
·Reducció forat
Ru1,F= 0
Perímetre crític de càlcul
u1,cal= 343.58
Zona adjacent suport
Comprobació segons EHE-08
Correcta ? : Si
Tensió tangencial de càlcul (N/mm²)
vEd= 0.59
(Segons EHE-08. τsd= 0.77. Informatiu)
Resistència de càlcul (N/mm²)
vRd,c= 0.52
És necessaria armadura de punxonament ? : Si

Fig. 12.70

Quant a la segona part, la teòrica, recollida en el punt 6.4.3 *Cálculo de la resistencia a punzonamiento* del Código Estructural, s'han de fer les següents observacions i simplificacions:

- Es calcula el valor de β en l'apartat (3), adoptant com a excentricitat e la hipotenusa del triangle rectangle format per les dues excentricitats e_x i e_y , que apareixen com a punts lliscants a la segona pantalla gràfica.
- En l'article 45.3 de l'*Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08* es donen els valors aproximats de β . Aquests poden ser majors que els calculats pel *Código Estructural* i per això, de forma informativa, es dona el valor de v_{Ed} (τ_{sd}) (fig.12.70).
- Per a la tabla que calcula el valor de k en funció de la relació c_1/c_2 s'ha ajustat una funció polinòmica de segon grau.
- Per al valor de W_1 s'ha adoptat l'expressió que es dona a continuació de la figura A19.6.19 i que sembla la més general per a suports circulars.
- A partir d'aquets paràmetres s'ha calculat el valor de v_{Ed} , tensió tangencial de càlcul. Aquesta tensió és la càrrega de punxonament dividida per la secció crítica i multiplicada pel paràmetre β , que té un valor pròxim a la unitat.
- En el punt 6.4.4 *Resistencia a punzonamiento de losas i bases de pilares sin armadura de punzonamiento*, que calcula el valor de $v_{Rd,c}$ a comparar amb el calculat anteriorment v_{Ed} , s'ha menyspreat el sumant $k_1 \cdot \sigma_{cp}$ dirigit a càrregues exteriors especials o al pretesat. Igualment no es considera l'apartat (2) del mateix punt perquè sembla dirigit únicament a les fonamentacions, cosa que no es contempla en aquesta aplicació.
- La comprovació de la zona adjacent al suport s'ha fet seguint les disposicions de la *Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08*. És molt més entenedora i lògica.
- Es demana l'armat actual de varetes de negatius en les dues direccions A_x i A_y en unes amplàries que es donen en el requadre d'entrada de dades de la figura 12.68. A partir d'aquestes dades es calculen les quanties.

En quant l'armat, aquest es realitza a base d'una secció transversal formada únicament per forquetes d'una branca col·locades verticalment. Es segueix les disposicions del punt 9.4.3 del *Código Estructural*, excepte en el que fa referència a la secció de la forqueta (fig. 12.71 i 12.72).

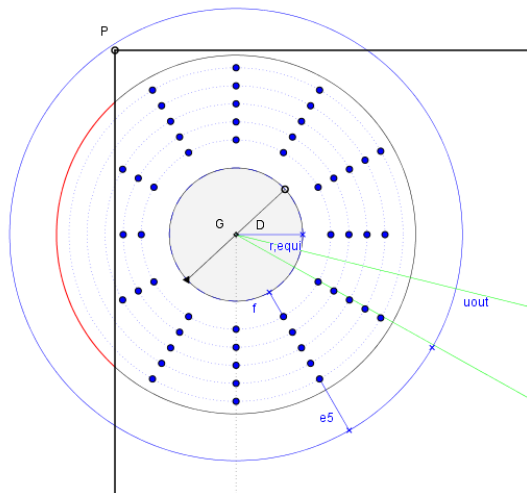


Fig. 12.71

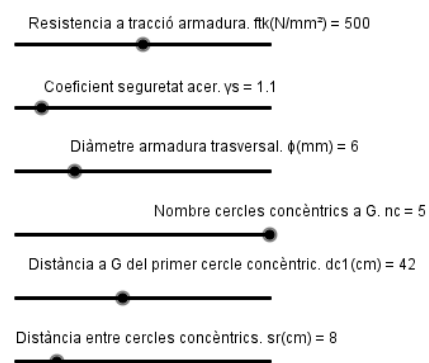


Fig. 12.72

Les observacions als armats transversals són les següents:

- S'adopten com a màxim 5 cercles concèntrics n_c d'armats.
- A cada cercle concèntric complet d'armat s'ubiquen 12 forquetes.
- La distància de G al primer cercle concèntric es controla pel punt lliscant dc_1 .

- La distància entre els següents 4 cercles concèntrics és fixa, de valor s_r , igualment determinada per un punt lliscant.
- Queden anul·lats els armats que es troben externament al punt P.
- Una vegada introduïts la resistència a tracció de l'acer f_{tk} i al seu coeficient de seguretat γ_s s'han d'introduir els següents paràmetres:

Diàmetre de l'armadura transversal o forquetes: ϕ

Nombre de cercles concèntrics d'armat: n_c

Distància a G del primer cercle concèntric: d_{c1}

Distància entre cercles concèntrics: s_r

Amb el moviment d'aquests quatre paràmetres es definirà una forma d'armat on, primerament,

```

Armats. Forquetes verticals
Cotes (cm)
Nom...Cota...Correcte ?
f...12.44...Si
e1...58.3...No
e2...50.3...No
e3...42.3...No
e4...34.3...Si
e5...26.3...Si

Cercles
nc. Correcte ? : Si
sr. Correcte ? : Si
r,equi= 29.56 cm
r,uout= 100.3 cm
Separació tangencial entre forquetes
N. Nom cercle concèntric a G
st. Separació tangencial (cm)
N...st...Correcta ?
1...21.99...Si
2...26.18...Si
3...30.37...Si
4...34.56...Si
5...38.75...No

Tensions
N. Nom cercle concèntric a G
rG. Radis cercles concèntrics (cm)
nf. Nombre forquetes
vRd,es. Tensió armadures (N/mm²)
N...rG...nf...vRd,es...Correcte ?
1...42...12...0.51...Si
2...50...12...0.78...Si
3...58...11...0.78...Si
4...66...9...0.78...Si
5...74...9...0.78...Si

```

s'ha de comprovar si la tensió a l'acer $v_{Rd,es}$ és correcta. Si s'ha admès aquest valor, s'ha de comprovar si les diferents distàncies entre forquetes són correctes segons les indicacions del *Código Estructural*, tal com es veu en el requadre de resultats d'armat de la figura 12.73.

Es defineix un cercle de radi r_{uout} a partir del qual l'armat transversal no és necessari.

Fig. 12.73

L'excés d'informació de l'aplicació provoca el col·lapse del programa per a determinats moviments que, en aquest moment, són desconeguts. Un símptoma és que apareixen forquetes fora de l'àmbit del forjat. Si es dona aquesta circumstància, el més convenient és tancar l'aplicació i començar des del principi. En tot cas, es recomana que el moviment del punts sigui com més lent millor.