

29 Forjats unidireccionals

29.16 Forjat unidireccional. Bigueta de formigó. Secció. Calavera. Plantilla

29.16.1 Forjat unidireccional. Semibigueta de formigó. Secció. Calavera. Exemple

29.16.2 Forjat unidireccional. Pastilla de formigó. Secció. Calavera. Exemple

29.16.3 Forjat unidireccional. Secció. Calavera. Exemple

29.16 Forjat unidireccional. Bigueta de formigó. Secció. Calavera. Plantilla

Aquesta aplicació estudia el funcionament estàtic d'un forjat unidireccional en què l'element resistent és tant la bigueta (B) de formigó, com el sinus (S), també de formigó però, en general, de diferent qualitat que la bigueta. El moment de càlcul considerat M_d és positiu. L'alleugerit o revoltó no intervé en el càlcul. L'estudi es fa sobre una secció, de forma que no es contempla la deformació per flexió del forjat. No existeix molta bibliografia sobre els forjats amb bigueta de formigó. En algunes temes, es segueix el llibre '*Cálculo, construcción, patología y rehabilitación de forjados de edificación*' de J. Calavera, 5ª edició, editat per Intemac el 2002, especialment el capítol 19 '*Piezas compuestas*'. Quan el forjat és a base de dues peces de formigó (bigueta i sinus) el càlcul es pot analitzar en règim plàstic. El contacte entre elements és aquí molt important, atès que si aquest contacte no existeix, el conjunt deixa de ser una peça composta per convertir-se en l'addició mecànica de bigueta més sinus.

L'aplicació es divideix en diverses parts.

1. Nomenclatura. Es dona un esquema (fig. 29.33) on es veu un dibuix d'un forjat amb bigueta de formigó i la seva nomenclatura.

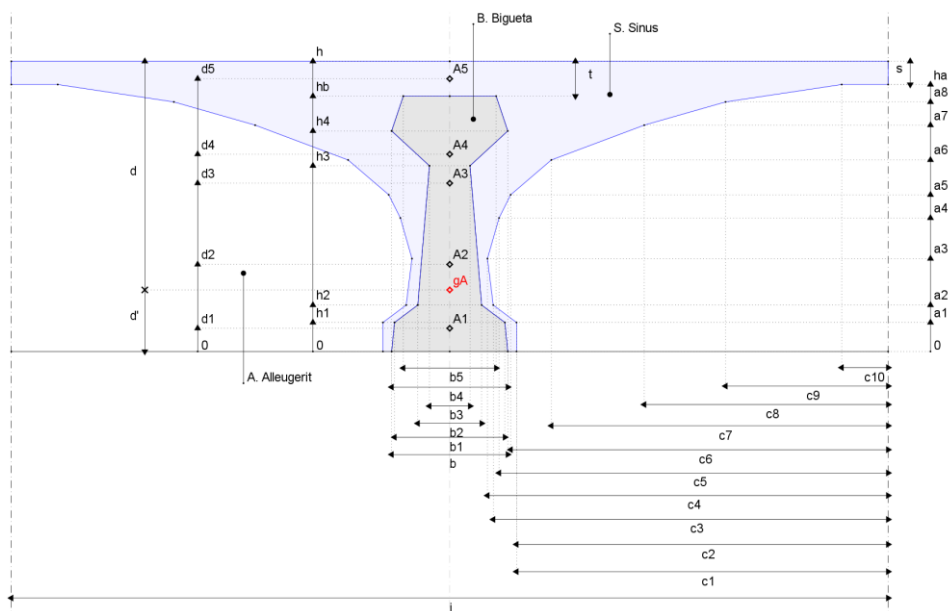


Fig. 29.33

2. Dades. En aquest apartat es dona el moment flector de càlcul M_d i l'esforç tallant, també de càlcul, V_d . Per a la bigueta s'introdueixen la resistència característica del formigó $f_{ck,b}$, el coeficient de seguretat $\gamma_{c,b}$ i el pes específic $\gamma_{e,b}$. Per al sinus se subministren la resistència característica del formigó $f_{ck,s}$, el coeficient de seguretat $\gamma_{c,s}$ i el pes específic $\gamma_{e,s}$. Per a l'acer es donen el límit elàstic característic f_{yk} , el coeficient de seguretat γ_s , el mòdul d'elasticitat E_s i el pes específic γ_e .

A més, en aquest apartat es pot indicar la deformació de trencament del formigó ϵ_{cu} , per el qual habitualment s'adopta el valor 0.0035, tot i que aquí es permet introduir altres valors. Finalment, es donen les tres lopes, per a les forces, per a les tensions i per a les deformacions. Com que entre la bigueta i l'alleugerit queda un espai on s'introdueix (no sempre, depèn de la fluïdesa del conglomerat) el formigó del sinus, és evident que, segons sigui aquest espai, no es pot considerar el contacte entre bigueta i sinus. Aquesta distància es controla amb el punt lliscant δ amb el rètol 'límit contacte actiu'.

3. Geometria. L'entrada de dades de la geometria del forjat es defineix amb punts lliscants.

Forjat: h, hb, ha, b i i.

Bigueta: h1...h4 i b1...b5

Alleugerit: a1...a8 i c1...c9

El sinus queda automàticament delimitat pels valors que s'han donat anteriorment. Els primers càlculs són per determinar la capa de compressió del forjat s i el de la bigueta t, deduïdes de la geometria.

4. Armats. Es permet tenir fins 5 línies d'armat. Per a cadascuna d'aquestes línies es dona el recobriment mecànic di, el nombre de varetes ni i el seu diàmetre ϕ . En el dibuix de la figura 29.34 es veuen les línies d'armat, i el seu recobriment, però no el nombre de varetes ni el seu diàmetre. Aquestes dades permeten el càlcul del recobriment mecànic del conjunt de les línies d'armat d' i, en conseqüència, el cantell útil d.

5. Càlculs.

Primerament, es fan una sèrie de càlculs previs que són els següents (fig. 29.34):

.Àrees. Es determinen les àrees de la secció bruta de la bigueta $A_{b,b}$, i de l'armat A_s , cosa que permet calcular l'àrea neta $A_{n,b}$. També es calcula l'àrea del sinus A_{s} .

.Pes propi. Tot i que la determinació dels pesos propis no és necessària per al càlcul mecànic del forjat, es proporcionen per tenir-ne una informació general.

.Mòduls d'elasticitat. El de l'acer E_s es proporciona amb un punt lliscant. El del formigó de la bigueta $E_{c,b}$ i el del sinus $E_{c,s}$ es calculen per la fórmula $8500 \cdot (f_{ck,i+8})^{1/3}$ que subministren les instruccions.

.Coeficients d'equivalència. En el sistema plàstic utilitzat en aquesta aplicació no és necessari conèixer els coeficients d'equivalència, atès que no és necessari homogeneïtzar la secció. Però seran necessaris per a l'estudi de l'esforç rasant en què, per exemple, es necessita el moment d'inèrcia I_h en referència al centroid de la secció homogeneïtzada. Agafant com a referència el formigó de la bigueta i relacionant mòduls d'elasticitat, tindriem per a aquesta $n_b = 1$, per al sinus $n_s = E_{c,s}/E_{c,b}$ i per a l'acer $n_s = E_s/E_{c,b}$.

.Secció homogeneïtzada. El coneixement dels coeficients d'equivalència ens permet calcular l'àrea homogeneïtzada A_h , la posició del centroid amb relació a la fibra més traccionada gh i el moment d'inèrcia I_h .

.Resistències de càlcul. Finalment, en aquesta sèrie de càlculs previs, apareixen les resistències de càlcul de formigó de la bigueta $f_{cd,b}$, del sinus $f_{cd,s}$ i de l'acer f_{yd} .

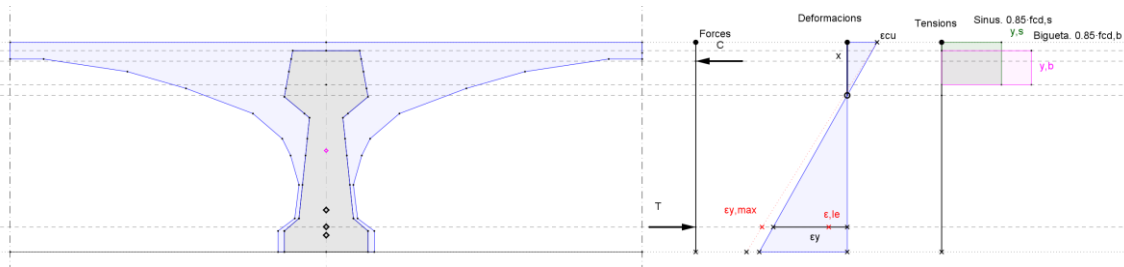


Fig. 29.34

El càlcul consisteix, a partir del valor d' ϵ_{cu} , en dibuixar un diagrama de deformacions de Bernouille en què la profunditat de la fibra neutra x és variable a partir d'un punt mòbil de GeoGebra. Això ens proporciona el valor de la deformació de l'acer ϵ_i a l'altura del recobriment d' . A partir del valor d' x queda definit el cap comprimit de formigó a una profunditat $0.80 \cdot x$. En aquest cap comprimit es donen els diagrames de tensions d'esgotament dels dos formigons (bigueta i sinus) que, tal com explica el professor Calavera, han de ser rectangulars d'altures $0.85 \cdot f_{cd,b}$ i $0.85 \cdot f_{cd,s}$ respectivament. El diagrama d'esgotament de la bigueta pot no existir en funció de la seva altura i del valor donat a x . A continuació, els diagrames es divideixen en una sèrie de llesques, concretament 8 de gruix h_l . Les llesques permeten calcular els valors de l'àrea del cap comprimit dels dos formigons $A_{c,b}$ i $A_{c,s}$ i les forces de compressió C_b i C_s . Finalment, component aquests valors en el forjat es trobarà la força total de compressió C i la seva situació g referida a la fibra més comprimida. En allò que es refereix a l'acer, la força que es produeix a l'alçada del recobriment és T , igual a la seva capacitat mecànica $A_s \cdot f_{yd}$. Situat els dos valors C i T es determina el braç mecànic z i el que serà el moment últim $M_u = C \cdot z$ (o $M_u = T \cdot z$). Naturalment, els valors de C i T han de ser iguals, de forma que caldrà que mobilitzar el valor d' x fins que això sigui possible. En aquesta situació, el valor $\gamma = M_u / M_d$ ens donarà la seguretat global del forjat, que serà satisfactòria si γ és més gran o igual a 1.

6. Esforç tallant. Per a l'esforç tallant d'aquesta secció composta de formigó se segueix el criteri no additiu del professor Calavera, basat en la instrucció EHE (punt 19.2.2 'Esfuerzo cortante en piezas compuestas' del llibre indicat al principi d'aquesta memòria). En efecte, es calcula l'esforç tallant que absorbeix el formigó en tres punts diferents de la secció i s'escull el que té el valor més baix. Aquests tres punts es troben en la zona de la bigueta, en la zona entre bigueta i sinus i, finalment, a la zona ocupada pel sinus.

7. Esforç rasant. El contacte entre el formigó de la bigueta i el del sinus ha de ser tal, que es pugui considerar la peça com un sol element mecànic i no com la suma de les propietats mecàniques de cadascun d'ells. Això obliga a fer algunes consideracions:

.Perímetre de contacte. Es calcula la zona de bigueta que està amb contacte amb el formigó p . Aquí apareix el concepte de 'límit de contacte actiu δ ', que es regula amb un punt lliscant i que té per objectiu no considerar el contacte on la distància entre la bigueta i el sinus sigui menor que δ .

.Moment estàtic. Es calcula el moment estàtic de la secció en referència al centroid G , $M_{e,g}$.

.Esforç rasant. Es calcula amb la següent fórmula de Collignon: $\tau_{mit} = V_d \cdot M_{e,g} / (p \cdot I_h)$ (esforç rasant mitjà). Ara s'ha de comprovar si aquest esforç rasant el pot absorbir el contacte entre els dos formigons. La bibliografia està més o menys d'acord en adoptar el valor $\tau_{md} = 0.25 \cdot f_{cd}$, sent f_{cd} la resistència de càlcul del menor dels dos formigons.

29.16.1 Forjat unidireccional. Semibigueta de formigó. Secció. Calavera. Exemple

Una semigueta no té cap mena de diferència amb una bigueta. Disposa d'un pes propi menor, cosa que fa més fàcil la posada en obra. A canvi, s'han d'adoptar certes precaucions en el cimbratge (fig. 29.35).

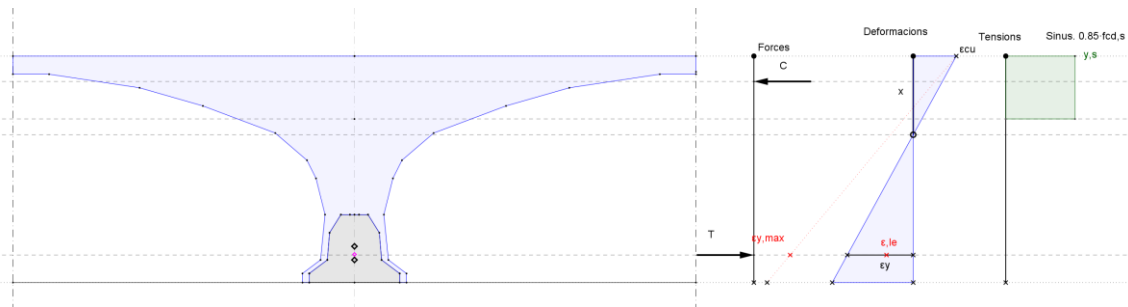


Fig. 29.35

29.16.2 Forjat unidireccional. Pastilla de formigó. Secció. Calavera. Exemple

Un forjat en què la bigueta és una pastilla incrementa la facilitat de posada en obra, però encara complica més el cimbratge que en el cas d'emprar una semibigueta (fig. 29.36).

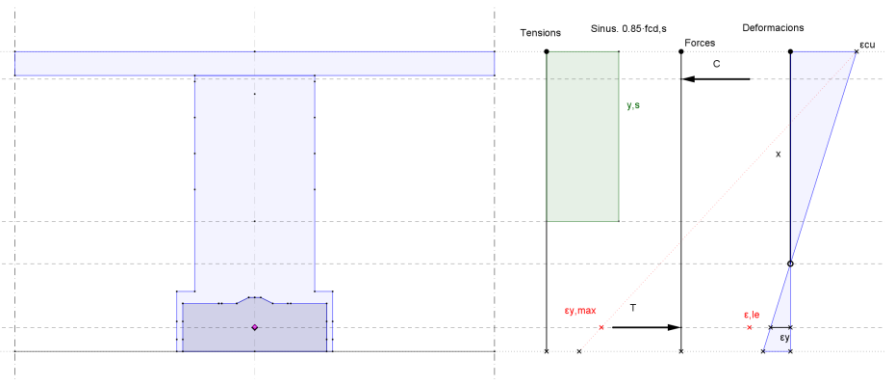


Fig. 29.36

29.16.3 Forjat unidireccional. Secció. Calavera. Exemple

En aquest exemple es pot comprovar la versatilitat de l'aplicació. Movent els punts de tal forma que la secció de la bigueta junt amb la del sinus formen una secció de dimensions b i h , i fent coincidir els paràmetres mecànics, per exemple les resistències característiques $f_{ck,b} = f_{ck,s}$, el forjat s'ha convertit en una biga rectangular de dimensions $b \cdot h$ (fig. 29.37). Altres qüestions, com l'esforç tallant, ja no es poden homologar amb tanta facilitat.

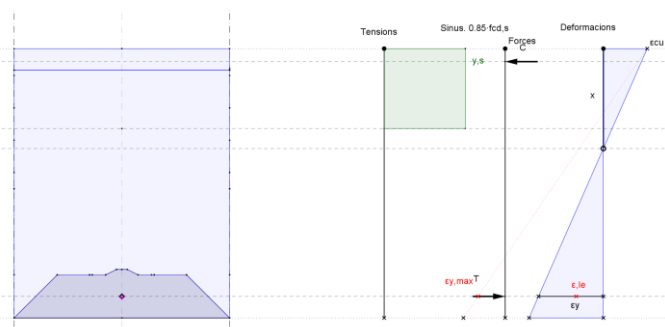


Fig. 29.37