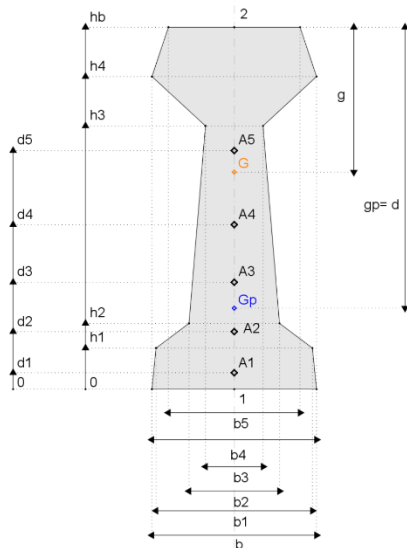


29 Forjats unidireccionals

29.13 Forjat. Bigueta exempta. Formigó pretesat. Calavera

Aquesta aplicació es divideix en 8 parts, controlades amb un punt lliscant, cadascuna d'elles amb una pantalla diferent. Les comentarem a continuació:

0. Nomenclatura. Es dona un croquis (fig. 29.26) on es veuen els paràmetres que defineixen la



forma de la bigueta i el seu armat. La forma queda concretada amb 6 amplades. L'inferior és b i les següents de b₁ a b₅. Les alçades són 5, la que defineix l'alçada total de la bigueta h_b i les inferiors h₁ a h₄. Per el armat es donen 5 possibilitats. Per a cadascuna d'elles es dona una indicació d'acer A_i, que implica un nombre de varetes n_i, un diàmetre φ i una distància de la base inferior de la bigueta d_i. En el gràfic de la primera pantalla gràfica, no es veu el nombre de varetes, sinó únicament la seva posició. Tots aquests paràmetres estan controlats per punts lliscants. També s'indica la posició g del centre de la secció homogeneïtzada G.

Fig. 29.26

1. Geometria. Forjat i bigueta. És on es pot definir la forma de la bigueta, tal com s'indicava en el punt 0. A més, es dona l'intereix entre biguetes i.

2. Biga. Aquí es permet introduir la llum de la bigueta L i la càrrega uniformement repartida p a que està sotmesa.

3. Formigó. En aquesta pantalla apareixen els punts lliscants per introduir la resistència característica a compressió del formigó de la bigueta f_{ck}, el seu coeficient de seguretat γ_c, el coeficient de seguretat del pretesat γ_p i el pes específic del formigó γ_{cb}.

4. Acer. Aquí s'introdueixen les qüestions relacionades amb l'acer. Primerament, el tipus d'acer T. Es donen 10 tipus. Filferro del 1 al 4 (C), cordó amb 2 o 3 filferros del 5 al 8 (S2 o S3) i cordó amb 7 filferros del 9 al 10 (S7). La manera de designar el tipus d'acer és 'Y-f_{max,k}-C o S2 o S3 o S7' sent f_{max,k} la tensió final de l'acer subministrada per el fabricant. A continuació, es defineix el límit elàstic característic de l'acer f_{pk}, la relaxació r, el pes específic γ_{sb} i, finalment, el seu mòdul d'elasticitat E_s.

5. Armats. Aquí es defineix l'armat de la bigueta tal com s'indicava en el punt 0. A més s'indica quins són els diàmetres disponibles en funció del tipus d'acer triat en el punt anterior 4.

6. Pèrdues de pretesat. El càlcul de la pèrdua de pretesat es pot realitzar de dues maneres. La primera és manual, és a dir, s'introdueix en el punt lliscant PP el percentatge de pèrdues que es creu convenient. A la segona, es calculen les pèrdues, tal com indica la Instrucció EHE-08. Aquesta instrucció diu que es poden donar 4 qüestions que donen pèrdues de tensió en el pretesat. Són les següents:

.ΔP1. Lliscament de les falques d'ancoratge. El qual obliga a introduir els valors de penetració de les falques δ i la longitud de la taula de pretesar o la longitud del tendó recte LT.

.ΔP2. En aquest apartat l'EHE-08 dona tres causes de pèrdua: 1-escurçament del formigó, 2-fluència del formigó i 3-relaxament de l'acer. Això obliga a introduir els valors de la humitat ambiental relativa HR i la velocitat d'enduriment del ciment VC. El valor de ΔP2 freqüentment es negatiu.

.ΔP3. Dilatació tèrmica de l'acer. Que queda condicionada per el seu coeficient de dilatació tèrmica α , la temperatura màxima durant el curat tèrmic T_{max} i, finalment, per la temperatura mitjana de l'ambient durat la fabricació T_a .

.ΔP4. Escurçament elàstic del formigó.

Si a la força inicial de pretesat P_0 se li resta la suma de les pèrdues $\Sigma\Delta P_i$, ens donarà la força final de pretesat P_{pf} . Aquest valor permetrà saber la tensió permanent σ_{pf} .

7. Varis. En aquest apart es determina el règim de càlcul a flexió que pot ser elàstic o plàstic.

El règim elàstic és el de servei (fig. 29.27). Una vegada homogeïtzada la secció, amb un valor d'equivalència $n = E_s/E_c$, és possible saber l'àrea A_h , la posició del centroide G (g) i el moment d'inèrcia I_g amb referència a l'eix que passa per G. Amb aquest valors ja es poden grafiar el següents diagrames:

.Diagrama de tensions de càlcul motivats per el moment flector de càlcul M_d . Son $\sigma_{f,1}$ a la fibra inferior i $\sigma_{f,2}$ a la fibra superior.

.Diagrama de tensions de càlcul produïda per la excentricitat de pretesat. Si el centroide de les armadures és G_p , i la distància de la fibra més comprimida a G_p és el cantell útil d , la diferencia entre d i g és l'excentricitat de pretesat e . Aquest produeix un moment de valor M_p , que genera unes tensions $\sigma_{p,1}$ a la fibra inferior i $\sigma_{p,2}$ a la fibra superior.

.Diagrama de tensions de càlcul produïdes per la compressió que dona el pretesat en el formigó, de valor constant $\sigma_{p,c}$.

.Suma de tensions de càlcul. Si se suma amb el seu signe (traccions positives i compressions negatives) el resultat final és, $\sigma_{cd,1}$ a la fibra inferior i $\sigma_{cd,2}$ a la fibra superior.

Per comprovar la idoneïtat resistent de la secció en servei, les tensions obtingudes s'han de comparar amb els següents valors: $0.63 \cdot f_{ck}^{1/2}$ a tracció i $0.60 \cdot f_{ck}$ a compressió.

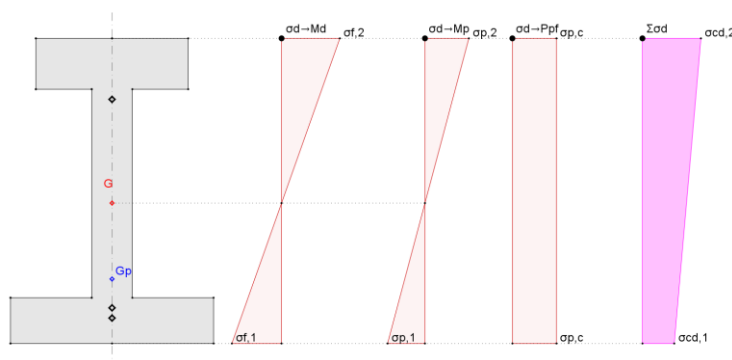


Fig. 29.27

En règim plàstic (fig. 29.28) es parteix d'un diagrama d'esgotament del formigó de valor $0.85 \cdot f_{cd}$, en el que $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c$, i una profunditat de $y = 0.8 \cdot x$, sent x la profunditat de la fibra neutra en el diagrama de deformacions. Aquest, a la fibra superior, té el valor $\epsilon_{cu} = 0.0035$ i amb x es definirà

una tracció en l'acer de valor $\Delta\epsilon_{sp1}-\Delta\epsilon_{sp2}$, aquesta última produïda per el pretesat. Com x és un punt mòbil de GeoGebra, això permet el seu moviment fins que el valor de C sigui igual que el de T. C està aplicat en el centre de gravetat del cap comprimit x_g i té el valor obtingut de multiplicar el àrea d'aquest cap comprimit per $0.85\cdot f_{cd}$. Amb el valor de la deformació obtingudes a la armadura és pot trobar la tensió de l'acer, que multiplicada per la secció de l'armadura ens donarà el valor de T aplicat en el punt G_p . Una vegada aconseguït que sigui $C = T$, el moment d'esgotament M_u serà el moment determinat per el parell C-T. Aquest es tindrà que comparar amb M_d per definir la idoneïtat resistent de la secció de la bigueta. El coeficient de seguretat global serà $\gamma = M_u/M_d$.

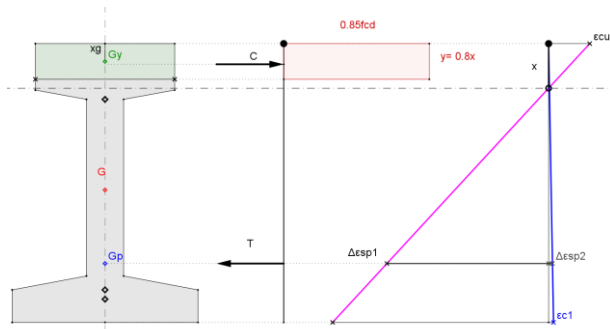


Fig. 29.28

A la pantalla de 'Varis' es troba també el coeficient de seguretat de les sol·licitacions γ_f , la situació de la bigueta en referència a la fissuració F_{is} i les lopes: de geometria, tensions, deformacions i forces.

8. Resultats. La pantalla de resultats es troba dividida en dues parts. En la primera, es recullen els resultats de caràcter general, algun dels quals ja s'han indicat en els apartats anteriors. A l'altra part, apareixien els resultats de la flexió segons es tracti de règim elàstic o plàstic, també comentats anteriorment. Igualment, en aquesta part, es troben els resultats d'esforç tallant i de les deformacions, que es comenten a continuació:

Esforç tallant. Es calcula de la mateixa manera que en el formigó armat. Es parteix d'una amplada de referència b_0 , que en el nostre cas, a resultat l'amplada mínima de la secció. A continuació, es calcula l'esforç tallant que absorbeix el formigó V_{cu} , i com que aquesta aplicació no contempla la possibilitat de que la bigueta aportï armadura transversal, per definir la idoneïtat estructural bastarà comparar-la amb V_d . El valor de V_{cu} és molt conservador atès que el formigó de la bigueta casi sempre està comprimit.

Deformacions. Seguin les explicacions del professor Calavera, en el punt 12 del capítol 15 del llibre de referència que es dona al final d'aquesta memòria, es calcula primerament la contrafleixa ϕ' , que lògicament té un valor negatiu. En aquesta se li suma la fleixa produïda per el pes propi de la bigueta ϕ_{pp} . A continuació, i fent la distinció entre si la bigueta es troba fissurada o no, es calcula la deformació instantània ϕ_i i la diferida ϕ_d . Al contrari de la deformació diferida en el formigó armat, aquí es considera que $\phi_d = 1.8 \cdot \phi_i$ (Calavera). La suma de aquestes deformacions, amb el seu signe, ens donarà la deformació final.

Les fons que han servit per l'elaboració d'aquesta aplicació són les següents:

'Cálculo, construcción, patología y rehabilitación de forjados de edificación' de J. Calavera, 5ª edición. Editat per Intemac el 2002.

'EHE-08' Instrucción de Hormigón Estructural. Ministerio de Fomento. Madrid 1999.