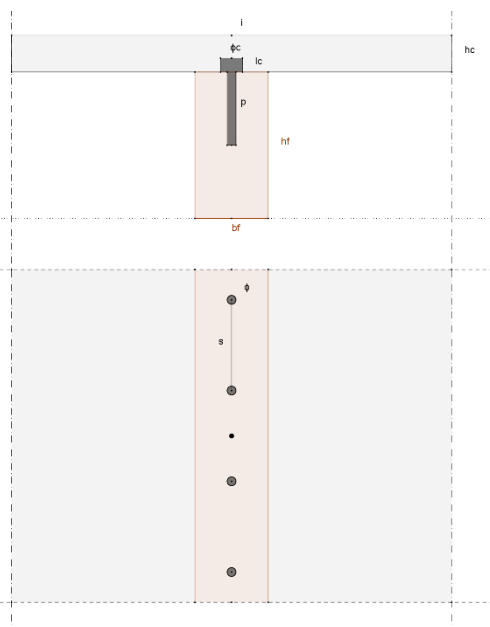


11 Objectes estructurals

11.105 Connectors entre bigues de fusta i lloses de formigó (Bellmunt)

El pas del temps afecta negativament els forjats amb bigueta de fusta, ja sigui pel deteriorament de la fusta o per la progressiva deformació de la bigueta. Com que aquests fenòmens es donen inevitablement, s'han buscat sistemes d'intervenció per esmenar-los. Es proposa aquí un sistema d'implementació mecànica a utilitzar quan la bigueta es troba en bon estat, atès que se



segueix confiant en la seva participació mecànica. Consisteix en col·locar per la part superior del forjat existent una capa de compressió de formigó connectada a les biguetes de fusta, de tal manera que la bigueta i el formigó formin un sol cos estructural (fig.11.233). La font més consultada ha estat el llibre 'Els connectors entre bigues de fusta i lloses de formigó' escrit per Rafael Bellmunt i Ribas, editat el 2003 pel ITeC Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya. El programari utilitzat ha estat GeoGebra, cosa que ha permès donar-li una visió gràfica al desenvolupament teòric del tema. En la present aplicació s'ha seguit tant com ha estat possible el llibre abans indicat, fent petites modificacions per a la seva adaptació a GeoGebra, i no fent cap referència a qüestions com la posta en obra, per exemple, els temes relacionats amb el cimbrat del sostre, i centrant-nos exclusivament en el càlcul estàtic de la intervenció.

Fig. 11.233

L'aplicació es divideix en una sèrie de pantalles que queden explícites a partir de punts de control. A continuació, respectant el mateix ordre que apareix a la segona pantalla gràfica de GeoGebra, s'anirà desgranant l'aplicació.

1. Geometria. Aquí es troben els punts lliscants que permeten definir les dimensions que es troben a la figura 11.233. Són l'amplada bf , el cantell de la bigueta de fusta hf , el gruix de la capa de compressió hc i l'intercreix entre biguetes i . Excepte la capa de compressió, que podrà variar en funció dels resultats del càlcul, els altres paràmetres vindran definits per la prospecció del sostre (fig. 11.234). Apareix un altre punt lliscant per concretar l'escala del dibuix en funció de les mesures proposades per GeoGebra.

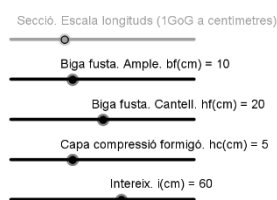


Fig. 11.234

2. Biga. En aquest apart es troben tant els paràmetres que corresponen a la bigueta del forjat com els resultats derivats del funcionament de la bigueta (fig. 11.235). Com a paràmetres, i a partir de punts lliscants, es troben la llum de la bigueta L i les càrregues superficials que sobre ella graviten: q , per la permanent i q ,var la variable, i les seues corresponents coeficients de seguretat γ , per i γ ,var respectivament. La llum i les càrregues permeten construir els diagrames de moments flectors i esforços tallants en funció dels dos tipus de càrregues. Un punt mòbil x ens donarà, per a cadascun dels seus valors, els moments flectors i esforços tallants corresponents. Un punt lliscant 'Elecció' ens permetrà triar el tipus de càrrega a considerar. Per

tant, como a mínim, el valor d'x tindrà dues posicions, $x = L/2$ per obtenir els màxims moments flectors i $x = 0$ per obtenir els màxims esforços tallants.

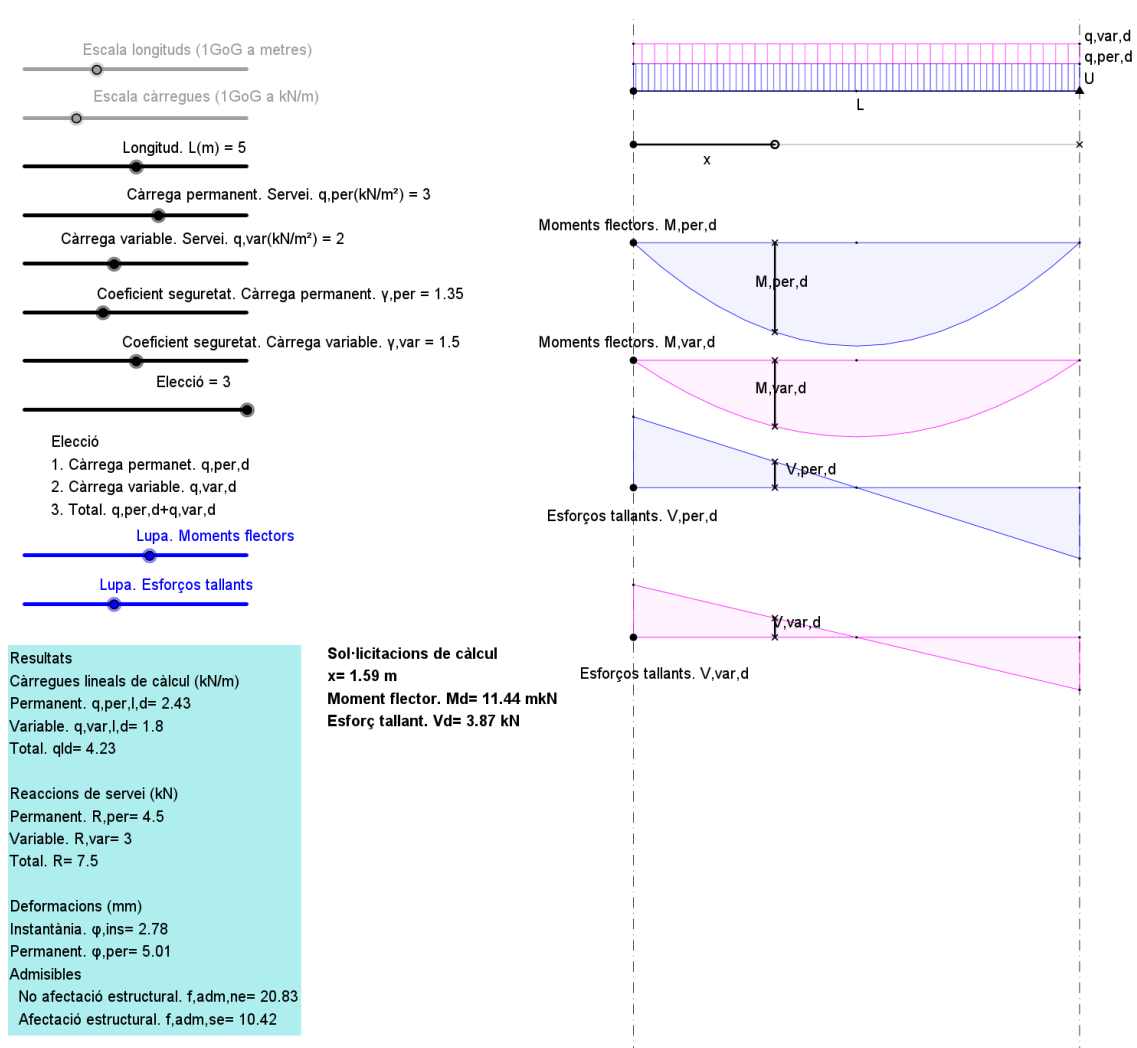


Fig. 11.235

En el requadre de resultats apareixen les càrregues lineals de càlcul i les reaccions de servei. També es veuen les deformacions del forjat. Es fan les següents observacions:

- Per procedir a l'homogeneïtzació del forjat es determinen, en primer lloc, els coeficients d'equivalència amb referència a la fusta. Per a la fusta, per tant, el coeficient serà $n_f = 1$ i per al formigó $n_c = E_c/E_{0,mean}$, sent E_c el mòdul d'elasticitat del formigó calculat a partir de la seva resistència característica f_{ck} i $E_{0,mean}$ el mòdul d'elasticitat de la fusta. Amb la secció homogeneïtzada, ja es poden calcular l'àrea A_h , la posició del centroide G , g_h , mesurat des de la fibra més traccionada i , finalment, el moment d'inèrcia amb referència al centroide I_{gh} .
- Es calculen les deformacions instantànies φ_{ins} i les permanents φ_{per} en funció del tipus de càrrega triat.
- S'aplica la fórmula de la fletxa màxima que donen els promptuaris de resistència de materials, tenint en compte que el mòdul d'elasticitat és el de la fusta $E_{0,mean}$ i el moment d'inèrcia el de la secció homogeneïtzada I_{gh} .

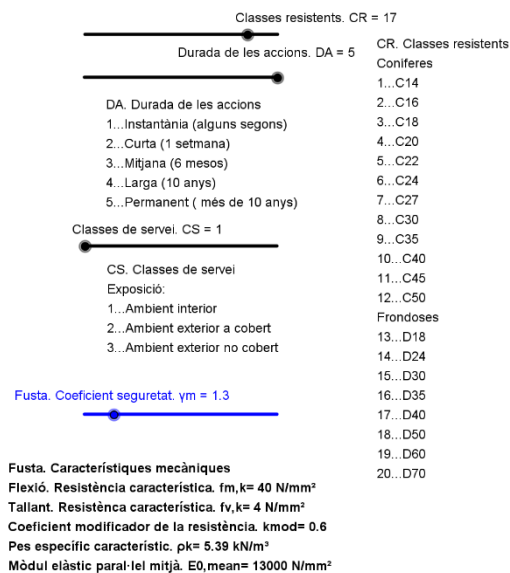
d. Per a les deformacions les càrregues es modificaran per al coeficient k_{def} . S'han considerat els coeficients que subministra el *Documento Básico SE-M Madera*, punt 7.1 que depèn únicament de la classe de servei.

e. Amb la informació subministrada fins ara ja es poden calcular les fletxes màximes instantànies φ_{ins} .

f. Per al càlcul de les fletxes permanents en funció dels fenòmens de fluència, el professor Bellmunt dona una taula de coeficients en funció de la relació entre les càrregues permanents i variables. Aquests coeficients es multiplicaran per la deformació instantània per tenir la permanent (o a terma infinit) φ_{per} . S'ha buscat una funció que permeti obtenir fàcilment aquests coeficients, que ha estat $y = 0.5 \cdot x^2 - 1.75 \cdot x + 3.25$, sent $x = \varphi_{per} / \varphi_{var}$ i y el coeficient buscat.

g. Les deformacions obtingudes s'han de comparar amb les admissibles, que són de $L/240$ quan no afectin els elements estructurals i de $L/480$ quan afectin els elements estructurals (Bellmunt).

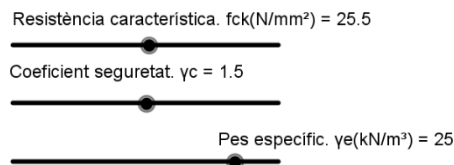
3. Fusta. En aquesta pantalla es troben les característiques mecàniques de la fusta en funció de



la classe resistent CR (es donen 20 tipus de fusta, diferenciant les coníferes (12) de les frondoses (8)), de la durada de les accions DA i de la classe de servei CS (*Documento Básico SE-M Madera. Anejo E*). També es dona, amb un punt lliscant, el coeficient de seguretat de la fusta γ_m (fig. 11.236). Aquestes característiques obtingudes de la fusta són: les resistències característiques a flexió f_m,k , a esforç tallant f_v,k , el pes específic característic ρ_k i el mòdul elàstic paral·lel mitjà $E_{0,mean}$. També es subministra el valor de k_{mod} que modificarà les resistències.

Fig. 11.236

4. Formigó. Aquí s'introdueix la resistència característica del formigó f_{ck} (que servirà per calcular



el mòdul d'elasticitat E_c), el coeficient de seguretat γ_c i el pes específic γ_e (fig. 11.237). Aquesta aplicació no contempla l'armat de la capa de compressió d'implementació mecànica.

Fig. 11.237

5. Connectors. En aquesta pantalla es donen les característiques mecàniques del connector i, pràcticament, la solució del problema. Però anem per parts:

En aquesta pantalla es recullen igualment les limitacions i recomanacions derivades del càlcul, però no les qüestions constructives (fig. 11.240). Així, per exemple, paràmetres com el diàmetre ϕ , la penetració p , el recobriment r o la separació s màxima o mínima dels connectors, s'indiquen les corresponents recomanacions.

<p>Resultats Cantell total. $h= 25$ cm Intereix de càlcul. $id= 60$ cm</p> <p>Àrees (cm²) Fusta. $A_f= 200$ Formigó. $A_c= 300$</p> <p>Pes propi. $P_p= 1.43$ kN/m²</p> <p>Mòdul d'elasticitat. Formigó. $E_c= 27401.05$ N/mm²</p> <p>Coefficients d'equivalència Fusta. $n_f= 1$ Formigó. $n_c= 2.11$</p> <p>Secció homogeneïtzada Àrea. $A_h= 832.33$ cm² Centroide G. $gh= 19.5$ cm Moment d'inèrcia. $I_{gh}= 31032.64$ cm⁴</p> <p>Resistències de càlcul (N/mm²) Fusta. $f_{m,d}= 18.46$ Formigó. $f_{cd}= 17$</p> <p>Connector. Resistència a esforç rasant. $R_d= 8.06$ kN</p> <p>Esforç rasant Perímetre de contacte. $p= 10$ cm Moment estàtic. Referència G. $M_{e,g}= 1900.55$ cm³ Tensió rasant entre fusta i formigó. $\tau_d= 0.24$ N/mm² Esforç rasant de càlcul entre fusta i formigó. $E_d= 2.94$ kN Seguretat. $\gamma= 2.74$</p> <p>Desplaçament dels connectors Acció de servei. $R= 5.71$ kN Mòdul instantani de lliscament. $K_{ser}= 7739.19$ Desplaçament instantani. $u_{ins}= 1.74$ mm Desplaçament final. $u_{fin}= 5.48$ mm</p>	<p>Limitacions i recomanacions</p> <p>Geometria Capa compressió formigó. $hc \geq 5$ cm. Correcte ? : Si</p> <p>Biga Llum. $L \leq 6$ m. Correcte ? : Si Coeficient seguretat. Càrrega permanent. $\gamma_{per}= 1.35$. Correcte ? : Si Coeficient seguretat. Càrrega variable. $\gamma_{var}= 1.5$. Correcte ? : Si</p> <p>Fusta Coeficient seguretat. $\gamma_m= 1.3$. Correcte ? : Si</p> <p>Formigó Resistència característica. $f_{ck} \geq 25$ N/mm². Correcte ? : Si Coeficient seguretat. $\gamma_c= 1.5$. Correcte ? : Si Pes específic. $\gamma_e= 25$ kN/m³. Correcte ? : Si</p> <p>Connectors Diàmetre. $\phi \geq 6$ mm. Correcte ? : Si Penetració. $p \geq 3$ cm i $p \geq 3 \cdot \phi$. Correcte ? : Si Recobriment. $r \geq 2$ cm. Correcte ? : Si Coeficient seguretat. $\gamma_s= 1.1$. Correcte ? : Si Cap connector. Diàmetre. $\phi_c \geq 1.5 \cdot \phi$. Correcte ? : Si Cap connector. Alçaria. $l_c \geq 0.4 \cdot \phi$. Correcte ? : Si Separació mínima. $s \geq 4 \cdot \phi$. Correcte ? : Si Separació màxima. $s < 80$ cm i $s < 6 \cdot hc$. Correcte ? : Si</p>
---	--

Fig. 11.240