25 Reforç amb fibra de carboni

25.3 Reforç amb fibra de carboni. Esforç tallant. Laminat

Aquest capítol tracta dels elements de formigó armat reforçats amb fibra de carboni, ja siguin en forma de làmines o teixits. Les característiques comunes a totes les aplicacions que constitueixen el capítol 25 són les següents:

.1. Font. L'unica font d'informació ha estat el llibre '*La fibra de carbono en refuerzos de estructuras de hormigón*' amb Josep Baquer Sistach de coordinador (ACE Associació de Consultors d'Estructures) i editat per l'IEE Institut d'Estudis Estructurals, segona edició en castellà de 2021. És una monografia que tracta dels materials, de la posada en obra, inspecció, control i càlcul dels reforços amb fibra de carboni d'elements estructurals de formigó armat sotmesos a flexió, esforç tallant o compressió. La claredat i la didàctica de l'exposició han estat claus per al seu tractament amb GeoGebra. El llibre es troba a internet i es complementa amb fulls de càlcul que es troben a www.aceweb.cat. D'aquesta manera, les aplicacions que es troben en el capítol 25 s'han d'interpretar com una prolongació de les pròpies fulles de càlcul, dotant-les de la personalitat i la forma de fer de GeoGebra. Centrats aquest qüestió s'han de fer les següents aclariments.

1.1 No es tracten les qüestions que no siguin estrictament de càlcul estructural. Temes tan importants com les resines que serveixen d'adhesiu de la fibra de carboni al formigó no estan tractats, però es troben en el llibre de referència.
1.2 La teoria exposada en el llibre es respecta totalment. En alguns casos es fan simplificacions o no es consideren certes parts. Únicament la nomenclatura, en alguns casos, és objecte de petits canvis. Per això a les aplicacions de la 25.1 a la 25.4 es té accés a dibuixos que ensenyen la nomenclatura utilitzada.
1.3 A cadascuna de les aplicacions se segueix, dintre del possible, l'exemple exposat en el llibre. Per tant, l'entrada de dades és la mateixa que en el llibre.
1.4 El mimetisme de les aplicacions i del propi llibre fan que a les memòries no s'entri en temes o qüestions tractades en aquest.
1.5 Les fotografies que apareixen en les aplicacions 25.5 i 25.6 estan extretes del llibre de referència.

.2. Filosofia de la intervenció. La idea fonamental de la intervenció és que s'ha de produir un increment de les sol·licitacions i això implica un reforç. Per exemple, un canvi d'ús que provoca un increment de les càrregues d'utilització. En aquest cas, la intervenció queda justificada.

.3. Estat del formigó armat. Es considera que l'estat de la peça de formigó armat a intervenir és acceptable. O dit d'un altre manera, aquestes aplicacions no contemplen una situació en què la intervenció sigui sobre un formigó lesionat, per exemple, perquè una agressió ambiental hauria produït expansió de les armadures i trencament dels recobriments.

.4. Informació prèvia. A totes les aplicacions es demana informació dels elements a reforçar. Aquesta informació contempla qüestions geomètriques i mecàniques freqüentment molt explícites. Sense aquestes informacions, extretes d'una inspecció tècnica o de l'obtenció del projecte original, la intervenció no és possible.

.5. Estat en la intervenció. En el llibre del professor Baquer s'insisteix de forma reiterada que l'element a reforçar estigui el més descarregat possible, és a dir, amb la mínima deformació possible, abans de produir-se la intervenció. Aquesta qüestió s'hauria que respectar particularment.

.6. Fabricant. És convenient consultar les característiques geomètriques i tècniques de la fibra de carboni amb el fabricant que ens subministrarà el material. Aquestes característiques poden variar significativament amb els processos de fabricació.

Sobre la intervenció dels esforços tallants dels elements sotmesos a flexió simple es fan les següents consideracions.

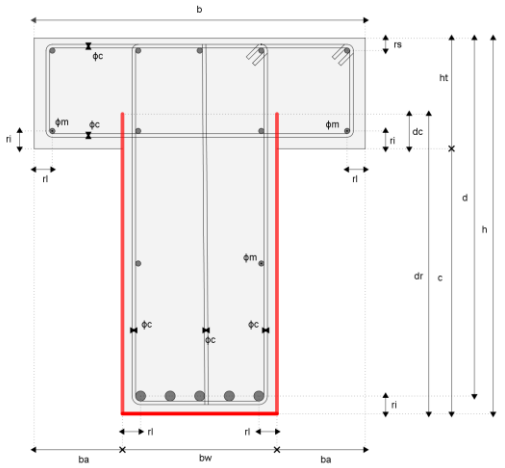

Fig. 25.4

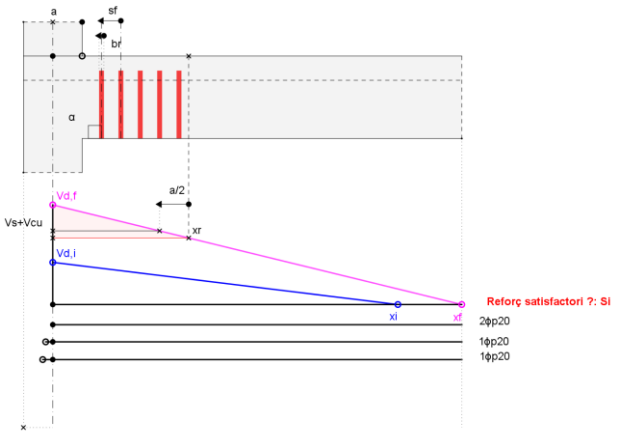

Fig. 25.5

.a. Nomenclatura. Es dona un punt lliscant que permet observar la nomenclatura (fig. 25.4).

.b. Dibuix. Els valors dels recobriments laterals rl i superior rs no intervenen en el càlcul, es donen únicament per completar el dibuix de la secció. De la mateixa manera, las varetes de muntatge ϕm, s'han considerat amb el mateix propòsit.

.c. Càlcul. Únicament es pot reforçar a esforç tallant, utilitzant laminat de fibra de carboni, si la biga es despenja del forjat com succeeix a les bigues de cantell o en forma de T. En el càlcul es considera el laminat com un encercolat extern. Amb punts mòbils s'introdueixen els valors dels esforços tallants de càlcul inicial Vd,i i final Vd,f. De la mateixa manera, s'introdueixen els valors xi i xf, valors inicials i finals dels punts on l'esforç tallant s'anul·la. Les varetes de moment flector positiu col·laboren a absorbir l'esforç tallant amb la condició que quedin suficientment ancorades a les entregues. A la figura 25.5, s'observen les varetes de moment positiu i, en totes elles excepte dues (les de muntatge), es pot controlar la seva longitud amb punts mòbils quedant definides d'aquesta manera les varetes ancorades. Igualment, les branques de les forquilles que acompanyen els cèrcols també es controlen per moviment horitzontal dels punts mòbils. Es calcula la contribució del formigó Vcu i la de l'acer en cèrcols Vs. El valor Vr= Vd,f-Vs-Vcu és el romanent que s'ha de absorbir amb el laminat de fibra de carboni. A la secció, la distància xr és la que defineix l'àmbit de col·locació de les làmines.

.d. Ancoratge. De les diverses maneres d'ancoratge que s'aporten en el llibre de referencia, s'ha triat l'ancorat per perforació de la figura 25.6. El valor de la penetració dc és una dada introduïda per un punt lliscant que pot ser positiva o negativa. En l'exemple ha estat positiva. Negativa voldria dir que no és necessària penetració. En tot cas, s'ha de tantejar el valor de dc amb l'objectiu que, a poder ser, sigui negatiu. Si no existeix penetració, no serà suficient l'adherència que dona la resina i s'hauria de posar un ancoratge mecànic.

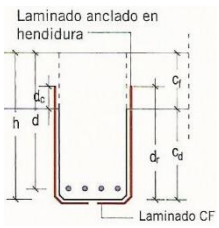

Fig. 25.6

Com es pot comprovar, l'angle α d'inclinació dels laminats és variable. Si l'angle és diferent a 90 graus, es tindrà en compte que el doblec del laminat entre l'alçat i la base requereix d'una manipulació que no sempre és senzilla.