

25 Reforç amb fibra de carboni

25.2 Reforç amb fibra de carboni. Flexió. Negatiu

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'única 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 contempen 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.

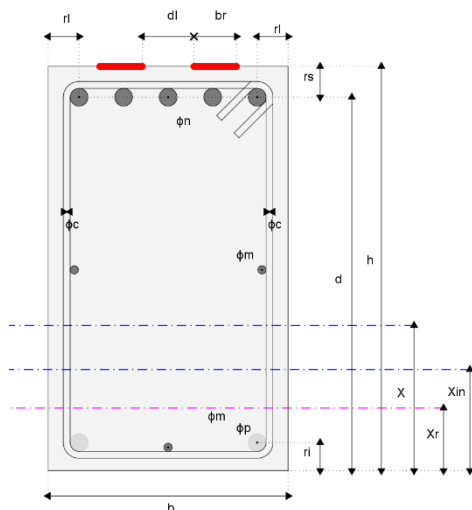
.5. Estat en la intervenció. En el llibre del professor Baquer s'insisteix de forma reiterada que l'element a reforçar estigui el més descarregat possible, és a dir, amb la mínima deformació possible, abans de produir-se la intervenció. Aquesta qüestió s'hauria de respectar particularment.

.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 moments negatius dels elements sotmesos a flexió simple es fan les següents consideracions.

.a. Nomenclatura. Es dona un punt lliscant que permet observar la nomenclatura (fig. 25.3).

.b. Dibuix. Els valors dels recobriments laterals r_l i inferior r_i no intervenen en el càlcul, es donen únicament per completar el dibuix de la secció. De la mateixa manera, el diàmetre del cercle ϕ_c ,



el de las varetes de muntatge ϕ_m i les de moment positiu ϕ_p , s'han considerat amb el mateix propòsit.

.c. Càlcul. El sistema de càlcul utilitzat segueix, en primera instància i en allò que refereix a flexió, les pautes del mètode clàssic. És a dir, que el context d'anàlisi és el del règim elàstic. Això obliga a homogeneïtzar tant l'acer n_s com el reforç amb fibra de carboni n_r , cosa que permet treballar amb un sol material virtualment homogeni que, en aquest cas, és el formigó. D'altra banda, s'estudien els elements en Estat Límit Últim (ELU) i en Estat Límit de Servei (ELS).

Fig. 25.3

Amb referència als moments positius, el càlcul és pràcticament idèntic, lògicament girant la secció 180 graus i amb una secció rectangular.

.d. Moment flectors. A diferència dels moments flectors positius, aquí s'introdueixen directament els moments negatius de càlcul, tant l'inicial M_{id} , com el final M_{fd} . Per això han desaparegut els punts lliscants que definien els coeficients de seguretat. Tampoc es dona la forma del diagrama de moments flectors negatiu, de tal manera que l'aplicació no subministra la longitud dels reforços. Amb altres paraules, en els moments negatius, l'aplicació fa un estudi centrant-se en la secció de la biga.

.e. Diàmetres. En el llibre del professor Baquer es pot entrar amb dos diàmetres diferents a l'armadura existent de moments negatius. En l'aplicació GeoGebra, per qüestions relacionades amb la limitació de recursos, això no és possible. Únicament es pot entrar amb un diàmetre, cosa que obligarà a fer una transformació equivalent prèvia amb un diàmetre que, en general, no serà enter.

.f. Rendibilitat. Amb una escala que va des d'"excel·lent" fins a "no rendible" es dona la rendibilitat del element estudiat.

.g. Resultats. Podrem dir que el reforç és satisfactori si es donen les següents condicions:

Moment últim de la biga reforçada: $M_r \geq M_{fd}$

Tensió a la fibra: $\sigma_R < \sigma_{fd}$ (punt lliscant)

Deformació a la fibra: $\varepsilon_R \leq \varepsilon_r$ (punt lliscant).