

1.1 ANTECEDENTS

Les estructures de formigó armades amb acer exposades a ambients agressius, com poden ser els marins, veuen reduïda la seva durabilitat a causa de la corrosió de les barres de reforç (progressiu deteriorament dels elements metàl·lics per acció d'agents externs), ocasionant importants costos de manteniment, reparació o substitució.

Actualment a la Universitat de Girona, concretament dins el departament d'EMCI (*Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial*), s'està fent un estudi experimental del comportament de bigues de formigó armades amb barres de materials compostos de matriu polimèrica (en anglès *Fiber Reinforced Polymers, en endavant FRP*) una possible solució al problema esmentat anteriorment.

Els FRP són materials compostos de matriu polimèrica, els més emprats són els de fibra de vidre (GFRP), de carboni (CFRP) o d'aramida (AFRP). Els analitzats en l'estudi són els GFRP.

Un punt molt important a tenir en compte, a l'hora de parlar de la substitució de les barres d'acer per les de l'FRP, és que, a diferència de l'acer, els FRP tenen el mòdul de Young inferior (de l'ordre de $40 \div 60$ GPa per GFRP comparat amb 210 GPa de l'acer), això provoca que en la seva utilització es creïn més fissures i més deformacions. També hem de tenir en compte que els FRP tenen un comportament lineal de tensió deformació ($\sigma - \varepsilon$) lineal fins a ruptura, provocant que la falla de la secció sigui de tipus fràgil.

1.2 OBJECTE

L'objecte d'aquest treball és estudiar la instrumentació i fer l'anàlisi de dades d'assaigs de bigues de formigó armades amb FRP. Tal com s'ha explicat en els antecedents l'acer té un mòdul de Young més alt que l'FRP, per tant en la utilització d'aquest material hi ha un augment en la deformació i apareixen més fissures. És per aquest motiu que interessa fer l'estudi de les bigues amb càrregues de servei.

La primera part del projecte consta de l'estudi de la instrumentació de les bigues que és necessària per tal d'analitzar el comportament d'aquestes en l'assaig. Els paràmetres que interessin són: mesures de curvatura, fissures (ample i separació), deformacions i fletxes, sense oblidar la caracterització dels materials (Formigó i FRP), per tant, haurem de fer un estudi del aparells de mesura segons les nostres necessitats.

La segona part del projecte es basa en el tractament de les dades obtingudes en l'assaig, trobant així els valors experimentals esmentats anteriorment per tal de poder-los comparar amb resultats teòrics. Aquest tractament s'ha fet amb l'ajuda de suport informàtic com MS Excel i el Matlab.

Les bigues han estat dissenyades variant la relació dels paràmetres de quantia geomètrica, cantell útil i la resistència del formigó per tal de tenir els resultats de diferents tipus de bigues i que ens permetin conèixer el comportament dels materials amb diferents situacions.

Per tal de poder estudiar millor la fissuració s'han assajat dues bigues de cada tipus fent que una de les dues tingui una pre-fissura (just en el centre de la biga) d'aquesta manera es pot estudiar millor la repetabilitat del comportament i els efectes de fissuració,

En total s'han estudiat un total de 24 bigues assajades amb les següents diferències:

- dos tipus de formigó: HA-25 (formigó de resistència 25MPa, C1) i HA-50 (formigó de resistència 50MPa, C2).
- dos diàmetres diferents de les barres de reforç: de 12mm i de 16mm
- dos recobriments diferents: recobriment de 20mm(D1) i recobriment de 40mm (D2)
- diferent número de barres: 2 o 3 barres
- bigues amb pre-fissura (a/b)

Per últim s'ha contrastat els resultats obtinguts experimentalment amb les següents normes: Instrucció Hormigón Estructural (EHE), American Concrete Institute (ACI), Eurocodi (EC-2) i Model Code (MC-90).

1.3 ABAST

El projecte s'ha estructurat en tres grans blocs:

1- Instrumentació de les bigues:

- Fer un estudi de la instrumentació utilitzada en l'assaig, estudiant-ne algunes de les característiques físiques més importants en la seva elecció per tal d'obtenir les mesures experimentals que ens interessin.

2- Anàlisi experimental de les bigues de formigó armades amb material compòsit amb l'ajuda de programes informàtics (MS Excel i Matlab):

- Caracterització del materials
- Curvatura

- Moment de fissuració
- Càrrega deformació
- Amplada de fissura
- Separació de fissura

3- Comparar els resultats trobats i analitzats experimentalment amb les normes actualment vigents.

- Caracterització dels materials (Formigó): ACI, EHE, MC-90 i EC 2, cal afegir que la norma ACI només dona valors de f_{ct} a partir dels assaigs a compressió.
- Moment de fissuració, comprovació amb l'ajuda de l'ACI 440 i 318
- Càrrega deformació: ACI 440 i 318
- Amplada de fissura: ACI
- Separació de fissura: EC-2

1.4 OBSERVACIONS DELS APARTATS ESTUDIATS

Les bigues assajades estaven constituïdes amb materials diferents dels convencionals i s'esperava un comportament diferent de l'habitual. També s'ha variat la resistència del formigó, el cantell útil i la quantia geomètrica per tal d'obtenir diferents tipus de bigues i estudiar les seves variacions.

Després de fer l'estudi de caracterització de materials s'ha observat que moltes vegades els valors donats pel fabricant, no són els que exactament té el material, en el cas del formigó C1 es buscava un formigó de 50MPa i després de la realització dels assaigs s'ha observat que la resistència és inferior, al contrari que amb el formigó del C2.

L'estudi de la curvatura ha demostrat que en la zona de flexió pura la curvatura no és constant, suposició inicial, tal com es veu en els gràfics estudiats en l'apartat. S'esperava que el comportament fos com els valors extrets pels inclinòmetres, però gràcies a l'extensòmetre mecànic i als assaigs del formigó C1, al qual s'estudiava la curvatura al llarg de tota la biga, hem pogut veure que la suposició no era correcta.

En l'apartat de moment de fissuració experimental hem pogut veure que es tracta d'una dada molt important, ja que es fa servir en molts dels altres apartats i que és molt difícil de determinar experimentalment. Gràcies a l'obtenció d'aquesta dada podem comparar els valors de càrrega deformació teòrics i experimentals.

En la càrrega de deformació hem pogut observar la deformació al llarg de la biga amb l'ajuda de tres aparells, l'extensòmetre mecànic, els transductors i els inclinòmetres. Hem vist que els tres ens han donat valors molt semblants.

En l'apartat teòric comparem les normes ACI 440 i ACI 318 amb els valors experimentals, es pot observar que en la zona de la càrrega a servei les normes i els resultats experimentals són molt semblants, en canvi, en arribar a càrrega última veiem que les normes i les dades experimentals són diferents, degut a que el disseny de les bigues és a servei.

La part de fissuració consta de dues parts molt diferenciades, l'amplada i la separació de fissuració.

L'amplada de la fissuració està estudiada experimentalment a partir de la lupa i del transductor horitzontal (només col·locada en les bigues de pre-fissura), comparada amb la norma ACI i per una càrrega a servei de 30 kN veiem que com més reforç té la biga menys amplada han de tenir les seves fissures, fent que coincideix amb els valors experimentals.

La separació de fissura de l'Eurocodi (EC-2) ens dona resultats molt més grans que els trobats experimentalment a partir de la tercera parada (càrrega de 30kN). L'EC-2 és una norma que estudia el formigó armat amb acer, en el nostre cas es tracta d'un formigó armat amb un component diferent, per tant, és normal que ens doni resultats diferents als esperats teòricament.

1.5 CONTINUACIÓ DEL PROJECTE

La continuació d'aquest projecte podria consistir en buscar una relació de paràmetres variats ens els assaigs (resistència, cantell útil i quantia geomètrica) en funció dels resultats obtinguts, tant experimentalment com teòricament, també es podria fer l'estudi de resultats obtinguts a partir dels aparells utilitzats en l'assaig però no estudiats en aquest projecte, com l'evolució de la fibra neutra en funció de la càrrega.