Capítol 5. Conclusions

5.1. introducció

En aquest document s'ha tractat l'estudi del comportament a tallant en bigues de formigó pretensat. En primer lloc s'ha fet un estudi general del tallant, explicant-ne la teoria bàsica, el comportament de les bigues davant el trencament a tallant i els seus estats límits de trencament. Posteriorment s'han analitzat diferents mètodes d'anàlisi per al disseny a tallant de bigues de formigó: el proposat per la instrucció EHE, el de les normatives americanes AASHTO LFRD i ACI 318, i el de la normativa europea Eurocodi 2. Tot seguit s'ha estudiat l'estat del coneixement en el camp del formigó d'alta resistència pel que fa a l'estat últim de resistència a tallant.

Per tal de contrastar aquests criteris s'han fet servir les dades obtingudes en diverses campanyes experimentals d'arreu del món. S'han analitzat els resultats d'assaigs realitzats sobre un gran nombre de bigues de formigó pretensat, utilitzant tant formigó d'alta resistència com formigó convencional. S'han analitzat per separat les bigues amb i sense armadura de reforç a tallant. Aquests resultats s'han contrastat amb els obtinguts analíticament a partir dels mètodes abans esmentats. S'ha fet un anàlisi preliminar de les possibles modificacions que cal considerar per a fer de la EHE una eina millor.

Seguidament s'ha utilitzat un model de xarxes neuronals per a reproduir el comportament de les bigues davant l'estat últim de resistència a tallant. Aquest model ha permès comprovar el paper que juguen els diferents paràmetres d'una biga en la resistència última a tallant d'aquesta i ha permès de comparar-los amb els de les diferents normatives, d'aquesta manera s'ha pogut observar quins paràmetres estan correctament considerats i quins no, deixant de manifest els punts que podrien millorar-se a la EHE.

A continuació s'exposen les conclusions que s'extreuen d'aquests estudis.

5.2. Conclusions específiques

Conclusions sobre l'estat de l'art

- Hi ha molts paràmetres en una biga de formigó que afecten a la resistència a tallant, n'hi ha que tenen més importància que d'altres, però també n'hi ha molts en que la seva rellevància depèn a la vegada dels altres i del propi tipus de biga.

- Alguns d'aquests paràmetres són : cantell, amplada de l'anima, tipus de secció transversal (rectangular, I, T), quantia de reforç transversal i longitudinal, resistència a compressió del formigó, tipus i tamany màxim de l'àrid, nivell de pretensat, interacció tallant-flexió, interacció tallant-axil, proximitat de la secció als suports o al punt d'aplicació de la càrrega, tipus de càrrega aplicada (puntual o distribuïda), distància entre els estreps transversals, anclatge del reforç longitudinal i transversal, rugositat de la superfície de fissura, esveltesa i llum de tallant de la biga, qualitat de l'acer de les armadures, variacions en la geometria de la secció transversal i inclinació del tendons de pretensat.

- Aquest fet fa que proposar una normativa per a estimar la resistència a tallant d'una biga no sigui gens fàcil, ja que si aquesta ha de ser d'ús generalitzat, la formulació emprada no pot ser massa complicada.

- Als darrers anys s'ha desenvolupat una nova teoria per a explicar el comportament a tallant de les bigues de formigó, la teoria modificada del camp de compressions MCFT, en la que es basa la normativa AASHTO LRFD, i que com s'ha vist al llarg d'aquest treball correlaciona bastant bé els diferents paràmetres que determinen la resistència a tallant. Aquesta teoria vindria a substituir l'analogia de la gelosia, que tot i que és molt intuïtiva i senzilla de comprendre, la seva simplicitat fa que s'obviïn paràmetres que poden tenir una alta influència en el comportament a tallant. La MCFT pot entendre's com un model de gelosia on la contribució del formigó és la component vertical del tallant transmès a través de les fissures en lloc de la tracció diagonal de fissuració, d'aquesta manera la contribució del formigó s'obté del mecanisme real de fallida de la biga i no com la que tindria la mateixa biga sense reforç transversal.

Conclusions relacionades amb l'anàlisi estadística comparant els resultats dels assaigs amb les diferents normatives.

- En general totes quatre normatives són bastant o molt conservadores pel que fa a la resistència última a tallant de bigues de formigó pretensat.

- Tot i això, per a determinats rangs de característiques de les bigues l'equació 11-9 de la ACI queda del costat de la inseguretat.

- La norma espanyola EHE presenta una correcta relació amb bigues que tenen una baixa quantia d'armat longitudinal i també baixa força de pretensat.

- A mida que s'incrementa la quantia d'armat longitudinal i sobretot quan creix la força de pretensat la EHE cada vegada subestima més la capacitat última a tallant de les bigues.

- La mateixa tendència anterior la mostra el EC-2.

- La EHE hauria de diferenciar el mecanisme de rotura de tallant fricció del de tallant a l'ànima, tal i com fa la EFHE.

- De totes les quatre normatives comparades, la que presenta millors resultats i amb un ampli marge és la AASHTO, que es basa en la teoria modificada del camp de compressions.

Conclusions relacionades amb l'estudi de la influència de les diferents variables amb l'aplicació de xarxes neuronals.

- Les xarxes neuronals proporcionen una potent eina computacional, però cal comprendre el problema a resoldre per a poder construir amb èxit una xarxa neuronal.

- No existeix cap regla per a definir la topologia i el nivell d'entrenament d'una xarxa neuronal, per això cal realitzar un procés de prova i error per a optimitzar-la.

- Les xarxes neuronals que s'han construït prediuen correctament la resposta a tallant de les bigues amb i sense armadura de tallant, tant les de formigó convencional com les de formigó d'alta resistència.

- L'efecte tamany està relacionat amb la resistència a compressió del formigó, tenint més importància per a formigó d'alta resistència. També està relacionat amb la quantia d'armat transversal, sent important per a bigues amb baixa quantia i perdent importància a mida que s'augmenta l'armat transversal.

- La influència de la quantia d'armadura longitudinal és major que no pas la que proposa la EHE, per tant s'hauria de revisar l'actual limitació del 2% per incrementar aquest valor.

- La relació a/d influeix en la resistència a tallant d'una biga, i per tant la EHE hauria d'incloure aquest efecte en la seva formulació.

- La quantia d'armat transversal no té una influència lineal sobre la resistència a tallant d'una biga, ja que al augmentar la quantitat d'estreps aquests perden eficàcia.

- L'efectivitat de l'armat transversal augmenta amb l'increment de la resistència a compressió del formigó.

- L'efecte favorable del pretensat sobre la resistència a tallant, tant per a bigues amb o sense reforç transversal, està molt subestimada per la EHE.

- L'equació 11-9 de la ACI és la que té menys nombre de paràmetres en compte a l'hora de predir el tallant últim d'una biga, i per tant, és la que pitjor reflexa el comportament d'aquest fenomen. A més a més en algunes ocasions queda del costat de la inseguretat.

- La normativa AASHTO LRFD, basada en la MCFT, és la que s'adapta millor a les relacions entre la resistència a tallant i els diferents paràmetres de que depèn aquesta.

Proposta de treballs a desenvolupar en el futur.

- Es proposa de fer una revisió en la formulació per a captar millor la influència d'aquest terme i fer que així la EHE s'adapti millor als resultat empírics. De tota manera s'ha de tenir en compte que aquest tipus de bigues sotmeses a una alta força de pretensat poden presentar una fallida molt fràgil, per lo que disposar d'un cert marge de seguretat no està de més.

- Actualitzar i completar la base de dades amb assaigs que s'estiguin fent en l'actualitat tant amb formigó d'alta resistència convencional com autocompactable.

- Una vegada la base de dades sigui suficientment representativa es podrà desenvolupar una xarxa neuronal que sigui suficientment fiable sobre la qual desenvolupar una formulació que millori la actualment presentada en la EHE.