

Estructures de formigó posttesat

El formigó posttesat en edificis, les seves tipologies dels últims anys i la seva utilització



Gemma Muñoz

Arquitecta tècnica i arquitecta
Professora d'estructures
de la UPC i del CAATEEB

■ ■ El formigó armat ha patit una notable evolució en el seu disseny, en el qual s'han aplicat noves tècniques constructives com és el formigó pretesat i el posttesat que han augmentat les possibilitats per salvar trams de grans llums, i han reduït terminis d'execució i proporcionat una sèrie d'avantatges relatius a la durabilitat, seguretat i economia.

En el cas, per exemple, dels projectes de ponts, ja fa molt de temps que aquesta solució s'utilitza per a grans llums d'obra civil. Però a l'edificació, generalment, l'ús del formigó tesat ha esdevingut més difícil d'implantar.

El formigó tesat es pot diferenciar en dues categories:

- 1.) El formigó tesat amb armadura pretesada. L'armadura es tesa abans de formigonar, és a dir a fàbrica.
- 2.) El formigó tesat amb armadura posttesada. L'armadura es tesa després de formigonar, és a dir a l'obra.

En aquest article ens centrarem en la solució més innovadora: el formigó posttesat en edificis, les seves tipologies dels últims anys en el nostre país i la seva utilització, però abans farem una breu descripció històrica de la implantació del formigó a Espanya.

Breu descripció històrica

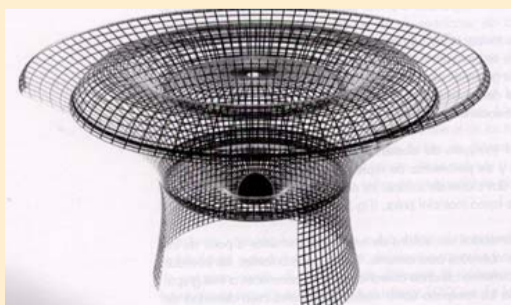
Els primers indicis del material de formigó sorgiren a finals de segle XVIII. En aquell temps un dels primers invents que trobem són de ciment hidràulic i altres tipus de morter. Fou l'any 1824 quan Joseph Aspdin adquiria la primera patent per a la fabricació de ciment pòrtland.

A mitjan segle XIX apareix per primera vegada un material molt semblant al formigó armat actual. G. De Farbain utilitza barres i nervis de ferro submergits en el formigó. A partir d'aquestes dades la millora d'aquest material fou creixent amb molta força, quan grans inventors, constructors millorarien les condicions d'aquest material.

No fou fins a començaments de segle XX, l'any 1910, quan Eugene Freyssinet descobrí el formigó pretesat i ell mateix féu les primeres obres amb aquesta tècnica i realitzà la primera patent. Des d'aquell moment el formigó pretesat s'anà implantant cada cop més a Europa; tot i així, tardà 20 anys per arribar aquí, a Espanya, de les mans d'Eduardo Torroja.



EDIFICI CUBE, GUADALAJARA



CUBA DE FEDALA, MARROC D'EDUARDO TORROJA

I és que el formigó tesat neix amb la idea de millorar el formigó, dotant-lo d'una resistència a tracció de què manca. Aquesta capacitat s'agrega a un concepte senzill espectacular: prèviament a la posada en servei, es comprimeix el formigó i s'aconsegueix que les traccions provocades per la flexió disminueixin.

Les lloses posttesades constitueixen una aplicació del formigó pretesat, que consisteix en aplicar unes forces de compressió al formigó mitjançant el tesat d'uns tendons d'acer de molt alta resistència, una vegada endurit el formigó. Els tendons segueixen

xen uns traçats parabòlics, que generen uns esforços de signe contrari als de les càrregues gravitatòries. Aquesta tècnica permet reduir el cantell de les lloses amb el consegüent estalvi de pes propi, o bé augmentar les llums entre pilars.

Als anys 50 arribà aquí, a Espanya, on Miguel Fisac fou un dels grans personatges que produïren la implantació del formigó posttesat. Fisac realitzà un gran estudi del formigó i generà més d'una dotzena de peces diferents, de les quals nou foren posades en pràctica, altres projectades per no ser utilitzades, i fins i tot alguna fou utilitzada experimentalment per ser posteriorment rebutjada.



LA PAGODA-1965 DE MIGUEL FISAC SERNA

Elecció de la tipologia del forjat

Els principals factors a tenir en compte al moment d'escollir la tipologia estructural del forjat són la llum entre pilars, les càrregues addicionals, l'alçada del forjat, el cost de l'encofrat, l'accés de grues, flexibilitat per a les instal·lacions, pes propi del forjat, requeriments dels estats límits i acabats.

Principis teòrics bàsics

Els principis teòrics bàsics del formigó posttesat són els següents:

- 1. La fissuració es veu disminuïda perquè el nivell de traccions és molt menor, tant que a vegades la secció no aconsegueix traccions, o encara que les agafi, no se supera la resistència del formigó a tracció i, per tant, no es fissura.
- 2. En estats límit últims, és a dir a ruptura de l'element, els efectes del tesat també hi són beneficiosos, fonamentalment perquè la com-

pressió millora el comportament de la secció i perquè la secció ja té armadura activa (posttesada) que és de gran resistència.

- 3. La col·locació dels cordons es realitza seguint la deformada teòrica que sofriria l'estructura de formigó armat tradicional.

Procediment constructiu

El procediment constructiu comença amb la instal·lació del sistema de motlles, el qual pot ser de qualsevol tipus disponible al mercat. Aquest procediment se simplifica de forma considerable, ja que com que en general no hi ha bigues fa que el motlle sigui una superfície plana.

Una vegada començada la instal·lació del motlle s'inicia la instal·lació de l'armadura tradicional i els cables de posttesat de forma simultània. La feina de formigonat és igual a la d'una llosa tradicional, on pot ser utilitzat normalment un sistema de bomba.

El procediment de tesat s'executa una vegada que el formigó ha aconseguit la resistència suficient, període que es compleix el tercer dia de l'abocament del formigó. Després de la tesada de la llosa, aquesta és capaç de suportar les càrregues per a les quals va ser dissenyada, per la qual cosa se'n pot retirar la totalitat del sistema de motlle. Finalment, es talla la resta del cable que sobresurt de la llosa, una vegada tesada, i se'n segella la cavitat mitjançant un morter.



DETALLS CONSTRUCCIÓ DE LLOSA POSTTESADA

Composició del formigó posttesat

Els elements que constitueixen el sistema són:

- 1. **Tendons:** Són els elements que li donen funcionalitat al sistema, poden estar constituïts per un o per diferents cordons. Existeixen dos tipus fonamentals de tendons que donen lloc a les dues variants en estructures posttesades.
- Armadura adherent: El cordó (o cordons) treballa embegut en una baina, metàl·lica o de plàstic, replena de lletada de ciment. S'aconsegueix que els elements treballin com un tot.
- Armadura no adherent: S'utilitza un únic cordó



TENDONS

recobert per una baina de plàstic que evita que el cable s'adhereixi al formigó. Els cordons es replantegen abans del formigó i una vegada endurit es tesen, fet que permet que es puguin estirar lliurement.

- 2. **Beines:** És el conducte que s'embeu en el formigó de la llosa, per l'interior del qual s'ubiquen els cordons del tesat.
- 3. **Ancoratges:** Són les terminals del tendó i són capaces de retenir el cordó en el seu estat de deformació i transmetre la càrrega dels cordons a l'estructura principal. Es diferencien:
 - Ancloratge actiu: Aquell en què s'aplica la força del gat.
 - Ancloratge passiu: Reté la força que exerceix el cordó a l'extrem oposat on s'aplica el gat.



ANCLORATGES

CLASSIFICACIÓ DE FORJATS POSTTESATS

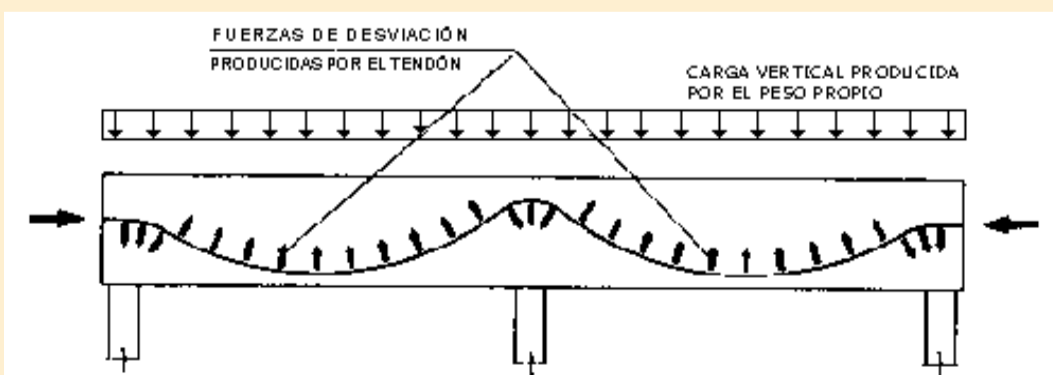
Es presenten a continuació els principals tipus de forjats posttesats que, com es pot veure, són similars als utilitzats en formigó armat.

1. Sistemes bidireccionals

- a. **Lloses planes.** Les llums a utilitzar són de 7 a 11 m per a càrregues lleugeres. Els avantatges són un encofrat lleuger i flexible en la disposició de pilars. Pot tenir problemes de punxonament si es col·loca a llums més grans que les anteriors indicades.



LLOSES PLANES



ESQUEMA DE FUNCIONAMENT DE LA LLOSA

- **b. Lloses amb capitells o àbacs.** Les llums a utilitzar són fins a 13 m de llum per a càrregues mitjanes. Té millor comportament de punxonament que l'anterior, així com menor consum de formigó per a buits llargs i menor congestió de l'armadura sobre els recolzaments.
- **c. Lloses alleugerides.** Mateixa llum màxima que les lloses amb capitells per a càrregues també mitjanes. El millor avantatge és la simplicitat del seu encofrat i la flexibilitat en disposició de pilars. També obtenim menor pes propi per cobrir la mateixa llum i millor control de les deformacions. Tot i així, un dels seus grans inconvenients és la complicació per encofrar-hi i armar-hi els nervis.



LLOSES ALLEUGERIDES

- **d. Altres tipologies menys freqüents.** En aquest apartat podem obtenir forjats de bigues planes en dues direccions i bigues de cantell en dues

direccions. Aquests dos tipus són poc freqüents però poden arribar a superar llums de 13 a 15 m en les dues direccions. El seu cost, per això, és molt més elevat que en els anteriors casos.

2. Sistemes unidireccionals

- **a. Biga plana unidireccional.** Les bigues poden cobrir fins a 20 m de llum i la llosa, fins a 10 m.
- **b. Biga cantell unidireccional.** Aquest sistema pot cobrir llums més grans que l'anterior i rebre grans càrregues concentrades.
- **c. Forjat unidireccional alleugerit amb pla fons.** Aquesta solució és molt extensa a Catalunya i molt aconsellable quan les llums són diferents en ambdues direccions. Les llums que es poden aconseguir proporcionalment són de 12 m en un sentit i 6 en l'altre. En cas de buits únics, fins i tot es poden aconseguir llums de 10 i 20 m.

Avantatges del formigó posttesat

La utilització del posttesat en edificis dona avantatges molt clars sobretot en llums grans i utilització de forjats de baix cantells. Procedirem a enumerar els casos on la utilització de forjats de formigó posttesats són de fàcil aplicació:

- **1. Edificis de gran alçària, on hi ha repetició de forjats idèntics.** Els avantatges són:
 - Minimitzar el termini total de construcció i disminuir la necessitat d'estintolaments.
 - Minimitzar la dimensió de pilars i fonamentació, amb la reducció del pes propi de forjats.

- Obtenir grans llums per dotar l'edifici de major flexibilitat.
- **2. Edificis d'alçària baixa, però amb una gran superfície en cada planta.** Els avantatges són:
 - Permet reduir el cantell total i aconseguir forjats més esvelts respecte a solucions en formigó armat.
 - Disminueix la quantia d'armadura passiva.
 - Disminueix la quantitat total de formigó.
 - Permet desapuntalar abans els forjats.

Inconvenients

Tot i així, també s'han d'anomenar els inconvenients d'aquesta solució:

- És necessària mà d'obra especialitzada per a la seva execució.
- Com més esvelta és la seva construcció hi ha d'haver un control més curós en les deformacions.
- És una estructura poc flexible a l'hora d'assumir canvis en projecte i execució.

Conclusions

Si bé el començament de les lloses posttesades foren una alternativa al sistema tradicional, avui en dia s'han aconseguit des de l'inici com a solució òptima per a alguns tipus de projectes.

El formigó posttesat no és només una bona solució a ponts i túnels subterranis, sinó que també ha contribuït a l'edificació creant grans plantes lliures i una bona alçària de pisos, ambdós aspectes molt importants des del punt de vista comercial del projecte. ■



“Quiero formación de calidad para mis empleados”

¿Y por qué no la de un centro de formación homologado?

En Clem, además de ofrecer cursos de uso y manejo de maquinaria, somos Centro de Formación Homologado del IPAF (International Powered Access Federation). Esto nos permite impartir clases de formación en el uso y manejo plataformas elevadoras y emitir el carné PAL, reconocido en toda Europa.



Eleva tus expectativas

www.clem.es

902 104 200

Plataformas aéreas · Carretillas elevadoras · Vehículos eléctricos y especiales

FIXCER Y TÚ, EL MEJOR EQUIPO

La constante innovación de Fixcer en adhesivos y productos químicos para la construcción nace de la estrecha colaboración con los fabricantes, profesionales e instaladores del sector de la cerámica.

Fixcer produce la más extensa gama de adhesivos para la colocación de cerámica, cementos de alta adherencia, látex y adhesivos.



Fixcer Products, S.A.
Ctra. de Sant Cugat, Km.3
08290 Cerdanyola del Vallès
Tel. 93 580 20 00
www.fixcer.com

