

27 Calcestruzzo Armato

Alla fine dell'Ottocento si avvia la stagione di quel prodotto che viene definito come "materiale in cui ai due componenti vengono affidate solidalmente le funzioni meccaniche più appropriate alla loro natura: il calcestruzzo assorbe sostanzialmente gli sforzi di compressione, l'acciaio quelli di trazione e taglio.

La prima struttura in calcestruzzo fu una barca.

Il primo vero precursore del calcestruzzo armato fu François Hennebique, che lo brevettò a Bruxelles. Realizza quindi il primo edificio, l'immobile di rue Danton a Parigi, che fu la sede della sua azienda dal 1900 al 1967. Con lo slogan "basta incendi disastrosi" creò una grande organizzazione commerciale internazionale con numerosi agenti all'estero.

A dimostrazione delle elevate proprietà, anche estetiche, del proprio brevetto, il costruttore fece edificare la Maison Hennebique a Bourg la Riene completamente in calcestruzzo armato.

In Italia il sistema Hennebique fu introdotto nel 1894 dallo Studio Tecnico degli ingg. Ferrero e Porcheddu di Torino e venne applicato in grandi opere quali il Ponte del Risorgimento a Roma e la Fiat Lingotto a Torino. In occasione del cinquantenario dell'unità d'Italia fu assegnato a loro l'appalto per la costruzione del ponte.

Inizialmente però si vedeva tale materiale come grezzo e poco raffinato esteticamente. I primi ad impiegare il calcestruzzo armato sfruttandone anche le qualità estetiche furono i fratelli Perret (Auguste, Claude e Gustave).

Le Corbusier utilizza anch'egli il calcestruzzo armato, che viene detto "Beton Brut".

Il calcestruzzo è un materiale che, a fronte di una resistenza a compressione, presenta una bassa e irrilevante resistenza a trazione. Se però nel calcestruzzo vengono annegate delle barre metalliche situate nella zona in cui si manifestano gli sforzi, allora la risposta dell'insieme (calcestruzzo + armatura) è sostanzialmente diversa.

La collaborazione tra calcestruzzo e acciaio si basa su precisi presupposti: il primo riguarda la compatibilità meccanica, ovvero l'aderenza tra acciaio e calcestruzzo: evitare gli scorrimenti reciproci permette di trasferire gli sforzi dal calcestruzzo all'acciaio e quindi la perfetta compartecipazione dei due materiali. Perché questo avvenga è necessario che le armature siano ben ancorate e ben distribuite nel calcestruzzo. Inoltre l'aderenza può essere migliorata dall'impiego di armature con particolari conformazioni superficiali: le barre in acciaio, infatti, possono essere a terminale uncinato e ad aderenza migliorata.

Oltre alla compatibilità meccanica la collaborazione calcestruzzo-acciaio è resa possibile anche da aspetti di compatibilità fisica e chimica.

Un'ultima proprietà è quella relativa alla completa protezione dell'acciaio alla corrosione da parte del calcestruzzo. Se il calcestruzzo viene realizzato con un basso rapporto acqua-cemento o se il copriferro non è sufficientemente dimensionato, l'armatura metallica può arrugginire e, aumentando di volume, può arrivare a lesionare il calcestruzzo.

La compattezza e la buona qualità del calcestruzzo, all'aderenza tra i due materiali e l'adeguato spessore di opera sono condizioni necessarie (anche se non sempre sufficienti) per garantire nel tempo una buona protezione dell'armatura. I principali fenomeni di degrado del calcestruzzo faccia a vista sono ossidazione delle armature, carbonatazione, dilavamento, termofòresi, condensa.

- L'elevata alcalinità del cemento (pH pari a 12) assicura una naturale protezione alle armature metalliche.
- L'anidride carbonica e gli agenti aggressivi provocano il degrado del calcestruzzo con la diminuzione del pH ed aumento della porosità.
- La carbonatazione del calcestruzzo è un fenomeno lento e non regolare nel tempo.
- Le armature scoperte si ossidano, la formazione di ruggine causa distacchi e rotture.
- Il degrado è più veloce in calcestruzzo malfatti, porosi e con copriferro insufficiente.
- Il ripristino protegge le armature in modo da garantire una buona durabilità.

Il metodo più diffuso per il recupero delle parti strutturali in calcestruzzo armato è il Patch Repair: si tratta di un risanamento locale del danno che prevede la rimozione del calcestruzzo ammalorato, la pulizia e la ripassivazione delle armature, la riparazione della superficie con malte tissotropiche.

Viceversa per il recupero del calcestruzzo faccia a vista, si può intervenire con un trattamento di protezione superficiale e con l'inserimento di scossaline(metalliche) di protezione delle parti più soggette all'aggressione degli agenti atmosferici (quali ad esempio le parti aggettanti).

La copertura minima delle armature, in funzione delle condizioni di esposizione ambientale dell'opera in calcestruzzo cementizio armato, è compresa tra 15mm (armatura di una struttura in condizioni normali) ed i 45mm (armatura precompressa in un ambiente fortemente aggressivo).

Armatura

Ogni elemento dell'armatura (detto ferro), per svolgere la propria funzione durante la fase di getto non deve assolutamente cambiare la propria posizione. Perché questo avvenga i ferri devono essere efficacemente collegati fra loro tramite delle staffe, per il collegamento trasversale, e da reggistaffe, per l'irrigidimento complessivo della struttura e per integrare la resistenza a compressione del calcestruzzo.

A ferri appositamente sagomati vanno inoltre affidate le tensioni prodotte da taglio e torsione.

L'armatura del calcestruzzo armato si può distinguere in:

- Armatura principale devono assorbire gli sforzi a trazione
- Armatura secondaria devono assorbire gli sforzi a taglio
- Armatura complementare necessaria per il posizionamento delle altre due (reggistaffe, ripartitori, etc.)

Posa in opera

La realizzazione in opera di strutture in calcestruzzo armato avviene con una serie di operazioni secondo un preciso ordine cronologico:

- 1 – Allestimento delle casseforme: Si tratta di opere provvisorie atte a dare forma e contenere il getto di calcestruzzo. Possono essere ripiegabili o a perdere: sono costituite da lamiere in acciaio, compensato, cartone, materie plastiche, ma perlopiù sono costituiti da tavole in legno di abete dello spessore di 2,5 cm. Le parti interne delle casseforme vengono di solito coperte da sostanze che facilitano il distacco del calcestruzzo
- 2 – Posizionatura delle armature: Quando è possibile l'armatura viene collocata già montata sotto

forma di gabbia. In alcuni casi i punti 1 e 2 si possono invertire.

3 – Getto del calcestruzzo: Durante tale fase si deve prestare particolare attenzione affinché la distribuzione avvenga in modo omogeneo

4 – Maturazione: durante i primi giorni è opportuno mantenere bagnata la superficie

5 – Disarmo: Consiste nello smontaggio delle casseforme

Getto di Calcestruzzo

Quando si trasporta o si getta il calcestruzzo è necessario prestare attenzione affinché i componenti non si separino: infatti essendo gli inerti più grossi anche più pesanti gli stessi tendono a spostarsi verso il basso, mentre la sabbia e l'acqua a risalire verso la superficie.

Per evitare che ciò avvenga è necessario che il calcestruzzo non subisca eccessivi scuotimenti e che non sia lasciato cadere da altezze troppo elevate.

Affinché non restino nel calcestruzzo delle bolle d'aria e per assicurarsi che lo stesso calcestruzzo avvolga completamente l'armatura metallica, si esegue subito dopo il getto una operazione di costipamento, per lo più attraverso apparecchi vibranti ad immersione nel calcestruzzo fresco. La vibrazione ben eseguita provoca la massima compattezza, buon assestamento della massa, l'eliminazione delle bolle d'aria e lo scolamento dell'acqua superflua, oltre a creare pericolose discontinuità nel materiale.

Il getto del calcestruzzo deve avvenire sempre a tratti orizzontali di spessore variabile a seconda della dimensione massima degli inerti e del mezzo che viene impiegato per il costipamento.

Se il calcestruzzo è assestato a mano, l'o spessore sarà non maggiore di 15 cm, mentre se il costipamento viene effettuato mediante vibratore, lo strato può essere anche di 40-50cm. Con il pompaggio con mezzi meccanici è possibile gettare in 1 ora fino a 20-25m³ di calcestruzzo ad una distanza di 150m e ad un'altezza di 75m.

Finiture superficiali

Per realizzare finiture superficiali con particolari requisiti estetici non ci sono norme particolari da adottare se non quella della qualità del fondo cassero e della manodopera. Il colore e la finitura delle superfici del calcestruzzo a vista sono dovuti non solo al tipo di cemento utilizzato ma anche dalla granulometria degli inerti e dal rapporto acqua/cemento. Per la finitura del calcestruzzo faccia a vista è importante la scelta del tipo di legno da utilizzare per la cassaforma.

Per ottenere calcestruzzo colorati si usano gli ossidi minerali ridotti in polveri finissime, che mescolate all'impasto conferiscono alla massa del calcestruzzo una determinata colorazione.

Si possono ottenere superfici di colore:

- **bianco** ossidi di titanio
- **verde** ossido di cromo
- **arancione** ossidi di ferro idrato
- **rosso** ossidi di ferro
- **nero** ossido di manganese\