

Introduzione alla lettura dei Bollettini *fib*

Bollettino n. 58 Design of **anchorages in concrete**

Bollettino n. 73 **Tall Buildings** Structural Design of concrete buildings up to 300m tall

Bollettino n. 79 FRC 2014 Joint ACI-fib International Workshop - **Fibre Reinforced Concrete**: from Design to Structural Applications

Bollettino n. 80 Partial factor methods for **existing structures**



A cura di **Giovanni Plizzari**, con il contributo di:

Carlo Beltrami
Marco di Prisco
Franco Mola

Maggio 2020



COLLEGIO DEI TECNICI DELLA INDUSTRIALIZZAZIONE EDILIZIA
www.cte-it.org



INTERNATIONAL FEDERATION OF STRUCTURAL CONCRETE
<https://www.fib-international.org/>

Carlo Beltrami



Direttore tecnico, responsabile del settore “Ciclo di vita e monitoraggio delle strutture” e responsabile studi scientifici di Lombardi Ingegneria di Milano, membro (strutture) e chair dello Steering Committee del Gruppo Lombardi.

Membro del Comitato di riferimento del Dottorato di ricerca in Ingegneria Strutturale, Sismica e Geotecnica DICA al Politecnico di Milano, membro Comitato Scientifico di Eucentre (Pavia), membro delle associazioni tecniche culturali Nazionali CTE, AICAP ed ISI, ed Internazionali fib, ATC, IABMAS e IALCCE.

Marco di Prisco



Professore ordinario di Tecnica delle Costruzioni al Politecnico di Milano presso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale e Direttore tecnico della DSC-Erba s.r.l. Autore di oltre 350 lavori scientifici è membro fib, ove riveste il ruolo di membro del Presidium e di delegato nazionale, RILEM, ACI, della Commissione Norme del CNR, di numerosi comitati tecnici e scientifici nazionali ed internazionali, delle associazioni tecniche culturali Nazionali CTE, in qualità di Presidente uscente, ed AICAP.

Franco Mola



Professore ordinario di tecnica delle costruzioni presso il Politecnico di Milano e Direttore tecnico ECSD srl Engineering Consulting and Structural Design. Progettista e consulente strutturale di diverse opere tra cui la torre Isozaki a Milano, Palazzo Regione Lombardia, Uffici della Regione Piemonte a Torino. Autore di più di 250 lavori scientifici pubblicati su riviste e su Atti di Congressi Nazionali ed Internazionali. È stato membro di varie Commissioni Internazionali in particolare le Commissioni CEB “Instabilità” ed “Effetti strutturali delle deformazioni differite del calcestruzzo”.

Giovanni Plizzari



Professore ordinario di Tecnica delle costruzioni presso l'Università degli Studi di Brescia, dove è direttore del dipartimento DICATAM. E' membro fib dove è delegato nazionale, coordina gruppi di lavoro internazionali ed è presidente della giuria per il premio internazionale per giovani ingegneri. Ha co-organizzato il primo joint workshop ACI-fib sul tema applicazioni strutturali del calcestruzzo fibrorinforzato, i cui atti sono riportati nel Bollettino 79. E' attualmente vice presidente del CTE.

Bollettino fib 58

"Design of anchorages in concrete" (pubblicato nel Luglio 2011)

Contributo di Giovanni Plizzari

Le moderne tecniche di fissaggio sono ampiamente utilizzate per il trasferimento di carichi concentrati in strutture in calcestruzzo e muratura. Ancoraggi gettati in opera (posizionati nella cassaforma prima del getto del calcestruzzo) e sistemi post-installati (nel calcestruzzo strutturale indurito o nella muratura), sono oggi ampiamente diffuse per rispondere alle esigenze delle strutture ordinarie o prefabbricate, nuove o esistenti.

I carichi applicati agli ancoraggi vengono trasferiti al calcestruzzo o alla muratura mediante interazione meccanica, attrito o una combinazione di questi meccanismi resistenti. Tuttavia, indipendentemente dal meccanismo di trasferimento del carico, tutti gli ancoraggi si basano sulla resistenza a trazione del calcestruzzo o della muratura e questo aspetto deve essere preso attentamente in considerazione sia in fase di verifica sia in fase di pre-dimensionamento.

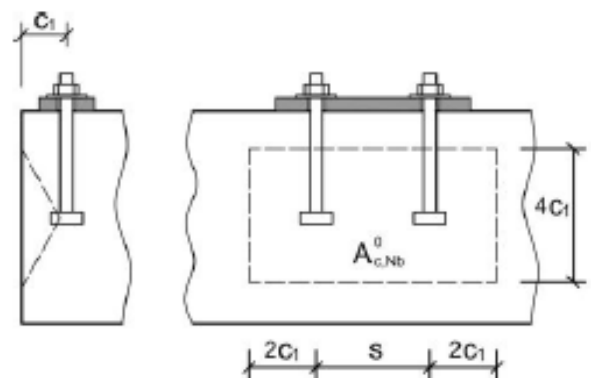
Nonostante l'uso diffuso di ancoraggi gettati in opera e post-installati nelle costruzioni, il livello generale di conoscenza nella comunità ingegneristica, per quanto riguarda il loro comportamento, rimane tuttora piuttosto limitato.

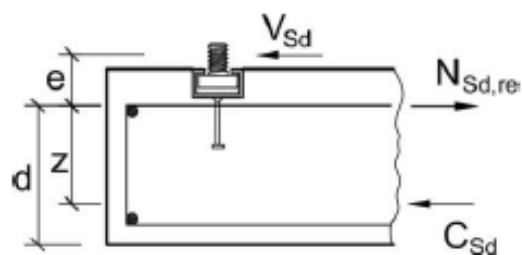
Al fine di migliorare lo stato generale delle conoscenze in questo campo, nel 1987 è stato costituito il Task Group 3.5 del comitato internazionale del calcestruzzo (CEB) per approfondire il tema: "Fissaggi a strutture in calcestruzzo armato e muratura".

Nel 1996 il gruppo ha pubblicato la guida alla progettazione "Design of Fastenings in Concrete" che trattava gli ancoraggi ad espansione, sottosquadro, e ancoraggi con testa in calcestruzzo sotto carico prevalentemente statico; tale guida ha rappresentato un documento di riferimento con notevoli informazioni utilizzate per lo sviluppo delle normative in questo settore.

A seguito della trasformazione del CEB in Federazione internazionale per calcestruzzo strutturale (fib), nel 1998 il gruppo è stato rinominato Special Activity Group (SAG) 4 "Fastenings to Structural Concrete and Masonry Structures".

Dalla pubblicazione della guida CEB, i risultati di numerose ricerche e le nuove esperienze nel campo delle applicazioni ha portato ad una migliore comprensione e approfondimento delle conoscenze relative a diversi aspetti delle tecnologie di ancoraggio hanno portato alla pubblicazione di questo





nuovo bollettino fib "*Design of Anchorages in Concrete*" che rappresenta una revisione sostanziale dell'originale Guida alla progettazione del 1996.

Essa riguarda diverse tipologie di carico e modalità di collasso e tiene conto di stato dell'arte attuale per gli ancoraggi nelle nuove costruzioni, nonché per il loro uso nella riparazione e il rinforzo delle strutture in calcestruzzo esistenti.

Le aggiunte e le revisioni significative incluse nel nuovo documento sono riportate nel seguito:

- una nuova sezione sulla progettazione di ancoraggi incollati e le connessioni con post-installazione di barre di rinforzo;
- una nuova sezione dedicata alla progettazione dei binari per tasselli gettati in opera;
- una nuova sezione sulla progettazione di ancoraggi resistenti al fuoco;
- una nuova sezione sulla progettazione degli ancoraggi sotto carico sismico;
- nuove disposizioni per la progettazione dettagliata per gli ancoraggi sottoposti a carico a fatica;
- nuove disposizioni per la progettazione di ancoraggi sottoposti a taglio vicino ai bordi;
- miglioramento delle disposizioni di progettazione per la tensione combinata e il carico di taglio.

Il bollettino 58 del fib ha rappresentato un significativo supporto per la stesura della nuova versione della Parte 4 dell'Eurocodice 2 (UNI EN 1992-4).

La lettura del bollettino è fondamentale per capire i modelli fisici di comportamento per il corretto (e sicuro) impiego strutturale degli ancoraggi trattati nella UNI EN 1992-4, particolarmente utili per le nuove costruzioni e per la riabilitazione delle strutture esistenti.

Bollettino fib 73

Tall Buildings Structural Design of concrete buildings up to 300m tall (pubblicato nel Dicembre 2014)

Contributo di Franco Mola

Il Bollettino fib 73, scritto nella forma di Rapporto sullo Stato dell'Arte, si pone quale autorevole documento specificatamente dedicato alla illustrazione e alla discussione generale dei concetti di base che presiedono la progettazione degli edifici di grande altezza. Da un punto di vista più strettamente inerente la pratica professionale, il documento può riguardarsi quale utile linea guida capace di orientare il progettista strutturale chiamato ad un compito la cui complessità e vastità sono ben noti agli operatori del settore.

Il documento comprende 14 capitoli dei quali il primo e l'ultimo, di carattere generale, sono rispettivamente dedicati alla introduzione, alla descrizione, alla storia degli edifici alti e alla presentazione di dodici casi studio di edifici esistenti con altezza massima di circa 300m. Il corpo centrale del documento esplora in maniera dettagliata i problemi, non solo esclusivamente strutturali, della progettazione degli edifici alti, indicando le modalità di approccio alla loro risoluzione.

Di particolare interesse sono i capitoli 2 e 13, che seppure posti all'inizio e alla fine del documento, presentano marcata affinità e fissano i prerequisiti che sono alla base del processo progettuale. Il primo di essi trova i suoi fondamenti nella affermazione della multidisciplinarietà dell'atto progettuale degli edifici alti, all'interno del quale l'ingegnere strutturista è protagonista di rilievo ma non esclusivo, la cui opera trova il suo più completo compimento nella sinergia collaborativa con le altre componenti professionali. A tale riguardo vengono fornite alcune informazioni e suggerimenti riguardanti la geometria degli edifici alti, dei rapporti fra le dimensioni, degli spessori degli elementi strutturali, delle prestazioni sotto azioni statiche e dinamiche nonché altre concernenti il progetto di parti non strutturali di significativo impatto economico, in particolare le facciate ed i sistemi di sollevamento. Questi dati, che sono essenziali per formulare i principi su cui impostare la progettazione preliminare degli edifici alti, sono elementi informativi del capitolo 13 nel quale sono affrontati i problemi concernenti l'approccio concettuale al progetto strutturale, la schematizzazione del complesso resistente, la valutazione della sua efficienza statica e dinamica, il progetto di dettaglio. E' aspetto di indubbio



interesse la modalità con la quale il capitolo è stato costruito, definendo per i tre problemi affrontati momenti di approfondimento riguardanti gli obiettivi, i problemi di schema, le modalità di analisi, i prerequisiti essenziali e la qualità dei risultati necessari ad assicurare il conseguimento di specifici livelli prestazionali.



I capitoli centrali del documento sono dedicati alla descrizione dei caratteri di base degli elementi strutturali principali costituenti l'organismo resistente, concernenti le fondazioni, le colonne, gli impalcati, i nuclei scale ascensori servizi, riguardati nella loro funzione di elementi taglio resistenti. Per ciascuno di questi elementi sono elencate le prerogative essenziali, evidenziando alcuni aspetti riguardanti la risposta strutturale, la necessità di individuarne con chiarezza l'impegno statico, la flessibilità di impiego. A tale riguardo si ricordano il miglioramento delle prestazioni dell'impianto fondale assicurato dalla presenza di pali con funzione di riduttori degli spostamenti verticali assoluti e differenziali, la attenzione da porsi alla eventuale presenza di eccentricità, anche di moderata entità, fra gli assi di due colonne sovrapposte, generatrici di effetti flessionali nelle colonne stesse e di forze orizzontali negli impalcati, la grande flessibilità d'utilizzo

di impalcati aventi schema di piastra sottile di spessore costante su appoggi puntiformi, la cui geometria permette la massima libertà di allocazione delle apparecchiature impiantistiche.

Concludono questa parte, di carattere generale, una disamina delle problematiche costruttive e delle caratteristiche delle azioni applicate. Riguardo il primo punto, sono elencati ed illustrati i metodi classici di costruzione dei nuclei, basati sulla tecnica dei casseri auto avanzanti, quelli per la costruzione delle colonne e degli impalcati, riguardati nella loro efficacia nel ridurre le operazioni di sollevamento, fonte di possibili rallentamenti nell'avanzamento dei lavori. Relativamente a questo aspetto, viene sottolineata la convenienza di pre-assemblare a terra le gabbie di armatura, riducendo i tempi relativi alle operazioni in quota.

Il capitolo 7, dedicato alla descrizione delle azioni, prende dettagliatamente in considerazione quelle di carattere stazionario, sia di tipo statico che geometrico, rimandando per quanto concerne le azioni laterali di vento e sisma al capitolo specifico riguardante le analisi strutturali di tipo dinamico. E' interessante rilevare nell'ambito delle azioni statiche la dettagliata disamina di quelle che sono da prendersi in considerazione durante il transitorio costruttivo, per le quali sono descritte le caratteristiche e la giustificazione della loro presenza.

Esame specifico è poi dedicato alle azioni eccezionali, dovute a fenomeni accidentali che possono generare la crisi locale di elementi portanti. E' questo un aspetto di grande importanza, per la cui risoluzione assume ruolo fondamentale il concetto di robustezza strutturale, che deve essere assunto quale imprescindibile prerogativa dell'organismo resistente.

I capitoli 8÷11 trattano problemi relativi alla risposta strutturale degli edifici alti. Il primo è dedicato alle analisi dinamiche, con specifico riguardo alla valutazione degli smorzamenti, sia naturali che indotti attraverso masse accordate, onde assicurare adeguati livelli di comfort per gli utilizzatori. I successivi due capitoli trattano i problemi relativi agli stati di spostamento e sollecitazione indotti dalla azione del vento e a quelli concernenti la valutazione della capacità portante in presenza della azione sismica.

Interessanti al riguardo appaiono la descrizione delle caratteristiche della azione del vento, delle sue implicazioni nei riguardi degli stati limite di servizio e della determinazione dei suoi effetti condotta sperimentalmente mediante prove in galleria del vento effettuate su modelli rigidi per la valutazione delle pressioni o su modelli deformabili per indagare i fenomeni aeroelastici che governano l'interazione vento-struttura.

Di altrettanto interesse è la trattazione degli effetti indotti dalla azione sismica, per la cui valutazione viene sottolineata la necessità di procedere mediante analisi lineare e non lineare dipendente dal tempo, di cui la prima riguardata quale utile strumento preliminare per calibrare i valori dei parametri di base da adottare per la seconda.

Si evidenzia inoltre come l'analisi modale con spettro di risposta sia uno strumento non pienamente affidabile per lo studio degli edifici alti, così come sia da ritenersi prassi non attendibile quella di tenere conto globalmente di fenomeni non lineari, in particolare la fessurazione degli elementi portanti, modificandone forfettariamente la rigidità attraverso una riduzione del modulo elastico.

Il capitolo 11 tratta il problema delle deformazioni differite di tipo impresso o indotte da azioni di lunga durata che danno luogo a spostamenti assoluti e differenziali di punti critici dell'edificio e a stati di coazione che possono generare fenomeni fessurativi negli elementi portanti orizzontali. Tipici al riguardo sono gli spostamenti derivanti dall'accorciamento delle colonne negli edifici con simmetria assiale o di tipo trasversale indotti da azioni orizzontali generate da eccentricità associate ad assenza di verticalità o ancora da effetti torsionali dovuti a particolari geometrie dell'edificio. Si tratteggiano al riguardo, sottolineandone l'imprescindibilità di impiego, i caratteri essenziali delle analisi che tengano conto della modalità di avanzamento della costruzione, riguardata sia quale causa della graduale introduzione delle azioni dovute alla gravità, sia della modifica dello schema statico, per il quale le parti di più recente costruzione costituiscono vincolo posticipato alle deformazioni differite sviluppate dalle parti ad esse preesistenti.

Il capitolo 12 è infine dedicato ad una breve descrizione delle caratteristiche del materiale calcestruzzo, che ne suggeriscono un uso differenziato in dipendenza dei prerequisiti richiesti ai vari elementi strutturali. Particolare attenzione è posta ai calcestruzzi ad alta resistenza, il cui uso è determinante per le colonne in quanto ne permette il contenimento della sezione trasversale, aumentando il fattore di utilizzo della superficie di impalcato inteso quale rapporto fra area al netto della superficie totale della sezione trasversale delle colonne ed area lorda. Una incompletezza del capitolo è peraltro da rilevarsi nella assenza di riferimenti al calcestruzzo auto-compattante, il cui uso è attualmente universale per porre in opera con getto in continuo volumi cospicui di materiale come avviene per le fondazioni degli edifici alti.

A conclusione di queste brevi note introduttive è doveroso ricordare che, seppure esse trovino nel volume una trattazione dettagliata, il loro obiettivo è solo quello di porre in evidenza gli aspetti essenziali del comportamento delle strutture degli edifici alti, per il cui approfondimento e la risoluzione dei problemi che essi pongono, una vasta conoscenza e frequentazione della meccanica strutturale e della scienza dei materiali, sostenute da un raffinato e meditato atteggiamento culturale, sono prerequisito imprescindibile.

Bollettino fib 79

“FRC 2014 Joint ACI-fib International Workshop -Fibre Reinforced Concrete: from Design to Structural Applications” (pubblicato nel Dicembre 2016)

Contributo di Giovanni Plizzari

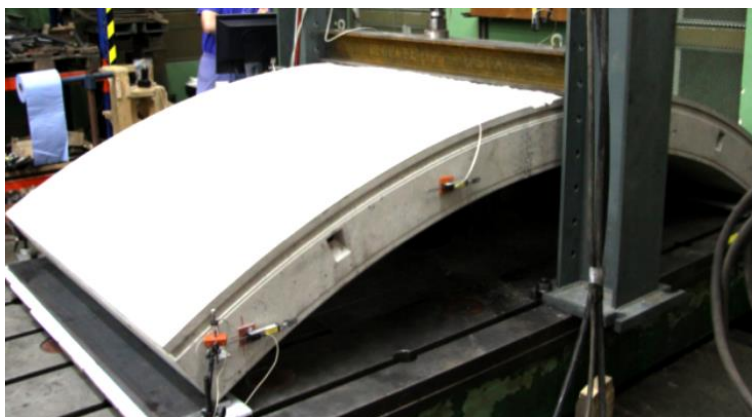
Il calcestruzzo fibrorinforzato (FRC) è un materiale composito costituito da cemento, acqua, aggregati, additivi e aggiunte e si distingue dagli altri compositi presenti ora sul mercato per la presenza di fibre corte (da 12 a 60 mm) discontinue nella matrice cementizia. Esso presenta, in molte applicazioni strutturali, una serie di importanti vantaggi, prevalentemente dovuti al suo comportamento a trazione che, grazie alla presenza di fibre, consente di ridurre (o, a volte, evitare) l'utilizzo di armatura tradizionale. Ciò implica un risparmio sui tempi di realizzazione e posa dell'armatura, in aggiunta ai tempi per i controlli della direzione lavori. Il FRC è poi particolarmente utile per il controllo del quadro fessurativo in quanto la presenza del fibrorinforzo riduce l'ampiezza delle fessure, portando notevoli vantaggi alla durabilità dell'opera.

Attualmente il FRC è già ampiamente utilizzato per diverse applicazioni tra le quali si possono citare i pavimenti industriali, i rivestimenti di galleria e diversi elementi prefabbricati. Il FRC è stato anche utilizzato in numerosi progetti di edifici e ponti in Europa e Nord America. Il FRC può infine essere utilmente impiegato anche per la riparazione, il ripristino e il rinforzo delle strutture e delle infrastrutture esistenti.



I recenti sviluppi tecnologici e le applicazioni su larga scala hanno dimostrato che il FRC ha raggiunto un livello di maturità tale da poter essere utilizzato con sicurezza dagli ingegneri. Sta di fatto che, dopo quasi 60 anni di studi e ricerche teoriche e sperimentali, il calcestruzzo fibrorinforzato (FRC) sta ora entrando diffusamente nel mercato dal momento che diverse normative tecniche come il fib Model Code 2010 (MC2010), la normativa tedesca (DAfStb), la normativa americana (ACI 318) e la normativa italiana (NTC 2018) includono ora il FRC tra i materiali per uso strutturale. Anche il nuovo Eurocodice 2 avrà un annesso dedicato alla progettazione di elementi in calcestruzzo fibrorinforzato.

Tutto questo è stato possibile grazie alle ricerche che hanno fornito una vasta conoscenza del comportamento strutturale del FRC e hanno permesso di avere regole di progettazione affidabili e sicure. L'aspetto più importante nello sviluppo del FRC, introdotto dalla fib nel Model Code 2010, ha però riguardato la sua classificazione sulla base delle prestazioni meccaniche, trasformandolo così in un materiale a prestazione garantita. Le nuove prestazioni introdotte dal FRC riguardano



prevalentemente la resistenza post-fessurazione (garantita dalle fibre che intercettano le fessure) che si misurano attraverso prove di flessione su travette intagliate, in accordo con la norma UNI EN 14651.

Con riferimento al nostro Paese, l'ultima versione delle Norme Tecniche delle Costruzioni include, al Paragrafo 11.2.12, il

calcestruzzo fibrorinforzato (FRC) tra i materiali per la realizzazione di elementi strutturali. Infatti, il Paragrafo 4.1 riporta: "Nel seguito si intendono per calcestruzzi ordinari i calcestruzzi conformi al presente § 4.1 ed al § 11.2, con esclusione dei calcestruzzi di aggregati leggeri (LC), di cui al §4.1.12, e di quelli fibrorinforzati (FRC), di cui al §11.2.12". In quest'ultimo paragrafo, si precisa che il FRC può essere realizzato con fibre di acciaio o materiale polimerico, purché siano marcate CE in accordo alle norme europee armonizzate, quali la UNI EN 14889-1 ed UNI EN 14889-2, rispettivamente.

La stessa NTC precisa che la miscela del FRC "deve essere sottoposta a valutazione preliminare secondo le indicazioni riportate nel precedente §11.2.3 con determinazione dei valori di resistenza a trazione residua f_{R1k} per lo Stato limite di esercizio e f_{R3k} per lo Stato limite Ultimo, determinati secondo UNI EN 14651:2007". In altri termini, le NTC hanno recepito il FRC come un materiale a prestazione garantita che deve essere qualificato. La definizione di materiale a prestazione garantita evidenzia quindi che il FRC non può essere richiesto a dosaggio di fibre, ma deve essere prescritto con riferimento alle sue specifiche prestazioni. Il produttore di FRC dovrà quindi scegliere il tipo e il dosaggio di fibra più idonei per garantire le prestazioni richieste dal progettista.

La stessa NTC ricorda poi che "per la qualificazione del calcestruzzo fibrorinforzato e la progettazione delle strutture in FRC si dovrà fare esclusivo riferimento a specifiche disposizioni emanate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici". Le linee guida per la qualificazione del FRC (attraverso l'ottenimento del certificato di valutazione tecnica) sono state pubblicate il 15 Aprile 2019 e consentono ora ai produttori di chiedere la qualificazione di FRC (attraverso il Certificato di Valutazione Tecnica, CVT) per impieghi strutturali, dove il FRC sostituisce, almeno in parte, l'armatura convenzionale.

La disponibilità di un nuovo materiale (FRC) a prestazione garantita rappresenta un grande vantaggio per i progettisti che potranno assumere (nei calcoli) specifici valori delle prestazioni del materiale che verranno poi trasmessi nelle prescrizioni progettuali.

Dopo numerose conferenze e workshop organizzati per discutere aspetti di base del FRC, negli ultimi anni l'interesse si è spostato verso le applicazioni pratiche.

Per favorire un confronto internazionale tra ricercatori e progettisti di elementi strutturali in FRC, nel 2014 l'American Concrete Institute (ACI) e la federazione internazionale del calcestruzzo strutturale (fib) hanno organizzato a Montreal (Canada) un workshop al quale hanno partecipato più di 150 persone, provenienti da tutti i continenti, per condividere le loro esperienze.

Lo scopo del workshop FRC2014 è stato prevalentemente quello di fornire e condividere lo stato dell'arte sui recenti progressi compiuti nelle diverse applicazioni strutturali da esperti di tutto il mondo. Le presentazioni di casi studio si sono concentrate sia sulla progettazione strutturale che sulla descrizione di applicazioni come travi, pavimenti sopraelevati, rivestimenti di gallerie, piastre, elementi prefabbricati, elementi di ponti e molte altre applicazioni.

Il workshop è stato anche il primo evento tecnico congiunto tra l'ACI e la fib; pertanto, gli atti sono stati contemporaneamente pubblicati su una Special Publication dell'ACI e su un bollettino del fib che ora mettiamo a disposizione dei nostri associati.

La lettura del bollettino offre enormi spunti per l'utilizzo strutturale di questo nuovo (per le normative) materiale, in un contesto che mette la progettazione al centro delle sfide che l'ingegneria delle strutture deve affrontare per avere costruzioni sempre più sicure, robuste e resilienti.

Bollettino fib 80

“Partial factor methods for existing structures” (pubblicato nel Dicembre 2016)

Contributo di Carlo Beltrami e Marco di Prisco

Il documento è stato redatto con l'obiettivo di fornire una procedura di calcolo per stabilire la sicurezza di strutture in calcestruzzo esistenti ed i requisiti necessari per interventi tesi ad estendere la sicurezza operativa o la vita utile delle stesse.

L'approccio che è stato sviluppato ricalca quello degli stati limite con approccio probabilistico a “coefficienti parziali”, ovvero simile a quanto già presente nelle normative tecniche vigenti (Eurocodice 2 e NTC 2018). E' importante evidenziare che questo metodo si basa sull'assunzione che le incertezze nella valutazione delle strutture esistenti siano le medesime di quelle che si



considerano nelle strutture nuove, quindi i metodi di valutazione strutturale sono impiegati con la medesima incertezza (epistemica). Occorre precisare che questo metodo non è applicabile a strutture affette da deterioramento, anche se in Appendice A ci sono dei suggerimenti su come tenerne conto. I metodi probabilistici proposti non caratterizzano le azioni accidentali, sismiche, gli effetti della precompressione e delle deformazioni imposte (cedimenti, azioni termiche, etc) oltre a non trattare temi di verifica di robustezza al fine di evitare collassi progressivi.

Il metodo di calcolo proposto si basa sostanzialmente sulla valutazione di “affidabilità” delle strutture esistenti (in inglese “structural reliability”), sebbene in una struttura esistente sia necessario ben valutare anche ad esempio la presenza di variabilità delle caratteristiche meccaniche, risultati di monitoraggio, effetto delle condizioni ambientali e dei carichi applicati.

Si evidenzia come il termine “affidabilità” strutturale, espressa in termini probabilistici, corrisponde alla capacità della struttura stessa di garantire le prestazionali richieste, includendo la vita utile ovvero ricomprendendo la sicurezza (SLU), l'esercizio (SLE) e la durabilità della struttura.

Nelle strutture esistenti è consuetudine eseguire verifiche strutturali adottando criteri di affidabilità uguali a quelle delle strutture nuove; tuttavia si è visto nel tempo che tali approcci comportano spesso risultati eccessivamente conservativi, comportando interventi spesso troppo impattanti sulle strutture esistenti. La finalità del documento è quindi implementare verifiche di affidabilità più realistiche per le strutture esistenti, valutando con maggiore cura le incertezze sulle resistenze e sulle

azioni mediante un aggiornamento dell'approccio probabilistico, utilizzato tipicamente nella progettazione.

Il documento propone nello specifico due modelli di "coefficienti parziali": DMV (metodo di progetto) e APFM (metodo dei coefficienti parziali corretti).

Il Capitolo 3 descrive le nozioni di base e le motivazioni per perseguire una valutazione di "affidabilità" delle strutture esistenti, essi sono legati principalmente a considerazioni di tipo economico sul costo relativo alla perdita e alla ricostruzione della struttura andando a definire delle "classi di conseguenza" (CC1-CC2-CC3) e identificando gli indici di affidabilità associati (b) e le probabilità di rottura (P).

Il Capitolo 4 illustra il metodo dei coefficienti parziali per le strutture in calcestruzzo, ricostruendo l'origine statistica dei coefficienti parziali: si approfondisce la nuova caratterizzazione dei coefficienti parziali sui materiali (γ_M) e sulle azioni (γ_Q). Il metodo DMV è illustrato nel §4.2: consiste nell'adottare il metodo dei coefficienti parziali per le



strutture esistenti in modo analogo a quello usato per le nuove, assumendo una distribuzione delle variabili basata sulle condizioni effettive delle strutture. Il metodo APFM è illustrato nel §4.3. La sua forma è più diretta perché consente di adottare alcuni coefficienti correttivi ω applicati ai coefficienti parziali impiegati per le strutture nuove: tali coefficienti correttivi sono desumibili da diagrammi.

Il Capitolo 5 illustra la validazione numerica condotta a confronto dei due metodi, mentre il Capitolo 6 effettua una disamina critica dei risultati: il metodo APFM risulta appropriato per strutture ordinarie, grazie alla forma più simile all'approccio normativo e alla necessità di pochi dati di base; consente un approccio molto simile a quello proposto dall'Eurocodice 2 per strutture nuove. Il metodo DMV è raccomandato per strutture più importanti, in cui il collasso può produrre conseguenze rilevanti; il metodo richiede una base dati più ampia e più accurata rispetto al metodo APFM. Il metodo DVM consente quindi di perseguire un risultato meno conservativo e quindi più economico.

Il Capitolo 7 illustra alcuni esempi di calcolo applicati a casi reali, in particolare si esamina una struttura in c.a. del 1940 da tempo abbandonata ed oggetto di un progetto di riqualifica. A valle dei dati sperimentali sulle proprietà meccaniche del calcestruzzo e dell'acciaio, considerando una "classe di esposizione" che considera la sola esposizione diretta, esprimibile in termini di vite umane e un periodo di riferimento di 15 anni: selezionando un coefficiente di affidabilità, si calcolano i

coefficienti parziali (di materiali e di azioni) secondo i diversi metodi DVM e APFM (messi a confronto anche con la EN 1990). Si giunge infine a determinare il massimo carico variabile ammissibile sulle strutture esistenti, come riferimento per la nuova funzionalità dell'opera.

L'allegato A espone le basi dei metodi probabilistici adottati oltre ad approfondire l'incertezza legata ai metodi proposti: di particolare rilevanza alcune proposte tese a stimare l'effetto della corrosione nelle armature. L'allegato B illustra alcune basi teoriche per la calibrazione del metodo APFM.

Per leggere e comprendere appieno il documento occorre una formazione di base sul metodo di calcolo probabilistico gli stati limite oltre ad una certa familiarità con le norme europee EN 1990, EN 1992 e Model Code 2010.

In definitiva il bollettino fib 80 risulta utile per implementare valutazioni di affidabilità di strutture in calcestruzzo esistenti. E' una metodologia utile per evitare costosi e inefficaci interventi, basati su principi progettuali specifici delle strutture nuove: consente di valutare un livello di affidabilità per le strutture esistenti anche mediante la riduzione della vita di servizio (misura peraltro già accettata dai gestori/proprietari). Si auspica che la procedura possa essere estesa in futuro in modo più completo alle strutture in calcestruzzo in presenza di degrado.

Il documento risulta di particolare attualità essendo il metodo APFM del fib 80 adottato nelle nuove "Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti" di recente emesse dal CSLPP (Allegato parere n.88/2019 in data 17.04.2020) ed in fase di applicazione sperimentale.