

COME SI È GIUNTI ALLA NORMATIVA TECNICA SUL CALCESTRUZZO STRUTTURALE

Marco Menegotto

Excursus sul percorso che ha condotto all'attuale normativa nazionale ed europea sulle strutture in calcestruzzo, per conoscerne le origini, lo sviluppo e le interrelazioni.

1. INTRODUZIONE

Fin dall'antichità, la sicurezza delle strutture è stata presa in considerazione dalla legge sul piano civile e penale: il Codice di Hammurabi (XVIII sec aC) prevedeva da parte del costruttore un risarcimento, se la struttura cedeva, e il taglione, se provocava vittime.

Sul piano tecnico, nel corso dei secoli si faceva riferimento a regole consolidate dello stato dell'arte (codificate da maestri) e ai segreti del mestiere, scoperti o tramandati. Solo col XX secolo, o quasi, nascono norme che dettano prescrizioni tecniche.

L'Europa, alla metà del XX secolo, era in fase di ricostruzione. Dopo le distruzioni massicce della guerra mondiale e la perdita di leadership economica e politica planetaria, manteneva ancora grandi risorse intellettuali.

I migliori spiriti dell'epoca cominciarono a pensare in termini concreti a un'unità d'intenti continentale, superando le divisioni che avevano condotto al disastro e prendendo atto della fine della centralità europea nel sistema politico-economico globale, con la riduzione del vecchio continente a una fra le aree rilevanti del nuovo sistema policentrico, la quale doveva anzi attivarsi per non essere del tutto emarginata dalle decisioni sul futuro del mondo.

L'idea di un'unione europea, già intravista oltre mezzo secolo prima da vari pensatori, a molti non appariva realizzabile, consistendo l'Europa di decine di Stati, ognuno con propria lingua e con tradizioni millenarie, radicate e differenti, nella cultura, nei costumi, nel sistema politico, nelle ambizioni, nel lavoro; Stati che avevano scatenato due conflitti allargatisi al mondo intero e che si erano ritrovati divisi da una "cortina di ferro" esogena ed innaturale.

Dalla tragedia emersero però persone lungimiranti, che seppero convincere a un cammino comune, politico e altro. Si ebbero così le prime Comunità parziali, con successi e fallimenti, poi il trattato di Roma tra sei Paesi ... e la storia che conosciamo, fino all'odierna Unione con 28 Stati membri.

Anche nel nostro campo si è avuto un processo analogo, con problemi analoghi, *mutatis mutandis*: una miriade di norme tecniche nazionali diversissime dall'inizio del secolo, fino all'unificazione imperfetta di oggi.

2. IL CEB

Alla metà del secolo, precisamente nel 1953, nacque il *Comité Européen du Béton* (CEB), che ha avuto un ruolo determinante nello sviluppo del sistema normativo europeo per le strutture, non solo in calcestruzzo armato, sulla base della promozione di studi scientifici e di confronti e discussioni ad ampio livello.

Il centro animatore fu in Francia, dove André Balency Béarn, grande progettista e costruttore, sviluppatore di sistemi di prefabbricazione a pannelli portanti, fondò il CEB e ne divenne il primo Presidente. A lui si unirono, per l'Italia, due massimi rappresentanti della ricerca e della realizzazione, Gustavo Colonnetti e Pierluigi Nervi.

Le norme tecniche e le consuetudini nei singoli Paesi divergevano sensibilmente e ciò si rifletteva sui vincoli alla progettazione e alla realizzazione. Le differenze erano in realtà non fondate ma frutto della non condivisione dei molteplici aspetti che influiscono sul comportamento del calcestruzzo armato.

Il CEB divenne un forum, dove conversero i contributi dei grandi dell'epoca. Vi presero parte, fra numerose personalità, Baes, Baker, Ferry Borges, Torroja, L'Hermite, Leonhardt, Magnel, Ruesch; per noi Cestelli Guidi e Levi.

Franco Levi in particolare, secondo Presidente, nel suo *Cinquant'anni dopo: Il cemento armato dai primordi alla maturità* (Testo & Immagine, Torino, 2002), delinea con cognizione di causa gli sviluppi della materia e la funzione avuta dal CEB, che per statuto riuniva studiosi, progettisti e costruttori. Anche se poi si sbilanciò leggermente verso i primi, la composizione si rivelò fruttuosa e foriera sia di conoscenza sia d'interesse applicativo concreto.

Gli orientamenti strategici del Comitato furono così formulati:

- *gli specialisti del principale materiale da costruzione utilizzato in Europa devono coordinare le loro idee ed i loro metodi di lavoro;*

- *per giungere ad un regolamento europeo, si dovranno approfondire innanzi tutto le conoscenze teoriche, unica base sicura per un accordo duraturo;*

- *aspetti teorici e problemi applicativi non potranno che essere risolti insieme e con gli stessi strumenti;*

- *per sviluppare la teoria del calcestruzzo armato si dovrà cooperare con gli altri organismi internazionali aventi fini complementari a quelli da noi perseguiti;*

- *potremo progredire solo gradualmente, formulando via via conclusioni provvisorie, che saranno oggetto di revisioni periodiche.*

Vi si può vedere programmato lo sviluppo della futura normativa tecnica europea sulle strutture, non solo in calcestruzzo. Infatti, il CEB approfondì anche la teoria della sicurezza delle strutture in generale e le basi comuni per la progettazione, con cui individuò e iniziò la sua vocazione pre-normativa, come modello per un'auspicata normativa europea, che è l'oggetto della presente nota.

3. LE RACCOMANDAZIONI CEB BASE DELLE NORME TECNICHE EUROPEE

I risultati delle ricerche discusse e le teorizzazioni riguardanti problemi specifici venivano pubblicati regolarmente sui (250) Bollettini del CEB.

Nel 1964 furono pubblicate le *Raccomandazioni CEB*, primo modello di nuova norma tecnica comune per il calcestruzzo armato.

Il testo introduceva il *concetto probabilistico* dell'affidabilità, contemplante anche il *Metodo Semiprobabilistico*, che ne impostava la verifica sull'esame di vari *Stati Limite*, mediante l'applicazione di *Coefficienti di Sicurezza Parziali* ai principali parametri in gioco.

Le verifiche agli stati limite, un metodo proposto dalla scuola russa di Gvozdev, non si restringevano al cosiddetto "calcolo a rottura" né alla sola analisi limite plastica, allora in voga, ma affrontavano già il comportamento in esercizio, con l'individuazione anche qui di stati limite, come quelli riferiti a fessurazione, deformazione o vibrazione, venendo incontro a concrete domande provenienti dalla pratica applicativa.

Le caratteristiche innovative dell'approccio proposto dalle *Raccomandazioni* erano rivoluzionarie per le norme dell'epoca, basate sul confronto delle tensioni massime di esercizio con le *tensioni ammissibili*. Esse destarono l'apprezzamento generale della comunità scientifica, anche fuori d'Europa e in seno a organismi delle Nazioni Unite, e furono tradotte in molte lingue.

L'approccio è quello adottato oggi dagli Eurocodici Strutturali, con un anticipo di quarant'anni! Pertanto, le prime *Raccomandazioni CEB* possono a buon diritto considerarsi il loro progenitore.

4. LA FIP

Nel 1952, prima del CEB stesso e sempre su iniziativa francese, da parte di Y. Guyon, era stata fondata la *Fédération Internationale de la Précontrainte* (FIP), avente per oggetto lo studio e la promozione del calcestruzzo armato presollecitato, il cui ideatore principale, E. Freyssinet, l'aveva sviluppato nei decenni precedenti appunto in Francia.

Per statuto, al pari del CEB, la FIP coinvolgeva studiosi, progettisti, costruttori e industriali, ma con una leggera prevalenza di attenzione agli aspetti industriali e costruttivi.

Anch'essa pubblicava i suoi Bollettini, comprendenti Rapporti Tecnici e Stati dell'Arte su ricerche e realizzazioni, Guide Pratiche e Raccomandazioni su temi specifici, con vocazione pre-normativa.

In particolare, nel suo ambito fu istituita nel 1955 la Commissione "Prefabbricazione", per secondare lo sviluppo della nascente industria con lo studio dei problemi progettuali e costruttivi e lo scambio internazionale di informazioni. Questa Commissione è tuttora molto attiva, ora in ambito *fib*, e ha prodotto a sua volta numerosi documenti pre-normativi, il cui contenuto è stato in seguito recepito dagli Eurocodici e da varie *Norme di prodotto* europee di rilevanza strutturale.

5. I CODICI MODELLO

Nel frattempo si era fatta strada la concezione unitaria del calcestruzzo semplicemente armato e di quello presollecitato, liberandosi dall'idea di Freyssinet, che considerava quest'ultimo alla stregua di un nuovo materiale strutturale. Infatti, ciò aveva senso solo guardando alle condizioni di esercizio ma, considerando l'insieme degli stati limite, emergeva l'analogia del comportamento delle strutture nelle due tecniche. Anzi, si vide che potevano esservi strutture con *presollecitazione parziale* in qualsiasi proporzione, rimuovendo così ogni discontinuità fra loro.

Fu istituito un Comitato Misto FIP-CEB per la redazione di Raccomandazioni per il calcestruzzo presollecitato, presieduto da C. Cestelli Guidi.

Apparvero così, nel 1970, le *Raccomandazioni CEB-FIP*, in cui si aggiornarono i modelli per il calcestruzzo armato, estendendoli anche a quello presollecitato in qualunque misura.

Queste segnarono l'anticipazione di quello che sarebbe stato edizioni il *Codice Modello CEB-FIP* nelle diverse edizioni susseguitesi.

Non solo, ma il lavoro in comune sugli stessi obiettivi portò a definire non più due oggetti di studio e di normazione, il C.A. e il C.A.P., ma uno unico, sotto il nome di *Calcestruzzo Strutturale*.

Il CEB continuò a lavorare intensamente allo studio dei molteplici aspetti e implicazioni della deformazione delle strutture in calcestruzzo armato, fino a quella estrema, con modelli non lineari. Nelle Commissioni di Lavoro si confrontavano i risultati di ricerche e modellazioni sul fronte dello stato dell'arte, ricevendone stimolo e idee per nuove ricerche.

I temi trattati andavano oltre il calcestruzzo strutturale. Si affrontavano i problemi generali delle azioni sulle costruzioni, della nascente ingegneria sismica, dell'analisi numerica, delle basi del progetto, dei metodi di verifica, della valutazione probabilistica della sicurezza.

Si cominciò a pensare a un documento che fosse non più solo di raccomandazione ma che si avvicinasse a un vero codice completo per la progettazione e l'esecuzione di strutture, specifico per il calcestruzzo ma modello per un codice generale.

Nacque così il *Codice Modello CEB-FIP 1978 (MC 78)* che, oltre ai metodi e modelli d'analisi più avanzati, conteneva anche prescrizioni direttamente applicabili nella pratica corrente e si proponeva come modello per un codice generale operativo, pronto a essere adottato dalle autorità competenti. Era inteso come norma tecnica "non cogente", come d'uso nella maggior parte dei Paesi. Tuttavia, per graduarne il significato e per consentire più esplicitamente le scelte di modelli alternativi, il testo era suddiviso in *Principi* e *Regole applicative*, intendendo solo i primi come non derogabili.

Il MC 78 fu il modello degli *Eurocodici Strutturali*. Infatti, era adatto a ispirare il lavoro pre-normativo specifico in altri settori - come quello della CECM per le strutture in acciaio - per impostare un corpus completo di norme tecniche sulle strutture.

Inoltre, fu la base interna per lo sviluppo del lavoro successivo di CEB e FIP, per preparare un'edizione evolutiva del Codice Modello. Dopo il MC 78, è infatti proseguita l'attività pre-normativa e in particolare il lavoro congiunto di CEB e FIP per la redazione del nuovo MC 90.

Questo aggiornava l'intero sistema e introduceva alcune innovazioni, come: i modelli generalizzati del comportamento del calcestruzzo strutturale con il metodo di analisi mediante tiranti e puntoni (*struts-and-ties*) dovuto a J. Schlaich; la trattazione più estesa della presollecitazione, anche mediante cavi di post-tensione esterni; le verifiche numeriche per la fatica; le strutture prefabbricate e la progettazione per la durabilità.

Come si vedrà, i MC continueranno nella futura *fib*.

6. L'AZIONE DELLA COMUNITÀ EUROPEA

La Commissione della Comunità Europea, nella seconda metà degli anni 1970, si accinse all'emanazione di norme tecniche strutturali comunitarie.

Non sarebbe stato pensabile immettersi *ab initio* in un problema di rilevanza politica di tale portata, se non vi fosse stata la base del Codice Modello, consolidata da un quarto di secolo di lavoro internazionale di CEB e FIP. Anche perché tale lavoro si era già riversato nella normativa nazionale di molti Stati, che avevano trovato utile ispirarsi in varia misura.

Fu avviato così il programma degli *Eurocodici Strutturali* (EC), cui partecipavano anche Stati non comunitari e che sfociò nell'edizione di alcuni EC: *Basi della Progettazione e Azioni sulle Costruzioni; Strutture in Calcestruzzo; Strutture in Acciaio; Strutture in Muratura; Strutture in Zone Sismiche*. Ebbe inizio dall'EC2 *Strutture in Calcestruzzo*, il cui gruppo di lavoro era di origine CEB-FIP, con coordinatore Franco Levi, e ogni Stato partecipante vi nominava un "ingegnere di collegamento".

Questa prima versione degli Eurocodici non fu però adottata in forma operativa.

Nel 1989 uscì la Direttiva CEE sui prodotti per le costruzioni (n. 89/106/EEC: *Construction Products Directive - CPD*), che perseguiva il fine della libera circolazione dei prodotti per le costruzioni nel mercato interno.

In base alla CPD, la Commissione della Comunità Europea diede mandato al Comitato Europeo di Normazione - CEN (Ente cui partecipano oltre trenta Stati europei, non solo i membri della UE) di emanare norme tecniche, in termini per quanto possibile *prestazionali*, e stabilì il quadro delle norme sui prodotti per le costruzioni, individuando sei *Requisiti Essenziali (RE)* delle *Opere di costruzione*:

1. *Resistenza meccanica e stabilità*
2. *Sicurezza in caso di incendio*
3. *Igiene, salute e ambiente;*
4. *Sicurezza d'uso*
5. *Protezione dal rumore*
6. *Risparmio di energia ed isolamento termico.*

La CPD è sostituita dal Regolamento UE n. 305 del 9/3/2011 (*Construction Products Regulation - CPR*) entrato pienamente in vigore nel 2013, ove è stato aggiunto un settimo *Requisito di Base* (come qui definiti gli ex *RE*):

7. *Uso sostenibile delle risorse naturali.*

Gli Eurocodici trattano integralmente del Requisito di Base n. 1 e in parte del n. 2 e del n. 4.

7. NORME CEN

Il CEN è organizzato per Comitati Tecnici (TC), i quali elaborano le norme, che vengono poi approvate definitivamente con la votazione formale degli Stati membri. Ad esempio, il TC250 gestisce gli Eurocodici Strutturali, il TC104 il calcestruzzo come materiale, il TC229 i prodotti prefabbricati in calcestruzzo.

Alcune notazioni.

I *Prodotti per le costruzioni* rispondono a *Caratteristiche essenziali* stabilite nelle rispettive *Specifiche Tecniche* (Norme di Prodotto o Documenti per la Valutazione Europea) che sono *Norme Armonizzate* (hEN): una volta approvate, divengono obbligatorie per ogni Stato membro e rimuovono ogni eventuale norma nazionale sul prodotto stesso.

Le norme riguardanti invece le *Opere* (come gli *Eurocodici*) *non sono* armonizzate. Esse sono soggette a procedure di adozione da parte degli Stati membri, con facoltà di adattamenti, restando, in particolare, i singoli Stati responsabili ultimi dei livelli di sicurezza prescritti.

I prodotti conformi alla rispettiva hEN non possono essere contestati tecnicamente per l'impiego pertinente.

Le hEN possono contenere regole di progettazione strutturale, purché conformi alle Norme di riferimento (Eurocodici Strutturali). Il CEN stesso, in particolare per i prodotti prefabbricati in calcestruzzo strutturale, ha formato un "Gruppo ad hoc" (AHG), di esponenti dei rispettivi TC 250 e TC 229, per l'esame preventivo incrociato sia delle parti degli Eurocodici che trattano di prefabbricazione, sia di regole di impatto strutturale nelle hEN, in maniera da evitare che emergano incoerenze in sede di votazione.

I prodotti che non rientrano nel campo d'applicazione di una hEN esistente sono soggetti a una *Valutazione Tecnica Europea* (in precedenza, con la CPD, *Approvazione Tecnica Europea*), rilasciata da un *Organismo di Valutazione Tecnica* (TAB) autorizzato.

La conformità di un prodotto alla rispettiva hEN può essere attestata dal possesso del *marchio CE*, senza necessità di ulteriori verifiche.

Le norme CEN prendono tre denominazioni, relative alla fase approvativa in cui si trovano (con la *h* davanti se armonizzate):

ENV provvisoria o sperimentale;

prEN definitiva in approvazione;

EN approvata formalmente.

L'UNI – Ente Italiano per l'Unificazione – agisce anche come membro referente nazionale del CEN e, tramite la *Commissione Ingegneria Strutturale* (UNI-CIS) mantiene i contatti con i vari Comitati CEN impegnati nella normativa sulle strutture e vi coordina la partecipazione italiana. Gestisce altresì la traduzione e l'edizione italiana delle norme stesse.

Le norme EN adottate in Italia prendono la sigla UNI-EN.

7.1 GLI EUROCODICI EN

Per gli Eurocodici (EC), il cui programma nel frattempo si era esteso alle strutture realizzate con gli altri materiali, il lavoro del CEN è stato svolto in due fasi: una prima negli anni 1990, sulla base delle versioni comunitarie citate, di

redazione delle ENV, adottate provvisoriamente in diversi Paesi, fra cui in parte l'Italia (v. appresso); una seconda, recependo le osservazioni nazionali, di redazione delle norme definitive EN.

Gli Eurocodici EN attuali sono stati pubblicati tra il 2004 e il 2007.

Come già i progenitori CEB-FIP, a partire dalla Raccomandazione CEB del 1964, tutti gli Eurocodici sono fondati sul *metodo agli Stati Limite* (SL).

In funzione della citata prerogativa nazionale sui livelli di sicurezza, gli Stati membri si riservano la determinazione di alcuni parametri (*Nationally Determined Parameters* – NDP) previsti nell'EC e definiti nelle rispettive *Appendici Nazionali*. In Italia, i NDP sono approvati con DM II.TT.

La Commissione, con la Raccomandazione 2003/887/EC, invita gli Stati Membri della UE ad adottare gli Eurocodici come strumento per la progettazione strutturale e ad armonizzare quindi a ridurre al minimo i NDP.

Gli Eurocodici Strutturali, attualmente in numero di dieci, hanno le seguenti denominazioni (abbreviate e per intero):

EN 1990	EC0	Principi di progettazione strutturale
EN 1991	EC1	Azioni sulle costruzioni
EN 1992	EC2	Progettazione di strutture in calcestruzzo
EN 1993	EC3	Progettazione di strutture in acciaio
EN 1991	EC4	Progettazione di strutture composte acciaio-calcestruzzo
EN 1991	EC5	Progettazione di strutture in legno
EN 1991	EC6	Progettazione di strutture in muratura
EN 1991	EC7	Progettazione geotecnica
EN 1991	EC8	Progettazione di strutture resistenti al sisma
EN 1991	EC9	Progettazione di strutture in alluminio

Ogni EC comprende poi più *Parti*, formanti complessivamente un corpo di 58 documenti. Il loro volume non deve intimorire. Infatti, avendo carattere *consensuale*, ovvero *non cogente*, danno prescrizioni non obbligatorie ma che costituiscono indicazioni autorevoli e consolidate: in tal modo, una volta acquisita la conoscenza della loro impostazione e dei punti essenziali, i documenti possono offrire un'ampia scelta di modelli e criteri di verifica relativi a una vasta tipologia di strutture, da consultarsi all'occasione; scelta tra alternative interne e aperta ad altre esterne. Tale carattere facilita anche l'introduzione di tecniche innovative, che richiedano modelli di verifica non previsti, e lascia più spazio al giudizio ingegneristico.

Gli EC appaiono forse ancora un po' farraginosi ma, considerando che hanno portato a convergere una trentina di culture tecniche che procedevano indipendentemente – e ognuna delle quali voleva inserire i suoi schemi nei nuovi documenti – il risultato è di straordinaria importanza. Essi costituiscono per i professionisti e le imprese d'Europa uno strumento di lavoro familiare non solo in tutti i Paesi europei ma anche in molti Paesi terzi, privi di norme proprie.

Gli Eurocodici sono oggetto di manutenzione e revisione. e se ne sta elaborando una nuova edizione completa, che sarà più organica, perdendo possibilmente le tracce di inserimenti di provenienze diverse e non omogenee. La CE ha dato mandato (M/515 EN del 2012) al CEN di sviluppare una *Nuova generazione del sistema degli Eurocodici*, comprendente il rinnovo di quelli esistenti e l'aggiunta di nuovi.

Il mandato impone l'indirizzo di migliorarne la facilità d'uso e di tener conto anche dell'impatto dei mutamenti climatici. Agli EC attuali si aggiungeranno quelli su:

- *Progettazione delle strutture in vetro*
- *Progettazione di valutazione e interventi sulle strutture esistenti*

L'iter richiede una serie di rielaborazioni, controlli e approvazioni con voto finale da parte degli Stati Membri, il cui completamento si prevede per il 2023.

7.2 NORME CORRELATE

Altre norme, oltre agli Eurocodici, sono d'interesse per il progetto e la realizzazione di strutture in calcestruzzo e regolarmente edite anche in italiano come:

- EN 197 – *Cementi: Composizione, specifiche e criteri di conformità*
- EN 206 – *Calcestruzzo: Specifiche, prestazioni, produzione e conformità*
- EN 13670 – *Esecuzione delle strutture in calcestruzzo*
- EN 12620 – *Aggregati per calcestruzzi*
- EN 10080 – *Acciaio per c.a.*
- EN 10138 – *Acciaio per pretensione*
- EN 10025 – *Acciaio per carpenteria*
- EN 1337 – *Appoggi strutturali*
- EN 15129 – *Dispositivi antisismici*

nonché le numerose norme per i prodotti prefabbricati in calcestruzzo con funzione strutturale, redatte dal TC 229, della quali si ricorda solo la generale

EN 13369 – *Regole Comuni per i Prodotti Prefabbricati in Calcestruzzo* asse portante del gruppo, che raccoglie, evitando la ripetizione in ogni singola norma, le regole comuni di riferimento, per proprietà dei materiali, procedimenti di maturazione, controllo di qualità, ecc.

Esistono infine altre norme di prodotto collaterali, relative ad es. agli inserti, le norme sull'esecuzione delle prove sperimentali sui materiali e sulle strutture e quelle riferite alla geotecnica.

8. La fib

Il CEB (nel frattempo denominatosi *Comité Euro-International du Béton*, per evidenziare la sfera non più limitata all'Europa) e la FIP, stanti il lavoro e gli obiettivi comuni per il *Calcestruzzo Strutturale* - ormai da tutti riconosciuto unitario e non più separabile in c.a. e c.a.p. - non avendo più motivi di distinzione, nel 1998 si sono fusi nella *fib - Fédération Internationale du Béton*.

La *fib* pubblica la rivista *Structural Concrete* e monografie su vari argomenti, classificandoli secondo il livello come:

- Rapporti Tecnici
- Stato dell'Arte
- Manuali e Guide pratiche
- Raccomandazioni
- Codici Modello

In tutto ha finora pubblicato oltre ottanta bollettini monografici su vari argomenti, fra cui la post-tensione, la prefabbricazione, gli aspetti di sostenibilità

ambientale, il progetto di ponti, i calcestruzzi speciali, il rinforzo strutturale, l'impiego dei polimeri fibrorinforzati, il progetto in funzione del ciclo di vita dell'opera, che fanno il punto sul rispettivo stato delle conoscenze e sono poi di riferimento allo sviluppo delle norme.

La vocazione pre-normativa rimane viva e, riprendendo la tradizione CEB-FIP, la *fib* ha prodotto un Codice Modello sulla *Progettazione per il Ciclo di Vita di Servizio* (2006) e un nuovo *Codice Modello* generale (MC 2010).

Gli aspetti innovativi principali trattati dal MC 2010 sono: *progettazione concettuale* prima ancora del dimensionamento; *carattere prestazionale* delle regole e modellazione coerente; aggiornamento dei *modelli di comportamento fisici*; possibilità di *approccio interamente probabilistico*; concetto di *robustezza* contro eventi eccezionali e relative strategie per la mitigazione degli effetti; *tempo come parametro di progetto*, per ottenere strutture durevoli, resistenti al deterioramento per la *vita utile di servizio*, con relativi stati limite e con attenzione a costruzione, manutenzione, conservazione, dismissione, riuso e riciclo; *progetto per la sostenibilità*; *calcestruzzi ad alta resistenza* (HSC) e *fibrorinforzati* (FRC); *armature non metalliche*; *verifiche con l'ausilio di sperimentazione*; *strutture esistenti* (valutazione e criteri d'intervento).

Il MC 2010 rappresenta lo stato dell'arte odierno, può essere impiegato operativamente ove ammesso e fornisce il riferimento avanzato per la normativa europea in via di aggiornamento.

Un nuovo Codice Modello per gli anni 2020, naturalmente, è già in fase di studio.

9. LA NORMATIVA NAZIONALE

Norme tecniche sulle strutture in calcestruzzo

La normativa italiana sulle strutture ebbe inizio con il RD 10/01/1907 "Norme e condizioni per i materiali agglomerati idraulici e per le opere in cemento armato". Il calcestruzzo armato era apparso mezzo secolo prima ma era impiegato in vere e proprie strutture da pochissimi anni.

Dopo il detto RD e l'emanazione di decreti e circolari integrative, una nuova norma organica apparve con il RD n. 2229 del 16/11/1939, che rimase in vigore fino agli anni 1970 e ha rappresentato la base per la progettazione e l'esecuzione di una grandissima quantità di opere, forse la maggior parte di quelle oggi esistenti, per le quali quindi, in caso di necessità, se ne conosce il riferimento. La norma era basata sulle verifiche alle *tensioni ammissibili* (TA) rispettivamente per il calcestruzzo e l'acciaio di armatura, che non dovevano essere superate dalle tensioni massime di esercizio calcolate.

Su tali norme era fondato il famosissimo Prontuario dell'ing. Santarella, con cui si dimensionarono per vari decenni le strutture in calcestruzzo armato.

Quando si affacciò anche in Italia l'impiego della presollecitazione, la norma era insufficiente, sia perché ammetteva tensioni eccessivamente basse nel calcestruzzo, che avrebbero scoraggiato l'uso di tale tecnica, sia perché il principio stesso delle TA si rivelava inadeguato (a sfavore di sicurezza) alla sua applicazione, dato che le tensioni di esercizio non sono proporzionali alla crescita di una delle due azioni contrastanti.

Fu emanata perciò in via provvisoria la CM LL.PP. 1398 del 23/01/1965 per la progettazione del c.a.p., che introduceva tensioni ammissibili speciali per il calcestruzzo se precompresso e, soprattutto, introduceva surrettiziamente le necessarie verifiche supplementari agli stati limite (senza chiamarli così) di fessurazione e di rottura. I singoli progetti dovevano essere poi approvati dal Consiglio Superiore dei LL.PP.

Analogamente le strutture prefabbricate a pannelli portanti, pure per le quali i concetti delle TA erano inadeguati e insicuri, erano regolate da una Circolare (CM LL.PP. n. 6090 del 11/08/1969) contenente regole espresse in TA ma in realtà miranti a stati limite, mediante coefficienti di sicurezza parziali ricondotti in qualche modo alle TA.

La materia viene riordinata in parte con la legge n. 1086 del 5/11/1971, che prevede l'emanazione di DM LL.PP. applicativi con cadenza biennale, contenenti le regole tecniche per *“il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”*.

Il primo DM emanato in attuazione di tale legge è del 30/05/1972 e contiene una nuova norma tecnica specifica per acciaio, c.a., c.a.p., questi due ancora distinti e con diversi valori delle rispettive TA. Un aspetto innovativo importante è che s'introduce la possibilità alternativa del *“calcolo a rottura”*, mediante *“procedimenti di comprovata validità”* come i metodi delle citate *Raccomandazioni CEB*. Inoltre, si introduce il concetto *semiprobabilistico*: i valori delle TA sono collegati ora alla resistenza *caratteristica* del materiale, basata sulla *probabilità di essere raggiunta*, a sua volta derivata da un'analisi statistica dei risultati di prove sperimentali.

Il DM 26/03/1980 è accompagnato dalla CM 20244 del 30/06/1980, che dà regole applicative del citato *metodo agli stati limite (SL)*, introdotto concettualmente con il DM 3/10/1978 in forza di altra legge (v. appresso).

Il DM 27/07/1985, in forza della L. 1086, per la prima volta aggiunge un'intera parte contenente i procedimenti di dettaglio per la verifica mediante il *metodo agli SL*, che entra a pieno titolo come alternativa a quello tradizionale alle TA. Il testo deriva dal MC 78 CEB-FIP, tramite le *“Istruzioni”* nel frattempo elaborate dal CNR.

Infine, il DM 9/1/1996 (ultimo della serie e rimasto in vigore fino al 2009, anche dopo l'emanazione delle nuove NTC) introduce ufficialmente, accanto al metodo alle TA e al metodo agli SL in versione italiana, anche l'impiego degli Eurocodici EC2 ed EC3 in forma di ENV, con gli annessi Documenti di Applicazione Nazionale NDP, di cui sopra.

Tutti i DM però limitavano a $R_{ck} = 55 \text{ N/mm}^2$ il valore utilizzabile della resistenza caratteristica del calcestruzzo, ritardando a lungo l'impiego in Italia dei calcestruzzi ad alta resistenza, che invece si diffondevano in altri Paesi.

Norme sismiche e altre

Parallelamente, con la legge n. 1684 del 25/11/1962, si ha una prima indicazione di prescrizioni per le costruzioni in zona sismica, con *norme tecniche di buona costruzione*.

La legge n. 64 del 2/2/1974 *“Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche”* completa lo schema di riordino generale del

quadro normativo. Vi si prevede infatti l'emanazione di DM contenenti norme tecniche che trattino i seguenti argomenti, relativi non solo a zone sismiche:

- a) *Criteria generali tecnico-costruttivi per progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento;*
- b) *Carichi e sovraccarichi e loro combinazioni, anche in funzione del tipo e delle modalità costruttive e della destinazione dell'opera; Criteria generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni;*
- c) *Indagini sui terreni e sulle rocce, stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, criteri generali e precisazioni tecniche per progettazione, esecuzione e collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;*
- d) *Criteria generali e precisazioni tecniche per progettazione, esecuzione e collaudo di opere speciali, quali ponti, dighe, serbatoi, tubazioni, torri, costruzioni prefabbricate in genere, acquedotti, fognature;*
- e) *Protezione delle costruzioni dagli incendi.*

Con tale legge, da ritenersi fondamentale, la normativa tecnica nazionale comincia veramente a essere "sistema".

Essa conteneva, al 2° Titolo, la norma sismica di base, cui si doveva aggiungere la parte attuativa, con un DM specifico, che uscì l'anno successivo.

Prevedeva altresì l'emanazione entro un anno dei DM relativi a tutti i punti elencati, che però videro la luce separatamente con notevoli ritardi.

In particolare, interessava anche le strutture in c.a. il DM 18407 del 3/10/1978 con la relativa CM 9/11/1978 *Istruzioni relative ai carichi, sovraccarichi ed ai criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni*, che sistemava la materia trattata in precedenza da varie circolari.

Ciò non toglie che finalmente fu preso in considerazione, con i criteri disponibili, l'intero arco della problematica strutturale.

Un inconveniente serio derivava però dal fatto che i DM, pur aggiornati via via, non potevano recepire il metodo agli SL nelle zone sismiche, per come era formulata la legge. Quindi, la possibilità di applicare tale metodo – e l'uso degli Eurocodici, ufficializzati come visto nel 1996 – era limitata a parti dell'Italia sempre più ristrette, a mano a mano che si estendevano le zone considerate sismiche.

La svolta

Il 20 Marzo 2003, L'Ordinanza della Presidenza del Consiglio n. 3274 aprì l'impasse, con i *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*, successivamente modificata ed integrata con ulteriori OPCM fino alla n. 3431 del 3/05/2005, che introdusse la possibilità di operare con il metodo agli SL in strutture antisismiche.

Si creò però una situazione di poca chiarezza normativa legata alla gerarchia delle fonti, dato che le norme precedenti (leggi e decreti) non erano abrogate e configgevano in alcune parti con l'OPCM stessa.

La situazione fu sanata con il DM 14/09/2005 *"Testo Unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni"* (NTC 2005), evoluto poco dopo nel DM 14/01/2008 *"Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"* (NTC 2008).

Le NTC 2008 fanno riferimento esplicito agli Eurocodici EN e alle relative Appendici Nazionali italiane contenenti i NDP (DM 31/07/2012) e, intese come superamento di tutte le norme precedenti riguardo alla progettazione strutturale, sono divenute finalmente vigenti in modo esclusivo dopo l'abrogazione il DM del 1996 e con esso dell'impiego del metodo alle TA.

Le NTC hanno molti aspetti innovativi, che conosciamo bene essendo d'impiego attuale.

Vi si considerano le costruzioni esistenti, con la valutazione della sicurezza, le modalità d'indagine e le tecniche di intervento. La sismica è trattata in modo del tutto diverso da prima, con nuovi modi di determinare le azioni, l'introduzione di più stati limite e l'analisi accurata del comportamento ultimo delle strutture. Comprendono poi esaustivamente la geotecnica. La parte più peculiare è il Cap. 11, che riguarda *Materiali e i prodotti per uso strutturale* e contiene le modalità di identificazione, di qualificazione e di accettazione, adeguate alla Direttiva Europea CPR.

La norma è ora in revisione, essendo attesa a breve l'emanazione delle NTC 2017, già approvate dal Consiglio Superiore dei LL.PP.

Altri documenti

Accanto alle Norme, il *Sevizio Tecnico Centrale* del Consiglio Superiore dei LL.PP. licenzia documenti subordinati: in primis, per ogni DM, la relativa Circolare di *Istruzioni per l'applicazione*; poi, una serie di *Linee Guida*, come quelle su *Calcestruzzo Strutturale*, *Calcestruzzo ad alta Resistenza*, *Calcestruzzo Preconfezionato*, *Travi Tralicciate*, *Compositi Fibrorinforzati*, fino alle ultimissime su *Messa in Opera del Calcestruzzo Strutturale* e su *Valutazione delle caratteristiche del Calcestruzzo in Opera*.

Per completare il panorama del sistema normativo nazionale, occorre menzionare la funzione di altri Enti, rispetto al Ministero II.TT., che ha la prerogativa delle normazione tecnica cogente.

Il *Consiglio Nazionale delle Ricerche* ha avuto e ha importanza nella normativa strutturale, contribuendone allo sviluppo e alla diffusione, e ha una funzione istituzionale di consulenza per il parere obbligatorio su tutti i DM, prima della loro emanazione. Inoltre, ha pubblicato numerose in proprio *Istruzioni*, che anticipavano i contenuti di norme ministeriali ancora in elaborazione, oppure si affiancavano a norme cogenti già emanate, per fornire indicazioni applicative, o supplivano a norme per aspetti non trattati, come le già richiamate *Istruzioni* per le verifiche col metodo agli SL, poi travasate nel DM.

Si ne citano a titolo esemplificativo alcune, che costituiscono tuttora un riferimento molto utile, e comunque ufficiale, seppure non cogente.

CNR 10011 Costruzioni in Acciaio – Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione

CNR 10016 Travi Composte acciaio – calcestruzzo – istruzioni per l'impiego nelle costruzioni

CNR 10024 Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo

CNR 10025 Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo

CNR-DT 104/98 Indicazioni normative sulla Resistenza e Durabilità del Calcestruzzo Strutturale

CNR-DT 200/2004 Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati.

L'UNI, oltre alla funzione di referente nazionale per le norme CEN, ha gestito insieme al CNR alcune delle *Istruzioni* sopra citate ed emana proprie norme sulla sperimentazione e su prodotti, collegate alla normativa strutturale.

Infine, va menzionato che anche alcune associazioni culturali private svolgono un lavoro pre- o para-normativo, talvolta e comunque utilizzato con profitto, nell'assenza di norme ufficiali.

Si citano, ad esempio, le *Raccomandazioni AICAP-AGI "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce"*, le *Raccomandazioni AGI "Pali di Fondazione"* e le *Raccomandazioni AICAP "Realizzazione e Gestione del Calcestruzzo Strutturale Presollecitato con Armatura Post-tesa"*. Tali documenti spesso rappresentano l'unico riferimento disponibile per gli utenti, nell'attesa di norme ufficiali.

10. CONCLUSIONI

Le Norme Tecniche per le Costruzioni, ultimo prodotto di un secolo di evoluzione e onnicomprensive degli argomenti trattati dalle precedenti, sono d'impostazione moderna, a carattere prevalentemente prestazionale, e coerenti con gli Eurocodici strutturali.

Il passo per l'uso diretto di questi ultimi, attualmente consentito con la condizione quasi superflua *per quanto non diversamente specificato* dalla normativa nazionale, è ora breve e il sistema normativo nazionale interessante: le strutture in calcestruzzo può dirsi con le NTC finalmente allineato a quello europeo.

Resta la differenza fondamentale della cogenza, in quanto le NTC, emanate con DM, hanno *valore di legge* mentre gli Eurocodici non sono concepiti per avere *carattere cogente*. È auspicabile che la cogenza per legge delle norme tecniche venga superata in Italia, come in quasi tutta Europa, per dare una più utile articolazione alle norme stesse, a favore dello sviluppo della tecnica e dell'innovazione. A quel punto, potrebbe intervenire anche in Italia l'uso diretto degli Eurocodici, con la sola Appendice Nazionale e senza l'intermediazione delle NTC.

Tuttavia, sul piano soprattutto degli adempimenti amministrativi, permangono in vigore le leggi, fra cui le citate L. 1086/1971 e L. 64/1974, il *Testo Unico per l'Edilizia* DPR 380 del 6/6/2001 e leggi regionali multiple, il cui coacervo non agevola la semplificazione burocratica.