

DOMANDE & RISPOSTE

Quali sono i riferimenti normativi riguardo alle tolleranze di montaggio dei prefabbricati in calcestruzzo?

Rubrica a cura dell'Ing. Zampighi Colombo

Di recente è stata pubblicata la versione in italiano della UNI EN 13670 "Esecuzione delle strutture in calcestruzzo"

Questa norma è posta gerarchicamente al di sopra della UNI EN 206 (calcestruzzo) e dell'insieme delle norme riguardanti i componenti prefabbricati (UNI EN 13369 e norme di prodotto specifiche).

La **UNI EN 13670** prevede nel caso di utilizzo di prefabbricati:

- a) la disponibilità di un progetto completo in accordo alla normativa specifica e di un coordinamento di progetto efficace per quanto riguarda componenti prefabbricati e parti in opera;
- b) specifiche tecniche esaustive riguardanti i prefabbricati con particolare riferimento al montaggio
- c) presenza di un "erection management" (Responsabili montaggio) che gestisca le squadre di montaggio e relativi mezzi.

La stessa norma dedica il Capitolo 9 ai requisiti relativi all'esecuzione di strutture con l'impiego di componenti prefabbricati; vengono analizzate le fasi successive a quelle di produzione: movimentazione, stoccaggio, posa, aggiustamento, giunti, connessioni strutturali e lavori di completamento.

La **UNI EN 13369** e le norme di prodotto specifiche forniscono i requisiti relativi alla geometria dei componenti.

Il Capitolo 10 e l'Annex G della UNI EN 13670 trattano delle tolleranze dimensionali della struttura completa e colmano un vuoto normativo fornendo all'Appaltatore ed al D.L. strumenti efficaci per valutare la conformità di quanto realizzato specificando i requisiti dimensionali delle strutture compatibili con le assunzioni di cui all'Eurocodice EN 1992-1-1 e quindi del progetto strutturale.

Il rispetto delle tolleranze dimensionali garantisce la resistenza meccanica della struttura nelle fasi temporanee e di servizio, la sua funzionalità e la compatibilità di ogni elemento con il resto della struttura e gli altri componenti non strutturali.

Sono previste **due classi di tolleranza**: la classe 1 è considerata "normale" e viene utilizzata di default mentre la classe 2, più restrittiva, è prevista per le sezioni e le armature nell'eventualità si intenda ridurre il coefficiente di sicurezza di cui all'Annex A dell'Eurocodice EN 1992-1-1;2004.

Tutti i cantieri devono disporre di caposaldi di riferimento inamovibili dai quali trasferire assi e quote per il tracciamento e i controlli dimensionali.

Vengono fornite chiare prescrizioni, corredate da figure esplicative, relative ai sistemi di riferimento (**Par.10.2**) e alle deviazioni permesse rispetto alle dimensioni di progetto di :

- **fondazioni (Par.10.3 e Figura G1)**: quota e posizione in pianta
- **pilastrini e pareti/muri (Par. 10.4 e Figure 2 e G2)** :vengono forniti i requisiti per posizione in pianta, luce libera fra elementi adiacenti e disassamenti in altezza (anche in caso di pluripiano)

- **travi e solai (Par.10.5 e Figure 3 e G3)** : quote , interpiani , posizione in pianta , posizione rispetto ai supporti , disassamenti e dislivelli
- **sezioni ed in particolare copriferro e armature (Par.10.6 e Figure 4 e G4)**: se più restrittive prevalgono quelle delle norme di prodotto
- **spigoli e allineamenti (Par.10.7 e Figura G5)**
- **inserti e aperture (Par. 10.8 e Figura G6)**

Le tolleranze dimensionali (Classe 1) non sembrano particolarmente severe e appaiono in linea con quelle comunemente accettate.

La norma non fornisce requisiti per la combinazione di tolleranze di costruzione/montaggio e deformazioni strutturali: le tolleranze dimensionali previste sono valide per la situazione precedente al carico della struttura ed agli effetti di lungo periodo.

Nella norma non vengono definite le tolleranze relative alle superfici di completo contatto tra elementi dove avviene la trasmissione dei carichi: queste devono essere definite nel capitolato speciale.

Nel caso sia necessario esplicitare requisiti speciali riguardo alle tolleranze dimensionali anche questi devono figurare nel capitolato speciale: in particolare se il Progettista decide di far applicare il cosiddetto “ box principle “ (principio della scatola) che richiede che tutti i punti della struttura finita siano nella loro posizione teorica con un definito margine in ogni direzione (valore raccomandato + o – 20 mm).

In conclusione il Progettista nel capitolato speciale deve far riferimento ai requisiti di cui alla UNI EN 13670, alla UNI EN 13369 e alle UNI EN specifiche di prodotto.

Il Direttore dei Lavori deve assicurarsi dell’affidabilità dell’ “erection management” e del sistema di riferimento impiantato in cantiere.

Dovrà poi aver cura che l’Appaltatore congiuntamente ai Responsabili del montaggio effettui i necessari controlli in corso d’opera e ne registri gli esiti per verificare il rispetto dei requisiti di progetto.

La **UNI EN 13369:2013** (Regole comuni per i prefabbricati in calcestruzzo), all’**Annex J** definisce le **imperfezioni superficiali**, le **modalità di misurazione** e le **deviazioni ammissibili** rispetto alla superficie di un elemento prefabbricato senza finiture particolari (superfici casserate e lisciate) : sono previste **due classi di finitura** con la Classe 2 (più severa) che prevede deviazioni minori rispetto alla Classe 1.

Per le misurazioni è previsto l’utilizzo di **regoli da 20 cm** per bolle, protuberanze, scanalature, risalti e denti e di una **staggia da 3 metri** per le ondulazioni.

A titolo d’esempio per quest’ultimo difetto, la Classe 1 ammette deviazioni dalla planarità di 15 mm per superfici casserate e di 8 mm per superfici lisciate mentre la Classe 2 le limita rispettivamente a 5 mm e 4 mm.

Il **Rapporto tecnico UNI/CEN/TR 15739** del 2008 pubblicato dall’UNI nel 2010 (Prodotti prefabbricati di calcestruzzo-Finitura superficiale del calcestruzzo) contiene ulteriori elementi utili ed è indirizzato a fornire specifiche per l’aspetto superficiale del calcestruzzo e metodologie per l’ispezione ed il controllo **anche di componenti con finiture particolari** che vengono definite nel dettaglio al Paragrafo 2.

Allo stesso paragrafo viene fornita un’esaustiva descrizione delle **difettosità superficiali**.

Per esempio:

- grandi fessure (più larghe di 2 mm)
- fessure (larghe da 0.2 a 2 mm)
- microfessure (più strette di 0.2 mm)
- fessure superficiali (che non attraversano la struttura, ma che partendo dalla superficie vanno poi a zero).

Al Paragrafo 3 vengono precisati i **criteri** con cui definire le **caratteristiche superficiali dei prefabbricati in calcestruzzo**:

- Planarità (P)
- Tessitura (T)
- Colore (C).

Per quanto riguarda la **planarità** è opportuno fare riferimento a quanto previsto all'Annex J della UNI EN 13369; il TR 15739, meno recente, prevede una classificazione diversa che può comunque risultare utile in casi particolari.

La definizione e controllo della **tessitura** prevede che vengano considerati tre aspetti:

- a) la concentrazione media delle bolle (vengono forniti 6 campioni fotografici di riferimento)
- b) la percentuale max della superficie totale interessata da gruppi di bolle (5% o 10%)
- c) i difetti localizzati.

Il requisito del **colore** viene normalmente definito sulla base della scala CIB di grigi che prevede 7 tonalità. Scelto il grigio medio si può prescrivere uno scostamento di più o meno una tonalità e quindi rientrare in tre tonalità contigue o uno scostamento di due tonalità (5 tonalità contigue) meno stringente; tra le opzioni esiste anche quella "nessun requisito" e quella "requisito definito contrattualmente". Analogamente nel caso più raro di colorazioni diverse.

Le **specifiche di capitolato** relative alla finitura superficiale di *elementi prefabbricati* dovrebbero contenere come minimo la **definizione della tipologia di finitura** (vedi definizioni del TR 15739), la **classe di finitura superficiale** (C1 o C2) e quella di **tessitura**, mentre per le facce di *elementi con particolare valenza architettonica* dovrebbero definire anche la **classe di colore** e la **prescrizione della predisposizione di un campione di riferimento** realizzato in conformità al Par.3.5.1 del TR 15739; è anche opportuno campionare le modalità di gestione dei difetti superficiali qualificando la tipologia d'intervento.

Risulta abbastanza ovvio che le possibilità di successo in fase realizzativa sono condizionate dallo stato dei casseri e dall'affidabilità del processo produttivo.

L'Annex B fornisce un esempio di specifica.

Il Rapporto tecnico UNI/CEN/TR 15739 fornisce poi ampi dettagli sulle modalità di verifica che consistono essenzialmente in controlli visivi a distanza significativa definita convenzionalmente: per elementi normalmente visti da vicini, quali entrate e corridoi, 5 metri e per elementi da apprezzare da più lontano (facciate) 10 metri.

Solo in caso di dubbio si procederà poi a verifiche più dettagliate e puntuali del rispetto delle specifiche (utilizzando regolo e staggia , misurando le bolle etc.).

L'Annex C fornisce un esempio di rapporto d'ispezione .

Viene sottolineato che alcuni requisiti sono tecnicamente improponibili/irrealizzabili:

- Colore costante in tutte le viste del fabbricato
- Superfici con assenza di porosità
- Porosità , in termini di dimensione e distribuzione , uniforme
- Superfici esenti da fessure.

Va inoltre notato che quanto indicato nella UNI EN 13369 e nel UNI/CEN/TR 15739 è coerente con le indicazioni fornite al Par. F 8.8 della UNI EN 13670:2010 (Esecuzione delle strutture in calcestruzzo) per la finitura superficiale del calcestruzzo.

Conclusioni

In conclusione il **Progettista generale delle strutture** dovrebbe **prescrivere le specifiche di finitura superficiale dei prefabbricati tenendo conto delle esigenze architettoniche dell'intervento avendo cura di evitare di esplicitare requisiti non necessari.**

Risulta comunque indispensabile specificare anche la necessità di prequalifica dei casseri e delle modalità operative significative (disarmanti , miscele , getti etc.) che più condizionano il risultato estetico; in particolare la tessitura è influenzata dal tipo e quantità di disarmante utilizzato (più se ne applica e più bolle appaiono).

Il **Progettista delle strutture prefabbricate** dovrebbe individuare tutti gli accorgimenti operativi utili al raggiungimento degli obiettivi del progetto (per esempio definendo la miscela, i tempi di scasso e le modalità di maturazione).

Il **Direttore dello Stabilimento di Prefabbricazione** deve prequalificare le modalità operative e gli eventuali campioni di riferimento (che devono essere approvati dal Direttore dei Lavori dell'opera quando specificato), vegliare alla costanza del processo produttivo ed effettuare verifiche sistematiche sui prodotti finiti

Il **Direttore dei Lavori** dell'opera nel caso di prefabbricati con particolari esigenze architettoniche dovrebbe effettuare regolari verifiche in stabilimento ed in cantiere per assicurarsi dell'ottenimento dei requisiti specificati.