Progetto di un solaio - 2° Parte

Inviato da Ing. Roberto Lapiello
lunedì 24 marzo 2008
Ultimo aggiornamento giovedì 17 aprile 2008

Prosegue con quest'articolo il progetto del solaio latero-cementizio, applicando l'Eurocodice 2 e le nuove norme tecniche per la costruzioni.

Verranno in questa fase definite le caratteristiche dei materiali da adottare, saranno dimensionati i copriferri e progettate le armature nelle sezioni più sollecitate tenendo conto di un atipologia di armatura che prevede ferri filanti, sagomati e spezzoni.

Saranno determinate le lunghezze di ancoraggio dei ferri e si illustrerà, con una lezione multimediale come procedere alla disposizione dei ferri nel solaio con l'ausilio di autocad.

Scelta dei materiali e progetto delle sezioni più sollecitate

Scelta dei materiali e tensioni di progetto

Il solaio è parte di un fabbricato per civile abitazione il cui interno può classificarsi come classe ambientale XC1. Per tale classe ambientale, l'Eurocodice 2, con l'applicazione dei parametri nazionali, prescrive l'utilizzo di un calcestruzzo di resistenza minima Rck 30 MPa (C25/30). Il coefficiente di sicurezza del materiale, fissato dalle norme Tecniche per le costruzioni è γc=1,5, la tensione massima di progetto del calcestruzzo è:

La tensione di progetto appena calcolata, è applicabile alle sezioni in corrispondenza degli appoggi, mentre nelle sezioni di campata, laddove la zona compressa impegna la soletta superiore, di spessore minore di 50 mm, la tensione di progetto del calcestruzzo compresso va ridotta del 20%.

Per le barre di armatura si adotterà un acciaio tipo B450C, a cui corrisponde una tensione di progetto pari a:

Dimensionamento dei copriferri

Ipotizzando di utilizzare per l'armatura longitudinale un diametro massimo di 14 mm, il copriferro minimo richiesto è pari a:

Nel caso specifico è cmin,b = 14 mm, mentre dalla tabella 4.4N dell'Eurocodice 2 si ricava, per la classe strutturale S4 (50 anni) e per la classe ambientale XC1, il valore cmin,dur = 15 mm.

Il copriferro minimo è pertanto pari a: cmin = 15 mm .

Prevedendo un controllo qualitativo in cantiere che preveda la misura dei copri ferri, può assumersi un valore di tolleranza Δcdev=5 mm. Il valore nominale del copriferro minimo da adottare è pertanto pari a:

Con tale valore di copriferro nominale, nel calcolo si dovrà assumere che l'altezza utile nel solaio è pari a:

Nel balcone l'altezza utile è:

Nel progetto si adotteranno, a vantaggio di statica, valori approssimati di altezza utile pari rispettivamente a 210 mm e 170 mm.

Progetto e verifica delle sezioni maggiormente sollecitate

Per dimensionare le armature necessarie nelle sezioni maggiormente sollecitate, si adotterà la formula di progetto:

Nelle verifiche, trattandosi di sezioni rettangolari a semplice armatura (l'ipotesi è valida anche nelle sezioni di campata poichè l'asse neutro è contenuto nella soletta superiore), le formule di verifica sono le seguenti:

Distanza dell'asse neutro dal bordo compresso:

Momento Resistenze allo stato limite ultimo:

Nelle formule appena riportate è :Ψ = 0,8095 ; λ = 0,416 e b = 1000 mm.

Si progetteranno le sezioni pensando alla tipologia di armatura come riportata nello schema in figura.

Tale tipologia, prevede la disposizione in campata di un ferro filante che si estende su tutta la luce e di un secondo ferro che in prossimità degli appoggi, quando non è più necessario, sarà sagomato a 45° così da essere utilizzato superiormente per assorbire il momento negativo. Sugli appoggi, pertanto, potranno essere disponibili i ferri sagomati che provengono dalle campate adiacenti e, se necessario, potrà essere aggiunto un ulteriore ferro. Nelle mensole si disporra un ferro (molla) sagomato in modo da costituire anche l'armatura compressa nel balcone.

Per rappresentare in maniera organica e completa i risultati del progetto, si adotta una tabella che riporta per ogni sezione di progetto, i valori del Momento allo stato limite ultimo per la striscia di un metro, l'area di ferro necessaria per la striscia di un metro, l'area di ferro necessaria per ogni travetto (nel caso specifico ci sono 2 travetti al metro), i tondini di progetto per ogni travetto, l'area effettiva al metro, la posizione dell'asse neutro e infine il momento resistente da confrontare con il momento di progetto allo stato limite ultimo. Nella scrittura dei tondini, si avrà cura di indicare per primo i ferri filanti e poi i sagomati nelle sezioni di campata, mentre sulle sezioni di appoggio, si indicheranno prima i diametri dei sagomati provenienti dalle campate e poi gli eventuali spezzoni da aggiungere. Nella mensola si riporterà dapprima il diametro della molla e poi quello del sagomato proveniente dalla campata adiacente ed eventualmente poi lo spezzone da aggiungere.

Sezione

Md

[KNm]

As/m

[mm]

As/tr

[mm]

Tondini per travetto

As/m

[mm]

x

[mm]

MRd

[KNm]

A

16,194

219

110

1 Φ 10 + 1 Φ 8

256

8,77

20,671

AB

22,37

301

151

1 Φ 10 + 1 Φ 10

312

13,36

24,962

B

36,99

500

250

2 Φ 10 + 1 Φ 12

538

18,43

42,593

BC

26,19

354

177

1 Φ 12 + 1 Φ10

382

16,35

30,363

C

19,32

323

162

1 Φ 12 + 1 Φ10

382

13,09

24,603

Momenti Resistenti delle singole barre

Per poter determinare la posizione e le lunghezze dei singoli ferri occorre conoscere il momento resistente di ogni barra. Questo si ottiene, in questa fase, in maniera approssimata invertendo la formula di progetto delle armature.

Procediamo quindi a calcolare il momento resistente di ogni singola barra, tenendo conto che per ogni barra presente in un travetto corrispondono nel nostro caso due barre nella striscia di un metro. I momenti resistenti saranno determinati per le barre presenti nelle campate e negli appoggi del solaio considerando d=210 e nel balcone considerando d=170.

Sezioni con d=210 mm

Sezioni con d=170 mm

Lunghezze di ancoraggio delle barre

Altra valutazione da effettuare è la lunghezza di ancoraggio necessaria per le singole barre.

La tensione di aderenza è data da:

Nel nostro caso è η1 = 1 perchè ci troviamo per tutte le barre in condizioni di buona aderenza (spessore del getto inferiore a 250 mm) e η2 = 1 perchè adottiamotutti diametri di barre inferiore a 32 mm.

Si ha quindi:

e quindi la tensione di aderenza delle barre è pari a :

La lunghezza di ancoraggio di base è data da:

Per ogni barra le .lunghezze di ancoraggio sono:

Per posizionare i ferri, sul diagramma di inviluppo dei momenti di progetto, viene sovrapposto il diagramma dei momenti resistenti delle armature; la disposizione delle armature deve essere tale che il relativo diagramma del momento resistente copra completamente il diagramma dei momenti di progetto.

Facendo riferimento all'appoggio centrale del solaio, si prolunga lo spezzone Φ 12 fino ai punti di nullo del diagramma del momento di progetto e si rappresenta nella scala dei momenti il livello di momento resistente assorbito dal ferro. Nei tratti iniziali del ferro, entro la lunghezza di ancoraggio prima calcolata, si ipotizzerà che la capacità tensionale del ferro cresca in maniera lineare da zero alla tensione di snervamento, così che anche il momento resistente possa crescere con lo stesso andamento lineare. Laddove il momento resistente del ferro Φ 12 interseca il diagramma del momento di progetto, occorrerà disporre un secondo ferro, che nel caso specifico è costituito dal Φ 10 proveniente dalla campata adiacente. Anche per questo ferro dovrà scontarsi un primo tratto di ancoraggio prima che il livello del momento resistente raggiunga il suo livello massimo. L'ulteriore ferro Φ 10, sagomato dalla campata, sarà disposto in modo da coprire il momento di progetto nella zona prossima all'appoggio, senza però allontanarsi molto, così che possa essere garantita anche la copertura del diagramma di momento positivo in campata.

Operando nel modo descritto anche negli appoggi esterni e nello sbalzo, oltre che per il posizionamento dei ferri a copertura del momento positivo in campata, si ottiene la distribuzione di armatura riportata nel grafico che segue. Nel

progetto, le lunghezze dei ferri richieste sono state adeguate in modo da avere prolungamenti con misure adeguate alla precisione di cantiere (prolungamenti di ferri arrotondati ai 10 cm superiori rispetto agli assi di riferimento).