

Prefazione

A quasi tre anni dalla pubblicazione del mio primo volume sulla tecnica e la statica delle strutture in cemento armato viene proposto ai lettori questo secondo volume, che rappresenta la naturale continuazione del primo ed in cui vengono trattati i principali elementi strutturali che compongono le strutture in cemento armato.

Il testo si inquadra in quella materia che viene comunemente chiamata Tecnica delle Costruzioni nello specifico con riferimento alle strutture in c.a. e relativamente solo ad alcuni elementi tipici degli edifici. Esso nasce per varie ragioni tra le quali le principali sono state: le numerosissime richieste pervenute da liberi professionisti e dagli studenti delle facoltà di Ingegneria e di Architettura che avevano avuto modo di leggere il primo volume sul c.a. o anche quello sull'acciaio; la constatazione che pochissimi testi, reperibili con molte difficoltà tra la bibliografia corrente, trattano nel merito gli elementi strutturali in c.a.; il senso di smarrimento e frustrazione che pervade nel mondo professionale per la imminente applicazione delle nuove normative che impongono tra le altre cose l'abbandono del metodo classico alle *tensioni ammissibili*, che tanto lustro ha dato alla progettazione strutturale, a favore del più moderno metodo degli *stati limite* che è l'unico considerato nel presente testo e che viene trattato in maniera semplificata secondo principi ormai consolidati dall'esperienza e comunque in osservanza della norma europea Eurocodice 2 (EC2) nonché della nuova normativa sismica italiana conosciuta come Ordinanza 3274.

La consapevolezza che i concetti acquisiti debbano per uno strutturista trovare sbocco nella risoluzione di problemi pratici che si presentano continuamente nella libera professione ha comportato, come per i precedenti testi pubblicati, la scelta di inserire nella trattazione numerosi esercizi attinenti anche alla pratica di cantiere il cui scopo oltre ad essere quello di puntualizzare ed ampliare i concetti teorici esposti è quello di fornire un riferimento per la progettazione "a regola d'arte" di alcuni elementi strutturali in c.a. Tale criterio è quello tra l'altro seguito dal mio maestro ideale prof. Odone Belluzzi, che purtroppo per ragioni cronologiche non mi è stato possibile conoscere, nella sua aurea opera sulla Scienza delle Costruzioni.

Il volume è diviso in quattro capitoli e sono presenti due appendici finali nelle quali sono riportate le principali formule o tabelle del primo volume utili per le applicazioni eseguite.

Il capitolo 1 tratta dei solai, delle principali tipologie di tale elemento strutturale: solai a soletta piena; solai prefabbricati; solai gettati in opera; ecc. Viene focalizzata l'attenzione sui solai con travetti in c.a. e blocchi di alleggerimento (pignatte) gettati in opera, vengono analizzati inoltre alcuni *elementi secondari* quali: fori, ribassamenti, sbalzo laterale, sbalzo d'angolo. La maggior parte dei

concetti esposti per tale tipologia possono essere facilmente estesi anche alle altre tipologie.

Il capitolo 2 tratta delle scale, vengono introdotte alcune tipologie ed elementi tecnologici. In particolare vengono analizzate nel dettaglio le *scale con travi a ginocchio e gradini a sbalzo* e le *scale a soletta rampante*.

Il capitolo 3 tratta delle travi, vengono analizzate dal punto di vista tecnologico e statico le *travi a spessore* e le *travi emergenti*.

Il capitolo 4 tratta dei pilastri, viene analizzato l'aspetto tecnologico e statico ed introdotta l'instabilità.

Il capitolo 5 tratta delle fondazioni, la trattazione eseguita è diversa rispetto alla trattazione classica riportata sui testi di fondazioni o di tecnica delle costruzioni. Partendo dalla convinzione, supportata dall'esperienza acquisita, che per poter progettare la fondazione di un edificio in c.a. occorre avere una conoscenza approfondita del suolo o del terreno interessato, si è concentrato in un unico capitolo quello che è l'aspetto geotecnico e meccanico dei terreni e quello che è l'aspetto tecnico e statico delle varie tipologie di fondazioni per edifici in c.a.; tali due aspetti altrimenti reperibili separatamente su testi specifici. Il capitolo tratta della meccanica dei terreni, dei mezzi di indagine e delle principali fondazioni dirette: plinti, travi rovesce, platee; e fondazioni indirette: plinti su pali.

Palma Campania, giugno 2004

Vincenzo Nunziata

1 Solai

1.1. Introduzione

Prima di iniziare a parlare dei solai si vogliono riportare alcune ipotesi base valide anche per i capitoli successivi.

L'edificio utilizzato come riferimento nello studio degli elementi strutturali è una struttura non in zona sismica soggetta ad alcune limitazioni di tipo geometrico e statico, esse sono:

- numero di piani ≤ 10 ;
- luci regolari: per i solai $\leq 7\text{ m}$; per le travi emergenti $\leq 6\text{ m}$; per le travi a spessore $\leq 5\text{ m}$;
- comportamento a piani fissi, cioè: forze sismiche = 0; forze da vento ~ 0 ; compattezza della pianta, presenza di tramezzi e tompagni irrigidenti, presenza di un corpo scala irrigidente; pilastri allungati in entrambe le direzioni principali dell'edificio.

Se si verificano tali condizioni, l'edificio può essere studiato per componenti¹; nello specifico sono:

- 1) solai
- 2) scale
- 3) travi
- 4) pilastri
- 5) fondazioni.

I solai sono gli elementi di copertura o di calpestio degli edifici civili o industriali soggetti prevalentemente a carichi distribuiti.

Si usa suddividere i solai in cemento armato in:

- solai a soletta piena, in c.a. od in c.a.p. (fig. 1.1);
- solai misti con travetti in c.a. o c.a.p. e blocchi interposti di alleggerimento collaboranti e non, in laterizio o altro materiale (fig. 1.2).

¹ Questo tipo di approccio con i mezzi informatici a disposizione oggi non ha ragione di esistere, per cui il calcolo di una struttura reale sarà sempre di tipo "spaziale" anche per edifici in zona non sismica; risulta comunque utile dal punto di vista didattico uno studio per elementi in quanto aiuta a capire il funzionamento degli elementi stessi, e fornisce dei mezzi rapidi di verifica dei risultati, operazione quest'ultima indispensabile.

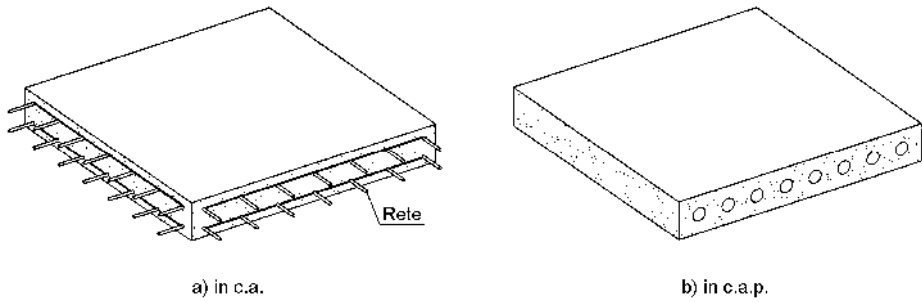


Fig. 1.1 Solai a soletta piena

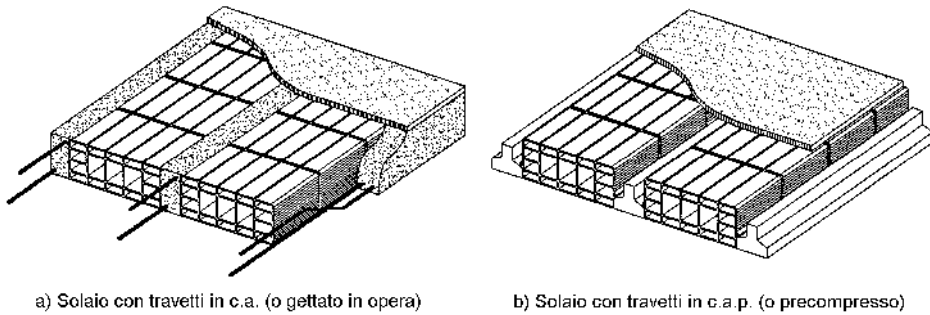


Fig. 1.2 Solai misti

I solai a soletta piena possono essere a spessore costante o nervati (fig. 1.3) in una o due direzioni, essi scaricano sui muri tramite cordoli o sulle travi di piano; la geometria del solaio definisce lo schema statico.

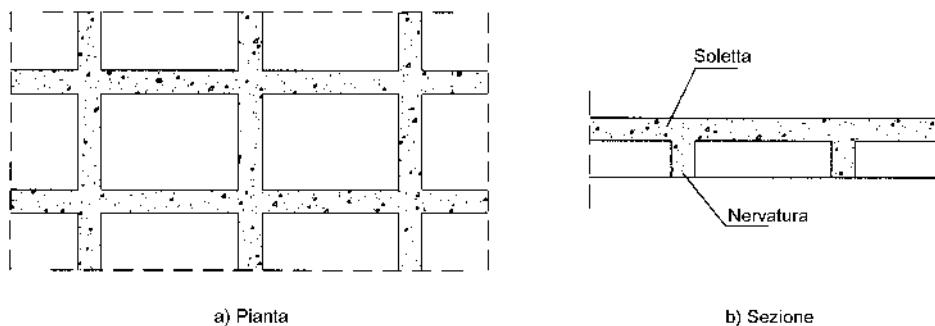


Fig. 1.3 Solaio nervato (o a cassettoni)

Un particolare tipo di solaio a soletta piena è il cosiddetto *solaio a fungo* (fig. 1.4) nel quale gli appoggi sono puntiformi (pilastri) senza travi. I pilastri vengono disposti su file parallele, secondo i vertici di rettangoli (fig. 1.4a) o quadrati, oppure secondo i vertici di triangoli (fig. 1.4b).

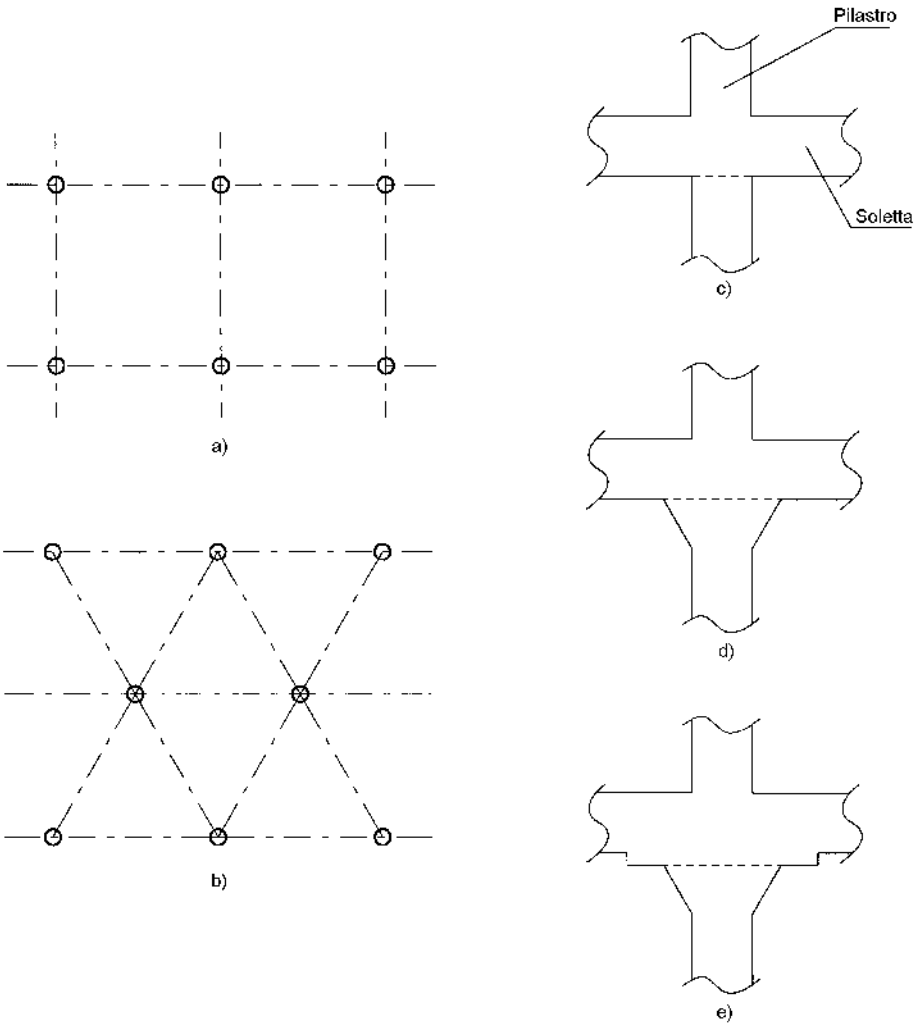


Fig. 1.4 Solaio a fungo

La testa del pilastro può essere piana (fig. 1.4c), o allargarsi a forma di calice o di fungo (fig. 1.4d) da cui il nome; spesso si rinforza la soletta in corrispondenza del pilastro ringrossandola (fig. 1.4e).

I solai a soletta piena² trovano applicazione laddove sono previste grosse luci o forti carichi, in genere per edifici industriali; essi risultano molto meno diffusi dei solai misti per cui nel prosieguo verranno analizzati quest'ultimi e si daranno per i primi brevi indicazioni e metodologie di calcolo alla fine di questo capitolo, d'altra parte la loro trattazione non differisce molto da una normale struttura completamente in c.a. (lastra).

1.2. Solai misti con travetti in c.a. gettati in opera

Il solaio misto con travetti in c.a. gettati in opera (fig. 1.5) e laterizi (pignatte) non collaboranti è il solaio classico ancora oggi³ molto diffuso per i suoi notevoli pregi che sono essenzialmente la facilità di esecuzione, la gestione pratica di alcuni particolari costruttivi (fori, sbalzi, ecc.) e l'economia. Peraltro alcune considerazioni che si faranno in merito a tale tipologia potranno essere estese anche ad altre.

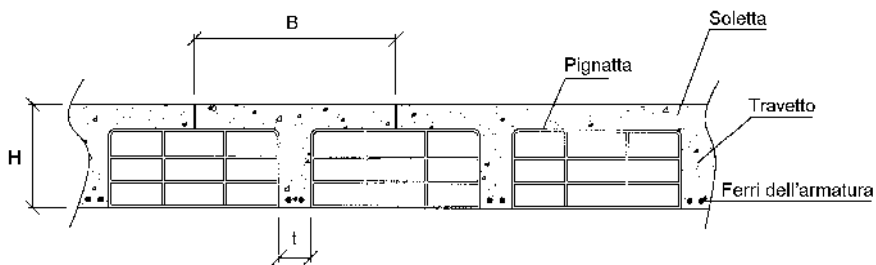


Fig. 1.5 Solaio misto con travetti in c.a.

Il calcolo di un solaio misto in c.a. si articola attraverso le seguenti fasi:

- 1) analisi dei carichi;
- 2) scelta dello schema statico e determinazione delle caratteristiche di sollecitazione;
- 3) verifica della sezione e progetto delle armature;
- 4) progetto e verifica degli elementi secondari:
 - a) fori

² Anche le fondazioni a platea (nervata e non), utilizzate per ripartire il carico di un edificio su di una maggiore superficie di terreno scadente, si comportano come dei normali solai a soletta piena, solo che in questo caso il carico è la reazione del terreno rivolta verso l'alto.

³ La tendenza è quella di andare verso la prefabbricazione che insieme ad alcuni vantaggi come la velocità del montaggio, presenta alcuni inconvenienti che possono diventare significativi in dipendenza della tipologia strutturale come ad esempio la difficile gestione dei particolari costruttivi, la difficoltà di gestire geometrie articolate e non ultima la difficoltà di gestire le verifiche di calcolo dovendosi affidare a delle tabelle precompilate molte volte incomplete o addirittura demandare il calcolo alla ditta fornitrice dei travetti.

- b) ribassamenti
- c) sbalzi laterali
- d) sbalzi d'angolo;
- 5) disegni esecutivi.

1.2.1. Analisi dei carichi

Questa operazione è preliminare per qualsiasi calcolo e risulta di importanza fondamentale per l'attendibilità dei risultati del calcolo stesso. Purtroppo per ragioni contingenti alcuni dei carichi da considerare risultano molte volte aleatori e fissati dalle norme in base a considerazioni di natura probabilistica; gli stessi carichi fissi risultano condizionati da alcuni parametri come il peso specifico o lo spessore reale che il più delle volte si danno per scontati, ma così non sono. In definitiva l'analisi dei carichi che nella maggioranza dei testi tecnici si dà per scontata può risultare invece molto complicata e comunque sempre approssimata; tale approssimazione diminuisce al crescere dell'esperienza e del grado di conoscenza del tecnico.

Il carico va distinto in:

$$G = \begin{cases} \text{peso proprio} \\ \text{sovraccarichi fissi} \end{cases}$$

$$Q = \{ \text{sovraccarico accidentale} \}$$

I simboli G e Q indicano i carichi da considerare rispettivamente permanenti e variabili al fine dell'applicazione dei coefficienti parziali di sicurezza γ_G e γ_Q previsti dall'EC2.

Il peso proprio è costituito dalla somma dei pesi degli elementi che costituiscono la struttura portante del solaio, ovvero:

- soletta
- travetti
- laterizi (o pignatte).

Il sovraccarico fisso è costituito per i piani intermedi da: intonaco, massetto, pavimento; per la copertura da: intonaco, massetto delle pendenze, guaina o asfalto, tegole, ecc.

Il sovraccarico accidentale viene fissato dalle norme in funzione della destinazione d'uso dell'edificio. Non si tiene conto nei calcoli del carico termico, salvo a considerarlo mediante alcune prescrizioni costruttive.

Per poter determinare i carichi permanenti occorre fissare la sezione del solaio. A tal proposito le norme⁴ fissano alcuni parametri minimi da rispettare; in particolare per i solai gettati in opera con blocchi non collaboranti (fig. 1.6) si dovrà avere:

⁴ I solai non vengono trattati in modo diretto dall'EC2, per essi occorrerà far riferimento al punto 7 del D.M. 09 gennaio 1996.

1) $H \leq L/25$

2) $s \geq 4 \text{ cm}$

3) $t \geq 8 \text{ cm} \geq \frac{1}{8} i$

4) $b < 15 \cdot s$

5) $b_l \leq 52 \text{ cm}$

6) $B \leq l/5 \leq b$

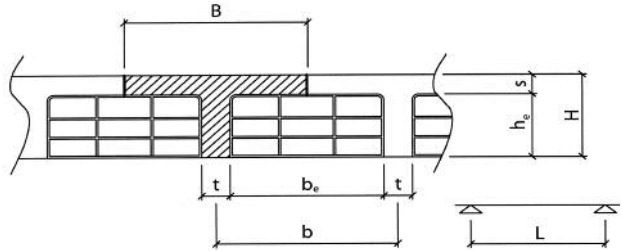


Fig. 1.6

In pratica succede spesso che per la costruzione di edifici si usino delle sezioni piuttosto che altre per consuetudine a seconda della zona in cui si opera (tutte rispettose dei valori minimi imposti dalla normativa). Una tipica sezione di solaio per edifici per civile abitazione è riportata in fig. 1.7, per essa si ha con riferimento alla striscia di 1 metro:

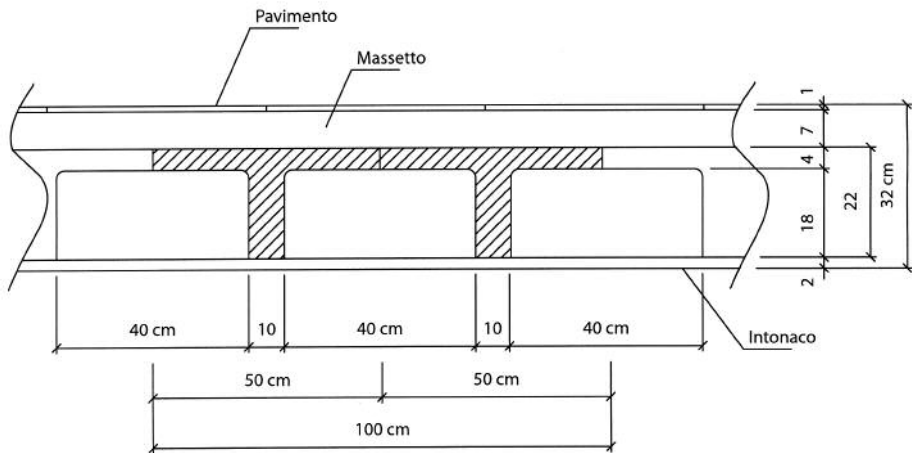


Fig. 1.7 Sezione tipo di solaio

Analisi dei carichi

1) peso proprio:	
soletta $1 \cdot 1 \cdot 0,04 \cdot 25$	$= 1,0 \text{ kN/m}^2$
travetti $2 \cdot (0,1 \cdot 0,18 \cdot 1 \cdot 25)$	$= 0,9 \text{ kN/m}^2$
laterizi $8 \cdot 0,1$	$= 0,8 \text{ kN/m}^2$
	<hr/>
	$= 2,7 \text{ kN/m}^2$

2) sovraccarichi fissi

$$\text{massetto } 1 \cdot 1 \cdot 0,07 \cdot 14 = 0,98 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{pavimento } 1 \cdot 1 \cdot 0,01 \cdot 27 = 0,27 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{intonaco } 1 \cdot 1 \cdot 0,02 \cdot 15 = 0,30 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{incidenza tramezzi} = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

$$= 2,55 \text{ kN/m}^2$$

$$G = 2,7 + 2,55 = 5,25 \text{ kN/m}^2$$

$$Q = 2 \text{ kN/m}^2$$

Per gli sbalzi si ha:

$$G = 2,7 + 1,55 = 4,25 \text{ kN/m}^2$$

$$Q = 4 \text{ kN/m}^2$$