

Mario De Matteo

Edifici in zona sismica

Progettazione,
miglioramento e adeguamento
di edifici in zona sismica

Edifici in cemento armato
e in muratura

Sul CD-Rom
tutta la normativa d'interesse

■ 1 Sistemi costruttivi e schematizzazione dei fabbricati

1.1 Generalità

Nel presente capitolo parleremo dei sistemi costruttivi previsti dalla nuova normativa per le costruzioni in calcestruzzo e in muratura e della schematizzazione di una struttura.

L'utilizzo di un sistema costruttivo è già individuato nel **progetto architettonico** e sin dalla definizione dello stesso si deve tener conto delle limitazioni dovute alle norme strutturali in vigore. Tali norme ad esempio prevedono limitazioni delle altezze a seconda del sistema costruttivo scelto.

Le prescrizioni generali dell'Ordinanza n. 3274 del 20-3-2003 e successive modifiche e integrazioni analizzate in questo testo, dovranno essere integrate da prescrizioni di eventuali normative specifiche esistenti.

La schematizzazione di una struttura è di fondamentale importanza nella **progettazione strutturale** ed è alla base del **calcolo delle sollecitazioni**: quanto più il modello sarà corrispondente alle caratteristiche reali dell'edificio, tanto più le sollecitazioni saranno prossime a quelle reali. Schematizzare, quindi, un fabbricato in una forma più prossima alla realtà porta ad una minore approssimazione nei calcoli.

Riepilogando, nel capitolo seguente verranno illustrati i **sistemi costruttivi** nonché i **sotto-sistemi strutturali** relativi ai vari materiali utilizzabili (calcestruzzo armato, muratura, acciaio, legno, ecc.) contemplati nella nuova normativa; della stessa elencheremo le caratteristiche richieste ad un edificio per essere definito regolare in pianta ed in altezza e le limitazioni alle altezze fatte in base al sistema costruttivo e alla zona sismica di appartenenza; la schematizzazione fatta sarà valida per tutti i sistemi costruttivi: anche la muratura può essere schematizzata a telaio, infatti nei confronti delle azioni orizzontali le pareti possono essere considerate vincolate ai solai se è accertata l'efficacia dei collegamenti.

Per approfondire il discorso della schematizzazione tratteremo il **problema delle eccentricità** che nascono nei pilastri o nei setti dovute alla variazione della linea d'asse degli stessi, quando nel passare da un impalcato al successivo varia la loro sezione trasversale e la modellazione della struttura secondo l'Ordinanza 3274.

1.2 Sistemi costruttivi

La scelta di un sistema costruttivo è alla base oltre che del progetto architettonico di un edificio anche dei calcoli strutturali che su di esso dovranno essere fatti. Sappiamo bene le libertà connesse ad un sistema costruttivo che utilizzi il calcestruzzo o l'acciaio rispetto ai limiti di un sistema che utilizzi la muratura.

La nuova normativa sismica, da cui la tabella seguente è tratta, elenca in maniera dettagliata i possibili sistemi costruttivi, i principali sotto-sistemi strutturali e i capitoli della norma in cui vengono trattati.

Capitolo	Sistema costruttivo	Sotto-sistema strutturale
5	Edifici con struttura in cemento armato	<ul style="list-style-type: none">- a telaio- a pareti- misto a telai e pareti- a nucleo- a ossatura pendolare in acciaio, con pareti o nuclei che costituiscono il sistema resistente principale per le azioni orizzontali- prefabbricato
6	Edifici con struttura in acciaio	<ul style="list-style-type: none">- a telaio- a telaio con controventi concentrici- a telaio con controventi eccentrici- a mensola- intelaiato controventato
7	Edifici con struttura mista in acciaio e calcestruzzo	<ul style="list-style-type: none">- a telaio- a telaio con controventi concentrici- a telaio con controventi eccentrici- a mensola- intelaiato controventato
8	Edifici con struttura in muratura	<ul style="list-style-type: none">- a pareti in muratura ordinaria- a pareti in muratura armata- misto con pareti in muratura ordinaria o armata
9	Edifici con struttura in legno	
10	Edifici isolati	
11	Edifici esistenti	

Tabella 1.1 – Sistemi costruttivi

L'Ordinanza 3274 definisce (al punto 5.3.1) le varie tipologie strutturali in funzione degli elementi resistenti alle azioni esterne e delle percentuali assorbite. Ad esempio definisce una **struttura a telaio** come quella in cui la resistenza alle azioni esterne sia verticali che orizzontali è affidata principalmente a telai spaziali. In base al sistema costruttivo ed in base alla zona sismica di appartenenza la stessa norma ci obbliga al rispetto delle seguenti limitazioni delle altezze (Tab. 1.2).

Zona sismica	4	3	2	1
Sistema costruttivo	Altezza massima consentita (in m)			
Edifici con struttura in calcestruzzo	nessuna limitazione	nessuna limitazione		
Edifici con struttura in acciaio		nessuna limitazione		
Edifici con struttura mista in acciaio e calcestruzzo		nessuna limitazione		
Edifici con struttura in muratura ordinaria		16	11	17,5
Edifici con struttura in muratura armata		25	19	13
Edifici con struttura in legno		10	7	7

Tabella 1.2 – Altezze massime consentite

Le altezze massime ivi riportate sono incrementate del 50% per gli edifici isolati alla base.

L'altezza di nuovi edifici in zona 1 e 2, prospicienti su strade, non può comunque superare i seguenti limiti:

- per strade $L < 11$ m $H = L$
- per strade con $L > 11$ m $H = 11 + 3 (L - 11)$

Dalla tabella possiamo notare come la zona sismica e la tipologia strutturale sono collegati all'altezza di un fabbricato.

1.3 Edifici regolari in pianta e in altezza

Valutazioni sul comportamento di strutture iperstatiche semplici, simmetriche e regolari in contro di strutture complesse dissimmetriche non regolari, sottoposte a sisma hanno portato il legislatore alla diversa classificazione di una struttura.

Tale classificazione è fatta in base ai **requisiti di semplicità, simmetria e regolarità** di una struttura in pianta e in altezza, in funzione di questi requisiti la norma ci consente di tener conto solo in parte di alcuni effetti o ci obbliga a portarne in conto altri.

In base a tale classificazione saremo obbligati anche all'utilizzo di **procedimenti di calcolo appropriati** ossia che meglio rispecchiano il reale comportamento di una struttura sottoposta ad un'accelerazione dovuta al sisma.

Passiamo ora ad elencare tutte le caratteristiche che un edificio deve possedere per essere definito **regolare in pianta e in altezza**.

Un edificio è regolare in pianta se tutte le seguenti condizioni sono rispettate (Ordinanza n. 3274 del 20-3-2003 punto 4.3.1 dell'Allegato 2):

- 1) la configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidezze;
- 2) il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui l'edificio risulta inscritto è inferiore a 4;
- 3) almeno una dimensione di eventuali rientri o sporgenze non supera il 25% della dimensione totale dell'edificio nella corrispondente direzione;
- 4) i solai possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti.

Un edificio è regolare in altezza se tutte le seguenti condizioni sono rispettate (Ordinanza n. 3274 del 20-3-2003 punto 4.3.1 dell'Allegato 2):

- 1) tutti i sistemi resistenti verticali dell'edificio (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza dell'edificio;
- 2) massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla cima dell'edificio (le variazioni di massa da un piano all'altro non superano il 25%, la rigidezza non si abbassa da un piano al sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base;
- 3) il rapporto tra resistenza effettiva e resistenza richiesta dal calcolo nelle strutture intelaiate progettate in Classe di Duttilità Bassa non è significativamente diverso per piani diversi (il rapporto fra la resistenza effettiva e quella richiesta calcolata ad un generico piano non deve differire più del 20% dall'analogo rapporto determinato per un altro piano); può fare eccezione l'ultimo piano di strutture intelaiate di almeno tre piani;
- 4) eventuali restringimenti della sezione orizzontale dell'edificio avvengono in modo graduale da un piano al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni piano il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo piano, né il 20% della dimensione corrispondente al piano immediatamente sottostante. Fa eccezione l'ultimo piano di edifici di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.

Come possiamo vedere sono analizzati una serie di parametri che la struttura deve soddisfare "contemporaneamente". Essi sono:

- individuare **direzioni preferenziali** del sisma ortogonali tra loro e parallele alle due direzioni principali dell'edificio;
- impalcato infinitamente rigido in modo da poter avere **tre incognite dello spostamento** per ogni impalcato;

- non avere **comportamenti eccessivamente differenti** tra i diversi impalcati della struttura dovuti ad eccessive: differenze formali, differenze di rigidezza, differenze di distribuzione delle masse, differenze di resistenza.

I motivi che hanno portato all'individuazione dei requisiti anzidetti ci saranno più chiari nel seguito. Possiamo sin da adesso dire che per gli edifici aventi le caratteristiche sopra descritte, nonché un determinato periodo di oscillazione (Cap. 2), la norma ci consente di utilizzare l'**analisi statica lineare**, sostituendo all'azione sismica una distribuzione lineare di forze orizzontali applicate staticamente ai vari impalcati.

1.4 Modelli strutturali

Una struttura è solitamente costituita da **elementi verticali** (pilastri o setti murari) e da **elementi orizzontali o impalcati** (travi a spessore, travi emergenti, soletta, travetti, ecc.). Una serie di impalcati collegati tra loro da pilastri o setti murari e da travi costituiscono la struttura spaziale del fabbricato il cui studio può essere eseguito attraverso diversi modelli strutturali. Vediamo quali sono i possibili modelli in cui può essere schematizzata una struttura:

- telai spaziali
- scomposizione del fabbricato in telai piani
- scomposizione del fabbricato in travi e pilastri

1.4.1 Telaio spaziali

Questa modellazione costituisce l'interpretazione migliore per il calcolo delle sollecitazioni sul fabbricato, in quanto ci restituisce il comportamento più aderente alla realtà; le aste che costituiscono il telaio possono essere vincolate, tra loro ed esternamente, secondo diversi vincoli e sottoposte a diversi tipi di carico. In questo modello, si hanno 6 componenti dello **spostamento incognite** per ogni nodo, e quindi $6 \cdot N$ incognite per l'intera struttura (avendo indicato con N il numero dei nodi dell'intera struttura); tale numero se pur elevato non costituisce ostacolo di calcolo per i moderni elaboratori, ma nei **casi di edifici complessi** rende difficoltosa pure all'occhio esperto, l'individuazione di eventuali anomalie. Nella figura 1.1, viene rappresentato un esempio di telaio spaziale costituente la struttura portante di un fabbricato.

1.4.2 Scomposizione in telai piani

Il telaio spaziale viene scomposto in un insieme di telai piani secondo le diverse direzioni in cui esso è composto. Ovviamente la **risoluzione dei singoli telai piani**

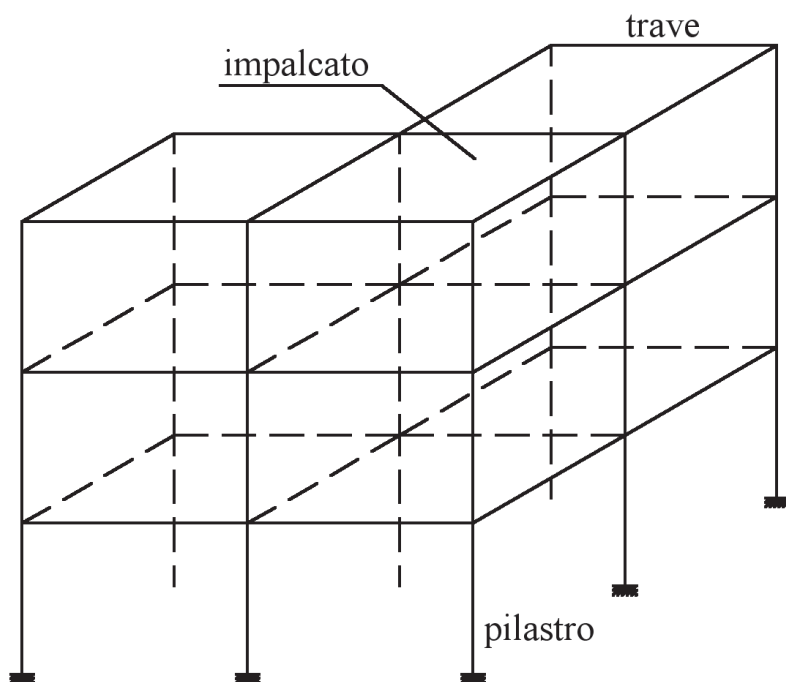


Fig. 1.1 - Telaio spaziale

verrà fatta nel rispetto della congruenza e dell'equilibrio. In tale modello il numero delle incognite si riduce notevolmente, si hanno ora 3 incognite per ogni nodo, e quindi $3 \cdot N$ incognite per l'intera struttura.

1.4.3 Travi e pilastri

Un'ulteriore schematizzazione del fabbricato si può ottenere scomponendo l'intera struttura spaziale in **travi e pilastri**; tale modello, però, lo si può considerare più approssimativo degli altri due e non è utilizzabile in zona sismica.

Le tre modellazioni appena viste hanno diversi gradi di approssimazione della struttura reale e quindi ci sono casi in cui è opportuno utilizzarne uno anziché un altro.

La vecchia normativa italiana divide il territorio nazionale in due grandi categorie:

- a) zona normale
- b) zona sismica

Gli edifici in zona normale sono sottoposti prevalentemente a carichi verticali e quindi si può risolvere il fabbricato ipotizzando che gli **impalcati siano vincolati alla traslazione**. È possibile, per tali edifici, la schematizzazione con qualunque dei tre modelli visti. Gli edifici in zona sismica sono sottoposti sia ai carichi verticali che alle azioni sismiche orizzontali. A causa della presenza di queste ultime è necessario, per gli

edifici in zona sismica, un grado più basso di approssimazione della modellazione e per tale motivo non è possibile utilizzare il terzo modello.

La **nuova normativa sismica** suddivide il territorio nazionale in **quattro zone sismiche** ciascuna individuata da un diverso valore di accelerazione massima al suolo non contempla, quindi, una zona non sismica; questo comporta, per le ragioni precedentemente esaminate, l'esclusione della schematizzazione dei fabbricati a travi e pilastri.

1.5 Eccentricità

Il modello di calcolo, nell'ipotesi di edificio regolare, può essere piano o spaziale e i dati vengono inseriti facendo riferimento alla **linea media degli elementi** (pilastri ed impalcati). Generalmente i pilastri e i setti murari hanno dimensioni che variano

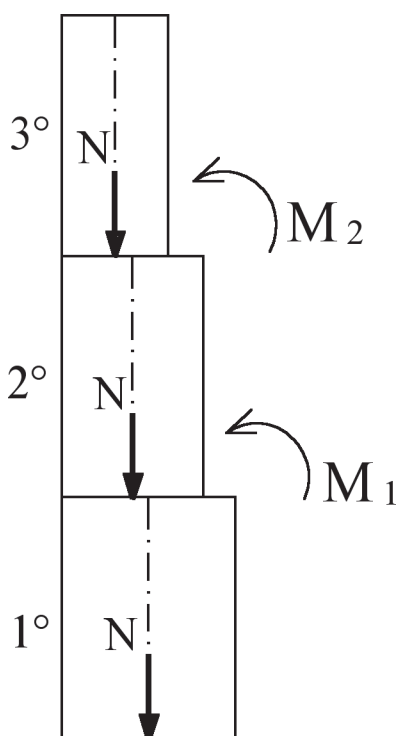


Fig. 1.2 - Momenti flettenti dovuti alla rastremazione

nel passare da un piano all'altro dell'edificio, ovvero varia la loro sezione trasversale incrementandosi man mano che si passa dall'ultimo ordine al primo. In tal caso vengono realizzate delle riseghe che comportano la **variazione della linea d'asse** ai vari ordini. Ciò dà luogo a delle eccentricità cosiddette **proprie** o di **forma**. Dette riseghe non sempre comportano variazione della linea d'asse, ad esempio nel caso dei pilastri o setti interni di un edificio in cui è possibile rastremare da entrambi i lati, mentre ciò diventa necessario nel caso dei pilastri o allineamenti d'angolo o disposti lungo il perimetro in cui le riseghe, sono possibili solo sulle facce interne, dovendo quelle esterne, per motivi architettonici, mantenersi costanti. Le variazioni dell'asse geometrico lungo l'altezza genera delle flessioni e quindi dei momenti flettenti aggiuntivi che possono essere schematizzati come momenti applicati ai nodi della struttura, come si può notare dalla *fig. 1.2*. È opportuno considerare tali momenti, i quali vanno incrementandosi con l'aumentare del numero di piani e col passare dall'ultimo ordine al primo a causa dell'incremento di eccentricità e di carico.

Con riferimento alla precedente figura, costituita da tre ordini di pilastri con riseghe ad ogni ordine, il momento flettente in testa al primo ordine vale:

$$M_p^{1^\circ} = M_1 + M_2 = N_1 \cdot e_1 + N_2 \cdot e_2$$

Esso è ottenuto moltiplicando gli scarichi dei pilastri ad ogni piano per le eccentricità proprie.

Per quanto riguarda gli impalcati si fa sempre riferimento alla linea media degli stessi ossia alla **linea media dello spessore del solaio**, senza tener conto dell'eccentricità che nasce tra questo e eventuali travi emergenti, poiché nel caso di travi a spessore, con stesso spessore del solaio, non si ha eccentricità.

I **problemi di eccentricità** rilevati vengono portati in conto utilizzando il metodo del "ritto a testa rigida" o "ritto stampella". Il metodo consiste nello schematizzare i pilastri e i setti murari con dei ritti, di assegnata sezione trasversale, alla sommità dei quali sono presenti una parte di traverso di rigidezza flessionale, tagliante ed assiale infinitamente grande rispetto a quella del ritto stesso e della restante parte del traverso (per maggiori chiarimenti si veda: MARIO DE MATTEO, *Sul calcolo delle strutture piane a maglie di forma qualsiasi*, CUEN, 2001).

1.6 Modellazione della struttura secondo l'Ordinanza n. 3274 del 20-3-2003

L'ordinanza a proposito del modello della struttura su cui verrà effettuata l'analisi ci dice che esso dovrà *"rappresentare in modo adeguato la distribuzione di massa e rigidezza effettiva"* (nei successivi capitoli vedremo cosa considerare per il rispetto di tali obblighi) e che bisogna *"considerare anche il contributo di eventuali elementi non strutturali"*; ossia per la valutazione di un **sistema composto da telaio e tamponatura**, per il calcolo della ripartizione delle forze sismiche orizzontali fra gli elementi resistenti, si deve tener conto anche dell'effetto delle tamponature (elementi non strutturali). Tale effetto si valuta considerando il funzionamento della muratura come

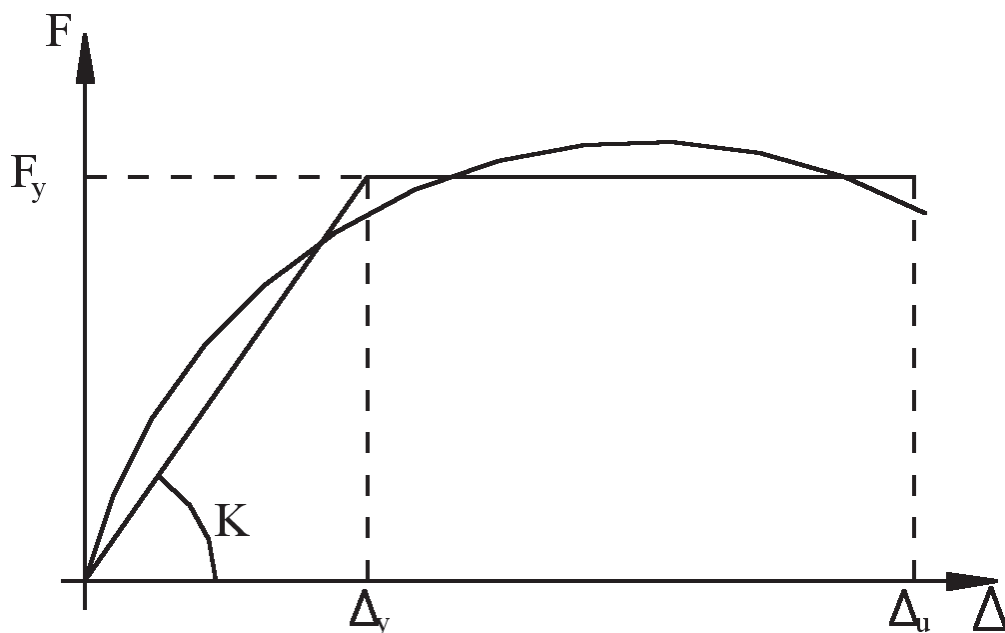


Fig. 1.3 - Tipico diagramma forza-spostamento per un elemento in calcestruzzo armato

un puntone diagonale equivalente. È possibile considerare, quindi, un **sistema equivalente** formato dalle travi e dai pilastri del telaio, nonché dai suddetti puntoni diagonali considerati incernierati alle estremità.

Nella schematizzazione di un telaio spaziale dovremo portare in conto anche il rispetto della congruenza dovuta alla presenza di impalcati, elementi considerati infinitamente rigidi; questo consente di poter ridurre i gradi di libertà dell'edificio a tre per piano, concentrando le masse e le rigidità nei rispettivi baricentri.

A proposito della rigidità da usare per il **calcolo degli spostamenti** e quindi delle sollecitazioni la normativa dice: *“nel caso di edifici con struttura in cemento armato, e composta acciaio-calcestruzzo, la rigidità degli elementi può essere valutata assumendo la rigidità secante a snervamento”*. Questo obbligo è dovuto a considerazioni sulla **rigidità reale degli elementi**; infatti a causa di sezioni fessurate e altre non fessurate abbiamo rigidità diverse che non possiamo portare in conto in modo distinto, dovremo considerare quindi un'unica rigidità ridotta rispetto a quella della sezione integra. Per capire il significato fisico della rigidità secante a snervamento possiamo far riferimento al diagramma riportato in Fig. 1.3.

Dove:

- F_y massima forza che l'elemento strutturale può sopportare rimanendo in campo elastico;
- Δ_y spostamento allo snervamento;
- K rigidità secante a snervamento.

La curva rappresenta l'**andamento reale di una prova su un elemento in calcestruzzo armato** semplificato poi dai due tratti rettilinei.

Sempre riguardo la rigidità da usare per il calcolo delle sollecitazioni la normativa continua dicendo: *“In caso non siano effettuate analisi specifiche, la rigidità flessionale e a taglio di elementi in cemento armato può essere assunta sino al 50% della rigidità dei corrispondenti elementi non fessurati”*; essa ci consente di utilizzare, semplificando la nostra analisi, il 50% della rigidità corrispondente a quella dell'elemento non fessurato.

■ Indice generale

<i>Prefazione</i>	Pag.	5
<i>Introduzione</i>	»	7
 ■ 1 Sistemi costruttivi e schematizzazione dei fabbricati	»	9
1.1 Generalità	»	9
1.2 Sistemi costruttivi	»	9
1.3 Edifici regolari in pianta ed in altezza	»	11
1.4 Modelli strutturali	»	13
1.4.1 Telaio spaziale	»	13
1.4.2 Scomposizione in telai piani	»	13
1.4.3 Travi e pilastri	»	14
1.5 Eccentricità	»	15
1.6 Modellazione della struttura secondo l'Ordinanza n. 3274 del 20-3-2003	»	16
 ■ 2 Azioni agenti sulle strutture intelaiate	»	19
2.1 Generalità	»	19
2.2 Carichi accidentali	»	19
2.3 Carichi da neve, vento e variazioni termiche	»	19
2.4 Azioni in zona sismica secondo il D.M. LL.PP. 16-01-1996	»	21
2.4.1 Analisi statica lineare (D.M. 16-01-1996)	»	22
2.4.2 Analisi dei carichi e determinazione del baricentro delle masse	»	30
2.4.2.2 Calcolo di W_i e del baricentro masse ad ogni impalcato	»	32
2.5 Azioni in zona sismica secondo l'Ordinanza n. 3274	»	34
2.5.1 Calcolo delle forze sismiche	»	35
2.5.2 Calcolo del coefficiente di struttura q per le strutture in c.a.	»	41
2.5.3 Calcolo del coefficiente di struttura q per le strutture in muratura.....	»	42
2.5.4 Carichi verticali.....	»	44
2.5.5 Osservazioni sulla distribuzione delle <i>forze orizzontali</i> F_h	»	45
2.5.6 Esempio di calcolo delle F_{hi}	»	46

■ 3	Ripartizione delle forze orizzontali	Pag. 49
3.1	Generalità	» 49
3.2	Metodi di ripartizione delle forze orizzontali	» 50
3.3	Ripartizione delle forze orizzontali con treno di telai	» 50
3.3.1	Rigidezza dell'impalcato	» 50
3.3.2	Definizione di rigidezza	» 51
3.3.3	Metodo iterativo	» 56
3.3.4	Metodo di ripartizione a "treno di telaio"	» 57
3.3.5	Definizione della rigidezza di piano per ogni telaio	» 58
3.3.6	Ricerca del baricentro delle rigidezze e dei momenti torcenti all'impalcato r_0	» 59
3.3.7	Momento torcente nullo ad ogni impalcato	» 62
3.3.8	Ricerca dei valori corretti $Q'_{i,r0}$ di $Q_{i,r0}$	» 64
3.3.8.1	Osservazioni	» 68
3.3.9	Ulteriori considerazioni sul momento torcente	» 68
3.3.10	Momenti torcenti aggiuntivi	» 69
3.3.11	Considerazioni finali	» 74
3.4	Ripartizione delle forze orizzontali con il metodo diretto	» 75
3.4.1	Ripartizione diretta	» 75
3.4.2	Simbologia e convenzioni	» 75
3.4.3	Spostamento di un punto appartenente ad un corpo rigido .	» 76
3.4.4	Costruzione della matrice di deformabilità del singolo telaio	» 80
3.4.5	Legame tra sistemi di forze sul singolo telaio e componenti di spostamento degli impalcati	» 82
3.4.6	Vettore termini noti	» 91
■ 4	Combinazione dei carichi orizzontali e verticali sulle strutture	» 93
4.1	Le combinazioni di carico allo stato limite ultimo	» 93
4.2	Importanza dell'interazione tra carichi verticali ed orizzontali	» 95
4.3	Caratteristiche del metodo semi-probabilistico	» 97
4.4	Condizioni di carico da normativa	» 97
4.5	Le cinque condizioni di carico proposte	» 99
4.6	Confronto tra le condizioni di carico esaminate	» 101
4.7	Telai spaziali	» 102
4.8	Determinazione delle sollecitazioni sismiche sull'elemento a sbalzo	» 102
■ 5	Solai, sbalzi e fori	» 109
5.1	Generalità	» 109
5.2	Solai latero-cementizi	» 109
5.2.1	Analisi dei carichi	» 110
5.2.2	Armatura longitudinale a flessione	» 113
5.2.3	Verifica a taglio	» 117

5.2.4	Stato limite di fessurazione	Pag. 119
5.2.5	Solai con travetti prefabbricati	» 121
5.3	Sbalzo laterale	» 121
5.3.1	Primo schema statico	» 122
5.3.2	Secondo schema statico	» 124
5.4	Sbalzo d'angolo	» 127
5.4.1	Calcolo di P e ricerca del suo punto di applicazione	» 128
5.4.2	Calcolo dello sbalzo d'angolo	» 129
5.4.3	Calcolo della trave di contrappeso	» 130
5.5	I fori nell'elemento strutturale "solaio"	» 135
■ 6	Scale	» 141
6.1	Generalità	» 141
6.2	Sfalsamento	» 142
6.3	Scala con soletta rampante	» 144
6.4	Trave a ginocchio e gradini a sbalzo	» 155
6.4.1	Gradini a sbalzo	» 156
6.4.2	Travi a ginocchio	» 159
6.4.3	Pianerottolo	» 167
6.4.4	Trave di testata	» 168
6.5	La scala come elemento del telaio	» 170
■ 7	Fondazioni su pali negli edifici in zona sismica	» 201
7.1	Generalità	» 201
7.2	Ripartizione di un sistema generico di carichi	» 201
7.2.1	Baricentro di un sistema di masse	» 201
7.2.2	Centro di sollecitazione	» 202
7.2.3	Ripartizione di uno sforzo verticale eccentrico N	» 203
7.2.4	Ripartizione di uno sforzo orizzontale T	» 204
7.3	Platea su pali	» 206
7.3.1	Ripartizione degli sforzi normali	» 206
7.3.2	Ripartizione di uno sforzo orizzontale	» 207
7.3.3	Conclusioni e considerazioni particolari relative a fabbricati in zona sismica	» 209
7.4	Plinto a m pali uguali disposti lungo una circonferenza	» 210
7.4.1	Plinto a due pali	» 212
7.4.2	Plinto a tre pali	» 214
7.4.3	Plinto a quattro pali	» 216
7.4.4	Plinto a cinque pali	» 218
7.4.5	Plinto a sei pali	» 221
7.5	Progetto dei plinti su pali	» 222
7.5.1	Progetto a flessione	» 222
7.5.2	Progetto a punzinamento e a taglio	» 223

7.5.3 Progetto a rottura	Pag. 225
7.5.4 Conclusioni	» 226
■ 8 Considerazioni sul dimensionamento preliminare di fabbricati in c.a. in zona sismica	» 229
8.1 Generalità	» 229
8.2 Il comportamento dei telai in funzione della rigidezza delle travi e dei pilastri.....	» 229
8.3 Importanza della geometria del telaio nell'assorbimento delle spinte orizzontali: indice di rigidezza	» 238
8.4 Le tipologie dei telai componenti l'edificio	» 239
8.5 Osservazioni	» 240
■ 9 Verifiche di resistenza allo stato limite ultimo	» 245
9.1 Generalità	» 245
9.2 Regioni di rottura	» 247
9.3 Verifica di una sezione rettangolare a semplice armatura soggetta a flessione retta	» 253
9.3.1 Progetto di una sezione rettangolare a semplice armatura soggetta a flessione retta	» 264
9.4 Valutazione del comportamento a flessione retta di una sezione rettangolare a semplice armatura	» 266
9.5 Verifica di una sezione rettangolare a doppia armatura soggetta a flessione retta.....	» 276
9.5.1 Progetto di una sezione rettangolare a doppia armatura soggetta a flessione retta	» 282
9.6 Verifica di una sezione rettangolare soggetta a pressoflessione retta ..	» 284
■ 10 Verifica allo stato limite ultimo dei sette murari	» 293
10.1 Premessa sugli stati limiti	» 293
10.2 Generalità	» 293
10.3 Verifica a presso flessione	» 295
10.3.1 Determinazione della posizione dell'asse neutro	» 295
10.4 Verifica a taglio	» 303
10.5 Esempio di calcolo	» 307
10.6 Caso di un settp pressoinflesso in muratura non verificato	» 310
■ 11 Fasce di piano	» 319
11.1 Generalità	» 319
11.2 Modello esteso	» 319
11.3 Modello semplificato	» 321
11.4 Verifica della fascia di piano	» 323

■ 12	Verifica degli edifici in muratura cosiddetti "semplici"	Pag. 327
12.1	Generalità	» 327
12.2	Modello esteso	» 327
12.2.1	Prescrizioni generiche	» 327
12.2.2	Prescrizioni generali per gli edifici in muratura.....	» 329
12.2.3	Prescrizioni specifiche	» 337
12.2.4	Edifici esistenti	» 340
12.3	Metodo semplificato secondo il D.M. 16 gennaio 1996.....	» 347
12.3.1	Prescrizioni generali per gli edifici in muratura	» 343
12.3.2	Prescrizioni specifiche	» 344
12.3.3	Edifici esistenti.....	» 347
	Appendice Software S.C.S.....	» 353