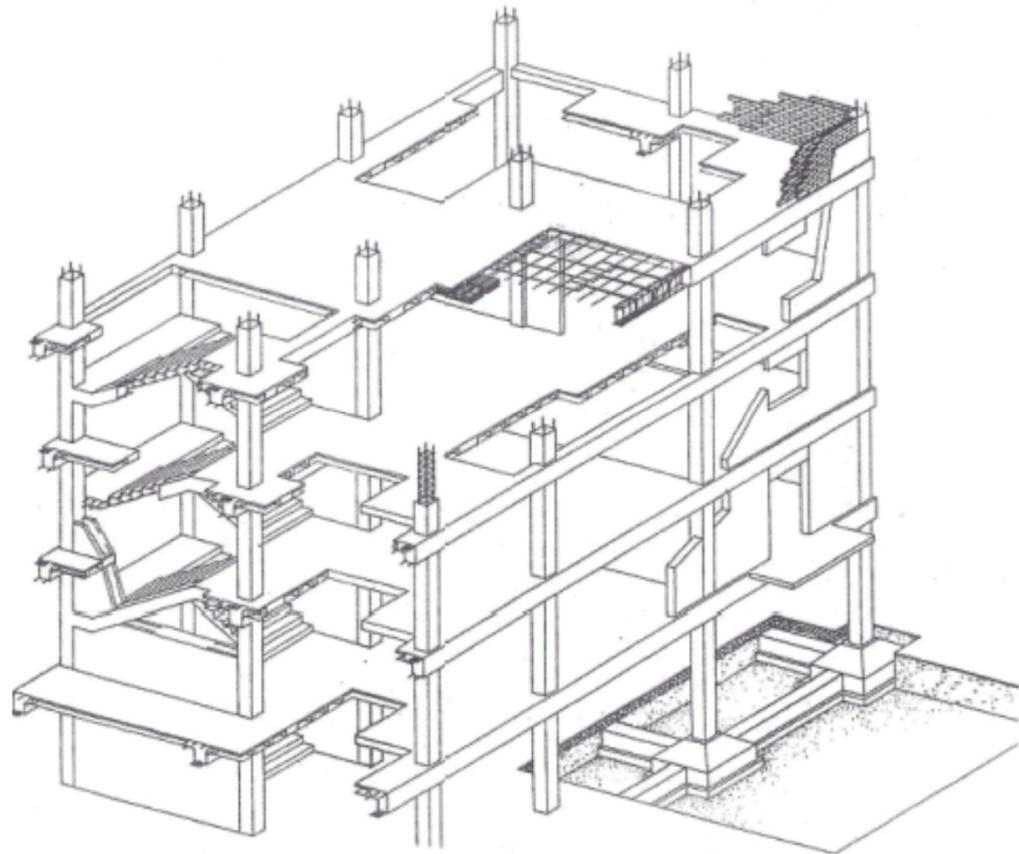
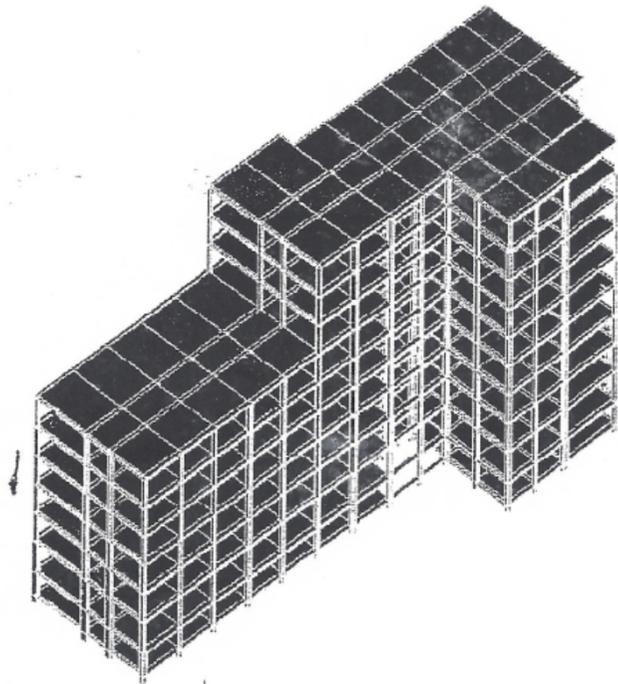


Edifici a struttura intelaiata in c.a.

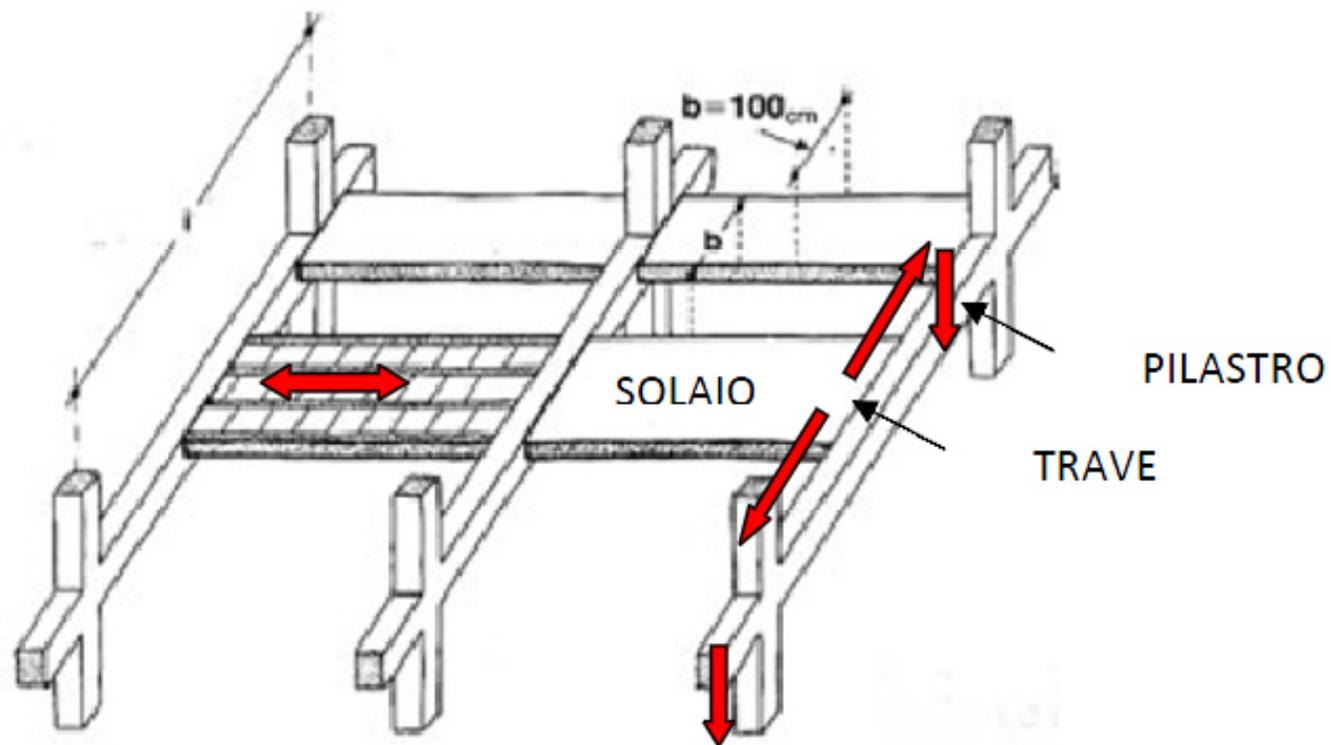
Regolarità strutturale

Ing. Fabio Minghini

Strutture intelaiate (travi e pilastri)

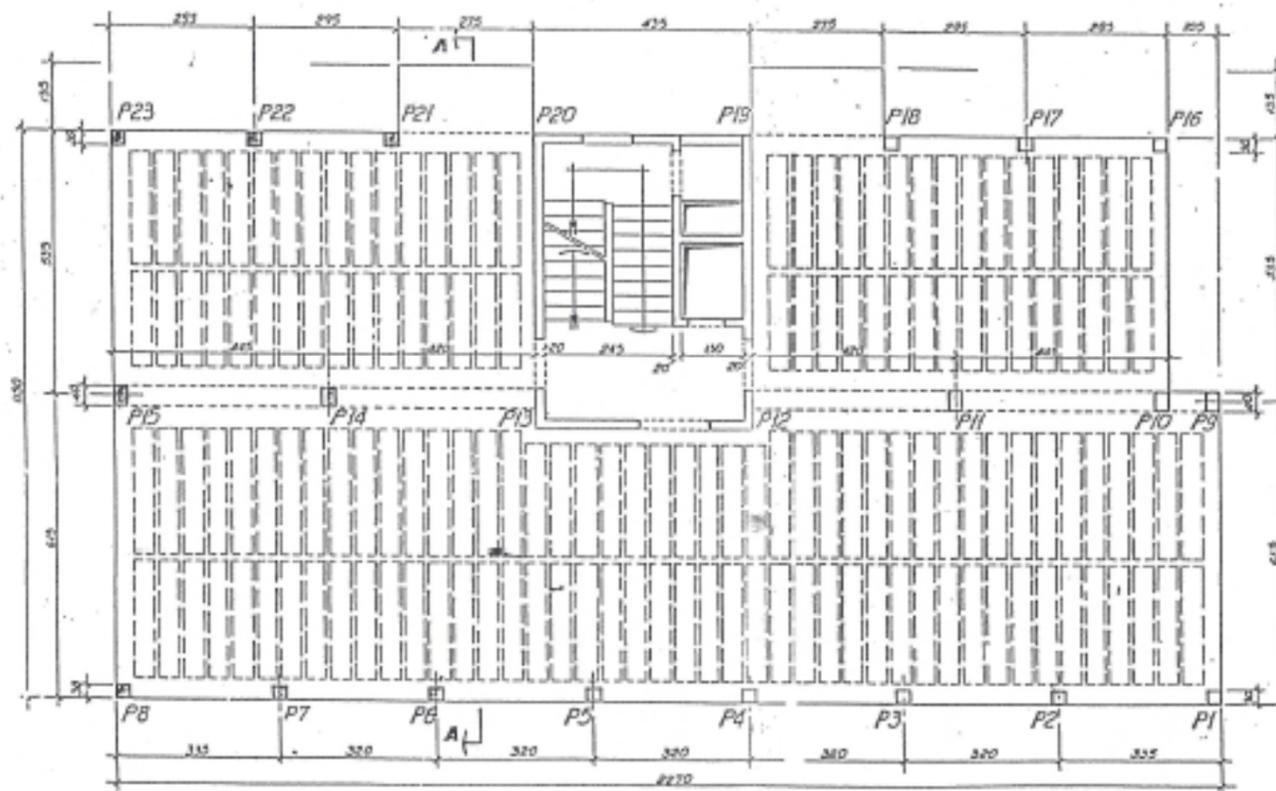


Strutture intelaiate NON antisismiche (telai in una sola direzione)

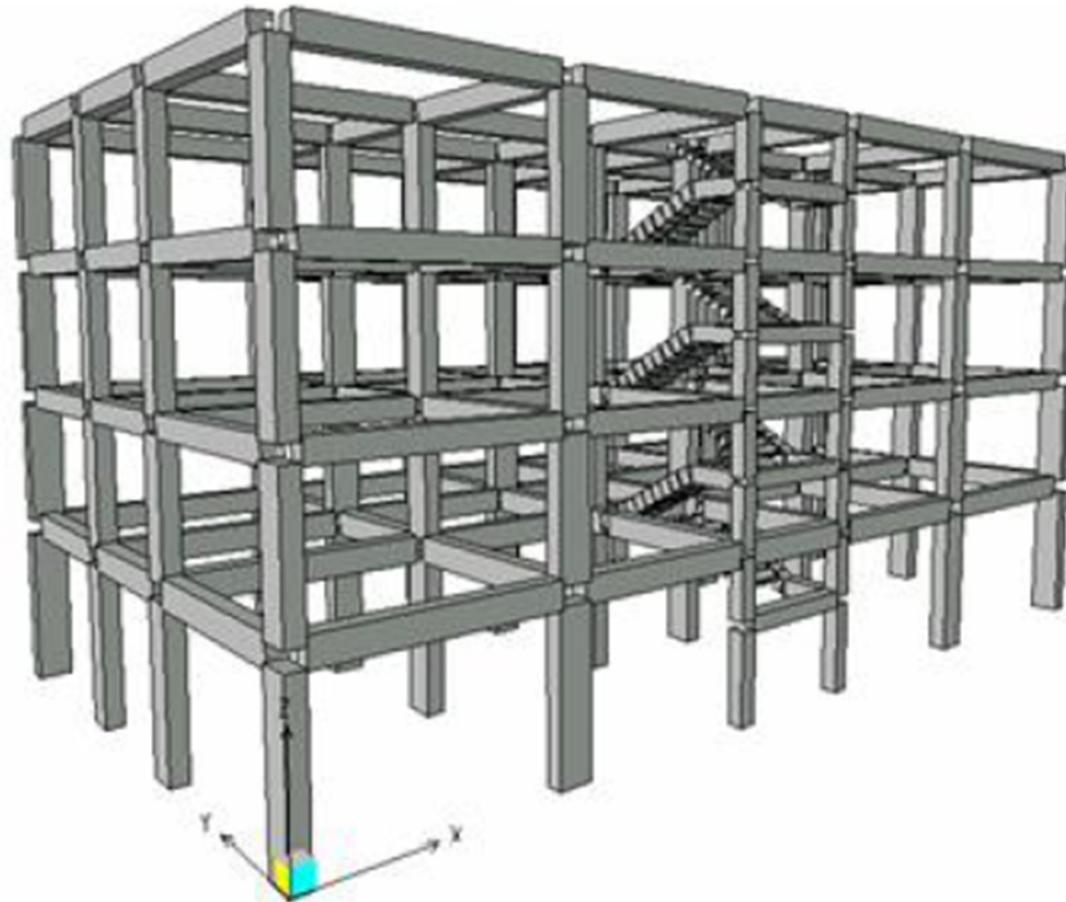


Strutture intelaiate NON antisismiche (telai in una sola direzione)

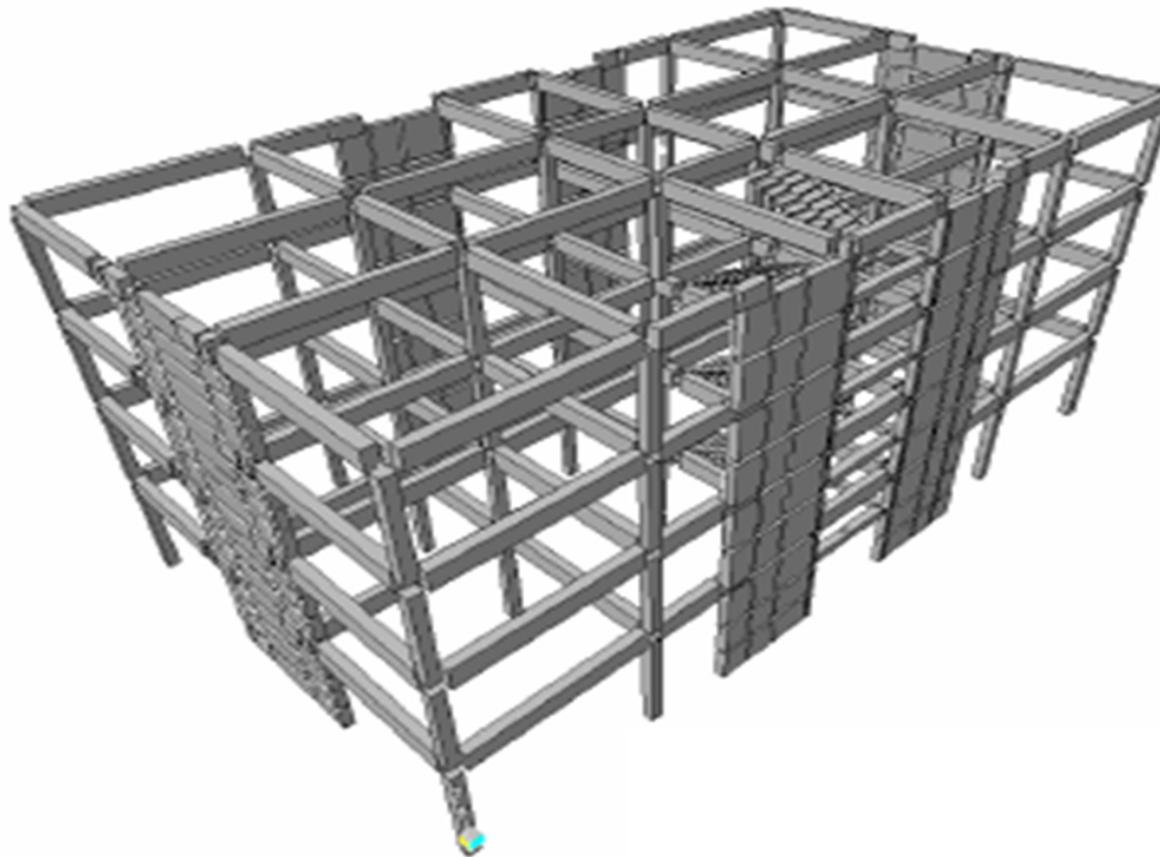
tav. 1 PIANTA PIANO TIPO



Strutture a telaio tridimensionale (travi ordite secondo due direzioni ortogonali)



Strutture miste telaio-pareti



7.4.3.1 Tipologie strutturali

Le strutture sismo-resistenti in cemento armato previste dalle presenti norme possono essere classificate nelle seguenti tipologie:

- *strutture a telaio*, nelle quali la resistenza alle azioni sia verticali che orizzontali è affidata principalmente a telai spaziali, aventi resistenza a taglio alla base $\geq 65\%$ della resistenza a taglio totale;
- *strutture a pareti*, nelle quali la resistenza alle azioni sia verticali che orizzontali è affidata principalmente a pareti, singole o accoppiate, aventi resistenza a taglio alla base $\geq 65\%$ della resistenza a taglio totale⁴;
- *strutture miste telaio-pareti*, nelle quali la resistenza alle azioni verticali è affidata prevalentemente ai telai, la resistenza alle azioni orizzontali è affidata in parte ai telai ed in parte alle pareti, singole o accoppiate; se più del 50% dell'azione orizzontale è assorbita dai telai si parla di *strutture miste equivalenti a telai*, altrimenti si parla di *strutture miste equivalenti a pareti*;
- *strutture deformabili torsionalmente*, composte da telai e/o pareti, la cui rigidezza torsionale non soddisfa ad ogni piano la condizione $r/I_s > 0,8$, nella quale:

⁴ Una parete è un elemento strutturale di supporto per altri elementi che ha una sezione trasversale caratterizzata da un rapporto tra dimensione massima e minima in pianta superiore a 4. Si definisce parete di forma composta l'insieme di pareti semplici collegate in modo da formare sezioni a L, T, U, I ecc. Una parete accoppiata consiste di due o più pareti singole collegate tra loro da travi duttili ("travi di accoppiamento") distribuite in modo regolare lungo l'altezza. Ai fini della determinazione del fattore di struttura q una parete si definisce accoppiata quando è verificata la condizione che il momento totale alla base prodotto dalle azioni orizzontali è equilibrato, per almeno il 20%, dalla coppia prodotta dagli sforzi verticali indotti nelle pareti dalla azione sismica.

r^2 = rapporto tra rigidezza torsionale e flessionale di piano

$$I_s^2 = (L^2 + B^2)/12 \quad (L \text{ e } B \text{ dimensioni in pianta del piano})$$

- *strutture a pendolo inverso*, nelle quali almeno il 50% della massa è nel terzo superiore dell'altezza della costruzione o nelle quali la dissipazione d'energia avviene alla base di un singolo elemento strutturale⁵.

Le strutture delle costruzioni in calcestruzzo possono essere classificate come appartenenti ad una tipologia in una direzione orizzontale ed ad un'altra tipologia nella direzione orizzontale ortogonale alla precedente.

Una struttura a pareti è da considerarsi come *struttura a pareti estese debolmente armate* se, nella direzione orizzontale d'interesse, essa ha un periodo fondamentale, calcolato nell'ipotesi di assenza di rotazioni alla base, non superiore a T_C , e comprende almeno due pareti con una dimensione orizzontale non inferiore al minimo tra 4,0m ed i 2/3 della loro altezza, che nella situazione sismica portano insieme almeno il 20% del carico gravitazionale.

Se una struttura non è classificata come *struttura a pareti estese debolmente armate*, tutte le sue pareti devono essere progettate come duttili.

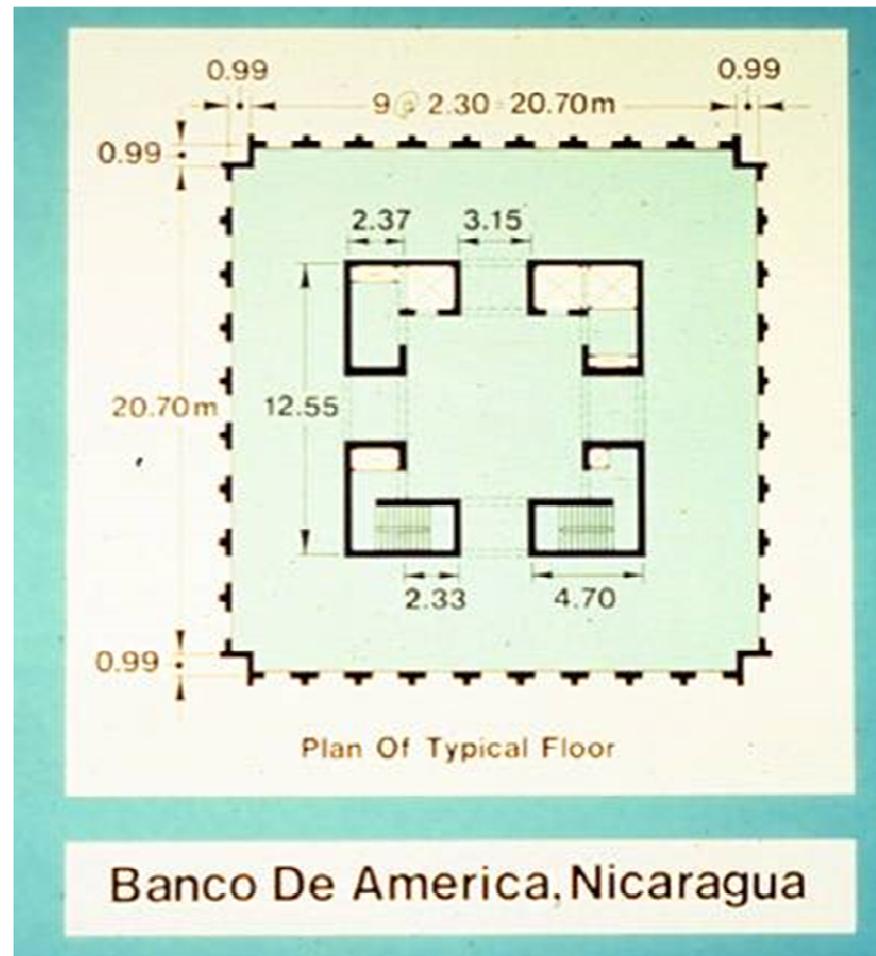
Modalità di collasso e relative cause per edifici in c.a. non antisismici

- **Forma**: regolarità vs. irregolarità strutturale (posizione e dimensioni delle strutture sismoresistenti)



Managua (Nicaragua) - Banco Central (sinistra) e Banco de America

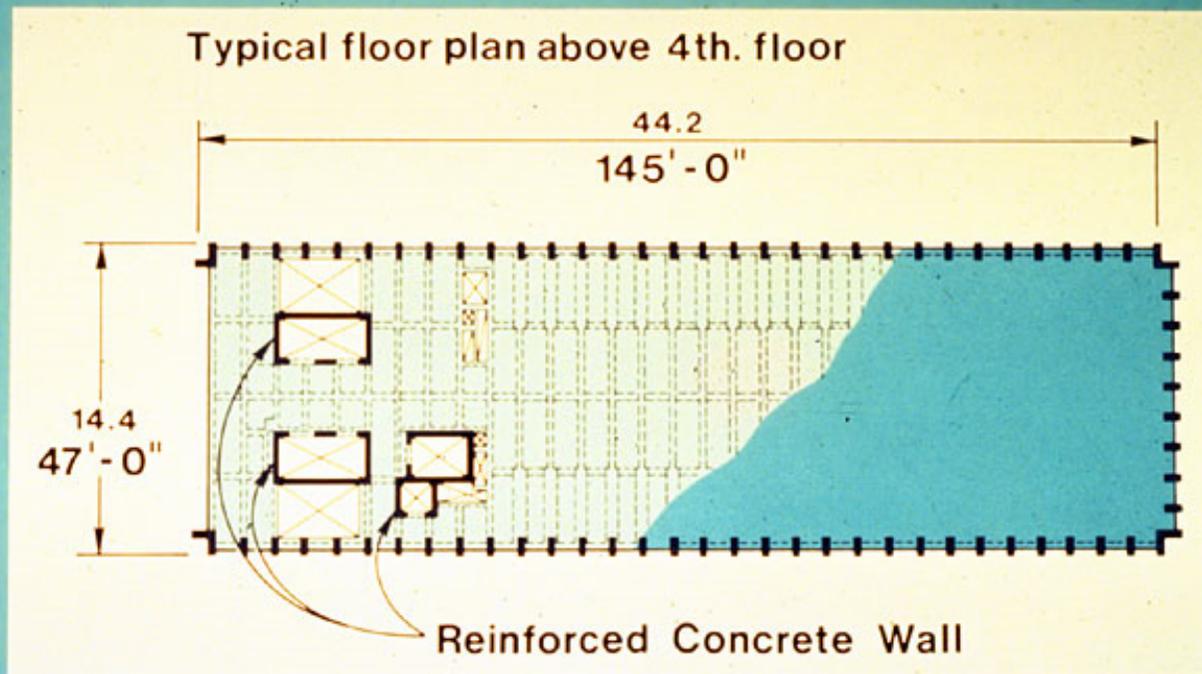
Distribuzione regolare di masse e rigidezze sia in pianta sia in altezza





Banco de America - unici danni visibili a seguito del forte terremoto del 1972 ($M_L = 6.2$)

Telai in c.a. controventati da setti scale e ascensore in posizione eccentrica (irregolarità in pianta)



Banco Central, Nicaragua

Banco Central

**Parete danneggiata:
molto vicina al
centro di rigidità**



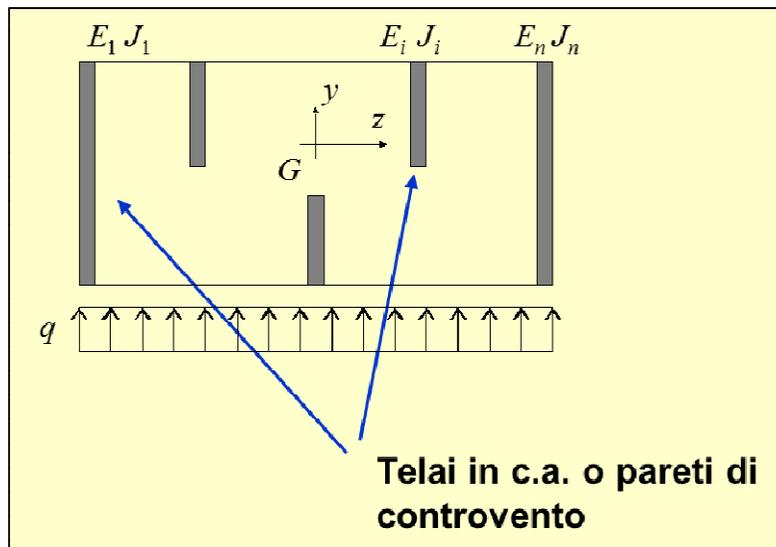
Banco Central
Crollo dei tramezzi



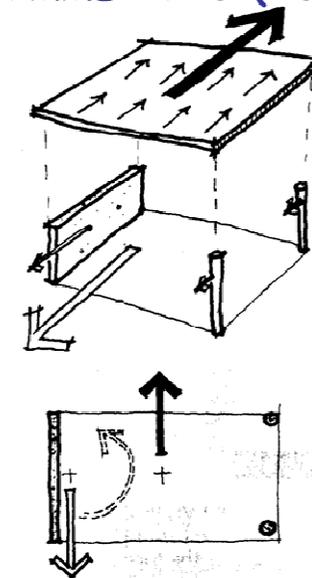
Baricentro delle masse - baricentro delle rigidità

Baricentro masse \equiv baricentro rigidità:
no effetti torsionali

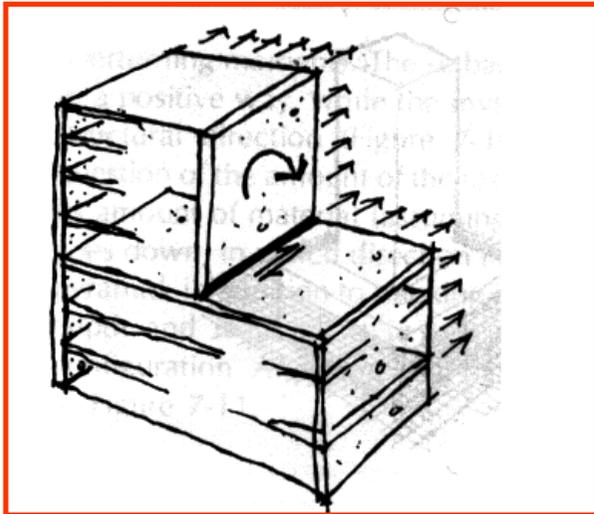
SISTEMA SIMMETRICO



SIST. NON SIMMETRICO (TORSIONE)



Strutture irregolari in altezza

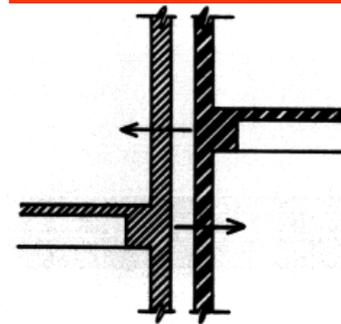
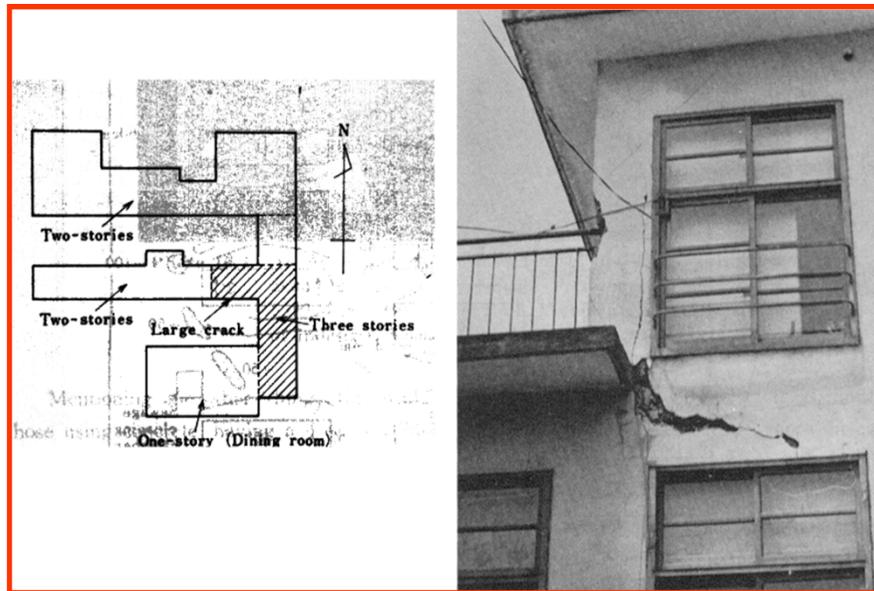


Le due porzioni di edificio,
aventi rigidzze molto diverse,
tendono a deformarsi in modo
diverso



Strutture irregolari in altezza

Esempi di danni da martellamento
(POUNDING) tra le due porzioni di edificio a
causa del differente livello tra i solai



Strutture irregolari in altezza - Meccanismo di piano debole (distribuzione irregolare di rigidezze e/o resistenze sull'altezza)

Olive View Hospital,
San Fernando, 1971
($M_w = 6.5-6.7$)





Meccanismo di piano debole

Olive View Hospital, San
Fernando, 1971

Managua, Nicaragua earthquake, Dec. 23, 1972, M = 6.2
Commercial Building "Casa Micasa S.A."



Piano debole al primo piano (pilotis)

Irregolarità in altezza nella distribuzione dei tamponamenti



Bonefro (Campobasso) Terremoto di S. Giuliano 2002. $M = 5.4$

Irregolarità in altezza nella distribuzione di masse o rigidezze



Kobe 1995 M_w 6.8 – Il collasso è avvenuto al terzo piano. Probabile irregolarità in altezza nella distribuzione delle masse o delle rigidezze.

7.2.2 CARATTERISTICHE GENERALI DELLE COSTRUZIONI

Regolarità

Le costruzioni devono avere, quanto più possibile, struttura iperstatica caratterizzata da regolarità in pianta e in altezza. Se necessario ciò può essere conseguito suddividendo la struttura, mediante giunti, in unità tra loro dinamicamente indipendenti.

Per quanto riguarda gli edifici, una costruzione è *regolare in pianta* se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

- a) la configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidità;
- b) il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4;
- c) nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25 % della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione;
- d) gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti.

Sempre riferendosi agli edifici, una costruzione è *regolare in altezza* se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

- e) tutti i sistemi resistenti verticali (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza della costruzione;

- f) massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello 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. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base;
- g) nelle strutture intelaiate progettate in CD "B" il rapporto tra resistenza effettiva³ e resistenza richiesta dal calcolo non è significativamente diverso per orizzontamenti diversi (il rapporto fra la resistenza effettiva e quella richiesta, calcolata ad un generico orizzontamento, non deve differire più del 20% dall'analogo rapporto determinato per un altro orizzontamento); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti;
- h) eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni orizzontamento il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento, né il 20% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.

³ La resistenza effettiva è la somma dei tagli nelle colonne e nelle pareti compatibili con la resistenza a presso flessione e a taglio dei medesimi elementi.