

Progettazione strutturale 2MA

Progetto di una struttura in ca:
definizione del sistema strutturale,
predimensionamento degli elementi
strutturali,
analisi dei carichi

Prof. Camillo Nuti
Ing. Gabriele Fiorentino
gabriele.fiorentino@uniroma3.it

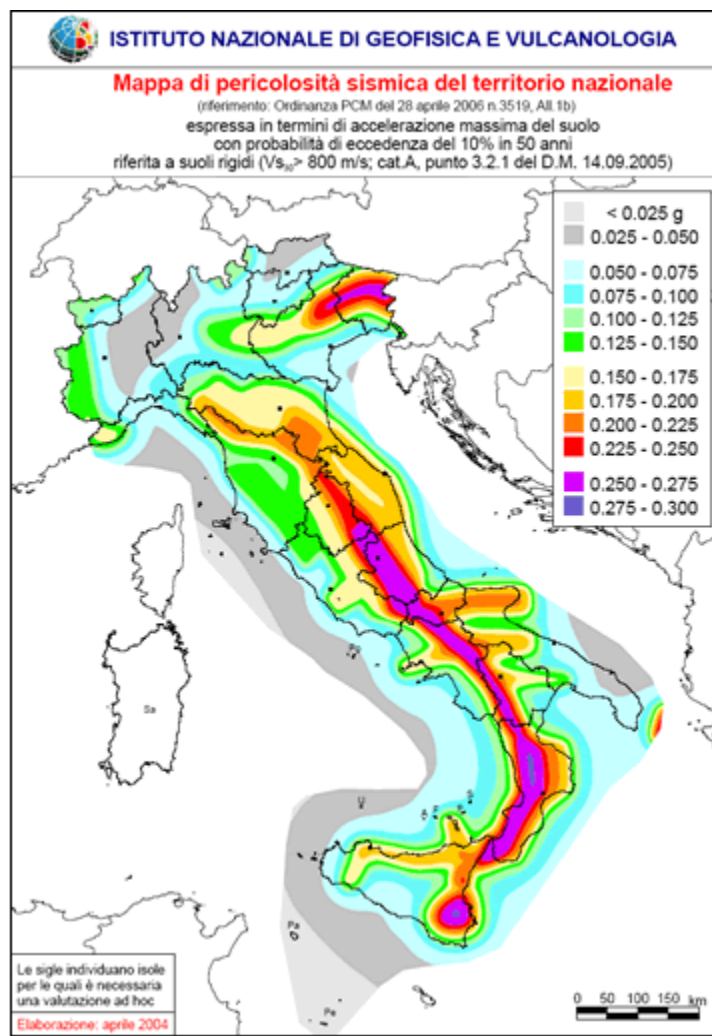
Progetto di una struttura

- ❑ Scelta progetto Architettonico visto in uno dei corsi passati.

Requisiti:

- **Materiale: Cemento Armato**
 - **4-5 campate, 3-4 piani**
 - **Almeno un nucleo ascensore/scale (o setti)**
 - **“simmetria” e “regolarità” strutturali**
- ❑ Eliminare elementi non strutturali: tamponature, pacchetti tecnici solai, impianti, controsoffitti, etc...
 - ❑ Identificare le diverse **aree funzionali** (destinazioni uso: scale, uffici, abitazioni, etc) → diversi **carichi accidentali**
 - ❑ Tracciare i vincoli (architettonici, funzionali, ...)

1. Scelta struttura, modifica tipologia strutturale (se necessario)
2. Scelta di un sito con pericolosità sismica medio-alta → **Mappa**



3. Scelta tessitura, tipologia solaio, Calcoli solaio
4. Progetto Travi
5. Progetto Pilastri
6. Progetto Setti
7. Progetto nodi Trave-pilastro
8. Progetto Fondazioni
9. Preparazione Tavole per ciascuno dei punti + **Tavola Nodo 3D**

Normative: NTC 2008, 2018

Programma di calcolo: Sap2000, altri a scelta (es. Sismicad)

Tipologia strutturale/regolarità

❑ Studiare la struttura:

- **regolarità in pianta e in elevazione** per rigidezze e masse
- **tipologia strutturale** (telaio, pareti, mista, deformabile torsionalmente, etc)
- data la tipologia so quanto questa struttura sarà in grado di dissipare se opportunamente progettata

❑ **Verificare tipologia strutturale** ipotizzata: attenzione a strutture deformabili torsionalmente.

❑ **Modificare la struttura** per regolarizzarla e/o cambiarne la tipologia (possibile beneficio in termini di maggior dissipazione e quindi forze di progetto più basse, attenzione agli spostamenti)

❑ **Correggere** eventualmente la struttura per migliorarne il comportamento:

es ridurre setti, disporre pilastri e setti con dimensioni e posizioni nella maglia strutturale tali da limitare la irregolarità e ridurre la sensibilità alla torsione

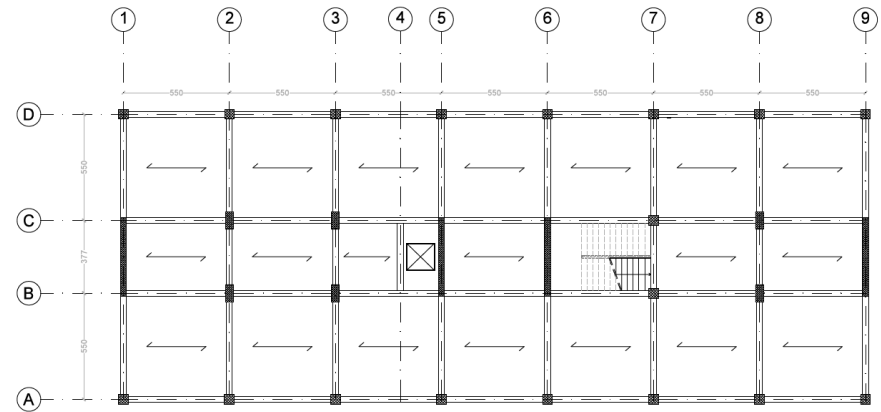
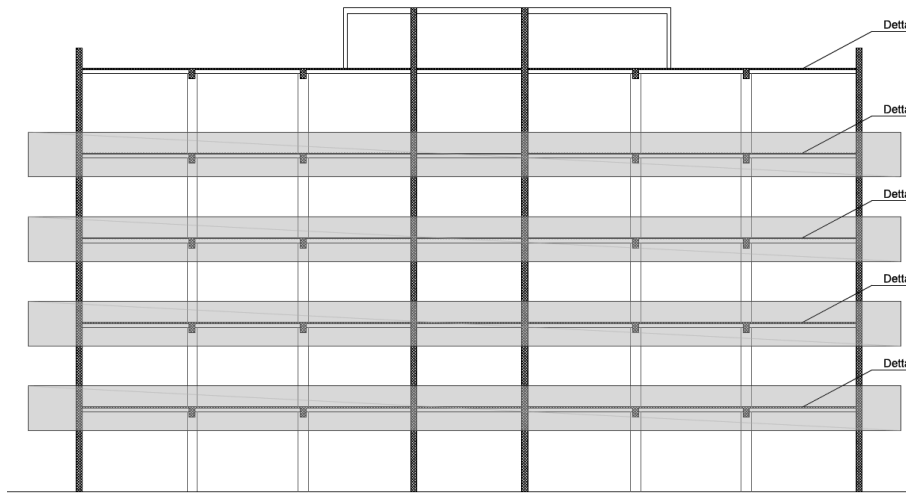
Tipologia strutturale/regolarità

- ❑ Per **strutture complesse, irregolari in pianta e/o molto estese** lungo una direzione, considerare **divisione in diversi corpi strutturali** (giunti se necessari. anche per la regolarità strutturale)
- ❑ Definire per ogni corpo strutturale una tipologia e un modello strutturale.
- ❑ Individuare le **travi princ.**, le **travi second.**, i **pilastri**, i **setti**, il **nucleo ascensore**, la **struttura delle scale** (trave a ginocchio o soletta), pianerottoli, balconi)
- ❑ **Assegnare agli elementi le geometrie delle sezioni (senza armature)** e materiali con **diverse rigidzze** per diversi stati di fessurazione.
- ❑ Si inizia con un **predimensionamento** degli elementi strutturali ma le geometrie possono essere modificate.

Predimensionamento

□ Predimensionamento elementi strutturali:

- Evitare elementi con luci piccole
- Rispettare i minimi norma per le sezioni in calcestruzzo (cls)
- Considerare i possibili problemi costruttivi (incastro armature, passaggio getto calcestruzzo, montaggio casseri, etc)



Predimensionamento

□ Predimensionamento elementi strutturali:

- **limitare le eccentricità** tra elementi (garantire buon incastro, evitare concentrazione, sollecitazioni “parassite”)
- Individuare **famiglie di sezioni** per gli elementi strutturali (es. Per travi a T con geometrie simili si assume una stessa sezione, etc)
- Garantire il **rispetto** della **gerarchia delle resistenze** (es pilastri più resistenti delle travi)

Materiali

□ Definire i materiali:

- Acciaio **B450C**
- Calcestruzzo (almeno classe **20/25** → $f_{ck} = 20 \text{ Mpa}$)
- ✓ Stessa resistenza a compressione per tutti gli elementi strutturali
- ✓ **modulo elastico diverso** in funzione del **grado di fessurazione atteso** per ogni elemento strutturale E in funzione dello stato limite considerato (SLV, SLD)
- **Cerniere plastiche travi:** molto fessurate, rigid. ridotta fino al 50%,
- **Pilastri** caricati da carico assiale: meno fessurati, riduzione all'80%,
- **Setti:** fessurati in funzione del carico assiale fino al 60%

Resistenza CLS

11.2.10.1 Resistenza a compressione

In sede di progetto si farà riferimento alla resistenza caratteristica a compressione su cubi R_{ck} così come definita nel § 11.2.1.

Dalla resistenza cubica si passerà a quella cilindrica da utilizzare nelle verifiche mediante l'espressione:

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} \quad (11.2.1)$$

Sempre in sede di previsioni progettuali, è possibile passare dal valore caratteristico al valor medio della resistenza cilindrica mediante l'espressione

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \quad [N/mm^2] \quad (11.2.2)$$

Modulo elastico CLS

11.2.10.3 Modulo elastico

Per modulo elastico istantaneo del calcestruzzo va assunto quello secante tra la tensione nulla e 0,40 f_{cm} , determinato sulla base di apposite prove, da eseguirsi secondo la norma UNI 6556:1976.

In sede di progettazione si può assumere il valore:

$$E_{cm} = 22.000 \cdot [f_{cm}/10]^{0,3} \quad [N/mm^2] \quad (11.2.5)$$

- ❑ Modello incastrato alla base in cui **le fondazioni vengono studiate separatamente**
- ❑ Solai → 2 opzioni alternative
 1. Impalcati controterra **considerati giuntati rispetto a setti e pilastri** (non si modella il solaio ed i pilastri e i setti arrivano in Fondazione)
 2. Impalcati piano terra sospesi con pilastri corti fino in fondazione da predimensionare con sezioni opportunamente più grandi per taglio alto cui sono soggetti
- ❑ Tessitura e geometrie solai (lunghezze e sezioni)
- ❑ Geometrie e disposizione di travi, pilastri, setti

Modello Sap 2000

definizione:

- ☐ **geometrie degli elementi (luci e sezioni)**
- ☐ **moduli elastici dei materiali**
- ☐ vincoli di piano rigido (diaframmi di piano - Diaphragm)
- ☐ corretto **incastro elementi** (nodi comuni frame, frame e shell, etc)
- ☐ le **masse strutturali (special joint,etc)**

Modello Sap2000

- ❑ Definire geometrie degli elementi (luci e sezioni):
 - **elementi frame** passanti per gli assi degli elementi
 - elementi **shell** per simulare **setti, solette scale, porzioni solaio** incastro scale frame e setti, etc

- ❑ In presenza di eccentricità tra assi elementi:
 - **Modeste** si trascurano nel modello
 - **Significative** le modelliamo con bracci rigidi

- ❑ Sezioni elementi definite per mezzo di un predimensionamento elemento per elemento.

Modello Sap2000: masse e vincoli

- ❑ **Modello dinamico struttura:** definire geometrie elementi (luci e sezioni), moduli elastici dei materiali e masse
- ❑ **Massa di piano concentrata:** Struttura a piani rigidi (tre gradi di libertà per piano, due traslazioni e una rotazione) con masse concentrate nei baricentri
- ❑ **Definizione dei vincoli** (diaframmi rigidi di piano, constraint body per coperture rigide, etc)

Modello Sap 2000 - criticità

❑ Individuare le criticità:

- eccentricità assi elementi troppo grandi
- problemi incastro armature
- elementi in falso
- luci troppo grandi, sbalzi eccessivi
- aperture troppo grandi
- concentrazione carichi
- sensibilità alla torsione
- setti troppo rigidi
- incertezze di modello

Modello SAP2000

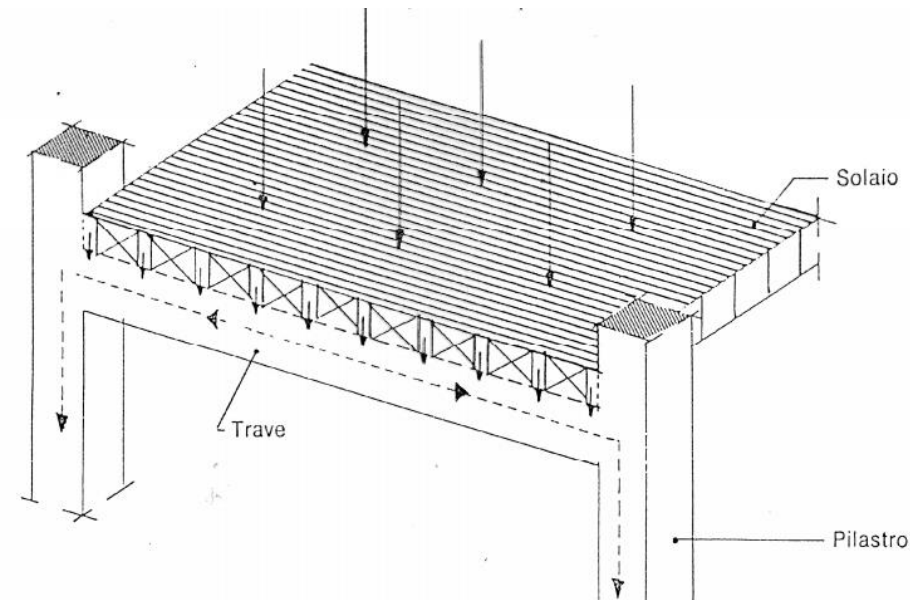
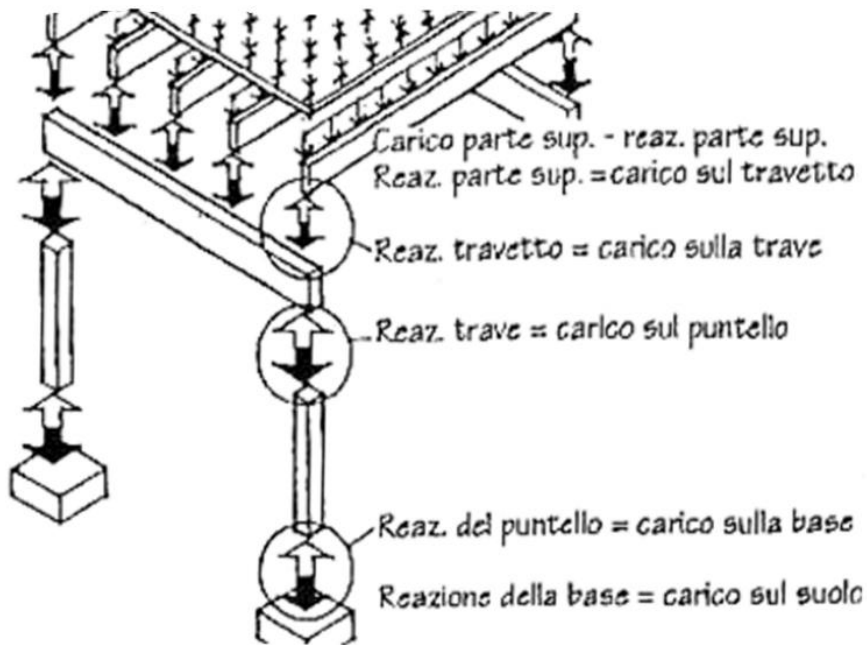
- ❑ Valutare i diversi **carichi elementari**. Tabella ordinata con **carichi permanenti, accidentali**:
 - Accidentali in funzione delle destinazioni d'uso
 - Permanenti elementi strutturali
 - Permanenti elementi non strutturali
 - Carico vento
 - Carico neve
- ❑ **Caricare la struttura** con carichi elementari
- ❑ Considerare le **possibili combinazioni dei carichi elementari** (scenari possibili di carico) allo SLU E SLE “sismico” e “non sismico”

Modello Sap2000: analisi carichi

- ❑ **Analisi dei carichi** (definisco carichi elementari su travi, pilastri, setti, etc)
- ❑ **Caricare la struttura** con carichi elementari
- ❑ Considerare le **possibili combinazioni dei carichi elementari** (scenari possibili di carico) allo SLU E SLE “sismico” e “non sismico”

Progetto struttura – percorso azioni

- ❑ **Percorso delle azioni:** le azioni dal solaio alla struttura. Le azioni sismiche nei baricentri di piano. Carico sulle travi nel modello; carico alcuni nodi per peso pilastri e setti.



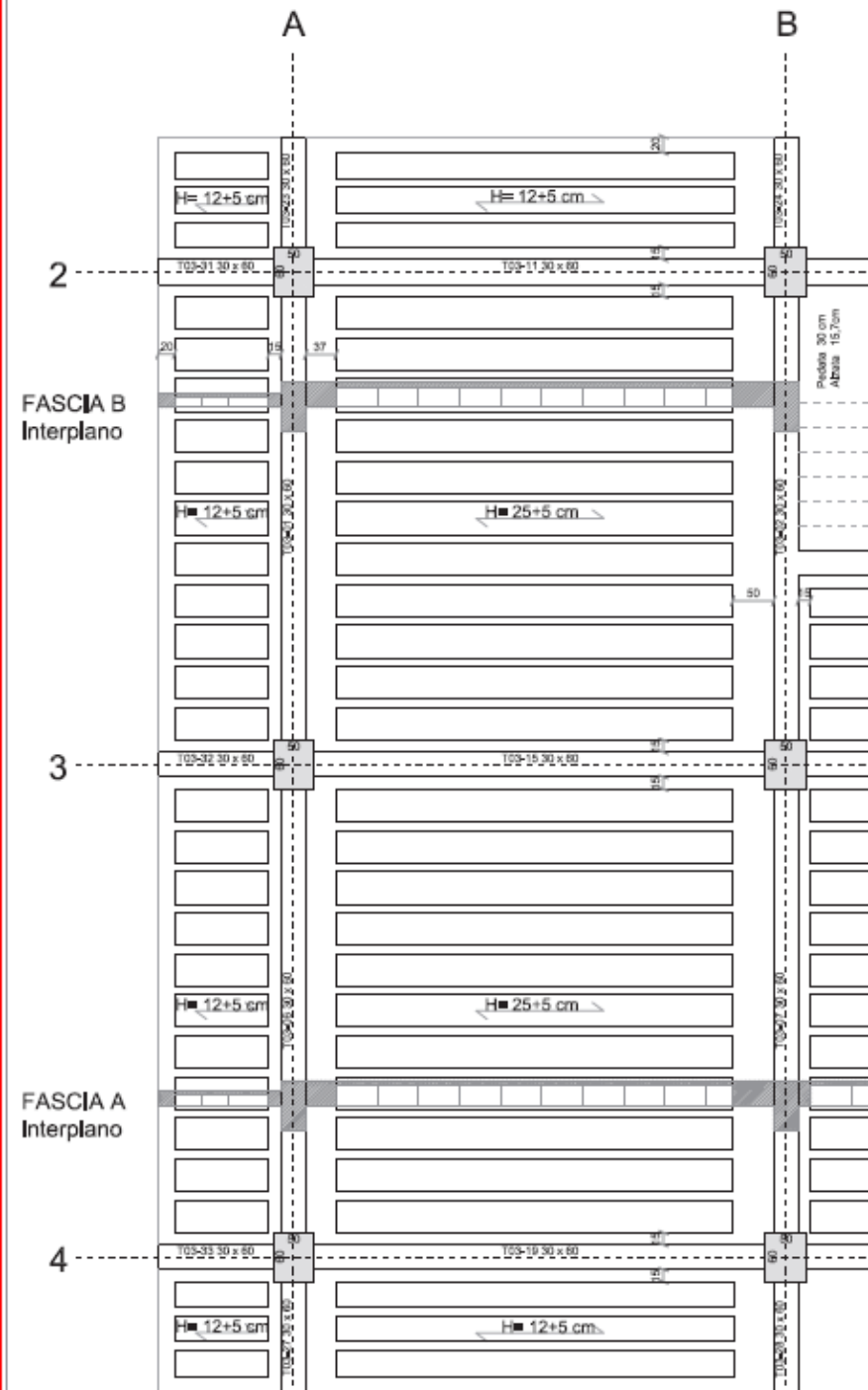
Progetto struttura

❑ Dal progetto dei solai sono noti:

- i carichi elementari g_{1k} , g_{2k} e q_k (KN/m²)
- le geometrie delle **fasce piene** (ali delle sezioni delle travi)
- **Travi principali**

□ Abbiamo inoltre definito:

- **Tamponature esterne**
- **piastre e solai** per i pianerottoli e i balconi a sbalzo da travi secondarie



Predimensionamento struttura

□ Minimi geometrici travi

7.4.6 DETTAGLI COSTRUTTIVI

Le indicazioni fornite nel seguito in merito ai dettagli costruttivi si applicano sia alle strutture in c.a. gettate in opera che alle strutture in c.a. prefabbricate. I dettagli costruttivi sono articolati in termini di:

- limitazioni geometriche
- limitazioni di armatura

7.4.6.1 Limitazioni geometriche

7.4.6.1.1 Travi

La larghezza b della trave deve essere $\geq 20 \text{ cm}$ e, per le travi basse comunemente denominate “a spessore”, deve essere non maggiore della larghezza del pilastro, aumentata da ogni lato di metà dell'altezza della sezione trasversale della trave stessa, risultando comunque non maggiore di due volte b_c , essendo b_c la larghezza del pilastro ortogonale all'asse della trave.

Il rapporto b/h tra larghezza e altezza della trave deve essere $\geq 0,25$.

Non deve esserci eccentricità tra l'asse delle travi che sostengono pilastri in falso e l'asse dei pilastri che le sostengono. Esse devono avere almeno due supporti, costituiti da pilastri o pareti. Le pareti non possono appoggiarsi in falso su travi o solette.

Predimensionamento struttura

□ Minimi geometrici pilastri, nodi e setti

7.4.6.1.2 *Pilastri*

La dimensione minima della sezione trasversale non deve essere inferiore a 250 mm.

256

7.4.6.1.3 *Nodi trave-pilastro*

Sono da evitare per quanto possibile eccentricità tra l'asse della trave e l'asse del pilastro concorrenti in un nodo. Nel caso che tale eccentricità superi $1/4$ della larghezza del pilastro la trasmissione degli sforzi deve essere assicurata da armature adeguatamente dimensionate allo scopo.

7.4.6.1.4 *Pareti*

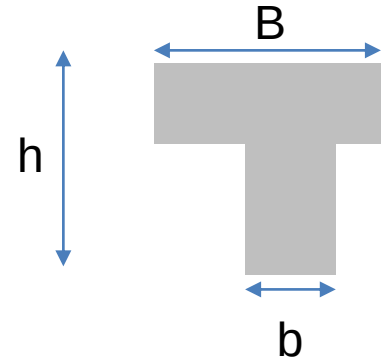
Lo spessore delle pareti deve essere non inferiore al valore massimo tra 150 mm, (200 mm nel caso in cui nelle travi di collegamento siano da prevedersi, ai sensi del § 7.4.4.6, armature inclinate), e $1/20$ dell'altezza libera di interpiano.

Possono derogare da tale limite, su motivata indicazione del progettista, le strutture a funzionamento scatolare ad un solo piano non destinate ad uso abitativo.

Devono essere evitate aperture distribuite irregolarmente, a meno che la loro presenza non venga specificamente considerata nell'analisi, nel dimensionamento e nella disposizione delle armature.

Predimensionamento struttura

□ Predimensionamento travi



- la dimensione della base (b) secondo minimi di norma
- La b dipende anche dal ricoprimento e interfero delle armature (devono essere garantiti. Attenzione a protezione staffe)
- Ali della sezione definite dalle fasce piene solai (attenzione, solo se necessarie)
- Altezze (h) delle sezioni in funzione dei carichi e della gerarchia delle resistenze con pilastri (vecchie regole per zona non sismica $h=l/12$ con l luce della trave viste in modo critico)

Predimensionamento struttura

□ Predimensionamento pilastri

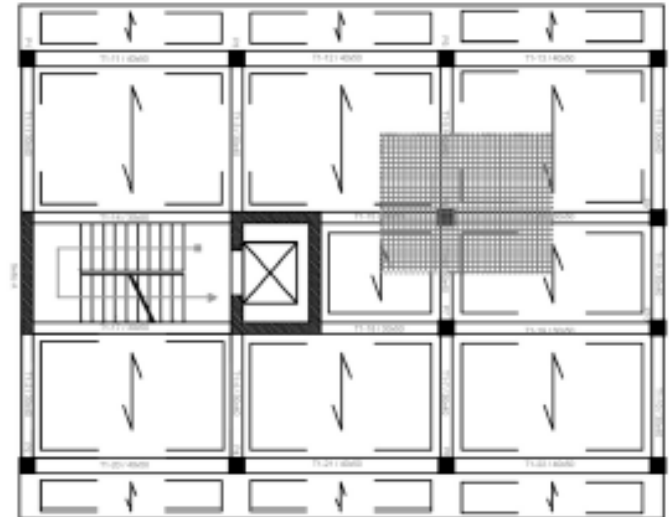
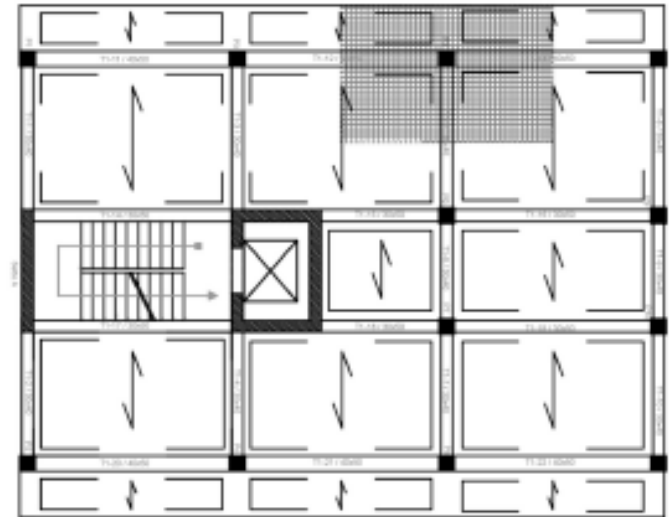
$$N_u = 0.8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd}$$

Predimensiono sezione base (vicino fondazione) di ogni pilastrata (Nd carichi di tutti i piani sopra; aree influenza)

- Trascuro contributo delle armature
- Sostituisco **0.8 con 0.6 o 0.7** (effetti momento)
- Nd carico SLU con coeff. tutti sfavorevoli (1.3; 1.5)

$$A_c = N_d / (0.7 \cdot f_{cd})$$

$$N_d = \sum_i (N_{di})$$



Predimensionamento struttura

☐ Predimensionamento pilastri (NTC2008)

7.4.4.2.2.1 Presso-flessione

Per le strutture in CD “B” ed in CD “A” la sollecitazione di compressione non deve eccedere, rispettivamente, il 65% ed il 55% della resistenza massima a compressione della sezione di solo calcestruzzo.

Ne da combo sismica: effetto carichi verticali g_{1k} g_{2k} e q_k da combo sismica è più modesto rispetto a SLU non sismico

Ma attenzione a carico verticale indotto da azione orizzontale sismica effetto tira e spingi (solo da combo sismica lo posso vedere)

- ☐ Peso proprio pilastri come forza concentrate alla base del pilastro per ogni piano (pilastro tra due piani)
- ☐ Ipotizzare per peso nel predimensionamento (N_d) una dimensione minima sezione pilastro 30 x 30 cm

Predimensionamento struttura

□ Predimensionamento scale

- Gradini con alzata e pedata opportune. Se travi a ginocchio: simili a travi ma **attenzione alla torsione** (armature longitudinali anche sui lati della trave)
- Se a soletta piena: soletta di almeno 15 o 20 cm di spessore ma attenzione anche al ricoprimento per due livelli di armature longitudinale più la trasversale
- Attenzione per una struttura di classe A di duttilità al progetto delle scale (travi scale progettate per possibili azioni elastiche. Forse altezze maggiori rispetto ad altre travi)

Predimensionamento struttura

□ Predimensionamento setti o pareti

- Setto con spessore tale da garantire due livelli di armature e ferri trasversali con opportuni ricoprimenti
- Setto con dimensioni tali da garantire buon collegamento con travi che in esso convergono
- Setto che porta non più del 35% del carico verticale sismico

7.4.6.2.4 Pareti

Le armature, sia orizzontali che verticali, devono avere diametro non superiore ad $1/10$ dello spessore della parete, devono essere disposte su entrambe le facce della parete, ad un passo non superiore a 30 cm, devono essere collegate con legature, in ragione di almeno nove ogni metro quadrato.

7.4.4.5.2.1 Presso-flessione

Per tutte le pareti, la forza normale di compressione non deve eccedere rispettivamente il 40% in CD''B'' e il 35% in CD''A'' della resistenza massima a compressione della sezione di solo calcestruzzo.

Predimensionamento struttura

- ❑ Peso proprio setti come forza concentrata alla base dei setti per ogni piano (parte sotto tra due piani)!!!! Carico i nodi delle shell!!!!

Predimensionamento struttura

❑ Predimensionamento Nodi

7.4.4.3 Nodi trave-pilastro

- ❑ Si definisce nodo la zona del pilastro che si incrocia con le travi ad esso concorrenti.
- ❑ La resistenza del nodo deve essere tale da assicurare che non pervenga alla rottura prima delle zone della trave e del pilastro ad esso adiacenti.
- ❑ Sono da evitare, per quanto possibile, eccentricità tra l'asse della trave e l'asse del pilastro concorrenti in un nodo.

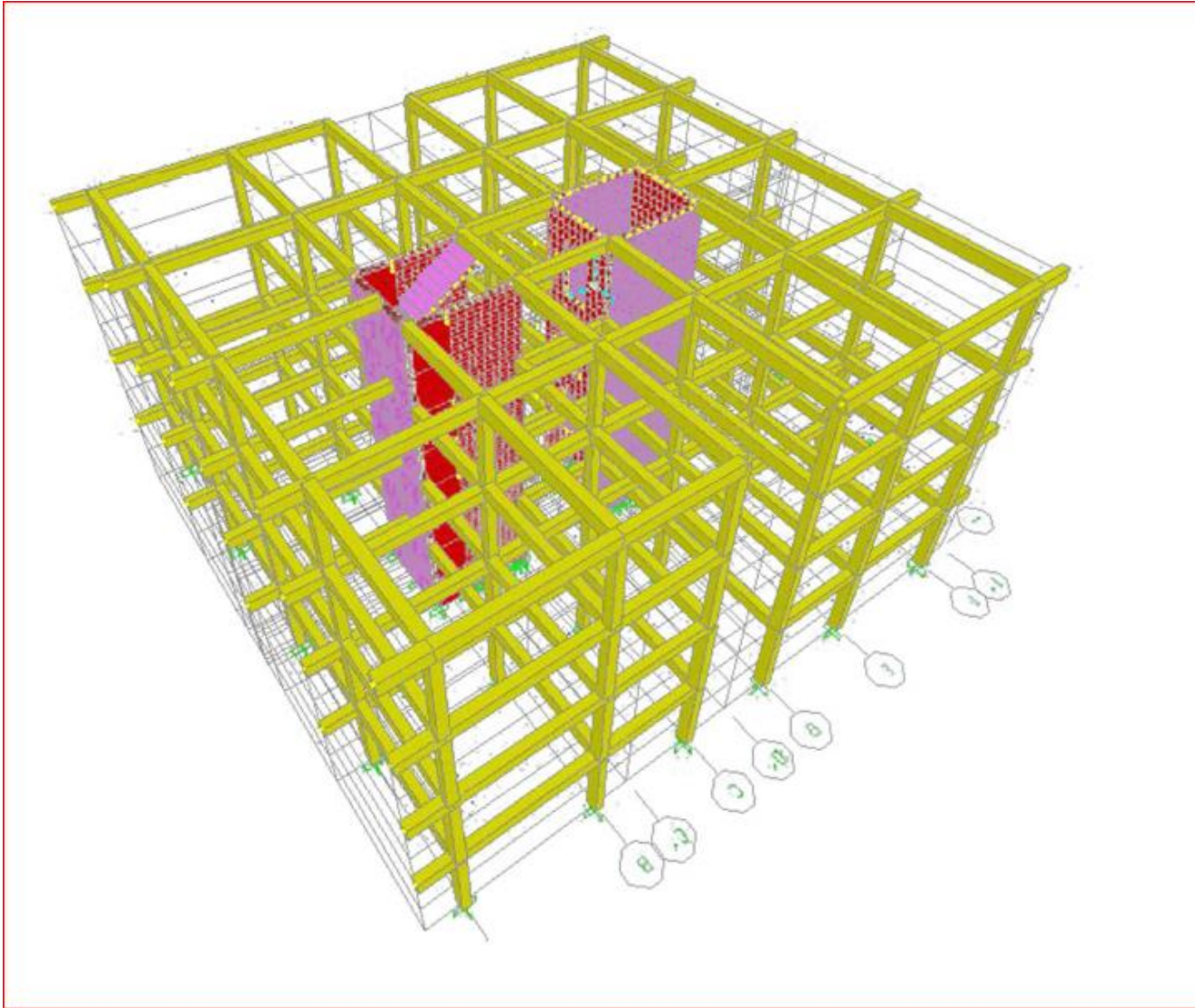
7.4.6.2.3 Nodi trave-pilastro

Indipendentemente da quanto richiesto dalla verifica nel § 7.4.4.3.1, lungo le armature longitudinali del pilastro che attraversano i nodi non confinati devono essere disposte staffe di contenimento in quantità almeno pari alla maggiore prevista nelle zone del pilastro inferiore e superiore adiacenti al nodo. Questa regola può non essere osservata nel caso di nodi interamente confinati.

Progetto struttura

- ☐ Individuare le “**aree di influenza**” per caricare le travi princ. e second. (ATTENZIONE questa è una delle possibili modellazioni. Ha pregi e difetti)
 - ☐ Le travi a **ginocchio** o con **balcone perpendicolare a tessitura solaio** hanno torsione distribuita
 - ☐ Calcolare **peso pilastri e setti** da mettere nei nodi alla base di questi elementi per ogni piano
 - ☐ Calcolare le **masse di piano** e la **posizione dei baricentri di piano** (analisi sismica e comportamento della struttura)
 - ☐ Modello 3D della struttura completo (scale, setti, nuclei ascensore...) in un programma agli elementi finiti ad es. SAP2000. “Modello a fil di ferro sulla base degli assi degli elementi” inserendo masse con gli special joint e simulando i vincoli di piano.
 - ☐ Piastre (setti, scale etc) modellate con delle shell!!!!
-

Progetto struttura



Progetto struttura

Paragrafi di interesse:

2 SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE

- 2.2 STATI LIMITE
- 2.4 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO CAP
- 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI
- 2.6 AZIONI NELLE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE

3 AZIONI SULLE COSTRUZIONI

- 3.1 OPERE CIVILI E INDUSTRIALI (definizione dei carichi)
- 3.2 AZIONE SISMICA
 - 3.2.1 STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO
 - 3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE
 - Categorie di sottosuolo
 - 3.2.3 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA
 - 3.2.4 COMBINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA CON LE ALTRE AZIONI

7 PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE

- 7.1 REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE
- 7.2 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE
 - 7.2.2 CARATTERISTICHE GENERALI DELLE COSTRUZIONI
 - 7.2.6 CRITERI DI MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E AZIONE SISMICA
- 7.3 METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA
 - 7.3.3 ANALISI LINEARE DINAMICA O STATICA
 - 7.3.3.1 Analisi lineare dinamica
 - 7.3.3.2 Analisi lineare statica
 - 7.3.3.3 Valutazione degli spostamenti
 - 7.3.4 ANALISI NON LINEARE STATICA O DINAMICA
 - 7.3.5 RISPOSTA ALLE DIVERSE COMPONENTI DELL'AZIONE SISMICA ED ALLA VARIABILITÀ SPAZIALE DEL MOTO
 - 7.3.6 CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI
 - 7.3.7 CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO
- 7.4 COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO

Sito Consiglio Superiore Lavori Pubblici:

<http://www.cslp.it/>

Occorre considerare anche:

Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Normativa di riferimento: NTC 2008

Progetto struttura: carichi

2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

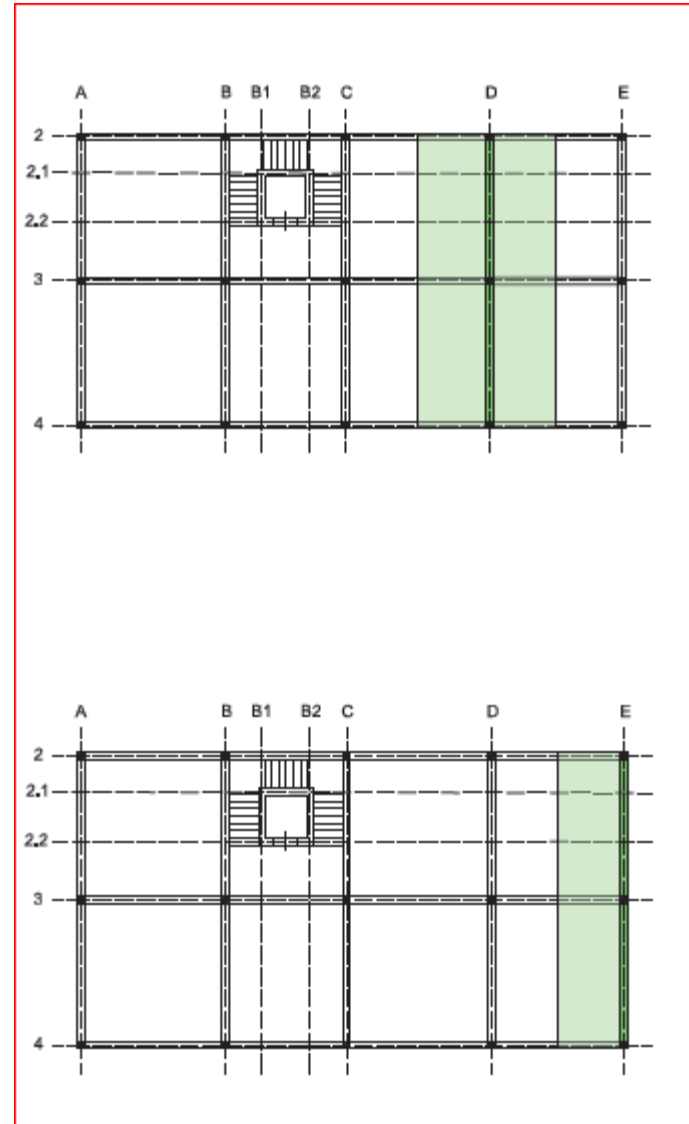
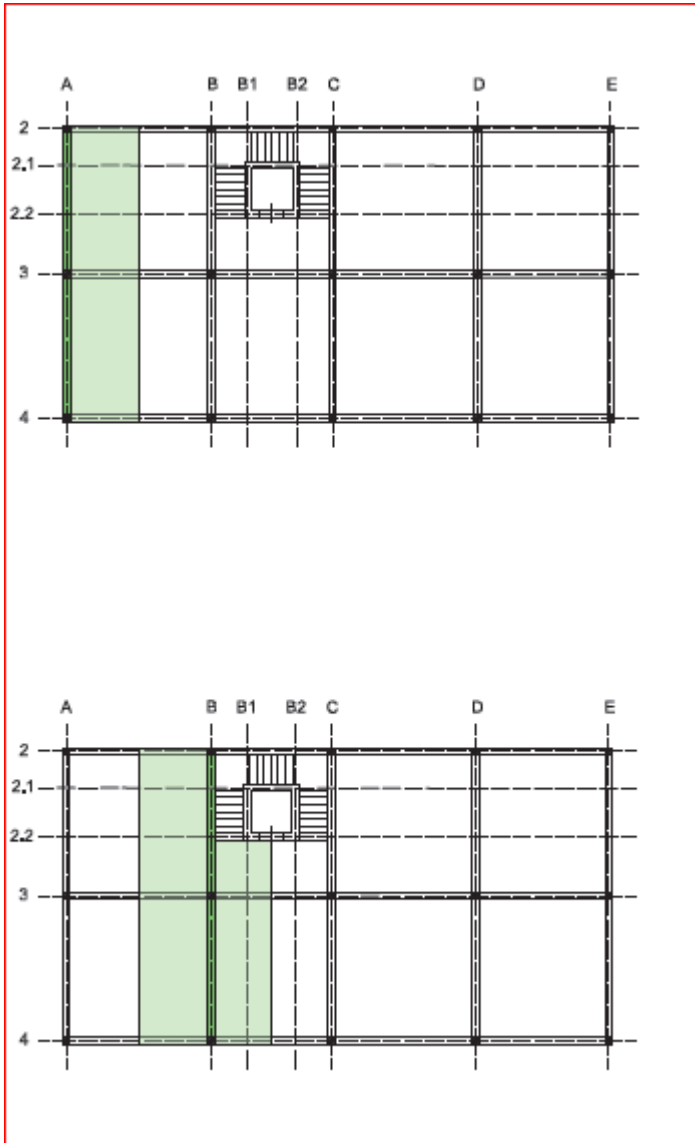
$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

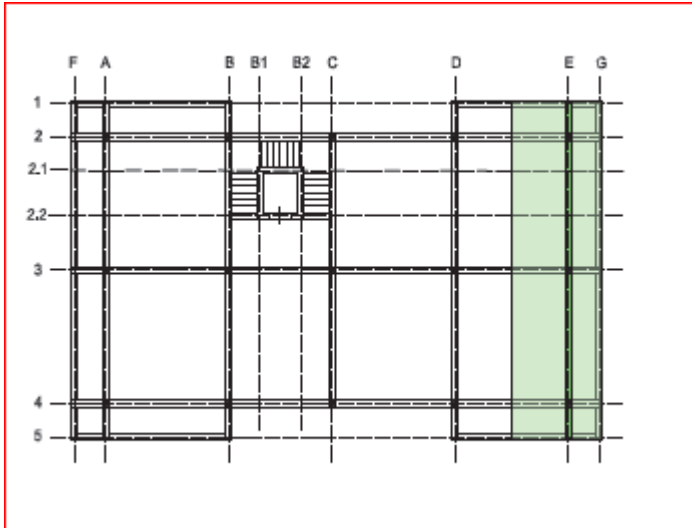
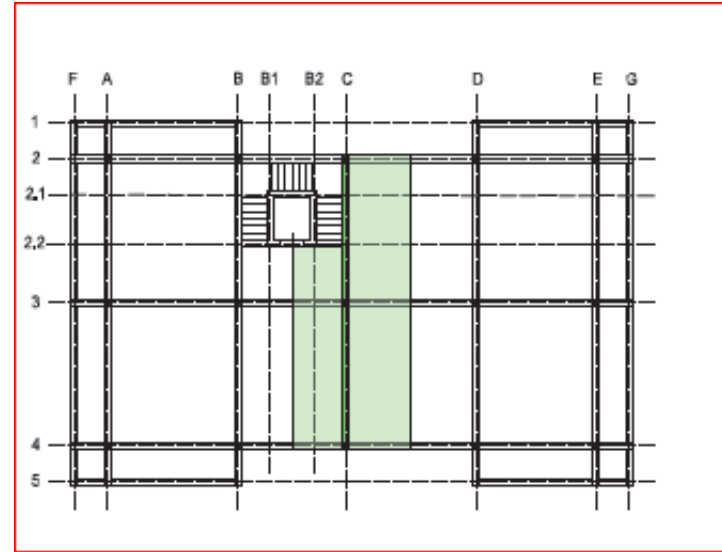
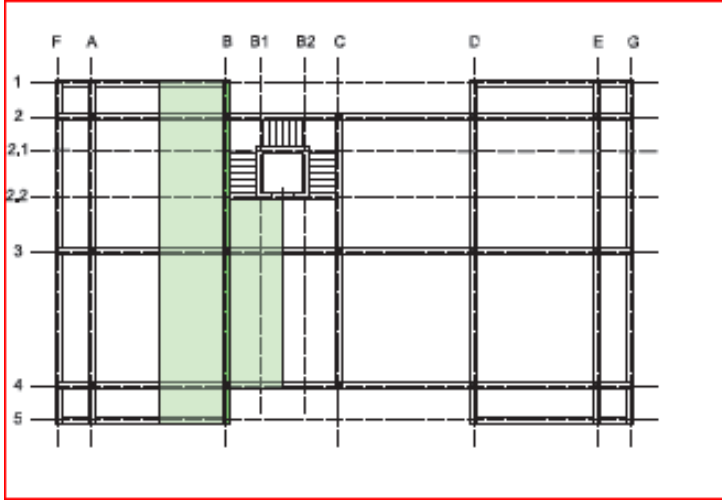
2 combinazioni a scacchiera e 1 combinazione “tutto caricato” per i carichi verticali (SLU e SLE hanno diversi coeff.)

“Tutto caricato” per i carichi verticali sismici (coeff. carichi sismici) “+” E ossia diverse combinazioni per le azioni orizzontali sismiche (sistema di forze orizzontali lungo x e y nel piano orizzontale)

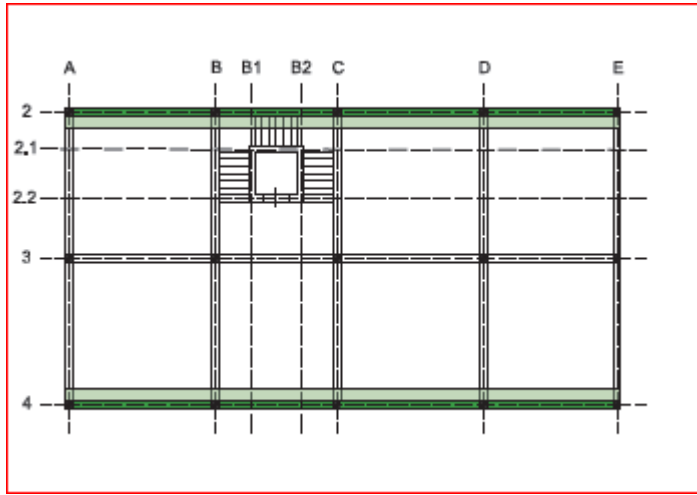
Progetto struttura: carichi travi principali



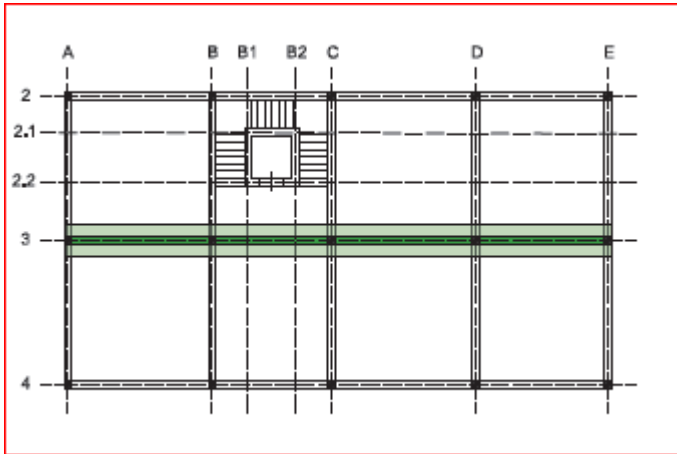
Progetto struttura: carichi travi principali



Progetto struttura: carichi travi secondarie

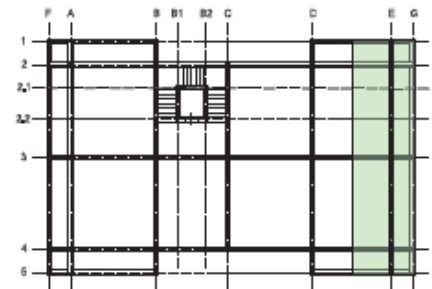


❑ Fascia di solaio da 50cm per lato, eventuali tamponature esterne e balconi



Progetto struttura: carichi travi secondarie

PIANO PRIMO E SECONDO								
TRAVE PRINCIPALE E								
n° 05, 10		L (m)	Pu (kNm)	P (kNm)	Y (fav)	Y (sfav)	Pd (fav)	Pd (sfav)
Carichi permanenti								
Gk1 solaio interpiano		2,61	4,1	10,701	1	1,3	10,701	13,9113
Gk2 solaio interpiano		2,75	2,68	7,37	1	1,5	7,37	11,055
Gk1 solaio balcone		1,35	4,1	5,535	1	1,3	5,535	7,1955
Gk2 solaio balcone		1,65	2,68	4,422	1	1,5	4,422	6,633
Fascia piena		0,39	25	9,75	1	1,3	9,75	12,675
Peso proprio trave		0,15	25	3,75	1	1,3	3,75	4,875
Tamponature				9,62	1	1,5	9,62	14,43
TOT							51,148	70,7748
Carichi variabili								
Qk solaio interpiano		2,6	2	5,2	0	1,5	0	7,8
Qk solaio balcone		1,5	4	6	0	1,5	0	9
TOT								16,8
n° 26, 30		L (m)	Pu (kNm)	P (kNm)	Y (fav)	Y (sfav)	Pd (fav)	Pd (sfav)
Carichi permanenti								
Gk1 solaio interpiano		0	4,1	0	1	1,3	0	0
Gk2 solaio interpiano		0	2,68	0	1	1,5	0	0
Gk1 solaio balcone		3,71	4,1	15,211	1	1,3	15,211	19,7743
Gk2 solaio balcone		4,4	2,68	11,792	1	1,5	11,792	17,688
Fascia piena		0,39	25	9,75	1	1,3	9,75	12,675
Peso proprio trave		0,075	25	1,875	1	1,3	1,875	2,4375
Tamponature				0	1	1,5	0	0
TOT							38,628	52,5748
Carichi variabili								
Qk solaio interpiano		0	2	0	0	1,5	0	0
Qk solaio balcone		4,4	4	17,6	0	1,5	0	26,4
TOT								26,4



Progetto struttura

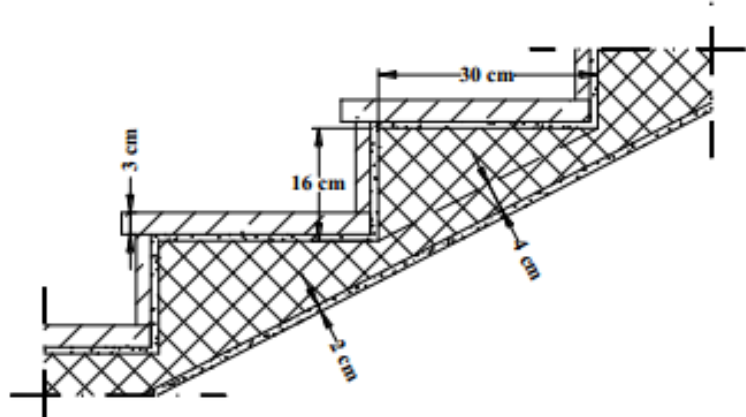


Fig. 2.7 Schema della scala

Prospetto 2.7 Peso proprio della scala (carichi strutturali)

gradini	$[0,5 \cdot (0,16 \cdot 0,30)] \cdot 25 / 0,30$	2,00 kN/m ²
soletta	$0,04 \cdot 25$	1,00 kN/m ²
Totale peso proprio strutturale		3,00 kN/m²

Prospetto 2.8 Peso proprio della scala (carichi non strutturali)

intonaco	$0,02 \cdot 18$	0,36 kN/m ²
marmo (3 cm)		0,80 kN/m ²
Totale peso proprio non strutturale		1,16 kN/m²

Approssimativamente si assume il peso dei pianerottoli eguale a quello delle rampe.

Progetto struttura

- ❑ **Attenzione a considerare aperture nelle tamponature per finestre e porte.** Il carico delle tamponature è più basso. Si considera una **percentuale del carico** per tamponatura alta quanto interpiano!
 - ❑ **Attenzione tamponature scale.** Parte su trave di piano e parte su trave a ginocchio (stesso per soletta)
 - ❑ **Pesi propri pilastri e setti alla base di questi elementi** come forze concentrate
 - ❑ **Non vanno caricati i baricentri di piano.** In questi punti va messa solo la massa.
-

Progetto struttura

❑ **Analisi allo SLU non sismica:**

- carichi verticali (G_1, G_2, Q), neve, vento moltiplicati per gli opportuni coeff. per lo SLU secondo Norma Tecnica Nazionale (NTC)
- Combinazioni: 2 comb. a scacchiera e 1 comb. tutto caricato

❑ **Analisi allo SLE non sismica:**

- carichi verticali (G_1, G_2, Q), neve, vento moltiplicati per gli opportuni coeff. per lo SLE secondo NTC
 - Combinazioni: 2 comb. a scacchiera e 1 comb. tutto caricato
-

Progetto struttura

❑ Analisi allo SLU sismica:

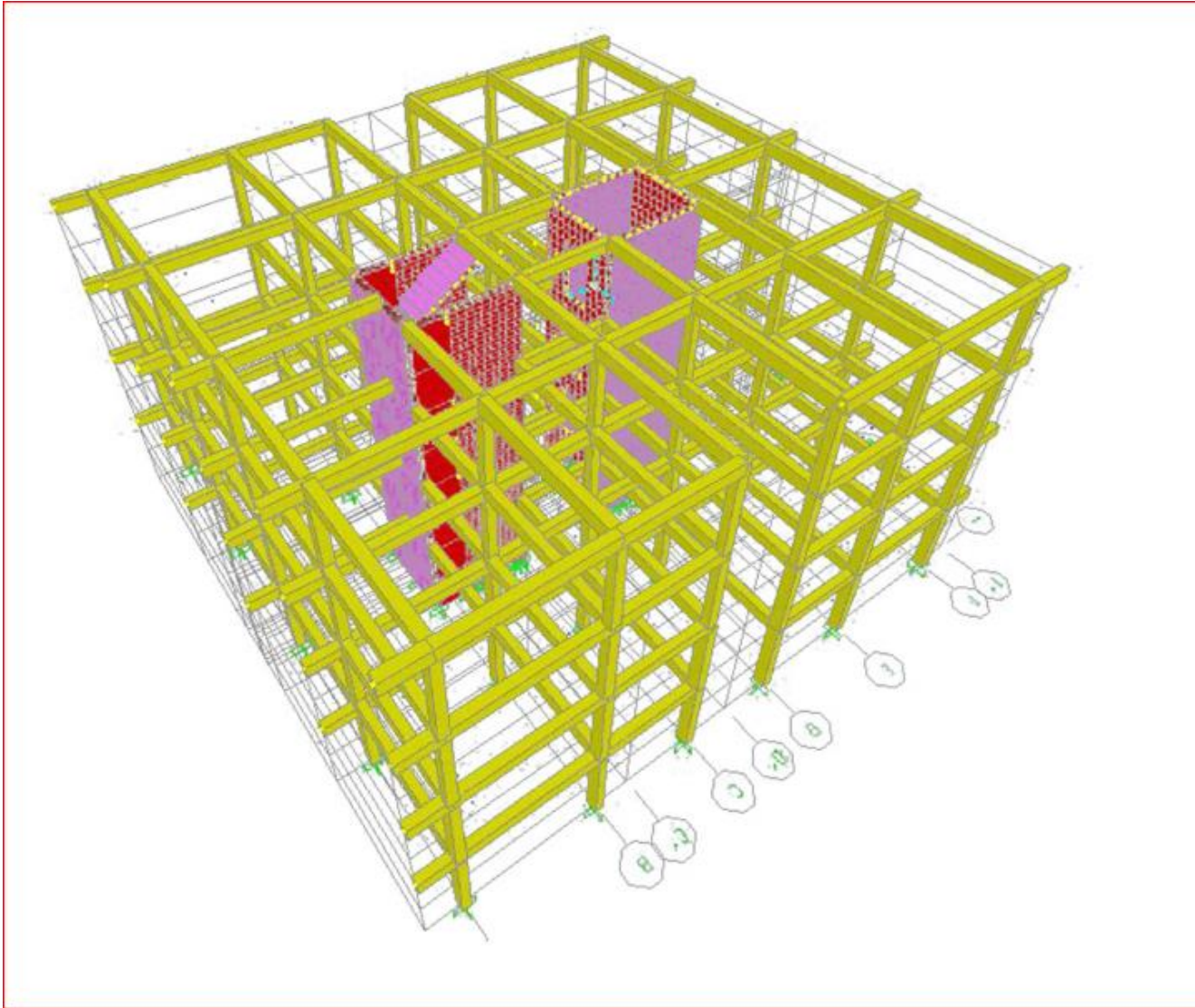
- I carichi verticali (G_1, G_2, Q) sono moltiplicati per gli opportuni coeff. per lo **SLU SISMICO** secondo NTC2008
 - I **carichi verticali della comb. sismica** sono applicati sempre su tutti gli elementi senza combinazioni a scacchiera
 - Le **azioni orizzontali** sono calcolate per ogni piano lungo due direzioni orizzontali x e y in funzione della massa di piano e della accelerazione letta sullo spettro di progetto allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV)
 - Le combinazioni sismiche per lo SLV hanno in comune i carichi verticali sismici applicati su tutti gli elementi ma hanno forze orizzontali lungo x e y combinate in modo diverso
-

Progetto struttura

☐ Analisi allo SLE sismica:

Carichi verticali sismici tutto caricato + combinazione azioni orizzontali ma si usa lo spettro allo stato limite di danno SLD

Progetto struttura



Progetto struttura

❑ ESEMPI SAP2000

- CONSTRAIN DI PIANO (SIMULARE PIANO SOLAIO RIGIDO)
- SPECIAL JOINT (PER APPLICARE MASSE NEI BARICENTRI)
- SHELL (PIASTRE E SETTI)

Progetto struttura

Progettazione Strutturale - Prof. Camillo Nuti

 Ricerca

[Comunicazioni del docente](#) [Progetti AA14-15](#) [Progetti AA13-14](#) [Progetti Anni Prec.](#) [FAQ](#) [Dispense & Download](#) [MICA](#)

[Chi siamo](#)

Accesso utente

Nome utente: *

Password: *

[Crea nuovo profilo](#)
[Richiedi una nuova password](#)

Navigazione

- ◊ [Contenuti recenti](#)
- ▷ [Aggregatore di feed](#)

[Home](#) » [ProgettazioneStrutturale](#) » [FAQ](#)

8) Come creare il diaframma per l'impalcato rigido

Lun, 19/11/2012 - 18:26 | by [Alessandro Bergami](#)

A ciascun livello, colfine di simulare la presenza di un solaio infinitamente rigido nel suo piano, possiamo imporre un vincolo numerico.

Nel SAP2000 seleziono tutti i nodi interessati, assign, joint, constraint, diaphragm (creo un nuovo diaframma con asse ortogonale al piano del solaio, in genere Z).

NB avremo un diaphragm diverso per ciascun livello. Il constraint di impalcato rigido include eventuali special joints in cui concentriamo la massa

[◀ 9\) Come calcolare il carico dei tramezzi](#)

[7\) Come determinare la lunghezza di sovrapposizione delle barre di armatura ▶](#)

[Blog di Alessandro Bergami](#)  [Versione stampabile](#) [Send by email](#)

Tags: [FAQ](#)

IN EVIDENZA

SELEZIONE ARTICOLI

si selezionano articoli da pubblicare sulla rivista on-line INGENIO (www.ingenio-web.it)

MASTER MICA

Master Universitario
di II livello

Innovazione nella Progettazione, Riabilitazione e Controllo
delle Strutture Valutazione e Adeguamento in Zona Sismica
11^a edizione



Progetto struttura

Progettazione Strutturale - Prof. Camillo Nuti

 Ricerca

[Comunicazioni del docente](#) [Progetti AA14-15](#) [Progetti AA13-14](#) [Progetti Anni Prec.](#) [FAQ](#) [Dispense & Download](#) [MICA](#)

[Chi siamo](#)

Davide Lavorato

- [Profilo utente](#)
- [Contenuti recenti](#)
- ▷ [Crea contenuto](#)
- ▷ [Aggregatore di feed](#)
- ▷ [Amministra](#)
- [Esci](#)

[Home](#) » [ProgettazioneStrutturale](#) » [materiali](#)

Dispensa baricentro delle masse

Mostra

[Modifica](#)

[Struttura](#)

Allegato

Dimensione

Dispensa baricentro delle masse.pdf

42.98 KB

[◀ SISMICAD LINK versione aggiornata](#)

[Dispensa calcolo incidenza tamponatura ▶](#)

 [Versione stampabile](#) [Send by email](#)

Tags: [materiali](#)

IN EVIDENZA

SELEZIONE ARTICOLI

si selezionano articoli da pubblicare sulla rivista on-line INGENIO

www.ingenio-web.it 

MASTER MICA



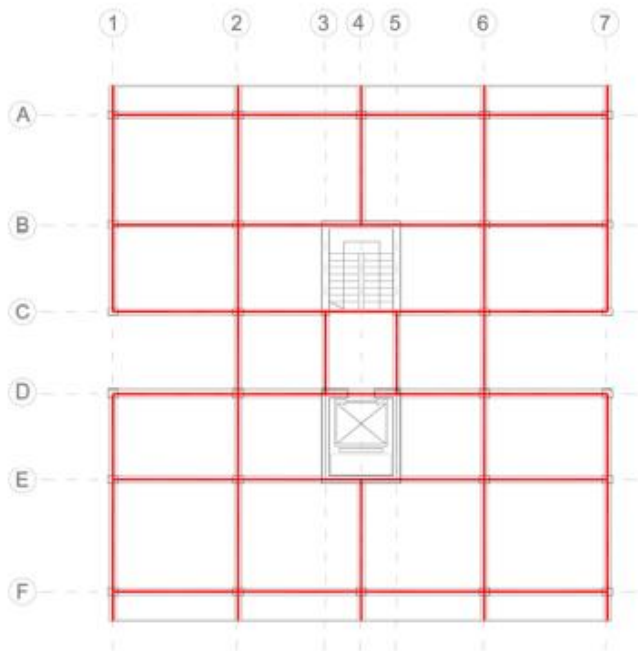
Progetto struttura: SLU NON SISMICO

C1 = "scacchiera 1" telaio tutto caricato (coefficienti delle azioni sfavorevoli)

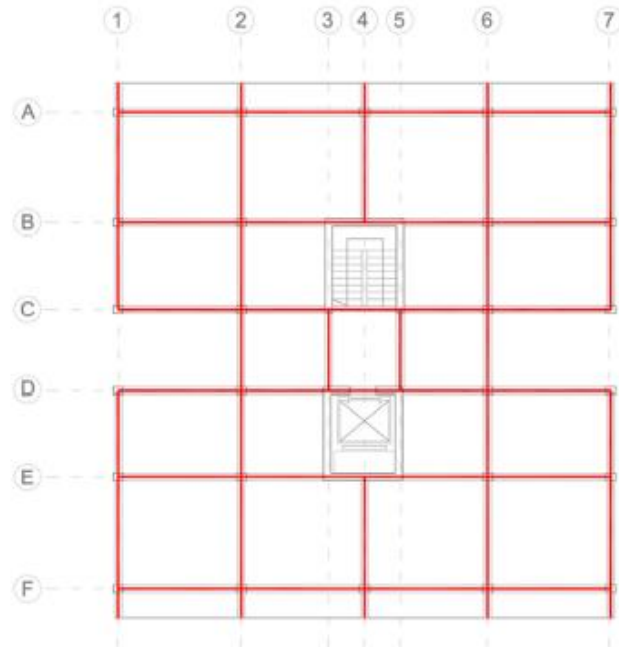
C2 = "scacchiera 2" (azioni favorevoli e sfavorevoli alternate)

C3 = "scacchiera 3" (azioni favorevoli e sfavorevoli alternate)

Scacchiera 1 (C1)



Piano 1 e 3



Piano 2 e copertura

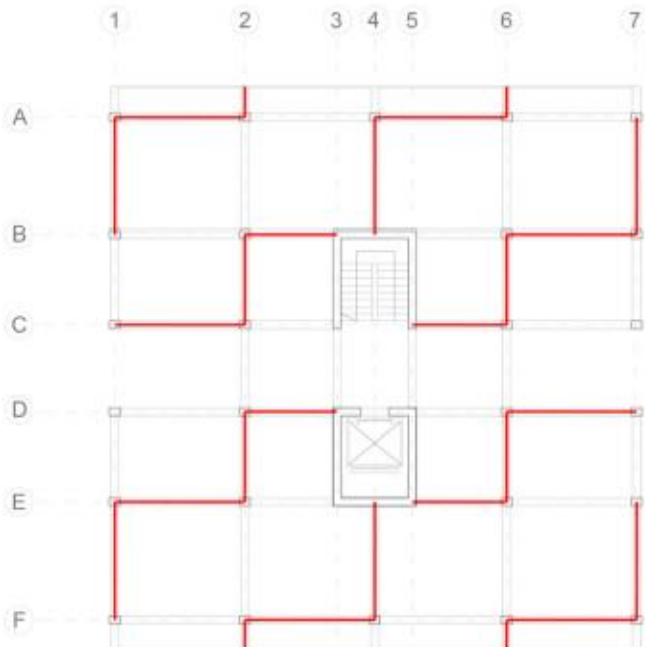
Progetto struttura: SLU NON SISMICO

C1 = "scacchiera 1" telaio tutto caricato (coefficienti delle azioni sfavorevoli)

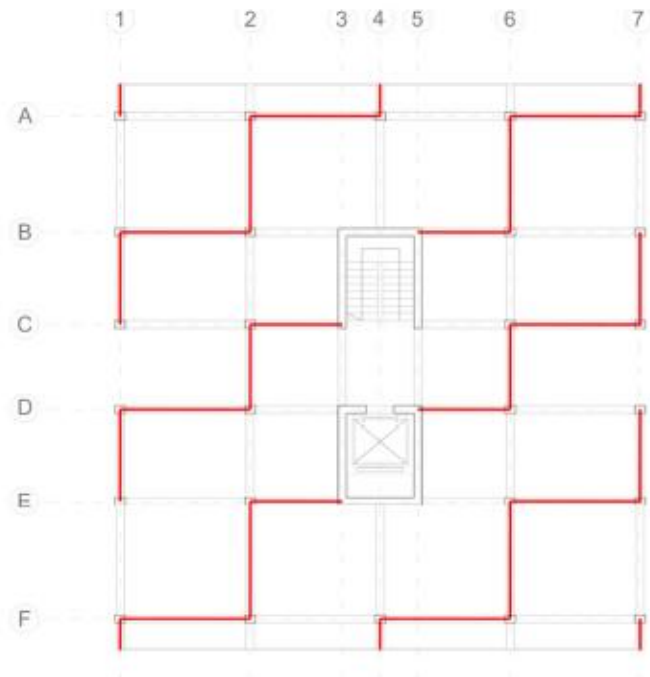
C2 = "scacchiera 2" (azioni favorevoli e sfavorevoli alternate)

C3 = "scacchiera 3" (azioni favorevoli e sfavorevoli alternate)

Scacchiera 2 (C2)



Piano 1 e 3



Piano 2 e copertura

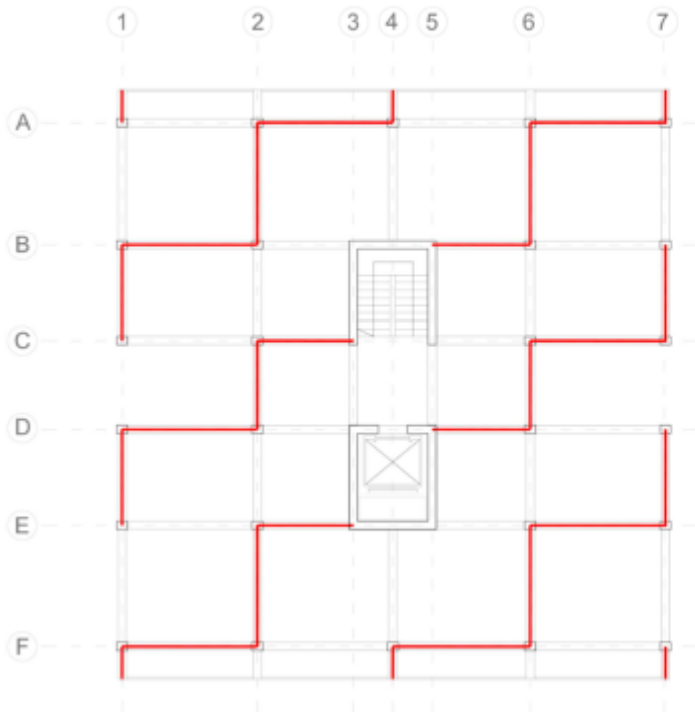
Progetto struttura: SLU NON SISMICO

C1 = "scacchiera 1" telaio tutto caricato (coefficienti delle azioni sfavorevoli)

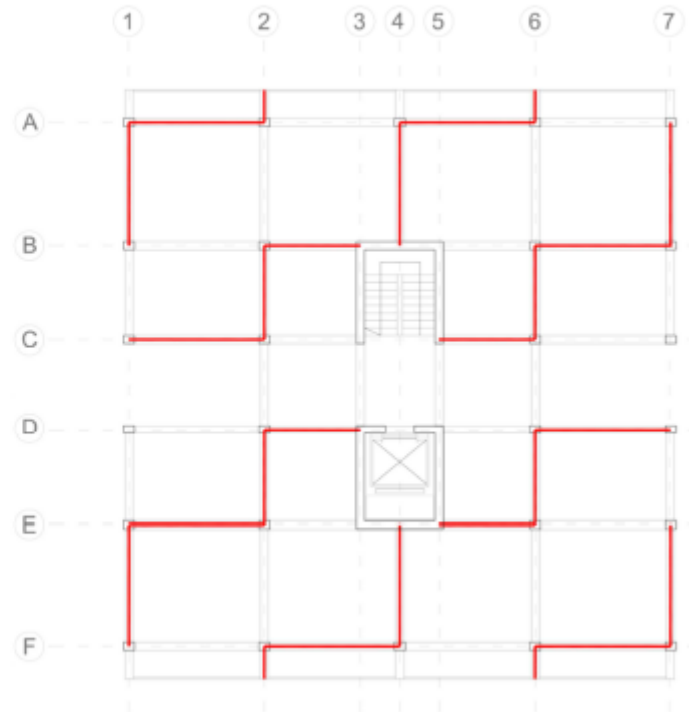
C2 = "scacchiera 2" (azioni favorevoli e sfavorevoli alternate)

C3 = "scacchiera 3" (azioni favorevoli e sfavorevoli alternate)

Scacchiera 3 (C3)



Piano 1 e 3



Piano 2 e copertura

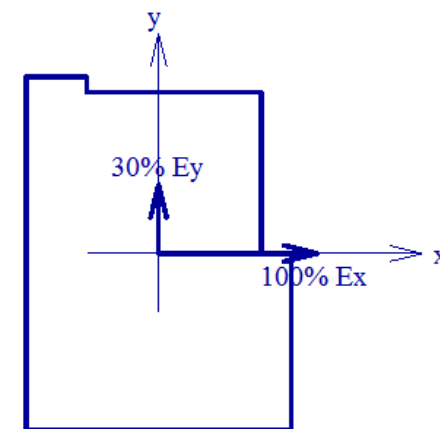
Progetto struttura: ANALISI SISMICA

7.3.5 RISPOSTA ALLE DIVERSE COMPONENTI DELL'AZIONE SISMICA ED ALLA VARIABILITÀ SPAZIALE DEL MOTO

Se la risposta viene valutata mediante analisi statica o dinamica in campo lineare, essa può essere calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti; la risposta a ciascuna componente, ove necessario (v. § 3.2.5.1), è combinata con gli effetti pseudo-statici indotti dagli spostamenti relativi prodotti dalla variabilità spaziale della componente stessa, utilizzando la radice quadrata della somma dei quadrati. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati successivamente, applicando la seguente espressione:

$$1,00 \cdot E_x + 0,30 \cdot E_y + 0,30 \cdot E_z \quad (7.3.15)$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi. La componente verticale verrà tenuta in conto ove necessario (v. § 7.2.1).



Es. di una delle possibili combinazioni

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

3.2.4 COMBINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA CON LE ALTRE AZIONI

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 e che qui si riporta:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad (3.2.16)$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

Progetto struttura: ANALISI SISMICA

7.2 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE

7.2.1 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

Le costruzioni devono essere dotate di sistemi strutturali che garantiscano rigidezza e resistenza nei confronti delle due componenti ortogonali orizzontali delle azioni sismiche. La componente verticale deve essere considerata solo in presenza di elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, elementi precompressi (con l'esclusione dei solai di luce inferiore a 8 m), elementi a mensola di luce superiore a 4 m, strutture di tipo spingente, pilastri in falso, edifici con piani sospesi, ponti, costruzioni con isolamento nei casi specificati in § 7.10.5.3.2 e purché il sito nel quale la costruzione sorge non ricada in zona 3 o 4. Nei casi precisati in § 3.2.5.1 si deve inoltre tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico. Si deve tenere infine conto degli effetti torsionali che si accompagnano all'azione sismica. A tal fine gli orizzontamenti, ove presenti, devono essere dotati di rigidezza e resistenza tali da metterli in grado di trasmettere le forze scambiate tra i diversi sistemi resistenti a sviluppo verticale.

Il sistema di fondazione deve essere dotato di elevata rigidezza estensionale nel piano orizzontale e di adeguata rigidezza flessionale. Deve essere adottata un'unica tipologia di fondazione per una data struttura in elevazione, a meno che questa non consista di unità indipendenti. In particolare, nella stessa struttura deve essere evitato l'uso contestuale di fondazioni su pali o miste con fondazioni superficiali, a meno che uno studio specifico non ne dimostri l'accettabilità o che si tratti di un ponte.

**Spettro per la componente
verticale dell'azione sismica**

Progetto struttura: ANALISI SISMICA

3.2.4 COMBINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA CON LE ALTRE AZIONI

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 e che qui si riporta:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad (3.2.16)$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

23

Calcolo delle masse di piano e della posizione dei baricentri di piano

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} . \quad (3.2.17)$$

I valori dei coefficienti ψ_{2j} sono riportati nella Tabella 2.5.I

Nel caso dei ponti, nelle espressioni 3.2.16 e 3.2.17 si assumerà per i carichi dovuti al transito dei mezzi $\psi_{2j} = 0,2$, quando rilevante.

Progetto struttura: ANALISI SISMICA

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} .$$

(3.2.17)

Calcolo delle masse di piano e della posizione dei baricentri di piano

I valori dei coefficienti ψ_{2j} sono riportati nella Tabella 2.5.I

Nel caso dei ponti, nelle espressioni 3.2.16 e 3.2.17 si assumerà per i carichi dovuti al transito dei mezzi $\psi_{2j} = 0,2$, quando rilevante.

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

Nelle formule sopra riportate il simbolo + vuol dire *combinato con*.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Progetto struttura

Prospetto 2.10 Peso sismico del primo livello

Solaio	$W_{\text{solaio}} = \text{sup}_{\text{solaio}} \cdot w_{\text{solaio}} = 336 \cdot 6,21$	2087 kN
Balcone	$W_{\text{balcone}} = \text{sup}_{\text{balconi}} \cdot w_{\text{balcone}} = 50,0 \cdot 6,81$	340 kN
Scala	$W_{\text{scala}} = \text{sup}_{\text{scala}} \cdot w_{\text{scala}} = 18,9 \cdot 6,56$	124 kN
Tampon.	$W_{\text{tamponature}} = I_{\text{tamp}} \cdot \Sigma l_i = 5,40 \cdot 78,80$	425 kN
Travi	$W_{\text{travi}} = I_{\text{travi}} \cdot \Sigma l_i = 3,46 \cdot 69,30 + 3,70 \cdot 96,40 + 2,25 \cdot 13,40$	626 kN
Pilastri	$W_{\text{pilastri}} = n_{\text{pil}} \cdot I_{\text{pilastri}} \cdot h_{\text{pil}} = 24 \cdot [4,13 \cdot (4/2 + 3,2/2)]$	356 kN
TOT		3958 kN

Per ciascun livello, le *masse* si calcolano dai *pesi sismici* dividendoli per l'accelerazione di gravità $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; le masse associate agli spostamenti lungo X e Y sono ovviamente uguali. La massa associata al grado di libertà rotazionale è data dal prodotto delle masse per il quadrato del raggio di inerzia ρ^2 . Tali quantità sono assegnate direttamente al baricentro del relativo livello, coerentemente con l'ipotesi di impalcato infinitamente rigido.

Il *raggio di inerzia* ρ è calcolato assumendo tutte le masse spalmate uniformemente sulla superficie dell'edificio, la quale è assunta rettangolare e di $16,40 \times 25,40 \text{ m}$; conseguentemente, accettando tale approssimazione, risulta:

$$\rho = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{12}} \Rightarrow \rho^2 = \frac{a^2 + b^2}{12} = \frac{16,4^2 + 25,4^2}{12} = 76,2 \text{ m}^2$$

con a e b dimensioni della proiezione verticale dell'edificio.

Prospetto 2.11 Masse ai vari impalcati

	$W \text{ (kN)}$	$M = W / g \text{ (t)}$	$I_p = M \rho^2 \text{ (t} \cdot \text{m}^2 \text{)}$
1° livello	3958	404	30738
2° livello	3783	386	29372
3° livello	3701	377	28741
4° livello	3299	336	25614

Calcolo delle masse di piano

Progetto struttura

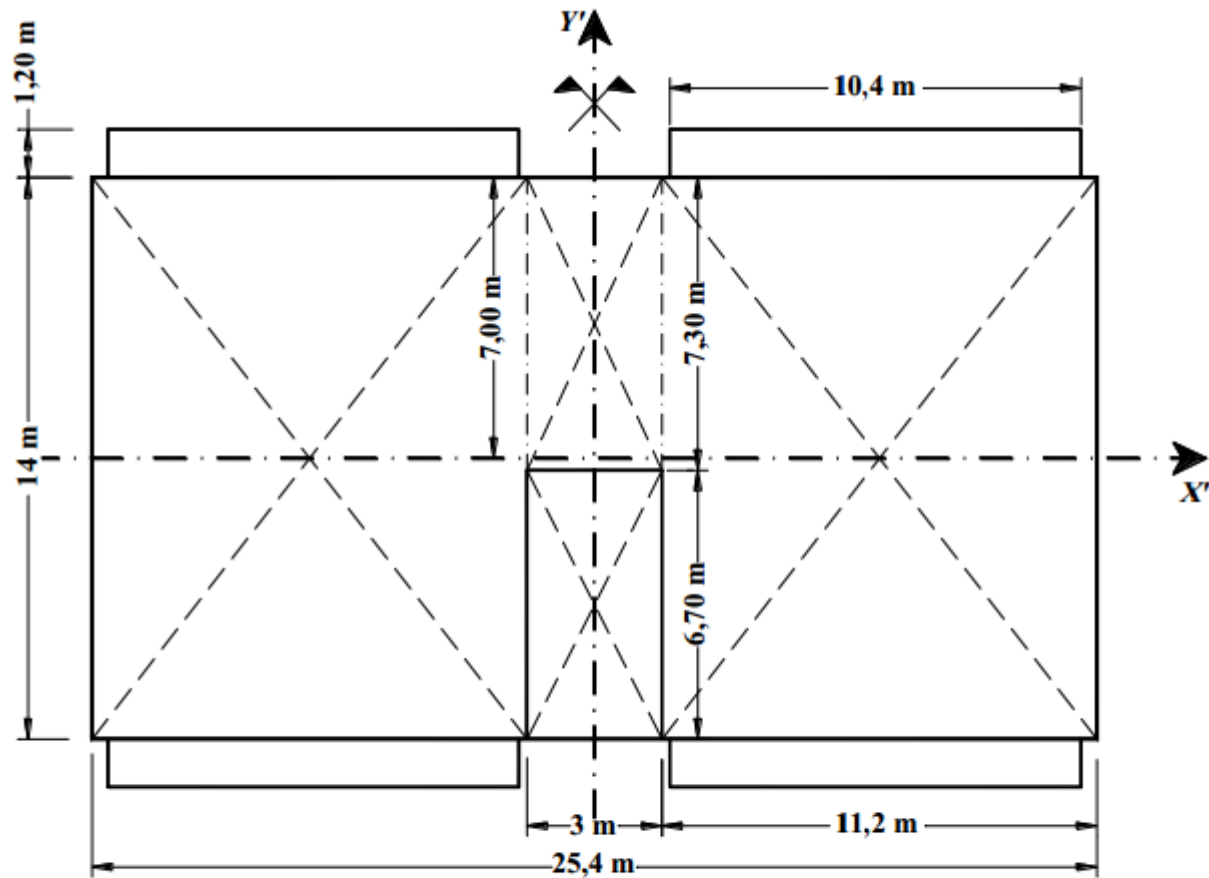


Fig. 2.8 Determinazione del baricentro

Progetto struttura

MOMENTO STATICO DI UNA SUPERFICIE RISPETTO AD UN ASSE: é la somma dei prodotti delle aree infinitesime (a_i) per le relative distanze dall'asse (d_i) , (le distanze tra aree e asse vanno prese perpendicolarmente all'asse).

$$S_t = \sum a_i \cdot d_i = a_1 \cdot d_1 + a_2 \cdot d_2 + a_3 \cdot d_3 + \dots + a_n \cdot d_n$$

Il momento statico può essere positivo, negativo o nullo e la sua unità di misura è quella di una lunghezza al cubo (m^3).

Per il teorema di Varignon, il momento statico è uguale al prodotto tra l'area della figura (A) e la distanza del suo baricentro dall'asse (d_t).

$$S_t = \sum a_i \cdot d_i = A \cdot d_t \quad \text{con} \quad \begin{cases} A & \text{area della figura} \\ d_t & \text{distanza tra baricentro e asse} \end{cases} \Rightarrow$$

$$d_t = \frac{S_t}{A} \quad \text{formula utile per il calcolo dei baricentri}$$

Il momento statico di una figura qualsiasi rispetto ad un asse passante per il suo baricentro è sempre nullo perché è nulla la distanza tra asse e baricentro.

STRATEGIA DI CALCOLO DELLE COORDINATE DEL BARICENTRO DI UNA FIGURA PIANA COMPLESSA:

- 1) si fissa un sistema di riferimento cartesiano arbitrario e si rappresenta nella figura;
- 2) si divide la figura in figure elementari di cui è nota la posizione del baricentro;
- 3) si calcolano le coordinate dei baricentri delle figure elementari rispetto al sistema di riferimento fissato e le aree delle figure elementari;
- 4) si calcolano le coordinate del baricentro della figura complessa rispetto al sistema di riferimento

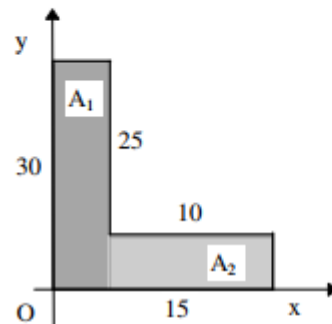
$$\text{fissato:} \quad x_G = \frac{S_y}{\sum A_i} \quad ; \quad y_G = \frac{S_x}{\sum A_i}$$

- 5) si segna sulla figura la posizione del baricentro $G \equiv (x_G, y_G)$.

Progetto struttura

Calcolare il baricentro della sezione a L rappresentata in figura (misure espresse in centimetri).

Calcolare il baricentro di una figura complessa vuol dire calcolare le coordinate del baricentro rispetto ad un sistema di riferimento scelto arbitrariamente.



Si sceglie arbitrariamente il sistema di riferimento segnato in figura.

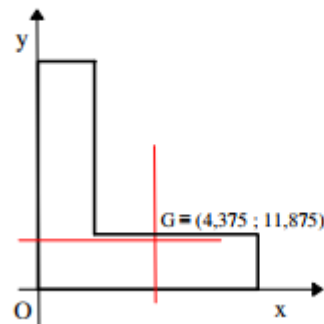
Si suddivide la figura nei due rettangoli (30 x 5) e (10 x 5) e si calcolano le aree e le coordinate dei loro baricentri rispetto al sistema di riferimento scelto.

$$A_1 = 30 \times 5 = 150 \text{ cm}^2 \quad G_1 \equiv (2,5 ; 15)$$

$$A_2 = 10 \times 5 = 50 \text{ cm}^2 \quad G_2 \equiv (10 ; 2,5)$$

Si calcolano le coordinate del baricentro della figura complessa con

le formule $x_G = \frac{S_y}{\sum A_i}$; $y_G = \frac{S_x}{\sum A_i}$ essendo S_y e S_x i momenti statici delle figure elementari rispetto agli assi y ed x.



$$x_G = \frac{S_y}{\sum A_i} = \frac{A_1 \cdot x_{G1} + A_2 \cdot x_{G2}}{A_1 + A_2} = \frac{150 \cdot 2,5 + 50 \cdot 10}{150 + 50} = 4,375 \text{ cm}$$

$$y_G = \frac{S_x}{\sum A_i} = \frac{A_1 \cdot y_{G1} + A_2 \cdot y_{G2}}{A_1 + A_2} = \frac{150 \cdot 15 + 50 \cdot 2,5}{150 + 50} = 11,875 \text{ cm}$$

$$G \equiv (4,375 ; 11,875)$$

Progetto struttura

La determinazione della posizione del baricentro è fatta con l'applicazione del *teorema di Varignon* che presuppone il calcolo dei momenti statici rispetto all'asse X' .

Si osserva che, per ragioni di simmetria, sono nulli i momenti statici S_x di *balconi, tamponature, pilastri e travi*.

Per il primo livello si ha:

Prospetto 2.12 Momento statico rispetto all'asse X'

Elemento	w	$S_{x'}$
Solaio	6,21 kN/m ²	$6,21 \cdot 7,30 \cdot 3 \cdot (7,00 - 7,30/2) = +456$ kNm
Scala	6,56 kN/m ²	$6,56 \cdot 3 \cdot 6,70 \cdot (7,00 - 6,70/2) = -481$ kNm
Trave a ginocchio	2,25 kN/m	$2,25 \cdot 2 \cdot 6,70 \cdot (7,00 - 6,70/2) = -110$ kNm
		$\Sigma_i S_{x'} = -136$ kNm

La distanza del baricentro dall'asse X' è data da $\Sigma_i S_{x'}/W_1 = -136/3958 = -0,03$ m.

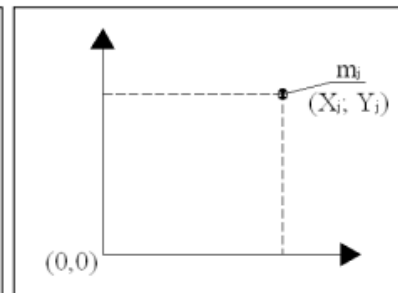
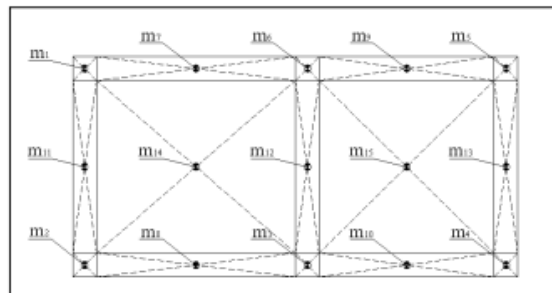
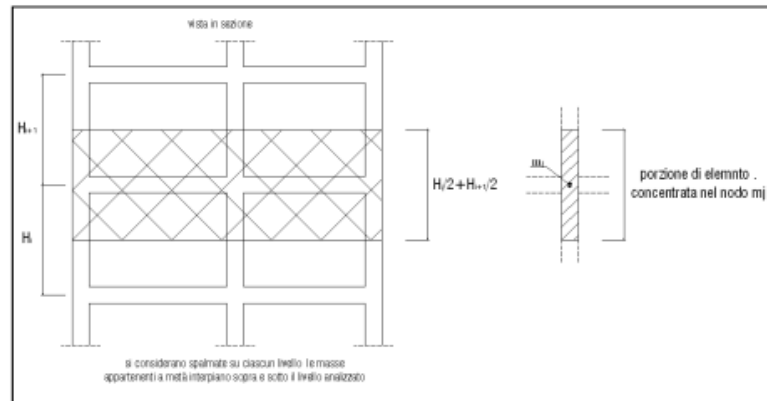
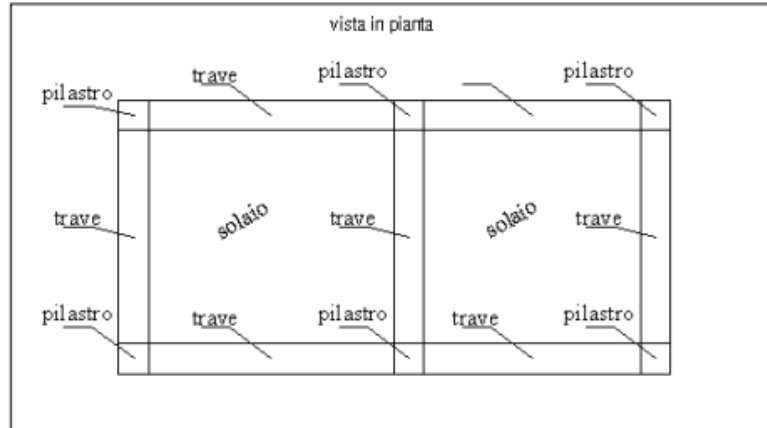
Per gli altri livelli si ha:

$$2^{\circ} \text{ livello } \Sigma_i S_{x'}/W_2 = -136/3783 = -0,04 \text{ m}$$

$$3^{\circ} \text{ livello } \Sigma_i S_{x'}/W_3 = -136/3701 = -0,04 \text{ m}$$

$$4^{\circ} \text{ livello } \Sigma_i S_{x'}/W_4 = -296/3299 = -0,09 \text{ m}$$

Progetto struttura



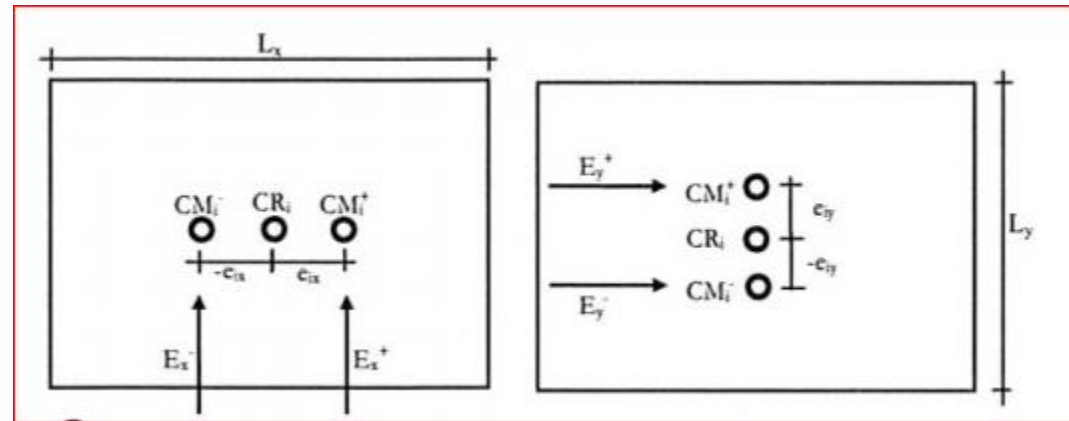
Progetto struttura

7.2.6 CRITERI DI MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E AZIONE SISMICA

Per tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, al centro di massa deve essere attribuita una eccentricità accidentale rispetto alla sua posizione quale deriva dal calcolo. Per i soli edifici ed in assenza di più accurate determinazioni l'eccentricità accidentale in ogni direzione non può essere considerata inferiore a 0,05 volte la dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica. Detta eccentricità è assunta costante, per entità e direzione, su tutti gli orizzontamenti.

$$e_{ix} = \pm 0.05L_x$$

$$e_{iy} = \pm 0.05L_y$$



Progetto struttura

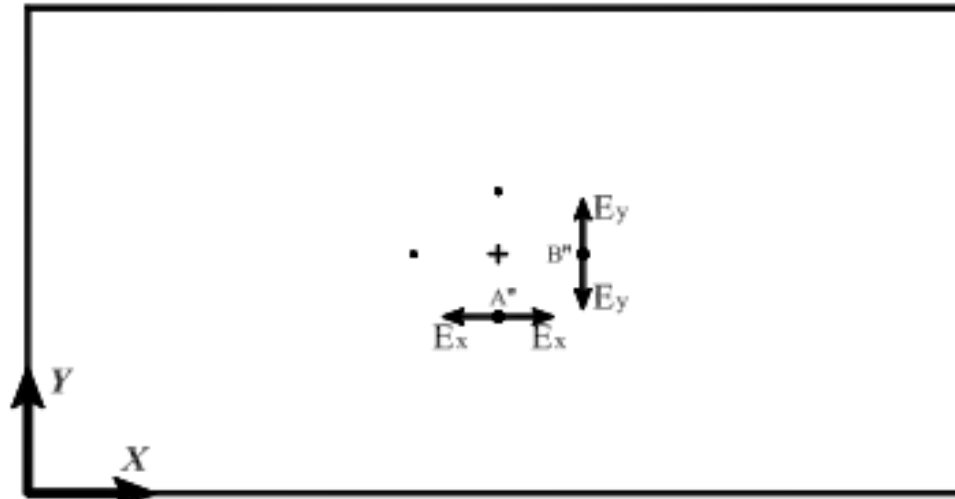


Fig. 2.14 *Combinazione delle componenti delle azioni sismiche*

1°: $+E_x + 30\%E_y$; 2°: $+E_x - 30\%E_y$

3°: $-E_x + 30\%E_y$; 4°: $-E_x - 30\%E_y$

5°: $+30\%E_x + E_y$; 6°: $+30\%E_x - E_y$

7°: $-30\%E_x + E_y$; 8°: $-30\%E_x - E_y$

Progetto struttura

Le 8 combinazioni sismiche risultano pertanto:

$$C4 = E_{c5} + G_1 + G_2 + \psi_2 Q_k$$

$$C5 = E_{c6} + G_1 + G_2 + \psi_2 Q_k$$

$$C6 = E_{c7} + G_1 + G_2 + \psi_2 Q_k$$

$$C7 = E_{c8} + G_1 + G_2 + \psi_2 Q_k$$

$$C8 = E_{c9} + G_1 + G_2 + \psi_2 Q_k$$

$$C9 = E_{c10} + G_1 + G_2 + \psi_2 Q_k$$

$$C10 = E_{c11} + G_1 + G_2 + \psi_2 Q_k$$

$$C11 = E_{c12} + G_1 + G_2 + \psi_2 Q_k$$

A queste 8 combinazioni vanno aggiunti due inviluppi:

- 1) Inviluppo delle combinazioni sismiche
- 2) Inviluppo degli inviluppi

Progetto struttura

masse. Poiché nel nostro caso si è scelto di valutare l'eccentricità del baricentro di piano secondo le due direzioni più sollecitate (le più gravose) le 32 combinazioni si riducono a 16.

Le 8 coppie di azioni sismiche, per ogni baricentro eccentrico, sono così schematizzate:

1- $E_{c5} = + 1,00 F_x + 0,30 F_y$

2- $E_{c6} = + 1,00 F_x - 0,30 F_y$

3- $E_{c7} = - 1,00 F_x + 0,30 F_y$

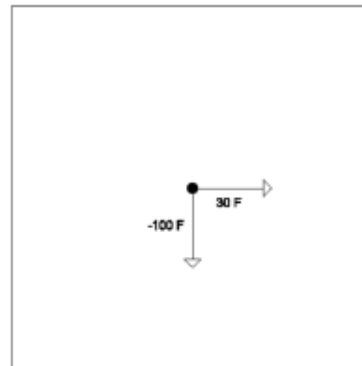
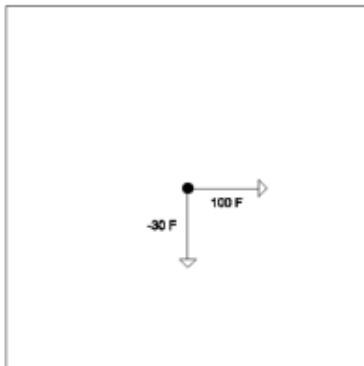
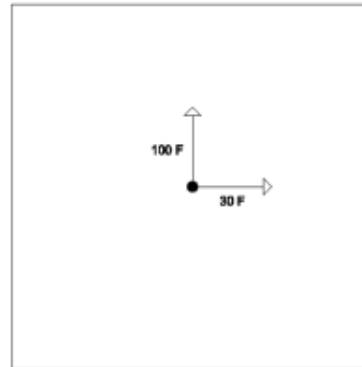
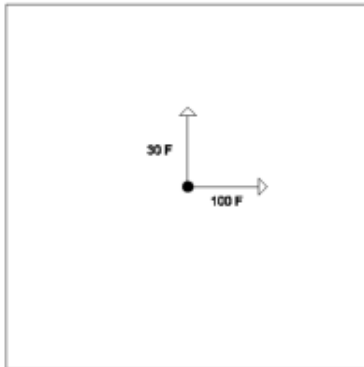
4- $E_{c8} = - 1,00 F_x - 0,30 F_y$

5- $E_{c9} = + 0,30 F_x + 1,00 F_y$

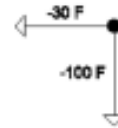
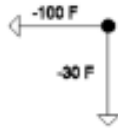
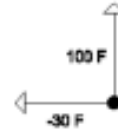
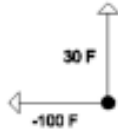
6- $E_{c10} = + 0,30 F_x - 1,00 F_y$

7- $E_{c11} = - 0,30 F_x + 1,00 F_y$

8- $E_{c12} = - 0,30 F_x - 1,00 F_y$



Progetto struttura



- ❑ Costruito il modello, noti i carichi elementari e le loro combinazioni:
- ❑ Determinare le **azioni interne** agli elementi (**momento, taglio, pressoflessione, torsione, ...**)
- ❑ Definire i **minimi di norma** per le armature di **travi, pilastri setti**
- ❑ **Progettare le armature** degli elementi strutturali
- ❑ Verificare le geometrie e le armature degli elementi strutturali (SLU e SLE “**sismico**” e “**non sismico**”)
- ❑ Garantire il buon comportamento degli elementi strutturali per garantire le prestazioni attese (dissipazione, rottura duttile, controllo della deformabilità, ..)

- ☐ Curare i **dettagli costruttivi** (DISEGNARE); incastro armature tra elementi, elementi secondari quali I cordoli, aperture etc
- ☐ Verifiche locali (es. dove cambia copriferro perchè si spostano le armature per loro incastro, etc)
- ☐ Modificare se necessario geometrie del calcestruzzo o armature
- ☐ Verificare il comportamento della struttura finale (locale e globale): è garantita la duttilità Assunta nel progetto, si formano le cerniere dove richiesto, gli elementi funzionano bene assieme, etc