Corso di aggiornamento

Problematiche specifiche nel progetto di strutture antisismiche con pareti in c.a.

Parma
19-20 aprile 2013

Aurelio Ghersi, Edoardo M. Marino

8 – Impostazione della carpenteria e dimensionamento

Processo progettuale

1. Concezione generale della struttura, nel rispetto di principi base di buona progettazione
2. Impostazione della carpenteria dell'edificio
3. Dimensionamento delle sezioni e verifica di massima della struttura
4. Analisi strutturale dettagliata e verifica del comportamento della struttura
5. Definizione delle armature ed elaborati grafici

Impostazione della carpenteria

Impostazione della carpenteria

Definizione dell'orditura dei solai e della posizione di travi, pilastri e pareti

La struttura deve essere in grado di portare
- i carichi verticali
- le azioni orizzontali equivalenti al sisma

Obiettivi generali

Rendere la struttura il più regolare possibile

Valutare la possibilità di dividere il fabbricato in blocchi staticamente separati da giunti

Prestare molta attenzione alla configurazione delle pareti

- rischio di ottenere una risposta con una componente torsionale accentuata
- rischio di concentrazione delle sollecitazioni ed aumento della richiesta di duttilità

Edifici con pareti o nuclei in c.a.

Compito dei diversi elementi:

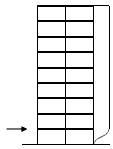
- Le pareti portano l'azione sismica
- Pilastri e travi portano i carichi verticali

Impostazione separata, più semplice

Ma, attenzione:

Ai piani superiori l'azione sismica è portata dai telai, più che dalle pareti

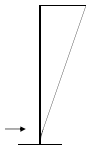
Comportamento a mensola e comportamento a telaio



Telaio (con travi rigide)

Forze applicate ai piani inferiori provocano grossi spostamenti ...

... ma gli spostamenti non aumentano ai piani superiori



Mensole (pareti)

Forze applicate ai piani inferiori provocano piccoli spostamenti ...

... ma gli spostamenti aumentano di molto ai piani superiori

Edifici con pareti o nuclei in c.a.

Compito dei diversi elementi:

- Le pareti portano l'azione sismica
- Pilastri e travi portano i carichi verticali

Impostazione separata, più semplice

Ma, attenzione:

Ai piani superiori l'azione sismica è portata dai telai, più che dalle pareti

- Le fondazioni richiedono uno studio particolare (e costi maggiori)

Impostazione della carpenteria

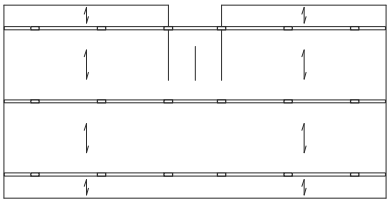
Travi e pilastri portano principalmente i carichi verticali ma anche modeste azioni orizzontali (più rilevanti ai piani superiori)

Può essere utile scindere il problema in due fasi:

1. Impostare la carpenteria pensando innanzi tutto ai soli carichi verticali
   tenendo però presenti i criteri derivanti dalla contemporanea presenza di azioni orizzontali
2. Inserire le pareti in carpenteria per renderla idonea a sopportare azioni orizzontali

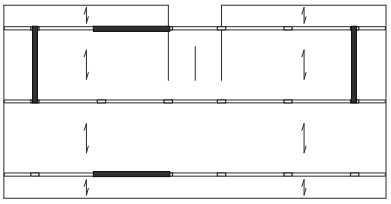
Carpenteria
da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

- Una carpenteria pensata per soli carichi verticali può, al limite, avere questo aspetto



Carpenteria
da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

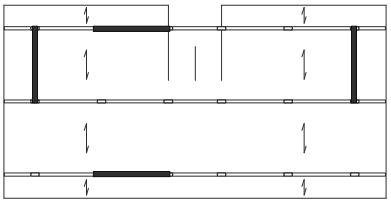
- Occorre inserire le pareti per le azioni orizzontali
  - Le pareti sono molto resistenti e rigide e quindi ne bastano poche



Sono condizionanti la posizione delle aperture e quella dei pilastri già previsti

Carpenteria
da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

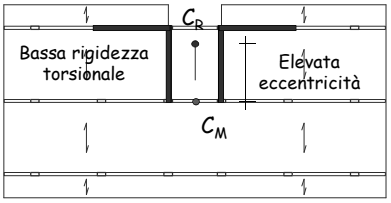
- Occorre inserire le pareti per le azioni orizzontali
  - È bene conferire uguale rigidezza nelle due direzioni



Spesso è sufficiente disporre due pareti per ciascuna direzione, di dimensioni analoghe

Carpenteria
da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

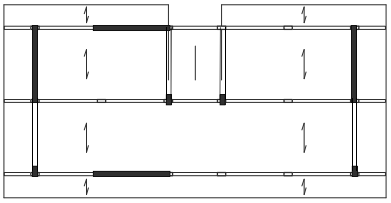
- Occorre inserire le pareti per le azioni orizzontali
  - La configurazione delle pareti deve essere bilanciata, per evitare un cattivo comportamento rotazionale



Questa configurazione non va bene

Carpenteria
da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

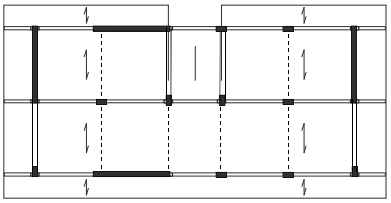
- Completare la struttura
  - Cercare di realizzare una configurazione bilanciata anche per i pilastri



Agli ultimi piani questo potrebbe essere importante

Carpenteria
da soli carichi verticali ad azioni orizzontali

- Completare la struttura
  - Aggiungere altre travi, a spessore, che sono però irrilevanti ai fini sismici



Esempio

Edificio analizzato

Tipologia:
edificio adibito a civile abitazione, a 6 piani

Classe dell'edificio:
classe II (costruzione con normale affollamento, senza contenuti pericolosi e funzioni sociali essenziali)

Ubicazione:
zona sismica 2 (a_g = 0.25 g)

Categoria di suolo:
categoria C (sabbie e ghiaie mediamente addensate)

Edificio analizzato

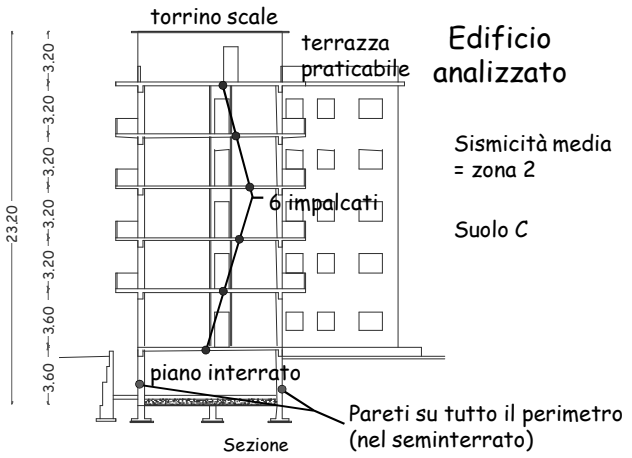
Struttura portante principale:
con pareti (singole) in cemento armato

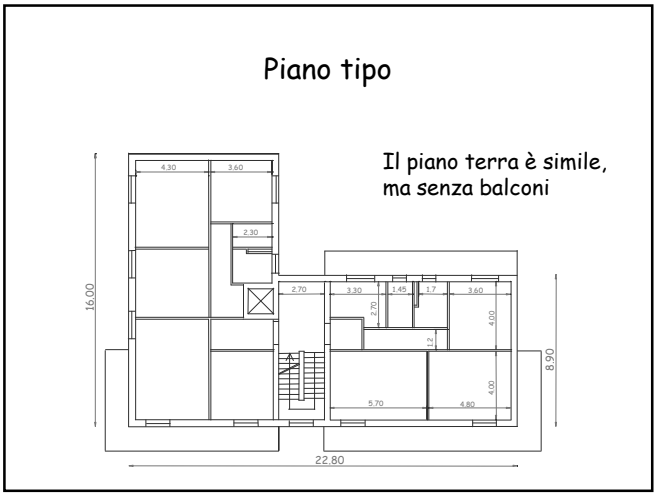
Solai:
in latero-cemento, gettati in opera

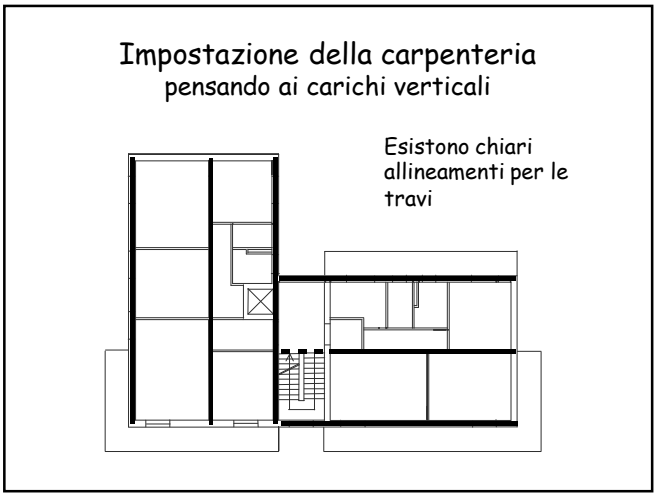
Scale:
a soletta rampante (tipologia "alla Giliberti")

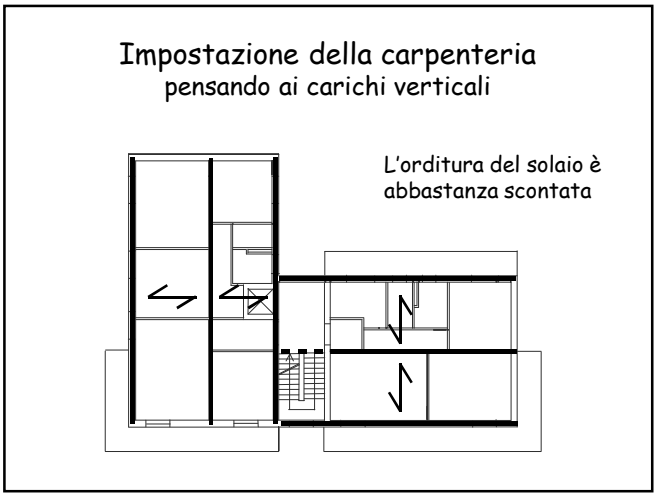
Fondazioni:
reticolo di travi rovesce

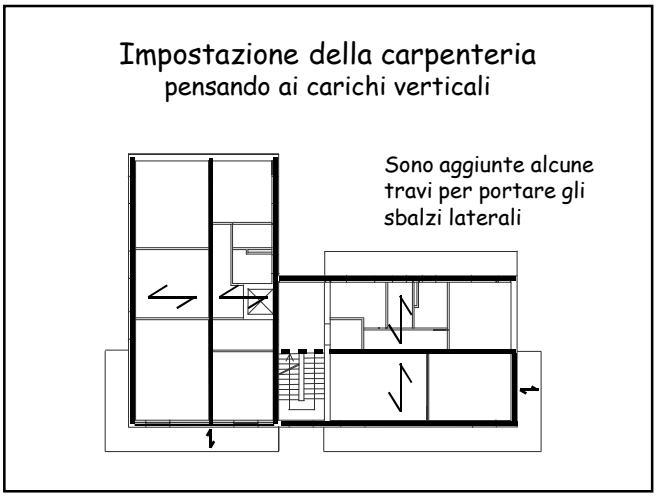
Materiali:
calcestruzzo C25/30 (f_{ck} = 25 MPa, R_{ck} = 30 MPa)
acciaio B450C

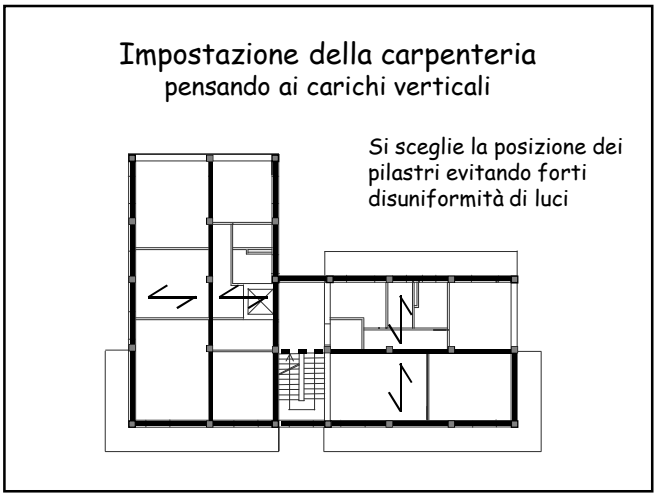

torrino scale
terrazza praticabile
Edificio analizzato
Sismicità media = zona 2
Suolo C
6 impalcati
23.20
3.60
3.20
3.20
3.20
3.20
3.20
3.60
piano interrato
Pareti su tutto il perimetro (nel seminterrato)
Sezione


Piano tipo
Il piano terra è simile, ma senza balconi
16.00
8.90
22.80


Impostazione della carpenteria
pensando ai carichi verticali
Esistono chiari allineamenti per le travi


Impostazione della carpenteria
pensando ai carichi verticali
L'orditura del solaio è abbastanza scontata


Impostazione della carpenteria
pensando ai carichi verticali
Sono aggiunte alcune travi per portare gli sbalzi laterali


Impostazione della carpenteria
pensando ai carichi verticali
Si sceglie la posizione dei pilastri evitando forti disuniformità di luci

Impostazione della carpenteria
pensando alle azioni orizzontali

Si posizionano le pareti in maniera da ottenere:
- rigidezza nella due direzioni
- buona rigidezza torsionale

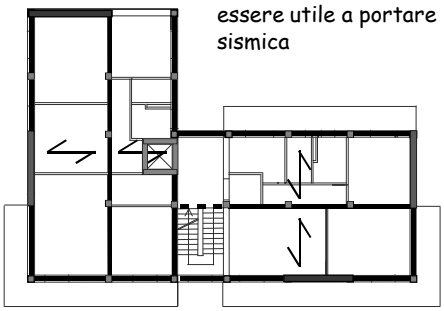
Impostazione della carpenteria
pensando alle azioni orizzontali

Rigidezza nella due direzioni
Due pareti per direzione

Buona rigidezza torsionale
Pareti sul perimetro

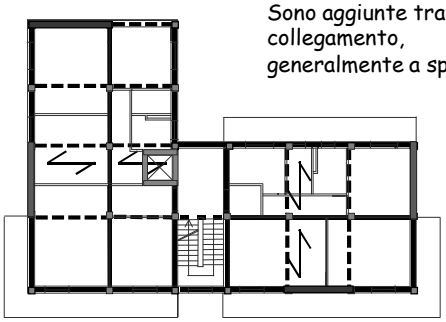
Impostazione della carpenteria
pensando alle azioni orizzontali

Anche il nucleo ascensore può essere utile a portare l'azione sismica



Impostazione della carpenteria
pensando alle azioni orizzontali

Sono aggiunte travi di collegamento, generalmente a spessore

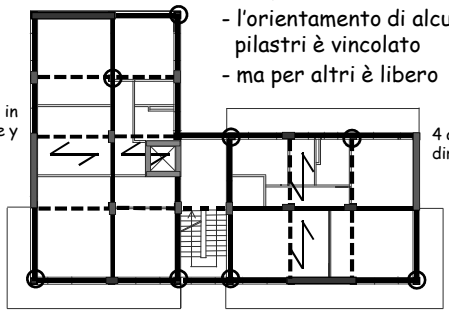


Impostazione della carpenteria
pensando alle azioni orizzontali

Ma i pilastri sono rettangolari
- l'orientamento di alcuni pilastri è vincolato
- ma per altri è libero

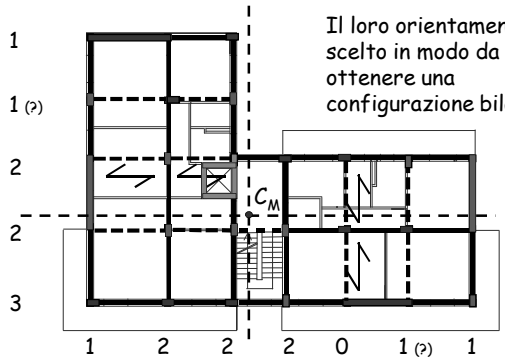
6 allungati in direzione y

4 allungati in direzione x



Impostazione della carpenteria
pensando alle azioni orizzontali

Il loro orientamento è scelto in modo da ottenere una configurazione bilanciata



Dimensionamento delle sezioni e verifica di massima

Dimensionamento solaio, travi, pilastri

- Il dimensionamento può essere effettuato con riferimento ai soli carichi verticali (in assenza di sisma)

  Solaio
  - In funzione della luce, in modo da non avere problemi di deformazioni
  - Aumentare lo spessore se vi sono travi a spessore lunghe e molto caricate

Nell'esempio si è scelto uno spessore s = 26 cm che a me sembra eccessivo

Carichi unitari

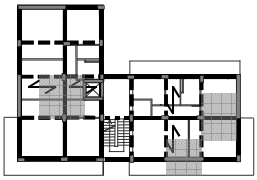
Una volta definito lo spessore, si possono calcolare i carichi unitari (kN/m^2)

	g_k	q_k	SLU solo c.v	SLU con F
Solaio del piano tipo (incluso tramezzi)	5.2	2.0	10.0	5.8
Solaio di copertura	4.0	2.0	8.5	4.8
Solaio torrino scala	3.4	0.5	5.2	3.4
Sbalzo piano tipo	4.2	4.0	11.5	6.6
Sbalzo copertura	3.9	0.5	5.8	3.9
Scala	5.0	4.0	12.5	7.4

Dimensionamento solaio, travi, pilastri

- Il dimensionamento può essere effettuato con riferimento ai soli carichi verticali (in assenza di sisma)

  Travi
  - In funzione della luce e dei carichi, valutati per aree (o meglio larghezze) di influenza
  - Definire una sezione unica per tutte le travi emergenti
  - Eventualmente, abbondare un po' per tener conto del sisma
  - Travi di collegamento: sezione minima



Dimensionamento solaio, travi, pilastri

- Travi, nell'esempio:

  $q_d \cong 55$ kN/m in assenza di sisma

  Momento per carichi verticali:

$$M = \frac{q\,L^2}{10} = \frac{55 \times 4.30^2}{10} \cong 101.7 \text{ kNm}$$

  Calcolo della larghezza:

$$d = r\sqrt{\frac{M}{d}} = 0.020\sqrt{\frac{102}{0.30}} = 0.37 \text{ m}$$

  Travi emergenti 30x50 (incluso ultimo impalcato)
  Travi a spessore 60x26

Altri carichi unitari

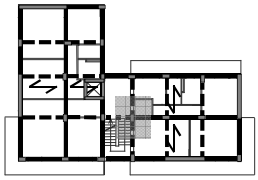
Una volta definita (anche sommariamente) la sezione delle travi, si può completare l'analisi dei carichi unitari (kN/m)

	g_k	q_k	SLU solo c.v	SLU con F
Travi 30 x 50	2.9		3.8	2.9
Travi 60 x 26	2.2		2.9	2.2
Tamponature	7.0		9.1	7.0
Tramezzi	3.0		3.9	3.0

Dimensionamento solaio, travi, pilastri

- Il dimensionamento può essere effettuato con riferimento ai soli carichi verticali (in assenza di sisma)

  Pilastri
  - In funzione dei carichi, valutati per aree di influenza
  - Si può usare una tensione media fino a f_{cd}
  - Usare max 2-3 sezioni diverse al primo ordine
  - Mantenerle costanti o ridurle di poco ai piani superiori
  - Non ridurli mai a dimensioni minori di quelle delle travi

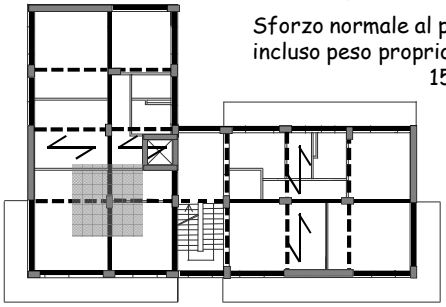


Esempio

Pilastro interno, porta
9 m di trave
21 m² di solaio

Carico al piano: 245 kN

Sforzo normale al piede, incluso peso proprio: 1560 kN

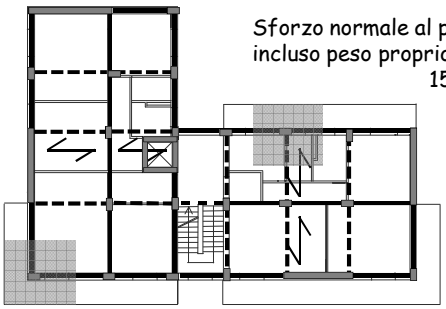


Esempio

Pilastro laterale con sbalzo
pilastro d'angolo con sbalzi

Più o meno lo stesso

Sforzo normale al piede, incluso peso proprio: 1560 kN



Esempio

Pilastro interno in corrispondenza della scala

Di più, a causa del torrino

Sforzo normale al piede, incluso peso proprio: 1640 kN

Esempio

Pilastro laterale privo di sbalzo o d'angolo con uno sbalzo

Carico al piano minore

Sforzo normale al piede, incluso peso proprio: 930 kN

Esempio

Pilastro d'angolo
privo di sbalzo

Carico al piano ancora minore

Sforzo normale al piede, incluso peso proprio: 570 kN

Dimensionamento solaio, travi, pilastri

- Pilastri, nell'esempio:

Tipo di pilastro	N_{Ed} (SLU senza sisma)	A_c
Pilastri più caricati (20)	1560 - 1640 kN	1100-1170 cm²
Pilastri perimetrali senza sbalzo (2)	930 kN	660 cm²
Pilastri d'angolo senza sbalzo (1)	570 kN	400 cm²

$$A_c = \frac{N_{Ed}}{f_{cd}} \cong \frac{N_{Ed}}{14.2} \times 10$$

Dimensionamento solaio, travi, pilastri

- Pilastri, nell'esempio:

Tipo di pilastro	N_{Ed}	A_c	Sezione minima	Sezione scelta
Pilastri caricati (20)	1560 – 1640 kN	1100-1170 cm²	~~30 x 40~~	30 x 50
Pilastri perimetrali (2)	930 kN	660 cm²	~~30 x 30~~	30 x 50
Pilastri d'angolo (1)	570 kN	400 cm²	~~30 x 30~~	30 x 50

Si sceglie la sezione 30 x 50 perché altrimenti è difficile soddisfare il criterio di gerarchia delle resistenze...
inoltre un leggero sovradimensionamento è utile per portare il momento flettente dovuto al sisma

Dimensionamento solaio, travi, pilastri

- Pilastri, nell'esempio:

Tipo di pilastro	N_{Ed}	A_c	Sezione minima	Sezione scelta
Pilastri caricati (20)	1560 – 1640 kN	1100-1170 cm²	~~30 x 40~~	30 x 50
Pilastri perimetrali (2)	930 kN	660 cm²	~~30 x 30~~	30 x 50
Pilastri d'angolo (1)	570 kN	400 cm²	~~30 x 30~~	30 x 50

La sezione 30 x 50 non crea problemi architettonici e non comporta costi eccessivi
la si mantiene invariata per tutta l'altezza

Dimensionamento solaio, travi, pilastri

- Solaio spessore 26 cm
- Travi emergenti 30x50
  Travi a spessore60x26
- Pilastri 30x50

Le dimensioni degli elementi strutturali sono uguali a tutti i piani

Masse

In un edificio in cemento armato il peso delle masse di piano corrisponde in genere ad una incidenza media di 8÷11 kN/m²

Una valutazione di prima approssimazione del peso delle masse a ciascun piano può essere ottenuta moltiplicando la superficie totale dell'impalcato per 11 kN/m² (9 kN/m² in copertura, per la minore incidenza delle tamponature)

Esempio - masse

La superficie degli impalcati nell'edificio in esame è

Torrino scala: S = 48.0 m²

VI impalcato: S = 331.9 m²

Piano tipo: S = 323.5 m²

I impalcato: non considerato per azione sismica

Nota: il torrino scala può essere accorpato al 5° impalcato, ottenendo

Torrino + V impalcato: S = 379.9 m²

Esempio - masse

Impalcato	Superficie m^2	Incidenza kN/m^2	Peso kN
Torrino + VI	379.9	9.0	3419
V, IV, III, II	323.5	11.0	3559
I	--	--	--

Peso totale = 16359 kN

Spettro di progetto

È ottenuto dividendo lo spettro di risposta elastica per il fattore di struttura q

$$q = q_0 K_R$$

Nell'esempio:

$q_0 = 4.0\ \alpha_u/\alpha_1$ struttura a pareti - CD"A"

$q_0 = 3.0$ struttura a pareti - CD"B"

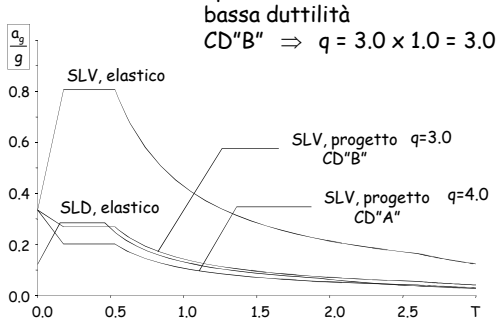
$\alpha_u/\alpha_1 = 1.0$ 2 sole pareti per direzione

$K_R = 1$ la struttura è regolare in altezza

Spettro di progetto

Ipotizzo di realizzare la struttura a bassa duttilità

CD"B" $\Rightarrow$ q = 3.0 x 1.0 = 3.0



Ordinata spettrale

Dipende dal periodo

Si può assumere $T_1 = C_1 H^{3/4}$

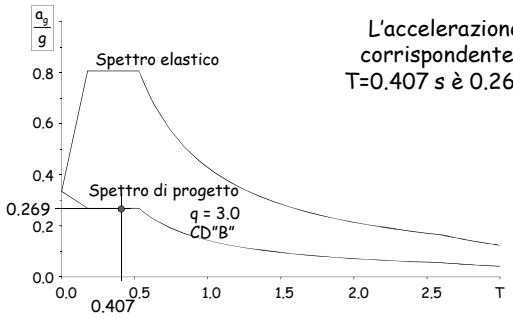
con $C_1 = 0.050$
per strutture diverse da quelle intelaiate in acciaio e c.a.

H = altezza dell'edificio dal piano di fondazione (m)

Nell'esempio: H = 16.40 m (escluso torrino e piano cantinato)

$$T_1 = 0.050 \times 16.40^{3/4} = 0.407\ s$$

Esempio – ordinata spettrale



L'accelerazione corrispondente a T=0.407 s è 0.269 g

Forze per analisi statica

Taglio alla base $V_b = 0.85 \sum_{i=1}^{n} m_i\ S_d(T_1) =$

$$= 0.85 \times 17655 \times 0.269 = 4036.8\ kN$$

Forza al piano $F_k = \dfrac{m_k\ z_k}{\sum_{i=1}^{n} m_i\ z_i} V_b$

Forze per analisi statica

Piano	Peso W (kN)	Quota z (m)	Wz (kNm)	Forza F (kN)	Taglio V (kN)
6+torrino	3419	16.40	56072	1288.6	1288.6
5	3559	13.20	46979	1079.6	2368.3
4	3559	10.00	35590	817.9	3186.2
3	3559	6.80	24201	556.2	3742.4
2	3559	3.60	12812	294.4	4036.8
somma	17655		175654		

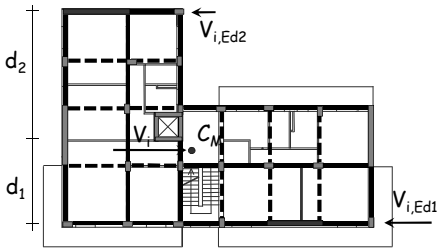
Come prevedere il taglio sollecitante delle pareti?

1. Ripartire il taglio di piano tra le pareti allungate nella direzione del sisma in modo da evitare eccentricità strutturale

$$V_{i,Ed2} = \frac{d_1}{d_1 + d_2} V_i$$

Da equilibrio rotazione

$$V_{i,Ed1} = \frac{d_2}{d_1 + d_2} V_i$$



Come prevedere il taglio sollecitante delle pareti?

1. Ripartire il taglio di piano tra le pareti allungate nella direzione del sisma in modo da evitare eccentricità strutturale
2. Incrementare i valori per tenere conto dell'eccentricità accidentale

   Se la struttura è molto rigida torsionalmente, incrementare del 10%

Come prevedere il taglio sollecitante delle pareti?

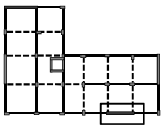
3. Incrementare il taglio della parete per garantire la plasticizzazione a flessione prima della rottura a taglio tenendo conto di:
   - sovraresistenza
   - modi superiori

Come prevedere il taglio sollecitante delle pareti?

3. Incrementare il taglio della parete per garantire la plasticizzazione a flessione prima della rottura a taglio (criterio di gerarchia delle resistenze):
   - moltiplicare per 1.5 a tutti i piani nel caso di CD"B" un po' di più per CD"A"
   - in ogni caso il taglio dei piani superiori (per $z>h_w/3$) deve essere ulteriormente amplificato e non deve essere inferiore al 50% di quello alla base

Taglio pareti direzione x 1 - ripartizione

Piano	Taglio globale (kN)
6	1288.6
5	2368.3
4	3186.2
3	3742.4
2	4036.8



Calcolo il taglio della parete 1

Taglio pareti direzione x
1 - ripartizione

Piano	Taglio globale (kN)	Taglio parete 1 (kN)
6	1288.6	838.0
5	2368.3	1540.1
4	3186.2	2072.0
3	3742.4	2433.7
2	4036.8	2625.2

$$V_{i,Ed1} = \frac{d_2}{d_1 + d_2} V_i$$

$d_1 = 5.5$ m

$d_2 = 10.2$ m

Taglio pareti direzione x
2 – incremento per eccentricità

Piano	Taglio globale (kN)	Taglio parete 1 (kN)	
6	1288.6	838.0	921.8
5	2368.3	1540.1	1694.1
4	3186.2	2072.0	2279.2
3	3742.4	2433.7	2677.1
2	4036.8	2625.2	2887.7

+10%

Taglio pareti direzione x
3 – incremento per gerarchia delle resistenze

Piano	Taglio globale (kN)	Taglio parete 1 (kN)		
6	1288.6	838.0	921.8	1382.7
5	2368.3	1540.1	1694.1	2541.2
4	3186.2	2072.0	2279.2	3418.8
3	3742.4	2433.7	2677.1	4015.6
2	4036.8	2625.2	2887.7	4331.6

$< 0.5V_2$

+50%

Taglio pareti direzione x
3 – incremento per gerarchia delle resistenze

Piano	Taglio globale (kN)	Taglio parete 1 (kN)		
6	1288.6	838.0	921.8	2165.8
5	2368.3	1540.1	1694.1	2782.4
4	3186.2	2072.0	2279.2	3399.0
3	3742.4	2433.7	2677.1	4015.6
2	4036.8	2625.2	2887.7	4331.6

$0.5\ V_{base}$

+50%

Dimensionamento della sezione di base delle pareti

1. Dimensionare la sezione trasversale della parete più sollecitata nel rispetto della verifica a taglio del calcestruzzo

$$V_{Ed} = V_{Rd,max} = \frac{\cot\theta}{1+\cot^2\theta} f'_{cd}\, b_w\, z \qquad z = 0.8\, l_w$$

$$l_w = \frac{1+\cot^2\theta}{\cot\theta} \frac{V_{Ed}}{0.8\, f'_{cd}\, b_w}$$

$1 \le \cot\theta \le 2.5$ per CD"B"

Dimensionamento della sezione di base delle pareti

1. Dimensionare la sezione trasversale della parete più sollecitata nel rispetto della verifica a taglio del calcestruzzo

Alla base $V_{Ed} = 4331.6$ kN

assumo $b_w = 30$ cm

pongo $\cot\theta = 1.5$

$$l_w = \frac{1+\cot^2\theta}{\cot\theta} \frac{V_{Ed}}{0.8\, f'_{cd}\, b_w} = 2.17\, \frac{4331.6 \times 10^{-3}}{0.8 \times 7.1 \times 0.3} = 5.5 \text{ m}$$

La dimensione è accettabile

Dimensionamento della sezione di base delle pareti

2. Calcolare la lunghezza dell'altra parete imponendo il rapporto tra i momenti d'inerzia uguale al rapporto tra i tagli

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{V_{Ed1}}{V_{Ed2}} \Rightarrow \frac{l_{w1}^3}{l_{w2}^3} = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow l_{w2} = l_{w1}\sqrt[3]{\frac{d_1}{d_2}}$$

Nel caso in esame:

$d_1 = 5.5$ m

$d_2 = 10.2$ m

$$l_{w2} = 5.5 \times \sqrt[3]{\frac{5.5}{10.2}} = \cancel{4.5}\ \text{m}$$

4.8 m

Aumentata per soddisfare vincoli architettonici

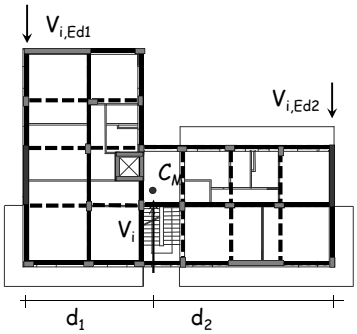
Taglio pareti in direzione y

$$V_{i,Ed1} = \frac{d_2}{d_1 + d_2} V_i$$

$$V_{i,Ed2} = \frac{d_1}{d_1 + d_2} V_i$$

$d_1 = 10.2$ m

$d_2 = 12.3$ m



Taglio pareti direzione y

Piano	Taglio globale (kN)	Taglio parete 1 (kN)			
6	1288.6	704.4	774.9	1820.6	< 0.5V₂
5	2368.3	1294.6	1424.1	2427.5	
4	3186.2	1741.8	1916.0	3034.3	
3	3742.4	2045.8	2250.4	3375.6	
2	4036.8	2206.8	2427.5	3641.2	

+10% +50%

Dimensionamento della sezione di base delle pareti

Parete 1

$V_{Ed} = 3641.2$ kN $\quad b_w = 30$ cm $\quad \cot\theta = 1.5$

$$l_{w1} = \frac{1 + \cot^2\theta}{\cot\theta} \frac{V_{Ed}}{0.8\, f'_{cd}\, b_w} = 2.17 \frac{3641.2 \times 10^{-3}}{0.8 \times 7.1 \times 0.3} = \cancel{4.6}\ \text{m}$$

4.5 m

Parete 2

$$l_{w2} = l_{w1}\sqrt[3]{\frac{d_1}{d_2}} = 4.6 \times \sqrt[3]{\frac{10.2}{12.3}} = \cancel{4.3}\ \text{m}$$

4.5 m

Modificate per soddisfare vincoli architettonici

Dimensionamento di struttura ad alta duttilità

Cosa cambia?

Il fattore di struttura è più grande
Le forze di progetto sono più piccole

I criteri di gerarchia delle resistenze
Si applicano secondo condizioni più restrittive
(meccanismo di collasso più favorevole)

I limiti sui particolari costruttivi
Sono più condizionanti
(maggiore duttilità locale)

Fattore di struttura

$$q = q_0 K_R$$

Nell'esempio:

q_0 = 4.0 x 1.0 — struttura con 2 pareti per direzione

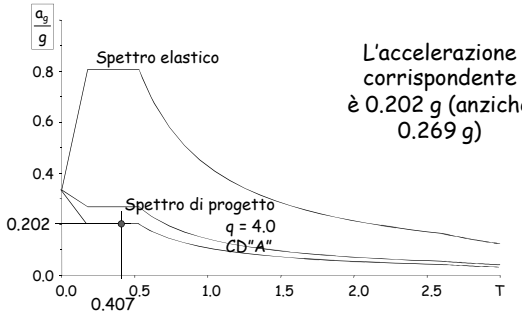
Prima era 3.0 — duttilità alta

K_R = 1.0 — la struttura è regolare in altezza

q = 4.00 (prima era 3.0)

Esempio – ordinata spettrale

Il periodo è ancora T = 0.407 s



L'accelerazione corrispondente è 0.202 g (anziché 0.269 g)

Forze per analisi statica

Taglio alla base $V_b = 0.85 \sum_{i=1}^{n} m_i \, S_d(T_1) =$

$= 0.85 \times 17655 \times 0.202 = 3031.4$ kN

Forza al piano $F_k = \frac{m_k z_k}{\sum_{i=1}^{n} m_i z_i} V_b$

Forze per analisi statica

Piano	Peso W (kN)	Quota z (m)	Wz (kNm)	Forza F (kN)	Taglio V (kN)
6+torrino	3419	16.40	56072	967.7	967.7
5	3559	13.20	46979	810.7	1778.4
4	3559	10.00	35590	614.2	2392.6
3	3559	6.80	24201	417.7	2810.3
2	3559	3.60	12812	221.1	3031.4
somma	17655		175654		

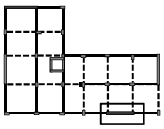
Come prevedere il taglio sollecitante delle pareti?

1. Ripartire il taglio di piano tra le pareti allungate nella direzione del sisma in modo da evitare eccentricità strutturale
2. Incrementare i valori per tenere conto dell'eccentricità accidentale

   Se la struttura è molto rigida torsionalmente, incrementare del 10%

Taglio pareti direzione x 1 - ripartizione

Piano	Taglio globale (kN)
6	967.7
5	1778.4
4	2392.6
3	2810.3
2	3031.4



Calcolo il taglio della parete 1

Taglio pareti direzione x
1 - ripartizione

Piano	Taglio globale (kN)	Taglio parete 1 (kN)
6	967.7	629.3
5	1778.4	1156.5
4	2392.6	1556.0
3	2810.3	1827.6
2	3031.4	1971.4

$$V_{i,Ed1} = \frac{d_2}{d_1 + d_2} V_i$$

$$d_1 = 5.5 \text{ m}$$

$$d_2 = 10.2 \text{ m}$$

Taglio pareti direzione x
2 – incremento per eccentricità

Piano	Taglio globale (kN)	Taglio parete 1 (kN)	
6	967.7	~~629.3~~	692.2
5	1778.4	~~1156.5~~	1272.2
4	2392.6	~~1556.0~~	1711.5
3	2810.3	~~1827.6~~	2010.3
2	3031.4	~~1971.4~~	2168.5

+10%

Come prevedere il taglio sollecitante delle pareti?

3. Incrementare i tagli per tener conto del criterio di gerarchia delle resistenze; moltiplicare per 1.5 a tutti i piani nel caso di CD"B" un po' di più per CD"A"

   In ogni caso il taglio dei piani superiori non deve essere inferiore al 50% di quello alla base

   Come si calcola l'incremento?

Criterio di gerarchia delle resistenze
(Amplificazione taglio sismico parete)

$V_{Ed} = \varepsilon\, V_{analisi}$ $\qquad \gamma_{Rd} = 1.2$

Pareti snelle

$$1.5 \le \varepsilon = \sqrt{\left(\gamma_{Rd}\frac{M_{Rd}}{M_{Ed}}\right)^2 + \left(q\sqrt{0.1}\frac{S_d(T_c)}{S_d(T_1)}\right)^2} \le q$$

Pareti tozze

$$\varepsilon = \gamma_{Rd}\frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \le q$$

Come prevedere il taglio sollecitante delle pareti?

3. Incrementare i tagli per tener conto del criterio di gerarchia delle resistenze; moltiplicare per 1.5 a tutti i piani nel caso di CD"B" un po' di più per CD"A"

$\gamma_{Rd} = 1.2$ $\qquad$ assumo $\frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} = 1.05$

$$\gamma_{Rd}\frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} = 1.26$$

Come prevedere il taglio sollecitante delle pareti?

3. Incrementare i tagli per tener conto del criterio di gerarchia delle resistenze; moltiplicare per 1.5 a tutti i piani nel caso di CD"B" un po' di più per CD"A"

È stato stimato T_1 =0.407 s $\qquad \frac{S_d(T_c)}{S_d(T_1)} = 1$

$$q\sqrt{0.1}\frac{S_d(T_c)}{S_d(T_1)} = 4 \times \sqrt{0.1} \times 1 = 1.264$$

Come prevedere il taglio sollecitante delle pareti?

3. Incrementare i tagli per tener conto del criterio di gerarchia delle resistenze; moltiplicare per 1.5 a tutti i piani nel caso di CD"B" un po' di più per CD"A"

Ed infine

$$\varepsilon = \sqrt{\left(\gamma_{Rd}\frac{M_{Rd}}{M_{Ed}}\right)^2 + \left(q\sqrt{0.1}\frac{S_d(T_c)}{S_d(T_1)}\right)^2} = \sqrt{1.26^2 + 1.264^2} = 1.78$$

Taglio pareti direzione x
3 – incremento per gerarchia delle resistenze

Piano	Taglio globale (kN)	Taglio parete 1 (kN)		
6	1288.6	838.0	921.8	1235.4
5	2368.3	1540.1	1694.1	2270.5
4	3186.2	2072.0	2279.2	3054.7
3	3742.4	2433.7	2677.1	3587.9
2	4036.8	2625.2	2887.7	3870.2

$< 0.5V_2$

+78%

Taglio pareti direzione x
3 – incremento per gerarchia delle resistenze

Piano	Taglio globale (kN)	Taglio parete 1 (kN)		
6	1288.6	838.0	921.8	1935.1
5	2368.3	1540.1	1694.1	2486.0
4	3186.2	2072.0	2279.2	3037.0
3	3742.4	2433.7	2677.1	3587.9
2	4036.8	2625.2	2887.7	3870.2

$0.5\ V_{base}$

+78%

Dimensionamento della sezione di base delle pareti

1. Dimensionare la sezione trasversale della parete più sollecitata nel rispetto della verifica a taglio del calcestruzzo

$$V_{Ed} = V_{Rd,max} = 0.4\frac{\cot\theta}{1+\cot^2\theta} f'_{cd}\, b_w\, z \qquad z = 0.8\, l_w$$

Riduzione resistenza in zona critica $\cot\theta = 1$ per CD"A"

$$l_w = \frac{2}{0.4}\frac{V_{Ed}}{0.8\, f'_{cd}\, b_w}$$

Dimensionamento della sezione di base delle pareti

1. Dimensionare la sezione trasversale della parete più sollecitata nel rispetto della verifica a taglio del calcestruzzo

Alla base $V_{Ed} = 3870.2$ kN

assumo $b_w = 30$ cm

$\cot\theta = 1$

$$l_w = \frac{2}{0.4}\frac{V_{Ed}}{0.8\, f'_{cd}\, b_w} = 5\,\frac{3870.2\times10^{-3}}{0.8\times7.1\times0.3} = 11.4\ \text{m}$$

È il doppio di ciò che serviva in CD"B"????

Considerazioni

Il progetto ad alta duttilità richiede pareti molto più grandi rispetto a quello a bassa duttilità

Si poteva prevedere, perchè

1. Le azioni in CD"A" sono minori del 25% (q= 4 anziché 3)
2. L'amplificazione per criterio di gerarchia delle resistenze è del 20% più grande (1.78 anziché 1.5)
3. Ma soprattutto la resistenza a taglio è ridotta del 60%

Ma allora che vantaggi dall'alta duttilità?