

Corso di aggiornamento
Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

**Problemi specifici nel progetto di strutture
antisismiche con pareti in c.a.**

11 - Combinazioni di carico e calcolo delle armature delle pareti

Bologna
10 gennaio 2013
Edoardo M. Marino

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

Processo progettuale tradizionale

Modellazione della struttura



Risoluzione degli schemi base



Inviluppo dei risultati



~~Definizione delle armature
in base all'inviluppo~~

Non sempre: occorre tener conto
della gerarchia delle resistenze

Progetto delle pareti

Le pareti hanno un comportamento duttile se si plasticizzano a flessione



L'armatura a flessione alla pareti deve essere definita in base ai risultati del calcolo



Attraverso il criterio di gerarchia delle resistenze si:

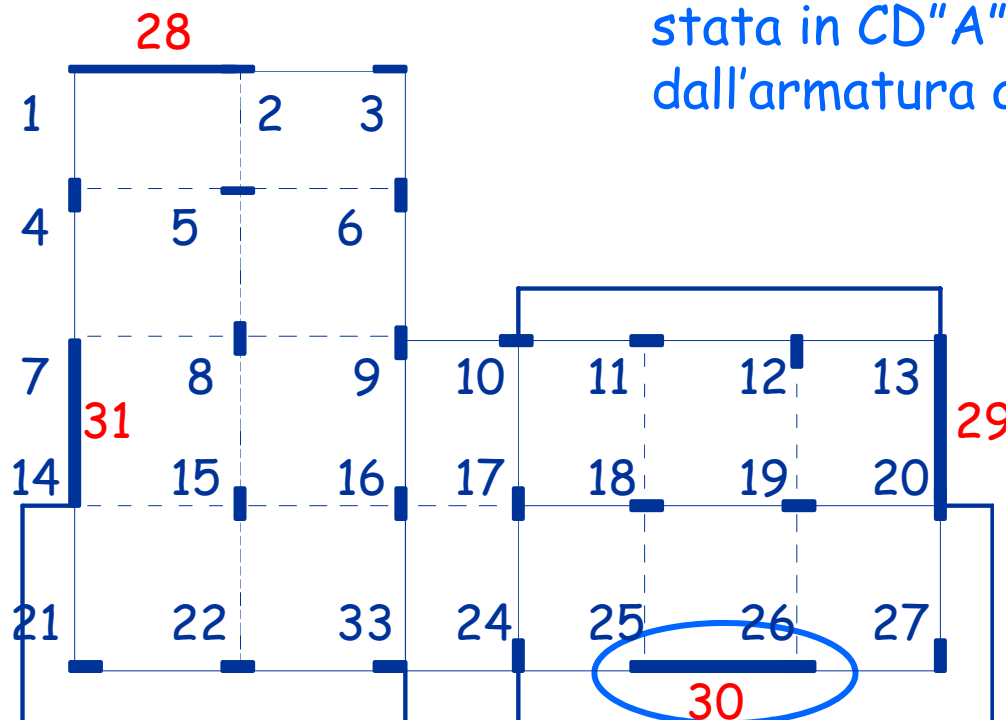
- definisce l'armatura a taglio
- esegue la verifica allo scorrimento

Definizione delle armature - pareti

Primo passo armatura a taglio delle pareti

Si esamina come esempio la parete 1x (corrispondente all'asta 30) che è la maggiormente sollecitata

N.B. A rigore, se la struttura fosse stata in CD "A" bisognava partire dall'armatura a flessione



Parete 1x (30)

Taglio per schemi di carico base

Non considero la condizione con soli carichi verticali

Piano	q min	Fx	Fy	M(Fx)	M(Fy)
6	3.9	425.0	56.4	18.4	27.1
5	-0.6	904.9	60.5	42.4	62.4
4	0.3	1256.2	62.0	60.6	89.1
3	0.9	1549.7	55.2	73.5	108.2
2	8.8	1944.7	-50.1	76.7	112.8

Parete 1x (30)

Effetto compressivo del sisma

Piano	q min	Fx	Fy	M(Fx)	M(Fy)	SismaX	SismaY	X+0.3Y
6	3.9	425.0	56.4	18.4	27.1	443.4	83.5	468.4
5	-0.6	904.9	60.5	42.4	62.4	947.4	122.9	984.2
4	0.3	1256.2	62.0	60.6	89.1	1316.7	151.1	1362.0
3	0.9	1549.7	55.2	73.5	108.2	1623.2	163.4	1672.2
2	8.8	1944.7	-50.1	76.7	112.8	2021.4	162.9	2070.2

$$\text{SismaX} = Fx + M(Fx)$$

$$\text{SismaY} = Fy + M(Fy)$$

$$\text{Sisma} = \text{SismaX} + 0.3 \text{ SismaY}$$

Parete 1x (30)

Effetto complessivo del sisma

Piano	q min	Fx	Fy	M(Fx)	M(Fy)	SismaX	SismaY	X+0.3Y	Progetto
6	3.9	425.0	56.4	18.4	27.1	443.4	83.5	468.4	706.6
5	-0.6	904.9	60.5	42.4	62.4	947.4	122.9	984.2	1477.0
4	0.3	1256.2	62.0	60.6	89.1	1316.7	151.1	1362.0	2043.4
3	0.9	1549.7	55.2	73.5	108.2	1623.2	163.4	1672.2	2509.2
2	8.8	1944.7	-50.1	76.7	112.8	2021.4	162.9	2070.2	3114.2

Per CD"B" - Sisma x 1.5 +

q_{min}



Gerarchia delle resistenze

Il taglio sismico dei piani superiori ($z > h_w/3$) deve essere amplificato secondo la funzione d'involuppo e non inferiore al 50% di quello alla base

Parete 1x (30)

Effetto complessivo del sisma

Piano	q min	Fx	Fy	M(Fx)	M(Fy)	SismaX	SismaY	X+0.3Y	Progetto
6	3.9	425.0	56.4	18.4	27.1	443.4	83.5	468.4	1556.6
5	-0.6	904.9	60.5	42.4	62.4	947.4	122.9	984.2	1874.1
4	0.3	1256.2	62.0	60.6	89.1	1316.7	151.1	1362.0	2191.7
3	0.9	1549.7	55.2	73.5	108.2	1623.2	163.4	1672.2	2509.2
2	8.8	1944.7	-50.1	76.7	112.8	2021.4	162.9	2070.2	3114.2

Per CD"B" - Sisma x 1.5 + q_{min}

Il taglio sismico dei piani superiori ($z > h_w/3$) deve essere amplificato secondo la funzione d'inviluppo e non inferiore al 50% di quello alla base



Gerarchia delle resistenze

Parete 1x (30)

Progetto dell'armatura orizzontale

Alla base: $V_{Ed} = 3114.2 \text{ kN}$ CD"B", $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$

$$\frac{A_{sh}}{s_h} = \frac{V_{Ed}}{0.8 l_w f_{yd} \cot \theta}$$

Grande per $\cot \theta = 1$

$$\cot \theta = 1 \quad \frac{A_{sh}}{s_h} = 18.1 \text{ cm}^2 / \text{m} \quad \rho_h = 0.60\%$$

Staffe $\phi 12/12.5$

$$\cot \theta = 2 \quad \frac{A_{sh}}{s_h} = 9.0 \text{ cm}^2 / \text{m} \quad \rho_h = 0.30\%$$

Staffe $\phi 12/25$

$$\rho_h = \frac{A_{sh}}{b_w s_h} \geq 0.2\%$$

Parete 1x (30)

Progetto dell'armatura orizzontale

Alla base: $V_{Ed} = 3114.2 \text{ kN}$ CD"B", $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$

$$\frac{A_{sh}}{s_h} = \frac{V_{Ed}}{0.8 l_w f_{yd} \cot \theta}$$

Grande per $\cot \theta = 1$

$$\cot \theta = 1 \quad \frac{A_{sh}}{s_h} = 18.1 \text{ cm}^2 / \text{m} \quad \text{Staffe } \phi 12/12.5$$

$$\rho_h = 0.60\%$$

$$\cot \theta = 2 \quad \frac{A_{sh}}{s_h} = 9.0 \text{ cm}^2 / \text{m} \quad \text{Staffe } \phi 12/25$$

$$\rho_h = 0.30\%$$

$$\rho_h = \frac{A_{sh}}{b_w s_h} \geq 0.2\%$$

NTC 08 (D.M. 14/1/08), punto 7.4.6.2.4

Parete 1x (30)

Progetto dell'armatura verticale

Alla base: $V_{Ed} = 3114.2 \text{ kN}$ CD"B", $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$

$$\frac{A_{sv}}{s_v} = \frac{V_{Ed} \cot \theta}{0.6 l_w f_{yd}}$$

Sempre molto
grande

$$\cot \theta = 1 \quad \frac{A_{sv}}{s_v} = 24.1 \text{ cm}^2 / \text{m} \quad 2 \phi 16 / 16.7$$

$$\rho_v = 0.80\%$$

$$\cot \theta = 2 \quad \frac{A_{sv}}{s_v} = 48.2 \text{ cm}^2 / \text{m} \quad 2 \phi 16 / 8.3$$

$$\rho_v = 1.6\%$$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{b_w s_v} \geq 0.2\%$$

Parete 1x (30)

Verifica della sezione in cls

Alla base: $V_{Ed} = 3114.2 \text{ kN}$ CD"B", $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$

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

$$\cot \theta = 1 \quad V_{Rcd} = 4686.0 \text{ kN}$$

$$\cot \theta = 2 \quad V_{Rcd} = 3748.8 \text{ kN}$$

Entrambi i valori sono accettabili

Parete 1x (30)

Progetto dell'armatura a taglio

Quale valore per $\cot \theta$?

Sempre molto grande

$\cot \theta = 1$ $\rho_h = 0.6\%$
Staffe $\phi 12/12.5$

~~$\rho_v = 0.8\%$
 $2 \phi 16/16.7$~~

$\cot \theta = 2$ $\rho_h = 0.3\%$
Staffe $\phi 12/25$

~~$\rho_v = 1.6\%$
 $2 \phi 16/8.3$~~

Metto l'armatura verticale minima

$\rho_v = 0.2\%$ $\frac{A_{sv}}{s_v} = 6.0 \text{ cm}^2 / \text{m}$

~~$2 \phi 12/37.5$~~

Parete 1x (30)

Progetto dell'armatura a taglio

Quale valore per $\cot \theta$?

Sempre molto grande

$\cot \theta = 1$ $\rho_h = 0.6\%$
Staffe $\phi 12/12.5$

~~$\rho_v = 0.8\%$
2 $\phi 16/16.7$~~

$\cot \theta = 2$ $\rho_h = 0.3\%$
Staffe $\phi 12/25$

~~$\rho_v = 1.6\%$
2 $\phi 16/8.3$~~

Metto l'armatura verticale minima

$\rho_v = 0.3\%$ $\frac{A_{sv}}{s_v} = 9.0 \text{ cm}^2 / \text{m}$ 2 $\phi 12/25$

Parete 1x (30)

Progetto dell'armatura a taglio

Quale valore per $\cot \theta$?

Sempre molto grande

$\cot \theta = 1$

~~$\rho_h = 0.6\%$~~

~~Staffe $\phi 12/12.5$~~

~~$\rho_v = 0.8\%$~~

~~$2 \phi 16/16.7$~~

$\cot \theta = 2$

$\rho_h = 0.3\%$

Staffe $\phi 12/25$

~~$\rho_v = 1.6\%$~~

~~$2 \phi 16/8.3$~~

Metto l'armatura verticale minima, dovrò traslare il diagramma del momento

Scelgo $\cot \theta = 2$

Parete 1x (30)

Progetto dell'armatura a taglio

Piano	V_{Ed} (kN)	$\cot \theta$	A_{sh}/s (cm ² /m)	ρ_h	Staffe	A_{sv}/s (cm ² /m)	ρ_v	Arm. long.	V_{Rcd} (kN)
6	1556.6	2.0	4.52	0.15%	φ12/50				
5	1874.1	2.0	5.44	0.18%	φ12/42				
4	2191.7	2.0	6.36	0.21%	φ12/36				
3	2509.2	2.0	7.29	0.24%	φ12/31				
2	3114.2	2.0	9.0	0.30%	φ12/25	9.0	0.30%	2φ12/25	3748.8

L'armatura si riduce parecchio ai piani superiori, ma deve essere:

$$\rho_h \geq 0.2\%$$

$$s_h \leq 30 \text{ cm}$$

Parete 1x (30)

Progetto dell'armatura a taglio

Piano	V_{Ed} (kN)	$\cot \theta$	A_{sh}/s (cm ² /m)	ρ_h	Staffe	A_{sv}/s (cm ² /m)	ρ_v	Arm. long.	V_{Rcd} (kN)
6	1556.6	2.0	7.5	0.25%	$\phi 12/30$	7.5	0.25%	2 $\phi 12/30$	3748.8
5	1874.1	2.0	7.5	0.25%	$\phi 12/30$	7.5	0.25%	2 $\phi 12/30$	3748.8
4	2191.7	2.0	7.5	0.25%	$\phi 12/30$	7.5	0.25%	2 $\phi 12/30$	3748.8
3	2509.2	2.0	9.0	0.30%	$\phi 12/25$	9.0	0.30%	2 $\phi 12/25$	3748.8
2	3114.2	2.0	9.0	0.30%	$\phi 12/25$	9.0	0.30%	2 $\phi 12/25$	3748.8

L'armatura si riduce parecchio ai piani superiori, ma deve essere:

$$\rho_h \geq 0.2\%$$

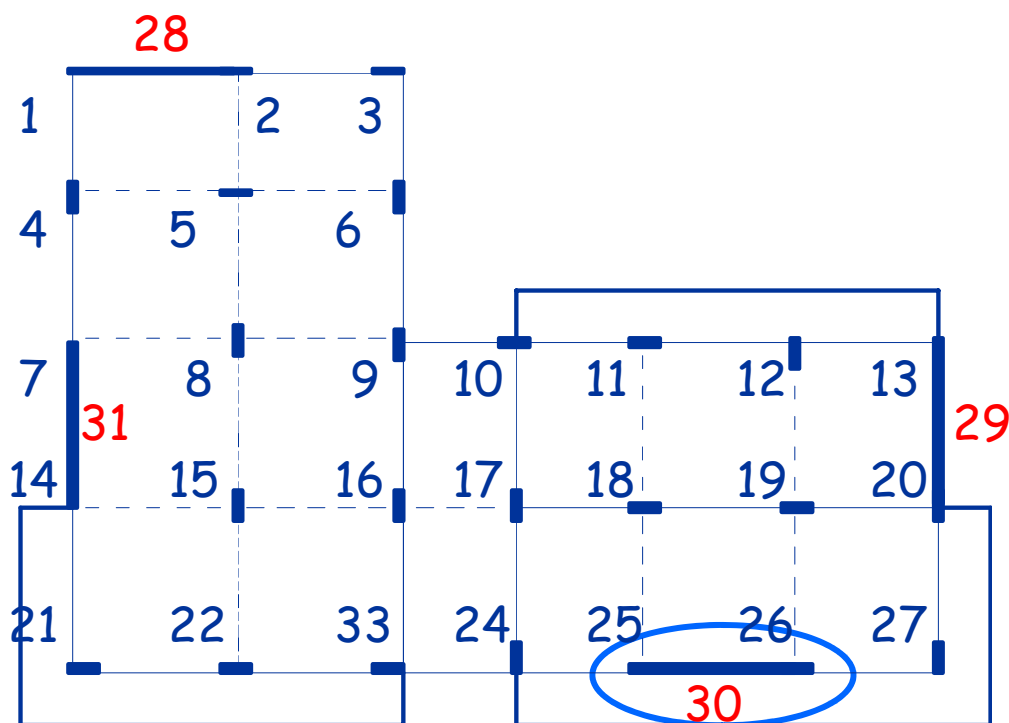
$$s_h \leq 30 \text{ cm}$$

$$\rho_v \geq 0.2\%$$

$$s_v \leq 30 \text{ cm}$$

Secondo passo armatura a flessione delle pareti

Si esamina come esempio la parete 1x (corrispondente all'asta 30) che è la maggiormente sollecitata



Parete 1x (30)

momento flettente per schemi di carico base

Si parte dall'involuppo dei momenti flettenti

	q min	Fx	Fy	M(Fx)	M(Fy)	Sisma X	Sisma Y	Sis.X+0.3SisY
6	-3	451	28	22	32	472	60	491
5	-15	-1012	-153	-37	-54	-1049	-208	-1111
5	-16	-763	-123	-11	-17	-774	-140	-816
4	-14	-3226	-312	-147	-216	-3373	-528	-3532
4	-21	-2769	-285	-122	-180	-2892	-465	-3031
3	-22	-6519	-477	-316	-465	-6835	-942	-7118
3	-36	-6091	-455	-295	-434	-6386	-890	-6653
2	-39	-10791	-620	-531	-781	-11322	-1401	-11742
2	-66	-10502	-608	-517	-761	-11019	-1369	-11429
1	-98	-17293	-624	-793	-1167	-18086	-1791	-18623

Parete 1x (30)

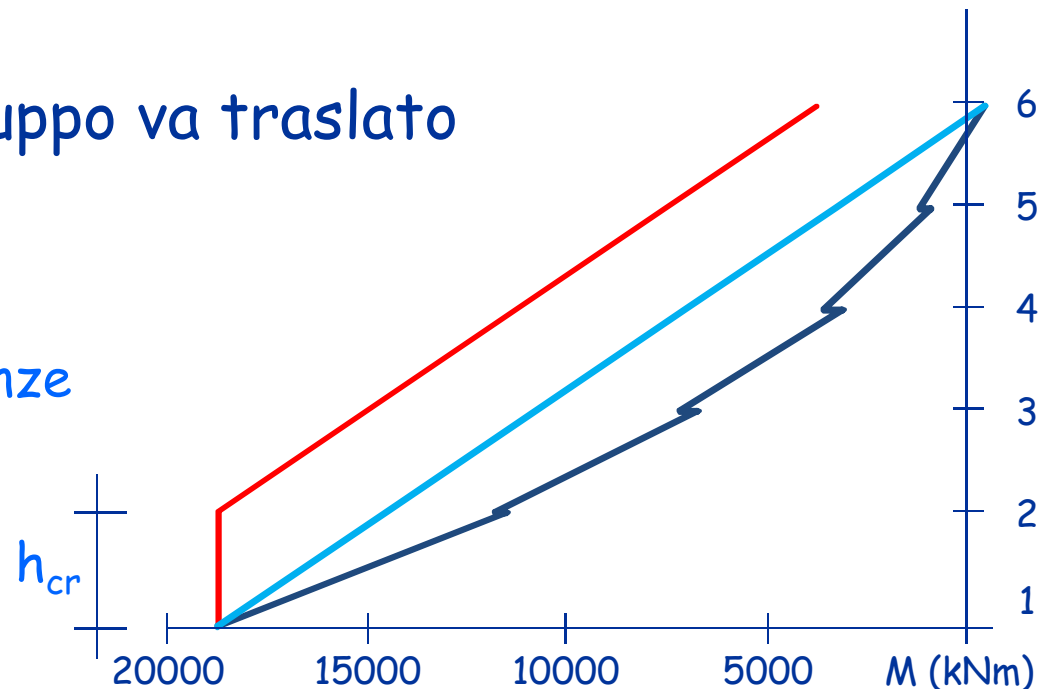
momento flettente di progetto

1. Si parte dall'involuppo dei momenti flettenti
2. In campo non lineare l'involuppo dei momenti è approssimativamente lineare
3. Il diagramma involuppo va traslato verso l'alto



Gerarchia delle resistenze

$$h_{cr} = \max \left\{ \begin{array}{l} l_w \\ \frac{h_w}{6} < h_{1piano} \end{array} \right.$$

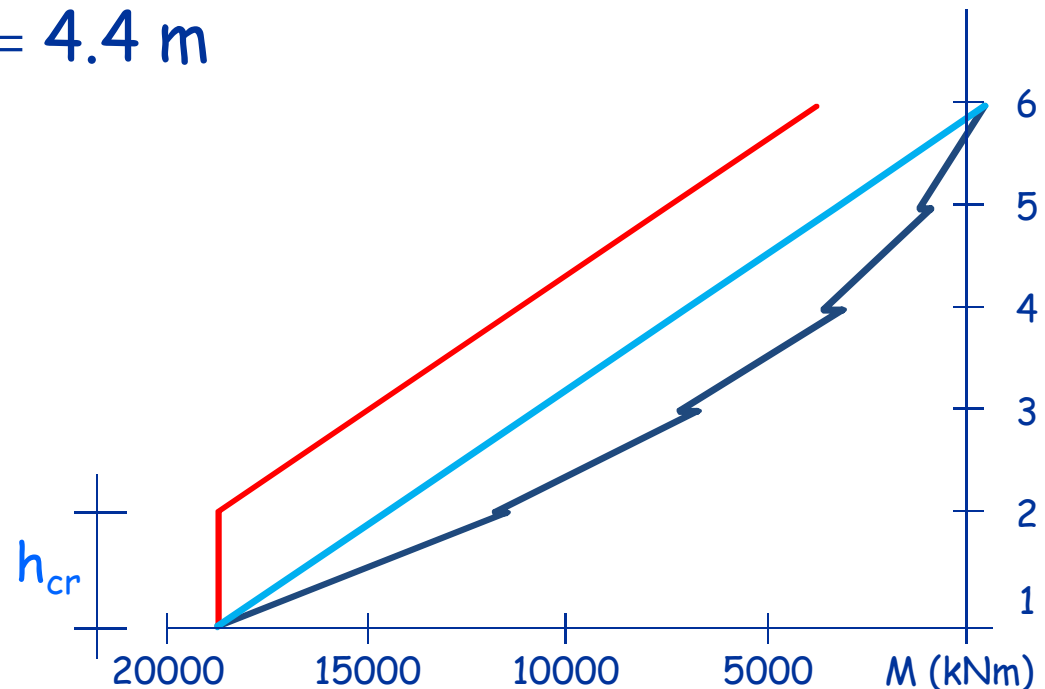


Parete 1x (30) momento flettente di progetto

Ma bisogna traslare anche per assorbire la forza longitudinale di trazione che nasce per effetto del taglio di:

$$\frac{z}{2} \cot \theta = \frac{0.8 I_w}{2} \times 2 = 4.4 \text{ m}$$

$$h_{cr} = h_{1 \text{ piano}} = 3.6 \text{ m}$$



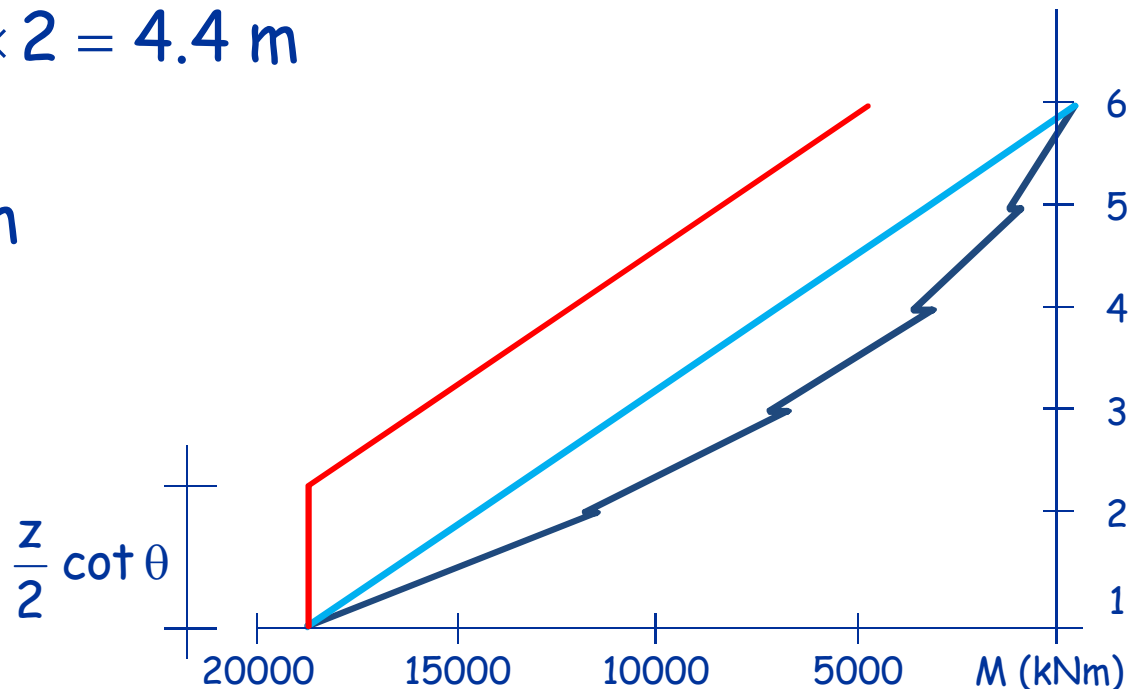
Parete 1x (30)

momento flettente di progetto

Ma bisogna traslare anche per assorbire la forza longitudinale di trazione che nasce per effetto del taglio di:

$$\frac{z}{2} \cot \theta = \frac{0.8 I_w}{2} \times 2 = 4.4 \text{ m}$$

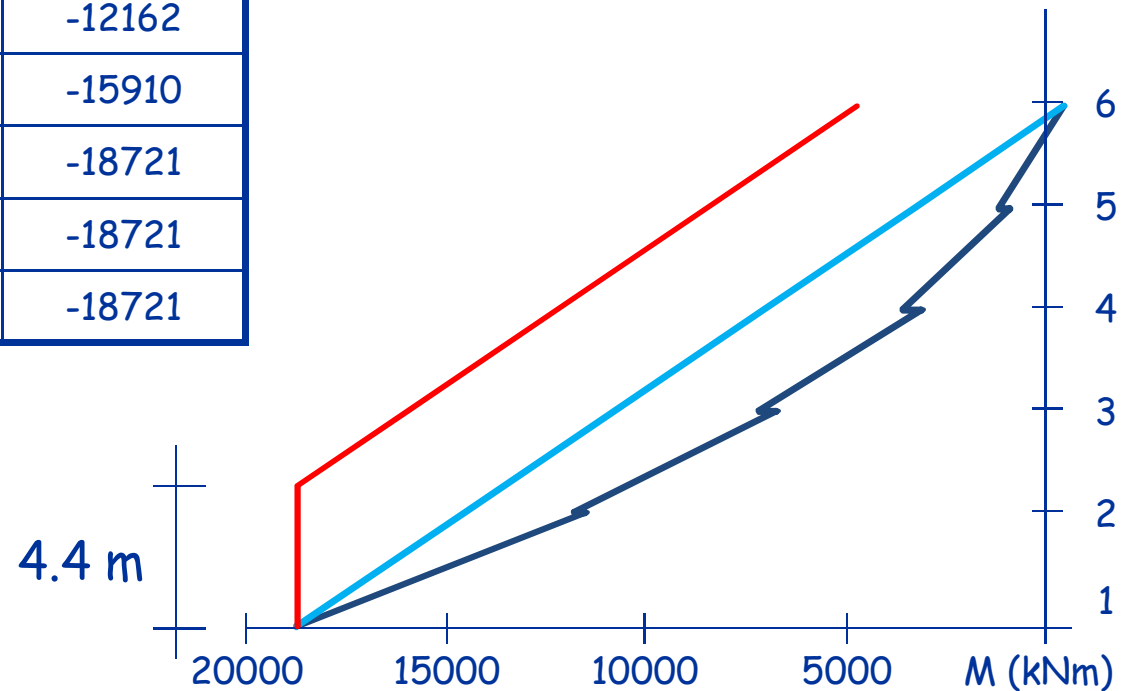
~~$$h_{cr} = h_{1 \text{ piano}} = 3.6 \text{ m}$$~~



Parete 1x (30)

Momento flettente di progetto

Piano	Inviluppo	Lineare	Traslato
6	488	488	-4666
5	-1126	-3260	-8414
4	-3546	-7008	-12162
3	-7140	-10756	-15910
4.4 m		-13567	-18721
2	-11781	-14504	-18721
1	-18721	-18721	-18721



Parete 1x (30)

Sforzo normale per schemi di carico base

	q min	Fx	Fy	M(Fx)	M(Fy)	Sisma X	Sisma Y	Sis.X+0.3SisY
6	-267.2	-11.8	18.3	0.3	0.4	12.1	18.7	-17.7
5	-603.4	-19.5	42.8	1.0	1.4	20.5	44.3	-33.7
4	-939.6	-28.1	65.9	1.6	2.3	29.7	68.3	-50.2
3	-1275.7	-35.5	86.3	2.1	3.1	37.5	89.4	-64.3
2	-1611.9	-40.1	100.2	2.4	3.5	42.5	103.8	-73.6

L'effetto del sisma è trascurabile

Parete 1x (30)

Sforzo normale per schemi di carico base

	q_{\min}	$1.5 q_{\min}$	$0.5 q_{\min}$	N_{\min}	N_{\max}
6	-267.2	-400.8	-133.6	-418.5	-115.9
5	-603.4	-905.1	-301.7	-938.8	-268.0
4	-939.6	-1409.3	-469.8	-1459.5	-419.6
3	-1275.7	-1913.6	-637.9	-1977.9	-573.5
2	-1611.9	-2417.8	-805.9	-2491.5	-732.3

Si combina col
sisma nel modo più
sfavorevole

Se il fattore di struttura q è superiore a 2, si deve tener conto delle forze assiali dinamiche aggiuntive che si generano nelle pareti per effetto dell'apertura e chiusura di fessure orizzontali e del sollevamento dal suolo. In assenza di più accurate analisi essa può essere assunta pari al $\pm 50\%$ della forza assiale dovuta ai carichi verticali in condizioni sismiche.

Parete 1x (30)

Progetto dell'armatura a flessione

Piano	M (kNm)	N _{max} (kN)	N _{min} (kN)
6	-8414	-418.5	-115.9
5	-12162	-938.8	-268.0
4	-15910	-1459.5	-419.6
3	-18721	-1977.9	-573.5
2	-18721	-2491.5	-732.3

Parete 1x (30)

Progetto dell'armatura a flessione

Alla base: $M_{Ed} = -18721 \text{ kNm}$ $N_{max} = -2491.5 \text{ kN}$
 $N_{min} = -732.3 \text{ kN}$

Nella zona centrale della parete è stata già disposta un'armatura (0.30%) che porta parte del momento flettente, dunque l'armatura delle zone confinate di estremità verrà calcolata per portare la rimanente parte di momento flettente

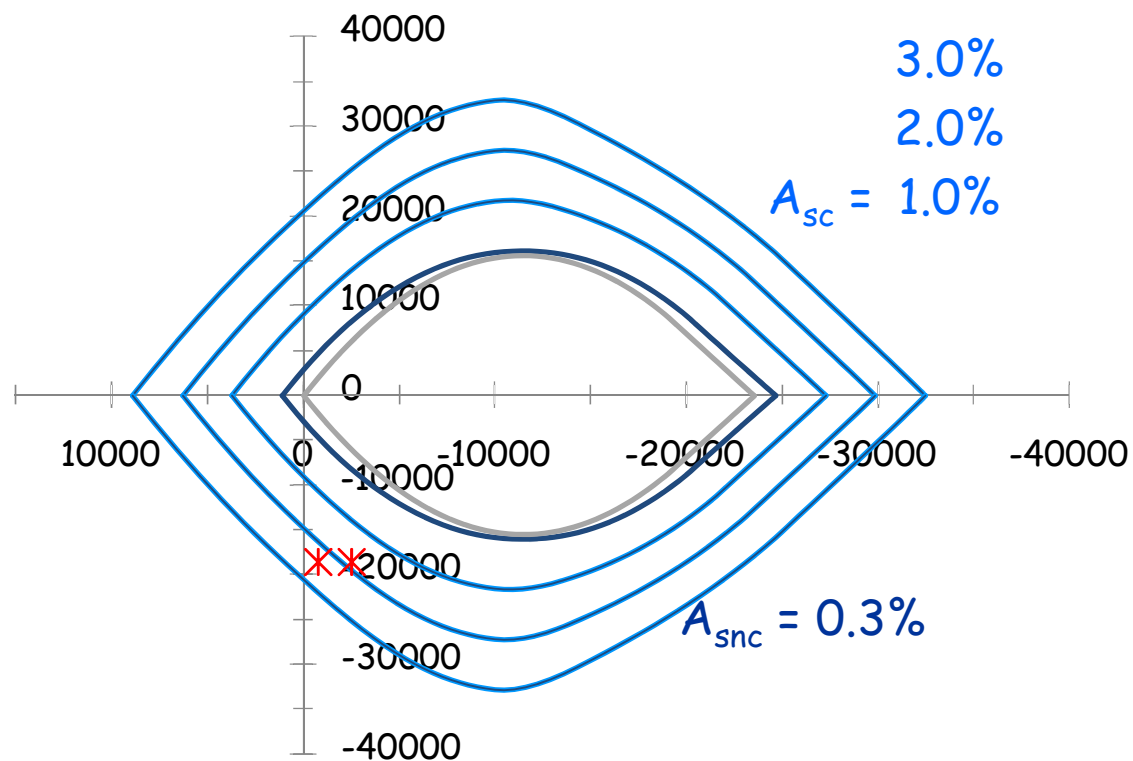
Parete 1x (30)

Progetto dell'armatura a flessione

Alla base: $M_{Ed} = -18721 \text{ kNm}$

$N_{max} = -2491.5 \text{ kN}$

$N_{min} = -732.3 \text{ kN}$



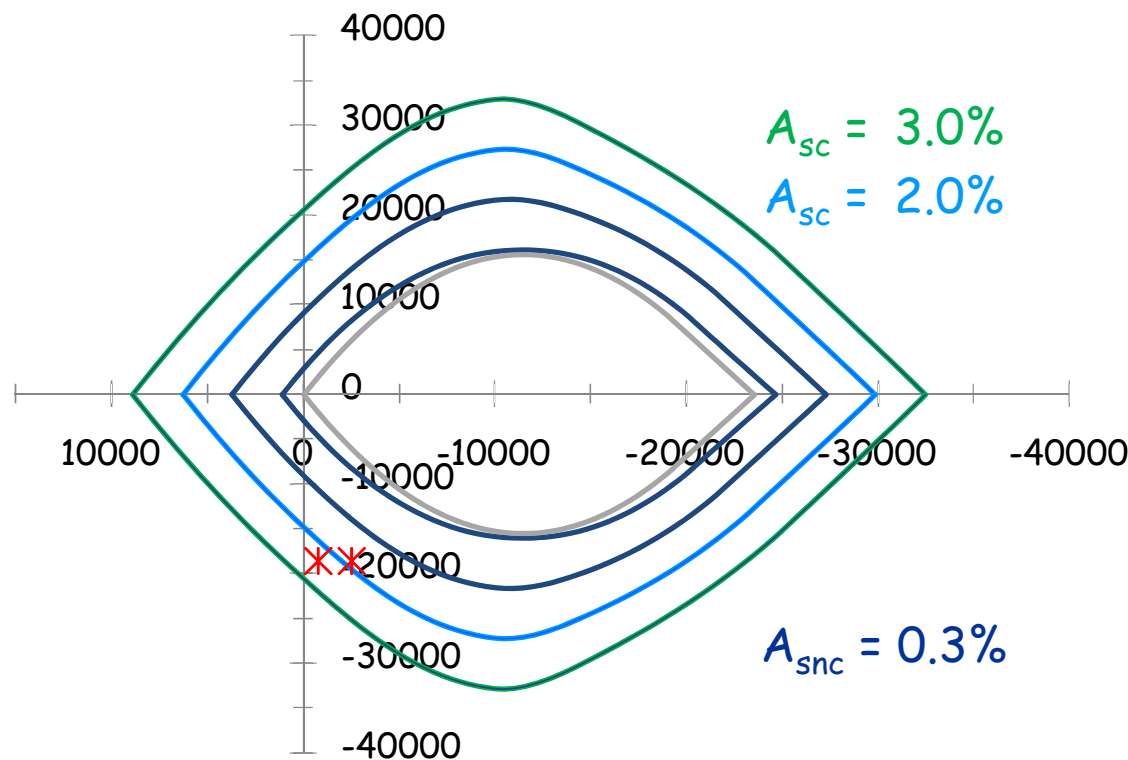
Parete 1x (30)

Progetto dell'armatura a flessione

Alla base: $M_{Ed} = -18721 \text{ kNm}$

$N_{max} = -2491.5 \text{ kN}$

$N_{min} = -732.3 \text{ kN}$



Serve un'armatura pari
al 2.4% dell'aerea
confinata A_c

$A_c = 30 \times 110 = 3300 \text{ cm}^2$

$A_{sc} = 79.2 \text{ cm}^2$

26 $\phi 20$

Si potrebbe ridurre aumentando l'armatura del tratto centrale

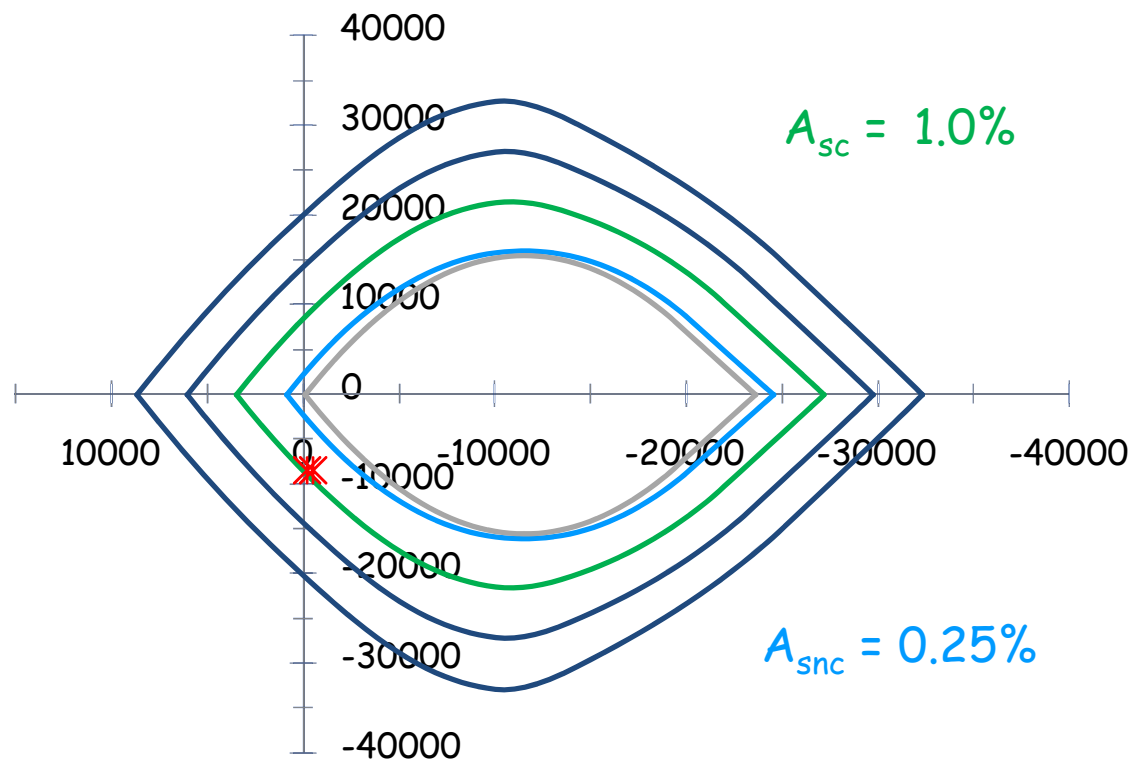
Parete 1x (30)

Progetto dell'armatura a flessione

Al piano 6: $M_{Ed} = -8414 \text{ kNm}$

$$N_{max} = -418.5 \text{ kN}$$

$$N_{min} = -115.9 \text{ kN}$$



Serve un'armatura pari
al 1.0% dell'area
confinata A_c

$$A_c = 30 \times 110 = 3300 \text{ cm}^2$$

$$A_{sc} = 33.0 \text{ cm}^2$$

12 $\phi 20$

Parete 1x (30)

Progetto dell'armatura a flessione

Piano	M (kNm)	N _{max} (kN)	N _{min} (kN)	A _{snc} %A _{cnc}	A _{snc} (cm ²)	A _{sc} %A _{cc}	A _{sc} (cm ²)
6	-8414	-418.5	-115.9	0.25%	24.75	1.0%	33.0
5	-12162	-938.8	-268.0	0.25%	24.75	1.5%	49.5
4	-15910	-1459.5	-419.6	0.25%	24.75	2.1%	69.3
3	-18721	-1977.9	-573.5	0.30%	29.70	2.4%	79.2
2	-18721	-2491.5	-732.3	0.30%	29.70	2.4%	79.2

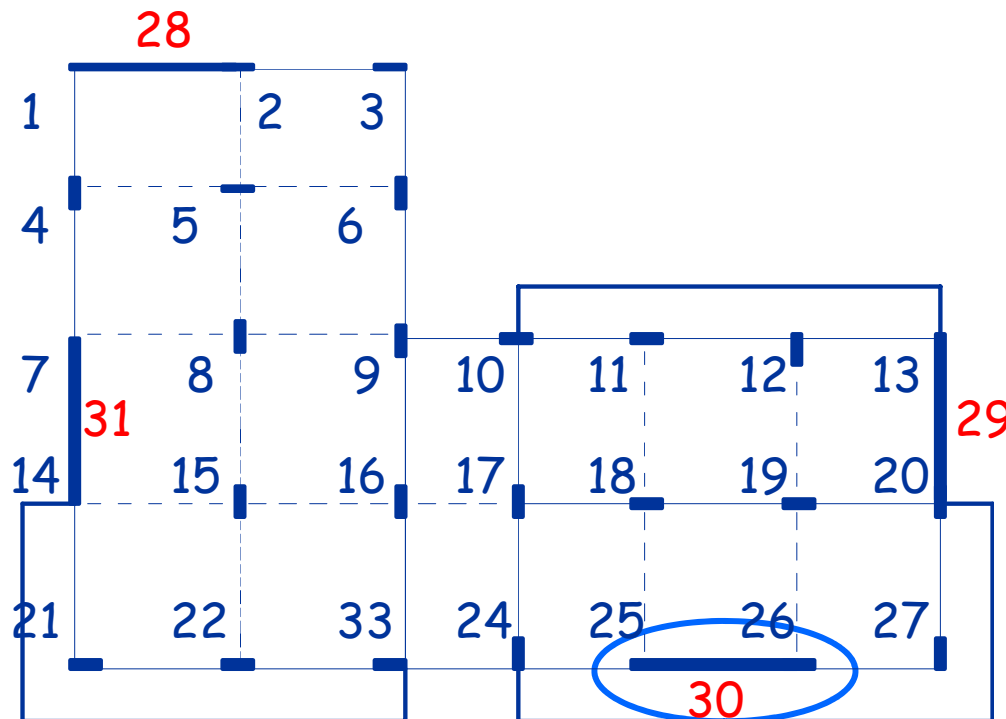
Parete 1x (30)

Progetto dell'armatura a flessione

Piano	M (kNm)	N _{max} (kN)	N _{min} (kN)	A _{snc} %A _{cnc}	A _{snc} (cm ²)	A _{sc} barre	A _{sc} (cm ²)
6	-8414	-418.5	-115.9	0.25%	24.75	12φ20	37.7
5	-12162	-938.8	-268.0	0.25%	24.75	16φ20	50.3
4	-15910	-1459.5	-419.6	0.25%	24.75	22φ20	69.1
3	-18721	-1977.9	-573.5	0.30%	29.70	26φ20	81.7
2	-18721	-2491.5	-732.3	0.30%	29.70	26φ20	81.7

Terzo passo verifica allo scorrimento delle pareti

Si esamina come esempio la parete 1 (corrispondente all'asta 30) che è la maggiormente sollecitata



Parete 1x (30) verifica allo scorrimento

Alla base: $V_{Ed} = 3114.2 \text{ kN}$

$N_{Ed} = -732.3 \text{ kN}$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} = V_{dd} + \cancel{V_{id}} + V_{fd}$$

V_{dd} :

Resistenza per effetto spinotto

V_{id} :

Resistenza a taglio di eventuali barre
diagonali

V_{fd} :

Resistenza per attrito

Non ci sono barre diagonali

Effetto spinotto

$$A_{\text{snc}} = 29.4 \text{ cm}^2 \quad 26 \phi 12 (\phi 12/25)$$

$$A_{sc} = 163.4 \text{ cm}^2 \quad 52 \phi 20$$

$$V_{dd} = 1865.8 \text{ kN}$$

Parete 1x (30)

Resistenza per attrito

$$V_{fd} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.5 \eta f_{cd} \xi l_w b_w \\ \mu_f [A_{sj,c} f_{yd} + N_c] \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \eta = 0.6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0.54 \\ \mu_f = 0.6 \end{array}$$

Considero solo l'armatura delle zone confinate ed assumo A_{sj} pari ad una frazione di A_{sc} :

$$A_{sc} = 81.7 \text{ cm}^2 \quad 26 \phi 20 \quad \text{per ciascun lato}$$

Parete 1x (30)

Resistenza per attrito

$$V_{fd} = \min \left\{ \begin{aligned} &0.5 \eta f_{cd} \xi l_w b_w = 0.5 \times 0.54 \times 14.2 \times 0.168 \times \\ &\quad \times 550 \times 30 \times 10^{-1} = \boxed{1057.7 \text{ kN}} \\ &\mu_f \left[A_{sc} f_{yd} \frac{x}{l_{wc}} + N_c \right] = 0.6 \times \left(81.7 \times 391.3 \frac{92.2}{110} \times 10^{-1} + \right. \\ &\quad \left. + 3171.3 \right) = 3509.7 \text{ kN} \end{aligned} \right.$$

Si determina:

$$\xi = \frac{x}{l_w} = \frac{92.2}{550} = 0.168$$

$$V_{fd} = 1057.7 \text{ kN}$$

$$N_c = 3171.3 \text{ kN}$$

Parete 1x (30)

verifica allo scorrimento

Alla base: $V_{Ed} = 3114.2 \text{ kN}$

$N_{Ed} = -732.3 \text{ kN}$

$$V_{Rd} = V_{dd} + V_{fd} = 1865.8 + 1057.7 = 2923.5 \text{ kN}$$

La verifica non è soddisfatta

Come intervenire?

Parete 1x (30)

verifica allo scorrimento

Bisogna incrementare la resistenza allo scorrimento

$$\Delta V_{Rd} = V_{Ed} - V_{Rd} = 3114.2 - 2923.5 = 190.7 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = V_{dd} + V_{fd}$$

... ma su quale parte di V_{Rd} intervenire?

Parete 1x (30)

Resistenza per attrito

$$V_{fd} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.5 \eta f_{cd} \xi l_w b_w = 1057.7 \text{ kN} \\ \mu_f \left[A_{sj} f_{yd} \frac{x}{l_{wc}} + N_c \right] = 3509.7 \text{ kN} \end{array} \right.$$

Per incrementare la V_{fd} bisogna aumentare le dimensioni della sezione

Se voglio lasciare invariata la sezione allora devo intervenire su V_{dd}

Parete 1x (30)

Effetto spinotto

$$V_{dd} = \min \begin{cases} 1.3 \sum A_{sj} \sqrt{f_{cd} f_{yd}} = \boxed{1865.8 \text{ kN}} \\ 0.25 f_{yd} \sum A_{sj} = 1885.8 \text{ kN} \end{cases}$$

Per incrementare la V_{dd} bisogna aumentare l'armatura

$$\sum A_{sj} = \frac{\Delta V_{Rd}}{1.3 \sqrt{f_{cd} f_{yd}}} = \frac{190.7 \times 10}{1.3 \sqrt{14.2 \times 391.3}} = 19.7 \text{ cm}^2$$

Preferisco aumentare l'armatura di parete per non aumentare il momento resistente (criterio di gerarchia delle resistenze)

Parete 1x (30) effetto spinotto

$$V_{dd} = \min \begin{cases} 1.3 \sum A_{sj} \sqrt{f_{cd} f_{yd}} = \boxed{1865.8 \text{ kN}} \\ 0.25 f_{yd} \sum A_{sj} = 1885.8 \text{ kN} \end{cases}$$

Per incrementare la V_{dd} bisogna aumentare l'armatura

$$\sum A_{sj} = \frac{\Delta V_{Rd}}{1.3 \sqrt{f_{cd} f_{yd}}} = \frac{76.8 \times 10}{1.3 \sqrt{14.2 \times 391.3}} = 19.7 \text{ cm}^2$$

Aggiungo 18 $\phi 12$ all'armatura verticale di parete che diventa

$$A_{sw} = 49.8 \text{ cm}^2 \quad 44 \phi 12 (\phi 12/15)$$

Parete 1x (30)

verifica allo scorrimento

Alla base: $V_{Ed} = 3114.2 \text{ kN}$

$N_{Ed} = -732.3 \text{ kN}$

$$V_{dd} = \min \begin{cases} 1.3 \sum A_{sj} \sqrt{f_{cd} f_{yd}} = \boxed{2062.9 \text{ kN}} \\ 0.25 f_{yd} \sum A_{sj} = 2084.9 \text{ kN} \end{cases}$$

$$V_{fd} = \min \begin{cases} 0.5 \eta f_{cd} \xi l_w b_w = \boxed{1186.1 \text{ kN}} \\ \mu_f \left[A_{sj} f_{yd} \frac{x}{l_{wc}} + N_c \right] = 3935.7 \text{ kN} \end{cases}$$

È cresciuto perché si è abbassato l'asse neutro
(prima era 1057.7 kN)

Parete 1x (30)

verifica allo scorrimento

Alla base: $V_{Ed} = 3114.2 \text{ kN}$

$$N_{Ed} = -732.3 \text{ kN}$$

$$V_{dd} = 2062.9 \text{ kN}$$

$$V_{fd} = 1186.1 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = V_{dd} + V_{fd} = 3249.0 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta

Parete 1x (30) verifica allo scorrimento

Piano	V_{Ed} (kN)	N_{min} (kN)	A_{sc} (cm ²)	A_{sw} (cm ²)	x (cm)	N_c (kN)	V_{dd} (kN)	V_{fd} (kN)	V_{Rd} (kN)
6	1556.6	-115.9							
5	1553.3	-268.0	Qui siamo fuori dalla zona critica						
4	2043.4	-419.6							
3	2509.2	-573.5	81.7	29.4	90.0	3096.1	1865.8	1032.6	2898.4
2	3114.2	-732.3	81.7	49.8	103.4	3556.2	2062.9	1186.1	3249.0

$$b_w = 30 \text{ cm}$$

$$\eta = 0.54$$

$$l_w = 550 \text{ cm}$$

$$l_c = 110 \text{ cm}$$

$$\mu_f = 0.6$$