

Pareti In Zona Sismica Norma Italiana

C Nuti

Fattori di sovraresistenza

Tab. 7.2.I - Fattori di sovraresistenza γ_{rd} (fra parentesi quadre è indicato il numero dell'equazione corrispondente)

Tipologia strutturale	Elementi strutturali	Progettazione in capacità	γ_{rd}	
			CD "A"	CD "B"
C.a. gettata in opera	Travi (§ 7.4.4.1.1)	Taglio	1,20	1,10
	Pilastri (§ 7.4.4.2.1)	Pressoflessione [7.4.4]	1,30	1,30
		Taglio [7.4.5]	1,30	1,10
	Nodi trave-pilastro (§ 7.4.4.3.1)	Taglio [7.4.6-7, 7.4.11-12]	1,20	1,10
	Pareti (§ 7.4.4.5.1)	Taglio [7.4.13-14]	1,20	-
C.a. prefabbricata a struttura intelaiata	Collegamenti di tipo a) (§ 7.4.5.2.1)	Flessione e taglio	1,20	1,10
	Collegamenti di tipo b) (§ 7.4.5.2.1)	Flessione e taglio	1,35	1,20
C.a. prefabbricata con pilastri incastrati alla base e orizzontamenti incernierati	Collegamenti di tipo fisso (§ 7.4.5.2.1)	Taglio	1,35	1,20
Acciaio	Si impiega il fattore di sovraresistenza γ_{ov} definito al § 7.5.1			
	Colonne (§ 7.5.4.2)	Pressoflessione [7.5.10]	1,30	1,30
Composta acciaio-calcestruzzo	Si impiega il fattore di sovraresistenza γ_{ov} definito al § 7.5.1			
	Colonne (§ 7.6.6.2)	Pressoflessione [7.6.7]	1,30	1,30
Legno	Collegamenti		1,30-1,60	1,10-1,30
Muratura armata con progettazione in capacità	Pannelli murari (§ 7.8.1.7)	Taglio	1,50	
Ponti	Si impiegano i fattori di sovraresistenza definiti al § 7.9.5			



1

Fattori q

Tab. 7.3.II – Valori massimi del valore di base q_0 del fattore di comportamento allo SLV
per diverse tecniche costruttive ed in funzione della tipologia strutturale e della classe di duttilità CD

Tipologia strutturale	q_0	
	CD "A"	CD "B"
Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	$4,5 \alpha_u / \alpha_1$	$3,0 \alpha_u / \alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	$4,0 \alpha_u / \alpha_1$	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5
Costruzioni con struttura prefabbricata (§ 7.4.5.1)		
Strutture a pannelli	$4,0 \alpha_u / \alpha_1$	3,0
Strutture monolitiche a cella	3,0	2,0

- Parete: $l_w/b_w > 4$
- snelle se il rapporto $h_w/l_w > 2$,
- tozze in caso contrario $h_w/l_w < 2$,
- essendo h_w l'altezza totale della parete (v. fig. 7.4.3) misurata a partire dalla sua base

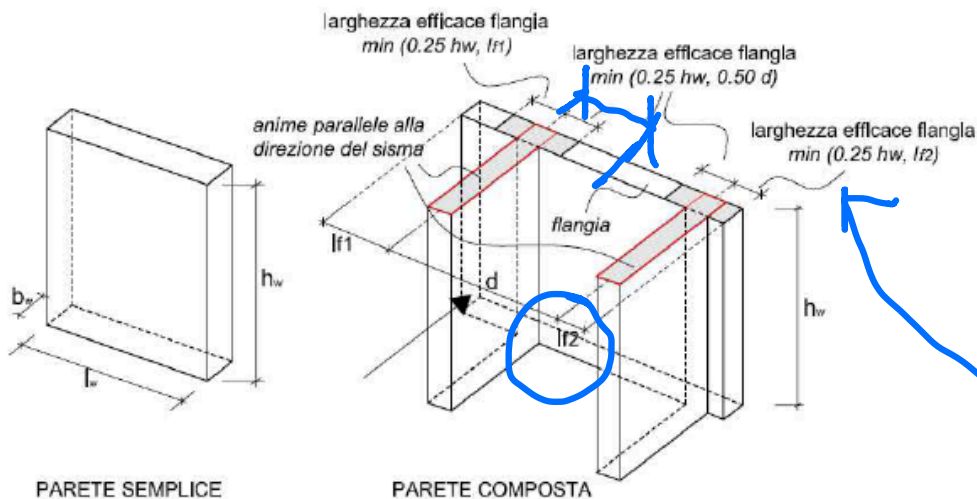
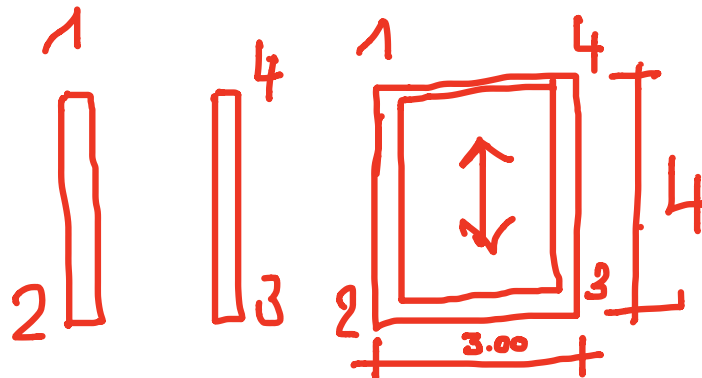
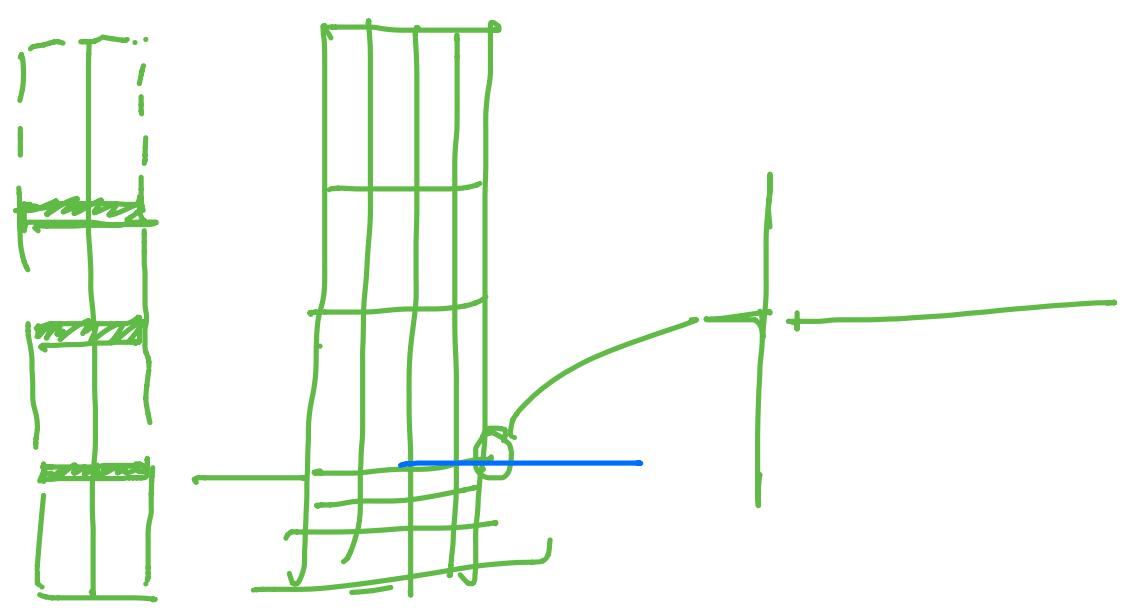
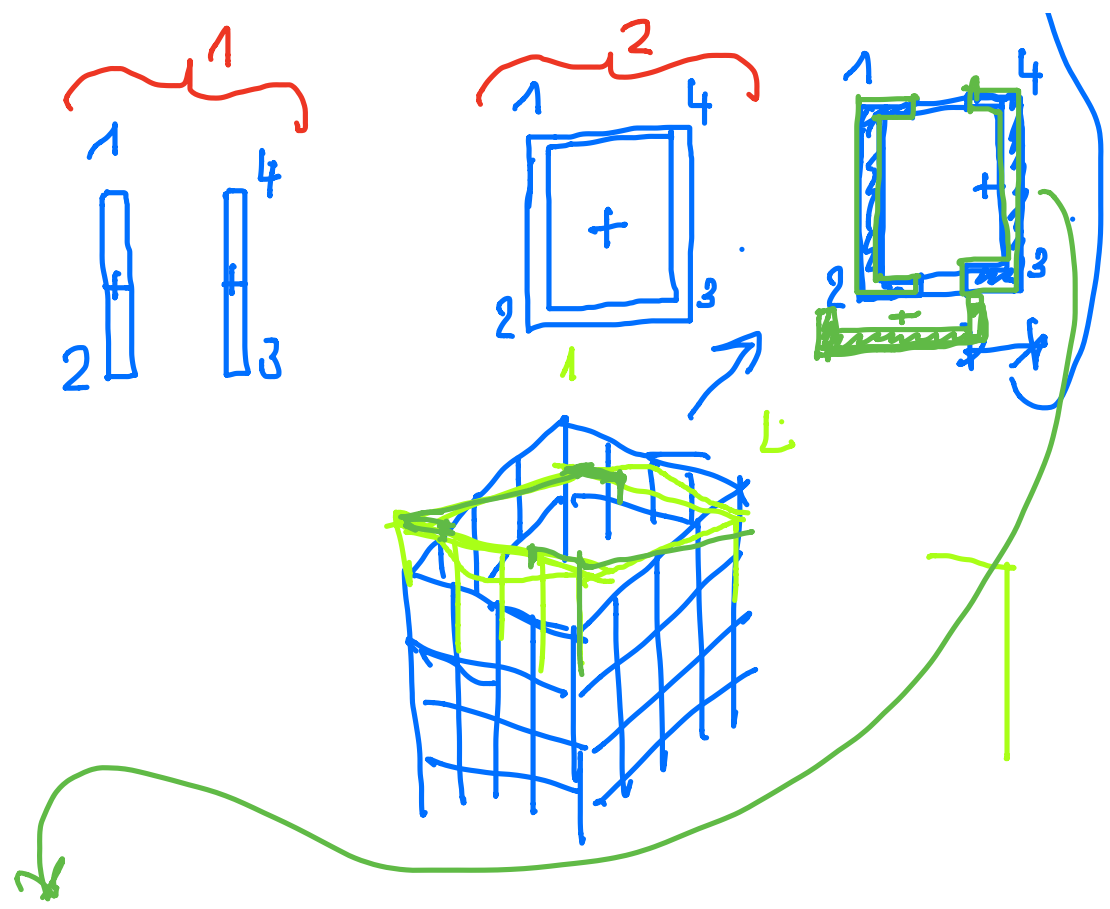


Fig. 7.4.3 – Sezioni resistenti delle pareti semplici e composte (la freccia indica la direzione del sisma)



Pareti composte

- pareti composte da più segmenti rettangolari collegati o che si intersecano (sezioni a L, T, U o simili) siano considerate unità intere, che consistono di una o più anime parallele, o approssimativamente parallele, alla direzione della forza di taglio sismica agente e di una o più flange normali o approssimativamente normali ad essa.

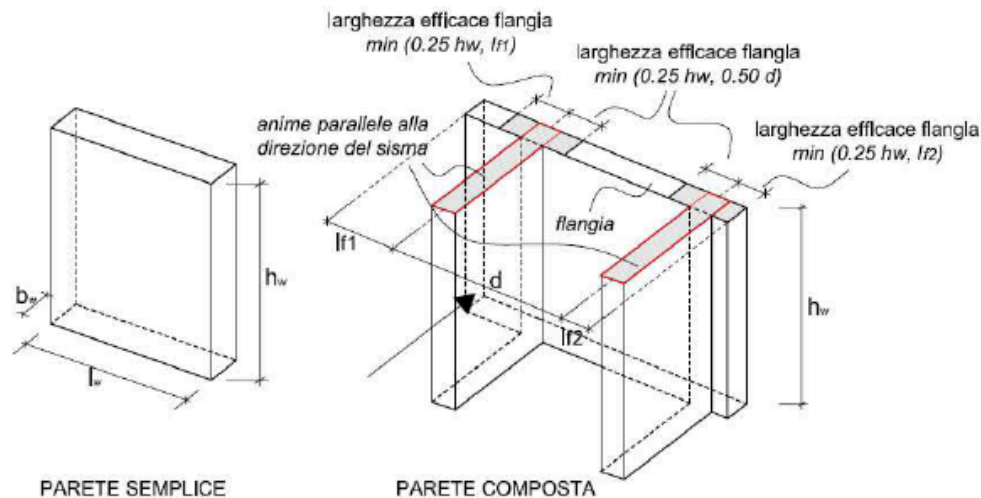


Fig. 7.4.3 – Sezioni resistenti delle pareti semplici e composte (la freccia indica la direzione del sisma)

- Ai fini della determinazione del fattore di comportamento q , una struttura si considera a pareti accoppiate se è verificata la condizione che il momento totale alla base, prodotto dalle azioni orizzontali, è equilibrato, per almeno il 20%, dalla coppia prodotta dagli sforzi verticali indotti nelle pareti dall'azione sismica.
- Le strutture a pareti possono essere progettate sia in CD "A" sia in CD "B", mentre le strutture a pareti estese debolmente armate solo in CD "B".
- b) Strutture a pareti o miste equivalenti a pareti
 - - strutture con solo due pareti non accoppiate per direzione orizzontale $\alpha_u/\alpha_1 = 1,0$
 - - altre strutture a pareti non accoppiate $\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$
 - - strutture a pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti $\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$

Momento di Progetto

- Per le sole pareti snelle, sia in CD''A'' sia in CD''B'', la domanda in termini di momenti flettenti lungo l'altezza della parete (linea c di fig. 7.4.4) . ottenuta per traslazione verso l'alto dell'involuppo del diagramma dei momenti (linea b di fig. 7.4.4) derivante dai momenti forniti dall'analisi (linea a di fig. 7.4.4); l'involuppo può essere assunto lineare se la struttura non presenta significative discontinuità in termini di massa, rigidezza e resistenza lungo l'altezza.
- La traslazione:
 - deve essere in accordo con l'inclinazione degli elementi compressi nel meccanismo resistente a taglio
 - epuò essere assunta pari ad h_{cr} (altezza della zona inelastica dissipativa di base).

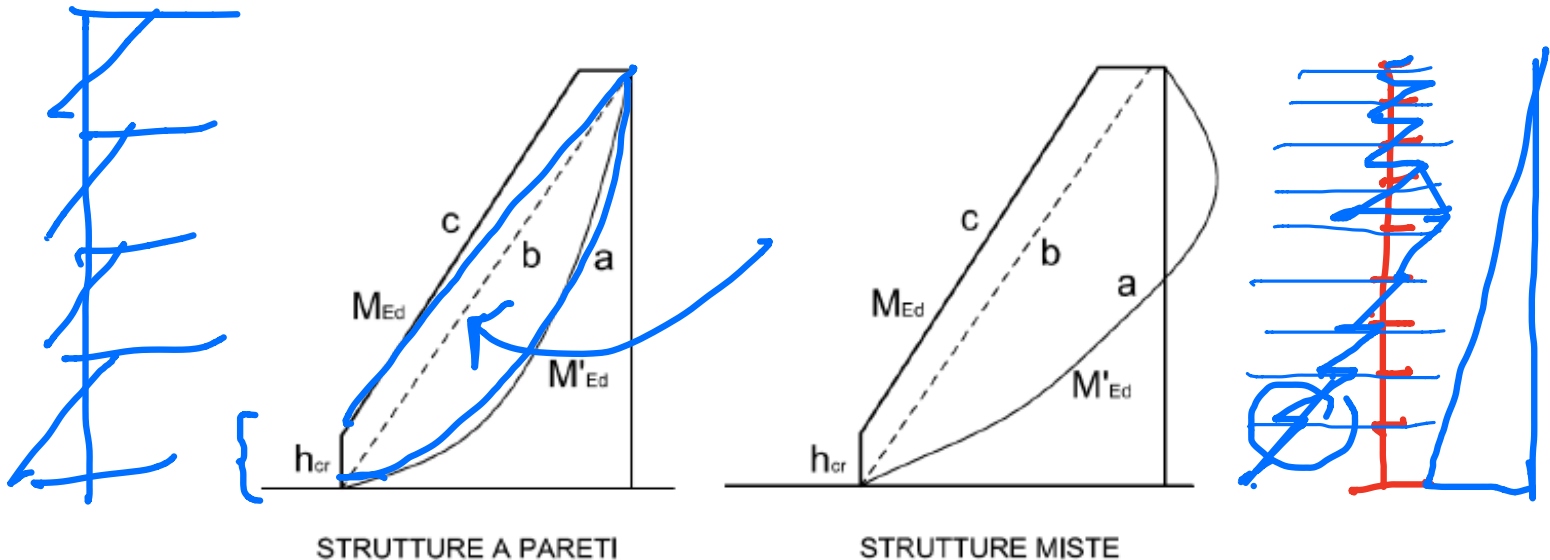
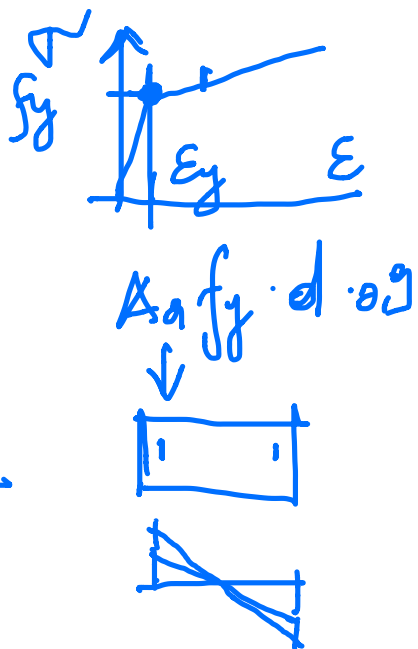
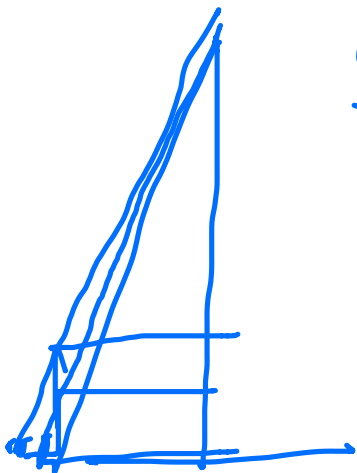
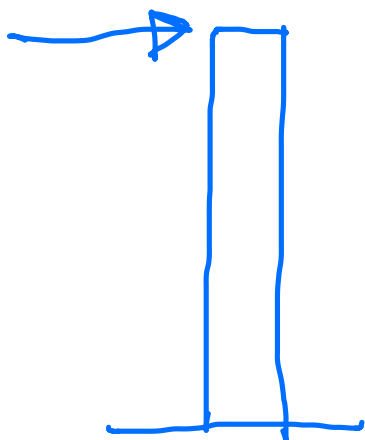


Fig. 7.4.4 – Traslazione del diagramma dei momenti flettenti per strutture a pareti e strutture miste



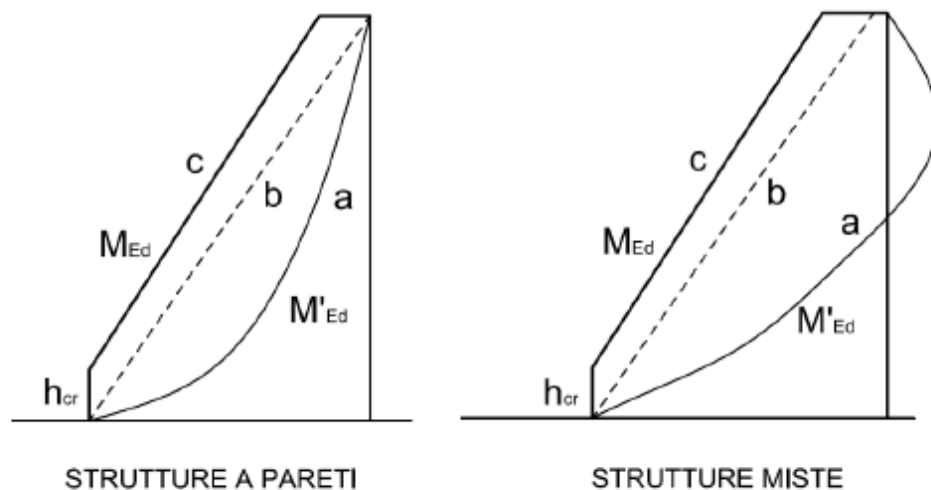


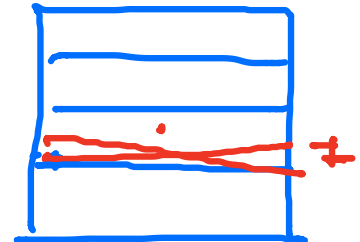
Fig. 7.4.4 – Traslazione del diagramma dei momenti flettenti per strutture a pareti e strutture miste

$$h_{cr} = \max(l_w, h_w/6) \quad \text{purchè} \quad h_{cr} \leq \begin{cases} 2 \cdot l_w \\ h_s & \text{per } n \leq 6 \text{ piani} \\ 2 \cdot h_s & \text{per } n \geq 7 \text{ piani} \end{cases} \quad [7.4.13]$$

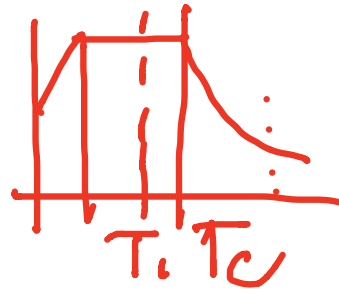
Per tutte le pareti, la domanda in forza normale di compressione non deve eccedere 35% in CD”A” e il 40% in CD”B” della capacità massima a compressione della sezione di solo calcestruzzo, per tutte le combinazioni considerate.

Pareti estese debolmente armate

- Per le pareti estese debolmente armate, occorre limitare le tensioni di compressione nel calcestruzzo per prevenire l'instabilità
- fuori dal piano, secondo quanto indicato in 4.1.2.3.9.2 per i pilastri singoli. Se il fattore di comportamento q è superiore a 2, si deve tener conto della domanda in forza assiale dinamica aggiuntiva che si genera 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 50% della domanda in forza assiale dovuta ai carichi gravitazionali relativi alla combinazione sismica di progetto.



Taglio di progetto



di taglio di progetto deve essere incrementata del fattore:

$$1,5 \leq q \cdot \sqrt{\left(\frac{\gamma_{rd}}{q} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \right)^2 + 0,1 \cdot \left(\frac{S_e(T_C)}{S_e(T_1)} \right)^2} \leq q \text{ per pareti snelle}$$

$$\gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \leq q \text{ per pareti tozze}$$

Nelle strutture miste, il taglio nelle pareti snelle deve tener conto delle sollecitazioni dovute ai modi di vibrare superiori. A tal fine, il taglio derivante dall'analisi (linea a di fig. 7.4.5) può essere sostituito dal taglio incrementato (linea b di fig. 7.4.5) e quest'ultimo dal diagramma involuppo (linea c di Fig. 7.4.5); hw = l'altezza della parete, VA = il taglio alla base già incrementato, VB = il taglio ad 1/3 dell'altezza hw, che comunque deve essere assunto >VA/2.

Taglio di progetto

Nelle strutture miste, il taglio nelle pareti snelle deve tener conto delle sollecitazioni dovute ai modi di vibrare superiori. A tal fine, il taglio derivante dall'analisi (linea a di fig. 7.4.5) può essere sostituito dal taglio incrementato (linea b di fig. 7.4.5) e quest'ultimo dal diagramma involuppo (linea c di Fig. 7.4.5);

h_w = l'altezza della parete,

V_A = il taglio alla base già incrementato,

V_B = il taglio ad $1/3$ dell'altezza h_w , che comunque deve essere assunto $> V_A/2$.

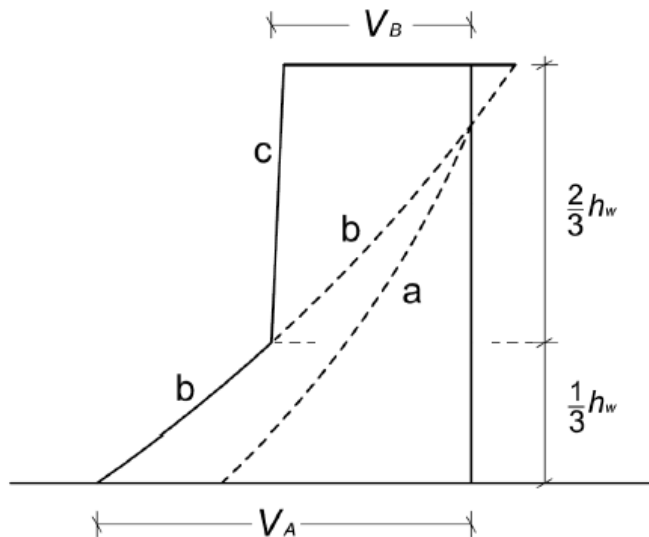
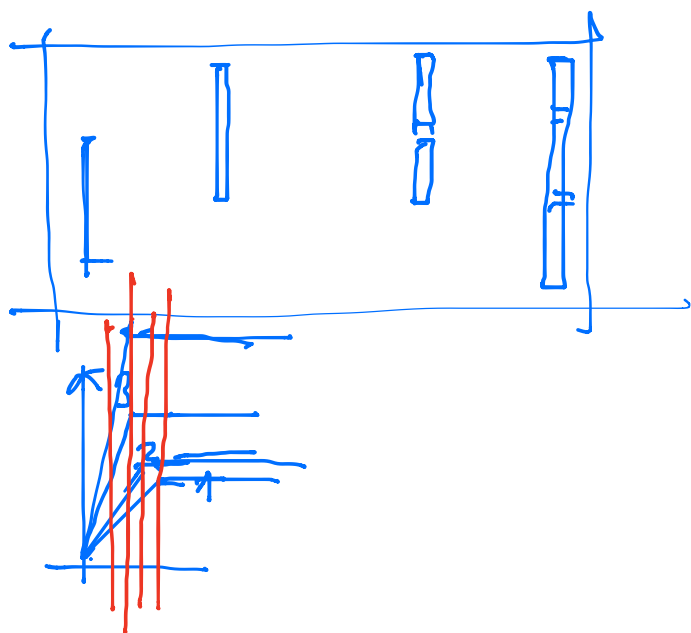


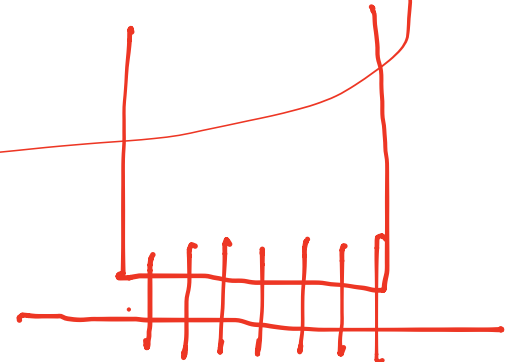
Fig. 7.4.5 – Diagramma di involuppo delle forze di taglio nelle pareti di strutture miste



- **Nelle pareti estese debolmente armate**, per garantire che lo snervamento a flessione preceda il raggiungimento dello stato limite ultimo per taglio, il taglio derivante dall'analisi deve essere amplificato, ad ogni piano, del fattore $(q+1)/2$.

Verifiche a taglio

- CD "A" sia in CD "B", si deve considerare:
- la possibile rottura a taglio-compressione del calcestruzzo dell'anima,
- la possibile rottura a taglio-trazione delle armature dell'anima
- la possibile rottura per scorrimento nelle zone dissipative



Verifica a taglio-compressione del calcestruzzo dell'anima

- La determinazione della resistenza . condotta in accordo con il 4.1.2.3.5, assumendo un braccio delle forze interne z pari a $0,8 l_w$
- ed un'inclinazione delle diagonali compresse pari a 45° .
- Nelle zone dissipative tale resistenza va moltiplicata per un fattore riduttivo $0,4$.

Verifica a taglio-trazione dell'armatura dell'anima

- Verifica a taglio-trazione dell'armatura dell'anima
- Il calcolo dell'armatura d'anima deve tener conto del rapporto di taglio $\alpha_s = M_{Ed} / (V_{Ed} l_w)$. Per la verifica va considerato, ad ogni piano, il massimo valore di α_s .
- Se $\alpha_s \geq 2$, la determinazione della resistenza . condotta in accordo con il 4.1.2. .3.5, assumendo un braccio delle forze interne z pari a $0,8 l_w$ ed un'inclinazione delle diagonali compresse pari a 45° .

Verifica alternativa a taglio-trazione dell'armatura dell'anima

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} + 0,75 \cdot Q_h \cdot f_{yd,h} \cdot b_w \cdot \alpha_s \cdot l_w \quad [7.4.16]$$

$$Q_h \cdot f_{yd,h} \cdot b_w \cdot z \leq Q_v \cdot f_{yd,v} \cdot b_w \cdot z + \min N_{Ed} \quad [7.4.17]$$

p_h e p_v = i rapporti tra l'area della sezione dell'armatura orizzontale o verticale, rispettivamente, e l'area della relativa sezione di calcestruzzo,
 $f_{yd,h}$ e $f_{yd,v}$ = i valori di progetto della resistenza delle armature orizzontali e verticali,
 N_{Ed} = la forza assiale di progetto (positiva se di compressione),
 $V_{Rd,c}$ = la resistenza a taglio degli elementi non armati, determinata in accordo con il 4.1.2..3.5.1, da assumersi nulla nelle zone dissipative quando N_{Ed} è di trazione.

Verifica a scorrimento nelle zone dissipative

- Sui possibili piani di scorrimento (per esempio le riprese di getto o i giunti costruttivi) posti all'interno delle zone dissipative

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,S}$$

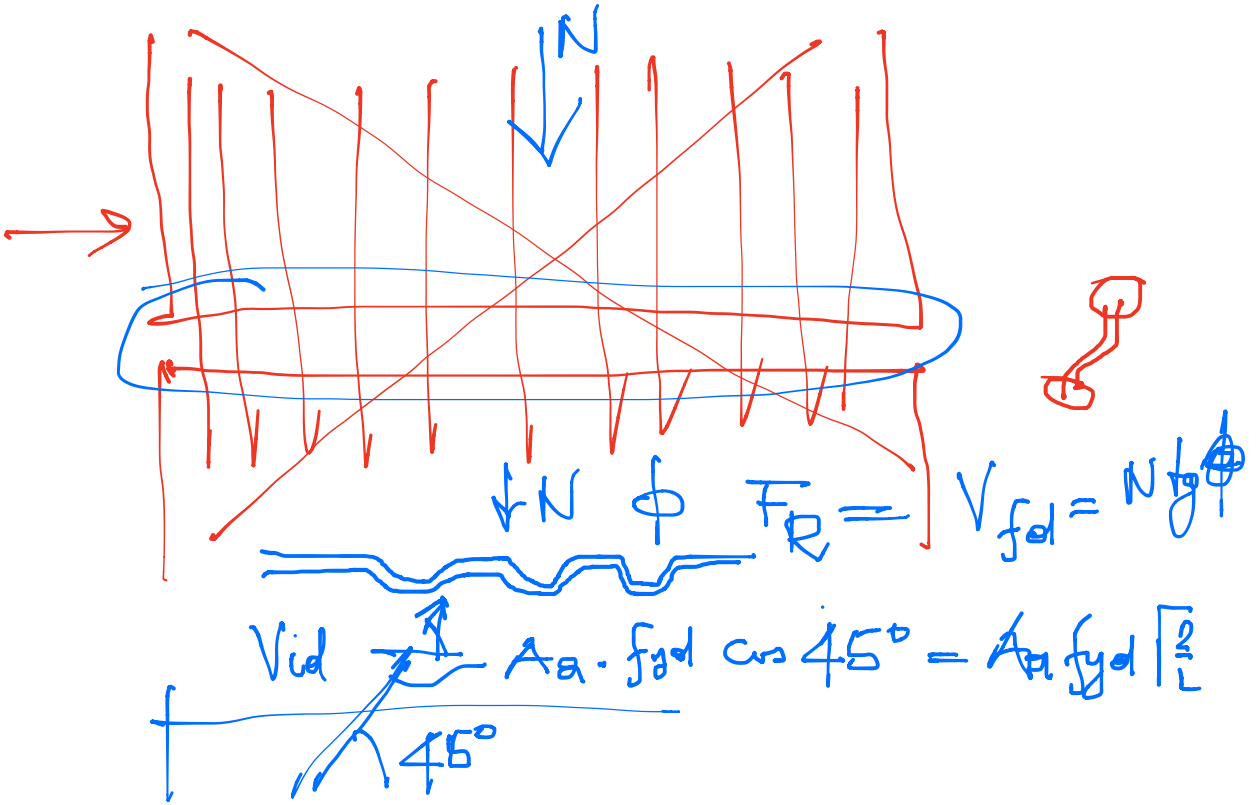
- deve risultare:
- $V_{Rd,S}$ = il valore di progetto della resistenza a taglio nei confronti dellc

$$V_{Rd,S} = V_{dd} + V_{id} + V_{fd}$$

- V_{dd} = contributo dell'effetto "spinotto" delle armature verticali,

- V_{id} = contributo delle armature inclinate presenti alla base,

- V_{fd} = contributo della resistenza per attrito,



V_{dd} = contributo dell'effetto "spinotto" delle armature verticali,
 V_{id} = contributo delle armature inclinate presenti alla base,
 V_{fd} = contributo della resistenza per attrito,

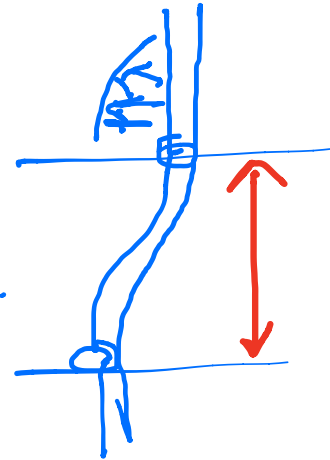
$$V_{dd} = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,3 \cdot \sum A_{sj} \cdot \sqrt{f_{cd} \cdot f_{yd}} \\ 0,25 \cdot f_{yd} \cdot \sum A_{sj} \end{array} \right.$$

$$V_{id} = f_{yd} \cdot \sum A_{si} \cdot \cos(\phi_i)$$

Per le pareti tozze deve risultare
 $V_{id} > V_{Ed}/2$

$$V_{fd} = \min \left\{ \begin{array}{l} \mu_f \cdot \left[\left(\sum A_{sj} \cdot f_{yd} + N_{Ed} \right) \cdot \xi + M_{Ed}/z \right] \\ 0,5 \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot \xi \cdot l_w \cdot b_{wo} \end{array} \right.$$

dove η dato dall'espressione [7.4.9] (in cui $\alpha_j = 0,60$), μ_f = il coefficiente d'attrito calcestruzzo-calcestruzzo sotto azioni cicliche (può essere assunto pari a 0,60),
 $\sum A_{sj}$ = la somma delle aree delle barre verticali intersecanti il piano contenente la potenziale superficie di scorrimento,
 ξ = l'altezza della parte compressa della sezione normalizzata all'altezza della sezione,
 A_{sj} = l'area di ciascuna armatura inclinata che attraversa il piano detto formando con esso un angolo ϕ_i .



Vid = contributo delle armature inclinate presenti alla base,

$$V_{id} = f_{yd} \cdot \sum A_{si} \cdot \cos(\phi_i)$$

Per le pareti tozze deve risultare $V_{id} > V_{Ed}/2$

La presenza di armature inclinate comporta un incremento della resistenza a flessione alla base della parete che deve essere considerato quando si determina il taglio di progetto V_{Ed}

V_{fd} = contributo della resistenza per attrito,

$$V_{fd} = \min \left\{ \mu_f \cdot \left[\left(\sum A_{sj} \cdot f_{yd} + N_{Ed} \right) \cdot \xi + M_{Ed} / z \right] \right. \\ \left. 0,5 \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot \xi \cdot l_w \cdot b_{wo} \right\}$$

dove η dato dall'espressione [7.4.9] (in cui $\alpha_j = 0,60$), μ_f = il coefficiente d'attrito calcestruzzo-calcestruzzo sotto azioni cicliche (può essere assunto pari a 0,60), $\sum A_{sj}$ = la somma delle aree delle barre verticali intersecanti il piano contenente la potenziale superficie di scorrimento, ξ = l'altezza della parte compressa della sezione normalizzata all'altezza della sezione, A_{sj} = l'area di ciascuna armatura inclinata che attraversa il piano detto formando con esso un angolo ϕ_i .

Per le pareti tozze deve risultare
 $V_{fd} > V_{Ed} / 2$

Verifica duttilità

$$\mu_{\phi} = \begin{cases} 1,2 \cdot (2q_0 - 1) & \text{per } T_1 \geq T_c \\ 1,2 \cdot \left(1 + 2(q_0 - 1) \frac{T_c}{T_1} \right) & \text{per } T_1 < T_c \end{cases}$$

con il valore di q in queste espressioni ridotto del fattore MEd/MRd ,

MEd = il momento flettente di progetto alla base della parete fornito dall'analisi nella situazione sismica di progetto

MRd = la resistenza flessionale di progetto.

La capacit. in duttilit. di curvatura pu. essere calcolata, in termini di fattore di duttilit. in curvatura μ_f , come rapporto tra la curvatura ϕ_u cui corrisponde una riduzione del 15% della massima resistenza a flessione – oppure il raggiungimento della deformazione ultima del calcestruzzo e/o dell'acciaio – e la curvatura convenzionale ϕ_y di prima plasticizzazione quale definita in 4.1.2.3.4.2.

Duttilità

- Nelle sole regioni di estremità della sezione trasversale, dette “elementi di bordo”, si pu. tener conto, nel calcolo della capacit., dell’effetto del confinamento purch. congiuntamente all’espulsione dei copriferri al raggiungimento, in essi, della deformazione ultima di compressione del calcestruzzo non confinato (0,35%); gli elementi di bordo (zone campite di fig. 7.4.6) si assumono di larghezza b_0 pari alla larghezza b_w della sezione diminuita dello spessore dei copriferri e di lunghezza l_c pari all’estensione della zona nella quale la deformazione a compressione del calcestruzzo supera $\epsilon_{cu2}=0,35\%$.

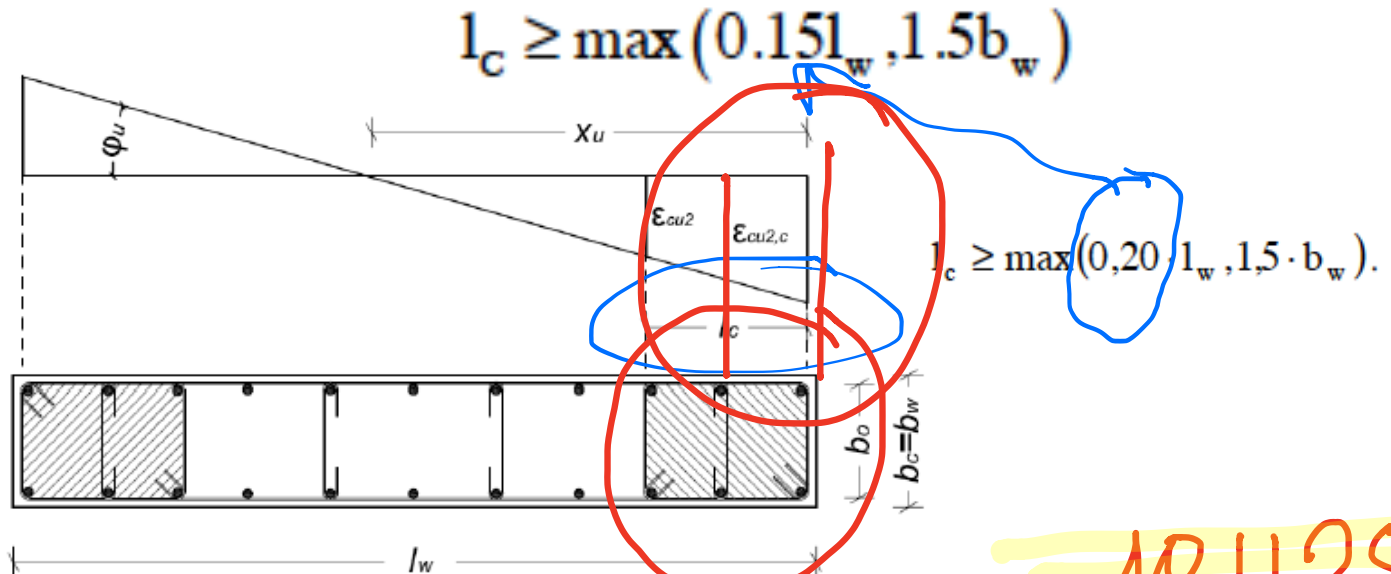


Fig. 7.4.6 – Elementi di bordo di una parete, diagramma delle corrispondenti curvature, schema esemplificativo delle armature di confinamento

181128

Travi di collegamento parete accoppiata

- Travi snelle con $V_{Ed} \leq f_{ctd} \cdot b \cdot d$, come travi ordinarie
- Se le condizioni precedenti non sono soddisfatte la sollecitazione di taglio deve essere assorbita da due ordini di armature diagonali, opportunamente staffate, disposte ad X sulla trave che si ancorano nelle pareti adiacenti, con sezione pari, per ciascuna diagonale, ad A_s tale da soddisfare la relazione:

$$V_{Ed} \leq 2 \cdot A_s \cdot f_{yd} \cdot \sin \phi$$

ϕ l'angolo minimo tra ciascuna delle due diagonali e l'asse orizzontale

Vedi gerarchia es.
de chi a p 51