

EC8-2G

Il nuovo standard europeo per la progettazione sismica



EUCENTRE
FOR YOUR SAFETY.



Materiali e tipologie costruttive

EN1998-1-2. Strutture in calcestruzzo armato, sistemi di ancoraggio

Paolo Riva, Università degli Studi di Bergamo

Pavia - 5 Giugno 2025

EN1998-1-2: Classi di duttilità

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
NOMENCLATURA	<ul style="list-style-type: none"> ○ DCL ○ DCM ○ DCH 	<ul style="list-style-type: none"> ○ DC1 ○ DC2 ○ DC3
FATTORE DI COMPORTAMENTO ASSOCIATO	I valori elevati del fattore di comportamento assegnato alla classe DCH riflettono la significativa capacità di dissipazione energetica richiesta per le strutture ad alta duttilità	I nuovi valori del fattore di comportamento comportano l'eliminazione della classe di duttilità alta (DCH) e l'introduzione di una nuova classe intermedia (DC2)
CLASSE DI DUTTILITÀ BASSA	<p>La progettazione sismica in DCL è raccomandata solo per zone a bassa sismicità:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ $a_g \leq 0,08 g$ ($0,78 m/s^2$), ○ $a_g \cdot S \leq 0,1 g$ ($0,98 m/s^2$). 	<p>La progettazione sismica in DC1 non deve essere adottata se:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ $S_\delta > 2,5 m/s^2$ → per telai o sistemi equivalenti con o senza tamponamenti ○ $S_\delta > 5.0 m/s^2$ → per pareti o sistemi misti parete-telaio equivalenti
CLASSE DI DUTTILITÀ ALTA		<p>La progettazione in DC3 deve essere adottata se:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ $S_\delta > 5.0 m/s^2$ → per telai o sistemi equivalenti con o senza tamponamenti
PIASTRE (§10.4.3)		Sistemi con piastre senza travi di bordo non devono essere progettati in DC3 e non devono essere adottati se $S_\delta > 5.0 m/s^2$

EN1998-1-2: Fattore di comportamento e Limite di drift

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.2.2.2	§10.4.2
DEFINIZIONE	$q = q_0 \cdot k_w$, con limite inferiore $q \geq 1.5$	$q = q_R \cdot q_S \cdot q_D$ con limite inferiore $q \geq 1.5$
FATTORE K_W	Definito in base al rapporto di snellezza delle pareti α_0	Definito in base al rapporto di snellezza delle pareti α_0 , solo per strutture con grandi pareti
REGOLARITÀ	Il fattore di comportamento q deve essere ridotto del 20% per strutture non regolari in elevazione	Il fattore di comportamento q deve essere ridotto del 20% per strutture non regolari in elevazione
EDIFICI TORSIONALMENTE FLESSIBILI	$q = 2.0$ per DCM $q = 3.0$ per DCH	q_R deve essere assunto pari a 1 e q deve essere ridotto del 20%, ma non deve essere inferiore a q_S .
SISTEMI A PENDOLO INVERSO	$q = 1.5$ per DCM $q = 2.0$ per DCH	$q = 1.5$ per DC2 per DC3
LIMITI DI DRIFT A SD (§10.4.3)		Il limite di drift allo stato limite SD è limitato a $d_{r,SD} \leq 0,02 h_s$ per le tipologie previste e $d_{r,SD} \leq 0,015 h_s$ altrimenti. Se Tamponamenti interagenti, drift ulteriormente limitati (§7.4.2.1 e Tabella 7.1)

EN1998-1-2: Fattore di comportamento

STRUCTURAL TYPE		EN 1998-1 (2004)		EN 1998-1-2 (2024)	
		q_0		$q = q_r \cdot q_s \cdot q_d$	
		DCM	DCH	DC2	DC3
MOMENT RESISTING FRAME, MRF-EQUIVALENT DUAL STRUCTURES <u>WITHOUT INFILLS OR WITH NON-INTERACTING INFILLS</u>	MULTI-STOREY, MULTI-BAY MOMENT RESISTING FRAMES OR MRF-EQUIVALENT DUAL STRUCTURES	$3.0 \alpha_U/\alpha_1$	$4.5 \alpha_U/\alpha_1$	2.5	3.9
	MULTI-STOREY, ONE-BAY MOMENT RESISTING FRAME			2,3	3,6
	ONE-STOREY MOMENT RESISTING FRAMES			2.1	3.3
MOMENT RESISTING FRAME OR MRF-EQUIVALENT DUAL STRUCTURES <u>WITH INTERACTING MASONRY INFILLS</u>		$3.0 \alpha_U/\alpha_1$	$4.5 \alpha_U/\alpha_1$	2.0	3.0
WALL OR WALL-EQUIVALENT DUAL STRUCTURES	WALL-EQUIVALENT	$3.0 \alpha_U/\alpha_1$	$4.5 \alpha_U/\alpha_1$	2.3	3.6
	COUPLED WALLS			2.5	3.6
	UNCOUPLED WALLS	3.0	$4.0 \alpha_U/\alpha_1$	2.0	3.0
	LARGE WALLS	3.0	-	$3.0 \cdot k_w$	$3.0 \cdot k_w$
FLAT SLAB				2.0	-

EN1998-1-2: Materiali

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.4.1.1 (DCM), §5.5.1.1 (DCH)	§10.3
CLASSI DI RESISTENZA CLS	<ul style="list-style-type: none">○ \geq C16/20 per DCM○ \geq C20/25 per DCH	<ul style="list-style-type: none">○ C16/20 solo per DC1 in classe di sismicità bassa (Table 4.1 of EN 1998-1-1)○ \geq C20/25 per DC2 per DC3
BARRE LISCE	Ammesse solo per staffe chiuse e legature	Ammesse solo per staffe chiuse e legature in DC1 e in zone a bassa sismicità
BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA	Obbligatorie nelle zone critiche, eccetto che per staffe e legature	Obbligatorie per le armature nelle zone critiche degli elementi sismici primari
ACCIAIO	DCM: Classe B o C DCH: Classe C (EN 1992-1-1:2004, Tabella C.1)	Acciaio di classe di duttilità B o C (EN 1992-1-1:2022, Tabella 5.5), eccetto per staffe e legature trasversali in DC1 in zone a bassa sismicità
USO DI RETI ELETTROSALDATE		Ammesse se rispettano i medesimi requisiti delle barre ad adherenza migliorata

- Limiti geometrici

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.4.1.2.1 (DCM), §5.5.1.2.1 (DCH)	§10.5.1
AZIONE ASSIALE		$v_d = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) \leq 0.1$
ECCENTRICITÀ	$\leq b_c / 4$ (b_c = dimensione massima della sezione del pilastro ortogonale all'asse della trave)	$\leq b_{max} / 3$ (b_{max} = dimensione massima della sezione del pilastro ortogonale all'asse della trave)
LARGHEZZA MINIMA	o DCH: $b_w \geq 200$ mm	Non esplicitamente richiesto, ma la larghezza deve rispettare i limiti superiori imposti dalla geometria
LARGHEZZA MASSIMA	$b_w \leq \min(b_c + h, 2b_c)$	$b_w \leq \min(b_{max} + h, 2b_{max})$

- Azioni di progetto

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.4.1.2.1 (DCM), §5.5.1.2.1 (DCH)	§10.5.3
APPROCCIO GENERALE	<p>Le forze di taglio devono essere determinate secondo il principio della gerarchia delle resistenze, basato sull'equilibrio della trave considerando:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ i carichi trasversali ○ i momenti plastici alle estremità della trave 	<p>Per DC2 e DC3 le forze di taglio devono essere determinate secondo il principio della gerarchia delle resistenze considerando:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ i carichi trasversali ○ i momenti plastici alle estremità della trave
MOMENTI DI ESTREMITÀ	$M_{i,d} = \gamma_{Rd} \times M_{Rb,i} \times \min(1, \Sigma M_{Rc} / \Sigma M_{Rb})$ <p>Dove: γ_{Rd} è il fattore di sovraresistenza</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1.0 per DCM - 1.2 per DCH. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Se $\Sigma M_{Rdb} \leq \Sigma M_{Rdc}$: $M_{i,d} = \gamma_{Rd} \times \omega_{sh} \times M_{Rbd,i}$ ○ Se $\Sigma M_{Rdb} > \Sigma M_{Rdc}$: $M_{i,d} = \gamma_{Rd} \times \omega_{sh} \times M_{Rbd,i} \times (\Sigma M_{Rdc} / \Sigma M_{Rdb})$ <p>Dove: γ_{Rd} è il fattore di sovraresistenza</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1.05 per DC2 - 1.1 per DC3. <p>$\omega_{sh} = 1.05$ (fattore di incrudimento) per DC2 e DC3.</p>

- Resistenza a momento e taglio

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.4.3.1 & §5.5.3.1 (Flessione) §5.5.3.1.2 (Taglio)	§10.5.4.1
RESISTENZA A FLESSIONE	Conforme a EN 1992-1-1:2004.	Conforme a EN 1992-1-1:2022 §8.1.
LARGHEZZA EFFICACE DELLA FLANGIA	Definita geometricamente: <ul style="list-style-type: none"> Nodi esterni: $b_c + 2h_f$ Nodi interni: $b_c + 4h_f$ 	Può essere assunta costante lungo tutta la campata (EN 1992-1-1:2022 §7.2.3(4)).
RESISTENZA A TAGLIO	Conforme a EN 1992-1-1:2004. $\theta = 45^\circ$ nelle zone critiche.	<u>PROCEDURA ITERATIVA</u> → Conforme a EN 1992-1-1:2022 §8.2, modificata da EN 1998-1-1:2024 §7.2.3. Applicazione del fattore riduttivo $\alpha_{SD,V} \approx 0.8$.
DISTINZIONE DEI CASI CON INVERSIONE DEL TAGLIO <u>(CLASSE DI DUTTILITÀ ALTA)</u>	$\zeta = V_{Ed,min} / V_{Ed,max}$: <ul style="list-style-type: none"> Se $\zeta > -0.5$ → verifica standard Se $\zeta < -0.5$ → richieste armature inclinate se $V_{E max} > (2+\zeta) \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$ 	Non è prevista una distinzione basata su ζ .

EN1992-1-1: Taglio

	EN 1992-1-1 (2004)	EN 1992-1-1 (2023)
RIFERIMENTO	§6.2.2, §6.2.3	§8.2.2, §8.2.3
RESISTENZA A TAGLIO IN ASSENZA DI STAFFE	$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$	$\tau_{Rdc,min} \leq \tau_{Rd,c} = \tau_{Rdc,0} - k_1 \cdot \sigma_{cp} \leq \tau_{Rdc,max}$ <p>Con:</p> $\tau_{Rd,c} = \frac{0,66}{\gamma_V} \cdot \left(100 \rho_l \cdot f_{ck} \cdot \frac{d_{dg}}{d} \right)^{1/3}$ $\tau_{Rdc,min} = \frac{11}{\gamma_V} \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yd}} \cdot \frac{d_{dg}}{d}} \quad \tau_{Rdc,max} = 2,15 \cdot \tau_{Rdc,0} \left(\frac{a_{cs,0}}{d} \right)^{1/6} \leq 2,7 \cdot \tau_{Rdc,0}$
RESISTENZA A TAGLIO CON STAFFE	<p>Minimo tra:</p> $V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$ $V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta$ <p>Con:</p> $v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$	$\tau_{Rd} = \rho_w \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \leq \frac{v \cdot f_{cd}}{2}$ <p>Con i due parametri strettamente dipendenti tra loro → <u>PROCEDURA ITERATIVA PER ANGOLO</u></p> $v = \frac{1}{1,0 + 110 \cdot (\varepsilon_x + (\varepsilon_x + 0,001) \cdot \cot^2 \theta)} \leq 1,0$ $\cot \theta = \sqrt{\frac{v \cdot f_{cd}}{\rho_w \cdot f_{ywd}} - 1} \geq 1$

RESISTENZA A TAGLIO NEI NODI TRAVE- PILASTRO

EN 1998-1-1 (2024)

RIFERIMENTO

§7.2.3

$$\tau_{Rd} = v \cdot f_{cd} \frac{\cot\theta - \cot\beta_{incl}}{1 + \cot^2\theta} + \rho_w \cdot f_{ywd} \cdot \cot\beta_{incl} \leq v \cdot f_{cd} \frac{\cot\theta}{1 + \cot^2\theta}$$

Con:

○ **Geometria e angoli**

- L'angolo θ è l'inclinazione del puntone compresso
- β_{incl} è l'angolo della diagonale della connessione con $\theta \leq \beta_{incl}$

○ **Tensione di taglio resistente**

- v da Formula 8.55 diviso 1.4
- Una resistenza a taglio T_{extra} può essere aggiunta alla resistenza a taglio ottenuta da da formula 8.50:

$$\tau_{extra} = \beta \cdot \sqrt{\frac{h}{b}} \cdot f_{cd}$$

Con $\beta=0.5$ per nodi esterni, $\beta=1.2$ per nodi interni

○ **Effetti da sforzo normale**

- Alla formula, necessario aggiungere la tensione media da carico assiale nella direzione di h (profondità)

○ **Effetto armature**

- Forza a trazione: calcolata con formula 8.50 (EN1992:2023) in combinazione allo sforzo normale nella direzione b
- La deformazione ottenuta da formula 8.50 si usa come ε longitudinale nella formula 8.45

○ **Confinamento laterale**

- Travi ortogonali alla connessione migliorano la resistenza moltiplicando il primo termine della formula 8.55 con un coefficiente legato alla superficie confinata, pari a: $2h_{trave} b_{trave} / A_{esposta}$

• Dettagli per duttilità locale

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	DCM: §5.4.3.1.2; DCH: §5.5.3.1.3	§10.5.4.2
REGIONI CRITICHE	<ul style="list-style-type: none"> ○ DCM: $l_{cr} = 1.0h_w$ ○ DCH: $l_{cr} = 1.5h_w$ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ DC2: $l_{cr} = 1.0h_w$ ○ DC3: $l_{cr} = 1.0h_w$
ρ_{MIN}	$\rho_{min} = 0.5(f_{ctm} / f_{yk})$	$\rho_{min} = 0.5(f_{ctm} / f_{yk})$
ρ_{MAX}	ρ_{max} da Eq. (5.11) dipendente da: $\rho', f_{cd}, \mu_\phi, \varepsilon_{sy,d}, f_{yd}$	ρ_{max} da Tab. (10.5) dipendente da: $\rho' + \%(Classe\ di\ duttilità, f_{ck}, f_{yk})$ Es: C30/37, B500: $\rho_{max} = \rho' + 0,6\%$
DIAMETRO MIN.STAFFE	$\geq 6\text{ mm}$	$\geq 6\text{ mm}$
PASSO MASSIMO STAFFE	<ul style="list-style-type: none"> ○ DCM: $s = \min\{h_w/4; 24d_{bw}; 225; 8d_{bL}\}$ ○ DCH: $s = \min\{h_w/4; 24d_{bw}; 175; 6d_{bL}\}$ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ DC2: $s = \min\{h_w/4; 30d_{bw}; 12d_{bL,min}\}$ ○ DC3: $s = \min\{h_w/4; 24d_{bw}; 8d_{bL,min}\}$
DISTANZA DELLA PRIMA STAFFA	$\leq 50\text{ mm}$	$\leq 50\text{ mm}$
PRESCRIZIONI AGGIUNTIVE	<ul style="list-style-type: none"> ○ DCM: $\rho' \geq 50\% \rho$ ○ DCH: <ul style="list-style-type: none"> - $A_s \geq 2\Phi 14\text{ (sup)} + 2\Phi 14\text{ (inf)}$ - $A_{s,sup} \geq 0.25A_{s,sup,appoggio}$ 	
DUTTILITÀ LOCALE	Implicitamente soddisfatta se soddisfatti i dettagli costruttivi	Necessaria la verifica esplicita

• Limiti geometrici

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	DCM: §5.4.3.1.2; DCH: §5.5.3.1.3	§10.6.1
CONDIZIONE		$h_c / b_c \leq 4$ $N_{Ed} / (A_c f_{cd}) \geq 0.1$
DIMENSIONE MINIMA	Se $\theta \leq 0.1$: → DC2: $\geq d_{flesso-estremo} / 10$ → DCH: $\geq \max\{d_{flesso-estremo} / 10; 250\text{mm}\}$	Se $\theta \leq 0.05 \rightarrow \geq 200\text{mm}$ (DC2/DC3) Se $\theta > 0.05$: → DC2: $\geq \max\{d_{flesso-estremo} / 20; 200\text{mm}\}$ → DC3: $\geq \max\{d_{flesso-estremo} / 20; 250\text{mm}\}$

• Azioni di progetto

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	DCM: §5.4.2.3; DCH: §5.5.2.2.	§10.6.2
FORZA ASSIALE DI PROGETTO	Non definita esplicitamente	$N_{Ed} = N_{Ed,G} \pm \Omega \cdot N_{Ed,E}$, con $\Omega = 2.0$
MOMENTI DI ESTREMITÀ	$M_{i,d} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rc,i} \cdot \min(1, \Sigma M_{Rb} / \Sigma M_{Rc})$ con: → DCM: $\gamma_{Rd} = 1.1$ → DCH: $\gamma_{Rd} = 1.3$	<ul style="list-style-type: none"> ○ Se $\Sigma M_{Rdb} \leq \Sigma M_{Rdc}$: - $M_{i,d} = \gamma_{Rd} \cdot \omega_{sh} \cdot M_{Rd,c,i} \cdot (\Sigma M_{Rdb} / \Sigma M_{Rdc})$ ○ Se $\Sigma M_{Rdb} > \Sigma M_{Rdc}$: - $M_{i,d} = \gamma_{Rd} \cdot \omega_{sh} \cdot M_{Rd,c,i}$ → DC2: $\gamma_{Rd} = 1.05$; $\omega_{sh} = 1.05$ → DC3: $\gamma_{Rd} = \gamma_{Rd} = 1.05$; $\omega_{sh} = 1.05$
TAGLIO DI PROGETTO	Derivato da equilibrio con i momenti $M_{i,d}$	Derivato da equilibrio con i momenti $M_{i,d}$

- Resistenza a momento e taglio

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.4.3.2.1, §5.5.3.2.1,	§10.6.3.1
$V_{D,max}$	<ul style="list-style-type: none">DCM: $v_d \leq 0.65$DCH: $v_d \leq 0.55$	<ul style="list-style-type: none">DC2: $v_d \leq 0.65$DC3: $v_d \leq 0.55$
RESISTENZA A TAGLIO	Conforme a EN 1992-1-1:2004.	<p><u>PROCEDURA ITERATIVA</u> → Conforme a EN 1992-1-1:2022 §8.2, modificata da EN 1998-1-1:2024 §7.2.3.</p> <p>Applicazione del fattore riduttivo $\alpha_{SD,v} \approx 0.8$.</p>

• Dettagli per duttilità locale

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.4.3.2.2, §5.5.3.2.2	§10.6.3.2
ρ	$0.01 \leq \rho \leq 0.04$	$\rho \geq 2\rho_{\min}$ con $\rho_{\min} = 0.5(f_{ctm} / f_{yk})$
DIAMETRO MINIMO BARRE LONGITUDINALI	≥ 12 mm	≥ 12 mm
L_{CR}	<ul style="list-style-type: none"> ○ DCM: $l_{cr} = \max\{h_c; l_{cl}/6; 0.45\}$ ○ DCH: $l_{cr} = \max\{1.5h_c; l_{cl}/6; 0.6\}$ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ DC2/DC3: $l_{cr} = \max\{b_{\max}; l_{cl}/6; 0.45\}$
INTERA ALTEZZA COME REGIONE CRITICA	Se $l_{cl}/h_c < 3$	Se $l_{cl}/b_{\max} < 3$
DIAMETRO MINIMO STAFFE	≥ 6 mm o formula (5.31)	≥ 6 mm o $d_{bl,\min}/4$
PASSO MASSIMO STAFFE	<ul style="list-style-type: none"> ○ DCM: $s = \min\{b_0/2; 175$ mm; $8d_{bl}\}$ ○ DCH: $s = \min\{b_0/3; 125$ mm; $6d_{bl}\}$ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ DC2: $s \leq \min\{b_0/2; 200; 9d_{bl}\}$ ○ DC3: $s \leq \min\{b_0/2; 175; 8d_{bl}\}$
DISTANZA MASSIMA TRA BARRE VINCOLATE	<ul style="list-style-type: none"> ○ DCM: ≤ 200 mm ○ DCH: ≤ 150 mm 	<ul style="list-style-type: none"> ○ DC2: ≤ 250 mm ○ DC3: ≤ 200 mm
$\omega_{WD,MIN}$	<ul style="list-style-type: none"> ○ DCM: ≥ 0.08 alla base ○ DCH: ≥ 0.12 alla base, ≥ 0.08 in altre zone critiche 	<ul style="list-style-type: none"> ○ DC2: ≥ 0.05 ○ DC3: ≥ 0.08
DUTTILITÀ LOCALE	Implicitamente soddisfatta se soddisfatta Eq. (5.15) e i dettagli costruttivi	Necessaria la verifica esplicita

EN1998-1-2: Nodo trave-pilastro

• Verifiche e dettagli

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.4.3.3 / §5.5.3.3	§10.7
CONFINAMENTO ORIZZONTALE MINIMO	<ul style="list-style-type: none">○ DCM: \geq di quanto richiesto per le zone critiche dei pilastri (§5.4.3.2.2(8)–(11))○ DCH: si impiega la formulazione in §5.5.3.3 per definire le staffe orizzontali minime per garantire un corretto confinamento orizzontale e verticale del nodo, a partire dalle forze di taglio V_{jhd}	<ul style="list-style-type: none">○ DC2/DC3: \geq quanto previsto in §10.6.3.2(7)–(10) per le zone critiche dei pilastri, purchè rispettati i limiti sull'ancoraggio. <p>Possibilità di impiegare i valori tabellati nella Annex N per diverse classi di duttilità, f_{ck} e f_{yk}.</p>
ECCEZIONE SE TRAVI SU 4 LATI	Sì, max 2 volte la spaziatura ma ≤ 150 mm	Sì, max 2 volte la spaziatura ma ≤ 150 mm
ARMATURA VERTICALE INTERMEDIA	Obbligatoria per DCM e DCH	Obbligatoria per DC1,DC2,DC3

• Limiti geometrici

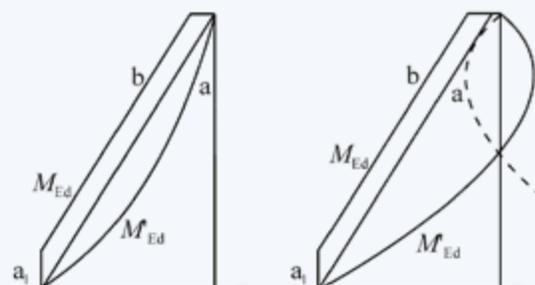
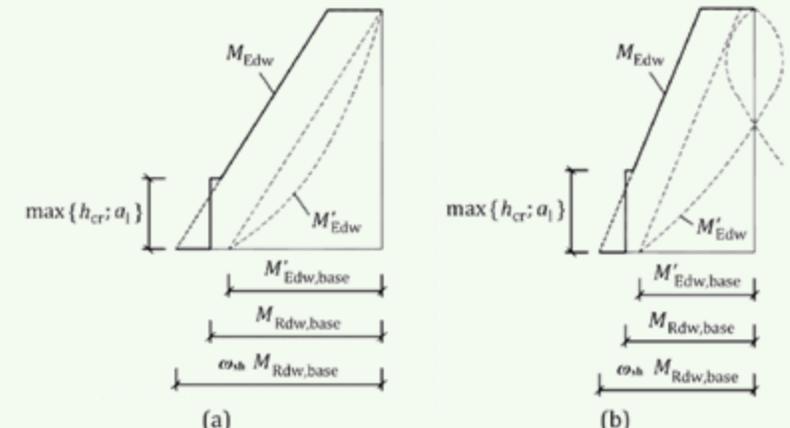
	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.5.1.2.3 / §5.4.1.2.3	§10.8.1
DEFINIZIONE PARETE	$l_w / b_w > 4$	$l_w / b_w > 4$
SPESSORE MINIMO	<ul style="list-style-type: none">○ $b_{w0} \geq \max\{0.15 \text{ m}; h_s/20\}$	<ul style="list-style-type: none">○ Se $l_w < 10 \text{ m} \rightarrow b_{w0} \geq \max\{0.15 \text{ m}; h_{s,cl}/20; l_w/50\}$○ Se $l_w \geq 10 \text{ m} \rightarrow b_{w0} \geq \max\{0.20 \text{ m}; h_{s,c}/20\}$

• Azioni di progetto

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.4.3.3 / §5.5.3.3	§10.8.2
RIDISTRIBUZIONE AZIONI	Fino al 30% tra pareti primarie	Fino al 30%; M/V non può cambiare più del 20%
RIDISTRIBUZIONE IN PARETI ACCOPPIATE	Fino al 20% tra travi di accoppiamento	Fino al 20% su travi di accoppiamento, senza modificare N

EN1998-1-2: Pareti duttili

- Azioni di progetto

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.4.3.3 / §5.5.3.3	§10.8.2
MOMENTO DI INVILUPPO	 <p>Key a moment diagram from analysis b design envelope a₁ tension shift</p> <p>Figure 5.3: Design envelope for bending moments in slender walls (left: wall systems; right: dual systems).</p>	 <p>Figure 10.5 – Design envelope of bending moments in ductile walls: (a) cantilever wall structures; (b) dual structures → DC2/DC3: $\omega_{sh} = 1.05$</p>
TAGLIO	<ul style="list-style-type: none"> DCM: $V_{ed} = 1.5V'_{ed}$ DCH: $V_{ed} = \varepsilon \cdot V'_{ed} \geq 1.5V'_{ed}$ con ε da Eq 5.25: $\varepsilon = q \cdot \sqrt{\left(\frac{\gamma_{Rd}}{q} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}}\right)^2 + 0,1 \left(\frac{S_e(T_C)}{S_e(T_1)}\right)^2} \leq q$ <p style="text-align: center;">→ $\gamma_{Rd} = 1.2$</p>	<ul style="list-style-type: none"> DC2: $V_{edw}(z) = \varepsilon(z)V'_{edw}(z)$ con ε da Eq 10.13: $\varepsilon(z) = \min\{q; \omega_{sh} M_{Rdw,base} / M'_{Edw,base}\}$ DC3: $V_{edw}(z) = \varepsilon(z)V'_{edw}(z)$ con ε da Eq 10.11: $\varepsilon(z) = \sqrt{\left(\frac{M_{Rdw,base}}{M'_{Edw,base}}\right)^2 + m_s(z) \left(\frac{q S_e(T_C)}{S_e(T_1)}\right)^2}$

EN1998-1-2: Pareti duttili

- Azioni di progetto

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.4.3.3 / §5.5.3.3	§10.8.2
TAGLIO DA INVILUPPO (SISTEMI ACOPPIATI)	<p>Key</p> <ul style="list-style-type: none"> a shear diagram from analysis b magnified shear diagram c design envelope A $V_{wall,base}$ B $V_{wall,top} \geq V_{wall,base}/2$ <p>Figure 5.4: Design envelope of the shear forces in the walls of a dual system.</p> <p style="text-align: center;">→ Per DCM/DCH.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ DC2: Vale anche la definizione del taglio a partire dalla formula 10.13 vista prima ○ DC3: Obbligatoriamente da involucro
PRESCRIZIONI AGGIUNTIVE	<ul style="list-style-type: none"> ○ DCH → Prescrizioni per il calcolo del taglio in pareti tozze (§5.5.2.4.2) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ DC2/DC3 → Prescrizioni per il calcolo del taglio in sistemi scatolari

EN1998-1-2: Pareti duttili

- Resistenza a momento, taglio, taglio-scorrimento

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.4.3.4.1 / §5.5.3.4	§10.8.3.1
RESISTENZA A FLESSIONE	In combinazione sforzo assiale più sfavorevole	Secondo EN 1992-1-1:2022 con sforzo assiale da analisi
$V_{d,max}$	<ul style="list-style-type: none"> DCM: $v_d \leq 0.40$ DCH: $v_d \leq 0.35$ 	<ul style="list-style-type: none"> DC2: $v_d \leq 0.40$ DC3: $v_d \leq 0.35$
CONTRIBUTO ARMATURA VERTICALE	Da considerare nel calcolo della resistenza a flessione	Da considerare nel calcolo della resistenza a flessione
VERIFICA A TAGLIO	<ul style="list-style-type: none"> DCM: $V_{ed} < V_{Rd}$ da EN1992-1-1:2004 DCH: $V_{ed} < V_{Rd}$ con V_{Rd} definito a partire da: <ul style="list-style-type: none"> Taglio-trazione: $V_{Ed} \leq V_{Rd,c} + 0,75\rho_h f_{yd,h} b_{wo} a_s l_w$ $\rho_h f_{yd,h} b_{wo} z \leq \rho_v f_{yd,v} b_{wo} z + \min N_{Ed}$ Taglio-compressione da EN1992-1-1:2004 con $\tan\theta = 1$ fuori dalle zone critiche e con riduzione al 40% per le zone critiche 	<p>DC2/DC3: <u>PROCEDURA ITERATIVA</u> → Conforme a EN 1992-1-1:2022 §8.2, modificata da EN 1998-1-1:2024 §7.2.3.</p> <p>Applicazione del fattore riduttivo $\alpha_{SD,V} \approx 0.8$.</p> <p>Inclinazione minima del puntone pari a quella della diagonal di un inter-piano</p>
TAGLIO-SCORRIMENTO	$V_{Rd,s} = V_{dd} + V_{id} + V_{fd}$	<p>Come da EN 1992-1-1:2022 §8.2.6 → $\tau_{Edi} \leq \tau_{Rdi}$</p> $\tau_{Rdi} = c_{v1} \frac{\sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c} + \mu_v \sigma_n + \rho_l f_{yd} (\mu_v \sin\alpha + \cos\alpha) \leq 0,30 f_{cd} + \rho_l f_{yd} \cos\alpha$

• Dettagli per la duttilità locale

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.4.3.4.2 / §5.5.3.4.5	§10.8.3.2
H_{CR}	<ul style="list-style-type: none"> DCM: $\max(l_w ; h_w/6)$ con limite dato da numero piani DCH: $\max(l_w ; h_w/6)$ con limite dato da numero piani. <i>Gli elementi confinati vengono estesi per un piano rispettando i limiti minimi di armature almeno al 50%.</i> 	DC2/DC3: $\max(l_w ; h_w/6)$ con limiti dettati da numero piani
l_c	DCM/DCH: $\geq \max(0.15l_w; 1.5b_w)$	DC2/DC3: $\geq \max(0.15l_w; 1.5b_w)$
b_w (b confinata)	<ul style="list-style-type: none"> Se $L_c \leq \max(0.2l_w; 2b_w) \rightarrow \geq \max(h_s/15; 200 \text{ mm})$ Se $L_c > \max(0.2l_w; 2b_w) \rightarrow \geq \max(h_s/10; 200 \text{ mm})$ 	<ul style="list-style-type: none"> Se $L_c \leq \max(0.2l_w; 2b_w) \rightarrow \geq \max(h_{s,cl}/15; 200 \text{ mm})$ Se $L_c > \max(0.2l_w; 2b_w) \rightarrow \geq \max(h_{s,cl}/10; 200 \text{ mm})$
ρ_v	<ul style="list-style-type: none"> DCM: <ul style="list-style-type: none"> - $\rho_v \geq 0.5\%$ negli elementi confinati della regione critica - $\rho_v \geq 0.5\%$ nella parte di sezione con $\epsilon_c > 0.002$ DCH: <ul style="list-style-type: none"> - $\rho_v \geq 0.5\%$ nella parte di sezione confinata - $\rho_v \geq 0.5\%$ nella parte di sezione con $\epsilon_c > 0.002$ - $\rho_{\min,v} = 0.2\%$ e $d_{bLV} > 8\text{mm}$ e $< 1/8b_w$ nell'anima 	DC2/DC3: <ul style="list-style-type: none"> - $\rho_v \geq 0.25\%$ nella altezza critica - $\rho_v \geq 0.5\%$ nella parte di sezione con $\epsilon_c > 0.002$ - Diametro minimo in zona confinata: da prescrizione pilastri primari

EN1998-1-2: Pareti duttili

• Dettagli per la duttilità locale

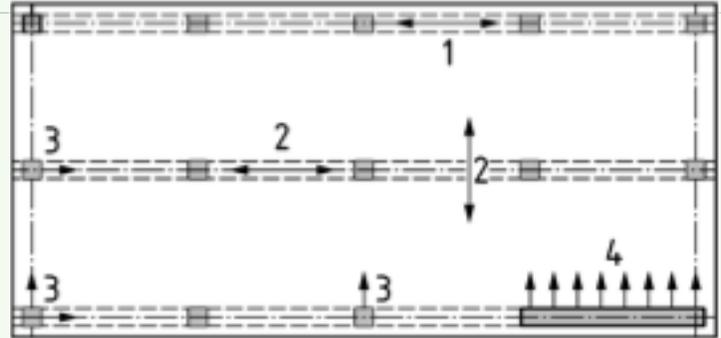
	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.4.3.4.2 / §5.5.3.4.5	§10.8.3.2
ρ_h	DCH: <ul style="list-style-type: none"> - $\rho_{\min,h}=0.002$ nell'anima; - $8\text{mm} \leq d_{Bh,web} \leq 1/8b_w$; 	DC2/DC3: <ul style="list-style-type: none"> - $\rho_h \geq 0.00125$ per ogni faccia nella zona critica - Staffe in zona confinata: da prescrizione pilastri primari
DISTANZA MASSIMA TRA BARRE (V/O)	DCH: Anima $\rightarrow \min(250\text{mm}; 25d_{v/h,web})$	<ul style="list-style-type: none"> ○ DC2: ≤ 300 mm nella zona critica, ○ DC3: ≤ 250 mm nella zona critica
$\omega_{WD,MIN}$	<ul style="list-style-type: none"> ○ DCM: negli elementi confinati \rightarrow $\alpha\omega_{wd} \geq 30\mu_\phi (v_d + \omega_v)\epsilon_{sy,d} \frac{b_c}{b_o} - 0,035$ <ul style="list-style-type: none"> ○ DCH: ≥ 0.12 negli elementi confinati 	DC2/DC3: Da prescrizione pilastri primari
ANCORAGGIO		<ul style="list-style-type: none"> ○ $\geq 0.8 l_w$ sotto la sezione di base della parete oppure 1.25 volte il valore ottenuto da EN 1992-1-1:2022, 11.4.2(2) e (3). ○ In presenza di zona confinata, staffe anima ancorate a con gancio nella zona confinata a meno di 150mm dalla estremità oppure $\phi_{st} \leq \phi_{conf}$ e l_b secondo EN 1992-1-1:2022, 11.5.1

EN1998-1-2: Pareti duttili

- Aperture e travi di accoppiamento

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.5.3.5	§10.8.3.3
NUMERO E POSIZIONE DELLE APERTURE	Non specificato in modo dettagliato per il numero e la posizione.	In zona critica: Massimo due aperture poste nel terzo centrale della lunghezza l_w e distanza tra i centri $< 0.2 l_w$
DIMENSIONI MASSIME DELLE APERTURE	Linee guida meno prescrittive; nessuna soglia precisa.	In zona critica: H e $L < 0.05 l_w$.
POSIZIONAMENTO VERTICALE	Trattate più liberamente; attenzione solo nei casi di discontinuità evidenti.	Nell'analisi, aperture non allineate con 0,1A parete su un interpiano possono essere trascurate, e le armature determinate con strut & tie
ARMATURA INTORNO ALLE APERTURE	Indicazioni generiche sulla necessità di confinamento; nessun valore minimo esplicito.	Barre richieste verticalmente e orizzontalmente:
ARMATURA DIAGONALE	<p>Necessarie se:</p> <p>a) Cracking in both diagonal directions is unlikely. An acceptable application rule is:</p> $V_{Ed} \leq f_{ctd} b_w d \quad (5.48)$ <p>b) A prevailing flexural mode of failure is ensured. An acceptable application rule is:</p> $l/h \geq 3.$ <p>E calcolate da: $V_{Ed} \leq 2 \cdot A_{si} \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha$</p>	<p>Se necessario, armatura diagonale con almeno 4 barre per direzione con staffe che seguono le indicazioni per le zone critiche di travi primarie.</p> <p>Possono essere messe singolarmente sui due travetti diagonali oppure globalmente sulla trave di accoppiamento</p>

- Sistema di tiranti/legature

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO		§10.8.3.4
NUMERO E POSIZIONE DELLE APERTURE		<p>Un sistema di tiranti continuo deve essere presente secondo EN 1992-1-1:2022 §12.9 e Fig. 12.10</p> <p>Se $S_8 > 4.5\text{m/s}^2$, I tiranti devono avere le seguenti caratteristiche:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Lungo l'intersezione di paret e di pareti con flange, almeno 4 barre $\phi 10$;b) Un tirante continuo perimetrale con $A \geq 300\text{mm}^2$c) Legature orizzontali all'intersezione tra parete e solaio con resistenza a trazione $\geq 60\text{kN}$ e $> 28/\text{kN/m}$.
		

• Limiti geometrici

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.4.1.2.4	§10.9.1
LUNGHEZZA MINIMA	Come da 5.4.1.2.3(1)	$\geq 4,0$ m oppure $\geq 2/3 h_w$
SPESSORE MINIMO	Non esplicitamente indicato (0,15m da pareti)	$\geq 0,15$ m

• Azioni di progetto

RIFERIMENTO	§5.4.2.5	§10.9.2
EFFETTI DINAMICI	Possono essere assunti pari al 50% del carico assiale dovuto ai carichi gravitazionali.	Se non si utilizza un'analisi non lineare, si può assumere il 50% del carico assiale dovuto ai carichi gravitazionali, con segno più sfavorevole.
POSSIBILITÀ DI TRASCURARE GLI EFFETTI DINAMICI	Possono essere trascurati se il fattore di comportamento $q \leq 2,0$	Possono essere trascurati se il fattore di comportamento $q \leq 2,0$
AMPLIFICAZIONE DEL TAGLIO	$V_{ed} = (q+1)/2 \cdot V'_{ed}$	$V_{ed} = (q+1)/2 \cdot V'_{ed}$

EN1998-1-2: Grandi pareti

- Resistenza a momento, taglio, taglio-scorrimento

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.4.3.5	§10.9.3
VERIFICA FLESSIONE CON FORZA ASSIALE	Verifica in flessione con fessurazione orizzontale e possibili effetti fuori piano, aumento ε_{cu2} fino a 0,005.	Obbligo di considerare le forze assiali dinamiche; possibile incremento del limite di deformazione ε_{cu2} con condizioni specifiche (EN 1992-1-1:2022, 8.1.4)
$\rho_{w,min}$	$\rho_{w,min}$ può essere omesso se $\tau_{Ed} \leq \tau_{Rd,c}$ (5.4.3.5.2.1)	$\rho_{w,min}$ può essere omesso se $\tau_{Ed} \leq \tau_{Rd,c}$ (10.9.3.2.1)
MODELLO PER CALCOLO TAGLIO	Modello a puntone e tirante o traliccio a inclinazione variabile (5.4.3.5.2.2)	Modello a puntone e tirante (10.9.3.2.2) o MCFT
LARGHEZZA DEL PUNTONE	$\leq 0.25l_w$ o $4b_{w0}$ (5.4.3.5.2.3)	$\leq 0.25l_w$ o $4b_{w0}$, considerando anche aperture (10.9.3.2.3)

- Dettagli costruttivi

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.4.3.5.3	§10.9.3.3
l_c	$\geq b_{w0}$ o $3_{bw0} \sigma_{cm} / f_{cd}$ con σ_{cm} pari allo sforzo medio del CLS nella zona compressa a SD	$\geq b_{w0}$ o $3_{bw0} \sigma_{cm} / f_{cd}$ con σ_{cm} pari allo sforzo medio del CLS nella zona compressa a SD
ARMATURA DI ESTREMITÀ PER FLESSIONE	$d_{bL} \geq 12$ mm (piano basso) o 10 mm (piani >1)	Min 4 barre $d_{bL} \geq 12$ mm (p. base) o 10 mm (p. >1)
CAMBIO DI LUNGHEZZA		Se l_w diminuisce $> \frac{1}{3} h_s$: 4Ø12 richiesti sopra e sotto e la regione deve essere considerate come critica
STAFFE ELEMENTI CONFINATI	<ul style="list-style-type: none"> ○ $d_{bw} \geq 6$ mm o $\frac{1}{3} d_{bL, min}$; ○ passo ≤ 100 mm o 8_{dbL} 	<ul style="list-style-type: none"> ○ $d_{bw} \geq 6$ mm o $\frac{1}{3} d_{bL, min}$; ○ passo ≤ 100 mm o 8_{dbL}

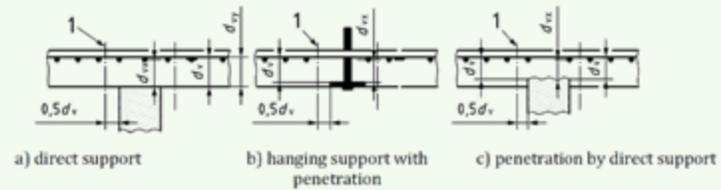
RIFERIMENTO

EN 1998-1-2 (2024)

§10.10.1

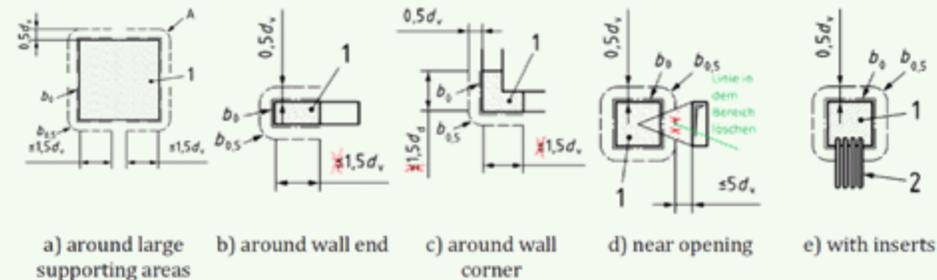
- Si applica a solai piani gettati in opera considerati elementi sismici primari.
- I pilastri devono essere disposti con regolarità in due direzioni ortogonali.
- Le connessioni con pilastri di bordo o d'angolo devono usare l'intera sezione dei pilastri e prevedere travi di bordo qualora il solaio non sporga oltre il pilastro per una lunghezza almeno pari allo spessore del solaio.
- Spessore minimo del solaio: $\geq 3,5\%$ della sua luce maggiore ($L_n/28,5$).
- Nei solai a piastra nervata, la zona piena deve mantenere uno spessore costante fino a una distanza $\geq 3 \cdot d_v$ dal pilastro/parete, con d_v :

$$d_v = \frac{d_{vx} + d_{vy}}{2}$$



Key
1 control perimeter

- Aperture vicine alle colonne non ammesse ad una distanza $< d_v$. Aperture entro una distanza $\leq 5.5 \cdot d_v$ richiedono riduzione del perimetro critico secondo EN 1992-1-1:2022, 8.4.2(3) e Figura 8.19:



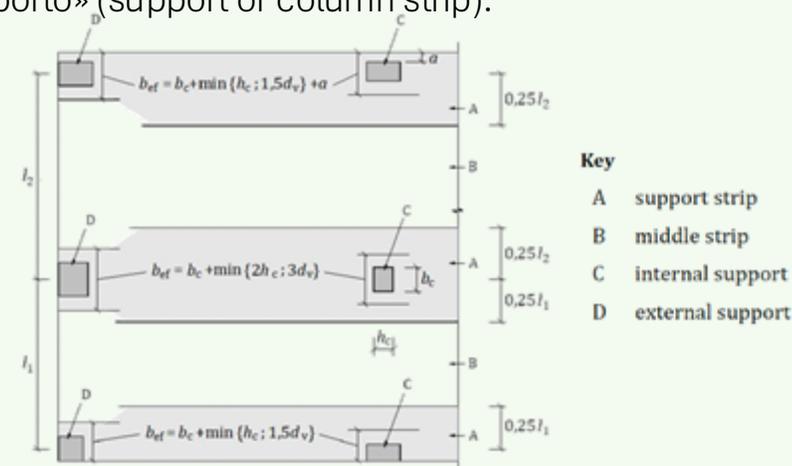
EN 1998-1-2 (2024)

RIFERIMENTO

§10.10.1

- Nella modellazione 3D, si usano **travi equivalenti** con:
 - Luce teorica = distanza tra i centri dei pilastri
 - Altezza = spessore del solaio
 - Resistenza del calcestruzzo uguale a quella del solaio
 - Larghezza su ciascun lato calcolata come minimo tra 3 criteri:
 - a) Distanza tra asse e bordo del solaio
 - b) Metà della distanza dalla più vicina trave equivalente parallela
 - c) Somma di due componenti: $\frac{1}{2}$ della sezione trasversale del pilastro + $\frac{1}{4}$ della luce libera tra i due pilastri
 - d) Percentuali di armatura superiore e inferiore, tipo di acciaio e copriferro uguali a quelli nella fascia di «supporto» (support or column strip):

MODELLAZIONE



- La rigidità degli elementi rappresentativi deve rispettare il §5.1.3 oppure si può assumere $\frac{1}{4}$ della rigidità non fessurata (flessione e taglio).

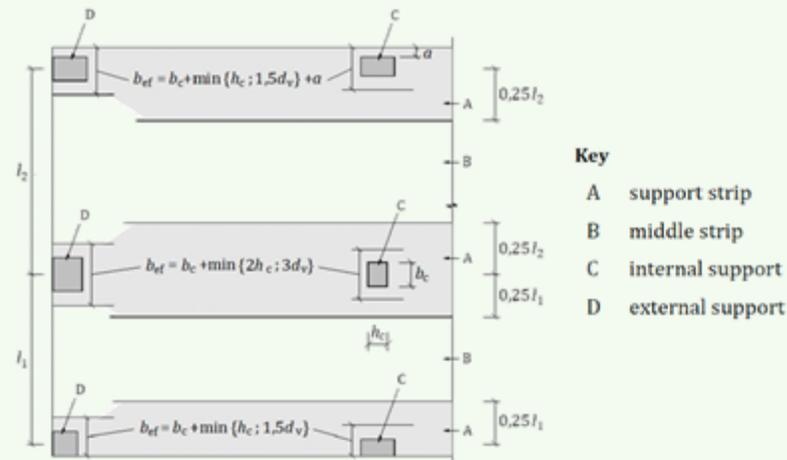
VERIFICHE E DETTAGLI COSTRUTTIVI

RIFERIMENTO

EN 1998-1-2 (2024)

§10.10.2

- L'armatura flessionale deve essere concentrata sopra colonne/pareti nella «support strip», la cui larghezza deve essere pari al maggiore tra:
 - 25% della somma delle campate adiacenti
 - Larghezza del supporto verticale perpendicolare alla striscia



- L'armatura flessionale nella striscia deve essere:
 - Armatura superiore $\geq 25\%$ di quella superiore agli appoggi;
 - Armatura inferiore $\geq \frac{1}{3}$ di quella superiore agli appoggi;
 - All'interfaccia con piastra/parete, l'armatura inferiore \geq di quella inferiore a metà campata.
- Nella zona tra due «support strip» detta «middle strip» l'armatura flessionale inferiore perpendicolare alla striscia deve essere almeno $\geq 50\%$ di quella a metà campata nelle support strips.

VERIFICHE E DETTAGLI COSTRUTTIVI

RIFERIMENTO

EN 1998-1-2 (2024)

§10.10.2

- In ciascuna direzione, l'armatura superiore e quella inferiore nelle zone di trasferimento del momento dalla piastra agli appoggi deve essere concentrata in b_{ef} (figura in slide precedente) ma non deve superare $1.5 \cdot d_v$.
- L'armatura inferiore continua negli appoggi (**armatura di integrità o di congruenza**) deve essere:
 - Minimo 4 barre $\Phi \leq 0,12d_v$ con ancoraggio $\geq d_v + l_b$ (lunghezza di ancoraggio);
 - Resistenza verticale $V_{Rd,int}$ da formula (10.17).

$$V_{Rd,int} = \sum A_{s,int} f_{yd} k \sin \alpha_{ult} \leq \frac{0,5\sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c} d_v b_{int}$$

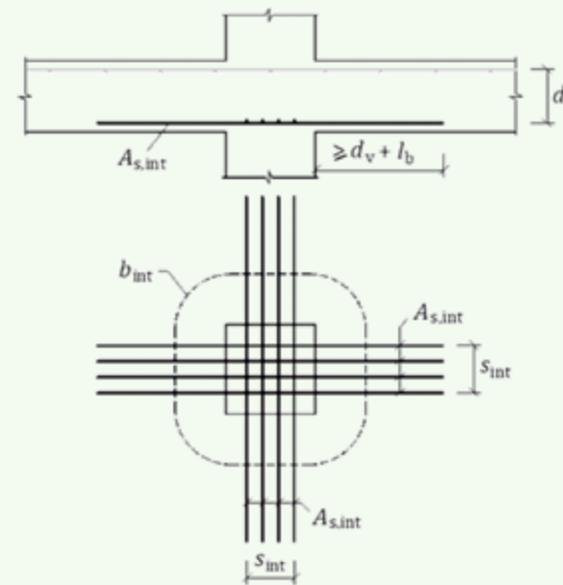


Figure 10.11 – Integrity reinforcement

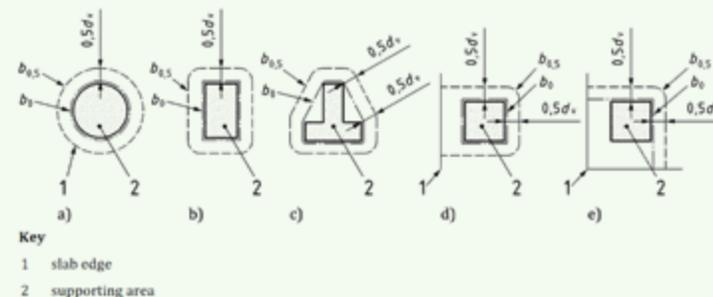
VERIFICHE E DETTAGLI COSTRUTTIVI

RIFERIMENTO

EN 1998-1-2 (2024)

§10.10.2

- La verifica a punzonamento è necessaria in tutti i nodi pilastro/parete e solaio nel perimetro di controllo $b_{0.5}$



- La verifica a punzonamento deve considerare l'eccentricità e_b delle forze di taglio (EN 1992-1-1:2022, 8.4.2(6), Tabella 8.3), calcolata a partire da momenti resistenti e sezione equivalente sulle due direzioni ortogonali secondo il minore dei due seguenti approcci:

- Per nodi interni: $M_{Rd,slab} = 0.80 \cdot \sum (M_{Rd,positivo} + M_{Rd,negativo})$ considerando tutta la larghezza del solaio influente sul nodo. Per nodi su bordo (edge columns): $M_{Rd,slab} = 0.75 \cdot M_{Rd,negativo}$ solo nella direzione della flessione
- Per nodi interni: $M_{Rd,slab} = 1.25 \cdot \sum (M_{Rd,positivo} + M_{Rd,negativo})$ riferito alle **equivalent beams** che si connettono al nodo. Per nodi su bordo: $M_{Rd,slab} = M_{Rd,negativo}$ della sola fascia efficace connessa alla colonna.

Table 8.3 — Coefficients β_e accounting for concentrations of the shear forces

Support	Approximated	Refined ^a
internal columns	$\beta_e = 1.15$	$\beta_e = 1 + 1.1 \frac{e_b}{b_b}$ ≥ 1.05
edge columns	$\beta_e = 1.4$	
corner columns	$\beta_e = 1.5$	
ends of walls	$\beta_e = 1.4$	
corners of walls	$\beta_e = 1.2$	

EN1998-1-2: Ancoraggi e sovrapposizioni

PRINCIPI GENERALI

EN 1998-1-2 (2024)

RIFERIMENTO

§10.11.1

- **Staffe e legature trasversali:**
 - Devono essere chiuse, con ganci di almeno 135° .
 - Estremità di almeno 10 volte il diametro della barra.
 - Anche i *cross-ties* devono rispettare queste geometrie.
- **Lunghezza di ancoraggio:**
 - Per barre ancorate in giunti trave-colonna, la lunghezza si misura da un punto $5 \cdot d_{bL}$ all'interno del nodo.
 - Tiene conto della penetrazione plastica dovuta a azioni cicliche.
- **Barre post-installate:**
 - Non ammesse nelle zone critiche.
 - Devono rispettare:
 - Fattore di efficienza di aderenza $k_{b,pi}$.
 - Copriferro $c_{min,b}$ (secondo EN 1992-1-1:2022 §11.4.8).
 - Valutazione EAD 330087-00-0601 per condizioni sismiche

RIFERIMENTO

EN 1998-1-2 (2024)

§10.11.2

Applicabile alle travi primarie collegate a colonne o pareti primarie.

- Il tratto piegato per ancorare l'armatura longitudinale delle travi deve essere ancorato all'interno delle staffe della colonna o della parete.
- Il diametro delle barre longitudinali delle travi che attraversano il nodo deve rispettare i limiti di diametro in base a:

- Per nodi interni:
$$\frac{d_{bL}}{h_c} \leq \frac{7,5 f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \omega_{sh} f_{yd}} \frac{1 + 0,8 v_d}{1 + \frac{0,75 k_D \rho'_l}{\rho_{lmax}}}$$

- Per nodi esterni:
$$\frac{d_{bL}}{h_c} \leq \frac{7,5 f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \omega_{sh} f_{yd}} (1 + 0,8 v_d)$$

Dove:

k_D è dipendente da classe di duttilità

- 1/2 per DC2
- 2/3 per DC3.

γ_{Rd} è il fattore di sovraresistenza

- 1.05 per DC2
- 1.1 per DC3.

$\omega_{sh} = 1.05$ (fattore di incrudimento) per DC2 e DC3

ANCORAGGIO NELLE TRAVI

EN1998-1-2: Ancoraggi e sovrapposizioni

ANCORAGGIO NELLE TRAVI

RIFERIMENTO

EN 1998-1-2 (2024)

§10.11.2

- In alternativa alle formule (10.24)-(10.25), si può usare la Tabella 10.7 se:
 - L'azione assiale normalizzata nella colonna è $\geq 0,15$.
 - Nei nodi interni, il rapporto di armature compresse della trave $\leq 1\%$.

Table 10.7 — Maximum diameter of beam longitudinal bars passing through joints

	Concrete grade	Reinforcing steel strength class	
		B400	B500
Interior beam-column joints	C20/25 C25/30	DC2: $d_{bl} \leq 0,04 h_c$ DC3: $d_{bl} \leq 0,03 h_c$	DC2: $d_{bl} \leq 0,03 h_c$ DC3: $d_{bl} \leq 0,02 h_c$
	C30/37 C45/55	DC2: $d_{bl} \leq 0,06 h_c$ DC3: $d_{bl} \leq 0,045 h_c$	DC2: $d_{bl} \leq 0,05 h_c$ DC3: $d_{bl} \leq 0,035 h_c$
	C50/60 C90/105	DC2: $d_{bl} \leq 0,085 h_c$ DC3: $d_{bl} \leq 0,07 h_c$	DC2: $d_{bl} \leq 0,07 h_c$ DC3: $d_{bl} \leq 0,055 h_c$
Exterior beam-column joints	C20/25 C25/30	DC2 or DC3: $d_{bl} \leq 0,045 h_c$	DC2 or DC3: $d_{bl} \leq 0,035 h_c$
	C30/37 C45/55	DC2 or DC3: $d_{bl} \leq 0,065 h_c$	DC2 or DC3: $d_{bl} \leq 0,055 h_c$
	C50/60 C90/105	DC2 or DC3: $d_{bl} \leq 0,095 h_c$	DC2 or DC3: $d_{bl} \leq 0,075 h_c$

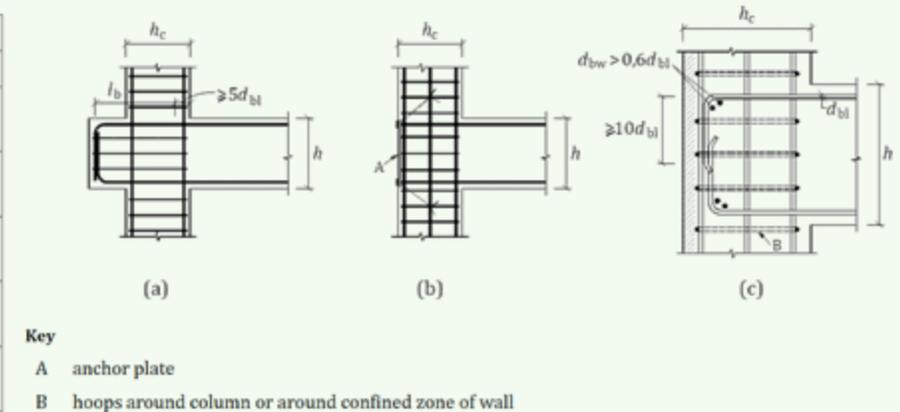


Figure 10.13 — Additional measures for anchorage in exterior joints

- Tali limiti possono essere trascurati per barre diagonali che attraversano il nodo.
- Se l'altezza h_c della colonna/parete è insufficiente per garantire l'ancoraggio, si possono usare:
 - Estensioni orizzontali (vedi figura 10.13(a)),
 - Barre ad estremità ingrossata (figura 10.13(b)),
 - Piegature secondo 11.4.4 con armature trasversali poste nell'angolo (figura 10.13(c)).

SOVRAPPOSIZIONI E GIUNZIONI MECCANICHE

RIFERIMENTO

EN 1998-1-2 (2024)

§10.11.3

- Vietate le sovrapposizioni nelle zone critiche delle travi.
- Vietate le giunzioni saldate nelle zone critiche degli elementi strutturali. Saldature ammesse solo al di fuori delle zone critiche, oltre 2 volte l'altezza dell'elemento, con resistenza $\geq 1,25 f_{yd}$ delle barre connesse.
- Vietate le giunzioni meccaniche (*couplers*) nelle zone critiche, salvo se provate e qualificate per la classe di duttilità e se rottura avviene nella barra fuori dal connettore.
- Il calcolo dell'armatura trasversale nella zona di sovrapposizione deve seguire l'EN 1992-1-1:2022, 11.5, con le seguenti aggiunte:
 - Se le barre ancorate o continue sono in un piano parallelo all'armatura trasversale \rightarrow usare l'area totale delle barre sovrapposte Σa_{sL} nel calcolo dell'armatura trasversale.
 - Se le barre ancorate o continue sono in un piano ortogonale all'armatura trasversale \rightarrow usare l'area della maggiore delle barre sovrapposte A_{sL} nel calcolo dell'armatura trasversale.
 - Passo armatura trasversale: $s_{lap} = \min\{h/4 ; 100 \text{ mm}\}$
- Area minima armatura trasversale (formula 10.27): $A_{st} = s \cdot (d_{bl} / 50) \cdot (f_{yd} / f_{ywd})$

PRINCIPI GENERALI

RIFERIMENTO

EN 1998-1-2 (2024)

§10.12.1, §10.12.2

- Un solaio pieno in C.A. può essere considerato diaframma rigido se:
 - Spessore ≥ 70 mm;
 - Armato in entrambe le direzioni orizzontali (minimo EN 1992-1-1:2022, §12.4.1(1)).
- Una cappa gettata su solaio prefabbricato può essere considerata come diaframma rigido se:
 - Spessore cappa ≥ 40 mm (per campate ≤ 8 m) o ≥ 50 mm (campate > 8 m);
 - La rete di armatura è collegata a travi o pareti sottostanti;
 - È progettato per resistenza e rigidezza (vedi §6.2.8);
 - Gettato su superficie pulita e con un grado adeguato di asperità o connesso mediante connettori.
- Gli effetti dell'azione devono considerare la sovraresistenza (§6.2.8).
- Le resistenze di progetto devono seguire EN 1992-1-1:2022, §§12.4, 12.5, 12.9.2 e 13.6.

EN1998-1-2: Prefabbricati

- Fattore di comportamento

RIFERIMENTO

EN 1998-1 (2004)

§5.11.1.4

EN 1998-1-2 (2024)

§10.14.1

FATTORE DI
COMPORTAMENTO

$q = q_0 \cdot k_p$, con k_p :

- $K_p = 1$ per strutture con connessioni dimensionate in accordo ai criteri di posizione, sovraresistenza e dissipazione 5.11.2.1.1, 5.11.2.1.2, or 5.11.2.1.3
- $K_p = 0.5$ per strutture con altri tipi di connessioni

Table 10.8 — Default values of the behaviour factors of precast concrete structures

Structural type		q =	
		q _R	q _S
		DC2	DC3
Moment resisting frame or moment resisting frame-equivalent dual structures	Multi-storey, multi-bay moment resisting frames or moment resisting frame-equivalent dual structures with beams with strong partial strength joints or rigid joints without cladding or with isostatic cladding	2.5	3.9
	Multi-storey, one-bay moment resisting frames with strong partial strength joints or rigid joints without cladding or with isostatic cladding	2.3	3.6
	One-storey moment resisting frames with strong partial strength joints or rigid joints without cladding or with isostatic cladding	2.1	3.3
	One-storey one bay or multi-bay, moment resisting frames with beams with weak joints without cladding or with isostatic cladding and $v_d \leq 0.3$	2.1	3.0
	Multi-storey, one bay or multi-bay, moment resisting frames with beams with weak joints without cladding or with isostatic cladding and $v_d \leq 0.3$	NA ^a	2.0
	One-storey one bay or multi-bay, or multi-storey, one bay or multi-bay moment resisting frames with beams with weak joints without cladding or with isostatic cladding and $v_d > 0.3$	NA ^b	1.5
Wall or wall-equivalent dual structures	Wall-equivalent dual structures with strong partial strength joints or rigid joints with or without cladding	2.3	3.6
	Coupled wall structures with strong partial strength joints or rigid joints with or without cladding	2.5	3.6
	Uncoupled wall structure with only two uncoupled walls per horizontal direction, with or without cladding and other uncoupled wall structure, with or without cladding	2.0	3.0
	Multi-storey moment resisting frame with beams simply supported or with weak partial strength connections and with integrated cladding	2.3	NA ^a
	Multi-storey moment resisting frame with beams with strong partial strength connections and with integrated cladding	2.5	NA ^a
Large walls structures and cell structures (factor k_w given by Formula (10.1))		$3k_w$	$3k_w$

^a: Not Applicable ^b: Inverted pendulum

• Prescrizioni

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.11	§10.14
CAPACITÀ ROTAZIONE PLASTICA NEI GIUNTI	Non definita	<ul style="list-style-type: none"> ○ DC2: $\theta \geq 25$ mrad ○ DC3: $\theta \geq 35$ mrad
REQUISITO DI DUTTILITÀ	Dissipazione garantita solo in travi o colonne o con meccanismi a taglio lungo I giunti	<p>DC2/DC3:</p> <p>I giunti gettati in opera devono garantire I dettagli costruttivi visti per strutture in CA.</p> <p>In prossimità del nodo: $V_{Rd} > 1.5 V'_{ed}$ usando EN 1992-1-1:2022, 8.2.6, con riduzione di σ_N nei calcoli</p>
STRUTTURE A PARETI	<ul style="list-style-type: none"> ○ L'armatura orizzontale minima in giunti verticali deve essere minore del 2% ○ $\rho_v > 1\%$ nella zona di getto del giunto verticale ○ $\rho_h \geq 0.10\%$ (compressa) o 0.25% (parzialmente compressa) 	<p>DC2/DC3:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Maglia di armatura ≥ 8 mm, passo ≤ 200 mm ○ L'armatura orizzontale minima in giunti verticali deve essere tra 0.2% e 2% ○ $\rho_v > 1\%$ nella zona di getto del giunto verticale <p>Prescrizioni aggiuntive: DC3→</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ $V_{Rd} > 1.3 V'_{ed}$ per elementi non dissipativi ○ $\rho_h \geq 0.10\%$ (compressa) o 0.25% (parzialmente compressa)

• Prescrizioni

	EN 1998-1 (2004)	EN 1998-1-2 (2024)
RIFERIMENTO	§5.11	§10.14
STRUTTURE A TELAIO	<ul style="list-style-type: none">○ Valgono le prescrizioni previste per travi e pilastri primari realizzati in opera○ Connessioni colonna-colonna valgono solo per DCM○ Connessioni:<ul style="list-style-type: none">- Fuori da zona critica- Sovradimensionate- Dissipative	<p>DC2/DC3:</p> <ul style="list-style-type: none">○ Valgono le prescrizioni previste per travi e pilastri primari realizzati in opera○ Se si hanno giunti deboli (M_{Rd} non maggiore di $M_{Rd,inf}/2$) solo la base della colonna viene considerata zona critica per una $L_{cr} = \max(2b_{max}, 1m)$○ Zona dissipativa:<ul style="list-style-type: none">- Fuori dai giunti → gli elementi ed i giunti sono progettati secondo i requisiti per gli elementi gettati in opera a partire dal criterio di gerarchia delle resistenze- Nel giunto → La progettazione degli elementi fuori dalle zone dissipative avviene secondo i requisiti per gli elementi gettati in opera a partire dal criterio di gerarchia delle resistenze, gli elementi non dissipativi nel giunto devono essere progettati per avere una resistenza 1.2 volte quella degli elementi dissipativi del giunto.

EN1998-1-1 – Appendix G: Progetto dei fissaggi (fastenings)

EN 1998-1-1 – APPENDIX G (2024)

RIFERIMENTO

§G.3.1

PRINCIPI GENERALI

- Se non si possono evitare fissaggi in zona critica, i fissaggi non dovrebbero essere post-installati e dovrebbero essere progettati per trasferire le forze di ancoraggio attraverso elementi meccanici o saldati
- Deve essere verificato che esista un meccanismo di trasferimento delle forze affidabile secondo EN 1992-4:2018 oppure usando un approccio «strut and tie»
- Il progetto dei fissaggi dovrebbe soddisfare una tra le opzioni OP1, OP2, OP3, come definite nel seguito:
 - a) OP1: progetto con comportamento elastico dei fissaggi e della struttura;
 - b) OP2: progetto con fissaggi che consentono agli elementi collegati di sviluppare la loro resistenza secondo le regole del ‘Capacity Design’;
 - c) OP3: Progetto considerando la duttilità dei fissaggi
- Quando si progetti con OP1 e OP2, i fissaggi devono essere considerati non dissipativi sia per elementi strutturali, sia per elementi non-strutturali
- Quando si progetti con OP3, i fissaggi possono essere considerati dissipativi; in tal caso una analisi dinamica non-lineare deve essere eseguita, utilizzando dati derivati da test.
- Per fissaggi progettati in OP3, il meccanismo di collasso deve essere governato dalla resistenza a trazione dell’acciaio, e non da quella lato calcestruzzo.

EN 1998-1-1 – APPENDIX G (2024)	
RIFERIMENTO	§G.3.1
PRINCIPI GENERALI	<ul style="list-style-type: none">○ Nella progettazione con OP3, la resistenza a taglio dei fissaggi dovrebbe essere garantita sistemi addizionali (chiavi di taglio) o da fissaggi aggiuntivi progettati in OP1 o OP2.○ A eccezione che vengano soddisfatte le condizioni date da EN 1992-4:2018, 8.5, il calcestruzzo deve essere ipotizzato fessurato nel calcolo della resistenza;○ Se una connessione viene assunta rigida nell'analisi strutturale, le deformazioni del fissaggio devono essere coerenti con l'ipotesi;○ Allentamento di viti o bulloni deve essere prevenuto

EN1998-1-1 – Appendix G: Progetto dei fissaggi (fastenings)

EN 1998-1-1 – APPENDIX G (2024)	
RIFERIMENTO	§G.3.2
CLASSI DI PRESTAZIONE SISMICA PER FISSAGGI POST-INSTALLATI	<p>La resistenza caratteristica di un fissaggio dovrebbe essere classificata nella classi di prestazione SPR1 e SPR2 basate sulle condizioni di prova per le quali è definita la resistenza e dovrebbero essere conformi o essere coperti da un ETPS</p> <p>SPR1</p> <p>Il fissaggio è installato in calcestruzzo fessurato. L'apertura di fessura viene incrementata fino ad un valore caratteristico atteso in elementi al di fuori della zona ove è atteso snervamento dell'acciaio in presenza di azioni sismiche. I fissaggi sono sottoposti a azioni cicliche assiali o di taglio. In entrambi i tipi di test, la resistenza massima è maggiore della metà della resistenza del fissaggio in calcestruzzo fessurato sotto carichi monotoni.</p>

**CLASSI
DI PRESTAZIONE
SISMICA
PER FISSAGGI
POST-INSTALLATI**

EN 1998-1-1 – APPENDIX G (2024)

RIFERIMENTO

§G.3.2

SPR2

Le resistenze caratteristiche sono basate sulle seguenti condizioni di prova:

- Il fissaggio è installato in calcestruzzo fessurato. L'apertura di fessura viene incrementata fino ad un valore caratteristico atteso in elementi al di fuori della zona ove è atteso snervamento dell'acciaio in presenza di azioni sismiche. I fissaggi sono sottoposti a azioni cicliche assiali o di taglio. In entrambi i test, il carico massimo dovrebbe essere incrementato fino a raggiungere almeno la resistenza caratteristica a trazione o taglio sotto carichi monotoni.
- Un carico di trazione è applicato al fissaggio installato in calcestruzzo fessurato. Cicli di apertura e chiusura di fessura sono eseguiti, con l'apertura massima di fessura progressivamente aumentata fino ad un valore caratteristico atteso in elementi al di fuori della zona ove è atteso snervamento dell'acciaio in presenza di azioni sismiche. Per i cicli con apertura di fessura prossima alla massima specificata, la resistenza deve essere maggiore della metà della resistenza media del fissaggio in calcestruzzo fessurato sotto azione assiale monotona.

EN1998-1-1 – Appendix G: Progetto dei fissaggi (fastenings)

EN 1998-1-1 – APPENDIX G (2024)

RIFERIMENTO

§G.3.2

- Il valore caratteristico dell'apertura di fessura per le classi SPR1 e SPR2 dovrebbe essere preo pari a 0,5mm e 0,8mm, rispettivamente
- Le Classi di restazione SPR1 e SPR2 usate nella progettazione per una data classe di duttilità dovrebbero soddisfare la tabella G.1

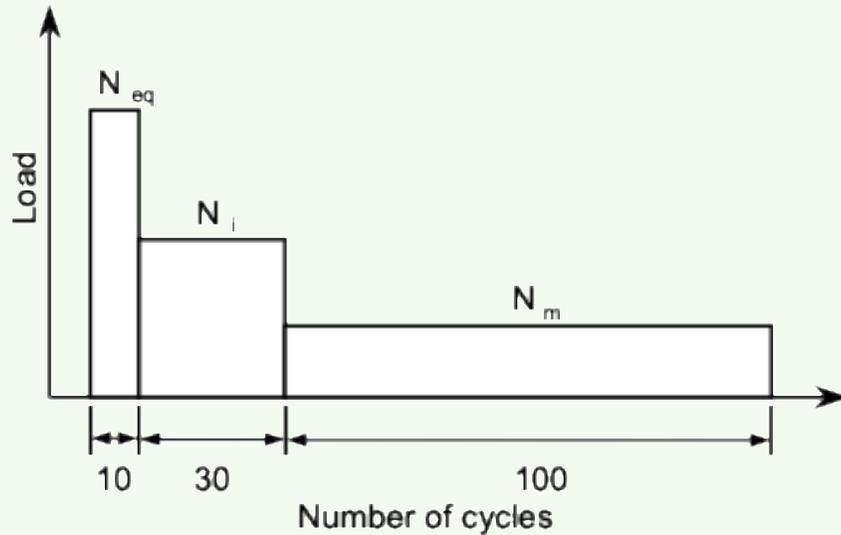
**CLASSI
DI PRESTAZIONE
SISMICA
PER FISSAGGI
POST-INSTALLATI**

Seismic action class	Connection	Design option	Ductility class of structure	
			DC1	DC2 & DC3
Low	Type A and Type B	OP1 or OP2	SPR1	SPR2
		OP3	SPR2	SPR2
Moderate or high	Type A	OP2	SPR2	SPR2
		OP3	SPR2	SPR2
	Type B	OP1	SPR1	-
		OP2	SPR1	SPR2
		OP3	SPR2	SPR2

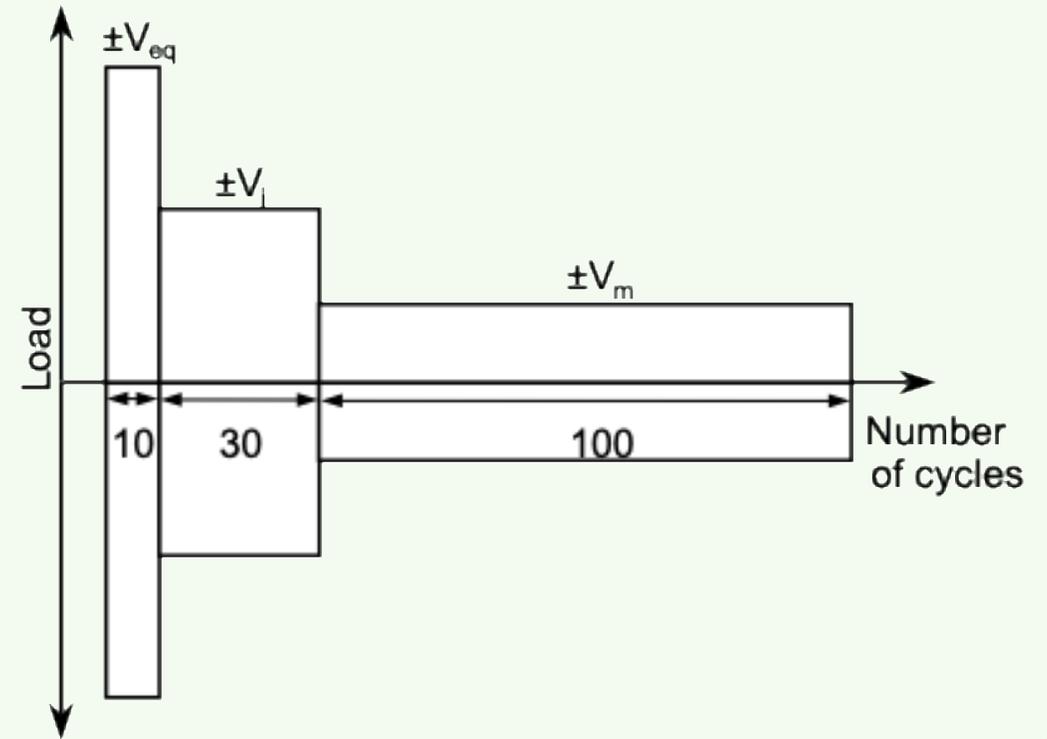
- Fissaggi qualificati secondo EAD 330232 or EAD 330499 per Prestazioni Sismiche C1 e C2 soddisfano i criteri delle classi SPR1 e SPR2, rispettivamente

C1 – testing protocols

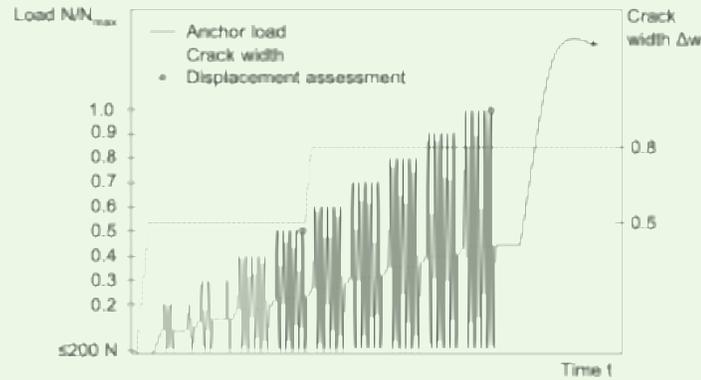
Load level	N_{eq}	N_i	N_m
Number of cycles	10	30	100



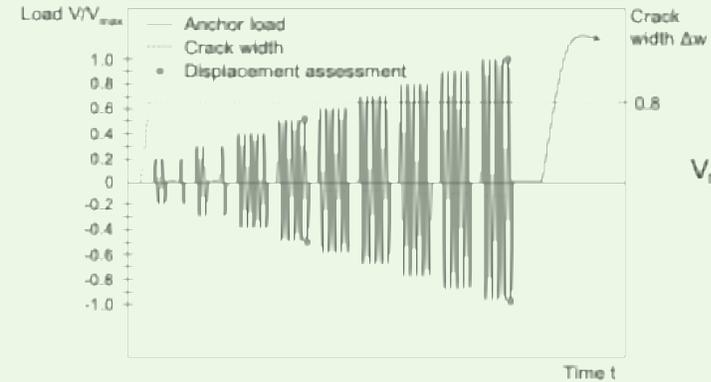
Load level	$\pm V_m$	$\pm V_i$	$\pm V_m$
Number of cycles	10	30	100



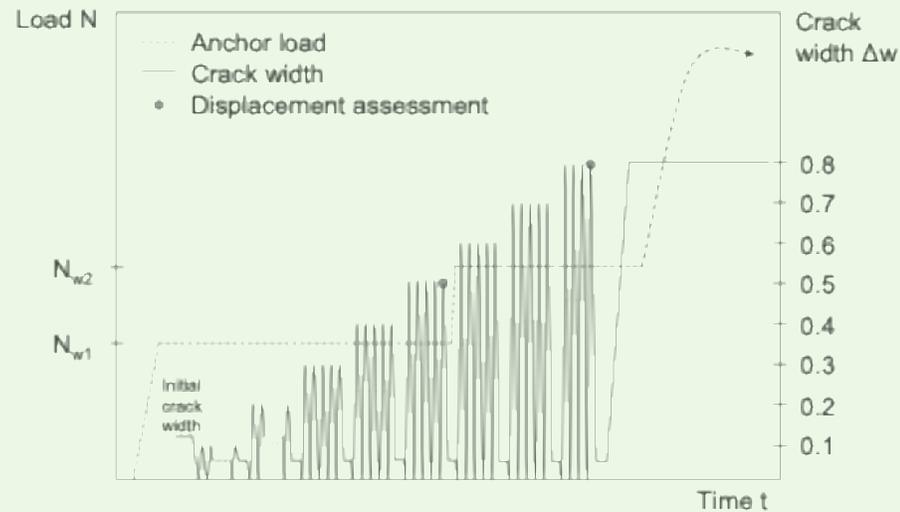
C2 – testing protocols



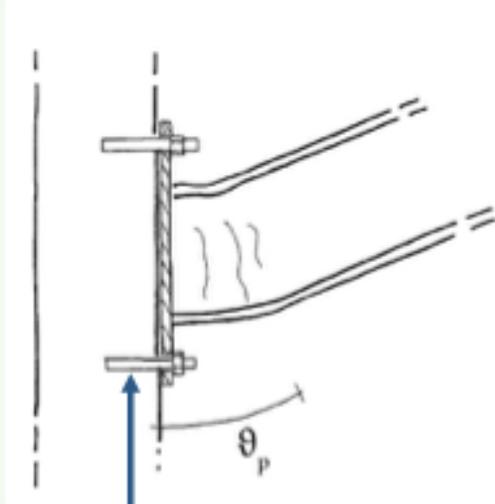
$$N_{\max} = 0,75 \cdot N_{u,m,C2.1} \left(\frac{f_{c, \text{test}}}{f_{c,C2.1}} \right)^n$$



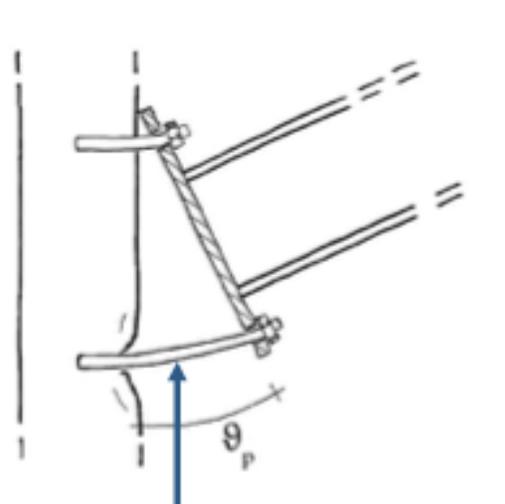
$$V_{\max} = 0,85 \cdot A_s \cdot f_{u, \text{test}}$$



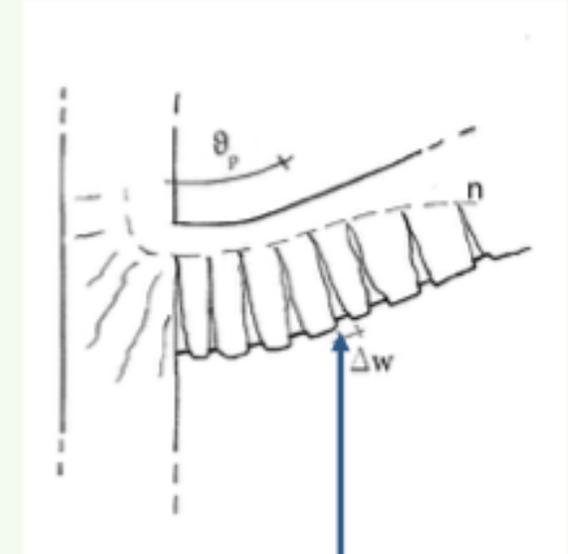
Situazioni di Progetto



Valore limitato dell'Azione E
E
Colonna Sovraresistente



Allungamento Significativo



Un Elemento secondario può essere ancorato
in questa zona

EN1998-1-1 – Appendix G: Progetto dei fissaggi (fastenings)

Requisiti per la qualifica

	Type A (structural)	Type B (ancillary)
Protezione del fissaggio	Load cycling Within 'elastic' range	Load cycling Within 'elastic' range
	Crack cycling May be not relevant	Crack cycling Up to crack at yielding
Protezione dell'elemento collegato	Load cycling Over yielding	Load cycling Over yielding
	Crack cycling May be more relevant	Crack cycling Up to crack at yielding

C1

C2

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano:

ING. LUCA DANESI, PHD - PER AVER PREDISPOSTO LA PRESENTAZIONE

PROF. GIOVANNI MUCIACCIA – PER LE SLIDES RELATIVE AI FISSAGGI