

QUADERNI DI PROGETTAZIONE STRUTTURALE

6: INTERVENTI SULLE COSTRUZIONI ESISTENTI – 3 INCAMICIATURE METALLICHE DI PILASTRI IN CEMENTO ARMATO



Sommario

1) PREMESSA: ASPETTI CRITICI DEI PILASTRI NELLE STRUTTURE ESISTENTI IN CEMENTO ARMATO	3
2) METODI DI ANALISI, CRITERI DI VERIFICA E MODELLI DI CAPACITÀ PER I PILASTRI IN CEMENTO ARMATO	5
Metodi di analisi	5
Modelli di capacità	6
3) RINFORZO LOCALE DI PILASTRI IN CALCESTRUZZO ARMATO: INCAMICIATURA IN ACCIAIO	9
Generalità.....	9
Aumento della resistenza a taglio	10
Azione di confinamento.....	11
Ulteriori indicazioni per la progettazione e per la messa in opera	13
4) ESEMPIO DI REALIZZAZIONE DI UNA CERCHIATURA METALLICA SU UN PILASTRO IN CEMENTO ARMATO [3]	14
RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI	16
CREDITS	17

1) PREMESSA: ASPETTI CRITICI DEI PILASTRI NELLE STRUTTURE ESISTENTI IN CEMENTO ARMATO

Nella valutazione della capacità sismica degli edifici esistenti in cemento armato la resistenza a taglio dei pilastri gioca un ruolo fondamentale: i pilastri sono infatti gli elementi strutturali che vanno in crisi più frequentemente ed è evidente che il problema tagliante incida in maniera consistente nelle verifiche e quindi nella determinazione degli indici di sicurezza.

I terremoti recenti hanno chiaramente dimostrato che le carenze strutturali più ricorrenti sono, oltre a quelle legate alla carenza di confinamento dei nodi trave e pilastro, alle rotture a taglio nei pilastri, le quali sono evidenziate dalla formazione di fessure circa a 45 gradi.

Questo fenomeno è dovuto alle seguenti principali cause:

- Scarsa qualità del calcestruzzo
- Staffatura insufficiente (elevato passo delle staffe)
- Pilastri tozzi che hanno una capacità in termini di rigidità tagliante molto elevata
- Interazione con tamponature
- Strutture con piani sfalsati
- Strutture con piani seminterrati con finestre a nastro

Le suddette cause risultano evidenti nelle seguenti fotografie, le quali illustrano il danneggiamento di pilastri in cemento armato a seguito di eventi sismici.

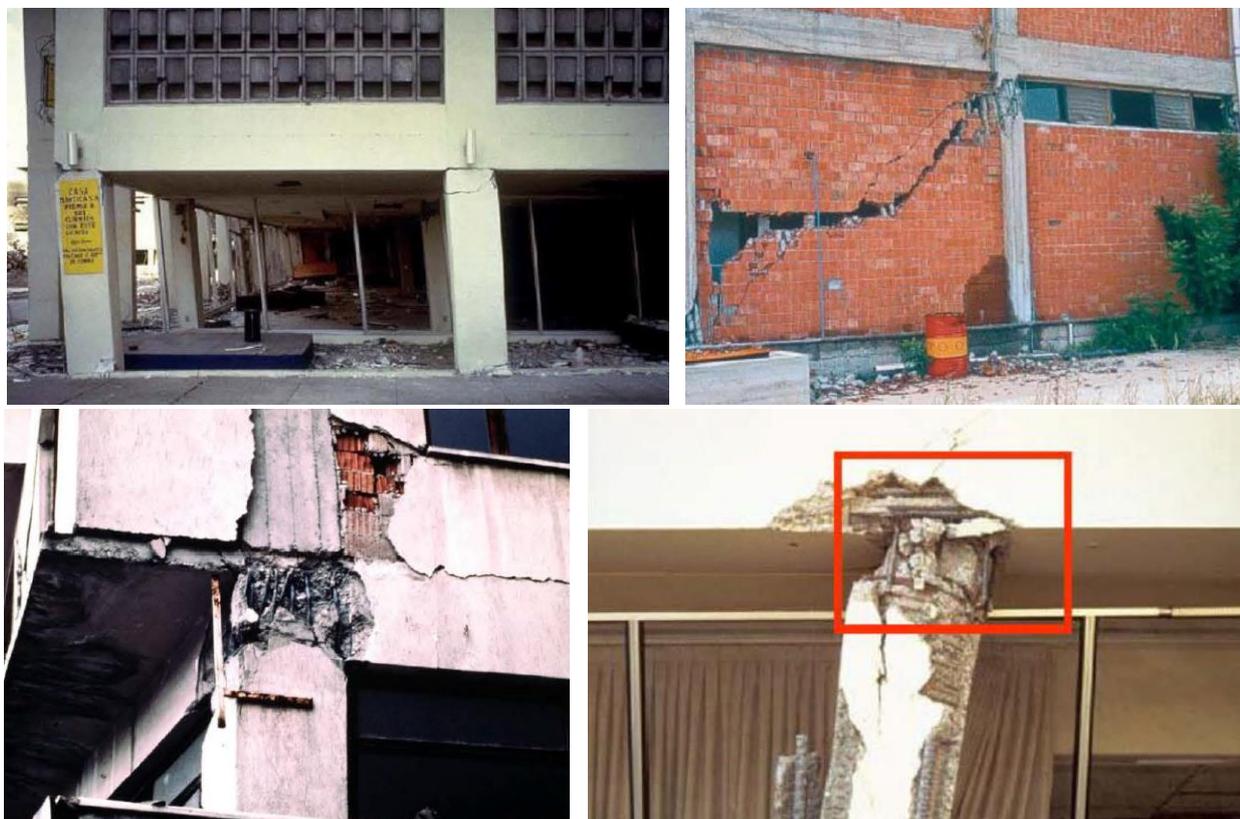


Fig.1 – Danneggiamento pilastri in cemento armato a seguito di eventi sismici



Fig.2 – Danneggiamento pilastri in cemento armato a seguito di eventi sismici

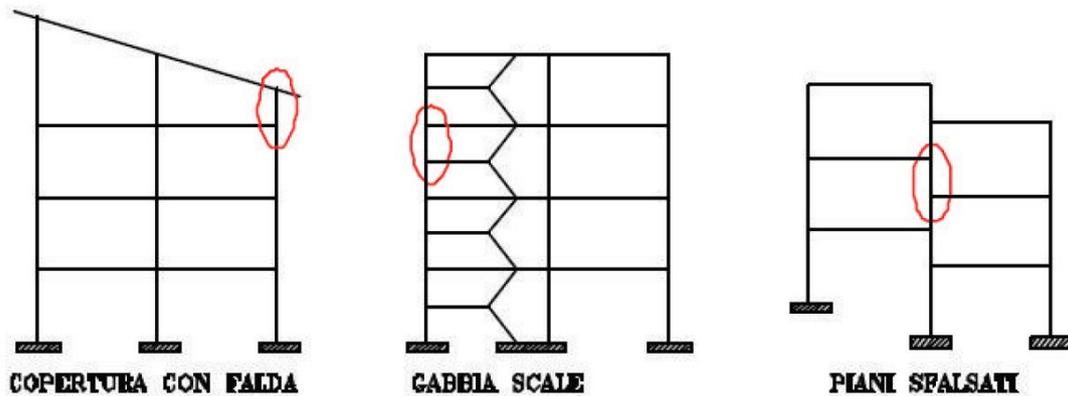


Fig.3 – Localizzazione più frequente del danno nei pilastri in cemento armato

Le rotture fragili sono da evitare perché avvengono senza uno stato deformativo evidente e sono rotture che portano istantaneamente alla crisi.

Per la progettazione ex novo, infatti, le NTC 2018 [1] applicano la gerarchia delle resistenze, criterio che consiste nel privilegiare in qualunque punto della struttura meccanismi di collasso duttili piuttosto che meccanismi fragili (es. gerarchia flessione-taglio, gerarchia trave-pilastro-nodo) anche attraverso limitazioni geometriche e di armatura longitudinale/trasversale nei dettagli costruttivi.

Negli edifici esistenti invece, poiché progettati per soli carichi verticali o con obsolete normative sismiche, è probabile che si verifichino rotture fragili. È necessario dunque innalzare la soglia di resistenza delle possibili rotture caratterizzate da questi meccanismi in modo che il comportamento globale della struttura sia governato da meccanismi duttili.

Gli interventi di miglioramento o adeguamento sismico necessiteranno sicuramente di rinforzi strutturali sui pilastri che ne incrementino la resistenza a taglio: poiché il criterio della gerarchia delle resistenze non è di fatto rispettato in questi edifici, l'accuratezza del modello di previsione della capacità a taglio diventa cruciale per la stima dei meccanismi fragili e per la progettazione di efficienti sistemi di rinforzo.

2) METODI DI ANALISI, CRITERI DI VERIFICA E MODELLI DI CAPACITÀ PER I PILASTRI IN CEMENTO ARMATO

Metodi di analisi

La Circolare applicativa delle NTC 2018 [2] afferma che gli effetti dell'azione sismica possono essere valutati con i metodi di cui al § 7.3 delle NTC.

I metodi di analisi che vengono presi in considerazione sono:

- **Analisi statica lineare:** può essere effettuata nel rispetto delle condizioni di cui al § 7.3.3.2 delle NTC 2018 e al § C8.7.2.2.1 della Circolare stessa.
Nel caso di analisi lineare con spettro elastico la capacità degli elementi duttili, in termini di resistenza, si valuta dividendo le proprietà dei materiali esistenti per il fattore di confidenza FC e la capacità degli elementi fragili per il fattore di confidenza FC e per il coefficiente parziale. Per i materiali nuovi o aggiunti si impiegano i valori di progetto.
Nel caso di analisi lineare con fattore di comportamento q, per gli elementi duttili la capacità si valuta dividendo le proprietà dei materiali esistenti per il fattore di confidenza FC, per gli elementi fragili le proprietà dei materiali esistenti si dividono sia per il fattore di confidenza FC sia per il coefficiente parziale. Per i materiali nuovi o aggiunti si impiegano i valori di progetto.
- **Analisi dinamica modale con spettro di risposta elastico o con fattore di comportamento q:** può essere effettuata in accordo al § 7.3.3.1 delle NTC 2018 e al § C8.7.2.2.2, oltre che alle condizioni di cui al punto precedente;
- **Analisi statica non lineare:** applicabile in accordo al § 7.3.4.1 delle NTC 2018 e al § C8.7.2.2.3 della Circolare; con le limitazioni della Tabella C8.5.IV che si riporta di seguito:

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <i>prove estese</i> in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esaustive</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esaustive</i> in situ	Tutti	1,00

(*) A meno delle ulteriori precisazioni già fornite nel § C8.5.4.

Fig.4 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

- **Analisi dinamica non lineare:** applicabile secondo quanto indicato al § 7.3.4.2 delle NTC 2018, alle medesime condizioni per l'analisi statica non lineare.

Modelli di capacità

La stessa Circolare al § C8.7.2.3, ai fini delle verifiche di sicurezza, propone alcuni modelli di capacità per la valutazione di edifici in cemento armato e classifica i meccanismi resistenti in:

- **Meccanismi duttili:** travi, pilastri e pareti inflesse con e senza sforzo normale (§ C8.7.2.3.1);
- **Meccanismi fragili:** meccanismi di taglio in travi, pilastri, pareti e nodi (§ C.8.7.2.3.5).

NOTA: pilastri e pareti soggetti a sollecitazioni di sforzo normale particolarmente elevate possono manifestare comportamento fragile.

Per la valutazione della resistenza a taglio dei pilastri V_{Rd} nei confronti di sollecitazioni taglianti dovute ai **solli carichi gravitazionali**, è possibile ricorrere al tipico schema a traliccio a inclinazione variabile indicato al § 4.1.2.3.5.2 delle NTC 2018 per elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio, assumendola come la minore delle due sotto definite resistenze (rispettivamente “taglio trazione” e “taglio compressione”):

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2 \theta)$$

In questo modello gli elementi resistenti del traliccio ideale sono costituiti dalle armature trasversali, dalle armature longitudinali, dal corrente compresso di calcestruzzo e dai puntoni d'anima inclinati (con limitazione $1 \leq \operatorname{ctg}\theta \leq 2,5$).

Per le **azioni sismiche**, invece, occorre considerare la riduzione di resistenza a taglio in condizioni cicliche in funzione della domanda di duttilità sull'elemento, per il livello di azione considerato.

La domanda massima a taglio nell'elemento può essere determinata, indipendentemente dal livello di azione considerato, a partire dai momenti resistenti nelle sezioni di estremità, valutati amplificando le resistenze medie dei materiali tramite il fattore di confidenza appropriato in relazione al Livello di Conoscenza raggiunto.

Per la valutazione della resistenza a taglio V_{Rd} in condizioni cicliche, quali quelle sismiche, la Circolare propone la **formulazione di Biskinis** et al., in accordo all'Eurocodice 8-3 (modello empirico degradante in funzione della duttilità):

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} [V_N + k (V_c + V_w)]$$

Questa formulazione è stata tarata al fine di predire proprio la capacità a taglio dei pilastri attraverso un modello che tiene conto di un degrado di resistenza in funzione della duttilità e considera l'effetto di 3 diversi contributi:

- **Contributo dovuto allo sforzo assiale**, attraverso la formula:

$$V_N = \frac{h - x}{2L_V} \min(N; 0,55 A_c f'_c)$$

dove:

h è l'altezza totale della sezione

x è l'altezza della zona compressa della sezione (profondità dell'asse neutro).
In assenza di specifiche valutazioni, può essere calcolata in maniera semplificata attraverso la relazione $x/h = 0,25 + 0,85 N / (A_c f'_c) \leq 1$

L_V è la luce di taglio

N è lo sforzo normale di compressione (assunto pari a zero se di trazione)

A_c è l'area della sezione

f'_c è la resistenza a compressione del calcestruzzo ottenuta come media delle prove eseguite in sito, eventualmente corretta sulla base di fonti aggiuntive di informazione, ridotta per il fattore di confidenza appropriato in relazione al Livello di Conoscenza raggiunto; per i pilastri, e in generale per elementi sismici primari, il valore deve essere ulteriormente diviso per il relativo coefficiente parziale

- **Contributo del calcestruzzo**, attraverso la formula:

$$V_c = 0,16 \max(0,5; 100\rho_{tot}) [1 - 0,16 \min(5; \frac{L_V}{h})] \sqrt{f_c A_c}$$

dove ρ_{tot} è la percentuale geometrica totale di armatura longitudinale

- **Contributo delle armature trasversali** V_W che vale:

$$V_W = \rho_{sx} b_w z f_y \quad \text{per sezioni rettangolari}$$

$$V_W = \frac{\pi A_{sx}}{2s} f_{yw} (D - 2c) \quad \text{per sezioni circolari}$$

dove z è il braccio delle forze interne.

Nella formula compare anche il coefficiente γ_{el} pari a 1,15 per gli elementi primari e a 1,0 per gli elementi secondari e il coefficiente correttivo della resistenza k (**coefficiente di degrado anelastico**), dato dalla seguente formula:

$$k = 1 - 0,05 \min(5; \mu_{\Delta,pl})$$

Attraverso quest'ultimo coefficiente si considera l'effetto negativo della plasticizzazione dell'elemento sulla sua capacità a taglio. Tale fenomeno, osservato per via sperimentale, è legato alla riduzione dei meccanismi resistenti a taglio (ingranamento degli inerti ed effetto spinotto) per

effetto della formazione delle cerniere plastiche e del conseguente elevato grado di danneggiamento del calcestruzzo.

$\mu_{\Delta,pl}$ rappresenta la parte plastica della domanda di duttilità e si ricava con la seguente espressione:

$$\mu_{\Delta,pl} = \mu_{\Delta} - 1$$

Dove μ_{Δ} è la domanda di duttilità espressa come rapporto fra la rotazione massima θ_m per il livello di azione sismica considerato e la rotazione di prima plasticizzazione θ_y .

Quando la domanda di duttilità del pilastro è inferiore a 2, la resistenza a taglio può essere calcolata come la maggiore fra la resistenza a taglio con armatura trasversale per le condizioni non sismiche (V_{Rsd} e V_{Rcd}) e la resistenza a taglio ciclica V_R .

Quando $\mu_{\Delta} > 3$ la resistenza a taglio è quella relativa alle condizioni cicliche V_R

Per valori compresi fra 2 e 3 si interpola linearmente fra le due grandezze.

Di seguito si riporta la formula per esteso tratta dalla Circolare:

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0.55A_c f_c) + \left(1 - 0.05 \min(0.5; \mu_{\Delta,pl})\right) \left[0.16 \max(0.5; 100\rho_{tot}) \left(1 - 0.16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right)\right) \sqrt{f_c A_c} + V_W \right] \right]$$

NOTE:

- il valore della resistenza a taglio fornito dalla precedente espressione non può comunque essere assunto maggiore del valore della resistenza a “taglio compressione” V_{Rcd} valutata come per le condizioni non sismiche, precedentemente menzionata, utilizzando $\theta = 45^\circ$ ed assumendo f_{cd} pari alla resistenza media del calcestruzzo divisa per il fattore di confidenza appropriato in relazione al Livello di Conoscenza raggiunto e per il coefficiente parziale del materiale;
- In ogni caso è necessario verificare che la domanda a flessione/pressoflessione non superi la capacità al limite elastico ($M < M_{pl}$ Momenti plasticizzazione cui corrisponde la massima azione tagliante);
- Nel caso si adottino metodi di analisi lineari, la domanda dovuta alle azioni sismiche deve essere valutata con riferimento ad un fattore di comportamento $q \leq 1,5$;
- In condizioni sismiche, la Circolare suggerisce che la resistenza a taglio valutata come nel caso di elementi senza armature trasversali venga considerata esclusivamente nei casi in cui la domanda plastica sia contenuta (es. tecniche di protezione passive o isolamento).

3) RINFORZO LOCALE DI PILASTRI IN CALCESTRUZZO ARMATO: INCAMICIATURA IN ACCIAIO

Generalità

Una delle tecnologie di rinforzo più comuni, impiegata per il rinforzo di pilastri in calcestruzzo armato non soddisfacenti i requisiti di sicurezza, è la cerchiatura mediante carpenteria metallica in acciaio.

Questa soluzione è diffusa grazie alla sua economicità e alla sua semplicità di realizzazione: gli elementi di rinforzo in carpenteria metallica vengono forniti in cantiere in sezioni trasportabili a mano e assemblati a secco tramite bullonatura, saldatura o incollaggio.

La cerchiatura (anche nota come incamiciatura in acciaio) aumenta contemporaneamente il confinamento laterale, la resistenza a compressione del calcestruzzo e minimizza le deformazioni trasversali, generando nel complesso un aumento della capacità in termini di resistenza a taglio.

L'aggiunta di armatura longitudinale degli elementi strutturali provoca inoltre l'aumento della resistenza a pressoflessione e, al tempo stesso, l'incremento della duttilità dell'elemento.

L'intervento di rinforzo mediante cerchiatura in carpenteria metallica di un pilastro rettangolare si ottiene mediante il posizionamento, in corrispondenza degli angoli dell'elemento interessato, di angolari metallici tra loro collegati da piastre trasversali. Di fatto, si realizza una colonna composta calastrellata acciaio/calcestruzzo.



Fig.5 – Rinforzo di pilastri in c.a. di una costruzione industriale mediante cerchiatura in carpenteria metallica

I profili angolari vengono resi solidali al calcestruzzo esistente attraverso idonei dispositivi (costituiti ad esempio da [tasselli meccanici o chimici](#)).

Dal seguente link è possibile scaricare i profilari e il sagomario della reperibilità commerciale:

[Sagomari](#)

Aumento della resistenza a taglio

Il dimensionamento dell'intervento si realizza considerando la resistenza a pressoflessione e a taglio della sezione composta acciaio-calcestruzzo, dove gli angolari fungono da armatura aggiuntiva longitudinale e le piastre di collegamento da armatura aggiuntiva trasversale.

Il contributo fornito dall'incamiciatura in acciaio alla capacità resistente a taglio dell'elemento oggetto di intervento può essere considerato 'aggiuntivo' alla resistenza pre-rinforzo se la calastrellatura è appositamente progettata per rimanere interamente in campo elastico. Tale condizione è necessaria per limitare l'ampiezza delle fessure e garantire l'integrità del calcestruzzo, consentendo il funzionamento del meccanismo resistente dell'elemento preesistente.

Se la tensione nell'incamiciatura è limitata al 50% del valore di snervamento, l'espressione della resistenza a taglio aggiuntiva V_j offerta dall'incamiciatura si può calcolare come:

$$V_j = 0.5 \frac{2t_j}{s} b f_{yw} 0.9d \cot \theta$$

dove:

- t_j è lo spessore delle bande
- b è la larghezza delle bande
- s è l'interasse delle bande
- f_{yw} è la resistenza di calcolo a snervamento dell'acciaio
- θ è l'inclinazione delle fessure per taglio

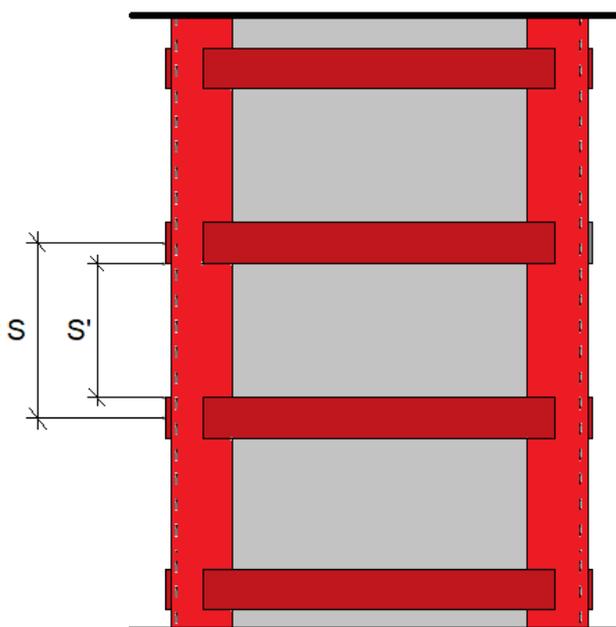


Fig.6 – Schema incamiciatura pilastri in calcestruzzo armato con elementi in carpenteria

Azione di confinamento

L'effetto di confinamento dell'incamiciatura in acciaio si valuta, come per le staffe, con riferimento alla percentuale geometrica di armatura presente in ciascuna delle direzioni trasversali.

Per le proprietà del calcestruzzo confinato si può fare riferimento a quanto riportato in fonti tecnico-normative di comprovata validità, assumendo che l'area di armatura trasversale A_s , da considerare sia pari a $t_j \cdot h_j$, essendo t_j lo spessore della camicia ed h_j l'altezza delle bande discontinue.

Resistenza del calcestruzzo confinato

La resistenza del calcestruzzo confinato può essere valutata attraverso la seguente espressione:

$$f_{cc} = f_c \left[1 + 3,7 \left(\frac{0,5 \alpha_n \alpha_s \rho_s f_y}{f_c} \right)^{0,86} \right]$$

dove:

ρ_s è il rapporto volumetrico di armatura trasversale, pari a:

$\rho_s = 2 (b+h) t_s / (b h)$ nel caso di camicie continue, in cui t_s è lo spessore della camicia, b e h le dimensioni della sezione)

$\rho_s = 2 A_s (b+h) / (b h s)$ nel caso di bande discontinue, in cui A_s è l'area trasversale della banda, s il passo delle bande)

α_n, α_s rispettivamente, i fattori di efficienza del confinamento nella sezione e lungo l'elemento, dati da:

$$\alpha_n = 1 - \frac{(b - 2R)^2 + (h - 2R)^2}{3bh}$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s - h_s}{2b}\right) \left(1 - \frac{s - h_s}{2h}\right)$$

dove R è il raggio di arrotondamento (eventuale) degli spigoli della sezione (in presenza di angolari R può essere assunto pari al minore tra la lunghezza del lato degli angolari e 5 volte lo spessore degli stessi), b, h sono le dimensioni della sezione ed h_s e l'altezza delle bande discontinue (se la camicia è continua si assume $h_s = s$).

Deformazione ultima del calcestruzzo confinato

Per la valutazione della deformazione ultima del calcestruzzo confinato si può impiegare la seguente relazione:

$$\varepsilon_{cu} = 0,0035 + 0,5 \frac{0,5 \alpha_n \alpha_s \rho_s f_y}{f_{cc}}$$

Nelle due equazioni precedenti i valori da impiegare per le resistenze dei materiali sono:

- **calcestruzzo esistente:** la resistenza può essere ottenuta come media delle prove eseguite in sito e da fonti aggiuntive di informazione, opportunamente divise per un fattore di confidenza che tiene in considerazione il grado di conoscenza raggiunto;
- **acciaio dell'incamiciatura metallica:** la resistenza di calcolo.



Fig.7 – Incamiciatura di pilastri in acciaio durante il cantiere

Ulteriori indicazioni per la progettazione e per la messa in opera

La messa in opera della cerchiatura metallica prevede la rimozione preliminare dell'intonaco esistente e delle parti di calcestruzzo ammalorate (qualora presenti) con la successiva fase di accurata pulizia delle fessure con acqua e stuccatura con resine epossidiche o malte cementizie antiritiro.

In seguito si procede con la realizzazione dei fori per il posizionamento degli ancoranti (tirafondi o tasselli chimici/meccanici) ed il successivo posizionamento degli angolari e delle piastre, rese solidali tra loro mediante saldature in opera a cordone d'angolo.

Prima dell'esecuzione della saldatura tra gli angolari ed i calastrelli, questi ultimi vengono generalmente riscaldati per far sì che la successiva contrazione da raffreddamento conduca ad un corretto contatto tra acciaio e calcestruzzo ed alla messa in carico del sistema.

I profili angolari vengono resi solidali al calcestruzzo esistente attraverso barre filettate con ancorante chimico, malte espansive (alla base del pilastro) e malte a ritiro compensato.

NOTA: dal momento che si gli angolari vengono accoppiati ai pilastri con l'ausilio delle malte cementizie, al fine di migliorare l'aderenza fra le superfici, la valutazione dell'incremento di capacità portante in compressione e flessione può divenire più complessa e/o incerta. Per tale motivo questo contributo viene spesso trascurato.

Infine, si procede alle operazioni di finitura, che possono prevedere la stesa di malte e intonachino o eventualmente la realizzazione di una controparete a secco in cartongesso.

Qualora l'intervento di calastrellatura riguardi pilastri disposti su più piani, è possibile ripristinare la continuità della calastrellatura nelle zone di interpiano tramite il posizionamento di barre di continuità saldate alle estremità dei profili angolari ed inghisate all'interno del nodo trave/pilastro del telaio in calcestruzzo armato.

Analogamente si può adottare per il collegamento della cerchiatura metallica alla fondazione esistente, qualora l'intervento riguardi i pilastri del piano terra.

Le camicie di acciaio possono fornire un'efficace azione di 'serraggio' nelle zone di giunzione per aderenza.

A tal fine, è necessario seguire specifici accorgimenti realizzativi, ad esempio:

- prolungamento della camicia oltre la zona di sovrapposizione per una lunghezza pari almeno al 50% della lunghezza medesima della zona di sovrapposizione
- nella zona di sovrapposizione la camicia sia mantenuta aderente in pressione contro le facce dell'elemento mediante almeno due file di bulloni ad alta resistenza;
- nel caso in cui la sovrapposizione sia alla base del pilastro, le file di bulloni siano disposte una alla sommità della zona di sovrapposizione, l'altra ad un terzo dell'altezza di tale zona misurata a partire dalla base.

4) ESEMPIO DI REALIZZAZIONE DI UNA CERCHIATURA METALLICA SU UN PILASTRO IN CEMENTO ARMATO [3]

L'esempio riportato nella figura seguente mostra il dettaglio di un intervento di incamiciatura in acciaio eseguito su un pilastro in c.a. di sezione 30x30 cm.

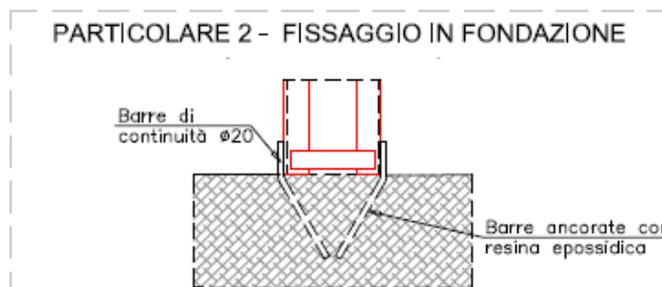
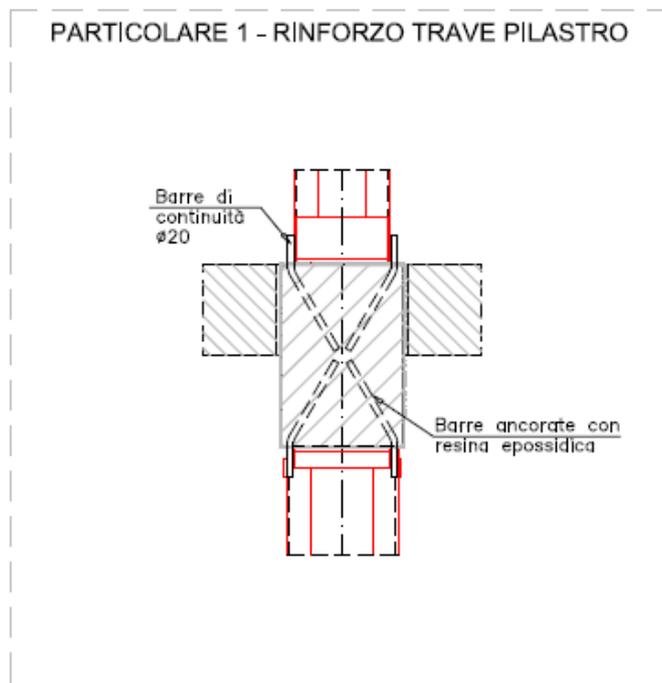
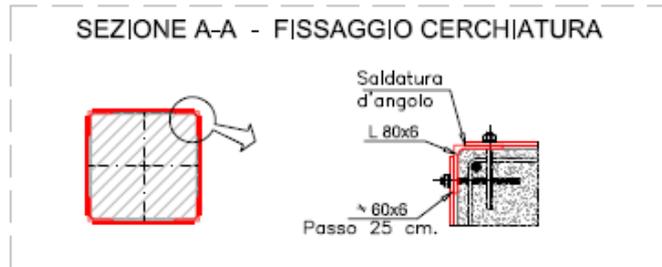
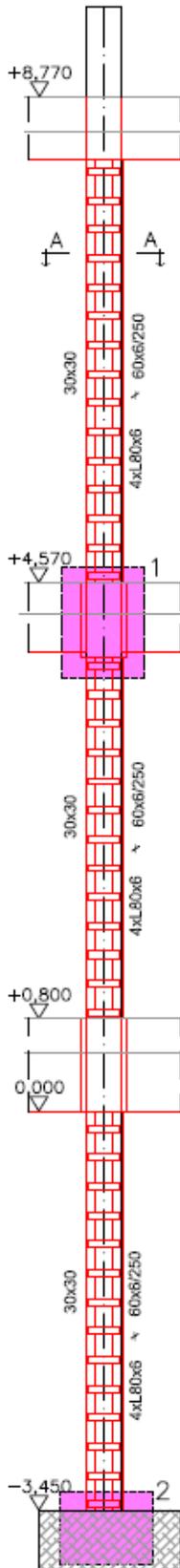
Il pilastro è stato rinforzato a partire dal piano terra sino al solaio del sottotetto, per un totale di 3 livelli con altezza di interpiano pari a circa 3.80 m.

La cerchiatura è costituita da angolari L80x6 e piastre 60x6 saldate agli angolari.

La cerchiatura è collegata al pilastro in calcestruzzo mediante connettori meccanici M10 disposti a passo 40 cm.

In corrispondenza dei solai di piano, gli angolari di rinforzo sono stati collegati mediante barre filettate di continuità, al fine di far risultare continuo lungo tutto il pilastro ed in corrispondenza del nodo il rinforzo dell'armatura longitudinale.

Analogo ancoraggio degli angolari è previsto a livello di fondazione.



Scala 1:20

Fig.8 – Inserimento della cerchiatura metallica nella muratura

RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

- [1] D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;
- [2] Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- [3] F. V. Lippi, F. Mangini, W. Salvatore, S. Caprili
L'ACCIAIO NEGLI INTERVENTI STRUTTURALI SU COSTRUZIONI ESISTENTI DI MURATURA E CEMENTO ARMATO: ESEMPI ED APPLICAZIONI
Fondazione Promozione Acciaio - Dario Flaccovio Editore

CREDITS

- Fig. 1/7 – Immagini tratte dal corso “Progettazione antisismica ed adeguamento edifici esistenti con elementi in acciaio”, Milano; Prof. Raffaele Landolfo – Università degli Studi di Napoli Federico II;
- Fig. 2/3 – Immagini tratte dal corso “Progettazione antisismica ed adeguamento edifici esistenti con elementi in acciaio”, Milano; Prof. Mario D’Aniello – Università degli Studi di Napoli Federico II;
- Fig. 4 – Tabella C8.4.IV – Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Applicativa NTC 2018;
- Fig.5/8 – F. V. Lippi, F. Mangini, W. Salvatore, S. Caprili
L'ACCIAIO NEGLI INTERVENTI STRUTTURALI SU COSTRUZIONI ESISTENTI DI MURATURA E CEMENTO ARMATO: ESEMPI ED APPLICAZIONI
Fondazione Promozione Acciaio - Dario Flaccovio Editore
ISBN: 978-88-579-0868-7;
- Fig.6 – Ufficio Tecnico Fondazione Promozione Acciaio
- Copertina: immagine tratta dal corso “Progettazione antisismica ed adeguamento edifici esistenti con elementi in acciaio”, Milano; Prof. Raffaele Landolfo – Università degli Studi di Napoli Federico II;

Redazione: Agosto 2023

Pubblicazione: Settembre 2023

Documento a cura di Fondazione Promozione Acciaio - Tutti i diritti riservati.

Immagini e disegni salvo diversamente specificato sono di proprietà esclusiva di Fondazione Promozione Acciaio, ogni riproduzione parziale o totale è esplicitamente vietata.