



Riabilitazione del Patrimonio LM EA

Riabilitazione Strutturale LM Civ, LM Edi

Costruzioni in C.A. – Interventi con tecniche convenzionali

Prof. Ing. Laura Ragni

Il presente materiale ha finalità meramente didattiche e illustrate e non è modificabile dagli studenti, che potranno soltanto visualizzarlo e/o scaricarlo, escludendo ogni possibilità di ridistribuirlo senza il permesso esplicito del docente così come ogni possibilità di commercializzarlo.

Aspetti normativi

Interventi: generalità

Tecniche convenzionali - Interventi locali

Tecniche convenzionali - Interventi globali

Tecniche convenzionali - Interventi in fondazione

Tecniche convenzionali – Esempi di interventi globali

C8.7.4 CRITERI E TIPI DI INTERVENTO

Il § 8.7.4 delle NTC descrive gli aspetti principali degli interventi sugli edifici esistenti, qui sono riportate alcune raccomandazioni che possono costituire un utile riferimento ai fini della scelta degli interventi. Si sottolinea l'importanza che gli interventi siano definiti in funzione di specifiche vulnerabilità dell'edificio, analizzando prioritariamente quelle locali. Sono invece da evitarsi interventi generalizzati e diffusi, se non adeguatamente motivati da una specifica valutazione.

Nel caso in cui nell'intervento si faccia uso di materiali compositi, ai fini delle verifiche di sicurezza degli elementi rinforzati, si possono utilizzare documenti di comprovata validità.

C8.7.4.2 CRITERI PER GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEGLI EDIFICI IN CALCESTRUZZO

Nel presente Capitolo si forniscono criteri generali per gli interventi di consolidamento degli edifici in calcestruzzo armato, insieme ai relativi modelli di capacità, con riferimento ad alcune tecniche usualmente utilizzate. I criteri e le tecniche di seguito riportati sono indicativi e non esaustivi; non si esclude pertanto l'impiego di tecniche di intervento non citate, metodologie innovative o soluzioni particolari che il progettista individui come adeguate al caso specifico.

C8.7.4.2.1 Incamiciatura in c.a.

C8.7.4.2.2 Incamiciatura in acciaio

C8.7.4.2.3 Placcatura e fasciatura in materiali compositi

C8.7.6 INDICAZIONI AGGIUNTIVE PER GLI ELEMENTI NON STRUTTURALI E GLI IMPIANTI SOGGETTI AD AZIONI SISMICHE

I danni causati dal terremoto ai componenti e ai sistemi non strutturali possono essere significativi. Ai notevoli miglioramenti nella concezione sismica dei sistemi strutturali resistenti non sono corrisposti significativi progressi nell'ambito dell'ancoraggio e del controventamento dei componenti e dei sistemi non strutturali, che spesso hanno subito danni estesi, anche nel caso di terremoti di modesta intensità. D'altro canto, i danni sismici di componenti non strutturali e impianti possono essere tali da rendere la struttura inutilizzabile per un periodo di tempo anche molto lungo, con conseguenze notevoli, in particolare per le strutture strategiche.

Le NTC, ai §§ 7.2.3 e 7.2.4, contengono prescrizioni esplicite per la progettazione di sistemi e componenti non strutturali.

C8.7.6.1 INDIVIDUAZIONE DEI COMPONENTI NON STRUTTURALI CHE RICHIEDONO UNA VALUTAZIONE SISMICA

La scelta dei componenti non strutturali da sottoporre ad una valutazione sismica si basa sulle seguenti considerazioni:

- la pericolosità sismica,
- la vulnerabilità sismica del componente,
- l'importanza del componente per la funzionalità nel periodo post-terremoto,
- il costo e il grado di interruzione dei servizi necessari per adeguare o ancorare il componente.

C8.7.6.2 CRITERI DI PROGETTAZIONE E AZIONI DI VERIFICA

In assenza di valutazioni più dettagliate, le sollecitazioni agenti sui componenti non strutturali possono essere calcolate in base ai §§ 7.2.3 e 7.2.4 delle NTC. Possibili formulazioni per la valutazione dell'azione sismica agente su un componente non strutturale è proposta al § C7.2.3 (spettri di piano).

E' possibile altresì valutare l'azione sismica agente su un componente non strutturale utilizzando direttamente i risultati delle analisi dinamiche incrementali determinando, ad esempio, la massima accelerazione o gli spettri di risposta in corrispondenza di ciascun piano. In tal caso occorre fare attenzione alla selezione degli accelerogrammi, che devono essere compatibili con lo spettro di progetto, e ai possibili effetti sfavorevoli sulla risposta dell'edificio causati da componenti non strutturali, come ad esempio i tamponamenti. Si raccomanda infine di utilizzare l'inviluppo di più analisi dinamiche.

C8.7.6.3 RACCOMANDAZIONI AGGIUNTIVE PER LA LIMITAZIONE DEL RISCHIO DI FUORIUSCITE INCONTROLLATE DI GAS A CAUSA DEL SISMA

Esistono diverse alternative per migliorare le condizioni di sicurezza sismica degli impianti di gas, in ottemperanza a quanto richiesto dal § 7.2.4 delle NTC. La Tabella C8.7.6.3.II descrive queste alternative, basate sul miglioramento dell'integrità degli impianti o delle strutture o sull'utilizzo di dispositivi per la limitazione del flusso di gas. Ogni alternativa presenta vantaggi e svantaggi, in relazione a costi di realizzazione, livello di miglioramento della sicurezza, benefici collaterali per emergenze non sismiche. La scelta della opzione migliore andrà, quindi, condotta caso per caso.

Per limitare questo rischio l'opzione più efficace, ed in generale priva di controindicazioni, consiste nella messa in atto di opportuni controventamenti e vincoli sismici degli impianti e delle apparecchiature, ai quali si è fatto cenno nei paragrafi precedenti.

Per le valvole ad attivazione automatica, i criteri per l'accettazione e per il controllo sono disciplinate dalle norme di settore, che potranno essere basate su standard internazionali esistenti.

Aspetti normativi

Interventi: generalità

Tecniche convenzionali - Interventi locali

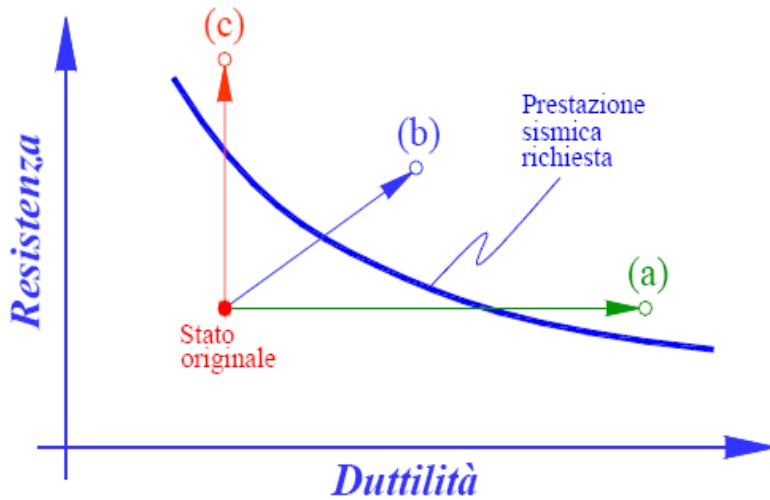
Tecniche convenzionali - Interventi globali

Tecniche convenzionali - Interventi in fondazione

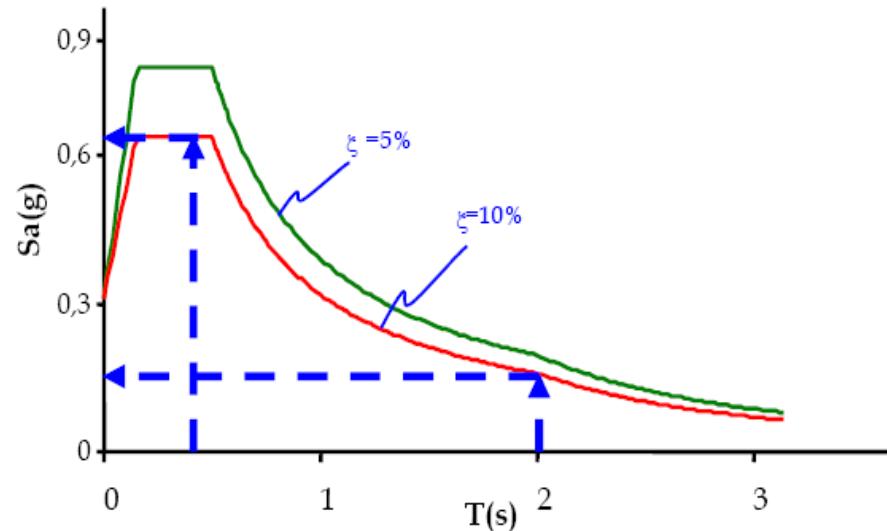
Tecniche convenzionali – Esempi di interventi globali

Strategie di adeguamento sismico

Incremento capacità



Riduzione domanda



Lo scopo è quello di avvicinare la capacità della struttura alla domanda sismica e di ridurre, così, la vulnerabilità dell'edificio.

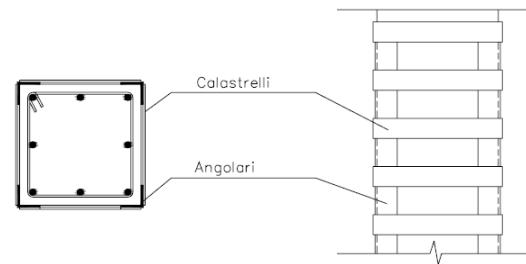
L'**incremento della capacità** della struttura può essere perseguito inserendo nuovi elementi strutturali come controventi in acciaio o pareti di taglio, ovvero rinforzando in maniera selettiva alcuni elementi strutturali.

La **riduzione della domanda** sismica può essere invece ottenuta **solo** mediante tecniche avanzate di mitigazione della risposta come **l'isolamento sismico** e la **dissipazione di energia**.

Interventi locali



Incamiciatura in c.a.



- Confinamento con profilati metallici
- Incremento di sezione ed armature

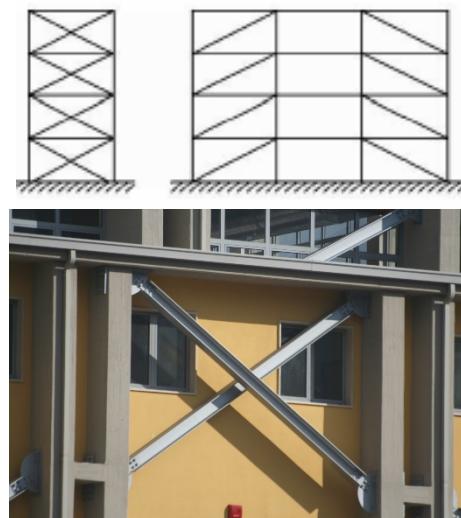


Confinamento con FRP

Interventi globali



Inserimento di pareti



Inserimento di controventi

Aspetti normativi

Interventi: generalità

Tecniche convenzionali - Interventi locali

Tecniche convenzionali - Interventi globali

Tecniche convenzionali - Interventi in fondazione

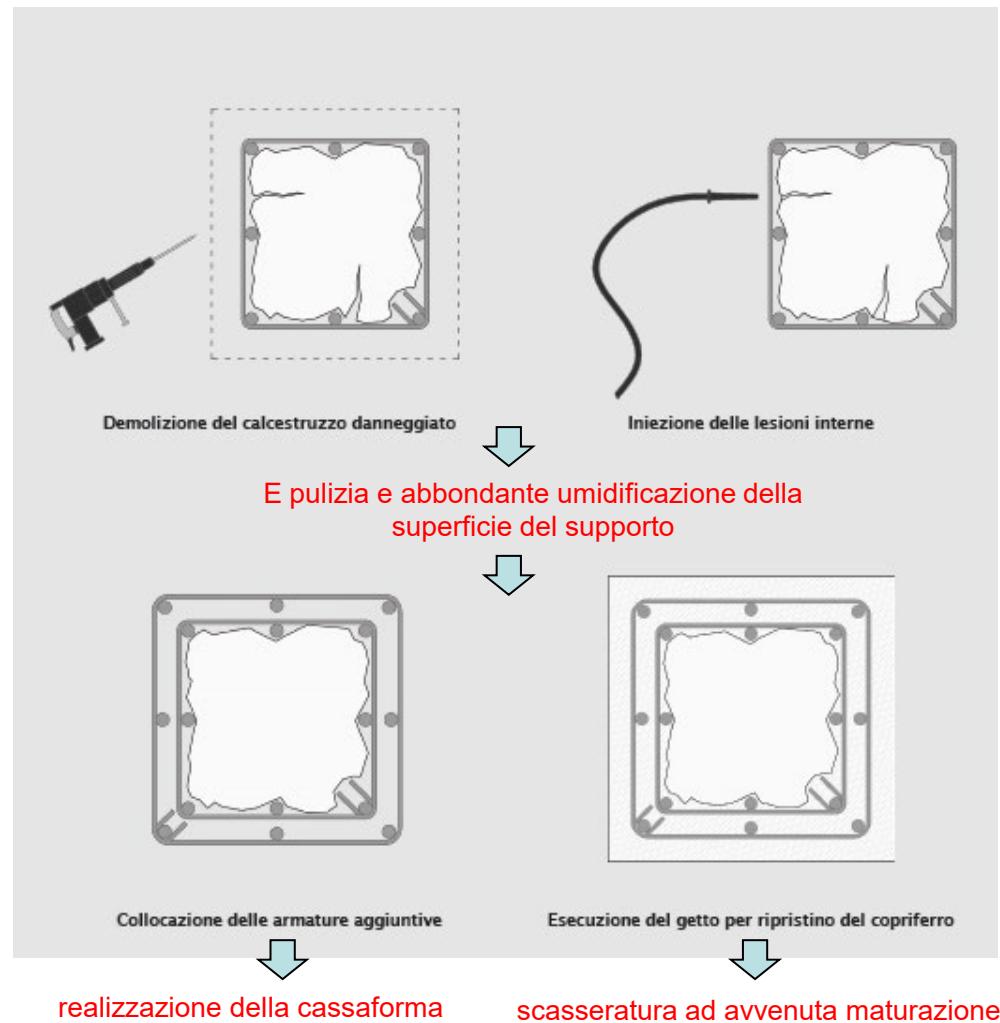
Tecniche convenzionali – Esempi di interventi globali

Tecniche convenzionali - Interventi locali

Incamiciatura in c.a.: pilastri

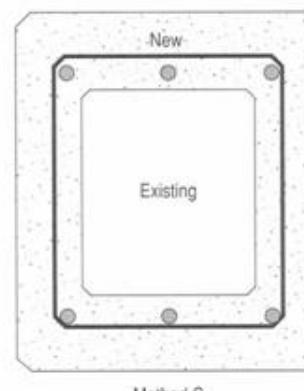
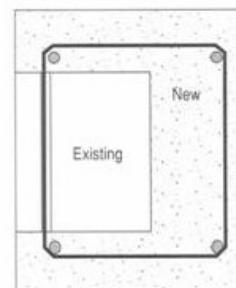
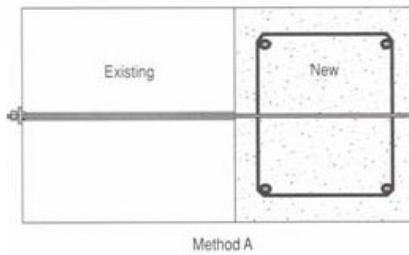
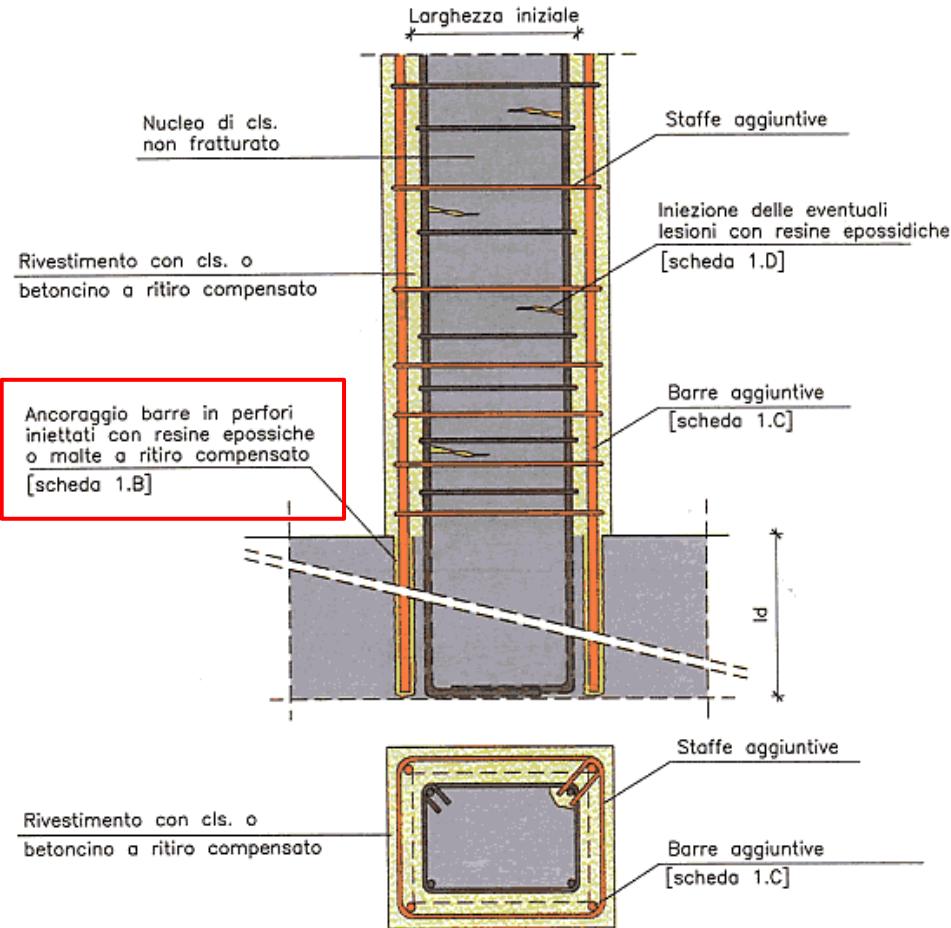
Per incamiciatura in c.a. si intende un rivestimento degli elementi strutturali esistenti che prevede la messa in opera di armatura aggiuntiva (longitudinale e trasversale), con successivo getto di completamento del calcestruzzo. Questo tipo di intervento prevede un aumento di **resistenza e rigidezza**.

Questo tipo di intervento può essere inquadrato in un intervento di tipo globale ed uno di tipo locale. Nel caso di intervento globale, **affinché le barre longitudinali possano effettivamente contribuire all'incremento della capacità flessionale, deve essere assicurato l'ancoraggio sia al piede che in testa dell'elemento.**

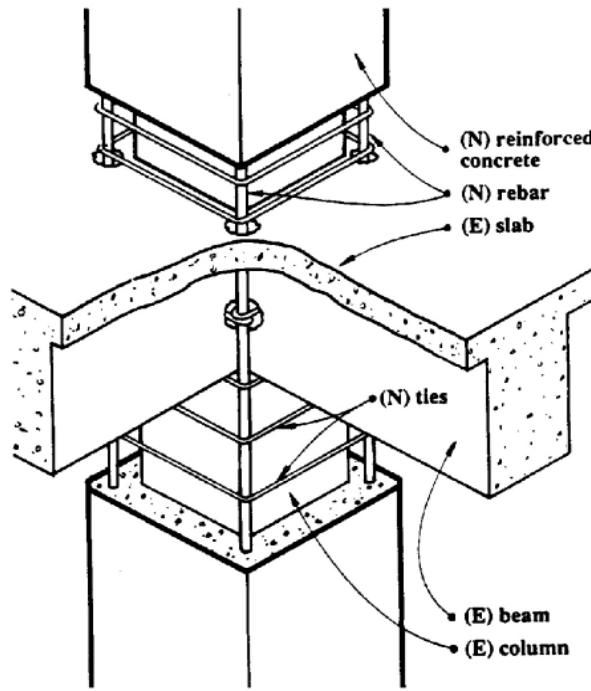


Incamiciatura in c.a.: pilastri

Collegamento armatura in fondazione



Collegamento armatura attraverso il solaio



Incamiciatura in c.a.: pilastri



Spessore della camicia: generalmente deve essere non minore almeno di 7.5-10 cm, al fine di creare un adeguato ricoprimento dei ferri longitudinali e delle staffe (copriferro).

Staffatura: deve estendersi per tutto lo sviluppo dell'incamiciatura; per una efficace chiusura occorre sovrapporle su più lati e/o saldarle.

Preparazione superficie: per migliorare la solidarizzazione occorre irruvidire la superficie del vecchio elemento ed a volte inserire degli ammorsamenti (ancoraggi chimici).

Betoncino: per il getto è bene utilizzare betoncini antiritiro (a ritiro compensato), tixotropici, reoplastici.

Incamiciatura in c.a.: pilastri

È stata una tecnica largamente utilizzata per il miglioramento sismico di edifici in cemento armato. Tale successo è legato ad una serie di fattori differenti:

- La familiarità degli ingegneri, dei costruttori e degli operai con il cemento armato;
- L'adattabilità anche al caso di elementi seriamente danneggiati a seguito di eventi sismici;
- La versatilità tipica del cemento armato e la sua caratteristica di riuscire ad adottare qualsiasi forma desiderata, e quindi la capacità di inglobare qualsiasi tipo di elemento e di creare un'adeguata continuità fra i diversi elementi;
- La possibilità di intervenire contemporaneamente su più parametri; l'incamiciatura consente di incrementare allo stesso tempo **la rigidezza, la resistenza flessionale, la resistenza a taglio, la capacità deformativa, l'ancoraggio e la continuità dell'armatura nelle zone critiche**; i primi due effetti sono legati all'aumento della sezione trasversale e dell'armatura longitudinale, mentre gli ultimi tre sono principalmente dovuti all'incremento di armatura trasversale, che agisce direttamente contro il taglio ed aumenta il confinamento.
- È un sistema comune ed effettivamente efficace per trasformare un sistema strutturale, caratterizzato da trave forte e pilastro debole, con scarse prestazioni da un punto di vista sismico, in uno più in linea con il principio della gerarchia delle resistenze, che prevede **pilastro forte e trave debole**.

Svantaggi: invasività e aumento delle masse

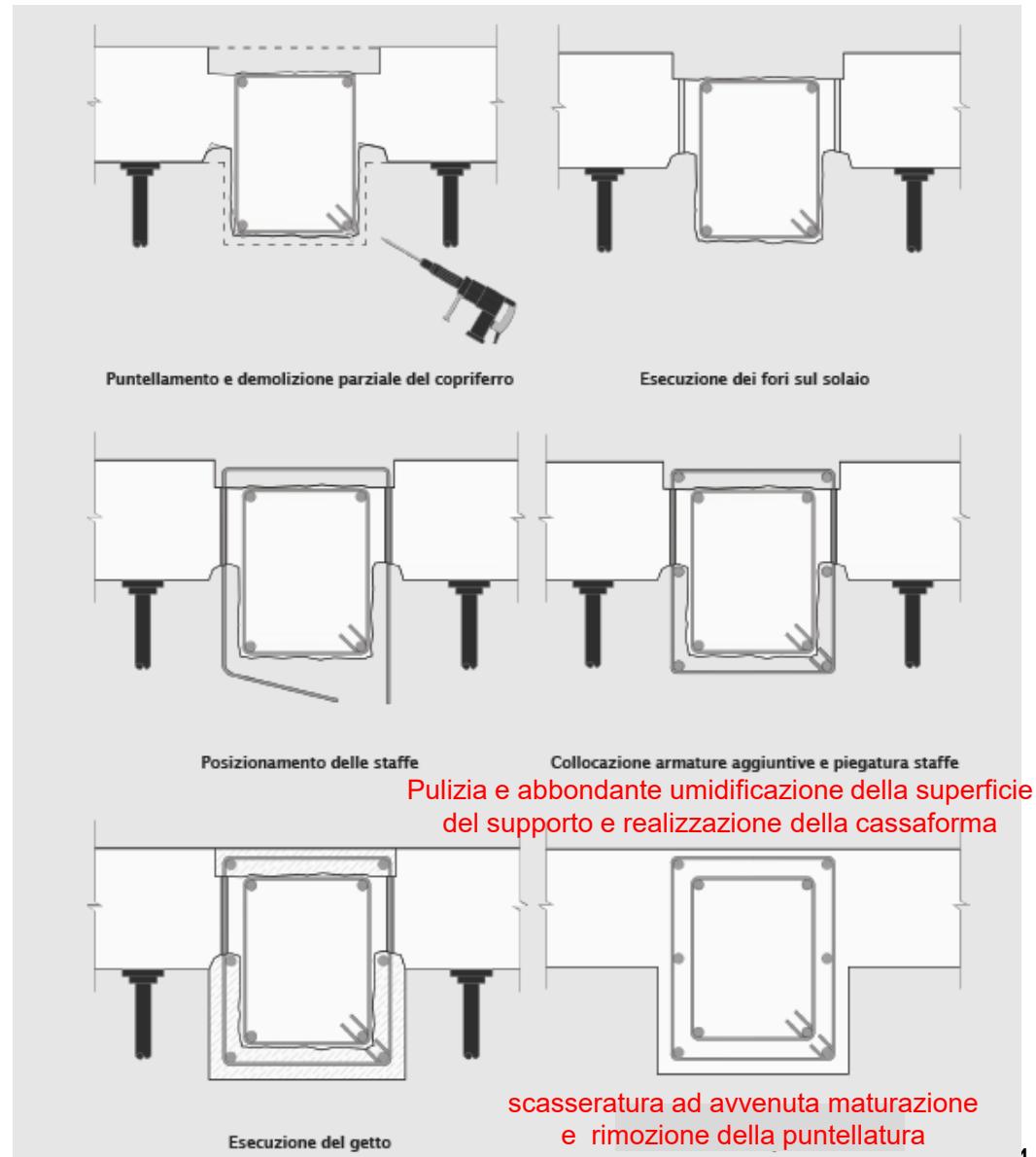
Per ottenere le prestazioni desiderate, generalmente, si deve far ricorso a sezioni trasversali piuttosto grandi di incamiciatura dei pilastri. In termini di invasività (messa a nudo dei pilastri; disintonacatura) e durata dei lavori (casseratura, getto) è la tecnica peggiore.

Tecniche convenzionali - Interventi locali

Inciamiciatura in c.a.: travi

Per inciamiciatura in c.a., si intende un rivestimento degli elementi strutturali esistenti che prevede la messa in opera di armatura aggiuntiva (longitudinale e trasversale), con successivo getto di completamento del calcestruzzo.

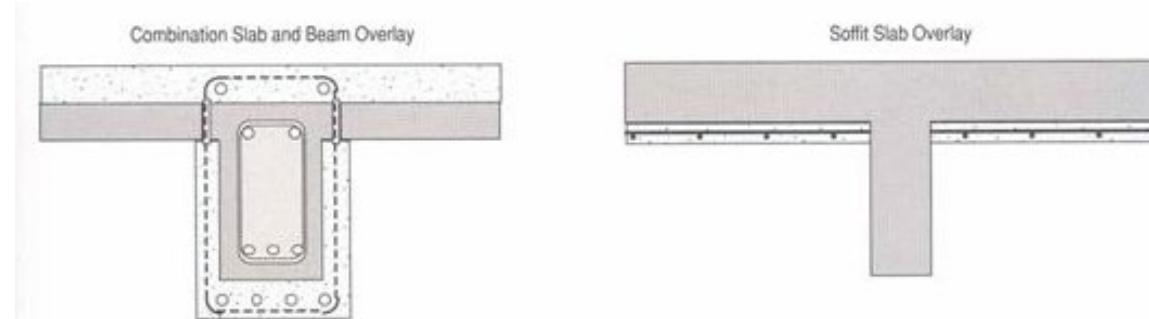
Questo tipo di intervento prevede un aumento della sezione della trave, e conseguentemente di **resistenza** e **rigidezza**.



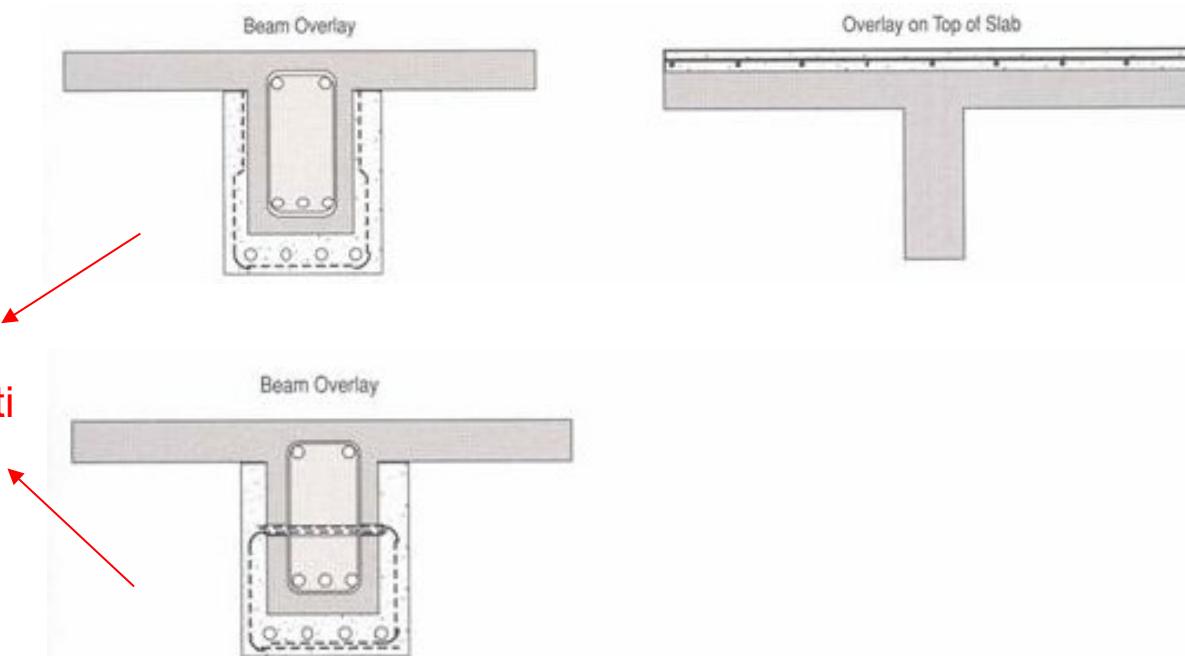
Tecniche convenzionali - Interventi locali

Incamiciatura in c.a.: travi

Staffe passanti



Staffe non passanti



Incamicatura in c.a.: normativa

Raccomandazioni per il dimensionamento e la verifica di elementi incamiciati in c.a., con armatura longitudinale completamente ancorata alle estremità

C8.7.4.2.1 Incamicatura in c.a.

A pilastri o pareti possono essere applicate camicie di c.a. per conseguire tutti o alcuni dei seguenti obiettivi:

- aumento della capacità portante verticale;
- aumento della resistenza a flessione e/o taglio;
- aumento della capacità in termini di deformazione;
- miglioramento dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione.

Lo spessore delle "camicie" deve essere tale da consentire il posizionamento di armature longitudinali e trasversali e la realizzazione di uno spessore del copriferro adeguato.

Ai fini della valutazione della resistenza e della deformabilità di elementi incamiciati sono accettabili le seguenti ipotesi semplificative:

- l'elemento incamiciato si comporta monolicamente, con piena aderenza tra il calcestruzzo vecchio e il nuovo;
- il carico assiale si considera applicato alla sola porzione preesistente dell'elemento per i soli carichi permanenti, all'intera sezione incamiciata per i carichi variabili e per le azioni sismiche;
- le proprietà meccaniche del calcestruzzo della camicia si considerano estese all'intera sezione se le differenze fra i due materiali non sono eccessive.

→ Semplificazione: unica classe di calcestruzzo

→ È possibile fare l'ulteriore semplificazione di considerare come armatura longitudinale dell'elemento composto solo quella della nuova camicia.

Incamiciatura in c.a.: normativa

I valori della capacità da adottare nelle verifiche sono quelli calcolati con riferimento alla intera sezione incamiciata nelle ipotesi semplificative su indicate ridotte secondo le espressioni seguenti:

- capacità in termini di resistenza a taglio:

$$\tilde{V}_R = 0.9V_R$$

[C8.7.4.1]

- capacità in termini di resistenza a flessione:

$$\tilde{M}_y = 0.9M_y$$

[C8.7.4.2]

- capacità in termini di deformabilità allo snervamento:

$$\tilde{\theta}_y = 0.9\theta_y$$

[C8.7.4.3]

- capacità in termini di deformabilità ultima:

$$\tilde{\theta}_u = \theta_u$$

[C8.7.4.4]

I valori da impiegare per le resistenze dei materiali sono:

- per l'acciaio delle strutture esistenti, la resistenza ottenuta come media tra le prove eseguite in situ e quanto ricavato da fonti aggiuntive di informazione, divisa per il fattore di confidenza appropriato in relazione al Livello di Conoscenza raggiunto e, solo nel calcolo di \tilde{V}_R , divisa anche per il coefficiente parziale;
- per i materiali aggiunti, calcestruzzo ed acciaio, la resistenza di progetto.

I valori da impiegare per le resistenze dei materiali nel calcolo del valore della capacità in termini di resistenza a flessione \tilde{M}_y da usare per la valutazione della sollecitazione di taglio agente su elementi/meccanismi fragili sono:

- per l'acciaio delle strutture esistenti, la resistenza ottenuta come media tra le prove eseguite in situ e da fonti aggiuntive di informazione moltiplicata per il fattore di confidenza appropriato in relazione al Livello di Conoscenza raggiunto;
- per i materiali aggiunti, calcestruzzo ed acciaio, il valore caratteristico della resistenza.

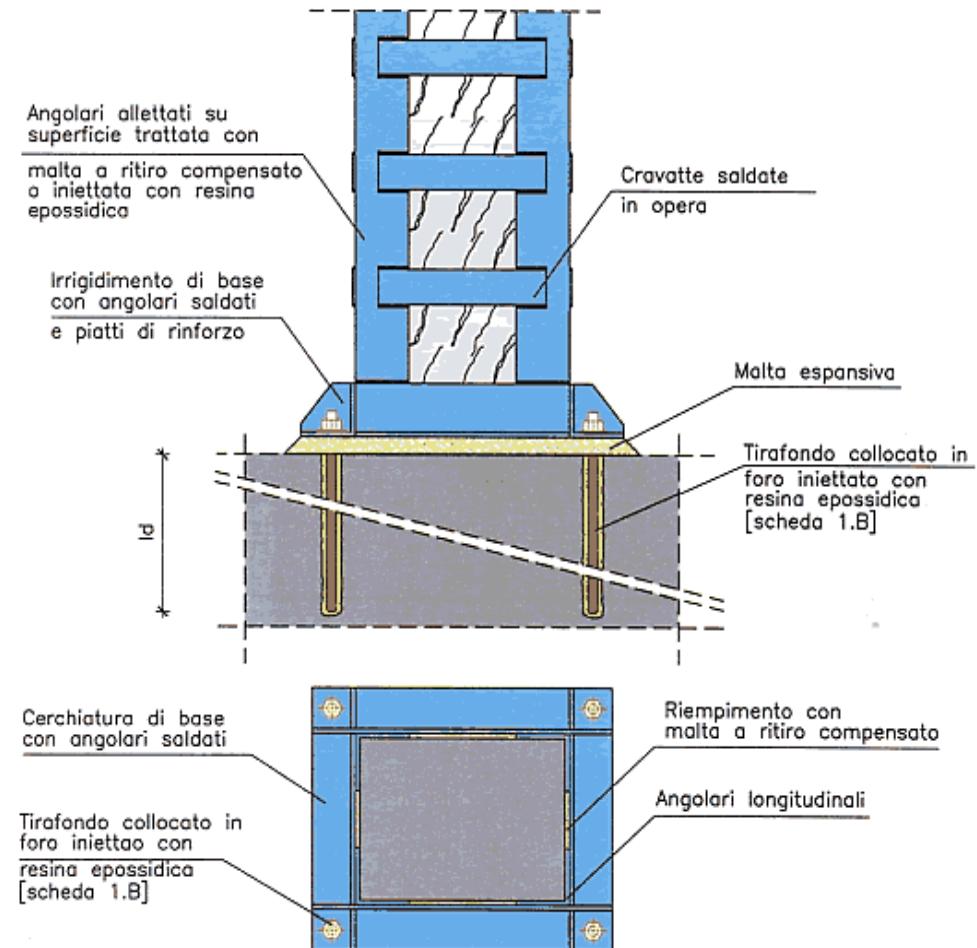
Tecniche convenzionali - Interventi locali

Inciamiciatura in acciaio: pilastri

L'inciamiciatura in acciaio è di fatto un intervento simile a quello in c.a., e consiste nell'applicare angolari in acciaio in corrispondenza degli spigoli dell'elemento esistente mediante malta strutturale o resina epossidica. Successivamente gli angolari si collegano tra di loro saldando a passo regolare elementi piatti in acciaio (chiamati calastrelli) secondo la schema tipico delle aste calastrellate.

Questa tecnica è sicuramente più costosa dell'inciamiciatura in c.a., ma più veloce ed efficace nel caso vi sia necessità di utilizzare subito una struttura danneggiata da un sisma o si teme il collasso strutturale.

Per avere un incremento di **resistenza a pressoflessione** e di **rigidezza flessionale** dell'elemento deve essere garantita una forte azione composita degli angolari tramite tasselli o materiali (che garantiscono l'aderenza tra gli angolari in acciaio e il cls del pilastro) e il loro ancoraggio. Altrimenti si realizza solo un confinamento (resistenza e duttilità a compressione) e un rinforzo a taglio.

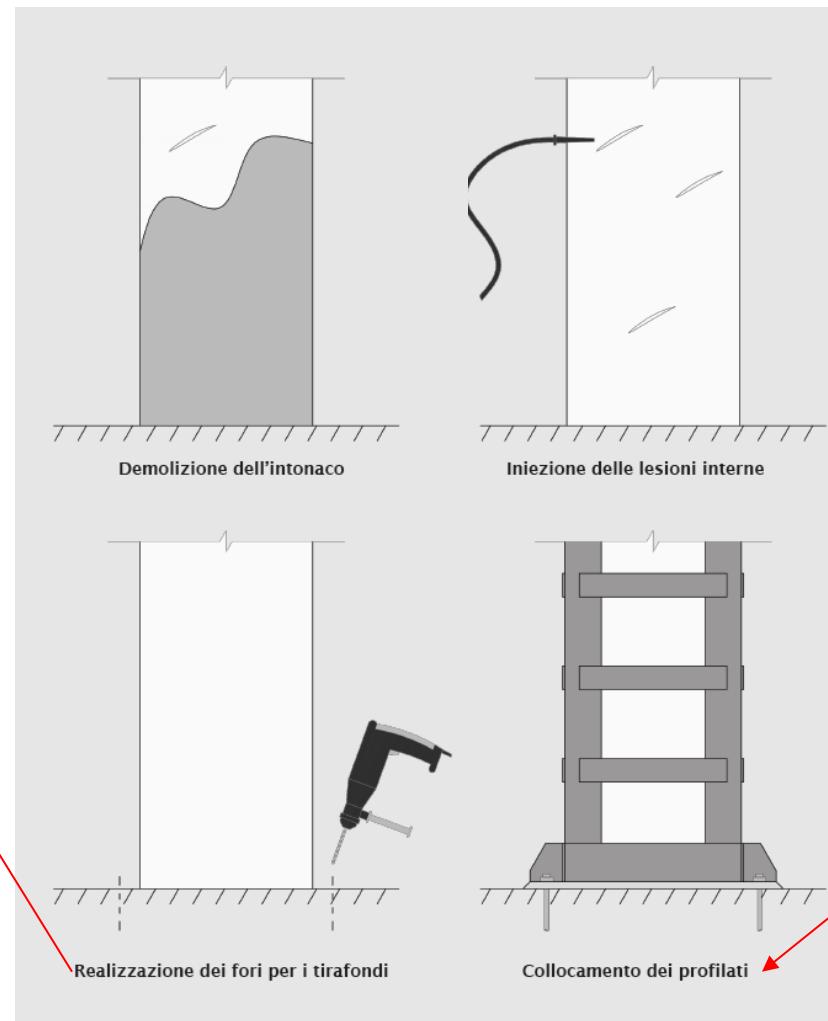


Tecniche convenzionali - Interventi locali

Inciamiciatura in acciaio: pilastri

Scarico (decompressione) del pilastro grazie al sollevamento del solaio tramite l'impiego, ad esempio, di martinetti idraulici o puntelli.

Fase preparatoria

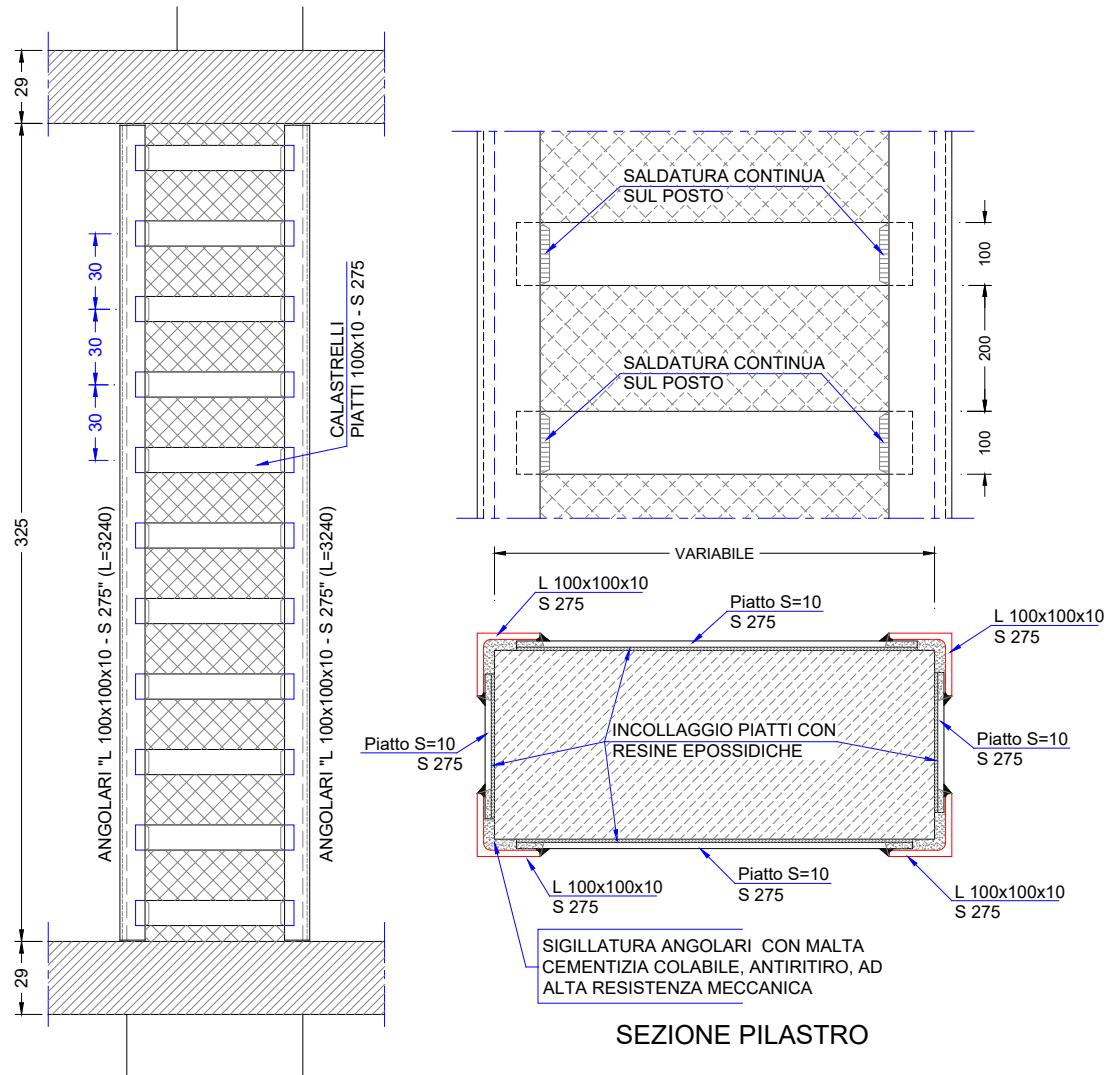


Posizionamento delle barre di ancoraggio al piede saldate agli angolari per garantire la continuità nel caso di rinforzo a flessione e taglio. **Nel caso di solo rinforzo a taglio le medesime barre non sono necessarie.**

Messa in opera dei calastrelli tramite saldatura, dopo aver applicato i profilati angolari lungo tutta l'altezza del pilastro. Verniciatura e ripristino del copriferro a protezione di angolari e calastrelli.

Inciamiciatura in acciaio: pilastri

Rinforzo a taglio e confinamento:

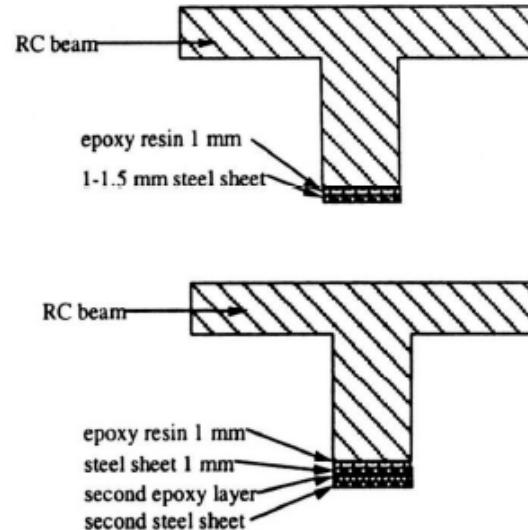


- disintonacatura pilastri e pulizia superficiale del calcestruzzo;
- rasatura con malte tixotropiche ad alta resistenza;
- incollaggio calastrelli (piatti 100x10) con resine epossidiche bicomponenti e montaggio angolari (L 100x100x10);
- saldatura verticale continua per tutta l'altezza dei piatti dei calastrelli agli angolari;
- sigillatura verticale dei bordi degli angolari con le superfici del pilastro per tratti di altezza non superiore a 60-80 cm a partire dalla base e successiva colatura di malta cementizia tixotropica, reoplastica ad alta resistenza meccanica per la solidarizzazione delle "elle" al pilastro.

Tecniche convenzionali - Interventi locali

Placatura in acciaio: travi

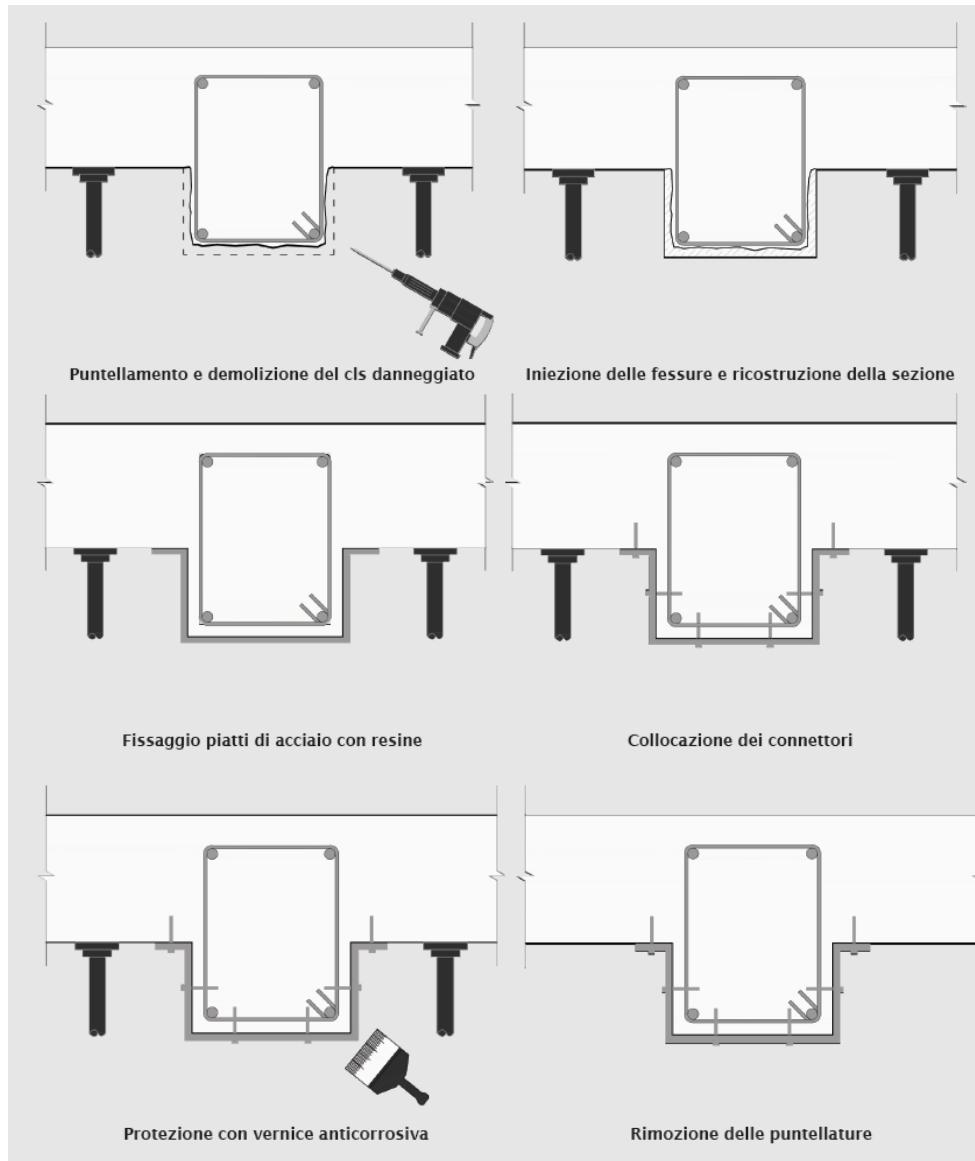
L'intervento di placcaggio su travi in c.a. con piatti di acciaio è finalizzato ad aumentare la resistenza a taglio e flessione dell'elemento. In particolare, piatti disposti longitudinalmente in prossimità dell'estradosso della trave offrono principalmente un aumento della resistenza a **flessione**. Piatti disposti lungo le pareti laterali e angolari disposti in prossimità dell'estradosso offrono un aumento della resistenza a **taglio**.



Applicazione del sistema **beton plaquè**, costituito dall'incollaggio di lamine in acciaio al supporto in c.a. mediante adesivo epossidico strutturale bicomponente da applicare sia sul sottofondo in c.a., sia sulla lamina in acciaio, pulita da ogni traccia di oli e ruggine mediante sabbiatura o flessibile.

Tecniche convenzionali - Interventi locali

Placatura in acciaio: travi

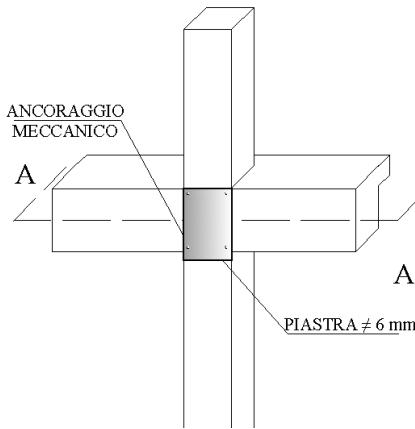


Tecniche convenzionali - Interventi locali

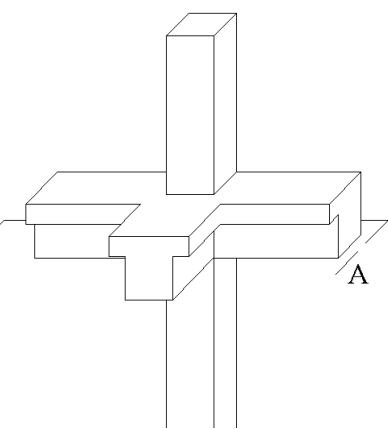
Incamiciatura ed incamiciatura in acciaio: nodi

Piastra in acciaio sagomata sul pannello di nodo intermedio, adeguatamente distanziata dal supporto in c.a. e fissaggio della stessa, con tassellatura meccanica

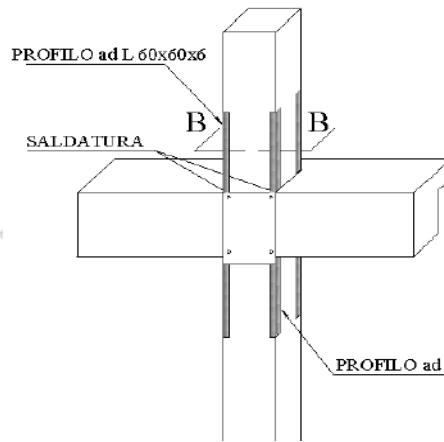
VISTA PROSPETTICA ANTERIORE



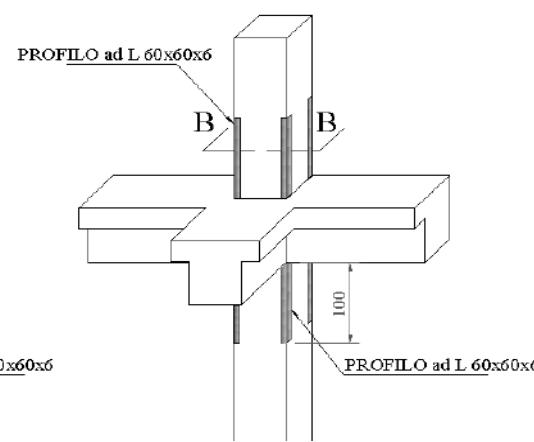
VISTA PROSPETTICA POSTERIORE



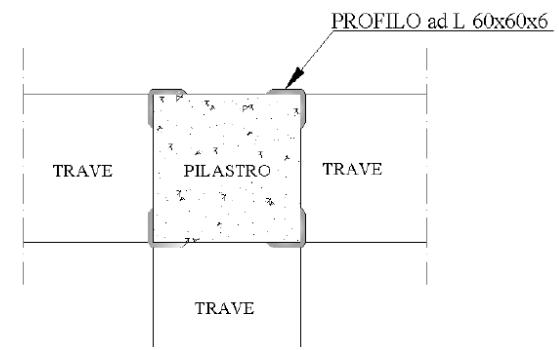
VISTA PROSPETTICA ANTERIORE



VISTA PROSPETTICA POSTERIORE



Sezione B-B



Inciamiciatura in acciaio: pilastri

C8.7.4.2.2 Incamiciatura in acciaio

Camicie in acciaio possono essere applicate principalmente a pilastri o pareti per conseguire tutti o alcuni dei seguenti obiettivi:

- aumento della capacità in termini di resistenza a taglio;
- aumento della capacità in termini di deformazione;
- miglioramento dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione.
- aumento della capacità portante verticale (effetto del confinamento, espressione (8.7.4.6)).

Le camicie di acciaio applicate a pilastri rettangolari sono generalmente costituite da quattro profili angolari sui quali vengono saldate piastre continue in acciaio o bande di dimensioni ed interasse adeguati, oppure sono avvolti nastri in acciaio opportunamente dimensionati. I profili angolari devono essere resi solidali al calcestruzzo esistente attraverso idonei dispositivi (costituiti ad esempio da tasselli metallici).

Inciamiciatura classica



Sistema C.A.M. (Cerchiatura Attiva Manufatti)



Cerchiatura attiva (metodo CAM)

Il **metodo CAM** (Cerchiatura Attiva Manufatti) è un metodo sviluppato in Italia e presentato per la prima volta nel 2001 (brevetto EDIL Cam Sistemi srl) ed è concettualmente simile all'incamiciatura in acciaio con angolari e calastrelli con la differenza che viene impiegato un **nastro di acciaio inox** di dimensioni ridotte (19x0.9mm) al posto di questi ultimi che viene posto in tensione attraverso una apposita macchina (certificata) in grado di imprimere al nastro uno stato di 'presollecitazione' che fa sì che l'elemento rinforzato risulti subito 'attivo' già per i carichi gravanti nella fase d'esercizio della struttura (tirantature metalliche).

Il Sistema di cuciture attive nasce per il consolidamento degli edifici in muratura. La sua applicazione è stata poi specializzata anche per gli interventi sugli edifici in CA siano essi gettati in opera o (recentemente) anche prefabbricati.

Questo sistema di rinforzo permette di aumentare: **la resistenza e la duttilità a compressione e pressoflessione** (solo nel caso di ancoraggio in testa e al piede) mediante l'effetto del confinamento attivo; **la resistenza a taglio** grazie all'aggiunta di armatura a taglio (staffatura dei nastri).

Cerchiatura attiva (metodo CAM)

5 RESISTENZA NASTRI

Il sistema a marchio CAM® è realizzato con nastri in acciaio inox C1000 UNI-EN 10088-4 con le seguenti caratteristiche:

- spessore 0.9 mm e larghezza 19 mm
- resistenze a rottura $f_{tk} = 1000 \text{ N/mm}^2$
- allungamento a rottura almeno pari al 8%.

Per la resistenza del nastro, la resistenza di calcolo a trazione $N_{t,Rd}$ è assunta pari al minore fra $N_{pl,RD}$ resistenza plastica della sezione linda A e la resistenza $N_{u,Rd}$ a rottura della sezione netta A_{net} in corrispondenza della giunzione per la quale è garantita una resistenza minima pari al 70% della resistenza del nastro stesso.

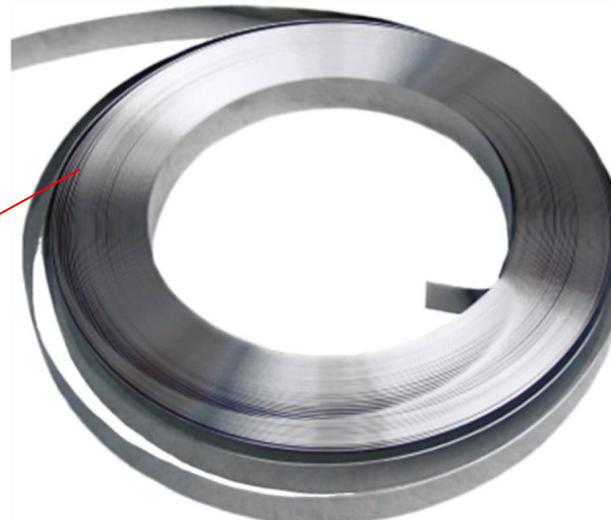
$$f_{yd} = \min \left\{ \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}}, \frac{0.7 \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} \right\}$$

dove $\gamma_{M0} = 1,10$ e $\gamma_{M2} = 1,25$

Si considera quindi una tensione di calcolo pari a

$$f_{yd} = \frac{0.7 \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} = 560 \text{ N/mm}^2$$

Nastro in acciaio INOX di dimensioni estremamente ridotte (19x0.90 mm) da disporre in configurazione di anello chiuso che può essere posto anche in sovrapposizione con sigillo (elemento di chiusura del singolo anello di nastro)

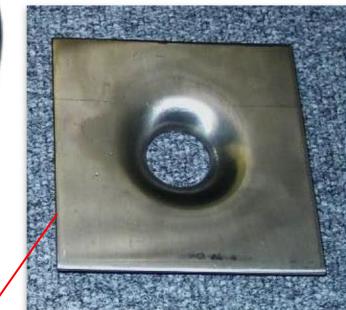


Il nastro in acciaio inossidabile:
in ciascuna bobina sono racchiusi km di nastro

Angolari in acciaio tipo S275 o S355 da disporre in corrispondenza degli spigoli degli elementi per ripartire il carico



L'angolare col lavorazione interna mandorlata



La piastra imbutita

La piastra imbutita, anch'esso elemento ripartitore, da applicare in corrispondenza degli eventuali fori da realizzarsi su travi e pilastri

Cerchiatura attiva dei pilastri (metodo CAM)

Nei pilastri le legature vengono disposte trasversalmente all'asse longitudinale dell'elemento, realizzando di fatto una staffatura esterna della sezione e come tale contribuiscono nello scongiurare la rottura fragile a schiacciamento e taglio dell'elemento. Qualora si voglia realizzare un rinforzo con 'staffatura a più braccia' o nel caso in cui si voglia massimizzare l'efficienza per confinamento, si realizzeranno delle forature intermedie.



Pilastri in corrispondenza
di un giunto strutturale



Pilastro con 'staffatura'
a più braccia



Pilastro con 'staffatura'
maggiorata nelle zone critiche

Tecniche convenzionali - Interventi locali

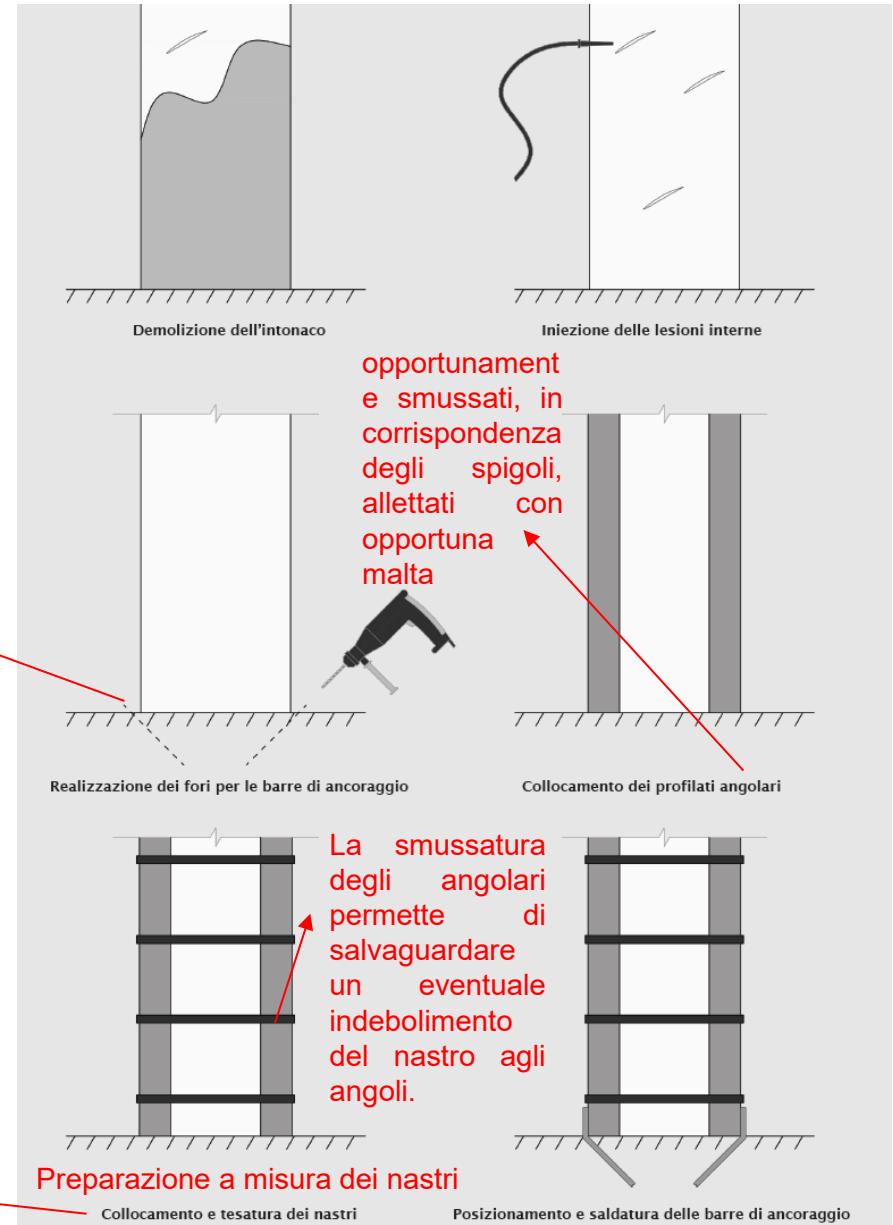
Fase preparatoria

Scarico (decompressione) del pilastro grazie al sollevamento del solaio tramite l'impiego, ad esempio, di martinetti idraulici o puntelli.

Cerchiatura attiva dei pilastri (metodo CAM)

Posizionamento delle barre di ancoraggio in testa e al piede saldate agli angolari per garantire la continuità nel caso di rinforzo a flessione e taglio. **Nel caso di solo rinforzo a taglio le medesime barre non sono necessarie.** Realizzazione dei fori nel pilastro per l'alloggiamento delle piastre imbutite nel caso di "staffatura" a più braccia. Tali piastre, grazie alla presenza dei fori, permettono di alloggiare i nastri e di tesarli in caso di intervento di legatura parziale.

Tesatura dei nastri con l'ausilio di una macchina crimpatrice e successiva sigillatura



Tecniche convenzionali - Interventi locali

Cerchiatura attiva dei pilastri (metodo CAM)

- è un sistema di consolidamento attivo: il nastro è messo in tensione e l'elemento risulta rinforzato già per i carichi gravanti di esercizio della struttura;
- impiega acciaio inossidabile;
- non incrementa massa né varia la distribuzione delle rigidezze;
- è un sistema leggero e a minimo ingombro, flessibile, veloce (completamente a 'secco) e reversibile;
- deve essere messo in opera da maestranze qualificate.



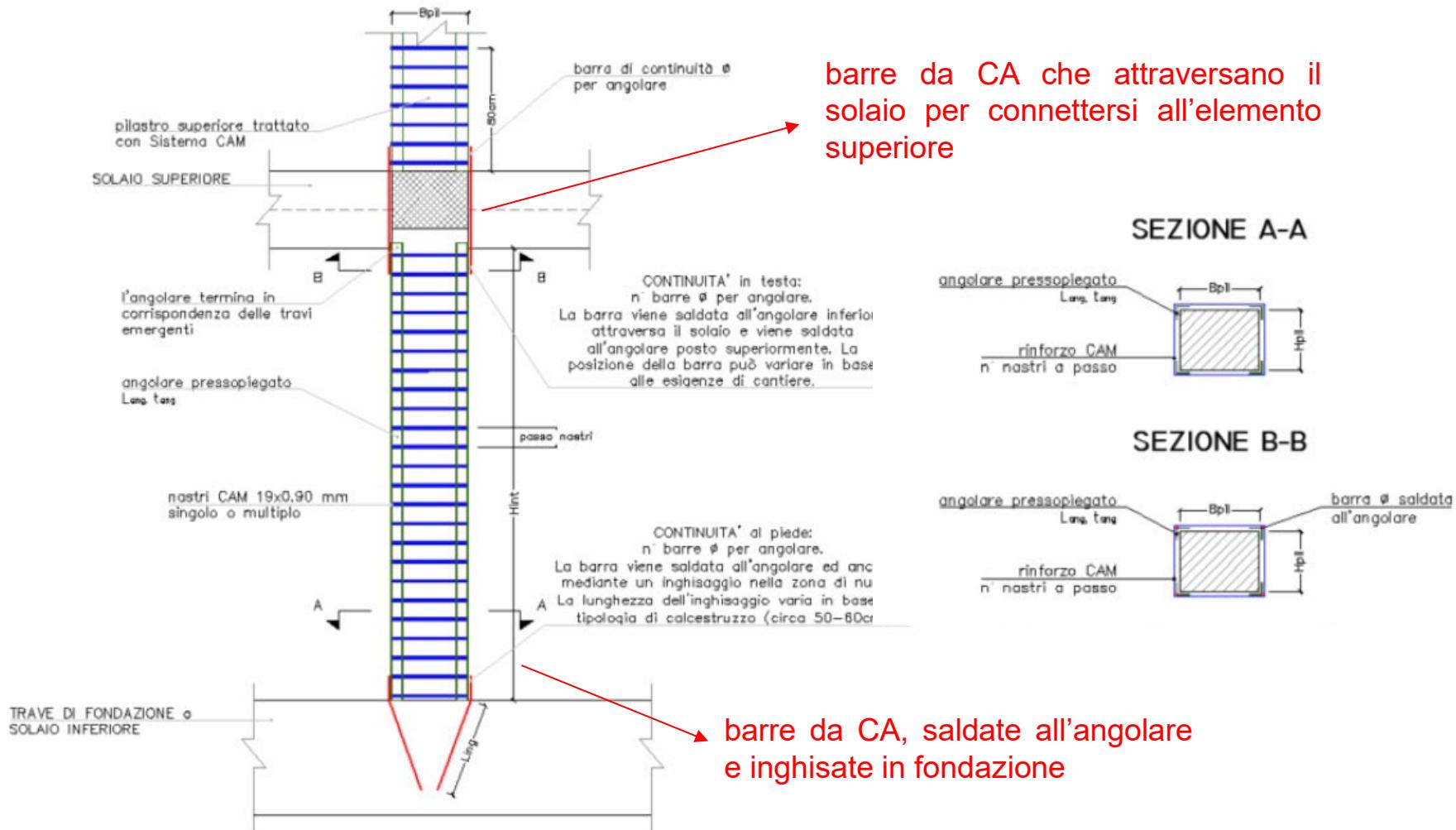
Applicazioni del rinforzo di cuciture attive a marchio CAM® su pilastri (in CA e MU) senza prevedere lo smontaggio degli infissi

Applicazioni su pilastri di edifici industriali con pannello perimetrale in adiacenza

Tecniche convenzionali - Interventi locali

Cerchiatura attiva dei pilastri (metodo CAM)

Rinforzo a taglio, flessione e confinamento: Laddove si voglia considerare il contributo dell'angolare nel meccanismo resistente a flessione va garantita la continuità d'armatura laddove l'angolare si interrompe, altrimenti è solo rinforzo a taglio e confinamento

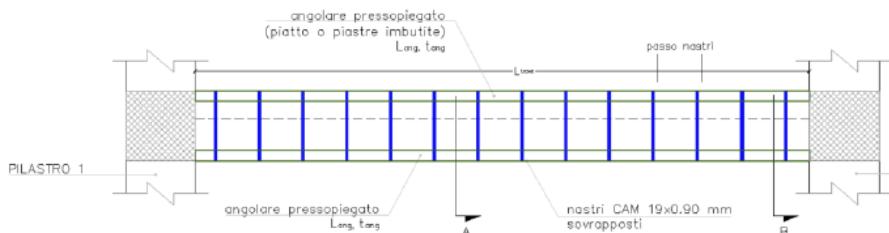


Tecniche convenzionali - Interventi locali

Cerchiatura attiva delle travi (metodo CAM)

Nelle travi le legature possono essere realizzate in totale avvolgimento dell'elemento, quindi forando il solaio in corrispondenza del passo scelto, oppure, laddove non si possa intaccare il pavimento del solaio superiore **può essere cerchiata la porzione estradossata di trave**, forando quindi la trave stessa immediatamente al di sotto dell'orizzontamento. In corrispondenza dello spigolo a livello di solaio, l'angolare lascia il posto ad un piatto oppure alle piastre imbutite. Anche per le travi, vale quanto descritto per il pilastro: le legature sono armatura aggiuntiva a taglio (staffe) mentre gli angolari offrono il loro contributo resistente a flessione in mezzeria dell'elemento trattato. Laddove la carenza flessionale fosse riscontrata alle estremità va realizzata la continuità d'armatura.

PROSPETTO

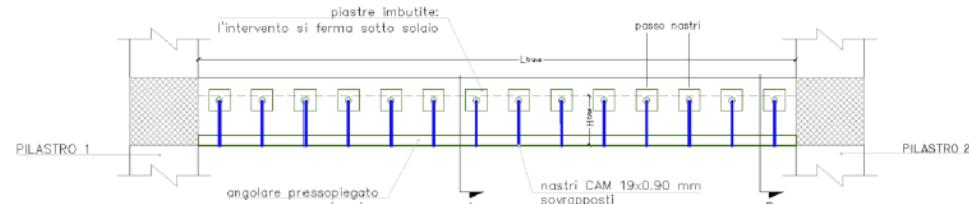


SEZIONE A-A



Tipologico di intervento su trave estradossata: rinforzo in totale avvolgimento.

PROSPETTO



SEZIONE A-A



Tipoloaico di intervento su trave estradossata: rinforzo in parziale avvolgimento.

Tecniche convenzionali - Interventi locali

Cerchiatura attiva delle travi (metodo CAM)



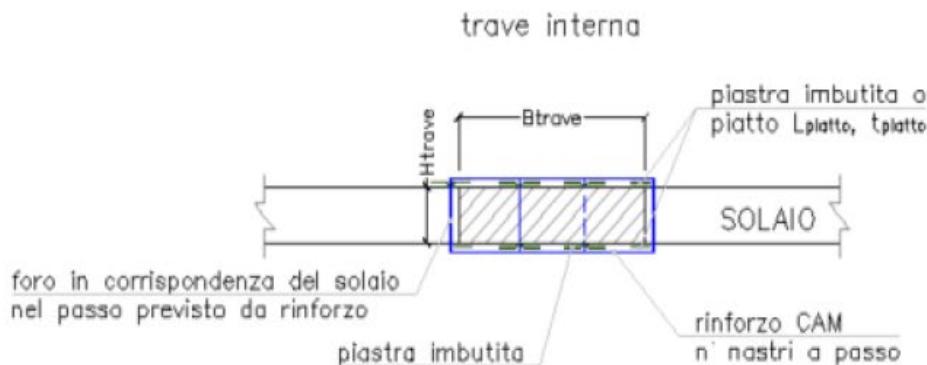
Rinforzo della trave in completo avvolgimento: angolari continui all'intradosso



Rinforzo della trave in parziale avvolgimento: in corrispondenza dell'intradosso trave sono disposti angolari, in corrispondenza del foro trave sono disposte delle piastre imbutite.



Rinforzo della trave in completo avvolgimento: piastre imbutite all'estradosso

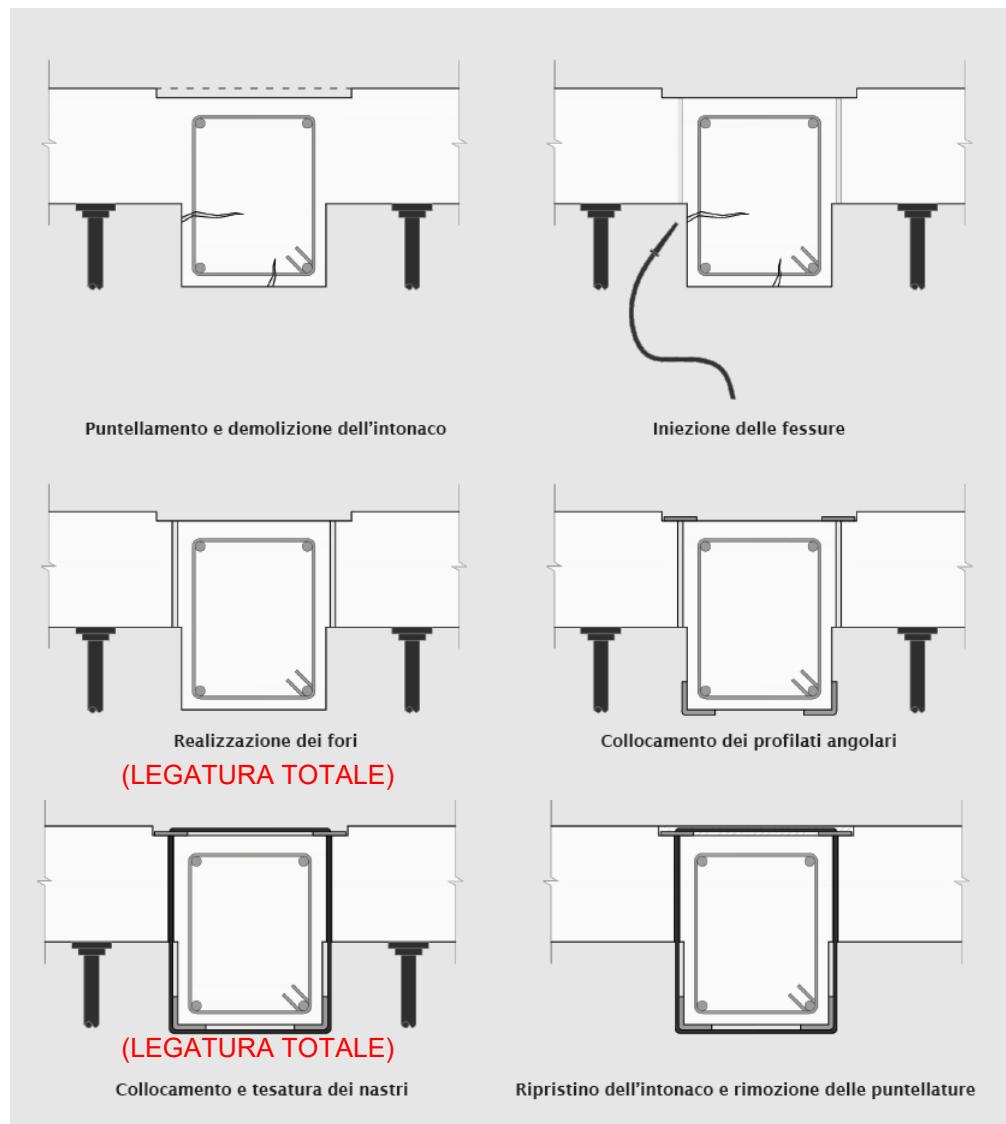
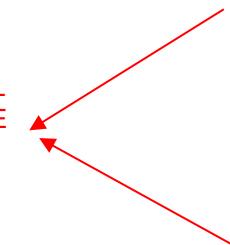


Si possono realizzare fori intermedi nella trave per andare a costituire staffe a più braccia (principalmente nel caso di travi a spessore)

Tecniche convenzionali - Interventi locali

Cerchiatura attiva delle travi (metodo CAM)

O REALIZZAZIONE DEI FORI PER IL POSIZIONAMENTO DELLE PIASTRE IMBUTITE (LEGATURA PARZIALE)



Tecniche convenzionali - Interventi locali

Cerchiatura attiva delle nodi (metodo CAM)

Altro meccanismo fragile che va scongiurato negli edifici intelaiati è la rottura del pannello nodale, in quanto il nodo trave-pilastro è l'elemento atto al trasferimento degli sforzi tra i due elementi.

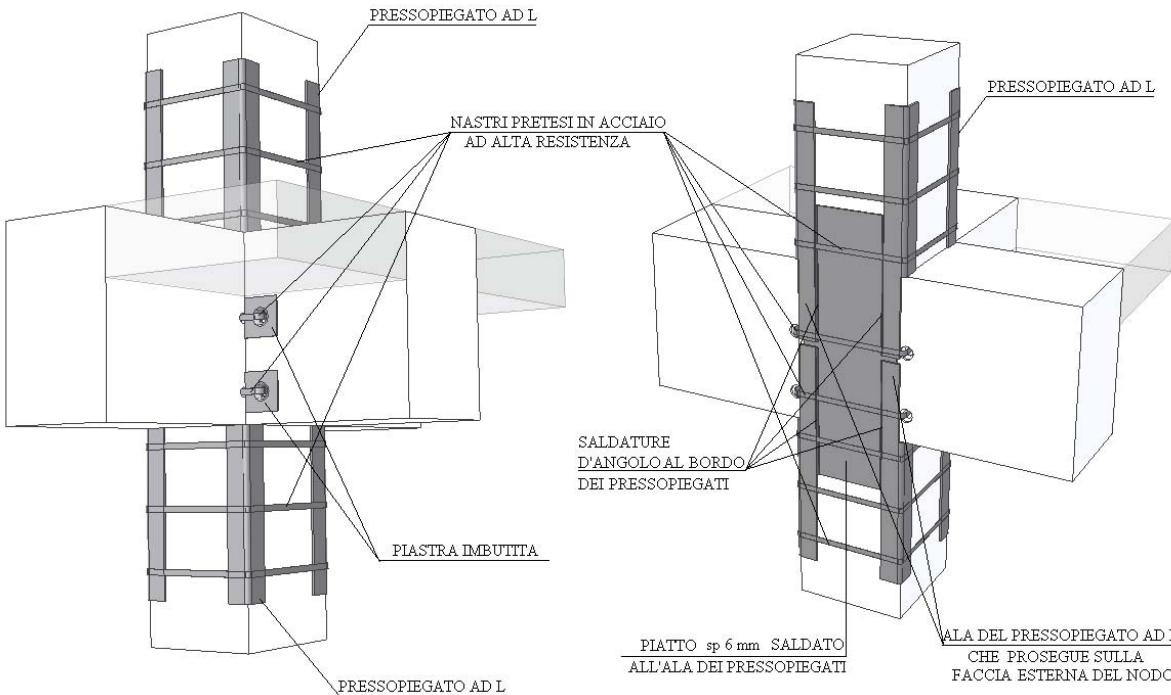
Molto spesso gli edifici intelaiati mancano del dettaglio costruttivo delle staffe che nel pilastro proseguono, attraversando il nucleo di intersezione con la trave. Ciò che si realizza applicando uno o più ricorsi nell'altezza libera di trave al di sotto del solaio e disponendo più nastri in sovrapposizione altro non è che una staffa disposta nel nodo a posteriori.



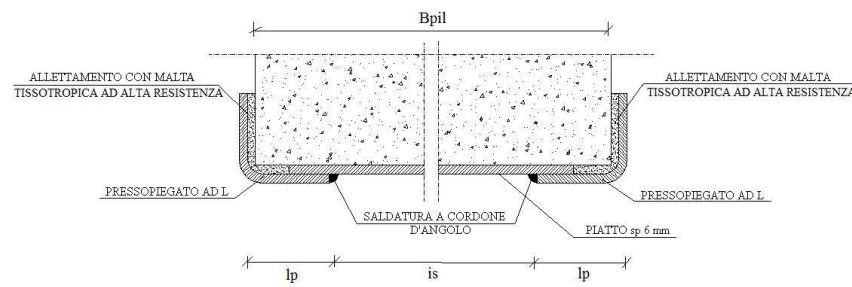
Dettaglio di rinforzo di un portale

Cerchiatura attiva delle nodi (metodo CAM)

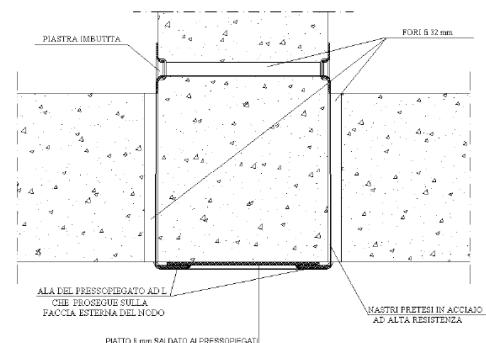
Nodo intermedio con travi a tre vie



Vista in sezione in testa al pilastro



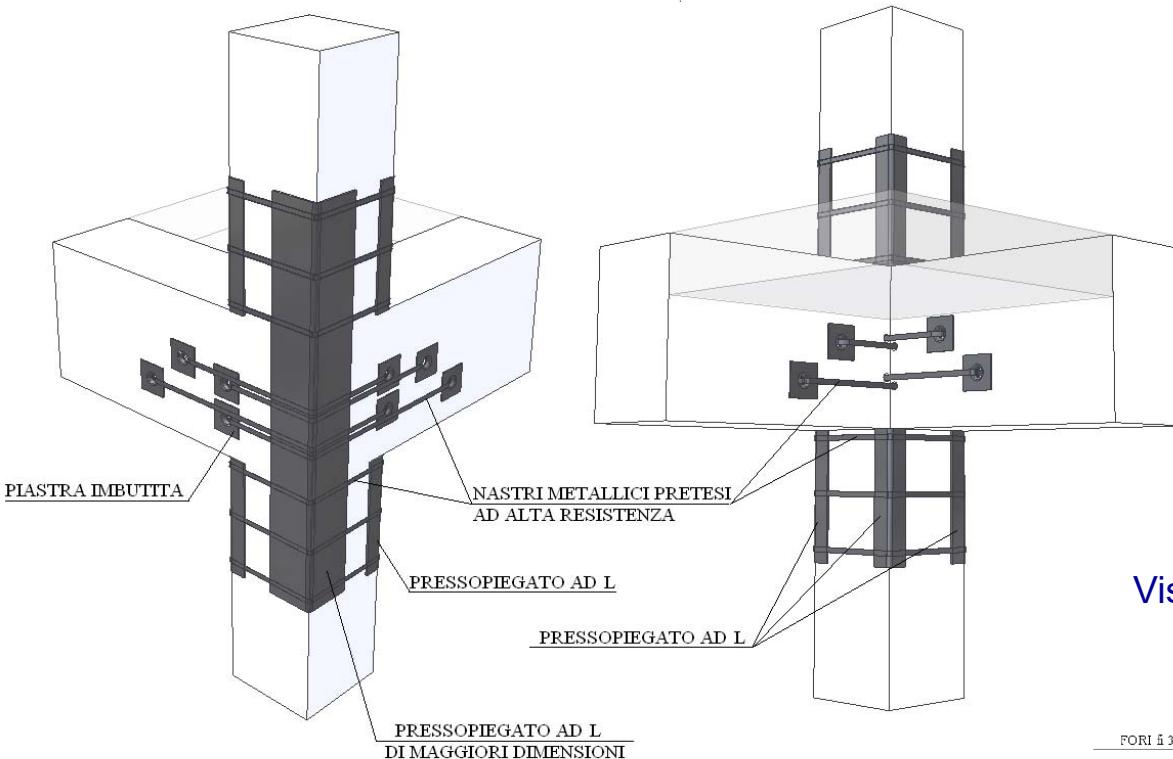
Vista in sezione all'altezza del nodo



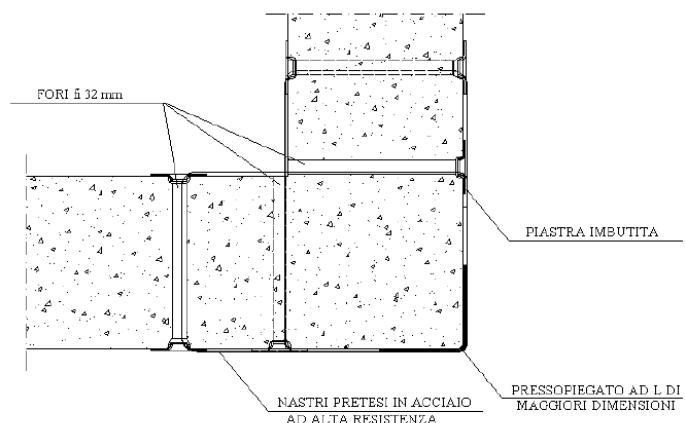
Tecniche convenzionali - Interventi locali

Cerchiatura attiva delle nodi (metodo CAM)

Nodo intermedio con travi a due vie



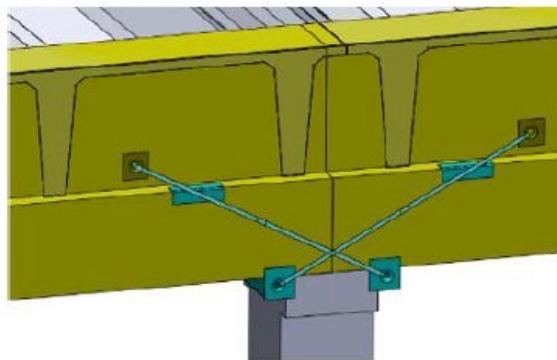
Vista in sezione all'altezza del nodo



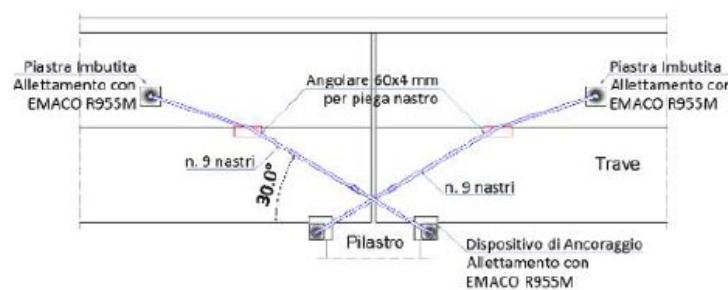
Tecniche convenzionali - Interventi locali

Collegamento travi-pilastri (strutture prefabbricate)

Schema 3D



Schema 2D



Tipologico di intervento di connessione pilastro-trave.



Inciamiciatura in acciaio: pilastri

Aumento della resistenza a taglio e azione di confinamento (C8.7.4.2.2.)

Aumento della resistenza a taglio

Il contributo della camicia alla capacità in termini di resistenza a taglio può essere considerato aggiuntivo alla resistenza preesistente purché la camicia rimanga interamente in campo elastico. Tale condizione è necessaria affinché essa limiti l'ampiezza delle fessure e assicuri l'integrità del conglomerato, consentendo il funzionamento del meccanismo resistente dell'elemento preesistente.

Se la tensione nella camicia è limitata al 50% del valore di snervamento l'espressione della resistenza a taglio aggiuntiva V_j offerta dalla camicia vale:

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

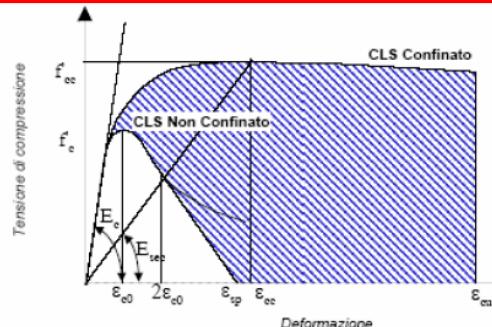


nella quale d , t_j , b e s sono rispettivamente l'altezza utile della sezione trasversale dell'elemento incamiciato, lo spessore, la larghezza e interasse delle bande ($b/s=1$ nel caso di camicie continue), e f_{yw} è la resistenza di calcolo a snervamento dell'acciaio, θ è l'inclinazione delle fessure per taglio.

Azione di confinamento

L'effetto di confinamento di una camicia di 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 possono essere impiegate espressioni di comprovata validità, come ad esempio le seguenti:



Inciamiciatura in acciaio: pilastri

per la resistenza del calcestruzzo confinato:

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

resistenza del calcestruzzo confinato
[C8.7.4.6]

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 (t_s = spessore della camicia, b e h = dimensioni della sezione) e pari a $\rho_s = 2 A_s (b+h) / (b h s)$ nel caso di bande discontinue (A_s = area trasversale della banda, s = passo delle bande), α_n ed α_s sono, rispettivamente, i fattori di efficienza del confinamento nella sezione e lungo l'elemento, dati da:

$$\alpha_n = 1 - \frac{(b-2R)^2 + (h-2R)^2}{3bh} \quad [C8.7.4.7a]$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s-hs}{2b}\right) \left(1 - \frac{s-hs}{2h}\right) \quad [C8.7.4.7b]$$

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 è l'altezza delle bande discontinue (se la camicia è continua si assume $h_s=s$).

– per la deformazione ultima del calcestruzzo confinato:

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

deformazione ultima del cls confinato
[C8.7.4.8]

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

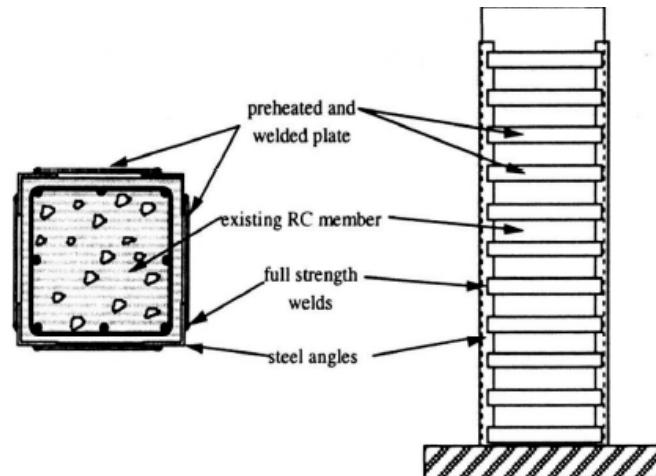
- per il calcestruzzo esistente, la resistenza ottenuta come media delle prove eseguite in situ e da fonti aggiuntive di informazione, divisa per il fattore di confidenza appropriato in relazione al Livello di Conoscenza raggiunto;
- per l'acciaio della camicia, la resistenza di calcolo.

Incamicatura in acciaio: pilastri

Le camicie di acciaio possono fornire un'efficace azione di "serraggio" nelle zone di giunzione per aderenza. Per ottenere questo risultato occorre che:

- la camicia si prolunghi oltre la zona di sovrapposizione per una lunghezza pari almeno al 50% della lunghezza 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.

Ai fini dell'efficacia dell'intervento è bene riscaldare leggermente i calastrelli prima della loro messa in opera. In questo modo, il successivo raffreddamento e accorciamento può contribuire positivamente ad incrementare l'efficacia del confinamento). In alternativa può essere vantaggioso utilizzare nastri testi (**metodo CAM**)



Aumento della resistenza a pressoflessione

Se è essere garantita una forte azione composita degli angolari tramite tasselli o materiali (che garantiscono l'aderenza tra gli angolari in acciaio e il cls del pilastro) e il loro ancoraggio, gli angolari possono essere considerati come barre si armatura con la resistenza dell'acciaio impiegato (S235, S275, S355)

Placcatura e fasciatura in materiali compositi

NTC2018 – C8.7.4.2.3

C8.7.4.2.3 Placcatura e fasciatura in materiali compositi

L'uso di idonei materiali compositi (o altri materiali resistenti a trazione) nel rinforzo sismico di elementi di c.a. è finalizzato a conseguire i seguenti obiettivi:

- aumento della resistenza a taglio di pilastri, travi, nodi trave-pilastro e pareti mediante applicazione di fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe;
- aumento della resistenza nelle parti terminali di travi e pilastri mediante applicazione di fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle barre longitudinali ed opportunamente ancorate, purché si garantisca l'efficacia dell'ancoraggio nel tempo
- un aumento della duttilità degli elementi monodimensionali, per effetto dell'azione di confinamento passivo esercitata dalle fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe.

Ai fini delle verifiche di sicurezza degli elementi rafforzati con materiali compositi si possono adottare documenti di comprovata validità.

 Istruzioni CNR-DT 200/04

**Istruzioni
per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo
di Interventi di Consolidamento Statico
mediante l'utilizzo di
Compositi Fibrorinforzati**

Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie

Incamiciatura pilastri con materiali compositi FRCM

Sistemi FRP (Fiber Reinforced Polymers)

Sono costituiti da fibre allungate a elevate prestazioni (di carbonio o di vetro) su matrice a base di resina epossidica con la funzione di adesivo



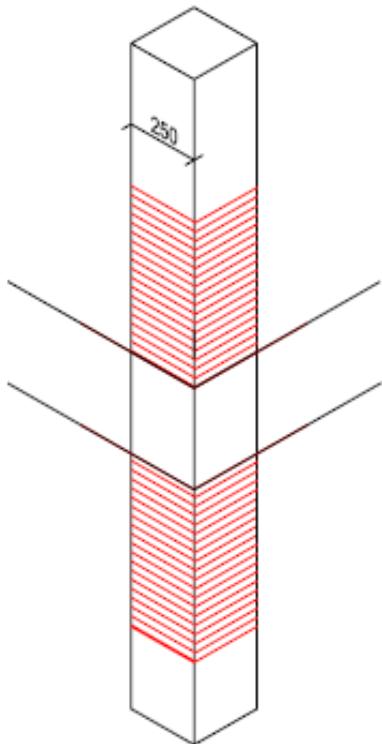
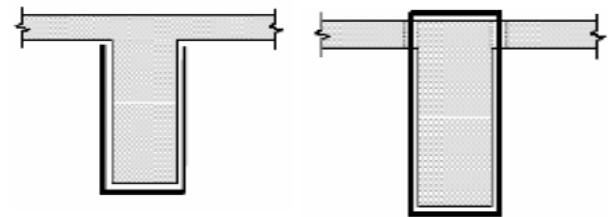
Sistemi FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix)

Sono costituiti dall'accoppiamento da fibre allungate a elevate prestazioni su matrice inorganica (malta cementizia), impiegata con la funzione di adesivo in sostituzione delle resine epossidiche dei sistemi FRP tradizionali. I materiali FRCM presentano alcuni vantaggi rispetto agli FRP, fondamentalmente legati a una **maggior resistenza alle fonti di calore**, che è una delle principali vulnerabilità dei materiali compositi tradizionali. Inoltre, i materiali FRCM potrebbero offrire una maggiore durabilità e deformabilità.

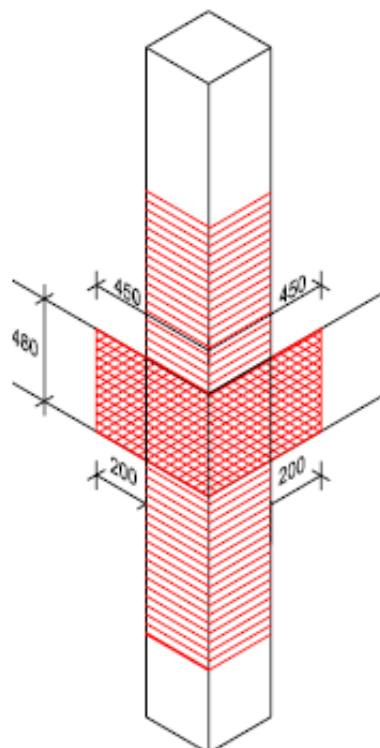


Placcatura e fasciatura in materiali compositi

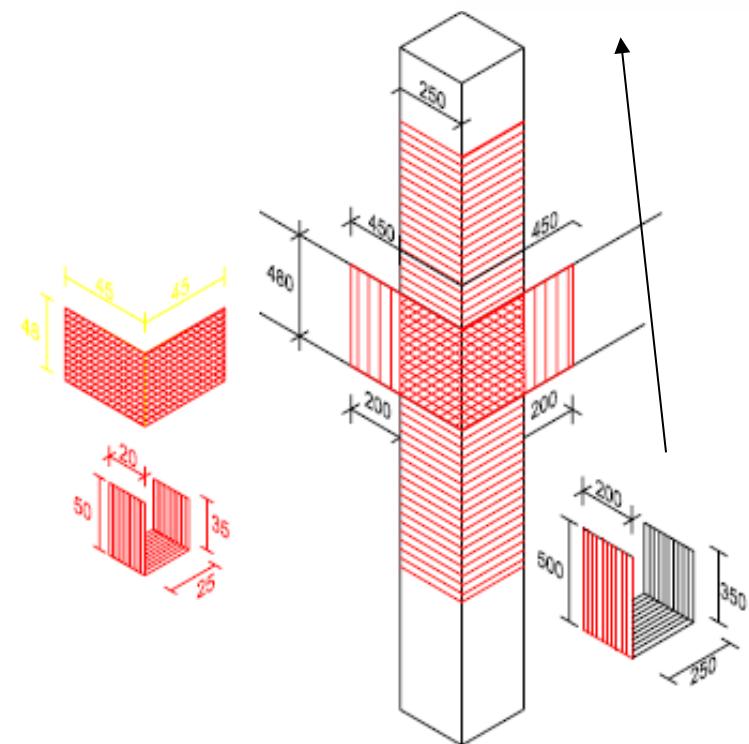
Rinforzo ad U Avvolgimento



Fasciatura pilastri



Pannello nodo

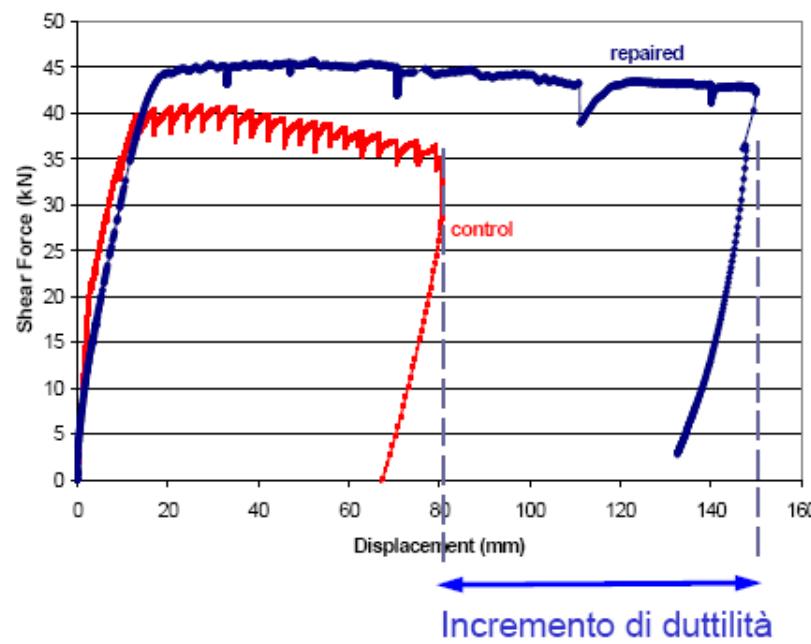


Fasciatura U travi

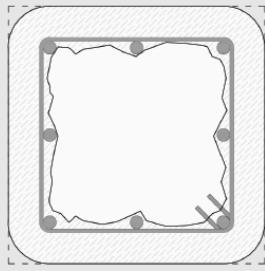
Tecniche convenzionali - Interventi locali

Incamiciatura pilastri con materiali compositi FRP

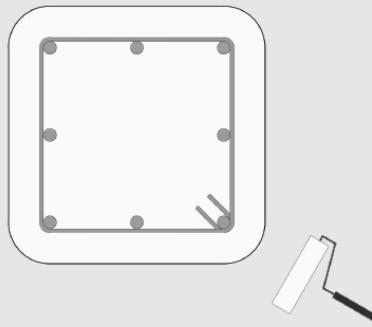
I sistemi FRP o FRCM su pilastri in c.a. si impiegano principalmente per aumentarne la **resistenza a compressione e la duttilità** tramite l'effetto di confinamento. Le fasce di tessuto si dispongono con le fibre orientate nella direzione perpendicolare all'asse del pilastro, generalmente su tutta la superficie del pilastro. In tal modo l'elemento passa da uno stato di compressione assiale ad uno stato tensionale di compressione multi-assiale.



Incamiciatura pilastri con materiali compositi FRP e FRCM

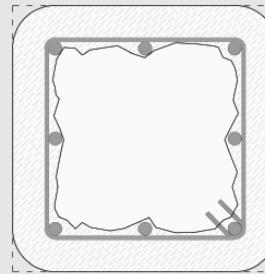


Preparazione del pilastro

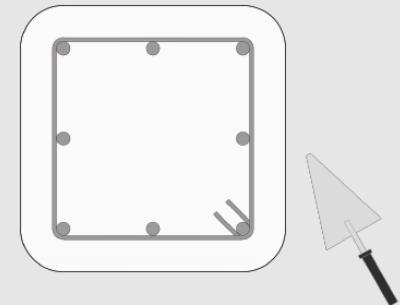


Applicazione del primer adesivo

Rimozione dell'eventuale intonaco di rivestimento. Pulizia e spazzolatura del pilastro. Arrotondamento degli spigoli vivi della sezione del pilastro.

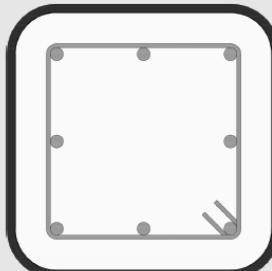


Preparazione del pilastro

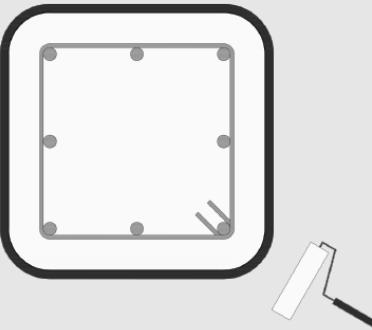


Applicazione della matrice cementizia

Preparazione della matrice cementizia inorganica, come una normale malta premiscelata. Applicazione del primo strato di matrice di spessore adeguato sulla superficie del pilastro precedentemente umidificata senza raggiungere la saturazione.

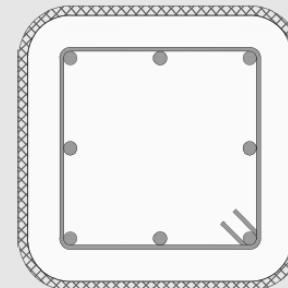


Stesura del tessuto

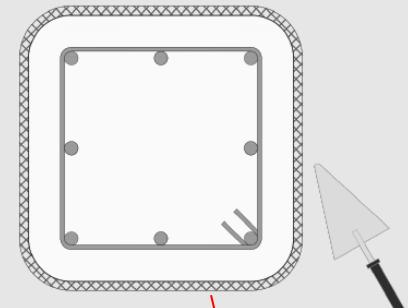


Applicazione dell'adesivo e ripasso superficiale

Stesura delle fasce di tessuto FRP, già tagliate secondo quanto previsto dal progetto. L'uso di un **rullino metallico** può favorire la penetrazione dell'adesivo e della resina epossidica attraverso il tessuto.



Stesura del tessuto

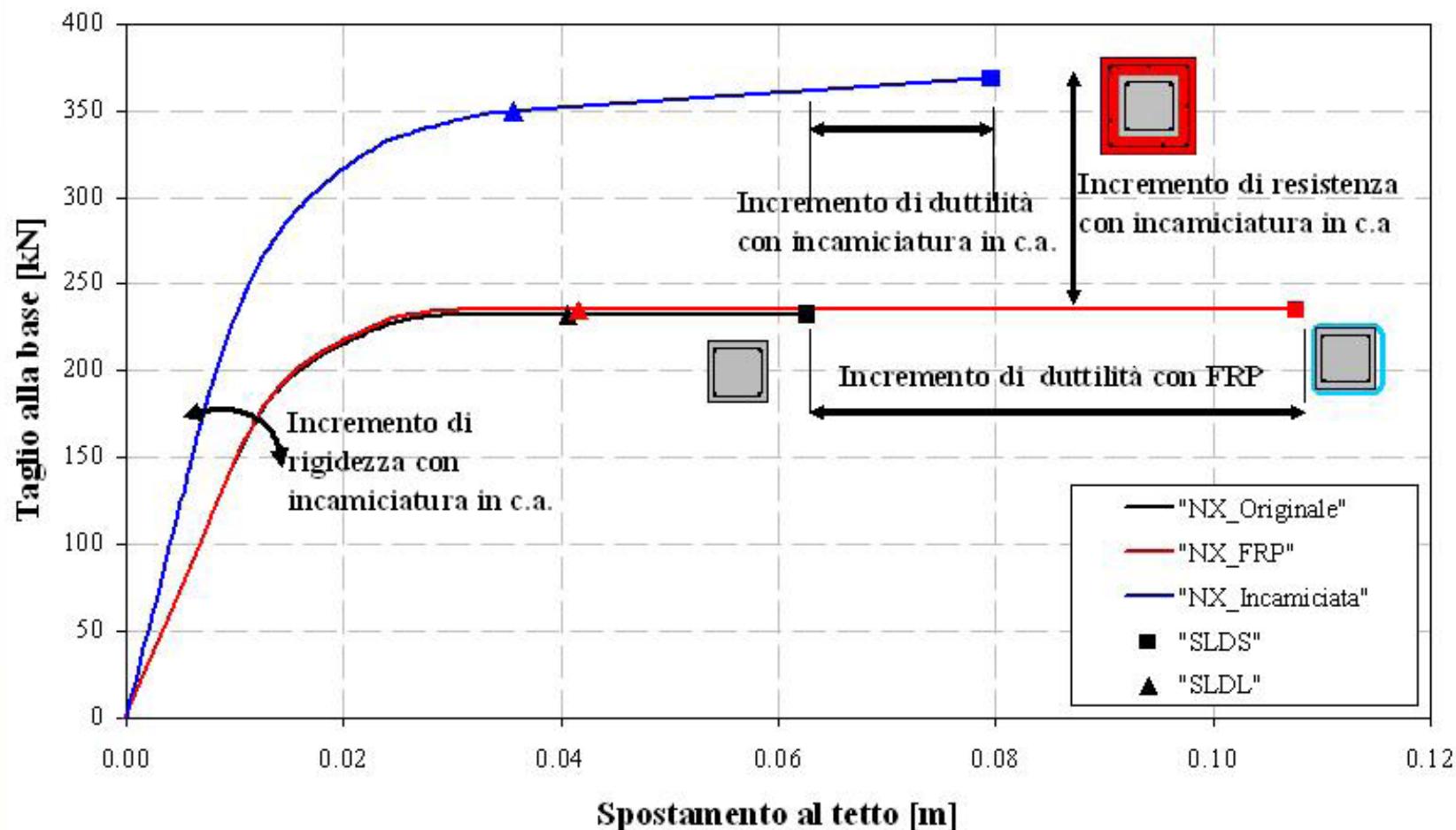


Applicazione della matrice cementizia di copertura

Applicazione del secondo strato di matrice cementizia, con spessore adeguato, in modo tale da coprire completamente la rete. Eventuale applicazione di un secondo strato del sistema, con le stesse modalità. Eventuale applicazione di connettori in fibra per garantire un corretto legame tra il rinforzo e la struttura portante originale.

Incamiciatura e fasciatura: confronto

Con l'incamiciatura dei pilastri effettuata con fibre di carbonio, si ottiene sostanzialmente un incremento della duttilità; con una cerchiatura in c.a. si ottiene maggiore rigidezza, maggiore resistenza ed aumento limitato della duttilità.



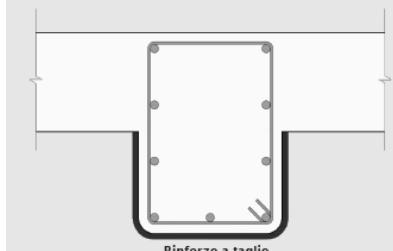
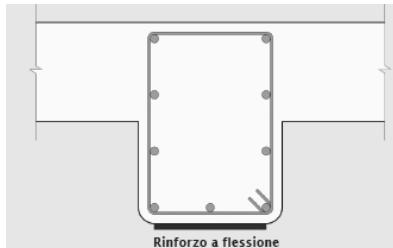
Placcatura e fasciatura travi con FRP e FRCM

I sistemi FRP e FRCM su travi in c.a. si impiegano principalmente per aumentarne la **resistenza flessionale**, mediante l'applicazione di fasce aventi le fibre disposte lungo la direzione longitudinale, in zona tesa, e opportunamente ancorate (di lunghezza appropriata e tramite adesivo di tipo epossidico). I rinforzi FRP possono essere utilizzati anche per aumentare la **resistenza a taglio e torsione** delle travi, mediante l'applicazione di fasce o tessuti aventi le fibre disposte secondo la direzione trasversale rispetto all'asse della trave.

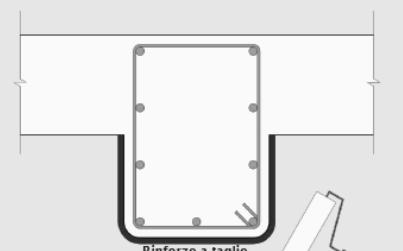
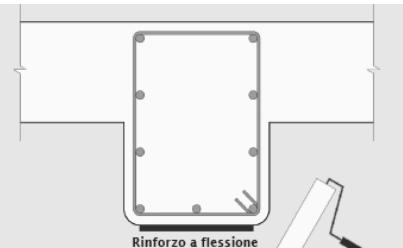


Tecniche convenzionali - Interventi locali

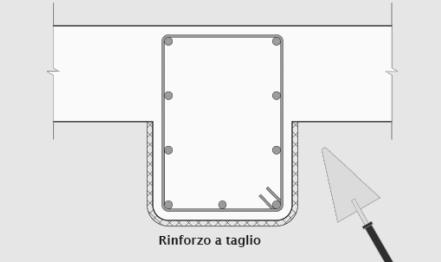
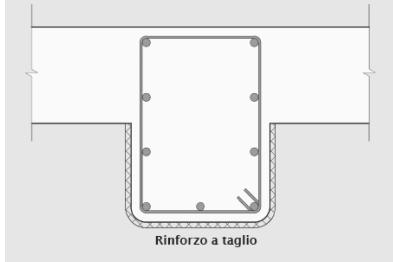
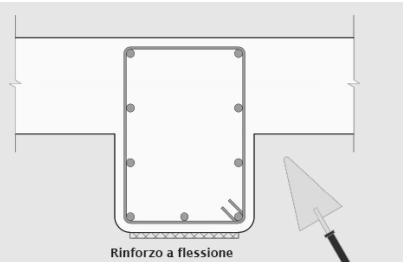
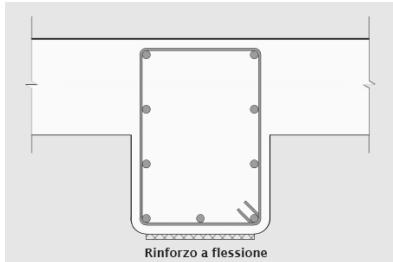
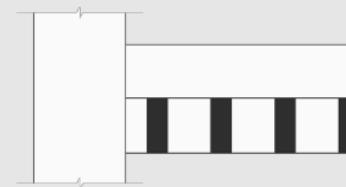
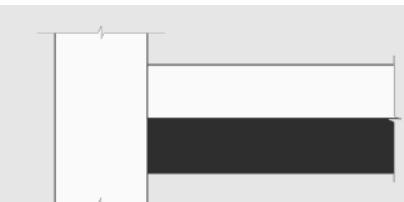
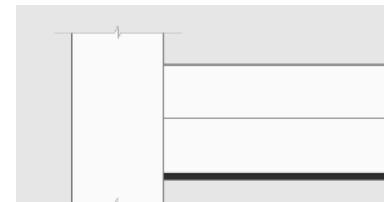
Placcatura e fasciatura travi con FRP e FRCM



Stesura del tessuto

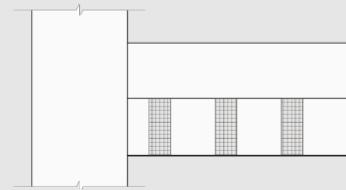
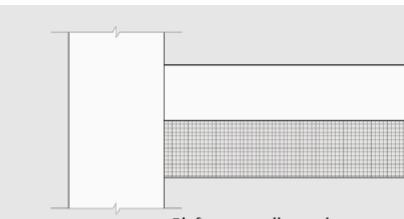
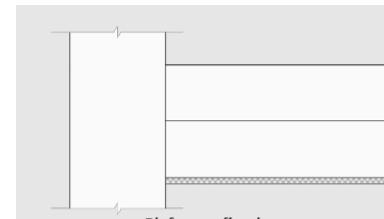


Applicazione dell'adesivo e ripasso superficiale



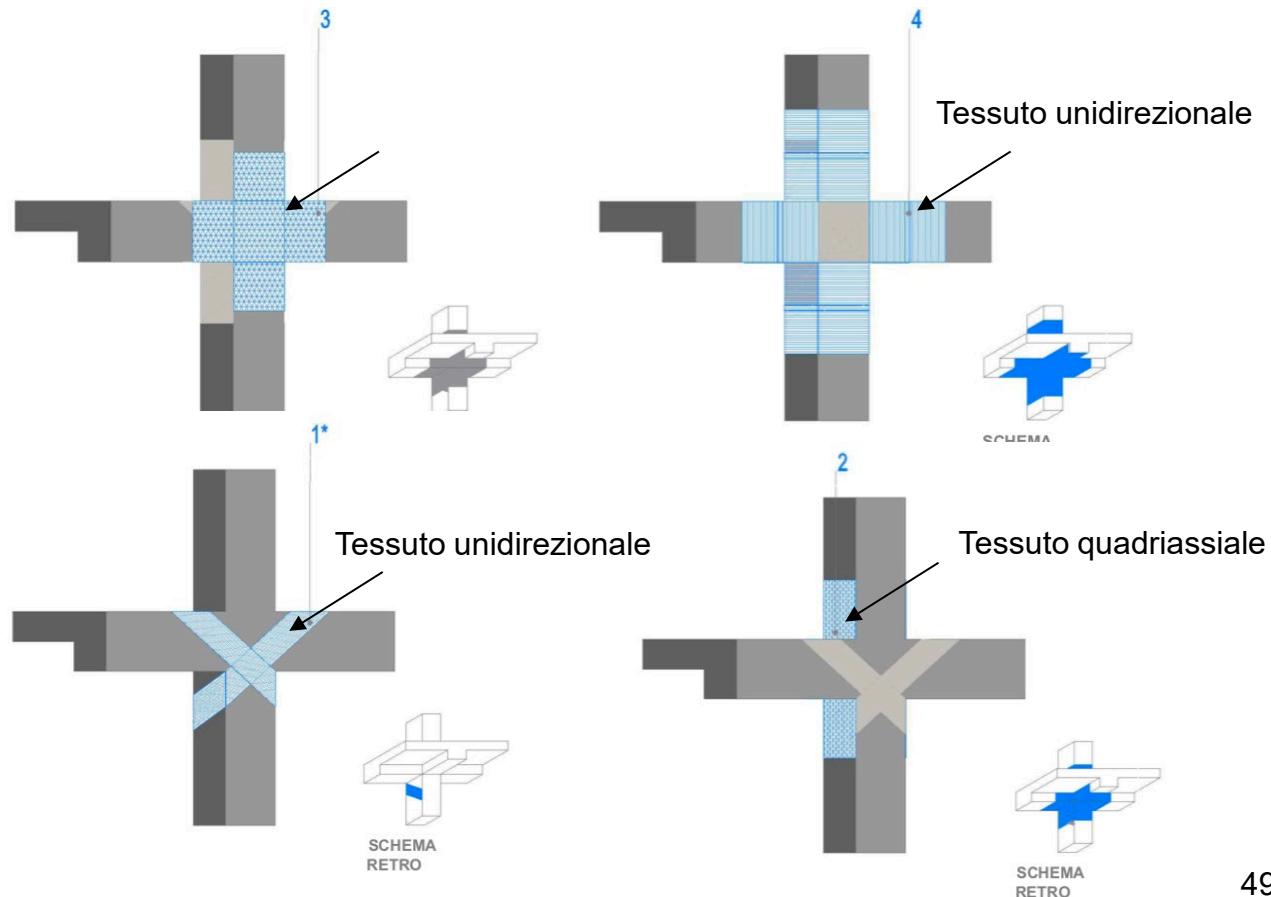
Stesura del tessuto

Applicazione della matrice cementizia di copertura



Placcatura e fasciatura nodi con FRP e FRCM

L'intervento sui nodi è efficace solo se le estremità del rinforzo sono perfettamente ancorate, attraverso l'adozione di opportuni particolari costruttivi. In caso contrario il rinforzo non può essere considerato come efficace. Il calcolo dell'incremento di resistenza a trazione conseguibile nei pannelli dei nodi non confinati va eseguito tenendo conto del contributo dell'FRP nella direzione delle tensioni principali di trazione.



Interventi locali per il miglioramento sismico

Eliminazione dei meccanismi di collasso di tipo fragile

1. CRISI PER TAGLIO

L'incremento della resistenza a taglio può essere perseguito mediante applicazione di sistemi di rinforzo con fibre disposte ortogonalmente all'asse dell'elemento ($\alpha = 90^\circ$) ed anche in altre direzioni.

2. CRISI NEI PILASTRI PER PERDITA DI ADERENZA DELLE BARRE

Il pericolo di scorrimento delle giunzioni per aderenza nei pilastri può essere eliminato mediante confinamento con FRP.

3. CRISI NEI PILASTRI PER SVERGOLAMENTO DELLE BARRE

Il pericolo di svergolamento delle barre longitudinali di armatura può essere eliminato mediante confinamento con FRP.

4. CRISI PER TRAZIONE DEI PANNELLI DEI NODI TRAVE-PILASTRO

Rinforzo nodi con fasciature FRP avendo cura di assicurare un adeguato ancoraggio ai nastri FRP

Rilocalizzazione delle potenziali cerniere plastiche

Nelle situazioni di “pilastro debole-trave forte”, usuali per strutture intelaiate progettate per soli carichi verticali, le sezioni dei pilastri sono sottodimensionate e denunciano carenza di armatura longitudinale. In questi casi è necessario incrementare la loro resistenza a pressoflessione con l'obiettivo di ricondurre la struttura intelaiata ad una situazione di “pilastro forte-trave debole”.

Placcatura e fasciatura in materiali compositi

1 PREMESSA

2 MATERIALI

2.1 INTRODUZIONE

2.2 LE CARATTERISTICHE DEI COMPOSITI E DEI LORO COMPONENTI

2.3 SISTEMI DI RINFORZO

2.4 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI

2.5 ACCETTAZIONE

2.6 TRASPORTO, STOCCAGGIO E MOVIMENTAZIONE

3 CONCETTI BASILARI DEL PROGETTO DI RINFORZO E PROBLEMATICHE SPECIALI

3.1 REQUISITI FONDAMENTALI

3.2 REQUISITI DI DURABILITÀ

3.3 PRINCIPI GENERALI DEL PROGETTO DI RINFORZO

3.5 PROBLEMI SPECIALI DI PROGETTO E RELATIVI FATTORI DI CONVERSIONE

3.6 LIMITI DEL RINFORZO NEL CASO DI ESPOSIZIONE AL FUOCO

4 RINFORZO DI STRUTTURE DI C.A. E DI C.A.P.

4.1 VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA NEI CONFRONTI DELLA DELAMINAZIONE

4.2 RINFORZO A FLESSIONE

4.3 RINFORZO A

4.4 RINFORZO A TORSIONE

4.5 CONFINAMENTO

4.6 RINFORZO A FLESSIONE DI STRUTTURE DI C.A.P.

4.7 INTERVENTI IN ZONA SISMICA

4.8 INSTALLAZIONE, MONITORAGGIO E CONTROLLO

4.9 ESEMPI

Istruzioni CNR-DT 200/04

Tecniche convenzionali - Interventi locali

Placcatura e fasciatura in materiali compositi

5 RINFORZO DI STRUTTURE MURARIE

Istruzioni CNR-DT 200/04

5.1 GENERALITÀ

5.2 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

5.3 VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA ALLA DELAMINAZIONE

5.4 VERIFICHE DI ELEMENTI STRUTTURALI RICORRENTI

5.5 RINFORZO DI ELEMENTI STRUTTURALI A SEMPLICE E DOPPIA CURVATURA

5.6 CONFINAMENTO DI COLONNE DI MURATURA

5.7 PRINCIPI GENERALI DI INTERVENTO PER COSTRUZIONI IN ZONA SISMICA

5.8 INSTALLAZIONE, MONITORAGGIO E CONTROLLO

6 APPENDICE A (SULLE TECNICHE DI PRODUZIONE DEI COMPOSITI E SUI LEGAMI COSTITUTIVI DEI MATERIALI ELASTICI LINEARI ORTOTROPI)

7 APPENDICE B (SULLA DELAMINAZIONE)

8 APPENDICE C (SUL RINFORZO A PRESSOFLESSIONE DI ELEMENTI DI C.A.)

9 APPENDICE D (SUL LEGAME COSTITUTIVO DEL CALCESTRUZZO CONFINATO)

10 APPENDICE E (SU ESEMPI DI PROGETTAZIONE DI RINFORZI CON FRP)

Limiti

La tecnica non può essere usata su elementi con cls. avente $f_{cm} < 15 \text{ MPa}$

Incamiciatura con microcalcestruzzo fibrorinforzato

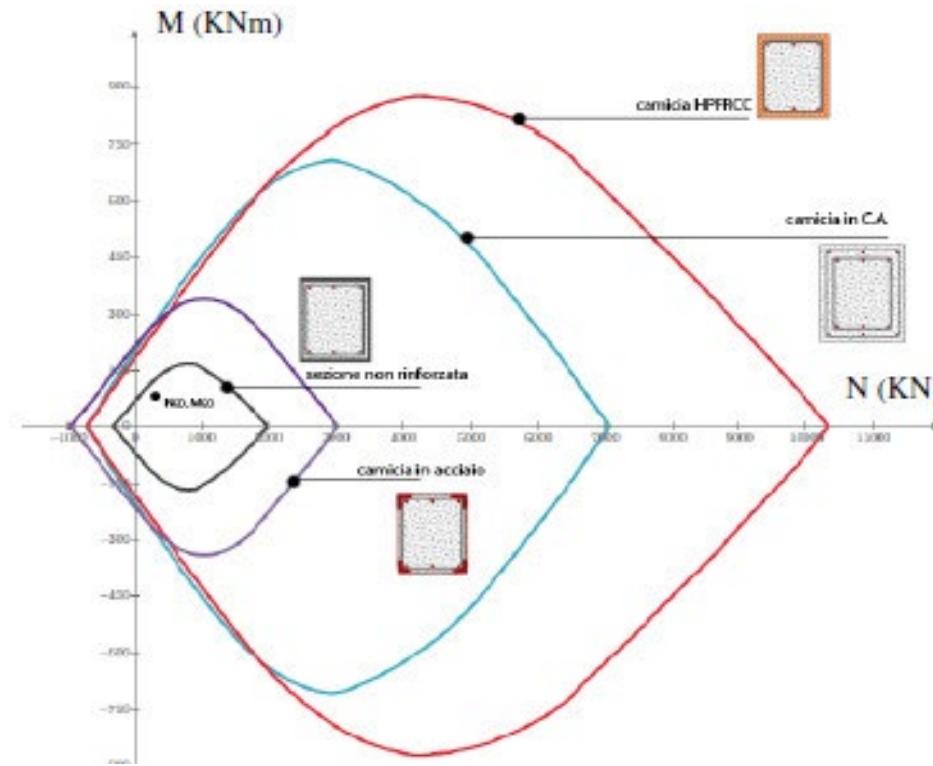
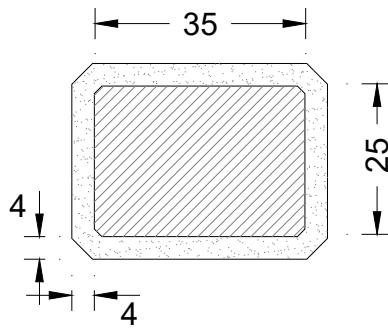
HPFRCC (High performance fiber-reinforced cementitious composite)

Consente di minimizzare lo spessore di applicazione del getto grazie all'utilizzo di materiali con eccezionali caratteristiche fisico meccaniche evitando l'utilizzo di armature integrative.

Consente di realizzare un rinforzo omogeneo garantendo un adeguato confinamento e un incremento della resistenza flessionale associato ad un aumento di duttilità della sezione di base.

• Tempo di lavorabilità	≥ 1 h
• Pedonabilità	12 h a 20 °C
• Agibilità a traffico leggero	24 h a 20 °C
• Agibilità con massime sollecitazioni	3 gg. a 20 °C
• Densità	2.450 Kg/m ³
• Resistenza alla compressione 1 gg	48 MPa**
• Resistenza alla compressione 28 gg	130 MPa** ←
• Resistenza alla trazione 28 gg	8,5 MPa** ←
• Resistenza alla flessotrazione 28 gg	32 MPa** ←
• Resistenza al taglio	16 MPa
• Modulo Elastico	38 GPa
• Energia di frattura	32.500 N/m
• Ritiro endogeno	< 0,05 %
• Profondità di carbonatazione	0

Inciamiciatura con microcalcestruzzo fibrorinforzato



Limiti

La norma non fornisce indicazioni per il calcolo della capacità dell'elemento strutturale sia in termini di resistenza a taglio e flessione che in termini di deformazione (rotazione alla corda)

Aspetti normativi

Interventi: generalità

Tecniche convenzionali - Interventi locali

Tecniche convenzionali - Interventi globali

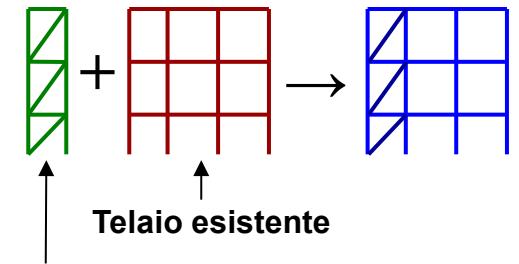
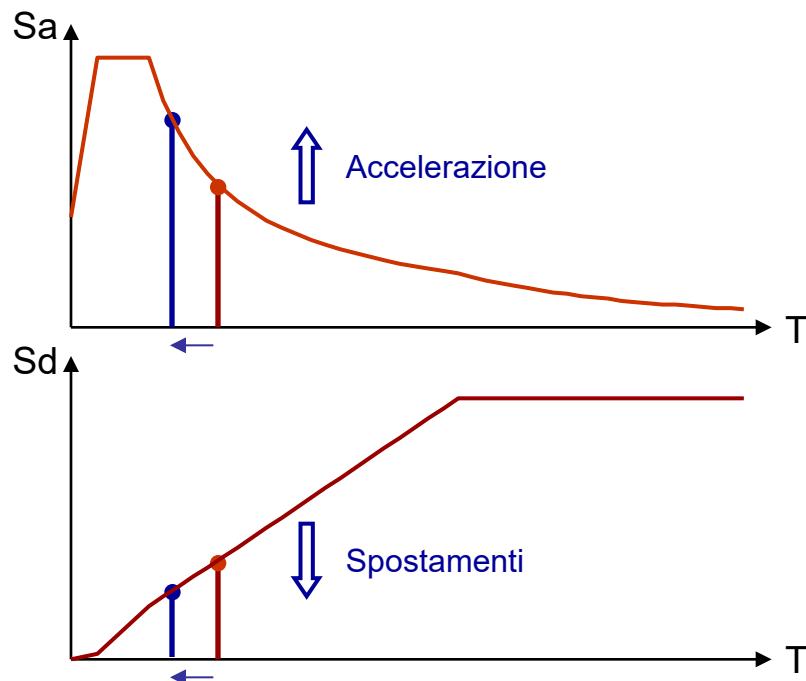
Tecniche convenzionali - Interventi in fondazione

Tecniche convenzionali - Interventi globali

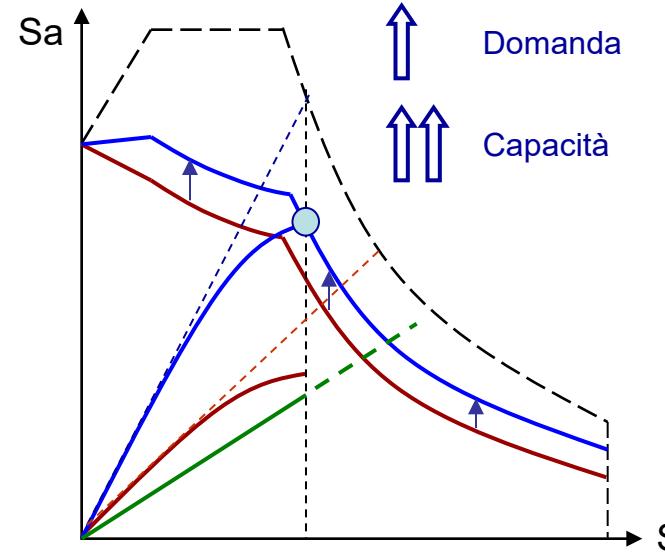
Irrigidimento con pareti e controventi elastici

Obiettivo:  Rigidezza e Resistenza

- riduzione spostamenti e danneggiamento
- ! diminuzione energia dissipata
- !! aumento accelerazione



Setto in c.a. o controvento
elastico in acciaio



Tecniche convenzionali - Interventi globali

Irrigidimento con pareti e controventi elastici

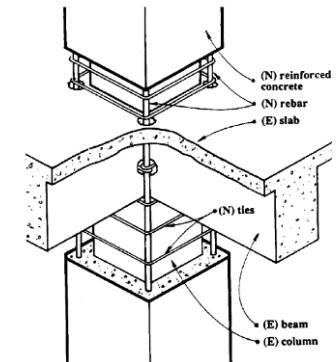
Inserimento di pareti



Inserimento di controventi



Incamicciature diffuse in acciaio

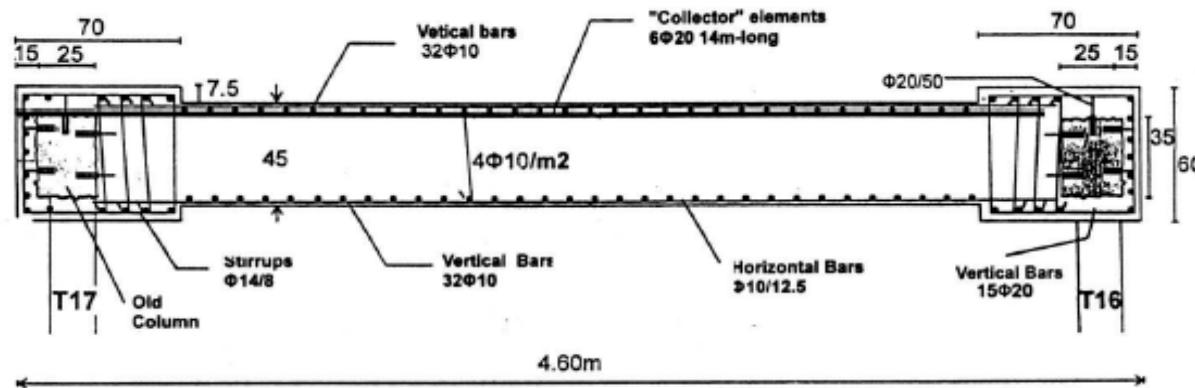


Pareti

Questa tecnica rappresenta uno dei sistemi di adeguamento sismico tradizionalmente più utilizzati per le strutture esistenti in cemento armato. La parete può essere costruita ovunque, anche all'esterno della maglia strutturale, ma si predilige la realizzazione fra le maglie del telaio esistente.

Qualora si estenda per l'intera campata fra due pilastri consecutivi, allora è conveniente rendere **collaboranti** questi ultimi e le corrispettive travi con il nuovo setto. In un certo senso, la sezione trasversale definitiva può allora essere assimilata ad una **sezione composta ad I**, in cui i pilastri fungono da flange di estremità e la parte in c.a. di nuova costruzione ne costituisce l'anima.

Pareti in c.a.



Tecniche convenzionali - Interventi globali

Interventi necessari in fondazione

Pareti in c.a.

Il maggior problema connesso con questa tecnica è rappresentato dal **notevole momento che la nuova parete esercita sulla fondazione**. Infatti, a seguito dell'elevata rigidezza, questa assorbe gran parte dell'azione sismica. Si possono prevedere diversi interventi comunque molto invasivi e costosi

- aumentare la larghezza in pianta della fondazione;
- collegare i nuovi elementi di fondazione a quelli vicini attraverso robuste cordolature;
- sottofondare con micropali le nuove strutture.



collegamento fra i vari elementi esistenti della fondazione sotto una parete in c.a. di nuova costruzione

Tecniche convenzionali - Interventi globali

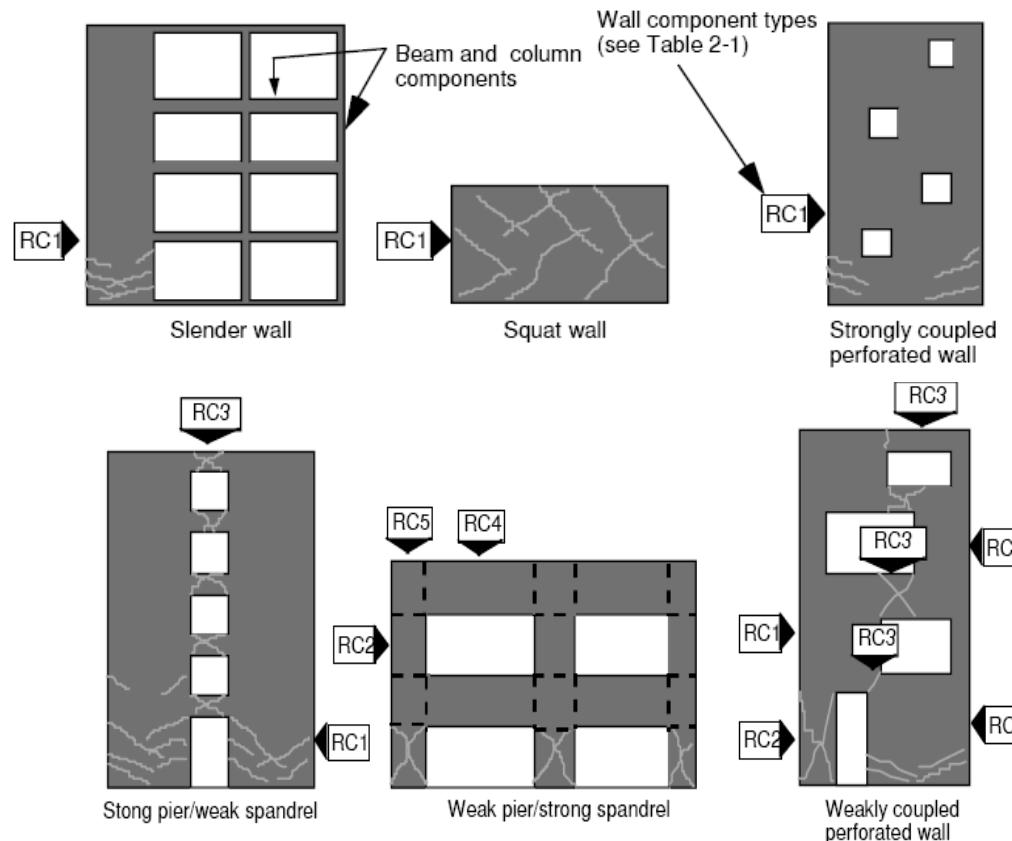
Posizionamento nuove pareti

Pareti in c.a.

Le pareti aggiuntive dovranno essere **ben posizionate in pianta** in maniera da eliminare eventuali irregolarità sulla attuale distribuzione delle rigidezze e conferire alla struttura adeguata un comportamento sismico regolare in entrambe le direzioni.

Per edifici che si sviluppano su più piani occorre garantire la continuità delle armatura e della sezione a cavallo dei solai esistenti e garantire un efficace collegamento degli impalcati alle pareti stesse.

Si possono aggiungere oltre a **pareti singole** (comportamento a mensola), anche setti a **pareti accoppiate**.



TIPOLOGIA COMPONENTI		DESCRIZIONE
RC1	Mensola o pilastro forte	Danno concentrato alla base; crisi per flessione
RC2	Pilastro debole	Crisi per taglio
RC3	Travi deboli o accoppiate	Crisi per taglio
RC4	Travi di collegamento forti	Non si ha danneggiamento
RC5	Zona di collegamento tra trave e pilastro	Formazione di fessure

Controventi in acciaio elasticci

Controventi in acciaio

L'utilizzo di controventi in acciaio come tecnica di intervento sulle strutture esistenti in c.a. offre diversi vantaggi:

- riduzione del periodo di inagibilità dell'edificio a causa dei lavori, visto che la maggior parte di questi è realizzata in officina;
- costi più contenuti e facilità di messa in opera;
- possibilità di ridurre al minimo l'alterazione architettonica dell'edificio;
- possibilità di facile rimozione.

Inoltre, tale sistema lascia ampia libertà nella disposizione delle aperture, comporta un modesto incremento del peso complessivo e se realizzato mediante controventi esterni minimizza l'incidenza sull'operatività della struttura. Il collegamento tra il telaio in c.a. e i controventi in acciaio può avvenire sia direttamente, che indirettamente tramite affiancamento di un telaio in acciaio. Il collegamento diretto, può richiedere il rinforzo locale delle strutture in c.a.

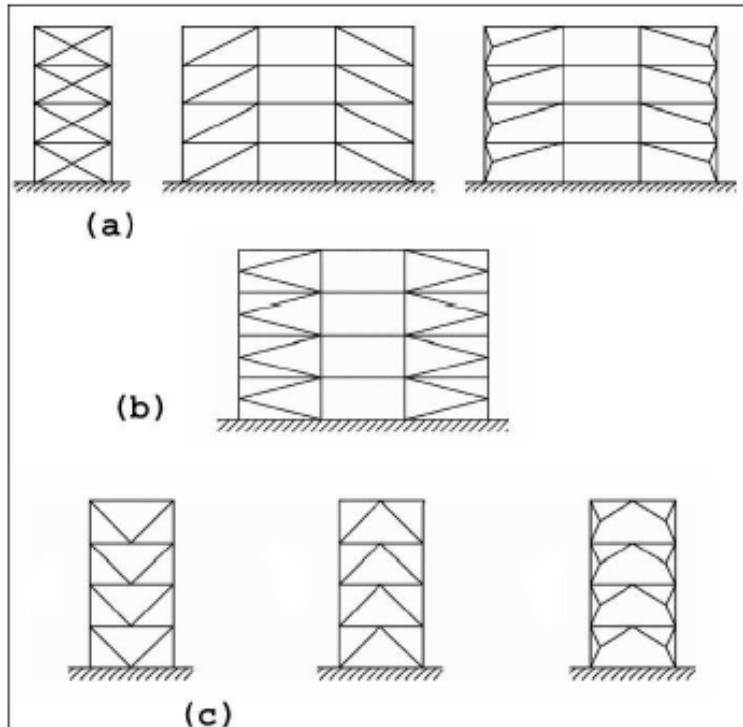
La progettazione del sistema di controventi dovrà essere studiata in modo tale da garantire un comportamento elastico di questi per il sisma di progetto allo SLV. Mentre la struttura può danneggiarsi o meno.

Nei casi di edifici fortemente irregolari, tali interventi dovrebbero garantire il più possibile la **regolarizzazione** del comportamento strutturale, sia in elevazione che in pianta; allo scopo è importante uno studio accurato sulla loro disposizione (distribuzione planimetrica ed altimetrica).

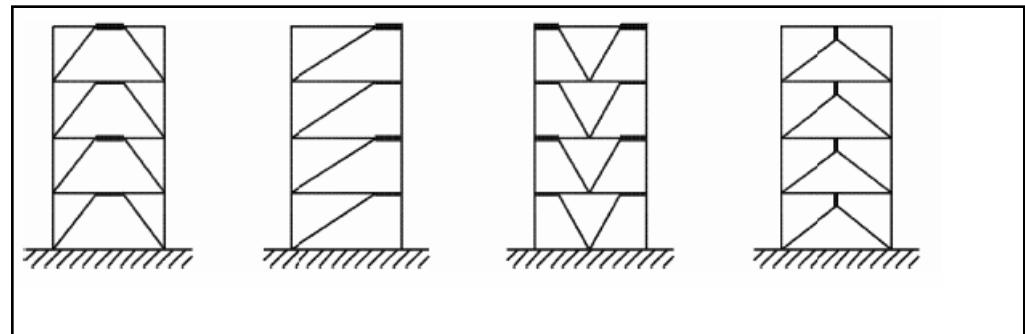
Tecniche convenzionali - Interventi globali

Controventi in acciaio elasticici

concentrici



eccentrici



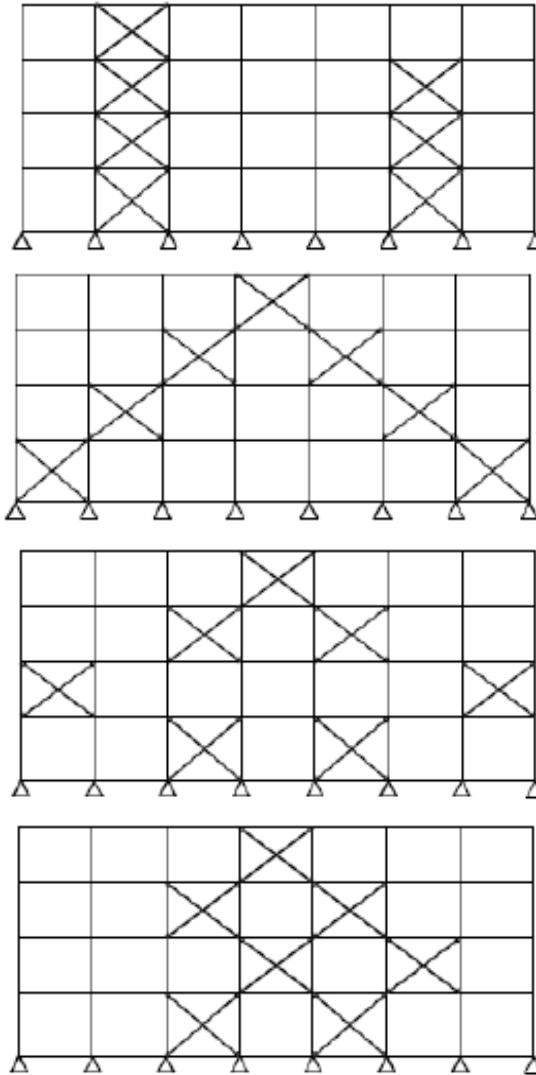
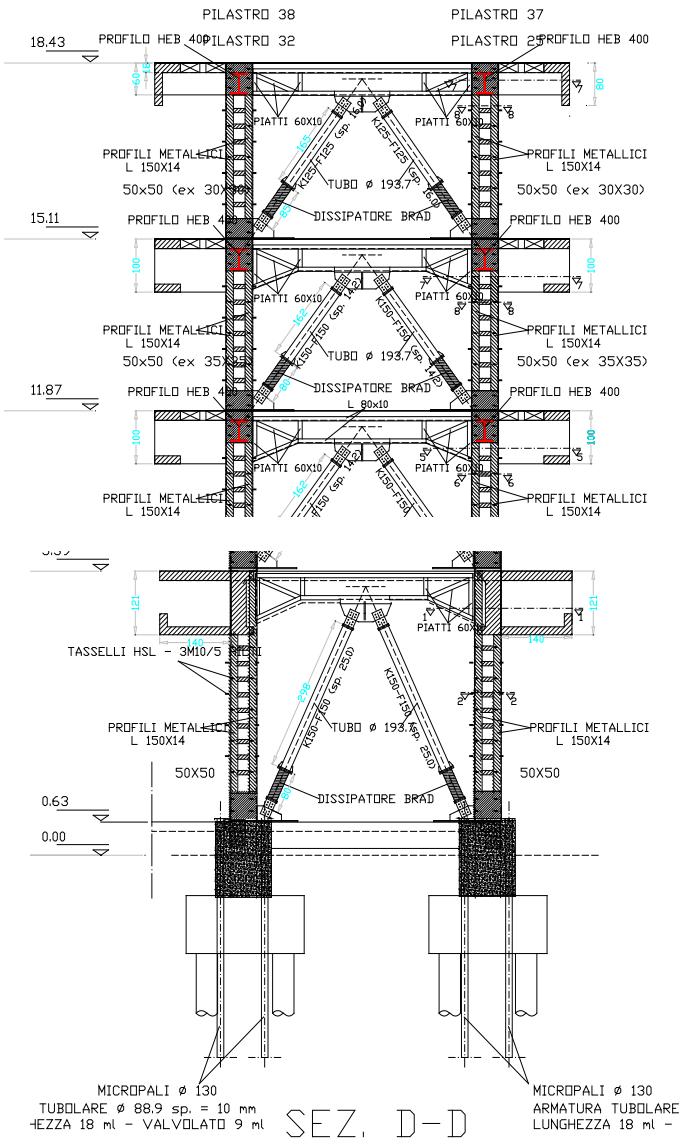
*Esempi di controventi metallici per
l'adeguamento di edifici in cemento armato*



Tecniche convenzionali - Interventi globali

Controventi in acciaio elastici

Interventi di rinforzo su pilastri e fondazioni interessati dai controventi



Aspetti normativi

Interventi: generalità

Tecniche convenzionali - Interventi locali

Tecniche convenzionali - Interventi globali

Tecniche convenzionali - Interventi in fondazione

Tecniche convenzionali – Esempi di interventi globali

Interventi in fondazione

Si richiedono interventi in fondazione quando:

- la fondazione risulta inadeguata a sopportare azioni taglienti e/o flettenti.
- a supporto di interventi di adeguamento strutturale (pareti di taglio, controventi metallici, controventi dissipativi, isolamento alla base, torri dissipative, etc.)

In entrambe queste situazioni l'intervento in fondazione può essere ottenuto con i seguenti metodi (talora anche combinati insieme):

- Interventi lato terreno
- **Interventi lato struttura**

Gli interventi strutturali possono essere distinti in due categorie (come previsto anche da normativa) **indiretti** e **diretti**.

Interventi diretti e indiretti

Interventi indiretti

sono interventi che non agiscono direttamente sulle fondazioni dell'opera, ma modificano le condizioni al contorno (lato struttura o lato terreno) in modo da diminuire i cedimenti.

Rientrano negli interventi indiretti:

- **Variazione dello schema strutturale in elevazione** (ad esempio, realizzare dei giunti che rendano la struttura più deformabile e nel contempo irridiscano la fondazione). In questo caso occorre sempre verificare che a seguito della modifica dello schema strutturale la struttura sia in grado di resistere alle azioni sismiche.
- **Modifica dei carichi all'interno dell'opera** (ad esempio agendo sulla orditura dei solai, o il loro alleggerimento)
- **Iniezione nei terreni di sedime** migliorando le caratteristiche meccaniche del terreno (la loro applicabilità è fortemente influenzata dalle caratteristiche del terreno su cui si va ad intervenire) – Previste dalla circolare
- **Variazione dello stato tensionale del sottosuolo** intervenendo sul livello di falda mediante l'installazione di dreni.

Interventi diretti e indiretti

Interventi diretti

sono interventi che agiscono direttamente sulle fondazioni dell'opera, comportando un rinforzo ed un irrigidimento della struttura fondale dell'edificio. Gli interventi diretti più diffusi risultano:

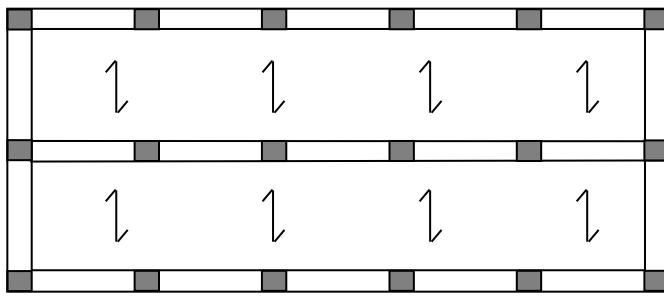
- **Inserimento di cordoli (plinti i solati)** che possono essere solo di collegamento orizzontale tra i plinti oppure rigidi per aumentare il grado di incastro in fondazione;
- **Allargamento della base di fondazione** che consiste nell'aumentare la base di appoggio della fondazione in modo da ridurre il carico trasferito al terreno. Anche in questo caso le modalità esecutive influenzano la buona riuscita dell'intervento.
- **Sottofondazione** che consiste in un **approfondimento del piano di posa** delle fondazioni in uno strato di terreno avente proprietà meccaniche migliori. In genere viene adottata nel caso in cui il piano di posa della fondazione risulta essere poco profondo.
- **Sottofondazioni profonde** che consistono nel realizzare pali e micropali in modo da trasferire in profondità il carico trasmesso dalla struttura. Questa soluzione permette di aumentare la capacità portante e di diminuire drasticamente i cedimenti.

Inserimento cordoli di collegamento

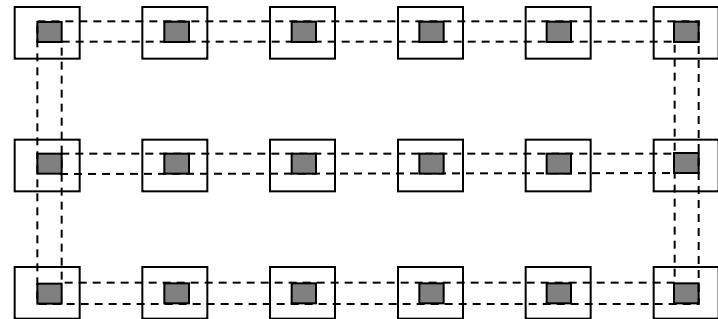
Inserimento di cordoli di collegamento

Questo tipo di intervento in genere viene eseguito su edifici caratterizzati da fondazioni superficiali (plinti o travi rovesce “unidirezionali”) non collegate tra loro o collegate solo nella direzione principale dei telai; questa tipologia di fondazione è ricorrente in edifici aventi telai resistenti orditi in una sola direzione e non progettati con criteri antisismici.

Carpenteria piano tipo in elevazione



Pianta tipo impalcato di fondazione



Problematiche principali

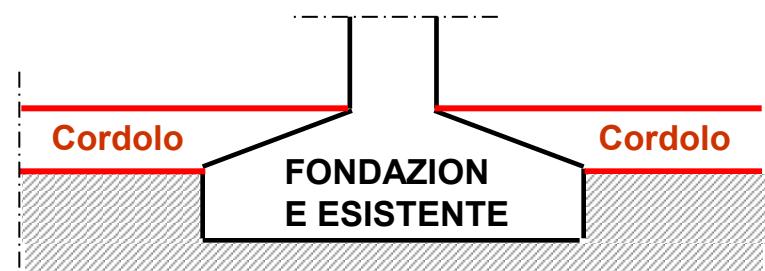
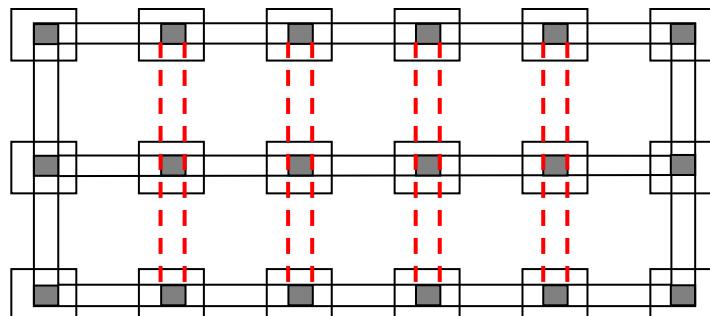
- a) Possibilità di spostamenti residui differenziali a seguito di un evento sismico;
- b) Ridotta diffusione delle forze di taglio su tutti i plinti e quindi sul terreno;
- c) Cedimenti differenziali per carichi in fondazione importanti;
- d) Contenimento limitato della rotazione del plinto di fondazione.

Inserimento cordoli di collegamento

Inserimento di cordoli di collegamento: cordoli flessibili

Questo tipo di intervento consiste nell'inserimento sul piano di fondazione di cordoli di collegamento tra plinti di fondazione dove non sono presenti. Le dimensioni dei cordoli sono ridotte ed hanno il compito principale di eliminare in fase sismica gli spostamenti differenziali alla base dei pilastri.

Pianta tipo impalcato di fondazione



Problematiche non risolte

- c) Cedimenti differenziali per carichi in fondazione importanti;
- d) Contenimento limitato della rotazione del plinto di fondazione.

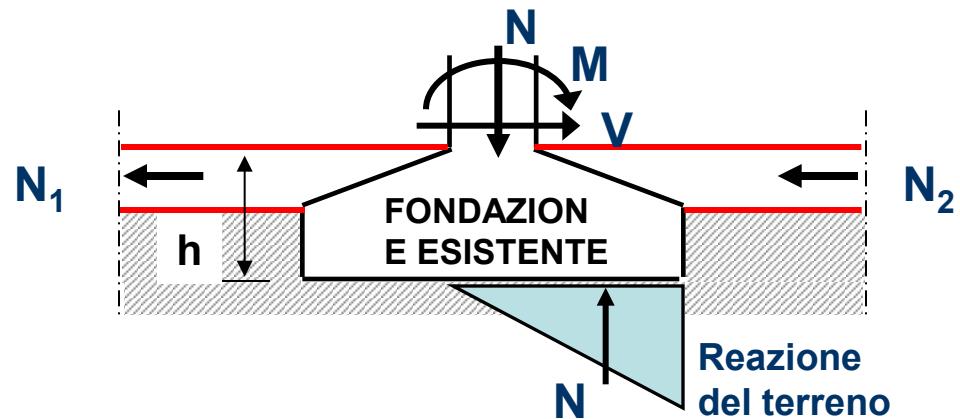
Inserimento cordoli di collegamento

Sollecitazioni di progetto e verifica della fondazione e dei nuovi cordoli e del plinto.

Fondazione

Il plinto è comunque soggetto ad una sollecitazione di pressoflessione che comporta una distribuzione delle tensioni nel terreno non uniformi:

$$N ; \quad M^* = M + Vh ; \quad V^*$$



Cordoli

Il cordolo assume la funzione di collegamento quindi sarà soggetto ad una sollecitazione di compressione / trazione funzione della categoria di suolo e della sollecitazione trasferita dagli elementi da collegare.

$\pm 0,3 N_{sd} a_{max}/g$ (sottosuolo tipo B)

{ $\pm 0,4 N_{sd} a_{max}/g$ (sottosuolo tipo C)

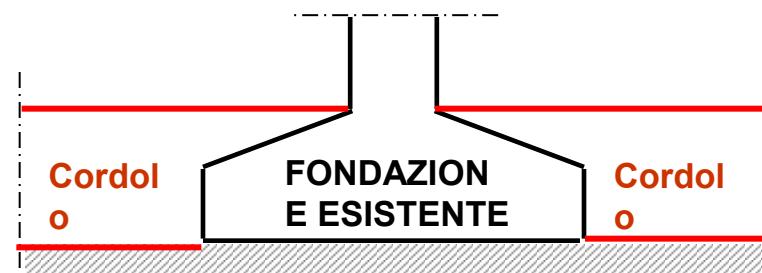
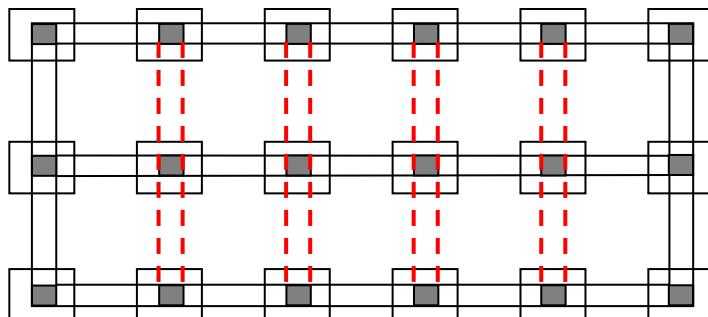
$\pm 0,6 N_{sd} a_{max}/g$ (sottosuolo tipo D)

Inserimento cordoli di collegamento

Inserimento di cordoli di collegamento: cordoli rigidi

Questo tipo di intervento consiste nell'inserimento sul piano di fondazione di cordoli rigidi di collegamento tra plinti di fondazione dove non sono presenti. Le dimensioni dei cordoli in questo caso sono importanti ed hanno il compito di eliminare in fase sismica gli spostamenti differenziali alla base dei pilastri, limitare i cedimenti differenziali e di fornire un buon vincolo alla base del pilastro.

Pianta tipo impalcato di fondazione



Attenzione

Verificare l'efficacia dei cordoli esistenti, se presenti, in termini di rigidezza rotazionale.

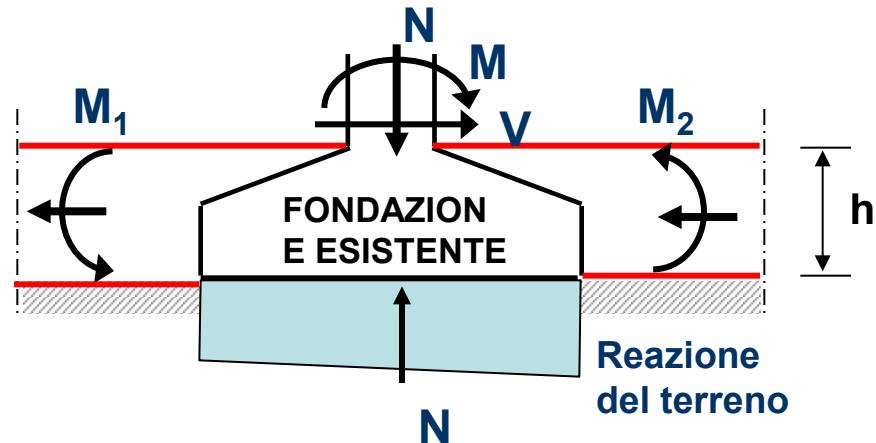
Inserimento cordoli di collegamento

Sollecitazioni di progetto e verifica della fondazione e dei nuovi cordoli e del plinto.

Fondazione

Il plinto è comunque soggetto ad una sollecitazione di pressoflessione ridotta o quasi assente (derivante dalla configurazione precedente all'intervento) mentre le sollecitazioni flettenti dovute al sisma sono prese in carico dai cordoli di collegamento.

$$N ; \quad M^*_{(c.v.)} = M_{(c.v.)} + V_{(c.v.)} h ; \quad V^*$$



Cordoli

Il cordolo assume oltre che la funzione di collegamento anche la funzione irrigidente e di vincolo alla base dei pilastri. Le sollecitazioni flettenti prodotte dal sisma vengono assorbite completamente da quest'ultimi

$$\left. \begin{array}{l} \pm 0,3 N_{sd} a_{max}/g \text{ (sottosuolo tipo B)} \\ \pm 0,4 N_{sd} a_{max}/g \text{ (sottosuolo tipo C)} \\ \pm 0,6 N_{sd} a_{max}/g \text{ (sottosuolo tipo D)} \end{array} \right\}$$

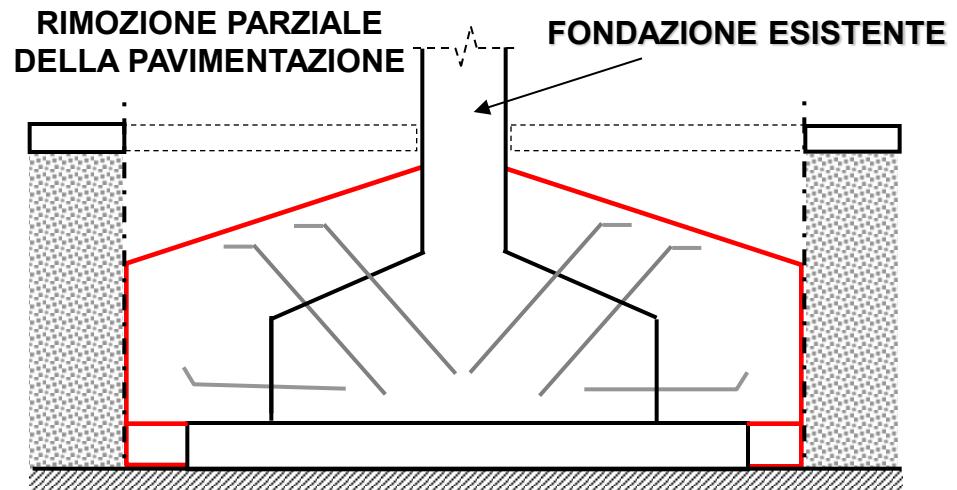
$$M^*_{(SIS)} = M_{(SIS)} + V_{(SIS)} h$$

Allargamento della base del plinto

Allargamento della base del plinto (con eventuale approfondimento del piano di posa)

Questo intervento consiste nell'allargamento della base di fondazione superficiale. Le fasi di esecuzione prevedono la demolizione di una porzione significativa della pavimentazione ed è quindi un intervento abbastanza invasivo e costoso.

L'intervento prevede l'inghisaggio di barre di armatura nel plinto con malte cementizie o resine, così da permettere il trasferimento del carico dalla fondazione esistente alla porzione di nuova esecuzione. Nella nuova parte si prevede una armatura aggiuntiva in modo da ottenere un comportamento monolitico.



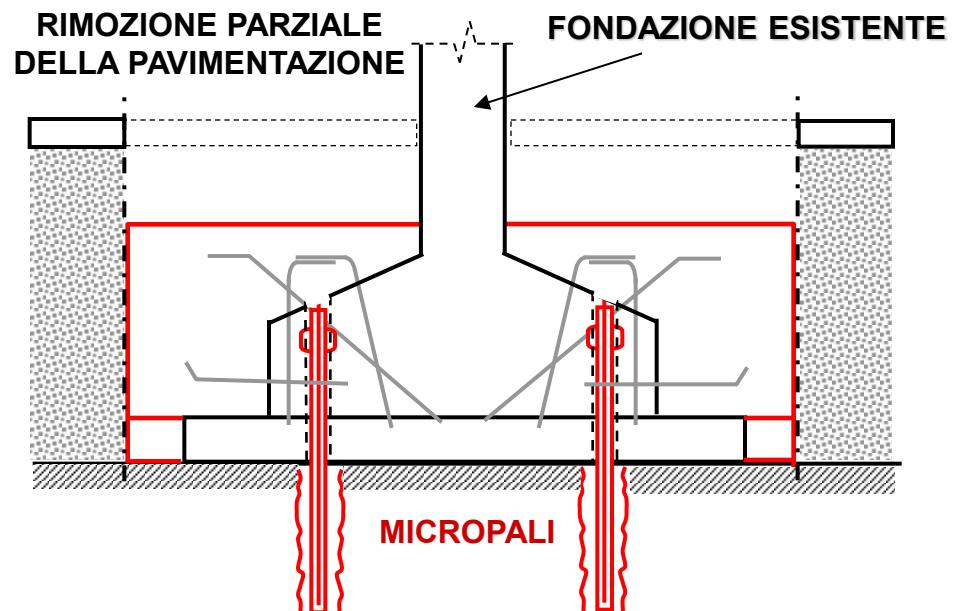
Questo intervento consente un incremento della sicurezza della fondazione nei confronti del collasso sia per carico limite dell'insieme fondazione-terreno sia per scorrimento sul piano di posa

Sottofondazione con micropali

Sottofondazione con micropali

Questo intervento ha per obiettivo il trasferimento dei carichi in profondità e il miglioramento del vincolo al piede del pilastro. L'intervento risulta molto invasivo, costoso, di non facile esecuzione e richiede:

- (a) la demolizione di una porzione significativa della pavimentazione e la messa a nudo del plinto esistente.
- (b) l'esecuzione di micropali (in genere 2-4 per ogni plinto di fondazione).
- (c) la realizzazione di un “cappello” in calcestruzzo armato, collegato alla fondazione esistente.



In questo caso le verifiche progettuali da effettuare devono corrispondere a quelle richieste dalle NTC 2018 per le fondazioni profonde (cfr. Par. 6.4.3 “Fondazioni su pali”, NTC 2008). I micropali possono essere anche leggermente inclinati.

Sottofondazione con micropali

Le verifiche di sicurezza dei micropali vengono affrontate seguendo le indicazioni previste dalla normativa NTC2018. In particolare:

Le verifiche di sicurezza vengono condotte per gli stati limite ultimi (SLU) con il rispetto della condizione:

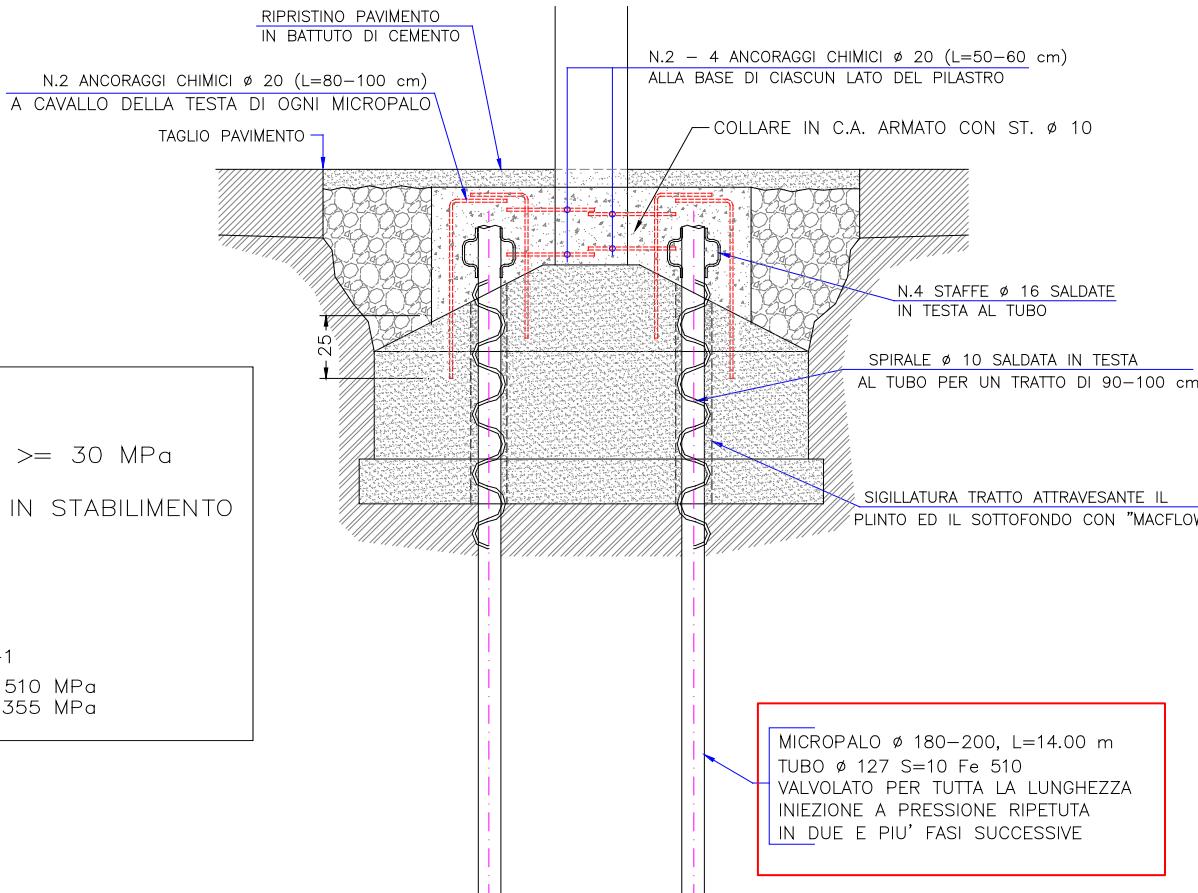
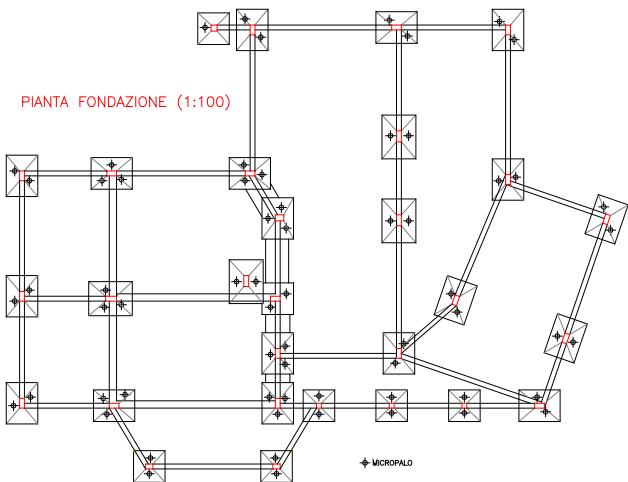
$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione valutato direttamente come $\underline{E_d = E_k \cdot \gamma_E}$
e R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico valutata come $\underline{R_d = R / \gamma_R}$

Verifiche da effettuare:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO)*
collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali (micropali);
condotta con la combinazione 2 dell'approccio 1 (A2+M1+R2)
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
raggiungimento della resistenza dei pali (micropali);
condotta con la combinazione 1 dell'approccio 1 (A1+M1+R1)

Sottofondazione con micropali



MATERIALI

CALCESTRUZZO: C 25/30 – RCK >= 30 MPa

ACCIAIO: "B450C" CONTROLLATO IN STABILIMENTO
 $1,15 \leq (f_t/f_y)_k \leq 1,35$

ACCIAIO PER MICROPALI:

"S 355 H" – UNI EN 10210-1

Tensione di rottura 510 MPa
 Tensione di snervamento 355 MPa

PARTICOLARE INTERVENTO TIPO (1:25)

Interventi diretti: edifici in c.a.

Sottofondazione con micropali



Aspetti normativi

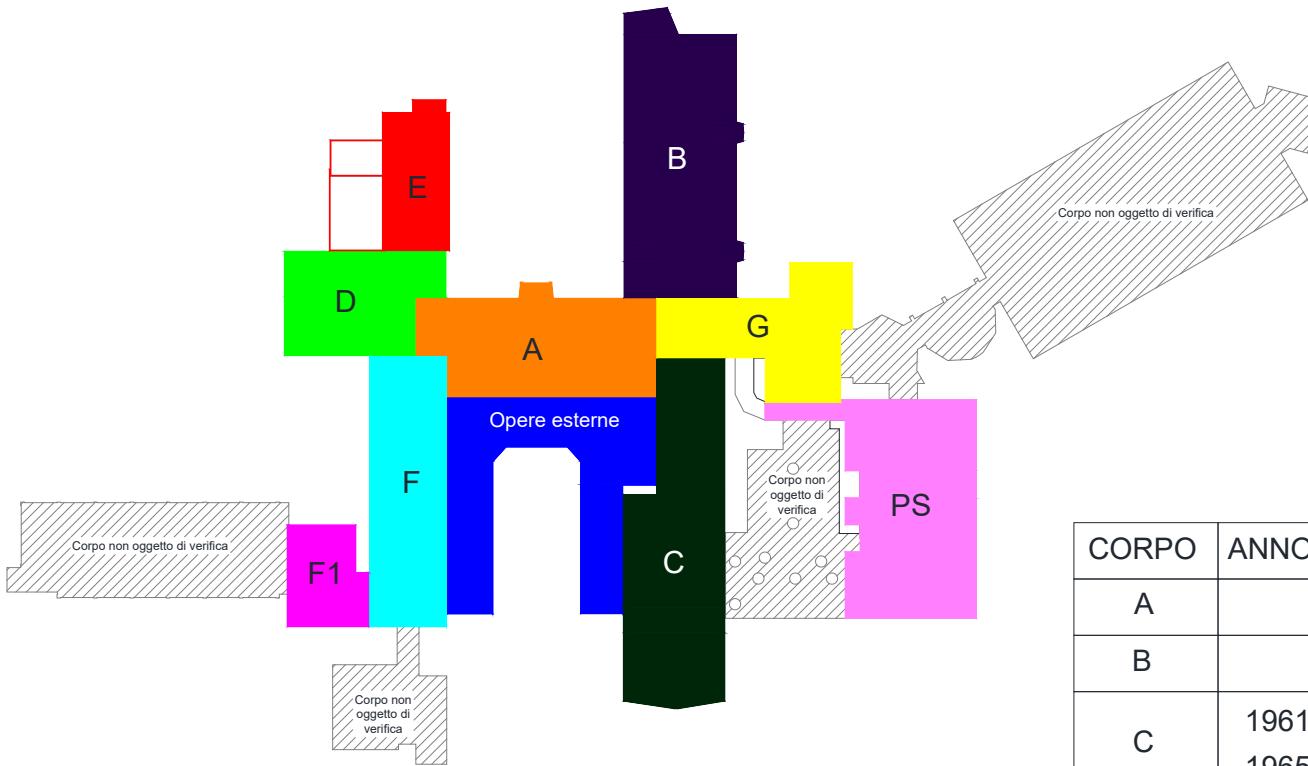
Interventi: generalità

Tecniche convenzionali - Interventi locali

Tecniche convenzionali - Interventi globali

Tecniche convenzionali - Interventi in fondazione

Tecniche convenzionali – Esempi di interventi globali



CORPO	ANNO DI COSTRUZIONE	TIPOLOGIA
A	1961-1965	Struttura a telaio in c.a.
B	1961-1965	Struttura a telaio in c.a.
C	1961-1965 (fondazioni) 1965-1972 (elevazione)	Struttura a telaio in c.a.
D	1961-1965	Struttura a telaio in c.a.
E	1961-1965	Struttura a telaio in c.a.
F	1961-1965 (fondazioni) 1965-1972 (elevazione)	Struttura a telaio in c.a.
F1	1972 -1974	Struttura a telaio in c.a.
G	1948	Muratura
P.S.	1980 - 1982	Struttura a telaio in c.a.
Opere esterne	1967 - 1968	Struttura a telaio in c.a.

Rilievi ed indagini

La documentazione agli atti metteva già in evidenza la *criticità sulle strutture in c.a.* nelle prime due elevazioni dei corpi D – E. Il Collaudatore Statico infatti dichiarava:

"STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO – Dopo un periodo iniziale controverso per inerti non ben lavati e per eccedenza di acqua negli impasti, periodo durante il quale è intervenuto anche l'Ufficio del Genio Civile di Pesaro e la D.L. ha emesso al riguardo gli ordini di servizio n.1 in data 31.7.1961, n.2 in data 8.9.1961 e n.3 in data 21.9.1961, successivamente i getti delle strutture in cemento armato hanno avuto corso regolare. Per quanto riguarda però detto primo periodo, in relazione agli accertamenti fatti, si sono resi necessari interventi per il risanamento di alcune strutture: pilastri I e II ordine dei lotti D e E e relative travi del 3° e 2° seminterrato (quote -10,50 e -7,52) con rinforzo di dette strutture (risanamento) mediante costruzione di tamponamenti in muratura di mattoni pieni a 3 teste e 2 teste in luogo di mattoni forati ad 1 o $\frac{1}{2}$ testa e messa in opera, sotto le travature, di travi in ferro a doppio T. Tali modifiche non portavano pregiudizio funzionale all'opera e le maggiori quantità restavano a carico dell'impresa."



Trave di rinforzo in ferro a doppio T



Pilastri in muratura a sostegno



Degrado cls e armature

Prima campagna di indagini (2010)

Rilievi ed indagini

Corpo D (1961-1965) - ESITI DELLA PROVA										
n.	Dimensioni			Area compressa (mm ²)	Massa volumica (Kg/m ³)	Carico rottura (KN)	Resistenza unitaria (N/mm ²)	Modalità rottura	Rettifica	Data Prova
	Ø diam. (mm)	H (mm)	Ø/H							
	(mm)	(mm)								
9	103,43	104,95	0,99	8402,00	2100	39,0	4,50	R	Rc	26-apr-10
10	103,24	104,21	0,99	8371,16	2070	56,0	6,50	R	Rc	26-apr-10
11	103,31	104,63	0,99	8382,52	2110	37,0	4,50	R	Rc	26-apr-10
12	103,38	103,89	1,00	8394,42	2100	57,5	7,00	R	Rc	26-apr-10
13	103,65	103,36	1,00	8437,24	2050	85,5	10,00	R	Rc	26-apr-10

$R_{cm}=6,5 \text{ MPa}$

Corpo A (1961-1965) - ESITI DELLA PROVA										
n.	Dimensioni			Area compressa (mm ²)	Massa volumica (Kg/m ³)	Carico rottura (KN)	Resistenza unitaria (N/mm ²)	Modalità rottura	Rettifica	Data Prova
	Ø diam. (mm)	H (mm)	Ø/H							
	(mm)	(mm)								
1	103,54	105,09	0,99	8419,34	2070	41,5	5,00	R	Rc	26-apr-10
2	103,40	105,00	0,98	8397,67	2030	62,5	7,50	R	Rc	26-apr-10
3	103,73	103,97	1,00	8450,82	1990	85,0	10,00	R	Rc	26-apr-10

$R_{cm}=8,5 \text{ MPa}$

Corpo A (1961-1965) estensione indagine - ESITI DELLA PROVA										
n.	Dimensioni			Area compressa (mm ²)	Massa volumica (Kg/m ³)	Carico rottura (KN)	Resistenza unitaria (N/mm ²)	Modalità rottura	Rettifica	Data Prova
	Ø diam. (mm)	H (mm)	Ø/H							
	(mm)	(mm)								
4	103,53	104,08	0,99	8418,80	2270	66,5	8,00	R	Rc	30-giu-10
5	104,06	104,05	1,00	8504,13	2170	93,4	11,00	R	Rc	30-giu-10
6	104,17	104,31	1,00	8523,21	2180	79,3	9,50	R	Rc	30-giu-10

- Le prove confermano le già note criticità strutturali dei corpi D e A
- Le resistenze medie risultano inferiori al minimo strutturale di 12 MPa prescritto dal R.D. 16/11/1939 n. 2229 (norma in vigore all'epoca della costruzione).

Rilievi ed indagini

Seconda campagna di indagine sul corpo A (2013)

Risultati delle prove a COMPRESSIONE (UNI EN 12390-3:2009)

su n. 15 provini cilindrici prelevati da elementi strutturali in calcestruzzo armato

Corpo A

Contr. provino	Piano	Peso provino (N)	D (mm)	H (mm)	Mv (kN/m ³)	H/D	Ac (mm ²)	F (N)	fc (N/mm ²)	Rc (N/mm ²)	TR	CB _{max} (mm)
Pil. 18	2° Seminterrato	28,3	94	188	21,71	2,0	6939,78	26000	3,7	4,5	S	30
Pil. 17	1° Seminterrato	26,6	94	188	20,36	2,0	6939,78	17000	2,4	3,0	S	45
Pil. 24		13,2	94	94	20,17	1,0	6939,78	20000	2,9	2,9	S	25
Pil. 11	Terra	27,8	94	188	21,31	2,0	6939,78	54000	7,8	9,4	S	40
Pil. 27		28,2	94	188	21,58	2,0	6939,78	114000	16,4	19,8	S	25
Pil. 13	1°	27,4	94	188	20,97	2,0	6939,78	64000	9,2	11,1	S	10
Pil. 26		27,3	94	188	20,90	2,0	6939,78	139000	20,0	24,1	S	10
Pil. 12	2°	26,8	94	188	20,54	2,0	6939,78	42000	6,1	7,3	S	20
Pil. 27		26,6	94	188	20,38	2,0	6939,78	64000	9,2	11,1	S	30
Pil. 17	3°	27,0	94	188	20,69	2,0	6939,78	41000	5,9	7,1	S	25
Pil. 23		27,7	94	188	21,23	2,0	6939,78	64000	9,2	11,1	S	20
Tr. 24-25	1° Seminterrato	14,2	94	94	21,81	1,0	6939,78	72000	10,4	10,4	S	25
Tr. 22-23	Terra	27,0	94	188	20,69	2,0	6939,78	46000	6,6	8,0	S	30
Tr. 16-17	1°	27,4	94	188	21,02	2,0	6939,78	38000	5,5	6,6	S	20
Tr. 13-14	3°	26,6	94	188	20,37	2,0	6939,78	57000	8,2	9,9	S	30

Problema dei giunti

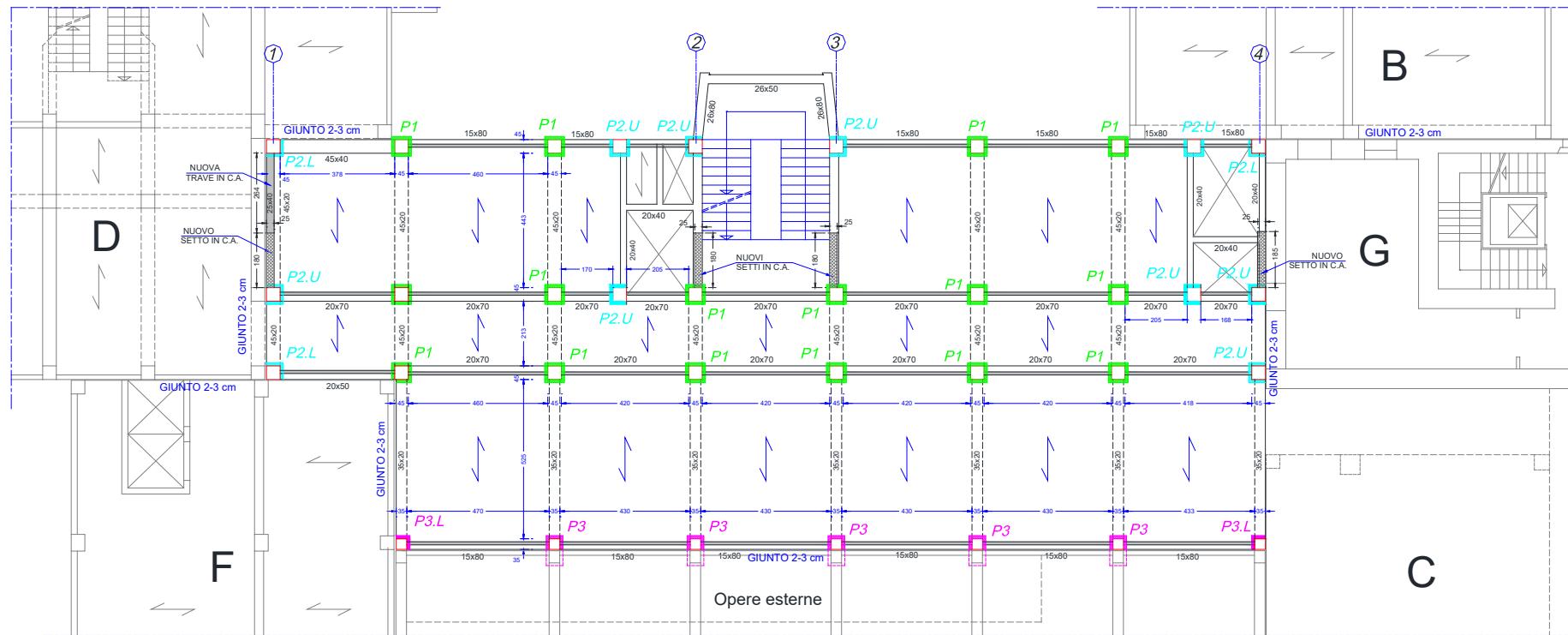
Tutti i corpi di fabbrica oggetto di verifica sismica sono separati da giunti tecnici non adeguati sismicamente.



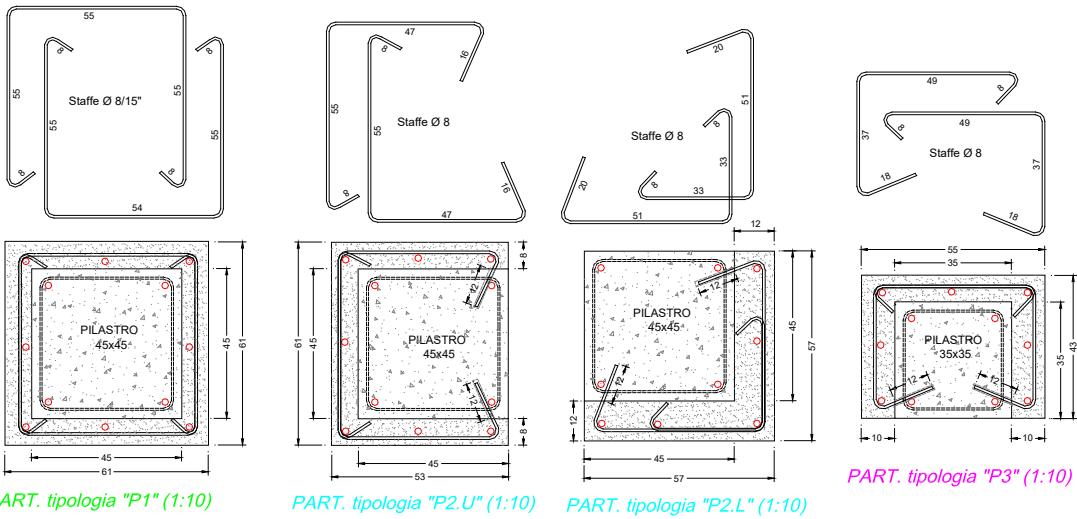
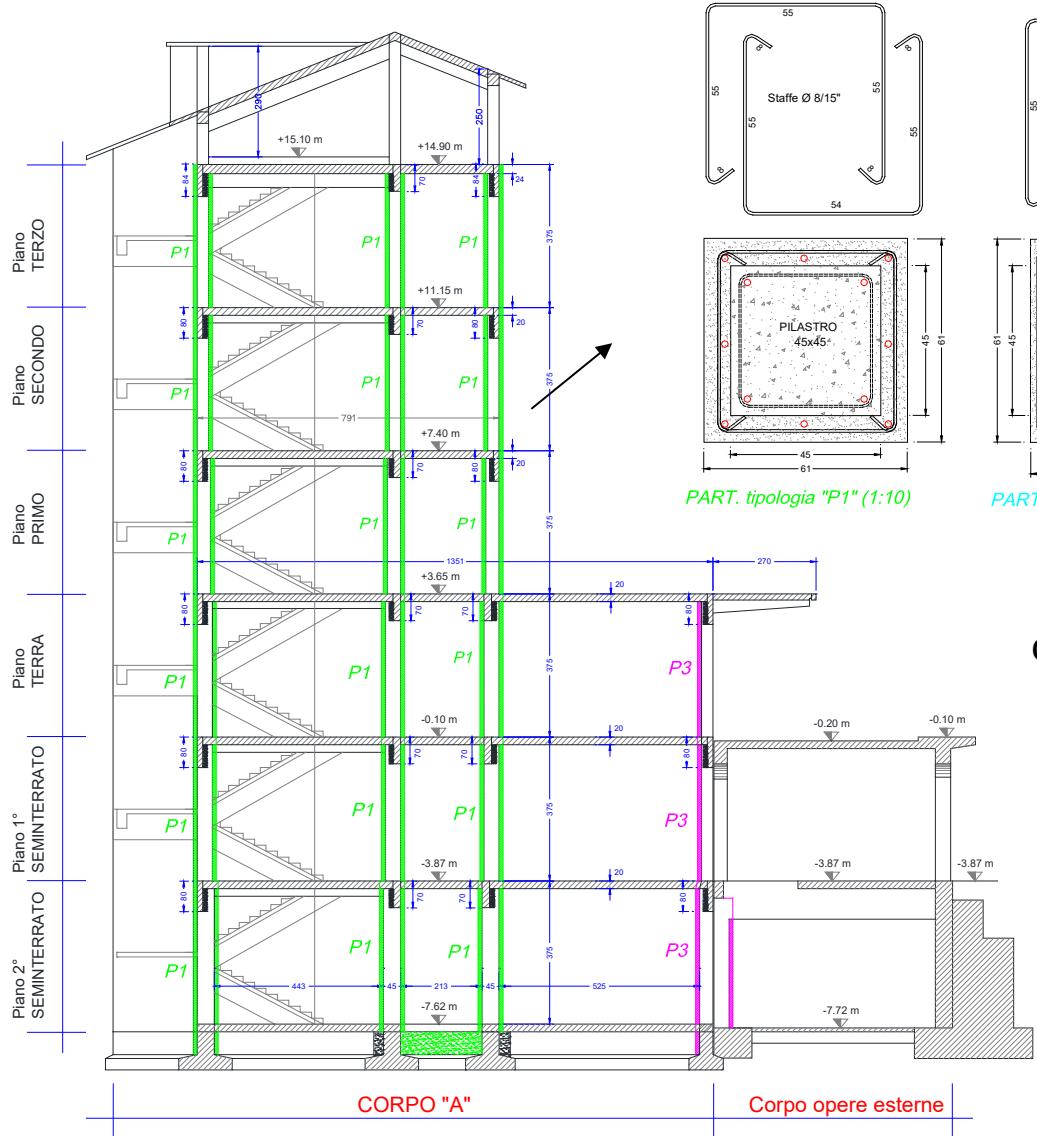
Intervento di somma urgenza (corpo A)

Il progetto prevede:

- Lavori di somma urgenza: rinforzo di pilastri e travi ai piani seminterrati
- Lavori di seconda fase: completamento lavori di rinforzo travi e pilastri e realizzazione di setti in direzione trasversale (i telai esistenti sono solo in direzione longitudinale).

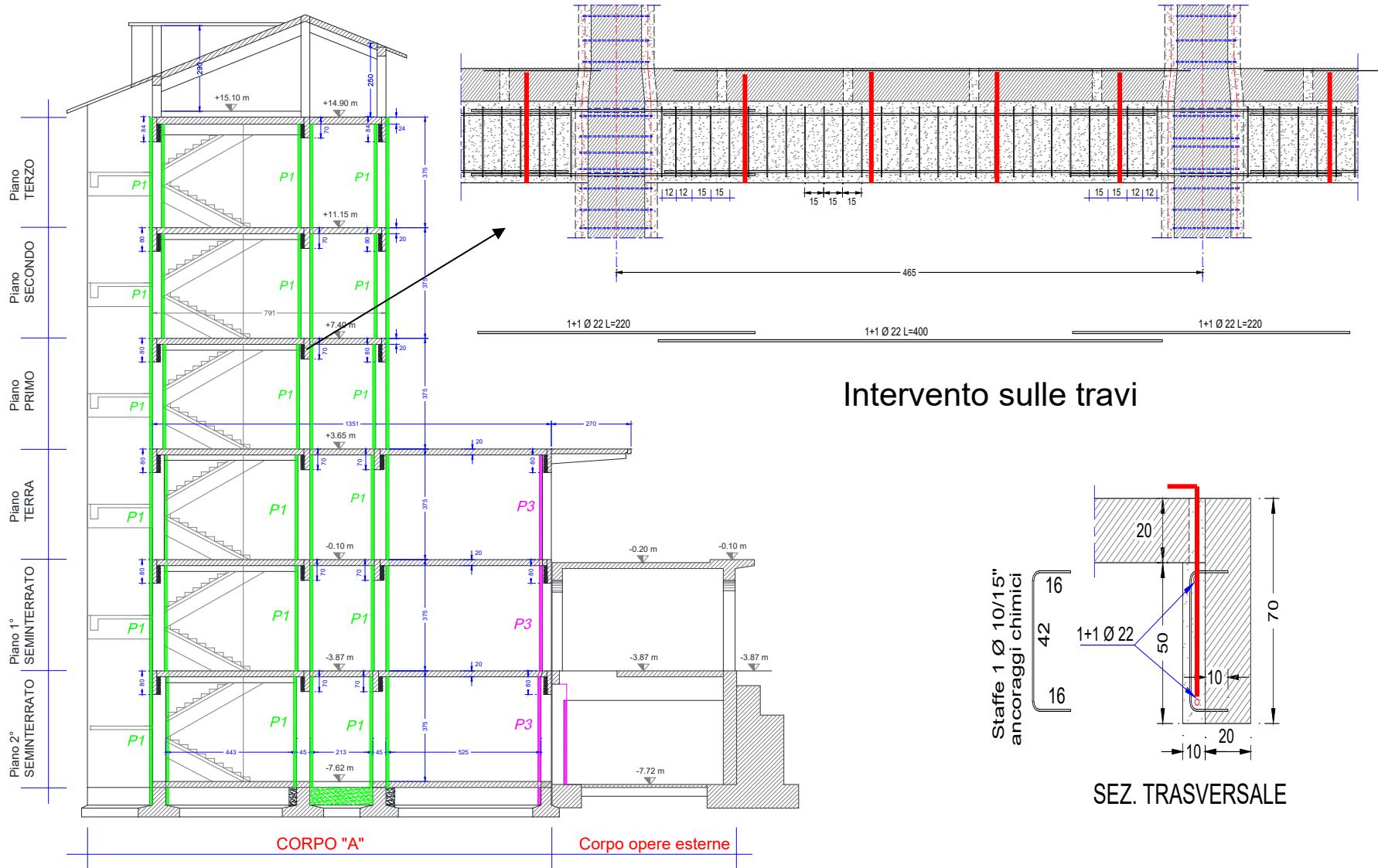


Intervento di somma urgenza (corpo A)



Intervento sui pilastri
con betoncino EMACO (Rck=55 Mpa)

Intervento di somma urgenza (corpo A)

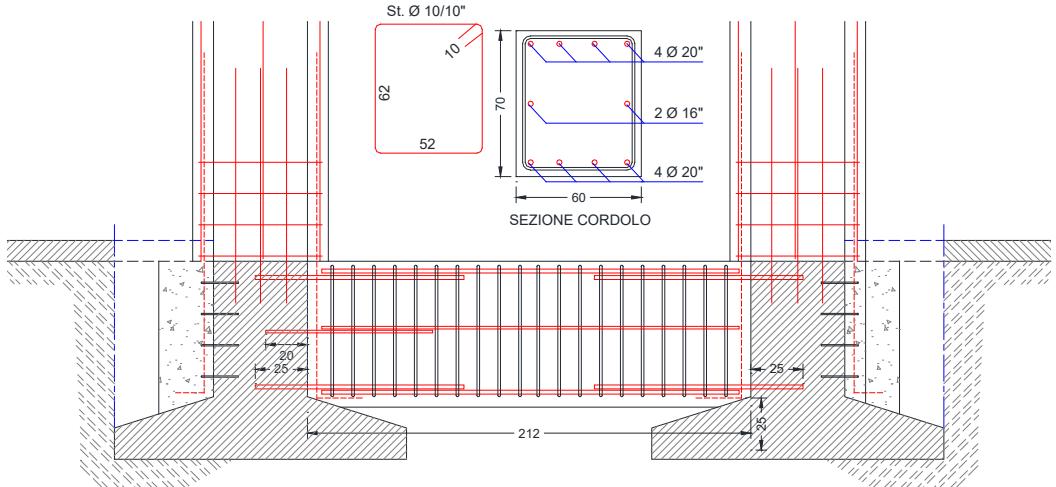
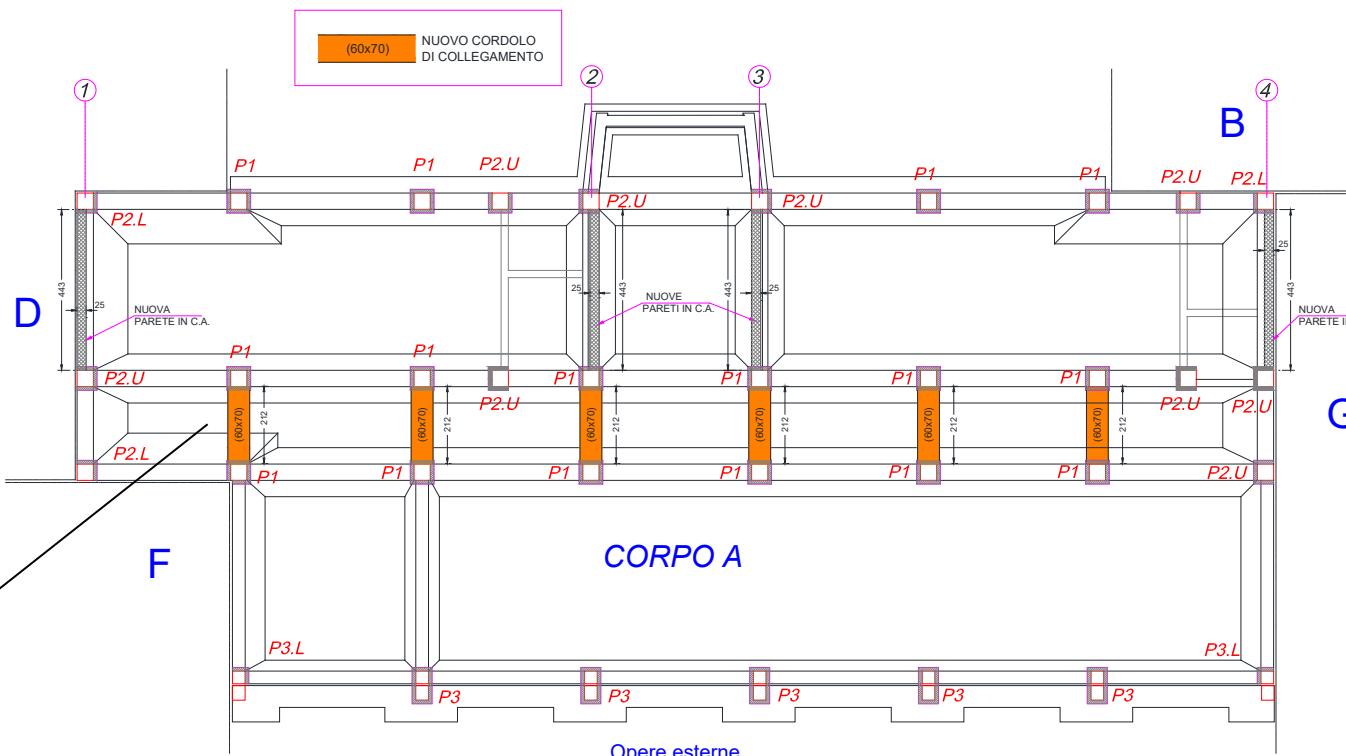


Intervento di somma urgenza (corpo A)

Intervento in fondazione

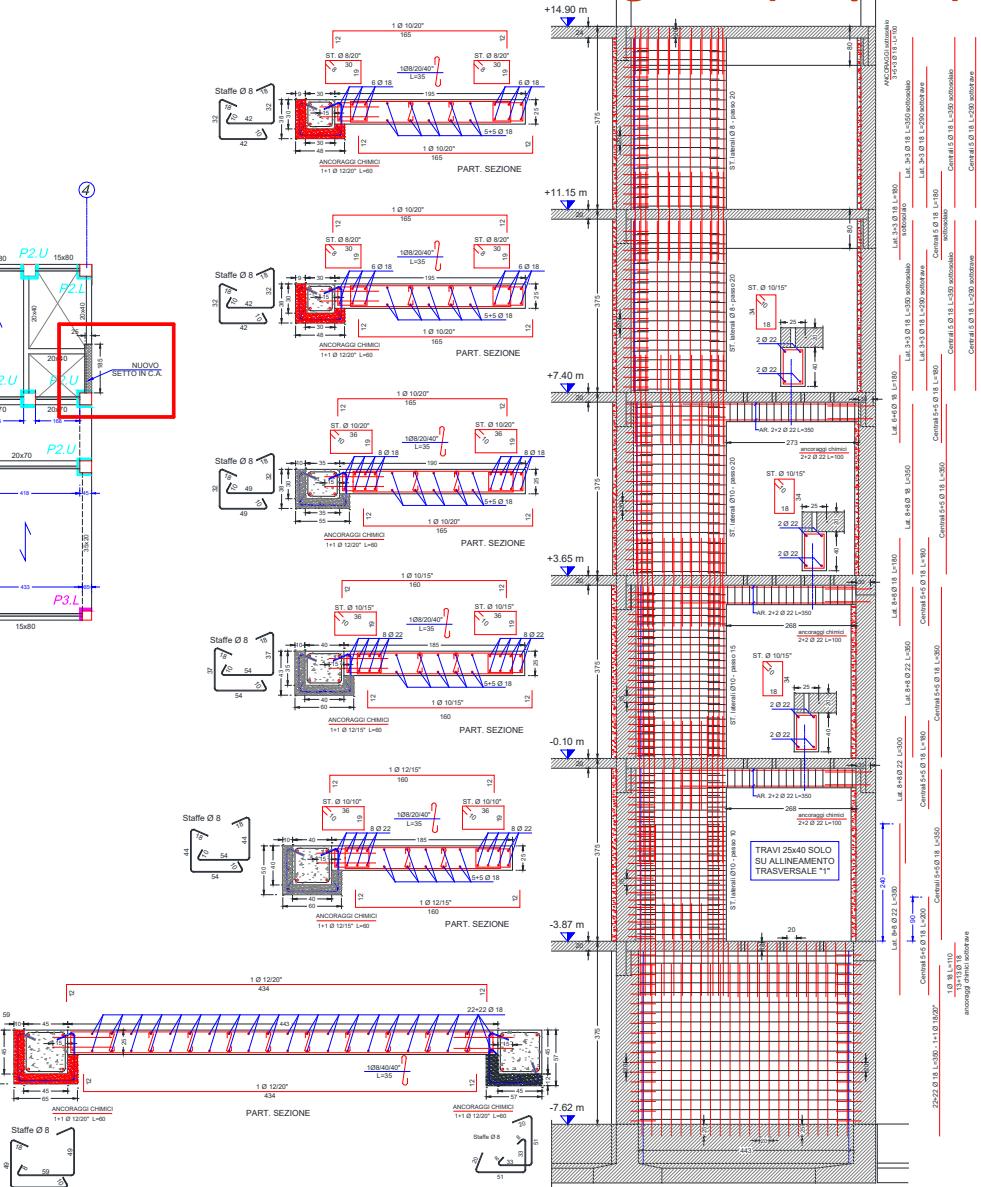
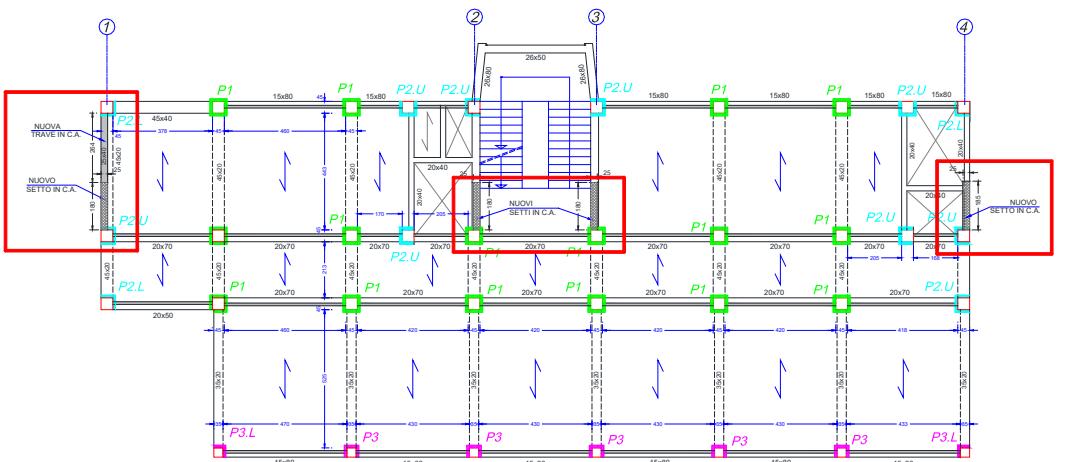
Pianta fondazioni

Travi di collegamento

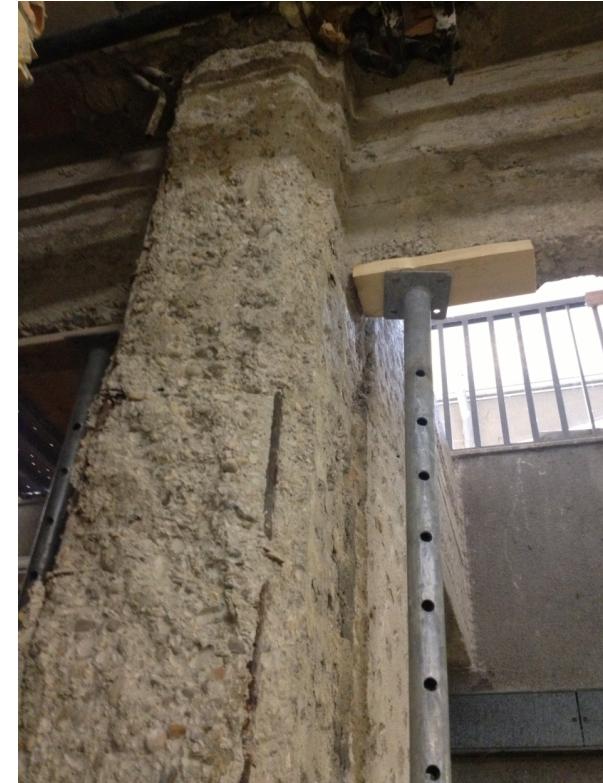


Intervento di somma urgenza (corpo A)

Inserimento pareti



PART. ARMATURA TIPO NUOVI SETTI (1:25)
ALLINEAMENTI TRASVERSALI: 1, 2, 3, 4



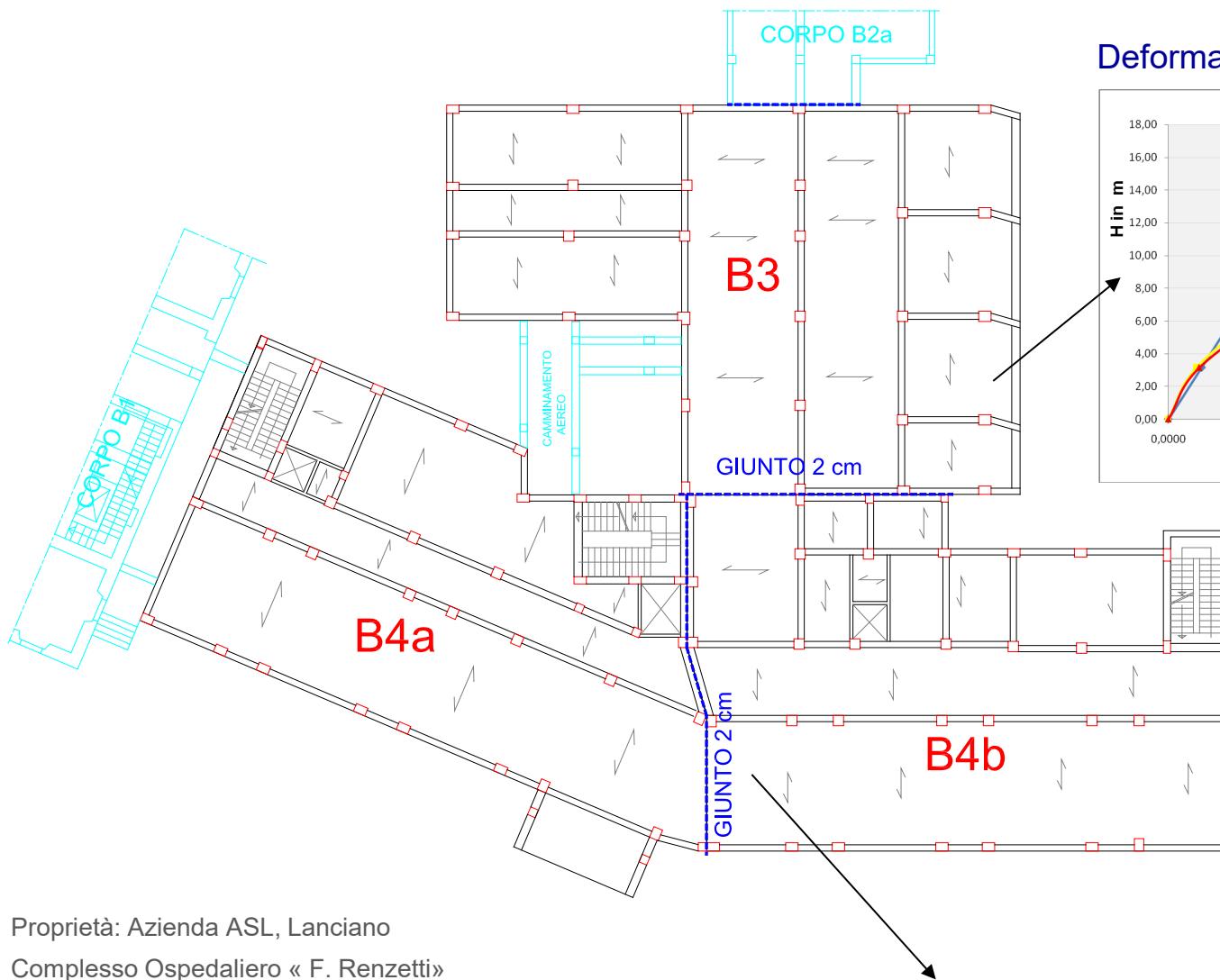




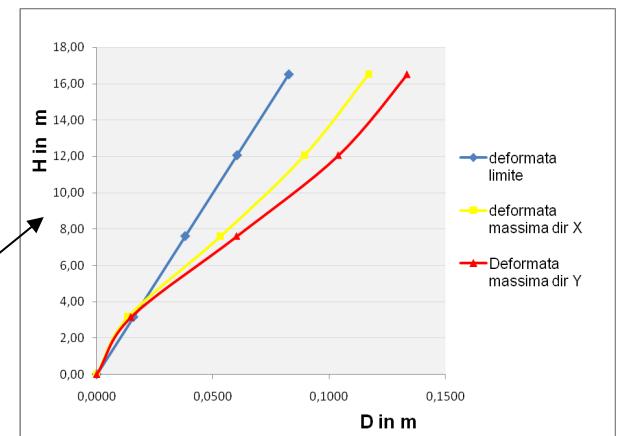




Stato di fatto



Deformabilità eccessiva (SLD)

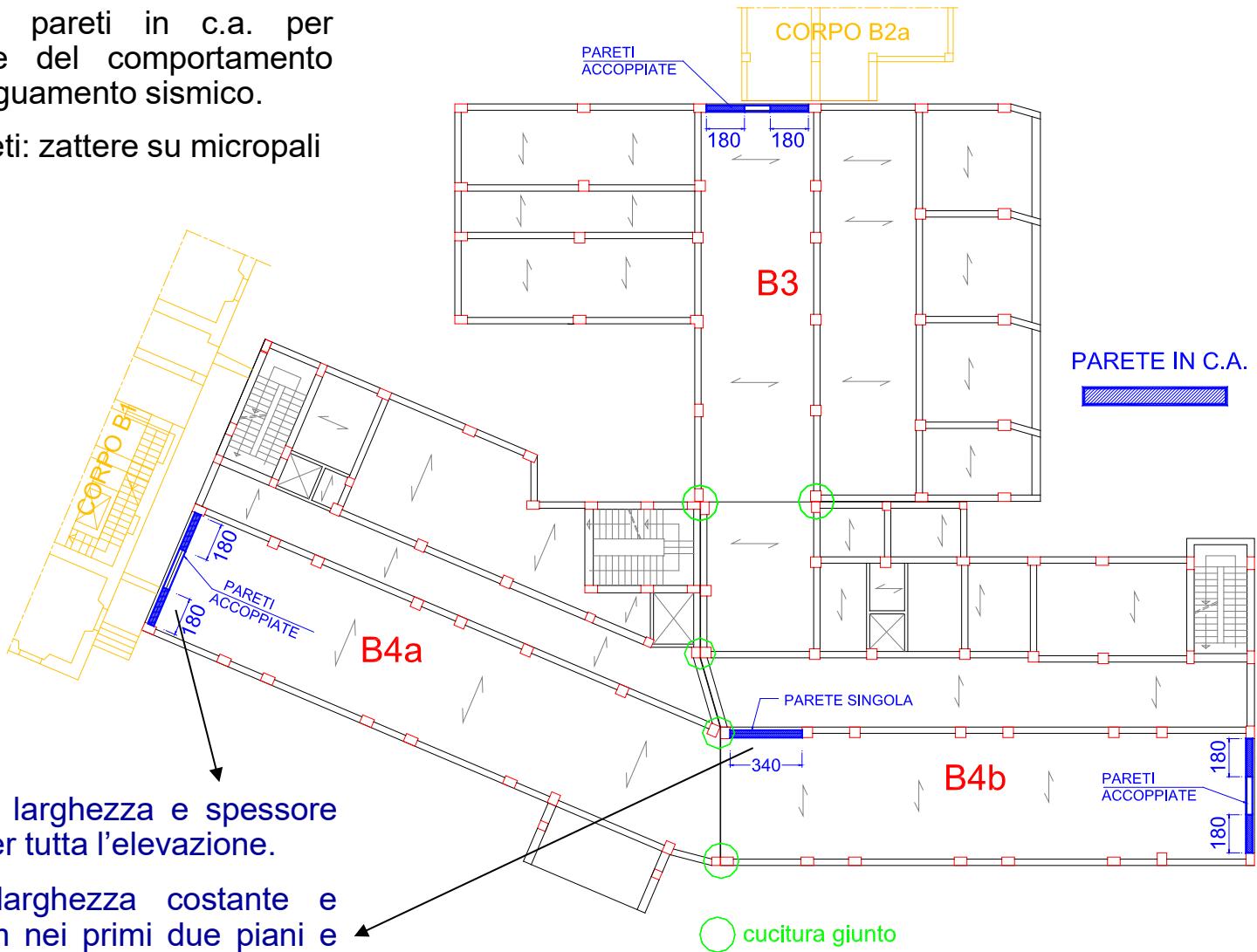


Proprietà: Azienda ASL, Lanciano
 Complesso Ospedaliero « F. Renzetti »
 Verifica sismica: Seitec Srl

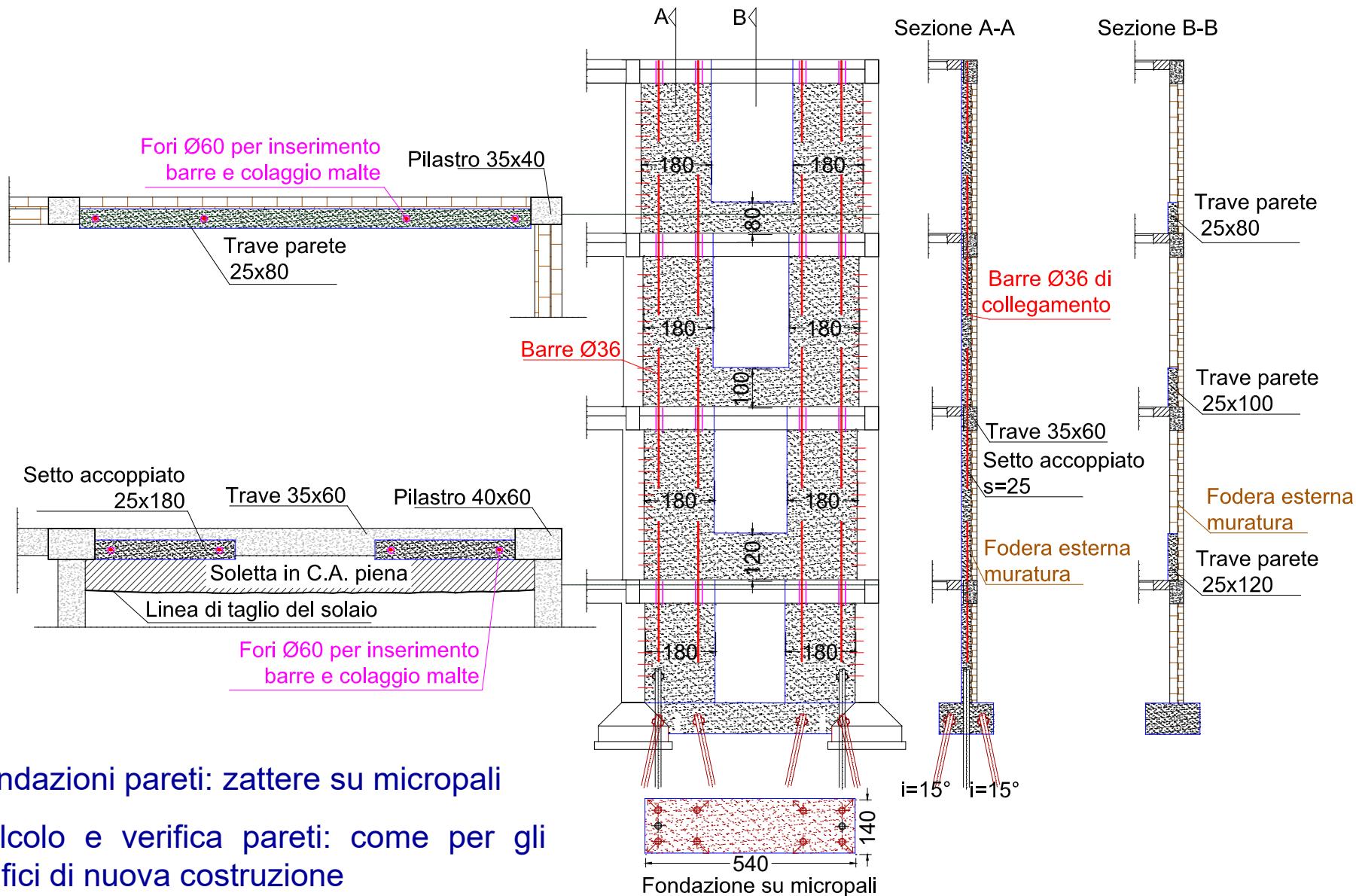
Giunti insufficienti

Ipotesi di intervento

- Cucitura dei giunti
- Inserimento di pareti in c.a. per regolarizzazione del comportamento dinamico e adeguamento sismico.
- Fondazioni pareti: zattere su micropali



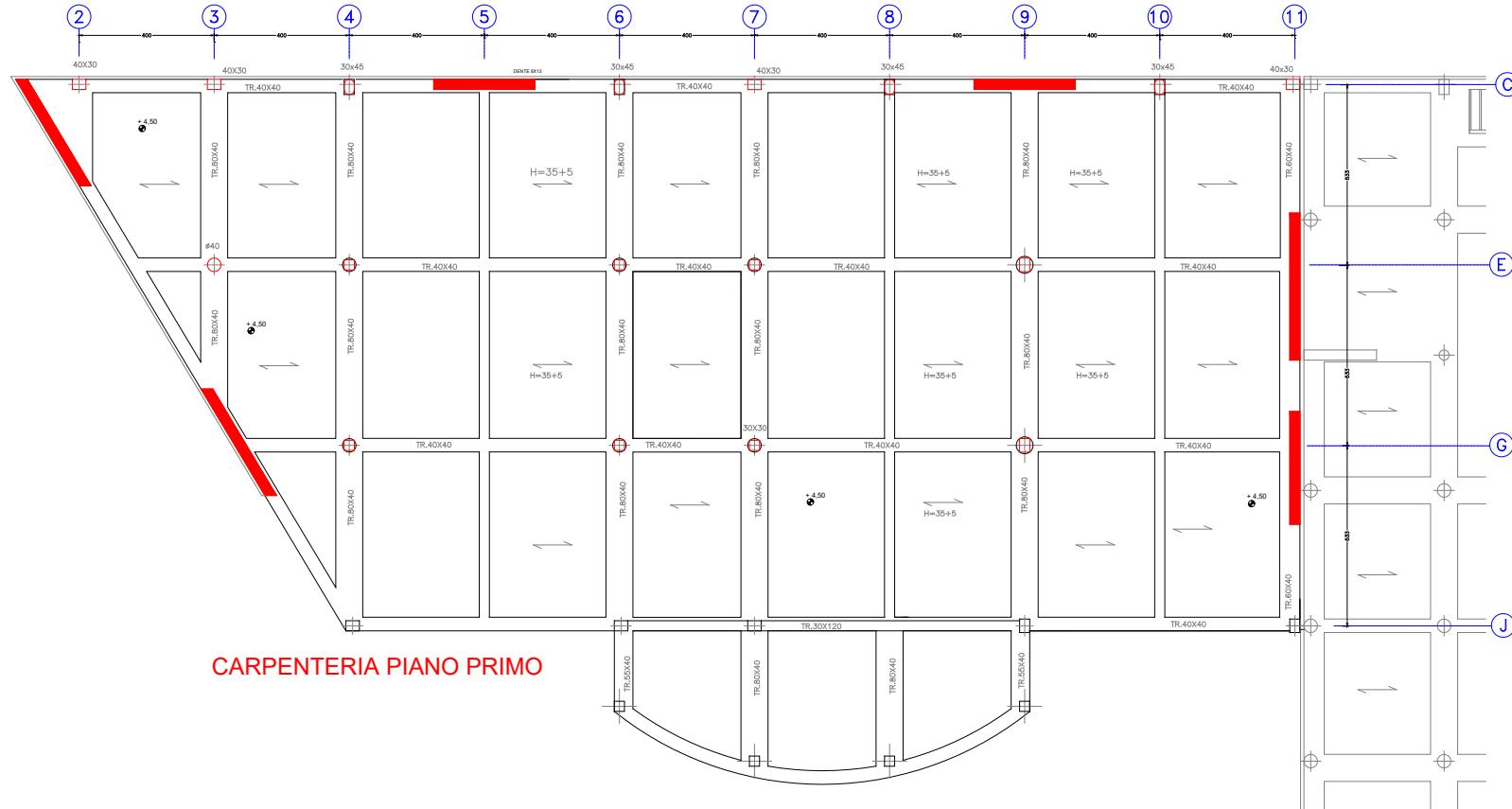
Particolare parete



Fondazioni pareti: zattere su micropali

Calcolo e verifica pareti: come per gli edifici di nuova costruzione

Struttura mista telaio pareti



Non regolare distribuzione delle rigidezze in pianta

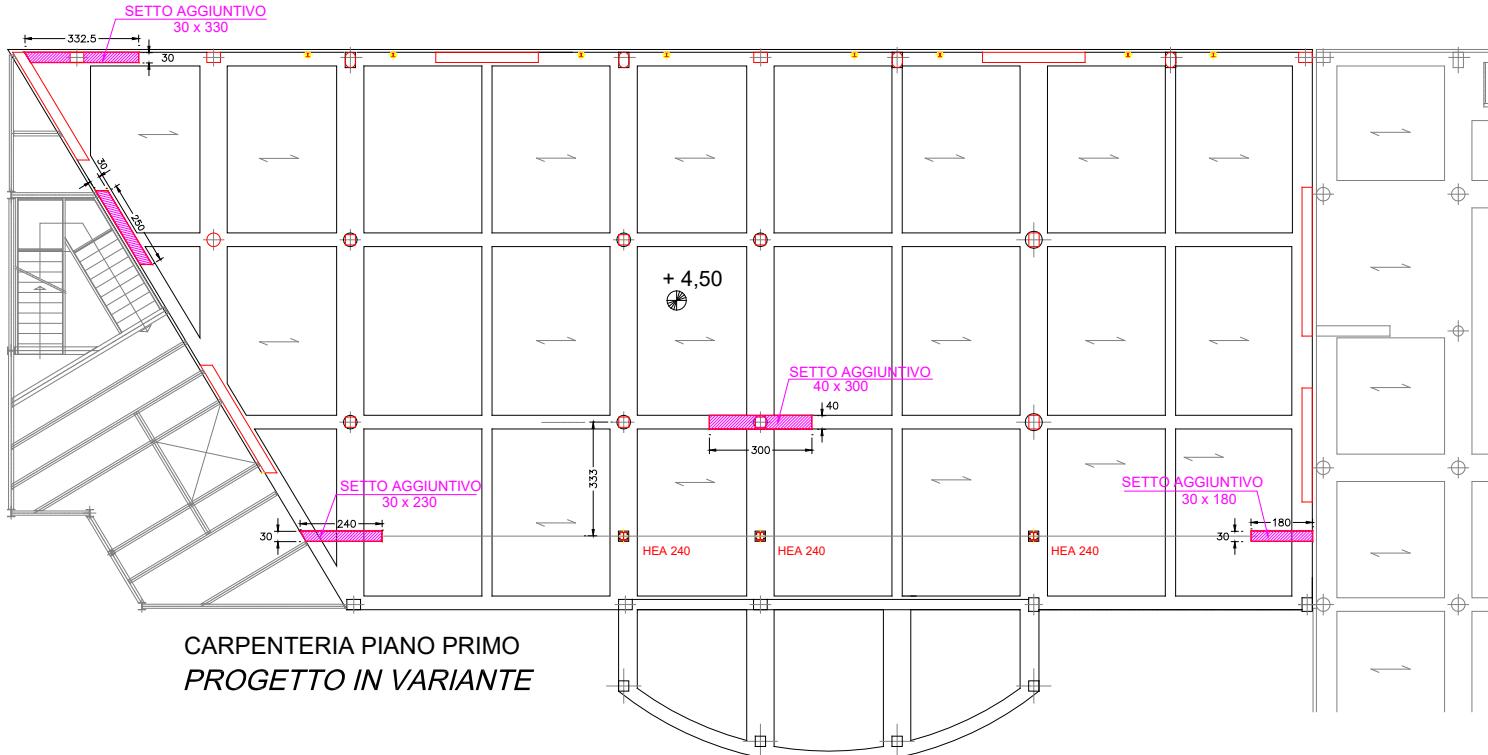


Eccessiva deformabilità e differenti spostamenti nelle due direzioni principali

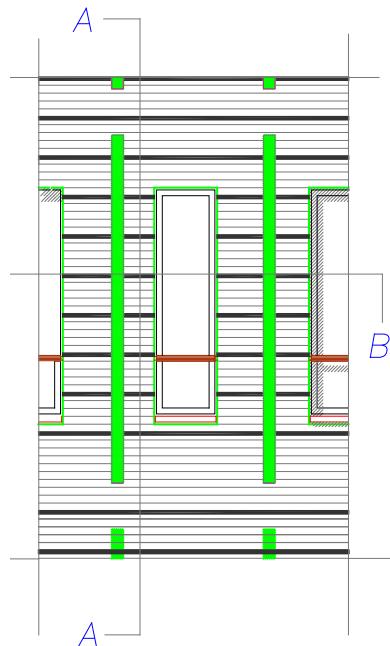
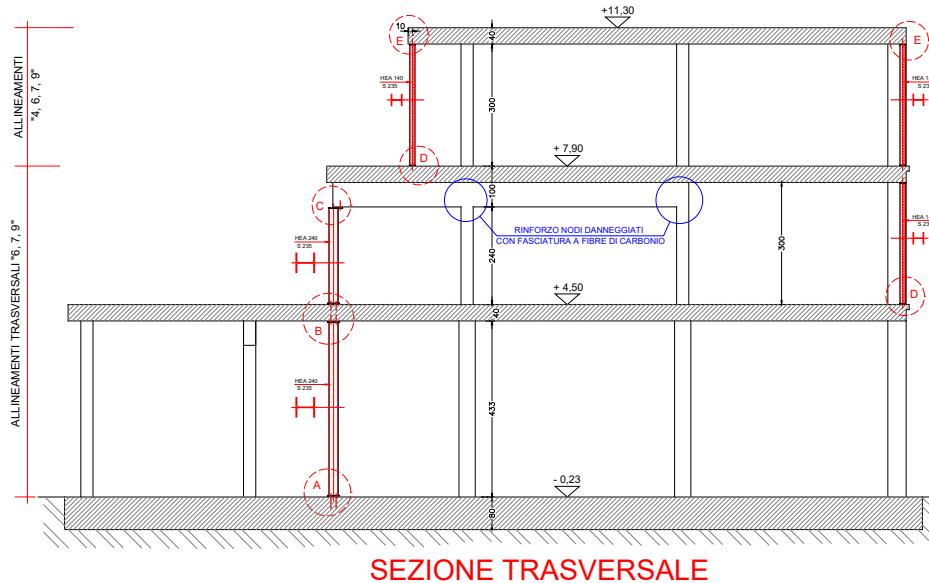
Intervento - variante

Obiettivi del progetto di variante:

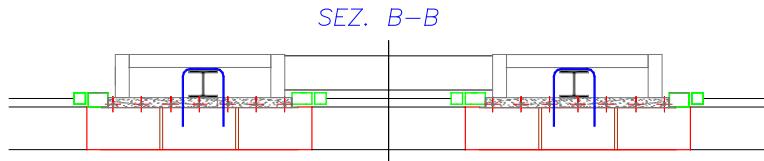
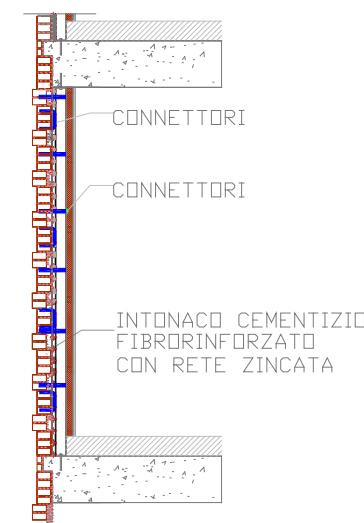
- Regolarizzare e migliorare il comportamento sismico globale della struttura
- Alleggerire l'impegno statico degli sbalzi anteriori di luce eccessiva
- Vincolare le tamponature non confinate



Intervento - variante

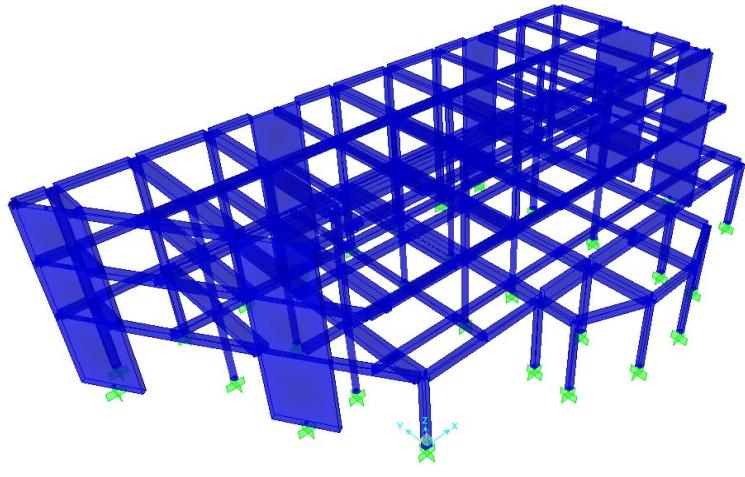


SEZ. A-A

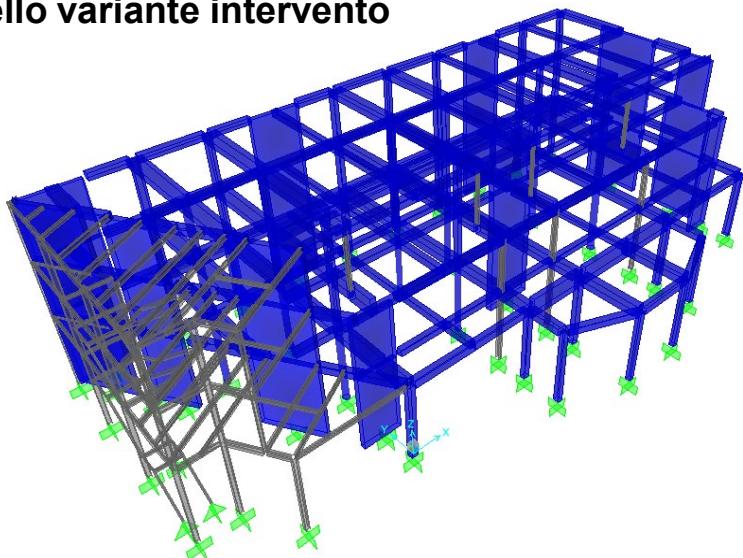


Intervento - variante

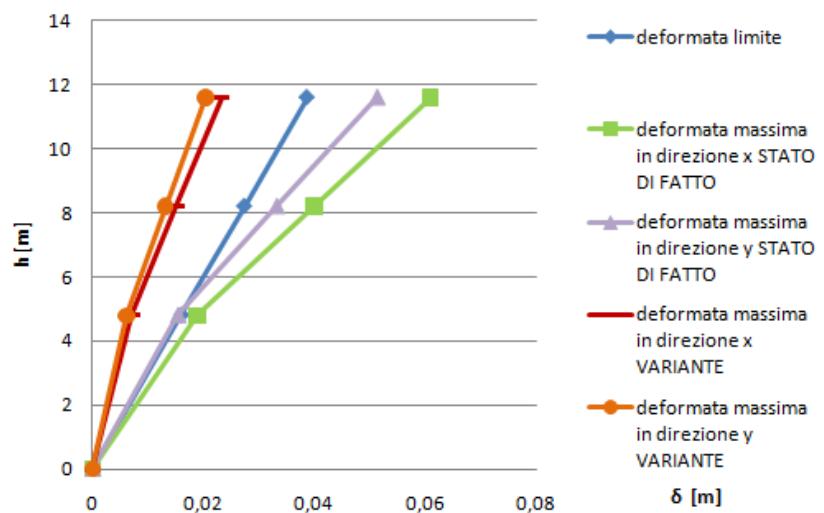
Modello Intervento



Modello variante intervento

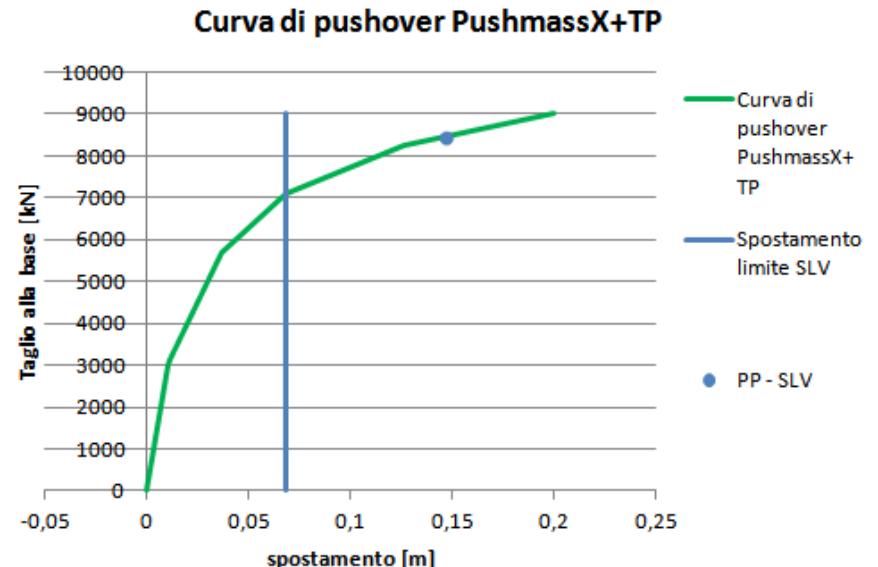
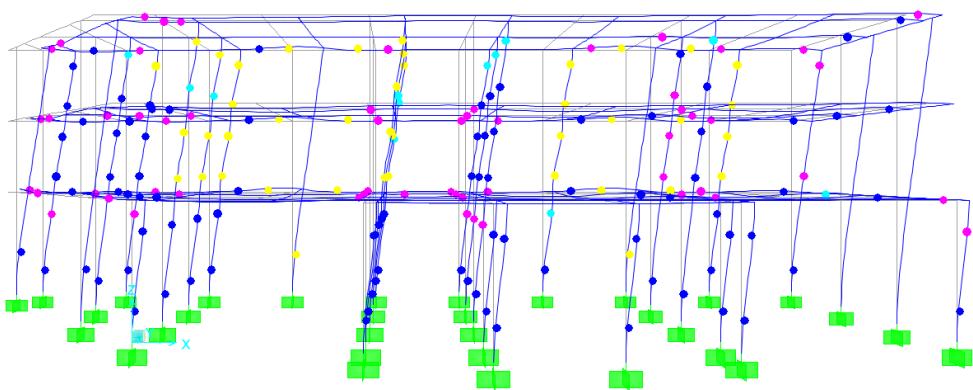
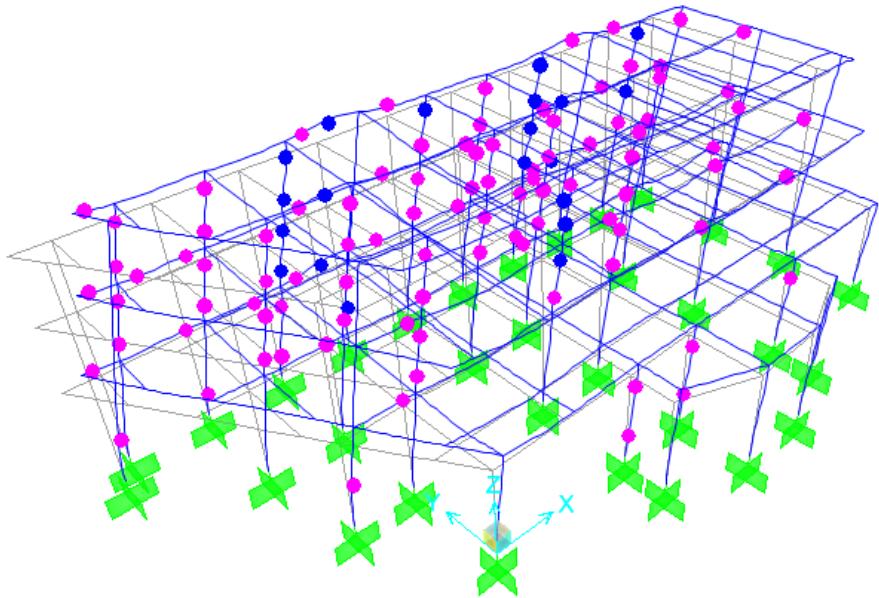


Confronto deformata limite SLO

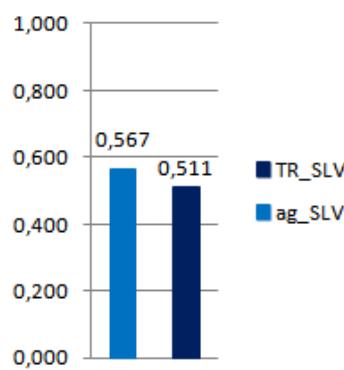


Intervento - variante

Analisi in direzione longitudinale X – stato di fatto

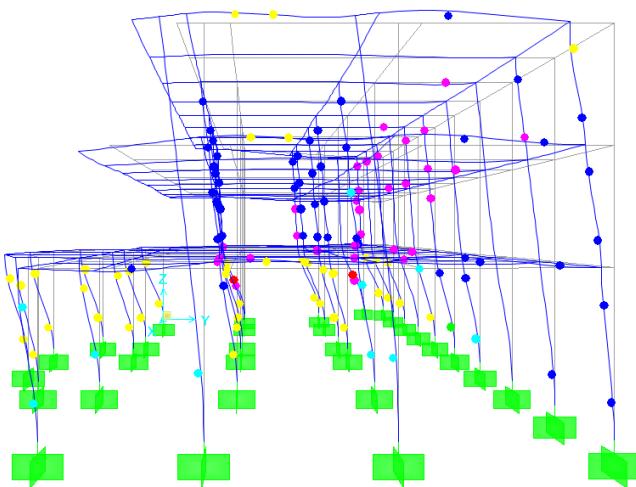
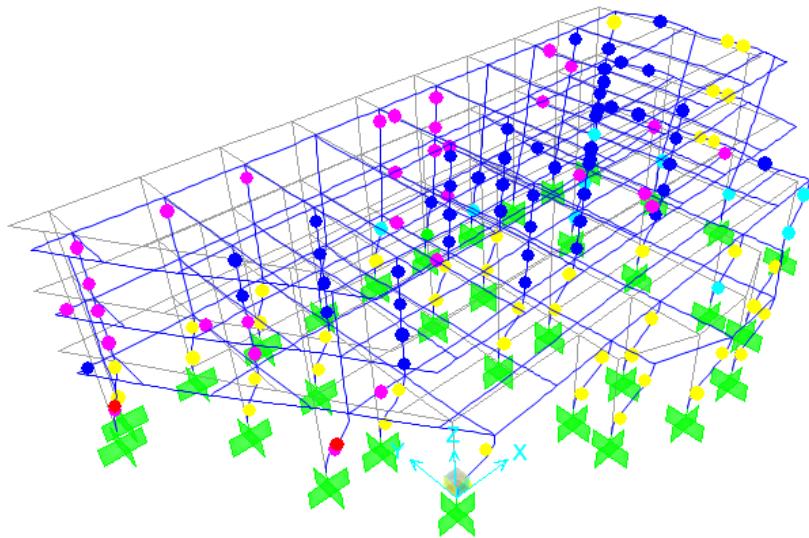


**Indicatori di rischio SLV
PushmassX+TP**

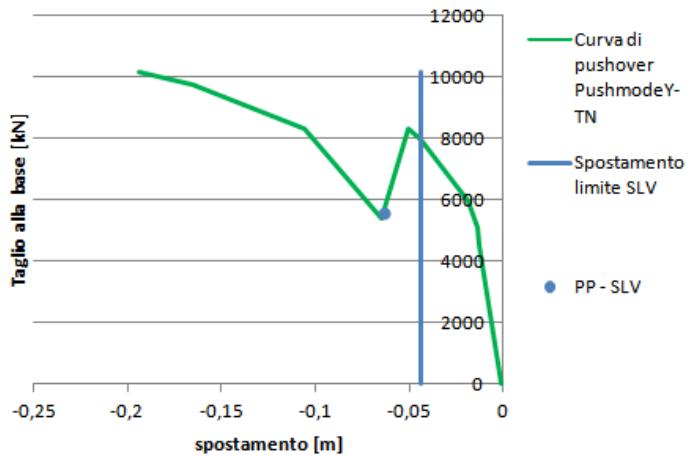


Intervento - variante

Analisi in direzione trasversale Y – stato di fatto

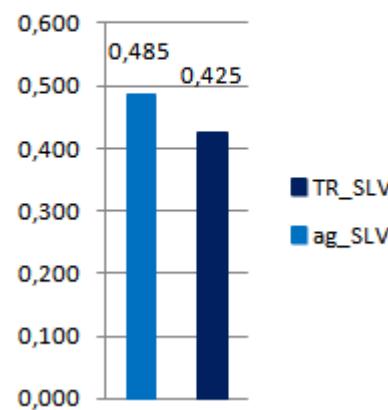


Curva di pushover PushmodeY-TN



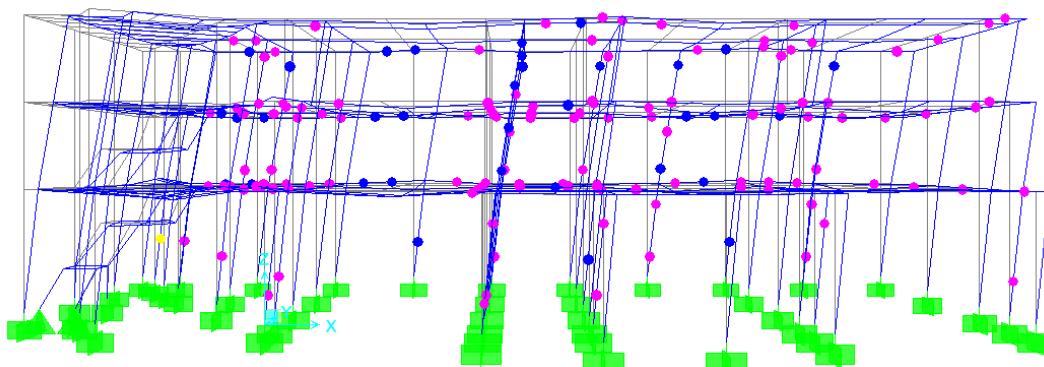
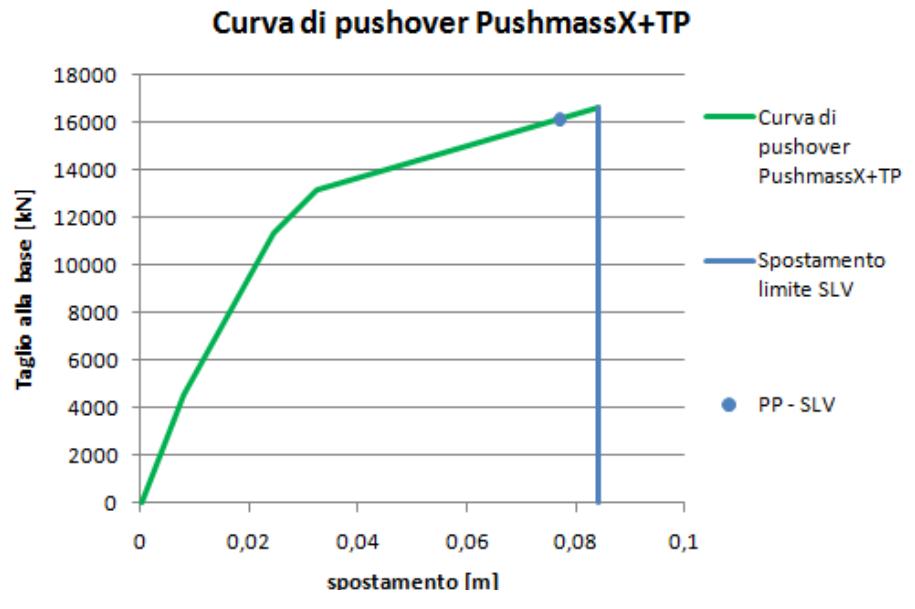
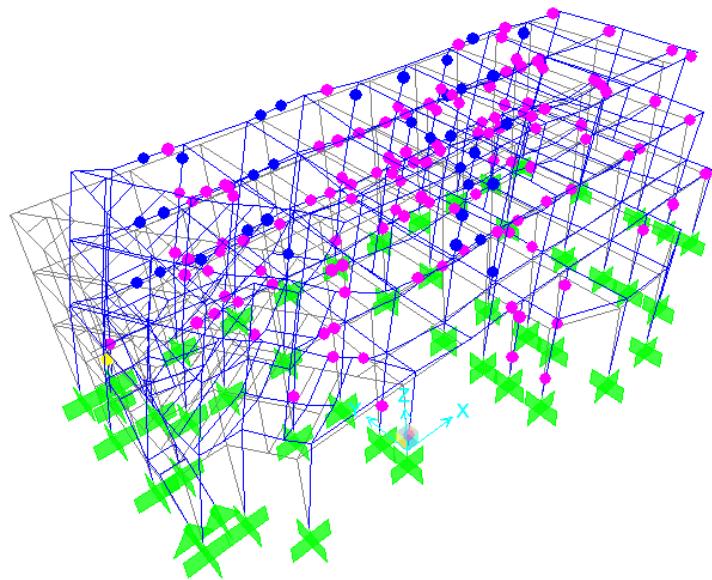
Indicatori di rischio SLV

PushmodeY-TN

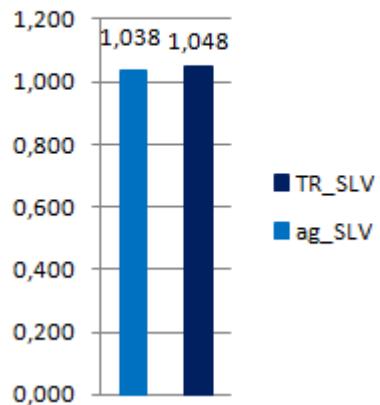


Intervento - variante

Analisi in direzione longitudinale X – stato di progetto

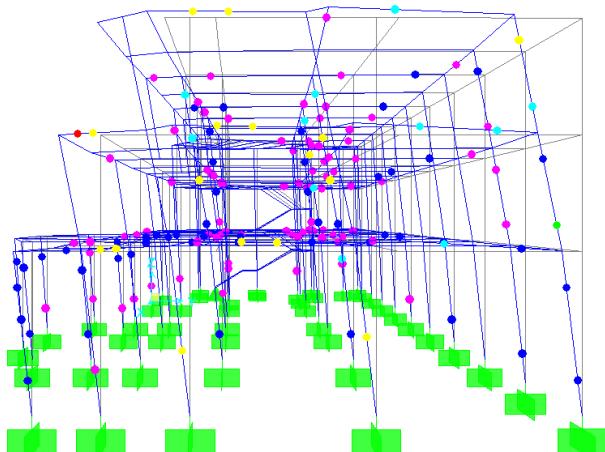
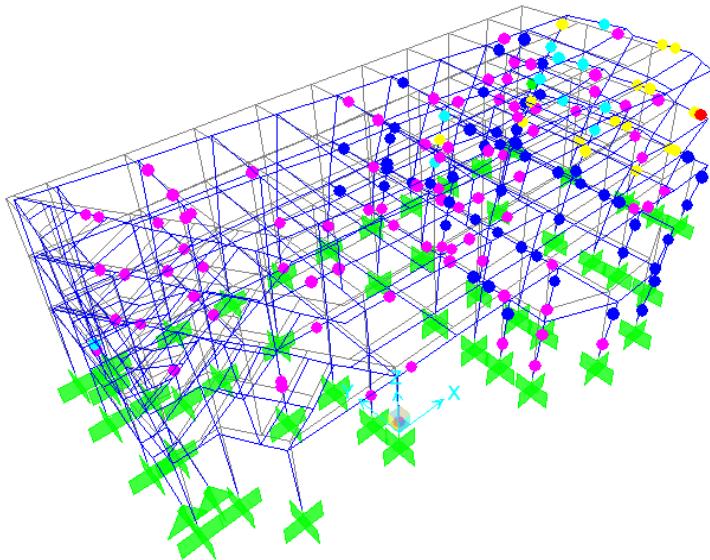


**Indicatori di rischio SLV
PushmassX+TP**

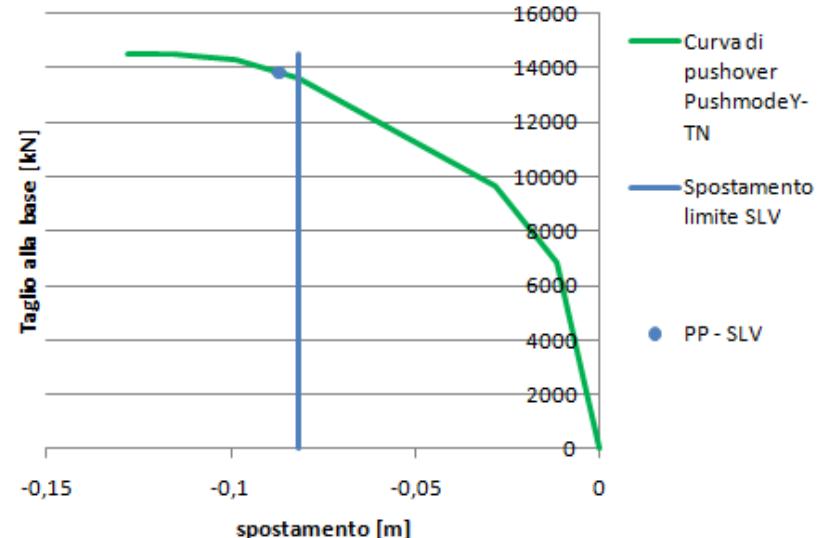


Intervento - variante

Analisi in direzione trasversale Y – stato di progetto

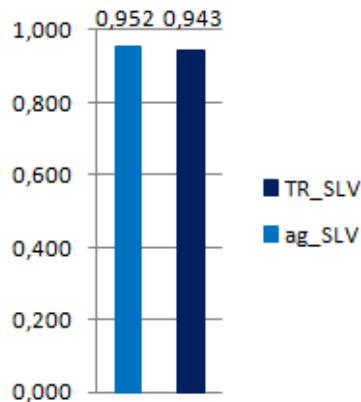


Curva di pushover PushmodeY-TN



Indicatori di rischio SLV

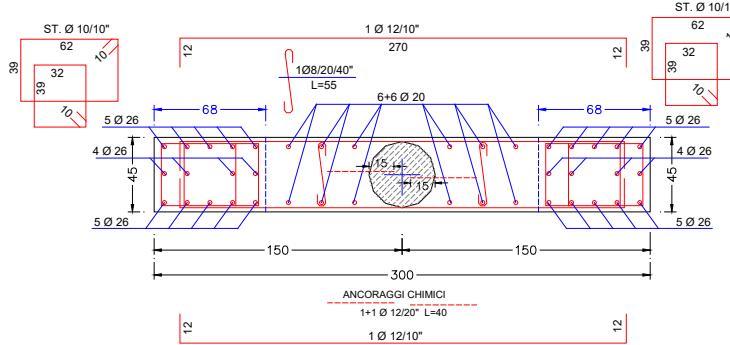
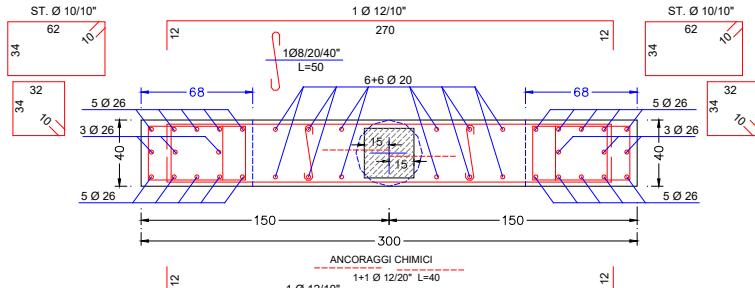
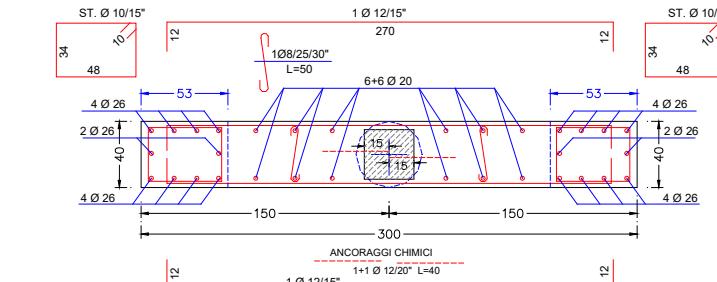
PushmodeY-TN



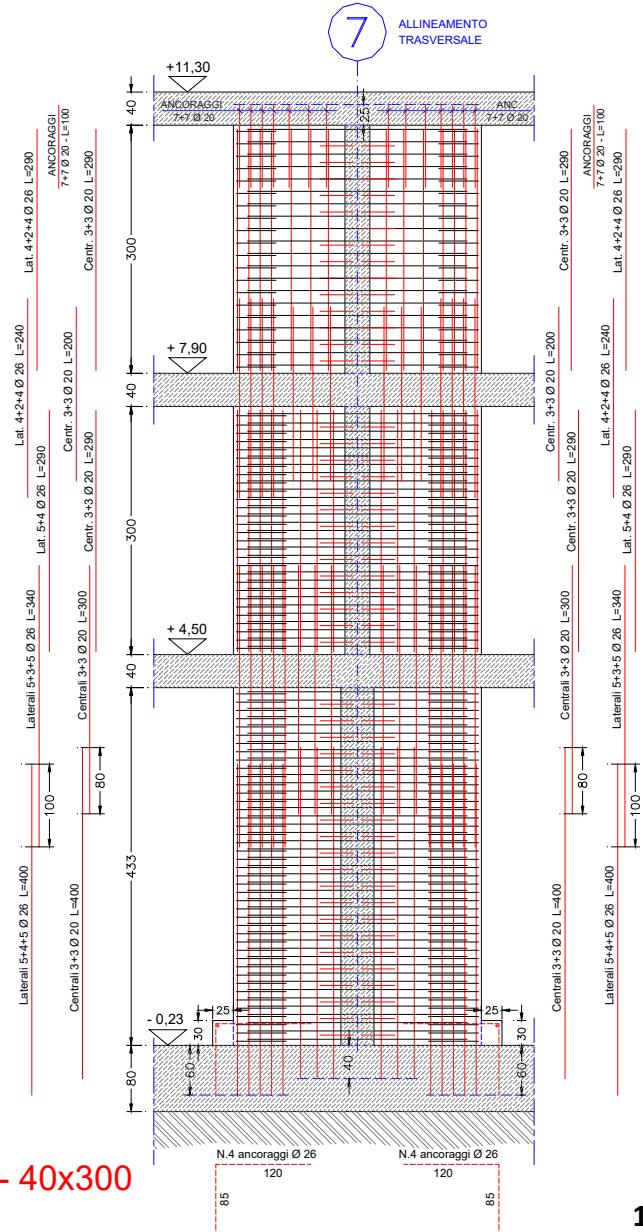
Comando Regionale GF, L'Aquila – Corpo B

Intervento - variante

Armatura e getto
dei nuovi setti
che, in alcuni
casi, inglobano
pilastri esistenti

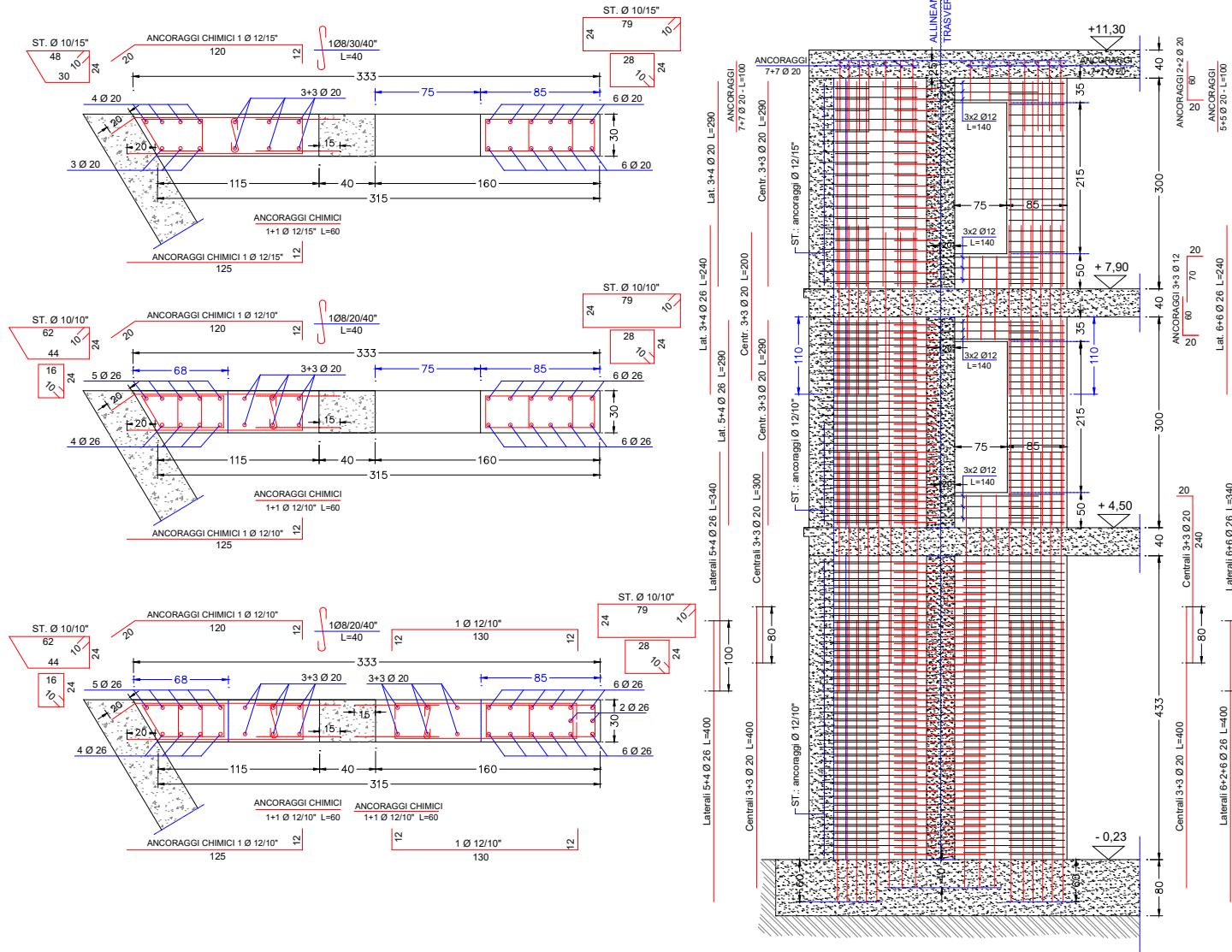


**ARMATURA SETTO 45x300 - 40x300
allineamento "G" (1:50)**



Comando Regionale GF, L'Aquila – Corpo B

Intervento - variante



ARMATURA SETTO 30x330 - all. "C" (1:50)

Intervento - variante

