

Corso di aggiornamento

Verifica sismica degli edifici esistenti in c.a.

14 - Interventi

Forlì

29-31 gennaio 2015

Aurelio Gheresi

Valutazione della sicurezza

Occorre fare riferimento solo allo stato limite ultimo

- SLV oppure SLC

Occorre stabilire se:

- L'uso della costruzione può continuare senza interventi
- L'uso può continuare ma con un declassamento
- Occorre aumentare o ripristinare la capacità portante

Interventi

- Qualunque intervento nasce sulla base dell'analisi preliminare per la valutazione della vulnerabilità sismica
- L'analisi ha messo in evidenza quali siano i punti deboli della struttura
- Gli interventi devono mirare a dare maggiore sicurezza nei confronti di questi aspetti (ma senza creare altri problemi)

Interventi

Situazione molto frequente

L'analisi mostra un forte rischio di rotture fragili

- È possibile garantire un miglioramento strutturale intervenendo su questi, con:
 - Staffatura efficace degli estremi dei pilastri
 - Cerchiatura dei nodi
 - Cucitura tra pilastri e travi
- Risolto questo aspetto, si può decidere se intervenire sul comportamento non lineare, aumentando la duttilità della struttura

Tipi di intervento

Riparazione o intervento locale:

- Intervento su porzioni limitate della struttura, che non riducono le condizioni di sicurezza preesistenti

Intervento di miglioramento:

- Intervento sulla struttura per aumentarne globalmente la sicurezza, pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle norme vigenti

Intervento di adeguamento:

- Intervento sulla struttura che le conferiscono i livelli di sicurezza richiesti dalle norme vigenti

Tipi di intervento

Riparazione o intervento locale

- Riguarda singole parti o elementi della struttura
- Non deve cambiare significativamente il comportamento globale della costruzione

Obiettivi:

- Ripristinare le caratteristiche di elementi danneggiati
- Migliorare le caratteristiche di resistenze o duttilità di elementi, anche non danneggiati
- Impedire meccanismi di collasso locale

Tipi di intervento

Riparazione o intervento locale

- Il progetto potrà essere riferito alle sole parti interessate
- Occorre documentare le carenze rilevate e dimostrare che:
 - Non vengono prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti
 - Non vengono prodotte sostanziali modifiche al comportamento della struttura nel suo insieme
 - Gli interventi non comportano una riduzione dei livelli di sicurezza preesistenti

Tipi di intervento

Riparazione o intervento locale

Problema:

- Questo intervento prescinde sostanzialmente dalle problematiche sismiche ?

In linea di massima si, ma ora c'è un riferimento al grado di sicurezza precedente che farebbe pensare anche agli aspetti sismici

Attenzione: se si riscontrano serie carenze strutturali dal punto di vista sismico non si può far finta di niente

Tipi di intervento

Intervento di miglioramento

- È finalizzato ad accrescere il livello di sicurezza della costruzione
- La valutazione della sicurezza deve essere estesa a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme

In sostanza, occorre valutare il livello di sicurezza ζ_E prima e dopo l'intervento e dimostrare che l'intervento fa aumentare ζ_E

Tipi di intervento

Intervento di miglioramento

- È finalizzato ad accrescere il livello di sicurezza della costruzione

Nota: il giudizio è globale.

Questo vuol dire che la struttura "migliorata" deve poter sopportare un'azione sismica maggiore di prima, non che in tutte le sezioni le sollecitazioni si devono ridurre

Tipi di intervento

Intervento di miglioramento

Indicazioni di minimo:

- Costruzioni di classe IV
il valore di ζ_E dopo l'intervento deve essere non minore di 0.4
- Costruzioni di classe III e II
il valore di ζ_E dopo l'intervento deve essere non minore di 0.1

Nota: questi limiti (soprattutto il secondo) mi sembrano molto bassi

Tipi di intervento

Intervento di adeguamento

È obbligatorio quando si intende:

- Sopraelevare la costruzione
- Ampliare la costruzione mediante opere ad essa strutturalmente connesse "e tali da alterarne significativamente la risposta"

Nota: la parte finale tra virgolette, ora aggiunta, smorza un po' l'obbligo

In questi casi si deve ottenere ζ_E non inferiore a 1

Tipi di intervento

Intervento di adeguamento

È obbligatorio quando si intende:

- Apportare variazione di classe o destinazione d'uso che comporti un incremento dei carichi verticali globali in fondazione superiore al 10%

Nota: è precisato che la valutazione dell'incremento deve essere fatta con la condizione rara

In questo caso si deve ottenere ζ_E non inferiore a 0.8

Tipi di intervento

Intervento di adeguamento

È obbligatorio quando si intende:

- Effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un sistema strutturale diverso dal precedente; "nel caso degli edifici, effettuare interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani"

In questo caso si deve ottenere ζ_E non inferiore a 1

Tipi di intervento

Intervento di adeguamento

È obbligatorio quando si intende:

- Effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un sistema strutturale diverso dal precedente; ...

Questa prima frase può essere equivocata, perché non sempre esistono confini netti tra "sistemi strutturali diversi"

La preoccupazione del legislatore è che l'intervento porti, per alcuni elementi, ad un peggioramento del comportamento, non facilmente quantizzabile col calcolo

Tipi di intervento

Intervento di adeguamento

È obbligatorio quando si intende:

- ... “nel caso degli edifici, effettuare interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani”

Questa parte aggiunta tra virgolette sembrerebbe ridurre di molto la portata dell'obbligo

Criteri e tipi di intervento

8.7.4 CRITERI E TIPI D'INTERVENTO

Per tutte le tipologie di costruzioni esistenti gli interventi di consolidamento vanno applicati, per quanto possibile, in modo regolare ed uniforme. L'esecuzione di interventi su porzioni limitate dell'edificio va opportunamente valutata e giustificata, considerando la variazione nella distribuzione delle rigidezze e delle resistenze e la conseguente eventuale interazione con le parti restanti della struttura. Particolare attenzione deve essere posta alla fase esecutiva degli interventi, in quanto una cattiva esecuzione può peggiorare il comportamento globale delle costruzioni.

La scelta del tipo, della tecnica, dell'entità e dell'urgenza dell'intervento dipende dai risultati della precedente fase di valutazione, dovendo mirare prioritariamente a contrastare lo sviluppo di meccanismi locali e/o di meccanismi fragili e, quindi, a migliorare il comportamento globale della costruzione.

Intervenire globalmente, in maniera uniforme

Criteri e tipi di intervento

In generale dovranno essere valutati e curati gli aspetti seguenti:

- riparazione di eventuali danni presenti
- riduzione delle carenze dovute ad errori grossolani;
- miglioramento della capacità deformativa ("duttilità") di singoli elementi,
- riduzione delle condizioni che determinano situazioni di forte irregolarità degli edifici, in termini di massa, resistenza e/o rigidezza, anche legate alla presenza di elementi non strutturali;
- riduzione delle masse, anche mediante demolizione parziale o variazione di destinazione d'uso,
- riduzione dell'impegno degli elementi strutturali originari mediante l'introduzione di sistemi d'isolamento o di dissipazione di energia,
- riduzione dell'eccessiva deformabilità degli orizzontamenti,
- miglioramento dei collegamenti degli elementi non strutturali,
- incremento della resistenza degli elementi verticali resistenti, tenendo eventualmente conto di una possibile riduzione della duttilità globale per effetto di rinforzi locali
- realizzazione, ampliamento, eliminazione di giunti sismici o interposizione di materiali atti ad attenuare gli urti.
- miglioramento del sistema di fondazione, ove necessario,

Criteri e tipi di intervento

Per le strutture in c.a. ed in acciaio si prenderanno in considerazione, valutandone l'eventuale necessità e l'efficacia, anche le tipologie di intervento di seguito esposte o loro combinazioni:

- rinforzo di tutti o parte degli elementi;
- aggiunta di nuovi elementi resistenti, quali pareti in c.a., controventi in acciaio, etc.;
- eliminazione di eventuali comportamenti a piano “debole”;
- introduzione di un sistema strutturale aggiuntivo in grado di resistere per intero all'azione sismica di progetto;
- eventuale trasformazione di elementi non strutturali in elementi strutturali, come nel caso di incamiciatura in c.a. di pareti in laterizio;

Da cosa si parte?

Mediante analisi lineari e non lineari si valuta il comportamento della struttura

- Si individuano tutti i problemi dovuti a mancanza di regolarità (travi o pilastri corti, comportamento planimetrico non regolare, rischio di piano soffice...)
- Si controlla se c'è rischio di rotture fragili
- Si valuta il comportamento duttile, individuando eventuali problemi (piano soffice, carenza di duttilità in singoli elementi)

Adeguamento o miglioramento?

Se la norma impone l'adeguamento

- Si analizzano i tipi di intervento per individuare il più conveniente ai fini dell'adeguamento

Se la norma non impone l'adeguamento

- Si analizzano i tipi di intervento e si fa una valutazione costi-benefici per giudicare se è possibile e vale la pena fare un adeguamento
 - Se è conveniente si fa un adeguamento
 - Altrimenti si sceglie un miglioramento

Criteri e tipi di intervento

Sostanzialmente, tre possibilità:

- Rinforzare tutti o buona parte degli elementi
ovvero mantenere la tipologia a telaio modificando sezione ed armatura degli elementi resistenti
- Affidare le azioni sismiche ad un nuovo sistema strutturale
ovvero inserire pareti o controventi che portano l'azione sismica, mentre il telaio originario porta i carichi verticali
- Ridurre l'input sismico o aumentare la dissipazione
ovvero inserire elementi per isolamento alla base o dissipatori

Criteri e tipi di intervento

1. Rinforzare tutti o buona parte degli elementi

Vantaggi:

- Pochi problemi negli impalcati
- Pochi problemi nelle fondazioni

Svantaggi:

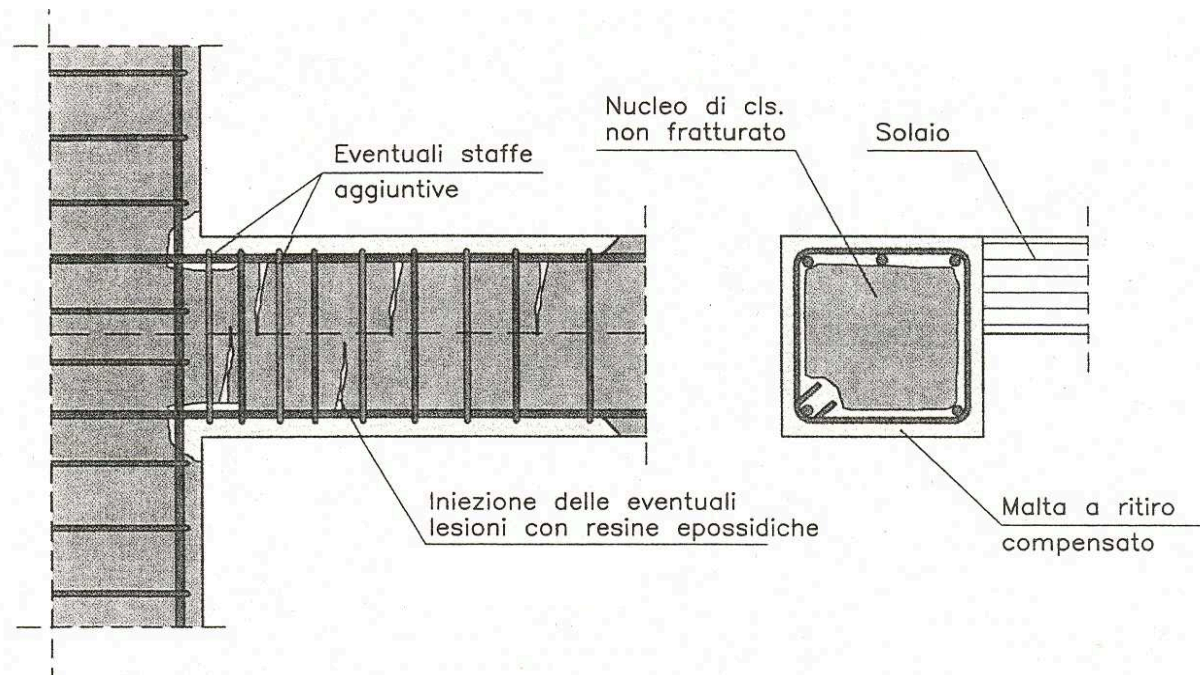
- Interventi diffusi sugli impianti e sulle finiture

Criteri e tipi di intervento

1. Rinforzare tutti o buona parte degli elementi

Interventi tradizionali

Riparazione locale di trave, senza aumento di sezione



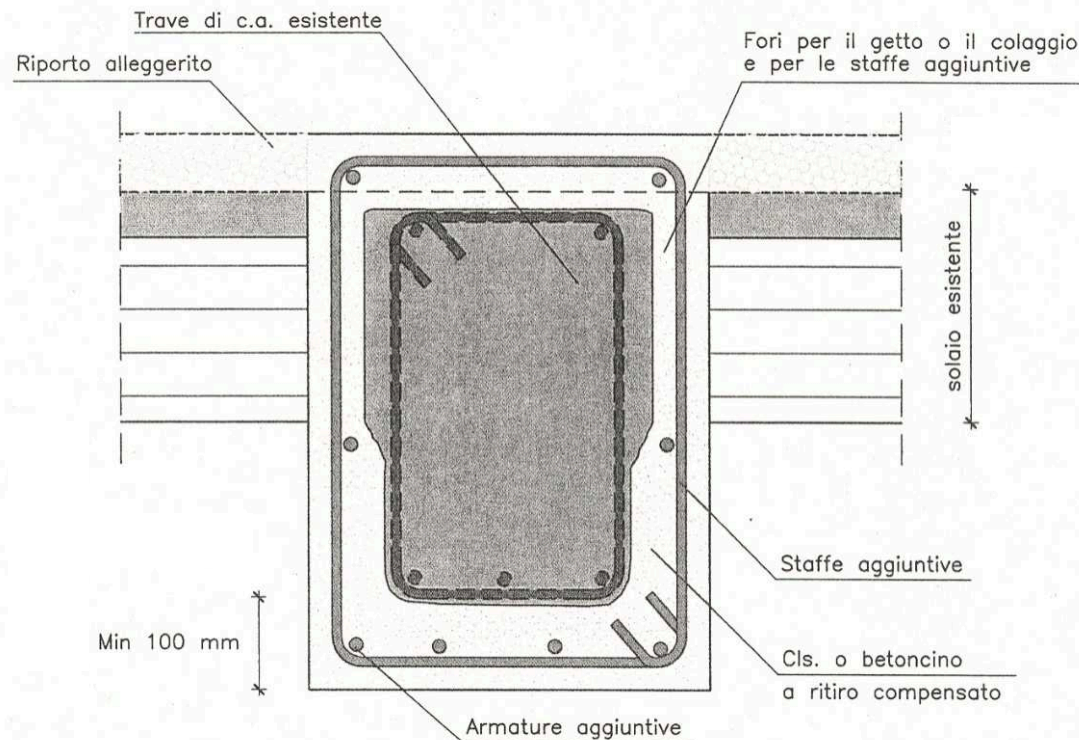
Problemi particolari nella zona di contatto col solaio
(perforazioni per inserimento staffe e iniezione malta)

Criteri e tipi di intervento

1. Rinforzare tutti o buona parte degli elementi

Interventi tradizionali

Incamiciatura totale di trave, con aggiunta di nuove armature

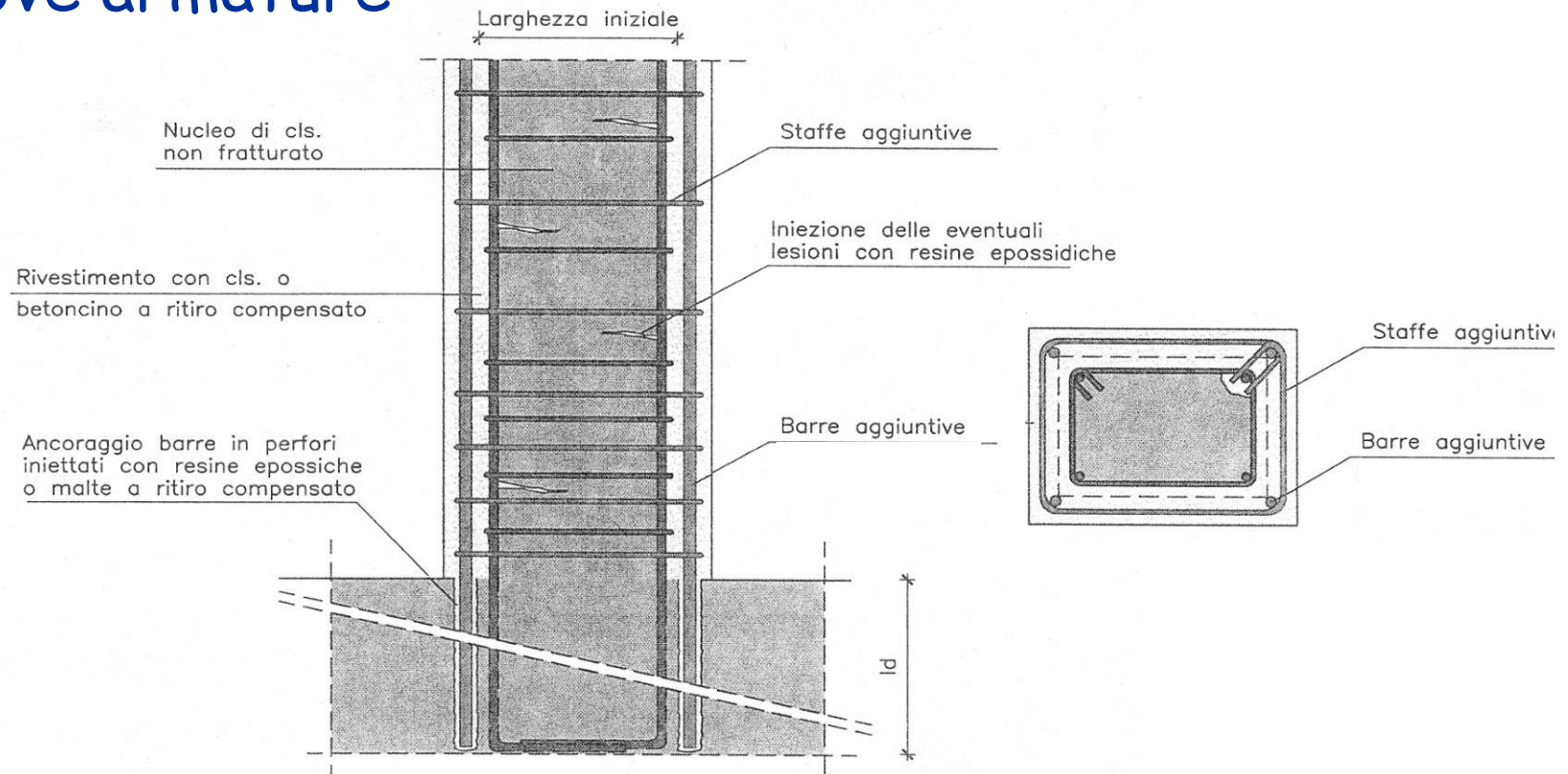


Criteri e tipi di intervento

1. Rinforzare tutti o buona parte degli elementi

Interventi tradizionali

Incamiciatura totale di pilastro, con aggiunta di nuove armature



Ancoraggio delle strisce verticali mediante barre in frp o con cavi in fibre sfioccati

Criteri e tipi di intervento

1. Rinforzare tutti o buona parte degli elementi

Tecniche innovative

Rinforzo (fasciatura) di pilastri con frp



Anche in questo caso si possono usare cavi in fibre sfioccati per un collegamento tra piani adiacenti

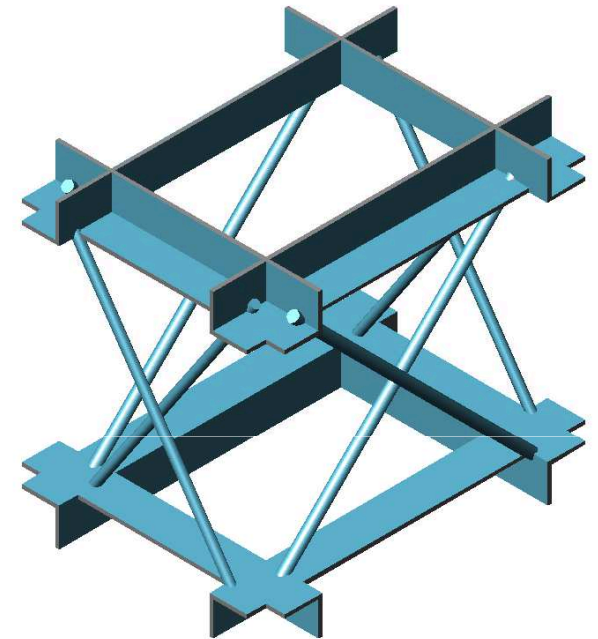
Criteri e tipi di intervento

1. Rinforzare tutti o buona parte degli elementi

Interventi sui nodi



M. Dolce



A. Perretti

Criteri e tipi di intervento

2. Affidare le azioni sismiche ad un nuovo sistema strutturale

Vantaggi:

- Limitati interventi su impianti e finiture
- Pochi problemi per la struttura esistente

Svantaggi:

- Possibili problemi negli impalcati
- Forti problemi nelle fondazioni

Criteri e tipi di intervento

2. Azioni sismiche a nuovo sistema strutturale

Possibilità:

- Inserimento di pareti in cemento armato
- Inserimento di controventi in acciaio nei telai esistenti
- Aggiunta di nuovi telai con controventi

Criteri e tipi di intervento

3. Ridurre l'input sismico o aumentare la dissipazione

Esempi:

- Isolamento alla base
- Inserimento di controventi ad instabilità impedita (BRB)
- Inserimento di dissipatori elasto-viscosi

Adeguamento

- La struttura dopo l'adeguamento si verifica come se fosse una nuova struttura
 - Valori di calcolo della resistenza, ecc., per tutti gli elementi nuovi o rinforzati
 - E per quelli su cui non si interviene? Probabilmente valori medi con fattori di confidenza

Nota:

- È quasi impossibile che gli elementi preesistenti soddisfino ovunque una verifica in termini di sollecitazioni
- Può essere indispensabile una analisi non lineare per dimostrare che sono comunque accettabili

Miglioramento

- L'intervento fatto deve rimuovere o ridurre chiaramente i difetti evidenziati dall'analisi
 - Evitare rotture fragili
 - Evitare concentrazioni di sollecitazioni che portano a plasticizzazione precoce
 - Dare più duttilità a elementi particolarmente carenti

Nota:

- Qualunque intervento porta a ridistribuzione delle sollecitazioni:
è inevitabile che alcuni elementi stiano peggio di prima
- L'importante è che questi limitati peggioramenti non pregiudichino il comportamento complessivo