



FEDERAZIONE REGIONALE ORDINI  
INGEGNERI DELLA TOSCANA



ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI LUCCA

**SEMINARIO su:**

**“ Vulnerabilità sismica e progetto di interventi su costruzioni esistenti,  
prefabbricate e non, di calcestruzzo armato”**

**Grand Hotel Guinigi**

Via Romana n. 1247 Arancio - Lucca

Venerdì 5 Dicembre 2014

# **Edifici Esistenti in Calcestruzzo Armato**

**Maurizio Orlando**

*professore associato di tecnica delle costruzioni*



Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

Università degli Studi di Firenze

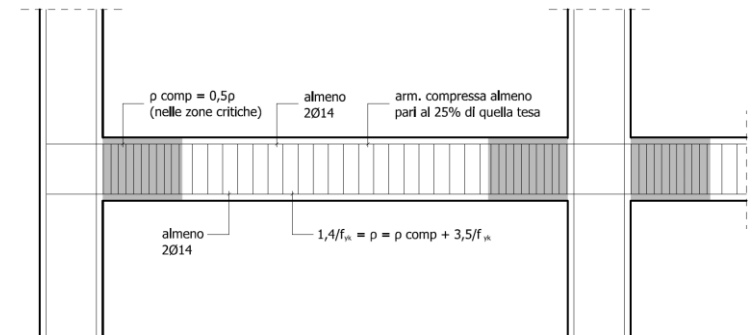
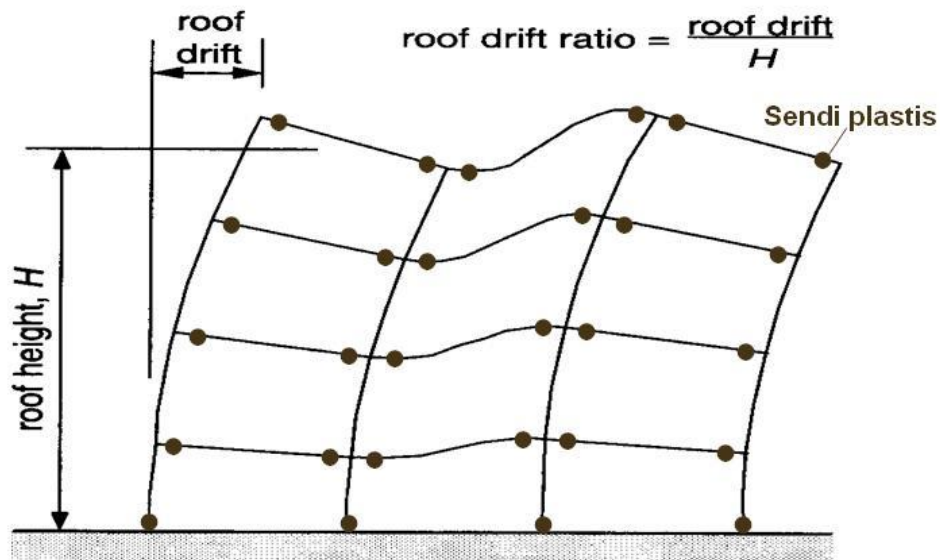
[www.dicea.unifi.it/maurizio.orlando](http://www.dicea.unifi.it/maurizio.orlando)



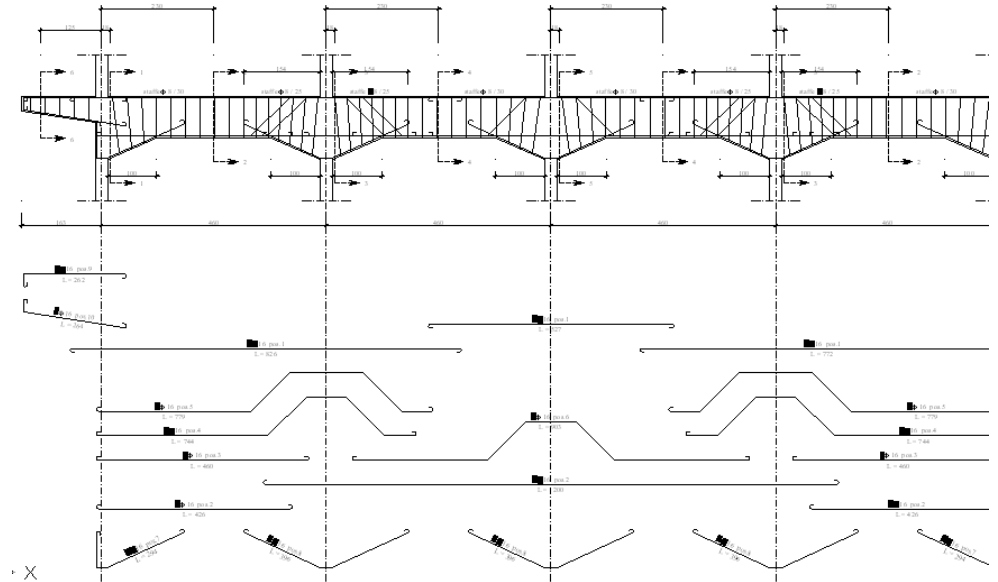
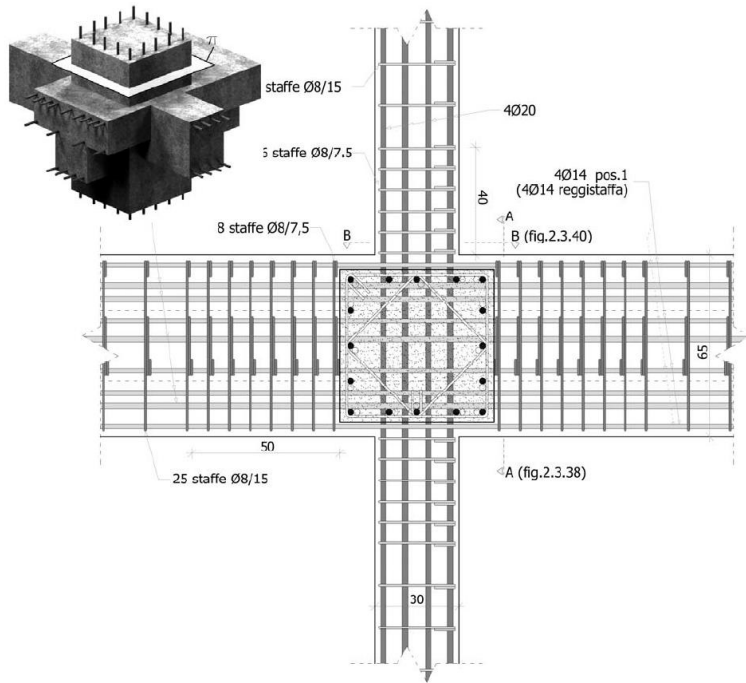
# COMPORTAMENTO SISMICO DI STRUTTURE IN C.A. NUOVE PROGETTATE SECONDO LE NTC 2008

Al sopraggiungere dell'azione sismica di progetto, la struttura nel suo complesso deve poter funzionare come un sistema in cui tutti gli elementi duttili dissipano, proporzionalmente alla loro capacità, l'energia fornita dal sisma sotto forma di deformazioni inelastiche.

Gli elementi/meccanismi privi di duttilità devono rimanere integri per consentire il funzionamento del sistema dissipativo.



# COMPORTAMENTO SISMICO DI STRUTTURE IN C.A. NUOVE PROGETTATE SECONDO LE NTC 2008



Questo comportamento richiede una progettazione mirata e l'adozione di molte regole sul dimensionamento degli elementi e sui dettagli costruttivi, pertanto esso non può in generale essere atteso dagli edifici esistenti, anche se di buona qualità.

## COMPORTAMENTO SISMICO DI STRUTTURE IN C.A. NUOVE PROGETTATE SECONDO LE NTC 2008

Il p.to 7.2.1 delle NTC 2008 prevede la possibilità per il progettista di scegliere se progettare la struttura con comportamento strutturale dissipativo oppure non-dissipativo. Il p.to 7.4.1 recita:

*L'impostazione delle presenti norme, con le regole di progetto che da essa discendono, prevede che le costruzioni in cemento armato posseggano in ogni caso una adeguata capacità di dissipare energia in campo inelastico per azioni cicliche ripetute, senza che ciò comporti riduzioni significative della resistenza nei confronti delle azioni sia verticali che orizzontali.*

Su esplicito quesito posto dal *Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica della Regione Toscana – Ufficio Tecnico del Genio Civile*, la Prima Sezione del CSLP ha espresso il seguente parere (14 dicembre 2010, prot. 155/2010):

*La Sezione ritiene che sia sempre possibile, anche se generalmente non conveniente, progettare strutture non dissipative con qualunque materiale (anche non fragile), purché si adotti un fattore di struttura unitario, insieme con l'utilizzo del livello di azione corrispondente allo Stato Limite Ultimo (SLU).*

*In tal caso non è necessario l'utilizzo di accorgimenti quali la gerarchia delle resistenze, il cui effetto può esplicarsi solo al superamento del comportamento elastico della struttura. Resta comunque inteso che si debba ottemperare alle prescrizioni contenute nel Capitolo 4 delle NTC 2008 che garantiscono un livello significativo di duttilità.*

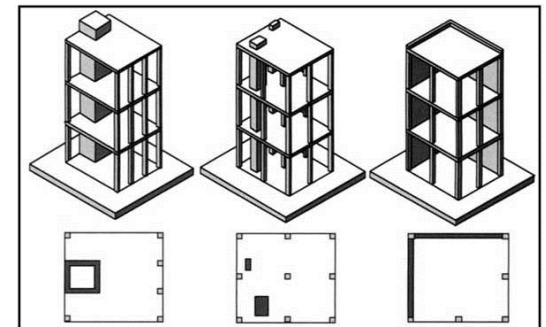
# COMPORTAMENTO DI EDIFICI ESISTENTI IN OCCASIONE DI PRECEDENTI TERREMOTI

In occasione dei passati eventi sismici, negli edifici esistenti il collasso è avvenuto per l'incapacità della struttura di trasformarsi in un meccanismo globale di collasso, a causa di:

- presenza di difetti “locali”  
(salti di rigidità/resistenza tra piani contigui, fragilità dei nodi trave-pilastro)



- errata concezione strutturale (presenza di forti eccentricità tra masse e rigidità, discontinuità sull'altezza delle pareti di controvento, ecc.)



# VULNERABILITA' TIPICHE DEGLI EDIFICI ESISTENTI IN C.A.

## Servizio Sismico Regione Toscana

Le vulnerabilità tipiche degli edifici esistenti possono essere causate da vari fattori: **fattori morfologici, fattori di dettaglio e fattori meccanici.**

**Fattori morfologici:** legati ad una concezione della struttura senza rispettare criteri di simmetria o regolarità geometrica in pianta (presenza di rientranze o sviluppo planimetrico troppo allungato dell'edificio) od in elevazione (errata distribuzione delle masse e delle rigidità)

# VULNERABILITA' TIPICHE DEGLI EDIFICI ESISTENTI IN C.A.

## Servizio Sismico Regione Toscana

**Fattori di dettaglio:** «errata» disposizione delle armature, percentuali minime e massime armature al di fuori delle limitazioni ammesse dalle norme, e dimensioni minime delle sezioni dei pilastri non conformi ai minimi imposti dalle normative.

Questi elementi di vulnerabilità definiscono all'interno dell'organismo strutturale punti deboli il cui comportamento durante il terremoto potrebbe non garantire nè la resistenza nè la duttilità necessaria al superamento dell'evento sismico creando quindi fenomeni di collasso parziale o globale della struttura.

# VULNERABILITA' TIPICHE DEGLI EDIFICI ESISTENTI IN C.A.

## Servizio Sismico Regione Toscana

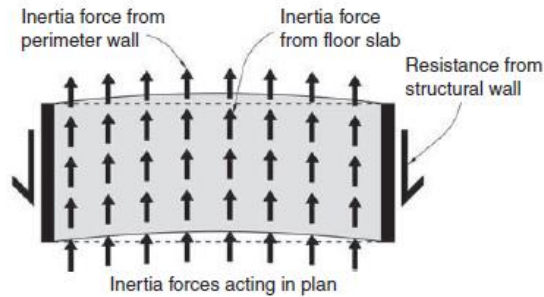
**Fattori meccanici:** la scadente qualità dei materiali impiegati oppure una non corretta manutenzione e cura della struttura possono condurre ad avere edifici in cui le resistenze meccaniche delle sezioni strutturali sono decisamente basse

Ad es., i dati relativi alle prove di compressione sui calcestruzzi eseguiti dal Servizio Sismico della Regione Toscana nell'ambito del programma VSCA (Vulnerabilità Sismica edifici in Cemento Armato), per valutare la qualità dei conglomerati cementizi di alcuni edifici adibiti ad uso scolastico o adibiti a palestre, mostrano una carenza delle proprietà meccaniche dei calcestruzzi eseguiti negli anni 60, mentre la qualità riscontrata negli edifici più recenti appare decisamente migliore.

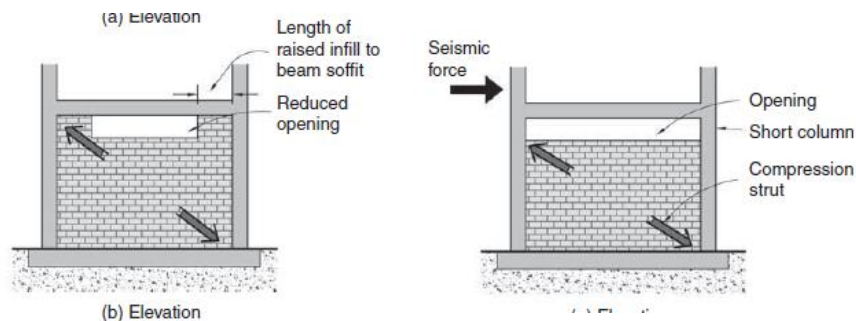
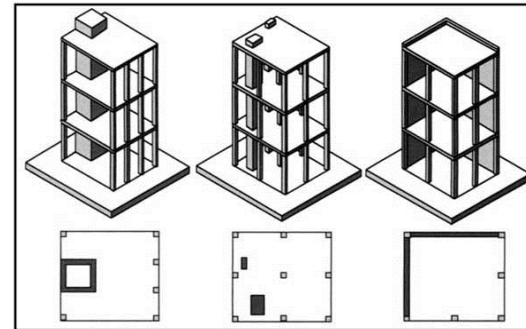


# VULNERABILITA' TIPICHE DEGLI EDIFICI IN C.A.

- assenza di giunti sismici adeguati
- telai solo in una direzione
- assenza di piano rigido



- effetti torsionali in presenza di nuclei di controvento eccentrici
- interazione tra telai e tamponature



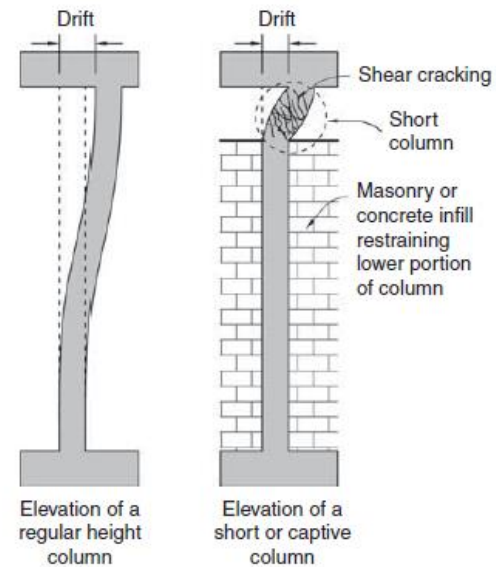
## VULNERABILITA' TIPICHE DEGLI EDIFICI IN C.A.

- ribaltamento fuori piano dei pannelli di tamponamento a causa dell'insufficiente collegamento con travi e pilastri
- formazione di meccanismi di piano debole per distribuzione non uniforme di tamponamenti o elementi di controvento in pianta ed altezza (es. presenza di porticati al piano terra)



## VULNERABILITA' TIPICHE DEGLI EDIFICI IN C.A.

- crisi per taglio dei pilastri con altezza libera ridotta a causa di parziale interazione con le tamponature (es. in presenza di finestre a nastro)



- scarsa resistenza del sistema di fondazione con probabile attivazione di moti di corpo rigido globali o crisi locali per schiacciamento

## REV. NTC 2008

### 8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA (DI EDIFICI ESISTENTI)

La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:

– **riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti** dovuta a:

significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione

danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomali

## REV. NTC 2008

### 8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA (DI EDIFICI ESISTENTI)

La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:

- provati gravi errori di progetto o di costruzione
- cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore
- esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidità; ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al § 8.4 (*miglioramento e adeguamento sismico*)

## REV. NTC 2008

### 8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA (DI EDIFICI ESISTENTI)

La valutazione della sicurezza, argomentata con apposita relazione, deve permettere di stabilire se:

- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi
- l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso)
- sia necessario aumentare la sicurezza strutturale, mediante interventi

## 8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

### FONDAZIONI

Qualora sia necessario effettuare la valutazione della sicurezza della costruzione, la verifica del sistema di fondazione deve essere eseguita solo se sussistono condizioni che possano dare luogo a fenomeni di instabilità globale o se si verifica una delle seguenti condizioni:

- nella costruzione siano presenti **importanti dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni** o dissesti della stessa natura si sono prodotti nel passato
- siano possibili fenomeni di ribaltamento e/o scorrimento della costruzione per effetto: di condizioni morfologiche sfavorevoli, di modificazioni apportate al profilo del terreno in prossimità delle fondazioni, delle azioni sismiche di progetto
- siano possibili fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione dovuti alle azioni sismiche di progetto

## 8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA FONDAZIONI

Allo scopo di verificare la sussistenza delle predette condizioni, si farà riferimento alla documentazione disponibile e si potrà omettere di svolgere indagini specifiche solo qualora, a giudizio esplicitamente motivato del professionista incaricato, sul volume di terreno significativo e sulle fondazioni sussistano elementi di conoscenza sufficienti per effettuare le valutazioni precedenti.

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguite con riferimento ai soli SLU, salvo che per le costruzioni in classe d'uso IV, per le quali sono richieste anche le verifiche agli SLE specificate al § 7.3.6; in quest'ultimo caso potranno essere adottati livelli prestazionali ridotti.

Per la combinazione sismica le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC), secondo quanto specificato al § 7.3.6.



## 8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STATI LIMITE

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguite con riferimento ai soli SLU, salvo che per le costruzioni in classe d'uso IV, per le quali sono richieste anche le verifiche agli SLE specificate al § 7.3.6 (SLD e SLO); in quest'ultimo caso potranno essere adottati livelli prestazionali ridotti.

Per la combinazione sismica le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC), secondo quanto specificato al § 7.3.6.

## 8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

### STATI LIMITE

Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto  $\zeta_E$  tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione;

l'entità delle altre azioni contemporaneamente presenti è la stessa assunta per le nuove costruzioni, **salvo quanto emerso sui carichi verticali permanenti a seguito delle indagini condotte (di cui al § 8.5.5)** e salvo l'eventuale adozione di appositi provvedimenti restrittivi sull'uso e, conseguentemente, sui carichi verticali variabili.

La restrizione sull'uso può mutare da porzione a porzione della costruzione e, per l'i-esima porzione, è quantificata attraverso il rapporto  $\zeta_{V,i}$  tra il valore massimo del **sovraccarico variabile verticale** sopportabile da quella parte della costruzione e il valore del **sovraccarico verticale variabile** che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione.

## 8.4. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Si individuano le seguenti categorie di intervento:

- ***interventi di riparazione o locali***: interventi che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti;
- ***interventi di miglioramento***: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3;
- ***interventi di adeguamento***: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza fissati al paragrafo 8.4.3.

Solo gli interventi di miglioramento ed adeguamento sono sottoposti a collaudo statico.

## 8.4. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

**Per gli interventi di miglioramento e di adeguamento l'esclusione di provvedimenti in fondazione dovrà essere in tutti i casi motivata esplicitamente dal progettista**, attraverso una verifica di idoneità del sistema di fondazione in base ai criteri indicati nel §8.3.

Qualora l'intervento preveda l'inserimento di nuovi elementi che richiedano apposite fondazioni, queste ultime dovranno essere verificate con i criteri generali di cui ai precedenti Capitoli 6 e 7, così come richiesto per le nuove costruzioni.

Per i beni di interesse culturale ricadenti in zone dichiarate a rischio sismico, ai sensi del comma 4 dell'art. 29 del DLgs 22 gennaio 2004, n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio", è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza.

### 8.4.1. RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

Gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura. Essi non debbono cambiare significativamente il comportamento globale della costruzione e sono volti a conseguire una o più delle seguenti finalità:

- ripristinare, rispetto alla configurazione precedente al danno, le caratteristiche iniziali di elementi o parti danneggiate
- migliorare le caratteristiche di resistenza e/o di duttilità di elementi o parti, anche non danneggiati
- impedire meccanismi di collasso locale
- modificare un elemento o una porzione limitata della struttura

### **8.4.1. RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE**

Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati, documentando le carenze strutturali riscontrate e dimostrando che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, non vengano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi non comportino una riduzione dei livelli di sicurezza preesistenti.

La relazione di cui al § 8.3 che, in questi casi, potrà essere limitata alle sole parti interessate dall'intervento e a quelle con esse interagenti, dovrà documentare le carenze strutturali riscontrate, risolte e/o persistenti, ed indicare le eventuali conseguenti limitazioni all'uso della costruzione.

Nel caso di interventi di rafforzamento locale, volti a migliorare le caratteristiche meccaniche di elementi strutturali o a limitare la possibilità di meccanismi di collasso locale, è necessario valutare l'incremento del livello di sicurezza locale.

## 8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

Rientrano negli interventi di miglioramento tutti gli interventi che siano comunque finalizzati ad accrescere il livello di sicurezza della costruzione.

La valutazione della sicurezza e il progetto di intervento dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.

Per la combinazione sismica delle azioni, **il valore di  $\zeta_E$  può essere minore dell'unità**. A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, per le **costruzioni di classe IV il valore di  $\zeta_E$ , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,4**, mentre per le costruzioni di classe III e II il valore di  $\zeta_E$ , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,1. Interventi mediante i quali si ottengono valori di  $\zeta_E$  inferiori a tali minimi sono classificati come interventi di riparazione o locali di cui al § precedente.

Nel caso di interventi che prevedano l'impiego di sistemi di isolamento, per la verifica del sistema di isolamento, si deve avere almeno  $\zeta_E = 1,0$ .

### 8.4.3. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

L'intervento di adeguamento della costruzione è obbligatorio quando si intenda:

a) sopraelevare la costruzione;

b) ampliare la costruzione mediante opere ad essa strutturalmente connesse e tali da alterarne significativamente la risposta;

c) apportare variazioni di classe e/o di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione, valutati secondo la combinazione caratteristica per carichi gravitazionali di cui alla Equazione 2.5.2, superiori al 10%. Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;

d) 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;**



### 8.4.3. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

#### e) introdurre sistemi di controllo della risposta sismica.

In ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento, secondo le indicazioni del presente capitolo.

Il valore di  $\zeta_E$  che deve essere raggiunto post operam dipende da quale sia la condizione sopra indicata che impone l'obbligo dell'adeguamento e dal livello di conoscenza che si vuole/può conseguire con le indagini.

Nei casi a), b) e d), per la verifica della struttura, e nel caso e), per la verifica del sistema di isolamento, si deve avere almeno  $\zeta_E = 1,0$ . **Nel caso c) ed e) per la verifica della struttura si può assumere  $\zeta_E = 0,80$ .**

Una variazione dell'altezza dell'edificio dovuta alla realizzazione di cordoli sommitali o a variazioni della copertura che non comportino incrementi di superficie abitabile, non è considerato ampliamento, ai sensi della condizione a). In tal caso non è necessario procedere all'adeguamento, salvo che non ricorrano una o più delle condizioni di cui agli altri precedenti punti.

## 8.5. DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI

Nelle costruzioni esistenti le situazioni concretamente riscontrabili sono le più diverse ed è quindi impossibile prevedere regole specifiche per tutti i casi. Di conseguenza, il modello per la valutazione della sicurezza dovrà essere definito e giustificato dal progettista, caso per caso, in relazione al comportamento strutturale atteso, tenendo conto delle indicazioni generali di seguito esposte.

- Es.
- piano rigido ?
  - giunti di ampiezza adeguata ?
  - blocco scale e ascensore collegati o meno al resto della struttura
  - fondazioni
  - interazione con i tamponamenti
  - .....

## **8.5.1. ANALISI STORICO-CRITICA**

Ai fini di una corretta individuazione del sistema strutturale e del suo stato di sollecitazione è importante ricostruire il processo di realizzazione e le successive modificazioni subite nel tempo dalla costruzione, nonché gli eventi che la hanno interessata.

## **8.5.2. RILIEVO**

.....

Dovranno altresì essere rilevati i dissesti, in atto o stabilizzati, ponendo particolare attenzione all'individuazione dei quadri fessurativi e dei meccanismi di danno.

## REV. NTC 2008

### 8.5.3. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

**Per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si baserà sulla documentazione già disponibile, su verifiche visive in *situ* e su indagini sperimentali.** Le indagini dovranno essere motivate, per tipo e quantità, dal loro effettivo uso nelle verifiche; nel caso di costruzioni sottoposte a tutela, ai sensi del D.Lgs. 42/2004, di beni di interesse storico-artistico o storico-documentale o inseriti in aggregati storici e nel recupero di centri storici o di insediamenti storici , dovrà esserne considerato l'impatto in termini di conservazione.

**I valori di progetto delle resistenze meccaniche dei materiali verranno valutati sulla base delle indagini e delle prove effettuate sulla struttura, tenendo motivatamente conto dell'entità delle dispersioni, prescindendo dalle classi discretizzate previste nelle norme per le nuove costruzioni.**

Per le prove di cui alla Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/STC, il prelievo dei campioni dalla struttura e l'esecuzione delle prove stesse deve essere effettuata a cura di un laboratorio di cui all'articolo 59 del DPR 380/2001.

## REV. NTC 2008

### 8.5.4. LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive sopra riportate, saranno individuati i “**livelli di conoscenza**” dei diversi parametri coinvolti nel modello e definiti i correlati fattori di confidenza, da utilizzare nelle verifiche di sicurezza.

Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza si distinguono i tre livelli di conoscenza seguenti, ordinati per informazione crescente:

LC1 - LC2 - LC3

Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono: **geometria della struttura, dettagli costruttivi, proprietà dei materiali, connessioni tra i diversi elementi e loro presumibili modalità di collasso.**

In particolare il livello LC3 si intende raggiunto quando si disponga di: rilievo geometrico e strutturale, quadro dei dissesti, documenti progettuali opportunamente verificati nella loro completezza e rispondenza al reale, verifiche in situ sui dettagli costruttivi, sulle proprietà dei materiali, sulle connessioni tra i diversi elementi.

Specifica attenzione dovrà essere posta alla completa individuazione dei potenziali meccanismi di collasso locali e globali, duttili e fragili.

## I LIVELLI DI CONOSCENZA

### **C8A.1.B.3 Costruzioni in calcestruzzo armato o in acciaio: livelli di conoscenza**

Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza, richiamati in C8.7.2.1, si distinguono i tre livelli di conoscenza seguenti:

- LC1: Conoscenza Limitata;
- LC2: Conoscenza Adeguata;
- LC3: Conoscenza Accurata.

Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono:

- geometria, ossia le caratteristiche geometriche degli elementi strutturali,
- dettagli strutturali, ossia la quantità e disposizione delle armature, compreso il passo delle staffe e la loro chiusura, per il c.a., i collegamenti per l'acciaio, i collegamenti tra elementi strutturali diversi, la consistenza degli elementi non strutturali collaboranti,
- materiali, ossia le proprietà meccaniche dei materiali.

## I TRE LIVELLI DI CONOSCENZA



DETTAGLI DEI NODI ???



## I TRE LIVELLI DI CONOSCENZA

Tabella C8A.1.2 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2		Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00



## I TRE LIVELLI DI CONOSCENZA

Tabella C8A.1.3a – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prove per edifici in c.a.

	Rilievo (dei dettagli costruttivi)(a)	Prove (sui materiali) (b)(c)
	Per ogni tipo di elemento “primario” (trave, pilastro...)	
Verifiche limitate	La quantità e disposizione dell’armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m2 di piano dell’edificio, 1 campione di armatura per piano dell’edificio
Verifiche estese	La quantità e disposizione dell’armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m2 di piano dell’edificio, 2 campioni di armatura per piano dell’edificio
Verifiche esaustive	La quantità e disposizione dell’armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m2 di piano dell’edificio, 3 campioni di armatura per piano dell’edificio

## I TRE LIVELLI DI CONOSCENZA

Tabella C8A.1.3b – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prove per edifici in acciaio

	Rilievo (dei collegamenti)(a)	Prove (sui materiali) (b)
	Per ogni tipo di elemento “primario” (trave, pilastro...)	
Verifiche limitate	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 15% degli elementi	1 provino di acciaio per piano dell’edificio, 1 campione di bullone o chiodo per piano dell’edificio
Verifiche estese	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 35% degli elementi	2 provini di acciaio per piano dell’edificio, 2 campioni di bullone o chiodo per piano dell’edificio
Verifiche esaustive	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 50% degli elementi	3 provini di acciaio per piano dell’edificio, 3 campioni di bullone o chiodo per piano dell’edificio

## I TRE LIVELLI DI CONOSCENZA

### NOTE ESPLICATIVE ALLA TABELLA C8A.1.3 (a, b)

Le percentuali di elementi da verificare ed il numero di provini da estrarre e sottoporre a prove di resistenza riportati nella Tabella C8A.1.3 hanno valore indicativo e vanno adattati ai singoli casi, tenendo conto dei seguenti aspetti:

(a) Nel controllo del raggiungimento delle percentuali di elementi indagati ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi si tiene conto delle eventuali situazioni ripetitive, che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per uguale geometria e ruolo nello schema strutturale.

(b) Le prove sugli acciai sono finalizzate all'identificazione della classe dell'acciaio utilizzata con riferimento alla normativa vigente all'epoca di costruzione. Ai fini del raggiungimento del numero di prove sull'acciaio necessario per il livello di conoscenza è opportuno tener conto dei diametri (nelle strutture in c.a.) o dei profili (nelle strutture in acciaio) di più diffuso impiego negli elementi principali con esclusione delle staffe.

(c) Ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con un più ampio numero, almeno il triplo, di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive.

(d) Il numero di provini riportato nelle tabelle 8A.3a e 8A.3b può esser variato, in aumento o in diminuzione, in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Nel caso del calcestruzzo in opera tali caratteristiche sono spesso legate alle modalità costruttive tipiche dell'epoca di costruzione e del tipo di manufatto, di cui occorrerà tener conto nel pianificare l'indagine. Sarà opportuno, in tal senso, prevedere l'effettuazione di una seconda campagna di prove integrative, nel caso in cui i risultati della prima risultino fortemente disomogenei.

## I TRE LIVELLI DI CONOSCENZA

La discretizzazione del livello di conoscenza può risultare:

- troppo rigida rispetto alla notevole varietà di situazioni reali
- inefficace (casi in cui il rispetto di tutte le prescrizioni non raggiunge lo scopo contemplato dalla norma oppure casi in cui un certo livello di conoscenza può essere raggiunto con meno indagini di quelle previste per esso dalla norma)

## **REV. NTC 2008**

### **8.5.5. AZIONI**

I valori delle azioni e le loro combinazioni da considerare nel calcolo, sia per la valutazione della sicurezza sia per il progetto degli interventi, sono quelle definite dalla presente norma per le nuove costruzioni, salvo quanto precisato nel presente capitolo.

Per i carichi permanenti, un accurato rilievo geometrico-strutturale e dei materiali potrà consentire di adottare coefficienti parziali modificati, assegnando a  $\gamma_G$  valori esplicitamente motivati. I valori di progetto delle altre azioni saranno quelli previsti dalla presente norma.

### **8.6. MATERIALI**

Gli interventi sulle strutture esistenti devono essere effettuati con i materiali previsti dalle presenti norme; possono altresì essere utilizzati materiali non tradizionali, purché nel rispetto di normative e documenti di comprovata validità, ovvero quelli elencati al Capitolo 12.

Nel caso di edifici in muratura e possibile effettuare riparazioni locali o integrazioni con materiale analogo a quello impiegato originariamente nella costruzione, purché durevole e di idonee caratteristiche meccaniche.

## 8.7. PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI VALUTAZIONE E PROGETTAZIONE IN PRESENZA DI AZIONI SISMICHE

Nella progettazione di interventi sulle costruzioni esistenti, specie se soggette ad azioni sismiche, particolare attenzione sarà posta agli aspetti che riguardano la duttilità. **Si dovranno quindi assumere le informazioni necessarie a valutare se i dettagli costruttivi, i materiali utilizzati e i meccanismi resistenti siano in grado di sostenere cicli di sollecitazione o deformazione anche in campo anelastico.**

## 8.7.2. COSTRUZIONI IN CALCESTRUZZO ARMATO O IN ACCIAIO

Nelle costruzioni esistenti in calcestruzzo armato o in acciaio soggette ad azioni sismiche viene attivata la capacità di elementi e meccanismi resistenti, che possono essere “duttili” o “fragili”.

L'analisi sismica globale deve utilizzare, per quanto possibile, metodi di analisi che consentano di valutare in maniera appropriata sia la resistenza sia la duttilità disponibili. L'impiego di metodi di calcolo lineari richiede al progettista un'opportuna definizione del fattore di comportamento in relazione alle caratteristiche meccaniche, globali e locali, della struttura in esame.

I meccanismi “**duttili**” si verificano controllando che la domanda non superi la corrispondente capacità in termini di deformazione;

i meccanismi “**fragili**” si verificano controllando che la domanda non superi la corrispondente capacità in termini di resistenza.

## REV. NTC 2008

### 8.7.2. COSTRUZIONI IN CALCESTRUZZO ARMATO O IN ACCIAIO

Per il calcolo della capacità di elementi/meccanismi duttili si impiegano le proprietà dei materiali esistenti, determinate secondo le modalità indicate al § 8.5.3, divise per i fattori di confidenza corrispondenti al livello di conoscenza raggiunto.

Per il calcolo della capacità di elementi/meccanismi fragili, le resistenze dei materiali si dividono per i corrispondenti coefficienti parziali e per i fattori di confidenza corrispondenti al livello di conoscenza raggiunto.

Per i materiali nuovi o aggiunti si impiegano le proprietà nominali.

Nel caso di demolizioni o interventi su organismi in c.a. facenti parte di aggregati edilizi è fatto obbligo al progettista di operare indagini e/o verifiche atte ad accertare, preliminarmente, l'assenza di interazioni con i corpi adiacenti, al fine di poter escludere il prodursi, su di essi, di modifiche in senso negativo del comportamento strutturale a seguito delle demolizioni o degli interventi.



## **LINEE GUIDA CNR-DT 212/2013 - Istruzioni per la Valutazione Affidabilistica della Sicurezza Sismica di Edifici Esistenti (maggio 2014)**

Le Istruzioni nascono dalla constatazione che nelle NTC 2008 l'unico elemento caratterizzato in probabilità è l'azione sismica di verifica, mentre in realtà, nel problema della valutazione, ossia nella determinazione della probabilità di superamento, entrano molte altre fonti di incertezza che non sono esplicitamente modellate. Il documento si compone di:

- Un capitolo generale, (cap. 2) contenente gli aspetti della procedura di verifica comuni alle diverse tipologie costruttive, e in particolare le costruzioni in muratura e quelle in cemento armato
- Due capitoli che forniscono gli elementi specifici relativi alle costruzioni in muratura (cap. 3) e in **cemento armato (cap. 4)**.
- Un'appendice (app. A) di commento ad alcune parti dei capitoli precedenti.
- Due appendici (B e C) contenenti due applicazioni complete rispettivamente a un edificio in muratura e a un edificio in cemento armato.

## CAPITOLO 12 - RIFERIMENTI

Per quanto non diversamente specificato nella presente norma, si intendono coerenti con i principi alla base della stessa, le indicazioni riportate nei seguenti documenti:

- Eurocodici strutturali pubblicati dal CEN, con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali o desumibili dalle presenti norme Norme UNI EN armonizzate i cui riferimenti siano pubblicati su Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea
- Norme per prove su materiali e prodotti pubblicate da UNI

Inoltre, a integrazione delle presenti norme e per quanto con esse non in contrasto, possono essere utilizzati i documenti di seguito indicati che costituiscono riferimenti di comprovata validità:

- Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
- Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
- Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale e successive modificazioni del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, previo parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e ss. mm. ii.
- Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.), **previo parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**

# STRATEGIE PER IL RINFORZO STRUTTURALE NEI CONFRONTI DELLE AZIONI SISMICHE

**STRATEGIA N. 1:** DIMINUIRE LA DOMANDA SISMICA ( $E_d$ )

**STRATEGIA N. 2:** AUMENTARE LA CAPACITA' SISMICA ( $R_d$ )

**OBBIETTIVO DI ENTRAMBE LE STRATEGIE:**

SODDISFACIMENTO DELLE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE PRESCRITTE  
DALLA NORMA:

$$E_d \leq R_d$$

## **SCELTA DELLE TECNICHE PER METTERE IN ATTO UNA DELLE DUE STRATEGIE**

LA SCELTA DELLA TECNICA DA UTILIZZARE DIPENDE DA:

1. CONSIDERAZIONI ECONOMICHE
2. PERIODO DI INTERRUZIONE DELL'USO DELLA STRUTTURA
3. DURATA DEI LAVORI
4. CONSIDERAZIONI ARCHITETTONICHE, FUNZIONALI ED ESTETICHE

NON E' POSSIBILE GENERALIZZARE LA SCELTA DELLE TECNICHE DI INTERVENTO, PERCHE' OGNI CASO RAPPRESENTA UN CASO A SE'

## **STRATEGIA N. 1: DIMINUIZIONE DELLA DOMANDA SISMICA**

LA DOMANDA DI DEFORMAZIONE SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI ESISTENTI VIENE RIDOTTA IN MODO CHE RISULTI INFERIORE ALLA CORRISPONDENTE CAPACITA'

- 1. INCREMENTO DELLA RIGIDEZZA LATERALE TOTALE DELLA STRUTTURA (MODO PIU' EFFICACE E DIFFUSO, SI INTRODUCONO NUOVE STRUTTURE DI CONTROVENTO)**

## STRATEGIA N. 1: DIMINUZIONE DELLA DOMANDA SISMICA

### INSERIMENTO DI UN NUOVO SISTEMA RESISTENTE ALLE FORZE ORIZZONTALI

E' PREFERIBILE POSIZIONARE LE NUOVE PARETI LUNGO IL PERIMETRO DELL'EDIFICIO PER:

- i. FACILITARE LA REALIZZAZIONE DELLE FONDAZIONI
- ii. LIMITARE IL PERIODO DI INTERRUZIONE DELL'USO DELL'EDIFICIO

### ELEMENTI CRITICI:

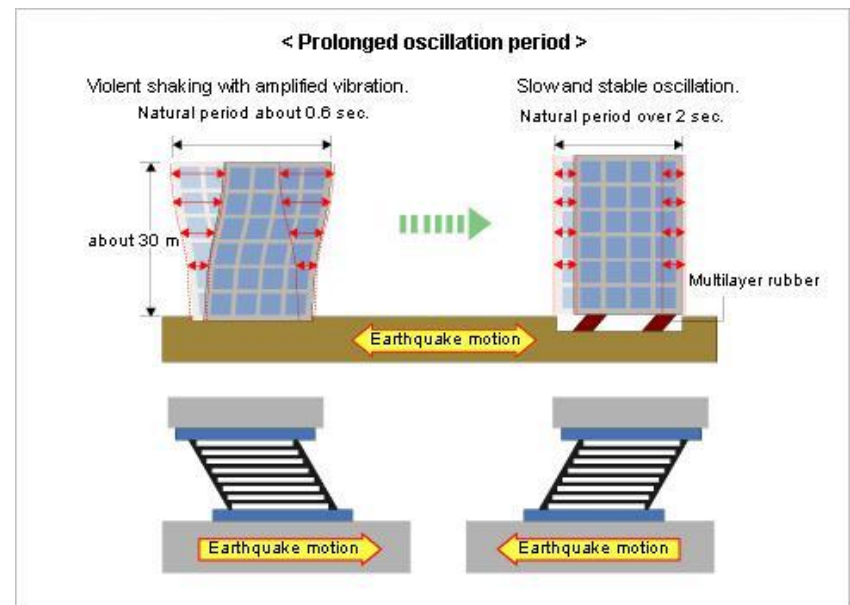
- FONDAZIONI DEI NUOVI ELEMENTI
- COLLEGAMENTI ALLA STRUTTURA ESISTENTE PER IL TRASFERIMENTO DELLE FORZE D'INERZIA

# STRATEGIA N. 1: DIMINUZIONE DELLA DOMANDA SISMICA

## 2. RIDUZIONE DELLA MASSA SISMICA



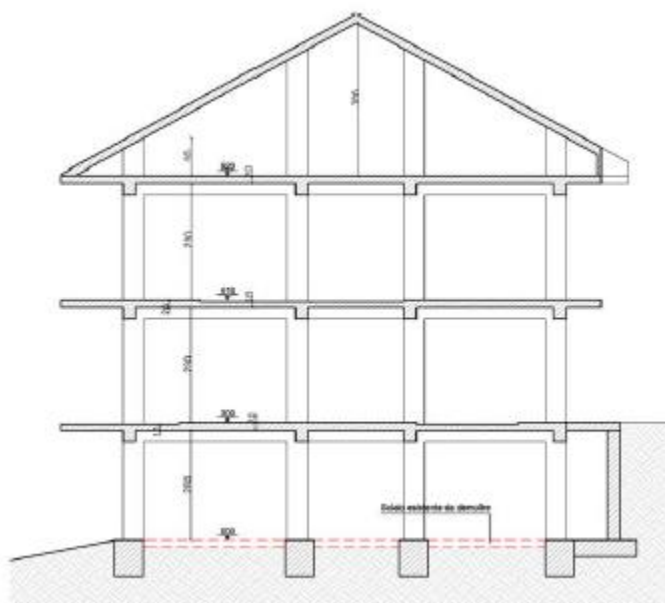
## 3. INTRODUZIONE DI ISOLATORI SISMICI



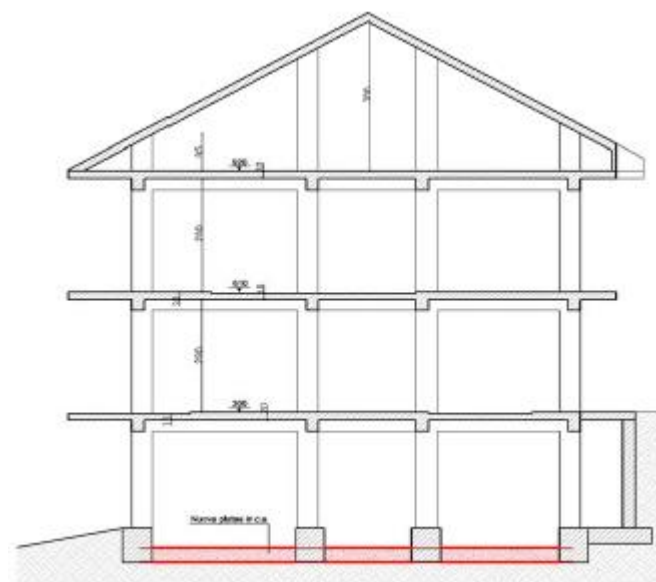
## 4. INSERIMENTO DI DISSIPATORI DI ENERGIA

# STRATEGIA N. 1: DIMINUZIONE DELLA DOMANDA SISMICA

## ES. INSERIMENTO DI ISOLATORI SISMICI ALLA BASE



DEMOLIZIONE SOLAIO P.T.



COLLEGAMENTO FONDAZIONI

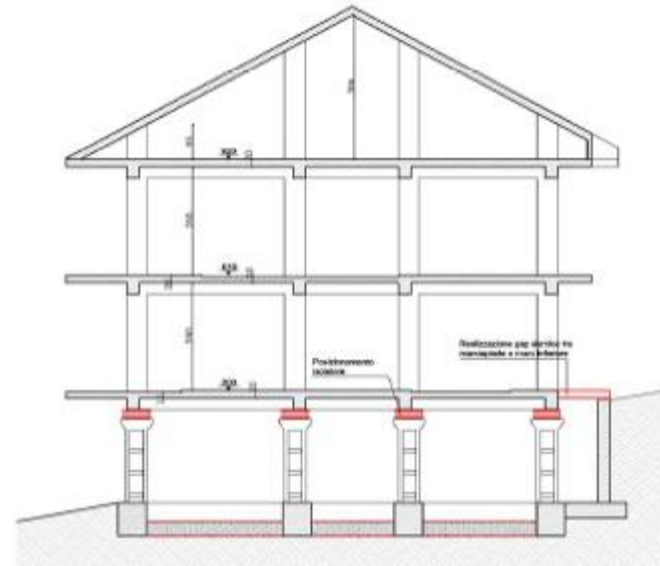


# STRATEGIA N. 1: DIMINUIZIONE DELLA DOMANDA SISMICA

## ES. INSERIMENTO DI ISOLATORI SISMICI ALLA BASE



- PUNTELLAMENTO
- ADEGUAMENTO PILASTRI
- TAGLIO PILASTRI
- TAGLIO SCALE E ASCENSORI



POSIZIONAMENTO ISOLATORI  
E MESSA IN FORZA

# STRATEGIA N. 1: DIMINUIZIONE DELLA DOMANDA SISMICA

ES. INSERIMENTO DI ISOLATORI SISMICI ALLA BASE  
(EDIFICIO SU PALI A FABRIANO – 4 PIANI,  
da *“Proteggersi dal Terremoto”*, M. Dolce, A. Martelli, G. Panza)



# STRATEGIA N. 1: DIMINUIZIONE DELLA DOMANDA SISMICA

## ES. INSERIMENTO DI ISOLATORI SISMICI ALLA BASE (EDIFICIO SU PALI A FABRIANO)

RISPARMIO DEL 20 % RISPETTO AD  
UN INTERVENTO TRADIZIONALE  
(dato ripreso dal libro  
di M. Dolce e al.)



messa in pressione dei martinetti con  
resine epossidiche, prima del taglio dei pali

# STRATEGIA N. 2: AUMENTO DELLA CAPACITA' SISMICA

## INCAMICIATURA DI ELEMENTI STRUTTURALI

1. INCAMICIATURA IN C.A.
2. FASCIATURE DI FRP
3. INCAMICIATURA DI ACCIAIO

## **EVENTUALE SEMPLIFICAZIONE DELL'ANALISI SISMICA E DEL PROGETTO DI RINFORZO MEDIANTE LA DEFINIZIONE DI ALCUNI ELEMENTI STRUTTURALI COME ELEMENTI SECONDARI**

LA NORMA ITALIANA, COSI' COME L'EC8, RICONOSCE CHE ALCUNI ELEMENTI POSSONO RICOPRIRE UN RUOLO SECONDARIO NELLA RESISTENZA SISMICA DI UNA STRUTTURA

LA CLASSIFICAZIONE DI ALCUNI ELEMENTI COME SECONDARI CONSENTE ALCUNE SEMPLIFICAZIONI NEL CALCOLO DELLA RESISTENZA SISMICA

**SOLO GLI ELEMENTI PRIMARI SONO PROGETTATI PER RESISTERE ALL'AZIONE SISMICA**

GLI ELEMENTI SECONDARI DEVONO MANTENERE LA LORO CAPACITA' PORTANTE AI CARICHI VERTICALI IN PRESENZA DEGLI SPOSTAMENTI SISMICI

## SCELTA DEGLI ELEMENTI SECONDARI IN UNA STRUTTURA (7.2.3 – NTC)

### 1<sup>a</sup> CONDIZIONE

CONTRIBUTO DEGLI ELEMENTI SECONDARI ALLA RIGIDEZZA LATERALE  
NON SUPERIORE AL 15% DI QUELLA DEGLI ELEMENTI PRIMARI

### 2<sup>a</sup> CONDIZIONE

LA CARATTERIZZAZIONE DI ALCUNI ELEMENTI COME SECONDARI **NON  
DEVE CAMBIARE** LA CLASSIFICAZIONE DELLA STRUTTURA DA  
IRREGOLARE A REGOLARE

## ELEMENTI STRUTTURALI SECONDARI

### C7.2.3 CRITERI DI PROGETTAZIONE DI ELEMENTI STRUTTURALI “SECONDARI”

Gli elementi strutturali secondari devono essere in grado di mantenere la loro portanza nei confronti dei carichi verticali nella configurazione deformata più sfavorevole tenendo conto, quando necessario, delle non linearità geometriche, nei modi specificati nel §7.3.

I particolari costruttivi che si applicano agli elementi strutturali secondari sono quelli prescritti al cap. 4 solo per gli elementi che non subiscono plasticizzazioni sotto le azioni di progetto allo SLU.

In caso contrario valgono le prescrizioni del cap. 7.

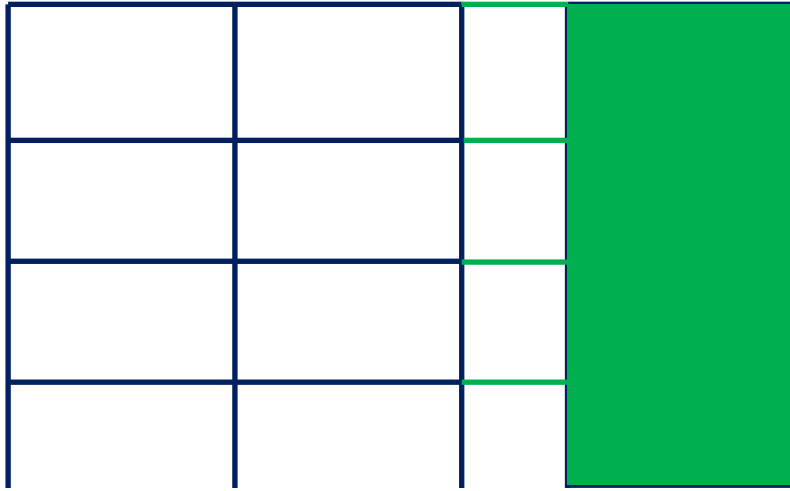
## ELEMENTI SECONDARI IN UNA STRUTTURA ESISTENTE

C8.7.2 – GLI ELEMENTI STRUTTURALI SECONDARI DEVONO SODDISFARE I REQUISITI RIPORTATI NEL § 7.2.3 DELLE NTC

OSS.NE

L'EC8 E' MENO RESTRITTIVO DELLE NTC 2008, INFATTI NEGLI EDIFICI ESISTENTI NON E' RICHiesto NESSUN CONTROLLO SUL CONTRIBUTO ALLA RIGIDEZZA LATERALE DEGLI ELEMENTI SECONDARI RISPETTO A QUELLI PRIMARI

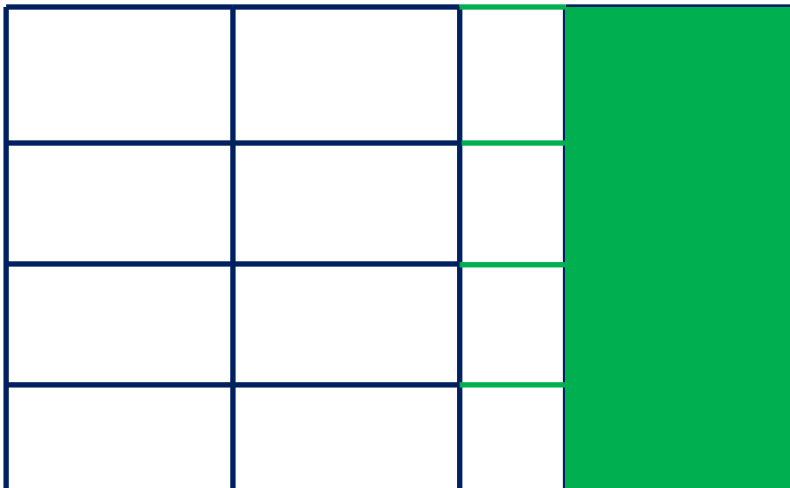




struttura nuova di  
controvento  
+  
struttura esistente

struttura primaria

fattore di struttura  
 $q = 1,5 \div 3$

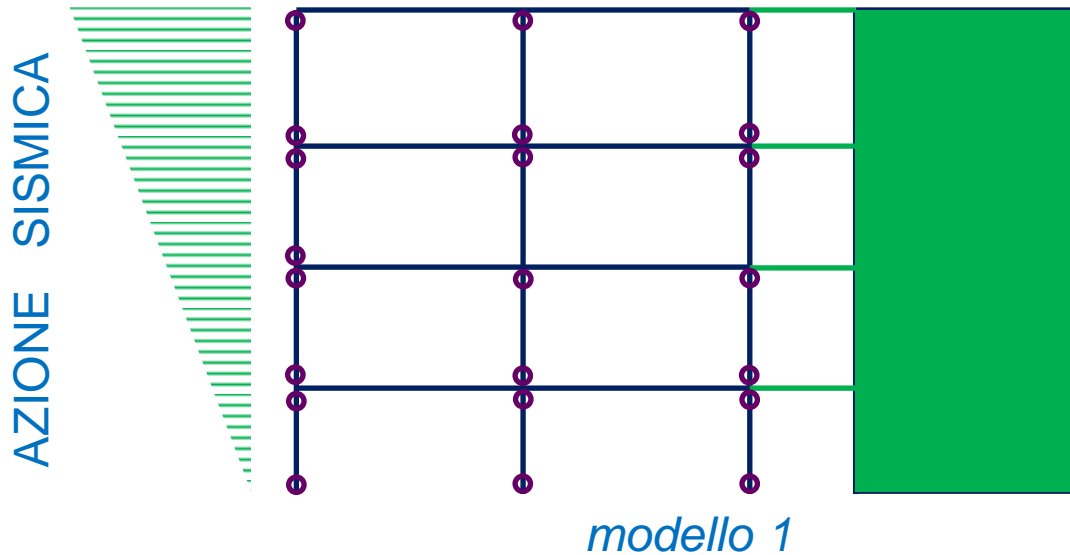


struttura nuova di  
controvento  
(struttura primaria)

struttura esistente (struttura secondaria)

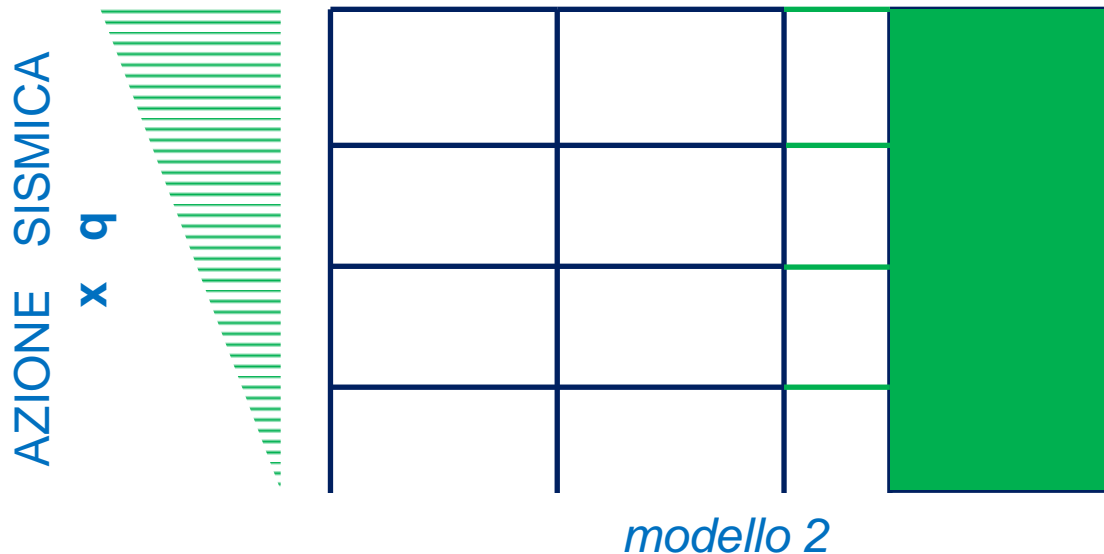
fattore di struttura  
(quello della struttura nuova)

# Progetto di rinforzo con struttura esistente tutta o in parte secondaria



**fattore di struttura  
(quello della struttura nuova)**

progetto della nuova struttura di  
controvento



da questo schema si ricavano le  
sollecitazioni negli elementi  
secondari