



Roma 29/11/2012

# **Vulnerabilità e adeguamento di edifici esistenti in cemento armato e muratura**

# ***OPERARE SULL'ESISTENTE***

## ***QUADRO NORMATIVO***

- Norme tecniche per le Costruzioni – DM n. 14 Gennaio 2008  
(Capitolo 8)
  
- Istruzioni per l'uso della NTC 2008 - Circolare n. 617 del 2 Febbraio 2009  
(Capitolo 8, Appendice C8A)



# ***Classificazione dei tipi di intervento su costruzioni esistenti:***

***(Punto 8.4 del DM '08; Punto 8.4 della Circolare '09)***

- Interventi di adeguamento: volti a garantire per la costruzione i livelli di sicurezza minimi prescritti dalle normative vigenti;
- Interventi di miglioramento: volti a garantire per la costruzione un livello di sicurezza minimo maggiore rispetto al livello di sicurezza della struttura allo stato attuale;
- Riparazione o interventi locali: tutti gli interventi di riparazione, rafforzamento o sostituzione di singoli elementi strutturali;



# FASI PROGETTUALI

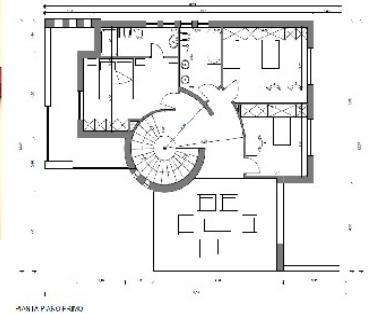
## - Indagini conoscitive e prove sui materiali

- Interpretazione risultati delle indagini e prove sui materiali

- Modellazione, e verifica della struttura nello stato di fatto (determinazione delle eventuali carenze e dei punti deboli)

- Stesura piano di eventuali interventi di rinforzo

- Modellazione, e verifica della struttura nello stato post-interventi



# FASI PROGETTUALI

- Indagini conoscitive e prove sui materiali

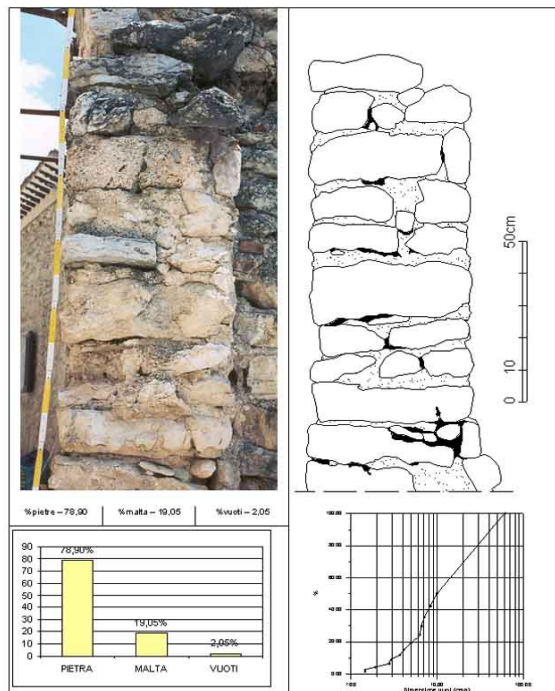
**- Interpretazione risultati delle indagini e prove sui materiali**

- Modellazione, e verifica della struttura nello stato di fatto (determinazione delle eventuali carenze e dei punti deboli)

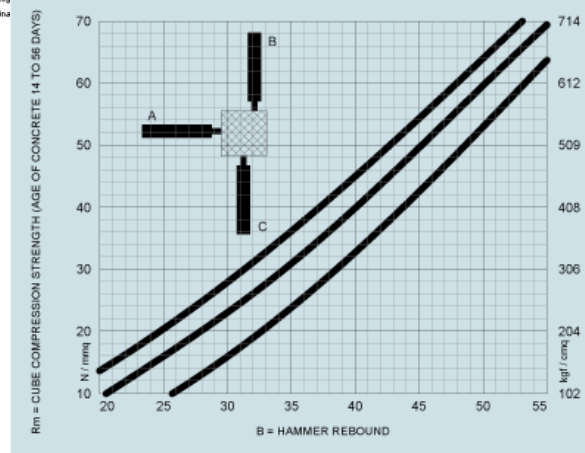
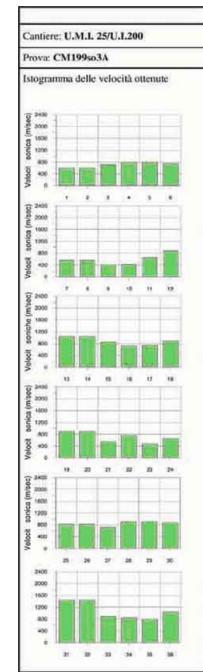
- Stesura piano di eventuali interventi di rinforzo

- Modellazione, e verifica della struttura nello stato post-interventi

FOTOGRAFIA DELLA SEZIONE MURARIA CM3/25/198 s1p2



NOTA: Le riprese fotografiche sono state mantenute in scala.

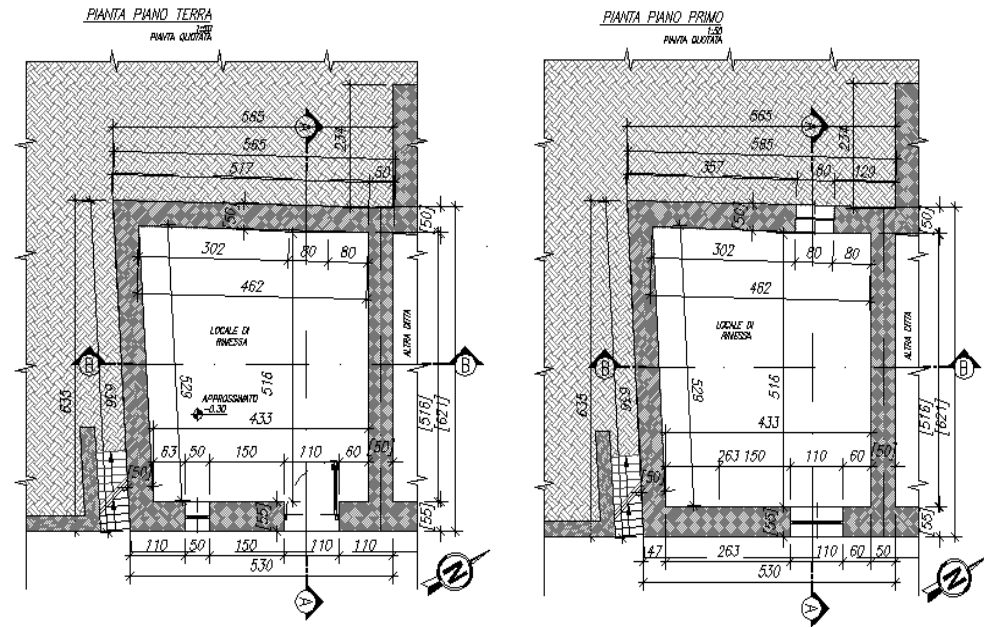


D.I.S. - POLITECNICO DI MILANO

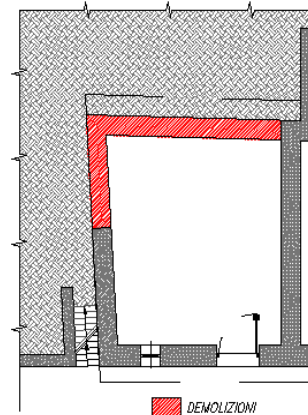


# FASI PROGETTUALI

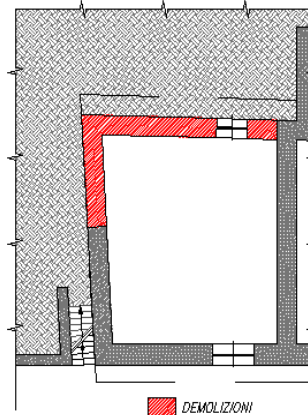
- Indagini conoscitive e prove sui materiali
- Interpretazione risultati delle indagini e prove sui materiali
- **Modellazione, e verifica della struttura nello stato di fatto (determinazione delle eventuali carenze e dei punti deboli)**
- Stesura piano di eventuali interventi di rinforzo
- Modellazione, e verifica della struttura nello stato post-interventi



PIANO TERRA-DEMOLIZIONI  
1:100



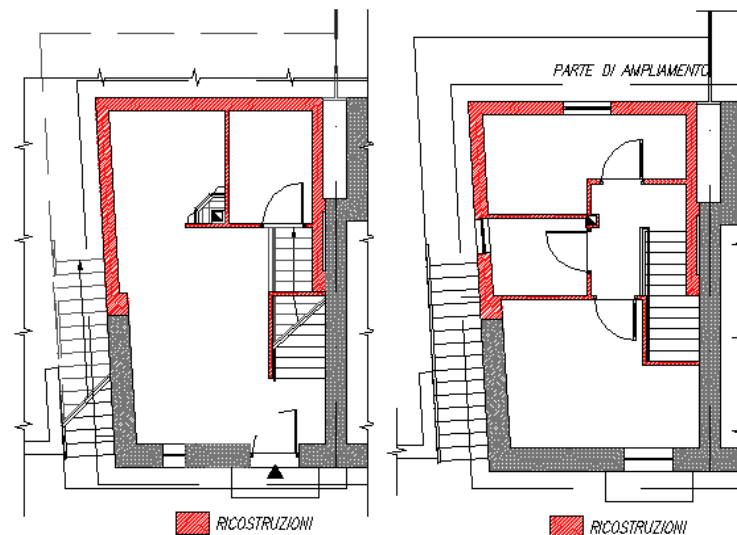
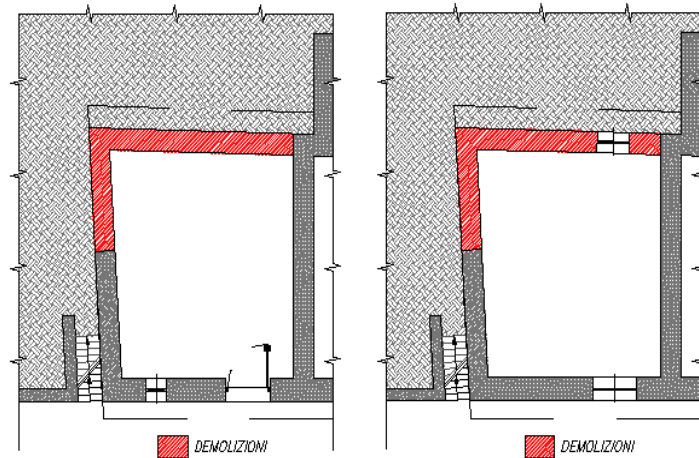
PIANO PRIMO-DEMOLIZIONI  
1:100





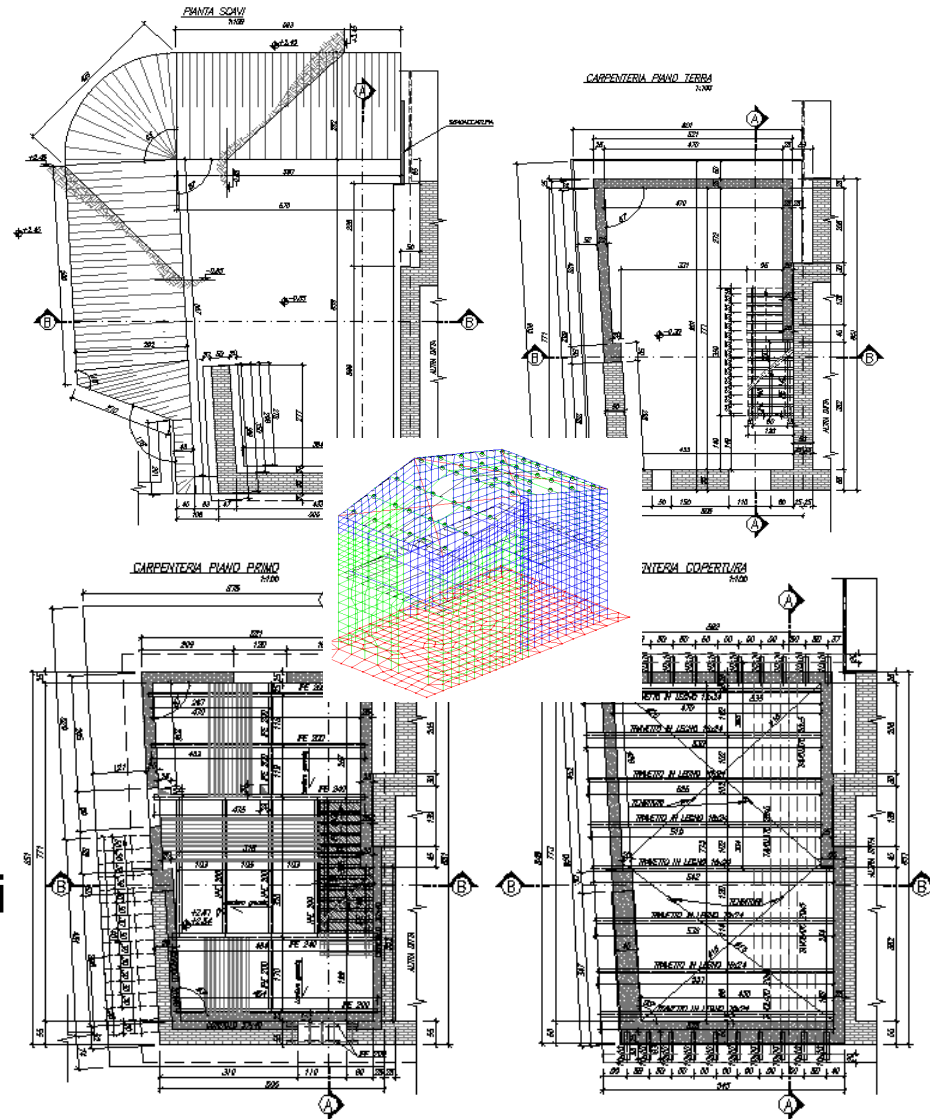
# FASI PROGETTUALI

- Indagini conoscitive e prove sui materiali
- Interpretazione risultati delle indagini e prove sui materiali
- Modellazione, e verifica della struttura nello stato di fatto (determinazione delle eventuali carenze e dei punti deboli)
- **Stesura piano di eventuali interventi di rinforzo**
- Modellazione, e verifica della struttura nello stato post-interventi



# FASI PROGETTUALI

- Indagini conoscitive e prove sui materiali
- Interpretazione risultati delle indagini e prove sui materiali
- Modellazione, e verifica della struttura nello stato di fatto (determinazione delle eventuali carenze e dei punti deboli)
- Stesura piano di eventuali interventi di rinforzo
- Modellazione, e verifica della struttura nello stato post-interventi





# Operazioni delle indagini conoscitive:

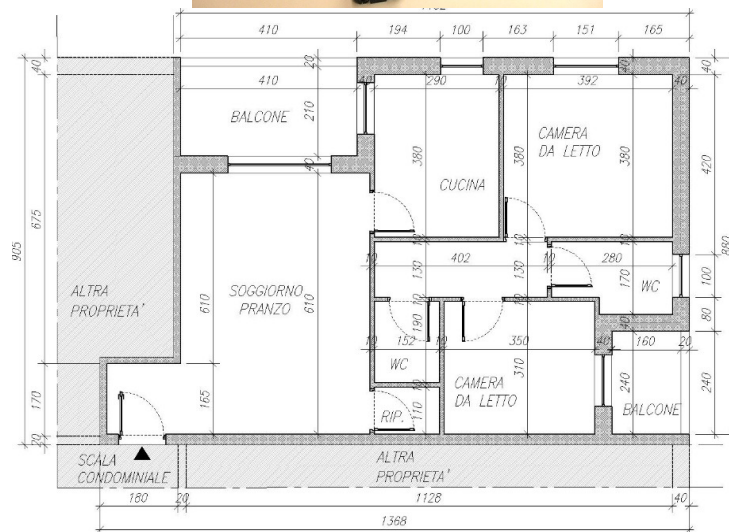
## - Reperimento di tutti i documenti progettuali esistenti;

- Rilievo geometrico delle strutture esistenti;
- Individuazione del tipo o dei tipi di materiali costituenti la struttura;
- Analisi storica-critica delle stratificazioni subite dalla struttura e/o degli eventi che hanno interessato o che interessano ancora la struttura (terremoti, fenomeni di cedimento dei terreni, ecc.);
- Rilievo dei dissesti e dei quadri fessurativi;
- Interpretazione del comportamento strutturale dell'esistente e delle sue eventuali modifiche nel corso della vita utile;
- Esecuzione di indagini invasive e non invasive;
- Esecuzione di prove distruttive e non, eseguite sia in sito che in laboratorio previo prelievo di provini;
- Determinazione dei parametri meccanici dei materiali costituenti l'opera;



# Operazioni delle indagini conoscitive:

- Reperimento di tutti i documenti progettuali esistenti;
- **Rilievo geometrico delle strutture esistenti;**
- Individuazione del tipo o dei tipi di materiali costituenti la struttura;
- Analisi storica-critica delle stratificazioni subite dalla struttura e/o degli eventi che hanno interessato o che interessano ancora la struttura (terremoti, fenomeni di cedimento dei terreni, ecc.);
- Rilievo dei dissesti e dei quadri fessurativi;
- Interpretazione del comportamento strutturale dell'esistente e delle sue eventuali modifiche nel corso della vita utile;
- Esecuzione di indagini invasive e non invasive;
- Esecuzione di prove distruttive e non, eseguite sia in sito che in laboratorio previo prelievo di provini;
- Determinazione dei parametri meccanici dei materiali costituenti l'opera;



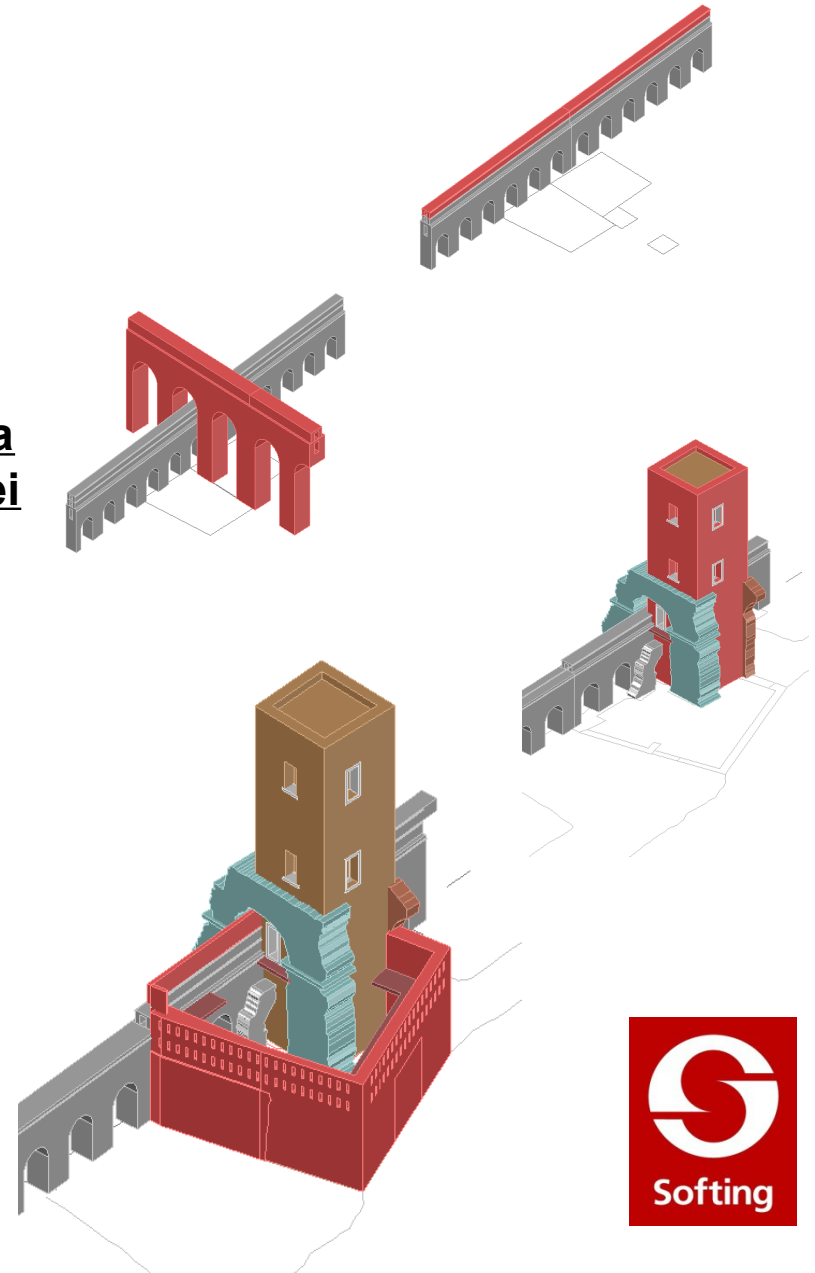
# Operazioni delle indagini conoscitive:

- Reperimento di tutti i documenti progettuali esistenti;
- Rilievo geometrico delle strutture esistenti;
- **Individuazione del tipo o dei tipi di materiali costituenti la struttura;**
- Analisi storica-critica delle stratificazioni subite dalla struttura e/o degli eventi che hanno interessato o che interessano ancora la struttura (terremoti, fenomeni di cedimento dei terreni, ecc.);
- Rilievo dei dissesti e dei quadri fessurativi;
- Interpretazione del comportamento strutturale dell'esistente e delle sue eventuali modifiche nel corso della vita utile;
- Esecuzione di indagini invasive e non invasive;
- Esecuzione di prove distruttive e non, eseguite sia in sito che in laboratorio previo prelievo di provini;
- Determinazione dei parametri meccanici dei materiali costituenti l'opera;



# Operazioni delle indagini conoscitive:

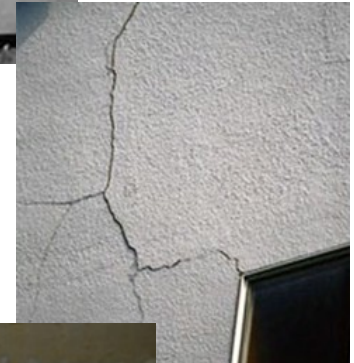
- Reperimento di tutti i documenti progettuali esistenti;
- Rilievo geometrico delle strutture esistenti;
- Individuazione del tipo o dei tipi di materiali costituenti la struttura;
- **Analisi storica-critica delle stratificazioni subite dalla struttura e/o degli eventi che hanno interessato o che interessano ancora la struttura (terremoti, fenomeni di cedimento dei terreni, ecc.);**
- Rilievo dei dissesti e dei quadri fessurativi;
- Interpretazione del comportamento strutturale dell'esistente e delle sue eventuali modifiche nel corso della vita utile;
- Esecuzione di indagini invasive e non invasive;
- Esecuzione di prove distruttive e non, eseguite sia in sito che in laboratorio previo prelievo di provini;
- Determinazione dei parametri meccanici dei materiali costituenti l'opera;





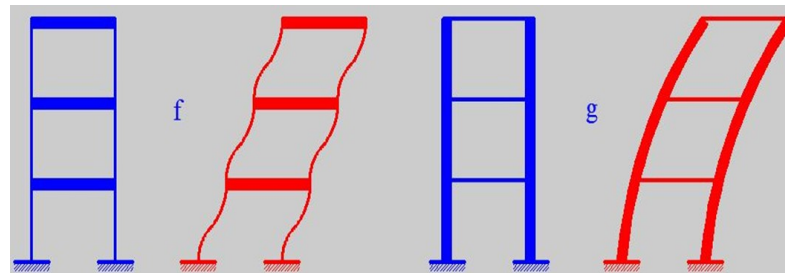
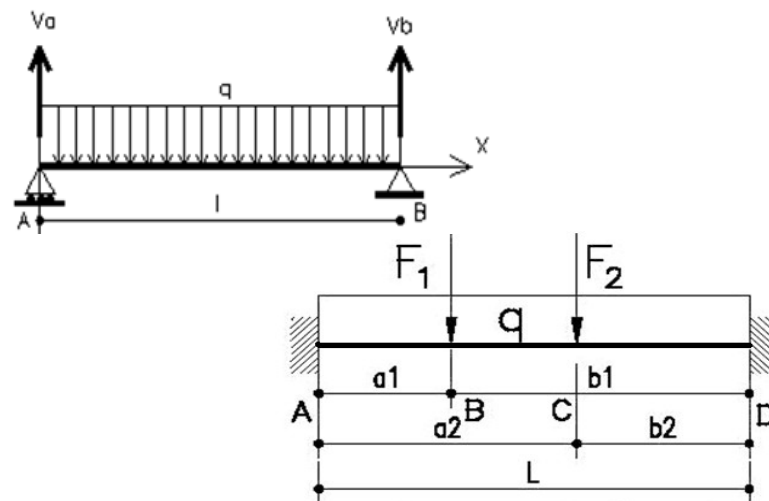
# Operazioni delle indagini conoscitive:

- Reperimento di tutti i documenti progettuali esistenti;
- Rilievo geometrico delle strutture esistenti;
- Individuazione del tipo o dei tipi di materiali costituenti la struttura;
- Analisi storica-critica delle stratificazioni subite dalla struttura e/o degli eventi che hanno interessato o che interessano ancora la struttura (terremoti, fenomeni di cedimento dei terreni, ecc.);
- **Rilievo dei dissesti e dei quadri fessurativi;**
- Interpretazione del comportamento strutturale dell'esistente e delle sue eventuali modifiche nel corso della vita utile;
- Esecuzione di indagini invasive e non invasive;
- Esecuzione di prove distruttive e non, eseguite sia in sito che in laboratorio previo prelievo di provini;
- Determinazione dei parametri meccanici dei materiali costituenti l'opera;



# Operazioni delle indagini conoscitive:

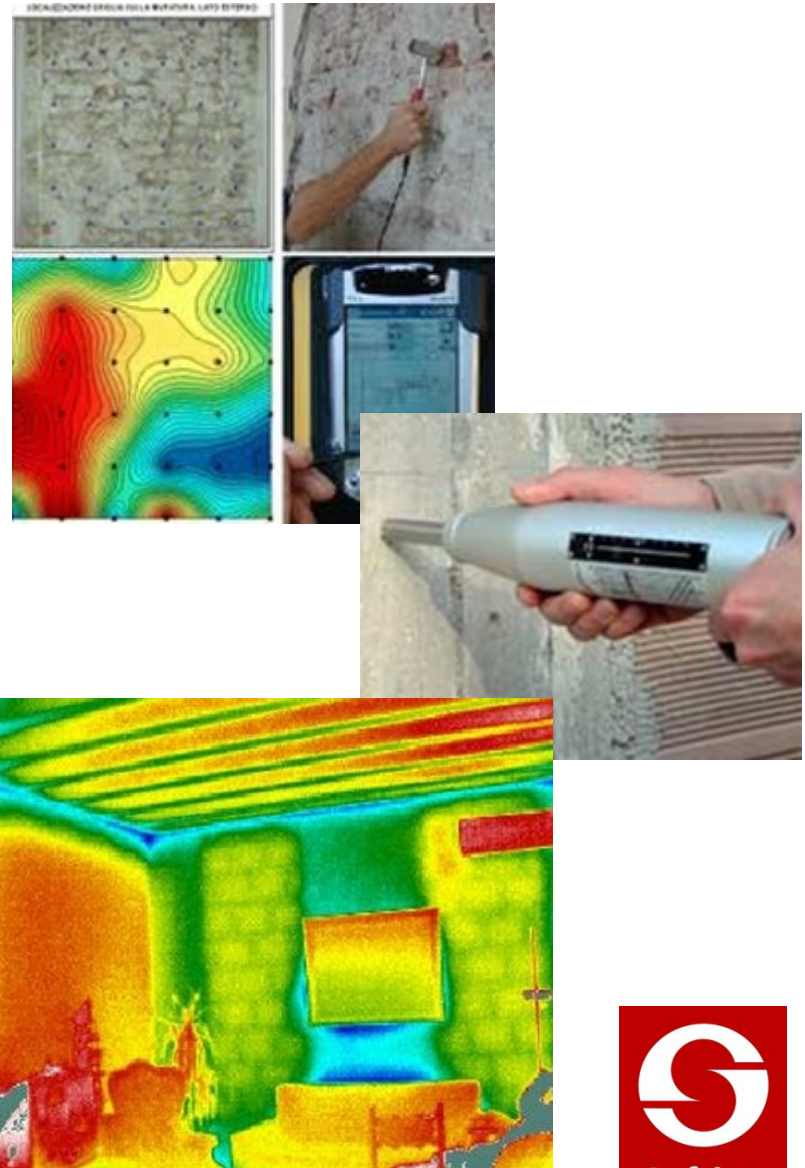
- Reperimento di tutti i documenti progettuali esistenti;
- Rilievo geometrico delle strutture esistenti;
- Individuazione del tipo o dei tipi di materiali costituenti la struttura;
- Analisi storica-critica delle stratificazioni subite dalla struttura e/o degli eventi che hanno interessato o che interessano ancora la struttura (terremoti, fenomeni di cedimento dei terreni, ecc.);
- Rilievo dei dissesti e dei quadri fessurativi;
- **Interpretazione del comportamento strutturale dell'esistente e delle sue eventuali modifiche nel corso della vita utile;**
- Esecuzione di indagini invasive e non invasive;
- Esecuzione di prove distruttive e non, eseguite sia in sito che in laboratorio previo prelievo di provini;
- Determinazione dei parametri meccanici dei materiali costituenti l'opera;





# Operazioni delle indagini conoscitive:

- Reperimento di tutti i documenti progettuali esistenti;
- Rilievo geometrico delle strutture esistenti;
- Individuazione del tipo o dei tipi di materiali costituenti la struttura;
- Analisi storica-critica delle stratificazioni subite dalla struttura e/o degli eventi che hanno interessato o che interessano ancora la struttura (terremoti, fenomeni di cedimento dei terreni, ecc.);
- Rilievo dei dissesti e dei quadri fessurativi;
- Interpretazione del comportamento strutturale dell'esistente e delle sue eventuali modifiche nel corso della vita utile;
- **Esecuzione di indagini invasive e non invasive;**
- Esecuzione di prove distruttive e non, eseguite sia in sito che in laboratorio previo prelievo di provini;
- Determinazione dei parametri meccanici dei materiali costituenti l'opera;



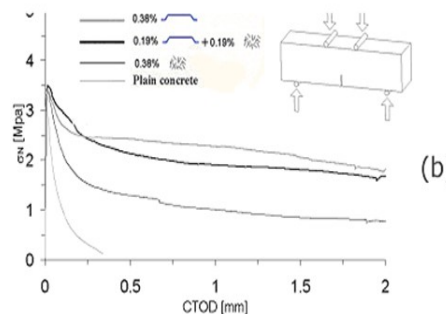
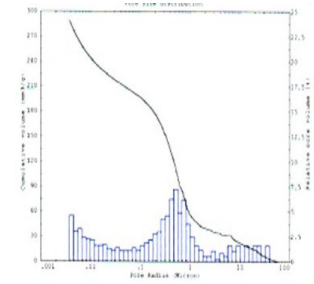
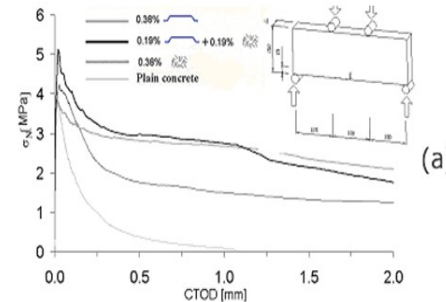
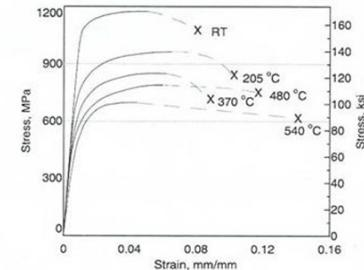
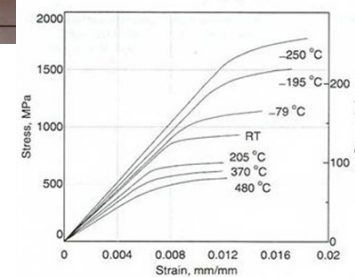
## **Operazioni delle indagini conoscitive:**

- Reperimento di tutti i documenti progettuali esistenti;
- Rilievo geometrico delle strutture esistenti;
- Individuazione del tipo o dei tipi di materiali costituenti la struttura;
- Analisi storica-critica delle stratificazioni subite dalla struttura e/o degli eventi che hanno interessato o che interessano ancora la struttura (terremoti, fenomeni di cedimento dei terreni, ecc.);
- Rilievo dei dissesti e dei quadri fessurativi;
- Interpretazione del comportamento strutturale dell'esistente e delle sue eventuali modifiche nel corso della vita utile;
- Esecuzione di indagini invasive e non invasive;
- **Esecuzione di prove distruttive e non, eseguite sia in sito che in laboratorio previo prelievo di provini;**
- Determinazione dei parametri meccanici dei materiali costituenti l'opera;



# Operazioni delle indagini conoscitive:

- Reperimento di tutti i documenti progettuali esistenti;
- Rilievo geometrico delle strutture esistenti;
- Individuazione del tipo o dei tipi di materiali costituenti la struttura;
- Analisi storica-critica delle stratificazioni subite dalla struttura e/o degli eventi che hanno interessato o che interessano ancora la struttura (terremoti, fenomeni di cedimento dei terreni, ecc.);
- Rilievo dei dissesti e dei quadri fessurativi;
- Interpretazione del comportamento strutturale dell'esistente e delle sue eventuali modifiche nel corso della vita utile;
- Esecuzione di indagini invasive e non invasive;
- Esecuzione di prove distruttive e non, eseguite sia in sito che in laboratorio previo prelievo di provini;
- **Determinazione dei parametri meccanici dei materiali costituenti l'opera;**



# **Grado di approfondimento delle indagini conoscitive**

La Normativa prevede tre livelli di approfondimento del piano di indagini sulle strutture esistenti (Punto 8.5.4 e C8A.1.A della Circolare '09):

- **LC1: Conoscenza limitata**



- **LC2: Conoscenza adeguata**



- **LC3: Conoscenza accurata**

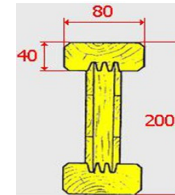
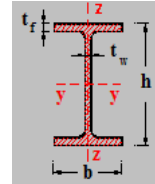
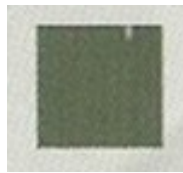




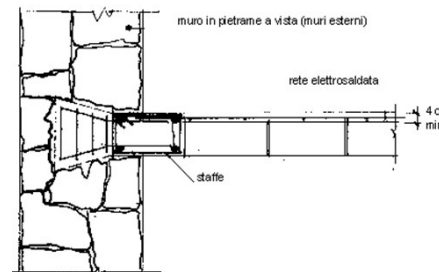
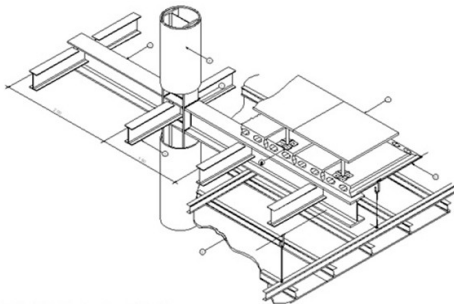
# Grado di approfondimento delle indagini conoscitive

I fattori il cui grado definizione delle indagini stabilisce il livello di conoscenza, sono:

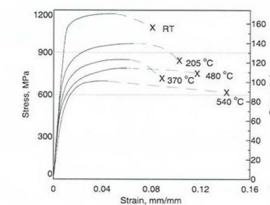
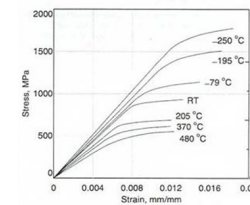
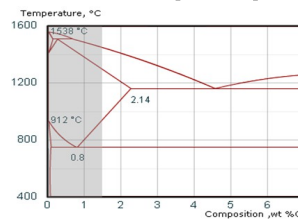
- **Geometria:** ossia le caratteristiche geometriche degli elementi strutturali;



- **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, ecc.;



- **Proprietà dei materiali:** ossia le proprietà meccaniche dei materiali.



**Ad ogni livello di conoscenza è associato un**  
**corrispettivo “Fattore di confidenza”**  
**(Punto 8.5.4 e C8A.1.A della Circolare '09)**

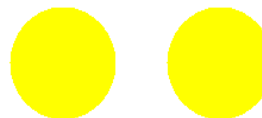
I Fattori di confidenza (FC) sono coefficienti di sicurezza ulteriori da applicare ai parametri dei materiali, introdotti dalla normativa per tener conto di tutte le incertezze sulle quali non è possibile indagare.

Il valore dei fattori di confidenza è riportato sotto:

**Fattore di confidenza relativo a LC1 = 1,35**



**Fattore di confidenza relativo a LC2 = 1,20**



**Fattore di confidenza relativo a LC3 = 1,00**





# Quantità e tipologie di prove minime in funzione dei livelli di conoscenza per costruzioni in muratura (C8A.1.A.3):

LC1: Indagini in situ-limitate: esami visivi su porzioni di tessuto murario di 1.00x1.00 m per valutare:

Tipologia muratura

Grado di compatezza della malta

Grado di ammorsamento dei blocchi



LC2 Indagini in-situ estese: le medesime indagini previste per il livello LC1 effettuate in maniera estesa e sistematica per ogni tipo di muratura, più le seguenti:

Prove con martinetto piatto

Prove di caratterizzazione delle malte

Metodi di prova non distruttivi (prove soniche, sclerometriche, termografie, penetrometriche per la malta, ecc.)



LC3 Indagini in-situ esaustive: le medesime indagini previste per il livello LC2 ma in numero e qualità tali da poter consentire la definizione delle caratteristiche meccaniche della muratura

Prove con martinetto piatto, prove di compressione diagonale su pannelli o prove combinate di compressione verticale e taglio

Prove di caratterizzazione delle malte

Metodi di prova non distruttivi (prove soniche, sclerometriche, termografie, penetrometriche per la malta, ecc.)



Tabella C8A.1.1: Costruzioni in muratura

Livello di conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Rilievo muratura, volte, solai, scale.	verifiche in situ limitate	Indagini in situ limitate Resistenza: valore minimo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1	Tutti	1,35
LC2	Individuazione carichi gravanti su ogni elemento di parete	verifiche in situ estese ed esaustive	Indagini in situ estese Resistenza: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1,20
LC3	Individuazione tipologia fondazioni. Rilievo eventuale quadro fessurativo e deformativo		Indagini in situ esaustive -caso a) (disponibili 3 o più valori sperimentali di resistenza) Resistenza: media dei risultati delle prove Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 -caso b) (disponibili 2 valori sperimentali di resistenza) Resistenza: se valore medio sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, valore medio dell'intervallo di Tabella C8A.2.1; se valore medio sperimentale maggiore di estremo superiore intervallo, quest'ultimo; se valore medio sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore medio sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a). -caso c) (disponibile 1 valore sperimentale di resistenza) Resistenza: se valore sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, oppure superiore, valore medio dell'intervallo; se valore sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a).		1,00

Tabella C8A.1.2: Costruzioni in calcestruzzo armato o 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	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche insitu	Indagini in situ limitate Resistenza: valore minimo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2	oppure rilievo ex-novo completo	Disegni costruttivi completi con limitate verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con limitate prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1,20
LC3		Disegni costruttivi incompleti con limitate verifiche in situ oppure estese verifiche insitu	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ		1,00

Quantità e tipologie di prove minime in funzione dei livelli di conoscenza per costruzioni in C.A. (Tab. C8A.1.3a):

	Rilievo (dei dettagli costruttivi)	Prove (sui materiali)
	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 m <sup>2</sup> 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 m <sup>2</sup> 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 m <sup>2</sup> di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Quantità e tipologie di prove minime in funzione dei livelli di conoscenza per costruzioni in Acciaio (Tab. C8A.1.3b):

	Rilievo (dei dettagli costruttivi)	Prove (sui materiali)
	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

## Costruzioni in cemento armato (punto c8.7.2)

### Requisiti di sicurezza:

- Stato limite di collasso.
  - Effetti per elementi duttili da analisi strutturale
  - Effetti per elementi fragili da analisi strutture con eventuali modifiche al punto c8.7.2.4
  - Capacità: deformazione ultima per elementi duttili, resistenza ultima per elementi fragili.
  - Nell'analisi ***non si può*** utilizzare il fattore  $q$
- Stato limite di salvaguardia della vita
  - Effetti per elementi duttili da analisi strutturale
  - Effetti per elementi fragili da analisi strutturale con eventuali modifiche al punto c8.7.2.4
  - Capacità: deformazione di danno per elementi/ meccanismi duttili, deformazioni ultime e resistenza prudenzialmente ridotte per elementi/meccanismi fragili.
  - Se nell'analisi si usa il fattore  $q$  la resistenza degli elementi si calcola come per le situazioni non sismiche





# Costruzioni in cemento armato (punto c8.7.2)

## Requisiti di sicurezza:

- Stato limite di esercizio
  - La verifica si esegue come per gli edifici nuovi

	Spostamento relativo $d_r$ per Stato limite di danno	Spostamento relativo $d_r$ per Stato limite di operatività
tamponamenti collegati rigidamente alla struttura che interferiscono con la deformabilità della stessa	$0,005 h^*$	2/3 di quello per Stato limite di danno
per tamponamenti progettati in modo da non subire danni a seguito di spostamenti di interpiano $d_{ip}$ , per effetto della loro deformabilità intrinseca ovvero dei collegamenti alla struttura:	$d_r < d_{ip} < 0,01 h$	

\* questo limite tamponamenti deve essere opportunamente ridotto nel caso in cui la presenza della tamponatura sia considerata nel modello. Si può in tal caso far riferimento ai limiti validi per la muratura..

# ***Azione sismica e combinazione delle azioni***

Per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni valgono i criteri di cui al § 3.2.4 delle NTC. Le diverse componenti dell'azione sismica vengono combinate con i criteri riportati al § 7.3.5 delle NTC.

**Le combinazioni da considerare sono le medesime degli edifici nuovi**



## ***Costruzioni in cemento armato (punto c8.7.2)***

### Metodi di analisi e criteri di verifica

Gli effetti dell'azione sismica, sono valutati con uno dei metodi di cui al § 7.3 delle NTC

Per le verifiche di sicurezza, gli elementi strutturali vengono distinti in “duttili” e “fragili”. Le indicazioni per la classificazione di tali elementi sono fornite dalla norma.

I fattori di confidenza servono ad un duplice scopo:

- come fattori di riduzione delle resistenza dei materiali per la definizione delle resistenze ultime degli elementi;
- come coefficienti amplificatori della resistenza dei materiali per il calcolo delle resistenze ultime degli elementi duttili che saranno utilizzate come sollecitazioni di progetto nella verifica degli elementi fragili;



## ***Costruzioni in cemento armato (punto c8.7.2)***

### Metodi di analisi

- Analisi statica/dinamica lineare con spettro elastico
- Analisi statica/dinamica lineare con fattore q
- Analisi statica non lineare
- Analisi dinamica non lineare



## **Costruzioni in cemento armato (punto c8.7.2)**

Metodi di  
analisi

**Analisi  
statica/dinami  
ca lineare con  
spettro  
elastico**

Analisi  
statica/dinamic  
a lineare con  
fattore q

Analisi statica  
non lineare

Analisi  
dinamica non  
lineare

Si applica lo spettro elastico nelle modalità previste dalle NTC con l'aggiunta delle seguenti limitazioni aggiuntive sull'ammissibilità dell'analisi:

- Condizione 1

Definiti

$\rho_i = D_i/C_i = \text{Mom. Soll. sismico da analisi} / \text{Mom. Res. (Nd grav)}$

$\rho_{\min}$  = il minore dei  $\rho_i$  calcolati  $\geq 2$

$\rho_{\max}$  = il maggiore dei  $\rho_i$  calcolati  $\geq 2$

**Il rapporto  $\rho_{\max} / \rho_{\min}$  non deve superare 2.5 (verifica ammissibilità)**

- Condizione 2

**Il  $\rho_{\min} = D_i/C_i$  degli elementi/meccanismi fragili deve essere minore di 1;**

Il  $D_i$  per tale valutazione è calcolato sulla base delle resistenza degli elementi duttili adiacenti se  $\rho_i$  degli elementi fragili è  $\geq 1$

mentre è calcolato nell'analisi se  $\rho_i$  degli elementi duttili è  $\leq 1$

La verifica degli elementi/meccanismi duttili è effettuata in termini di capacità di deformazione.

La verifica degli elementi/meccanismi fragili è effettuata in termini di capacità di resistenza.

i



## ***Costruzioni in cemento armato (punto c8.7.2)***

### Metodi di analisi

Si applica lo spettro elastico nelle modalità previste dalle NTC ridotto con il fattore di struttura  $q$  con l'aggiunta delle seguenti indicazioni:

Analisi statica/dinamica lineare con spettro elastico

Se il meccanismo resistente al sisma contempla elementi esistenti il valore di  $q$  deve essere scelto sulla base fra 1.5 e 3

Se il meccanismo resistente al sisma contempla solo elementi di nuova realizzazione il valore di  $q$  è calcolato come per gli edifici di nuova realizzazione

### **Analisi statica/dinamica lineare con fattore $q$**

La verifica degli elementi/meccanismi duttili è effettuata in termini di capacità di resistenza.

Analisi statica non lineare

La verifica degli elementi/meccanismi fragili è effettuata in termini di capacità di resistenza con le azioni di progetto calcolate considerando un fattore di struttura  $q = 1.5$ .

Analisi dinamica non lineare





## ***Costruzioni in cemento armato ed acciaio (punto c8.7.2)***

### Metodi di analisi

Si applica il metodo nelle modalità previste dalle NTC con l'aggiunta delle seguenti indicazioni:

Analisi statica/dinamica lineare con spettro elastico

Le sollecitazioni indotte dall'azione sismica sugli elementi/meccanismi sia duttili che fragili sono quelle derivanti dall'analisi della struttura

La verifica degli elementi/meccanismi duttili è effettuata in termini di capacità di deformazione.

Analisi statica/dinamica lineare con fattore  $q$

La verifica degli elementi/meccanismi fragili è effettuata in termini di capacità di resistenza.

### Analisi statica non lineare

Nel caso di analisi Push Over con ramo degradante sono fornite prescrizioni ed indicazioni aggiuntive.

Analisi dinamica non lineare



## ***Costruzioni in cemento armato ed acciaio (punto c8.7.2)***

### Metodi di analisi

Si applica il metodo nelle modalità previste dalle NTC con l'aggiunta delle seguenti indicazioni:

Analisi statica/dinamica lineare con spettro elastico

Le sollecitazioni indotte dall'azione sismica sugli elementi/meccanismi sia duttili che fragili sono quelle derivanti dall'analisi della struttura

La verifica degli elementi/meccanismi duttili è effettuata in termini di capacità di deformazione.

Analisi statica/dinamica lineare con fattore  $q$

La verifica degli elementi/meccanismi fragili è effettuata in termini di capacità di resistenza.

Analisi statica non lineare

**Analisi dinamica non lineare**



## ***Modelli di capacità per la valutazione di edifici in cemento armato (punto c8.7.2.5)***

Gli elementi ed i meccanismi resistenti sono classificati in:

**Duttili** (*travi, pilastri e pareti inflesse con e senza sforzo normale*)

La capacità deformativa degli elementi è definita con riferimento alla “rotazione rispetto alla corda” indicata con  $q$ ;

**Fragili** (*meccanismi di taglio in travi, pilastri, pareti e nodi*)

La resistenza a taglio si valuta come per il caso di nuove costruzioni per situazioni non sismiche, considerando comunque un contributo del conglomerato al massimo pari a quello relativo agli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio;

### **Attenzione!!!**

In caso di **pilastri** soggetti a valori di **sforzo normale** particolarmente **elevato** va presa in considerazione la possibilità di comportamento fragile.

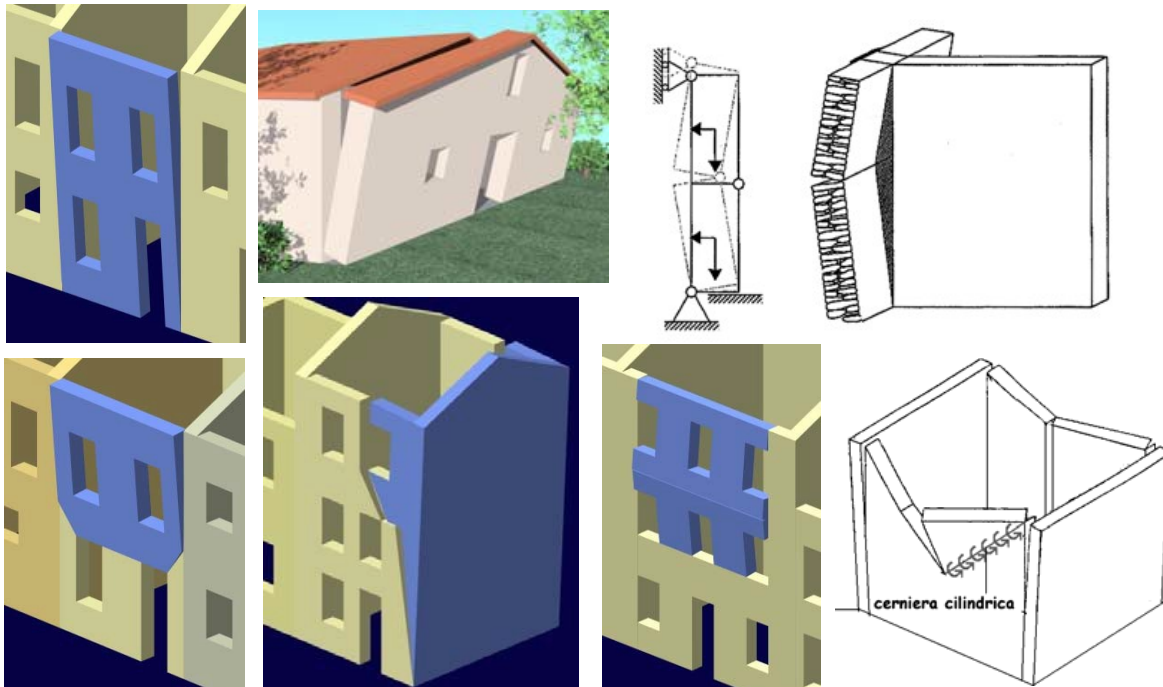


## ***Costruzioni in muratura (punto c8.7.1)***

### Requisiti di sicurezza e criteri di verifica

La valutazione della sicurezza degli costruzioni esistenti in muratura richiede la verifica degli stati limite definiti al § 3.2.1 delle NTC, con le precisazioni riportate al § 8.3 delle NTC..

Devono essere analizzati anche i meccanismi locali di collasso



## ***Costruzioni in muratura (punto c8.7.1)***

### Requisiti di sicurezza e criteri di verifica

Per la verifica di edifici con analisi lineare ed impiego del fattore  $q$ , il valore da utilizzare per quest'ultimo è pari a:

$q = 2 \alpha_u / \alpha_1$  per edifici regolari in elevazione

$q = 1,5 \alpha_u / \alpha_1$  per tutti gli altri casi

I valori di  $\alpha_u$  e  $\alpha_1$  sono definiti al § 7.8.1.3 delle NTC

L'analisi della risposta sismica globale può essere effettuata con uno dei metodi di cui al § 7.3 delle NTC, con le precisazioni e restrizioni indicate al § 7.8.1.5.

Permessa l'analisi statica non lineare indipendentemente dalla massa partecipante del primo modo.

(Distribuzioni di forze da considerare la prima del Gruppo 1 e la prima del Gruppo 2)



## ***Costruzioni in muratura (punto c8.7.1)***

### Metodi di analisi e criteri di verifica

Possono essere considerate le travi in accoppiamento in muratura quando:

- la trave sia sorretta da un architrave o da un arco o da una piattabanda strutturalmente efficace,
- la trave sia efficacemente ammorsata alle pareti che la sostengono

Nel caso in cui sia richiesta la verifica per lo Stato limite di esercizio i valori limite per lo SLD sono:

- per costruzioni con struttura portante in muratura ordinaria 0,003 h;
- per costruzioni con struttura portante in muratura armata 0,004 h.

Per lo SLO sono i 2/3 di quelli allo SLD.





## ***Costruzioni in muratura (punto c8.7.1)***

### Modelli di capacità

#### Pareti murarie

la resistenza a taglio di calcolo per azioni nel piano di un pannello in muratura v'è calcolata con un criterio di rottura per fessurazione diagonale o con un criterio di scorrimento;

#### Solai

È importante che la rigidezza e la resistenza dei solai in ciascuna delle due direzioni sia correttamente valutata e considerata nel modello. I solai potranno essere considerati infinitamente rigidi e resistenti nel caso in cui rispettino quanto indicato al § 7.2.6 delle NTC;

#### Meccanismi locali di collasso

Un possibile modello di riferimento per questo tipo di valutazioni è quello dell'analisi limite dell'equilibrio delle strutture murarie, considerate come corpi rigidi non resistenti a trazione





***grazie per l'attenzione***