

Corso di formazione e aggiornamento professionale

Analisi e adeguamento sismico  
di edifici in c.a. ed in muratura

Valutazione della sicurezza, verifica sismica  
e interventi su edifici esistenti in c.a.

1 - Problematiche generali; conoscenza dell'edificio

Messina

13 aprile 2012

Aurelio Ghersi

## Normativa di riferimento: norme italiane

Criteri generali per la progettazione sismica:

- D.M. 14/1/2008  
Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 08)
  - Cap. 3, par. 3.2: Azione sismica
  - Cap. 7: Progettazione per azioni sismiche

Indicazioni specifiche per edifici esistenti:

- NTC 08 - Cap. 8: Costruzioni esistenti
- Circolare 2/2/09 - Cap. C8: Costruzioni esistenti
- OPCM 3431  
ove non in contrasto con le Norme Tecniche per le Costruzioni
  - Cap. 11: Edifici esistenti

## Normativa di riferimento: norme europee

Criteri generali per la progettazione sismica:

- Eurocodice 8 (UNI EN 1998-1:2004)  
Progettazione delle strutture per la resistenza sismica  
Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici

Indicazioni specifiche per edifici esistenti:

- Eurocodice 8: (UNI EN 1998-3:2005)  
Progettazione delle strutture per la resistenza sismica  
Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici

## Altra documentazione rilevante

Linee guida regionali di particolare interesse:

- Regione Basilicata: Linee guida per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici strategici e rilevanti (ottobre 2005)
- Regione Abruzzo: Linee guida per la valutazione della resistenza sismica degli edifici strategici e rilevanti (giugno 2007)

Altra documentazione:

- Documenti prodotti dal GNDT (Gruppo Nazionale Difesa Terremoti), in particolare Progetto SAVE
  - si veda il sito <http://gndt.ingv.it/>

## Rischio sismico e vulnerabilità sismica

considerazioni generali

## Rischio sismico

Un sistema (struttura, infrastruttura ...) ubicato in una zona sismica è soggetto alla possibilità di subire danni per effetto di un terremoto e quindi che questi danni inducano perdite alla collettività in termini economici, culturali e di vite umane

Rischio sismico:

relazione tra il verificarsi di un evento sismico e le perdite socio-economiche del sistema funzionale in esame

### Rischio sismico

Rischio sismico:

relazione tra il verificarsi di un evento sismico e le perdite socio-economiche del sistema funzionale in esame

Definizione probabilistica di rischio sismico:

probabilità che, in un dato arco di tempo  $t^*$ , venga raggiunto un assegnato livello di perdita, indicato con  $L_i$ .

$$R = p(t^*, L_i).$$

### Rischio sismico

Il rischio sismico è determinato dalla contemporanea presenza di tre contributi:

- Pericolosità sismica

È una misura della potenzialità distruttive del terremoto atteso in una data area

In termini probabilistici è la probabilità che in un lasso temporale  $t^*$  si registri un livello di intensità sismica  $H_k$ :

$$P = p(t^*, H_k)$$

### Rischio sismico

Il rischio sismico è determinato dalla contemporanea presenza di tre contributi:

- Vulnerabilità sismica

È una misura della propensione al danneggiamento strutturale, a prescindere dalla sismicità dell'area

In termini probabilistici è la probabilità che per un livello di intensità sismica  $H_k$  si verifichi un livello di danneggiamento  $D_j$ :

$$V = p(H_k, D_j)$$

### Rischio sismico

Il rischio sismico è determinato dalla contemporanea presenza di tre contributi:

- Esposizione

È una misura della perdita (economica, di vite umane, ecc.) associata ad un livello di danno

In termini probabilistici è la probabilità che per un livello di danneggiamento  $D_j$  si verifichi una perdita  $L_i$ :

$$E = p(D_j, L_i)$$

### Rischio sismico

Il rischio sismico è determinato dalla contemporanea presenza di tre contributi:

- Pericolosità sismica
- Vulnerabilità sismica
- Esposizione

$$R = p(t^*, L_i) = P \times V \times E$$

$$R = p(t^*, H_k) \times p(H_k, D_j) \times p(D_j, L_i)$$

Se anche uno solo dei tre contributi è nullo o trascurabile il rischio è nullo o trascurabile

### Rischio sismico

L'approccio probabilistico alla valutazione della vulnerabilità, del danno e del rischio sismico presuppone l'applicazione di tecniche di valutazione su campioni significativi di organismi strutturali

- Indagini di vulnerabilità a grande scala (interi comuni o vaste aree territoriali)
- Indagini su piccola-media scala (gruppo limitato di immobili, quartieri, analisi tipologiche, ecc.)
- Indagini su piccolissima scala (esame del singolo edificio o di pochi edifici)  
valutazione delle prestazioni sismiche

# Indagini a grande o media scala

## Le schede di rilievo

La valutazione della vulnerabilità è basata sulla conoscenza dell'organismo strutturale esaminato

L'acquisizione guidata dei dati necessari alla valutazione viene effettuata mediante apposite schede

## Le schede di rilievo

La valutazione della vulnerabilità è basata sulla conoscenza dell'organismo strutturale esaminato

## Le schede di rilievo

Schede di vulnerabilità ed esposizione:  
sono classificate in relazione alla loro finalità e al livello di dettaglio delle informazioni

- prescheda per la raccolta di informazioni preliminari al censimento di vulnerabilità
- censimento speditivo di vulnerabilità per edifici in muratura o in cemento armato
- scheda di 1° / 2° livello per il rilevamento dell'esposizione e della vulnerabilità di edifici (muratura, c. a.), capannoni industriali, chiese
- scheda per il rilievo post-terremoto (valutazioni a posteriori della vulnerabilità)

Schede di vulnerabilità ed esposizione:  
sono classificate in relazione alla loro finalità e al  
livello di dettaglio delle informazioni

- prescheda per la raccolta di informazioni preliminari al censimento di vulnerabilità
- censimento speditivo di vulnerabilità per edifici in muratura o in cemento armato
- scheda di 1° / 2° livello per il rilevamento dell'esposizione e della vulnerabilità di edifici (muratura, c. a.), capannoni industriali, chiese
- scheda per il rilievo post-terremoto (valutazioni a posteriori della vulnerabilità)

# Scheda di 1° livello

[illegible]

## Matrice di probabilità di danno

La relazione tra danno e intensità sismica può essere espressa in termini matriciali

Grado di danno	Grado di intensità sismica				
	VI	VII	VIII	IX	X
1	50				
2	5				
3		50			
4		5	50		
5			5	50	75

La relazione tra danno e intensità sismica può essere espressa in termini matriciali

Grado di danno	Grado di intensità sismica				
	VI	VII	VIII	IX	X
1	50				
2	5				
3		50			
4		5	50		
5			5	50	75

## Curve di fragilità

La relazione tra danno e intensità sismica in termini probabilistici è definita curva di fragilità

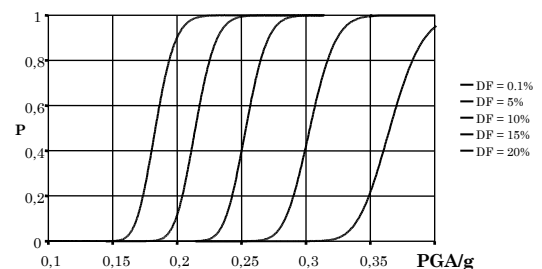
The graph displays five sigmoidal fragility curves for different damage frequencies (DF). The y-axis represents the probability of damage (P) from 0 to 1. The x-axis represents the peak ground acceleration (PGA/g) from 0.1 to 0.35. The curves are shifted to the right as the damage frequency increases.

PGA/g	P (DF=0.1%)	P (DF=5%)	P (DF=10%)	P (DF=15%)	P (DF=20%)
0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Legend:

- DF = 0.1%
- DF = 5%
- DF = 10%
- DF = 15%
- DF = 20%

La relazione tra danno e intensità sismica in termini probabilistici è definita curva di fragilità



### Indagini a piccolissima scala (singolo edificio)

Occorre un approccio diverso  
e schede di rilievo diverse

Obiettivo:

- Raggiungere una conoscenza dell'edificio sufficiente per poter esprimere un giudizio (qualitativo - quantitativo)

La norma richiede di classificare il livello di conoscenza raggiunto

- NTC 08 (punto 8.5.4) - solo il principio generale
- Circolare 2/2/09, OPCM 3431 ed EC8 - regole applicative

### Quando siamo chiamati ad occuparci di edifici esistenti?

- Esprimere un giudizio sull'agibilità per dissesti (reali o presunti) indipendenti da eventi sismici
  - In genere il punto principale è giudicare se i dissesti hanno ridotto o compromesso gravemente la capacità di portare carichi verticali
  - Il giudizio è sostanzialmente indipendente dalla capacità della struttura di sostenere l'azione sismica, ma questo deve essere precisato chiaramente nella relazione

### Quando siamo chiamati ad occuparci di edifici esistenti?

- Esprimere un giudizio sull'agibilità per dissesti (reali o presunti) indipendenti da eventi sismici
- Esprimere un giudizio sull'agibilità dopo un evento sismico
  - Occorre principalmente valutare se la struttura ha subito danni che riducono in maniera sensibile la sua capacità portante nei confronti di azioni orizzontali
  - Nel giudizio, precisare sempre che si tratta di una valutazione comparativa (prima - dopo il danneggiamento da sisma) e non assoluta

### Quando siamo chiamati ad occuparci di edifici esistenti?

- Esprimere un giudizio sull'agibilità per dissesti (reali o presunti) indipendenti da eventi sismici
- Esprimere un giudizio sull'agibilità dopo un evento sismico
- Valutare il grado di sicurezza dell'edificio nei confronti delle azioni sismiche
  - Si parla, in genere, di valutazione della vulnerabilità dell'edificio

### Valutazione della vulnerabilità di un edificio esistente

In genere quando si parla di "valutare la vulnerabilità di un edificio esistente" si intende:

- Determinare quale valore dell'accelerazione di picco al suolo porta al raggiungimento del limite di resistenza (o di deformazione plastica) della struttura
  - Si tratta di una analisi deterministica, non probabilistica
  - Rientra nell'ambito della valutazione della sicurezza (NTC 08, punto 8.3), come meglio specificato nella Circolare (punto C8.3)

### Quando siamo chiamati ad occuparci di edifici esistenti?

- Esprimere un giudizio sull'agibilità per dissesti (reali o presunti) indipendenti da eventi sismici
- Esprimere un giudizio sull'agibilità dopo un evento sismico
- Valutare il grado di sicurezza dell'edificio nei confronti delle azioni sismiche
- Progettare interventi per il miglioramento o adeguamento sismico dell'edificio

## Quando siamo chiamati ad occuparci di edifici esistenti?

Le costruzioni esistenti devono essere verificate quando ricorre una delle seguenti situazioni:

- Riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa per azioni ambientali (sisma o altro)
- Significativo degrado dei materiali
- Eventi eccezionali (incendi, esplosioni)
- Deformazioni significative dovute a cedimenti di fondazione
- Gravi errori di progetto o costruzione
- Cambio di destinazione d'uso con variazione significativa dei carichi

NTC 08, punto 8.3

## Perché occorrono norme specifiche per gli edifici esistenti?

ovvero, che differenza c'è tra nuove costruzioni e costruzioni esistenti?

considerazioni generali

## Nuove costruzioni

Il progettista ha piena libertà per definire:

- Geometria della struttura
- Dettagli costruttivi
- Materiali

Il progettista può quindi:

- Fare le scelte opportune per consentire alla struttura un buon comportamento durante il sisma

Ad esempio:

- Edifici in c.a.: Gerarchia delle resistenze
- Edifici in muratura: Evitare collasso delle pareti fuori piano

## Costruzioni esistenti

È tutto già definito:

- Geometria della struttura
- Dettagli costruttivi
- Materiali

Il comportamento sarà diverso da quello ideale desiderato:

Ad esempio:

- Edifici in c.a.: Rischio di rotture fragili o collasso di piano
- Edifici in muratura: Rischio di collasso delle pareti fuori piano

## Valutazione della sicurezza di una costruzione esistente

Nascono problemi specifici:

- Conoscenza della struttura
- La costruzione riflette lo stato delle conoscenze (regola d'arte) al tempo della loro edificazione
- La costruzione può contenere difetti di impostazione concettuale e di realizzazione che non sono direttamente visibili o evidenziabili
- La costruzione può aver già sopportato in passato terremoti (più o meno violenti) od altre azioni accidentali, i cui effetti possono essere più o meno manifesti
- La costruzione può presentare degrado e/o modificazioni significative rispetto alla situazione originaria

NTC 08, punto 8.2

## Valutazione della sicurezza di una costruzione esistente

Nascono problemi specifici:

- Conoscenza della struttura
- Per svolgere qualsiasi tipo di analisi è necessario conoscere meglio possibile l'organismo strutturale, nello stato effettivo in cui si trova
- Non è possibile raggiungere la conoscenza "completa" di un edificio esistente, per cui vi saranno sempre dei margini di incertezza
- Nella valutazione della sicurezza o nella progettazione degli interventi occorre tener conto del margine di incertezza corrispondente al livello di approfondimento conseguito

## Valutazione della sicurezza di una costruzione esistente

### Problematiche:

- Conoscenza della struttura
- Modellazione della struttura
- La geometria e i dettagli costruttivi sono definiti e la loro conoscenza dipende solo dalla documentazione disponibile e dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive
- La conoscenza delle proprietà meccaniche dei materiali non risente delle incertezze legate alla produzione e posa in opera ma solo dell'omogeneità dei materiali all'interno della costruzione e del livello di approfondimento delle indagini
- I carichi permanenti sono definiti e la loro conoscenza dipende dal livello di approfondimento delle indagini

NTC 08, punto 8.2

## Valutazione della sicurezza di una struttura esistente

### Problematiche:

- Conoscenza della struttura
- Modellazione della struttura
- Analisi globale del comportamento della struttura
- Può essere opportuno utilizzare metodi di analisi più sofisticati di quelli usati per le nuove costruzioni (ad esempio analisi non lineari)
- La scelta dei metodi di analisi e verifica dipende dalla completezza ed affidabilità della informazione disponibile
- Nelle verifiche occorre usare adeguati coefficienti di sicurezza ("fattori di confidenza"), per tener conto del livello di conoscenza raggiunto

NTC 08, punto 8.2

## Valutazione della sicurezza

Occorre fare riferimento solo allo stato limite ultimo

- SLV oppure SLC

NTC 08, punto 8.3

## Evoluzione del concetto di protezione sismica

Performance based design

Tendenza della normativa:

Più livelli di prestazione

- Evitare il crollo
- Evitare perdite di vite umane
- Consentire un rapido ripristino dell'operatività
- Mantenere l'operatività

associati a diversi livelli di intensità sismica

Normativa americana FEMA  
Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

## Livelli di prestazione Ovvero Stati Limite da rispettare

Stati Limite di Esercizio

Non richiesto  
per edifici esistenti

NTC 08, punto 8.3

Stato Limite di Operatività - SLO

Danni estremamente modesti agli elementi non strutturali, tali da non compromettere in alcun modo la funzionalità dell'edificio

Stato Limite di Danno - SLD

Danni modesti agli elementi non strutturali e quasi nulli a quelli strutturali. L'utilizzo dell'opera dopo il sisma dovrebbe essere consentito, anche se alcune funzionalità potrebbero risultare compromesse

Danno Limitati, DL nell'OPCM 3431  
Damage Limitation, DL nell'EC8-3

NTC 08, punto 3.2.1

## Livelli di prestazione Ovvero Stati Limite da rispettare

Stati Limite Ultimi

Stato Limite di salvaguardia della Vita - SLV

Significativi danni agli elementi strutturali e non strutturali. Esiste ancora un consistente margine nei confronti del collasso. La funzionalità dell'edificio è compromessa

Danno Severo, DS nell'OPCM 3431  
Significant Damage, SD nell'EC8-3

Stato Limite di prevenzione del Collasso - SLC

La capacità dell'edificio di portare azioni orizzontali e verticali è compromessa. L'uso dell'edificio dopo l'evento sismico comporterebbe un sensibile livello di rischio

Collasso, CO nell'OPCM 3431  
Near Collapse, NC nell'EC8-3

NTC 08, punto 3.2.1

## Livelli di intensità sismica

Sono legati alla "vita di riferimento"  $V_R$  della struttura

Livello	Probabilità di superamento	Periodo di ritorno *	
Frequente	81% in $V_R$ anni	30 anni	
Occasionale	63% in $V_R$ anni	50 anni	
Raro	10% in $V_R$ anni	475 anni	SLV
Estremamente raro	5% in $V_R$ anni	975 anni	SLC

\* Per  $V_R = 50$  anni

NTC 08, punto 3.2.1

## 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

NTC 08, punto 8.3

## Tipi di intervento

Adeguamento:

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

Miglioramento:

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

Intervento locale:

- Intervento su porzioni limitate della struttura, senza sostanziali modifiche del comportamento globale

NTC 08, punto 8.4

## Miglioramento o adeguamento?

L'adeguamento è obbligatorio quando ricorre anche una sola delle tre condizioni seguenti:

- La costruzione viene ampliata o sopraelevata
- I carichi globali in fondazione aumentano più del 10% (per variazione di destinazione d'uso o altro)
- Gli interventi strutturali modificano in maniera sostanziale il comportamento complessivo della costruzione

NTC 08, punto 8.4

## Edifici in cemento armato

Livelli di conoscenza

## Livelli di conoscenza

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali
LC1 <b>limitata</b>	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca <b>e</b> <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca <b>e</b> <i>limitate</i> prove in-situ
LC2 <b>adeguata</b>		Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ <b>oppure</b> <i>estese</i> verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ <b>oppure</b> <i>estese</i> prove in-situ
LC3 <b>accurata</b>		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ <b>oppure</b> <i>esauritive</i> verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con <i>estese</i> prove in situ <b>oppure</b> <i>esauritive</i> prove in-situ

OPCM 3431, tab. 11.1

Circolare 2/2/09, appendice C8A.1.B

## Dati necessari e fonti

### Dati necessari:

- Identificazione dell'organismo strutturale e verifica del rispetto dei criteri di regolarità indicati al punto 4.3. Quanto sopra sarà ottenuto sulla base dei disegni originali di progetto opportunamente verificati con indagini in-situ, oppure con un rilievo ex-novo;
- Identificazione delle strutture di fondazione;
- Identificazione delle categorie di suolo secondo quanto indicato al punto 3.1;
- Informazione sulle dimensioni geometriche degli elementi strutturali, dei quantitativi delle armature, delle proprietà meccaniche dei materiali, dei collegamenti;
- Informazioni su possibili difetti locali dei materiali;
- Informazioni su possibili difetti nei particolari costruttivi (dettagli delle armature, eccentricità travi-pilastro, eccentricità pilastro-pilastro, collegamenti trave-colonna e colonna-fondazione, etc.);
- Informazioni sulle norme impiegate nel progetto originale incluso il valore delle azioni sismiche di progetto;
- Descrizione della destinazione d'uso attuale e futura dell'edificio con identificazione della categoria di importanza, secondo i punti 2.5 e 4.7;
- Rivalutazione dei carichi variabili, in funzione della destinazione d'uso;
- Informazione sulla natura e l'entità di eventuali danni subiti in precedenza e sulle riparazioni effettuate.

OPCM 3431, punto 11.2.3.2

Circolare 2/2/09, appendice C8A.1.B

## Dati necessari e fonti

### Dati necessari:

- Geometria delle strutture in elevazione e in fondazione
- Categoria di suolo
- Particolari costruttivi
- Caratteristiche dei materiali
- Danni e degradi della struttura

### Fonti per l'acquisizione dei dati:

- Informazioni storiche (norme utilizzate, modifiche, ecc.)  
Analisi storico-critica (NTC08, punto 8.5.1)
- Documenti di progetto
- Rilievo (NTC08, punto 8.5.2)
- Indagini in situ e in laboratorio  
Caratterizzazione meccanica dei materiali (NTC08, punto 8.5.3)

## Dati necessari e fonti

### 8.5.1 ANALISI STORICO-CRITICA

Ai fini di una corretta individuazione del sistema strutturale esistente e del suo stato di sollecitazione è importante ricostruire il processo di realizzazione e le successive modificazioni subite nel tempo dal manufatto, nonché gli eventi che lo hanno interessato.

### 8.5.2 RILIEVO

Il rilievo geometrico-strutturale dovrà essere riferito sia alla geometria complessiva dell'organismo che a quella degli elementi costruttivi, comprendendo i rapporti con le eventuali strutture in aderenza. Nel rilievo dovranno essere rappresentate le modificazioni intervenute nel tempo, come desunte dall'analisi storico-critica.

Il rilievo deve individuare l'organismo resistente della costruzione, tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi.

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

### 8.5.3 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

Per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si baserà su 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 beni culturali e nel recupero di centri storici, dovrà esserne considerato l'impatto in termini di conservazione del bene. I valori delle resistenze meccaniche dei materiali vengono valutati sulla base delle prove effettuate sulla struttura e prescindono dalle classi discretizzate previste nelle norme per le nuove costruzioni.

## Conoscenza limitata (LC1)

### Geometria:

- Nota in base ad un rilievo o dai disegni originali (convalidati da rilievo visivo a campione).  
Dati orientati alla messa a punto di un modello di analisi lineare.

### Dettagli Costruttivi:

- Non disponibili dai dati progettuali; devono essere desunti da una progettazione simulata. Sono necessarie limitate verifiche in situ. I dati raccolti servono come base per verifiche locali di resistenza.

### Proprietà dei materiali:

- Non disponibili informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, né da disegni costruttivi né da certificati di prova. Si adotteranno valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca convalidati da limitate prove in-situ sugli elementi più importanti.

OPCM 3431, punto 11.2.3.3

Circolare 2/2/09, appendice C8A.1.B

## Conoscenza adeguata (LC2)

### Geometria:

- Nota in base ad un rilievo o dai disegni originali (convalidati da rilievo visivo a campione).

### Dettagli Costruttivi:

- Noti da un'estesa verifica in-situ oppure parzialmente noti dai disegni costruttivi originali incompleti (integrati da una limitata verifica in-situ di armature e collegamenti tra gli elementi più importanti).

### Proprietà dei materiali:

- Disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali di prova (integrati da limitate prove in-situ, che forniscano valori non minori di quelli previsti), o da estese verifiche in-situ.

I dati raccolti saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare ed effettuate verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi non lineare.

OPCM 3431, punto 11.2.3.3

Circolare 2/2/09, appendice C8A.1.B

## Conoscenza accurata (LC3)

### Geometria:

- Nota in base ad un rilievo o dai disegni originali (convalidati da rilievo visivo a campione).

### Dettagli Costruttivi:

- Noti o da un'esauritiva verifica in-situ oppure dai disegni costruttivi originali (integrati da una limitata verifica in-situ di armature e collegamenti tra gli elementi più importanti).

### Proprietà dei materiali:

- Disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali di prova (integrati da estese prove in-situ, che forniscano valori non minori di quelli previsti), o da esauritive verifiche in-situ.

I dati raccolti saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare ed effettuate verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi non lineare.

OPCM 3431, punto 11.2.3.3

Circolare 2/2/09, appendice C8A.1.B



## Geometria (carpenterie)

- **Disegni originali di carpenteria:** descrivono la geometria della struttura, gli elementi strutturali e le loro dimensioni, e permettono di individuare l'organismo strutturale resistente alle azioni orizzontali e verticali.
- **Disegni costruttivi o esecutivi:** descrivono la geometria della struttura, gli elementi strutturali e le loro dimensioni, e permettono di individuare l'organismo strutturale resistente alle azioni orizzontali e verticali. Contengono la descrizione della quantità, disposizione e dettagli costruttivi di tutte le armature, nonché le caratteristiche nominali dei materiali usati.
- **Rilievo visivo:** serve a controllare la corrispondenza tra l'effettiva geometria della struttura e i disegni originali di carpenteria disponibili. Comprende il rilievo a campione della geometria di alcuni elementi. Nel caso di mancato riscontro, sarà eseguito un rilievo completo.
- **Rilievo completo:** serve a produrre disegni completi di carpenteria (se quelli originali sono mancanti o se non vi è corrispondenza tra questi e l'effettiva geometria). I disegni prodotti dovranno descrivere la geometria della struttura, gli elementi strutturali e le loro dimensioni, e permettere di individuare l'organismo strutturale resistente alle azioni orizzontali e verticali con lo stesso grado di dettaglio proprio di disegni originali.

OPCM 3431, punto 11.2.3.3

Circolare 2/2/09, appendice C8A.1.B

## Dettagli costruttivi

- **Progetto simulato:** serve, in mancanza dei disegni costruttivi originali, a definire la quantità e la disposizione dell'armatura in tutti gli elementi con funzione strutturale o le caratteristiche dei collegamenti. Deve essere eseguito sulla base delle norme tecniche in vigore e della pratica costruttiva caratteristica all'epoca della costruzione.
- **Verifiche in-situ limitate:** servono per verificare la corrispondenza tra le armature o le caratteristiche dei collegamenti effettivamente presenti e quelle riportate nei disegni costruttivi, oppure ottenute mediante il progetto simulato.
- **Verifiche in-situ estese:** servono quando non sono disponibili i disegni costruttivi originali come alternativa al progetto simulato seguito da verifiche limitate, oppure quando i disegni costruttivi originali sono incompleti.
- **Verifiche in-situ esaustive:** servono quando non sono disponibili i disegni costruttivi originali e si desidera un livello di conoscenza accurata (LC3).

OPCM 3431, punto 11.2.3.3

Circolare 2/2/09, appendice C8A.1.B

## Proprietà dei materiali

- **Calcestruzzo:** la misura delle caratteristiche meccaniche si ottiene mediante estrazione di campioni ed esecuzione di prove di compressione fino a rottura.
- **Acciaio:** la misura delle caratteristiche meccaniche si ottiene mediante estrazione di campioni ed esecuzione di prove a trazione fino a rottura con determinazione della resistenza a snervamento e della resistenza e deformazione ultima, salvo nel caso in cui siano disponibili certificati di prova di entità conforme a quanto richiesto per le nuove costruzioni, nella normativa dell'epoca.
- **Metodi di prova non distruttivi:** Sono ammessi metodi di indagine non distruttiva di documentata affidabilità, che non possono essere impiegati in completa sostituzione di quelli sopra descritti, ma sono consigliati a loro integrazione, purché i risultati siano tarati su quelli ottenuti con prove distruttive. Nel caso del calcestruzzo, si adotteranno metodi di prova che limitino l'influenza della carbonatazione degli strati superficiali sui valori di resistenza.
- Prove in-situ limitate
- Prove in-situ estese
- Prove in-situ esaustive

OPCM 3431, punto 11.2.3.3

Circolare 2/2/09, appendice C8A.1.B

## Verifiche limitate, estese, esaustive

	Rilievo (dei dettagli costruttivi) <sup>(a)</sup>	Prove (sui materiali) <sup>(b)(c)</sup>
	Per ogni tipo di elemento	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>3</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>3</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>3</sup> di piano dell'edificio. 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi si terrà 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.

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

OPCM 3431, tab. 11.2a

Circolare 2/2/09, appendice C8A.1.B