

NORMATIVA SULLE STRUTTURE ESISTENTI

Prof. Ing. Flora Faleschini
Ing. Mariano Angelo Zanini
Dipartimento Ingegneria
Civile, Edile e Ambientale
VMSSE 2023/2024



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

INTRODUZIONE

CAPITOLO 8 - COSTRUZIONI ESISTENTI

8.1. OGGETTO

8.2. CRITERI GENERALI

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

8.4. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

8.4.1. RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

8.4.3. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

8.5. DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI

8.5.1. ANALISI STORICO-CRITICA

8.5.2. RILIEVO

8.5.3. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

8.5.4. LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

8.5.5. AZIONI

8.6. MATERIALI

8.7. PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI IN PRESENZA DI AZIONI SISMICHE

8.7.1. COSTRUZIONI IN MURATURA

8.7.2. COSTRUZIONI IN CALCESTRUZZO ARMATO O IN ACCIAIO

8.7.3. COSTRUZIONI MISTE

8.7.4. CRITERI E TIPI D'INTERVENTO

8.7.5. ELABORATI DEL PROGETTO DELL'INTERVENTO

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

INTRODUZIONE

8.1. OGGETTO

Il presente capitolo stabilisce i criteri generali per la valutazione della sicurezza e per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo degli interventi sulle costruzioni esistenti

Si definisce costruzione esistente quella che abbia, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto d'intervento, la struttura completamente realizzata.

8.2. CRITERI GENERALI

Le disposizioni di carattere generale contenute negli altri capitoli della presente norma costituiscono, ove applicabili, riferimento anche per le costruzioni esistenti, ad esclusione di quanto indicato nella presente norma in merito a limitazioni di altezza, regole generali, prescrizioni sulla geometria e sui particolari costruttivi e fatto salvo quanto specificato nel seguito.

Nel caso di interventi che non prevedano modifiche strutturali (impiantistici, di distribuzione degli spazi, etc.) il progettista deve valutare la loro possibile interazione con gli SLU ed SLE della struttura o di parte di essa.

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi devono tenere conto dei seguenti aspetti della costruzione:

- essa riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;
- in essa possono essere insiti, ma non palesi, difetti di impostazione e di realizzazione;
- essa può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano completamente manifesti;
- le sue strutture possono presentare degrado e/o modifiche significative, rispetto alla situazione originaria.

Nella definizione dei modelli strutturali si dovrà considerare che sono conoscibili, con un livello di approfondimento che dipende dalla documentazione disponibile e dalla qualità ed estensione delle indagini che vengono svolte, le seguenti caratteristiche:

- la geometria e i particolari costruttivi;
- le proprietà meccaniche dei materiali e dei terreni;
- i carichi permanenti.

Si dovrà prevedere l'impiego di metodi di analisi e di verifica dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità dell'informazione disponibile e l'uso di coefficienti legati ai "fattori di confidenza" che, nelle verifiche di sicurezza, modifichino i parametri di capacità in funzione del livello di conoscenza (v. §8.5.4) delle caratteristiche sopra elencate.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Attenzione deve essere, dedicata alla individuazione, per quanto possibile, di situazioni critiche locali e al loro conseguente effetto sulle verifiche. Esempi tipici sono la presenza e la realizzazione di cavedi, nicchie, canne fumarie, aperture in breccia, riprese murarie nelle pareti portanti che, indebolendo sensibilmente i singoli elementi strutturali o le connessioni tra i vari elementi costruttivi, possono facilitare l'innescare di meccanismi locali.

Anche lo spostamento o la demolizione di tramezzature o tamponature con rigidità e resistenza non trascurabili per una specifica struttura, potrebbero alterare la configurazione del fabbricato.

Riguardo ai dettagli costruttivi, per gli edifici esistenti le NTC non impongono la conformità alle prescrizioni previste per le nuove costruzioni.

Gli esiti della valutazione della sicurezza comportano conseguenze diversificate in termini di tempi e necessità di intervento, a seconda che le carenze della struttura si manifestino nei confronti delle azioni non sismiche o di quelle sismiche.

Le categorie di intervento si differenziano in interventi locali o di riparazione, di miglioramento e di adeguamento.

Le NTC specificano, per ciascuna categoria, la condizione di applicazione, sancendo l'obbligatorietà del collaudo statico, non solo per gli interventi di adeguamento, ma anche per quelli di miglioramento. Sono poi definiti alcuni fondamentali criteri di intervento, comuni a tutte le tipologie, quali la ricerca della regolarità, l'attenzione necessaria per le fasi di esecuzione e le priorità da assegnare e sono quindi esaminati i più usuali interventi per le varie tipologie strutturali.

Non è invece previsto il collaudo statico per gli interventi locali o di riparazione di cui al §8.4.1 delle NTC.

Al fine di una corretta valutazione del possibile utilizzo delle costruzioni, il tecnico incaricato delle verifiche o del progetto deve esplicitare, nei documenti progettuali, i livelli di sicurezza attuali e quelli che l'eventuale intervento si prefigge di conseguire, nonché le eventuali conseguenti limitazioni nell'uso della costruzione, esplicitando, per quanto possibile anche il livello di sicurezza degli elementi costruttivi non strutturali.

Il complesso delle norme vigenti, infatti, consente l'utilizzo anche delle costruzioni esistenti che non raggiungano i livelli di sicurezza richiesti per le costruzioni nuove.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Quando eseguire la valutazione di sicurezza strutturale?

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;
- 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 ;
- opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.

Qualora sia necessario effettuare la valutazione della sicurezza della costruzione, la verifica del sistema di fondazione è obbligatoria 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 siano 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.

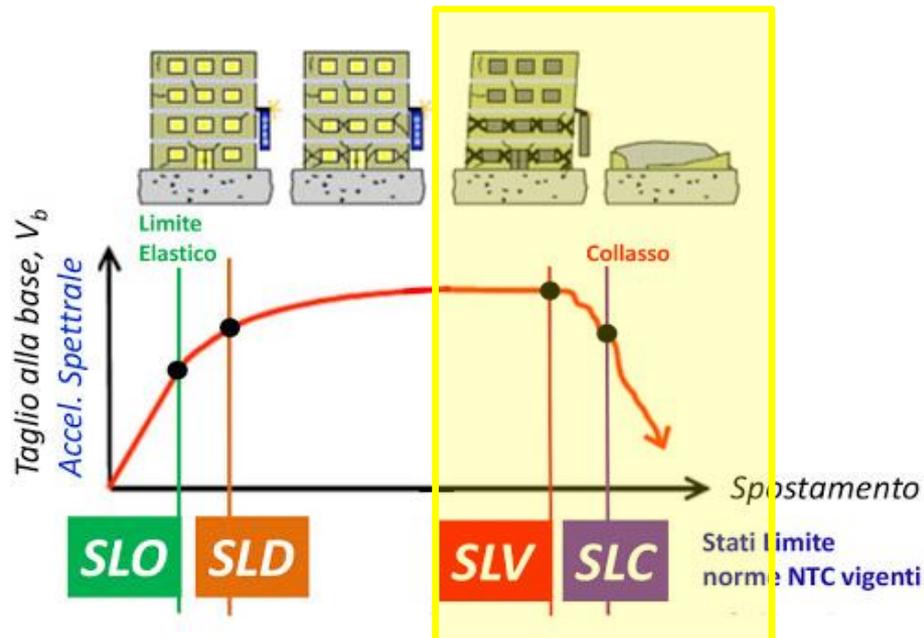
NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

A quali Stati Limite fare riferimento?

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



NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Sono introdotti **due parametri** che costituiscono indicatori rapidi per un confronto tra l'azione sopportabile da una struttura esistente e quella richiesta per il nuovo: ξ_E , $\xi_{V,i}$

ξ_E , definito come il rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione sul medesimo suolo e con le medesime caratteristiche (periodo proprio, fattore di comportamento ecc.). Il parametro di confronto dell'azione sismica da adottare per la definizione di ξ_E è, salvo casi particolari, l'accelerazione al suolo $a_g S$.

$\xi_{V,i}$, definito come il rapporto tra il valore massimo del sovraccarico verticale variabile sopportabile dalla parte i-esima della costruzione e il valore del sovraccarico verticale variabile che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione.

La valutazione della sicurezza 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.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Vengono individuate 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 per gli interventi di adeguamento;
- ❑ **Interventi di adeguamento:** interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza fissati dalla norma stessa.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Interventi di riparazione o locali

Interventi che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, **non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti**. Possono essere finalizzati a:

- Ripristino di elementi o parti danneggiate;
- Miglioramento delle caratteristiche di resistenza e duttilità di elementi o parti, anche non danneggiate;
- Impedire meccanismi di collasso locale;
- Modificare un elemento o una parte limitata della struttura;

Il progetto può riguardare le sole parti interessate.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Interventi di miglioramento

Interventi atti ad **umentare la sicurezza strutturale preesistente**, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza fissati per gli interventi di adeguamento.

Il progetto dovrà riguardare tutte le parti potenzialmente interessate da modifiche di comportamento.

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di ζ_E può essere minore dell'unità. A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di ζ_E , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6, mentre per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di ζ_E , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1.

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

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Il concetto di miglioramento sismico...

Originariamente formulato nella Legge 122 01/08/2012 ...

3-8-2012

GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA

Serie generale - n. 180

TESTI COORDINATI E AGGIORNATI

Testo del decreto-legge 6 giugno 2012, n. 74 (in Gazzetta Ufficiale - serie generale - n. 131 del 7 giugno 2012), coordinato con la legge di conversione 1° agosto 2012, n. 122 (in questa stessa Gazzetta Ufficiale alla pag. 1), recante: «Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici che hanno interessato il territorio delle province di Bologna, Modena, Ferrara, Mantova, Reggio Emilia e Rovigo, il 20 e il 29 maggio 2012.»

AVVERTENZA:

Il testo coordinato qui pubblicato è stato redatto dal Ministero della Giustizia ai sensi dell'art. 11, comma 1, del testo unico delle disposizioni sulla promulgazione delle leggi, sull'emanazione dei decreti del Presidente della Repubblica e sulle pubblicazioni ufficiali della Repubblica italiana, approvato con D.P.R. 28 dicembre 1985, n. 1092, nonché dell'art. 10, comma 3, del medesimo testo unico, al solo fine di facilitare la lettura sia delle disposizioni del decreto-legge, integrate con le modifiche apportate dalla legge di conversione, che di quelle richiamate nel decreto, trascritte nelle note. Restano invariati il valore e l'efficacia degli atti legislativi qui riportati.

Le modifiche apportate dalla legge di conversione sono stampate con caratteri corsivi.

A norma dell'art. 15, comma 5, della legge 23 agosto 1988, n. 400 (Disciplina dell'attività di Governo e ordinamento della Presidenza del Consiglio dei Ministri), le modifiche apportate dalla legge di conversione hanno efficacia dal giorno successivo a quello della sua pubblicazione.

Capo I

INTERVENTI IMMEDIATI PER

sensi dell'articolo 5, commi 4-ter e 4-quater, della legge 24 febbraio 1992, n. 225.

4. Agli interventi di cui al presente decreto provvedono i presidenti delle regioni Emilia-Romagna, Lombardia e Veneto, i quali coordinano le attività per la ricostruzione dei territori colpiti dal sisma del 20 e 29 maggio 2012 nelle regioni di rispettiva competenza, a decorrere dall'entrata in vigore del presente decreto e per l'intera durata dello stato di emergenza, operando con i poteri di cui all'articolo 5, comma 2, della legge 24 febbraio 1992, n. 225, e con le deroghe alle disposizioni vigenti stabilite con delibera del Consiglio dei Ministri adottata nelle forme di cui all'articolo 5, comma 1, della citata legge.

5. I presidenti delle regioni possono avvalersi per gli interventi dei sindaci dei comuni e dei presidenti delle province interessati dal sisma, adottando idonee modalità di coordinamento e programmazione degli interventi stessi.

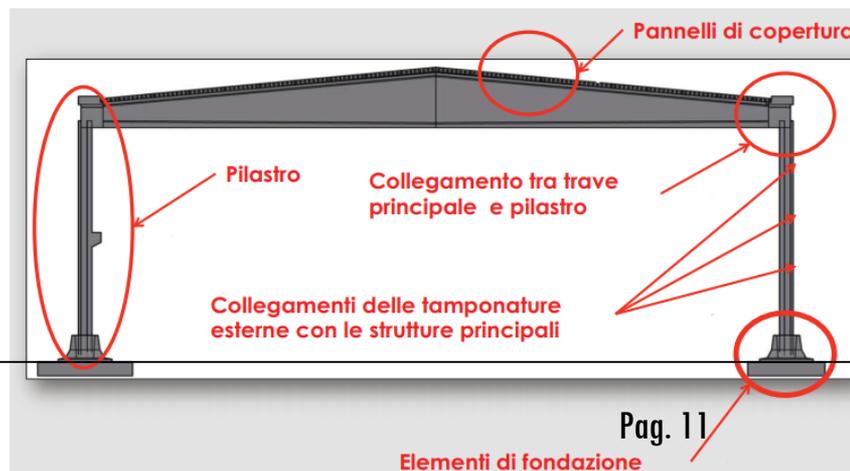
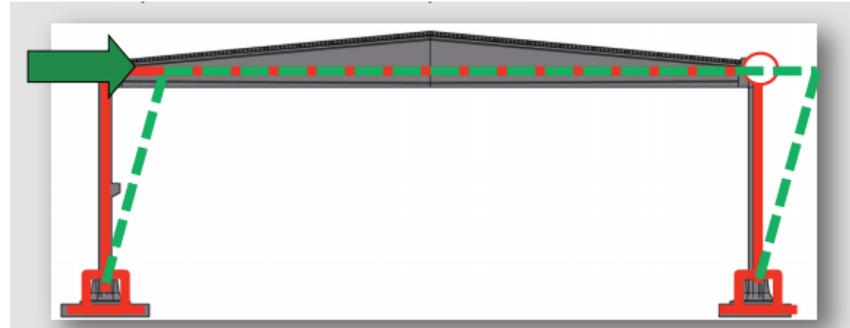
Riferimenti normativi:

La delibera del Consiglio dei Ministri del 22 maggio 2012 è pubblicata sulla *Gazzetta ufficiale* della Repubblica italiana n. 119 del 23 maggio 2012;

La delibera del Consiglio dei Ministri del 30 maggio 2012 è pubblicata sulla *Gazzetta ufficiale* della Repubblica italiana n. 125 del 30 maggio 2012;

Si riporta il testo dell'articolo 5 della legge 24 febbraio 1992, n. 225 (Stato di emergenza e potere di ordinanza):

"Art. 5. Stato di emergenza e potere di ordinanza



NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Interventi di adeguamento

Interventi atti ad **aumentare la sicurezza strutturale preesistente**, conseguendo **i livelli di sicurezza fissati dalla norma stessa**. Il progetto dovrà interessare l'intera costruzione.

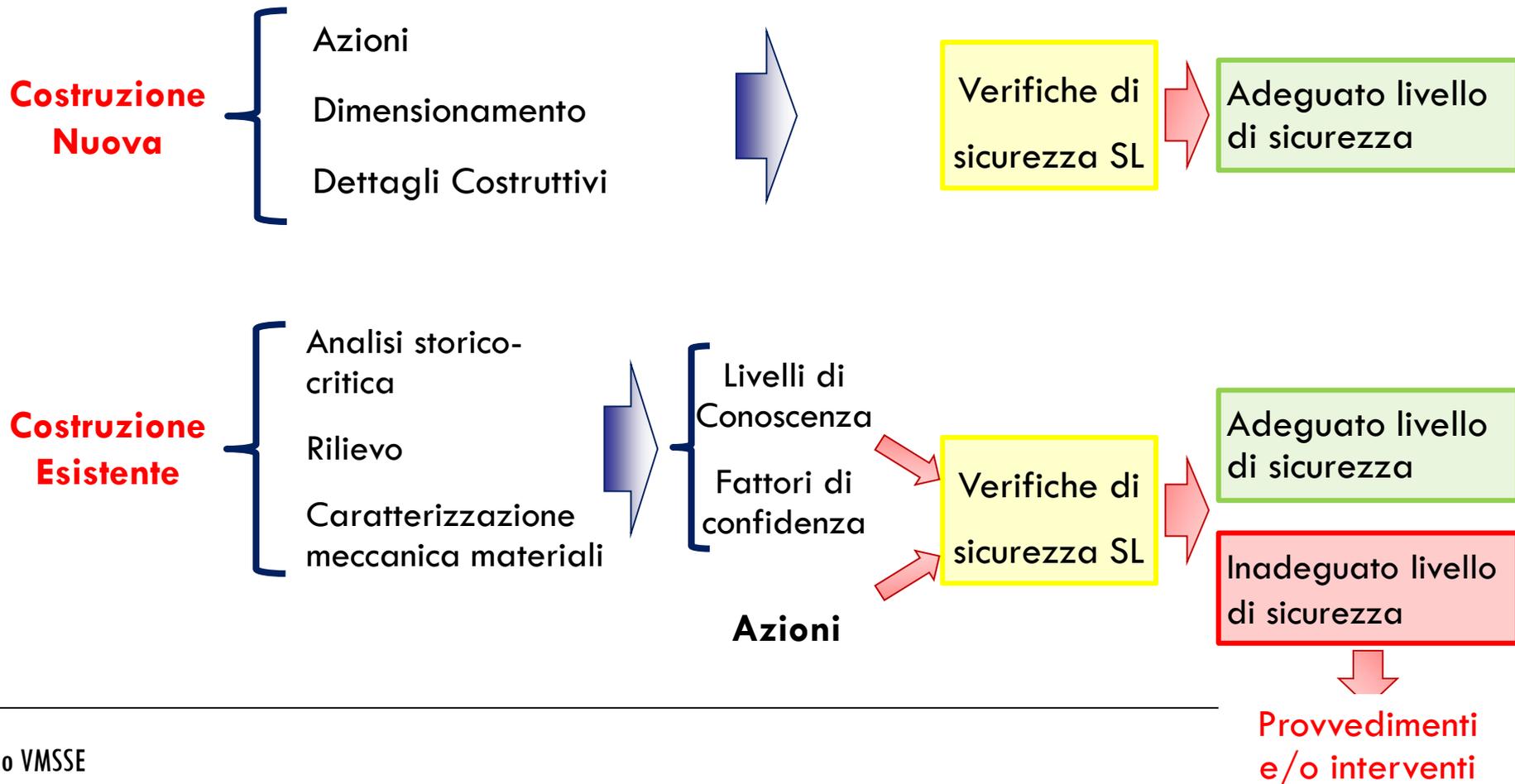
L'intervento di adeguamento è obbligatorio quando:

- 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 destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione superiori al 10%, valutati secondo la combinazione caratteristica di cui alla equazione 2.5.2 del § 2.5.3, includendo i soli carichi gravitazionali. 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.
- e) apportare modifiche di classe d'uso che conducano a costruzioni di classe III ad uso scolastico o di classe IV.

Nei casi a), b) e d), per la verifica della struttura, si deve avere $\zeta_E \geq 1,0$. Nei casi c) ed e) si può assumere $\zeta_E \geq 0,80$.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI



NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

ANALISI STORICO-CRITICA

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 l'hanno interessata.

Si reperiscono ***tutti i documenti disponibili*** (elaborati, relazioni...) della ***prima realizzazione*** e di ***successivi interventi***, al fine di ricavare:

- Epoca di costruzione;
- Tecniche costruttive e norme dell'epoca;
- Modifiche e interventi effettuati durante la vita dell'opera;
- Eventi che hanno interessato l'opera;
- Gli aspetti urbanistici e storici che hanno regolato lo sviluppo dell'aggregato edilizio.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

RILIEVO

Il ***rilievo geometrico-strutturale*** ha come scopi:

- ❑ Definizione della ***geometria complessiva della costruzione e degli elementi che la compongono***, comprendendo eventuali rapporti con strutture in aderenza;
- ❑ Individuazione dell'***organismo resistente***;
- ❑ Individuazione delle modifiche eventualmente avvenute nel tempo;
- ❑ Individuazione della tipologia, della qualità e dello stato di conservazione dei materiali (***rilievo materico e del degrado***);
- ❑ Rilievo di eventuali dissesti e danni, individuando i quadri fessurativi e i meccanismi in atto.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

RILIEVO

In particolare, per le **strutture in cemento armato** il rilievo dovrà individuare:

- ❑ L'organizzazione strutturale, **posizione e dimensioni di travi e pilastri**;
- ❑ Tipologia, orditura e sezione dei **solai**;
- ❑ **Quantità e disposizione delle armature** presenti negli elementi e nei nodi (armatura longitudinale, trasversale, ferri piegati, spessore copriferro);
- ❑ Tipologia e dimensione degli **elementi non strutturali** (tamponamenti, tramezzature...) e il loro collegamento con gli elementi resistenti.

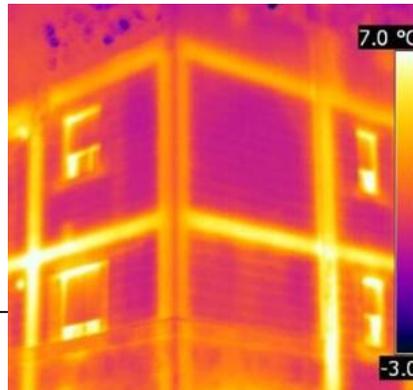
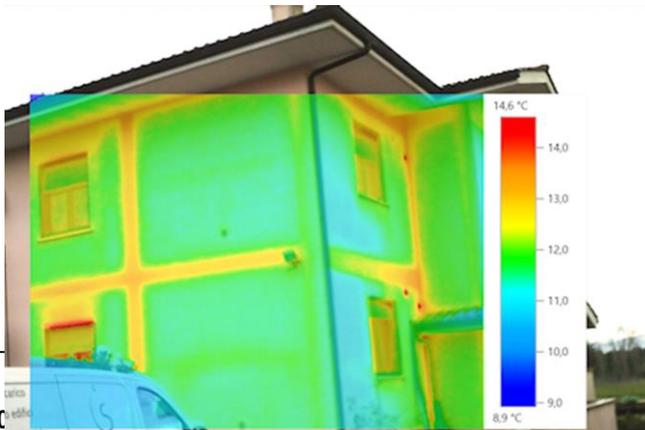
NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

RILIEVO

C8.5.2.2 COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO ARMATO O ACCIAIO

Il rilievo è finalizzato alla definizione sia della geometria esterna, sia dei dettagli di tutti gli elementi costruttivi effettivamente raggiungibili, con funzione strutturale o meno. Per gli elementi aventi funzione strutturale la geometria esterna deve essere sempre descritta in maniera la più completa possibile, allo scopo di ottenere un modello di calcolo affidabile, mentre i dettagli, spesso occultati alla vista (ad esempio la disposizione delle armature), possono essere rilevati a campione, estendendo poi le valutazioni agli altri elementi operando per analogia, anche in forza delle norme vigenti e dei prodotti in commercio all'epoca della costruzione.

Il rilievo di manufatti che non hanno funzione strutturale (pareti divisorie, controsoffitti, impianti) deve essere effettuato con l'obiettivo principale di identificare eventuali rischi per la sicurezza degli abitanti, connessi a problemi di stabilità dei manufatti stessi o delle strutture. Particolarmente pericolose si sono rivelate, in occasione di eventi sismici, le pareti di tamponamento formate da più paramenti accostati e privi di adeguati collegamenti tra loro o/e separati da intercapedini isolanti, ancor più quando non sono contenute in riquadri strutturali.



NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

RILIEVO

Il rilievo geometrico degli elementi deve permettere:

- l'identificazione dell'organizzazione strutturale;
- l'individuazione della posizione e delle dimensioni di travi, pilastri, scale e setti;
- l'identificazione dei solai e della loro tipologia, orditura, sezione verticale;
- l'individuazione di tipologia e dimensioni degli elementi non strutturali quali tamponamenti, tramezzature, etc.

In particolare, per le costruzioni in acciaio, i dati raccolti devono includere anche:

- la forma originale dei profili e le loro dimensioni geometriche;
- la tipologia e morfologia delle unioni.

Nel caso in cui la geometria della struttura sia nota dai disegni originali, deve essere comunque eseguito il rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni di progetto.

Nel definire il comportamento della costruzione in presenza di sisma sono di particolare importanza i dettagli costruttivi; le informazioni su di essi possono essere desunte dai disegni originali, da un progetto simulato o da indagini in situ.

Il progetto simulato, eseguito sulla base delle norme tecniche in vigore all'epoca della costruzione e della corrispondente pratica costruttiva, è utile per fornire informazioni su quantità e disposizione dell'armatura negli elementi con funzione strutturale e sulle caratteristiche dei collegamenti.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

RILIEVO

Sia che si disponga dei disegni originali, sia che si sia prodotto un progetto simulato, per verificarne la rispondenza alla realtà del costruito in termini di particolari costruttivi occorre effettuare rilievi in situ. Nei rilievi si possono individuare tre livelli di indagine, in relazione al loro grado di approfondimento.

Indagini limitate: consentono di valutare, mediante saggi a campione, la corrispondenza tra le caratteristiche dei collegamenti riportate negli elaborati progettuali originali o ottenute attraverso il progetto simulato, e quelle effettivamente presenti.

Indagini estese: si effettuano quando non sono disponibili gli elaborati progettuali originali, o come alternativa al progetto simulato seguito da indagini limitate, oppure quando gli elaborati progettuali originali risultano incompleti.

Indagini esaustive: si effettuano quando si desidera un livello di conoscenza accurata e non sono disponibili gli elaborati progettuali originali.

Le indagini in-situ basate su saggi sono effettuate su una congrua percentuale degli elementi strutturali, privilegiando, tra le tipologie di elementi strutturali (travi, pilastri, pareti...), quelle che rivestono un ruolo di primaria importanza nella struttura.

Il quantitativo di indagini in-situ basate su saggi dipende dal livello di conoscenza desiderato in relazione al grado di sicurezza attuale e deve essere accuratamente valutato, anche in vista delle notevoli conseguenze che comporta sulla progettazione degli interventi.

Al fine di determinare, in maniera opportuna, il numero e la localizzazione delle indagini in-situ da effettuare, è utile eseguire, a seguito del rilievo geometrico:

- una campagna preliminare di indagini in-situ volta alla conoscenza dei dettagli costruttivi ritenuti più significativi;
- un'analisi preliminare della sicurezza statica e della vulnerabilità sismica dell'edificio, eseguita estendendo il risultato dei rilievi dei particolari costruttivi (sfruttando anche eventuali simmetrie o situazioni ripetitive della struttura) agli elementi simili per dimensioni e/o impegno statico, eventualmente utilizzando i risultati preliminari delle prove sui materiali come definite al § C8.5.3.2.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

RILIEVO

Dall'esito, in termini di impegno statico e ruolo delle diverse membrature nella sicurezza della struttura, fornito dall'analisi preliminare può scaturire la necessità di approfondimenti in termini di numero, tipologia e localizzazione delle indagini in-situ basate su saggi; il progetto delle indagini ne fornisce la misura, consentendo così di graduare quantitativamente il livello di approfondimento.

A titolo esemplificativo e quando realmente possibile, il rilievo dei dettagli costruttivi è finalizzato a conseguire le seguenti informazioni:

Costruzioni di calcestruzzo armato

- quantità di armatura longitudinale in travi, pilastri, pareti e sua disposizione;
- quantità di barre di armatura piegate che contribuiscono alla resistenza a taglio, presenti nelle travi;
- quantità e dettagli di armatura trasversale nelle zone critiche e nei nodi trave-pilastro;
- quantità di armatura longitudinale che contribuisce al momento negativo di travi a T, presente nei solai;
- lunghezze di appoggio e condizioni di vincolo degli elementi orizzontali;
- spessore dei copriferri;
- lunghezza delle zone di sovrapposizione delle barre e dei loro ancoraggi;

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

RILIEVO

Saggi a vista su murature e solai per individuare tipo di materiali, ammorsamenti, presenza di cordoli, orditura.



Saggi in fondazione per individuare tipologia, geometria, profondità del piano di posa.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

RILIEVO

Microcarotaggi e videoendoscopie
per individuare spessori e materiali
di pareti e solai.

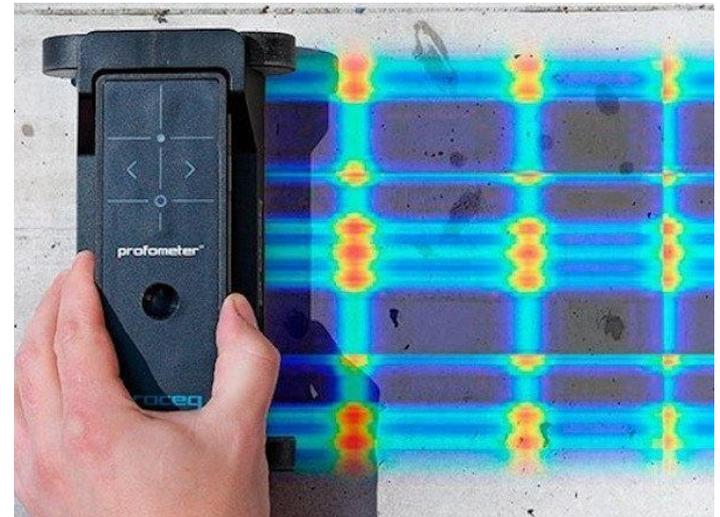


NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

RILIEVO

Rilievo delle barre d'armatura tramite pacometro

Strumento che, tramite induzione magnetica individua le i ferri d'armatura dando un indicazione su diametri e profondità.



NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

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 o eventuali successive modifiche o interazioni, il prelievo dei campioni dalla struttura e l'esecuzione delle prove stesse devono essere effettuate a cura di un laboratorio di cui all'articolo 59 del DPR 380/2001.

Le prove distruttive i cui esiti sono soggetti a certificazione devono essere effettuate da **laboratori abilitati**, i quali sono responsabili di tutto il processo di caratterizzazione, dal prelievo del materiale, alla verifica fisica, chimica, meccanica del provino.



@ dICEA

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

Le prove sui materiali possono essere eseguite su un **numero di elementi diverso**, a seconda del **livello di conoscenza** che si vuole raggiungere e delle conoscenze acquisite dai documenti ricavati con l'analisi storico-critica. Per le costruzioni in c. a. e acciaio si possono distinguere tre livelli di prova:

Prove limitate: prevedono un numero limitato di prove in-situ o su campioni, impiegate per completare le informazioni sulle proprietà dei materiali, siano esse ottenute dalle normative in vigore all'epoca della costruzione, o dalle caratteristiche nominali riportate sui disegni costruttivi o nei certificati originali di prova.

Prove estese: prevedono prove in-situ o su campioni più numerose di quelle del caso precedente e finalizzate a fornire informazioni in assenza sia dei disegni costruttivi, sia dei certificati originali di prova o quando i valori ottenuti con le **prove limitate** risultino inferiori a quelli riportati nei disegni o sui certificati originali.

Prove esaustive: prevedono prove in-situ o su campioni più numerose di quelle del caso precedente e finalizzate a ottenere informazioni in mancanza sia dei disegni costruttivi, sia dei certificati originali di prova, o quando i valori ottenuti dalle **prove limitate o estese**, risultino inferiori a quelli riportati sui disegni o nei certificati originali, oppure nei casi in cui si desideri una conoscenza particolarmente accurata.

dalle **Prove** dovranno risultare le seguenti **caratteristiche**:

❑ **Resistenza** e, ove significativo, **modulo elastico** del **calcestruzzo**;

❑ **Tensione di snervamento, resistenza a rottura e allungamento** dell'**acciaio**.

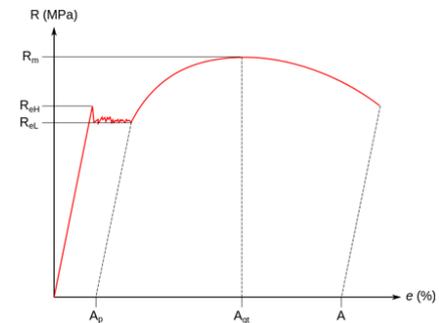
NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

Carotaggio su elemento in calcestruzzo e successiva prova a compressione.



Estrazione barra d'armatura per successiva prova a trazione.



NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

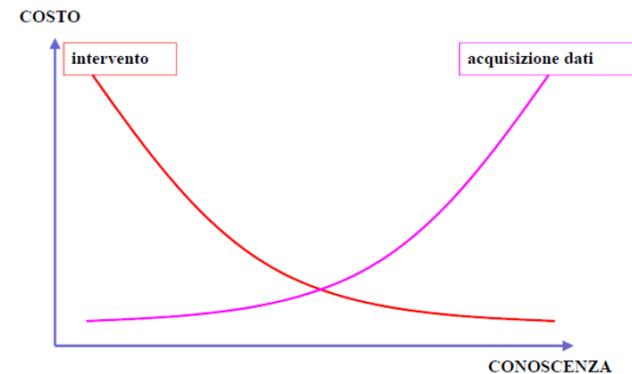
La norma prevede tre **Livelli di Conoscenza (LC)**, i quali indicano il livello di approfondimento raggiunto, essi sono definiti dai seguenti aspetti:

- Geometria della struttura;
- Dettagli costruttivi;
- Proprietà dei materiali.

Il **Livello di Conoscenza** acquisito determina:

- Metodo di Analisi;**
- Fattori di Confidenza (FC)**, che verranno utilizzati per la **riduzione dei valori dei parametri meccanici** dei materiali.

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



NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

La norma prevede tre livelli di conoscenza (**LC**), a cui corrispondono tre fattori di confidenza (**FC**)

LC1 \implies **FC=1,35**

Si intende raggiunto quando siano stati effettuati l'analisi storico-critica, il rilievo geometrico completo, *indagini limitate* sui dettagli costruttivi e *prove limitate* sulle proprietà dei materiali.

LC2 \implies **FC=1,2**

Si intende raggiunto quando siano stati effettuati l'analisi storico-critica, il rilievo geometrico completo, *indagini estese* sui dettagli costruttivi e *prove estese* sulle caratteristiche meccaniche dei materiali.

LC3 \implies **FC=1**

Si intende raggiunto quando siano stati effettuati l'analisi storico-critica, il rilievo geometrico completo ed accurato in ogni sua parte, *indagini esaustive* sui dettagli costruttivi e *prove esaustive* sulle caratteristiche meccaniche dei materiali.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Descrizione dettagliata Costruzioni in calcestruzzo armato

Tabella C8.5.IV – 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	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <i>prove estese</i> in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esaustive</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esaustive</i> in situ	Tutti	1,00

(*) A meno delle ulteriori precisazioni già fornite nel § C8.5.4.

Gli FC possono essere valutati anche in modo differenziato per i diversi materiali, sulla base di considerazioni statistiche condotte su un insieme di dati significativo per gli elementi in esame e di metodi di comprovata validità.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Descrizione dettagliata Costruzioni in calcestruzzo armato

LC1: si intende raggiunto quando sia stata effettuata l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato (con riferimento al § C8.5.1), la geometria della struttura sia nota in base ai disegni originali (effettuando un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni) o a un rilievo, poiché non si dispone dei disegni costruttivi i dettagli costruttivi siano stati ricavati sulla base di un progetto simulato (con riferimento al § C8.5.2) e con *indagini limitate* in-situ sulle armature e sui collegamenti presenti negli elementi più importanti (i dati raccolti devono essere tali da consentire verifiche locali di resistenza), poiché non si dispone di informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali (provenienti dai disegni costruttivi o dai certificati di prova) si siano adottati i valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca, convalidati da *prove limitate* in-situ sugli elementi più importanti (con riferimento al § C8.5.3); il corrispondente fattore di confidenza è **FC=1,35**. La valutazione della sicurezza è, in genere, eseguita mediante analisi lineare, statica o dinamica; le informazioni raccolte devono consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo.

LC2: si intende raggiunto quando sia stata effettuata l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato (con riferimento al § C8.5.1), la geometria della struttura sia nota in base ai disegni originali (effettuando un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni) o a un rilievo, i dettagli costruttivi siano noti, o parzialmente dai disegni costruttivi originali integrati da *indagini limitate* in situ sulle armature e sui collegamenti presenti negli elementi più importanti, o (con riferimento al § C8.5.2) a seguito di una *indagine estesa* in situ (i dati raccolti devono essere tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare), le caratteristiche meccaniche dei materiali siano note in base ai disegni costruttivi, integrati da *prove limitate* in situ (se i valori ottenuti dalle prove in situ sono minori dei corrispondenti valori indicati nei disegni di progetto, si eseguono *prove estese* in situ), o con *prove estese* in situ (con riferimento al § C8.5.3); il corrispondente fattore di confidenza è **FC=1,2**. La valutazione della sicurezza è eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici; le informazioni raccolte sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelle riguardanti i dettagli strutturali, devono consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Descrizione dettagliata Costruzioni in calcestruzzo armato

LC3: si intende raggiunto quando sia stata effettuata l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato (con riferimento al § C8.5.1), la geometria della struttura sia nota in base ai disegni originali (effettuando un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni) o a un rilievo, i dettagli costruttivi siano noti, o dai disegni costruttivi originali integrati da *indagini limitate* in situ sulle armature e sui collegamenti presenti negli elementi più importanti, o (con riferimento al § C8.5.2) a seguito di una *indagine esaustiva* in situ (i dati raccolti devono essere tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi dei materiali siano note in base ai disegni costruttivi e ai certificati originali di prova, integrati da *prove limitate* in situ (se i valori ottenuti dalle prove in situ sono minori dei corrispondenti valori indicati nei certificati originali di prova, si eseguono *prove esaustive* in situ), o con *prove esaustive* in situ (con riferimento al § C8.5.3); il corrispondente fattore di confidenza è $FC=1$. La valutazione della sicurezza è eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici; le informazioni raccolte sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelle riguardanti i dettagli strutturali, devono consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo.

Le resistenze dei materiali cui riferirsi nelle formule di capacità degli elementi sono ricavate dalle resistenze medie, ottenute dalle informazioni disponibili e dalle prove in situ aggiuntive, dividendole per gli FC indicati nella Tabella C8.5.IV.

Gli FC possono essere valutati anche in modo differenziato per i diversi materiali, sulla base di considerazioni statistiche condotte su un insieme di dati significativo per gli elementi in esame e di metodi di comprovata validità.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Descrizione dettagliata Costruzioni in calcestruzzo armato

Vengono fornite delle indicazioni orientative sulle quantità di rilievi di dettagli costruttivi e di prove la valutazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali.

Tabella C8.5.V – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici di c.a.

Livello di Indagini e Prove	Rilievo(dei dettagli costruttivi) ^(a)	Prove (sui materiali) ^{(b)(c)(d)}
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro)	
<i>limitato</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
<i>esteso</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
<i>esaustivo</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Utilizzo pratico del Fattore di Confidenza

C8.7.2.2 METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA

Gli effetti dell'azione sismica, possono essere valutati con i metodi di cui al § 7.3 delle NTC, con le precisazioni seguenti.

Ai fini delle verifiche di sicurezza, gli elementi/meccanismi strutturali vengono distinti in "duttili" e "fragili". La classificazione degli elementi/meccanismi nelle due categorie è fornita in § C8.7.2.3 per le costruzioni in c.a. e in § C8.7.2.4 per le costruzioni in acciaio.

I fattori di confidenza indicati nella Tabella C8.5.III servono a un duplice scopo:

- per definire le resistenze dei materiali da utilizzare nelle formule di capacità degli elementi duttili e fragili; le resistenze medie, ottenute dalle prove in situ e dalle informazioni aggiuntive, sono divise per i fattori di confidenza;
- per determinare le sollecitazioni trasmesse dagli elementi/meccanismi duttili a quelli fragili; le resistenze medie degli elementi duttili, ottenute dalle prove in situ e dalle informazioni aggiuntive, sono moltiplicate per i fattori di confidenza.

Nel caso di analisi lineare con spettro elastico la capacità degli elementi duttili, in termini di resistenza, si valuta dividendo le proprietà dei materiali esistenti per il fattore di confidenza FC e la capacità degli elementi fragili per il fattore di confidenza FC e per il coefficiente parziale. Per i materiali nuovi o aggiunti si impiegano i valori di progetto.

Nel caso di analisi lineare con fattore di struttura q o di analisi non lineare, per gli elementi duttili la capacità si valuta dividendo le proprietà dei materiali esistenti per il fattore di confidenza FC, per gli elementi fragili le proprietà dei materiali esistenti si dividono sia per il fattore di confidenza FC sia per il coefficiente parziale. Per i materiali nuovi o aggiunti si impiegano i valori di progetto.

N.B.: – "duttili": travi, pilastri e pareti inflesse con e senza sforzo normale;
– "fragili": meccanismi di taglio in travi, pilastri, pareti e nodi;

Pilastri e pareti soggetti a sollecitazioni di sforzo normale particolarmente elevate possono manifestare comportamento fragile.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI – STRUTTURE IN C.A.

Modalità di verifica per meccanismi duttili e fragili

Meccanismo	Verifica in termini di:	Fattori parziali
Duttile	deformazione	Fattori di confidenza
Fragile	resistenza	Fattori di confidenza + Coefficienti parziali del materiale

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI – STRUTTURE IN C.A.

Esempio:

Resistenza media cilindrica CLS:

$$f_{cm} = 22 \text{ Mpa}$$

Elementi duttili:

$$f_{cd,duttile} = \frac{f_{cm}}{FC} = \frac{22}{1.2} = 18.3 \text{ MPa}$$

Elementi fragili

$$f_{cd,fragile} = \frac{f_{cm}}{FC \cdot \gamma_c} = \frac{22}{1.2 \cdot 1.5} = 12.2 \text{ MPa}$$

Modulo elastico CLS

$$E_c = 22000 \left(\frac{18.3}{10} \right)^{0.3} = 26400 \text{ MPa}$$

Resistenza media allo snervamento acciaio:

$$f_{ym} = 410 \text{ Mpa}$$

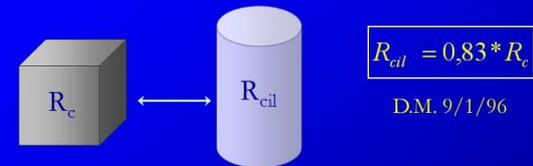
Elementi duttili:

$$f_{yd,duttile} = \frac{f_{ym}}{FC} = \frac{410}{1.2} = 342 \text{ MPa}$$

Elementi fragili

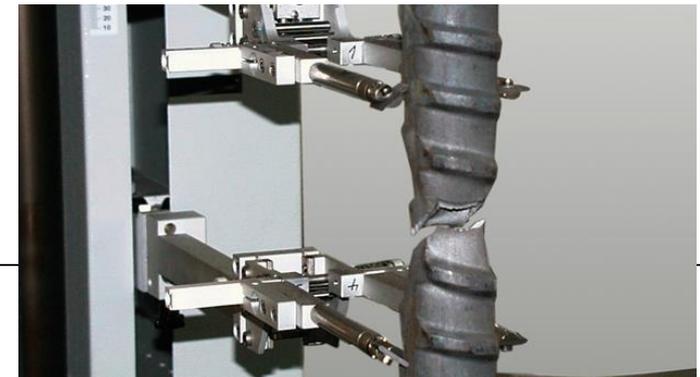
$$f_{yd,fragile} = \frac{f_{ym}}{FC \cdot \gamma_s} = \frac{410}{1.2 \cdot 1.15} = 297 \text{ MPa}$$

Provini cubici e cilindrici



$R_c < 25 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$R_{cil} = 0,80 * R_c$
$25 \leq R_c < 60 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$R_{cil} = 0,83 * R_c$
$R_c \geq 60 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$R_{cil} = 0,85 * R_c$

Linee guida
sul calcestruzzo
strutturale, 1996



NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

AZIONI

I valori delle **azioni** (sia sismiche che non sismiche) e le loro combinazioni da considerare nel calcolo, sia per la valutazione della sicurezza sia per il progetto degli interventi, **sono quelle definite dalle NTC per le nuove costruzioni**, tenendo in considerazione eventuali **modifiche di destinazione d'uso** previste o già in essere. Per i carichi permanenti si considerano quelli effettivamente riscontrati tramite il rilievo geometrico-strutturale e dei materiali



C8.5.5.2 COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO ARMATO O ACCIAIO

Il fattore di comportamento q è scelto nel campo fra 1,5 e 3,0, sulla base della regolarità nonché dei tassi di lavoro dei materiali (quando soggetti alle azioni non sismiche). Valori di q superiori a quelli sopra indicati devono essere adeguatamente giustificati con riferimento alla duttilità disponibile a livello locale e globale.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

MATERIALI

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 di cui al Capitolo 12.

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

Negli *interventi su strutture esistenti* è importante tenere in considerazione le eventuali *incompatibilità* tra i materiali in opera e quelli introdotti con l'intervento stesso, esse possono essere di vari natura:

- Differenze di rigidezza;
- Diverso comportamento termico;
- Fenomeni di ritiro differenziali;
- Reazioni chimiche tra materiali diversi.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI

8.7. PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI 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.

Nella progettazione degli interventi la norma prevede che si presti **particolare attenzione** alla **duttilità degli elementi**.

Ai fini della determinazione dell'azione sismica si dovranno considerare i **carichi permanenti effettivi** e quelli **variabili** previsti dalle NTC. Attenzione all'**influenza di elementi non strutturali** nel comportamento globale.

Alcuni elementi considerati non strutturali, ma comunque dotati di resistenza non trascurabile, o anche strutturali, ma comunemente non presi in conto nei modelli, possono essere presi in conto nelle valutazioni di sicurezza globali della costruzione, a condizione che, per il livello di azione considerato, ne sia adeguatamente verificata l'efficacia.

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 o di resistenza in relazione al metodo utilizzato; i meccanismi "fragili" si verificano controllando che la domanda non superi la corrispondente capacità in termini di resistenza.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI – STRUTTURE IN C.A.

C8.7.2.1 REQUISITI DI SICUREZZA

C8.7.2.1.1 Stato Limite di prevenzione del collasso (SLC)

Nel caso di elementi/meccanismi duttili (v. § C8.7.2.3 e § C8.7.2.4) gli effetti da considerare sono quelli derivanti dall'analisi strutturale, mentre nel caso di elementi/meccanismi fragili (v. § C8.7.2.3 e § C8.7.2.4) gli effetti derivanti dall'analisi strutturale possono venire modificati come indicato nel § C8.7.2.2.

Le capacità sono definite in termini di deformazioni ultime per gli elementi/meccanismi duttili e di resistenze ultime per gli elementi/meccanismi fragili.

C8.7.2.1.2 Stati Limite di esercizio

In mancanza di più specifiche valutazioni, per d_{rp} si può far riferimento ai valori limite di spostamento di interpiano riportati in § 7.3.6.1 validi per gli edifici nuovi.

C8.7.2.2.1 Analisi statica lineare

L'analisi statica lineare può essere effettuata ove siano soddisfatte le condizioni di cui al § 7.3.3.2 delle NTC, con le seguenti indicazioni aggiuntive:

- considerando tutti gli elementi primari della struttura ed indicato, per l' i -esimo di tali elementi, con $\rho_i = D_i/C_i$ il rapporto tra il momento flettente D_i fornito dall'analisi della struttura soggetta alla combinazione di carico sismica e il corrispondente momento resistente C_i (valutato in presenza dello sforzo normale relativo alle condizioni di carico gravitazionali), il coefficiente di variazione di tutti i $\rho_i \geq 1$ non deve superare il valore di 0,5;
- la capacità C_i degli elementi/meccanismi fragili è maggiore della corrispondente domanda D_i , quest'ultima calcolata sulla base della capacità degli elementi duttili adiacenti, se il ρ_i degli elementi/meccanismi fragili è maggiore di 1, oppure sulla base dei risultati dell'analisi, se il ρ_i degli elementi/meccanismi fragili è minore di 1.

Analisi statica lineare con spettro elastico

Nel caso di analisi lineare con spettro elastico, lo spettro di risposta da impiegare è quello elastico di cui al § 3.2.3 delle NTC eseguendo l'analisi e la verifica secondo quanto previsto nel § 7 per le costruzioni non dissipative.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI – STRUTTURE IN C.A.

Per le CU I e II ci si riferisce allo SLD (v. Tab. 7.3.III) e deve essere:

a) per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa:

$$qd_r \leq 0,0050 \cdot h \quad \text{per tamponature fragili} \quad [7.3.11a]$$

$$qd_r \leq 0,0075 \cdot h \quad \text{per tamponature duttili} \quad [7.3.11b]$$

b) per tamponature progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano d_{TP} , per effetto della loro deformabilità intrinseca oppure dei collegamenti alla struttura:

$$qd_r \leq d_{TP} \leq 0,0100 \cdot h \quad [7.3.12]$$

c) per costruzioni con struttura portante di muratura ordinaria

$$qd_r \leq 0,0020 \cdot h \quad [7.3.13]$$

d) per costruzioni con struttura portante di muratura armata

$$qd_r \leq 0,0030 \cdot h \quad [7.3.14]$$

e) per costruzioni con struttura portante di muratura confinata

$$qd_r < 0,0025 \cdot h \quad [7.3.15]$$

dove:

d_r è lo spostamento di interpiano, cioè la differenza tra gli spostamenti del solaio superiore e del solaio inferiore, calcolati, nel caso di analisi lineare, secondo il § 7.3.3.3 o, nel caso di analisi non lineare, secondo il § 7.3.4, sul modello di calcolo non comprensivo delle tamponature,

h è l'altezza del piano.

Per le CU III e IV ci si riferisce allo SLO (v. Tab. 7.3.III) e gli spostamenti d'interpiano devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti in precedenza indicati.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI – STRUTTURE IN C.A.

Analisi statica lineare con fattore di comportamento q

È possibile utilizzare lo spettro di progetto, definito in § 3.2.3 delle NTC, assumendo il valore del fattore di comportamento q nel campo fra 1,5 e 3,0 sulla base della regolarità della costruzione in esame nonché delle sollecitazioni delle membrature dovute ai carichi verticali. Valori superiori a quelli indicati devono essere adeguatamente giustificati tenendo debito conto della duttilità disponibile a livello locale e globale. Nel caso in cui il sistema strutturale resistente all'azione orizzontale sia integralmente costituito da elementi strutturali di nuova costruzione, si possono adottare i valori dei fattori di comportamento validi per le nuove costruzioni; in tal caso occorre verificare la compatibilità degli spostamenti con le strutture esistenti.

Le verifiche devono essere eseguite in termini di resistenza, controllando che, per ciascun elemento strutturale, la domanda in termini di sollecitazioni sia inferiore o uguale alla corrispondente capacità.

La domanda sugli elementi strutturali si ottiene dall'analisi con spettro di risposta elastico ridotto, rispettivamente, per gli elementi/meccanismi "duttili" del fattore di comportamento attribuito alla struttura, per gli elementi/meccanismi "fragili" del fattore di comportamento $q = 1,5$. Per questi ultimi la domanda non può superare quella trasmessa dagli elementi/meccanismi duttili ad essi alternativi, valutata come indicato al punto b) del §8.7.2.2.

C8.7.2.2.2 Analisi dinamica modale con spettro di risposta elastico o con fattore di comportamento q

Tale metodo di analisi è applicabile secondo quanto indicato al § 7.3.3.1 delle NTC, alle medesime condizioni di cui ai punti precedenti. La prima modalità prevede che lo spettro di risposta da impiegare sia quello elastico di cui al § 3.2.3 delle NTC e si applica con le stesse modalità di cui all'analisi statica lineare con spettro elastico; la seconda che si faccia riferimento ad uno spettro di progetto, definito nel § 3.2.3 delle NTC, utilizzando le precisazioni riportate per l'analisi statica lineare con fattore q .

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI – STRUTTURE IN C.A.

L'**analisi statica lineare** e l'**analisi dinamica lineare** (modale) si possono effettuare, come per le nuove costruzioni, con spettro elastico o con fattore di comportamento q .

- ❑ Le **analisi con spettro elastico vengono utilizzate per costruzioni non dissipative** e valgono le indicazioni contenute nel cap. 7;
- ❑ In alternativa si può eseguire l'**analisi con spettro di progetto, utilizzando un fattore di comportamento compreso tra 1,5 e 3** (valori maggiori vanno opportunamente giustificati).

Nel caso in cui il sistema strutturale resistente all'azione orizzontale sia integralmente costituito da elementi strutturali di nuova costruzione, si possono adottare i valori dei fattori di comportamento validi per le nuove costruzioni; in tal caso occorre verificare la compatibilità degli spostamenti con le strutture esistenti.

Le verifiche devono essere eseguite in termini di resistenza, controllando che, per ciascun elemento strutturale, la domanda in termini di sollecitazioni sia inferiore o uguale alla corrispondente capacità.

La domanda sugli elementi strutturali si ottiene dall'analisi con spettro di risposta elastico ridotto, rispettivamente, per gli elementi/meccanismi "duttili" del fattore di comportamento attribuito alla struttura, per gli elementi/meccanismi "fragili" del fattore di comportamento $q = 1,5$. Per questi ultimi la domanda non può superare quella trasmessa dagli elementi/meccanismi duttili ad essi alternativi, valutata come indicato al punto b) del §C8.7.2.2.

Elementi/meccanismi **DUTTILI**

q della struttura

Elementi/meccanismi **FRAGILI**

$q = 1,5$

Pag. 42

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI – STRUTTURE IN C.A.

C8.7.2.2.3 Analisi statica non lineare

Tale metodo di analisi si applica con le modalità indicate al § 7.3.4.1 delle NTC, con le limitazioni della Tabella C8.5.IV.

Le sollecitazioni indotte dall'azione sismica sugli elementi/meccanismi sia duttili sia fragili, da utilizzare ai fini delle verifiche, sono quelle derivanti dall'analisi strutturale eseguita utilizzando i valori medi delle proprietà dei materiali.

La verifica degli elementi "duttili" è eseguita confrontando la domanda in termini di deformazioni ottenuta dall'analisi con la relativa capacità.

La verifica degli elementi "fragili" è eseguita confrontando la domanda in termini di sollecitazioni con la relativa capacità.

Nel caso di analisi statica non lineare con ramo degradante e stati limite che si verificano su questo, inoltre:

- nel caso di elementi duttili la domanda in termini di deformazione si calcola in corrispondenza di d_{max} per ciascuno stato limite;
- nel caso di elementi fragili la domanda in termini di sollecitazione di taglio si può calcolare utilizzando la seguente procedura:
 - a. si valuta il taglio massimo alla base V_{bu} sulla base dei risultati dell'analisi statica non lineare
 - b. si individua lo spostamento d_{cu} corrispondente al raggiungimento di tale sollecitazione di taglio
 - c. se lo spostamento d_{max} relativo allo stato limite considerato è minore di d_{cu} , la domanda in termini di sollecitazione di taglio si calcola in corrispondenza di d_{max}
 - d. se $d_{max} > d_{cu}$, la domanda in termini di sollecitazione di taglio si calcola in corrispondenza di d_{cu} .

C8.7.2.2.4 Analisi dinamica non lineare

Tale metodo di analisi è applicabile secondo quanto indicato al § 7.3.4.2 delle NTC, alle medesime condizioni di cui al punto precedente.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI – STRUTTURE IN C.A.

Sintesi disposizioni per analisi lineare dinamica modale con fattore q

		Modo di verifica	Domanda	Capacità
Tipo di elemento o meccanismo	Duttile	In termini di resistenza	Si ottiene dall'analisi con $1.5 \leq q \leq 3.0$	Si ottiene dai valori medi di resistenza divisi per il f_{co}
	Fragile	In termini di resistenza	Si ottiene dall'analisi con $q=1.5$	Si ottiene dai valori medi di resistenza divisi per il f_{co} e per il coefficiente γ

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI – STRUTTURE IN C.A.

Sintesi disposizioni per analisi statica non lineare (pushover)

NB: con almeno LC2

		Modo di verifica	Domanda	Capacità
Tipo di elemento o meccanismo	Duttile	In termini di deformazione	Si ottiene dall'analisi pushover	Si ottiene considerando i valori medi di resistenza divisi per il f_{co}
	Fragile	In termini di resistenza	Si ottiene dall'analisi pushover	Si ottiene dai valori medi di resistenza divisi per il f_{co} e per il coefficiente γ

f_{co} il fattore di confidenza del materiale

γ il coefficiente parziale del materiale per s.l.u.

nella pushover, per gli elementi duttili la risposta elastoplastica è definita tanto dal momento resistente, quanto dalla capacità rotazionale. In entrambi i casi compaiono i termini f_c e f_y che rappresentano il valore medio della resistenza diviso per il fattore di confidenza.

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI – STRUTTURE IN C.A.

C8.7.2.3 MODELLI DI CAPACITÀ PER LA VALUTAZIONE DI EDIFICI IN CEMENTO ARMATO

Gli elementi ed i meccanismi resistenti sono classificati in:

- “duttili”: travi, pilastri e pareti inflesse con e senza sforzo normale;
- “fragili”: meccanismi di taglio in travi, pilastri, pareti e nodi;

Pilastri e pareti soggetti a sollecitazioni di sforzo normale particolarmente elevate possono manifestare comportamento fragile.

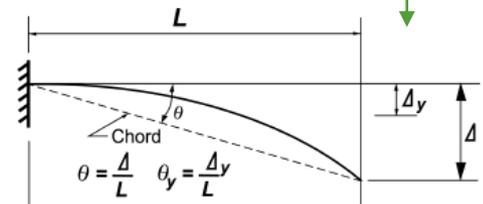
C8.7.2.3.1 Travi, pilastri e pareti: flessione con e senza sforzo normale

La capacità in termini di deformazione è definita con riferimento alla rotazione (“rotazione rispetto alla corda”) θ dell’elemento, data dal rapporto tra lo spostamento relativo tra la sezione d’estremità e la sezione caratterizzata da momento flettente nullo e la loro distanza, pari alla luce di taglio $L_V = M/V$.

C8.7.2.3.2 Stato limite di prevenzione del collasso

Allo stato limite di prevenzione del collasso, la capacità θ_u in termini di rotazione totale rispetto alla corda può essere valutata alternativamente utilizzando modelli numerici che tengano in debito conto i contributi del calcestruzzo, dell’acciaio ed dell’aderenza acciaio calcestruzzo, ovvero mediante formule di comprovata validità, come, ad esempio, quelle riportate nel seguito.

$$\theta_u = \frac{1}{\gamma_{el}} 0,016 \cdot (0,3^v) \left[\frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega)} f_c \right]^{0,225} \left(\frac{L_V}{h} \right)^{0,35} 25^{\left(a_{\rho_{st}} \frac{f_{ys}}{f_c} \right)} (1,25^{100 \rho_d}) \quad [\text{C8.7.2.1}]$$



NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI – STRUTTURE IN C.A.

C8.7.2.3.3 Stato limite di salvaguardia della vita

La capacità di rotazione totale rispetto alla corda allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), θ_{SD} , può essere assunta pari a 3/4 del valore θ_{II} valutato per lo SLC.

C8.7.2.3.4 Stato limite di danno

La capacità θ_y in termini di rotazione totale rispetto alla corda al raggiungimento della tensione di snervamento può essere valutata mediante le seguenti espressioni:

per travi e pilastri

$$\theta_y = \phi_y \frac{L_V}{3} + 0,0013 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_V} \right) + 0,13 \phi_y \frac{d_b f_y}{\sqrt{f_c}} \quad [\text{C8.7.2.7a}]$$

IP: FeB44k, $f_{ym} = 450$ MPa, LC1

per pareti

$$\theta_y = \phi_y \frac{L_V}{3} + 0,002 \left(1 - 0,125 \frac{L_V}{h} \right) + 0,13 \phi_y \frac{d_b f_y}{\sqrt{f_c}} \quad [\text{C8.7.2.7b}]$$

DOMANDA: CHE VALORE DI f_y UTILIZZO?

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI – STRUTTURE IN C.A.

C8.7.2.3.5 Travi e pilastri: taglio

Per la valutazione delle resistenze ultime di elementi monodimensionali nei confronti di sollecitazioni taglianti dovute ai soli carichi gravitazionali, vale quanto indicato per le condizioni non sismiche al § 4.1.2.3.5 delle NTC, facendo in generale riferimento al § 4.1.2.3.5.2, considerando per le travi il contributo delle barre di armatura piegate ove presenti.

Per le azioni sismiche, occorre considerare la riduzione di resistenza a taglio in condizioni cicliche in funzione della domanda di duttilità sull'elemento, per il livello di azione considerato. La domanda massima a taglio nell'elemento può essere determinata, indipendentemente dal livello di azione considerato, a partire dai momenti resistenti nelle sezioni di estremità, valutati amplificando le resistenze medie dei materiali tramite il fattore di confidenza appropriato in relazione al Livello di Conoscenza raggiunto.

La resistenza a taglio V_R in condizioni cicliche, quali quelle sismiche, può essere valutata sulla base dei tre contributi dovuti all'entità dello sforzo normale N , al calcestruzzo e all'acciaio, nonché dell'interazione con la rotazione flessionale dell'elemento in funzione della parte plastica della domanda di duttilità, $\mu_{\Delta,pl}$.

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{ei}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0.55A_c f_c) + \left(1 - 0.05 \min(0.5; \mu_{\Delta,pl})\right) \left[0.16 \max(0.5; 100\rho_{tot}) \left(1 - 0.16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right)\right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad [C8.7.2.8]$$

Nodi trave-pilastro

La verifica di resistenza deve essere eseguita solo per i nodi non interamente confinati come definiti al § 7.4.4.3 delle NTC. Deve essere verificata sia la resistenza a trazione diagonale che quella a compressione diagonale. Per la verifica si possono adottare le seguenti espressioni:

- per la resistenza a trazione:

$$\sigma_{jt} = \left| \frac{N}{2A_j} - \sqrt{\left(\frac{N}{2A_j}\right)^2 + \left(\frac{V_j}{A_j}\right)^2} \right| \leq 0.3\sqrt{f_c} (f_c \text{ in MPa}) \quad [C8.7.2.11]$$

- per la resistenza a compressione:

$$\sigma_{jc} = \frac{N}{2A_j} + \sqrt{\left(\frac{N}{2A_j}\right)^2 + \left(\frac{V_j}{A_j}\right)^2} \leq 0.5f_c (f_c \text{ in MPa}) \quad [C8.7.2.12]$$

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI – STRUTTURE IN C.A.

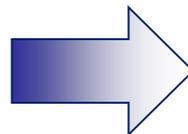
Si ricorda che il **Livello di Conoscenza** serve anche per determinare il metodo di analisi.

Tabella C8.5.IV – 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	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <i>prove estese</i> in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esaustive</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esaustive</i> in situ	Tutti	1,00

(*) A meno delle ulteriori precisazioni già fornite nel § C8.5.4.

Livello di conoscenza LC1

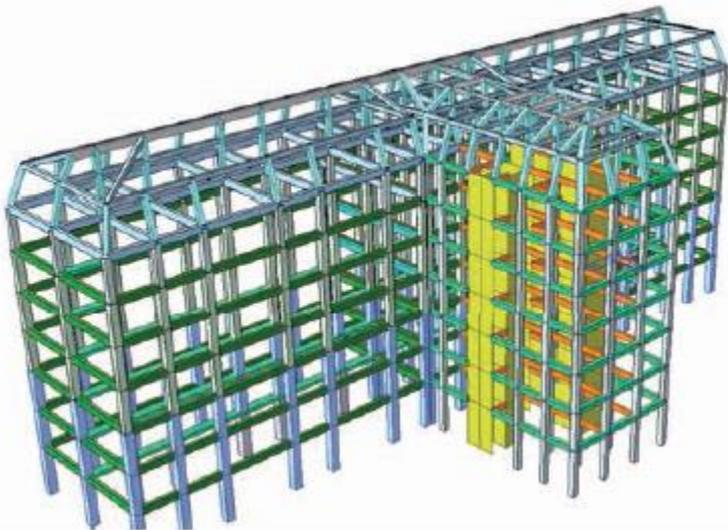


Solo analisi lineare statica o dinamica

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI

Esempio:



VERIFICHE DUTILI Mod. A

SPETTRO SISMICO

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite considerato: **SLV**

Ricerca tecnica speciale:
 Categoria di sottostato: **B**
 Categoria topografica: **T1**

Condizioni sismiche:
 Spettro di progetto sismico (SLE): **Fattore di** **2** **Regole di altezza** **1**

Condizioni verticali:
 Spettro di progetto: **Fattore di** **1.5** **Regole di altezza** **1**

Tabella di valori: **Parti in risposta**

Quattro spettri risposta	S _g (0.40)	0.00
Parametri e punti caratteristici	S _g (0.00)	0.00

VERIFICHE FRAGILI Mod. B

SPETTRO SISMICO

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite considerato: **SLV**

Ricerca tecnica speciale:
 Categoria di sottostato: **B**
 Categoria topografica: **T1**

Condizioni sismiche:
 Spettro di progetto sismico (SLE): **Fattore di** **1.5** **Regole di altezza** **1**

Condizioni verticali:
 Spettro di progetto: **Fattore di** **1.5** **Regole di altezza** **1**

Tabella di valori: **Spettro risposta**

Quattro spettri risposta	S _g (0.40)	0.00
Parametri e punti caratteristici	S _g (0.00)	0.00

Partial Safety Factors for Material Properties

Design Code: Eurocode2:04, Recommended

Concrete (Gamma_c)

- Fundamental: **1**
- Accidental (except Earthquakes): **1**

Steel (Gamma_s)

- Fundamental: **1**
- Accidental (except Earthquakes): **1**

Alpha_cc: **1**

Partial Safety Factors for Material Properties

Design Code: Eurocode2:04, Italy

Concrete (Gamma_c)

- Fundamental: **1.5**
- Accidental (except Earthquakes): **1.2**

Steel (Gamma_s)

- Fundamental: **1.15**
- Accidental (except Earthquakes): **1**

Coefficient for Long Term Effects

Alpha_cc: **1**

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI *PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI*

Esempio:

9. Verifiche Duttili $q = 2$; $FC = 1.2$; $\gamma_m = 1$; $\gamma_s = 1$

Le verifiche duttili consistono nel confrontare momento flettente resistente dell'elemento strutturale e il suo momento flettente sollecitante. Le sollecitazioni provengono da analisi con spettro ridotto di $q = 2$ mentre FC, penalizza i materiali per il calcolo del momento flettente resistente.

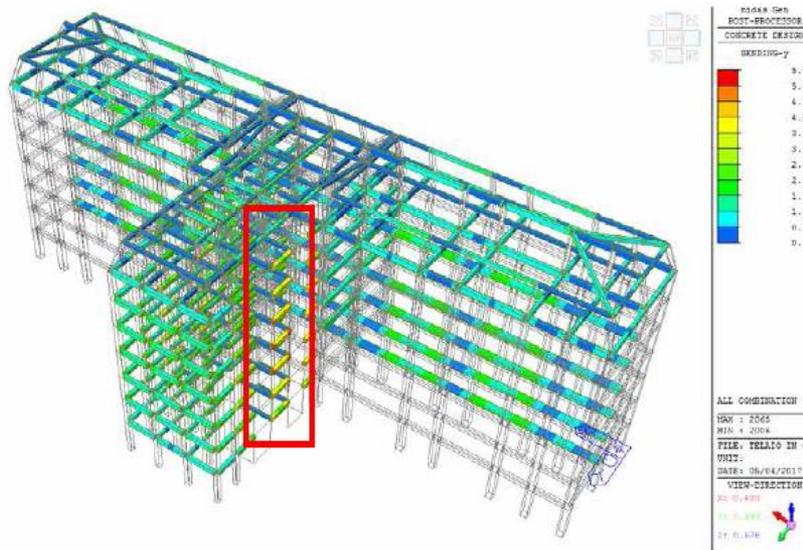


Figura 17. Verifiche duttili travi, evidenziato in rosso gli elementi fortemente critici

SPETTRO SISMICO

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Solo Linea: Sub Linea considerata: info

Risposta dinamica locale:
 Categoria di sismicità: info S_{d1} : 1.200 C_d : 1.384 info
 Categoria topografica: info S_{d2} : 0.000 S_{d3} : 1.000 info

Conseguenze:
 Spettro di progetto elastico (SEI): info
 Spettro di progetto inelastico (SIU): info

Conseguenze verticali:
 Spettro di progetto: info

Tollerabilità:
 Costo dell'istruzione: info
 Piani e parti sottostanti: info

MATERIALE

Modify Concrete Materials

Material List

ID	Name	fc/fck/R	Chk	Lambda	Main bar	Sub-bar
2	Rck35	29.2	X	1	Fym/FC	Fym/FC

Concrete Material Selection
 Code: Name:

Specified Compressive Strength (fc/fck): N/mm²

Light Weight Concrete Factor (Lambda):

Rebar Selection
 Code:

Name of Main Rebar: F_y : N/mm²
 Name of Sub-Rebar: F_{ys} : N/mm²

Partial Safety Factors for Material Properties

Design Code: Eurocode2:04, Recommended

Partial Safety Factors for Material Properties

Concrete (Gamma c)
 - Fundamental:
 - Accidental (except Earthquakes):

Steel (Gamma s)
 - Fundamental:
 - Accidental (except Earthquakes):

Partial Safety Factors for Material Properties

Alpha cc:

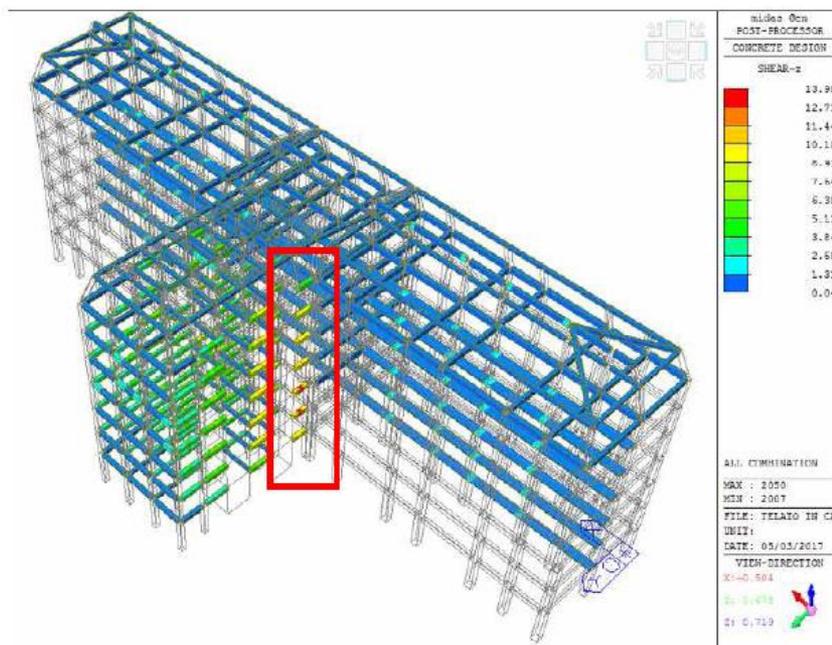
NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI

Esempio:

8. Verifiche Fragili $q = 1.5$; $FC = 1.2$; $\gamma_m = 1.5$; $\gamma_s = 1.15$

Le verifiche fragili consistono nel confrontare taglio resistente dell'elemento strutturale e il suo taglio sollecitante. Le sollecitazioni provengono da analisi con spettro ridotto di $q = 1.5$ mentre FC , γ_m , γ_s penalizzano i materiali per il calcolo del taglio resistente.



SPETTRO SISMICO

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Solo Limite considerato: **SLV** info

Ricerca tecnica nodo: Categoria di sollecitazione: **B** info $S_{gt} = 1.200$ $C_{gt} = 1.264$ e_{gt} Categoria sismologica: **II** info $M_{gt} = 0.000$ $C_{gt} = 1.000$ e_{gt}

Compon. orizzontale: Spettro di progetto elastico (SLE) $\gamma_{sle} = 1.000$ $\gamma_{sle} = 1.000$ e_{sle} Spettro di progetto elastico (SM) **Fattore q**: **1.5** **Regol. in altezza**: **II** **III**

Compon. verticale: Spettro di progetto **Fattore q**: **1.5** $\gamma_{v} = 1.0$ $e_{v} = 0.007$ e_{v}

Calibrazione: Spettro di risposta: $S_{d1} = 0.40$ $S_{d2} = 0.20$ $S_{d3} = 0.20$ $S_{d4} = 0.20$

MATERIALE

Modify Concrete Materials

ID	Name	f _c /f _{ck} R	Chk	Lambda	Main-bar	Sub-bar
2	Rck35	29.2	X	1	f _{yk} /F _c	f _{yk} /F _c

Concrete Material Selection
Code: **None** Name: **Rck35**

Specified Compressive Strength (f_c/f_{ck}): **29.2** N/mm²
 Light Weight Concrete Factor (Lambda): **1**

Rebar Selection
Code: **None**
Name of Main Rebar: **f_{yk}/F_c** F_y: **512.5** N/mm²
Name of Sub-Rebar: **f_{yk}/F_c** F_{ys}: **512.5** N/mm²

Modify Close

Partial Safety Factors for Material Properties

Design Code: **Eurocode2:04, Italy** Update By Code

Partial Safety Factors for Material Properties

Concrete (Gamma_c)
- Fundamental: **1.5**
- Accidental (except Earthquakes): **1.2**

Steel (Gamma_s)
- Fundamental: **1.15**
- Accidental (except Earthquakes): **1**

Coefficient for Long Term Effects
Alpha_{cc}: **1**

OK Close

Figura 12. Verifiche fragili travi, evidenziato in rosso gli elementi fortemente critici

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

CRITERI E TIPI DI INTERVENTO

In generale, per tutti i tipi di costruzione dovranno essere valutati i seguenti aspetti:

- ❑ Riparazione di eventuali danni presenti
- ❑ Riduzione delle carenze dovute ad errori grossolani
- ❑ Miglioramento della capacità deformativa ("duttilità") di singoli elementi
- ❑ Riduzione delle condizioni, anche legate alla presenza di elementi non strutturali, che determinano situazioni di forte irregolarità, sia planimetrica sia altimetrica, degli edifici, in termini di massa, resistenza e/o rigidità
- ❑ Riduzione delle masse, anche mediante demolizione parziale o variazione di destinazione d'uso
- ❑ Riduzione dell'impegno degli elementi strutturali originari mediante l'introduzione di sistemi d'isolamento o di dissipazione di energia

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

CRITERI E TIPI DI INTERVENTO

In generale, per tutti i tipi di costruzione dovranno essere valutati i seguenti aspetti (...continua):

- ❑ Riduzione dell'eccessiva deformabilità degli orizzontamenti, sia nel loro piano che ortogonalmente ad esso
- ❑ Miglioramento dei collegamenti degli elementi non strutturali, alla struttura e tra loro
- ❑ Incremento della resistenza degli elementi verticali resistenti, tenendo eventualmente conto di una possibile riduzione della duttilità globale per effetto di rinforzi locali
- ❑ Realizzazione, ampliamento, eliminazione di giunti sismici o interposizione di materiali atti ad attenuare gli eventuali urti
- ❑ Miglioramento del sistema di fondazione, ove necessario

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

CRITERI E TIPI DI INTERVENTO

In particolare, per le **strutture in calcestruzzo armato** si potranno prendere in considerazione anche i seguenti tipi di intervento:

- ❑ Rinforzo di tutti o parte degli elementi
- ❑ Aggiunta di nuovi elementi resistenti, quali pareti in c.a., controventi in acciaio, etc.
- ❑ Eliminazione di eventuali meccanismi “di piano”
- ❑ Introduzione di un sistema strutturale aggiuntivo in grado di resistere per intero all'azione sismica di progetto
- ❑ Eventuale trasformazione di elementi non strutturali in elementi strutturali, come nel caso di incamiciatura in c.a. di pareti in laterizio

NORMATIVA STRUTTURE ESISTENTI

CRITERI E TIPI DI INTERVENTO

8.7.5. ELABORATI DEL PROGETTO DELL'INTERVENTO

Per tutte le tipologie costruttive, il progetto dell'intervento di miglioramento o adeguamento sismico deve almeno comprendere:

- a) l'analisi e la verifica della struttura prima dell'intervento, con identificazione delle carenze e del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU (e SLE se richiesto);
- b) la scelta, esplicitamente motivata, del tipo di intervento;
- c) la scelta, esplicitamente motivata, delle tecniche e/o dei materiali;
- d) il dimensionamento preliminare dei rinforzi e degli eventuali elementi strutturali aggiuntivi;
- e) l'analisi strutturale della struttura post-intervento;
- f) la verifica della struttura post-intervento, con determinazione del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU (e SLE se richiesto).

Analogamente si procederà per gli interventi (di riparazione o rafforzamento) locali. In tal caso non si eseguiranno le analisi della struttura e le verifiche ante e post-operam di cui ai punti a), e), f), che saranno sostituite da analoghe verifiche sul singolo elemento o sul meccanismo locale sul quale si interviene, al fine di determinarne gli incrementi di resistenza e/o di duttilità conseguenti all'intervento.

