

# “Criteri generali NTC”



*Prof. Ing. Walter Salvatore, Ing. Francesco Morelli*

*Università di Pisa*

*Dipartimento di Ingegneria Civile ed Industriale (DICI)*

# Contenuti

## Evoluzione del quadro normativo

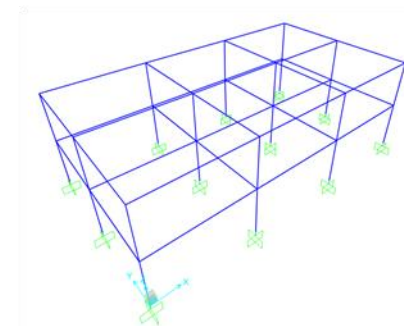
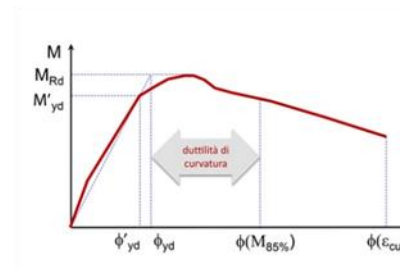
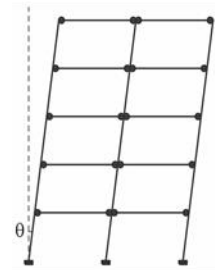
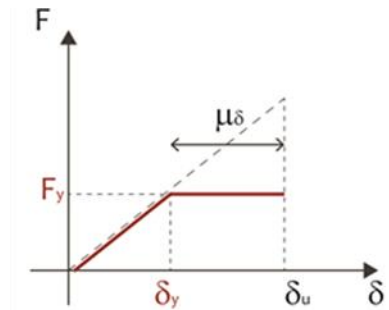
1. Progettazione antisismica prestazionale
2. Recenti normative
3. Pericolosità sismica

## Criteri di progettazione e modellazione

1. Approccio multi prestazionale
2. Progettazione in capacità
3. Comportamento strutturale delle costruzioni sismo-resistenti

## Criteri generali di verifica

1. Rispetto degli stati limite
2. Verifiche degli elementi strutturali, non strutturali e degli impianti



# Circolare: INTRODUZIONE

Il percorso progettuale, volendolo sintetizzare, può pensarsi articolato nelle fasi della *concezione*, della *verifica*, della *esecuzione* e del *controllo*:

- la *concezione* è tutta e sola appannaggio della creatività, della competenza tecnica e dell'esperienza del singolo progettista; essa ricade nella sua esclusiva responsabilità, certo non può essere normata;
- la *verifica*, la *esecuzione* e il *controllo*, invece, ricadono nella sfera delle attività collettive, assumendo l'aspetto di un contratto sociale, di una convenzione che, pur essendo basata su valutazioni scientifiche, giunge a fissare la frontiera tra lecito e illecito, tra accettato e rifiutato, a seguito di tradizioni, mediazioni, accordi.

La normativa, proprio per il suo carattere eminentemente contrattuale e sociale, non si occupa della *concezione*, ma solo della *verifica*, della *esecuzione* e del *controllo*.

In questo ambito, certamente più ristretto, dello sviluppo progettuale, assumono importanza preminente, per gli obiettivi innanzi dichiarati, il *modello di calcolo* e il *metodo di analisi*, tenendo presente che le costruzioni civili, rispetto a quelle industriali, ad esempio, costituiscono sempre "oggetti unici", cioè "prototipi". Per quest'ultimo motivo è utile identificare e riconoscere, da subito, quegli elementi unificanti, validi cioè per ogni costruzione, necessari per l'individuazione del *modello di calcolo* e la scelta del *metodo di analisi*.

Per ogni costruzione civile il confronto tra capacità e domanda, che la valutazione del livello di sicurezza impone, richiede una quantizzazione conseguita attraverso il filtro del *modello di calcolo* individuato e del *metodo di analisi* prescelto.

La normativa lascia il *modello di calcolo* alla sostanziale discrezionalità del progettista, con alcune prescrizioni minime ineludibili. Ai fini della modellazione, quanto prescritto dalle Norme al **§ 6.2.2 (Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica)** e al **§ 7.2.6 (Criteri di modellazione della struttura e dell'azione sismica)** costituisce certamente un elemento comune a tutte le costruzioni civili.

Passando ai *metodi di analisi*, le revisionate NTC ne consentono più d'uno; ovviamente si dovrà armonizzare il metodo di analisi con le scelte fatte in sede di modellazione. Ai fini della scelta dei metodi di analisi, quanto prescritto dalle Norme al **§ 4.1.1 (Valutazione della sicurezza e metodi di analisi)**, al **§ 6.2.4 (Verifiche della sicurezza e delle prestazioni)** e al **§ 7.3 (Metodi di analisi e criteri di verifica)**, costituisce un elemento comune a tutte le costruzioni civili.

È dunque utile e opportuno, nelle fasi di modellazione e analisi di una costruzione, considerare insieme, e nell'insieme, i paragrafi innanzi indicati perseguendo così quell'unitarietà di impostazione che il percorso progettuale delle costruzioni richiede.

# ***Circolare: INTRODUZIONE***

Un aspetto centrale della modellazione, con evidenti riflessi sulla scelta del metodo di analisi, è la ricerca di una risposta duttile della costruzione e del terreno di fondazione.

Una risposta duttile permette di evitare, per quanto possibile, la formazione di meccanismi parziali; ciò avviene per effetto del comportamento di tipo incrudente positivo proprio di questa risposta, tale cioè da permettere ridistribuzioni delle sollecitazioni e da perseguire, al crescere delle azioni esterne, la formazione di meccanismi globali. Ovviamente, un sistema duttile, costruzione o terreno che sia, mobilita progressivamente la sua capacità a prezzo di deformazioni crescenti. Ecco dunque l'attenzione delle NTC nei riguardi degli stati limite di esercizio, attenzione che si deve trasferire al progettista.

Nella continua ricerca di soluzioni sicure e più economiche l'ingegneria civile è stata, di necessità, costretta a spingersi nel campo delle deformazioni plastiche, cercando nella plasticità e nella riduzione di rigidità che essa comporta, un modo per favorire la naturale ridistribuzione della domanda sia sulla singola sezione e sulla singola membratura, sia sull'intera costruzione; un modo, dunque, per conseguire costruzioni ad un tempo più sicure e più economiche.

Tale processo ha interessato, negli anni, dapprima la sezione e immediatamente dopo l'intera costruzione, sostanziosamente nelle metodologie tipiche dell'analisi limite (analisi plastica) e dell'analisi non lineare. Nello specifico, si è passati: per la sezione, dal valutare la capacità riferendosi alle tensioni (metodo delle tensioni ammissibili, non più ammesso dalle revisionate NTC) al valutarla riferendosi alle resistenze (metodo a rottura), per la costruzione, dal valutare la domanda con analisi lineari elastiche al valutarla con analisi plastiche o non lineari.

***A questo punto, è bene precisare che la ricerca di duttilità non è confinata ai casi in cui l'azione sismica sia dimensionante, anzi essa è basilare, in tutte le altre situazioni di carico, per conseguire la robustezza, ovvero la "capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità di possibili cause innescanti eccezionali quali esplosioni e urti" e di "eventuali errori di progettazione o di esecuzione".***

# Progettazione

## 2.2.4. DURABILITA'

Un adeguato livello di durabilità può essere garantito progettando la costruzione, e la specifica manutenzione, in modo tale che il degrado della struttura che si dovesse verificare durante la sua vita nominale di progetto non riduca le prestazioni della costruzione al di sotto del livello previsto.

Tale requisito può essere soddisfatto attraverso l'adozione di appropriati provvedimenti stabiliti tenendo conto delle previste condizioni ambientali e di manutenzione ed in base alle peculiarità del singolo progetto, tra cui:

- a) scelta opportuna dei materiali;
- b) dimensionamento opportuno delle strutture;
- c) scelta opportuna dei dettagli costruttivi;
- d) adozione di tipologie costruttive e strutturali che consentano, ove possibile, l'ispezionabilità delle parti strutturali;
- e) pianificazione di misure di protezione e manutenzione; oppure, quando queste non siano previste o possibili, progettazione rivolta a garantire che il deterioramento della costruzione o dei materiali che la compongono non ne causi il collasso;
- f) impiego di prodotti e componenti chiaramente identificati in termini di caratteristiche meccanico-fisico-chimiche, indispensabili alla valutazione della sicurezza, e dotati di idonea qualificazione, così come specificato al Capitolo 11;
- g) applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi dei materiali, soprattutto nei punti non più visibili o difficilmente ispezionabili ad opera completata;
- h) adozione di sistemi di controllo, passivi o attivi, adatti alle azioni e ai fenomeni ai quali l'opera può essere sottoposta.

Le condizioni ambientali devono essere identificate in fase di progetto in modo da valutarne la rilevanza nei confronti della durabilità.

# Progettazione

## 2.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Nel seguito sono riportati i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basato sull'impiego dei coefficienti parziali, applicabili nella generalità dei casi; tale metodo è detto di primo livello. Per opere di particolare importanza si possono adottare metodi di livello superiore, tratti da documentazione tecnica di comprovata validità di cui al Capitolo 12.

Nel metodo agli stati limite, la sicurezza strutturale nei confronti degli stati limite ultimi deve essere verificata confrontando la resistenza capacità di progetto  $R_d$ , in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura o della membratura strutturale, funzione delle caratteristiche meccaniche a resistenza dei materiali che la compongono ( $X_d$ ) e dei valori nominali delle grandezze geometriche interessate ( $a_d$ ), con il corrispondente valore di progetto della domanda degli effetti delle azioni  $E_d$ , funzione dei valori di progetto delle azioni ( $F_d$ ) e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura interessate ( $a_d$ ).

### 2.4.1. VITA NOMINALE DI PROGETTO

La vita nominale di progetto  $V_N$  di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione così come prevista in sede di progetto, mantenga specifici i livelli prestazionali per i quali è stata progettata.

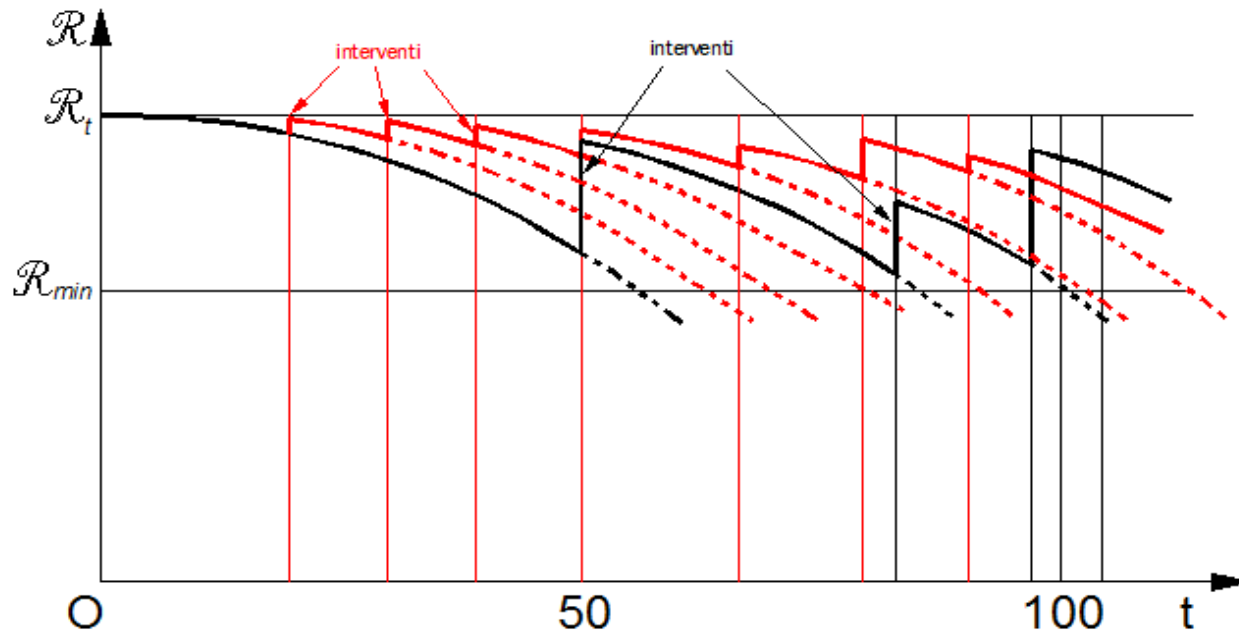
I valori minimi di  $V_N$  da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni prestazioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni

| TIPI DI COSTRUZIONI |   | Valori minimi di $V_N$ (anni) |
|---------------------|---|-------------------------------|
| 1                   | Costruzioni temporanee e provvisorie            | 10                            |
| 2                   | Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari | 50                            |
| 3                   | Costruzioni con livelli di prestazioni elevati  | 100                           |

Non sono da considerarsi temporanee le costruzioni o parti di esse che possono essere smantellate con l'intento di essere riutilizzate. Per un'opera di nuova realizzazione la cui fase di costruzione sia prevista in sede di progetto di durata pari a  $P_N$ , la vita nominale relativa a tale fase di costruzione, ai fini della valutazione delle azioni sismiche, dovrà essere assunta non inferiore a  $P_N$  e comunque non inferiore a 5 anni.

## Circolare. Progettazione.



**Fig. C.2.1** – *Evoluzione dell'affidabilità strutturale e del periodo di vita nominale in funzione delle strategie d'intervento*



# Evoluzione del quadro normativo

**Costruzione:** insieme dei **componenti strutturali**, **componenti non strutturali** ed **impianti**.

La stima del danno prodotto da un terremoto si valuta attraverso il rischio sismico, definito come il prodotto tra Pericolosità (Intensità sismica), Vulnerabilità della costruzione ed Esposizione, attraverso cui è possibile monetizzare il danno.

Il danno può essere classificato in due categorie:

- **Danni indiretti:** associati alla perdita di vite umane. Sono correlati al danno strutturale, quindi a terremoti di elevata intensità
- **Danni diretti:** associati alle perdite economiche (ricostruzione). Sono correlati al danno degli elementi non strutturali e degli impianti, quindi a terremoti di elevata intensità

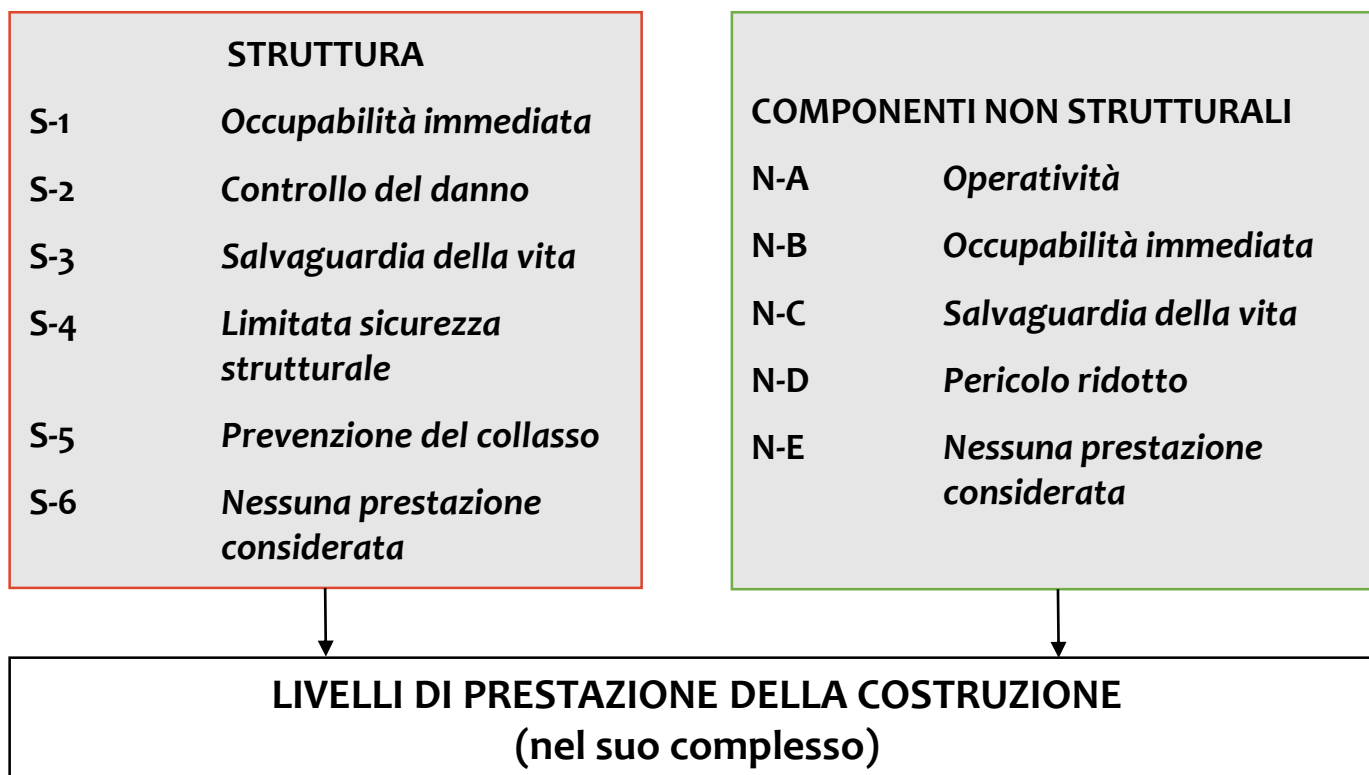




# Evoluzione del quadro normativo

## Progettazione antisismica Prestazionale

Analizzando la costruzione nel suo complesso (elementi strutturali, non strutturali e impianti) è quindi necessario definire adeguati **livelli di prestazione** per ciascun componente:



# Evoluzione del quadro normativo

## Progettazione antisismica Prestazionale

Nel 1995 compare, edita dalla **Structural Engineers Association of California (SEAOC)**, la **Vision 2000 “A Framework for Performance-based Design”**

**IDEA FONDANTE:** Progettare così da perseguire, **al variare dell’uso cui la costruzione è destinata**, la relazione desiderata tra **prestazioni** e **probabilità di occorrenza di terremoti** di diversa intensità, legando a tale probabilità i parametri di risposta di ciascuna prestazione.

### STRATEGIE DI PROGETTAZIONE NELLE FEMA 356

Nelle NTC08 Classe d’uso



**Obiettivo Base**



**Obiettivo per edifici Essenziali**



**Obiettivo per edifici Critici**

Livello di severità del terremoto

|                               | Operatività<br>1-A (O) | Occupabilità<br>immediata<br>1-B (OI) | Salvaguardia<br>della vita<br>3-C (SV) | Prevenzione<br>del collasso<br>5-E (PC) |
|-------------------------------|------------------------|---------------------------------------|--|---|
| 50% / 50 anni<br>TR=72 anni   | OB                     |                                       |  |   |
| 20% / 50 anni<br>TR=225 anni  | OE                     | OB                                    |  |   |
| 10% / 50 anni<br>TR=475 anni  | OC                     | OE                                    | OB                                     |   |
| 2% / 50 anni<br>TR=2.475 anni |                        | OC                                    | OE                                     | OB                                      |

Livelli e campi di prestazione per gli edifici

# Evoluzione del quadro normativo

## Progettazione antisismica Prestazionale

La prestazione desiderata **deve crescere** (ci saranno meno danni) **per terremoti molto probabili** (quelli che possono venire varie volte durante la vita della struttura) o **per una struttura importante o un uso strategico** (un ospedale o una centrale nucleare).

Di converso si accettano **più danni per terremoti rari e più intensi** o per **costruzioni meno importanti o usi meno strategici**.

Pertanto una costruzione soffrirà danni maggiori, se soggetta a un terremoto meno frequente (dunque più severo), ma **la stessa costruzione, per il medesimo terremoto, dovrà subire meno danni se destinata a un uso strategico**.

Una costruzione usuale, destinata a un uso comune, non dovrebbe avere danni per un terremoto con probabilità di superamento **10% in 30 anni**, dovrebbe essere prossima al collasso per un terremoto con probabilità di superamento **10% in 100 anni**.

Ovviamente il metodo deve indicare quali parametri considerare per caratterizzare la prestazione (accelerazione, drift, resistenza, rotazione plastica, etc.) e quali limiti imporre loro per acquisire una particolare prestazione.

# Evoluzione del quadro normativo

## Recenti Normative

### Italia

- O.P.C.M. 3274-3431 (2003)
- O.P.C.M. 3431 (2005) Norme per edifici
- **D. M. 14/01/08 Norme Tecniche per le Costruzioni (NTCo8)**
- **Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)**

### Stati Uniti

- **NEHRP** Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures 2009 Edition (FEMA P/750)
- Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE/SEI 7-10)
- IBC – International Building Code (2012)

**Osservazioni alle NTCo8 a seguito della loro entrata in vigore (01/07/2009 – Legge 24 giugno 2009, n. 77):**

**Ordini degli Ingegneri, Consiglio Nazionale degli Ingegneri** (Gruppo di Lavoro di esperti strutturisti con il compito di raccogliere e coordinare le osservazioni provenienti dagli Ordini Provinciali – Circolare CNI n.424 30/05/2011), **Regioni, Imprese, Studi di progettazione.**

# Evoluzione del quadro normativo

## Aspetti innovativi introdotti con le nuove NTC

- Omogeneizzazione dell'**approccio in capacità** per tutte le tipologie costruttive, con relativa definizione dei **fattori di sovraresistenza**.
- Ridefinizione del fattore di struttura “ $q$ ” in **fattore di comportamento “ $q$ ”**.
- Progettazione con **comportamento strutturale non dissipativo**: scelta del **fattore di comportamento** da adottare e definizione della capacità.
- Possibilità di scegliere di **progettare la capacità in resistenza sulla base della domanda allo SLD** (riduzione del fattore di comportamento allo SLV).
- Possibilità di considerare l'**effetto del confinamento** per la **valutazione della capacità** delle strutture in calcestruzzo armato
- Definizione delle **responsabilità** di ciascun professionista in merito alla **progettazione e verifica degli elementi non strutturali e degli impianti**.
- Abbandono definitivo delle verifiche alle tensioni ammissibili e **utilizzo della sola analisi limite**.
- **Riorganizzazione delle verifiche** per elementi strutturali, non strutturali e impianti. Le **verifiche degli elementi strutturali** vengono fatte in termini di rigidità (RIG), resistenza (RES) e duttilità (DUT)
- Maggiori indicazioni riguardanti la **verifica di duttilità implicita** di pilastri e pareti e introduzione di una **verifica di duttilità esplicita** per pilastri e pareti.

CRITERI DI  
PROGETTAZIONE

VALUTAZIONE DELLA  
CAPACITÀ

VERIFICHE DI  
SICUREZZA

# Criteri di progettazione e modellazione

## Progettazione in capacità

Sostituendo la **capacità** alla **resistenza** si può:

- ☐ al materiale **elasto-fragile** (cautelativo), affiancare **l'elasto-plastico** (+ sfruttabile);
- ☐ raggiunta la **resistenza**, aumentare le azioni portate grazie alla **duttilità**;
- ☐ al limite **tensionale**, affiancare il limite **deformativo**.

### In perfetta analogia:

Sostituendo la **domanda** alla **sollecitazione** si può:

- ☐ al materiale **elasto-fragile** affiancare sempre il materiale **elasto-plastico**;
- ☐ alla **sollecitazione** affiancare sempre la **deformazione**.

In questo modo la **progettazione multiprestazionale** diventa **progettazione in capacità (elasto-plastica)** che, dall'utilizzo puntuale del materiale (**tensioni ammissibili**), passa all'utilizzo della sezione (**analisi limite**).



Quest'ultima idea, non sfruttata pienamente dalle **NTCo8**, lo sarà dalle **nuove NTC** che **hanno eliminato il punto 2.7 VERIFICHE ALLE TENSIONI AMMISSIBILI**

La **capacità** si confronta, **BEN OLTRE IL LIMITE ELASTICO**, con la **domanda** e, dunque, il modello di calcolo si spinge ben oltre la usuale linearità, **accetta il danno e lo esplora**, consente al progettista di ammetterlo perché funzionale a economia e sopravvivenza.

**La sicurezza diventa assenza di collasso e, per allontanare il crollo, chiede alla costruzione la giusta capacità, locale e globale, la PROGETTAZIONE IN CAPACITÀ, LOCALE E GLOBALE.**

# Criteri di progettazione e modellazione

## Progettazione in capacità

### TENSIONI AMMISSIBILI

Si ammette la **validità della legge di Hooke** per il calcestruzzo compresso ( $E_c$  costante) e per l'acciaio, sia teso che compresso, (ritenuto in campo elastico). Si lavora in campo **ELASTICO**.

La teoria statica consiste essenzialmente nel calcolo delle tensioni interne nei due materiali e nel verificare che tali tensioni non siano superiori alle tensioni ammissibili fissate dalla norma.

$$\sigma \leq \sigma_{amm}$$

|                |                      |
|----------------|----------------------|
| $\sigma$       | Tensione massima     |
| $\sigma_{amm}$ | Tensione ammissibile |

### ANALISI LIMITE

Si verificano tutte le possibili condizioni che possono portare ad uno stato di crisi della struttura (raggiungimento di uno **Stato Limite**). Il progetto si basa sull'uso di modelli della struttura e dei carichi.

Il metodo prevede l'introduzione dei «valori caratteristici» e la trasformazione dei valori caratteristici in «valori di calcolo» adeguati allo **SL** considerato, mediante l'applicazione di coefficienti parziali di sicurezza:

$$E_d \leq C_d$$

|       |  |
|-------|--|
| $E_d$ | il valore di calcolo dell'effetto delle azioni     |
| $C_d$ | il valore di calcolo della capacità corrispondente |



# Criteri di progettazione e modellazione

## Comportamento strutturale delle costruzioni sismo-resistenti

- **Comportamento strutturale non dissipativo:**

nella valutazione della domanda tutte le membrature e i collegamenti rimangono in campo elastico o sostanzialmente elastico;

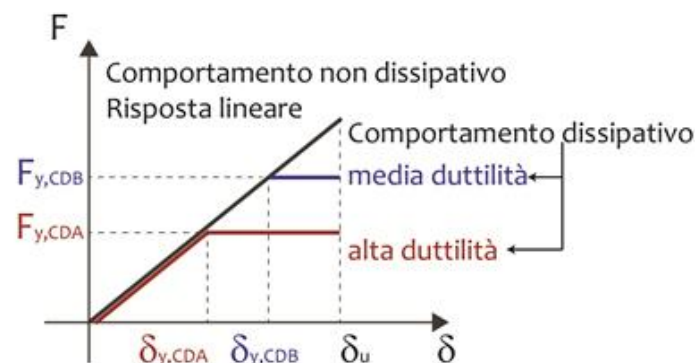
- **Comportamento strutturale dissipativo:**

nella valutazione della domanda un numero elevato di membrature e/o collegamenti evolvono in campo plastico, mentre la restante parte della struttura rimane in campo elastico o sostanzialmente elastico:

### Classi di duttilità

Una costruzione a comportamento strutturale dissipativo deve essere progettata per conseguire una delle due Classi di Duttilità (CD):

- Classe di Duttilità Alta (CD" A")
- Classe di Duttilità Media (CD" B").



### Progettazione in capacità e fattori di sovraresistenza

- Sia per la CD" A" sia per la CD" B", s'impiegano i **procedimenti tipici della progettazione in capacità**. [...] Questa progettazione ha lo scopo di assicurare alla struttura dissipativa un comportamento duttile ed opera come segue:
- **distingue gli elementi e i meccanismi**, sia locali sia globali, **in duttili e fragili**;
- mira ad **evitare le rotture fragili** locali e l'attivazione di meccanismi globali fragili o instabili;
- mira a localizzare le dissipazioni di energia per isteresi in zone degli elementi duttili a tal fine individuate e progettate, dette "dissipative" o "duttili", coerenti con lo schema strutturale adottato.

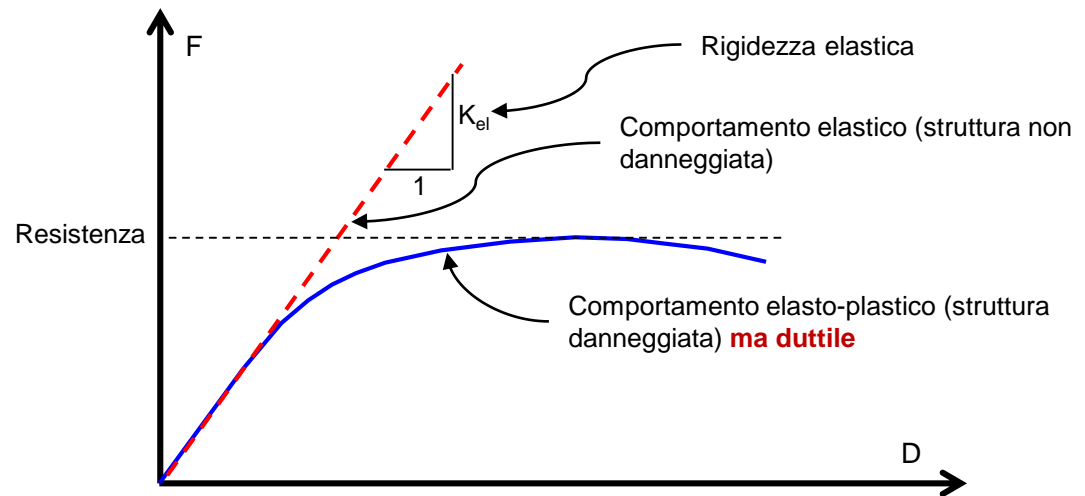
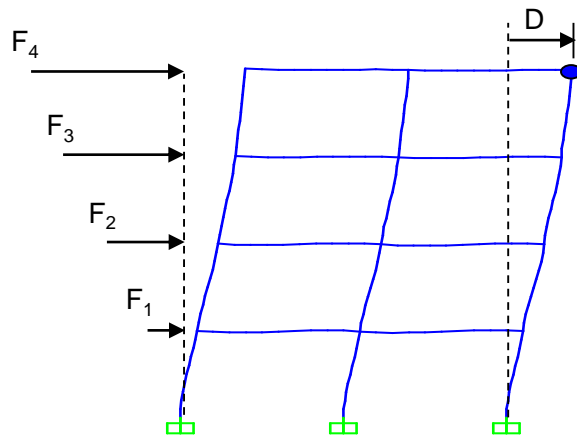
# Criteri di progettazione e modellazione

## Strutture a comportamento dissipativo: Progettazione in capacità

La progettazione in capacità (globale) punta a conseguire un comportamento duttile della struttura, comportamento ben evidente in un piano **F-D** dove:

- ❑ **F** è la somma delle forze sismiche agenti sulla struttura (cui la struttura resiste), pari al **taglio alla base della struttura**;
- ❑ **D** è lo **spostamento** (Displacement) di un punto di riferimento della struttura (in genere quello a **D=max**, a esempio il punto più alto)

### Il comportamento è descritto da una curva caratteristica (CURVA DI CAPACITÀ)



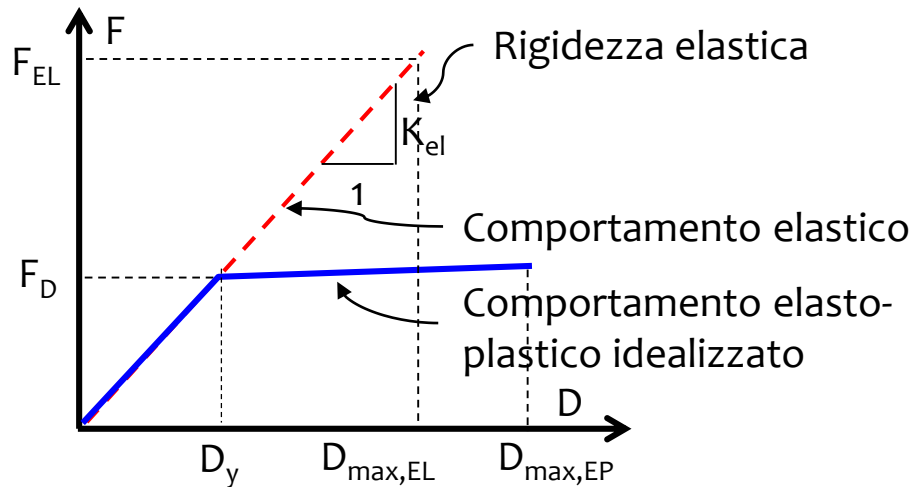
Se la struttura si danneggia sotto sisma, sfruttando la propria duttilità può ridurre le forze sismiche di progetto  $F_D$  (Design Forces) evitando nel contempo crolli.

# Criteri di progettazione e modellazione

## Strutture a comportamento dissipativo: Progettazione in capacità

La **duttilità** (in spostam.) richiesta ad una struttura progettata in capacità (globale) è:

$$\mu_d = \text{DUTTILITÀ IN SPOSTAMENTO} = D_{\max,EL}/D_y$$



|               |  |
|---------------|--|
| $F_D$         | forza di plasticizzazione (yielding)                               |
| $D_y$         | spostamento di plasticizzazione                                    |
| $D_{\max}$    | spostamento massimo atteso   |
| $D_{\max,EP}$ | spostamento massimo atteso per la struttura <b>Elasto-Plastica</b> |
| $D_{\max,EL}$ | spostamento massimo atteso per la struttura <b>ELastica</b>        |

Il rapporto  $q$  tra la **resistenza**  $F_{EL}$  che dovrebbe avere la struttura per non subire danni e la **resistenza**  $F_D$  per la quale si deve progettare la stessa struttura perché subisca un danneggiamento riconducibile ad una **duttilità** in spostamento  $\mu_d$  della struttura è definito **fattore di comportamento (1)**.

Il **fattore di comportamento  $q$**  si adotta per utilizzare **modelli globali lineari**, pur avendo una struttura che ha un **comportamento globale fortemente non lineare**.

(1) Le **NTCo8** definiscono  $q$ , **impropriamente**, “fattore di struttura”

○ improprietà corretta dalle **nuove NTC**, che definiscono  $q$  “fattore di comportamento”.

# Criteri di progettazione e modellazione

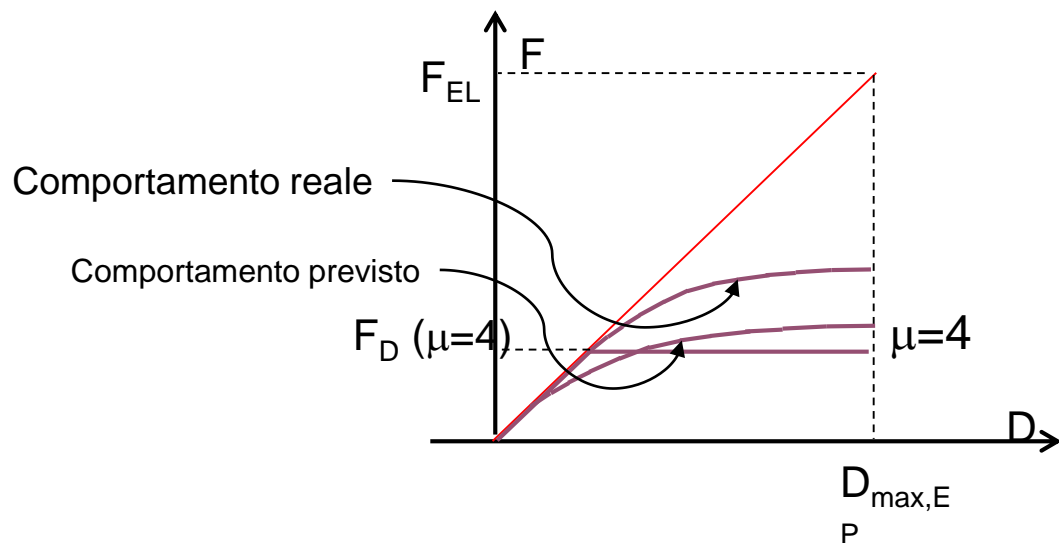
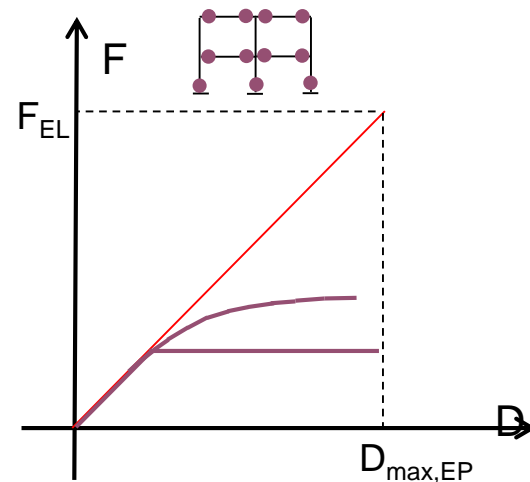
## Strutture a comportamento dissipativo: Progettazione in capacità

I **modelli globali lineari** permettono di tener conto anche della **iperstaticità**, della **sovraresistenza** esibite da una costruzione durante un sisma.

L'**iperstaticità** comporta un'estesa diffusione delle **plasticizzazioni nella costruzione**: necessariamente le plasticizzazioni non si verificano contemporaneamente ma **si susseguono**, finché la costruzione non è un **"meccanismo"** (rigidezza tangente nulla).

Se non si tiene correttamente conto della **iperstaticità** del sistema non si sfrutta appieno la **capacità** della **costruzione**.

La resistenza di una struttura eccede la resistenza di progetto: gli elementi sono progettati per sopportare almeno i carichi di progetto ma spesso hanno dimensioni maggiori di quelle strettamente necessarie. Inoltre, le resistenze di progetto sono ridotte rispetto alle resistenze attese a causa dell'utilizzo di opportuni fattori di sicurezza.



# Criteri di progettazione e modellazione

## Strutture a comportamento dissipativo : Definizione degli stati limite

La progettazione in capacità, se corretta, porta alla situazione di figura.

Si considerano **4 Stati Limite (4 SL)**

**2 Stati Limite di Esercizio (SLE)**

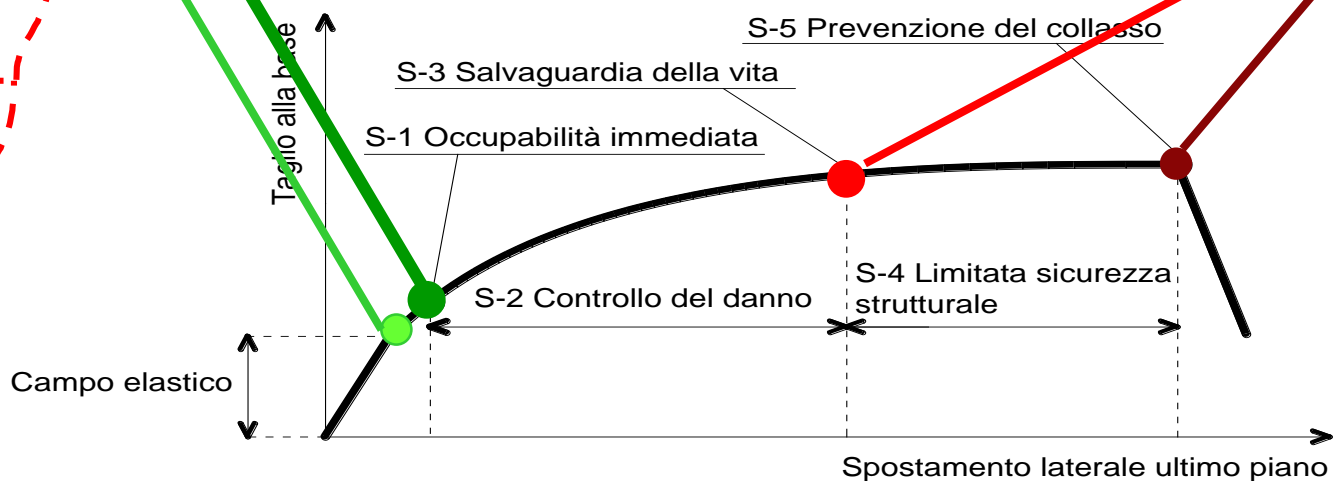
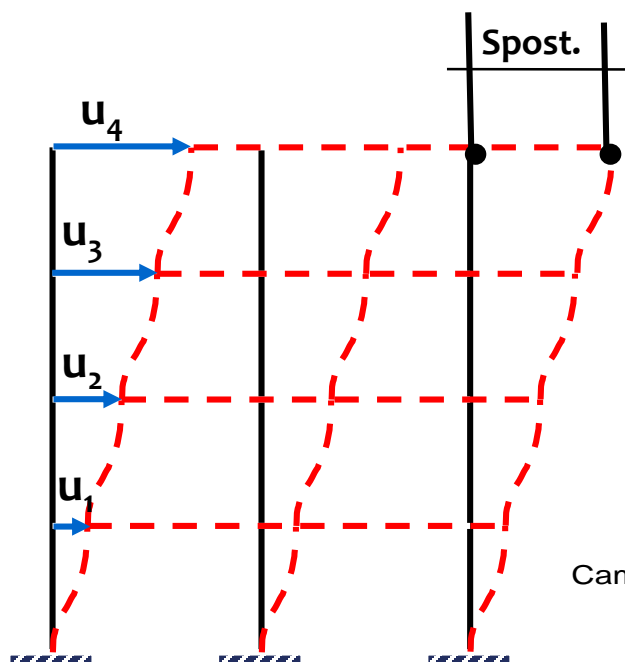
**2 Stati Limite Ultimi (SLU)**

**SLO** (SL immediata **O**peratività)

**SLD** (SL **D**anno/immediata Occupazione)

**SLV** (SL salvaguardia della **V**ita)

**SLC** (SL prevenzione del **C**ollasso)



Taglio alla base

S-3 Salvaguardia della vita

S-1 Occupabilità immediata

S-2 Controllo del danno

S-5 Prevenzione del collasso

S-4 Limitata sicurezza strutturale

Spostamento laterale ultimo piano

# Criteri generali di verifica

Rispetto dei requisiti nei confronti degli stati limite (§7.3.6)

**Nuove NTC: Riorganizzazione delle verifiche** per elementi strutturali, non strutturali e impianti

Per tutti gli elementi strutturali, primari e secondari, gli elementi non strutturali e gli impianti si deve verificare che il valore di ciascuna domanda di progetto, definito dalla tabella 7.3.III per ciascuno degli stati limite richiesti, sia inferiore al corrispondente valore della capacità di progetto.

Le **verifiche degli elementi strutturali primari (ST)** si eseguono, come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso ( $C_U$ ):

- nel caso di **comportamento strutturale non dissipativo**, in termini di rigidezza (**RIG**) e di resistenza (**RES**), senza applicare le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità;
- nel caso di **comportamento strutturale dissipativo**, in termini di rigidezza (**RIG**), di resistenza (**RES**) e di duttilità (**DUT**), (quando richiesto), applicando le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità.

Le verifiche degli **elementi strutturali secondari si effettuano solo in termini di duttilità**.

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

| STATI LIMITE |     | CU I | CU II |     |     | CU III e IV |     |       |
|--------------|-----|------|-------|-----|-----|-------------|-----|-------|
|              |     | ST   | ST    | NS  | IM  | ST          | NS  | IM(*) |
| SLE          | SLO |      |       |     |     | RIG         |     | FUN   |
|              | SLD | RIG  | RIG   |     |     |             |     |       |
| SLU          | SLV | RES  | RES   | STA | STA | RES         | STA | STA   |
|              | SLC |      | DUT   |     |     | DUT         |     |       |

- **CU:** Classe d'uso
- **RIG:** rigidezza
- **RES:** resistenza
- **DUT:** duttilità
- **STA:** stabilità
- **FUN:** funzionalità

**LA PROGETTAZIONE  
MULTIPRESTAZIONALE  
COPRE L'INTERA  
COSTRUZIONE**

# CRITERI DI VERIFICA DI EDIFICI – RISPETTO REQUISITI VERSO SL

## CRITERI DI VERIFICA

## NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI §7.3.6

Per tutti gli elementi strutturali primari e secondari, gli elementi non strutturali e gli impianti si deve verificare che **il valore di ciascuna domanda di progetto per ciascun SL richiesto, sia inferiore al corrispondente valore della capacità di progetto.**

$$D_{SL} \leq C_{SL}$$

Le verifiche degli elementi strutturali primari (ST) si eseguono in dipendenza della **Classe d'Uso (CU)**:

- **Nel caso di comportamento strutturale NON dissipativo, in termini di rigidezza (RIG) e di resistenza (RES), senza applicare le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità;**
- **Nel caso di comportamento strutturale dissipativo, in termini di rigidezza (RIG), di resistenza (RES) e di duttilità (DUT) (quando richiesto), applicando le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità.**
- **Le verifiche degli elementi strutturali secondari si effettuano solo in termini di duttilità.**
- **Le verifiche degli elementi non strutturali (NS) e degli impianti (IM) si effettuano in termini di funzionamento (FUN) e stabilità (STA), in dipendenza della Classe d'Uso (CU).**
- **Le verifiche allo stato limite di prevenzione del collasso (SLC), a meno di specifiche indicazioni, si svolgono soltanto in termini di duttilità e solo qualora le verifiche in duttilità siano espressamente richieste (v. §7.3.6.1).**

### Nuove NTC Tab. 7.3.III

| STATI LIMITE |     | CU I | CU II   |     |     | CU III e IV |     |       |
|--------------|-----|------|---------|-----|-----|-------------|-----|-------|
|              |     | ST   | ST      | NS  | IM  | ST          | NS  | IM(*) |
| SLE          | SLO |      |         |     |     | RIG         |     | FUN   |
|              | SLD | RIG  | RIG     |     |     |             |     |       |
| SLU          | SLV | RES  | RES     | STA | STA | RES         | STA | STA   |
|              | SLC |      | DUT(**) |     |     | DUT(**)     |     |       |

(\*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

(\*\*) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.



**NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI §7.3.6**

| STATI LIMITE |     | Descrizione della prestazione |   | ST        |            |                       | NS        | IM        |           | Classe d'uso |    |     |
|--------------|-----|-------------------------------|---|-----------|------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|----|-----|
|              |     |                               |   | RIG       | RES        | DUT                   | STA       | FUN       | STA       | I            | II | III |
|              |     |                               |   |           |            | (SPO)                 |           |           |           |              |    | IV  |
| SLE          | SLO | NS                            | Limitazione del danno degli elementi non strutturali, o delle pareti per le costruzioni di muratura   | § 7.3.6.1 |            |                       |           |           |           |              |    | x   |
|              |     | ST                            |   |           |            |                       |           |           |           |              |    |     |
|              |     | IM                            | Funzionamento degli impianti  |           |            |                       |           | § 7.3.6.3 |           |              |    | x   |
|              | SLD | ST                            | Controllo del danno degli elementi strutturali  |           | § 7.3.1(*) |                       |           |           |           |              |    | x   |
|              |     | NS<br>ST                      | Controllo del danno degli elementi non strutturali, o delle pareti per le costruzioni di  | § 7.3.6.1 |            |                       |           |           |           | x            | x  |     |
| SLU          | SLV | ST                            | Livello di danno degli elementi strutturali coerente con il fattore di comportamento adottato, assenza di rotture fragili e meccanismi locali/globali instabili |           | § 7.3.6.1  |                       |           |           |           | x            | x  | x   |
|              |     | NS                            | Assenza di crolli degli elementi non strutturali pericolosi per l'incolumità, pur in presenza di danni diffusi  |           |            |                       | § 7.3.6.3 |           |           |              | x  | x   |
|              |     | IM                            | Capacità ultima degli impianti e dei collegamenti   |           |            |                       |           |           | § 7.3.6.3 |              | x  | x   |
|              | SLC | ST                            | Margine di sicurezza sufficiente  |           |            | § 7.3.6.1<br>(DUT)    |           |           |           |              | x  | x   |
|              |     | ST                            | Capacità di spostamento dei disp  |           |            | § 7.10.6.2.2<br>(SPO) |           |           |           |              | x  | x   |

## CRITERI DI VERIFICA

## RISPETTO DEI REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE

### RIFERIMENTI NORMATIVI – NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI §7.3.6

#### VERIFICHE DI RIGIDEZZA - RIG (ELEMENTI STRUTTURALI)

- La condizione in termini di rigidezza sulla struttura si ritiene soddisfatta qualora la conseguente deformazione degli elementi strutturali **non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.**
- Nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a **spostamenti di interpiano eccessivi**, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto corrispondente allo SL e alla CU considerati siano inferiori ai seguenti valori (**CU I e II – SLD**)

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

$$d_r \leq 0,0050 \cdot h \text{ per tamponature fragili}$$

$$d_r \leq 0,0075 \cdot h \text{ per tamponature duttili}$$

per tamponature progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano  $d_{rp}$ , per effetto della loro deformabilità intrinseca ovvero dei collegamenti alla struttura

$$d_r \leq d_{rp} \leq 0,0100 \cdot h$$

per costruzioni con struttura portante di muratura ordinaria

$$d_r < 0,0020 \cdot h$$

per costruzioni con struttura portante di muratura armata

$$d_r < 0,0030 \cdot h$$

per costruzioni con struttura portante di muratura confinata

$$d_r < 0,0025 \cdot h$$

- 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.**

### CRITERI DI VERIFICA

### RISPETTO DEI REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE

#### RIFERIMENTI NORMATIVI – **NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI §7.3.6**

#### VERIFICHE DI RESISTENZA - **RES (ELEMENTI STRUTTURALI)**

- **Si deve verificare che i singoli elementi strutturali e la struttura nel suo insieme possiedano una capacità in resistenza sufficiente a soddisfare la domanda allo SLV.**
- La capacità in resistenza delle membrature e dei collegamenti è valutata in accordo con le regole contenute nei capitoli precedenti, integrate dalle regole di progettazione definite di volta in volta nei successivi paragrafi.
- **Per le strutture a comportamento dissipativo, la capacità delle membrature è calcolata con riferimento al loro comportamento ultimo, come definito di volta in volta nei successivi paragrafi.**
- **Per le strutture a comportamento non dissipativo, la capacità delle membrature è calcolata con riferimento al loro comportamento elastico o sostanzialmente elastico, come definito di volta in volta nei successivi paragrafi.**
- La resistenza dei materiali può essere ridotta per tener conto del degrado per **deformazioni cicliche**, giustificandolo sulla base di apposite prove sperimentali. In tal caso, ai coefficienti parziali di sicurezza sui materiali  $\gamma_M$  si attribuiscono i valori precisati nel Cap. 4 per le situazioni eccezionali.

### CRITERI DI VERIFICA

### RISPETTO DEI REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE

#### RIFERIMENTI NORMATIVI – **NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI §7.3.6**

#### VERIFICHE DI DUTTILITÀ – **DUT (ELEMENTI STRUTTURALI)**

- Si deve verificare che i singoli elementi strutturali e la struttura nel suo insieme possiedano una capacità in duttilità:
  - ✓ nel caso di analisi lineare, coerente con il fattore di comportamento  $q$  adottato e i relativi spostamenti, quali definiti in 7.3.3.3;
  - ✓ nel caso di analisi non lineare, sufficiente a soddisfare la domanda in duttilità evidenziata dall'analisi.
- Nel caso di analisi lineare la verifica di duttilità si può ritenere soddisfatta, **rispettando per tutti gli elementi strutturali, sia primari sia secondari, le regole specifiche per i dettagli costruttivi precisate nel presente capitolo per le diverse tipologie costruttive**; tali regole sono da considerarsi aggiuntive rispetto a quanto previsto nel cap. 4 e a quanto imposto dalle regole della progettazione in capacità, il cui rispetto è comunque obbligatorio per gli elementi strutturali primari delle strutture a comportamento dissipativo.
- Per strutture a comportamento dissipativo, **qualora non siano rispettate le regole specifiche dei dettagli costruttivi, quali precisate nel presente capitolo, occorrerà procedere a verifiche di duttilità.**
- **Per le sezioni allo spiccato dalle fondazioni o dalla struttura scatolare rigida di base di cui al § 7.2.1 degli elementi strutturali verticali primari la verifica di duttilità, indipendentemente dai particolari costruttivi adottati, è necessaria qualora non diversamente specificato nei paragrafi successivi relativi alle diverse tipologie costruttive**, accertando che la capacità in duttilità della costruzione sia almeno pari:
  - ✓ a 1,2 volte la domanda in duttilità locale, valutata in corrispondenza dello SLV, nel caso si utilizzino modelli lineari,
  - ✓ alla domanda in duttilità locale e globale allo SLC, nel caso si utilizzino modelli non lineari.

### CRITERI DI VERIFICA

### RISPETTO DEI REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE

RIFERIMENTI NORMATIVI – **NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI §7.3.6**

#### ELEMENTI NON STRUTTURALI (NS)

##### VERIFICHE DI STABILITÀ (STA)

Per gli elementi non strutturali devono essere adottati **magisteri atti ad evitare la possibile espulsione sotto l'azione della Fa** (v. § 7.2.3) corrispondente allo SL e alla CU considerati.

#### IMPIANTI (IM)

##### VERIFICHE DI FUNZIONAMENTO (FUN)

Per tutti gli impianti, si deve verificare che gli spostamenti strutturali o le accelerazioni (a seconda che gli impianti siano più vulnerabili all'effetto dei primi o delle seconde) prodotti dalle azioni relative allo SL e alla CU considerati non siano tali da produrre interruzioni d'uso degli impianti stessi.

##### VERIFICHE DI STABILITÀ (STA)

Per ciascuno degli impianti principali, i diversi elementi funzionali costituenti l'impianto, compresi gli elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, devono avere capacità sufficiente a sostenere la domanda corrispondente allo SL e alla CU considerati.

# ***Progettazione antisismica***



***L'Aquila: verifica scuole in zona rossa***

***Tramezzature interne***

***Scale e tramezzature***





## ***Progettazione antisismica***



***L'Aquila: verifica scuole in zona rossa \_ Impianti e strutture***





Grazie per l'attenzione

Domande?