

INARSIND-AGIC
LE NUOVE NORME TECNICHE, IL SISMABONUS ED IL CANTIERE
FOSSANO, 15/12/2017

LE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Alessandro De Stefano

Professore Ordinario di Tecnica delle Costruzioni

Ex docente di Ingegneria Sismica

Torino, Politecnico

aledestef@gmail.com - 329 6567723

CHE NORMATIVE TECNICHE SONO QUELLE ITALIANE?

Normativa tecnica sismica italiana del '96

- Cogente
- Rustica
- con poche ambiguità e di facile interpretazione
- non del tutto sicura.

Normative tecniche internazionali occidentali (FEMA, EUROCODICI,.....)

- Molto ampie, dettagliate e complesse.
- Prestazionali; suddivise in:
 - **PRINCIPI (garantire obbligatoriamente le prestazioni richieste)**
 - **REGOLE (non obbligatorie ma che implicitamente permettono di rispettare i PRINCIPI)**
- Le regole possono essere disattese purchè si garantisca sicurezza maggiore o uguale a quella ottenibile con il rispetto delle regole
- **In altri Paesi (p. es. USA) le NT non hanno validità legale assoluta. Possono essere vincolo contrattuale. Ne può derivare contenzioso civile, non penale.**

NTC 2008

- Dopo il crollo della scuola di S. Giuliano di Puglia la Commissione Grandi Rischi, per conto della Protezione Civile (Presidenza del Consiglio), predispone una nuova norma sismica con Ordinanza DPC nel 2003 e successiva revisione nel 2005.
- Nasce un lungo e duro conflitto di competenza con il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Ministero delle Infrastrutture) che si risolve con l'emanazione della NTC 2008 che, dopo una lunga fase di discussioni e confronti, porta all'NTC 2017. Le NTC hanno una struttura complessa, non meno degli Eurocodici.
- A differenza degli Eurocodici, però, le norme nazionali hanno gestazione piuttosto riservata e non sono sottoposti a pubblica inchiesta su base allargata.

Perché in Italia non si è semplicemente adottato il sistema degli Eurocodici?

SICUREZZA – PRINCIPI

Si definisce stato limite una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze elencate nelle presenti norme. (Criterio prestazionale)

- ***sicurezza verso SLU:*** capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;
- ***Sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE):*** capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- ***Robustezza:*** capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità di possibili cause innescanti eccezionali quali esplosioni e urti (*ma anche sismi, ndr*).

2.2. REQUISITI DELLE OPERE STRUTTURALI

2.2.1. STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

- **a)** perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte, considerati come corpi rigidi;
- **b) spostamenti o deformazioni eccessive;**
- **c)** raggiungimento della massima capacità di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- **d)** raggiungimento della massima capacità della struttura nel suo insieme;
- **e)** raggiungimento di una condizione di cinematismo irreversibile;
- **f)** raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni;
-
- **h) rottura di membrature e collegamenti per altri effetti dipendenti dal tempo;**
- **i)** instabilità di parti della struttura o del suo insieme;
- Altri stati limite ultimi sono considerati in relazione alle specificità delle singole opere; in presenza di azioni sismiche, gli Stati Limite Ultimi comprendono gli Stati Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e gli Stati Limite di prevenzione del Collasso (SLC), come precisato nel § 3.2.1.

2.2.2. STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

- *a)* danneggiamenti locali (ad es. eccessiva fessurazione del calcestruzzo) che possano ridurre la **durabilità** della struttura
- *b)* spostamenti e deformazioni (**funzione, durabilità, danni non strutturali**)
- *c)* spostamenti e deformazioni che possano compromettere elementi non strutturali, impianti, macchinari (**funzione**)
- *d)* vibrazioni (**funzione**)
- *e)* danni per fatica che possano compromettere la **durabilità**;
- *f)* corrosione e/o degrado dei materiali (**durabilità**).
- **In presenza di azioni sismiche, gli Stati Limite di Esercizio comprendono gli Stati Limite di Operatività (SLO) e gli Stati Limite di Danno (SLD), come precisato nel § 3.2.1.**

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** **QUALI PROVVEDIMENTI?**
- **Materiali, dimensionamento, dettagli costruttivi, ispezionabilità, manutenzione pianificata e:**
- **h) adozione di sistemi di controllo, passivi o attivi, adatti alle azioni e ai fenomeni ai quali l'opera può essere sottoposta.**

Da
sicurezza delle
strutture e delle
persone
a
protezione della
funzione,
sostenibilità,
resilienza

- In una corretta progettazione antisismica la sicurezza strutturale e la salvaguardia della vita delle persone devono essere comunque garantite.
- **Se la struttura non collassa e nessuno è gravemente ferito o ucciso ma i danni sovra-strutturali sono gravi ed estesi prendono forma gli scenari seguenti:**
 - Le attività produttive e commerciali sono interrotte con danni economici talvolta irreversibili (vedi Emilia 2012).
 - Le abitazioni sono dichiarate inagibili e gli abitanti dislocati in alberghi o alloggi provvisori, come case in legno di uso temporaneo, container, ...
 - Le riparazioni richiedono tempi lunghi ed impegno finanziario severo, aggravato da procedure d'urgenza scarsamente controllate e ritardi nella erogazione di contributi pubblici.
- Tutto ciò crea condizioni di insostenibilità e induce danni indiretti nella salute fisica e psichica degli individui, nella tenuta del tessuto sociale, nel senso di identità ed appartenenza della società civile, nella fiducia nel futuro.

Progetto strutturale e norme tecniche

- Nella pratica progettuale corrente, nel pieno rispetto delle norme tecniche vigenti, l'analisi può essere lineare o non-lineare.
- Ampie deformazioni plastiche permanenti nella struttura portante, fino a valori di 5-6 volte il limite elastico non sono compatibili con la **FUNZIONE**, la **RIPARABILITA'**, lo **STATO LIMITE ULTIMO** in condizioni sismiche.
- Nell'analisi sismica lineare valori di q (fattore di struttura) maggiori di 1,5-2 sono altamente sconsigliabili

LE AZIONI DI PROGETTO E IL TEMPO



Stima della vita legata alla FUNZIONE. Utile per controllo degrado e piani di manutenzione. Molto meno per definire le azioni di progetto

Non così la NTC

- Lo spettro, e quindi l'intensità della risposta, è fatta dipendere dal tempo di vita tramite una distribuzione pseudo-probabilistica molto discutibile, il cui rispetto, però, è imposto come tassativamente obbligatorio.

NTC 2016, 3.2

.....

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R ,

TERREMOTO DI PROGETTO

Per le analisi e le verifiche si usa il metodo semi-probabilistico, che significa probabilistico con semplificazioni.

- AZIONI COSTANTI O VARIABILI DI LUNGA DURATA (continue)
 - usualmente distribuzioni normali o log-normali
- AZIONI VARIABILI DISCONTINUE, CON EVENTI RARI E BREVI SEPARATI NEL TEMPO DA LUNGHI INTERVALLI (valori estremi delle intensità sismiche)
 - distribuzioni di Poisson o derivate

DISTRIBUZIONE DI POISSON

Risponde alla domanda: **quale è la probabilità che avvengano n sismi di assegnata magnitudo in t anni sapendo che la frequenza attesa è di λ eventi l'anno?**

$$P[n] = \frac{e^{-\lambda t} \cdot (\lambda t)^n}{n!}$$

Esempio: se in una regione sismogenetica si verifica mediamente un terremoto di magnitudo superiore a 4 ogni 10 anni, qual'è la probabilità che se ne verifichino 2 in un anno?

$$\lambda = \frac{1}{10} = 0,1; \quad t = 1; \quad n = 2$$

$$P[n] = \frac{e^{-0,1} \cdot (0,1)^2}{2} = \frac{0,90 \cdot 0,01}{2} = 0,0045$$

Domanda: **quale è la probabilità che almeno una volta nel tempo t avvenga un terremoto di magnitudo uguale o superiore a M_1 nota la frequenza attesa λ ?**

Risposta: **si calcola la probabilità $P[0]$ che nel tempo t non avvenga neppure un terremoto di magnitudo uguale o superiore a M_1 e poi se ne estrae la probabilità complementare $1-P[0]$**

$$P[0] = \frac{e^{-\lambda t} \cdot (\lambda t)^0}{0!} = \frac{e^{-\lambda t} \cdot 1}{1} = e^{-\lambda t}$$

$$P[\text{almeno una volta}] = 1 - P[0] = 1 - e^{-\lambda t}$$

DISTRIBUZIONE ESPONENZIALE

Tornando all'esempio precedente:

$$P[\text{almeno una volta}] = 1 - e^{-0,1} = 1 - 0,90 = 0,10$$

Pericolosità sismica: debolezza di un approccio puramente probabilistico

La stima probabilistica della scuotibilità (PSHA = Probabilistic Seismic Hazard Assessment) mette in relazione la probabilità di un evento sismico con la Magnitudo (o l'Intensità Macrosismica) ed il tempo di ritorno (RT). La legge di Gutenberg-Richter regola la relazione. Il processo probabilistico adottato può essere la distribuzione poissoniana-esponenziale (come nelle Norme Tecniche Italiane) che si basa su un modello invariante nel tempo e senza memoria e si propone di rispondere alla seguente domanda:

Quale è il tempo di ritorno atteso di un sisma di intensità I_0 w (o Magnitudo M_0) con il 10% (o il 2%) di probabilità di essere eguagliato o superato almeno una volta in n anni?

	n = 10 anni	n = 50 anni	n = 100 anni	n = 200 anni
RT ($P[I \geq I_0] = 10\%$)	95	475	950	1900
TR ($P[I \geq I_0] = 2\%$)	495	2475	4950	10000

Giocando con la distribuzione esponenziale

- Consideriamo un terremoto di intensità macrosismica I_0 , con probabilità 10% di essere uguagliato o superato almeno una volta in 50 anni. $RT = 495$ years.
- Immaginiamo ora che, disponendo di una documentazione storica accurata, sappiamo CON CERTEZZA che un terremoto così non avvenne negli ultimi 495 anni.
- Quale è la probabilità che un terremoto uguale o superiore a quello avvenga il prossimo anno? :

$$P(I_0 \text{ l'anno prossimo}) = 1 - e^{-496/RT} = 63\%$$

Ma se trascuriamo la storia pregressa la probabilità che un simile evento accada nel prossimo anno vale :

$$P_{PSHA} = 1/RT = 0,2\%$$

PROBABILITA' E ASPETTATIVA

Di fatto,

- *Una previsione probabilistica non può basarsi su leggi di distribuzione senza una quantità adeguata di dati reali.*
- *Non possiamo sostenere a cuor leggero che un terremoto intenso, definito raro ed improbabile usando una legge di distribuzione senza memoria del passato, sia davvero improbabile (FREQUENZA E PROBABILITA' NON COINCIDONO)*

Una idea alternativa è la definizione, per ogni sito, del «massimo terremoto credibile». Il metodo Neo-Deterministico (NDSHA) che la propone opera su modelli geofisici e non puramente probabilistici.

Elenco dei terremoti con il maggior numero di vittime avvenuti nel mondo a partire dall'anno 2000

Tutti i terremoti più devastanti sono stati sottostimati dalle tradizionali stime probabilistiche dello scuotimento atteso (GSHAP) => Necessità di una verifica oggettiva delle stime di pericolosità sismica

Region	Date	Magnitude	Fatalities	Intensity difference
Sumatra-Andaman "Indian Ocean Disaster"	26.12.2004	9.0	227898	4.0 (IV)
Port-au-Prince (Haiti)	12.01.2010	7.3	222570	2.2 (II)
Wenchuan (Sichuan, China)	12.05.2008	8.1	87587	3.2 (III)
Kashmir (North India and Pakistan border region)	08.10.2005	7.7	~86000	2.3 (II)
Bam (Iran)	26.12.2003	6.6	~31000	0.2 (=)
Bhuj (Gujarat, India)	26.01.2001	8.0	20085	2.9 (III)
Off the Pacific coast of Tōhoku (Japan)	11.03.2011	9.0	15811 (4035 missing)*	3.2 (III)
Yogyakarta (Java, Indonesia)	26.05.2006	6.3	5749	0.3 (=)
Southern Qinghai (China)	13.04.2010	7.0	2698	2.1 (II)
Boumerdes (Algeria)	21.05.2003	6.8	2266	2.1 (II)
Nias (Sumatra, Indonesia)	28.03.2005	8.6	1313	3.3 (III)
Padang (Southern Sumatra, Indonesia)	30.09.2009	7.5	1117	1.8 (II)

Differenza fra i valori di intensità osservati e quelli previsti da GSHAP

Kossobokov & Nekrasova (AGU, 2010)

Wyss, Kossobokov & Nekrasova (Nat.Haz., 2012)

STATI LIMITE, V_R , PROBABILITA' DI SUPERAMENTO AMMESSE.

Le probabilità di superamento e la vita di riferimento permettono di ricavare dalla formula esponenziale il tempo di ritorno T_R e quindi a_g , F_0 e T_C dalla tabella del reticolo topografico annesso a NTC 2008

STATI LIMITE DI SERVIZIO	SLO	81%
	SLD	63%
STATI LIMITE ULTIMI	SLV	10%
	SLC	5%

NTC 2016, 7.1.REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE

- ***capacità di un elemento strutturale o di una struttura:***

l'insieme delle caratteristiche di rigidità, resistenza e duttilità da essi manifestate, quando soggetti ad un prefissato insieme di azioni;

- ***domanda su un elemento strutturale o su una struttura:***

l'insieme delle caratteristiche di rigidità, resistenza e duttilità ad essi richieste da un prefissato insieme di azioni.

Sotto l'effetto delle azioni definite nel § 3.2, deve essere garantito il rispetto degli stati limite ultimi e di esercizio, in elevazione e di fondazione, agli elementi non strutturali e agli impianti

La verifica nei confronti dei vari stati limite si effettua confrontando capacità e domanda; in mancanza di specifiche indicazioni in merito, la verifica si considera svolta positivamente quando sono soddisfatti i requisiti di rigidità, resistenza e duttilità, per gli elementi strutturali, e di stabilità e funzionalità, per gli elementi non strutturali e gli impianti,

Per tutti gli stati limite, le strutture di fondazione devono resistere agli effetti risultanti dalla risposta del terreno e delle strutture sovrastanti, senza spostamenti permanenti incompatibili con lo stato limite di riferimento.

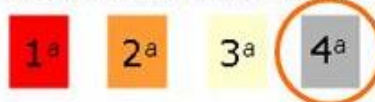
Terremoto e normative tecniche

Normative → riferimento ma non totale costrizione

- Il terremoto non conosce le normative
- Le norme tecniche sono frutto di un faticoso inseguimento della realtà da parte di esperti normatori che, talvolta, sono portatori di interessi economici rilevanti.
- Le normative tecniche sono un doveroso riferimento, per certi aspetti senza alternative, ma spesso sono inadeguate.
- Quando nuove normative rimpiazzano le vecchie quasi sempre impongono maggior severità e cautela, rivelando la precedente inadeguatezza.



Classificazione 2003

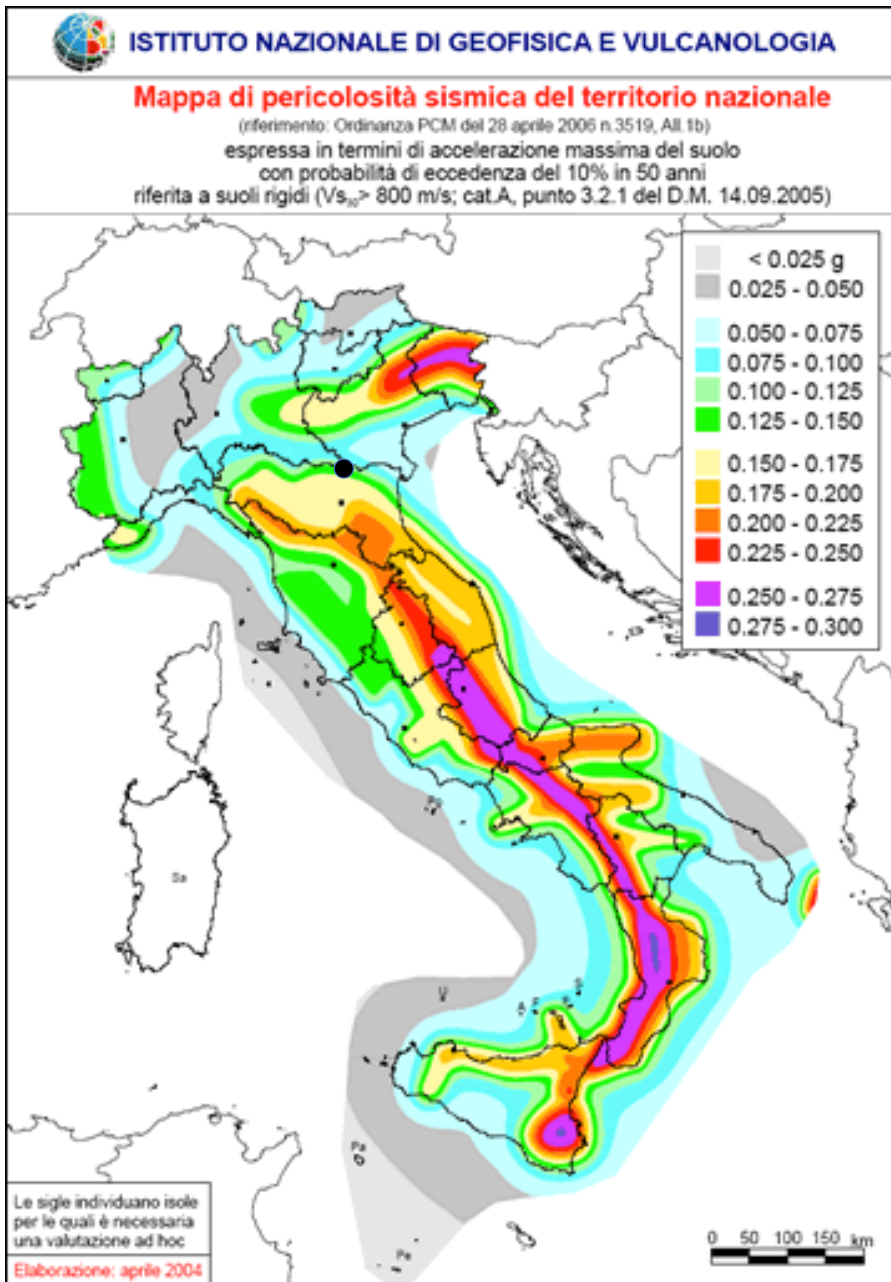


Evoluzione della classificazione sismica del territorio italiano

- ~ 25% classificato sismico nel 1980
- ~ 45% classificato sismico nel 1981
- ~70% proposto sismico nel 1998

← **OCPM 3274/2003: Criteri generali di classificazione sismica**

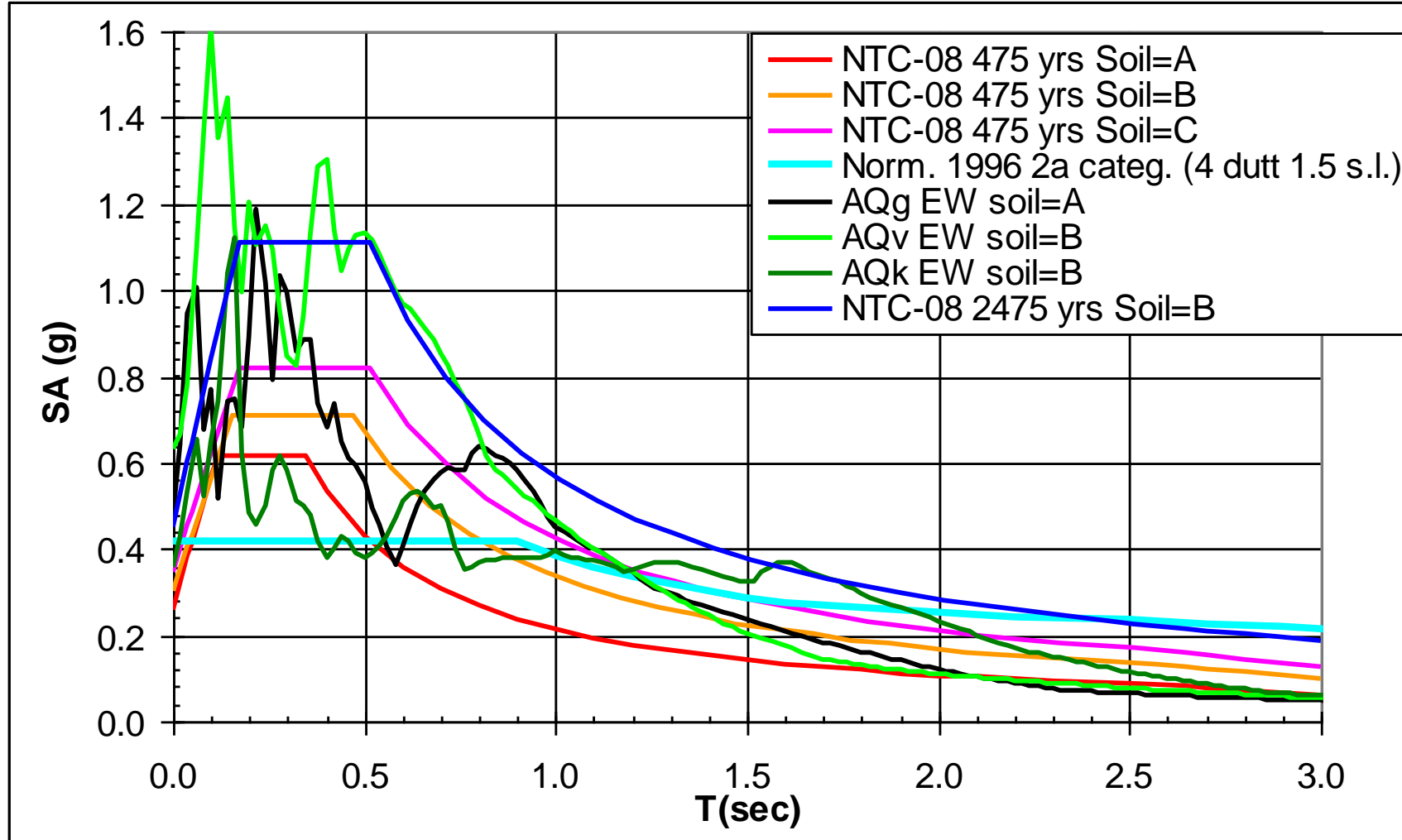
(circa 70% del territorio in zone 1-3 + zona 4)



Mapa PSHA per l'Italia espressa in termini di PGA (g) attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (periodo di ritorno 475 anni), http://zonesismiche.mi.ingv.it/map_pa_ps_apr04/italia.html

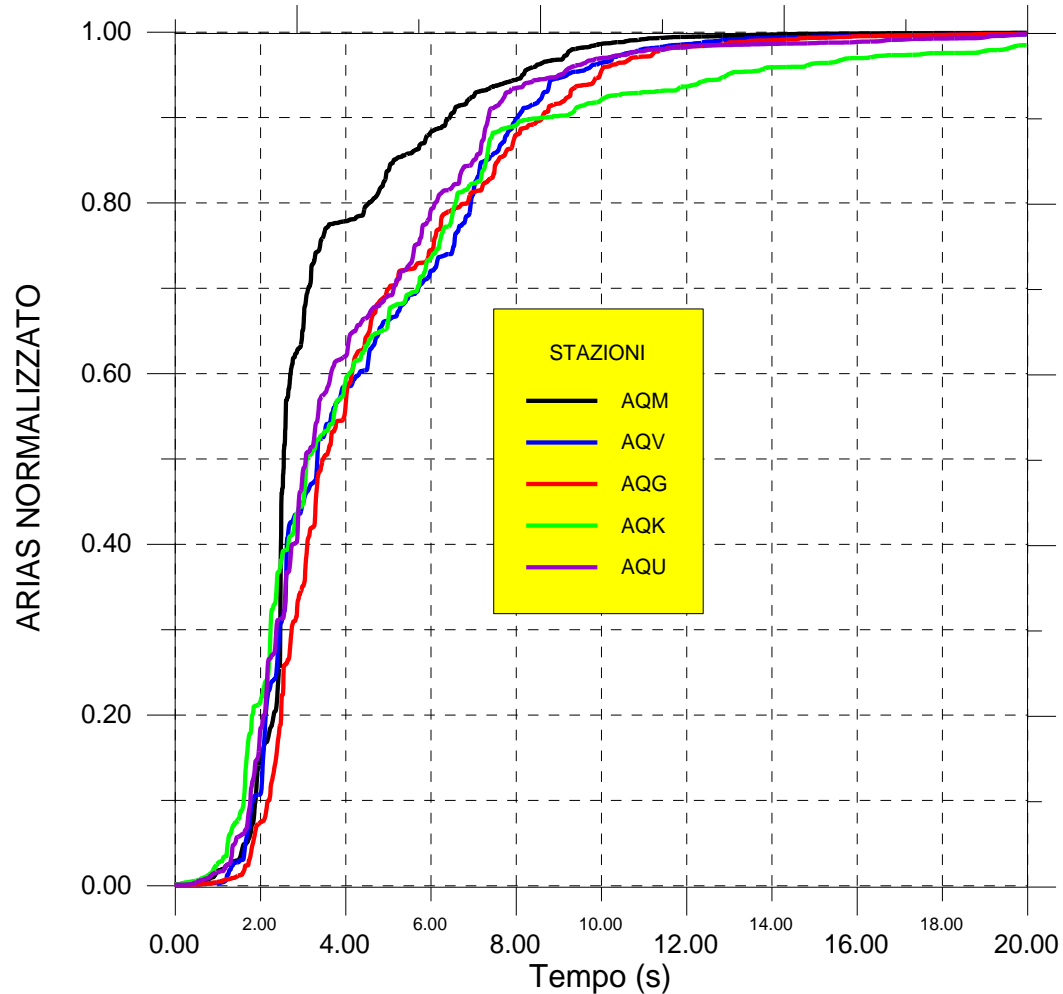
La nuova carta nazionale di pericolosità ed il relativo codice sismico sono basati su metodologie e relativi codici di calcolo che hanno oltre 20 anni e quindi non tengono in conto i grandi progressi fatti dalla Sismologia.

ACCELERATION SPECTRA



Courtesy by Sabetta F., Rovelli A., Celebi M., Rinaldis D.

ENERGY



Strong phase duration ≈ 3 s

It is sufficient to cause damages to buildings with non visible defects

No several cycles


50% of the energy in the first 3 s (70% for AQM).

This is reason of the low number of collapsed structures

Courtesy by Sabetta F., Rovelli A., Celebi M., Rinaldis D.

Analisi e verifica

Analisi:

- Lineare  definizione del fattore q
 - Statica (costruzioni ordinarie, regolari, con primo modo largamente prevalente)
 - Dinamica (MULTI-MODALE con numero di modi definito dalla massa modale)
- Non lineare
 - Statica (push-over, ottima per costruzioni regolari e rigide, cautela altrimenti) (*)
 - Dinamica (simulazioni con integrazione al passo) (**)

(*) L'analisi non-lineare statica soffre di un peccato originale: interpreta IN CONTROLLO DI FORZA un procedimento che richiederebbe una analisi IN CONTROLLO DI SPOSTAMENTO. Viene affrontata, ragionevolmente, con quella che in inglese si chiama «upper and lower bound solution»; vengono definite delle distribuzioni di forza che dovrebbero delimitare agli estremi il dominio delle distribuzioni reali. Più crescono la flessibilità strutturale, la irregolarità in pianta e quella in elevazione, più la procedura si complica e rischia di non garantire la sicurezza

(**) minimo 3 storie temporali di accelerazione, o 7 mediando le risposte massime più alte.

DUTTILITA' E RESISTENZA

Per qualsiasi tipo di struttura la duttilità si articola nei seguenti tre livelli gerarchici:

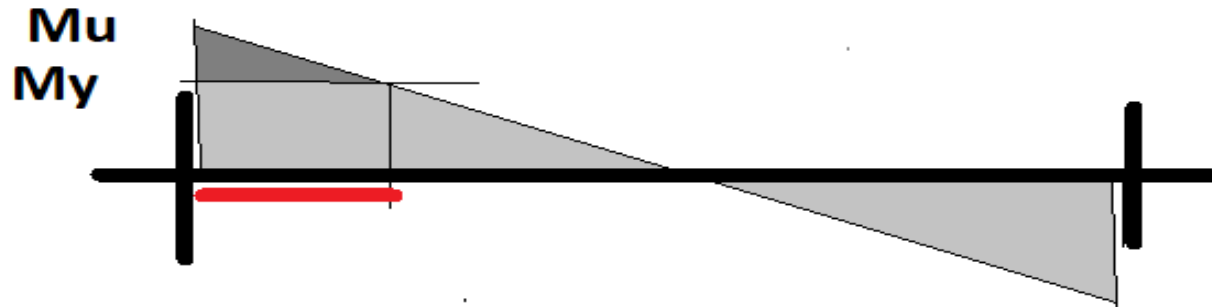
- Duttilità locale (di sezione)
- Duttilità di membratura
- Duttilità globale

Una duttilità locale alta produce una duttilità di membratura e globale adeguata solo se:

- 1. Una estesa parte delle membrature è coinvolta nel comportamento duttile**
- 2. Il rapporto tra resistenza ultima e tensione di incipiente plasticizzazione non è trascurabile e i dettagli costruttivi sono corretti**
- 3. L'organizzazione strutturale complessiva (tenuto conto anche del ruolo dei componenti non-strutturali) consente un meccanismo di collasso globale e non locale (di piano)**

Duttilità di membratura; Significato dei punti 1,2

- I punti 1 e 2 sono collegati. A titolo di esempio immaginiamo una trave duttile soggetta a momento sismico.



- Nella zona di diagramma di momento marcata in grigio scuro il momento ultimo M_u supera il momento di plasticizzazione M_y .
- La marcatura in rosso indica l'estensione della zona duttile che dipende, dunque, dal rapporto M_u/M_y
- Nelle strutture a telaio solo le travi inflesse possono essere duttili a patto che i dettagli costruttivi lo consentano.

Effetti di dettagli costruttivi inadeguati



Duttività globale; punto 3

- I pilastri devono restare elastici perché hanno una sollecitazione assiale troppo alta che li rende comunque fragili; solo le travi devono essere duttili.
 - La duttività globale si ottiene facendo in modo che nei nodi trave-pilastro solo le travi si plasticizzino alle estremità.
 - I tamponamenti non sono strutture ma portano rigidità e vanno presi in conto nei modelli.
 - In un edificio piloty o con piano terra vetrinato e tamponato sopra i tamponamenti possono ridurre drasticamente la duttività globale determinando un meccanismo di collasso di piano ove solo i pilastri vanno in plasticità.
 - Realizzare la duttività globale è difficile. Nel dubbio è consigliabile optare sempre per la classe di duttività B.
- Nelle strutture ordinarie in CA spesso la classe di duttività A non conviene economicamente, non ostante lo sconto sulle azioni, perché obbliga a dettagli costruttivi onerosi anche nei piani alti, dove le minori sollecitazioni non li renderebbero necessari**

Tamponamenti abbattuti da deformabilità strutturale eccessiva



CLASSI DI DUTTILITA'

- Le NTC permettono discegliere
 - CLASSE DI DUTTILITA' A (PROGETTO PER COMPORTAMENTO DISSIPATIVO)
 - CLASSE DI DUTTILITA' B (PROGETTO PER COMPORTAMENTO NON DISSIPATIVO O DISSIPATIVO CON PRUDENZA)
- Realizzare la duttilità globale è difficile. Nel dubbio è consigliabile optare sempre per la classe di duttilità B.
- Dotare le strutture di duttilità è saggio più per costituire una riserva di sicurezza che per godere di uno sconto sulle risposte sismiche, anche in vista della possibile sottostima dell'intensità di eventi futuri a cui si è accennato in precedenza.
- **Nelle strutture ordinarie in CA spesso la classe di duttilità A non conviene economicamente, non ostante lo sconto sulle azioni, perché obbliga a dettagli costruttivi onerosi anche nei piani alti, dove le minori sollecitazioni non li renderebbero necessari**

MODELLAZIONE DISSIPATIVA O NON DISSIPATIVA

- Si può progettare per comportamento dissipativo o non dissipativo
- La tabella (estratto da tab.7.3.1) si riferisce al fattore q per analisi lineare:

Valori massimi di q per i diversi stati limite:

STATI LIMITE		DISSIPATIVO	NON DISSIPATIVO
SLE	SLO	$q = 1$	$q = 1$
	SLD	$q \leq 1,5$	$q \leq 1,5$
SLU	SLV	$q \geq 1,5$	$q \leq 1,5$
	SLC	-	-

- Occorre ricordare che i valori q della NTC sono comunque VALORI MASSIMI e che nulla vieta di tenersi più prudenti.
- Più è alta la deformazione plastica, più è alta l'aspettativa di danni non-strutturali

Valori massimi di q per diverse tipologie di materiali e classi di duttilità

- Posto $q=q_0 \cdot K_R$ la tabella 7.3.11 riporta i valori massimi di q_0
 - Per le strutture in CA i valori massimi (telai o mensole accoppiate o telaio-mensole) arriviamo a $4,5 \cdot sr$ in classe di duttilità A e a $3,0 \cdot sr$ per classe B, dove sr è il fattore di sovraresistenza.
 - Per le costruzioni in acciaio i valori sono $5,0 \cdot sr$ e $4,0 \cdot sr$
- Per le costruzioni in acciaio q_0 massimo scende a 2,0 se le strutture sono tamponate con murature. Molto saggio.
 - Non so perché non si fa una scelta simile per strutture in CA.

Tipi di verifiche agli stati limite (tab. 7.3.III)

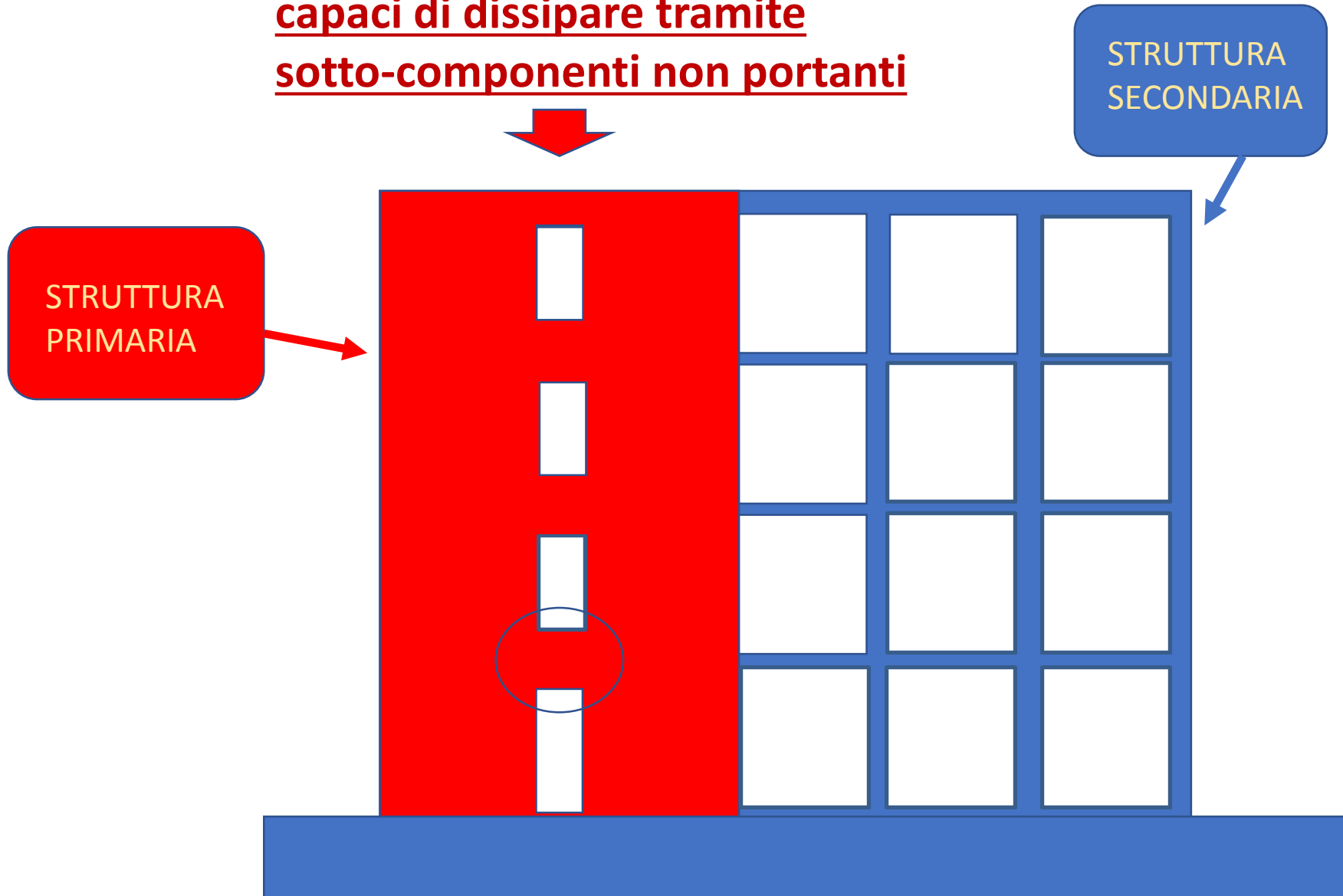
STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III		
		STRUTT.	STRUTT.	NON STR.	IMPIANTI	STRUTT.	NON STR.	IMPIANTI
SLE	SLO					RIGID.		FUNZ.
	SLD	RIGID.	RIGID.			RESIST.		
SLU	SLV	RESIST.	RESIST.	STABIL.	STABIL.	RESIST.	STABIL.	STABIL.
	SLC		DUTTIL.			DUTTIL.		

- RIGID. (rigidezza) implica di solito una verifica di spostamento orizzontale relativo di interpiano
- STABIL (stabilità) significa verifica al ribaltamento fuori piano e alla perdita di equilibrio
- FUNZ. (funzionalità) è verifica rispetto alla perdita di funzionalità
- RESIST. (resistenza) è verifica di resistenza previo controllo di congruenza e compatibilità di deformazioni e spostamenti relativi.
- DUTTIL. (duttilità) verifica che gli spostamenti ultimi a collasso domandati dal sisma siano inferiori a quelli offerti dalla capacità strutturale, **a patto che il progetto richieda un comportamento duttile**

STRUTTURE PRIMARIE E SECONDARIE

- La classificazione delle strutture in primarie (che hanno il compito di reggere il sisma) e secondarie (destinate a reggere solo i carichi verticali) era già in NTC 2008 e rimane, con tutte le regole connesse.
- **Occorre che la deformabilità orizzontale delle strutture primarie sotto sisma non minacci la capacità portante verticale delle strutture secondarie; altro motivo che deve indurre alla prudenza e ad un uso cauto della duttilità nel definire la domanda del sisma.**
- Un declassamento ammissibile di parte delle strutture a secondarie, comunque, non modifica le condizioni di regolarità in pianta ed elevazione.

- Muri di taglio: elastici lineari o capaci di dissipare tramite sotto-componenti non portanti



Il telaio è molto meno rigido del muro.

Nelle colonne il taglio e gli spostamenti sono piccoli.

Il danno atteso globale è piccolo o moderato ma la percezione ai piani delle accelerazioni resta molto elevata. Gli arredi è bene che siano vincolati alle pareti.

7.10 Costruzioni con isolatori o dissipatori

La modellazione lineare (anche lineare statica) delle strutture isolate è possibile se sussistono le opportune condizioni:

- La riduzione di rigidità dovuta agli isolatori è tale da consentire un comportamento scatolare quasi-rigido della struttura portata
- La rigidità verticale degli isolatori è più di 800 volte superiore a quella orizzontale
- Lo smorzamento viscoso relativo equivalente non supera 30%

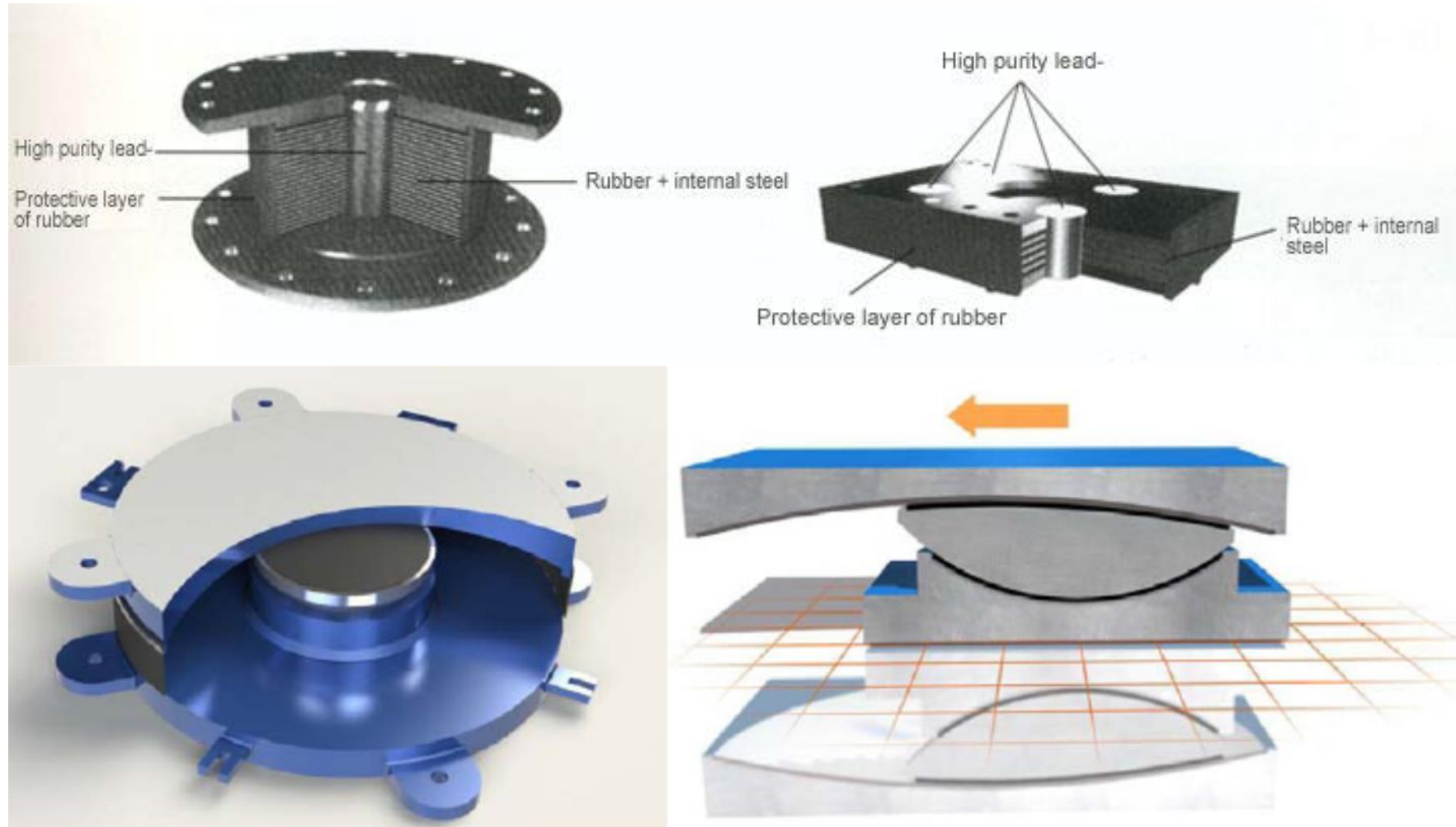
Non è ammessa trazione sugli isolatori

E' bene ricordare che:

- Le strutture isolate non subiscono danni e non producono panico
- Il costo in opera di un isolatore costa da 4000 a 6000 Euro. Il costo dell'isolamento non supera il 5% del costo globale di costruzione ma permette grandi risparmi in manutenzione straordinaria
- L'isolamento può offrire vantaggi economici anche in fase di costruzione perché permette uno sconto sul dimensionamento della struttura portata e, in qualche caso, permette di aggiungere un piano all'altezza dell'edificio.
- L'isolamento consente maggiore libertà architettonica perché può regolarizzare edifici irregolari in pianta.

7.10 COSTRUZIONI CON ISOLAMENTO E/O DISSIPAZIONE

I più comuni dispositivi per isolamento alla base: Lead-rubber bearings (Lushan hospital) e curved surface sliders



Dispositivi
dissipatori

- Viscosi
- Visco-elastici
- Attritivi
- Plastici
- Shock transmitters

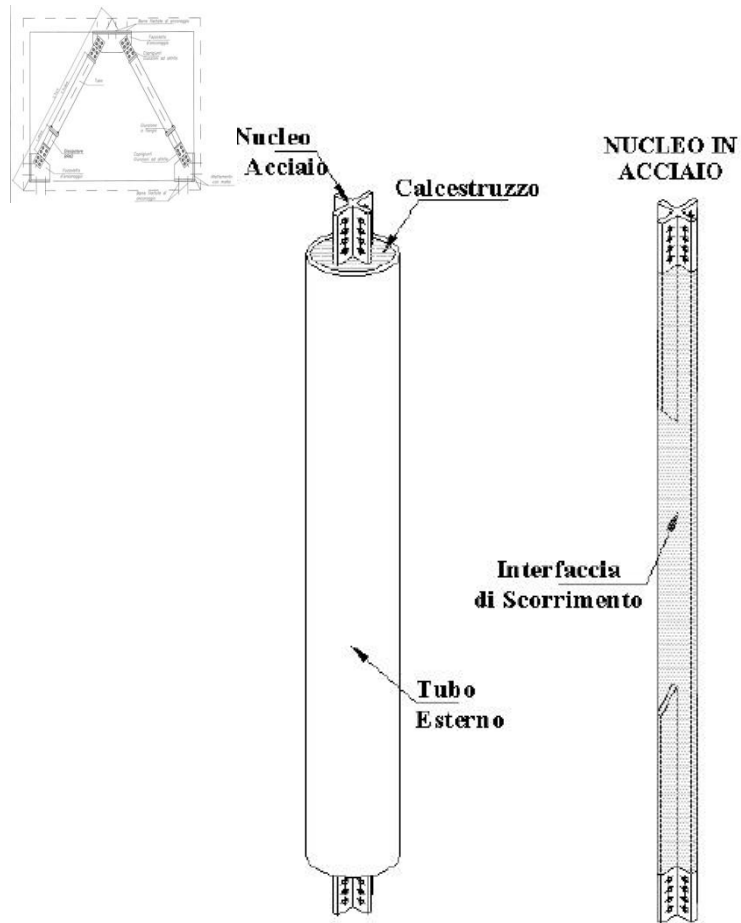


Figura A

B.R.A.D.

Bukling
 Restreined
 Axial
 Dampers
 elevata dissipazione
 poca manutenzione

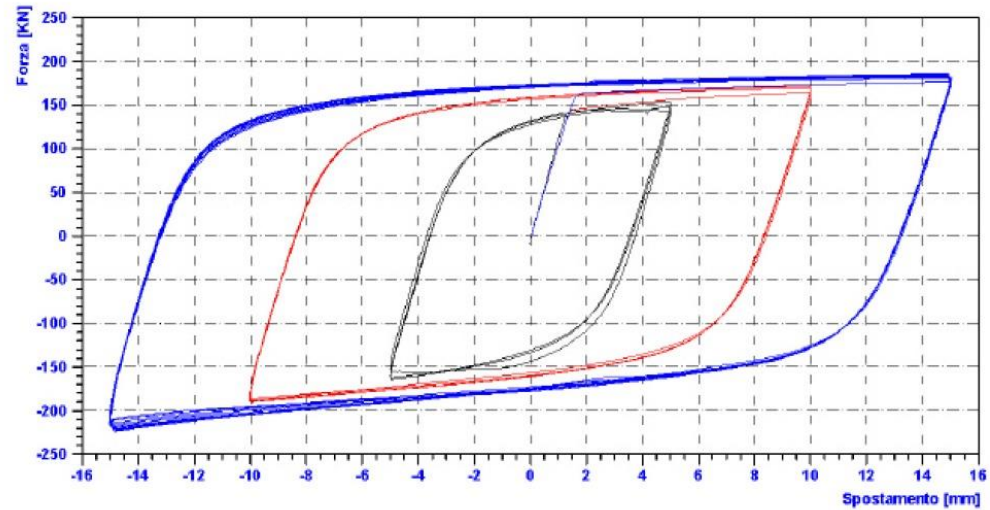
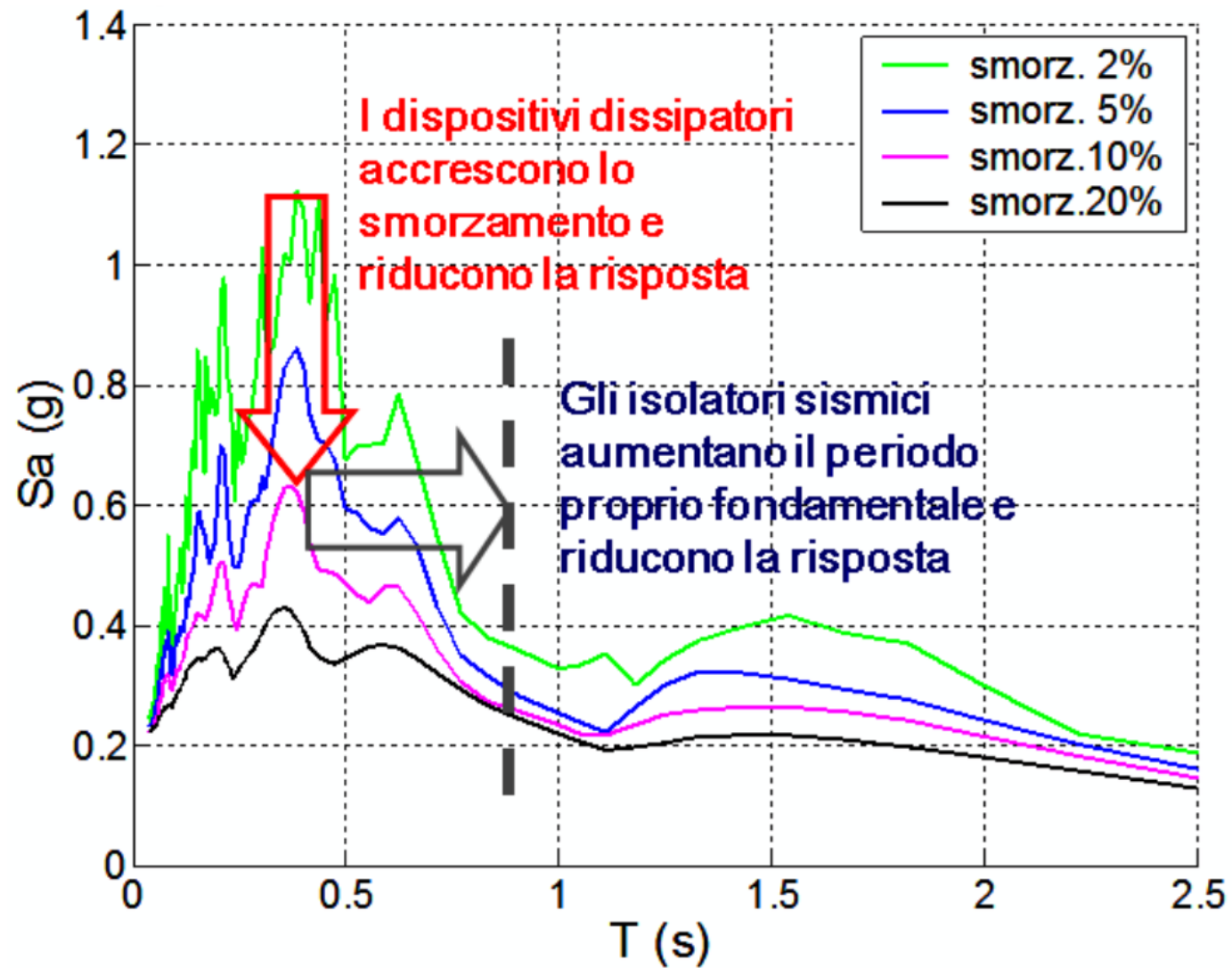


Figura D

Isolatori
o
dissipatori?



Capitolo 8: COSTRUZIONI ESISTENTI

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;*
(Stiamo facendo una valutazione etica o di sicurezza?)
- 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.

Attraverso documentazione o indagini in situ dobbiamo conoscere:

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

Sulla base delle conoscenze acquisite si attribuiscono i livelli di confidenza

Quando si fa la valutazione di sicurezza?

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 (*riparazione, miglioramento o adeguamento*);
- 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.**

ma le norme di allora garantiscono ancora la sicurezza? Stiamo formulando un giudizio etico o una valutazione di sicurezza?

8.2 Come si fa?

- Qualora le circostanze di cui ai punti precedenti riguardino porzioni limitate della costruzione, la valutazione della sicurezza potrà essere effettuata anche solo sugli elementi interessati e a quelli con essi interagenti, tenendo presente la loro funzione nel complesso strutturale, posto che le mutate condizioni locali non incidano sostanzialmente sul comportamento globale della struttura.

(ma la valutazione di sicurezza riguarda l'intero corpo strutturale o solo la sua parte? E se la parte è sicura, posso estrapolare il giudizio sull'intera struttura ed assumermi la responsabilità di scriverlo e sottoscriverlo? La relazione di valutazione di sicurezza e la relativa responsabilità saranno riconosciute come valide e pertinenti solo per la parte?)

Valutazione di sicurezza e verifiche agli SL

- 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
- Cu IV: richieste anche le verifiche agli SLE specificate al § 7.3.6 (rigidezza e resistenza);
- Per la combinazione sismica le verifiche agli SLU possono essere SLV o SLC (in termini di verifica di duttilità , § 7.3.6)

Ruolo del rapporto ζ_E

- Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto ζ_E

- $\zeta_E = \frac{\text{azione sismica massima sopportabile dalla struttura}}{\text{azione sismica massima per progetto di una nuova costruzione}}$

- l'entità delle altre azioni contemporaneamente presenti è la stessa assunta per le nuove costruzioni, salvo quanto emerso sui carichi verticali permanenti a seguito delle indagini condotte.

Ruolo del rapporto ζ_v

- La restrizione sull'uso può mutare da porzione a porzione della costruzione e, per l'i-esima porzione, è quantificata attraverso il rapporto $\zeta_{v,i}$ **(locale)**

$$\bullet \zeta_{v,i} = \frac{\text{sovraccarico variabile verticale sopportabile}}{\text{sovraccarico verticale variabile per progetto di una nuova costruzione.}}$$

- È necessario adottare provvedimenti restrittivi sull'uso della costruzione e/o procedere ad interventi di miglioramento o adeguamento nel caso in cui non siano soddisfatte le verifiche relative alle azioni controllate dall'uomo, ossia prevalentemente ai carichi permanenti e alle altre azioni di servizio. **(globale)**

8.4 Classificazione degli interventi

- ***interventi di riparazione o locali***: interventi che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti; (localmente o globalmente?)
- ***interventi di miglioramento***: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza richiesti dal terremoto
- ***interventi di adeguamento***: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza richiesti dal terremoto
- **Solo gli interventi di miglioramento ed adeguamento sono sottoposti a collaudo statico.**

8.4.1 Interventi di riparazione o locali

non debbono cambiare significativamente il comportamento globale della costruzione e sono volti a conseguire una o più delle seguenti finalità:

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

Verifiche dopo interventi di miglioramento

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

- Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di 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 , **deve essere incrementato** di un valore comunque non minore di 0,1.
- Nel caso di interventi che prevedano l'impiego di sistemi di isolamento, (**con l'isolamento si fa adeguamento e non miglioramento! N.d.r.**) per la verifica del Sistema di isolamento, si deve avere almeno $\zeta_E = 1,0$. (**Si ricordi che gli isolatori vanno verificati allo SLC**)

Intervento di adeguamento (da applicare all'intera struttura)

Necessario quando si vuole:

- 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 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

$\zeta_E \geq 0,80$

8.7.1 Edifici in muratura; edifici in aggregati

i metodi di verifica di uso generale per gli edifici di nuova costruzione possono risultare inadeguati. occorre tenere conto delle possibili interazioni derivanti dalla contiguità strutturale con gli edifici adiacenti.

- Va individuata l'unità strutturale (US) oggetto di studio, evidenziando le azioni che su di essa possono derivare dalle unità strutturali contigue.
- L'US dovrà avere continuità da cielo a terra, per quanto riguarda il flusso dei carichi verticali

Sarà delimitata da edifici contigui strutturalmente ma, tipologicamente, diversi.

- Per gli edifici in aggregato dovranno essere valutati gli effetti di:
 - spinte non contrastate sulle pareti in comune con le US adiacenti, causate da orizzonti sfalsati di quota,
 - meccanismi locali derivanti da prospetti non allineati, sia verticalmente sia orizzontalmente, di US adiacenti di differente altezza.

Scopi e tipologie di intervento

- *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;*
- *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.*

Interventi specifici per costruzioni in muratura

- miglioramento dei collegamenti tra orizzontamenti e pareti, tra copertura e pareti, tra pareti confluenti in martelli murari o angolate;
- riduzione ed eliminazione delle spinte non contrastate di coperture, archi e volte;
- rafforzamento delle pareti intorno alle aperture,

Interventi specifici per costruzioni in CA e acciaio

- rinforzo di tutti o parte degli elementi (**molto costoso**);
- 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. (**cautela!**)

Interventi aggiuntivi per le costruzioni in acciaio

- miglioramento della stabilità degli elementi e della struttura;
- incremento della resistenza e/o della rigidezza dei collegamenti;
- miglioramento dei dettagli costruttivi nelle zone dissipative;
- introduzione di indebolimenti locali controllati, finalizzati ad un miglioramento del meccanismo di collasso