

**VERIFICA
DI
VULNERABILITA' SISMICA DEGLI EDIFICI**

STUDIO GENOVESI

Dott. Ing. ANTONIO GENOVESI - Dott. Ing. SERGIO AGRESTA - Dott. Ing. ALESSANDRO CASTELLETTA

Via G. Frua, 18 - 20146 - Milano - Tel.: 02 4694273 - Fax: 02 4695390

E-mail: ute@studio-genovesi.it - Sito Internet: www.studio-genovesi.it

INDICE

Premessa	3
Classificazione sismica	3
Vulnerabilità sismica.....	5
Indagini	5
Calcolo.....	6

STUDIO GENOVESI

Dott. Ing. ANTONIO GENOVESI - Dott. Ing. SERGIO AGRESTA - Dott. Ing. ALESSANDRO CASTELLETTA

Via G. Frua, 18 - 20146 - Milano - Tel.: 02 4694273 - Fax: 02 4695390

E-mail: ute@studio-genovesi.it - Sito Internet: www.studio-genovesi.it

Premessa

In seguito al tristemente famoso evento sismico del 31 ottobre 2002 che provocò il crollo della scuola a San Giuliano di Puglia e la morte di 27 bambini e la loro maestra, furono rapidamente redatte le nuove norme in materia di progettazione antisismica che vennero condensate nella Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.

Tali norme rappresentano una novità assoluta per alcuni aspetti.

1. Per la prima volta l'intero territorio nazionale viene considerato sismico. Viene introdotta la zona 4 a bassa sismicità per tutte quelle zone fino ad allora dichiarate non sismiche. Contestualmente viene ridisegnata l'intera mappa delle zone sismiche.
2. Si abbandona in via definitiva il tradizionale metodo di calcolo alle Tensioni Ammissibili per il più completo e rigoroso metodo degli Stati Limite basato sul calcolo e sulla verifica delle prestazioni di una struttura.
3. Per la prima volta si classificano in modo organico le costruzioni per importanza, individuando le strutture strategiche e quelle che assumono rilevanza ai fini del collasso.
4. Si affronta il problema delle costruzioni esistenti. Vengono dati ai tecnici un indirizzo e gli strumenti per eseguire le verifiche prestazionali sulle strutture esistenti volte a determinare il valore di accelerazione del suolo per il quale una struttura collassa.

L'ordinanza viene successivamente superata dal D.M. 23/09/2005 n. 222 (mai realmente entrato in vigore) e dal recente D.M. 14/01/2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni", ad oggi presente come unico testo normativo di riferimento per la progettazione strutturale.

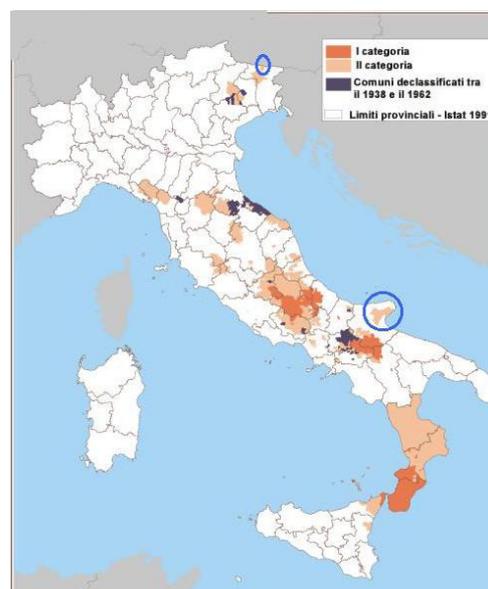
Classificazione sismica

Per comprendere l'importanza che assume il calcolo sugli edifici esistenti è sufficiente mostrare l'evoluzione della classificazione sismica in Italia.



Nel 1935 esistevano solo 2 categorie sismiche.

Nel 1962 alcuni Comuni venivano declassificati.

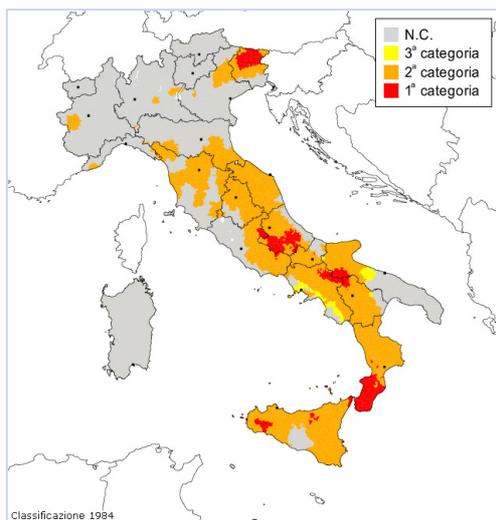


STUDIO GENOVESI

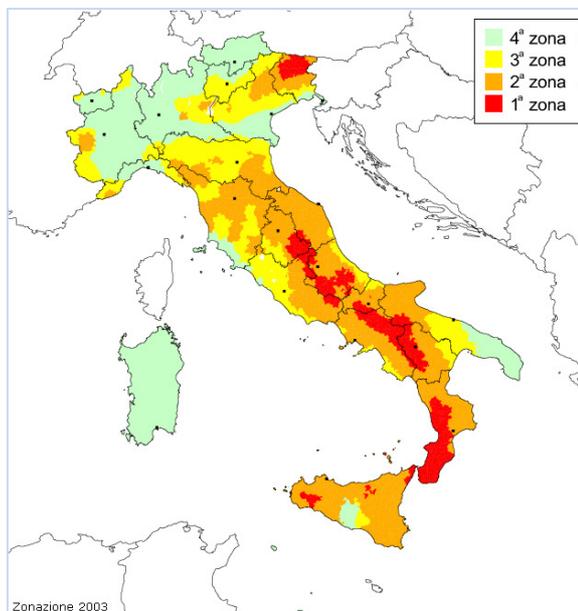
Dott. Ing. ANTONIO GENOVESI - Dott. Ing. SERGIO AGRESTA - Dott. Ing. ALESSANDRO CASTELLETTA

Via G. Frua, 18 - 20146 - Milano - Tel.: 02 4694273 - Fax: 02 4695390

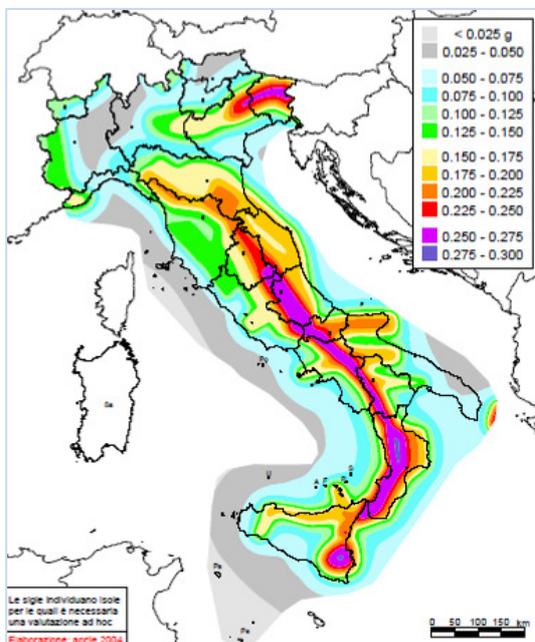
E-mail: ute@studio-genovesi.it - Sito Internet: www.studio-genovesi.it



Nel 1984 viene introdotta la 3ª categoria sismica.



Nel 2003 viene introdotta la 4ª zona sismica.



Le immagini mostrano chiaramente che gran parte delle costruzioni su tutto il territorio nazionale sono state realizzate senza alcun criterio antisismico mentre invece di fatto l'intero territorio può essere soggetto a terremoti anche violenti come si evince dall'ultima mappa di pericolosità sismica redatta dall'Istituto Nazionale di geofisica e Vulcanologia nel 2005.

STUDIO GENOVESI

Dott. Ing. ANTONIO GENOVESI - Dott. Ing. SERGIO AGRESTA - Dott. Ing. ALESSANDRO CASTELLETTA

Via G. Frua, 18 - 20146 - Milano - Tel.: 02 4694273 - Fax: 02 4695390

E-mail: ute@studio-genovesi.it - Sito Internet: www.studio-genovesi.it

Vulnerabilità sismica

La **vulnerabilità sismica** è la **propensione** di una **struttura** a **subire un danno** di un determinato **livello** a fronte di un **evento sismico** di una data **intensità**. Valutare la vulnerabilità sismica di un edificio esistente significa dunque risalire al valore di accelerazione al suolo che determina il raggiungimento di un determinato Stato Limite. Più precisamente la vulnerabilità è riferita a due livelli di danneggiamento corrispondenti in termini prestazionali alla condizione limite di operatività, ossia danno lieve, e alla condizione di collasso incipiente. Pertanto, la vulnerabilità viene intesa come stima dell'intensità del terremoto per la quale l'edificio raggiunge le due condizioni dette.

Il rischio sismico, riferito alle condizioni di pericolosità sismica del sito in cui sorge la costruzione, tenendo conto anche di eventuali effetti di amplificazione locale, viene espresso in termini di periodo di ritorno del terremoto che produce le due condizioni limite dette.

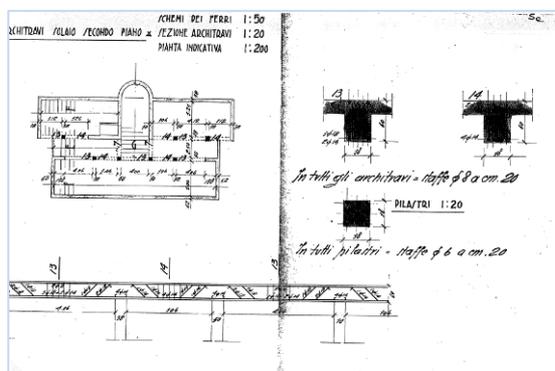
L'approccio per la valutazione di vulnerabilità sismica è molto differente rispetto ad un consueto calcolo sismico per una nuova costruzione e rappresenta il primo passo per determinare il tipo di intervento da eseguire per soddisfare ai requisiti prestazionali della normativa.

Per valutare la vulnerabilità sismica occorre seguire un procedimento per gradi successivi.

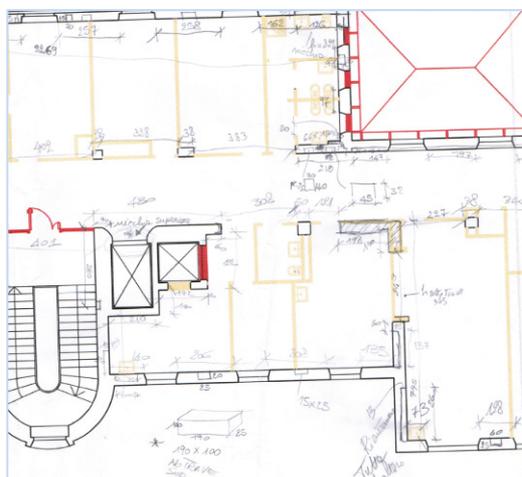
Indagini

Bisogna innanzi tutto **conoscere** la costruzione. Questo si traduce in un rilievo completo e quanto più preciso della struttura, sia essa in muratura, che cemento armato o acciaio. Rilievo che non è solo dimensionale degli elementi strutturali - dimensioni di fondazioni, solai, travi, pilastri e setti murari - ma anche delle armature presenti.

Progetto originario



Molto spesso di una costruzione esistente non si riescono a reperire gli elaborati progettuali originari e pertanto occorre ricostruire con un processo a ritroso il progetto originario e le eventuali modifiche che si sono succedute nel corso della storia della costruzione. E quando anche si è in possesso del progetto iniziale, questo va effettivamente verificato sul posto.



Rilievo per verifica dimensionale



Rilievo per verifica armature

STUDIO GENOVESI

Dott. Ing. ANTONIO GENOVESI - Dott. Ing. SERGIO AGRESTA - Dott. Ing. ALESSANDRO CASTELLETTA

Via G. Frua, 18 - 20146 - Milano - Tel.: 02 4694273 - Fax: 02 4695390

E-mail: ute@studio-genovesi.it - Sito Internet: www.studio-genovesi.it

Se le armature risultassero difficilmente indagabili, o solo parzialmente rilevate, occorre ricostruirne la quantità ed il diametro in tutti gli elementi con una riprogettazione a ritroso sulla base della normativa esistente all'epoca della costruzione ipotizzando i carichi del progetto originario.

La conoscenza della struttura si completa con le indagini in situ volte a determinare le caratteristiche dei materiali da costruzioni che altrimenti possono essere solo ipotizzati.

La tipologia, il numero e l'ubicazione delle prove viene concordata con il committente ed effettuata da ditte specializzate.



Prova di taglio su muratura di mattoni



Prova con martinetti piatti

La normativa stabilisce tre **Livelli di conoscenza – LC1, LC2 e LC3** – in funzione dell'approfondimento e del grado di conoscenza acquisito sulla struttura. A ciascun livello di conoscenza corrisponde un fattore di sicurezza da utilizzare nei calcoli di verifica.

Calcolo

Una volta acquisiti tutti i dati è possibile passare alla vera fase di calcolo della vulnerabilità.

Due sono i metodi usualmente utilizzati per la valutazione di vulnerabilità sismica con differenti gradi di approfondimento ed affidabilità.

a. **Calcolo semplificato.**

Con un onere computazionale contenuto è possibile avere una stima di vulnerabilità. La metodologia utilizzata è basata su un modello di calcolo che permette l'analisi piano per piano per la determinazione degli spostamenti relativi tra un piano e l'altro ai fini della valutazione delle condizioni di operatività e della resistenza sismica dell'organismo strutturale ai fini della valutazione delle condizioni di collasso.

Il metodo dà una indicazione sul piano dell'edificio che va in crisi per primo senza peraltro fornire indicazione sui singoli elementi strutturali.

Può essere utilizzato ragionevolmente per avere un ordine di grandezza sulla vulnerabilità sismica.

b. **Analisi statica non lineare o "push-over".**

Si tratta di un calcolo iterativo effettuabile solo con apposito software agli Elementi Finiti.

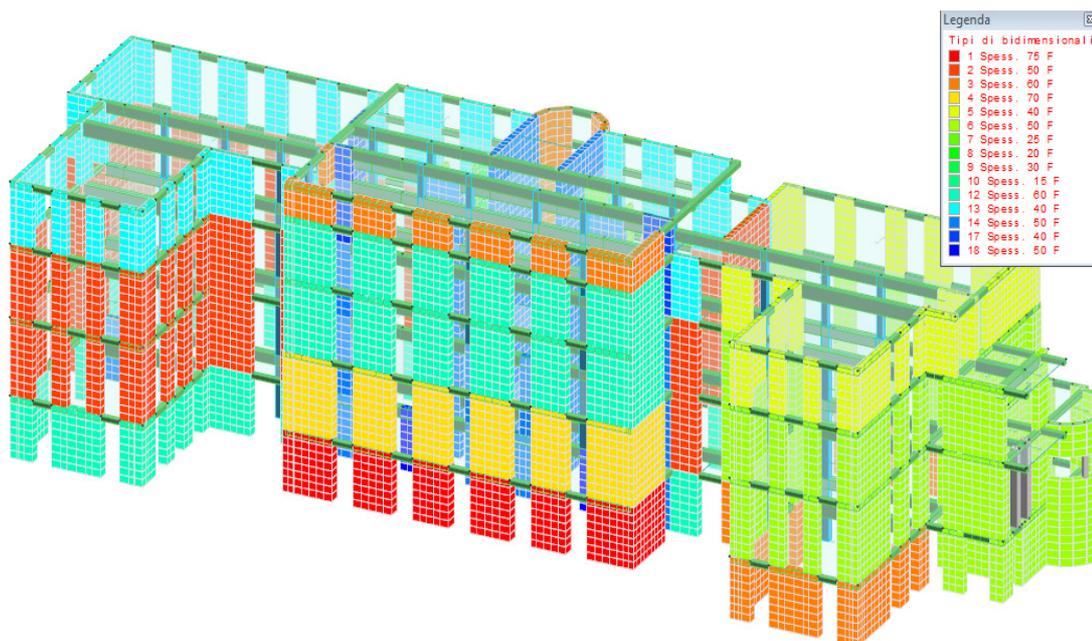
Si esegue il modello della struttura sulla base delle conoscenze acquisite come si farebbe per un calcolo sismico di una nuova costruzione.

STUDIO GENOVESI

Dott. Ing. ANTONIO GENOVESI - Dott. Ing. SERGIO AGRESTA - Dott. Ing. ALESSANDRO CASTELLETTA

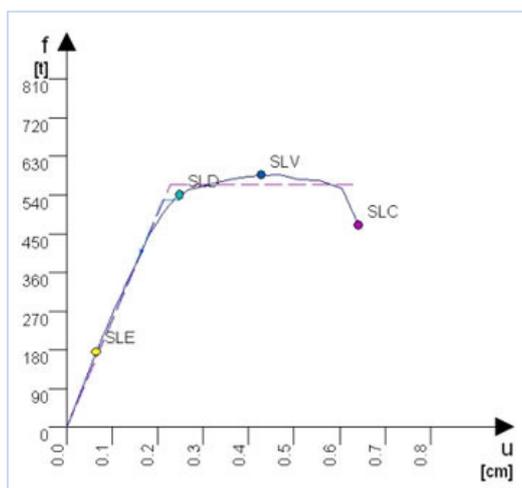
Via G. Frua, 18 - 20146 - Milano - Tel.: 02 4694273 - Fax: 02 4695390

E-mail: ute@studio-genovesi.it - Sito Internet: www.studio-genovesi.it



Si assegnano i carichi verticali e si calcolano le masse. Successivamente il programma in automatico sottopone la struttura ad un sistema di forze orizzontali in corrispondenza di ciascun piano. Con un metodo iterativo per passi successivi le forze vengono incrementate e ad ogni passo si verifica la capacità resistente di ogni elemento strutturale; il calcolo procede quindi fino a collasso.

Individuato il sistema di forze per il quale la struttura collassa è possibile risalire alla corrispondente accelerazione al suolo e dunque verificare lo scostamento rispetto all'accelerazione attesa nel sito valutando l'effettiva vulnerabilità sismica.



A valle del calcolo il software genera la **“curva di capacità”** della struttura, ovvero riporta in un grafico l'andamento del taglio alla base e dello spostamento di un punto di controllo per ogni step di calcolo.

Sulla curva è inoltre possibile individuare i diversi Stati Limite nei quali può venire a trovarsi la costruzione.

SLE: Stato Limite di esercizio. Si verifica quando la struttura perde il comportamento elastico. Un evento sismico corrispondente a questo stato non dovrebbe provocare danni.

SLD: Stato Limite di Danno. Il sisma per il quale si generano uno spostamento ed una forza di entità pari a quelle individuate sulla curva provoca danneggiamenti diffusi agli elementi non strutturali: distacco di intonaco, lesioni nei tavolati, danneggiamento degli impianti. La struttura non dovrebbe subire danni significativi.

STUDIO GENOVESI

Dott. Ing. ANTONIO GENOVESI - Dott. Ing. SERGIO AGRESTA - Dott. Ing. ALESSANDRO CASTELLETTA

Via G. Frua, 18 - 20146 - Milano - Tel.: 02 4694273 - Fax: 02 4695390

E-mail: ute@studio-genovesi.it - Sito Internet: www.studio-genovesi.it

SLV: Stato Limite di Salvaguardia della Vita. Si verifica quando il sisma provoca importanti escursioni in campo plastico della struttura che risulta fortemente danneggiata e difficilmente riparabile. L'energia del sisma viene incassata dalla costruzione che si danneggia senza crollare salvaguardando le vite delle persone che la abitano.

SLC: Stato Limite di Collasso. Lo spostamento raggiunto e la corrispondente forza di taglio sono tali da determinare il collasso della struttura a causa della formazione di rotture diffuse degli elementi strutturali verticali, pilastri, setti pareti di taglio.

Con il metodo push-over è anche possibile individuare gli elementi strutturali che vanno in crisi per primi evidenziandone la tipologia di rottura.

Il metodo è più oneroso in termini di calcolo rispetto a quello semplificato, ma restituisce una serie completa di informazioni sulla struttura in esame che risultano molto utili nello studio per un progetto di rinforzo strutturale.



A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Antonio Genovesi".

STUDIO GENOVESI

Dott. Ing. ANTONIO GENOVESI - Dott. Ing. SERGIO AGRESTA - Dott. Ing. ALESSANDRO CASTELLETTA

Via G. Frua, 18 - 20146 - Milano - Tel.: 02 4694273 - Fax: 02 4695390

E-mail: ute@studio-genovesi.it - Sito Internet: www.studio-genovesi.it