

QUADERNI DI PROGETTAZIONE STRUTTURALE

7: INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO E ADEGUAMENTO SISMICO CON L'ACCIAIO

Parte 1



Sommario

1) PREMESSA	3
2) IL RISCHIO SISMICO	4
3) QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	5
4) ATTRIBUZIONE DELLA CLASSE DI RISCHIO SISMICO	6
INDICE PAM.....	7
INDICE IS-V.....	11
RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI	12
CREDITS	13

1) PREMESSA

Il presente documento è il primo di una serie di quaderni inerenti agli interventi di adeguamento e miglioramento sismico di edifici esistenti con l'impiego dell'acciaio.

Il rischio sismico è un problema molto sentito per il territorio italiano. Il nostro territorio è stato infatti interessato da numerosi terremoti molti dei quali caratterizzati da una notevole violenza, soprattutto con riferimento agli ultimi 50 anni, dal terremoto della Valle del Belice (1968) a quelli del Centro Italia (2016 – 2017).

La necessità di riqualificare il nostro patrimonio edilizio è diventata fondamentale per molteplici aspetti.

Sicuramente i terremoti passati hanno generato ingenti danni sia diretti (perdita di vite umane e perdite economiche), sia indiretti come quelli psicologici e al tessuto sociale, legati ad esempio allo sfollamento.

Come sappiamo, d'altra parte l'Italia è un paese ricco di testimonianze del passato e di grandi opere dall'elevato valore storico-artistico, oltre che architettonico, da salvaguardare.

Un'altra caratteristica tipica del nostro Paese è la volontà di conservare l'esistente. Circa il 70% del nostro patrimonio edilizio è stato infatti realizzato più di 40 anni fa (elaborazioni e stime Cresme), un'aliquota numericamente importante.

La necessità di intervenire sull'esistente è inoltre legata, oltre a tutti questi precedenti elementi, ai costi che vengono pagati dalla comunità per far fronte ai danni generati dai terremoti.

Nel lasso di tempo degli ultimi 50 anni, per far fronte ai danni generati dalle scosse sismiche, sono stati spesi circa 121 miliardi di euro (attualizzati al 2014), un costo che difficilmente può essere sostenuto dalle nostre amministrazioni e dalla nostra classe politica.

Spalmando questa cifra nell'arco temporale di 50 anni, significa che ogni anno vengono spesi circa 2,4 miliardi di euro per far fronte ai terremoti.

È necessario attivare una politica di prevenzione, che abbia come strategia quella di avere efficacia non più a seguito del manifestarsi del terremoto, ma precedentemente.

Per questo motivo sono state emanate, a partire dal 2013, alcune leggi aventi l'intento di incentivare la riqualificazione a livello sismico del nostro patrimonio edilizio, dando la possibilità di detrarre una parte delle spese sostenute per gli interventi di adeguamento e di miglioramento sismico, una su tutte la legge sul cosiddetto *Sismabonus* (DL 4 giugno 2013, n. 63) e successive.

Al fine di avere anche una classificazione del rischio sismico, che quantifichi in maniera oggettiva il rischio sismico prima e dopo un intervento sulle costruzioni esistenti, sono state introdotte delle Linee Guida (DM 07/03/2017), le quali definiscono le classi di rischio da assegnare alle costruzioni.

2) IL RISCHIO SISMICO

Ormai è consolidato il concetto che quando si affronta il problema sismico, lo si affronta in termini di **rischio sismico**.

Il rischio sismico è la probabilità che un terremoto, in base alla complessità del danno sismico e della vulnerabilità degli elementi a rischio, provochi perdite di vite umane, di edifici o delle loro funzioni.

Il rischio sismico è individuato come la combinazione di tre principali componenti:

$$\text{Rischio sismico} = \text{pericolosità} * \text{esposizione} * \text{vulnerabilità}$$

La **pericolosità sismica** è la probabilità che un evento sismico di una data intensità si verifichi, in uno specifico territorio, durante un periodo di riferimento temporale predeterminato.

Questa componente dipende dunque dal sito di interesse, ossia dai seguenti parametri, fissato il periodo di ritorno T_R :

- **PGA** (a_g), accelerazione orizzontale massima attesa;
- F_0 , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C , valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

L'**esposizione** è correlata al periodo di riferimento di una costruzione V_R , pari al prodotto fra la vita nominale della struttura V_N e il coefficiente di utilizzo C_U ; il parametro indica persone e/o beni che potrebbero subire un danno a seguito dell'evento calamitoso:

$$V_R = V_N * C_U$$

dove la vita nominale (V_N) e la classe d'uso (C_U) si ricavano dalle tabelle 2.4.I e 2.4.II delle NTC 2018 [1], riassunte nel seguente prospetto ricavato dalla seguente tabella.

	Classe d'uso	I	II	III	IV
	Coefficiente d'uso C_U	0,70	1,00	1,50	2,00
Tipi di costruzione	Vita nominale V_N [anni]	Periodo di riferimento V_R [anni]			
Costruzioni temporanee e provvisorie	10	35	35	35	35
Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari: opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	50	≥ 35	≥ 50	≥ 75	≥ 100
Costruzioni con livelli di prestazioni elevati: grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	100	≥ 70	≥ 100	≥ 150	≥ 200

Tab.1 – Periodo di riferimento in funzione della vita nominale e della classe d'uso al variare della tipologia di edifici, tratta da Tabella C2.4.I – Circolare Applicativa NTC 2018

Si può notare che questa tabella stabilisce i valori minimi del periodo di riferimento V_R , pari a 35 anni, riprendendo quanto specificato nella versione precedente del 2008.

La **vulnerabilità** è l'attitudine di un elemento esposto a rischio ad essere danneggiato a seguito di una scossa sismica, e definita per ogni stato limite SL_i dal rapporto tra la capacità della costruzione e la domanda sismica.

3) QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

- D.M. 17/01/2018 – NTC 2018 [1]
- Circolare Applicativa delle NTC 2018 [2]
- OPCM 3519 – 28 aprile 2006 [3]
- OPCM 3274 – 20 marzo 2003 [4]
- Decreto Legge 04/06/2013, n. 63 – “Sismabonus” [5]
- Legge 11 dicembre 2016, n. 232 – Legge di Bilancio 2017 [6]
- Decreto Legge 19 maggio 2020, n.34 – “Decreto Rilancio” [7]
- D.M. 07/03/2017 n. 65 – Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni [8]

È possibile approfondire l'argomento inerente al superbonus al seguente link:

[**SUPERBONUS PER GLI INTERVENTI ANTISISMICI CON IL DECRETO RILANCIO**](#)

4) ATTRIBUZIONE DELLA CLASSE DI RISCHIO SISMICO

Le Linee Guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni, contenute nell'allegato A al DM 7 marzo 2017, definiscono 8 classi di rischio, dalla G (peggiore) alla A+ (migliore).

Per la valutazione della classe di rischio sismico le linee guida introducono **due metodi alternativi**:

- **Metodo convenzionale:** valido per tutte le tipologie di costruzioni, basato sui normali metodi di valutazione della sicurezza previsti dalle NTC 2018 (§ 8.3 – NTC 2018), questo tipo di intervento consente di valutare la classe di rischio sia nello stato di fatto sia nello stato conseguente all'eventuale intervento;
- **Metodo semplificato:** basato su una classificazione macrosismica dell'edificio, è indicato per una valutazione speditiva della Classe di Rischio attraverso l'uso di tabelle dei soli edifici in muratura e può essere utilizzato sia per una valutazione preliminare indicativa, sia per valutare, limitatamente agli edifici in muratura, la classe di rischio in relazione all'adozione di interventi di tipo locale.

La determinazione della classe di rischio è riferita alla valutazione di **due principali parametri**:

- **PAM:** Perdita Annuale Media attesa, che tiene conto delle perdite socio-economiche, legate ai danni strutturali e non, connesse all'azione dei terremoti in riferimento al costo di ricostruzione (CR) dell'edificio privo del suo contenuto;
- **IS-V:** Indice di Sicurezza per la Vita, definito come il rapporto, in relazione al raggiungimento dello Stato Limite Ultimo di salvaguardia della vita, fra la capacità in accelerazione di picco al suolo (PGA) e la relativa domanda (Indice di Rischio).

Attraverso il calcolo di ciascun indice si ottiene una classe di rischio sismico.

La classe di rischio sismico della struttura finale si ottiene scegliendo la peggiore delle classi ottenute dal calcolo di ciascun parametro.

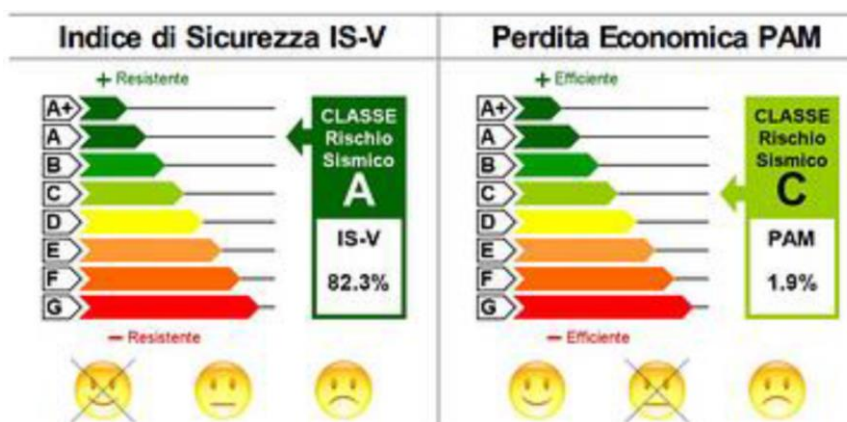


Fig. 1 – Esempio di risultati sulla classificazione del rischio sismico su una struttura (metodo convenzionale)

NOTE

Un edificio potrà avere diverse lettere corrispondenti a differenti classi di rischio sismico, ammessi dalla normativa tecnica, al variare di molteplici aspetti, fra cui le scelte e l'attitudine del professionista ed il livello di confidenza LC (§ 8.5.3 – NTC 2018) che è stato adottato per la valutazione, accuratezza programmi di calcolo, ecc.

È importante sottolineare che la classe di rischio associata alla singola unità immobiliare coincide con quella dell'edificio e che tale parametro, deve essere calcolato univocamente per l'unità strutturale individuata, che può anche riguardare un aggregato di diversi edifici.

INDICE PAM

La perdita annua media attesa può essere considerata come il costo che serve per la riparazione dei danni causati dagli eventi sismici che si possono verificare nel corso della vita utile della costruzione stessa, espressa come percentuale del costo di ricostruzione (CR).

Le perdite dirette annue medie per un edificio moderno costruito applicando le vigenti norme sismiche sono normalmente dell'ordine dell'1% CR, mentre per edifici costruiti in assenza di norme sismiche è raro riscontrare valori inferiori a 2,5% CR.

NOTA: nella quantificazione dei danni si tiene conto anche degli elementi non strutturali. È tuttavia importante sottolineare che le perdite economiche relative ai danni indiretti, ossia quelle legate ai contenuti, possono avere un'incidenza elevata a seconda delle tipologie di edifici considerate.

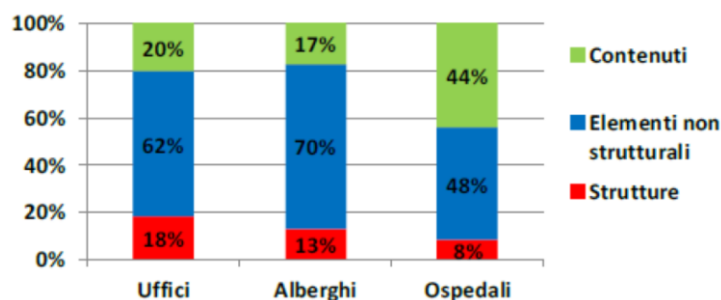


Fig. 2 – Percentuali medie in relazione ai danni agli elementi strutturali, non strutturali e ai contenuti (FEMA E-74, 2011 [9]).

Il valore *PAM* può essere valutato, così come previsto per l'applicazione del metodo convenzionale, come l'area sottesa alla curva rappresentante le perdite economiche dirette, in funzione della frequenza media annua di superamento λ (pari all'inverso del periodo medio di ritorno T_R , individuabile per ciascuno Stato Limite) degli eventi che provocano il raggiungimento di uno stato limite per la struttura.

Tale curva, in assenza di dati più precisi, può essere discretizzata mediante una spezzata. Minore sarà l'area sottesa da tale curva, minore sarà la perdita media annua attesa.

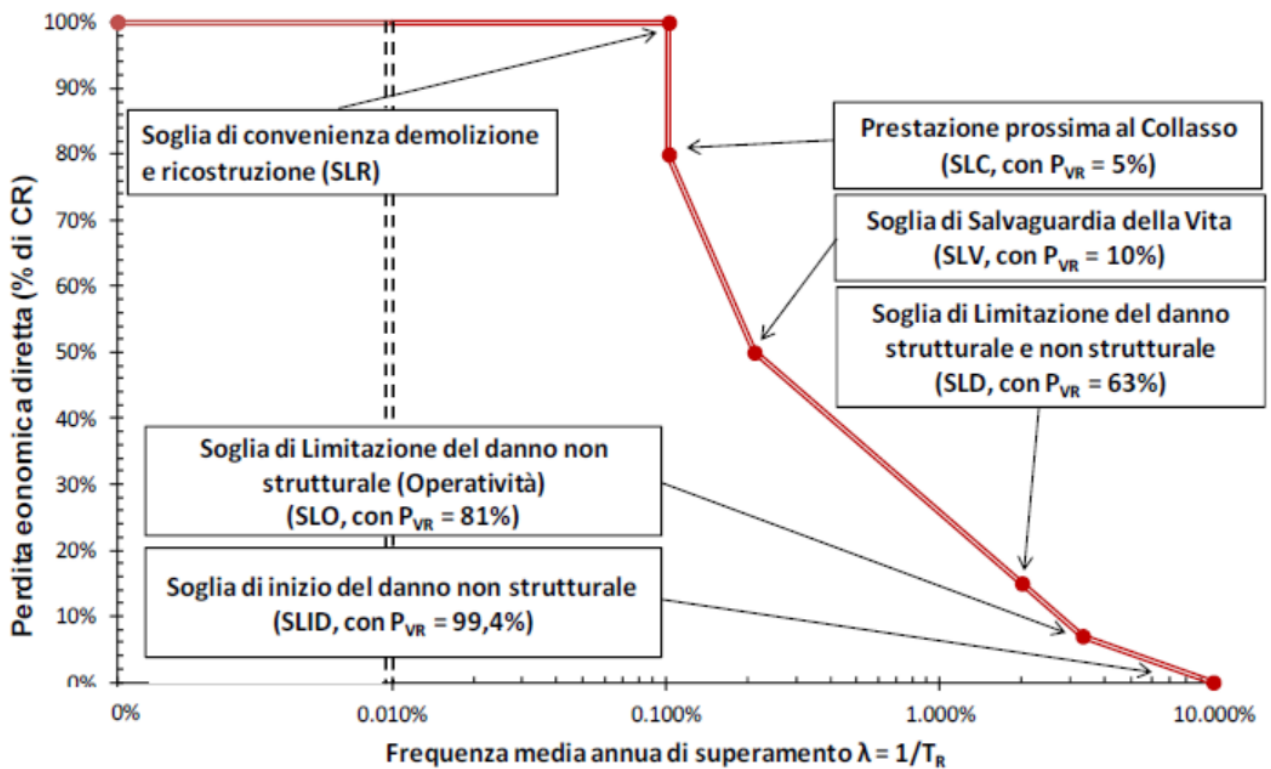
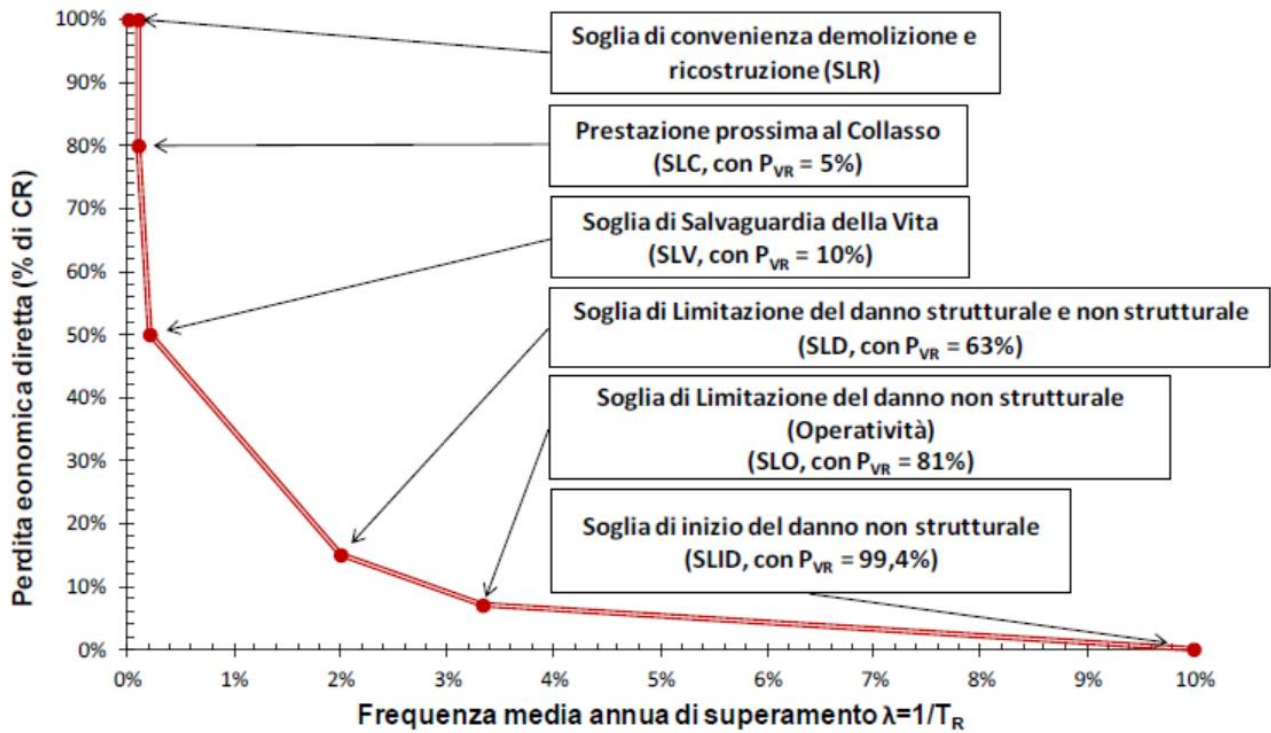


Fig. 3 – Andamento della curva che individua il PAM, riferito a una costruzione con vita nominale 50 anni e appartenente alla classe d'uso II. Nell'immagine inferiore, per meglio individuare i punti prossimi all'asse delle ordinate, le ascisse sono in scala logaritmica – Figura 1, Linee Guida [8]

I grafici precedenti illustrano dunque la corrispondenza, contrassegnata da un pallino appartenente alla spezzata, fra un dato terremoto, individuato per ciascuno Stato Limite, e i danni attesi stimati come costi di riparazione espressi in percentuale del costo di costruzione dell'immobile.

Gli stati limite considerati sono i seguenti:

- **Stato limite di inizio danno (SLID):** quello a cui è comunque associabile una perdita economica nulla ($CR = 0\%$) in corrispondenza di un evento sismico, il cui periodo di ritorno è assunto, convenzionalmente, pari a 10 anni ($\lambda = 0,1$);
- **Stato Limite di Operatività (SLO):** la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature, non deve subire danni e interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** la costruzione nel suo complesso subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature;
- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali: la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.
- **Stato limite di ricostruzione (SLR):** quello a cui, stante la criticità generale che presenta la costruzione al punto da rendere pressoché impossibile l'esecuzione di un intervento diverso dalla demolizione e ricostruzione, è comunque associabile una perdita economica pari al 100%. Convenzionalmente si assume che tale stato limite si manifesti in corrispondenza di un evento sismico il cui periodo di ritorno è pari a quello dello stato limite di collasso (SLC).

Stato Limite	Costo di ricostruzione (CR)	
Stato Limite di Ricostruzione	100 %	Punto convenzionale ($\lambda \sim 0\%$, $CR = 100\%$)
Stato Limite di Prevenzione del Collasso	80 %	
Stato Limite di Salvaguardia della Vita	50 %	Definiti come da NTC2018
Stato Limite di Danno	15 %	
Stato Limite di Operatività	7 %	
Stato Limite di Inizio del Danno	0 %	Punto convenzionale ($\lambda = 100\%$, $CR = 0\%$)

Tab. 2 – Costo di ricostruzione in funzione degli stati limite considerati

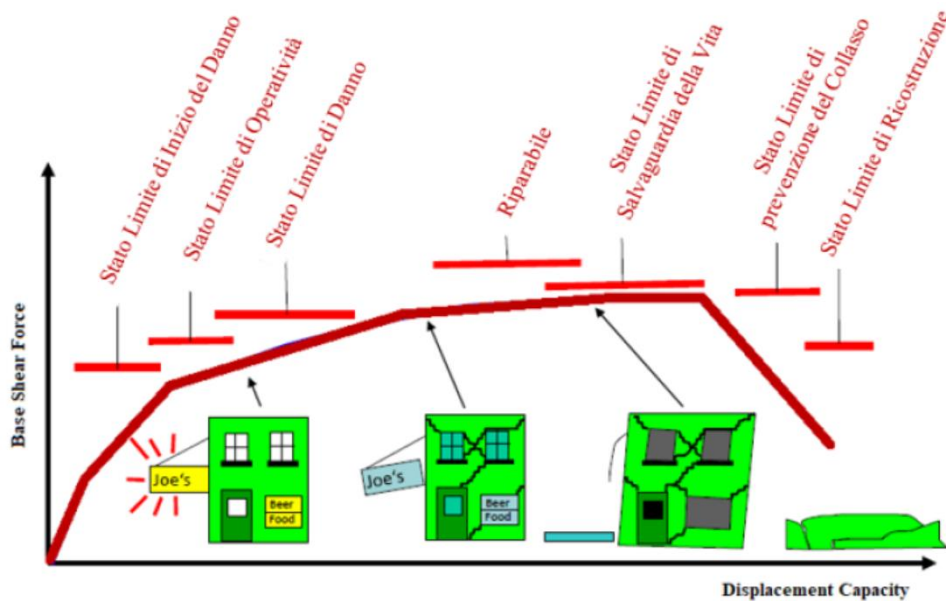


Fig. 4 – Schema stati limite contestualizzati in un diagramma forza-spostamento

NOTE

I costi di ricostruzione a cui fanno riferimento i grafici precedenti sono stati determinati a seguito di un grande lavoro che, mettendo insieme numerosi studi di ricerca, ha raccolto i dati relativi ai danni causati dai terremoti ed i vari costi legati alla ricostruzione, soprattutto da quello in Abruzzo del 2009, al fine di creare una relazione diretta fra l'intensità del sisma e i danni economici generati, utile per la valutazione della classe di rischio sismico del nostro patrimonio edilizio.



Fig. 5 – Danni a seguito del terremoto in Abruzzo 2009 (Onna, frazione di L'Aquila)

Questo documento sulla classificazione del rischio sismico, inoltre, si basa su edifici ordinari, con vita nominale pari a 50 anni e classe d'uso II. I grafici precedenti non sarebbero applicabili a differenti tipologie edilizie come ad esempio le scuole, le caserme ecc.

INDICE IS-V

L'indice di sicurezza della Vita è un parametro che tiene conto della sicurezza delle costruzioni allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV. Si definisce come il rapporto, allo SLV, tra la PGA di capacità e la PGA di domanda:

$$IS - V = \frac{PGA_C(SLV)}{PGA_D(SLV)}$$

Questo valore viene già calcolato in qualità di indice di rischio per la valutazione della sicurezza della struttura.

RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

- [1] D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;
- [2] CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- [3] OPCM n.3274 – 20 marzo 2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- [4] OPCM 3519 – 28 aprile 2006 – Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle stesse zone;
- [5] Decreto Legge 4 giugno 2013, n. 63 (conv. Legge 3 agosto 2013, n. 90) – “Sismabonus”;
- [6] Legge 11 dicembre 2016, n. 232 – Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2017 e bilancio pluriennale per il triennio 2017-2019;
- [7] Decreto Legge 19 maggio 2020, n.34 (conv. Legge 17 luglio 2020, n.77) – Misure urgenti in materia di salute, sostegno al lavoro e all'economia, nonché di politiche sociali connesse all'emergenza epidemiologica da COVID-19;
- [8] D.M. 07/03/2017 n. 65 – Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni;
- [9] FEMA E-74, 2011 – Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide.

CREDITS

- Tab. 1 – A cura dell'Ufficio Tecnico di Fondazione Promozione Acciaio;
- Tab. 2 – Prof. Ing. Antonio Formisano – *LE LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DELLE COSTRUZIONI. DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI RISCHIO COL METODO SEMPLIFICATO E CONVENZIONALE* – Webinar, 17/09/2020.
- Fig. 1/2/4 – Prof. Ing. Antonio Formisano – *LE LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DELLE COSTRUZIONI. DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI RISCHIO COL METODO SEMPLIFICATO E CONVENZIONALE* – Webinar, 17/09/2020;
- Fig. 3 – D.M. 07/03/2017 n. 65 – Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni;
- Fig. 5 – Marino Presta – Foto danni terremoto Abruzzo – Onna;
- Copertina: Salten Schlern. FOTO: René Riller.

Redazione e pubblicazione: Novembre 2020
Documento a cura di Fondazione Promozione Acciaio - Tutti i diritti riservati.

Immagini e disegni salvo diversamente specificato sono di proprietà esclusiva di Fondazione Promozione Acciaio, ogni riproduzione parziale o totale è esplicitamente vietata.