

## Bibliografia

- [1] Norme sulle strutture portanti SIA 260–267. Società svizzera degli ingegneri e degli architetti, Zurigo 2003 segg. (non tutte le norme sono disponibili in italiano)
- [2] Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben. Merkblatt SIA 2018. Società svizzera degli ingegneri e degli architetti, Zurigo 2004
- [3] Erhaltung von Tragwerken – Erdbeben. Norm SIA 269/8, Società svizzera degli ingegneri e degli architetti, Zurigo, in preparazione, sostituisce [2]
- [4] Wenk T.: Erdbebenertüchtigung von Bauwerken – Strategie und Beispielsammlung aus der Schweiz. Umwelt-Wissen Nr. 0832, UFAM, Berna 2008
- [5] Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Richtlinien zum Inventar der Erdbebensicherheit bestehender Bundesbauten, [www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch) => Documentazione > Pubblicazioni
- [6] Bachmann H., Duvernay B.: Edilizia antisismica in Svizzera. Pieghevole, Ufficio federale dell'ambiente e Fondazione per la dinamica strutturale e l'ingegneria sismica, UD-1064-I, Berna 2013
- [7] Bachmann H.: Erdbebensicherheit von Gebäuden – Rechts- und Haftungsfragen. Pieghevole, Fondazione per la dinamica strutturale e l'ingegneria sismica, Società svizzera di ingegneria sismica e dinamica strutturale SGEB, Institut für Schweizerisches und Internationales Bau-recht, Università di Friburgo, 2010

## Informazioni supplementari

- > Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Tema Terremoti: [www.bafu.admin.ch/terremoti](http://www.bafu.admin.ch/terremoti)
- > Società svizzera di ingegneria sismica e dinamica strutturale (SGEB): [www.sgeb.ch](http://www.sgeb.ch)

## Nota editoriale

Editori:

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) e Fondazione per la dinamica strutturale e l'ingegneria sismica ([www.baudyn.ch](http://www.baudyn.ch)). L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

Ideazione e testo:

Prof. Hugo Bachmann, Friederike Braune e Blaise Duvernay (UFAM)

Per semplificare la lettura, nel testo è utilizzata unicamente la forma maschile, che comprende anche la forma femminile.

Per ordinare la versione stampata:

[www.pubblicazionifederali.admin.ch](http://www.pubblicazionifederali.admin.ch), numero di ordinazione 810.400.076.i

Link per scaricare il PDF:

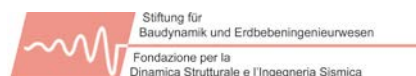
[www.bafu.admin.ch/ud-1065-i](http://www.bafu.admin.ch/ud-1065-i)


La presente pubblicazione è disponibile anche in tedesco e francese.

© UFAM 2013

## > La sicurezza sismica del nostro edificio è sufficiente?

*Verificare e migliorare la sicurezza sismica: quando e perché?*



 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU  
Office fédéral de l'environnement OFEV  
Ufficio federale dell'ambiente UFAM  
Uffizi federal d'ambient UFAM

## > Danni agli edifici a seguito di terremoti in Svizzera

*Anche in Svizzera possono verificarsi forti terremoti con conseguenti danni agli edifici. In tutte le regioni del Paese, gli edifici realizzati senza progettazione antisismica sono esposti al pericolo.*

- > La Svizzera può essere colpita da forti terremoti dell'intensità di quelli verificatisi a Sierre nel 1946, a Briga nel 1855, nel Cantone di Obvaldo nel 1601 e a Basilea nel 1356. Rispetto a zone con pericolosità elevata, ad esempio l'Italia, terremoti di tale portata sono però meno frequenti in Svizzera.
- > Tutte le regioni della Svizzera possono essere interessate da terremoti. La pericolosità sismica è più elevata nel Vallese, nella regione di Basilea e nel versante nord delle Alpi. Proprio in queste zone i terremoti sono più frequenti.
- > Gli edifici costruiti senza una progettazione antisismica sono potenzialmente a rischio di crollo, e in caso di terremoti relativamente deboli subiscono spesso notevoli danni.
- > In relazione alle odierne esigenze per le nuove costruzioni, la sicurezza sismica di numerosi edifici è insufficiente [1]. Le cause sono da ricercare nella mancanza di prescrizioni edilizie al momento della costruzione oppure nell'applicazione lacunosa delle norme antisismiche.
- > Una configurazione irregolare in elevazione (piani deboli o «soft storey») è per esempio indizio di un'insufficiente sicurezza sismica.



«Soft storey»: interruzione delle pareti irrigidite al piano terra. Questa carenza è frequente in Svizzera.

Foto: P. Lestuzzi

## > Quando è opportuna una verifica della sicurezza sismica?

*Se è prevista una trasformazione o un intervento di conservazione conviene stabilire quanto prima se l'edificio presenta un livello sufficiente di sicurezza sismica.*

### Progetto di costruzione

Già prima della realizzazione di un progetto di costruzione, il proprietario dovrebbe far valutare da un ingegnere civile l'opportunità di una verifica della sicurezza sismica. Fattori determinanti sono il genere e la portata dell'intervento previsto, l'ammontare dell'investimento, il valore dell'edificio e la durata di vita residua.

### Sospetto d'insufficiente sicurezza sismica

In caso di fondato sospetto d'insufficiente sicurezza sismica (gravi carenze palesi) occorrerebbe in qualsiasi caso verificare la sicurezza sismica.

### Edifici importanti

La sicurezza sismica di edifici aventi una funzione importante oppure di edifici che presentano un potenziale di danno elevato dovrebbe essere verificata sistematicamente, a prescindere dalla realizzazione di un progetto di costruzione. Ciò consentirebbe di programmare anticipatamente le necessarie misure per migliorare il livello di sicurezza sismica in base al rischio.

### Case unifamiliari e bifamiliari

Nel caso di edifici abitativi con struttura convenzionale (indipendenti, fino a due piani) che non presentano carenze gravi, di norma la verifica della sicurezza sismica non è una misura proporzionata.

### Definizione delle priorità nel patrimonio immobiliare

Per patrimoni immobiliari importanti è necessario stabilire le priorità per quanto concerne gli edifici da sottoporre a verifica e i tempi della stessa. Possibili criteri sono offerti dalla procedura in tre tappe utilizzata dalla Confederazione per inventariare la sicurezza sismica degli edifici di sua proprietà [5].

## > In cosa consiste la verifica della sicurezza sismica e quanto costa?

*La verifica effettuata da un ingegnere sismico comprende un'indagine, una valutazione e la formulazione di raccomandazioni sulla sicurezza sismica.*

- > La verifica della sicurezza sismica di un edificio consiste in una valutazione concettuale, di calcolo e costruttiva. La procedura comprende il rilevamento e la valutazione dello stato dell'edificio ed eventuali raccomandazioni sulle misure da adottare.
- > Quanto più sono completi i dati geotecnici e dettagliati i piani di un edificio, tanto migliore è la qualità della valutazione. Per la maggior parte degli edifici esistenti, mancano basi sufficienti, e sono necessarie indagini sui manufatti.
- > La valutazione che scaturisce dai calcoli fornisce il fattore di conformità  $\alpha_{eff}$  dell'edificio. Tenendo conto di tale fattore e delle caratteristiche concettuali e costruttive è possibile valutare lo stato attuale dell'edificio.
- > Se lo stato attuale è insufficiente, devono essere elaborati concetti di misure, sui quali il proprietario dell'edificio basa la sua decisione.
- > I costi della verifica variano sensibilmente a seconda della complessità dell'edificio e del lavoro necessario per elaborare proposte appropriate. Per un edificio di medie dimensioni, possono oscillare tra 15000 e 50000 franchi. Se l'incarico è commissionato a un ingegnere sismico, i costi della verifica e delle misure sono generalmente più bassi.

## > Quando la sicurezza è sufficiente? Quando non è troppo cara?

*Le esigenze minime che gli edifici esistenti devono adempiere e il rapporto costi-benefici raccomandato per le misure sono definiti nel quaderno tecnico SIA 2018(\*) [2].*

- > Per i nuovi edifici, gli obiettivi di protezione secondo la norma SIA 261 sono la protezione delle persone, la limitazione dei danni e la preservazione della funzionalità degli edifici importanti. Il rischio di crollo deve essere escluso.
- > Il fattore di conformità  $\alpha_{eff}$  esprime, in valori numerici, l'adempimento da parte della struttura portante esistente delle esigenze in materia di sicurezza sismica di edifici nuovi. Se il valore è pari a 1 o superiore, gli edifici soddisfano pienamente le esigenze. Se è inferiore a 1, le esigenze sono adempiute solo parzialmente.
- > Esigenze minime: il fattore di conformità degli edifici esistenti deve essere almeno 0,25 (0,40 per gli edifici della classe d'opera III).
- > Misure supplementari: l'adempimento delle esigenze minime comporta soltanto l'attuazione di misure proporzionate che scaturiscono dalla valutazione del rapporto costi-benefici delle possibili varianti di misure da realizzare.
- > I costi delle misure da adottare dipendono dai singoli casi e variano considerevolmente a seconda della gravità e dell'importanza delle carenze. Possibili sinergie con altri interventi già previsti incidono in modo determinante sui costi.

(\*) Dal 2015 la norma SIA 269/8 [3] sostituisce il quaderno tecnico SIA 2018, mantenendone comunque i principi.



## Esempio 1 – Misure di intervento locali Liceo Neufeld, Berna

L'edificio risalente al 1965 comprende un piano interrato, un piano terra e quattro piani fuori terra. La struttura portante è composta da colonne in calcestruzzo armato e da due vani ascensore in calcestruzzo armato [4]. Originariamente l'edificio era suddiviso in due parti da un giunto di dilatazione per l'intera altezza dell'edificio. Ogni parte era irrigidita con un vano ascensore eccentrico; a causa della forte eccentricità, sussisteva un rischio di crollo locale in corrispondenza del giunto di dilatazione già in caso di deboli azioni sismiche.

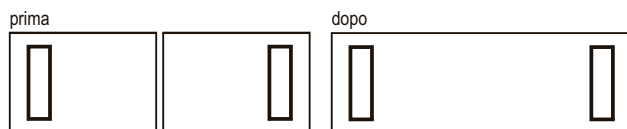


Foto: Wikipedia, R. Frey

Vista longitudinale della facciata (in basso) con pianta corrispondente allo stato iniziale con le due parti dell'edificio (in alto a sinistra) e pianta dell'edificio irrigidito simmetricamente dopo l'intervento di miglioramento (in alto a destra).

Il giunto di dilatazione delle solette nel centro dell'edificio è stato chiuso. Ne è risultato un insieme irrigidito simmetricamente capace di resistere molto meglio alle azioni sismiche. Il liceo soddisfa così il 50 per cento delle esigenze attuali imposte a edifici nuovi. Un ulteriore miglioramento della sicurezza sismica avrebbe comportato costi sproporzionati. Le misure antisismiche sono state realizzate nel quadro di un risanamento completo dell'edificio dopo 40 anni di utilizzazione. I costi relativi agli aspetti «antisismici» sono stati pari a 0,3 milioni, ossia allo **0,7 per cento del valore dell'edificio**.

## Esempio 2 – Rinforzo generale di edifici abitativi, Friburgo

I tre edifici abitativi con appartamenti locativi, costruiti a Friburgo negli anni Settanta, erano caratterizzati da piano terra aperto con colonne e senza pareti irrigidenti, sormontato da sette piani con pareti portanti in muratura [4]. Per migliorare la sicurezza sismica sono state fondate esternamente, eseguite e ancorate alle solette quattro pareti snelle in calcestruzzo armato. I locatari non hanno quindi dovuto lasciare il loro appartamento durante i lavori. Queste misure hanno permesso di soddisfare il 50 per cento delle esigenze attuali poste a edifici nuovi. Le misure antisismiche sono state eseguite nel quadro di un risanamento generale degli edifici. I costi sono stati pari a 1,7 milioni di franchi, ossia al **7,4 per cento del valore degli edifici**.



Foto: E. Latetlin

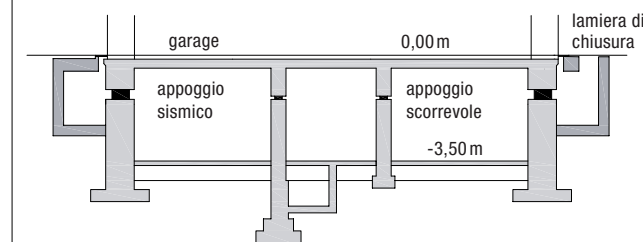
Edificio abitativo a Friburgo rinforzato con quattro pareti snelle in cemento armato eseguite esternamente alle facciate.

## Esempio 3 – Soluzione speciale per la caserma dei vigili del fuoco, Basilea Città

L'edificio principale della caserma dei vigili del fuoco di Basilea Città, il Lützelhof, è una costruzione in calcestruzzo armato risalente alla Seconda guerra mondiale [4]. Al piano terra vi è un garage con porte separate da colonne snelle. Intervenedo con un isolamento sismico è stato possibile aumentare il livello di sicurezza dell'edificio; diversamente, le colonne sarebbero potute crollare anche a seguito di un sisma relativamente debole. Il piano terra è stato separato dal piano interrato attraverso un taglio orizzontale sotto la soletta del piano terra e posto su appoggi sismici. Uno spazio libero di una ventina di centimetri è stato creato attorno all'edificio in modo da permettere alla struttura di muoversi orizzontalmente in caso di terremoto. Questa soluzione ha reso minima la restrizione all'utilizzazione durante e dopo i lavori. Le esigenze relative a edifici nuovi sono pienamente adempiute e la funzionalità è assicurata nell'eventualità di forte sisma. Il miglioramento della sicurezza sismica, realizzato in seguito a un'analisi dei rischi dei principali edifici cantonali, è costato 3 milioni di franchi, ossia il **23 per cento del valore dell'edificio**.



Foto: A. Zachmann, Basilea



Vista longitudinale della facciata (in alto) e sezione del piano interrato con i nuovi appoggi sismici.

## > Rettifica di opinioni errate

*In riferimento alla verifica della sicurezza sismica degli edifici esistenti occorre rettificare opinioni errate in circolazione.*

### Responsabilità

**Opinione errata:** è compito dell'ingegnere civile affrontare la questione della sicurezza sismica di un edificio esistente.

**Rettifica:** il proprietario risponde della sicurezza sismica di un edificio. In virtù dell'obbligo di diligenza, l'architetto, in veste di rappresentante del proprietario e di direttore generale dei lavori, tiene conto della sicurezza sismica durante la pianificazione di un progetto di ristrutturazione e l'assicura. L'ingegnere civile in quanto specialista è responsabile, conformemente all'obbligo di diligenza, di valutare la sicurezza sismica della struttura portante e degli elementi secondari, di stabilire le misure necessarie e di garantirne la corretta realizzazione.

### Convenzione d'utilizzazione

**Opinione errata:** i contenuti della convenzione d'utilizzazione devono essere elaborati dall'ingegnere civile e sono una garanzia per le sue ipotesi di calcolo.

**Rettifica:** in generale, è nell'interesse del proprietario che vengano definiti chiaramente gli obiettivi di utilizzazione e di protezione dell'edificio con tutti gli specialisti, compresi quelli della sicurezza sismica. La convenzione d'utilizzazione è parte integrante del dossier del progetto ed è l'elemento centrale del dialogo tra le parti. È convalidata con la firma di tutti i partecipanti al progetto.

### Progetto di costruzione senza la partecipazione di un ingegnere civile

**Opinione errata:** in caso di progettazione di trasformazioni e di riparazioni senza interventi strutturali importanti non è necessario rivolgersi a un ingegnere civile per gli aspetti concernenti la sicurezza sismica.

**Rettifica:** anche in questo caso, una tempestiva collaborazione tra architetto e ingegnere è fondamentale e permette di valutare per tempo la sicurezza sismica e di elaborare congiuntamente misure dai costi contenuti. Se la verifica viene effettuata a uno

stadio più avanzato del progetto può comportare modifiche assai dispendiose.

### Ingegneria sismica, una disciplina dell'ingegneria civile

**Opinione errata:** ogni ingegnere civile può essere incaricato della verifica della sicurezza sismica di un edificio esistente e può elaborare le misure necessarie.

**Rettifica:** l'ingegneria sismica è una disciplina complessa dell'ingegneria civile. L'analisi dello stato di un edificio, la valutazione quantitativa della sicurezza sismica e l'elaborazione di misure a costi ragionevoli richiedono esperienza e una conoscenza approfondita del comportamento degli edifici in caso di terremoto. Pertanto, la verifica della sicurezza sismica di un edificio esistente dovrebbe essere affidata a ingegneri specializzati in ingegneria sismica.

### Procedura d'inventariazione degli edifici della Confederazione, prima tappa

**Opinione errata:** prima di realizzare un progetto di trasformazione o di riparazione di un edificio, può essere applicata la prima tappa della procedura d'inventariazione degli edifici della Confederazione per valutare la sicurezza sismica o la necessità di una verifica della stessa.

**Rettifica:** l'applicazione della prima tappa per un singolo edificio non fornisce alcuna valutazione sulla sicurezza sismica e non è corretta dal punto di vista metodologico. La procedura d'inventario della sicurezza sismica degli edifici della Confederazione [5], articolata in tre tappe, è stata concepita come strumento dai costi contenuti per stabilire le priorità d'intervento per quanto concerne gli edifici del parco immobiliare della Confederazione critici sotto il profilo della protezione sismica.



*Casa abitativa del 1960 a Kriessern (SG): la sicurezza sismica è stata controllata da un ingegnere sismico nell'ambito della pianificazione delle misure di conservazione ed è stata valutata sufficiente.*

Foto: T. Wenk, Züriigo

Gli oggetti scartati al termine della prima tappa non sono necessariamente sicuri dal punto di vista sismico, ma soltanto meno critici di altri e sono dunque associati a un rischio meno elevato.

### Costi e ripercussioni delle misure volte a migliorare la sicurezza sismica

**Opinione errata:** il miglioramento della sicurezza sismica di un edificio comporta sempre interventi costruttivi considerevoli e molto dispendiosi.

**Rettifica:** le condizioni quadro in materia edilizia cui devono attenersi le misure incidono notevolmente sui costi. I costi di miglioramento della protezione sismica sono contenuti nel caso in cui gli oggetti subiscano interventi costruttivi circoscritti, ad esempio la chiusura di un giunto o il rinforzo di un solo piano. I costi aumentano se sono necessari nuovi elementi di rinforzo per tutta l'altezza dell'edificio e, soprattutto, se è necessario rinforzare anche la fondazione. I costi sono particolarmente elevati per gli edifici della classe d'opera III, che fissa le esigenze più elevate in fatto di sicurezza sismica in Svizzera. La raccolta di esempi riportata nella fonte [4] indica costi che oscillano da meno dell'1 fino al 30 per cento del valore dell'edificio. In caso di importanti interventi di rinforzo su un edificio nel quadro di un risanamento generale, i costi sono compresi fra il 3 e l'8 per cento del valore dell'edificio.

### Sicurezza sismica e onorari

**Opinione errata:** gli ingegneri civili sfruttano la problematica della sicurezza sismica per assicurarsi nuovi introiti.

**Rettifica:** il proprietario risponde del suo edificio e, per quanto concerne la sicurezza dell'edificio, agisce e decide sotto la propria responsabilità personale. In virtù dell'obbligo di diligenza, l'ingegnere civile è tenuto a rispettare le norme SIA sulle strutture portanti. Se non vi si attiene, incorre in gravi conseguenze giuridiche. Il pieghevole [7] informa sulle questioni giuridiche e sulle responsabilità.

La presente sintesi è destinata principalmente ai proprietari di edifici, ai committenti di progetti di costruzione e agli architetti.

Foto pagina di titolo: miglioramento della sicurezza sismica presso il Collège de l'Europe a Monthey (VS); realizzazione di imponenti tralicci in acciaio, frutto di una proficua collaborazione tra architetto e ingegnere civile (foto: Philomène Hoël e Eik Frenzel).