

# La sicurezza sismica del nostro edificio è sufficiente?

Verificare e migliorare la sicurezza sismica: quando e perché



Stiftung für Baudynamik und Erdbebeningenieurwesen  
Fondation pour la Dynamique des Structures et le Génie Parasismique  
Fondazione per la Dinamica Strutturale e l'Ingegneria Sismica



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM

## Bibliografia

- 1 Norme strutturali SIA 260–267. Società svizzera degli ingegneri e degli architetti, Zurigo (non tutte le norme sono disponibili in italiano)
- 2 Erhaltung von Tragwerken – Erdbeben. Norm SIA 269/8, Società svizzera degli ingegneri e degli architetti, Zurigo 2017, sostituisce [3]
- 3 Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben. Merkblatt SIA 2018. Società svizzera degli ingegneri e degli architetti, Zurigo 2004
- 4 Wenk T.: Erdbebenertüchtigung von Bauwerken – Strategie und Beispielsammlung aus der Schweiz. Umwelt-Wissen Nr. 0832, UFAM, Berna 2008
- 5 Erdbebenrisiko grosser Gebäudebestände – Stufenweises Verfahren zur Identifizierung von kritischen Gebäuden. Umwelt-Wissen Nr. 2014, UFAM, Berna, 2020
- 6 Bachmann H., Duvernay B.: Edilizia antisismica in Svizzera. Pieghevole, Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) e Fondazione per la dinamica strutturale e l'ingegneria sismica, UI-1064-I, Berna 2021
- 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 Baurecht, Università di Friburgo, 2021

## Informazioni supplementari

- Ufficio federale dell'ambiente (UFAM): [www.bafu.admin.ch/terremoti](http://www.bafu.admin.ch/terremoti)
- Fondazione per la dinamica strutturale e l'ingegneria sismica: [www.baudyn.ch](http://www.baudyn.ch)
- Società svizzera di ingegneria sismica e dinamica strutturale (SGEB): [www.sgeb.ch](http://www.sgeb.ch)

## Editori

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)  
e Fondazione per la dinamica strutturale  
e l'ingegneria sismica

## Ideazione e testo

Prof. Hugo Bachmann, Friederike Braune  
e Blaise Duvernay (UFAM)  
Per semplificare la lettura, nel testo è  
utilizzata unicamente la forma maschile.  
Questa include sempre anche la forma  
femminile.

## Pagina di copertina

Miglioramento della sicurezza sismica  
del Collège de l'Europe a Monthey (VS);  
realizzazione di imponenti tralicci in  
acciaio frutto di una proficua collabo-  
razione tra l'architetto e l'ingegnere  
civile. Foto: Philomène Hoël e Eik Frenzel

Link per scaricare il PDF e ordinare  
la versione stampata  
[www.bafu.admin.ch/ui-1065-i](http://www.bafu.admin.ch/ui-1065-i)

BBL, Verkauf Bundespublikationen,  
CH-3003 Berna  
[www.bundespublikationen.admin.ch](http://www.bundespublikationen.admin.ch)  
Numero di ordinazione: 810.400.0761

Stampato su carta riciclata,  
a impatto zero sul clima e basse  
emissioni di COV.

La presente pubblicazione  
è disponibile anche in tedesco  
e francese.

© UFAM 2021, seconda edizione

# Danni agli edifici a seguito di terremoti

*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 (1946), Briga (1855), Obvaldo (1601) e Basilea (1356). Rispetto a zone con pericolosità elevata come 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 spesso subiscono notevoli danni anche in caso di terremoti relativamente deboli.
- In relazione ai requisiti odierni per le nuove costruzioni, la sicurezza sismica di numerosi edifici è insufficiente<sup>1</sup>. 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?

*Se è prevista una trasformazione o un ripristino conviene stabilire quanto prima mediante una verifica generale 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) occorre comunque sempre effettuare una verifica.

## **Edifici importanti**

La sicurezza sismica di edifici aventi una funzione importante oppure che presentano un potenziale di danno elevato deve essere verificata sistematicamente, a prescindere dalla realizzazione di un progetto di costruzione. Ciò consente di programmare in anticipo 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 regola la verifica della sicurezza sismica non è una misura proporzionata.

## **Definizione delle priorità nel patrimonio immobiliare**

Per pianificare la verifica di grandi patrimoni immobiliari è necessario fissare delle priorità e stabilire una pianificazione. Uno dei metodi possibili per individuare gli edifici critici all'interno di un grande patrimonio immobiliare è dato dalla procedura a tappe utilizzata dalla Confederazione, basata sulla propria procedura di inventario<sup>5</sup>.

# Come procedere?

*La verifica della sicurezza sismica è effettuata da un ingegnere civile specializzato e si svolge in diverse fasi (SIA 269/8, cifra 2.1).*

## **Procedura**

- Rilievo dello stato: acquisire informazioni di base, effettuare rilievi sull'edificio, determinare la classe d'opera e le proprietà dei materiali.
- Studio della progettazione e delle disposizioni costruttive dell'edificio.
- Analisi con il calcolo: azione sismica, analisi strutturale, elementi non strutturali pericolosi, fattore di conformità.
- Valutazione della sicurezza sismica dell'opera esistente in base al fattore di conformità e alle caratteristiche di progettazione e di costruzione.
- Raccomandazione d'intervento: se lo stato attuale è insufficiente, devono essere formulate delle raccomandazioni di misure di miglioramento, affinché il proprietario possa prendere una decisione.

## **Grado di approfondimento**

Il grado di approfondimento della verifica dipende molto dalla qualità delle informazioni disponibili sull'opera e dai risultati della verifica generale. Se le informazioni di base sono lacunose o insufficienti, si rendono necessarie indagini sull'opera. In linea di massima, una verifica generale che non permette di appurare il rispetto dei requisiti di sicurezza sismica è seguita da un esame dettagliato. Se l'esame dettagliato conferma che la sicurezza sismica è insufficiente, occorre trovare soluzioni possibili ed eventuali misure. In questo caso, le misure proposte devono concentrarsi sull'eliminazione dei difetti constatati nell'edificio.

## **Costi**

I costi di una verifica della sicurezza sismica variano molto a seconda della complessità dell'edificio e del lavoro necessario per elaborare misure appropriate. Se l'ingegnere incaricato è specialista in ingegneria antisismica, i costi sono generalmente inferiori.

# Quali misure attuare?

*I requisiti minimi che gli edifici esistenti devono adempiere e il rapporto costi-benefici per misure proporzionate sono definiti nella norma SIA 269/8<sup>2</sup>, che dal 2017 sostituisce il quaderno tecnico SIA 2018<sup>2</sup> del 2004\*.*

- 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  $\alpha_{\text{eff}}$  di un edificio esistente esprime, in valori numerici, la conformità della struttura portante ai requisiti in materia di sicurezza sismica di un edificio nuovo. Se il valore è pari a 1 o superiore, l'edificio esistente soddisfa pienamente i requisiti. Se è inferiore a 1, le esigenze sono adempiute solo in parte.
- Requisiti minimi: il fattore di conformità degli edifici esistenti deve essere pari almeno a 0,25 (0,40 per gli edifici delle classi d'opera II-s, II-i e III).
- Misure supplementari: se i requisiti minimi sono soddisfatti, le misure supplementari devono essere eseguite soltanto se sono proporzionate (rapporto costi-benefici).
- I costi delle misure necessarie 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.

\* I principi del quaderno tecnico SIA 2018 sono stati incorporati nella norma SIA 269/8.

## Esempio 1 – Liceo Neufeld, Berna

# Misure locali

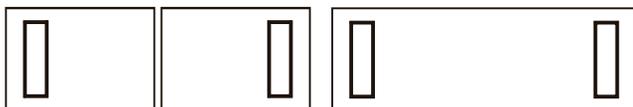
L'edificio, risalente al 1965, comprende un piano interrato, un piano terra e quattro piani superiori. La struttura portante è composta da colonne in calcestruzzo armato e da due vani ascensore in calcestruzzo armato [4]. In origine l'edificio era suddiviso in due parti da un giunto di dilatazione lungo 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.

Il giunto di dilatazione delle solette al 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 dei requisiti attuali imposti agli 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 lo **0,7 per cento del valore dell'edificio**.

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

prima

dopo



giunto di dilatazione



Foto: Wikipedia, R. Frey

## Esempio 2 – Edifici abitativi, Friburgo

# Consolidamento generale

I tre edifici abitativi con appartamenti locativi, costruiti a Friburgo negli anni Settanta, erano caratterizzati da un piano terra aperto con colonne e senza pareti irrigidenti, sormontato da sette piani con pareti portanti in muratura<sup>4</sup>. Per migliorare la sicurezza sismica quattro pareti snelle in calcestruzzo armato sono state fondate esternamente, costruite e ancorate alle solette. Durante i lavori i locatari non hanno quindi dovuto lasciare i loro appartamenti. Queste misure hanno permesso di soddisfare il 50 per cento dei requisiti attuali posti agli 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 il **7,4 per cento del valore degli edifici**.

Edificio abitativo a Friburgo consolidato con quattro pareti snelle in cemento armato costruite esternamente alle facciate.



Foto: E. Latélin

## Esempio 3 – Caserma dei vigili del fuoco, Basilea Città

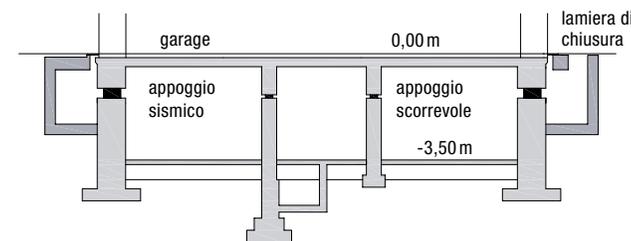
# Soluzione speciale

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<sup>4</sup>. 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 senza il quale 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 collocato su appoggi sismici. Attorno all'edificio è stato creato uno spazio libero di una ventina di centimetri in modo da permettere alla struttura di muoversi orizzontalmente in caso di terremoto. Questa soluzione ha ridotto al minimo la restrizione all'utilizzazione durante e dopo i lavori. I requisiti relativi agli edifici nuovi sono pienamente adempiti 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**.

Vista longitudinale della facciata e sezione del piano interrato con i nuovi appoggi sismici.



Foto: A. Zachmann, Basilea



# Rettifica di idee errate

*Prima di realizzare un progetto di trasformazione o di ripristino di un edificio, può essere applicata la prima fase della precedente procedura d'inventariazione degli edifici della Confederazione al fine di determinare se è soggetto a un rischio sismico che richiede una verifica.*

## 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 precedente procedura d'inventariazione della sicurezza sismica in tre fasi per gli edifici federali è stata sviluppata per stabilire, a un costo ragionevole, la priorità agli oggetti critici del patrimonio edilizio federale. Gli oggetti scartati al termine della prima fase non sono necessariamente sicuri dal punto di vista sismico, ma soltanto meno critici di altri e sono dunque associati a un rischio meno elevato. Essi saranno esaminati a più lungo termine e in modo sistematico nel ciclo di risanamento nel quadro di progetti di costruzione.

*È compito dell'ingegnere civile affrontare la questione della sicurezza sismica di un edificio esistente. Se nessun ingegnere civile è coinvolto, la questione della sicurezza sismica può essere lasciata da parte.*

## Rettifica

Il proprietario risponde della sicurezza sismica di un edificio (responsabilità del proprietario dell'edificio). È responsabile dei danni personali e materiali causati da un terremoto. È quindi responsabile di far esaminare il proprio edificio. Al più tardi nel caso di un progetto di costruzione di grande entità, il proprietario deve ottenere informazioni sulla sicurezza sismica. A tal fine, può incaricare degli specialisti di effettuare una consulenza, una pianificazione e un'esecuzione attente (dovere di diligenza). Nel quadro di un progetto di costruzione, in qualità di rappresentante del committente e di direttore dei lavori, l'architetto è responsabile di includere la sicurezza sismica nella pianificazione del progetto e quindi di chiarire la questione se sia necessaria o opportuna una verifica della sicurezza sismica.

*Qualsiasi 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 che fa parte 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.

*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.*



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

*Nel caso di un progetto di costruzione senza interventi sulla struttura portante, per chiarire se sono necessarie misure di sicurezza sismica può essere effettuata una verifica poco prima della realizzazione. Se del caso, l'ingegnere civile può pianificare e realizzare questi interventi indipendentemente dagli altri lavori previsti.*

## Rettifica

La verifica deve essere effettuata come esame preliminare o essere avviata nelle prime fasi di un progetto di costruzione di più ampia portata. In questo modo, gli eventuali difetti possono essere segnalati al cliente in una fase precoce e si possono sfruttare le sinergie con i lavori previsti. Questo permette di realizzare le misure necessarie nel quadro del progetto di costruzione in modo più economico e, quindi, più proporzionato.

*Il miglioramento della sicurezza sismica di un edificio comporta sempre interventi costruttivi considerevoli e molto dispendiosi.*

## Rettifica

Il costo dipende in gran parte dalla tipologia di intervento e dalle relative condizioni al contorno. 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. Aumentano invece se sono necessari nuovi elementi di rinforzo per tutta l'altezza dell'edificio e, soprattutto, se è necessario consolidare anche la fondazione. È importante che l'architetto e l'ingegnere civile collaborino all'inizio del progetto, in modo che, se necessario, possano essere elaborate misure economicamente vantaggiose. Una verifica effettuata in una fase avanzata del progetto può comportare modifiche costose al progetto. La decisione di realizzare misure per migliorare la sicurezza sismica che vadano oltre i requisiti minimi si basa sulla loro proporzionalità. A tal fine, si mettono a confronto il costo delle misure e la riduzione del rischio auspicata.