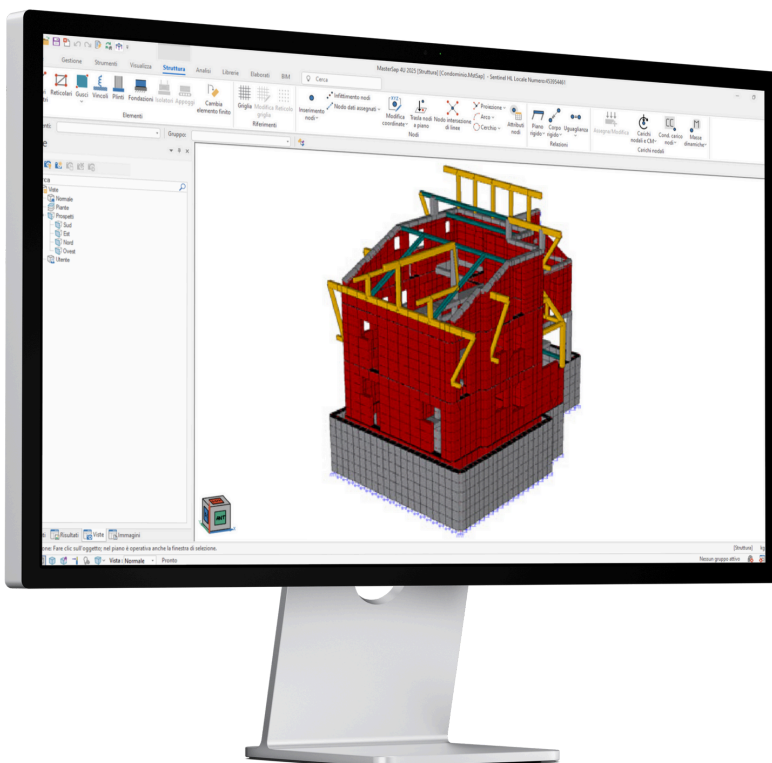


MIGLIORAMENTO SISMICO EDIFICIO RESIDENZIALE



Rifacimento della copertura in legno di un condominio

4U **MASTERSAP**
SOFTWARE PER L'INGEGNERIA



USER ORIENTED
for you

UNIVERSALE
for you

UNICO
for you

UP-TO-DATE
for you



Miglioramento sismico e rifacimento della copertura di un edificio residenziale a Courmayeur

Analisi, progetto e modellazione strutturale

Sommario

Introduzione	2
Descrizione dell'edificio e dell'intervento	2
Modellazione e criteri di analisi.....	3
Materiali e livelli di conoscenza	3
Analisi sismica	4
Risultati dell'analisi sismica.....	4
Stato di fatto	4
Stato di progetto	5
Confronto degli spostamenti	5
Conclusioni	6

Introduzione

Intervenire sul patrimonio edilizio esistente in zona sismica comporta spesso la necessità di coniugare esigenze architettoniche, funzionali e strutturali. L'intervento oggetto del presente articolo ha riguardato il rifacimento della copertura e l'ampliamento del sottotetto di una unità immobiliare situata a Courmayeur (AO), ai piedi del Monte Bianco. L'edificio si inserisce in un contesto residenziale condominiale, in un'area classificata a **medio rischio valanghe (zona V2)** e con una pericolosità sismica significativa.

L'obiettivo progettuale è stato duplice: da un lato il miglioramento della funzionalità e della distribuzione interna degli spazi abitativi, dall'altro l'incremento delle prestazioni sismiche dell'intero fabbricato. Gli interventi strutturali, pertanto, sono stati concepiti secondo le prescrizioni del §8.4.2 delle **Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (NTC)**, configurando l'opera come un **“intervento di miglioramento sismico”**.

Descrizione dell'edificio e dell'intervento

L'edificio presenta una pianta regolare di circa 8,5 × 8,7 m e un'altezza complessiva di 12,5 m. È composto da:

- piano interrato (garage e cantine);
- piano terra e primo piano (abitazioni di proprietà terza);
- sottotetto abitabile (oggetto dell'intervento).

Dal punto di vista strutturale, la costruzione è caratterizzata da **murature portanti in laterizio** perimetrali e **pilastrini in cemento armato** interni a sostegno dei solai. I solai intermedi sono in laterocemento tipo 16+4 cm.



L'intervento ha previsto:

- la **demolizione e ricostruzione della copertura** in legno, mantenendo la geometria originaria;
- l'aggiunta di un **abbaino di circa 16 m² in pianta**;
- la sostituzione del solaio di sottotetto in laterocemento con un nuovo orizzontamento composto da **pannelli X-LAM**, per alleggerire le masse sismiche;
- la **realizzazione di un cordolo in c.a. (25x20 cm)** in sommità alle murature esistenti, con funzione di collegamento tra le strutture verticali e la copertura;
- **modifiche secondarie** alle aperture del prospetto nord.

La copertura è stata riproposta con manto in lose (lastre di pietra) locali, mentre la nuova struttura lignea (massiccio C27) è integrata da profili metallici in acciaio S235.



Modellazione e criteri di analisi

Per rappresentare correttamente l'effettivo comportamento dell'edificio, si è scelto di modellare anche l'unità adiacente, strutturalmente connessa, vincolandone le pareti lungo l'asse verticale per simulare la continuità strutturale del complesso.

La modellazione è stata eseguita tramite il software **MasterSap** (AMV srl), utilizzando **elementi tipo guscio** per la rappresentazione di pareti e copertura. Sono stati definiti due modelli distinti: **pre-intervento** e **post-intervento**, in modo da confrontare le prestazioni sismiche della struttura in entrambe le configurazioni.

Materiali e livelli di conoscenza

In assenza di prove distruttive, è stato adottato un **Livello di Conoscenza LC1** secondo la Circolare 167/2009, con fattore di confidenza **FC = 1,35**. Le proprietà meccaniche dei materiali sono state definite in accordo con la Tabella C8A.2.1 delle NTC.

Il coefficiente parziale **γ_M** è stato determinato per elementi strutturali di categoria II, in conformità al §11.10.1 delle NTC 2008.

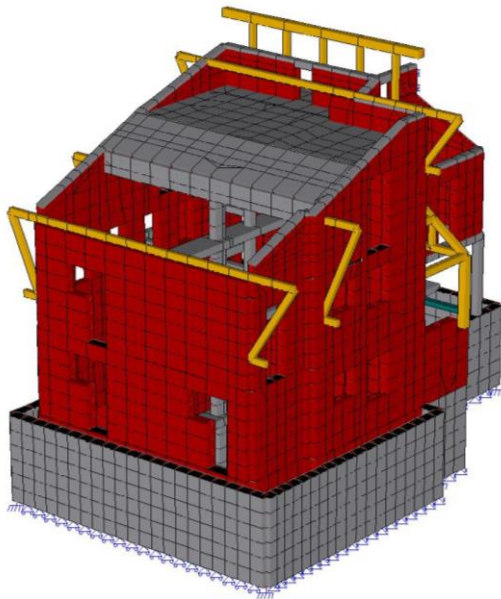


Figura 1- Modello pre-intervento (stato di fatto)

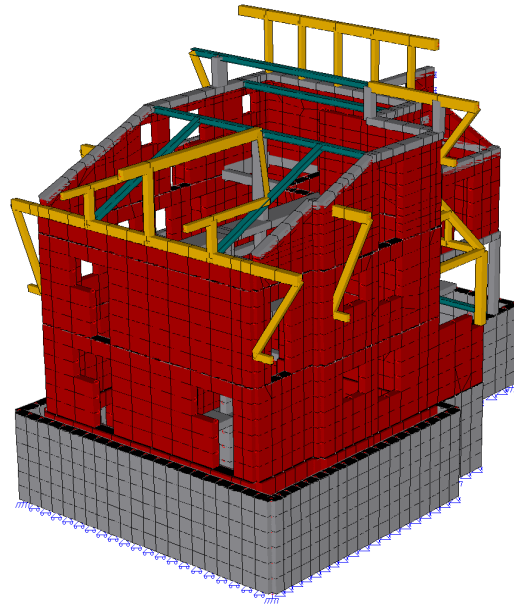


Figura 2 - Modello post-intervento (stato di progetto)

Analisi sismica

L'analisi effettuata è di tipo **statica equivalente**, ai sensi del §7.2.2 delle NTC 2008. Tale approccio è stato possibile grazie alla **regolarità in altezza** della costruzione e alla **continuità dei sistemi resistenti verticali** (maschi murari) lungo tutta l'elevazione.

È stato verificato il rispetto della condizione $T_1 \leq 2,5T_C \leq T_D$ per entrambi i modelli.

Per ciascuno dei due modelli è stata effettuata una verifica globale di vulnerabilità, riducendo progressivamente la **PGA (Peak Ground Acceleration)** fino all'ottenimento della verifica di tutti i maschi murari modellati (69 nella configurazione pre e 62 post-intervento).

Risultati dell'analisi sismica

Stato di fatto

Nel modello pre-intervento, il tempo di ritorno T_r per cui la struttura risulta completamente verificata è pari a **70 anni**, con una **PGA di capacità (PGAC)** pari a **0,086 g**.

La **PGA di domanda (PGAD)** del sito per $T_r = 475$ anni risulta pari a **0,1154 g**, da cui deriva un **indice di sicurezza IS-V = 0,75**, ovvero la struttura è in grado di sopportare il 75% della domanda sismica prevista per una nuova costruzione.

STATO LIMITE SLV	PGA	
Capacità	0.0860	
Domanda	0.1154	
INDICE DI SICUREZZA		
IS-V (PGAC/PGAD)	0.75	= 75 %

Stato di progetto

Nel modello post-intervento, a seguito delle opere realizzate (cordolo, solaio X-LAM, abbaino, riduzione delle masse), la PGA di capacità aumenta a **0,092 g**, e il tempo di ritorno per il quale tutti i maschi risultano verificati è **Tr = 115 anni**.

L'indice di sicurezza IS-V sale a **0,80**, pari all'80% della PGA richiesta, evidenziando un miglioramento sismico di **5 punti percentuali**.

STATO LIMITE SLV	PGA	
Capacità	0.0920	
Domanda	0.1154	
INDICE DI SICUREZZA		
IS-V (PGA _C /PGA _D)	0.80	= 80 %

Confronto degli spostamenti

Il confronto delle **deformazioni massime** nei due modelli mostra una riduzione degli spostamenti globali del **26%**:

- **ΔPRE = 0,331 cm**
- **ΔPOST = 0,243 cm**

Questa riduzione, conseguente all'adozione del cordolo e all'alleggerimento del solaio, è un indicatore diretto dell'efficacia dell'intervento.

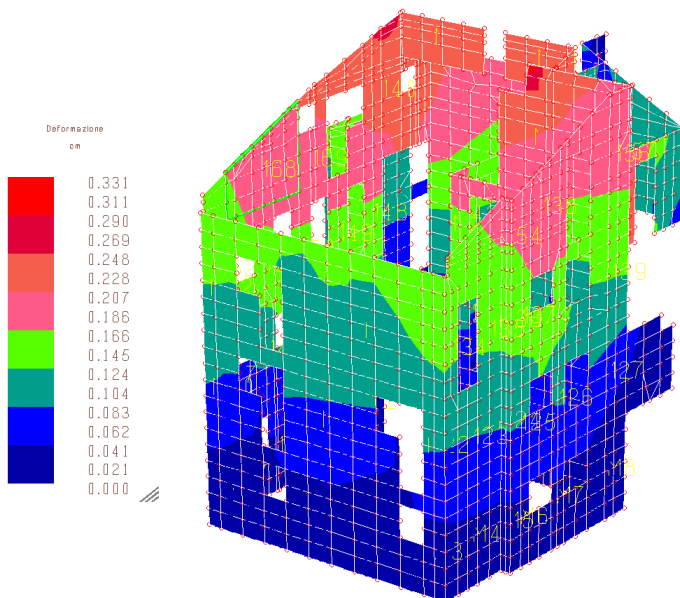


Figura 3 - Deformazioni massime pre-intervento (in valore assoluto)

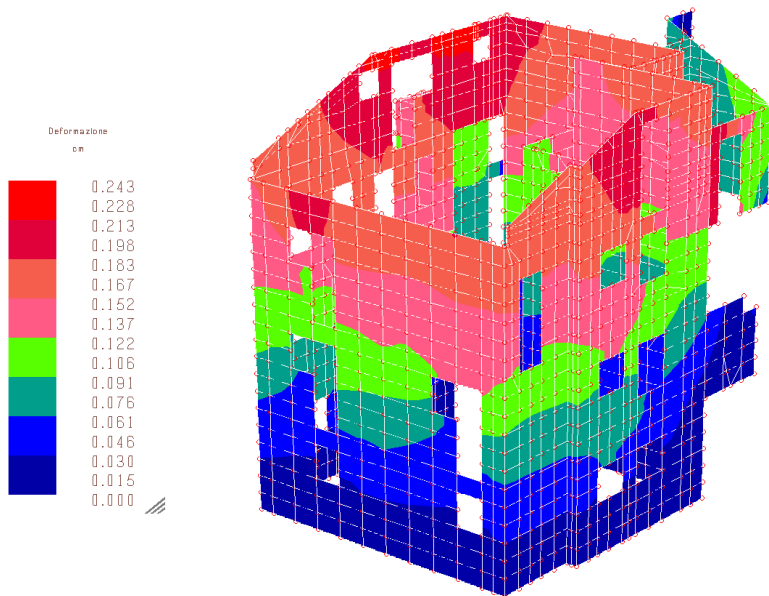


Figura 4 - Deformazioni massime post-intervento (in valore assoluto)

Conclusioni

Il caso in oggetto rappresenta un **esempio concreto di miglioramento sismico su edificio esistente in muratura**, in zona alpina ad alta pericolosità sismica. L'intervento ha permesso non solo l'adeguamento funzionale e architettonico del sottotetto, ma anche un sensibile incremento delle prestazioni sismiche globali.

Attraverso l'uso di tecniche di modellazione consolidate, l'inserimento di elementi strutturali strategici (cordolo sommitale, solaio in X-LAM, riduzione dei carichi permanenti), e la verifica puntuale dei maschi murari, si è raggiunto un incremento della capacità sismica con indici di sicurezza in crescita dal **75% all'80%**, e una significativa riduzione delle deformazioni.

Questo approccio integrato rappresenta un modello replicabile per il recupero e l'efficientamento strutturale del patrimonio edilizio montano, in coerenza con le attuali esigenze normative e prestazionali.