

# Progetto e verifica dei solai in zona sismica

Le "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14/01/2008) stabiliscono l'obbligo della progettazione e verifica alle azioni sismiche per l'intero territorio nazionale, ammettendo solo per la zona 4 una valutazione semplificata e, sotto specifiche e definite condizioni, la possibilità di applicare il "vecchio" metodo delle tensioni ammissibili.

Per la maggior parte del territorio italiano, classificato come zona sismica 1, 2 o 3, nei confronti delle azioni sismiche, sono richieste le verifiche agli:

- stati limite di esercizio;
- stati limite ultimi.

Entrambi sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli *stati limite di esercizio* previsti sono:

- stato limite di operatività (SLO): a seguito del terremoto, la costruzione nel suo complesso non deve subire danni o interruzioni di uso significativi;
- stato limite di danno (SLD): a seguito del terremoto, la costruzione nel suo complesso non deve subire danni tali da mettere a rischio l'incolumità degli utenti e compromettere la capacità di resistenza e rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur essendo interrotta la funzionalità di parte delle attrezzature.

Gli *stati limite ultimi* previsti sono:

- stato limite di salvaguardia della vita (SLV): a seguito del terremoto, a causa del quale la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali, a cui si associa una perdita di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali, la costruzione conserva, invece, una parte della resistenza e della rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- stato limite di prevenzione del 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.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali, le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni, così come definito nel paragrafo 2.5.3. del D.M. 14/01/2008, secondo la relazione:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_j \Psi_{2j} Q_{kj}$$

dove:



- $G_1$  = peso proprio di tutti gli elementi strutturali;  
 $G_2$  = peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;  
 $P$  = pretensioni o precompressioni;  
 $E$  = azioni sismiche;  
 $Q$  = azioni variabili (di lunga durata o di breve durata).

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \Psi_{2j} Q_{kj}$$

I valori dei coefficienti  $\Psi_{2j}$  sono riportati, a seconda della destinazione d'uso, nella tabella 2.5.I del D.M. 14/01/2008 (tab. I).

| Categoria/Azione variabile                                                | $\Psi_{0i}$ | $\Psi_{1i}$ | $\Psi_{2i}$ |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Categoria A Ambiente ad uso residenziale                                  | 0,7         | 0,5         | 0,3         |
| Categoria B Uffici                                                        | 0,7         | 0,5         | 0,3         |
| Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento                         | 0,7         | 0,7         | 0,6         |
| Categoria D Ambienti ad uso commerciale                                   | 0,7         | 0,7         | 0,6         |
| Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale | 1,0         | 0,9         | 0,8         |
| Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)    | 0,7         | 0,7         | 0,6         |
| Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)       | 0,7         | 0,5         | 0,3         |
| Categoria H Coperture                                                     | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| Vento                                                                     | 0,6         | 0,2         | 0,0         |
| Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)                                       | 0,5         | 0,2         | 0,0         |
| Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)                                          | 0,7         | 0,5         | 0,2         |
| Variazioni termiche                                                       | 0,6         | 0,5         | 0,0         |

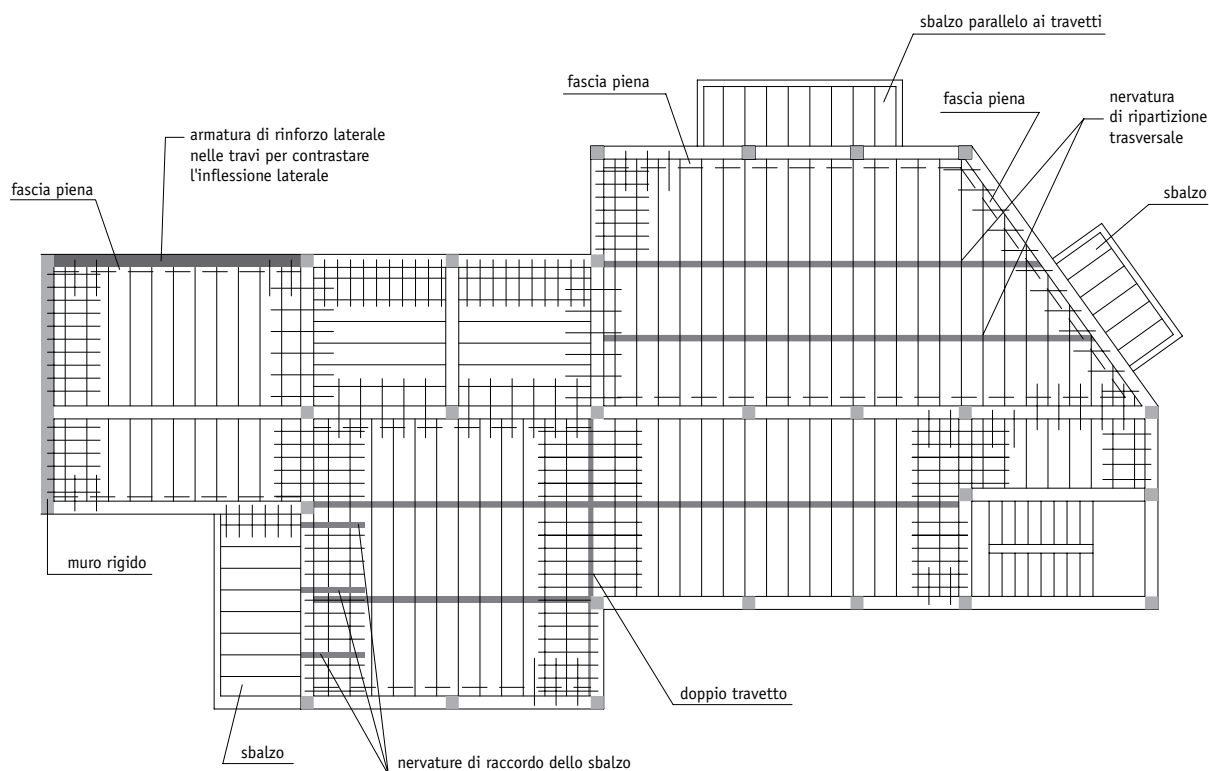
**Tabella 1 - Valori dei coefficienti di combinazione (rif. tabella 2.5.I del D.M. 14/01/2008).**

Le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi, sia degli elementi strutturali che degli elementi non strutturali e degli impianti, si effettuano in termini di "resistenza" e di "duttilità". Per quanto riguarda le verifiche di resistenza, per tutti gli elementi strutturali deve risultare soddisfatta la condizione che il valore di progetto di ciascuna sollecitazione ( $E_d$ ), calcolato in generale tenendo conto delle regole di "gerarchia delle resistenze" indicate per le diverse tecniche costruttive, sia inferiore al corrispondente valore della resistenza di progetto ( $R_d$ ).

In particolare, per i solai è previsto che siano in grado di trasmettere le forze ottenute dall'analisi, aumentate del 30 %. Per le verifiche di duttilità, la condizione da verificare è che i singoli elementi strutturali, e la struttura nel suo insieme, possiedano una duttilità coerente con il fattore di struttura "q" adottato. Questa condizione si può ritenere soddisfatta applicando le regole di progetto specifiche e di gerarchia delle resistenze indicate per le diverse tipologie costruttive. La maggiore attenzione da prestare ad un solaio in zona sismica è proprio quella di assicurarsi che tutte le tensioni interne che si generano, a causa di tali azioni sismiche, e le deformazioni conseguenti, siano adeguatamente contrastate da opportuni dispositivi.



Normalmente, l'operazione, seguita dal progettista, per il dimensionamento e la verifica di un solaio, tiene conto soltanto delle sole problematiche che si possono dedurre da uno schema statico astratto, individuato dal progettista stesso, sottoposto alle azioni verticali ed orizzontali. Sulla base della sua "sensibilità", poi, una volta determinate le caratteristiche della sollecitazione, effettuerà tutte le operazioni di "cucitura" che tengano conto delle situazioni derivanti dal comportamento reale all'interno della effettiva organizzazione strutturale (fig. 1). Resta sempre il fatto che, in zona sismica, le sollecitazioni derivano anche da azioni di cui è difficile valutare l'entità e che, soprattutto, si presentano estremamente variabili per quanto riguarda la direzione ed il verso.



**Fig.1 – Possibili interazioni tra le varie parti delle strutture ed il solaio e dispositivi di "cucitura".**

E' opportuno aggiungere che il paragrafo 2.7 delle NTC sancisce l'obbligo di applicazione del metodo agli stati limite, ammettendo solo in una particolare condizione il metodo di verifica alle tensioni ammissibili. E' previsto quindi che, limitatamente alla zona sismica 4 (con livello di pericolosità "minimo"), il metodo di verifica alle tensioni ammissibili sia applicabile per le costruzioni di tipo 1 e 2 (rispettivamente, opere provvisorie e ordinarie) e classe d'uso I e II (costruzioni poco o normalmente affollate).

Seguendo le suddette indicazioni, precisate nell'attuale normativa, ovvero applicando il metodo delle tensioni ammissibili, non vanno considerate le prescrizioni del capitolo 7 (*Progettazione per azioni sismiche*) che, viceversa, tratta unicamente il metodo semiprobabilistico agli stati limite; in tal caso, il riferimento normativo per il calcolo è rimandato al D.M. 14/02/92, per le strutture in calcestruzzo. Per i requisiti e le prestazioni dei materiali e dei sistemi costruttivi si fa, invece, riferimento al capitolo 4 (*Costruzioni civili e industriali*) e al capitolo 11 (*Materiali e prodotti per uso strutturale*) delle nuove NTC. Infine, le azioni sismiche dovranno essere sempre valutate assumendo pari a 5 il grado di sismicità  $S$ , come definito nel D.M. 16/01/96.