

# FORMULE DI COMBINAZIONE PER GLI STATI LIMITE

## NOTIZIA DI ERRORI

Chi scrive ha lavorato alla creazione di procedure di calcolo automatico aventi per oggetto le prescrizioni di norma in merito al Metodo Semi Probabilistico agli Stati Limite (SPSL), ed ha fatto una constatazione, precisamente in merito alle combinazioni di calcolo, la quale è l'oggetto di questa *notizia*.

Le formule che nelle norme (Decreto Ministeriale 16-1-1996, Circolare Ministeriale 4-7-1996, Ordinanza PCM 3274/03, Eurocodici) dicono come generare le combinazioni per gli stati limite ultimi e per quelli di servizio non sono in generale a favore di sicurezza, e contengono un errore sistematico.

*Chi usa quelle formule così come sono rischia pertanto di trascurare situazioni di carico fondamentali per alcuni elementi costruttivi.*

Precisamente le formule per gli *stati limite ultimi* che sono scritte così:

$$\text{Azioni variabili} \quad \gamma_g G_k + \gamma_q Q_{1k} + \sum_{i=2}^{nq} \gamma_{qi} (\psi_{0i} Q_{ik}) \quad (1)$$

$$\text{Azioni accidentali (sisma)} \quad G_k + \gamma_{Ia} E_a + \sum_{i=1}^{nq} (\psi_{2i} Q_{ik}) \quad (2)$$

dovrebbero invece essere scritte come segue, con la precisazione che  $\gamma_{qi}$  (quello nella sommatoria) può valere 1 o 0 a seconda di quale situazione risulti individualmente peggiore per il singolo elemento costruttivo:

$$\sum_{i=1}^{ng} \gamma_{gi} G_{ki} + \gamma_{q1} Q_{1k} + \sum_{i=2}^{nq} \gamma_{qi} \psi_{0i} Q_{ik} \quad (1\text{bis})$$

$$\sum_{i=1}^{ng} G_{ik} + \gamma_{Ia} E_a + \sum_{i=1}^{nq} (\gamma_{qi} \psi_{2i} Q_{ik}) \quad (2\text{bis})$$

La (1) si trova nel Decreto Ministeriale del 1996 e nella Circolare con le relative istruzioni. La (2) si trova nell'Ordinanza PCM 3274 (dove è imposta come formula di combinazione che "deve essere effettuata", par. 3.3. parte relativa agli edifici), e negli Eurocodici. Le formule per gli *stati limite di servizio* che sono scritte così

$$\text{Combinazioni rare} \quad G_k + Q_{1k} + \sum_{i=2}^{nq} \psi_{0i} Q_{ik}$$

$$\text{Combinazioni frequenti} \quad G_k + \psi_{11} Q_{1k} + \sum_{i=2}^{nq} \psi_{2i} Q_{ik} \quad (3)$$

$$\text{Combinazioni quasi permanenti} \quad G_k + \sum_{i=1}^{nq} \psi_{2i} Q_{ik}$$

Dovrebbero invece essere scritte così (con analoga precisazione)

$$\begin{array}{l}
\text{Combinazioni rare} \quad \sum_{i=1}^{ng} G_{ki} + Q_{1k} + \sum_{i=2}^{nq} \gamma_{qi} \psi_{0i} Q_{ik} \\
\text{Combinazioni frequenti} \quad \sum_{i=1}^{ng} G_{ki} + \psi_{11} Q_{1k} + \sum_{i=2}^{nq} \gamma_{qi} \psi_{2i} Q_{ik} \quad (3\text{bis}) \\
\text{Combinazioni quasi permanenti} \quad \sum_{i=1}^{ng} G_{ki} + \sum_{i=1}^{nq} \gamma_{qi} \psi_{2i} Q_{ik}
\end{array}$$

Le (3) si trovano sia negli Eurocodici che nella Circolare Ministeriale.

In sostanza le formule delle norme in vigore non prevedono la selettiva nullità delle azioni variabili: le azioni variabili sono sempre o tutte presenti o tutte assenti. Invece se solo alcune sono presenti ed altre no si possono avere situazioni peggiori per qualche elemento strutturale.

E' da notare che la scrittura di queste equazioni in modo corretto svela una circostanza, generalmente taciuta: su strutture reali, quelle non simmetriche e spaziali, con azioni di varia natura ed origine, il numero delle combinazioni "statistiche" generate da (1bis) (2bis) raggiunge facilmente le migliaia.

Si chiede pertanto la correzione delle formule errate o in alternativa che venga lasciata piena libertà al progettista, fatti salvi i coefficienti parziali, di decidere il numero ed il tipo delle combinazioni da adottare.

Paolo Rugarli