

Circolare Ministero dei Lavori Pubblici, Presidenza Del Consiglio Superiore, Servizio Tecnico Centrale, n. 22631 del 24 Maggio 1982 - istruzioni relative ai carichi, ai sovraccarichi ed ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni

(Legge 2 febbraio 1974 ,n. 64 D.l. 12 febbraio 1982)

PARTE I Verifica di sicurezza delle strutture

1. CRITERI GENERALI DI VERIFICA

1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE

Le presenti istruzioni riguardano le costruzioni ad uso civile ed industriale. I metodi generali di verifica, nonché i valori delle azioni previsti sono applicabili a tutte le costruzioni da realizzare nel campo dell'ingegneria civile per quanto non in contrasto con vigenti norme specifiche.

1.2. UNITA' DI MISURA

Il sistema di unità di misura adottato è il Sistema Internazionale di unità, denominato con la sigla SI » di cui alle direttive comunitarie 76/770/CEE del 27-7-1976.

1.3. MATERIALI

Per le proprietà dei materiali e la loro determinazione si rinvia alle prescrizioni di cui alle norme vigenti.

1.4. SCOPO DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA

Scopo delle verifiche è di garantire che l'opera sia in grado di resistere con adeguata sicurezza alle azioni cui potrà essere sottoposta, rispettando le condizioni necessarie per il suo esercizio normale e assicurando la sua conservazione nel tempo.

Tali verifiche si applicano alla struttura presa nel suo insieme ed a ciascuno dei suoi elementi costitutivi; esse devono essere soddisfatte sia durante l'esercizio sia nelle diverse fasi di costruzione, trasporto e messa in opera.

1.5. METODI DI VERIFICA

I metodi di verifica ammessi dalle presenti norme sono:

- a) il « metodo delle tensioni ammissibili »
- b) il « metodo semiprobabilistico agli stati limite » (come illustrato al capitolo 2°).

Oltre ai metodi a) e b) sono consentiti altri metodi di verifica scientificamente comprovati, purché venga assicurata una sicurezza non inferiore a quella ottenuta con l'applicazione dei sopradetti metodi.

Il metodo delle tensioni ammissibili è quello finora più comunemente conosciuto ed impiegato.

Per questo motivo si ritiene di poter omettere la specificazione di definizioni, metodologia e criteri, che invece viene fatta per il «metodo semi-probabilistico agli stati limite nel successivo capitolo 2°.

Tuttavia non è difficile riconoscere che molte specificazioni qui inquadrate nella descrizione di quest'ultimo metodo corrispondono in realtà a delle procedure tradizionalmente seguite nell'ambito del metodo delle tensioni ammissibili.

2. METODO SEMIPROBABILISTICO AGLI STATI LIMITE

2.1. INTRODUZIONE AI PRINCIPI GENERALI

2.1.1. Premessa

Secondo il metodo «semi-probabilistico agli stati limite» la sicurezza nei riguardi delle condizioni ritenute pregiudizievoli (stati limite) viene garantita, per quanto possibile, su basi statistiche.

2.1.2. Definizione degli stati limite

Si definisce « stato limite » uno stato raggiunto il quale, la struttura o uno dei suoi elementi costitutivi, non può più assolvere la sua funzione o non soddisfa più le condizioni per cui è stata concepita.

Gli stati limite si suddividono in due categorie:

a) stati limite ultimi, corrispondenti al valore estremo della capacità portante o comunque al raggiungimento di condizioni estreme;

b) stati limite di esercizio, legati alle esigenze di impiego normale e di durata.

2.1.2.1. Stati limite ultimi

Nei casi usuali si devono considerare gli stati limite ultimi derivanti da:

- perdita di equilibrio di una parte o dell'insieme della struttura, considerata come corpo rigido;
 - rottura localizzata della struttura, per azioni statiche;
 - collasso per trasformazione della struttura o di una sua parte in meccanismo;
 - instabilità per deformazione;
 - rottura localizzata della struttura per fatica;
 - deformazione plastica o di fluage, o fessurazione o scorrimento di giunti che conducano ad una modifica della geometria, tale da rendere necessaria la sostituzione della struttura o di sue parti fondamentali;
 - degradazione o corrosione che rendano necessaria la sostituzione della struttura o di sue parti fondamentali.
- Non si effettueranno di regola delle verifiche nei riguardi del raggiungimento degli stati limite ultimi per effetto di azioni eccezionali quali uragani, esplosioni, urti, ecc.; tuttavia la concezione strutturale, i dettagli costruttivi ed i materiali usati dovranno essere tali da evitare che la struttura possa essere danneggiata in misura sproporzionata alla causa.
- In presenza di cicli di carico di notevole intensità si effettuerà anche la verifica nei riguardi della formazione di meccanismi da collasso incrementale.

2.1.2.2. Stati limite di esercizio

Oltre agli eventuali stati limite di esercizio specificatamente previsti caso per caso, di regola si dovranno prendere in esame gli stati limite di esercizio derivati da:

- deformazioni eccessive;
- fessurazioni premature o eccessive;
- degradazione o corrosione;
- spostamenti eccessivi (senza perdita dell'equilibrio);
- vibrazioni eccessive.

2.1.3. Verifiche da effettuare

Occorre effettuare, con riferimento a quanto esposto nel punto precedente:

- verifiche agli stati limite ultimi;
- verifiche agli stati limite di esercizio.

2.1.4. Azioni da considerare nelle verifiche

Per la determinazione delle sollecitazioni S ^[1] nei vari stati limite, si deve tener conto delle seguenti azioni F ^[2].

- a) le azioni dirette (forze): carichi permanenti (peso proprio ed altri carichi fissi) e carichi variabili (carichi di servizio, neve, vento, sismi, spinta delle terre, forze dinamiche, ecc);
- b) le azioni indirette (deformazioni impresse): variazioni termiche, ritiro, pre-tensione, spostamenti di vincoli, difetti di montaggio, ecc.;
- c) le azioni di carattere chimico-fisico dovute a: agenti aggressivi, umidità, gelo, materiali nocivi, ecc.

In particolare nella determinazione delle sollecitazioni S si dovrà tener conto degli effetti dovuti ad eccentricità non voluta, per imperfezioni geometriche, di carico, etc.

2.2. METODOLOGIA PROBABILISTICA

2.2.1. Applicazione dei concetti probabilistici

Il raggiungimento di uno stato limite può essere provocato dall'intervento concomitante di vari fattori di carattere aleatorio derivanti dalle incertezze relative:

- alle resistenze dei materiali impiegati rispetto ai valori assunti dal progettista, e ciò anche in relazione alle effettive condizioni realizzate in sito ed ai parametri che influiscono sullo stato limite considerato (carichi di lunga durata, fatica, fragilità, ecc);
- all'intensità delle azioni dirette, indirette e di natura chimico-fisica ed alla probabilità della loro coesistenza;
- alla geometria della costruzione;
- alla divergenza tra gli effetti realmente indotti dai carichi e quelli calcolati.

L'obiettivo delle verifiche di sicurezza è di mantenere la probabilità di raggiungimento dello stato limite considerato entro il valore prestabilito in relazione al tipo di costruzione preso in esame, alla sua influenza sulla incolumità delle persone ed alla sua prevista durata di esercizio.

2.2.2. Procedimenti operativi del metodo semiprobabilistico

Il metodo semiprobabilistico, qui adottato, prevede:

a) l'introduzione dei « valori caratteristici » (come definiti al punto 2.3.) per tutte le grandezze delle quali si vuole mettere in conto il carattere aleatorio, e in ogni caso per:

- le resistenze che definiscono le proprietà meccaniche dei materiali;
- l'intensità delle azioni;

b) la trasformazione di tali valori caratteristici in « valori di calcolo » adeguati allo stato limite considerato, mediante l'applicazione di coefficienti γ_m o γ_f al fine di coprire gli altri fattori di incertezza di cui al punto 2.2.1.

Le resistenze di calcolo dei materiali si ottengono dividendo le resistenze caratteristiche per i coefficienti γ_m . Le azioni di calcolo si ottengono dalle azioni caratteristiche, moltiplicandole per i coefficienti γ_f ;

c) il confronto fra i valori degli effetti resistenti di calcolo (ad esempio sollecitazione resistente della sezione o della membratura, deformazione limite) con gli effetti delle azioni di calcolo (ad esempio sollecitazione dovuta alle azioni di calcolo o deformazione), verificando che i primi non siano superati dai secondi moltiplicati per un eventuale coefficiente γ_0 . Questo coefficiente ha lo scopo di introdurre un eventuale ulteriore margine di sicurezza tra le resistenze associate allo stato limite in esame e gli effetti delle azioni di calcolo, per tener conto di aleatorietà non considerate con γ_m e γ_f .

Il valore di γ_0 sarà definito dalle normative specifiche dei singoli tipi strutturali e per i vari stati limite considerati.

2.2.3. Dimensioni geometriche, moduli elastici e coefficienti di dilatazione termica di materiali

In prima approssimazione le dimensioni geometriche, i valori dei moduli elastici dei materiali (E, G) e i coefficienti di dilatazione termica possono essere assunti deterministici.

2.3. VALORI CARATTERISTICI

2.3.1. Resistenze caratteristiche dei materiali

Le resistenze caratteristiche dei materiali sono, per definizione, i frattili^[3] di ordine 0,05 delle rispettive distribuzioni statistiche.

In mancanza di specifiche indagini sperimentali, tali distribuzioni si possono ritenere normali. Le resistenze caratteristiche f_k si calcolano mediante l'espressione:

$$f_k = f_m - Ks \quad (1)$$

in cui:

$$f_m = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{f_i}{n}$$

— è la media aritmetica degli n risultati sperimentali f_i

$$s = \sqrt{\sum \frac{(f_i - f_m)^2}{n - 1}}$$

— è lo scarto quadratico medio degli stessi;

k — è un coefficiente che, per una probabilità accertata del 5% e per una distribuzione statistica normale della popolazione, risulta pari a 1,645.

Poiché in pratica si opera su un numero limitato n di saggi, (di prelievi nel caso del calcestruzzo), il valore del coefficiente k deve essere adeguatamente incrementato in funzione di n .

Di regola si adottano per i diversi materiali i valori di k indicati nelle Norme Tecniche emanate ai sensi dell'art. 21 della legge 5-11-1971, n. 1086.

2.3.2. Azioni caratteristiche

Il valore caratteristico delle azioni permanenti è il frattile di ordine 0,95 ovvero quello di ordine 0,05 delle relative distribuzioni statistiche (indicati F_k e F'_k rispettivamente), a seconda che i valori rilevanti ai fini della sicurezza siano quelli più elevati ovvero quelli più bassi.

Per le azioni variabili nel tempo, i valori caratteristici devono essere riferiti al periodo di vita prefissato per la struttura.

I valori caratteristici delle azioni sono espressi dalle relazioni:

$$F_k = F_m (1 + k\delta), \quad (2)$$

$$F'_k = F_m (1 - k'\delta), \quad (3)$$

in cui: F_m è il valore medio, $\delta = s/F_m$ è il coefficiente di variazione, k e k' sono coefficienti che dipendono dal tipo della distribuzione in esame. In mancanza di dati probabilistici specifici, i valori caratteristici delle azioni F_k e F'_k da considerare nei calcoli, saranno desunti dai dati indicati nella successiva Parte II. Il completamento delle relative indicazioni statistiche potrà fondarsi sulle informazioni risultanti da comprovate indagini specifiche.

2.3.3. Valore caratteristico delle forze di pre-tensione

Quando si possono assimilare gli effetti della pre-tensione ad un insieme di forze esterne, l'intensità caratteristica delle forze di pre-tensione P_k è, per definizione, il frattile di ordine 0,95 (oppure 0,05) delle relative distribuzioni.

La forza caratteristica di pre-tensione agente in una data sezione, sia in corso di esecuzione che in esercizio, è definita in base:

- alla forza di pre-tensione iniziale caratteristica;
- al valore caratteristico assunto all'istante considerato dalle perdite di tensione istantanee e differite nel tempo.

2.4. VALORI DI CALCOLO

2.4.1. Resistenza di calcolo dei materiali

Le resistenze di calcolo f_d sono definite mediante l'espressione:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m}$$

I coefficienti γ_m per gli stati limite ultimi e per gli stati limite di servizio, saranno precisati nelle normative specifiche dei singoli tipi costruttivi (strutture in acciaio, strutture in c.a., in c.a.p., ponti, ecc), in relazione a quanto indicato ai punti 2.2.1. e 2.2.2.

In determinati casi il coefficiente γ_m potrà essere scisso in due o più coefficienti, riguardanti, ciascuno, le varie cause che possono dar luogo a specifiche riduzioni di resistenza.

2.4.2. Combinazioni di carico

2.4.2.1. Combinazioni di carico per stati limite ultimi

Le formule di combinazione qui indicate hanno carattere orientativo e possono applicarsi a costruzioni civili o industriali di tipo corrente per le quali non esistano regolamentazioni specifiche.

Si adotteranno le combinazioni del tipo:

$$F_d = \gamma_g G_k + \gamma_p P_k + \gamma_q \left[Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{oi} Q_{ik}) \right] \quad (5)$$

assumendo per i coefficienti γ_f

$\gamma_g = 1,5$ (1,0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);

$\gamma_p = 0,85$ (1,2 se il suo contributo diminuisce la sicurezza);

$\gamma_q = 1,5$ (0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);

ed essendo:

G_k il valore caratteristico delle azioni permanenti;

P_k il valore caratteristico della forza di precompressione;

Q_{1k} il valore dell'azione di base di ogni combinazione;

Q_{ik} i valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti;

ψ_{oi} coefficiente di combinazione allo stato limite ultimo da determinarsi sulla base di considerazioni statistiche.

In assenza di queste si assume ψ_o non inferiore a 0,6 per i carichi variabili di esercizio nei fabbricati per abitazione e uffici e/o non inferiori a 0,75 per neve e vento.

Qualora le deformazioni impresse esercitino una azione significativa sullo stato limite ultimo considerato se ne terrà conto applicando loro un coefficiente di 1,2.

Il contributo delle deformazioni impresse, non imposte appositamente, deve essere trascurato se a favore della sicurezza.

Nella (5) ciascuna azione variabile, deve essere di volta in volta assunta come azione di base della combinazione.

2.4.2.1.1. Azioni eccezionali

Le azioni eccezionali (uragani, urti, esplosioni, ecc.) da considerare solo quando prescritte, si combinano solo con i carichi di carattere permanente. In tal caso alle verifiche di cui alla formula (5) sopra riportata, si aggiunge la seguente:

$$F_d = G_k + Q_{dk} + \gamma_{ex} Q_{ex} \quad (6)$$

espressione in cui Q_{dk} corrisponde alla frazione dei carichi variabili caratteristici aventi una durata di applicazione superiore a 30 giorni all'anno e Q_{ex} è il valore nominale dell'azione eccezionale considerata.

I valori del fattore γ_{ex} nell'applicazione della formula (6) vengono fissati nell'intervallo 1,0-1,5 in relazione alla importanza dei danni cui potrebbe dar luogo il raggiungimento dello stato limite considerato.

2.4.2.2. Combinazioni di carico per Stati limite di esercizio

Le formule di combinazione qui indicate hanno carattere orientativo e possono applicarsi a costruzioni civili o industriali di tipo corrente e per le quali non esistono regolamentazioni specifiche.

Si prenderanno in esame le seguenti combinazioni:

— rare:

$$F_d = G_k + P_k + Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{1i} Q_{ik}) \quad (7)$$

— frequenti:

$$F_d = G_k + P_k + \psi_1 Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{2i} Q_{ik}) \quad (8)$$

— quasi permanenti:

$$F_d = G_k + P_k + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{2i} Q_{ik}) \quad (9)$$

essendo:

ψ_1 : coefficiente atto a definire i valori delle azioni variabili assimilabili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;

ψ_2 coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni variabili assimilabili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

In mancanza di informazioni adeguate si potranno attribuire ai Coefficienti ψ_1, ψ_2 i valori seguenti:

AZIONE	ψ_1	ψ_2
Carichi variabili nei fabbricati per abitazioni	0.35	0.2
Uffici e negozi	0.6	0.3
Autorimesse	0.7	0.6
Vento e neve [4]	0.2	0

2.4.3. Modifica dei livelli di sicurezza

Le normative specifiche assegneranno ai coefficienti γ_m e γ_0 valori tali che, in unione ai valori dei coefficienti γ_f indicati al paragrafo 2.4.2.1., ne risultino livelli usualmente accettati di probabilità di raggiungimento dello stato limite ultimo per il previsto periodo di utilizzo della struttura. Qualora per certe strutture il raggiungimento di tale stato limite ultimo possa apportare particolare pericolo alla comunità, può essere richiesto un livello di sicurezza maggiore. Similmente in altri casi può essere sufficiente un grado di sicurezza inferiore.

Nel prospetto 2.4.3.1., a titolo di esempio, sono riportati i valori dei coefficienti γ_f per il livello di rischio L e per livelli di rischio $10L$ e $L/10$.

PROSPETTO 2.4.3.1.

LIVELLI DI RISCHIO	10L	L	L/10
Coefficienti γ_f	1,38	1,50	1,61

2.4.4. Stati limite di corrosione e di degrado tecnologico

In mancanza di prescrizioni specifiche, i tecnici responsabili devono impartire istruzioni di carattere operativo che l'esperienza ha dimostrato valide per una accettabile durezza dell'opera, nei confronti di tali stati limite.

[1] Si indica «sollecitazione» o «caratteristica della sollecitazione «S» ogni effetto od insieme di effetti interni (forza normale, momento flettente, forza di taglio, ecc.) che, a causa delle azioni, si determinano nella struttura; più in generale si potrà indicare con «S» ogni effetto od insieme di effetti» (ivi comprese deformazioni, aperture di fessure, ecc. indotte dalle azioni sulla struttura).

[2] Si designa con il termine «azione» F ogni causa o insieme di cause (carichi permanenti, carichi variabili, deformazioni impresse, agenti chimico-fisici...) capaci di indurre stati limite in una struttura.

[3] Il frattile di ordine α di una variabile aleatoria χ è, per definizione, quel valore χ_α tale che:

$$Prob.\{\chi \leq \chi_\alpha\} = \alpha$$

[4] Tali valori dipendono dalla regione in cui si opera.