
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI
RENDICONTI

FRANCO LEVI, EZIO LEPORATI

**Sulla scelta delle modalità operative nelle verifiche
strutturali non lineari. Nota II**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 58 (1975), n.4, p. 577–580.*

Accademia Nazionale dei Lincei

[<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1975_8_58_4_577_0>](http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1975_8_58_4_577_0)

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Meccanica. — *Sulla scelta delle modalità operative nelle verifiche strutturali non lineari.* Nota II di FRANCO LEVI e EZIO LEPORATI, presentata (*) dal Socio P. CICALA.

SUMMARY. — Proposal of approximate procedures in problems with stochastic and vectorial combination of loads and contemporary presence of loads and imposed deformations.

Alle considerazioni di carattere prevalentemente critico riportate nella Nota I, occorre contrapporre la definizione di modalità operative atte ad interpretare correttamente gli aspetti essenziali dei fenomeni, pur rimanendo aderenti agli orientamenti semplificati detti « di livello I ». Le proposte che seguono, riferite al caso più generale di combinazione di azioni di tipo stocastico, di sollecitazioni definite in campo vettoriale o tensoriale, o infine d'intervento simultaneo di forze e di deformazioni impresse si ispirano agli aspetti positivi delle schematizzazioni di cui alle figg. 1 e 2, della Nota I, completandoli con alcuni suggerimenti di carattere intuitivo frutto di « apprezzamenti motivati » (rational belief).

a) In primo luogo riteniamo che nessuna delle obiezioni formulate ponga in discussione l'opportunità di riferire le verifiche effettuate in campo non lineare ad una intensità delle azioni intermedia fra i valori di esercizio e quelli di calcolo. Poichè tuttavia, nel caso più generale di combinazione di azioni di diversa natura, la determinazione del punto di massima densità della convoluzione sollecitazione-resistenza, già difficile in presenza di una unica azione, assume un significato quanto mai incerto, riteniamo preferibile attenerci alla interpretazione data dal metodo dei coefficienti graduati [1] secondo il quale il coefficiente γ_{f1} serve ad individuare un frattile predeterminato dell'azione. Nel caso di combinazione di più azioni l'applicazione di tale concetto potrà comportare l'adozione di valori diversi di γ_{f1} per le varie azioni concomitanti, a seconda della forma analitica delle varie leggi di distribuzione e dei valori dei relativi parametri. A parte qualche complicazione formale, sulla cui portata si dovrà discutere in sede applicativa, la differenziazione di cui trattasi è tuttavia perfettamente lecita qualora l'intensità di riferimento venga presa in conto soltanto per definire un coefficiente d'influenza non lineare da utilizzarsi successivamente in una verifica Hookeana (cfr. fig. 2, Nota I). Da questo punto di vista è quindi più vantaggioso utilizzare un fattore globale γ_f piuttosto che introdurre un fattore integrativo γ_{f3} [2]. Va comunque sottolineata la necessità di mantenere il valore dell'intensità di riferimento entro i limiti di configurazioni effettivamente probabili, sia

(*) Nella seduta dell'8 marzo 1975.

nei riguardi della variabilità delle azioni che di una convoluzione fra sollecitazioni e resistenze riferita al comportamento d'insieme dell'opera ⁽¹⁾.

b) In presenza di più azioni, nel passaggio dalle azioni alle sollecitazioni le leggi di distribuzione subiscono trasformazioni diverse a seconda della natura dell'azione e della sezione alla quale si riferisce il calcolo di verifica; ciò comporta, in campo non lineare, notevoli difficoltà operative. L'introduzione dell'artificio proposto in a) consente una sostanziale semplificazione in quanto permette di applicare i coefficienti riduttori di combinazione, desunti da una analisi stocastica e/o dalla presa in conto del carattere vettoriale o tensoriale delle grandezze in gioco, indifferentemente alle azioni o alle sollecitazioni.

c) Per la fase finale della verifica abbiamo già in precedenza rilevato che la via più logica consiste nell'applicare la formula (1) della Nota I riferita ad una legge azione-sollecitazione di tipo proporzionale, in quanto ciò consente di adeguare le intensità di riferimento delle varie azioni ai parametri delle corrispondenti distribuzioni. Altro sostanziale vantaggio: la possibilità di procedere con le medesime modalità per problemi di qualsiasi natura: isostatici o iperstatici, con o senza effetti del second'ordine. Il metodo consente peraltro di conservare i valori di γ_f consacrati dall'esperienza o di modificarli secondo criteri analogici del tipo di quelli che ispirano il metodo « first order-second moment » [3].

In merito va tuttavia ricordato il caso, già segnalato in precedenza, delle strutture cementizie soggette a deformazioni impresse per il quale la distinzione fra risposta globale e comportamento locale propria del metodo dei coefficienti graduati giustifica una notevole riduzione di γ_f .

d) Qualora si ritenga necessario tener conto dell'influenza delle incertezze sulle resistenze che influiscono sul comportamento globale, si dovrà fare una applicazione oculata del coefficiente γ_{m1} [2]. In particolare la previsione di una riduzione delle resistenze rispetto ai valori caratteristici (e di un incremento corrispondente della deformabilità) sarà generalmente opportuna in presenza di fenomeni del second'ordine. Quando invece la non linearità sia dovuta a plasticizzazione o fessurazione l'accentuazione della deformabilità nelle varie parti dell'opera esercita effetti contrastanti; l'eventuale introduzione del coefficiente γ_{m1} dovrà allora limitarsi a talune zone.

e) In ogni caso l'applicabilità delle modalità operative di cui ai punti precedenti esige la formulazione di precise regole di duttilità e di norme di

(1) Ciò impone, in pratica, di non lasciarsi guidare da considerazioni di carattere unilaterale. Ad esempio, nel calcolo di una costruzione iperstatica senza effetti del second'ordine, un innalzamento dell'intensità di riferimento sembra comportare un duplice vantaggio: da un lato la retta OL delle figg. 1 e 2 della Nota I, potrebbe costituire una migliore interpolazione della curva $q-M$, dell'altra si sfruttano meglio le capacità di adattamento disponibili. Ma è chiaro che, operando in tal guisa, si sottovalutano i rischi d'interruzione della ridistribuzione anelastica per l'intervento di un qualsiasi difetto locale o di sollecitazioni parassite. Al contrario, in presenza di effetti del second'ordine, si deve vincere la tentazione di ridurre l'influenza nociva operando in prossimità delle condizioni di esercizio.

esecuzione atte a ridurre radicalmente i rischi di rottura fragile prima o poco dopo il raggiungimento del livello $\gamma_{f1} q_k$.

f) Un caso a parte costituiscono le verifiche d'instabilità di membrature singole (colonne caricate di punta, travi snelle, ecc.), il cui comportamento assume carattere prevalentemente isostatico. In teoria, trattandosi di un problema del second'ordine, sarebbe logico, in base a quanto esposto al punto d), distinguere nell'ambito del coefficiente correttivo delle resistenze γ_m [2] una frazione γ_{m1} da usarsi per la valutazione dell'effetto del second'ordine, il coefficiente globale γ_m essendo successivamente utilizzato per la verifica locale. Tale modo di procedere è però qui incompatibile con la ricerca della configurazione di divergenza di equilibrio. In pratica si dovrà quindi introdurre sin dall'inizio il coefficiente globale γ_m , operando con ciò a favore della

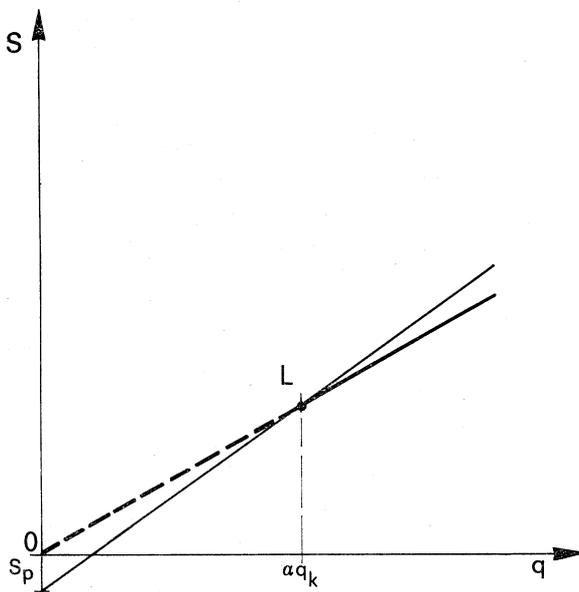


Fig. 1.

stabilità. Analogamente sarà logico, in tali casi, per semplicità operativa adottare un moltiplicatore dei carichi γ_f di tipo globale. Anche tale procedura risulta cautelativa. Si noti tuttavia che le semplificazioni di cui trattasi non si possono estendere allo studio dei fenomeni del second'ordine nelle costruzioni di grande mole per le quali il procedimento generale di ricerca dell'intensità di riferimento delle azioni e la graduazione di γ_m riacquistano tutta la loro importanza.

g) È infine interessante rilevare che la presa in conto di una intensità di riferimento delle azioni, da utilizzarsi con legge Hookeana, può risultare utile anche in campo lineare qualora l'effetto dell'azione esterna si sovrapponga ad un preesistente stato di coazione (ad esempio una precompressione d'intensità S_p).

La rappresentazione di fig. 1, mostra infatti che per poter applicare anche in tal caso l'ineguaglianza [1] della Nota I utilizzando lo stesso fattore di sicurezza per l'azione o per la corrispondente sollecitazione è necessario che l'andamento lineare non proporzionale fra l'azione q e sollecitazione S venga sostituito con una relazione di semplice proporzionalità rappresentata dalla semiretta OL. L'impiego di tale artificio risulta particolarmente utile nelle verifiche a taglio, nell'ambito delle quali l'influenza della precompressione sui risultati del calcolo è molto sensibile. Ciò non accade invece nel campo flessionale nel quale l'incidenza della precompressione sul comportamento allo stato limite ultimo è spesso trascurabile.

BIBLIOGRAFIA

- [1] F. LEVI (1972) – *Le facteur de sécurité dans les problèmes structurels non linéaires*, «Annales de l'Institut Technique Paris», 4.
- [2] *Recommandations Internationales pour le calcul et l'exécution des ouvrages en béton*, CEB-FIP, Prague, 1970.
- [3] C. A. CORNELL (1969) – *A probability based structural code*, «Journal of A.C.I.», 66 (12), dec. 1969.