

*Vincenzo Franciosi*

# Calcolo a rottura

*(Lo stato limite ultimo da meccanismo)*

Liguori Editore

Publicato da Liguori Editore  
via Mezzocannone 19, 80134 Napoli

© Liguori Editore, S.r.l. 1979

Prima edizione italiana luglio 1979

I diritti di traduzione, di riproduzione, e di  
adattamento totale o parziale e con qualsiasi mezzo  
(compresi i microfilm e le riproduzioni fotostati-  
che) sono riservati per tutti i paesi

Copertina di Vittorio Bongiorno  
Printed in Italy Fototipolito Sagraf S.p.A

ISBN 88 - 207 - 0835 - 3

# INDICE

## CAPITOLO I

### CONSIDERAZIONI GENERALI SUGLI STATI LIMITE

1.	Il procedimento di verifica "delle tensioni ammissibili" . . . . .	<i>pag.</i>	11
2.	Critiche al procedimento delle tensioni ammissibili . . . . .	»	24
3.	Il procedimento di verifica "degli stati limite" . . . . .	»	30

## CAPITOLO II

### STUDIO DI UN TRONCO DI TRAVE SOGGETTO A MOMENTO COSTANTE

1.	Il momento limite in presenza di sola flessione: la cerniera plastica . . . . .	»	35
2.	Alcuni valori dei momenti limite per materiale isoresistente . . . . .	»	46
3.	La sezione in conglomerato armato rettangolare a semplice armatura . . . . .	»	58
4.	La sezione in conglomerato armato a $T$ , a semplice armatu- ra . . . . .	»	91
5.	La sezione in conglomerato armato rettangolare a doppia armatura. . . . .	»	100

## CAPITOLO III

### LA CRISI PER FORMAZIONE DI MECCANISMO DA SOLA FLESSIONE

1.	Il procedimento "step by step" . . . . .	»	127
2.	Un elementare esempio numerico di procedimento step by step . . . . .	»	130
3.	Il calcolo delle rotazioni plastiche e degli spostamenti con- nessi con un diagramma di momenti noto . . . . .	»	147
4.	Il procedimento di verifica al collasso incipiente ("limit de- sign"). . . . .	»	154
5.	Un altro esempio elementare di verifica al collasso inci- piente . . . . .	»	163
6.	Il teorema di unicità del meccanismo di rottura . . . . .	»	184
7.	Il metodo di combinazione dei meccanismi elementari. La programmazione lineare. . . . .	»	185

## CAPITOLO IV

## LA CRISI SOTTO AZIONI VARIABILI

1.	Il collasso incrementale . . . . .	»	187
2.	Il collasso da fatica plastica . . . . .	»	195
3.	Carattere comune di vari tipi di collasso; vitalità del calcolo elastico . . . . .	»	198
4.	Alcuni esempi elementari di crisi per azioni variabili . . . . .	»	199

## CAPITOLO V

LA CRISI IN PRESENZA DI MOMENTO FLETTENTE  
E TAGLIO

1.	Studio di un tronco di trave di sezione rettangolare . . . . .	»	219
2.	Un procedimento numerico per lo studio della generica sezione simmetrica . . . . .	»	223
3.	La trattazione approssimata della sezione rettangolare . . . . .	»	239
4.	Il caso del conglomerato armato . . . . .	»	242
5.	La deformazione plastica del tronco elementare . . . . .	»	244
6.	Lo snodo plastico nel caso della contemporanea azione di $M$ e $T$ . . . . .	»	249

## CAPITOLO VI

LA CRISI IN PRESENZA DI MOMENTO FLETTENTE E SFORZO  
NORMALE NELLE SEZIONI SOLLECITATE SECONDO  
UN ASSE DI SIMMETRIA

1.	La cerniera plastica in presenza di sforzo normale . . . . .	»	251
2.	Verifica della legge dello scorrimento plastico . . . . .	»	258
3.	La sezione a due strati . . . . .	»	261
1.	Sezione rettangolare di materiale omogeneo . . . . .	»	267
5.	Sezione a $T$ di materiale omogeneo isoresistente . . . . .	»	272
6.	Sezione di conglomerato armato rettangolare a semplice armatura . . . . .	»	274
7.	Sezione di conglomerato armato rettangolare a doppia armatura simmetrica . . . . .	»	278
8.	Il procedimento di verifica al collasso incipiente . . . . .	»	280
9.	Un esempio numerico . . . . .	»	287

## CAPITOLO VII

LA CRISI SOTTO AZIONI VARIABILI IN PRESENZA DI  
MOMENTO FLETTENTE E SFORZO NORMALE

1.	Il dominio di esercizio . . . . .	»	303
----	-----------------------------------	---	-----

2.	Il collasso incrementale . . . . .	»	305
3.	Il collasso da fatica plastica . . . . .	»	310
4.	Il dominio di esercizio in presenza di carico accidentale uniforme comunque applicato . . . . .	»	313
5.	Il calcolo automatico del coefficiente di sicurezza . . . . .	»	322
6.	Un esempio numerico . . . . .	»	322

## CAPITOLO VIII

### LA CRISI IN REGIME DI FLESSIONE DEVIATA

1.	Flessione deviata semplice . . . . .	»	351
2.	La flessione deviata in presenza di sforzo normale . . . . .	»	362
3.	Il caso del conglomerato armato . . . . .	»	364
4.	La verifica al collasso statico di un telaio spaziale . . . . .	»	366
5.	La verifica di un telaio spaziale sotto azioni variabili . . . . .	»	373

## CAPITOLO IX

### LA CRISI PER TORSIONE PURA

1.	La ricerca del momento torcente . . . . .	»	381
2.	Le sezioni sottili pluriconnesse . . . . .	»	393

## CAPITOLO X

### IL COLLASSO DEI TELAI IN REGIME DI GRANDI SPOSTAMENTI

1.	Limiti di validità dell'ipotesi di piccoli spostamenti . . . . .	»	405
2.	Un esempio elementare secondo la proposta di Merchant . . . . .	»	406
	<i>Bibliografia</i> . . . . .	»	429



## PRESENTAZIONE

*Il testo interessa in modo specifico i progettisti calcolatori di opere civili, sia metalliche che in c.a.; ad essi si propone come guida nella verifica a rottura, e più precisamente allo “stato limite ultimo da meccanismo”, per usare l’espressione ormai codificata nelle normative.*

*Il calcolo a rottura ha lontane ascendenze, più ancora forse del calcolo elastico. Calcoli a rottura rudimentali erano infatti quelli condotti, all’epoca delle strutture murarie, sugli archi, sulle volte, sugli elementi verticali soggetti alle loro spinte, sui muri di sostegno, sullo stesso terreno; tutti eseguiti utilizzando le condizioni di equilibrio attraverso l’uso della funicolare delle forze, e ricercando una soluzione che fosse anche compatibile. Nihil, quindi, sub sole novum.*

*L’affermarsi delle strutture metalliche nella seconda metà dello scorso secolo, e di quelle in conglomerato armato nella prima dell’attuale, fu insieme causa ed effetto dello sviluppo della teoria dell’elasticità. Fu errore però voler applicare i suoi risultati alle strutture murarie, e forse fu anche errore volerli applicare alle strutture in c.a.; ed infatti le contraddizioni non furono, e non potevano esserlo, eliminate.*

*Sembra perciò strano che il calcolo a rottura sia stato accettato molto più facilmente per le strutture in acciaio che per quelle in c.a.; ciò è forse dipeso dal fatto che i progettisti del c.a., ben consci di dover operare utilizzando metodi generati da altri materiali, e materiali non facilmente rinchiudibili nella scatola delle ipotesi a sostegno di tali metodi, han dovuto acquisire una radicata e peraltro benefica diffidenza verso qualsiasi procedimento che non fosse già stato convalidato da una robusta esperienza. Comunque, dall’inizio degli anni cinquanta, data che può essere apposta nel certificato di nascita del calcolo a rottura come attualmente inteso, tale calcolo è diventato adulto in venticinque anni; la sua fase di assestamento è trascorsa, ed ormai esso è accettato nella vigente normativa. Si può dire che in questa il calcolo a rottura e quello tradizionale delle tensioni ammissibili corrano affiancati, con lieve vantaggio del secondo, ma si profila a breve termine il momento del sorpasso, a vantaggio del primo.*

*Tutto ciò impone al progettista un incremento di cognizioni, e questo è piccolo carico, ma anche un cambio di mentalità, e questo è più traumatico. Già in quasi tutte le facoltà di Ingegneria sono attivati insegnamenti di Plasticità; occorre quindi che i laureati, anche i più giovani se non i giovanissimi, acquisiscano da soli quelle cognizioni e quella mentalità, che i Politecnici non hanno potuto fornire al loro tempo.*

*Per il suo dichiarato specifico carattere, e per il pubblico cui si rivolge, questo libro ha aspetto di concretezza, e non indulge a preziosismi accademici; si è fatto ricorso ai più semplici strumenti matematici solo dove necessari. Tra questi strumenti indispensabile appare, soprattutto nel calcolo a rottura, il calcolo automatico, e in particolare la programmazione lineare.*

*E l'auspicio è quello dei vecchi carpentieri navali: avanti, con la buona fortuna.*