

LE DEFORMAZIONI PLASTICHE E LA LORO FUNZIONE STATICA

L'idea che in una costruzione bene progettata i materiali resistenti non debbano in nessun caso ed in nessun punto raggiungere il loro limite di elasticità — idea che ha fino a ieri costituito il canone fondamentale della scienza delle costruzioni e la ragione ultima del suo fondamento su la teoria classica dell'elasticità — è ormai decisamente superata. I più autorevoli tecnici sono oggi propensi ad ammettere che il solo fatto che in qualche parte della struttura il limite di elasticità sia stato raggiunto, non è necessariamente pregiudizievole per la stabilità: che anzi le deformazioni permanenti che si vengono così a produrre possono riuscir utili in quanto, alterando il regime statico del sistema, tendono a determinare una migliore utilizzazione delle caratteristiche resistenti dei materiali.

A questi nuovi orientamenti della scienza ha grandemente contribuito la tecnica del cemento armato, dove il rispetto dei limiti di elasticità è materialmente impossibile e dove quindi le deformazioni permanenti hanno dovuto subito venir ammesse se non altro perché erano praticamente inevitabili.

Furono poi proprio i tecnici del cemento armato i primi ad accorgersi che quelle deformazioni permanenti esercitavano una funzione statica ben definita, influenzando favorevolmente sulla legge di distribuzione delle tensioni interne, e che a quelle deformazioni si poteva utilmente connettere il problema della migliore utilizzazione e quindi della maggiore economia dei materiali.

Oggi che questo problema ha assunto una nuovissima importanza, la scienza delle costruzioni si va rapidamente evolvendo, ed è lecito prevedere che essa non tarderà a cercare un nuovo punto di appoggio nelle nuovissime teorie dell'equilibrio elasto plastico.

Le quali teorie sono tuttora in corso di elaborazione: ma ci consentono già di considerare come acquisiti alcuni punti essenziali che qui vogliamo brevemente fissare, mostrando quale fondamentale influenza essi possono avere sul concetto stesso che noi ci facciamo del modo di resistere delle costruzioni.

Ci riferiremo, tanto per fissare le idee, al problema classico delle travi inflesse; e più precisamente considereremo una sezione sollecitata da un momento flettente di intensità gradualmente crescente.

Fino a che il limite di elasticità del materiale non è raggiunto in alcun punto della sezione, le tensioni interne si distribuiscono su di essa secondo le leggi della teoria classica dell'elasticità. Ma quando il limite di elasticità viene in qualche punto finalmente raggiunto, ivi si incominciano a verificare delle deformazioni plastiche, e le tensioni interne cessano di crescere in funzione lineare della sollecitazione. A partire da quel momento si determina qualche cosa come una limitazione automatica delle tensioni nei punti più sollecitati della sezione, in quanto l'incremento di tensioni richiesto dall'ulteriore aumento della sollecitazione può verificarsi, ed effettivamente si verifica, in corrispondenza di altri punti della sezione inizialmente meno sollecitati.

In questo senso si può affermare che la nuova legge (naturalmente non più lineare) secondo cui si vengono a distribuire le tensioni interne sulla sezione della trave deve realizzare una migliore utilizzazione delle caratteristiche resistenti del materiale.

Intanto alla curvatura elastica, funzione lineare del momento flettente, si viene ad aggiungere una curvatura plastica, funzione crescente, ma in generale non più lineare del momento stesso.

Si spiega così bene come la legge di Hooke cessi di esser verificata mentre hanno inizio le prime deformazioni permanenti.

Ma gli effetti delle deformazioni plastiche non si limitano qui se non nel caso in cui la trave è isostatica, in cui cioè la sollecitazione relativa alla sezione generica è staticamente determinata.

Nei sistemi iperstatici — in cui la sollecitazione stessa è staticamente indeterminata — l'intervento delle deformazioni plastiche può influire anche sulla grandezza, ed in certi casi anche sulla natura della sollecitazione, determinando alterazioni dello stato di equilibrio ben più profonde ed essenziali.

E' infatti facile comprendere che, non appena le prime deformazioni plastiche s'iansi verificate in qualche sezione della trave, ivi i momenti flettenti non cresceranno più in funzione lineare dei carichi. A partire da quel momento si determinerà perciò qualche cosa come una limitazione automatica dei momenti flettenti nelle sezioni più

sollecitate, in quanto ad equilibrare l'ulteriore aumento dei carichi possano provvedere, ed effettivamente provvedano, incrementi di sollecitazione nelle sezioni meno sollecitate, od interventi di sollecitazioni nuove ove la sovrabbondanza dei vincoli lo consenta.

In questo senso si può affermare che la stessa legge secondo cui si vengono a distribuire le sollecitazioni sulle varie sezioni della trave, deve realizzare una migliore utilizzazione delle caratteristiche resistenti delle sezioni stesse.

Non ci dilungheremo qui ad approfondire il meccanismo di questo fenomeno del quale ci siamo diffusamente occupati altrove. ■

Qui ci preme piuttosto di richiamare l'attenzione del lettore sul senso nuovo e sulla nuovissima importanza che, alla luce di queste considerazioni, acquista il fatto della iperstaticità di una struttura.

Noi ci eravamo infatti ormai abituati a considerare i sistemi iperstatici come strutture a cui l'eccesso dei vincoli (sia interni che esterni) conferiva bensì un maggior presidio contro l'assalto dei carichi, ma anche una maggiore suscettibilità a variazioni del regime statico previsto nei calcoli, se intervengono delle deformazioni anelastiche.

Ora questa suscettibilità costituiva un difetto — e qualche volta anche una vera e propria minaccia alla stabilità della struttura — fin che le deformazioni anelastiche si consideravano come delle eventualità deprecabili, che restavano fuori del quadro dei nostri calcoli. Ma oggi, ampliato quel quadro fino a comprendervele, e riveduti i nostri metodi di calcolo in conseguenza, noi siamo invece indotti a considerare quella suscettibilità come una caratteristica preziosa dei sistemi iperstatici; caratteristica della quale la natura normalmente si vale — e della quale noi stessi ci possiamo valere — per realizzare quella migliore utilizzazione delle caratteristiche resistenti dei materiali, che sia compatibile coi dati del problema.

Ed è da tener ben presente il fatto che il meccanismo a cui facciamo appello, e di cui noi conosciamo ormai il segreto, gioca su di un piano tanto più vasto e raggiunge risultati tanto più importanti, quanto più ampia è la gamma delle variazioni di regime che il problema consente, vale a dire quanto più elevato è il grado di iperstaticità del sistema.

GUSTAVO COLONNETTI - Accademico Pontificio

■ COLONNETTI G.: *Su l'equilibrio elastico dei sistemi in cui si verificano anche deformazioni non elastiche.* - Rend. della R. Accad. Nazionale dei Lincei, 1937.

— *De l'équilibre des systèmes élastiques dans lesquels se produisent des déformations plastiques.* - «Journal de Mathématiques pures et appliquées», Paris, 1937-38.

— *Nuovi punti di vista sulla statica degli archi molto ribassati.* - «L'Ingegnere», 1937.

— *Sul calcolo delle deformazioni delle travi in c.a.* - «Il Cemento Armato», 1937.

— *Analisi delle deformazioni plastiche e del conseguente stato di tensioni nelle travi in cemento armato.* - «Il Cemento Armato», 1937.

— *I margini di sicurezza e la loro funzione.* - «Il Cemento Armato», 1938.

— *Calcolare meglio.* - «Il Cemento Armato», 1938.

— *Le problème des déformations plastiques et la théorie des poutres fléchies.* - «La technique des travaux», Paris, 1938.

— *Le problème des déformations plastiques et la théorie des arcs surbaissés.* - «La technique des travaux», Paris, 1938.

— *Saggio di una teoria generale dell'equilibrio elasto-plastico.* - Pontificia Accademia Scientiarum, 1938.

— *Il secondo principio di reciprocità e le sue applicazioni al calcolo delle deformazioni permanenti.* - Rendiconti della R. Accademia Nazionale dei Lincei, 1938.

— *Su la possibilità di un razionale impiego delle deformazioni plastiche dei materiali.* - «L'Ingegnere», 1938.

— *Incrudimento ed isteresi elastica nel quadro della nuova teoria dell'equilibrio elasto-plastico.* - «Pontificia Accademia Scientiarum», 1938.

— *La statica dei corpi elasto-plastici.* - «Pontificia Accademia Scientiarum», '38

— *Théorie de l'équilibre des corps élasto-plastiques.* - «Memorial des Sciences Mathématiques», 1938.

— *Les déformations plastiques et le dimensionnement des systèmes hyperstatiques.* - «L'Ossature Métallique», Bruxelles, 1938.

— *Su la resistenza alla flessione in regime elasto-plastico.* - «Pontificia Accademia Scientiarum», 1938.

— *De la résistance des poutres fléchies en régime élasto-plastique.* - «L'Ossature Métallique», 1938.

DANUSSO A.: *Le autotensioni; spunti teorici ed applicazioni pratiche.* - Rendiconti del Seminario Matem. e Fisico di Milano, 1934.

FROLA E.: *Intorno al teorema di Colonnetti sui sistemi elasto-plastici.* - «Pontificia Accademia Scientiarum», 1938.

GIAY E.: *Progettare meglio.* - «Il Cemento Armato», 1938.

OBERTI G.: *Sul comportamento statico di archi ribassati notevolmente ribassati tipo Ponte del Risorgimento.* - «Memorie dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni del R. Politecnico di Milano», 1937.

— *Indagini sperimentali su di un telaio multiplo in cemento armato.* - «Memorie dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni del R. Politecnico di Milano», 1937.

— *La collaborazione del calcestruzzo teso in una struttura in cemento armato dall'esame dei risultati di una prova in sito.* - «Il Cemento Armato», 1938.

VACCHELLI P.: *Acciai semiduri per c. a.* - «Il Cemento Armato», 1938.