

Teoria dell'elasticità e resistenza dei materiali in alcune recenti opere della scuola francese

Nota del Prof. Ing. Gustavo Colonnetti dell'Università di Pisa.

Ho lette, a pochi mesi di distanza l'una dall'altra, due nuove opere francesi sulla resistenza dei materiali: il terzo volume del *Cours de Mécanique* tenuto all'École Polytechnique da LÉON LECORNU, dell'Istituto di Francia (1); e un volumetto intitolato: *Les méthodes modernes de la résistance des matériaux* di BERTRAND DE FONTVIO- LANT professore all'École Centrale des Arts et Manufactures (2).

I nomi illustri dei due Autori, ed il valore incontestabile della loro vasta opera scientifica, sono troppo noti perchè occorra segnalare l'alto interesse che, nel loro complesso, presentano le due pubblicazioni.

Però in entrambe ho trovato, bene in evidenza, ed esposto direi quasi con compiacenza, uno stridente contrasto fra una *teoria matematica dell'elasticità* tutta rispettosa del più classico rigore, ed una *resistenza dei materiali* così semplicista e completamente trascurante della realtà del fenomeno fisico che mi ha sgradevolmente colpito.

È una resistenza dei materiali che si spiega e si esaurisce in poche parole: la deformazione di un solido generato da un'area piana di forma qualunque (eventualmente anche variabile con continuità) la quale si muova mantenendosi sempre normale alla traiettoria del suo baricentro, vi si studia ammettendo in ogni caso verificata l'ipotesi della indeformabilità delle sezioni rette.

Il solido viene cioè assimilato a un *système* — è LECORNU che scrive — *constitué par des plaques rigides reliées entre elles par des petits ressorts; ces ressorts devraient être établis de façon à résister d'une part aux variations de longueur de chaque élément de fibre, d'autre part au glissement relatif de deux plaques consécutives.*

Ora io mi rendo perfettamente conto della impossibilità che la resistenza dei materiali — intesa come corpo di dottrine che gli ingegneri utilizzano nel calcolo e nelle verifiche di stabilità delle costruzioni — segua scrupolosamente la teoria matematica dell'elasticità anche quando le soluzioni che questa dà dei problemi dell'equilibrio elastico sono irte di difficoltà ed intraducibili in numeri.

Mi rendo conto, per esempio, della impossibilità che l'ingegnere il quale è chiamato a progettare od a collaudare una trave cimentata a torsione istituisca i suoi calcoli sulla base di quella certa funzione armonica, definita mediante i valori della sua derivata normale al contorno, che sola può permettere il calcolo esatto così delle tensioni interne come delle deformazioni, ma che non è nota nè facilmente calcolabile per quelle forme di travi che sono in uso nella tecnica delle costruzioni.

Ma io non riuscirò mai a capacitarmi del perchè quell'ingegnere, pur rinunciando ad applicare la teoria integralmente, non possa e non debba far tesoro dei risultati qualitativi di essa — almeno fino a foggarsi uno schema meccanico del fenomeno della deformazione il meno possibile differente dal vero — e anche dei risultati quantitativi, quando questi gli permettano di calcolare senza troppe difficoltà il valore medio di quelle grandezze di cui non gli è dato di appurare i valori veri, o quando possano servirgli a precisare l'ordine di grandezza dell'errore che si commette ricorrendo a procedimenti semplicemente approssimati.

Il LECORNU giustifica con molta, con troppa disinvoltura lo schema semplicista che costituisce il nocciolo della resistenza dei materiali quale egli la intende.

Nous savons que cela ne peut être mathématiquement vrai — egli scrive — nous avons vu en particulier que la torsion d'une tige à base non circulaire entraîne un certain gauchissement des sections droites; mais nous admettrons que l'influence d'un pareil gauchissement sur la grandeur des forces élastiques est pratiquement négligeable, et l'on conçoit qu'il en puisse être ainsi, parce que l'écart entre la surface déformée et son plan tangent moyen n'est que du second ordre relativement aux dimensions de la section.

Non è affatto così: basta aver presenti i risultati della teoria matematica della torsione nel caso, del resto assai semplice, del

(1) LÉON LECORNU — *Cours de Mécanique* — Paris, Gauthier Villars, tome III (1918) pag. 34 e seguenti.

(2) BERTRAND DE FONTVIO- LANT — *Les méthodes modernes de la résistance des matériaux* — Paris, Gauthier Villars (1919) pag. 11 e seguenti.

cilindro a sezione retta ellittica, per convincersi che l'ingobbamento della sezione ha un'influenza tutt'altro che trascurabile sulla distribuzione delle tensioni interne e sulla grandezza stessa dell'angolo di torsione.

L'errore che si commette trascurando quell'influenza nel calcolo dell'angolo di torsione raggiunge già il 56 per cento del valore calcolato quando il rapporto fra le lunghezze dei due assi è soltanto eguale a due; se questo rapporto sale a tre, a quattro, a cinque, quell'errore diventa rispettivamente del 178, del 352, del 576 per cento e continua naturalmente a crescere sempre più rapidamente col crescere ulteriore dell'eccentricità dell'ellisse.

Mettere alla base di una teoria della torsione — che non sia esplicitamente limitata al solo caso del cilindro a sezione retta circolare — l'ipotesi della indeformabilità delle sezioni rette, non è fare della teoria semplificata, è mettersi volontariamente fuori della realtà.

Analoghe riserve io dovrei fare sulle conclusioni a cui gli Autori citati arrivano nei riguardi delle tensioni interne dovute agli sforzi di taglio, tensioni che essi son naturalmente condotti a ritenere in ogni caso uniformemente distribuite sulla sezione.

Tutte le formole del LECORNU e del BERTRAND DE FONTVIO- LANT, non escluse quelle che essi concordemente adottano per esprimere il lavoro di deformazione — e che perciò rappresentano l'inevitabile punto di partenza di tutti i successivi loro calcoli sulla resistenza delle costruzioni — dovrebbero dunque venire corrette, mediante l'introduzione, nei termini riguardanti il taglio o la torsione, di opportuni *coefficienti di forma*; in mancanza dei quali esse non sono formole di resistenza dei materiali, ma son semplicemente formole sbagliate!

In Italia una eco è giunta di questo deplorabile modo di procedere dei più accreditati autori francesi; ce l'ha portata l'Ingegnere Giuseppe Nicolosi in un suo breve scritto comparso negli *Annali degli Ingegneri ed Architetti Italiani* (1).

Mi sia lecito formulare l'augurio che l'esempio non venga imitato, e che i nostri giovani attingano a più sane fonti lo spunto per i loro studi e per le loro ricerche.

G. COLONNETTI
(Sezione di Torino).

(1) GIUSEPPE NICOLOSI — *Il teorema di Betti e l'equazione di Bertrand de Fontviolet* — *Annali d'Ingegneria e d'Architettura*, anno XXXIV (1919) pag. 38 e seguenti.

Malattie delle leghe

Nel N. 24 dell'*Industria* ho letto un articolo molto interessante nel quale l'Ing. E. Garuffa espone le possibilità di adottare armature metalliche per gli aeroplani. Egli cita fra le altre una lega di Alluminio e Zinco. Su questo argomento mi pare opportuno di portare alla conoscenza dei Colleghi un fatto strano e interessante sia dal lato scientifico, sia per le sue conseguenze pratiche, fatto che venne a mia conoscenza diretta parecchi anni or sono.

La Società Elettricità Alta Italia aveva acquistato dalla A. E. G. di Berlino una forte partita di contatori a corrente continua. Questi apparecchi erano montati su placche rettangolari con una espansione circolare verso il mezzo. Dopo un anno di regolare funzionamento i contatori cominciarono a dare un mare di noie. Ritardavano e si fermavano. Un valente tecnico della Ditta fornitrice trovò che le placche non erano più piane e ne dette colpa al fatto che avevano montato i contatori su tavolette di legno, le quali si erano, secondo lui, sghembate ed avevano sforzate le placche. Si cambiarono le tavolette sostituendole con lastre di marmo. Inutile spesa; i contatori si fermavano. Esaminate le placche si vide che seguivano a deformarsi. Anzi la parte interna lavorata sulla quale erano fissate le bobine, i magneti ecc.: aveva perduto il lucido del metallo vivo, ma in modo irregolare come se il metallo avesse un eczema. Più tardi si formavano come delle vere croste. Intanto le placche si incurvavano con frecce di parecchi millimetri sopra una lunghezza di forse 40 cm. Si vedeva che avveniva una dilatazione interna nel metallo in modo che agiva sulla parte esterna spingendola. In certi punti si producevano delle spaccature.

Conservai per lungo tempo un coperchietto che riparava i morsetti di attacco ed era dello stesso metallo. Ebbene, sopra una lun-