

ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867

FIAT
TORINO

**SOCIETÀ
PER AZIONI
UNIONE
CEMENTERIE**

**MARCHINO
EMILIANE
E DI
AUGUSTA
UNI CEM**

Direzione Generale :
**Via C. Marengo 25
10126 TORINO**

NUOVA SERIE . ANNO XXIV . N. 12 . DICEMBRE 1970

SOMMARIO

ATTI DELLA SOCIETÀ

- Ricordo di Enrico Pellegrini* pag. 309
Collegli scomparsi » 313

RASSEGNA TECNICA

- E. P. - *I fondi d'investimento italiani* » 315
P. CICALA - F. ALGOSTINO - *Calcolo di una voltina conica per
serbatoio* » 316
F. MAZZINGHI - *Cenni elementari sulla gestione delle scorte* » 324
E. ANTONA - *Sulla teoria linearizzata dei problemi elastici con in-
terazioni fra spostamenti e sforzi interni* » 329
INDICE DELL'ANNATA 1970 » 339

BOLLETTINO D'INFORMAZIONI DELL'ORDINE DEGLI IN-
GEGNERI DI TORINO - Estratto N. 4-B.

Direttore: Enrico Pellegrini.

Comitato di redazione: Gaudenzio Bono, Cesare Codegone, Federico Filippi, Mario
Federico Roggero, Rinaldo Sartori, Paolo Verzone, Vittorio Zignoli.

Comitato esecutivo: Anna E. Amour, Giovanni Bernocco, Mario Brunetti, Dante Buelli,
Jacopo Candeo Cicogna, Piero Carmagnola, Loris Garda, Elvio Nizzi, Ugo Piero
Rossetti, Secondo Zabert.

REDAZIONE: Torino - Corso Montevecchio, 38 - telefono 55.50.00.

SEGRETERIA: Torino - Corso Siracusa, 37 - telefono 36.90.36/37/38.

AMMINISTRAZIONE: Torino - Via Giolitti, 1 - telefono 53.74.12.

Pubblicazione mensile inviata gratuitamente ai Soci della Società degli Ingegneri e degli
Architetti in Torino. — Per i non Soci: abbonamento annuo L. 6.000. - Estero L. 8.000.
Prezzo del presente fascicolo L. 600. Arretrato L. 1.000.

La Rivista si trova in vendita: a Torino presso la Sede Sociale, via Giolitti, 1.

SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE — GRUPPO III/70



operazione allis chalmers - loro & parisini:

se alle esperienze tecniche di una Casa costruttrice nota in tutto il mondo unite la sicurezza che può offrire una industria coi suoi tre stabilimenti, uffici tecnici e laboratori, punti di vendita e assistenza in tutto il territorio nazionale avrete concretato l'operazione
Allis Chalmers - Loro & Parisini



LORO & PARISINI

20144 Milano, Via Savona 129 - tel. 470101/470134
35010 Padova (Limena) Zona industriale, Via Unità d'Italia - tel. 67610
00162 Roma, Via della Lega Lombarda 34/36 - tel. 4952651/2/3
80143 Napoli, Via Santa Maria del Pianto, 80 - tel. 590.122

Il 1970 che si conchiude, rappresenta il 104° anno di vita della nostra Società, costituita con decreto Reale del lontano 18 luglio 1866.

Un secolo di storia e di evoluzione tecnologica ha profondamente modificato le abitudini, i modi di pensare, le forme di vita associativa; ma proprio per questo la sopravvivenza della nostra Società, a periodi storici così diversi, sta a dimostrare la validità della sua impostazione statutaria.

Con l'inizio dell'anno entrante avranno luogo le elezioni del nuovo Consiglio Direttivo che porterà energie fresche e nuove iniziative a servizio dei Soci.

A tutti l'augurio cordiale di un sereno e proficuo 1971.

Nino Rosani

Presidente della Società Ingegneri e Architetti

RICORDO DI ENRICO PELLEGRINI

Il 18 novembre 1970, Enrico Pellegrini ha chiuso prematuramente, a soli cinquantotto anni, la sua intensa, operosa giornata. La dolorosa notizia della sua scomparsa ci aveva colti nel momento in cui stava per andare in macchina il precedente numero della rivista. Con animo profondamente commosso, avevamo voluto comunicare immediatamente ai nostri Soci la grave perdita che tutti ci aveva colpiti. Subito avevamo pensato di ricordare il nostro Direttore scomparso con una fotografia che riportasse agli occhi di noi tutti l'immagine del suo volto vivo, aperto, sereno. Vogliamo ora illustrare con alcune note biografiche la sua figura di studioso, di docente, di architetto.

Nell'ultimo anno della sua attivissima vita, Enrico Pellegrini è stato particolarmente vicino a noi come Direttore Responsabile di questa rivista « Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino ». Enrico Pellegrini aveva assunto l'incarico coll'inizio del 1970, dopo le dimissioni di Augusto Cavallari - Murat. Compito impegnativo e difficile, se si pensa all'alto livello culturale e all'originalità e compiutezza di informazione cui la rivista era stata portata dal prof. Cavallari. Il prof. Pellegrini, pur già minato dal male inesorabile che doveva condurlo a sì prematura fine, si era rivolto alla nuova fatica con tutto l'entusiasmo e l'ardore del suo animo generoso. Subito le alte doti del suo intelletto, e le sue

rare qualità di animatore e di organizzatore, avevano avuto modo di dimostrarsi nel modo più brillante. In mezzo ai tanti impegni della sua attività di docente e di studioso, Enrico Pellegrini aveva saputo dedicare alla rivista un'opera assidua, instancabile, efficacissima. Queste pagine avevano recato il segno della sua personalità, del suo gusto, del suo estro vivissimi ed inconfondibili. Specie negli ultimi mesi, quando il male sempre più ne stroncava la forte fibra, la dedizione del prof. Pellegrini al suo compito era diventata veramente eroica. Nell'autunno, inchiodato ormai al suo letto di dolore, egli continuò a consacrare alla rivista molte di quelle forze che ormai gli sfuggivano, tanti di quegli istanti che divenivano sempre più preziosi. Chi gli è stato vicino in quegli ultimi giorni dolorosi non dimenticherà mai con quale abnegazione egli, fino all'ultimo, volle impartire disposizioni, raccomandazioni, consigli. Ci resta di lui una immagine di forza morale che il tempo non potrà offuscare, un retaggio d'insegnamento che continuerà ad esserci di guida nel futuro.

Enrico Pellegrini era nato a Torino il 6 marzo 1912. Egli discendeva da un'antica famiglia, insigne per cultura e sensibilità artistica. Figure di notevole rilievo erano sorte da questo fecondo filone di tradizioni umanistiche. Ricordiamo particolarmente il filosofo Annibale Pastore e il pittore Anton Maria Mucchi, zii dello scomparso. Ben

può dirsi che la dedizione alla cultura e all'arte era sentita in questa famiglia, di generazione in generazione, come una vocazione profonda.

Nel 1934, Enrico Pellegrini si laurea in architettura presso il Politecnico di Torino. Egli inizia allora la professione di architetto, distinguendosi ben presto con un'intensa, coscienziosa attività. Nel corso della sua carriera, numerosi saranno gli edifici da lui costruiti a Torino, a Roma, e in località della Riviera ligure e delle valli piemontesi. Con l'attività professionale, Enrico Pellegrini intraprende pure la carriera accademica presso la Facoltà di Architettura del Politecnico di Torino, quale assistente del prof. Muzio in Composizione Architettonica.

Allo scoppio della seconda guerra mondiale, il richiamo alle armi interrompe forzatamente questo fecondo lavoro. Enrico Pellegrini è chiamato a prender parte, come sottotenente, alle operazioni sul fronte occidentale. Anche in questo difficile periodo di drammatici eventi, Enrico Pellegrini trova modo di affermare le sue qualità di uomo d'azione illuminato e cosciente. Nel 1942, al momento dell'invasione della Francia cosiddetta « libera » da parte delle forze dell'Asse, egli, con fulminea iniziativa, parte da Torino con un pugno di commilitoni, e, dopo una spericolata corsa notturna su di una vetturina militare, precedendo di poche ore le truppe tedesche dilaganti, sottrae, sia pur per breve periodo, la città di Orange e alcune zone della Valle del Rodano alla brutale occupazione nazista. Chi scrive apprese questo significativo episodio dalla viva voce del protagonista. All'armistizio dell'8 settembre 1943, Enrico Pellegrini è in Francia al grado di capitano. Sfuggendo avventurosamente ai Tedeschi, egli rientra in Italia, ove diviene direttore della Società Strada Ferrata di Biella. Durante la Resistenza egli collabora con il C.L.N. per il rifornimento di viveri della regione, e, alla Liberazione, opera per la conservazione degli impianti, stabilendo, alla fine delle ostilità, il primo collegamento ferroviario fra Torino e Milano, via Biella.

Nel 1945, all'inizio della ricostruzione materiale e morale del nostro Paese, Enrico Pellegrini rientra, quale docente incaricato, nella nostra Facoltà di Architettura, e riprende in seguito intensamente l'esercizio dell'attività professionale. Egli si distingue anche come brillante operatore nel campo economico, patrocinando importanti iniziative di sviluppo turistico in località montane della valli piemontesi. Anche in questa sede, Enrico Pellegrini si dimostra non soltanto un capace uomo d'azione, e un valido realizzatore, ma anche uno studioso attento di situazioni e problemi d'interesse e portata generali.

Ma è soprattutto nei campi della didattica e della ricerca scientifica che Enrico Pellegrini rea-

lizza la sua più profonda e intima vocazione. Docente incaricato di Scenografia e di Disegno dal Vero, egli si rivolge alle giovani leve dei futuri architetti con un insegnamento appassionato e fecondo. La sua profonda sensibilità artistica, e un'esperienza intimamente vissuta nel terreno vasto e difficile dei problemi della visibilità e della loro espressione grafica, ne fanno un maestro di alto e raro valore. Le sue particolari doti umane di comunicatività, il suo animo aperto e generoso, il suo spirito arguto e vivissimo, ne fanno un docente nel senso più completo del termine. Ma soprattutto egli sa essere un animatore incomparabile; il suo entusiasmo suscita e accende l'entusiasmo altrui. Egli sa scoprire e indirizzare vocazioni nascoste. Sensibile e attento indagatore dell'animo umano, egli sa essere vicino ai giovani e comprenderne i problemi, gli ideali, ed anche le incertezze nella ricerca di una propria via. Ed è alla ricerca di questa via, che è essenzialmente una scoperta ed una affermazione di sé stessi, che egli vuole e sa aiutare i propri discepoli. Dotato di una fortissima personalità, egli vuole soprattutto aiutare gli altri a scoprire e ad esprimere la propria.

Le tappe della carriera accademica di Enrico Pellegrini testimoniano un assiduo e preciso impegno didattico e scientifico. Dopo l'incarico di Scenografia, e quello di Disegno dal Vero, tenuto per molti anni, egli unisce a quest'ultimo l'incarico di Elementi di Architettura e Rilievo dei Monumenti. Tre sono le libere docenze da lui conseguite: nel 1952, in Architettura degli Interni, e, nel 1955, in Scenografia ed in Disegno dal Vero. Nel 1963, Enrico Pellegrini vince il concorso a professore ordinario di Elementi di Architettura e Rilievo dei Monumenti, e diventa direttore dell'Istituto omonimo. Nel 1969-70, con la riforma delle Facoltà di Architettura, egli diviene professore ordinario di Composizione Architettonica e professore incaricato di Scenografia Urbana. Dal 1963, anno di fondazione della « Scuola a fini speciali di Scienze ed Arti Grafiche » presso la Facoltà di Architettura torinese, egli vi ricopre l'incarico di professore di Disegno.

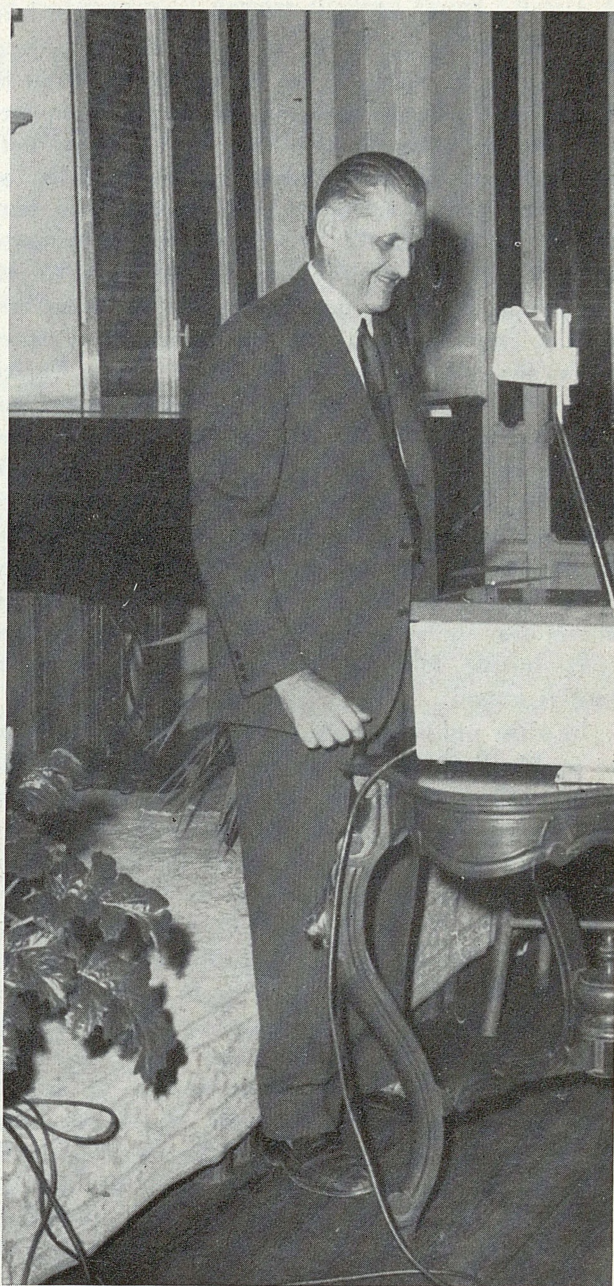
Fra le tante attività e iniziative, con cui Enrico Pellegrini volle affiancare la sua opera di docente e di animatore della ricerca e della cultura, vogliamo ricordare il Centro Stampa dell'Istituto da lui diretto. Questo Centro Stampa, fondato dal prof. Pellegrini nel 1965, fu una delle creazioni a lui più care, alla quale tanto dedicò della sua azione e del suo entusiasmo. Sorto con mezzi minimi, con attrezzature e personale dell'Istituto, da allora il Centro ha curato l'edizione e la stampa di ben 150 titoli, raggruppati in varie collane. Essi sono frutto di ricerche effettuate nell'Istituto, nella Facoltà, nel Politecnico. Queste pubblica-

zioni, che trattano argomenti scientifici altamente specializzati, e questioni didattiche attinenti alla Facoltà, sono opera di docenti, assistenti, allievi, cultori delle materie, e si rivolgono a studenti, a specialisti, a operatori culturali. Tali pubblicazioni, realizzate « con la veste dimessa di chi vive di cultura per diffonderla » (sono parole di Enrico Pellegrini), non troverebbero posto nella normale editoria a scopo commerciale. Si tratta di edizioni rare, a limitatissima tiratura (in media duecento copie per volume). Questa attività editoriale non ha alcuna finalità lucrativa, ma esclusivi scopi culturali. È chiaro l'alto valore anche sociale dell'iniziativa, che permette la pubblicazione di opere valide, ma non commerciali, agli operatori culturali privi di mezzi di finanziamento. Si tratta del primo « Centro Stampa » di tal genere creato in Italia presso un Istituto universitario.

Nella vasta opera di ricerca realizzata dall'Istituto creato e diretto da Enrico Pellegrini, vogliamo ricordare il rilievo strutturato di centri storici e comprensori territoriali. Tali rilievi hanno unito alla finalità didattica, quella scientifico-culturale di indagare e documentare il volto di preziose entità architettonico-urbanistiche che potrebbero presto scomparire, o su cui urge operare per una rivitalizzazione conservativa totale o parziale. Si è inteso così dare agli studiosi una documentazione valida, e agli operatori una precisa base d'intervento. Ricordiamo, tra gli altri, i rilievi della Valle di Susa e del Canavese, e quello dei centri storici di Pinerolo, di Avigliana, di Carmagnola, di Chieri, di Moncalieri.

Fra le attività collaterali alla didattica e alla ricerca vogliamo ricordarne ancora una alla quale Enrico Pellegrini si dedicò con particolare passione, ottenendo un lusinghiero successo di pubblico e il consenso della critica più qualificata: l'allestimento di numerose mostre di carattere culturale. Ricordiamo, tra le altre, la mostra tenuta in occasione del V centenario della introduzione dell'arte tipografica in Italia (1965), la mostra su « La lettura del linguaggio visivo » (1966), la mostra su « L'opera degli architetti Carlo e Amedeo di Castelletto nel XVII secolo » (1966), e quella sul tema « Torino si rinnova » (1967). Queste e altre mostre non solo illustrarono brillantemente argomenti di alto interesse, ma suscitavano entusiasmo e fervore in tanti giovani che il prof. Pellegrini chiamò a collaborare.

Enrico Pellegrini fu anche conferenziere versatile, dotato di comunicatività immediata e sicura, dalla parola piana e arguta. Si ricordano le sue conferenze presso la Società degli Ingegneri e degli Architetti, presso la Società di Architettura Montana, e in tante altre sedi. Innumerevoli i suoi interventi a congressi e convegni culturali ed operativi.



Negli ultimi tempi, il prof. Pellegrini si era interessato pure attivamente a problemi ed esigenze della nostra città, soprattutto sul tema del traffico, delle comunicazioni, dei parcheggi. Egli andava indagando, con particolare sensibilità, nel volto storico del centro urbano torinese, quelle tensioni e quegli impulsi che caratterizzano la nostra epoca.

La testimonianza più completa della sua lunga, illuminata opera di studioso e di ricercatore restano le numerose pubblicazioni che egli ci ha lasciato. Scritte con un linguaggio fluente, incisivo, vivissimo, esse documentano nel modo più chiaro il suo originale pensiero, elaboratosi in una ricerca ininterrotta e feconda. È impossibile in questa sede riassumere sia pur sommariamente gli aspetti e le fasi di questo suo pensiero, rivolto a

tanti e svariati problemi. Vogliamo però ricordare particolarmente gli studi su molteplici questioni attinenti alla visibilità nel campo architettonico, e alle relative possibilità e metodologie di rappresentazione grafica. Questi studi sono compendati nel volume «Alcuni problemi della visibilità», edito nel 1967 dal citato Centro Stampa. Di particolare originalità è la teoria sul «potenziamento visivo» degli enti architettonici, nella quale, traendo alcune premesse da principi di carattere generale enunciati dal filosofo Annibale Pastore nella sua «Logica del potenziamento», Enrico Pellegrini giunge ad interessanti formulazioni nel campo della visibilità in architettura. Non meno interessanti gli studi sugli «itinerari visivi» in ambienti architettonici, e sulle relative metodologie di indagine e rappresentazione. Acuti ed affascinanti anche gli altri capitoli della trattazione, specie dove l'Autore si accosta al fatto visivo in commossa chiave poetica, e lo indaga non solo spazialmente, ma vi cerca anche profondi ed intimi motivi umani.

In altre pubblicazioni, Enrico Pellegrini affronta problemi filosofici di ampio respiro, sempre alla ricerca di quelle «chiavi» che aprano le porte all'interpretazione visiva di fatti architettonici e spaziali. Ora egli penetra, con sensibilità profonda, l'«Inquietudine negli elementi delle architetture medioevali», ora egli ripercorre «La carrellata lunga del Borromini» indagando le ragioni del dinamismo architettonico barocco. Oppure cerca nell'«Anatomia di un paesaggio» quelle componenti poetiche ed atmosferiche che presiedono all'inafferrabile equilibrio compositivo di quegli insiemi architettonico-paesistici che sono stati detti «spontanei». O, «Discendendo il Clivo di Scauro», sottilmente ragiona sul concetto di visibilità pura. Sempre egli si accosta a questi fatti e problemi con animo vibrante di emozione e di amore.

In altre opere ancora, Enrico Pellegrini ricerca negli elementi delle antiche architetture le testimonianze di «universi» più vasti, talvolta lontani e remoti, inoltrandosi a fondo nell'indagine semantica. Assai interessanti per la loro concisa chiarezza gli studi su metodologie e tecniche del disegno e del rilievo. A questi lavori si affiancano precise e accurate indagini di carattere tecnico su problemi progettuali, su argomenti didattici ed organizzativi, su questioni di carattere economico. Da segnalare l'esauriente, brillante rassegna di voci su «Espressione, comunicazione, iconologia», redatta per la «Enciclopedia della Stampa», di recente pubblicazione da parte della S.E.I.

Nella vasta bibliografia di Enrico Pellegrini si inseriscono interessanti quaderni di rilievi, e bellissime raccolte di disegni. Per il disegno, come d'altronde per la pittura, Enrico Pellegrini espres-

se una vocazione del tutto particolare. Egli fu un vero maestro del segno e dell'espressione grafica. Al di là dell'accurata e sempre felice ricerca del segno, sciolto e vivissimo, si colgono nei suoi disegni i caratteri di una partecipazione poetica intensissima, emozionata e vibrante. Atmosfera e luce scaturiscono dai suoi schizzi, eseguiti in genere a penna, con una immediatezza e una freschezza suggestivi ed inconfondibili. È un sottile linguaggio di trasparenze e di toni che si rivela limpidamente nell'agile gioco del tratto. Soltanto un animo innamorato del mondo che ci circonda, desideroso sempre di penetrarne la bellezza e l'armonia, poteva esprimerne col segno, per quanto abile, tanti intimi meravigliosi significati.

Per chi gli fu vicino, per chi gli volle bene, rimane la certezza consolante che gli occhi di Enrico Pellegrini non si sono chiusi per sempre alla visione di quel mondo bellissimo, fatto di luce e di immagini meravigliose, che egli tanto amava contemplare per comunicarci poi, col disegno, la sua emozione e la sua gioia. Il suo spirito è vivo nelle trascendenze universali di queste immagini.

In uno dei suoi ultimi soggiorni tra i colli monferrini che tanto amava, Enrico Pellegrini disegnò alcune stupende immagini di quella natura serena, che si offriva al suo sguardo attorno alla sua piccola casa di campagna. Già insidiato dal male e presago forse della sua non lontana fine terrena, egli volle dedicare questi disegni, come ricordo di sé, a quanti lo avevano amato. Queste immagini a lui care egli accompagnò con alcune parole, che ci appaiono ora come un testamento spirituale del suo animo nobilissimo, e che rappresentano il conforto migliore per quanti lo piangono e cercano una risposta al loro doloroso sgomento:

«Ho disegnato dodici quieti momenti in Monferrato, essendo in pace con tutti, e ora li dedico, sempre con affetto, a chi mi vuole bene.

Penso che noi tutti dovremmo trovare di tanto in tanto qualche istante di sereno raccoglimento per ritrovarci con noi stessi e con il ricordo degli altri, per ripensare a ciò che è importante e a quello che non lo è affatto.

Solo che si possa sostare per ammirarlo, è facile riconoscere che viviamo in un mondo bellissimo e tale da dare delle esaurienti risposte ai nostri quesiti più tormentosi.

Questo vorrei comunicare a chi mi vuole bene, per consolarlo un poco nei momenti di angoscia...»

Con queste parole di Enrico Pellegrini, così piene di luce e di speranza, ci è caro chiudere queste brevi note in memoria di lui.

OTTORINO ROSATI

COLLEGHI SCOMPARSI

Ricordiamo con rimpianto i Colleghi scomparsi nell'anno che volge al termine e rivolgiamo loro il nostro reverente pensiero: al lutto delle famiglie rinnoviamo la nostra affettuosa partecipazione. Ci limitiamo a richiamare i nomi dei Colleghi compianti e aggiungiamo brevi notizie sulla loro attività professionale a quanti presero parte alla vita della nostra Società.

Giovanni Bianco. Nato a Casale Monferato il 25 settembre 1885, deceduto il 23 giugno 1970. Laureato in Ingegneria civile presso il Politecnico di Torino nel 1910, ha svolto attività di libero professionista, progettando e dirigendo lavori di costruzione di case d'abitazione in Torino, Acqui, Novara, Bardonecchia; scuole, edifici ed impianti vari per i Comuni di Collegno, Settimo Torinese, Volpiano ed altri.

Ha partecipato alla grande guerra come ufficiale del Genio della III Armata, contribuendo alla realizzazione di importanti opere di sistemazione e di difesa alle dipendenze del Comando Generale del Genio. In tale Arma aveva conseguito il grado di Maggiore.

Gli era stata conferita la cittadinanza onoraria di Vittorio Veneto.

È deceduto in seguito a tragico incidente stradale, ancora nel pieno possesso delle proprie facoltà fisiche ed intellettuali e nel corso di una attività professionale che da oltre un sessantennio aveva avuto svolgimento.

Renato Bottero, nato a Torino il 4 luglio 1913, deceduto il 29 ottobre 1970. Ingegnere civile edile, dirigente Ente pubblico.

Pietro Canale, nato a Cuneo il 28 agosto 1896 e deceduto il 27 febbraio 1970. Ingegnere ind. mecc. elettr.

Antonio Capetti. Nato a Fermo il 15 maggio 1895, deceduto a Torino il 21 giugno 1970. Laureato nel 1918 in ingegneria industriale presso il Politecnico di Torino, iniziò subito l'attività scientifica e di insegnamento come assistente di Meccanica applicata alle macchine e docente di Motori per aeromobili al Politecnico di Torino. Diventato libero docente di Macchine termiche nel 1924, lasciò temporaneamente il Politecnico di Torino, per compiti di insegnamento a Palermo, dal '25 al '27, e poi a Padova, dal '27 al '34, e vi fece definitivo ritorno come professore ordinario di motori per aeromobili, fino al 1947, e successivamente, fino al 1965, come professore di macchine.

Dal 1947 al 1955 Preside della Facoltà di Ingegneria e dal 1955 fino alla morte Rettore del Politecnico.

Tutto il periodo del Rettorato è stato estremamente impegnativo, in un primo tempo per il completamento e la messa in funzione della nuova Sede di corso Duca degli Abruzzi e poi in relazione alle sempre più gravi difficoltà sorte in conseguenza della impetuosa crescita numerica della popolazione scolastica e dello sviluppo di un processo generale critico della funzione della università a volte logico, a volte passionale ed istintivo.

In tutte queste difficili attività il Rettore Capetti ha condotto una azione saggia e paziente per interpretare, prevedere e risolvere, sempre più esercitando ed affinando la capacità di comprendere e salvaguardare l'essenziale della funzione universitaria, rispetto al contingente ed al caduco.

Questa Sua opera ha continuato fino alla vigilia di una operazione chirurgica, serenamente affrontata nella speranza di recuperare più valide forze e che invece lo condusse a morte, non facendo pesare né il dolore morale per la perdita della moglie, né il dolore fisico causato dalla salute in declino.

Antonio Capetti svolse attività impegnative, esterne e pur collegate a quelle nel Politecnico, nelle associazioni tecniche dell'Automobile ATA e FISITA, nell'Associazione termotecnica italiana ATI e molti altri enti scientifici, scolastici e tecnici. Socio della nostra Società ne ha sempre seguito con simpatia l'attività e sovente ha contribuito con interessanti articoli alla nostra rivista «Atti e rassegna tecnica».

Crispino Damiano, nato a Savona il 31 gennaio 1916, deceduto l'11 agosto 1970. Ingegnere ind. mecc., dirigente Az. privata.

Eugenio De Rinaldis, nato a Bari il 28 dicembre 1896, deceduto il 15 gennaio 1970. Ingegnere ind. mecc. elettr.

Rodolfo Di Stefano, nato a Banjaluka (Jugoslavia) il 5 agosto 1881, deceduto nell'agosto 1970. Ingegnere mecc.

Amedeo Giovanni Favero. Nato a Vistrorio Canavese l'8 giugno 1897, deceduto a Torino il 28 agosto 1970. Laureato al Politecnico di Torino nel 1921, dopo aver valorosamente partecipato alla guerra mondiale come ufficiale del Genio.

Ha svolto la sua attività di professionista nel campo dell'ingegneria civile prima a Torino ed a Genova, poi per parecchi anni nei possedimenti dell'Egeo a Rodi, dove numerosi edifici pubblici restano a testimoniare la sua opera. A Rodi fu richiamato alle armi e partecipò alla seconda guerra mondiale. Dopo la fine di quest'ultima intensificò la sua attività in Torino: numerosi tronchi delle Autostrade Torino-Ivrea e Torino-Piacenza lo ebbero Direttore dei lavori. Importanti opere pubbliche della Città di Carmagnola e del suo paese natale Vistrorio Canavese furono realizzate su suo progetto.

Partecipò sempre assiduamente alla vita culturale e professionale, frequentando riunioni e manifestazioni della Società, dell'Ordine, del Sindacato Liberi Professionisti.

Luigi Ferroglio. Nato a Torino il 25 maggio 1902, deceduto il 17 maggio 1970. Laureato in Ingegneria civile presso il Politecnico di Torino nel 1925, iniziò subito l'attività d'insegnamento presso lo stesso Politecnico, quale assistente alla cattedra di Idraulica, e conseguì la libera docenza nel 1939. Da più di quarant'anni era professore incaricato nella Facoltà di Architettura e a tale attività affiancava quella professionale.

Insegnò inoltre presso la Scuola di Applicazione d'Arma, fece parte della Commissione Amministratrice dell'Azienda Elettrica Municipale, del Comitato Tecnico Amministrativo del Provveditorato Opere Pubbliche, fu consulente dell'Azienda Acquedotto Municipale di Torino e di altri importanti Enti ed Industrie.

Seguì con passione i problemi dell'agricoltura.

Bartolomeo Gallo, nato a Torino il 13 settembre 1897, deceduto il 14 gennaio 1970. Ingegnere civile, libero professionista.

Giuseppe Teresio Giulietti, nato a Novara il 1° giugno 1893, deceduto il 2 giugno 1970. Ingegnere ind. mecc. elettr., dirigente Azienda priv.

Guglielmo Lange, nato a Torino il 1° giugno 1916, deceduto il 23 aprile 1970. Ingegnere civile, dirigente Ente pubblico.

Piero Alberto Longa. Nato ad Arona il 4 marzo 1893, deceduto a Cairo Montenotte il 25 luglio 1970.

Interrotti gli studi al Politecnico di Torino per la chiamata alle armi per la Grande Guerra 1914-1918, combatté per oltre tre anni quale Tenente del Genio Foto Elettrici prima sul Carso e poi, dopo Caporetto, sull'Isonzo, e venne decorato di Medaglia di Bronzo al valore.

Terminata la guerra, riprese gli studi al Politecnico, ove conseguì la Laurea nel novembre 1919.

Percorse tutta la Sua carriera di Ingegnere civile presso la Società Acque Potabili di Torino, raggiungendo il grado di Dirigente. Per limiti di età andò in pensione nel 1958, ma non abbandonò l'attività di ingegnere; infatti, nella libera professione, svolse le proprie mansioni, e molti progetti per acquedotti, specie nella zona collinare, portano la Sua firma.

Morì di infarto all'alba del 25 luglio 1970 in Cairo Montenotte ove in serenità di spirito trascorreva le vacanze estive.

Michelangelo Lo Piparo, nato a Palermo il 4 dicembre 1908, deceduto l'11 giugno 1970. Ingegnere ind. elettr.

Giuseppe Jona Luria, nato a Casale Monf. il 27 gennaio 1890, deceduto l'11 settembre 1970. Ingegnere ind. mecc. libero professionista.

Francesco Minuto, nato a Catanzaro Marina l'8 settembre 1908, deceduto il 2 ottobre 1970. Ingegnere ind. chimica.

Ercole Mortarotto. Nato a Portacomaro d'Asti il 22 aprile 1911, deceduto il 4 gennaio 1970. Laureato in Ingegneria industriale meccanica al Politecnico di Torino. Nell'ultimo periodo della sua vita, dal 1967 aveva assunto la Direzione del Laboratorio per la Lavorazione dei Metalli del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Aveva così felicemente coronato l'intera attività della Sua vita di tecnico e di studioso che si era svolta prima nell'ambito di officine di lavorazione meccanica e poi presso il Laboratorio Ricerche e Controlli della Fiat.

Egli univa quindi la capacità di pratiche realizzazioni alla metodica della ricerca.

Al di là della Sua capacità tecnica ciò che lo fa ricordare a tutti i suoi collaboratori ed a tutte le persone che vennero in contatto con Lui, furono la Sua signorilità di tratto, la Sua abnegazione sul lavoro ed il suo costante rispetto dei principi dei rapporti umani.

Con la Sua prematura morte ha lasciato incomplete molte idee di ricerca; esse costituiscono oggi un patrimonio prezioso che i suoi collaboratori stanno sviluppando per un maggior affinamento delle conoscenze nel campo della Tecnologia Meccanica.

Luigi Nebiolo, nato a Torino il 14 febbraio 1890, deceduto il 29 settembre 1970. Ingegnere ind. mecc. elettr.

Enrico Pellegrini, deceduto il 18 novembre 1970.

Renzo Pigay, nato a Torino il 19 febbraio 1922, deceduto il 2 giugno 1970. Ingegnere civile trasp., libero professionista.

Aldo Pilutti. Nato a Carpi il 18 settembre 1893, deceduto a Torino il 18 aprile 1970. Dopo aver combattuto nella guerra del '15-'18, si era laureato in Ingegneria presso il Politecnico di Torino lavorando per mantenersi agli studi.

Ha svolto una attività molto intensa di progettista e di direttore dei lavori di costruzione di palazzi, scuole, ville, caserme, stabilimenti industriali, acquedotti, mercati, specie nelle zone di Torino, Milano e Bologna. Oltre che alle opere realizzate, molta attività ha dedicato allo studio di progetti edilizi, urbanistici, di risanamento, di ricostruzioni, di lottizzazione con piani particolarmente reggiati.

Il riconoscimento della vastità della Sua attività nell'ingegneria civile e dei suoi interessi applicativi lo ha sovente chiamato a far parte di commissioni igienico-edilizie, giudicatrici di concorsi, di Esami di Stato per l'abilitazione alla professione di ingegnere.

Nel corso dei suoi studi urbanistici ha riconosciuto, tra i primi nel campo degli ingegneri civili, l'importanza della protezione dai rumori e, con molta tenacia, operando dall'esterno e nell'interno di Enti e Società, tra cui la nostra, ha perseguito lo scopo di suscitare l'interesse di Collegi e di pubblici Funzionari, al problema per stimolare le volontà per concrete soluzioni applicative.

Cesare Romero. Nato a Firenze il 23 aprile 1888, deceduto a Torino il 26 novembre 1970.

Compiuti gli studi al Politecnico di Torino, laureandosi nel 1912, a pieni voti, ha lavorato per sei anni in Sardegna nella miniera di Masua (Iglesias) e poi in Istria nelle miniere dell'Arsa; qui uno scoppio lo colpì gravemente ma,

prima di pensare a se stesso si occupò di organizzare i soccorsi e di assicurare che tutti gli operai fossero in salvo, e per il suo comportamento ebbe a meritare un encomio solenne. Dal 1923 al 1926 fu alla Alfa Romeo; poi alla Montecatini, vicedirettore e poi direttore di Stabilimento, e successivamente, per 17 anni, alla FIAT, a Torino, quale capo ufficio del reparto acquisti. Dal 1946 si dedicò ad un lavoro indipendente di rappresentanza e lo continuò fino a tarda età. La sua onestà e dedizione al lavoro furono unanimemente riconosciute.

Silvano Rossi, nato a Montepulciano il 9 febbraio 1925, deceduto il 21 aprile 1970. Ingegnere ind. elettr.

Domenico Schiavinato, nato a Musile di Piave il 18 dicembre 1896, deceduto il 20 marzo 1970. Ingegnere civile.

Luigi Augusto Scialpi, nato a Cisternino l'11 agosto 1927, deceduto il 12 aprile 1970. Ingegnere ind. elettr., libero professionista.

Ottavio Siniscalco. Nato a Carignano il 1° febbraio 1906, deceduto, improvvisamente, a Bardonecchia il 27 agosto 1970. Laureato in Ingegneria civile al Politecnico di Torino nel 1929, compiuto il servizio militare quale ufficiale di complemento in artiglieria da montagna, iniziò l'attività professionale collaborando con l'ingegner Gambetta e di lui, dopo la morte avvenuta nel 1932, assunse lo studio. Dotato di viva intelligenza, profondo senso del dovere e di arguta bontà, si è distinto nella professione ed anche in molte altre attività quale campione e giudice di pattinaggio, giocatore di calcio e di tennis, appassionato di musica e di montagna.

Ha circondato la famiglia del suo amore e guidato i figli e tutti coloro che gli sono stati vicini alla ricerca dei più alti valori morali della vita offrendo, nei limiti delle sue possibilità, tutto il suo appoggio per conseguire i fini ambiti, sia nella professione sia nelle altre attività a lui congeniali. Ricevette largo riconoscimento di rettitudine e generosità; è stato membro della Commissione parcelle dell'Ordine degli Ingegneri di Torino e, numerose volte, membro della Commissione di Esami di Stato, sempre guidato dal fine di stimolare il senso della responsabilità professionale, unita con l'impegno morale ed umano.

Emma Strada, nata a Torino il 10 novembre 1884, deceduta il 27 settembre 1970. Ingegnere civile.

RASSEGNA TECNICA

La « Rassegna tecnica » vuole essere una libera tribuna di idee e, se del caso, saranno graditi chiarimenti in contraddittorio; pertanto le opinioni ed i giudizi espressi negli articoli e nelle rubriche fisse non impegnano in alcun modo la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

Con sentimento di viva commozione ho scoperto fra i manoscritti che Enrico Pellegrini ha elaborato negli ultimi momenti della sua laboriosa giornata terrena, questo articolo dedicato ai « Fondi d'Investimento Italiani ».

L'argomento, pur non rigorosamente pertinente all'attività culturale dell'ingegnere e dell'architetto, risulta tuttavia di contingente interesse, e documenta la versatilità dell'Autore e la sua competenza profonda, anche nel settore dei problemi economico-finanziari.

NINO ROSANI

I FONDI D'INVESTIMENTO ITALIANI

Da qualche anno gl'italiani si sono considerati defraudati nel non aver potuto partecipare che limitatamente al grande festino mondiale offerto dai fondi d'investimento internazionali. Questi infatti pur distribuendo degl'interessi pressochè irrisori, che coprono a malapena le spese bancarie, operando a mezzo di *équipes* di esperti sulle borse, hanno distribuito dei *capital gains* che alle volte raggiungevano e superavano il 12 % annuo. Il meccanismo era efficiente finchè le borse non avevano andamento stabile e fino a quando i possessori di detti fondi, impauriti da qualche continuato tracollo, non avessero chiesto dei massicci rimborsi dei loro averi mettendo in difficoltà la liquidità dei fondi stessi. Ciò avvenne nei mesi scorsi e lo I.O.S., uno dei fondi più diffusi in America, diede delle serie preoccupazioni a molti governi perchè minacciò di naufragare definitivamente.

Il gioco al rialzo si presenta assai ingenuo e anche il più sprovveduto può guadagnare praticandolo; ma, se si corre sempre con il medesimo cavallo, alla fine ci si trova con lo stesso numero di titoli in mano, che in origine, aumentati, è vero, di valore, ma anche con meno soldi. L'astuzia sta nel discendere dal cavallo quando è presso al traguardo e rimontare su altri cavalli, comprando cioè titoli di nuove industrie, che si affacciano sul mercato, freschi e sconosciuti.

Il gioco al ribasso è più sottile e quindi più pericoloso. Si tratta di vendere presto, appena si fiuta una tendenza al ribasso, e di comperare tardi, cioè alle quotazioni minime, trovandosi alla fine con più titoli in mano e forse ancora con dei capitali disponibili per altri interventi.

La stabilità in borsa o un panico sono la morte dei fondi d'investimento, e l'uno e l'altro evento, come s'è visto, può verificarsi. Le recenti docce fredde subite hanno portato dunque alla riflessione. Nel molto ragionare, che si è fatto sui fondi d'investimento italiani, già costituiti o da costituire, in attesa di una legge che li disciplini, sembra opportuno mettere in luce un particolare aspetto della questione, che può rivelarsi condizionatore dell'industria e della economia italiana.

Com'è noto, ogni fondo d'investimento italiano potrà al massimo acquisire al proprio portafoglio il 5 % del capitale d'un'azienda, restando tali azioni sterilizzate ai fini del voto nelle assemblee. Se tale ultimo provvedimento non verrà attuato appare chiara la possibilità da parte delle grosse aziende di collocare parte delle proprie maggioranze nei fondi d'investimento amici. Giuridicamente tutti sono a posto perchè si tratta di beni comuni ai molti partecipanti al fondo, ma, praticamente, i gruppi di governo saranno al sicuro dai colpi di mano dei gruppi estranei utilizzando il denaro di chi ha acquistato una partecipazione al fondo.

Se, invece, tale provvedimento verrà attuato, come pare probabile, il suo scopo diventa quello di tutelare il piccolo azionista dalla pressione di forti gruppi di governo.

Tuttavia può verificarsi un diverso evento, che la legge non ha previsto.

Se, ad esempio, sei diversi fondi d'investimento rivolgono la loro attenzione verso una stessa società, ben presto il 30 % di quelle azioni resterà bloccato con una vasta campagna di drenaggio nel flottante. Tale operazione è già in atto e ha tenuto su le Borse italiane fino ai recenti crolli, a differenza di quelle straniere, in particolare americane, che danno il tono al mercato azionario mondiale.

In base alla ipotesi sopra esposta, un'Azienda potrà essere controllata da una minoranza compatta formata dal 36 %, o anche meno, del capitale, essendo diminuito il numero delle azioni attive nelle assemblee. Questo fatto non è nuovo e anche adesso molte grandi società sono governate da gruppi che non posseggono più del 20 % delle azioni in circolazione, e che confidano nella dispersione e nella polverizzazione dei restanti titoli.

Tuttavia non sono stati infrequenti, negli scorsi anni, approfittando della inerzia delle Borse italiane, gli assalti alle società, riusciti e non riusciti, da parte di esperti operatori anche parzialmente finanziati dall'estero con capitali vaganti di varia provenienza, che hanno potuto assicurarsi il possesso, a buon prezzo, della maggioranza d'importanti industrie italiane o, perlomeno, favorire la entrata del loro gruppo nel governo dell'azienda.

Con la istituzione dei fondi d'investimento italiani, il piccolo azionista verrà sempre più allontanato dall'azienda di cui è, in definitiva, parzialmente proprietario, mentre verranno rafforzati i gruppi di governo, che potranno anche selezionarsi, espellendo i compagni di viaggio non graditi, purchè la maggioranza relativa risulti assoluta quando vengano dedotte le azioni in portafoglio ai fondi d'investimento. Ciò, d'altra parte, è calcolabile con qualche semplice conto, perchè è consuetudine che periodicamente i fondi pubblichino l'inventario numerico o, più spesso, espresso in percentuale del loro patrimonio.

Al piccolo risparmiatore, d'altra parte, contrariamente a quanto una logica di convenienza sociale suggerirebbe, poco si addice la parte del repressore capitalista, sia esso un mite pensionato che vuol salvare i sudati risparmi, o la vedova o l'orfano, che le correnti politiche estreme concordano gli hanno assegnato nella loro propaganda, minacciandolo di punizioni e di spogliazioni, cioè impaurendolo e facendo così il gioco di quella operazione di rastrellamento che, come si è detto, è ora in atto. Egli viene sempre più sospinto verso la sponda delle obbligazioni, che, con il suo anonimato e con la esenzione dalle imposte, rassicura molti; ma che, in definitiva, richiede di affidare i propri denari ancora e sempre allo Stato o ad enti da esso controllati, non sfuggendo alle insidie della erosione monetaria.

Tale riva ha già riservato molte amarezze e cospicue perdite a chi negli anni passati la credeva sicura.

E. P.

CALCOLO DI UNA VOLTINA CONICA PER SERBATOIO

Nell'Introduzione PLACIDO CICALA espone i principi del metodo di calcolo che successivamente FRANCO ALGOSTINO sviluppa per la struttura in esame. Infine gli autori discutono i risultati della teoria flessionale adottata e mostrano che la semplice teoria membranale qui conduce a risultati errati.

Introduzione

La struttura a guscio in esame è un pannello conico obliquo, del tipo adottato da J. A. Torroja ⁽¹⁾ nella costruzione di un serbatoio di acqua (fig. 1). Lo studio è stato suggerito dalla constatazione che l'analisi dello stato di sollecitazione svolta secondo la teoria membranale conduce a risultati inaccettabili.

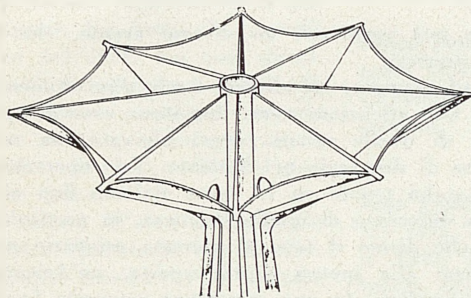


Figura 1

È apparsa quindi la necessità di adottare una teoria flessionale: in considerazione delle marcate accidentalità che il campo di tensione presenta nella zona più prossima al vertice del cono a cui la superficie media Σ appartiene, si è fatto ricorso alla teoria delle « soluzioni a variazione rapida ». Questa teoria, fondata da Vlasov ⁽²⁾ su semplificazioni suggerite da felici intuizioni, può essere sviluppata su basi analitiche assolutamente rigorose ⁽³⁾ quando, introdotto un parametro δ proporzionale allo spessore, si precisino i caratteri dello stato di tensione in esame affermando che le incognite (componenti di spostamento o di tensione) presentino « lunghezze di variazione $O(\delta^{1/2})$ »: più specificatamente, detto h lo spessore di parete e R_m il più piccolo raggio di curvatura della superficie media Σ , le incognite subiscano variazioni dell'ordine dei loro valori massimi entro un intervallo che, per $\delta \rightarrow 0$, decresca come $\sqrt{hR_m}$.

Sulla base di tale enunciato si giunge ad una formulazione di II approssimazione che si sintetizza nelle due equazioni

$$Ehh_n^2 \nabla^2 \nabla^2 w + \nabla_n^2 \Phi = p, \quad \nabla^2 \nabla^2 \Phi = Eh \nabla_n^2 w \quad (1)$$

dove $h_n^* = h^2/12 (1 - \nu^2)$; E è il modulo elastico, ν il coefficiente di Poisson, ∇^2 l'operatore di Laplace, ∇_n^2 l'operatore di curvatura, w lo spostamento normale a Σ , Φ la funzione di tensione che definisce le componenti degli sforzi parallele a Σ e p la pressione normale.

⁽¹⁾ J. A. TORROJA *Use of conical vaults in four water tanks with straight line prestressing* « World Conf. Shell Structures » S. Francisco, 1962, pp. 329-338.

⁽²⁾ V. S. VLASOV, *Allgemeine Schalentheorie*, « Akademie Verlag », Berlin, 1958, Kap. V.

⁽³⁾ P. CICALA, *Teoria lineare discretizzata delle strutture a guscio*, « Rend. Lincei », maggio 1969, pp. 545-555.

Le (1) coincidono solo formalmente con le equazioni del « guscio piatto » (shallow shell), teoria in uso frequentissimo nella letteratura tecnica, che corrisponde al caso particolare in cui esista un piano base sul quale le pendenze di Σ siano, in tutto il campo, così piccole da potersi confondere la metrica di Σ con quella del piano base. Vlasov ricavò le (1) per il guscio non piatto, con riferimento a coordinate ortogonali. In due note precedenti ⁽⁴⁾ si è mostrato che le (1) valgono in situazioni del tutto generali sia per la forma di Σ sia per la rete di coordinate che vi si voglia stabilire, con opportune generalizzazioni degli operatori ∇^2 , sempre che sussista l'ipotesi enunciata circa le lunghezze di variazione.

Appunto per la complessità degli operatori differenziali del II ordine Δ^2 risulta in genere da scartare l'approccio analitico per la soluzione delle (1), mentre appare conveniente il ricorso a procedimenti numerici. Per la risoluzione delle (1) e relative condizioni al contorno si è proposto un metodo per elementi finiti basato sulle differenze finite, di cui si indicherà qui la linea generale e che sarà più dettagliatamente illustrato nell'applicazione che segue.

Si stabilisca un sistema di coordinate ξ_a, ξ_b in modo che $\xi_a = \xi_{a0}$ e $\xi_a = \xi_{a0} + 2m_a \Delta_a$ siano due lati opposti del contorno e $\xi_b = \xi_{b0}$, $\xi_b = \xi_{b0} + 2m_b \Delta_b$ siano gli altri due lati che delimitano Σ : in altri termini si divide in un numero pari $2m_a$ di tratti l'intervallo della variabile ξ_a e analoga suddivisione si pratica per l'altra coordinata. Nel piano di coordinate ξ_a, ξ_b il campo appare suddiviso in elementi rettangolari uguali: invece, data l'arbitrarietà che esiste nella scelta delle coordinate, gli elementi su Σ potranno essere quadrilateri curvilinei di forma qualunque e dimensioni variabili secondo opportune scelte. Così nella fig. 2 si presenta la suddivisione per $m_a = 4$ e $m_b = 5$ per metà del pannello conico. Le figg. 3, 4 si riferiscono invece al piano cartesiano ξ_a, ξ_b . Le dividenti si corrispondono nelle due rappresentazioni e sono alternatamente dette « pari » e « dispari »; le prime sono segnate con linea continua e le loro intersezioni si dicono *nodi pari*; le altre sono segnate a tratto e le loro intersezioni sono i « *nodi dispari* ». Il contorno è formato da linee pari.

Con approssimazioni altrove ⁽⁴⁾ specificate, si definiscono le deformazioni corrispondenti ad uno spostamento w assegnato in un nodo pari, nullo negli altri, e si definisce la regione intorno al nodo centrale a cui questa deformazione si estende. Con-

⁽⁴⁾ P. CICALA, *Linear shell theory for rapid variation solutions*. (In pubblicazione). P. CICALA, F. ALGOSTINO, *Rapid variation solutions in shells*, « Ist. Sc. d. Costruzioni », Torino, maggio 1970. Questa nota nei riferimenti che seguono è citata come Rif. A; si cita come Rif. B quella in corso di stampa nella quale è presentata una formulazione più precisa ma priva delle simmetrie di Betti.

figurazioni analoghe di spostamenti si considerano anche con centro nei punti di contorno e nei punti esterni a distanza $2\Delta_a$ o $2\Delta_b$: per questi sistemi, solo una parte del campo interessa realmente la parete. In totale si hanno dunque

$$\eta = (m_a + 3)(m_b + 3) - 4 \quad (2)$$

configurazioni di inflessione della parete. Posto che nella situazione generale le deformazioni del guscio possano esprimersi come combinazione delle configurazioni prima definite, i parametri necessari a individuare lo stato generale della parete si scriveranno nella colonna $\{w\}_\eta$. Sforzi e deformazioni flessotorsionali del guscio dipenderanno da tali parametri.

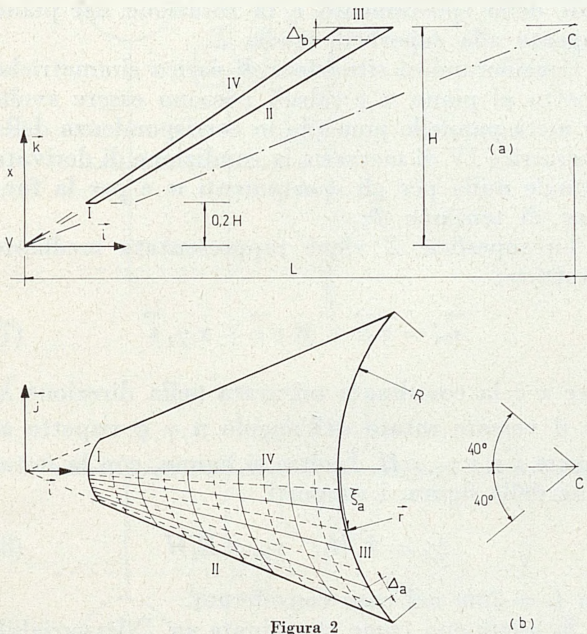


Figura 2

Il lavoro virtuale interno degli sforzi flessionali corrispondenti ad una colonna $\{w_s\}_\eta$ per le deformazioni corrispondenti ad una colonna $\{w_d\}_\eta$ viene calcolato nella forma

$$L_f = \{w_d\}_\eta^t [F] \{w_s\}_\eta E h h_n^2 / 4 \Delta_a \Delta_b \quad (3)$$

dove l'esponente t indica la trasposizione della colonna in una linea; $[F]$ è una matrice simmetrica di valori adimensionali il cui calcolo sarà specificato nel seguito; col simbolo $\{ \}_n$ si indica una colonna di n elementi.

Le condizioni di equilibrio della configurazione effettiva di sforzi vengono scritte imponendo, per un generico sistema di spostamenti virtuali w_d , l'equazione

$$\{w_d\}_\eta^t \{P_r\}_\eta = 0 \quad (4)$$

con

$$\{P_r\}_\eta = \frac{E h h_n^2}{4 \Delta_a \Delta_b} [F] \{w\}_\eta + \{P_m\}_\eta - \{P\}_\eta$$

dove $\{P\}_\eta$ è la colonna dei carichi esterni che compiono lavoro in relazione con gli spostamenti $\{w_d\}_\eta$; $\{P_m\}_\eta$ è la colonna dei « carichi membranali » ossia delle forze che il guscio sostiene in virtù della sua curvatura e degli sforzi tangenti a Σ

che vi si creano. Poiché l'eguaglianza (4) sussiste per ogni scelta di sistema virtuale, devono annullarsi gli elementi che compongono la colonna $\{P_r\}_\eta$. Si ha così un sistema di η relazioni che traducono la prima delle (1) e le relative condizioni al contorno.

A tal riguardo si supponga, con riferimento alla fig. 2, che sui lati I e II siano impediti gli spostamenti w e le rotazioni del piano tangente; il lato III sia libero mentre sul IV siano impediti le rotazioni. Le condizioni relative ai lati I, II, IV vengono tenute in conto semplicemente sopprimendo dalla colonna $\{w\}_\eta$ i parametri di spostamento (sull'orlo e fuori) che i vincoli annullano: contemporaneamente vengono a mancare le equazioni corrispondenti della serie (4). Le equazioni (4) che corrispondono a sistemi virtuali con centro esterno presso l'orlo III implicano l'annullarsi dei momenti flettenti sul lato libero: esse possono essere tenute in conto modificando le caratteristiche di rigidezza elastica degli elementi di orlo. Le equazioni relative agli spostamenti virtuali sull'orlo III si scrivono senza particolarità di rilievo.

Come per gli spostamenti w , così per la funzione di tensione Φ si considerano le configurazioni corrispondenti ad un valore assegnato per ciascun nodo pari, con valori nulli in tutti gli altri: anche qui si considerano sistemi centrati sull'orlo o presso di esso. Ciò significa che si costruiscono configurazioni di sforzi tangenti a Σ che soddisfano alle condizioni di equilibrio e si ammette che la più generale situazione possa essere espressa come combinazione delle configurazioni assunte, secondo fattori che si scrivono nella colonna $\{\Phi\}_\eta$. Si osserva che in queste operazioni si possono ricalcare i passi prima effettuati riguardo agli spostamenti w . Così è possibile calcolare il lavoro virtuale interno per le deformazioni estensionali relative ad un sistema $\{\Phi_d\}_\eta$ e gli sforzi corrispondenti di un sistema $\{\Phi_s\}_\eta$ nella forma

$$L_e = \frac{1}{4 E h \Delta_a \Delta_b} \{\Phi_s\}_\eta^t [E] \{\Phi_d\}_\eta \quad (5)$$

Anche $[E]$, come $[F]$, è matrice simmetrica e ne riproduce essenzialmente i valori. Scriviamo l'equazione dei lavori virtuali per la configurazione effettiva di deformazioni e spostamenti e per una distribuzione virtuale $\{\Phi_s\}_\eta$:

$$\{\Phi_s\}_\eta^t [E] \{\Phi\}_\eta = 4 E h \Delta_a \Delta_b \{P_s\}_\eta^t \{u\} \quad (6)$$

dove $\{P_s\}_\eta$ sono i carichi che fanno equilibrio agli sforzi del sistema $\{\Phi_s\}_\eta$ e $\{u\}$ sono gli spostamenti per i quali quei carichi lavorano. Per quanto riguarda le configurazioni con centro in un nodo interno, in $\{P_s\}_\eta$ figurano i carichi membranali relativi a $\{\Phi_s\}_\eta$ e in $\{u\}$ figurano gli spostamenti w . Per i nodi di orlo in $\{P_s\}_\eta$ e $\{u\}$ entrano rispettivamente sforzi e spostamenti anche tangenti a Σ . Le (6), a meno dei fattori Δ , riducono in termini finiti la seconda delle (1) e le relative condizioni al contorno.

Sempre con riferimento alla fig. 2, esaminiamo le possibilità di riduzione nel numero delle (6), posto che i lati I e II siano bloccati in modo da

impedire ogni spostamento, che il lato III sia libero e che sul lato IV debba annullarsi la derivata normale della funzione Φ . Si osserva anzitutto che uno dei valori di Φ può essere fissato a piacere poichè le equazioni non sono tutte indipendenti. Si fissa $\Phi = 0$ nel vertice comune ai lati II e III. I valori degli sforzi nella direzione delle generatrici del cono in corrispondenza degli $m_a + 1$ nodi pari del lato III e degli sforzi tangenziali negli m_a punti intermedi dipendono solo dai $2m_a + 1$ valori di Φ sull'orlo e nei punti adiacenti esterni. Queste equazioni, tutte con termini noti nulli, impongono l'annullarsi dei $2m_a + 1$ elementi della colonna $\{\Phi\}_n$ relativi a questo lato, e quindi la cancellazione delle relative equazioni. Sul lato IV manca la derivata normale di Φ e si sopprimono le corri-

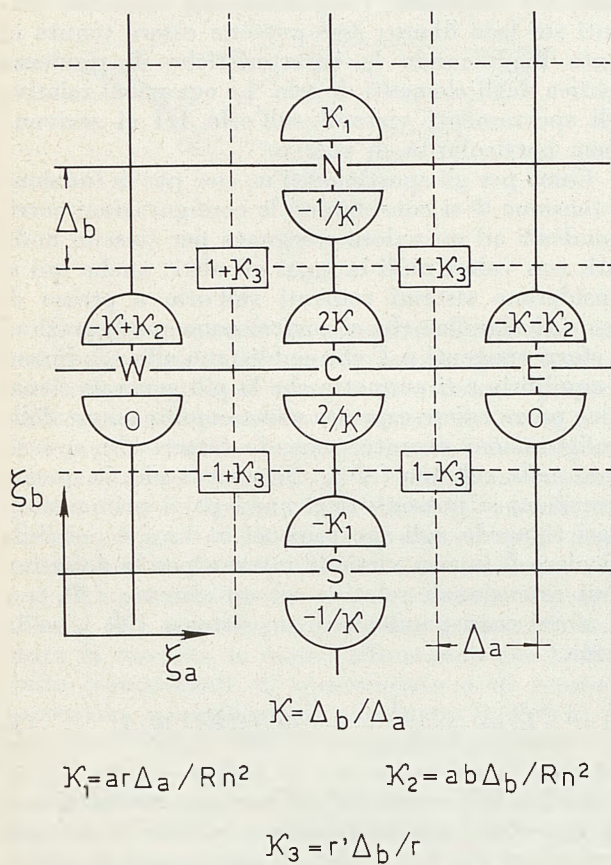


Figura 3

spondenti equazioni. Sui lati I e II le equazioni (6) che si ottengono assumendo come sforzi virtuali quelli relativi ai sistemi con centro fuori orlo portano a scrivere la condizione di dilatazione nulla per la fibra di orlo. Queste condizioni possono essere tenute in conto nel computo della deformabilità elastica degli elementi di orlo. Le equazioni (6) corrispondenti ai sistemi virtuali Φ_s sui lati I, II si scrivono senza particolarità di rilievo eccetto l'annullarsi degli spostamenti sul contorno. Si hanno dunque in totale dalle (6) $m_b(m_a + 1)$ equazioni. Altrettante sono le incognite residue nella colonna $\{\Phi\}$, in funzione delle quali possono esprimersi i carichi $\{P_m\}$: d'altra parte le (4) danno $m_a m_b$ equazioni e altrettante sono le incognite residue nella colonna $\{w\}$. Il sistema è quindi completo.

Placido Cicala

Geometria del pannello conico

Il pannello conico in considerazione è rappresentato nella fig. 2a in alzata e nella fig. 2b in pianta. Nel piano orizzontale situato all'altezza $H = 7.7m$ sul vertice V si trova l'orlo libero III, costituito dall'arco di circonferenza di raggio $R = 8.65m$ che si estende dal valore -40° al valore $+40^\circ$ dell'angolo φ misurato dal piano di simmetria π ; questo contiene la retta VC luogo dei centri dei cerchi, sezioni orizzontali del pannello, e le direzioni dei versori orizzontale $\vec{i}$ e verticale $\vec{k}$. L'orlo I, opposto a III, si trova all'altezza $0.2H$ su V . Lungo questo orlo e lungo le due generatrici di contorno il pannello si suppone vincolato in modo completo, cioè si da impedire le tre componenti dello spostamento e la rotazione del piano tangente alla superficie media Σ .

Considerandosi situazioni di carico simmetriche rispetto al piano π i calcoli possono essere svolti per metà pannello ponendo in corrispondenza della generatrice IV di mezzeria la condizione di derivata normale nulla per gli spostamenti w e per la funzione di tensione Φ .

La superficie Σ viene rappresentata mediante il vettore:

$$\vec{x}_m = x\vec{k} + Rr\vec{r} + x\gamma_1\vec{i} \quad (7)$$

dove x è la coordinata misurata nella direzione $\vec{k}$, $\vec{r}$ è il versore rotato dell'angolo $\pi + \varphi$ rispetto al versore $\vec{i}$ e $r = x/H$. Inoltre si hanno, con la notazione della figura, i rapporti

$$\gamma_1 = L/H, \quad \gamma_2 = R/H \quad (8)$$

con $L = 20m$ nel caso considerato.

Si assumono come coordinate su Σ le variabili $\xi_a = R\varphi$, $\xi_b = x$. Quindi, indicando con f' , f'' le derivate $\partial f / \partial \xi_a$, $\partial f / \partial \xi_b$ si hanno i vettori base del riferimento locale:

$$\vec{h}_a = \vec{x}_m = r\vec{t}_a, \quad \vec{h}_b = \vec{x}'_m = \vec{k} + \gamma_2\vec{r} + \gamma_1\vec{i} \quad (9)$$

essendo $\vec{t}_a$ il versore derivato di $\vec{r}$ rispetto all'anomalia φ e quindi ruotato rispetto ad esso di 90° nel senso in cui cresce φ . Essendo

$$\vec{i} = \vec{t}_a \sin \varphi - \vec{r} \cos \varphi \quad (10)$$

scriviamo:

$$\vec{h}_b = \vec{k} + a\vec{r} + b\vec{t}_a \quad (11)$$

con $a = \gamma_2 - \gamma_1 \cos \varphi$, $b = a'R = \gamma_1 \sin \varphi$.

Dal prodotto vettoriale

$$\vec{h}_a \times \vec{h}_b = r\vec{r} - ar\vec{k} \quad (12)$$

si ricava il modulo

$$m = rn, \quad n = \sqrt{1 + a^2} \quad (13)$$

e il versore normale a Σ

$$\vec{n} = (\vec{r} - a\vec{k})/n \quad (14)$$

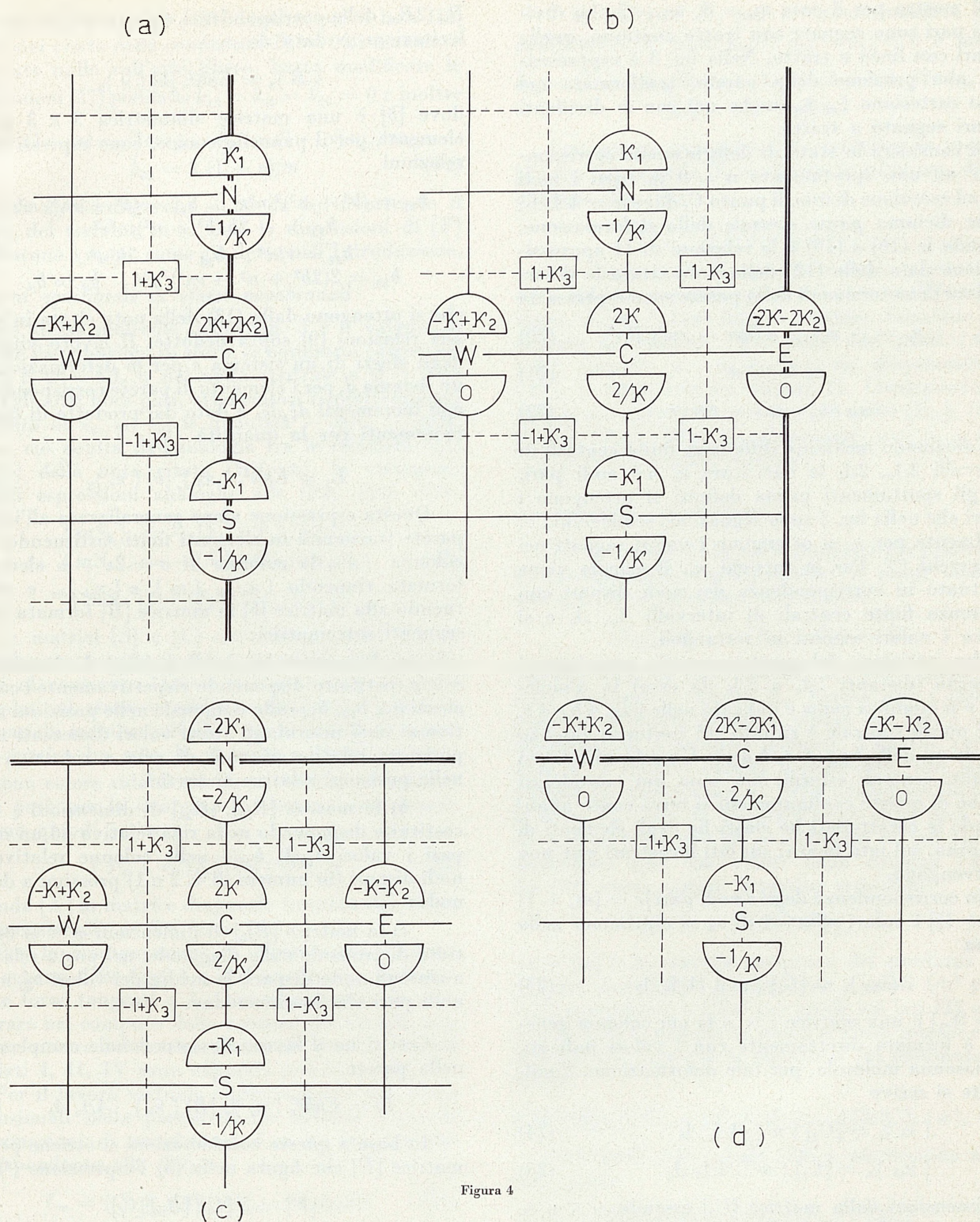


Figura 4

Successivamente, tenendo presente che $\vec{t}_a = -\vec{r}$, si calcolano i vettori derivati

$$\vec{h}_a = -r \vec{r}/R, \quad \vec{h}'_a = r' \vec{t}_a = r' \vec{h}_a/r, \quad \vec{h}'_b = 0 \quad (15)$$

dai quali si deducono i parametri geometrici c definiti nelle relazioni (1) della nota menzionata (Rif. A). Si ha immediatamente

$$c_{31} = r'/r, \quad c_{32} = c_{33} = c_{21} = c_{22} = c_{23} = 0 \quad (16)$$

Con facili calcoli risulta

$$\vec{r} = -ab \vec{h}_a/rn^2 + a \vec{h}_b/n^2 + \vec{n}/n \quad (17)$$

e quindi, confrontando con la definizione

$$\vec{h}'_a = c_{11} \vec{h}_a + c_{12} \vec{h}_b + c_{13} \vec{n} \quad (18)$$

si ottiene

$$c_{11} = ab/Rn^2, \quad c_{12} = -ar/Rn^2, \quad c_{13} = -r/Rn \quad (19)$$

Deformazioni flessionali negli elementi finiti

Il semipannello viene suddiviso in elementi finiti delimitati dalle generatrici corrispondenti a $R\varphi = 0, \Delta_a, 2\Delta_a, \dots, 2m_a\Delta_a$ e dai piani orizzontali $x = 0.2H, 0.2H + \Delta_b, \dots, 0.2H + 2m_b\Delta_b$, come la

fig. 2 mostra per il caso $m_a = 4$, $m_b = 5$. Le dividenti pari sono segnate con tratto continuo, quelle dispari con linea a tratto. Nella fig. 3 è rappresentata una porzione della parete, trasformata nel piano cartesiano ξ_a , ξ_b , anche qui con le dividenti dispari segnate a tratto.

Si considera lo stato di deformazione corrispondente ad uno spostamento $w = 0$ in tutti i nodi pari ad eccezione di uno, il punto C , dove $w = 4\Delta_a\Delta_b$, e che diciamo *punto centrale* della deformazione. Secondo le (16) e (19) e le relazioni di II approssimazione date dalle (12) della nota citata le deformazioni flessotorsionali della parete sono espresse da

$$\kappa_a = -w'' + a(bw' - rw')/Rn^2 \quad (20)$$

$$\kappa_b = -w'' \quad (21)$$

$$\kappa_{ab} = -w' + r'w'/r \quad (22)$$

Calcolando mediante differenze finite centrali di intervalli $2\Delta_a$, $2\Delta_b$ le curvature κ_a nei nodi pari, per gli spostamenti prima definiti si ottengono i valori che nella fig. 3 sono segnati nei semicerchi $\square$; similmente per κ_b si ottengono i valori segnati nei semicerchi $\bigcirc$. Per le torsioni κ_{ab} il calcolo viene effettuato in corrispondenza dei nodi dispari con differenza finite centrali di intervalli Δ_a , Δ_b e si hanno i valori segnati in rettangoli.

Per posizioni del punto centrale prossime al contorno (distanti $2\Delta_a$ o $2\Delta_b$ da esso) la « molecola » si modifica come è indicato nelle figg. 4 b e 4 c. Se il punto centrale è situato sul contorno valgono gli schemi delle figg. 4 a, 4 d ⁽⁵⁾. Gli schemi relativi a punti centrali esterni non sono qui considerati perchè di queste configurazioni si terrà conto modificando le caratteristiche elastiche degli elementi di contorno, sul lato libero; sui lati incastrati esse non intervengono.

In corrispondenza degli ε nodi pari [$\varepsilon = (m_a + 1)(m_b + 1)$] i valori effettivi di κ_a si esprimono nella forma

$$\{\kappa_a\}_\varepsilon = [C_1]\{w\}_\eta/4\Delta_a\Delta_b \quad (23)$$

dove $[C_1]$ è una matrice $\varepsilon \times \eta$ la cui colonna generica è formata direttamente con i valori indicati, su ciascuna molecola, per tale deformazione. Similmente si scrive

$$\{\kappa_b\}_\varepsilon = [C_2]\{w\}_\eta/4\Delta_a\Delta_b \quad (24)$$

$$\{\kappa_{ab}\}_\omega = [C_3]\{w\}_\eta/4\Delta_a\Delta_b \quad (25)$$

le dimensioni della matrice $[C_3]$ essendo $\omega \times \eta$ se $\omega = m_a m_b$ è il numero dei nodi dispari, nei quali si calcola κ_{ab} .

Sforzi flessionali e corrispondenti lavori

Se in un punto di Σ le deformazioni κ_a , κ_b , κ_{ab} sono note e tali valori sono posti nella colonna $\{\kappa\}_3$, la colonna $\{B\}_3$ che rappresenta i valori B_a ,

B_b , $2B_{ab}$ delle corrispondenti caratteristiche di sollecitazione è data da

$$\{B\}_3 = Ehh^2_n [b] \{\kappa\}_3 \quad (26)$$

dove $[b]$ è una matrice simmetrica 3×3 i cui elementi, per il pannello conico, sono espressi dalle relazioni

$$\begin{aligned} b_{11} &= (b^2 + n^2)/n^3 r^3, & b_{12} &= (b^2 + n^2)/n^3 r, \\ b_{13} &= -2b(b^2 + n^2)/n^3 r^2, \\ b_{22} &= r/n^3, & b_{23} &= -2b/n^3, \\ b_{33} &= 2(2b^2 + n^2 - n^2)/n^3 r, & b_{ij} &= b_{ji} \end{aligned} \quad (27)$$

che si ottengono dalla (13) della nota citata in base alle relazioni (9) sopra dedotte. Il lavoro virtuale degli sforzi di un sistema s per le deformazioni di un sistema d , per l'elemento di parete corrispondente agli incrementi $d\xi_a d\xi_b$ è dato dal prodotto di questi incrementi per la quantità

$$L_1 = Ehh^2_n \{\kappa_d\}'_3 [b] \{\kappa_s\}_3 \quad (28)$$

Questa espressione viene generalizzata all'intera parete frazionata in elementi finiti sostituendo alla colonna $\{\kappa\}_3$ la colonna di $\sigma = 2\varepsilon + \omega$ elementi formata riunendo $\{\kappa_a\}_\varepsilon$, $\{\kappa_b\}_\varepsilon$ e $\{\kappa_{ab}\}_\omega$, e sostituendo alla matrice $[b]$ la matrice $[B]$ formata dalle seguenti sottomatrici:

a) le matrici $[B_{11}]$, $[B_{12}]$, $[B_{22}]$ di dimensioni $\varepsilon \times \varepsilon$ costituite disponendo rispettivamente i coefficienti b_{11} , b_{12} , b_{13} sulla diagonale nelle posizioni relative ai nodi interni, gli stessi valori dimezzati nelle posizioni relative ai nodi di orlo e ridotti a 1/4 nelle posizioni relative ai vertici.

b) le matrici $[B_{13}]$, $[B_{23}]$ di dimensioni $\varepsilon \times \omega$ costituite disponendo nella riga relativa ad un nodo pari i valori $b_{13}/4$, $b_{23}/4$ nelle colonne relative ai nodi dispari (in numero di 4, 2 o 1) prossimi a detto nodo;

c) la matrice $[B_{33}]$ di dimensioni $\omega \times \omega$ costituita disponendo sulla diagonale, nel posto relativo a ciascun nodo dispari, la media dei valori b_{33} nei 4 nodi pari che lo circondano.

Così si ha il lavoro flessotorsionale complessivo nella parete

$$L_f = Ehh^2_n \{\kappa_d\}'_\sigma [B] \{\kappa_s\}_\sigma \cdot 4\Delta_a\Delta_b \quad (29)$$

In base a queste considerazioni si ottiene per la matrice $[F]$ che figura nella (3) l'espressione ⁽⁶⁾

$$[F] = \Sigma [C_i]' [B_{ij}] [C_j] \quad (30)$$

la sommatoria essendo estesa alle 9 combinazioni complete dei numeri 1, 2, 3 in coppie. Poichè $[B_{ij}] = [B_{ji}]'$ la matrice $[F]$ è simmetrica. Riguardo alle dimensioni di questa matrice occorre notare che dalla colonna $\{w\}$ mancano i termini relativi ai punti dei lati I, II e quelli relativi a centri esterni

⁽⁵⁾ Le molecole delle figg. 4b, 4c corrispondono a $w = 4\Delta_a\Delta_b$ oltre che in C anche nel punto riflesso dalla linea di contorno: ne consegue il raddoppio dei valori negli elementi di orlo. In questi si ha una modifica nei valori delle derivate normali, che sono da attribuirsi ai due elementi adiacenti al nodo, eccentrici rispetto ad esso.

⁽⁶⁾ Secondo questa formulazione, nel calcolo di $L_f = \int L_1 d\xi_a d\xi_b$ i valori di κ_a , κ_b relativi a ciascun nodo pari e quelli di κ_{ab} relativi a ciascun nodo dispari vengono attribuiti alle rispettive quaterne di elementi adiacenti, secondo quanto suggerito nella nota Rif. B. Nel Rif. A si proponeva un procedimento un poco differente nei riguardi degli addendi secondari $c_{31} w' + c_{32} w'$ dell'espressione di κ_{ab} .

adiacenti ai lati I, II e IV. Inoltre, per il lato III, per tener conto della condizione $B_b = 0$ di momento flettente nullo sull'orlo libero, basta modificare le espressioni (27) ponendo $\tilde{b}_{12} = \tilde{b}_{22} = \tilde{b}_{23} = 0$ e inoltre

$$\tilde{b}_{11} = (1 - \nu) a_{33}/2ma_{11}, \quad \tilde{b}_{13} = (1 - \nu)a_{23}/ma_{11}, \quad \tilde{b}_{33} = 2(1 - \nu)/m \quad (31)$$

essendo a_{ij} il valore che si ha da b_{ij} invertendo il segno del termine in ν . Così le dimensioni di $[F]$ si riducono a $m_a m_b$, come già detto nell'Introduzione.

Sistemi equilibrati di sforzi membranali

Le stesse molecole delle figg. 3 e 4 valgono a fornire distribuzioni di sforzi in equilibrio corrispondenti a $\Phi = 4\Delta_a \Delta_b$ nel nodo centrale e $\Phi = 0$ in tutti gli altri nodi pari, ottenendosi rispettivamente al posto di $\kappa_a, \kappa_b, \kappa_{ab}$ le quantità $-mS_a, -mS_b, mS_{ab}$: ciò risulta dall'analogia fra le relazioni (12) e (15) della nota citata (Rif. A). Si ottengono quindi espressioni analoghe alle (23), (24), (25):

$$\begin{aligned} \{mS_b\}_e &= -[S_1] \{\Phi\}_{\eta}/4\Delta_a \Delta_b, \\ \{mS_a\}_e &= -[S_2] \{\Phi\}_{\eta}/4\Delta_a \Delta_b, \\ \{mS_{ab}\}_\omega &= [S_3] \{\Phi\}_{\eta}/4\Delta_a \Delta_b \end{aligned} \quad (32)$$

Le matrici $[S]$ e $[C]$ coincidono finché non si introducano le riduzioni rese possibili dalle condizioni al contorno. Queste configurazioni di sforzi vengono ad essere equilibrate mediante l'aggiunta dei carichi membranali P_m i quali, poichè la superficie conica ha solo la curvatura fornita da c_{13} , possono essere ridotti alle forze $-4S_a c_{13} \vec{n} \Delta_a \Delta_b$ nei nodi pari, per la quaterna di elementi circostanti. Si può quindi scrivere

$$\{P_m\}_e = [K][S_2] \{\Phi\}_{\eta}/R \quad (33)$$

essendo $[K]$ la matrice diagonale formata dai valori (adimensionali) $-Rc_{13}/m = 1/n^2$.

Per le configurazioni di sforzi corrispondenti agli schemi delle figg. 4 a, 4 d sono anche da introdurre forze tangenti a Σ . Queste però sono da considerare nel computo delle reazioni dei vincoli, non nella scrittura del sistema matriciale poichè i vincoli sui lati I, II, IV sono supposti indeformabili.

Per il lavoro virtuale corrispondente agli sforzi estensionali nella parete di un sistema s per le deformazioni di un sistema d si ha l'espressione corrispondente alla (29):

$$L_m = \{S_s\}'_{\sigma} [A] \{S_d\}_{\sigma} \cdot 4\Delta_a \Delta_b / Eh \quad (34)$$

dove $\{S_s\}, \{S_d\}$ sono le colonne formate con i valori $mS_b, mS_a, -mS_{ab}$ relativi ai due sistemi. La matrice $[A]$ è formata partendo dai coefficienti a_{ij} con lo stesso procedimento con cui si costituisce la matrice $[B]$ partendo dai coefficienti b_{ij} , con le modifiche seguenti per gli elementi di contorno:

a) Sul lato I, per la indeformabilità della fibra circonferenziale, si introducono i valori $\tilde{a}_{12} = \tilde{a}_{22} = \tilde{a}_{23} = 0$ e

$$\tilde{a}_{11} = (1 + \nu)b_{33}/2mb_{11}, \quad \tilde{b}_{13} = (1 + \nu)b_{23}/mb_{11}, \quad \tilde{a}_{33} = 2(1 + \nu)/m \quad (35)$$

b) Sul lato II, per la indeformabilità della generatrice, si pone $\tilde{a}_{11} = \tilde{a}_{12} = \tilde{a}_{13} = 0$ e inoltre $\tilde{a}_{22} = (1 + \nu)b_{33}/2mb_{22}, \quad \tilde{b}_{23} = (1 + \nu)b_{13}/2mb_{22},$
 $\tilde{a}_{33} = 2(1 + \nu)/m \quad (36)$

Con queste espressioni si costruisce la matrice $[E]$ che figura nella (5) mediante la relazione, di uso analogo alla (30):

$$[E] = \Sigma [S_i]' [A_{ij}] [S_j] \quad (37)$$

Le dimensioni di questa matrice simmetrica sono ridotte, secondo quanto è detto nell'Introduzione, a $(m_a + 1)m_b$ linee e colonne. Convien frazionare la colonna $\{\Phi\}$ nelle due parti $\{\Phi\}_{\mu}, \{\Phi\}_{\nu}$ essendo $\mu = m_a m_b, \nu = m_b$ disponendo in $\{\Phi\}_{\nu}$ i valori relativi all'orlo II. Corrispondentemente si fraziona la matrice $[E]$ nelle $[E_{11}], [E_{12}], [E_{21}] = [E_{12}]', [E_{22}]$ di dimensioni $\mu \times \mu, \mu \times \nu, \nu \times \mu, \nu \times \nu$, rispettivamente.

Le equazioni di elasticità

Le equazioni (6) in cui si pongano per i sistemi s le configurazioni corrispondenti a punti centrali sull'orlo II si riducono alla forma:

$$[E_{21}] \{\Phi\}_{\mu} + [E_{22}] \{\Phi\}_{\nu} = 0 \quad (38)$$

essendo nulli gli spostamenti $\{u\}$ per i quali possono lavorare i carichi P_s . Invece per i sistemi centrati su punti interni o situati sui lati I e IV intervengono a secondo membro della (6), nei carichi P_s i relativi carichi membranali, che moltiplicano gli spostamenti w . Nella situazione effettiva le forze P_m sono da calcolare negli $m_a m_b$ nodi pari dove si determinano gli spostamenti w ; tali carichi dipendono solo dai valori nella colonna $\{\Phi\}_{\mu}$. La (33) viene quindi invertita scrivendo

$$\{\Phi\}_{\mu} = R[R] \{P_m\}_{\mu} \quad (39)$$

dove $[R]$ è la matrice reciproca del prodotto $[K][S_2]$ nel quale $[K]$ è formata con i valori $1/n^2$ per i nodi pari interni e $1/2n^2$ per quelli sui lati III e IV mentre $[S_2]$ si estende ai punti centrali interni e sui lati I e IV. Con ciò le equazioni (6) assumono la forma

$$R[R]'([E_{11}] \{\Phi\}_{\mu} + [E_{12}] \{\Phi\}_{\nu}) = 4Eh\Delta_a \Delta_b \{w\}_{\mu} \quad (40)$$

Ricavando $\{\Phi\}_{\nu}$ dalla (38) e sostituendo nella (40), posto

$$[\bar{E}] = [E_{11}] - [E_{12}][E_{22}]^{-1}[E_{21}] \quad (41)$$

si ottiene, con l'aiuto della (39)

$$R^2[R]'[\bar{E}][R] \{P_m\}_{\mu} = 4Eh\Delta_a \Delta_b \{w\}_{\mu} \quad (42)$$

Risoluzione del sistema e risultati

Riscriviamo l'equazione matriciale che deriva dall'annullarsi della colonna delle forze P_r nella (4), limitatamente ai μ nodi pari nei quali lo spostamento w è libero:

$$\frac{Eh h_n^2}{4\Delta_a \Delta_b} [F] \{w\}_{\mu} + \{P_m\}_{\mu} = \{P\}_{\mu} \quad (43)$$

Sostituendo la colonna $\{w\}$ dalla (42) e ponendo, con $[I]$ matrice unitaria, $\mu \times \mu$,

$$[M] = [I] + K[F][R]^t[E][R], \quad K = R^2 h_n^2 / 16 \Delta_a^2 \Delta_b^2 \quad (44)$$

si ha l'equazione risolvente

$$[M]\{P_m\}_\mu = \{P\}_\mu \quad (45)$$

Calcolata la matrice reciproca $[M]^{-1}$, il prodotto $[M]^{-1}\{P\}_\mu$ fornisce per qualsiasi distribuzione di carico normale, le forze P_m che la parete sopporta in virtù del suo stato estensionale. Conseguentemente dalla (39) si hanno i valori della funzione di tensione nei μ nodi pari fuori del lato III (dove Φ si annulla) e del lato II, per il quale i valori di Φ si ottengono dalla (38). Gli spostamenti w sono forniti dalla (42): al riguardo si nota che il prodotto $[R]^t[E][R][M]^{-1}$ dà una matrice simmetrica, in accordo con la reciprocità di Betti. Successivamente dai prodotti (32) possono calcolarsi gli sforzi S_a , S_b , S_{ab} . Dalle (23)-(25) si hanno le deformazioni κ flesso-torsionali e quindi mediante la (26) gli sforzi relativi. Le sollecitazioni corrispondenti sono fornite dall'espressione (7)

$$s_i = S_i/h \pm 6B_i/h^2 \quad (i = a, b, ab) \quad (46)$$

il segno $+$ riferendosi all'estradosso (verso cui si volge la normale $\vec{n}$), il segno $-$ all'intradosso. Sempre nello stesso ordine di approssimazione della teoria si calcolano le tensioni principali sulle due facce risolvendo l'equazione in σ :

$$\sigma^2 - \sigma(h_a^2 S_a + h_b^2 S_b + 2h_{ab} S_{ab})/m + s_a s_b = s_{ab}^2 \quad (47)$$

I calcoli vennero eseguiti per le condizioni di carico determinate dalla pressione idrostatica $p = \gamma H(1-r)$ essendo γ il peso specifico del liquido. Quindi è, per i nodi interni, $P = 4\Delta_a \Delta_b \gamma H n r (1-r)$.

(7) Si noti che i valori di S_a , S_b , come quelli di κ_a , κ_b si conoscono per i nodi pari, mentre S_{ab} , κ_{ab} sono note per i nodi dispari: sono perciò necessarie interpolazioni o estrapolazioni. L'errore che queste introducono è dell'ordine di quello inerente a qualunque discretizzazione.

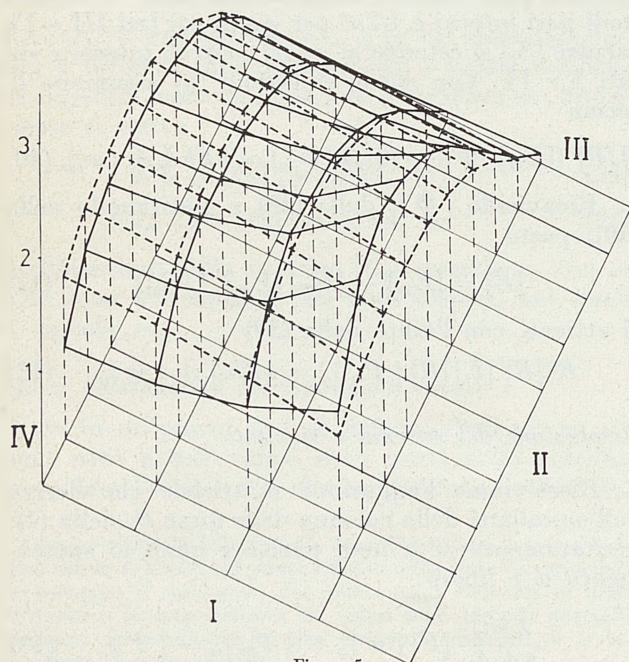


Figura 5

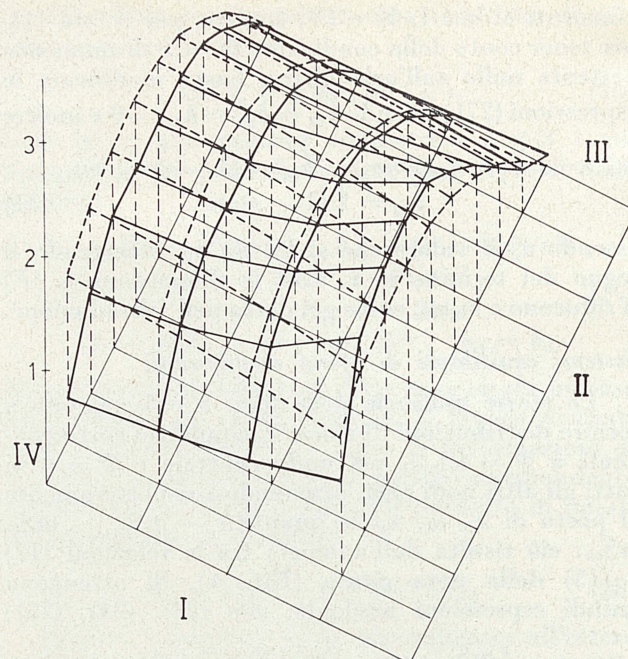


Figura 6

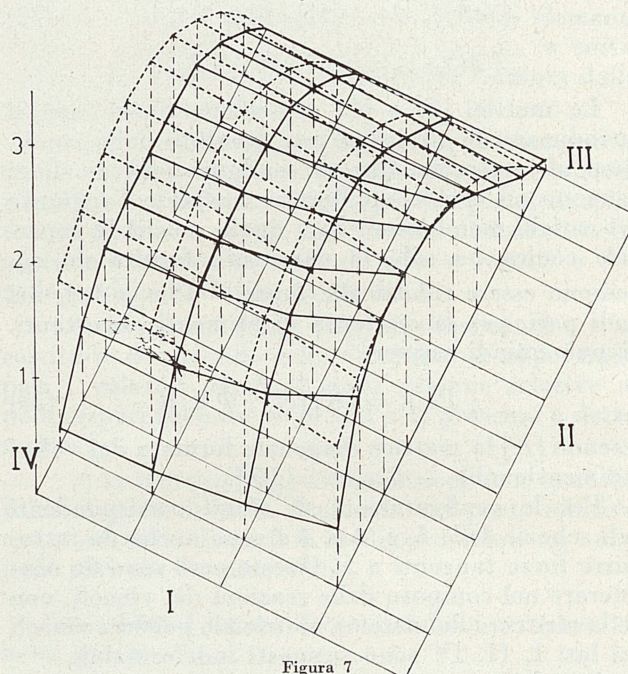


Figura 7

In primo tempo si stabilì la suddivisione $m_a = 4$, $m_b = 5$. Avendo constatato che i grafici risultanti per le varie grandezze presentavano una forte variazione nella direzione delle generatrici ed una più ridotta sulle sezioni orizzontali, si ripeterono i calcoli con $m_a = 4$, $m_b = 10$. L'entità degli scarti fra i due casi indica che una suddivisione più fitta sarebbe opportuna per una maggiore precisione, ma che il calcolo con $m_b = 10$ permette già di trarre le conclusioni essenziali. Diversi valori dello spessore vennero considerati, restando le altre dimensioni invariate nei valori indicati. Nelle figg. 5, 6, 7 sono riportati i risultati per $h = 11.4$, $h = 22.9$ e $h = 34.6$ cm. Le linee a tratto danno i valori $P/\Delta_a \Delta_b \gamma H$ per i carichi idrostatici, uguali nei tre casi. Le linee continue indicano i corrispondenti valori dei rapporti $P_m/\Delta_a \Delta_b \gamma H$.

Franco Algostino

Conclusioni

La teoria membranale fornisce risultati estremamente semplici circa lo stato di tensione nel pannello conico con un orlo libero (III nella fig. 1). Se la parete è soggetta a pressioni p nella direzione $-\vec{n}$, ossia agenti sull'estradosso, distribuite su una striscia elementare di altezza Δx presso la sezione $x = \bar{x}$ si trova quanto segue:

a) Lo sforzo secondo l'arco, sezione orizzontale, vale

$$S_a = -pn^2R \quad (48)$$

Esso è limitato alla zona caricata, nella quale dunque gli archi orizzontali sopportano una compressione proporzionale alla pressione locale.

b) Gli sforzi tangenziali, nulli al di sopra della striscia caricata, variano nella zona inferiore secondo la legge

$$S_{ab} = \left(-\frac{\partial pn^3}{n \partial \varphi} \right) \frac{\bar{x}^2}{x^2} \Delta x \quad (49)$$

Tali sforzi sarebbero nulli se la pressione fosse distribuita proporzionalmente a n^{-3} . Se p è costante, siccome n decresce all'aumentare di φ , il fattore in parentesi ha lo stesso segno di φ : ciò significa che lo sforzo tangenziale agisce sulla sezione fatta secondo la generatrice nel senso di mettere in trazione le fibre situate presso il piano di simmetria. Queste tensioni crescono in ragione inversa al quadrato della distanza dal vertice del cono, come in una trave di altezza proporzionale a x .

c) Gli sforzi secondo le generatrici, nulli al di sopra della striscia caricata, variano inferiormente secondo la relazione

$$S_b = \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(-\frac{\partial pn^3}{n \partial \varphi} \right) \frac{\bar{x}(\bar{x} - x)}{x} \Delta x + par' \bar{x} \Delta x \quad (50)$$

Se p = costante, il fattore dipendente da φ nel I termine è positivo. Esso indica trazioni crescenti con la distanza dalla sezione caricata, come se fossero dovute al momento del carico: inoltre esse crescono in ragione inversa alla distanza dal vertice del cono, come in una trave di altezza proporzionale a x . Il secondo addendo indica, come effetto secondario, compressioni indipendenti da x .

Per sovrapposizione di effetti, queste considerazioni possono estendersi a carichi distribuiti su qualunque parte della parete. Come per il guscio cilindrico la soluzione non è in grado di tenere in conto le condizioni di vincolo esistenti sulle generatrici di orlo.

Queste espressioni, dalle quali possono dedursi per sovrapposizione di effetti quelle relative ad una distribuzione qualunque di carico sull'intera parete, denunciano i difetti della soluzione membranale, comuni all'analoga soluzione per il tegolo cilindrico. Mentre l'intuizione suggerisce che il vincolo esistente sulle generatrici di orlo deve sostanzialmente scaricare la struttura della funzione di trave longitudinale dando preponderante ruolo agli archi tras-

versali, secondo la teoria membranale tale funzionamento si produce solo per una particolare distribuzione di carico, dipendente dalla forma della direttrice come se si trattasse di un flessibile. È naturale che la teoria flessionale debba modificare profondamente queste conclusioni, attribuendo agli archi trasversali, anche se piccola è la loro rigidità flessionale, una funzione essenziale. Questo, infatti, appare dai grafici delle figg. 5, 6, 7 dove si nota che la porzione di carico assorbita dalla parete mediante i suoi sforzi di membrana risulta assai ridotta nella zona centrale, mentre verso la generatrice di orlo il carico membranale può superare il carico applicato. Si manifesta cioè la tendenza verso quella distribuzione crescente dal centro ai margini che la legge di proporzionalità a n^{-3} indicherebbe. Tale tendenza è meno accentuata presso l'orlo libero che presso l'orlo opposto; essa è accresciuta dall'aumento di spessore. Il comportamento del pannello appare particolarmente evidente dall'esame delle tensioni σ principali nella superficie media. Nella fig. 8 sono presentati sullo sviluppo del semipannello i rapporti $\sigma h / \gamma HR$ per $h = 22.9$ cm.

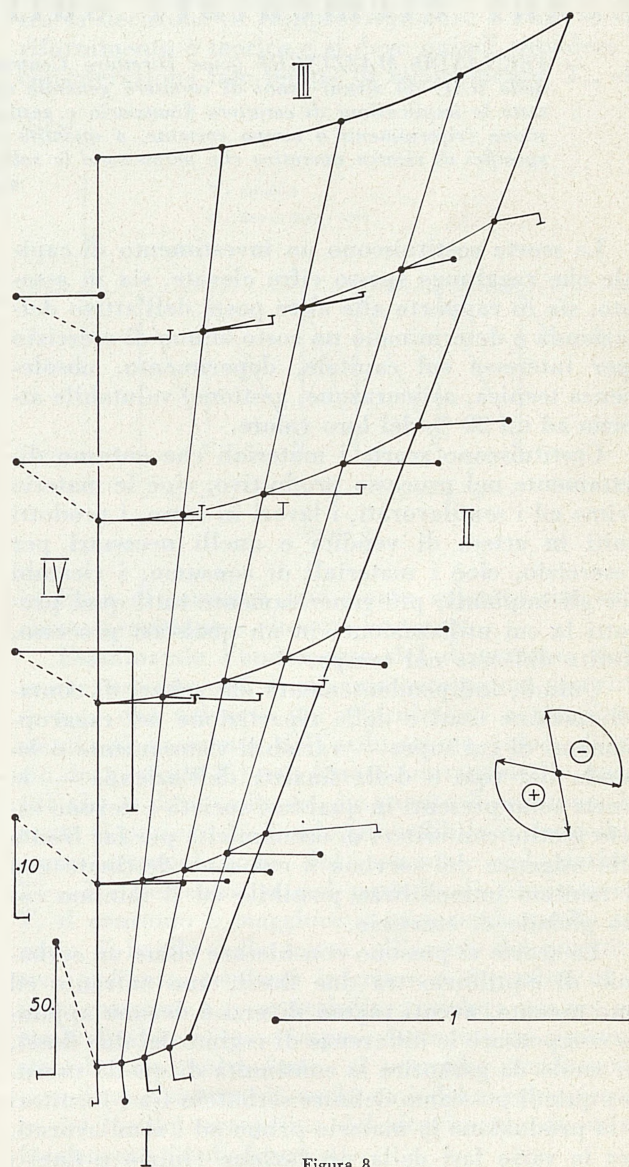


Figura 8

La scala è indicata dal segmento unitario in basso a destra. In ciascun nodo pari (eccettuati quelli sull'orlo libero, dove gli sforzi sono esigui) sono riportate, una di seguito all'altra, le due tensioni principali, nelle rispettive direzioni e nel verso tale da precisarne il segno secondo quanto indica l'inserito a destra. Dove la minore delle due tensioni principali è troppo esigua per essere rappresentata si è segnato un cerchietto all'estremo dell'altra. Sotto la azione della pressione nella direzione $-n$ si trova che la tensione più grande è costituita da una compressione che, dall'orlo libero (dove essa ovviamente ha direzione tangente) verso l'orlo opposto tende a rotare accostandosi alla normale alle generatrici. Fa eccezione la zona prossima all'orlo bloccato dove si riscontrano trazioni all'incirca nella direzione delle generatrici.

Ben diversi sono i risultati forniti dalla teoria membranale, indicati nella figura per i nodi sulla

generatrice IV di mezzzeria. Le due tensioni sono riportate a partire da un'origine collegata da un segmento a tratto col nodo a cui esse si riferiscono. Esse sono segnate con le stesse convenzioni e la stessa scala delle altre, fatta eccezione per i due nodi più prossimi al vertice del cono dove i valori sono riportati con rapporto di riduzione 1/10 e 1/50 rispettivamente. Appare dunque che gli sforzi hanno una distribuzione notevolmente diversa da quella indicata dalla teoria membranale e che le trazioni longitudinali con essa calcolate sono enormemente più grandi di quelle che secondo la teoria flessionale possono prodursi. Quest'ultima porta invece a conclusioni che appaiono perfettamente attendibili.

P. Cicala

Ordinario di Scienza delle Costruzioni al Politecnico di Torino

F. Algostino

Borsista del ministero P.I. al Politecnico di Torino

Cenni elementari sulla gestione delle scorte

FERNANDO MAZZINGHI (vice Direttore Centrale Amministrativo e Direttore della gestione Materiali della RAI) dà alcuni cenni di carattere generale dell'impostazione delle teorie delle scorte accennando a tutte le implicazioni di carattere finanziario e gestionale della materia e impostando gli schemi della gestione (rifornimenti a tempo costante, a quantità costanti e a livello) senza peraltro intervenire nei temi specifici di ricerca operativa che permettono la soluzione analitica dei problemi con metodi statistico-matematici.

Le scorte costituiscono un investimento di capitale che raggiunge spesso cifre elevate, sia in assoluto, sia in rapporto alle altre poste dell'attivo dell'azienda e determinano un costo annuo di esercizio (per interesse sul capitale, deperimento, obsolescenza tecnica, assicurazione, gestione) valutabile attorno ad un 20 % del loro valore.

Costituiscono scorte i materiali che entrano direttamente nel processo produttivo, cioè le materie prime ed i semilavorati, i lavori in corso, i prodotti finiti in attesa di vendita e quelli necessari per l'esercizio, cioè i materiali di consumo, i ricambi per gli impianti; più genericamente tutti quei prodotti la cui utilizzazione, in un qualsiasi processo, risulta differita nel tempo.

Quindi, indipendentemente dai criteri di contabilizzazione usati e dalla ripartizione nei raggruppamenti di cui sopra — variabili vistosamente a seconda del tipo e della finalità dell'azienda — le scorte sono presenti in qualsiasi società e devono essere gestite con criteri di economicità per far fronte alle esigenze del servizio a cui sono destinate con il minimo immobilizzo possibile ed il minimo costo globale di esercizio.

Le scorte si possono considerare come un serbatoio di equilibrio tra due flussi, uno entrante ed uno uscente, aventi regimi diversi e devono appunto compensare le differenze di regime dei due flussi, in modo da garantire la continuità di quello uscente; quindi possiamo definire serbatoio fra i fornitori e la produzione le materie prime ed i semilavorati, tra le varie fasi della produzione (inizio e fine) i

lavori in corso, tra la produzione e la vendita i prodotti finiti, tra i fornitori e l'esercizio i materiali di consumo, tra i fornitori e la manutenzione degli impianti i ricambi.

Una gestione economica delle scorte deve trovare un loro livello ottimale; per fare questo occorre determinare e spesso prevedere l'andamento e le caratteristiche del flusso uscente, cioè della domanda di materiali, e del flusso entrante, cioè del loro rifornimento.

In generale nè la domanda nè il rifornimento potranno essere continui nel tempo, ma saranno discontinui e variabili, sia come quantità che come periodicità, in funzione del processo a cui si riferiscono.

È necessario perciò conoscere o prevedere — nell'intervallo di tempo che si considera — il valore globale ed il conseguente valore medio della domanda e del rifornimento (che per periodi sufficientemente lunghi saranno ovviamente identici), i singoli valori unitari dell'una e dell'altro e la loro distribuzione, calcolandone gli scostamenti dal valore medio.

In funzione di tali dati ed operando su di essi si potrà stabilire un livello ottimale delle scorte; appare evidente che quanto più elevata sarà la variabilità della domanda e dei rifornimenti, tanto maggiore sarà il rischio che, in taluni casi, le scorte non siano sufficienti a garantirci da interruzioni del flusso a valle e che per ridurre tale rischio sarà necessario aumentare il livello delle scorte e di conseguenza i costi connessi.

Da queste considerazioni estremamente generali si può dedurre che qualsiasi problema di scorte è caratterizzato da:

a) una domanda di un certo prodotto, che generalmente è aleatoria ed è una funzione del tempo, ma che può anche essere conosciuta e determinata;

b) l'esistenza di uno stock di questo prodotto, che deve soddisfare la domanda, che si esaurisce e deve essere rinnovato;

c) un riapprovvigionamento della scorta, che può essere continuo, periodico ovvero realizzato ad intervalli di tempo qualsiasi;

d) costi, associati a queste operazioni, che permettono di stabilire una funzione economica;

e) obiettivi da raggiungere o dei vincoli che intervengono in ragione della natura del problema.

In genere un problema di stock si può schematizzare come in figura 1: in un intervallo di tempo considerato T , all'istante iniziale si dispone di una scorta iniziale, S_i ; le domande in generale sono rappresentate da quantità aleatorie, che riducono man mano la scorta iniziale, secondo una spezzata a gradini, fino al raggiungimento di un valore finale S_f .

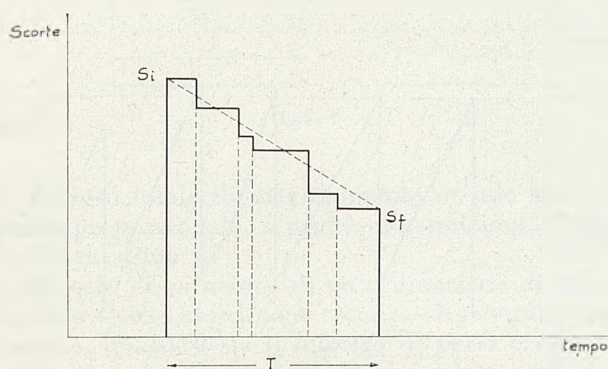


Figura 1

In prima approssimazione, per semplificare il problema, risulta comodo sostituire la spezzata a gradini con una retta; ciò equivale a considerare la domanda costante nel tempo.

Il riapprovvigionamento può essere effettuato secondo diversi metodi.

Supponiamo prima che l'intervallo che intercorre tra il momento in cui si decide il riapprovvigionamento e quello della ricezione del rifornimento sia nullo.

Si potrà allora effettuare i rifornimenti a tempi costanti oppure a quantità costanti.

Nel primo caso si stabiliscono il livello massimo S_{max} della scorta e l'intervallo di tempo costante T tra i due rifornimenti.

Alla fine di ogni periodo T si effettuerà un riapprovvigionamento in quantità tale da riportare lo stock al livello massimo S_{max} (vedi figura 2).

Nel secondo caso invece si stabiliscono il livello massimo S_{max} ed un livello minimo S_{min} (che può

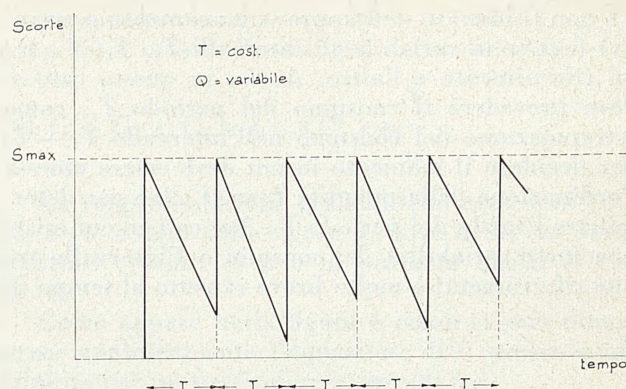


Figura 2

essere anche uguale a zero) e quindi la quantità del rifornimento $Q = S_{max} - S_{min}$; ogniquale volta lo stock avrà raggiunto il livello minimo, si introdurrà una quantità Q , che lo riporterà al valore S_{max} (vedi figura 3).

Mentre nel primo caso è variabile la quantità dei rifornimenti, nel secondo è variabile l'intervallo tra i vari rifornimenti.

L'ipotesi che sia nullo il tempo intercorrente tra la decisione di riapprovvigionare e l'arrivo del rifornimento è teorica e si deve quindi prendere in considerazione tale tempo di rifornimento, T_r , che

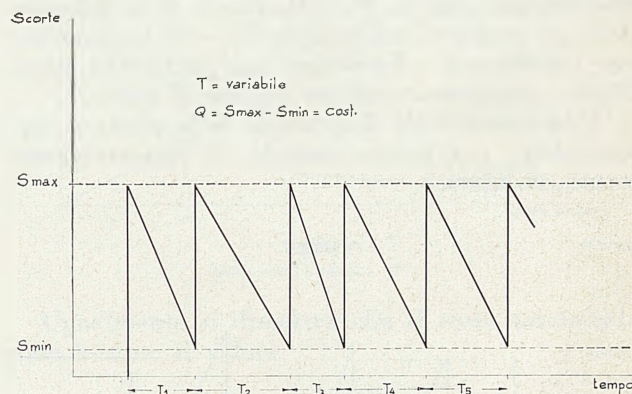


Figura 3

in linea di massima può essere valutato con sufficiente precisione e ritenuto costante.

Esaminando l'andamento del diagramma delle scorte, nei due casi di rifornimento prima descritti, si nota che nel caso dei rifornimenti a tempi costanti, al momento dell'ordinazione (cioè all'inizio del periodo T_r) non è nota esattamente la quantità che si deve ordinare, in quanto il consumo durante il periodo T_r è solo prevedibile e deducibile come estrapolazione del consumo nel periodo $T - T_r$. Pertanto, se nel periodo di rifornimento T_r il consumo è maggiore o minore di quello stimato, il livello della scorta, all'arrivo del quantitativo ordinato, risulterà inferiore o superiore al livello massimo S_{max} prestabilito; qualora poi nel periodo T_r si verificasse improvvisamente un consumo straordinario molto forte, si potrebbe verificare il caso di una rottura di stock, cioè del raggiungimento del livello zero prima del ricevimento di un rifornimento (vedi figura 4).

Con il metodo dell'approvvigionamento a quantità fisse sono variabili gli intervalli T_1, T_2, T_i , tra un rifornimento e l'altro. Anche in questo caso si deve prevedere il consumo nel periodo T_r , come estrapolazione del consumo nell'intervallo $T_i - T_r$ per decidere il momento in cui deve essere emessa l'ordinazione della quantità fissa Q , cioè per determinare l'inizio del periodo T_r . Nei casi in cui esiste una forte variabilità dei consumi o l'intervallo tra due rifornimenti è molto breve rispetto al tempo di

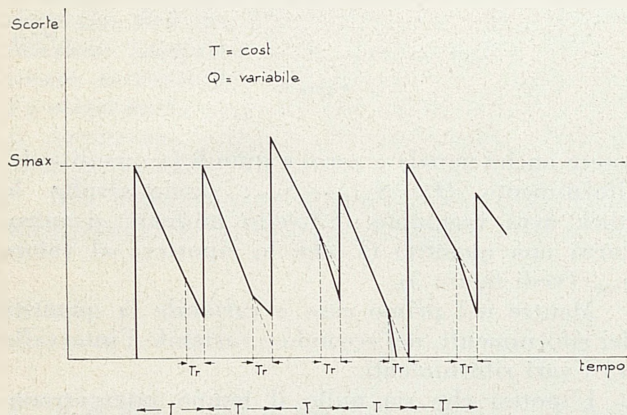


Figura 4

rifornimento (ad es. T_3 della figura 3) le informazioni sul consumo nel periodo $T_i - T_r$ possono essere insufficienti a formulare una previsione attendibile e si possono rischiare rotture di stock.

L'andamento del diagramma delle scorte è rappresentato, per questo metodo di approvvigionamento, in figura 5.

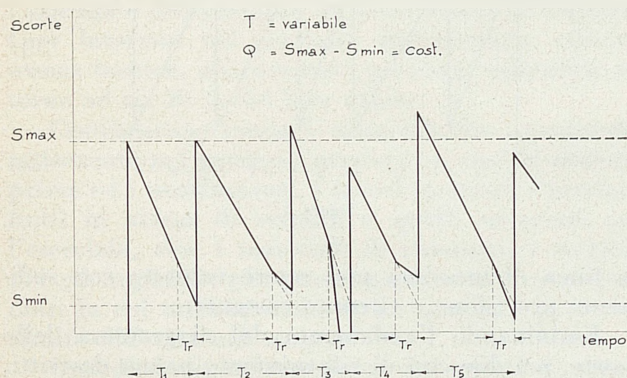


Figura 5

Un altro metodo molto spesso utilizzato è quello consistente nell'emettere gli ordini di riapprovvigionamento per quantità costanti ogni volta che lo stock raggiunge un determinato valore, detto livello di riapprovvigionamento; questo metodo è anche chiamato sistema dei due magazzini.

Noto il tempo di rifornimento, T_r , si effettua, non su un singolo intervallo tra due riapprovvigionamenti, bensì su un numero più ampio di intervalli, corrispondenti ad un arco di tempo abbastanza lungo, la previsione di consumo per il periodo T_r . Tale previsione avrà in genere un'attendibilità superiore a quella ottenibile su un singolo

periodo e la si accetta come ipotesi di consumo del periodo di rifornimento per qualsiasi intervallo T_i tra un riapprovvigionamento e l'altro.

Si definisce questo valore stimato come il livello di scorta al raggiungimento del quale occorre emettere un'ordinazione (livello di riapprovvigionamento), valutando che esso sia sufficiente a far fronte ai consumi previsti fino al ricevimento del nuovo rifornimento.

La denominazione di sistema dei due magazzini deriva dal supporre di dividere idealmente il magazzino in due, il secondo dei quali contiene sempre — prima dell'inizio delle sue erogazioni — un quantitativo prestabilito di materiale.

Quando la scorta del primo magazzino è finita, si emette un'ordinazione e si fa fronte alla domanda, nel periodo di attesa del rifornimento, attingendo dal secondo magazzino, il cui livello è stato valutato adeguatamente al fabbisogno previsto per tale intervallo.

Al ricevimento del materiale, si riempie il secondo magazzino fino al livello prefissato ed il rimanente materiale si assegna al primo magazzino, iniziando un nuovo ciclo.

Il diagramma delle scorte, con questo metodo di rifornimento, è rappresentato in figura 6.

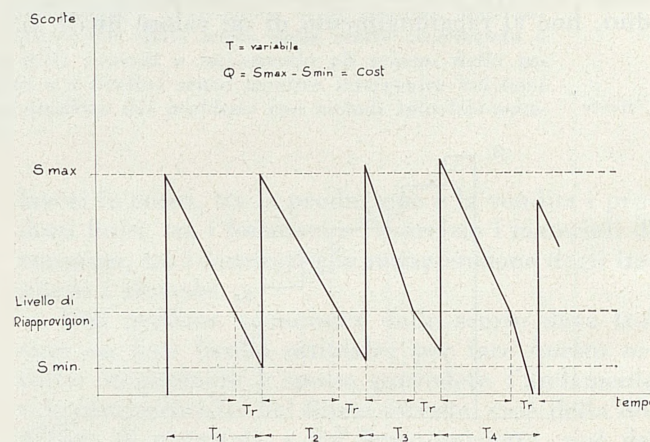


Figura 6

Abbiamo fin qui ipotizzato che il tempo di rifornimento T_r — intercorrente dal momento in cui si decide di riapprovvigionare all'arrivo del rifornimento — sia costante; in realtà tale tempo è funzione di molteplici fattori, tanto interni quanto esterni all'azienda, e quindi anche esso è variabile.

Se il tempo effettivo di rifornimento è più breve di quello stimato, si ridurrà il rischio di rottura dello stock ed all'arrivo del materiale il livello delle scorte sarà superiore a quello previsto; viceversa invece se il tempo effettivo sarà superiore a quello teorico.

Dopo aver esaminato l'andamento del diagramma delle scorte ed i metodi di rifornimento si può affrontare il problema anche dal punto di vista dei costi.

In un periodo considerato T^* indichiamo con N il fabbisogno totale di un prodotto e supponiamo che il consumo per unità di tempo sia costante e l'andamento delle giacenze in funzione del tempo sia quello indicato in figura 7.

Indichiamo con c_m il costo di mantenimento (dovuto a interesse, assicurazione, gestione, deperimenti, ecc.) di un pezzo nell'unità di tempo; allora, durante l'intervallo T tra due rifornimenti, il costo di mantenimento dello stock sarà:

$$c_l = \frac{1}{2} c_m \cdot n \cdot T.$$

dove n è il livello massimo (vedi figura 7).

Se indichiamo con r il numero di rifornimenti che si effettuano nel periodo considerato T^* , cioè il numero di lotti in cui si suddivide il fabbisogno N , si avranno le seguenti relazioni:

$$(1) T^* = rT$$

$$(2) N = rn$$

e quindi il costo di mantenimento dello stock per l'intero periodo T^* sarà:

$$(3) C_l = \frac{1}{2} c_m nrT = \frac{1}{2} c_m nT^*$$

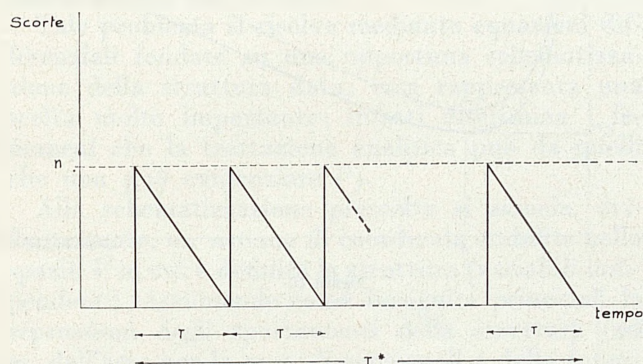


Figura 7

Il costo totale di mantenimento di uno stock è perciò proporzionale, a parità di condizioni, al suo livello massimo n .

Il costo di emissione di un'ordinazione di rifornimento — che indichiamo con c_o — è generalmente costante, qualsiasi sia il numero di pezzi ordinati; nell'ipotesi che il materiale venga prodotto nell'ambito dell'azienda, si dovrà tener conto di un costo di lancio della commessa, dovendo attrezzare, ad esempio, un certo numero di macchine utensili.

Anche questi costi, analogamente ai costi di ordinazione, si possono considerare, entro una certa fascia, indipendenti dal numero di pezzi da mettere in produzione.

Perciò nel periodo considerato T^* il costo complessivo delle ordinazioni sarà:

$$(4) C_2 = c_o r$$

dove r è il numero dei rifornimenti effettuati.

Ricavando r dalla (2), risulta:

$$(5) C_2 = c_o \frac{N}{n}$$

Il costo totale dei rifornimenti risulta perciò, a parità di condizioni, inversamente proporzionale alla quantità ogni volta ordinata, che nel caso risulta essere n .

Sommando le due equazioni di costo C_l e C_2 (3) e (5) si ottiene l'equazione del costo totale

$$(6) C = C_l + C_2 = \frac{1}{2} c_m nT^* + c_o \frac{N}{n}$$

La rappresentazione grafica delle equazioni (3), (5) e (6) è data dalla figura 8, dove in ascissa sono riportati i valori di n e in ordinata quelli di C_l , C_2 , C .

Come appare dalla figura e come si può dimostrare analiticamente l'equazione di C presenta un minimo per un particolare valore di n :

$$(7) n^* = \sqrt{2 \frac{N}{T^*} \frac{c_o}{c_m}}$$

Il valore n^* è quindi quello che minimizza la funzione globale di costo ed è definito comunemente lotto economico; esso è il quantitativo ottimo che occorre di volta in volta acquistare e tenere a stock come livello massimo.

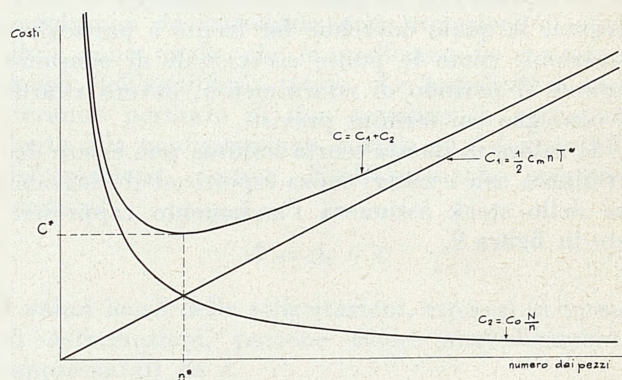


Figura 8

Ugualmente si dimostra che il costo totale minimo assume il valore

$$(8) C^* = \sqrt{2 NT^* c_m c_o}$$

Nell'esposizione fatta si sono introdotte molte ipotesi semplificative e cioè che:

- il fabbisogno totale N per il periodo considerato T^* sia noto;
- il consumo per unità di tempo sia costante;
- i rifornimenti giungano sempre al tempo previsto.

In tali condizioni ideali il rischio di rottura di stock, dipendente dalla aleatorietà dei consumi e dei rifornimenti, è nullo; nella realtà però i problemi di stock sono quasi sempre dominati dalla aleatorietà della domanda (variabilità delle quantità e della periodicità dei consumi) e dei rifornimenti (tempi di consegna variabili, consegne parziali, ecc.) e pertanto il rischio di rottura di stock si presenterà sempre, in misura maggiore o minore.

Di conseguenza non si potrà ipotizzare un andamento come in figura 7 e cioè che le scorte oscil-

lino tra un valore minimo uguale a zero ed un valore massimo uguale ad n , poichè in tal caso non potrebbero soddisfare sempre la domanda; lo stock dovrà perciò essere aumentato di un certo quantitativo Δn ed il livello ottimale potrà allora essere definito con criteri di costi marginali.

Senza entrare in un dettaglio di esposizione, daremo solo un rapido cenno sull'argomento.

In funzione della caratteristica della domanda si dovrà stimare la probabilità di rottura di stock a seconda di differenti livelli, man mano crescenti, delle scorte e valutare, per ciascuna condizione:

— da un lato il costo di mantenimento della scorta, relativo all'incremento Δn ;

— dall'altro il costo dell'interruzione del processo a valle (causata dalla rottura di stock), moltiplicato per la probabilità con cui tale evento si presenta.

Il livello ottimo delle scorte da tenere sarà quello a cui corrisponderà un costo complessivo di gestione uguale o molto prossimo al costo di interruzione del processo.

Ciò significa in pratica aumentare la scorta di un certo quantitativo detto scorta minima o di sicurezza, la quale dovrebbe far fronte a particolari situazioni, come le punte eccezionali di consumo durante il periodo di rifornimento, ovvero ritardi di consegna sui termini previsti.

Il valore di questa scorta minima può essere determinato con i criteri sopra esposti ed il diagramma dello stock assumerà l'andamento rappresentato in figura 9.

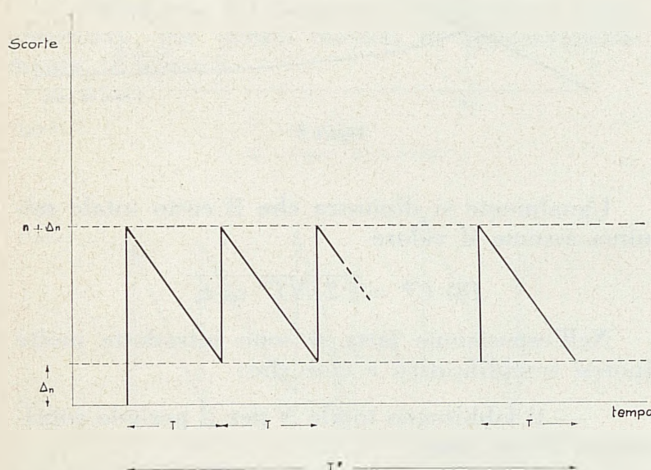


Figura 9

Il dimensionamento di una scorta minima è inoltre particolarmente importante in tutti quei problemi di stock in cui i singoli consumi sono sporadici nel tempo e avvengono per quantità unitarie o di poco maggiori all'unità; in tale circostanza il livello massimo della scorta può essere di poco superiore alla scorta minima o addirittura può identificarsi con essa. È il tipico caso dello stock di certi pezzi di ricambio di impianti o di macchine.

Un altro fattore che nella precedente esposizione è stato considerato costante è il costo di mantenimento della scorta, per pezzo e per unità di tempo.

Anche tale costo, che è correlato al valore del materiale, può essere variabile a seconda della va-

riabilità del prezzo di acquisto in funzione dei quantitativi.

In tale caso la curva del costo di mantenimento C_1 non risulta più una retta ma una spezzata e la curva del costo totale C terrà conto, oltre che dei costi di ordinazione e di mantenimento, anche del guadagno risultante dalla diminuzione del prezzo di acquisto; la curva del costo totale C presenterà allora delle discontinuità, per i particolari valori di n corrispondenti ai quantitativi oltre i quali il prezzo di acquisto si riduce.

Esempi dei possibili andamenti della curva totale dei costi C sono dati dalle figure 10 e 11, sulle quali sono indicati i valori del lotto economico n^* , in corrispondenza dei punti di minimo di C .

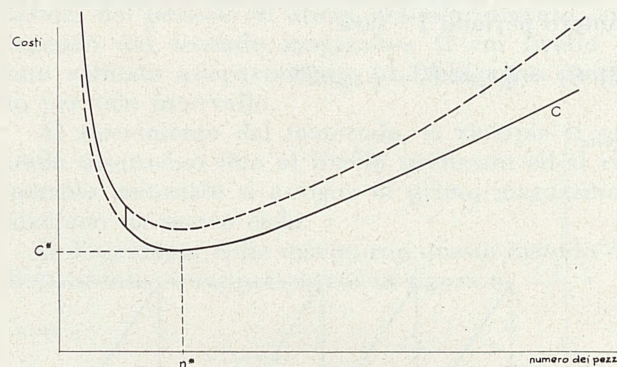


Figura 10

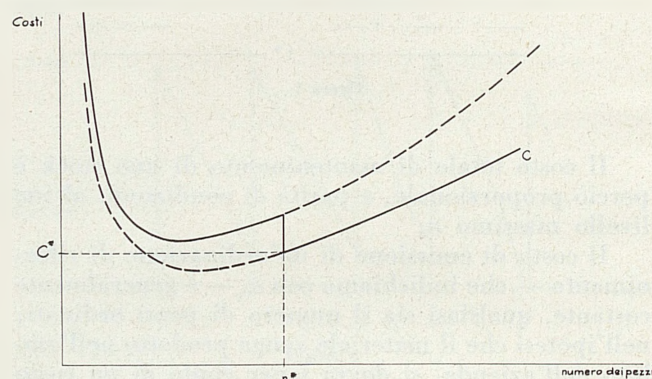


Figura 11

La trattazione analitica e dettagliata dei criteri di previsione della domanda, del calcolo dei valori ottimali delle scorte in regime di aleatorietà o di costi variabili, del dimensionamento di un parco di ricambi di macchine, implicherebbero uno studio approfondito da effettuare con i metodi della ricerca operativa, il quale esula completamente dalla estrema elementarità ed incompletezza di queste note; si rimanda quindi, per un esame più approfondito, alle opere specializzate sulla materia.

Fernando Mazzinghi

BIBLIOGRAFIA

- J. F. MAGEE, *Production planning and inventory control*, Mc Graw-Hill Book Company, Inc., New York.
- R. G. BROWN, *Statistical forecasting for inventory control*, Mc Graw-Hill Book Company, Inc., New York.
- A. KAUFMANN, *Méthodes et modèles de la recherche opérationnelle*, Dunod Editeur, Paris.

Sulla teoria linearizzata dei problemi elastici con interazioni fra spostamenti e sforzi interni

ETTORE ANTONA considera il più generale problema elastico linearizzato con interazione fra spostamenti e sforzi interni e con forze esterne e vincolari conservative. Le equazioni differenziali contengono in generale termini incogniti proporzionali alla intensità dei carichi applicati. Le soluzioni si ottengono dai due problemi sovrapponibili: equazioni omogenee con condizioni non omogenee e equazioni non omogenee con condizioni al contorno omogenee. In particolare per il secondo problema, in via del tutto generale, la soluzione può essere ottenuta per serie di forme di equilibrio indifferente associate a valori critici dell'intensità dei carichi applicati del problema omogeneo associato, cioè del problema che si ottiene annullando i termini noti delle equazioni differenziali. Alcuni esempi semplici mostrano l'efficacia della risoluzione proposta.

PREMESSA

Il problema statico di una struttura, sottoposta ad un dato sistema conservativo di carichi F (la cui intensità sia rappresentata dal valore P di uno di essi), consiste, in ultima analisi, nella determinazione della configurazione deformata della struttura stessa e del valore di P per il quale si manifesta la sua rottura.

Tale problema si risolve mediante equazioni differenziali fondate su una opportuna schematizzazione della struttura data; essa rappresenta una scelta molto importante: infatti discrimina i fenomeni che la trattazione analitica può da quelli che non può evidenziare ⁽¹⁾.

Alla schematizzazione prescelta si associa, evidentemente, un sistema di coordinate stabilite nello spazio V in cui è definita la struttura (variabili indipendenti). Assumendo come incognite principali le espressioni degli spostamenti della struttura (ad es. dell'asse per le monodimensionali e della superficie media per le bidimensionali), il problema si riconduce solitamente ad un sistema di equazioni differenziali, in numero pari alle funzioni incognite, con opportune condizioni al contorno.

A tali equazioni negli spostamenti si perviene utilizzando incognite ausiliarie (deformazioni, tensioni, etc.) ed esprimendo: le condizioni di equilibrio di un elemento infinitesimo, le relazioni fra deformazioni e tensioni del materiale nonché lo stato di deformazione di ogni punto della struttura a partire dalle funzioni incognite.

Nel presente lavoro vengono considerati solo i casi in cui sono possibili le seguenti ipotesi semplificative:

— esistono relazioni lineari fra deformazioni e tensioni;

— gli spostamenti sono piccoli sì che si possono trascurare, nella valutazione dello stato di deformazione, i termini non lineari degli spostamenti stessi;

— l'applicazione dei carichi è graduale e gli spostamenti interessati sono piccoli sì che non si hanno reazioni inerziali agli spostamenti.

Con tali ipotesi le relazioni fra tensioni e deformazioni e le espressioni dello stato di deformazione del corpo in funzione delle incognite, risultano lineari.

⁽¹⁾ Ad esempio: in un'asta compressa assialmente lo schema monodimensionale consente di studiare i fenomeni d'instabilità globale [1] e non quelli d'instabilità locale, per i quali è necessario uno schema bidimensionale.

Le equazioni di equilibrio invece constano di due tipi di termini: il primo è formato da derivate, rispetto alle coordinate, di sollecitazioni (risultanti di tensioni) e dà conto degli incrementi di tali quantità attraverso l'elemento infinitesimo; il secondo è formato da prodotti fra sollecitazioni (o risultanti di tensioni) e curvature locali del corpo e dà conto delle componenti delle sollecitazioni stesse non equilibrate in sé a causa delle angolazioni fra faccia e faccia dell'elemento infinitesimo considerato.

Le sollecitazioni (o risultanti di tensione) e le angolazioni da introdurre nelle equazioni di equilibrio sono quelle che si verificano in corrispondenza dell'equilibrio stesso. Le angolazioni constateranno pertanto di due termini: Δ_i corrispondente alla configurazione iniziale ed $\bar{\epsilon}$ dovuto alla deformazione elastica. Simbolicamente possiamo scrivere:

$$\Delta = \Delta_i + \bar{\epsilon}$$

I valori locali delle sollecitazioni, espressi in forma di deformazioni, possono essere simbolicamente rappresentati da $\bar{\epsilon}$.

I prodotti fra angolazioni e sollecitazioni si presentano quindi nella forma

$$\bar{\epsilon}(\Delta_i + \bar{\epsilon}) = \Delta_i \bar{\epsilon} + \bar{\epsilon}^2$$

ovvero contengono termini lineari in $\bar{\epsilon}$ e termini quadratici.

Va osservato che i termini quadratici non possono essere trascurati, malgrado le ipotesi semplificative fatte, in quanto in tali quadrati un fattore rappresenta una deformazione e l'altro rappresenta una sollecitazione e nessuna ipotesi è stata fatta sull'ordine di grandezza di prodotti di questo tipo.

Per la presenza dei termini precedentemente considerati, le equazioni differenziali risultano pertanto di secondo grado.

Nel presente lavoro considereremo solamente le equazioni che si ottengono linearizzando quelle del tipo precedentemente descritto a partire da una condizione di equilibrio nota, rappresentata simbolicamente da ϵ_0 e generata da una distribuzione di carichi $F - \psi$, la cui intensità è ancora rappresentata da P , e tale che in essa sforzi o spostamenti siano proporzionali a P .

La configurazione e lo stato di tensione che in tali condizioni si manifestano nel corpo, possono essere assunte come condizioni di riferimento ed il problema si riconduce a quello della determina-

zioni dei problemi elastici delle strutture, le quali considerano condizioni di carico in cui i coefficienti dell'operatore L sono identicamente nulli, non possono essere utilizzati in caso contrario. Infatti la presenza del termine $P L$, non lineare se nelle variabili si comprende anche P , dà notevole influenza sulle soluzioni, le quali possono dipendere in gran misura dal valore di P .

A titolo di esempio si possono vedere i risultati relativi al cilindro riportati da Writtrik [10] e dall'A. [9].

La sovrapponibilità degli effetti, già richiamata, ci consente di scomporre la soluzione in due contributi: la soluzione delle equazioni omogenee associate alle date con condizioni al contorno non omogenee e la soluzione delle equazioni non omogenee con le condizioni al contorno omogenee ([8] para. 10.4.2., 15.4.1. e 15.4.2).

SCOPO DEL LAVORO

In molti casi pratici ⁽¹⁾ la valutazione del primo contributo è stata effettuata con i metodi classici. Il secondo contributo può essere, in taluni casi, di valutazione più involuta. Il presente lavoro studia la possibilità di stabilire un procedimento generale di valutazione di tale contributo.

L'idea centrale è quella di ottenere le soluzioni delle equazioni non omogenee, contenenti termini del tipo $P L$ e soggette a condizioni al contorno omogenee, con uno sviluppo in serie di « forme di equilibrio indifferente ».

È opportuno notare che le forme di equilibrio indifferente rappresentano, dal punto di vista fisico, possibili forme di instabilità elastica ed il più basso dei valori critici P è il carico di cedimento per instabilità della struttura.

In molti casi noti però, i valori critici di P associati a forme di equilibrio indifferente non rappresentano gli effettivi carichi di imbozzamento della struttura in quanto i metodi linearizzati e l'ipotesi di piccole deformazioni e di assenza di fenomeni dinamici si sono rivelati insufficienti a tal fine e sono stati ormai abbandonati. Per una trattazione adeguata del fenomeno della instabilità, che esula dai fini del presente lavoro, si devono infatti introdurre, in quei casi, termini infinitesimi del secondo ordine nelle espressioni delle deformazioni unitarie in funzione degli spostamenti [2] e gli opportuni termini inerziali. Tali termini fanno sì che nelle equazioni differenziali compaiano termini non lineari di natura differente da quelli considerati nel presente lavoro.

La necessità di considerare la concomitante presenza del termine $P L$ con tutti gli altri carichi e vincoli, nell'analisi del comportamento elastico delle strutture, in assenza di fenomeni di instabilità costituisce, in tali casi, una rivalutazione delle teorie e dei metodi linearizzati.

⁽¹⁾ Si citano ad esempio:

asta caricata di punta [1], cilindro [9] e [10], cono [5], pannello di cassone alare inflesso [12].

EFFETTO DEI TERMINI NON OMOGENEI DELLE EQUAZIONI DIFFERENZIALI LINEARIZZATE

Indichiamo con w_m l' m -esima forma di equilibrio indifferente della struttura in esame, associata al carico critico P_m .

Il problema matematico di dimostrare l'esistenza e la completezza di tali sistemi di forme in ogni sistema elastico soggetto a forze e vincoli conservativi non fa parte degli scopi di questo lavoro. È sufficiente qui osservare che fra quelli trattati nella letteratura sull'argomento non v'è problema elastico linearizzato, nel quale esista potenziale totale, che non presenti tali forme di equilibrio indifferente. Da esse, per ogni problema, si possono derivare sistemi completi di funzioni ⁽¹⁾.

Si può pertanto ottenere la soluzione w con una espansione in serie di tali funzioni (eventualmente previa ortogonalizzazione [11]):

$$w = \sum_m C_m w_m$$

Se si osserva che ciascuna w_m , introdotta nel primo membro della (1) dà il risultato:

$$\mathcal{L}(w_m) + PL(w_m) = (P - P_m) L(w_m)$$

in quanto darebbe un risultato identicamente nullo ove si ponesse P_m in luogo di P , si ottiene immediatamente l'equazione che consente di ricavare i moltiplicatori C_m delle w_m nello sviluppo in serie di w . Dovrà infatti essere:

$$\sum_{m=1}^{\infty} C_m (P - P_m) L(w_m) = f \quad (3)$$

Nella (3) si devono evidentemente prendere come incognite i valori:

$$C_m (P - P_m)$$

e ciò dimostra che: « nello sviluppo di w in serie di forme di equilibrio indifferente w_m , ciascuna componente, all'aumentare di P , si amplifica secondo una curva risultante dal prodotto di $f(P)$ con un ramo di iperbole equilatera con asintoto in P_m ».

Ogni altro effetto, come deformazioni, tensioni ecc., potrà essere ottenuto operando su w .

Nel caso i fenomeni di instabilità strutturale possano essere interpretati, almeno nella fase iniziale, con una teoria linearizzata, può pertanto manifestarsi un fenomeno singolare che emerge dalle considerazioni precedentemente fatte. In un caso in cui sia $f \neq 0$, ma sia nullo il suo contenuto secondo la forma caratteristica di minore carico critico, all'aumentare di P , se non intervengono prima rotture di altra natura dovute alle sollecitazioni dovute alle forze $F - \psi$ ed agli spostamenti w , il carico critico si manifesta ugualmente come fenomeno subitaneo a partire da una configurazione già deformata.

⁽¹⁾ D'altra parte è evidentemente possibile verificare in ogni problema concreto, cui si vogliano applicare i concetti qui esposti, l'esistenza e la completezza del sistema di funzioni su cui si vuole operare.

Un'asta di lunghezza l , incernierata agli estremi ed a sezione costante, è caricata assialmente da forze P e da carichi laterali q distribuiti come in fig. 1 ed equilibrati da reazioni vincolari R .

Supponiamo che il cedimento del montante, sia esso dovuto a pressoflessione o ad instabilità, avvenga nel piano del carico q (1). Siano E il modulo elastico e I il momento d'inerzia interessato.

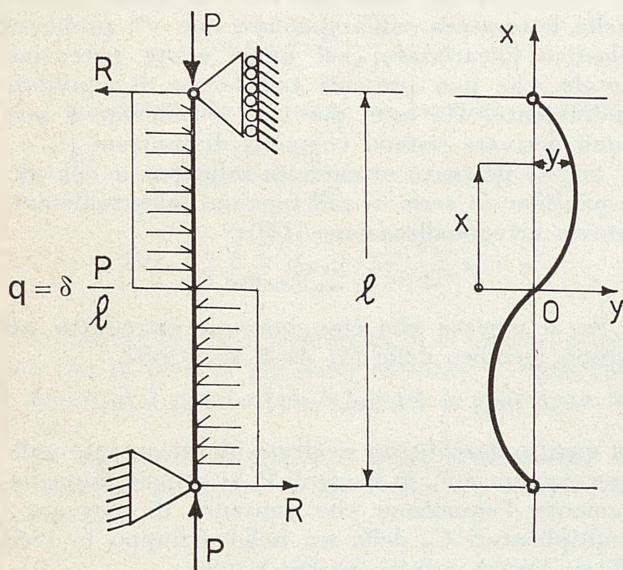


Figura 1

Nel caso l'asta abbia rigidezza a taglio infinita è sufficiente considerare come funzione incognita lo spostamento in direzione normale dell'asse.

Le equazioni differenziali dell'equilibrio devono considerare le reazioni elastiche interne, la combinazione degli sforzi interni con le angolazioni e le forze esterne.

Nel caso in esame la condizione di riferimento è rappresentata dall'asta sottoposta al carico P e priva del carico laterale q . Scrivendo le equazioni di equilibrio in modo che ogni addendo rappresenti forze applicate all'elemento di dimensioni unitarie nella direzione dello spostamento y (freccia), si ha.

Valori positivi di x :

$$\left. \begin{aligned} EI \frac{d^4 y}{dx^4} + P \frac{d^2 y}{dx^2} &= \delta \frac{P}{l} \\ EI \frac{d^4 y}{dx^4} + P \frac{d^2 y}{dx^2} &= -\delta \frac{P}{l} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Il problema omogeneo che si ottiene annullando δ e quindi i secondi membri delle (4), è retto dalla equazione:

$$\frac{d^4 y}{dx^4} + \frac{P}{EI} \frac{d^2 y}{dx^2} = 0 \quad (5)$$

(1) Si suppone cioè non vi sia inflessione « laterale », caso ovvio.

valida sia per x positivo che per x negativo. È noto che tale equazione ammette l'integrale generale:

$$y = C_1 \cos \left(\sqrt{\frac{P}{EI}} x \right) + C_2 \sin \left(\sqrt{\frac{P}{EI}} x \right) + C_3 x + C_4$$

dove le costanti C_1 e C_2 , C_3 e C_4 si determinano in base alle condizioni agli estremi, che nel caso di cerniere sono:

$$\text{per } x = -\frac{l}{2}: \quad \frac{d^2 y}{dx^2} = 0, y = 0 \quad (6)$$

$$\text{per } x = \frac{l}{2}: \quad \frac{d^2 y}{dx^2} = 0, y = 0$$

Si hanno pertanto le seguenti forme di equilibrio indifferente:

Simmetriche:

$$y_m = \cos \left[(1 + 2m) \frac{\pi}{2} \right] \frac{x}{l/2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots) \quad (7)$$

Antisimmetriche:

$$y_n = \sin \left(n\pi \frac{x}{l/2} \right) \quad (n = 1, 2, \dots)$$

aventi i seguenti rispettivi valori critici di P :

Simmetriche:

$$P_m = (1 + 2m)^2 \frac{\pi^2 EI}{l^2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

Antisimmetriche:

$$P_n = 4n^2 \frac{\pi^2 EI}{l^2} \quad (n = 1, 2, \dots) \quad (8)$$

Data la natura del problema proposto è evidente che nello sviluppo di y in termini di forme di equilibrio indifferente, non ne compariranno di simmetriche. Poichè fra queste v'è quella di carico critico minimo

$$P = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$$

tale forma, che è di equilibrio indifferente, si sovrapporrà alla y in corrispondenza dello stesso valore critico, sempre che non sia prima intervenuta una rottura per pressoflessione, denotando instabilità globale.

La ricostruzione di y in termini di y_n ci consentirà anche di studiare tale circostanza.

In base alla (3) dovrà essere, per valori positivi di x ,

$$\sum_{n=1}^{\infty} C_n (P - P_n) \frac{d^2 y_n}{dx^2} = \delta \frac{P}{l} \quad (9)$$

La corrispondente equazione per valori negativi di x è certamente soddisfatta data l'antisimmetria delle y_n e dei secondi membri delle (4).

Poichè le y_n sono ortogonali nell'intervallo $0 - l/2$, lo sviluppo in serie di forme di equilibrio indifferente potrà in questo caso essere spinto fino ad una qualsiasi approssimazione. Moltiplicando infatti ambo i membri della (9) per y_n ed integrando fra 0 ed $l/2$ si ottiene:

$$2 \left(\frac{n}{l} \right)^2 \pi^3 C_n (P - P_n) = - \delta \frac{P}{l} \int_0^{\pi} \sin n \frac{\pi x}{l/2} d \left(\frac{\pi x}{l/2} \right) \quad (10)$$

Poichè il 2° membro della (9) è simmetrico rispetto a $x = l/4$, si avranno valori non nulli di C_n solo per valori dispari di n . Posto $n = 1 + 2q$ con $q = 0, 1, 2, \dots$, si avrà:

$$2 \pi^3 \left(\frac{1 + 2q}{l} \right)^2 C_{1+2q} (P - P_{1+2q}) = - \frac{2}{1 + 2q} \delta \frac{P}{l} \quad (11)$$

$$C_{1+2q} = - \frac{1}{\pi^3} \frac{l^2 / (1 + 2q)^3}{P - 4 (1 + 2q)^2 \frac{\pi^2 E I}{l^2}} \delta \frac{P}{l}$$

Sarà dunque

$$y = \sum_{q=0}^{\infty} \frac{l^2}{\pi^3} \frac{(1 + 2q)^3}{P - 4 (1 + 2q)^2 \frac{\pi^2 E I}{l^2}} \frac{(-1)^q}{l} \times \delta \frac{P}{l} \sin (1 + 2q) \pi \frac{x}{l/2} \quad (12)$$

Il massimo momento flettente si ha sempre per $x = -\frac{l}{4}$ ed ha il valore

$$M_{max} = E I \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)_{x=l/4}$$

cui corrisponde la massima tensione di compressione (1)

$$\sigma_{max} = M_{max} \frac{z_{max}}{I}$$

dove z_{max} è la distanza delle fibre più compresse dall'asse neutro.

D'altra parte per effetto del carico assiale si ha

$$\text{una tensione } \sigma_0 = \frac{P}{A}.$$

Se si vuole contemporaneo cedimento per pressoflessione e per instabilità, nell'ipotesi che il cedimento per pressoflessione avvenga al lembo compresso (2) dovrà poi essere:

$$\sigma_0 + \sigma_{max} = \sigma_r \quad ; \quad P = \frac{\pi^2 E I}{l^2}$$

dove σ_r è la tensione di rottura a compressione. Sostituendo si ha:

$$\frac{\sigma_r - \sigma_0}{z_{max}} = \frac{M_{max}}{I} = \chi$$

(1) Sono positive le tensioni di compressione.

(2) Il caso contrario è di ovvia deduzione.

in cui (13)

$$\chi = \delta \frac{E}{l} \frac{4}{\pi} \sum_{q=0}^{\infty} \frac{1}{1 + 2q} \frac{\sin [(1 + 2q) \pi/2]}{[1 - 4 (1 + 2q)^2]}$$

Il valore χ discrimina i casi che, all'aumentare di P , cedono per instabilità da quelli per pressoflessione.

se $\chi > \frac{\sigma_r - \sigma_0}{z_{max}}$ si avrà rottura per pressoflessione (1)

se $\chi = \frac{\sigma_r - \sigma_0}{z_{max}}$ si avrà rottura contemporanea

se $\chi < \frac{\sigma_r - \sigma_0}{z_{max}}$ si avrà rottura per instabilità.

Va notato che la tensione di cedimento σ_r può essere, a seconda dei casi, una tensione di imbozzamento locale od una tensione di rottura del materiale, non influenzando la natura di tale tensione sulla trattazione precedente.

* * *

CONFRONTO CON LA FORMULA DI SOUTHWELL PER L'ASTA TUBOLARE SOGGETTA A CARICO ECCENTRICO

Il caso dell'asta tubolare, incernierata agli estremi e soggetta a carico eccentrico, (fig. 2a) è stato trattato da Southwell. Secondo Albenga [6] considerando l'equazione differenziale

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} + Py = Pe \quad (14)$$

con le condizioni al contorno:

per $x = 0$ $y = 0$

per $x = l$ $y = 0$

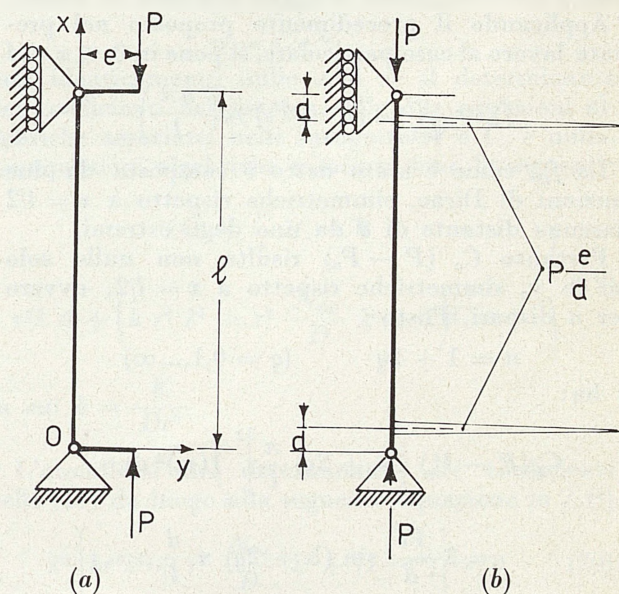


Figura 2

(1) Ad un opportuno valore di P .

il risultato può essere posto nella formula seguente:

$$\sigma = \sigma_0 \left[1 \pm \frac{re}{\varrho^2} \sec \left(\frac{1}{2} \frac{l}{\varrho} \sqrt{\frac{\sigma_0}{E}} \right) \right] \quad (15)$$

dove, se A è la sezione, $\sigma_0 = P/A$ e $\varrho^2 = I/A$.

La rottura avviene al valore di σ_0 per cui σ , tensione totale nella sezione più sollecitata $x = l/2$, eguaglia la tensione di rottura σ_r .

Nella (14) i vari addendi sono momenti flettenti mentre l'incognita è lo spostamento normale all'asse. Per trattare il problema con una equazione della forma (1) occorre pertanto ricorrere ancora alla (5) con le seguenti particolari condizioni ai limiti:

$$\left. \begin{aligned} x = 0 & \quad y = 0 \\ x = l & \quad \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{Pe}{EI} \end{aligned} \right\}$$

Come è noto, tale problema, annullando i termini non omogenei delle precedenti condizioni ai limiti, ammette le forme di equilibrio indifferente

$$y_n = \sin n\pi \frac{x}{l}$$

costituenti un sistema completo ed ortogonale in $0 \leq x \leq l$, con i valori critici di P :

$$P_n = n^2 \frac{\pi^2 E I}{l^2}$$

Nella formulazione (5) si ha quindi una equazione omogenea con condizioni ai limiti non omogenee.

È però possibile ricondursi ad un problema con equazioni non omogenee e condizioni al contorno omogenee osservando che ai fini delle incognite y e delle tensioni longitudinali σ il problema proposto (fig. 2 a) è equivalente a quello che si ottiene dalla figura 2 b ⁽¹⁾ facendo tendere d a zero.

Ciò in virtù della ipotesi, su cui si fonda la (5), della infinita rigidezza a taglio dell'asta in esame.

Applicando il procedimento proposto nel presente lavoro al caso particolare, si pone in $0 \leq x \leq l$

$$f_D = \sum_{n=1}^{\infty} C_n (P - P_n) y_n \left(\frac{n\pi}{l} \right)^2$$

La f_D , come è stato detto è composta da due funzioni di Dirac, simmetriche rispetto a $x = l/2$ ciascuna distante di d da uno degli estremi.

Pertanto $C_n (P - P_n)$ risulta non nullo solo per le y_n simmetriche rispetto a $x = l/2$, ovvero per n dispari. Posto

$$n = 1 + 2q \quad (q = 0, 1, \dots, \infty)$$

si ha:

$$\begin{aligned} C_q (P - P_q) \left[(1 + 2q) \frac{\pi}{l} \right]^2 \int_0^l (y_q)^2 dx = \\ = 2 \frac{Pe}{d} \sin (1 + 2q) \pi \frac{d}{l}, \end{aligned}$$

⁽¹⁾ Sull'asta agiscono forze laterali f_D distribuite secondo due funzioni di Dirac in prossimità dei due appoggi, ciascuna delle quali ha momento Pe rispetto all'appoggio vicino.

ovvero:

$$\begin{aligned} C_q (P - P_q) (1 + 2q)^2 \left(\frac{\pi}{l} \right)^2 \frac{l}{2} = \\ = 2 Pe \frac{\sin (1 + 2q) \pi \frac{d}{l}}{d} \end{aligned}$$

È ora facile verificare che

$$\lim_{d \rightarrow 0} \frac{\sin (1 + 2q) \pi \frac{d}{l}}{d} = (1 + 2q) \frac{\pi}{l}$$

Si ha dunque

$$C_q (P - P_q) = \frac{4}{\pi} Pe \frac{1}{1 + 2q}$$

Passando quindi alle tensioni nella sezione più sollecitata $x = l/2$ e ricordando le espressioni delle P_q , si ha in definitiva, come facilmente si verifica ⁽¹⁾:

$$\sigma = \sigma_0 \left[1 \pm \frac{re}{\varrho^2} \frac{4}{\pi} \sum_{q=0}^{\infty} (-1)^{q+1} \frac{1 + 2q}{\frac{\sigma_0}{\pi^2 E} - (1 + 2q)^2} \right] \quad (16)$$

Sia nella (15) che nella (16) la tensione massima risulta dalla somma dell'effetto di compressione semplice e di quello di flessione: quest'ultimo non è proporzionale alla tensione σ_0 e quindi al carico applicato P .

L'identità delle (15) e (16), si verifica immediatamente utilizzando una nota proprietà matematica, [18] pag. 36.

Essa consiste nella seguente espressione della secante dall'argomento θ .

$$\sec \theta = \frac{4}{\pi} \sum_{q=0}^{\infty} (-1)^{q+1} \frac{1 + 2q}{4 \left(\frac{\theta}{\pi} \right)^2 - (1 + 2q)^2}$$

la quale dimostra l'asserto sol che si ponga nelle (15) e (16)

$$\theta = \frac{1}{2} \frac{l}{\varrho} \sqrt{\frac{\sigma_0}{E}}$$

Interessa anche controllare in che misura la (16) converge verso la soluzione esatta rappresentata dalla (15), per vari valori di q (0, 1, 2, ...), nel campo:

$$0 < \frac{l}{\varrho} < \pi.$$

Con $q = 5$, si hanno differenze del 5% circa e trattandosi di serie a segni alterni ogni termine dà anche l'ordine di grandezza dell'errore.

IL CILINDRO CIRCOLARE SOGGETTO A CARICO ASSIALE E PRESSIONE RADIALE

Consideriamo un tratto di cilindro circolare (fig. 3), a parete localmente incernierata in corri-

⁽¹⁾ In effetti la (14), resa omogenea, con le sue condizioni ai limiti ammette le stesse forme di equilibrio indifferente e gli stessi carichi critici ottenuti attraverso la (5), e si perviene poi alla (16) anche ponendo

$$Pe = \sum_{n=1}^{\infty} C_n (P - P_n) y_n$$

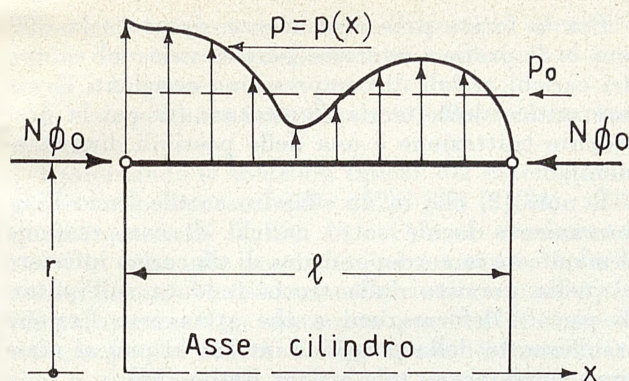


Figura 3

spondenza delle sezioni estreme e soggetto a carico assiale uniformemente distribuito lungo le direttrici ed a pressione interna radiale assialsimmetrica p , comunque variabile lungo la generatrice ⁽¹⁾.

Scegliendo quale configurazione di riferimento quella che si ottiene assoggettando il cilindro, libero dai vincoli, al carico assiale di flusso N_{ϕ_0} ed a una pressione p_0 costante lungo la generatrice, scelta ad esempio come valore di compenso della $p(x)$, la configurazione stessa comporta solamente tensioni membranali.

Si ha, se s è lo spessore della parete:

$$w_0 = \frac{p_0}{E} \frac{r^2}{s} - \nu \frac{N_{\phi_0}}{E} \frac{r}{s}$$

$$e \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_{\phi_0} = \frac{N_{\phi_0}}{s} \\ \sigma_{\theta_0} = p_0 \frac{r}{s} \end{array} \right.$$

Onde ottenere deformazioni e tensioni finali occorre sommare ancora gli effetti dei vincoli e della pressione $p-p_0$, ciascuno dei quali, come sappiamo, deve essere computato in presenza del flusso assiale N_{ϕ_0} . Poichè nel computare l'effetto dei vincoli le condizioni ai limiti non omogenee sugli spostamenti misurati dalla configurazione di riferimento saranno completamente rispettate, nel computo degli effetti di $p-p_0$ si avranno condizioni ai limiti omogenee.

L'effetto dei vincoli può essere ottenuto con il metodo già trattato dall'A. in [10] ⁽²⁾. Per l'effetto di $p-p_0$ è giocoforza servirsi di una espansione in serie in termini di configurazioni di equilibrio indifferente, proprie della struttura esaminata, secondo la teoria esposta in precedenza.

Nell'esempio proposto non si hanno carichi tangenziali sul cilindro. Inoltre la configurazione di

⁽¹⁾ Ove fosse presente una distribuzione assialsimmetrica di temperatura, nella ipotesi che non ne fosse alterato il comportamento elastico del materiale, essa potrebbe sempre essere sostituita con una distribuzione di pressione.

⁽²⁾ Una via alternativa consiste nello scegliere una pressione p_0 della condizione di riferimento tale per cui le condizioni ai limiti per w risultino omogenee.

riferimento considerata ha curvatura e taglio longitudinale nulli in ogni punto.

Le equazioni di equilibrio, nelle funzioni incognite di spostamento, w in direzione radiale e v longitudinale con una appropriata eliminazione dei termini piccoli rispetto ai rimanenti, divengono le seguenti:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{d^2 v}{dx^2} + \frac{\nu}{r} \frac{dw}{dx} = 0 \\ rK \frac{d^4 w}{dx^4} + D \left(\frac{w}{r} + \nu \frac{dw}{dx} \right) + \\ + r N_{\phi_0} \frac{d^2 w}{dx^2} = r(p-p_0) \end{array} \right\} \quad (17)$$

nella quale K e D sono le rigidità flessionale ed estensionale della parete del cilindro, r è il raggio (medio) e ν è il modulo di Poisson.

Alla (17) vanno associate le condizioni al contorno seguenti:

$$\left\{ \begin{array}{l} (w)_{x=0} = -w_0 \\ \left(\frac{d^2 w}{dx^2} \right)_{x=0} = 0 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} (w)_{x=l} = -w_0 \\ \left(\frac{d^2 w}{dx^2} \right)_{x=l} = 0 \end{array} \right. \quad (18)$$

Siamo pertanto in presenza di un sistema di equazioni lineari non omogenee con condizioni al contorno non omogenee. Come è noto [8] la soluzione di un siffatto problema può essere suddivisa in due parti: la soluzione delle equazioni omogenee con le condizioni al contorno non omogenee e la soluzione delle equazioni non omogenee. Sul piano fisico ciò corrisponde a considerare separatamente, ma sempre in presenza di N_{ϕ_0} , gli effetti dei vincoli e di $p-p_0$.

a) *Equazioni omogenee con condizioni ai limiti non omogenee.*

Il sistema omogeneo associato alle (17), ammette soluzioni del tipo

$$\begin{array}{l} v = A e^{\lambda x} \\ w = C e^{\lambda x} \end{array}$$

non identicamente nulle solo se il determinante dei coefficienti del sistema delle due equazioni algebriche associate, nelle incognite A e C , è nullo. Le equazioni algebriche associate sono le seguenti:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda^2 A + \frac{\nu}{r} \lambda C = 0 \\ \nu^2 \lambda A + \left(k r^4 \lambda^4 + r^2 \frac{N_{\phi_0}}{D} \lambda^2 + 1 \right) C = 0 \end{array} \right. \quad (19)$$

in cui $k = \frac{K}{Dr^2}$

L'annullarsi del determinante dei coefficienti delle (19) dà luogo alla seguente equazione in λ ⁽¹⁾

$$\lambda^2 \left[k r^4 \lambda^4 + r^2 \frac{N_{\phi_0}}{D} \lambda^2 + (1-\nu^2) \right] = 0 \quad (20)$$

⁽¹⁾ In corrispondenza delle radici delle (20) si hanno soluzioni a meno di un fattore di proporzionalità.

La (20) ammette le soluzioni

$$\lambda_{1,2,3,4} = \pm \sqrt{\frac{N_{\phi 0}}{2K}} \pm \sqrt{\frac{N_{\phi 0}}{2K} - \frac{(1-\nu^2)D}{Kr^2}} \quad (21')$$

nonchè la soluzione doppia

$$\lambda_{5,6} = 0$$

La (21'), ricordando una nota proprietà dei radicali doppi, può però essere scritta nel modo seguente

$$\lambda_{1,2,3,4} = \pm \sqrt{\frac{N_{\phi 0}}{4K}} \pm \sqrt{\frac{(1-\nu^2)D}{4Kr^2}} \pm \sqrt{\frac{N_{\phi 0}}{4K}} \pm \sqrt{\frac{(1-\nu^2)D}{4Kr^2}} \quad (21)$$

L'equazione (21) coincide sostanzialmente con una equazione usata dall'A. in una precedente memoria [10] sulla base della impostazione del Flügge [7]. La (21) presenta solamente due termini (molto piccoli e di piccolo effetto) in meno.

Rimandando alla citata memoria [10] per la discussione delle soluzioni, fra le quali le $\lambda_{5,6} = 0$ debbono essere scartate, limitiamoci a richiamare le conclusioni. Ponendo la (21) nella forma

$$\lambda_{1,2,3,4} = \pm \sqrt{\alpha} \pm \sqrt{\beta}$$

se α e β risultano negativi, posto

$$\alpha' = \sqrt{-\alpha}, \quad \beta' = \sqrt{-\beta},$$

l'integrale generale delle (17) risulta da una combinazione di sinusoidi e cosinusoidi non smorzate:

$$w = C_1 \sin(\alpha' + \beta')x + C_2 \cos(\alpha' + \beta')x + C_3 \sin(\alpha' - \beta')x + C_4 \cos(\alpha' - \beta')x \quad (22)$$

in cui C_1, C_2, C_3 e C_4 sono costanti arbitrarie.

Se α è positivo e β negativo

$$\text{ponendo} \quad \alpha' = \sqrt{\alpha} \quad \text{e} \quad \beta' = \sqrt{-\beta}$$

l'integrale generale delle (17) risulta dalla somma di sinusoidi e cosinusoidi smorzate:

$$w = \sin \beta' x (C_1 \sin \alpha' x + C_2 \cos \alpha' x) + \cos \beta' x (C_3 \sin \alpha' x + C_4 \cos \alpha' x) \quad (23)$$

in cui C_1, C_2, C_3 e C_4 sono costanti arbitrarie.

Se infine α e β risultano entrambi positivi ponendo $\alpha' = \sqrt{\alpha}$ e $\beta' = \sqrt{\beta}$ l'integrale generale delle (17) risulta della forma:

$$w = C_1 \cos(\alpha' + \beta')x + C_2 \sin(\alpha' + \beta')x + C_3 \cos(\alpha' - \beta')x + C_4 \sin(\alpha' - \beta')x \quad (24)$$

Acquistano pertanto evidenza i due valori critici:

$$(N_{\phi 0})_{1,2} = \pm \frac{E}{\sqrt{3(1-\nu^2)}} \frac{s^2}{r}$$

che discriminano le forme degli integrali generali delle equazioni indefinite di equilibrio e dei quali il primo è ben noto come valore critico a compressione nella teoria dei piccoli spostamenti.

Fra le forme precedentemente riportate la (22) non è di pratico interesse perchè vale nel campo dei carichi assiali di compressione eccedenti il valore critico della teoria elementare (di cui la precedente trattazione è una delle possibili dimostrazioni).

È noto [2] che in un cilindro sottile liscio l'imbozzamento locale sotto carichi di compressione si manifesta in corrispondenza di un carico inferiore a quello previsto dalla teoria fondata sull'ipotesi di piccole deformazioni e che attraverso l'azione stabilizzante della pressione interna si può al massimo raggiungere tale valore limite [16].

Il campo di reale impiego dei cilindri sottili lisci è quindi coperto dalle (23) e (24), nelle quali, come del resto nella (22), è agevole riconoscere l'influenza del carico assiale che interviene nelle espressioni di α' e β' . Tale influenza si manifesta sui valori di w e quindi di v , ottenibile da w attraverso una delle (17) (rese omogenee) fatte equipollenti dal soddisfacimento della (20), e sulle loro derivate. Sono pertanto influenzati dal carico assiale le deformazioni, gli sforzi taglianti ed i momenti longitudinali nonché gli sforzi circonferenziali.

Di particolare interesse nelle strutture aeronautiche e missilistiche è l'influenza sulle distribuzioni lungo le direttrici delle azioni applicate da ordinate, alle quali devono essere proporzionate le unioni. Tale influenza è conseguenza diretta di quella sugli sforzi taglianti longitudinali e della sua esistenza è opportuno dare una dimostrazione sintetica che ne illustra anche l'importanza.

Consideriamo un cilindro circolare soggetto ad esempio a carico assiale nel quale una distribuzione uniforme di carichi radiali lungo una direttrice impone in corrispondenza della stessa direttrice un dato valore di w .

Se il carico assiale è nullo, la distribuzione ha il valore che si ricava con le teorie ad esempio normalmente usate per le condotte forzate [10]. Se il carico assiale ha il valore critico a compressione, tale distribuzione ha valore nullo in quanto nullo è il lavoro necessario a deformare il cilindro compresso dalla posizione $w = 0$ a quella voluta, entrambe di equilibrio indifferente per definizione.

$$\text{Nel campo } (1) \quad -\frac{E}{\sqrt{3(1-\nu^2)}} \frac{s^2}{r} < -N_{\phi 0} < 0$$

si ha quindi una variazione da zero al valore delle teorie che trascurano gli effetti della concomitante presenza di $N_{\phi 0}$. Una variazione analoga si ha nel campo $0 < N_{\phi 0}$, dove via via che $N_{\phi 0}$ aumenta aumentano i carichi taglianti dovuti a cerchiature. Tale aumento avviene con la legge seguente [10] (1):

$$Q = \chi \left[\frac{E}{\sqrt{3(1-\nu^2)}} \frac{s^2}{r} - N_{\phi 0} \right]^2$$

dove χ è una opportuna costante.

b) *Equazioni non omogenee con condizioni ai limiti omogenee.*

Seguendo la teoria generale esposta nel paragrafo 2, questo contributo è da valutarsi attra-

(1) In questo esempio $N_{\phi 0}$ è positivo se comprime.

verso una espansione in serie di funzioni caratteristiche del sistema omogeneo con condizioni al contorno omogenee.

È bene pertanto individuare tali funzioni caratteristiche.

Esaminando le soluzioni tipiche del sistema omogeneo rappresentate dalle (22), (23) e (24), nelle quali le costanti C_1 , C_2 , C_3 e C_4 sono da determinarsi in base alle condizioni al contorno, è facile rendersi conto che si hanno funzioni caratteristiche (di parametro N_{ϕ_0}) solamente per la (22) e quindi nel campo dei valori di N_{ϕ_0} minori del carico critico a compressione secondo la teoria elementare.

Considerando poi più da vicino la (22), con le condizioni di contorno omogenee:

$$\begin{aligned} (w)_{x=0} &= 0 & ; & & (w)_{x=l} &= 0 \\ \left(\frac{d^2 w}{dx^2}\right)_{x=0} &= 0 & ; & & \left(\frac{d^2 w}{dx^2}\right)_{x=l} &= 0 \end{aligned} \quad (25)$$

si dimostra agevolmente che deve essere $C_2 = C_3$, $C_4 = 0$.

Si ha pertanto:

$$w = C_1 \sin(\alpha' + \beta') x$$

Le funzioni caratteristiche ricercate saranno pertanto le seguenti ⁽¹⁾:

$$W_n = \sin n\pi \frac{x}{l} ; \quad V_n = -\frac{\nu}{\pi n} \frac{l}{r} \cos n\pi \frac{x}{l}$$

e si avranno in funzione dei valori caratteristici dati dall'equazione in $N_{\phi n}$

$$\alpha' + \beta' = n\pi \frac{1}{l}$$

Al fine di ottenere lo sviluppo in serie di W_n osserviamo ora che ciascuna coppia di soluzioni caratteristiche, introdotta nella prima delle (17) la verifica senz'altro ed introdotta nel primo membro della seconda deve dare luogo ad un secondo membro pari a

$$r(N_{\phi_0} - N_{\phi n}) \frac{d^2 W_n}{dx^2}$$

Infatti tale primo membro avrebbe chiaramente valore nullo ove si ponesse $N_{\phi n}$ in luogo di N_{ϕ_0} .

Dovrà pertanto essere, per il soddisfacimento della seconda delle (17):

$$\sum_{n=1}^{\infty} C_n (N_{\phi_0} - N_{\phi n}) \left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 \sin n\pi \frac{x}{l} = p - p_0$$

Assumendo ora come incognite i coefficienti:

$$C_n \left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 (N_{\phi_0} - N_{\phi n})$$

essi potranno essere trovati analizzando in serie di seni la funzione $p - p_0$ definita nel campo $0 - l$. Da essi si possono ottenere i C_n .

⁽¹⁾ La V_n si ricava dalla prima delle (26) e da W_n , annullando un termine lineare in x , perchè altrimenti incompatibile, ed omettendo un termine costante.

IL CONO SOGGETTO A CARICO ASSIALE E PRESSIONE NORMALE ALLE GENERATRICI

Consideriamo un tronco di cono circolare (fig. 4), a parete localmente incernierata in corrispondenza delle basi e soggetto a carico assiale uniformemente distribuito lungo le direttrici ed a pressione interna assialsimmetrica, comunque variabile lungo la generatrice. Sia v lo spostamento secondo la generatrice e w quello normale, positivo verso l'interno.

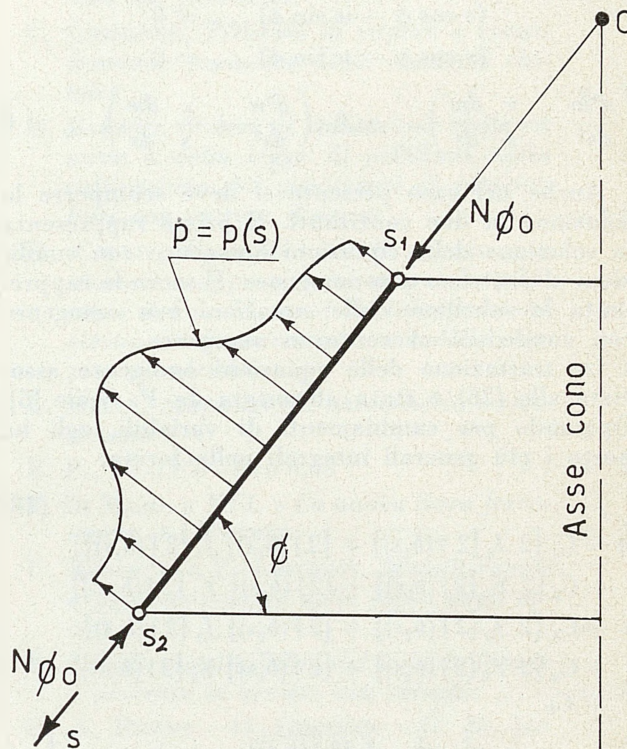


Figura 4

Se P è il carico assiale agente sul tronco di cono, in corrispondenza delle due basi di ascissa s_1 ed s_2 , esso dà luogo ai flussi secondo le generatrici

$$N_{\phi_0} = \frac{P}{2\pi s} \cotg \phi$$

ed a quelli secondo i cerchi direttori:

$$N_{\theta_0} = \frac{P}{2\pi s} \cos \phi \cotg \phi$$

Supponendo l'esistenza di due basi rigide nel loro piano, tali flussi N_{θ_0} saranno assorbiti da queste.

Quale condizione di riferimento possiamo assumere quella assunta dal cono sotto l'azione di N_{ϕ_0} , in comportamento membranale, mentre a differenza di quanto fatto nel cilindro non conviene introdurre nella condizione di riferimento una pressione p_0 .

Le equazioni di equilibrio si riducono alla forma seguente [5]:

$$s \frac{d^2 v}{ds^2} + \frac{dv}{ds} - \frac{v}{s} + \left(-\frac{w}{s} + \nu \frac{dw}{ds} \right) \tg \phi = 0$$

$$\frac{d}{ds} \left\{ \frac{1}{s} \frac{d^2}{ds^2} \left(s \frac{dw}{ds} \right) + \frac{1}{s^2} \frac{d}{ds} \left(s \frac{dw}{ds} \right) + \right. \\ \left. + (s N_{\phi 0}) \frac{1}{K} \frac{1}{s^2} \left(s \frac{dw}{ds} \right) - \frac{D}{K} v \operatorname{tg}^2 \phi \frac{w}{s} - \right. \quad (26) \\ \left. - \frac{D}{K} \operatorname{tg} \phi \left(\frac{dv}{ds} + v \frac{v}{s} \right) \right\} = \frac{1}{K} s p$$

Alle (26) vanno associate le condizioni ai limiti:
(27)

$$(v \cos \phi - w \sin \phi)_{s=s_1} = 0 \\ (v \cos \phi - w \sin \phi)_{s=s_2} = 0 \\ \left(\frac{d^2 w}{ds^2} + \frac{v}{s} \frac{dw}{ds} \right)_{s=s_1} = 0 ; \left(\frac{d^2 w}{ds^2} + \frac{v}{s} \frac{dw}{ds} \right)_{s=s_2} = 0$$

Anche nel caso presente si deve scomporre la soluzione in due contributi. Il primo rappresenta la soluzione delle equazioni omogenee con condizioni al contorno non omogenee. Il secondo rappresenta la soluzione delle equazioni non omogenee con condizioni al contorno omogenee.

La trattazione delle equazioni omogenee associate alle (26) è stata affrontata da P. Seide [5]. Operando per cambiamenti di variabili, egli ha posto i più generali integrali nella forma:

$$w = C_1 \{ 2 J_0 [2 \sqrt{(b_1 s)}] + [2 \sqrt{(b_1 s)}] J_1 [2 \sqrt{(b_1 s)}] \} \\ + C_2 \{ 2 Y_0 [2 \sqrt{(b_1 s)}] + [2 \sqrt{(b_1 s)}] Y_1 [2 \sqrt{(b_1 s)}] \} \\ + C_3 \{ 2 J_0 [2 \sqrt{(b_2 s)}] + [2 \sqrt{(b_2 s)}] J_1 [2 \sqrt{(b_2 s)}] \} \\ + C_4 \{ 2 Y_0 [2 \sqrt{(b_2 s)}] + [2 \sqrt{(b_2 s)}] Y_1 [2 \sqrt{(b_2 s)}] \} \\ + C_5 \\ u = 2 \operatorname{tg} \phi \left\{ C_1 \left\{ 2 \frac{J_1 [2 \sqrt{(b_1 s)}]}{2 \sqrt{(b_1 s)}} + v J_2 [2 \sqrt{(b_1 s)}] \right\} + \right. \\ + C_2 \left\{ 2 \frac{Y_1 [2 \sqrt{(b_1 s)}]}{2 \sqrt{(b_1 s)}} + v Y_2 [2 \sqrt{(b_1 s)}] \right\} + \\ + C_3 \left\{ 2 \frac{J_1 [2 \sqrt{(b_2 s)}]}{2 \sqrt{(b_2 s)}} + v J_2 [2 \sqrt{(b_2 s)}] \right\} + \\ \left. + C_4 \left\{ 2 \frac{Y_1 [2 \sqrt{(b_2 s)}]}{2 \sqrt{(b_2 s)}} + v Y_2 [2 \sqrt{(b_2 s)}] \right\} \right\} + C_5 \operatorname{tg} \phi \quad (28)$$

Nelle (28) C_1 , C_2 , C_3 e C_4 sono da determinarsi in base alle condizioni ai limiti (C_5 rappresenta semplicemente una traslazione assiale), mentre $J_p(x)$ e $Y_p(x)$ sono le funzioni di Bessel rispettivamente di prima e seconda specie.

Le quantità b_1 e b_2 sono infine definite delle relazioni seguenti [5], essendo t lo spessore della parete

$$b_{1,2} = \frac{P}{2\pi D \sin 2\alpha} \left\{ 1 \pm \sqrt{1 - \left(\frac{2 E t^2 \pi}{\sqrt{3} (1-\nu^2)} \frac{\sin^2 \phi}{P} \right)} \right\}$$

Applicando alle (28) le condizioni ai limiti (27) si può senz'altro ottenere, attraverso la determinazione degli opportuni valori di C_1 , C_2 , C_3 e C_4 , il contributo derivante dalle equazioni omogenee con condizioni al contorno non omogenee.

Per ottenere l'altro contributo, quello delle (26) non omogenee con condizioni al contorno omogenee associate alle (27), è necessario svolgere qualche considerazione preliminare. È bene precisare però che quanto verrà proposto nel seguito vale in particolare per $\nu = 0$.

Seguendo infatti quanto esposto nelle « considerazioni teoriche generali » si devono ora determinare i valori critici del carico assiale e le corrispondenti forme tipiche di cedimento, date dalle equazioni omogenee con le condizioni ai limiti omogenee.

Seide [5], ha ottenuto, appunto per il caso $\nu = 0$ ⁽¹⁾, le seguenti condizioni:

$$J_2' [2 \sqrt{(b_1 s_2)}] Y_2' [2 \sqrt{(b_1 s_1)}] - J_2' [2 \sqrt{(b_1 s_1)}] Y_2' [2 \sqrt{(b_1 s_2)}] = 0 \quad (29) \\ J_2' [2 \sqrt{(b_2 s_2)}] Y_2' [2 \sqrt{(b_2 s_1)}] - J_2' [2 \sqrt{(b_2 s_1)}] Y_2' [2 \sqrt{(b_2 s_2)}] = 0$$

dalle quali si possono ricavare i valori critici P_n del carico applicato.

Le corrispondenti funzioni di equilibrio indifferente W_n , V_n si ottengono quindi dalle (28).

Ettore Antona.

⁽¹⁾ Se $\nu = 0$ si ha una equazione trascendente praticamente insolubile.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. OSTENFELD, *Exzentrisch Beanspruchte Säulen III Beliebige Exzentrizität Versuche mit Holz und Stahlsäulen*. « Ingenieurwissenschaften Skrifter A. », Nr. 26, København 1931.
- [2] T. VON KÁRMÁN and HSUE-SHEN, *The Buckling of thin Cylindrical Shells under axial Compression*, « J. Ae. Sci. », June 1941.
- [3] D. J. PEERY, *Aircraft Structures*, ed. McGraw-Hill Book Company, 1950.
- [4] F. BLEICH and M. M. BLEICH, *Buckling Strength of Metal Structures*, ed. McGraw-Hill Book Co., 1952.
- [5] P. SEIDE, *Axisymmetrical Buckling of circular Cones under axial Compression*, « J. of Applied Mechanics », December 1956.
- [6] G. ALBENGA, *I ponti, La teoria*, Unione Tipografica Editrice Torinese, 1958.
- [7] W. FLÜGGE, *Stresses in Shells*, Springer Verlag, Berlin 1960.
- [8] G. A. KORN and T. M. KORN, *Mathematical Handbook for Scientists and Engineers*, ed. McGraw-Hill Book Company, 1961.
- [9] W. H. WITTRICK, *Interaction between Membrane and Edge Stresses for thin Cylinders under axially symmetrical Loading*, « J. of the Royal Aeronautical Soc. », March, 1963.
- [10] E. ANTONA, *Sul calcolo della struttura dei missili*, « Missili », Settembre-Ottobre, 1963.
- [11] F. TRICOMI, *Istituzioni di analisi superiore*, ed. Cedam, Padova, 1964.
- [12] E. ANTONA, *Effetto della pressione ortogonale e fenomeno d'instabilità globale nei pannelli compressi dei cassoni alari centinati soggetti a flessione*, « Memoria presentata al Convegno AIDA-AIR », Milano, Ottobre 1967.
- [13] P. CICALA, *Teoria lineare della parete sottile*, ed. Levrotto & Bella, Torino 1967.
- [14] TIMOSHENKO and GERE, *Theory of elastic Stability*, ed. McGraw-Hill, Book Co., Kogakusha L.T.D.
- [15] GAETANO FICHERA, *Linear elliptic differential systems and eigenvalue problems*. Ed. Springer Verlag, 1965.
- [16] E. ANTONA - G. GABRIELLI, *Design of thin circular cylinders under combined loading conditions* « Centenary R. Ae. S. and V ICAS Congress », London 1966.
- [17] GAETANO FICHERA, *Lezioni sulla teoria spettrale degli operatori*. Istituto Matematico Guido Castelnuovo, Roma 1968.
- [18] GRADSHTEIN e RJZHJK, *Tables of integral series and products*. Ed. Academic Press, New York, 1965.

INDICE DELL'ANNA 1970

ATTI DELLA SOCIETÀ

Saluto ad Augusto Cavallari-Murat . . . pag.	1
1969: riassunto delle principali manifestazioni . . . »	3
1970: programma di massima . . . »	4
mar. ber., Bernardo Vittone rilevato . . . »	29
L. GARDA e P. ROSANI, <i>Visita all'International Building Exhibition a Londra e al Batimat a Parigi (20-26 novembre 1969)</i> »	30
E. ANGELINO, <i>Viaggio in Cambogia e in Giappone</i> . . . »	57
C. PESENTI, <i>Viaggio in Giappone</i> . . . »	85
G. RICCI, <i>Visita agli stabilimenti FIAT di Rivalta</i> . . . »	113
<i>I centenari</i> . . . »	141
<i>I castelli del Piemonte</i> . . . »	142
<i>Piano regolatore di Torino</i> . . . »	142
<i>Assemblea dei Soci del giorno 11 giugno 1970</i> . . . pag.	169-197
<i>I Castelli del Monferrato</i> . . . »	198
<i>Programma del Convegno internazionale promosso dall'Accademia delle Scienze di Torino sul 1° Centenario del Traforo del Frejus e sul 2° Centenario della morte di B. Vittone</i> . . . »	225
O. ROSATI, <i>Visite a monumenti Vittoriani</i> . . . pag.	253-281
<i>Ricordo di Enrico Pellegrini</i> . . . »	309
<i>Colleghi scomparsi</i> . . . »	313

RASSEGNA TECNICA

G. PEROTTI, ZOMPÌ, <i>Considerazioni sul profilo d'imbocco di un rullo per laminatoio a passo di pellegrino</i> . . . pag.	5
U. F. DE FALCO, <i>Gravity vacuum transit</i> »	7
E. PELLEGRINI, <i>Bernardo Vittone, rilevato</i> »	13
M. PASSANTI, <i>Riflessioni sulla crisi e riforma dell'abitazione</i> . . . »	14
G. A. PUGNO, <i>Potere fonoisolante ed isolamento acustico per via aerea</i> . . . »	31
G. PEROTTI e P. ALESSIO, <i>Nota sulla potenza assorbita nella rettificazione a tuffo di acciaio UNI 38 Ni Cr Mo 4 trattato</i> »	35
C. CASTIGLIA, <i>Sul rapporto cedimenti-velocità nelle pavimentazioni flessibili</i> . . . »	37
G. BONICELLI, <i>I grandi impianti idroelettrici della Siberia</i> . . . »	59
C. CODEGONE, <i>La fisica industriale in Torino fra l'otto e il novecento</i> . . . »	67

M. CLERICO, <i>Ricerca sulla resistenza alla fatica dei materiali termoplastici: variazione col tempo delle sollecitazioni in prove di flessione piana a deformazione costante</i> . . . pag.	89
C. VERSINO e R. BRUNERO, <i>Metodo per la determinazione della porosità di masselli da pavimento</i> . . . »	115
C. CODEGONE, <i>Tensioni di vapore e classificazione periodica degli elementi chimici</i> . . . »	118
G. BALDINI, <i>Criteri di valutazione delle riserve e della legge di pressione nella coltivazione dei giacimenti di idrocarburi con entrata d'acqua</i> . . . »	143
R. CIUFFI, <i>Procedimenti di calcolo per successive approssimazioni per la soluzione del problema della lubrificazione elasto-idrodinamica isoterma delle coppie cilindriche</i> . . . »	149
L. MALLÉ, <i>Stupinigi tra barocchetto e classicismo</i> . . . »	154
E. P., <i>1-7-1970 - Ore 0,00</i> . . . »	171
F. DI MAJO, « NTL » <i>La nuova linea ferroviaria del Tokaido</i> . . . »	199
U. ROSSETTI e E. LEPORATI, <i>Metodi rapidi a flessione rotante nella fatica degli acciai</i> . . . »	201
B. ATZORI, <i>Applicabilità del metodo Locati a provette in acciaio con intaglio</i> . . . »	206
G. A. PUGNO - O. GRESPLAN - G. M. GISLON, <i>Camera per misure illuminotecniche installata presso la Facoltà di Architettura del Politecnico di Torino</i> . . . »	227
G. M. LUPO, <i>Carlo Angelo Ceresa, ingegnere</i> . . . »	232
A. PANIZZA, <i>La chiesa di S. Luigi Gonzaga a Corteranzo</i> . . . »	238
R. CIUFFI, <i>Soluzioni del problema della lubrificazione elasto-idrodinamica delle coppie cilindriche ottenute tenendo conto delle temperature del meato. Sintesi delle ricerche teoriche</i> . . . »	239
G. SURACE, <i>Le strutture sandwich nei veicoli aerei e spaziali</i> . . . »	255
G. M. LUPO, <i>Annibale Rigotti, architetto</i> »	265
A. RIGOTTI, <i>Alessandro Antonelli (1798-1888)</i> . . . »	275
C. CODEGONE, <i>Contaminazione dell'aria prodotta nell'area urbana da impianti termici</i> . . . »	283
G. PEZZOLI, <i>L'effetto delle resistenze sulla propagazione delle maree</i> . . . »	288
E. P., <i>Il gioco delle parti</i> . . . »	290
R. RUGGERI, <i>Il sistema microfilm nell'organizzazione del settore Tecnico-Progettativo: un problema di scelte</i> . . . »	293

- P. SCARZELLA, *Restauro di monumenti e valorizzazione di insiemi storico-urbanistici. Problemi di integrazione di criteri e metodi nei nuovi ordinamenti francesi e nell'esperienza parigina del Marais* pag. 296 ^a
- G. GARDANO, *Parcheggi lineari sotterranei per la Città di Torino* » 306 ^a
- E. P., *I fondi d'investimento italiani* » 315
- P. CICALA - F. ALGOSTINO, *Calcolo di una voltina conica per serbatoio* » 316
- F. MAZZINGHI, *Cenni elementari sulla gestione delle scorte* » 324
- E. ANTONA, *Sulla teoria linearizzata dei problemi elastici con interazioni fra spostamenti e sforzi interni* » 329

PROBLEMI

- E. PELLEGRINI, *Esperienza zero nella progettazione* » 15
- G. GARDANO, *Un itinerario rapido attraverso Torino* » 43 ^p
- M. J. BIANCO, *Il traffico nord-sud in Torino* » 51
- E.P., *Il Crystal Palace a Londra nel 1851* » 52
- G. P. GIANI, *Le aree del Demanio dello Stato in Torino* » 76
- G. GAR, *La tangenziale est interna a Torino* » 112
- La superstrada sopraelevata a Torino progettata* » 127
- E. P., *Autostrada e ferrovia sui tetti di Praga* » 130
- G. PELLEGRINI, *L'asse attrezzato di Catania* » 131
- E. P., *Gli scavi delle gallerie per le ferrovie metropolitane* » 246

INFORMAZIONI

- E. P., *1970 ore 0.00* » 18
- E. A., *Novità dall'Inghilterra - Novità dagli Stati Uniti* » 19
- E. P., *Dalla Cecoslovacchia* » 19
- E. P., *Il costo del denaro* » 42
- E. A., *Aspetti biologici della corrosione dei materiali* » 83
- Il 20° Salone internazionale della Tecnica e il 7° Salone Internazionale della Montagna* » 219

NUOVE METODOLOGIE

- G. GUERRA, *Un centro studi per la Metodologia della progettazione a Napoli* . . . pag. 21
- P. PORTOGHESI, *Aforismi per Dicaia e altri scritti* » 94
- E. P., *La speranza progettuale* » 122

- E. PELLEGRINI, *La credibilità di una previsione ottenuta mediante comparazioni e traslazione nel tempo* pag. 172
- G. PEZZOLI, *Il trasporto solido dei corsi d'acqua e gli eventi di piena* » 174
- S. VITI, *Cenni sui graft* » 176
- C. BRAYDA, *Bernardo Vittone maltrattato* . . » 179
- M. PASSANTI, *La Real Cappella della S.S. Sindone in Torino* » 182
- C. CASTIGLIA, *Collegamento rapido Torino-Caselle-Malpensa-Milano* »

LEGISLAZIONE

- E. P., *Il nuovo ordinamento delle Facoltà d'Architettura* pag. 20

REGOLAMENTI

- U. R., *Le nuove norme tecniche per l'impiego delle strutture in cemento armato precompresso* pag. 133 - 220

NOTIZIE

pag. 112 - 140 - 168 - 196 - 252 - 279

RECENSIONI

pag. 55 - 140 - 161 - 162 - 211 - 212 - 277 - 278

CRONACHE DEL TEMPO RITROVATO

- E. P., *L'Esposizione di Torino nel 1884* . pag. 74
- E. P., *Le figlie del fuoco e dell'acqua. - La Esposizione Universale di Parigi del 1867* » 99
- V. VIALE, *Bernardo Vittone commemorato* » 103
- E. PELLEGRINI, *Metodologie comparate* . » 104
- A. PANIZZA, *Una scala del 1905 a Torino* . » 123
- M. LEVA PISTOI, *Mezzo secolo di architettura a Torino* » 126
- E. PELLEGRINI, *Il castello e il Borgo Medioevale a Torino nel 1884* » 155
- E. P., *Il faticoso e amaro inizio della impresa di Suez dal 1854 al 1863* » 213
- E. P., *Industria, zavorre ed edilizia* . . . » 216

CONVEGNI E CONGRESSI

- D. BUELLI, *La LXX riunione annuale dell'Associazione Elettrotecnica Italiana (AEI)* pag. 24
- G. C., *Convegno sui comandi sequenziali nell'industria* » 26

INDICE DELL'ANNATA 1970 pag. 339

Direttore responsabile: **ENRICO PELLEGRINI**

Autorizzazione Tribunale di Torino, n. 41 del 19 Giugno 1948

STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE - TORINO

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TORINO

BOLLETTINO D'INFORMAZIONI

ANNO XVII

AGOSTO - SETTEMBRE 1970

N. 4-B

ESTRATTO PER "ATTI E RASSEGNA TECNICA" DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO
DIRETTORE RESPONSABILE: JACOPO CANDEO CICOGNA - CONDIRETTORE: GIOVANNI BERNOCCO
Autorizzazione del Tribunale di Torino N. 881 del 18 gennaio 1954
Stamperia Artistica Nazionale

Dott. Ing. Guido NOVELLI
Dott. Ing. Luciano PASQUALI

TECNICA E ASSICURAZIONE

2 - LA TECNICA ASSICURATIVA NELLE OPERE DI INGEGNERIA CIVILE

(Continuazione dal numero precedente)

Se i danni prodotti dai franamenti, dagli sconvolgimenti e cedimenti del suolo, dal terremoto, dall'acqua, possono assumere queste e anche più vistose dimensioni, non minori conseguenze dannose derivano altre volte dai fenomeni eolici, quali trombe, uragani, tempeste, venti in genere.

Significativo un danno occorso recentemente nel mese di febbraio a un complesso di fabbricati industriali in corso di finitura. Il principale di questi, elevato a un solo piano fuori terra, era realizzato con strutture portanti verticali in cemento armato, travature del tetto in acciaio, pareti e coperture in pannelli sandwich realizzati con lamiere d'alluminio grecato (cm 465×100 ; spessore 7/10) e intercapedine di lana di roccia (spessore cm 6).

La soffittatura era appesa alle strutture del tetto ed era costituita da pannelli di alluminio; le converse erano invece in elementi di lamiera di acciaio zincato. Il sinistro si verificò durante la notte, quando nella zona spirò un forte vento che raggiunse punti di velocità massima istantanea di 126-130 km/h (con riferimento alla scala sull'intensità del vento di Beaufort — comunemente usata — il fenomeno naturale corrisponde alla definizione di «tempesta-uragano»). Poiché il montaggio delle converse sul lato nord-est non era ancora ultimato e quindi non tutti i vincoli erano sistemati, il vento poté strappare e sollevare buona parte della copertura, trascinandola lontano e danneggiando un notevole numero di lamiere.

Un altro danno si verificò in un edificio in corso di rifinitura, distante circa 40 metri dal precedente, elevato a più piani fuori terra con area coperta di circa mq 900, costruito con strutture portanti interamente in cemento armato e con soffittature realizzate con gli stessi criteri e gli stessi elementi già descritti; tali pannelli a base quadrata vengono appesi alle strutture portanti

dell'edificio e collegati fra loro mediante una leggera struttura portante in acciaio che dev'essere realizzata con estrema precisione, perchè prevede per ogni pannello il proprio alloggiamento.

Al primo piano del fabbricato, con pareti ancora aperte, era già allestita la suddetta struttura (senza pannelli) e il vento, sulla parte Nord-Ovest, la deformò per una estensione corrispondente a mq 400 di superficie di soffittatura.

Sebbene si fosse deciso di cercare di rimettere a squadro la parte deformata senza provvedere a rimontarla ex-novo, l'operazione non diede esito positivo e quindi si dovette procedere al rifacimento.

Di non minore gravità risultano poi quei danni privi di ogni componente causale esterna, del tipo «evento naturale», che colpiscono in modo del tutto imprevedibile ora un manufatto in via di ultimazione, ora un'infrastruttura, ora un impianto o un macchinario, senza che sia possibile individuare, neppure approssimativamente, la causa.

È istruttivo un sinistro occorso qualche anno fa ad una delle più caratteristiche attrezzature da cantiere, il «blondin», impiegato — nel caso particolare — per la costruzione di una diga.

L'apparecchiatura, come si può constatare dalla documentazione fotografica (v. figg. 25, 26), era costituita da due pilastri — detti *falconi* — alti 48 metri, realizzati ciascuno da una colonna di tubi in metallo della lunghezza di circa 4 metri, uniti fra loro a mezzo di flange imbullonate e rinforzati da tralicci metallici.

I due falconi, distanti fra loro circa 800 metri, erano semplicemente appoggiati sul terreno e mantenuti nella posizione verticale a mezzo di tiranti in acciaio. Tra un falcone e l'altro era teso un cavo portante in acciaio del diametro di 42 mm, sul quale poteva correre un carrello con appeso un secchione per il trasporto del calcestruzzo.

Al carrello giungevano dai falconi due cavi in acciaio rispettivamente per il movimento del carrello stesso lungo il cavo portante e per il movimento verticale del secchione.

Completavano l'attrezzatura del « blondin » un argano per il movimento del cavo traente il carrello, un argano per il cavo di sollevamento e abbassamento del secchione e due altri argani per l'oscillazione laterale dei falconi (oscillazione che all'apice poteva raggiungere i 14 metri per ogni lato e aveva lo scopo di consentire al cavo portante, e quindi al secchione, di servire tutto il settore della diga in costruzione).

Si precisa che la portata massima del « blondin » era di 2 tonnellate.

Pochi giorni dopo che erano state ultimate le operazioni di montaggio, si stava provando il movimento complessivo e simultaneo degli argani, con un carico di circa 0,7 mc di calcestruzzo (e cioè 1,7 tonnellate): mentre il carico si trovava a circa 200 metri dal primo falcone, improvvisamente i due falconi crollavano, dopo che durante tutta la mattinata si erano effettuate prove analoghe senza riscontrare nulla di irregolare.

Nel crollo rimanevano distrutti i due falconi e danneggiati il secchione con relativo carrello.

In modo particolare i due falconi rimanevano così contorti da non permetterne il recupero, anche soltanto parziale. La colonna centrale infatti ha una mansione portante della massima importanza,

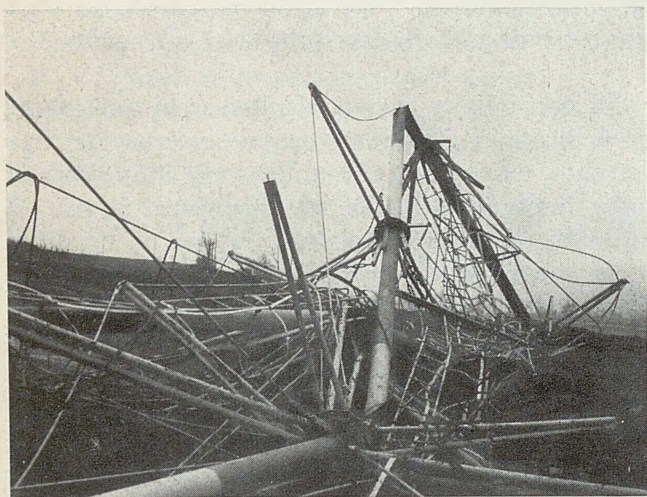


Fig. 25 - Testimonianza di danneggiamento totale di una gru a cavo tipo « blondin ». L'apparecchiatura, installata da pochissimi giorni e ancora in fase di collaudo, rovinava al suolo, probabilmente per sollecitazione abnorme a carico di punta. Probabile causa: un fenomeno di risonanza tra le oscillazioni del cavo portante il carrello e quelle del carrello stesso.

essendo un solido caricato di punta che regge bene alla pressione, ma regge male alla flessione; qualsiasi deformazione e indebolimento ne comprometterebbe gravemente la staticità. Anche i tiranti di rinforzo della colonna centrale erano stati ridotti in condizioni tali da rendere impossibile il recupero.

È difficile potersi pronunciare con sicurezza sulle cause del sinistro; è però abbastanza attendibile l'ipotesi che si sia verificato un fenomeno di risonanza. La deformazione a doppio S della colonna centrale dei falconi e il fatto che i tiranti in acciaio fossero rimasti intatti dimostrano che i falconi stessi erano stati soggetti a un eccessivo

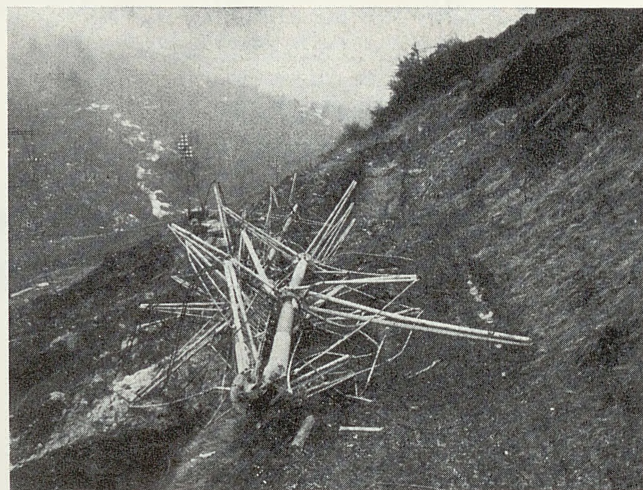


Fig. 26 - Particolare dell'altro estremo del « blondin » abbattutosi e ripiegatosi in due, in corrispondenza della flangia centrale. Gli effetti di questo sinistro furono particolarmente pesanti, in relazione anche alle difficoltà di ricollocamento di una nuova attrezzatura in loco.

carico di punta. Però il peso del secchione era inferiore a quello previsto per un normale esercizio, e soltanto un fenomeno di risonanza potrebbe giustificare un carico così elevato da provocare un simile disastro.

Ricordiamo un altro danno, pure recente, occorso durante i lavori di costruzione di un importante viadotto stradale, e avente una meccanica di eventi simile a quello precedente (v. figure 27 e 28).

L'opera d'arte in questione era un viadotto lungo 2317 m e consisteva in una struttura a 52 campate tutte uguali e di 45 m di luce; per il getto della soletta e delle relative travi (in cemento armato precompresso) venivano usate delle centine autovaranti in struttura con soprastante casseratura in metallo (quattro parallele per ogni campata), aventi una parte centrale più robusta (lunga 49 m) e con un prolungamento più leggero di sbalzo (25 m) alle due estremità. Dette centine, avvenuto il getto, venivano spostate di campata in campata con mezzi propri (argano, paranco, martinetti, ecc.) applicati alle centine stesse.

Nel corso della preparazione per il getto della quarta campata, una centina, sfuggita al sistema di arresto, scaracollava precipitando nel torrente dall'altezza di 27 metri.

Gli uomini che si trovavano sulla centina facevano appena in tempo a saltare su quella centrale adiacente, rimanendo fortunatamente tutti incolumi.

Da notare che le dette centine venivano usate soltanto per le 52 campate del viadotto, perchè per una successiva utilizzazione si sarebbe dovuta presentare l'occasione della costruzione di un'opera identica in ogni sua parte.

Pertanto la perdita di una centina, anche solo

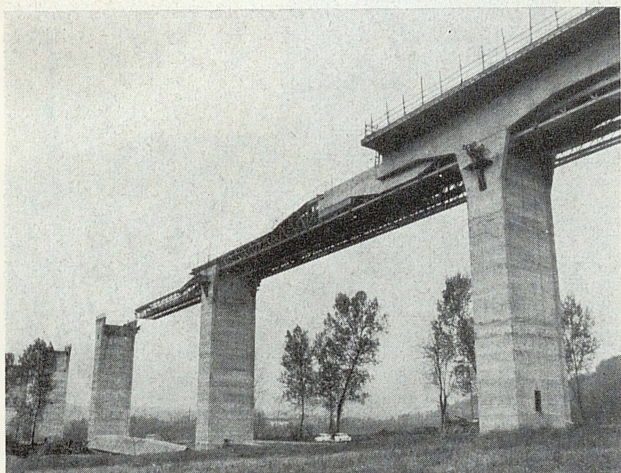


Fig. 27 - Crollo di una centina autovarante. Durante la costruzione di un impegnativo viadotto autostradale, nel quale venivano impiegate, per la sistemazione delle travi, delle centine autovaranti si ebbe, per cause imprecisate, il coricamento laterale di una di esse e il crollo. Il sinistro non coinvolse, per fortunate circostanze, gli uomini addetti alla manovra. Questi infatti riuscirono a porsi in salvo saltando sulla centina a fianco rimasta intatta.

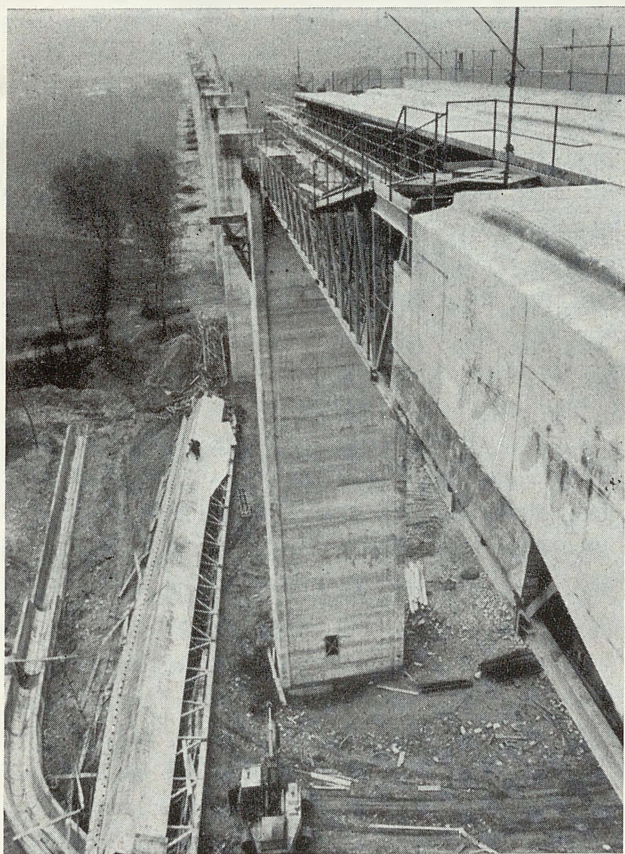


Fig. 28 - Crollo di una centina autovarante (v. Fig. precedente). Da questa ripresa aerea, si può notare la rilevante dimensione dell'attrezzatura e la deformazione irreversibile della parete laterale. Per recuperare il tutto fu necessario procedere allo smontaggio completo dei componenti e alla eliminazione delle parti inservibili.

nel corso di esecuzione delle ultime campate, avrebbe comportato di necessità la costruzione ex-novo dell'elemento perso.

Vediamo ora un sinistro che interessò, un paio di anni or sono, un traliccio di varo, una delle più impegnative attrezzature da cantiere.

Lo stesso veniva impiegato, nel caso in esame, per la costruzione di un viadotto costituito da 29 pilastri con interasse costante di 45 metri e realizzato, in ogni campata, da 6 travi in c.a.p. prefabbricate in cantiere sopra una delle due spalle del ponte e fatte scorrere successivamente nei rispettivi punti di posa. Ogni trave precompressa era lunga circa 43 m e pesante circa 118 t.

L'armatura di varo, come appare chiaramente dalle figg. 29, 30 e 31, è composta da due tronchi metallici reticolari paralleli e uniti fra loro soltanto alle due testate nella parte superiore, per permettere lo spostamento della trave precompressa che trova alloggiamento nello spazio centrale fra i due tronchi.

Ognuno di questi tronchi metallici reticolari, visto in sezione trasversale, è composto da un rettangolo di base piuttosto ampio e molto robusto, munito nella parte inferiore di due rotaie di scorrimento. Sopra questo rettangolo di base il tronco assume una forma triangolare, con un lato orizzontale e vertice in alto.

Nella parte superiore del complesso dell'armatura trovano alloggiamento, mediante carrelli scorrevoli nelle rotaie superiori, tre argani mantenuti a distanza fissa da apposite funi. L'armatura di varo per porre in opera le varie travi deve potersi spostare sia longitudinalmente che trasversalmente. Per eseguire il movimento di traslazione sopra la testa dei pilastri, per tutta la loro lunghezza vengono posate delle rotaie apposite con base molto larga e rinforzata.

Su tali rotaie scorrono due carrelli, uno per ogni tronco di armatura, in modo che agendo su questi carrelli l'armatura completa può spostarsi trasversalmente. I movimenti longitudinali della trave o dell'armatura sono ottenuti in questo modo: una fune metallica parte da una dei due argani di testa, va alla testata relativa dell'armatura, si avvolge alla puleggia di testa e ritorna indietro per finire al terzo argano.

Pertanto si ha che, bloccando l'armatura al pilastro e mettendo in azione il tamburo dell'argano centrale in un senso o nell'altro, i tre argani, così uniti fra loro, si spostano longitudinalmente sempre equidistanti fra loro e se i due argani di testa tengono sollevata la trave anche questa si sposterà longitudinalmente insieme a loro.

Viceversa bloccando l'argano centrale mediante appositi ganci ai pilastri, girando il tamburo in un senso o nell'altro, non potendosi spostare i tre argani, si sposta l'armatura.

La più probabile spiegazione del sinistro potrebbe essere la seguente: si doveva sollevare e spostare una trave precompressa che era stata posta in posizione non idonea tra la spalletta del ponte in costruzione e il 1° pilastro; l'armatura di varo si trovava in cantiere sulla spalletta del ponte; pertanto la si doveva spostare affinché venisse a trovarsi a cavallo tra la spalletta del ponte e il 1° pilastro. Poichè la spalletta del ponte si trova ad altezza superiore a quella del 1° pilastro (il ponte è in lieve pendenza), l'armatura-varo, sotto la spinta del proprio peso, scorreva da sè sulle rulliere di appoggio poste in cantiere, per cui l'argano centrale funzionava da freno con bloc-

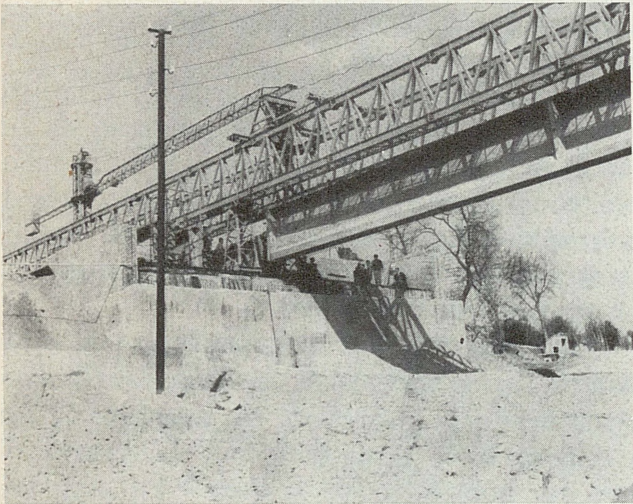


Fig. 29 - Un'interessante sequenza relativa al sinistro occorso ad una delle più impegnative attrezzature di cantiere: il « traliccio di varo », impiegato per la posa delle travature da ponte. Nella fotografia il traliccio risulta in posizione di « discesa trave », fra la spalletta e il primo pilastro. Ben visibili i carrelli trasversali e l'argano sinistro che può servire alternativamente da « spostatralicchio » e da « spostatrave ».

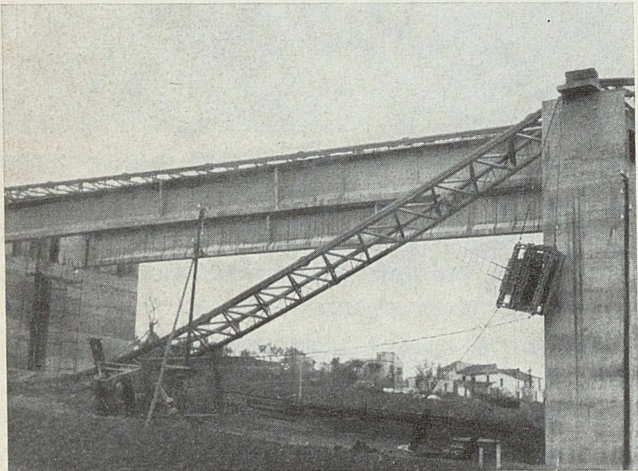


Fig. 30 - Ed ecco lo stesso traliccio che, dopo aver superato per abbrivio il pilastro di destra, non essendo più frenato dall'argano posteriore, a causa di un'errata manovra, si è rovesciato deformandosi irreversibilmente.

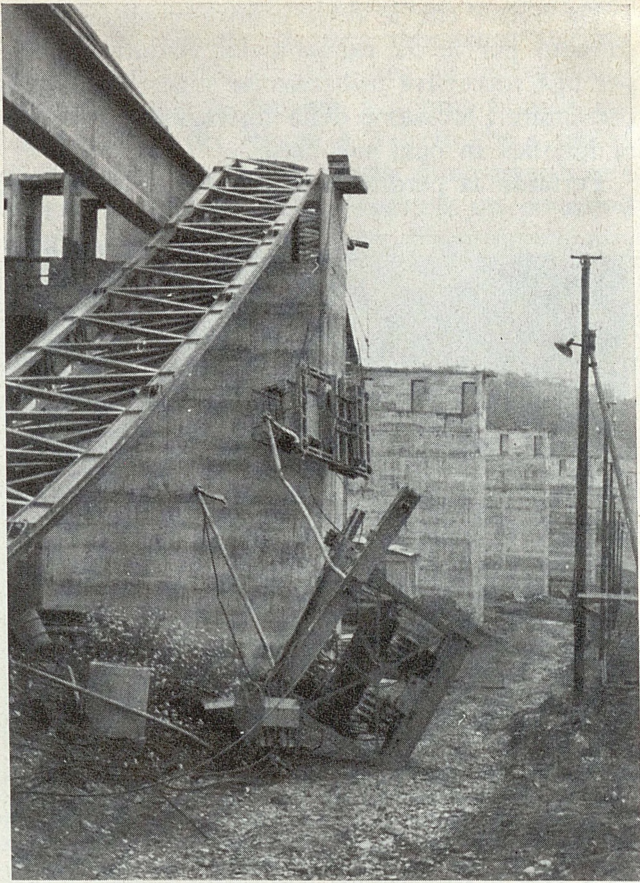


Fig. 31 - Infine un particolare del traliccio di varo abbattutosi. In primo piano l'argano centrale e, in prospettiva, la fila di pilastri costituenti il viadotto in allestimento.

caggio nella parte posteriore. Tutto andò bene finchè i puntoni anteriori non toccarono gli appoggi sul 1° pilastro; a questo punto l'armatura-varo si fermò (infatti l'estremità anteriore, a causa del proprio peso e del forte sbalzo, m 45, si trovava ad un livello più basso, nè la spinta di discesa era sufficiente a far avanzare l'armatura). Occorreva quindi sistemare l'argano centrale dalla fase di freno a quella di tiro eseguendo un ancoraggio dalla parte anteriore.

Si commise però un grave errore: si tolse l'ancoraggio posteriore che faceva da freno mentre l'armatura-varo può muoversi in tiro anche con l'ancoraggio posteriore in atto. Una volta che la parte anteriore dell'armatura-varo si trovò a su-

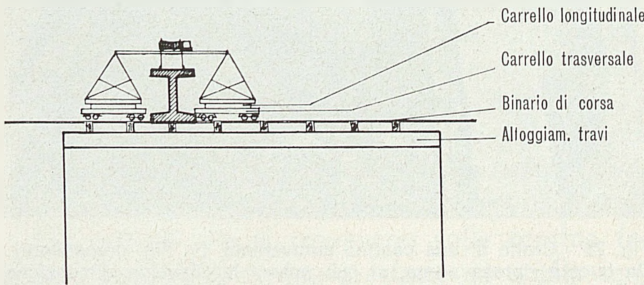


Fig. 32 - Sinistro ad un traliccio di varo (v. Figg. 29 a 32). Vista frontale di uno schema del traliccio di varo, con una trave predisposta al posizionamento.

perare l'appoggio del 1° pilastro, continuò a muoversi da sè e non potendo più essere frenata, prese sempre più abbrivio finchè avvenne il rovesciamento e quindi il crollo.

Si può dunque ritenere che, non avendo riscontrato difetti di fusione o di fabbricazione dell'armatura-varo, l'incidente sia avvenuto per errore di

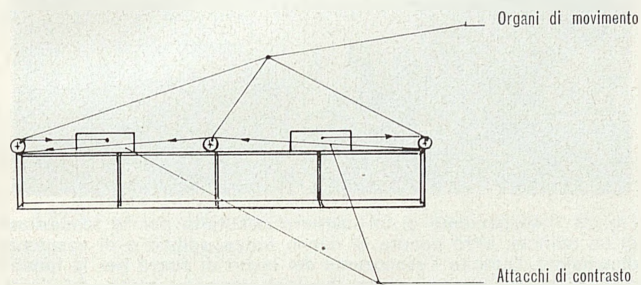


Fig. 33 - Sinistro ad un traliccio di varo (v. Figg. 29 a 32). Vista laterale del traliccio di varo con i soli cinematismi, senza il castello vero e proprio di travature.

manovra e precisamente per aver tolto l'ancoraggio posteriore nella fase di tiro dell'armatura così da poterla non più frenare quando questa, salita sulle rulliere del 1° pilastro, ricominciò a muoversi spontaneamente sotto la spinta del proprio peso.

5. - LA POLIZZA C.A.R. (CONTRACTOR'S ALL RISKS - TUTTI I RISCHI DEL COSTRUTTORE)

L'esemplificazione fin qui condotta può dare un'idea abbastanza completa dei possibili eventi dannosi che incombono su qualsiasi lavoro di cantiere. L'esperienza conseguita dalle compagnie di assicurazione nel corso di vari lustri di attività, svolta in tutto il mondo, ha permesso la creazione di un cospicuo bagaglio statistico articolato secondo i più significativi parametri, tali da permettere un'approfondita conoscenza dei rischi e un utile lavoro di affiancamento alle imprese di costruzione, dalla semplice consulenza alla partecipazione attiva alla copertura del rischio.

Nessuna delle più impegnative opere realizzate in questo campo ha infatti potuto giungere a compimento prescindendo dall'apporto tecnico ed economico delle Compagnie di assicurazione specializzate in questo campo.

La diga di Kariba, quella del Rio Mantaro in Perù, quella di Tarbela in Pakistan, l'impianto idroelettrico del Chocon Cherro, la diga di Fincha in Etiopia, la quasi totalità della rete autostradale italiana, i più importanti complessi civili ed industriali sono sorti anche con l'ausilio delle garanzie assicurative, in particolare quelle offerte dalla polizza C.A.R. (*contractor's all risks* = tutti i rischi del costruttore).

Questa polizza, appositamente studiata sulla base delle necessità delle imprese di costruzione, si prefigge di tenere indenne il costruttore per tutte le perdite materiali e dirette, qualunque siano le cause che le hanno prodotte, siano queste derivanti da fenomeni naturali oppure conseguenza dell'esecuzione dei lavori, da incendio, esplosione, furto, ecc.

Il campo di operatività delle garanzie può essere facilmente ricondotto, come concetto, alla cosiddetta garanzia *Kasko* automobilistica, con la quale il proprietario dell'autoveicolo viene tenuto indenne per tutti quei danni che possano accidentalmente colpire la propria vettura, indipendentemente dalla responsabilità di terzi (come potrebbe concretarsi nel caso di sbandamento, ribaltamento, urto prodotti da malore, colpo di sonno o altra simile causa).

La forma con la quale viene concessa la copertura assicurativa CAR si diversifica rispetto alle tradizionali polizze impiegate sul mercato italiano, e ha la peculiarità di concedere una notevole elasticità, essendo priva di condizioni che circoscrivano gli eventi risarcibili. Essa si limita infatti a precisare i soli casi in cui la società non sarà tenuta al risarcimento.

Tali casi coincidono peraltro con le delimitazioni proprie degli articoli specifici del Codice Civile italiano ad eccezione dei danni propri di funzionamento del macchinario e attrezzatura di cantiere quali guasti, inceppamento, irregolarità di funzionamento, per i quali — beninteso — resta ferma la risarcibilità dei danni alle altre cose assicurate.

Alla copertura CAR propriamente detta e ora descritta è possibile affiancare anche la copertura del rischio inerente la responsabilità civile verso terzi derivante dai lavori di costruzione dell'ente per il quale è stata richiesta la garanzia CAR stessa.

La responsabilità civile è quella derivante al costruttore nell'esercizio della propria attività lavorativa, attività questa capace di provocare « accidentalmente e involontariamente a terzi danni dei quali questi possa essere ritenuto responsabile con conseguente obbligo al risarcimento » (articoli 2043 e segg. Cod. Civ.).

Restano ovviamente escluse dalla garanzia tutte quelle pattuizioni tra committente e costruttore che non possono essere coperte da un'assicurazione in quanto non disciplinate dal codice, e prive quindi di una concreta delimitazione tale da consentire all'assicuratore una valutazione del rischio.

Crediamo istruttivo ricordare taluni dei più significativi danni inquadrabili nella « responsabilità civile » e che possono dare un'idea più precisa della portata di queste garanzie.

Durante i lavori di costruzione di un manufatto autostradale il continuo e frequente transito di grossi *dumper* addetti al trasporto di terra per formazione di rilevato, lungo un tracciato provvisorio in terra battuta, provocò un tale sollevamento di polvere da impedire la impollinazione di un frutteto di peri. In conseguenza dell'accaduto l'intera produzione dell'annata andò perduta, determinando un cospicuo e del tutto imprevedibile danno.

Nel corso dell'esecuzione di tronchi di gallerie per linee metropolitane, si lamentarono innumerevoli danni alle fondazioni dei fabbricati contigui e limitrofi alla zona interessata dai lavori, con ingenti richieste di risarcimento per lesioni alle strutture portanti e cedimenti di plinti.

I lavori di scavo per le fondazioni di un complesso per uffici, di notevole cubatura, caratterizzati da un cospicuo abbassamento del piano di posa dei plinti, provocarono l'accidentale rottura di un collettore dell'acquedotto, con una imponente fuoriuscita di acqua, il temporaneo arresto della erogazione nonché un rapido riempimento dello scavo e il danneggiamento dell'attrezzatura di cantiere (v. fig. 34).

Significativo è altresì un danno avvenuto nel corso di scavo di una galleria stradale, per il quale l'intercettamento di una falda acquifera produsse l'inaridimento di vari pozzi.

È d'uso infine che l'Ente committente richieda una cauzione provvisoria per la gara in appalto e in seguito — qualora il costruttore si aggiudichi il lavoro — anche la polizza relativa alla cauzione definitiva, la cui durata normalmente sarà uguale alla durata dei lavori.

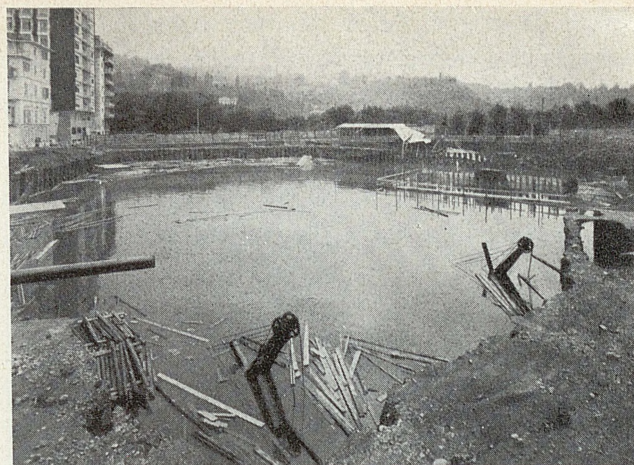


Fig. 34 - Allagamento di un cantiere costituito per le fondazioni di un edificio, altro genere di danno imprevedibile e di cospicue dimensioni. Durante l'esecuzione dei lavori di scavo per le fondazioni di un fabbricato, veniva involontariamente urtato, dai denti di una pala meccanica, un collettore principale dell'acquedotto. Tutto lo scavo veniva completamente sommerso, compresi due scavatori rimasti impantanati.

La cauzione provvisoria per contratti di appalto ha usualmente una breve durata poichè è legata alla sola gara di appalto e avrà termine allorché il costruttore avrà accettato di effettuare materialmente il lavoro.

In questo momento potrà essere emessa, come richiesto dal committente, la polizza relativa alla cauzione definitiva con un valore del 5-10 % del prezzo complessivo di aggiudicazione.

Ci auguriamo che queste brevi note siano servite a illustrare un aspetto, pensiamo poco noto, dell'attività assicurativa nelle opere di ingegneria civile. In particolare, attraverso l'esemplificazione dei sinistri più significativi si è voluto dare un senso concreto alla portata e alla operatività delle garanzie prestate, con il sottinteso augurio che gli eventi dannosi si verifichino il più raramente possibile, nell'interesse dei costruttori e delle Compagnie di assicurazione.

OPERE ESEGUITE SENZA LICENZA DI COSTRUZIONE O IN CONTRASTO CON LA MEDESIMA

Sanzione pecuniaria in caso di impossibilità di restituzione in pristino o di demolizione delle opere

Nel caso di opere eseguite senza la licenza di costruzione o in contrasto con la stessa, può accadere che non sia possibile restituire la costruzione in pristino o demolire le opere in questione.

In tali circostanze è prevista l'applicazione in via amministrativa di una sanzione pecuniaria: in merito, riteniamo opportuno pubblicare — a titolo indicativo e con riserva di tornare sull'argomento — uno schema di deliberazione della Giunta municipale.

OGGETTO: Legge Urbanistica 17-8-1942, n. 1150, modificata ed integrata dalla Legge 6-8-1967, n. 765. - Sanzione in via amministrativa. - Applicazione.

L'art. 41 della Legge Urbanistica 17 agosto 1942, n. 1150, modificata ed integrata dalla Legge 6 agosto 1967, n. 765 (art. 13 Legge 765) recita:

« Qualora non sia possibile procedere alla restituzione in pristino ovvero alla demolizione delle opere eseguite senza la licenza di costruzione o in contrasto con questa, si applica in via amministrativa una sanzione pecuniaria pari al valore delle opere o loro parti abusivamente eseguite, valutate dall'Ufficio Tecnico Erariale.

« La disposizione di cui al precedente comma trova applicazione anche nel caso di annullamento della licenza.

« I proventi delle sanzioni pecuniarie previste dal precedente articolo sono riscossi dal Comune e destinati al finanziamento delle opere di urbanizzazione... ».

La circolare ministeriale del 28 ottobre 1967, n. 3210, contenente istruzioni per l'applicazione della Legge n. 765 precisa:

« È prevista l'applicazione, in via amministrativa — nei casi in cui non si proceda alla restituzione in pristino od alla demolizione delle opere abusive — di una sanzione pecuniaria pari al valore venale delle opere o delle parti di opere eseguite abusivamente ovvero in base ad una licenza edilizia annullata per i motivi su indicati.

« Tale sanzione è considerata dalla Legge come al-

ternativa rispetto alla demolizione e quindi va applicata soltanto quando l'autorità competente non ritenga di esercitare il potere di demolizione in base alla valutazione di cui si è detto alla fine del paragrafo 13 (il quale recita: "... il potere di disporre la demolizione ha carattere discrezionale") ».

Non essendo pertanto un atto dovuto, sarà necessario che il Sindaco effettui caso per caso una valutazione circa l'opportunità di intervenire in relazione soprattutto all'entità della violazione commessa e alla idoneità del mezzo — demolizione — ad assicurare la reintegrazione dell'ordinamento giuridico violato.

In relazione a ciò il Sindaco ogni qualvolta sia stata accertata a partire dal 1° settembre 1967, una violazione alla Legge Urbanistica sia per una costruzione senza licenza sia per opere di variante in contrasto con questa, e allorché l'interessato previa diffida, non abbia provveduto alla demolizione, può nell'ambito del suo potere discrezionale, e sentiti in merito alla valutazione del valore venale dell'opera abusiva l'Ufficio Tecnico Erariale, disporre la riscossione della sanzione pecuniaria.

È pertanto necessario stabilire le modalità per provvedere alla riscossione della sanzione pecuniaria prevista dalla Legge stessa.

COMPLETATA L'AUTOSTRADA TORINO-SAVONA

Il viadotto sulla Stura di Demonte

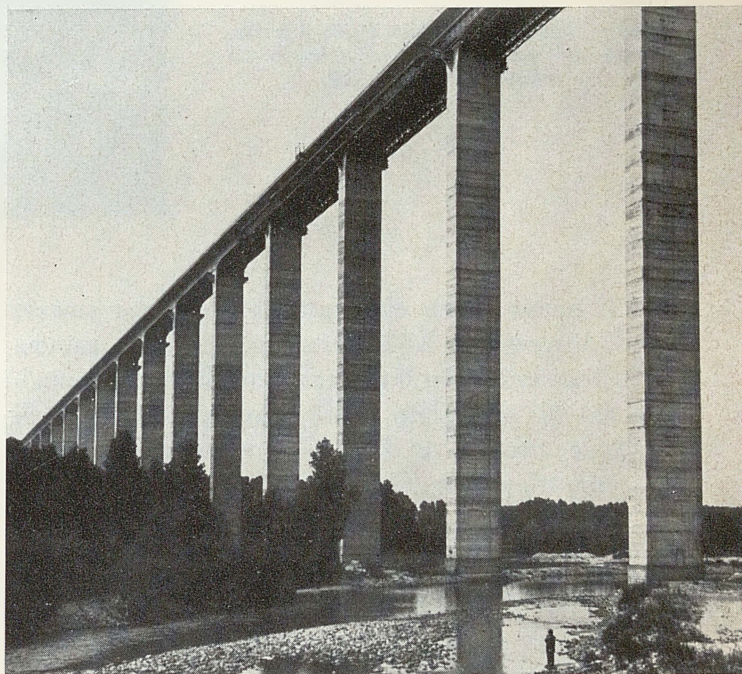
Il 29 luglio è stato aperto al traffico il grande viadotto sulla Stura di Demonte, realizzandosi così il completamento dell'autostrada Torino-Savona.

Il viadotto, della lunghezza di 2.700 m, è costituito da 59 campate di 45 m caduna, sostenute da 2 travate portanti solidali alle pile, di altezza compresa fra 60 e 80 m.

Come tante realizzazioni che hanno validamente contribuito allo sviluppo di Torino e del Piemonte, anche l'autostrada Torino-Savona è opera del collega Cav. del Lavoro Vittorio Bonadè Bottino, Iscritto « anziano » al nostro Ordine (1926), e frutto del suo instancabile e competente impegno.

Queste grandi opere sono in effetti la testimonianza di un sentimento di collaborazione fra ingegneri, ma, pur avendo presente tutti i colleghi che hanno fornito preziosi contributi, non possiamo non ricordare Riccardo Braggio, anch'egli nostro Iscritto, preposto alla progettazione generale dell'intera autostrada ed alla direzione dei lavori e

l'Ing. G. B. Cuniberti, ideatore di razionali soluzioni cantieristiche appositamente studiate per la realizzazione dell'audace struttura.



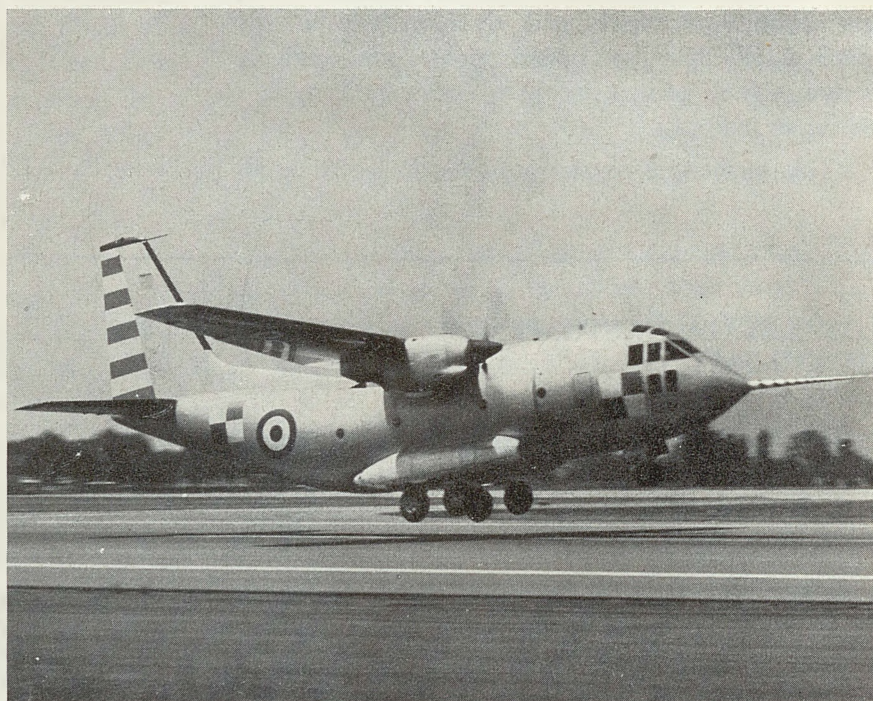
Il viadotto sulla Stura dell'Autostrada Torino-Savona visto dal greto del torrente: è una prospettiva imponente, accentuata dall'omino in primo piano. Ma anche chi percorre l'opera in automobile ne riporta un'impressione profonda: pare infatti di sorvolare letteralmente l'ampia vallata in un comodo aereo personale.

“G 222” IL VAGONE VOLANTE ITALIANO

Il 18 luglio il nuovo velivolo da trasporto Fiat G 222 ha effettuato il suo primo volo nel cielo di Caselle.

Su progetto ideato e impostato dal Prof. Ing. Giuseppe Gabrielli, nostro Iscritto, il G 222 è stato realizzato dalla Fiat, con la collaborazione delle Ditte del nuovo consorzio Aeritalia (Aerfer, Piaggio, Macchi, SIAI), mentre, numerose altre Ditte nazionali del settore hanno contribuito all'allestimento dei vari sistemi di bordo.

cinque lustri ha tentato di inserirsi vantaggiosamente nel più vasto quadro delle attività produttive nazionali, alle quali avrebbe potuto fornire un prezioso apporto di esperienze scientifiche e tecniche. L'aereo fu progettato e approvato con più vaste ambizioni, come velivolo a decollo verticale (più VSTOL che STOL); si dovette però rinunciare al programma originale a causa della limitatezza degli stanziamenti che non ne avrebbe permesso la costruzione e la messa a punto. Si ri-



Torino Caselle, 18 luglio 1970: il battesimo del volo del nuovo velivolo da trasporto FIAT G 222.

Il nuovo aereo elaborato su specifiche emesse dall'Aeronautica Militare, s'inserisce nella gamma degli attuali velivoli da trasporto di medio tonnellaggio (7 tonnellate utili), con caratteristiche di grande attualità e di livello tecnologico particolarmente avanzato.

Dopo venticinque anni produciamo nuovamente aerei da trasporto: questo è il significato più importante di questo nuovo velivolo, con il quale l'industria italiana ripropone la sua presenza sul piano internazionale.

La storia della realizzazione del G 222 può considerarsi una esemplificazione eloquente della crisi della nostra industria aerospaziale, che per

piegò quindi sulla formula STOL (ossia a decollo e atterraggio corto), che avrebbe comportato soluzioni più convenzionali.

Ciò nonostante, la trasformazione del G 222 da disegno a modellino per galleria a vento, da simulacro per lo studio dei dettagli ad un aeroplano vero, ha condotto ad una realizzazione che è riuscita a superare le prospettive iniziali grazie a una serie di accorgimenti e soluzioni originali che fanno del nuovo aereo una macchina eccellente e competitiva.

È in corso di attuazione una versione civile destinata a collegamenti a breve e medio raggio, in particolare tra centri minori e per trasporti di carattere regionale.

