

SU DI UN CASO CARATTERISTICO DI RINFORZO DI UNA VOLTA SOTTILE (*)

(Con sette figure e una tavola fuori testo)

GUSTAVO COLONNETTI

Accademico Pontificio

SVMMARIVM. — Licet subtilioribus concamerationibus absque periculo imponi possint onera uniformiter distributa, minime vero res diversi ponderis et inaequalis, auctor, experimentis apte institutis, ostendit quomodo huiusmodi concamerationes firmare liceat, ita ut gravari etiam possint oneribus non uniformiter dispositis.

Ho recentemente avuto occasione di studiare un interessante e caratteristico problema di statica di una volta sottile, e di progettarne il rinforzo con criteri che, per la loro attitudine ad essere applicati in casi consimili, mi sembrano meritevoli di essere conosciuti.

Si trattava di una struttura lamellare, costituita da un reticolato rombico di aste metalliche disposte in modo da formare, nel loro insieme, due sistemi di archi obliqui mutuamente intersecantisi (fig. 1 e tav. I).

Per dare un'idea della singolare leggerezza di una tale struttura, basterà dire che la volta, con soli 38 centimetri di spessore, raggiungeva ben 42 metri di luce.

Tale arditezza era stata possibile perchè si era previsto che la struttura dovesse resistere esclusivamente a carichi simmetricamente distribuiti, per i quali la curva delle pressioni veniva naturalmente ad assumere un andamento molto prossimo a quello dell'asse geometrico.

Senonchè, in prosieguo di tempo, si rese necessario prevedere l'eventualità di carichi concentrati in posizioni dissimmetriche, rappre-

(*) Nota presentata nella Tornata del 30 novembre 1941.

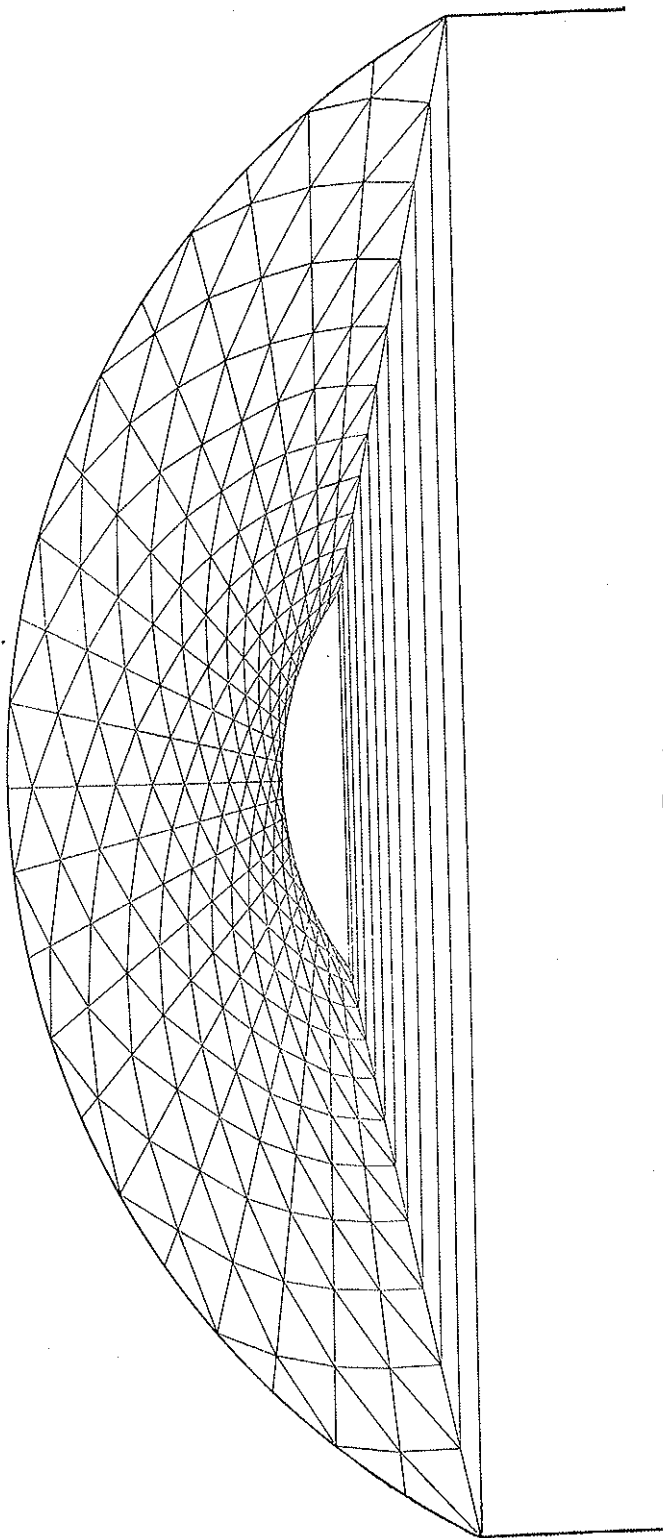


FIG. 1.

sentati da paranchi scorrevoli su guide che, per inderogabili ragioni di spazio, non potevano venir sostenute se non da sospensioni direttamente ancorate alla volta (fig. 2).

Ora, sotto l'azione di siffatte forze concentrate — come del resto per qualsiasi condizione dissimmetrica di carico — la curva delle pressioni si sarebbe scostata dall'asse geometrico si da dar luogo a tensioni interne assolutamente inammissibili; e le deformazioni avrebbero, preso subito proporzioni allarmanti.

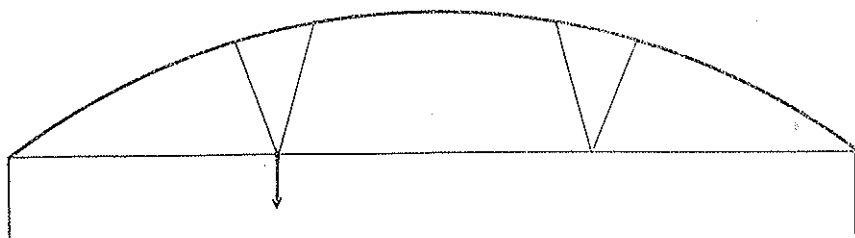


FIG. 2.

Un rinforzo si imponeva dunque, e tale da modificare radicalmente il regime statico della struttura.

La prima idea che naturalmente si doveva presentare fu quella di costruire sotto la volta delle travature reticolari sulle quali la volta stessa potesse trovare appoggio e scaricare quella parte dei carichi che essa, per la sua particolare costituzione, non era atta a sopportare.

Su queste direttive vari progetti vennero elaborati.

Ma si dovette ben presto riconoscere che, per compiere un tale ufficio, le travature di rinforzo avrebbero dovuto avere dimensioni tali che sarebbero bastate da sole a sostenere un'ordinaria copertura del locale; sicchè la volta si sarebbe automaticamente ridotta alla troppo modesta funzione di una semplice soprastruttura, ed il costo del rinforzo avrebbe differito ben poco da quello di una costruzione nuova.

Ora, quando il problema mi venne per la prima volta prospettato, la mia attenzione fu subito attratta da un fatto caratteristico: che cioè, sotto l'azione di una forza applicata lateralmente, su di una delle falde della volta, questa si deformava accusando, insieme all'inevitabile cedimento della falda caricata, un innalzamento non meno cospicuo della falda simmetrica.

Ne arguii che, alla eccessiva deformabilità della volta, si sarebbe potuto porre rimedio non solo contrastando gli abbassamenti dei punti caricati, ma anche contrastando gli innalzamenti dei loro simmetrici.

Mi confortava in quest'idea la considerazione che il far ciò equivaleva in sostanza ad introdurre delle nuove forze tendenti a ricostituire quella simmetria dei carichi che la volta era, per sua natura, atta a sopportare senza inconvenienti.

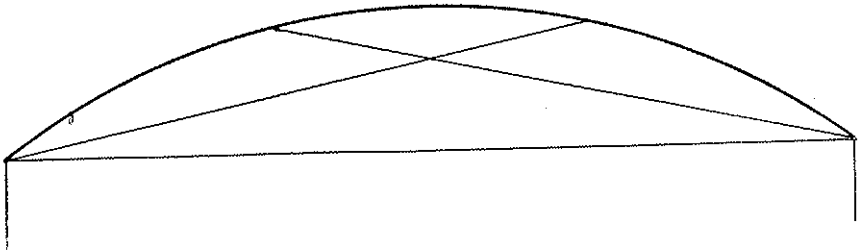


FIG. 3.

Io fui così condotto a concepire il rinforzo come costituito molto più semplicemente (e quindi anche molto più economicamente) da un duplice sistema di tiranti incrociati (fig. 3), destinati ad entrare alternativamente in funzione sempre e soltanto quando la volta venisse sollecitata da carichi dissimmetrici.

In realtà, grazie a questi tiranti - o, per esser precisi: grazie alle tensioni iperstatiche che in essi si generano sotto l'azione dei carichi dissimmetrici - la curva delle pressioni viene effettivamente a riaccostarsi all'asse geometrico della volta, le tensioni interne si riducono a valori accettabili, e le deformazioni si riportano entro limiti tali da non destare più alcuna preoccupazione.

Per precisare le idee e dimostrar l'efficacia di questo singolare, e forse nuovo, tipo di rinforzo, presento alcune figure nelle quali son riprodotte curve delle pressioni e deformate, relative ad una medesima condizione dissimmetrica di carico, nella volta originaria e nella volta rinforzata.

Nella figura 4 la struttura portante - idealmente ridotta ad un arco a due cerniere AB - si è supposta caricata dal peso P del pa-

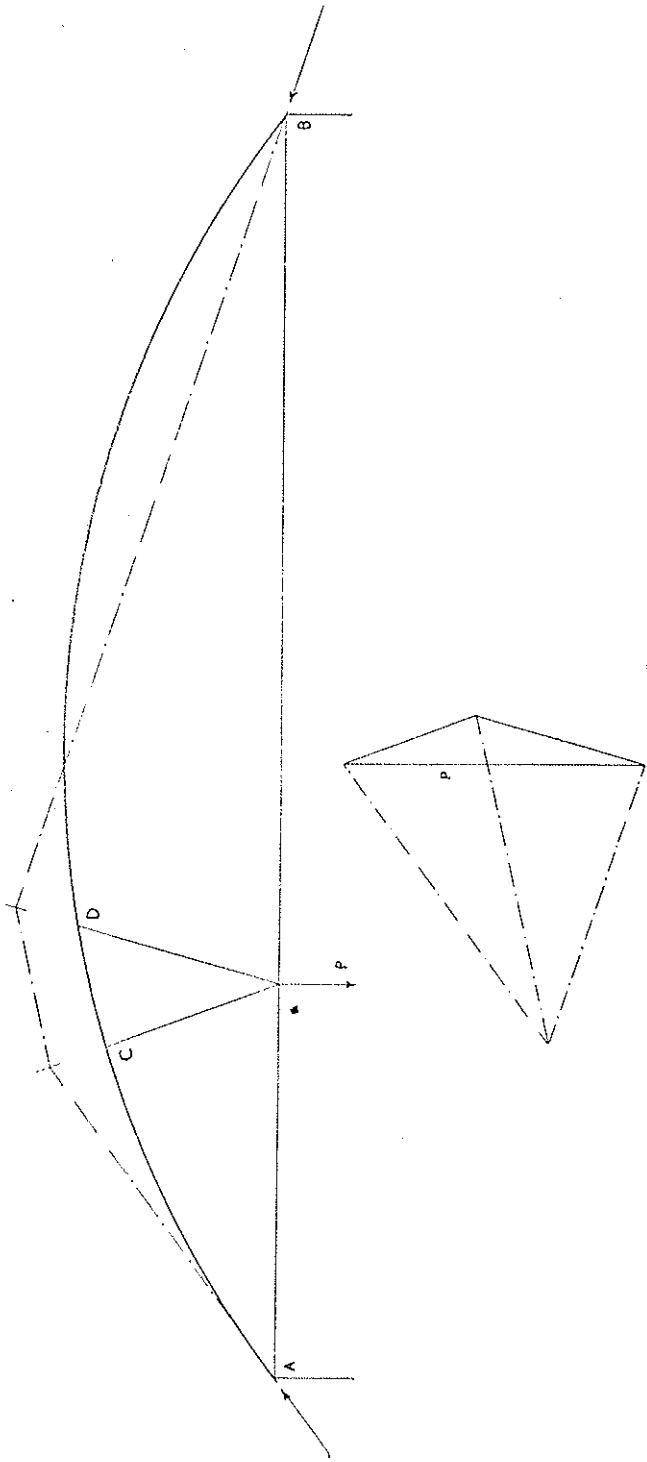


FIG. 4.

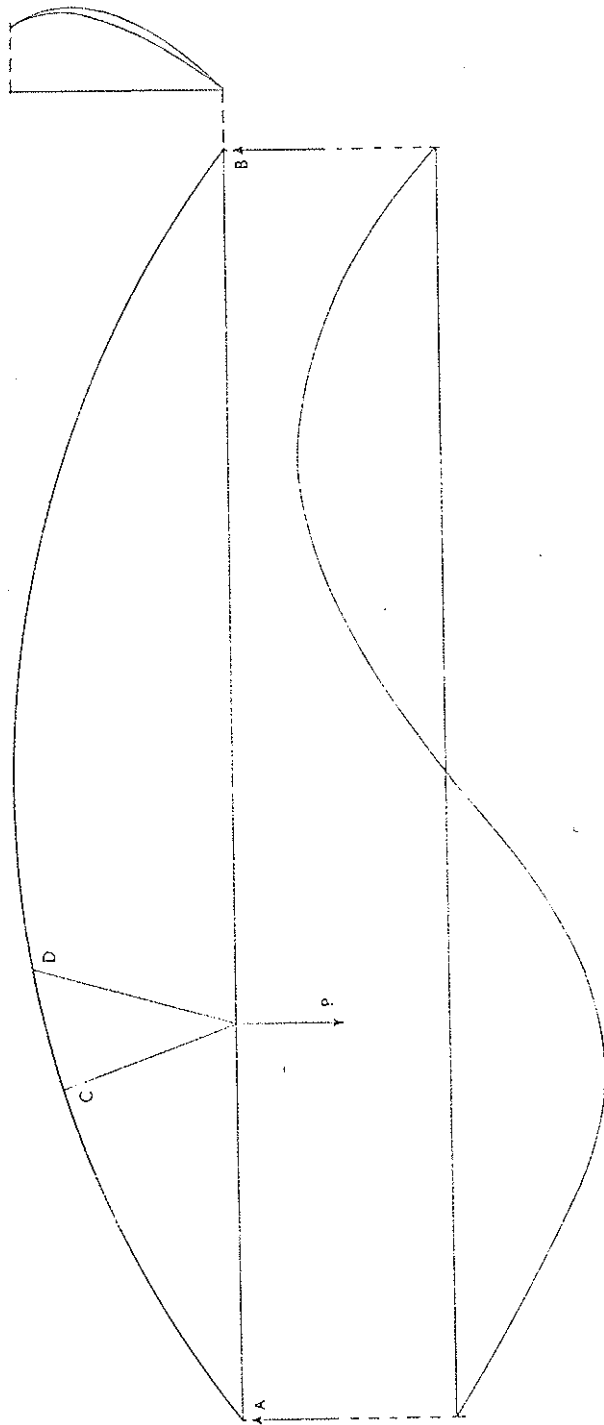


FIG. 5.

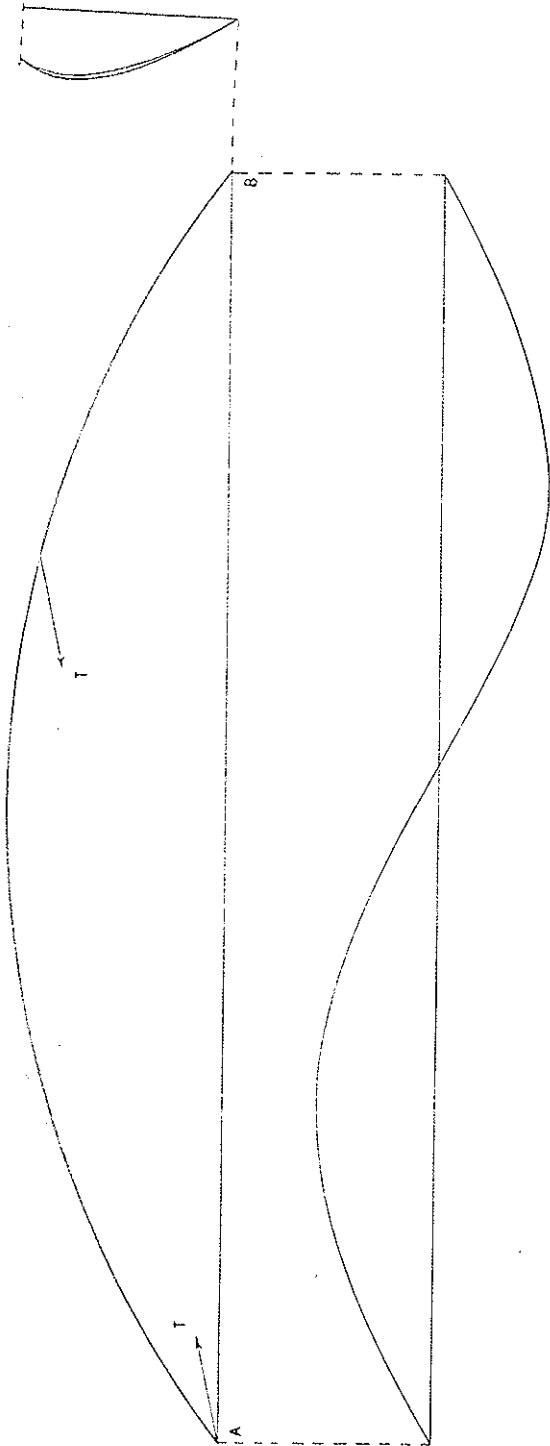


FIG. 6.

rango, trasmesso all'arco da due aste di sospensione facenti capo rispettivamente ai due punti C e D.

Determinata, coi metodi noti, la reazione iperstatica della catena AB, si è tracciato il poligono delle successive risultanti o curva delle pressioni nell'arco.

Nella figura 5 sono poi state tracciate le deformate, verticale ed orizzontale, dell'arco per tale condizione di carico.

La figura 6 rappresenta invece l'andamento delle analoghe deformate nella ipotesi che l'arco sia stato assoggettato all'azione di una unica forza T rappresentante l'ipotetica tensione di un tirante obliquo collegante la falda scarica coll'imposta opposta.

Si vede subito che questa volta le deformazioni sono ovunque di segno contrario alle precedenti; il che giustifica la presunzione che un tale tirante possa efficacemente contrastare le deformazioni dovute al paranco.

D'altra parte, in virtù del secondo principio di reciprocità le stesse deformate possono notoriamente venir interpretate come linee d'influenza delle tensioni nel tirante.

La scala in cui queste linee d'influenza van lette dipende naturalmente dalla deformabilità del tirante, vale a dire dalle sue caratteristiche resistenti (modulo di elasticità del materiale ed area della sezione).

Fissate pertanto queste caratteristiche, si potrà coll'aiuto di dette linee calcolare la tensione T che nel tirante stesso verrà determinata da una qualsiasi condizione di carico, ed in particolare dal peso P applicato al paranco.

Reciprocamente si potrà sempre far in modo che la tensione T assuma un valore determinato *a priori*, scegliendo opportunamente le caratteristiche resistenti del tirante.

Naturalmente rispetto al primitivo arco a due cerniere la T può sempre venir considerata come una forza esterna. Si potrà quindi sempre, coi metodi noti, determinare il valore della reazione iperstatica della catena nella ipotesi della coesistenza del carico P e della tensione T.

La poligonale delle successive risultanti, o curva delle pressioni nell'arco, assume allora un andamento del genere di quello indicato, in un caso particolare, nella figura 7; andamento che conferma appieno le mie previsioni.

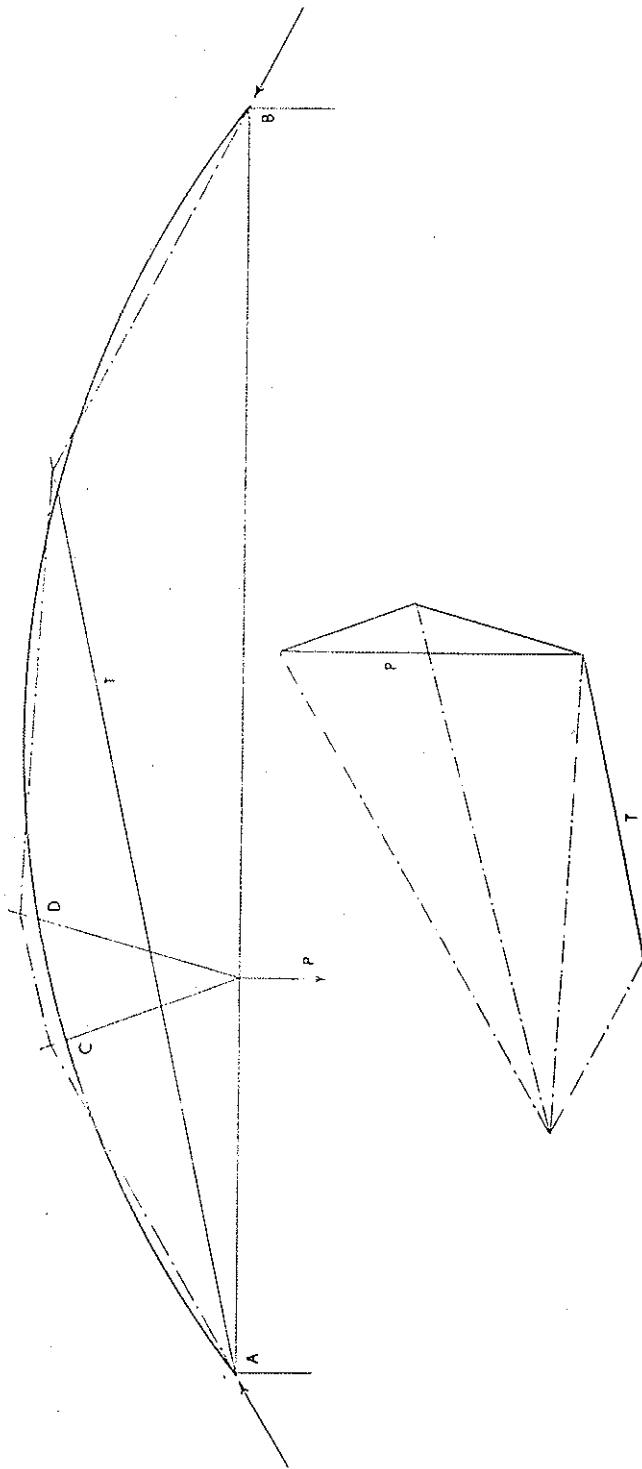


FIG. 7.

Ai miei due valorosi collaboratori - gli Ingegneri GIULIO PIZZETTI e WALTER LO VARCO - lascio il compito di esporre in altra sede ⁽¹⁾ le modalità del calcolo, e di descrivere gli accorgimenti che hanno resa possibile la realizzazione pratica del mio progetto.

Io mi limiterò qui ad aggiungere che il radicale mutamento di condizioni statiche che le curve delle pressioni accusano così chiaramente è stato anche sperimentalmente controllato mediante una duplice prova di carico effettuata, durante l'esecuzione dei lavori, su due tronchi di volta, uno dei quali si trovava ancora nelle condizioni originarie, mentre l'altro era già stato rinforzato.

I risultati ottenuti in quell'occasione si trovano raccolti nella seguente tabella, e dimostrano fino a qual punto il rinforzo, opponendosi direttamente agli innalzamenti della falda scarica, riesca a contrastare indirettamente, ma efficacemente, gli abbassamenti della falda caricata.

Misura delle deformazioni per un sovraccarico distribuito su di una sola falda della volta in ragione di 90 Kg/m² di proiezione orizzontale (Gli spostamenti verticali si considerano positivi se rivolti verso il basso; gli spostamenti orizzontali si considerano positivi se diretti verso la falda scarica).

	Sul tronco di volta originario mm.	Sul tronco di volta rinforzato mm.
Spostamento verticale in mezzeria della falda caricata	+ 29,2	+ 8,9
Spostamento verticale in chiave dell'arco .	+ 18,8	+ 8,2
Spostamento orizzontale in chiave dell'arco	+ 7,5	+ 1,0
Spostamento verticale in mezzeria della falda scarica	- 14,9	- 0,1

(1) G. PIZZETTI e W. LO VARCO, *Su di un caso caratteristico di rinforzo di una volta sottile*. « L'Ingegnere », 1942.

Colonnetti, *Su di un caso caratteristico di rinforzo di una volta sottile*

