

## DI UN NUOVO PROCEDIMENTO PER LA MESSA IN TENSIONE DELLE ARMATURE NELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO (\*)

(Con tre figure)

GUSTAVO COLONNETTI  
*Accademico Pontificio*

SUMMARIVM. — Exhibet Auctor novam rationem tendendi fulturas in structuris ex armato coagmento constitutis; cuius rationis maiorem utilitatem ostendit prae ceteris quae adhiberi solent.

Due grandi problemi caratterizzano la nuova tecnica degli stati di coazione impressi nelle costruzioni in cemento armato.

Il primo è strettamente attinente alle operazioni stesse di messa in tensione delle armature; e dal modo con cui esso viene affrontato e risolto dipende l'importanza (e quindi il costo) dei macchinari e dei relativi ponti di servizio, nonché la durata della loro immobilizzazione a pie' d'opera.

Il secondo invece concerne la conservazione dello stato di coazione così creato, conservazione che è essenziale ai fini della stabilità della costruzione, ed a cui insidiano i fenomeni del ritiro e della plasticità dei calcestruzzi.

Alla risoluzione di questi problemi ha portato un primo contributo decisivo E. FREYSSINET. Egli ha infatti dimostrato che — mediante l'impiego di acciai ad alto limite elastico e di cementi di qualità, di cui con speciali accorgimenti viene sensibilmente accelerata la presa — si può da un lato limitare la durata di immobilizzazione dei macchi-

---

(\*) Nota presentata il 18 febbraio 1940.

nari per la messa in tensione delle armature, e dall'altro ridurre entro limiti tollerabili l'influenza dannosa del ritiro e della plasticità dei calcestruzzi.

Più radicale è la soluzione escogitata da F. DISCHINGER. Questi è infatti riuscito a non eseguire la messa in tensione delle armature se non dopo che il calcestruzzo ha già fatta presa e raggiunta conveniente maturazione.

Ma per raggiungere questo brillante risultato il DISCHINGER lascia le armature fuori del getto, prevedendo in questo cunicoli appositi (che verranno riempiti solo più tardi) o collocando quelle addirittura fuori del profilo della struttura. Ora ciò non è privo di inconvenienti, nè è d'altronde sempre possibile. Il campo di applicazione del procedimento di DISCHINGER rimane pertanto necessariamente limitato.

Qui io mi propongo di mostrare come — secondo un recente brevetto italiano — gli opposti pregi di queste due soluzioni si possano, con un semplicissimo accorgimento, congiuntamente realizzare.

\* \* \*

L'accorgimento consiste nel costituire attorno alle armature una specie di involucri isolante — vale a dire: atto ad impedire l'aderenza delle armature stesse al calcestruzzo — sotto forma di un sottile strato di una di quelle sostanze plastiche a base di gomme, olii e fibre di asbesto, che si trovano correntemente in commercio col nome di « cementi plastici ».

Spesso giova rivestire tale strato con un foglio di carta; questa semplice protezione basta ad impedire che la sostanza plastica sia accidentalmente asportata al momento del getto, e che questo venga in qualche punto a contatto diretto delle armature.

Sta di fatto che, a presa avvenuta, le armature si possono muovere a sfregamento dolce nelle loro sedi sotto l'azione di sforzi piccoli, dell'ordine di grandezza di quelli che si possono esercitare direttamente a mano o coll'aiuto di strumenti di modestissima potenza; e che questo stato di cose si mantiene a lungo, per mesi e mesi.

La messa in tensione delle armature può quindi venire ritardata a piacimento — pur senza rinunciare a disporre le armature nell'interno del getto in quelle posizioni che meglio si confanno alla resistenza della struttura — realizzando i seguenti tre vantaggi fondamentali:

1) il vantaggio di utilizzare la resistenza già acquisita dal calcestruzzo, sul quale gli apparecchi per la messa in tensione delle armature trovano il necessario contrasto, senza che si debba per ciò ricorrere a punti fissi esterni od a costosi ponti di servizio;

2) il vantaggio di realizzare la messa in tensione delle armature dopo che il calcestruzzo ha già subita una notevole frazione del suo ritiro, riducendo al minimo il calo delle tensioni che il ritiro porta necessariamente con sè;

3) il vantaggio di ridurre al minimo la durata delle operazioni per la messa in tensione delle armature, e la conseguente immobilizzazione dei macchinari ed apparecchi relativi.

Ed invero, raggiunto, per mezzo di tali macchinari, lo stato di tensione prescritto — e controllatane l'esattezza coll'aiuto di qualche estensimetro — si potrà senz'altro provvedere a rendere tale stato stabile e definitivo con la messa in opera di opportuni ancoraggi.

Poi, macchinari ed apparecchi potranno venire allontanati, e le armature troncate immediatamente dopo gli ancoraggi, e questi incorporati nella struttura mediante getti supplementari o di rivestimento.

\* \* \*

La nuova tecnica del cemento armato trova in questa dichiarata rinuncia all'aderenza tra armature e calcestruzzo, quella che si potrebbe a buon diritto chiamare la sua attuazione integrale.

Non bisogna infatti dimenticare che l'aderenza era forse l'elemento più caratteristico della concezione classica, tradizionale, del cemento armato; concezione secondo la quale la funzione delle armature era notoriamente quella di prender su di sè, di volta in volta, una frazione più o meno importante delle tensioni determinate dalla solleci-

tazione esterna, anzi la totalità stessa di queste tensioni là dove il calcestruzzo, sollecitato a trazione, non era in grado di sopportarle.

Oggi noi tendiamo ad attribuire alle armature una ben diversa funzione: quella di creare nella struttura uno stato preventivo di coazione che elimini ogni possibile sollecitazione a trazione del calcestruzzo, e lo metta così in grado di resistere direttamente, e nelle condizioni più favorevoli, alle sollecitazioni esterne.

Ora, se si guardano le cose da questo punto di vista, l'aderenza perde senz'altro quella che era prima la sua funzione essenziale.

Di qui al farne senza, è breve il passo.

E noi abbiamo oramai dette le ragioni per cui questo passo meritava di esser compiuto.

\* \* \*

Restano ora a dirsi poche parole su quelle che si potrebbero chiamare le caratteristiche specifiche della nuova tecnica: poichè ogni tecnica, razionalmente applicata, imprime un carattere alle strutture che ad essa si ispirano.

Incominciamo dunque col considerare il caso elementare di una trave semplicemente inflessa — le cui sezioni rette siano cioè tutte sollecitate da un medesimo momento flettente (positivo) — ed immaginiamo che le armature siano state preventivamente tese per modo che il calcestruzzo venga ad essere assoggettato ad una distribuzione di tensioni (negative) del tipo di quella rappresentata dal primo diagramma in figura 1.

È noto che a questo risultato si perviene se il punto di applicazione della risultante delle tensioni coincide col punto inferiore del contorno del nocciolo centrale della sezione.

Supponiamo ancora che il valore massimo di quelle tensioni — che si verifica in corrispondenza del bordo inferiore della sezione — sia eguale in valore assoluto alla massima tensione (positiva) che, in corrispondenza del medesimo bordo, verrà determinata dal momento flettente applicato; momento flettente che, come tutti sanno, dà origine

ad una distribuzione di tensioni del tipo di quella rappresentata nel secondo diagramma della stessa figura 1.

È chiaro allora che, per sovrapposizione, si otterrà la distribuzione effettiva delle tensioni sotto carico, coll'andamento rappresentato nel terzo ed ultimo diagramma della già citata figura.

Sotto l'azione del momento flettente applicato, la risultante delle tensioni creata preventivamente nella trave si è semplicemente spostata, senza tuttavia escire dal nocciolo centrale.

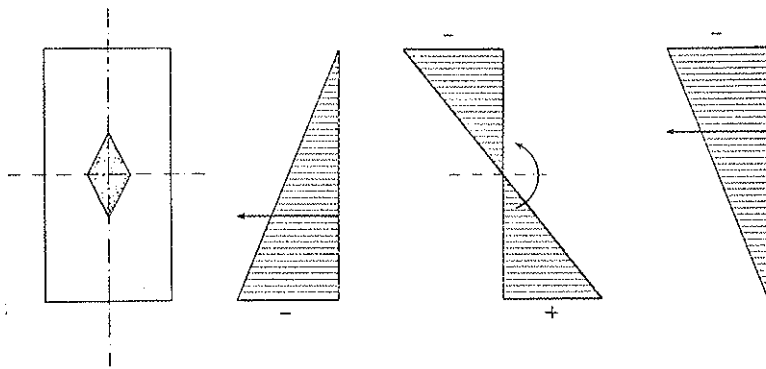


FIG. 1.

Veniamo ora al caso generale, in cui il momento flettente varia di intensità (ed eventualmente anche di segno) da sezione a sezione.

Perchè condizioni del genere di quelle dianzi indicate vengano a realizzarsi nelle diverse sezioni della trave, occorre intanto che i punti inferiori di nocciolo delle sezioni di massimo momento positivo ed i punti superiori di nocciolo delle sezioni di massimo momento negativo cadano tutti sulla linea d'azione della risultante delle tensioni preventive delle armature: siano dunque allineati.

Sullo stesso allineamento dovranno poi, per ragioni ovvie, disporsi i baricentri delle eventuali sezioni di momento nullo.

Si è così naturalmente condotti a concepire delle travi arcuate a sezione variabile — come quelle rappresentate schematicamente nelle

figure 2 e 3 — travi arcuate le quali realizzano le condizioni statiche caratteristiche dell'arco a curva delle pressioni tutta contenuta entro le linee di nocciolo, pur senza esercitare spinta alcuna sui vincoli.

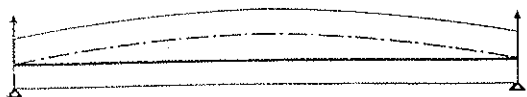


FIG. 2.

Trave semplicemente appoggiata agli estremi.

La retta a tratto pieno indica la posizione dell'armatura.  
Quella a tratto e punto indica l'andamento della curva delle pressioni sotto carico.

Con che anche il problema della resistenza allo sforzo di taglio — che necessariamente accompagna ogni variazione del momento flettente — trova la sua soluzione; e ciò, sia che le tensioni negative determinate su ciascuna sezione retta dalle tensioni preventive delle ar-

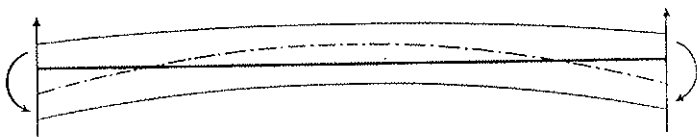


FIG. 3.

Trave incastrata agli estremi o continua su più appoggi.

La retta a tratto pieno indica la posizione dell'armatura.  
Quella a tratto e punto indica l'andamento della curva delle pressioni sotto carico.

mature longitudinali bastino a contenere in limiti tollerabili le eventuali tensioni positive su elementi obliqui, sia che si voglia eliminare la possibilità stessa di tali tensioni positive per mezzo di un sistema di armature trasversali messe esse pure preventivamente in tensione.

## BIBLIOGRAFIA.

- G. COLONNETTI, *La statica dei corpi elasto-plastici*, Pontificia Academia Scientiarum, « Commentationes », II, 12 (1938).
- *Un théorème fondamental sur l'équilibre des systèmes élastiques en état de coaction; Le rôle des états de coaction élastique dans la technique des constructions* (Conferenze tenute alla Sorbona addì 8 e 9 giugno 1939, Mécanique (Science et Industrie), Paris, sept.-oct. 1939.
- *La nuova tecnica del cemento armato*, « Il cemento armato », 1939, n. 8.
- E. FREYSSINET, *Une révolution dans les techniques du béton*, Paris (Eyrolles), 1939.
- A. PARIS, *Mise en tension préalable des armatures du béton armé: son principe, son calcul et ses applications*, « Bulletin technique de la Suisse Romande », Lausanne, 1936.
- G. COLONNETTI, *Contributo alla teoria delle travi inflesse in stato di coazione*, Pontificia Academia Scientiarum, « Acta », III, 8 (1939).
- *Teoria e calcolo delle travi con armature preventivamente tese (Il caso della presso flessione)*, Pontificia Academia Scientiarum, « Acta », IV, 2, 1940.