

POLITECNICO DI TORINO
FACOLTA' DI ARCHITETTURA
Corso di Laurea in Architettura
Tesi meritevoli di pubblicazione

L'evoluzione dei metodi di calcolo e delle disposizioni costruttive per le strutture in cemento armato dal 1890 al 1930

di Emanuele Mazza

Relatore: Roberto Roccati

Correlatore : Mario Alberto Chiorino

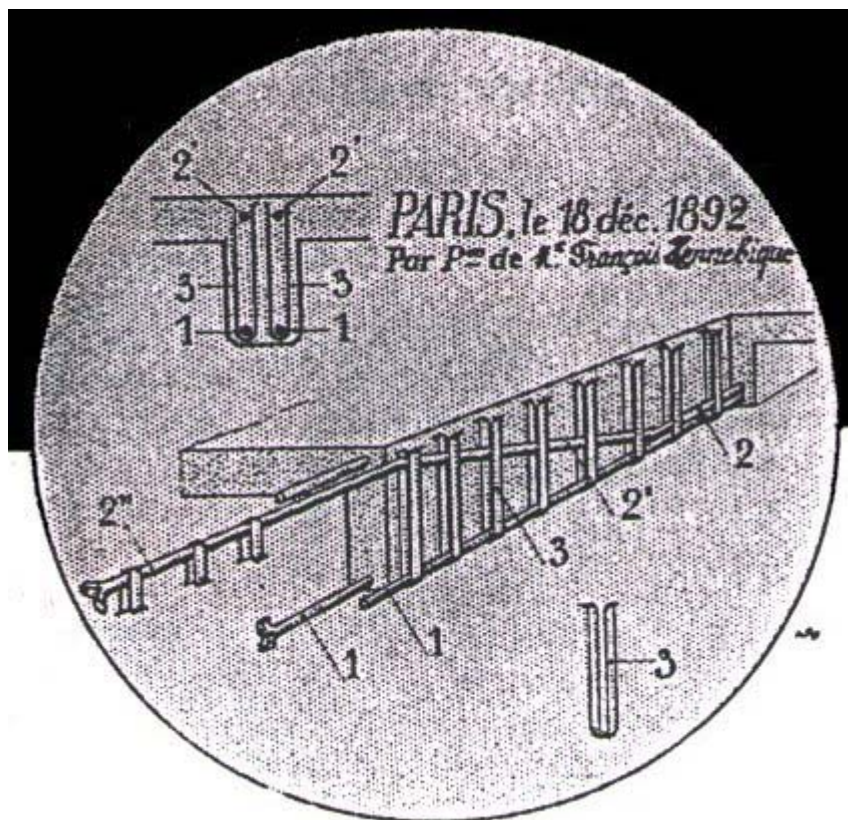
Poco più di un secolo ci separa dalle prime realizzazioni in c. a.: maestri quali Hennebique, Maillart, Freyssinet, Nervi e altri ancora, con le loro realizzazioni, hanno lasciato segni indelebili nella storia delle costruzioni.

In questi ultimi anni si assiste ad un impiego da parte delle pubbliche amministrazioni (Soprintendenze ai monumenti) di misure dirette a promuovere interventi per la conservazione di edifici e strutture in c. a., sottoposti a vincolo, considerati ora di valore storico, culturale ed ambientale; due esempi solo a Torino valgono per tutti: il Lingotto e lo Stadio Comunale.

La tesi vuole essere una guida alla conoscenza delle teorie di calcolo e dei metodi costruttivi del primo 900 in modo da rivalutare la cultura tecnica che le ha rese possibili e si propone di offrire un contributo, seppur modesto, volto a colmare una lacuna, formatasi in questi ultimi anni, circa lo studio dell'evoluzione delle teorie e delle tecniche costruttive del c. a..

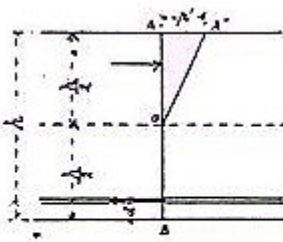
Spesso nei testi che trattano l'evoluzione di questo sistema costruttivo le teorie vengono espone come riferimenti aneddotici; esse sono state incorniciate come opere di letteratura storica, sottovalutandone il carattere scientifico che, per gran parte, tuttora mantiene una sua integrità e che contribuisce senz'altro alla conoscenza generale della materia.

L'ottica nella quale si è operato è quella di rendere disponibile un atlante ragionato dello sviluppo delle teorie e tecniche costruttive, delle caratteristiche dei materiali e parallelamente delle regolamentazioni e delle normative di calcolo al fine anche di consentire, nei casi necessari, interventi di ripristino e consolidamento di strutture di c. a. delle epoche precedenti fondati su criteri razionali e su un'interpretazione corretta della configurazione originaria delle costruzioni.



Con l'inizio del nostro secolo si riconosce ufficialmente la nuova tecnica costruttiva del c. a., ponendo fine così al periodo del "pionierismo" e dell'empirismo caratterizzati da una intensa attività di sperimentazione e intuizioni: le varie teorie di calcolo nate alla fine del 1800 vengono per la maggior parte accantonate, rese inutilizzabili dai nuovi regolamenti, che generalmente ufficializzano il metodo delle tensioni ammissibili definito da Emil Mörsch e introdotto in Italia con valore del coefficiente di omogeneizzazione pari a 10 da Camillo Guidi, professore presso il Politecnico di Torino.

Vero è che, sebbene si sia creata un'omologazione nella concezione strutturale del c. a., superando i vari criteri empirici dei costruttori della fine dell'800, molte strutture realizzate in questo periodo, sono ancora esistenti e questo ci ha portati a dover rivalutare le prime formulazioni teoriche.



p' le taux maximum i.e. pression de béton = $\lambda \lambda'$;
 λ' le taux d'extension de l'armature;
 λ la section totale des barres de résistance de l'armature;
 b la largeur de la dalle considérée.

L'égalité des deux forces du couple résistant donne :

$$\frac{p' h}{3} e = \tau \omega$$

Le bras de levier du couple est égal à $h - \frac{h}{6} = \frac{h}{2} = \frac{3}{4} h$

$$M = \frac{p' h}{3} e \times \frac{3}{4} h$$

$$M = \frac{3}{16} p' e h^2$$

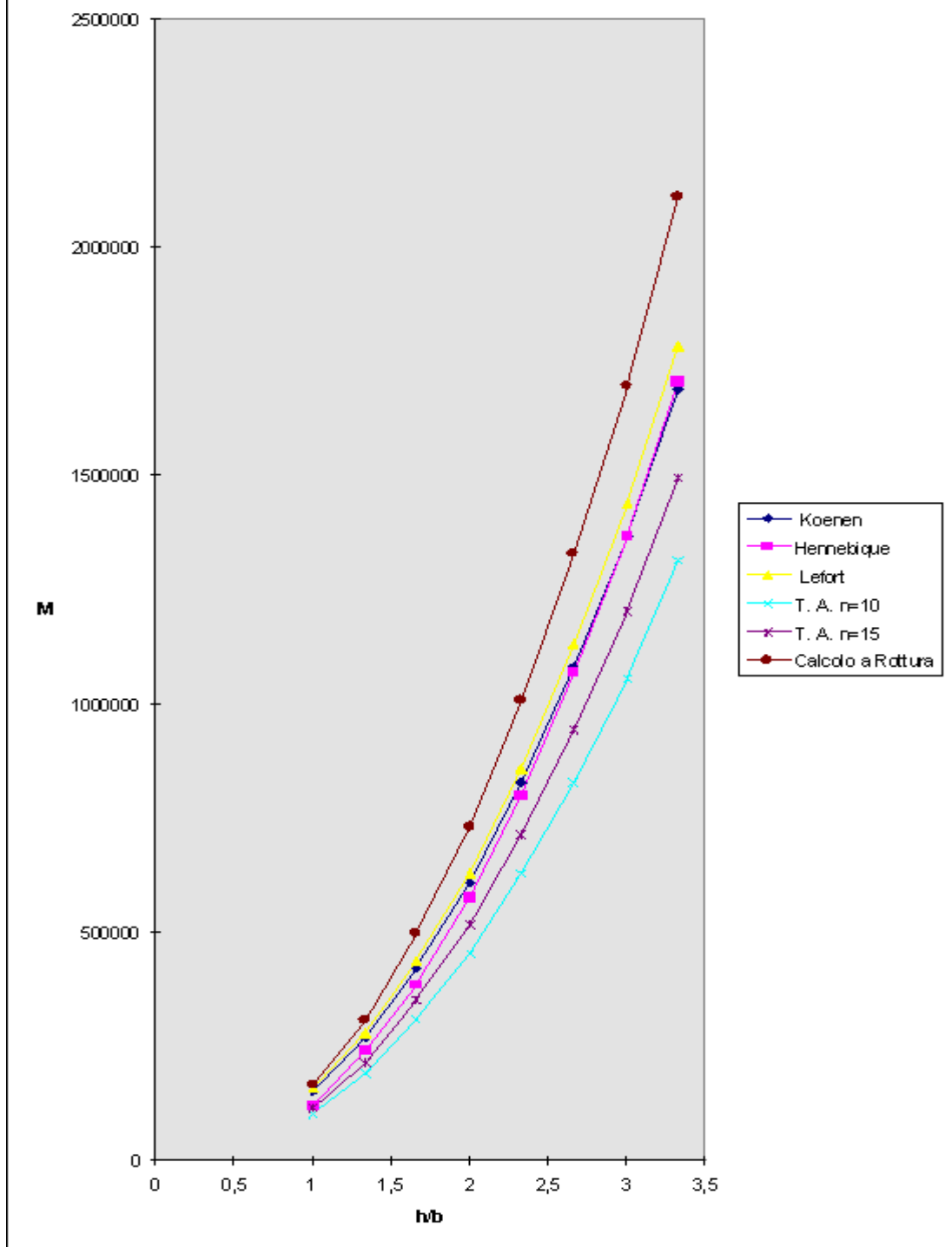
$$\omega = \frac{1}{3} \frac{p'}{\tau} h e$$

$$h = 2,31 \sqrt{\frac{M}{p' e}}$$

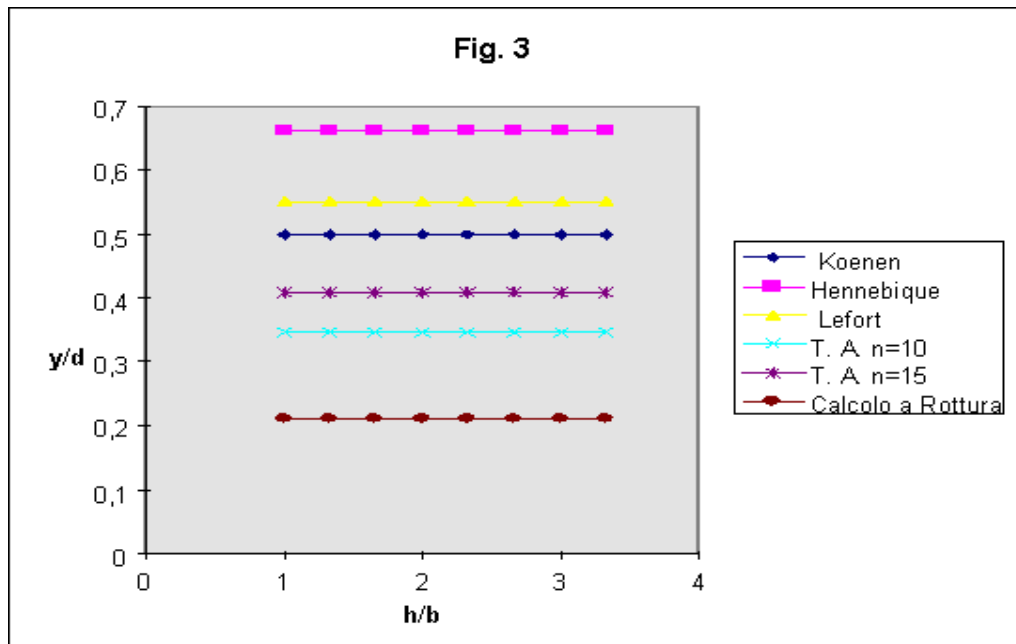
Sulla base delle analisi numeriche eseguite sui primi metodi di calcolo "empirici", in generale si può affermare che le costruzioni realizzate con l'applicazione di tali metodi, per le caratteristiche intrinseche che caratterizzano ciascuno di essi e per i bassi valori di tensione assunti per il c.l.s. (25 Kg/cm²), risultano sovradimensionate rispetto alle azioni e quindi dotate di un sufficiente grado di sicurezza.

Andamento dei momenti **M** al variare dell' altezza **h** (b, A_f fissi)

Fig. 3 (b=30)



Posizione dell'asse neutro y al variare dell'altezza h ($b=30$, $A_f=0.9\%$):



Non bisogna infatti dimenticare che il metodo di Hennebique così come quello di Koenen, soprattutto nelle prime fasi di applicazione del c. a., si dimostrarono soddisfacenti in quanto l'ottimo comportamento statico delle opere, ne ha confermato indirettamente la validità nel contesto delle loro applicazioni, nonostante le imperfezioni teoriche su cui sono fondati.

Un merito particolare bisogna poi riconoscere ad Hennebique e al suo metodo che presenta delle analogie con l'attuale metodo di calcolo a rottura, anticipando quindi concetti che hanno trovato una definizione più chiara negli anni successivi.

A partire dalla fine dell'800 la Teoria e la Tecnica del c. a. ha avuto una notevole evoluzione, dando la possibilità di realizzare strutture di rilievo già nei primi anni del 900, anche se, per arrivare a valutazioni sulla sicurezza strutturale, bisogna attendere la fine della seconda guerra mondiale, allorché lo sviluppo dei primi studi a rottura, eseguiti negli anni '30 (Stuermann 1933), sortisce la definizione del metodo semi-probabilistico allo stato limite ultimo e l'analisi degli stati fessurativi e le indagini sulle caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali vengono approfondite ulteriormente. Tali indagini hanno permesso l'evoluzione delle metodologie di calcolo e, quindi, della tecnica del c. a., alla quale spesso si è attribuita la caratteristica di "sviluppo ciclico": non a caso concetti (fluage, ritiro, plasticità) che in un determinato momento sono stati ritenuti come nuovissimi sono invece il risorgere, sotto forma più cosciente e meno imperfetta, di quanto i precursori del c. a. avevano intuito o incontrato per caso.

Indubbiamente le prime esperienze erano per lo più funzione dell'intuito personale e dell'ingegno dei costruttori, tuttavia a partire da esse la ricerca scientifica dando definizione più chiara ad aspetti quali il fluage, il ritiro, la plasticità, ha permesso la definizione di metodologie sempre più decurtate di errori e approssimazioni, protendendo sempre più verso calcoli che trovassero corrispondenza con la realtà. A spingere verso la revisione delle metodologie di calcolo hanno contribuito:

- l'esigenza di superare le imperfezioni dei calcoli empirici prima, e i limiti della teoria elastica del c. a., poi;

- la necessità di rendere le costruzioni in c. a. sempre più economiche, soprattutto per l'impiego dell'acciaio, che è il materiale più costoso;
- l'opportunità di dare una risposta al perfezionamento delle indagini sperimentali sui materiali.

Si è cercato quindi di ricostruire un collegamento che il tempo ha sciolto nell'intento di rivalutare quanto fatto dai teorici e dai costruttori del passato in vista della massa a punto di corrette metodologie di restauro statico e di recupero funzionale.

In definitiva, dietro ad un manufatto in c. a. con più di 50 anni di vita, è possibile riconoscere una cultura scientifica ed una pratica costruttiva degna di essere conservate, rivalutate nella loro essenza e riconsegnate al futuro con una preventiva validazione statica.

Le verifiche, peraltro dovute, non devono quindi risultare mere operazioni numeriche, ma devono prendere in conto i calcoli di progetto originari e con essi confrontarsi per la definizione di un coefficiente di sicurezza che tenga conto della natura e della vita della costruzione e che indirizzi la funzione dell'opera verso funzioni compatibili.

Anche il recupero funzionale di queste strutture del passato ed il loro eventuale consolidamento devono essere informati della cultura scientifica e tecnologica che sta loro alle spalle: se tanto rispetto meritano gli acquedotti in muratura dell'epoca romana, perché meno considerazione dovrebbero suscitare i ponti in c. a. di Hennebique ?