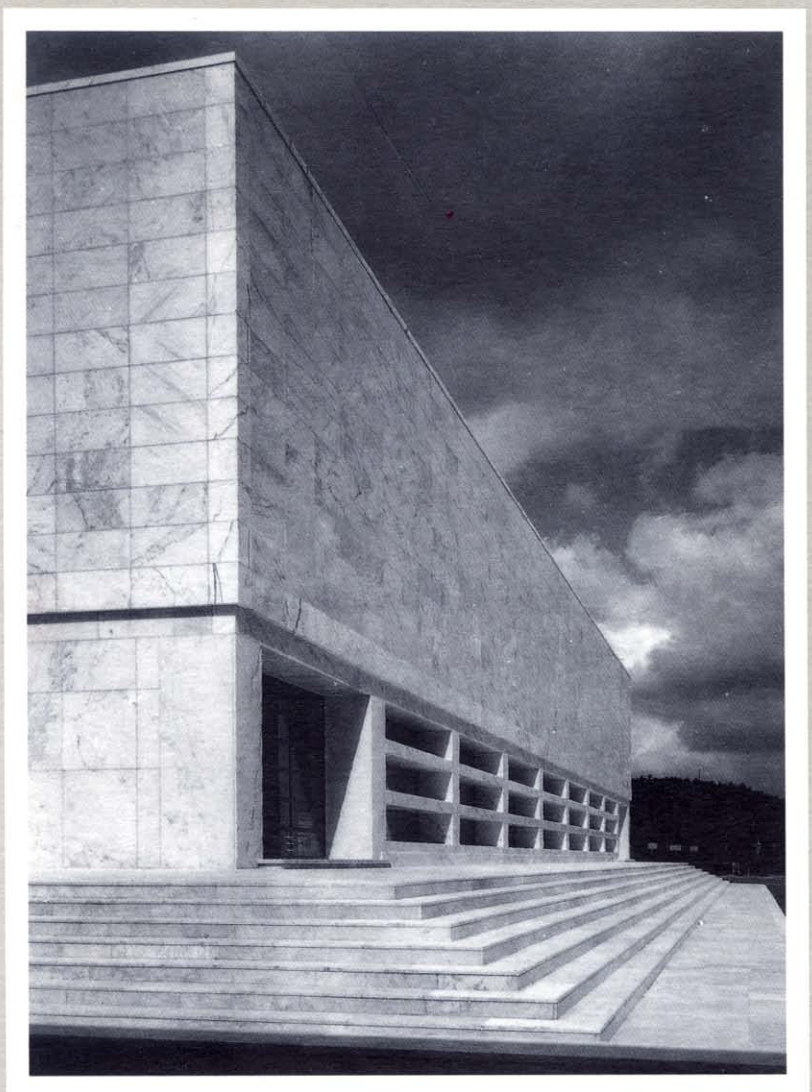
ARCHITETTURA MODERNA IN ITALIA

DOCUMENTAZIONE E CONSERVAZIONE



do.co.mo.mo_ italia

IL MODO DI COSTRUIRE

Il volume raccoglie gli atti del Primo Convegno Nazionale do.co.mo.mo. Italia, che si è tenuto a Roma nella Sala Convegni del Cnr nei giorni 21-23 gennaio 1998.
Il convegno si è svolto con la partecipazione dell'Università degli Studi di Roma Tor Vergata, Dipartimento di Ingegneria civile e del Consiglio Nazionale delle Ricerche.
Hanno contribuito all'organizzazione: ANCE, Associazione Nazionale Costruttori Edili, MAC spa Modern Adavanced Concrete, Comune di Sabaudia, Assessorato alla Cultura - Biblioteca "Feliciano Iannella".
Si ringrazia per la collaborazione: il personale del Dipartimento di Ingegneria civile dell'Università degli Studi di Roma Tor Vergata, il personale tecnico del Cnr, l'Ordine degli Architetti di Latina e provincia.
Un particolare ringraziamento a Filippo Cerrini, Paola Chianca, Emiliano Cordischi, Maddalena Libertini, Gaia Novello, Francesca Schiavoni, studenti della Facoltà di Ingegneria, che hanno svolto il lavoro di segreteria nelle giornate del convegno e alla professoressa Alessandra Muntoni che ha gentilmente guidato i partecipanti in occasione della visita di Latina e Sabaudia.

do.co.mo.mo. Italia
Associazione italiana per la documentazione e la conservazione degli edifici e dei complessi urbani moderni
Consiglio direttivo: (1995-98) Sergio Poretti, Maristella Casciato, Cristiana Marcosano dell'Erba, Giorgio Muratore, Maria Margarita Segarra Lagunes, Giuseppe Strappa, Luca Veresani.

Il Modo di Costruire
Comitato scientifico: Maristella Casciato, Alfredo Martini, Stefania Mornati, Giuseppe Nannerini, Sergio Poretti, Silvano Stucchi.

© 1999 - EDILSTAMPA s.r.l., Roma

Il volume è stato realizzato con
il contributo del Sindacato Costruttori
e della Scuola Edile della Provincia di Perugia

ARCHITETTURA MODERNA IN ITALIA
DOCUMENTAZIONE E CONSERVAZIONE

Primo Convegno Nazionale

do.co.mo.mo_ italia

a cura di
Maristella Casciato, Stefania Mornati, Sergio Poretti

Il ruolo dei brevetti d'invenzione nella storia del cemento armato

Il cemento armato, a differenza dei materiali tradizionali dell'edilizia, si imponeva alla fine del diciannovesimo secolo come tecnica costruttiva protetta da brevetto. La privativa industriale, in modo molto originale, si applicava però a un materiale che non veniva prodotto nel segreto di una fabbrica e, quindi, la realizzazione in cantiere difficilmente poteva garantire il diritto esclusivo di sfruttamento dell'invenzione. Eppure le innovazioni della tecnica del cemento armato, dall'evoluzione della disposizione delle armature ai laterizi speciali di alleggerimento, venivano accompagnate da privative.

La documentazione custodita presso l'archivio dell'Ufficio brevetti, che copre il periodo dal 1855 al 1943,[1] costituisce una fonte molto particolare per ricostruire la storia del cemento armato in Italia dalla fine del secolo scorso alla seconda guerra mondiale. Infatti, oltre a fornire dettagli importanti sull'evoluzione della tecnica, offre l'opportunità di conoscere quegli orientamenti della ricerca che non hanno avuto risonanza nelle riviste specializzate e che non si sono affermati nella prassi costruttiva. Le principali sperimentazioni sul materiale, sostenute sia da grandi enti statali sia da singoli inventori spesso sconosciuti alla storia della tecnica, possono così essere indagate da un punto di osservazione nuovo.

Alla fine del secolo scorso, quando ancora la stampa tecnica non si interessava del cemento armato, se non riportando vaghe notizie di esperimenti lontani,[2] tutti i brevetti più noti e diffusi in Europa venivano depositati anche in Italia. Questi documenti, pubblicati semestralmente sul bollettino ufficiale completi di disegni e descrizioni, rappresentavano una preziosa fonte di informazioni per chiunque avesse voluto aggiornarsi sulla nuova tecnica.

In un primo momento sui bollettini comparivano solo brevetti di importazione; non solo quello di Hennebique,[3] che pure risulta il più importante per la mole di opere realizzate, ma anche quello di Monier, di Bordenave[4] e di Cottancin;[5] in seguito quello di Matrai,[6] di Walser-Gerard[7] e di numerosi altri inventori.

Inizialmente commercializzati da ditte straniere, venivano poi ceduti a imprenditori locali che ne divenivano concessionari: la Società G. A. Porcheddu del brevetto Hennebique,[8] la ditta Odorico Odorico del Matrai[9] e in seguito la S. A. Ferrobeton del brevetto Monier, nel frattempo acquisito dalla Wayss & Freytag.[10] Contemporaneamente però le ditte italiane studiavano, imparavano, copiavano, sperimentavano piccole varianti e infine, già dal 1893, brevettavano i primi sistemi nazionali.[11]

La maggior parte di queste invenzioni riguardava la disposizione delle armature da flessione, la scabrezza della superficie e la sezione dei tondini, l'in-

troduzione delle staffe per le sollecitazioni di taglio e problematiche simili prevalentemente applicate a elementi strutturali isolati, principalmente le travi e le solette.[12] Queste prime privative rivelano quanto fosse ancora immatura, alla fine del secolo scorso, la giustificazione teorica del comportamento del materiale e quanto fosse incerto il calcolo delle strutture in cemento armato. Infatti nelle relazioni che accompagnano i brevetti si trovano le più disparate formule di calcolo per le sezioni di travi e di pilastri. Spesso basate su ipotesi del tutto arbitrarie e su equazioni che non garantivano i più elementari principi di equilibrio – per esempio le formule di Hennebique[13] che stabilivano a priori l'equa distribuzione del momento fra cemento e ferro –, trovavano giustificazione proprio nella difficoltà del mondo accademico di offrire tempestivamente formule semplici e affidabili. Se infatti le enormi potenzialità dell'unione di cemento e ferro erano state intuite sia dai tecnici che dai teorici, dal punto di vista scientifico risultava faticoso adattare conoscenze già note, in particolare l'intero corpo della teoria matematica dei mezzi isotropi ed elastici, ad un materiale né isotropo né elastico, senza incorrere in risultati troppo contraddittori rispetto alle evidenze sperimentali. Conseguenza di questa incertezza nel campo delle conoscenze teoriche e contemporaneamente dei numerosi disastri edilizi che affliggevano le costruzioni in cemento armato, era la necessità di introdurre una normativa,[14] la prima nel campo delle costruzioni e quindi oggetto di vivaci discussioni in merito alla sua opportunità, che imponeva alti coefficienti di sicurezza, tensioni ammissibili ridotte e procedimenti costruttivi controllati con certificazioni.

I primi brevetti, fortunatamente, erano impiegati da valenti costruttori che "avevano potuto formarsi una sensibilità statica, la cui efficacia ed acutezza – per usare parole di Nervi – sono misurate dalla eccellenza delle opere costruite";[15] un esempio su tutti, il ponte Risorgimento a Roma. Solo in un secondo tempo il mondo accademico, con in testa Camillo Guidi e Silvio Canevazzi,[16] diffondeva un metodo di calcolo approssimato ma sufficientemente corretto e semplice da poter soddisfare le esigenze della progettazione abituale.

Consolidatesi queste formule, codificate le disposizioni delle armature e definito il loro reale comportamento, concentratasi la ricerca scientifica sugli effetti termici e sui fenomeni del ritiro, le privative invece si orientavano sul tema dei manufatti speciali per i solai: il solaio a travi di ferro e tavelle di laterizio, tradizionale nella cultura edilizia italiana, veniva sostituito dal solaio a travetti di cemento armato, prevalentemente appoggiato su strutture portanti in muratura. Mentre il telaio di calcestruzzo, quando presente, aveva solo un ruolo di rinforzo e di cucitura, l'impalcato invece veniva perfezionato, alleggerito, semplificato fino ad assumere le forme comuni tuttora. Il tipo di solaio che si era affermato nel periodo pionieristico, costituito da una tessitura di travi a singola o doppia orditura a sostegno di una soletta sempre in cemento armato, aveva il difetto di essere pesante, di essere difficoltoso da realizzare per via della laboriosa casseratura, di richiedere comunque un controsoffitto per riportare in piano l'intradosso.

Per ridurre i pesi morti e il costo della casseratura si proponevano solai a camera d'aria, spesso di forma originale, realizzati inglobando nel getto di calcestruzzo blocchi laterizi forati,[17] opportunamente disposti, ovvero affiancando travi cave confezionate a piè d'opera solidarizzate da una soletta di completamento. Il solaio a doppia soletta, che in seguito susciterà molte critiche a causa della sua particolarità di amplificare alcune armoniche e quindi di esaltare i rumori, era oggetto anch'esso di un gran numero di privative.[18]

Il solaio comunque non assumerà nel tempo una forma definitiva e univoca: costituirà quindi, nell'evoluzione tecnica del cemento armato, il campo principale di ricerca in cui verrà stimolata l'inventiva dei tecnici.

Altro aspetto importante da sottolineare nell'evoluzione della tecnica del cemento armato, evidenziato soprattutto dalla grande quantità di brevetti specifici, è il suo impiego nelle costruzioni antisismiche. Dopo il disastroso terremoto di Messina del 1908, veniva promulgata una normativa che, in alternativa alle costruzioni baraccate in legno, rese obbligatorie per il Regno di Napoli già dal 1785, indicava le costruzioni intelaiate in cemento armato.[19] La Cooperativa lombarda per i lavori pubblici, sotto gli auspici del Collegio degli ingegneri e architetti di Milano, bandiva nel 1909 un concorso per la progettazione di costruzioni antisismiche, in cui veniva premiato, con un progetto di edificio a telaio di cemento armato, Arturo Danusso, che proponeva fra l'altro uno schema teorico semplificato per il calcolo delle oscillazioni forzate della struttura.

In Italia, dopo ogni evento tellurico di rilievo, venivano depositate numerose invenzioni di procedimenti costruttivi, anche fantasiosi, che avrebbero dovuto garantire dal rischio sismico. Tra le molteplici soluzioni venivano proposte: distribuzioni planimetriche ottimali,[20] blocchi prefabbricati,[21] fondazioni speciali,[22] ma soprattutto sistemi costruttivi completi. Più di cento privative offrivano costruzioni monolitiche, che non risentissero dei cedimenti differenziali del terreno, intelaiate da gabbie armate, che permettevano a tutte le componenti di contrastare solidalmente le sollecitazioni sismiche. I fabbricati dovevano risultare leggeri, per ridurre gli effetti inerziali che amplificavano le spinte, ma soprattutto economici e veloci da realizzare: la necessità di ricostruzione rapida stimolava la fantasia degli inventori, che proponevano tecniche di prefabbricazione e di montaggio in opera per ridurre i tempi lunghi ritmati dai getti del calcestruzzo. In realtà le tecniche di montaggio proposte risultavano spesso troppo artificiose e comunque non garantivano la monoliticità della costruzione, ma segnalano un'attitudine di ricerca che verrà rilanciata con maggiore successo nel periodo di ricostruzione postbellica.

Il telaio in cemento armato diveniva in quegli anni sinonimo di costruzione antisismica; in tal modo da una parte veniva favorita la diffusione capillare sul territorio del sistema, che si affermava sbaragliando la concorrenza, ma dall'altra il materiale si guadagnava un'etichetta di mera funzione statica fortemente riduttiva rispetto alle sue enormi potenzialità espressive.

Nel periodo fascista, la documentazione relativa ai brevetti fornisce un dettagliato quadro degli orientamenti della ricerca italiana, assai utile per comprendere la portata del fenomeno autarchico. Già nel 1926 le amministrazioni statali e tutti gli operatori che lavoravano per esse venivano obbligati a dare la preferenza ai prodotti delle industrie nazionali.[23] L'obiettivo dell'autonomia economica, in particolare nel settore edilizio, era però subordinato alla condizione che i prodotti nazionali fossero forniti, nei limiti di tempo previsti dagli appalti, con le stesse caratteristiche tecniche e con un prezzo non eccedente il 5% dell'equivalente prodotto estero. Queste disposizioni tendevano così a favorire il rilancio di materiali nazionali, cercando di introdurli nella pratica edilizia a scapito di materiali di importazione. Le privative di quegli anni sulla pomice, sul legno, sul cemento-amianto venivano ulteriormente stimolate con le disposizioni del 1939 quando veniva introdotta, tra le altre, l'importante innovazione di considerare come fattore positivo nella valutazione del costo oro il compenso da corrispondersi per marchi e brevetti nazionali.[24]

Sempre al fine di stimolare il "genio italiano" veniva stabiliva una tassativa preferenza per i prodotti di quelle ditte che avessero propri uffici tecnici e investissero nella ricerca e nella sperimentazione. Gli orientamenti prevalenti, per altro rafforzati durante il pur breve periodo delle sanzioni, erano in definitiva quelli di ridurre al minimo la dipendenza dall'estero nel campo delle costruzioni. In tale quadro il cemento armato non godeva certo di buona fama, a causa dell'impiego del ferro e del legno per le casseforme, materiali di prevalente provenienza estera. Cosicché, dopo una prima disposizione che ne riservava l'utilizzazione alle sole costruzioni antisismiche e agli edifici alti,[25] nel 1939 ne veniva sostanzialmente vietato l'uso. La sperimentazione sul materiale però non si fermava poiché sembrava evidente che, terminata l'emergenza bellica, che assorbiva l'intera produzione metallurgica nazionale, il cemento armato sarebbe di nuovo tornato in auge.

Le privative sul cemento armato nel periodo dal 1926 alla seconda guerra mondiale avevano praticamente tutte come traguardo l'autarchia. Alcune tentavano di sostituire l'armatura metallica con surrogati altrettanto resistenti a trazione: si giustificano così le sperimentazioni di cemento armato con legno,[26] con barre di cemento amianto,[27] con canne di bambù,[28] con profilati di alluminio. Spesso nei brevetti si sottovalutavano i problemi di durabilità di queste armature in un ambiente umido come quello del getto non maturato, o i problemi dovuti ai coefficienti di dilatazione troppo diversi rispetto a quello del conglomerato, con il conseguente pericolo di riduzione di aderenza. Gli artifici per ovviare a questi inconvenienti rendevano così laboriosa la costruzione da suscitare serie perplessità sull'applicabilità pratica di talune soluzioni.

Altri brevetti privilegiavano invece la riduzione dei pesi morti delle strutture, concentrandosi in particolare sull'introduzione di materiali nuovi per tamponature e per solai. In questo campo era soprattutto la pomice a prevalere, per il

suo forte valore autarchico oltre che per la sua leggerezza associata a discrete capacità di resistenza meccanica.[29] Anche il laterizio cercava di guadagnare nuovi spazi di applicazione, gravato però dal notevole costo oro dovuto all'impiego di combustibili per la cottura e per il trasporto.

La fantasia degli inventori si concentrava ancora una volta sulla realizzazione di solai autarchici. Viste le modeste economie di ferro che si riuscivano a ottenere ottimizzando la geometria delle sezioni delle travi o eliminando le armature simmetriche, molto diffuse, venivano proposte soluzioni assolutamente radicali rispetto alla tradizionale statica dei solai laterocementizi. Si ipotizzavano infatti impalcati non armati o comunque con minimo impiego di ferro; solai a travetti realizzati a piè d'opera con laterizi accostati in cui l'armatura si riduceva a quattro tondini di acciaio disposti in apposite scanalature;[30] solai a travetti di cemento armato realizzati fuori opera e poi completati da tavelloni in opera;[31] solai rovesci in cui veniva sfruttata l'incerta e modesta resistenza a trazione del conglomerato;[32] solai sagomati ad arco o a volta in cui il calcestruzzo lavorava solo a compressione;[33] solai senza ferro, in cui la resistenza a trazione veniva garantita da laterizi conformati in modo da realizzare "incastri a tensione".[34] Il principale difetto di queste ultime strutture risiedeva nel loro comportamento fragile: infatti pur manifestando una buona capacità di resistere ai carichi previsti dalla normativa, se portate a rottura cedevano improvvisamente.

D'altro canto tutte queste invenzioni, che non possedevano una giustificazione teorica del loro comportamento statico, stimolavano la revisione delle abituali tecniche di calcolo. Infatti, posti in evidenza i limiti della teoria elastica, notoriamente approssimata ma tradizionalmente accettata, si perfezionavano le conoscenze sul materiale, mirando a sfruttare le sue potenzialità plastiche oltre che di resistenza a trazione. A testimoniare i progressi degli studi, comparivano i primi brevetti italiani basati sull'induzione delle "coazioni elastiche", primi fra tutti quelli di Gustavo Colonnetti.[35]

La documentazione consultata, dunque, ancora una volta segnala l'atipicità dell'esperienza italiana nei riguardi di un materiale, il cemento armato, che in campo internazionale assumeva nello stesso periodo il ruolo di simbolo dell'architettura moderna. La valenza antisismica, privilegiata nelle costruzioni correnti, e le implicazioni della politica economica autarchica del regime limitavano le potenzialità di articolazione spaziale e volumetrica del materiale, favorendo la mera funzione statica del telaio. Nel contempo però la ricerca e la sperimentazione, evidenziate dalle privative analizzate, seguivano percorsi innovativi e arditi, che avrebbero dato i migliori risultati nel dopoguerra.

[1] Del 1855 è la prima legge italiana moderna sugli attestati di privativa; per gli eventi bellici la concessione dei brevetti subì un'interruzione dal 1 dicembre 1943 al 31 dicembre 1944; la do-

cumentazione relativa ai brevetti dell'immediato dopoguerra non è facilmente consultabile. I brevetti sono attualmente custoditi presso l'Archivio centrale dello Stato, Fondo brevetti.

[2] Il primo articolo italiano rintracciato sull'argomento è di G. Sacheri, *Adesione straordinaria ed azione preservatrice della malta di cemento sul ferro*, in «L'ingegneria civile e le arti industriali», (1885), 10, pp.157-58. Il primo brevetto rintracciato, a parte quelli di Coignet dal 1856 al 1886 relativi ai *bétons agglomérés*, è il brevetto n. 15697, J. Monier, Parigi, Système perfectionné de traverses pour voies ferrées, récipients de toutes sortes, constructions en général en fer et en ciment, richiesto il 25 luglio 1883 e rilasciato con validità per 6 anni a partire dal 30 settembre 1883. Nel seguito i brevetti saranno indicati con il numero, l'inventore e la sua città di provenienza, il titolo della privativa e la data della richiesta.

[3] Brevetto n. 32495, F. Hennebique, Bruxelles, Combinaison particulière du métal et du ciment en vue de la création de poutraisons très légères et de haute résistance, 18.8.1892.

[4] Brevetto n. 21405, J. Bordenave, Parigi, Système de construction de tuyaux égouts et autres ouvrages à ossature métallique avec remplissage de ciment, béton, mortier et autres matières analogues, 25.3.1887.

[5]Brevetto n. 26026, P. Cottancin, Parigi, Un système d'ossature métallique sans attaches et à réseau continu, 12.8.1889.

[6] Brevetto n. 42720, A. Matrai, Budapest, Perfectionnement à la fabrication de plafonds ou de murs etc. résistants, 2.10.1896.

[7] Brevetto n. 50984, E. Walser-Gerard, Basilea, Poutre avec carcasse en fer noyée dans du ciment, 10.3.1899.

[8] R. Nelva, B. Signorelli, *Avvento ed evoluzione del calcestruzzo armato in Italia: il sistema Hennebique*, Milano 1990, p. 20.

[9] G. Vacchelli, *Le costruzioni di calcestruzzo ed in cemento armato*, I ed., Milano 1900.

[10] La ditta tedesca Wayss & Freytag si costituisce nel 1895 per sfruttare i diritti sui brevetti Monier precedentemente acquisiti separatamente da varie ditte tedesche e austriache. Nel 1908 fonda a Genova la Soc. An. It. Ferrobeton Sistema Wayss & Freytag in qualità di filiale italiana.

[11] Brevetto n. 33369, C. Poma, Mantova, Costruzioni di Beton e Ferro. Miglioramento del sistema Monier, 11.1.1893.

[12] Brevetto n. 50911, M. Baroni e E. Luling, Milano, Strutture calcolate, razionali in ferro, di uniforme resistenza, per travi in calcestruzzo armato, 6.3.1889; brevetto n. 54575, A. Maciachini, Milano, Nuovo sistema di collegamento interno per costruzioni di ogni genere in cemento armato, 7.1.1900.

[13] W.Ritter, *Strutture in cemento armato del sistema Hennebique*, trad. it. A. Maciachini, in «Il Monitore Tecnico», (1899), 10, pp. 163-64.

[14]Ministero dei Lavori pubblici, circolare n. 5 del 10 gennaio 1907, *Prescrizioni generali per l'esecuzione delle opere in cemento armato*.

[15] P. L. Nervi, *Scienza o arte del costruire?*, Roma 1945, p.10.

[16] Rispettivamente docenti di Scienza delle costruzioni al Politecnico di Torino e di Meccanica applicata alle costruzioni presso la Regia Scuola d'applicazione degli ingegneri di Bologna.

[17] Brevetto n. 90414, G. Frascardi-Calvino, Genova, Tavellone forato speciale per la costruzione di solettoni in cemento armato a camera d'aria, 25.7.1907, ma anche il primo solaio a doppia nervatura, di Arturo Danusso. Brevetto n. 119964, A. Danusso, Torino, Perfezionamenti nei solai in cemento armato a doppia serie di travi ad angolo tra di loro, 24.8.1911.

[18] Brevetto n. 98780, L. Dorella, Padova, Sistema di solaio in cemento armato, 7.11.1908.

[19] Rd n. 193 del 18 aprile 1909, *Norme tecniche ed igieniche obbligatorie per le riparazioni, ricostruzioni e nuove costruzioni degli edifici pubblici e privati nei luoghi colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 e da altri precedenti.*

[20] Brevetto n. 100455, G. Torres, Venezia, Sistema di costruzione di edifici ad aggruppamento tubolare cilindrico, principalmente in cemento armato per le regioni soggette a movimenti sismici, 28.1.1909.

[21] Brevetto n. 203030, G. Zany, Reggio Calabria, Elementi e strutture di conglomerato per costruzioni rapide con speciale applicazione al ferrocemento senza uso di casseforme provvisorie ed alla edilizia asismica di forte resistenza, 5.9.1921.

[22] Brevetto n. 270924, A. Foschini, Roma, Dispositivo per aumentare la stabilità degli edifici in cemento armato a platea generale contro le scosse sismiche orizzontali, 28.5.1928.

[23] Legge n. 1379 del 15 luglio 1926 (conversione in legge del Rdl n. 216 del 7 gennaio 1926), *Preferenza ai prodotti delle industrie nazionali negli acquisti da effettuarsi da parte delle Amministrazioni dello Stato, degli enti autarchici o sottoposti alla tutela o vigilanza dello Stato.*

[24] Legge n. 189 del 9 gennaio 1939, *Nuove disposizioni per la preferenza dei prodotti nazionali .*

[25] Legge n. 710 del 25 aprile 1938 (conversione in legge del Rd n. 2105 del 22 novembre 1937), *Norme tecniche di edilizia con speciali prescrizioni per le località colpite dal terremoto*; Rdl n. 1326 del 7 settembre 1939, *Nuove disposizioni che vietano l'impiego del cemento armato e del ferro nelle costruzioni ed in alcuni altri usi.*

[26] Brevetto n. 397808, S. Nicoli, Roma, Tondini e staffe in legno per cemento armato, 27.2.1942

[27] Brevetto n. 358631, F. Garufi, Catania, Impiego di verghe di cementoamianto in sostituzione del ferro nella tecnica del cemento armato e nelle costruzioni in genere, 14.12.1937.

[28] A. Paoloni, *Il cemento armato con barre di bambù. Bambù-beton. Contributo ai problemi autarchici dell'Impero. Ingente risparmio di ferro nei cementi armati. Sintesi di ricerche, esperienze e proposte*, Gondar, 1938, pp. 3-27.

[29] Brevetto n. 336917, I. Costantini, Roma, Solaio composto di pignatte in materiali pomicei e cemento e di travetti in c.a., 8.10.1935.

[30] Brevetto n. 309368, Ditta Rizzi, Donelli e Breveglieri, Piacenza, Struttura portante a travi armate costituite da blocchi laterizi forati, 26.9.1932. Il solaio proposto è più noto come solaio 'Sap', ovvero solaio ad alta portata.

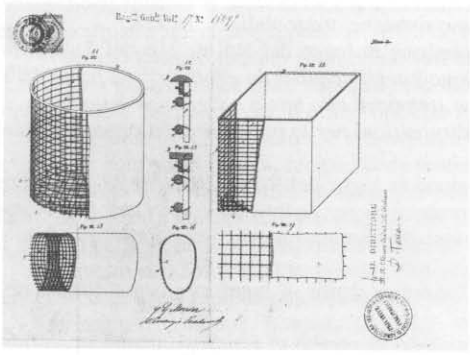
[31] Brevetto n. 370876, M. Belli, Varese, Solaio atto ad inflettersi ed a resistere a sforzi di compressione e tensione, costituito di materiali laterizi e leganti, 14.2.1929. Il solaio è noto come solaio 'Varese'.

[32] Brevetto n. 380334, G. Neumann e G. Boldrini, Firenze, Solaio od altro in calcestruzzo cementizio privo di armature metalliche, 3.1.1940.

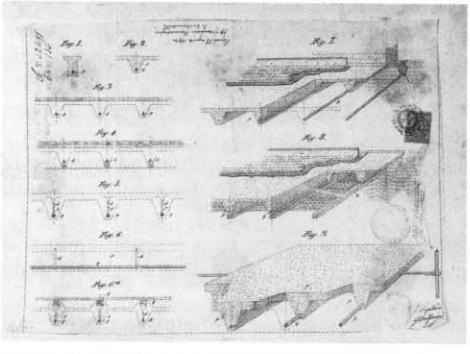
[33] Brevetto n. 362649, G. Del Vecchi e G. Nunziante, Napoli, Copertura in calcestruzzo cementizio non armato, in particolare copertura per aviorimesse, 1.6.1938.

[34] Brevetto n. 364671, E. Miozzi, Venezia, Nuovo tipo di solaio in laterizio forato senza impiego di ferro, 8.11.1937; brevetto n. 359302, E. Zonato, Verona, Blocco forato per la formazione di solai in cotto cemento, piani od ad arco, senza o con minimo impiego di ferro, 3.2.1938.

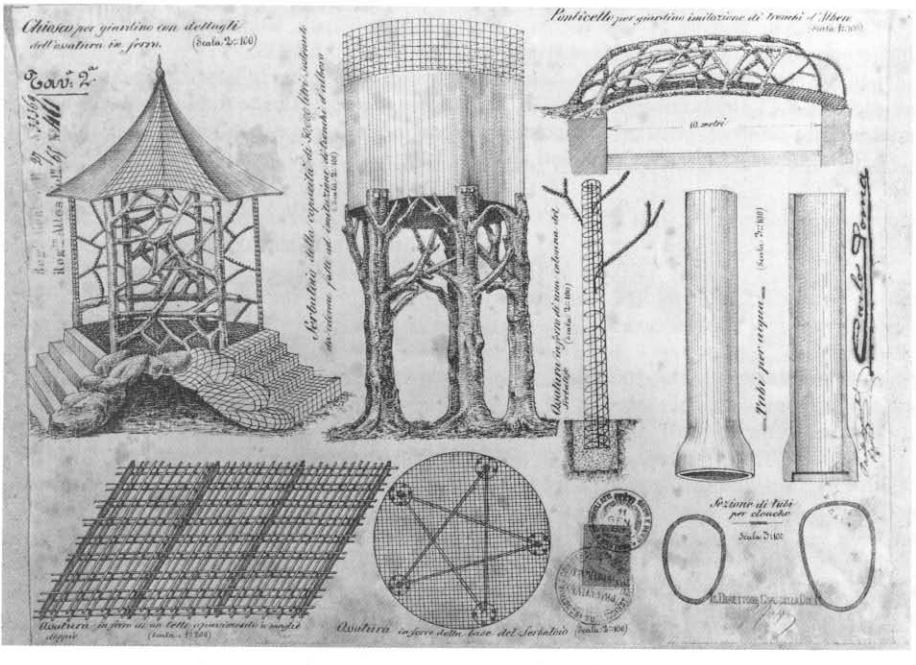
[35] Brevetto n. 383586, G. Colonnetti, Torino, Trave arcuata ad armatura preventivamente tesa, 12.12.1939.



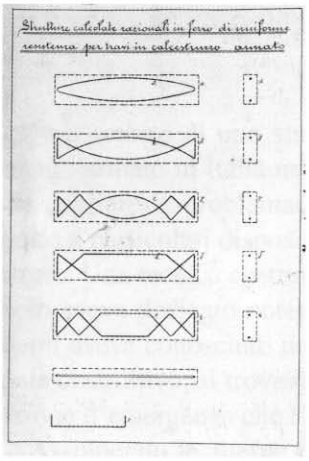
Brevetto n. 15697, J. Monier, Parigi: Système perfectionné de traverses pour voies ferrées, récipients de toutes sortes, constructions en général en fer et en ciment, 25.7.1883



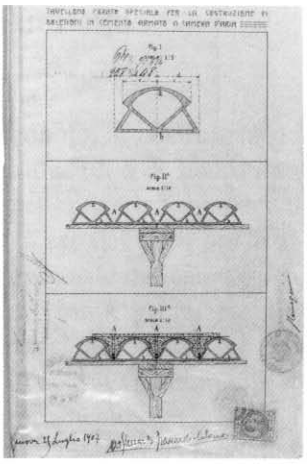
Brevetto n. 32495, F. Hennebique, Bruxelles: Combinaison particulière du métal et du ciment en vue de la création de poutraisons très légères et de haute résistance, 18.8.1892



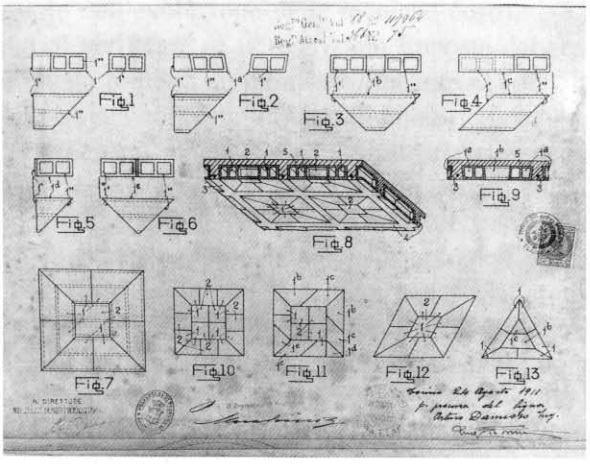
Brevetto n. 33369, C. Poma, Mantova: Costruzioni di Beton e Ferro. Miglioramento del sistema Monier, 11.1.1893



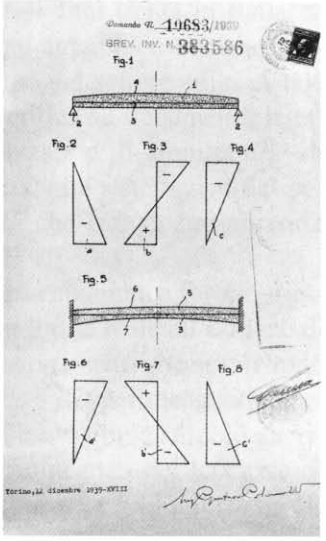
Brevetto n. 50911, M. Baroni e E. Luling, Milano: Strutture calcolate, razionali in ferro, di uniforme resistenza, per travi in calcestruzzo armato, 6.3.1889 (a sinistra)



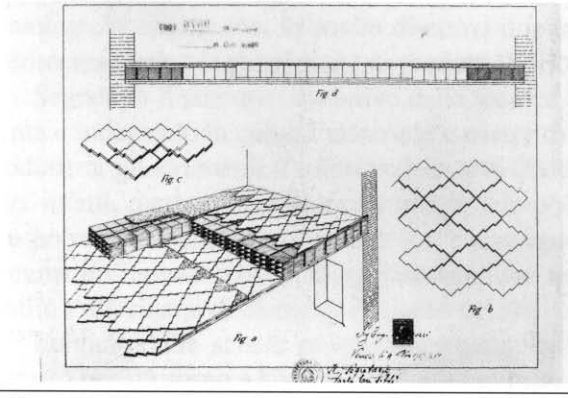
Brevetto n. 90414, G. Frascardi-Calvino, Genova: Tavellone forato speciale per la costruzione di solettoni in cemento armato a camera d'aria, 25.7.1907



Brevetto n. 119964, A. Danusso, Torino: Perfezionamenti nei solai in cemento armato a doppia serie di travi ad angolo tra di loro, 24.8.1911



Brevetto n. 383586, G. Colonnetti, Torino: Trave arcuata ad armatura preventivamente tesa, 12.12.1939



Brevetto n. 364671, E. Miozzi, Venezia: Nuovo tipo di solaio in laterizio forato senza impiego di ferro, 8.11.1937