

Tra teoria e pratica del costruire in cemento armato. L'esperienza politecnica torinese agli esordi del XX secolo

*Between Theory and Practice of Reinforced Concrete Constructions. The Experience of Politecnico di Torino at the Beginning of the 20<sup>th</sup> Century*

**FEDERICA STELLA**

**Abstract**

Agli albori delle prime fasi applicative dei sistemi strutturali in cemento armato la Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri di Torino si rende interprete della cultura del proprio tempo grazie all'attività didattica, scientifica e sperimentale svolta tra le sue mura dall'ingegnere Camillo Guidi (1853-1941), docente di Statica Grafica, Scienza delle costruzioni e Teoria dei ponti presso l'Ateneo piemontese per quarantasei anni e primo promotore teorico della nuova tecnica a livello nazionale. La rilevanza della sua attività risiede nel pensiero tecnico e scientifico che nel passaggio dal secolo lungo al secolo breve consente lo sviluppo della meccanica strutturale e la risoluzione dei più complessi problemi costruttivi da cui scaturiscono gli archetipi di quella nuova architettura – figlia del progresso industriale, tecnico e scientifico – che tra gli anni quaranta e sessanta del Novecento raggiungerà i vertici del successo internazionale. Dalle aule della Scuola torinese le teorie sono riversate nel laboratorio sperimentale del castello del Valentino e da qui, negli studi tecnici e nelle imprese costruttive, per poi confluire nei cantieri.

*At the dawn of the first application stage of the reinforced concrete structural system, the Turin Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri becomes an interpreter of the culture of its own time, thanks to the educational, scientific and experimental activity carried out within the School walls by engineer Camillo Guidi (1853-1941), professor of Graphic Statics, Construction Science and Theory of Bridges at Turin University for forty-six years and the first to promote the theory of this new technique at a national level. The relevance of his activity lies in the technical and scientific thought that, in the passage from the Long 19th Century to the Short 20th Century, allowed the development of structural mechanics and the resolution of the most complex building problems that gave origin to the archetypes of this new kind of architecture – fruit of industrial, technical and scientific progress – that, between the 40s and the 60s of the 20th century, reached the peak of international success. From the classrooms of the Turin School, these theories flowed into the experimental laboratory of the Castle of Valentino, and from here to the offices of building firms and to building sites.*

La gerarchia tra chi introduce la pratica del cemento armato nei cantieri nazionali e chi ne favorisce l'introduzione a livello teorico è ancor oggi poco indagata. Mentre sui professionisti gli studi sono i più diversificati, le prassi disciplinari e gli attori che contribuiscono alla diffusione del materiale del XX secolo è carente di analisi approfondite. Tuttavia, per comprendere lo sviluppo di tali tecnologie di costruzione, non si può prescindere dagli anni

Federica Stella, dottore di ricerca in Beni Culturali, assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino, svolge attività di ricerca nel campo dei Beni Culturali, della Storia delle tecniche architettoniche e costruttive, della Storia della città in età moderna e contemporanea.

[federica.stella@polito.it](mailto:federica.stella@polito.it)

in cui le teorie entrano nelle scuole d'ingegneria e dai protagonisti cui si deve la formazione di figure specializzate. Un esempio dell'importanza di tale aspetto è testimoniato dal ruolo svolto, nelle prime fasi applicative del cemento armato, dalla Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri di Torino, grazie all'attività didattica, scientifica e sperimentale di Camillo Guidi<sup>1</sup>, docente di Statica Grafica, Scienza delle Costruzioni e Teoria dei Ponti. Ingegnere civile, formatosi presso la Scuola per gli Ingegneri di Roma sotto la guida di docenti d'eccezione (Cremona, Battaglini, Beltrami, Saviotti e Ceradini, artefici e divulgatori di metodi grafici che sono parte degli studi d'ingegneria fino alla seconda metà del Novecento), Guidi è figura chiave nella trasmissione dei principi della Scienza delle Costruzioni nelle prime scuole d'ingegneria e nella divulgazione in Italia delle conoscenze meccaniche relative alla tecnica costruttiva del cemento armato.

L'aspetto più noto della sua attività risiede nell'essere il primo accademico a tenere in Italia delle lezioni *extra-cathedra* sul cemento armato, sotto forma di conferenze pubbliche<sup>2</sup>. Nel 1900, difatti, a fronte dell'empirismo che contraddistingue l'applicazione del materiale e della necessità di formare specifiche competenze in materia, Guidi fornisce agli allievi una riflessione puntuale, supportata da esempi tangibili, sui vantaggi, sulle caratteristiche e sull'importanza concettuale e pratica della tecnica. La rilevanza di questi incontri, impostati sulla traccia del percorso compiuto da Christophe dal 1899<sup>3</sup> e ampliati nel 1903, in occasione della conferenza promossa dalla Società degli Ingegneri e Architetti in Roma<sup>4</sup>, non risiede solo nell'aver inquadrato i risvolti nell'applicazione di un sistema ancora poco indagato ma, soprattutto, nell'entità anticipatrice dei temi trattati. Difatti, se già tra il XIX e il XX secolo si assiste a un vertiginoso aumento delle realizzazioni in cemento armato (da sei, nel 1892, a millecinquecento, nel 1902)<sup>5</sup>, la sua affermazione in Italia è connessa alle esperienze conseguenti la regolamentazione italiana (1907), a loro volta correlate a quelle scaturite in seno dell'Associazione Italiana per gli Studi sui Materiali da Costruzione (S.I.M.), di cui Guidi è presidente per venticinque anni<sup>6</sup>.

Guidi inoltre guida il rinnovamento dell'insegnamento della Scienza delle Costruzioni, in questo favorito sia dalla longevità della carriera, sviluppatasi per quasi mezzo secolo, che dal momento favorevole in cui si forma e intraprende la professione didattica. Da un lato l'assestamento e lo sviluppo di nuove conquiste e applicazioni tecniche, dall'altro la pubblicazione degli studi di Culmann, Cremona, Betti, Menabrea e Castigliano<sup>7</sup> segnano una significativa svolta scientifica e rappresentano il presupposto di nuove scoperte teoriche e pratiche. Tali sviluppi, sommati alla preparazione matematica derivante dagli studi romani, rappresentano una stabile piattaforma su cui egli imposta la conoscenza che impartisce nella

R. Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri prima (1859) e nel R. Politecnico poi (1906).

Sin dall'arrivo a Torino nel 1881, il professore si adopera per mettere in luce, oltre l'importanza della disciplina, la necessità di darle una nuova veste. Ciò emerge in special modo alla morte del suo predecessore, Giovanni Curioni (1887), quando il corso di Costruzioni è frazionato in due discipline: Scienza delle Costruzioni (comprendente Statica Grafica e Teoria dei Ponti) e Costruzioni Stradali e Idrauliche<sup>8</sup>. Incaricato dell'insegnamento della prima, Guidi intuisce subito l'importanza della Statica Grafica a introduzione alla Scienza delle Costruzioni e l'inserisce, per la prima volta, nel suo corso (esempio che sarà seguito dalle scuole del Regno). Non si limita peraltro a "ereditare" la materia e a proporla secondo gli schemi tradizionali: la plasma e la uniforma ai progressi scientifici. Attraverso nuove direttrici, un linguaggio facilmente trasmissibile, rapportando la teoria ad aspetti tangibili, Guidi individua le prassi più idonee alla risoluzione e verifica dei problemi pratici. Nelle sue lezioni i concetti non sono presentati in maniera assiomatica, bensì attraverso peculiari espedienti connessi alle ricerche in corso e ai progressi della disciplina, così da portare gradualmente gli allievi al completo apprendimento degli argomenti trattati.

L'autenticità dell'insegnamento risiede nel materiale didattico e nei capisaldi scientifici adottati per garantire la comprensione dei problemi (Figura 1). Egli capisce l'importanza di fondare la didattica sui principi che hanno segnato la svolta della Scienza delle Costruzioni ottocentesca: l'influenza delle proprietà meccaniche dei materiali nella risposta alle sollecitazioni e l'importanza di considerare l'edificio non quale sommatoria di singoli elementi ma nel suo scheletro portante. In particolare, è nell'ambito delle teorie connesse alle costruzioni in cemento armato che emerge l'eredità scientifica contemporanea. Egli, incentrando l'attenzione sulla tensione e compressione, quindi, sul puro equilibrio (specchio immediato, in fase di verifica, di un riscontro veritiero), attraverso la teoria di Barré de Saint Venant e la Statica Grafica illustra le basi della disciplina del *béton armé*. Il suo contributo scientifico risiede nel fatto che la metodologia con cui è calcolato il materiale da questo momento (attraverso le cosiddette "tensioni ammissibili") rappresenta la chiave di lettura privilegiata nell'analisi delle strutture sino a oltre la seconda metà del XX secolo.

Tale aspetto non può essere disgiunto dalla peculiarità dell'insegnamento dell'epoca rispetto all'odierno. Guidi alla morte di Curioni eredita una disciplina complessa, entro cui gli argomenti che nel tempo assumono la connotazione di corsi individuali, conformano un *corpus* unitario. Dal punto di vista pedagogico, impartire una materia unica o frazionata in più parti comporta un'impostazione dei problemi differente rispetto all'attuale, determinata dagli specialismi dell'ingegneria. Il fatto che

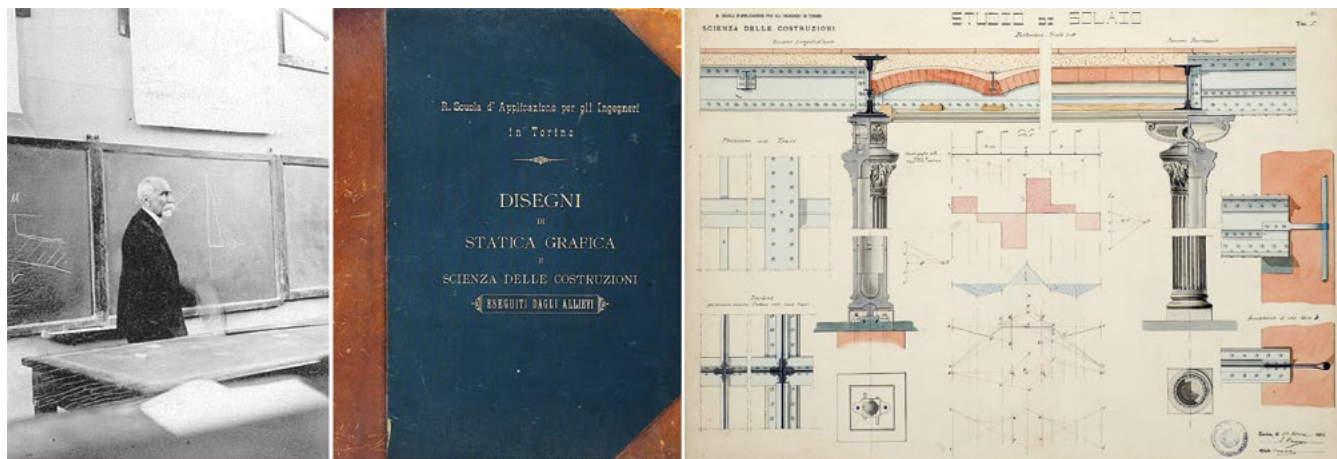


Figura 1. La didattica. Ritratto fotografico di Camillo Guidi durante la sua ultima lezione di Teoria dei Ponti il 9 maggio 1928 (Archivio Storico del Politecnico di Torino, Fondo Biblioteca di Direzione, Atti Onoranze Professori, cat. G., fald. XIII, fasc. 1°) e tavola esemplificativa delle esercitazioni elaborate degli studenti del corso di Statica Grafica e Scienza delle Costruzioni nel 1898 (Centro Museo e Documentazione Storica del Politecnico Torino, R. Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri in Torino. Disegni di Statica Grafica e Scienza delle Costruzioni eseguiti dagli allievi, Torino 1888-1898).

l'insegnamento affronti più tematiche in un unico corso (costruzioni in legno, muratura, ferro e cemento armato) presuppone il condizionamento delle teorie tradizionali su quelle moderne (difatti inizialmente il cemento armato è trattato come la muratura, sovradimensionando l'ossatura portante). È in quest'ottica, nel passaggio della funzione resistente dalle masse murarie all'ossatura, che prende forma la nuova disciplina: facendo perno sulla capacità dello scheletro in cemento armato di sopportare grandi sollecitazioni, sulla possibilità di ridurre le restanti parti della costruzione a tamponature, sull'esaltazione statica del solaio solidale coi piedritti. Al modo di resistere di queste strutture si collegano poi altri problemi quali l'aderenza del ferro al conglomerato cementizio, la continuità della funzione delle armature nei punti di loro interruzione, il ruolo statico delle staffe, il comportamento degli incastri, l'effetto delle variazioni termiche. Tutti argomenti che egli gradualmente affronta con attenzione e prudenza e verificando i risultati dei calcoli teorici con i dati sperimentali.

### 1. La congiuntura tra teoria e pratica nell'attività sperimentale

Sebbene la Scienza delle Costruzioni sabauda emerga per la sua natura scientifica più che applicativa, Guidi assume un ruolo chiave nella conciliazione tra le due anime: scientifica e tecnica. Difatti l'insegnamento è incessantemente integrato con sperimentazioni di laboratori, esercitazioni e visite d'istruzione volte all'adattamento delle teorie alle problematiche dell'epoca.

Sulla scorta delle istanze disciplinari dell'*École des Ponts et Chaussées* che influenzano la Scuola torinese dall'istituzione, degli studi dei suoi docenti (Monge, Poisson, Lagrange, Fourier, Prony) e delle esperienze di

Bauschinger, fondatore del primo laboratorio sui materiali annesso a un istituto universitario<sup>9</sup>, l'espletamento della teoria attraverso momenti di approccio critico ai saperi presso il laboratorio del castello del Valentino<sup>10</sup> è considerato prioritario nel *curriculum* didattico. L'educazione al rigore scientifico e al lavoro di gruppo, alla raccolta e classificazione dei dati, all'analisi del comportamento dei materiali sono essenziali per la comprensione dei principi della scienza costruttiva. Oltretutto, essendo la sperimentazione il cardine dell'attività del professore, tale aspetto comporta un valore aggiunto alla pratica laboratoriale: le prove e le esercitazioni sono infatti favorite dalla modernità della strumentazione adottata nonché dall'entità del suo apporto nello sviluppo delle prime esperienze nazionali sul cemento armato (Figura 2).

«Sperimentatore coscienzioso e scrupolosissimo»<sup>11</sup>, il contributo di Guidi in tale settore è confermato, oltre che dalle numerose pubblicazioni sulle indagini eseguite (prove di trazione, compressione, torsione, taglio, flessione, urto, omogeneità, tenacità, durezza, fragilità, gelività, durata, permeabilità, abrasione, usura ecc.) sui più disparati materiali (pietre naturali, mattoni, canape, cementi, legnami, metalli, calcestruzzi ecc.), dai certificati di prove emessi dal laboratorio dal 1887<sup>12</sup> e dal loro incremento nel periodo a cavallo dei due secoli. Basti pensare che a fronte delle 64 esperienze svolte nel 1890, nel primo semestre del 1895 si registrano 407 indagini e oltre 20.000 nel 1928. Ciò che ne deriva è una sintomatica interazione tra università, professionisti, amministrazioni, imprese e industrie, nonché l'innescare di nuovi studi, metodi di verifica e scambi culturali e scientifici con professionisti stranieri (quali Ritter, Mörsch, Considère, Sejourné, Mesnager, von Emperger, Saliger) finalizzati alla sistematizzazione della disciplina.

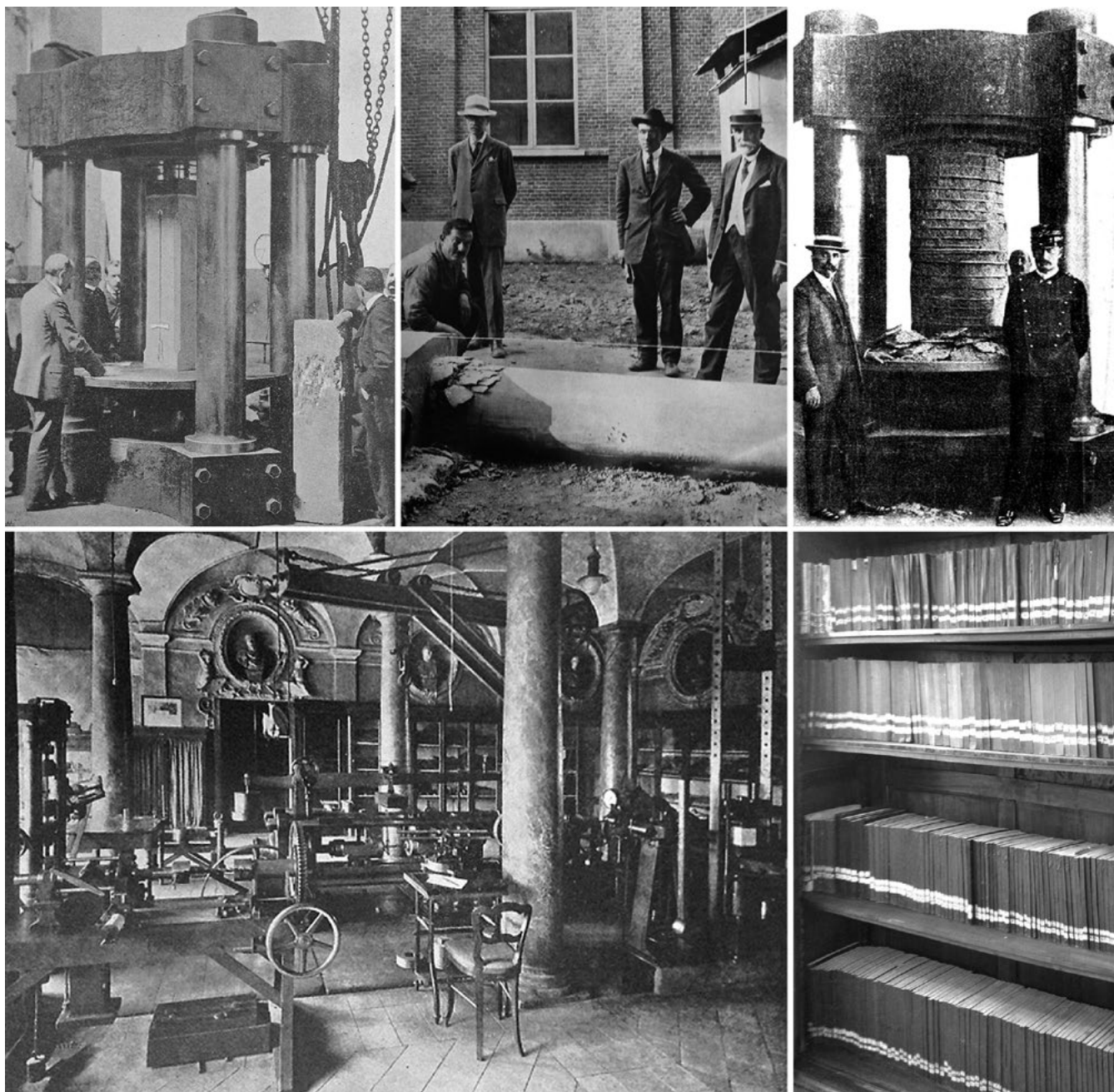


Figura 2. La sperimentazione sui materiali da costruzione. In alto: Guidi durante le esperienze eseguite con la pressa idraulica dell'Arsenale Militare torinese su un pilastro di conglomerato cementizio nel 1904 (Camillo Guidi, Risultati sperimentali su conglomerati di cemento semplici e armati, in «L'Ingegneria Civile e le Arti Industriali», vol. XXX, Torino 1905, tav. XVI, fig. 1), sui pali S.C.A.C. negli anni venti del Novecento (Nel primo centenario della nascita di Camillo Guidi (1853-1953), in «S.C.A.C. Soc. Cementi Armati Centrifugati», n. 109, gennaio 1954, p.25) e le prove a compressione su un prisma di calcestruzzo cerchiato nel 1907 (Italo Maganzini, Sugli studi e sulle prove dei materiali da costruzione, in «Giornale del Genio Civile», a. L, Roma 1912, p. 428). In basso: il laboratorio per la prova dei materiali presso il castello del Valentino, oggi sala delle colonne (R. Scuola di Ingegneria di Torino, Annuario della R. Scuola di ingegneria di Torino. Anno accademico 1926-1927, Tip. Enrico Schioppo, p. 125) e un'immagine dei volumi contenenti i certificati di prove richieste da privati e pubbliche amministrazioni.

La conoscenza dei componenti del cemento armato alle soglie del nuovo secolo (nel momento in cui il professore fa di Torino «il centro propulsore degli studi italiani»<sup>13</sup> in materia), non sono infatti più sufficienti per dare un giudizio sicuro sulle proprietà del materiale: è necessaria la verifica di molteplici aspetti – quali l'influenza della

qualità dell'impasto e del modulo di elasticità, la quantità di armature metalliche in rapporto alla geometria delle sezioni, il grado di umidità delle miscele durante la presa o l'indurimento ecc. – per far fronte alle esigenze dettate da questa tecnologia costruttiva. Mosso da tale consapevolezza Guidi tra il 1897 e il 1902 avvia le

prime indagini nazionali sul tema. Ad esempio, attraverso lo studio di alcuni saggi forniti dall'ingegner Giovanni Antonio Porcheddu, concessionario per solai incombustibili «Sistema Hennebique» dal 1894 e Agente Generale per l'Alta Italia dal 1896, Guidi individua numero e geometria dei provini da usare nelle prove sperimentali, i metodi per determinare la resistenza delle membrature, le problematiche connesse all'aderenza del conglomerato al ferro, l'entità delle prove di elasticità e resistenza alla pressione, flessione e tensione o le prassi che assicurano i requisiti di qualità ed idoneità del materiale.

Nonostante la rilevanza di tali applicazioni sono le esperienze svolte dal 1904, in seguito all'istituzione dell'Associazione per gli studi sui Materiali da Costruzione, a segnare una svolta significativa. Le indagini sviluppate oltre a rivelare nuove proprietà elastiche e resistenti, grazie all'ausilio dei macchinari in dotazione del laboratorio del Valentino o dell'Officina di Costruzioni d'Artiglieria di Torino, consentono al professore di selezionare i metodi di calcolo più razionali da adottarsi nella progettazione, dunque, di contribuire alla stesura delle prime indicazioni normative italiane. Le verifiche sviluppate in seno alla Commissione del *béton armato* istituita dalla Società degli Ingegneri ed Architetti di Torino in vista della stesura di «prescrizioni speciali per le opere di smalto cementizio armato da eseguirsi per conto della città di Torino» e quelle «Sulla unione dei ferri nelle costruzioni in *béton armato*»<sup>14</sup> testimoniano l'utilità di tali ricerche nella risoluzione dei problemi progettuali ed esecutivi contingenti. Da questo momento l'attività del professore è caratterizzata da studi sempre più puntuali, non meno significativi delle prime esperienze<sup>15</sup>. Dalle aule della Scuola torinese le teorie sono riversate nel laboratorio, di qui negli studi tecnici e nelle imprese, per poi essere applicate nei singoli cantieri. Oltretutto, la presenza nel capoluogo di Porcheddu e il numero di industrie di produzione del cemento del territorio – dagli anni settanta dell'Ottocento i casalesi Marchino (1872) e Cerrano (1882), grazie all'ingente numero di cave e calci del territorio, sono fautori di un vero e proprio sistema industriale territoriale – contribuiscono alla creazione di una realtà unitaria in un'Italia che, nonostante il ritardo rispetto ad altri paesi nell'applicazione del nuovo sistema costruttivo, riesce a posizionarsi nell'arco di sessant'anni (dall'ultimo ventennio dell'Ottocento alla fine dell'età giolittiana) ai livelli europei, utilizzando quale motore trainante proprio il cemento armato.

## 2. Le *Lezioni sulla Scienza delle Costruzioni*: cortocircuito tra ricerca, sperimentazione, didattica e professione

Il rigore didattico, la competenza e la continua attenzione di Guidi nella ricerca di sinergie tra pratica e teoria è riscontrabile nel fervore scientifico che contraddistingue la sua carriera, a partire dagli scritti che contaminano gli

ambienti gravitanti attorno alle Istituzioni politecniche, cioè le Società di tecnici e le Accademie intellettuali, sino alle *Lezioni sulla Scienza delle Costruzioni*.

Dagli atti consegnati in memorie alle ricerche edite su riviste tecniche, tutti rappresentano un indice importante dei parametri culturali e delle influenze scientifiche entro cui opera. Dai ponti, alle dighe, alle funicolari, alle esperienze laboratoriali, è un susseguirsi di molteplici studi, la cui collimazione consente di far luce sulla natura delle tematiche su cui focalizza l'attenzione il professore. Grazie alla capacità di dilatare conoscenze e di rispondere a esigenze di ordine logico, pratico e razionale, tali studi forniscono una chiave di lettura esclusiva delle dinamiche che si sviluppano in architettura e in ingegneria e dell'avanzamento dei sistemi di calcolo strutturale che, promossi da Guidi, contaminano il panorama nazionale (e non solo) coevo.

Se la combinazione del sapere, dell'intuito e della verifica sperimentale trova una significativa espressione nelle pagine di ciascuno studio, in bilico tra storia della Scienza delle Costruzioni, sperimentazione e tecniche costruttive, è l'opera dottrinale la principale testimonianza della competenza del professore nell'adozione degli strumenti più efficaci nella diffusione delle conoscenze. Le *Lezioni sulla Scienza delle Costruzioni*, edite dal 1885 e articolate in cinque volumi, un'appendice e un testo di esercizi<sup>16</sup>, grazie al continuo aggiornamento sulla scia degli sviluppi scientifici, sono un fermo-immagine significativo dell'evoluzione del suo insegnamento, della stratificazione delle conoscenze tecniche e costruttive, dell'attenzione rivolta alle sinergie tra pratica e teoria nonché del contesto storico. Il successo di tale compendio che attraversa oltre quarant'anni dedicati alla divulgazione teorica ed empirica della disciplina risiede difatti nell'essere costantemente soggetto ad aggiunte, approfondimenti e revisioni, per informare il lettore dei progressi nazionali ed esteri. Al fine di integrare gli scritti precedenti, prima di dare una nuova edizione alle stampe, ogni tema è rivisto alla luce dei contemporanei sviluppi della scienza, e ciascuna questione è riconsiderata in tutti gli aspetti in rapporto a ciò che riportano altri autori, specialmente stranieri.

Sintesi di temi eterogenei, gli argomenti trattati sono organizzati in modo da garantire la progressiva acquisizione delle conoscenze, partendo dai principi alla base della scienza sino ai casi articolati: nozioni di statica grafica e geometria delle masse, teoria dell'elasticità e resistenza dei materiali, elementi di costruzioni, ponti, opere in terra, muri di sostegno e dighe, costruzioni in *béton armato*. Conformemente alle finalità che ha l'opera – vere e proprie lezioni scritte –, la teoria è semplificata grazie all'adozione di dati derivanti dall'esperienza, a una scrittura semplice e all'illustrazione di problemi tramite note ed esercizi. Con la consaspevolezza dalla complessità della disciplina ogni scritto è corredato da tavole, schemi,

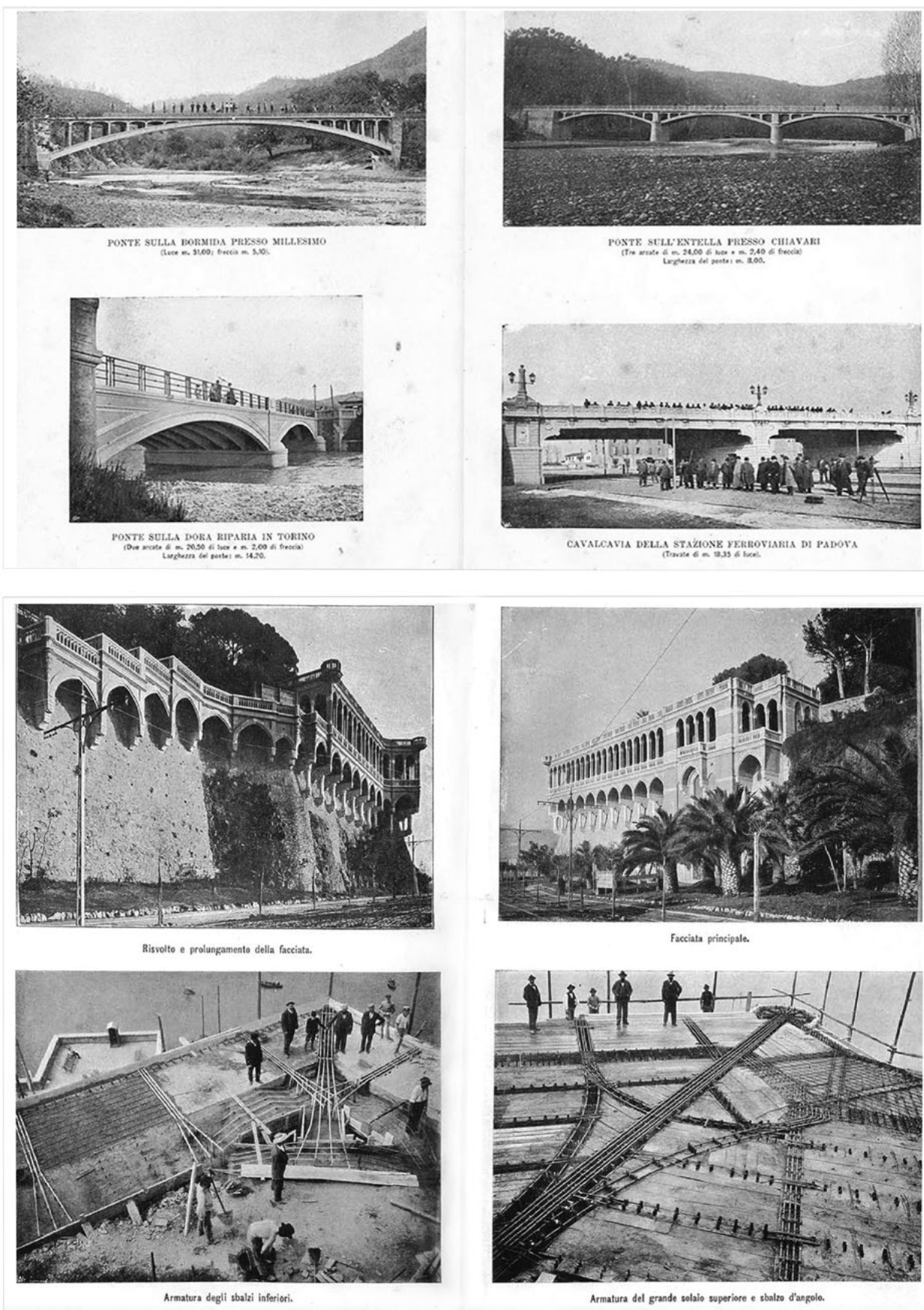


Figura 3. Due delle tavole in calce all'Appendice alle Lezioni sulla Scienza delle costruzioni, in cui sono presenti immagini di alcuni dei moderni cantieri in cemento armato di inizio Novecento: il ponte sulla Bormida, il ponte sull'Entella presso Chiavari, il ponte sulla Dora Riparia di Torino, il cavalcavia della stazione ferroviaria di Padova, la villa Figari presso Genova. (Camillo Guidi, Lezioni sulla Scienza delle Costruzioni. Le costruzioni in beton armato, Torino 1914, tav.VII - IX).

disegni, immagini ed esempi, fondamentali per la fruizione dell'opera e la comprensione degli enunciati e dei concetti matematici. Ciò che ne deriva è un *vademecum* della bibliografia scientifica a supporto della didattica, degli strumenti e degli espedienti più efficaci per trattare le problematiche afferenti alla Statica e al controllo della stabilità delle strutture, che rappresenterà per decenni l'ossatura portante del corpo normativo nazionale.

### 3. Al vertice dei mutamenti teorici strutturali nazionali

Consulente di ogni questione d'ingegneria, membro del Consiglio Superiore dei LL.PP., scienziato e tecnico delle dighe, ponti e trasporti funicolari, figura cardine nella sperimentazione e legiferazione italiana sui materiali da costruzione: la carriera di Guidi comporta versatili contributi. L'attività pedagogica è contaminata dalla pratica, le esperienze sperimentali influenzate dagli sviluppi dell'industria, gli incarichi professionali derivano dagli studi sviluppati negli anni e viceversa. È un tecnico-scienziato *tout-court*, fa parte di quel filone dell'ingegneria votata alla sperimentazione strutturale la cui attività scavalca le categorizzazioni dettate dall'insegnamento, affrontando problematiche che investono diversi ambiti.

L'importanza della sua attività è riscontrabile, più che a livello progettuale, a livello divulgativo, disciplinare, sperimentale e normativo, nel pensiero tecnico e scientifico che nel passaggio dal secolo lungo al secolo breve consente lo sviluppo della Meccanica strutturale e la risoluzione di complessi problemi costruttivi. Il suo contributo non influisce in maniera diretta nel mutamento della tradizione costruttiva negli anni in cui opera, bensì si riscontra nelle concezioni costruttive che contraddistinguono l'organizzazione del cantiere a distanza di anni, in special modo grazie allo sviluppo delle conoscenze ad opera dei suoi allievi<sup>17</sup>.

Com'è noto, tra la fine degli anni quaranta e la metà degli anni sessanta del Novecento l'ingegneria italiana conosce un periodo di particolare successo internazionale, della durata di quindici anni (1949-1964), che connota il territorio italiano, e non solo, di capolavori strutturali in cemento armato. Questo successo si deve principalmente alle linee di pensiero teoriche tracciate dalle scuole di Gustavo Colonnati e Arturo Danusso. Entrambi laureati con Guidi in ingegneria civile, sebbene mettano a frutto in diversa maniera il periodo che precede la carriera accademica – Colonnati prosegue la formazione al fianco del professore mentre Danusso declina la proposta dell'assistente ed entra in servizio come strutturista presso lo studio Porcheddu – dal secondo decennio del Novecento intraprendono un'attività teorica nelle scuole di Genova, Pisa, Torino e Milano fondamentale nella formazione degli ingegneri e degli professori cui si deve il successo dell'ingegneria nazionale negli anni del boom economico – Nervi, Morandi, Musmeci, Levi...<sup>18</sup>.

È a Guidi che si deve la formazione di entrambi, il caposcuola insieme a Canevazzi<sup>19</sup> nella diffusione delle conoscenze strutturali che concorrono alla concezione di opere in cemento armato via via più complesse.

Uno dei parametri oggettivi della competenza di Guidi è proprio la qualità dei suoi studenti, specchio del rigore scientifico che contraddistingue la sua attività di didattica e ricerca: a lui, oltre al merito di aver introdotto per primo la didattica del cemento armato, di averne promosso la regolamentazione, la sperimentazione e aver rinnovato l'insegnamento della Scienza delle Costruzioni, va il merito di aver formato alcuni tra i più grandi imprenditori, ingegneri, e ricercatori italiani – oltre a quelli già citati, Panetti, Ovazza, Gamba, Casati, Donato, Ricci. La diffusione delle conoscenze da parte dei molti allievi è stata decisiva nella svolta novecentesca della disciplina; basti pensare che sei delle nove cattedre di Scienza delle Costruzioni delle scuole d'ingegneria italiane nei primi decenni del secolo scorso sono state tenute da suo allievi che, grazie al rapporto mantenuto col professore nell'arco della carriera, sono stati i depositari della sua eredità.

### Note

<sup>1</sup> Camillo Guidi (1853-1941). Conseguito il titolo d'ingegnere civile presso la Scuola per gli Ingegneri di Roma nel 1877, è incaricato dell'assistenza di Meccanica Applicata e Statica Grafica. Nell'a.a. 1881-82 vince il concorso per la cattedra di Statica Grafica presso la Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri di Torino, dove impartisce la disciplina per cinque anni. Dal 1888 al 1928 è professore ordinario di Scienza delle Costruzioni, Statica Grafica e Teoria dei Ponti. L'epilogo della carriera didattica non coincide col ritiro dal dibattito scientifico. Al contrario, gli anni conseguenti il ritorno a Roma lo vedono impegnato nella consulenza e risoluzione di ogni questione d'ingegneria. Muore nel 1941. Sulla figura e sull'attività di Guidi si veda Federica Stella, *La congiuntura tra teoria e pratica nella trasmissione dei saperi dell'arte del fabbricare: Camillo Guidi (1853-1941)*, Politecnico di Torino, tesi di dottorato in Beni Culturali, tutor: Annalisa Dameri; co-tutor: Bernardino Chiaia, Torino 2014.

<sup>2</sup> A causa del limitato orario del corso, che non consente di fornire agli allievi una riflessione puntuale sulle strutture in cemento armato, Guidi dedica delle lezioni straordinarie sul tema sotto forma di conferenze pubbliche. Cfr. Camillo Guidi, *Le costruzioni in béton armato: conferenze tenute nel maggio 1900 dall'ingegnere Camillo Guidi*, in «L'Ingegneria Civile e le Arti Industriali», n. 18, 1900, pp. 273-279, n. 19, 1900, pp. 289-95, n. 20, 1900, pp. 305-11, n. 21, 1900, pp. 321-28, n. 22, 1900, pp. 337-43.

<sup>3</sup> Le conferenze, sia nell'iter espositivo sia nei temi affrontati, riprendono il percorso compiuto da Paul Christophe (*ingénieur des Ponts et Chaussées* e collaboratore dell'impresa Hennebique) ed edito nel 1899 in tre articoli negli «Annales des Travaux publics de Belgique» e sulla rivista «Le Béton Armé» tra il 1899 e il 1900 (Paul Christophe, *Le béton armé et ses applications*, in «Le béton armé», n. 14, juillet 1899, pp. 1-6; n. 16, septembre 1899, pp. 1-8; n. 22, mars 1900, pp. 1-3; n. 23, avril 1900, pp. 1-3).

<sup>4</sup> Gli studi successivi alle conferenze innescano un tale interesse da indurre la Società degli Ingegneri ed Architetti in Roma

a richiedere a Guidi, nel 1903, un aggiornamento sul sistema costruttivo (cfr. Federica Stella, *La congiuntura tra teoria e pratica* cit., vol. IV).

<sup>5</sup> Camillo Guidi, *Sullo stato attuale delle costruzioni in béton armato. Conferenza alla Società degli Ingegneri ed Architetti in Roma tenuta il 26 marzo 1903*, in «L'Ingegneria Civile e le Arti Industriali», vol. XXIX, n. 11, Torino 1903, p. 164.

<sup>6</sup> Sull'attività dell'Associazione si rimanda a Camillo Guidi, *L'Associazione Italiana per gli Studi sui Materiali da Costruzione: 1903-1937. Ricordi*, Tip. Pio X, Roma 1940 e a Federica Stella, *La congiuntura tra teoria e pratica* cit., vol. IV.

<sup>7</sup> Karl Culmann, *Die graphische Statik*, Meyer & Zeller, Zürich 1875; Luigi Cremona, *Le figure reciproche nella Statica grafica*, Tip. Bernardoni, Milano 1872 (ed. Hoepli 1879); Enrico Betti, *Teoria dell'elasticità*, in «Il nuovo Cemento», 1872; Alberto Castigliano, *Nuova teoria intorno all'equilibrio dei sistemi elastici*, in «Atti della R. Accademia Scienze Torino», Torino 1875.

<sup>8</sup> Alla morte di Curioni il corso è frazionato in Scienza delle Costruzioni, tenuto da Guidi, e Costruzioni Stradali e Idrauliche, impartito da Carena. La Statica Grafica, prima tenuta da Zucchetti, rientra nel corso di Scienza delle Costruzioni mentre le Costruzioni Stradali e Idrauliche acquisiscono una veste distinta [Archivio Centrale dello Stato, Ministero Pubblica Istruzione, d'ora in poi ACS, MPI, *Direzione Generale Istruzione Superiore. Università e Istituti Superiori Universitari - Osservatori - Biblioteche - Accademie - Deputazioni di storia patria (1860-81)*, B. 60; ACS, MPI, *Direzione Generale Istruzione Superiore. Fascicoli personale insegnante e amministrativo - II versamento, II serie (1900-1940)*, B.79, f.23; ACS, MPI, *Direzione Generale Istruzione Superiore (1882-1890). I serie*, B.573, sf.9; ACS, MPI, *Direzione Generale Istruzione Superiore (1882-1890). I serie*, B.676, f.607, sf.9.

<sup>9</sup> Johann Bauschinger (1834-1893), ingegnere e docente di Statica Grafica e di Meccanica Tecnica presso la Scuola politecnica di Monaco. Nell'a.a.1870-71, con l'istituzione del primo laboratorio annesso ad un ateneo (*Mechanisch-technisches laboratorium*), getta le fondamenta della scienza sperimentale dei materiali da costruzione.

<sup>10</sup> Il laboratorio è fondato da Curioni nel 1879. Per un approfondimento storico e bibliografico cfr. Camillo Guidi, *Notizie sul laboratorio per esperienze sui materiali da costruzione annesso alla R. Scuola d'applicazione per gli ingegneri in Torino*, F.lli Centenari, Roma 1895 e Federica Stella, *La congiuntura tra teoria e pratica* cit., vol. II.

<sup>11</sup> R. Scuola d'ingegneria di Torino, *Solenni onoranze a Camillo Guidi*, Torino 1928, p. 23.

<sup>12</sup> A Guidi che si deve l'inizio della registrazione numerata dei certificati delle esperienze sperimentali.

<sup>13</sup> Giuseppe Albenga, *Un grande maestro: Emilio Mörsch*, in «Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino», a. 5, n. 5, maggio 1952, p. 151.

<sup>14</sup> *Prescrizioni speciali per le opere di smalto cementizio armato da eseguirsi per conto della città di Torino*, in «L'Ingegneria Civile e le Arti Industriali», n. 11, vol. XXIX, 1903, pp. 168-170; Camillo Guidi, *Sulla unione dei ferri nelle costruzioni in beton armato*, in «Atti della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino», a. XL, 1906, pp. 53-65.

<sup>15</sup> Ancora negli anni venti del Novecento le sue ricerche si pongono all'occhiello della cultura tecnica grazie all'innovazione delle costruzioni sperimentate. Ne sono un esempio le indagini eseguite sulle dighe o sui pali in cemento armato centrifugato esposti nello *Stadium* di Torino in occasione della Mostra di Edilizia Moderna del 1922.

<sup>16</sup> Camillo Guidi, *Lezioni sulla Scienza delle Costruzioni. Parte Prima. Nozioni di Statica grafica*, Salussolia, Torino 1885; Id., *Lezioni sulla Scienza delle Costruzioni. Parte Seconda. Teoria dell'elasticità e resistenza dei materiali*, Salussolia, Torino 1889; Id., *Lezioni sulla Scienza delle Costruzioni. Parte Quinta. Spinta delle terre. Muri di sostegno e Dighe*, Salussolia, Torino 1889; Id., *Lezioni sulla Scienza delle Costruzioni. Parte Quarta. Teoria dei ponti*, Salussolia, Torino 1894; Id., *Lezioni sulla Scienza delle Costruzioni. Parte Terza. Elementi delle costruzioni. Statica delle Costruzioni Civili*, Camilla e Bertolero, Torino 1896; Id., *Lezioni sulla Scienza delle Costruzioni. Le costruzioni* cit.; Id., *Lezioni sulla Scienza delle Costruzioni. Esercizi*, Vincenzo Bona, Torino 1915.

<sup>17</sup> Per approfondimenti in merito allo sviluppo degli studi sul cemento armato nella cornice politecnica torinese si rimanda a Federica Stella, *La congiuntura tra teoria e pratica* cit., voll. I, V.

<sup>18</sup> Cfr. Tullia Iori, *Il boom dell'ingegneria italiana: il ruolo di Gustavo Colonnetti e Arturo Danusso*, in Salvatore D'Agostino (a cura di), *Storia dell'ingegneria*, atti del 2° convegno nazionale, Napoli 7-9 aprile 2008, Cuzzolin, Napoli 2008, pp. 1501-10.

<sup>19</sup> La formazione e l'attività dei due professori è pressoché simile. Coetanei (Canevazzi nasce nel 1852, Guidi nel 1853), si formano alla scuola di Ceradini (il primo a Milano, il secondo a Roma), ambedue svolgono le prime esperienze didattiche nelle aule della Scuola romana e seguono i medesimi percorsi scientifici. Capostipiti di due distinte Scuole d'ingegneria (Torino e Bologna), entrambi danno voce, attraverso gli studi e le discipline impartite (Meccanica Applicata alle Costruzioni e Ponti e Costruzioni Idrauliche Canevazzi, Statica Grafica, Scienza delle Costruzioni e Teoria dei Ponti Guidi), alla maggior parte delle ricerche di Scienza delle Costruzioni elaborate nella prima metà del Novecento sul cemento armato.