

Quaderni della ricerca. Dipartimento di Culture del progetto
Università Iuav di Venezia

Mimesis

Università Iuav di Venezia
Dipartimento di Culture del Progetto – Dipartimento di Eccellenza
Infrastruttura di Ricerca. Integral Design Environment – IR.IDE
Centro Editoria – Publishing Actions and Research Development – PARD

Direttore del Dipartimento di Culture del Progetto
Piercarlo Romagnoni
Direttore della sezione di coordinamento della ricerca
e direttore dell'Infrastruttura IR.IDE
Francesco Musco
Responsabili scientifici IR.IDE - Dipartimento di Eccellenza
Carlo Magnani 2018-2020, Laura Fregolent 2020-2022

Comitato scientifico PARD
Sara Marini (responsabile scientifico), Angela Mengoni,
Gundula Rakowitz, Annalisa Sacchi

Progetto grafico a cura della redazione PARD
Laura Arrighi, Giovanni Carli, Francesca Zanotto, Luca Zilio

Collana Quaderni della ricerca

Comitato scientifico della collana
Maria Antonia Barucco, Matteo Basso, Fiorella Bulegato,
Massimo Bulgarelli, Elvio Casagrande, Giuseppe D'Acunto,
Agostino De Rosa, Lorenzo Fabian, Laura Gabrielli, Carlo Magnani,
Carmelo Marabello, Sara Marini, Angela Mengoni, Gabriele Monti,
Silvio Nocera, Gundula Rakowitz, Annalisa Sacchi, Massimiliano Scarpa,
Maria Chiara Tosi, Camillo Trevisan, Margherita Vanore, Francesco Zucconi

I edizione: novembre 2022
©2022 – MIM EDIZIONI SRL (Milano – Udine)
©2022 – Dipartimento di Culture del Progetto, Università Iuav di Venezia
©2022 – The authors

www.mimesisedizioni.it
mimesis@mimesisedizioni.it
Via Monfalcone, 17/19 – 20099
Sesto San Giovanni (MI)
Phone: +39 02 24861657 / 24416383
Fax: +39 02 89403935

ISBN MIMESIS 978-88-5759-470-5
ISBN DCP IUAV 978-88-31241-58-8
DOI 10.7413/1234-1234016

Per le immagini contenute in questo volume gli autori rimangono a disposizione degli eventuali aventi diritto che non sia stato possibile rintracciare. I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento anche parziale, con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.

Materiale non riproducibile senza il permesso scritto degli Editori.

L'ingegneria italiana del Novecento. Scuole e protagonisti

a cura di Marzia Marandola, Marko Pogacnik

Introduzione

- 12 Nuovi capitoli per la storia dell'architettura
Marzia Marandola, Marko Pogacnik

1. Temi e filoni di ricerca

- 18 Il calcolo strutturale nell'Ottocento.
La scuola italiana
Danilo Capecchi
- 30 Il concorso per il ponte sullo Stretto di Messina, 1969
Rosa Maria Caruso
- 42 Percorsi dell'ingegneria italiana nel Novecento
Mario de Miranda

2. La scuola di Torino

- 62 Mario Alberto Chiorino e Vittorio Nascè.
Conversazione intorno alla scuola di Torino
Marco Trisciunglio
- 78 L'ombra dell'orso.
Uno sguardo sull'opera di Giuseppe Raineri
Sergio Pace

- 90 Antonelli versus Danusso.
Il consolidamento della cupola di San Gaudenzio a Novara
Paolo Faccio
- 102 Modernità e calcestruzzo.
Eduardo Torroja e l'ingegneria italiana
Pepa Cassinello

3. La scuola di Milano

- 114 L'ingegneria strutturale al Politecnico di Milano.
Intervista a Giulio Ballio
Ludovica Cappelletti
- 138 Taylorismo, fordismo e "location engineering".
La lezione di Francesco Mauro
Federico Bucci
- 152 Skyscrapers in Milan after World War II.
A reinforced concrete design exploration
Valentina Sumini
- 162 Ingegneria e grande industria.
La costruzione metallica nell'opera di Fabrizio de Miranda
Marko Pogacnik

4. La scuola di Roma

- 176 I Maestri della scuola romana di ingegneria.
Intervista a Mario Petrangeli
Marzia Marandola
- 194 Riccardo Morandi e la costruzione della città operaia di Colleferro
Marzia Marandola
- 206 Guido Fiorini. Un'ingegneria visionaria
Alberto Coppo
- 216 Sergio Musmeci e la prefabbricazione.
L'edificio per la Società Fiorentini a Roma
Alessandro Brodini
- 224 Lo Stadio Flaminio di Pier Luigi e Antonio Nervi
Francesco Romeo

5. La scuola di Padova

- 236 La scuola di ingegneria di Padova in ambito strutturale
nel secondo dopoguerra. Intervista a Carmelo Majorana
Stefano Zaggia
- 246 Silvano Zorzi e Luigi Moretti. La nuova sede ENPDEP a Roma
Giulio Barazzetta

- 260 La tradizione, il progresso, l'ingegno.
Ferdinando Forlati e il valore del tempo
alla Basilica Palladiana di Vicenza
Sara Di Resta
- 272 Carlo Pradella e il cantiere SACAIM.
Per la rinascita dell'Isola di San Giorgio a Venezia
Giorgia Sala

6. La scuola di Bologna

- 286 La scuola di ingegneria di Bologna: una “visione integrata”
fra conoscenza storica e cultura politecnica
Micaela Antonucci
- 302 Eugenio Miozzi da Bologna a Venezia.
Il progetto dell'Autorimessa di Piazzale Roma
Riccardo Segradin
- 314 Massimo Majowiecki o dell'umile e orgoglioso rigore
Roberto Masiero
- 327 **Crediti**

Introduzione

Nuovi capitoli per la storia dell'architettura

Marzia Marandola, Marko Pogacnik

A partire dall'Ottocento l'ingegneria civile, sospinta dall'impetuoso sviluppo industriale ha compiuto progressi strabilianti nelle tecniche costruttive, nei grandi edifici pubblici e nelle infrastrutture. Sospinte dai rispettivi sistemi industriali, l'Inghilterra e poi la Francia, gli Stati Uniti e la Germania si sono affermate pionieristicamente nel campo della ricerca strutturale, realizzando opere eccezionali per dimensione e innovazione tecnologica e spaziale.

Il contributo italiano all'ingegneria, invece, si colloca nelle sue forme più mature solo nella seconda metà del Novecento, quando l'Italia da un'economia prevalentemente agricola si trasforma in uno dei maggiori paesi industriali a livello globale. La costruzione di un moderno apparato industriale, di grandi infrastrutture, come le autostrade e la ferrovia, le dighe, i grandi edifici dedicati al commercio, allo sport e in genere all'intrattenimento sono i temi più indagati dagli studi. Le ricerche hanno evidenziato l'eccezionale talento dell'ingegneria italiana nel coniugare l'espressione architettonica con l'esattezza del dimensionamento e l'audacia della costruzione. Il fenomeno è in realtà tutt'altro che sorprendente. Infatti, l'Italia vantava fin dall'Ottocento scuole di ingegneria di alto livello e personalità di rango internazionale nel campo della ricerca strutturale.

Il volume dà conto delle tante sfaccettature che hanno caratterizzato la ricerca italiana, privilegiando una lettura condotta attraverso il filtro delle principali scuole di ingegneria (Torino, Milano, Roma, Padova, Bologna), istituzioni animate dal talento di Maestri capaci di unire approfondimento teorico e sapienza tecnica e costruttiva.

Gli ingegneri italiani emergono come geniali sperimentatori, riconosciuti fautori di originali soluzioni teoriche e costruttive. In ogni scuola si avviano studi su diversi materiali e diversi settori di specializzazione, caratteri distintivi che ancora oggi distinguono i più prestigiosi atenei italiani.

Questa raccolta non nasce con l'ambizione di esaurire le tante anime e le diverse scuole fiorite lungo lo stivale (troppe sono le colpevoli lacune), ma intende tuttavia offrire una prima ipotesi per una articolata storia dell'ingegneria italiana attraverso lo studio della sperimenta-

zione tecnica condotta nelle scuole di ingegneria della penisola. La ricerca vuole restituire l'enorme ricchezza di protagonisti del panorama dell'ingegneria italiana collocando le figure solitamente celebrate (Nervi, Morandi, Musmeci) nella fitta rete di connessioni che emergono tra le loro opere costruite e le ricerche condotte nelle scuole di formazione. In particolare, abbiamo voluto celebrare gli incarichi considerati minori, svolti dagli ingegneri in progetti di edilizia civile, di solito nel ruolo di realizzatori di un predefinito progetto architettonico. Tre saggi di apertura puntualizzano alcuni tra i temi cardine della storia dell'ingegneria italiana del Novecento. Capecchi mette a fuoco il nodo cruciale tra Ottocento e Novecento con gli sviluppi del metodo di calcolo strutturale nel passaggio dalle strutture murarie alle opere in cemento armato e in cemento armato precompresso. Caruso affronta l'epico concorso internazionale di idee per il ponte sullo Stretto di Messina del 1969, tra i più celebri e controversi concorsi della storia italiana, i cui esiti rimangono inesorabilmente sulla carta, seppur ciclicamente si ripropone l'intenzione di dar mano all'opera. De Miranda perlustra le ragioni dello sviluppo tardivo della costruzione metallica in Italia, e la predilezione per l'uso misto di strutture metalliche e cementizie, destinate ad opere sempre caratterizzate da una sofisticata ricerca formale. La seconda parte del volume è articolata in cinque sezioni dedicate a cinque scuole di ingegneria, ognuna introdotta da un saggio o da un'intervista a maestri e protagonisti. La scuola di Torino (Chiorino e Nascè intervistati da Triscioglio), di Milano (Ballio intervistato da Cappelletti), di Roma (Petrangeli intervistato da Marandola), di Padova (Majorana intervistato da Zaggia) e di Bologna (Antonucci). In ogni sezione, mirati approfondimenti aprono a una specifica selezione di opere e autori: l'opera di Raineri (Pace); gli interventi di Danusso per il consolidamento sulla cupola di San Gaudenzio a Novara (Faccio); i determinanti rapporti tra Torroja e gli ingegneri italiani (Cassinello); la mineralogia e la cultura d'impresa di Mauro (Bucci), il fenomeno dei grattacieli milanesi (Sumini); Morandi e il progetto di Colleferro (Marandola), gli scenografici studi di Fiorini (Coppo); la prefabbricazione in Musmeci a Roma (Brodini); Nervi e lo stadio Flaminio (Romeo); la collaborazione tra Zorzi e Moretti nella sede ENPDEP di Roma (Barazzetta); l'intervento di Forlati nella basilica Palladiana di Vicenza (Di Resta); Pradella e SACAIM nella costruzione sull'isola di San Giorgio a Venezia (Sala); Miozzi e la moderna

autorimessa di piazzale Roma (Segradin); le sofisticate tensostrutture di Majowiecki (Masiero).

Una rassegna di casi studio, che mostra la molteplicità di opere e il pluralismo di maestri che necessitano ancora di essere indagati adeguatamente, seppur le ricerche in questo campo hanno prodotto significativi risultati.

Negli ultimi vent'anni, infatti, molti sono gli studi che si sono rivolti alla storia dell'ingegneria e della costruzione: in particolare va citato il determinante impulso che si deve all'azione di Sergio Poretti e di Tullia Iori della Facoltà di Ingegneria di Tor Vergata con i pionieristici studi sulla costruzione e l'ingegneria italiane - si vedano i due numeri monografici della rivista "Rassegna di Architettura e Urbanistica", 121/122 del 2007 e 148 del 2016, fino al progetto ERC *SIXXI- XX Century Structural Engineering: the Italian contribution. Storia dell'ingegneria strutturale in Italia*, i cui esiti sono convogliati in cinque volumi.

Un importante contributo agli studi è rappresentato dalla ricerca Prin 2008 – "La concezione strutturale. Ingegneria e Architettura in Italia negli anni Cinquanta e Sessanta" coordinata da Carlo Olmo, convogliata nel volume *La concezione strutturale. Ingegneria e architettura in Italia negli anni Cinquanta e Sessanta*, a cura di Paolo Desideri, Alessandro de Magistris, Carlo Olmo, Marko Pogacnik, Stefano Sorace. Ulteriori confronti sul tema dell'ingegneria italiana sono costituiti dai numerosi convegni dedicati all'opera di Pier Luigi Nervi, il più celebrato e noto tra gli ingegneri italiani, oltre che dalle mostre che il MAXXI di Roma ha dedicato al rapporto ingegneria-architettura. Tema centrale anche della recentissima mostra appena inaugurata "Technoscape", dove a partire da quaranta edifici del secondo Novecento, iconici per la perfetta fusione di architettura e ingegneria, ci si interroga sullo scenario futuro dell'ingegneria e sul passaggio dal sistema delle strutture al mondo delle tecniche, dei nuovi materiali, della produzione digitale, della robotica.

L'itinerario che qui proponiamo attraversa il mondo degli ingegneri e dei Maestri delle scuole italiane: esso è rivolto in primo luogo agli studenti di architettura e di ingegneria affinché comprendano che non esiste frattura nella storia della costruzione, dove le opere felici coniugano in termini stringenti tecnica e ricerca formale, espressività architettonica ed esattezza tecnologica.

1. Temi e filoni di ricerca

Il calcolo strutturale nell'Ottocento. La scuola italiana

Danilo Capecchi

Il calcolo delle strutture delle opere architettoniche con metodi fondati sulla meccanica ha un'origine abbastanza recente. A parte sporadiche applicazioni nel Settecento, è nell'Ottocento con l'edilizia industriale e con i ponti ferroviari in acciaio che cominciano a essere utilizzati metodi di calcolo fondati sulla meccanica, a mano a mano più sofisticati, dapprima facendo riferimento solo all'equilibrio poi tenendo conto anche dell'elasticità dei componenti strutturali. Verso la fine dell'Ottocento e i primi del Novecento c'è un ulteriore sviluppo del calcolo strutturale che riguarda le costruzioni civili con la diffusione degli edifici in cemento armato che sostituiscono quelli in muratura. La teoria matematica delle strutture basata su metodi meccanici si sviluppa essenzialmente tra il 1820 e il 1890. Prima di allora quasi tutte le costruzioni sono in muratura e vengono progettate con regole empiriche codificate nei manuali di architettura. Nel Settecento, anche se sono ormai disponibili sofisticati metodi di analisi statica, la loro applicazione alle strutture è sporadica; sono comunque sviluppati interessanti metodi per il dimensionamento degli archi da parte di Philippe de La Hire (1640-1718) e Charles Augustin Coulomb (1736-1806)¹. Lo sviluppo del calcolo strutturale nell'Ottocento può essere diviso in due fasi. La prima è caratterizzata dalla formulazione di teorie strutturali embrionali di travi, piastre e volte elastiche; si risolvono semplici strutture, senza però una completa comprensione delle metodologie. La nazione guida è la Francia e il protagonista può essere considerato Claude-Louis Navier (1785-1836). Nella seconda fase, che si può far iniziare dagli anni Quaranta, l'attenzione è concentrata principalmente sulle strutture formate da travi e aste; la Germania affianca la Francia e diviene poi essa la nazione guida. In questo periodo si riscontra la parziale subalternità dell'Inghilterra al Continente. Questa seconda fase può essere divisa in due sottofasi. La prima sottofase riguarda il dimensionamento dei tralicci isostatici, fondamentali nell'edilizia industriale e civile dell'epoca, quali ponti e tettoie. Per facilitare il calcolo delle complesse strutture reticolari, per esempio le capriate dei capannoni industriali o le travature da ponte, vengono elaborate tecniche analitiche e grafiche assai efficienti. La

seconda sottofase riguarda i sistemi misti tra aste e travi, che per la loro soluzione richiedono metodi sofisticati, tra cui quelli sviluppati in Germania da Otto Mohr (1835-1918) e in Italia da Carlo Alberto Castigliano (1847-84).

A fine Ottocento si cominciano a considerare strutture molto complesse; Heinrich Müller-Breslau (1851-1925) riprende i metodi di Mohr e Castigliano e ne precisa l'uso. In ogni modo, sino all'introduzione del calcestruzzo armato e alla realizzazione di graticci multipiano a nodi rigidi le tecniche di soluzione dei telai riceveranno modesta attenzione. Nel seguito si riporta una breve sintesi degli sviluppi storici, concentrandosi su quelle che per me sono le tappe principali. Per una analisi di dettaglio si rimanda alla letteratura².

Le prime soluzioni. Il metodo delle forze; il metodo degli spostamenti

Nell'Ottocento la teoria delle strutture viene sviluppata dapprima dagli ingegneri, essendo finalizzata alle applicazioni e richiedendo metodi matematici semplici (equazioni differenziali ordinarie o equazioni algebriche). Del problema si occupano successivamente anche matematici e fisici, quando ci si rende conto che la statica dei corpi rigidi non è sufficiente per studiare le strutture oggi dette iperstatiche, ovvero le strutture soggette a vincoli sovrabbondanti, come travi su più di due appoggi o travature reticolari con aste sovrabbondanti.

Tra i tentativi di soluzione del problema, il primo successo sul piano sia teorico sia del risultato è di Navier. Egli nelle *Leçons* del 1824³, affronta il caso di travi piane con un numero di vincoli esterni superiore a tre, non risolvibili con le sole equazioni della statica. Navier riconosce tra i primi che si trova soluzione solo se si ammette la deformabilità della trave. Adhémar Barré de Saint-Venant (1797-1886) si attribuisce il merito di avere esteso l'approccio di Navier, noto oggi come metodo delle forze, a ogni tipo di struttura:

Questo metodo consiste nel cercare gli spostamenti dei punti degli elementi strutturali, lasciando in forma indeterminata le grandezze, i bracci di leva e le direzioni delle forze di cui stiamo parlando. Una volta espressi gli spostamenti in funzione di queste grandezze, si stabiliscono le condizioni definite che devono soddisfare nei punti di appoggio o di incastro, o alle giunzioni delle varie parti, o ai punti di connessione delle varie parti in cui si deve

dividere lo stesso elemento perché gli spostamenti sono espressi da equazioni diverse. In questo modo riusciamo ad avere tante equazioni quante sono le incognite, perché ovviamente nelle questioni di meccanica fisica non c'è indeterminazione.⁴

In ogni modo Saint-Venant non è in grado di delineare una procedura di applicazione semplice.

Nelle *Leçons* del 1826 Navier, oltre al metodo delle forze sopra riportato presenta anche quello oggi chiamato “degli spostamenti”. Nel suo testo di elasticità, *Theorie der Elasticität fester Körper*, del 1862 Adolf Clebsch (1833-72) usa metodi simili a quelli di Navier per il calcolo delle travature reticolari. I metodi di Clebsch e Navier sfruttano la stessa idea meccanica: l'equilibrio al nodo delle forze elastiche, ottenute valutando la variazione di lunghezza delle aste in funzione degli spostamenti dei nodi. La trattazione di Clebsch è più generale: invece di un caso specifico si riferisce a un nodo generico (quindi a infiniti nodi); invece degli angoli delle aste usano le coordinate dei nodi. Il metodo proposto per il calcolo delle travature reticolari, nonostante la semplicità e l'eleganza, non vede tuttavia ampio impiego. Il motivo è l'eccessivo numero di equazioni lineari che si devono risolvere anche per una struttura assai semplice: in una travatura reticolare media con venti nodi si deve risolvere un sistema di sessanta equazioni lineari. I metodi delle forze, in cui le equazioni sono pari al numero di incognite iperstatiche, sono generalmente molto meno impegnativi.

L'introduzione dei metodi energetici. Mohr e il principio dei lavori virtuali; la statica grafica

I primi metodi utilizzabili in pratica per l'analisi strutturale vengono comunque dall'approccio energetico alla meccanica e derivano, sebbene in modo un po' contorto, dai tentativi di risolvere il problema statico di un sistema su più di tre appoggi, portando allo sviluppo di metodi basati sulla minimizzazione delle energie potenziale e complementare elastica.

Tra i primi tentativi di applicazione dei metodi energetici all'analisi strutturale vanno segnalati quelli di James Clerk Maxwell (1831-79) e Henry Cotterill (1836-1922), l'uno scienziato famoso, l'altro ingegnere professionista oggi poco conosciuto. Entrambi scrissero, più o meno nello stesso periodo, sulla prestigiosa rivista “*Philosophical Magazine*”.

Nel metodo delle forze la parte più complessa tecnicamente è la scrittura delle equazioni di congruenza. Mohr trasforma il problema cinematico in uno statico tramite il principio dei lavori virtuali; la sua procedura, concepita per i sistemi reticolari, si può generalizzare per ogni sistema strutturale⁵. L'approccio di Mohr è usato ancora oggi per la risoluzione di strutture iperstatiche; esso consiste nell'individuare i vincoli sovrabbondanti, sostituirli con le reazioni incognite e per ciascuno scrivere un'equazione di congruenza.

Mohr ha fornito altri contributi fondamentali alla teoria delle strutture, con alcuni articoli apparsi tra il 1860 e il 1868. Nell'ultimo di questi è riportata la cosiddetta analogia di Mohr che vede la deformata elastica dell'asse delle travi come il diagramma dei momenti flettenti di travi fittizie opportunamente caricate e vincolate. Mohr adatterà questa procedura anche alle travature reticolari.

Durante la seconda metà dell'Ottocento ci fu una diffusione rapidissima delle tecniche di calcolo grafico per risolvere problemi ingegneristici, tra tutti la determinazione delle forze nelle travature reticolari che venivano usate frequentemente per l'edilizia industriale e per la costruzione dei ponti. Il termine utilizzato per indicare queste tecniche fu "statica grafica". Corsi di statica grafica si tennero in tutta Europa (Zurigo, Berlino, Darmstadt, Monaco, Dresda, Riga, Vienna, Praga, Gratz, Brunn) e negli Stati Uniti. In Italia c'erano corsi a Milano (all'Istituto tecnico superiore) e, dopo il 1870, in molte Scuole di applicazione per ingegneri, tra cui Padova, Napoli, Torino, Bologna, Palermo, Roma, e anche presso le università di Pisa e Pavia. Nella seconda metà dell'Ottocento, dopo la fondamentale monografia di Carl Culmann (1821-81), il termine statica grafica veniva usato con un significato ristretto, per indicare una disciplina che univa il calcolo grafico alla geometria proiettiva, o geometria di posizione come si chiamava allora⁶.

Gli sviluppi alla fine dell'Ottocento

Gli studi di teoria delle strutture sino a fine Ottocento sono concentrati su travi continue, archi e tralicci isostatici e iperstatici. L'analisi di questi ultimi, strutture veramente complesse, richiedeva una notevole mole di calcoli e gran parte degli sforzi degli ingegneri, in particolare tedeschi, è diretto a sviluppare procedure grafiche e analitiche per un calcolo più agevole rispetto all'utilizzo esplicito delle equazioni della statica.

Nello stesso tempo, la migliore comprensione del comportamento delle strutture porta a vedere che il modello di traliccio con nodi-cerniera per le travature reticolari non è del tutto soddisfacente. Si deve così arricchire il modello di calcolo per tenere conto degli incastri di fatto esistenti alle giunture. Il problema viene risolto con procedure sia esatte sia approssimate, cui hanno contribuito tra gli altri Engesser, Winkler, Ritter, Müller-Breslau, Mohr. I tralicci Vierendeel nell'industria alla fine dell'Ottocento e i telai in calcestruzzo armato nell'edilizia civile agli inizi del Novecento, entrambi a nodi rigidi, portano a una revisione completa dei metodi di calcolo.

La scuola italiana. Luigi Federico Menabrea; Carlo Alberto Castigliano

Il periodo successivo all'Unità d'Italia è caratterizzato dal risorgere degli studi scientifici. Nel 1859 c'è la riforma Casati, che istituisce le Scuole di applicazione per gli ingegneri, prima a Torino e poi nelle principali città d'Italia. Come già avvenuto in Francia, Inghilterra e Germania, si consolida in Italia la tradizione di una trattatistica universitaria per fornire una preparazione adeguata alla futura classe dirigente. Il calcolo infinitesimale, la teoria dei determinanti, la geometria analitica, la meccanica razionale, la geometria descrittiva sono solo alcuni degli argomenti oggetto dei nuovi trattati universitari. Oltre a questi argomenti di carattere puramente matematico nelle nuove Scuole di applicazione per ingegneri riceveranno una grossa attenzione i trattati e le ricerche sulla teoria dell'elasticità, la meccanica del continuo, la meccanica delle strutture, la statica grafica.

Un contributo fondamentale al calcolo delle strutture elastiche è quello di Luigi Federico Menabrea (1809-96). Menabrea è il primo a formulare in modo operativo un criterio energetico, utile per il calcolo delle strutture iperstatiche, limitandosi al caso di travature reticolari. È ben noto a Menabrea dalla statica dei corpi rigidi che le sole equazioni di equilibrio non bastano a risolvere univocamente un sistema di n nodi e m aste, con $m > 3n - 6$ (sistema iperstatico). Per arrivare a una soluzione bisogna mettere in conto anche la deformazione e le caratteristiche meccaniche degli elementi costituenti il sistema in esame, le quali forniscono le equazioni aggiuntive idonee a rendere determinato il problema. Menabrea mostra che le equazioni aggiuntive a quelle della statica per risolvere il problema elastico si ottengono utilizzando l'*équation d'élasticité*, che nel suo lavoro *Nouveau principe sur la distri-*

bution des tensions dans les systèmes élastiques del 1858, è formulato nel modo seguente:

Quando un sistema elastico è equilibrato sotto l'azione di forze esterne, il lavoro sviluppato [l'energia elastica] per effetto delle tensioni o compressioni delle aste che uniscono i vari punti del sistema è minimo.⁷

Carlo Alberto Castigliano perfeziona la teoria di Menabrea; il suo principale contributo alla teoria delle strutture elastiche riguarda il dimensionamento dei sistemi di aste e travi (telai) precisato per la prima volta nella sua tesi di laurea in ingegneria del 1873 intitolata *Intorno ai sistemi elastici*⁸. Qui il principio di elasticità di Menabrea è esteso dai sistemi reticolari a quelli inflessi. Nella citazione seguente è riportato in sintesi il metodo di soluzione dei sistemi elastici proposto da Castigliano:

In pratica non avviene quasi mai che si adoperino dei sistemi elastici semplicemente articolati, cioè dei sistemi composti soltanto di verghe elastiche congiunte a snodo: invece sono continuamente adoperati dei sistemi che chiamerò *misti*, composti di travi rinforzate da saette o tiranti, cioè da verghe elastiche congiunte a snodo colle travi in diversi punti della loro lunghezza, e fra loro. Affinché dunque un teorema intorno ai sistemi elastici abbia un'utilità pratica, bisogna che esso sia applicabile ai sistemi misti. Questo pregio ha appunto il teorema del minimo lavoro, e è solo per ciò, che io mi sono adoperato, quanto ho potuto, a dimostrarne l'esattezza e l'utilità.⁹

Nel seguito, per ragioni di spazio, riporto due sole applicazioni. La prima è dovuta a Giovanni Battista Rombaux, ingegnere delle ferrovie romane, che nel 1786 pubblicò una monografia intitolata *Condizioni di stabilità della tettoja della stazione di Arezzo*¹⁰. In essa Rombaux diceva di applicare il principio di elasticità di Menabrea, ma in realtà, senza dichiararlo, era piuttosto a Castigliano che si ispirava.

Nel calcolo della copertura della stazione, di luce di 28 metri, Rombaux propone di trattare la centina come se fosse costituita da due sottostrutture isostatiche in parallelo. La prima sottostruttura è costituita

dall'arco dei puntoni, corrispondente alla linea a tratto doppio della figura a pag. 28; la seconda è costituita dall'intera struttura trattata come una trave reticolare. La prima sottostruttura assorbe la porzione h dei carichi verticali, la seconda la porzione k , in modo tale che si abbia $h + k = 1$; gli elementi dell'arco sono soggetti sia a sforzo normale sia a momento flettente; gli elementi della trave reticolare solo a sforzo normale. Sommando su tutti gli elementi strutturali si ottiene l'espressione del lavoro elastico dell'intera centina in funzione dei coefficienti h_1 e k ; il minimo del lavoro elastico rispetto a h_1 e k risolve il problema strutturale.

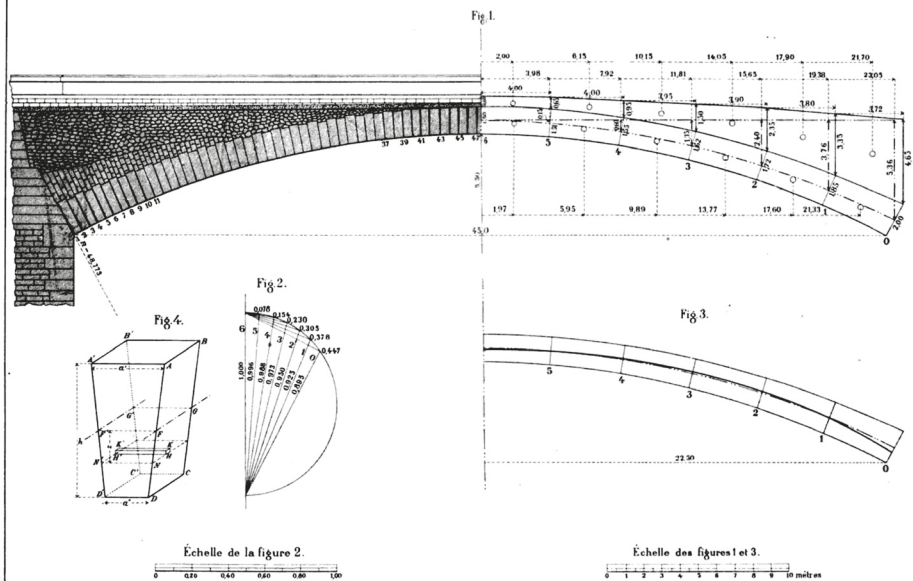
L'applicazione successiva, dovuta a Castigliano e riferita nel suo lavoro *Théorie des systèmes élastiques et ses applications* del 1879, riguarda il calcolo del ponte stradale sulla Dora a Torino, un ponte ad arco in granito abbastanza ribassato (luce di 45 metri e saetta di 5,5 metri). Il ponte era stato costruito dall'ingegnere Carlo Bernardo Mosca nel 1828 con una accuratezza molto apprezzata da Castigliano. Inoltre, anche la notorietà dell'opera aveva influito sulla scelta. La volta del ponte, riportato a pag 30, è di conci di granito di Malanaggio, presso Pinerolo, disposti in 93 ordini. I rinfianchi sono di muratura, il riempimento è in terra battuta. Su questo riempimento si ha una massicciata stradale. I conci in chiave e alle spalle sono di malta invece che di granito.

La struttura è tre volte iperstatica, ma Castigliano la riduce a due, ignorando la deformabilità a taglio. Effettua un'analisi accurata dei carichi e delle caratteristiche meccaniche, aree trasversali e momenti di inerzia, dividendo la linea d'asse del ponte in dodici tronchi uguali, della lunghezza di 4 metri. Le incognite che assume sono lo sforzo normale N e il momento in chiave M . Minimizzando l'energia elastica ottenuta integrando numericamente su tutto il ponte egli ottiene due equazioni lineari in N e M , che risolto permette la determinazione delle caratteristiche di sollecitazione in tutte le sezioni.

Conclusioni

L'Ottocento vede lo sviluppo delle tecniche di calcolo per le nuove tipologie strutturali rese necessarie a seguito degli sviluppi tecnologici, in particolare ponti ferroviari e edifici industriali. Vengono messe a punto delle procedure che sono ancora oggi in uso, magari integrate con l'utilizzo del calcolo matriciale e degli elaboratori elettronici. Le

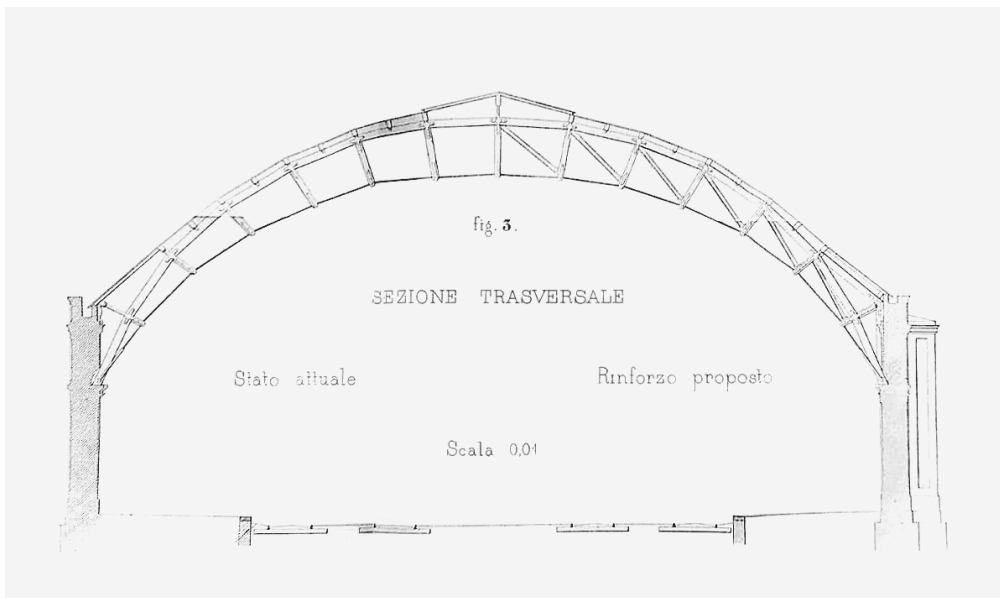
ETUDE DU PONT EN PIERRE DE TAILLE
 construit sur la Doire à Turin, par l'ingénieur Charles Mosca.



Carlo Alberto Castigliano, studi sul ponte Mosca
 in *Théorie des systèmes élastiques et ses applications*, 1879

Carlo Bernardo Mosca, ponte Mosca, Torino, 1828, in una fotografia del 2008

procedure si possono dividere in due categorie, il metodo delle forze e il metodo degli spostamenti. Il primo metodo era quello più semplice da usare nell'Ottocento perché richiedeva la soluzione un numero di equazioni molto minore. Il metodo degli spostamenti, seppure più semplice da codificare, non era adatto alle possibilità di calcolo dell'epoca; esso prenderà nuovo vigore e diventerà il metodo principale di soluzione nella seconda metà del XX secolo. Allo sviluppo delle metodologie di calcolo hanno dato un contributo importante gli studiosi italiani, tra di essi Alberto Castigliano che ha introdotto un criterio energetico per il calcolo delle strutture con un numero di vincoli esuberante.



Giovanni Battista Rombaux, tettoia della stazione di Arezzo, sezione trasversale, 1786

1. J. Heyman, *Coulomb's memoir on statics. An essay in the history of civil engineering*, Cambridge University Press, Cambridge 1972.

2. Si rimanda a D. Capecchi, G. Ruta, *La scienza delle costruzioni in Italia nell'Ottocento*, Springer, Milano 2010; T.M. Charlton, *A history of theory of structures in the nineteenth century*, Cambridge University Press, Cambridge 1995; E. Benvenuto, *An introduction to the history of structural mechanics* (2 voll.), Springer, New York 1991.

3. C.L.M.H. Navier, *Leçons données à l'Ecole de ponts et chaussées sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines, avec des notes et des appendices par M. Barré de Saint-Venant*, Dunod, Parigi 1826.

4. A.J.C., Barré de Saint-Venant, *Mémoire sur le calcul de la résistance et de la flexion des pièces solides à simple ou à double courbure en prenant simultanément en considérations les diverse efforts auxquelles peuvent être soumises dans tous les sens*, in "Comptes Rendus", n. 17, 1843, p. 953.

5. Si veda O. Mohr, *Beitrag zur Theorie des Fachwerks*, in "Zeitschrift des Architekten-und Ingenieur Vereins zu Hannover", n. 20, 1874, pp. 509 e ss.

6. C. Culmann, *Die graphische Statik*, Meyer und Zeller, Zurigo 1866.

7. L.F. Menabrea, *Nouveau principe sur la distribution des tensions dans les sys-*

tèmes élastiques, in "Comptes Rendus", n. 46, 1858, p. 1056.

8. C.A. Castigliano, *Intorno ai sistemi elastici. Dissertazione presentata da Carlo Alberto Castigliano alla Commissione Esaminatrice della R. Scuola d'applicazione degli Ingegneri in Torino*, Bona, Torino 1873.

9. Id., *Intorno all'equilibrio dei sistemi elastici*, in "Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino", n. 10, 1875, p. 29.

10. G.B. Rombaux, *Condizioni di stabilità della tettoja della stazione di Arezzo*, Tipografia e litografia del Giornale del Genio Civile, Roma 1876.

Il concorso per il ponte sullo Stretto di Messina

Rosa Maria Caruso

Il concorso internazionale di idee per il ponte sullo Stretto di Messina del 1969 è stato un evento emblematico nella storia dell'ingegneria italiana. Il confronto tra i progettisti che hanno partecipato al concorso ha lasciato importanti testimonianze sulle possibili soluzioni alla questione dell'attraversamento, un tema che ancora oggi suscita un dibattito molto acceso e informa studi che mirano alla realizzazione del manufatto.

Il contributo nasce da una ricerca in corso¹, che ha la finalità di interrogarsi su quale sia stato il significato della competizione internazionale in un contesto tanto ricco quanto complesso come quello della fine degli anni Sessanta, in cui l'attenzione dei progettisti era concentrata da una parte sulle innovazioni tecniche², dall'altra sulle questioni relative alla pianificazione urbanistica³.

La scelta della tipologia del “concorso di idee”

L'incarico di bandire il concorso venne ufficialmente affidato all'ANAS e alle Ferrovie dello Stato con la legge n. 384 del 28/03/1968; in essa si scriveva a proposito di “un concorso di idee e progetti di massima, [...] aperto a cittadini e società italiani e stranieri e che dovrà concludersi entro il 30 marzo 1969”⁴. Nel 1968, dunque, l'ANAS convocò una commissione di studio per lavorare alla pubblicazione del bando. Tra i partecipanti alla commissione erano presenti l'ingegnere Riccardo Morandi (1902-89) e l'architetto Giuseppe Caronia (1915-94), successivamente convocati anche per far parte della commissione giudicatrice del concorso. La commissione di studio, che lavorava alla raccolta dei dati già disponibili sull'area di progetto, stabilì che il concorso non doveva essere “di progetti di massima” ma “di idee”. La scelta era giustificata dall'impossibilità “di fornire in breve tempo il quadro completo e sicuro di tutti i dati tecnici necessari per la progettazione”⁵ e dal desiderio di “favorire la più vasta partecipazione di concorrenti”⁶, con l'obiettivo di raccogliere un numero elevato di proposte, che sarebbero state affinate e perfezionate in un secondo momento.

Il bando di concorso

Le richieste del bando invitavano i progettisti a trattare il tema da più punti di vista:

è necessario che l'opera di attraversamento [...] venga illustrata non solo per ciò che riguarda lo schema strutturale statico e funzionale, ma anche per ciò che concerne il suo inserimento nell'ambiente fisico e naturale dello Stretto e per gli effetti che dalla costruzione dell'opera, così come concepita, deriveranno alla struttura sociale ed economica delle regioni collegate [...].⁷

Dopo l'approvazione del bando, esso venne diffuso in Francia, Germania, Inghilterra, Giappone e Stati Uniti⁸ e, in Italia, fu pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 134 del 28/05/1969. Da quella data, la commissione di studio continuò a lavorare per la raccolta dei dati necessari alla valutazione dei progetti. L'ANAS, contemporaneamente, si occupò della convocazione dei membri della commissione giudicatrice, nominata il 17 gennaio del 1970⁹, che avrebbe annunciato i vincitori solo nel gennaio del 1971.

I dodici progetti premiati

Attraverso la varietà dei progetti avanzati in occasione del concorso di idee emerge un quadro abbastanza chiaro delle soluzioni ritenute fattibili in quegli anni¹⁰, elaborate con l'obiettivo di passare successivamente alla fase esecutiva. La maggior parte delle dodici proposte premiate, suddivise in sei primi premi ex aequo e sei secondi premi ex aequo, riguardavano attraversamenti aerei con ponti sospesi di tipo tradizionale o strallati. Tre furono le proposte per tunnel subacquei, ancorati al fondale o subalvei.

Il gruppo rappresentato da Alan Grant (primo premio ex aequo) ha lavorato al progetto di una galleria flottante, ancorata al fondale attraverso cavi in acciaio¹¹. Il gruppo Quade, Douglas and Brinckerhoff¹² (secondo premio ex aequo) ha proposto, invece, un tunnel posto su una diga di rockfill e ricoperto da pietrame. Infine, il gruppo Umberto Girola Spa¹³ (secondo premio ex aequo) ha proposto una galleria subalvea, scavata interamente nel fondale. In occasione del Convegno del 1979 presso l'Accademia dei Lincei si affermava che una delle maggiori difficoltà era “chiudere lo Stretto alla navigazione anche

temporaneamente”¹⁴. Tra le tre opzioni, dunque, si preferiva la galleria subalvea, apportando alcune varianti che riprendevano i procedimenti adottati nelle miniere del sud Africa¹⁵, nonostante restasse l’incognita sul comportamento della struttura in corrispondenza delle faglie¹⁶.

Le soluzioni di attraversamenti aerei, sospesi o strallati, a più campate erano quelle adottate con maggior frequenza dai concorrenti “al fine di non avere luci massime di molto superiori a quelle già realizzate”¹⁷. Le difficoltà maggiori riguardavano, in questo caso, la realizzazione dei piloni che sarebbero stati collocati proprio sui fondali dello Stretto, che raggiungevano circa 120 metri sotto il livello del mare nelle zone meno profonde, tra Ganzirri e Punta Pezzo.

Il progetto del Gruppo Ponte di Messina¹⁸ Spa per un ponte sospeso a tre campate di tipo tradizionale ricevette il primo premio ex aequo¹⁹. Prima del concorso di idee del 1969 il gruppo aveva valutato anche la soluzione di un attraversamento in galleria, nonostante le maggiori incognite. I primi studi per il tunnel, tuttavia, vennero subito tralasciati in quanto “con i suoi ventidue chilometri di ‘condizionamento forzato’”²⁰ sarebbe stata aumentata la distanza psicologica tra le due città, invece di diminuirla.

Altre due soluzioni per ponti sospesi di tipo tradizionale a più luci vennero proposte dal gruppo composto da Lionel Pavlo (1906-89) ed Eugenio Montuori (1907-82), che ottennero il primo premio ex aequo. La soluzione A prevedeva l’attraversamento solo pedonale mentre la soluzione B includeva il progetto dell’attraversamento ferroviario ed era prevista con quattro campate di luce minore²¹. Montuori evidenziò l’importanza dell’impatto estetico del ponte nel contesto: “le componenti di questa bontà estetica sono la funzionalità, la semplicità, l’essenzialità. Se l’opera è sbagliata di per se stessa essa non riuscirà mai a inserirsi e a intonarsi in qualsiasi ambiente”²². In risposta alle preoccupazioni di Montuori, Ludovico Quaroni (1911-87) affermava che “l’importante è fare, non avere paura di fare, perché quando si ha paura di fare allora è proprio il momento in cui noi avremo il più brutto ponte del mondo e la peggiore distruzione del territorio da esso attraversato”²³.

Il progetto del gruppo che aveva a capo Giuseppe Samonà (1898-1983) ricevette il secondo premio ex aequo. Esso consisteva in un ponte sospeso a due luci, con cavi inferiori laterali per favorire la stabilità aerodinamica, completato da due campate laterali²⁴. Il gruppo

era consapevole di non aver curato la struttura nel dettaglio in quanto, in sede di concorso di idee, non era possibile individuare tutte le soluzioni in risposta ai numerosi problemi dell'area di progetto²⁵. Oltre alle considerazioni strutturali, il ponte del gruppo Samonà si inseriva in un progetto urbanistico ben definito, ricollegandosi alle teorie sulla pianificazione su larga scala del capogruppo²⁶.

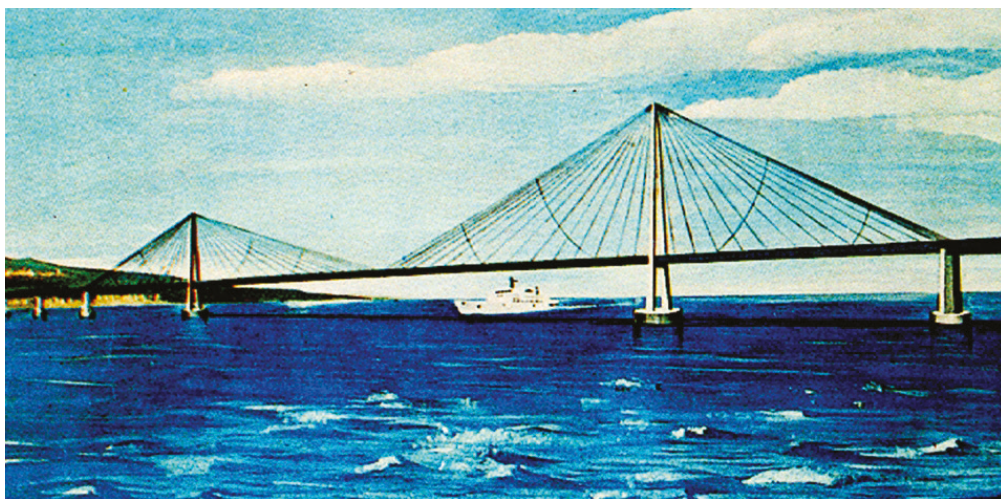
Al concorso di idee del 1969 ricevettero il secondo premio ex aequo anche due ingegneri siciliani, Michele Maugeri e Rosario Caltabiano, che avevano in comune la partecipazione alle attività dell'Accademia degli Zelanti e dei Dafnici di Acireale²⁷. Michele Maugeri (1944-2014) nel 1969 era un giovane ingegnere, neolaureato al Politecnico di Torino con una tesi sul ponte di Messina²⁸. Il progettista riteneva che “ogni sforzo conoscitivo era da compiere in tema di ricerca formale, nell'intento di adattare il comportamento strutturale alle esigenze dell'attraversamento, piuttosto che nel tentativo di codificare tali esigenze in un progetto più o meno spinto, il quale allo stato attuale delle conoscenze inevitabilmente verrebbe a risultare ingiustificato”²⁹.

Al concorso del 1969 egli partecipò con un progetto di ponte sospeso a tre campate che rispondeva al motto “Zancle 80”. La sua proposta aveva un'impostazione generica³⁰ “per la incompleta conoscenza dei fattori ambientali o per la mancanza di dati di comportamento di strutture nuove nella misura in cui devono fornire determinati tipi di prestazione”³¹.

Rosario Caltabiano presentò un ponte sospeso a tre luci, corrispondente al motto “Colleviastreme 386”. L'attraversamento era completato da due propaggini, costruite come diga a scogliera, in corrispondenza delle due testate del ponte. Le fondazioni dei piloni intermedi erano costituite da cassoni speciali a cupola d'aria e grossi pali armati, con scogliera di protezione³².

I ponti strallati, nonostante il diverso schema strutturale, risentivano – soprattutto per la sistemazione dei piloni – di problematiche simili a quelle dei ponti sospesi. Gli esempi di ponti strallati presentati al concorso furono quello del gruppo Lambertini e quello del gruppo Technital, entrambi primi premi ex aequo.

Il progetto Lambertini, di cui la struttura era stata studiata da Fabrizio De Miranda (1926-2015), era un ponte strallato a tre campate centrali. L'impalcato a cassone in lamiera d'acciaio irrigidita da nervature era sospeso a stralli di vari diametri confluenti alla sommità di torri a V



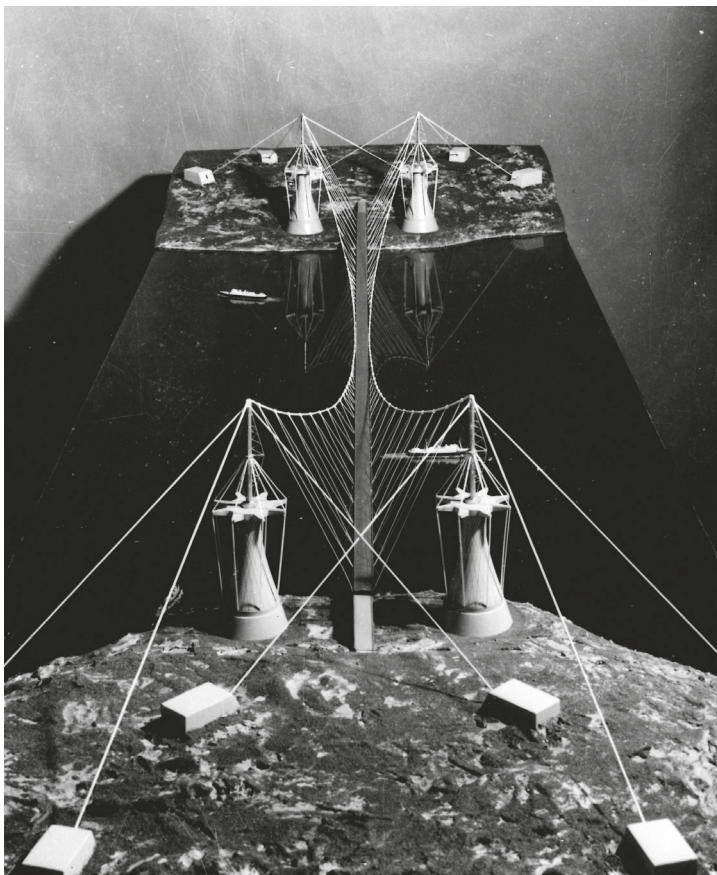
Gruppo Musmeci, proposta per un ponte a campata unica sullo Stretto di Messina, 1969

Gruppo Lambertini, Fabrizio de Miranda (struttura) proposta per un ponte strallato sullo Stretto di Messina, 1969

rovescio in lamiera d'acciaio, dell'altezza di 280 metri, poggianti su pile circolari cave in calcestruzzo armato. Le basi circolari erano ancorate al fondo marino mediante pali-tiranti in calcestruzzo armato pre-compresso spinti fino a 50 metri sotto la superficie di imbasamento³³. Il progetto del gruppo Technital³⁴ era un ponte a cinque luci³⁵ di cui le campate centrali erano costituite da una travata sospesa a una coppia di cavi e da due sbalzi laterali muniti di appositi tiranti-stralli³⁶, che erano staticamente indipendenti dalla parte sospesa. L'obiettivo dei progettisti era studiare "uno schema statico del ponte che consente di rendere l'opera atta a resistere, oltre che agli eventi sismici, anche alle sollecitazioni dissimetriche anomale che verrebbero a manifestarsi in conseguenza alla distruzione di una campata per qualsiasi evento"³⁷. Al concorso di idee del 1969 non mancarono proposte di ponti a campata unica con schemi strutturali del tutto innovativi. La campata unica di 3.000 metri di Sergio Musmeci (1926-81), primo premio ex aequo, era una "tensostruttura stabilizzata, sia verticalmente che orizzontalmente, da cavi pretesi disposti sotto l'impalcato privo di particolare rigidità flessionale con una sezione leggera ed aerodinamica"³⁸. I cavi portanti erano a loro volta sostenuti in due punti, distanti 2.000 metri, da stralli che riportavano il carico alla cima di antenne di acciaio speciale, alte 600 metri. L'introduzione di cavi obliqui per il controventamento orizzontale, oltre a conferire al ponte il fascino della terza dimensione, avevano l'obiettivo di ridurre la deformabilità dell'impalcato. Il progetto si inseriva nel piano urbanistico redatto da Ludovico Quaroni, componente del gruppo³⁹.

La proposta per il ponte a campata unica di Pier Luigi Nervi ricevette il secondo premio ex aequo. I cavi principali avevano andamento spaziale, divaricato per favorire la rigidità trasversale dell'opera, ed erano ancorati a due coppie di piloni notevolmente distanziati tra loro. La sospensione dell'impalcato ai cavi portanti era realizzata mediante due ordini di pendini diversamente inclinati, costituenti le diagonali di una struttura resistente⁴⁰.

Il parere sui ponti a campata unica si è radicalmente trasformato nel corso degli anni. Se, infatti, nel 1979 se ne affermava la totale fattibilità, "sia pure con costi e tempi maggiori"⁴¹, più recentemente l'idea di realizzare una luce unica sulla base dei progetti del 1969 è stata ritenuta eccessivamente complessa⁴².



Gruppo Nervi, modello del ponte a campata unica sullo Stretto di Messina, 1969

Conclusione

Il problema dell'attraversamento dello Stretto di Messina, nel 1969, rappresentava "la sfida tecnologica del secolo"⁴³. La numerosa partecipazione al concorso dimostra non solo il forte interesse per il tema ma anche le più innovative sperimentazioni in merito alla progettazione di grandi infrastrutture, oggetto di studio dei progettisti italiani che avevano vissuto gli anni del boom economico e i successi della Scuola Italiana di Ingegneria. Lo stesso Riccardo Morandi, nel 1971, affermava che "nel concorso si sono visti studi estremamente seri, estremamente interessanti, estremamente sensibili"⁴⁴.

Il concorso del 1969, dunque, fu una valida occasione per lo studio di soluzioni al problema dell'attraversamento dello Stretto di Messina. L'opinione maggiormente diffusa tra coloro che parteciparono alla competizione era che le soluzioni strutturali già note "unitamente ad altre soluzioni emerse dal recente Concorso Internazionale di Idee, con l'aggiunta di altre ancora proponibili" avrebbero rappresentato "quel gruppo minimo di una decina di soluzioni strutturali caratteristiche da porre all'attenzione dei laboratori di ricerca"⁴⁵, diventando importanti riferimenti per i più recenti studi sul tema.

1. La ricerca in corso è oggetto di studio dell'autrice per la stesura della tesi di Dottorato di Ricerca in Storia dell'Architettura presso il Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura (Università degli Studi di Roma "La Sapienza").
2. P. Desideri, A. De Magistris, C. Olmo, M. Pogacnik, S. Sorace (a cura di), *La concezione strutturale, Ingegneria e architettura in Italia negli anni Cinquanta e Sessanta*, Umberto Allemandi e C., Torino 2013.
3. M.D. Morelli, *Architettura italiana anni '60, i concorsi, i manifesti, le parole i documenti*, Clean Edizioni, Napoli 2002; R. Banham, *Le tentazioni dell'architettura. Megastrutture*, Laterza, Roma-Bari 1980.
4. Archivio ANAS, Cesano, Documentazione Concorso Internazionale di Idee per il Collegamento Stabile tra la Sicilia e il Continente. Bando di Concorso del 28 Maggio 1969. Commissione Giudicatrice. Esito del Concorso, Legge n. 384 del 28/03/1968, 1(327) - 1(328).
5. Archivio ANAS, Cesano, cit., Insediamento della commissione giudicatrice, 23 marzo 1970, 1(126) – 1 (135).
6. *Ibidem*.
7. *Bando di concorso internazionale di idee per l'attraversamento stabile viario e ferroviario dello Stretto di Messina*, in "Gazzetta Ufficiale", n. 134 del 28/05/1969, pp. 3190-3191.
8. Archivio ANAS, Cesano, cit., Bando di concorso internazionale di idee per un collegamento stabile viario e ferroviario tra la Sicilia e il Continente, 1(445) - 1(446).
9. Archivio ANAS, Cesano, cit., D.I. 256 del 17/01/1970, Atto di nomina della commissione giudicatrice, 1(249) – 1(250).
10. Ufficio stampa dell'Ente autonomo Fiera di Messina (a cura di), *Il ponte sullo Stretto*, atti del convegno, 6-22 agosto 1971, Messina 1971, pp. 41-51.
11. Accademia Nazionale dei Lincei (a cura di), *L'attraversamento dello Stretto di Messina e la sua fattibilità*, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma 1979, p. 253.
12. Il legale rappresentante del gruppo era l'ingegnere Alfred Hedefine (1906-81). Cfr. Archivio ANAS, Cesano, cit., [Decreto di concessione dei premi ai progettisti vincitori], 1(3).
13. Il legale rappresentante del gruppo era l'ingegnere Paolo Berti. Cfr. Archivio ANAS, Cesano, cit., [Decreto di concessione dei premi ai progettisti vincitori], 1(3).
14. Accademia Nazionale dei Lincei (a cura di), *op. cit.*, p. 264. Cfr. F. Branca-leoni, G. Diana, E. Faccioli, G. Fiammenghi, I.P.T. Firth, N.J. Gimsing, M. Jamiolkowski, P. Sluska, G. Solari, G. Valensise, E. Vullo, *The Messina Strait Bridge: a challenge and a dream*, Taylor and Francis Group, London 2010, p. 37.
15. Accademia Nazionale dei Lincei (a cura di), *op. cit.*, p. 267.

16. Ivi, p. 271.

17. Ivi, p. 249.

18. Il gruppo venne fondato sotto forma di società per azioni il 26 marzo 1955 e riuniva diverse aziende, ovvero le Falck, Badoni, Co.Me.Fi, Fiat, Lodigiani, Impresit, Italcementi, Montecatini, Pirelli. Cfr. Archivio MAXXI Architettura, Fondo Pier Luigi Nervi, u.a. Attività professionale, P 92/1 III, *Relazione preliminare sugli studi per l'attraversamento dello Stretto di Messina*, Roma, 24 marzo 1959.

19. Accademia Nazionale dei Lincei (a cura di), *op. cit.*, p. 250.

20. G. Antonucci, *I progetti e il paesaggio dello Stretto*, in "L'ingegnere", n.11, Novembre 1971, pp. 900-911.

21. Accademia Nazionale dei Lincei (a cura di), *op. cit.*, p. 251.

22. Ufficio stampa dell'Ente autonomo Fiera di Messina (a cura di), *op. cit.*, p. 104.

23. Ordine degli Architetti di Messina (a cura di), *L'attraversamento viario dello Stretto di Messina*, atti della mostra-convegno, Arti grafiche La Sicilia, Messina 1972, p. 77.

24. Accademia Nazionale dei Lincei (a cura di), *op. cit.*, p. 251.

25. *Il progetto del gruppo Samonà*, in "L'ingegnere", n. 11, Novembre 1971, p. 898.

26. Ivi, p. 896. Per approfondimenti sul progetto urbanistico di Giuseppe Samonà si veda F. Cardullo, *L'idea del territorio*

dello Stretto, dalla conurbazione alla città metropolitana, Magika, Messina 2016, pp. 55-64.

27. Il Centro Studi Accademia degli Zelanti nel 1965 aveva proposto un ponte sospeso con campata centrale di 1.200 metri e una soluzione attraverso un istmo sottomarino. Cfr. G. Caltabiano, *Considerazioni preliminari per l'ipotesi di un ponte sullo stretto di Messina*, Accademia delle Scienze e Belle Arti degli Zelanti e dei Dafnici, Acireale 1965, S.I. vol. 5, pp. 143-164; G. Caltabiano, *Breve storia del ponte sullo Stretto di Messina*, Accademia delle Scienze e Belle Arti degli Zelanti e dei Dafnici, Acireale 1966, S.I. vol. 6, pp. 133-140. G. Caltabiano, *Pro-memoria per il ponte sullo stretto di Messina*, in Accademia di Scienze, Lettere e Belle Arti degli Zelanti e dei Dafnici di Acireale (a cura di), *Memorie e rendiconti*, Tipografia Edigraf, Catania 1969, pp.401-405.

28. M. Maugeri, *Aspetti tecnici del ponte sullo Stretto di Messina*, relatore prof. ing. L.F. Donato, Politecnico di Torino, 1967-68. Si ringraziano per la collaborazione la famiglia dell'ingegnere Maugeri e il prof. ing. Francesco Castelli (Università degli Studi di Enna "Kore").

29. *Il progetto Maugeri*, in "L'ingegnere", n.11, novembre 1971, pp. 884-889.

30. Accademia Nazionale dei Lincei (a cura di), *op. cit.*, p. 252.

31. *Il progetto Maugeri*, *op. cit.*, p. 884.

32. Accademia Nazionale dei Lincei (a cura di), *op. cit.*, p. 250.

33. Ivi, p. 252.
34. Il capogruppo era Giulio Trevisan. Luisa Anversa Ferretti (1926-2022), con la collaborazione di Franco Karrer (1942), si occupò dello studio urbanistico dell'area dello Stretto di Messina. Cfr. *Progetto gruppo Technital*, in "L'industria delle costruzioni", n. 22, marzo-aprile 1971, p. 60.
35. Accademia Nazionale dei Lincei (a cura di), *op. cit.*, p. 253.
36. *Progetto gruppo Technital*, in "L'industria delle costruzioni", n. 22, marzo-aprile 1971, p. 62
37. *Il progetto del gruppo Technital*, in "L'ingegnere", n. 11, novembre 1971, p. 876.
38. S. De Felice, *Il calcestruzzo armato e le strutture resistenti per forma nel pensiero e nell'opera di Sergio Musmeci. Conservazione e durabilità: problematiche attuali*, Dottorato di Ricerca in Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, Sezione C, Supervisore M. P. Sette, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", 2016, p. 130. Cfr. Accademia Nazionale dei Lincei (a cura di), *op. cit.*, p. 248.
39. Cfr. F. Cardullo, *op. cit.*
40. Accademia Nazionale dei Lincei (a cura di), *op. cit.*, p. 249.
41. Ivi, p. 346.
42. F. Brancaloni, G. Diana, E. Faccioli, G. Fiammenghi, I.P.T. Firth, N.J. Gimsing, M. Jamiolkowski, P. Sluska, G. Solari, G. Valensise, E. Vullo, *op. cit.*, p. 32.
43. Accademia Nazionale dei Lincei (a cura di), *op. cit.*, p. 261.
44. Ufficio stampa dell'Ente autonomo Fiera di Messina (a cura di), *op. cit.*, p. 141.
45. *Il progetto Maugeri*, *op. cit.*, p. 884.

Percorsi dell'ingegneria italiana nel Novecento

Mario de Miranda

L'ingegneria italiana delle costruzioni ha conseguito nel corso del XX secolo importanti traguardi dal punto di vista dello sviluppo tecnico e scientifico della disciplina, risultati ottenuti attraverso una straordinaria esperienza di competizione e concorrenza, ma poi anche di integrazione, tra le due principali tecniche costruttive del nostro secolo che sono il cemento armato e l'acciaio.

Queste tecniche costruttive sono state affiancate e supportate dai relativi filoni di ricerca, sia a livello accademico e scientifico, che in campo progettuale negli studi di progettazione e negli Uffici Tecnici delle imprese di costruzione, come anche nel campo delle tecniche costruttive in cantiere e nelle officine. In queste note vogliamo ripercorrere questo sviluppo, questa competizione e questa ricerca, che hanno prodotto in quei decenni opere di grande interesse che hanno fortemente contribuito allo sviluppo economico e sociale del nostro Paese.

La tradizione e l'innovazione del cemento armato

La tecnica del cemento armato ha conosciuto in Italia un forte sviluppo a partire dagli anni Venti, continuando e crescendo negli anni Sessanta-Settanta attraverso l'opera di valenti progettisti e di valide imprese di costruzione¹.

Il ventennio fascista e la conseguente economia di guerra con l'autarchia, ossia la scelta/necessità di utilizzare solo materiali prodotti in Italia, hanno fortemente scoraggiato l'uso dell'acciaio nelle costruzioni, la cui produzione interna era limitata e che doveva essere prioritariamente destinato agli armamenti. L'acciaio doveva quindi essere utilizzato in maniera parsimoniosa, ottimizzata, nelle strutture in cemento armato prima e in precompresso poi.

L'ottimizzazione strutturale si declinava in buona misura con la riduzione dei ferri d'armatura, con la riduzione dei pesi strutturali, ossia nella riduzione delle sezioni resistenti, e con l'uso dell'arco per il superamento di luci maggiori ai quaranta metri. Questi concetti sono stati mantenuti in buona parte anche nei decenni seguenti, nel dopoguerra, portando a strutture spesso molto snelle e ardite, con anime, solette e controsolette molto sottili, e con copriferri molto

ridotti rispetto a quelli che si adottano oggi.

Il tema della durabilità delle strutture in calcestruzzo era poco sentito negli anni Sessanta, e le conoscenze tecniche su questi argomenti erano scarse se non, addirittura, a volte errate e fuorvianti. Molti ritenevano che la passivazione del ferro al contatto col cemento fosse definitiva, totalmente protettiva e praticamente eterna, e che di conseguenza il calcestruzzo armato fosse una “pietra artificiale” di durata pressoché illimitata. Queste convinzioni portavano alla prescrizione, da parte delle normative di allora, di copriferri dell’ordine dei 15-20 millimetri, valori che le conoscenze di oggi ci indicano come insufficienti a garantire vite utili, o assenza di innesco di corrosione, dell’ordine dei cento anni come oggi richiesti alle nuove strutture.

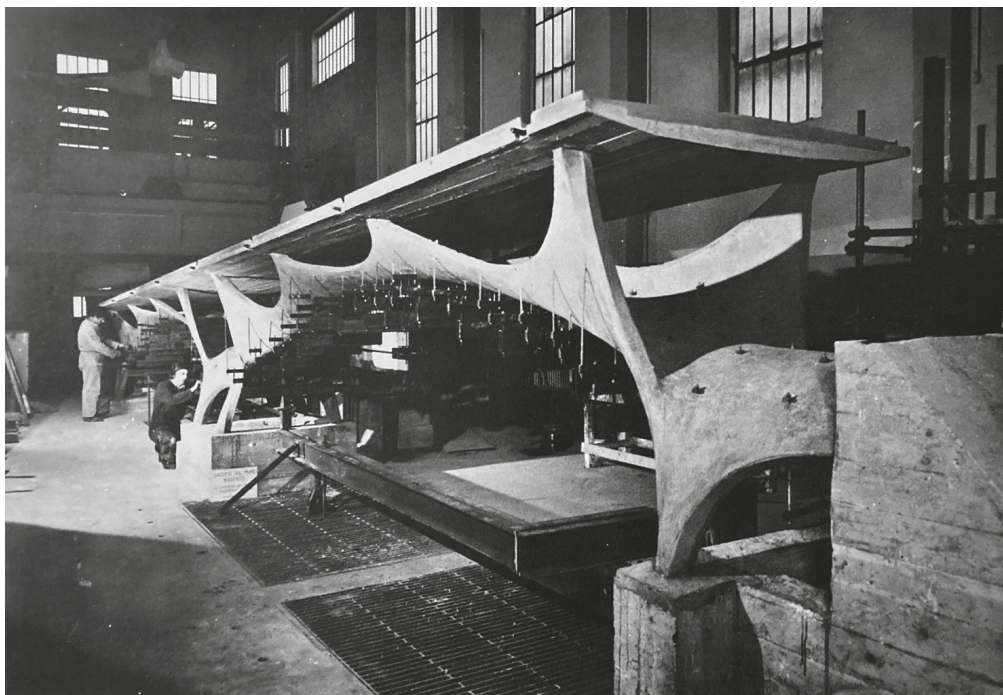
Inoltre, i calcestruzzi utilizzati in quegli anni risultavano relativamente porosi a causa dei tenori di cemento non elevati e dei rapporti acqua-cemento relativamente alti. Oggi le conoscenze sui calcestruzzi ci consentono di ottenere, con l’uso di additivi, di *filler*, di alti dosaggi di cemento, materiali estremamente compatti e impermeabili, oltre due volte più impermeabili di quelli degli anni Sessanta.

La ricerca sui materiali ha conosciuto nel secondo dopoguerra un forte impulso. I temi riguardavano la conoscenza dei meccanismi di degrado del calcestruzzo armato, della porosità, dei differenti agenti corrosivi, dello sviluppo e del ruolo della carbonatazione, dei metodi di miglioramento della resistenza al degrado con i primi sviluppi del mix design.

Altri temi paralleli riguardavano la conoscenza dei meccanismi reologici, l’affinamento della previsione dell’entità dei fenomeni lenti, viscosità e ritiro, lo sviluppo di teorie, procedure e metodi per il calcolo, ossia la corretta previsione, delle deformazioni a lungo termine. Tutti temi che acquisivano sempre maggiore importanza al crescere delle resistenze dei materiali, e quindi delle tensioni di lavoro, nonché delle dimensioni delle opere, e quindi dell’entità degli spostamenti.

La forma che può assumere, o che si può dare, ad una struttura in calcestruzzo è stata oggetto della ricerca progettuale di Pier Luigi Nervi che, costruttore oltre che progettista, disegnava forme in assonanza ed equilibrio con i principi statici e le esigenze costruttive².

Una differente ricerca orientata alla forma strutturale ed alle opportunità che la costruzione in calcestruzzo offre nel creare forme libere e anche complesse ed al tempo stesso suggestive, è stata portata avanti negli



Sergio Musmeci, ponte sul Basento, Potenza, 1967-81.
Modello statico del ponte in costruzione

stessi anni da Sergio Musmeci, ed espressa in varie opere, tra cui l'originale ponte con arcate a volta a doppia curvatura sul Basento³. Interessanti filoni di ricerca progettuale in quegli anni sono stati sviluppati ancora da Pier Luigi Nervi con le prime applicazioni della prefabbricazione strutturale delineata in interessanti esempi di straordinarie strutture per coperture di grandi spazi, alla base del cui progetto era sempre presente l'idea forte e innovativa ben cara a Nervi di "immaginazione costruttiva".

Aderendo a questo invito di "costruire con immaginazione", si sviluppò in quei decenni un filone di ricerca altrettanto importante non tanto all'interno delle università, quanto nella pratica dei progettisti e degli uffici tecnici delle imprese: i moderni metodi di costruzione dei ponti. La costruzione tradizionale prevedeva cassature in legno armate su impalcature classiche, e nei ponti si realizzavano travate formate da travi e traversi in cemento armato fino a luci di 35 metri, ed archi a supporto degli impalcati per luci maggiori. Nel caso di luci minori gli archi erano superiori con l'impalcato che fungeva da trave catena in sistemi tipo Langer, mentre nel caso di luci maggiori erano posti inferiormente all'impalcato.

Le difficoltà tecniche maggiori venivano dalla realizzazione della centina che, nelle declinazioni più mature e suggestive, prendeva la forma di una raggiera multipla realizzata con elementi modulari in tubo d'acciaio.

A partire dagli anni Settanta diverse innovazioni furono proposte e presero piede.

Nell'edilizia lo sviluppo dei casseri scorrevoli e rampanti ha consentito di raggiungere facilmente grandi altezze degli edifici e, parallelamente, grandi altezze delle pile dei ponti.

Nei ponti, ai tradizionali metodi di armare da terra il supporto per le casseforme, ben adatti, come detto, alle travate di piccola luce e alle strutture ad arco, cominciarono ad imporsi e svilupparsi quattro metodi innovativi, tutti coniugati con la nuova e pionieristica, per gli anni Sessanta, tecnica della precompressione:

- la costruzione a sbalzo per conci⁴;
- la costruzione in opera di travate con l'ausilio di speciali attrezzature autovaranti⁵;
- la costruzione per posa in opera di grandi elementi prefabbricati⁶;
- la costruzione per varo longitudinale⁷.

Col primo metodo, rivalutando la essenziale e fondamentale figura tecnica della mensola, o *cantilever*, si è riusciti a superare col calcestruzzo le grandi luci, fino allora dominio degli archi, con snelle ed economiche travate in precompresso.

Col secondo, concependo e realizzando vere e proprie officine mobili, si sono costruiti viadotti a travate con luci medie con minimo numero di giunti e con grande produttività e, quindi, importanti economie ed elevate velocità.

Col terzo – ancora con l'uso di speciali attrezzature in acciaio aventi la molteplice funzione di sollevare, trasportare e porre in opera gli elementi e poi di autovararsi sulle campate successive – si è realizzata per luci medie-piccole la massima efficienza produttiva ed economica. Col quarto si è coniugata la costruzione senza giunti con la prefabbricazione, o la fabbricazione controllata, in un'officina attrezzata e protetta realizzata a piè d'opera.

Artefice dello sviluppo di originali sistemi strutturali e concezioni costruttive è stato certamente Riccardo Morandi che li ha ideati, sperimentati e realizzati, con coraggio e grande spirito pionieristico, nei suoi ponti a travata, ad arco, arco-telaio e strallati⁸.

Un altro filone di ricerca progettuale e costruttiva che, come abbiamo visto, è stato propedeutico ed essenziale per le grandi e articolate innovazioni costruttive, è stato lo sviluppo dei sistemi di precompressione italiani. Dal sistema Morandi ai Macchi, Stiap-Favini, Tecnicavi, fino al sistema Tensacciai tuttora ben presente anche in contesti internazionali, i sistemi di ancoraggio e tesatura hanno vissuto nel secondo dopoguerra un periodo pionieristico di invenzione, studio e sperimentazione in laboratorio, ma soprattutto sul campo⁹.

I problemi da risolvere erano la concezione, lo sviluppo e la produzione industriale di sistemi di ancoraggio e relativa componentistica efficienti ed affidabili, e lo sviluppo parallelo dei sistemi di tesatura, dei martinetti mono e multi-trefolo, che dovevano rispondere a differenti esigenze di capacità di carico, resistenza e maneggevolezza. Nonché lo sviluppo dei materiali di protezione dei trefoli, le iniezioni, le malte, le procedure di controllo.

La riscoperta e la modernità della costruzione metallica

In questo contesto di forte vivacità e sviluppo tecnico dei sistemi costruttivi del cemento armato e del precompresso appariva difficile nel dopoguerra aprire uno spazio per il sistema della costruzione

metallica, che risultava, per le ragioni sopra citate, lontana dalla cultura tecnica delle imprese di costruzione italiane.

La riscoperta, la rinascita e la competitività della costruzione metallica si imposero a partire dalla metà degli anni Cinquanta, ed ebbero come elementi catalizzanti tre fattori principali¹⁰.

Il primo è stato l'interesse dello Stato italiano per una ricostruita industria siderurgica che, con la creazione di una grande società di carpenteria metallica, la CMF (Costruzione Metallica Finsider), gettò le basi per un nuovo sviluppo in grande scala dell'uso dell'acciaio nelle costruzioni.

Il secondo è stato l'apporto di progettisti, allora giovani ma determinati, competenti e per certi aspetti coraggiosi che mostrarono come l'acciaio consentisse di realizzare efficacemente, e quindi con sicurezza, rapidamente ed economicamente, opere sia di grandi dimensioni – campo naturale dell'acciaio – ma anche di dimensioni normali, quali i ponti a travata di media luce o i cavalcavia.

Il terzo è stata l'azione culturale portata avanti per diffondere le conoscenze della costruzione metallica tra i giovani ingegneri, nelle imprese di costruzione, nelle amministrazioni.

Tale azione è stata indispensabile in quanto la cultura tecnica dell'acciaio era quasi assente, era una cultura coltivata da una nicchia ristretta di specialisti, altamente specializzati ma relativamente isolati e che spesso avevano appreso la conoscenza e si erano formati una buona competenza o all'estero o studiando testi e pubblicazioni straniere. Si pensi che la rivista "Il Cemento" – promossa dall'industria del cemento e che ebbe un importante ruolo nella formazione della cultura tecnica degli ingegneri italiani – è nata nel 1924. La prima rivista tecnica sulle costruzioni in acciaio, "Costruzioni Metalliche", è stata fondata, invece, soltanto nel 1949. Questa rivista è stata inizialmente l'organo della ACAI (Associazione dei Costruttori in Acciaio Italiani) ed ha avuto un ruolo fondamentale nella diffusione della cultura dell'acciaio e delle realizzazioni in acciaio. Oggi CM è portata avanti dal CTA (Collegio dei Tecnici dell'Acciaio), una libera associazione tecnico-scientifica nata nel 1959 con lo scopo, prettamente culturale e non commerciale, di "diffondere e perfezionare la costruzione metallica".

L'impulso alla diffusione ed all'affinamento della cultura tecnica dell'acciaio è stato innescato dall'iniziativa delle aziende italiane

della siderurgia (Ilva, Italsider e Finsider) che, attraverso l'azione di un gruppo di ingegneri appartenenti all'industria, alla professione ed alle università, attraverso le strutture del CTA e di "Costruzioni Metalliche", hanno prodotto un grandissimo numero di pubblicazioni, libri su diversi temi delle costruzioni metalliche, e corsi di formazione e perfezionamento, gli antesignani dei corsi post-universitari odierni. Questa azione culturale produsse due esiti determinanti: la creazione di corsi universitari sulle strutture in acciaio con parallela diffusione di tali strutture presso gli ingegneri più giovani; la parallela nascita di ambiti di ricerca teorica e sperimentale.

Lo studio, lo sviluppo, e la divulgazione di raccomandazioni tecniche sulle costruzioni in acciaio si sviluppò inizialmente nella forma di Istruzioni del Consiglio Nazionale delle Ricerche e, successivamente, con l'inserimento di tali raccomandazioni nelle Normative Tecniche e nei Decreti Ministeriali. La ricerca sulle costruzioni metalliche si è quindi sviluppata in maniera integrata ad opera di ingegneri che erano, dagli anni Cinquanta agli anni Settanta, sia progettisti sul campo che docenti universitari autori di studi teorici, in un percorso di proficua interazione e sinergia che ha portato alla produzione di ottime normative tecniche, caratterizzate, pur nel rigore scientifico, dalla vicinanza con la pratica progettuale e costruttiva.

La Scuola di Milano, del Politecnico, guidata da Leo Finzi con Giulio Ballio, Marco Locatelli, Carlo Urbano e Riccardo Zandonini, ha portato avanti studi e sperimentazioni sulla stabilità dell'equilibrio di elementi compressi, sulle giunzioni bullonate, sulla plasticità e duttilità e sulle condizioni per la loro presa in conto nella progettazione delle strutture in acciaio.

E successivamente la Scuola di Napoli, guidata da Federico Mazzolani, con Raffaele Landolfo, Edoardo Cosenza e Attilio De Martino, ha fornito un fondamentale contributo in numerose ricerche applicate, soprattutto in tema di progettazione antisismica e comportamento sismico dei nodi e degli elementi strutturali in acciaio e acciaio-calcestruzzo.

Così come la Scuola di Pisa, guidata da Luca Sanpaolesi, con Stefano Caramelli e Carlo Croce, ha sviluppato approfondite ricerche sulla sicurezza strutturale e sulla resistenza a fatica delle strutture metalliche. Temi fondamentali sono stati anche lo studio delle lastre ortotrope, con ricerche e studi costruttivi di Fabrizio de Miranda e Michele Mele,



Silvano Zorzi, Sabatino Procaccia, Luciano Lonardo, Viadotto Sfalassà,
lungo l'autostrada A3, presso Bagnara Calabria (RC), 1968-72

dei collegamenti bullonati e saldati, degli apparecchi di sollevamento, della stabilità delle lamiere irrigidite. E dall'altra parte tale ricerca ha aperto la strada alla realizzazione di opere di grande innovazione ed interesse, se rileggiamo ad esempio grandi ponti quali il Viadotto Italia¹¹, lo Sfalassà, e poi i ponti strallati all'Indiano a Firenze¹² e i ponti strallati di Rande¹³ in Spagna, e sul rio Paranà in Argentina.

L'integrazione e l'innovazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo

Un importante argomento oggetto della ricerca progettuale e tecnica degli anni Sessanta è stato il tema della struttura composta acciaio-calcestruzzo.

L'unione strutturale dei due materiali era vista con diffidenza e di fatto osteggiata dal mondo tecnico accademico degli anni Cinquanta.

La netta separazione tra i mondi del cemento e quello dell'acciaio contribuiva ad una altrettanto netta separazione nell'uso dei materiali per gli impalcati: o cemento armato o acciaio. Tuttavia, del 1954 alcuni progetti pionieristici di Fabrizio de Miranda, quali il ponte sul fiume Chiese tra Boazzo e Bissina aprirono la strada in Italia ad uno sviluppo nuovo e proficuo: l'integrazione tra elementi in acciaio ed elementi in calcestruzzo a formazione di un unico elemento strutturale chiamato "struttura composta acciaio-calcestruzzo"¹⁴.

Esperienze di questo tipo erano state compiute alcuni anni prima negli Stati Uniti e in Germania e, quindi, i primi ponti a struttura composta sono stati progettati sulla base di quelle esperienze, adottando e perfezionando i metodi di calcolo e sviluppando tipologie strutturali originali, moderne ed efficienti.

Il concetto alla base delle strutture composte è semplice: una trave da ponte o di un edificio è conveniente e razionale configurarla in modo tale che le parti in compressione siano in calcestruzzo, materiale vocato a tale attitudine, e le parti tese siano in acciaio. Tra i due materiali è bene che venga realizzata una connessione semplice e sufficientemente rigida e resistente.

Dalle prime esperienze si è passati alla formalizzazione dei metodi di calcolo – con la redazione delle Istruzioni CNR 10.016- 67 –, all'attivazione di ricerche teoriche sul comportamento nel tempo e a rottura di tali costruzioni, sulle caratteristiche, resistenza, deformabilità e duttilità dei sistemi di connessione.



Fabrizio de Miranda, ponte sullo Stretto del Rande, Vigo, 1973-81

Si sono quindi vinte le resistenze iniziali, ampliate le esperienze realizzative e, infine, sono arrivate le normative internazionali, quali gli eurocodici, a uniformare a livello europeo i metodi di calcolo che nel contempo si erano diffusi.

Oggi le strutture composte acciaio-calcestruzzo, anche chiamate mutuando il termine della traduzione francese “strutture miste”, sono realizzate e diffuse in tutto il mondo ed anche in Italia vengono adottate con successo in numerosi casi. Esse rappresentano oggi, idealmente, il punto d’incontro tra le due culture tecniche considerate per anni alternative, in competizione, se non quasi in lotta e antagonismo.

Viceversa, la struttura composta, partendo dalla sua declinazione più tradizionale ed essenziale della trave/travata in semplice appoggio, viene oggi utilizzata in nuove applicazioni: le diaframature reticolari di travate a cassone, le colonne in acciaio riempite di calcestruzzo, le teste delle antenne dei ponti strallati, in acciaio e calcestruzzo collaborante, i puntoni strutturali con sezione metallica aperta o a cassone integrate con getto di calcestruzzo. Tutte strutture efficienti che mostrano, o dimostrano, come oggi l’ingegneria strutturale è certamente non più ingegneria di separazione o di culture settarie, ma è ingegneria di integrazione tra i materiali e i metodi costruttivi, in una visione strutturale di concezione, analisi e costruzione di forte unitarietà e sinergia.

L’influenza dei terremoti e l’avvento dei computer

A partire da metà degli anni Sessanta due nuovi importanti temi furono oggetto di attenzione e ricerca da parte della comunità dell’ingegneria: la sismica e l’applicazione al calcolo ed al progetto degli elaboratori elettronici di dati.

In Italia il terremoto di Messina del 1908 fu il drammatico punto di partenza di un insieme di studi e ricerche che sfociarono in una prima serie di Istruzioni tecniche e normative che definivano alcuni criteri costruttivi e, in basi empiriche, alcuni dati di progetto per le nuove costruzioni. Successivamente la ricerca sui temi coniugati di sismologia, ossia della conoscenza dei terremoti, e dell’ingegneria sismica, ossia della definizione dei criteri per realizzare strutture resistenti ai terremoti, cominciò a svilupparsi, ma molto lentamente fino alla fine degli anni Sessanta.



Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico, Università di Pisa, 1965

La prima definizione delle zone sismiche – empirica e senz’altro insufficiente (ne erano state individuate due sole) – fu formalizzata nel 1927. La prima Specifica tecnica in tema di azioni sismiche è stata la Circolare ANAS n. 605 del 3/7/1964. La prima legge che definiva prescrizioni e azioni per le costruzioni antisismiche fu emanata nel 1974, Legge n. 64. Il primo testo italiano di Ingegneria sismica, sintesi delle ricerche di fine anni Sessanta, fu *Introduzione all’Ingegneria antisismica* di Giuseppe Grandori del 1970¹⁵.

Da allora i temi dell’analisi sismica, della opportunità e necessità della presa in conto delle risorse plastiche delle strutture duttili, delle corrette tecniche di disegno di dettaglio delle strutture, furono sviluppate in grande misura anche in vari ambiti della ricerca universitaria.

Della Scuola di Milano importante è stato anche il contributo di Alberto Castellani, che introdusse e accompagnò in quegli anni i primi studi italiani di ingegneria del vento.

Un filone di ricerca alternativo nelle strategie di protezione sismica fu il tema dell’isolamento sismico, testimoniato pionieristicamente da alcuni primi esempi applicativi in Italia a Monte d’Ago presso Ancona¹⁶, e sui viadotti Slizza e Vallone sull’autostrada Udine-Tarvisio¹⁷.

Dagli anni Ottanta ai nostri giorni la ricerca sismica si è sviluppata lungo diverse direttrici sfociando in una evoluzione dei metodi di calcolo e delle normative.

In questo, un forte ruolo di supporto nelle capacità di analisi è venuto dal contestuale sviluppo del calcolo automatico.

I primi elaboratori elettronici adibiti al calcolo strutturale sono stati resi disponibili, inizialmente presso le università e le grandi aziende di informatica, a inizio anni Settanta. Il CILEA, Consorzio Interuniversitario Lombardo per l’Elaborazione Automatica, creato tra cinque università di Milano e Pavia, fu istituito nel 1974. L’input dei dati avveniva prevalentemente con schede perforate. L’elaboratore era un Univac 1108 ubicato a Segrate, dove accedevano utenti esterni e ricercatori. Nel 1968 fu rilasciato dal MIT, Massachusetts Institute of Technology, e distribuito in ambito universitario il codice di analisi strutturale ICES STRUDL II, che – supportato da moderne software house – è utilizzato anche ai giorni nostri, dopo oltre cinquanta anni dal suo rilascio. L’acronimo STRUDL indicava l’obiettivo del programma: Structural Design Language, ed infatti la sintassi dei dati di input e di output richiamava lessicalmente il linguaggio ingegneristico.

Dalla prefazione del manuale: “Strudl è anche un linguaggio con il quale un ingegnere può descrivere un problema, le sue procedure risolutive, e richiedere i risultati ...”, e rappresentava una prima applicazione di dialogo uomo-macchina e quindi, in nuce, di intelligenza artificiale¹⁸.

Dai centri universitari le risorse di calcolo si estesero all'esterno con l'introduzione dei personal computer intorno al 1980. Un formidabile strumento di calcolo divenne così disponibile agli studi di ingegneria e poi alle imprese di costruzione in termini di analisi, verifica e ottimizzazione del progetto.

È interessante notare come nei primi anni di avvento dei computer nell'ingegneria strutturale la modellazione di sistemi complessi veniva realizzata essenzialmente con modelli fisici, per lo studio dei quali la scuola dell'ISMES di Bergamo è stata un memorabile artefice, sviluppando nel contempo l'interessante tema di ricerca della modellistica fisica statica e dinamica¹⁹.

In ambito universitario, ma anche negli studi di progettazione, iniziò un periodo di forte sviluppo di software su tutti i possibili temi dell'ingegneria, consentendo la soluzione precisa e rapida di problemi complessi, che pochi anni prima era possibile affrontare soltanto con metodi iterativi manuali o grafici.

Negli anni più recenti si è assistito al crescente sviluppo di numerosi programmi di software commerciali basati su procedure generali agli elementi finiti, e dotati di capacità di integrazione con il disegno tecnico, in una nuova rappresentazione tridimensionale e con le basi degli elementi costruttivi, in un percorso integrato di gestione delle informazioni della costruzione, ossia il cosiddetto *Building Information Management*.

Conclusioni

L'ingegneria italiana del Novecento ha vissuto numerose fasi di sviluppo, ricerca e sperimentazione, sia nelle università che negli studi di progettazione, attraverso l'analisi matematica prima e l'analisi numerica poi, con la modellistica strutturale, ma soprattutto sul campo con realizzazioni ardite, pionieristiche e spesso di grande suggestione. Nei primi ottant'anni il progetto e la “modellazione” delle strutture erano frutto di conoscenza profonda e spesso intuizione ingegnosa del comportamento delle strutture supportato esplicitamente dall'analisi matematica; il calcolo, essenzialmente manuale, richiedeva altrettanta intuizione, conoscenza scientifica e precisione.

Negli ultimi vent'anni, l'uso del computer ha modificato il modo di progettare fornendo certamente un importante strumento di calcolo, ma al tempo stesso privando apparentemente il progettista della necessità di comprendere a fondo il funzionamento fondamentale della struttura. Questa tendenza si è accentuata negli anni recenti e ha comportato come conseguenza una maggiore attenzione verso la cosiddetta “modellazione” di strutture già definite in clonazione di tipi e schemi esistenti e quindi disponibili, a scapito dell'attenzione sull'innovazione e sulla fantasia progettuale.

Ad ogni modo, l'ingegneria italiana del Novecento, coi suoi numerosi e articolati filoni di ricerca, ha certamente vissuto diverse epoche, caratterizzate da un cammino di forte innovazione, coraggio nell'esplorare percorsi e soluzioni mai realizzati, intuizione nel comprendere e interpretare correttamente i comportamenti strutturali, e testimoniato da numerose realizzazioni di forte interesse, a volte di grandi e suggestive dimensioni, e spesso anche di elevata espressività strutturale e formale.

1. L. Santarella, E. Miozzi, *Ponti italiani in cemento armato*, Hoepli, Milano 1924¹, 1948².

2. P. L. Nervi, *Costruire correttamente*, Hoepli, Milano 1965.

3. S. Musmeci, *Struttura ed Architettura*, in "L'Industria Italiana del Cemento", n. 10, 1980, pp. 771-786.

4. J. Mathivat, *The cantilever construction of prestressed concrete bridges*, John Wiley, Chichester 1979.

5. S. Zorzi, *Ponti a travata realizzati con centine autovaranti*, in "L'Industria Italiana del Cemento", vol. 50, n. 11, 1980, pp. 399-424.

6. M. de Miranda, G. Geremia, *Strutture autovaranti in acciaio per la costruzione di impalcati da ponte*, in "Costruzioni Metalliche", vol. 39, n. 2, 1987.

7. F. Leonhardt, W. Baur, W. Trah, *Brücke über den Rio Caroni, Venezuela*, in "Beton- und Stahlbetonbau", vol. 61, n. 2, 1966, pp. 25-38.

8. R. Morandi, *Qualche considerazione sull'evoluzione negli ultimi sessant'anni della progettazione di opere in calcestruzzo armato*, in "L'Industria Italiana del Cemento", n. 2, 1985, pp. 118-120.

9. T. Antonini, *Cemento armato precompresso: richiami teorici ed esercizi*, Tamburini, Milano 1973.

10. M. de Miranda, *Strutture in acciaio in Italia dal '50 al '70: competizione, innovazione e grandi sfide*, in "Territorio", n. 67, 2013, pp. 72-77.

11. F. de Miranda, C. Cestelli Guidi, C. Pellegrino Gallo, *Il progetto del viadotto sul fiume Lao dell'Autostrada Salerno-Reggio Calabria*, in "Costruzioni Metalliche", vol. 17, n. 6, 1965.

12. F. de Miranda, *Il ponte strallato sull'Arno a Firenze in località l'Indiano*, in "Costruzioni Metalliche", vol. 30, n. 6, 1978, pp. 239-243.

13. F. de Miranda, A. Leone, A. Passaro, *Il ponte strallato sullo stretto di Rande presso Vigo (Spagna) delle "Autopistas del Atlantico"*, in "Costruzioni Metalliche", vol. 31, n. 2, 1979, pp. 55-62.

14. F. de Miranda, *In tema di ponti a travata sistema misto acciaio-calcestruzzo*, "Acciaio e Costruzioni Metalliche", n. 2, 1956.

15. G. Grandori, *Introduzione all'ingegneria sismica*, Tamburini, Milano 1970.

16. F. de Miranda, F.G. de Miranda, *Una struttura speciale antisismica a grandi luci di acciaio e c.a. per un Centro Civico ad Ancona*, in "Costruzioni Metalliche", vol. 43, n. 5, 1991, pp. 280-297.

17. F. de Miranda, M. de Miranda, *I viadotti Slizza e Vallone dell'Autostrada Udine-Tarvisio*, "Costruzioni Metalliche", vol. 40, nn. 2/3, 1988.

18. R.D. Logcher, B. Flashbent, E. Hall, C. Power, R. Wells, A. Ferrante, *ICES - Strudl II - The Structural Design*

Language - Engineering User's Manual,
Research Report R86-91, MIT, Boston
1968.

19. ISMES, *La sperimentazione
dinamica delle strutture - Metodi e
tecniche d'indagine*, Ed. Ismes, Bergamo
1988.

2. La scuola di Torino

**Mario Alberto Chiorino e Vittorio Nascè.
Conversazione intorno alla scuola di Torino**

Marco Trisciuglio

Tre aspetti conferiscono carattere di straordinarietà alla scuola torinese di ingegneria strutturale del Politecnico di Torino. Vi è, innanzitutto, l'*humus* fertile di un'ininterrotta sequenza di scienziati e di tecnici che ne hanno animato le ricerche, a partire da quella sorta di fondazione pre-politcnica che va attribuita a Joseph-Louis Lagrange e ai risultati da lui conseguiti nel campo della meccanica razionale. Vi è poi, nella seconda metà del Novecento, una straordinaria attenzione, specificatamente torinese e internazionale allo stesso tempo, rivolta ai rapporti tra forma e struttura, nella ricerca di un'armonia in grado di risolvere l'antinomia radicatasi tra ingegneri e architetti nel campo delle costruzioni. Vi è, infine, il palcoscenico dove tutto questo avviene: una città punteggiata, a partire dal Seicento e fino a oggi, di opere strutturali ardite e importanti, dalle cupole di Guarino Guarini alla Mole Antonelliana, dal complesso di Torino Esposizioni alle opere realizzate per Italia '61 (il Palazzo Vela e il Palazzo del Lavoro), e molti altri manufatti, concepiti da alcuni tra i grandi maestri dell'ingegneria strutturale italiana. Di questa scuola Mario Alberto Chiorino e Vittorio Nascè sono i decani nella Facoltà di Architettura, l'uno professore emerito di Scienza delle costruzioni, l'altro professore emerito di Tecnica delle costruzioni.

Mario Alberto Chiorino [MAC]: *Appena laureato in ingegneria, nel 1962, scelsi di coltivare, accanto al mio maestro Franco Levi, sia la professione, sia l'insegnamento. Decisi così di fare pratica nello studio di Levi e di Giovanni Corona a Torino e allo stesso tempo presi a lavorare come borsista con Cesare Castiglia alla Facoltà di Ingegneria, dal momento che nel frattempo Levi era diventato professore ordinario di Scienza delle costruzioni allo Iuav.*

Attraverso Levi entrai in contatto con Gustavo Colonnetti, contatto favorito anche dalla vicinanza delle residenze estive biellesi di Colonnetti e della mia famiglia. Era, Colonnetti, un personaggio eminente della scuola politecnica torinese, con contributi scientifici di grande rilievo nella meccanica teorica delle strutture lì coltivata da tempo (nella scia di Joseph-Louis Lagrange, Luigi Federico Menabrea, Alberto Castigliano, Vito Volterra, Carlo Somigliana). Colonnetti, nel

corso di tutta la sua attività, aveva sviluppato un interesse per l'architettura e le forme strutturali, in particolare a partire dal periodo dell'esilio in Svizzera dopo l'8 settembre, interagendo fortemente con alcuni personaggi eminenti della cultura architettonica, sia italiani (come Ernesto Nathan Rogers e Maurizio Mazzocchi), sia svizzeri (come Alfred Roth e Max Bill), anche elaborando un primo nucleo del Manuale dell'Architetto che era poi stato pubblicato nel 1946 dal CNR assieme all'USIS, con il celebre comitato organizzativo presieduto da Colonnetti stesso e che comprendeva fra gli altri Pier Luigi Nervi, Mario Ridolfi e Bruno Zevi.

Nell'Europa del dopoguerra, grazie a Colonnetti, la scuola torinese ebbe un ruolo importante nel promuovere dibattiti per l'armonizzazione della ricerca a fini normativi, con attenzione particolare al settore in vorticoso sviluppo delle costruzioni in calcestruzzo armato e precompresso.

Inoltre vi era, in Colonnetti, grande attenzione per la conservazione strutturale delle architetture storiche. Lo appassionava il problema della salvaguardia della Torre di Pisa (risolto in anni più recenti con il contributo fondamentale di altre figure eminenti della scuola, come il decano dell'ingegneria geotecnica Michele Jamiolkowski, e un allievo di quella scuola, Giorgio Macchi, emerito di Tecnica delle costruzioni dell'Università di Pavia).

Quando Levi rientrò da Venezia nel 1968, divenni suo assistente e per due anni professore incaricato a Venezia al posto di Macchi che era succeduto a Levi. Poi nel 1975 ottenni alla Facoltà di Architettura del Politecnico di Torino la cattedra di Scienza delle costruzioni, che dopo Giuseppe Maria Pugno era rimasta temporaneamente affidata a Giorgio Dardanelli.

Sulla scia dei miei maestri Levi, Colonnetti e Giulio Pizzetti, ho tenuto lezioni e corsi in Europa, Stati Uniti, Messico, India e al CISM (l'International Centre for Mechanical Sciences) e ho lavorato alla codifica della ricerca a fini normativi in ambito europeo e internazionale.

Nel 1965 Vittorio Nascè era assistente di Letterio Donato, che insegnava Scienza delle costruzioni al Politecnico di Torino. Ma la sua carriera deve molto al ruolo di ingegnere con alte competenze nella progettazione delle strutture in acciaio in forza alla Società Nazionale delle Officine di Savigliano, una istituzione dalle radici ottocentesche che ha segnato la storia della costruzione metallica in Italia nel corso del Novecento.

Vittorio Nascè [VN]: Devo dire innanzitutto che la rinascita della costruzione in acciaio nell'ingegneria civile italiana è stato un fenomeno importante, particolarmente nel decennio 1960-70. L'idea della Finsider era quella non solo di produrre acciai nello stabilimento di Taranto, ma anche di creare un mercato della costruzione in acciaio, in grado di assorbire una parte di quella produzione. Il primo Viadotto Coretta sull'Autostrada del Sole, la Sopraelevata di Genova e il Grattacielo Rai di Torino sono tutte opere costruite dalla Finsider e progettate da Fabrizio de Miranda.

Proprio in quel contesto incontrai de Miranda, direttore dell'Ufficio Tecnico delle Costruzioni Metalliche Finsider e assoluto protagonista di questa epopea. Frequentavo a Pisa un corso di specializzazione intitolato a Giuseppe Albenga, organizzato da Letterio Donato e peraltro finanziato proprio dalla Finsider. Da neolaureato con ottimi voti all'Università di Bologna, rimasi affascinato dalla figura di quel gentiluomo napoletano dai modi estremamente cortesi. Era un progettista coraggioso, aveva portato la costruzione mista di acciaio e calcestruzzo in Italia attraverso opere insigni tutte realizzate. Divenne per me un riferimento proprio come figura professionale: l'ingegnere che dall'interno di un'azienda importante, con un grande ufficio tecnico, riesce a realizzare grandi progetti. Era anche uno studioso, aveva la libera docenza, insegnava al Politecnico di Milano. Così, nel 1965, mentre diventavo assistente volontario al Politecnico di Torino, cominciai a lavorare nell'Ufficio Tecnico delle Officine di Savigliano (che aveva sede proprio a Torino) fino ad assumerne la direzione.

Il mio banco di prova è stato, tra il 1967 e il 1972, il viadotto sulla fumara dello Sfalassà in Calabria. Il progetto di Silvano Zorzi, Sabatino Procaccia e Lucio Lonardo prevedeva una soluzione ad arco telaio con una luce di 376 metri e con altezza sul fondovalle fino a 250 metri. Era un lavoro molto difficile per il quale progettai un sistema costruttivo e un procedimento di montaggio a sbalzo dalle due sponde della valle, che coinvolgeva spostamenti di pezzi prefiniti di centinaia di tonnellate. Ero così sicuro ed entusiasta di questo lavoro che pubblicai il progetto prima dell'esecuzione. Il direttore generale della Savigliano mi rimproverò moltissimo.

Però, anche grazie ai crediti acquisiti in quel lavoro, così come in altri per la Savigliano, presi la libera docenza di Tecnica delle costruzioni e divenni professore incaricato di Costruzioni metalliche a

Genova nel 1969, un corso finanziato ancora una volta dalla Finsider che tenni per tre anni. Nel 1975 mi spostai ad Architettura, invitato da Giulio Pizzetti. Lì divenni professore ordinario di Tecnica delle costruzioni e incontrai Mariella De Cristofaro e anche Anna Maria Zorgno, che tutti chiamavano Lucetta. Tra i docenti della generazione precedente c'era ancora Giorgio Dardanelli. Era un autorevole ingegnere della Fiat e poi sarebbe stato Presidente dell'Ordine degli Ingegneri di Torino. Aveva insegnato Meccanica razionale e Statica grafica e insegnava Scienza delle costruzioni. Lo avrebbe sostituito, poco più tardi, proprio Mario Alberto Chiorino.

Chiorino e Nascè citano le figure di Franco Levi e di Giulio Pizzetti, imprescindibili per una ricostruzione anche genealogica della scuola torinese.

Levi, oltre a essere stato impegnato nella concezione e nella progettazione strutturale (al fianco di Nicolas Esquillan) dell'ardita e affascinante opera di *architettura strutturale* torinese costituita dal Palazzo delle Mostre (o Palazzo a Vela) per Italia '61, era ormai un eminente esperto di calcestruzzo armato precompresso di fama internazionale. Torroja era stato nel 1953 uno dei fondatori del CEB (il Comité Européen du Béton), di cui Levi fu il secondo presidente dal 1957 al 1968. Entrambi furono presidenti della FIP (la Fédération Internationale de la Précontrainte), rispettivamente all'inizio e alla fine degli anni Sessanta. CEB e FIP confluiranno poi nella fib (Fédération Internationale du Béton). Levi inoltre, nel 1966, aveva curato l'edizione italiana (con traduzione della moglie Nicole) del libro di Eduardo Torroja *Razón y Ser de los Tipos Estructurales* (1957), vera e propria opera cardine per indagare le possibili relazioni tra forma e struttura.

A quel libro guardava con molta ammirazione lo stesso Pizzetti, studioso dalle intense relazioni con l'America Latina e l'America del Nord (MIT e School of Design di Raleigh), amico di Tomás Maldonado (che lo aveva invitato alla Hochschule für Gestaltung di Ulm) e di Pier Luigi Nervi (che lui stesso aveva portato negli Stati Uniti nel 1954).

Quando Levi e Pizzetti, che si erano formati entrambi con Colonnetti, tornano a Torino dallo Iuav tra il 1968 e il 1969, si trovano davanti un mondo universitario segnato dalle contestazioni, soprattutto nella Facoltà di Architettura, presieduta dal 1933 e fino al 1969 da Pugno, anche lui professore di Scienza delle costruzioni.

C'era anche già una divisione tra la Scienza delle costruzioni e la Tecnica delle costruzioni, che ha in Italia una lontana origine proprio torinese: ritirandosi nel 1928, Camillo Guidi, vecchio professore che veniva dalla Regia Scuola di Applicazione, aveva lasciato la sua cattedra di Scienza delle costruzioni sdoppiandola in Scienza delle costruzioni e Costruzione di ponti, affidando le due nuove cattedre agli allievi Gustavo Colonnetti e Giuseppe Albenga. Nonostante i fecondi incroci, la scuola di ingegneria strutturale di Torino pare costruirsi così, dall'inizio, su una sorta di antitesi, anche culturale, tra la scienza e la tecnica delle costruzioni. Tuttavia, Mario Alberto Chiorino ritiene che quell'antinomia andasse risolta e che l'interdisciplinarietà sia oggi da sostenere appassionatamente.

MAC: *Nel 1980 negli atenei italiani si istituirono i dipartimenti. Devo dire che fui un tenace sostenitore (per quel che poteva valere il parere dei giovani in carriera) della nascita a Torino di un Dipartimento di Ingegneria Strutturale che riunisse i due istituti di Scienza delle costruzioni di Ingegneria e di Architettura, diretti l'uno da Levi e l'altro da Pizzetti, con quello di Tecnica delle costruzioni (che era conosciuto come Istituto di Costruzione di Ponti). Negli anni seguenti ho sostenuto con ferma convinzione anche la proposta di istituire in ambito nazionale un unico raggruppamento disciplinare, avversando la forzata e tuttora permanente suddivisione tra Scienza delle costruzioni e Tecnica delle costruzioni. Rimango molto favorevole a una visione globale, che dai fondamenti scientifici arrivi alle applicazioni pratiche e progettuali, con una attenzione anche agli aspetti di concezione strutturale e appunto anche di ispirazione artistica: "arte e scienza del costruire". In fondo, è vero che Pier Luigi Nervi aveva utilizzato una formulazione di dubbiosa contrapposizione, intitolando il suo libro del 1945 Scienza o arte del costruire?, poi però in quel libro ragionava innanzitutto sul modo di tenere insieme i due termini.*

VN: *La mia impressione è che, nel mondo accademico italiano, ci siano stati a lungo dei rapporti personali che hanno giocato un ruolo importante e lo giocavano soprattutto ai tempi in cui l'università era organizzata per istituti mono-cattedra: l'istituto mono-cattedra esaltava il senso di appartenenza e anche una sorta di adesione al carattere del Direttore.*

Certo, gli anni Settanta a Torino hanno visto coesistere due scuole di strutturisti, nelle quali spiccavano a Ingegneria la figura di Franco Levi e ad Architettura quella di Giulio Pizzetti. Va detto che la Facoltà di Architettura costituiva in sé un problema da diversi punti di vista. Innanzitutto, non c'era fra gli ingegneri grande interesse per l'architettura. In un sistema di carriere per i docenti di materie strutturali controllato dai professori più importanti delle facoltà di ingegneria, le scuole di architettura correvano il rischio di essere trattate come pascoli, anche solo temporaneamente, per giovani docenti in attesa di trovare collocazioni migliori. A Torino questo clima si è sentito molto e ha inferto sicuramente delle ferite anche pesanti, che poi con il tempo si sono rimarginate, ma ci sono voluti dieci o quindici anni.

MAC: *La stagione dell'avvicinamento tra Levi e Torroja è anche quella dei lavori di Giulio Pizzetti (insieme con Anna Maria Zorgno) sulla relazione fra principi statici e forme strutturali.*

Quella stagione ha la sua premessa più importante in un episodio davvero molto significativo per la nostra scuola. Nel 1957, Gustavo Colonnetti chiese a Pier Luigi Nervi, Eduardo Torroja e Guido Oberti di compilare, con il proprio coordinamento, il terzo volume del suo trattato sulla Scienza delle costruzioni, intitolato La tecnica delle costruzioni: le pareti sottili. Nervi aveva realizzato pochi anni prima per Torino Esposizioni una straordinaria opera di architettura strutturale, Torroja aveva appena pubblicato il suo libro e pronunciato nel 1951 una conferenza al Politecnico di Milano sulle nuove forme a guscio, Guido Oberti insegnava a Torino Costruzioni in legno, ferro e cemento armato dal 1952 ed era soprattutto il maestro delle analisi sui modelli presso l'ISMES di Bergamo (Istituto Sperimentale Modelli e Strutture) di Arturo Danusso, dove si occupava, attraverso modelli in scala, di simulare al meglio il comportamento delle strutture reali con gli effettivi materiali.

Ventitré anni dopo il terzo volume di Colonnetti, nel 1980, Giulio Pizzetti e Lucetta Zorgno pubblicano *Principi statici e forme strutturali*. Pizzetti era tornato definitivamente a Torino nel 1968 e morirà nel 1990, in quei vent'anni la morfologia delle strutture, o meglio la "tipologia strutturale", vive una stagione molto importante al Politecnico di Torino, tenendo insieme, nella scuola di architettura, lo studio delle strutture e lo studio della forma.

Il libro conta circa ottocento pagine e restituisce il lavoro di un decennio: nel 1969, con il riordino degli studi delle facoltà di architettura italiane si era istituito il corso di Tipologia strutturale, l'incarico a Torino era stato dato a Pizzetti che, assistito da Lucetta Zorgno (titolare poi del corso dall'anno successivo fino al 1987), aveva riorganizzato e in parte pubblicato in dispense una serie di riflessioni già tenute in alcune esperienze didattiche fatte nel continente americano, a Ulm e soprattutto a Venezia, nel corso di Scienza II che seguiva quello di Scienza I che lo stesso Franco Levi teneva proprio a Venezia.

Può essere interessante capire come abbiano inteso quella stagione da un lato il tecnico Nascè, dall'altro lo "scienziato" Chiorino, che è anche un importante matematico. Vittorio Nascè sostiene che la tipologia strutturale effettivamente avrebbe potuto essere una chiave di volta dei rapporti tra architettura e ingegneria. Avrebbe dovuto essere il nucleo degli interessi intorno al quale sviluppare e organizzare le varie competenze nell'area delle costruzioni.

VN: Ma la mia è una riflessione tardiva, ammetto di non averlo capito in quel momento. D'altra parte, i professori di Scienza delle costruzioni temevano di legarsi a un titolo debole, per certi versi ambiguo, forse facilmente falsificabile, almeno all'apparenza.

Ricordo, a livello nazionale, violentissimi interventi contro la tipologia strutturale perché circolavano sul tema anche scritti ingenui, poco circostanziati. Dall'altro lato, il mondo della Scienza delle costruzioni che si insegnava nelle facoltà di ingegneria fu monolitico, politicamente compatto, nel difendere l'impostazione che della disciplina si aveva in mente, in difesa di quell'idea di serietà e anche di prestigio che nel tempo aveva coltivato.

Eppure la tipologia strutturale meritava a sua volta di rivestire un ruolo cruciale, soprattutto in considerazione della formazione al progetto. In fondo, di che cosa può veramente disporre il progettista quando si trova davanti un problema da risolvere? Ha inevitabilmente in testa dei riferimenti, mi piace dire delle "macchine": una leva, un arco, il cuneo di Philippe de La Hire che apre l'arco e ne rovescia le spalle. Tutte queste "macchine" ideali si sono evolute, raffinate, il loro studio si è arricchito dalla metà dell'Ottocento e fino alla fine di quel secolo, in quella che probabilmente è stata la vera epoca d'oro della teoria delle strutture.

Il tutto era straordinariamente trascinato dall'innovazione portata dalla costruzione ferroviaria. Molti ingegneri lavorarono a fondo sviluppando progetti e corrispondenti tipi strutturali: tra i più grandi, Émile Clapeyron, Otto Mohr, Karl Culmann, Dimitrij Jourawski, Alberto Castigliano, tutti ingegneri ferroviari. Così, ad esempio, la trave continua, l'arco a spinta eliminata della trave Langer, i ponti di Maillart ad arco sottile e impalcato irrigidente sono tutte figure strutturali che esistevano già, presenti come sono nel manuale di Müller-Breslau, che è del 1875. Si mise a punto in quell'epoca un vero e proprio campionario di "macchine". Ognuna di esse, corredata dal proprio specifico procedimento di calcolo e dall'esempio di una o più importanti realizzazioni, rappresentava un modello meccanico sicuro, pronto all'uso per le tante strutture di edifici e ponti che lo sviluppo della costruzione ferroviaria richiedeva. Insomma, ancora oggi, tutte quelle figure sono il vero patrimonio del progettista, il quale, quando pensa, lavora richiamando alla mente, anche inconsciamente e però velocemente, una serie di figure strutturali, per poi fermarsi su quella più utile alla soluzione del suo problema e affinarla.

Inoltre, il tipo strutturale, nel momento in cui viene assistito da un metodo di calcolo comprensibile e anche semplice da usare (perché l'ingegnere o l'architetto sono sempre molto stretti dai tempi, hanno dei problemi anche di consegna e di sviluppo rapido delle soluzioni), ha bisogno di essere supportato anche dalla memoria di esperienze precedenti positive che ne confermino l'affidabilità. Dico questo perché quando c'è evidenza sperimentale, quando siano pubblicate delle risultanze sperimentali dell'affidabilità di un tipo, quel tipo strutturale, corredato in questo modo da cultura fatta di calcolo e di esperienza, diventa un elemento fondamentale nella testa del progettista, si affianca agli altri tipi e con l'uso va raffinandosi e arricchisce.

Dalla fine degli anni Ottanta, comunque, la tipologia strutturale come insegnamento è scomparsa dai corsi di Architettura.

VN: *Se io dovessi oggi dire che cosa va maggiormente approfondito fra gli insegnamenti strutturali nelle facoltà di architettura, a valle dei fondamenti di meccanica applicata, direi senz'altro i materiali e i tipi strutturali. E illustrare dei tipi strutturali la storia, spiegare come si sono sviluppati e da quali problemi si sono generati originariamente.*

Quella storia è una storia importante, fondamentale, fatta insieme di principi statici e di forme strutturali (riprendo il titolo del libro di Lucetta Zorgno e di Giulio Pizzetti). Non si deve dimenticare nessuno dei due corni della questione: ci sono le forme strutturali (i tipi che si precisano via via, nel corso della storia e attraverso le applicazioni) e ci sono però anche, indissolubili da quelle, i principi statici (ovvero i sistemi di calcolo e di analisi di quelle figure).

Mario Alberto Chiorino, in un saggio su Pier Luigi Nervi di una decina di anni fa scritto per la rivista dell'ACI (l'American Concrete Institute, del quale è dal 2014 *Honorary Member*, come lo furono Levi, Nervi e Oberti), ha messo a confronto, fino a farli coincidere, un passo di *Scienza o Arte del Costruire?* (1945), dove Nervi ragiona sulla sensibilità statica come attenzione all'equilibrio delle forze, ma anche all'estetica della forma, e un passo del libro di Torroja (1957) sul processo creativo come premessa necessaria per la concezione delle strutture complesse. Sono forse i due manifesti più importanti dell'idea di "intuizione strutturale".

MAC: *Nella mia recente Introduzione alla riedizione del libro di Nervi Scienza o arte del costruire?, ho scritto: "La sua vera grande dote è in effetti proprio quella di avere saputo comporre la frattura fra il sistema degli ingegneri e delle tecnologie costruttive da un lato, e il mondo dell'arte e dell'architettura dall'altro". Non a caso Nervi venne nominato nel 1961 Professor of Poetry ad Harvard.*

In sintonia con Nervi, Torroja credeva che l'immaginazione strutturale spesso transcendesse le possibilità di una rigorosa verifica analitica (che era allora limitata dalla mancanza di moderni strumenti di analisi strutturale computerizzata). La sua lotta per la libertà progettuale è stata anche la principale ragione del suo vivo interesse per la ricerca sperimentale sui modelli meccanici in scala.

Teniamo tuttavia presenti anche, peraltro senza sopravvalutarle, le possibilità offerte oggi dai moderni sistemi di analisi computazionale, che consentono di affrontare l'analisi, sia in campo statico sia in campo dinamico sismico, anche di strutture spaziali sempre più complesse, attraverso simulazioni numeriche sempre più efficienti.

Di più: direi che si aprono orizzonti nuovi grazie alle innovative tecniche computazionali e si stanno esplorando anche sentieri non solo di

verifica strutturale con quelle tecniche, ma anche percorsi di form-finding, delegando ai computer la ricerca delle forme strutturali e rinunciando così ai percorsi di immaginazione artistica e strutturale personali. Di questi percorsi a Torino si è occupato in particolare Mario Sassone, ricercatore e docente di Tecnica delle costruzioni nella Facoltà di Architettura, con notevoli interessi per la morfogenesi delle strutture a guscio come sfida concettuale, computazionale e anche costruttiva.

Oggi possiamo forse elaborare una nuova ipotesi sul futuro dei rapporti tra ingegneria e architettura attraverso il cosiddetto progetto parametrico, tecnica sempre più avanzata insieme di prefigurazione morfologica e di calcolo del sistema di stati tensionali di una struttura, con conseguenti ricerche delle più performanti soluzioni strutturali e anche di dettaglio costruttivo. Gli anni Novanta sono stati il decennio del prepotente ingresso del calcolatore nel calcolo strutturale e quel decennio ha anche coinciso con la momentanea scomparsa della tipologia strutturale, che però oggi pare più viva che mai (*sub specie* di “morfologia delle strutture”), quasi che si aprisse una nuova stagione nelle relazioni tra architettura e ingegneria.

VN: *È capitato a Londra con la copertura dell'atrio del British Museum, progettata da Buro Happold per Norman Foster: lì c'è una forma che non sembra neanche reale, ma il computer ha verificato ogni aspetto, ogni angolo e ogni asta, grazie alle capacità di calcolo e ha fornito una serie di possibili soluzioni. Me ne rendo conto quando guardo tutte le costruzioni che vengono dal gruppo di Schlaich Bergermann Partner che fa capo all'Università di Stoccarda: sono progetti di straordinario impatto. È evidente che ogni volta il punto di partenza è quello della forma libera, ma mi pare evidente che in questi manufatti e nei processi che ne guidano la concezione, la tipologia strutturale non c'è più.*

Forse, pensando a queste cose, dentro questo clima, anche la lettura del libro di Eduardo Torroja non interessa più. Mi viene in mente che, nelle ultime pagine della presentazione che Edoardo Benvenuto scrisse nel 1995 per la riedizione de La concezione strutturale di Torroja (è sempre la versione curata da Franco e Nicole Levi), dice qualche cosa proprio in questo senso. Dice che in fondo sono ormai trascorsi quarant'anni e che la fascinazione per certe soluzioni innovative si è

di molto sopita davanti alle forme che l'architettura di oggi propone. Ecco che torniamo ai temi della morfologia e della tipologia strutturale. Io credo che debbano essere insegnate e coltivate, certamente in una prospettiva storica, ma anche, necessariamente, per la formazione professionale degli architetti, quali strumenti indispensabili di conoscenza del costruito. Però oggi è molto difficile, anche perché i tempi sono cambiati. Viviamo il tempo della forma libera.

Ma che cosa vuol dire davvero "forma libera"?

Probabilmente vuol dire libera dalla tipologia strutturale, da questi tipi che avevamo in testa, questo perché effettivamente la forma non dipende più completamente da quelle figure e noi ormai siamo in grado di garantire la sicurezza della forma strutturale attraverso una sperimentazione su modelli matematici, attraverso un calcolo che passa anche per la conoscenza approfondita della meccanica dei materiali. Ti rendi conto che la forma si sta progressivamente liberando dalle sue ragioni quando ti trovi di fronte al museo di Bilbao: è un oggetto che era o forse doveva apparire incostruibile, ma poi ha quella forma, c'è, esiste nella sua fisicità.

MAC: *Il rischio di un certo compiacimento formale, pur in altra epoca e senza gli strumenti informatici di oggi, è stato sfiorato persino da Nervi stesso, quando nella realizzazione dell'Aula Vaticana (1963-71) esibisce, quasi fossero sculture, quelle nervature strutturali che aveva genialmente concepito con riferimento alle isostatiche dei momenti in precedenti realizzazioni.*

Restiamo su Nervi, però il Nervi "torinese". Nel 2019, la Getty Foundation ha attribuito il Keeping It Modern Award ai padiglioni di Nervi a Torino Esposizioni. Il riconoscimento è il frutto di un'azione intensa per il progetto di conservazione con particolare attenzione agli aspetti strutturali, che vede in prima fila l'associazione PLN Project (presieduta dal nipote di Nervi, Marco Nervi, e coordinata scientificamente da Cristiana Chiorino) e molti docenti e ricercatori del Politecnico di Torino appartenenti a diverse discipline (coordinati da Rosario Cerravolo, professore ordinario di Tecnica delle costruzioni, docente di Ingegneria sismica e membro del Collegio del Dottorato in Beni Architettonici e Paesaggistici).

Pier Luigi Nervi è il grande protagonista di una sorta di epopea strut-

turale “per grandi opere” che contraddistingue la città di Torino: il complesso di Torino Esposizioni nel 1948, il Palazzo del Lavoro tra il 1959 e il 1961, ma anche il serbatoio pensile della Fiat Mirafiori del 1962. Altri progettisti hanno lasciato testimonianze importanti, come Franco Levi con Esquillan, nel già citato Palazzo a Vela di Italia '61, e varrà la pena di citare Sergio Musmeci al Teatro Regio e Riccardo Morandi al Valentino, insieme allo stesso Pizzetti, attivo nello studio delle strutture per la torre dei BBPR in Piazza Statuto.

Mario Alberto Chiorino è d'accordo. Per lui, membro dell'Accademia delle Scienze fondata da Lagrange, Torino rimane la città di Guarini e di Antonelli, che possiede un patrimonio di architettura strutturale del Novecento del tutto straordinario, conosciuto e ammirato a livello internazionale.

MAC: *Tuttavia rappresenta al tempo stesso un caso unico di patrimonio negletto. Innanzitutto, il collasso dell'impero dell'automobile che quel patrimonio aveva creato, chiamando gli “artisti strutturali” più eletti, come Nervi e Morandi, ha fatto sì che quel patrimonio si trovasse all'improvviso senza una destinazione d'uso. Questo ha poi innescato fenomeni di degrado, che possono diventare allarmanti, in particolare per le opere più fragili come quelle in calcestruzzo armato precompresso.*

In questo quadro si è aperta una sorta di crisi di coscienza. Non v'è dubbio che la cultura accademica torinese (in particolare quella del settore delle strutture che noi rappresentiamo) avrebbe dovuto attivarsi già negli anni passati. Lo abbiamo fatto in ritardo: ho partecipato come consulente per gli aspetti strutturali del gruppo ICIS-Isola Architetti-Rafael Moneo (che lo ha vinto) al Concorso di idee per la salvaguardia di Torino Esposizioni e, al Politecnico di Torino ho promosso e sostenuto la formazione del gruppo di ricerca, coordinato da Ceravolo, per l'analisi strutturale e diagnostica dei padiglioni di Nervi, mirate sia alla durabilità (con collaborazioni con la statunitense Northwestern University, dove si studia la durabilità del ferrocemento inventato da Nervi), sia all'analisi della risposta e adeguatezza in campo sismico (oggi richiesta in sede di riuso, ma non considerata ai tempi di Nervi).

Il riconoscimento attribuito dalla Getty Foundation nel 2019 è così, a sua volta, una tardiva riparazione a quella crisi di coscienza. La re-

sponsabilità di base resta tuttavia in capo a una città che, dopo la caduta di quell'impero industriale, non ha saputo (e ancora non sa) reinventarsi e difendere il suo eccezionale e illustre patrimonio di opere di architettura strutturale. Il caso del Palazzo del Lavoro di Pier Luigi Nervi a Italia '61 è forse il caso più eclatante e anche drammatico.

L'interazione fra ingegneria e architettura nella scuola di Torino si è sviluppata con il tempo non solo nella concezione di nuove strutture, ma anche nella cultura della conservazione del patrimonio architettonico, storico e contemporaneo.

MAC: *Nel 1999, in occasione della riorganizzazione del piano di studi di Architettura, vennero introdotti al livello magistrale corsi di Statica e Stabilità delle costruzioni murarie e monumentali/Riabilitazione strutturale. Nel 2008 è stato istituito il Dottorato in Beni Culturali (oggi Dottorato in Beni Architettonici e Paesaggistici) con l'innovativo innesto della cultura e delle competenze dell'ingegneria strutturale.*

Io sono stato un tenace sostenitore di quel percorso negli spazi sia della didattica che della ricerca, in una fertile interazione con un gruppo di colleghi di ingegneria e di architettura e fra questi ultimi in particolare Costanza Roggero. Fra i casi di studio relativi al patrimonio storico particolare rilevanza è stata attribuita al caso della Basilica e della Cupola di Vicoforte. Se n'è studiata la modellazione degli elementi di muratura, l'analisi globale del manufatto in campo statico e dinamico-sismico, la sua interazione con i terreni di fondazione.

Scorrendo le liste di quanto pubblicato da Mario Alberto Chiorino e Vittorio Nascè nella loro carriera, è evidente un fenomeno comune a entrambi: un'attenzione crescente per i temi della storia delle strutture e delle discipline dell'ingegneria strutturale.

MAC: *Devo dire che in realtà ho sempre avuto un interesse per la storia della scienza, già dagli studi di filosofia del liceo e dall'incontro con i testi di Ludovico Geymonat sulla storia del pensiero scientifico. Negli ultimi vent'anni, con la mia presenza e la mia attività presso l'Accademia delle Scienze, inizialmente anche con lo sprone di Franco Levi, mi sono dedicato a una vasta ricerca sul contributo della*

Scuola torinese alla meccanica strutturale, alla quale sto ancora lavorando, e che ha trovato una prima sede di pubblicazione, con il titolo Meccanica strutturale da Lagrange a oggi: il contributo della scuola torinese, negli atti del Convegno per il bicentenario della morte di Lagrange svoltosi in Accademia nel 2013.

A partire dalla metà degli anni Ottanta (*La Scienza delle Costruzioni e il suo sviluppo storico-critico* di Edoardo Benvenuto è del 1981) e fino alla fine del secolo scorso, un gruppo di studiosi in Italia ha preso a riflettere sulle radici storiche della scienza e della tecnica delle costruzioni, non per amore di erudizione storiografica, ma quasi per rifondare dall'interno le discipline legate al progetto delle strutture. Si trattava dello stesso Benvenuto, di Salvatore Di Pasquale, di Antonino Giuffrè (tutti e tre ordinari di Scienza delle costruzioni).

Gran parte degli scritti di Nascè di quegli anni appartengono proprio a quel filone con una costante: rintraccia ogni volta una soluzione tecnica che è stata clamorosamente innovativa nel passato (in una data e in un luogo) e ne dimostra le ragioni tecnico scientifiche e anche l'efficacia nel tempo.

VN: *Per le celebrazioni del centenario della morte di Alberto Castigliano, nel 1984, sono stato coinvolto in un lavoro a due mani proprio da Edoardo Benvenuto. Ho lavorato alla parte sulla vita di Castigliano, sviluppandola soprattutto con riferimento al contesto. Mi interessava molto capire quale era la condizione professionale dell'ingegnere, di quali strumenti concettuali era dotato, quali riviste leggeva, chi era veramente e come viveva il suo tempo migliore, gli anni Ottanta dell'Ottocento, che poi erano quelli di James Clerk Maxwell, di Luigi Federico Menabrea, di Enrico Betti e di molti altri che mettevano la testa probabilmente sugli stessi problemi.*

L'attenzione per la storia era nata in me ancora una volta dall'esperienza alle Officine Savigliano, che conservavano un prezioso archivio, oggi all'Archivio di Stato di Torino. Arrivavano spesso richieste di ricerche mirate, spesso per avviare operazioni di restauro o di trasformazione, su alcuni dei tanti manufatti che l'azienda aveva costruito, soprattutto tra il 1880 e i primi decenni del Novecento. Mi capitava così di ritrovarmi tra le mani tavole fantastiche nella grafica di presentazione, relazioni impareggiabili nella disciplina di scrittura.

Quell'interesse mi ha portato perfino a proporre, come mio ultimo insegnamento alla Facoltà di Architettura di Torino, un corso che si intitolava Origine e sviluppo delle forme strutturali. Non sono arrivato a scrivere nulla, ma avevo collezionato molte immagini e le avevo ordinate, ancora una volta, per tipi strutturali, cercando di cogliere gli aspetti evolutivi: ricordo la parte del corso sul grattacielo americano, costruita sulla falsariga di una bellissima conferenza tenuta da Mario Salvadori a Torino con riferimenti a quanto aveva scritto Fazlur Rahman Khan sul grattacielo americano fino alle ultime cose di Bill Baker del gruppo Skidmore, Owings & Merrill.

Mi ero reso conto che lo sviluppo storico delle forme strutturali era molto interessante e che lo studio dei tipi strutturali deve essere condotto, proprio anche dentro la scuola di architettura, sulla base del loro sviluppo storico, perché è solo attraverso la sua comprensione che si entra nello spirito delle cose e questo ha grande importanza quando ci si trova a intervenire sul costruito.

**L'ombra dell'orso.
Uno sguardo sull'opera di Giuseppe Raineri**

Sergio Pace

Umbra igitur visum preparat ad lucem. Umbra lucem te[m]
perat. Per umbram divinitas oculo esurientis, sitientisque animae
caliganti, nuncias rerum species temperat, atque propinat.¹

A una lettura attenta, l'unica monografia finora dedicata all'ingegnere torinese Giuseppe Raineri rivela un dettaglio singolare quanto emblematico². In oltre sessanta pagine di scritti, disegni, fotografie, testimonianze di amici e parenti, solo a pagina 25, quasi di sfuggita, compaiono le date di nascita e morte del protagonista (Cuneo, 28 novembre 1924 – Torino, 29 febbraio 2007)³. Di là dalle carte depositate presso le Sezioni Riunite dell'Archivio di Stato di Torino, consistenti di sole tavole assai poco generose di informazioni che vadano al di là di tormentati segni grafici e innumerevoli calcoli, poche altre sono le tracce superstiti di colui che, durante un cinquantennio di attività, ha legato il proprio nome non soltanto a un discreto numero di lavori d'ingegneria ma, soprattutto, a numerose opere d'architettura, firmate sia con il fratello Giorgio (1927-2012), sia con Roberto Gabetti (1925-2000) e Aimaro Isola (1928) ma anche, seppur più raramente, con un piccolo gruppo di altri architetti piemontesi. Così, è possibile desumere qualche dettaglio biografico grazie alle memorie di amici e familiari ovvero attraverso dati indiretti, ad esempio quando si legga che nel 1947, a soli 22 anni, si è laureato al Politecnico di Torino⁴. Tuttavia, anche questo rimane un segnale debolissimo, così come sono curiosamente esili i fili che la storiografia è riuscita a intrecciare tra i fratelli Giorgio e Giuseppe e l'impresa edile del padre, Luigi Raineri, spesso esecutrice dei lavori⁵. Una sorta di caparbia discrezione pare avvolgere un'attività professionale che, in ogni caso, ha segnato il secondo Novecento architettonico in Piemonte. E, tra gli altri personaggi, ancor più l'ingegnere pare un'ombra, ricorrente quanto sfuggente, sulla scena dell'architettura e dell'ingegneria italiana del Novecento, per aver preso parte a numerose rappresentazioni, spesso con ruoli decisivi, ma sempre ritirandosi al momento degli applausi finali. Durante i mesi e gli anni immediatamente successivi alla laurea,

Giuseppe Raineri studia con attenzione la precompressione nelle strutture in calcestruzzo rinforzato⁶. Non è un caso: al Politecnico di Torino lavora Franco Levi (1914-2009), cui il Consiglio Nazionale delle Ricerche, diretto dal suo maestro Gustavo Colonnetti, ha affidato la direzione di quel Centro Studi sugli Stati di Coazione Elastica che, dal 1945, svolge una serie di pionieristiche ricerche e sperimentazioni su tali tecniche. È proprio Levi una figura cruciale in questi anni per l'ateneo torinese e, in generale, per la cultura dell'ingegneria del XX secolo: già assistente straordinario alla cattedra di Scienze delle costruzioni presso il Laboratorio Resistenza Materiali, pure diretto da Colonnetti, l'ingegnere torinese è uno dei docenti espulsi in seguito all'applicazione delle leggi razziali del 1938, per essere poi reintegrato dal Politecnico nel ruolo di professore incaricato della stessa disciplina nel novembre 1947⁷.

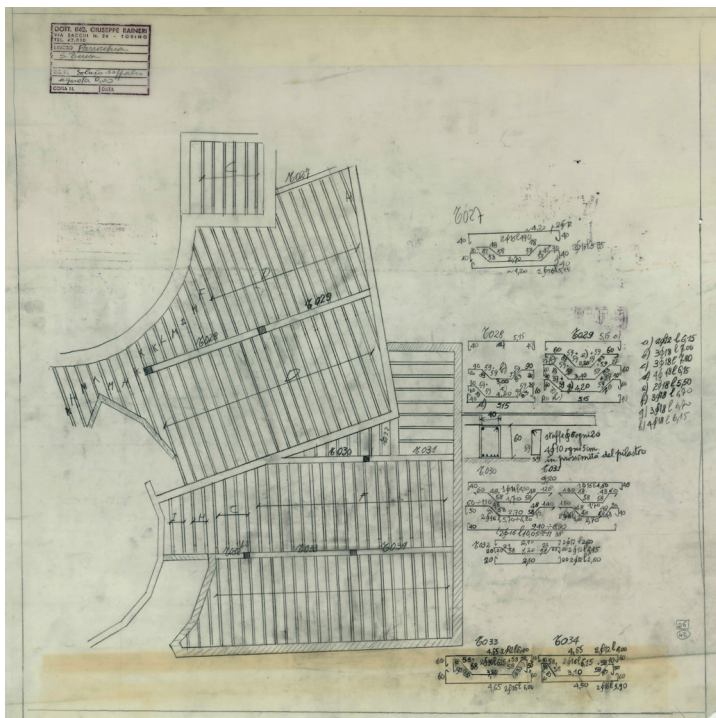
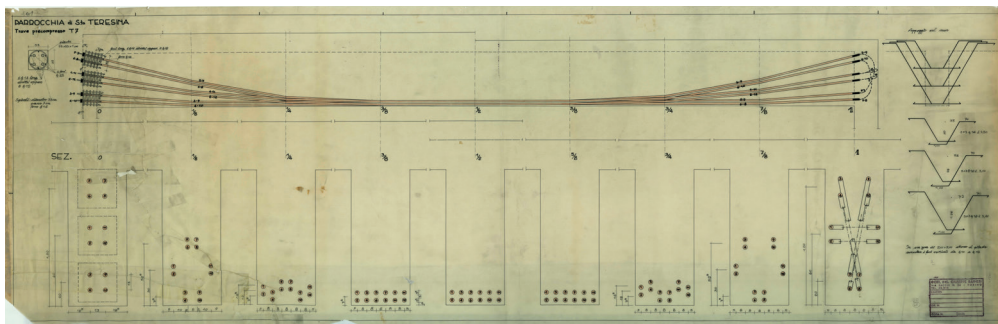
Giuseppe Raineri, ammesso l'abbia mai coltivate, abbandona presto ogni velleità di carriera accademica, trasformando i propri studi in ricerche sul campo. Laureatosi nel 1949 anche il fratello Giorgio, i due aprono assieme uno studio in via Sacchi 24⁸ che conddivideranno per tutta la vita: l'architetto più aperto alla sociabilità che, in parte, anche il mestiere gli impone; l'ingegnere forse anche caratterialmente più restio ad abbandonare una posizione di secondo piano, tenacemente coltivata in quanto imprendibile e taciturno *ursus spelaeus*, preistorico orso delle caverne⁹. Meraviglioso il ritratto che ne ha restituito Roberto Gabetti: “non introverso, ma certamente non aperto a facili rapporti umani. Così era lui con noi, che studiavamo architettura: un po' stupidini, come potevano essere nella loro autoconoscenza gli studenti di architettura di quel tempo. [...] Lui era ingegnere già affermato, sapiente”¹⁰.

Il catalogo delle sue opere corrisponde, in maniera curiosamente speculare, a tale personalità forte ancorché sfuggente. I progetti a firma esclusiva di Giuseppe Raineri, non a caso, sono pochi e difficili da decifrare. Costruzioni di servizio, silos, capannoni, impianti: all'apparenza, quasi nulla di quel che generalmente è considerato attraente in architettura. Eppure, si tratta di progetti e/o costruzioni di grande interesse, come ha rilevato Lorenzo Mamino: “si tratta sempre [...] di una *firmitas* perentoria ma fragile e allusiva come nessun architetto nello stesso periodo ha saputo o voluto fare: opere faraoniche costruite nel cortile di casa, dove il materiale (non blocchi di granito,

non marmo, ma semplice e normale calcestruzzo) ha la sontuosità non retorica della schiettezza tecnica: un getto, tra assi di abete”¹¹.

Casi esemplari di una concezione strutturale quanto meno originale sono, prima di ogni altra, le costruzioni realizzate all’interno di due impianti di cava, rispettivamente lungo il Po, nei pressi della Loggia (1953), e lungo la Stura di Lanzo, ai confini settentrionali del capoluogo piemontese (1955-57). Se, nel primo, la costruzione in calcestruzzo armato pare solo una sorta di custodia traforata per il macchinario estrattivo e la composizione dell’insieme si fonda sull’equilibrio delicatissimo tra questa e l’antenna metallica che sostiene i cavi, nel secondo tutto pare assumere forme di complessità inattese: piani inclinati, tagli sbiechi, forature asimmetriche, rastremature improvvise trasformano una banale struttura industriale in una sorta di audacissima scultura a scala ambientale¹², con echi possibili provenienti da mondi diversi, tra Astrattismo, Costruttivismo e Informale¹³.

Si tratta, tuttavia, di capolavori isolati e persino abbastanza misteriosi. Negli anni seguenti, a partire dall’esperienza condotta attraverso il progetto della Borsa Valori di Torino (1953-54, con Roberto Gabetti, Aimaro Isola e Giorgio Raineri) e poi consolidata nel cantiere della Chiesa di Santa Teresa del Bambin Gesù (1958-61, con Gianfranco Fasana, Giuseppe Varaldo, Maria Carla Lenti e Gian Pio Zuccotti), l’interesse di Giuseppe Raineri sembra rivolgersi sempre più verso un’idea di struttura che lavori per mettere in comunicazione cielo e terra, e viceversa. Movendo da impianti planimetrici spesso regolari o, comunque, riconducibili a una sovrapposizione di figure geometriche elementari, i pilastri e soprattutto le travi di Raineri prendono lentamente il volo, staccandosi da terra per formare un insieme dove tutto pare sostenere piani o volte all’apparenza solo giustapposti, secondo logiche non immediatamente intuibili¹⁴. Soltanto le armature – vere protagoniste del progetto – accompagnano questa sorta di danza ascendente fin quando il volume trova una propria ardita compiutezza; tuttavia, rimanendo nascoste nel calcestruzzo, esse inducono l’osservatore a percepire l’architettura compiuta quasi in maniera rovesciata, come generata da un insieme di coperture, calate dal cielo in modo quasi misterioso, disposte in modo da veicolare la luce naturale dall’esterno verso l’interno, attraverso le strade più inattese, ma sempre in modo da far apparire nullo lo sforzo, almeno alla vista. Ad esempio, è questo il caso dell’eterea copertura della fornace per



Giuseppe Raineri con Gianfranco Fasana, Giuseppe Varaldo, Maria Carla Lenti Zuccotti, Gian Pio Zuccotti, Giovanna Maria Zuccotti, Chiesa parrocchiale di Santa Teresa di Gesù Bambino (detta Santa Teresina), *trave precompresso T7* (particolare), Torino, 1958-61

Chiesa parrocchiale di Santa Teresa di Gesù Bambino,
solaio [del] soppalco a quota 0,00 (particolare)

laterizi a Gattinara (1960-61), dello stabilimento tipografico Roggero e Tortia, a Beinasco (1966, con Giorgio Raineri)¹⁵, ma persino di un progetto tardo, audace anche perché privo di committenza, qual è la volta per la stazione ferroviaria di Torino Porta Nuova (2002).

Solo a partire da un'opera all'apparenza minore, come la pensilina del magazzino Gondrand di Torino (1974), il tessuto ardito di travi e travetti a sostegno della copertura ondulata è reso visibile. Questo avviene, con straordinaria abilità compositiva nella giustapposizione tra edificio storico e struttura contemporanea, anche nel caso della biblioteca inserita nella manica ottocentesca del Castello del Valentino (1983-85, con Giorgio Raineri) o, ancor di più, della ristrutturazione della chiesa di Santa Croce a Casale Monferrato trasformata in centro commerciale (1991-94, ancora con Giorgio Raineri, assieme a Franco Fusari, Oreste Mazzucco e Teresa Rossi), dove si vede una carpenteria metallica, in larga misura indipendente dalla struttura esistente, di grande potenza figurativa nonostante le dimensioni ridotte dell'invaso. Benché quasi nascosti dalla penombra della propria stanza di studio e, spesso, all'interno di architetture che dissimulano il progetto strutturale, nel corso degli anni gli interventi di Giuseppe Raineri si diversificano, e non soltanto per l'esaurirsi delle sperimentazioni con il precompresso dei suoi inizi. Passando attraverso esperienze e collaborazioni diverse, ossia attraverso la sperimentazione di idee e linguaggi anche distanti tra loro, l'ingegnere lascia comunque intravedere un elemento centrale nella propria ricerca quando pare privilegiare, nell'espressione *scienza delle costruzioni*, sempre e soltanto il complemento di specificazione. È nella costruzione, nell'architettura come idea e pratica del costruire, che s'innerva la scienza, ed è così che si riesce a chiudere il cerchio tra architettura e ingegneria, come del resto era stato intuito fin dagli anni cruciali tra Ottocento e Novecento: "c'est en redevenant *constructeur* que l'architecte redeviendra un artiste"¹⁶. È così che, in maniera quasi paradossalmente romanzesca, la sua figura di progettista si è letteralmente sottratta alla vista quasi quanto la propria opera progettata¹⁷, lasciando vivere la struttura "nell'intrico di quei ferri che faceva distendere sui casseri secondo un ordine che a molti appariva anomalo se non folle" e che, a cantiere terminato, appare come pacificato: "l'estradosso sovente coperto da coppi o da lamiere e l'intradosso formato da superfici complesse e serene, lievemente segnate dalle nervature"¹⁸.

Persino le molte centinaia di disegni prodotte da Giuseppe Raineri raccontano bene questo carattere sempre accidentale e mutevole¹⁹.

L'armatura è spesso configurata a piè d'opera e, pertanto, riesce ancora a mettere a disagio lo studioso che tenti di ripercorrerla, qualora armato soltanto di preconcetti standardizzati. Spesso si tratta di particolari a una scala assai ridotta, dove il groviglio delle tensioni è restituito nel comportamento di ogni singolo ferro. Nelle carte emerse dalla stanza di via Sacchi, che Giuseppe ha occupato con ostinazione fino ai suoi ultimi giorni, quasi non compaiono disegni volumetrici o vedute d'insieme. Sono fogli anche molto grandi, disegnati spesso a matita, sui cui l'ingegnere è intervenuto più e più volte, correggendo e integrando e correggendo ancora ogni singolo dettaglio, armatura, snodo, appoggio. Una foresta di elementi strutturali, destinata però a essere integrata all'architettura, finendo quasi sempre per diventare, quanto più efficace, tanto più invisibile.

Come un chirurgo meticoloso e silenzioso, l'ingegnere sembra aver operato di volta in volta su singole parti ben individuate, consapevole d'avere a che fare con un corpo vivente, irripetibile nella sua unicità, su cui occorre intervenire con mano accorta e ferma. Egli sa che, a operazione conclusa, nulla sarà più desiderabile d'una sutura impercettibile: solo così il suo lavoro, pur sofisticatissimo, mai sarà visto da occhio umano benché, al tempo stesso, abbia contribuito in modo definitivo al benessere vitale di chi abita quegli spazi, di chi vive sotto a quelle coperture.

1. “L’ombra prepara dunque lo sguardo alla luce. Attraverso l’ombra la divinità tempera e pone davanti all’occhio oscurato dell’anima affamata e assetata quelle immagini che sono i messaggeri delle cose”: cfr. G. Bruno, *De umbris idearum. Implicantibus arte, quaerendi, inveniendi, iudicandi, ordinandi, & applicandi: ad internam scripturam, & non vulgare ser memoriam operationes explicatis*, apud Aegidium Gorbinum, sub insigne Spei, Parigi, 1582, *intentio XV*, p. [40]; tr. it. di Nicoletta Tirinnanzi in Id., *Le ombre delle idee. Il canto di Circe. Il sigillo dei sigilli*, Rizzoli, Milano 1997.

2. D. Rolfo (a cura di), *Giuseppe Raineri. Opere scelte*, numero monografico di “Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti di Torino”, n. s., a. 142, n. LXIII-1, gennaio 2009.

3. D. Rolfo, *Alla ricerca di Giuseppe Raineri*, in Id. (a cura di), *Giuseppe Raineri*, cit., pp. 25-26, part. p. 25.

4. G. Siniscalco, *La scienza di Giuseppe Raineri*, in D. Rolfo (a cura di), *Giuseppe Raineri*, cit., pp. 6-10, part. p. 6.

5. Sulle corrispondenze tra Giorgio e Giuseppe, nonché tra i due fratelli e il loro padre, cfr. T. del Bel Belluz, *Giorgio Raineri architetto*, Celid, Torino 1998; nonché Ead., *Architetti a Torino tra ricostruzione e mercato*, in G. Canella e P. Mellano (a cura di), *Giorgio Raineri 1927-2012*, Franco Angeli, Milano 2020, pp. 333-337, part. p. 335.

6. Nell’arco di pochi anni, tre sono gli studi di ampio respiro pubblicati dal neolaureato ingegnere su riviste di settore: G. Raineri, *Un tipo di struttura particolarmente adatto all’impiego delle precompressioni: la poligonale d’aste con trave irrigidente*, in “Il cemento. Rivista tecnica della costruzione”, 6, giugno 1948, pp. 85-89; e Id., *Il problema della precompressione su solidi vincolati iperstaticamente*, in “Giornale del Genio Civile”, vol. 87, n. 11, novembre 1949, pp. 595-602; vol. 88, nn. 7-8, luglio-agosto 1950, pp. 456-463; vol. 89, nn. 11-12, novembre-dicembre 1951, pp. 756-766; infine Id., *Solidi viscosi soggetti a distorsioni comunque variabili nel tempo*, in “Atti della Accademia delle Scienze di Torino”, vol. 85, 1950-51, pp. 236-245.

7. Protagonista della ricostruzione italiana del secondo dopoguerra, Levi porterà avanti con caparbietà, tra Torino, Parigi e Venezia, le proprie ricerche sulla precompressione, anche grazie a collaborazioni di rilievo internazionale: ad esempio, è tra i fondatori nel 1953 della Fédération Internationale de la Précontrainte (FIB) e, l’anno seguente, del Comité Européen du Béton (CEB) che diverranno le associazioni di riferimento per quel che riguarda gli standard internazionali sul calcestruzzo armato, non soltanto precompresso. Sul ruolo di Levi nella cultura dell’ingegneria del Novecento cfr. C. Gavello, *Architetti e ingegneri di fronte alle leggi razziali*, Quodlibet, Macerata 2022, *passim* e, in part., pp. 117-122. Più in generale sulla scuola d’ingegneria torinese, e sui propri esiti novecenteschi, cfr. M.A. Chiorino, *Gustavo Colonnetti, uno dei padri fondatori della Scienza delle costruzioni, la biblioteca di Pollone e la cultura architettonica italiana*, in

“Casabella”, n. 794, ottobre 2010, pp. 94-97.

8. Al n. 22 della stessa via è lo studio di Roberto Gabetti e Aimaro Isola. Così, nello spazio di un isolato, trova residenza l'élite di quei progettisti descritti in termini formidabili da P. Portoghesi, *Oggettività e contraddizione. Una casa sulla collina torinese di Roberto Gabetti Aimaro Isola e Luciano Re*, in “Controspazio”, settembre-ottobre 1969, pp. 30-35, peraltro in occasione di un lavoro condiviso qual è la villa Pero a Pino Torinese (1965-68).

9. A definire Giuseppe Raineri in tal modo bizzarro pare sia stata sua madre, conversando con don Bruno, parroco e committente della chiesa di Santa Teresa di Gesù Bambino: cfr. G. Valardo, *Sul cantiere, e non. In memoria di Beppe Raineri, ingegnere*, in D. Rolfo (a cura di), *Giuseppe Raineri*, cit., pp. 13-18, part. p. 18. Vale la pena, a tale aneddoto, aggiungere il ricordo di L. Mamino, *Un'altra architettura, nascosta, ibid.*, pp. 19-23, part. p. 19: “Sono stato in studio dai Raineri (Beppe e Giorgio) dall'ottobre 1965 alla primavera del 1972 ma non ricordo che mai con lui io abbia parlato del suo impegno di progettista”.

10. R. Gabetti, *Un intimismo controverso*, in G. Canella, P. Mellano (a cura di), *Giorgio Raineri*, cit., pp. 338-342, part. p. 339.

11. L. Mamino, *Un'altra architettura*, cit., p. 19.

12. “Italy is not generally credited with adapting its mechanical facilities to the landscape [...]. But a crushed stone plant near Turin indicates that at least one Italian architect, Giuseppe Raineri, can

turn a traditional eyesore into outdoor art”: cfr. *Industrial sculpture in Italy*, in “Architectural Forum”, vol. 108, n. 4, aprile 1958, p. 219: forse non a caso, tale pagina è ricordata tra le poche decorazioni della monastica stanza, nello studio dove l'ingegnere ha lavorato per tanti anni, da L. Mamino, *Giorgio Raineri. Una architettura nuova e antica*, in G. Canella, P. Mellano (a cura di), *Giorgio Raineri*, cit., pp. 14-18, part. p. 14. Cfr. anche Id., *Per Giuseppe Raineri*, in “Porti di Magnin”, n. 62, aprile 2007, pp. 36-37, part. p. 36, quando scrive di “opera insigne di razionalità spinta fino al delirio poetico”.

13. Descrivono bene la straordinaria complessità figurativa di tale immaginario i disegni e le fotografie che pubblica N. Renacco, *Impianto sul fiume Stura, presso Torino. Architetto* [sic] *Giuseppe Raineri*, in “L' Architettura. Cronache e Storia”, n. 26, dicembre 1957, pp. 565-568.

14. Persino la stampa specializzata, infatti, talvolta pare spiazzata da tale modalità d'azione: ad esempio, cfr. J.J. U[garte], *El edificio de la Bolsa de Turín. Giuseppe Raineri, ingeniero*, in “Informes de la Construcción”, vol. 10, n. 100, aprile 1958, pp. 831.20-831.27, part. 831.24-831.25.

15. “La construction autoportante, ne nécessitant aucune poutre ou contre-fiche intérieure, ne donne lieu à aucune ombre gênante”: cfr. *Beinasco, Torino, Italia. Une imprimerie. Giorgio Raineri, Giuseppe Raineri*, in “AC. Revue internationale d'amiant-ciment”, n. 99, luglio 1980, pp. 47-49, part. p. 47.

16. H. Fierens-Gevaert, *L'architecture moderne au point de vue esthétique et*

social, in Id., *Nouveaux essais sur l'art contemporain*, Félix Alcan, Paris 1903, pp. 1-67, part. p. 5. La sentenza, con qualche variante, è riferita a Giuseppe Raineri, ma attribuita ad Anatole de Baudot, da L. Re, *Verso Mnemosine*, in G. Canella, P. Mellano (a cura di), *Giorgio Raineri*, cit., pp. 22-27, part. 23.

disegni sono state eseguite da Pier Davide Aimaro, per conto dell'Archivio di Stato di Torino.

17. Paradossale è quanto spesso rimanga occultato il nome stesso dell'ingegnere tra i crediti di progetto. Il caso più clamoroso è forse quello della Borsa Valori, pubblicata assieme alla Bottega d'Erasmo nella leggendaria "Casabella Continuità", n. 215, aprile-maggio 1957, pp. 62-75, dove appare anche la lunga lettera, intitolata *L'impegno della tradizione*, indirizzata a Vittorio Gregotti da Gabetti e Isola. Altrettanto avviene con A. Rossi, *Il passato e il presente nella nuova architettura*, in "Casabella Continuità", n. 219, maggio 1958, pp. 15-17, dove il nome di Giuseppe Raineri, dimenticato nei crediti della casa a Superga attribuita al solo fratello, compare solo come collaboratore nello studio professionale.

18. A. Isola, *Giuseppe Raineri: un ordine anormale*, in D. Rolfo (a cura di), *Giuseppe Raineri*, cit., pp. 11-12, part. p. 11.

19. Il fondo di carte provenienti dallo studio di Giuseppe Raineri è depositato presso le Sezioni Riunite dell'Archivio di Stato di Torino, dove attende un lavoro d'indagine capillare, che necessariamente incroci le carte degli architetti con cui l'ingegnere ha collaborato. Per avermi concesso anche solo di misurare la difficoltà dell'impresa, un ringraziamento sincero va alla straordinaria disponibilità della dr.ssa Daniela Cereia e dell'arch. Luigi Rajneri. Le riproduzioni dei

Il consolidamento della cupola di San Gaudenzio a Novara

Paolo Faccio

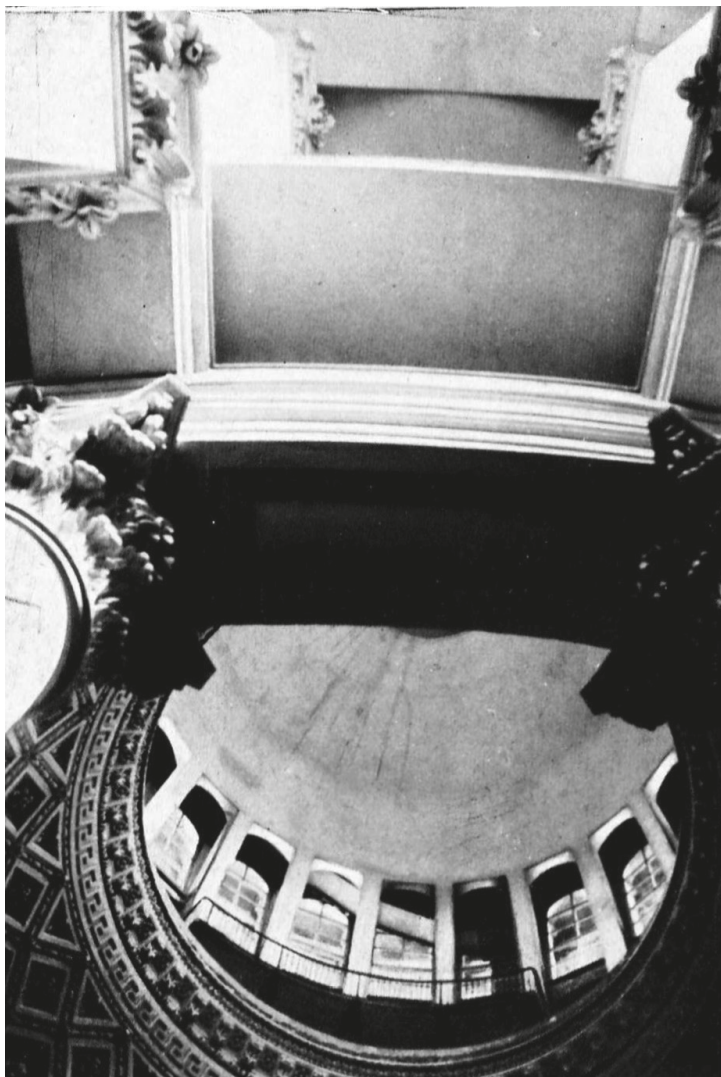
Venendo al lato pratico delle questioni, osserviamo che fortunatamente i materiali migliori per costruire case ben collegate e stabili soddisfano egregiamente colle proprietà alle esigenze della teoria, cioè permettono di costruire bene senza eccessiva spesa. Lasciando da parte i mattoni ed il legno. I primi perché non si può garantire l'azione di collegamento delle malte, né la resistenza di queste a tensione oltre certi limiti; il secondo perché soggetto a deteriorarsi col tempo e quindi infido per costruzioni stabili; rimangono a disputarsi il campo delle case antisismiche il ferro ed il cemento armato.¹

Il consolidamento della cupola di San Gaudenzio a Novara costituisce un esempio del passaggio epocale nel mondo delle costruzioni, dalla muratura e legno al calcestruzzo armato. Il confronto tra probabilmente l'ultimo epigono delle costruzioni in muratura, Alessandro Antonelli, e uno dei padri italiani della tecnica delle costruzioni in calcestruzzo armato, Arturo Danusso, consente una riflessione non solo sulla diffusione delle strutture in cemento armato mano a mano che si consolida la specifica teoria, ma anche sull'impiego di questo materiale nelle costruzioni storiche. Il cambio di paradigma consiste nel progressivo abbandono non solo dei materiali storici, ma delle modalità di progetto, basate sino ad allora su approcci intuitivi, sensibilità ed esperienza del progettista, che spesso si rivolge ad esempi realizzati di manufatti simili, con un limitato ricorso al calcolo e lo sviluppo di modelli analitici che consentono valutazioni quantitative della sicurezza delle strutture. La difficoltà di valutazione della sicurezza degli edifici storici e lo sviluppo della Scienza delle costruzioni per i nuovi materiali, portano al progressivo oblio della cultura costruttiva storica ed una conseguente sottovalutazione delle reali capacità non gestibili con i nascenti modelli di calcolo. Le costruzioni in muratura e legno vengono soppiantate nel contenuto strutturale da calcestruzzo armato e acciaio, materiali che garantivano un maggiore controllo sulla loro qualità in origine e un dimensionamento delle membrature secondo formulazioni condivise nel mondo tecnico scientifico. Scrive Maria Antonietta Crippa: "Ci si rese conto che lo studio del comportamento del calcestruzzo armato

e dell'acciaio aveva totalmente assorbito l'impegno degli ingegneri generando il loro disinteresse per le murature tradizionali e la loro radicale differenziazione professionale dagli architetti⁷².

La formazione scientifica di Danusso incarna il nuovo scenario, riassumibile nella volontà di dominare quantitativamente il progetto dalla concezione al dettaglio costruttivo. Ad una solida base teorica – “durante i primi due anni è presso l'Università con i matematici, poi passa alla Scuola di Applicazione del Castello del Valentino”⁷³ – associa l'esperienza, collaborando con l'impresa Costruzioni in cemento armato di Porcheddu⁴. Danusso affronta le problematiche di applicazioni e brevetti e afferma la necessità di affiancare all'interpretazione basata sull'osservazione e l'esperienza sensibile, il conforto del dato numerico. Esponente della nascente disciplina della dinamica delle costruzioni, introduce la necessità di valutare la sicurezza in termini analitici anche nei confronti di azioni come il vento e il sisma, quest'ultimo sotto l'impulso generato dal terremoto di Messina del 1908. L'approccio al sisma viene affrontato da Danusso con la partecipazione al *Concorso indetto dal Collegio degli Ingegneri di Milano per l'ideazione di edifici antisismici*⁵. Il concorso, che ebbe una grande eco nel mondo delle costruzioni, non assegna il primo premio, ma stila una graduatoria dove il miglior contributo risulta quello di Danusso, che propone una soluzione analitica per la definizione dell'azione sismica in termini di forza inerziale, ipotizzando un modello di calcolo basato su un pendolo che assume in sé le caratteristiche di massa e rigidità di una costruzione in relazione all'accelerazione del terreno indotta dal sisma⁶. L'esito operativo del modello riguarda l'importanza di realizzare strutture monolitiche in calcestruzzo armato⁷.

Le condizioni descritte portano nel caso delle costruzioni esistenti alla genesi di architetture che potremmo definire “ibride”, dove la commistione tra antico e nuovo non viene celata o dissimulata, unico atteggiamento concesso nella *Carta del Restauro di Atene* del 1931⁸, ma a volte esibita. Questa transizione comporta in alcuni casi lo scontro di due mondi culturali ed è evidente nell'intervento di San Gaudenzio, dove il progetto di rinforzo proposto da Danusso è osteggiato e criticato in particolare da Arialdo Daverio⁹. La cupola di San Gaudenzio è il risultato di un progetto travagliato che Alessandro Antonelli propone in ben otto versioni, la prima delle quali prevedendo un consolidamento delle strutture murarie¹⁰. Il cantiere si presenta complesso e



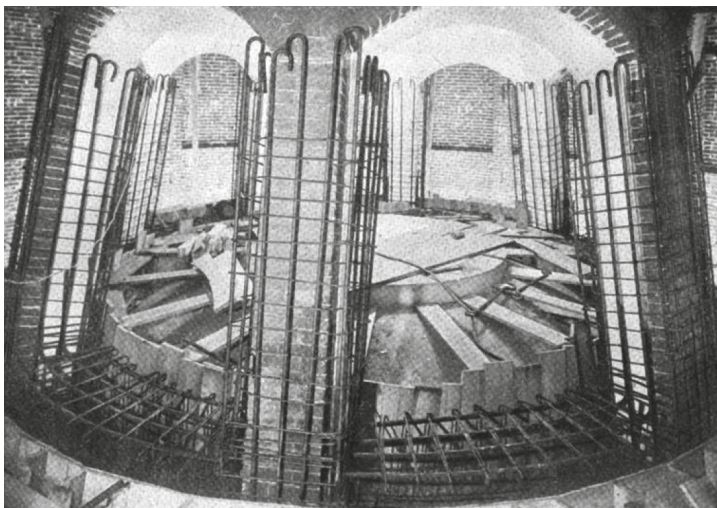
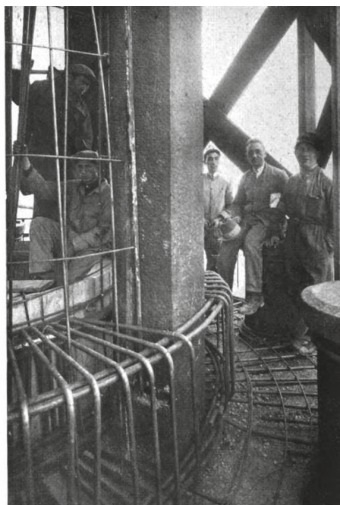
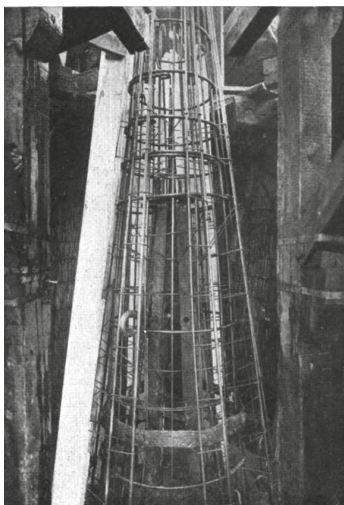
Alessandro Antonelli, cupola di San Gaudenzio, Novara, 1840-85.
Il quadro fessurativo in una fotografia del 1931

Antonelli lo affronta assoldando Giuseppe Magistrini, valente carpentiere¹¹, che per la realizzazione degli arconi inventa una macchina per sagomare i mattoni, per farli meglio combaciare e creare quindi “una massa compatta come colata di getto”¹².

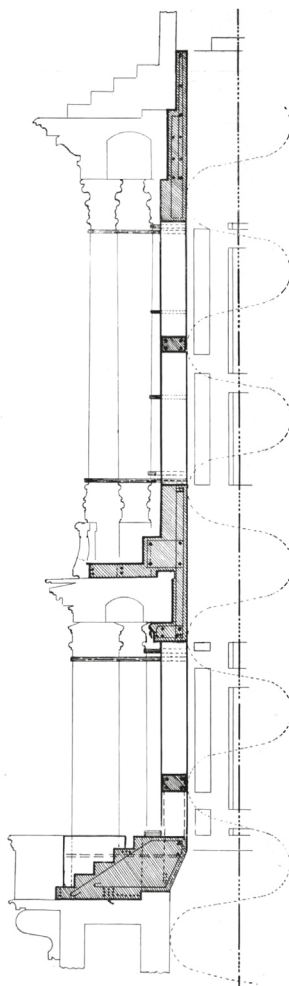
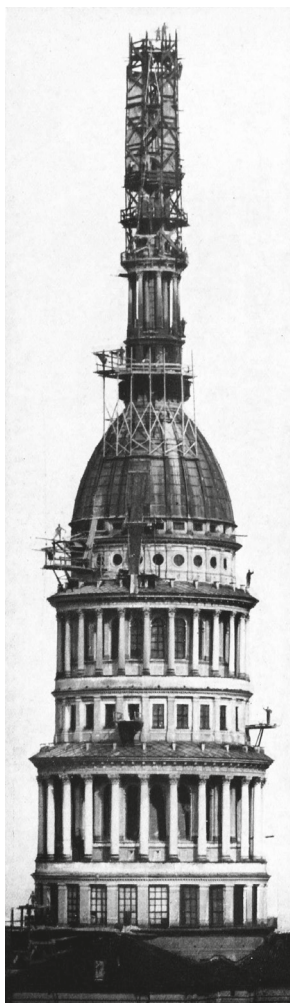
Nella diatriba all’approccio deterministico si oppone una analisi basata sull’osservazione e una conoscenza della concezione del progetto, affermando la sfiducia nella modernità come unico elemento risolutivo dei problemi della cupola antonelliana. L’aspetto legato alla storia della costruzione, intesa come comprensione della logica costruttiva e della sapienza tecnica legata all’esperienza del progettista, si contrappone alla volontà di affiancare il solo calcolo all’osservazione. La ricchezza della documentazione tecnica e i commenti che descrivono le fasi dell’intervento di consolidamento, ben descritti nella tesi di laurea e successive pubblicazioni da Chiara Calderini¹³, consentono una lettura di questo processo che si manifesta con gli effetti, veri o presunti, sulla costruzione. Danusso identifica alcuni problemi strutturali evidenziati da un quadro fessurativo importante, addebitato ad un cattivo comportamento della costruzione, in particolare per le azioni dinamiche provocate dal vento, oltre alla nota arditezza progettuale dell’Antonelli. Non riconoscendo l’attitudine della muratura a sopportare con efficacia queste sollecitazioni, aggravate alla risposta del materiale rispetto ai cicli termici, interviene a più riprese con opere in cemento armato iniziate con la demolizione e ricostruzione della guglia nel 1931-32. Il nuovo cupolino è sorretto dagli otto pilastri che vengono rinforzati con “una crosta di cemento armato poggiante su un anello pure in cemento armato. Tutti gli archi inferiori e superiori dovevano pure essere rinforzati con cemento armato e tutto l’insieme formare come un monolito terminato superiormente da un altro anello in cemento armato”¹⁴. Nel 1937 a seguito di ulteriori dissesti Danusso progetta un nuovo intervento.

Secondo Danusso, per la prima e seconda galleria, il restauro consiste nella costruzione di pilastri in cemento armato, a ridosso delle colonne esistenti, costituenti come una grande camicia opportunamente sbadacchiata da traverse e collegata trasversalmente da un elicoide, atta a formare la struttura portante della nuova scala.¹⁵

I lavori saranno accompagnati da una serie di danni, secondo Daverio derivanti dall’eccessivo peso della nuova guglia e l’irrigidimento



Alessandro Antonelli, cupola di San Gaudenzio, Novara, 1840-85.
 Fotografie che ritraggono le fasi di disposizione
 dell'armatura di rinforzo delle strutture esistenti [anni Trenta]



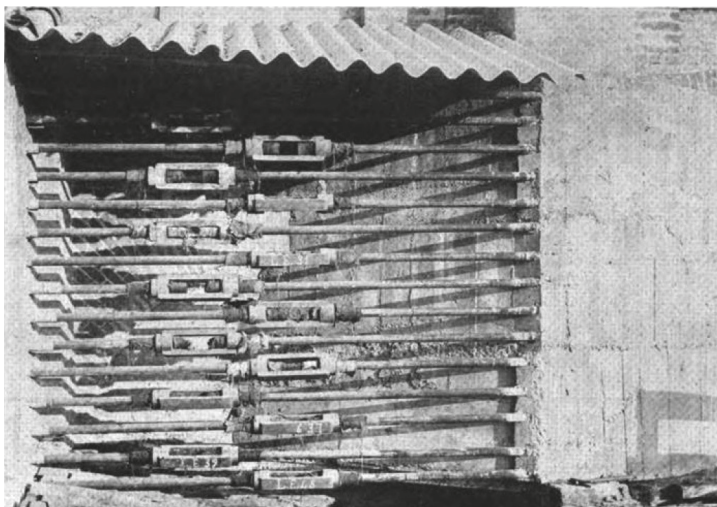
A sinistra: Alessandro Antonelli, cupola di San Gaudenzio, Novara, 1840-85.
I lavori di ricostruzione della guglia, 1931

A destra: Sezione costruttiva degli interventi di Arturo Danusso per il consolidamento della cupola di San Gaudenzio a Novara [anni Trenta]

complessivo della struttura, ipotizzando la demolizione del “cupolino ortopedico” e la sua ricostruzione in forme antonelliane¹⁶. Il dibattito si protrarrà sino agli anni Cinquanta con interventi di incatenamento e puntellazioni e la costruzione nel 1947 di un anello di cemento armato per la rimozione di alcune opere provvisori¹⁷.

La commistione tra antico e nuovo si presenta con grande violenza, le nuove strutture sostituiscono, avvolgono e sopraffanno in alcuni casi le membrature in muratura. Nella descrizione del progetto la grande dovizia di valutazioni analitiche nei confronti della nuova struttura non è accompagnata secondo Daverio da una analoga riflessione sulla qualità dell’organismo costruttivo antonelliano, in una visione che relaziona il calcolo all’architettura, filtrata dall’osservazione del manufatto e dall’esperienza dell’Antonelli¹⁸. Danusso non esprime valutazioni sulla nuova struttura ibrida, indicando solamente che la contemporaneità non turba eccessivamente il regime dei carichi¹⁹ e come il nuovo assetto spaziale riequilibra la struttura nella simmetria, fattore estremamente significativo per la risposta alle sollecitazioni dinamiche, distribuendo i carichi statici in modo più appropriato.

La difficoltà anche oggi presente di valutare compiutamente la capacità residua delle costruzioni storiche e il comportamento complessivo delle costruzioni ibride costituisce un reale problema risolto, come detto, da Danusso concentrandosi prevalentemente sul “nuovo”, protesi a cui vanno trasferite le maggiori necessità in termini di capacità. Atteggiamento che si diffonderà in modo rapidissimo generando spesso progettisti meno attenti, o capaci, privilegiando sostituzioni o affiancamenti con numerosi problemi nel contatto tra antico e nuovo. Oggi, con un certo imbarazzo, la Conservazione si trova di fronte ad interventi oramai storicizzati e in alcuni casi necessitanti di restauro. Il tema del *Restauro del Restauro* si complica ulteriormente in opere come San Gaudenzio dove l’evidente maestria di Danusso si è espressa generando una relazione complessa e affascinante con l’opera dell’Antonelli, i cui limiti di comportamento sono molto difficili da valutare e dove la Conservazione non può non confrontarsi con la genesi culturale che ha portato a questi esiti. Le strutture ibride alla prova del tempo evidenziano necessità e problematiche nuove legate al comportamento non solo del nuovo materiale ma anche dei rapporti costruttivi tra antico e nuovo che in molti casi costituiscono un grave problema di convivenza in termini di durabilità.



Alessandro Antonelli, cupola di San Gaudenzio, Novara, 1840-85.
Il sistema di catene sui pilastrini utilizzato nell'ambito
degli interventi di Arturo Danusso per il consolidamento [anni Trenta]

1. A. Danusso, *La statica delle costruzioni antisismiche*, in “Atti della Società degli Ingegneri e degli Architetti di Torino”, a. XLIII, fasc. 5-6, 1909, pp. 65-87.

2. M.A. Crippa, *Il consolidamento statico della Cupola di San Gaudenzio in Novara* in M.A. Crippa, P. Cimbolli Spagnesi, F. Zanzottera (a cura di), *Arturo Danusso e il suo tempo. Intuito e scienza dell'arte del costruire*, Quasar, Roma 2020, pp. 186-187.

3. C. Danusso, *La storia di Arturo*, in A. Danusso, *Spiritualità e conoscenza del lavoro dell'ingegnere. Scritti civili e rari*, a cura di A. Pizzigoni, V. Sumini, Christian Marinotti edizioni s.r.l., Milano 2014, p. 16.

4. In riferimento a Porcheddu sottolineando comunque la necessità di un approccio teorico operativo afferma “salito [Porcheddu ndr] con rara tenacia dal lavoro manuale alla posizione di ingegnere, portò in questa le forti intuizioni dell'esperienza personale, e fu in grado di comprendere, come pochissimi allora, le nuove idee di seguirle e di attuarle con fervore”. A. Danusso, *Spiritualità e conoscenza del lavoro dell'ingegnere. Scritti civili e rari*, cit., p. 88.

5. *Relazione della Giuria del Concorso per costruzioni edilizie nelle regioni italiane soggette a movimenti sismici indetto dalla Società Cooperativa Lombarda dei Lavori Pubblici sotto gli auspici del Collegio degli Ingegneri ed Architetti di Milano*, in “Il monitore tecnico: giornale d'architettura, d'Ingegneria civile ed

industriale, d'edilizia ed arti affini”, n. 26, 20 settembre 1909, pp. 501-504; n. 27, 30 settembre 1909, pp. 522-526; n. 28, 10 ottobre 1909, pp. 543-546.

6. Al fine di rendere l'edificio capace di sostenere le scosse ondulatorie senza danneggiarsi sarà opportuno realizzare efficaci collegamenti tra strutture orizzontali e verticali e curare la disposizione delle masse ispirandosi a criteri di simmetria, in modo da costringere i piedritti ad oscillare insieme in modo sincrono In A. Danusso, *Le Costruzioni antisismiche*, in “Il monitore tecnico: giornale d'architettura, d'Ingegneria civile ed industriale, d'edilizia ed arti affini”, n. 22, 10 agosto 1909, pp. 423-428.

7. In riferimento al vantaggio della monoliticità raggiungibile dalle strutture in cemento armato, Danusso riflettendo sull'opera di Hennebique scrive nel 1926: “La capacità della costruzione così formata [in cemento armato ndr] di comportarsi non come una associazione di elementi puramente appoggiati l'uno all'altro, ma come un complesso monolitico costituente un solo organismo statico”. A. Danusso, *Il calcestruzzo armato*, in Id., *Spiritualità e conoscenza del lavoro dell'ingegnere. Scritti civili e rari*, cit, p. 88. E ancora: “Perciò io non esito a credere che il cemento armato abbia ad essere il materiale principe delle costruzioni antisismiche. Come dal recente suo apparire fino ad oggi, ha già dimostrato di affrontare con perfetta sicurezza le più impressionanti difficoltà statiche, così è naturale che nel presente problema esso rappresenti il migliore elemento materiale”. Tratto da A. Danusso, *Spiritualità e conoscenza del lavoro dell'ingegnere. Scritti civili e rari*, cit., p. 52.

8. V - Gli esperti hanno inteso varie comunicazioni relative all'impiego di materiali moderni per il consolidamento degli antichi edifici; ed approvano l'impiego giudizioso di tutte le risorse della tecnica moderna, e più specialmente del cemento armato. Essi esprimono il parere che ordinariamente questi mezzi di rinforzo debbano essere dissimulati per non alterare l'aspetto e il carattere dell'edificio da restaurare; e ne raccomandano l'impiego specialmente nei casi in cui essi permettono di conservare gli elementi in situ evitando i rischi della disfattura e della ricostruzione" (*Carta del Restauro di Atene*, 1931).

9. Aialdo Daverio, nato a Novara il 13 dicembre del 1909, si laurea al Politecnico di Milano nel 1933 in Ingegneria Industriale e Meccanica. Pubblica nel 1940 *La Cupola di san Gaudenzio*.

10. F. Rosso, *La cupola di San Gaudenzio Novara 1858-64*, in F. Rosso, *Alessandro Antonelli 1798-1888*, Electa, Milano 1989, pp. 202-205.

11. Giuseppe Magistrini, capocantiere a San Gaudenzio sino al 1863.

12. "Per la costruzione degli arconi, che dovevano 'riuscire una massa compatta come colata di getto' i mattoni dovevano combaciare perfettamente e per questo Magistrini inventò una macchina per 'spiallarli' e dar loro la forma voluta". F. Giovannardi, *Alessandro Antonelli*, 2020, p. 81, disponibile a: https://issuu.com/fausto9312/docs/alessandro_antonnelli.

13. C. Calderini, *I monumenti della paura: cultura e tecnica del cemento armato nel restauro dei monumenti in Italia (1900 – 1945)*, Tesi di laurea

in Architettura, Politecnico di Torino, Facoltà di Architettura, rel. prof. ing. Vittorio Nascè, 2000.

14. A.S.N. Fondo del Comune di Novara, parte III b. 677, Relazione del Presidente della Fabbrica Lapidea del 5 ottobre 1931, in C. Calderini *I monumenti della paura*, cit, 2000, pp. 204-205, nota 42.

15. A.S.N. Fondo del Comune di Novara, parte III, b. 674, Seduta della Fabbrica lapidea del 31 marzo 1937, in C. Calderini *I monumenti della paura*, cit, 2000, p. 210-2011, nota 56.

16. G. Peagno (a cura di), *Per San Gaudenzio*, Ed. aggiornata dell'opera *La Cupola di S. Gaudenzio* (1940), di Aialdo Daverio, Valerio Maioli Impianti, Ravenna 1999, p. 243.

17. Il travaglio di Danusso nei confronti della vicenda è ben testimoniato da una lettera al Sindaco di Novara del 16 aprile del 1954 dove si dichiara favorevole alla demolizione e ricostruzione del cupolino, opera realizzata in modo approssimativo vista l'urgenza (ipotesi non attuata).

18. Scrive Daverio, riferendosi anche a San Gaudenzio: "Nella struttura antonelliana (mi riferisco alle sue opere più ardite) il 'muro' non esiste più. Paradossso: costruzione muraria senza muri. Tutto il peso è concentrato in colonne o pilastri. Volte e cupole stanno in aria su colonne. I muri esterni che si vedono, servono solo per chiusura e per sostegno dei tetti più bassi [...]. Cupole interne del San Gaudenzio che realizzano un insieme leggero e indeformabile, come i nodi delle canne vegetali". A. Daverio, *Ispirazione romantica nell'architettura*

di Alessandro Antonelli, in “Atti e rassegna della società ingegneri ed architetti in Torino”, Nuova serie, a. 14, n. 2, 1960, pp. 72-73.

19. “È stato domandato se il peso aggiunto alla guglia nei restauri precedenti possa essere complice dei movimenti attuali. Per rispondere basta pensare che l’aggiunta globale per i due restauri fu di circa 300 tonnellate, mentre il carico portato dal complesso degli arconi era di circa 7.600 tonnellate; quindi gli arconi ebbero un aggravio del 4% in cifra tonda, immensamente minore anche del più modesto margine di sicurezza a cui un costruttore, sia pure l’audacissimo Antonelli, possa essersi attenuto”. A.S.N. Fondo del Comune di Novara, parte III, b.676/1, Lettera di Danusso al Podestà in C. Calderini, *I monumenti della paura*, cit, 2000, p. 218, nota 84.

Modernità e calcestruzzo. Eduardo Torroja e l'ingegneria italiana

Pepa Cassinello

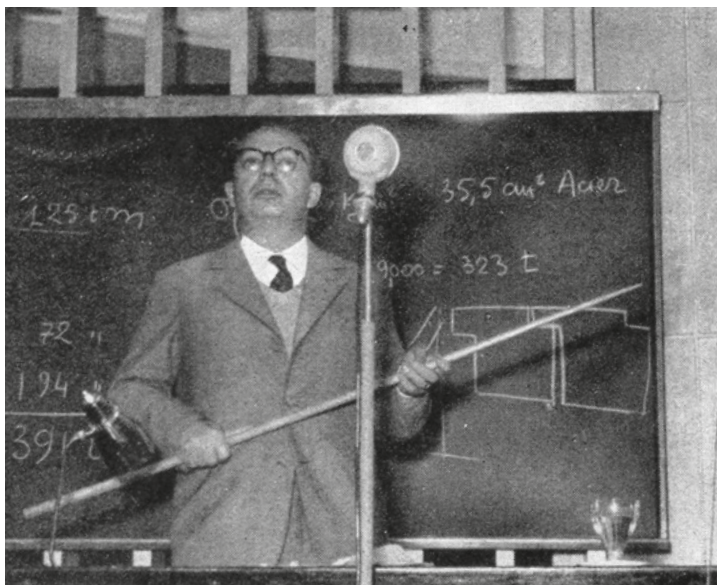
Eduardo Torroja ha avuto una relazione speciale e profonda con l'ingegneria italiana, per la quale provava una grande ammirazione. Con essa ha condiviso la memorabile e ardita avventura tecnico-scientifica dello sviluppo del calcestruzzo armato e precompresso. Materiali che, insieme al nuovo sentire della Modernità, offrivano la più ampia possibilità di generare nuovi linguaggi formali e vincere sfide tecnologiche mai neppure sognate.

A partire dal 1928, dopo lo svolgimento del primo congresso CIAM, presieduto da Le Corbusier, si prevedeva un grande cambiamento. Non si trattava di un nuovo stile architettonico. Era la nascita di un nuovo modo di pensare, di desiderare, di progettare, di agire, di produrre, di costruire. Il dibattito generato comprendeva tutti gli aspetti coinvolti dall'Architettura; non solo bisognava imparare a progettare con nuovi materiali, bisognava farlo cercando di uniformare e standardizzare. Pertanto, Lucio Costa (1902-98) lo definì come il cambiamento più importante della Storia dell'Architettura, sostenendo che, da quel momento in poi, il rinnovamento umanistico del Rinascimento poteva apparire nella Storia come un semplice gioco tra intellettuali raffinati¹. Il motto della Modernità è riconosciuto nella frase “less is more”, attribuita a Mies van der Rohe. Fu il calcestruzzo che diede l'opportunità di mettere a nudo l'architettura e l'ingegneria in modo definitivo. La stessa melodia suonava in tutte le arti; la musica, la poesia, la danza, la scultura, la pittura.

In questa storia appassionante, il nome di Eduardo Torroja (1899-1961) è collegato a molti ingegneri italiani; tra gli altri, e per ragioni diverse, ai famosi Gustavo Colonnetti (1886-1968), Pier Luigi Nervi (1891-1979), Riccardo Morandi (1902-89), Mario Salvadori (1907-97) e Franco Levi (1914-2009).

Gli anni Trenta

La storiografia internazionale riconosce Eugène Freyssinet, Robert Maillart, Pier Luigi Nervi e Eduardo Torroja come i grandi maestri della costruzione in calcestruzzo. Nelle loro mani nacque la pionieristica “Arte Strutturale” all'inizio del XX secolo, denominazione coniata suc-



Franco Levi all' Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Madrid, 1959



Pier Luigi Nervi all'Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Madrid, 1959

cessivamente da David P. Billington² all'Università di Princeton.

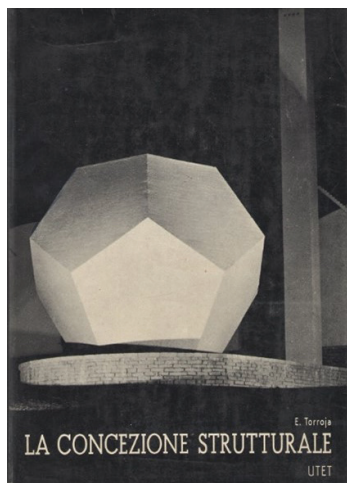
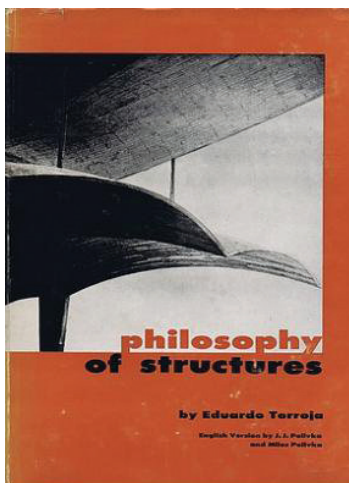
Negli anni Trenta, Nervi in Italia e Torroja in Spagna costruirono gran parte della loro eredità più iconica³. Entrambi guidarono lo sviluppo di nuove forme resistenti – le strutture *a guscio* – quando il calcestruzzo era in piena crescita e i metodi di calcolo strutturale erano manuali e complessi. In quegli anni, progettare e costruire queste nuove strutture era davvero un'impresa.

Entrambi utilizzarono modelli fisici in scala ridotta per provare i risultati dei propri calcoli e del proprio intuito per la resistenza. Nervi realizzò i suoi primi modelli con Arturo Danusso per le famose aviorimesse di Orvieto e, presso l'ISMES (Istituto Sperimentale Modelli e Strutture), come il modello del grattacielo Pirelli di Gio Ponti⁴. Torroja fondò, nel 1930, la sua società di prove su modelli, la ICON. È riconosciuto come il padre dei modelli scientifici. Sono famosi quelli che ha realizzato in microcemento per il Mercato di Algeciras e il Frontón Recoletos di Madrid⁵.

Nel 1932, Nervi costruì lo Stadio Comunale Giovanni Berta (oggi Stadio Artemio Franchi), mentre Torroja progettava l'Ippodromo della Zarzuela. Sfortunatamente era in costruzione nel 1936, quando scoppiò la Guerra Civile spagnola. Si tratta di due pionieristiche coperture a guscio a sbalzo, che costituiscono parte dell'eredità più ammirata della Modernità⁶.

Gli anni Quaranta

Nel 1945, finita la Seconda Guerra Mondiale, nacque un senso internazionale di unità. Si fondarono molte associazioni internazionali. Tra le altre, la RILEM (International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures), fondata nel 1947. I soci fondatori provenivano da sedici diversi paesi; Gustavo Colonnetti fu il presidente nel 1948, e Eduardo Torroja lo fu nel 1951. Entrambi condividevano l'interesse non solo per l'insegnamento, ma anche per il calcestruzzo precompresso. Nel 1927, Eduardo Torroja costruì l'Acquedotto di Tempul con un ingegnoso sistema di precompressione, prima che Freysinnet registrasse il primo brevetto nel 1928 a Parigi. È considerato come uno dei primi ponti in calcestruzzo armato precompresso del mondo. Gustavo Colonnetti registrò diversi brevetti di precompresso, influenzando sul suo sviluppo e sull'educazione universitaria di diverse generazioni⁷.



“Informes de la Construcción”, vol. 10, n. 98, 1958;
E. Torroja, *Razón y Ser de los tipos estructurales*, 1957

E. Torroja, *Philosophy of Structures*, 1958; E. Torroja, *La concezione strutturale*, 1966

Nel 1948, Eduardo Torroja fondò la rivista “Informes de la Construcción”, sulle cui pagine pubblicò le opere più innovative che si costruivano a livello internazionale. Tra esse, quelle dei suoi amici italiani; Nervi, Morandi⁸, Salvadori, Levi. Tutti erano relatori abituali invitati da Torroja presso il suo Istituto⁹.

Il 13 giugno del 1949 Eduardo Torroja fondò la ATEP (Asociación Técnica Española del Pretensado), tre anni prima che si fondasse la FIP (Fédération Internationale de la Précontrainte). Lo stesso anno indisse un Concorso Internazionale per l’Industrializzazione dell’Abitazione. Vennero presentate proposte da diciotto paesi, tra i quali non mancava l’Italia¹⁰.

Gli anni Cinquanta

Nel 1950 Torroja, rispondendo all’invito del 1949 di Frank Lloyd Wright andò a Taliesin West. Wright conosceva la sua opera attraverso l’ingegnere Jaroslav Josef Polivka, che per questo viaggio di Torroja organizzò conferenze in diverse università americane, tra le quali Berkeley e Columbia, dove il suo amico Salvadori fu professore per cinquant’anni.

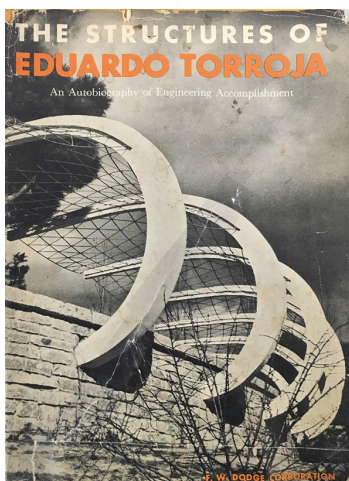
Nel 1952 venne fondata la FIP; Freysinnet ne fu il presidente dal 1953 al 1958; Eduardo Torroja dal 1958 al 1966; Franco Levi dal 1966 al 1970. Nel 1953 venne istituito il CEB (Comité Euro-International du Béton). Levi ne fu il presidente dal 1957 al 1968.

Gustavo Colonnetti pubblicò nel 1957 il terzo volume di *Scienza delle costruzioni*, sotto il titolo *La tecnica delle costruzioni: le pareti sottili*¹¹. Invitò a scrivervi Nervi, Torroja e Oberti.

Lo stesso anno Torroja pubblicò il suo famoso libro *Razón y Ser de los Tipos Estructurales*, tradotto in inglese da Jaroslav Josef Polivka e suo figlio Milos e pubblicato con il titolo *Philosophy of Structures* dalla Berkeley University of California Press nel 1958. Nel 1966 Levi curò la traduzione in italiano: *La Concezione Strutturale*, e nel 1958 venne pubblicato a New York il libro *The Structures of Eduardo Torroja*, con prefazione di Mario Salvadori¹².

L’anno 1959 fu speciale per Torroja: il suo Istituto compì venticinque anni, e vi si tenne l’International Colloquium on Nontraditional Processes for Thin Shell Construction, fondando la IASS (International Association for Shell Structure) sotto la sua presidenza e con Franco Levi come tesoriere.

Torroja invitò Nervi come relatore principale sia alla cerimonia accademica per celebrare i venticinque anni, sia al congresso internazionale, anche se a quest'ultimo egli non poté partecipare. Si presentarono più di cento specialisti di diciotti paesi, e Torroja li ricevette nel patio con giardino dell'Istituto, dove aveva costruito appostamente due strutture a guscio sperimentali¹³.



E. Torroja, *The Structures of Eduardo Torroja*, 1958; Sessione accademica commemorativa del venticinquesimo anniversario della fondazione dell'Institut de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, 1959

Eduardo Torroja, struttura a guscio sperimentale realizzata nel giardino dell'Institut de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, 1959

1. L. Costa, *Razones de la nueva arquitectura, 1934 y otros ensayos*, Embajada del Brasil, Lima 1986, p. 26.
2. D.P. Billington, *The Tower and the Bridge. The New Art of the Structural Engineering*, Princeton University Press, Princeton 1983.
3. Per una panoramica dell'opera di Nervi e Torroja negli anni Trenta, si rimanda a P.L. Nervi, *The Works of Pier Luigi Nervi*, Frederick A. Praeger, New York, 1957 e E. Torroja, *Eduardo Torroja. Sus Obras 1926-1936*, Talleres de Unión Poligráfica, Madrid 1940.
4. Si veda M.A. Chiorino, G. Neri, *Model testing of structures in pre-war Italy. The School of Arturo Danusso*, in B. Addis (a cura di), *Physical Models: Their historical and current use in civil and building engineering design*, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 2021, pp. 299-319; Id., *Model testing of structures in post-war Italy. The activity of ISMES, 1951-1974*, in B. Addis (a cura di), *op. cit.*, pp. 441-475.
5. Si veda P. Cassinello, J.A. Torroja, *The Pursuit for New Structural Forms: Eduardo Torroja and Frei Otto*, in "Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures", vol. 59, 2018, pp. 34-42.
6. Si veda P. Cassinello, *Historical Design of Cantilever Shells of Modernist Architecture*, in "Architecture and Engineering Journal", vol. 5., n. 3, 2020, pp. 3-13.
7. Si veda T. Iori, *Pier Luigi Nervi*, Federico Motta Editore, Milano 2009.
8. Si veda M. Marandola, *Riccardo Morandi ingegnere (1902-1989). Dagli esordi alla fama internazionale*, in "Rassegna di Architettura e Urbanistica", in T. Iori, S. Poretti (a cura di), *Ingegneria Italiana*, numero monografico, n. 121-122, gennaio-agosto 2007, pp. 90-104.
9. Si veda P. Cassinello (a cura di), *El Espíritu Impreso de una Idea/The Spirit of an Idea in Print. Catálogo exposición 60 años revista Informes de la Construcción*, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Madrid 2008.
10. Si veda P. Cassinello (a cura di), *Eduardo Torroja 1949: Strategy to Industrialise Housing in Post-World War II*, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Madrid 2013.
11. G. Colonnetti, *Scienza delle costruzioni*. Vol. 3, *La tecnica delle costruzioni: le pareti sottili*, Einaudi, Torino 1957.
12. Si veda P. Cassinello, *Museo Eduardo Torroja*, Fundación Eduardo Torroja, Madrid 2016. Tradotto in tedesco, francese, inglese, italiano, giapponese, portoghese, russo.
13. Si ringrazia F. Zanotto per la traduzione di questo testo dallo spagnolo.

3. La scuola di Milano

L'ingegneria strutturale al Politecnico di Milano. Intervista a Giulio Ballio*

Ludovica Cappelletti

Ludovica Cappelletti, Politecnico di Milano

* Intervista al Professore Emerito Ingegnere Giulio Ballio, Rettore del Politecnico di Milano dal 2002 al 2010, svolta presso il Politecnico di Milano tra maggio e giugno del 2022.

L'autrice ringrazia il Professor Ballio per il tempo e la disponibilità che le ha dedicato.

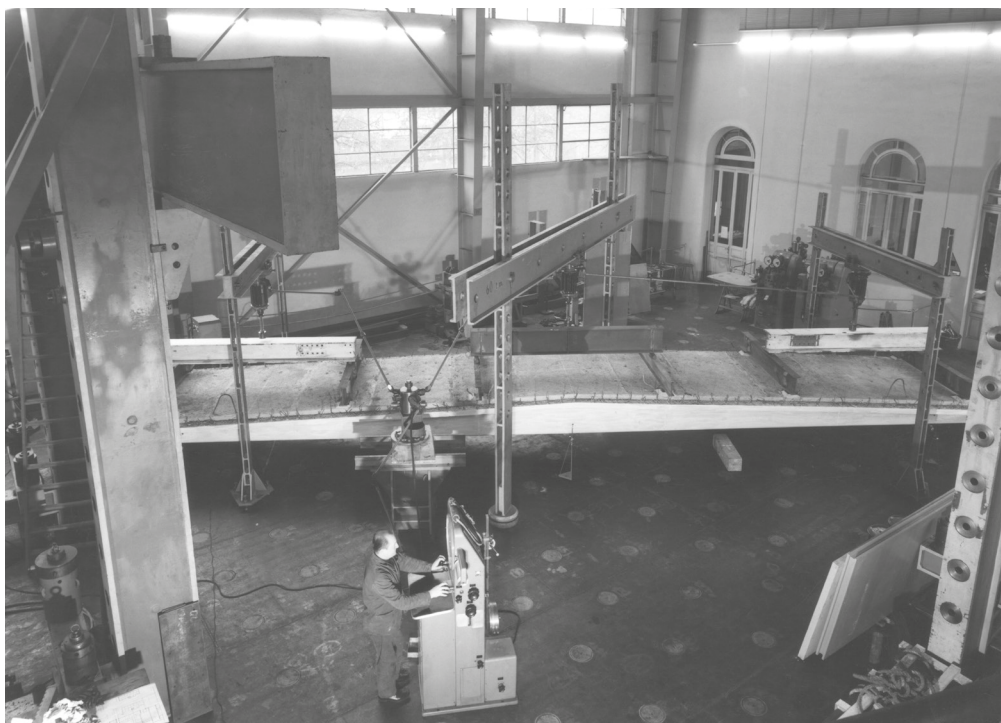
Ludovica Cappelletti [LC]: Quando si dà avvio a una Scuola di Ingegneria delle costruzioni civili al Politecnico di Milano? Lo chiedo a Lei, che vi ha vissuto da quando si è laureato, che insieme ad altri ne è stato docente e ricercatore e soprattutto poiché è stato Rettore del Politecnico e quindi ha maturato un punto di vista del tutto particolare.

Giulio Ballio [GB]: Come insegnamento, l'ingegneria delle costruzioni viene istituita già alla fondazione del Politecnico, nel 1863, ma una vera e propria scuola di Ingegneria Strutturale inizia nel 1915, con la chiamata di Arturo Danusso alla cattedra di Meccanica applicata alle Costruzioni¹. Danusso lavorava a Torino nello studio tecnico dell'impresa Porcheddu, licenziataria dei brevetti di Hennebique, era molto stimato come progettista di costruzioni in cemento armato, allora decisamente innovative². Fu chiamato a Milano perché il Politecnico di Milano cercava docenti capaci di operare una fruttuosa sintesi fra formazione, progettazione e nuove conoscenze, a servizio delle attività ingegneristiche. Fino al 1950 Danusso fu ritenuto il più grande esperto di modellazione dei problemi complessi della Scienza delle Costruzioni, capace di prevedere il funzionamento di una struttura con la dote elitaria dell'intuizione. La Mole Antonelliana a Torino, San Gaudenzio a Novara, a Milano il Grattacielo Pirelli, la Torre Velasca, il Duomo e Sant'Ambrogio, i piloni di attraversamento dell'elettrodotto sullo stretto di Messina portano i segni dei suoi contributi progettuali³. Dal punto di vista scientifico, possiamo dire che a Danusso vadano attribuite in particolare due conquiste. La prima, è l'aver capito e considerato il ruolo benefico della plasticità, la seconda è l'aver compreso che gli effetti distruttivi di un terremoto non erano motivati dalla debolezza della struttura, ma dal suo comportamento dinamico. Danusso aveva una visione quasi *teologica* della Scienza delle Costruzioni: vi leggeva l'influenza della spiritualità⁴. È stato molto criticato per questo. L'ho conosciuto quando aveva quasi novant'anni, quando, colloquiando con noi studenti a casa sua, individuava nel *minimo* dei teoremi variazionali il concetto di economia nella *creazione dell'universo*, del *non sciupare i pani*, in senso evangelico.

Accanto a Danusso, ma in un Istituto diverso, Luigi Santarella, pugliese e laureato al Politecnico di Milano, insegnava nei corsi di Cemento armato e di Ponti e grandi strutture speciali, poi riuniti nel corso di Costruzioni in ferro, legno e cemento armato divenuto Tecnica delle Costruzioni, nel quale furono gradualmente aboliti i contenuti di costruzioni in legno e in acciaio. Santarella fu un grande progettista di ponti e un formidabile divulgatore delle costruzioni in cemento armato con i suoi libri e soprattutto con il *Prontuario del cemento armato*, che fu, per più di cinquant'anni, assieme al regolo calcolatore, il fedele compagno di ogni ingegnere civile. Santarella fondò la prima scuola di specializzazione per le applicazioni del cemento armato che divenne ben presto, con il contributo di Italcementi, il Corso di perfezionamento per le costruzioni in cemento armato F.lli Pesenti⁵. Santarella morì non ancora cinquantenne; al suo posto fu chiamato da Padova Luigi Stabilini al quale si deve il consolidamento dell'Istituto di Costruzioni e Ponti, nel quale si concentrarono progressivamente le attività di ricerca delle costruzioni in cemento armato e dei ponti⁶.

In definitiva, alla fine degli anni Cinquanta, vi erano due Istituti in competizione per attività di progettazione e di consulenza e molto diversi per attività di ricerca: modelli sperimentali, calcolo computazionale, plasticità, dinamica e sismica caratterizzavano quello creato da Danusso, ricerca finalizzata alle costruzioni in cemento armato quello creato da Santarella. Ai due Istituti si affiancò nel 1947, a Bergamo, l'ISAC, Istituto Sperimentale Applicazioni Calcestruzzo, concepito da Danusso e dal suo collaboratore Guido Oberti, finanziato dalla Italcementi di Carlo Pesenti. Nel 1951 l'ISAC diede origine all'ISMES, Istituto Sperimentale Modelli e Strutture, laboratorio esterno all'università sovvenzionato dall'Italcementi di Bergamo e dalle maggiori società idroelettriche, presieduto da Danusso e poi da Guido Oberti, che nel frattempo era stato chiamato al Politecnico di Torino⁷.

LC: Nella vicenda progettuale del Grattacielo Pirelli, Danusso lavora, tra gli altri, con gli architetti Gio Ponti e Alberto Rosselli, entrambi laureati al Politecnico di Milano, e con Pier Luigi Nervi. Con loro elabora il sistema strutturale dell'edificio grazie alla costruzione di un modello sperimentale presso l'ISMES, mentre al Laboratorio Prove Materiali del Politecnico, che Danusso dirigeva, vengono rilasciate le certificazioni dei materiali impiegati. Emerge così una figura capace di



Facciata principale del Politecnico di Milano, anni Trenta.

*Sala prove grandi strutture: prova di resistenza a flessione su elemento di c.a.,
Istituto di Scienza delle Costruzioni, [ante 1963].*

fare della ricerca scientifica uno strumento per la professione, e viceversa. Chi ha seguito Danusso in questa direzione?

GB: Quando, nel 1950 Danusso lasciò la cattedra, c'erano tre suoi collaboratori che potevano aspirare alla sua successione: Guido Oberti, Piero Locatelli e Italo Bertolini. Bertolini aveva diretto i suoi interessi verso i problemi di fatica e gli impianti a fune tanto da diventare il riferimento per tutti i costruttori di funivie; la sua destinazione più logica fu l'Istituto di Costruzione delle Macchine a servizio dell'Ingegneria Meccanica. Fra Oberti e Locatelli fu preferito quest'ultimo, persona brillante, con grande capacità gestionale, ottimo ingegnere. Oberti migrò al Politecnico di Torino mantenendo ben stretti i rapporti con Danusso e con l'ISMES di cui divenne presidente.

Locatelli diresse l'Istituto di Scienza delle Costruzioni per quasi vent'anni, mise al servizio delle imprese e dei professionisti il Laboratorio Prove Materiali, ed ebbe il raro intuito di assegnare i giusti compiti ai suoi collaboratori in funzione delle loro capacità⁸. Oltre a diventare il più grande professionista milanese di allora nel campo delle strutture in cemento armato, era quotidianamente presente nel suo ufficio del Politecnico dal quale amministrava sia l'insegnamento che i rapporti professionali, temuto in entrambi gli aspetti. Ben separati dalla sua segretaria, nella stanza di sinistra arrivavano i clienti, in quella di destra assistenti e, eccezionalmente, studenti.

LC: Sia Danusso che Locatelli coniugano l'attività didattica con la professione. Come era organizzato questo intreccio?

GB: Fino agli anni Settanta gli Istituti universitari erano mono cattedra e il cattedratico era il *barone* a cui si doveva non solo rispetto, ma soprattutto riverenza e obbedienza. Egli coglieva le occasioni di avanzamento di carriera dei suoi assistenti, spartiva ai collaboratori gli incarichi professionali ritenuti secondari, interloquiva con i suoi pari nei Consigli di Facoltà e soprattutto nelle commissioni di concorso. Soltanto il cattedratico si rapportava con i leader industriali per portare in Istituto i finanziamenti privati utili alla crescita edilizia e delle attrezzature di prova. Potremmo dire che la gestione dell'università e dei suoi Istituti era basata su una monarchia assoluta: se il monarca era illuminato e sapeva coniugare gli interessi suoi personali con quelli

della istituzione di appartenenza, l'Istituto cresceva in risorse e prestigio. Altrimenti la comunità che circondava il barone era condannata a una rapida decadenza.

LC: L'impegno di Locatelli è quindi diretto verso le costruzioni in cemento armato, su cui lavora anche il Laboratorio Prove Materiali. È una specializzazione legata al panorama edilizio di quegli anni? Ha dei riflessi anche nell'attività didattica?

GB: Certo, perché in quel periodo non troviamo costruzioni in acciaio nell'architettura italiana; è una tecnica di costruzione che era stata abbandonata per via dell'autarchia nel ventennio fascista, era una cultura ormai dimenticata. Pensi che dal 1920 al 1940 si costruirono in acciaio soltanto la Torre Branca al Parco Sempione e ponti ferroviari.

Locatelli era un uomo estremamente generoso, seppe circondarsi e aiutare una moltitudine di professionisti milanesi, divenne il riferimento per la maggior parte degli Uffici Tecnici delle imprese di costruzioni lombarde. Come Danusso ebbe ottimi rapporti con le diocesi lombarde che lo chiamarono per i lavori di consolidamento e restauro di molti complessi ecclesiastici.

LC: Entrambi gli ingegneri, Danusso e Locatelli, hanno un ruolo fondativo nelle costruzioni in territorio lombardo, e milanese in particolare. Esprimono bene la relazione instaurata dal Politecnico con Milano e la funzione propulsiva che l'Ateneo ha avuto nel *costruire* la città moderna.

GB: Guardi, cercherò di riassumere quella che per me è l'opera più eccezionale di Locatelli, anche se, per ovvie ragioni, fu tenuta nascosta ai più: il consolidamento delle colonne del tiburio del Duomo di Milano. Un giorno il protoarchitetto della fabbrica del Duomo, ingegner Carlo Ferrari da Passano, telefonò a Locatelli per uno strano problema che lo preoccupava: il sacrestano gli aveva raccontato che, ogni volta che spazzava il pavimento intorno a una delle colonne del tiburio, trovava delle piccole *scaglie* di marmo. I due si chiesero: se fosse un segno premonitore? La prova sperimentale effettuata con la pressa da 2000 tonnellate dell'ISMES mostrò che al 95% del carico di collasso del modello in scala della colonna, cominciavano a schizzare

piccole scaglie di marmo, così come nella realtà. Se ne dedusse che le quattro colonne del tiburio del Duomo erano alla soglia del crollo. Il lavoro di consolidamento, diretto da Locatelli e Ferrari, fu un'opera di altissima ingegneria, sia strutturale che gestionale, su una costruzione mantenuta nella completezza delle sue funzioni: il Duomo fu monitorato in continuo e mai fu necessario applicare il piano di evacuazione di tutti gli edifici della piazza, che comprendeva anche la Galleria e l'allora Rinascente⁹.

LC: Questo progetto, e quanto Lei ci ha raccontato prima sui docenti *illuminati*, mostrano il ruolo dell'ingegneria strutturale nel preservare la memoria storica della città e dei suoi monumenti. Come si collocano la scuola milanese e i suoi vari interpreti nel panorama italiano?

GB: Nel settore delle costruzioni in Italia, ci fu, come oggi, il dominio professionale di Roma. A Roma sono i Ministeri e la maggior parte degli Enti decisionali di opere pubbliche, all'università di Roma c'era il professor Carlo Cestelli Guidi con i suoi assistenti e collaboratori, a Roma operavano grandi studi di ingegneria come Pierluigi Nervi, Riccardo Morandi, Sergio Musumeci¹⁰.

La scuola universitaria di Milano o quella molto simile di Napoli, furono forse meno produttive nella progettazione di opere pubbliche, ma molto più forti nella ricerca e nella presenza negli organismi internazionali preposti alla ricerca e alla normazione. Furono anche le prime a comprendere che le attività prioritarie di un professore universitario sono la ricerca e la formazione e *poi* l'esercizio della professione.

LC: Se guardiamo al mondo della ricerca, possiamo considerare Locatelli l'erede di Danusso?

GB: Locatelli era circondato da numerosi allievi: verso la metà degli anni Cinquanta vinsero il concorso a cattedra Angelo Berio, Giuseppe Grandori, Leo Finzi. Il primo andò a Cagliari e vi rimase per tutta la vita, portandovi gli insegnamenti di Danusso e circondandosi di allievi. Giuseppe Grandori fu chiamato a ricoprire la seconda cattedra di Scienza delle Costruzioni creata nel 1961 al Politecnico di Milano e si dedicò per lo più alla ricerca e solo saltuariamente alla consulenza. Divenne ben presto il leader italiano dell'ingegneria sismica, oggi è ri-

conosciuto come uno dei padri di questa disciplina a livello internazionale. Più movimentato fu il destino di Leo Finzi, personaggio troppo simile a Locatelli per essere tenuto vicino: nel 1955 migrò a Trieste. Al di fuori dell'università, Finzi aveva separato nettamente l'attività di ricerca dall'attività professionale, si era adeguato ai tempi e aveva aperto uno studio professionale di ingegneria strutturale con il suo amico Edoardo Nova, che divenne ben presto uno dei più prestigiosi studi di ingegneria strutturale di Milano con sede non lontano, ma del tutto separata, dal Politecnico¹¹.

L'occasione per il suo ritorno al Politecnico fu il desiderio della Facoltà di Architettura di istituire l'Istituto di Scienza delle Costruzioni, così svincolando gli insegnamenti di Scienza e di Tecnica delle Costruzioni dai docenti operanti nella Facoltà di Ingegneria.

Anche Stabilini aveva dovuto subire, credo con molto malumore, lo sdoppiamento della sua cattedra. Vi arrivò Alessandro Dei Poli, figura di ottimo ricercatore, del tutto assente dalla professione¹².

LC: Nella scuola di Architettura, le discipline ingegneristiche hanno anche obiettivi differenti: già Camillo Boito, che dirige il primo indirizzo di Architettura al Politecnico nel 1865, ne esplicita i caratteri, quando lega l'ossatura, l'ordinamento statico e i materiali di un edificio, alla "bellezza" della fabbrica¹³. L'ingegneria strutturale aveva anime e direzioni molteplici, nell'Ateneo?

GB: Nel 1960 nel Politecnico di Milano, vi erano cinque cattedratici con mentalità molto diversa, operanti in tre Istituti. A Ingegneria, il gruppo di Grandori operava nella dinamica e nella sismica, in Architettura Finzi creava un Istituto soprattutto dedito alla meccanica computazionale e alla plasticità e contemporaneamente vicino nella didattica alla mentalità degli architetti. Stabilini manteneva caparbiamente la sua unicità, riservandosi tutti i posti di assistente, relegando Dei Poli a insegnare Strutture aeronautiche, impedendogli la creazione di un gruppo, anche piccolo, di allievi. Due allievi di Aeronautica si laurearono con lui: Amalia Ercoli Finzi nel 1961 e io nel 1963. Dopo un breve periodo di permanenza con Dei Poli, Amalia si spostò a Meccanica Razionale e poi a Ingegneria Aerospaziale, io fui raccattato da Leo Finzi in Architettura. Anni dopo, Finzi mi raccontò che Dei Poli mi raccomandò dicendo: "è molto bravo, ma non riesco a tenerlo con

me”. Frase che lasciò basito Finzi: era per lui inconcepibile perdere un allievo potenzialmente bravo; fra sé e sé si chiese: “che Dei Poli voglia liberarsi di questo laureato?”. Per mia fortuna Finzi non ritenne Dei Poli capace di barare, mi prese in prova e ciò decise il mio futuro.

LC: Nella prolusione dell’anno accademico 1960-61, il professor Finzi afferma la necessità di educare i giovani architetti a “sensibilità” e “intuizione” statica, per garantire consapevolezza progettuale tecnica e scientifica¹⁴. Quali sono stati gli sviluppi di questo incontro tra ingegneria delle costruzioni e architettura?

GB: L’Istituto creato da Finzi fu attivo fino al 1968, quando la contestazione ad Architettura prese come uno dei suoi obiettivi la modifica della didattica delle materie scientifiche in tempi e modi che difficilmente potevano essere condivisi. Una mattina Finzi ci comunicò che ci saremmo fisicamente trasferiti nell’Istituto di Scienza delle Costruzioni della Facoltà di Ingegneria. Finzi e il suo allievo più anziano, Giulio Maier ottennero l’immediato trasferimento del posto, gli altri restarono incardinati alla Facoltà di Architettura per un periodo più o meno lungo: io fui chiamato a Ingegneria per ultimo, nel 1972¹⁵. Ovviamente l’abbandono di Architettura non ebbe conseguenza sulla nostra attività di ricerca, anzi, con la riduzione degli oneri didattici, il trasferimento a Ingegneria regalò un periodo particolarmente produttivo e la nascita del corso di Costruzioni in acciaio¹⁶.

LC. Quindi, l’interesse per le costruzioni in acciaio ritorna negli anni Settanta: il Politecnico fu il primo ateneo a offrire questo corso?

GB: Finzi era considerato fra i migliori progettisti di costruzioni in acciaio italiani, consulente stabile della SAE che con la CMF era il più grande costruttore di acciaio italiano. Finzi partecipò alla stesura delle prime normative italiane, fu uno dei fondatori del Collegio dei Tecnici dell’Acciaio, coltivava questa sua passione in solitudine a cavallo fra professione, divulgazione e ricerca. Nel 1970, Elio Giangreco, allievo di Adriano Galli, istituì a Napoli il primo corso di insegnamento italiano dedicato alle costruzioni in acciaio¹⁷. Il Politecnico lo imitò l’anno successivo e Finzi lo tenne per due anni.

LC: La ricerca sulle strutture in acciaio rappresenta una seconda fase nello sviluppo dell'ingegneria delle costruzioni nell'ateneo milanese e, tornando ai riferimenti autobiografici, indirizza la sua ricerca: nel 1979, Lei pubblica il volume *Strutture in acciaio*, insieme al professor Federico Mazzolani. Il libro è stato tradotto in inglese e in cinese e recentemente riedito¹⁸. Quando ha iniziato a lavorare su questo tema?

GB: Questa è una storia divertente. Una mattina, Finzi entrò nella mia stanza dicendomi: “Ballio, c’è un’opportunità per Lei, io non ho più il tempo di tenere il corso di Costruzioni in acciaio. Lei potrebbe prendere il mio posto”. Lo guardai con gli occhi sbarrati e gli dissi: “Ma io non so come funziona un bullone”. E lui freddamente: “Si può sempre imparare. Oggi passa un treno per Lei, non so quando passerà il prossimo. Le do due giorni per la risposta”. Il giorno dopo accettai. Finzi tirò fuori dal cassetto una cartella: “Tra un mese inizia il convegno dell’American Society of Steel Construction a Pittsburgh: ci andiamo insieme”. Aveva già preparato tutto! Per me iniziò un processo analogo a quello che toccò a mia nonna prossima alle nozze: i genitori la portarono in viaggio per farle conoscere un mondo a lei sconosciuto: treni, taxi, alberghi, ristoranti e così via. Finzi ha seguito la stessa tecnica: mi ha portato con sé a tre, quattro convegni internazionali, mi indicava i libri americani da studiare, con chi dialogare. Individuai come mio campo di studio la stabilità dell’equilibrio degli elementi compressi in acciaio allora oggetto di ricerca soprattutto in Austria, Belgio, Francia, USA e Giappone.

LC: Con Finzi inizia una collaborazione con altri istituti di ricerca e insegnamento su cui, molti anni dopo, Lei ha lavorato a lungo e che ha promosso nell’Ateneo. Come si è sviluppato questo processo di internazionalizzazione, al Politecnico?

GB: Per rispondere a questa domanda si deve tornare al 1955: Finzi e Giangreco, appena saliti in cattedra, decisero di fare un viaggio di un mese negli Stati Uniti per intessere relazioni personali, per conoscere le tematiche oggetto di studio, per comprendere l’organizzazione delle università. Fu un vero e proprio viaggio di studio a cui tutti noi, ricercatori alle prime armi, siamo debitori. Da quel viaggio nacque l’internazionalizzazione delle scuole milanesi e napoletane imitata

da tanti ricercatori sparsi nelle varie sedi universitarie italiane. I rapporti internazionali avvantaggiarono molti di noi, furono i facilitatori per farci conoscere all'estero, per farci invitare a convegni in tutto il mondo, per avviare collaborazioni di ricerca, per pubblicare su riviste internazionali. Possiamo dire che l'internazionalizzazione fu il motore dei successi della maggior parte degli allievi di Finzi e Grandori e di quelli, più giovani, di cui finalmente Dei Poli poté circondarsi, una volta rimasto solo al vertice dell'Istituto di Tecnica delle Costruzioni¹⁹.

LC: Gli Istituti diretti da Danusso e Stabilini, dagli anni Quaranta, vedono una forte separazione disciplinare tra Scienza e Tecnica delle Costruzioni: il primo si occupa, tra i vari corsi, anche di Tecnologia dei materiali e Chimica applicata, il secondo prevede le cattedre di Ponti e opere marittime, e Ponti in ferro per il corso di laurea in Ingegneria Industriale²⁰. L'organizzazione delle discipline rimane analoga a questa, dopo il "ritorno" del gruppo di Finzi alla Scuola di Ingegneria?

GB: Nel 1975 si riaprirono i concorsi a cattedra dopo anni di sospensione. Furono banditi venti posti di Scienza delle Costruzioni e diciotto di Tecnica. Fu un successo per il Politecnico che aveva bandito quattro posti: vincemmo in otto ottenendo la riprova che ormai la strada imboccata nella ricerca era apprezzata: e stimata. Valeva la pena darsi una nuova organizzazione e nuovi obiettivi didattici.

I due Istituti furono uniti dando forza all'ingegneria civile a livello di Facoltà di Ingegneria²¹. Contemporaneamente noi, novelli cattedratici, fummo messi al lavoro per studiare l'indirizzo di Ingegneria delle strutture nell'ambito del Corso di Laurea di Ingegneria Civile. L'unicità dell'Istituto semplificò notevolmente il nostro compito. La proposta fu approvata dall'Ateneo, entrò nel piano di studi del Politecnico, ebbe un grande successo fra gli allievi tanto da cannibalizzare gli altri indirizzi, fu progressivamente imitata dalle altre università.

Restava il nodo della nostra assenza nella evoluzione dell'organizzazione didattica della Facoltà di Architettura che iniziava a uscire dalle conseguenze della contestazione. Ogni rapporto personale era malvisto, non si poteva pretendere che persone che avevano vissuto la contestazione come fazioni opposte, collaborassero per raggiungere obiettivi comuni nella didattica.

LC: Il tema della specializzazione disciplinare è una pratica dirimente: il Politecnico di Milano è stato fondato per rispondere a una richiesta di specializzazione di competenze, tra ingegneri industriali, civili e architetti, ma i primi docenti, Brioschi e Colombo, hanno compreso la necessità di intrecciare le discipline. Come è risolto questo dualismo tra specializzazione e multidisciplinarietà?

GB: Negli anni Settanta e Ottanta si affacciarono alcune minacce i cui effetti si sentirono più avanti nel tempo.

Il Ministero promosse la revisione dei Settori Scientifici Disciplinari. Il dilemma, a livello nazionale fu: mantenere la unicità del settore di Scienza e Tecnica o due settori distinti? I cattedratici si ritrovarono proprio a Milano e soltanto due di noi di estrazione milanese (Francesco Martinez, Tecnica delle Costruzioni ad Ancona e io, Scienza delle Costruzioni a Pavia) esprimemmo la preoccupazione che la divisione della nostra disciplina fra teoria e applicazioni avrebbe comportato un progressivo indebolimento dei nostri insegnamenti. Purtroppo prevalse decisamente la visione concorsuale. I cattedratici più vicini alla Tecnica non ammettevano che gli “scienziati” potessero mettere in discussione la qualità e il valore delle loro pubblicazioni. Dualmente gli “scienziati” accusavano i “tecnici” di non sapere neppure comprendere quanto da loro scritto.

Le conseguenze della divisione si sentirono molto in fretta: molti Corsi di Laurea in Ingegneria resero facoltativi e poi cancellarono i corsi di insegnamento di Tecnica delle Costruzioni dai loro piani di studio, gli allievi e quindi i posti assegnati dagli atenei alla Tecnica delle Costruzioni diminuirono, con una certa soddisfazione degli “scienziati” che non si resero conto del pericolo che stavano correndo.

LC: Il pericolo di subire la stessa sorte della Tecnica delle Costruzioni e di perpetuare uno scollamento tra le competenze scientifiche e quelle tecniche.

GB: Nel 1983 ero stato richiamato al Politecnico a Milano sulla cattedra di Costruzioni in acciaio e sono stato testimone del progressivo abbandono dell’interesse dei diversi Corsi di Laurea nel classico insegnamento di Scienza delle Costruzioni. Essi lo consideravano soltanto propedeutico agli altri insegnamenti tipici dell’ingegneria civile, per

contro i docenti dell'ormai Dipartimento di Ingegneria Strutturale non mostrarono interesse ad adeguare i loro insegnamenti ai contenuti dei corsi successivi delle altre specializzazioni. Sull'esempio degli elettronici tutti i Corsi di Laurea resero facoltativi l'insegnamento di Scienza delle Costruzioni sostituendovi insegnamenti finalizzati ai diversi indirizzi specifici, spesso tenuti da docenti di loro estrazione, non provenienti dal mondo della Scienza delle Costruzioni.

Negli anni, fino a oggi, il bacino di allievi ingegneri continuò a ridursi anche per la sempre minore appetibilità di Ingegneria Civile rispetto agli altri Corsi di Laurea. Restava il potenziale bacino di Architettura, ma soltanto in tempi recentissimi una nuova generazione di docenti è riuscita a instaurare un dialogo proficuo con i colleghi architetti dando luogo a una evoluzione con tipiche caratteristiche *disrupting* dell'unità dipartimentale, per ora non imitata in altri atenei italiani.

LC: A cosa si riferisce?

GB: Negli ultimi anni del secolo scorso iniziarono alcuni cambiamenti significativi nel Politecnico che oggi costituiscono le premesse dei suoi obiettivi.

L'Ateneo promuove con forza le collaborazioni di ricerca fra dipartimenti diversi anche con finanziamento *ad hoc*, persegue la sua vicinanza con il mondo produttivo, promuove i rapporti istituzionali *intra moenia* dei docenti. Di fronte a tale politica i docenti di ingegneria strutturale hanno difficoltà a modificare i loro indirizzi di ricerca che continuano a comportare successi internazionali nel modo dell'ingegneria delle strutture.

Nel mondo delle costruzioni prevalgono gli aspetti di gestione del lavoro, ambientali, di contenimento energetico rispetto alle strutture in cemento armato o in acciaio. Ne derivano ovvie difficoltà per i docenti nell'intessere relazioni con il mondo produttivo capaci di assicurare finanziamenti continuativi.

Architetti e designer comprendono che il loro essere vicini agli ingegneri costituisce un valore aggiunto, nascono produttive collaborazioni di ricerca di docenti architetti, pianificatori e designer con i docenti di Edilizia, Meccanica, Ambiente, Informatica.

Di conseguenza in Ateneo quel senso di superiorità culturale degli architetti nei confronti degli ingegneri sta scomparendo, mentre gli ingegneri

stanno comprendendo il valore della ricerca degli architetti, in passato considerata semplice divulgazione soltanto dai più generosi. In definitiva si sta infrangendo quella dicotomia fra architettura e ingegneria e la ristrutturazione organizzativa dell'Ateneo comincia a tenerne conto. Le due facoltà di Architettura si uniscono, i ricercatori nelle tematiche di architettura si coordinano in due soli dipartimenti nei quali confluiscono anche i colleghi operanti nell'ingegneria edile e nell'ingegneria delle strutture, la Facoltà di Ingegneria raccoglie tutti i Corsi di Laurea a eccezione di quello di Ingegneria Civile. In definitiva nel 2011 il Dipartimento di Ingegneria Strutturale vide l'esodo di metà dei suoi docenti e fu costretto a sparire, configurandosi come Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale con l'apporto dei colleghi idraulici e ambientali. Il suo Laboratorio Prove Materiali, fonte principale dei suoi finanziamenti privati, diventa un laboratorio di Ateneo e le sue risorse sono messe a disposizione dell'Ateneo e dei Dipartimenti che desiderano servirsene.

LC: Ritorna il tentativo di mettere a confronto la scuola di Architettura con l'ingegneria delle costruzioni, di dare forma a un punto di vista comune, in cui Finzi vedeva uno "spirito nuovo, di riforma"²² – e questo si traduce nella necessità di strutture capaci di rispondere alle esigenze di collaborazione tra competenze complementari. Che futuro immagina per l'ingegneria strutturale?

GB: Tutti noi che abbiamo avuto la responsabilità del Politecnico sappiamo che la sua reputazione internazionale dipende dalla qualità nella ricerca, dalla formazione data ai suoi allievi, dalla loro soddisfazione e di chi li assume. I suoi dipartimenti possono salire o scendere, l'importante è che il loro contributo complessivo cresca negli anni. L'ingegneria strutturale occupa oggi una parte minuta del sistema, oggi non si può che attribuirle un famoso ritornello dei Ricchi e Poveri: "Che sarà della mia vita chi lo sa? So far tutto o forse niente; che sarà, che sarà, che sarà; che sarà della mia vita chi lo sa?".

LC: Dal suo racconto emerge un tema trasversale alle esperienze dei protagonisti che ha descritto, da Danusso, a Locatelli e Finzi, fino alla sua carriera: ognuno ha portato avanti l'attività didattica e di ricerca universitaria, da un lato, e la vita professionale, dall'altro, innestan-

do l'eccellenza della ricerca scientifica nel progetto. L'esperienza in entrambi gli ambiti cambia il modo in cui si insegna e, viceversa, si esercita la professione?

GB: Ho conosciuto docenti a tempo definito che dedicano alla ricerca e alla gestione dell'Ateneo più tempo di molti docenti a tempo pieno; vi sono docenti a tempo pieno che si dedicano a una intensa attività di consulenza *intra moenia* promuovendo i rapporti fra il mondo produttivo e l'Ateneo. Purtroppo, ci sono docenti a tempo pieno che spendono la maggior parte del loro tempo negli studi professionali intestati al coniuge e docenti a tempo definito che non rispettano la presenza minima di 250 ore prescritta dalla legge.

Ho visto colleghi insoddisfatti, di quaranta, cinquant'anni, incapaci di innovare la propria didattica e la propria ricerca, privi di relazioni per dedicarsi alla divulgazione delle conoscenze acquisite e alle applicazioni delle proprie ricerche. Divulgazione e applicazioni permettono di continuare a insegnare alla frontiera delle conoscenze, sperimentare i risultati ottenuti sulla carta o in laboratorio, conoscere i bisogni di ricerca, interessare gli allievi, sentire utile il proprio lavoro e, non ultimo, ottenere un beneficio economico per sé stessi o per i propri allievi. Nell'ingegneria strutturale le richieste di ricerca da parte del mondo produttivo spesso si limitano a qualche consulenza giudiziaria o a calcoli di verifica con software specialistici. Ne deriva la necessità dei docenti di scegliere la professione e il tempo definito, limitando la propria presenza in Ateneo. Io ho cercato di seguire l'esempio di Leo Finzi. Ho creato con due amici una società di ingegneria alla quale ho collaborato part time. Il doppio lavoro ha accompagnato una doppia carriera, universitaria e professionale, ricevendo grandi soddisfazioni da ambedue le parti. La professione mi ha aiutato nella didattica, ha ispirato molte mie pubblicazioni, ha contribuito alla scrittura di normative, non ultimo mi ha permesso di conoscere gli architetti, tanto diversi da noi ingegneri: mi ha molto aiutato negli anni del mio rettorato per riavvicinare architettura e design a ingegneria.

LC: Il suo lavoro è stato oggetto della tesi di laurea di Silvia Gusella e Veronica Kofler all'Università Iuav di Venezia. La sua esperienza è stata definita come "la vita del doppio binario", una felice espressione che riassume il suo impegno nell'università e nella professione²³.

GB: Mi sono ritrovato in questa definizione. Ho imboccato il “doppio binario” per dare una sicurezza economica alla mia famiglia: sposato dieci giorni dopo laureato non avevo alcuna certezza di riuscire nella carriera accademica. Ho cercato un mestiere che mi potesse riciclare qualora ce ne fosse stato bisogno. Detto questo, il guaio – la fortuna! – è stato che mi sono piaciuti moltissimo entrambi i lavori e quindi li ho continuati per quasi quarant’anni. Nella professione ho avuto due grandi maestri: Aldo Favini e ancora Leo Finzi. Nel 1968 ho fondato la BCV progetti S.r.l. con Giovanni Colombo e Alberto Vintani e vi ho operato part time per più di trent’anni.

Ho lavorato con architetti che credevano l’ingegnere strutturista un partner, sono stato un semplice strumento per altri. Ogni opera di Angelo Mangiarotti era diversa: la villa Pederzoli a Bardolino, nel 1969, poi, l’anno successivo, lo stabilimento LEMA di Alzate Brianza, il complesso ARM-ITALIA a Cinisello Balsamo, la Briona e le altre strutture prefabbricate, lo Snaidero a Majano, le stazioni ferroviarie di Milano Rogoredo e di Milano Certosa, la sede della Internazionale Marmi e Macchine (IMM) a Carrara, unica costruzione che conosco in zona sismica con struttura in marmo²⁴. Compresi la voglia degli architetti di sfidare di continuo sé stessi. Compresi il desiderio di stupire di Vittorio Gregotti nell’Università della Calabria o nel Teatro degli Arcimboldi a Milano, fui conquistato dalla raffinatezza di Antonello Marastoni in un edificio a Bolzano, apprezzai la cultura pedagogica nel progetto di scuole di Lodola e Luise, di Novella Sansoni e di Benigno Cuccuru²⁵. Mi sentii trattato come un semplice strumento usa e getta da Vittoriano Viganò e Pino Zoppini.

Il Ponte dell’Accademia e il Leone in Piazza San Marco a Venezia, la Torre Fraccaro a Pavia, la statua in cima alla guglia di San Gaudenzio a Novara, la Torre Branca a Milano mi fecero conoscere le sovrintendenze e la difficile convivenza della conservazione con la valorizzazione dei beni culturali²⁶. Le difficili e spesso pericolose ristrutturazioni di edifici murari e di stabilimenti industriali mi hanno insegnato a riconoscere rapidamente le parti pericolanti e quelle sane sulle quali appoggiarsi, distinzione indispensabile per consolidare e ristrutturare anche una istituzione universitaria quale il Politecnico.

Nel progettare o consolidare costruzioni industriali ho imparato quanto sia necessario allargare la propria visuale per non restare prigionieri della propria specializzazione. Si era tranciato alla base un silo metal-



Leo Finzi, Lorenzo Martinoia, Remo Pagani, Franco Sironi, Palasport, Genova, 1960-63

lico, probabilmente per un cedimento della fondazione. Il silo nuovo costava cinquanta milioni, meno di quanto sarebbe costato ripararlo, ma si sarebbe perso l'insilaggio del nuovo raccolto di grano, un miliardo di lire. Era crollata la copertura di un'acciaieria; con due calcoli mostrai al padrone che conveniva costruire un nuovo stabilimento. Fece un balzo sulla sedia: "Che razza di professore è lei se trascura il costo degli impianti che valgono cento volte il costo delle strutture?". Non ho mai dimenticato queste due lezioni!



Angelo Mangiarotti, strutture Giulio Ballio, Giovanni Colombo, Alberto Vintani
(BCV Progetti), Stabilimento LEMA, Alzate Brianza (CO), 1969

Stabilimento LEMA in costruzione

1. In queste note bibliografiche sono citati solo alcuni testi di riferimento. Sull'Istituto Tecnico Superiore di Milano, poi Politecnico, fondato nel 1863, si veda F. Lori, *Storia del R. Politecnico di Milano*, Tipografia Cordani, Milano 1941; *Nel venticinquesimo anniversario della sua fondazione. Regio Istituto Tecnico Superiore di Milano*, Tipografia Bernardoni di C. Rebeschini e C., Milano 1889; *Il centenario del Politecnico di Milano, 1863-1963*, Politecnico di Milano, Tamburini, Milano 1964; G. Stracca (a cura di), *Il Politecnico di Milano. Una scuola nella formazione della società industriale, 1863-1914*, Electa, Milano 1981; *Il Politecnico di Milano nella storia italiana, 1914-1963*, Cariplo-Laterza, Bari-Roma 1989; C.G. Lacaita, *Università e Impresa*, in "Annali di storia delle università italiane", n. 12, 2008, pp. 9-21; C. G. Lacaita, *L'origine del Politecnico e la cultura tecnico-scientifica*, in A. Mazzotta Buratti e O. Selvafolta (a cura di), *150 anni di cultura politecnica da Milano a Lecco: architettura, industria, territorio*, Milano 2013, pp. 3-45. Su Arturo Danusso (1880-1968), si veda E. Fabiani, *Un maestro di equilibrio*, in "Pirelli. Rivista d'informazione e di tecnica", a. 8, n. 6, 1955, pp. 24-25; A. Pizzigoni, V. Sumini (a cura di), *Arturo Danusso. Spiritualità e conoscenza nel lavoro dell'ingegnere. Scritti civili e rari*, Marinotti, Milano 2014; V. Sumini, *Arturo Danusso e la ricerca sperimentale sulle costruzioni*, in G. Barazzetta (a cura di), *Pier Luigi Nervi. Il modello come strumento di progetto e costruzione*, Quodlibet, Macerata 2017, pp. 47-49. M.A. Crippa, P. Cimbolli Spagnesi, F.

Zanzottera (a cura di), *Arturo Danusso e il suo tempo. Intuito e scienza nell'arte del costruire*, Quasar, Roma 2020.

2. R. Nelva, B. Signorelli, *Avvento ed evoluzione del calcestruzzo armato in Italia: il sistema Hennebique*, AITEC, Edizioni di scienza e tecnica, Milano 1990; *Cemento armato: ideologie e forme da Hennebique a Hilberseimer*, numero monografico di "Rassegna. Problemi di architettura dell'ambiente", a. XIV, n. 49, 1992; T. Iori, *Il cemento armato in Italia dalle origini alla seconda guerra mondiale*, Edilstampa, Roma 2001. Tra i contributi scientifici di Danusso, si veda in particolare A. Danusso, *Scienza delle costruzioni*, Ravezzani, Milano 1937; A. Danusso, G. Oberti, *Indagini sperimentali sulle costruzioni. "La fotoelasticità"*, Libreria Editrice Politecnica, Milano 1932.

3. Riguardo ai progetti per Torino e Novara, cfr. M.A. Crippa, *Il consolidamento della Cupola di San Gaudenzio in Novara*, in M.A. Crippa, P. Cimbolli Spagnesi, F. Zanzottera (a cura di), *op. cit.*, pp. 185-192 e i testi qui citati, in particolare C. Calderini, L.C. Pagnini, *The debate on the strengthening of two slender masonry structures in early XX century. A contribution to the history of wind engineering*, in "Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics", vol. 147, 2015, pp. 302-319; G. Gritella, *Dopo Antonelli. Gli interventi di consolidamento e le vicende del monumento nel corso del Novecento*, in G. Gritella (a cura di), *La Mole Antonelliana: storia di un edificio simbolo dal progetto al restauro*, UTET, Torino 1999, pp. 33-47; R. Pozzi, *Arturo Danusso e il consolidamento della cupola di S. Gaudenzio a Novara*, in "Ananke", n. 17-18, 1997, pp. 101-110. Per un inqua-

drammento sugli interventi milanesi, oltre ai contributi già citati, si vedano anche A. Danusso, *Prima l'esperienza e poi la ragione*, in "Pirelli. Rivista d'informazione e di tecnica", a. 8, n. 6, 1955, pp. 26-27; E. Fumagalli, *Un grattacielo in cantiere*, in "Pirelli. Rivista d'informazione e di tecnica", a. 8, n. 6, 1955, pp. 28-29; G. Neri, *Capolavori in miniatura. Pier Luigi Nervi e la modellazione strutturale*, Mendrisio Academy Press-Silvana Editoriale, Mendrisio-Cinisello Balsamo, 2014, pp. 76-103.

4. Su questi temi, cfr. P. Locatelli (a cura di), *La scienza e lo spirito negli scritti di Arturo Danusso*, Morcelliana, Brescia 1978; gli scritti riuniti nella recente raccolta A. Pizzigoni, V. Sumini, *op. cit.*, e inoltre: *Il problema spirituale nel processo formativo della tecnica*, in "Il Cemento. Il Cemento Armato. Le industrie del Cemento. Rivista della costruzione", a. XLVIII, n. 2, 1951, pp. 68-73; *Intuito e scienza nel cemento armato*, in "Il Cemento. Il Cemento Armato. Le industrie del Cemento. Rivista dell'architettura dei materiali da costruzione", a. L, n. 1, 1953, pp. 21-25; *Intuito e scienza nella storia del cemento armato*, in "Il Cemento. Il Cemento Armato. Le industrie del Cemento. Rivista della costruzione", a. LI, n. 11, 1954, pp. 2-8.

5. Cfr. L. Santarella, E. Miozzi, *Ponti italiani in cemento armato*, Hoepli, Milano 1924; L. Santarella, *Prontuario del cemento armato. Dati e formule per rendere più spedito lo studio ed il controllo dei progetti di massima nelle strutture più comuni*, Hoepli, Milano 1929. Luigi Santarella (1886-1935), docente dell'Istituto di Costruzioni e Ponti, fonda il *Corso di perfezionamento per le costruzioni in cemento armato F.lli Pesenti*, ufficialmente riconosciuto nel 1930, cfr. L. Santarella,

La scuola di specializzazione per le costruzioni in cemento armato Fondazione Fratelli Pesenti (1928-1933), Hoepli, Milano 1935, § 2; A. Masotti, *Luigi Santarella: 1886-1935*, Libreria Editrice Politecnica, Milano 1935; F. Lori, *op. cit.*, pp. 208, 211, 229, 242; *Il centenario del Politecnico di Milano, 1863-1963*, cit., pp. 343-344.

6. Su Luigi Stabilini (1896-1967), cfr. *Annuario Anno Accademico 1963-64*, Milano 1965, pp. 61-62. Gli Istituti citati, che corrispondono agli insegnamenti riconducibili a *Scienza delle Costruzioni e Tecnica delle Costruzioni*, assumono denominazioni differenti nel corso del tempo: per chiarezza, di seguito sono utilizzati i titoli stabiliti dopo il 1932: Istituto di Scienza delle Costruzioni, creato da Danusso, e Istituto di Costruzioni e Ponti, stabilito da Santarella, cfr. *Il centenario del Politecnico di Milano, 1863-1963*, pp. 333-348.

7. Cfr. 1951-1961. ISMES, ISMES, Bergamo 1961; A. Danusso, *Istituto Sperimentale Modelli e Strutture. I Decennale 1951-1961*, in P. Locatelli (a cura di), *op. cit.*, pp. 119-124; G. Bocca, *ISMES, quarant'anni*, ISMES, Bergamo 1993; G. Neri, *op. cit.*, pp. 69-73; M.A. Chiorino, G. Neri, *Model testing of structures in post-war Italy. The activity of ISMES, 1951-1974*, in B. Addis (a cura di), *Physical Models. Their historical and current use in civil and building engineering design*, Wiley, Hoboken 2020, pp. 441-475. Sull'attività di Guido Oberti, cfr. E. Siviero, I. Zampini, *Guido Oberti a un anno dalla scomparsa 1907-2003*, in "Galileo", n. 167, 2004-2005, pp. 28-29.

8. Cfr. A. Danusso, G. Oberti, *Il Laboratorio "Prove modelli e costruzioni"*

dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni del R.^o Politecnico di Milano, in "Il Cemento Armato. Le Industrie del Cemento", n. 5, 1941, pp. 1-5. Sullo sviluppo degli Istituti al Politecnico, si veda anche G. Grandori, *Gli sviluppi dell'ingegneria sismica*, in *Il Politecnico di Milano nella storia italiana, 1914-1963*, cit., pp. 577-583; M.A. Chiorino, G. Neri, *Model testing of structures in pre-war Italy: the School of Arturo Danusso*, in B. Addis (a cura di), *op. cit.*, pp. 299-319. Piero Locatelli (1902-88) dirige l'Istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni fino al 1968, quando gli istituti di Scienza e Tecnica delle Costruzioni, e di Costruzioni e Ponti vengono unificati, cfr. *Annuario, anni accademici 1967/68, 1968/69, 1969/70*, Politecnico di Milano, Milano 1971, pp. 129-130.

9. Cfr. C. Ferrari da Passano, *La fabbrica e il tempio*, Diakronia, Vigevano 1984; Id., *Il Duomo rinato*, vol. I. *Storia e tecnica del restauro statico dei piloni del tiburio del Duomo di Milano*, Diakronia, Vigevano 1988, pp. 78-132.

10. Cfr. T. Iori, S. Poretti, *Storia dell'ingegneria strutturale italiana. Ascesa e declino*, in *La scuola italiana di ingegneria*, numero monografico di "Rassegna di architettura e urbanistica", n. 148, 2016, pp. 8-52; T. Iori, S. Poretti (a cura di), *SIXXI. Storia dell'Ingegneria Strutturale in Italia*, vol. 4, Gangemi, Roma 2017; S. D'Agostino (a cura di), *Storia dell'Ingegneria*, Atti del III Convegno Nazionale, Napoli, 19-20-21 aprile 2010, Cuzzolin, Napoli 2010.

11. Tra i contributi del gruppo di lavoro di Locatelli, L. Finzi, G. Grandori, P. Locatelli, *Lezioni di scienza delle costruzioni*, a cura dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni della Facoltà di Ingegneria

del Politecnico di Milano, Milano 1969. Riguardo a Leo Finzi (1924-2002), cfr. L. Finzi, *Scritti scelti di Leo Finzi in occasione del suo settantesimo compleanno*, Politecnico di Milano, Dipartimento di ingegneria strutturale, Milano, 1994. G. Ballio, C. Urbano, *Leo Finzi e le costruzioni in acciaio*, in "Costruzioni metalliche", vol. LIV, n. 3, 2002, pp. 17-18. Tra i contributi di Grandori, G. Grandori, P. Locatelli, *Lezioni di scienza delle costruzioni*, Tamburini, Milano 1965; Id. *Scritti scelti di Giuseppe Grandori*, Politecnico di Milano, Dipartimento di ingegneria strutturale, Milano 1995.

12. Alessandro Dei Poli è titolare dell'insegnamento di Tecnica delle Costruzioni, all'Istituto di Costruzioni e Ponti dal 1961, quando la cattedra è sdoppiata nell'ambito del riordino degli studi di ingegneria sul piano nazionale; già dal 1956, a Dei Poli è affidato anche l'insegnamento di tecnica dedicato agli ingegneri aeronautici, con il nome Strutture aeronautiche. Cfr. *Il centenario del Politecnico di Milano, 1863-1963*, cit., p. 344.

13. C. Boito, *Sullo stile futuro dell'architettura italiana*, in *Architettura del medio evo in Italia*, Hoepli, Milano, 1880, pp. V-XLVI: IX-X; Su questi temi, cfr. G. Ballio, *Ingegneri, architetti, costruttori: insieme... per sempre*, Polipress, Milano 2012.

14. L. Finzi, *La scienza delle costruzioni nell'architettura d'oggi*, prolusione all'anno accademico 1960/61, in *Annuario anni accademici dal 1955-56 al 1962-63*, Politecnico di Milano, Milano 1965, pp. 229-237: 231-232. *Il centenario del Politecnico di Milano, 1863-1963*, cit., pp. 509-512.

15. Cfr. *Annuario, anni accademici 1967/68, 1968/69, 1969/70*, Politecnico di Milano, Milano 1971, pp. 129-136.

16. Il corso è indicato nell'*Annuario 1970/71, 1971/72, 1972/73, 1973/74*, Politecnico di Milano, s.d., p. 15.

17. Cfr. E. Cosenza, *Elio Giangreco*, Società nazionale di scienze, lettere e arti, Napoli 2010.

18. G. Ballio, F.M. Mazzolani, *Strutture in acciaio*, Mondadori, Milano 1979, tr. ing. Chapman and Hall, London 1983; tr. cin. 1988; G. Ballio, F.M. Mazzolani, C. Bernuzzi, R. Landolfo, *Strutture di acciaio. Teoria e progetto*, Hoepli, Milano 2020.

19. A partire dall'anno accademico 1964/65, Alessandro Dei Poli è Direttore dell'Istituto di Costruzioni e Ponti, cfr. *Annuario 1964-65, 1965-66, 1966-67*, Politecnico di Milano, Milano 1968, p. 98.

20. Cfr. *Il centenario del Politecnico di Milano, 1863-1963*, cit., pp. 333-348.

21. La nuova struttura prende il nome di Istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni, cfr. *Annuario 1970/71, 1971/72, 1972/73, 1973/74*, Politecnico di Milano, s.d., pp. 67-71.

22. L. Finzi, *La scienza delle costruzioni nell'architettura d'oggi*, cit., p. 237.

23. S. Gusella, V. Kofler, *Giulio Ballio ingegnere*, tesi di laurea, relatore prof. E. Siviero, Istituto Universitario di Architettura di Venezia Iuav, A.A. 1999-2000.

24. Questi progetti sono descritti in S. Gusella, V. Kofler, *op. cit.* Si danno

alcuni tra i riferimenti qui citati: Per lo stabilimento LEMA (1969): A. Mangiarotti, *Strutture prefabbricate per uno stabilimento industriale ad Alzate Brianza (Como)*, in "L'industria italiana del Cemento", a. XLV, n. 2, 1975, pp. 75-92; per lo stabilimento ARM ITALIA (1968), C. Cusianna, *Prefabbricazione ed eleganza formale in uno stabilimento industriale a Cinisello Balsamo (Milano)*, in "L'industria italiana del Cemento", a. XLIII, n. 9, 1973, pp. 557-572. *Prefabbricazione. Tre esempi*, in "Domus", n. 526, 1973, pp. 9-16: 12-15; sul progetto della nuova sede Snaidero (1978), G. Colombo, A. Mangiarotti, *I nuovi edifici Snaidero a Majano*, in "Costruzioni metalliche", n. 5, 1979; A. Mangiarotti, *Ricostruzione in Friuli*, in "Domus", n. 587, 1978, pp. 14-21; A. Pica, *Nel Friuli uffici in campagna*, in "Domus", n. 591, 1979, pp. 10-15; A. Mangiarotti, *Edificio per uffici a piani appesi a Majano del Friuli (Udine)*, in "L'industria italiana del cemento", a. L, n. 2, 1980, pp. 101-108. Riguardo alle stazioni della metropolitana di Milano (1969) e del passante ferroviario (1987), L. Finzi, G. Ballio, A. Vintani, *Le strutture della stazione di Piazza Duca D'Aosta per la Metropolitana Milanese*, in "L'Industria italiana del cemento", a. XXXIX, n. 11, 1969, pp. 807-820; G. De Giovanni, *Il progetto delle Stazioni fuoriterza del "Passante" Ferroviario di Milano*, in "Acciaio. Rivista mensile del Centro Italiano Sviluppo Impieghi Acciaio", n. 10, 1984, pp. 435-450. Sulla sede dell'Internazionale Marmi e Macchine (IMM) di Carrara (1991), si veda "imm news", n. 06, maggio 2010; <https://angelomangiarottifoundation.it/opere/architettura/>. Sui progetti in collaborazione con Angelo Mangiarotti, si vedano anche G. Nardi, *Angelo Mangiarotti*, Maggioli, Rimini 1997; I. Giannetti, *Design strutturale a*

Milano (1960-1980). *Una mutazione interna alla Scuola italiana d'ingegneria*, in T. Iori, S. Poretti (a cura di), *SLXXI. Storia dell'Ingegneria Strutturale in Italia*, cit., pp. 80-97.

25. Sui progetti realizzati con Gregotti per l'Università della Calabria (1975) e il Teatro degli Arcimboldi a Milano (1997-2002), cfr. M. Tafuri, *Vittorio Gregotti. Progetti e architetture*, Electa, Milano 1982; *Gregotti Associati. Università della Calabria*, in "Domus", n. 673, 1986, pp. 25-35; I. Rota (a cura di), *Il progetto per l'Università delle Calabrie e altre architetture di Vittorio Gregotti*, Electa International, Milano 1979; G. Morpurgo, *Gregotti & Associati. L'architettura del disegno urbano*, Rizzoli, Milano 2008. Tra i progetti di scuole realizzati in collaborazione con Lodola e Luise, quello per Melegnano è presentato in *Una scuola di quartiere*, in "Domus", n. 525, 1973, pp. 16-23.

26. Cfr. G. Ballio, *Il Ponte dell'Accademia a Venezia*, in "Costruzioni metalliche", n. 1, 1990, pp. 50-60; G. Ballio, E. Barlocco, G. Brunetti, A. Vintani, *Il rilievo morfologico e le indagini strutturali*, in *Il leone di Venezia. Studi e ricerche sulla statua di bronzo della Piazzetta*, a cura di B.M. Scarfi, Albrizzi, Venezia 1990, pp. 187-193; G. Ballio, *Il consolidamento della Torre Fraccaro a Pavia*, in "L'Edilizia", n. 10, 1990, pp. 607-617; G. Ballio, *Structural Preservation of the Fraccaro Tower*, Pavia, in "Structural Engineering International", vol. 3, n.1, 1993, pp. 9-11; G. Ballio, *Ingegneri, architetti, costruttori: insieme... per sempre*, cit., pp. 47-82; G. Ballio, G. Solari, *La Torre del Parco a Milano: una costruzione metallica del 1933 alla luce delle conoscenze passate e presenti / The Park Tower in Milan: a*

steel structure of 1933 in the light of past and present knowledge, in "Costruzioni Metalliche", n. 3, 1992, pp. 141-164; n. 4, 1992, pp. 211-233; G. Ballio, F. Maberini, G. Solari, *A 60 year old, 100 m high steel tower: limit states under wind actions*, in "Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics", vol. 43, f. 1-3, 1992, pp. 2089-2100.

Taylorismo, fordismo e “location engineering”.

La lezione di Francesco Mauro

Federico Bucci

Il 12 luglio 1914, mentre l'Impero Austro-Ungarico e il Regno di Serbia avviano la crisi che porterà allo scoppio della Prima guerra mondiale, nella sede del Regio Politecnico di Milano, una commissione presieduta da Giuseppe Colombo (1836-1921) e formata dai professori Cesare Saldini (1848-1922), Giuseppe Belluzzo (1876-1952), Alfredo Galassini (1857-1940) e Mario Dornig (1880-1962), conclude l'esame della domanda presentata dall'ingegner Francesco Mauro (1887-1952), per il conseguimento della libera docenza in Tecnologie meccaniche e disegno di impianti industriali.

La relazione dei commissari inizia così:

L'Ing. Francesco Mauro ottenne il diploma di Ingegnere industriale presso il R. Politecnico di Milano l'anno 1909 (a pieni voti), seguì il corso speciale di Ingegnere elettrotecnico ottenendo il certificato relativo, ottenne varie distinzioni negli studi, conseguì il diploma di Ingegnere frigorista nel 1912, conferitogli dall'Association Française du Froid in Parigi, negli anni 1911-12-13-14 tenne varî corsi di conferenze e di lezioni sull'industria del freddo nel R. Istituto Superiore Agrario sperimentale di Perugia, nella R. Scuola di Zootecnica e Caseificio A. Zanelli in Reggio Emilia, nella R. Scuola di Viticoltura ed Enologia in Conegliano, nella R. Scuola Superiore di Agricoltura in Portici e nella R. Scuola Superiore di Agricoltura di Milano. Negli anni scolastici 1912-13 e 1913-14 fu incaricato di tenere un corso di lezioni sull'industria del freddo nel R. Politecnico di Milano. Negli anni scolastici 1909-10, 1910-11, 1911-12 tenne nel Regio Politecnico di Milano il posto di assistente straordinario per la Mineralogia ed i materiali da costruzione e negli anni 1912-13 e 1913-14 quello di assistente straordinario per le tecnologie meccaniche ed il disegno di impianti industriali. Dal 1909 in poi ha collaborato in qualità di Ingegnere progettista per lo studio e l'esecuzione di impianti frigoriferi, nell'ufficio tecnico industriale dell'Ingegnere E. Bazzi & C. in Milano.¹

Nel giudizio puntuale sulle venti pubblicazioni presentate da Mauro, centrate prevalentemente sul funzionamento e le applicazioni degli impianti frigoriferi, gli esaminatori rilevano “un carattere prevalentemente descrittivo”, in cui l’indagine tecnico-scientifica non risulta sempre approfondita “con quella accuratezza che sarebbe stata desiderabile”, tuttavia lodano “la forma elegante, la facilità e la chiarezza dell’esposizione, che dimostrano la pronta intelligenza e l’estesa coltura dello scrittore”². Infine, dopo aver ascoltato la lezione di prova del candidato, dedicata al tema “Teoria del banco a fusi e dei principali meccanismi che lo comandano”, ed aver sottolineato “franchezza e facilità di parola, buona forma, chiarezza e sicurezza nell’esporre le proprie idee”, la commissione giudicatrice accoglie “a voti unanimi la domanda del richiedente Ing. Francesco Mauro per il conferimento della libera docenza in tecnologie meccaniche ed impianti industriali presso il R. Politecnico di Milano”³.

Così Francesco Mauro, all’età di ventisette anni (nasce a Domodossola “da famiglia milanese”⁴ il 3 marzo 1887), avvia ufficialmente la sua carriera di docente universitario, che lo impegna al Politecnico di Milano, fino alla prematura scomparsa il 13 febbraio 1952, da assistente alla cattedra di Mineralogia tenuta da Ettore Artini (1866-1928) a docente di Tecnologia del freddo (1911-22), di Mineralogia (1928-34), di Tecnologie generali (1934-37), nonché fondatore e direttore del Corso di cultura politica ed organizzazione delle imprese per dirigenti di aziende (dal 1934)⁵. Quest’ultima attività rappresenta un capitolo fondamentale nella storia dell’ingegneria italiana, perché testimonia il ruolo pionieristico che Mauro ha svolto, in Italia e in Europa, nella diffusione delle teorie dell’organizzazione scientifica del lavoro e, più in generale, secondo l’intramontabile definizione gramsciana, degli “aspetti dell’americanismo e del fordismo”⁶.

“Ingegnere nel più puro senso della parola”⁷, “inimitabile conversatore geniale”⁸, Mauro si distingue subito per una particolare predisposizione verso le responsabilità politiche della vita associativa legate alla sua professione, ma anche alle sue passioni.

Dagli anni della Prima guerra mondiale, Mauro ricopre cariche al vertice di numerosi enti e associazioni nazionali e internazionali.

Nel periodo tra le due guerre, in ambito sportivo è presidente della Federazione Italiana Giuoco del Calcio, dell’Internazionale Football Club, del Club Alpino Italiano e del Comitato Olimpico Nazionale Italiano. Mentre, in ambito professionale, segnaliamo la presidenza del

Collegio degli Ingegneri ed Architetti di Milano e dell'Associazione nazionale ingegneri ed architetti italiani. Non manca, infine, l'esperienza politica, con l'elezione a deputato al Parlamento nazionale tra le file del Partito Popolare nella XXVI Legislatura, prima dell'ascesa del Partito nazionale fascista nel 1922.

Ma soprattutto, ciò che segna la carriera di Mauro, nonché il centro dei suoi interessi scientifici e professionali, è la presidenza dell'Ente Nazionale Italiano per l'Organizzazione Scientifica del Lavoro, tra il 1926 e il 1938⁹.

Come hanno dimostrato gli studi più originali dedicati alla storia dell'impresa italiana, l'introduzione dei metodi di organizzazione scientifica del lavoro nel nostro paese, negli anni tra le due guerre, si svolge su due piani nettamente distinti: le ricerche condotte dagli "organizzatori della produzione" e l'applicazione pratica condotta nelle piccole e grandi fabbriche di proprietà pubblica e privata¹⁰. Del resto, l'ambiguità della politica economica fascista è testimoniata in modo eloquente dalle parole d'ordine della "soluzione corporativa"¹¹.

L'incontro di Francesco Mauro con le teorie dello "scientific management" messe a punto dall'ingegnere americano Frederick Winslow Taylor (1856-1915) nei primi anni del Novecento¹², avviene all'interno dell'ambiente culturale del Politecnico di Milano, a contatto con quei docenti, come il direttore dell'Ateneo Giuseppe Colombo, impegnati nei processi di innovazione delle imprese lombarde, in organismi pubblici come il Comitato Nazionale scientifico-tecnico per lo sviluppo e l'incremento dell'industria italiana, fondato a Milano nel 1916, e nelle redazioni delle riviste tecnico-scientifiche¹³.

Tuttavia, l'aspetto che rende irrinunciabile la presenza della figura e dell'opera di Mauro nel panorama storico dell'ingegneria delle costruzioni in Italia, è l'attenzione all'intreccio tra industria e territorio che l'ingegnere milanese manifesta attraverso l'acquisizione di una notevole documentazione sulle modalità di insediamento di ogni attività produttiva nei contesti nazionali e internazionali. In particolare, grazie all'impegno in numerose missioni all'estero, Mauro possiede una conoscenza diretta sia dei modi di produzione che Henry Ford (1863-1947) mette a punto sul territorio americano a partire dagli anni Venti, sia delle nuove realtà industriali emergenti in Unione Sovietica e in Giappone¹⁴. Mauro è un saggista prolifico, con uno stile che coniuga il rigore scientifico con il carattere divulgativo della narrazione, spesso punteg-

giata di citazioni storiche e note di cronaca. Nella sua ampia produzione editoriale, gli scritti dedicati al tema dello spazio industriale, tra cui citiamo *L'ubicazione degli impianti industriali* pubblicato nel 1936 e i due corposi volumi del testo intitolato *Industrie e ubicazioni* (editi nel 1944)¹⁵, costituiscono la punta più avanzata del contributo che l'ingegnere e docente del Politecnico di Milano ha offerto alla storia del rapporto tra capitalismo e territorio.

“L'ubicazione delle industrie” scrive Mauro “è una parte del problema più generale della distribuzione locale di attività economiche. Trattata di volta in volta da economisti e geografi, come ‘disciplina marginale’ è andata acquistando una fisionomia sempre meglio definita”¹⁶. Di conseguenza, egli precisa, si è formato “un corpo di dottrine, con la relativa specializzazione professionale nel campo della ingegneria (location engineering)”¹⁷, traducibile col termine “ingegneria ubicazionale”¹⁸.

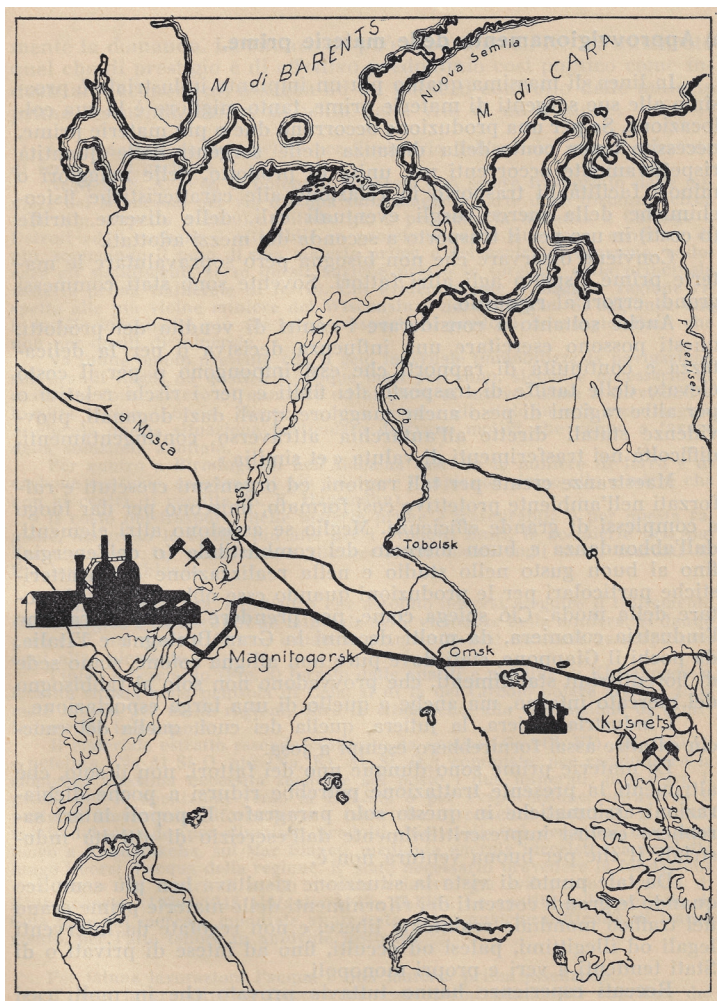
Un campo di studi che Mauro affronta prediligendo l'elaborazione di una teoria “realistica”, in grado di confrontare un vasto numero di esempi estratti da realtà anche molto diverse tra loro.

Si precisa così il metodo di lavoro dell'ingegnere milanese, che pur non trascurando le teorie più accreditate sull'argomento, dal “Triangolo ubicazionale” di Alfred Weber (1868-1958)¹⁹ al concetto di “Spazio vitale” elaborato da Karl Haushofer (1869-1946)²⁰, sostiene un approccio sperimentale ai problemi localizzativi, risolti con una griglia formata dai seguenti parametri: “a) approvvigionamento delle materie prime; b) centri di vendita dei prodotti; c) disponibilità di mano d'opera; d) mezzi di trasporto; e) sorgenti di energia (e rifornimenti di combustibili); f) pesi fiscali, leggi e regolamenti; g) costo (e condizioni) dello stabilimento”²¹.

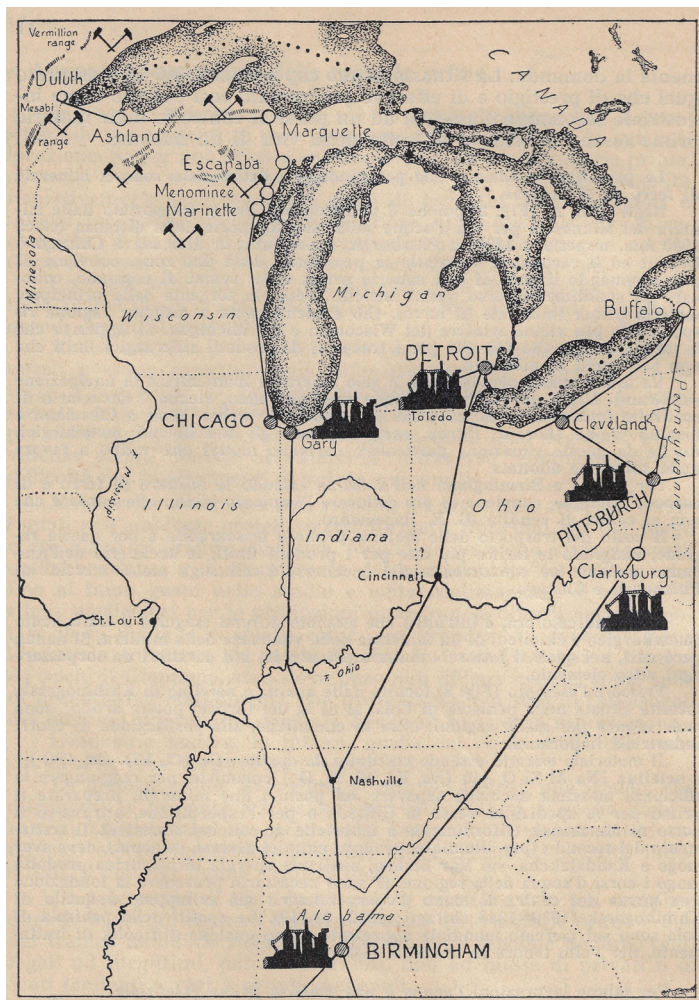
L'obiettivo del massimo rendimento e della massima efficienza, che all'interno della fabbrica è raggiunto dagli strumenti messi a disposizione dallo “scientific management”, assume così un ruolo strategico nel suo manifestarsi fisicamente sul territorio, e parallelamente mostra una visione organica e multidisciplinare del rapporto tra città e popolazione, infrastrutture e ambiente.

La lezione di urbanistica “taylorista e fordista” svolta dall'ingegner Francesco Mauro nelle aule del Politecnico di Milano e in numerosi convegni nazionali e internazionali, mostra l'alto profilo di questi “tecnici-dirigenti”²² che, a partire dai primi anni del Novecento, rilanciano l'ingegneria, civile e industriale, italiana. Tuttavia, gli esiti

scientifici di questo virtuoso intreccio tra tecnologia e cultura, senza dubbio confrontabili con le migliori esperienze americane ed europee, non riescono a incidere sulle politiche industriali nazionali, definite prima dagli indirizzi autarchici del fascismo, poi nel dopoguerra, dal modello economico promosso durante la Ricostruzione, infine – ma forse, soprattutto – dai limiti dell’imprenditoria italiana, sempre refrattaria verso la “managerial revolution”²³ che ha trasformato i rapporti tra capitale e lavoro.



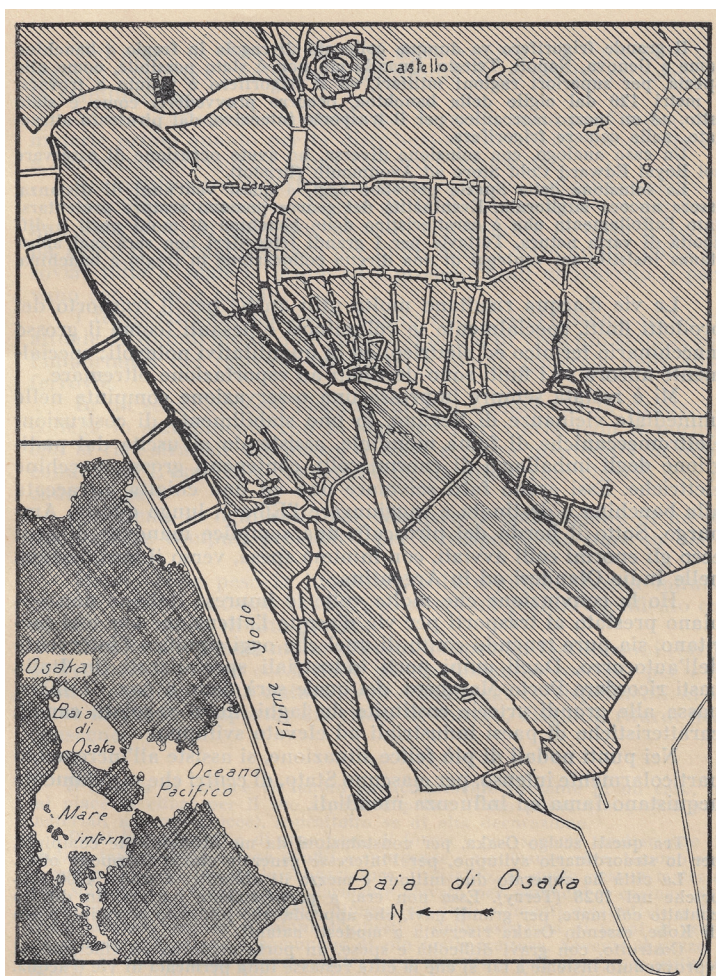
Francesco Mauro, *Rapporti tra carbon fossile, minerale di ferro ed industria siderurgica nell'area industriale di Magnitogorsk*, 1936



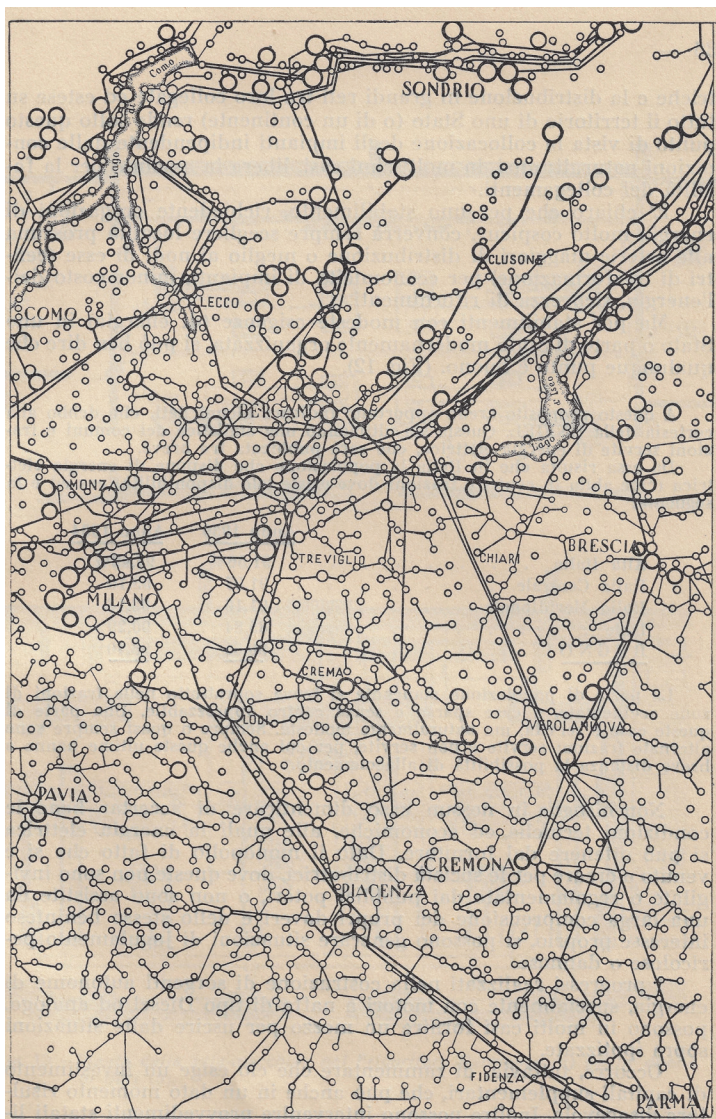
Francesco Mauro, *Ubicazione di impianti siderurgici nordamericani rispetto ai giacimenti di minerali di ferro dei Grandi Laghi*, 1936



Francesco Mauro, *Ubicazione degli impianti per la estrazione e separazione e la lavorazione delle apatiti-nefeline della Penisola di Cola*, 1936



Francesco Mauro, *Porto e vie d'acqua nella città di Osaka*, 1936



Francesco Mauro, *Distribuzione di energia elettrica in una zona dell'Alta Italia*, 1936

1. R. Istituto Tecnico Superiore di Milano, *Relazione della Commissione giudicatrice della domanda per il conseguimento per titoli della libera docenza in tecnologie meccaniche e disegno di impianti industriali presso il R. Politecnico di Milano, presentata dall'Ing. Francesco Mauro in data 27 aprile 1914*, dattiloscritto, p. 10. Archivi Storici del Politecnico di Milano.

2. Ivi, p. 6.

3. Ivi, p. 10.

4. C. Codegone, *On. Prof. Dr. Ing. Francesco Mauro 3 marzo 1887-13 febbraio 1952*, in “La Termotecnica”, n. 2, febbraio 1952, p. 2.

5. Cfr. F. Lori, *Storia del R. Politecnico di Milano*, Tipografia Antonio Cordani, Milano 1941.

6. A. Gramsci, *Quaderno 22. Americanismo e fordismo*, introduzione e note di F. De Felice, Einaudi, Torino 1987, p. 13. La stesura di queste pagine dei *Quaderni del carcere* è collocabile nel 1934.

7. L. Chiappa, *Necrologio*, in “Il Calore. Rassegna tecnica mensile dell'Associazione nazionale per il controllo della combustione”, n. 3, 1952, p. 1.

8. L. Magistretti, *In memoria di Francesco Mauro*, opuscolo, s.d., p. 11. Si tratta del testo della “commemorazione tenuta il 24 maggio 1952 nell'Aula Magna del Museo Civico di Storia Naturale in Milano in occasione dell'adunanza della

9. “L'Enios è sorto con l'intendimento di promuovere ed aiutare lo sviluppo e la diffusione della dottrine, ma ancor più delle applicazioni pratiche”, F. Mauro, *Caratteri e finalità dell'organizzazione scientifica del lavoro*, in “L'Organizzazione scientifica del lavoro”, a. I, n. 1, aprile 1926, p. 3. Cfr. D. Bigazzi, *Organizzazione del lavoro e razionalizzazione nella crisi del fascismo 1942-43*, in “Studi Storici”, a. XXI, n. 2, aprile-giugno 1978, pp. 367-396; P. Viani, *Progettare l'impresa: Francesco Mauro e il dibattito europeo tra le due guerre*, in D. Bigazzi (a cura di), *Storie di imprenditori*, Il Mulino, Bologna 1996, pp. 235-293; G. Gemelli, *Alle origini dell'ingegneria gestionale in Italia. Francesco Mauro e il Politecnico di Milano: dal taylorismo ai sistemi complessi*, in B. Brunelli, G. Gemelli (a cura di), *Alle origini dell'ingegneria gestionale in Italia. Materiali per un cantiere di ricerca*, Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Bologna, Bologna 1998, pp. 48-84; F. Ricciardi, *Une utopie conservatrice*, in “Vingtième Siècle. Revue d'histoire”, n. 136, octobre-décembre 2017, pp. 57-70.

10. Per il caso italiano, rinvio agli studi seminali di Giulio Sapelli (tra cui, *Organizzazione, lavoro e innovazione industriale nell'Italia tra le due guerre*, Rosenberg & Sellier, Torino 1978 e *Gli “organizzatori della produzione” tra struttura d'impresa e modelli culturali*, in C. Vivanti (a cura di), *Storia d'Italia. Annali 4. Intellettuali e potere*, Einaudi, Torino 1981, pp. 591-696). Mentre, in ambito europeo, cfr. A. Salsano, *Ingegneri e politici. Dalla razionalizzazione alla “rivoluzione manageriale”*, Einaudi, Torino 1987.

11. Nel discorso pronunciato in piazza del Duomo a Milano, il 6 ottobre 1934, Mussolini sostiene che, in una “economia che si preoccupa dell’interesse collettivo”, è necessaria l’adozione della “soluzione corporativa; è questa la soluzione dell’autodisciplina della produzione affidata ai produttori. Quando dico produttori non intendo soltanto gli industriali o datori di lavoro: intendo anche gli operai. Il fascismo stabilisce l’uguaglianza verace e profonda di tutti gli individui di fronte al lavoro e di fronte alla nazione. La differenza è soltanto nella scala e nell’ampiezza delle singole responsabilità”, ora in B. Mussolini, *Discorso agli operai di Milano*, in L. Cafagna (a cura di), *Il Nord nella Storia d’Italia. Antologia politica dell’Italia industriale*, Laterza, Bari 1962, p. 559.

12. Cfr. F. Mauro, *F.W. Taylor. La vita, le opere, gli epigoni*, La Cultura editrice libraria, Milano 1950.

13. Cfr. *Atti del Comitato Nazionale Scientifico-Tecnico per lo sviluppo e l’incremento dell’industria italiana*, in “L’Industria”, vol. XXX, n. 44, 29 ottobre 1916, pp. 690-691 e, negli stessi anni, i fascicoli de “Il Monitore tecnico”, che riporta il seguente sottotitolo: “organo ufficiale dell’Associazione fra gli ex Allievi del Politecnico milanese”.

14. Cfr. F. Mauro, *Le osservazioni di un ingegnere negli Stati Uniti d’America*, Ente Nazionale Italiano per l’Organizzazione Scientifica del Lavoro, Roma 1927; Id., *Esperienze di organizzazione giapponese*, Enios, Roma 1930 e Id., *Missione industriale nella URSS*, opuscolo, s.d., 1931.

15. F. Mauro, *L’ubicazione degli impianti industriali*, Enios, Roma 1936: Id.,

Industrie ed ubicazioni. Vol. I. *Principi e problemi generali*, Vol. II *Particolari requisiti di efficienza*, Hoepli, Milano 1944. Inoltre, cfr. Id., *Teratismi dell’industria. Anomalie e squilibri*, Hoepli, Milano 1942.

16. F. Mauro, *L’ubicazione degli impianti industriali*, cit., p. 29.

17. Ivi, p. 21.

18. Ivi, p. 30.

19. Cfr. A. Weber, *Ueber den Standort der Industrien*, J.C.B. Mohr, Tübingen 1922 e U. Toschi, *La teoria economica della localizzazione delle industrie secondo Alfredo Weber*, Macri, Bari 1941.

20. Come è noto, la teoria del *Lebensraum* (“Spazio vitale”), discussa nei corsi di geopolitica tenuti da Karl Haushofer a Monaco di Baviera, ha ispirato le strategie territoriali del Nazionalsocialismo. Cfr. H.A. Jacobsen, *Karl Haushofer. Leben und Werk*, Harald Boldt Verlag, Boppard 1979.

21. F. Mauro, *L’ubicazione degli impianti industriali*, cit., p. 50.

22. Nella “premessa alla traduzione italiana” del libro di James Burnham, *The Managerial Revolution*, pubblicata da Mondadori nel 1946 con il titolo *La rivoluzione dei tecnici*, il sociologo Camillo Pellizzi a p. 14 scrive: “Così la parola ‘managers’ tradotta in *tecnici* vuol significare *tecnici di direzione* della produzione. La parola ‘managers’ ha quindi un significato più vasto di *dirigente*, che può essere interpretato, più che tradotto, in *tecnico-dirigente*. Così ‘management’ è: *direzione tecnica*”.

23. J. Burnham, *The Managerial Revolution. What is happening in the World*,
The John Day Company, New York
1941.

Skyscrapers in Milan after World War II. A reinforced concrete design exploration

Valentina Sumini

Following World War II there was an immediate need in Italy for housing and the case of Milan is quite interesting. At the time, it was quite curious to talk about high-rise buildings in Milan: “be they the Lancia Tower at Porta Venezia, the nearby Swiss Tower or the residential tower blocks overlooking the Parco Sempione, the ‘Piazza Diaz Tower’ or the clump in Piazza Argentina or Melchiorre Gioia”¹. The only serious exceptions, as reported by Cecilia Bolognesi, were Velasca and Pirelli towers. “Neither set out to become icons – they were designed as good honest architecture”². Despite initial controversy, both have, in the course of time, become architectural landmarks, essential parts of Milan’s image of itself. Moreover, these two exceptions, as well as the Grattacielo di Milano in Piazza della Repubblica, were the first to tacitly exceed the inviolable height of the glistening gold Madonna atop the Duomo.

We have to wait for the post World War II, thanks to the U.S. influence, for the first skyscraper to raise in Milan. The Milan skyscrapers built after World War II testify the willingness of the *miracolo economico* middle class to forget the twenty years of the fascist regime, the war, and post-war stress. They look to the tall buildings of U.S. cities as an idea of modernity, new technologies, and a new way of life, more international and adequate to boost a fast-rising economy.

In the Centro Diaz the architect, Luigi Mattioni, was inspired by Rockefeller Center in New York hosting on the last floor of the tower the famous Terrazza Martini, the reference location for most of the high-life events of the subsequent decades in Milan. In this context, the driving ideas in the design of the Torre Velasca were instead the concept of inclusion of extraordinary volumes in the existing urban fabric. This approach was at the time not usual because both the city managers and designers looked at rupture elements.

As the last example, we mention the Torre Galfa, designed by Melchiorre Bega, characterized by a simple design where the no-standard element was given by the split-disposition of the continuous window frames and, finally, obviously the Pirelli tower.

The Grattacielo di Milano in Piazza della Repubblica, designed in 1950 by Luigi Mattioni and the Soncini brothers, is a landmark in the his-

tory of modern architecture in Milan, resulting from a synergy between technical knowledge and business skills. The work was also a turning point with regards to city-planning, thereby constituting the first exception to the height limit of Duomo's "Madonnina" and breaking municipal conventions, which called for the construction of a massive volume, a mirror-image of the building designed by Mario Bacciocchi in the Thirties and located on the opposite side of viale Vittor Pisani. The image of Mattioni's tower, inspired by the model of the American skyscrapers, is the incarnation of the dreams and ambitions of its time: by replicating its model in a futuristic urban view, Luigi Mattioni elaborated a study for the construction of thirteen reinforced concrete towers arranged in a circle around the city center, on top of which the stops of an aerial circle-cableway were to be placed, with carriages transported by strained wire ropes from high-rise to high-rise. Seventy years later, the image of the Grattacielo in Piazza della Repubblica is still a symbol of modernity, keeping its visual centrality against the jagged skyline of a city that is once again seeking change. The project has been realized by the Studio Architetti Soncini and the Studio Architetti Mattioni while the direction and the general organization were by Pio Capelli. The project consultants were Danusso, Portaluppi, and Setti with Sozzani, Papini, and Rognoni for the design of reinforced concrete structures, and Piccinino for the technical plants. With reference to the construction process, all classical systems used in reinforced concrete buildings were implemented, but with some significant improvements, mainly with respect to the cranes (implementing some ideas from those used in shipyards) and prefabricated components.

The Torre Velasca was built in 1956-58 and is protected as a cultural heritage building since 2011. The BBPR studio (architects G. L. Banfi, L. Belgioioso, E. Peressutti, and E. N. Rogers) was a preminent design firm in the country. The architects justified the choice of a tall building to be in agree with the theoretical positions of the Modern Movement and to create a new relevant episode, in the city center, that was qualified from an architectural point of view (as the post-war buildings had flattened and uniformed the skyline of Milan). Moreover, the development in height of the building allowed to gain more space at the ground level for the plaza (that could be used for parking and city services) and a better view inside the offices and apartments.



Luigi Mattioni, Eugenio Soncini, Ermenegildo Soncini, Grattacielo di Milano, 1950-55.
Construction works [Fifties]



BBPR, Torre Velasca, Milano, 1950-58. Construction works, 1956

In an interview, Belgiojoso said that the tower design was a very long process that lasted almost ten years while the realization took just three. The form-finding process took into consideration different solutions: from a W shape tower with a smooth façade and a terrace on the top, to a T-plan tower with a dark band to visually separate the functions inside the building. The uncertainty about the image that the plaza had to achieve is documented by several sketches that the architectural firm developed at the same time. The two main ideas were quite opposite: one considered the plaza as a parking lot space while the other, more romantic, was mainly a pedestrian area.

In the following form-finding step, the plan of the tower became rectangular, and the wider part of the tower was abruptly separated by the lower thinner part of the building. At this stage, BBPR started building scaled models to study the final shape that the tower had to assume.

In the beginning, the Velasca has been designed to be in steel and presented a structure with eight columns on the longest side and four on the other. In the next step, the columns became seven and wider (*costoloni*), supporting the overhang above. The connection part is made of V-shape struts (*a forcella*). The exigence to underline the verticality of the building through the structural elements, led to avoiding the dark band that originally was imagined for dividing the offices from the studio/apartment. Moreover, thanks to the models it has been possible to note that even the entrance has been subjected to different solutions. An interesting aspect of the design process was the change of the structural material after having chosen the shape of the tower. After having notified the amount of steel needed for the construction and the overall cost, it was evident the expensiveness of this solution. Realizing the same structure in reinforced concrete would have been cheaper, by about 25%, than in steel. The saving gained by the reinforced concrete solution led the architects and the clients to prefer this material instead of steel. So, Arturo Danusso, a “concrete enthusiast”³, became the chief engineer of the project.

From a structural point of view, the structure was really challenging and innovative as it was composed of a central core (*nucleo*) and a set of sixteen columns along the perimeter. For the first time that the bracing function was entirely supported by a unique element: the core. Moreover, the columns had a trilobite cross-section that presented several uncertainties about the structural behavior.

Danusso did some tests at ISMES in Bergamo in relation to the wind-bracing system (the core) and the reinforced concrete floors that had the longest span. Important references for this project were the high-rise buildings realized in Brazil, in San Paolo and Rio, as it was the only country in which reinforced concrete skyscrapers had been already realized.

Another important issue was the design of struts that had the essential role to sustain the wider part of the tower. Moreover, a model of an entire column was realized (with a length of 90 meters) in order to verify the construction procedure and its shape through photographic images that portrayed it in different perspective effects. So, the final version of the project was the result of a long debate between the architects and the engineer. This synergic iterative process shows that the architectural and engineering aspects are inseparable in the design. Even the roof design had a long gestation: the form was designed to satisfy several criteria such as solving the problem to hide the technical volumes on top of the tower, maintaining the idea of a traditional mansard roof, and defining the inclination of the pitches from the street view. Torre Velasca's design provoked a sort of furor in the international press because of its historicism. On the contrary, Gio Ponti (the architect of the Pirelli building) admired and loved the presence of the Torre Velasca in Milan. Yet, the major interest is here the structural concept, based on the concrete walls of the stairs and elevators block located in the central area, associated with the concrete frames located at the façades and resulting in a lattice enveloping the entire building. The system is one of the first realizations of the tube-in-tube scheme, which will have great development in the following years particularly in the U.S.. It is worth remarking that the Torre is one of the first reinforced concrete buildings reaching a height of 106 meters. The structure was designed by Arturo Danusso. The scheme, and the double symmetry, will prove effective to seismic response. Traditional brick infill walls were used inside and precast panels outside. The inclined struts at the top expansion apply compression to the lower floor where they connect, and tension at the upper one. Beams with pre-tensioned cables have been used in the tension zone, while the compressed slab is thicker than regular ones. The Pirelli building, known for long in Milano as "Grattacielo Pirelli", was built between 1956 and 1961 for the Pirelli company and in some ways symbolized the vital and energetic post-war industrial character

of the region. Prominent architects and engineers worked on the project. The architectural design is by Gio Ponti, the slender and elegant structure was conceived by Pier Luigi Nervi and developed and realized once more by Arturo Danusso. The Pirelli building can be considered a *manifesto* of the post-war industrial development in the Lombardia region. It displays the sign of new technological progress and the faith in the future, modernism, and ambition of Pirelli company to become the emblem of their philosophy.

The design and construction team presented the architect Gio Ponti and some of the major architects and engineers of the time like Antonio Fornaroli, Alberto Rosselli, Giuseppe Valtolina, Egidio Dell'Orto, Pier Luigi Nervi, and Arturo Danusso. Nervi and Danusso were charged with the design and computation of the structure while Pirelli company became the construction manager of the project with the help of Bonomi e Comolli firm as a consultant. So, in this building, we find both the synergy between the form-finding by Gio Ponti and the structure by Nervi and Danusso. The two souls of the project are the Olympic and crystal-like shape by the architect and the dynamic structure by Nervi. The adaptability of reinforced concrete to any shape meant freedom in the form-finding process. However, the architectural shape had to express it in its materiality the flowing of stress inside the structure itself. The skyscraper in Ponti's view is an *opera* fixed forever in its perfect shape in the urban landscape. For this reason, Ponti believed that architecture is a metaphor to achieve purity, order, vital force, stillness, eternity, silence and enchantment: "di forme chiuse, dove tutto [sia] consumato nel rigore dei volumi e d'un pensiero"⁴. Architecture as *forma di sostanza* and not as *forma di forma*.

The skyscraper stands on a basement in reinforced concrete, extending along the perimeter with 31 floors (including the technical volume on the top), 127,1 meters high and rounded on three sides by lower volumes. The characteristic lentiform, elongated shape of the building, 70,4 meters long and 18,5 meters wide, created several static problems because of the elevated height of about 127 meters. It was at the time of its construction the tallest reinforced concrete building in Europe. Its plan dimensions, of 70,4 meters by 18,5 meters account for its slenderness, which posed statics problems. The 18,5 meters across for a height of 127 meters was an unusual ratio in high-rise buildings. The figure shows the building outline and the plan, with the characteristic

tapered extremes, the “tips”. The statics challenges posed by geometry brought to design a mixed structure, where the area of the tips presents stiff boxed vertical structures, that contained also stairs and elevators. Additional load bearing structures were the four concrete walls positioned two by two transversally at a distance of 24 meters. The walls actually had openings that permitted the use of the floor as open space. The slender structure, by Nervi’s design and made executive by Arturo Danusso, was composed of four bearing walls (“setti portali trasversali”) that emerged two by two on the external view and by two triangular-shaped volumes, called “punte”, that hosted the distributive systems (lifts and stairs). The bearing walls, 24 meters spaced out, allowed the setup of large open spaces for offices. The roof, designed by Ponti as a plane, stands on the last floor and seems to fly on the underlying volume. In Ponti’s words: “librarsi leggera [...] come un’aureola che avrebbe finito poeticamente la torre sul cielo”⁵.

The main view, instead, shows wide curtain walls, with aluminum frames, partitioned by the structural system (the triangular volumes at each end and the bearing walls) and lined with brilliant ceramic tiles. The floors for joining the curtain wall had to be tapered off at the extremities in order to reduce their thickness and avoid the creation of string courses. The aim was to give a free continuity to the glass façade towards the sky. However, Ponti regrets that the continuity is weakened by the presence of opaque glasses at the bottom part of the windows. The “punte”, whereas, are characterized by openings with only “damned balconies”⁶ (“dannati balconi”) that the architect disliked instead of Pier Luigi Nervi, who considered them useful for static purposes.

Note

1. C. Bolognesi, *Tall buildings in Milan*, in “Domus Speciale Grattacieli”, 2003, p. 3.

2. *Ibid.*

3. As defined by Adrian Forty in his book *Concrete and Culture: A Material History*, Reaktion Books, London 2012, p. 112.

4. F. Brevini, *Grattacielo Pirelli*, Touring Editore, Milano 2004, p.16.

5. G. Ponti, *Si fa coi pensieri*, in “Domus”, n. 379, giugno 1961, pp. 1-30.

6. *Ibid.*

**Ingegneria e grande industria.
La costruzione metallica nell'opera
di Fabrizio de Miranda**

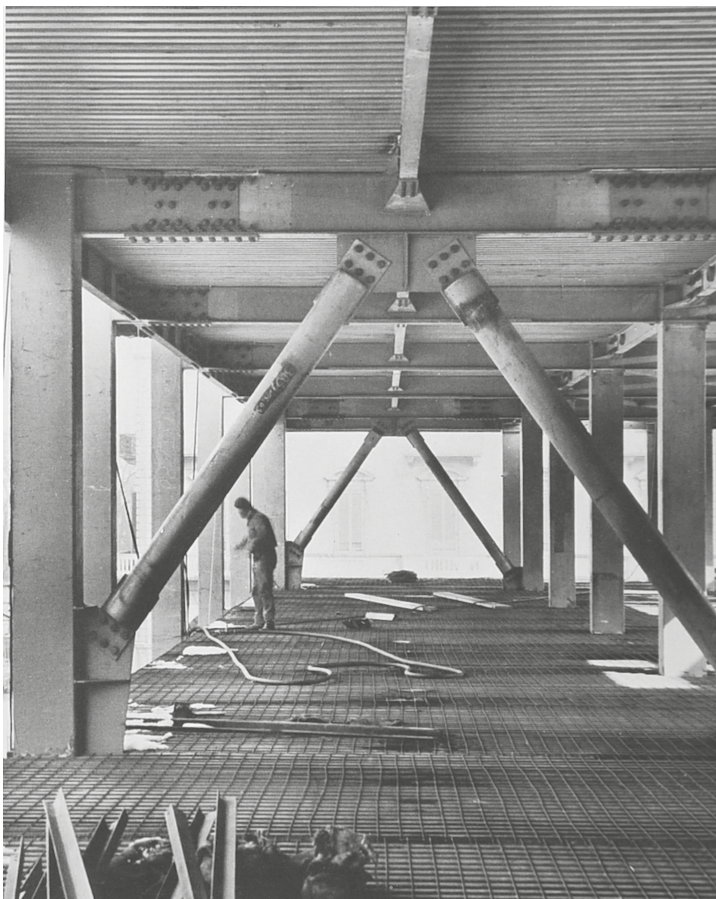
Marko Pogacnik

Nato a Napoli nel 1926, Fabrizio de Miranda (FdM) si è laureato in Ingegneria Civile presso l'Università di Napoli dove ha studiato con il prof. Adriano Galli cui si deve, tra l'altro, lo studio delle strutture per lo stabilimento Olivetti di Pozzuoli disegnato dall'arch. Cosenza¹. Quando in Italia erano prevalenti gli studi sul cemento armato e sul cemento armato precompresso, trasferitosi a Milano, FdM inizia a lavorare presso un'impresa di carpenteria metallica, le Officine Bossi del gruppo Edison. Nel capoluogo lombardo FdM ha modo di sperimentare diverse scale e tipologie di progetto. Da ricordare le prime esperienze in ambito architettonico: lo studio del velario della sede centrale della Cassa di Risparmio di Udine di Gino Valle (1953-54), una struttura reticolare spaziale a tetraedri ispirata alle sperimentazioni dell'ingegnere americano Buckminster Fuller; la progettazione di una struttura metallica leggera per delle chiese provvisorie da realizzare nella periferia di Milano; infine, la collaborazione con Luciano Baldessari per la costruzione dell'impegnativo padiglione della Breda alla 32esima Fiera Campionaria di Milano nel 1954². Sempre con le Officine Bossi FdM realizza tra il 1955 e il 1956 un ponte sul fiume Chiese, il primo ponte italiano concepito con un sistema misto acciaio-calcestruzzo (il *Verbundträger-bauweise*)³. Di questo sistema costruttivo FdM sarà in Italia un pioniere. Avendone studiate molte opere realizzate soprattutto in Germania, Giappone e Stati Uniti FdM loda di questo sistema non solo l'economia in cantiere, ma anche la sobrietà di linee che questo permette di ottenere. Si trattava di un sistema che consentiva di evitare gli inconvenienti classici propri ai due materiali: "Le prime [le strutture murarie] esigono [...] puntelli e casseri numerosi e costosi [...]. Le strutture metalliche hanno d'altra parte scarsa rigidità e non si legano ai materiali murari di riempimento"⁴. Con questa tecnica costruttiva egli realizzò anche le sopraelevate di Roma/San Lorenzo (1972) e di Genova (1963-65)⁵ rivolgendo poi il proprio interesse anche a problemi strutturali di ordine solo apparentemente minore come i telai per edifici multipiano. Si tratta di ossature di cui FdM studiava la corretta disposizione per ottenere la massima semplicità, economia degli sforzi e una possibilità di applicazione in ogni

campo, da quello industriale a quello residenziale. Particolarmente significativi i diciannove fabbricati della “Mostra delle Regioni” per l’Expo Italia 61, il centro addestramento IFAP a Terni (1961-62), la sede uffici Rai a Roma (1961-62), l’ampliamento della sede del Genio Civile di Napoli del 1962 (progettista ing. Travaglini), la nuova sede della Rai di Torino (1963-64)⁶, gli uffici della ESSO all’Eur-Roma di Luigi Moretti (1964-65), il complesso scolastico COFIC a Milano con un sistema di prefabbricazione (1964-65), un complesso residenziale a Cap Martin (il rustico prevedeva un solaio in lamiera grecata; rete e soletta in calcestruzzo; facciate, tramezzi e controsoffitto prefabbricati, 1965-66)⁷, il centro commerciale Business House di Corsico (1973)⁸. Nello stesso periodo FdM studiava gli archi a spinta eliminata (trave Langer con arco sottile e trave irrigidente che poi userà anche in edifici industriali come il padiglione centrale della Fiera di Pordenone finito nel 2002) di cui egli ammirava la leggerezza e l’economia del lavoro. Gli anni passati alla CMF permettono a FdM una intensa attività soprattutto nel campo dell’edilizia industriale dove vengono realizzate opere di notevole qualità formale come le coperture dei reparti presse della Alfa Romeo ad Arese (1962), lo stabilimento della società metallurgica Delta a Serravalle Scrivia (1963), dieci padiglioni del nuovo quartiere fieristico di Bologna (1964), strutture a traliccio che prevedevano l’uso di aste tubolari con grammatiche di montaggio spaziale sempre diverse⁹.

In questi primi anni emergono i grandi temi sui quali si eserciterà la futura ricerca strutturale di FdM. Le Officine Bossi, quindi, rappresentarono per FdM una vera e propria scuola per sperimentare direttamente in cantiere gli studi sulla costruzione metallica in collaborazione con il direttore dell’Ufficio Tecnico, l’ing. Fausto Masi, una personalità di grande rilievo, direttore della rivista “Costruzioni Metalliche” e promotore della fondazione nel 1946 della Associazione Costruttori Acciaio Italiani (ACAI).

Nel 1957 FdM assume un ruolo di dirigente nella società Ilva del Gruppo Italsider e, dal 1959, è direttore dell’Ufficio di progettazione della società Costruzioni Metalliche Finsider del Gruppo IRI. Il percorso professionale di FdM assume una fisionomia peculiare che vede il giovane ingegnere operare nell’ambiente della grande industria a Partecipazione Statale. Fino al 1953, a capo della Finsider aveva operato Oscar Sinigaglia cui si deve la completa riorganizzazione del set-



Aldo Morbelli, Domenico Soldiero Morelli, Fabrizio de Miranda, sede RAI, Torino, 1963.
I lavori di costruzione

tore siderurgico italiano operata a partire dagli anni Trenta¹⁰. Altro importante dirigente della Finsider era stato Gian Lupo Osti sostenitore di un'idea di industria pubblica di grande ambizione imprenditoriale, ma con una elevata apertura verso i problemi sociali e culturali¹¹. È in questo clima che matura la propria vocazione professionale il giovane FdM che nel 1959 diventa direttore dell'Ufficio di progettazione della società "Costruzioni Metalliche Finsider S.p.A." (CMF) del gruppo IRI a Milano, alla cui direzione egli rimase fino al 1967, prima di fondare l'anno successivo una società di consulenza per la progettazione di ponti e strutture. Queste esperienze imprimono alla personalità dell'ingegnere una vocazione al lavoro collettivo e alla soluzione standard, unita ad un interesse per tutti i processi di razionalizzazione del cantiere¹². Non la forma individuale, ma la soluzione generale rappresenta la sua missione, perseguita sempre con una sensibilità e consapevolezza della complessità della componente costruttiva.

Arrivano a maturazione negli anni Sessanta anche le prime soluzioni di grande innovazione per ponti e viadotti, come il ponte sul Lao con impalcato a piastra ortotropa metallica (1965-66) e pile di tipo scatola-re in c.a. progettate da Cestelli-Guidi (primo ponte del genere in Italia sul modello del ponte Europabrücke di Innsbruck, 1963); la scelta della travata metallica era legata alla leggerezza che rendeva minime le spinte sismiche. A travata in sistema misto, ma di tipo Gerber, il ponte sull'Ellero dell'Autostrada Torino-Savona (1964), mentre per il viadotto nella valle dell'Entella a Chiavari vengono proposte due soluzioni a otto (sistema misto) e a cinque luci (impalcato in acciaio a lastra isotropa) (1966). Il progetto non realizzato per il ponte sullo Stretto di Messina (1969)¹³ e il ponte in località l'Indiano a Firenze (1977) rappresentano, invece, i risultati più alti della sua ricerca nel campo del ponte strallato, campo nel quale l'apporto di FdM risulta di assoluto primato. Discusso il ponte sullo Stretto in un altro saggio del libro¹⁴, come esempi di ponti strallati costruiti possono essere indicati quello di Vigo del 1973-77¹⁵ (ponte autoancorato) e il notevole ponte dell'Indiano (ponte ancorato a terra), una unica campata di 206 metri di luce, "un arco reticolare capovolto ormeggiato alla sommità di due archi a tre cerniere, ciascuno formato da un'asta-puntone leggermente inclinata verso riva, costituita dall'antenna, e da un'asta tirante costituita dal fascio di cavi di ormeggio al suolo"¹⁶. Nella maggioranza dei casi i ponti strallati adottano uno schema di tipo autoancorato (per



Fabrizio de Miranda con Costruzioni Metalliche Finsider Spa,
copertura reparti presse della Alfa Romeo, Arese (MI), 1962

Fabrizio de Miranda con Costruzioni Metalliche Finsider Spa,
copertura stabilimento Delta a Serravalle Scrivia (AL), 1962

esempio il celebre Ponte di Normandia di Michel Virlogeux e il ponte di Vigo) dove l'impalcato è soggetto a sforzi prevalentemente di compressione, mentre nei ponti strallati ancorati a terra l'impalcato è prevalentemente in trazione. Il completo dominio delle forze in gioco permette a FdM di ottenere una soluzione di alto valore espressivo, tanto da indurre l'ingegnere ad abbandonare, cosa rarissima, la sua prosa asciutta per evocare una qualità poetica dell'opera: "Il motivo della inclinazione delle antenne dal suolo alla sommità verso l'esterno [...] non è di carattere statico, ma di natura essenzialmente architettonica in quanto suddetta inclinazione delle antenne verso le rive dà l'impressione di favorire il flusso dell'acqua verso la foce del fiume, che [...] si versa nel mare Tirreno"¹⁷. Il ponte all'Indiano ha ricevuto prestigiosi riconoscimenti internazionali che hanno confermato l'eccellenza dei risultati ottenuti in questo ambito di ricerca.

Alla fine degli anni Sessanta lo studio de Miranda espande la propria attività anche all'estero, in particolare nel Sud America, con i ponti Zárate Brazo Largo sui fiumi Paraná Guazú e Paraná de las Palmas in Argentina (1969-76), paesi dove lo studio professionale – oggi condotto dal figlio Mario de Miranda –, ha consolidato negli ultimi decenni la propria presenza.

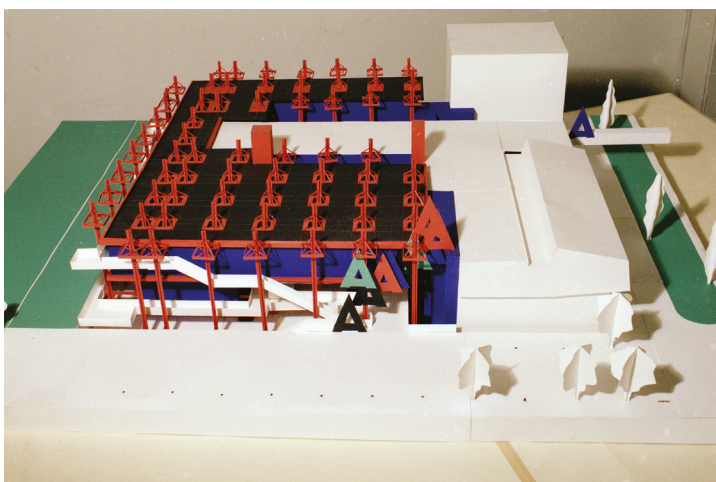
FdM ha sempre accompagnato la sua attività di costruttore con una intensa attività pubblicistica che gli ha permesso di approfondire in termini teorici le sperimentazioni compiute in cantiere. Così anche nelle pubblicazioni (molte edite nella collana tecnico scientifica della Italsider) ritroviamo i due filoni: quello dedicato alle *Strutture in acciaio per l'edilizia civile e industriale*¹⁸ e il secondo relativo al ponte strallato e, in particolare, la variante più impegnativa, quello di grande luce¹⁹. Saggi e monografie sono parte fondamentale dell'attività svolta da FdM non solo come divulgatore, ma anche in qualità di docente universitario. Come docente di Tecnica delle Costruzioni, FdM insegna progettazione strutturale nella Facoltà di Architettura del Politecnico di Milano dal 1964 al 1993, fino alla pensione per raggiunti limiti di età. Della sua costante preoccupazione di vedere ingegneria e architettura in quanto discipline alleate e solidali, rimane come testimonianza la costruzione dell'edificio della Facoltà di Architettura in via Ampère; al progetto collabora con l'arch. Vittoriano Viganò. "L'ossatura è [...] costituita da un unico grande telaio spaziale in cui la sezione dei pilastri è stata offerta dal disegno di un profilo apparentemente costante,



Fabrizio de Miranda, Ponte all'Indiano (FI), 1977

formato da due doppi T incrociati composti-saldati, ma costituita da spessori differenziati e dall'impiego di tre differenti qualità di acciaio: Fe 360, Fe 430, Fe 510. [...] il sistema dei vincoli interni [...] è stato realizzato senza saldature in opera, ossia mediante foratura delle travi [...] e serraggio con bulloni ad alta resistenza [...] . La copertura è costituita da una doppia orditura di travi ortogonali di acciaio [...] di disposte su maglia quadrata di 3,60 x 3,60. La sommità di ogni colonna fuoriesce dalla maglia [...] e costituisce il punto di attacco di quattro tiranti che, delineando gli spigoli di una piramide, [...] creano lo spazio per un lucernario [...]”²⁰. Della collaborazione con Viganò rimane una testimonianza che restituisce in modo plastico la personalità di FdM: “Ricordo queste teste porta stralli che potevano essere molto più contenute. Discutemmo parecchio: ‘no, io le voglio grosse, evidenti, che si vedano’ e va bene, le faccio più grosse, buttiamo via un po’ di quattrini. Si possono fare più economiche, più armoniche, però [...] dobbiamo lavorare insieme, in armonia, e così fu [...]. Spero che le strutture di acciaio a vista siano state verniciate [...].

Quando poi sono passato ad ingegneria [...] ho trovato un ambiente freddo, dove ognuno aveva il paraocchi [...]. Chi faceva Ingegneria Chimica, vedeva solo la chimica, Ingegneria Elettronica solo l’elettronica [...]. Invece in Facoltà di Architettura tutti sapevano tutto! Erano piuttosto ignoranti, fra l’altro, ma avevano questa presunzione, ognuno sapeva tutto ed era un ambiente divertentissimo perché i docenti erano bravi, proprio capaci. C’era una ottima Scuola di Architettura a Milano e quindi mi sono divertito. Son trent’anni volati via [...]. I romani la scuola la chiamano *ludus*, il gioco, il divertimento”²¹.



Vittoriano Viganò, Fabrizio de Miranda, con studio arch. Malchiodi (direzione lavori),
 Facoltà di Architettura, Politecnico di Milano, Milano, 1975-85. Modelli del progetto

1. Si veda la letteratura attuale su FdM: I. Doniselli, *Fabrizio de Miranda, ponti e strutture*, in “Acciaio e Costruzioni metalliche”, n. 5, 1994; G. Meneghini, *Fabrizio de Miranda nella storia dei ponti in acciaio*, tesi di laurea, relatore E. Siviero, Università Iuav di Venezia, 1997-98; M. Zordan, *Il contributo di Fabrizio de Miranda alla costruzione metallica nel secondo Novecento in Italia*, in *Ingegneria italiana*, numero monografico di “Rassegna di architettura e urbanistica”, a cura di T. Iori, S. Poretti, 2007, nn. 121-122, pp. 149-158; F. Mattei, *I ponti di Fabrizio de Miranda*, in AA.VV., *La concezione strutturale. Ingegneria e architettura in Italia negli anni Cinquanta e Sessanta*, Allemandi, Torino 2013. Si veda inoltre: *Studio de Miranda Associati: Cinquant'anni di progetti in acciaio. Intervista al prof. Fabrizio De Miranda*, a cura di I. Paoletti, in “Acciaio e Costruzioni metalliche”, 2009, n. 1, pp. 83-86.

2. Più tardi lavorerà insieme a Guido Canella e Michele Achilli per gli edifici polifunzionali di Cesano Boscone (MI) (1976-79), di Peschiera Borromeo (MI) e del quartiere Monte d'Ago Q3 ad Ancona (1985-89); con Vittoriano Viganò per l'ampliamento della sede della Facoltà di Architettura del Politecnico di Milano (1984); con Angelo Villa, Ludovico Tramontin ed Ermes Martinelli progetterà le strutture del nuovo Padiglione fieristico di Pordenone (1997-98). Vedi D. De Nardi, *Il padiglione centrale della Fiera di Pordenone*, Il Poligrafo, Padova 2006.

3. F. de Miranda, *In tema di ponti a travata con sistema misto acciaio-calcestruzzo*, in “Acciaio e Costruzioni Metalliche”, n.2, 1956. Oltre questo primo ponte va ricordato anche il ponte in curva su rio Macinaie dell'autostrada del Sole (1959-60) realizzato dal Centro Costruzioni Metalliche della Società ILVA con getto in calcestruzzo dell'impalcato compiuto senza puntellare le travi. Vedi anche: F. de Miranda, *Aspetti evolutivi della costruzione di ponti in sistema misto acciaio-calcestruzzo*, in “Costruzioni Metalliche”, n. 5, 1962; *La travata Gerber in sistema misto acciaio-calcestruzzo del viadotto Ellero dell'Autostrada Torino-Savona*, in “Costruzioni Metalliche” n. 3, 1965.

4. F. de Miranda, memoria presentata al Primo Convegno Nazionale della Costruzione metallica tenutosi a Milano nel novembre del 1954, “Costruzioni metalliche”, n. 2, 1955.

5. F. de Miranda, *La strada sopraelevata di Genova e sue caratteristiche di progetto*, in “Costruzioni Metalliche”, n. 5, 1965.

6. F. de Miranda e altri, *Le strutture della nuova sede uffici della RAI-TV in Torino*, in “Costruzioni Metalliche”, n. 6, 1963; AA.VV., *Un nuovo palazzo a Torino: la sede della Rai*, G&P, Torino 1968.

7. Questi esempi illustrati nella relazione tenuta al IX congresso nazionale edilizia e abitazione tenutosi a Taranto nel giugno 1966, tutte opere realizzate con la CMF, Costruzioni Metalliche Finsider di Milano.

8. F. de Miranda, *Le strutture del Centro Commerciale “Business House” a Corsico (Mi)*, in “Acciaio” n. 12, 1973.

Ricordiamo ancora la collaborazione al progetto di Renzo Piano per il Lingotto di Torino, 1983-85

9. F. de Miranda, *Studio sui collegamenti bullonati nelle strutture in carpenteria tubolare*, in “Costruzioni Metalliche”, nn. 2 e 6, 1967.

10. F. de Miranda, E. Rapetti, *Considerazioni economiche sulle costruzioni in acciaio*, in “Acciaio”, n. 12, 1960, pp. 3-11.

11. C. Vinti, *Eugenio Carmi e lo stile Cornigliano/Italsider. Un'immagine aziendale nell'Italia del miracolo economico*, in “Progetto Grafico”, n. 8, 2006, pp. 108-121. Si pensi che la Edison aveva assunto nel 1947 Ermanno Olmi che in questa impresa inizierà la sua attività di regista realizzando una quarantina di documentari.

12. Si veda il sistema studiato al fine di migliorare gli stati tensionali finali in un ponte a travata continua e soletta in c.a. collaborante. F. de Miranda, *Presollecitazione mediante sconnessioni di strutture miste in acciaio e calcestruzzo collaborante*, in “Costruzioni Metalliche”, n. 5, 1965.

13. Gruppo Lambertini, (G. Lambertini, F. de Miranda, F. Leonhardt, G. Ceraadini, C. Lotti, C. Pandolfi), *Concorso internazionale di idee per un attraversamento stabile stradale e ferroviario fra la Sicilia e il Continente*, ANAS, Roma, 1969. F. de Miranda, *Sulla fattibilità del ponte per l'attraversamento stradale e ferroviario dello Stretto di Messina*, in “Costruzioni Metalliche”, n. 5, 1983.

14. Si veda il saggio di R. M. Caruso a p.30.

15. F. de Miranda e altri, *Il ponte strallato sullo stretto di Rande presso Vigo delle Autopistas del Atlantico*, in “Costruzioni Metalliche”, n. 2, 1979. Il ponte è stato calcolato con il programma STRUDL.

16. F. de Miranda, *Il ponte strallato sull'Arno a Firenze in località l'Indiano*, in “Costruzioni Metalliche”, n. 6, 1978.

17. Sessant'anni di esperienza nella progettazione e costruzione di ponti e strutture, intervista a FdM da parte dell'ing. A.R. Rosa, 20 nov. 2010.

18. F. de Miranda, D. Danieli, *Strutture in acciaio ...*, vol. VI della collana Italsider, Genova, 1970; F. de Miranda, M. Locatelli, O. Petronio, I. Tricario, *Strutture in acciaio e particolari costruttivi*, collana Editoriale UISAA, Milano 1968.

19. F. de Miranda, *I Ponti strallati di grande luce, fondamenti teorici, analisi strutturale, criteri di progettazione, tecniche di costruzione, 5 esempi di realizzazioni*, Roma, Ed. Cremonese, 1980; F. de Miranda, F. Leonhardt, e altri, *Concorso internazionale di idee per un attraversamento stabile stradale e ferroviario fra la Sicilia e il Continente*, ANAS, Roma 1969.

20. F. de Miranda e E. Gneccchi Ruscone, *Le strutture dell'ampliamento della Facoltà di Architettura di Milano*, in “Costruzioni Metalliche”, n. 4, 1986.

21. E. Stucchi, *La Grande A. La Facoltà di Architettura e Vittoriano Viganò*, tesi di laurea, Politecnico di Milano, AA 2010/11. Si veda in particolare l'intervista a FdM, p. 233 e segg.

4. La scuola di Roma

I Maestri della scuola romana di ingegneria. Intervista a Mario Petrangeli*

Marzia Marandola

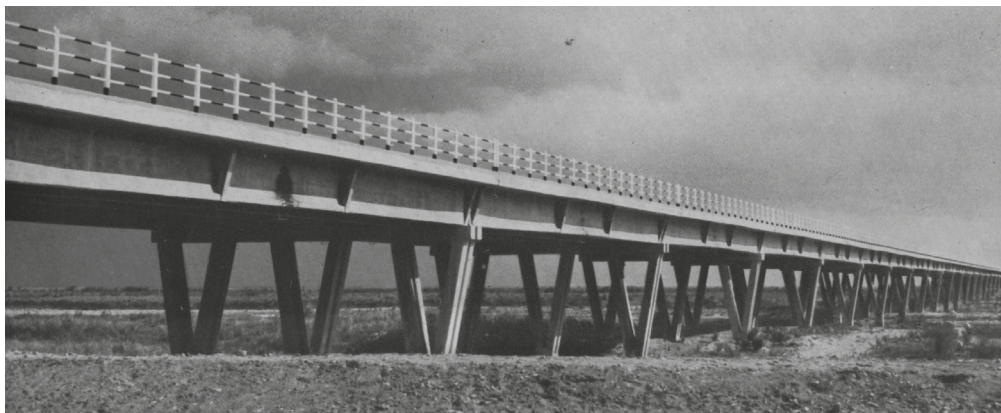
Marzia Marandola, Università Iuav di Venezia

* Mario Petrangeli, ingegnere, professore di Teoria e Progetto di Ponti e Gestione dei Ponti e delle Grandi Infrastrutture presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università La Sapienza di Roma. È autore di oltre 100 pubblicazioni tecnico-scientifiche e ha redatto numerosi progetti di ponti in Italia e all'estero, molti dei quali in zona sismica.

Marzia Marandola [MM]: Professor Petrangeli, lei ha studiato e ha poi insegnato per tanti anni alla Facoltà di Ingegneria di Roma: quali sono i maestri che ricorda?

Mario Petrangeli [MP]: La scuola romana era una scuola di rilievo a livello nazionale. Il primo grande maestro, sicuramente uno dei protagonisti da guardare con ammirazione, è stato Giulio Krall (1901-71). Ingegnere, matematico, esperto progettista aeronautico, sperimentatore nella costruzione di ponti, che non ho conosciuto personalmente, ma la sua fama e le sue innovazioni furono davvero determinanti. Fu il primo a dare prestigio alla scuola romana di ingegneria, in quanto geniale progettista di strutture, famoso anche come scienziato e teorico di Scienza delle Costruzioni. Non solo aveva costruito ponti in cemento armato di grande importanza, ma il suo interesse per l'ingegneria aeronautica ha contribuito alla creazione della scuola di ingegneria aeronautica romana, che ancora oggi è una delle più importanti. Quindi, all'inizio metterei come nume tutelare della scuola romana Giulio Krall. Il sistema a trave Nielsen, e tutte le sue invenzioni sui ponti erano davvero opere importanti; noi giovani andavamo a vedere le sue strutture e seguivamo i cantieri delle nuove costruzioni. Nell'immediato dopoguerra, tra i più importanti protagonisti dell'ingegneria romana, ma non solo romana, va certamente posto Carlo Cestelli Guidi (1906-95), al quale si deve il grande merito di aver diffuso la conoscenza del cemento armato precompresso. Cestelli Guidi pubblicò un volume sul precompresso, che non era un testo completamente originale nell'ideazione, era molto debitore agli studi francesi a riguardo, ma ha consentito a tanti giovani ingegneri di conoscere il cemento precompresso e di studiarlo in larga scala nei corsi universitari. Quel volume divenne immediatamente un testo di riferimento per tutti, e ancora oggi è molto diffuso¹.

Se Cestelli Guidi ha il merito di aver fatto conoscere il cemento armato precompresso attraverso i suoi scritti e il suo libro, Riccardo Morandi (1902-89) negli stessi anni diffondeva l'uso di questo sistema costruttivo attraverso le sue opere. Anche se Morandi ha insegnato



Carlo Cestelli Guidi, Mario Guiducci, ponte sul fiume Trigno, Pescara, 1958-59

Riccardo Morandi, viadotto della Magliana sull'autostrada Roma-Fiumicino, Roma, 1964-67

solo per pochi anni a Roma, come professore a contratto dal 1969 al 1972, ha lasciato un segno indelebile ed è stato una presenza fondamentale nella formazione di noi giovani ingegneri².

Nell'ambiente particolarmente stimolante dell'università di Roma, riconosco in due personalità i miei veri maestri, quelli che io continuo a considerare le persone di altissimo valore che hanno guidato il mio percorso e hanno dato molto alla scuola romana. Il primo è certamente Giulio Ceradini (1918-2005), il secondo è Morandi³. Entrambi insegnavano contemporaneamente a Firenze: due persone diversissime e che definirei all'opposto!

MM: Era stato proprio Ceradini a convincere Morandi a continuare l'insegnamento e, durante gli anni a Firenze, cercava ripetutamente di convincerlo a partecipare ai concorsi universitari per entrare come docente strutturato a Firenze. Come mi ha più volte confermato anche Maurizio Morandi, professore di urbanistica a Firenze, Riccardo non ha mai voluto fare i concorsi universitari, poiché non avrebbe retto una bocciatura, ed era certo che gli accademici non avrebbero mai giudicato positivamente il suo lavoro, ritenendolo un costruttore e non un accademico teorico!

MP: Sì, erano due persone assolutamente all'opposto! E io questo lo ricordo sempre ai miei studenti, come esempio della stima e del rispetto che bisogna tenere tra colleghi e professionisti: Ceradini era un teorico. Dopo la laurea in Ingegneria Civile a Roma nel 1941, aveva studiato in Svizzera dal 1942, al Politecnico di Zurigo dove si era trasferito con il padre, che era un oppositore del regime. Negli stessi anni (1941-44), Gustavo Colonnetti si era trasferito clandestinamente in Svizzera, dove ottenne un incarico presso l'Ecole des ingenieurs dell'università di Losanna e avviò l'importante esperienza del campus per studenti italiani rifugiati. Ceradini aveva un profilo internazionale e uno sguardo aperto sul mondo scientifico, interessato alla costruzione e alle innovazioni. Ritorna nel 1946 come docente alla scuola di Roma, assistente alla cattedra di Aristide Giannelli e al Centro di Studi sui Ponti finanziato dal CNR dove – non voglio fare nomi – c'erano docenti di un provincialismo spaventoso. Ceradini era però un teorico raffinatissimo e all'opposto c'era Morandi che non si può certo definire un teorico; di contro, era un uomo che aveva una grandissima sensi-

bilità, quasi fisica, per comprendere le strutture. Prima ancora di calcolarle le interpretava e le capiva istintivamente. Questi due uomini, così diversi, avevano una fortissima stima reciproca. Ceradini sosteneva che la teoria deve essere finalizzata al costruire, che deve servire a guidare i progetti; altrimenti, non ha ragione di esistere. Morandi riconosceva che nei casi complessi il contributo della scienza è fondamentale per guidare il progettista. Per me e per la mia formazione, al di là degli insegnamenti professionali, del mestiere, questo è stato il più grande insegnamento che mi hanno lasciato questi grandi maestri. Quando c'è stima tra due professionisti, e quando ognuno riconosce il lavoro dell'altro, si diventa non solo progettisti, ma anche persone migliori. Allora, poi, questi due gruppi di ingegneri erano assolutamente antitetici: c'erano da un lato i teorici che consideravano i progettisti come degli ingegneri di basso profilo. Dall'altro, i progettisti che consideravano i teorici come degli incapaci che perdevano tempo a filosofeggiare su inutili speculazioni.

Va riconosciuto quindi a Ceradini di essere stato un vero caposcuola; dopo di che c'è stato Carlo Gavarini, divenuto poi direttore del Dipartimento nel 1984. Anche lui è stato un grande teorico, a lui si devono importanti volumi di Scienza delle Costruzioni e di ingegneria antisismica. Noi eravamo anche grandi amici e appassionati di bicicletta – una passione che ci accomunava – e purtroppo proprio questa sua passione gli procurò la morte, nel 2010, in un tragico incidente stradale in bici. Ci sono ancora giovani, ora non propriamente giovani, che vengono da quella scuola, come il professor Achille Paolone, direttore del Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica di Roma, che è erede dell'insegnamento impostato da Ceradini all'interno della scuola.

MM: Quali erano i temi di ricerca che venivano proposti e portati avanti all'interno della scuola di Roma?

MP: All'inizio la scuola di Roma era principalmente orientata verso lo studio delle strutture in calcestruzzo armato e calcestruzzo armato pre-compresso perché c'erano personaggi importanti che promuovevano questi sistemi, come Cestelli Guidi. Bisogna ricordare che in Italia si costruiva utilizzando esclusivamente questo nuovo sistema, mantenendo la muratura, ma il nuovo sistema costruttivo più diffuso e studiato era certamente il cemento armato. Negli anni nell'uso di questi mate-

riali c'è stato il grande equivoco per cui il cemento armato semplice e quello precompresso erano considerati materiali eterni, assimilati a un materiale lapideo, e non si è preventivata la manutenzione necessaria per queste opere. In Italia siamo arrivati decisamente in ritardo nel prendere consapevolezza della necessità di fare manutenzione di queste strutture. Io ho ancora in studio testi stranieri pionieristici: mi occupavo proprio della durabilità del cemento armato già nel 1980, quando c'erano convegni internazionali nei quali si parlava di *management* delle opere di ingegneria, strategie che da noi erano ancora sconosciute nella gestione delle strutture. Negli anni abbiamo avuto i disastri che conosciamo, proprio per mancanza di manutenzione: il viadotto del Polcevera è stato il crollo più eclatante, ma prima di quell'evento tragico, sai quanti ponti ho visto crollati⁴! La grande differenza è stata che non ci sono stati morti e così la cosa passava in secondo piano, in silenzio. Però ne sono crollati molti. Poi si è deciso di intervenire, ma con un atteggiamento sbagliato: passando da un problema di manutenzione mancata, che viene risolto utilizzando l'acciaio, si è arrivati a un uso eccessivo dell'acciaio quando si potrebbe continuare ad usare il precompresso con le dovute attenzioni. Io oggi ho fatto tesoro delle lezioni dei miei maestri: nella costruzione di un ponte nel nord dell'India, l'Anji Khad, ho utilizzato sia il cemento che l'acciaio, scegliendo con consapevolezza ogni materiale in funzione dell'uso e delle sollecitazioni. Credo sia un bel risultato, ma non dovrei dirlo io! Si tratta di un connubio tra calcestruzzo e acciaio in un organismo dove i materiali sono ottimizzati, dove si usano con consapevolezza, senza criminalizzare o bandire l'uso di questo o quel materiale, come fosse una moda. Ora il cemento armato precompresso è diventato il "demonio"! Quando si decide di intervenire sul consolidamento di un ponte in precompresso, senza fare alcuna indagine, già si considera sempre un'opera ad altissimo rischio. Noi che conosciamo bene e abbiamo studiato la nascita e lo sviluppo di questo sistema, non possiamo tollerare questo atteggiamento di demonizzazione che porta ad affrontare con pregiudizi l'indagine su un'opera ingegneristica. Ora in Italia stiamo programmando di demolire ponti, viadotti – in molti casi opere in perfette condizioni di conservazione – solo perché costruite in calcestruzzo precompresso. Nessuno vuole prendersi la responsabilità di dichiarare la durabilità di queste opere, anche quando con indagini e approfondimenti si può conoscere lo stato delle strutture e intervenire⁵.

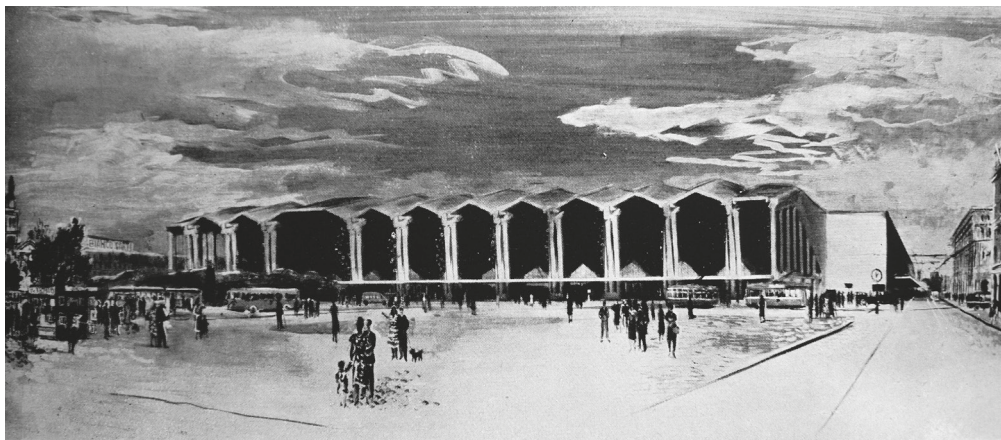
Ritornando quindi ai temi della scuola romana, Roma non ha avuto mai una scuola di grandi studi e costruzioni in acciaio. Non ci sono stati grandi teorici dell'acciaio in passato. Ora la situazione sta cambiando, ma lo spirito della scuola resta legato alla costruzione in calcestruzzo.

MM: Nella scuola aveva avuto un ruolo centrale anche Aristide Giannelli (1888-1970), per lo studio della costruzione dei ponti o mi sbaglio? Giannelli nel 1925 diventa titolare della cattedra di Teoria dei Ponti della Scuola di Ingegneria e prende la direzione del Laboratorio di Prova dei Materiali. Ha avuto anche un ruolo importante durante il fascismo e anche dopo nel secondo dopoguerra (consigliere comunale e assessore all'urbanistica al comune di Roma). Poi c'è stato il figlio Giorgio Giannelli (1918-85), meno centrale in questa storia.

MP: Giannelli era molto presente e molto potente, ma non ha avuto un ruolo di maestro. Per il corso di Costruzioni di Ponti c'era stato Morandi dal 1969 al 1972, poi altri. Prima di arrivare alla scuola di Roma io ho insegnato a L'Aquila, ero considerato troppo giovane per avere quel corso! Era consuetudine che i docenti di Roma, prima di arrivare a insegnare alla scuola romana, seguissero questo iter e insegnassero qualche anno a Ingegneria a L'Aquila, che era comunque una scuola interessante. Nel 1976 finalmente sono tornato a Roma e ho tenuto il corso di Costruzioni di Ponti dal 1976 fino al 2012. Sono stato il più longevo docente a tenere questo corso!

Ribadisco che Giannelli non ha avuto un grande lascito, ma dovessi citare altri maestri sicuramente darei un ruolo centrale ad Arrigo Carè (1919-2004). Carè non appartiene alla schiera dei teorici: ha iniziato come assistente alla cattedra di Scienze delle Costruzioni di Aristide Giannelli, ed è stato un progettista che ha costruito opere importanti, una persona di grande talento, associata con lo studio a Giorgio Giannelli, il quale però ricopriva un ruolo di secondo piano. Aristide Giannelli era stato un gran politico, ma non un caposcuola; certamente aveva un potere enorme, però, dal mio punto di vista, non ha avuto un ruolo di innovatore e non è stato un docente che ha lasciato un segno, se non nella sua gestione politica.

MM: Carè progetta le strutture in cemento armato degli edifici a torre Ina Assicurazioni (1949-55) di Mario Ridolfi e Volfango Frankl in



Mario Ridolfi, Ludovico Quaroni, Aldo Cardelli, Mario Fiorentino, Enrico Carè, Giulio Ceradini, progetto di concorso per il completamento del fabbricato viaggiatori della nuova stazione Termini a Roma, motto "U.R.", terzo premio ex aequo, 1947

Riccardo Morandi, Mercato Metronio, Roma, 1956-57

viale Libia a Roma e partecipa nel 1947 – con Ceradini, nel gruppo di progettazione capitanato da Mario Ridolfi e Ludovico Quaroni – al concorso per il fabbricato viaggiatori della stazione di Roma Termini. In un'intervista, Carè sottolinea quanto fosse stato importante per lui incontrare Ridolfi e Quaroni, grazie ai quali aveva compreso l'importanza di progettare strutture strettamente connesse all'idea architettonica, ma che conservassero anche una propria identità formale. Scartando il sistema tradizionale trave-pilastro, la struttura si sagoma e si deforma in funzione dei diversi carichi e delle diverse concezioni architettoniche dello spazio. Carè ha fatto proprio questo approccio che ha trasferito anche ai suoi allievi: Augusto Desideri, Antonio Maria Michetti e, soprattutto, Sergio Musmeci, “il quale sperimentava il percorso inverso partendo dalla struttura per arrivare all'architettura”⁶. Tornando alla scuola romana, poi per alcuni anni ci sarà Morandi come docente, che si occupava del corso di Costruzioni di Ponti, il suo tema progettuale prediletto.

MP: I ponti erano le sue opere più importanti, ma è anche autore di tante opere di architettura civile straordinarie. Ad esempio, le aviorimesse Alitalia all'aeroporto di Fiumicino sono un'opera magistrale. Ho scritto da poco un articolo su Morandi per un numero monografico della rivista dell'EPFL di Losanna, un uomo che per me è stato e resta il mio vero maestro.

Ero arrivato a Roma da fuorisede e non avevo una lira, e ho subito iniziato a lavorare allo studio Morandi come disegnatore, già prima di laurearmi. Sono entrato in contatto con Morandi grazie a un mio amico, un compagno di corso universitario a Ingegneria a Roma, che conosceva Maurizio, il figlio di Riccardo. Gli allievi, per Morandi, nascono soprattutto come collaboratori di studio, che dagli anni Cinquanta in poi a Roma costituiva un luogo di lavoro importante e molto ambito per gli ingegneri. Tanti ingegneri di talento, che hanno avuto successo e hanno costruito molto, si sono formati allo studio di Morandi, più che nei suoi corsi universitari⁷. Ad esempio, Artidoro Pagnoni è stato un suo importante collaboratore che dopo aver lavorato a lungo nello studio Morandi ha avviato nel 1955 un proprio importante studio professionale, ancora oggi esistente, pur continuando a collaborare con lo stesso Morandi⁸. Pagnoni non aveva seguito Morandi nello studio dei ponti, ma si era specializzato in edifici industriali e, in par-



Riccardo Morandi, Aviorimesse Alitalia all'aeroporto di Fiumicino, 1961-64

Aviorimesse Alitalia, stralli della copertura



Riccardo Morandi nella baracca di cantiere del ponte sul Wadi al-Kuf, Libia, 1965-71

ticolare, aveva ereditato tutto il filone di opere edilizie e di fabbriche a Colleferro. Ci sono poi stati tanti allievi di Morandi che hanno collaborato a lungo con lui. Morandi aveva un fascino incredibile: qualunque cosa avesse fatto nella vita, avrebbe avuto certamente successo. Io gli dicevo scherzando che se anche avesse deciso di vendere calzini, sarebbe diventato il più grande venditore di calzini d'Europa!

MM: Lei ha fatto anche un intervento manutentivo su una bellissima opera di Morandi: il ponte sul Wadi al-Kuf, in Libia. Che problemi aveva quel ponte?

MP: L'incarico era stato preso da Emanuele Codacci Pisanelli, anche lui un ingegnere allievo di Morandi; io in quel progetto di restauro statico ho avuto un ruolo di consulente e supervisore, e ci sono andato almeno un paio di volte. Lì il problema non era ai cavi: era un problema completamente diverso rispetto al viadotto sul Polcevera. Nel caso del Wadi al-Kuf c'era un problema relativo a un eccesso di viscosità, legato al fatto che negli anni del progetto, negli anni Sessanta e Settanta, gli effetti delle deformazioni a lungo termine del calcestruzzo erano sottovalutate, non solo in Italia e dai progettisti italiani, ma da tutti, perché non si conosceva l'entità del *fluage*. Il problema lì era che per effetto della viscosità i due sbalzi del ponte si erano accorciati e la trave tampone di 40 metri rischiava di cedere, poiché gli appoggi erano arrivati a fine corsa. L'intervento principale sul ponte è stato allargare la sede della "seggiola" Gerber per poter garantire la sicurezza necessaria a un'infrastruttura del genere. Quello che pochi sanno è che il ponte sul Wadi al-Kuf l'ha progettato Morandi, ma poi il cantiere l'ha seguito Silvano Zorzi. Inoltre, lì Zorzi si inventò per i tiranti le guaine prefabbricate a pezzi: non gettate in opera come quelle del Polcevera e come nel ponte della Magliana a Roma, ma realizzate in parti. Una strana collaborazione questa: in realtà i due grandi ingegneri, Morandi e Zorzi, non si amavano. Ora ti racconto un aneddoto che non ha nulla a che fare con l'ingegneria. Quando sono andato in Libia sono andato a visitare il museo di Cirene. Lì c'era il direttore del museo che parlava italiano e mi raccontava che moltissimi reperti erano stati rubati dalla loro raccolta e, cosa ancora più grave, che questi furti venivano compiuti da diplomatici, che potevano uscire dal paese senza essere controllati in aeroporto. Quando sono tornato a Roma, in un mercatino

ho trovato un libro sul museo di Cirene nel quale era pubblicata tutta la collezione originale dei primi del Novecento, prima di tutti i furti. Ritornato poi a Cirene, ho regalato quel libro al direttore, che era in lacrime dalla gioia. Per ringraziarmi, mi ha scritto una lettera di presentazione per andare a visitare un sito con una villa romana strepitosa, situata tra Tripoli e la Cirenaica. La cosa straordinaria era che poiché la villa era rimasta protetta sotto la sabbia, tutto si era conservato perfettamente: un'emozione unica, la cosa più bella che io abbia mai visto. Poi purtroppo ho saputo che lasciando il sito all'aria aperta, molte parti si erano completamente sbriciolate in pochi anni. Ma questo non c'entra niente con i nostri ingegneri!

MM: Nella scuola di Roma ci sono stati altri docenti che hanno particolarmente inciso sulla sua formazione?

MP: Sicuramente Roma ha sempre avuto dei professori eccellenti nell'ambito dell'ingegneria aeronautica, che ancora oggi è un punto di vanto della scuola. Al pari di Giulio Krall, un docente che ha avuto una grande rilevanza è stato il professor Paolo Santini (1923-2006), uno dei grandi nomi dell'ingegneria aerospaziale. Santini è stato un caposcuola, direttore dell'Istituto di Aeronautica nel 1969, direttore dell'Istituto di Sistemi Spaziali del Consiglio Nazionale delle Ricerche nel 1972. Il settore aeronautico è rimasto un polo di eccellenza internazionale della scuola romana; forse oggi è proprio il settore trainante. Un altro docente importante è stato Alessandro Ranzo, professore di Costruzione di Strade; il figlio è Giulio Ranzo, oggi amministratore delegato della Avio, che si trova appunto a Colleferro. La madre, Chiara Valente (1939-2005), è stata docente di Meccanica e Meccanica del Volo ed era una personalità importante, alla quale hanno dedicato un'aula a Ingegneria alla Sapienza.

Anche di un certo rilievo a Roma era il settore della progettazione di strade con il professor Benini, che aveva importanti incarichi al Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e aveva lasciato in eredità la cattedra a Ranzo. Poi va sicuramente segnalato il ruolo di Giorgio Croci (1936-2021), che era un importante riferimento nell'ambito del consolidamento dei monumenti: a Roma le sovrintendenze e il Comune seguivano religiosamente ogni sua indicazione. Una buona scuola è stata anche quella geotecnica con Giovanni Calabresi, che ha saputo

costruire una scuola i cui allievi hanno fatto strada e che si è diffusa in tutta Italia. Calabresi ha una storia interessante: era un allievo di Cestelli Guidi, il quale aveva un grande talento nel capire su quali ambiti bisognasse puntare. Gli va riconosciuto il merito di aver promosso una serie di nuove discipline: innanzitutto ha prefigurato il successo del cemento precompresso e ha pubblicato il volume di riferimento. Inoltre, aveva anche intuito l'importanza della geotecnica. Ed è sempre Cestelli Guidi che indirizza Giorgio Croci, suo nipote, verso lo studio del consolidamento dei monumenti, una disciplina che ha avuto un grande sviluppo e che Croci ha personificato. Bisogna tener presente che queste sono tutte discipline giovanissime! La geotecnica noi non la studiavamo all'università, non c'era l'esame, si studiavano solo le strutture di fondazione nel corso di Tecnica delle Costruzioni.

Un altro settore di rilievo era la costruzione idraulica con il professor Filippo Arredi, un docente di grandissimo talento e capacità ma un uomo molto accentratore, che non è stato capace di lasciare alcuna eredità in termini di allievi. In questo, qualche similitudine con Morandi la posso riscontrare: anche lui aveva una personalità così forte che gli ultimi anni era molto isolato. Aveva un solo collaboratore nel suo studio! Morandi ha allievi che lo venerano e hanno imparato molto dai suoi insegnamenti; tuttavia non ha saputo costruire una scuola attorno a sé. Gli ultimi anni lavorava praticamente da solo e, con la sua morte, il suo studio è finito. Questo è stato un altro insegnamento che ho appreso da Morandi e che ho tenuto sempre a mente: mi sono ripromesso di non ripetere lo stesso errore. Ora ti faccio vedere il mio studio, dove ho quindici ingegneri. Più della metà sono donne, bravissimi professionisti. Io così posso andare in campagna e mi posso rilassare, perché so che c'è chi prosegue il lavoro dello studio.

Questa incapacità di condividere e delegare, questo voler accentrare tutto il lavoro progettuale su un unico capo dello studio è però una caratteristica tutta italiana. All'estero, la maggior parte dei grandi studi di ingegneria del Novecento, come lo stesso studio Freyssinet, sono ancora perfettamente in attività e godono della fama e del prestigio acquisito. In Italia i nostri grandi ingegneri sono stati personalità forti, uomini talentuosi, ma che delegavano poco il lavoro in fase di progettazione. Purtroppo, la gran parte dei nostri maestri non ha saputo gestire il lascito e l'eredità del passato; è stata una vera perdita non aver conservato quel patrimonio di fama e di conoscenze.

Per finire, ti voglio far vedere il ponte che sto costruendo in India, un paese che ho nel cuore! Il sito del cantiere si trova sotto l'Himalaya, nella regione del Jammu-Kashmir, al confine con il Pakistan, dove è in costruzione una nuova linea ferroviaria lunga trecento chilometri, per la quale sto realizzando un ponte tra due gallerie. Tenuto conto dell'esigenza di costruire il ponte a sbalzo, data l'altezza dal fondo valle di 190 metri, ho ipotizzato lo schema di ponte strallato con una sola torre ed una luce principale di 290 metri. La torre in calcestruzzo ha un'altezza di circa 200 metri dallo spiccato e 390 metri dal fondo alveo. Quando sono andato l'ultima volta in cantiere sono salito con la gru, che mi ha issato sul vertice della torre. Guardare da quell'altezza è veramente spettacolare, ma anche spaventoso! La torre è in calcestruzzo gettato in opera e l'impalcato è in acciaio; come dicevamo prima, bisogna usare i materiali nel modo corretto⁹.

Per raggiungere il sito, si percorre quella che lì è definita autostrada, solo perché ha due corsie; mentre la percorri in auto ti attraversano la strada scimmie, mucche e capre. Durante l'ultimo sopralluogo in galleria ci siamo dovuti fermare per la presenza di una grande massa nera al centro della strada: era un elefante! Dopodiché, l'ultimo tratto di strada è stato appositamente costruito per raggiungere il cantiere, a strapiombo sulla valle con 200 metri di dislivello! Anche queste sono le difficoltà che deve affrontare un progettista di ponti.



Studio MPA, il ponte Anji Khad in costruzione, regione del Jammu-Kashmir, India, 2022



Studio MPA, il ponte Anji Khad in costruzione, regione del Jammu-Kashmir, India, 2022

1. C. Cestelli Guidi, *Cemento armato precompresso*, 1947. Primo presidente dell'Associazione Italiana Cemento Armato Precompresso (AICAP), fondata nel 1971.

2. Nel 1958 Morandi ottenne la libera docenza in Tecnologia dei Materiali e Tecnica delle Costruzioni presso l'Università degli Studi di Roma e dal 1959 fino al 1969 fu incaricato del corso di Forma e Struttura dei Ponti alla Facoltà di Architettura dell'Università di Firenze; dal 1969 al 1972 fu docente di Costruzioni di Ponti alla Facoltà di Ingegneria di Roma e infine, nel 1971, divenne *research professor* presso l'Università di Stato della Florida. Cfr. M. Marandola, *Riccardo Morandi, docente incaricato di Forma e strutture dei Ponti* in G. Corsani, M. Bini (a cura di), *La facoltà di Architettura di Firenze fra tradizione e cambiamento*, Atti del convegno di Studi (Firenze, 29-30 aprile 2004), Firenze University Press, Firenze 2007, pp. 161-173.

3. G. Capurso, P. Fermetti, *Giulio Ceradini*, in "Rassegna di Architettura e Urbanistica", nn. 121-122, a cura di T. Iori e S. Poretti, numero monografico *Ingegneria Italiana*, Gangemi, Roma 2007, p. 162.

4. M.P. Petrangeli, *Il punto di vista del prof. Mario Paolo Petrangeli sul viadotto Polcevera. Un eccesso di esperti*, in "Strade e Autostrade", 20 settembre 2018, disponibile al link: <https://www.stradeeautostrade.it/ponti-e-viadotti/il-punto-di-vista-del-prof-mario-paolo-petrangeli-sul-viadotto-polcevera/>.

5. M.P. Petrangeli, L. Fieno, *L'impiego della precompressione esterna nella riparazione e nell'adeguamento statico dei ponti*, in "Ingenio", 13 maggio 2021, disponibile al link: <https://www.ingenio-web.it/articoli/l-impiego-della-precompressione-esterna-nella-riparazione-e-nell-adequamento-statico-dei-ponti/>.

6. L. Angelini, *A proposito delle torri di Mario Ridolfi in viale Etiopia a Roma. Intervista ad Arrigo Carè*, in "Bollettino della Biblioteca del Dipartimento di Architettura e Analisi della città", Roma 1993, pp. 116-121.

7. M. Marandola, *Riccardo Morandi ingegnere (1902-1989). Dagli esordi alla fama internazionale*, in "Rassegna di Architettura e Urbanistica", numero monografico *Ingegneria Italiana*, "nn. 121-122, a cura di T. Iori e S. Poretti, numero monografico *Ingegneria Italiana*, Gangemi, Roma 2007, pp. 90-104.

8. Oggi *Studio Pagnoni Vita Ingegneri Associati* con sede a Roma.

9. La gara per la progettazione e supervisione dei lavori è stata vinta da ITALFERR del gruppo FS; Petrangeli ha seguito lo sviluppo del progetto in tutte le sue fasi. Si veda: *In India un ponte che parla italiano*, in "Concretenews", 10 novembre 2020, disponibile al link: <https://concretenews.it/2020/11/10/in-india-un-ponte-che-parla-italiano/>.

Riccardo Morandi e la costruzione della città operaia di Colleferro

Marzia Marandola

Tra le città industriali italiane tra la fine del XIX secolo e l'inizio del XX va annoverata Colleferro, che sorge in provincia di Roma, da cui dista circa 50 chilometri, lungo l'autostrada Roma-Napoli. Colleferro, a differenza di altre città di fondazione, è sorta in funzione di una fabbrica e ha conservato nel tempo questa sua caratteristica di città operaia con grandi aree industriali.

La fondazione data al 1913 quando la B.P.D., una società fondata nel 1912 dal senatore Giovanni Bombrini e dall'ingegnere Leopoldo Parodi Delfino¹ (le cui iniziali dei cognomi formano il logo della società), costruisce una fabbrica di prodotti chimici, inclusi gli esplosivi, su un terreno prossimo alla stazione ferroviaria di Segni, in vicinanza del fiume Sacco, dove contestualmente viene edificato un piccolo nucleo di case operaie dotato di uno spaccio, di un ristorante e una mensa².

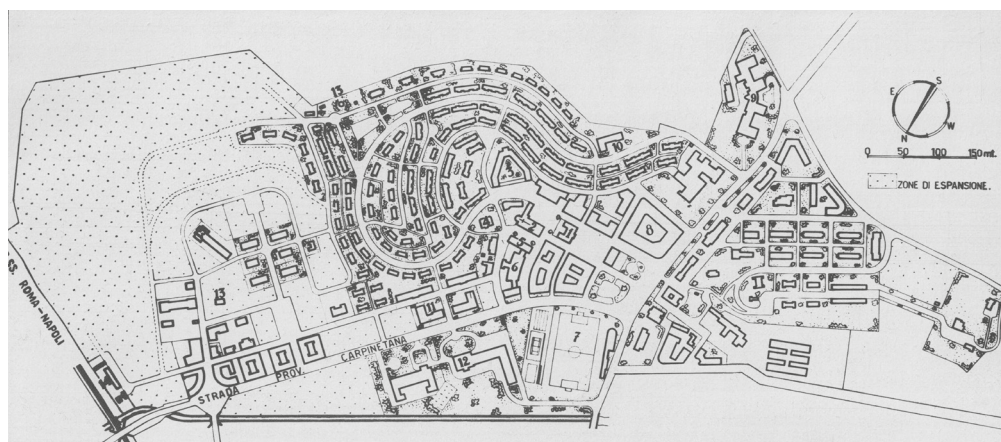
La B.P.D. è nata dalla felice unione della capacità finanziaria del senatore Bombrini³ e dalla capacità organizzativa e tecnica dell'ingegnere e industriale Leopoldo Parodi Delfino⁴.

Il primo nucleo insediativo è costruito nel 1917, poi il progetto risulta redatto dall'ufficio tecnico della B.P.D., ma riflette l'idea di villaggio operaio perseguita da Parodi Delfino, che si avvale della collaborazione per la definizione urbanistica e architettonica dell'architetto Michele Oddini, professionista di una qualche fama, originario di Ovada, che fa riferimento agli stilemi liberty dell'inizio del secolo⁵.

Dopo la Prima guerra mondiale Parodi Delfino progetta di trasformare il villaggio in una vera e propria città operaia con molti più abitanti e con una serie di servizi a livello urbano; contemporaneamente avvia l'istanza per promuovere Colleferro comune autonomo: il che avverrà nel 1935⁶.

La nascita e lo sviluppo di Colleferro sono quindi la diretta conseguenza dell'insediamento della fabbrica di esplosivi e prodotti chimici della B.P.D. e Parodi Delfino affida a Riccardo Morandi la progettazione di tutti gli interventi necessari alla trasformazione del villaggio operaio in città operaia⁷.

Morandi all'epoca dell'incarico è un giovane e sconosciuto ingegnere, nato a Roma nel 1902, laureato presso la Regia Scuola di Ingegneria di Roma nel 1927, che nel 1931 aveva aperto lo studio a Roma, dopo



Fabbrica e città, panorama di Colleferro [ante 1950]

Planimetria del centro urbano di Colleferro (1, il municipio; 2, la chiesa; 3, la scuola elementare Gerardo Parodi Delfino; 4, Casa della madre e del bambino; 5, il cinema; 6, il mercato; 7, il centro sportivo con palestra; 8, la scuola professionale tecnica industriale Paolo Parodi Delfino; 9, l'ospedale; 10, l'albergo; 11, il commissariato; 12, centro direzionale B.P.D.; 13, opere preesistenti), 1951

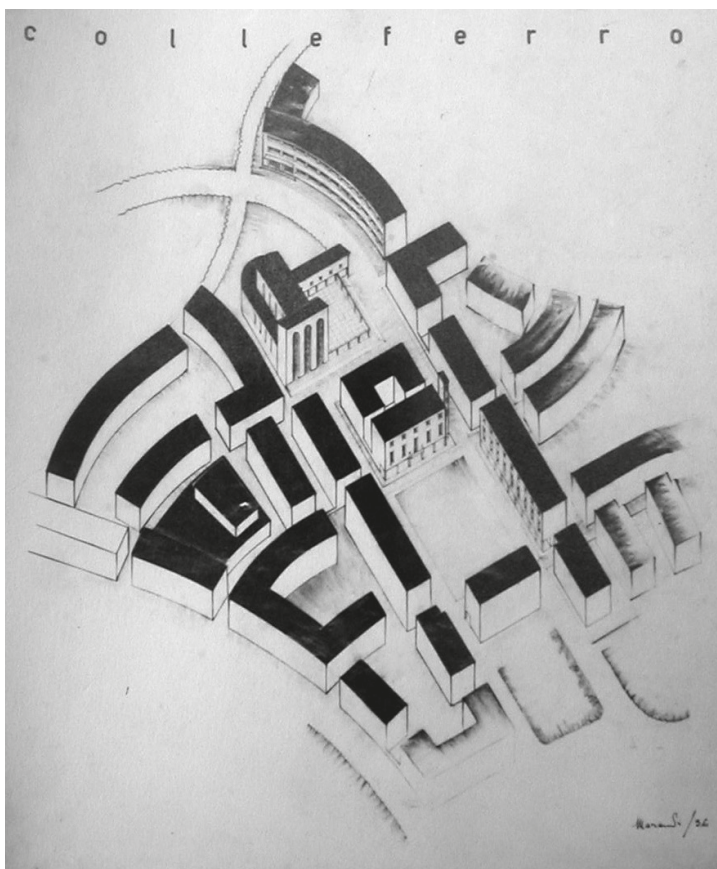
una formativa esperienza di progettazione e realizzazione di strutture in cemento armato per la ricostruzione di chiese e pievi in Calabria e Sicilia, distrutte o danneggiate dal sisma del 1908.

Tornato a Roma, forte della significativa esperienza maturata con il cemento armato, inizia la libera professione concentrandosi sulla progettazione strutturale di telai in calcestruzzo armato applicati all'edilizia residenziale, collaborando con Giuseppe Italo Magrini, un anziano tecnico della Ferrobeton.

Nel 1935 i lavori per ricavare una sala cinematografica, l'Augustus, nel piano interrato di un palazzo ottocentesco su corso Vittorio Emanuele a Roma, sono l'occasione di una collaborazione che si rivelerà fondamentale per la carriera professionale di Morandi. Il committente è Italo Gemini (1901-84), il futuro fondatore dell'Agis, l'Associazione Generale Italiana dello Spettacolo e del celebre premio cinematografico David di Donatello: un personaggio centrale nel mondo dello spettacolo e della cinematografia italiana, proprio negli anni che vedono il maggiore sviluppo del cinema in Italia.

Negli anni successivi la gran parte degli incarichi per sale cinematografiche svolti da Morandi spesso in collaborazione con architetti – e sono davvero numerosi: cinema Odescalchi (1932) con Virgilio Marchi in via Santissimi Apostoli; cinema Giulio Cesare con soprastante fabbricato, (1935-39) nella omonima via; cinema Alcyone con Giovanni Gandolfi in via lago di Lesina – proviene da Gemini, che lo elegge a progettista di fiducia, sicuro della perizia del tecnico ed entusiasta della capacità del giovane ingegnere di risolvere qualsiasi problema si verifichi in cantiere senza ritardare i lavori. Gemini è anche un intraprendente imprenditore alberghiero, proprietario dell'Albergo Nazionale in piazza Montecitorio a Roma, per il quale Morandi progetta la pensilina, oltre agli ampliamenti dei contigui cinema Capranica e Capranichetta.

L'Augustus apre una lunga serie di sale cinematografiche romane progettate da Morandi tra gli anni Trenta e Sessanta, per le quali mette a punto un tipo edilizio moderno e innovativo che compone in un unico organismo architettonico la sala cinematografica e numerose residenze, come esplicita trionfalmente l'eccezionale struttura del cinema Maestoso in via Appia Nuova (1954-57) a Roma, dove tre piani di abitazioni sono poggiati sopra le imponenti travi in cemento armato precompresso, della luce di quarantacinque metri, che coprono la sala⁸.



Riccardo Morandi, progetto di piano urbanistico per Colleferro,
particolare dell'area di piazza Littoria, 1936

I primi lavori eseguiti da Morandi a Colleferro, databili al 1933-34, riguardano la progettazione e la costruzione di edifici per abitazioni e soprattutto di capannoni industriali, opere eseguite con il perito Giuseppe Italo Magrini⁹. Una volta consegnato il lotto di terreno, le richieste avanzate dalla B.P.D. a Morandi definiscono in modo dettagliato l'edificio da eseguire, del quale sono prescritti altezza e superficie di ogni piano, materiali costruttivi e di rivestimento, con l'implicito vincolo di contenimento dei costi al massimo grado. L'incarico non è solo progettuale, ma anche costruttivo con tempi rigidamente stabiliti e onerose penali in caso di ritardo del manufatto. Non vi sono prescrizioni di carattere architettonico degli edifici, la cui qualità costruttiva evidentemente è fatta coincidere con quella architettonica *tout court*.

Dopo numerosi lavori di modesto impegno, il Parodi Delfino nel 1935, una volta reso Colleferro comune autonomo, quando gli operai assunti alla B.P.D. raggiungono le 7.500 unità, assegna a Morandi con l'Impresa Magrini la redazione del piano di espansione del centro, fino ad allora costituito da case sparse nelle vicinanze degli stabilimenti. Definita l'area della nuova espansione di ben 300.000 metri quadri, attraverso una razionale lottizzazione, è Morandi a tracciare i primi segni a matita sulla planimetria, individuando i lotti da destinare alla produzione e quelli per il centro civico.

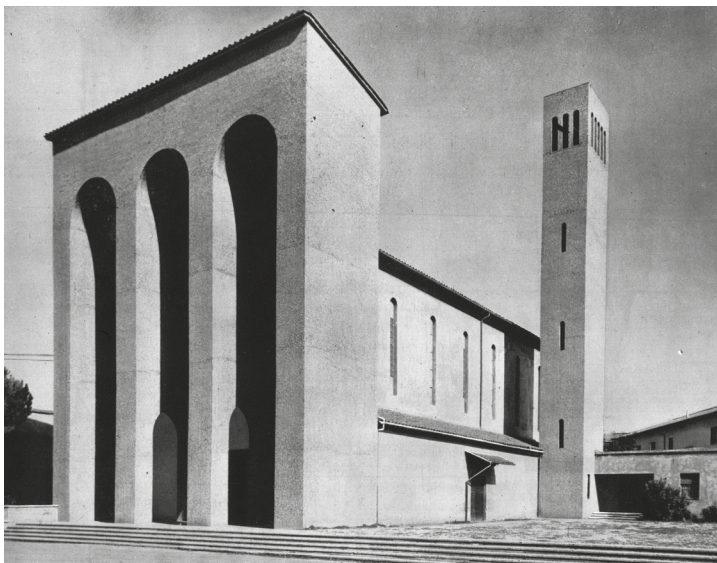
Sarà Morandi a progettare i padiglioni industriali, il cementificio, gli edifici civili e religiosi, le infrastrutture urbane, come la rete fognaria e quella stradale, fino ad arrivare alla progettazione degli arredi per la chiesa dedicata, come prevedibile, a Santa Barbara. Il piano della città, strutturato assecondando l'andamento altimetrico dell'area, ha un nucleo centrale con la piazza civica, su cui prospettano la casa del fascio, gli edifici a portici, il municipio e, un po' arretrata, la chiesa. La visione di Parodi Delfino, improntata a un illuminismo paternalistico di stampo ottocentesco, contempla non solo la redazione di un Piano Regolatore per la nuova città, affidato a Morandi, ma anche la costruzione di case per gli operai e i dirigenti e degli edifici per le istituzioni civili e sociali della nuova città: oltre alla chiesa, il municipio, la casa del fascio (doveroso obbligo del regime), il cinema, il mercato, la scuola elementare, l'istituto tecnico, lo stadio, le caserme, la casa della madre e del fanciullo, l'orfanotrofio, gli alberghi e quant'altro serve alla pienezza della vita civile. L'impianto

urbanistico prevede la localizzazione nella parte alta e in declivio delle case a schiera e dei villini, collegati da una strada sinuosa che segue le curve di livello del terreno. Il centro urbano è disposto in posizione strategica, in modo da collegare il nuovo insediamento residenziale con il villaggio originario. Il progetto ha origine a partire dalla piazza, dove si innalzano gli edifici più importanti e rappresentativi: la chiesa, il municipio e i palazzi porticati.

Numerosi schizzi documentano attraverso i disegni il configurarsi dell'assetto urbano di Colleferro, a partire da piazza Littoria (oggi Piazza Italia): un'ampia area rettangolare, da cui si sviluppa il disegno curvilineo, spesso definito "a punto interrogativo", delle strade che conformano i lotti per le residenze¹⁰. Diversi tipi edilizi, costituiti da edifici per operai a ballatoi, dotati di piccoli giardini e servizi igienici in comune, mentre le case per i dirigenti e gli impiegati sono più eleganti e hanno acqua corrente potabile, fognature ed energia elettrica. L'impianto urbanistico riprende l'andamento delle curve di livello adagiandosi lungo la collina. Tra l'impianto organico e la viabilità stradale è realizzata una serie di rampe di scale che trasversalmente tagliano la collina e permettono di raggiungere a piedi velocemente le case operaie dalle aree più basse delle fabbriche.

La chiesa di Santa Barbara, la prima opera progettata interamente da Morandi sia sotto il profilo architettonico che strutturale avendo a disposizione un fondo di sole 150.000 lire, merita una trattazione più estesa. Gli scarsi mezzi a disposizione convincono Morandi a utilizzare il calcestruzzo armato lasciato a vista, conferendo al nuovo materiale autonoma dignità e forza espressiva¹¹. Tra il 1936 e il 1937 la chiesa viene costruita e data al 1936 la maggior parte dei disegni di progetto, con un impianto absidato di tipo basilicale paleocristiano a tre navate. La facciata è conformata da un imponente pronao a tre fornic, realizzato con una sottile parete in calcestruzzo armato, dello spessore di circa quindici centimetri, che scherma totalmente il fronte, contrassegnando l'identità dell'opera.

Di molti edifici a Colleferro Morandi redige il progetto in prima persona, ma per una gran parte di essi si limita a revisionare gli architettonici elaborati dall'ufficio tecnico della B.P.D., inserendo la struttura portante cementizia; spesso segue solo la costruzione. Tuttavia, tutto quanto viene costruito a Colleferro dopo il 1935, è attentamente vagliato ed emendato da Morandi¹².



Riccardo Morandi, la chiesa di Santa Barbara, Colleferro (RM), 1936-37

Riccardo Morandi, il Centro Studi B.P.D., Colleferro (RM), 1955. I tre livelli superiori sono stati costruiti successivamente alla realizzazione del progetto di Morandi.

La nota esperienza di Morandi e la sua predilezione per l'uso del calcestruzzo e per le sue grandi potenzialità costruttive, a Colleferro si sposa perfettamente con gli interessi della B.P.D., che fornisce la materia prima dal proprio cementificio. Negli stessi anni sono realizzati, oltre ai già elencati edifici sulla piazza, altri manufatti inseriti nelle vie adiacenti, come il cinema (1937), il mercato (1937), il commissariato, la scuola di avviamento professionale (1933), il centro sportivo e i ponti sulla via Carpinetana, quello sul fiume Sacco, e il sovrappasso della ferrovia. Contemporaneamente sono costruiti anche gli stabilimenti e gli uffici della direzione (1937) della B.P.D.. Una nuova città sta nascendo accanto ai nuovi stabilimenti industriali¹³.

Il centro di Colleferro ha una continua espansione: sono aggiunti nuovi stabilimenti e l'inizio della Seconda guerra mondiale segnerà per la città un momento di massima produzione di materiali bellici, tanto che Morandi per l'incarico che ricopre alla B.P.D. è esonerato dalla chiamata alle armi e dal coprifuoco.

La collaborazione di Morandi all'espansione della città continuerà nel secondo dopoguerra, quando Colleferro, centro industriale strategico, sarà fortemente danneggiato dai bombardamenti. L'ingegnere romano si occuperà della ricostruzione degli edifici industriali e delle nuove edificazioni, come il quartiere INA-Casa il cui cantiere sarà il primo avviato in Italia nel 1949, progettato da Morandi con l'ufficio tecnico della B.P.D.: sono costruiti 28 fabbricati per complessivi 168 alloggi¹⁴. Negli anni successivi Morandi realizzerà numerosi edifici a Colleferro, tra i quali si ricordano il centro studi della B.P.D. (1954) e il più noto stabilimento a telai precompressi – 30 metri di luce ripetuti su una lunghezza di 150 metri – per l'impianto di estrusione e trafilamento di metalli non ferrosi del 1955¹⁵. Colleferro, oggi ufficialmente denominata “Città Morandiana”, conserva con grande orgoglio il proprio carattere industriale e produttivo.



Giordano Poloni, *Manifesto di Colleferro Città Morandiana*,
opera commissionata dal Comune di Colleferro, 2018

1. Si veda: M. Morandi, M. Marandola, *Colleferro città operaia* in G.L. Fontana (a cura di), *Stati Generali del Patrimonio Industriale 2018*, Marsilio, Venezia 2020, contributo 4.10.

2. Per una storia dell'industria nel Lazio si veda: P. Toscano, *Le origini del capitalismo industriale nel Lazio. Imprese e imprenditori a Roma dall'Unità alla Seconda guerra mondiale*, Edizioni dell'Università degli studi di Cassino, Cassino 2002.

3. Carlo Bombrini, banchiere genovese, nato a Genova nel 1804, muore a Roma nel 1882. Fu direttore della Banca di Genova che, nel 1848, concesse allo Stato piemontese un mutuo di venti milioni per riequilibrare le finanze pubbliche. Fu fra i fondatori della società Ansaldo (1853) e nel 1871 fu senatore. Suo figlio Giovanni (1838-1924), divenne anche lui senatore nel 1890, fu amministratore dell'Ansaldo e fondò e diresse le società per l'acquedotto pugliese e per le ferrovie del Cilento.

4. Leopoldo Parodi Delfino, ingegnere e industriale italiano, nasce a Milano nel 1875. Si laurea in ingegneria chimica al Politecnico di Zurigo, poi studia a Lipsia e Breslavia, e avvia numerose attività industriali, le maggiori: la Società Fabbrica Nazionale Alcool Leopoldo Parodi Delfino (Savona, 1902) e la Distilleria Nazionale (Pontelagoscuro, Ferrara, 1904), prima fabbrica italiana di alcol da melassa, assorbita in seguito dalle Distillerie Italiane (Milano 1905). La società più importante alla quale si dedica è la Società Bombrini-Parodi Delfino o B.P.D.

(Segni Scalo, oggi Colleferro, Roma, 1912), fu inoltre nominato Cavaliere del Lavoro e senatore. Muore ad Arcinazzo Romano nel 1945. Per una trattazione completa sulla personalità dell'industriale si veda: A. De Orleans-Borbon, *Leopoldo Parodi Delfino. Il Senatore di Ferro e la B.P.D.*, Taletè, Roma 2011.

5. R. Rossi, *Omaggio a Oddini. L'architetto del '900*, Atlantide, Roma 2017.

6. B. Coggi, *Colleferro città nuova del Novecento*, Rotomail, Milano 2018; si veda anche il volume celebrativo *Il Centro Industriale di Colleferro. MCMLI*, Bombrini Parodi Delfino-Calci e Cemeniti di Segni, 1951.

7. Si veda: M. Marandola, *Riccardo Morandi e Colleferro: una città operaia d'autore per la Bombrini Parodi Delfino* in F. Cantatore, F.P. Fiore, M. Ricci, A. Roca de Amicis, P. Zampa (a cura di), "Quaderni dell'istituto di storia dell'architettura", 60-62, 2013-2014, pp. 225-232.

8. Il profilo biografico qui riportato di Riccardo Morandi è una rielaborazione sintetica del testo: M. Marandola, *Riccardo Morandi ingegnere (1902-1989). Dagli esordi alla fama internazionale* in T. Iori, S. Poretti (a cura di), "Rassegna di Architettura e Urbanistica", numero monografico *Ingegneria Italiana*, 121-122, gennaio-agosto 2007, pp. 90-104.

9. Le lettere sono intestate a "Impresa Giuseppe Italo Magrini, via Ostiense 6-E Roma" se riferite all'agosto del 1933, mentre nel mese di novembre dello stesso anno compare l'intestazione "Ditta o Impresa di costruzione G. I. Magrini & ing. R. Morandi, piazza S. Bernardo 109, Roma".

10. I disegni e documenti citati di progetti di Riccardo Morandi sono depositati presso l'Archivio Centrale dello Stato, Roma, fondo Morandi. Attualmente, grazie ad un pregevole lavoro di catalogazione e riordino da parte in particolare dell'architetto Flavia Lorello, i materiali archivistici sono facilmente consultabili.

11. Uno studio sulla chiesa in R. Pez-zopane, *Architettura e costruzione: la chiesa di Santa Barbara a Colleferro (RM) di Riccardo Morandi*, prova finale anno 2003-2004, relatore Rosalia Vittorini, Facoltà di Ingegneria, Università di Roma Tor Vergata.

12. Alcuni progetti architettonici sono redatti dall'ingegnere Giancarlo Magistretti della B.P.D..

13. Si veda l'opuscolo pubblicato dalla B.P.D., *Il gruppo industriale BPD 1912-1962*.

14. La costruzione delle case avviene tra il 1949 e il 1961. Uno studio sul piano INA-Casa a Colleferro in L. Ottaviani, *Il cantiere INA casa n.1: il progetto di Riccardo Morandi per Colleferro (1949-50). Analisi tecnico-costruttiva della casa III/5*, prova finale anno 2003-2004, relatore Rosalia Vittorini, Facoltà di Ingegneria, Università di Roma Tor Vergata. Più in generale sul piano INA-Casa si veda: R. Capomolla, R. Vittorini (a cura di), *L'architettura Ina Casa 1949-63. Aspetti e problemi di conservazione e recupero*, Gangemi, Roma 2003.

15. *Porticos pretendidos para una nave industrial. Riccardo Morandi ingeniero*, in "Informes de la Construcción", 80, aprile 1956. Si veda www.cittamorandiana.it

Guido Fiorini. Un'ingegneria visionaria

Alberto Coppo

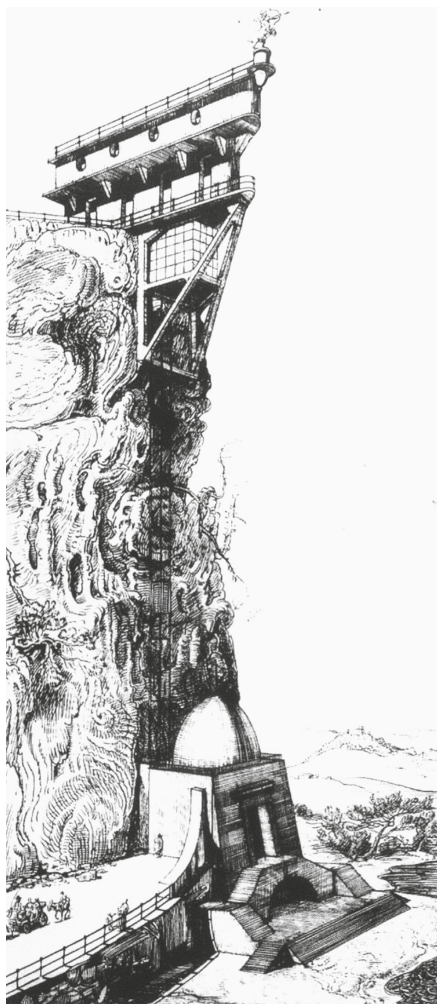
Nel 2013 Sergio Poretti e Tullia Iori hanno segnalato il profondo legame tra la storia culturale del paese con la scuola italiana di ingegneria soffermandosi, fra le numerose componenti del rapporto, sulla “attrazione reciproca” intercorsa tra quest’ultima e il futurismo. Nel testo viene riconosciuto che il movimento marinettiano è stato fondamentale per diffondere una fiducia incondizionata nei confronti della tecnica e una visione della modernità legata non solo ad un aggiornamento industriale ma ad una coeva evoluzione del gusto estetico. E se si pensa al carattere visionario dell’ingegneria del secondo dopoguerra e alla dimensione figurativa dei suoi traguardi non può essere ignorata una figura particolare come quella di Guido Fiorini (1891-1965)¹ interpretata dagli stessi autori – non a caso – come un formidabile *trait d’union* tra il pensiero di Antonio Sant’Elia e la sperimentazione tecnologica successiva.

Si tratta di un’opera, quella di Fiorini, principalmente teorica. Tuttavia, la sua azione culturale si è dipanata in anni cruciali per il dibattito architettonico in Italia riuscendosi a ritagliare una posizione peculiare. Posizione che appare ambigua in quanto la continua ricerca costruttiva non trova quasi mai un’applicazione concreta, confinando la sua effettiva produzione architettonica a risultati esigui.

La formazione da ingegnere lo porta, dopo la laurea nel 1919 e la specializzazione in architettura nel 1919, entrambe presso l’Università di Roma, ad una forte attenzione per il campo tecnico ma arricchito da una forte carica fantasiosa. Se nel complesso di ville ai Monti Parioli (1926-27) si riscontra un vario utilizzo del repertorio classico, è con villa Centurini (1925-26) che tradisce una propensione per un decorativismo di marca austriaca che si evolverà nel formalismo delle sue tensistrutture.

Nella seconda metà degli anni Venti si trasferisce a Parigi per entrare in contatto con le ricerche europee². Approfondisce la conoscenza delle opere ingegneristiche francesi di fine Ottocento, studia dal vivo l’opera di Mallet-Stevens e Perret, frequenta Giorgio De Chirico ed Enrico Prampolini.

L’esito di questa prima fase è condensato in quaranta tavole pubblicate nel 1929 sotto l’eloquente titolo *Visioni architettoniche*. Le opere pre-



Guido Fiorini, *Villa sulle rocce*. Studio di architettura in cemento armato, 1929

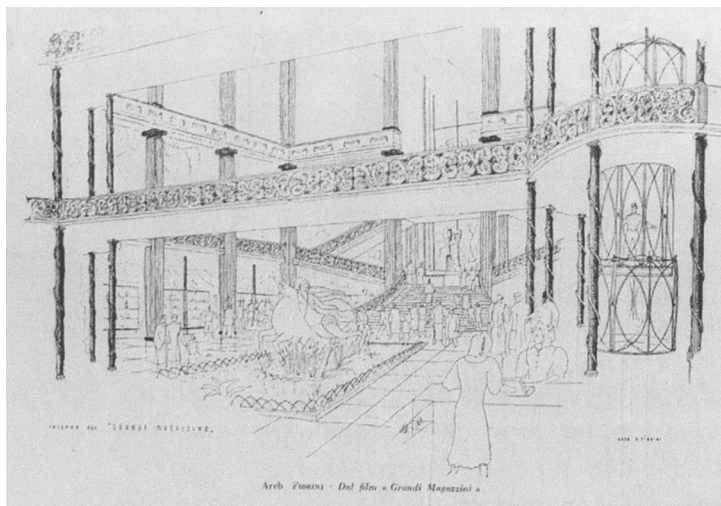
sentate si muovono ancora in una dimensione contraddittoria: da una parte il Palazzo dello Stato (tav. 4) è la traduzione granitica del potere che fa convivere bucature seriali, rappresentanti l'efficienza del suo operato, con le ampie aperture, le colonne e il timpano giganteschi che incutono timore e riverenza; dall'altra la Villa sulle rocce (tav. 23) esalta il dinamismo delle nuove soluzioni tecniche in contesti naturali impervi. Una visione articolata dunque, che in un ambiente più aperto alle sperimentazioni come Parigi³ raccoglie diversi consensi: Henri Sauvage ne loda lo spirito ardito durante le esposizioni al Salon d'Automne (1928-29), mentre Le Corbusier avvia con lui un'intensa relazione epistolare. Nel 1931 i progetti di Fiorini sono portati all'attenzione dell'architetto svizzero per una pubblicazione possibile su "Plans"⁴. Da allora Le Corbusier, colpito dalla soluzione innovativa, suggerisce diverse modifiche ai grattacieli in tensistruttura, dal 1931 fino al 1934⁵ e Fiorini diventa a tutti gli effetti il referente italiano del maestro per trovare, invano, una valida sponda verso Mussolini⁶.

L'evoluzione progettuale dell'idea più originale di Fiorini – la tensistruttura, ovvero una tecnica costruttiva che prevede l'ancoraggio mediante cavi d'acciaio dei solai ad un nucleo centrale – è stata ampiamente discussa, così come è stato chiarito il ruolo precipuo della SNOS⁷ nella sua elaborazione fin nei minimi dettagli. Ciò che colpisce non è solo il rapporto di fiducia che si instaura tra Fiorini e gli ingegneri della Savigliano, non comune nell'Italia degli anni Trenta, ma il fatto che tale rapporto continui per diverso tempo (dal 1932 fino al 1934) senza riuscire mai a tradurre tali sforzi in una sola costruzione. In realtà tra agosto e ottobre 1932 vengono elaborati ben due preventivi per l'effettiva realizzazione di grattacieli, il cui brevetto era stato depositato proprio quell'anno⁸: il mancato seguito può essere imputato a diversi fattori, non ultimo il maggior interesse da parte della SNOS nei confronti della saldatura in metallo, di cui sono validi esperti fin dagli inizi del Novecento⁹. Un'ulteriore conferma sembra arrivare dal progetto che nel 1933 lo stesso Fiorini elabora con la SNOS per un grattacielo INA a Genova in metallo saldato, non realizzato. La collaborazione si spinge fino all'elaborazione dell'aeroporto di Milano del 1932 – rielaborato nel 1934 in una più generica e semplificata autorimessa – dove le intuizioni di Fiorini raggiungono il loro apice. L'idea è quella di portare fuori la struttura con un sistema di stralli che sostengono la copertura senza sostegni intermedi coprendo un'area

di 200 x 54,1 metri quadri con i due lati più lunghi completamente apribili per l'ingresso degli aerei. Al netto della sua fortuna critica¹⁰ il progetto esprime più di tutti lo spirito risolutivo di Fiorini nel tradurre in forma architettonica un nuovo sistema costruttivo¹¹.

Inoltre, Fiorini incarna bene lo spirito futurista della sperimentazione tecnica, tradotta – a partire dalla sua adesione al movimento di Marinetti nel 1931 – nel concetto di architettura meccanica, secondo una visione audace del progresso scientifico. Certamente l'attitudine di Fiorini è stata ben accolta dalla volontà di Fillia e di Marchi di riaffermare il ruolo principale del futurismo nella cultura architettonica italiana, rimanendo però schiacciati dal feroce scontro tra gli ambienti accademici e l'universo razionalista, di cui pure Fiorini faceva parte in quanto iscritto al MIAR romano.

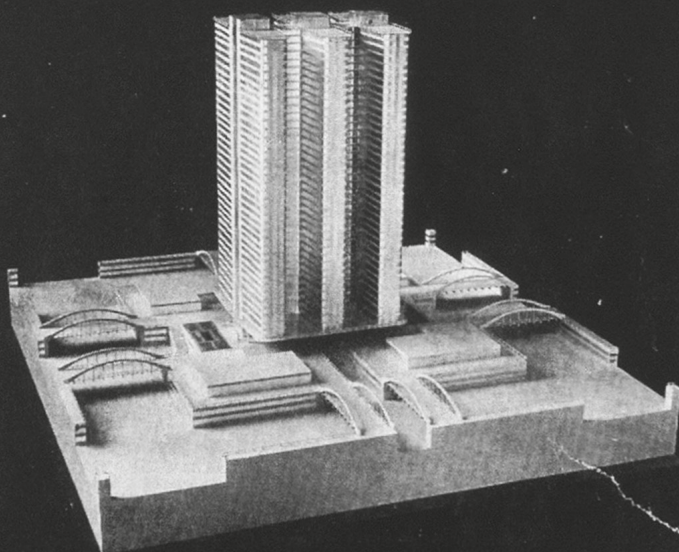
Evidentemente la bocciatura della tensistruttura nell'aprile del 1934 sulle pagine di "Casabella" ad opera di Franco Masi, un ingegnere incaricato proprio da Giuseppe Pagano per discuterne la fattibilità, segna la fine di molte speranze. La stessa espressione lirica tanto ricercata diventa un elemento controproducente per il suo autore, preoccupato più di trovare sostenitori che di dimostrare la reale efficacia del progetto. Un'attività che si discosta sempre più dal mondo architettonico e che si consolida invece nel mondo cinematografico, portando avanti una valida carriera accademica al Centro Sperimentale di Cinematografia (dal 1938) e alla Facoltà di Architettura a Roma (dal 1947) unitamente a una fiorente attività professionale. La quale si sviluppa in più di sessanta film con scenografie ideate "architettonicamente" in uno spazio tridimensionale ricco di significati: ad esempio in *Grandi Magazzini* (1939) i diversi piani sono pensati come passerelle dove la vita dei clienti si sviluppa, come una città futurista, in perenne movimento e frenetico scambio, così come la successione di grandi pilastri con i capitelli classici esprime la solidità dell'azienda che, al netto delle truffe raccontate nella trama, mantiene intatta la sua credibilità.



Guido Fiorini, Bozzetto per il film *I grandi magazzini* di Mario Camerini, 1939

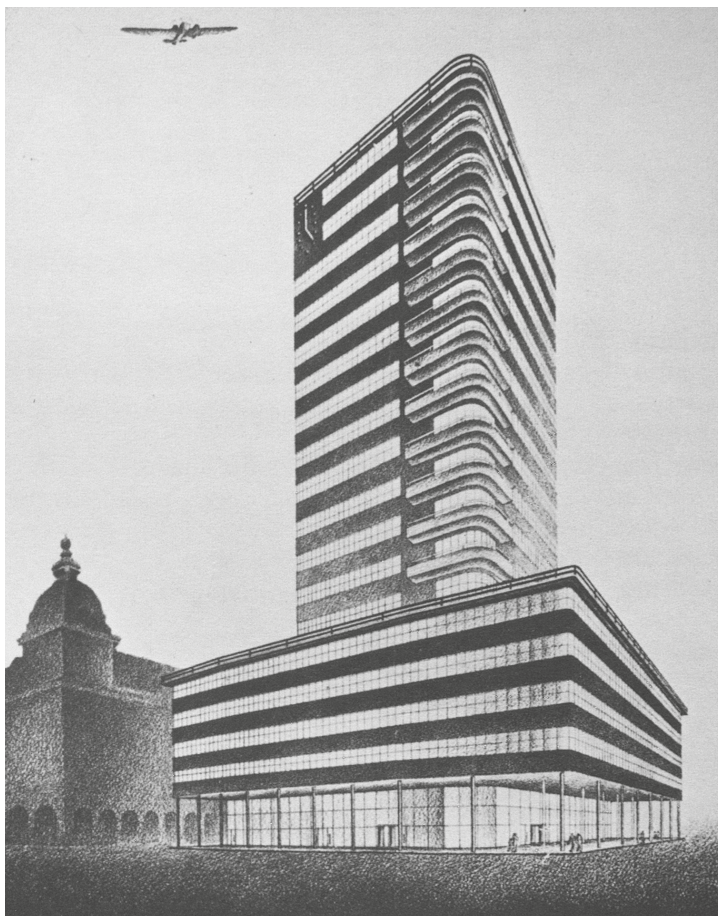
SOCIETÀ NAZIONALE DELLE
OFFICINE DI SAVIGLIANO

DIREZIONE TORINO - CORSO MORTARA, N. 4



MODELLO
DI EDIFICIO A SCHELETRO METALLICO
APPLICAZIONE DELLA TENSISTRUTTURA
DELL'ARCH. GUIDO FIORINI

Modello di edificio a scheletro metallico.
Applicazione della tensistruttura di Guido Fiorini, 1933



Guido Fiorini, Progetto di grattacielo per l'INA a Genova, 1934

1. Una bibliografia esaustiva su Guido Fiorini è presente in R. Vittorini, *Guido Fiorini*, in “Dizionario Biografico degli Italiani”, *ad vocem*, vol. 48, 1997, pp. 201-203, Per l’integrazione dei recenti studi sulla sua opera si segnalano F. Quinterio, *Dai “Grattauvole” per Le Corbusier alle scenografie dei set cinematografici: alcune note su Guido Fiorini ingegnere bolognese*, in A. Trentin (a cura di), *Edifici alti in Emilia-Romagna*, CLUEB, Bologna 2006, pp. 25-34; M. Talamona, *Guido Fiorini et Le Corbusier autor du projet de grattes-ciel à tense-structure*, in Fondation Le Corbusier, *Le Corbusier. Visions d’Alger*, a cura di J.L. Bonillo, Villette, Paris 2012, pp. 67-79; V. Fasoli, *Guido Fiorini legge Sant’Elia*, in M. Giacomelli, E. Godoli, A. Pelosi (a cura di), *Il manifesto dell’architettura di Sant’Elia e la sua eredità*, Universitas Studiorum, Bologna 2014, pp. 95-112; M. Pisanu, *L’architettura dell’acciaio in Italia negli anni Trenta. La Società Nazionale delle Officine di Savigliano*, Tesi di dottorato, Università degli studi di Cagliari, A.A. 2014-2015.

2. Come viene segnalato in M.C. Pepponi, *Guido Fiorini architetto 1891-1965*, in “Parametro” n. 187, 1991, pp. 52-77, l’approdo a Parigi non interrompe la sua attività lavorativa a Roma.

3. È interessante notare che nella prefazione di Alberto Calza Bini a *Visioni architettoniche*, l’opera dell’ingegnere viene ricollocata nel dibattito italiano nell’alveo della matrice classica, giustificando la sua fantasia come estro artistico e non come germe di uno spirito innova-

tore che, nel giro di pochi anni, lo porterà su posizioni opposte al suo incensatore.

4. M. Talamona, *op. cit.*, p. 67. Per i rapporti con gli altri artisti presenti a Parigi è bene ricordare che Prampolini è autore degli otto pannelli decorativi presenti all’interno del padiglione che Fiorini realizza all’Esposizione Coloniale di Parigi (1931) denominato il Ristoratore d’Italia. L’avveniristica costruzione, contrastante con il padiglione italiano classicista di Armando Brasini, diventa ben presto sede di incontri mondani e di esibizioni culinarie dei futuristi.

5. Com’è noto, nel 1932 Le Corbusier inserisce i grattacieli a tensistruttura nella soluzione B del piano di Algeri.

6. Per una ricostruzione completa si veda G. Ciucci, *A Roma con Bottai*, in “Rassegna”, n. 3, 1980, pp. 66-71.

7. Società Nazionale Officine Savigliano. In particolare, si rimanda al contributo A.M., *Guido Fiorini e le officine di Savigliano*, in “Casabella”, n. 549, 1988, pp. 42-53.

8. M. Pisanu, *op. cit.*, pp. 213-214.

9. La Società aveva già realizzato la centrale della Solvay a Rosignano, la fabbrica Pirelli, la copertura della Stazione Centrale a Milano e la sede della Reale Mutua Assicurazioni a Torino.

10. Alla prima versione dell’aeroporto segue un plastico che viene mostrato all’Esposizione aeronautica italiana nel 1934 alla Triennale. Ad agosto viene pubblicato sul n. 80 di Casabella.

11. A tal proposito diventa ancor più evidente il contrasto con il progetto

elaborato da Fiorini con l'hangar che le Officine Savigliano realizzano per l'aeroporto militare ad Elmas (Sardegna) proprio nel 1933 con struttura metallica interamente saldata. La suggestione della copertura sospesa e sostenuta dagli stralli troverà una sua felice applicazione, seppur con la tecnologia totalmente differente del cemento armato precompresso, nelle aviorimesse Alitalia a Fiumicino di Riccardo Morandi (1961-65).

Sergio Musmeci e la prefabbricazione. L'edificio per la Società Fiorentini a Roma

Alessandro Brodini

“È stata progettata una costruzione, non costruito un progetto”: con questa icastica affermazione, Sergio Musmeci (1926-81) riassume il senso di un’esperienza pionieristica nel campo della costruzione prefabbricata nell’Italia del boom economico¹. Noto soprattutto per le ardite sperimentazioni con il calcestruzzo – di cui il ponte sul Basento a Potenza rappresenta l’apice indiscusso – l’ingegnere romano raramente si è occupato della prefabbricazione, sebbene l’industrializzazione del processo edilizio sia un aspetto che, per i suoi riflessi di modernità, lo attragga particolarmente. Presentando il progetto, Musmeci dichiara infatti che questo edificio è “per l’architetto professionista la dimostrazione della possibilità di ampliare modernamente i contenuti del discorso architettonico; per l’uomo di cultura, una testimonianza della possibilità per l’architettura di assorbire i sempre più complessi dati tecnici ed economici del mondo moderno”².

L’edificio per uffici Fiorentini si caratterizza per la felice coincidenza di visioni della committenza e dei progettisti, l’architetto Massimo Starita (con la collaborazione dell’ingegner Nicola Germano) e Musmeci, che interviene in qualità di strutturista. La Fiorentini Spa, un’importante fabbrica di escavatori fondata dall’ingegner Filippo Fiorentini nel 1919³, ha sempre guardato con interesse all’organizzazione meccanica dei cantieri di costruzione tanto da pubblicare, a partire dal 1948, la rivista “Il cantiere” proprio con l’obiettivo di sensibilizzare progettisti e costruttori su questo tema⁴. Massimo Starita (1924-80) insegna presso la Facoltà di Architettura di Roma, è attivo nel campo dell’unificazione edilizia e della prefabbricazione ed è membro dell’UPEI (Ufficio per la progettazione dell’edilizia industrializzata)⁵.

I bombardamenti aerei alleati del marzo 1944 sullo scalo ferroviario tiburtino distruggono lo stabilimento della Fiorentini; la società si risollewa con fatica dagli ingenti danni subiti e solo alla fine degli anni Cinquanta l’ingegnere Giuseppe Fiorentini, figlio del fondatore, decide di costruire una nuova sede sulla via Tiburtina al civico 770, un po’ più a est rispetto all’impianto originario. A fronte di una certa semplicità sia dal punto di vista strutturale sia architettonico, la costruzione – che non presenta dunque soluzioni particolarmente ardite – si

caratterizza come un significativo e precoce esempio di programmazione edilizia.

L'edificio è leggermente sollevato rispetto al piano di campagna e vi si accede da una rampa in lieve pendenza coperta da una pensilina⁶. Si tratta di un semplice parallelepipedo con pianta rettangolare di 48,7 x 12,7 metri, che si sviluppa su quattro livelli coronati da un attico, raggiungendo un'altezza di circa 18 metri. Ciascun piano presenta la stessa suddivisione, con un corridoio longitudinale che distribuisce gli uffici lungo i due fronti principali (al quarto piano la metratura degli uffici tecnici è più grande rispetto a quella degli uffici commerciali e amministrativi nei primi tre livelli, mentre l'attico ospita una grande sala conferenze).

La struttura portante è composta da una serie di pilastri in calcestruzzo, unici elementi gettati in opera, disposti su tre file: due perimetrali e una interna non coincidente con la mediana del rettangolo della pianta, bensì leggermente disassata in modo che si creino due campate di 5,2 e 6,5 metri. Le strutture orizzontali sono, invece, interamente prefabbricate a piè d'opera: tanto le lastre del solaio quanto i pannelli dei prospetti sono stati realizzati in casseforme in muratura di tufo poi demolite e recuperate utilizzando il materiale per la massicciata delle strade⁷. Ciascun campo compreso tra quattro pilastri è coperto da un solaio composto da due piastre inclinate a falde, che in sequenza creano una sorta di volta pieghettata a nervature parallele con uno spessore di soli 8 centimetri e luci massime di 6,4 metri, connesse tra loro tramite getti di sutura per l'assorbimento delle principali sollecitazioni flettenti⁸. L'ideazione di questo tipo di struttura orizzontale resistente per forma è il contributo di Sergio Musmeci, che proprio in quegli anni è impegnato nella realizzazione di solette sottili corrugate, come per esempio quelle della palestra del Coni a Formia (1954-55) o dello stabilimento Raffo a Pietrasanta (1956)⁹.

Anche nell'edificio Fiorentini il profilo che si determina dall'accostamento delle piastre dei solai è uno zig-zag bene evidenziato sia negli intradossi degli ambienti interni (purtroppo successivamente occultati con controsoffitti in cartongesso nei lavori del 1979), sia nei prospetti esterni, dove l'andamento a zig-zag si può quasi connotare come una striscia marcapiano, i cui campi triangolari sono vetrati, in corrispondenza del passaggio da una fascia di rivestimento a quella soprastante. I prospetti sono infatti composti da una serie di pannelli accostati



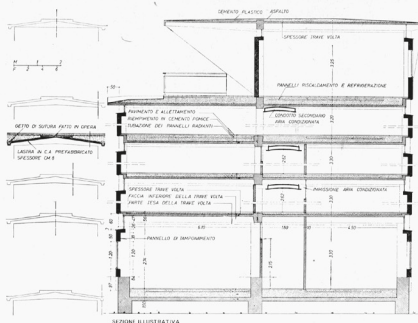
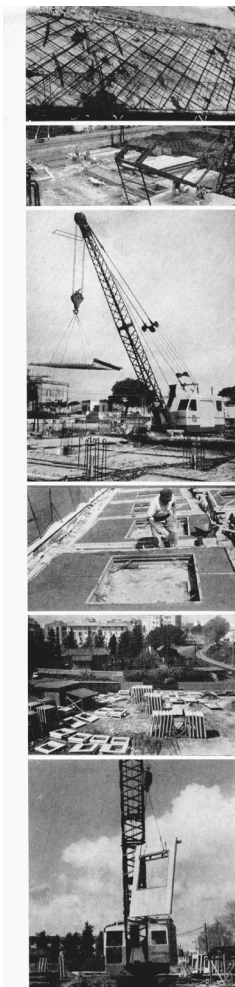
Massimo Starita, Sergio Musmeci, edificio per la Società Fiorentini, Roma, 1958-60

Edificio per la Società Fiorentini, dettaglio dei pannelli prefabbricati della facciata

di dimensioni 200 x 260 centimetri e concepiti a “sandwich” dello spessore di 20 centimetri circa, con due paretine esterne in conglomerato di cemento che racchiudono uno strato coibente e sono finiti, sul prospetto esterno, con una superficie di cemento rosa e graniglia di marmo arrotata e riquadrati con una cornice in marmo bianco. Ciascun pannello, realizzato a piè d’opera in modo che il profilo si colleghi alla struttura portante e si fissi con un getto di completamento, prevede anche l’inserimento di un controtelaio per accogliere la finestra di forma quasi quadrata. Grazie ai getti di sutura con i pilastri e con i solai, le tamponature prefabbricate assumono anche una funzione irrigidente della maglia strutturale, stabilizzando così l’edificio.

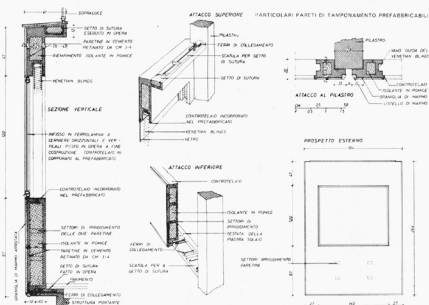
I prospetti laterali, più corti, sono invece realizzati con pannelli della lunghezza di circa 6 metri, la cui conformazione determina delle finestre a nastro poste in corrispondenza della parte alta di ciascun piano. L’attenzione della committenza per l’innovazione nel processo produttivo si rivela anche con la partecipazione al montaggio delle lastre dei solai e dei pannelli di tamponamento, effettuato con macchinari prodotti direttamente dalla Fiorentini (nello specifico un escavatore FB 120 equipaggiato a gru). Realizzato in 117 giorni – ad esclusione della palificazione – dall’impresa IEEM di Roma¹⁰, e con un costo di novantatré milioni, l’edificio rappresenta un chiaro esempio di come sia interpretata in quegli anni la prefabbricazione in Italia, dove rispetto al sistema pesante si privilegia una soluzione mista che non rinuncia al getto in opera e alla qualità artigianale di certe lavorazioni¹¹.

Analizzando a posteriori l’esperienza, Starita rileva come un cantiere di questo tipo consenta un maggiore controllo di tutto il processo – con l’ottimizzazione dei costi, dei tempi, dei macchinari e della manodopera – e offra la possibilità di eseguire diverse lavorazioni contemporaneamente, che però necessitano di ampio spazio libero nel sito del cantiere¹². Musmeci invece sottolinea come questo edificio rappresenti la realizzazione di un programma edilizio in cui il margine lasciato alla pratica di cantiere o alle decisioni in corso d’opera è ridotto al minimo. Dilatando la fase di progettazione dalle questioni puramente architettoniche e strutturali ai problemi relativi all’industrializzazione del cantiere, alla programmazione dei tempi, alla gestione dei mezzi e delle maestranze, Musmeci e Starita realizzano un edificio che “riesce ad essere tra i più moderni di Roma”¹³.

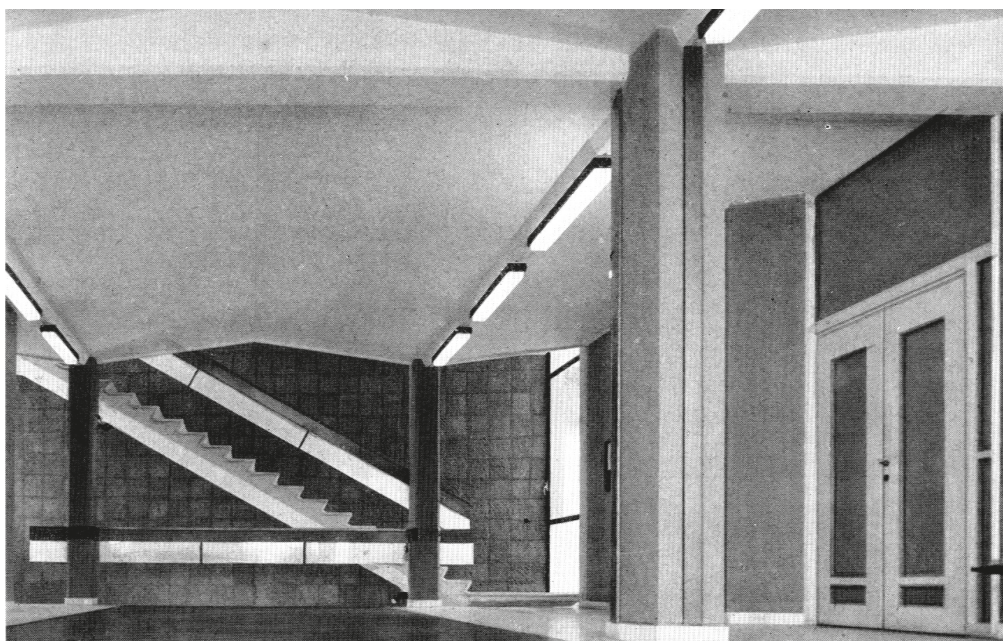
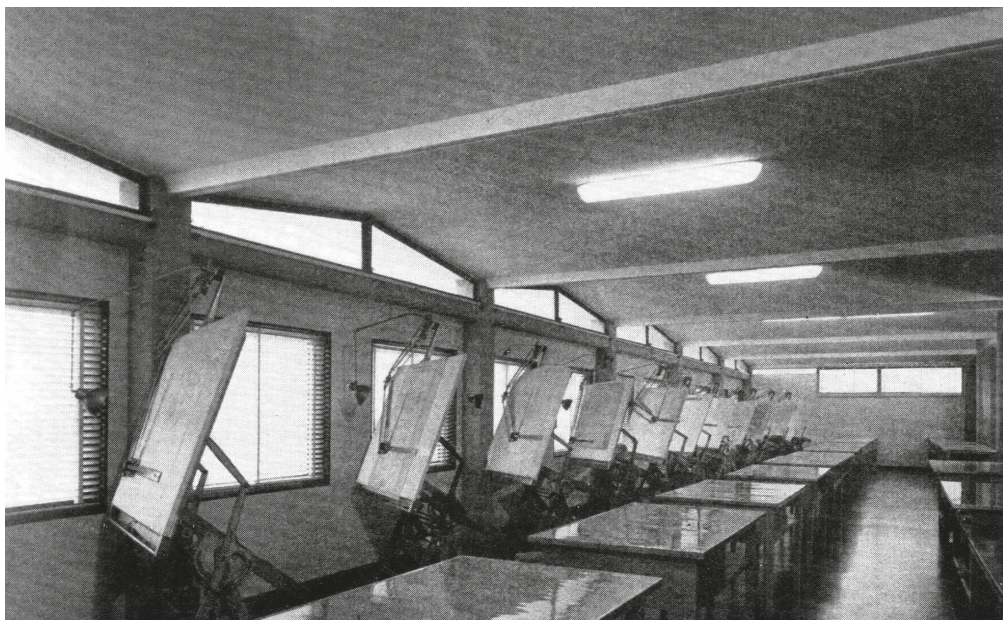


L'edificio della Fiorentini, dalla semplicissima pianta, privo di grandi vetrate e grandi sbalzi e materiali costosi, riesce ad essere tra i più moderni di Roma. La sua progettazione si è dilatata fino a comprendere non solo i problemi che di norma si risolvono al tavolo da disegno ma anche quelli che si pongono (e si risolvono male) in cantiere. Il grado di industrializzazione del cantiere, la programmazione dei tempi operativi, la concentrazione dei mezzi tecnici ed economici, il coordinamento degli specialisti, la direzione delle maestranze, sono componenti che oggi devono essere « progettate » con tutto il resto: in questa occasione ciò non solo è stato fatto, ma lo si è portato sul piano dell'architettura. Perciò l'edificio è tanto « diverso ». Ne traspare ingegno serietà responsabilità e chiarezza: è stata progettata una costruzione, non costruito un progetto. Per l'architetto professionista, la dimostrazione della possibilità di ampliare modernamente i contenuti del discorso architettonico; per l'uomo di cultura, una testimonianza della possibilità per l'architettura di assorbire i sempre più complessi dati tecnici ed economici del mondo moderno, purché mantenga una funzione di guida nel processo industriale edilizio.

Edificio in elementi prefabbricati a Roma



Massimo Starita, Sergio Musmeci, edificio per la Società Fiorentini, Roma, 1958-60.
Fotografie del cantiere, sezione trasversale e particolari
dei pannelli prefabbricati



Massimo Starita, Sergio Musmeci, edificio per la Società Fiorentini, Roma, 1958-60.
Vista dell'ufficio tecnico al quarto piano

Edificio per la Società Fiorentini, vista dell'atrio

1. S. Musmeci, *Edificio in elementi prefabbricati a Roma*, in “L’architettura. Cronache e storia”, n. 65, 1961, p. 728.

2. *Ibidem*. Per un inquadramento generale della figura di Musmeci cfr. M. Nicoletti, *Sergio Musmeci. Organicità di forme e forze nello spazio*, Testo & Immagine, Torino 1999; *Sergio Musmeci: forma e struttura*, numero monografico del “Bollettino ingegneri”, n. 4, 1999; R. Capomolla, *Le “forme organiche strutturali”. Materia e spazio nelle opere di Sergio Musmeci*, in “Rassegna di Architettura e Urbanistica”, n. 121-122, 2007, pp. 135-148; F. Giovannardi, *Sergio Musmeci. Strutture fuori dal coro*, in “Ingegneria sismica”, n. 2, aprile-giugno 2011, pp. 59-83.

3. Su Filippo Fiorentini cfr. S. Schipani, s.v. *Fiorentini, Filippo*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 48, 1997, ed. online; per la ditta cfr. F. Fiorentini (a cura di), *L’ultimo dei grandi industriali di Roma. Giuseppe Fiorentini, la vita e la sua epoca*, Agnesotti, Viterbo 2011; G. D’Avanzo, *Tecnologia a Roma*, I Libri di Emil, Bologna 2011, pp. 94-95, 148-149.

4. *Presentazione*, in “Il cantiere. Rivista bimestrale per impianti meccanici da cantiere”, n. 1, 1948, pp. 1-2. La rivista è stata pubblicata fino al 1966.

5. Starita ha partecipato, tra l’altro, al Primo convegno internazionale sulla prefabbricazione (Milano 1962). Nel 1981 è uscito il suo *Industrializzazione e progetto, tecnologia e scritti didattici nelle tecniche produttive dell’edilizia*

per i tipi della Casa del Libro di Reggio Calabria-Roma.

6. Nei lavori di ristrutturazione del 1979, in seguito al fallimento della ditta Fiorentini (1975) è stato realizzato un piano seminterrato scavando sotto il piano rialzato.

7. M. Starita, *Fabbricato ad uso uffici Soc. p. A. Ing. F. Fiorentini*, in “Il cantiere”, n. 3, XIII, 1960, p. 30.

8. Ivi, p. 28.

9. Su questo tipo di coperture cfr. A. Brodini, *Le coperture a grande luce nell’opera di Sergio Musmeci*, in P. Desideri, A. De Magistris, C. Olmo, M. Pogacnik, S. Sorace (a cura di), *La concezione strutturale. Ingegneria e architettura in Italia negli anni cinquanta e sessanta*, Alemandi, Torino-Londra-New York 2013, pp. 253-262; L. Ingold, P. D’Acunto, *Structural Folding as a Source of Research for Sergio Musmeci*, in A. Bögle, Manfred Grohmann (a cura di), *Proceedings of the IASS Annual Symposium 2017: Historic Shell & Spatial Structures*, IASS 2017, pp. 1-10.

10. M. Starita, *Fabbricato ad uso uffici*, cit., p. 30. La ditta non aveva mai eseguito precedentemente un lavoro di questo tipo; ivi, p. 28.

11. L. Tirino, *Lo stabilimento della Ing. F. Fiorentini & C. S.p.a.*, in F. Fiorentini (a cura di), *op. cit.*, p. 103.

12. M. Starita, *Fabbricato ad uso uffici*, cit., p. 34.

13. S. Musmeci, *op. cit.*, p. 728.

Lo Stadio Flaminio di Pier Luigi e Antonio Nervi

Francesco Romeo

Progettato da Pier Luigi e Antonio Nervi e costruito dalla Nervi & Bartoli sotto straordinari vincoli di tempo, lo Stadio Flaminio si colloca tra le opere realizzate a Roma per ospitare nel 1960 gli eventi sportivi della XVII Olimpiade¹.

Nel luglio del 1956, la Giunta Esecutiva del CONI delibera di indire un appalto concorso per demolire e ricostruire lo Stadio Torino. Oltre ad indicare stringenti requisiti architettonici e funzionali, il bando di concorso specifica che il nuovo stadio da 40.000 spettatori sia contenuto all'interno del perimetro dello Stadio Torino, potendo oltrepassarlo al di sopra della quota di sei metri. Nella proposta progettuale dei Nervi il sistema strutturale principale di sostegno delle tribune del nuovo Stadio Flaminio è costituito da telai in cemento armato gettati in opera caratterizzati da grandi sbalzi che, a partire dalla quota consentita dal bando, permettono di aumentare la capienza delle tribune est ed ovest e modulano la quota del profilo degli spalti.

L'assetto planimetrico definitivo dello stadio viene definito dai progettisti subito dopo l'aggiudicazione del concorso (aprile 1957) ed in fase di progettazione esecutiva si giunge alla configurazione finale nella quale novantadue telai principali in cemento armato gettato in opera e lasciato a facciavista scandiscono sia gli spazi esterni che interni dello stadio. I telai poggiano su fondazioni di pali trivellati, necessari per attraversare la falda acquifera, situata a circa 6 metri di profondità. I pali sono del tipo Franki gettati in opera con diametri di 335 e 500 millimetri e i plinti su cui si intestano sono stati concepiti secondo tre tipologie e posizionati in modo da non interferire con le fondazioni esistenti del precedente Stadio Torino, che poterono essere lasciate in opera risparmiando i costi di demolizione.

I novantadue telai principali presentano alcune caratteristiche comuni, quali lo spessore di 40 centimetri, l'interasse medio di circa 5,70 metri e il traverso inclinato superiore con pendenza variabile dell'estradosso che segue la curva di visibilità (28°, 30° e 32° per le tribune e 28°, 30° per le curve). Nella relazione tecnica i calcoli statici fanno riferimento ad un unico schema di telaio a due cerniere per le tribune est e ovest; gli effetti della diversa geometria degli elementi a sbalzo e dei carichi

associati relativi ai due tipi di telaio sono presi in considerazione regolando i carichi concentrati e le coppie agenti sullo schema semplificato considerato. Un tirante in cemento armato collega i plinti alla base dei montanti verticali per assorbire la spinta orizzontale ed evitarne la trasmissione alla sommità dei pali.

Sulla base di queste caratteristiche generali comuni, i telai sono declinati con geometrie e dettagli strutturali diversi, a seconda della loro posizione e della loro funzione. Nella tribuna est essi raggiungono l'altezza di circa 20,5 metri con la campata principale di circa 13,5 metri e gli sbalzi esterni che sostengono i ballatoi di circa 4,7 metri. I telai della tribuna ovest raggiungono un'altezza di circa 19 metri e la loro parte superiore è sagomata per sostenere la parte gettata in opera della pensilina; la campata principale è simile a quella della tribuna est, mentre gli sbalzi esterni sono minori (3,7 metri). Le ampie campate centrali dei telai delle due tribune consentono di disporre degli spazi liberi per le quattro palestre e la piscina richieste dal bando di concorso. I telai situati in corrispondenza delle curve nord e sud mostrano geometrie diverse, con un'altezza minima di circa 9,5 metri e con campate principali che vanno da circa 6,9 a 8,6 metri e sbalzi esterni di circa 3 metri. Ulteriori distinzioni tra i telai si riscontrano nelle rastremazioni delle membrature in cemento armato, nella configurazione delle armature e nell'orientamento dei plinti rispetto al piano del telaio.

I telai principali sono collegati tra loro da travi trasversali secondarie, situate alle estremità dei traversi inclinati, e dalle strutture prefabbricate che formano le gradinate. Per queste ultime Nervi mette a frutto le esperienze progettuali precedenti proponendo un gradone cavo di sezione a trapezio rettangolo costituito da due elementi prefabbricati in calcestruzzo, uno sottostante a forma di U con la faccia inferiore inclinata (sottogrado) ed uno piano (sedile) (Brevetto n. 564484, 1957). I sottogradi hanno funzione portante con il lato verticale inferiore dell'elemento a U che funge da trave appoggiata, di norma di luce pari alle campate tra i telai. I sedili, lunghi la metà dei gradoni, formano sia la seduta che il passaggio. I sottogradi, con la superficie interna impermeabilizzata, fungono inoltre da collettori dell'acqua piovana che passa attraverso appositi fori del sedile; l'acqua raccolta nel sottogrado viene poi convogliata in canali posti ogni tre campate all'intradosso della tribuna. In totale, 7652 elementi, di numerose tipologie e costruiti al ritmo di trentacinque al giorno, realizzano la particolare geometria della ca-

vea. Tramite ferri di attesa, lasciati sporgere sia dal sedile che dal sottogrado, e getti in opera è assicurata la solidarizzazione tra gli elementi prefabbricati e tra questi ultimi ed i telai. La giunzione sul lato inferiore dei gradoni presenta una piccola risega che scandisce la superficie dell'intradosso delle gradinate. In sostanza, sia i telai gettati in opera che i gradoni prefabbricati brevettati da Nervi per il Flaminio risolvono in modo sintetico e coerente il tema progettuale delle gradinate degli stadi su cui egli stesso aveva ragionato fin dai primi anni Trenta². Anche il problema del raddoppio dei telai dovuto ai giunti strutturali viene risolto brillantemente nel Flaminio; gli otto giunti sono infatti posizionati a metà campata tra i telai principali grazie a travi a sbalzo gettate in opera all'interno dei sottogradi prefabbricati prospicienti i giunti. La leggera copertura della tribuna ovest è un ulteriore elemento rilevante dell'organismo strutturale del Flaminio. Concepita come una struttura bidimensionale basata sullo schema statico elementare di trave con sbalzo, essa è composta, nella porzione compresa tra i due appoggi, da una serie di travi estradossate collaboranti gettate in opera, nella porzione a sbalzo, da una leggera superficie corrugata ottenuta dall'accostamento di una serie di elementi a V in ferrocemento. I due sottosistemi sono collegati da una trave trasversale (parallela al lato lungo dello stadio) a sezione trapezoidale (trave M) gettata in opera. Un'ulteriore trave trasversale di collegamento si trova in prossimità del bordo esterno della copertura (trave E). Entrambe sono concepite come travi continue sugli appoggi posti in corrispondenza dei telai. In accordo con il diagramma del momento flettente, la sezione degli elementi in ferrocemento varia da una forma a V alta all'estremità incastrata ad una piana sottile all'estremità libera e nella variazione di forma le pareti formano falde di paraboloide iperbolico. La tribuna coperta comprende ventidue telai principali e ciascuno di essi sostiene una porzione di copertura costituita da quattro elementi a V e dalle corrispondenti quattro travi estradossate posteriori. Tale porzione è semplicemente appoggiata sopra i telai principali in due punti: all'esterno, in corrispondenza della trave E, essa poggia sulla sommità dello sbalzo dei telai in cemento armato; a metà circa della campata complessiva, in corrispondenza della trave M, essa è sostenuta da tubi d'acciaio inclinati, riempiti di calcestruzzo armato. Per realizzare lo sbalzo di 14,60 metri di luce la proposta iniziale prevedeva elementi d'onda in ferrocemento di larghezza minore e sezione trasversale



Pier Luigi Nervi, Antonio Nervi, Stadio Flaminio, Roma, 1957.
La palestra per la scherma sotto la tribuna ovest

curvilinea. Nella medesima proposta iniziale, la porzione appoggiata gettata in opera era concepita come una sorta di trave scatolare a più celle. Nel corso del 1957 il profilo curvilineo della sezione trasversale dell'elemento d'onda viene modificato a V, più leggero e con diversi rapporti dimensionali. Le cinque aperture circolari di diametro variabile su ciascun lato alleggeriscono gli elementi e consentono il passaggio della luce. La parte posteriore gettata in opera viene trasformata in una serie di travi estradossate a sezione trapezoidale con la soletta inferiore continua di spessore variabile per la pendenza di drenaggio dell'acqua piovana. Inizialmente, inoltre, la componente orizzontale di trazione proveniente dall'appoggio semplice inclinato centrale veniva assorbita dalla soletta inferiore ancorata ad una massiccia trave posteriore. Nella soluzione finale la parte superiore svasata del telaio viene sfruttata come punto di ancoraggio per il tirante di collegamento, che ha la larghezza del telaio principale ed è distanziato da appoggi cilindrici di 20 centimetri di altezza dall'intradosso della soletta della copertura. In questo modo, si sancisce una chiara distinzione tra la copertura e la struttura di supporto sottostante. Per limitarne l'ingombro, il puntone è realizzato con un tubo d'acciaio riempito di calcestruzzo armato; il tirante è una trave in calcestruzzo armato 20x40 centimetri. In linea con il *modus operandi* nerviano, prima della messa in opera, gli innovativi elementi prefabbricati della pensilina furono testati in cantiere. I disegni della struttura di prova mostrano lo schema bilanciato costituito da due sbalzi opposti in ferrocemento uniti tramite travi gettate in opera; queste ospitavano le barre di rinforzo superiori lasciate sporgere dalle nervature superiori gettate in opera di raccordo tra gli elementi in ferrocemento. Nel certificato di collaudo statico emesso dal CONI-COR il 18 febbraio del 1959 si dà conferma dell'ottima risposta elastica della struttura realizzata, pertanto il 18 marzo 1959, a soli diciotto mesi dall'inizio dei lavori, il nuovo impianto viene inaugurato alla presenza del primo ministro Antonio Segni.

Impegnato negli stessi anni a Roma sia nella progettazione strutturale che nella realizzazione di altre opere rilevanti – il Palazzetto dello Sport (1956-57), il Palazzo dello Sport (1957-59), il Viadotto del corso di Francia (1958-60) – Nervi contribuisce con lo Stadio Flaminio a dare evidenza di una straordinaria creatività costruttiva con la quale si assiste ad una mirabile sintesi tra efficienza strutturale ed espressività architettonica.



Pier Luigi Nervi, Antonio Nervi, Stadio Flaminio, Roma, 1957. Vista della tribuna ovest

1. F. Romeo, U. Carughi, E. Margiotta Nervi, P.O. Rossi, R. Vittorini, *The Stadio Flaminio in Rome by Pier Luigi and Antonio Nervi: an interdisciplinary conservation plan*, Keeping It Modern Report Library, Getty Foundation conservation plans repository, 2020.

2. P.L. Nervi, *Considerazioni tecniche e costruttive sulle gradinate e pensiline per stadi*, in "Casabella", VI, n. 12, 1933, pp. 10-13.

5. La scuola di Padova

**La scuola di ingegneria di Padova
in ambito strutturale nel secondo dopoguerra.
Intervista a Carmelo Majorana***

Stefano Zaggia

Stefano Zaggia, Università degli Studi di Padova

* Carmelo Majorana, Ordinario di Scienza delle Costruzioni, già direttore del Dipartimento di Costruzioni e Trasporti, poi del Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale (ICEA) dell'Università degli studi di Padova (2011-2015). Attualmente è direttore del Laboratorio per le prove sui materiali da costruzione e direttore del Corso di Dottorato in Scienze dell'Ingegneria Civile, Ambientale e dell'Architettura del Dipartimento ICEA dell'Università degli Studi di Padova.

Stefano Zaggia [SZ]: Nel campo delle strutture, legate allo sviluppo dell'architettura e dell'ingegneria del secondo dopoguerra, qual è l'origine della scuola padovana?

Carmelo Majorana [CM]: Senza inoltrarci troppo indietro nel tempo, ricordando le origini lontane della scuola di ingegneria a Padova, direi che la figura che determina lo sviluppo della scuola padovana nel secondo dopoguerra, è quella di Dante Bonvicini (1892-1966). Si laureò a Bologna in Ingegneria Idraulica, quindi vinse una cattedra presso l'Università di Pisa. A Padova in quegli anni si aprirono alcune posizioni e pertanto si trasferì. Tuttavia, prima di giungere a Padova, aveva già iniziato ad affrontare in ambito teorico tematiche connesse alla teoria dell'elasticità. Pertanto, si trattava di una figura dotata di competenze sia in campo idraulico – e sappiamo come tale ambito disciplinare rivestisse un ruolo particolarmente importante nel nostro Ateneo – che in ambito strutturale: meccanica dei fluidi e meccanica dei solidi. Quando giunse a Padova, nel 1938, la cattedra a cui fu assegnato fu quella di Costruzioni di ponti. Preside della Facoltà in quegli anni era Carlo Parvopassu docente di Scienza delle costruzioni¹. In seguito, Bonvicini assumerà la cattedra di Scienza delle costruzioni che tenne sino al 1962.

SZ: Quali erano gli interessi specifici di Bonvicini in ambito disciplinare?

CM: Come detto, i suoi interessi erano soprattutto nel campo della teoria strutturale e dell'elasticità, più precisamente come diremmo noi era un “tensorialista”, con linguaggio più tecnico diremmo un “omografo”. I suoi scritti, infatti, molti dei quali pubblicati dall'Accademia dei Lincei, sono testi che affrontano in modo approfondito queste tematiche². Possiamo dire dunque che la sua presenza a Padova determinò lo sviluppo disciplinare della Scuola negli anni della ripresa del dopoguerra.

SZ: Quali furono le altre figure della scuola strutturale padovana?

CM: Dante Bonvicini ebbe due allievi eminenti, i quali erano Bruno Dall’Aglio (1917-92) e Lorenzo Contri (1922-2013). Ricordiamo anche la costituzione dell’Istituto di Scienza delle Costruzioni, come si chiamavano allora quelli che sarebbero diventati i Dipartimenti e ricordiamo anche la sede della Facoltà di Ingegneria di allora che era quella della sede realizzata su progetto di Donghi a partire dal 1912 e dove tuttora si trova il laboratorio di Scienza delle costruzioni, oggi afferente al Dipartimento ICEA. Entrambi gli allievi entrarono nell’università di Padova negli anni Cinquanta. Come docenti di Scienza delle costruzioni. Direi poi che le due figure presentavano caratteri e impostazioni diverse tra di loro: se Dall’Aglio era il primo allievo di Bonvicini con un carattere più sistematico, ordinato, Contri era invece una personalità più “genialoide”, più creativa, era un tipo più estroso. Si crearono quindi due gruppi di ricerca con connotazioni diversificate.

SZ: Sul piano della ricerca teorica e applicata, quali erano le caratteristiche dei due gruppi?

CM: Direi innanzitutto che Bruno Dall’Aglio, oltre che sul piano strettamente teorico, era interessato anche ad alcuni aspetti che toccavano anche gli ambiti applicativi o professionali del tempo. Per esempio, si interessò delle strutture voltate in cemento armato e delle volte scatolari. Un esempio di questo tipo di volte erano quelle realizzate da Bruno Morassutti qui a Padova per il magazzino della ditta di famiglia, poi demolito per far posto al centro commerciale Giotto³. Collaborava spesso con progettisti nei calcoli per le strutture di vario tipo, anche ponti⁴. Spesso queste esperienze gli consentivano di sperimentare applicando tecniche matematiche particolari, tipo sviluppi in serie. Elaborò così metodi particolari per calcolare le strutture.

Per quanto riguarda Lorenzo Contri va detto che inizialmente era entrato presso l’Università di Bari e che, a Padova, arrivò in un secondo momento. Ricordo, inoltre, che all’epoca sul piano disciplinare Scienza e Tecnica delle costruzioni non erano separate. Così all’arrivo a Padova a Contri fu assegnato l’incarico di Tecnica delle costruzioni. È un aspetto interessante anche perché il padre era un costruttore e quindi Contri aveva avuto esperienze dirette nell’ambito pratico, costruttivo,

come diremmo: mangiava pane e cemento armato. Sapeva costruire⁵. Le due figure, Dall'Aglione e Contri, convissero in ambito didattico inizialmente su questi due canali didattici; in seguito, entrambi assunsero la cattedra di Scienza delle costruzioni.

SZ: Quali furono sul piano didattico i principali orientamenti?

CM: Innanzitutto, va detto che Dall'Aglione pubblicò diversi manuali e volumi, alcuni a due mani con Bonvicini. Cito, tra gli altri, un testo molto noto in tutta Italia dedicato alla *Teoria dell'elasticità*⁶. Si tratta di un testo molto complesso e di grande approfondimento, potremmo dire destinato più ai docenti che agli studenti. Va anche precisato che sul piano didattico l'innovazione apportata da Bonvicini e Dall'Aglione fu questa: era un periodo in cui dalla Meccanica razionale, che è una meccanica teorica, veniva l'uso del calcolo tensoriale che a Padova era molto radicato essendo nato proprio in questo Ateneo, con personaggi del calibro di Ricci Curbastro o Tullio Levi Civita, tuttavia Bonvicini avvertì che tale applicazione per gli ingegneri era troppo complicata, così aiutato da Dall'Aglione elaborò una metodologia basata sul calcolo algebrico scalare. E questa fu un'innovazione didattica molto importante perché consentiva agli ingegneri di operare mediante una disciplina più alla loro portata. Questo tipo di impostazione era comunque la stessa di Lorenzo Contri. Un altro aspetto era quello del riferimento ai testi e ai manuali tecnici di ambito tedesco.

SZ: Quali erano i rapporti tra questi docenti e l'architettura, cioè con gli aspetti più progettuali e legati alla pratica costruttiva?

CM: Da questo punto di vista, avendo conosciuto direttamente Contri, debbo dire che fu esemplare perché mi disse quando ero un giovane apprendista ricercatore: "Mi raccomando, ricordati che l'ingegnere deve sempre lavorare con l'architetto". Con questo intendeva che ci doveva essere una interazione continua tra le due figure. Questo insegnamento di Contri mi è sempre rimasto evidente e mi ha fatto assumere sempre un atteggiamento di rispetto nei confronti del lavoro degli architetti. Anche perché sai bene che in certi momenti il distacco tra le due figure, in particolare all'interno delle scuole di Ingegneria, era molto netto.

SZ: Quali furono poi gli sviluppi successivi della ricerca nell'ambito della scuola padovana?

CM: Passando agli anni Settanta ricordo che al tempo, uno dei temi più avanzati della ricerca era quello sui telai uniti all'utilizzo dei primi calcolatori. Ricordo che s'iniziava la sperimentazione con le prime macchine Olivetti dotate di schede perforate. Anche qui arrivò una prima macchina di calcolo su cui iniziavano a sperimentare la risoluzione di sistemi di equazioni 10×10 che pertanto serviva a studiare un telaio con una decina di nodi.

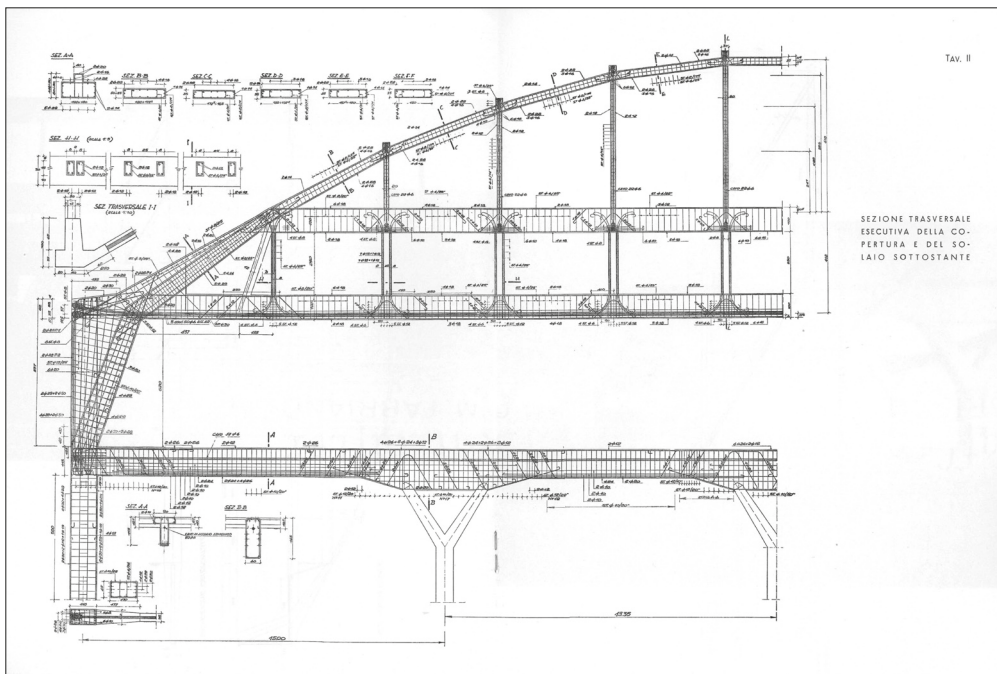
Così vennero elaborati nuovi metodi per studiare i telai (sistemi iperstatici). Esisteva il metodo di Cross, molto utilizzato. Contri inventò un metodo che chiamò "metodo delle rotazioni esatte". Si trattava di un sistema molto ingegnoso e complesso, perché utilizzava due famiglie di grandezze, le rigidità e i momenti di incastro perfetto, a cui erano correlati dei fattori di correzione che permettevano di raggiungere il risultato senza dover utilizzare numerose iterazioni.

SZ: Quali personalità del corpo docente della Facoltà di Ingegneria di Padova dell'epoca afferenti all'ambito più progettuale – e ricordo che nella Facoltà esisteva anche un Istituto di Architettura – ritieni siano da ricordare per le capacità di interazione sul piano che hai descritto sinora?

CM: Direi che una personalità che ricordo particolarmente dal mio percorso formativo, è quella di Enzo Bandelloni (1929-78), un docente di Architettura tecnica con il quale ho affrontato il mio primo progetto, quello cioè di un capannone industriale. Utilizzavamo il suo manuale⁷. Era un insegnamento che si incontrava nei primi anni e pertanto fu con lui che entrai in contatto con i temi della Scienza delle costruzioni; fu il primo però che ci spiegò in modo chiaro cosa erano σ e τ . Così imparai a fare un progetto concreto. Era un insegnamento che intrecciava le conoscenze di natura più tecnica, costruttiva, con quelle dell'architettura.

SZ: Per concludere, quindi, dopo gli anni legati alla fase del dopoguerra come si caratterizzò la Scuola di Padova?

CM: Dopo Dall'Aglio e Contri giunse a Padova Bernhard Schrefler, che si era formato agli inizi degli anni Settanta. Fu lui che introdusse il calcolo automatico. Aveva studiato molto all'estero e svolto ricerche anche in Gran Bretagna a Swansea, conosceva il metodo degli elementi finiti. Possiamo dire che non solo introdusse questo metodo a Padova, ma fu uno dei principali esperti in Italia all'epoca. Questo metodo si impose come il metodo nuovo per il calcolo delle strutture di ogni forma e genere. Si giunse così agli sviluppi finali in connessione con lo sviluppo dei sistemi informatici che entrarono sempre più a supporto del metodo di calcolo. Anche a Padova era presente un computer su cui sviluppare queste sperimentazioni⁸. Debbo dire che Schrefler, con cui collaborai all'inizio della mia carriera accademica, veniva coinvolto per attività sperimentali legate al calcolo di strutture anche molto particolari come quelle legate alle realizzazioni di ambito astronomico, cioè per le strutture dei grandi telescopi che in quel momento erano in forte sviluppo, come ad esempio quello del Columbus Telescope di tipo binoculare o del telescopio Galileo realizzato alle Canarie. Eravamo ormai nella seconda metà degli anni Ottanta e le cose stavano cambiando all'interno dell'Università e del mondo delle costruzioni e anche internamente alla disciplina. Ricordo, tra l'altro, che in questi anni si attuò la divisione in due settori: Scienza delle costruzioni e Tecnica delle costruzioni.



BRENO DALL'AGLIO

La copertura del nuovo salone di tessitura del lanificio Marzotto a Valdagno

SOMMARIO: Un articolo precedente è stato dedicato alla prima realizzazione di un nuovo tipo di copertura a shed per edificio industriale impostata sull'impiego dell'arco fenestrato longitudinale. Si riferisce ora ad una seconda realizzazione, che costituisce una interessante evoluzione di quella sia per la loro estensione maggiore, sia per l'efficienza statica di particolari accorgimenti costruttivi. Trattasi di soluzioni che ha consentito risultati notevoli sotto ogni aspetto e di grande rilievo in particolare sotto il profilo economico.

1. Con riferimento alla Fig. 1 giova anzitutto ricordare lo schema iniziale secondo il quale è stato ideato il tipo di copertura a shed di cui si parla.

Considerata una successione di falde piane ugualmente inclinate formanti la copertura vera e propria e ravvicinata la necessità di bordare dette falde con travi delimitanti le finestre in piani verticali, chi scrive

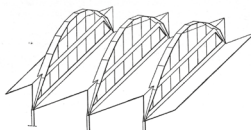
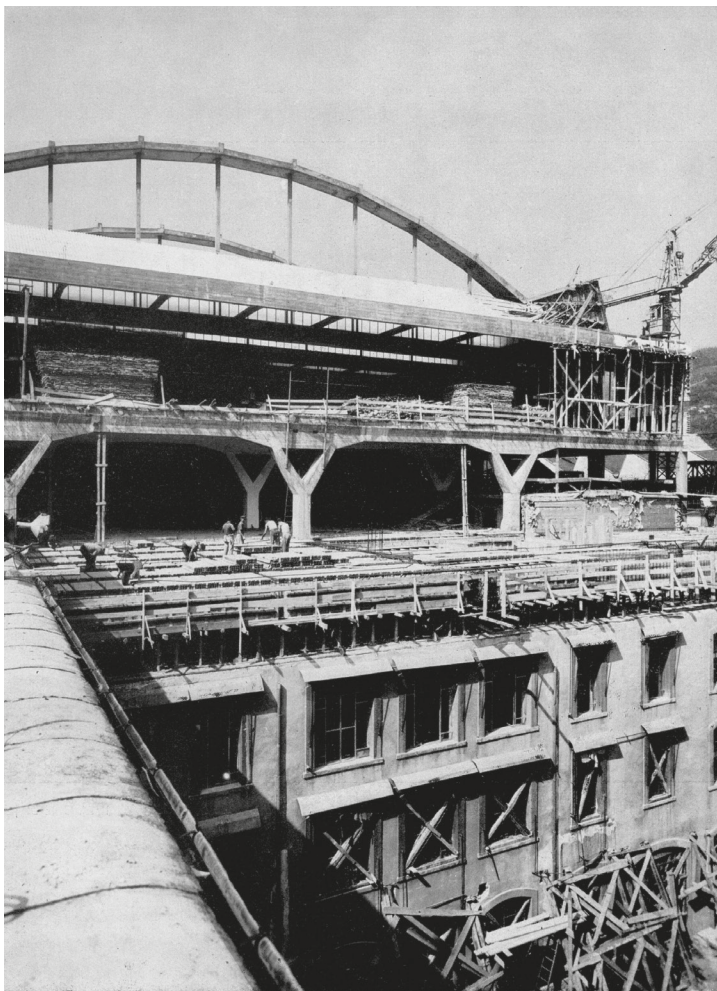


Fig. 1

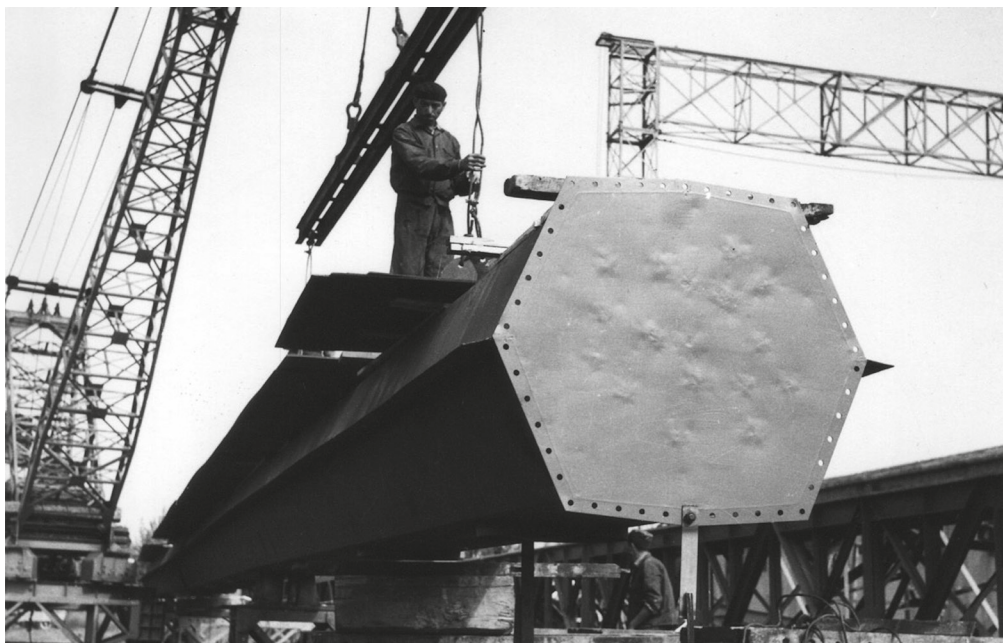
Bruno Dall'Aglio, Lanificio Marzotto, Valdagno (VI), 1961-62.

Disegno esecutivo delle sezioni delle travi della copertura e del solaio del salone di tessitura

B. Dall'Aglio, *La copertura del nuovo salone di tessitura del Lanificio Marzotto di Valdagno*, Padova 1963. Frontespizio



Bruno Dall'Aglio, Lanificio Marzotto, Valdagno (VI), 1961-62.
Costruzione della copertura a *shed* del salone di tessitura



Angelo Mangiarotti, Bruno Morassutti, Aldo Favini (strutture),
Magazzino Morassutti, Padova, 1959. Travi scatolari in lamiera per la copertura

1. Su Parvopassu, si veda D. Bonvicini, *Carlo Parvopassu: commemorazione*, in “Atti dell’Accademia Patavina di Scienze, Lettere ed Arti”, vol. 72, 1959-60, pp. 3-12.

2. Alcuni scritti furono raccolti nel volume B. Dall’Aglio (a cura di), *Memorie scelte di Dante Bonvicini*, Università degli Studi di Padova, Padova 1969; B. Dall’Aglio (a cura di), *Memorie inedite di Dante Bonvicini*, Università degli studi di Padova, Padova 1970.

3. R. Dulio, G. Barazzetta (a cura di), *Bruno Morassutti: 1920-2008 opere e progetti*, Electa, Milano 2009: va ricordato che la struttura di copertura autoportante era realizzata in lamiera piegata collocata su travi scatolari in luce e a sbalzo appoggiate. Le strutture e le parti in acciaio furono realizzate dalla ditta Romaro di Padova in cui operava anche l’ing. Giorgio Romaro (1931-2014), il quale, dalla fine del 1966 al 1996, svolgerà attività di docenza presso la Facoltà di Ingegneria di Padova; era uno specialista in costruzioni metalliche di grande rinomanza a livello internazionale, più volte insignito del premio CECM Convenzione Europea della Costruzione Metallica; si veda S. Casucci, *Una famiglia di ingegneri padovani*, in “Galileo”, n. 93, 1997, p. 17; I. Doniselli, *Romaro: cento anni di strutture con l’acciaio*, ivi, pp. 18-19; E. Siviero, C. Majorana, P. Barizza, G.L. Burlini, C. Romaro, *In ricordo di Giorgio Romaro*, in “Galileo”, n. 215, 2014, pp. 4-6.

4. Ad esempio si veda B. Dall’Aglio, *Su*

un nuovo tipo di copertura a shed per edificio industriale, Istituto di Scienza delle costruzioni, Padova 1961.

5. L. Contri, *Guida al calcolo delle costruzioni in cemento armato*, Società editrice Vitali e Ghianda, Genova 1957¹.

6. D. Bonvicini, B. Dall’Aglio, *Scienza delle costruzioni: la teoria dell’elasticità*, Edizioni Oderisi, Gubbio 1961.

7. Su Bandelloni si veda E. Pietrogrande, F. Zecchin (a cura di), *Enzo Bandelloni*, La Garangola, Padova 1990.

8. G. Capurso, F. Martire, “A prova di errore e incapaci di sbagliare”. *Elaboratori elettronici e progettazione strutturale*, in “Rassegna di Architettura e Urbanistica”, n. 148, numero monografico: *La scuola italiana di ingegneria* a cura di S. Poretti, 2016, pp. 100-111.

**Silvano Zorzi e Luigi Moretti.
La nuova sede ENPDEP a Roma**

Giulio Barazzetta

Le figure di Silvano Zorzi e quella di Luigi Moretti, assieme e diversamente, concludono la preminenza italiana nell'ingegneria strutturale del XX secolo.

Silvano Zorzi è un costruttore moderno, se “*moderno* è la difficoltà attiva di seguire il mutare del tempo” accantonando grandi narrazioni, progettando presenze nello spazio da cogliere nel tempo del passaggio lungo un itinerario o nell'ingresso in un edificio. Il suo è l'esercizio di una alta pratica del mestiere in cui il cosiddetto “dominio del materiale artistico” è espresso dall'opera che consumiamo nell'inconsapevole uso quotidiano.

Il “sommario” ideale dei suoi ponti e viadotti inizia dal viadotto Serra-Monte Ceneri a Milano (1959-65), il primo impalcato a piastra continua in cemento armato precompresso. Comprende il “fuoriserie” viadotto sul torrente Sfalassà a Bagnara Calabria (RC), (1968-72) – magistrale integrazione fra tecniche diverse e forma della struttura. Termina con i viadotti sul torrente Fichera a Polizzi Generosa (Palermo) (1970-72) e sul torrente Gorsexio (1972-78) a Genova Voltri, esempi di invenzione e perfezionamento di sistemi costruttivi come la centina autovarante, che permette la costruzione di “impalcati di cemento armato precompresso costruiti parzialmente a sbalzo sulle pile e travi prefabbricate varate a chiusura del vano tra gli sbalzi”¹ progressivamente congiunti. Il sistema è messo a punto in collaborazione con la società di costruzioni tedesca Dywidag², e applicato la prima volta da Zorzi sull'Autostrada Genova-Sestri Levante, con il viadotto sul torrente Nervi (1964)³. Diversamente dai maestri che brevettano le invenzioni impiegate nelle loro opere, Silvano Zorzi è agente attivo dell'innovazione continua propria dell'industria con il suo contributo diretto alla produzione.

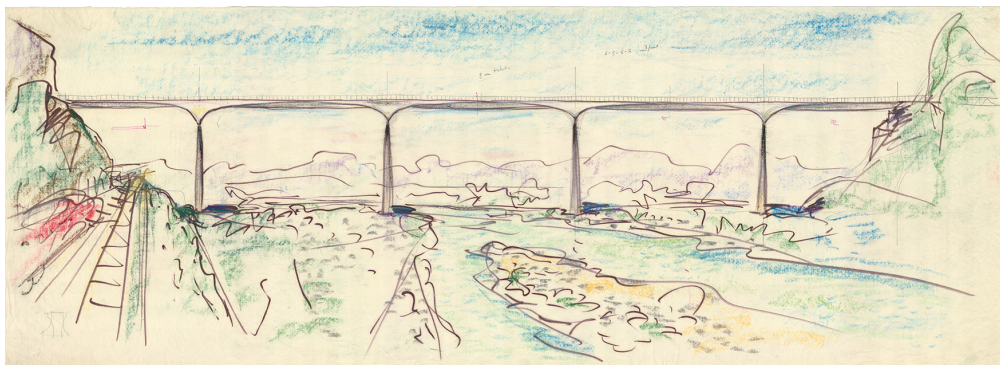
Sin dagli esordi la cifra di Silvano Zorzi è stata la conduzione dei progetti complessi con la collaborazione integrata dei vari attori del progetto, essenzialmente architetti e ingegneri, committenti e produttori. Il viadotto progettato con Angelo Mangiarotti e Aldo Favini per il concorso del ponte di Sasso Marconi (1951) ne è il primo peculiare caso. Rintracciato grazie al catalogo della mostra del gruppo italiano CIAM



Silvano Zorzi, Luigi Moretti, ponte Pietro Nenni, Roma, 1965-75



Silvano Zorzi, viadotto sul torrente Gorsexio, Genova, 1972-78

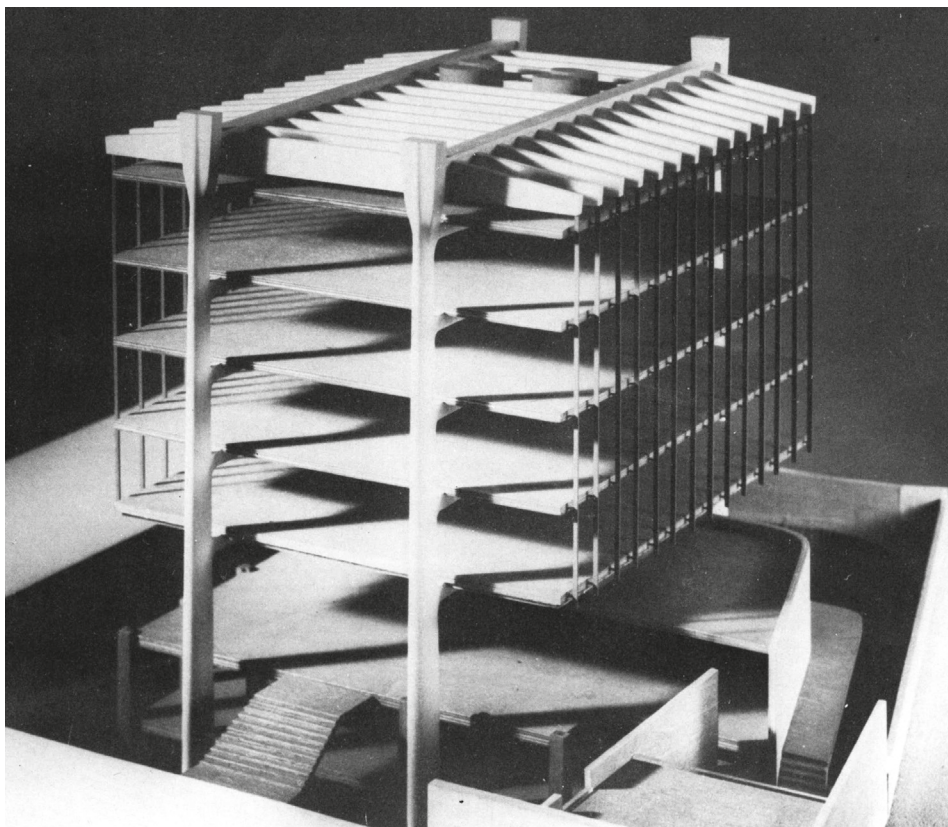


Silvano Zorzi, Angelo Mangiarotti, Aldo Favini,
progetto di concorso per il viadotto di Sasso Marconi (BO), 1951.
Disegno a colori di Angelo Mangiarotti

al RIBA, e pubblicato nel 2019 nel numero 5 di *Archi* (a cui rimando per brevità⁴ riportando qui uno schizzo), l'opera è un esempio del *conio* irreversibile nel lavoro di Zorzi delle esperienze compiute al Campo Universitario Italiano dell'École Polytechnique di Losanna (1943-45) e al Centro di Studi per l'Edilizia di Winterthur (1944) guidati da Gustavo Colonnetti⁵. Tra gli altri vi troviamo allievi Mangiarotti e Zorzi e, assistente di Colonnetti, Favini.

La collaborazione con Luigi Moretti è dimostrata nel capolavoro del ponte sul Tevere, costruito per la Metropolitana di Roma (1965-75), ma fra le opere civili disegnate in comune spicca la sede centrale dell'ENPDEP a Roma (1963-73). Notevole per la forte integrazione fra architettura e struttura, ma anche per il suo relativo isolamento fra le architetture di Moretti ricorrenti nelle pubblicazioni che lo riguardano. A volte vista come un'opera non immediatamente accattivante, la sede dell'ENPDEP è in realtà di vivo interesse per i temi allestiti e la stretta logica di architettura e costruzione. In primo luogo, il rigore con cui è condotto il mandato di progetto in riferimento alla situazione di vincolo esistente nel luogo. In secondo, la messa in rappresentazione dell'invenzione tettonica che questa logica programmatica ha comportato. In terzo, le prese di posizione, le tecniche, i riferimenti che gli stessi progettisti introducono o a cui rimandano, in particolare nella pubblicazione a quest'opera dedicata da "L'industria delle costruzioni" con il numero 52, nel 1976. Efficace è l'essenziale descrizione dell'opera nel redazionale "riassunto":

[...] L'edificio, adibito a sede rappresentativa dell'ENPDEP a Roma, è costruito su pianta pressoché quadrata di 22 x 21 m, con una altezza totale di circa 30 m. Può considerarsi composto da due blocchi separati, definiti dalla diversità della destinazione funzionale e delle caratteristiche strutturali. Il blocco inferiore interrato, a struttura ordinaria, si sviluppa su tre piani ed è destinato a sede di aree e locali di ingresso ed alle strutture di servizio. Il blocco superiore fuori terra, destinato a sede degli uffici, è sorretto dai quattro grandi pilastri ellittici esterni al perimetro del fabbricato. I pilastri formano, a due a due, telai principali con le travi precomprese di piano e forniscono appoggio, in sommità alla struttura del graticcio di travi, anch'esse precomprese, aventi funzione di ancoraggio per i tiranti metallici di facciata. I solai vengono ad



Studio Architetto Luigi Moretti [con studio Zorzi], progetto di ricostruzione
della sede centrale di rappresentanza ENPDEP, Roma, 1964.
Plastico strutturale

essere portati, internamente, dalle travi precomprese dei telai; esternamente, dai due ordini di tiranti perimetrali.⁶

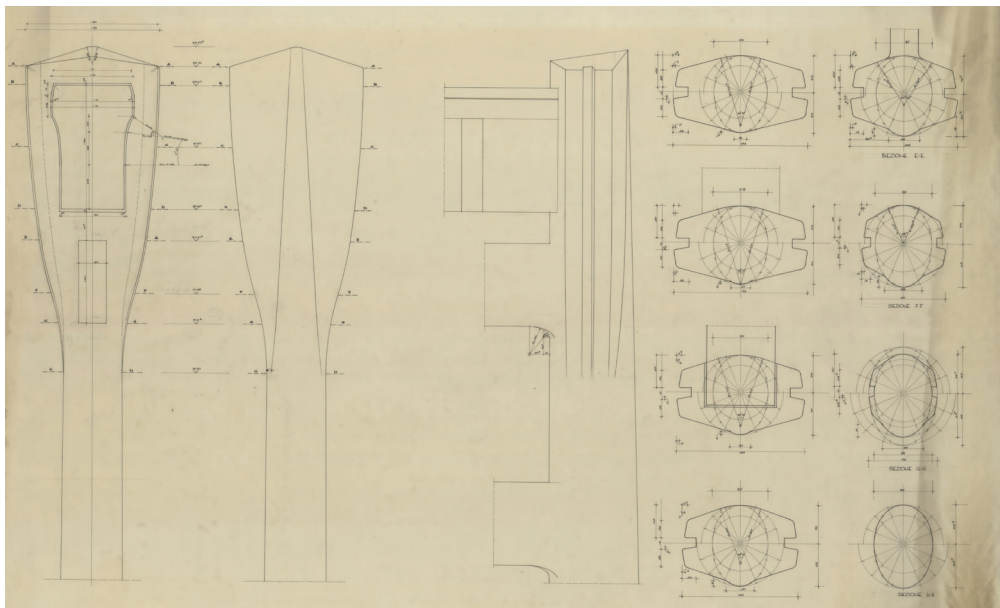
Nella relazione architettonica, firmata “studio Moretti”, si riporta la sintesi del mandato di progettazione che richiede: “[...] Un progetto che, a parità di volume con il vecchio stabile, rispondeva alle necessità del committente di dotare l’Ente di una sede degna e moderna, a carattere sostanzialmente rappresentativo”⁷. La dimensione⁸ del volume esistente si riproduce così nel nuovo: ventidue metri per ventuno in pianta, ma poco più di venti in altezza dallo spiccatto di marciapiede. Il nuovo edificio ha effettivamente più di trenta metri di altezza totale ma di cui tre piani – dieci metri – sono al di sotto del piano di campagna. Per questi motivi conseguentemente si attua

[...] la divisione in due blocchi principali del volume costruito [che] si evince dalla lettura delle fronti: il primo blocco che va dal terzo piano interrato al piano rialzato, ed il secondo dal solaio del primo piano a quello di copertura (il piano rialzato fa da cuscinetto neutro tra i due blocchi). [...] Diversa [è la] concezione statica nei due blocchi, diversa la figurazione architettonica; unico legame tra di essi, a mo’ di “protagonisti”, i quattro pilastri che, come emergenti dalle viscere della terra, si ergono fin sopra la copertura, enormi, vere cariatidi che esprimono potenza caratterizzando il volume; stalagmiti di cemento armato modellate dall’architetto e convalidate dalla soluzione statica. [...] Tutta l’opera manifesta nelle sue varie parti la sequenza logica che ne fissò il disegno, con una limpidezza cartesiana: dai “protagonisti” si dipartono travi e da queste: solai e tiranti, tutti in mutua concatenazione secondo gli imperativi statici dell’organismo. [...] È come una enorme forza che dal basso si protende in quattro punti fondamentali verso l’alto, e da questi fluisce nuovamente a terra secondo le leggi di natura. E dalla natura proprio sembra sorgere l’intera fabbrica, come se emergesse da una voragine per illustrare la sua nascita; così fondamentali, pilastri del primo blocco, i quattro pilastri “protagonisti” si manifestano con chiarezza manualistica, ognuno con la propria funzione statica assegnatagli dall’architetto, con obbedienza assoluta alla tradizione classica e con piena compiutezza della sua essenzialità costruttiva e funzionale.⁹

[...] l'argomento strutturale fondamentale viene facilmente individuato nella ossatura portante del blocco fuori terra, anche se il termine 'ossatura' risulta del tutto improprio in un caso come questo, per il quale il complesso degli elementi strutturali principali è tutto esterno all'edificio e tale da costituirne fondamentale e vincolante motivo estetico. E in effetti l'impostazione del progetto architettonico non solo non prescinde, ma è intimamente vincolata, si può dire anche dimensionalmente, alla concezione del funzionamento strutturale globale. Questo si avvale, nella sua configurazione, dell'apporto dei seguenti elementi portanti [...]. Lo schema strutturale è riconducibile a quello di due telai principali multipiano, con travature in cemento armato precompresso e montanti in cemento armato a sezione variabile, e in un graticcio portante di travi isostatiche in precompresso in copertura, fungenti da sostegno dei tiranti di facciata.¹⁰

La composizione architettonica di questa idea è rappresentata dal rapporto dei pilastri con la facciata retrostante. I pilastri sorgono da terra con una base ben segnata da una modanatura che ne orla il distacco dal suolo, si rastremano verso l'alto, in proporzione ai carichi portati e inviati a terra, snellendo in successione il loro profilo e infine si aprono nel coronamento – in quella che, sia Moretti che Zorzi, chiamano pala di remo – così sagomato per nascondere l'alveolo retrostante che accoglie la trave principale di colmo.

Tutto ciò è riportato nei disegni e negli schemi qui riprodotti e dimostrato nella sintesi del modello della campata tipica, conservato all'Archivio di Stato, che ne descrive gli elementi isolandone la particolare tettonica dall'edificio nella sua totalità rappresentandola in dettaglio. Si noti che anche gli incastri delle travi che reggono ogni solaio sono nascosti dietro il pilastro, cosicché il fusto appare integralmente snellito e la sua entasi che sorge dal suolo termina al coronamento. Certo non è un capitello in termini classici né il fusto ha un collarino. Ma chi potrebbe negare che si tratta di una trasfigurazione morettiana di un ordine gigante di nome e di fatto, proprio facendo riferimento alle riflessioni di Moretti, citate da Claudia Conforti e Marzia Marandola¹¹:



Studio Architetto Luigi Moretti [con studio Zorzi], progetto di ricostruzione
della sede centrale di rappresentanza ENPDEP, Roma, 1964.
Particolari dei pilastri esterni, scala 1:10, disegno su lucido a china

[...] nell'interno del Battistero gli interassi delle colonne che si proiettano sulle pareti, tese a chiusura tra i piloni, non incidono sulla partizione della tessitura pittorica delle pareti stesse, che vivono pertanto in solitudine formale esaltando la loro autonomia [...].¹²

Ciò a maggior ragione osservando il distacco del fusto dal rivestimento dei piani retrostanti che, appunto perché ogni vincolo è nascosto, li stacca dalla trama degli apparati decorativi della facciata sovrapposti, differenti e ben separati l'uno dall'altro, come nell'immagine dell'interno del battistero fiorentino effigiato da Moretti nello stesso articolo. Le parole di Silvano Zorzi nella testimonianza raccolta da Antonella Greco per il numero monografico su Moretti di "Parametro" ben ricapitolano la sua collaborazione con Luigi Moretti, in generale e in quest'opera:

[...] Conobbi Luigi Moretti oltre 30 anni fa, quando egli svolgeva notevole attività a Milano e si occupava anche di faccende di tipo imprenditoriale. [...] Moretti mi visitò per consultarsi su sistemi di costruzione di grandi capriate di copertura per un edificio industriale [...]. Lo conoscevo di fama e mi stupii che fosse alla ricerca di soluzioni per argomenti così specificatamente tecnici, al di fuori, pensavo, della sua vocazione: di scheletri strutturali anziché di plastiche forme spaziali. Sbagliavo, poiché non tardai ad accorgermi che in realtà egli era di tutto curioso. [...] Moretti amava la "forma" e pretendeva che essa derivasse direttamente dalla struttura, sapientemente articolata in effetti spaziali; le strutture cementizie, plasticamente modellabili, gli risultavano le più congeniali; non ne aveva una competenza specifica, ma possedeva una intuizione immediata della problematica, tanto da valersene per preziosi arricchimenti formali, in vista degli effetti più suggestivi, pur nei limiti dello sfruttamento ragionevole del materiale. [...] Per quanto riguarda la mia collaborazione con Lui posso dire che, semmai, Moretti addirittura tendeva a dare enfasi nelle sue costruzioni all'aspetto strutturale, come ad esempio nella "Nuova Sede Centrale dell'ENPDEP" in Roma, un prisma multipiano a base quadrata, dove soltanto quattro pilastri in cemento armato in aggetto dalle facciate sorreggono in sospensione dalla copertura i piani sottostanti.¹³



Studio Architetto Luigi Moretti [con studio Zorzi], progetto di ricostruzione della sede centrale di rappresentanza ENPDEP, Roma, 1964.
Particolare del distacco del fusto dei pilastri dal piano di facciata

Le considerazioni di Luigi Moretti in *Ricerche d'Architettura*, l'articolo che introduce su "Spazio" i saggi che lui stesso dedica ad architettura e mestiere, ben si confanno a questo caso di sperimentazione di forma e struttura, e ne concludono per quanto qui si è riportato la discussione, introducendo anche una osservazione finale sullo "stato dell'arte" che dà conto di questa esperienza.

[...] È allora da chiedersi se quel senso di assoluta necessità delle architetture antiche provenga da una loro differente sostanza, come pensiamo, o dalla nostra secolare abitudine alla loro contemplazione che le ha trasformate, inavvertitamente in armonie fossili. L'architettura moderna deve ormai puntare su risultati conclusivi o aver la forza di accertare i suoi limiti e in tal caso dimenticare e non più recitare il paradiso perduto [...].¹⁴

1. Cfr. S. Zorzi, *Ponti e viadotti. Museo di Castelveccchio, Verona, gennaio-febbraio 1981*, De Luca Editori d'Arte, Roma 1981, p. 68.

2. Dyckerhoff und Widmann A.G. 1865, fondata da H. Lang, F. Serger, W.G. Dyckerhoff. Dywidag (in breve) con le ricerche di U. Finsterwalder (1897-1988) dalla fine degli anni Cinquanta sviluppa sistemi di precompressione, commercializzati in vari paesi, tra cui l'Italia.

3. Cfr. A. Villa (a cura di), *Silvano Zorzi ingegnere 1950-1990*, Electa, Milano 1995, pp. 70-73. Cfr. anche: I. Blandino, *I viadotti di Silvano Zorzi. Sperimentazioni strutturali e costruttive tra gli anni Sessanta e gli anni Settanta*, tesi di Dottorato in Ingegneria Civile, Università di Tor Vergata, XXVII ciclo, relatore: Tullia Iori, marzo 2015; e I. Blandino, *Le macchine per nastri sottili di rapido scorrimento*, in T. Iori, S. Poretti (a cura di), *SIXXI. Storia dell'ingegneria strutturale in Italia*, vol. 1, Gangemi, Roma 2014.

4. Cfr. G. Barazzetta, G. Neri (a cura di), "Archi. Rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica", n. 5, numero monografico dedicato all'opera di Silvano Zorzi, 2019.

5. Cfr. P.P. Peruccio, *La ricostruzione domestica: Gustavo Colonnetti tra cultura politecnica e industrializzazione (1943-1957)*, Celid, Torino 2005.

6. "L'industria delle costruzioni", n. 52, 1976, p. 42.

7. Studio Moretti, *Nota dello studio "Moretti"*, in "L'industria delle costruzioni", n. 52, 1976, p. 34.

8. Si vedano i documenti conservati presso l'Archivio Centrale dello Stato, ACS_AM_Progetti_229_ES_001, Studio Architetto Luigi Moretti, Rilievo edificio sede centrale ENPDEP, piante, prospetti sezioni scala 1:100; ES 002: Rilievo quotato lotto fabbricato esistente scala 1:100.

9. Studio Moretti, *op. cit.*

10. Studio Zorzi, *Nota dello studio "Zorzi"*, in "L'industria delle costruzioni", n. 52, 1976, p. 42.

11. C. Conforti, M. Marandola, *Forma e struttura nell'architettura di Luigi Moretti*, in D. Fonti, C. Bozzoni, A. Muntoni (a cura di), *Luigi Moretti architetto del Novecento*, atti del convegno a La Sapienza, Università di Roma, Dipartimento di storia dell'architettura, restauro e conservazione dei beni architettonici, 24-25-26 settembre 2009, Gangemi, Roma 2011, pp. 401-407. Conforti e Marandola citano anche gli studi sul Campidoglio michelangiolesco, esaminati da C. Rostagni in *Luigi Moretti 1907-1973*, Electa, Milano 2009, pp. 12-16.

12. L. Moretti, *Trasfigurazioni di strutture murarie*, in "Spazio" 2, 1951, pp. 5-16.

13. S. Zorzi, in *Interviste e testimonianze*, raccolte da A. Greco, in "Parametro", n. 154, marzo 1987, p. 26. Dattiloscritto originale conservato in Politecnico di Milano, Archivi Storici, Fondo Silvano Zorzi.

14. L. Moretti, *Ricerche d'Architettura*, in "Spazio", n. 4, 1951, p. 69.

**La tradizione, il progresso, l'ingegno.
Ferdinando Forlati e il valore del tempo
alla Basilica Palladiana di Vicenza**

Sara Di Resta

Figura centrale negli interventi di restauro condotti in territorio veneto nel Novecento, Ferdinando Forlati, nato a Verona nel 1882 e ingegnere di formazione, ricopre il ruolo di architetto restauratore nell'istituenda Soprintendenza Monumenti di Venezia a partire dal 1911, per diventare il Soprintendente nel 1935.

Da iniziali posizioni più vicine alle logiche del ripristino – come nell'intervento di liberazione dell'altare maggiore della Basilica di Torcello (1929-30), privato della componente barocca per tornare, pur con caute aperture al principio di distinguibilità, alla *facies* del VII secolo¹ – il pensiero e l'attività operativa dell'ingegnere evolvono con la progressiva messa in discussione delle teorie del restauro prevalenti.

In una fase ancora legata ai criteri di restituzione in stile, Forlati propone un'idea di restauro inteso come operazione che esige mediazione di cultura e di scienza, sviluppando un profondo interesse verso l'innovazione e la sperimentazione, particolarmente nel campo del consolidamento e della ricostruzione. Questa posizione avrebbe reso inaccettabile, quantomeno in sede teorica, l'istituzione di una netta separazione tra gli aspetti figurativi e le caratteristiche strutturali dell'opera da restaurare: “arte e tecnica sono, negli edifici, una cosa sola”².

Lo scoppio della Seconda Guerra Mondiale porta il Soprintendente a misurarsi con i temi della protezione dei monumenti e, dopo il 1945, della ricostruzione del patrimonio culturale gravemente danneggiato dai bombardamenti. Il riferimento culturale e metodologico è in quel momento la *Carta Italiana del Restauro* del 1932, espressione delle teorie di Gustavo Giovannoni, i cui orientamenti sarebbero stati messi in discussione proprio dall'entità e dall'estensione dei danni di guerra. In territorio veneto, l'intensa attività di ricostruzione avrebbe portato Forlati ad intervenire contro la perdita di numerosi monumenti, tra i quali il Palazzo dei Trecento a Treviso (1944-51), la Chiesa degli Eremitani di Padova (1944-48) e la Basilica Palladiana di Vicenza (1946-49), divenuti casi simbolo di una stagione di intenso dibattito culturale e di notevoli sfide tecniche i cui esiti avrebbero reso il Soprintendente un punto di riferimento nazionale per l'impiego di materiali e di tecnologie moderne.



Basilica Palladiana, Vicenza. Il monumento privo di copertura, 1948

Tra il dicembre del 1943 e il marzo del 1945 la città di Vicenza sarebbe stata oggetto di sette gravissime incursioni aeree e di ulteriori azioni isolate che avrebbero provocato la perdita di circa 280 abitazioni e il danneggiamento di oltre 480 edifici. A partire dallo scoppio del conflitto, numerose azioni di protezione di opere d'arte e di edifici monumentali erano già state disposte e realizzate da Forlati:

Fra le più importanti fu la smontatura, dopo i debiti rilievi grafici e fotografici, della scena del Teatro Olimpico, che fu portata alla Villa Favorita e di là, dopo l'arrivo delle truppe germaniche, a Stra ed infine a Venezia. Altra opera difficile e delicata fu lo strappo di circa 300 metri di affreschi tiepoleschi nella Villa Valmarana dei Nani, successivamente trasportati a Venezia.³

I danni più gravi si sarebbero registrati in città tra il maggio del 1944 e il marzo del 1945: il Duomo, colpito dai bombardamenti, subisce estesi crolli nella campata laterale destra e nell'area del transetto, mentre la chiesa di San Gaetano è oggetto della perdita pressoché integrale delle strutture di copertura. Il bombardamento del 18 marzo 1945 e il successivo incendio distruggono la copertura lignea a carena della Basilica Palladiana e ne fondono i rivestimenti in rame, danneggiando gravemente anche il loggiato⁴ e le numerose statue. Le immagini delle distruzioni del monumento avrebbero attraversato il mondo della cultura anche grazie alla mostra realizzata nel 1946 al Metropolitan Museum di New York e al successivo catalogo *Cinquanta Monumenti Italiani danneggiati dalla guerra*, pubblicato da Emilio Lavagnino l'anno successivo.

La ricostruzione della copertura della Basilica Palladiana avrebbe rappresentato per Forlati la sintesi di un percorso avviato già negli anni Trenta per contrastare le fragilità strutturali dell'edificio fortemente stratificato⁵. Il bando per il concorso per la ricostruzione è datato 28 dicembre 1946, poi ripubblicato sul giornale del Genio Civile a gennaio 1947⁶ in un contesto di intenso dibattito sulla ricostruzione e sulle sue modalità. Composto di dieci articoli, il testo stabilisce precisi criteri per la definizione delle soluzioni da proporre. L'indicazione più significativa risiede nella prescrizione di ricostruire la copertura "con le precise caratteristiche estetiche di quella preesistente, ma giovandosi dei più moderni ritrovamenti della tecnica"⁷, evidenziando inoltre che i dati re-



Basilica Palladiana, Vicenza. La loggia del primo piano danneggiata dai bombardamenti e dall'incendio, post 1944

lativi alle forme, alle dimensioni e alle caratteristiche della preesistenza avrebbero dovuto “essere desunti dall’esame e dai rilievi delle parti rimaste in piedi e delle numerose illustrazioni e fotografie esistenti”⁸. Per fare ciò, sarebbero state messe a disposizione dell’impresa vincitrice circa dodici tonnellate di resti in rame del vecchio manto e altra ferramenta da reimpiegare nei lavori. La valutazione finale sarebbe stata espressa in relazione alle qualità tecniche e figurative del progetto, nonché all’offerta di carattere economico.

Il quadro che emerge dai progetti presentati dalle otto imprese partecipanti⁹ restituisce un panorama fortemente eterogeneo, che spazia tra scelte di riproposizione in stile – da attuarsi con materiali e tecniche tradizionali – e operazioni fondate su una grande apertura alla sperimentazione dei nuovi materiali. Il progetto vincitore, della ditta Giuseppe Maltauro, prevede la ricostruzione della copertura in calcestruzzo armato affidando però ad una centinatura lignea, che riproduce la forma a tortiglione degli arconi perduti, la funzione di cassero a perdere in grado di dissimulare il nuovo materiale da costruzione. La proposta è scientificamente supportata da Luigi Stabilini, autorevole accademico del Politecnico di Milano nel campo della scienza e della tecnica delle costruzioni, nonché consulente dell’impresa vincitrice. La preferenza accordata alla soluzione in c.a. è motivata, oltre che da ragioni di stabilità e di economicità, anche dalla limitazione del rischio che l’edificio avrebbe corso in caso di incendio con una nuova struttura lignea, nonché dalla difficoltà di reperire in quel periodo grandi quantità di legname stagionato. La ricostruzione della Basilica Palladiana rappresenta per Forlati un percorso in cui le questioni dell’ingegnerizzazione del progetto sono assunte come strumento di cura del monumento. Nella continua ricerca di equilibrio tra conservazione e innovazione, l’intervento diviene caso emblematico della fiducia che egli ripone nell’impiego del cemento armato, “mezzo costruttivo modernissimo”¹⁰ sperimentato, pur sempre dissimulato, nei suoi restauri.

È utile rilevare, però, che i criteri che orientano il Soprintendente verso la scelta del progetto siano legati anche alla sua personale visione del monumento *nel tempo*, ed al valore che egli riconosce ai segni impressi sulla materia nella percezione dell’oggetto. È in quest’ottica che va inquadrata l’esigenza di riprodurre il più possibile fedelmente le deformazioni della struttura perduta, nonché la necessità di reimpiegare il maggior numero di lastre in rame per eliminare la freddezza e la

rigidità di una copertura visibilmente nuova, esaltando invece il *valore dell'antico* del monumento.

La questione della conservazione della patina è un tema che coinvolge Forlati ben prima della formalizzazione delle teorie brandiane:

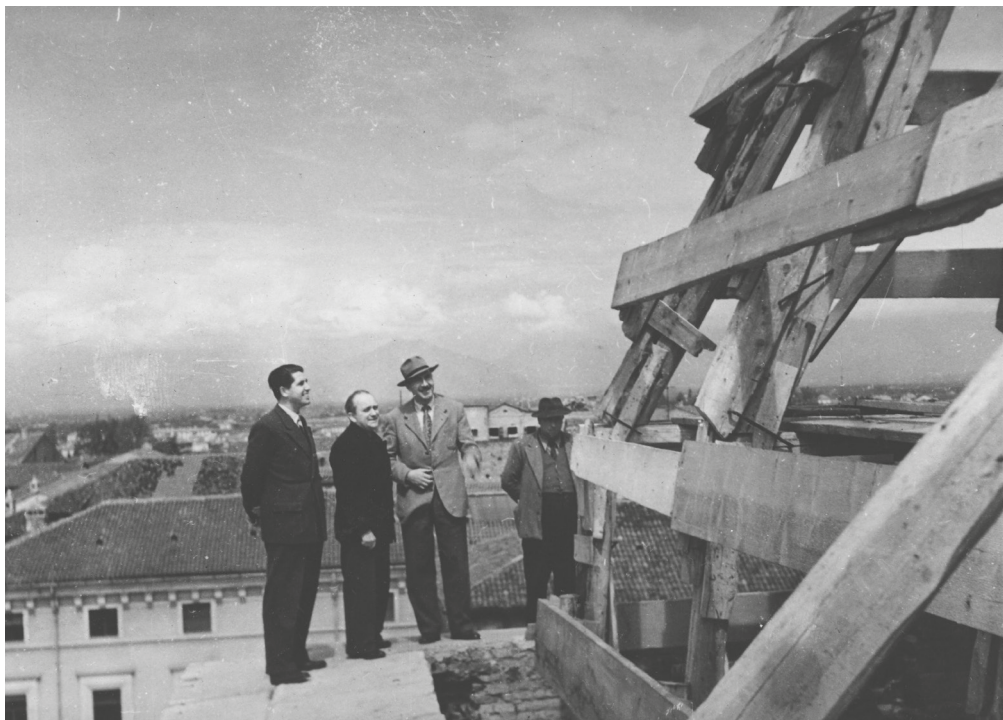
Il complesso di tali opere deve venire eseguito con maestranza specialista, e con quegli accorgimenti direttivi particolari che solo chi attenda da molti anni a tale genere di lavoro può conoscere e impartire, onde evitare al vetusto e insigne monumento anche la minima perdita del suo fascino esteriore formato dalla morbidezza e dalla varietà delle superfici e dalle meravigliose patine del tempo.¹¹

Riferimento per la ricostruzione non sarebbe stata la copertura quattrocentesca attribuita a Domenico da Venezia, realizzata con archi lignei e un manto di pesanti lastre in piombo, bensì la struttura riedificata nel 1827 su progetto di Bartolomeo Malacarne per rispondere alle fragilità costruttive e al degrado cui era affetta la prima copertura¹².

All'approvazione del progetto di ricostruzione, con decreto presidenziale del 20 febbraio 1948, sarebbe seguito il cantiere, avviato l'8 marzo 1949. I lavori, condotti sotto la direzione del Genio Civile ed il controllo di Ferdinando Forlati, si sarebbero conclusi il 30 novembre dello stesso anno, non senza importanti modifiche al progetto originario. Tra gli interventi eseguiti anche un anello in c.a. sulla sommità delle logge, la ricostruzione di tre arcate nell'angolo ovest, il consolidamento e il restauro delle statue, il rifacimento delle pavimentazioni e la sistemazione della piazza con l'abbassamento del piano di calpestio di tre gradini, come da progetto palladiano.

Uno scatto pubblicato nel 1952 su "L'industria italiana delle costruzioni"¹³ mostra il sistema di getto con cassero a perdere nonché l'eccessiva dimensione della granulometria degli inerti che, insieme allo scarso numero di ferri d'armatura, avrebbe da subito rappresentato un elemento di fragilità della nuova copertura¹⁴.

Il 1 settembre del 1949, in concomitanza con i festeggiamenti per il quarto centenario del monumento, la "Mostra del restauro di monumenti e opere d'arte danneggiate dalla guerra nelle Tre Venezie" sarebbe stata allestita proprio nel salone della Basilica Palladiana restaurata, a testimonianza del ruolo sociale della ricostruzione dei monumenti come simbolo di resurrezione nazionale.



Basilica Palladiana, Vicenza. Forlati e altri sul tetto durante i lavori di ricostruzione della copertura, 1948



Basilica Palladiana, Vicenza. Ricostruzione della copertura con travi in c.a., 1948

Nella pagina accanto: Il monumento ricostruito, 1948



1. F. Forlati, *L'altare maggiore della basilica di Torcello*, in "Bollettino d'Arte del Ministero della Educazione Nazionale", agosto 1930, fasc. 2, pp. 49-56.

Si veda anche, S. Di Resta, *Restauro tra autorialità e racconto: Ferdinando Forlati a Venezia tra le due guerre*, in "Ateneo Veneto. Rivista di Scienze, Lettere ed Arti", anno CCIV, terza serie, 16/I, Grafiche Veneziane, Venezia 2017, pp. 69-80.

2. F. Forlati, *L'arte moderna e la tecnica d'oggi*, in Atti del III Convegno Nazionale di Storia dell'Architettura, Roma 9-13 ottobre 1938, Colombo, Roma 1940, p. 339.

3. F. Forlati, *Il restauro dei monumenti*, in M. Muraro (a cura di), *Mostra del restauro di monumenti e opere d'arte danneggiate dalla guerra nelle Tre Venezie*, catalogo della mostra (Vicenza, ottobre-novembre 1949), Venezia, Soprintendenza ai Monumenti, 1949, pp. 9-15.

4. Cfr. S. Di Resta, *Immagini di città. Monumenti e opere d'arte danneggiate dalle guerre - Vicenza*, in S. Di Resta, L. Scappin, E. Sorbo, *Ferdinando Forlati nella ricostruzione postbellica e nel restauro del novecento*, Archivio Progetti - Università Iuav di Venezia, Pordenone 2018, p. 59.

5. Cfr. F. Forlati, *Relazione sui provvedimenti da scegliere per assicurare la stabilità della Basilica Palladiana di Vicenza*, s.d., dattiloscritto databile tra il 1934 e il 1940, Università Iuav di

6. Cfr. *Il concorso per la ricostruzione della copertura della Basilica Palladiana di Vicenza*, in "Giornale del Genio Civile", anno LXXXV, n. 1, gennaio 1947, pp. 39-41.

7. Il 26 settembre 1947, con una lettera al Genio Civile, Forlati precisa che la geometria della nuova copertura avrebbe dovuto rievocare le irregolarità costruttive e le deformazioni assunte nel tempo dalla struttura perduta. Cfr. A.P. Donadello, *La basilica palladiana di Vicenza. La ricostruzione della carena: dal legno al calcestruzzo armato*, in L. De Stefani (a cura di), *Guerra monumenti ricostruzione. Architetture e centri storici italiani nel secondo conflitto mondiale*, Marsilio, Venezia 2011, p. 652.

8. *Ibidem*.

9. Per una più estesa descrizione dei progetti proposti si rimanda a A. P. Donadello, *La basilica palladiana di Vicenza, op. cit.*, pp. 650-662. Si veda inoltre M. Milan, E. Vassallo, A.P. Donadello, *Progetto, realizzazione, durata e restauro della struttura in calcestruzzo armato della volta della Basilica palladiana di Vicenza*, in R. Ientile (a cura di), *Architetture in cemento armato. Orientamenti per la conservazione*, Atti della giornata di studio (Torino, 16 maggio 2007), Franco Angeli, Milano 2008, pp. 360-392.

10. All'art. 9, la Carta Italiana del Restauro del 1932 indica che "che allo scopo di rinforzare la compagine statica di un monumento e di reintegrare la massa, tutti i mezzi costruttivi modernissimi possano recare ausili preziosi e sia opportuno valersene quando l'adozione

di mezzi costruttivi analoghi agli antichi non raggiunga lo scopo”.

11. F. Forlati, *Relazione sui provvedimenti da scegliere*, cit., p. X.

12. Le caratteristiche geometriche, costruttive e deformative della copertura perduta a causa dei bombardamenti erano desumibili dagli studi del 1947 di Carlo Bettio, basati sui rilievi effettuati dal Cogo nel 1900 e dal Verlati nel 1935.

13. L. Stabilini, G. Chemello, *La ricostruzione della copertura della basilica palladiana di Vicenza*, in “L’industria italiana delle costruzioni”, n. 10, ottobre 1952, p. 10. Si veda anche, P. Maltauro, *La ricostruzione del Duomo e del tetto della Basilica Palladiana a Vicenza*, in “Realtà nuova”, XX, n. 3, 1955.

14. Le indagini condotte in seguito al bando del concorso internazionale per il “Restauro della Basilica Palladiana e la riqualificazione del sistema delle piazze”, vinto dal gruppo di progettazione composto da Eugenio Vassallo, Paolo Marconi, Salvador Perez Arroyo, Maurizio Milan e Andrea Donadello, avrebbero portato alla complessa scelta di rimozione e sostituzione della struttura in c.a. nel corso degli ultimi restauri condotti tra il 2007 e il 2012.

**Carlo Pradella e il cantiere SACAIM.
Per la rinascita dell'Isola di San Giorgio a Venezia**

Giorgia Sala

Il 16 luglio 1951, l'ingegnere Enea Perugini, a capo dell'Ufficio tecnico della Fondazione Giorgio Cini, scrive all'ingegnere Alessandro Alessandri, amministratore delegato e direttore tecnico della Società Cementi Armati dell'Ingegnere Mantelli (SACAIM), per informarlo che l'impresa di costruzioni da lui amministrata ha vinto l'appalto per la realizzazione del Centro Marinaro sull'Isola di San Giorgio Maggiore a Venezia¹. Con questo appalto prende avvio l'articolata campagna di interventi patrocinata dalla Fondazione Cini che, nel giro di pochi anni, ridefinirà completamente il volto dell'isola. Il progetto che fissa i tempi e le modalità di riqualificazione dell'area porta la firma dell'architetto Luigi Vietti (1903-98), professionista di origini piemontesi e milanese d'adozione, con all'attivo diversi cantieri in laguna².

Vietti è legato alla famiglia Cini da un rapporto di amicizia di lunga data. Quando il 12 luglio 1951 nasce ufficialmente la Fondazione Giorgio Cini – istituita da Vittorio Cini in memoria del figlio Giorgio prematuramente scomparso – l'architetto è già da tempo partecipe e a conoscenza dell'ambizioso programma di cui l'istituzione intende rendersi protagonista: dare nuova vita all'Isola di San Giorgio e, conseguentemente, alla città di Venezia, secondo un progetto sociale, culturale ed economico di grande respiro³.

Prima e fondamentale tappa di tale progetto è la sistemazione urbanistica e architettonica dell'isola che viene portata avanti sotto la supervisione dell'architetto e che prevede, in particolare, il ridisegno degli spazi aperti e la costruzione di due centri professionali, il Centro Marinaro e il Centro Arti e Mestieri. Il piano di sviluppo comprende, inoltre, il restauro e il recupero del monastero benedettino di San Giorgio, i cui lavori sono affidati al Soprintendente ai Monumenti di Venezia Ferdinando Forlati (1882-1975)⁴. A garantire la continuità fra i diversi interventi che si concretizzano nel grande e dinamico cantiere dell'isola è, innanzitutto, la presenza di Vietti, ma un ruolo centrale è giocato anche dall'impresa SACAIM e, in particolare, dall'ingegnere Carlo Pradella (1905-82), responsabile dell'Ufficio tecnico aziendale dal 1946 al 1959⁵.



L'Isola di San Giorgio Maggiore a Venezia prima degli interventi di restauro [1950]

A invitare la SACAIM a partecipare alle gare d'appalto per i lavori di San Giorgio era stata la stessa Fondazione Cini, i cui membri nutrivano particolare fiducia nelle competenze dell'azienda in ragione di alcune precedenti collaborazioni con la società veneziana. Inaugura questo proficuo e duraturo rapporto professionale l'incarico per la realizzazione del Danielino – l'ampliamento dell'hotel Danieli su Riva degli Schiavoni, progettato dall'architetto Virgilio Vallot –, che la SACAIM riceve nel 1948 dalla Compagnia Italiana Grandi Alberghi (CIGA), legata a Vittorio Cini⁶. Inoltre, tra il 1949 e il 1950 la Società Adriatica di Elettricità (SADE), di cui Cini era fra i dirigenti e di cui sarà presidente dal 1953, si era rivolta alla SACAIM per la costruzione di diversi manufatti connessi sia alla costruzione della rete viabilistica veneta, sia alla realizzazione di grandi impianti tecnologici, idraulici ed energetici. Basti ricordare il viadotto sul fiume Piave a Vallesella di Domegge di Cadore (BL) o le condotte forzate per la centrale idroelettrica Achille Gaggia a Soverzene (BL)⁷. In questi ultimi incarichi, in particolare, è centrale il contributo di Carlo Pradella, che si distingue nella sperimentazione relativa alle possibilità tecniche, formali ed economiche dell'impiego del cemento armato precompresso⁸.

Benché le comunicazioni tra la Direzione lavori della Fondazione Cini e la SACAIM siano sempre mediate dall'amministratore delegato Alesandri o dal titolare dell'azienda, l'ingegnere Mantelli, anche nel cantiere di San Giorgio i lavori sono seguiti in prima persona da Pradella, il quale si occupa tanto delle questioni tecniche quanto di quelle economiche. Gran parte degli elaborati esecutivi, infatti, porta la sua firma oppure quella dei suoi collaboratori, gli ingegneri Camillo Pellizzaro e Cesare Simoncello, che lavoravano sotto la sua diretta supervisione⁹. Il contributo che la SACAIM – e nello specifico Pradella – dà ai progetti per San Giorgio non si limita alla consulenza tecnica. Al contrario, quella che si istaura fra l'azienda e la Fondazione è una collaborazione attiva e ad ampio raggio che, grazie a una salda competenza operativa, permette di dare concretezza e fattività alle idee progettuali in un cantiere caratterizzato da non poche difficoltà tecniche.

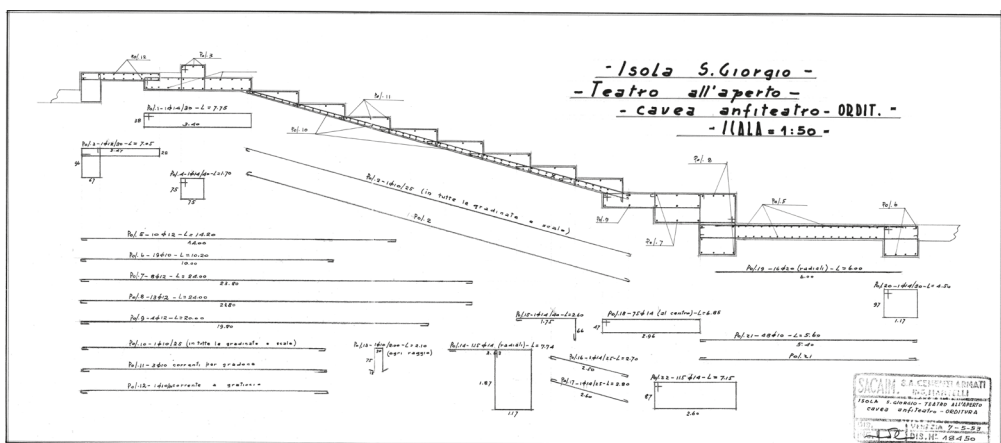
I lavori a San Giorgio consistono in interventi di demolizione, di restauro e di nuova costruzione. Nella prima metà del 1951 è avviata la demolizione di una serie di fabbricati di scarso valore architettonico, reduci della precedente destinazione d'uso dell'isola, che dopo la caduta della Serenissima era stata trasformata in porto franco e sede del

comando militare. Gran parte del materiale proveniente da tali demolizioni è recuperata e riutilizzata per altre costruzioni; la restante parte è trasportata nella sacca a sud est dell'isola, di cui è prevista una bonifica. Successivamente, nella parte nordorientale è avviato il cantiere per la realizzazione del Centro Marinaro (1951-52); nel settore mediano, invece, inizia la costruzione del Centro Arti e Mestieri (1952-53). Entrambi gli istituti si sviluppano sia all'interno di edifici di nuova costruzione, sia all'interno di corpi di fabbrica preesistenti, le cui strutture devono essere consolidate e restaurate.

In questo articolato scenario Pradella ha, innanzitutto, il compito di proporre soluzioni adeguate e sostenibili per risolvere i problemi tecnici legati al consolidamento e alla stabilità strutturale degli edifici da restaurare. Nell'agosto 1952, l'ingegnere si occupa, ad esempio, del consolidamento delle volte a botte in muratura di mattoni pieni della cosiddetta Manica Lunga – l'ex-Dormitorio Grande del Buora, destinato ad ospitare una parte del Centro Arti e Mestieri – per le quali propone un rinforzo in calcestruzzo dello spessore medio di 16,5 centimetri entro cui sono annegati due strati di rete in ferro acciaioso e con un riempimento in calcestruzzo granulato di pomice nei rinfianchi delle volte. Per quanto concerne gli interventi riguardanti le modifiche dei corpi di fabbrica esistenti, ampiamente documentata è la serie di disegni che riguarda il Piccolo Teatro del Centro Arti e Mestieri realizzato, su progetto di Vietti, nell'Ala Napoleonica del complesso monumentale di San Giorgio. Pradella e Pelizzaro si occupano del calcolo della struttura della loggia, dimensionando le nervature di collegamento delle travi e il cordolo di imposta delle stesse. Di particolare interesse nel Piccolo Teatro è, inoltre, il controsoffitto ligneo, inchiodato a una struttura sorretta da travetti tipo Varese¹⁰ e realizzato con pannelli acustici di forma triangolare dalla vivace colorazione (oggi scomparsa).

La maggior parte degli studi eseguiti da Pradella riguarda, tuttavia, i dettagli costruttivi dei nuovi corpi di fabbrica e lo sviluppo delle fondazioni, un aspetto particolarmente delicato del cantiere, a causa della scarsa qualità del terreno di fondo. Per ovviare a questo problema l'ingegnere prevede fondazioni con plinti e piattabande in calcestruzzo poggianti su pali di legno lunghi da quattro a sette metri.

Tra il 1952 e il 1953 l'Ufficio tecnico della SACAIM si occupa anche di sviluppare i dettagli costruttivi del Teatro Verde, un teatro all'aperto progettato da Luigi Vietti e Angelo Scattolin, la cui realizzazione



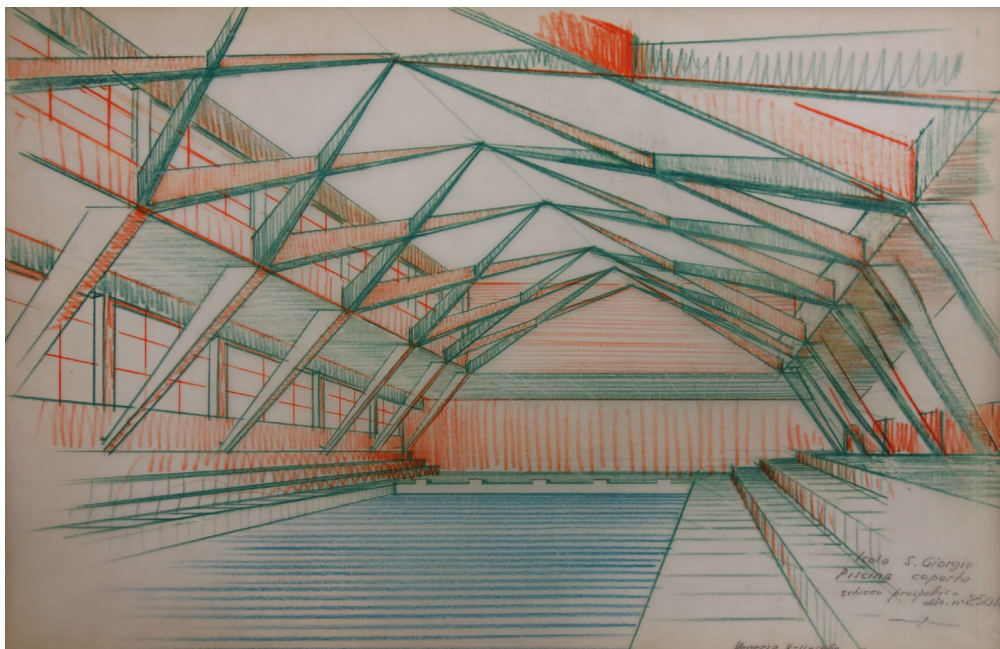
Luigi Vietti, Angelo Scattolin, Teatro Verde, Isola di San Giorgio Maggiore, Venezia, 1952-53. I lavori di costruzione, 17 febbraio 1953

Ufficio tecnico SACAİM, *Teatro all'aperto* [Teatro Verde],
orditura della cavea, 7 maggio 1953

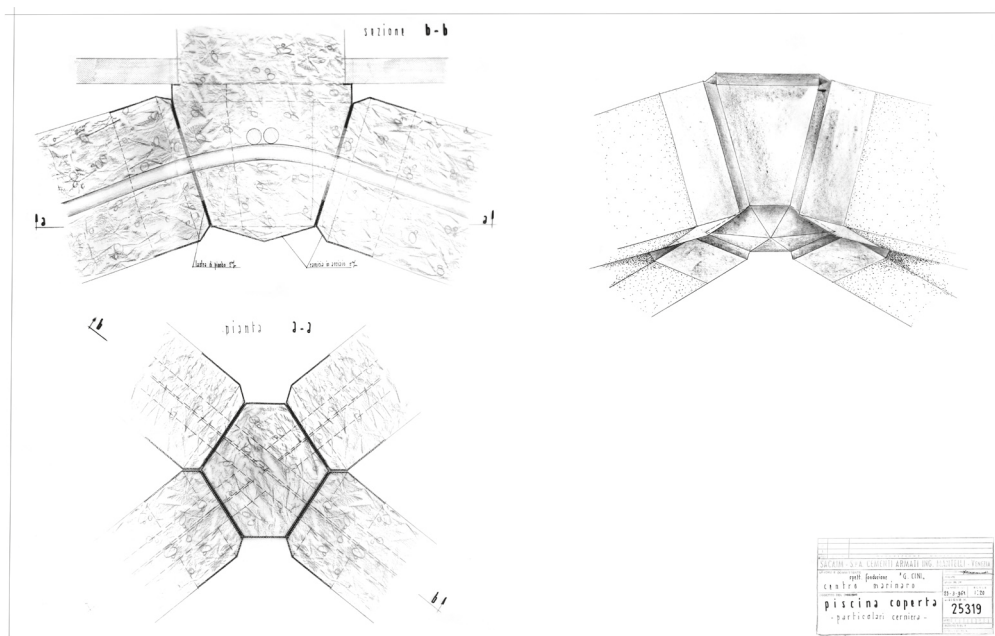
risulta di non poca complessità. *In primis*, perché il terreno di riporto con cui è costruita la cavea è composto dai materiali provenienti dalle demolizioni. Tali materiali sono costipati e assestati con l'azione meccanica del Vibromax fino ad ottenere un perfetto stato di consolidamento; su tale rilevato è quindi gettato un "solettone" in calcestruzzo, sul quale è costruita la gradinata semicircolare in pietra con sedute che presentano spalliere piantumate con cespugli di bosso. Infine, il palcoscenico è realizzato al di sopra della copertura dell'edificio contenente i locali tecnici e i camerini, la cui platea è posta ad una quota di - 0,82 metri rispetto all'altezza media delle acque della laguna.

Dal 1951 al 1956 l'Isola di San Giorgio cambia velocemente e completamente il proprio volto con i lavori supervisionati da Vietti e Forlati. A partire dal 1957, sono avviati degli ulteriori cantieri per ampliare l'offerta formativa dei due istituti. Nei primi anni Sessanta, infine, inizia la costruzione dell'ultima struttura di servizio, prevista per l'isola sin dal progetto iniziale¹¹: la piscina coperta (1960-62), dedicata a Clemente Gandini, fratellastro di Vittorio Cini e presidente del Centro Marinaro. In questo caso, i lavori non sono seguiti da Vietti, che in quegli anni era spesso lontano da Venezia, ma solamente dall'Ufficio tecnico della Fondazione Cini diretto da Perugini. Tuttavia, la presenza di Pradella costituisce un elemento di continuità e di mediazione tra le idee progettuali e la loro realizzazione. Il suo ruolo è decisivo soprattutto nella precisazione dei dettagli costruttivi della copertura della piscina, una struttura assai raffinata, realizzata in cemento armato con nervature incrociate, sorrette da puntoni inclinati che presentano in chiave di volta una cerniera. Quest'ultimo elemento, di importanza statica fondamentale, non compare nei primi studi e viene precisato nei suoi dettagli solo nella primavera del 1961. Esso si definisce come un nodo costituito da un'anima unita alla trave longitudinale di copertura, mentre sul perno sagomato della cerniera si attestano le quattro nervature armate, le cui teste sono rivestite con una camicia in alluminio zincato.

Proprio per questi dettagli la piscina costituisce un progetto di particolare interesse anche dal punto di vista formale, in quanto mette chiaramente in evidenza la ricerca condotta da Pradella sul sistema strutturale delle coperture nervate. Tale ricerca contraddistingue anche altri progetti seguiti dal tecnico della SACAIM. Tra questi, i disegni per la palestra – non realizzata – del Centro Marinaro (1972), per la quale era prevista un'altra copertura d'eccezione nella quale l'incrocio



Ufficio tecnico SACAIM, piscina Gandini, Isola di San Giorgio Maggiore,
Venezia, 1960-62. Schizzo prospettico, 8 novembre 1960



delle travi disegnava un motivo geometrico a esagoni e rombi¹². Ma soprattutto, la copertura della piscina Gandini richiama il solaio nervato del primo piano del Palazzo Rio Nuovo, la sede degli uffici della SADE progettata da Angelo Scattolin, Luigi Vietti e Cesare Pea¹³. Un riferimento quest'ultimo certamente non casuale. Negli stessi mesi in cui sono definiti i dettagli della piscina è in corso la costruzione dei nuovi uffici aziendali affacciati sulla fondamenta Rio Nuovo. La presenza di Pradella è ben documentata anche in quest'ultimo cantiere, dove si occupa, in particolare, dei calcoli strutturali del solaio e del suo complesso getto in opera (che ha richiesto casseforme mobili). All'"invenzione" del solaio nervato degli uffici partecipa attivamente anche Vietti, come testimoniano i numerosi schizzi autografi, in cui la superficie del solaio è sempre movimentata da netti solchi. Alla luce di quanto appena delineato, si potrebbe dunque ipotizzare che Vietti abbia avuto una qualche responsabilità anche nella definizione delle soluzioni formali del contemporaneo cantiere della piscina, la cui realizzazione è considerata "tecnicamente così ardita e esemplare, da meritare visite di tecnici, [...] di docenti e allievi della facoltà di architettura"¹⁴. Nei primi anni Sessanta i sopraggiunti impegni professionali non consentono più all'architetto di garantire una regolare presenza in laguna. Tuttavia, è difficile immaginare che egli, trovandosi ancora in contatto con l'impresa, le maestranze e la committenza, non abbia colto l'occasione per dare il suo contributo al completamento del progetto di rinascita dell'isola, cui aveva partecipato sin dall'inizio. Nel caso della piscina, il contributo di Vietti potrebbe dunque essere circoscritto a una consulenza o alla discussione di alcuni dettagli progettuali, un ruolo che gli consente di portare a termine un progetto che lo aveva impegnato personalmente e professionalmente per più di un decennio.

1. Archivio Storico SACAIM (ASS), Pratica tecnica 195, fasc. “Capitolato - elenco prezzi - corrispondenza contrattuale”.

2. Per una bibliografia sintetica su Vietti a San Giorgio si veda: E. Molteni, *Così vicino, così lontano. Venezia, l'isola di San Giorgio Maggiore, la Fondazione Giorgio Cini*, in F. Dal Co (a cura di), *Vatican chapels*, Electa, Milano 2018, pp. 28-47; F. Salatin, “Una cosa affettuosa”: *Luigi Vietti e i progetti per il recupero dell'isola di San Giorgio Maggiore*, in “Studi Veneziani”, LXXV, 2017, pp. 85-105; F. Salatin, *Presenze a San Giorgio. Gli Architetti della rinascita dell'Isola di San Giorgio: Forlati, Vietti, Scattolin e Perugini*, in “Lettera da San Giorgio”, 38, a. XX, marzo-agosto 2018, pp. 24-26.

3. Cfr. L. Roncai, *Intervista a Luigi Vietti*, Dispensa n. 20, a.a. 1984-85, Dipartimento di Conservazione delle risorse architettoniche e ambientali. Facoltà di Architettura, Politecnico di Milano, 1985, pp. 60-62 e M. Gramigni, *L'arte del costruire in Luigi Vietti*, Edizioni Zen iniziative, Novara 2000, pp. 124-127.

4. Sui restauri di Forlati si veda, in particolare: G. Damerini, *L'isola e il cenobio di San Giorgio Maggiore*, Fondazione Giorgio Cini, Venezia 1954; F. Forlati, *S. Giorgio Maggiore: il complesso monumentale e i suoi restauri (1951-1956)*, in memoriam, Antoniana, Padova 1977; A. Bianco, *San Giorgio Maggiore: conoscenza storica per un'azione “artistica” criticamente fondata*, in S. Sorteni (a cura di), *Le stagioni dell'ingegnere Ferdinando Forlati: un protagonista del*

restauro nelle Venezie del Novecento, Il poligrafo, Padova 2017, pp. 205-211; M. Altieri, *Ferdinando Forlati a San Giorgio Maggiore*, in *ivi*, pp. 213-222.

5. Pradella, originario di Quingentole (MN), dopo la maturità scientifica conseguita a Bologna (1925) si iscrive al Politecnico di Milano. Nel 1929 porta a compimento il percorso di studi dall'indirizzo meccanico-industriale; nel 1933 consegue l'abilitazione professionale. Inizia la sua carriera lavorando in diverse città, tra cui Padova e Bolzano. A partire dal 1946 si trasferisce a Venezia dopo essere assunto presso la SACAIM, azienda all'interno della quale ha l'occasione di sperimentare in più occasioni l'utilizzo del cemento armato precompresso.

6. Vittorio Cini, esponente del “gruppo veneziano”, è uno dei fondatori della CIGA, insieme a Giuseppe Volpi di Misurata.

7. Cfr. regesto delle opere contenuto in: G. Pradella (a cura di), *Carlo Pradella ingegnere*, Marsilio, Venezia 2006.

8. Il viadotto di Vallesella rappresenta il primo ponte in cemento armato precompresso in Italia, mentre nelle condotte forzate della centrale idroelettrica di Soverzene viene utilizzata per la prima volta la precompressione per tubazioni di grandi dimensioni. Cfr. *ivi*, p. 37.

9. L'ingegnere Ubaldo Andreoli della SACAIM in più occasioni ha eseguito i sopralluoghi sull'isola per documentare l'avanzamento dei lavori, Cfr. ASS, Pratica tecnica 195, fasc. “Capitolato - elenco prezzi - corrispondenza contrattuale”.

10. F. Salatin, “Una cosa affettuosa”: *Luigi Vietti e i progetti per il recupero*

dell'isola di San Giorgio Maggiore, cit.,
p. 99.

11. Nelle prime proposte di sistemazione dell'isola Vietti immagina di realizzare una piscina scoperta occupando l'area della darsena, chiudendo l'accesso alla laguna.

12. F. Salatin, *"Una cosa affettuosa": Luigi Vietti e i progetti per il recupero dell'isola di San Giorgio Maggiore*, cit., p. 99.

13. Sul Palazzo Rio Nuovo si veda: M. Scimemi, *Architettura del Novecento a Venezia: il palazzo Rio Nuovo*, Marsilio, Venezia 2009.

14. *Fondazione Giorgio Cini. Annuario 1960 e 1961*, San Giorgio Maggiore, Venezia 29 aprile 1961, p. 97. Per la realizzazione della struttura reticolare sono previste casseforme di contenimento foderate con faesite, un tipo di tavola fatta di fibre di legno cotte a vapore e pressate, per ottenere getti a superficie liscia senza intonaco. Cfr. ASS, *Pratica tecnica* 195, fasc. "Piscina".

6. La scuola di Bologna

La scuola di ingegneria di Bologna: una “visione integrata” fra conoscenza storica e cultura politecnica*

Micaela Antonucci

Micaela Antonucci, Università di Bologna

* Il presente testo parte dai precedenti studi dell'autrice sulla formazione di Pier Luigi Nervi presso la Scuola di Ingegneria di Bologna tra Otto e Novecento, in parte già editi (si veda la bibliografia alla nota 6) per ricostruire un quadro più ampio, sia tematicamente che cronologicamente, sull'evoluzione della scuola bolognese nel XX secolo. L'autrice desidera ringraziare Tomaso Trombetti per i suoi preziosi suggerimenti nel corso dei colloqui su questi temi.

Il rischio dell'uomo di scienza è di feticizzare la propria specializzazione e di perdere di vista le relazioni più ampie che legano l'uomo ai propri problemi e al proprio mondo [...] se noi andiamo ad esaminare le biografie private degli scienziati e dei tecnici del nostro tempo, troviamo che coloro che più chiaramente, a un certo punto, hanno avvertito i limiti, i rischi o le possibilità delle loro operazioni tecnico-scientifiche, erano uomini che avevano una vasta visione umanistica.¹

Le parole di Umberto Eco, che nella sua caleidoscopica e straordinaria vita è stato anche uno tra i più celebri e importanti docenti dell'Università di Bologna, individuano con nitida precisione uno dei nodi centrali nella cultura tecnico-scientifica in età contemporanea.

Nell'ambito delle discipline ingegneristiche e tecniche legate ai vari ambiti della *res aedificatoria*, proprio questo rischio che la "iper-specializzazione" conduca verso una visione ristretta e sterile della pratica operativa rappresenta una delle principali criticità, in particolare in epoca recente: l'orientamento sempre più "settorializzato", spinto dalle nuove potenzialità fornite dagli strumenti informatici, ha infatti generato la tendenza a formare una figura professionale focalizzata sull'analisi e sullo sviluppo delle formulazioni e delle tecnologie, senza inquadrarle in una prospettiva storica e in una visione più ampia. All'interno dell'Università di Bologna, il percorso formativo degli ingegneri si è invece orientato da sempre in una direzione diversa, nella quale uno degli elementi invarianti è stato l'apporto significativo di un approccio classico-umanistico anche nelle discipline di carattere tecnico-scientifico: un'attitudine che riflette la lunga e gloriosa tradizione dell'Alma Mater Studiorum fondata nell'XI secolo.

In ambito progettuale e costruttivo, questo approccio ha portato a modellare una figura di ingegnere-architetto che, nella formulazione teorica come nell'operare concreto del costruire, affianca l'abilità tecnica alla capacità creativa innestata sulla conoscenza della storia. Un metodo che affonda le proprie radici nel modello dell'Istituto delle Scienze e delle Arti fondato da Luigi Ferdinando Marsili nel 1711, in

cui l'acquisizione del sapere tecnico era rafforzata dall'insegnamento delle discipline artistiche nei corsi mutuati dall'Accademia nazionale di Belle Arti². La sintesi tra queste due strade epistemologiche è stata il fil rouge nell'evoluzione della formazione all'interno della Scuola di Applicazione per Ingegneri di Bologna, poi Facoltà di Ingegneria, poi Scuola di Architettura e Ingegneria e infine Scuola di Ingegneria. Il risultato è un percorso che ha plasmato la figura di un "tecnico filosofo"³, un professionista conscio del proprio ruolo, attento alle esigenze della società come alle problematiche legate alla costruzione, e al tempo stesso profondo conoscitore non solo delle formulazioni teoriche ma anche dell'esperienza storica.

Una "cultura politecnica" a Bologna. La Scuola di Applicazione per Ingegneri (1875-1935)

La Scuola di Applicazione per Ingegneri di Bologna nacque ufficialmente nel 1875, in seguito alle disposizioni del Regio Decreto del 26 ottobre che aboliva il Corso pratico per ingegneri civili e architetti attivo dal 1862 a Bologna e a Pisa e contestualmente istituiva il primo anno delle due scuole di applicazione, annesse alle rispettive università. Questa iniziativa si inseriva nella scia del processo di modernizzazione della formazione universitaria iniziato in Italia dopo l'Unità, in particolare nell'ambito degli studi di ingegneria e architettura, avviato dalla legge del 13 novembre 1859 che prendeva il nome da Gabrio Casati, all'epoca ministro della Pubblica Istruzione⁴.

In tutte le Scuole di Applicazione – fatto salvo il caso eccezionale di Milano, in cui era stato istituito già dal 1875 un biennio interno – l'organizzazione didattica era basata sulla divisione del ciclo di studi in un biennio propedeutico affidato alle università, incentrato sugli insegnamenti fisico-matematici, e in un triennio in cui erano impartiti gli insegnamenti tecnico-professionali che si svolgeva propriamente nelle scuole. Nelle città dove le istituzioni universitarie erano storicamente radicate, come nel caso di Bologna con la secolare tradizione della sua Alma Mater, gli orientamenti didattici delle scuole ne proseguivano e sviluppavano l'eredità, saldandola con le nuove richieste delle realtà sociali e produttive.

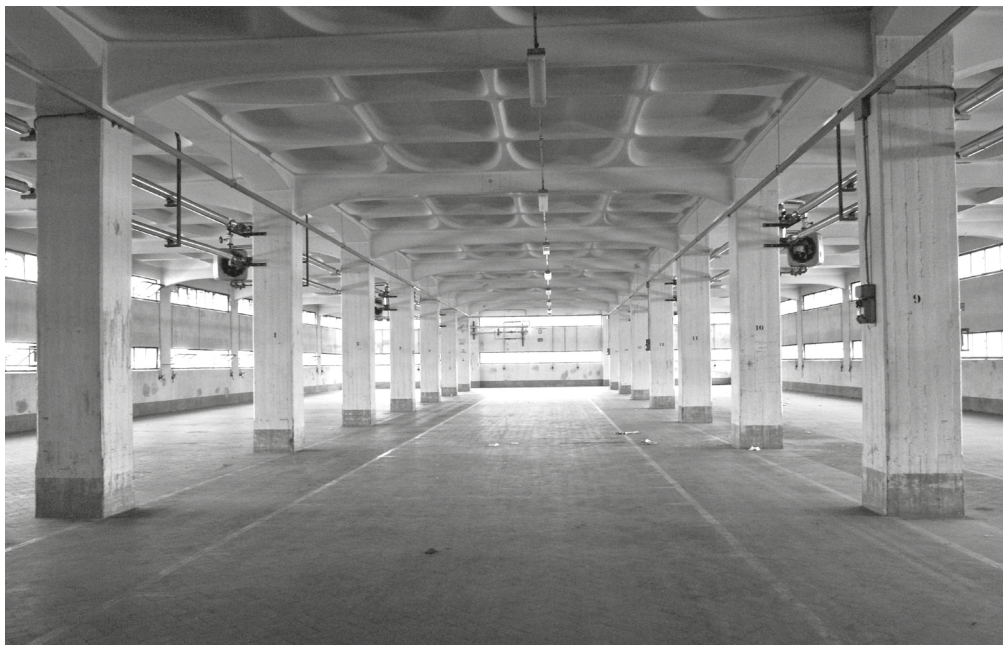
Nella città felsinea, a cavallo tra XIX e XX secolo il rapporto tra modernizzazione urbana e formazione dei tecnici e dei professionisti locali era strettissimo, e la Scuola di Applicazione per Ingegneri ne

costituì uno dei centri nevralgici, facendosi portatrice di quella “cultura politecnica” che univa teoria e sperimentazione e incanalando “in tempo reale” nella didattica gli sviluppi delle tecnologie costruttive e produttive. Un ruolo chiave lo ebbero in tal senso molti dei professori della Scuola: figure come Cesare Razzaboni (1826-1893), Fortunato Lodi (1805-1892), Antonio Zannoni (1833-1910), Edoardo Collamari (1863-1926), Silvio Canevazzi (1852-1918), Attilio Muggia (1861-1936), furono insieme carismatici docenti e attivissimi progettisti-costruttori, favorendo uno scambio costante tra formazione e professione nel segno dell’innovazione⁵.

La stretta connessione fra didattica e sperimentazione che caratterizzava la scuola di ingegneria bolognese dava modo agli studenti di apprendere, oltre alle necessarie conoscenze teoriche, anche l’altrettanto importante esperienza “sul campo” nell’applicazione delle nuove tecnologie costruttive e nella pratica di cantiere. Una figura che incarna in maniera esemplare il prodotto eccellente di questo modello formativo è quella di Pier Luigi Nervi (1891-1979), indiscusso protagonista dell’ingegneria e dell’architettura del Novecento, diplomato in Ingegneria Civile a Bologna nel 1913: lo scheletro portante del suo pensiero e della sua opera, segnata dall’innovativa sperimentazione delle possibilità costruttive ed espressive del cemento armato e dall’imprescindibile relazione tra correttezza tecnica ed espressività formale, si è definito grazie alle esperienze nella scuola bolognese, orientate all’approccio interdisciplinare ed alla conoscenza della realtà tecnico-costruttiva⁶. Purtroppo nella sua lunga e straordinaria carriera Nervi ha lasciato poche tracce costruite nella città dove si è formato, tra le quali emerge il capolavoro di invenzione strutturale che è la Manifattura Tabacchi di Bologna, oggi in corso di riqualificazione per ospitare il nuovo Tecnopolo⁷.

Due in particolare sono stati i docenti che hanno giocato un ruolo chiave nella formazione di Nervi, ai quali egli ha tributato pubblicamente in più occasioni la sua stima: Silvio Canevazzi, ordinario di Meccanica applicata alle costruzioni e di Ponti e costruzioni idrauliche, direttore della Scuola dal 1910; Attilio Muggia, ordinario di Architettura tecnica e di Costruzioni civili e rurali, relatore di tesi di laurea di Nervi e suo primo datore di lavoro.

Canevazzi è considerato uno dei pionieri dello sviluppo della Scienza delle costruzioni in Italia, ed è stato tra i primi docenti universitari a



Pier Luigi Nervi, Manifattura Tabacchi, edificio Ballette, Bologna, 1949

introdurre nei programmi di insegnamento le teorie sulle costruzioni in cemento armato⁸. Come l'ideale uomo di scienza descritto da Umberto Eco, egli era ben consapevole dei limiti delle teorie che insegnava, ed esortava i suoi allievi a verificare e completare i risultati ottenuti dall'applicazione delle formule teoriche attraverso l'indagine sperimentale sui materiali e sui modelli e la comprensione intuitiva del comportamento statico delle opere edilizie⁹.

Uno degli allievi più brillanti di Canevazzi è stato Attilio Muggia, personaggio carismatico capace di unire una lunga e prestigiosa attività scientifica e didattica a una solida carriera di professionista e costruttore con la sua Società Anonima per Costruzioni Cementizie¹⁰. Oltre all'intensa attività professionale, Muggia si dedicò con grande passione alla didattica, portando nella Scuola di Applicazione i risultati della sua sperimentazione progettuale e costruttiva, e rappresentando – nella felice definizione di Giuliano Gresleri – “il vero traghettatore a Bologna di un sapere tecnico di respiro europeo”¹¹. Alla sua solida preparazione tecnica, egli univa anche una profonda cultura storico-architettonica, come dimostrato dalla prolifica produzione di saggi teorici e testi didattici, fra i quali uno dei più noti è la *Storia dell'architettura dai primordi ai giorni nostri*, compendio per i suoi allievi della scuola bolognese edito nel 1932¹². Questa sua capacità di unire cultura umanistica e tecnica, studio teorico e applicazione pratica, lo portò ad essere il rispettato e indimenticato “maestro” di personaggi capaci di declinare il dialogo tra ingegneria e architettura in nuove prospettive: tra i suoi allievi troviamo, oltre a Nervi, figure del calibro di Giuseppe Vaccaro (1896-1970), Angiolo Mazzoni (1894-1979), Eugenio Miozzi (1889-1979), Enrico De Angeli (1900-79).

“Genealogie” didattico-scientifiche bolognesi. La Facoltà di Ingegneria (1935-2012)

Nel 1932 la Scuola di Applicazione divenne Regio Istituto Superiore d'Ingegneria e nel 1935, seguendo i dettami della cosiddetta “Riforma Gentile” (R.D. 2102 del 30 settembre 1923), venne istituita la Facoltà di Ingegneria di Bologna¹³.

Questo importante passaggio venne segnato da un cambio di sede: l'ex convento di San Giovanni dei Celestini in via D'Azeglio, che dal 1877 aveva ospitato la Scuola di Applicazione, era ormai divenuto inadeguato sia al crescente numero degli studenti, sia alla necessità del

PONTE SUL TORRENTE CECINA



Attilio Muggia con la Società di Costruzioni Cementizie,
ponte sul fiume Cecina, Pomarance (PI), 1920-23

costante aggiornamento tecnologico delle strumentazioni usate nelle attività didattiche e laboratoriali¹⁴. La sede della neonata Facoltà di Ingegneria venne costruita nell'area fuori Porta Saragozza su progetto di uno dei più brillanti allievi di Muggia, Giuseppe Vaccaro¹⁵. L'uso di un linguaggio moderno e razionale, associato all'impiego delle più aggiornate tecnologie e allo studio accurato di in ogni parte dell'edificio – dallo schema strutturale all'organizzazione degli spazi, dagli impianti tecnici agli arredi – resero questa architettura una perfetta sintesi tra monumentalità, tecnica e funzionalità, molto apprezzata nel panorama italiano; e ne fecero anche un modello tra i più interessanti per gli altri atenei nazionali, a partire dalla Città Universitaria di Roma¹⁶.

Dopo la forzata pausa del periodo bellico, durante il quale la Facoltà di Ingegneria venne occupata dalle truppe tedesche, il rinnovamento dei programmi didattici e l'arrivo di docenti di eccezionale spessore sia scientifico che professionale aprì una nuova fase nella scuola bolognese. Possiamo individuare in questa evoluzione due percorsi, che procedono distinti in parallelo ma al tempo stesso si intrecciano in frequenti scambi e fruttuose collaborazioni: due “genealogie didattico-scientifiche”, legate rispettivamente alle discipline tecnico-strutturali e a quelle storico-progettuali-costruttive, che raccolgono e proseguono l'eredità dei “maestri” e imprimono una identità originale e riconoscibile alla scuola bolognese nel secondo dopoguerra.

La prima “genealogia” nasce dal pionieristico lavoro di Silvio Canevazzi, poi proseguito da Odone Belluzzi (1892-1956), chiamato nel 1931 come professore straordinario di Scienza delle costruzioni, e dal suo allievo Piero Pozzati (1922-2015), tra i “padri” della fondazione della Tecnica delle costruzioni come branca dell'ingegneria strutturale dedicata agli aspetti applicativi e progettuali della disciplina¹⁷. Pozzati fu non solo un eccellente studioso e docente, ma anche uno stimato progettista – un'eredità raccolta dai suoi allievi, professori e professionisti: da Roberto Alessi a Claudio Ceccoli, da Maurizio Merli a Giuseppe Matildi, fino a Massimo Majowiecki, professore di Tecnica delle costruzioni dal 1978 al 2004, che con il suo studio MJW Structures fondato nel 1978 ha dato un significativo contributo alla progettazione strutturale a livello internazionale, in particolare nello sviluppo delle “strutture leggere”¹⁸.

Ripercorrendo questa prima “genealogia”, emerge chiaramente come uno dei caratteri distintivi della scuola di ingegneria di Bologna attraver-



Giuseppe Vaccaro, Facoltà di Ingegneria, Bologna, 1932-35. Ingresso principale

so tutto il Novecento sia stata l'attenzione all'aspetto progettuale e non meramente "calcolativo" dell'attività dell'ingegnere civile, costruendo quell'unione di *scienza* ed *arte* del costruire che, non a caso, è il titolo della prima monografia pubblicata da Pier Luigi Nervi nel 1945¹⁹. La seconda "genealogia didattico-scientifica" parte dall'eredità della ricerca di Attilio Muggia, votata alla sintesi tra storia, progetto e costruzione, e vede una svolta significativa con l'arrivo nell'autunno 1948 dalla Facoltà di Architettura di Firenze – di cui era docente dal 1928 e Preside da poco più di un anno – dell'architetto pistoiese Giovanni Michelucci (1891-1990)²⁰. Il trasferimento di Michelucci alla Facoltà di Ingegneria di Bologna, assai travagliato, era in discussione sin dal 1936²¹, ma solo nell'immediato dopoguerra egli entrò a far parte del corpo docente, assumendo la cattedra di Architettura e composizione architettonica, l'incarico di Tecnica urbanistica e la direzione dell'Istituto di Architettura tecnica²².

Sin dagli esordi della sua carriera, Michelucci aveva maturato una profonda ammirazione nei confronti dei grandi ingegneri e delle loro opere plasmate dall'esatta perizia tecnica, ed era attratto dal sapere tecnico e dalle pragmatiche certezze sulle quali esso si fonda²³: il suo trasferimento a Ingegneria, ormai sessantenne, divenne così l'occasione di ampliare le sue conoscenze e affrontare con maggiore consapevolezza la ricerca progettuale – come egli stesso scrive in una lunga lettera di commiato dai suoi studenti fiorentini del novembre 1948, intitolata *La Felicità dell'architetto*:

[...] a me, proveniente da una scuola d'architettura, quando esse erano assai meno di quelle d'oggi complete e più unilateralmente rivolte a una educazione formale, cioè formalistica, è nata a un certo momento la necessità (di fronte a cui diventano insignificanti tutte le altre circostanze) per un ambiente nuovo, scientifico e tecnico, (ambiente che ho sempre sentito definire freddo e arido) per sperimentare un nuovo controllo didattico e critico.²⁴

Attorno a Michelucci, che rimase a Bologna fino al 1961, si è andato coagulando nel tempo un folto gruppo di collaboratori e di allievi (Ivo Tagliaventi, Nereo De Mayer e Renzo Sansoni, poi Leonardo Lugli, Pier Luigi Giordani, Marco Dezzi Bardeschi, Rolando Pagnini), impegnati a sviluppare l'eredità del "maestro" in una didattica tesa a inda-

gare i rapporti tra struttura e forma, tra architettura e storia, tra città e società, dando vita a una scuola con una precisa identità teorico-progettuale all'interno della Facoltà di Ingegneria²⁵. Paradossalmente, alla significativa svolta impressa alla didattica bolognese è corrisposta solo una labile impronta lasciata da Michelucci nella città: tra le opere realizzate si ricordano solo i Nuovi Istituti di Matematica e Geometria (1955-65) e quelli di Geologia e Mineralogia (1959-64) presso Porta San Donato, oltre alla ristrutturazione della Facoltà di Lettere e Filosofia in via Zamboni (1959-65)²⁶.

Successivamente, alla relazione tra Storia e Progetto si è dedicata la didattica dell'architetto Giuliano Gresleri (1938-2020), docente di Storia dell'Architettura presso la Facoltà di Ingegneria dal 1976 al 1999, che ha aperto Bologna e la sua università al dialogo con progettisti e opere di respiro internazionale (Le Corbusier, Alvar Aalto, Kenzo Taniguchi, José Oubrerie); e, insieme al fratello Glauco (1930-2016), ha contribuito a un'educazione all'architettura come modo per condividere l'impegno verso il miglioramento della comunità e del territorio²⁷.

Infine, un contributo fondamentale alla visione storico-critica del progetto architettonico e costruttivo è arrivata, nonostante il purtroppo breve periodo in cui è stato docente presso la Facoltà di Ingegneria (2005-09), da Richard J. Tuttle (1941-2009), autorevole studioso dell'architettura rinascimentale chiamato per chiara fama dagli Stati Uniti²⁸.

Breve epilogo. Tecnica e tecnicismi

L'ultima lezione tenuta da Piero Pozzati alla Facoltà di Ingegneria, il 3 giugno 1992, è stata una lectio magistralis intitolata *Proliferazione delle normative e del tecnicismo*. Già allora, Pozzati aveva intravisto e previsto quello che sarebbe accaduto nell'evoluzione culturale dell'ingegneria nei decenni successivi: la diffusione dei software di calcolo combinata alla definizione di normative sempre più stringenti (nel 2008 sono approvate in Italia le NTC) hanno progressivamente portato l'ingegnere ad essere quasi un semplice esecutore, e il progetto strutturale a ridursi spesso ad una mera verifica.

Negli anni Duemila, la Facoltà di Ingegneria di Bologna (divenuta nel 2012 Scuola di Ingegneria e Architettura e poi, dal 2015, Scuola di Ingegneria) si è trovata ad affrontare, come le altre omologhe scuole italiane, l'impatto di questi cambiamenti sulla formazione degli ingegneri e sul loro ruolo nella realtà sociale e produttiva. E, ancora una

volta, l'identità che ha caratterizzato sin dal primo Novecento la scuola bolognese di ingegneria, ovvero l'approccio classico-umanistico applicato con successo anche a discipline di carattere tecnico-scientifico e la ricerca di metodi di progettazione basati su un approccio di tipo epistemologico e non dogmatico, si è rivelata una possibile chiave vincente per affrontare questa profonda trasformazione.

Oggi, nell'era della iper-specializzazione e della visione parzializzata, paradossalmente costruire una "visione integrata" – composta sia dalla "perizia" che dalla "conoscenza"²⁹, sia dall'analisi del presente che dalla consapevolezza del passato – è uno strumento fondamentale per sondare le nuove frontiere della didattica, della ricerca e della professione. Come ha efficacemente notato Ivano Dionigi, ex Rettore dell'Università di Bologna e oggi Presidente del Consorzio Almalaurea, "l'evoluzione esponenziale con cui si susseguono scoperte ed innovazioni in questa nostra epoca rendono poi questa visione integrata fondamentale per l'indirizzo della ricerca, oggi come non mai nel passato. Una visione integrata che cento anni fa era già patrimonio della formazione di base (e non solo della ricerca scientifica) della nostra università"³⁰.

1. E. Eco, in *Verso una nuova cultura?* Tavola rotonda con la partecipazione di Agostino Antonino Capocaccia, Umberto Eco, Ludovico Geymonat, in "Civiltà delle Macchine", XIII, 2, 1965, pp. 19-30.
2. Si veda come riferimento M. Cavazza, *L'istituto delle scienze: il contesto cittadino: la costruzione di una nuova "casa di Salomone"*, in G. P. Brizzi, L. Marini, P. Pombeni (a cura di), *L'università a Bologna: maestri, studenti e luoghi dal XVI al XX secolo*, Cinisello Balsamo 1988, pp. 165-174.
3. T. Trombetti, *Forma e formule: il "tecnico filosofo" e la ricostruzione di una disciplina*, in A. Trentin, T. Trombetti (a cura di), *La lezione di Pier Luigi Nervi*, Bruno Mondadori, Milano 2010, pp. 25-43.
4. Sulle complesse vicende delle scuole di ingegneria pre- e post-unitarie, qui solo accennate, si vedano come riferimenti: C.G. Lacaita, *Ingegneri e scuole politecniche nell'Italia liberale*, in S. Soldani, G. Turi (a cura di), *Fare gli italiani. Scuola e cultura nell'Italia contemporanea*, vol. I, Il Mulino, Bologna 1993, pp. 213-253; G.C. Calcagno (a cura di), *Ingegneri e modernizzazioni. Università e professione nell'Italia del Novecento*, Esculapio, Bologna 1996; A. Silvestri, *La nascita delle Facoltà di Ingegneria e Architettura in Italia*, in A. Buccaro, G. Fabbriatore, L.M. Papa (a cura di), *Storia dell'ingegneria. Atti del I convegno nazionale*, vol. I, Cuzzolin editore, Napoli 2006, pp. 223-234.
5. C.G. Calcagno, *Un istituto per la formazione degli ingegneri: la "Scuola di Applicazione" di Bologna*, in E. Decleva, C.G. Lacaita, A. Ventura (a cura di), *Innovazione e modernizzazione in Italia tra Otto e Novecento*, Franco Angeli, Milano 1995, pp. 262-296; M. Benassi Capuano, *La Scuola di Applicazione per gli Ingegneri in Bologna (1877-1915)*, in "Strenna Storica Bolognese", L, 2000, pp. 37-79; A. Altafin, S. Crociati (a cura di), *Scuola di Applicazione per Ingegneri (1877-1935)*, Archivio Storico Università Bologna-CLUEB, Bologna 2004; M.L. Giumanini, *Storia, curricula studiorum e studenti della Scuola di Applicazione per gli ingegneri e gli architetti dell'Università di Bologna*, in A. Buccaro, G. Fabbriatore, L.M. Papa (a cura di), *op. cit.*, pp. 315-324.
6. M. Antonucci, *Pier Luigi Nervi studente e docente: la formazione dell'ingegnere-architetto*, in A. Trentin e T. Trombetti (a cura di), *La lezione di Pier Luigi Nervi*, cit., pp. 1-23; Id., *Costruzione di un'identità. La formazione bolognese di Pier Luigi Nervi*, in G. Bianchino, D. Costi (a cura di), *Cantiere Nervi: la costruzione di un'identità. Storie, geografie, paralleli*, Atti del Convegno di Studi, Parma-Ferrara-Bologna 24-26 novembre 2010, Skira, Milano 2012, pp. 42-45; Id., *La formazione di Pier Luigi Nervi a Bologna, tra cultura politecnica e sperimentazione costruttiva*, in G. Barazzetta (a cura di), *Pier Luigi Nervi. Il modello come strumento di progetto e costruzione*, Quodlibet, Macerata 2017, pp. 52-57; C. Greco, *Attilio Muggia e Pier Luigi Nervi. Il fecondo e complesso rapporto tra un grande maestro e un discepolo illustre*, in M.B. Bettazzi, P. Lipparini (a cura di), *Attilio Muggia. Una storia per gli ingegneri*, Editrice Compositori, Bologna 2010, pp. 211-220.

7. M. Antonucci, A. Trentin (a cura di), *La Manifattura Tabacchi a Bologna. Ricerche sull'architettura industriale contemporanea tra storia, tecnica e riuso*, Bononia University Press, Bologna 2019.

8. Si rimanda su questo tema e sulla relativa bibliografia a G. Mochi, G. Predari, *La costruzione moderna a Bologna: 1875-1915. Ragione scientifica e sapere tecnico nella pratica del costruire in cemento armato*, Bruno Mondadori, Milano 2013, pp. 87-114.

9. Sulle lezioni di Canevazzi, si veda T. Trombetti, *Progettazione e calcolo strutturale. La scuola di ingegneria di Bologna e le opere di Pier Luigi Nervi*, in M. Antonucci, T. Trombetti, A. Trentin (a cura di), *Pier Luigi Nervi. Gli stadi per il calcio*, Bononia University Press, Bologna 2014, pp. 119-128.

10. M.B. Bettazzi, P. Lipparini (a cura di), *op. cit.*

11. G. Gresleri, *Lo "stile del conglomerato cementizio armato"*, Attilio Muggia e la scuola di Bologna, in G. Gresleri (a cura di), *Un maestro difficile. Auguste Perret e la cultura architettonica*, Edizioni GAM, Torino 2003, pp. 180-215.

12. M.B. Bettazzi, *Il caso di Bologna e la Storia di Muggia*, in M.B. Bettazzi, P. Lipparini (a cura di), *op. cit.*, pp. 181-210.

13. Sulla storia della Facoltà di Ingegneria di Bologna, si vedano P.P. Diotallevi (a cura di), *Una Facoltà tra due Scuole: la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna (1935-2012)*, CLUEB, Bologna 2012; E. Mesini, D. Mirri, P. Macini (a cura di), *Nascita e sviluppo dell'inge-*

gneria all'Università di Bologna, Bononia University Press, Bologna 2019.

14. Già nei primi anni Venti, Attilio Muggia aveva elaborato e proposto numerosi progetti per spostare la Scuola nell'area ai piedi della collina di San Michele in Bosco, vicino all'ex Convento dell'Annunziata. M.B. Bettazzi, *La regia Scuola di Applicazione per gli Ingegneri a Porta San Mamolo*, in M.B. Bettazzi, M. Sintini, P. Orlandi (a cura di), *Le Bologne possibili*, Centro Stampa Regione Emilia-Romagna, Bologna 2016, pp. 78-93.

15. G. Vaccaro, *L'edificio per la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna*, in "Architettura e Arti decorative", III, marzo 1936-XIV, pp. 97-118; M. Casciato, *Intorno all'edificio di ingegneria e al suo valore di monumento moderno*, in M. Casciato, G. Gresleri (a cura di), *Giuseppe Vaccaro. Architetture per Bologna*, Compositori, Bologna 2006, pp. 71-78.

16. M. Antonucci, *Modelli italiani per la Nuova Città Universitaria di Roma: la Scuola per gli Ingegneri di Bologna di Giuseppe Vaccaro*, in "Palladio", nn. 61-62, 2018 (2020), pp. 89-96.

17. P.P. Diotallevi, *Piero Pozzati. Un maestro dell'ingegneria*, in E. Mesini, D. Mirri, P. Macini (a cura di), *op. cit.*, pp. 660-668; T. Trombetti, *Progettazione e calcolo strutturale. La scuola di ingegneria di Bologna e le opere di Pier Luigi Nervi*, cit.; A. Trentin, T. Trombetti, *Realtà e modelli didattici: l'insegnamento dell'ingegneria civile nella Scuola di Bologna*, in G. Barazzetta (a cura di), *op. cit.*

18. R. Masiero, D. Zannoner, *Massimo Majowiecki: strutture*, Mimesis, Milano 2015.

19. P.L. Nervi, *Scienza o arte del costruire? Caratteristiche e possibilità del cemento armato*, Edizioni della Bussola, Roma 1945 (rist. Città Studi Edizioni, Milano 1997, con introduzione di Aldo Rossi).
20. Sulla figura e l'opera di Michelucci, si rimanda alla fondamentale monografia C. Conforti, R. Dulio, M. Marandola, *Giovanni Michelucci 1891-1990*, Electa, Milano 2006.
21. C. Conforti, *Gli esordi accademici di Giovanni Michelucci*, in G. Corsani, M. Bini (a cura di), *La Facoltà di Architettura di Firenze fra tradizione e cambiamento*, Firenze University Press, Firenze 2007, pp. 129-142, p. 137.
22. L. Ferrari, *Michelucci, Bologna, la Facoltà di Ingegneria*, in R. Inglese, L. Ferrari (a cura di), *Giovanni Michelucci: i Nuovi Istituti di Matematica e Geometria*, Asterisco, Bologna 2010, pp. 23-38; L. Guardigli, *La ricostruzione postbellica e il boom economico (1945-1960)*, in E. Mesini, D. Mirri, P. Macini (a cura di), *op. cit.*, pp. 504-506.
23. M. Marandola, *Libertà e logica: forme e tecniche del costruire*, in C. Conforti, R. Dulio, M. Marandola, *op. cit.*, pp. 61-79.
24. G. Michelucci, *La Felicità dell'architetto*, in G. Corsani, M. Bini (a cura di), *op. cit.*, pp. 279-288: p. 281.
25. Gli appunti di Michelucci per le lezioni bolognesi sono conservati presso la Fondazione Michelucci di Fiesole: N. Musumeci e P. Ricco (a cura di), *Giovanni Michelucci. Inventario delle lezioni*, Fondazione Giovanni Michelucci, Fiesole (FI) 2017.
26. R. Inglese, *Giovanni Michelucci: i Nuovi Istituti di Matematica e Geometria*, in R. Inglese, L. Ferrari (a cura di), *op. cit.*, pp. 39-68.
27. J. Gresleri, *Giuliano Gresleri, architetto rinascimentale*, in "Paesaggio Urbano", n. 1, 2021, pp. 161-167; L. Bartolomei, M. Gaetani, S. Nannini (a cura di), *Glauco Gresleri (1930-2016): parole, progetti, relazioni*, numero monografico di "in_bo, Ricerche e progetti per il territorio, la città e l'architettura", vol. 10, n. 14, 2019.
28. F. Ceccarelli, *Discipline storiche e formazione degli architetti e ingegneri all'Università di Bologna tra Otto e Novecento*, in E. Mesini, D. Mirri, P. Macini (a cura di), *op. cit.*, pp. 95-115.
29. T. Trombetti, *Forma e formule: il "tecnico filosofo" e la ricostruzione di una disciplina*, *cit.*, pp. 27-28.
30. I. Dionigi, A. Trentin, T. Trombetti, *Pier Luigi Nervi e l'Alma Mater Studiorum: un breve dialogo*, in A. Trentin, T. Trombetti (a cura di), *La lezione di Pier Luigi Nervi*, *cit.*, p. 187.

Eugenio Miozzi da Bologna a Venezia. Il progetto dell'Autorimessa di Piazzale Roma*

Riccardo Segradin

Riccardo Segradin, Università Iuav di Venezia

* Il contributo nasce dalla ricerca di dottorato attualmente condotta dall'autore sulla figura di Eugenio Miozzi in relazione alla grande opera di scavo del Rio Novo per il collegamento di Venezia con la terraferma.

La fine dell'Ottocento vede un progressivo sviluppo per le professioni di ingegnere e architetto dato dall'istituzione delle Regie Scuole di Applicazione. Il 28 ottobre 1876 è pubblicato in Gazzetta Ufficiale il primo regolamento per il riordino dei percorsi specialistici delle Scuole che sostituisce i vecchi corsi pratici per ingegneri con un corso che prevedeva la possibilità di scelta della qualifica.

Per entrambi i titoli era previsto un biennio comune presso una facoltà di Scienze matematiche e fisiche necessario all'ammissione al triennio di specializzazione. Se in un primo momento le neoistituite Scuole si affiancarono agli storici percorsi delle Accademie di Belle Arti, l'adeguamento alla nuova normativa comportò nel breve periodo la creazione di nuovi poli di ricerca negli atenei di Torino, Roma, Napoli, Palermo, Milano e Bologna¹. Tra queste, saranno le scuole di Bologna e Torino a inserire per prime nei programmi lo studio del cemento armato, contribuendo così alla ricerca tecnologica e alla diffusione in Italia di questo materiale.

La materia che maggiormente risentì delle principali riforme didattiche fu quella di Architettura tecnica, resa obbligatoria al secondo e terzo anno di specializzazione. Da metà Ottocento la facoltà di Bologna vide susseguirsi a questa cattedra le personalità di Fortunato Lodi, Raffaele Faccioli, Antonio Zannoni e Attilio Muggia. Zannoni e Muggia, in particolare, segneranno la rottura definitiva della tradizione accademica nell'insegnamento della materia determinandone l'aggiornamento didattico.

In linea con le idee teorizzate da Jean-Nicolas-Louis Durand, Zannoni intendeva fornire agli studenti una visione pragmatica della progettazione evitando, tuttavia, meccanicismi nella composizione architettonica². La bellezza dell'opera si ottiene adottando il principio di verità costruttiva, cioè la corrispondenza dell'estetica formale e architettonica con gli aspetti tecnologici ed ingegneristici³.

Al corso di Zannoni, di natura prevalentemente teorica, succederà nel 1910 il suo assistente Attilio Muggia, che promuoverà definitivamente l'avvicinamento della didattica bolognese alla realtà professionale. Dal 25 maggio 1908 Muggia affiancò infatti alla docenza l'attività impen-



Eugenio Miozzi, ponte sulla strada statale 51, Ponte nelle Alpi (BL), 1921.
 Il ponte, in calcestruzzo armato, presenta una balaustra brevettata dalla SACC
 di Attilio Muggia, presentata all'Esposizione di Torino del 1911

Eugenio Miozzi, ponte della Vittoria sul fiume Piave, Belluno, inaugurato il 23 maggio 1926

ditoriale fondando la Società Anonima per le Costruzioni Cementizie, che lo rese concessionario del brevetto Hennebique nel centro Italia. Per il suo lavoro poté avvalersi, inoltre, del laboratorio universitario di prove materiali che dall'anno precedente aveva ottenuto l'accreditamento presso il Ministero per i Lavori Pubblici. Il laboratorio era stato fortemente voluto da Silvio Canevazzi, professore delle discipline di Meccanica applicata alle costruzioni e Ponti e costruzioni idrauliche, tra i primi, insieme a Camillo Guidi di Torino, a occuparsi della teorizzazione e dello studio della meccanica del cemento armato in Italia⁴. A partire dal 1909, quindi, Bologna risulta essere, assieme a Torino, capitale per le ricerche sul cemento armato ed è in questo contesto che si forma il giovane Eugenio Miozzi. Egli ha modo di studiare con Canevazzi, Zannoni e Muggia⁵ e vive la città petroniana nel momento in cui venivano terminate le opere pubbliche che da metà Ottocento interessarono l'area tra la stazione ferroviaria e il centro cittadino con l'apertura del nuovo asse viario di via Indipendenza. Dopo la laurea conseguita nel 1912, Miozzi dimostrerà la qualità della sua formazione nei primi incarichi professionali quando entrerà nel corpo del Genio Civile in Libia prima e, dagli anni Venti, negli uffici di Bolzano, rimanendo poi a capo del compartimento dell'A.A.S.S. a partire dal 1928. I progetti realizzati in questi anni, come ponti e sistemazioni territoriali, evidenziano la confidenza di Miozzi non solo con le tecnologie costruttive storiche ma anche nell'esplorare le capacità del cemento armato e sono affiancati da un'intensa attività di ricerca a quattro mani con il prof. Luigi Santarella di Milano, per incentivare in Italia l'utilizzo di questo materiale⁶.

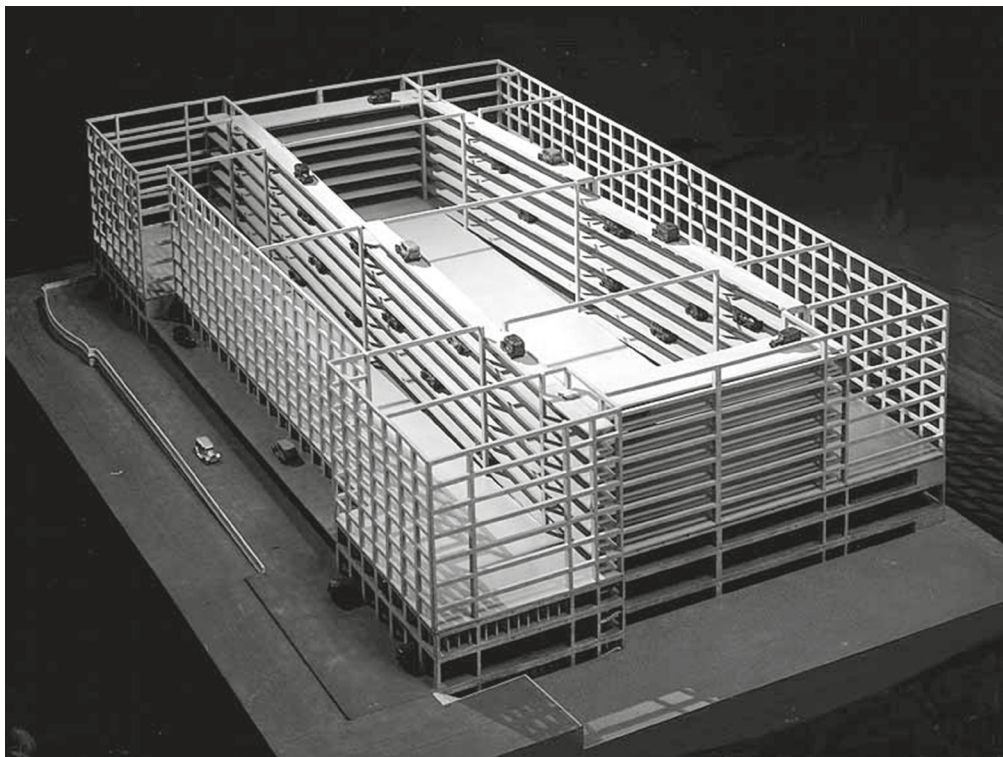
Il legame indissolubile tra Eugenio Miozzi e Venezia si data invece al 30 giugno 1930, quando l'ingegnere venne incaricato della direzione lavori del ponte della Libertà, all'epoca ponte Littorio. La scelta di un tecnico con la sua formazione e preparazione tecnologico-costruttiva trova ragione nel fatto che il progetto del ponte⁷, approvato con la convenzione tra Stato e Comune di Venezia, riguardava una nuova e moderna infrastruttura carrabile di collegamento con la terraferma, parallela al ponte ferroviario, in travature in cemento armato su pile, mascherata da un paramento in mattoni e pietra d'Istria che avrebbe camuffato il nuovo materiale, preservando l'immagine più *tradizionale* di Venezia⁸.

Nel redigere l'esecutivo del ponte translagunare, Miozzi scelse di ri-

correre alla tecnologia del laterizio ritenendola più affidabile e collaudata sul lungo termine⁹, tenendo fede al principio di verità costruttiva professato dal suo maestro Zannoni¹⁰. Pochi mesi dopo Miozzi entrerà definitivamente nell'Ufficio Tecnico del Comune di Venezia con il ruolo di ingegnere capo. Il progetto del ponte, intanto, aveva innescato una serie di interventi urbani, definiti dalla municipalità come opere complementari, volte a garantire la sistemazione degli accessi alla città lagunare. Il primo di questi fu lo scavo del Rio Novo che instaurò un rapido collegamento tra l'isola di Santa Chiara, dove si stava configurando Piazzale Roma, e Piazza San Marco. Sul piazzale, invece, la necessità di spazio per il ricovero delle autovetture in arrivo dalla terraferma e gli ambienti necessari all'accoglienza degli automobilisti determinò per Miozzi la progettazione di uno dei primissimi edifici della sua carriera¹¹.

L'autorimessa è anche oggi il primo edificio che i visitatori incontrano all'arrivo a Venezia in auto, due volumi principali di sei piani coperti e una terrazza ciascuno che, assieme a due rampe cilindriche, una per la salita ed una per la discesa, delimitano una corte interna coperta, un tempo officina. Il progetto venne redatto da Miozzi e solo in parte modificato dall'organo tecnico dell'Istituto Nazionale Assicurazioni, concessionario per i 25 anni successivi alla costruzione. L'impresa esecutrice dei lavori fu invece la SACAIM, veneziana, specializzata in opere cementizie.

Come ha osservato Kleinmanns¹² il garage comunale all'epoca rappresentò una sintesi ben riuscita di modelli che, a partire dalle prime realizzazioni francesi di Perret fino agli anni Trenta, avevano caratterizzato lo sviluppo di questa tipologia. Lo stesso Miozzi dimostra di conoscere la realtà europea, francese nello specifico, citando nella relazione tecnica altri esempi, due di questi parigini¹³. Il terzo garage citato era la romana Casa dell'Automobile dell'architetto Bacchetti, che con i suoi dieci piani accessibili da una rampa a doppia elica poteva ospitare fino a mille veicoli. Hans Conradi ne elogiò il design funzionale, commentandone però la soluzione di facciata, eccessiva nella decorazione per un edificio contemporaneo¹⁴. Il progetto veneziano veniva portato a termine, intanto, con la rapidità già dimostrata dagli interventi legati al ponte Littorio, lasciando poco spazio al dibattito cittadino. La prima proposta, pubblicata nel dicembre del 1931 sulla rivista RACI¹⁵, prevedeva un edificio colossale, costituito da una gab-



Eugenio Miozzi, autorimessa comunale, Venezia, 1931-34.
Primo modello strutturale, 1932. Si può notare la mole della prima volumetria ipotizzata
e la prima ipotesi del sistema di rampe per la distribuzione interna

bia strutturale a maglia regolare percorribile da un sistema di rampe rettilinee che ricordano la soluzione di circolazione del 1925 di Melnikov¹⁶, con la differenza che la rampa non era visibile dall'esterno. La questione del prospetto ancora non fu affrontata in questa fase preliminare perché sul tavolo di discussione si stava ancora ragionando sull'ingombro volumetrico per capire se nasconderne o meno la vista dal Canal Grande: la scelta finale fu quella di ridurne l'altezza. Il 26 luglio 1932 il podestà rassicurò così la consulta:

L'autorimessa sarà costruita, per così dire, entro una specie di scatolone, in una località dove non sarà turbata nessuna visuale panoramica della città. Fuori dalla sua zona, la nuova costruzione non sarà veduta: si pensi che l'altezza fu ridotta da metri 24 a metri 19 e mezzo. [...] In fatto di architettura, è una bella architettura, che in quella zona può onorare Venezia: come la costruzione della Fiat a Lingotto è ritenuta la migliore in proposito che ci sia in Italia.¹⁷

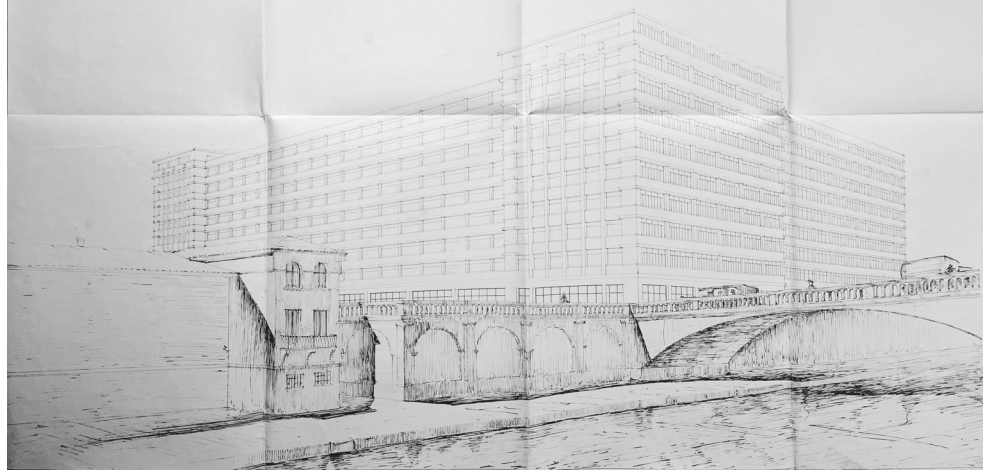
Le prime ipotesi che presentano un fronte principale (quello nord, orientato verso il Canal Grande) di 135 metri lineari, movimentano le estremità con due aggetti. Con un'altezza di undici piani, il prospetto appare suddiviso in due settori longitudinali, un basamento con ampie vetrine al piano terreno e una serie di aperture inquadrature da elementi verticali continui nei piani superiori. Più simile al citato Lingotto, invece, è un'altra ipotesi che mantiene invariata la sagoma in pianta ma sviluppa un alzata molto meno articolato.

Commentando questi disegni, nell'agosto, il Sovrintendente Fogolari scrisse:

Non entro a discutere dell'architettura dell'autorimessa progettata perché si potrebbe dire che non ne ha, consto solo che ridotta come stata d'altezza non sarà in quel modo visibile dal Canal Grande.¹⁸

Il progetto realizzato a partire da febbraio 1933 approderà a una soluzione di facciata caratterizzata dall'alternanza di fasce orizzontali vetrate e intonacate. La composizione finale fu apprezzata dalla critica anche se la decisione di non affacciare l'edificio sul Canal Grande venne percepita come occasione persa per un intervento più decisivo¹⁹.

PROGETTO DI GRANDE
AUTORIMESSA - VENEZIA



Eugenio Miozzi, autorimessa comunale, Venezia, 1931-34.
Prospettiva della prima ipotesi del fronte nord (facciata rivolta verso il Canal Grande), 1932

Nel progetto dell’Autorimessa emergono le capacità di Miozzi – maturate prima nell’ambiente bolognese e poi grazie all’attività professionale –, sia nell’utilizzo del cemento armato sia nella proposta di soluzioni formali che rimanessero fedeli alla scelta tecnologica strutturale, applicando il principio di verità costruttiva.

[...] perché certi sentimenti del vero si perpetuano e rimane più che mai inconcusso l’assioma “siate veri, e sarete eterni”.²⁰



Eugenio Miozzi, autorimessa comunale, Venezia, 1931-34. Soluzione realizzata del fronte nord, con l'ingresso in primo piano, in una foto del 13 luglio 1950

L'autorimessa comunale completa del secondo blocco, anni Sessanta

1. Per una trattazione più approfondita si rimanda a E. Mandolesi, *Cento anni di insegnamento dell'architettura nelle scuole di ingegneria*, in *Atti del Convegno dei docenti di discipline architettoniche delle Facoltà di Ingegneria* (Trieste, giugno 1963), Trieste 1964, pp. 75-108; M.B. Bettazzi, P. Lipparini (a cura di), *Attilio Muggia, una storia per gli ingegneri*, Editrice Compositori, Bologna 2010; G. Mochi, G. Predari (a cura di), *La costruzione moderna a Bologna: 1875-1915. Ragione scientifica e sapere tecnico nella pratica del costruire in cemento armato*, Bruno Mondadori, Milano 2012.

2. L'intera seconda sezione del corso di Zannoni era indirizzata al riconoscimento degli ambienti costitutivi delle principali tipologie architettoniche. Gli studi tipologici nella penisola a inizio Novecento, tuttavia, non erano ancora molto sviluppati. In G. Mazzi, G. Zucconi, *Daniele Donghi, i molti aspetti di un ingegnere totale*, Marsilio editori, Venezia 2006.

3. A. Zannoni, *Prolusione al 1° anno di corso 1891-91 della R. Scuola di Applicazione per gli Ingegneri di Bologna*, Società Tipografica Azzoguidi, Bologna 1892.

4. Di Canevazzi ricordiamo, fra gli altri, gli studi *Siderocemento: formole di resistenza e di elasticità: memoria letta al Collegio degli ingegneri e degli architetti di Bologna nell'Adunanza del 2 marzo 1901*, Tipografia Gamberini e Parmegiani, Bologna 1901; *Ferrocemento*, Soc. Ed. A.F. Negro, Torino 1904.

5. La documentazione sulla carriera di Miozzi è conservata all'archivio storico dell'Università di Bologna, nei fascicoli nn. 613 e 2032.

6. Miozzi pubblica con il prof. Luigi Santarella, *Ponti italiani in cemento armato, I raccolta*, Hoepli, Milano 1924, seguita dalla seconda edizione nel 1932.

7. Il progetto in questione, del gennaio 1930 è firmato dall'ing. Vittorio Umberto Fantucci. La convenzione tra Stato e Comune di Venezia invece è datata 26 giugno 1930.

8. Le indicazioni riguardanti l'aspetto del ponte sono ricavate dal progetto preliminare di Fantucci e riportate nel progetto di massima, e costituiscono le richieste da rispettare per il concorso bandito alle imprese per l'appalto dell'opera. Coll. AMV 1931-35 X 2/4.

9. Miozzi giustifica la scelta dei mattoni sia per motivazioni estetiche sia per la diffidenza nell'utilizzare in ambiente lagunare il cemento armato direttamente esposto a salsedine e agenti atmosferici.

10. L'introduzione del cemento armato nel progetto del ponte lagunare è limitata a pochi elementi strutturali, come i pali di fondazione, il nucleo delle pile su cui vengono poi impostate le voltine in mattoni e, nel punto più critico di attraversamento del Canal Grande, nella struttura di sostegno della carreggiata.

11. Dall'attività libica risultano alcuni edifici costruiti per la sistemazione idrica, come risulta un progetto di scuola ad Auronzo negli anni Venti, non identificato. L'autorimessa ricopre il primato come edificio monumentale sia per cubatura prevista che per complessità strutturale.

12. J. Kleinmanns, *Parkhäuser. Architekturgeschicht einer ungeliebten Notwendigkeit*, Jonas Verlag, Marburg 2011.

13. Sono le due autorimesse Mozart e Cardinet, edificate tra il 1929 e il 1930. *Relazione Generale dell'Autorimessa S. Andrea*. AMV 1930-35 III 15/21

14. “Moderne Verkehrsbauten mit stilverkleideten Fassaden gehören bei uns der Vergangenheit an”. H. Conradi in J. Kleinmanns, *op. cit.*, p.74.

15. In seguito alla pubblicazione dell'articolo, si avviò un'inchiesta interna tra i dipendenti degli uffici comunali per individuare il responsabile della condivisione dei materiali di progetto alla rivista, di cui rimane qualche stralcio di documentazione dei verbali in Archivio Municipale. AMV 1930-35 III 15/21.

16. Il progetto del Garage di Melnikov venne presentato a Parigi nel 1925 nel padiglione sovietico dell'*Exposition internationale des arts décoratifs et industriels modernes*.

17. Seduta del 26 luglio 1932, Archivio Municipale AMV Consulta, 26 luglio 1932.

18. Il parere di Fogolari continua con suggerimenti per la facciata: “[...] Forse non perderebbe tale suo carattere se con raddoppiamenti delle lesene divisorie, ogni tre o quattro vetrate, l'immenso susseguirsi dei fori potesse essere un poco organizzato; ma non è questione questa di mia competenza”. AMV 1932-35 III 15/21.

19. U. Nebbia, *Autorimessa a Venezia*, in “Casabella”, 83, 1934, pp. 36-41.

20. A. Zannoni, *op. cit.*, p. 15.

Massimo Majowiecki o dell'umile e orgoglioso rigore*

Roberto Masiero

Roberto Masiero, Università Iuav di Venezia

* Questo testo nasce da una riflessione comune con David Zannoner prima per la scrittura del libro edito da Mimesis nel 2015 dal titolo *Massimo Majowiecki, Strutture* e dall'aggiornamento dello stesso libro per l'edizione inglese, condotto nel mese di luglio 2022.

Nel panorama italiano l'opera e il percorso di ricerca quanto professionale di Massimo Majowiecki è, per molti aspetti, singolare. In quale paesaggio si è mosso Majowiecki dalla fine degli anni Sessanta ad oggi, uomo di scienza e tecnica? Che sentieri ha incontrato, trovato, o tracciato per noi? Come ha percepito o voluto una qualche ragione etica ed estetica della sua professione? Quali tra i tantissimi suoi progetti segnalare per cogliere i profondi legami tra teoria e prassi e la qualità del suo mestiere? Come ha trasmesso il suo sapere?

I suoi percorsi sono da subito inusuali e decisamente innovativi rispetto alla pur nobilissima tradizione italiana attenta, nel Novecento, soprattutto al linguaggio delle costruzioni in c.a.

Quando ad Ingegneria a Bologna decide di elaborare la sua tesi di laurea *Coperture sospese: indagine teorica fune portante e fune stabilizzante con collegamenti inclinati* nel 1969 (aveva 24 anni) il suo stesso relatore confessa – con grande onestà intellettuale – di non poterlo più di tanto aiutare sugli aspetti teoretici dato che allora gli studi sulle tensostrutture con tiranti a supportare membrane di vario materiale non erano così consolidati e diffusi. Così come non si davano metodi certi per le analisi di strutture che funzionano a trazione non in linearità geometrica, strutture da valutare su modelli matematici per il calcolo degli elementi finiti.

Majowiecki sarà costretto a rivolgersi allora ad uno studioso e imprenditore svedese, David Jawerth, un pioniere delle strutture in cavi d'acciaio. Un incontro che gli permetterà di apprezzare come in quel paese ci fosse grande liberalità tra ricerca, imprenditoria, organizzazione produttiva e sviluppo. Ne farà tesoro.

Sull'utilizzo nelle costruzioni di funi, catene, cavi, tiranti, c'era un immaginario che arrivava da lontano e in particolare dall'Ottocento, per la diffusione di ponti sospesi e poi strallati, per alcune costruzioni industriali che hanno cercato di trovare una soluzione alle grandi coperture e, in particolare, per l'impatto emotivo economico e sociale che ha avuto il Crystal Palace dell'Expo a Londra del 1851.

Per l'idea di tensostruttura l'immaginario era esploso nel Novecento soprattutto dal mondo dell'aeronautica e in particolare dalla costruzio-

ne dei dirigibili. Oppure dal mondo del divertimento collettivo e del tempo libero come dalla grande ruota del Prater di Vienna del 1896. È l'immaginario nel quale Majowiecki idealmente si incontra con figure come Fuller, Wachsmann, o, di seguito, Frei Otto. Un immaginario di libertà alimentato in vario modo anche dalle avanguardie artistiche del Novecento per un linguaggio rivolto alla leggerezza, alla trasparenza, alla messa a vista dei giunti e della loro capacità di tenere assieme e di rispondere dinamicamente alle sollecitazioni strutturali, al controllo visibile delle forze, alla messa in scena delle strutture, scena nella quale lo scheletro/struttura prova, liberandosi dal corpo, ad imporsi come la ragione stessa delle cose: ciò che è, è ciò che tiene e non ciò che appare.

È la diffusione di un linguaggio che dal funzionalismo tra illuminismo e positivismo si era ricomposto nel razionalismo e si esprimeva negli anni Sessanta/Settanta del Novecento verso il minimalismo, anche alimentando il linguaggio delle tensostrutture, dei sistemi reticolari, delle strutture ibride e delle grandi coperture mobili. Quel linguaggio che si espanderà velocemente dovunque, anche in Italia, con alcune opere significative, in particolare negli anni Sessanta. Per esemplificare: l'uso delle catene nelle cartiere Burgo di Mantova nel 1961-63 di Pier Luigi Nervi, per altri versi e funzioni, nell'uso di microtiranti nei magazzini a Genova di Renzo Piano del 1967 o nella fabbrica di componenti elettriche a Longarone di Bruno Morassutti del 1967.

Alla libera immaginazione strutturale, ad esempio di Robert Le Ricolais o di Yona Friedmann, o all'uso del computer per la sperimentazione in decostruzione dei rapporti tra spazio e forma, della così detta transarchitettura, ad esempio di Novak, Lynn o Chu, Majowiecki predilige la razionalizzazione dei processi di progettazione concessi dalla matematica e dai nuovi sistemi di calcolo. Senza contrapporre immaginazione a razionalità egli si affida ad un principio etico: il maggior risultato con il minimo sforzo. Evita così di rinnegare uno dei dettati fondamentali della contemporaneità: il funzionalismo, liberandolo però da una presunzione assolutista, universalista, trascendentale. Per poter avere comunque degli esempi di concrete realizzazioni di grandi dimensioni di vere e proprie tensostrutture, Majowiecki avrebbe dovuto andare in quegli anni a Sydney per vedere il Myer Music Bowl di Melbourne del 1956 di Yuncken Freeman Brothers, Griffiths and Simpson con l'architetto Barry Patten, a Genova dove

nel 1962 veniva inaugurato il palasport di Leo Finzi o a Monaco per vedere il progetto di Frei Otto per l'Expo di Monaco del 1967. Il grande *exploit* delle tensostrutture sarà, sempre a Monaco, il complesso per l'Olimpiade del 1977, ma Majowiecki aveva già intrapreso la sua coerente attività professionale e accademica, diventando a sua volta un protagonista cosmopolita di questo sviluppo. La complessità dei calcoli necessari a valutare fenomeni in costante fase dinamica ha costretto Majowiecki non solo all'uso del computer, ma a pensare in modalità euristica proprio quest'uso. Il computer è diventato così qualcosa di più di uno strumento di calcolo, ma parte del processo stesso di progettazione.

In quel periodo il disegno di strutture complesse si riferiva a studi basati sulla costruzione di modelli fisici in scala. Majowiecki è costretto a superare questa concezione sia per la notevole complessità dei fenomeni prevedibili, o ritenuti imprevedibili, nelle dinamiche strutturali delle tensostrutture e delle membrane, sia perché al variare della scala varia notevolmente il significato dei dati e quindi la valutazione dei comportamenti statici. È così che Majowiecki imposta un modello teorico-numerico, non lineare-geometrico per l'individuazione della soluzione strutturale. Sviluppa la ricerca nell'ambito dell'analisi strutturale e del *form-finding* attraverso il calcolo elettronico, in stretta collaborazione con il CINECA, il consorzio universitario per il calcolo. Con Giorgina Tironi, matematica, elabora modalità di calcolo di strutture pneumatiche e mette a punto nel 1977 il programma CIL di *computer-aided design* interattivo in grado di modificare i dati durante l'elaborazione. È in questo contesto che nasce la *software house* EnExSys per programmi altamente affidabili per l'ingegneria strutturale civile. Il suo rapporto con il computer anticipa in parte l'uso che ne farà, in modo indubbiamente estremamente più organico, Frank Gehry dal 1992 facendo modificare a tal fine il programma Catia nato per la progettazione aerospaziale.

Majowiecki si trovò così in un cruciale intreccio: da una parte l'esplosione di uno scatenato immaginario *free form* e dall'altra l'emergere potente del digitale: non più solo calcolo, ma elaborazione con valenza euristica. L'elaborazione digitale non serve più solo a confermare dati e procedure, ma permette di elaborare progressivamente e automaticamente nuove ipotesi con una algoritmica per la scoperta di nuovi risultati. Così Majowiecki non nega il potenziale di libertà del *free*

form, mentre si affida senza alcuna riserva o ideologia alla potenza del calcolo. Nessuna idolatria né in positivo né in negativo della tecnica. L'immaginario *free form*, l'immaginario dell'impossibile possibile, percorre e alimenta tutta la contemporaneità. Alimenta molti dei fenomeni che emergono con le avanguardie storiche tese a liberare l'immaginazione produttiva per farla in qualche modo ricadere nel sistema produttivo anche grazie alla cibernetica e oggi all'intelligenza artificiale. Domina nel contemporaneo una dialettica tra libertà e rigore, tra *free form* e *form-finding*, tra possibilità e vincoli. Prima che questione estetica o etica questa è questione epistemica: ineludibile nel nostro tempo e ben compresa da Majowiecki.

Ciò che viene messo in gioco, è la tesi classica che la natura operi con il minor sforzo per il maggior risultato e quindi, per analogia, che anche le opere degli uomini dovrebbero, unendo etica ed estetica, conformarsi a questo principio. Si tratta di un presupposto sostanzialmente metafisico, al quale si può rispondere per fede o per opportunità. Può anche essere che la natura non abbia un ordine prestabilito, e quindi tutto vada ricondotto ad una sorta di caos primigenio, ma per noi, in questo determinato momento storico, è conveniente partire da questo presupposto, ricercare il maggior risultato con il minimo sforzo, in nome di una urgenza, la sostenibilità, cioè il dover estrarre e consumare sempre di meno per la nostra stessa sopravvivenza, e di un principio: il principio di responsabilità. Non seguire questo dettato è semplicemente un imbroglio e non un problema di fede.

L'etica della opportunità costringe a valutare il presente in nome di un bene comune possibile e questo fa sì che la storia sia nel contempo il già stato e il non ancora. Da qui l'attività di insegnante a Bologna e nell'Iuav e di pubblicitista di Majowiecki. Majowiecki ha sempre insegnato la differenza tra analisi, progetto e le strategie per la sintesi e, quindi, per il progetto, e lo ha sempre fatto nel corpo vile della tecnica e della scienza delle costruzioni e della sua stessa storia: comprendere significa analisi e sintesi, progetto, storia e metastoria. Ritengo che tutti noi dovremmo accogliere almeno con rispetto questa lezione.

Per capire come Majowiecki affronta i temi del progetto confrontiamo tre diverse soluzioni per tre grandi sistemi di copertura.

La copertura dello Stadio Olimpico di Roma del 1990 rappresenta la prima applicazione al mondo di un particolare tipo di tensostruttura ad anello (ruota di bicicletta) alle dimensioni di uno stadio per l'atletica.



MJW Structures, copertura dello Stadio Olimpico, Roma, 1990

MJW Structures, copertura dello Stadio delle Alpi, Torino, 1990

La struttura utilizza 88 moduli tenso-strutturali disposti radialmente sull'intera estensione dello stadio, caratterizzati ciascuno da una fune superiore portante ed una inferiore stabilizzante, collegate con pendini verticali. Questi elementi radiali sono messi in tensione attraverso una trazione applicata all'anello centrale teso. L'elemento strutturale che bilancia queste forze, all'esterno, è rappresentato dall'anello compresso, realizzato utilizzando una struttura reticolare spaziale che, vincolato su colonne perimetrali in un numero discreto di punti, sfrutta la simmetria radiale del sistema per garantire una configurazione stabile. Lo stadio di Torino, realizzato sempre nel 1990, si pone come "figura duale" rispetto allo Stadio Olimpico di Roma. In primo luogo, la copertura di Torino corrisponde a una tensostruttura ad anello aperto, in contrapposizione all'anello chiuso che caratterizza la soluzione romana. L'anello di Roma si definisce chiuso perché le forze mobilitate dalla tensione impressa all'anello interno si chiudono, in termini di compressione, sull'anello che costituisce il perimetro esterno della copertura. Nel caso di Torino invece le tensostrutture piane radiali hanno bisogno, per esplicare la propria funzione, di riportare le forze in gioco sul terreno, in corrispondenza delle fondazioni: questo schema si definisce aperto. L'anello teso centrale viene sdoppiato in due distinti anelli per ridurre la trazione necessaria. L'altezza dei pennoni deriva dalle leggi geometriche che dettano la configurazione necessaria per i sistemi tenso-strutturali radiali, lungo la pianta ellittica dello stadio. Il nuovo stadio della Juventus sostituisce nel 2010 lo Stadio delle Alpi. L'opera nasce dunque vent'anni dopo le realizzazioni degli anni Novanta. Confrontato a questi primi schemi lo stadio della Juventus sembra sorgere dall'introduzione di un nuovo elemento strutturale: un esile elemento teso, posto sulla verticale zenitale tracciata dallo spigolo del campo da gioco. Ragioni legate alla visibilità dalle tribune consigliano di ridurre al minimo la sezione di questo elemento ma non vietano di introdurlo, come componente stabilizzante, in grado di assorbire la risultante dell'azione di sollevamento esercitata dal vento sull'intera copertura. Esso viene così a identificarsi con una fune di ritegno verticale. A partire dalle quattro funi verticali, disposte in prossimità dei quattro vertici del campo da calcio, il progetto elabora un efficace sistema tenso-strutturale di tipo strallato che, utilizzando le quattro funi zenitali come vincoli stabilizzanti, costruisce attorno ad esse l'intero sistema strutturale.



MJW Structures, Allianz Stadium Juventus (progetto strutturale), Torino, 2008-2010



MJW Structures, passerella Cigno sul fiume Reno, Casalecchio di Reno (BO), 2011

MJW Structures, passerella sul fiume Secchia, Sassuolo (MO), 2009

Leggerezza, si diceva. Indubbiamente è ciò che caratterizza ad esempio le molte passerelle progettate da Majowiecki, Segnalo di seguito alcune strategie costruttive relativamente alla passerella Cigno sul fiume Reno (2011) e alla passerella sul fiume Secchia (2009).

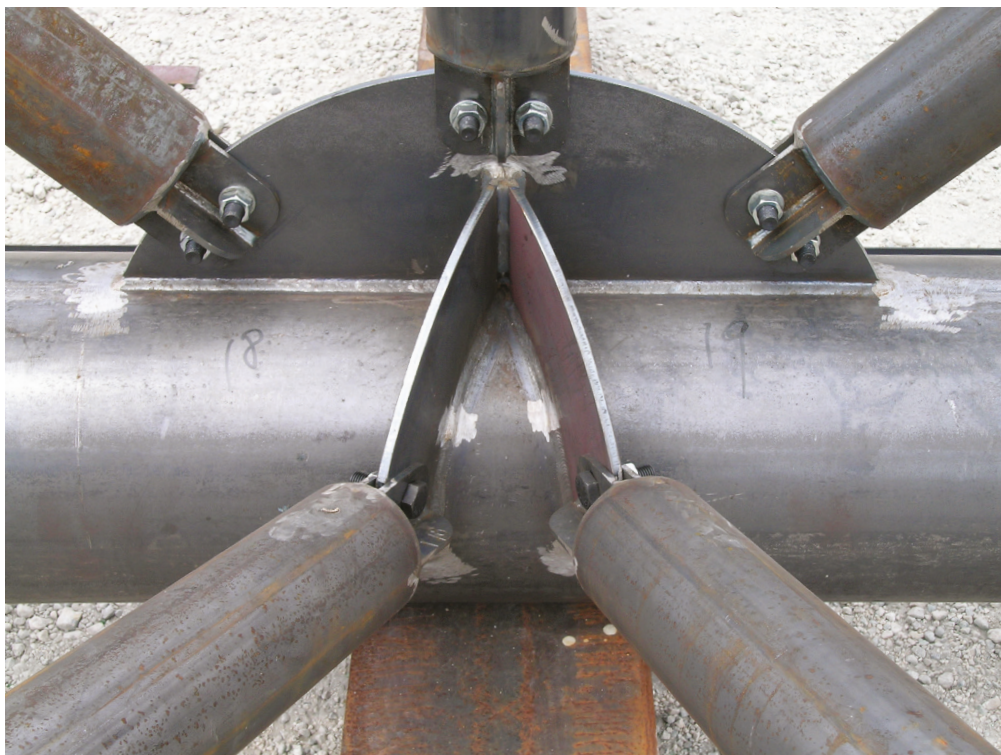
Nella prima passerella, per ridurre le vibrazioni indotte dall'esercizio pedonale Majowiecki prevede una tipologia di connessione rigida a pioli metallici, tra soletta e cassone in acciaio. Anche la forma a Y dell'impalcato in pianta riduce gli effetti vibratori in quanto solo una estremità dell'impalcato è vincolata orizzontalmente in semplice appoggio sulle rive, mentre sull'estremità opposta la biforcazione determina di fatto un vincolo rotazionale.

Nella passerella sul Secchia Majowiecki usa dei sottili fogli di gomma di 5 millimetri inseriti nella connessione bullonata tra struttura principale e secondaria al fine di evitare l'instaurarsi di fenomeni di attrito. Si tratta in sostanza di un giunto dissipativo che evita gli smorzamenti nel comportamento strutturale. Stratagemmi: l'ingegnere come stratega capace sempre di giocare d'astuzia.

Leggerezza, stratagemmi, dispositivi vari che caratterizzano la copertura dei percorsi pedonali per l'Expo 2015 di Milano. Si tratta di una struttura a tenda programmaticamente leggera per richiamare un aspetto quasi arcaico di semplicità costruttiva. Dopo una serie di confronti tra proposte alternative sceglie di adottare un'inedita soluzione a tensostruttura piana, a doppio effetto, con membrana posizionata per metà della pianta sul cavo portante superiore e per l'altra metà su quello stabilizzante, inferiore. Questa particolare disposizione evita l'effetto di monotonia che sarebbe derivato da una morfologia uniforme, a tunnel continuo, garantendo, allo stesso tempo, un efficace deflusso dell'aria calda dall'interno all'esterno della copertura, durante il periodo primaverile ed estivo. Tutto si tiene.

In sintesi:

- la progettazione si libera dello stile, cioè di tutto ciò che viene aggiunto per trasferire il carattere dell'autore all'opera;
- la forma finale tende ad essere l'esito di un processo e non di una prefigurazione previa, di una idea formale da risolvere strutturalmente: non viene immaginata una forma per poi adattarla a qualche ragione strutturale; non si dà differenza tra progetto, struttura, dettaglio;
- i giunti nei sistemi strutturali complessi valgono tanto quanto il



MJW Structures, Nuova Fiera di Roma (progetto strutturale), Roma, 2005-2006.
Particolare del collegamento dei profili diagonali di parete
delle travi reticolari trasversali al corrente inferiore

tutto e in alcuni casi hanno una valenza ulteriore rispetto agli elementi strutturali essendo spesso cruciali nella tenuta e nelle dinamiche delle forze in atto;

- la leggerezza come principio vale anche come chiarezza di esiti e intenti, non quindi come valenza estetica, ma come modalità logica;
- una accettazione non ideologica o parafilosofica del maggior risultato con il minor sforzo in ragione del primato oggi radicale di una sostenibilità come possibilità stessa di sopravvivenza collettiva, cioè nell'orizzonte di un'etica della responsabilità.

Questo mi sembra vada pensato nel paesaggio nel quale si è mosso Majowiecki; questi i suoi sentieri tutti da ripercorrere, liberi, ancora. Chiuderei con due immagini: l'immagine di un giunto della Nuova Fiera di Roma. Si tratta del collegamento dei profili diagonali di parete delle travi reticolari trasversali al corrente inferiore. La giunzione deve qui trasmettere forze relativamente piccole, corrispondenti alla sola variazione, sul nodo, dello sforzo di trazione sul corrente teso. Una coppia di piatti sagomati a semicerchio, direttamente saldati su un profilo tondo trasversale, risolve con grande semplicità il dettaglio costruttivo. Questo per esemplificare la relazione nella progettazione di Majowiecki tra le parti e il tutto. L'immagine di questo giunto è in qualche modo il "logo" del modo stesso di progettare di Majowiecki. Aggiungerei una suggestiva immagine del Centro Congressi La Nuvo-la firmato dallo Studio Fuksas e calcolato e strutturato da Majowiecki: è la dimostrazione che non c'è da parte sua alcun rifiuto né morale né estetico alle logiche del *free form*, ma che comunque inevitabilmente tutto non può che essere ricondotto all'etica della opportunità, là dove come nel caso della Nuvola il tutto non è niente altro che l'insieme dei suoi giunti e delle forze che la reggono: è inevitabilmente costruzione.

Crediti

Crediti

p. 26

C. A. Castigliano, *Théorie des systèmes élastiques et ses applications*, 1879. Le tavole di studi sul ponte Mosca sono le XIV e XV.

p. 28

G.B. Rombaux, *Condizioni di stabilità della tettoja della stazione di Arezzo*, Tipografia e litografia del Giornale del Genio Civile, Roma 1876, tavola II. Università degli Studi di Padova, Biblioteca di Scienze del Farmaco.

p. 35

Archivio MAXXI, Fondo Sergio Musmeci, F18298.

Studio de Miranda Associati.

p. 37

Archivio MAXXI, Fondo Pier Luigi Nervi, F6796.

p. 45

S. Musmeci, *Il calcolo elettronico e la creazione di nuove forme strutturali*, in Maria Zevi (a cura di), *Architettura & computer*, Roma: Bulzoni, 1972, p. 162.

p. 50

Servizi Bibliotecari e Archivi, Politecnico di Milano, ACL, Archivio Storico Politecnico di Milano, fondo Silvano Zorzi.

p. 52

Foto: Studio de Miranda Associati

p. 54

Archivio Fotografico dell'Università di Pisa

p. 81

Archivio di Stato di Torino, Sezioni Riunite, Archivio Raineri, cartella n. 69, dis. non numerato. Riprodotto da Pier Davide Aimaro, per Archivio di Stato di Torino.

p. 83

Archivio di Stato di Torino, Sezioni Riunite, Archivio Raineri, cartella n. 26, dis. non numerato. Riprodotti da Pier Davide Aimaro, per Archivio di Stato di Torino.

p. 85

Archivio di Stato di Torino, Sezioni Riunite, Archivio Raineri, cartella n. 7, dis. non numerato.

Archivio di Stato di Torino, Sezioni Riunite, Archivio Raineri, cartella n. 21, dis. non numerato. Riprodotti da Pier Davide Aimaro, per Archivio di Stato di Torino.

p. 93

A. Daverio, *La Cupola di San Gaudenzio. L'opera del massimo architetto italiano del secolo XIX*. Alessandro Antonelli, Tipografia Cattaneo, Novara 1940.

p. 95

P. Biagini, *Il consolidamento della cupola di San Gaudenzio a Novara*, in "Industria Italiana del Cemento", 4, 1939, pp. 118-119.

p. 96

Lavori del 1931 (Foto Bazzani), in A. Daverio, *La Cupola di San Gaudenzio. L'opera del massimo architetto italiano del secolo XIX*. Alessandro Antonelli, Tipografia Cattaneo, Novara 1940. Foto Bazzani.

Sezione costruttiva degli interventi di Danusso, in P. Biagini, *Il consolidamento*

della cupola di San Gaudenzio a Novara,
in "Industria Italiana del Cemento", 4,
1939, p. 120

p. 98

P. Biagini, *Il consolidamento della
cupola di San Gaudenzio a Novara*,
in "Industria Italiana del Cemento", 4,
1939, p. 123.

pp. 104, 105, 107, 110

Immagini per gentile concessione della
Fundación Eduardo Torroja.

p. 117

Servizi Bibliotecari e Archivi, Politecnico di Milano, ACL, Archivio Storico di Ateneo, Miscellanea disegni, dediche, fotografie, Volume 12.

p. 130

Foto: Marko Pogacnik.

*Sala prove grandi strutture: prova di
resistenza a flessione su elemento di c.a.,
Istituto di Scienza delle Costruzioni*,
[ante 1963]. Servizi Bibliotecari e Archivi,
Politecnico di Milano, ACL, Archivio
Storico di Ateneo, Miscellanea disegni,
dediche, fotografie, Volume 2.

p. 132

Unità registrate nell'indice alla scheda
"A. Mangiarotti" con il titolo "LEMA
stabilimento 422/428". Università Iuav
di Venezia, Archivio Progetti, fondo
Giorgio Casali.

pp. 144-148

F. Mauro, *L'ubicazione degli impianti
industriali*, Enios, Roma 1936.

p. 155

Archivio AITEC. Foto Publifoto.

p. 156

Archivio AITEC.

p. 165

AA.VV., *Un nuovo palazzo a Torino. La
sede della Rai in via Cernaia*, Edizioni
G&P, Torino 1968.

p. 167

Fabrizio de Miranda, *Studio sui col-
legamenti bullonati nelle strutture in
carpenteria tubolare*, in "Costruzioni
Metalliche", nn. 2 e 6, 1967.

p. 169

Foto: Luka Skansi.

p. 171

Università Iuav di Venezia, Archivio
Progetti, fondo Giorgio Casali.

p. 178

AITEC, *Realizzazioni italiane in cemento
armato precompresso 1962, IV Congresso
Internazionale del Precompresso (F.I.P.)
Roma-Napoli 1962*, Aitec, Roma 1962.

Archivio Centrale dello Stato, Fondo
Riccardo Morandi.

p. 183

AA.VV., *La nuova stazione di Roma
Termini delle Ferrovie Italiane dello
stato*, Collegio degli Ingegneri Ferroviari
Italiani, 1951, Roma.

Archivio Centrale dello Stato, Fondo
Riccardo Morandi.

pp. 185, 186

Archivio Centrale dello Stato, Fondo
Riccardo Morandi.

pp. 191, 192

Foto: Studio MPA

pp. 196, 198, 201

Archivio Centrale dello Stato, Fondo
Riccardo Morandi.

p. 203

Giordano Poloni, *Manifesto di Colleferro Città Morandiana*, opera commissionata dal Comune di Colleferro, 2018

p. 210

G. Fiorini, *Villa sulle rocce*, studio di architettura in cemento armato, pubblicato in G. Fiorini, *Visioni architettoniche*, Roma 1929, tav. 23.

p. 211

G. Fiorini, bozzetto per il film *I grandi magazzini* di Mario Camerini, 1939, pubblicato in F. Quinterio, *Dai "Grattacielo" per Le Corbusier alle scenografie dei set cinematografici: alcune note su Guido Fiorini ingegnere bolognese*, in A. Trentin (a cura di), *Edifici alti in Emilia-Romagna*, CLUEB, Bologna 2006, p. 32.

p. 212

"Bollettino Tecnico Savigliano", n. 3, 1933.

p. 213

"Bollettino Tecnico Savigliano", n. 1, 1934.

p. 219

S. Musmeci, *Sergio Musmeci*, CESICA, Pordenone 1979, p. 108.

S. Musmeci, *Sergio Musmeci*, CESICA, Pordenone 1979, p. 109.

p. 220

S. Musmeci, *Edificio in elementi prefabbricati a Roma*, in "L'architettura. Cronache e storia", n. 65, 1961, p. 728.

p. 222

S. Musmeci, *Edificio in elementi prefabbricati a Roma*, in "L'architettura. Cronache e storia", n. 65, 1961, p. 729.

M. Starita, S. Musmeci, edificio per la Società Fiorentini, Roma, 1958-60, vista dell'atrio, pubblicata in S. Musmeci, *Edificio in elementi prefabbricati a Roma*, in "L'architettura. Cronache e storia", n. 65, 1961, p. 730.

pp. 226, 229

Università degli Studi di Parma, Archivio CSAC.

p. 230

Archivio CONI.

p. 232

Archivio ICCD.

pp. 242, 243

B. Dall'Aglio, *La copertura del nuovo salone di tessitura del Lanificio Marzotto di Valdagno*, Padova 1963.

p. 244

Fondazione Aldo Pio Favini e Anna Gatta.

p. 248

Foto: Giulio Barazzetta

p. 249

Servizi Bibliotecari e Archivi, Politecnico di Milano, ACL, Archivio Storico Politecnico di Milano, fondo Silvano Zorzi.

p. 250

Archivio Fondazione Angelo Mangiarotti.

p. 252

Archivio Centrale dello Stato, Fondo Luigi Moretti.

p. 255

Archivio Centrale dello Stato, Fondo Luigi Moretti, Progetti_229_ES_080.

p. 257

Foto: Marzia Marandola.

pp. 262, 264, 267, 268, 269

Università Iuav di Venezia, Archivio Progetti, Fondo Ferdinando Forlati.

pp. 274, 277 (in alto)

Fondazione Giorgio Cini, Fototeca dell'Istituto di Storia dell'arte.

pp. 277 (in basso), 279, 280

Archivio Storico SACAIM.

p. 290

Foto: Micaela Antonucci.

p. 292

Archivio Bianchini, Firenze.

p. 294

Copyright Alma Mater Studiorum Università di Bologna - Biblioteca Universitaria di Bologna; si fa espressa avvertenza del divieto di ulteriore riproduzione o duplicazione con qualsiasi mezzo.

p. 296

Fondazione Michelucci, Archivio Lezioni, AL019, carta 4; fonte: N. Musumeci, P. Ricco (a cura di), *Giovanni Michelucci. Inventario delle lezioni*, Fondazione Giovanni Michelucci, Fiesole 2017, p. 8.

p. 304

Università Iuav di Venezia, Archivio Progetti, Fondo Eugenio Miozzi. Coll. IUAV AP Miozzi 2.fot/15.

Università Iuav di Venezia, Archivio Progetti, Fondo Eugenio Miozzi. Coll. IUAV AP Miozzi 2.fot/15

p. 307

“RACI”, n. 52, dicembre 1931, p. 27.
Foto: Reale fotografia Giacomelli.

p. 309

Università Iuav di Venezia, Archivio Progetti, Fondo Eugenio Miozzi. Coll. AMV 1931-35 III 15/21

p. 311

Archivio Storico SACAIM.

Si ringrazia l'Archivio Municipale del comune di Venezia per la concessione alla riproduzione delle immagini.

Si ringrazia l'impresa SACAIM S.p.a. per la possibilità di consultare documenti inediti fondamentali, conservati nell'archivio storico dell'azienda, per la ricostruzione del cantiere dell'Autorimessa.

pp. 319, 321, 322, 324

Foto: MJW Structures.

In seconda di copertina

Riccardo Morandi, cavalcavia della via del Foro Italico su corso Francia, Roma, 1958-60, armatura dei puntoni. Archivio Centrale dello Stato, Fondo Riccardo Morandi.

Finito di stampare nel mese di novembre 2022
da Digital Team - Fano (PU)