

Edoardo Benvenuto PRIZE

Studia Ligustica 16



Collection of papers

Studia Ligustica

Collana di studi on line per l'approfondimento delle tematiche interdisciplinari
riguardanti la storia, le arti e la bibliografia della Liguria

16





Edoardo Benvenuto Prize

Collection of papers

a cura di

Danila Aita, Giovanni Benvenuto
Massimo Corradi, Orietta Pedemonte

Genova 2023

Volume realizzato con il contributo dell'Associazione Edoardo Benvenuto per la ricerca sulla Scienza e l'Arte del Costruire nel loro sviluppo storico e del Dipartimento di Scienze per l'Architettura (DSA) - Università degli Studi di Genova

Volume a cura di:

Danila Aita

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA) - Politecnico di Milano
e-mail: danila.aita@polimi.it

Giovanni Benvenuto

Dipartimento di ingegneria navale, elettrica, elettronica e delle telecomunicazioni (DITEN)
Università degli Studi di Genova
e-mail: giovanni.benvenuto@unige.it

Massimo Corradi

Dipartimento Architettura e Design (DAD) - Università degli Studi di Genova
e-mail: massimo.corradi@unige.it

Orietta Pedemonte

Dipartimento di Scienze per l'Architettura (DSA) - Università degli Studi di Genova

Studia Ligustica

Collana fondata e diretta da Claudio Paolucci

Segreteria scientifica, curatela editoriale, grafica: *Andrea Lavaggi*

© 2023, BIBLIOTECA FRANZONIANA - GENOVA

© I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento totale o parziale, con qualsiasi mezzo, sono riservati in tutti i Paesi.

È consentita la citazione di parti del testo previo indicazione della fonte per esteso, incluse le pagine di riferimento; non è consentito l'utilizzo delle immagini senza l'autorizzazione degli autori e dell'editore.

URL pubblicazione: <https://www.fondazionefranzoni.it/studia-ligustica-16-2023/>
Luglio 2023

ISBN 978-88-98246-15-1

INDICE

<i>Prefazione</i>	pag.	9
Antonio Becchi <i>Il doppio mondo di un “uomo sensibile e immaginoso”</i>	»	13
Edoardo Benvenuto Prize. Collection of papers 2002-2019		
2002 – vincitore: Pierre Smars		
Pierre Smars <i>Safety analysis of masonry arch and vaults with a note on the kinematic safety of arches</i>	»	23
2002 – menzione speciale: Ilaria Pecoraro		
Ilaria Pecoraro <i>I sistemi voltati del Salento: origini, geometrie costruttive e problemi di conservazione</i>	»	51
2003 – vincitori ex aequo: Tullia Iori, John Ochsendorf		
Tullia Iori <i>Reinforced concrete in Italy: a sweeping story</i>	»	73
John Ochsendorf <i>The stability of a masonry arch on buttresses</i>	»	87
2004 – vincitori ex aequo: Joaquín Francisco Antuña, Chiara Calderini		
Joaquín Francisco Antuña <i>Las estructuras de edificación de Eduardo Torroja Miret</i>	»	111
Chiara Calderini, Chiara Ferrero, Pere Roca <i>Experimental and numerical response of dry-joint masonry arches subject to large support displacements</i>	»	131

2005 – vincitore: Holger Eggemann

Holger Eggemann

Simplified design of composite columns based on construction history and the development of design rules » 151

2006 – vincitore: Hermann Schlimme

Hermann Schlimme

Building knowledge encounters emerging natural science: the “Accademia della Vachia” in Florence, 1661-1662 » 169

2008 – vincitori ex aequo: Luc Tamboréro, Denis Zastavni

Luc Tamboréro

La coupe des voûtes à la française » 197

Denis Zastavni

Robert Maillart’s essential contribution to structural design with concrete. Morphogenesis for architectural structures » 229

2009 – vincitore ex aequo: Federica Ottoni

Federica Ottoni

Of domes and their trap. The long history of the domed structures, between debates and experimentation » 263

2010 – menzione speciale: Marzia Marandola

Marzia Marandola

Autobiografia della ricerca » 289

2012 – vincitore: Philippe Block

Ricardo Maia Avelino, Tom Van Mele, Philippe Block

Advances in Thrust Network Analysis. Constrained equilibrium assessment of masonry vaulted structures » 311

2012 – menzione speciale: Stefano De Santis	
Stefano De Santis, Gianmarco de Felice	
<i>Load-carrying capacity and seismic behaviour of masonry arch bridges</i>	» 345
2015 – vincitore: Christian Kayser	
Christian Kayser	
<i>Freiburg and the consequences. Construction and reception gothic tracery spires</i>	» 369
2019 – vincitore: Barbara Berger	
Barbara Berger	
<i>Gasholder construction. A multi-disciplinary history</i>	» 395
2019 – menzione speciale: Gianluca Capurso	
Gianluca Capurso	
<i>Struttura e architettura. Strumenti e risultati di una ricerca sul dopoguerra italiano</i>	» 421
Abstracts	» 441
Biographies	» 461
Edoardo Benvenuto Prize - Hall of fame	» 475

Prefazione

La promozione degli studi e delle ricerche sulla “Scienza e l’Arte del Costruire nel loro sviluppo storico” costituisce l’obiettivo che l’Associazione Edoardo Benvenuto si è posta, fin dalla sua costituzione, l’8 Giugno 1999, allo scopo di onorare la memoria di Edoardo Benvenuto (1940-1998).

Figura di spicco in ambito genovese, ma conosciuto e apprezzato per i suoi scritti e la sua attività di studioso in Italia e all’estero, Benvenuto si era distinto per la sua singolare attitudine a coniugare armonicamente in un contesto unitario il rigore scientifico e la cultura umanistica. La sua attività spaziava infatti dalla scienza delle costruzioni (di cui era professore ordinario) alla filosofia, dalla teologia alla storia della scienza, dalle arti figurative alla musica. Benvenuto non si limitò tuttavia a svolgere un’intensa attività di studio e di ricerca, ma collaborò efficacemente, in prima persona, alla valorizzazione culturale della sua città: in qualità di esperto dell’UNESCO si era adoperato in modo determinante affinché Genova potesse diventare nel 2004 capitale della cultura; nella sua veste di preside di Architettura, incarico che aveva mantenuto per quasi 18 anni, aveva sostenuto con fermezza l’opportunità del trasferimento della facoltà nel centro storico genovese ed era stato il principale artefice della realizzazione di questo obiettivo, con una intuizione che si rivelò ottimale da un punto di vista urbanistico e sociale.

Ma limitando il discorso alle tematiche più specifiche su cui la Associazione, come sopra ricordato, ha voluto focalizzare la sua attenzione, è interessante ricordare che Benvenuto, vinta la cattedra di professore ordinario in Scienza delle costruzioni nel 1974 e chiamato, dal 1975, ad insegnare presso la nuova Facoltà di Architettura di Genova, della quale diviene preside nel 1979, avvia una innovativa impostazione dell’insegnamento e dello studio delle discipline strutturali, introducendo la prospettiva storica come fondamentale chiave di lettura della evoluzione delle conoscenze scientifiche. Tale impostazione era motivata dall’esigenza, che il nuovo impegno presso la facoltà di Architettura gli suggeriva, di trovare un “luogo d’incontro” tra una cultura tecnico-scientifica con cui si era misurato negli anni trascorsi a ingegneria e una cultura diversa, più orientata alle scelte progettuali e al confronto con le scienze umane.

Scrive infatti Benvenuto nell’introduzione alla sua opera maggiore “La scienza delle costruzioni e il suo sviluppo storico” (prima edizione presso Sansoni, Firenze, 1981; riedizione presso Edizioni di Storia e Letteratura, Roma, 2006): «L’ipotesi da me perseguita è appunto che la lettura storica

possa favorire la configurazione di quel “luogo di incontro” di cui prima accennavo. Il contrasto epistemologico tra una scienza “tradizionale”, qual è la meccanica delle strutture, e le altre scienze dallo statuto più duttile cui l’architetto è orientato, ha *in astratto* l’aspetto di una insanabile *contraddizione*, ma se è colto retrospettivamente nel *reale* sviluppo del pensiero scientifico-tecnico e delle soluzioni costruttive, sull’arco della storia dell’architettura, diventa invece il segno di un *rapporto dialettico* che può essere interpretato e vissuto solo “mescolando” i due orizzonti di comprensione o le due “culture”».

L’approccio metodologico inaugurato da Benvenuto con il suo libro ha avuto un seguito significativo in Italia con la promozione di un dottorato di ricerca specifico e la definizione di una linea di ricerca innovativa, che ha visto la partecipazione e il sostegno di numerosi studiosi e docenti. Il riconoscimento a livello internazionale è giunto qualche anno dopo con la pubblicazione dell’altro suo importante trattato, in due volumi, “An introduction to the history of structural mechanics” (Springer Verlag, Berlin - New York, 1991) e degli Atti del primo Symposium “Between Mechanics and Architecture” (Birkhäuser, Basel, 1995), curati da Benvenuto con P. Radelet de Grave. Ho voluto trascrivere le parole di Benvenuto nel brano sopra riportato perché, a mio avviso, chiariscono molto bene quale era il suo progetto culturale di interpretazione del rapporto tra scienza e arte del costruire alla luce della prospettiva storica. L’obiettivo di portare avanti questo progetto e di proseguire sulla strada tracciata è stato alla base della costituzione della Associazione Edoardo Benvenuto, che in questi anni ha conseguito interessanti risultati sviluppando diverse attività quali: organizzazione di convegni nazionali ed internazionali, conferenze, giornate di studio; collaborazione con istituzioni di ricerca nazionali e straniere; promozione della collana editoriale “Between Mechanics and Architecture”; attivazione del portale *Bibliotheca Mechanica-Architectonica*, prima biblioteca digitalizzata “open source” dedicata alla ricerca storica sui testi di meccanica e architettura. Ma forse l’iniziativa più qualificante è stata l’istituzione del *Premio Edoardo Benvenuto*, giunto nel 2019 alla dodicesima edizione, riservato a giovani ricercatori nell’ambito degli studi storici sulla scienza e l’arte del costruire. L’assegnazione del Premio avviene a valle di un esame approfondito dei testi pervenuti alla Associazione ad opera di una Commissione internazionale di esperti. Scopo del presente libro è quello di raccogliere e di presentare gli studi e le pubblicazioni più recenti prodotte dai premiati delle diverse edizioni del Premio Edoardo Benvenuto.

Giovanni Benvenuto

Marzia Marandola

Autobiografia della ricerca

Il volume premiato¹ ha costituito una tappa miliare nel mio percorso scientifico e accademico: grazie ad esso ho ottenuto una significativa affermazione nell'ambiente scientifico e una riconoscibilità disciplinare, che mi ha avvantaggiato nelle relazioni universitarie in Italia e all'estero. L'originalità del tema affrontato nel volume e il taglio critico innovativo con cui è stato trattato, sono stati determinanti per aggiudicarmi nel 2011 il posto da ricercatore a tempo indeterminato in Storia dell'architettura alla facoltà di Architettura della Sapienza, Università di Roma. Il libro ha costituito un vero e proprio viatico per i miei studi, rivolti a sondare un terreno relativamente vergine che, pur trascurato dalla critica architettonica, è provvisto di vigorose valenze tecnico costruttive e figurative. Questa visione duplice, che sovrappone l'opera di ingegneria e quella di architettura, imprime un'innovativa trasversalità disciplinare al volume. Il medesimo ambito si è attestato come privilegiato nei miei studi successivi, che hanno spalancato nuovi territori alla critica architettonica, fino ad allora molto reticente, se non estranea, nei confronti delle costruzioni "di ingegneria".

Attraverso le modalità costruttive ricorrenti nelle opere in precompresso e il loro funzionamento statico il libro affronta gli esiti formali ed espressivi specifici di alcuni capolavori della costruzione in Italia. Se il filo rosso della narrazione prende le mosse dalla nascita del cemento armato precompresso e ne segue la diffusione in Italia, il fuoco critico si incentra sul rapporto tra le valenze costruttive, di cui dispone questa tecnica innovativa, e le sue inedite potenzialità espressive, plastiche e formali.

Antefatto di questo studio ad ampio raggio cronologico e tipologico è la ricerca di dottorato che ho dedicato a *Riccardo Morandi ingegnere (1902-1989): le sperimentazioni e le opere in cemento armato precompresso degli anni cinquanta* (XVIII ciclo, Università di Roma Tor Vergata, tutor prof.

¹ M. Marandola, *La costruzione in precompresso. Conoscere per recuperare il patrimonio italiano*, Milano, IlSole24ore, 2009, libro vincitore della Menzione speciale Edoardo Benvenuto 2010.

Claudia Conforti, coordinatore prof. Sergio Poretti) condotta e discussa nel Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Roma Tor Vergata, dove dagli anni Novanta del secolo scorso, sotto la spinta degli studi di Vittorio de Feo, si sviluppano studi pionieristici sull'architettura confrontata con la storia della costruzione e quella del cantiere, dal mondo antico fino agli edifici contemporanei.

La tesi di Dottorato ebbe un significativo riconoscimento nella segnalazione al Premio Nazionale AAA/Italia 2006 dell'Associazione Nazionale Archivi di Architettura Contemporanea, nella sezione *Analisi storico-critica a partire da un archivio di architettura moderna e contemporanea* (convenzionalmente dal 1870 ad oggi), che elogiò la mia ricerca «per la rigorosa struttura metodologica nell'affrontare l'archivio e la ricerca tecnologica».

La struttura del volume è ramificata e transdisciplinare, ponendosi l'obiettivo di fornire strumenti di valutazione e dispositivi di lettura, tali da conquistare alle opere cosiddette di ingegneria l'apprezzamento critico e la densità rappresentativa, di norma riservati alle opere di architettura. Lo sguardo orizzontale è introdotto dallo scritto di apertura del volume, che intende familiarizzare il lettore con le tappe fondamentali con cui si plasma e si afferma la nuova tecnica costruttiva in cemento precompresso. La comprensione di questa tecnica è il grimaldello per introdurre la produzione ingegneristica nella sfera della valutazione critica finora riservata all'architettura e per assaporare una conoscenza che approda a formidabili manufatti plastici, di grande potenza espressiva.

Non casualmente l'immagine di copertina è il viadotto sul Polcevera, un capolavoro costruttivo, paesaggistico e plastico, che ha avuto pochi termini di confronto. I capitoli del libro mettono a fuoco una decina di casi studio, nei quali la costruzione configura sorprendenti equilibri tra originalità formale e arditezza tecnica. Non propone pertanto un semplice catalogo di opere italiane, ma una selezione particolarmente mirata di esempi, nei quali la volontà estetica si intreccia con l'elaborazione del progetto costruttivo, dove progettisti di grande talento hanno scelto, tra le soluzioni tecniche possibili, quella più elegante e figurativamente più raffinata.

Sotto il profilo storiografico occorre notare che l'eccezionalità di queste opere dell'ingegneria italiana è, tra gli altri, prova della volontà di dimostrare che l'Italia, pur uscita sconfitta e impoverita dal secondo conflitto mondiale, pur arretrata industrialmente e tecnologicamente, con cantieri artigianali e tradizionali, è dotata di intraprendenza imprenditoriale e una sapienza tecnica di antico retaggio, tali da approdare a risultati esemplari. Alcune occasioni in particolare hanno creato le premesse per una speri-

mentazione diffusa e audace: la costruzione dell'autostrada del Sole, le opere per le Olimpiadi di Roma del 1960, l'Esposizione di Torino del 1961 per il centenario dell'Unità d'Italia: cantieri artigianali da cui sono uscite architetture esemplari e uniche per originalità e audacia costruttiva. Opere che è imperativo conoscere al fine di conservarle adeguatamente. Molte di esse, soprattutto le opere infrastrutturali, infatti soffrono di un forte degrado e di ammaloramenti diversi, dovuti sia alla progettazione pionieristica che, soprattutto, all'attuale ambiente fisico divenuto particolarmente aggressivo e a condizioni di traffico decisamente esorbitanti quelle di progetto. Si tratta dunque spesso di opere a rischio, come dimostra il caso drammatico del viadotto (1960-1967) sul torrente Polcevera di Genova, che in passato era stato periodicamente minacciato di demolizione dall'Anas a causa della sua sopravvenuta inadeguatezza al traffico attuale e delle difficoltà di manutenzione e monitoraggio. Periodicamente rappezzato, in assenza di un progetto definito e globale di salvaguardia, è tragicamente crollato il 14 agosto 2018, causando la morte di 43 persone. Una tragedia causata dall'incuria, dalla scarsa manutenzione e dall'ignoranza di un'opera sperimentale e avveniristica, come questo libro testimoniava con quasi un decennio di anticipo rispetto ai tempi, ponendo non a caso proprio il viadotto di Genova in copertina, come un caso esemplare di opera da conoscere per recuperare.

Il libro si conclude con un'intervista all'ingegnere Franco Levi, un maestro, classe 1914, morto nel settembre 2009, tra i più brillanti allievi del leggendario Gustavo Colonnetti, caposcuola teorico e garante scientifico della costruzione italiana in precompresso. Levi, con vivacità ed entusiasmo, ripercorre la nascita e l'evoluzione del precompresso, attraverso conquiste e sconfitte di una tecnica ancora oggi in evoluzione. Una sintetica bibliografia ragionata chiude infine il volume, che è stato recensito anche sulla rivista internazionale "Casabella".

La costruzione in precompresso

L'originalità del testo consiste anche nell'indagare storicamente un tema tecnico trascurato dagli storici dell'architettura, quello appunto della costruzione in cemento armato precompresso, spesso lasciato esclusivamente agli ingegneri o ai tecnici della costruzione. In realtà questo sistema costruttivo permette la realizzazione di tante opere del Novecento, tra cui molti capolavori, come il mio saggio dimostra, ripercorrendo la nascita e lo sviluppo di questo sistema.

Dagli anni Trenta del Novecento, dapprima in Francia, poi in Germania, comincia ad affermarsi l'uso del cemento armato precompresso, sperimentato in precedenza in poche e piccole costruzioni.

La paternità di questo procedimento costruttivo spetta al grande ingegnere francese Eugène Freyssinet (1879-1962), che fin dal 1928 deposita un primo brevetto in Francia e, a distanza di un anno, anche in Italia.

Nel nostro paese il merito della diffusione del calcestruzzo armato precompresso si ascrive al brillante ingegno teorico di Gustavo Colonnetti (1886-1968), ingegnere e matematico torinese, docente in diverse università italiane e, dal 1936, direttore del centro studi sui materiali da costruzione del CNR. Pioniere della teorizzazione del cemento armato precompresso, Colonnetti imposta le leggi fondamentali che regolano gli stati di coazione, ossia le cause capaci di indurre la presenza di sforzi interni anche in assenza di carichi esterni esplicitamente applicati.

Un esempio addotto tradizionalmente per chiarire il concetto è quello di un anello metallico di cui, troncata una porzione, si saldano le due estremità rimaste libere, richiudendo a forza la forma: per questa via all'interno dell'anello si genera quello che si definisce uno stato di coazione. Un ulteriore esempio è quello di una trave continua su più appoggi, uno dei quali subisce un cedimento: in entrambi i due casi evocati si generano forze dovute a una presollecitazione. Nel cemento armato semplice si opera una suddivisione degli sforzi tensionali: da un lato il cemento, che assorbe gli sforzi di compressione, dall'altro il ferro che assorbe quelli di trazione. Invece nel caso del precompresso la presollecitazione del conglomerato cementizio mediante l'applicazione di una precompressione, prodotta con l'uso di armature metalliche poste in tensione, gli conferisce la capacità di resistere anche a sforzi di trazione.

Colonnetti ha ripetutamente sollevato riserve sul cemento armato, causate dalla diffidenza verso l'ipotesi di perfetta aderenza e di buona collaborazione tra due materiali così diversi, tra armature e calcestruzzo. Le sue ricerche hanno orientato gli studi di allievi e collaboratori verso la messa a punto di un sistema costruttivo capace di rendere omogenei i due componenti, calcestruzzo e ferro, incoraggiando per questa via gli ingegneri a sperimentare in tale direzione. Gli studi teorici di Colonnetti, seguiti dalla messa a punto di un brevetto, depositato nel 1941, alquanto rudimentale, pubblicizzato ma non commercializzato, sono stati determinanti per lo sviluppo in Italia della tecnica del cemento precompresso.

Tra gli allievi più promettenti di Colonnetti emerge Franco Levi (1914-2009), che con lui collabora prima a Torino, poi in Francia, dove si rifugia

a seguito delle leggi razziali. La collaborazione tra i due prosegue anche in situazioni di emergenza, quali furono gli anni di esilio cui fu costretto Colonnetti, a causa del suo dichiarato antifascismo. Rifugiatosi in Svizzera nel 1943, Colonnetti vi avvia una università italiana per rifugiati: una scuola dove gli studenti fuggiti dall'Italia possano proseguire gli studi. In essa si formeranno alcuni dei suoi allievi divenuti celebri ingegneri, specialisti del cemento armato precompresso, come Aldo Favini e Silvano Zorzi.

Quando alla fine della guerra Colonnetti è nominato presidente del CNR, Franco Levi, sempre al suo fianco, coordinerà il Centro Studi sugli Stati di Coazioni Elastiche, una costola del CNR, dove, a stretto contatto con gli ingegneri sperimentatori, si dedica all'elaborazione delle teorie sulla viscosità, prendendo in considerazione il comportamento del precompresso nel tempo, le deformazioni lente e il ritiro del calcestruzzo, i fenomeni di rilassamento dei cavi, e così via.

In Italia le primissime sperimentazioni e i primi studi sono condotti, oltre che da Colonnetti, dall'ingegnere romano Carlo Cestelli Guidi (1906-1995), con la realizzazione di travi prefabbricate a fili aderenti.

Mentre Colonnetti ha soprattutto un ruolo di guida e di riferimento per lo sviluppo della teoria, tra accademici e sperimentatori, Cestelli Guidi si afferma come straordinario divulgatore presso gli ingegneri progettisti che intendono misurarsi con la costruzione in precompresso. Su questo fronte il suo ruolo risulta determinante sia attraverso le lezioni tenute fin dal 1944 alla facoltà di Ingegneria di Roma, che contemplano il calcolo e il progetto in precompresso, sia con la pubblicazione, nel 1947, del volume *Il conglomerato precompresso: teoria, esperienze, applicazioni*. Il testo, che si afferma immediatamente come un vero e proprio manuale della costruzione in precompresso, viene tradotto in più lingue e riedito ripetutamente, tanto che ancora oggi è facilmente reperibile. Lo stesso Cestelli Guidi, nella prefazione alla prima edizione, oltre a sottolineare che la materia è ancora in fase di studio e che solo dall'esperienza si conoscerà precisamente il comportamento di queste strutture una volta soggette ai carichi, premette la natura essenzialmente pratica del volume e rimanda, per gli aspetti teorici, alle "opere classiche" di Colonnetti.

In definitiva in Italia sono di primissimo livello gli studi teorici di Colonnetti, Levi e Arturo Danusso (1880-1968), mentre per la divulgazione della tecnica prima spicca fra tutte l'azione di Cestelli Guidi.

Quando alla fine del 1947 il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, in stretta collaborazione con il CNR, emana le prime normative per la costruzione in cemento armato precompresso, incarica il ministero dei Lavori

Pubblici e lo stesso CNR di valutare la correttezza dei progetti delle opere in precompresso. Levi sarà l'ingegnere che si impegna personalmente a monitorare e verificare molte tra le più importanti opere in precompresso costruite in Italia. In tal modo i cantieri diventano un laboratorio formidabile per l'ingegnere, teorico del precompresso, dove verificare ipotesi e suggestioni. Quindi pratica sperimentale e teoria avanzano congiuntamente e procedono alla messa a punto di sistemi collaudati e scientificamente verificati.

L'immersione nella pratica costruttiva di Levi si completa quando progetta, in collaborazione, alcune opere impegnative come il Nuovo Palazzo delle Mostre, più noto come Palazzo a Vela, a Torino per l'Esposizione del 1961; la volta di copertura dello stadio di Teramo e il più grande bacino di carenaggio costruito a Genova, in seguito trasferito in Turchia

Il calcolo esatto per le opere in precompresso è difficile, non si conoscono bene i comportamenti di queste strutture che la sola teoria elastica non riesce a esplicitare: pertanto il cantiere diventa il momento delle prove e delle esperienze. Per sviluppare questo versante viene fondato nel 1951 l'Ismes (Istituto Sperimentale Modelli e Strutture, Bergamo), specificamente finalizzato alle prove su modelli.

Tuttavia non sarebbe corretto affermare che in Italia lo sviluppo del precompresso sia frutto della collaborazione fattiva di un gruppo di ingegneri, pratici e teorici; in effetti esso è piuttosto il risultato della convergenza di sforzi individuali: numerosi ingegneri, in modo autonomo e competitivo, hanno aggiunto il proprio tassello allo sviluppo e all'affermazione di questa tecnica costruttiva.

I dispositivi tecnici italiani non hanno la stessa innovativa originalità di quelli d'Oltralpe, eppure ogni ingegnere italiano che sia promotore e costruttore in precompresso, tenderà a brevettare e utilizzare il proprio sistema. Realizzando portali sperimentali e mettendo a punto sistemi di precompressione italiani, i vari Rinaldi, Balducchi, Morandi e Favini, li depositano come brevetti con privativa, anche se in genere si tratta piuttosto di ingegnose filiazioni e miglioramenti di sistemi francesi o tedeschi già collaudati.

Per meglio intendere questo delicato e interessante aspetto, è utile precisare che esistono due diversi sistemi di precompressione: uno, detto ad armatura pre-tesa, è fondato sulla messa in tensione delle armature prima di eseguire il getto delle travi cementizie all'interno di casseforme; una volta raggiunto l'indurimento delle travi, si rilasciano i cavi tenuti in tensione. Un secondo, più utilizzato e sperimentato, è prodotto attraverso

so il passaggio di cavi all'interno di guaine appositamente predisposte in sezioni cementizie già stagionate. Il tiro dei cavi in questo caso avviene a indurimento avvenuto, tramite l'uso di martinetti idraulici posti alle teste delle travi.

Le prime opere realizzate consistono in travi con sistemi statici di appoggio-appoggio e privilegiano la precompressione di post-tensione a cavi scorrevoli. Se i dispositivi non aggiungono innovazione agli esiti d'Oltralpe, i risultati costruttivi italiani riescono invece a competere e, in alcuni casi, a superare le opere realizzate in Europa. Gli anni precedenti il conflitto mondiale, con la scarsità di materie prime conseguenti all'autarchia, sono all'origine di una vicenda singolare dello sviluppo del precompresso in Italia, che probabilmente fornisce la chiave di lettura più perspicua per capire la storia costruttiva del cemento e del cemento armato precompresso in speciale modo.

Si deve agli innovativi studi di Tullia Iori sul cemento armato in Italia la limpida messa a fuoco di questa vicenda che si dispiega dalla nascita allo sviluppo del cemento armato, con particolare attenzione agli anni dell'autarchia. Quello che nasce come un severo limite per il mondo della costruzione in Italia diventa, nei fatti, spinta propulsiva per un'originalità di ricerca e una storia unica ed eccezionale.

I tecnici, costretti a interrompere cantieri e progetti di lavoro a causa degli eventi bellici, si dedicano a sperimentazioni sul cemento armato, perseguendo l'obiettivo di ridurre al minimo l'uso del ferro, destinato quasi totalmente allo sforzo bellico.

In quegli anni tribolati sono decine i dispositivi brevettati per ridurre l'uso del ferro nelle opere cementizie: si oscilla da proposte di materiali alternativi, come il flessibile legno o le più esotiche canne di bambù, fin all'ipotesi di eliminare il ferro, sfruttando sistemi di incastro per la tenuta di laterizi e cemento. All'interno di questo mondo di sperimentazioni si inseriscono le ricerche sul cemento armato precompresso. Il precompresso sembra suggerire una via parallela e alternativa: infatti attraverso il suo uso si possono ridurre sensibilmente gli spessori del calcestruzzo e di conseguenza anche la quantità di armature.

Una strada diversa, che gli ingegneri italiani imbroccano con grande entusiasmo e dedizione e che continueranno a perseguire anche dopo la guerra quando, con Cestelli Guidi presidente, nasce nel 1949 l'Associazione Nazionale Italiana Cemento Armato Precompresso, che riunisce gli ingegneri che studiano e sperimentano il precompresso.

Negli anni si avvicenderanno alla presidenza ingegneri del calibro di Luigi Stabilini e Aristide Giannelli.

Quando alla fine degli anni quaranta, dopo la realizzazione di piccole strutture dimostrative, le sperimentazioni approdano alla costruzione dei primi ponti, scatta una sorta di gara tra i progettisti per aggiudicarsi il primato della costruzione del primo ponte in precompresso.

Il primato dei ponti, sulla base della rassegna redatta dall'Aitec, spetterebbe a quello sul Piave a Vallesella (Belluno), costruito dall'ingegnere Carlo Predella tra il febbraio del 1949 e l'aprile del 1950: lungo 267 m, è impostato su sette campate e precompresso con sistema Freyssinet. Altre fonti indicano come primo il ponte costruito sul torrente Samoggia a Bologna da Giuseppe Rinaldi, tra l'ottobre del 1949 e il gennaio del 1950. Il ponte è a campata unica, in conci prefabbricati resi solidali mediante cavi post-tesi con dispositivo di precompressione Magnel; il sistema statico è quello di una trave appoggiata-appoggiata con una luce libera di 26 m.

Tra i numerosi sperimentatori italiani del precompresso emerge di gran lunga Riccardo Morandi non solo per la quantità di costruzioni, ma soprattutto per la qualità eccezionale delle opere, edificate utilizzando un sistema di precompressione da lui stesso brevettato. La permanenza dell'archivio dello studio Morandi e la sua disponibilità alla consultazione hanno consentito di ricostruire in modo dettagliato l'iter che ha portato dalle prime sperimentazioni ai progetti e alle straordinarie grandi opere della costruzione.

Per Morandi il precompresso non è solo una nuova tecnica costruttiva ma anche una sistema per consolidare strutture murarie antiche, come quelle romane dell'Arena di Verona. Fin dagli anni trenta del novecento si teme per la stabilità di un settore dell'Arena veronese che presenta uno strapiombo verso l'esterno e risulta scollegata dal resto della struttura muraria. Durante il secondo conflitto mondiale, nel timore che si potesse verificare un crollo a seguito di bombardamenti o anche delle sole vibrazioni conseguenti alle esplosioni, sono costruiti in gran fretta provvisori speroni murari di sostegno. Nel 1954 Morandi progetta e realizza l'innovativo progetto di rafforzamento della struttura muraria tramite l'inserimento e l'ancoraggio, a terra e in sommità, di cavi di precompressione; collegando con i cavi anche trasversalmente oltre che verticalmente, le murature, si poterono demolire in sicurezza le arcate provvisorie, conservando intatte le strutture murarie.

Naturalmente il precompresso è adottato da Morandi anche e soprattutto come tecnica costruttiva e di montaggio: si veda l'ardita passerella pedo-

nale a Vagli di Sotto, in Alta Garfagnana, sempre nel 1954, dove le due semi-arcate che sostengono la campata sono costruite rispettivamente sui due fianchi e poi sono fatte ruotare fino a incontrarsi nel punto di colmo, attraverso delicate e sempre variabili tesature dei cavi di precompressione delle due travi a semiarco.

Non solo per Morandi, il precompresso è infine ricorrente nella costruzione di serbatoi; di coperture a travetti prefabbricati: in definitiva diventa un modo di costruire che rivoluziona le condizioni del progetto e di applicazione del calcestruzzo semplice, a cui spesso si associa.

Nell'Esposizione di Torino del 1961 la tecnologia di avanguardia si materializza ostensivamente nello scattante percorso aereo a quota 6 m che, progettato da Morandi in cemento armato precompresso, supportava la monorotaia Alweg, su cui correva in convoglio che congiungeva tutta l'area espositiva.

Diffusione e sviluppo del precompresso

Il precompresso continua ad essere impiegato nelle grandi opere e gli ingegneri che in Italia ne furono i pionieri rimasero sostanzialmente fedeli a questo sistema costruttivo. A partire dagli anni settanta in poi sarà non più Morandi in Italia ad egemonizzare le grandi opere in precompresso, ma Silvano Zorzi, che costruirà numerosissime opere, soprattutto ponti e viadotti. Zorzi, allievo di Colonnetti in Svizzera, emerge per estro e produttività tra i protagonisti della costruzione in precompresso. Nel 1961 fonda la società In.Co., Ingegneri Consulenti, uno tra i pochi se non l'unico studio di ingegneria della stagione eroica del Novecento ancora in attività, grazie all'azione dell'ingegnere Aldo Müller, collaboratore di Zorzi fin dagli anni sessanta. Come emerge dai fondamentali studi pubblicati dall'Aitec, che compendiano esaustive rassegne delle grandi opere italiane in precompresso, dagli anni '70 in Italia prevalgono le opere di Zorzi: sono soprattutto ponti e viadotti, ma anche opere idrauliche, grandi serbatoi, pavimentazioni stradali, silos e perfino architetture civili.

Nel libro sono poi analizzate in modo approfondito dieci costruzioni in precompresso, realizzate in Italia tra il 1950 e i tempi più recenti, che testimoniano più di cinquant'anni di evoluzione della tecnica, del suo impiego e delle sue potenzialità architettoniche.

Tra le numerose opere costruite in Italia in precompresso a partire dal dopoguerra, in questo scritto si sono privilegiate quelle più straordinarie e innovative, non solo per la soluzione tecnica adottata, ma anche per la persuasività architettonica e l'estro formale che le distinguono.

Allo stato attuale l'uso del precompresso, pur se ancora molto diffuso, è in genere circoscritto alle opere infrastrutturali: grandi impalcati stradali per ponti, grandi luci e opere straordinarie per impegno tecnico, mentre è decisamente scemata l'adozione in opere civili più piccole. Molto spesso sono impiegati elementi prefabbricati in precompresso per le coperture di capannoni industriali, mentre il precompresso gettato in opera è ascritto solo alle grandi opere.

Progetti in cantiere

Il primo caso studio è quello del cantiere, ora concluso, della Biblioteca Hertziana di Roma, dove la necessità di salvaguardare un'eccezionale stratificazione archeologica sotterranea, è stata risolta grazie a colossali travi in cemento armato precompresso.

Nel 1996 è designato vincitore del concorso internazionale per l'ampliamento della Biblioteca Hertziana, nel cuore di Roma, lo spagnolo Juan Navarro Baldeweg (Parducci, 2009). Il progetto interessa l'adeguamento dell'edificio che ospita la biblioteca fondata nel 1913 per promuovere la ricerca e lo studio in Germania della storia dell'arte italiana. Oggi l'Hertziana è tra le biblioteche specializzate in arte più importanti del mondo. Nella centralissima zona di Trinità dei Monti a Roma, nel lotto triangolare stretto tra via Gregoriana e via Sistina, l'intervento si concentra sul palazzo Nuovo, interposto tra gli storici palazzetti Zuccari e Stroganoff, anch'essi di proprietà della biblioteca tedesca. Il progetto di ristrutturazione di Baldeweg mantiene i due fronti su strada del palazzo preesistente, ne demolisce integralmente le partizioni interne, risalenti agli anni sessanta, per creare ambienti idonei alla nuova biblioteca. Quattro piani fuori terra, con ballatoi per le sale letture e il deposito libri, si sviluppano intorno ad una corte interna, e si innalzano su un basamento interrato di nove metri che alloggia i depositi librari. La presenza dei resti della villa di Lucullo di epoca repubblicana nel piano di scavo delle fondazioni e la volontà di proseguire lo scavo archeologico anche durante i lavori in elevazione, costringono i progettisti delle strutture, lo studio Tekno IN ingegneri associati di Roma di Alberto Parducci, Alfredo Marimpetri e Marco Mezzi, all'adozione di un'originale soluzione tecnica. Su una doppia fila di pali di fondazione, disposti in corrispondenza dei marciapiedi, lungo le due strade limitrofe, sono poggiate due massicce travi di cemento armato al di sopra delle quali si situa il piano-trave in cemento armato precompresso gettato in opera. Le travi in precompresso si attestano così come vere e proprie pareti perimetrali

e interne del piano a quota -3 m: in esse sono ritagliate le aperture per l'accesso ai vani ricavati nel basamento strutturale, costruito come fosse un ponte ipogeo, sospeso sulle aree di scavo archeologico. La struttura a travi in precompresso occupa un intero piano che, alto circa tre m, profila una maglia scatolare, totalmente accessibile, che sostiene l'intero edificio: essa supporta i telai metallici superiori e regge i piani interrati, che sono completamente appesi ad essa, così da non intaccare l'area archeologica sottostante. Una struttura a ponte in precompresso sostiene l'intero edificio e configura la maggiore difficoltà cantieristica dell'edificio, ma anche la soluzione più originale adottata. L'uso del precompresso nell'Hertziana evitando strutture di fondazione all'interno del sedime archeologico, consente di approfondire gli scavi anche durante il cantiere, che si è poi concluso nel 2013.

Anche in sofisticate e raffinate opere con struttura portante in normale cemento armato, come il centro civico polivalente recentemente costruito dall'architetto Emanuele Fidone a Modica, si ricorre a travi di copertura in precompresso, necessarie a coprire ampie luci libere e a consentire lunghissime asole di affaccio. Situato in una zona periferica, il centro civico, un manufatto basso e allungato, dall'aspetto ermetico ed elegante, occupa un lotto trapezoidale ed è formato da una lunga galleria con i servizi, gli uffici e le piccole sale che conduce alla sala polivalente, secondo una impostazione planimetrica a bandiera. Anche in un piccolo edificio come questo l'architetto ha preferito l'uso di travi prefabbricate in precompresso, poiché consentono un risparmio di denaro e di tempo, superando l'audace luce di ben 20 m della copertura della sala. Se nella grande sala un controsoffitto dissimula le travi alla vista, una grande trave grezza è stata lasciata in vista delle rampe che circondano la sala.

Un'altra opera interessante è il Centro Regionale dell'Umbria della Protezione Civile di Foligno; programmato dal 1998 e iniziato nel 2008 nella zona nord di ingresso alla città. Il complesso, composto da più edifici, progettati da Alberto Parducci su incarico della Regione Umbria, occupa un'area di 7800 mq dove sono disposti: un edificio per "Emergenza e Formazione", una sala operativa per la Protezione Civile e una palazzina per gli impianti del Centro. L'applicazione più significativa del cemento precompresso è quella della Centrale Operativa che, progettata in collaborazione con l'architetto Guido Tommesani, consiste nei tre piani di una falsa cupola di 32 metri di diametro. La configurazione strutturale fornisce l'esempio di una morfologia architettonica finalizzata all'applicazione ottimale delle tecniche di isolamento sismico.

L'edificio poggia soltanto su dieci isolatori disposti lungo il perimetro di base, capaci di sopportare, senza danno, spostamenti orizzontali di 405 mm. Un sistema di vele di cemento armato sostiene il solaio del primo piano, dal quale sorgono dieci archi, anch'essi di cemento armato. Alla chiave degli archi è appeso un nucleo centrale, precompresso mediante cavi Dywidag, nel quale sono inseriti i percorsi verticali che costituiscono il sostegno interno dei solai superiori. La costruzione è stata progettata per resistere a un terremoto di una PGA (Peak ground acceleration, misura dell'accelerazione del terremoto) di 0.49g, previsto in sito con periodo di ritorno di 1000 anni. La configurazione strutturale, molto compatta, è tale da consentire all'edificio, in presenza dello sciagurato evento, di oscillare lentamente con un periodo di 2.65 secondi, mantenendosi praticamente indeformato (progetto vincitore del *Premio AICAP 2011*, categoria edifici e dell'*European Concrete Award 2012*).

Alcuni progetti innovativi e sperimentali impiegano anche il precompresso: è questo il caso dell'Innovation and Technology Central Laboratory (ITC Lab) di Bergamo, il nevralgico centro Italcementi per la ricerca e l'innovazione, laboratorio di riferimento per la sperimentazione e la diffusione del cemento in Italia, il cui edificio è a sua volta oggetto di sperimentazione. Esso si inserisce tra gli edifici del masterplan (2003) elaborato dall'architetto francese Jean Nouvel per il cosiddetto Kilometro Rosso, il Parco Scientifico e Tecnologico che si snoda lungo l'autostrada Milano-Venezia. Dopo la feconda collaborazione attuata per la costruzione della chiesa di Tor Tre Teste a Roma, l'Italcementi si rivolge di nuovo nel 2005 all'architetto americano Richard Meier per il progetto del complesso per laboratori, uffici, biblioteca e spazi sociali. Su un'area di 11.000 mq l'architetto disegna una pianta triangolare, con 2 piani interrati e 2 piani fuori terra, i cui lati sono dettati dall'autostrada e dalla via interna. I laboratori, aperti su un patio, sono schermati verso l'autostrada da setti grigliati; nel fronte lungo la strada interna, un muro cieco e una vetrata, che scherma una doppia rampa, delimitano gli uffici e gli ambienti che accoglieranno la più grande biblioteca italiana sul cemento. Sistemi innovativi e diversi tipi di lavorazione e messa in opera del cemento scandiscono la costruzione dell'edificio, la cui copertura è in parte realizzata in cemento armato precompresso.

Alcune di queste opere sono indagate nel volume, e i casi approfonditi perseguono il semplice scopo di testimoniare la vitalità e l'attualità di una tecnica costruttiva che ha contrassegnato la costruzione italiana dell'ultimo mezzo secolo.

Questo mio approccio alla ricerca, che affronta con i metodi della storia dell'architettura, il tema della storia e costruzione degli edifici, in particolare applicato alle grandi opere di ingegneria, ha rappresentato un mio carattere di originalità, che mi ha permesso di diventare un ricercatore affermato. Sono infatti stata invitata a presentare le mie ricerche in tantissime università. A cominciare dal prestigioso invito della prof. Alina Payne, titolare della cattedra di Storia dell'Arte e dell'Architettura alla Harvard University, Cambridge Massachusetts, a tenere un seminario, il 1° marzo 2011, dal titolo *Engineers build Rome: Pier Luigi Nervi, Riccardo Morandi and the 1960 Olympic Game* al Department of the History of Art and Architecture. Con una tavola rotonda composta dai più importanti docenti del dipartimento: James Ackerman, Michael Hays, Neil Levine, Erika Naginsky e Antoine Picon.

Segnalo inoltre la conferenza tenuta il 1° maggio 2013 all'École Polytechnique Fédérale De Lausanne (EPFL-Losanna) nel ciclo di conferenze "Tribute to the history of Engineering", organizzate in concomitanza con la mostra itinerante *Pier Luigi Nervi. Architettura come sfida*, a cura di C. Olmo, sono invitata a presentare le mie ricerche in un incontro seminariale a due voci, con la prof. Pepa Cassinello, direttrice della Fondazione Eduardo Torroja di Madrid.

A distanza di anni, sarà proprio la direttrice Cassinello a invitarmi, 21 novembre 2018, a presentare la ricerca dal titolo *Riccardo Morandi (1902-1989) Italian Engineer: "Le Corbusier on four wheels" (By Bruno Zevi)* all'International Conference on Construction Research Eduardo Torroja. Architecture, Ingeneering and Concrete – AEC (Madrid, Fundacion Eduardo Torroja, 21-22-23 November 2018), invitandomi a ricoprire anche il ruolo di Membro del Comitato Scientifico del Convegno.

Su questi stessi temi, tra architettura e costruzione, che sono divenuti centrali nelle mie ricerche avviate a partire dal volume presentato e premiato, sono stata intervistata dalle più importanti testate giornalistiche internazionali all'indomani della tragedia del crollo del viadotto del Polcevera, cito il più prestigioso tra tutti: "The New York Times", 6 settembre 2018.

I miei studi sull'ingegneria e in particolare su Morandi mi hanno portato poi a collaborare con l'amministrazione comunale di Colleferro, una città a sud di Roma, un centro urbano progettato negli anni trenta dal giovane Morandi. Grazie alla vincita del premio *Città della Cultura della Regione Lazio 2018*, l'amministrazione di Colleferro ha attuato un piano di promozione e valorizzazione dell'architettura di quella che è stata definita la Città Morandiana, raccontata nel film *Città Novecento* (2021), selezionato alla

fiesta del Cinema di Roma e uscito nei cinema. Ho partecipato alla costruzione del progetto come membro del comitato scientifico e sono uno dei protagonisti intervistati nel film.

Proprio il mio profilo di storico dell'architettura con una formazione e interessi volti alla storia della costruzione mi hanno portato a vincere lo scorso marzo 2021 il concorso da professore associato all'università IUAV di Venezia, dove sto collaborando alla costituzione del gruppo di ricerca sull'Arte del Costruire, oltre ad aver pubblicato, con il prof. Marko Pogacnik, un volume dedicato all'Ingegneria Italiana come fattore di affermazione del *Made in Italy* nel Novecento (Marandola, Pogacnik, 2022).

Ancora nelle mie più recenti ricerche, spiccano come un tassello distintivo e fondamentale i pionieristici studi sulla costruzione in cemento armato precompresso e le opere italiane costruite con questo sistema. La pubblicazione del libro, risultato di lunghe e innovative ricerche, e menzione speciale al premio Internazionale Edoardo Benvenuto ha rappresentato un passo importante della mia carriera, forse il più originale risultato, e il premio è stato per me un importante pungolo che mi ha spinto a proseguire in questa direzione, seguendo un percorso inedito e originale nel campo della storia dell'architettura.

Bibliografia

Aicap, 1997: Aicap (a cura di), *Cestelli Guidi C.*, Roma, 1997.

Cardellicchio, 2007: Cardellicchio L., "Metodo per un'archeologia contemporanea: la nuova Bibliotheca Hertziana", in *D'Architettura*, 33 (agosto-novembre 2007), pp. 66-79.

Cemento armato, 1962: "Il cemento armato precompresso in Italia", in *Realizzazioni italiane in cemento armato precompresso 1962-66*. V Congresso Internazionale del Precompresso (F.I.P.), Roma-Napoli 1962, Aitec, 1962, pp. 13-31.

Cestelli Guidi, 1947: Cestelli Guidi C., *Il conglomerato precompresso: teoria, esperienze, applicazioni*, Roma, La Bussola, 1947; poi ristampato ripetutamente con aggiornamenti successivi da Hoepli a partire dal 1952 con il titolo: *Cemento armato precompresso: teoria, esperienze, realizzazioni*.

Iori, 2001: Iori T., *Il cemento armato in Italia. Dalle origini alla seconda guerra mondiale*, Roma, EdilStampa, 2001.

Iori, 2002: Iori T., "Prime sperimentazioni sul cemento armato precompresso in Italia", in Bardelli P.G., Filippi E., Garda E. (a cura di), *Curare il moderno. I modi della tecnologia*, Venezia, Marsilio, 2002, pp. 235-246.

Iori, Poretti, 2007: Iori T., Poretti S. (a cura di), "Ingegneria Italiana", in *Rassegna di architettura e urbanistica*, 41 (gennaio-agosto 2007), nn. 121-122, numero monografico.

Levi, Pizzetti, 1947: Levi F., Pizzetti G., *Nuovi orientamenti di scienza delle costruzioni*, Milano, Studio Editoriale Vivi, 1947.

Levi, Pizzetti, 1951: Levi F., Pizzetti G., *Fluage, Plasticité, Précontrainte*, Parigi, Dunod, 1951.

Levi, 2002: Levi F., *Cinquant'anni dopo. Il cemento armato, dai primordi alla maturità*, Chieri (Torino), Testo & Immagine, 2002.

Levi, 2003: Levi F., *Cinquant'anni prima. Dalle rovine belliche alle costruzioni funzionali*, Chieri (Torino), Testo & Immagine, 2003.

Marandola, 2009: Recensione di: Marandola M., *La costruzione in precompresso. Conoscere per recuperare il patrimonio italiano*, Milano, Il Sole24ORE, 2009, in "La biblioteca dell'architetto", *Casabella*, 791 (luglio 2010), p. 98.

Marandola, 2011: Marandola M., "Il centro civico polivalente di Modica dell'architetto Emanuele Fidone", in *Casabella*, 804 (agosto 2011), pp. 26-35.

Marandola, 2015: Marandola M., "Il dispositivo architettonico e costruttivo", in Barazzetta G. (a cura di), *La chiesa di vetro di Angelo Mangiarotti*, Bruno Moras-

sutti e Aldo Favini. *La storia e il restauro della chiesa di Baranzate*, Milano, Electa, 2015, pp. 17-28.

Marandola, 2018: Marandola M., "Ponti ricostruiti: il ponte San Niccolò a Firenze di Riccardo Morandi" in Ferlenga A., Bossoli N. (a cura di), *Ricostruzioni. Architettura, città, paesaggio nell'epoca delle distruzioni*. Catalogo della Mostra (30 novembre 2018-10 febbraio 2019), Triennale di Milano, Silvana Editoriale, 2018, pp. 52-57.

Marandola, 2019: Marandola M., "L'unicità del viadotto sul Polcevera/The unicity of the viaduct on the Polvecera", in *Metamorfofi. Quaderni di architettura*, 6 (aprile 2019), pp. 114-119.

Marandola, Pogacnik, 2022: Marandola M., Pogacnik M. (a cura di), *L'ingegneria italiana del Novecento. Scuole e protagonisti*, Milano, Mimesis Edizioni ("Collana Quaderni della ricerca - IUAV"), 2022.

Oberti, 1963: Oberti G., "La ricerca sperimentale su modelli strutturali e la 'I.S.M.E.S.'", in *L'Industria Italiana del Cemento*, 33 (maggio 1963), n. 5, pp. 349-370.

Parducci, 2007: Parducci A. (a cura di), "EdA. Esempi di Architettura", numero speciale *La sfida dell'isolamento sismico. The challenge of seismic isolation*, giugno 2007.

Parducci, 2009: Parducci A., *Biblioteca Hertziana Roma in Italia. Le esperienze più avanzate del restauro delle città e dell'architettura storica italiana*. Report del Convegno Accademico Internazionale del 125° anniversario di KANTO GAKUIN, Kanto Gakuin University, 2009.

Radelet-de-Grave, 2005: Radelet-de-Grave R., "Cemento precompresso e sperimentazione, il ruolo di Gustave Magnel", in Mochi G. (a cura di), *Teoria e pratica del costruire: saperi, strumenti, modelli. Esperienze didattiche e di ricerca a confronto*. Atti del seminario internazionale (Ravenna, 27-29 ottobre 2005), vol. II, Ravenna, Edizioni Moderna, [2005], pp. 849-857.



Fig. 1. M. Marandola, *La costruzione in precompresso*. *Conoscere per recuperare il patrimonio italiano*, Milano, Il Sole24ORE, 2009, copertina.



Fig. 2. R. Morandi, passerella pedonale a Vagli di Sotto, Lucca, 1952-1954.



Fig. 3. R. Morandi, monorotaia Alweg per il collegamento dell'area di Torino Esposizioni, 1961.

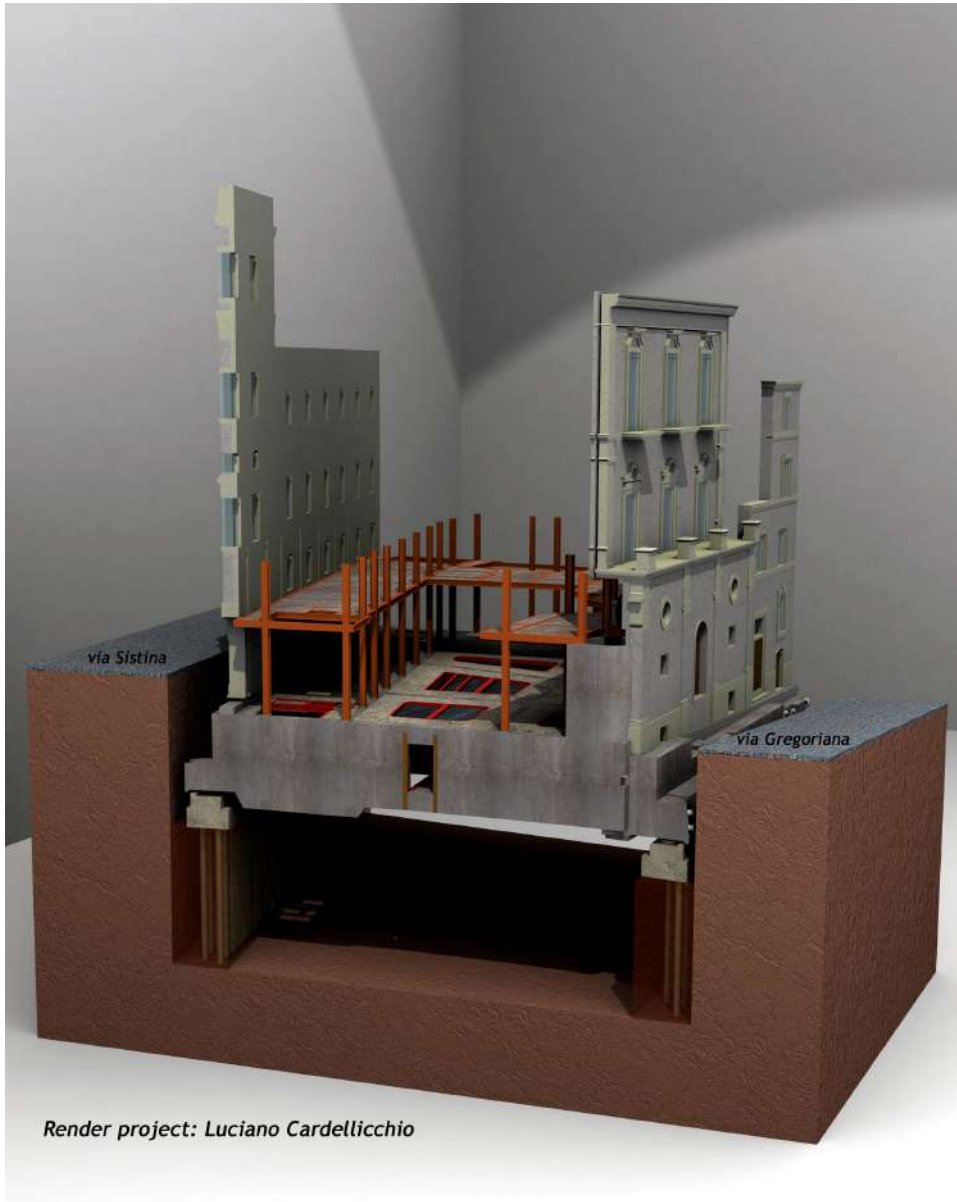


Fig. 4. Juan Navarro Baldeweg, progetto della nuova biblioteca Hertziana di Roma. Rendering costruttivo dell'ing. Luciano Cardelicchio.



Fig. 5. Locandina della conferenza presso la Harvard University, 2011.



Fig. 6. Locandina del film *Città del Novecento*, 2021.

Christian Kayser

Christian Kayser (1980) studied Architecture at the TU München and the University of Bath, with a focus on historic constructions. After graduating, he worked as a building archaeologist on the hellenistic site of Olba/Diokaisareia in modern-day Turkey. From 2004 on, Kayser was employed as architect at the renowned engineering company Barthel & Maus, Beratende Ingenieure, an expert office in the field of analysing and safeguarding historic structures. In this office, he rose the rank of CEO (2012); since 2019 he is managing partner of the company (now: Kayser+Böttges, Barthel+Maus, Ingenieure und Architekten GmbH).

Parallel, Christian Kayser worked 2008-2011 as assistant professor at the chair of Prof. Rainer Barthel (Structural Engineering) at the TU München, and finished his doctoral thesis on the construction of gothic window tracery, which was awarded the Premio Eduardo Benvenuto XI. Since 2012, Kayser is lecturer at the TUM as well as the Ludwig-Maximilians-Universität München. 2023 he completed his habilitation treatise on the construction of gothic openwork spires at the TUM.

Ricardo Maia Avelino

Dr. Ricardo Maia Avelino is a postdoctoral researcher at the Block Research Group, ETH Zürich. Ricardo's work focuses on developing novel computational analysis methods to assess complex unreinforced masonry structures and designing efficient structural systems. Ricardo defended his PhD at ETH Zürich in December 2022, being nominated for the ETH Medal for outstanding dissertation. Before joining ETH, Ricardo obtained his Master's in Structural Engineering at École des Ponts et Chaussées, being awarded the Prix Betancourt, and his Bachelor's in Civil Engineering at Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Marzia Marandola

Marzia Marandola (Rome 1975) is PhD (2006) in Architecture and Construction at the University of Rome Tor Vergata, with a thesis on the work and archive of Riccardo Morandi. From 2011 to 2021 she was a university researcher of History of Architecture at the Department of History, Design

and Restoration of Architecture of Sapienza University of Rome. Since 1 March 2021 she has been an associate professor at the IUAV University of Venice.

Since 2004 she has carried out research investigating the architecture of the twentieth century and in particular the constructive aspects of the works of the twentieth century, with particular regard to the birth and development of the various construction systems and the experiments of Italian engineers. She is responsible for the architectural history research unit for the funded project “The Getty Foundation - Keeping It Modern Program 2018” The Gio Ponti School of Mathematics in Rome (Head S. Salvo).

She has held seminars and conferences in Italian and foreign universities and has published numerous writings on twentieth-century architecture; she regularly collaborates with Italian and international magazines: “Casa-bella”, “Arketipo”, “EDA. Examples of Architecture”; she is part of the editorial board of the journal “Annali delle Arti e degli Archivi. Painting Sculpture Architecture” of the National Academy of San Luca. Since 2021 she has been an effective member of the Italian National Committee of ICOMOS.

John Ochsendorf

John Ochsendorf is the Class of 1942 Professor of Architecture and Civil and Environmental Engineering at MIT, where he has served on the faculty since 2002. He earned his Bachelor of Science in structural engineering and archaeology from Cornell University, his Master of Science in Civil and Environmental Engineering from Princeton University and his PhD in structural engineering from the University of Cambridge, where he studied with Professors Jacques Heyman and Christopher Calladine. He is a founding partner of Ochsendorf DeJong and Block LLC, a consulting firm specializing in masonry structures.

Ochsendorf has won numerous awards for research in structural engineering and architecture, including a Graduate Research Fellowship from the National Science Foundation, a Fulbright Pre-Doctoral Scholarship from the J. William Fulbright Foundation, a Rome Prize from the American Academy in Rome, and a MacArthur Fellowship from the John D. and Catherine T. MacArthur Foundation.

He is the author of *Guastavino Vaulting: The art of structural tile* (Princeton Architectural Press, 2010) and served as lead curator for a public exhibition on the work of the Guastavino family which toured from 2012-2014.

Studia Ligustica

**Collana di studi on line per l'approfondimento delle tematiche interdisciplinari
riguardanti la storia, le arti e la bibliografia della Liguria**



Attraverso la collana di studi on line denominata Studia Ligustica la Biblioteca Franzoniana e la Fondazione Franzoni ETS intendono aggiornare la propria presenza e servizio culturali sul territorio e proporsi ad un pubblico sempre più vasto di studiosi e di appassionati.

Studia Ligustica, prima collana di studi on line creata sul territorio ligure, intende offrire nuovi spazi per l'approfondimento delle tematiche interdisciplinari riguardanti la storia, le arti e la bibliografia della Liguria attraverso la complessa articolazione dei rapporti che nei millenni hanno visto Genova, il proprio territorio e gli uomini che l'hanno rappresentata, relazionarsi col mondo.

Studia Ligustica, pubblicazione non vincolata dalle tempistiche e dagli spazi dell'editoria periodica, vuole anche rendere fruibili alla comunità scientifica con maggior immediatezza e completezza gli esiti di ricerche e studi.

Studia Ligustica si avvale di un Comitato scientifico e di un Referee Board costituito da riconosciuti studiosi a livello internazionale.

Sarà possibile pubblicare propri contributi scientifici su Studia Ligustica su invito o a seguito di proposta presentata alla Redazione, la quale li sottoporrà al Comitato Scientifico e, per le specifiche competenze, ai membri del Referee Board. Ad ogni numero della collana è associato un codice ISBN.

E-mail: segreteria@bibliotecafranzoniana.it

Sito web: www.fondazionefranzoni.it/pubblicazioni/studia-ligustica-collana-di-studi

Studia Ligustica 1 – 2011

Claudio Paolocci, *Presenza religiosa femminile a Genova tra XII e XVIII secolo: note di storia e di bibliografia*

Studia Ligustica 2 – 2012

Andrea Leonardi, *Per le dimore e il collezionismo Giustiniani a Genova. Tra il cardinale Vincenzo Giustiniani olim Banca (1519-1582) e il mercante Luca Giustiniani olim Longo (1513-1583)*

Studia Ligustica 3 – 2012

Claudio Paolocci, *Predicazione, devozioni e presenza francescana a Genova e in Liguria tra XVII e XVIII secolo*

Studia Ligustica 4 – 2013

Fausta Franchini Guelfi, *L'iconografia delle opere di Jacopo Antonio Ponzanelli: didattica della devozione e suggestioni emotive del theatrum sacrum barocco*

Studia Ligustica 5 – 2014

Andrea Lavaggi, *Il Cabinet d'amateur con asini iconoclasti della Società Economica di Chiavari. Iconografia, contesto storico, implicazioni religiose, significati culturali.*

Studia Ligustica 6 – 2015

Luigi Cattanei, *Scolopi liguri del primo Ottocento tra educazione, assistenza e letteratura*

Studia Ligustica 7 – 2015

Gli ex libris della Biblioteca Franzoniana di Genova. Ventisette incisori contemporanei in mostra, a cura di Andrea Lavaggi

Studia Ligustica 8 – 2015

Andrea Lavaggi, *Mirko Gualerzi pittore, disegnatore, scultore, incisore. L'Archivio generale delle sue opere*

Studia Ligustica 9 – 2017

Davide Mingozzi, *L'opera di Gaetano Isola. Un maestro di cappella nella Genova di secondo Settecento*

Studia Ligustica 10 – 2019

Filippo Comisi, *Il viaggio della prima ambasciata giapponese presso la Santa Sede (1582-1590). Percorsi e nuovi documenti dall'Archivio di Stato di Massa*

Studia Ligustica 11- 2020

Edoardo Benvenuto: un uomo del Rinascimento nel XX secolo. Dialoghi intorno alla cultura umanistica e scientifica. Atti del convegno di studi, Genova, 29 novembre 2018, a cura di Danila Aita, Giovanni Benvenuto, Massimo Corradi, Claudio Paolucci, Orietta Pedemonte

Studia Ligustica 12 – 2021

Ludovic Fina, *Le due versioni del Ragionamento di Domenico Sauli (1490-1570): le memorie e l'autodifesa di un diplomatico del Cinquecento*

Studia Ligustica 13 – 2022

Claudio Paolucci, *La basilica di Carignano e il suo cantiere: dietro i nomi di grandi artisti. Documenti su maestranze e fornitori*

Studia Ligustica 14 – 2023

La rappresentazione della storia per la comunicazione tra immagine e testo. Dalla Genova a fumetti di Marciante all'avventura dell'originario genovese Scipione Cicala di Cuppone, a cura di Maria Linda Falcidieno

Studia Ligustica 15 – 2023

Davide Mingozzi, *Adolfo Pescio: un pianista-fotografo nella Genova dell'Ottocento*

Studia Ligustica 16 – 2023

Edoardo Benvenuto Prize. Collection of papers, a cura di Danila Aita, Giovanni Benvenuto, Massimo Corradi, Orietta Pedemonte

Studia Ligustica

Fondata e diretta da **Claudio Paolucci**

Comitato scientifico

Carlo Bitossi, Università degli Studi di Ferrara; **Fulvio Cervini**, Università degli Studi di Firenze; **Silvano Giordano**, Pontificia Università Gregoriana, Roma; **Annaclara Palau Cataldi**, Royal Holloway, Università di Londra; **Claudio Paolucci**, Biblioteca Franzoniana, Genova; **Giovanna Rosso Del Brenna**, Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano; **Graziano Ruffini**, Università degli Studi di Firenze.

Referee Board

Maria Pia Alberzoni, Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano; **Marco Bologna**, Università degli Studi di Milano; **Maria Paul Davies**, University of Reading; **Cesare de Seta**, Università degli Studi di Napoli Federico II; **Teòfanés Egido**, Universidad de Valladolid; **Marcello Fagiolo**, Centro studi sulla cultura e l'immagine di Roma; **Cosimo Damiani Fonseca**, Accademia dei Lincei; **Fausta Franchini Guelfi**, Università degli Studi di Genova; **Luigi Gambarotta**, Università degli Studi di Genova; **Jane Garnett**, Oxford University; **Massimo Carlo Giannini**, Università degli Studi di Teramo; **George L. Gorse**, Pomona College, Claremont; **Antoine-Marie Graziani**, Université de Corse Pascal Paoli; **Mina Gregori**, Accademia dei Lincei; **Ramòn Gutiérrez**, Centro de Documentacion de Arquitectura Latinoamericana, Buenos Aires; **Rosa Lòpez Torrijos**, Universidad de Alcalà (Madrid); **Filippo Lovison, b.**, Pontificia Università Gregoriana; **Gennaro Luongo**, Università di Napoli Federico II; **Lauro Magnani**, Università degli Studi di Genova; **Flavia Matitti**, Accademia di Belle Arti di Firenze; **Stéphane-Marie Morgain, ocd**, Institut catholique de Toulouse; **Stefano F. Musso**, Università degli Studi di Genova; **Giovanni Muto**, Università degli Studi di Napoli Federico II; **Giovanni Otranto**, Università degli Studi di Bari; **Alberto Petrucciani**, Università degli Studi di Roma La Sapienza; **Vito Piergiovanni**, Università degli Studi di Genova; **Gervase Rosser**, Oxford University; **Rodolfo Savelli**, Università degli Studi di Genova; **Lorenzo Sinisi**, Università degli Studi Magna Grecia di Catanzaro; **Maria Luisa Tàrraga Baldò**, Instituto de Historia, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Madrid); **Alan Touwaide**, Smithsonian Institution, Washington D.C.; **Consuelo Varela**, Escuela de Estudios Hispano-Americanos, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Madrid); **Daniilo Zardin**, Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano; **Gabriella Zarri**, Università degli Studi di Firenze; **Michael F. Zimmermann**, Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt.

Segreteria scientifica

Andrea Lavaggi, Biblioteca Franzoniana, Genova