

L'Ingegnere Italiano

383

Ponti



DWG, IFC, NUVOLE DI PUNTI... PORTA I TUOI PROGETTI
SEMPRE CON TE, IN UFFICIO E IN CANTIERE!

usBIM



ACCA
ACCA SOFTWARE

Con usBIM sei subito più
produttivo, veloce e libero nel tuo lavoro

INIZIA SUBITO

Vai su www.acca.it/usbim



Hai gratis per sempre **10GB di spazio cloud** e **15 applicazioni** per gestire online i tuoi progetti



Lavori in **real-time** con chiunque e tieni sempre aggiornati i tuoi documenti



Visualizzi file di ogni tipo (**DWG, DXF, RVT, IFC, nuvole di punti, GIS, ecc.**) con il tuo browser preferito, porti i tuoi progetti sempre con te, li consulti ovunque e su **qualsiasi device**



Condividi i dati con i tuoi colleghi e mostri i progetti al committente senza problemi di compatibilità o dimensione

L'Ingegnere Italiano è la rivista
dedicata alla ricerca, alla tecnologia
e ai progetti di ingegneria.
Un magazine che si propone
di raccontare l'eccellenza italiana
nel contesto internazionale,
coniugando il rigore scientifico
con i nuovi linguaggi e l'innovazione.

Direttore responsabile

Angelo Domenico Perrini

Direttore editoriale

Alberto Romagnoli

Curatore del numero

Giovanni Cardinale

Ideazione grafica

Stefano Asili

Coordinamento editoriale e giornalistico

Antonio Felici

Consulenza editoriale, testi e progetto grafico

PPAN – Paola Pierotti e Andrea Nonni | ppan.it

Stampa

Arti Grafiche Boccia | artigraficheboccia.it

Pubblicità

Agicom srl – Castelnuovo P. (Roma) | agicom.it

Editore

Consiglio Nazionale degli Ingegneri:

Angelo Domenico Perrini, Remo Vaudano, Elio Masciovecchio,
Giuseppe Maria Margiotta, Irene Sassetti, Carla Cappiello, Sandro Catta,
Ippolita Chiarolini, Domenico Condelli, Edoardo Cosenza, Felice Antonio
Monaco, Tiziana Petrillo, Alberto Romagnoli, Deborah Savio, Luca Scappini
www.cni.it

Hanno collaborato a questo numero:

Antonio Bilotta, Giovanni Cardinale, Marco Casamonti, Edoardo Cosenza,
Mauro Dolce, Alessio Garofoli (PPAN), Daniele Losanno, Giuseppe Maria
Margiotta, Massimo Mariani, Gianni Massa, Mario de Miranda, Nick O'Riordan,
Maria Rosaria Pecce, Luigi Rucco (PPAN), Massimo Viviani, redazione PPAN

L'Ingegnere Italiano

Nuovo Codice dei Contratti Pubblici obbligatorio dal 1° luglio

Software Blumatica adeguati al D. Lgs. 36/2023!

iGen

- ✓ CSA Contratti Pubblici
- ✓ PMO
- ✓ Cronoprogramma Progetto e Direzione Lavori

a soli € 327
invece di € 375



SCAN ME

Acquista subito
www.blumatica.it/igeni

In arrivo

> **Blumatica Direzione Lavori**
Modulo giornale dei lavori
(piattaforma Cloud)

Download Pitagora free

software free per computi
metrici e contabilità lavori



I prezzi si intendono a netto IVA 22%



L'ingegneria italiana torni ad essere profeta in patria

Questo numero monografico de "L'Ingegnere Italiano" dedicato ai ponti, oltre ad essere una buona occasione per celebrare un tipo di infrastruttura che così tanta importanza ha avuto e continuerà ad avere nella storia dell'umanità, ci offre l'opportunità di un richiamo molto forte alla stretta attualità. Più o meno tutti sono consapevoli del fatto che l'ingegneria è una delle eccellenze italiane nel mondo. Strade, ponti, tunnel, metropolitane, aeroporti: gli ingegneri italiani da sempre si distinguono nella realizzazione di grandi opere ovunque. Capolavori di ingegneria ad alto tasso tecnologico e forte impatto estetico, come ad esempio il Terzo ponte del Bosforo o l'allargamento del Canale di Panama. Più recentemente il viadotto di Braila in Romania o il ponte Anne de Bretagne a Nantes. Opere che hanno fatto e fanno scuola. Per questo motivo è tempo che l'eccellenza dell'ingegneria italiana trovi una realizzazione concreta anche in patria. Troppo spesso incertezze politiche e pastoie burocratiche intralciano le attività dei cantieri e le grandi opere, decisive per lo sviluppo del Paese. Ora la realizzazione del Ponte sullo stretto di Messina può essere l'occasione giusta affinché l'Italia torni a sfruttare a suo vantaggio le straordinarie competenze e capacità dell'ingegneria nostrana.

Il Consiglio nazionale ingegneri ha più volte espresso il proprio parere favorevole in merito alla costruzione del Ponte sullo stretto di Messina. Anche perché quest'opera sarà l'occasione per coinvolgere i migliori professionisti del settore in un'ottica di massima trasparenza e condivisione con l'opinione pubblica e con la comunità professionale e tecnica. Ma il Cni non si è limitato a esprimere un parere. Passando ad azioni concrete ha dato vita a uno specifico gruppo di lavoro sul Ponte di Messina, guidato dal professor Edoardo Cosenza, consigliere del Cni, oltre che uno dei prestigiosi autori della monografia che avete tra le mani. Al gruppo partecipano i più importanti esperti italiani in materia. Esso, infatti, oltre che dal prof. Cosenza, è composto dai seguenti ingegneri: Massimo Sessa (Presidente del C.S.LL.PP.), prof. Claudio Borri (ordinario di Scienza delle costruzioni, Università di Firenze), prof. Gian Michele Calvi (ordinario di Tecnica delle costruzioni, Iuss Pavia), prof. Francesco Castelli (ordinario di Geotecnica, Università di Enna "Kore"), Michele Mario Elia (già Amministratore delegato di Italferr e del gruppo Ferrovie dello Stato), prof. Antonio Occhiuzzi (ordinario di Tecnica delle costruzioni all'Università Partenope e presidente della Commissione norme tecniche del Cnr), prof.ssa Maria Pia Repetto (ordinaria di Tecnica delle costruzioni, Università di Genova), oltre ai Consiglieri del Cni Domenico Condelli e Sandro Catta.

Il compito del gruppo sarà quello di supportare la realizzazione di questa grande opera, partendo dal presupposto che la chiave di successo dell'impresa sta nel porre la massima attenzione alla fase di progettazione. Si ripartirà dal progetto del 2011 che prevedeva un impalcato aerodinamico multi-cassone (il cosiddetto Messina-type), composto da una campata centrale lunga 3.300 metri, da un cassone ferroviario e due cassoni stradali. Il progetto finale sarà in grado di assicurare prestazioni aerodinamiche che garantiranno stabilità anche in condizioni di vento "estremo" (oltre 200km/h), una resistenza alle azioni sismiche di circa 7,1 Richter, prestazioni strutturali di sicurezza e di servizio, una durabilità dell'opera di 200 anni.

Naturalmente il successo complessivo dell'opera dipenderà molto anche dalla capacità di far correre in parallelo l'implementazione delle strutture ferroviarie e stradali. L'efficacia dell'opera, infatti, si misurerà anche attraverso la realizzazione delle infrastrutture locali che dovranno svilupparsi in modo integrato e coordinato con quelle principali. Abbiamo di fronte un'opportunità che il Paese non può lasciarsi sfuggire. Quando, nel prossimo futuro, sarà realizzata una nuova monografia de "L'Ingegnere Italiano" dedicata ai ponti, la nostra speranza è che il Ponte sullo Stretto di Messina sarà il fiore all'occhiello cui dedicare la storia di copertina. Un modo per celebrare un prestigioso traguardo per l'ingegneria italiana e per l'intero Paese.

Angelo Domenico Perrini
Presidente Consiglio Nazionale Ingegneri

Straus7[®] L'eccellenza FEM accessibile.

Nativo Non-Lineare

www.hsh.info

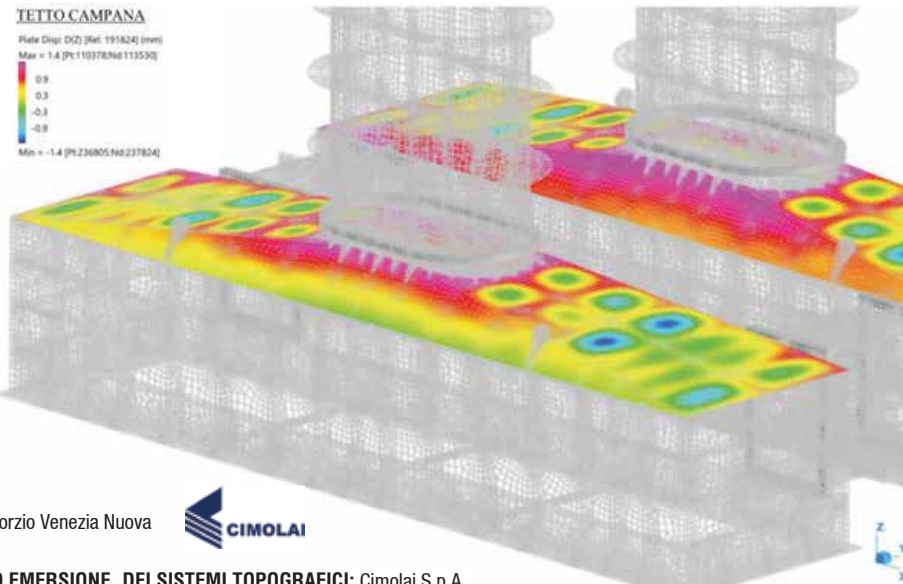

Nessun limite pratico nel calcolo strutturale agli elementi finiti
PER L'INGEGNERIA E PER L'INDUSTRIA



Habitat sottomarino di Malamocco. Per la posa e manutenzione delle rotaie della gate lato mare della conca di navigazione di Malamocco a Venezia, nell'ambito del sistema M.O.S.E., CIMOLAI SPA ha progettato e realizzato un habitat sottomarino del peso di 93t in lamiera di acciaio nervato che permette, a pressione neutra, di lavorare a -14m di profondità in ventilazione forzata. L'Habitat è formato da due campane gemelle a pianta rettangolare 2.5x10.26m, dotate di guarnizione di tenuta, collegate tra loro da due corridoi, di circa 1m di larghezza. L'accesso dal ballatoio superiore è dato da due pozzi, di sezione ovale 2.42*1.370m e 13m di altezza, dotati di scalette interne. Cimolai ha utilizzato il codice di calcolo Straus7 per realizzare il modello FEM a elementi plate a quattro nodi, caricato con diverse combinazioni di vincolo in load-out, immersione, navigazione ed emersione, e di carico, comprensive di pesi propri e permanenti, corrente marina, vento, cresta e cavo d'onda significativa, secondo diverse direzioni e tempi di esposizione e di ritorno di normativa. Le analisi, sia lineari e che non lineari, hanno permesso di verificare lo stato tensionale, deformativo e di stabilità locale e globale a valle di analisi specialistiche meteo marine e CFD.

TETTO CAMPANA

Plate Strip D(2) (Ref. 191824) (mm)
Max = 1.4 (Pt.110378No113530)
Min = -1.4 (Pt.236805No237824)



COMMITTENTE: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti -
Provveditorato Interregionale per le Opere pubbliche per il Veneto,
il Trentino Alto Adige, il Friuli Venezia Giulia - Concessionario Consorzio Venezia Nuova



CARPENTERIA METALLICA: Cimolai S.p.A.

PROGETTO STRUTTURALE, DEI SISTEMI DI IMMERSIONE ED EMERSIONE, DEI SISTEMI TOPOGRAFICI: Cimolai S.p.A.

Testo, foto e immagini del modello di calcolo per gentile concessione di Cimolai S.p.A.

Distributore esclusivo
per l'Italia del codice
di calcolo **Straus7**



HSH srl - Tel. 049 663888
Fax 049 8758747
www.hsh.info - straus7@hsh.info

Agganciare la Sicilia al “continente” vuol dire dare impulso al sistema infrastrutturale, su entrambi i lati dello Stretto

Alcuni tagli di banconote in euro riportano la rappresentazione di ponti famosi. L'intento, evidentemente, è quello di sottolineare l'importanza della comunicazione e dello scambio tra i popoli, europei e non, inteso a 360 gradi: dall'economia, alla conoscenza, alla cultura in generale. In fondo, da quando esiste l'uomo è sempre stata questa la funzione ultima dei ponti. Ormai da tempo in giro per il mondo si moltiplicano le iniziative in questa direzione, con esiti davvero ragguardevoli, sia sul piano ingegneristico e strutturale che meramente estetico, sia come strumento di unione dei popoli. Un esempio su tutti può essere quello del ponte di Øresund, una struttura molto particolare che collega Svezia e Danimarca e supera l'omonimo stretto. L'opera inizia come ponte sospeso nella città di Malmö, arriva all'isola artificiale di Peberholm, quindi diventa un tunnel sottomarino che riemerge a Copenaghen. Una realizzazione bella da vedere ma che, soprattutto, ha avuto l'effetto pratico di unire due paesi soggetti da sempre a una scomoda divisione naturale. Essere in grado di comunicare, di essere connessi ai centri nevralgici della vita sociale ed economica di un paese è essenziale per tutte le aree caratterizzate da certi svantaggi strutturali. Una di queste è il nostro Meridione. Treni ad alta velocità e reti autostradali moderne ed efficaci non saranno mai opere definitivamente compiute fino a quando la Sicilia continuerà ad essere separata dal “continente” da un braccio di mare. Per questo noi riteniamo che serva il Ponte sullo Stretto di Messina, un'opera che metterebbe l'Italia finalmente in scia con gli altri paesi sviluppati del mondo. La tecnologia moderna e l'ingegneria italiana sono perfettamente in grado di realizzare quest'opera. Un'operazione, dunque, necessaria e possibile.

Ogni anno 12 milioni di persone salgono sul traghetto che attraversa lo Stretto di Messina. Immaginiamo quale beneficio potrà determinare la costruzione di un'infrastruttura che migliorerà e renderà più fluido il transito tra Calabria e Sicilia, offrendo un notevole impulso allo sviluppo di

queste regioni e dell'intero Paese. Se pensiamo solo alla movimentazione delle merci, Calabria e Sicilia potranno diventare aree strategiche all'interno dello scacchiere del Mediterraneo che per l'Italia è sempre stato e continuerà ad essere decisivo. Altro aspetto determinante è la mobilità delle persone, sia sul piano nazionale che regionale. La costruzione del Ponte darebbe un forte impulso allo sviluppo delle infrastrutture locali delle regioni interessate. Ci si riferisce, in particolare, alla rete ferroviaria e autostradale siciliana, ancora largamente deficitaria. Una volta completate le infrastrutture, non solo gli utenti avrebbero una seria alternativa al trasporto aereo per raggiungere le maggiori città italiane, ma viaggiare all'interno della stessa regione sarebbe più comodo e veloce. Senza poi contare il grande ritorno in termini di occupazione e di benefici ambientali. Uno studio, ad esempio, calcola che la realizzazione del Ponte porterebbe al risparmio di circa 140mila tonnellate di CO2.

Intervenendo al 66esimo Congresso degli ordini degli Ingegneri d'Italia dello scorso ottobre, il ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti Matteo Salvini, appena insediato, aveva già annunciato l'intenzione del governo di arrivare a una definizione del progetto e all'avvio dei lavori del Ponte. Il Consiglio nazionale è lieto che questa posizione sia stata mantenuta e nel prossimo congresso, il 67esimo, che non a caso si svolgerà a Catania, a poca distanza da dove dovrebbe sorgere l'infrastruttura, tornerà su questo tema dando spazio soprattutto agli aspetti legati alla progettazione, la vera chiave per il successo dell'impresa. Il Cni è infatti sicuro che la realizzazione del Ponte coinvolgerà i migliori professionisti del settore e sarà svolta nella massima trasparenza e condivisione con l'opinione pubblica e con la comunità professionale e tecnica. Un'occasione irripetibile per far sì che il talento e le competenze degli ingegneri e dei progettisti italiani trovino per una volta applicazione in patria, dopo essere stati celebrati innumerevoli volte in ogni parte del mondo.

Alberto Romagnoli
Consigliere Cni con delega alla comunicazione

CRM System - Mapenet EMR

PER UNA STRUTTURA SICURA,
LA MIGLIORE RETE DI RINFORZO.



**SISTEMI CRM SYSTEM - MAPENET EMR
CERTIFICATI CVT PER USO STRUTTURALE**

CRM System - Mapenet EMR sono sistemi di tecnologia CRM per il rinforzo strutturale composti da **reti, angolari e connettori in fibra di vetro con elevata resistenza agli agenti chimici**. Sistemi ingegnerizzati per un'ottimale adesione con le malte delle linee Mapegrout, MapeWall, Mape-Antique e le nuove malte strutturali della linea Zero.

È TUTTO **OK**,
CON **MAPEI**

Scopri di più su mapei.it



Pontefici e demoni: le superstizioni dell'evo contemporaneo

*C'è chi vede in quello sullo Stretto un "ponte del Diavolo".
Come avveniva nei secoli bui*

Non crediate che sia un nuovo best seller di Dan Brown, o che - Dio non voglia - sia una nuova campagna denigratoria contro Oltretevere. Altro titolo possibile per questo articolo era "Il ponte dei sospiri", ma essendo siciliano, anche se di montagna, avrei indotto i miei venticinque lettori a pensare solo al Ponte sullo Stretto (un tempo di Messina), provocando giustificate rimostranze da parte dei continentali, che a ben vedere sono il resto del mondo, almeno dal punto di vista insulare. L'argomento è evidentemente correlato ma non esclusivo di questo racconto.

Voglio narrarvi, infatti, di come fare ponti sia un'attività antropologicamente legata con il sacro e l'occulto.

Me ne sono reso conto ascoltando le argomentazioni molto serie di un professore-ingegnere a me molto caro, che mi ha riproposto in maniera rigorosa una teoria per il resto assai diffusa in modo più pedestre, quella dell'evoluzione progressiva delle grandi strutture. In soldoni, un arco, un ponte o una cupola hanno aumentato nel tempo le loro dimensioni progressivamente e mai in maniera repentina. Oggi un ponte con una campata unica di oltre tre chilometri supera di circa il 65% le dimensioni massime esistenti. Secondo Italia Nostra, ad esempio, «non ci vuole molto a comprendere che passare da 1.991 metri a 3.300 metri appare utopistico».

Questo sembra un ragionamento storico-filosofico inoppugnabile: Natura non facit saltus, recita una sentenza di Linneo (che non è il cane della serie televisiva Blanca) con la quale si intendeva affermare che ogni mutazione in natura avviene per gradi e secondo leggi fisse.

È vero che i ponti non fanno parte dell'universo vivente, ma l'evoluzione dei ponti, per restare al nostro tema, ha effettivamente seguito quella dei materiali e degli schemi strutturali, e in questo senso è stata progressiva.

Ma vi è un'altra evidenza, per quanto strana agli occhi di un manipolo di ingegneri entusiasti par vostro. L'arco, con tutte le sue derivazioni, è stato utilizzato per secoli senza che se ne comprendesse il funzionamento statico, se non in maniera empirica. Il problema di determinarne le spinte venne posto per la prima volta da Leonardo da Vinci (e da chi se no?), ma solo a partire dal '700 vennero proposte le prime teorie sulla determinazione della linea delle pressioni, e bisognerà aspettare Coulomb (1773), Lamé e Clapeyron (1823) per avere i primi studi rigorosi sul regime statico degli archi, fino al nostro ingegnere Carlo Alberto Castigliano (1879) che studiò in particolare il comportamento del Ponte Mosca a Torino.

È evidente che in quell'oceano di approssimazione, fino ad allora l'ingegno metteva a frutto esclusivamente l'esperienza e l'intuizione, e per avanzare era necessario fare tesoro di quanto realizzato in precedenza.

Bruno Zevi nelle sue Cronache di architettura racconta di come sia stata frodata l'inderogabilità michelangiolesca. Nel momento in cui Maderno decise di allungare la navata della basilica di San Pietro, per farne la chiesa più grande della cristianità, fu necessario "alzare" il progetto della cupola, per permetterne la visione dalla piazza dell'obelisco. Fu il sopralzo nel tamburo la causa dei dissesti che si manifestarono nella cupola già nell'immediatezza del suo disarmo, gettando ingiustamente discredito sulla capacità del Buonarroti, che aveva concepito ben altro equilibrio statico. Si pose rimedio definitivo ai dissesti solo un secolo e mezzo dopo la sua ultimazione. Ora, il "cupolone" ha un diametro interno di 42 metri, paragonabile a quello della cupola del Pantheon (43,44m), più antica di circa mille e seicento anni. Vi sembra una progressione accettabile?

Ancora nel Rinascimento e in pieno XVIII secolo si operava come nel Medioevo e, dunque, né più né meno come facevano gli antichi romani.

Lo sapevo che a forza di frequentare l'Urbe e le sue vestigia ne sarei rimasto contagiato. Ma questo mi permette di parlare dei "pontefici" e delle contaminazioni non solo lessicali del termine. Com'è facile intuire, l'etimologia della parola pontifex (pontem facere) significa "costruttore di ponti", ma nella Roma arcaica qualcuno attribuì alla conoscenza del segreto dell'arco, su cui si basava la costruzione di ponti e acquedotti, una connotazione divina. Il primo ponte di Roma, il Sublucio, entrato nella leggenda assieme a Orazio Coclite, era restaurato a cura dei pontifices, che costituiranno in breve anche una magistratura religiosa.

Se i tecnici preposti alla manutenzione di un certo ponte a Genova fossero appartenuti a una congregazione sacerdotale anziché a una società per azioni, e se al posto di un amministratore delegato ci fosse stato un pontefice massimo, forse avremmo salvato tante vite e un capolavoro d'ingegneria, come quello di Morandi.

Sto divagando? Sto dando credito a delle leggende in una rivista scientifica? No, sto facendo solo un ragionamento. Il concetto di evoluzione progressiva delle grandi strutture è un retaggio culturale che nulla ha a che vedere con la nostra realtà scientifica post-contemporanea.

Non a caso, è in pieno medioevo che sono fiorite tutte le leggende legate ai "ponti del diavolo", disseminati per l'Europa più o meno con la medesima agiografia. Si tratta di ponti la cui arditezza costruttiva e geometrica sottintendeva, per il popolo dell'epoca, un intervento sovranaturale, un patto con il diavolo da parte del mastro costruttore.

Da quello di Cividale del Friuli fino al ponte della Maddalena in provincia di Lucca, le vicende leggendarie hanno un fil rouge comune: non è possibile che un'opera tanto ardita stia in piedi da sola, con la semplice applicazione dell'arte e della tecnica conosciute!

Vi vedo sorridere.

Sacro e occulto. Il ponte, come la biblica torre (forse la Ziqqurat Etemenanki), segna la confusione delle lingue. Da opera d'ingegneria diventa sfida teologica e ideologica.

Se non vi convincono gli 8mila elaborati dell'attuale progetto, per il narratore la soluzione è semplice. La prima meraviglia del terzo millennio potrebbe attraversare lo stretto di Scilla e Cariddi con l'aiuto di qualche demone, così un mito arcaico fatto di mostri e divinità riviverebbe in una leggenda odierna. In cambio offriremmo al diavolo l'anima del primo essere vivente che vi transiterà.

Mentre voi scegliete, l'alternativa sarebbe un ponte di barche.

Giuseppe Maria Margiotta

Consigliere Segretario e Presidente del Centro Studi Cni



concrete
structural engineering software

ISI
Ingegneria Sismica Italiana
Sostenitore



Sismicad

Tante funzionalità un unico software

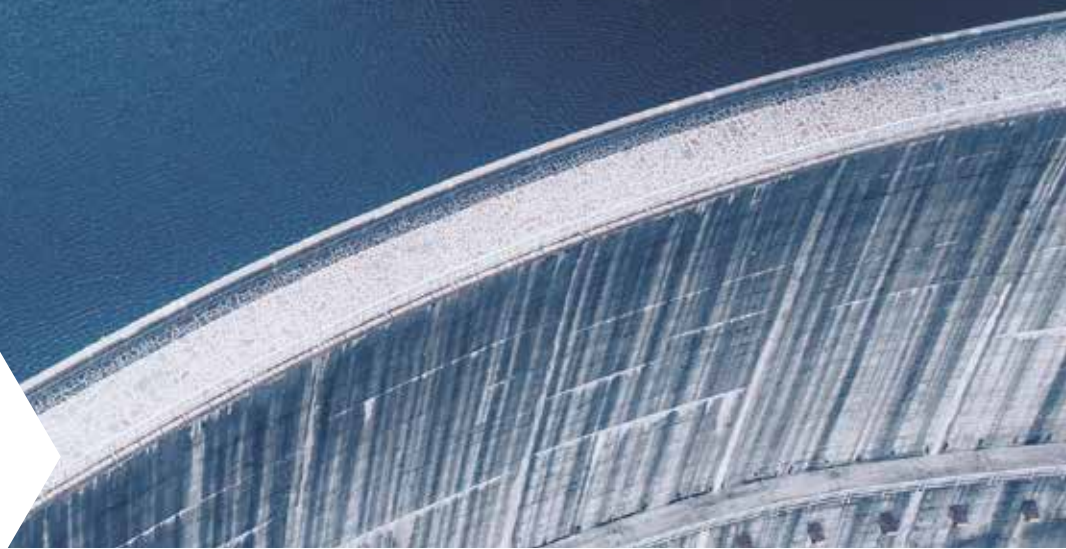
Scopri tutte le offerte su www.concrete.it



 KELLER

HYDROSTATIC PRESSURE MEASUREMENTS

WATER & FUELS



KELLER SERIES 26X

- For liquid level and fill level measurements
- Highly accurate measured values
- Excellent long-term stability
- Extended lightning protection available
- Analogue & digital interfaces can be combined
- Scalable analogue output (turn-down)
- Many years of maintenance-free operation

keller-pressure.com

Un'infrastruttura che non è solo creazione tecnica, ma anche metafora dei passaggi della vita

Da Heidegger a Calvino a Kafka, diversi intellettuali hanno riflettuto sui molteplici significati di ponte

Infrastruttura, superamento, ostacolo, confine, fiume, rive, culture, paesaggio, architettura. Di certo: ingegneria. Il ponte è forse l'opera umana in cui, più di ogni altra, l'ingegneria diviene architettura, paesaggio, simbolo. Grandi pensatori si sono confrontati con questa metafora. Da Leonardo che sottolinea che l'arco non è altro che una forza causata da due debolezze; a Calvino, per il quale il ponte non è sostenuto da questa o da quella pietra ma dalla linea dell'arco che esse formano; passando per Franz Kafka che ne fa un soggetto attivo del transito. Ponte (dal latino pons), significa passaggio, attraversamento. E proprio nell'attraversamento, di luoghi di spazi di tempi, nelle mutazioni di linguaggi e movimenti, si attua la semantica del passaggio, azione cardinale e primigenia dell'esistenza, ma anche espressione più autentica e figurativa della congiunzione vitale fra uomo e ambiente. Passare per territori. Per confini. Per generazioni. C'è dunque l'andare, e in esso la contaminazione, che è in sé scambio (passaggio di saperi), transizione (tra mondi e sistemi), eterogeneità (tra culture). Il ponte è, in quest'accezione, non solo sintesi di ingegneria e architettura. È racconto chimico, emotivo, sociologico, antropologico, economico, urbano: urbs che diventa civitas; passaggio che crea paesaggio. Molto prima della politica, l'arte anticipa e interpreta i cambiamenti. A proposito di confini e di ostacoli, Elton John, nel 1970, con *Border Song*, alludendo ai fantasmi del razzismo, dell'emigrazione, delle disuguaglianze, dell'intolleranza, sembra parlare all'oggi. Nello stesso anno il Signor G, che per Giorgio Gaber rappresenta la donna e l'uomo comuni, in bilico tra desiderio di cambiamento e staticità, tra senso della possibilità e della realtà, si confronta col significato di ponte. L'interpretazione del concetto di ponte, contenente in sé una pluralità di significati, è alla base dell'agire delle comunità. Confine, in senso geografico, è la zona di transizione in cui scompaiono le caratteristiche individuanti di una regione e iniziano quelle differenzianti. In senso geopolitico è una linea stabilita per convenzione. Distinguiamo confini politici, naturali, etnici, linguistici, geometrici, culturali, religiosi, economici. Nel nostro

immaginario il confine è linea di separazione, limite, cesura. Tra visioni politiche, tra utopia e distopia, tra Stato e società. Recinti rigidi, non permeabili. Immaginario che presuppone un universo fatto di isole e persone che, troppo spesso, purtroppo, lavorano per rafforzare i muri che le separano, non per gettare ponti. Nell'infanzia ci accompagna il giusto monito di genitori e maestri al non superare il limite. Ma tutti per natura necessitiamo di avvicinarci a quel limite, immaginando e creando il ponte per comprendere noi stessi e il nostro essere al mondo. E la contemporaneità ha urgente bisogno di una prospettiva diversa, perché un mondo munito di confini intesi come linee rigide, stabili, fisse, invalicabili, senza "ponti", non è più in grado di restituirci la complessità che abitiamo. Il ponte è lo spazio di contatto, in cui ricercare relazioni e ritrovare un linguaggio e una speranza condivisi in questo nostro passaggio terreno. Il ponte è anche la porta di accesso, lo specchio di Alice, l'armadio di Narnia: lo spazio da attraversare per entrare in una nuova dimensione e guardare altrimenti il mondo. Dal saper costruire questi ponti, in cui le diversità trovano percorsi compatibili, dipende la creazione di una società più giusta. Martin Heidegger, in "Costruire, abitare, pensare" usa il ponte come simbolo dell'essenza dell'abitare, dell'aver cura, tratti fondamentali della condizione umana. Il ponte non è solo infrastruttura ma ciò che, creando connessioni, produce un luogo che prima non c'era. Quello che dobbiamo ricercare, in cui non ci sono individualità eccessivamente autoreferenziali, e che mette in relazione saperi e competenze. Il luogo in cui sappiamo che il risultato è molto più della somma delle parti, è la sintesi della sovrapposizione di culture dei tanti protagonisti. L'Ingegneria (che per Dna è ponte, connessione di linguaggi e competenze) ha, in radice, la parola ingegno. Cioè lo strumento con cui l'uomo abita il proprio tempo, immagina il futuro, si prende cura di sé, degli altri e del mondo che lo circonda. Così il linguaggio dell'ingegneria e dell'architettura e la sua capacità di costruire ponti tra teoria e prassi, pensiero meditante e pensiero calcolante, discipline differenti, diviene oggi elemento necessario (ma non sufficiente) per immaginare il mondo.

Gianni Massa

PAG 3 EDITORIALI

L'ingegneria italiana torni ad essere profeta
in patria

di Angelo Domenico Perrini

Un ponte per integrare e unire definitivamente
il Paese

di Alberto Romagnoli

Pontefici e demoni: le superstizioni dell'evo
contemporaneo

di Giuseppe Maria Margiotta

Un'infrastruttura che non è solo creazione
tecnica, ma anche metafora dei passaggi della vita

di Gianni Massa

PAG 14 Sezione scientifica

*Antonio Bilotta
Giovanni Cardinale
Marco Casamonti
Edoardo Cosenza
Mauro Dolce
Daniele Losanno
Massimo Mariani
Mario de Miranda
Maria Rosaria Pecce
Massimo Viviani*

PAG 68 Focusing

A CURA DI PPAN
CON IL CONTRIBUTO DI NICK O'RIORDAN

Sezione scientifica



fotografo: credits © Davide Curatola Soprana - OSA | adv: Michele Spallino

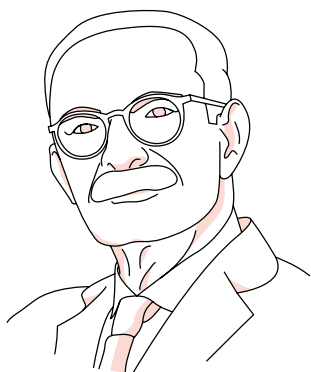
CHIESA CUORE IMMACOLATO DI MARIA VILLAGGIO MOSE' - AGRIGENTO | Studio di architettura: AM3 architetti associati



Magistra nasce dalla conoscenza della storia della tecnologia edilizia, nel corretto rapporto tra il costruito e l'ambiente circostante, tra la natura e l'uomo. Una linea di prodotti di alta gamma per l'edilizia di qualità, particolarmente vocata al restauro o a lavorazioni che prediligano risultati dall'aspetto naturale e cangiante col passare del tempo. L'utilizzo di tecniche antiche, coniugate con le moderne tecnologie, l'impiego esclusivo di materiali naturali ed ecocompatibili, la possibilità di offrire prodotti su misura, fanno di Magistra il partner esclusivo per la valorizzazione dell'architettura di pregio.

Tradimalt_{SpA}

Via Peppino Mondello 48 - 98049 Villafranca Tirrena (Me)
www.tradimalt.com



Giovanni Cardinale
Ingegnere civile, progettista

Come mai 'ponti'? Perché vogliamo collegare competenze, culture, punti di vista e discipline

Celebriamo un'opera in cui creatività e tecnologia, intuizione e visione sono indissolubilmente legate

Perché dedicare un numero della rivista ai ponti? La risposta sembrerebbe, oggi, scontata e affidata alla questione **Ponte sullo stretto di Messina**. In realtà, pur trattando anche questo argomento in modo autorevole, diretto e indiretto (E. Cosenza, M. De Miranda), l'intento di questo numero, almeno nella mia idea di curatore, guarda verso altre direzioni.

Guarda al ponte come opera di ingegneria in cui creatività e tecnologia, senso statico e logica costruttiva, intuizione e visione, attenzione al contesto e sostenibilità, sono indissolubilmente legate; le battaglie architettura-ingegneria non esistono, sono retroguardia.

Guarda al ponte del pensiero di **Martin Heidegger**: «In modi sempre diversi, il ponte conduce su e giù gli itinerari affrettati o esitanti degli uomini, permettendo loro di giungere sempre ad altre rive e, da ultimo di passare, come mortali, dall'altra parte. Il ponte supera il fiume o il burrone con arcate ora alte e ora basse; sia che i mortali facciano attenzione allo slancio oltrepassante del ponte, sia che dimentichino che, sempre già sulla via dell'ultimo ponte, essi fondamentalmente si sforzano di superare ciò che hanno in sé di mediocre e di malvagio, per presentarsi davanti all'integrità del divino. Ma in realtà il ponte, se è un vero ponte, non è mai anzitutto un semplice ponte e poi, in un secondo tempo, un simbolo». E per questo proponiamo un ponte che caratterizza il luogo e produce emozioni nel ridisegnare il concetto stesso di «connettere due punti»: «Il progetto mira a creare un'emozione costruendo un'infrastruttura capace di simboleggiare il desiderio di incontrarsi, unirsi, baciarsi... **Un'installazione di arte performativa**, che incoraggia il pubblico partecipante a recuperare la sensazione di connessione» (M. Casamonti).

Guardiamo al ponte come sfida dell'ingegneria e dell'impresa, proiettata in una discontinuità nel progredire della scienza e della tecnica: «La risposta è da ricercarsi nella consapevolezza che discontinuità di questo tipo risultano possibili soltanto quando nella progettazione interviene un cambio di paradigma nella concezione strutturale della tipologia costruttiva, affiancato da un significativo avanzamento tecnologico» (E. Cosenza). Una sfida che, nelle opere più ardite deve guardare «all'indispensabile supporto di scienza, tecnica ed esperienza, (con la) **consapevolezza** delle difficoltà e di conseguenza l'applicazione congiunta delle categorie non "tecniche" ma essenziali in questi casi della **moderazione** e della **prudenza**» (M. De Miranda).

Guardiamo al ponte come opera dell'ingegnere che trova le soluzioni strutturali, sceglie i materiali, propone le ipotesi costruttive e le fa divenire "progetto", di volta in volta diverso, che sia carrabile o pedonale, in **calcestruzzo armato e/o in acciaio**, il tutto sempre unito da grande professionalità, responsabilità e rispetto del contesto (M. Viviani).

Nella prima pagina di un libro¹ ho trovato questa citazione di Seneca: «La vita si divide in tre periodi: passato, presente, futuro. Di essi, quello che viviamo è breve, quello che vivremo è incerto, solo quello che abbiamo già vissuto è sicuro. Questa è l'unica parte della nostra vita sacra ed inviolabile, al di sopra di tutte le vicende umane; essa sfugge al dominio del fato e non è più sotto l'influenza della povertà, né della paura o delle malattie. Non può più essere modificata né può venirci sottratta; il suo possesso è perenne e inalterabile. Nel presente sono davanti a noi solo i giorni, uno ad uno, e questi momento per momento; mentre quelli del passato, quando vorrai, ti si presenteranno tutti insieme per essere riesaminati e trattiene quanto a lungo preferisci».

Ecco, questo numero guarda anche al “passato”, alla memoria di ciò che è stato, alla lezione che umilmente dobbiamo sempre cercare di rileggere, indagare anche in quella «**storia di strutture magnifiche non più esistenti**» (M. Mariani) in cui i bellissimi ponti in legno non arrossiscono davanti alle sfide dell'oggi proprio perché le hanno rese possibili con il coraggio e l'inventività dei protagonisti di quel tempo.

E poi, uno sguardo all'uso del calcestruzzo nei ponti (G. Cardinale), come elemento che parte dalle origini di questo materiale, riguarda sostenibilità e rispetto dell'ambiente; opere del passato che parlano della storia della scuola dell'ingegneria italiana (“I bei tempi dell'ingegneria italiana”, Casabella, 1986), accanto a opere moderne che consacrano l'attualità e l'espressività di questo materiale, spesso insostituibile nel costruire infrastrutture in alcune parti del mondo.

Al passato, al presente ed al futuro, guarda il focusing di **PPAN** in cui accanto al recentissimo **Ponte di Braila** (Webuild e Ihi – Romani – 1.975 metri di luce unica) c'è l'interessantissimo richiamo a lavoro di chi come “**Bridges to prosperity**”, lavora per migliorare la mobilità nei paesi poveri, sposandone ambiente e tecnologie.

Non poteva mancare un'attenzione alla prevenzione e all'intervento sui ponti esistenti (E. Cosenza e altri) che hanno tratto dalle recenti Linee guida del ministero grande spunto per la ricerca e la sensibilizzazione degli enti gestori e dei committenti pubblici, con un attivismo e traguardi che solo qualche anno fa sembravano impossibili.

L'ultima riflessione che questo numero vuole affidare a chi vorrà leggerlo attiene al “filo rosso” che unisce molti dei contributi offerti.

Arturo Danusso, parlando di se stesso diceva “**costruttore di cementi armati**”; ebbene, la realtà dei ponti descritti sconfigge l'idea del “progetto perfetto” che nasce a monte della costruzione, come terribile antagonista di un'impresa che si vorrebbe vedere retrocessa al rango di semplice “esecutrice”, esalta il processo e rimette al centro “la costruzione”.

La fase esecutiva è sempre stata la fase in cui, a valle di concetti ed esigenze già stabiliti da altri, la progettazione e la costruzione procedono l'una accanto all'altra a fare sintesi tra capacità tecniche, organizzazione, capacità economiche e “manualità”; oggi potremmo dire, **capacità di industrializzare i processi**.

Un unicum in cui la tecnologia visibile è armonica con quella “invisibile” (i contratti, le specifiche, i programmi...) a garantire, insieme a chi ha l'onere dei controlli, il rispetto della qualità, dell'economia, dei tempi.

Lasciando il furore ideologico contro l'appalto integrato a chi questa storia non ha mai voluto leggerla per ciò che davvero essa racconta.

¹ G. Lodigiani, “Ricordi di vita e di lavoro”

Il piacere di progettare, il nuovo e l'esistente.



MasterSap è un software semplice e veloce per calcolare e verificare strutture nuove ed esistenti.

Innovativo, intuitivo, completo. L'utilizzo di MasterSap è immediato e naturale anche grazie all'efficienza degli strumenti grafici e alle numerose modalità di generazione del modello, anche da disegno architettonico.

BIM. MasterSap sposa la filosofia di progettazione "Open BIM" che porta alla condivisione dei dati di progetto con il maggior numero di attori coinvolti nel cantiere edilizio grazie alla compatibilità con lo standard IFC.

Top performance. Il solutore, potente ed affidabile, conclude l'elaborazione in tempi rapidissimi; i postprocessori per c.a., acciaio, legno, muratura, integrati fra loro, completano, in modo immediato, dimensionamento e disegno di elementi e componenti strutturali.

L'affidabilità dell'esperienza. MasterSap conta un numero straordinario di applicazioni progettuali che testimoniano l'affidabilità del prodotto e hanno contribuito a elevare i servizi di assistenza a livelli di assoluta eccellenza.

Condizioni d'acquisto insuperabili, vantaggiose anche per neolaureati e giovani ingegneri.

Monitoraggio dei ponti esistenti, ora ci sono le linee guida

Un nuovo strumento per classificazione e gestione del rischio, e valutazione della sicurezza

Nelle ultime due decadi in Italia i casi di interruzione di servizio e crolli che hanno riguardato ponti, viadotti e cavalcavia esistenti sono stati numerosi e talvolta catastrofici. **In particolare, il tragico evento del 2018 del ponte Polcevera di Genova ha indubbiamente puntato i riflettori sul problema della gestione e manutenzione di queste infrastrutture, soprattutto in relazione alla loro sicurezza strutturale.** Infatti, rispetto alle condizioni di verifica strutturale considerate in fase di progetto, la capacità di tali opere può essere messa in crisi dall'aumento delle azioni (carichi da traffico) e dal possibile degrado dei materiali. Del resto, una fetta importante del patrimonio infrastrutturale esistente, quella che ha collegato i grandi centri abitati, è stata costruita nel secolo scorso e ha ormai superato il periodo di vita durante il quale le azioni di manutenzione ordinaria possono ritenersi sufficienti anche per il corretto funzionamento strutturale.

Tuttavia, su scala nazionale l'inquadramento del problema e l'approccio da adottare si

ANTONIO BILOTTA
MARIA ROSARIA PECCE
MAURO DOLCE
EDOARDO COSENZA
*Dipartimento di Strutture per
l'Ingegneria e l'Architettura,
Università di Napoli Federico II*

presentano particolarmente complessi a causa della vastità del patrimonio di ponti del nostro paese. Le opere sono caratterizzate da una grande varietà di tipologie strutturali e un'elevata frammentazione della loro gestione da parte di concessionari ed enti locali, che hanno affrontato in modo eterogeneo il problema della mitigazione dei fenomeni di degrado. L'età di realizzazione delle opere è molto variabile e ciò comporta una grande varietà di metodi costruttivi e norme di progettazione diversi da quelli attuali, che rende ancora più complessa

la valutazione omogenea della sicurezza strutturale. La piena coscienza di avere un patrimonio di opere ampio e complesso – talvolta neanche completamente censito – evidenzia che attuare interventi diffusi e immediati su questo tipo di asset non è possibile per l'enorme sforzo economico che ne conseguirebbe già a partire dai soli costi di studi approfonditi e attendibili, che richiederebbero anche tempi lunghi laddove siano necessarie indagini e valutazioni condotte con tecniche affidabili.

Per indirizzare le risorse economiche e tecniche in modo ottimale, seguendo una procedura uniforme per l'intero territorio nazionale a prescindere dalle consuetudini manutentive di concessionari e gestori, il Consiglio superiore dei lavori pubblici ha istituito una commissione tecnica nel 2019. La commissione ha redatto le "Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza dei ponti" finalizzate a guidare concessionari e gestori di ponti e viadotti sia nel loro censimento e valutazione preliminare su larga scala (con un approccio multirischio basato sull'analisi delle informazioni ottenute anche mediante ispezioni visive ad-hoc) che nella loro eventuale valutazione accurata, contemplando anche la possibilità di predisporre sistemi di monitoraggio strumentale. **Il documento è stato approvato nell'aprile 2020, adottato in via sperimentale per i concessionari autostradali e Anas con il Dm 578 del dicembre 2020, ed esteso anche agli Enti locali con il Dm 204 del luglio 2022.**

L'innovazione delle linee guida è l'approccio multilivello (dal livello 0 al 5) che trova un fulcro nel livello 2 finalizzato alla valutazione della Classe di Attenzione (Cda) dell'opera (bassa, medio-bassa, media, medio-alta e alta), introducendo uno strumento di classificazione semplificata del rischio

dell'opera basata sull'analisi dei tre fattori pericolosità, vulnerabilità ed esposizione, utile a indirizzare - in maniera dinamica nel tempo - le strategie di valutazione accurata e di monitoraggio.

Ma altrettanto innovativo in ambito nazionale è l'approccio multirischio che coinvolge 4 aspetti: il rischio strutturale e fondazionale, il rischio sismico, il rischio frane, il rischio idraulico. Il primo aspetto si presenta molto complesso perché il rischio strutturale è correlato non solo alle caratteristiche strutturali intrinseche (e.g. schema statico, tipo di materiale, azioni di progetto) ma coinvolge anche lo stato di conservazione della struttura, che si differenzia per ciascuna tipologia strutturale in funzione di fenomeni di degrado tipici per effetti diversi (e.g. condizioni ambientali, eventi naturali, azioni antropiche). Per questo rischio diventa fondamentale la diagnosi basata su ispezioni (livello 1), che non si limita alla constatazione di un difetto ma ne deve individuare le possibili conseguenze sulla sicurezza strutturale, richiedendo quindi una formazione altamente specializzata dei tecnici che le conducono, che può basarsi solo su una approfondita conoscenza del comportamento e del degrado delle strutture. **D'altra parte, non si può prescindere dalle condizioni di contesto che determinano l'importanza degli altri rischi a parità di condizione strutturale.**

La metodologia proposta, pur nascendo da un'attenta analisi di dati basati su attività di ricerca e studio e su esperienze professionali dei gruppi di lavoro che l'hanno messa a punto, non può ritenersi completamente efficace senza un periodo di sperimentazione da cui emergano difficoltà di applicazione, incertezze interpretative, aspetti relativi a casi specifici, e valutazioni di carattere generale che portano a un'utile attività di revisione e aggiornamento.

Quest'attività di sperimentazione è coordinata dal consorzio ReLuis (Rete dei Laboratori universitari di ingegneria sismica e strutturale), che supporta il Consiglio Superiore dei Lavori pubblici che sovrintende all'applicazione delle Linee guida da parte dei concessionari e degli enti gestori.

Nell'ambito di questa attività, ReLuis sviluppa, mediante la partecipazione di più di 500 ricercatori da circa 40 Università ed Enti di ricerca distribuiti sull'intero territorio nazionale, attività di ricerca finalizzata allo sviluppo di tecniche avanzate per la diagnostica, per l'analisi e il monitoraggio strutturale ma anche per l'applicazione di metodi di modellazione e verifica specifici per strutture esistenti. I molteplici studi teorici e la ricca sperimentazione condotta in laboratorio su elementi riprodotti in scala e in sito su opere esistenti consente, ad esempio, di investigare i meccanismi di funzionamento dei sistemi strutturali anche in presenza di degrado. **Ad esempio, l'attenzione è molto alta sui ponti in precompresso a cavi post-tesi e sulle selle Gerber, che riservano entrambi difetti occulti con rischi di crisi fragili.** Anche le tecniche di diagnostica, identificazione strutturale e monitoraggio sono oggetto di numerosi studi e sperimentazioni. Inoltre, lo studio dei modelli di traffico arricchiti da dati registrati mediante sistemi all'avanguardia di pesa dinamiche consente di valutare la possibile revisione dei fattori di sicurezza da utilizzarsi nelle verifiche di sicurezza, anche in funzione della effettiva conoscenza dell'opera.

Le attività di sperimentazione sulle Linee guida, attualmente in corso, stanno evidenziando l'importanza di rendere organica tutta la conoscenza sul tema, riferita al patrimonio nazionale, per sostenere l'ingegnere (libero professionista o tecnico strutturato degli Enti gestori pubblici o privati) che rappresenta la figura centrale che dovrà occuparsi dell'analisi delle opere a partire dal censimento fino al controllo, monitoraggio, valutazione e progettazione di interventi. I risultati della sperimentazione e degli studi che si stanno sviluppando potranno contribuire significativamente alla formazione dei tecnici del settore, attraverso la redazione di documenti di supporto tecnico, indispensabili quando si parla di strutture esistenti, realizzate in modi e tempi estremamente diversi e per le quali occorre garantire standard di sicurezza quanto più prossimi possibile a quelli previsti per le nuove costruzioni nelle attuali normative. **L'esperienza di analisi del patrimonio esistente secondo i principi delle Linee guida sta già fornendo dettagli operativi importanti sugli aspetti del monitoraggio e della manutenzione,** ma condurrà anche ad un miglioramento sostanziale della progettazione delle nuove opere, che potrà basarsi sull'analisi dell'ampia mole di dati raccolti in quello che si potrebbe definire il più grande laboratorio sperimentale di strutture reali nelle quali sono evidenti le effettive conseguenze del tempo.

EUCLIDE

Una suite di software completa ed integrata, ideale per la tua professione:

- **COMPUTI METRICI**
- **CONTABILITÀ LAVORI**
- **SICUREZZA NEI CANTIERI**
 - **CERTIFICAZIONE ENERGETICA**
- **PROGETTAZIONE ACUSTICA**
- **CAPITOLATI D'APPALTO**
- **PIANI DI MANUTENZIONE**
 - **GESTIONE IMPRESA**

GARANZIE

- *assistenza tecnica gratuita ed esperta*
- *soddisfatto o rimborsato entro 30 gg dalla data del tuo acquisto*

Approfitta subito delle offerte promozionali in corso su:

www.geonetwork.it





Namirial CPI Win

I software di riferimento per la prevenzione incendi

Un supporto completo per effettuare scelte progettuali conformi alle normative vigenti, garantendo massima efficienza in termini di tempi e costi.

CPI Win si arricchisce di tante novità per darti modo di sfruttare al massimo le tue potenzialità.

Diventa anche tu leader nella prevenzione incendi



CPI win® Attività

Sempre aggiornato alle nuove normative e totalmente integrato per guidarti fra le regole di prevenzione incendi nella progettazione di qualunque attività.



CPI win® Impianti

Praticità del 2D e precisione del modello 3D, calcoli certi e rigorosi nella progettazione delle reti antincendio: prodotti professionali per chi vuole qualità, velocità e costi minimi.



Sismosprink

Il primo software per il dimensionamento dei sostegni sismici e statici delle reti antincendio sprinkler e idranti.



CPI win® FSE

Il nuovo e realistico simulatore di incendio e la razionalizzazione dei risultati ti consente di applicare e verificare con una realtà sorprendente il meglio dei principi dell'ingegneria FSE.



CPI win® REI

La verifica tabellare non risponde ai requisiti richiesti: solo un software professionale come CPI Win REI può aiutarti nella verifica analitica di resistenza al fuoco delle strutture.

Namirial insieme con Graphisoft sta sviluppando l'integrazione dei propri prodotti con tutte le versioni di Archicad per garantire una completa integrazione fra modello e progetto, oltre che la possibilità di comunicazione con "gli altri" senza pensieri e nel minor tempo possibile.

Un progetto innovativo e di grande rilevanza per soluzioni BIM totalmente integrate.

www.edilizianamirial.it

Scopri tutte le novità

Usali gratis ora!



Scegli CPI win!

 **Namirial**

Namirial SPA

www.edilizianamirial.it

E-mail: commerciale@edilizianamirial.it

Telefono: +39 071 20 53 80

Progetto e costruzione, accendiamo un faro

Tante le variabili da considerare,
non tutte gestibili da un'intelligenza
artificiale

Il ponte rappresenta sempre un'opera rilevante dal punto di vista paesaggistico ed è certamente un manufatto per il quale la struttura, o meglio, la concezione strutturale, è prevalente rispetto ad altri aspetti funzionali, tipo la carreggiata stradale, le cui caratteristiche sono stabilite da un insieme di regole condivise. È altresì costante la necessità di ridurre al minimo, per quanto possibile, l'interferenza della struttura con l'ambiente circostante, rappresentato per lo più da alvei fluviali o, per i viadotti, da aree urbanizzate. **A questo si aggiunge l'aspetto economico che talvolta può condizionare, anche pesantemente, la progettazione.** Questo ventaglio di vincoli ha come conseguenza la ricerca delle migliori soluzioni sia per gli schemi statici resistenti, sia per l'uso dei materiali, in un'armonia che consenta di raggiungere buoni risultati tecnici ed estetici. Un tema centrale nella concezione strutturale è il fattore di scala: realizzare una struttura dieci volte più grande, incrementando della stessa quantità

tutte le dimensioni non è affatto invariante rispetto alla sicurezza. Esiste un limite per cui l'accrescimento, anche se proporzionale, inevitabilmente porterà al fallimento. Tutto questo è la diretta conseguenza della nostra rappresentazione della realtà che è basata sulle tre grandezze fondamentali: massa, lunghezza e tempo. Sarà sempre possibile fare una struttura proporzionalmente più grande e con massa minore ma non potremo mai cambiare il tempo. La naturale conseguenza di questo limite è proprio la varietà strutturale, particolarmente evidenziata nelle strutture da ponte che passano dagli archi alle travate semplici poi alle travate continue, alle strutture combinate arco-trave e infine alle strutture strallate e sospese in un divenire di evoluzioni e innovazioni che sfrutta le possibilità dei materiali nelle migliori configurazioni, in relazione alla tecnologia e alle conoscenze disponibili¹. La progettazione s'intreccia così tra temi di carattere prettamente strutturale con altri di tipo sostanzialmente tecnologico ed economico, rappresentati dalla costruzione e dal montaggio dell'opera d'arte.

¹ G. Krall – *Ponti quasi arditi in cemento armato* – Facoltà Ingegneria Università di Trieste, Trieste 1947



A

Vista generale della struttura di attraversamento

Esistono strutture molto efficienti da un punto di vista statico la cui costruzione può essere molto difficoltosa. È il caso, ad esempio, dei ponti arco-trave a via inferiore per i quali la struttura, fino al suo completamento, presenta elevata vulnerabilità e richiede quindi modalità costruttive tradizionali dal basso o alternative eccessivamente costose. Il ponte sul fiume Serchio in provincia di Lucca² è una struttura combinata arco-trave a via inferiore con membrature in materiali diversi in relazione alla funzione statica assoluta; l'impalcato in c.a.p. a cavi postesi raccoglie i carichi stradali e irrigidisce perfettamente l'arco centrale in acciaio destinato a sua volta a sostenere i carichi sulla trave senza aggravamenti dovuti a comportamenti non lineari o instabili. L'accoppiamento delle due membrature, arco e trave, è ottenuto con una cortina di funi spirodali chiuse del diametro di 72mm a interasse di 5 metri capace di assicurare

una rigidità sufficiente a considerarla tecnicamente inestensibile. Le proporzioni geometriche: luce di 132 metri con altezza dell'impalcato di 2,40 metri, e conseguente snellezza di circa 1/55; arco centrale con freccia di 17,50 metri e spessore di 1,20 metri, conferiscono leggerezza ed eleganza alla struttura. **L'uso dei materiali e delle tecniche costruttive ha consentito altresì una notevole economia.** L'impalcato a cassone bicellulare, prefabbricato per conci in cantiere, è stato completato in opera su pile provvisorie e successivamente connesso all'arco con la pendinatura verticale di cortina (Foto A). Se la scelta fosse guidata dal solo costo della materia prima, le strutture in acciaio avrebbero un impiego limitato alle sole grandi luci; ponti strallati e sospesi. Specializzando le sezioni resistenti, calcestruzzo per le parti prevalentemente compresse e acciaio per il resto, si possono realizzare strutture molto efficienti che uniscono l'economicità del calcestruzzo con la leggerezza dell'acciaio ottenendo risultati d'interesse per attraversamenti fino a luci medie. Il peso della soletta in calcestruzzo agisce sulla parte di struttura di solo acciaio e, per luci importanti,

² M. Viviani, "La nuova passerella sul torrente Lima a Bagni di Lucca" Premio Aicap 2011, *Realizzazioni in calcestruzzo strutturale*, Ed. Aicap

può rappresentare un limite economico con costi che superano la soluzione in piastra ortotropa, tipologia strutturale direttamente conseguente con l'aumentare della luce da superare.

Il ponte sul fiume Arno in provincia di Pisa³ è una struttura mista acciaio-calcestruzzo con schema a travata continua su tre luci di 80 metri – 160 metri – 80 metri in una parte piuttosto complicata del tracciato stradale con clotoide di inserimento in curva circolare, quindi con pendenze trasversali variabili a cui si aggiunge un raccordo verticale convesso.

Per il superamento dell'Arno non era consentita l'occupazione dell'alveo attivo in nessuna parte e per qualsiasi tempo: serviva quindi una struttura leggera per superare l'ampia luce centrale così come uno studio della costruzione che rispettasse i gravosi vincoli idraulici. La soluzione tradizionale di ponte a travata in acciaio con piastra ortotropa d'impalcato si presentava troppo costosa, al pari di una soluzione mista ordinaria con soletta di spessore corrente. Lo sviluppo delle possibilità alternative alla soletta ordinaria ha condotto a una concezione strutturale di travata continua in struttura mista acciaio-calcestruzzo a

Saldatura della sezione centrale



cassone monocellulare con controvento inferiore di torsione, con soletta sottile di 15cm di spessore, connessa a un lamierino che assolve alle azioni di controventamento durante la costruzione e al contenimento del getto in calcestruzzo, grazie alla sua resistenza membranale nonché a garantire la sicurezza per le azioni locali dovute al traffico dei mezzi pesanti una volta che il ponte è completato e in esercizio. Questa soletta di piccolo spessore, organizzata su luci di 2 metri senza armatura inferiore oltre al lamierino, consente di ridurre al minimo il calcestruzzo portato dalla sola struttura in acciaio con benefici complessivi in termini di peso di acciaio e quantità di calcestruzzo, incrementando di fatto il campo di impiego di questa tipologia strutturale nell'intorno dei 200 metri di luce, in travata continua. **Il montaggio della struttura doveva avvenire necessariamente dalle due sponde per evitare qualsiasi intralcio idraulico** e la soluzione è stata quella di montare le due metà nella golenia per poi ruotarle fino alla posizione centrale e successiva connessione finale di mezzeria. Il completamento dello schema strutturale di progetto è stato poi ottenuto applicando una distorsione ad arte, costituita da abbassamenti degli appoggi intermedi (Foto B).

Esigenze di carattere storico-paesaggistico possono richiedere specifiche tipologie strutturali sia per schemi statici che per materiali. È il caso del rinnovo del ponte tra Sovigliana e Vinci in Provincia di Firenze⁴ che, per precisa richiesta della Soprintendenza, doveva mantenere la stessa tipologia di ponte a tre luci costruito in calcestruzzo, seguendo le caratteristiche tipologiche degli attraversamenti già presenti in quel tratto dell'Arno. Lo schema statico a portale con luci di 30 - 50 – 30 metri è organizzato su due pile a fusto unico che si connettono a due cassoni monocellulari precompressi con cavi esterni disposti all'interno del cassone. La particolarità progettuale riguarda la modalità costruttiva che prevede l'uso di una trave metallica di banchinaggio destinata a realizzare la prima parte del cassone,

³ M. Viviani, "Il nuovo ponte sull'Arno a Pontedera" *Costruzioni Metalliche*, N.1-2010

⁴ F. Biondi, G. Buratti, A. Gensini, M. Viviani, "La costruzione di impalcato in precompresso con travi metalliche di banchinaggio", *Giornate Aicap 2014, Bergamo*



Vista generale dell'attraversamento

soletta inferiore e pareti laterali che, successivamente precompressa in prima fase, diventa autonoma e con resistenza sufficiente a sostenere la soletta superiore che completa la struttura. Questa modalità costruttiva ha consentito la realizzazione di un un ponte in c.a.p. gettato in opera senza alcun ausilio di banchinaggio a terra con occupazione d'alveo e, grazie allo sdoppiamento della carreggiata in due cassoni distinti, non è stata necessaria alcuna interruzione del traffico stradale. La trave reticolare di banchinaggio, con schema tubolare, è stata progettata in modo da sostenere la prima parte di sezione di calcestruzzo ad U al suo interno e costituire poi la base di appoggio della cassatura per la soletta superiore una volta precompressa la parte inferiore del cassone (Foto C).

I ponti ciclo-pedonali sono caratterizzati da strutture il cui impegno per i carichi di servizio è, in genere, modesto; questa particolarità viene sovente sfruttata con strutture a fune molto leggere, tensostrutture, oppure con strutture di tipo tradizionale in acciaio o calcestruzzo secondo le varie tipologie con ardimenti estetici rilevanti. In questo contesto si inseriscono le strutture a nastro teso che sfruttano la statica della fune conformata in modo tale da costituire un normale passaggio ciclo-pedonale. **La sua concezione è riconducibile ai tiranti in c.a.p. proposti da Riccardo Morandi già dal 1960**

per il ponte sul Torrente Vella a Sulmona, e le prime applicazioni risalgono alla metà degli anni '60. La passerella a nastro teso sul torrente Lima del 2010⁵ è il primo esempio in Italia di questa tipologia strutturale. L'attraversamento della luce di 87 metri per una larghezza di 3,20 netta è ottenuto con un nastro in calcestruzzo precompresso dello spessore di 15cm con ringrossi ai lati per un'altezza complessiva di 40cm. Dal punto di vista estetico l'opera, grazie alla sua snellezza e trasparenza, si inserisce perfettamente nel contesto paesaggistico-fluviale della cittadina di Bagni di Lucca. A fronte della apparente semplicità, questo tipo di struttura riserva difficoltà operative del tutto particolari.

La costruzione con conci prefabbricati coniugati è stata realizzata sulla geometria finale in modo da limitare, per quanto possibile, picchi di tensione di contatto durante la presollecitazione dei cavi. La geometria finale è frutto di una successione di operazioni: la stesa dei cavi portanti; la posa dei conci sfruttando gli stessi cavi e, infine, la posa dei cavi di precompressione che realizzano la struttura nella configurazione finale a meno della viscosità. Durante queste fasi costruttive il nastro teso muta sensibilmente la sua forma con rotazioni non trascurabili alle due estremità da cui consegue la necessità di studiare con attenzione la modalità di connessione del nastro teso con il blocco di fondazione.

Questo tipo di strutture ha una forte componente tecnologica e concentra i costi nelle opere di fondazione, destinate a raccogliere spinte orizzontali importanti, del tutto anomale rispetto alle normali strutture da ponte.

Questi pochi casi reali rappresentano forse con sufficiente chiarezza la complessità della progettazione e costruzione dei ponti che, oltre ad essere guidata da conoscenze di carattere teorico e da criteri di similitudine, entrambi facilmente implementabili dall'intelligenza artificiale, è certamente vincolata anche da condizioni ambientali e da potenzialità operative delle imprese costruttrici, la cui soluzione chiederà sempre un'operazione di sintesi che difficilmente potrà fare a meno dell'ingegnere.

⁵ "La nuova passerella sul torrente Lima a Bagni di Lucca" Premio Aicap 2011, *Realizzazioni in calcestruzzo strutturale*, Ed. Aicap



MATACRYL® SYSTEM

**Pavimentazioni impermeabili a basso spessore
resilienti carrabili per ponti stradali e ferroviari
in acciaio a lastra ortotropa di grandi luci
ad alte prestazioni e durabilità**



Sede: G&P intech s.r.l.
Via Retrone 39
36077 Altavilla Vicentina (VI)
Tel. 0444.522797 - Fax 0444.349110
E mail: info@gpintech.com
Uffici e magazzino
Via della Tecnica 19 int.9
36100 Vicenza

Uffici Area Nord Ovest
Via Idiomi, 1/2
20057 Assago (MI)
Tel. 02.97130589
E mail: milano@gpintech.com

Uffici e magazzino Area Centro
Contrada Rancia 12
62029 Tolentino (MC)
Tel. 0733.1878600
E mail: tolentino@gpintech.com



Il Kiss Bridge, fonte di connessioni ed emozioni

Non una semplice infrastruttura,
ma una vera e propria installazione
di arte performativa

MARCO CASAMONTI
*Professore e architetto,
fondatore di Archea Associati*



I

Il Kiss Bridge si trova sulla costa sud-occidentale dell'isola di Phú Quoc in Vietnam, un punto iconico caratterizzato da importanti flussi turistici. Il ponte, la cui progettazione architettonica è stata curata da Marco Casamonti/Archea Associati, è un percorso pedonale sospeso con possibilità di accesso anche con piccoli mezzi elettrici. **Un'infrastruttura**

unica che con la sua forma organica copre ampi spazi e forti dislivelli. La sua struttura si adatta alla topografia del luogo con un disegno fluido, creando svariati livelli dai quali è possibile contemplare il panorama da diversi punti di vista. F&M Ingegneria, società leader in soluzioni progettuali all'avanguardia nei campi dell'ingegneria civile, delle infrastrutture e del project management, ha curato i servizi di progettazione strutturale, geotecnica ed impiantistica.

Foto: © Sarorelli e Associati

Il Kiss Bridge nasce da una profonda riflessione sul concetto di connessione. Anziché immaginare un ponte capace di collegare semplicemente due punti, il progetto mira a creare un'emozione tramite un'infrastruttura che simboleggi il desiderio di incontrarsi, unirsi, baciarsi. Così è nato questo ponte, costituito da due grandi bracci ad andamento curvilineo che, dopo un tragitto in pendenza di oltre 400 metri, arrivano, nelle campate centrali, all'altezza di 16 metri sul livello del mare, sfiorandosi senza congiungersi.

La loro distanza fisica, appena 38 centimetri, non consente di passare da una parte all'altra delle due diverse sponde costringendo le persone ad allungarsi per toccarsi, stringersi la mano, o protendersi per un bacio. Un distacco che racchiude in sé il significato più profondo di quest'opera, che si congiunge non fisicamente ma virtualmente trasferendo energia positiva da un lato all'altro. **Fino a evocare l'immagine del protendersi delle dita delle mani nella "Creazione di Adamo" di Michelangelo nella Cappella Sistina.**

L'ispirazione del ponte deriva dalla leggenda vietnamita Ông Ngâu Bà Ngâu, che racconta dell'amore impossibile tra una dea ed un essere umano. Il loro sentimento era così forte che l'imperatore concesse loro di incontrarsi solo una volta all'anno su un ponte magico creato da uno stormo di uccellini. La dea e l'uomo si ameranno per sempre senza sfiorarsi mai, un'unione platonica tipica dei grandi amori che resistono alle distanze forzate.

Ispirati alla natura circostante, i progettisti hanno sviluppato un unico corpo che ha al suo interno più anime, per rappresentare l'eterogeneità del luogo, prendendo il tema del bacio come riferimento concettuale che nell'arte viene rappresentato come quel momento cruciale in cui due individui si fondono insieme.





Foto: © Sarorelli e Associati

Così ha preso vita il progetto in cui si è voluta sottolineare la tensione che si genera tra i due amanti nell'istante che precede il bacio. Questa tensione rimarrà sempre costante e infinita ma l'atto può essere compiuto dalle persone che camminano lungo i due diversi percorsi del ponte, concretizzando l'ultimo gesto che le due strutture non faranno mai: toccandosi. Kiss Bridge è dunque un'installazione di arte performativa, che incoraggia il pubblico partecipante a recuperare la sensazione di connessione.

La finalità dell'opera, tutta evocativa e simbolica, offre l'opportunità di creare un luogo per l'incontro delle persone ma anche, idealmente, di mettere in connessione due diverse parti, esperienze e culture. Un ponte che non raggiunge l'altra sponda forse può apparire superfluo, però quanto può essere straordinario arrivare su una delle due estremità soltanto per sfiorarsi con il sole che, a dicembre, tramonta esattamente in mezzo ai due apici.

Il Kiss Bridge si colloca sul frangiflutti già esistente ma il suo corpo si suddivide in molte parti. Gli accessi al ponte da nord e da sud, un percorso pedonale integrato con i ristoranti – Mr Bridge dal lato nord e Mrs Bridge dal lato sud – un ponte per le riprese fotografiche (Photoshoot Bridge) che funge da piattaforma panoramica verso il “punto Kiss”. Con lo scopo di visualizzare questa funzione e di mantenere il ponte a livello di sicurezza dall'azione delle onde, il Photoshoot Bridge raggiunge i 9 metri di altezza rispetto ai 16 del Kiss Point. **La diversa elevazione crea punti di vista interessanti dai quali osservare il dialogo tra le due strutture.** Inoltre, al Kiss Point, un parapetto di vetro emerge da quello tipologico in acciaio, allo scopo di attirare l'attenzione su questo luogo speciale, dove viene permesso il contatto tra i visitatori: la distanza tra 2 sbalzi è qui infatti di solo mezzo metro. **Le pile del ponte sono state progettate con forma a V e sono montate verticalmente, solo le pile centrali presentano un'inclinazione pronunciata nella direzione dello sbalzo.**

Foto: © Savorelli e Associati



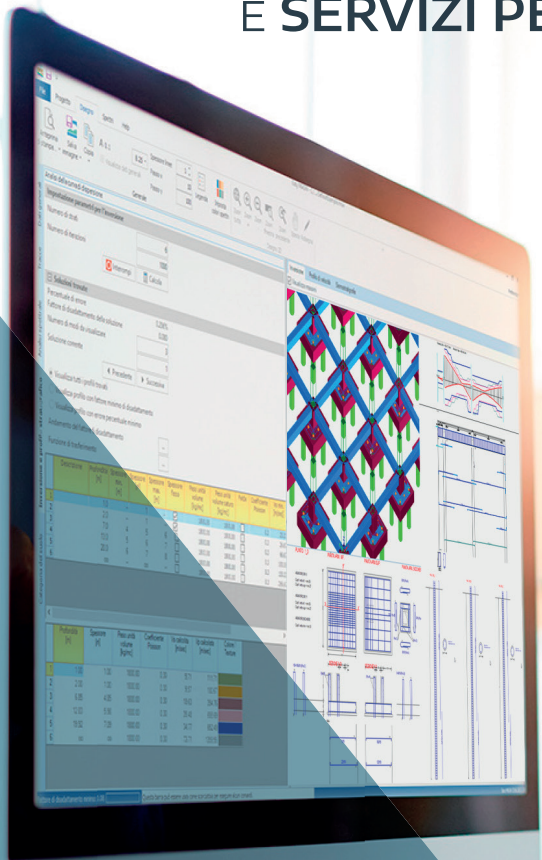
Data la particolarità del luogo e la specifica identità costruttiva, la scelta dei materiali si rifà allo standard per le infrastrutture costiere e marittime, concentrandosi soprattutto sull'utilizzo di materiali locali: granito grigio, acciaio verniciato. Inoltre, le pile e le spalle del ponte sono previste in cemento armato, mentre l'impalcato adotta una soluzione a cassone metallico rigido a torsione, con soletta in cemento armato collaborante.

La risoluzione dei problemi ingegneristici, dati dall'articolata geometria dell'opera, è stata vista dagli autori del progetto come una vera e propria sfida non solo architettonica ma anche ingegneristica. Particolarmente impegnativa è risultata, in questo senso, la definizione delle opere di fondazione, da realizzare come plinti su pali interamente immersi in acqua.

Essi sono stati eseguiti con la protezione di palancole metalliche provvisorie e getti sul fondale, in grado di contrastare le spinte dell'acqua d'infiltrazione. Grande attenzione è stata posta alla definizione delle condizioni di vincolo tra impalcato e sottostrutture, prevedendo dei punti fissi a cerniera in corrispondenza delle spalle di approdo al molo frangiflutti e dei vincoli di continuità sugli sbalzi centrali del "Kiss Point" al fine di assorbire le forze orizzontali derivanti dall'inclinazione delle pile. La complessità dell'opera si estende al tema dell'interazione con il mare, vista la necessità per le strutture del ponte di assorbire le rilevanti sollecitazioni derivanti dal moto delle onde. Questa grande infrastruttura "a sbalzo" ridisegna il waterfront di una delle più suggestive baie dell'isola di Phú Quoc, creando così un nuovo landmark, riconoscibile dal mare e dalla terra.



LEADER INTERNAZIONALE IN SOFTWARE
E SERVIZI PER L'INGEGNERIA



GEOSTRU

La soluzione definitiva
ai più complessi problemi
progettuali della tua professione.

STRUTTURE | GEOTECNICA | IDRAULICA

Il software Geostru per l'ingegneria unisce
efficienza nel calcolo ad una estrema semplicità di utilizzo
per ottenere la massima produttività.

Aggiornamenti continui ed assistenza dedicata con
professionisti del settore rendono Geostru una
delle principali compagnie a livello mondiale.

beyond the sky

GeoStru
SOFTWARE AND MORE

under the ground



Scopri tutti i nostri software per
Strutture | Geotecnica | Idrologia | Idraulica | Energia

■ Solo per i lettori della rivista

OFFERTE ESCLUSIVE

Accedi alla pagina dedicata e scopri!

www.geostru.eu/ingitaliano

www.geostru.eu



Ponte sullo Stretto: perché si può. L'ingegneria italiana è pronta

I "grandi salti" nelle misure sono possibili:
ce lo dimostrano anche i grattacieli



Con la pubblicazione in Gazzetta ufficiale della legge n.58/2023 di conversione del decreto-legge n.35/2023 è stata definitivamente approvata la realizzazione del **Ponte**

sullo stretto di Messina. A riguardo lo scorso 23 marzo il Cni ha istituito uno specifico Gruppo di lavoro nell'ambito dell'ingegneria strutturale, al quale partecipano esperti italiani in materia. L'avanzamento di conoscenze, competenze e tecnologie portano oggi a ritenere **concretamente realizzabile l'opera** e il Cni vuole mettere a disposizione – istituzionalmente – le competenze della comunità ingegneristica.

Tra le grandi sfide che nel corso della sua storia hanno accompagnato l'ingegneria strutturale vi è certamente l'inseguimento di primati sempre più ambiziosi nella realizzazione di opere di dimensioni significative in altezza e in orizzontale, opere che nella pratica si concretizzano negli edifici alti e nei ponti di grande luce, rispettivamente.

EDOARDO COSENZA
Consigliere del CNI e Coordinatore del Gruppo di Lavoro "Ponte sullo Stretto"

DANIELE LOSANNO
Ingegnere e ricercatore presso l'Università degli Studi "Federico II"

Alla domanda se sull'orizzonte temporale sia possibile avere delle discontinuità, ovvero dei "salti" tra realizzazioni consecutive di una data tipologia costruttiva, portiamo l'esempio di quanto già accaduto per i grattacieli. La realizzazione del Burj Khalifa – ultimato nel 2010 – con i suoi 828 metri di altezza ha generato un balzo verso l'alto di 320 metri rispetto al precedente record di 508 fissato dal Taipei 101, con un rapporto tra le altezze dei due edifici pari a 1,63 (Figura 1). Com'è possibile giustificare questa discontinuità, ovvero un incremento dell'altezza "record" del 63% rispetto a quello che poco prima deteneva il primato dell'edificio più alto del mondo? La risposta



1
Evoluzione storica dell'altezza degli edifici più alti del mondo

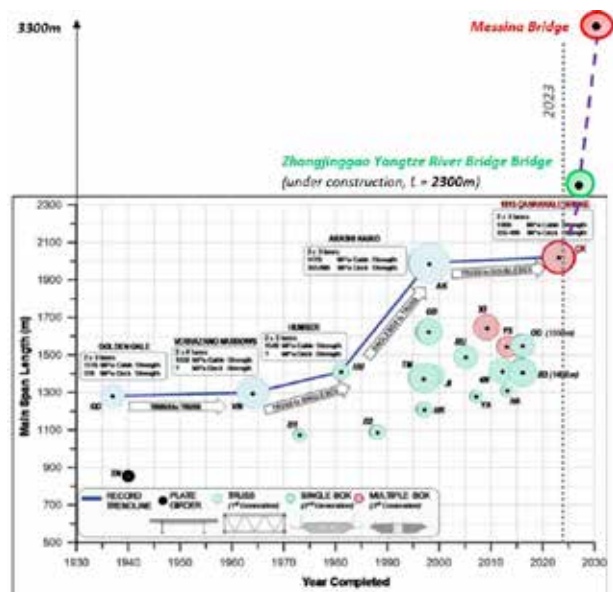
è da ricercarsi nella consapevolezza che discontinuità di questo tipo risultano possibili soltanto quando nella progettazione interviene un cambio di paradigma nella concezione strutturale della tipologia costruttiva, affiancato da un significativo avanzamento tecnologico. Con il Burj Khalifa non solo lo schema strutturale si è modificato con l'introduzione di elevazioni a setti in cemento armato che portano ad avere una struttura molto più rigida rispetto ai precedenti sistemi in acciaio, ma sono anche state sviluppate nuove tecnologie per il pompaggio di calcestruzzi ad altissime prestazioni fino a 586 metri di altezza.

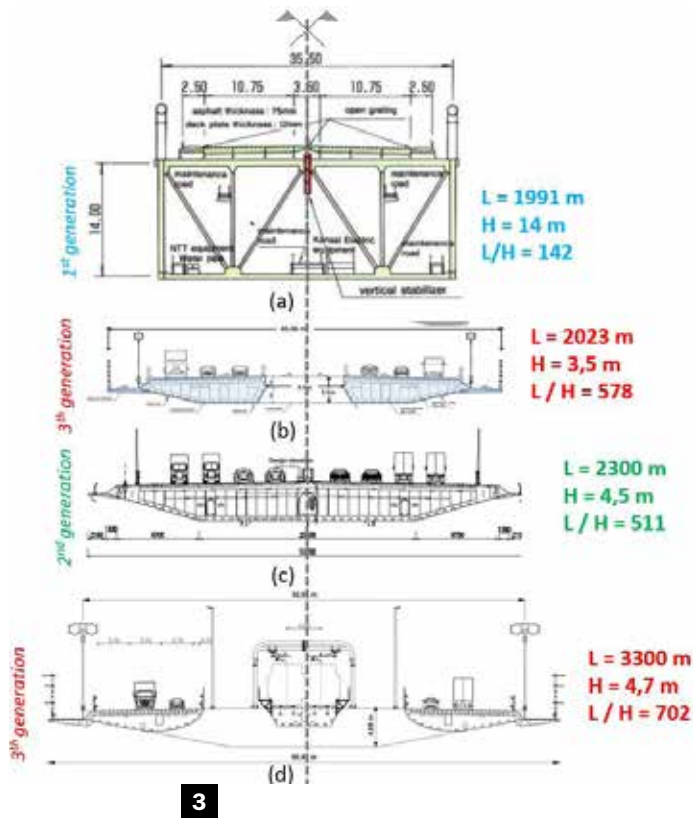
Nel caso dei ponti sospesi di grande luce, a causa della elevata deformabilità e leggerezza dell'impalcato il problema principale dal punto di vista strutturale è rappresentato dagli **effetti del vento in regime dinamico per fenomeni di interazione vento-struttura**. Il problema del vento ha determinato per circa venti anni una stagnazione della luce massima dei ponti sospesi intorno a un valore di 2mila metri. Il ponte Akashi Kaikyo in Giappone - ultimato nel 1998 con una luce della campata principale di 1.991 metri – è stato fino al 2022 il più lungo al mondo. La sezione dell'impalcato dell'**Akashi Kaikyo** – con un'altezza pari a 14 metri – è di tipo tradizionale (c.d. impalcato di prima generazione) con una struttura reticolare che risulta molto rigida torsionalmente e verticalmente (ovvero dello stesso tipo del **Golden Gate Bridge**). La soglia dei 2mila metri di luce è stata varcata soltanto grazie

allo sviluppo recente di nuove tipologie di impalcato a forma aerodinamica – più snella e con profilo alare – con significativa riduzione dell'altezza di sezione (Figura 2). In antitesi con quanto accaduto per gli edifici alti interessati da un incremento di rigidità significativo, sostanzialmente per i ponti sospesi tale innovazione si è tradotta in una riduzione della rigidità dell'impalcato (in particolare del rapporto tra rigidità torsionale e verticale), che di conseguenza tende a diventare più permeabile al vento così da mitigarne significativamente gli effetti (Figura 3). A oggi il ponte in esercizio più lungo del mondo è infatti quello dei Dardanelli (Canakkale 1915 Bridge, inaugurato in Turchia dal presidente Erdogan il 18 marzo 2022), con una luce della campata centrale pari a 2.023 metri e una sezione aerodinamica del tipo multi-box (c.d. impalcato di terza generazione) costituita da due cassoni in acciaio distanziati collegati da traversi intervallati. Questa tipologia di sezione è definita nella letteratura tecnica come "Messina Type" in quanto utilizza gli estesissimi studi fatti all'epoca per il Ponte sullo stretto, alla cui realizzazione però non si diede seguito.

Nel caso del Ponte di Messina, il progetto definitivo approvato nel 2011 prevede uno schema a campata unica da 3.300 metri. Il progetto esecutivo che andrà sviluppato nei

2
Evoluzione storica della luce dei ponti sospesi con distinzione per tipologie di impalcato





Evoluzione della forma della sezione e del rapporto tra luce (L) e altezza (H) per i "super-long span bridges": (a) Akashi Kaikyo, (b) Canakkale 1915 Bridge, (c) Zhangjiajie Yangtze River Bridge, (d) Messina bridge

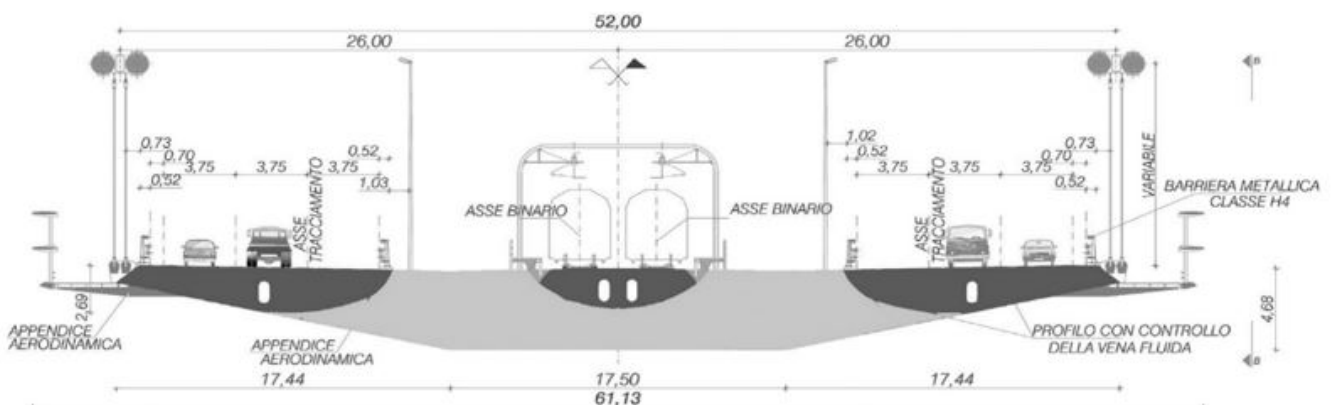
prossimi mesi dovrà recepire le osservazioni dell'epoca e al contempo beneficiare della disponibilità di nuovi materiali innovativi e più raffinate sperimentazioni numeriche e di laboratorio. La luce del Ponte sullo Stretto risulta essere esattamente 1,63 volte quella del ponte sui Dardanelli (= 3300/2023), così riproponendo per i ponti di grande luce lo stesso salto - ma in avanti anziché in altezza - già registrato per gli edifici alti circa un decennio prima! Come nel caso del nuovo

record degli edifici alti, questo è il risultato di un cambio di paradigma strutturale (da struttura molto rigida torsionalmente a struttura "trasparente" al vento) e di tanta nuova tecnologia.

In realtà occorre precisare che attualmente il ponte in costruzione più lungo del mondo si trova in Cina (**Zhangjiajie Yangtze River Bridge**) e presenta una campata centrale di 2.300 metri con una sezione dell'impalcato aerodinamica monolitica di tipo mono-cellulare, ovvero a cassone unico (cd. impalcato di seconda generazione). In questo caso la luce del Ponte sullo Stretto si "riduce" a 1,43 volte quello del ponte cinese in costruzione: si tratta in ogni caso di un rapporto ragguardevole ma esattamente già raggiunto in passato nella storia dei ponti (un'altra interessante coincidenza) nel passaggio dal ponte Humber all'Akashi Kaikyo (Figura 2). Il salto in avanti compiuto dal ponte di Messina è reso possibile grazie alla forma aerodinamica singolare dell'impalcato che richiama la tipologia multi-box di terza generazione, ma che rappresenta un unicum con i suoi tre cassoni in acciaio distanziati (**c.d. sezione "Messina Type", come già detto**), di cui uno centrale per alloggiare il traffico ferroviario e due laterali per il traffico veicolare, collegati da trasversi di altezza massima di soli 4,7 metri (Figura 4). Per arrivare a tale risultato molti sono stati gli studi condotti negli ultimi anni, sia di carattere numerico che sperimentale su modelli in scala ridotta in galleria del vento. Dal punto di vista tecnologico, per la realizzazione dell'opera saranno impiegati

Sezione di impalcato "Messina bridge" del tipo a cassone tri-cellulare

4





5



Viste 3D del ponte sullo stretto di Messina, dall'alto e dal basso

cavi di sospensione di grande diametro in acciaio ad altissima resistenza nella forma di funi prefabbricate a fili paralleli. Dal punto di vista costruttivo, l'impalcato verrà trasportato via mare per conci di 60 metri e collocato in opera tramite sollevamento, mentre i piloni principali saranno realizzati per conci a sezione ottagonale con torri ad H multipla a due gambe collegate da tre traversi per un'altezza di 399 metri (Figura 5). Considerando inoltre la collocazione del Ponte in una zona ad alta sismicità, proprio grazie alla sua elevata deformabilità e all'impiego dei più moderni dispositivi antisismici, è possibile affermare che il rischio correlato sia contenuto entro livelli accettabili anche in caso di eventi particolarmente significativi; il primo modo di vibrare nei ponti sospesi è quasi praticamente pendolare, con gran parte della massa che oscilla con punto fisso alla quota più alta delle antenne, e infatti il periodo corrispondente è al di sopra dei 30 secondi.

Si sottolinea che la realizzazione del Ponte non va vista come opera puntuale, ma **deve procedere in parallelo con l'implementazione e il potenziamento delle strutture ferroviarie e stradali** nella logica dello sviluppo integrato delle reti infrastrutturali. In quest'ottica il quadro degli investimenti stradali e ferroviari in Calabria e in Sicilia sembra imponente, con molte opere in realizzazione o già appaltate. Senza dubbio l'opera potrà rappresentare una leva importante per lo sviluppo delle regioni direttamente interessate e dell'intero Paese. Possiamo affermare dunque che, a distanza di 25 anni dal ponte Akashi Kaikyo, non siamo più davanti a una sfida dagli esiti incerti.

Considerazioni euristiche contrarie non reggono, si tratta di un'opera molto studiata e certamente fattibile. **L'ingegneria, quella italiana in particolare, è certamente pronta.**

BRIDGE TOTAL SOLUTION

SOLUZIONE GLOBALE PER LA
PROGETTAZIONE, VERIFICA E
ISPEZIONE DI PONTI E
INFRASTRUTTURE

OTTO SOFTWARE PER IL PROFESSIONISTA



midas **CIM**

Software InfraBIM per ponti e viadotti



midas **Civil**

Software innovativo per ponti e
infrastrutture, nuovi ed esistenti



midas **Fea NX**

Modellazione solida 3D e
analisi non lineari avanzate



Ponti ad arco in
muratura



Impalcati di ponti in semplice appoggio
in ca e cap, nuovi ed esistenti

BRIDGE DATA

SOLUZIONE CLOUD PER LA GESTIONE DI PONTI

Ispezione di ponti esistenti
secondo Linee Guida MIT 2020



g**NEXT** Lab

Ispezione virtuale
3D di ponti esistenti



Akeron

Gestione del ciclo di vita della
commessa per il settore Bridge

CSPFEA
ENGINEERING SOLUTIONS

Via Zuccherificio, 5/d
35042 Este (Pd) - Italy
tel. +39 0429 602404
info@cspfea.net
www.cspfea.net

Xylem Vue powered by GoAigua: il nuovo marchio per la trasformazione digitale del settore idrico

Xylem Vue powered by GoAigua è una piattaforma di gestione ed analisi che consente alle società del servizio idrico integrato di connettere e gestire le proprie risorse digitali semplificando le operazioni in una visione semplice, sicura e olistica.

Questa nuova piattaforma consente alle utility di integrare i loro asset in un unico sistema, di facile implementazione e utilizzo.

Grazie a questa tecnologia modulare e scalabile, gli enti pubblici possono gestire al meglio i loro impianti in modo sicuro, affidabile e sostenibile.

Scopri di più su Xylem Vue powered by GoAigua:
xylem.com/XylemVue



Grandi strutture sospese: più ampie le luci, meno prevedibili le difficoltà

Il passaggio dalla teoria alla pratica
non è mai una questione banale: un caso
di studio



ostruire un ponte è sempre un'operazione impegnativa: si tratta, in buona sintesi, di sospendere nell'aria centinaia o migliaia di tonnellate di materia in

modo stabile e sicuro. Scegliere i materiali, dar loro la forma adatta, fabbricarli e metterli in opera a decine o centinaia di metri dai punti di appoggio. Se i punti di appoggio sono molto lontani, ossia dobbiamo realizzare una "grande luce", l'impegno aumenta e coinvolge fattori nuovi. **Innanzitutto gli aspetti di statica, dei quali alcuni rimangono straordinariamente semplici.** Ma altri diventano complessi e non lineari, si declinano in ambiti prossimi ai limiti di resistenza dei materiali.

Gli aspetti di dinamica, che si configurano anch'essi in comportamenti spesso fortemente non lineari, devono confrontarsi con le azioni di turbolenza e vorticosità del vento. **Vi sono poi, quando i costi diventano rilevanti,**

delicati aspetti di fattibilità socio-economica.

Ossia della valutazione del rapporto costo/rischi/benefici necessaria per operare scelte economicamente ed eticamente corrette. E infine, dal punto di vista tecnico, emergono con crescente importanza i vari aspetti legati alla aerodinamica, all'aeroelasticità, e soprattutto alla costruzione.

Si vuole in queste note sintetiche cominciare ad affrontare questi temi partendo da un caso reale: raccontando un esempio concreto e realizzato, per poi sviluppare alcune riflessioni su alcuni aspetti progettuali e realizzativi che si incontrano all'aumentare delle luci.

Si presenta qui un lavoro che seppure non recente comunque riguarda un tema attuale - anziché prendere in considerazione uno dei tanti ponti più vicini nel tempo ed altrettanto interessanti - per confrontarsi e dare un piccolo contributo al tema delle opere di grandi dimensioni che costituisce spesso oggetto di dibattito di questi tempi nel nostro Paese.

Il ponte realizzato è lo **Storebaelt East Bridge in Danimarca**, del quale mi sono occupato anni fa con il mio studio come responsabile dell'Ingegneria di costruzione. Abbiamo infatti in questo ambito affrontato tutte quelle attività di progetto, analisi, e di assistenza e interazione con il cantiere necessarie alla realizzazione dell'opera. E in particolare il progetto del montaggio, la sequenza, le

geometrie nelle varie fasi, le attrezzature speciali, le forze da applicare ai vari elementi, le decisioni da prendere in base all'andamento delle geometrie e delle forze realmente misurate in campo, la soluzione degli inevitabili problemi.

All'epoca della costruzione, terminata nel 1998, il ponte presentava con 1.624 metri la maggior luce costruita fino a quel momento, ed è ancora oggi la maggior luce in Occidente, superata dall'Akashi Kaikyo in Giappone (luce di 1991 metri, anch'esso

Foto: Storebaelt East Bridge

nel 1998) e dal ponte dei Dardanelli in Turchia (luce di 2023 metri, nel 2022). **I problemi di allora sono sostanzialmente i medesimi di oggi e il recente dibattito sui ponti di grandi dimensioni li rende, come accennato, ben attuali.**

Lo Storebaelt East Bridge collega l'isola di Funen, dove è ubicata la Capitale Copenaghen, con il Continente, ha una lunghezza di 6.8km ed è costituito da due viadotti laterali con campate di 194 metri lunghi 1.57km e 2.53km, e da un ponte

sospeso centrale con lunghezza di 2694 metri e campata centrale di 1624 metri, e con circa 103mila tonnellate, tra deck e cavi, sospese sul mare. I viadotti sono stati realizzati con prefabbricazione integrale, trasporto via mare e montaggio con pontone e derrick delle travate in acciaio lunghe quasi 200 metri e del peso ciascuna di 2.400 tonnellate.



L'impalcato del ponte sospeso è stato realizzato con l'assemblaggio di conci in acciaio del peso di 550÷900 tonnellate, trasportati con barges dal cantiere di assemblaggio, sollevati per mezzo di speciali gru ancorate ai cavi principali, collegati provvisoriamente con dispositivi d'ingaggio e speciali giunti articolati, e successivamente saldati ai conci adiacenti.

La successione di montaggio ha previsto la partenza dal centro della campata centrale e la progressione verso le antenne. Perché questa era la sequenza che consentiva di garantire una sufficiente stabilità aerodinamica durante la costruzione, stabilità ridotta nelle condizioni di impalcato parziale rispetto a quelle di ponte finito. Tale sequenza è stata infatti adottata anche in ponti sospesi recenti di grande luce.

Il matching tra la campata centrale e quelle di ormeggio è avvenuto quindi in corrispondenza delle antenne, e dopo centinaia di differenti fasi e oltre un chilometro e mezzo di avanzamento degli impalcati, la corrispondenza millimetrica delle lamiere è stata certamente una sfida importante, risoltasi in questo caso con esito molto positivo.

Le grandi dimensioni dell'opera si riflettono nella realtà in davvero grandi deformazioni delle strutture, che durante il montaggio sono state dell'ordine di 18 metri in certe fasi. Esse sono indotte dall'intrinseca grande deformabilità delle funi, non ancora irrigidite dall'impalcato, e dalla grande distanza tra i punti d'appoggio, con altrettanto elevate rotazioni assolute e reciproche tra i conci, e hanno richiesto la soluzione di vari problemi.

Durante la costruzione le condizioni ambientali hanno anch'esse rappresentato una sfida importante sollevando problematiche a volte inaspettate. Le variazioni di temperatura, su superfici metalliche e dimensioni di grande scala, hanno richiesto la soluzione di diversi problemi operativi, ad esempio raffreddare

il deck con pompaggio d'acqua per ridurre le coazioni termiche. Il moto ondosso, peraltro relativamente ridotto nell'area sostanzialmente ridossata e con ridotto fetch, ha richiesto attenzione e analisi specifiche nell'interazione onde-struttura al momento del varo dei conci, i quali partivano da un natante in movimento per effetto delle onde e venivano presi in carico da una struttura deformabile e in vibrazione per l'azione del vento. L'azione del vento, che si esplicava con risposte di straordinaria entità in virtù della grande scala delle dimensioni e degli spostamenti, ha reso indispensabile una seria azione soprattutto su due fronti:

- La ricerca della necessaria stabilità nei confronti del flutter che ha richiesto, come accennato, da una parte una speciale sequenza di montaggio, dall'altra uno studio strutturale e uno speciale progetto delle connessioni temporanee per elevare la rigidità torsionale dell'impalcato pur consentendo una grande flessibilità flessionale atta ad assorbire le elevate rotazioni relative tra i conci.
- Il controllo delle vibrazioni indotte dal distacco delle schiere di vortici di von Karman, che per i viadotti d'accesso ha richiesto la progettazione e la realizzazione "in corsa" di un sistema atto ad eliminare tali oscillazioni. È infatti successo che le indagini effettuate in galleria del vento, a causa delle imprecisioni indotte dall'effetto scala, ossia della forte differenza tra il numero di Reynolds del modello e del prototipo, avevano predetto una velocità critica sensibilmente più alta di quella che, viceversa, si è realmente verificata durante il montaggio delle prime travate, e che ha causato macroscopiche oscillazioni incompatibili con la continuazione del montaggio.

La soluzione che abbiamo con l'occasione ideato, progettato e realizzato, consistette nell'aumentare temporaneamente la

frequenza di vibrazione del primo modo delle travate quando erano in condizioni di semplice appoggio in modo da allontanare la velocità critica dalla velocità del vento in cui si effettuava il montaggio. Questo incremento delle frequenze è stato ottenuto disponendo dei tiranti verticali, ancorati superiormente alla travata con mensole rimovibili, e inferiormente a corpi morti temporanei in Cls, da posare, far lavorare nella loro funzione irrigidente, e spostare sulla travata successiva subito dopo la sua posa in opera e la solidarizzazione e continuizzazione della travata con la precedente. **Il sistema ha funzionato e la costruzione è proseguita senza impedimenti.**

La costruzione del ponte, attraverso uno studio esteso e un controllo continuo, è proseguita bene, secondo le previsioni. A ponte costruito, tuttavia, fu riscontrato che le oscillazioni della campata sospesa risultavano superiori a quanto previsto dalle indagini in galleria del vento, e risultò necessario applicare all'intradosso dell'impalcato dei dispositivi integrativi di miglioramento aerodinamico. **Alcune riflessioni, a questo punto, possono essere avanzate.** Innanzitutto all'aumentare delle dimensioni di un'opera, gli aspetti relativi alla costruzione, durante la quale la struttura si configura in centinaia di fasi e quindi in centinaia di differenti strutture, tutte più flessibili dalla struttura finita, prevalgono. Inoltre si rileva che le azioni ambientali - onde, correnti, temperatura, vento - hanno un'influenza fondamentale sulla costruzione del ponte, e ne possono condizionare le modalità, la sicurezza, le tempistiche, e in qualche misura i margini di fattibilità. Si nota anche che recenti eventi sismici e meteorologici hanno mostrato come la natura non sia molto incline a farsi incasellare nelle teorie probabilistiche su cui si basano le nostre normative, e di ciò si ritiene opportuno tener conto in opere di grande rilevanza i cui tempi di costruzione possono risultare lunghi.

Il vento, l'aerodinamica, l'aeroelastica hanno enorme importanza, certamente, sul progetto del ponte finito, ma tale importanza

è forse ancora maggiore nel progetto della costruzione e nella esecuzione della costruzione. Tuttavia le conoscenze che abbiamo oggi di questi aspetti sono in buona misura limitate, in quanto gli effetti aerodinamici ed aeroelastici vengono studiati per mezzo di modelli fisici che risentono del fattore di scala, e per mezzo di modelli numerici attraverso l'aerodinamica computazionale, che mantengono comunque un certo livello di imprecisione nel modellare la vorticosità e la turbolenza. La percezione della dimensione di una campata di 1624 metri, durante la sua costruzione, era quella di una dimensione non molto lontana dal limite delle dimensioni gestibili, ossia controllabili con ragionevole certezza e sicurezza.

Dimensioni eventualmente molto maggiori comporterebbero presumibilmente problemi diversi da quelli già affrontati e superati, magari sconosciuti o poco conosciuti, e conseguenti incertezze. Ad esempio nelle dimensioni e negli elevati pesi da gestire a grandissime distanze e a grandissime altezze; ma anche nei grandi spessori di lamiere e saldature, nella logistica dei lavori, nella gestione delle vibrazioni di elementi di enormi masse e dimensioni, nella gestione delle deformazioni di origine termica, nel tessere, formare e gestire con precisione fili metallici lunghi chilometri, nelle tolleranze, nel "matching" di elementi di stazza e taglia straordinarie, ossia ben fuori dall'ordinario. **O nell'aerodinamica, pensando ad esempio al ponte di Tacoma, ben progettato per i tempi da un ingegnere competente, che si scontrò proprio con un tema allora poco conosciuto, l'aeroelasticità degli impalcati da ponte.** E tutto questo dovrebbe indurre almeno noi, pragmatici ingegneri, ad adottare una certa prudenza nelle decisioni e nelle scelte delle soluzioni.

Volendo quantificare e contestualizzare, possiamo dire che passare da una luce di 2.023 metri, il limite di oggi, a una, ad esempio, di 3.300 come quella prospettata per la soluzione mono campata di Messina – senza entrare in questa sede

in dettagli o valutazioni di questa soluzione - comporterebbe un aumento del 63% delle dimensioni lineari, che è già significativo, e del 166% (2.66 volte) del momento esterno indotto dai carichi, verticali e orizzontali, che varia col quadrato della dimensione lineare; e forse da un aumento del medesimo ordine di grandezza potrebbero essere affette le difficoltà realizzative. **Le incertezze sopra richiamate hanno infine, ragionevolmente, un'influenza negativa sulla garanzia del mantenimento dei costi, già elevati per queste dimensioni, e dei tempi previsti per la costruzione.** D'altra parte il progresso delle luci raggiunte fino a oggi è stato sostanzialmente graduale, e normalmente "natura non facit saltus", e allontanarsi da questa pratica ci porrebbe certamente di fronte a scenari inesplorati. Gli scenari inesplorati, che naturalmente comportano rischi, a volte possono anche essere affrontati, se è realmente necessario farlo, come accade ad esempio in situazione di assoluta necessità, o di crisi o di conflitti, ma occorre essere consapevoli che in queste situazioni si tratta, o si tratterebbe, di operazioni di enorme difficoltà e rischio, che richiedono tra le condizioni necessarie, e al di là delle ovvie e imprescindibili condizioni tecniche sopra richiamate, soprattutto, a mio parere, quella di una adeguata condivisione a livello di Paese e di comunità.

In conclusione, dopo aver mostrato alcuni aspetti del come si realizza un ponte di grande luce, e del come si possono affrontare e risolvere tanti problemi, sono stati evidenziati temi e problemi che si verificano all'aumento della scala dell'opera, soprattutto quando questo aumento è elevato. Sono state quindi evidenziate con intento costruttivo le inevitabili difficoltà, incertezze e rischi che spesso le immagini di realtà virtuale o

talvolta discorsi di ottimismo un po' facile appaiono sottostimare. Si ritiene, infatti, che la costruzione di ponti di così grandi dimensioni possa essere eventualmente realizzabile con l'indispensabile supporto di scienza, tecnica ed esperienza, ma richiede certo preliminarmente la consapevolezza delle difficoltà e di conseguenza l'applicazione congiunta delle categorie non "tecniche" ma essenziali in questi casi della moderazione e della prudenza.

Da un'antenna all'altra, 1.624 m.



NUOVA VERSIONE 2024


EUCLIDE


COMPUTO & CONTABILITÀ

L'UNICO SOFTWARE "ALL IN ONE" A TUA MISURA PER
COMPUTO METRICO - ANALISI PREZZI - CONTABILITÀ DEI LAVORI

NOVITÀ 2024

 **NUOVA MODALITÀ DI INSERIMENTO DELLE VOCI**
da Prezzario di riferimento e da Elenco Prezzi Unitari per facilitare la ricerca delle voci e la comparazione dei prezzi

 **NUOVA FUNZIONALITÀ: MODIFICA DATI IN MULTISELEZIONE** per minimizzare la possibilità di errori utilizzando più prezzari o a seguito di variazioni nei prezzi o nelle percentuali di incidenza

 **SALVATAGGIO FORMULE PERSONALIZZATE DELL'UTENTE** tenendo conto delle variazioni nei prezzi e nelle percentuali di incidenza

e molto altro ancora... Il tutto con assistenza tecnica gratuita esperta in materia per assisterti in ogni fase della pratica.

Vedi le recenti recensioni sul nostro sito e richiedi subito la versione completa gratuita senza limitazioni a: info@geonetwork.it



NOVITÀ



BRIDGEDATA
soluzione cloud per
l'ispezione e la gestione
di ponti



GRUPPO SISMICA

SMART STRUCTURAL SOLUTIONS

Prodotti e servizi per la valutazione del **comportamento sismico di edifici e ponti**, nuovi ed esistenti.



Dal 2009, **Gruppo Sismica** offre le migliori soluzioni per la valutazione del comportamento sismico degli edifici e dei ponti esistenti, rendendo disponibili in tutto il mondo i risultati di una originale ricerca basata un innovativo approccio di modellazione per macro-elementi discreti. In ambito accademico Gruppo Sismica collabora con prestigiose università nazionali ed estere, tra cui l'università di Oxford, l'università di Catania o l'università di Minho in Portogallo. Gruppo Sismica propone, attraverso i propri software e i servizi di consulenza,

modelli teorici e procedure di calcolo innovative nel campo dell'ingegneria strutturale ed, in particolare, nella **modellazione non lineare degli edifici esistenti**, anche a carattere monumentale, e dei ponti ad arco in muratura. Il team di sviluppo di Gruppo Sismica, grazie alla stretta collaborazione con il mondo universitario, propone ed implementa modelli di simulazione sempre più avanzati, per rendere immediatamente disponibili al professionista i più recenti risultati della ricerca nel settore.



GRUPPO SISMICA ®

Viale Andrea Doria, 27 - 95125 Catania

T +39 095 504749 | +39 345 0803758

www.grupposismica.it | info@grupposismica.it



GRUPPO SISMICA
SMART STRUCTURAL SOLUTIONS

SCARICA GRATUITAMENTE LE VERSIONI TRIAL DEI SOFTWARE

"Dei ponti in legname" magnifici nella storia dell'ingegneria

MASSIMO MARIANI
Ingegnere nella ricerca
applicata sismica e idrogeologica

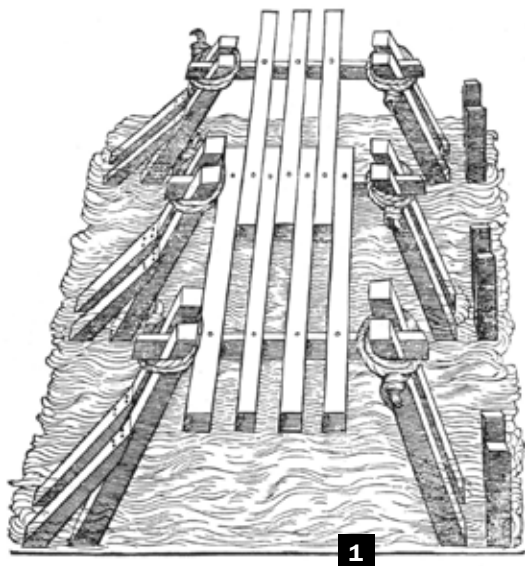
Strutture grandiose non più esistenti e a noi sconosciute che hanno lasciato il segno

La storia del connubio strutturale tra il legno e l'acciaio è poco conosciuta e proprio per questo nel 2002 decisi di trattarla, per quanto di interesse ingegneristico, nella composizione del mio libro "Consolidamento delle strutture lignee con l'acciaio, Roma, Dei Tipografia del genio civile, 2004". Fu lo studio delle pubblicazioni dei trattatisti dell'Ottocento che mi coinvolse totalmente con grande passione: scoprii un mondo di opere inimmaginabili. L'ultimo grande ponte di legno fu distrutto nel 1917 (Ponte di Eglisau sul Reno) e aveva circa 50 metri di luce per ogni campata; era per me impensabile che fossero esistiti ponti o capriate di copertura di legno di oltre cento metri di luce. In questo articolo, prendendo anche liberamente dal mio libro, ho raccontato di queste strutture magnifiche, tralasciandone molte per motivi di spazio sulla rivista (forse ne riparleremo).

«I ponti di legno si possono considerare come forti tavolati costruiti a traverso dei fiumi per comunicare da una riva all'altra e servire ad unire le pubbliche strade». «Un ponte è un manufatto che ha per iscopo di stabilire la comunicazione diretta e facile tra due punti separati da uno spazio, che non si potrebbe percorrere altrimenti senza incontrare grandi ostacoli che ne aumenterebbero le difficoltà, se pur non ne rendessero impossibile il passaggio. Si gettano ponti sopra canali, torrenti, stagni, fiumi, etc». Così iniziano i trattati di J.B. Rondelet (Trattato teorico e pratico dell'arte di edificare, 1833, "Dei ponti di legname") e di A.R. Emy (Trattato

dell'arte del carpentiere, 1856, "Ponti fissi in legname") per spiegare gli scopi e le funzioni di queste opere. Era la prima metà dell'800.

Oggi, in un trattato scientifico, nessuno specificherebbe cos'è un ponte e a cosa serve: è un assunto a priori e basta. Nicola Cavalieri San-Bertolo (Istruzioni di architettura statica e idraulica, 1853), divulga, a quel tempo, quali dovevano essere le condizioni da cui dipende la buona costruzione di un ponte: «1. Solidità e comodo relativamente al fine della fabbrica, il quale si è di formare la continuazione di qualche strada dall'una all'altra sponda di un fiume, o d'un canale da cui è intersecata; 2. Conformità allo scopo di



Ponte di Cesare sul Reno, rappresentazione di Leon Battista Alberti (1550).

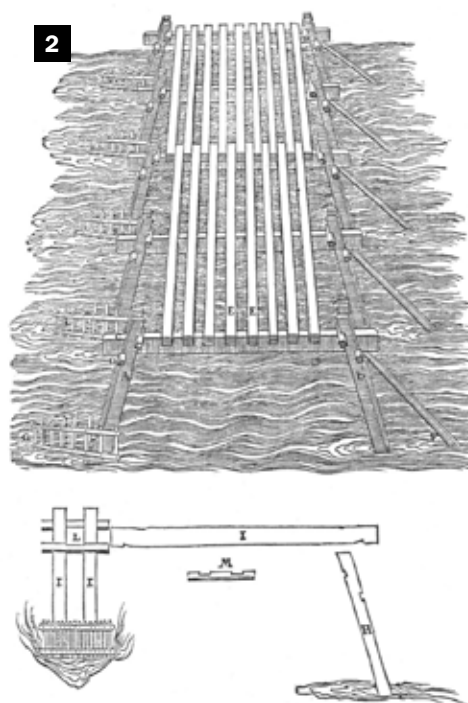
non ledere il regolato sistema di un fiume, o d'un canale restringendone soverchiamente la sezione con la fabbrica del ponte. A tali due effetti debbono mirare gli studi degli ingegneri tanto nella scelta del sito più adatto pel collocamento d'un ponte, quanto per la forma, per la disposizione e per la proporzione dell'insieme e delle parti dell'edifizio».

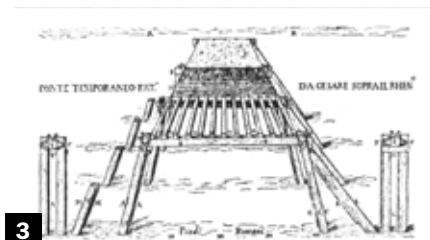
Queste sono le testimonianze dell'attenzione minuziosa che i maggiori cultori della scienza in genere, e in particolare di quella delle grandi costruzioni dell'Ottocento, riservavano a ogni anche minima parte di argomento da divulgare, con un'etica rivolta al rispetto del sapere, il cui spontaneo riscontro era sempre rivolto all'ottenimento dell'alta qualità. È con questa nota di apprezzamento del contenuto dei trattati, ormai quasi introvabili, da cui sono stati riassunti molti degli argomenti che saranno esposti, che si apre la parte riguardante i più importanti ponti di legno della storia.

Ponte di Cesare sul Reno Nel 55 a.C.: come egli stesso racconta nel *De bello gallico*, Giulio Cesare muove il suo esercito contro due tribù germaniche che, dopo essere state respinte dagli Svevi, avevano invaso il territorio dei Belgi. Anche contro le incertezze espresse dal Senato, decise di intervenire con un'azione militare e, giunto sulle sponde del Reno in prossimità di Colonia, scelse di costruire un ponte invece che ricorrere, come sempre avveniva, alle imbarcazioni,

soluzione meno difficoltosa ma che avrebbe comportato, a suo avviso, più rischi di perdite. L'impresa ebbe successo per merito «di un vero e proprio esercito professionale (di legioni) costituite da efficientissimi reparti di genieri... Con ogni probabilità, nonostante lo svantaggioso rapporto meramente numerico, fu proprio la grande perizia di queste forze ausiliare a segnare un decisivo scarto qualitativo rispetto alle disorganizzate armate» barbare. Dopo diciotto giorni, essendo venuto a conoscenza che gli Svevi stavano organizzando un esercito contro Roma per uno scontro oltre il Reno, Cesare preferì tornare in Gallia, attraversò il fiume e distrusse il ponte. Dalla sua descrizione si deduce che questa opera, lunga circa 300 metri, era costituita da una successione di telai collegati tra di loro dall'impalcato. Ciascun telaio era formato da montanti inclinati composti ognuno da una coppia di travi e da un traverso orizzontale che costituiva l'appoggio dell'impalcato. Ogni elemento dei montanti era a sezione quadrata di 45cm di lato; il traverso, anch'esso a sezione quadrata, aveva 60cm di lato. I montanti furono infissi a percussione in alveo, nello strato dei più recenti depositi alluvionali, per mezzo di battipali montati su zattere. Ogni telaio fu rinforzato da un puntone inclinato infisso a valle, collegato ad

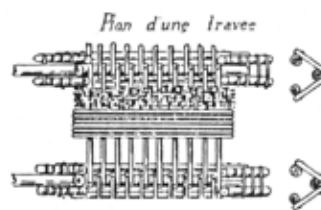
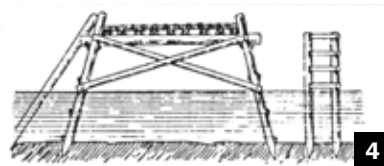
Ponte di Cesare sul Reno, rappresentazione di Andrea Palladio (1570).





3 Ponte di Cesare sul Reno, rappresentazione di Vincenzo Scamozzi (1599).

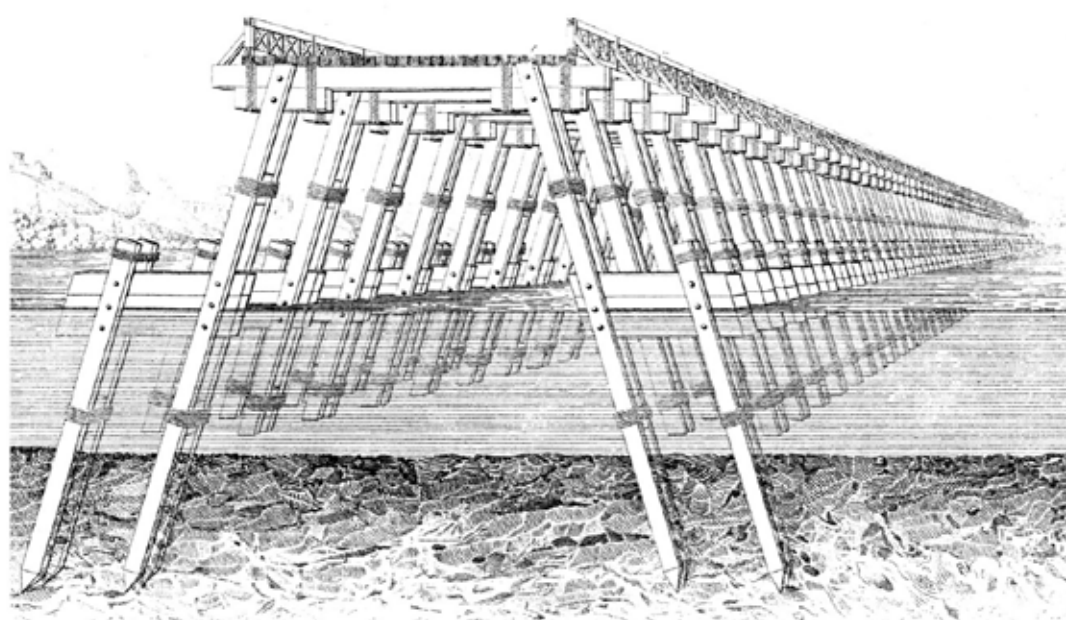
una cerniera montante-traverso che ebbe il compito di resistere alle azioni della corrente. La struttura così formata, come lo stesso Cesare ebbe a dire (ciò a dimostrazione che nulla fu fortuito e tutto fu frutto di una ideazione specifica, finalizzata a quel risultato), era stata congegnata in modo che la stessa azione dell'acqua, alla quale doveva reagire, divenisse sollecitazione di contributo per un fissaggio dei montanti di valle più in profondità (a patto che l'infissione dei montanti di monte fosse stata eseguita perfettamente, come poi avvenne). Prima di iniziare l'infissione dei pilastri, furono posti pali a difesa di ogni telaio nei confronti di azioni, tentate dal nemico, volte alla demolizione dell'opera per mezzo di tronchi lasciati trasportare dalla corrente che avrebbero costituito serio pericolo, soprattutto nel momento della costruzione. Cosicché per attraversare 300 metri del Reno furono montati 550 telai, e infissi oltre 250 pali, tutto in un tempo stimato di 6 giorni.



4 Ponte di Cesare sul Reno, rappresentazione di Paul Amédée Planat (1890).

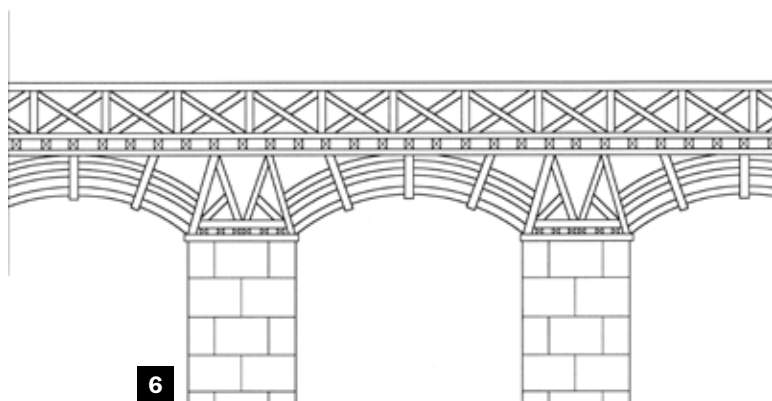
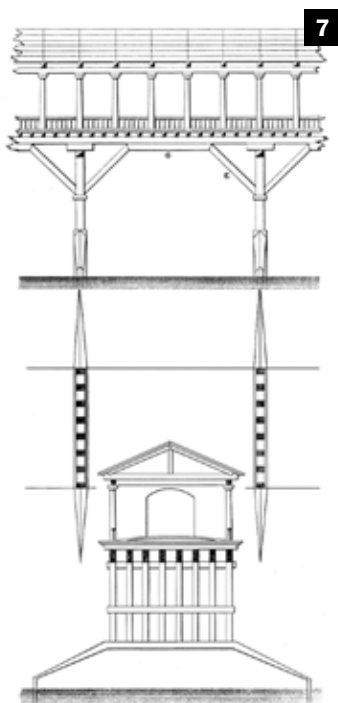
Le immagini degli storici e dei trattatisti (figg. 1, 2, 3, 4 e 5), a noi pervenute, mostrano un ponte formato da elementi strutturali di legno, collegati nei nodi dai chiodi e forse da fasce o perni di ferro. Solo l'immagine proposta da Leon Battista Alberti ipotizza che i montanti e il traverso fossero legati con corde. Siamo convinti che un sistema strutturale così formato, la cui peculiarità fu proprio quella di essere composto da elementi uguali e "industrializzabili", senza i quali sarebbe stato impossibile il conseguimento del successo di questa grande impresa, non avrebbe potuto contenere in sé punti di incertezza, tanto meno nel collegamento delle parti componenti.

5 Ponte di Cesare sul Reno, rappresentazione del figlio di Rondelet (1830).



Ponte di Traiano sul Danubio. Questo ponte fu costruito dai genieri di Traiano sul Danubio, nella bassa Ungheria, durante la sua ultima spedizione contro i Daci (fig.6) e l'immagine è raffigurata in bassorilievo, sembra ad opera di Apollodoro di Damasco, sulla Colonna Traiana, eretta in onore dell'imperatore che morì a Selinunte nel 117 d.C. senza averla vista terminata. Si pensa che il bassorilievo rappresenti proprio il ponte così come fu costruito, essendo stato lo stesso Apollodoro a progettarlo, a curarne l'esecuzione e poi a raffigurarlo sulla colonna. Il ponte era formato da 20 campate di circa 55 metri di luce ciascuna, con pile di muratura di pietra con paramenti squadrati e con strutture portanti costituite da travi arcuate ("centine"). Fu Adriano, successore di Traiano, a decretarne la distruzione, dopo qualche anno, per timore che potesse essere utilizzato dagli stessi barbari per invadere i territori dell'impero. Ciascuna campata era sorretta da una serie di travi arcuate, intervallate da elementi rompitratta con lo scopo di diminuire la lunghezza libera delle nervature vulnerabili al carico di punta. Sopra le travi correva l'impalcato, sorretto da elementi di legno trasversali, sostenuti dagli archi. Un sistema reticolare triangolare aveva il compito di centrare sull'appoggio i carichi provenienti dalle travi portanti arcuate.

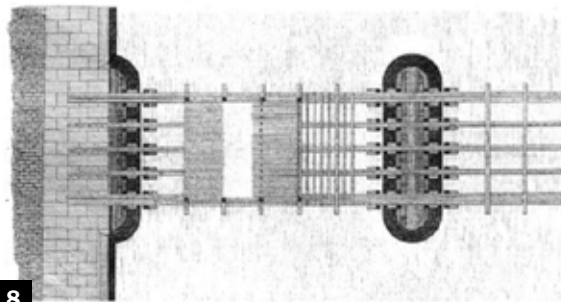
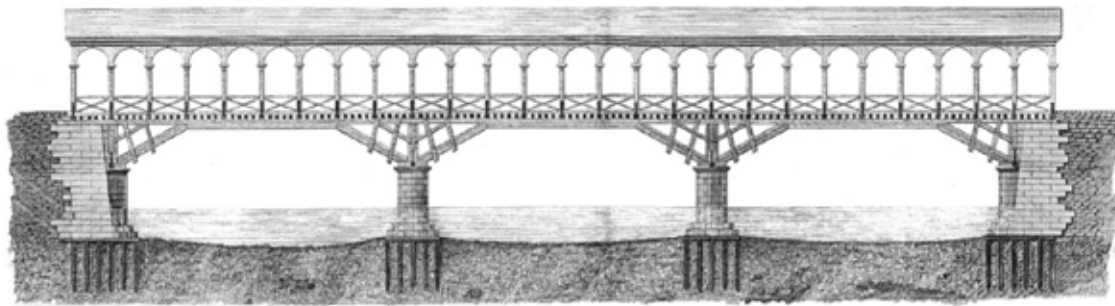
Ponte di Bassano di Andrea Palladio, composto da cinque campate per il superamento dei 54 m di larghezza del fiume Brenta.



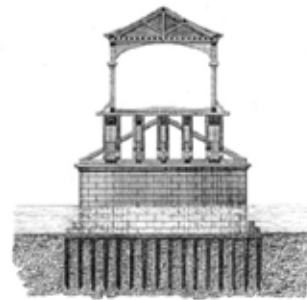
Riproduzione attuale del ponte di Traiano sul Danubio, nella bassa Ungheria, costruito durante l'ultima spedizione contro i Daci. L'immagine, attribuita ad Apollodoro di Damasco, è raffigurata in bassorilievo sulla colonna Traiana a Roma.

Ponte di Bassano sul Brenta. Quest'opera fu eseguita, come dice Palladio, «sopra la Brenta, fiume velocissimo, che mette corpo in mare vicino a Venezia» in un punto in cui «è largo cento e ottanta piedi» (circa 54 metri), larghezza che fu superata con cinque campate uguali formate da travi di rovere e larice. I quattro pilastri che furono fondati su ordini di pali di legno distanti tra di loro trentaquattro piedi e mezzo (circa 12,50 metri), erano composti ognuno da otto elementi verticali e ogni campata era formata da altrettante travi (fig.7). Per risolvere le difficoltà espresse da Palladio stesso («le travi poste per il lungo avrebbero potuto reggere il carico, che lor fosse stato posto sopra, quando fosse stato molto») furono poste altre armature con puntoni, ricorrendo al sistema statico della struttura del Palazzo V di Pergamo del II sec. a.C. cosicché come egli dice: «Queste travi così ordinate rendono l'aspetto di un arco di frezza la quarta parte del suo diametro». Per contrastare le spinte trasversali che avrebbero raggiunto le spalle in muratura sulle sponde del fiume furono previste «le fondamenta nelle ripe fortissime». L'impalcato fu coperto da un telaio formato da pilastri a sezione variabile (maggiore all'appoggio) sormontati da un capitello su cui poggiava una capriata semplice, priva dei contraffissi tra il monaco e i puntoni di falda; la copertura fu eseguita con tavole inchiodate sulle capriate contigue.

Ponte sulla Senna. Un'imitazione del ponte di Bassano di Palladio che avrebbe dovuto essere eretto a Parigi sulla Senna nel sito del Ponte delle Arti è quella riportata nella figura 8. La sua lunghezza complessiva di 54 metri



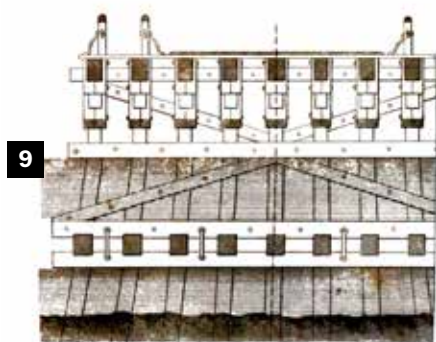
8



Ponte progettato per essere eretto sulla Senna nel sito del Ponte delle Arti a Parigi, avente conformazione strutturale simile a quella del ponte di Bassano di Palladio.

circa (come quella del ponte di Bassano) era stata divisa in tre campate ciascuna di circa 18 metri di luce poggianti su pile di pietra. L'impalcato era sostenuto da cinque travi longitudinali, «due delle quali che sono doppie formano i lati esteriori, a cagione del peso del tetto e delle arcate che sosterranno», e il sistema di contrafforti legati da elementi trasversali contribuiva sostanzialmente alla resistenza generale, imitando in qualche modo le travi reticolari in un impalcato tradizionale di travi e sostegni inclinati. Interessante è la fondazione delle pile e delle spalle ottenuta tutta con pali di legno infissi nell'alveo.

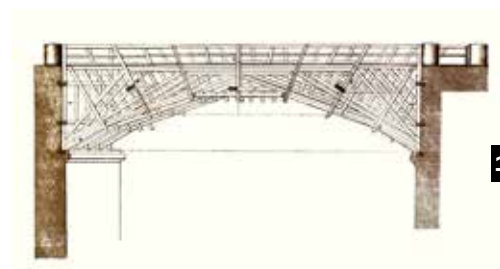
Ponte di Kehl sul Reno, progettato da Lomet nel 1782, composto da trenta campate di circa 14 m di lunghezza ciascuna. Sezione trasversale.



9

Ponte Kehl sul Reno. È dello stesso tipo di quelli descritti precedentemente. Nel punto in cui fu costruito, il Reno misurava 440 metri di larghezza, il che richiese la costruzione di 30 campate di circa 14 metri di lunghezza ciascuna. Quest'opera era provvista di due marciapiedi per il transito dei pedoni che erano isolati dalla carreggiata veicolare da due parapetti (fig. 9). L'aumento della luce delle campate fu accompagnato da un infittimento dei saettoni in modo da frazionare il più possibile la lunghezza delle travi fino ad accostarsi ad un sistema strutturale più vicino all'"arco reticolare" che alla trave orizzontale (fig. 10). Questa struttura fu progettata nel 1782 da Lomet, «aiutante generale» – così definito da A.R. Emy – ed è rappresentata nella tavola 16 della Prima Raccolta dell'Arte del carpentiere di Krafft. La sua geometria in pianta lo fa annoverare tra i ponti "per isbieco".

Ponte di Kehl sul Reno, il cui sistema strutturale era più vicino all'"arco reticolare" che alla trave orizzontale.



10



11. Ponte di Kingston sul Tamigi presso Londra, composto da sette campate, di cui quella centrale misurava 16,09 m di luce e le altre erano variabili da 9,07 m a 13,00 m.

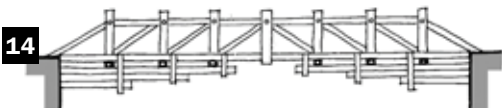
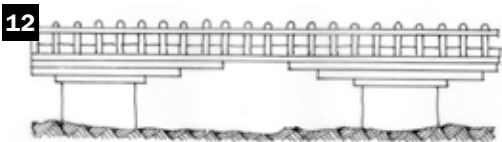
Ponte di Kingston sul Tamigi. La figura 11 mostra lo schema di una struttura di sette campate costruita sul Tamigi, nel villaggio di Kingston, presso Londra. Le luci erano diseguali: quella centrale misurava 16,09 metri e le altre erano variabili da 9,07 a 13 metri. In questo sistema statico così complesso la concentrazione della tensione sulle estremità dei saettoni non risultò molto elevata, essendo state maggiormente diffuse le sollecitazioni per merito dei numerosi elementi strutturali presenti.

Ponti con le travi a sbalzo sugli appoggi. Questa tipologia fu adottata frequentemente in Russia. Costruiti con sezioni degli elementi

12. Ponte Orscha, nel circondario di Mohilev, costruito sul fiume Dnieper, vicino Kiev, di 8 m di luce circa.

13 e 14. Rappresentazione attuale della struttura di un ponte russo del tipo di quello rappresentato nella figura 12.

15. Rappresentazione attuale del prospetto di un ponte russo il cui sistema strutturale si ricollega a quello in figura 12.



quadrate, questi ponti ebbero la caratteristica di essere sostenuti da travi sovrapposte di lunghezza crescente dall'appoggio-incastro (dalle spalle o dalle pile) verso la mezzera delle campate. La figura 12 contiene l'immagine del ponte Orscha, nel circondario di Mohilev, di 8 metri di luce circa, costruito sul fiume Dnieper. Due altre immagini di ponti di questo tipo sono contenute nelle figure 13 e 14. La figura 15 rappresenta il prospetto di un ponte che sfruttò la sovrapposizione delle travi a sbalzo dagli appoggi in combinazione con gli effetti dell'arco (ribassato).

Ponte del Salto sul Rodano. Ebbe una vita di soli 14 anni a causa di difetti di progettazione e di esecuzione dovuti all'errata disposizione di alcuni elementi strutturali (fig. 16), ed era stato costruito su vecchie pile di pietra, in un punto in cui la profondità del fiume superava i 30 metri. Per i motivi detti non fu possibile diminuire la luce delle campate che rimase di 33,80 metri, quindi eccessiva per un ponte di legno. Sembra, infatti, che tutti i problemi del suo dissesto derivarono dalla modesta inclinazione delle saette, formate da due pezzi congiunti con dentatura, e dall'effetto di contatto della superficie delle unghiate sulle facce degli elementi. Fu proprio il deterioramento delle unghiate che, in breve tempo, ne causò la rovina. A.R. Emy e J.B. Rondelet ricordano che molti altri ponti di tipo "reticolare ad arco" risentirono degli stessi problemi dovuti all'inclinazione dei saettoni eccessivamente incidente sugli appoggi, al punto che questi «non solo non ressero un qualche anno, ma non poterono ne' meno essere posti in opera» (A.R. Emy).

Ponte di Schaffhausen sul Reno. Costruito tra il 1756 e il 1758 da un carpentiere di nome Hans Ulrich Grubenmann, nato a Tuffen nel cantone svizzero di Appenzell, suscitò scalpore per la sua imponenza e al

Il ponte del Salto sul Rodano avente campate di luce di 33,8 m, qui raffigurato, ebbe una vita di soli quattordici anni, a causa di difetti di progettazione e di esecuzione.



17



Ponte costruito nel 1757 sul Reno da un Carpentiere di nome Hans Hulrich Grubenmann, avente due impalcati rispettivamente di luce 51,97 m e 58,80 m.

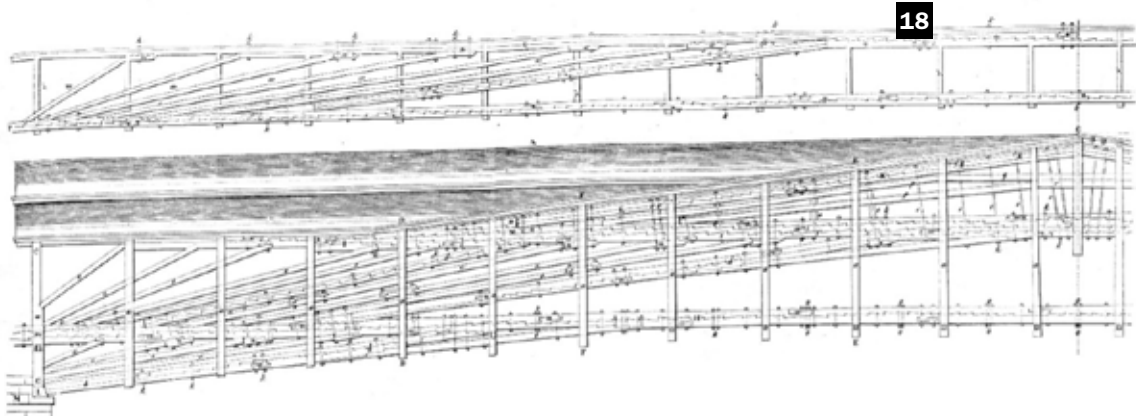
contempo per la leggerezza della struttura dei due impalcati, rispettivamente di 51,97 e di 58,80 metri di luce (fig. 17). Questo ponte sostituì il precedente poi distrutto nella guerra del 1799. Sembra che la diversità delle due campate fosse conseguenza dell'utilizzo obbligato di una pila già esistente in alveo. Due erano le strutture reticolari che sostenevano l'impalcato e la carreggiata era contenuta tra di esse. L'impalcato, largo 5,52 metri, e la trave principale, quella all'intradosso composta da due elementi di legno d'abete di dimensioni 43x89cm, erano uniti con dentatura, dardi di Giove e staffe di ferro. I saettoni erano di quercia. Una staffatura di ferro collegava anche le estremità superiore e inferiore delle travi reticolari portanti. La storia di questo ponte riporta che alcune parti purtroppo deperirono e nacquero problemi dovuti a cedimenti differenziali. Al punto che, morto Grubenmann, fu incaricato Giorgio Spingler di progettare un intervento di consolidamento che contemplasse la sostituzione di questi elementi ammalorati. Spingler, mediante il ricorso a verricelli collocati su un palco eretto su una palafitta direttamente in alveo, riuscì a sollevare di 41 cm tutto il sistema cosicché, dopo quest'intervento, il ponte resistette altri quarantadue anni «ad un esercizio gravoso

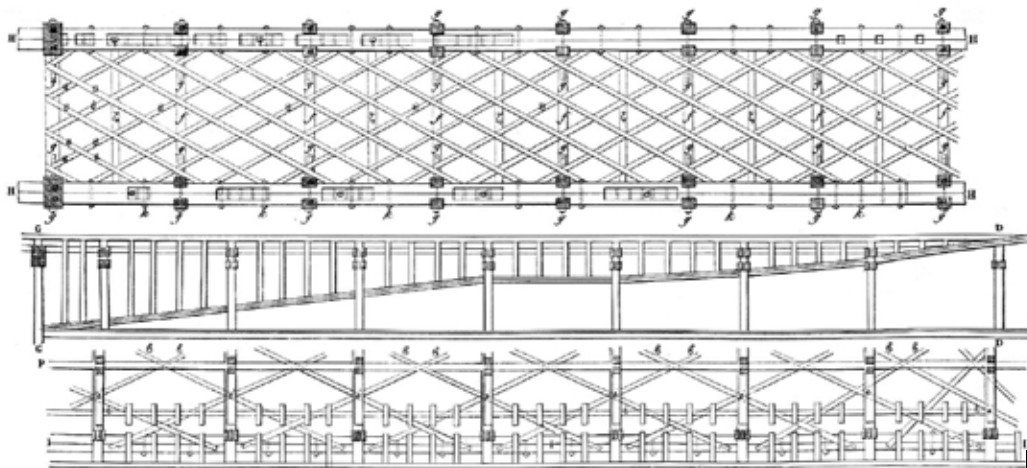
dovuto al passaggio continuo di vetture cariche anche di pietra e pesanti fino a 25 tonnellate» (A.R. Emy).

Ponte di Wettingen sulla Limmat. Lo

stesso Grubenmann, che prima del ponte di Schaffhausen, già descritto, non si era mai cimentato nella progettazione e costruzione di queste grandi strutture, e suo fratello Giovanni edificarono tra il 1777 e il 1778 il ponte di Wettingen presso l'abbazia omonima, sopra la Limmat. Questa struttura ebbe una luce di 118,89 metri per A.R. Emy e di 111,56 per J.B. Rondelet, in un'unica campata! (figure 18, 19 e 20). Proprio le grandi dimensioni delle strutture, pregio irripetibile per quel tempo (e anche per l'attuale), furono il motivo di timore per i trattatisti per la ipotizzata limitatezza della loro durata. Nel constatarne la bellezza, Rondelet esprime perplessità e incertezza generate proprio dalla consapevolezza della durata ridotta di strutture di legno così ardite e complesse: «Noi siamo di parere coll'autore che la distruzione di questi ponti sarebbe una perdita irreparabile per bel pubblico in generale e per l'arte del carpentiere specialmente, se non si fossero accuratamente conservate le piante e i

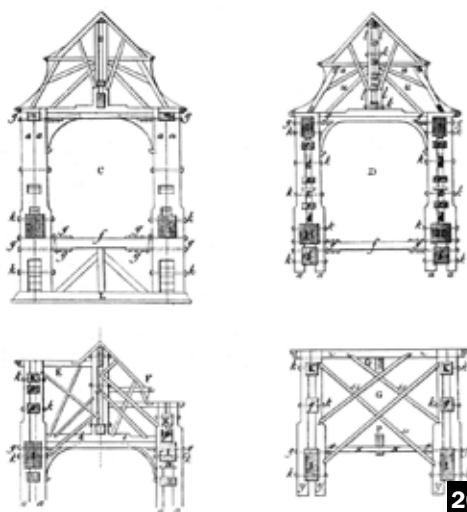
Ponte di Wettingen, costruito tra il 1777 e il 1778 da Hans Hulrich Grubenmann e suo fratello sopra la Limmat, con luce di 118,89 m (a detta di A.R. Emy) e di 111,56 m (a detta di J.B. Rondelet), poi bruciato durante la guerra del 1799.





19

Ponte di Wettingen, pianta dell'impalcato.



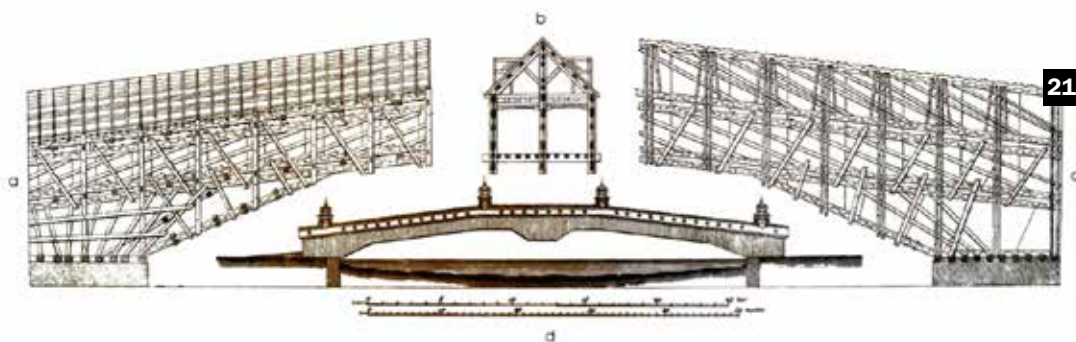
20

Ponte di Wettingen, sezioni trasversali.

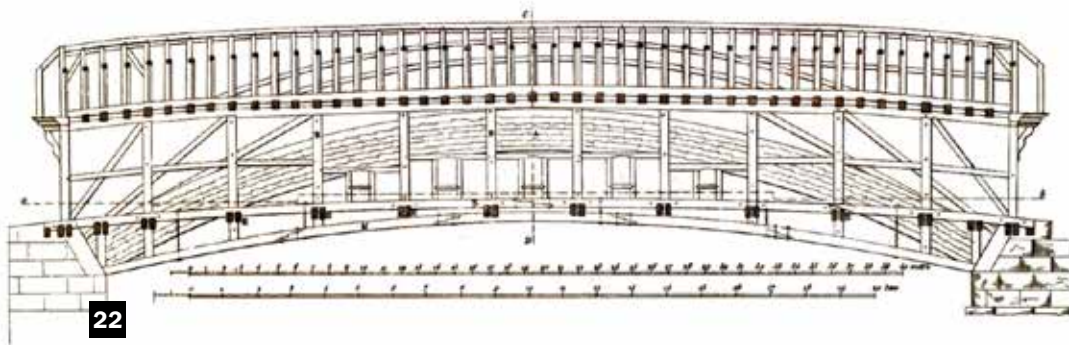
dettagli, la cognizione de' i quali non è mai bastantemente diffusa». Si tratta di una struttura altamente complessa, modellata su un sistema di nervature poste a raggiera con centro negli appoggi e disposizione ad "arcuatura reticolare". Purtroppo non fu possibile verificarne il comportamento e il deterioramento perché anche questo ponte, come quello di Shaffhausen, fu bruciato durante la guerra del 1799 tra la Francia e la

seconda coalizione antifrancese (Inghilterra, Austria, Russia, Turchia, Regno di Napoli). Tutta la folla composizione di puntoni era sostenuta da una "staffatura" di travi, poste a intervalli regolari che ne frazionavano l'estensione per impedire l'insorgere di fenomeni di instabilità dei singoli elementi. Come per quello sulla Kandel, anche questo ponte fu coperto e completato da un incrocio di travi trasversali poste a croce di Sant'Andrea che collegavano i due sistemi strutturali principali simmetrici rispetto all'asse centrale. Rondelet riconosce agli ideatori e costruttori «l'ardito tentativo di estendere i limiti oltre i quali le armature di tal genere sembravano non essere praticabili» e assicura «alla loro memoria un posto distinto tra i più abili costruttori».

Ponte di Claus dal nome del mastro carpentiere suo ideatore, il cui progetto fu commissionato da un certo Lord Hewey nel 1772. Quest'opera che, secondo il progetto originario, avrebbe avuto un'unica campata di 292,35 m di luce, con una larghezza di 16,57 m, non fu mai eseguita. (a), (b), (c), (d) Prospetti e sezioni della struttura.



21



Ponte di Claus sulla Dery. Si trattò del progetto non attuato di un'opera di grande impegno che si sarebbe dovuta eseguire sulla Dery. Il suo nome, Claus, è quello del mastro-carpentiere suo ideatore. La storia racconta che il modello del progetto in scala 1:48, commissionato da un certo Lord Hewey, costruito con rara maestria, esposto nell'Albergo di Spagna in via Delfino a Parigi nel 1772 (fig.21) fece storia perché rappresentò un'ideazione molto più ardua ed evoluta di qualsiasi opera fino ad allora pensata. Questo ponte avrebbe avuto un'unica campata di 292,35 metri di luce con una larghezza di 16,57 metri! La struttura portante era costituita da tre elementi longitudinali reticolari ad arco di cui quello centrale, il più inerziale, separava le due carreggiate. Il sistema costruttivo ideato da Claus, frutto di quel progresso scientifico basato sull'empirismo che costituì l'incentivo per il cemento, era imperniato sul forte utilizzo di saettoni che, con l'effetto ad arco ribassato, evitavano l'insorgere di sollecitazioni flettenti, scaricando sulle spalle massive solamente azioni assiali.

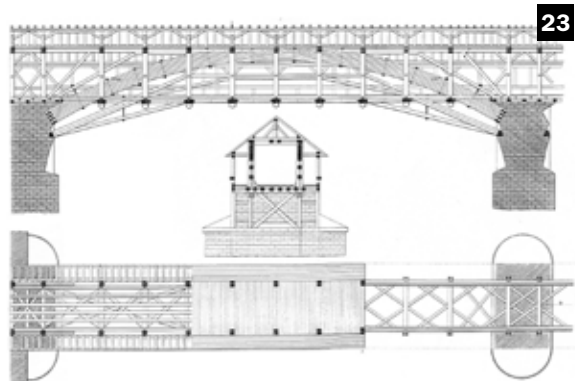
Ponte di Mellingen. Fantastico per bellezza e complessità, fu il primo di questo genere con archi insistenti direttamente sulle pile, così da sostituire le tradizionali travi reticolari con l'appendimento diretto dell'impalcato su di essi (fig.22). Quest'opera che fu la prima del genere di così grandi dimensioni, fu progettata e costruita nel 1794 da un carpentiere di Lucerna di nome Ritter, autore anche del ponte di Kandel. Ognuna delle due incavallature era composta da sette ordini di elementi curvati e uniti da fasciature e chivarde di ferro e da dentature speculari. Ogni arco tendeva una corda di circa 48 metri. Il ponte era totalmente coperto e rivestito, nei prospetti esterni, con tavole. Una coppia di travi arcuate, poste all'intradosso, accoglieva

l'opera progettata e costruita nel 1794 da un carpentiere di Lucerna di nome Ritter. Ognuna delle due incavallature era composta da sette ordini di elementi curvati ed aveva una corda di circa 48 m.

dieci elementi (ascialloni) verticali conferendo al ponte una rifinitura di qualità proprio perché tutti i sostegni erano stati delegati alle incavallature. Purtroppo anche questo ponte fu bruciato durante la guerra del 1799. Il successivo, che fu progettato e costruito al suo posto dai fratelli Grubenmann, sembra avesse avuto, sostanzialmente, le stesse caratteristiche geometriche e strutturali del precedente di Ritter.

Ponte di Eglisau sul Reno. Un certo Stadler, «maestro carpentiere a Zurigo», costruì nel 1825 in Svizzera, sul Reno nei pressi di Eglisau (piccola città del Cantone di Zurigo) (fig. 23) un ponte con struttura simile a quella di Mellingen e di Wettingen, con luce delle campate pari a 46,78 metri e freccia degli archi di 6,82 metri, e la sommità dell'intradosso a una quota di 3,90 metri circa superiore a quella del piano del ponte.

Ponte costruito nel 1825 da un certo Stadler "maestro carpentiere" a Zurigo sul Reno nei pressi di Eglisau, avente luce delle campate di 46,78 m.



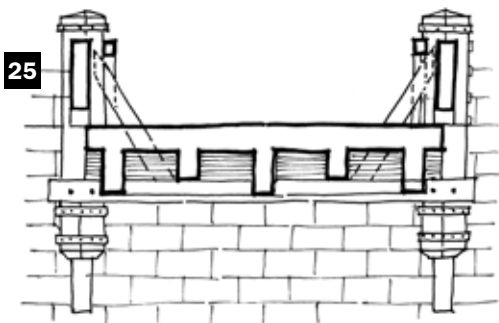


24 La foto mostra l'interno del ponte prima della sua distruzione avvenuta nel 1917.

Il sistema strutturale composto da due nervature portanti ebbe un ruolo rilevante nelle identificazioni delle stesse funzioni del ponte: la via centrale fu destinata alle vetture ed ebbe una larghezza di 4,56 metri; le altre due vie, larghe 1,62 metri, furono destinate ai pedoni. La figura 24 mostra una foto dell'interno del ponte prima della sua distruzione avvenuta nel 1917.

Ponte di Necker. Alla fine del XVIII secolo si affermò questo sistema ad archi portanti «mediante centine», come si diceva allora: fu chiamato hang-werck e applicato anche alla costruzione di un ponte di 19,49 metri di ampiezza, su un ramo del fiume Necker nel Württemberg, presso Stoccarda (fig. 26). Sembra che questa soluzione strutturale abbia suscitato in Leather, ingegnere inglese progettista di ponti di ferro, l'idea di un organismo, poi costruito, composto da due archi di ghisa ai quali fu sospeso l'impalcato mediante tiranti, anch'essi di ghisa (A.R. Emy). Ritornando al ponte di Necker,

Ponte di Necker, nel Württemberg, costruito alla fine del XVIII secolo, avente 19,49 metri di ampiezza.

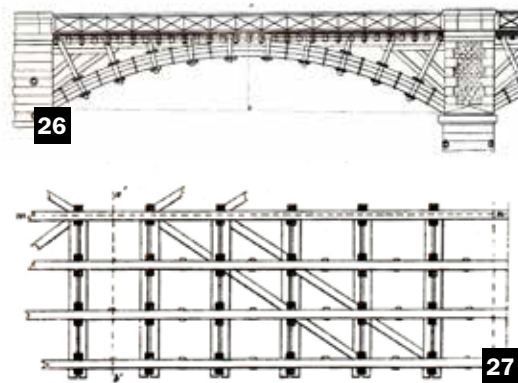


suscita ammirazione l'imponenza della trave portante arcuata formata da elementi di legno accostati, tenuti uniti con perni di ferro centrali (chiavarde) posti radialmente. La struttura così composta presentava tre fasce la cui dentatura di collegamento proseguiva simmetricamente fino alla mezzeria, così ideata per garantire reazioni agli sforzi taglianti. Due elementi verticali, sui due lati della sezione, ebbero il compito di sostenere l'impalcato appeso. Ben visibili sono le fasciature di ferro poste sotto le travi trasversali all'impalcato che costituirono i vincoli. La sezione trasversale mostra l'esistenza di altri tiranti giacenti su piani perpendicolari all'asse dell'impalcato.

Ponte di Ivry sulla Senna. La ricerca e l'esperienza sui sistemi strutturali per i ponti di legno portò in Francia, nel primo quarto del XIX secolo, alla convinzione che quelli ad arco (centine) formati da due o più nervature longitudinali (incavallature), composte da pezzi curvi uniti insieme da fasce e perni (chiavarde) di ferro, fossero più adatti a sopportare sollecitazioni dinamiche e soprattutto più durevoli. Dopo l'esperienza del ponte di Chazey sull'Ain che fu il primo costruito in questo paese, composto da quattro archi di 19,50 metri di luce ciascuno, nel 1828 fu progettato ed eretto sulla Senna alla confluenza della Marna, da un ingegnere di nome Emmery, il ponte di Ivry (fig. 26 e 27), composto da cinque archi di cui quello centrale di 23,75 metri di luce, quelli laterali

26. Ponte di Ivry, costruito nel 1828 sulla Senna alla confluenza della Marna, da un ingegnere di nome Emmery, composto da cinque archi di cui quello centrale di luce 23,75 m, quelli laterali di 22,50 m e quelli esterni di 21,25 m.

27. Ponte di Ivry, Sezione trasversale.





28 Ponte costruito nel 1809 sul Regnitz, in sostituzione di quello di muratura distrutto dalle piene del 1784, e progettato da Wiebeking ad una sola campata di 62,69 m.

di 22,50 e quelli esterni di 21,25 metri. La sua lunghezza totale fu di 122,25 metri e le spalle e le pile furono di muratura di pietra con paramenti esterni squadrati. Le imposte degli archi portanti erano state poste tutte alla stessa quota, molto rialzata rispetto al tradizionale livello di massima piena del fiume e ciò affinché il legno rimanesse sempre asciutto e soprattutto non soggetto agli effetti del gelo nei periodi invernali. La campata centrale era più elevata rispetto alle altre per consentire il transito dei natanti delle maggiori dimensioni allora esistenti e gli archi portanti, a loro volta, erano formati da tre ordini di curve che Emmerly chiamò «punti curvi», proprio a testimoniare la convinzione di aver creato un sistema strutturale soggetto essenzialmente a sforzi di compressione.

Ponti di Wiebeking. Una nota, anche se priva di immagini, è dovuta all'opera dell'ingegnere di nome Wiebeking, direttore generale dei Ponti e strade della Baviera, considerato tra coloro che diedero una forte spinta al progresso dell'arte del costruire ponti di legno con archi portanti. Egli pubblicò nel 1810 un'opera contenente i metodi di costruzione applicati a 12 grandi ponti costruiti in Baviera sotto la sua direzione. Il suo metodo differiva da quelli finora esaminati per la soppressione dei puntoni pendenti e per la formazione di grandissimi archi ottenuti incurvando i legnami senza l'ausilio del vapore e dell'ascia. La figura 28 mostra il ponte di Bamberg sul Regnitz costruito nel 1809, che sostituì quello di muratura la cui costruzione risaliva tra il 1752 e il 1753, distrutto dalle piene del 1784. L'insuccesso di numerosi ponti di quel periodo fu dovuto essenzialmente alla difficoltà di fondare le pile sui pali di legno infissi in un terreno sabbioso, che purtroppo non riuscirono a raggiungere, a causa dei

forti attriti, le profondità di sicurezza. Questa constatazione portò Wiebeking a progettare il nuovo ponte formato da una sola campata di 62,69 metri, privo di pile intermedie in alveo. Le pietre recuperate dalle rovine del ponte crollato furono riutilizzate per la costruzione delle spalle. Tutti gli elementi strutturali al contatto con le murature furono ricoperti di catrame e le giunture spalmate di olio o grasso. Gli archi furono collocati nelle murature delle testate delle spalle e ivi incastrati. Questa struttura era portata da tre archi di pino e di abete, composti da due elementi sovrapposti, collegati tra loro con perni di ferro. Wiebeking aggiunse lateralmente semiarchi di supporto formati da tre ordini di curve che, a nostro avviso, assunsero anche un comportamento a mensola. La larghezza dell'impalcato fu di 9,33 metri, sicuramente considerevole per una struttura di legno. Giusta menzione deve essere dedicata al carpentiere di nome Rief che lo costruì sotto la direzione di Wiebeking stesso. La figura 29 rappresenta il progetto del ponte che Wiebeking costruì sulla Rott presso Scharding, che successivamente risultò essere quello di maggior luce realizzato con il sistema ad archi. L'ampiezza notevolissima della sua unica campata fu di 51,31 metri; la freccia degli archi all'intradosso fu di 5,44 metri e il raggio di curvatura di 77,55. Le due spalle furono fondate ciascuna su 55 pali di legno infissi fino a 4 metri profondità alla quale si verificò il rifiuto dell'azione del maglio battente.

29 Ponte costruito nel 1809 sul Regnitz, di cui alla precedente figura. Sezione longitudinale con rappresentazione del controventamento di irrigidimento trasversale ottenuto per mezzo di croci di S. Andrea.



Modelli BIM su misura per le infrastrutture: Midas CIM e l'evoluzione dell'infraBIM



Vista rappresentazione Ponte sullo Stretto di Messina

L'evoluzione rivoluzionaria della digitalizzazione e l'adozione di tecnologie sempre più avanzate stanno generando un profondo mutamento nella progettazione infrastrutturale. I modelli FEM e BIM sono strumenti fondamentali per i progettisti, offrendo un supporto essenziale per accelerare ed ottimizzare ogni fase del processo di progettazione.

Autore:

Ing. Rodrigo Bortolini

BIM Expert di CSPFea

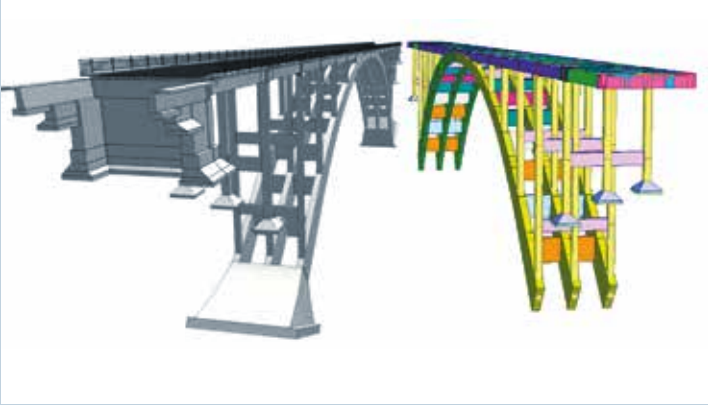


Vista rappresentazione Ponte sullo Stretto di Messina

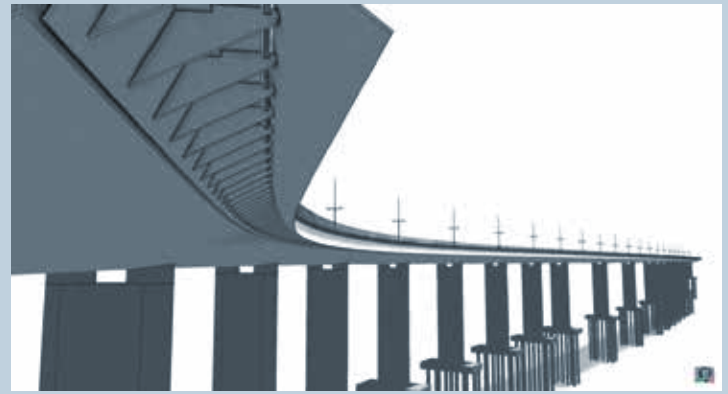
In particolare, i modelli BIM consentono di ottenere livelli superiori di efficienza, precisione e collaborazione tra diverse discipline. Molti dei software attualmente disponibili sul mercato rientrano nella categoria *BIM per edifici*, focalizzandosi sulla modellazione basata su fili fissi e per piani. Le infrastrutture, invece, presentano una complessità strutturale diversa poiché sono governati dal tracciato stradale e sono suddivisi per campate.

L'applicazione dei software BIM convenzionali, sviluppati per edifici, risulta essere inefficace e richiede un considerevole dispendio di tempo quando si tratta di progettare infrastrutture. Per superare questo ostacolo, l'utilizzo di software dedicati all'**infraBIM**, specificatamente concepiti per le infrastrutture si rivela indispensabile.

Midas CIM è un software infraBIM rivoluzionario ed innovativo per le infrastrutture quali ponti, viadotti e gallerie. Esso si adatta facilmente all'esigenza di progettisti e strutturisti, semplificando il team working e garantendo elevate qualità. Midas CIM è composto



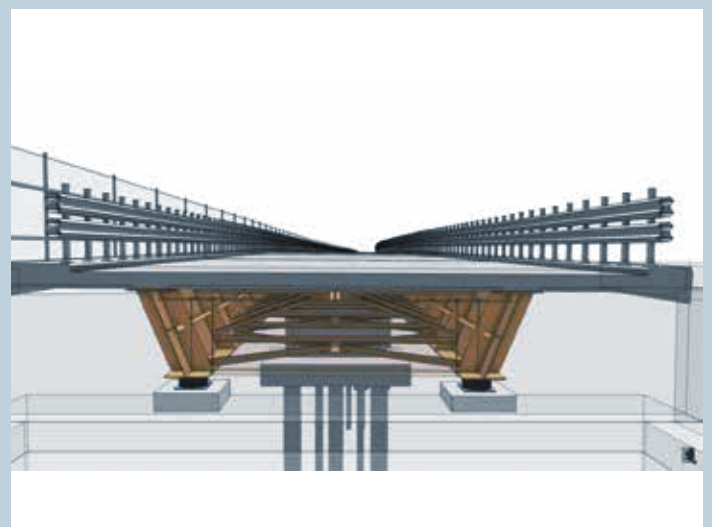
Interscambio di informazioni tra modello infraBIM e FEM del ponte da Vinci



Rappresentazione del ponte San Giorgio



Viadotto in struttura mista acciaio - calcestruzzo



Viadotto in struttura mista acciaio - calcestruzzo

da quattro moduli che permettono di gestire il flusso informativo nei processi progettuali.

Modeler: modellazione geometrica informativa parametrica. La tecnologia Linear Parametric Technology semplifica la creazione dei modelli 3D, poiché consente di allineare automaticamente gli oggetti al tracciato dell'infrastruttura.

Construction: è dedicato alla fase di messa in opera di un progetto ed è essenziale per l'introduzione delle informazioni relative ai tempi di esecuzione delle varie attività. Grazie ad essi, è possibile

generare un quantity take-off indispensabile per una corretta gestione delle risorse nel tempo

Drafter: consente di produrre elaborati 2D direttamente dal modello tridimensionale con un CAD 2D dinamico.

Analysis: creazione del modello analitico e FEM all'interno del modello BIM consentendo una interoperabilità verticale con i software Midas Civil e Midas FEA NX. Questo permette di annullare i tempi di modellazione geometrica nei software FEM ed assicurando risultati precisi e flessibili.

CSPFEA
ENGINEERING SOLUTIONS

Per informazioni
sulla ricerca
di personale e
sulla formazione

CSPFea

☎ 0429.602.404

✉ info@cspfea.net

🌐 www.cspfea.net

Qualche considerazione sui ponti in calcestruzzo armato

La forza delle strutture costruite con questo materiale sta nel poter fondere tecnica, creatività e manualità

Il “ponte in calcestruzzo” coniuga due aspetti fondamentali nel mio essere ingegnere: l’opera in cui l’ingegneria civile è dominante (il ponte) ed il materiale che più prediligo (il calcestruzzo). La storia dei ponti in calcestruzzo è la storia del calcestruzzo armato (il cemento armato!) in Italia, la storia dell’ingegneria italiana, delle infrastrutture, della capacità imprenditoriale e della altissima qualità della mano d’opera. Un paese povero di acciaio ed altre risorse riscopre nel calcestruzzo l’importanza dell’opera “manufatta” (fatta con le mani), ne abbraccia subito brevetti e potenzialità, e si struttura per sostituire al brevetto la “norma”. Il ponte Risorgimento di Roma, a lungo tra i ponti più lunghi in Europa, e con esso il genio di Francois Hennebique, da “non ingegnere” più incline a seguire intuizione, pratica, esperienza, che non rigorose teorie, è l’emblema di una imprenditoria italiana (Impresa Porcheddu)

GIOVANNI CARDINALE
Ingegnere civile e progettista

innovatrice e coraggiosa, ed inaugura una stagione strepitosa per l’uso di questo nuovo materiale cui Franco Levi dedicherà due splendidi volumi.^{1,2}

Conosciamotutti benissimo Arturo Danusso ed il suo contributo all’ingegneria, forse è meno noto il suo essere giovane progettista dell’impresa Porcheddu che progetta e costruisce quel ponte (1911) su idea del “maestro”. Esemplare quando, a valle delle tante discussioni che hanno da sempre accompagnato quell’opera, asserisce³ “... che di fatto, anche se non in teoria, il ponte faceva il suo dovere”; e quando, parlando del calcestruzzo con cui era stato costruito ne esalta... “La fase della giovinezza: fase

¹ F. Levi, *Cinquant’anni prima: dalle rovine belliche alle costruzioni funzionali*

² F. Levi, *Cinquant’anni dopo: il cemento armato dai primordi alla maturità*

³ A. Danusso, *Spiritualità e conoscenza nel lavoro dell’ingegnere, Scritti civili e rari, Marinotti Ed.*

elastica in cui le deformazioni si mantengono proporzionali ai carichi... non ci sono segni di stanchezza... (alla fase in cui) a deformazioni del tipo precedente se ne sommano altre permanenti, e quindi successivamente crescenti, fino a che la sopportazione plastica si esaurisce ed avviene la rottura: fase di maturità e gradualmente di vecchiaia..."

Il 19 maggio del 1956, a San Donato Milanese, l'allora Presidente della Repubblica, Giovanni Gronchi, posò la prima pietra dell'Autostrada del Sole e solo 8 anni dopo, il 4 ottobre 1964, Aldo Moro, Presidente del Consiglio la inaugurò (764 Km; 100 mld di lire; 113 ponti e viadotti; 572 cavalcavia; 38 gallerie; 57 raccordi).

I nomi che accompagnano questa storia sono tanti e fanno tutti parte della cultura di un'ingegneria civile creativa ed innovativa, di una capacità progettuale che aveva voglia e coraggio di sperimentare, di una scuola eccezionale⁴, di una economia che ne consentiva l'azione; le tante opere in calcestruzzo armato portano i nomi di Silvano Zorzi, Giorgio Macchi, Riccardo Morandi, Giulio Krall, Arrigo Carrè, Giorgio Giannelli, Carlo Cestelli Guidi, Guido Oberti, per citarne alcuni. La forza dei ponti in calcestruzzo sta proprio in questa capacità di fondere competenze tecnico scientifiche, creatività ed innovazione, con la manualità, il coraggio e la passione di operai che plasmavano il calcestruzzo all'interno di una complessità unica.

Nel 1958 Vincenzo Franciosi⁵ esponeva il "... procedimento di calcolo proposto dal Nielsen - arco ad impalcato sospeso con tiranti inclinati - e di quello condotto nell'ipotesi di travatura reticolare a correnti continui, schema felicemente suggerito dal Krall⁶..."; l'espressività delle figure che il testo riporta nei dettagli che caratterizzano questa soluzione sono davvero la sintesi concept strutturale e manualità.

Tra i ponti in calcestruzzo quelli sull'Arno (ad Incisa e Levane), entrambi progettati da Silvano Zorzi, rappresentano una perfetta sintesi tra forma, prestazione, coerenza, architettura. G. Pizzetti⁷ classifica le strutture tra "resistenti per forma" e "resistenti per inerzia" e ne individua i comportamenti attraverso il nome

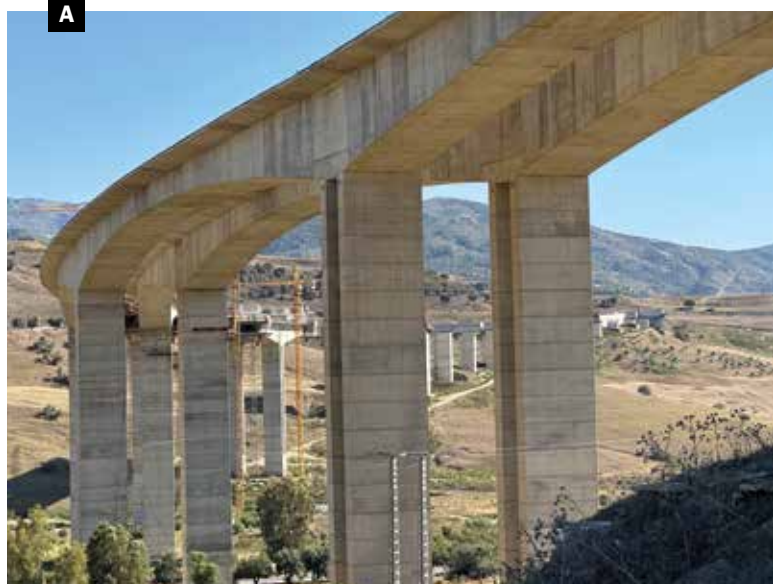


Foto: © GPA Partners

del "passeggero" che, principalmente, ne attraversa i "canali statici": lo sforzo normale, nel primo caso, il momento flettente, nell'altro. Questa rappresentazione così efficace nella sua intuitività, si legge tutta nei vari elementi di queste bellissime strutture a via superiore che si stagliano nel paesaggio toscano con armonia ed imponenza.

Percorro i ponti di Incisa due volte al giorno per raggiungere Firenze da quando ero studente: non ricordo di aver visto quel tratto autostradale chiuso per importanti opere manutentive sui ponti.

Ancora una volta qualità dell'idea progettuale, capacità imprenditoriale e capacità manuale giocano in sinergia la partita più difficile: una costruzione sicura e durabile.

Il calcestruzzo è il materiale che esalta la creatività e l'espressività di chi progetta, insieme alla capacità di chi costruisce; è il protagonista di una storia meravigliosa che non si è ancora conclusa.

Qualche settimana fa, trovandomi in Algeri per la progettazione di opere nella penetrante Tizi Ouzou, in costruzione da parte di una impresa turca, con mano d'opera algerina, turca, siriana, è stato facile capire che in alcune parti del mondo non c'è alternativa al cast-in-place concrete and post tension (fig. A).

Una storia che si arricchisce di "simboli" che fondono architettura ed ingegneria come nel

⁴ F. T. Iori-S. Poretti, *Storia dell'ingegneria strutturale in Italia (Vol 1,2,3)*, Gangemi Ed.

⁵ V. Franciosi, *Ponti ad arco con impalcato sospeso*, Hoepli editore

⁶ G. Krall, *Ponti quasi arditi in cemento armato*, Trieste 1947

⁷ G. Pizzetti, *Principi statici e forme strutturali*, UTET Ed.



B

Foto: © GPA Partners

recente Ponte dello Sceicco Zayed (fig. B), in calcestruzzo armato precompresso, con una lunghezza totale di 842 metri, una luce massima di 140 metri (progettazione di Zaha Hadid, High-Point Rendel e DME Geotech) che mostra una espressività difficilmente raggiungibile con un altro materiale. La storia del calcestruzzo nei ponti è la storia delle tante opere non straordinarie, è la storia del loro degrado, di una manutenzione spesso ignorata che finisce per colpire il materiale ben oltre le responsabilità di chi di questa azione, la manutenzione, ha il dovere.

Foto: © GPA Partners



C

L'esempio che segue (fig. C) è l'esempio di un ponte sull'Arno su cui mi è capitato di intervenire, chiuso a 40 anni dalla costruzione per degrado delle selle gerber e per mancanza di risorse prestazionali nei riguardi dei nuovi sovraccarichi stradali. L'uso di una precompressione esterna, unita ad interventi con fibre di carbonio ed alla ricostruzione delle "selle" ha consentito di riprenderne l'esercizio con i sovraccarichi attuali. Accade però che, proprio come il corpo umano, il ponte possa ammalarsi di nuovo, di un altro male; e questa volta, a 15 anni dal primo intervento, il nuovo male è lo scalzamento delle fondazioni; un male annunciato, all'epoca, ma non affrontato quando si poteva e doveva. Ed ancora il calcestruzzo, e l'opera manuale dell'uomo, fanno quello che nessuna altra tecnologia avrebbe potuto fare.

Sempre in tema di ponti esistenti, spesso, è necessario intervenire, oltre che per aspetti manutentivi, per incrementarne prestazioni di sismoresistenza. L'esempio del ponte degli Alpini a Belluno (fig. D, E) (G.Cardinale-SG. Morano- P.Spinelli) mostra l'accoppiamento delle esili pile a telaio, con dispositivi di dissipazione e controvento rigenerare il materiale e potenziarne le prestazioni.

Due esempi ordinari che mostrano come l'invecchiamento dei ponti in calcestruzzo possa essere combattuto rigenerando gli stessi e proiettandoli verso una fase della vita in cui possono sopportare anche azioni per le quali non erano stati progettati.

Il calcestruzzo moderno combatte la battaglia della sostenibilità, si reinventa e rimane ancora un materiale eccezionale, insuperabile, per certi aspetti, sottoposto più di altri alla esperienza di chi lo progetta, alla capacità di chi lo costruisce, alla responsabilità di chi, gestendolo, deve mantenerlo.

E così l'opera infrastrutturale in calcestruzzo armato evolve dal soddisfacimento di una esigenza a motore di un progresso socio-economico sostenibile nel quadro dei principi ESG (Environment Social Governance)

Il focus della ricerca e degli investimenti è rappresentato senza dubbio dal piano di riduzione dell'emissioni dirette di CO₂, dal

momento che "il processo di produzione del clinker, costituente principale del cemento, è accompagnato da una produzione di CO₂ dovuta alla fase di decarbonatazione nella fase di cottura".

Lo sviluppo di norme volontarie (es. AFNOR) o cogenti, come le nostre in tema di CAM, accompagnano la crescita professionale di professionisti ed imprese.

La battaglia, spesso "fondamentalista", costruita sulle tragedie di crolli che hanno riguardato ponti in calcestruzzo, la lasciamo a chi non vuole leggere la realtà del processo di ideazione, costruzione e vita di quelle opere e non vuole guardare alla realtà della efficacia ed insostituibilità del calcestruzzo armato nel sistema infrastrutturale italiano e mondiale, ed alle novità di calcestruzzi innovativi che fanno della durabilità e sostenibilità il loro carattere distintivo.



Foto: © GPA Partners



F O C U

FOCUSING

58

Dall'arco romano alle m la stupefacente epopea



Lunghezza 2.194 m
Costruzione 2019-2023

PONTE DI BRAILA

ROMANIA

S I N G



FOCUSING

59

eraviglie degli stralli: n dei **ponti** A CURA DI PPA

Foto: © Radu Arama



**Sempre più lunghi, più alti,
o galleggianti: una celebrazione
dell'ingegno umano che rifugge
i limiti**

ALESSIO GAROFOLI, PPAN

Ogni volta che si attraversa un ponte bisognerebbe rivolgere un pensiero riverente ai romani, i grandi ingegneri-architetti dell'antichità. Le loro testimonianze in questo senso abbondano, com'è ovvio, nella Capitale. Ed è un peccato pensare a ciò che a quasi tutti i ponti antichi dell'Urbe è stato fatto da casa Savoia per lasciare spazio a un'altra poderosa infrastruttura, pensata per salvare la città dalle piene del fiume: i Muraglioni sul Tevere. Quasi del tutto demoliti per lasciarne in mezzo all'acqua solo un moncherino, com'è accaduto al Ponte Emilio, chiamato anche Ponte Rotto. Privati delle arcate esterne originali, ricostruite ex novo

per ottenere una luce più ampia e raddrizzare il tipico profilo a schiena d'asino della struttura, come nel caso del Ponte Elio-Sant'Angelo. Fatto sta che partendo dall'arco, prestito etrusco, è stata l'intensa attività romana di costruzione - di ponti ma anche di acquedotti in elevato, sulla base degli stessi principi - ad ampliare la concezione di ciò che un ponte può fare. Ponendo le basi per i progressi dei secoli successivi in cui si è passati dai piloni alle strutture sospese, sempre più lunghe e alte, sostenute da cavi. Un miglioramento tecnologico ormai così impetuoso da far sospettare - almeno ai non addetti ai lavori - che si sia trovato il modo di sconfiggere la

fisica newtoniana. E una volta tanto, cercare un trait d'union tra la civiltà che albergava nella Penisola 2mila anni fa e l'Italia attuale non è del tutto arbitrario, visto che alcuni dei ponti contemporanei più avanzati al mondo sono realizzati da società italiane.

LA CAMPATA PIÙ LUNGA IN EUROPA CONTINENTALE - Quello di Traiano

era un ponte fortificato, costruito dal 103 al 105 dopo Cristo a est delle Porte di Ferro, presso le attuali città di Drobeta (Romania) e Kladovo (Serbia). Primo ponte sul basso corso del Danubio, l'architetto Apollodoro di Damasco lo realizzò durante la guerra con cui l'imperatore di origine ispanica conquistò la Dacia. Lo storico Cassio Dione racconta che «poggia su 20 pilastri in pietra quadrangolare di 150 piedi di altezza escluse le fondamenta e di 60 di larghezza. Questi sono distanti 170 piedi l'uno dall'altro e sono collegati da archi». Oggi non esiste più, ma sullo stesso fiume, nello stesso Paese c'è qualcosa di più avanzato: il **ponte di Braila, nel sud-est della Romania**. Progettato

Lunghezza 2.194 m
Costruzione 1995-1999

PONTE DI ØRESUND

DANIMARCA-SVEZIA



nel 2018, i lavori sono partiti l'anno seguente. Inaugurato lo scorso 6 luglio, è l'ultimo grande ponte ad essere stato costruito in ordine di tempo. Ed è considerato un gemello di quello che nel futuro dovrebbe "cucire" lo stretto di Messina, anche se rispetto a quello è in scala 1:3. Il Ponte di Braila è lungo **1975 metri**, il consorzio che lo ha costruito e inaugurato è guidato da **Webuild** in collaborazione con **Ihi**, la società giapponese che ha realizzato anche il ponte nipponico sullo Stretto di Akashi. Webuild guida anche il consorzio Eurolink che dovrà realizzare il ponte tra Sicilia e Calabria. L'opera permette di attraversare il Danubio in soli due minuti in auto. Commissionato da Cnair - Compagnia Nazionale de Administrare a Infrastructurii Rutiere per il ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture romeno, il progetto è stato finanziato con un contributo di 363 milioni di euro dal programma europeo Operational Programme for Large Infrastructure (Poim). È al momento **il secondo ponte sospeso più lungo d'Europa continentale** per lunghezza della campata principale

dopo quello dello stretto dei Dardanelli, inaugurato l'anno scorso, che con i suoi 2023 metri collega la Turchia asiatica a quella europea.

IL PIÙ LUNGO CHE COMBINA STRADA E FERROVIA

▪ Quello di Scandinavia è un concetto in cui la dimensione culturale e quella geografica non sono perfettamente sovrapponibili. La Finlandia fa parte della Penisola scandinava, ma i finlandesi non parlano una lingua germanica settentrionale (e neppure indoeuropea). I danesi sì, ma la Danimarca non è parte della penisola bensì dell'Europa continentale, ed è sempre stata divisa dal mare dai cugini svedesi. Almeno fino al 2000. Poi le cose sono cambiate grazie al prodotto di quello che è tuttora uno dei progetti più particolari e innovativi al mondo, che collega la capitale Copenaghen con Malmo, in Svezia, attraverso il combinato disposto di un tunnel sottomarino e di un ponte che sono stati congiunti su un'isola artificiale appositamente costruita. L'Øresund Consortium (50% Svezia, 50% Danimarca), costituito per la

gestione dell'opera, nel 1995 affida alla **Sundlink Contractors** i lavori per un **collegamento sull'Øresund, lo stretto che separa l'isola danese di Selandia dalla Scania, nella Svezia meridionale**. La progettazione parte nel 1995. La Sundlink Contractors è stata responsabile del programma dettagliato del ponte affidato, per la parte progettuale, alla **Cv Joint Venture**. Il design è dell'architetto danese **George K.S. Rotne** dello studio **Dissing + Weitling**, l'ingegneria strutturale è opera di **Arup, Société d'études techniques et économiques** e **Isc A/S**. Si tratta del **ponte strallato più lungo d'Europa adibito al traffico sia stradale che ferroviario** con una campata centrale di 490 metri. La sua particolarità è che a un certo punto si inabissa in acqua completando il suo percorso con il più lungo tunnel sottomarino ferroviario e stradale al mondo, oltre 4 chilometri: si tratta della parte del tragitto più vicina alla Danimarca. La scelta di costruire un tunnel più un'isola artificiale a precedere il ponte deriva dalla presenza dell'aeroporto di Copenaghen, poco più a sud della struttura: eventuali piloni di sostegno avrebbero rappresentato un ostacolo al traffico aereo.

IL PIÙ LUNGO TRA QUELLI

GALLEGGIANTI ▪ Non sono moltissimi i ponti che sfruttano il principio di Archimede. Ma si può esclamare "eureka!" pensando che negli Stati Uniti ne esiste uno particolarmente lungo e recente. L'**Evergreen Point Floating Bridge**, noto anche come **Sr 520 Bridge** e ufficialmente **Governor Albert D. Rosellini Bridge**, **trasporta la Washington State Route 520 sulla superficie del lago Washington, da Seattle alla sua periferia orientale**. La campata lunga **2.350 metri** lo rende **il ponte galleggiante più lungo del mondo, nonché il più largo**, vista la misura di 35 metri nel suo punto medio. È stato inaugurato nell'aprile del 2016 e ha sostituito un altro ponte galleggiante omonimo nello stesso sito, che era più corto di 40 metri

Lunghezza 2.460 m
Costruzione 2001-2004

VIADOTTO DI MILLAU

FRANCIA



e ormai da sostituire. Questo tipo di tecnologia è stata scelta perché nel fondale soffice e sabbioso del lago era difficile impiantare dei piloni stabili. Il committente e progettista del ponte è il dipartimento dei trasporti di Washington. Primi progettisti e responsabili dell'ingegneria civile e strutturale sono **Kpff Consulting Engineers** e **BergerAbam**. Progettista/costruttore è **Kgm**, una joint venture tra **Kiewit**, **General Construction Company** e **Manson Construction**. L'architettura navale è di **Elliot Bay Design Group**. Nell'aprile 2017, il progetto del ponte ha ricevuto il Grand Conceptor Award 2017 dall'American Council of Engineering Companies.

IL PIÙ ALTO IN EUROPA - La dimostrazione che anche un piccolo problema può portare a ideare una soluzione grandiosa. **Quello autostradale di Millau è un ponte strallato che attraversa la valle del**

Tarn vicino a Millau, nel dipartimento dell'Aveyron (regione dei Midi-Pirenei, **Francia del sud**). Progettato da **Michel Virlogeux** in collaborazione con lo studio **Foster + Partners**, culmina a 270 metri al di sopra del fiume Tarn. È il **ponte veicolare più alto d'Europa**, il secondo al mondo dopo il Royal Gorge Bridge nel Colorado (Usa). Fu aperto al traffico il 16 dicembre 2004. La progettazione era partita nel 1989. Quest'opera nasce dalla volontà di risolvere un problema di traffico che, prima che fosse costruito, doveva scendere nella valle del fiume Tarn e passare lungo la route nationale N9 vicino alla città di Millau, provocando una pesante congestione all'inizio e alla fine della stagione estiva, a luglio e agosto. Il ponte ora passa sopra la valle del Tarn nel suo punto più basso, collegando il cause du Larzac al cause rouge, ed è all'interno del perimetro del parco naturale regionale dei Grands Causses.

IL PIÙ LUNGO E CONTESTATO DEL VECCHIO CONTINENTE - Sta rischiando di essere abbattuto, anch'esso vittima della guerra. E ci è andato vicino in autunno e a luglio. Costruito dal gruppo Strojgazmontaž (Sgm), di proprietà dell'oligarca Arkadij Rotenberg su progetto di Avtodor, la società pubblica che gestisce le autostrade russe, il **ponte di Crimea**, detto anche di Kerch, è un doppio viadotto (stradale-ferroviario) che passa sullo stretto di Kerch. Unisce la penisola di Taman, nel territorio di Krasnodar (Russia continentale), con la penisola di Kerch in Crimea, annessa dalla Russia nel 2014. Con una lunghezza di 18,1 km è il ponte più lungo d'Europa. Ed è tuttora un obiettivo bellico degli ucraini, per la sua funzione logistica e per la sua dimensione simbolica.

Lunghezza 19.000 m
Costruzione 2016-2019

PONTE DI CRIMEA

RUSSIA



**DA CESARE SUL RENO
ALLO STRETTO DI MESSINA,
L'ETERNA PULSIONE UMANA
A COLLEGARE CIÒ CHE È**

SEPARATO

NICK O'RIORDAN

INGEGNERE GEOTECNICO ARUP FELLOW

Dalle necessità militari a quelle civili fino alla decarbonizzazione, un ponte c'è dove c'è una civiltà

1. PERCHÉ UN PONTE: UN COLLEGAMENTO FISSO

I ponti antichi, essenzialmente militari, venivano usati per fornire un collegamento fisso **da una sponda all'altra del fiume**, e consentire un rapido movimento di eserciti e rifornimenti. I fiumi sono elementi topografici creati su scala geologica e l'entroterra intorno alla maggior parte di questi riflette i cambiamenti ambientali avvenuti nel corso dei millenni. Ne consegue che, nel tempo, un fiume ha tracciato il suo percorso sfruttando i terreni e le rocce più deboli, trasportando i detriti erosi e derivati dalle tempeste più a valle fino alla foce. Alcuni fiumi, soprattutto quelli che si trovano nelle regioni montuose, scorrono velocemente e riflettono direttamente la geologia circostante, ma **la crescita urbana avviene normalmente dove i flussi fluviali sono relativamente lenti** e dove l'acqua può essere utilizzata prontamente per l'irrigazione, l'agricoltura e altri mezzi di sviluppo economico. I flussi fluviali lenti portano alla deposizione stagionale di sedimenti soffici sulle sponde del fiume e si può generalmente ritenere che in una città o in un centro abitato **i terreni più difficili si trovino in prossimità dei fiumi**. Sono quindi le condizioni del terreno spesso a determinare **campata, numero di piloni e dimensioni complessive** di un ponte. Il desiderio di fornire un collegamento fisso e permanente attraverso un territorio che non può essere attraversato facilmente o in sicurezza a piedi o in barca, se non con una lunga deviazione, esiste da sempre. Possiamo rinvenire questo imperativo attraverso le storie belliche. Nel suo noto **resoconto della guerra gallica** **Giulio Cesare** racconta con dovizia di particolari l'uso di barche o pontoni da parte della tribù degli Elvezi per attraversare **il fiume Arar (Saone)**. E più tardi, nel 56 a.C., scrisse (**De Bello Gallico, Libro 4, Capitolo 17**) in modo molto dettagliato del primo ponte di legno che attraversò il Reno:

*“Cesare, per i motivi che ho ricordato, aveva deciso di oltrepassare il Reno, ma riteneva che l'impiego delle navi non fosse abbastanza sicuro e non lo giudicava consono alla propria dignità o al popolo romano. Così, sebbene si presentassero gravi difficoltà per costruire un ponte a causa dell'ampiezza, della rapidità e della profondità del fiume, ritenne comunque opportuno che si dovesse tentare di farlo, altrimenti il suo esercito non avrebbe dovuto essere condotto oltre rinunciando all'impresa. Ideò quindi questo progetto di ponte. A distanza di due piedi **univa, a due per volta, pali lievemente appuntiti in basso, del diametro di un piede e mezzo** di altezza commisurata alla profondità del fiume; poi, mediante macchinari li calava in acqua e con battipali li conficcava sul fondo del fiume, non a perpendicolo, come quelli delle palafitte, ma obliqui e in pendenza, in modo da inclinarsi nel senso della corrente; più in basso, alla distanza di quaranta passi e dirimpetto ai primi, ne poneva altri, sempre legati a due a due, con inclinazione opposta all'impeto della corrente del fiume. Nello spazio tra i pali collocava travi dello spessore di due piedi - pari alla distanza dei pali accoppiati - fissandole con due arpioni, impedendo che essi in cima si toccassero; perciò, poggiando su travi separate e ben ribadite in direzione contraria, la struttura del ponte risultava tale, da reggere, per necessità naturale, tanto più saldamente, quanto più impetuosa fosse la corrente. Sui pali venivano disposte, in senso orizzontale, altre **travi su cui poggiavano tavole e graticci**; inoltre, a valle, come contrafforti, venivano aggiunti obliquamente dei pali fissati al resto della struttura per resistere alla corrente impetuosa; così come altri a monte, venivano collocati non distanti dal ponte, **allo scopo di frenare eventuali tronchi o navi che i barbari avessero lanciato contro la costruzione** per distruggerla: l'impatto sarebbe stato attutito e i danni al ponte limitati”.*

Nonostante quel che Cesare afferma, la responsabilità della progettazione e dell'installazione del ponte ricadde sui suoi ingegneri militari, come **Marco Vitruvio Pollo**. Abbiamo di nuovo la fortuna di avere le parole di Vitruvio nel suo **De architectura**, dieci libri di approcci pratici e filosofici all'edilizia in generale. Vitruvio scrive che una struttura deve essere stabile, utile e bella. Sono queste tre qualità che caratterizzano i ponti di successo in tutte le epoche. È chiaro che per i militari romani le qualità più importanti erano stabilità e utilità e che nel corso dei secoli si è accumulata una notevole esperienza nello scegliere una posizione ragionevole e materiali sufficientemente abbondanti per la costruzione. Come si può leggere nel resoconto di Giulio Cesare sulla costruzione del ponte sul Reno, i pali di legno appuntiti venivano conficcati nel letto del fiume con l'ausilio di macchine perforatrici, perché potessero reggere i carichi del ponte e dell'esercito romano in marcia. Questa tecnologia era stata adattata dagli **insediamenti lacustri dell'età del bronzo e della pietra in Svizzera**.

2. URBANIZZAZIONE, CIVILTÀ E VENEZIA

Con il declino e la caduta dell'Impero Romano, si cercarono rifugi sicuri contro le diverse ondate di tribù armate provenienti dal nord. L'edilizia lacustre raggiunge la sua forma di civiltà più elevata nella laguna veneziana a partire dal 580 d.c. circa. Nell'insediamento e nell'espansione delle **isole originarie di Venezia**, l'uso del pilone di legno per creare piattaforme stabili su cui dare vita a un ambiente urbano sostenibile è stato onnipresente. Il fatto che esistano oltre 400 ponti pedonali che forniscono collegamenti fissi attraverso il sistema insulare veneziano è un tributo all'ingegnosità dei fondatori della città. La maggior parte di questi ponti era originariamente costituita da strutture in legno: nel luogo in cui si trova il **Ponte di Rialto** venivano infatti utilizzati pontoni in legno fino alla loro sostituzione con un ponte fisso in legno nel 1255. La crescente prosperità di Venezia era dovuta sia al commercio marittimo sia al suo relativo isolamento dagli attacchi militari, grazie alla sua posizione centrale all'interno della laguna. Questa prosperità portò a metodologie di costruzione sempre più sofisticate e durevoli: **l'uso di mattoni, tegole e pietre provenienti da fornaci e cave** della terraferma, spesso influenzate dalle tecniche sviluppate dai partner commerciali di Venezia in

Oriente. All'inizio del XVI secolo, il ponte in legno a più campate di Rialto fu sostituito da un pesante e piuttosto audace ponte in pietra a campata unica di 25 metri, progettato da **Antonio da Ponte**. In questo periodo i progettisti di ponti diventavano sempre più sicuri, soprattutto grazie al trial and error più che all'analisi matematica, del fatto che la stabilità potesse essere garantita da archi in mattoni o in pietra che **rimanevano in compressione**. Nato nella Repubblica di Venezia nonché uno dei rivali in lizza per la progettazione del Ponte di Rialto, **Andrea Palladio** (1508-80) dedica il terzo dei suoi **Quattro Libri dell'Architettura**, pubblicato un anno prima della sua morte, alla progettazione e alla costruzione di infrastrutture cittadine, ponti compresi. Palladio ci dà dettagli notevoli sulla scelta del sito, sulle opere temporanee, illustra molti ponti antichi e alcuni di sua progettazione, tra cui ponti in legno "a traliccio" con campate fino a 34m e ponti in pietra nel suo caratteristico stile "palladiano" che è stato molto imitato in Europa dal XVII al XIX secolo.

3. PIÙ GRANDI, PIÙ LARGHI, PIÙ FORTI

Per secoli, in Europa, la campata principale dei ponti è stata limitata a circa 35 metri. Tuttavia, la Cina è stata un'innovatrice nei ponti in pietra: quello di Anji, nella provincia di Hebei, a campata unica di 51m, è stato costruito nel 605 d.C. È sopravvissuto a diversi terremoti, tra cui quello di Xingtai del 1966, **6,8 di magnitudo momento**, a soli 80 km a sud del ponte, e ad almeno 10 grandi inondazioni del fiume Xiaohe che attraversa. La campata unica è stata realizzata come un arco a segmenti in pietra, utilizzando archi semicircolari sotto l'impalcato per ridurre il peso. Il calcare del ponte è stato unito con ramponi di ferro a "farfalla". Le prime forme di passerelle sospese, che utilizzavano catene di ferro, furono sviluppate per la prima volta in Cina, ma la loro portata era ancora una volta limitata dalle forze di trazione che quel materiale poteva sopportare. Il ponte di Luding, nella provincia di Sichuan, del 1701, ha un'unica campata di 100 metri. Con l'avanzare della rivoluzione industriale in Europa, migliorarono i materiali strutturali. **A Coalbrookdale, in Inghilterra**, fu costruito un arco semicircolare leggero di 30 metri di luce in ferro per collegare la gola geologicamente difficile del fiume Severn: l'ultimo utilizzo da parte dei veicoli risale al 1934. Nella vicina Buildwas Thomas Telford costruì un ponte in ghisa di 39 metri di luce a segmenti per sostituirne uno in pietra distrutto

da una frana nel 1773. Il ponte di Telford fu poi rimpiazzato da uno a capriate in acciaio nel 1905 per sopportare un maggiore carico di traffico, e nuovamente sostituito nel 1992 da un ponte a travi in acciaio. L'innovazione tecnica portò rapidamente al Menai Suspension Bridge di Telford del 1826, con una lunghezza totale di 417m e la campata più lunga di 176m. L'impalcato originale in legno fu sostituito nel 1893 e le catene in ferro rimpiazzate da quelle in acciaio nel 1938/40. Tuttora vi passa il traffico stradale. Da quella struttura innovativa di Telford, le campate dei ponti sospesi sono aumentate al ritmo di circa 10 metri l'anno. Attualmente il ponte autostradale di **Canakkale sullo stretto dei Dardanelli, che collega l'Asia e l'Europa**, inaugurato nel 2022, è quello con la campata principale più lunga (2023 metri). La costruzione di ponti ad arco semicircolare e a conci continuò in tutto il mondo in pietra e successivamente in acciaio, ma alla fine del XIX secolo **Francois Hennebique**, un costruttore autodidatta, sviluppò il cemento armato, inizialmente spinto dalla necessità di rendere ignifughe le travi in ferro battuto, utilizzando l'elevata resistenza alla compressione del cemento in combinazione con

la resistenza alla trazione dell'acciaio. **Il Ponte del Risorgimento a Roma**, un arco a conci di 100 metri di luce progettato e costruito con il sistema Hennebique da **Giovanni Antonio Porcheddu**, fu aperto al traffico stradale nel 1911. Nello stesso periodo **Eugene Freysinnet** sviluppò i principi della precompressione del calcestruzzo utilizzando cavi d'acciaio incorporati per salvare il ponte Le Veudre sul fiume Allier, vicino a Vichy. Il ponte ad arco a conci poco profondo, con tre campate di 24m, dopo la costruzione si era afflosciato verso il basso a causa del ritiro e dello scorrimento del calcestruzzo. Freysinnet ha provveduto a divaricare le arcate in corrispondenza della corona, aumentando così la compressione del calcestruzzo sulle spalle, inserendo calcestruzzo fresco per mantenere la nuova geometria. Questo esempio pionieristico dello sviluppo del calcestruzzo precompresso fu distrutto durante la Seconda guerra mondiale. Forse il luogo più interessante dal punto di vista intellettuale per vedere l'evoluzione della progettazione e della messa in opera dei ponti tra la fine del XIX e il XX secolo è **South Queensferry, vicino a Edimburgo, in Scozia**. Qui il fiordo di Forth si trova in un punto opportunamente stretto, con circa 2,5km

South Queensferry, Edimburgo. Foto: © George Gastin



dalla riva nord a quella sud. Nel raggio di circa 1,5km ci sono tre grandi attraversamenti con ponti, illustrati di seguito.

Il più orientale, un ponte ferroviario, fu originariamente progettato da **Thomas Bouch** nel 1873 per essere sospeso. Tuttavia, il precedente ponte ferroviario a travi in acciaio di Bouch, che attraversava il vicino fiume Tay, crollò rovinosamente nel 1879 a causa del vento e del carico dei treni. Bouch non si riprese mai dal disastro e il ponte a sbalzo in acciaio progettato da **Sir Benjamin Baker e Sir John Fowler** fu aperto all'uso ferroviario nel 1890. Il ponte sospeso centrale fu progettato da **Mott Hay & Anderson e Freeman Fox and Partners** alla fine degli anni Cinquanta e costruito dal consorzio Acd Bridge Company. Ha una campata principale di 1.006m. È stato aperto al traffico stradale nel 1964. I supporti dell'impalcato sono stati sostituiti tra il 1980 e il 2000. Nel 2004 un'ispezione interna dei cavi di sospensione principali ha rivelato che la corrosione ne aveva ridotto la resistenza, tanto da rendere necessarie riparazioni e sostituzioni. L'entità

del traffico da autotrasporto che si accresceva ha fatto sì che, per consentire la continuità del collegamento stradale attraverso il Forth, fosse necessario un ponte aggiuntivo. Il più occidentale, il Queensferry Crossing, è stato progettato e costruito dal Forth Crossing Bridge Consortium, composto da Hochtief, American Bridge, Dragados e Morrison. La costruzione è iniziata nel 2011 ed è stata completata nel 2017. Si estende per 2,7km ed è il ponte strallato a tre torri più lungo del mondo, con una campata di 650 metri.

4. PERCHÉ UN PONTE: ADATTAMENTO E SOSTITUZIONE, INNOVAZIONE, CONTESTO SOCIALE

Dagli inizi dell'ingegneria militare progettazione, costruzione e manutenzione dei ponti sono diventate necessarie per i collegamenti infrastrutturali in tutto il mondo. **Sicuramente la loro esistenza diventa un segno di "civiltà", mobilità e prosperità economica.** Al contrario il loro deterioramento e, in questi tempi, la loro distruzione ad opera di attività terroristiche

Hammersmith Bridge, Londra. Foto: © George Rex



simboleggiano l'opposto. Assistiamo a una crescente complessità negli appalti per i ponti. Un ponte è una struttura per definizione di utilità pubblica che soddisfa appunto un bisogno pubblico di unire due punti a terra superando un ostacolo altrimenti difficile. **L'impegno pubblico e la valutazione dell'impatto ambientale** sono presupposti necessari per poter realizzare un ponte. È naturale che, man mano che portiamo avanti lo sviluppo in un'economia low carbon, aumenta la necessità di sensibilizzare l'opinione pubblica e il legislatore sul fatto che i ponti possano dimostrare non solo la stabilità, utilità e bellezza di Vitruvio, ma anche **basse emissioni di carbonio sia nella costruzione che nel funzionamento**. La raccolta di dati da ponti dotati di appositi strumenti, dalle loro fondazioni e dai loro componenti strutturali è aumentata esponenzialmente. Il che permette di prevedere con maggior certezza le loro prestazioni e di elaborare strategie a lungo termine per l'adattamento e, se necessario, la sostituzione. Organizzazioni come la **Ialce** (International Association for Life Cycle Civil Engineering), attraverso conferenze e simposi, forniscono una piattaforma per definire lo stato dell'arte e la pratica delle prestazioni dei ponti. La biomimetica, unita alla stampa 3D e all'analisi strutturale complessa, sta iniziando ad avere un impatto nel fornire strutture di ponti progettate in modo molto efficiente. Finora queste tecniche sono state limitate a ponti pedonali di luce massima di 28 metri. Alcune delle forme di ponte più innovative si trovano ad Amsterdam, grazie al lavoro di Mx3d, a Shanghai, presso la Tsinghua University e a Tianjin, presso la Hebei University of Technology. In anni molto recenti abbiamo visto le conseguenze sociali della difficile manutenzione dei ponti e dell'aumento dell'uso dei veicoli: si pensi all'Hammersmith Bridge, un ponte sospeso meccanico che un tempo faceva parte di un'importante arteria di traffico nord-sud attraverso il fiume Tamigi, nella zona ovest di Londra. Inaugurato nel 1887, ha una storia illustre, essendo stato progettato da **Sir Joseph Bazalgette**, che ha fornito il principale sistema di drenaggio sotto Londra, creando l'**Embankment** e assicurando alla città il suo posto preminente nella vita civile.

Il ponte, di proprietà dell'autorità pubblica locale, è stato chiuso nel 2019 per motivi di sicurezza pubblica (erano state riscontrate crepe nei componenti in ghisa) e riaperto a pedoni, ciclisti e al traffico fluviale a metà del 2021. Le conseguenze della chiusura sono state notevoli, il traffico fluviale pubblico e privato è stato deviato su cinque ponti vicini, aumentando e spostando la congestione. Gli affari e il turismo ne sono stati pesantemente colpiti. **Il finanziamento delle riparazioni è stato oggetto di grande dibattito con il governo locale e centrale**. Ma ci sono segnali che indicano che sia stato individuato un rimedio, il cui costo sarà parzialmente coperto da un sistema di pedaggio.

Facendo un salto e arrivando al dibattito attuale, compreso quello italiano sul **Ponte di Messina**, con le numerose considerazioni espresse anche negli articoli di questo numero de L'Ingegnere Italiano, le sfide ingegneristiche rimangono interessanti, in particolare per i ponti sospesi, con ampie campagne principali. Va ricordato che su infrastrutture di queste dimensioni sono da considerare con grande attenzione le questioni ambientali. Per fare qualche esempio si pensi alla **migrazione degli uccelli, alle conseguenze a lungo termine dei processi di costruzione e manutenzione, fino all'attività sismica**. Non secondaria la questione del tempo: le comunità dovranno fare i conti con la durata dei cantieri, e ai ritardi nella pianificazione e nella messa in servizio consegue anche un incremento dei costi. Tenendo insieme il tempo e la cura dell'ambiente, una via d'uscita rimane **l'applicazione rigorosa della contabilità delle emissioni di carbonio e del ciclo di vita**, includendo esplicitamente i cambiamenti nelle modalità di trasporto come risultato della nuova infrastruttura o di quella adattata. Il contrasto al cambiamento climatico è ormai un imperativo categorico, che ha preso il sopravvento su quasi tutto il resto.

A man in a patterned shirt and dark trousers is walking across a suspension bridge made of wooden planks and metal cables. The bridge spans a deep, lush green valley filled with dense tropical vegetation, including large banana leaves. In the background, a steep, forested hillside rises under a clear sky. The bridge has a chain-link fence on the sides for safety.

A CURA DI PAPAN

Le opere più semplici che cambiano la vita a intere comunità

BRIDGES TO PROSPERITY COSTRUISCE PONTI PEDONALI NEI PAESI POVERI, OTTENENDO MOLTISSIMO CON UN PICCOLO GESTO

I ponti sono sempre più tecnologicamente avanzati, ma sono anche qualcosa che in Occidente diamo per scontata. Non è così ovunque. Bridges to Prosperity (B2p) è un'organizzazione non profit con sede negli Stati Uniti che coopera con vari governi locali e donatori privati per collegare le comunità tramite ponti pedonali, oltre a fornire assistenza tecnica e mobilitazione delle risorse. La sede è a Denver, Colorado, ma un'altra operativa è in Ruanda. I ponti pedonali sono economici, durevoli e sicuri, oltre che facili da costruire con un supporto modesto, ma il loro impatto sulla vita delle comunità rurali è notevole. Dalla fondazione, B2p ha costruito oltre 450 ponti, collegando oltre 1,5 milioni di persone in 21 paesi. B2p è stata fondata nel 2001 da Kenneth Frantz. Aveva visto una foto sul National Geographic Magazine di un ponte rotto sul Nilo Azzurro in Etiopia, con dieci uomini su entrambi i lati della campata che si trascinavano sull'abisso con una corda. Da lì l'idea, semplice quanto indispensabile.

*Ruboni Kyambogho hybrid bridge, Uganda.
Foto: © Rachel McCord*



Legno, acciaio e alluminio: sostenibilità e design si sposano nei ponti pedonali

Non sono “giganti” come i loro omologhi adibiti al passaggio su ruota o rotaia. Non per questo i ponti pedonali sono meno importanti. E anche nel loro caso caratteristiche costruttive e materiali impiegati sono in continua evoluzione. Per non dire del design, su cui la sperimentazione, al contrario, beneficia del fatto che si tratti di strutture più piccole e meno complesse da progettare.

IL PONTE “LEVATOIO” AZIONATO A MANO ▪ Datemi un punto d'appoggio e vi solleverò una passerella metallica. **Cody Dock è un grosso ex molo industriale al largo del fiume Lea, a Londra.** Luogo in cui ora vive una comunità artistica che lo sta trasformando. Il **Cody Dock Rolling Bridge** attraversa un canale che va dal Lea a un molo vicino. È stato progettato da **Thomas Randall-Page** e **Tim Lucas** e costruito da **Cake Industries**. È un ponte che viene fatto appunto rotolare manualmente tramite degli argani, per alternare il traffico pedonale e quello navale. La riapertura della darsena alle acque del Lea richiedeva infatti la rimozione di una diga, ma in questo modo veniva a mancare la possibilità di passare da una parte all'altra del canale. Problema risolto con la nuova struttura pedonale, uno degli ultimi anelli mancanti che **sbloccano il “Leaway”,**

Più piccoli e meno complessi degli omologhi dedicati ai veicoli, offrono molte chance alla creatività

ALESSIO GAROFOLI
E LUIGI RUCCO, PAPAN





Foto: © Jim Stephenson



un percorso pedonale/ciclabile, che va dall'Hertfordshire al Tamigi. Come funziona? Lo spostamento efficiente di grandi strutture pesanti richiede che siano parte di sistemi bilanciati: poiché esso rotola lungo il canale che attraversa, il ponte funziona secondo lo stesso principio di equilibrio. Scorre su binari ondulati inseriti nelle spalle in cemento su entrambe le sponde. La zavorra riempie la parte superiore di ogni portale quadrato, contrastando il peso dell'impalcato del ponte che li collega. Questa simmetria permette all'intera struttura di ruotare agevolmente di 180 gradi. E il sistema perfettamente bilanciato consente che ciò possa essere fatto su una struttura da 13 tonnellate usando solo degli argani manuali. Costruito in acciaio Corten e solido legno di quercia, vuol essere sobrio nella sua posizione di riposo ma d'impatto nel suo funzionamento. Balaustre leggere

intrecciate da barre di rinforzo lo delimitano inoltre su entrambi i lati per questioni di sicurezza. Parte di un progetto di rigenerazione guidato dalla comunità, questo ponte originale può diventare un punto di riferimento e un simbolo della rinascita del quartiere.

UN'ANGUILLA DI ALLUMINIO -

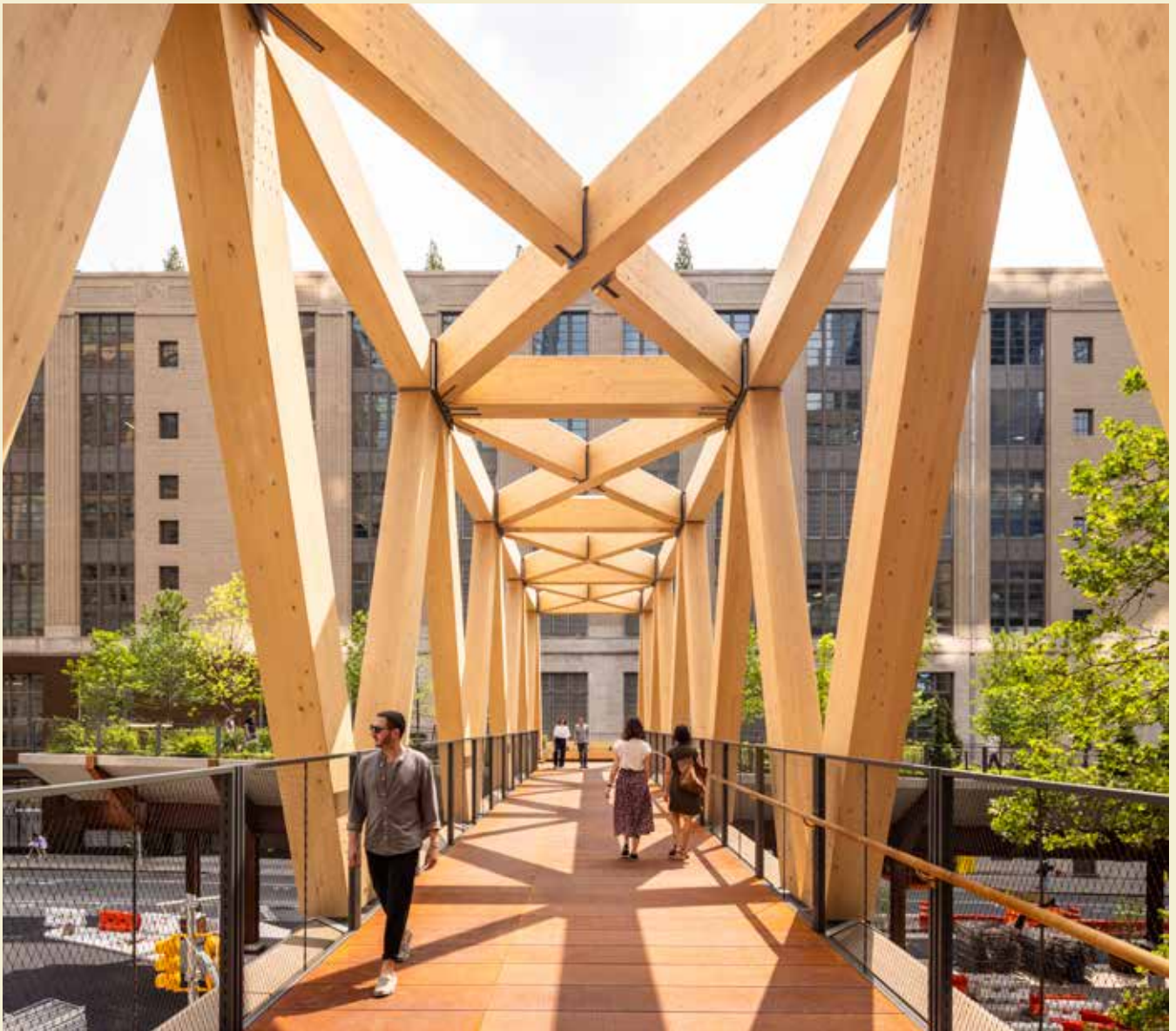
A **Sidney**, in **Australia**, nel parco Centennial è stato costruito il **Bara Bridge** in acciaio rivestito in alluminio di **Sam Crawford Architects**. Il ponte è allineato a delle balaustre che, essendo fatte in alluminio anodizzato, brillano quando vengono colpite dalla luce del sole, oppure quando questa colpisce l'acqua sottostante, creando un effetto spettacolare. Lungo 40 metri, passa sullo stagno di Kensington e serve al passaggio di pedoni e ciclisti provenienti da sud verso il parco Centennial cui garantisce l'accessibilità. L'infrastruttura ha anche

la funzione di non isolare i residenti di Kensington dagli appassionati di equitazione o escursionismo che vogliono frequentare l'area. Forma, movimento e colore delle anguille dalle pinne lunghe, razza australiana che si trova anche negli stagni della zona, sono ripresi nel design del ponte. I pali battuti avevano una tolleranza di 50 millimetri, la struttura primaria in acciaio una di 10 millimetri e quella secondaria in alluminio inferiore a 3 millimetri. La sfida è stata quella di trovare un equilibrio tra questi diversi livelli di tolleranza. L'alluminio anodizzato è stato scelto per il colore, ma anche perché riciclabile al 100%. Per ridurre al minimo il disturbo allo stagno, il Bara Bridge si erge su tre soli piloni conficcati nel letto dello stagno, ciascuno collegato a una struttura cruciforme in acciaio che sostiene un ponte di travi in anch'esso in acciaio. Il ponte passa sopra un serie di laghetti, rispetto alla quale crea un ingresso particolare, ma anche armoniosamente inserito nell'ambiente naturale. E si allarga al centro, così da offrire una piattaforma panoramica sulla quale i passanti possano sostare, godendosi la vista della vita acquatica sottostante.



Foto: © courtesy Sam Crauford Architects





LA METROPOLI DI METALLO E VETRO TORNA AL LEGNO - Il legno come elemento fondamentale per la progettazione sostenibile del futuro. Un materiale versatile, flessibile e dal forte impatto estetico, che può immagazzinare grandi quantità di CO2 atmosferica e potrebbe aiutare il settore edile nella transizione per raggiungere l'obiettivo della neutralità carbonica. Da questi presupposti parte il progetto **High Line-Moynihan Connector, che estende la celebre passeggiata urbana di New York** grazie a due ponti pedonali di legno, creando un percorso fluido e continuo tra la Moynihan Train Hall, il complesso del Manhattan West e appunto la High Line. Il progetto, guidato da Empire State Development, Brookfield Properties e Friends of

the High Line, è solo l'ultimo capitolo del processo di rigenerazione decennale del quartiere di **Midtown West**. Progettati e completati dallo studio di ingegneria, architettura e pianificazione urbanistica statunitense **Som (Skidmore, Owings & Merrill)** e da **James Corner Field Operations**, studio di progettazione urbana e architettura del paesaggio con sede a New York, i ponti **collegano la High Line alla rinnovata Penn Station**. Due strutture molto diverse tra loro ma che si connettono armoniosamente con la serie di percorsi continui e accessibili dedicati ai pedoni. Il **Timber Bridge** è stato progettato con un disegno a travatura reticolare e realizzato con legno lamellare proveniente da fonti sostenibili, per una lunghezza totale di 80 metri. Svoltando di 90

gradi si accede al **Woodland Bridge**, percorso diagonale lungo poco più di 100 metri fiancheggiato da alberi che daranno ombra e proteggeranno i pedoni dal traffico sottostante. Questo contenitore è sostenuto da colonne esposte e bracci a mensola angolati che variano dinamicamente per riflettere le diverse profondità del suolo lungo il percorso diagonale. Un parco lineare sopraelevato di quasi 200 metri che crea un nuovo luogo di aggregazione urbano immerso nel verde che si connette alla struttura storica della High Line. Il Moynihan Connector è il quarto grande progetto di Som nel quartiere, che sottolinea ancora una volta il ruolo dello studio nel rendere un'ex area industriale pienamente parte della città.



IN BICI, SULLA BRUGHIERA - Dal centro di New York al cuore delle **Fiandre**. Qui il legno diventa materiale ideale per un progetto che vuole fondere natura e architettura attraverso linee armoniche che permettono di immergersi pienamente nel paesaggio. Il **Fietsen door de Heide, ponte ciclabile a 20 chilometri da Maastricht, in Belgio**, attraversa le **brughiere di Hoge Kempen**. Il ponte di 300 metri fa parte di un più articolato percorso ciclabile di quattro chilometri, meta di numerosi turisti e appassionati durante tutto l'anno, anche grazie alla vittoria agli **International Design Awards di Los Angeles nel 2022**. Il progetto, a firma dello studio olandese **Witteveen+Bos** che ha lavorato in collaborazione con i designer **Maat**, garantisce un mix tra sicurezza, funzionalità e divertimento. Lo studio si è occupato dell'intero processo dell'opera, dal bozzetto ai permessi e alla gara d'appalto pubblica per i lavori. Una struttura a maglia fine composta da travi e colonne in legno, realizzate in anticipo e poi assemblate sul luogo in modo da non disturbare il ciclo vitale naturale del parco. Le campate sono di tre metri, tranne all'incrocio con il Weg naar Zutendaal, dove la campata è di 15 metri. La sostenibilità è alla base del concept: le pareti del ponte ciclabile sono realizzate con legno di conifere conservato, estratto dalle zone limitrofe, mentre per la struttura portante si è optato per il legno azobé, che vanta un'elevata classe di resistenza e lunga durata.





Foto: © Foster + Partners



UNA PASSEGGIATA A 105 METRI DI ALTEZZA - Dal caldo e “vivo”

legno all'acciaio scintillante come la frenetica vita delle metropoli cinesi. La nuova sede di Dji, leader mondiale nei droni civili e nella tecnologia delle action cam, si trova nel **distretto di Nanshan, nel sud-ovest di Shenzhen, in Cina**. Una sede composta da due torri, rispettivamente di 44 (212 metri) e 40 piani (194 metri), diventate protagoniste dello skyline. L'intero complesso, inaugurato nel 2022, è stato progettato dal celebre studio

di architettura britannico **Foster + Partners**, in collaborazione con **Arup** che ha fornito servizi di progettazione ingegneristica integrata. La struttura innovativa riduce la necessità di colonne, creando così uffici e spazi di ricerca dalle grandissime dimensioni, perfette per testare il volo dei droni, punta di diamante della produzione Dji. A 105 metri le torri sono collegate da un **ponte pedonale sospeso lungo 90 metri** che si staglia in modo deciso sullo sfondo dello skyline della città. Una struttura apparentemente leggera

e fluttuante che crea un'elegante connessione tra due volumi così solenni. Nella fase progettuale del ponte è stato considerato l'impatto con il forte vento dovuto alla notevole altezza. La struttura innovativa dell'intero complesso, con le caratteristiche capriate a forma di “v” che conferiscono alle torri la loro identità distintiva, vuole ridefinire il design degli edifici alti nella regione, creando un nuovo simbolo che celebra il ruolo di Shenzhen come **Città del Design dell'Unesco**.



**CONGRESSO
NAZIONALE**
ORDINI
INGEGNERI
D'ITALIA

CATANIA
27/29 Settembre 2023

mete

100 anni e oltre



CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI INGEGNERI



CENTENARIO
DELL'ALBO
DEGLI INGEGNERI

Centro Congressuale Fieristico Culturale "Le Ciminiere"

"Mete, 100 anni e oltre" è il titolo del Congresso Nazionale degli Ordini degli ingegneri

Catania | 27-29 settembre 2023

Più che ripercorrere il lungo cammino compiuto dal momento dell'istituzione dell'Albo professionale, l'evento sarà uno spazio di dibattito, in particolare con le istituzioni, sugli obiettivi futuri che l'ingegneria italiana e i suoi professionisti intendono raggiungere per contribuire alla modernizzazione, alla crescita e alla sicurezza del Paese.

Molti i temi di aggiornamento e di confronto grazie alla presenza di esperti e policy maker: dalle norme sulle case green alla rimodulazione dei bonus per l'edilizia, dalla transizione energetica al contrasto alla crisi climatica, dalla mitigazione del rischio sismico alle nuove politiche per la lotta al dissesto idrogeologico, dalle nuove norme in materia di appalti pubblici alle tutele per l'equo compenso dei professionisti fino alle nuove frontiere tecnologiche legate all'ingegneria.

Ampio spazio sarà lasciato ai delegati che, nella giornata di giovedì 28 settembre, proporranno le loro idee per il rafforzamento del ruolo degli ordini e la valorizzazione della figura dell'ingegnere, il tutto attraverso la metodologia partecipata dell'Open Space Focus Group.

I dibattiti e le lectio si alterneranno, infine, a corsi di apprendimento, organizzati in collaborazione con la Luiss Business School, sulle soft skill per i delegati al Congresso nazionale.

Antonio Bilotta

È professore di Tecnica delle costruzioni presso il dipartimento di Strutture per l'ingegneria e l'architettura dell'Università Federico II di Napoli. Laureato col massimo dei voti nel 2007 in Ingegneria civile, indirizzo strutture, quattro anni dopo consegue il dottorato di ricerca in Ingegneria delle costruzioni. In servizio presso l'Università Federico II come ricercatore dal 2014, dal 2017 è abilitato alle funzioni di professore di seconda fascia per il s.s.d. Icar/09. Svolge attività di ricerca teorica e sperimentale su comportamento e progettazione di strutture in calcestruzzo e composte acciaio-calcestruzzo e sull'utilizzo di materiali compositi per il rinforzo delle strutture esistenti.

Giovanni Cardinale

Laureato in Ingegneria civile, sezione edile-strutture, all'Università di Firenze nel 1976, è iscritto all'Ordine degli Ingegneri della provincia di Arezzo dal 1977. Libero professionista, è stato professore a contratto di Tecnica delle costruzioni nella facoltà di Architettura dell'Università di Firenze. Lavora nella progettazione architettonica e strutturale, direzione lavori, collaudi, ordinamento e project management di opere pubbliche e private, quale fondatore e socio di Gpa srl. E' stato in successione consigliere e poi presidente dell'Ordine degli Ingegneri della provincia di Arezzo, consigliere e poi presidente della Federazione regionale degli Ordini degli Ingegneri della Regione Toscana. Dal 2012 al 2022 è stato eletto per due mandati membro del Consiglio nazionale ingegneri, di cui è stato anche vicepresidente. È stato inoltre membro del Consiglio direttivo del Centro studi Cni, di Itaca e dell'Agenzia Quacing, sempre in rappresentanza del Cni.

gli autori
di questo numero

Marco Casamonti

Architetto e designer, è professore ordinario alla Facoltà di Architettura di Genova. Conduce un intenso lavoro di approfondimento e riflessione critica sui temi dell'architettura, pubblicando saggi e partecipando a conferenze e lecture. Dal 1997 è direttore responsabile di Area, rivista internazionale di Architettura e Arti del progetto. Nel 1988 fonda Archea Associati che si occupa di architettura, grafica, editoria ed eventi. Tra i progetti più importanti: la Biblioteca comunale di Nembro (BG), l'Ubpa B3-2 Pavilion World Expo 2010, il Gel, Green Energy Laboratory di Shanghai, la Cantina Antinori a San Casciano (FI), il Yanqing Grape Expo a Pechino e il Liling World Ceramic Art City a Changsha, Cina.

Edoardo Cosenza

Laureato in Ingegneria civile all'Università Federico II di Napoli, è professore ordinario di Tecnica delle costruzioni dal 1994 nello stesso ateneo. È stato preside della facoltà di ingegneria dal 2005 al 2010 e assessore ai Lavori pubblici della Regione Campania dal 2010 al 2015. Ha ricevuto il premio Guido Dorso per la cultura ed è Ufficiale del lavoro dal 2021. È membro del Comitato speciale del ministero delle Infrastrutture per l'approvazione dei grandi progetti del Pnrr. Ricopre, inoltre, il ruolo di assessore alla Mobilità infrastrutture e Protezione civile al Comune di Napoli. A fine 2022 è stato eletto consigliere del Consiglio nazionale ingegneri ed è titolare della delega per l'Ingegneria strutturale. In precedenza è stato presidente dell'ordine degli Ingegneri della provincia di Napoli.

Mauro Dolce

Mauro Dolce è professore ordinario di Tecnica delle costruzioni all'Università di Napoli Federico II. È stato Direttore generale presso il Dipartimento nazionale della Protezione civile (Dpc), dopo aver ricoperto anche i ruoli di capo dell'Ufficio rischio sismico e vulcanico e consulente scientifico del capo dipartimento. La sua attività di ricerca è stata svolta presso l'Università degli Studi della Basilicata, dove ha diretto il dipartimento di Strutture, Geotecnica e Geologia applicata all'ingegneria e il laboratorio di Strutture. È stato membro di commissioni per la redazione di norme tecniche italiane ed europee. È membro del comitato esecutivo della Eae (Associazione europea di Ingegneria sismica), di cui è stato anche vicepresidente (2010-2018). È delegato italiano e presidente del Comitato direttivo di Gem (Global Earthquake Model). Ha coordinato il gruppo internazionale di esperti sul "Rationale and Feasibility of a Global Risk Modelling Initiative" per il Global Science Forum dell'Oecd (Organization for Economic Co-operation and Development).

Daniele Losanno

È ricercatore di Tecnica delle costruzioni presso il dipartimento di strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università di Napoli Federico II, dove è cotitolare dei corsi di Teoria e Progetto di ponti e Monitoraggio di strutture e infrastrutture. È docente a contratto nell'ambito dell'iniziativa "Smart Infrastructures Academy" tra Tecne - Gruppo Autostrade per l'Italia e Università Federico II. È stato ricercatore presso l'Istituto per le Tecnologie della Costruzione del Cnr. È responsabile di unità di ricerca nell'ambito della sperimentazione delle nuove Linee guida sui ponti esistenti da parte del consorzio Reluis. Membro scientifico di diversi progetti di ricerca su monitoraggio e sicurezza delle infrastrutture e dell'analisi multi-rischio di ponti esistenti.

Giuseppe Maria Margiotta

Laureato in Ingegneria civile edile, indirizzo Architettura e Pianificazione. È presidente del Centro studi Cni dal 2018. Già dirigente della Regione siciliana, è stato Ingegnere capo del Genio civile di Enna fino al 2020. Ha ricoperto la carica di assessore all'Urbanistica del Comune di Enna dal 1994 al 2000. Presidente della Consulta ordini ingegneri Sicilia dal 2010 al 2019, è stato presidente dell'ordine degli ingegneri della provincia di Enna. È membro del Consiglio del corso di laurea in Ingegneria civile dell'Università di Enna Kore e consigliere superiore della Fondazione Sicilia. È consigliere segretario del Consiglio nazionale ingegneri con delega agli affari interni, al centro studi, alla cultura e alla divulgazione scientifica. È giornalista pubblicista.

Massimo Mariani

Laureato in Ingegneria e in Architettura, abilitato in entrambe le professioni, è tra i maggiori esperti in Italia e all'estero nel consolidamento e restauro delle strutture. Presidente dell'ordine degli Ingegneri della provincia di Perugia dal 1996 al 2011, autore di importanti ricerche nel settore, pubblicate in ambito nazionale e internazionale e di libri - trattati dottrinali, già docente di Geotecnica e Geologia applicata alle opere di Ingegneria all'Università degli Studi di Perugia, insegna nei Master di II livello sul Consolidamento e Restauro degli edifici dissestati e presso il Servizio tecnico nazionale della Protezione civile per il sisma. Dal 2011 al 2022 è stato consigliere del Consiglio nazionale degli Ingegneri d'Italia con delega alla Cultura, alla Geotecnica, alla Sismica, al consolidamento strutturale e alla divulgazione scientifica, attualmente è componente del Consiglio direttivo del Centro studi del Consiglio nazionale degli Ingegneri. È componente esperto presso il Consiglio superiore dei Lavori pubblici e presidente del Centro studi Sisto Mastrodicasa per il Consolidamento e Restauro delle strutture. È stato presidente degli Ingegneri civili europei, compresi Russia e Paesi Caucasic: Ecce - European Council of Civil Engineers ed è consigliere internazionale del Comitato scientifico dell'E.C.P.F.E. European Center on Prevention and Forecasting of Earthquakes, Atene. È titolare dello Studio per le ricerche applicate con sede a Perugia. È Cavaliere dell'Ordine al Merito della Repubblica Italiana.

Gianni Massa

Laureato con lode in Ingegneria civile edile presso l'Università di Cagliari, dopo aver conseguito un master sul recupero edilizio si è laureato con lode anche in architettura. Libero professionista dal 1994 lavora, approfondendo i temi legati al rapporto tra paesaggio e infrastrutture, a numerose esperienze progettuali in ambito nazionale e internazionale. Nel 2005 ha fondato lo studio 2+1 OfficinaArchitettura, che si propone di finalizzare la propria attività allo sviluppo dell'ingegneria e dell'architettura contemporanee. Ha ricevuto numerosi premi e menzioni a livello nazionale e internazionale, fra cui il premio del paesaggio della Regione Sardegna con il progetto della stazione di Uta (CA). In ambito ordinistico è stato consigliere, vicepresidente e poi presidente dell'ordine degli Ingegneri di Cagliari. È stato anche presidente della Federazione degli ordini degli Ingegneri di Sardegna e, per due mandati, Consigliere del Cni, di cui è stato prima vicepresidente, poi vicepresidente vicario.

Mario de Miranda

Ingegnere e progettista di ponti e strutture. Laureato al Politecnico di Milano è iscritto all'albo degli Ingegneri della provincia di Milano dal 1980 e all'albo dei collaudatori di strutture e ponti della Regione Lombardia dal 1992. Partner dello Studio de Miranda associati di Milano, è autore di progetti e realizzazioni di opere d'ingegneria e architettura in Italia e in vari altri paesi. Tra le opere di architettura-ingegneria si segnalano il progetto delle strutture dell'hangar Atitech dell'Aeroporto di Napoli-Capodichino, del padiglione principale della Fiera di Pordenone, e dell'Eliporto sopraelevato del Lingotto di Torino, per il quale ha ricevuto il premio Eccc (European Convention of Constructional Steelwork). Nel campo delle infrastrutture viarie sono da ricordare i progetti di diversi ponti strallati recentemente completati in Italia, tra i quali quello sul fiume Livenza presso Meduna, e il progetto strutturale del ponte del Porto commerciale di Venezia e del ponte ad arco sul torrente San Bernardino a Verbania.

Nick O'Riordan

Direttore di Arup dal 1998, Nick O' Riordan ne è stato capo globale delle competenze geotecniche dal 2009 al 2017. Ha esperienza trentennale nella gestione dei rischi su suolo, terreni inquinati e abbandonati, terremoti, tempeste e crolli di scavi sotterranei. È esperto di rischi tecnici, finanziari e di programma sull'ingegneria del suolo. È stato perito su analisi geotecnica e contaminazione dei suoli in tribunali inglesi e americani. Autore o coautore di oltre 100 pubblicazioni sull'interazione suolo-struttura, dalle ferrovie offshore e A/V ai terrapieni su argille molto soffici e alle prestazioni dei piloni su argille molto rigide, è stato Visiting Professor all'Università di Southampton. Antesignano nel calcolo di energia grigia e carbon footprint, tra i suoi progetti recenti più rilevanti il nuovo aeroporto internazionale in Messico, su argille molto soffici del lago Texcoco.


Maria Rosaria Pecce

Professore ordinario di Tecnica delle costruzioni all'Università del Sannio. Si è laureata in Ingegneria civile e ha conseguito il dottorato in Ingegneria delle strutture presso l'Università "Federico II" di Napoli. Autore di circa 200 lavori scientifici teorici e sperimentali nel settore dell'analisi non lineare e ciclica di elementi in calcestruzzo armato, delle strutture composte acciaio-calcestruzzo, dell'aderenza acciaio-calcestruzzo, del calcestruzzo ad alte prestazioni, dei materiali compositi (barre e fogli in Fip profili pultrusi) per strutture nuove e per il rinforzo di quelle esistenti, dell'ingegneria sismica. Coordinatore delle attività del laboratorio di Materiali e Strutture dell'Università del Sannio. Titolare di diversi corsi di insegnamento nel settore della Tecnica delle Costruzioni nei corsi di laurea e laurea Magistrale in Ingegneria civile e nel corso di laurea in Ingegneria energetica dell'Università del Sannio. È membro di gruppi di lavoro per lo sviluppo delle normative italiane ed europee.

Massimo Viviani

Laureato in Ingegneria strutturale all'Università di Pisa, vanta oltre vent'anni di esperienza nella progettazione e nella realizzazione di ponti. È socio di Aicap (Associazione italiana del cemento armato precompresso) e membro dell'Associazione dei progettisti dell'acciaio. È professore di Progettazione strutturale presso l'Università di Pisa. Nel 2005 ha fondato la S.E.I.CO., società d'ingegneria attiva nella realizzazione di opere di ingegneria civile. Dal 2017 è direttore tecnico ponti e strutture civili della Maffei Engineering.

ATTIVA PROFESSIONE TECNICA: Fulvio, ingegnere



Fulvio, ingegnere di 47 anni, con una lunga esperienza nel settore delle costruzioni, nel suo Comune è **Assistente al Responsabile Unico Procedimento** per seguire gli appalti pubblici di lavori, servizi e forniture.

Qualche mese fa, poco dopo il completamento di un edificio di sua competenza si è trovato ad affrontare una serie di imprevisti che avevano portato il Comune ad intraprendere azioni legali nei suoi confronti.

In quella occasione, Fulvio contattò immediatamente il suo consulente Generali che seppe indirizzarlo nel migliore dei modi grazie alla **consulenza legale** prevista dalla soluzione assicurativa **Attiva Professione Tecnica**. Durante l'analisi, infatti, era emerso che il progetto originale dell'edificio non aveva tenuto conto in modo adeguato di alcune specifiche tecniche che andavano riviste.

Dopo aver identificato le cause, il professionista intraprese una serie di azioni per risolvere la situazione. Innanzitutto, fu avviata un'opera preventiva di messa in sicurezza per proteggere da eventuali rischi. Successivamente, furono avviati lavori di riparazione e rinforzo strutturale.

La presenza della soluzione assicurativa **Attiva Professione Tecnica** di Generali si rivelò fondamentale in quel momento grazie alla copertura della **responsabilità professionale** dell'Ingegnere.

Fulvio ha potuto agire con la necessaria serenità durante tutte le fasi. La copertura assicurativa gli ha fornito il **supporto finanziario** necessario per affrontare le **spese legali** e i costi connessi.

Attiva Professione Tecnica di Generali ti permette, come un vero **Partner di Vita** di affrontare gli imprevisti della professione garantendoti **protezione**.

SCOPRI DI PIÙ



Per saperne di più

www.generali.it/business/professionisti/ingegneri-architetti/attiva-professione-tecnica

Prima della sottoscrizione leggere il set informativo disponibile su generali.it

IL MONDO DELLA PRODUZIONE STA CAMBIANDO, E LO FA MOLTO VELOCEMENTE.



I clienti richiedono più personalizzazione. Le aziende richiedono più produttività e risposte più reattive ai cambiamenti del mercato. La qualità dei prodotti e la sicurezza dei lavoratori stanno assumendo un'importanza sempre maggiore e prioritaria. I concorrenti spuntano in ogni parte del mondo e nuove tecnologie, come la stampa 3D, stanno ridefinendo il concetto di "produttore".

Le aziende continuano a fare i conti con una percentuale di tempi di inattività annuale molto alta, di cui il 30% non pianificata. Contemporaneamente, l'invecchiamento della forza lavoro specializzata comporta, solo negli Stati Uniti, il rischio di non coprire ben due milioni di posti.

Spinta dall'Industrial Internet of Things (IIoT) e per far fronte a queste sfide, sta emergendo un nuovo tipo di fabbrica: connessa, basata sui dati e dall'architettura aperta. Questa nuova fabbrica smart non si contraddistingue solo per la maggiore automazione delle macchine, ma anche per un'incredibile agilità, una produzione autonoma e l'uso dei dati come strumento di business.



La Smart Manufacturing è un'evoluzione naturale della "convergenza digitale" già in corso tra tecnologia dell'informazione (IT) e tecnologia operativa (OT).

Sono quattro le caratteristiche fondamentali che la distinguono:

1. SMART, CONNESSA E BASATA SUI DATI

La fabbrica smart sfrutta i dati e la connettività IIoT per regolare e controllare facilmente tutti gli aspetti delle operazioni, e lo fa in tempo quasi reale, con un'automazione pressoché totale e a livello di tutte le sedi.

2. UN "SISTEMA DI SISTEMI" AUTOGESTITO

Le funzioni della fabbrica come sistemi individuali ma interconnessi, ognuno con un alto grado di flessibilità, efficienza e autonomia.

3. UN HUB DI COLLABORAZIONE UOMO-MACCHINA

La fabbrica smart potenzia le attività cooperative tra umani, macchine e sistemi di produzione in tutto l'ecosistema di produzione.

4. AUTONOMA E AUTO-ADATTANTE

Essendo autonoma e auto-adattante, la fabbrica smart consente ai produttori di espandere l'applicazione e il valore dell'IIoT a sostegno delle mutevoli strategie aziendali.

Advantech ha implementato l'Industria 4.0 nei suoi centri di produzione, inclusa una "sala operativa" che funge da "cervello centrale" della fabbrica, dove i dati vengono raccolti, analizzati e visualizzati per la gestione in tempo reale. Tutto è stato allestito usando soluzioni Advantech. La soluzione per la connettività delle apparecchiature, consistente in un edge gateway e I/O digitali distribuiti, facilita le interconnessioni tra macchine senza la necessità di sostituire le dotazioni esistenti. Raccoglie dati sullo stato delle apparecchiature, sulla produzione e sull'ambiente. Il computer industriale con software Advantech permette il trasferimento dati tra la produzione e i sistemi di gestione.

The graphic titled "WISE-iFactory Industry Application" illustrates a smart factory ecosystem. At the top, two large screens display data dashboards. Below them, a 3D isometric view of a factory floor shows various machines and workers. To the right, several smaller screens represent different data visualization tools, labeled "Digital Twin", "Situation Center", and "Business Intelligence". At the bottom, three blue buttons highlight key features: "Low-Code", "Easy Use", and "Faster Delivery".

I

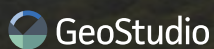
Sviluppa i progetti geotecnici con sicurezza

Quando collabori per una comprensione condivisa delle condizioni del terreno, puoi consegnare progetti più precisi e più velocemente e puoi ottenere così risultati migliori.

Ingegneri, Geotecnici, Geologi e Geofisici utilizzano i software Seequent nei progetti di infrastrutture per pianificare, creare e costruire strade, ferrovie, ponti, tunnel, edifici, dighe e argini.



Esplora le condizioni del sottosuolo con la modellazione geologica dinamica 3D.



Riduce i rischi e sviluppa sofisticate analisi di stabilità all'equilibrio limite 2D e 3D di terreni e pendii rocciosi.

Seequent, The Bentley Subsurface Company



Per saperne di più

 SEEQUENT

Channel Partner

www.adalta.it/seequent

2 2023 #383

€ 10.00

Perché dedicare un numero di questa rivista ai ponti? La risposta oggi sembrerebbe scontata e confinata alla questione Ponte sullo stretto di Messina. In realtà, pur trattando anche questo argomento in modo autorevole, l'intento di questo numero si rivolge verso altre direzioni. Guarda al ponte come opera di ingegneria in cui creatività e tecnologia, senso statico e logica costruttiva, intuizione e visione, attenzione al contesto e sostenibilità, sono indissolubilmente legate. Guarda al ponte come sfida dell'ingegneria e dell'impresa, proiettata in una discontinuità nel progredire della scienza e della tecnica. Infine, guarda al ponte come opera dell'ingegnere che trova le soluzioni strutturali, sceglie i materiali, propone le ipotesi costruttive e le fa divenire "progetto". Questo numero guarda anche al "passato", alla memoria di ciò che è stato, alle antiche sfide e a ciò che le ha rese possibili con il coraggio e l'inventività dei protagonisti di quel tempo.

ISSN 0020-0913



CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI INGEGNERI



L'Ingegnere Italiano
2 2023

n. 383 dal 1966 - n. 10 della nuova versione quadrimestrale
a cura del Consiglio Nazionale degli Ingegneri
Registrazione del Tribunale di Roma
n. 46/2011 del 17 febbraio 2011

Editore

Consiglio Nazionale degli Ingegneri
via XX Settembre 5, 00187 Roma

Poste Italiane SpA

Spedizione in abbonamento postale - 70%
Aut. GIPA/C/RM/16/2013