

I PONTI DI LEGNO. TRADIZIONE E INNOVAZIONE NEL RINASCIMENTO

Gennaro Tampone

*Dipartimento di Restauro e Conservazione dei Beni Architettonici
Università degli studi di Firenze*

Fattori essenziali nella concezione generale e strutturale di ponti sono la configurazione, che a sua volta dipende da luce libera da superare, carichi statici e dinamici presenti. I materiali da adoperare dipendono largamente da questi fattori.

Molto importante il processo costruttivo.

I requisiti essenziali, oltre alla funzionalità, sono la resistenza (anche in condizioni di asimmetria dei carichi e di dinamicità) e la stabilità longitudinale e trasversale.

I ponti devono essere facilmente mantenibili e riparabili.

La tematica della storia relativa alla concezione e costruzione di ponti è tra le più interessanti sotto molteplici aspetti che riguardano le sfere della politica, del sociale, della civilizzazione in senso lato, della tecnica. Tra questi aspetti peculiare rilevanza assumono il dominio sulla natura, la possibilità di acquisizione, anche militare, del territorio con il relativo assetto, la possibilità di scambi commerciali e culturali; inoltre le grandi difficoltà tecniche connesse alla concezione ed alla esecuzione dei ponti, anche relative alle caratteristiche di asimmetria dei carichi e alla loro natura dinamica nonché alla precarietà del cantiere.

Ugualmente, da un punto di vista prettamente tecnico, la difesa dai corsi d'acqua con le relative piene ed esondazioni e la stessa manutenzione presentano problemi assai complessi.

Ritengo che proprio per l'importanza dei temi ora citati e di altri argomenti specifici legati a tempi e luoghi, sui ponti sia pervenuto, da tempi molto remoti, un cospicuo *corpus* di testimonianze; rientrano in questo ordine di idee le notizie tramandate su una organizzazione di artefici di ponti su otri gonfiati presso i Sumeri, così pure la decisione di Caio Giulio Cesare di realizzare un ponte ligneo sul Reno, militare ma stabile e artificioso per ingegnosità, in una delle campagne in Gallia, nella decisione di Traiano, in una delle campagne contro i Daci, di affermare la potenza di Roma sui territori da conquistare mediante la realizzazione di un monumentale, stabile ponte in muratura e legno sul Danubio.

TESTIMONIANZE

Era molto viva a Roma la tradizione del Ponte Sublicio (*sublicae* sono i pali di fondazione), interamente ligneo, più volte riparato e ricostruito, sede di riti arcaici fino a tutto il periodo tardo-repubblicano.

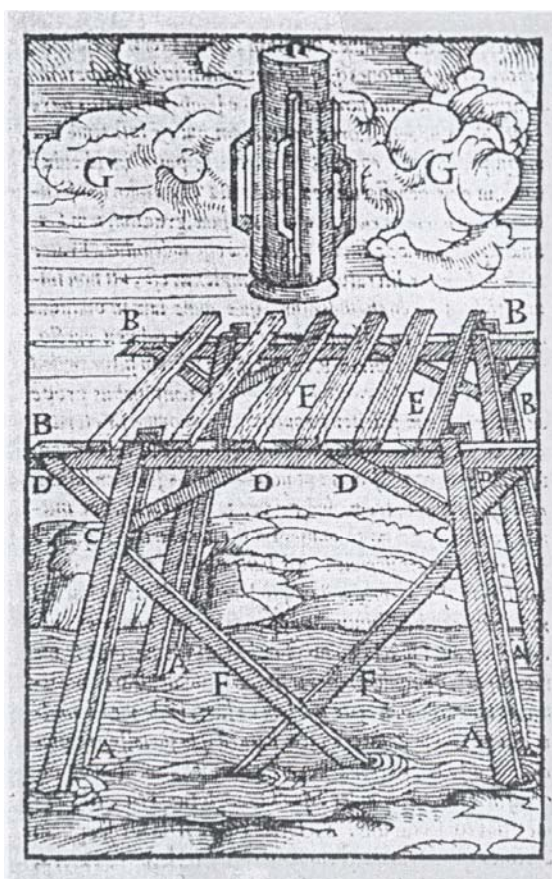
CESARE

Il Ponte sul Reno di Cesare già ricordato (55 a.C.), orgogliosamente descritto nei Commentari, era tutto di legno, su telai disposti di profilo rispetto alla corrente del fiume, e rispondeva ad alcuni requisiti specifici, tra questi innanzitutto la rapidità di montaggio, ricercata con la serialità degli elementi e con fermagli speciali, le *fibulae*, quindi anche con la ingegnosità dei collegamenti, la programmazione del processo costruttivo, il ricorso alla prefabbricazione degli elementi; oltre a quelli primari, naturalmente, di *utilitas* e *firmitas*.

Come i ponti di otri e quelli su barche, essendo composto da moduli in successione, poteva essere lungo a volontà salvo le maggiori difficoltà di inserire i pali di sostegno in fiumi larghi quindi più profondi specialmente nella parte centrale del letto; per la sua stessa costituzione il ponte di Cesare non soffre particolarmente dalla variabilità della posizione dei carichi.

La *venustas* del manufatto, per usare un termine di Vitruvio che probabilmente era presente tra gli ingegneri di Cesare, derivava dalla razionalità conseguente ai requisiti sopra indicati.

Uno degli aspetti più interessanti dell'opera, realizzata in soli dieci giorni, era il processo costruttivo oltre alla configurazione (*ratio*) messo a punto per l'occasione: dalle parole di Cesare traspare grande orgoglio per entrambe queste caratteristiche. Il testo latino è molto oscuro e ha dato luogo a molte interpretazioni, specialmente nel Rinascimento, come si dirà.



Giovanni Giocondo, *Una campata del ponte di Cesare nei Commentariorum*, Venezia 1513 (cat. n. 69)

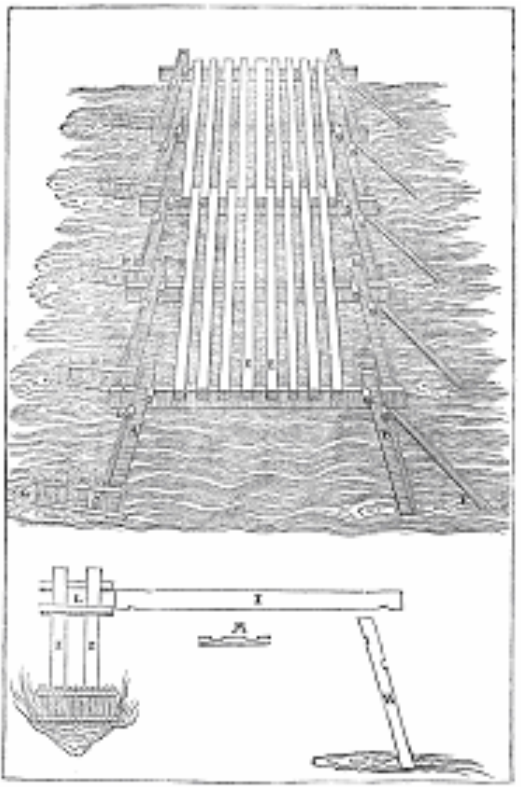
Padova, Biblioteca Civica

Fra Giocondo.
Interpretazione del Ponte sul Reno di Cesare

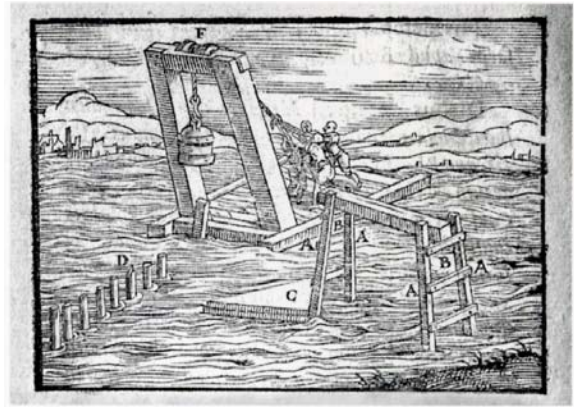


Due campate del ponte di Cesare ne *L'architettura di Leonbatista Alberti tradotto in lingua fiorentina da Cosimo Bartoli* Firenze 1550, p. 114 (cat. n. 72)
Vicenza, Biblioteca del C.I.S.A. Andrea Pa

Cosimo Batoli.
Interpretazione del Ponte sul Reno di Cesare



Palladio.
Interpretazione del Ponte sul Reno di Cesare



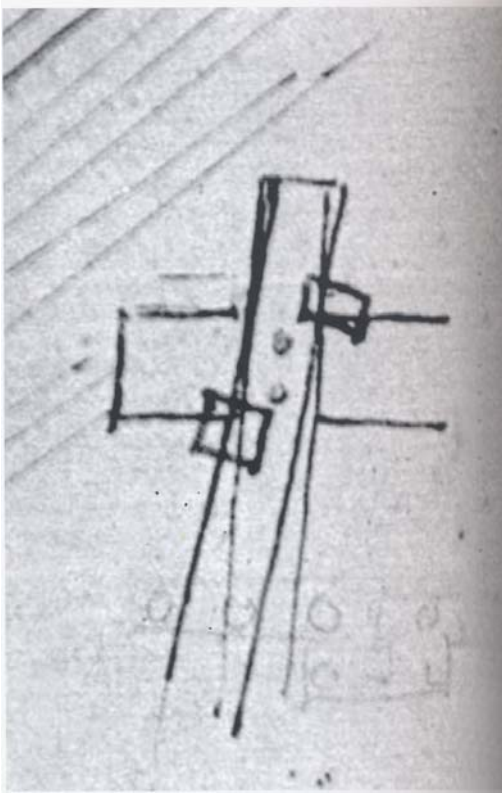
Il ponte di Cesare in costruzione secondo l'ipotesi di Hotman, ne *C. Iulii Caesaris commentarii*, di Aldo jr., Venezia 1575 (cat. n. 81)
 Vicenza, Biblioteca Civica Bertoliana

Macchina per infiggere i pali nel letto del fiume

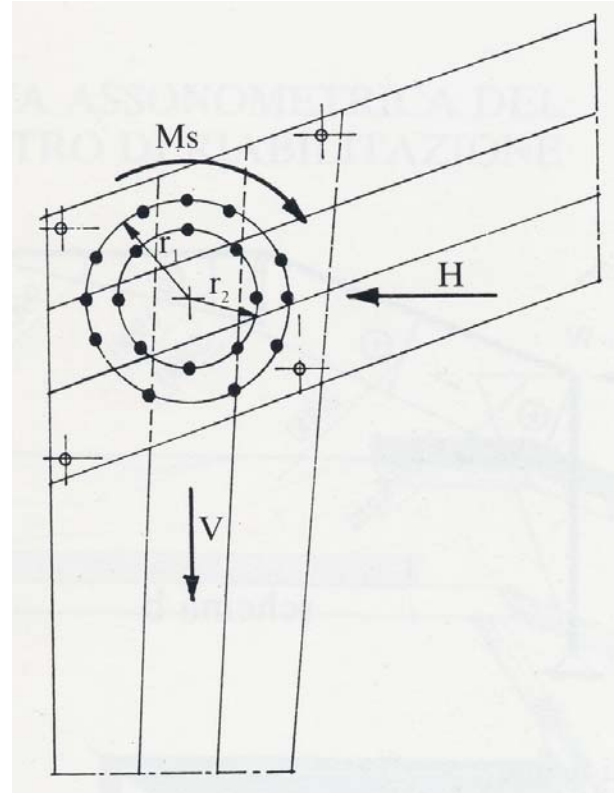


Atelier Soane, *Il ponte di Cesare sul Reno - Lecture Diagram*, c. 1814 (cat. n. 17)
 Londra, Sir John Soane's Museum

Atelier di Soave. Ricostruzione del Ponte di Cesare



Palladio.
Interpretazione del Ponte sul Reno di Cesare.
Schizzo del sistema di bloccaggio del sistema pali-travi



Maderno.
Sistema di collegamento di travature lignee
mediante connettori metallici

TRAIANO

Per quanto concerne il ponte di Traiano sul Danubio, la ideazione e la realizzazione (tra il 102 e il 104 a.C.) dell'opera furono effettuate, come è noto, dal famoso architetto Apollodoro di Damasco; questi in seguito scrisse, secondo la testimonianza di Procopio di Cesarea (*De aedificiis*, VI sec.), anche un trattato dedicato esclusivamente all'opera, purtroppo integralmente perduto.

Il manufatto è effigiato in bassorilievo sulla colonna traiana in una veduta a volo d'uccello, come una moderna tavola in assonometria di un trattato; la coerenza della rappresentazione e la precisione dei particolari tecnici hanno fatto pensare che sia stato lo stesso Apollodoro a scolpire il manufatto o almeno a darne ai lapicidi un disegno con un alto grado di definizione. Si tratta di una delle più complete rappresentazioni di un complesso manufatto infrastrutturale pervenuta dall'antichità classica.

Il ponte è su pile in muratura e sovrastruttura di legno; quest'ultima è costituita da tre ranghi di archi poligonali concentrici e da travi longitudinali con impalcato sostenute dalle pile stesse e dalla sommità degli archi; il parapetto, a maglie rettangolari irrigidite da diagonali a croci di sant'Andrea, è collegato agli archi e funge da trave parete. Ciascun gruppo di archi concentrici poggia perpendicolarmente su dispositivi compositi triangolari lignei di imposta, a loro volta collocati sulla sommità delle pile murarie. Le spinte – le componenti orizzontali delle azioni – sono completamente assorbite da questi dispositivi; peraltro la disposizione in serie annulla le spinte salvo nelle due testate dell'opera.

L'idea del parapetto rigido-parete resistente del ponte sul Danubio fu ripreso sia da Leonardo sia, con la brillante variante della disposizione ad arco e del frazionamento dei giunti, da Palladio (terza invenzione del Trattato; vedi oltre)

Più che il ponte traiano sul Danubio, la cui rappresentazione era poco visibile essendo collocata sulla parte alta della Colonna, la brillante e sintetica quanto oscura descrizione di Cesare ha dato luogo a precoce incondizionata ammirazione di natura letteraria, oltre che tecnica; molti autori, tra i quali Fra Giocondo e Palladio, editori dei testi di Cesare e Vitruvio, Alberti, Rusconi e altri si sono cimentati in tentativi di interpretazione spesso concentrando la loro attenzione sul principale organo metallico di collegamento dei travamenti, la *fibula*, citata ma non descritta.



Colonna traiana. Rappresentazione del Ponte sul Danubio

Tra le interpretazioni grafiche del ponte di Cesare è decisamente innovativa quella della traduzione italiana, corredata da tavole, a cura di Cosimo Bartoli del trattato di Leon Battista Alberti (1550), nella quale sono disegnate correttamente le *sublicae* (con un particolare accorgimento di leggera rotazione verso l'esterno, forzando la prospettiva, per mostrare che i pali sono disposti a coppie; l'artificio grafico sarà ripetuto da tutte le rappresentazioni successive, quella di Palladio compresa) e suppone le *fibulae* formate da legami di corda, nella disposizione e inclinazione corretta; merito di Palladio è una puntuale interpretazione del testo latino, certamente con l'aiuto di Daniel Barbaro, e la ingegnosa interpretazione delle *fibulae* come biette anti-scorrimento. Esse sono correttamente disposte ma sorge qualche dubbio in merito alle loro esigue dimensioni quindi al funzionamento. Un disegno originale di Palladio infatti, uno schizzo della *fibula* come da lui intesa, indica biette decisamente più grandi di quelle del Trattato; esso reca inoltre l'indicazione, con tratti meno marcati (forse residuo di una cancellazione), di due chiodi o bulloni che presumibilmente collegano i pali inclinati e le travi.

L'interesse per la *fibula* si spiega con l'attenzione, di cui va dato merito allo stesso Palladio, per il processo costruttivo.

In età giovanile Palladio si spinse a tentare, a suo dire con successo, una ricostruzione al vero del ponte, in scala ovviamente minore, sul torrente Bacchiglione nei pressi di Vicenza: un precoce esperimento di archeologia sperimentale. Scamozzi osservò che il ponte era rovinato dopo pochi anni per la debolezza.

Non escluderei per le *fibulae* la interpretazione più ovvia, delle cerchiature metalliche regolabili.

Inoltre nella rappresentazione della traduzione albertiana e in quella palladiana mancano i collegamenti delle coppie di pali inclinati che sono liberi per tutta la loro altezza (presenti invece nella notevole tavola a colori realizzata nella seconda metà del XIX sec. nell'atelier dell'Architetto John Soane da utilizzare per lezioni nell'Accademia) e in altre rappresentazioni rinascimentali.

Dopo le prime sistematiche rappresentazioni dell'apparato scultoreo del monumento traiano il ponte sul Reno è divenuto sistematica materia di studio di letterati e tecnici colti che ne hanno dato interessanti ricostruzioni e interpretazioni (di recente, Russo Ermolli, 2003, 2005, cit.). Le basi delle pile sono ancora in parte esistenti a Drobeta sul Danubio.

I ponti su otri, necessariamente costruiti con legno, non sono da considerare una rarità e non sono da collocare solo nelle epoche più remote; l'idea era quella della massima immanenza, ricercata soprattutto a scopi militari per il transito di truppe e la pronta rimozione (eventuale) dopo l'uso per evitarne la utilizzazione da parte del nemico. Testimonianze e riproduzioni sono reperibili anche in epoche storiche, fino al Rinascimento. Certamente le possibilità applicative dovevano essere modeste, limitate a corsi d'acqua regolari e calmi, per l'inevitabile continuo fluire di ciascuno degli elementi galleggianti e per la natura molto particolare dei carichi (truppe, pedoni, animali, carri, salmerie..) specialmente, come si è detto, in configurazioni di carico asimmetrico; per mitigare l'incidenza di questi fattori di destabilizzazione è verosimile che siano stati escogitati espedienti (*stratagemata*) procedurali di passaggio ordinato e progressivo e, in ogni caso, collegamenti molto elastici, facendo largo uso di corde e catene.

Lo stesso vale per i ponti di barche o pontoni, impiegati sino ad oggi; anche per questa tipologia una rappresentazione è sulla colonna traiana.

Nel taccuino di Villard de Honnecourt (prima metà del XIII sec.) un disegno rappresenta lo schema di un ponte, di luce modesta (5 - 6 m), appoggiato ad altissime banchine di muratura; le aste non sono più lunghe di venti piedi.

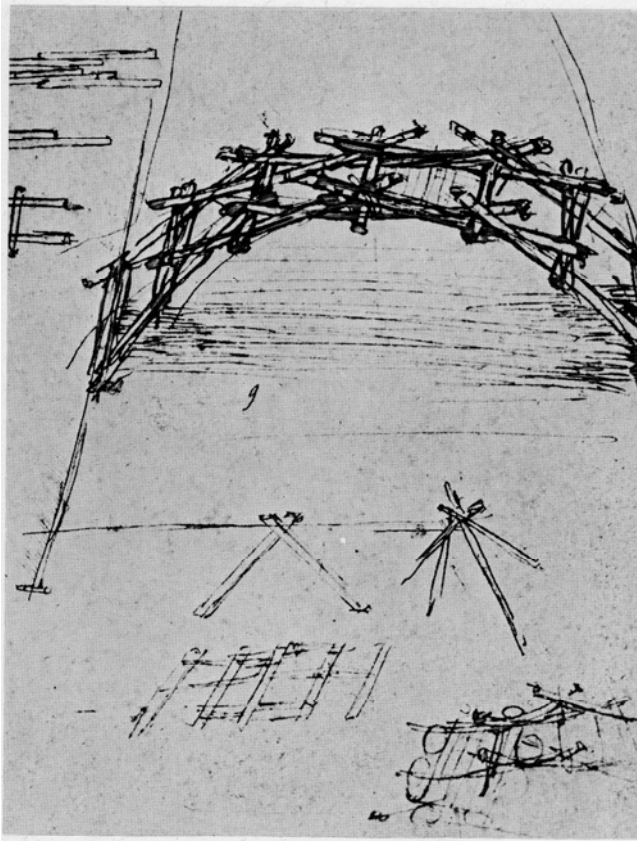
La struttura reticolare con maglie triangolari è molto razionale. Ma il passaggio ad un esecutivo è estremamente complesso, come dimostra il progetto effettivo di sviluppo di questo schema elaborato da Gustave Eiffel.

IL RINASCIMENTO

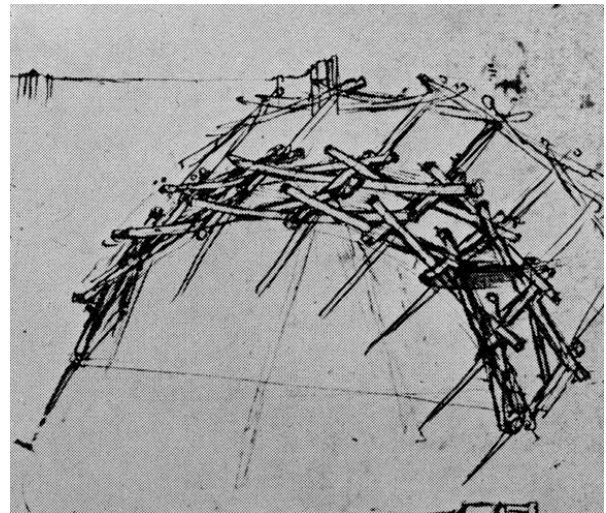
LEONARDO

Il vero padre dei ponti di legno è Leonardo che ha inventato e disegnato ponti speditivi, cioè "di circostanza", e ponti definitivi, di legno e di muratura, tutti di grandissimo interesse. Di muratura e di legno, essi sono giustamente famosi. Il disegno stesso è molto moderno per razionalità ed espressività.

Nella maggior parte dei disegni leonardeschi è stupefacente la chiara distinzione tra gli elementi tesi, indicati come funi o fili, talvolta aste sottili, e quelli compressi individuati come aste.



Leonardo. Ponte speditivo



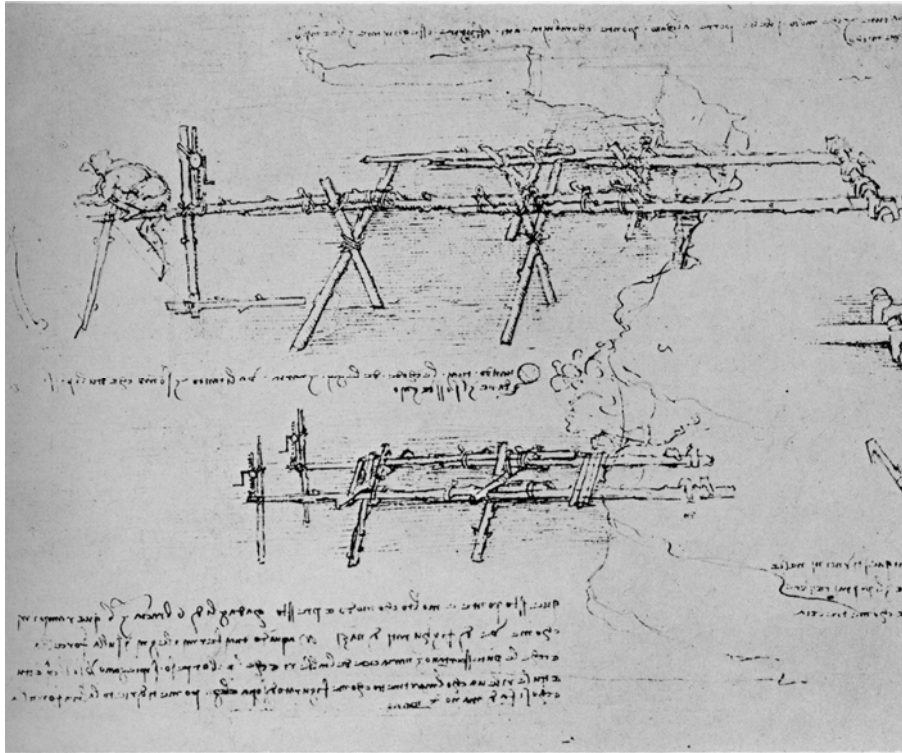
Leonardo. Ponte speditivo

Alcuni tra quelli di legno sono ad unica campata ed hanno una lieve monta per cui sono da considerare come ponti ad arco. Questo dispositivo precede quello applicato da Palladio, come si preciserà.

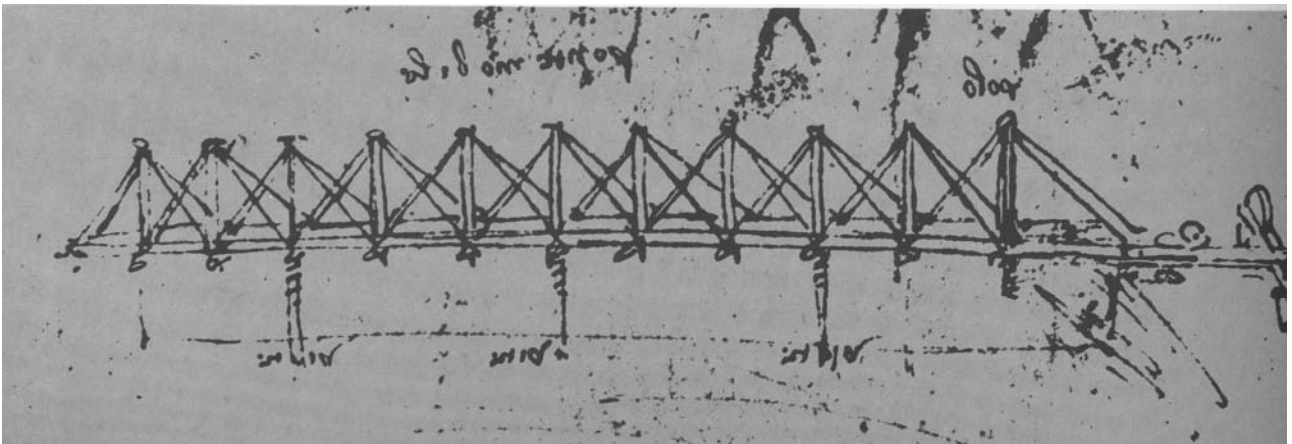
A Leonardo si deve la impostazione del teorema, dimostrato con i criteri (gli unici disponibili a suo tempo) della geometria, della proprietà della indeformabilità posseduta solo dalla maglia triangolare; le strutture reticolari sino ad allora realizzate solo per intuito e spesso confusamente, trovano in tal modo una concreta giustificazione e razionalizzazione. Devono essere ricordati, tra i manufatti di legno di Leonardo, i ponti di circostanza o speditivi, i ponti girevoli ed altri.

Il ponte girevole è ad unica campata, sostenuto da stralli, ha un complesso dispositivo a cerniera ed è dotato di un contrappeso laterale; il traverso inferiore ha una leggera monta.

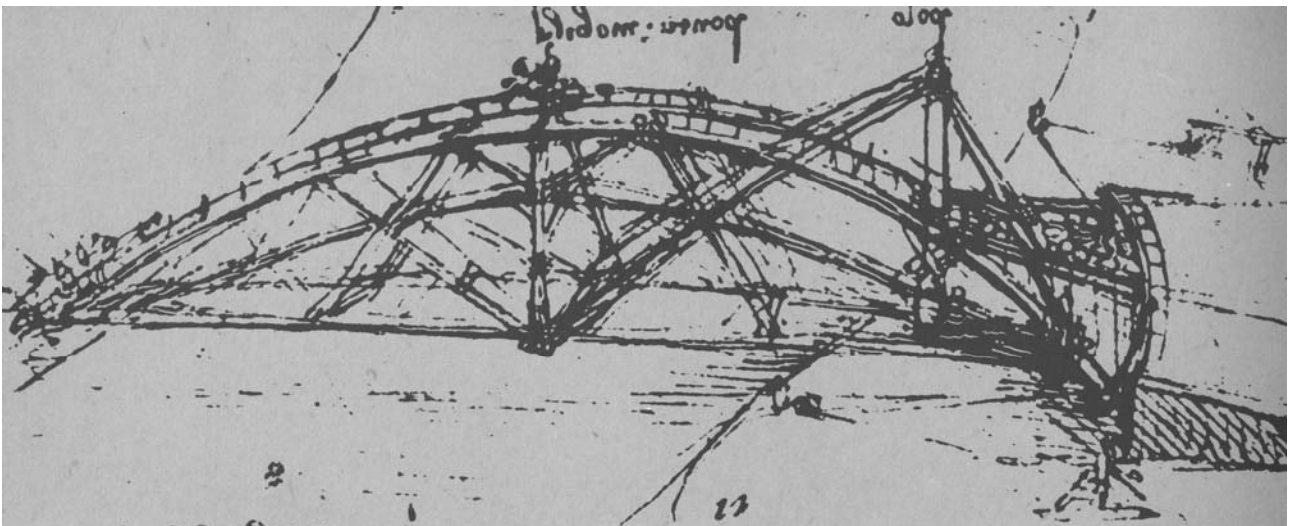
Leonardo sembra evitare la eccessiva frammentazione degli elementi lignei che è certamente causa di indesiderabili deformazioni del complesso strutturale accompagnate successivamente da usura dei giunti; la composizione degli elementi per la realizzazione di membrature e l'articolazione delle unità strutturali in un numero eccessivo di membrature sono un importantissimo fattore di degrado, nei termini ora descritti, che fu segnalato alla fine dell'Ottocento da Breymann nel famoso trattato sulle costruzioni.



Leonardo. Costruzione di un ponte di legno



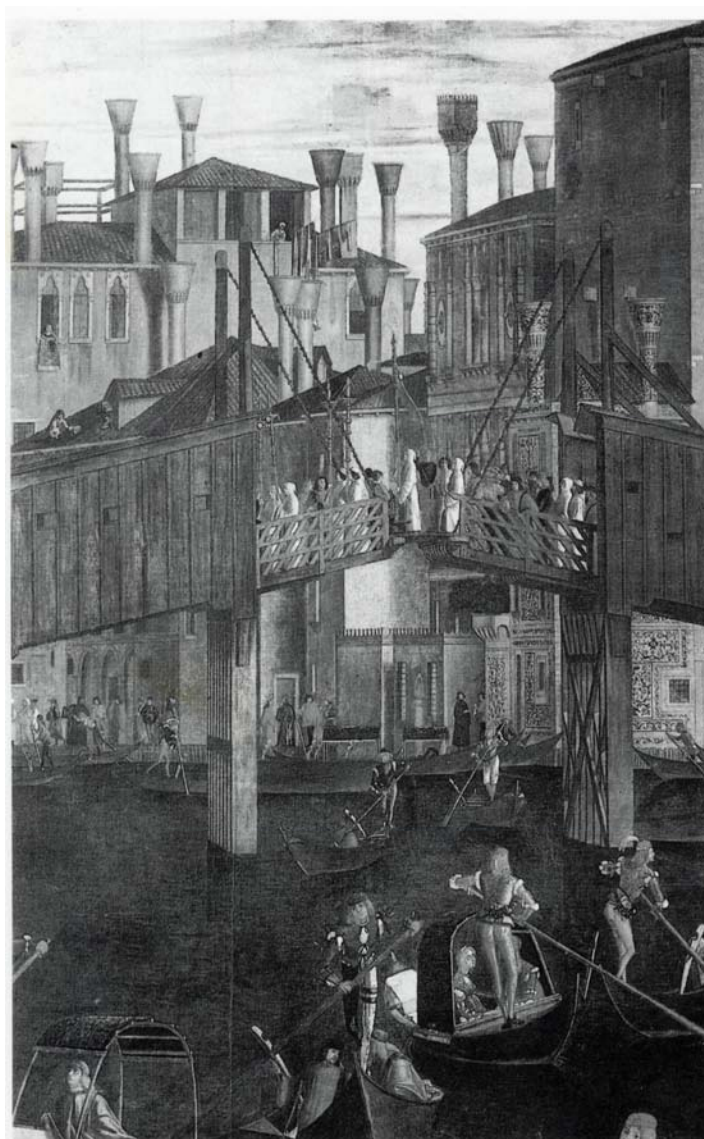
Leonardo. Ponte su pali intermedi



Leonardo. Ponte girevole

RIALTO

La redazione originale del ponte di Rialto prima del famoso incendio dell'inizio del XVI secolo ci è nota, almeno in immagine, da una famosa pittura (1494) di Vittore Carpaccio e dalla altrettanto famosa veduta di Venezia a volo d'uccello in composizione xilografica realizzata da Jacopo dei Barbari nell'anno 1500, quindi pochi anni prima del disastro, che presenta alcune difformità rispetto alla prima. Si tratta di un ponte con pile intermedie, in quattro parti di cui le due centrali sollevabili per il passaggio dei bastimenti, chiuso da un *carter* pure di legno per evitare problemi di danno diretto alle strutture dalle precipitazioni, mitigare i rigori dei climi invernali, evitare agli utilizzatori di scivolare sul pavimento bagnato. Non molto si sa della struttura, sicuramente complessa. Dopo il violento incendio le parti residue, come testimoniano i documenti, non furono subito demolite ma più volte riparate nel corso di quasi tutto il Cinquecento sino alla realizzazione del nuovo ponte ad unica campata, alta sul Canale, in muratura di Giovanni da Ponte. E' un unicum.



Vittore Carpaccio, *Il patriarca di Grado libera un indemoniato*
(particolare del ponte di Rialto), c. 1494
Venezia, Gallerie dell'Accademia

Vittore Carpaccio.
Ponte di Rialto

PALLADIO

Tralasciando altri Autori in un approccio generale alla tematica, è sui ponti lignei di Palladio cioè il ponte effettivamente realizzato sul fiume Cismon, il ponte di Bassano e le altre tre invenzioni espone nel Trattato, che deve essere concentrata l'attenzione. Il primo è il più famoso, il secondo il più popolare, la prima invenzione quella di più difficile interpretazione.

Ponte sul Cismone

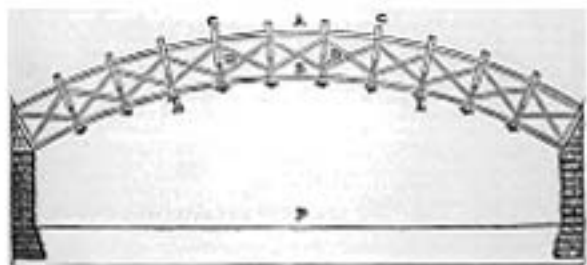
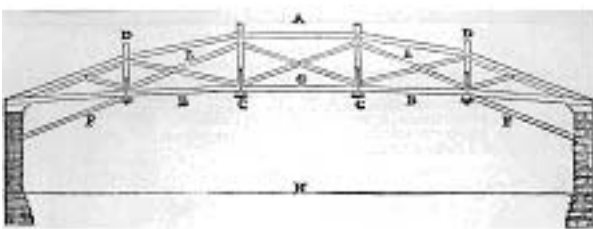
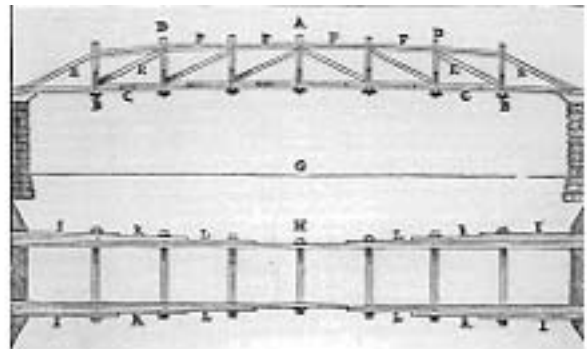
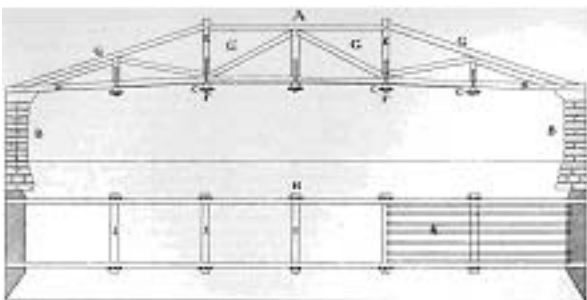
Il progetto del ponte sul Cismon, nato per collegare con una unica campata - "senza porre altrimenti pali nel fiume" - di 34 metri circa (luce inusitata e straordinaria per quei tempi) ed evitare in tal modo i danni causati al ponte dagli urti dei tronchi fluitati dal Cadore, è molto simile a una capriata complessa ed è basato sulla presenza di travi-parete di bordo che sono composte secondo una razionale rete di maglie triangolari, quindi indeformabili.

Come abbiamo per primi rilevato, mostrandolo in un saggio presentato al più recente congresso (Tampone G., Funis F., 2003, cit.) sulla storia delle costruzioni a Madrid, il disegno in prospettiva del ponte, nel Trattato, mostra una leggera monta del corrente inferiore quindi si tratta, in sostanza, di un ponte ad arco. Ciascuna delle travi longitudinali è composta da 3 pezzi.

La funzionalità della configurazione per collegare le due sponde e, al tempo stesso, l'eleganza del manufatto derivano dall'assenza di aste ridondanti e dagli armonici rapporti tra le dimensioni delle aste componenti.

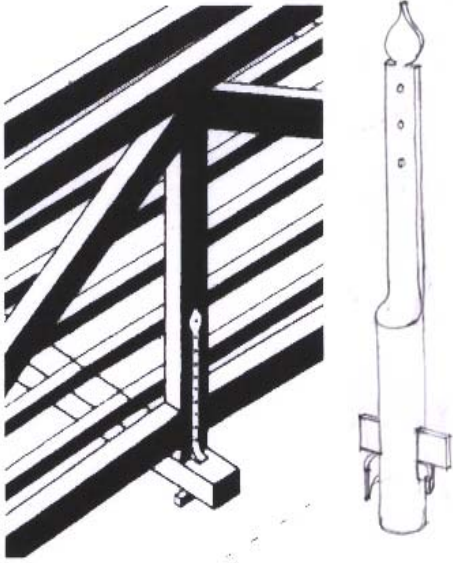
A somiglianza della *fibula* del ponte sul Reno il processo costruttivo è basato sull'impiego di un dispositivo inventato per l'occasione dall'Autore, l'*arpese*, un perno metallico che unisce le travi longitudinali principali, le travi trasversali e i ritri principali cioè i "colonnelli" (piccole colonne). Gli altri nodi sono realizzati a incastro.

Il ricorso alla modularità e alla prefabbricazione permette una agevole e rapida costruzione; le operazioni di smontaggio e di eventuale sostituzione di pezzi in caso di necessità sono semplificate proprio da tali caratteristiche.

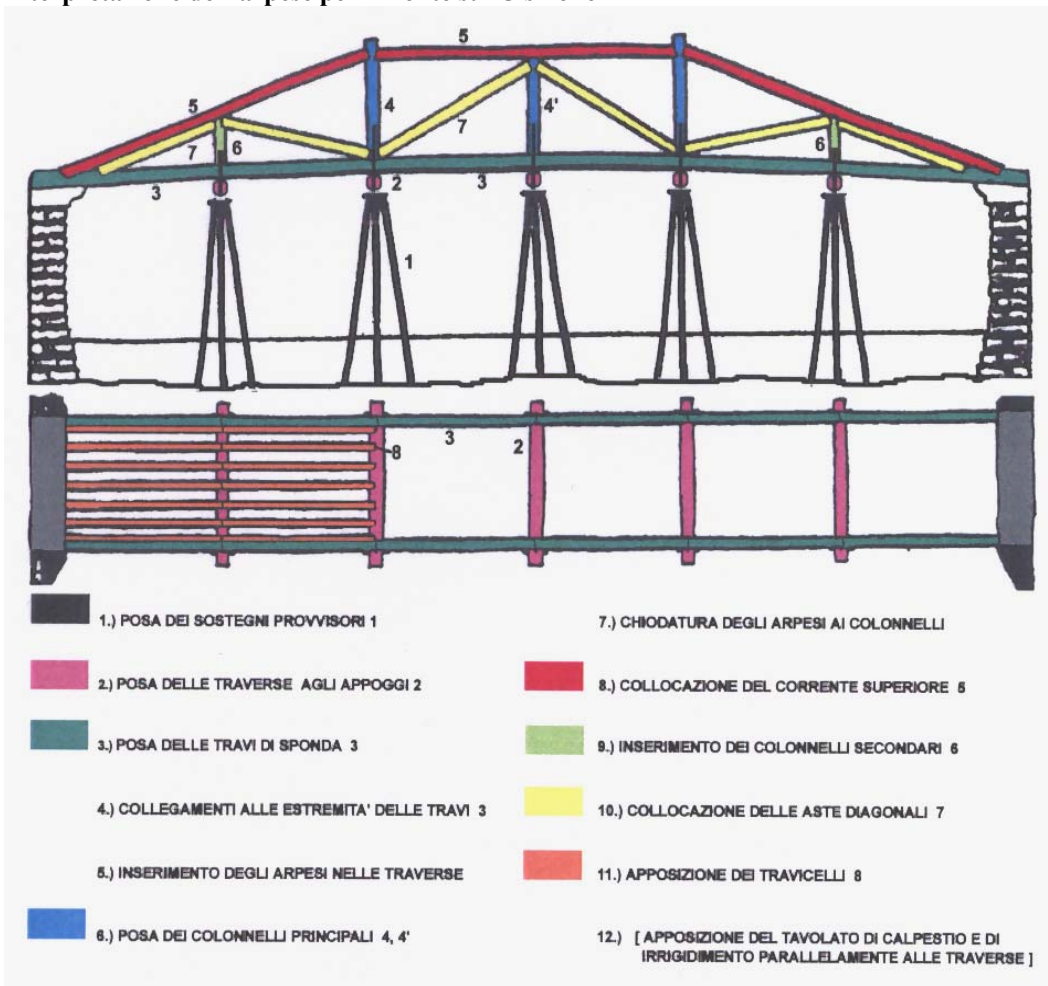


Palladio.

Ponte sul Cismone e, dall'alto e da sinistra, prima, seconda e terza invenzione



G. Tampone
Interpretazione dell'arpese per il Ponte sul Cismone



G. Tampone. Ricostruzione del precesso costruttivo del Ponte sul Cismone

Palladio non cita dispositivi per contrastare effetti di instabilità longitudinale e trasversale che pure dovevano essere presenti nella realizzazione. In effetti il messaggio che il Trattatista intende trasmettere riguarda l'eccezionalità della luce del ponte, mai raggiunta prima, e l'innovazione del

processo costruttivo; ciò permette di meglio comprendere la chiave di lettura da lui usata per il ponte di Cesare e al tempo stesso di scusare la laconicità del testo sui particolari più correnti.

Eugenio Russo Ermolli ha realizzato un modello materiale del ponte, di cui Palladio dà le dimensioni per le aste componenti, sottoponendolo in seguito, con successo, a prove di carico statico; Jacques Heymann ha verificato positivamente, con il calcolo, le dimensioni delle membrature della struttura.

Né il testo né il disegno del Trattato riportano collegamenti trasversali per assicurare la stabilità del ponte: un grattacapo per tutti gli studiosi.

Palladio riteneva, come i suoi contemporanei, che una configurazione adeguata potesse essere ampliata all'infinito con successo; circa mezzo secolo dopo Galilei poté sfatare questa convinzione, ai nostri occhi palesemente errata.

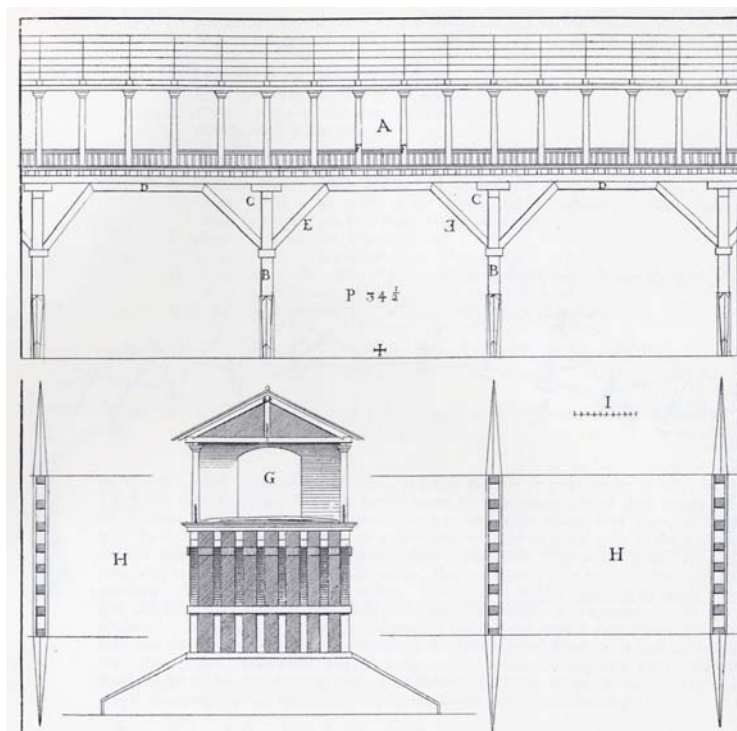
Di fatto il ponte fu seriamente danneggiato dalle piene; Funis ha documentato i restauri e i rifacimenti cui l'opera fu sottoposta, sino alla totale distruzione.

Ponte di Bassano

L'altro ponte ligneo realizzato di Palladio, il celebre Ponte di Bassano anch'esso descritto e raffigurato nel Trattato, più volte distrutto e rifatto molto volte, presenta una configurazione molto più tradizionale, con telai multipli a nodi irrigiditi sulle due facciate sormontati da capriate disposte nel senso opposto per reggere la copertura; si pone l'interrogativo se questa non serva a irrigidire l'impalcato oltre che a rendere più comodo il passaggio; l'artificio sarà diffusamente adottato anche in seguito. Alberta Scapin (2003, Int. Conf. on Constr. History) ha documentato diffusamente le molteplici fasi di danneggiamento, riparazione, distruzione, ricostruzione.

Seconda invenzione

La seconda invenzione con lunghi contraffissi, prelude ai ponti della fine del settecento, e in particolare, a quelli dei fratelli Grubenmann in Svizzera.



Palladio. Ponte di Bassano

Ponte ad arco

Il ponte ad arco (la terza invenzione) è interamente ispirato al disegno di Leonardo ma ad arco di cerchio.

La prima invenzione è una delle più brillanti invenzioni in senso moderno se si interpreta il ponte, come fa Rondelet che credo fosse nel giusto, come ad unica campata in cui il varo dei pezzi avviene progressivamente dalle due sponde; i due monconi si riuniscono nella parte centrale. Si tratta quindi di due mensole, a resistenza pressoché uniforme (ciò spiega le aste multiple in corrispondenza degli appoggi) congiunte a metà della luce. Sono quindi da considerare inadeguate le interpretazioni difformi. Palladio riferisce di aver sentito dal mirandolese Picheroni che in Germania si costruivano ponti simili.

I ponti di Palladio godettero di una grandissima fama, come tutto il trattato del resto, e certamente ispirarono le realizzazioni successive e le stesse innovazioni. Furono particolarmente apprezzati da letterati, studiosi e architetti inglesi tramite le due edizioni principali inglesi del Trattato, la copia di Inigo Jones del 1601 (che reca anche un disegno interpretativo dell'arcese) e la traduzione in inglese di Isaac Ware per lord Burlington (1738).

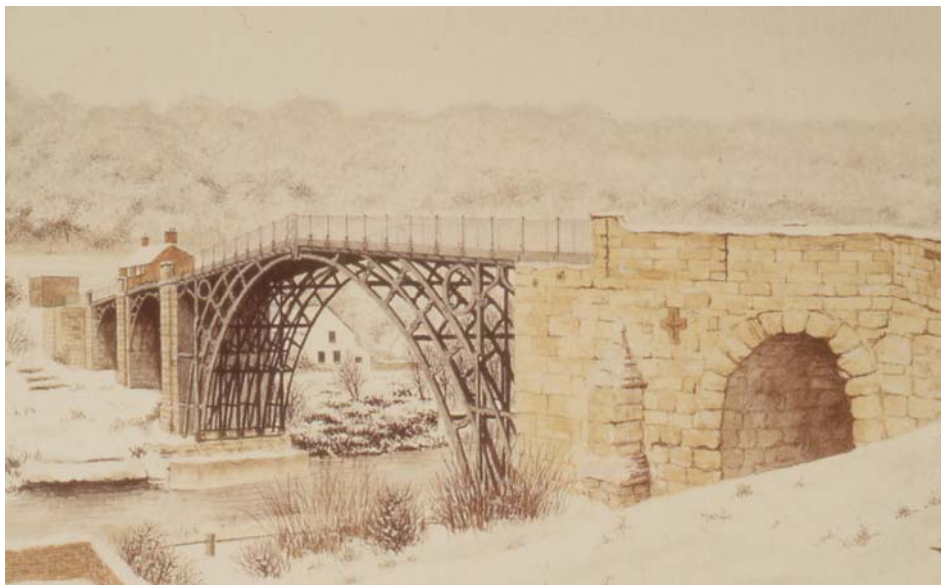
SVILUPPI

E' con il Settecento che i ponti di legno subiscono decisive innovazioni. Con i progressi della matematica e con il calcolo, la conoscenza delle curve, della catenaria in particolare, le nuove concezioni strutturali sono i fondamenti della nuova arte di costruire i ponti, di cui i Fratelli Grubenmann furono certamente gli epigoni. Non è un caso che in questo secolo (1716) è pubblicata l'opera fondamentale di Gautier, *Traité des ponts*, a Parigi.

Il ponte di Traiano è certamente il modello per la prima opera architettonica di ferro (ghisa), il famoso Ironbridge sul Severn, 1776; anche i nodi erano modellati secondo la tecnologia dei ponti di legno (Furiozzi).

I ponti di legno completamente rivestiti, a tubo, sono da considerare prototipo per realizzazioni metalliche successive come il Britannia Bridge.

Ponti di legno anche di grande e grandissima luce si costruiscono ancora.



Ponte Ironbridge, Shropshire

Bibliografia

Azzi Visentini, M., 1980. *I ponti di Palladio*. Exhibit catalogue. Milano: Electa.

Bertotti Scamozzi, O., 1776, *Le fabbriche e i disegni di Andrea Palladio raccolti da Ottavio Bertotti Scamozzi*. Vicenza, Modena.

Caesar, C. J., ed. del 1514. *Commentaria Caesaris prius à Iocundo impressioni data...*, with drawings of Giovanni Giocondo Veronese, Firenze: ex officina P. de Giunta Florentini.

Caesar, C. J., ed. del 1575. *I Commentari di C. Giulio Cesare, con le figure in rame de gli alloggiamenti, de' fatti d'arme, delle circonvallationi delle citta, & di molte altre cose notabili descritte in essi. Fatte da Andrea Palladio per facilitare a chi legge, la cognition dell'historia*. Venezia: Pietro de Franceschi.

Ceraldi C, Russo Ermolli E., 2005, *Sull'origine die ponti ad arco in legno: ruolo dei collegamenti*, in Int. Conf. on Conservation of Historic Wooden Structures, Proceedings, ed. by G. Tampone, Florence: Collegio degli Ingegneri della Toscana

Copani, P., Funis, F. 1999. *Il ponte sul Cismone e le altre tre "invenzioni senza porre altrimenti pali nel fiume*, in *Plastici di strutture di legno antiche*. Exhibit catalogue edited by *Bollettino Ingegneri* 12, Firenze

Di Pasquale, S. 1987, *Il legno nell'opera dei trattatisti*, In *Legno nel restauro e restauro del legno*, edited by G. Tampone. Milano: Palutan. Vol. 2.

Di Pasquale, S. 1996. *L'arte del costruire, tra conoscenza e scienza*. Venezia: Marsilio.

Emy A-R., 1841, *Traité de l'art de la charpente*, I traduz. Italiana di A. Romano, 1856, Venezia: Antonelli

Funis, F., 2000, *Il ponte ligneo sul Cismon e le altre tre invenzioni di Palladio*, in *Bollettino Ingegneri*, Firenze: n.12, 2000

Galilei, G., 1638, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*. Leida: Elsevirii.

Gros P., Beltramini G., 2002, *Il ponte di Cesare sul Reno*, in "John Soane e i ponti in legno svizzeri. Architettura e cultura tecnica da Palladio ai Grubenmann", a cura di A. Maggi e N. Navone, Archivio del moderno, Accademia di Architettura, Mendrisio, Università della Svizzera Italiana..

Heymann J., 2000, *The Palladio's Timber Bridges*, London

Laner, F., 1997, *Considerazioni su alcune coperture in legno attorno al Piavon*, in *Adrastea*, 9.

Leonardo da Vinci, ed. del 1901, *Il Codice Atlantico*. Edited by Accademia dei Lincei, Roma: Tipografia della Repubblica.

Leonardo da Vinci, ed. del 1987, *I Manoscritti dell'Institut de France: Il Manoscritto A*, edited by Augusto Marinoni, Firenze: Giunti Barbèra.

Mainstone, R. J., 1975, 2001, *Developments in structural form*, Cambridge (Massachusetts, USA): M.I.T. Press.

Mazzocchi, L., 1879, *Trattato sulle costruzioni in legno*. 2nd. ed. Milano: Vallardi.

Palladio, A., 1570, *I Quattro Libri dell'architettura di Andrea Palladio ne' quali [...] si tratta delle case private, delle vie, de i ponti [...] e dei Templi*. Venezia: Domenico De Franceschi.

Parsons, W. B., 1968, *Engineers and engineering in the Reinassance*. Cambridge (Massachusetts, USA)/ Londra: The M.I.T. Press.

Rondelet J. B., 1812, *Traité de l'art de bâtir*, Paris

Ruddock, T., 1979, *Arch bridges and their builders 1735-1835*, Cambridge, London, New York, Melbourne: Cambridge University Press.

Russo Ermolli, E., Mormone, V., 1996, "Struttura e intuizione statica prima della rivoluzione tecnica del XVII secolo, i ponti di Andrea Palladio, in: Adrastea, numero 7

Scamozzi, V., [1615] 1982, *L'idea dell'architettura universale*. Bologna: Forni.

Tampone, G., 1996, *Il restauro delle strutture di legno*. Milano: Hoepli.

Tampone, G., 2000, *Sulle caratteristiche strutturali ed esecutive dei ponti lignei di Palladio*, Firenze, Bollettino Ingegneri, n.12, 2000

Tampone, G., 2002, *Le strutture di legno. Cultura, conservazione, restauro*, Milano: De Lettera

Tampone G., Funis F., 2003, *The Palladio Timber Bridges*, in Conference on Construction History, Proceedings, Madrid 2003

Vitruvio, M. P., ed. 1556, *I dieci libri dell'architettura di M. Vitruvio tradotti et commentati da Monsignor Barbaro eletto Patriarca d'Aquileggia*. Venezia: Marcolini.

Vitruvio, M. P., 1567, *I dieci libri dell'architettura di Vitruvio tradotti et commentati da Daniele Barbaro*. Venezia: F. Franceschi.