



LE COSTRUZIONI METALLICHE A PADOVA NELL'OTTOCENTO



EDIZIONI
LIBRERIA PROGETTO
PADOVA

ATTI DEL CONVEGNO

**LE COSTRUZIONI METALLICHE
A PADOVA NELL'OTTOCENTO**

Padova 26 gennaio 1991
Aula Magna della Facoltà di Ingegneria
Università di Padova



Edizioni LIBRERIA PROGETTO Padova

Con il patrocinio di:
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
 Istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni
 e annesso Laboratorio sperimentale
COMUNE DI PADOVA
 Assessorato alla Cultura e ai Beni Culturali
ACAI Associazione fra i costruttori
 in acciaio italiani

La Mostra, il Convegno e il presente volume
 sono stati realizzati grazie a:

Galtarossa, Padova
Cimolai, Pordenone
Lonardi, Verona
Icomsa, Limena, Padova
Fip, Selvazzano, Padova
Beghini, S. Floriano, Verona
Bit, Cordignano, Treviso
Collet, Pieve di Soligo, Treviso
Omba, Vicenza

Ita, Marghera, Venezia
Sirz, Carrara S. Giorgio, Padova
Ices, Padova
Barazzuol, Vittorio Veneto, Treviso
Magrini Galileo Meccanica, Pernumia, Padova
Ferriera Padana, Padova
Banca Antoniana, Padova
Cassa di Risparmio di Padova e Rovigo, Padova
Banca Popolare Veneta, Padova

All'iniziativa ha aderito:
 «SIMONE STRATICO»
 Associazione culturale per la conoscenza
 delle tecniche costruttive

Il presente volume è stato curato da:
 Maurizio Berti e Carmelo Majorana

Impaginazione: SvP, Padova
 Stampa: La Photograph, Padova
 © 1991. Edizioni Libreria Progetto
 Via Marzolo 28, Padova

INDICE

| | |
|--|----|
| Premessa | |
| Bernardo Schrefler | 5 |
| L'insegnamento delle costruzioni metalliche nell'Università di Padova tra l'Ottocento e il Novecento | |
| Lamberto Briseghella e Bernardo Schrefler | 7 |
| I grandi ponti europei della fine dell'Ottocento rappresentati nei modelli didattici | |
| Clara Bertolini | 17 |
| «La prima e la seconda produzione» nella carpenteria metallica per ponti nella seconda metà dell'Ottocento a Padova | |
| Maurizio Berti | 43 |
| Il ponte in ferro sospeso sul Fella a Per Aria di Gustavo Bucchia. Anno 1838 | |
| Lamberto Briseghella e Vittorio Dal Piaz | 63 |
| L'avvento del ferro nelle strutture: esempi di recupero statico di manufatti dell'Ottocento | |
| Giorgio Romaro | 79 |

«LA PRIMA E LA SECONDA PRODUZIONE» NELLA CARPENTERIA METALLICA PER PONTI NELLA SECONDA METÀ DELL'800 A PADOVA

Maurizio Berti

In un recente e approfondito studio delle vicende storiche e tecniche che, fra il 1850 e il 1900, costituirono il contesto della costruzione del ponte di Paderno si dà appropriatamente molto rilievo ad una certa lettera di Alfredo Cottrau ⁽¹⁾. Si tratta di una lettera aperta indirizzata all'onorevole Antonio Scialoja e pubblicata nel marzo del 1872 nella rivista del Collegio degli Ingegneri di Milano *Il Politecnico*, con il titolo *Lettera all'illustrissimo Commendatore A. Scialoja. Sull'industria del ferro in Italia* ⁽²⁾.

Alfredo Cottrau, napoletano, fu una figura eminente nel panorama italiano del secondo Ottocento; sia come ingegnere che come costruttore di manufatti in car-

penteria metallica. L'avvocato Antonio Scialoja, economista, fu il presidente di un comitato di inchiesta parlamentare decretato nel maggio del 1870. A tale comitato fu assegnato il compito di fare un'approfondita indagine sulle condizioni dell'industria italiana al fine di poter legiferare su nuove tariffe doganali e su nuovi trattati commerciali con gli stati esteri.

In questa inchiesta, consegnata al parlamento nel 1877, apparivano chiaramente quali fossero i grandi mali che affliggevano la stentata industria nazionale: la scarsa disponibilità di capitale nazionale per l'investimento nella produzione industriale, elevati tassi di interesse bancario, mancanza di persone atte a dirigere gran-



Fig. 1
Il ponte in ferro presso la Specola, a Padova. Il ponte è oggi denominato Paleocapa.

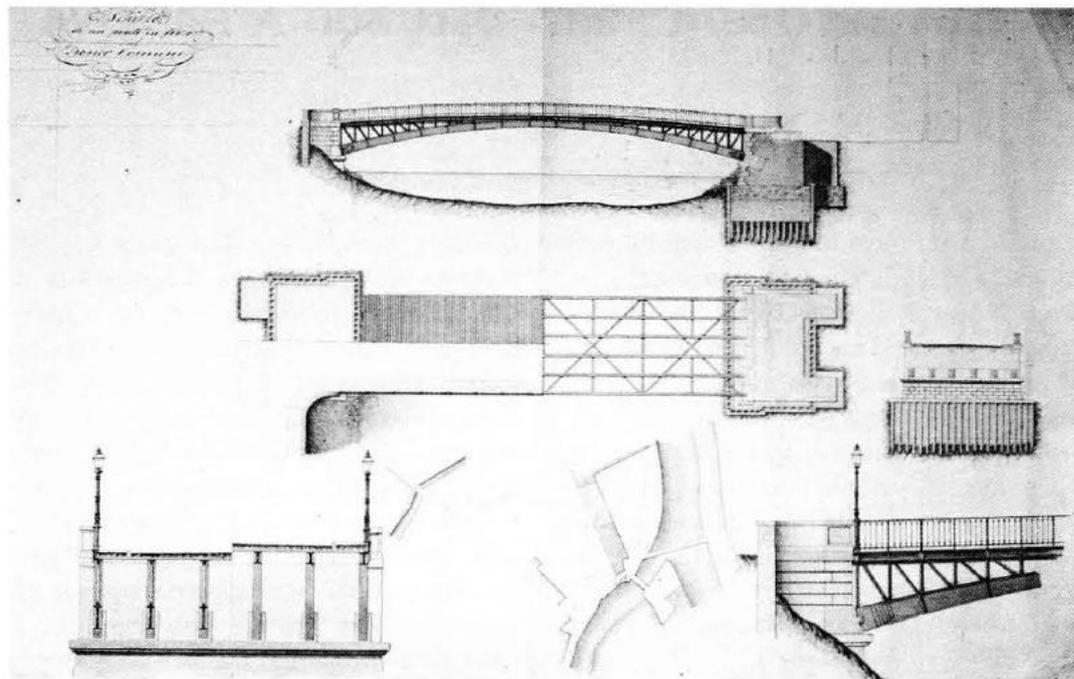


Fig. 2
«Schizzo di un ponte in ferro sul Tronco Comune». Archivio dell'Ufficio Tecnico del Comune di Padova.

di stabilimenti industriali ma anche mancanza di maestranze specializzate, disordine e sproporzione nell'attribuzione della tassazione interna, legislazione generalmente scoraggiante l'incremento della proprietà industriale ed elevato costo del trasporto ferroviario.

All'interno di questo generale quadro della nascente industria nazionale assumeva particolare valore economico, anche certo in relazione al completamento della rete nazionale ferroviaria, la produzione della carpenteria metallica.

Ecco quindi il significato della lettera aperta di Cottrau: si trattava di stabilire le direttive strategiche per l'orientamento dello sviluppo dell'industria del ferro da costruzione e, per l'intrinseca rilevanza economica dell'industrie siderurgica e metallurgica, si trattava di condizionare anche tutti gli altri settori dell'economia generale.

C'è un evento fondamentale che sbalza

la siderurgia italiana fuori dalle competizioni internazionali di mercato: è l'adozione del carbone fossile quale combustibile per la fusione del materiale ferroso. Sulla base di questa sfavorevole posizione italiana Cottrau enuncia che, mentre nell'industria di prima fabbricazione l'elemento principale è costituito dal combustibile, nella seconda lavorazione del ferro è prioritario fra tutto il ruolo della manodopera.

Francia, Germania, Inghilterra erano nazioni favorite dalla presenza nel proprio territorio di considerevoli giacimenti di carbone fossile; pertanto la produzione siderurgica e il mercato dei semilavorati di ferro sarebbero comunque stati, in ambiente europeo, il risultato del loro accordo o della loro competizione.

L'Italia avrebbe potuto inserirsi solo nella successiva fase di elaborazione dei ferri elementari prodotti, i laminati semplici. La costruzione di strutture o trava-

ture, a partire dalle lamiere, avveniva quasi esclusivamente attraverso l'impiego di manodopera; e l'Italia ne aveva molta e a prezzo assai competitivo. Questa particolare condizione italiana poteva far rientrare con profitto la produzione metallurgica nazionale nel mercato europeo. Nella produzione di una trave in ferro, in Italia, il maggior costo del ferro semilavorato sarebbe stato compensato dal minor costo necessario per gli assemblaggi successivi.

La seconda lavorazione del ferro diviene effettivamente oggetto d'attenzione nella politica produttiva del governo fin dalla data di consegna dell'inchiesta Scialoja-Luzzatti, nel 1877. Uno dei primi effetti fu l'introduzione di una tassazione ad aliquota differenziata per il materiale ferroso d'importazione: tariffa intera per le travi in ferro già composte (a T, a doppio T, a U), tariffa ridotta per barre in ferro a semplice trafilatura.

Probabilmente è vero che molto merito sui nuovi orientamenti produttivi deve essere ascritto ad Alfredo Cottrau e agli altri che seguivano passo passo l'evolversi della produzione ferriera attraverso le pagine dell'autorevole *Il Politecnico* di Milano. Né però deve essere sottovalutato il ruolo di scienziato che il politico Scialoja svolse sugli indirizzi della politica governativa. Egli, già nel 1849 nei suoi *Principii della economia sociale esposti in ordine ideologico*, aveva attribuito un ruolo strategico diversificato, per le sorti dell'economia nazionale, ai dazi di importazione e ai dazi di esportazione. La tassazione poteva essere strumento centrale di sviluppo dell'economia nazionale, allorché essa fosse un incentivo nell'ambito di un'economia di scambi internazionali⁽³⁾.

Non a *Il Politecnico* bensì ad un altro autorevole giornale, *L'Ingegneria Civile e le Arti Industriali*, faceva riferimento, poiché vi scriveva, Pio Chicchi. Fra i suoi

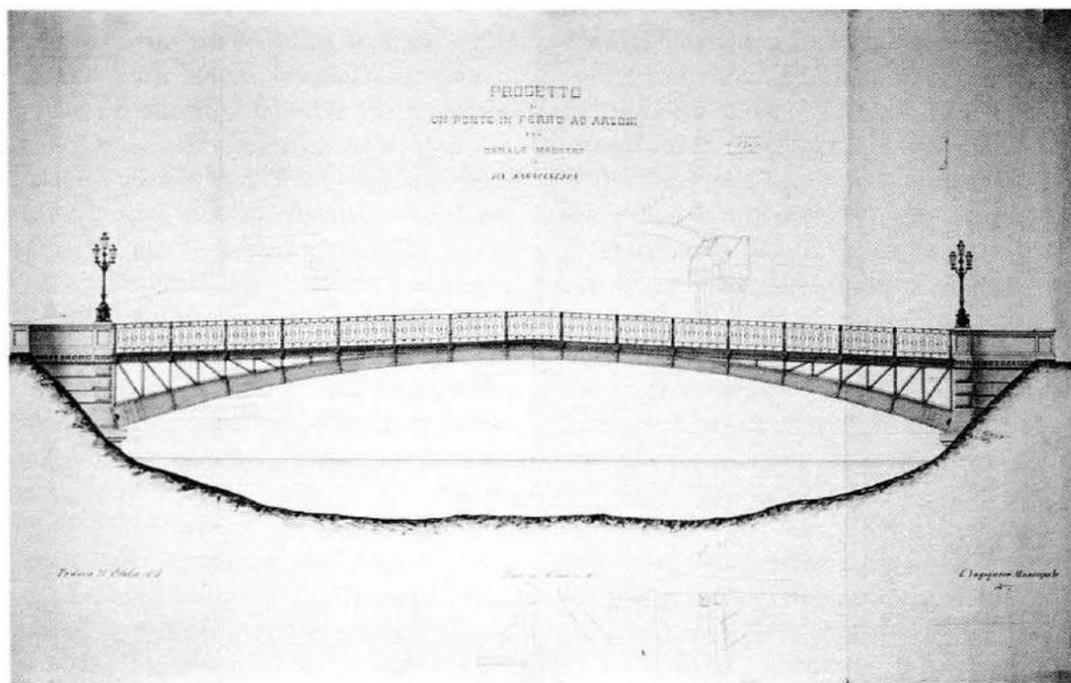


Fig. 3
«Progetto di un ponte in ferro ad archi sul Canale Maestro in via Saracinesca». Ufficio Tecnico del Comune di Padova. Disegni di Giovanbattista Berti. Padova 1878. Archivio dell'Ufficio Tecnico del Comune di Padova.

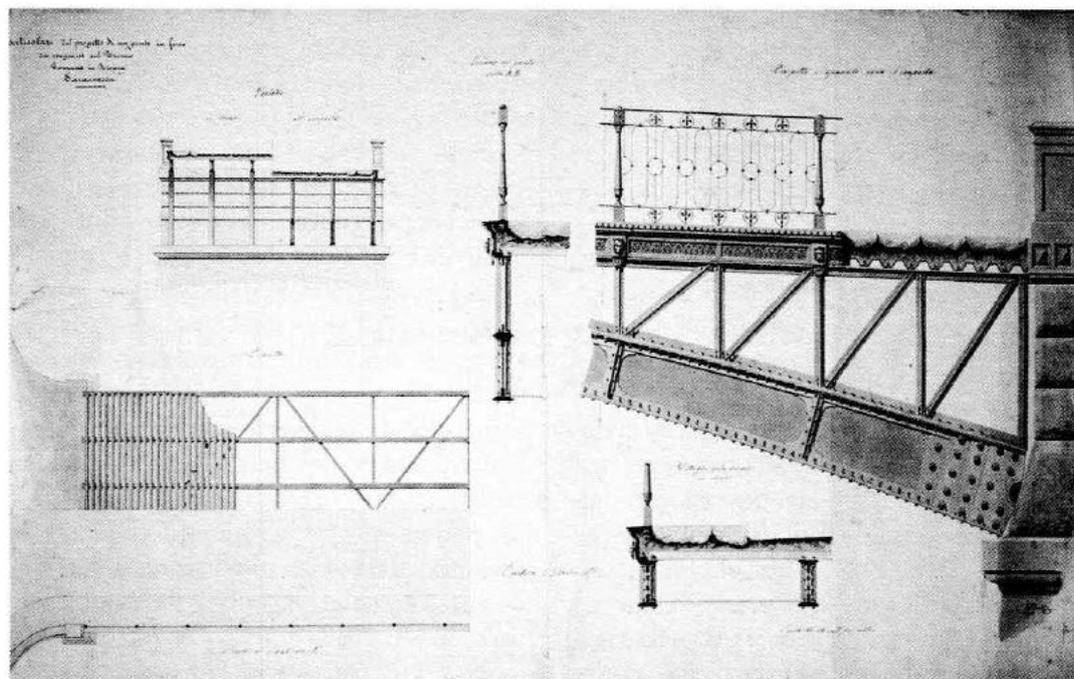


Fig. 4
«Particolari del progetto di un ponte in ferro da eseguirsi sul Tronco Comune in Riviera Saracinesca». Padova 1878. Archivio dell'Ufficio Tecnico del Comune di Padova.

scritti si legge un rimarchevole saggio *Sul modo di ricavare i diagrammi delle vibrazioni delle travi metalliche*; saggio esemplato su alcune sue opere padovane: il ponte di Brusegana, il ponte di Vigodarzere, la passerella sul Limenella (4).

Nel 1881, a conclusione di otto anni di insegnamento alla Cattedra di costruzioni civili stradali ed idrauliche, e come professore di ponti e strade alla Scuola d'applicazione annessa alla R. Università di Padova, Pio Chicchi nel suo *Corso teorico e pratico sulla costruzione di ponti metallici* tratteggia le coordinate per la formazione del progettista e del costruttore dei ponti in ferro (5). Ma non vi si riconosce, come referente, un allievo cosmopolita; bensì un allievo il cui futuro campo operativo sarà la metallurgia italiana, che appunto si distingue nell'universo della produzione metallurgica per essere specificamente orientata alla trasformazione dei semilavorati di materiale ferroso.

Così dalla Prefazione al *Corso del Chicchi* si legge: *Si hanno, è vero, delle pregevolissime pubblicazioni a cui ricorrere, però alcune sono esclusivamente teoriche, altre limitate soltanto ad alcuni tipi di ponte, e solo le opere magistrali dell'Heinzerling e del Winkler trattano completamente e dettagliatamente questo argomento, ma per la difficoltà della lingua e per il loro costo elevato non sono generalmente alla portata degli allievi. E poiché manca un testo italiano che si occupi delle teorie ed insieme dello studio pratico, e dei dettagli costruttivi per i vari tipi di ponti metallici, così stimai fatica non sprecata quella di occuparmi di una tal opera. Pensai altresì che, trattando l'argomento in modo affatto pratico, avrei potuto per avventura giovare anche ai miei colleghi ingegneri, ed ai costruttori, i quali, ultimati da tempo gli studi, ed impediti dagli obblighi della professione a tener sempre vivi e famigliari gli inse-*

gnamenti tutti avuti nelle scuole, troveranno un testo che richiamando gli studi fatti, potrà servire utilmente di guida per i bisogni della pratica, non soltanto per lo studio dei progetti, ma eziandio per la loro revisione e per la collaudazione dei manufatti eseguiti; le quali operazioni non si possono condurre conscienziosamente per le costruzioni metalliche, senza l'esatta conoscenza delle teoriche e dei dettagli costruttivi (6).

Pio Chicchi, parlando della composizione del suo *Corso*, dice esplicitamente come la parte fondamentale dello studio sia quella dedicata alle cinque tipologie di ponti in ferro (ponti a travata con travi diritte, ponti a travata con travi poligonali, ponti ad arco, ponti mobili, ponti sospesi) e non quella parte che egli stesso definisce *Riassunto sulla resistenza dei materiali*; parte che avrebbe certamente potuto essere l'esclusivo argomento di un trattato sui ponti in ferro tutto teorico.

Pare insomma che l'eccesso di attenzione che Pio Chicchi riversa sulla tecnologia applicabile al materiale semilavorato risponda all'istanza sopra rilevata dell'economia nazionale; ancor prova ne sia la lunga trattazione riservata alle chiodature, sistema utilizzato sino ai primi decenni del Novecento per giuntare lamiere, barre e cantonali.

La questione della giunzione dei semilavorati ferrosi assunse nell'Ottocento notevole rilevanza: sia in relazione alle nuove qualità di materiale ferroso ottenute e sia in relazione ai vari assemblaggi possibili.

Per quanto riguarda il trattamento della materia prima, solo verso la metà dell'Ottocento si mette a punto un metodo di produzione dell'acciaio autenticamente efficace e nello stesso tempo economico. Nella prima metà del secolo il materiale ferroso veniva depurato dallo zolfo, dal fosforo, dall'arsenico e dalle altre

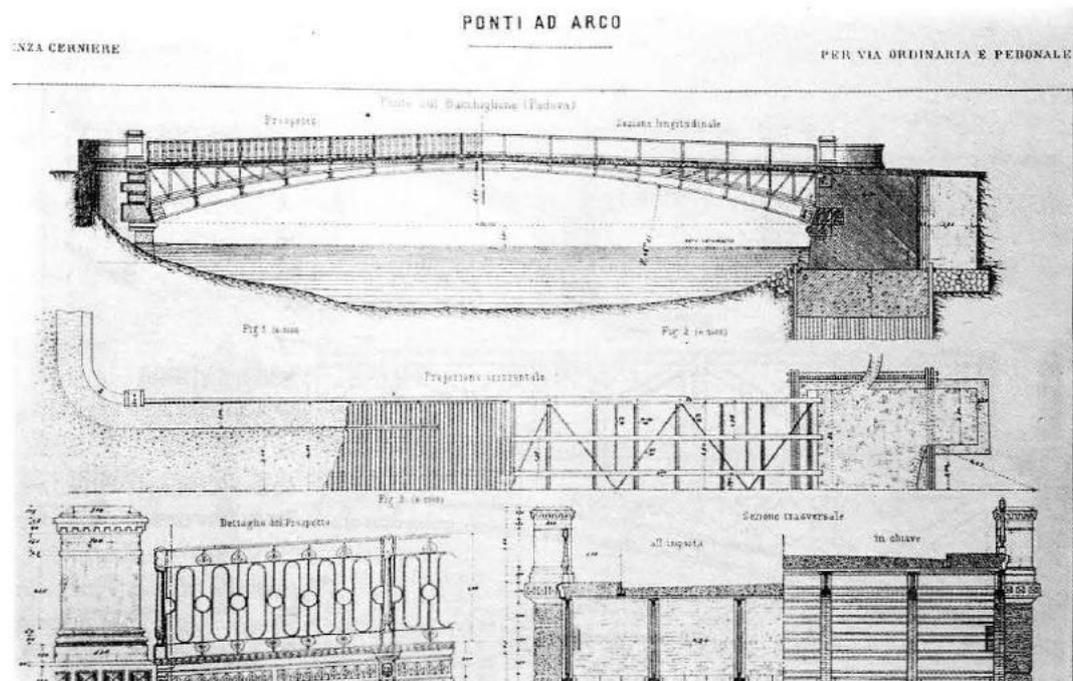
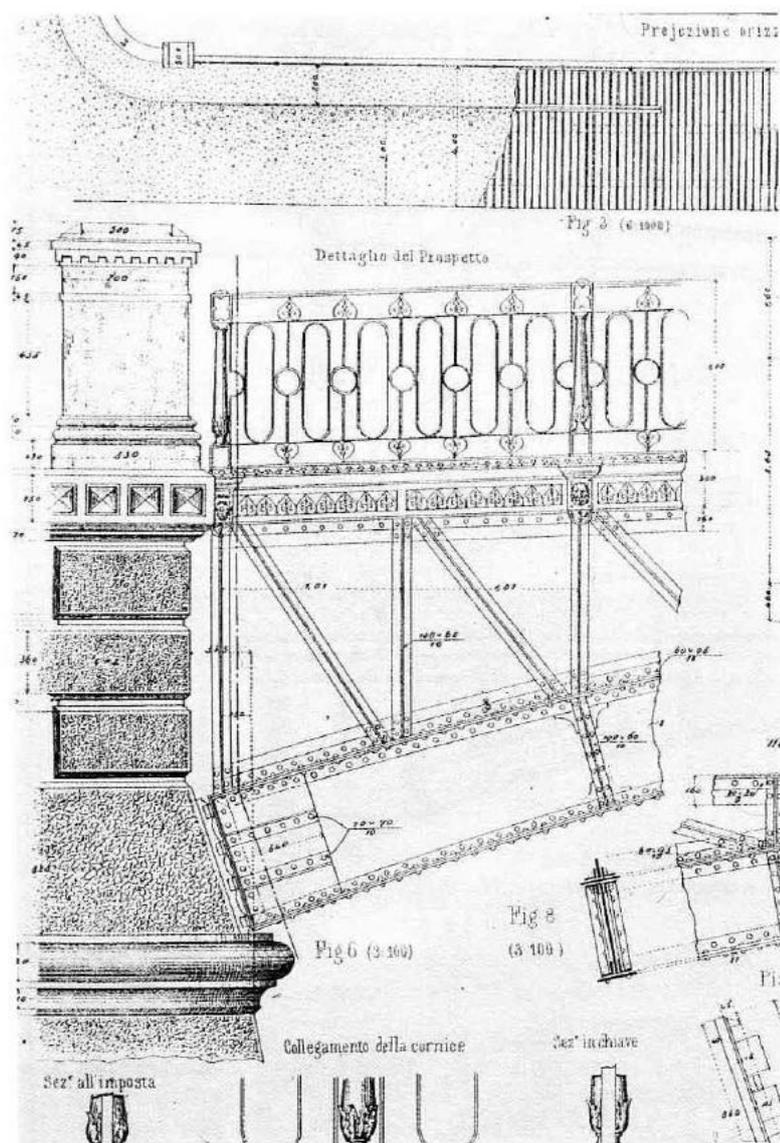


Fig. 5
 Prospetto, sezione e proiezione orizzontale del ponte sul Bacchiglione, alla Specola. Dal volume delle tavole allegato al *Corso* di Pio Chicchi.

Fig. 6
Dettaglio del prospetto del ponte sul Bacchiglione. Dal volume delle tavole allegate al Corso di Pio Chicchi.



impurità, e quindi reso acciaio, attraverso una serie successiva di torrefazioni e fusioni. Procedimento questo che non garantiva comunque alla fine un prodotto uniforme e intimamente coerente.

Il nuovo trattamento adottato consisteva in questo. Il materiale di ferro, mantenuto in stato di torrefazione, veniva sottoposto a una carica elettrica positiva. Ciò permetteva la volatilizzazione pres-

soché completa (per elettrolisi) dello zolfo, del fosforo e dell'arsenico (trasformati in solfuri, fosfuri e arseniuri). La successiva fusione del materiale torrefatto era l'unica altra operazione necessaria per l'ottenimento di un metallo dalle ottime qualità di omogeneità e purezza.

È evidente che il miglioramento della produzione dell'acciaio costituiva un primo fattore di grande importanza per l'incentivazione alla costruzione dei ponti in metallo; ma la produzione del materiale semilavorato era cosa che interessava soprattutto nazioni come la Francia, la Germania, l'Inghilterra piuttosto che l'Italia.

Sappiamo che per ogni industria nazionale, oltre all'omogeneità dell'acciaio, specialmente nella costruzione dei ponti, il secondo problema cruciale era costituito dall'assemblaggio delle barre: la chiodatura o la saldatura.

La saldatura ebbe esordi per certi versi perfino alchemici, come si può riconoscere dalla seguente descrizione del *Nuovo processo per la saldatura del ferro e dell'acciaio* del 1853:

Altre volte, per saldar due pezzi di ferro uno coll'altro si usava riscaldarli finché bollissero ossia arrivassero a uno stato pastoso con copioso sprigionamento di scintille sgorganti a getti, e in questo stato uno si sovrapponeva all'altro e si battevano insieme. Questo unico processo veniva alquanto migliorato gettando sopra il ferro incandescente una certa sostanza terrea, polverosa, chiamata saldame, la quale spandendosi irregolarmente sulla superficie e fondendosi aiutava il saldamento. L'azione di questa sostanza impediva l'ossidazione del ferro, che rapidamente si opera ad una temperatura così elevata e sotto l'influenza di una rapida corrente d'aria non del tutto spogliata dell'ossigeno dai carboni incandescenti.

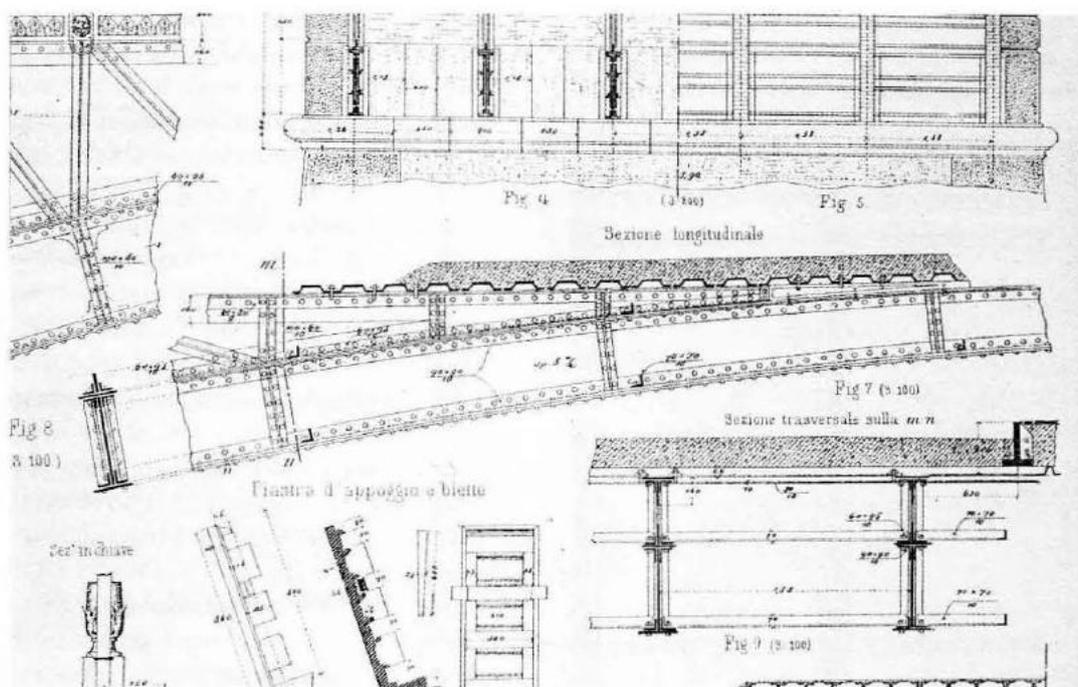


Fig. 7
Sezione longitudinale del ponte. La disposizione della massciata sulle traversine «Wautherin»; le stesse traversine ordinate sulla travatura principale.

Seguendo il filo di quest'idea si pensò di spalmare la superficie del ferro che si vuol saldare con una mescolanza di una parte di sale ammoniaco per dieci di borace fusa in vaso di terra, colata quando è ben omogenea e vetrosa su di una piastra di ferro, indi polverizzata assieme ad un'eguale quantità di calce viva. Riscaldato il pezzo da scaldarsi al rosso ciliegia, vi si sparge sopra piccola quantità del miscuglio accennato, che si fonde all'istante come cera-lacca. Si rimette il pezzo al fuoco, e quando arriva appena al bianco si salda in pochi colpi perfettamente, quantunque non sia portato a quell'elevatissima temperatura che è necessaria col metodo finora usato. Questo miscuglio non solo serve a guarentire i pezzi dall'azione ossidante dell'aria, ma li priva compiutamente dall'ossido già formatosi inevitabilmente prima che vi fosse sparsa sopra, e tenendoli così in istato di venire a contatto perfetto fra loro rende possibile una completa a-

zione molecolare e perciò una saldatura che non differisce punto dalla continuità sia per riguardo all'aspetto esterno della divisione fattasi invisibile, sia dal lato dell'adesione intima. Infatti la calce reagisce sul sale ammoniaco e ne sprigiona ammoniaca, la quale col suo idrogeno vivifica il ferro ossidato, e se anche questa reazione non riuscisse completa, il borace assieme alla calce si combina con l'ossido in forma di vetro fusibilissimo che viene espulso sotto i colpi del martello e contribuisce esso pure a difendere la superficie dei pezzi dall'azione dell'aria. In tal modo viene anche resa possibile la saldatura dell'acciajo, la quale era pressoché impraticabile finora per la facilità con cui questo passa dallo stato pastoso allo stato liquido alla temperatura altissima a cui si saldava (7).

Così dunque il problema della saldatura del ferro e dell'acciajo nel 1853.

Ma ancora fino al 1877 non erano sta-

linea Berlino-Postdam. Riguardo alle dimensioni di queste piastre ed al modo di collocarle in opera, valgono le stesse considerazioni del n.º 92. α).

98. Ferri sagomati. (f. *fer façon* — t. *Formeisen*). Sotto questa denominazione si comprendono alcune forme di ferri adoperati da principio come rotaje o come traversine nelle ferrovie, ed applicati in seguito anche alle strade ordinarie. Tali sono le *rotaje Brunel* o rotaje canale, quelle *Barlow* od a sella, le *traversine Wautherin* ed i *ferri Zores*.

α) **Rotaje Brunel.** Nella fig. 142 si vede rappresentata in sezione trasversale la forma delle rotaje, il modo con cui si dispongono sulle travi dell'impalcato, ed il genere di massicciata stradale che sopra esse si può usare, cioè inghiajata con o senza sottostrato di béton, oppure lastricato sopra letto di ghiaia con soprapposta sabbia.

fig. 142



fig. 143

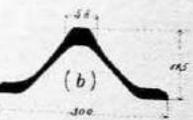
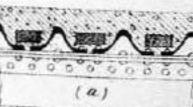


fig. 144

Le dimensioni medie espresse in millimetri sono quotate nella fig. 143, e tenuto calcolo delle stesse risulta che 1^m corrente di rotaja pesa ch. 25,7 e che il loro peso ragguagliato al m² è di 170 Chilogrammi.

Un ponte ove si trovano applicate è quello ad archi sul Lahn in Ems.

β) **Rotaje Barlow.** La fig. 144 *a* mostra in sezione trasversale la loro forma e disposizione, colla soprapposta massicciata, precisamente come si trovano nel ponte d'Arcole a Parigi. La media dimensione in millimetri risulta dalla fig. 144 *b*, relativamente alla quale il peso di 1^m corrente di rotaja è 47, 6 chilog. ed il peso per m² 146 chilogrammi.

Fig. 8

Dal testo del Corso di Pio Chicchi, vari tipi di traversine sagomate per l'impalcato dei ponti in ferro. Tutti questi tipi sono prodotti, sulla fine dell'Ottocento, all'estero e particolarmente in Belgio e in Francia.

ti normalizzati i tipi di metallo impiegati nella carpenteria in ferro. Si valuta che questo ritardo abbia condizionato il maggior sviluppo della chiodatura piuttosto che della saldatura, poiché il procedimento della saldatura richiede che fra i pezzi da saldare esista omogeneità di materiale; la chiodatura permetteva invece l'unione di ferri di varia origine nazionale o internazionale non ancora perfettamente

normalizzati in categorie di qualità. Nella raccolta de *Il Politecnico* del 1877 appare uno scritto ripreso dalle *Annales des mines* a firma di L. Gruner dal titolo: *Nota sul vero senso delle parole: ferro e acciaio*.

Così dunque Gruner:

È nota la confusione che regna da qualche anno nelle officine metallurgiche intorno alla distinzione del ferro propriamente detto dall'acciaio. [...] La questione venne sollevata in America nelle adunanze dell' «American Institute of the mining Engineers» che ebbero luogo in occasione dell'Esposizione di Filadelfia. Una commissione internazionale composta dei sig. Lowthian Bell (Inghilterra), Turmer (Austria), Gruner (Francia), Wedding (Germania), Akerman (Svezia), Holley Eglisson (America) [...] raccomanda l'adozione della seguente nomenclatura:

1. *Tutti i composti di ferro malleabili [...] ottenuti [...] con qualunque [...] processo in cui non intervenga la fusione, e che non induriscono sensibilmente per effetto della tempera; in una parola tutti i composti che vennero finora designati col nome di «ferro dolce» (wrought-iron) assumeranno d'ora in anzi quello di «ferro bollito» o «ferro saldato» (fer soudé, weld-iron, Schweisseisen).*

2. *Tutti i composti analoghi che induriscono per effetto della tempera e che ora vengono designati col nome di acciaio naturale, acciaio pudellato ecc. assumeranno quello di acciaio bollito o saldato (acier soudé, weld steel, Schweißsthal).*

3. *Tutti i composti di ferro malleabili che comprendono gli elementi ordinari di questo metallo e che vengono ottenuti e colati allo stato di fusione, ma che però non sono suscettivi di tempera, si chiameranno ferri fusi (fer fondu, ingot iron, Flusseisen).*

4. Tutti i composti analoghi che induriscono per effetto della tempera verranno designati col nome di acciaio fuso (*acier fundu, ingot steel, Flusstahl*).

[...] [Ma] quando il ferro contiene una sensibile quantità di cromo, di tungsteno, di fosforo si dovranno adottare le denominazioni di ferro o acciaio cromato, tungstenizzato, fosforoso, ecc [...]. [Vi è poi] l'esistenza dei prodotti intermedi o di transizione, per es. «il ferro duro acciaioso» (intermedio fra il ferro e l'acciaio) e «l'acciaio colato in stampi» (intermedio fra l'acciaio e la ghisa) ⁽⁸⁾.

Resta quindi, per noi, di grande interesse scoprire quale fosse la produzione della Benech-Rocchetti, fonderia padovana con sede nei pressi della Specola. Un'indagine in tal senso, cui fare riferimento, ci risulta non esistere. Si possono comunque segnalare alcuni estremi peraltro noti ⁽⁹⁾.

Della fonderia Benech-Rocchetti esi-

stono tuttora a Padova due ponti in ferro, marchiati «Rocchetti». Uno carrozzabile ad arco, del 1879, prospiciente alla Specola, l'altro pedonale in travata reticolare rettilinea, del 1881, in Riviera S. Benedetto. Tali due ponti sono oggi, in Italia, rari esempi di ponti in ferro urbani ancora efficienti.

La Benech-Rocchetti, società costituita a Padova con filiale a Torino nel 1852, partecipa con rilievo all'Esposizione di Firenze del 1861, all'Esposizione delle Industrie Nazionali del 1881 e all'Esposizione Generale Italiana di Torino del 1884.

Circa il quesito se questa fonderia fosse dotata di propri laminatoi per la produzione di barre di ferro o di acciaio a completamento dell'attività di confezione di travi o di travate non è possibile disporre di alcun dato. È tuttavia noto che tale azienda fosse principalmente una fonderia specializzata nella fusione di ghisa in stampi.

196

SUOLO DEI PONTI

7) Traversine Wautherin. La loro forma in sezione trasversale si vede nella



fig. 145

fig. 145, e la loro posizione in opera nella (Tav. 24 - Fig. 13) e nella Fig. 203. Frequentissimo ne è ora il loro impiego; furono adoperate ad esempio in moltissimi ponti del

Veneto di recente costruzione; cioè: quelli sull'Adige a Verona, sull'Alpone a S. Bonifacio, nel ponte ad archi sul Bacchiglione a Padova, in quelli sulle Brentelle ed a Tencarola presso Padova ecc., nonché in altre parti di Italia, come nel ponte sull'Arno in Pisa.

Questi ferri si ritirano dalle ferriere Francesi e Belghe in parecchi calibri colle dimensioni segnate nella Tabella XXII ed espresse in millimetri. Nella tabella stessa, per facilitare i calcoli di stabilità, sono indicati il peso ed il valore del rapporto $\frac{I}{d}$.

Fig. 9
La traversina «Wautherin», molto apprezzata dal Chicchi.



Fig. 10
Intradosso del ponte alla Specola. La struttura secondaria, costituita da traversine «Wautherin», è oggi in stato di preoccupante degrado.

Esistono tuttavia indicazioni, sull'argomento, indirette ma inequivocabili contenute nel *Corso* di Pio Chicchi. Quando egli nel capitolo 98 affronta l'argomento dei ferri sagomati ci offre un campionario di prodotti che sono tutti di importazione estera. E si tratta di prodotti finiti, non semilavorati quindi; componenti proporzionati per essere montati tal quali nei cantieri più diversi. Si segnalano in par-

ticolare le traversine *Wautherin* poiché apprezzate dal Chicchi nel suo trattato e riscontrate ancor oggi nell'impalco del ponte in ferro della Specola. Ma così lo stesso Pio Chicchi: *Frequentissimo ne è ora il loro impiego; furono adoperate per esempio in moltissimi ponti del Veneto di recente costruzione; cioè: quelli sull'Adige a Verona, sull'Alpone a S. Bonifacio, nel ponte ad archi sul Bacchiglione a Padova, in quelli sulle Brentelle ed a Tencarola presso Padova ecc., nonché in altre parti d'Italia, come nel ponte sull'Arno a Pisa. Questi ferri si ritirano dalle ferriere Francesi e Belghe in parecchi calibri colle dimensioni segnate nella tabella⁽¹⁰⁾. Queste erano, appunto, traversine specialmente utilizzate per la costruzione degli impalchi dei ponti di ferro.*

Il Chicchi ci dà un altro indizio per inquadrare il tipo di produzione ferriera della Benech-Rocchetti nella «seconda produzione» del contesto nazionale.

Il capitolo 122 del *Corso* descrive le travi in due tipologie di produzione: le travi massicce e le travi composte. In ambedue questi tipi di trave vi era dipendenza dalla produzione estera, in particolare da quella francese.

Nel caso delle travi massicce, di ferro o di acciaio che fossero, la dipendenza era totale per quanto riguarda l'aspetto siderurgico, poiché tali travi massicce erano già utili per il montaggio in cantiere: sia in confezioni con sezioni a T, sia a doppio T, sia a L, sia a U. Grande limite delle travi massicce era la relativa esiguità delle sezioni possibili nelle trafilature: la massima altezza di queste travi era di 15 centimetri nelle travi a T, 25 centimetri nelle travi a U, 40 centimetri in quelle a doppio T.

Il limite del dimensionamento, nelle trafilature, delle sezioni delle travi mas-

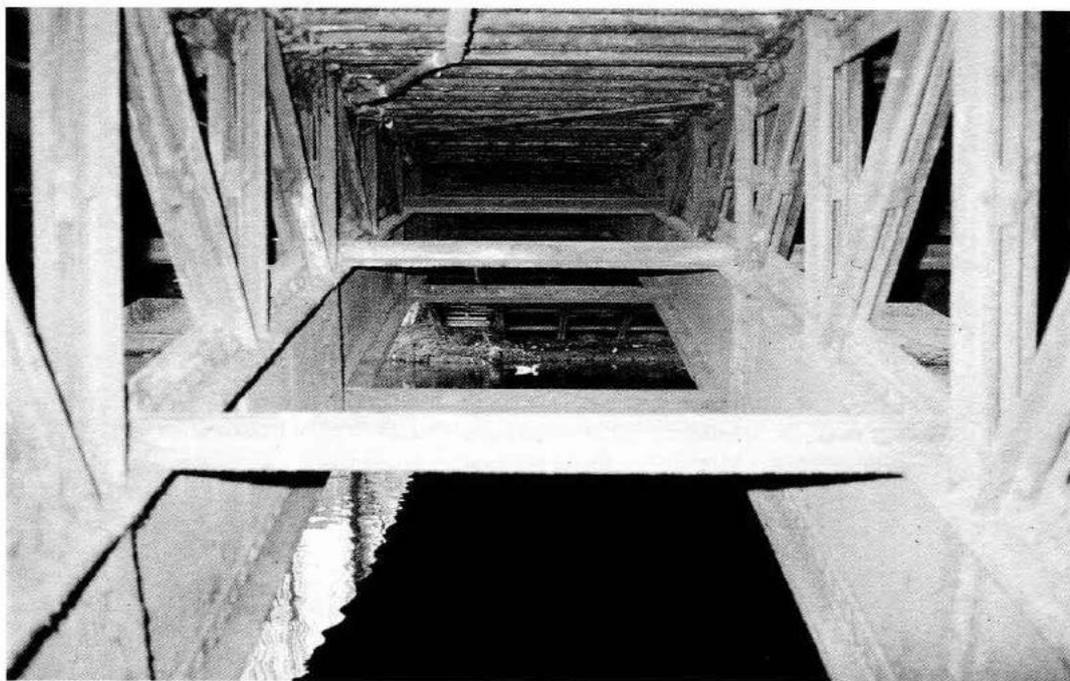


Fig. 11
Visione generale della struttura intradossale del ponte. L'osservazione diretta porta a ritenere che il ponte non sia mai stato soggetto ad alcuna manutenzione strutturale.

sicce costituisce in qualche modo un'occasione favorevole per la «seconda produzione»: l'occasione si chiama trave a sezione composta. In conseguenza della possibilità che le lamiere a foglio disteso potessero essere trafilate in notevole ampiezza, le travi composte potevano raggiungere sezioni sino ad un metro di altezza.

Una maggiore altezza della sezione trasversale di una trave in ferro o acciaio comportava un adeguamento delle lunghezze delle singole travi utilizzabili e quindi di conseguenza anche il progetto generale di un ponte in ferro avrebbe potuto raggiungere luci più estese.

Sotto questo punto di vista, l'attenzione che il Chicchi presta, nel suo insegnamento, alle chiodature riveste particolare importanza.

Nelle travi composte la barra, il cantonale o la lamiera erano ancora prodotti di importazione, ma l'ingegno e il lavoro spesi per l'arte del loro assemblaggio era-

no opera indipendente e davano valore economico a questo segmento del processo produttivo della carpenteria metallica.

Si deve ritenere che la giunzione di più ferri mediante chiodatura fosse, nella seconda metà dell'Ottocento, una tecnologia ritenuta molto sofisticata; e ce lo prova lo stesso Chicchi nel 1881. Qualche anno prima, nel 1877, nella *Rivista Marittima* è trascritto il rendiconto di un'esperienza sul modo di praticare i fori per giuntare le lamiere fra di loro mediante chiodi ribattuti; vi si riferisce:

1. Che il punzone altera la costituzione molecolare del ferro omogeneo;

2. Che quest'alterazione abbraccia una zona periferica che non si estende aldilà di un millimetro in giro al foro;

3. Che la ricottura non riesce di alcun vantaggio quando sia data alle lamiere prima di adoperare il punzone, ma può rendere duttile il ferro in giro ai fori da esso praticati se essa viene data dopo;

Fig. 12

L'imposta dei sei archi in ferro costituenti la struttura principale del ponte alla Specola. L'appoggio fra la piastra del piede dell'arco e la piastra fissata alla testata del ponte è regolato con una serie di biette cuneiformi. Le biette sono di acciaio e le piastre d'appoggio sono di ghisa.



4. Che questo vantaggio si perde totalmente, se ai fori si fa subire un allargamento per mezzo della spina;

5. Che i fori ricavati col trapano non producono sensibile alterazione nella costituzione delle molecole e nella duttilità del ferro, e ciò anche quando si sottopongono ad un leggero allargamento con la spina. Sembrerebbe quindi ritenere che i fori pei pernotti possano benissimo, senza che sia sensibilmente alterata la duttilità del ferro circostante, essere ricavati prima col punzone a diametro ridotto, e quindi portati al loro vero diametro per mezzo del trapano e che il diametro del punzone debba essere minore di quello del foro definitivo almeno di due millimetri ⁽¹¹⁾.

Anche Pio Chicchi si sofferma sulle modalità di praticare i fori sulle lamiere. Egli dice:

L'impiego del trapano è preferibile per l'esattezza del lavoro, sia per ottenere i fo-

ri alla loro giusta posizione, sia perché risultino circolari senza contorcimenti negli orli. Generalmente però in pratica si adopera il punzone per la rapidità del lavoro, e per le economie che con esso si consegue, ad onta della irregolarità dei fori e dei contorcimenti che subiscono i ferri. Ma nei riguardi di una buona esecuzione e di una sicura riuscita si dovrebbe rigettare l'uso del punzone, e sarebbe ottima cosa di introdurre nei capitoli d'appalto un articolo che obbligasse i costruttori ad eseguire i fori col trapano ecc. ⁽¹²⁾.

Oltre alla cura da riservare alla pratica dei fori il Chicchi suggeriva speciale attenzione alla confezione e all'applicazione dei chiodi. Leggiamo direttamente al capitolo 227 sulle chiodature:

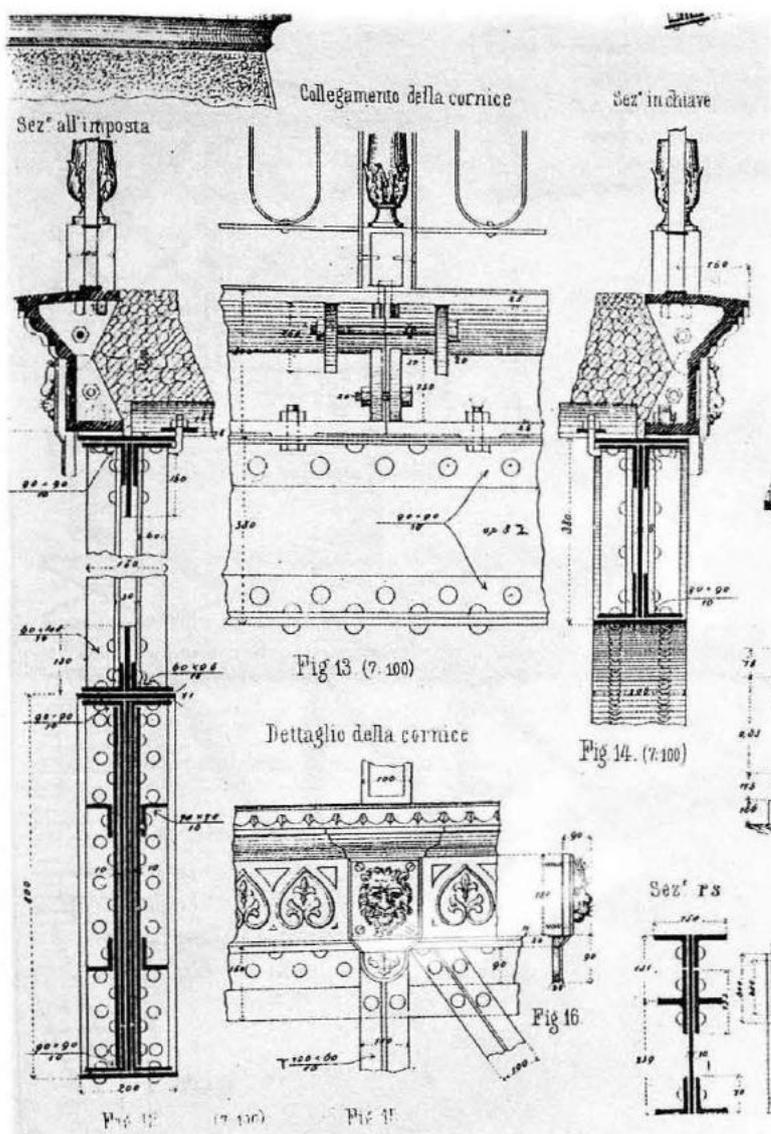
Nei ponti metallici le chiodature si fanno generalmente con bulle o chiodi ribaditi a caldo, ed è soltanto per la congiunzione delle parti in ghisa, o nelle posizioni dove la ribaditura riuscirebbe troppo in-

comoda, e quindi difficile e malsicura, che si impiegano bulloni o chivarde.

Le bulle hanno un gambo cilindrico con una testa in forma di calotta massiccia. Arroventate fino al color rosso bianco (200-250 gradi) si fanno entrare nei fori già preparati dei pezzi da congiungere, e si ribatte il gambo dalla parte sporgente martellando rapidamente e con molta forza sopra uno stampo nel quale è ricavata la forma della testa, e ciò fin tanto che si è formata una seconda testa uguale all'altra, e fra le quali restano strette fortemente le parti da congiungere. La ribaditura si deve effettuare così rapidamente che la bulla conservi ancora una elevata temperatura allorché la seconda testa è già formata. Sta in ciò il vantaggio della chiodatura a caldo. Difatti nel raffreddamento il gambo tende ad accorciarsi ma ne è impedito dai ferri frapposti, per cui si manifesta in esso uno sforzo di trazione per il quale le due teste tendono ad avvicinarsi e quindi stringono fortemente i ferri stessi, fra cui nasce una così forte aderenza, che il solo attrito vale ad opporsi alla disgiunzione che sarebbe prodotta dalle forze cementanti. La ribaditura però deve ultimarsi ad una temperatura non superiore a 150 gradi, altrimenti il gambo tenderebbe ad accorciarsi di tanto da vincere la resistenza delle teste, che si staccerebbero da esso (13).

Il ponte in ferro alla Specola fu progettato, contrariamente a quanto spesso viene ritenuto, non da Pio Chicchi ma dall'Ufficio Tecnico comunale. Il manufatto era però perfettamente conosciuto dal Chicchi fin nei suoi particolari più minuti, e di questo c'è ampio riscontro nei suoi scritti didattici.

Nel ponte della Specola è ancora presente un accorgimento tecnologico che è stato particolare oggetto di studio di Chic-



chi stesso: il sistema d'appoggio. Tale sistema d'appoggio corrisponde a quello principale fra i tipi di appoggio fisso per le nervature inferiori nei ponti ad arco descritti nel Corso del Chicchi.

L'appoggio è costituito da due piastre di ghisa, essendo una imbullonata all'estremo dell'arco e l'altra fissata nella muratura di testata del ponte. La reciproca posizione delle piastre in ghisa nonché la

Fig. 13
Le cornici del ponte alla Specola. Le cornici, come le altre decorazioni, erano in ghisa. Dettaglio del montaggio del ponte dalle tavole del Corso.

Fig. 14
Le travi composte.
Gli schemi di montaggio possibili così come sono indicati nel Corso.

222
PONTI A TRAVATA RETTILINEA CON TRAVI DIRITTE
223

Tabella XXXI.
] — Ferriere del Creusot (Francia)

| N.° | a | b | c | s ₁ | p | N.° | a | b | c | s ₁ | p |
|-----|-----|------|------|----------------|-------|-----|-----|----|----|----------------|-------|
| 1 | 30 | 18 | 2 | 4 | 1,50 | 21 | 120 | 51 | 9 | 6 | 15 |
| 2 | 30 | 15 | 3 | 4 | 1,65 | 22 | 120 | 55 | 13 | 6 | 15,70 |
| 3 | 30 | 15 | 3 | 5 | 1,80 | 23 | 120 | 58 | 16 | 10 | 16,30 |
| 4 | 30 | 17 | 8,5 | 5 | 2,35 | 24 | 120 | 62 | 14 | 10 | 16,50 |
| 5 | 30 | 18 | 8,5 | 5,5 | 2,50 | 25 | 120 | 65 | 7 | 10 | 17 |
| 6 | 30 | 20 | 7 | 5,5 | 2,65 | 26 | 120 | 68 | 12 | 10 | 18 |
| 7 | 50 | 25 | 7 | 6 | 4 | 27 | 140 | 82 | 8 | 10 | 19 |
| 8 | 50 | 24 | 7 | 6 | 5 | 28 | 140 | 87 | 13 | 10 | 21 |
| 9 | 60 | 24 | 7 | 6,5 | 4,35 | 29 | 175 | 73 | 12 | 16 | 26,50 |
| 10 | 60 | 25 | 8 | 6 | 5 | 30 | 175 | 79 | 16 | 16 | 21,85 |
| 11 | 60 | 26 | 6 | 6,5 | 5,50 | 31 | 175 | 86 | 8 | 16 | 19,25 |
| 12 | 60 | 30 | 8 | 6,5 | 6 | 32 | 175 | 87 | 15 | 16 | 22,75 |
| 13 | 80 | 31 | 8 | 7,5 | 7,68 | 33 | 175 | 87 | 17 | 17 | 23,20 |
| 14 | 80 | 31 | 11 | 7,5 | 9,41 | 34 | 175 | 79 | 39 | 17 | 34,80 |
| 15 | 100 | 41 | 11 | 12 | 14 | 35 | 225 | 89 | 19 | 19 | 33,65 |
| 16 | 100 | 44,5 | 14,5 | 12 | 17 | 36 | 225 | 94 | 19 | 19 | 42,80 |
| 17 | 120 | 37 | 7 | 10,5 | 11,50 | 37 | 253 | 96 | 19 | 23 | 27 |
| 18 | 120 | 42 | 12 | 10,5 | 15 | 38 | 255 | 95 | 15 | 19 | 36 |
| 19 | 120 | 42 | 8 | 11,5 | 14 | 39 | 253 | 89 | 19 | 11,5 | 24,75 |
| 20 | 120 | 42 | 13 | 11,5 | 18,50 | 40 | 250 | 89 | 15 | 11,5 | 42 |

Qualche volta, allo scopo di ottenere una maggior resistenza, oppure per comodità di costruzione, si congiungono a dette travi dalle lamiere come lo mostra la fig. 184.

fig. 184

3) Travi composte. Quando occorrono travi con altezze superiori a quelle dei limiti dati per le travi massicce, bisogna formare le così dette *travi composte*, le quali in generale presentano nella loro sezione retta la forma di un doppio T col gambo pieno, oppure col gambo reticolato.

1) *Travi composte col gambo pieno.* — Per formare queste travi occorrono delle lamiere (L. 16e — t. *Éléctre*), dei

PONTI DI PICCOLA PORTATA

ferri piatti, e dei cantonali o ferri d'angolo (t. *Corrosives* — t. *Winkelsteine*). Le più semplici forme sono quelle rappresentate nella figura 185, nelle quali una lamiera serve da gambo, ed agli orli inferiore e superiore della medesima sono chiodati dei ferri piatti, o dei cantonali che funzionano da nervature (t. *nerveux* — t. *Grilles*).

Allo scopo di aumentare la resistenza, si aggiunge alle nervature una o più lamiere orizzontali, che si chiamano tavolette, le quali sono unite al gambo mediante i cantonali come indica la fig. 186.

Oltre di queste forme simmetriche, che sono le più comunemente usate, altre se ne possono adottare per comodità di costruzione, quali ad esempio si vedono nella fig. 187.

fig. 185

fig. 186

fig. 187

Nelle tabelle seguenti si danno espressi in millimetri le dimensioni delle lamiere, dei ferri piatti, e dei ferri ad T, che vengono laminati nelle ferriere del Creusot.

Lamieres. Le lamiere variano:

Nelle tabelle seguenti si danno espressi in millimetri le dimensioni delle lamiere, dei ferri piatti, e dei ferri ad T, che vengono laminati nelle ferriere del Creusot.

Lamieres. Le lamiere variano:

tensione generale dell'arco è regolata mediante l'opportuno inserimento di biette d'acciaio.

Alla ghisa il Chicchi assegna in generale, per la costruzione dei ponti metallici, l'ideale funzione di mezzo d'appoggio, per l'alta resistenza del materiale alla compressione. Infatti per due dei tre tipi di appoggio per travi rettilinee egli la richiede:

Le travi si possono collocare in vari modi sulle testate:

1. *Semplicemente appoggiandole sopra piastrine di ghisa (cuscinetti) incassate nella muratura, le quali col mezzo di bordi salienti impediscono gli spostamenti laterali delle travi.*

2. *Fissandole col mezzo di bulloni da muro sopra un corso di pietra da taglio sia direttamente, sia con l'intermezzo di piastrine di ghisa.*

3. *Inchiavardando gli estremi di tutte le travi sopra una traversa di legno incassata nella muratura* (14).

C'è ancora un interessante tema tecnologico che può essere proficuamente esplorato fra il ponte in ferro della Specola, l'insegnamento di Pio Chicchi e le condizioni della siderurgia italiana nella seconda metà dell'Ottocento; tale tema è quello relativo alle tecniche di protezione del materiale ferroso.

All'epoca dell'insegnamento di Pio Chicchi la zincatura del ferro era pratica corrente. Ma l'avvio dell'elettrolisi e della galvanica come tecnologia per ottenere la protezione della carpenteria metallica parte da molto lontano, nel tempo.

Ancora nel 1853 si legge in un estratto dal fascicolo di maggio-giugno delle *Annales des Ponts et Chaussées*:

Si rimarca generalmente che ad aria libera e lungi dalle cause che possono impedirne la rinnovazione, o mantenerne l'umidità, i grossi ferri abbandonati a sé medesimi senza intonaco, si coprono di uno strato di ruggine che si prepara da sé come un intonaco inalterabile, ed arresta

così ogni progresso interiore ...⁽¹⁵⁾. Come dire che, limitatamente al caso di ferri a grosso spessore, la buona qualità (finezza) del materiale utilizzato sarebbe bastevole per proteggere se stesso in quanto protetto dall'uniforme strato di ossido che naturalmente si forma sulla sua superficie esterna.

Ma già nel 1854, l'anno successivo, vi è testimonianza di un nuovo metodo per la stagnatura del ferro fuso:

Essendosi riconosciuto che il ferro fuso non potevasi stagnare in causa della sua eterogeneità, il signor Michuy di Parigi è giunto, col soccorso di una pellicola di ferro saldata alla superficie della ghisa, a formare una pellicola compiutamente omogenea, e che si può in conseguenza stagnare; la saldatura di questa pellicola si fa col mezzo dell'elettricità. I mezzi che impiega il sig. Michuy gli permettono di saldare il ferro alla ghisa ed anche ad altri metalli, quando la ghisa è stampata. Per quest'ultimo mezzo basta di procedere

come fanno i lattonaj, i calderaj e i peltraj.⁽¹⁶⁾

La manutenzione nel tempo del materiale ferroso è un argomento che non trova alcuna speciale trattazione nell'insegnamento della scuola padovana. Nemmeno nel *Computo metrico di un ponte in ferro (con tavole) sviluppato per norma degli allievi-ingegneri della R. Scuola d'applicazione di Padova dall'Ingenere Pio dr. Chicchi*⁽¹⁷⁾ il trattamento di protezione finale della costruzione in ferro trova la dovuta compilazione. La qual cosa riesce davvero singolare se si pensa che il computo metrico doveva, come tutt'oggi deve, prevedere tutte le operazioni occorrenti alla realizzazione di un manufatto secondo le regole dell'arte, compresi quindi gli accorgimenti necessari alla durabilità del manufatto costruito.

Nel *Corso teorico pratico sulle costruzioni dei ponti metallici*, Pio Chicchi dedica molta attenzione all'allontanamento delle acque sia trattando dell'opera gene-

vanza, non dimenticandosi poi di accordare un equo compenso per questa mano d'opera più costosa. Perforati i pezzi, si congiungono provvisoriamente fra loro con chivarde in alcuni punti, valendosi dei fori già preparati oppure usando di opportuni strettoi, onde si mantengano nella loro giusta posizione durante la ribaditura delle bulle.

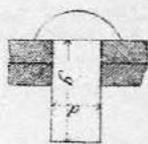


fig. 418

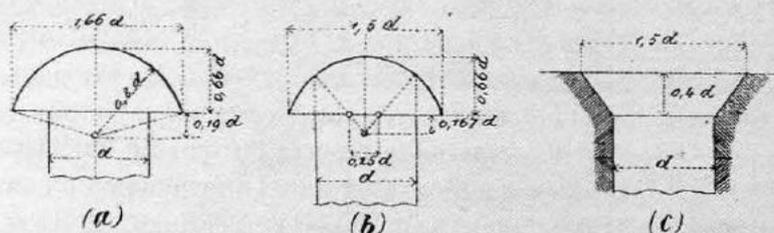


fig. 419

Le teste delle bulle sono foggiate a segmento di sfera o di elis-

Fig. 15

Il passo del Corso relativo alla tecnica delle bulle o chiodi.

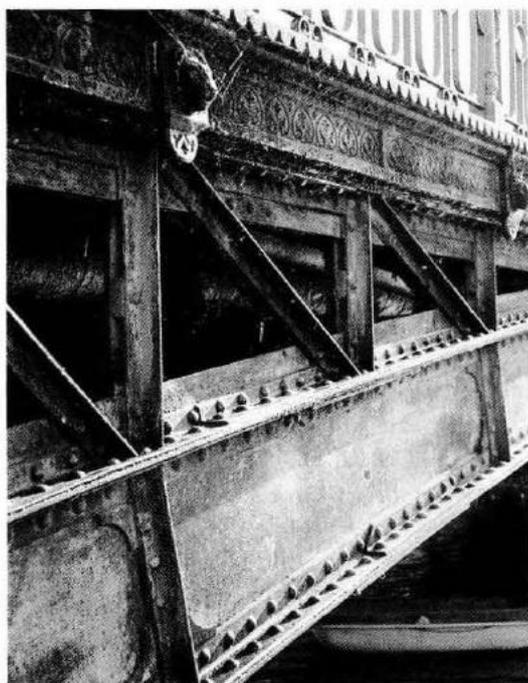


Fig. 16
Particolare del ponte alla Specola, oggi. La cornice, il reticolo di travi semplici, l'arco composto.

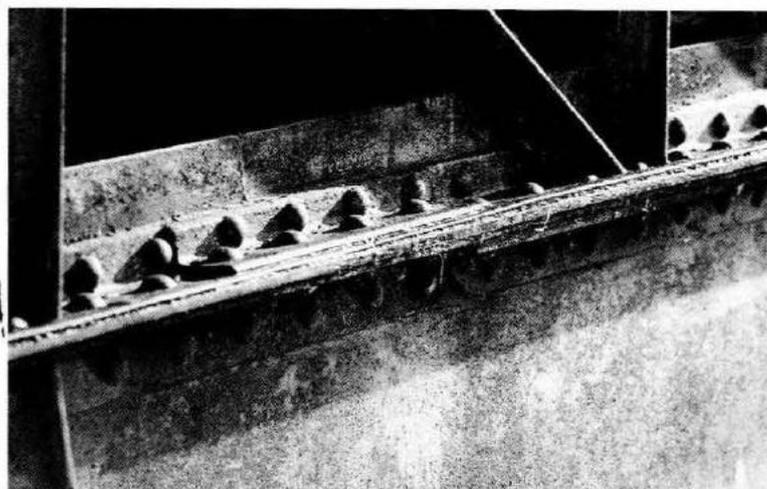


Fig. 17
Particolare della chiodatura in corrispondenza di un coprigiunto.

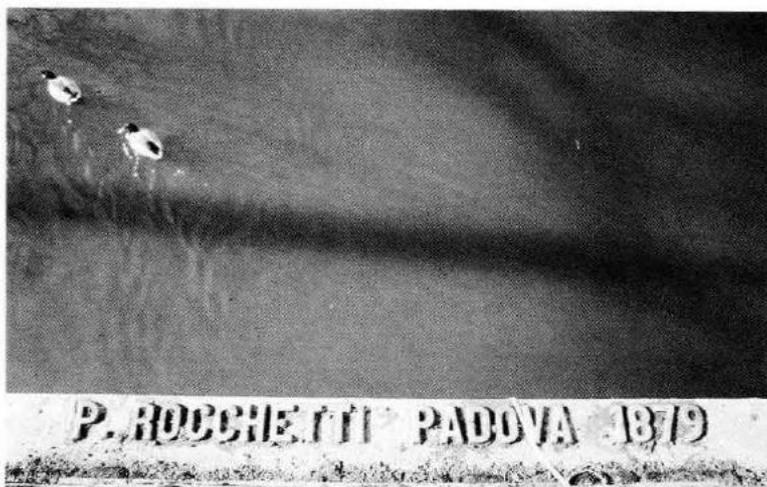


Fig. 18
Data di costruzione e nome del costruttore sulla cornice del ponte in ferro alla Specola.

rale (pavimentazioni, marciapiedi, impalcati) e sia soffermandosi sulla componentistica in ferro (snodi, doppie travi, giunzioni di travi): sembrerebbe questa l'unica soluzione proposta dal Chicchi per la conservazione del materiale ferroso⁽¹⁸⁾. Solo in due occasioni il Chicchi scrive direttamente della protezione del ferro e dell'acciaio. Nel Corso egli riferisce della zincatura e della verniciatura a caldo; ma si tratta della trascrizione di tecniche adottate in fase di prima produzione per pezzi elementari di importazione france-

se e belga; una fase precedente quindi al montaggio finale⁽¹⁹⁾.

Nulla quindi, fra gli scritti noti di Pio Chicchi, che ci dica qualcosa sulla verniciatura finale di un ponte in ferro. Ma non si può certo immaginare che la questione potesse essere, nell'ambito del Chicchi, trascurata; tanto più che la tecnica prevalente per l'assemblaggio dei pezzi in ferro prevedeva sovrapposizioni e chiodature a secco: condizione particolarmente favorevole all'insinuarsi e al ristagno dell'umidità.

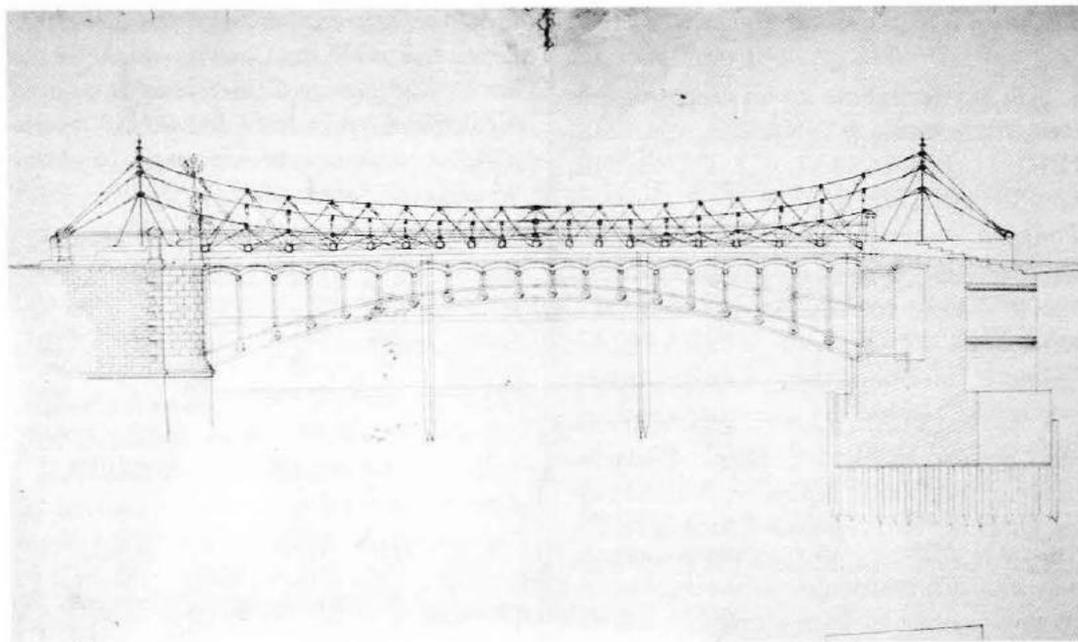


Fig. 19
Disegno del progetto del ponte alla riviera S. Benedetto degli ingegneri Emilio Brunelli, Paolo Rocchetti, Antonio Fusari. Padova 1881. Il progetto reca la sovrapposizione del precedente ponte sospeso di Claudio Galateo del 1828.

Ma il ponte della Specola e la passerella in Riviera S. Benedetto, a Padova, sono stati in qualche epoca verniciati; per

cui, per saperne di più, basterà analizzarne le tracce di finitura ancora rimaste sulle superfici dei ferri.



Fig. 20
Ponte in ferro pedonale alla riviera S. Benedetto in Padova, oggi.

Note

1. Si fa riferimento ad un recente e fondamentale studio di V. NASCÈ, A.M. ZORGNO, C. BERTOLINI, V.I. CARBONE, G. PISTONE, R. ROCCATI, *Il ponte di Paderno: storia e struttura*, in *Restauro. Quaderni di restauro dei monumenti e di urbanistica dei centri antichi*, Napoli 1984, anno XIII, nn. 73-74, pp. 23-32 e pp. 42-61.

2. A. COTTRAU, *Lettera all'illustrissimo Commendatore A. Scialoja. Sulla industria del ferro in Italia*, in *Il Politecnico. Giornale dell'Ingegnere-Architetto Civile ed Industriale*, Milano 1872, pp. 293-360.

3. II. Quando riguarda una materia che debbe esportarsi: poiché in tal caso il produttore nazionale od il commerciante lo (il dazio) anticipa, e non sempre se ne può rivalere nel vendere il prodotto esportato all'estero, attesa la concorrenza delle altre nazioni, che non pagano dazio. Di qua risulta, che una tariffa doganale debbe aver riguardo anche alle condizioni delle altre nazioni commercianti. — E ne' dazii d'importazione è da distinguere una lor proprietà opposta a quella de' dazii di esportazione: i primi sono tanto più dannosi per quanto più colpiscono materie grezze destinate all'interne manifatture; 1. perché ostano direttamente alla produzione, 2. perché sono un'anticipazione fatta dal produttore assai tempo prima che se ne possa rivalere, ed anzi nel dubbio, che il possa mai fare: dazii di tal sorta, dice Palmeri, fecero decadere le manifatture di bambagie in Lecce ed Otranto. Al contrario i dazii di esportazione sono più svantaggiosi alla industria quando gravitano su materie lavorate; perché mettono nello sconforto i produttori, e sono un incita-

mento a farle esportare grezze. Del rimanente tali dazi sono pochi; poiché regna ancora l'influenza Colbertiana, utile a tal riguardo. Così in A. SCIALOJA, *I principi della economia sociale esposti in ordine ideologico*, Napoli 1849, p. 245.

4. P. CHICCHI, *Sul modo di ricavare i diagrammi delle vibrazioni delle travi metalliche*, in *L'Ingegneria Civile e le Arti Industriali*, vol. 10, anno 1884, p. 36 e tav. 5.

5. P. CHICCHI, *Corso teorico pratico sulla costruzione dei ponti metallici*, Padova 1881, 2 vv.

6. P. CHICCHI, *Corso cit.*, p. VI.

7. *Nuovo processo per la saldatura del ferro e dell'acciajo*, in *Il Politecnico*, I, Milano 1853, pp. 219-220.

8. L. GRUNER, *Nota sul vero senso delle parole: ferro e acciaio*, in *Il Politecnico*, XXV, Milano 1877, pp. 189-190.

9. Mi sarebbe piaciuto, in occasione del presente studio, affrontare la ricostruzione delle vicende della Benech-Rocchetti. Non è stato possibile. Se n'è detto recentemente qualcosa in G. TOFFANIN, *L'industria padovana*, Padova 1989, pp. 66 e 88.

10. P. CHICCHI, *Corso cit.*, p. 196.

11. L'articolo è riportato ne *Il Politecnico*, XXV cit., alla p. 189.

12. P. CHICCHI, *Corso cit.*, p. 511.

13. P. CHICCHI, *Corso cit.*, pp. 510-511.

14. P. CHICCHI, *Corso cit.*, pp. 245-246.

15. L'articolo è trascritto in *Il Politecnico*, I, Milano 1853, p. 315. Va segnalato comunque il metodo «tradizionale» per

preservare il ferro dalla ruggine. *Prima di impiegare i pezzi di ferro battuto, si preservò il ferro contro la ruggine e la corrosione col metodo seguente. Benché non si riconosca un rimedio perfetto e che del tutto riesca, perché nessuna sostanza penetra sufficientemente nella superficie del ferro, ed applicata si stacca strofinando il ferro, nondimeno si trovò che l'intonaco d'olio formava una vernice sottile e compatta che difende il ferro dall'influenza dell'aria fino a che l'attrito dei pezzi uno contro l'altro non la porti via. Si riscaldarono i catenoni, gli anelli, le viti ecc. in forno ad una temperatura sopportabile alla mano e s'immersero questi pezzi nell'olio di lino. Dopo qualche minuto si levarono e si rimisero nel forno per seccarli ad un calore mediocre, sostenutovi per tre o quattro ore. Ritirando i pezzi per una seconda volta dal forno, si è trovato che l'intonaco d'olio avea formato la detta vernice internatasi nei pori del ferro. [...] i pezzi a contatto con muratura o pietra erano avvolti in flanella (panni di lana) imbevuti di olio di lino cotto; stesso procedimento fra pezzi di ferro in frizione tra loro. Così in B. SORESINA, *Memoria sui ponti sospesi a catene di ferro costrutti in questi ultimi tempi nell'Inghilterra e nella Russia dal Cavaliere di Wiebeking*, Mantova 1834, p. 16.*

16. L'articolo è trascritto in *Il Politecnico*, I, Milano 1853, p. 317.

17. P. CHICCHI, *Computo metrico di un ponte in ferro*, Padova 1877.

18. P. CHICCHI, *Corso cit.*, pp. 174-216.

19. Il Chicchi accenna appena alla zincatura descrivendo le lamiere ondulate a p. 189 del *Corso* (prima ed.). Inoltre, con più precisione, trattando delle «lamiere gobbe impostate» (a p. 194) il Chicchi scrive: *È difficile di far scolare l'acqua dagli intervalli che rimangono fra gli orli delle lamiere, perciò si riempiono con diligenza queste insenature con smalto idraulico, disponendone la superficie con una pendenza. Un riparo completo non lo dà però nemmeno il bêtôn, in causa delle fenditure cui va soggetto. Viene suggerito di galvanizzare il ferro, oppure di coprirlo con uno strato di asfalto e poi di sovrapporvi il bêtôn; l'esperienza soltanto però dimostrerà l'utilità di tale ripiego. L'inventore propone anche di immergere le piastre roventi in polvere di carbon fossile caldissimo, ben mescolato con calce viva e di colorirle poi con olio. Sopra le piastre così preparate va sparso uno strato di polvere di carbon fossile mescolato con calce sul quale si distende la massicciata.*