

ボーストリングトラスの復元事例の紹介*

大石橋からりんどう橋へ

Introduction of the restoring works for Bowstrings truss built about 100years ago

—Rindou bashi made of Ohoishi bashi—

木下 潔**

By Kiyoshi KINOSHITA

概 要

近年、漸く土木構造物の歴史的側面を見直す気運が芽生え、土木学会は選奨土木遺産を広く募り、鋼橋の分野では「歴史的鋼橋の補修・補強保全マニュアル」を平成 18 年 11 月に刊行し側面支援している。本事例はマニュアル刊行と相前後し独自に施工され、災害により撤去されたボーストリングトラスが 7 年後に歩道橋として再生・復元されたものである。本事例を通して、土木学会の推奨土木遺産登録制度の活用やマニュアルの一層の普及が求められる。同時に、その事例を報告することは技術の蓄積としての土木構造物の歴史的・文化的な価値を広く社会に普及する有効な手段と考え、本事例を紹介する。

1. はじめに

りんどう橋には、2001(H13)年 9 月に台風による増水により被災し、緊急撤去された旧大石橋の 1 連が再利用された。

この桁は明治中期にドイツで製作・輸入されたボーストリングトラスと呼ばれる鉄道橋で、九州地方で使用后、昭和初期に長野の鉄道会社に転用され、鉄道廃線後は道路橋として、被災直前まで一世紀以上現役で使用されたものである。撤去を惜しむ地元の要望や鋼橋技術の歴史的価値が理解され、撤去時に 1 連が保管され、立地条件の適合したりんどう橋の主径間として再利用された。

九州鉄道のボーストリングトラスの現状、特徴を整理し、今回の保管・再生の経緯、配慮した事項を交えて、工事紹介し、併せて歴史的鋼橋の保存等に対する若干の考察を行なう。

2. 旧大石橋概要

旧大石橋は丸子鉄道(株)(後に上田電鉄と合併、現上田交通(株))の千曲川橋梁として、1918(T 7)年開業時に架設された。同社は隆盛を極めた信州の製糸産業の運搬手段として丸子町の有志により設立され、当初大屋～丸子間 4 マイル 6.5 km を開業し、後に上田まで延伸された。千曲川橋梁の建設は鹿島組(現(株)鹿島)が請け負い 13 ヶ月費やす難工事となった。大屋～丸子間は電気動力の計画を蒸気動力に替えるなど設備を軽減して対応したが、

設立当初の予算 18 万円を 2.5 倍近い 42 万円を費やして完成した。

当初は平行弦ワーレントラス(通称ポーナルトラス)4 連と鉸桁で構成されていたが、1928(S 3)年 8 月に丸子側の鉸桁が流失した。この時、補充桁として九州の国鉄に保管されていた曲弦トラス(ボーストリングトラス)2 連が持ち込まれ、平行弦トラス 4 連、曲弦トラス 2 連および H 鋼桁 1 連の 7 連からなる被災前の構成(写真-1、2)になった。^{1,2)}



写真-1 被災前全景¹⁾



写真-2 昭和3年の架設状況²⁾

*Keyword : 再使用、ボーストリングトラス、歴史的鋼橋の保存

**正会員 松尾エンジニアリング(株)東京支店

(〒276-0046 千葉県八千代市大和田新田 686-3)

1969（S44）年鉄道廃線後は道路橋として転用され、行政区画により旧上田市と丸子町により管理された。幅員 3.0m のため、被災直前まで信号機による片側通行で供用された。橋名は大屋・石井間に架かることより「大石橋」と命名されたが、以前からの「大屋の鉄橋」と親しみを込めて呼ばれることも多かった。

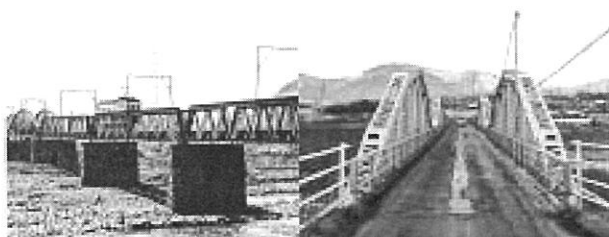


写真-3 大石橋(左)鉄道橋 1) (右)道路橋時代

旧大石橋に使用された桁の詳細な製造・履歴は不明だが、いずれも明治 10～30 年代に輸入された英、独国製の鉄道黎明期を代表する 100 呎標準桁で、橋長調整用として支間 2.66m の H 鋼桁が使用されていたのが印象的であった。各連の構造概要を表-1 に示す。

表-1 旧大石橋構造概要 4.5)

	型式	材料	製造会社	架設年月	製造年	備考
第 1 橋	平行弦ボニーワーレン	鋼鉄製	英ハレンシャツ社	1918.7	1896 以降	溝形鋼使用
第 2 橋	(ボナルトラス)	鋼鉄製	英ハレンシャツ社	(架設)	1885～1890	
第 3 橋	100 呎単線型 支間 30.177m	鋼鉄製	英ハレンシャツ社	同 11 月開業	1885?	橋銘版あり 初代荒川橋転用か
第 4 橋		鋼鉄製	英ハレンシャツ社		1885～1890	
第 5 橋	曲弦ボニーワーレン (ボーストリングトラス)	鋼鉄製	独ハーコート社	1928.8	2 連流失 後に架替	八幡製鉄材が補 充材として混入
第 6 橋	100 呎単線型 支間 31.850m				1894～1891	

3. ボーストリングトラスの現状

小西氏論文等をもとに整理し記述する。4.6.7.8)

(1) 九州鉄道のボーストリングトラス

九州鉄道のボーストリングトラス(以下単にボーストリングトラスと称する)は、ドイツ人ヘルマン・ルムシュッテル(Hermann Rüschottel 1844～1918)により当時の低開発国への輸出用に設計され、ドイツ「ハーコート社」で全て製作・輸入された Gelenkbolzen-Brücken(The Harkort system of pin bridge)と呼ばれるピン結合の曲弦ボニーワーレントラスまたは曲弦ブラットトラスで、桁材は全て鋼鉄製である。

九州鉄道会社は福岡、佐賀、熊本県令が発起人となり設立され、同氏を顧問技師として 1887(M20)年に招聘し、門司～熊本間の橋梁の設計・施工を指導させた。同氏はボーストリングトラス 100 呎桁、150 呎桁を九州鉄道(現在の JR 鹿児島本線等)の標準桁として使用した。同時期に設立された大分の豊州鉄道会社もこれに倣ったため、九州地方を中心に 1889(M22)年～1897(M30)年間に 63 連 3,006 t (別子銅山銅山を含む)を架設したと彼自身の報告書に記している。8)

九州鉄道会社は 1891(M24)年 7 月に門司～熊本間を開業後、周辺鉄道会社を合併し順次路線を延伸したが、国有鉄道化のなか 1907(M40)年暮を閉じた。ボーストリングトラスはその後 1908 (M41) 年まで架設された。

なお、足尾銅山では、九州地方の鉄道や別子銅山とは異なる上弦材に H 型鋼を使用する構造のものが同社から独自に購入された。

ハーコート社のボーストリングトラスの支間別輸入数量を表-2 に示す。

表-2 支間別輸入数量一覧 4)

	100ft (31.850 31.500m)	150ft (47.250m)	200ft (62.370m)	備考
九州鉄道 豊州鉄道	47 (現存 3)	14 (現存 1)	1	現存は全て転用桁 りんどう橋含む
別子銅山		1 (48.000m斜橋 (現存 1)		打除鉄橋 (足谷川橋梁)
小計	47	15	1	Σ=63 連
足尾銅山	1 (39.630m) (現存 1)			古河橋(足尾橋) H 形鋼断面
計	48	15	1	Σ=64 連

(2) 構造特質

ボーストリングトラスは、'Bow-string(弓の糸)'の言葉どおり、上弦材が弓状のアーチ橋と云ってもよい形状で、普通のトラスとやや性状の異なる橋梁である。ハーコート社のカタログ(「組み立てマニュアル」)ではこの橋の特色として、次の点が挙げている。8)

- ① 現場での各部材の接合は全てピンあるいはボルトで行なわれる。このため、現地ではリベット工が要らず、短期間での組立・架設が可能である。
- ② 上弦材格点を放物線上に配置することで、等分布荷重に対しては上・下弦材は同一の断面形状でよく、斜材作用力も小さくできる合理的な構造のため、互換性に富む、部材重量も軽量で取り扱い易い少数の部材構成となっている。
- ③ 各点は全てピン結合であるが、上弦材格点のピンはピン孔を貫通する構造とせず、半円形の部材端部間に充填させる特殊な形とし、製作誤差が吸収しやすい構造としている(写真-4, 14)。
- ④ 横桁は鉛直材に取り付くが、ニープレスを有し、ボニー構造としての剛性を確保している(写真-5)。
- ⑤ 主構と横桁、横桁と縦桁の連結はボルトが使用されているが、せん断力は突起部(せん断キー)で伝達される構造が採用されている(写真-5, 6)。
- ⑥ 横構にはターンバックル形式のロッドを使用し、組立を容易にしている(写真-6)。
- ⑦ 小支間にはロッキング杓を使用する(写真-7)。

同マニュアルでは、現地組立に当時希少な特殊技能者であったリベット工を必要としない特色を活かして、日本をはじめ南米、スマトラ、タイなど当時の低開発国に大量に輸出され、短期間での架設事例を紹介している。

構造図および構造詳細を図-1、写真 4～7 に示す。

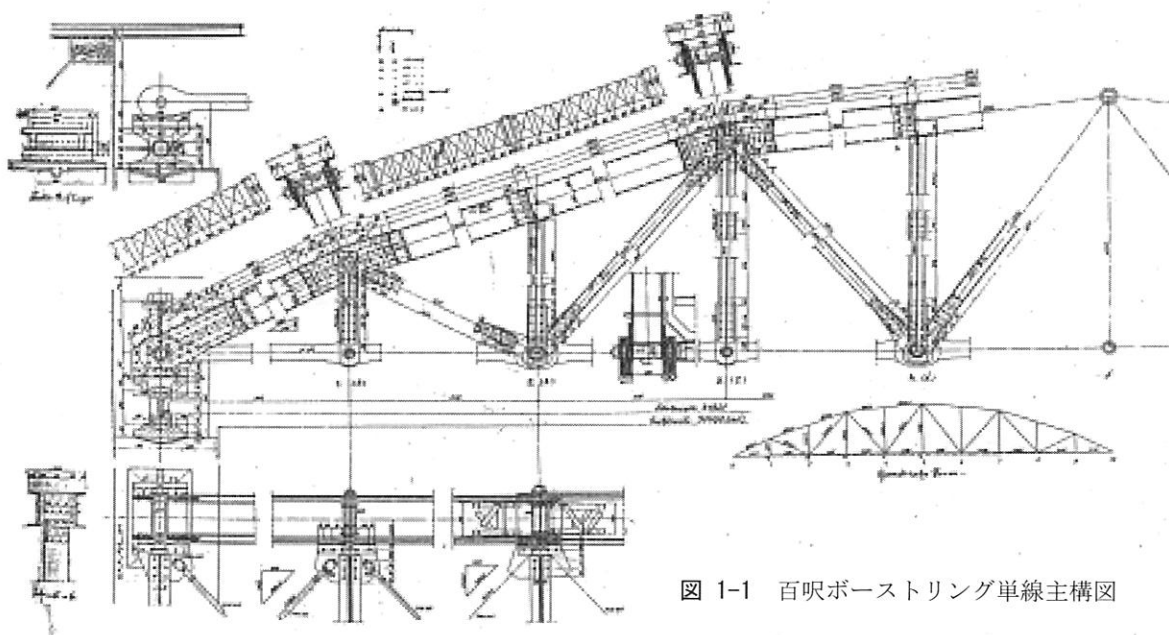


図 1-1 百呎ボーストリング単線主構図

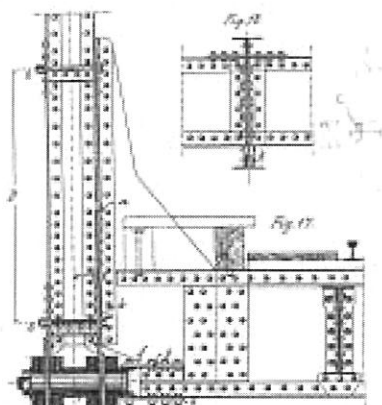


図 1-2 主構-床組取合い図⁷⁾

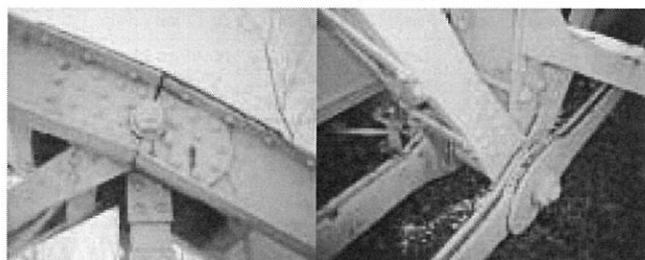


写真-4 上下弦材格点 2001.12 撮影



写真-5 横桁取付け部
2001.12 撮影

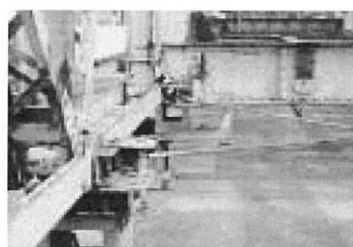


写真-6 横構 2005. 5 撮影

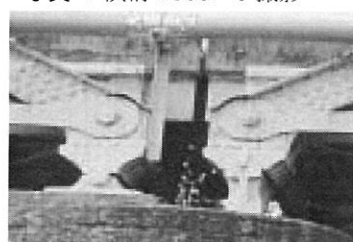


写真-7 支承部 2001. 12 撮影

(3) 旧大石橋のボーストリングトラス

独特な構造的特質やディテールの橋梁であったが、小型機関車荷重(図-2)を想定していたため、国有化に伴う列車荷重の変更に対応できず、1925 年代(大正末期)には幹線からほとんど姿を消し、応急桁として保管されたり、下級路線や地方鉄道に転用・売却された。本橋もこれに該当するものである。

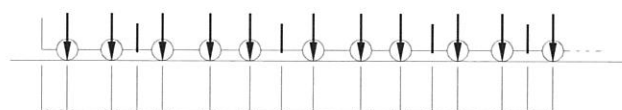
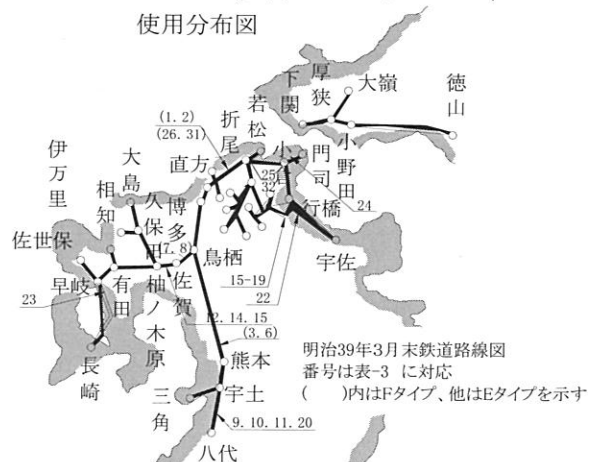


図-2 九州鉄道設計荷重図⁹⁾

旧大石橋と同支間 100 呎のボーストリングトラス 47 連(いずれもワーレン形式)の架設転用一覧表(表-3)¹⁰⁾を元に作成した使用分布図を図-3 に示す。

図-3 ボーストリングトラス(支間 31.85m、31.50m)
使用分布図



下弦材には flat bar と eye bar の 2 種類ある(図-4)¹¹⁾。本橋は独特な形状の后者で、1894(M28)年以降に開

地域の歴史の証人であるこの橋を何らかの形で後世に伝え残し、同時に地域に点在する近代化遺産に光を当て、新たな地域活性の活力にしようとする地元行政職員もおられ、大石橋撤去時に1連を丸子町の要請で保管することになった。その後、上田市との合併のモニュメントにという話題性や「もったいない」と言う時代の価値観も加わり、再生・復元への動きが現実化した。

丸子町内の公園内への展示を含め、適合する架橋位置の選定が種々なされるなか、丸子町の中心部、町立総合グラウンドや体育館へのアプローチ桁となる歩道橋への活用が検討された。他の新設桁案との比較の結果、経済性に差異がない等の理由により、橋長 51.350m の歩道橋の一部として利用する案が採用された。¹⁴⁾ (図-5)平成 17 年 9 月町議会承認により、ボーストリングトラスの復元・再生が被災後 4 ヶ年を経て正式決定した。橋名は地域に由来する「りんどう橋」と命名された。

表-5 りんどう橋関連略譜

	記事	備考
1894～1901 (M27～M30) 年	ドイツハーコート社にて製造	九州鉄道または豊州鉄道にて使用
1907 (M40) 年	鉄道国有法施行、	主な私鉄統合、国有化
1911～1928 (M44～S3) 年	撤去・転用、保管	詳細不明
1913 (T2) 年	丸子鉄道設立認可	
1918 (T7) 年 11 月	千曲川橋梁完成	
1918 (T7) 年 12 月	丸子鉄道開業	大屋～丸子間 6.5km 営業
1928 (S3) 年 8 月	丸子側 1 桁 4 連流失 補充桁としてボーストリング トラス 2 連架設	九州の国鉄保管桁を払い 下げを受ける
1969 (S44) 年 4 月	上田丸子鉄道線丸子線廃止	
1971 (S46) 年 3 月	道路橋に転用、橋名大石橋	行政区分にて上田市、丸子 町にて管理
2001 (H13) 年 9 月	台風による増水により上田側 2 連被災、緊急撤去	
2002 (H14) 年 3 月	新橋建設決定、残り 5 連撤去	P5～P6 間 1 連を保管
2002 (H14) 年 3 月	大石橋新橋完成	
2005 (H17) 年 3 月	りんどう橋河川占用認可	
2005 (H17) 年 9 月	りんどう橋議会承認	旧丸子町
2005 (H17) 年 10 月	下部工着手	
2006 (H18) 年 4 月	上田、丸子、真田 3 市町合併	
2006 (H18) 年 7 月	りんどう橋上部工発注	
2007 (H19) 年 7 月	完成	

②基本方針

再生・復元に当っては、このような経緯を踏まえ、

- 今後とも地域に愛されて使用される場所・施設にする。
- 若い人や再生の経緯を知らない町の人々も多く、今回の施工や広報を通して人々に橋の歴史的価値を積極的に伝える工夫を講ずる。

り) 輸入当時の構造よりも、この桁が辿った歴史的な変遷を尊重するが、構造的特色はできるだけ残す。こととした。以下にその趣旨を含め紹介する。

③「組立マニュアル」の存在

輸入時にハーコート社で作成された英文小冊子 The Harkort System of Pin Bridge(以下「マニュアル」と称す)等の資料 7, 8) があり、構造細部、施工法や架設治具等が詳しく説明されており、施工に反映できた。小西先生より戴いたものだが、これらマニュアルの存在は単なる取り扱い説明書を越えて、今回の復元・再生の動機付け、方向付けに大きなウェイトを占めるものだった。

(2) りんどう橋概要

工事名	地方道路整備臨時交付金事業 市道依田内村線改良工事
事業者	上田市(丸子地域自治センター)
位置	長野県上田市御岳堂(上組)
路線名	市道依田内村線
構造諸元	
橋長	51.350m
幅員	3.000m
上部工形式	単純トラス桁(1 連) 単純鉸桁 (1 連)

工 期 平成 18 年 7 月 25 日
～平成 19 年 7 月 31 日



写真-8 完成全景

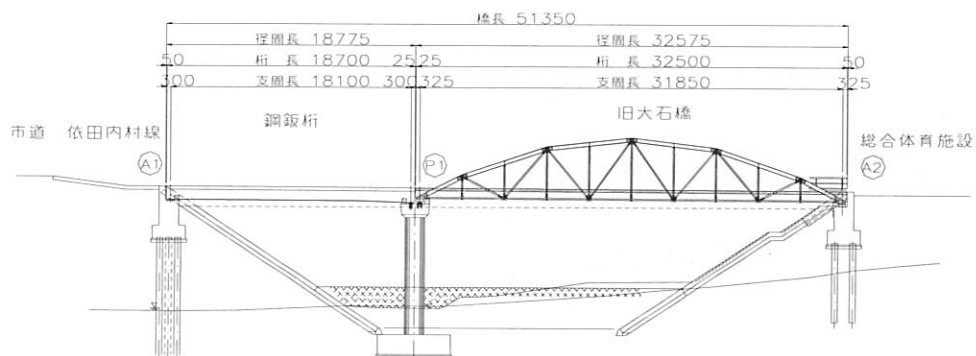


図-5 一般図

(3) 実施の記録

a) 鋼材の材料調査と許容応力度の設定

1) 材料試験結果

桁材は鋼鉄製であると報告され⁴⁾、ドイツ Aachener Hutten-Aktien-Verein の製品で、「A. H. A. V」の陽刻が確認される(写真-9)。製造年代よりベッセマー法で作られたものと考えられるが、下弦材、上弦材蓋板より試験片を採取し、現行 J I S 試験に準じ鋼材の特性試験を実施した。

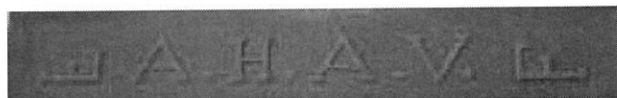


写真-9 「A. H. A. V」の陽刻 2005.1 撮影

下弦材の試験結果を次に示す。上弦材格点蓋板より採取した試験片は現行 SS400 材相当の値を示していることから、格点部を養生する 2 次部材であり、昭和 3 年の千曲川転用時等に新規補充されたものと考え、ここでは省略する。なお、上弦材、斜材等の溝形鋼の試験を行なわなかったことを反省している。

- ① 成分分析：C および Mn 量が低く、P および S が非常に高く、SS400 材の規格は満たず、耐ラメラティア性並びに溶接に適しない材料である。

表-6-1 化学成分分析結果

	板厚(mm)	C	Si	Mn	P	S
試験片 A	19	0.057	0.001	0.40	0.058	0.057
SS400 規格		—	—	—	0.050 以下	0.050 以下

- ② 引張試験：0.2%耐力は 256~269 N/mm²、引張強さは 356~371 N/mm² で現行 SS400 材規格最低値の大略 90% である。伸び値は 23% 以上で十分な延性を有している。なお、下弦材 (PL140×18) の板厚計測値は文献 15) 記載の断面積 16.098 inch² より算出した 18.5mm より 10% 程低減した値であった。

表-6-2 引張試験結果

		板厚 (mm)	0.2%耐力 (N/mm2)	引張強さ (N/mm2)	伸び (%)	降伏比 (%)
19	試験片1	16.67	256	356	26	72
	-2	17.37	269	371	24	73
SS400規格			245以上	400～510	17以上	

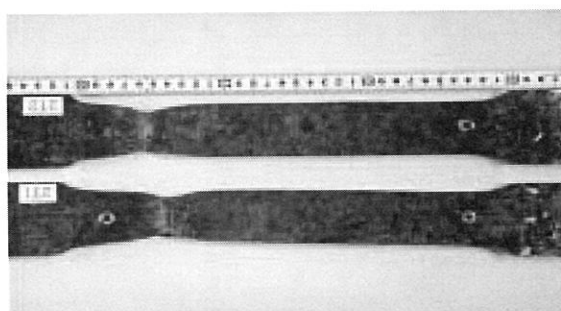


写真-10 破断試験片 2005.1 撮影

- ③ 衝撃試験：0℃における吸収エネルギーは平均 5 J と非常に低い値で、P および S 等の不純物が非常に高いことが影響しているものと考ええる。

表-6-3 衝撃試験結果

板厚(mm)	試験温度	吸収エネルギー(J)			
		①	②	③	平均
19	0℃	4(95)	6(95)	4(95)	5(95)

() 内は脆性は面率%を示す。

- ④ マクロ試験：表裏の 10~15% 程度に純度の高い層が見られるが、内部側に不純物の多い層が凝集されたような”特異な凝固現象”が見られる。

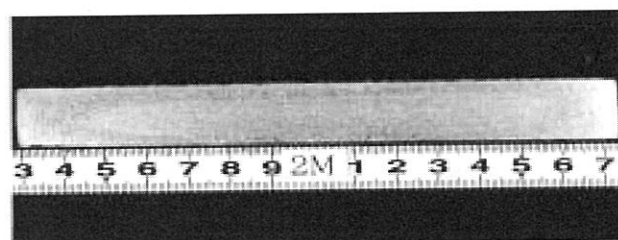
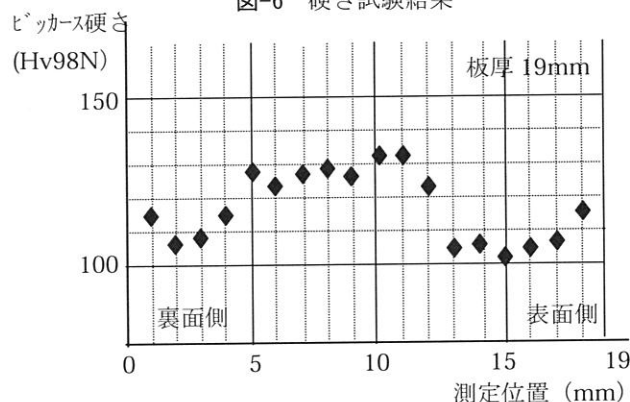


写真-11 破断試験片 2005.1 撮影

- ⑤ 曲げ試験：SS400 材に準じた曲げ半径 1.5 t に対して表面割れは見られず良好である。
- ⑥ 硬さ試験：ビッカース硬さは 100~130 N/mm² とややばらつきが大きい。表裏面の純度の高い層の下に、やや低くなり値の層があり、中央部は成分の濃化の影響からやや高くなる特異な分布状態を示している。不純物、成分偏析の影響と考えられる。

図-6 硬さ試験結果



2) 許容応力度の設定

材料試験結果より現行 JIS の一般構造用圧延鋼材 SS400 以下、S330 以上の耐力を有するとして、今回の設計においては許容応力度を道路橋示方書(平成 14 年 3 月)3.2.1 解説より SS330 材として算定した。断面積は実測値より 16mm とした。

なお、大石橋転用時には英国製の鍊鉄桁等を想定して旧国鉄指針による許容応力度の低減(表-7)や床版打設後の自動車荷重載荷試験の実施など慎重な対応がなされていた。¹⁶⁾ 1 世紀以上に亘る使用を可能にした配慮と考ええる。

表-7 許容応力度の比較

	引張強さ σ_t (N/mm ²)	0.2%耐力 σ_y (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)			備考
			Σt_a	Σc_a	T_a	
試験結果	356	256	150	150	86	道路橋ボ方書 (平成14年3月) 3.2.1解説
SS400 規格	400~510	235 以上	140	140	79	
SS300 規格	330~430	195 以上	114	114	66	
道路橋転用 時規定 (kg/cm ²)	—	—	1270*0.75= 1043	1270*0.90= 1143	800*0.75= 600	国鉄鉄々強度 計算指針

b) 再現組立の実施と部材整備

工場に搬入した部材群より、必要な部材を選別抽出し、基礎的な点検整備を行ない保管した。「マニュアル」をもとに、組立に必要な架設治具等を作成し、2005(H17)年5月工場内で再現組立を行った。組立作業は工場内であり門形クレーンが使用し、マニュアル手順に従い施工した(写真-12~15)。



写真-12 再現組立全景 2005.5撮影

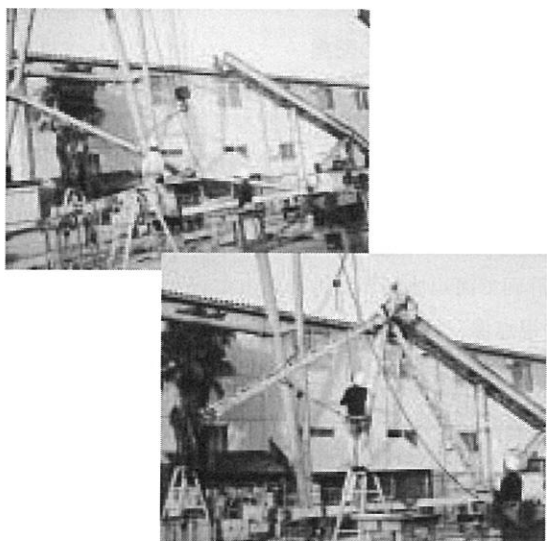


写真-13 斜材等の吊り込み 2005.5撮影



写真-14 上弦材格点部へのピン格納 2005.5撮影

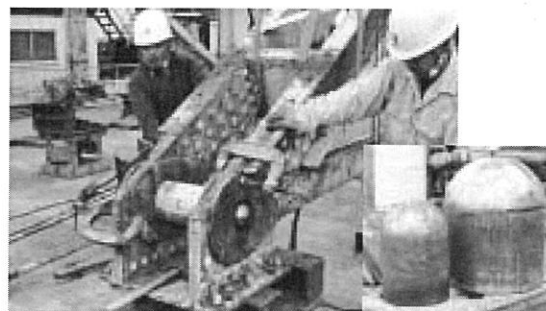


写真-15 ピン挿入と治具 2005.5撮影



写真-16 経年変形した部材 2005.5撮影

再現組立時に過度の損傷のある部材等をリストアップし、補充製作を行なった。補充部材は繰り返し荷重を受け変形した主構(下弦材)と横構ガセットの連結部材を中心に行った(写真-16)。ボルト類を含め1,192kgで、現場にて1次選別したこともあり全体重量41,832kgに対し、2.8%にとどまった。今回補充した部材には、後世識別できるよう「2007Matsuo」のタガネマークを付した。

c) 復元図の作成と補修履歴

将来的な維持管理に供するため、可能な範囲で形状寸法を計測し、互換性部材だが、できるだけ固有部材としての性格を持たせ詳細図を作成した。

再現組立、計測の結果、次の補強補修履歴が判明した。

① 官営八幡製鉄所製造部材(BS規格)補充

ドイツ製の鋼材に混じり支点付近の上弦材に国産部材が含まれていた。これは「YAWATA SEITETUSYO ヤワタ」の陽刻が刻まれた英国規格の溝形溝で官営八幡製鉄所製造であるが、旧大石橋の2連に1本ずつ使われていた。この部材の混入は何故1本ずつ使用されたのか、偶然か斜橋使用の名残か、等を含め履歴を推定する上でヒントになるが不明である。

② 現場組み立て部へのリベット使用

現場組立箇所はボルト使用の筈が前述の YAWATA 材や上弦材蓋材にリベット工の普及と将来解体を想定しない判断からかりベットが使用されていた。

③ 床組の補強、増設

設計荷重の変遷「ハーコート(九州鉄道)規格→丸子鉄道・規格→上田電鉄(後に東急傘下系列化)規格→道路橋規格(TL-6)」等に伴い施されたものである。

a. 横桁へのカバープレート補強(リベット打ち)

b. 縦桁へのカバープレート補強(溶接)

- c. 側縦桁増設
- d. 縦桁の亀裂補修

横桁上フランジへのリベットによるカバープレート取付けにより、リベット頭で縦桁の払込み取付けができない構造となっていた。

④ 横桁取り付け部

横桁取り付け部のセン断キー構造は本橋の特色の一つであるが、旧大石橋時代にはシャーコネクションプレートが未挿入で使用されていた。(写真-17) 今回補充・挿入して正規の構造に直した。



写真-17 横桁取付部の未挿入部材
2002.1 撮影

d) 塗装整備

「鋼道路橋塗装便覧」は、平成 17 年 12 月に「鋼道路橋塗装・防食便覧」(新便覧)に全面改訂された。新便覧では LCC、環境対策、景観上の配慮から従来のフタル酸系塗装橋梁も、塗替え時には現場にてブラスト処理で旧塗膜を除去した後に、ふっ素樹脂系塗装へ切り替える仕様(RC-1 仕様)が新たに提唱された。

工場にて保管部材の塗装処理(特に素地調整方法の予算措置)を思案していた時期であり、この改訂をその朗報として恩恵を享受した。部材は工場にて全面ブラスト処理し、ふっ素樹脂系塗装(C-5 系)が施した。ショット処理により部材のアバタ傷は顕著化したが、鉄パテ等による補修は行なわなかった。

e) 撤去方法の選定

上弦材格点部がピンを挟む半円形の支圧(純圧縮)部材で、下弦材はアイバー構造の引張材と言う構造特質を考慮し、トラッククレーン 2 台で両支圧部を吊り一括撤去した。(写真-18)その後、地上で互換性のある 2 連から 1 連分の採取できる利点を活かした切断位置を設定して、ガス切断・解体し解体の効率化を図った(写真-19)。



写真-18 撤去状況 2002.1 撮影



写真-19 (左)部材解体(右)格点切断状況 2002.5 撮影

f) 架設工法の選定

再現組立時の体験より、この橋梁には門型クレーンによる施工が適しているので、河川敷からトラッククレーンによる架設を行わず、「マニュアル」どおりの昭和 3 年転用時にも採用された現在では物珍しい門型クレーン工法を採用した。(写真-20)地元丸子実業高(現丸子修徳館高)生徒による架設実習授業等と共に、地元に報道され地域へのアピールを図ることができた。

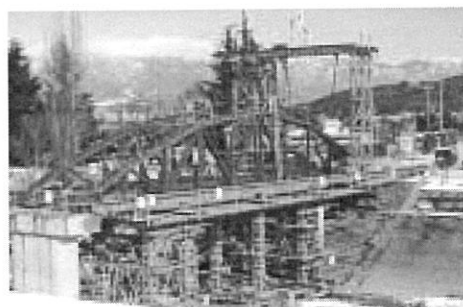


写真-20 門形クレーンによる架設 2006.12 撮影

g) 歴史的構造物への配慮

せつかく残された歴史的構造物を末永く親しまれる橋とするため、佐々木先生による景観等の検討・配慮が種々なされた。¹⁷⁾ 門外漢の筆者の解釈で紹介する。

1) 橋梁の配置の変更

当初、左岸にトラスを配置し、約 3.0%の縦断勾配を有する計画で河川協議等が進められていた。景観的な視点(橋の視点場、周囲の景観要素)や 1/500, 1/100 模型(写真-21)検討の結果を踏まえ、人通りの多い右岸のグランド側にトラスを移し、取り付け道路部の形状を見直し、縦断勾配はほぼ水平に修正された。

この結果、右岸側堤防の親水施設としての階段は、トラスのディテールを俯瞰する格好な場所となり、単純鉄桁は左岸道路からのアプローチ広場としての役割を果たす形になった。今後予定される橋詰広場と共に、市民の憩いの場となることが期待される。

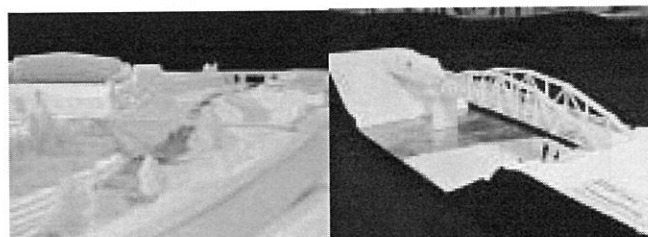


写真 21 周辺模型(右 1/500、左 1/100)
佐々木研究室提供

2) 橋梁の配色

橋梁本体の配色は周辺の景観となじみ、トラスを引き立て、部材断面の大きな単純鉄桁が目立たない色を前提とし、CGによる色彩の比較検討や現地色彩調査より低明度の寒色が適切と判断した。「りんどう橋」という橋名から深い紫色(日塗工 C77-30H)が採用された。

低明度、低彩度の色によりトラスに落ち着きと天候による様々な変化、微妙な陰影が得られた。

3) 橋上工作物

人々が往来し集いトラスを間近に見る場所を演出するものとして、高欄や舗装等の橋上工作物の検討がされた。

- ① 高欄：トラス区間では透過性が、桁区間では安心感や存在感が求められるなか、横桁のニーブレス材を考慮し、柱材のない縦棧のみの地覆直接埋め込む型式(ポストレストタイプ)とした。(写真-22)各縦棧 V 字断面形状とし、それぞれに一定の断面性能を確保した。ここで、上方を絞ることで、均等な同間隔のものよりすっきりした印象が得られるため、アルミ鋳物によるオリジナル高欄が採用された。

模型による形状検討、原寸試作品での現地確認によりディテールやアルミ鋳物の肌合いを検討し、鋳型の細部修正をして対処した。

V字形の縦棧は、反射角度によるシルエット変化を高欄に与えている。

- ② 舗装：地場産の砂利を骨材として混合した脱色アスファルトを用い、暖かみのある広場の形成を試みた。
- ③ 床版：一般的な地覆を有する凹断面形状から左右両端をやや持ち上げた形状(図-5)とし、側面からの眺めに対しシャープで軽快な印象を与えた。

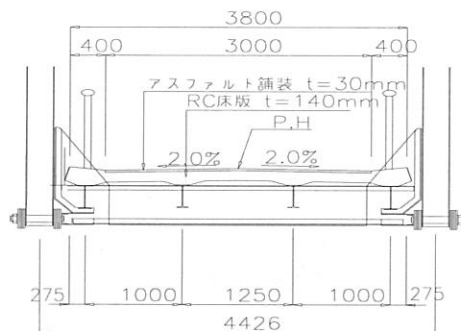


図-7 桁断面形状図



写真-22 高欄と橋面形状 2007.7 撮影

- ④ 支承：独特の形状を持つ支承であったが、災害時の防災拠点への役割を担うため、耐震上の要件が重要視され、ゴム支承に変更され、変位制限装置と桁間連結が追加された。ロッキング脊は橋詰め広場に展示の予定である。

4) 橋歴版

右岸の親水階段に隣接した場所に橋詰め広場が計画されるため、近接した場所にこの橋の歴史的経緯を伝える橋歴版(写真-23)を設置した。



写真-23 橋歴版 2007.12 撮影

5. 今後の課題

① オーセンティシティの確保

歴史的鋼橋の保存の本来のあり方は、現位置で建設当時の外観(形態、意匠など)、材料、技術などその文化的歴史的価値を損なわないようにしつつ、且つ構造本体の機能を果たし続けるべく対策を施すことが大切で、オリジナルな材料・技術・工法・外観の保持(オーセンティシティの確保)はその意味で重要と考える。¹⁸⁾

しかしながら、幾多の変遷を経た本橋を、「何処まで修復するか、どの時点のものに再現するか」と言う課題には、むしろ歴史的な変遷を重視し、輸入当時ではなく撤去時の姿、人々の記憶に残る「大屋の鉄橋」を残す方針を採った。前述の「YAWATA」の部材(写真-24)は何時、何処で補充されたものか不明だが、歴史的経緯を伝える意匠として、あえて目に付き易い場所、この桁の変遷を記した橋歴板の近くに配置した。



写真-24 左ドイツ製と右国産溝形部材
2007.8 撮影

② 保存に必要な要件の整備

ボーストリングトラスの構造的な素晴らしさもさることながら、鉄道の標準桁として同規格のものが多数つくられ、転用が容易で当たり前であったが故に永く使用されたのかもしれない。一方、その文化的価値も顧みられず、

類似桁がまだ幾つもあるため必ずしも価値は高くないかもしれない。しかし、本橋の場合なによりも地域の発展に寄与し、貴重な財産として永く親しまれ、守り継がれてきた文化が撤去を期に再認識され、行政サイドに良き理解者がおられ、後世に伝える必要があるとして具現化し保存活動が進められてきた。



写真 25 橋を見守ってきた人たち

土木学会のマニュアルでは、一定の評価を受けたものを歴史的鋼橋とし、その対処方法が示されている。架替・撤去が決まり改めてその価値が発見されたが遅かった事例は多々あっただろうし、これからもあるであろう。その意味で、本橋は異例で幸運な事例と言える。

とはいえ、「再生・復元」過程で受けた質問は、①文化的価値は？②何時まで持つ？③この桁の値段は？新橋より安い？であり、特に、①の質問は多く、この問題の原点となる課題であろう。この意味で、土木学会の推奨土木遺産制度の果たす役割は大きいと考える。

また、本事例においても、従来の定義が曖昧であったこともあり、その歴史的・文化的価値のよりどころが何処まで明確にできたかは疑問で、マニュアルの「再生」か「復元」すら、決めずに施工したことは否めない。「歴史的鋼橋の補修・補強マニュアル」¹⁹⁾が今後とも増える耐荷力や耐震性向上等の補修補強工事を含めて普及、活用されることが望まれる。

③100年橋梁

この工事を通じ、橋梁史の一端に触れ、図面とマニュアルからでは得られない「100年間の技術の進歩とはなんだろうか」と問い直すほどの強烈なカルチャーショックも受けた。建設後50年を経る橋梁の比率が、2001年には6%であったが、2011年には約12%、2031年には約50%を占めると予測されている。維持補修が重要な課題となることは言うまでもないが、1996年に施行された「登録文化財制度」では、建設後50年を経た建造物が登録対象となる²⁰⁾ことを記憶に留め、また、100年橋梁が求められる時、後世に多少なりとも歴史的・文化的評価を受けられるようなことを意識して、日々の設計や施工に当たることが大切になる。



写真 26 平成13年被災状況²¹⁾

おわりに

2001(H13)年9月11日夜、ニューヨークでのあの惨事の映像が飛び込んでくる迄、多くのTV画面には落橋寸前の大石橋のポーナルトラスが映し出されていた(写真-25)。あれから6年、劇的な最期により着目されたが故に、人知れず架け替えられ鉄の塊になったかもしれない明治生まれの橋が、今一度生かされ、思いを共有できる場に甦った。

この橋の価値や景観的配慮が理解され、異例とも言える河川協議の変更が認められたことも特筆される。

このようなことを踏まえて、製作されてから1世紀余、その大半過ごした地で、地域の歴史、建設に携わった先人たちの熱意、そして橋梁技術の生き証人として、今後とも末永く愛され使用されることを望みます。

最期になりますが、芦田昌高氏、竹花国雄氏、笠井英行氏はじめ旧丸子町土木課、上田市丸子自治センター関係各位のご尽力によりこの桁が思いを共有できる場所に再生されたことに改めて心より感謝します。

また、撤去より再生の間を通して、貴重な資料やご助言、ご指導を戴いた小西、佐々木両先生に御礼申し上げます。

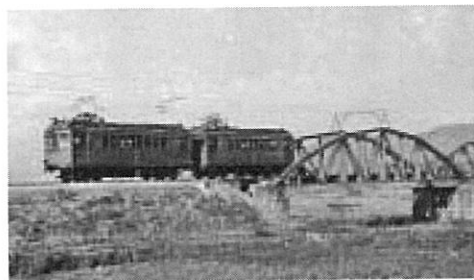


写真 27 在りし日の大石橋²²⁾とりんどう橋

参考文献：

- 1) 唐沢昌弘「なつかしの上田丸子電鉄」銀河書房 PP13～41
1987年4月
- 2) 小林宇一朗他「写真探訪 信州の廃線紀行」(榊郷土出版社
PP67～75 1998年5月
- 3) 丸子町「丸子町史」
- 4) 小西純一他「わが国におけるドイツ製鉄道橋架－歴史と現
状」土木史研究 Vol. 12, PP16～20 1992年6月
- 5) 小西純一他「わが国における英国系トラス桁の歴史」土
木史研究 Vol. 10, PP55～56 1990年6月
- 6) 日本橋梁建設協会「改定 日本の橋」朝倉書店 PP23 1986
年6月
- 7) Introduction for the Election of the Link bridges
Society Harkort system 帝国鉄道協会報第2巻、1900年
- 8) The Harkort Co.「The Harkort System of Pin Bridge」1900
年頃
- 9) 前出 4) PP15
- 10) 前出 4) PP23、24 に筆者補足加筆
- 11) 前出 4) PP18
- 12) 前出 8) PP12
- 13) 土木史研究委員会「日本の近代土木遺産－現存する重要な
土木構造物 2000 選」土木学会 2001年
- 14) 丸子町「依田内村線道路改良工事設計業務報告書」みすず
綜合設計 2007年9月
- 15) 鉄道省工務局[橋桁/強度] PP47 1926年5月
- 16) 上小土木振興会「大石橋改造工事 設計計算書」松尾橋梁、
1970年8月
- 17) 佐々木哲也他[歴史的ボーストリングトラスを転用したり
らんだ橋のデザイン]土木学会 2007年12月
- 18) 永田、佐々木「歴史的鋼橋の保全・活用における保存設計の
現状と課題」土木史研究論文集 Vol. 26, 2007年
- 19) 土木学会鋼構造委員会編「歴史的鋼橋の補修・補強マニユ
アル」土木学会 2006年11月
- 20) 文化庁歴史的建造物調査委員会編「建物の見方・調べ方－近
代土木遺産の保存と活用－」ぎょうせい、1988年
- 21) (社) 日本河川協会水害レポート 2001
- 22) 宮田他「RM LIBRARY 上田丸子電鉄(上)」(榊ネコ・パブ
リッシング PP6 2005年9月

