

土木学会鋼構造委員会
第8回鋼構造技術継承講演会
2020.12.08

歴史的鋼橋保全の課題など
～過去30年のかかわりを通じて～

五十畑 弘

1

話の内容

講演の依頼

『長年の経験から、当時の時代背景、エピソード、考えたこと、後世に伝えておきたいことなど』

私の話の内容

ライフワークとしての

- 歴史的鋼橋の調査・保全
- 土木遺産、土木史研究

2

なぜ歴史的鋼橋か？

鋼橋など土木施設への社会の要請の拡大

構造物の基本的な役割 + **それ以外、その周辺**

構造物の景観、まち並みの中での
存在感 ⇒ 歴史的・文化的価値

- 土木史研究委員会の創設(学会創立50周年の後)
- 選奨土木遺産の制度設置(2000年)
- 土木デザイン賞創設(2001年)



- 社会の期待の周辺の拡がり、多様化
- 土木技術者の守備範囲の拡大

3

構造分野で過去のもの(歴史的鋼橋)の意味は？

基本性能を満たし、
持続的に効果を発揮



○社会生活の一要素
○日常の中に埋没

機能的にも景観的にもあまりにも日常的で、
日頃はそれに気づかない

インフラ施設とはそういうもの

4

- インフラ施設とは、人々のさまざまな活動に大きく影響。しかし目立たない
- 人々の日常生活において、基盤の部分であたりまえのように深く関与
- ⇒ **エッセンシャル・ファンクション**



- 物理的かつメンタルにも影響大
- 長期間継続で、影響を受ける人の総数増
- ⇒ **社会の構成物としての重み**の増加

これがいわゆる「文化」

5

すべての知識は実利を目的

違いはただ捉える時間スパンの違い
一般に、社会科学＞自然科学＞工学技術

その時々状況に応じて時間スパンの違いを認め、
許容できること

⇒結局これが一国の「文化レベル」

6

100周年記念図書「100年橋梁」の発行

鋼構造委員会
100周年記念図書
出版特別委員会
2014発行



記念図書発行で考えたこと

- 私たちの先輩方が、土木技術をもって実施した社会への働きかけてきたこと
- 人々が受けて生きてきたことの影響（効果）



100年橋梁はこの物的な証拠

「意識はしないがある時期の技術活動を示す
歴史的橋梁は、確実に文化を構成する要素」

8

「100年橋梁」のあとがき より

「100年もの間、橋が構造物としての役割を果たし続けられたことには、橋に対するさまざまな立場の人々の関わりがありました。」

交通路としての橋の計画、設計で当時の最先端の技術が投入され、開通後には列車や人や車を通しながら、傷んだところの手入れを施し、あるいは、社会の要請によって部分の改造などもされました。時として橋は歴史的な出来事の舞台としても関わりを持ちました。

これらの各時代における橋に対する技術的、社会的な面からのさまざまな関わり方の積み重ねの上に100年橋梁があります。」

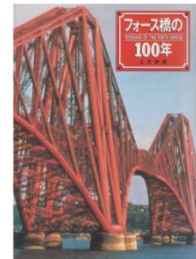
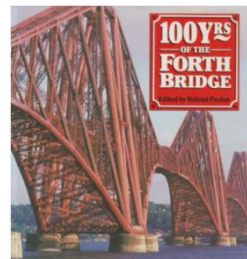
9

フォース鉄道橋100周年記念出版

左：イギリス土木学会発行

「フォース鉄道橋100周年記念出版(1990)」

右：土木学会発行「フォース橋の100年」



10

フォース鉄道橋

- 開通：1890年
- 構造：4径間のカンチレバートラス
(中央スパン521.3m、全長2528.7m)
- 材料： 総鋼重5.6万トン、リベット総数650万本
本格的鋼橋の第1世代を代表
- 世界遺産：2015年に橋単体指定



イギリス土木学会は建設100周年連続記念講演会を開催し、講演論文を図書として記念出版

11

出版の経緯

- 1990年当時のイギリス土木学会と土木学会の交流
- お雇い外国人技術者R. Hブラントンの顕彰を両学会共同で実施
- ロンドンと横浜の両方でシンポジウムを開催



○この交流を通じ、イギリス土木学会より、日本語版出版の働きかけ



土木史研究委員会に作業部会を設立して、日本語版『フォース橋の100年』を発刊

12

土木学会誌(1993年5月号)

「フォース橋の100年を翻訳出版して」より(一部略)

「・・・本書の文章の行間から感じられることは、100年もの長きにわたり耐えてきたこの橋に対する愛情と、この橋を建設した人々への賛辞、今日それを受け継いでいることへの誇りである。

英国では土木関係者だけでなく数多く一般の人々がこの橋の存在を知っており、しかもその歴史的な重さを好ましいと感じていることは事実である。(中略)

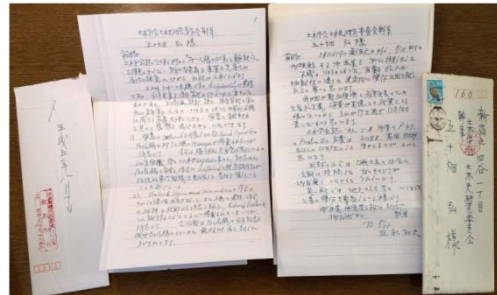
英国では、産業考古学やそれに類する歴史同好会のような草の根的な歴史サークルが無数にあり、歴史好きの土壌を作っていることも、歴史的建造物への一般の理解が高い理由である。

これは単なる懐古趣味ではなく、今日のあらゆるものは過去の先人たちのさまざまな活動の成果の上に立脚しているという、要すれば現在は過去の成果といったきわめて単純な理屈によるのである、とは原書の編者バクストン氏の弁である。」

13

友永和夫氏からのコメント

発行図書、学会誌記事に対して2回にわたり手紙を受領



「Paxton氏の言葉は、まったくその通りで、そのまま英国、欧州各国人の国民性と受け取るのがよいと思います。」とコメント

14

友永和夫氏(1911-2008)

- 戦前に田中豊先生に師事、鋼構造の大先輩
- 鉄道省、戦後国鉄で橋梁技術に従事、初期の溶接構造に関与
- 1955年飯田線天竜川橋梁(溶接平行弦3径間連続トラス＝東海道新幹線標準タイプ)
- 国鉄の構造物設計事務所の初代所長
- その後当時の横河橋梁に
- 1953年にドイツ、イギリス鋼橋視察。とりわけフォース橋についての思い出が深かった

15

2つの例



私の考える歴史的鋼橋の意義

～現在につながる過去の記録として～

- 土木構造物は、文化財を目指して建設したものではない
- 構造物の要求性能を満たし、社会の要請に応える積み重ねの中で、あとから歴史的価値がついてきたもの



鋼橋の歴史的価値は、社会の評価によるもの
⇒歴史的価値は、公益のための要求性能

- 受継いだ世代は、次世代に継承する役割
- 歴史的鋼橋はオプションではなく、構造技術の範囲

16

関わってきた歴史的鋼橋保全

これまでの保全技術

- 木造文化財建築の影響
100年を越える木造文化財建築の保全技術と人材
- トラスなど骨組構造の大規模補修は、木造建築の「解体修理」の手法を踏襲
- 歴史的鋼橋の保全実務を担う人材も建築技術者に多くを依存

17

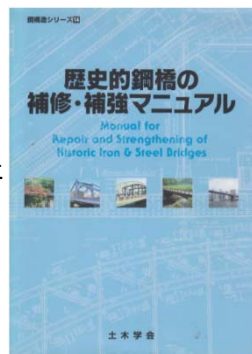
一方では、

- 土木学会の歴史的鋼橋保全への取り組みの傾向
- 近年の耐震補強における歴史的鋼橋の補修、補強への土木技術者の主体的関与
- 学識経験者を含む歴史的鋼橋の修復委員会では、土木技術者の参加
- 土木学会等における歴史的鋼橋保全の調査研究

18

歴史的鋼橋の補修・補強マニュアル発刊 (2006年、歴史的鋼橋の補修補強小委員会刊)

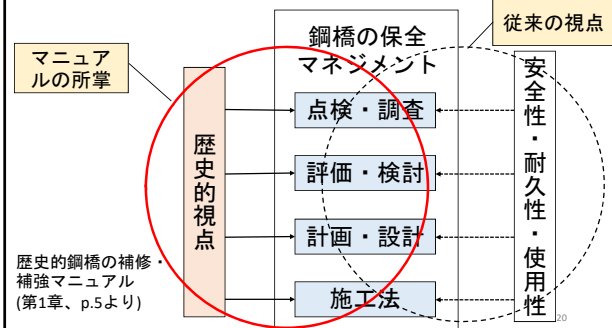
- 2000年前後の鋼構造委員会
歴史的鋼橋小委員会
補修指針の必要性を議論
- 2003年
『歴史的鋼橋の補修・補強に
関する調査小委員会』設置
- 2006年 マニュアルの発刊
- 土木遺産の価値基準の指標
①「技術」、②「意匠」、
③「系譜」に準拠



19

マニュアルの狙い

「技術」、「意匠」、「系譜」の3つの評価指標をもとに、歴史的鋼橋の補修・補強の方向性を示すこと



歴史的鋼橋保全の保存・再生

横浜霞橋(常磐線旧隅田川橋梁)

- 1896(明治29)年架設
常磐線(土浦線)複線橋梁
- 200ftプラットトラス(設計コンペ方式で決定)
初期の鋼橋 (cf.旧天竜川橋梁明治21年)
- イギリス、Andrew Handyside製作
- 特長：コッターピンを有する斜材、桁高/スパン比
の小さい旧イギリス式トラスからの離脱
⇒橋梁技術史上のエポックメイキング

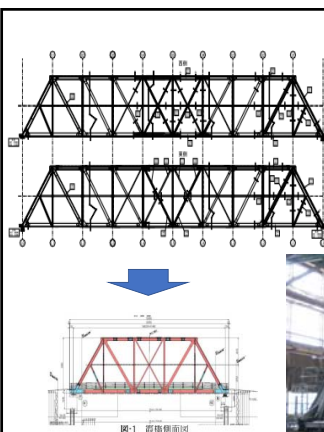


21

- 昭和初、江ヶ崎跨線橋へ転用、80年間供用
- 2009年 解体・撤去
- 2012年 横浜山下運河上道路橋に転用
- 格点部等新規材料、その他弦材、斜材は旧材利用



明治30年代の隅田川橋梁

江ヶ崎跨線橋(2009年)²²

- 60mスパン2連
⇒30m 1連
- 歴史的価値の判定
評価の高い部位を
転用・再生



図-1 断面側面図

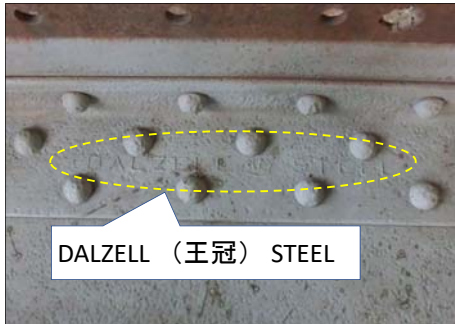


供用開始；2012年

- 検討体制：検討委員会設置
- 基本事項はマニュアルに準拠
- 初期の鋼材であり溶接を避けH T B接合を選択
- 耐震性：既存杓と機能分離し水平支承を追加
- 歴史的鋼橋保全の一つの方向性

24

鉄鋼メーカーの刻印

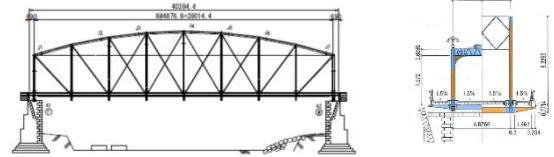


DALZELL ; 1872創業の製鉄メーカー、グラスゴウ近郊に工場
フォース橋(1890)、戦艦三笠、タイタニック号の鋼板供給

25

森村橋(静岡県、小山町)の再生

- 旧橋：明治39年富士紡績の工場入口に架設
昭和30年代まで中央にトロッキ軌道
- 鋼材：現アルセロール・ミッタル前身の1つ
ドイツBurbach製
- 製作：国産（東京石川島造船所）
- 諸元：スパン39m、幅員6.4m、単純曲弦トラス



26

- 平成16年廃橋、小山町に移管、
- 国登録有形文化財(平成17年)
- 弦材補強、塗装塗り替えなど補修・補強暦
- 全体に腐食著しく進行



全景（平成27年12月）

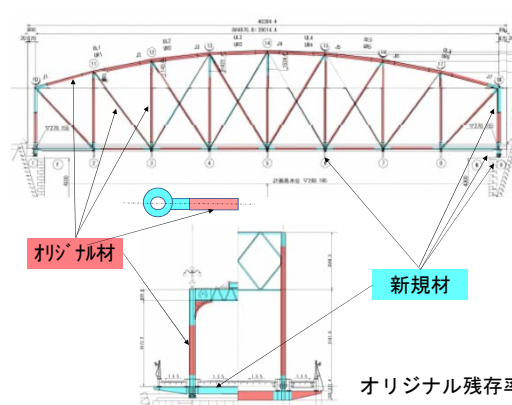


下弦材格点部

27

- 全解体修理工法を採用
トラス全体を解体、工場搬入の上、旧材を極力残す
- 下弦材のピン継手部は腐食著しく新規部材
- 上弦材は格点含み旧材
- 継手は溶接で実施
- キャンバーは、保存されていた設計資料を、当時の方法（JALワデルの方法）を適用
⇒上弦材10ftあたり1/8in(0.1%程度)の伸ばし
(=死荷重+1/2活荷重相当)

28



29



令和2年2月時点

30

重要文化財指定の鋼橋の補修・補強

いずれも、検討委員会で保全方針を検討

- 旧揖斐川橋梁(明治19年、鍊鉄200ftトラス5連)
- 美濃橋(大正5年、鋼ワイヤー吊橋)
- 清洲橋・永代橋、勝鬨橋の耐震、長寿命化

31

旧揖斐川橋梁の腐食部対策

- 明治19年竣工、旧東海道線の100 f t 鍊鉄トラス、5連
- 昭和35年に原位置で、歩道橋に転用
- 上部工の特に下弦材の腐食進展
- 原則板当補修、最小限の補修
- 塗装調査で当時の塗装色を復元



創建当初の鶯色の塗装に復元



補剛材の追加

33

美濃橋のケーブル補強

- 大正5(1910)年竣工のスパン113mの補剛吊橋
- ケーブル、補剛桁の腐食が進行
- ケーブル腐食箇所にもッドを新規追加の補強



アンカレッジ定着部

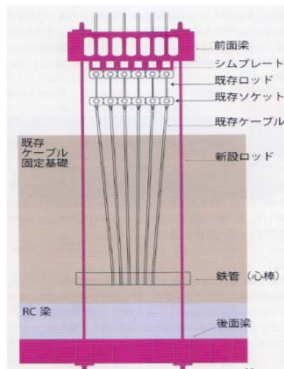


塔部

34



腐食進展しているケーブルの両側に新規ロッドを追加しケーブルの負担軽減



35

清洲、永代橋の耐震補強

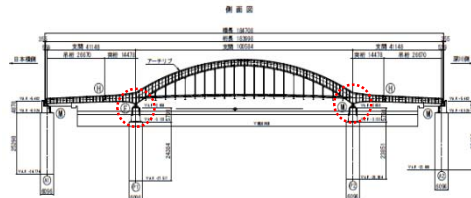


- 部材取替えなしに、追加する方法で補強
⇒重文の「現状変更」なし
- 清洲、永代の場合は復興局の設計に耐力的余裕
(路面電車、設計震度)
⇒レベル1より余裕で限定的な損傷の耐震性能

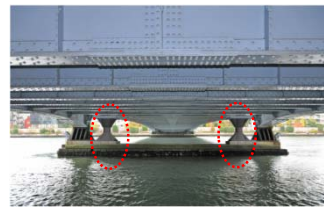
36

永代橋の補強

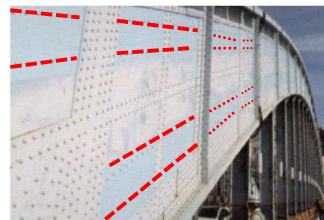
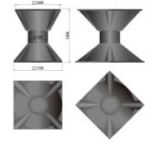
- 下部構造躯体、ケーソン基礎は問題なし
- 2橋脚同一形状につき、水平固定支承を追加
⇒地震荷重を分散
- アーチリブに水平補剛材を追加
- 橋台、ヒンジ部で支承の変形拘束



37



水平脊の追加

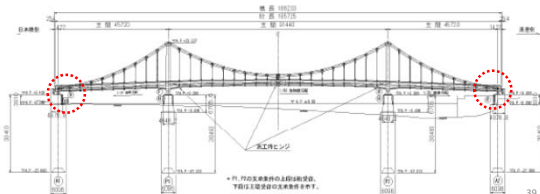


補剛材の追加

38

清洲橋の補強

- 下部構造躯体、ケーソン基礎問題なし
- 両橋台にダンパー設置
- 橋台部ペンデル沓のアップリフト、橋軸直角方向の移動拘束補強



39

端横桁のパネルに
ダンパーを設置

40

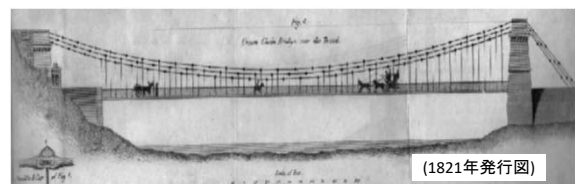
イギリスの吊橋の大規模補修

- 1820年竣工の吊橋、スパン133m(136m)、幅員は5.5m
- 鍛鉄アイバーチェイン
- テルフォードのメナイ吊橋の完成まで世界最長
- 現役最古の車両走行の道路吊橋
- 全解体修理で2021年11月竣工予定で補修工事開始



ユニオン吊橋(1820年、イギリス)

41



(1821年発行図)

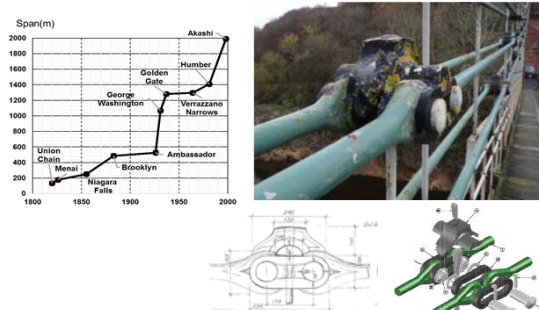


2017年10月撮影

42

鋼構造技術史上の意義

- 引張構造部材への**鉄の本格的使用**
- 1820年以後、その時々の世界最長吊橋を連ねると明石大橋までつながる**近代吊橋発達の起点**



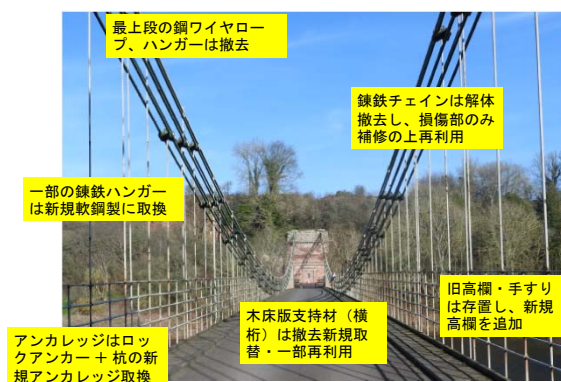
鉄製引張構造部材の 先駆チェーン

グレート・イースタン号の
チェーンと設計者
ブルネル(1857、ロンドン)

ユニオン吊橋のチェーンを
製造したブラウンの
ウェルズ、チェーン工場製



解体修理による大規模修復の工法



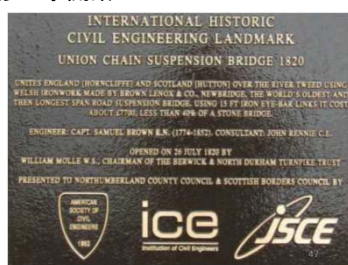
大規模修理への経緯

(学会誌10月号に国際センター報告記事)

- 資金不足で維持困難から廃橋の可能性
- イギリス土木学会より A S C E および JSCE に土木遺産評価の学術的側面で連携働きかけ
- 世界的な土木遺産としての意味付けで保全支援
⇒ 国際土木ランドマーク (IHCEL) の認定
- イギリスの文化財保全の基金の支援をうけるべく土木遺産価値を学術的に表明

- 3カ国土木学会より土木遺産価値表明
⇒ 基金からの補修資金獲得の支援
- 国際歴史的土木ランドマーク (IHCEL) は資金獲得の有効な側面支援
- 2019年12月文化財保全基金 (NLHF) 資金供与決定
- 2020年9月大規模補修工事開始

『・・・・・・ノーサンバーランド議会、スコティッシュボーダ議会に、ASCE、ICE、JSCEこれを贈呈』
2020.7.26



歴史的鋼橋の保全に関する調査研究

認識してきた課題

- 建築分野の歴史的建造物の補修・補強を超えた保全方法の開発
- 近年、耐震補強や、ケーブル構造など建築分野で例のない構造も対象範囲
- 公共構造物の多い土木構造物では、建築分野のように既存不適格が適用されにくく構造性能の保証

⇒ 土木の特性に応じた保全方法

現在の歴史的鋼橋の保全原則

- 補修・補強の原則は最小限の手入れ、可逆性
 - ①現状部材を出来る限り残す
 - ②損傷部のみを旧材に準じる材料で交換
 - ③交換より新規追加
- 解体修理手法は、木造骨組構造に由来
- 欧米では、解体修理という手法に否定的
 - ⇒解体は全体としてはオリジナルでない
- 木造構造の劣化の宿命
 - 木造文化財⇔石造文化財
- オリジナルにこだわれば、木造、鋼構造は継承不可？

49

世界遺産の文化財価値(真正性)
に関する奈良会議(1994)
「地域の地理、気候、風土による多様性を尊重」



非欧米地域の
文化財の評価

土木構造物の特性に応じた文化財価値
⇒土木の特性に応じた保全方法
⇒基本的機能の継続
⇒各時代の保全も、継承の対象

50

「稼動下にある産業遺産、土木文化財の保全に関する研究」(平成26～28年科研費研究)

- 構造物の機能維持と、文化財価値の継承の関係について分析
- 補修、補強や維持保全あり方を真正性、完全性の視点から検討
- 国内外の世界遺産、重要文化財を中心に稼動下の土木遺産を対象
- 過去の保全方法の傾向、保全方法と文化財価値との関係性の分析

51

本研究の結論

- 新規部材や装置を追加し、構造系の変更によるオリジナル部材の負担軽減
- 荷重変動を受ける部分、材質の劣化条件が厳しい個所は、オリジナルと同設計の代替品を許容
- 劣化の進行速度を遅らせることに留め置きし、新たな部材を追加することで、オリジナル部材負担軽減
- 供用開始後の補修・補強も評価

建築由来の補修方法に加え、土木構造技術の観点から踏み込んだ保全の手を加えることを許容
⇒積極的な構造技術者の関与が望まれる

52

「リベット継手」再現への課題

- 歴史的鋼橋への高力ボルト使用は、可逆性があり補修工法の1つ
- ただ、将来的には、実用的なリベットの施工法の開発が望まれ、その時点でリベットへの復元も可能
- リベット継手の研究・工法の開発

53

歴史的土木構造物の保全に関する研究

- 「歴史的構造物保全連合小委員会」(2006年～2010年)
土木構造物全体を対象とし、鋼構造、構造工学、コンクリート、水工学、地盤工学、土木計画学、土木史研究、景観デザインで構成
- 土木の各分野の歴史的構造物の保全の方向性を検討



「歴史的土木構造物の保全」
(鹿島出版会、2010年刊)

歴史的鋼橋、土木史へのかかわりのきっかけ

- 1987年(第7回土木史研究発表会)に横浜吉田橋他、プラントンの業績について発表
- 以後、土木史研究とのつきあいは現在まで30数年

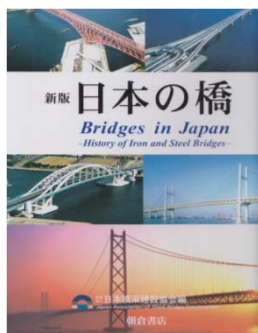
土木史研究委員会における歴史的鋼橋の扱い
 ○1980年代初め頃から明治期の欧米輸入鉄橋、
 転用橋の調査、人物史などの論文発表など
 ○1990年土木学会誌別冊増刊
 「近代土木の保存と再生」

55

- 鋼構造委員会における歴史的鋼橋の研究
 ⇒阿部英彦さん、田島先生、成瀬輝男さん等
- 常設委員会活動；1990年の成瀬委員長の歴史的鋼橋のデータベースの整備開始
 ⇒1994年に「鉄の橋百選」(東京堂出版)発行
- 歴史的鋼橋のデータベース整備の継続(小西委員長)
 ⇒2002年、歴史的鋼橋集覧(DVD版)発行
- 2003～06年「歴史的鋼橋の補修補強の調査」
 ⇒平成18(2006)年のマニュアル発行

56

- 2004年、橋建協「新版日本の橋」の発刊に際し、歴史的鋼橋の文献などの調査



『新版日本の橋』
 日本橋梁建設協会編、
 朝倉書店刊、2004年
 付録；歴史的鋼橋集覧(DVD版)

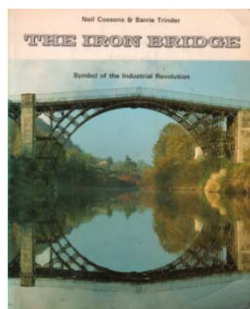
57

そもそものかかわりは・・・

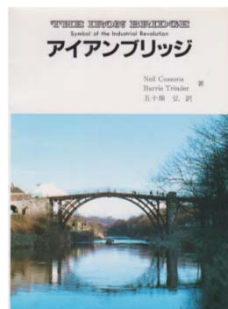
- 1971年現JFEエッジ(日本鋼管)入社、
 2004年まで33年間在職
 ⇒橋梁・鋼構造物の設計、海外勤務、そして営業など
- 2004年～2018年；日本大学生産工学部に14年間在職
- 歴史的鋼橋のきっかけは1985年から1987年までの
 NKKロンドン事務所勤務
 ⇒設計実務を14年間経たあとの歴史的鋼橋に接する機会
- ICE、産業考古学協会、その他研究会、協会など参加
 ○雑誌、、土木学会へ記事、論文投稿

58

- 1989(平成元)年、「アイアンブリッジ」を刊行



原本(Ironbridge Gorge Trust
 & Moonraker Press, 1979)



『アイアンブリッジ』
 建設図書、1989年

59

- 土木学会の土木史研究委員会の活動
 「お雇い技術者プラントンの特別委員会」
- フォース橋の翻訳出版など
- 近代橋梁史の研究継続
 土木史研究委員会
 鋼構造委員会「歴史的鋼橋小委員会」
- 1996(平成8)年；学位論文
 「わが国における近代鉄・鋼橋建設
 技術の発展過程に関する研究」

学位請求論文「わが国における近代
 鉄・鋼橋建設技術の発展過程に関する
 研究」平成7年9月



60

「土木図面の史料性に関する調査研究」
(2007～08) 年科研費研究

土木学会図書館委員会 + 鋼橋技術研究会の共同研究
「土木図面の史料性に関する調査研究部会」を組織
現存する荒川橋、尾張大橋、伊勢大橋、十三大橋、
美々津橋などの図面、計算書の分析年

報告書
(2008)



鋼橋技術研究会の報告書
(2008)

61

なぜ土木史、歴史的鋼橋の調査研究
へ関わったか

- 1980～90年代；多数の研究会、勉強会などが活発
- 本業に軸足を置くが、歴史的鋼橋の論文や本、原稿を書いている方の存在
- 阿部英彦（国鉄）、田島二郎（埼玉大）、成瀬輝男（IHI）、小西純一（信州大）等、土木史研究では、道路公団OB、片平エンジの武部健一氏ら
- ICE土木史研究委員会パクストン氏、前ICE図書館長クライム氏とは30年来の交流
- 結局は、これらの人との交流が歴史的鋼橋、土木史への調査研究に駆り立ててきた要因

62

まとめとして

- インフラ構造物への社会の受け入れ方
＝将来のインフラの整備の方向性を示唆
- 求められること
＝専門知識＋技術の行使のコントロールの判断知識
- 先人らがどのような理由で、どのように対処してきたかを知ることは一種の“ステアリング知識”

63

「社会資本と土木技術に関する2000年仙台宣言
－土木技術者の決意－」

（土木学会誌、vol.85,p.12 2000年9月、
第4項〔理念-3歴史的遺産、伝統の尊重〕）

「(前略)未来世代への生存条件の保障のうちには、今現在遺されているこうした大切な人類資産を損なうことなく未来へ伝えるとともに、新たな文化を創造する役目も負っている。
こうした伝統と融合する社会資本整備のあり方が、新たな文化・文明を生み出すという自負をもって事業にあたらねばならない。」

64

土木学会鋼構造委員会
第8回鋼構造技術継承講演会
2020.12.08

ご静聴ありがとうございました。

五十畑 弘

65