

### 3. 保全事例の紹介

保全事例の紹介

< Contents >

I. 湖畔橋の復元について

II. 犀川大橋, 白川橋の保守について

1

保全事例の紹介

マニュアル  
第6章P127参照



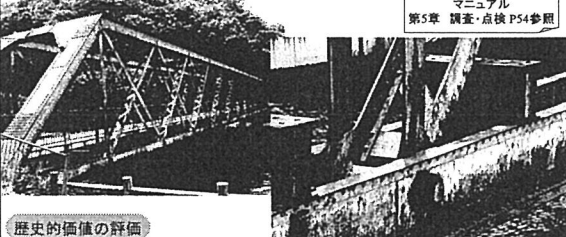
**概要**

湖畔橋(復元前)【原桁:1898年英国パテントシャフト社製】  
1898(明治31年)に英国から輸入され函館本線第一空知川橋梁として使用。大正12年に王子製紙の発電所建設のための資材輸送線の橋梁として現地に移設。昭和42年に線路を撤去し歩道橋に転用。

2

保全事例の紹介

マニュアル  
第5章 調査・点検 P54参照



**歴史的価値の評価**

技術: 北海道に現存する唯一の形式、最古の鋼橋(珍しさ)  
明治期に輸入された英国製200ftダブルワーレンピントラスの典型(典型性)  
意匠: 特になし  
系譜: 王子製紙の発電所建設用鉄道の産業遺産(地域性)  
移設されて73年間支笏湖のランドマークとして親しまれてきた(愛着度)

3

保全事例の紹介

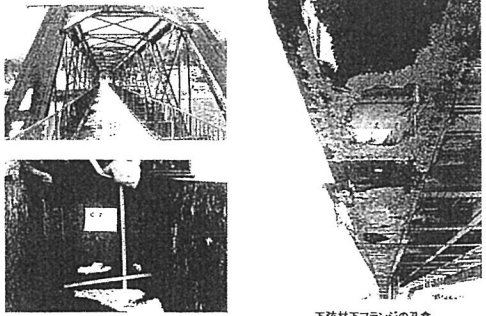
技術的価値や系譜を考慮して「現地で永久保存、リペイトで復元、現役で使用」を基本思想として復元。

- 平成5年: 現況調査 腐食状況調査, 材料調査, 応力測定
- 平成6年: 復元設計 現橋の採寸による図面作成, 新設計条件による補修設計
- 平成7年: 現橋解体 現橋の解体, 再利用部材の分解・整備
- 平成8年: 部材製作 新規部材の製作, 全体仮組立, 下部工の施工
- 平成9年: 現地架設

4

保全事例の紹介

**腐食状況** 【平成6年(=経年95年)】の状況 (最後に塗り替えられたのは28年前)

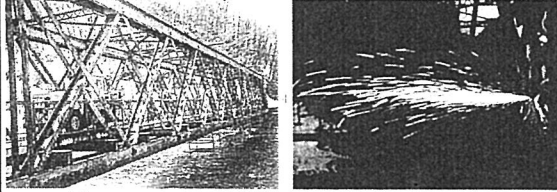


横桁ウェブ、ガセットの孔食

下弦材下フランジの孔食

5

保全事例の紹介



除雪車(W=5t)による載荷試験

火花試験

**材料試験**

火花試験: 鉄鉄 or ベッセマー鋼?

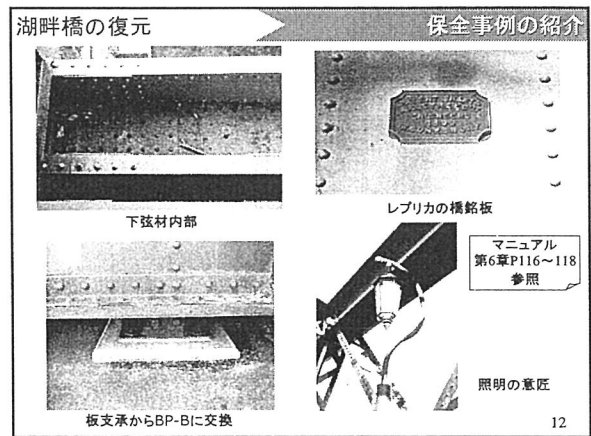
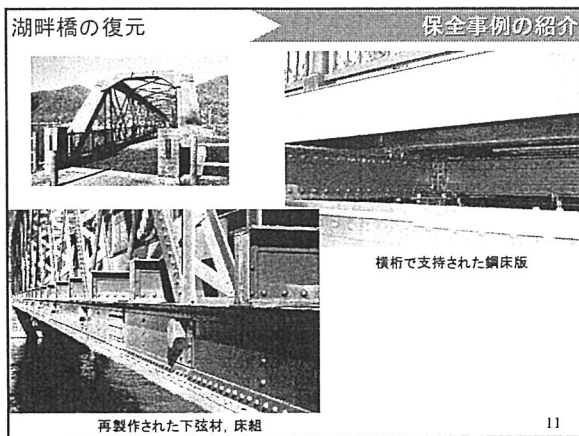
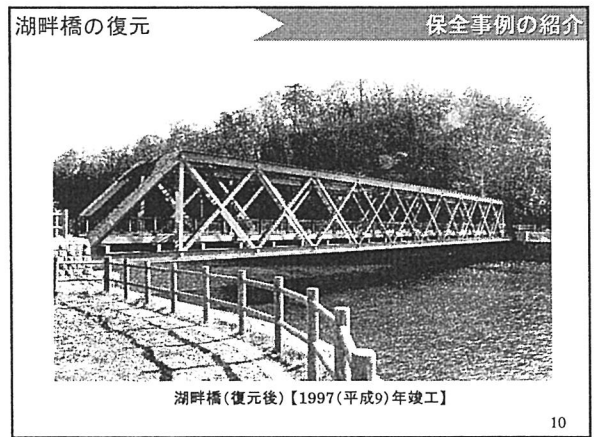
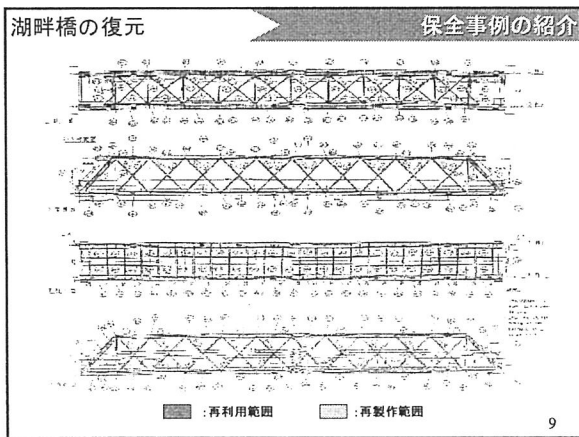
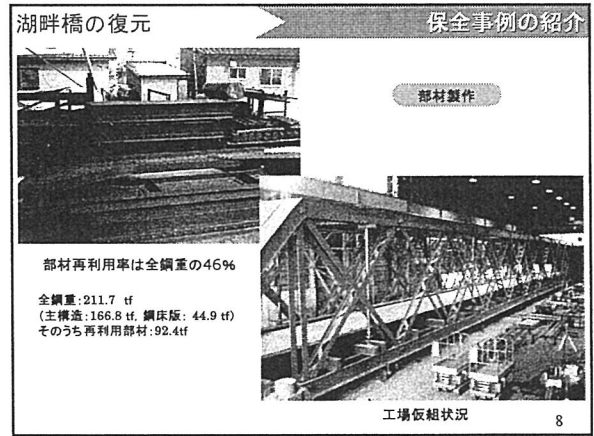
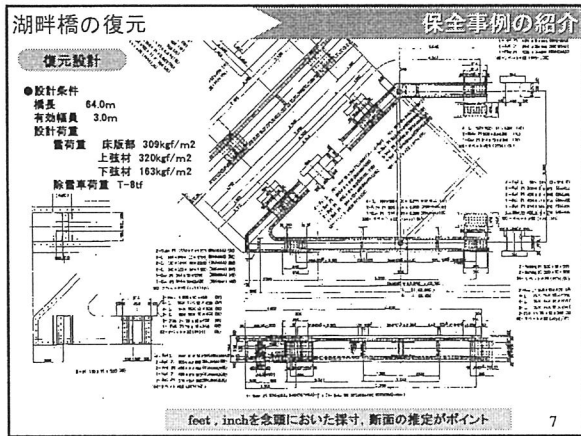
マニュアル  
第4章 材料 P40~47参照

最終的にはテストピースを採取し下記の試験を実施

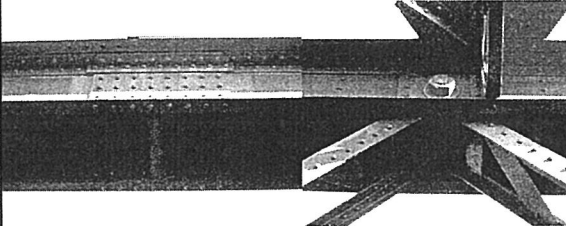
- ①化学成分分析: 炭素当量は0.100~0.187% SM400A規定のP, S成分は満足せず
- ②機械的性質試験: SS330クラス
- ③割れ試験(安全せ, 隅肉溶接)
- ④溶接熱影響分の炭素当量試験
- ⑤溶接ビード曲げ試験

⇒ 溶接補修は行わない

6



湖畔橋の復元 保全事例の紹介



現場継手もリベットを採用

ピン結合の格点部  
(本橋の歴史的・文化的価値の継り所の一つ)

**評価**

工場、現場継手ともすべてリベットで復元されたため、英国製200tダブルワーレンピントラスのオリジナルディテールがほぼ完全に継承されており、復元として望ましい事例である。

13

湖畔橋の復元 保全事例の紹介

復元、再生の留意点 必ず継手に手を加える必要が生じる  
オリジナルのディテールを継承、保持するためには...



格点部のピンを抜き取り解体

現場継手のリベットを丁寧に抜き取り解体

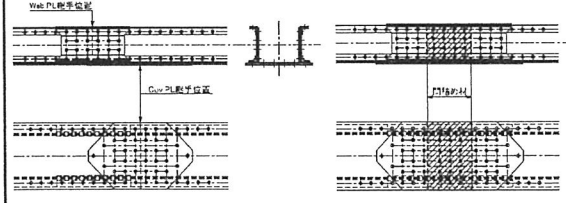
このような解体、復元方法を強いることは施工性、経済性などの理由から、非現実的である場合が多い。

14

現場継手の事例 保全事例の紹介

(1) 現場継手をガス切断後、再連結した事例 マニュアル  
第6章P101参照

Cov.PIとWeb.PIの継手位置が部材軸方向にずれているのも歴史的鋼橋の特徴的なディテールの一つである。



Web.PI継手位置

Cov.PI継手位置

a) オリジナル

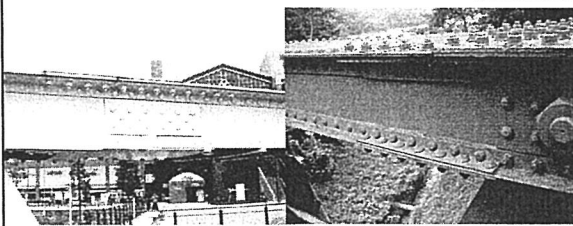
b) ガス切断後—再連結の例

継手そのものの構造、形状が変わってしまうので留意が必要である。

15

現場継手の事例 保全事例の紹介

(2) 現場継手にトルシア型高力ボルトを使用した【再生、復元】の事例 マニュアル  
第6章P102参照



a) トルシア型高力ボルトの頭を外側 (ただし、アングルSpを省略)

b) トルシア型高力ボルトの頭を内側

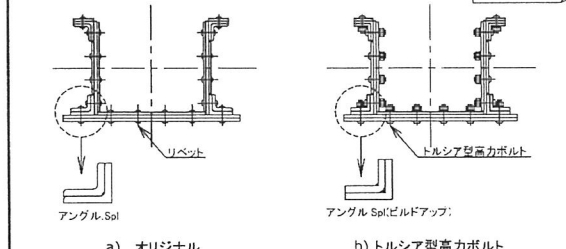
ボルトの向きによってはイメージが変わるので、見え掛り部など継手の位置によってはボルト頭の方向に配慮することが望ましい。

16

現場継手の事例 保全事例の紹介

(3) 現場継手に溶接を使用した【再生】の事例 マニュアル  
第6章P102参照

上ヶ池公園橋 (明石市)  
(1890年独ハークート社製ボーストリングピントラスを1995年に歩道橋として再生)



リベット

トルシア型高力ボルト

アングル Spビルドアップ

a) オリジナル

b) トルシア型高力ボルト

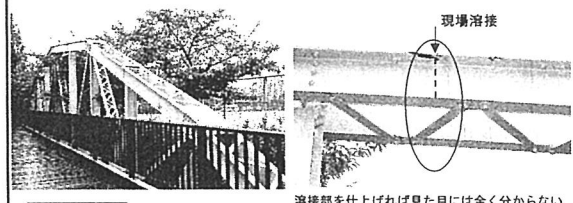
現在の規格にないアングルなどの部材をビルドアップで製作する場合、エッジをR加工すれば、違和感も少なくなり望ましいと思われる。

17

現場継手の事例 保全事例の紹介


(3) 現場継手に溶接を使用した【再生】の事例 マニュアル  
第6章P103参照

上ヶ池公園橋 (明石市)  
(1890年独ハークート社製ボーストリングピントラスを1995年に歩道橋として再生)



現場溶接

溶接部を仕上げれば見た目には全く分からない



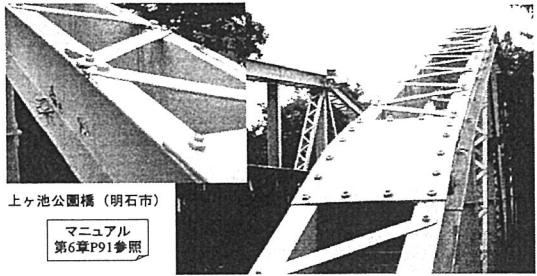
※ 溶接性に問題がなければこれも解決策の一つ

18

部材補修の事例 保全事例の紹介

部材補修 ⇨ 【保守】、【再生】、【復元】という保全方針では必ず必要となる。

(1) レーシングバーの交換  
六角ボルト、矩形テーパ座金によりレーシングバーを取り付けた例



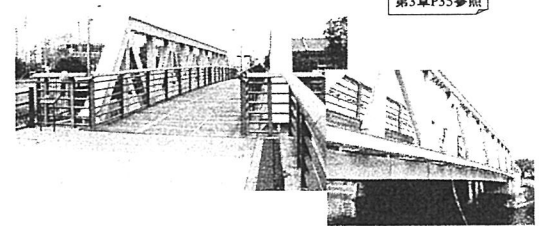
上ヶ池公園橋（明石市）  
マニュアル  
第6章P91参照

現場継手と同様、見え掛り部などはトルシア型ボルトを使用するなどの配慮があるほうが望ましい。

19

部材補修の事例 保全事例の紹介

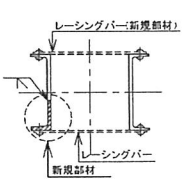
(2) 溶接補修  
新港橋梁(横浜市)  
大正元年製の国産ポニーワーレントラス鉄道橋を平成13年に歩道橋として再生



マニュアル  
第3章P35参照

20

部材補修の事例 保全事例の紹介



レーシングバー(新規部材)  
溶接  
レーシングバー  
新規部材

マニュアル  
第6章P92参照


新港橋梁(大正元年、横浜市)

レーシングバーはすべてリベットで取り付け  
溝形鋼の腐食部分を切断、新規部材を突合せ溶接  
※ 溶接性に問題がなければこれも解決策の一つ

21

犀川大橋の補修・補強 保全事例の紹介

犀川大橋の橋歴



1924（大正13）年、金沢市内を流れる犀川に建設  
金沢の市街地中心にあり、幹線道路(国道157号)の関門であり、広く金沢市民に親しまれている。

経年(約70年)腐食・劣化  
交通量増加による床版劣化  
歩道有効幅員が狭い

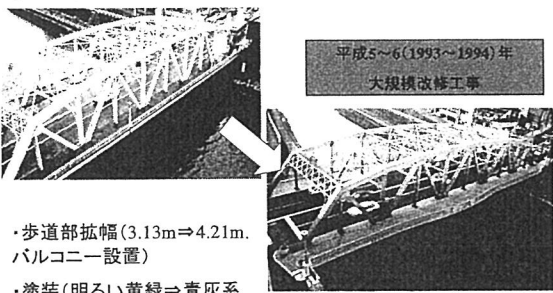
平成5～6(1993～1994)年  
大規模改修工事

形式：下路式単純曲弦ワーレントラス  
橋長：62.308m  
幅員：車道=12.450m  
歩道=3.130m(有効幅員1.9m)  
設計荷重：自動車荷重=13t  
路面電車荷重=32t(昭和42年まで)

22

犀川大橋の補修・補強 保全事例の紹介

犀川大橋の全景



平成5～6(1993～1994)年  
大規模改修工事

- ・歩道部拡幅(3.13m⇒4.21m、バルコニー設置)
- ・塗装(明るい黄緑⇒青灰系グラデーション)

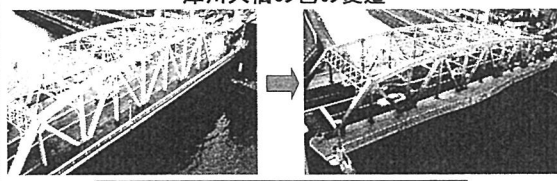
マニュアル口絵、P71参照

2000.12.04(平成12年)国登録文化財に登録

23

犀川大橋の補修・補強 保全事例の紹介

犀川大橋の色の変遷



施工年	塗装色
1958(昭和32)年	ネズミ色
1966(昭和41)年	カーキ色
1975(昭和50)年	白系クリーム色
1984(昭和59)年	明るい黄緑(市民アンケート)
1993(平成5)年～	青灰系グラデーション(犀川大橋補修検討会・景観検討委員会)

日本の伝統色を加賀を源に見られる漸増漸減、連続彩色の配色法でアレンジ、金沢らしい景観色になるように丁寧な検討。

24

犀川大橋の補修・補強 保全事例の紹介

**景観への配慮  
(橋面・親柱の修景)**

自然石による歩道舗装  
高欄は紅殻格子を模した  
親柱は完成当時のものを復元  
照明はガス灯をイメージ

25

犀川大橋の補修・補強 保全事例の紹介

**犀川大橋一般図**

26

犀川大橋の補修・補強 保全事例の紹介

**犀川大橋補修・補強内容**

- 歩道拡幅
  - ・ ブラケット、側縦桁取替え
  - ・ RC床版撤去、鋼床版設置
  - ・ 自然石舗装、ロードヒーティング
- 主構下弦材格点劣化・腐食部の補修
- 主構垂直材の補強 (PC鋼棒によるプレストレス導入)
- 主構垂直材の変形部を加熱矯正補修
- 床版補修 (下面鋼板撤去、修復)

27

犀川大橋の補修・補強 保全事例の紹介

**犀川大橋補修・補強内容  
歩道拡幅 (ブラケット取替え)**

既設ブラケットと下弦材との連結リベットが、垂直材・ガセット等を合わせて連結  
→ 全部撤去が困難

28

犀川大橋の補修・補強 保全事例の紹介

**犀川大橋補修・補強内容  
歩道拡幅 (ブラケット取替え)**

既設ブラケットと下弦材との連結リベットが、垂直材・ガセット等を合わせて連結  
→ 全部撤去が困難

29

犀川大橋の補修・補強 保全事例の紹介

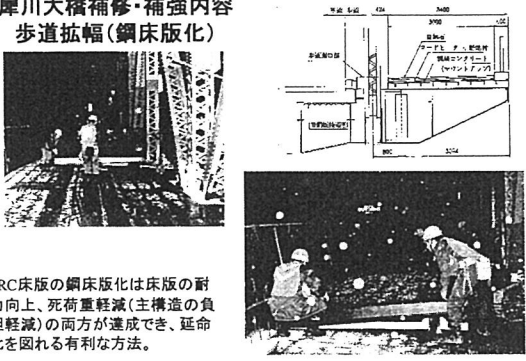
**犀川大橋補修・補強内容  
歩道拡幅 (鋼床版化)**

下路トラス⇒トラッククレーンの使用に制限  
⇒簡易ドーリーによる引き出し架設

30

犀川大橋の補修・補強 安全事例の紹介

犀川大橋補修・補強内容  
歩道拡幅(鋼床版化)



・RC床版の鋼床版化は床版の耐力向上、死荷重軽減(主構造の負担軽減)の両方が達成でき、延命化を図れる有利な方法。

31

床版の補修・補強 安全事例の紹介

岩井橋の鋼床版化

マニュアル第5章、P58参照

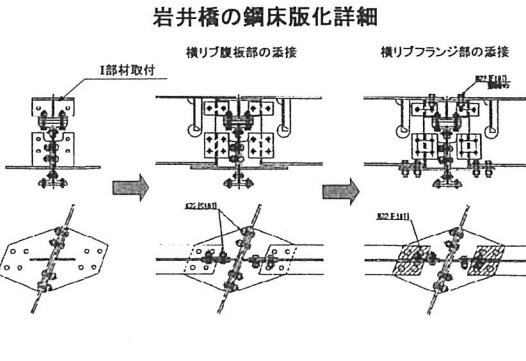


岩井橋:大正12年建設(名古屋市)、アーチ橋  
平成10年補修工事=鋼床版化

32

床版の補修・補強 安全事例の紹介

岩井橋の鋼床版化詳細



I部材取付  
横リブ腹板部の添接  
横リブフランジ部の添接

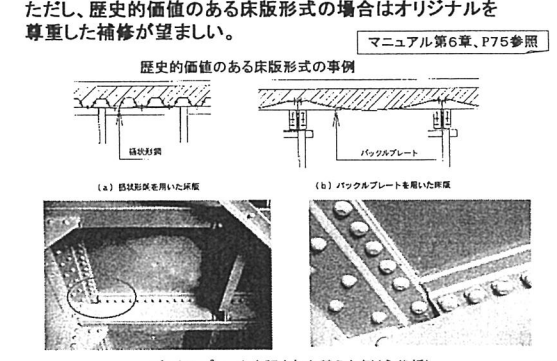
33

床版の補修・補強 安全事例の紹介

ただし、歴史的価値のある床版形式の場合はオリジナルを尊重した補修が望ましい。

マニュアル第6章、P75参照

歴史的価値のある床版形式の事例



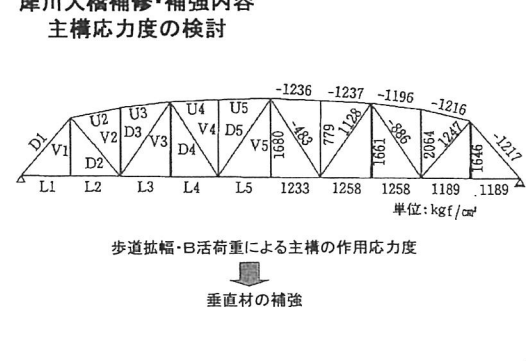
(a) 鉄筋コンクリートを用いた床版  
(b) バックルプレートを用いた床版

バックルプレート床版を打ち替えた例(永代橋)

34

犀川大橋の補修・補強 安全事例の紹介

犀川大橋補修・補強内容  
主構応力度の検討



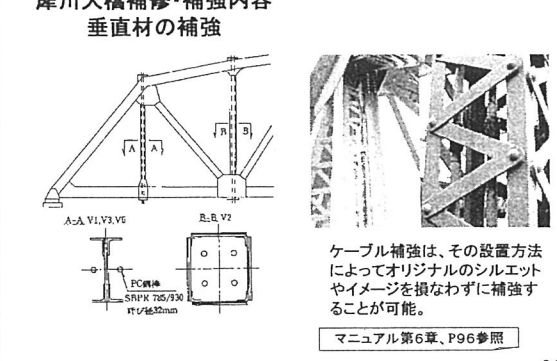
単位: kgf/cm<sup>2</sup>

歩道拡幅・B活荷重による主構の作用応力度  
↓  
垂直材の補強

35

犀川大橋の補修・補強 安全事例の紹介

犀川大橋補修・補強内容  
垂直材の補強




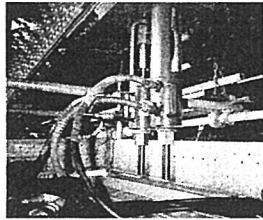
ケーブル補強は、その設置方法によってオリジナルのシルエットやイメージを損なわずに補強することが可能。

マニュアル第6章、P96参照

36

犀川大橋の補修・補強 保全事例の紹介

**犀川大橋補修・補強内容**  
垂直材の補強

上弦材上側定着  



下弦材下側緊張

37

犀川大橋の補修・補強 保全事例の紹介

**犀川大橋補修・補強内容**  
主構格点部劣化・腐食部の補修

主構下弦材格点部腐食の素地調整

 → 

動力工具によるケレンが困難で腐食が比較的是げしい格点内部等はサンドブラストによるケレンを実施

38

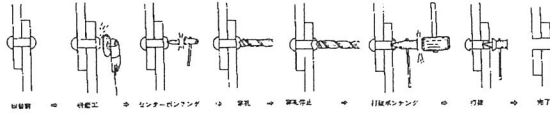
犀川大橋の補修・補強 保全事例の紹介

**犀川大橋補修・補強内容**  
主構格点部劣化・腐食部の補修

リベットの高力ボルトへの取替え工法

ガス撤去法・・・母材損傷の可能性がある  
過大な熱が加わる可能性がある  
施工に熟練技術が要求される

→ ドリル穿孔法




39

犀川大橋の補修・補強 保全事例の紹介

**犀川大橋補修・補強内容**  
主構格点部劣化・腐食部の補修

リベットの高力ボルトへの取替え

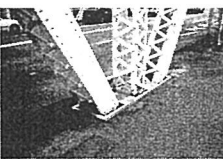
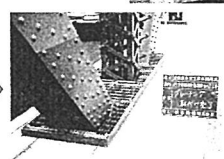
 

40

犀川大橋の補修・補強 保全事例の紹介

**犀川大橋補修・補強内容**  
主構床版貫通部の補修

マニュアル第6章、P120参照  
白旗大橋の事例  
(避けたい部材加工・構造変更・化粧)

トラス斜材・鉛直材の床版貫通部は滞水等により腐食が進行しやすい。


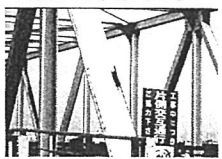
歩道面からの雨水等の流入を防止するため囲いを高くし、換気をよくし、保守点検が容易にできるようグレーチング構造を採用

41

犀川大橋の補修・補強 保全事例の紹介

**犀川大橋補修・補強内容**  
垂直材変形の加熱矯正

下路形式の歴史的鋼橋では、現行要求の幅員構成が取れていないケースがあることから、車両の衝突を受け、変形した事例が多い。

トラス端柱の損傷事例

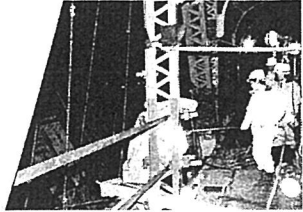
マニュアル第5章、P65参照

42



厚川大橋の補修・補強 保全事例の紹介

**厚川大橋補修・補強内容**  
垂直材変形の加熱矯正



部材取替え  
・仮部材の設置が困難

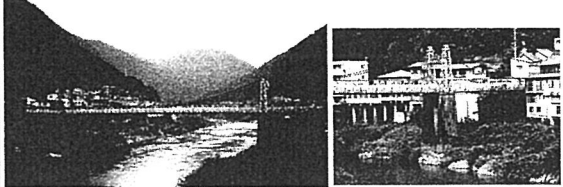
↓

夜間加熱矯正  
900℃程度まで加熱し、加圧矯正。  
交通開放は約250℃以下で、これに要する放熱時間は30～40分

43

吊橋の補修・補強 保全事例の紹介

**白川橋(岐阜県)ケーブルの補修事例**  
1926(大正15)年建設。建設後74年経過時(2000年)のケーブル補修  
主塔および補剛桁がトラス構造、橋長114.956mの2ヒンジ補剛吊橋(車道橋→人道橋)



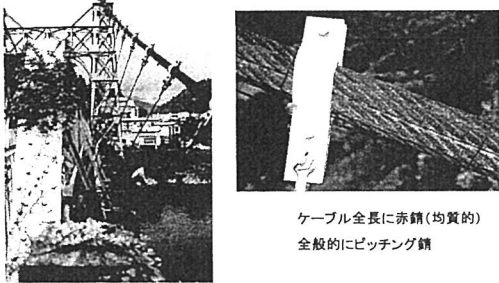
1978(昭和53)年に補修工事  
・ハンガーロープ全数取替  
・木床版をデッキプレートタイプの床版に取替  
・補剛桁下弦材の補強

マニュアル第5章、P68  
マニュアル第6章、P137参照

44

吊橋の補修・補強 保全事例の紹介

**白川橋(岐阜県)ケーブルの補修事例**  
1926(大正15)年建設。建設後74年経過時(2000年)のケーブル補修

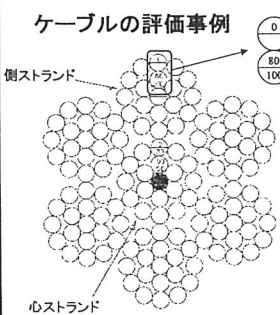


ケーブル全長に赤錆(均質的)全般的にピッチング錆

45

吊橋の補修・補強 保全事例の紹介

**ケーブルの評価事例**



目視による亜鉛めっきの残存率の推定(%) (外側)  
(内側)

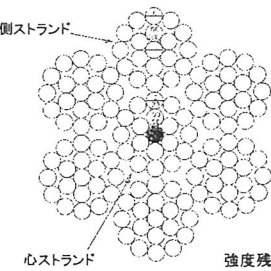
線の仕様  
亜鉛めっき線: 付着量280g/m<sup>2</sup>程度  
素線径: 2.84mm(7×19φ42)

経年の減量(山間部)  
純亜鉛減量: 6 g/m<sup>2</sup>/年  
合金層減量: 3 g/m<sup>2</sup>/年  
鉄の減量: 0.05～0.1mm/年  
亜鉛層: 合金層=7:3といわれる。  
純亜鉛=196g/m<sup>2</sup> 合金層=84g/m<sup>2</sup>

46

吊橋の補修・補強 保全事例の紹介

**ケーブルの評価事例**



消失年数の推定  
①純亜鉛: 196/6=33年  
②合金層: 84/3=28年  
61年後に鉄地肌  
③鉄減量(74-61)×0.075=0.98mm

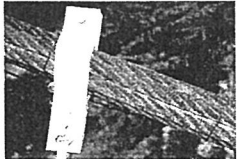
欠損部(30%/0.98mm)

強度残率=(1-0.3×12/19)×100=81%

47

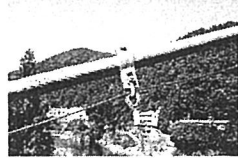
吊橋の補修・補強 保全事例の紹介

**テープ巻き工法によるケーブルの防食**



神鋼鋼線工業㈱/バレットより

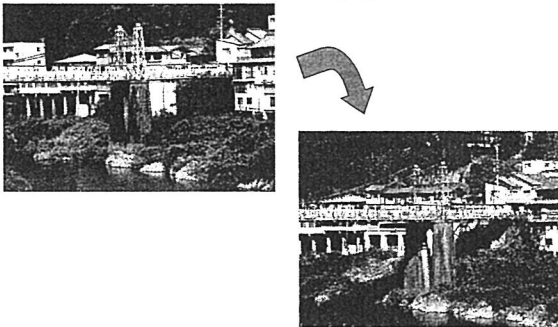
補修後5年経過



48

吊橋の補修・補強 保全事例の紹介

吊橋ケーブルのテープ巻き補修による外観の変化

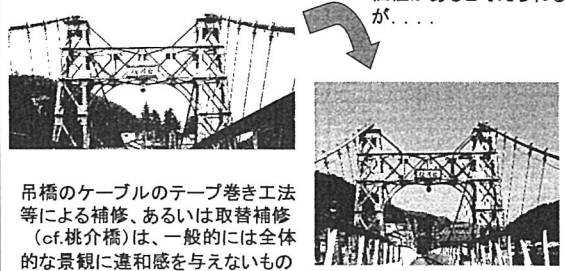


49

吊橋の補修・補強 保全事例の紹介

吊橋ケーブルの補修事例

歴史的な吊橋では、当然ケーブルにも歴史的価値があると考えられるが...



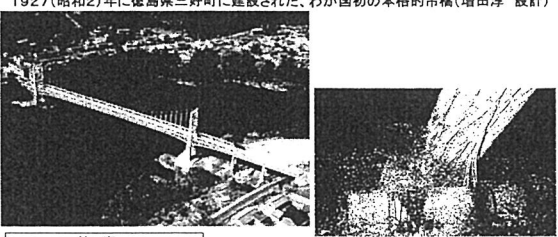
マニアル第6章、P137参照

50

吊橋の補修・補強 保全事例の紹介

三好橋(吊橋)のケーブル撤去による改造

1927(昭和2)年に徳島県三好町に建設された、わが国初の本格的吊橋(増田淳 設計)



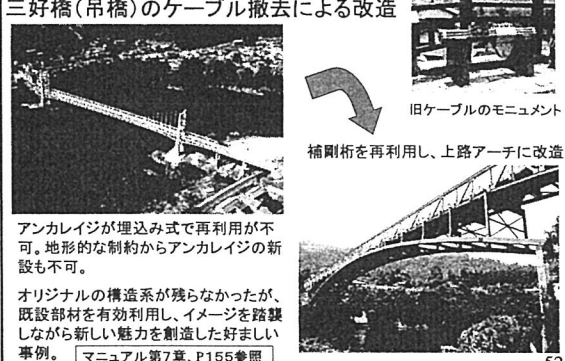
マニアル第5章、P69  
マニアル第7章、P155参照

建設後60年のケーブルアンカー一部損傷

51

吊橋の補修・補強 保全事例の紹介

三好橋(吊橋)のケーブル撤去による改造



旧ケーブルのモニュメント

補剛桁を再利用し、上路アーチに改造

アンカレイジが埋込み式で再利用が不可。地形的な制約からアンカレイジの新設も不可。

オリジナルの構造系が残らなかったが、既設部材を有効利用し、イメージを踏襲しながら新しい魅力を創造した好ましい事例。 マニアル第7章、P155参照

52