

2. 旧余部橋梁の維持管理の歴史

JR 西日本 構造技術室
(株)レールテック

木村 元哉
古寺 貞夫

旧余部橋梁の維持管理の歴史

JR 西日本 構造技術室 ○木村 元哉
(株) レールテック 古寺 貞夫

1. はじめに

山陰本線 鎧・余部間の余部橋梁は、強風時の列車運行の定時性を確保するため、2010年8月に地元の協力を得て新橋に架け替えられた。

旧橋は国内最大規模の鋼トレスル橋であり、日本海に面した苛酷な環境下にも関わらず、地道な維持管理を積み重ねた結果、約100年にわたり供用され続けてきた。

本稿では旧橋に対する維持管理の歴史の一部を紹介する。

2. 旧余部鉄橋の概要

2.1 旧余部橋梁の位置

山陰線 鎧・久谷間 京都起点 188k673m97

2.2 橋梁の形式

Trestle (トレスル) 式鋼脚高架橋
(上路プレートガーター・トレスル橋脚)

2.3 橋梁の長さとかさ

橋台面間長 309m424
レール面より川底まで 41m45

2.4 地質

軟岩層の上に砂利層、玉石層、粘土層等の互層

2.5 下部工

橋台 2基 橋脚 11基

基礎は9号及び10号橋脚では杭打(松杭末口23cm長さ5.5m~7.3m, 1支柱当り25本)及びコンクリート工が施され、その他の橋脚ではコンクリート基礎。基礎は元は全て石積石材は近村の硬質岩を使用している。

2.6 鋼材重量及びペイント塗面積

鋼材重量 1,010 ton
ペイント塗面積 21,381m²

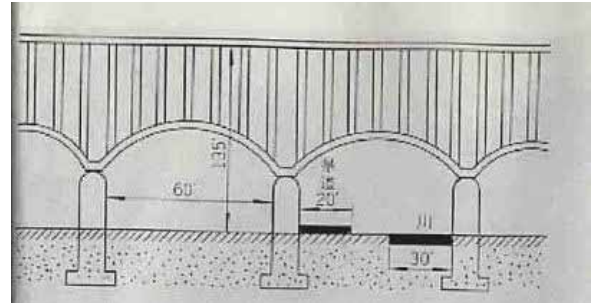


図-1 岡村技師が検討したRC橋案

3. 建設工事

余部橋梁の設計は American Railway Engineering & Maintenance of Way Association (1906) 制定の設計示方書に準拠しており、設計荷重は E-33 である。

3.1 設計者

鉄道院 技術研究所 技師 古川晴一

兵庫県生まれ 明治10年ごろ工部省工技生養生所終了後、橋梁技術史に大きな足跡を残したイギリス人、ポーナルの下で設計技術を修得、明治29年頃、鉄道院軌制取調委員、明治40年頃鉄道院技術研究所分科長、大正4年退官後、石川島造船所技術顧問、昭和14年没。

米子出張所技師 岡村信三郎が潮風を受けるため将来の保守を考え鉄筋コンクリート橋が有利と上申したが採用とならず建設費の安価な鉄橋とすることになり古川技師が設計を担当した。

当時の工事費の概算額の比較

鉄橋	33万円 (約99億円)
鉄筋コンクリート橋	47万円
築堤	70万円

古川技師はトレスル相互間は40呎(12.192m)で計画されていたが、米国へ赴きフィラデルフィアの橋梁技師ポール・エルウォルフエルと相談のうえ、間隔は現在の60呎(18.288m)に変更になった。変更がなければ11基の橋脚数は16基となっていた。

3.2 工事監督者

鉄道院 米子出張所 浜坂派出所 技師
橋本敬之

明治39年鉄道院工学士, 退官後大阪市電局長,
大阪交通科学館初代館長などを歴任, 昭和45年
没.

同 余部詰所 工区主任技師 岡村信三郎

明治16年2月山口県生, 明治40年京都大学
土木科卒, 鉄道院米子出張所, 西部鉄道管理局,
宇都宮保線事務所長, 水戸保線事務所長を歴任,
退官後東京地下鉄建設に従事, 昭和44年7月没.

同 工区 技手 上原直吉

明治39年鉄道院工学士, 昭和41年9月没.

3.3 請負人

鉄道工業合資会社 理事長 菅原恒覧

明治40年6月会社設立, 城崎から居組までの
53kmの鉄道建設を請け負う. 大正6年には難工
事で有名な丹那トンネルの東側を施工.

現場代理人 土屋峯吉

弐作業下請け 上州屋 加藤又次郎

ペイント塗装下請け 日本ペイント製造 kk

構脚製作 米国セールブレーザー会社

アメリカン.ブリッジ.カンパニー

ペンコイド(PENCOYD)工場製作

鉄桁製作 石川島造船所製作

明治44年9月神戸より陸送

3.4 工事期間

着工 明治42(1909)年12月16日

しゅん功 明治45(1912)年1月13日

開通 明治45(1912)年3月1日

3.5 工事費等	総工事費	331,535 円
	総人工	25 万人

3.6 工事中の労働災害

死亡 弐人足1名, 6号橋脚足場組立中,
下から2段目より墜落即死

死亡 男人足1名, 8号橋脚と9号橋脚間
の桁架設用足場取外し中, 下から3
段目より墜落即死

負傷 83名 重度障害者なし

3.7 鋼材輸送

トレスル(橋脚)の鋼材は, アメリカン.ブリ
ッジ.カンパニーペンコイド(PENCOYD)工場で製
作され, 門司に届けられた, それを同港で3000
t級の船に積み替え, 余部沖合いから, はしけ
で陸揚げされた. 明治43年7月のことである.
この作業は, 1本の鋼材でも沈めるとアメリカか
ら取り寄せなければならぬため, 慎重に作業
は進められた. 幸いにもその期間中は, ”べた
なぎ” 続きであった.

3.8 基礎工

基礎はフーチングのみコンクリートで, 躯体
は石積みである. 掘削方法は箱枠沈下としてお
りこの沈下にてこずったようである. 沈下の荷
重として30kg レールを載荷し, それでも不足の
時は人夫をできるだけ乗せて四股を踏む等して
沈下させた. ここは1mも掘削すると湧水があり,
また, 玉石も1m級のものが出るし, 埋木は出て
くるといった具合で困難を極めたようである.

3.9 橋脚組立て

橋脚1基あたり足場からリベット打ちまで約
40日を要しており, 使用した足場材は約2万本
で鳥取県境港から舟運している. リベット本数
も67000本と大量であり, 高所作業で横布足場
丸太の間隔が1.2mと大変危険であった. リベッ
ト検査をしていた岡村技師は当時2万円という
巨額の生命保険がかけられていたそうである.

3.10 桁架設

桁は石川島造船所で製作され, 明治44年9月
に神戸から工事列車を仕立てて陸送し, 鎧構内
において昼夜兼行で組立てを行い10月下旬から
12月下旬にかけて鎧方から架設している.

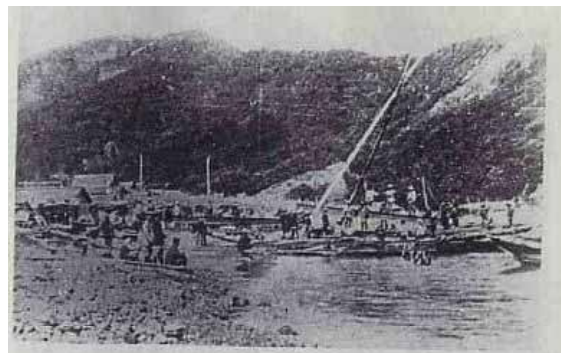


写真-1 鋼材の陸揚げ

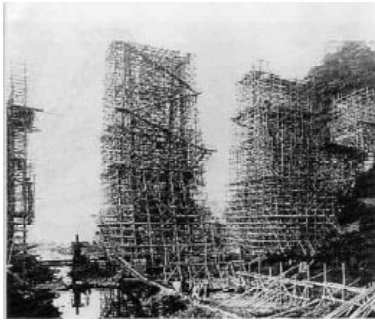


写真-2 鋼脚の組み立て

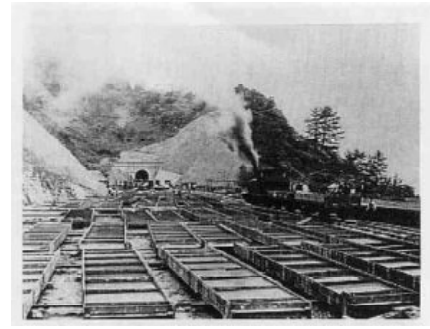
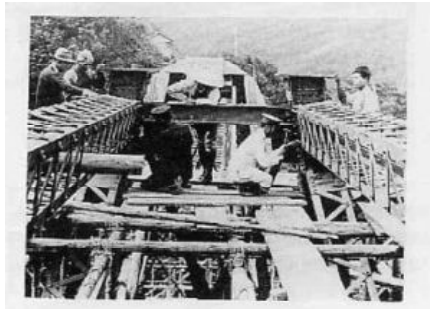


写真-4 鎧構内での鉄桁組み立て



※白制服姿が岡村技師と思われる

写真-3 リベット検査

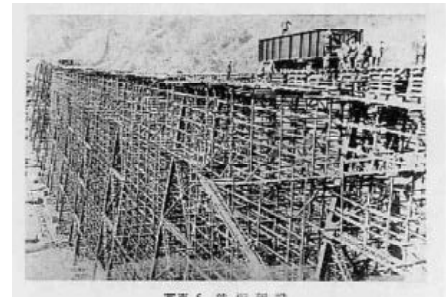


写真-5 鉄桁架設

3.11 試運転

試運転は明治45年1月28日に行われているが、この時のエピソードがある。明治44年12月下旬に最後の軌道敷設にかかっていた際、久谷方から線路のバラストを積んだ貨車5~6両が突然機関車から外れ走り出した。貨車の上には14~15人の人夫が乗っていたがあっという間に鉄橋を渡りきったが幸いにも丁度レールを継ぎ終わった直後であり大惨事を免れた。貨車は二つ目の溝内トンネル内で止まった。4~5人が貨車から飛び降りたが軽傷ですんだ。余部橋梁を最初に渡ったのは飛び降りることのできなかつた10人ぐらいの人たちであった。

試運転の日、1月28日を決めたのにもエピソードが残っている。荒れる日が多いため思案していたところ余部詰所の小使いさんに中祖という人がいた。この人は若い頃大峰山に入り易などをやったことのある人であり相談した所、1月28日が良いというご託宣があり決定された。当日はそのとおり無風快晴の日本晴れであった。

4. 腐食環境調査¹⁾

4.1 試験概要

(1) 鋼板暴露試験

余部橋梁は大規模であり、橋脚毎さらに上部・下部等の部位毎に腐食環境が異なると考えられるため、1989年3月から1994年3月の5年間にわたり、鋼板の暴露試験および飛来塩分量測定を実施した。

試験体は図-2中、例えば「2P上段」等と記載した位置にて暴露試験架台に鋼板(SS400)を暴露した。暴露鋼材は100mm×150mm、初期重量約350gである。橋脚における暴露方法は、鋼材面が橋軸と平行(海方向を向く)となるよう垂直に懸垂暴露した。暴露試験終了後、鋼材を回収し、腐食減少量の測定を行った。

(2) 飛来塩分量測定・付着塩分量測定

付着塩分量測定は捕集材として100×104×9mmの塗装鋼板を用いて行った。捕集材を毎月定期的に回収し、純水で洗浄して洗浄水中の塩化物イオン量を測定する方法により行った。付着塩分量測定後、再度暴露した。

飛来塩分量測定は、捕集材としてガーゼを用いるJIS Z2381により実施した。

4.2 試験結果

(1) 腐食減少量

鋼板の腐食減少値を図-3に示す。腐食減少量

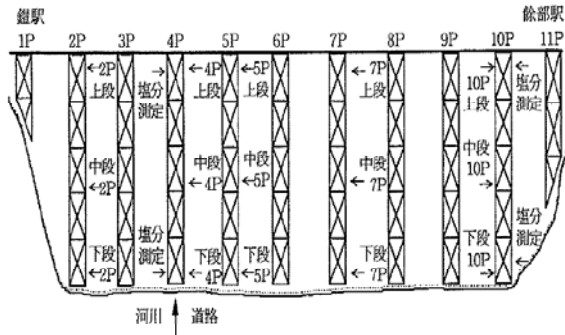


図-2 暴露試験片および塩分測定位置¹⁾

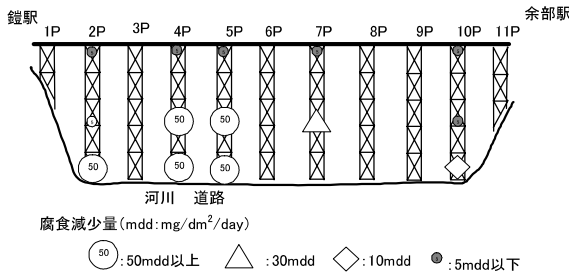


図-3 腐食減少量分布¹⁾

および腐食状況は、試験片設置箇所により、腐食減少量約 5~60mg/dm²/day と大きく異なっていた。腐食の著しい箇所は橋梁中央付近の中段以下であり、橋梁端部および上部の腐食減少量は小さい。特に、4P 下段海側の腐食が著しく、約 5 年 6 ヶ月の暴露期間内に腐食により完全に消失していた。

(2) 飛来塩分量

測定期間は約 4 年間であり、期間中の平均飛来塩分量は 4 号橋脚下段が約 170mg/m²/day、4 号橋脚上段と 10 号橋脚上段は約 70 mg/m²/day、そして 10 号橋脚下段は最も少ない約 30 mg/m²/day であった。付着塩分量は 4 号橋脚上段と 10 号協約上段が約 3 mg/m²/day で 10 号橋脚下段は約 1.4 mg/m²/day であった。

図-4 に示すとおり、飛来塩分量は季節変動が大きく概ね 10 月から 3 月にかけて多くなる傾向があった。また、図-5 に示すとおり、飛来塩分量と付着塩分量の相関は高いことが分かる。

5. 維持管理

設計者の岡村技師が心配したとおり、完成後 3 年して腐食、ペイント劣化が見られた。そこで、以下に示す余部橋梁専属の保守係員を常駐させた。

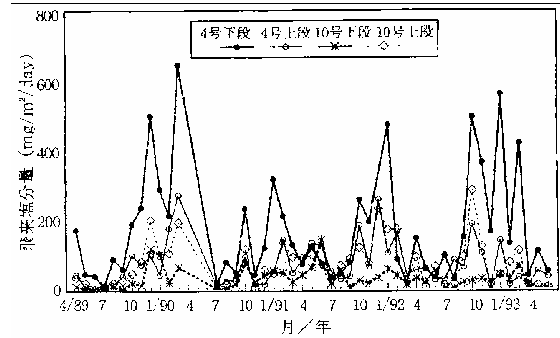


図-4 飛来塩分量の季節変動¹⁾

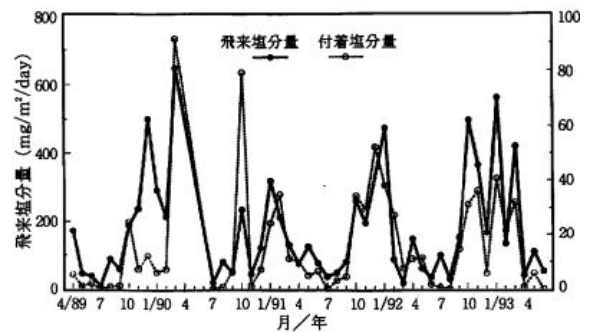


図-5 飛来塩分量と付着塩分量の比較¹⁾

(4 号橋脚下段)

5.1 橋守たち

大正 4 年から腐食防止のため請負によるペイント補修が実施されてきたが、大正 6 年に建設当時から塗装工として現地に出向いていた 2 名の日本ペイント社員 (上倉音吉氏、望月保吉氏) が、そのまま鉄道院職員として採用され、橋梁東端の見張番所 (現在は撤去されている) に詰めて専属に部分塗りをして保守してきた。その後、昭和 37 年まで以下の人たちが毎日、橋梁のサビと戦いを続けてきた。

工事工事

上倉 音吉	大正 6 年 3 月～昭和 10 年 3 月
望月 保吉	大正 6 年 3 月～昭和 24 年 3 月
岡本 和	昭和 2 年 1 月～昭和 24 年 3 月
山崎一太郎	昭和 21 年 6 月～昭和 29 年 9 月
山崎 彦人	昭和 25 年 10 月～昭和 37 年 7 月
工事士	
福井興七郎	昭和 25 年 10 月～昭和 37 年 7 月

これらの人たちの功績について、1982 年に書かれた文献²⁾では以下のような記述がみられる。

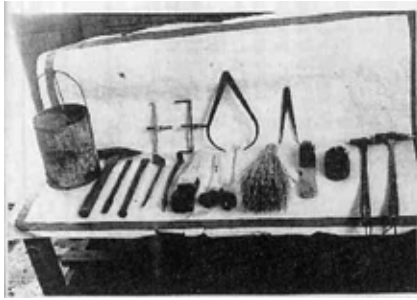


写真-6 橋守の携帯道具



写真-8 水平材の取り換え

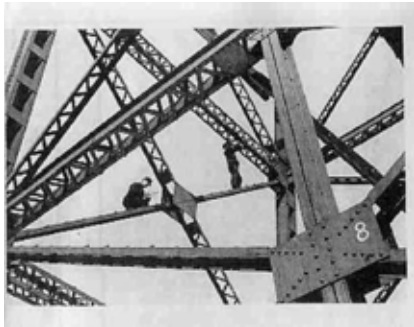


写真-7 当時の検査風景



写真-9 斜材の取り換え

「(略) 望月氏は昭和 24 年に退職するまで文字通り余部高架橋の守護神であった。戦時中物資の腐食により、荒廃するに委せ歯がみする思いであったところ、終戦によってその年 8 月に 1000 缶の塗料が支給され、彼は喚起して橋脚にしがみつき、地上数十米の塗装作業に検診したという。齢 70 年を迎え今尚主要部分は誕生時の骨格で山陰線の輸送を支えている余部高架橋の起点方橋台左脇に残る建物礎石を見るとき、ここに人生の大半を高架橋保守に献げた男が家族と共に起居していた事を思い出し、鉄道人は肅然たる気持ちに打たれるであろう (以下略)」

5.2 ペイント塗装系の変遷

余部橋りょうの塗替え塗装においては、それぞれの時代で最先端と考えられる塗装系が使用され続けてきた。塗装系の変遷について、以下に示す。

建設～昭和 32 年頃 油性ペイント
 昭和 32 年頃～昭和 43 年頃
 塩基性クロム酸鉛さび止めペイント
 フタル酸樹脂塗料
 昭和 56 年頃～現在
 厚膜型変性エポキシ樹脂系ペイント

これ以外にも、まくらぎ下の腐食防止を目的として、耐衝撃性・耐摩耗性に優れるガラスフレーク塗料が試験施工されたこともある。

5.3 部材交換

建設後まもなく腐食が進行したのはレーシングバーであり、大正 6 年よりレーシングバーの交換が始められている。その後以下のとおり部材交換が進められ、昭和 50 年に部材更替は終了している。この時点で、主柱を残して他の鋼脚の部材は全て交換された。

大正 6 年頃～昭和 26 年頃

小片部材(レーシングバー)の取替え
 42,000 枚をタイププレートに取替え

昭和 32 年頃～昭和 36 年頃

第一次 5 ヶ年計画で線路方向水平材、副垂直材等の部分取替え 410 本

昭和 37 年頃～昭和 40 年頃

第二次 5 ヶ年計画で線路直角方向水平材、腐食斜材山型鋼、腐食溝型鋼等の部分取替え

昭和 43 年頃～昭和 50 年頃

第三次 8 ヶ年計画で主柱以外の残りの部材取替え

昭和 18 年以降は、資材、労務の欠乏のため僅

かに随修のみによって保守していたので腐食が進行したが、戦後の昭和22年からペイント塗替工事が再開された。また、昭和25年からは腐食部材の取替えがなされた。昭和22年以降、部材取替え等のために橋梁保守に投入された金額は、請負工事費だけで7.5億円と膨大なものになる。

5.4 高力ボルトの防食³⁾

部材交換では高力ボルトが使用されたが、ネジ余長部から発錆し、ナット部の腐食が著しいことが問題となった。そこで、昭和58～59年度にかけて実施した高力ボルト交換に合わせて、図-6のようなシーリング材を充填した防錆キャップを試行した。しかし、以下のような問題があり、改善が求められた。

- ・ 防錆キャップが大きい場合ボルト間隔が狭い場合には、施工できない場合がある。
- ・ キャップが特注品のため、工事費が高くなる。

そこで、検討の結果、図-7に示すように、当時、本州四国連絡橋で使用されていた防錆処理高力ボルトを用い、弱点となるネジ余長部だけに超厚膜型エポキシ樹脂塗料を塗布する方法が施工性、経済性、保守管理等に優れているとの結論を得て、平成元年度の修繕工事において実施した。

旧余部橋梁撤去後に防錆キャップ内の腐食状況を観察したところ、ボルト予長のみを覆うタイプではキャップとナットの境界部分から腐食が進行しているものが多く、防錆効果としては全体を覆う当初タイプの方が良好であった。

6. おわりに

旧余部橋梁は前述のとおり、建設からわずか5年後の大正6年から、腐食した小片部材の取り換えが始まっており、極めて苛酷な腐食環境であることがわかる。それ以来、順次部材交換が行われ、鋼脚については主柱を除く全ての部材が取り替えられた。しかし、淡々と部材取り換えを行うだけで100年近く健全に供用できたわけではなく、そこには当橋梁専属の職員、いわゆる“橋守”が地道な修繕を積み重ねてきた“橋守”の功績が大きいと認識されている。

このような背景から、旧余部橋梁は鋼鉄道橋の維持管理における象徴的な構造物として知ら

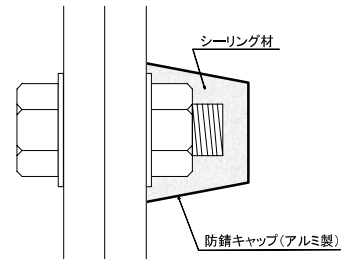


図-6 防錆キャップ（当初）

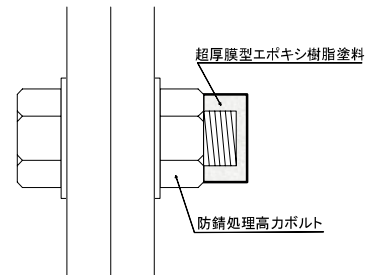


図-7 防錆キャップ（改良後）

れていた。

高度経済成長期に建設された社会資本が経年50年を迎え、これらの維持管理が現代社会における課題のひとつになっているが、本稿で紹介した旧余部橋梁の維持管理の歴史がこれらの課題克服のための一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 神野, 石井, 上出, 古寺, 田中: 橋りょう部別腐食状況把握のための暴露試験結果, 防錆管理, Vol. 40, No. 5, 1996. 5.
- 2) 篠田亮: 余部高架橋, 構造物設計資料, No. 69, p. 26, 1982. 3.
- 3) 足立誠, 中岡敬典: 余部橋りょうの保守と支承部修繕, 日本施設協会誌, Vol. 29, NO. 1, pp. 24-28, 1991. 1.