

アーチ橋の補修・補強工事の実施および 工事施工時の安全性評価について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社駒井ハルテック

監理技術者

山崎 義実[○]

Yoshimi Yamazaki

現場代理人

三浦 智一

Tomokazu Miura

計画担当

有村 英樹

Hideki Arimura

1. はじめに

工事概要

- (1) 工事名：国道9号西津和野大橋補修工事
- (2) 発注者：国土交通省中国地方整備局
浜田河川国道事務所
- (3) 工事場所：島根県鹿足郡津和野町中座地内
- (4) 工期：平成22年3月11日～
平成23年3月31日
- (5) 橋長：118.700m
- (6) 橋梁形式：単純鈹桁＋ランガー桁＋単純鈹桁
- (7) 支間長：20.350m（単純鈹桁）＋78.000m
（ランガー桁）＋20.350m（単純鈹桁）
- (8) 有効幅員：7.500m（全幅員；8.700m）
- (9) 工事内容

- ・補修設計（腐食、損傷箇所等の補修施工）；
腐食箇所の補修および取替、欠損部補強、排水管の補修および取替、床版・橋座拡幅部等のコンクリート補修等
- ・補強設計（現行荷重対応、耐震補強対策）；
耐震ブレースの設置、免震支承への取替、アーチアバットの固定化、グラウンドアンカーの設置・アーチリブ・端柱・中間支柱部への当て板断面補強、横構取替および追加設置、掛け違い部の補強等

- ・長寿命化（塗装塗替え等、長寿命化対策）；
側径間端部の切り欠き、塗装の塗替え、点検検査路の設置等

本橋梁は、国道9号線の南谷川に架かる橋梁である。また観光名所として有名な津和野城下に位置する。明治維新前には津和野藩亀井氏の城下町であり、山間の小さな盆地に広がる町並みは、「小京都」の代表格として知られている。

本橋の現場位置図を図-1に示す。本橋梁は、1963年に施工された上路ランガー橋であり、これまでも定期的に塗装塗替えや床版補強などの補修・補強が実施されてきた。

本工事では、損傷箇所の補修、長寿命化、常時鉛直荷重（L-20）に対する補強、さらに耐震性能向上も併せた補強など大規模な施工を実施した。

橋梁一般図を施工内容と併せて図-2に示す。



図-1 現場位置図

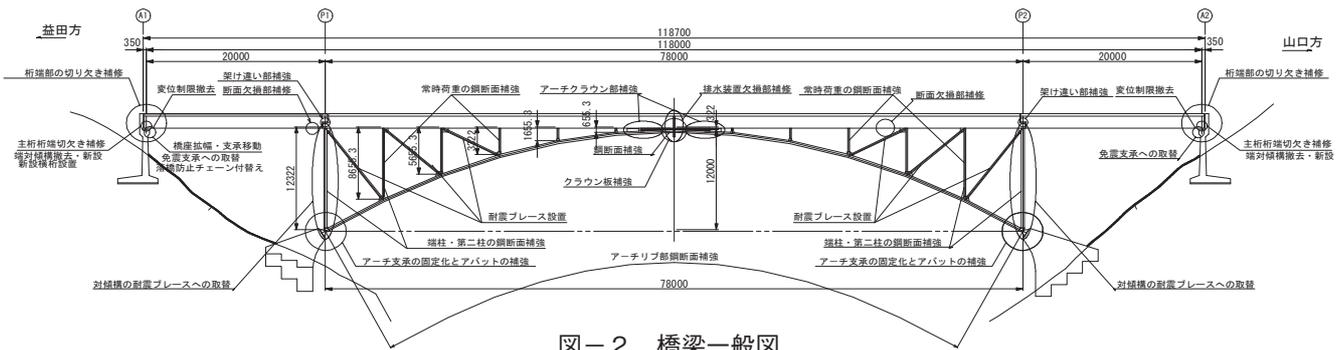


図-2 橋梁一般図

本文では、施工後の補強効果の把握・確認結果を中心に、併せて耐震ブレース設置、当て板補強、足場構造等の工事施工内容についても報告する。

2. 現場における問題点

本橋梁は、山間部に位置するため迂回路が無い
ため、通行量等を考慮すると通行止めを行うこと
は困難であることから、活荷重載荷状態（車両通
行下）において工事を実施する必要があった。

橋梁全景（工事完了時）を図-3に示す。



図-3 橋梁全景（工事完了時）

工事では、既設ブレースを耐震ブレースへ取替
る施工があった。そのため一時的に不安定な状態
での施工が避けられないことから、事前に工事施
工時の橋梁の安全性を確認する必要があると判断
した。更に補強工事の場合、補強後の効果を外観
だけで評価することが難しいことから、橋梁への
補強効果の把握が必要であると判断した。

3. 対応策と適用結果

補強工事前に、車両通行状態において、橋梁に
作用する活荷重応力度の頻度計測を実施し、既設

橋梁の活荷重による応力発生状況の把握を行った。

計測は「応力頻度測定要領（案）」に基づき実
施した。計測条件を以下に示す。

- ①頻度計測による処理方法は、ピーク・バレー法
（極大値・極小値法）により実施した。
 - ②計測は、連続72時間（24時間×3日）を原則と
し、計測日については交通条件の異なる土・日
（他休日）を避ける平日を基本とした。
- 計測位置図を図-4に、計測結果を表-1に示す。

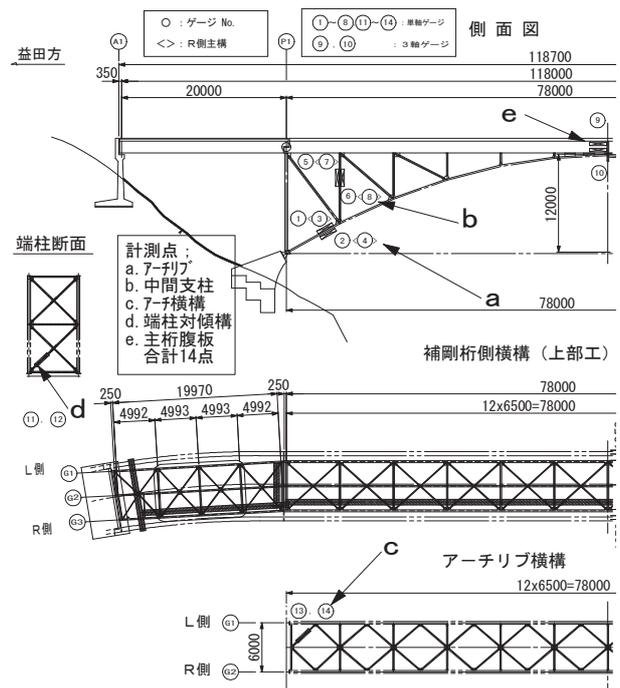


図-4 応力頻度計測計測位置図

部材を取り替える部位は、アーチリブ横構と端
支柱対傾構である。表-1より、設計値と比較し
て、補修・補強施工時間帯では、最大でもアーチ
リブ横構；12N/mm²、端支柱対傾構；6N/mm²程
度の活荷重応力しか発生しておらず、許容応力度
140N/mm²に対して微小であると判断できる。

表-1 応力頻度計測結果一覧

部位	設計値(応力度)(N/mm ²)				計測値(応力度)(N/mm ²)				計測値/設計値(活荷重時)(%)		最大応力度発生時頻度比較				
	死荷重 応力度	活荷重 応力度	死+活荷重 応力度	許容 応力度	施工時間帯		夜間		施工時間帯	夜間	全計測 回数	施工時間帯		夜間	
					最大値	平均値	最大値	平均値				回数	比率(%)	回数	比率(%)
アーチリブ (a)	133.6	67.0	200.6	210	-18.8	0.2	-20.8	-0.9	28.0	31.1	66737	17	0.03	1	0.0
	133.6	67.0	200.6	210	-16.5	2.0	-19.8	1.7	24.6	29.5	54417	15	0.03	3	0.0
中間支柱 (b)	43.6	61.0	104.6	140	-6.3	0.0	-6.9	-0.5	10.4	11.4	370	1	0.3	1	0.3
	43.6	61.0	104.6	140	-4.9	1.6	-5.9	0.4	8.0	9.7	343	15	4.4	3	0.9
主桁 (e)	75	43.0	118.0	210	-17.8	0.1	-11.8	-4.5	41.3	27.3	3854	1	0.03	15	0.4
	51	61.0	112.0	210	-35.2	16.6	31.7	2.1	57.7	52.0	118414	1	0.00	1	0.0
端柱対傾構(d)	0	0.0	0	140	-6.1	-0.1	-5.4	0.6	-6.1	-5.4	34178	24	0.1	114	0.3
アーチリブ横構(c)	0	0.0	0	140	-12.2	-0.2	10.4	-0.2	-12.2	10.4	135036	9	0.01	153	0.1

また、最大応力発生頻度についても、全計測回数に対してアーチリブ横構；約0.01%程度、端柱対傾構；約0.1%と非常に低い発生頻度となった。

さらに施工時間帯での活荷重応力の平均値では、アーチリブ横構、端柱対傾構とも0.2N/mm²程度としており、常時ではほぼ応力が発生していないことが分かった。結果として応力最大値および発生頻度より勘案し、車両通行下において、部材取り替え作業は、十分安全に施工可能と判断した。※夜間で若干、高い応力度を示す要因としては大型車通行の影響と判断される。

耐震ブレースの取替作業は、交通規制を行い路面上から取込む計画とした。施工時期は、工程の都合により冬時期の1月となることが避けられなかった。さらに現場環境は、特別融雪区域に指定されており、雪の影響により取替作業が中断されることも懸念されていた。従って日々の作業が補強完了状態になるように詳細な作業フローを計画することで作業を進めた。

耐震ブレースへの取替フローを図-5に耐震ブレース取替状況(STEP-4)を図-6に示す。

施工期間中は、寒波に見舞われ連日のように雪が降り続く厳しい条件下であったが、大きな手戻り等もなく、無事故・無災害で安全に作業を完了することが出来た。

また補強効果については、補強前後の橋体固有振動数を計測することにより定量的に補強効果を評価した。計測は補強前後の剛性の変化に着目し、サーボ型加速度計を橋面に設置し、常時微動および車両通行時での橋体固有振動数を計測した。振

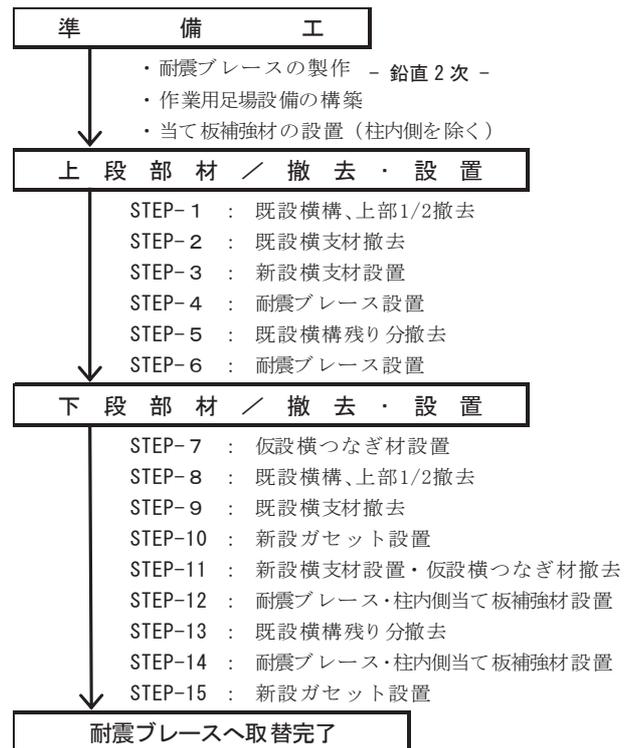


図-5 耐震ブレースへの取替フロー



図-6 耐震ブレース取替状況 (STEP-4)

動モード図(鉛直1次・2次)を図-7に計測結果(補強前・補強後)を表-2に示す。

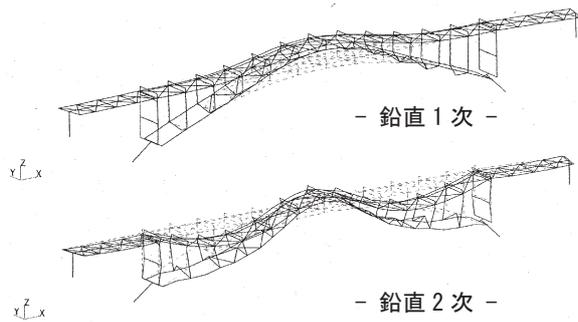


図-7 振動モード図 (鉛直モード)

表-2 振動計測結果

振動モード	補強前		補強後		計測点
	解析値	計測値	解析値	計測値	
鉛直1次	2.129	2.451	2.398	2.944	支間中央
鉛直2次	3.060	3.431	5.048	6.015	支間中央
水平(橋軸)(1次)	1.260	1.710	2.180	2.459	支間中央
水平(橋軸)(2次)	2.488	2.448	4.639	3.174	支間中央
面外(橋直)(1次)	1.271	1.471	1.381	1.480	支間1/4点
面外(橋直)(2次)	3.294	2.443	4.937	2.959	支間1/4点

(Hz)

いずれのケースも補強前と比較して補強後は固有振動数が大きくなっており、斜材・横構部材の追加、当て板断面補強等による橋梁の全体剛性増加等の効果が確認できたと判断した。

なお、設計段階では鋼橋本体、床版をモデル化し、振動数を算出しているが、実橋では、高欄・地覆等が存在し、解析モデルと比較して実際には剛性に寄与していることから、実橋での振動数が解析値を上回る結果となったと判断した。

本工事では、「工事概要」で示したように多種多様な補修・補強・長寿命化工事を行った。①「作業環境に合わせた足場構造の選定」および②「当て板補強部材取付時の品質確保」についても紹介する。

①作業環境に合わせた足場構造の選定について

現場は山間の谷が30mと深く、地上からの足場設備を設けることは困難であることから、施工を行うに当たり作業足場の設備について検討が必要であった。そこで本橋のアーチ構造を考慮し、階段状の吊り足場を設けることとした。また端柱部へは、主桁から架台を吊り、その上に枠組み足場を設ける構造とした。ランガー桁部での吊り架台等の足場設置状況を図-8に示す。



図-8 足場設置状況

足場構造には、作業性の向上や足場上からの落下物を避けることを目的にパネル状の足場を採用することで結果、足場設置・解体期間を短縮し、国道の交通規制回数を減らすことが可能であり、山間への落下物等の発生も防ぐことが出来た。

②当て板補強部材取付時の品質確保について

既設桁の柱部およびアーチリブ部について、全面に当て板補強を行った。柱部およびアーチリブ部の構造は、箱断面になっており、ハンドホールが無い場合、外面からの作業となった。そのため高力ボルトは、外面から締め付け作業が行える専用のボルトを採用した。既設桁への孔明けには、孔明け機（アトラ）を用いて削孔を行い、削孔後に発生するカエリ（バリ）の除去作業に、専用のバリ取り機を用いることで密閉断面内についても確実にバリの除去を行い、品質の確保を行った。

4. おわりに

本工事では、大規模な補修・補強を行うことで橋梁の延命を図ることが出来た。今後の橋梁整備は、長寿命化に向けた内容が増加されると予測され、同種橋梁の補修・補強内容のデータベース化などが今後の課題として考えられる。補修・補強工事の場合は、橋梁それぞれによって施工内容や施工方法等が違って来る。本工事での報告内容が施工例として、少しでも参考となり、役立つことができれば幸いである。