

米谷橋(上り線)の補修・補強効果の検証

大戸川ダム工事事務所 工務課 藤井恒二郎
 奈良国道事務所 管理第二課 佐藤文郎

1. はじめに

米谷橋は昭和40年(上り線)および昭和45年(下り線)に建設された、25号名阪国道に架かる鋼3径間連続逆ランガー橋(橋長:172m、中央支間長:112m)である。

本橋においては、この間の交通量の増加や車両の大型化に対応するための疲労耐久性・B活荷重耐荷力の向上、ならびにレベル2地震動に対する耐震性の向上を目的とした抜本的な補強を行うことが急務となっている。そのため、学識経験者を委員とした『米谷橋補強技術検討会』を平成13年度から計9回開催し、補強方針や補強方法について検討を行ってきた。この検討結果を踏まえ平成16年3月から上り線の補強工事に着工、平成17年3月に工事を完了した。(耐震補強の一部は今後行われる下り線工事と併せて実施予定。)

本橋においては特に個別の補修・補強対策の効果について検証を行うため、採用した補修・補強の効果を工事後に検証する(予定)だけでなく、工事前および工事の進捗に応じたタイムリーな検証をも行った。工事前には、補強構造の変形性能に着目した模型実験による検証および、既設鋼材に対する溶接性の検証を行った。また施工中においては、実験車両を用いた動的載荷実験による補修・補強効果の検証および、溶接接合の安全性の検証を行った。以下は、これらのうち施工中に実施した検証結果について報告するものである。



写真 - 1.1 米谷橋全景

表-1.1 米谷橋橋梁諸元

	上り線	下り線
橋 長	172.0m	
支 間 割	30.0m+112.0m+30.0m	
有効幅員	8.85m	
設計荷重	TL-20	
上部工形式	鋼3径間連続逆ランガー桁橋	
アーチ拱台形式	直接基礎	
橋台形式	扶壁式橋台(直接基礎)	
床 版	I形鋼格子床版	鉄筋コンクリート床版
適用基準	溶接鋼道路橋示方書 (昭和31年)	鋼道路橋示方書 (昭和42年)
竣 工	昭和40年	昭和45年

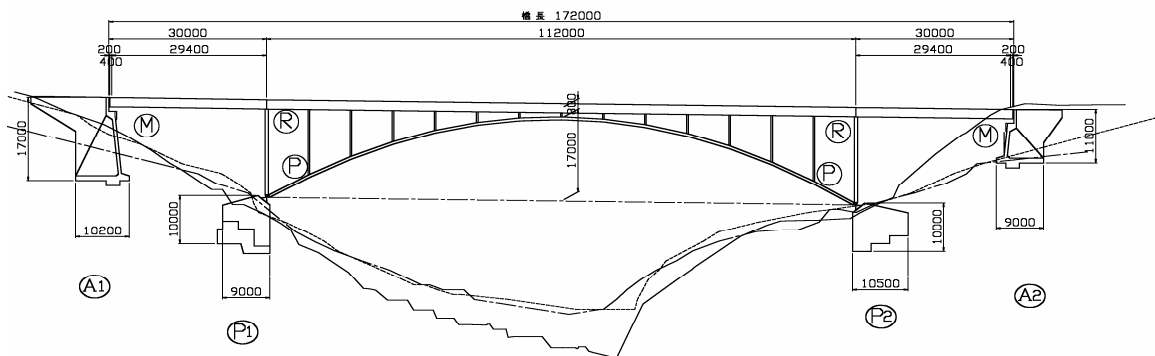


図-1.1 米谷橋一般図(工事前)

2. 検証項目

検証を行った時期および項目は、下表のとおりである。

表 - 2.1 検証項目一覧

検証時期	試験項目
施工前	アーチリブ角補強構造の変形性能（模型実験） 既設鋼材の溶接性 ・成分試験 ・偏析物試験
施工中	動的載荷試験による補修・補強効果の検証 溶接接合の安全性の検証 ・溶接時の温度計測 ・既設鋼材の溶接継手性能試験 （基本試験、耐ラメラティア性能試験）

3. 動的載荷実験による補修・補強効果の検証

3.1 試験の概要

補強設計は性能評価を解析により行っているため、補修・補強効果を直接定量的に検証できないものについては、補強設計に用いた解析モデルが実際の補強構造の特性を再現しているか否かを評価することにより、間接的に検証することとした。

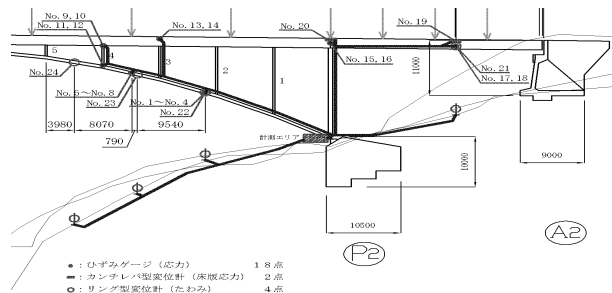
検証は、補強工事の進捗に応じて実験車両（20t 車 2 台並列走行）を用いた動的載荷実験を 4 回行い、主要部位に生じる動ひずみや動たわみの計測結果を工事前の計測値・解析値と比較し行った。なお、確実にデータを得るため、同じ載荷実験を 2 回繰り返した。

表 - 3.1.1 動的載荷実験の主な内容

	施工ステップ	検証対象
第 1 回	工事前	現況把握、解析モデルの同定
第 2 回	細部構造変更	トックボンの効果、補剛桁フランジ削孔・鉛直材上端カットの影響
第 3 回	スラブアンカー補強完了	スラブアンカー補強の効果、垂直補剛材の補強効果
第 4 回	上り線工事完了時	アーチリブ補強効果、アーチクラック補強効果、鉛直材補強効果



実験車両走行風景



- : ひずみゲージ（応力） 1 8 点
- : カンチレバー変位計（床版応力） 2 点
- : シェア変位計（たわみ） 4 点
- : ケーブル配線ルート

図 - 3.1.1 計測位置概念図

3.2 解析モデルの同定

補剛桁は非合成桁として設計されているが、応力分布や活荷重たわみから実際には工事前でも床版との間に合成作用が生じている。そこで、非合成桁の合成率を 0、完全合成桁の合成率を 1 とし、この間を線形補間した値で橋全体の平均的な合成状態を評価することとした（補強設計には、工事前に行った動的載荷試験により得られた $\alpha = 0.7$ を補強前後ともに採用している）。

3次元骨組解析の結果、工事前で $\alpha = 0.7$ 、スラブアンカー補強後で $\alpha = 0.80$ となったことから、補強設計の解析モデルが妥当であったことを確認した。なお、スラブアンカー補強はレベル 2 地震動

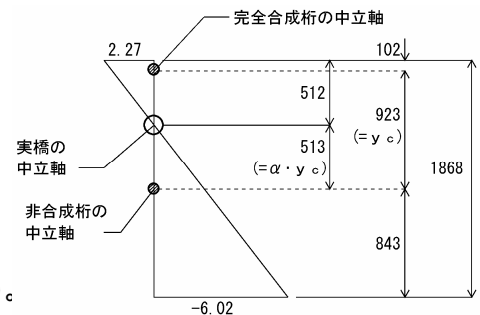


図 - 3.2.1 補剛桁（端支柱上）の応力分布（工事前）

に対する補強を主目的としているが、活荷重に対する合成效果の向上、疲労耐久性向上につながる横揺れ抑制等、複合的な性能を併せ持つことが認められた。

3.3 補修・補強効果の検証

主な補修・補強効果の検証については以下のとおり。

(1) アーチリブ、アーチクラウン、鉛直材の補強効果の検証

これらの補強は同時並行作業であるため、施工中にそれぞれの補強効果を単独に評価することはできない。そのため、補強完了時点における計測値を解析値と比較し、補強全体の効果を検証することとした。補強設計に用いた解析モデルが実際の応力分布やたわみ特性をよく再現していることが認められたため、設計で期待したとおりの補強効果が得られていると判断した。

図 - 3.3.1、図 - 3.3.2 に、活荷重の影響が最も大きいアーチリブ 1/4 支間位置における応力分布や活荷重たわみについて、計測値と解析値の比較結果を示す。

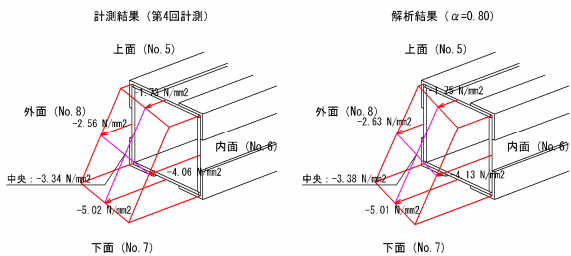


図 - 3.3.1 アーチリブ 1/4 支間の応力分布 (工事完了時)

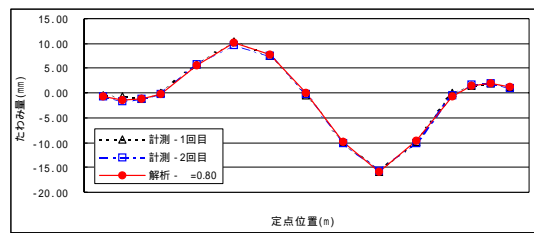


図 - 3.3.2 アーチリブ 1/4 支間の活荷重たわみの比較 (工事完了時点)

(2) 垂直補剛材の補修効果の検証

ウェブギャップ部の補剛材取替およびドッグボーン設置による効果を検証した。

ドッグボーン単独の応力緩和効果

既設垂直補剛材にドッグボーンを設けて計測した結果、20% ~ 30%の応力緩和が期待できることを確認した。

ドッグボーンを設けた厚板に取り替えた後の補修効果

補剛桁、縦桁とも、補修後の補剛材縁端の応力度が、補修前に比べて約 1/10 に低下することから、疲労耐久性が著しく向上したことを確認した。

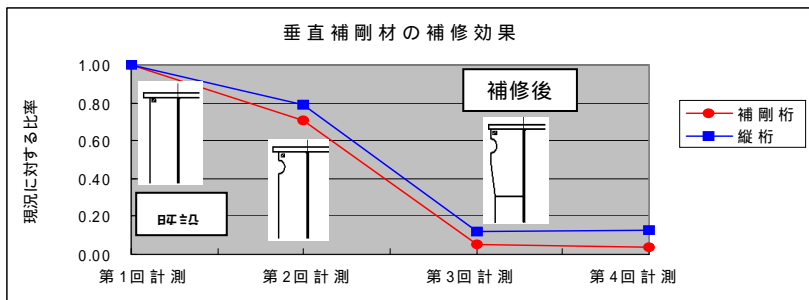


図 - 3.3.3 垂直補剛材の補修効果



写真 - 3.3.1 垂直補剛材の補修

3.4 考察

補剛桁と床版の間には、補強設計で想定した程度の合成作用があることを確認した。

橋全体の主要な力の流れについては、補強設計に用いた解析モデルによる解析結果と動的載荷実験による計測結果がよく整合していた。

ウェブギャップに対する補修については、著しく疲労耐久性が向上することを確認した。

以上より、疲労耐久性向上とB活荷重耐荷力向上については、補強部材が所期の目標どおりに機能していることが確認できた。

局所的な応力の乱れについては、応力レベルから問題になることはないが、想定外のため計測点数が不足し評価できなかったことが課題として残った。

4. 溶接接合の安全性の検証

4.1 溶接時の温度計測

(1) 試験の概要

通常、鋼材のヤング率は 400 までは常温時と同じ値だが、400 を超えると常温時より低下するといわれている。そのため、溶接箇所近傍に熱電対を設置し、溶接作業時の母材の温度分布を計測した。

(2) 試験結果

溶接直近の母材の最高温度は、溶込溶接で 345 、スミ肉溶接で 155 であったことから、溶接熱による母材のヤング率低下は起こらないことを確認した。

4.2 既設鋼材の溶接継手性能試験

(1) 試験の概要

既設鋼材で溶接継手を含む試験体を作り、引張試験、曲げ試験、衝撃試験、硬さ試験等の基本試験と耐ラメラティア性能試験（H型拘束溶接割れ試験）を JIS に準じて実施した。これらの試験結果と素材（溶接継手なし）や現行鋼材を用いた溶接継手について同じ試験を行った結果を比較し、既設鋼材の溶接継手性能を評価した。なお、試験体は工事で設置したマンホールの廃材を利用した。

(2) 基本試験結果

成分分析結果... SM490A 鋼に比べ硫黄の含有量が多いが、特別な熱処理をすることなく、割れの無い健全な継手が得られた。

引張試験結果... 既設鋼材および SM490A とともに母材で破断が生じた。

また、SM490A と遜色ない引張性能を有していた。

表曲げおよび裏曲げ試験結果... 割れや欠陥等はなく 180 度曲げることができた。

シャルピー衝撃試験結果... 既設鋼材の吸収エネルギーは SM490A と同程度であり、0 においてほぼ 100J であった。ただし、脆性破面率は SM490A に比べやや高い。

ビッカース硬さ試験結果... 既設鋼材および SM490A とともに著しい硬化や軟化はなかった。

(3) 耐ラメラティア性能試験（H型拘束溶接割れ試験）

浸透探傷試験および超音波探傷試験を実施した結果、割れ等は検出されなかった。

5 断面マクロを採取した結果、溶接割れや欠陥などの健全な継手が得られていた。

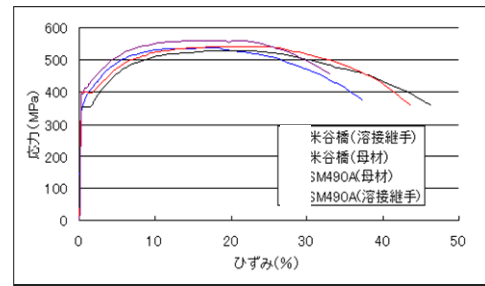


図 - 4.2.1 引張試験結果

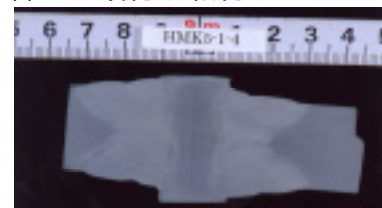


写真 - 4.2.1 断面マクロ

4.3 考察

本橋の補修・補強において溶接接合を行う場合、現行鋼材 SM490A と同様に特別の処置（予熱や後熱等）を講じることなく溶接接合が可能であり、かつ十分な継手性能を有することが確認できた。また、耐ラメラティア性能についても問題はなかった。

5. あとがき

工事中に動的載荷試験を行ったことで、解析モデルにより設計を行った補強部材が所期の目標どおりに機能を発揮していることが確認できた。また、溶接継手性能試験を行った結果、既設鋼材は現行鋼材と同等の溶接施工性・継手性能を有することが確認できた。

続く下り線工事では、工事の最終工程であるアーチ支承固定化後に実橋において振動実験を行い、維持管理の指標にもなる振動特性の把握を含めた耐震補強効果の検証を行う。また上り線で追い切れなかった細部構造の計測についても検討を行う。ここで得られた知見は、同種の構造だけでなく鋼橋の補修・補強や維持管理に大いに活用できるものである。