

約 30 年間沖縄の環境下で暴露された耐候性橋梁における荷重載荷実験

川田工業株式会社 正会員 ○長坂康史
MK エンジニアリング (株) 正会員 竹淵敏郎
内閣府沖縄総合事務局 北部ダム統合管理事務局

琉球大学 正会員 下里哲弘
木更津工業高等専門学校 正会員 田井政行
内里清一郎, 与那覇忍

1. はじめに

我が国の耐候性鋼材を使用した鋼橋は、供用開始され始めてから、40 年が経過し、また、沖縄地区においても、既に 30 年以上が経過している。本土に比べて飛来塩分が多く、高温多湿の状態にあるため、保護性錆の生成が難しく、これまでに建設された耐候性橋梁は重防食塗装による保護を施されているものが多い。

今回、沖縄地区供用から 31 年以上が経過した補修履歴のない、化成処理を施したと思われる耐候性鋼橋梁を利用して、スマートレトロフィット（以下、SRF という）の適正な現状把握の一環として、荷重載荷実験をおこなった。本報告では、実施した載荷実験の結果、および再現設計に基づき実施した FEM 解析との整合についての検証を行い、SRF 技術の構築に向けた要素分析を実施する。

2. 対象橋梁の諸元

対象橋梁は沖縄県北部に位置する普久川ダム下流の耐候性鋼材を使用した鋼プレートガーダー橋（以下、普久川ダム管理橋と言う）である。図-1 に再現した対象橋梁の一般図を示す。また、本橋梁の諸元は下記の通りである。

【普久川ダム管理橋の橋梁諸元】

管理者：沖縄総合事務局
所在地：沖縄県国頭郡国頭村普久
形式：単純合成鋼板桁橋
床板：鉄筋コンクリート床板
橋長：31.0m
支間長：30.06m
全幅員：8.0m

対象橋梁の腐食環境は、これよりも上流にある琉球大学が計測した普久川橋（離岸距離 3.2km）の結果より、腐食速度及び飛来塩分量は、0.022mm/year 及び 0.160mdd と同程度と判断でき、比較的厳しい環境下に位置している。この腐食環境下でありながら、架設から既に 31 年間暴露されているものの、桁端部以外では保護性錆の生成状況、添接部の高力ボルトの発生状態などから、比較的健全な状態にあると言える。

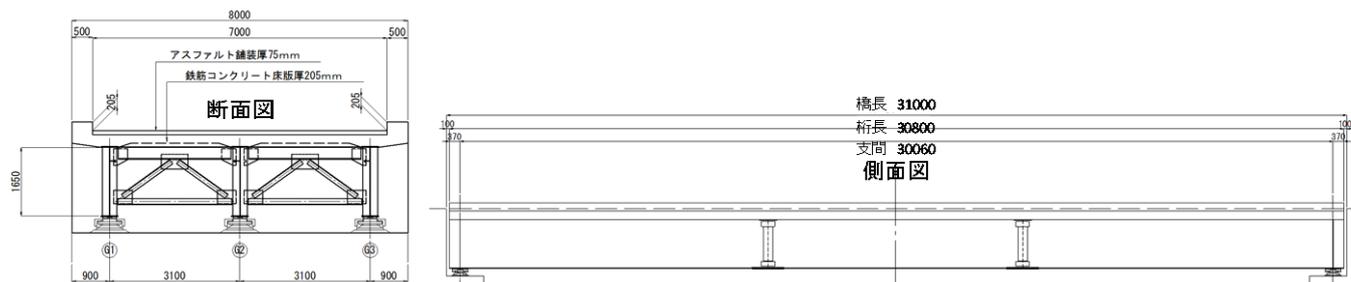


図-1 対象橋梁の概要

3. 荷重載荷試験

既設橋梁の簡易的な現状把握と解析的な耐荷力診断の手法確立の一環として、本橋梁において荷重載荷実験を行った。荷重車両の諸元および荷重載荷位置図を図-2 に示す。計測箇所は、①支間中央での中立軸の影響、②支点の回転性能の確認を主体とし、解析の妥当性を判断するためにひずみゲージの貼付位置を決定した。

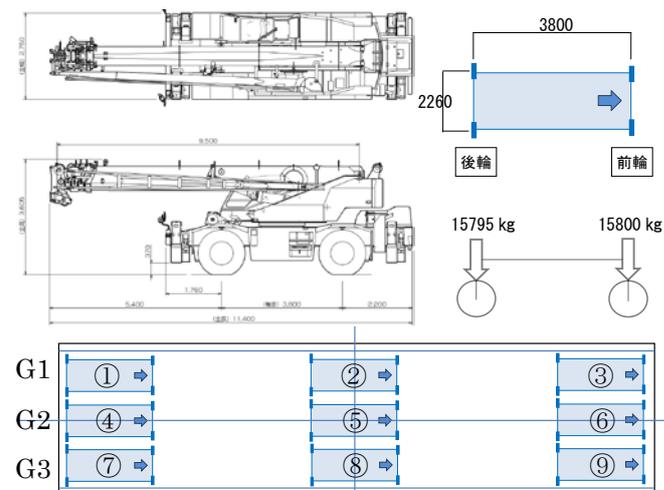


図-2 載荷車両諸元と荷重載荷位置図

荷重載荷実験の状況を写真-1 に示す。



写真-1 荷重載荷試験状況

4. 載荷実験値と FEM 解析による再現値との比較

再現設計の情報を元に橋梁全体モデルの FEM 解析を行い、載荷実験で得られた応力ひずみの結果と解析値との比較を実施した。FEM 解析のモデル図を図-3 に示す。

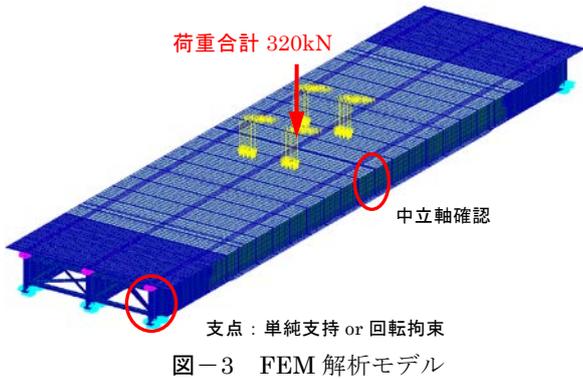


図-3 FEM 解析モデル

4-1. 支間中央での中立軸整合性

桁の公称応力ひずみと中立軸の整合性を確認するため、支間中央における主桁の応力ひずみの実験値と FEM 解析値の比較検討を実施した。一例として、支間中央での荷重ケース⑧における G3 桁中央部のひずみ値と解析値との比較を示す。ひずみゲージはウェブ面に3点、下フランジ下面に2点、桁軸方向に貼付した。実験値と解析値の比較を表-1、図-4に示す。

表-1 主桁中立軸用のひずみ値比較

| ch 番号 | 解析結果 | 試験結果 | | | | | |
|----------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 平均 | 1回目 | 2回目 | 3回目 | 4回目 | 5回目 |
| 37 | 9 | -44 | -44 | -43 | -44 | -44 | -45 |
| 38 | 31 | -11 | -11 | -11 | -11 | -11 | -11 |
| 39 | 78 | 104 | 104 | 105 | 106 | 104 | 104 |
| 40 | 84 | 85 | 86 | 84 | 87 | 86 | 84 |
| 41 | 85 | 88 | 88 | 88 | 89 | 87 | 88 |

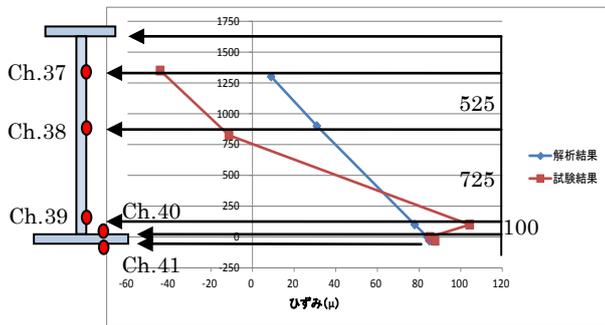


図-4 主桁中立軸の模式図

結果として、下フランジのひずみ値は概ね一致しているが、ウェブ面のひずみ値は大幅に差異が発生している。FEM 解析では理想的な合成桁としての挙動を示しているものの、実験結果では中立軸が主桁中心付近に位置し、合成桁の挙動を示していない。また、ウェブ下縁付近と下フランジの発生ひずみ値において、値の差異が生じており、今後、詳細な確認が必要である。

4-2. 支点付近の回転性能

桁端部での支点の回転拘束に対する影響を確認するため、端支点付近の応力ひずみの実験値と解析値の比較検討を実施した。一例として、荷重ケース⑦におけるひずみ値と FEM 解析値との比較を表-2に示す。ひずみゲージは、下フランジ近傍の主桁ウェブ面と支点上補剛材へ鉛直方向に貼付した。FEM 解析では図-5に示す通り、支点部の単純支持と回転拘束の2種類を行い、荷重実験とのひずみ値の比較を実施し、支承の機能が健全であるかの確認を行った。

結果として、主桁ウェブ、支点上補剛材ともに単純

支持の応力ひずみに比較的近く、ゴム体による回転性能は機能しているものと判断される。参考までに、別途、計測した支承付近に設置の変位計の値は、微量であるが変化しており、支承の機能性を裏付けているものと判断できる。

表-2 支点部回転性能のひずみ比較

| ch 番号 | 境界条件 | 解析結果 | | 試験結果 | | | | | |
|----------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 単純支持 | 完全固定 | 平均 | 1回目 | 2回目 | 3回目 | 4回目 | 5回目 |
| 26 | | -89 | -69 | -88 | -87 | -88 | -89 | -88 | -89 |
| 27 | | -91 | -72 | -80 | -78 | -79 | -80 | -81 | -80 |
| 30 | | -123 | -139 | -75 | -75 | -75 | -75 | -75 | -75 |
| 31 | | -127 | -138 | -78 | -78 | -79 | -78 | -78 | -77 |

| ch 番号 | 境界条件 | 解析結果 | | 試験結果 | | | | | |
|----------|------|---------|---------|------|------|------|------|------|------|
| | | CASE2-A | CASE2-B | 平均 | 1回目 | 2回目 | 3回目 | 4回目 | 5回目 |
| 25 | | -94 | -60 | -106 | -106 | -108 | -104 | -105 | -107 |
| 28 | | -76 | -99 | -85 | -84 | -86 | -85 | -85 | -88 |
| 29 | | -80 | -103 | -100 | -99 | -100 | -100 | -99 | -102 |
| 32 | | -94 | -63 | -75 | -74 | -77 | -73 | -75 | -77 |

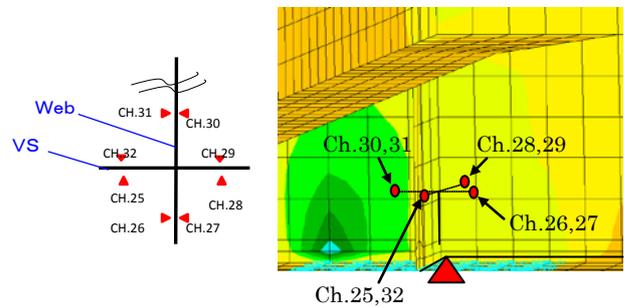


図-5 支点部回転性能の主応力コンタ図

5. まとめ

- (1) 支間中央での中立軸の整合性確認において、実験値と FEM 解析値で下フランジの公称応力ひずみは整合しているものの、中立軸は FEM 解析よりも実験結果の方が下方に推移しており、実橋梁は合成桁の挙動を示していないことが判明した。
- (2) ウェブ下縁付近と下フランジの応力ひずみに差異が生じており、今後、詳細な確認が必要であると考えられる。
- (3) 支点付近の応力ひずみにおいて、実験結果では支点部が単純支持を想定した FEM 解析の結果に近く、支承部は比較的健全であることが判った。

その他、端対傾構や床板の健全性、横方向荷重などによる実験と解析を実施中である。今後、これらの成果と新たな知見を収集し、FEM 解析や各種解析手法を駆使して、より簡易に比較検討を行えるスマートな既設橋梁の診断技術を構築したいと考えている。また、これに基づき、簡易で適切な補修・補強技術を検討し、スマートレトロフィット(SRF)技術の開発に繋げていく予定である。

参考文献

- 1) 竹淵, 長坂ほか: 沖縄地方において 30 年経過した耐候性鋼橋のスマートレトロフィット(SRF), 第 4 回土木学会西部支部沖繩会技術研究発表会, 2014.