

淀川大橋補修・補強後の動的載荷試験および応力頻度測定 Dynamic Loading Tests Carried out After Repair Works of the Yodogawa Bridge

○ 一ノ瀬 伯子ルイサ* 夏秋 義広** 増田 寛四郎*** 坂野 昌弘****
Luiza H. ICHINOSE Yoshihiro NATSUAKI Kanshirou MASUDA Masahiro SAKANO

ABSTRACT As a result from a series of site measurements and inspections carried out with the objective of evaluating the structural health on an 85 years old truss bridge, repair works were executed at locations having inadequate structural details, defective welding or cracks. To verify the effectiveness of the repair works, dynamic loading test and stress measurement under traffic load were carried out. The results of the measurements were compared to that obtained in the former year, before the execution of the repair works. Considerations on fatigue life were also made.

Keywords: 動的載荷試験, 応力頻度測定, 疲労寿命, トラス橋
Dynamic loading test, stress measurement, fatigue life, truss bridge

1. はじめに

淀川大橋は1926年に架設されており、幅員20.8m、橋長723.3mの30径間の内、中央部6径間が上路式鋼単純トラスである。2005年の調査では、本橋梁の交通量は20,000台/12時間を超え、大型車混入率が12.7%であることが記録されている。



写真1 対象橋梁の外見

供用80年を超えた淀川大橋の長寿命化対策として、「高齢化を迎えた長大橋梁の診断と長寿命化に関する研究プロジェクト」の初年度(平成22年度)に得られた調査結果^{1)~5)}を基

に作成した劣化シナリオに対して一連の検討を行い、補修工事⁶⁾が実施された。本論文は、補修効果の検証を目的として実施した動的載荷試験および応力頻度測定について報告するものである。

2. 補修内容

平成22年度の調査から作成した2つの劣化シナリオ、主構トラス部材の劣化および床組の劣化による橋梁の短命を想定し、調査で明らかになった問題箇所の補修を検討した。その結果として長寿命化を図るための補修工事⁶⁾が実施された。

主構トラス部材には過去に補修工事が実施されており、旧部材と取り替え部材の接合は図1に示すように複雑な構成となっている。溶接部の亀裂の疑いがある箇所では、X線透過試験を行った。その結果の一例が図1に示されている。試験の結果、図内の断面予想図に示す通り、当板補強の裏側にある溶接および旧部材のガセットと当板の溶接がほぼ全線不溶着になっていることが明らかになった。このような箇所につい

*修士(工学)(一社)日本非破壊検査工業会(〒101-0047 東京都千代田区内神田2-8-1 3F)

**工博(一社)日本橋梁建設協会(〒105-0003 東京都港区西新橋1-6-11 9F) 特別会員

***工修 国土交通省近畿地方整備局 大阪国道事務所(〒536-0004 大阪市城東区今福西2-12-35)

****工博 関西大学環境都市工学部 都市システム工学科(〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35) 第2種正会員

て、図2に示すような補強を実施した。

床組について、図3に示す通り、前年度の調査で亀裂が検出された B8 横桁の補強を行った。

これら箇所について、補強効果の検証を目的

として載荷試験および応力頻度測定を実施した。
その内容を以下に報告する。

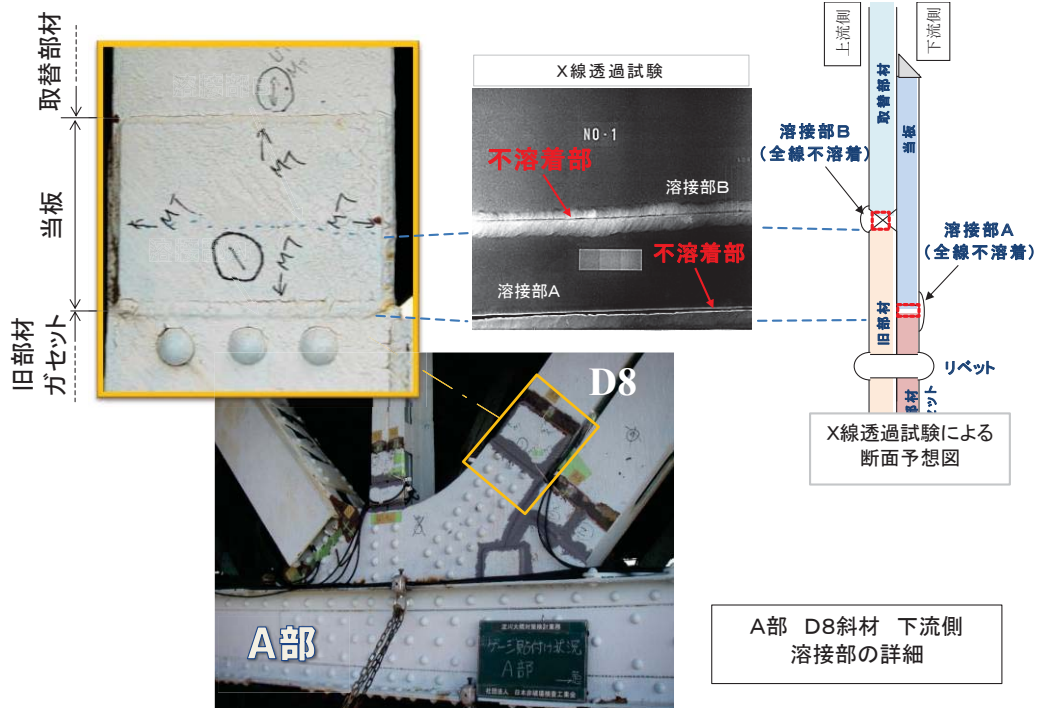


図1 溶接部詳細の一例



図2 補強の一例 (主構トラス G1 下流側 A 部)



図3 補強の一例 (B8 横桁 J 部)

3. 試験および応力測定法

3.1 測定位置の選定

前年度に実施した一連の調査から作成した劣化シナリオでクリティカル部材として判断され、補強された主構のトラス部材および床組の横桁の補強箇所付近で応力測定を行った。測定位置を図4～図6に示す。

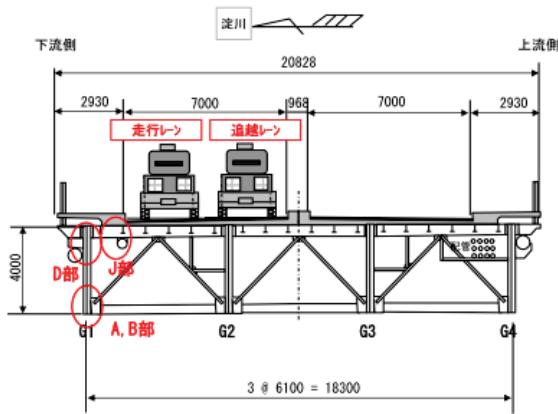


図4 測定位置および荷重位置

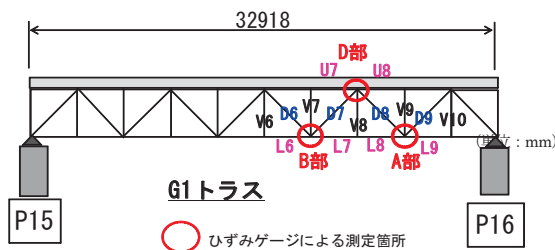


図5 主構トラス測定位置

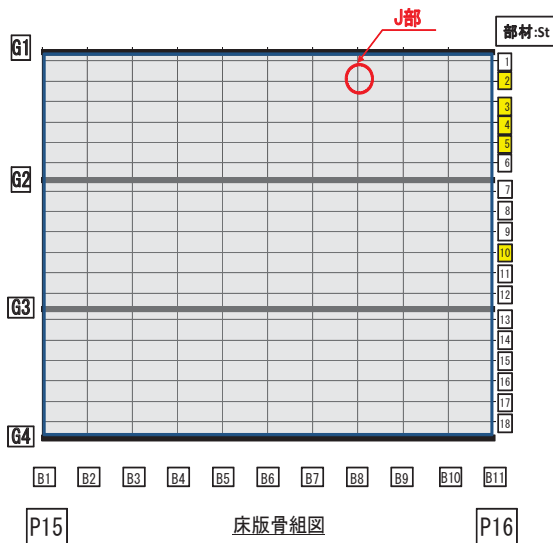


図6 床組測定位置

主構トラスでは、補強を実施した箇所、図4および図5に示主構トラスG1の下弦材のA部およびB部、上弦材のD部を測定位置として選定した。

床組では、B8横桁・St2縦桁の交差部付近のB8横桁の下フランジ部(J部)にひずみゲージを設置した。

測定位置については、前年度(補強前)の応力測定を実施した同一箇所にひずみゲージを設置した。補強工事の際に補強材と重なる測定点については、補強を実施した後に、補強前の測定点にできるだけ近い位置にひずみゲージを設置した。補強前と補強後の計測位置の一例を図7に示す。両図に示すA部では、補強のため、鉛直材V9のA-5およびA-6、斜材D8のA-3のひずみゲージは補強後に新たな位置に設置された。

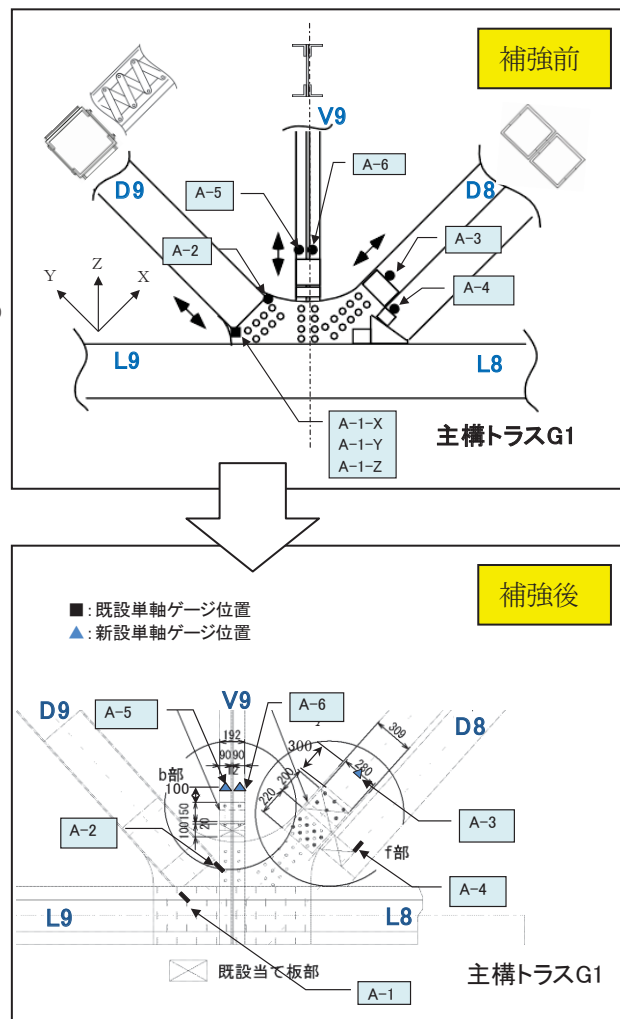


図7 A部—補強前および補強後のゲージ位置

合計 28 枚の単軸ゲージ(FLA-3-11-1LT), 1 枚の 3 軸ゲージ(FRA-3-11-1LT)を測定位置 (A 部, B 部, D 部) の計測箇所にて貼付け, ひずみの測定を行った. 3 軸ゲージは B8 横桁で亀裂が検出された箇所に設置した. 表-1 に応力測定実施箇所とそれぞれのゲージの種類および枚数を

記す.

図 8 に主構トラス G1 (下流側) のゲージ取付け位置をゲージ貼付け位置の一例として示す. 図 9 には, B8 横桁の一例を示す.

表-1 応力測定実施箇所 (補強後)

| 測定位置 | ひずみゲージ枚数 | 部材 |
|------|--------------|-------------------------------|
| A部 | 単軸@11枚 | 斜材 (D8, D9) ・ 鉛直材 (V9) (下弦材側) |
| B部 | 単軸@12枚 | 斜材 (D7) ・ 鉛直材 (V7) (下弦材側) |
| D部 | 単軸@2枚 | 斜材 (D8) (上弦材側) |
| J部 | 単軸@3枚, 3軸@1枚 | 横桁 (B8終点側) |

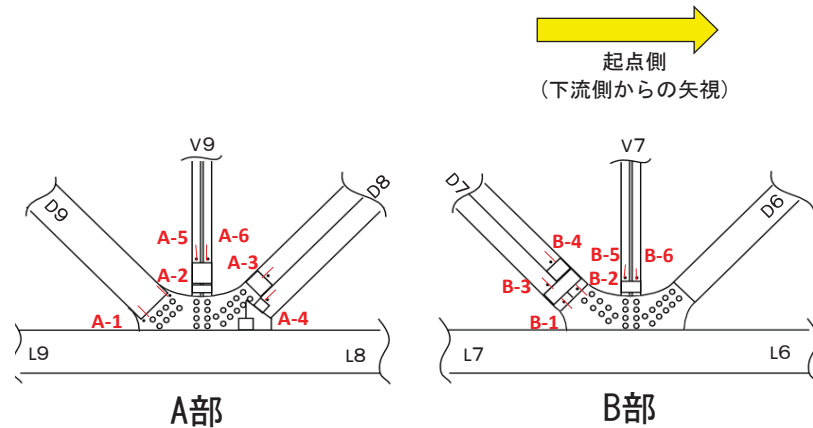


図 8 ゲージ貼付位置の一例 (主構トラス G1-下流側, 補強後)

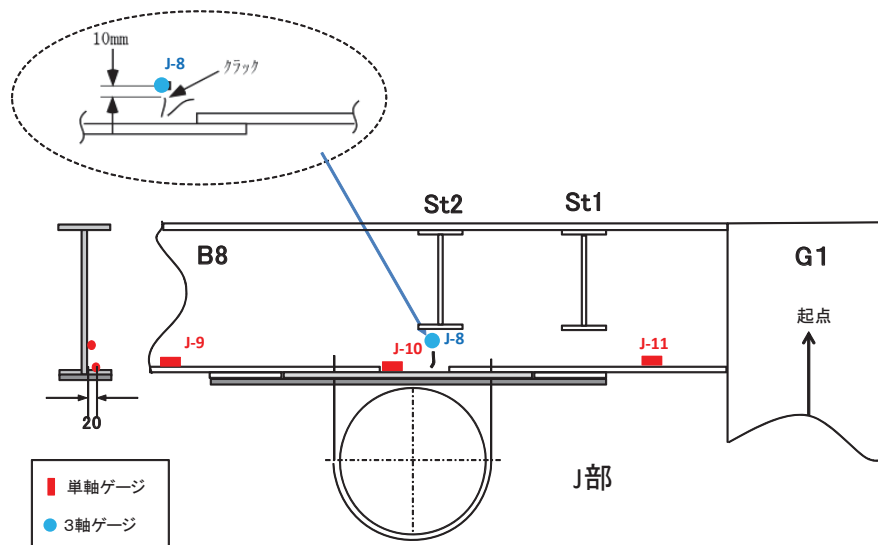


図 9 ゲージ貼付位置一例 (横桁 B8, 補強後)

3. 2 動的載荷試験

動的載荷試験は図 10 に示す試験車両を図 1 に示す走行レーンおよび追越しレーンを走行させ (約 40km/h), ひずみゲージによる応力測定を行った. 動的載荷試験は一般車両が少なく, 気温変動が比較的小さい夜間に実施した.

図 10 に示す通り, 補強前の載荷試験と補強後の載荷試験に使用した車両の重量および軸重は若干異なる.

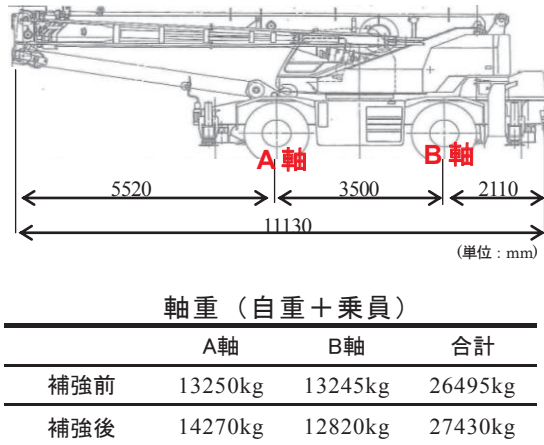


図 10 試験車寸法および軸重

3. 3 応力頻度測定

応力頻度測定は補強工事の実施後に行い, 補強効果の検証を目的として補強前の測定結果⁴⁾と比較した. 補強前の測定値としては, 前年度実施した載荷試験および応力頻度測定の測定結果を用いた.

応力頻度測定は, 「応力頻度測定要領 (案)」に基づき, 一般車両供用下で平日の 72 時間の応力測定を行った. 計測したデータより応力頻度分析を行い, 疲労寿命を評価した.

4. 計測結果および考察

4. 1 動的載荷試験

図 11 に補強前および補強後の動的載荷試験の結果を比較する. 補強を実施した斜材の応力 (図内, A-3, A-4, A-7, A-8, B-1~ B-4, B-7~ B-10, D-1, D-2) については, 補強部の応力が計測できなかったため当然であるが, 補強前後で大きな変化はみられなかった. その内, 最も大きな応力値を示した B-2 では補強前最大応力度: 11 N/mm², 補強後最大応力度: 10 N/mm², B-9 でも補強前最大応力度: 9 N/mm², 補強後最大応力度: 8 N/mm² とほとんど変化は

みられない.

新に設けた測定位置 (グラフ横軸, □内で示す) では比較的低い応力が観測されたが, やはり補強前後でほとんど違いはみられなかった. (最大応力: B-4, 補強前最大応力: 4 N/mm², 補強後最大応力: 3 N/mm²).

一方補強部で応力が計測された横桁については, 最大引張応力は下フランジ (J-10) で発生し, 図 3 に示すように補強前の応力値と比較するとその値は約 40%低下した (補強前最大応力: 14 N/mm², 補強後最大応力: 8 N/mm²).

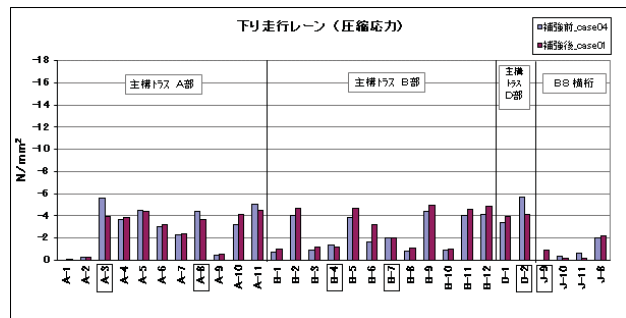
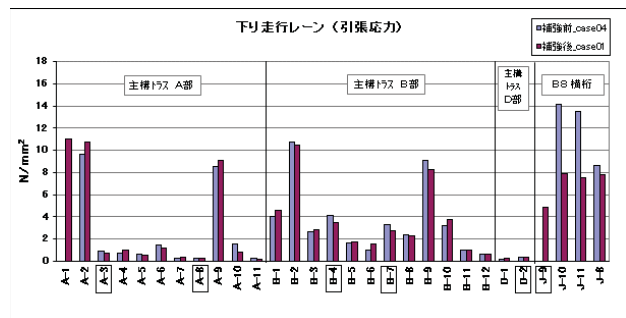


図 11 補強前・補強後の応力値の比較

4. 2 応力頻度測定

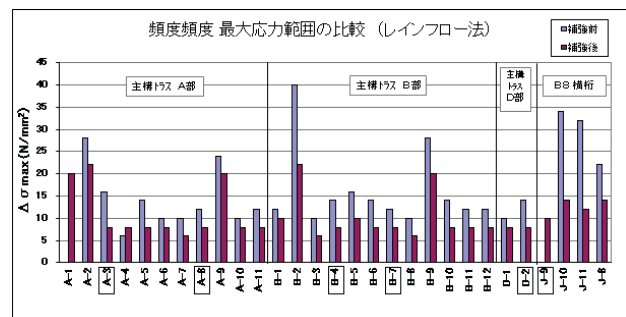


図 12 補強前・補強後の応力範囲の比較

図 12 は個々の測定位置で補強前および補強

後の応力頻度測定で観測された最大応力範囲を比較している。図 12 に示す通り、応力範囲は全体的に低下したと見られる。特に B8 横桁の応力範囲は著しく低下している。破損していた下フランジの当板補強の計測位置 (J-10) での

応力範囲は補強前の $\Delta \sigma = 34 \text{MPa}$ から補強後の $\Delta \sigma = 14 \text{MPa}$ へと約 60% 低下した。補強板の両端のゲージ (J-9, J-11) も同様な傾向の応力範囲を示した。

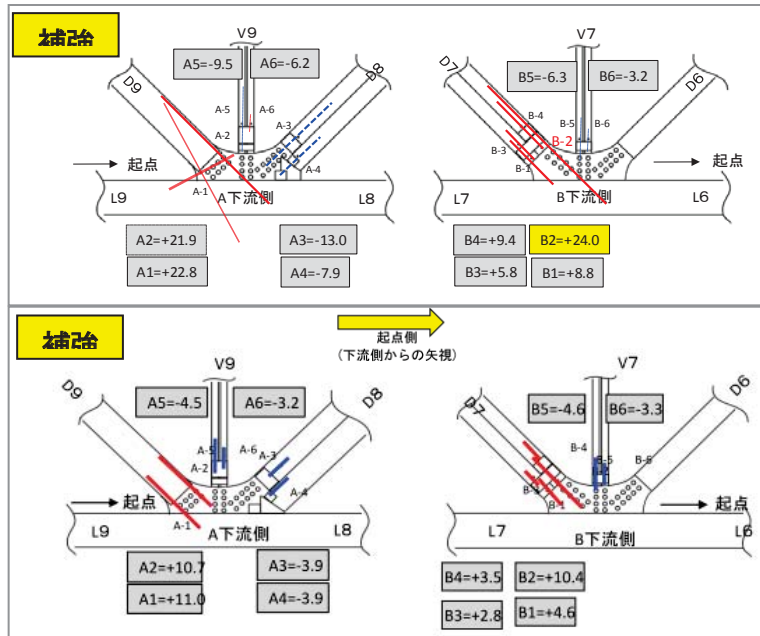


図 13 補強前・補強後の応力頻度測定結果の一例 (トラス, 最大応力度)

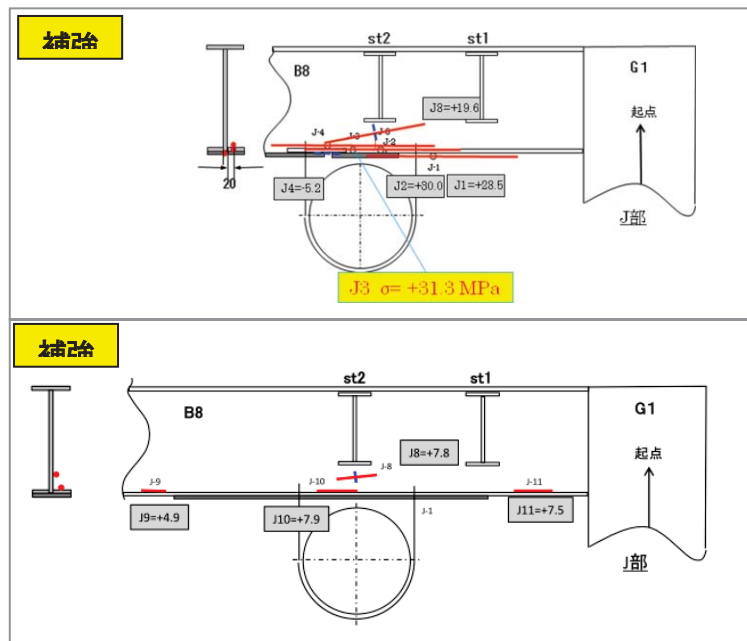


図 14 補強前・補強後の応力頻度測定結果の一例 (横桁補強部, 最大応力度)

表-2 補強前・補強後の疲労寿命の比較

| 部材箇所 | 測点 | 補強前 | | | 補強後 | | |
|-------|------|---|---|-------------|---|---|-------------|
| | | レインフロー法 最大応力範囲 $\Delta\sigma_{max}$ (N/mm ²) | 等価応力範囲 $\Delta\sigma_{eq}$ (N/mm ²) | 疲労寿命 (年) | レインフロー法 最大応力範囲 $\Delta\sigma_{max}$ (N/mm ²) | 等価応力範囲 $\Delta\sigma_{eq}$ (N/mm ²) | 疲労寿命 (年) |
| 斜材D7 | B-1 | 12 | - | ∞ | 10 | 8 | ∞ |
| | B-2 | 40 | 12 | 537 | 24 | 11 | 805 |
| | B-3 | 10 | - | ∞ | 6 | - | ∞ |
| | B-4 | 14 | - | ∞ | 8 | 8 | ∞ |
| 縦桁ST2 | J-9 | - | - | - | 10 | 8 | ∞ |
| | J-10 | 34 | 12 | 522 | 14 | 9 | ∞ |
| 横桁B8 | J-11 | 32 | 12 | 575 | 12 | 9 | ∞ |
| | J-8 | 22 | 10 | 2210 | 14 | 10 | ∞ |

応力頻度測定で観測された活荷重応力度は低く、その大半が疲労の打ち切り限界以下であった。一般車両通行時の72時間計測を行った結果の一例を図13 および図14に示す。

補修後の応力頻度測定結果を基に疲労寿命の評価を行った。測定値の溶接部の一例を図1に示しているが、突合せ溶接では全幅に渡って不溶着部が見られるなど、疲労設計指針に示す継手の強度等級⁸⁾に該当するものが見当たらないため、疲労寿命の算出には、最も不利な強度等級であるH'等級と仮定して疲労寿命を評価した。

疲労寿命を算出した結果の一部を表-2に示す。表に示すとおり、補強部以外の応力が計測された主構トラス部材では当然であるが、疲労寿命はほとんど変わらず、局部的な補強により、他の部材が影響を受けていることが確認された。

横桁については、横桁下フランジで最も短い補強前の寿命500年程度が補強後には ∞ となり、大幅に長寿命化されたことが確認された。

5. 結論

本研究により得られた主な結論は以下のとおりである。

- (1) トラス主構部材 補強部材のみの応力は補強前後でほとんど変わらず、局部的な補強が他部材に悪影響を及ぼしていないことが確認された。
- (2) 横桁下フランジでは、補強前後で応力範囲も低下し、大幅な疲労耐久性の向上効果が確認された。

【参考文献】

- 1) 坂野：高齢化を迎えた長大橋梁の診断と長寿命化に関する研究プロジェクト，第66回土木学会年次学術講演会，CS-7-004，2011.9.
- 2) 夏秋，坂野，増田，河野：淀川大橋の腐食状況調査，鋼構造年次論文報告集，第19巻，pp.651-656，2011.11.
- 3) 河野，夏秋，増田，坂野：淀川大橋補修溶接部の非破壊検査および成分分析，鋼構造年次論文報告集，第19巻，pp.657-664，2011.11
- 4) Ichinose，坂野，増田，夏秋：淀川大橋の動的載荷試験および応力頻度測定，鋼構造年次論文報告集，第19巻，pp.665-670，2011.11
- 5) 水野他：当板溶接補修部を有する鋼桁試験体の疲労実験，第66回土木学会年次学術講演会，CS-7-008，2011.9.
- 6) 広瀬，増田，坂野：淀川大橋の補強設計，第67回土木学会年次学術講演会，CS-5-007，2012.9.
- 7) 新幸，森本，増田，坂野：淀川大橋の補修工事に適用した非破壊検査，第67回土木学会年次学術講演会，CS-5-008，2012.9.
- 8) (社)日本道路協会：道路橋の疲労設計指針，H14.3.