

鋼上路パイプアーチ橋の疲労照査と対策検討

大日本コンサルタント(株)九州支社 正会員 ○町田 信彦

同上 正会員 高山 淳一

大日本コンサルタント(株)大阪支社 正会員 松尾 聡一郎

1. まえがき

近年、大規模地震への対応として、道路橋の耐震補強工事が進められている。対象となる既設橋梁は、架橋環境等に応じ様々な損傷を有しており、特にアーチ橋やトラス橋などの特殊橋は、工事規模や期間に影響するため、耐震補強と同時に対策を実施することが求められる。本論文では、鋼上路式パイプアーチ橋の耐震補強設計において疲労対策を併せて実施した事例を紹介する。

2. 検討橋梁の概要

本橋は、昭和41年に竣工された、側径間に鋼単純桁を有する、中央径間長126.0mの鋼上路式パイプアーチ橋であり、主構アーチ、支柱および斜材等が鋼管で構成されている(図-1)。竣工から約30年後(平成8年)に実施した調査で、主構アーチと支柱の溶接部の亀裂損傷が確認されたため、応急処置が実施され、平成14年には耐荷力試験を行ったうえで、疲労寿命を算定し溶接部の損傷は応急処置で十分であると予想されていた。しかし、平成24年の近接目視点検で、アーチリブ内部の支柱等に溶接部の亀裂が改めて発見された。よって、本検討にて耐震補強設計に合わせて、疲労寿命の算定と対策検討を行った。

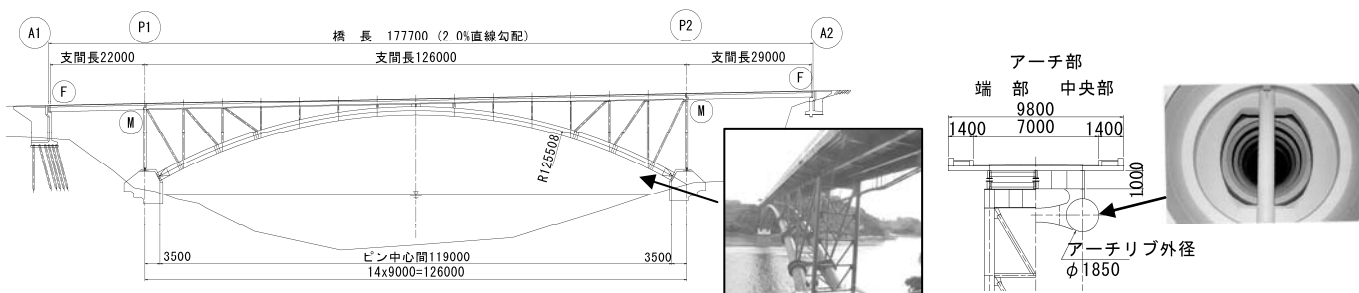


図-1 橋梁概要(側面図, 断面図, 写真)

3. 疲労照査のモデル概要

疲労照査のモデル化にあたって、局部応力照査を再現するため図-2に示す部分FEM解析モデルを作成した。境界条件は、図-3に示す全体梁モデルによる、アーチ支間1/4近傍で静的载荷試験を模した荷重による変位を支点バネに用いた。ひずみの値は静的载荷試験により照査対象範囲のひずみを測定し、全体梁モデルの理論値と比べて計測箇所の大小の傾向と値が同等であることを確認し、モデルの妥当性を検証した。

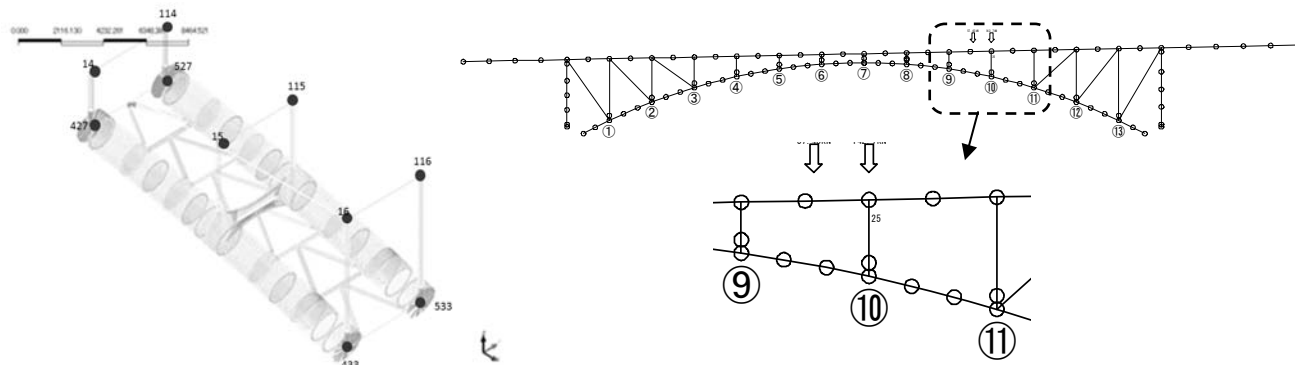


図-2 部分 FEM モデル(図-3 の拡大範囲部)

図-3 全体梁モデルと静的载荷位置

キーワード 長寿化, 特殊橋梁, パイプアーチ, 疲労照査, FEM 解析

連絡先 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東 2-10-35 博多プライムイースト 8F TEL 092-441-0457

4. 疲労照査

(a) 損傷状況について：図-4 は, No.5～No.8 はアーチリブ内の鉛直材上端と軸方向補強リブとの溶接箇所, No.9～No.14 は鉛直材の各部溶接箇所を示したものである。梁モデルの公称応力で疲労照査できるのは, 図-5 に示すように鉛直材とアーチリブの軸線上の点に限られるため, この交点からの離れによる影響が, 過年度の損傷想定と, 実際の損傷との差異が生じた原因の一つと考える。(b) 疲労等級について：疲労等級は道路橋示方書を参考に, No.5～No.12 は H 等級(40N/mm²) , No.13 と No.14 は G 等級(50N/mm²)とした。(c) 疲労照査について：大型車交通量は 850 台/日・方向である。疲労寿命の設定として, 基準年を 2002 年の B 活荷重対応の RC 床版から鋼床板への打ち替え工事時とし, 要求年を 1966 年から 100 年後の 2066 年と設定した。(d) 照査結果について：疲労照査の結果, 全ての着目箇所, 打ち切り限界は満足しなかった。累積損傷度の照査では, アーチリブ内の No.8(終点側補強リブ位置)が 2032 年で疲労限界(34 年の延命が必要), アーチリブ外の No.11(終点側ベースプレート位置)が 2045 年に疲労限界(21 年の延命が必要)という結果が得られた。

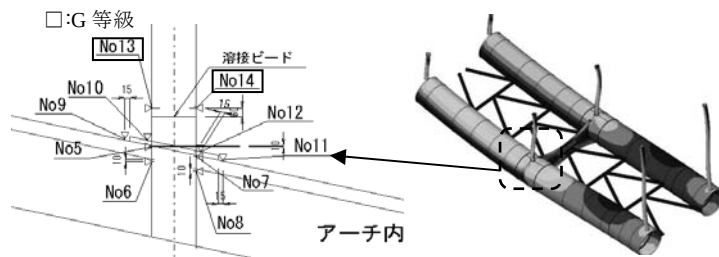


図-4 照査位置と測定箇所

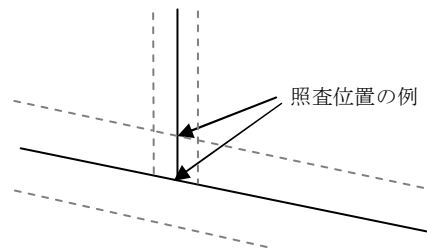


図-5 梁モデルでの疲労照査位置

5. 疲労対策

上記で得られた, 疲労寿命不足箇所についての疲労対策(延命策)の検討を行った。(a) 対策案について：図-6 に対策前における現状の応力分布を示す。図-7 にアーチリブ内部支柱の No.8 近傍での応力分布を示す。対策案として, ①案:剛性を高くするコンクリート充填案, ②案:応力集中を緩和するための軸方向補強リブ切断案, ③案:応力の流れをスムーズにする軸方向補強リブ下面への補強板追加案を検討した。①案は死荷重増と剛性増による耐震性能への影響を考慮して不採用とした。②案は No.8 近傍の応力集中は緩和されたが, その他の箇所が剛性不足により疲労寿命は下がる傾向となった。③案は疲労寿命向上の効果が確認できた。(b) 照査結果について：補強板追加案は, 応力集中が緩和され, 疲労寿命が所定の要求年を満足する結果となった。

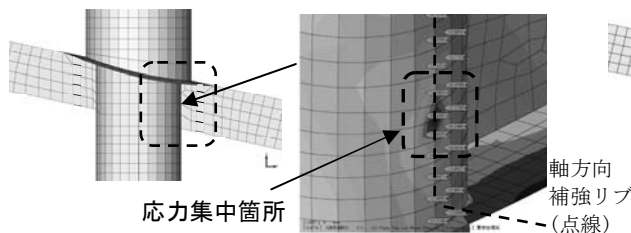


図-6 現状の No.8 近傍の応力分布

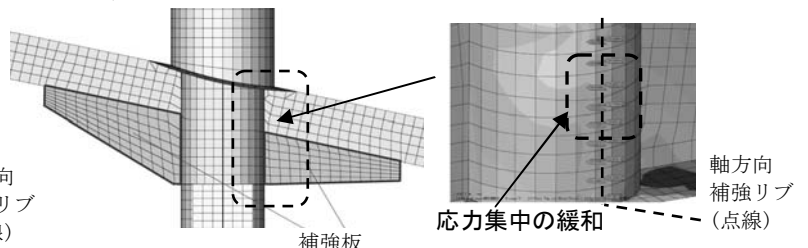


図-7 補強板追加案の No.8 近傍の応力分布

6. あとがき

本検討は疲労詳細設計に先立ち, 疲労照査と疲労対策の有効性を確認した。しかし, 部分 FEM 解析および動的載荷試験による疲労寿命予測とは異なり, 溶接部に経過観測が必要と思われる箇所も存在する。原因としては, B 活荷重対応の床版打ち替え前から残存していた亀裂や(疲労と初期通過破壊によるものも考えられる), 亀裂の発生による応力解放に伴う荷重の再分配による応力集中箇所の転移などが考えられる。今後は, 橋梁全体を対象に追加の亀裂調査を実施し, 調査結果の反映と FEM モデル化の範囲を広げ, 要因分析と疲労対策の精度向上に繋げたいと考えている。そのため実橋の挙動確認とモデル境界条件の妥当性検証が課題と考える。

参考文献

- ・道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編 社団法人日本道路協会 平成 24 年 3 月
- ・鋼橋の疲労 社団法人日本道路協会 平成 9 年 5 月