

過去に補強された特殊橋梁の補修 ～鋼管部材を有するアーチ橋～

1. はじめに

過去に補修補強された橋に状態の変化が見られた場合、原因の特定や現状の性能評価は格段に困難となります。特にそれが特殊な構造形式の橋の場合、精緻な解析を行っても実際の状態には明らかにしきれない部分が多く残ることがあります。

本稿では、過去に耐震補強された本橋を例に、特殊な形式の鋼アーチ橋のき裂対策を紹介します。

2. 橋梁概要及びき裂

伊達橋（写真-1）は、一般国道30号の鋼ランガーアーチ橋（橋長110m、昭和42年完成）です。



写真-1 全景及びき裂発生位置

本橋は主要部材に鋼管が多用された特殊な形式ですが、点検時に補剛桁や横桁で鋼管（垂直材）との溶接部に多数のき裂が確認され、中には進展すると主要部材の一部を破断する危険性も考えられるものがある状態でした（写真-1～3）。



写真-2 き裂箇所図

写真-3 き裂の例

3. 応急措置

本橋は、構造が複雑でかつ耐震補強で部材の追加や交換も行われており、現状の応力状態や構造特性の見極めには実測や解析などある程度時間を要する検討が不可欠な状況でした（写真-4, 5）。



写真-4 制震ダンパー(斜材)



写真-5 耐震補強部材

このような場合、損傷部中心に考えるだけでなく、構造系全体を俯瞰的に捉えて、起こりうる致命的事態の想定から、優先度の高い対策を絞り込んでいくアプローチが有効なことがあります。

本橋では、支承部での桁支持機能の喪失が最も危険で、その保全が最優先と考えられたため、直接的なき裂対策に先行して仮受け工の設置が行われました（図-1, 写真-6）。

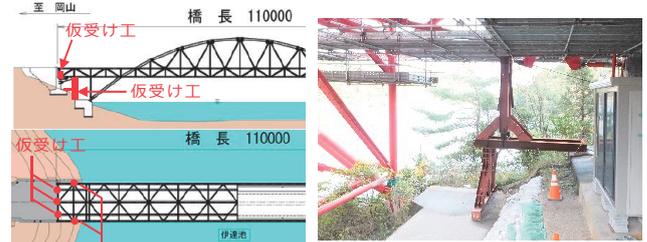


図-1 仮受け位置

写真-6 仮受け工

4. き裂対策

本橋のような複雑な構造では、溶接部の発生応力は通常の耐荷力設計で用いられる骨組解析からの推定と大きな乖離がある可能性があります。さらに、今回き裂が多発している、曲面部継手の疲労耐久性には不明な点が多いのが現実です。

一般的に自動車荷重の影響を含む鋼部材の疲労き裂への措置には、削り込みによるき裂の切除やストップホールによる進展リスクの低減、き裂で失われた部材断面の回復や応力低減のための当て板補強が行われます。

本橋の場合、多くのき裂が鋼管を貫通して進展しており切除は不可能であり、ストップホールの施工と当て板が選択肢となる状況でした。

しかし、片側からしかボルト施工できない小径の鋼管に当て板した例は少なく、片側施工ボルト

現場に学ぶメンテナンス No. 23

による曲面での一面せん断という特殊条件における性能の知見は十分にあるとは言えません。

このような場合でも、少なくとも適用しようとしている条件に対する事前の性能確認により信頼性やリスク要因を見極めて対策に反映することは不可欠です (写真-7, 図-2)。

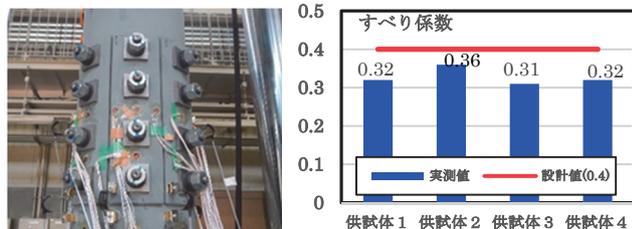


写真-7 国総研による性能確認

図-2 性能確認データ

また、補修や補強のように時間的制約から検証できる条件や数量に限界がある場合、信頼性の程度までは十分に評価しきれないこともあります。

このような場合には、実験等で確認された条件の中でもより確実性の高い条件を選択することに加えて、万一期待した性能が十分に発揮されなかったとしても忽ち致命的な事態に至らないこと、対策効果がゼロとなるような事態をできるだけ回避することに配慮することが有効です。

本橋では、実際の応力状態を可能な範囲で正確に把握するために、「全体系」および「き裂発生部位」のそれぞれに着目した数値解析と荷重車載荷による応答計測を行いました。

「全体系」については、比較的剛性が小さい本橋では自動車荷重の載荷に対して補剛桁と横桁からなる桁断面が複雑に変形していること、鋼管部に発生しているき裂の近傍では車両の移動に伴って複雑に発生応力の大きさや向きが変化することが確認されました。

「き裂発生部位」については、載荷試験結果と精緻な FEM モデルによる再現解析の結果を詳細に比較すると、多くの部材で応答の特徴は一致したものの、き裂との関わりが深い部材で、溶接部の応力振幅の大きさや向きが十分には再現できなかったものも少なからずある結果となりました。建設時の設計と施工の乖離や供用後の補修補強などによる構造条件や応力状態の変化を完全には反映できない既設橋の対策では、現橋の応答特性を正確に再現することには限界があることも確認されました (図-3, 4)。

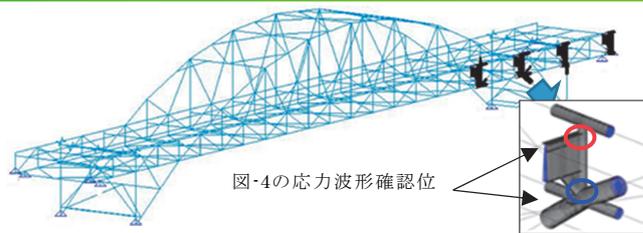


図-3 部材形状まで反映した解析モデル

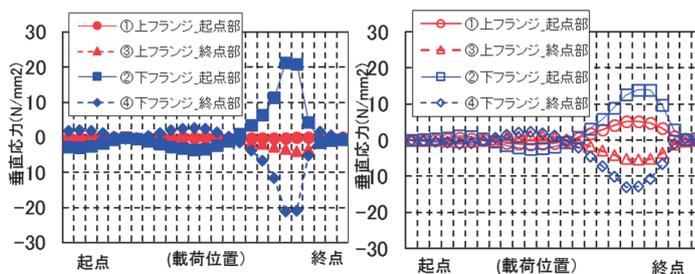


図-4 同一垂直材の応力波形 (左/載荷試験, 右/解析)

これらも踏まえて、本橋では、片側施工ボルトが摩擦接合として性能を発揮する想定で当て板を設計すると同時に、継手効率の不足によりき裂がさらに進展した場合でも、格点部の部材相互が幾何学的に拘束され、ボルトが破断しない限り構造系の安定が確保できることを要求性能に設定し、格点をトラス構造とする補強構造が採用されました (図-5, 写真-8)。

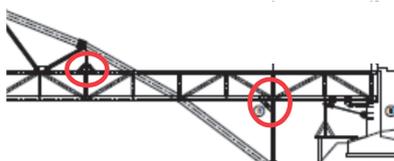


図-5 幾何学的拘束も兼ねた補強



写真-8 格点補強

5. おわりに

既設橋の対策では挙動や対策工法の実力が不明確なことも多いですが、対策に求められる要求性能を橋の性能に照らし、達成すべき事項やその優先度を慎重に整理・構築することで、合理的で安全な対策となるように工夫することが重要です。

参考文献

- 1) 国土交通省中国地方整備局岡山国道事務所、第1～6回伊達橋補修検討委員会資料

土木研究所構造物メンテナンス研究センター
 橋梁構造研究グループ 上席研究員 玉越隆史
 国土交通省国土技術政策総合研究所
 道路構造物研究部熊本地震復旧対策研究室長 星隈順一
 同 橋梁研究室長 白戸真大
 同 橋梁研究室 主任研究官 前田文雄
 国土交通省中国地方整備局
 岡山国道事務所総括保全対策官 山内和則