

プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「鋼橋の点検並びに損傷の調査手法の高度化に関する研究」
プロジェクトリーダー ・氏名(ふりがな):石川 敏之(いしかわ としゆき) ・所属, 役職:関西大学, 教授
研究期間:令和4年9月～令和7年3月
プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ) (例)〇〇建設(株), (株)□□設計, (一社)△△協会… (一社)日本橋梁建設協会, (一社)建設コンサルタンツ協会, (一社)日本非破壊工業会, (一社)リペア会, (NPO)橋守支援センター
プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景, 目標等) 橋梁点検においては, 効率化を目的とし, UAV等の点検支援技術が活用されるようになってきた. しかし, 検出できる損傷の限界や, 非GNSS環境下の箱桁内部, 狭小な空間での点検精度の確保等の課題がある. また, 鋼橋の点検において, 例えばき裂が疑われる損傷が発見された際, 損傷箇所からき裂を想定し, 適切な位置に磁石を当てて調査する必要があるが, 技術者の経験に頼っているのが現状となっており, 管理者も報告を受けた際に, 適切な調査が実施されたのか判断が出来ていない状況となっている. 本研究では, 疲労き裂を対象として, 点検支援技術を含めた点検および調査技術の効率化と精度確保, ならびに点検および調査の適切な実施に資するための実際の構造ディテールと疲労き裂を忠実に再現した実物大試験体の作製と点検・調査の手引き等の作成を目的とする.
プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等) ①鋼橋におけるUAV等の点検支援技術を活用した点検手法について, 可能な技術レベルを明確にし, 橋梁構造や点検箇所に対応しい点検手法の調査研究を行う. 具体的には, 塗膜上からき裂検出が可能な非破壊検査技術, および塗膜剥離が必要な非破壊検査技術に対する塗膜剥離技術や検査後の再塗装技術の高度化に関して, 実橋梁や実物大の構造ディテールと疲労き裂を忠実に再現した疲労試験体を用いて検討する. ②鋼橋の点検により判明した損傷の適切な調査手法や, その精度向上のための手法について調査研究を行う. 具体的には, 点検員が実物と同様な疲労き裂の点検を体験できるように, 実橋梁の構造ディテールとそこに生じた疲労き裂を忠実に再現した実物大の試験体を疲労試験により作製する. 試験体は, き裂が小さいものと大きいものの2種類作製し, それらを用いて, 非破壊検査手法の精度向上のための検討を行う. なお, 疲労試験中のき裂の発生や進展挙動を記録した動画を作製し, 点検員の経験不足を補う. 上記の研究を踏まえ, 点検箇所や点検内容に応じた効率的な点検手法や, 損傷状況に応じた調査手法の手引きを取りまとめる.
○令和4年度 ・実際の橋梁の疲労損傷調査(非破壊検査と応力計測を含む) ・実構造を再現した実物大の大型疲労試験体の設計と製作
○令和5年度 ・前年度に製作した試験体の疲労試験(き裂が小さい試験体の作製) ・疲労試験中の小さいき裂に対する非破壊検査技術の適用性検討 ・橋梁点検支援技術(非破壊検査およびその前後処理技術)の適用性検討 ・疲労試験結果を踏まえた改良型試験体の設計と製作
○令和6年度 ・前年度に製作した試験体の疲労試験(き裂が大きい試験体の作製) ・疲労試験中のき裂発生から部材破断状態までの動画記録 ・点検調査手法に関する手引きの作成 ・3年間の研究の取りまとめ

※ 本様式は中間評価・事後評価を公表する際に, 評価コメントと併せてホームページで公開します。

※ 本様式は成果報告書とともに, 中間・事後評価の重要な判断材料となりますので, ポイントを整理し簡潔な表現とし, ポンチ絵などを用いてわかりやすく記述してください。

プロジェクト・研究成果の概要(2/2)

プロジェクトの研究成果の概要(図表・写真等を活用しわかりやすく記述)

本年度の主な研究成果は以下のとおりである。

(1) 実際の橋梁の疲労損傷調査

今年度対象とした橋梁は、1961年竣工の支間長18m、幅員25m(3車線)で斜角30°のRC床版単純鋼桁橋である。端補剛材と支点直近の中間補剛材の上端部で疲労き裂が多数確認されている。

a) ドローンによる近接目視点検

ドローンを用い、現地の橋梁で疲労き裂の調査を試みた。その結果、桁下の河川上から接近して構造物まで50cm程度まで接近できたが、床版に近い垂直補剛材上端部の疲労き裂や塗膜割れの確認は困難であった。特に、対象橋梁が斜角30°であったため鋭角側の狭隘な桁端部へ近接することは出来なかった(図-1)。狭隘部へ近接可能な機器の開発が望まれる。また、橋梁の幅員が大きいので、橋梁の中央部では光が届かず奥まで調査することができなかった。別途、照明専用のドローン等、暗部対策が必要である。



図-1 ドローンで撮影した鋭角側の補剛材撮

b) MT調査のための溶接部の塗膜剥離

従来の機械工具では効率が悪いので、レーザーと高性能剥離剤を用いて、疲労き裂が生じている桁端部の垂直補剛材上端部の塗膜剥離を試みた。その結果、レーザーについては、梯子を用いて動力源を河川内に降ろすことができず、橋梁上でサンプルの鋼材を用いて塗膜剥離のデモンストレーションを行い、塗膜が効率よく剥離できることを確認した。高性能剥離剤については、繊維を含んだパテ状のものを溶接部に貼り付けるだけなので、梯子で近接可能であり、桁端部の狭隘な個所でも塗膜を剥離できた。ただし、剥離剤を貼り付けた状態で24時間以上放置しておく必要があり、部分的に鉛丹の下塗りが残っていたが、MTは可能な状態であった。

c) 塗膜剥離部の補修塗装

MT後に補修塗装を行う際に、何層も塗り重ねることは手間がかかるので、ステンレスフレークを含む塗料をスプレーで吹付け施工性を確認した。従来の塗装よりも塗膜厚が小さくて済むため、1層のみで効率が良いが、耐久性については今後定期的に現地で確認する必要がある。

d) き裂進展監視システム

ひずみゲージとバッテリー駆動の小型の通信装置を用いて、垂直補剛材上端部の疲労き裂進展の監視を試みた。その結果、3か月間(2時間間隔)で転送されるひずみ値に変化が見られずき裂進展がないことを確認できた。

e) 応力計測

現地の橋梁において、荷重車を用いた動的載荷試験と実交通下の72時間連続応力頻度計測を行った。応力計測箇所は、疲労損傷の著しい端補剛材上端部と比較的小さいき裂が生じている端部に近い中間補剛材の上端部である。端補剛材で、上端部が破断している個所と比較的大きなき裂が生じている個所については、ひずみゲージを貼り付けてもひずみ値が計測できなかったため、比較的小さいき裂が生じている端補剛材上端部と中間補剛材上端部で計測を行った。

動的載荷試験では、荷重車を大型車交通量が多い中央分離帯側の第2車線と第3車線を40km/h程度で走行させた。その結果、荷重車が着目する主桁の鈍角側を走行した際に、鈍角側の補剛材上端に大きな圧縮応力が、鋭角側の端補剛材上端に引張応力が生じることが確認された。実交通下の応力頻度計測でも同様の傾向が見られたことから、主桁の鈍角側を輪荷重が走行することによる床版のたわみ変形が疲労損傷の原因と推察された。なお、試験車走行時と実交通下の最大応力を比較することにより、試験車両の最大軸重8.4tonの3.4倍の29ton程度の軸重の車両が走行していたことが推定される。

(2) 実物大の大型試験体の設計・製作

疲労き裂が生じている桁端部の構造を再現するため、端横桁と2本の主桁で斜角が30°となるような実物大の大型試験体を設計・製作した。対象とする主桁の鈍角側に載荷するような条件で静的載荷試験を行った結果、実橋の応力計測で得られた応力状態と同様な結果が得られた。次年度は疲労試験を行い、実橋で生じている疲労き裂の再現を試みる予定である。

※ 本様式は中間評価・事後評価を公表する際に、評価コメントと併せてホームページで公開します。

※ 本様式は成果報告書とともに、中間・事後評価の重要な判断材料となりますので、ポイントを整理し簡潔な表現とし、ポンチ絵などを用いてわかりやすく記述してください。