

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) (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, (特非)橋守支援センター, (有)丸重屋, 酒井工業(株), 西日本高速道路(株), 本州四国連絡高速道路(株), 阪神高速道路(株), (一財)橋梁調査会, 関西大学, 岐阜大学
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) 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)

昨年度製作した試験体を用いて、先ず静的載荷試験により、疲労き裂が生じる端補剛材付近の応力状態に及ぼす載荷位置の影響について検討した。その結果、載荷位置が端補剛材に近づくほど、き裂が生じる端補剛材上端部の局部応力が大きくなり、それに加えて、端横桁の拘束により、補剛材上端部表裏の面外曲げ応力が著しく増大することが明らかになった。



図-1 実物大試験体の疲労試験

上記の結果を踏まえて、局部応力が最大となる載荷位置で疲労試験を実施したが疲労き裂が発生しなかった。そのため、実橋の過積載を考慮して試験荷重を増大させ、次年度に再度疲労試験を実施する。

(2) 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

(1)の疲労試験で疲労き裂が発生しなかったので、渦電流探傷試験(ET)によるき裂検出の試みは次年度に持ち越すこととした。また、今年度のフィールドとして提供された3径間連続非合成桁橋において、塗膜割れ発生個所を対象としてMT実施前にETによる亀裂調査を実施し、両方の調査結果を比較することにより、実橋におけるETの精度がMTと同程度であることが検証できた。



図-2 レーザーケレン

3径間連続非合成桁橋において、疲労き裂発生の可能性の高い中央径間の1/4付近で曲げモーメントが交番する断面縮小部のラテラルガセット取付け溶接部を対象として、試験車両を用いた動的応力計測と、実交通荷重下の72時間連続応力計測を行い、正負の交番応力が生じて応力範囲が大きくなること、横構による面外曲げが生じること、引張時と圧縮時の最大・最小主応力方向がほぼ水平とみなせること、推定疲労寿命が100年以上となることなどの知見が得られた。

(3) 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

今年度のフィールドとして提供された3径間連続非合成桁橋において、昨年度に引き続いてドローンによる塗膜割れの検出を試み、風速7m/秒程度であれば、主桁の下部や上部下面側の溶接継手部を対象として、比較的大きな塗膜割れが目視可能であることを実証した。

MT実施前の対象溶接部の塗膜剥離作業に、複雑な形状の溶接部に対しても適用可能で高所作業車に積載可能な軽量で小型のレーザーケレン装置と、昨年度と同様の繊維混入型のペースト状の剥離剤を適用し、それぞれMTが可能な状態に塗膜が剥離でき、レーザーケレンでは塗膜等の廃棄物が残らないことを実証した。

塗膜剥離部については、厚さ0.3ミクロンのステンレスの薄片を混入した塗料を1回だけ吹き付けることにより、薄膜で効率的な補修塗装が可能になることを実証した。

(4) 疲労試験結果を踏まえた改良型試験体の設計と製作

今年度の静的載荷試験により、端横桁の拘束によって端補剛材上端部に顕著な面外曲げ応力が生じることが明らかになったことから、主桁の両側に端横桁を有する3主桁タイプの試験体を新たに設計し、製作した。疲労試験は次年度行う予定である。

(5) 斜橋に関する実態調査

昨年度フィールドとして提供された橋梁の斜角が30°であり、支承部や端補剛材等に疲労損傷が生じていたことから、今年度新たに「斜橋に関する実態調査」が追加され、以下のような成果が得られた。

近畿直轄の道路橋5,050橋の内、斜角が60°未満は400橋(7.9%)、45°未満は132橋、30°未満は21橋、25°未満は7橋(最小20°が2橋)あり、橋長15m以上の大半は鋼橋であることが判明した。

橋長15m以上で斜角が30°未満の5橋を対象に疲労損傷と構造特性について調べた結果、リベット構造では疲労損傷は生じていないが、溶接構造では中間対傾構の下弦材と主桁側のガセット板の溶接部で疲労き裂が生じていた。それらの斜橋の格子構造から、主桁間のたわみ差の影響と溶接継手形状が原因と推定された。次年度は調査対象を広げ、現地調査も行うなどして調査を継続する予定である。

※ 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。