

研究プロジェクト名

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

石川 敏之

(関西大学環境都市工学部都市システム工学科 教授)

代理発表: 坂野 昌弘(NPO法人橋守支援センター理事長)

参加メンバー

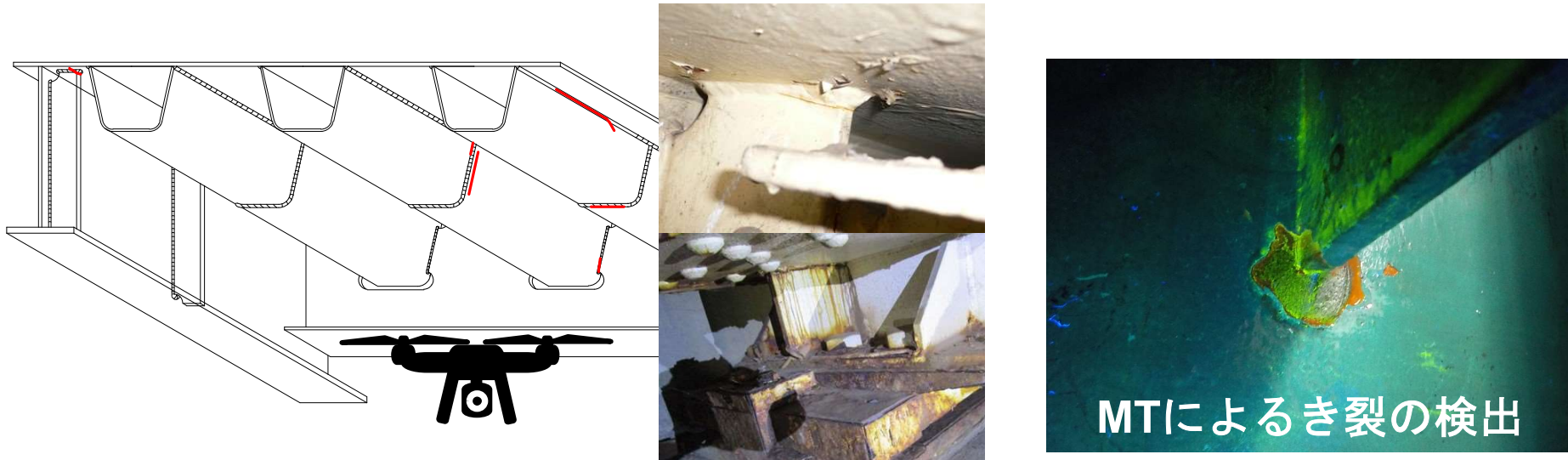
【産】 橋梁調査会、日本橋梁建設協会、建設コンサルタント協会近畿支部、日本非破壊検査工業会
西日本高速道路、本四高速道路、阪神高速道路
丸重屋、酒井工業、橋守支援センター

【官】 国土交通省近畿地方整備局
道路部、兵庫国道事務所、近畿技術事務所

【学】 関西大学、岐阜大学、**摂南大学**

研究テーマの背景および課題と目的

橋梁点検においては、**U A V等の点検支援技術**が活用されるようになってきたが、**検出できる損傷の限界が不明**である。また鋼橋のき裂損傷の調査は、**技術者の経験**に頼っており、技術者間で**一定の質**が保たれているわけではない等の課題がある。



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。

令和4年度の研究成果

- (1) 実際の橋梁の疲労損傷調査【R43,六湛寺橋】斜角30°
(非破壊検査, 応力計測, き裂進展監視システムを含む)
 - ・塗膜剥離技術 (レーザーと高性能剥離剤)
のデモンストレーション (MT用) → 課題抽出
 - ・UAV等の活用のデモンストレーション → 課題抽出
 - ・応力計測 (試験車走行および72時間連続) → 損傷原因推定
 - ・き裂進展監視システムの適用調査 → 耐久性検証
- (2) 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
→ 次年度に六湛寺橋の桁端部の疲労き裂を再現予定

令和5年度の研究成果（1/2）

(1) 前年度に製作した試験体の疲労試験

- ・静的載荷試験により、**載荷位置の影響**について検討
→ 載荷位置によって、**主桁端部に著しい面外曲げ**が発生！
- ・**最も厳しい載荷位置**で疲労試験を実施
→ **過積載荷重**を考慮して疲労試験を継続中！

(2) 非破壊検査技術の適用性検討【R175, 福井橋】

- ・渦電流探傷試験(ET)と磁気探傷試験(MT)の結果比較により
ETのき裂検出精度の検証→**MTと同等の精度**を確認！
- ・3径間連続桁橋中央径間1/4付近の横構ガセット溶接部で
荷重車による動的応力計測と72時間連続応力計測を行い
活荷重応力発生状況の把握と**疲労寿命**を予測
→ **正負交番応力**を確認！（疲労寿命は100年以上）

令和5年度の研究成果（2/2）

(3) 橋梁点検支援技術の適用性検討

- ・ **ドローン**による溶接部の**塗膜割れの検出**が可能！
- ・ **軽量小型レーザー**と**ペースト状剥離剤**によるMT箇所**の効率的な塗膜剥離**が可能！
ステンレス入り塗料を用いた**補修塗装の効率化**！

(4) 改良型試験体の設計と製作

- ・ **主桁の両側に端横桁**を有する**3主桁**試験体を新たに設計製作
→令和6年度に**疲労試験**を実施予定

(5) 斜橋に関する実態調査

- ・ 近畿直轄**5,050橋**の内、斜角が**60°** 未満は**400橋(7.9%)**
→斜角**30°** 未満の**12橋**について詳細調査を継続中

年度毎の研究内容

令和4年度

- ・ 実際の橋梁の疲労損傷調査
（非破壊検査，応力計測，き裂進展監視システムを含む）
- ・ 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(実橋の疲労き裂の再現)
- ・ 試験体(と実橋)の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
- ・ 斜橋の疲労損傷と構造特性に関する実態調査

令和6年度

- ・ 前年度に製作した試験体の疲労試験（疲労き裂進展挙動の再現）
- ・ 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
- ・ 斜橋の疲労損傷と構造特性に関する実態調査
- ・ 3年間の研究の取りまとめ

令和6年度(最終年度)の研究成果

- (1) 実物大疲労試験体を用いた疲労き裂の再現と動画記録
- (2) 疲労試験体のき裂に対する非破壊検査技術の適用性検討
- (3) 斜角が小さい橋梁の実態調査
- (4) 鋼橋の疲労き裂調査に関する手引きの作成
- (5) 3年間の研究成果の取りまとめ

令和6年度(最終年度)の研究成果(1)

(1) 実物大疲労試験体を用いた疲労き裂の再現と動画記録

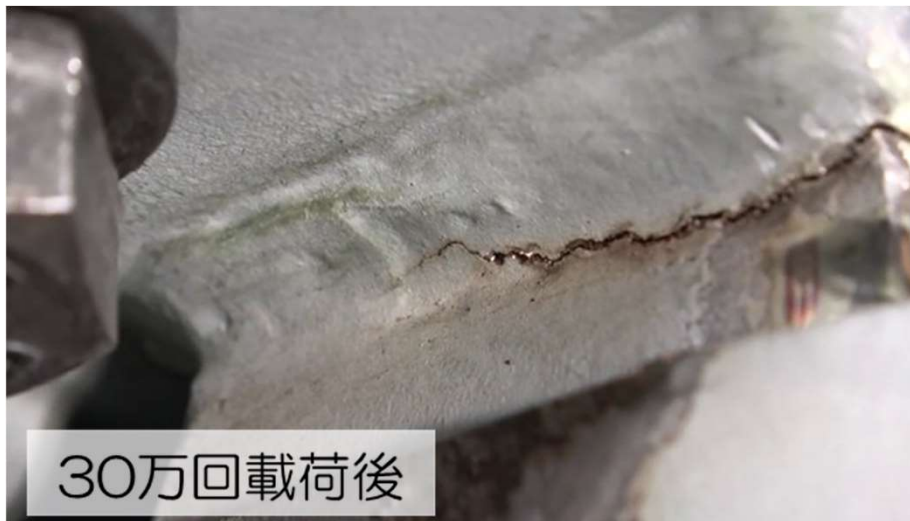
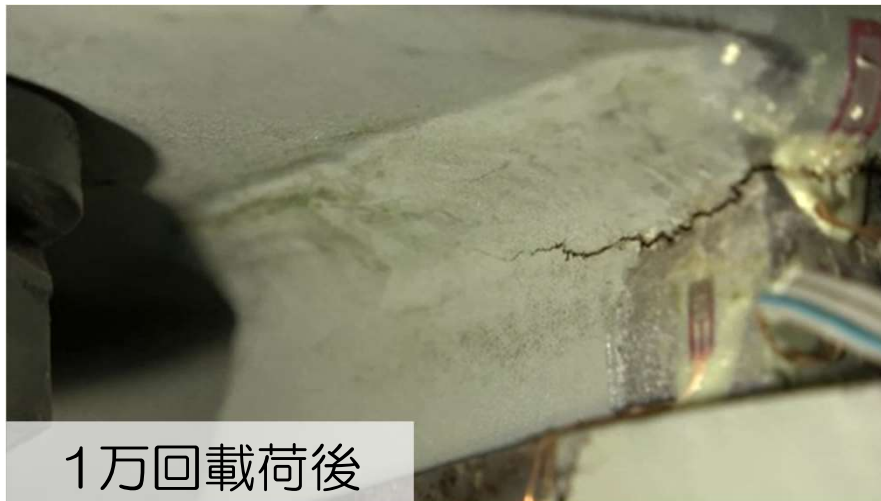
改良型3主桁実物大試験体の疲労試験状況(摂南大学)



令和6年度(最終年度)の研究成果(1)

(1) 実物大疲労試験体を用いた疲労き裂の再現と動画記録

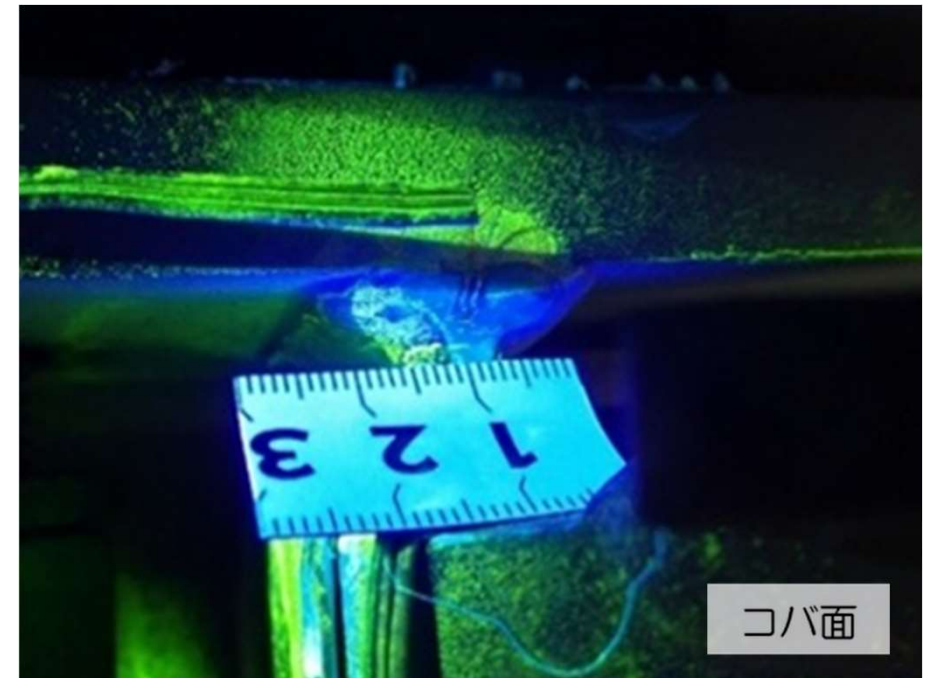
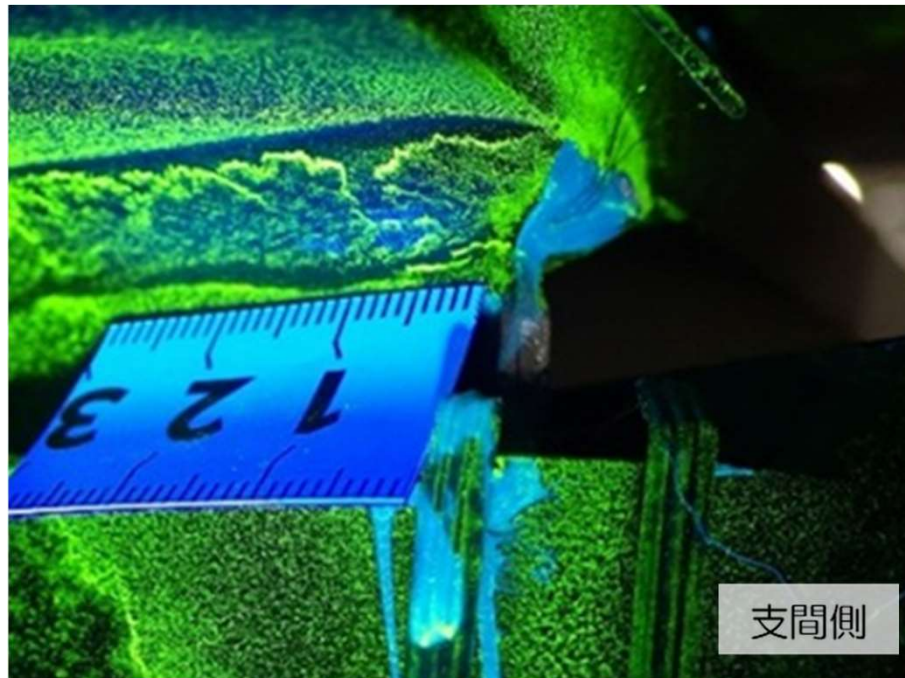
長いき裂の再現と進展状況($\Delta P = 140\text{kN}$)



令和6年度(最終年度)の研究成果(1)

(1) 実物大疲労試験体を用いた疲労き裂の再現と動画記録

短いき裂の再現と進展状況 ($\Delta P = 70\text{kN}$ 、1万回)



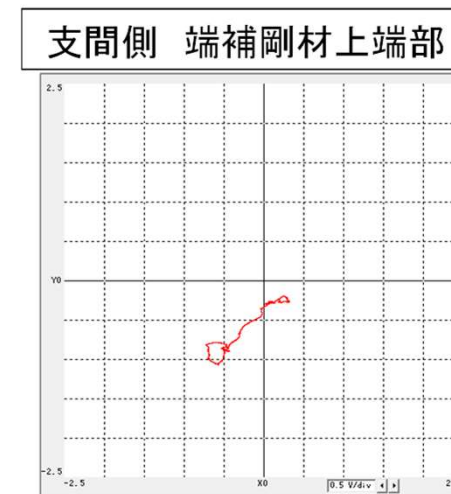
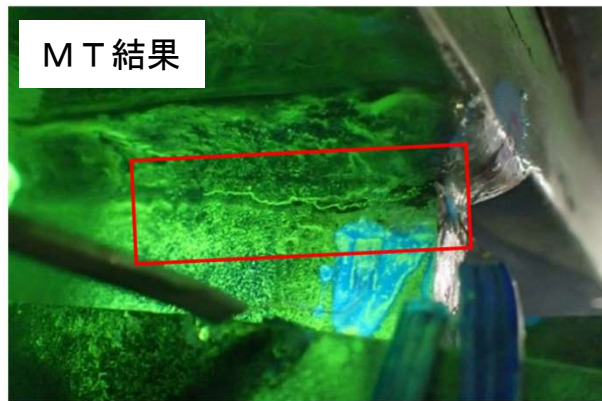
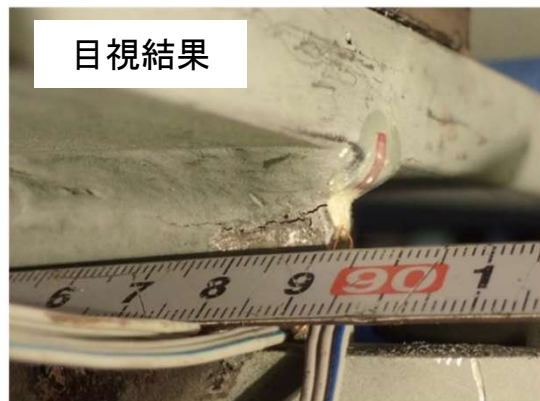
令和6年度(最終年度)の研究成果 (2)

(2) 試験体のき裂に対する非破壊検査技術(ET)の適用性検討

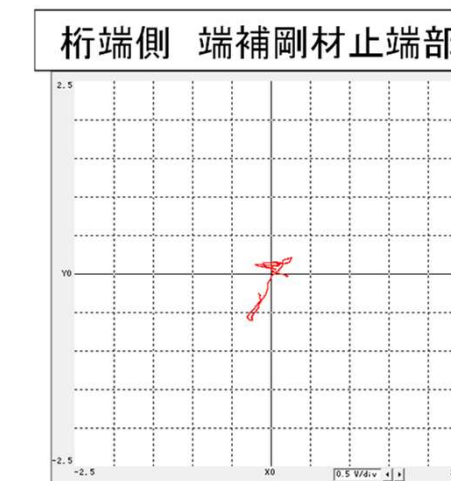
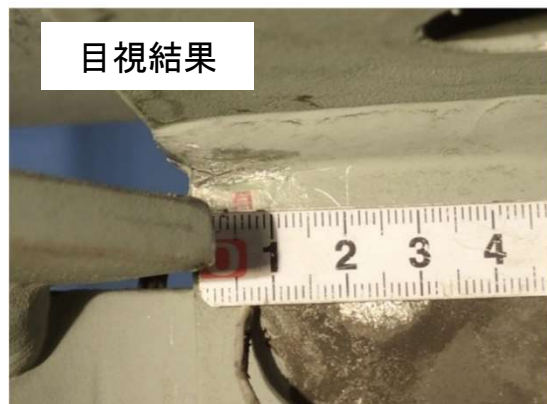
試験状況 (左: 鈍角側、右: 鋭角側)



◆ 端補剛材上端部 長さ20mmのき裂



端補剛材・上フランジ溶接部の発生き裂: 支間側

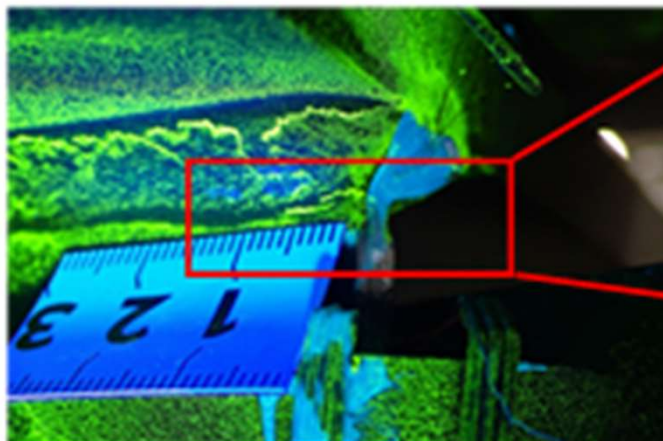


端補剛材・上フランジ溶接部の発生き裂: 桁端側

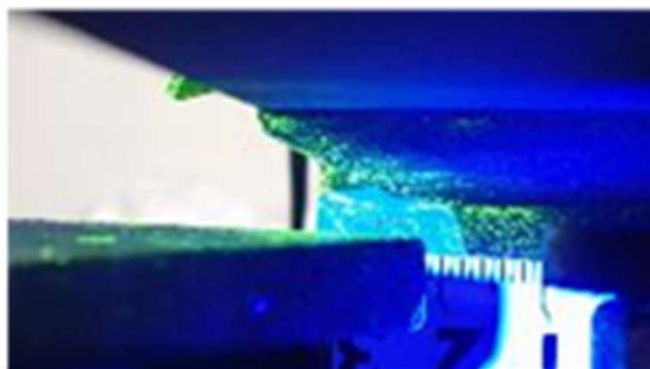
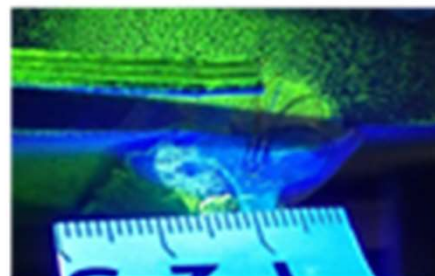
ET結果
判定: **き裂あり**

◆ 端補剛材上端部 長さ6mmのき裂

MT結果



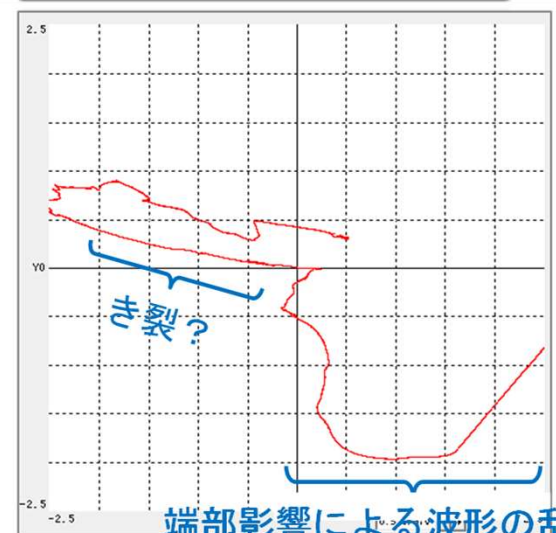
- ・き裂長: 約6mm
- ・き裂は不連続で浅いと推定



端補剛材・上フランジ溶接部の発生き裂：桁端側

ET結果

桁端側 端補剛材止端部



ET判定困難

令和6年度(最終年度)の研究成果 (3)

(3) 斜角が小さい橋梁の実態調査

斜角が45°未満の近畿直轄132橋について
点検調書等で状況を確認

その中から特徴的な疲労損傷が生じていて
アクセス可能な4橋を選定し、現地調査を実施

- ・ 国道1号 葭島橋
- ・ 国道163号 新菊水橋
- ・ 国道171号 鋳物師橋
- ・ 国道24号 御所橋 (全て渡河橋)

それらの構造特性やき裂発生状況は (4) の手引きに反映

令和6年度(最終年度)の研究成果（４）

（４）鋼橋の疲労き裂調査に関する手引きの作成

「鋼橋(斜角)の疲労き裂調査に関する手引き(案)」

- ・疲労損傷が生じやすい斜角の小さい鋼道路橋を対象
- ・それらの構造特性や疲労き裂に関する調査方法を具体的に提示
- ・適切な非破壊検査による疲労き裂の早期発見
- ・それらの疲労損傷に対する事後保全対策や予防保全対策を提案



斜角の小さい鋼道路橋の疲労耐久性を向上させることを目的

令和6年度(最終年度)の研究成果（４）

（４）鋼橋の疲労き裂調査に関する手引きの作成

「鋼橋（斜角）の疲労き裂調査に関する手引き（案）」

目 次

1. 本手引きの目的と範囲
 - 1.1 目的
 - 1.2 範囲
2. 斜橋に関する実態調査結果

令和6年度(最終年度)の研究成果 (4)

(4) 鋼橋の疲労き裂調査に関する手引きの作成

「鋼橋(斜角)の疲労き裂調査に関する手引き(案)」

目次

3. 斜橋の構造的特徴

3.1 格子形状 (直交と斜交)

3.2 対傾構構造と主桁取り合い構造→荷重分配！

3.2.1 対傾構構造

3.2.2 対傾構と主桁の取り合い構造

3.3 応力・変形挙動 (六湛寺橋)

令和6年度(最終年度)の研究成果(4)

(4) 鋼橋の疲労き裂調査に関する手引きの作成

「鋼橋(斜角)の疲労き裂調査に関する手引き(案)」

目次

4. 斜橋の疲労損傷事例

4.1 一般

4.2 端横桁取付け部(補剛材上端部、横桁端下部)

4.3 支承部(ソールPL溶接部、端補剛材下端部)

4.4 中間横桁および中間対傾構取付け部(ガセット)

4.5 その他の部位(き裂削除痕、カバーPL端部)

令和6年度(最終年度)の研究成果（４）

（４）鋼橋の疲労き裂調査に関する手引きの作成

「鋼橋（斜角）の疲労き裂調査に関する手引き（案）」

目次

5. 疲労き裂調査方法

5.1 一般

5.2 目視点検（ドローン等）

5.3 非破壊検査（MT、ET）

5.3.1 検査手法

5.3.2 磁気探傷試験（MT）（レーザー、剥離剤）

5.3.3 渦電流探傷試験（ET）

令和6年度(最終年度)の研究成果（4）

（4）鋼橋の疲労き裂調査に関する手引きの作成

「鋼橋（斜角）の疲労き裂調査に関する手引き（案）」

目次

6. 疲労き裂対策

6.1 対象とする疲労き裂

6.2 事後保全対策

6.3 予防保全対策

令和6年度(最終年度)の研究成果（4）

（4）鋼橋の疲労き裂調査に関する手引きの作成

「鋼橋（斜角）の疲労き裂調査に関する手引き（案）」

目次

（付録）

付録-1 大型試験体の疲労試験

付録-2 実物大試験体に対する非破壊試験

付録-3 実橋に対する非破壊試験（福井橋）

付録-4 実橋のひずみ計測（六湛寺橋）

令和6年度(最終年度)の研究成果 (5)

(5) 3年間の研究成果の取りまとめ

3年間の研究成果を取りまとめて報告書を提出

主な成果については土木学会の年次学術講演会に産官学の連名で3編投稿

- 1) 坂野昌弘, 田井政行, 狩野哲也, 田中茂行 :
実物大の斜橋試験体を用いた疲労き裂の再現,
土木学会第80回年次学術講演会, CS-3, 2025.9. (発表予定)
- 2) Luiza H. Ichinose, 田井政行, 田中茂行, 坂野昌弘 :
斜橋の端横桁取付け部に生じる疲労き裂に対するETの適用,
土木学会第80回年次学術講演会, CS-3, 2025.9. (発表予定)
- 3) 小西日出幸, 川上修, 折口清秀, 廣瀬彰則, 藤井義之, 坂野昌弘 :
斜橋における疲労損傷事例の調査,
土木学会第80回年次学術講演会, CS-3, 2025.9. (発表予定)

ご清聴ありがとうございました