

鋼板桁橋の構造システム挙動を考慮した腐食損傷の当て板補修法に関する解析的研究

大阪市立大学工学部 学生員 ○大浦 涼雅 (株) オリエンタルコンサルタンツ 正会員 有村 健太郎
大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

1. はじめに

日本では高度経済成長期に建設された膨大な道路橋ストックの高齢化が急速に進む中で、これらの構造物の老朽化が大きな社会問題となっている。老朽化した鋼橋の劣化の要因は主に腐食と疲労であり¹⁾、予算や人手不足の深刻化が懸念されることから、迅速かつ合理的な補修法が求められている。また、橋梁の構成部材は、独立して挙動するのではなく、一つの構造システムとして相互に関係して挙動する（以下、構造システム挙動）。しかしながら、現行の補修設計では、このような構造システム挙動を考慮せず部材を個別に取り扱うことが多い。

本研究では、桁端部に腐食損傷を有する鋼板桁橋当て板補修の際の構造システム挙動を考慮した合理的な当て板形状について、全橋 FEM 解析により検討した。

2. 解析モデル

対象橋梁は平成 6 年度版の土木構造物標準設計に記載される支間長 30m、幅員 9.5m の単純非合成鋼四主 I 桁橋である。解析モデルは図-1 に示す。解析には汎用有限要素解析ソフト Abaqus/CAE2018 を使用した全橋 FEM 解析モデルである。モデル化、解析条件は文献 2) を参考に行った。用いた材料構成則を表-1 に示す。

支承条件は、健全状態では可動および固定とするが、桁端部に腐食が見られる橋梁では支承部でも腐食が見られ、多くの場合、支承の機能が失われていることが多い³⁾。そこで、腐食状態ではピン支持（並進を固定）とし、境界条件をソールプレート下面に線状に与えた。想定する荷重は死荷重および B 活荷重（L 荷重）であり、死荷重は上部構造の全重量を床版全面に等分布荷重で、活荷重は G1 桁端に対して最も厳しくなるよう荷重分配係数を算出し載荷範囲を決定した。

本解析では、設計荷重（死荷重+活荷重）に対する倍率によって耐荷性能を調べるため、設計荷重を弧長法で増分させた。設計荷重の増加量は荷重倍率 α を用いて表す。腐食桁は外桁（G1 桁）とし、腐食形状は文献 4) を参考に図-1 のような形状とし、減肉量は 50%とした。また、

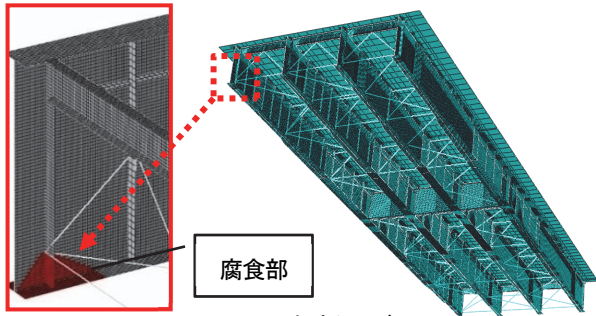


図-1 解析モデル

表-1 材料構成則

部位	材質	ヤング係数 E(GPa)	降伏点 σ_y (MPa)	ひずみ硬化 係数E'(MPa)
主桁ウェブ、フランジ及び当て板	SM490Y	200	355	E/100
ソールプレート	SS400	200		弾性体
その他の鋼部材	SS400	200	235	E/100
RC床版	コンクリート	25		弾性体

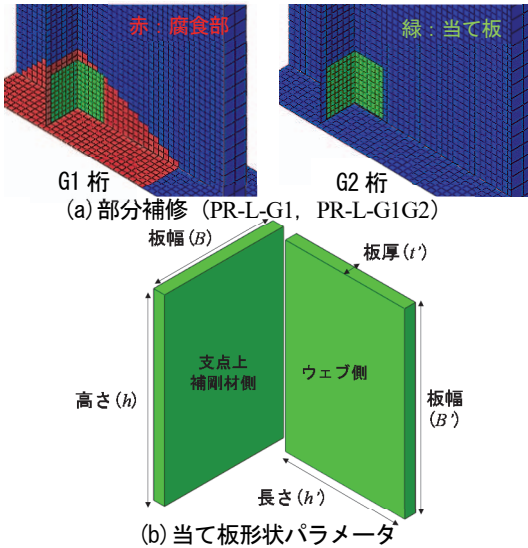


図-2 解析ケース

本研究では桁端部に腐食損傷を有する鋼板桁橋の補修方法による影響に着目するため、初期不整は考慮せずに検討した。

解析ケースは図-2 に示すように、腐食部の一部を補修した部分補修 (PR-L-G1) で腐食桁の当て板形状を変化させたものと、腐食桁と隣接する健全桁を補強した部分補修 (PR-L-G1G2) で健全桁の当て板形状を変化させたものに大別される。部分補修にはマーケットサイズの豊富さを考慮し、ウェブ側、支点上補剛材側それぞれに平鋼 2 枚を用いた。また、片面当て板を基本とし、腐食部のウェブは両面当て板とした。

キーワード 鋼板桁橋、構造システム挙動、腐食、当て板補修

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 TEL&FAX 06-6605-2765

3. 腐食桁の当て板形状

腐食桁の当て板形状を変化させたときの回復率を図-3に示す。ここで、回復率は健全時の最大荷重倍率に対する補修時の割合とした。図-3より、支点上補剛材側およびウェブ側ともに板厚(t)の増加に伴う面外剛性、支圧面積の増加は、回復率にほとんど影響しなかった。しかし、支点上補剛材側当て板の鉛直高さ(h)、ウェブ側当て板の板幅(B)と径間側長さ(h')は、耐荷性能に大きく影響する。図-4にウェブ側当て板の $h'=150$ 、 $h'=450$ の最大荷重倍率時 Mises コンター及び変形図をそれぞれ示す。図-4より、ウェブパネルの下フランジ側支持条件を回復させることで、座屈モードがウェブ下端部での局部座屈からせん断座屈へと変化した。座屈モードがせん断座屈に変化することで腐食桁の線形挙動域が大きくなり、最大耐力時の鉛直変位は小さくなった。また、ウェブ側の当て板の板幅(B)をガセットプレート高さまで確保しないと支点上の上フランジの鉛直変位差が大きくなることも確認された。以上より、腐食部全面を覆う補修ではなく、十字柱と桁端部周辺支持板の支持条件を回復させることが耐荷性能を回復させると考えられる。

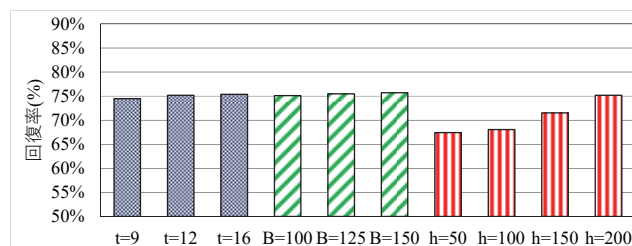
4. 隣接する健全桁の当て板形状

健全桁の当て板形状を変化させた時の回復率を図-5に示す。健全桁の当て板形状を変化させた時の回復率は、形状の変化による耐力の変化は小さく、十字柱を補強することで構造システム挙動を考慮した補修が効果的になるといえる。また、健全桁の当て板形状の変化は桁端部の桁間上面鉛直変位差に影響しない。

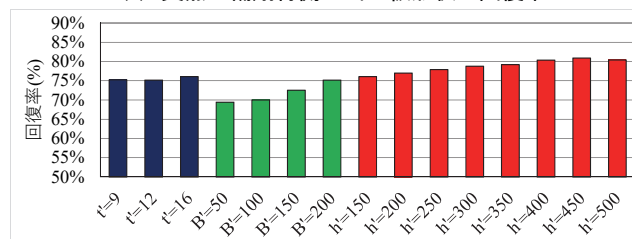
5. まとめ

本研究で得られた主な結果を以下に示す。

- 1) 腐食桁を当て板補修するとき、当て板の板厚の影響は小さく、十字柱の高さ方向と周辺支持板の支持部分を補修することで、少ない補修量で最大耐力を回復させることができ、健全時の挙動に近づく。
- 2) 1)の原因として、座屈モードの違いが挙げられ、ウェブパネルで明確なせん断座屈を発生させることによって最大耐力、挙動ともに健全時に近づく。そのためにはウェブ腐食部下端部をある程度覆ように当て板を施す必要がある。
- 3) 健全桁は当て板形状による回復率の変化は小さく、十字柱のみの補強で、構造システム挙動を考慮した補修が効果的である。



(a) 支点上補剛材側の当て板形状と回復率



(b) ウェブ側の当て板形状と回復率

図-3 腐食桁の当て板形状と回復率

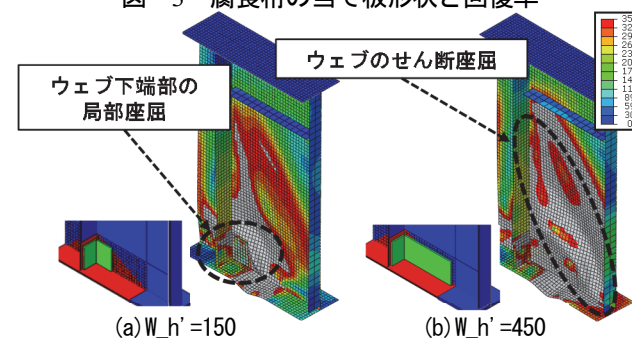
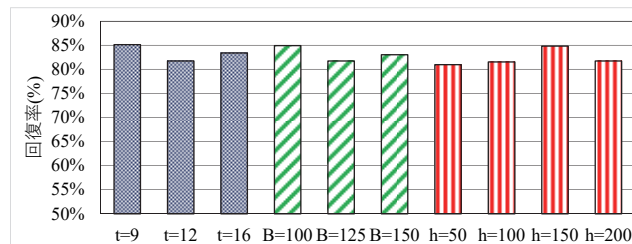
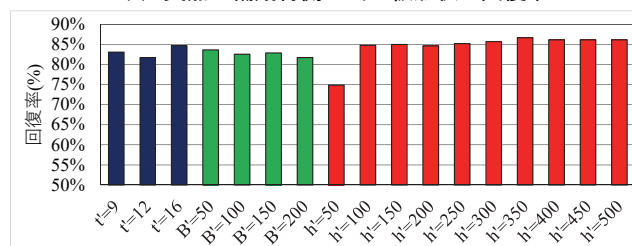


図-4 最大荷重倍率時 Mises コンター及び変形図



(a) 支点上補剛材側の当て板形状と回復率



(b) ウェブ側の当て板形状と回復率

図-5 健全桁の当て板形状と回復率

<参考文献>

- 1) 玉越隆史, 大久保雅憲, 市川明広, 武田達也: 橋梁の架替に関する調査結果 (IV), 国土技術政策総合研究所資料, 第444号, 2008.4.
- 2) 有村健太郎, 有山大地, 船越博行, 山口隆司: 桁端部に腐食劣化の生じた鋼 I 桁橋の耐荷性能評価に関する解析的研究, 土木学会論文集 A1, Vol.73, No.1, pp.232-247, 2017.
- 3) 山村浩一, 出戸秀明, 岩崎正二: 支承機能低下が既設鋼合成 I 桁橋の応力に及ぼす影響度について, 構造工学論文集, Vol.56A, pp.701-709, 2010.3.
- 4) 玉越隆史, 中洲啓太, 石尾真理, 武田達也, 水津紀陽: 道路橋の局部腐食に関する調査研究, 国土技術政策総合研究所資料, 第294号, 2006.1.