

桁端部腐食損傷時の鋼鈹桁橋各構成部材が有する荷重分担システムに関する検討

大阪市立大学大学院 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、一つの橋梁システムとして相互に関係して挙動する（以下、橋梁システム挙動）。しかしながら、現行の設計では、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鈹桁橋各構成部材の橋梁システム挙動に対する荷重分担システムを全橋 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 Abaqus2020 を使用し、全橋 FEM 解析モデルとした。モデル化および解析条件は文献 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、健全時では単純支持（固定・可動）、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 2) と同様に図-1 のような形状とした。減肉量は 50% とした。なお、本研究では各構成部材の橋梁システム挙動への影響、荷重分担システムについて相対的に比較するため、初期不

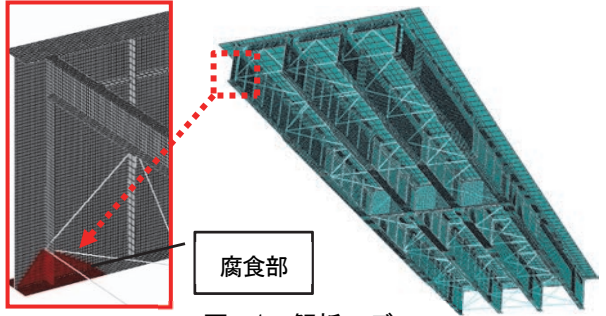


図-1 解析モデル

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

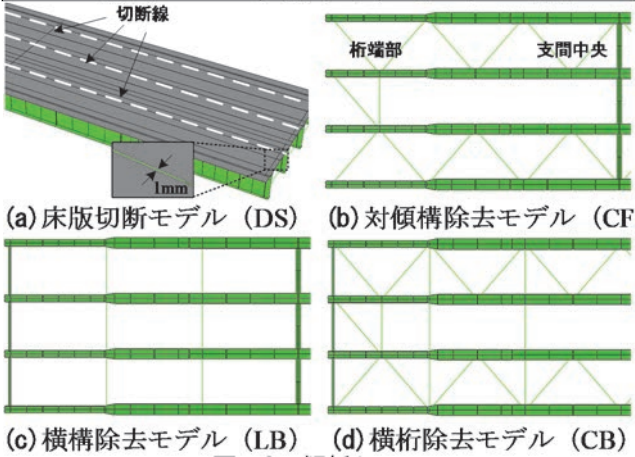


図-2 解析ケース

整は考慮せずに検討した。解析ケースは、床版（DS）、対傾構（CF）、横構（LB）、荷重分配横桁（CB）に着目した場合を、それぞれ健全時と腐食時の 2 パターン設定した。図-2 にそれぞれの解析モデルを示す。床版着目時は、主桁間隔の中央位置で 1.0mm 幅の切込みを入れることで、床版の橋軸直角方向への荷重分配を期待できないようにしている。対傾構、横構および横桁着目時は、すべての各部材を除去し、その影響を検討した。

3. 解析結果

図-3 に最大荷重低下率を示す。健全時、腐食損傷時の部材完全モデル（以下、フルモデル）の最大荷重倍率に対する各ケースの最大荷重倍率の低下率とした。また、図-4 には最大荷重倍率時におけるフルモデルと比較し

キーワード 鋼鈹桁橋、橋梁システム挙動、腐食、荷重分担システム

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

た各ケースの支点反力分担率の増減を示す。図-5 に最大荷重倍率時における、フルモデルと比較した桁端部上面鉛直変位の桁間変位差を、図-6 には腐食損傷時の最大荷重倍率時における Mises 応力コンター変形図を示す。

図-3 より、床版および対傾構の最大荷重低下率が健全時、腐食損傷時どちらも比較的大きく同等であることがわかる。これは床版および対傾構の荷重分配機能が同等に大きいことを表す。D_CB 以外のケースでは、健全時より腐食損傷時のほうが各構成部材の最大荷重低下率が大きい。このことから、横桁の荷重経路としての役割は小さいと考えられる。

D_DS について、図-4 より、G3 桁の分担率は大きく、G4 桁は低下しており、G3 桁 G4 桁間の分担ができず、G1 桁 G2 桁 G3 桁間は相互に分担していることがわかる。これは図-6 (b) より桁同士が一体的に挙動し、対傾構が座屈したことから、それが代替経路として働いたためと考えられる。また、図-5 より、床版除去により桁間変位差は最も大きくなり、床版が桁間上面鉛直変位差を抑制する役割は最も大きいことがわかる。

D_CF について、図-4 より、G2 桁の分担率は大きく、G3 桁の分担率は低下しており、G1 桁 G2 桁間での相互の分担が認められる。図-5 より、G2 桁 G3 桁間変位差は小さく、床版の負曲げにより抵抗としていていると考えられる。これは図-6 (c) より、横構の応力分布は変化しておらず、対傾構除去時では床版が代替経路として機能したと考えられる。しかし、桁同士は一体的に挙動できないため、変形しにくく、荷重分担の範囲が小さい。

D_LB について、図-4、図-5 より、支点反力分担率と桁間変位差の変化はおおよそ対傾構除去時のそれらと傾向が一致していることから、横構は対傾構と同様の荷重分担の機能を有していると考えられる。

4. まとめ

腐食損傷を外桁端部に有し、そこに載荷される場合、床版および対傾構は荷重分担に有効であり、その程度はほぼ同じであった。また、床版および対傾構は互いに荷重分担代替経路として機能することを確認した。床版は G1 桁 G2 桁および G3 桁 G4 桁の荷重分担に、対傾構、および横構は G1 桁 G2 桁 G3 桁の荷重分担にそれぞれ有効であると考えられる。ただし、本研究の検討条件は限定的であり、今後は損傷部位、活荷重載荷範囲をパラメータとし、多数の解析を行い、一般化に向けた詳細な検討を進める予定である。

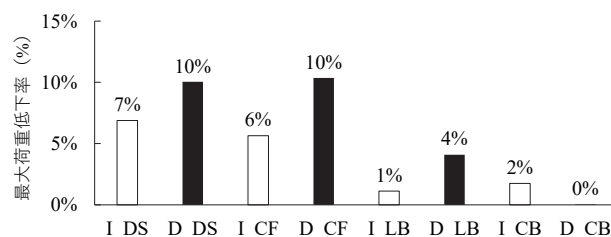


図-3 最大荷重低下率

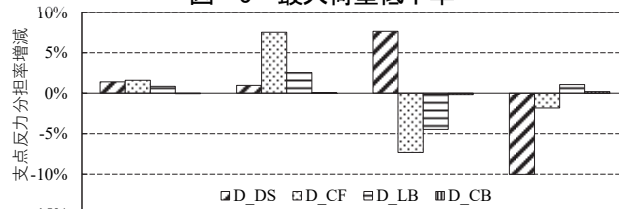


図-4 支点反力分担率の増減

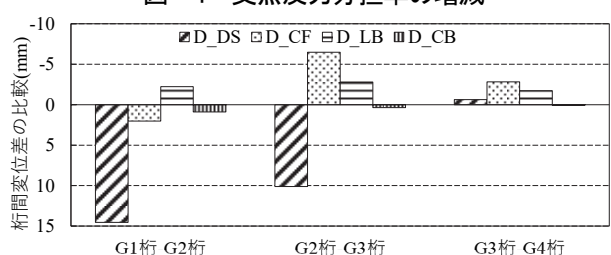


図-5 桁間鉛直変位差の比較

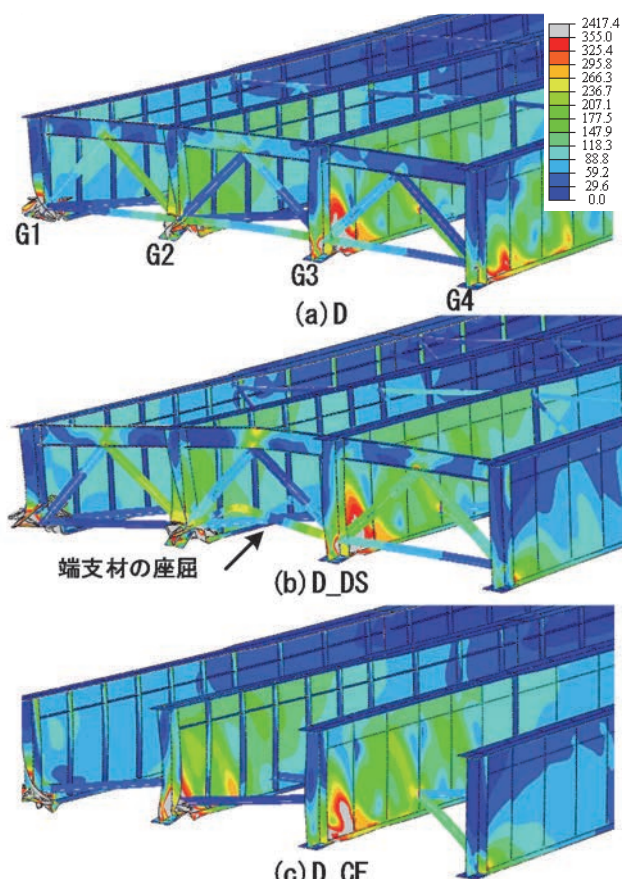


図-6 最大荷重倍率時 Mises 応力コンター変形図

(変形倍率 10 倍, はり断面レンダ表示)

<参考文献>

- 1) 白戸真大, 藤田裕士, 高橋慶: 橋梁の架替に関する調査結果 (V), 国土技術政策総合研究所資料, 第 1112 号, 2020.6.
- 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.