

第 I 部門 支間中央部に腐食損傷を有する鋼桁橋の各構成部材が橋梁システム挙動に与える影響に関する検討

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 ○山田 蓮 大阪公立大学大学院 正会員 山口 隆司
 大阪公立大学大学院 正会員 林 巖

1. はじめに

鋼桁橋は、複数の構成部材の相互作用によって、橋梁システムとして挙動(以下、橋梁システム挙動)することが知られている。これまで、鋼桁橋の腐食損傷のうち、桁端腐食に対して、橋梁システム挙動に及ぼす各構成部材の影響に関する研究が行われている¹⁾。一方、支間中央腐食は、損傷事例自体は少ないものの、橋梁の曲げ抵抗に及ぼす影響が大きく、橋梁システムの耐荷性能に与える影響も大きい²⁾ため、検討の必要性が高い。文献²⁾では、橋梁システムの耐荷性能に対して、RC床板は有効に機能することが明らかにされているが、それ以外の構成部材の影響は明らかにされておらず、橋梁システム挙動を考慮した効果的かつ効率的な維持管理のためには、それらの影響を定量的に評価することが重要となる。

本研究では、支間中央腐食を有する鋼桁橋を対象に、各構成部材が橋梁システム挙動に及ぼす影響を全橋 FEM 解析により検討した。

2. 解析モデル及び解析ケース

対象橋梁は平成 6 年度版の土木構造物標準設計³⁾に記載されている単純非合成 4 主 I 桁橋である。解析モデルを図-1、材料構成則を表-1 に示す。解析には有限要素解析ソフト Abaqus2022 を使用した。全橋のモデル化および解析条件は文献²⁾を参考にした。支承条件は回転及び可動とした。腐食部は、図-1 のようにウェブ及び下フランジに矩形で与え、腐食時の減肉率は 50% とした。本解析では、設計死活荷重を弧長法で増分させ、耐荷力を設計荷重で除した荷重倍率 α で耐荷性能を評価した。腐食の発生率が高い外桁(G1 桁)を着目桁とし、活荷重は G1 桁の支間中央部に対して最も厳しくなるように載荷範囲を決定した。

解析におけるパラメータは、床版厚、腐食の有無、除去部材の有無である。床版厚は、設計値(以下、床版厚 1.0 倍時)と、床版劣化を想定して設計値の 0.5 倍(以下、床版厚 0.5 倍時)とした。またそれぞれの床版厚のケースに対して、横桁、床版、対傾構、横桁による隣接

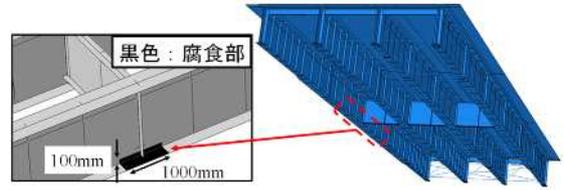


図-1 解析モデル

表-1 材料構成則と解析に用いた要素

部材名	材質	ヤング係数 E(GPa)	降伏点 σ_y (MPa)	二次勾配 E(MPa)	使用要素
RC床版	コンクリート	25	弾性体	弾性体	4節点低減積分シェル要素
ウェブ、フランジ	SM490Y	200	355	E/100	4節点低減積分シェル要素
横桁、補剛材、端対傾構上弦材	SS400	200	235	E/100	4節点低減積分シェル要素
横桁、対傾構(端対傾構上弦材は除く)	SS400	200	235	E/100	梁要素
ソールプレート	SS400	200	弾性体	弾性体	8節点完全積分ソリッド

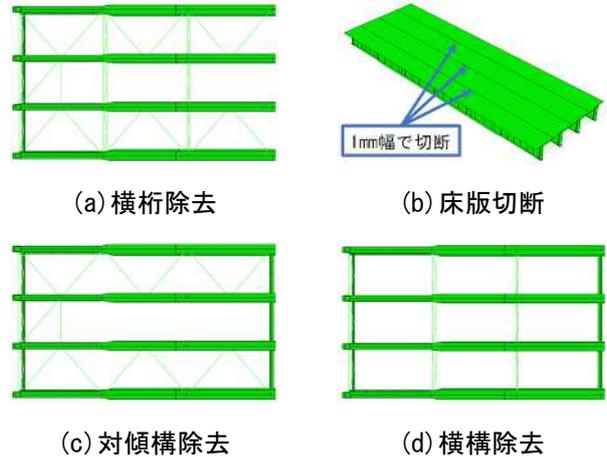


図-2 各部材を除去した解析モデル

桁への荷重伝達の寄与度を検討した。このとき、図-2 に示すように着目部材は除去あるいは切断し、橋軸直角方向への荷重分配を期待できないようにモデル化した。

3. 解析結果と考察

図-3 に各ケースの最大荷重倍率を示す。図-3 より、床版厚 0.5 倍時(健全時)と床版厚 1.0 倍(支間中央部腐食時)の最大荷重倍率は、同等であることがわかる。一方、床版厚 1.0 倍時(健全時)に対する、床版厚の減少及び腐食減肉時における支間中央部の換算断面 2 次モーメントの減少率は、床版厚 0.5 倍時(健全時)では 19.7%、床版厚 1.0 倍(支間中央部腐食時)は 9.4%であったため、床版厚の減少の方が曲げ剛性の低下量に対する耐荷力の低下量が小さい。この原因を崩壊モード及び各構成部材の荷重伝達への寄与度の観点から整理する。

まず、床版厚の違いが崩壊モードに与える影響を検

討するために、図-4 に最大荷重倍率時の上フランジ側からみた軸方向応力コンターを示す。なお、図-4 の応力範囲は $0 \sim -189\text{N/mm}^2$ とし、最小値は両端ピンとした柱の弾性座屈応力である。図-4 より、最大荷重倍率は、床版厚によらず、横構の座屈によって決まっていることがわかる。

次に、各構成部材の荷重伝達への寄与度を検討するために、図-5 に部材除去のないモデル(以下、フルモデル)に対する各ケースの最大荷重倍率の低下率、図-6 にフルモデルの最大荷重倍率 2.5 時のミーゼス応力コンター、図-7 に健全時床版 0.5 倍時の横桁除去モデルの最大荷重倍率時における軸方向応力コンターを示す。

床版厚 1.0 倍時における最大荷重倍率の低下率は、腐食の有無によらず、床版切断が最も大きく、横桁除去、対傾構除去、横構除去の順に小さいことがわかる。また、腐食の有無による最大荷重倍率低下率の差は、横桁除去が 6.7%と最も大きくなった。これは、図-6 に示すように、腐食時では腐食部近傍(横桁接続部)が早期に塑性化したこと、腐食時の横桁除去の最大荷重倍率低下率が 2.5%と小さく、フルモデルにおいても横桁による荷重伝達が少ないためと考えられる。

床版厚の違いによる最大荷重倍率の低下率について、床版厚 1.0 倍時では横桁除去は床版切断より 5.5%小さくなったが、床版厚 0.5 倍時では 10.1%大きくなった。これは、図-7 に示すように、横桁を除去することで、対傾構の座屈によって耐荷力が決定し、床版による荷重分担が小さいためと考えられる。

以上より、床版厚が 0.5 倍となる事で橋梁全体の曲げ剛性が 19.7%低下するものの、二次部材の座屈により耐荷力が決定されること、床版に代わり横桁の荷重伝達の寄与度が大きくなることから、耐荷力の低下が小さくなったと考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた主な結果を以下に示す。

- (1) 荷重伝達経路は主桁の塑性化範囲及び床版の曲げ剛性により変化し、横桁は支間中央部の腐食の影響を受け、荷重伝達経路としての役割が小さくなることがわかった。
- (2) 本研究の対象橋梁では、床版厚を 0.5 倍とした場合も、横構や対傾構の座屈で橋梁システムとしての耐荷力が決定するため、床版厚の影響は小さいこ

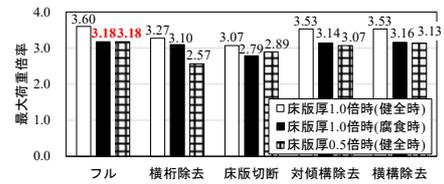
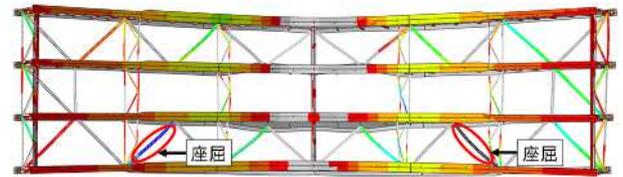
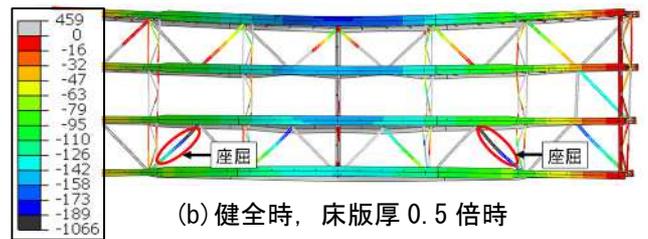


図-3 最大荷重倍率



(a) 健全時, 床版厚 1.0 倍時



(b) 健全時, 床版厚 0.5 倍時

図-4 最大荷重倍率時軸方向応力コンター図
(変形倍率 25 倍, 単位 N/mm^2 , 上側が G1 桁)

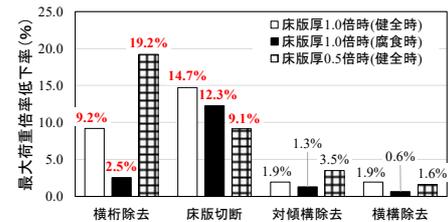


図-5 最大荷重倍率低下率

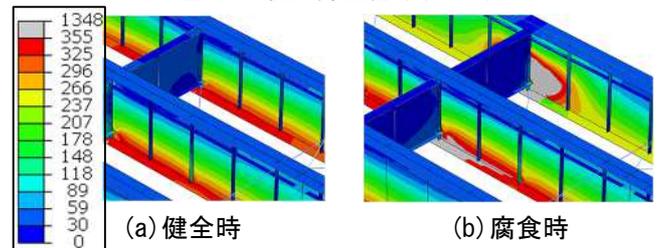


図-6 $\alpha = 2.5$ 時のミーゼス応力コンター図
(変形倍率 1 倍, 単位 N/mm^2 , 上側が G1 桁)

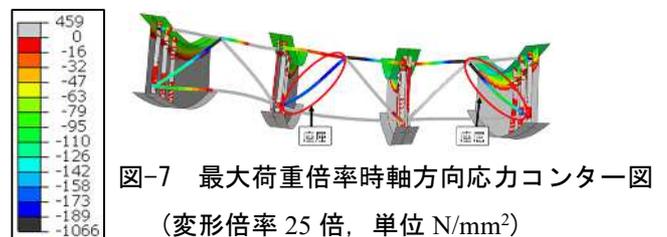


図-7 最大荷重倍率時軸方向応力コンター図
(変形倍率 25 倍, 単位 N/mm^2)

とがわかった。

<参考文献>

- 1) 大浦涼雅, 有村健太郎, 山口隆司: 桁端部に腐食損傷を有する鋼桁橋構成部材の終局時における荷重分担に関する解析的検討, 構造工学論文集, Vol.68A, pp49-58, 2022.
- 2) 有村健太郎, 廣澤直人, 舟山耕平, 山口隆司: 支間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検討, 構造工学論文集, Vol.65A, pp441-451, 2019.
- 3) 建設省制定, 土木構造物標準設計, 全日本建設技術協会, 1994.