

鋼桁で補強した鋼桁の載荷実験

日本橋梁建設協会 正会員 ○川東 龍則 正会員 春日井 俊博 正会員 前田 諭志

1. はじめに

著者らは、損傷した既設桁に対して新設桁を追加して構造全体の耐荷力向上を図る工法を考案し、この工法を適用した改良構造の模型実験および FEM 解析を行った¹⁾。その結果、考案した改良構造では、既設桁が先行して降伏した後も新設桁が更なる荷重増分を分担することができ、構造全体として安定した耐荷力を発揮することを確認した。ただし文献 1)では、既設桁として損傷の無いコンパクト断面の合成桁を用いており、既設桁単体でもある程度の降伏後耐力を発揮すると考えられる。本研究では、既設桁が局部座屈等によって急激に耐荷力を失うような場合に、本工法の適用によって得られる効果について検討した。本稿では、既設桁としてノンコンパクト断面の鋼 I 桁（以下、既設主桁という）を用い、これに補強用の鋼 I 桁（以下、新設主桁という）を追加した構造の載荷実験、およびそれを模擬する有限要素解析について報告する。

2. 試験体と実験方法

試験体概要を図 1 に、鋼部材の断面寸法を表 1 に示す。既設主桁は支間 4.8m、桁高 600mm の鋼 I 桁であり、単純支持条件で、支間中央に荷重を作用させるものとした。新設主桁は支間 4.8m、桁高 450mm の鋼 I 桁であり、単純支持条件で、新設横桁を介して既設主桁と接合した。接合方法はボルト接合であり、既設主桁に 150kN の荷重（死荷重分程度）を作用させた時点で接合作業を行った。その後は試験体が終局状態に至るまで荷重を漸増させるが、途中で適宜除荷を行い、残留変形を確認した。また、既設主桁と新設主桁の荷重分担の変化を確認するため、6 箇所全ての支点において鉛直支点反力を計測した。

3. 有限要素解析

上述の載荷実験を模擬する有限要素解析を行った。解析には、汎用有限要素解析ソフト MSC.Marc を用いた。解析モデルを図 2 に示す。試験体の鋼部材を 4 節点シェル要素でモデル化し、最大要素サイズは 25mm 程度とした。載荷点および支点については、支圧板と概ね同範囲内の節点を剛体梁要素によって集約した参照点に境界条件を設定することでモデル化した。載荷は、載荷点に鉛直下方向のみの強制変位を与えることで行い、実験に用いた載荷装置はヒンジを有するため、載荷点の回転を許容した。新設横桁のエンドプレートと各主桁ウェブの接合は、境界面の節点共有による剛結とし、ボルトはモデル化していない。新設主桁の接合は、新設主桁と新設横桁の要素を初期状態で無効化しておき、既設主桁に 150kN の荷重を作用させた時点で有効化することによって模擬した。鋼材の材料特性は、ヤング率 $E=200000\text{N/mm}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ とした。降伏応力は各鋼材のミルシート値とし、構成則は二次勾配 $E/100$ のバイリニア型とした。また、幾何学的非線形性を考慮した。

表 1 鋼部材の断面寸法 [mm]

	既設主桁	新設主桁	新設横桁
上フランジ	200×12	200×12	200×12
ウェブ	576×6	426×6	216×6
下フランジ	200×12	200×12	200×12

※鋼種は全て SM490Y

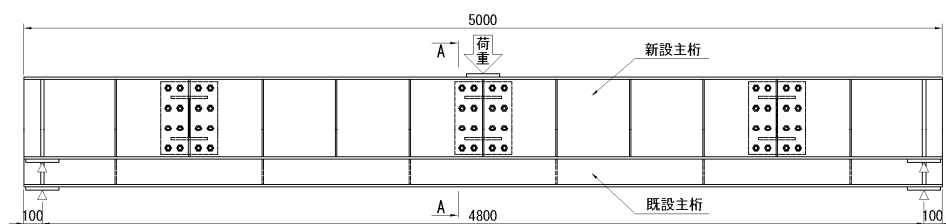
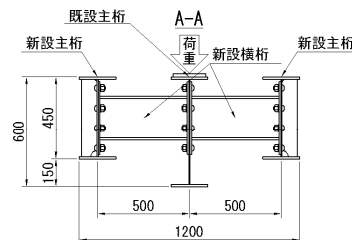


図 1 試験体概要



キーワード 鋼 I 桁, 耐荷力実験, 弾塑性有限変位解析, 補強工法, 限界状態設計法

連絡先 〒261-0002 千葉県千葉市美浜区新港 88 (株)横河ブリッジホールディングス TEL 043-247-8411

4. 実験と解析の結果

各桁の分担荷重とたわみの関係を図3に示す。縦軸の分担荷重は各桁の支点反力の合計値とし、新設主桁については桁二本分の合計値とした。また、新設主桁のプロットは部材接合時を原点とした。解析結果は実験結果をある程度再現しており、解析手法の妥当性を確認できた。ただし、既設主桁の降伏あたりから誤差が大きくなっており、接合方法のモデル化が原因と考えられる。

載荷実験では、既設主桁は分担荷重 511kN で下フランジが降伏した後、分担荷重をほぼ一定に保ったままたわみが増加した。その後、載荷点付近の上フランジおよびウェブで局部座屈が発生し、分担荷重および全体の荷重が急激に低下した。この時点でも新設主桁はほぼ弾性挙動を示しているが、局部座屈により載荷点が大きく変形したため、載荷設備の制限により載荷を終了した。一方解析結果では、全体の荷重が大きく低下した後に持ち直し、一定の耐荷力を発揮することが確認できた。

荷重増分分担率と載荷荷重の関係を図4に示す。縦軸の荷重増分分担率は、載荷荷重増分に対する各桁の分担荷重増分の比率である。解析に比べ実験は新設主桁接合後の変化が緩やかであるが、弾性範囲における荷重分担の割合は概ね一致した。既設主桁の降伏後は既設主桁の分担率が低下し、新設主桁の分担率が増加しており、耐荷機能が移行する様子が確認できた。

5. おわりに

ノンコンパクト断面の既設主桁を新設主桁で補強した改良構造について、載荷実験および有限要素解析を行い、既設主桁の局部座屈後も新設主桁が協働することにより構造全体として一定の耐荷力を発揮することを確認した。実際の損傷した橋梁において既設桁の耐荷性能を精度よく評価することは難しいが、独立した新設の桁によって補強することで構造全体として一定の安全余裕を確保できる点が、本構造の特徴の一つであると言える。

なお、本研究は「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」において「鋼橋の現位置改良工法の開発」として行った国土交通省国土技術政策総合研究所からの受託研究の一部であり、ここに記して関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 前田諭志, 他: 鋼桁で補強した合成桁の載荷実験, 土木学会第 73 回年次学術講演会講演概要集, 2018.8

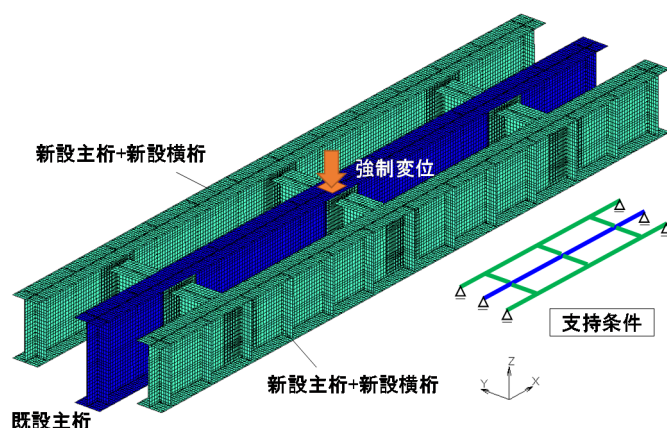


図2 解析モデル

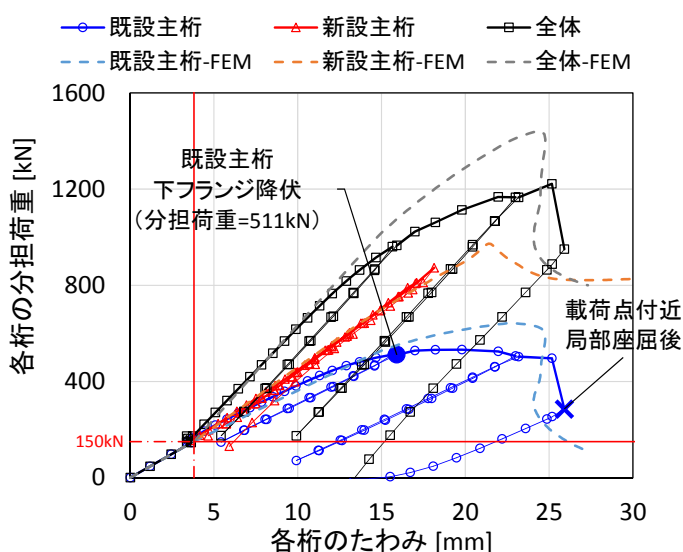


図3 分担荷重とたわみの関係

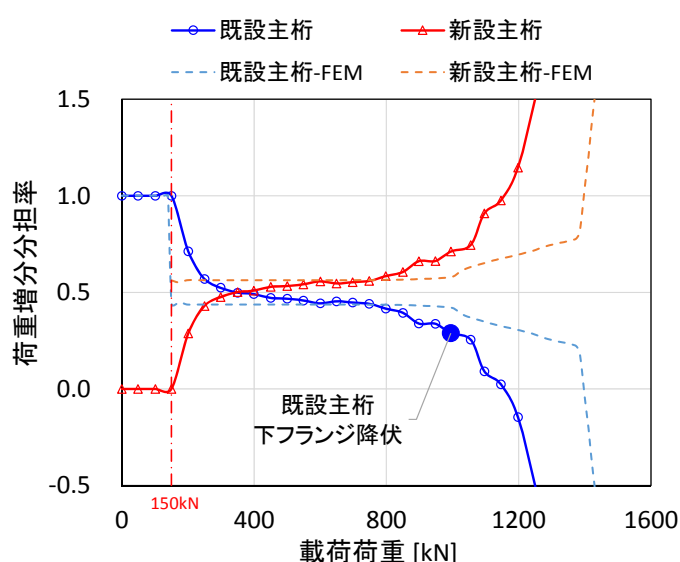


図4 荷重増分分担率と載荷荷重の関係