

鋼 I 桁橋の主桁-横桁接合部の疲労挙動把握のための全橋 FEM 解析の適用性

東京都立大学大学院 学生会員 ○山本 亨介 東京都立大学大学院 正会員 村越 潤
(国研) 土木研究所 正会員 大西 達也

1. はじめに

鋼 I 桁橋の疲労き裂の大半を占める主桁-横桁接合部のき裂の発生には橋全体系挙動に伴う二次応力の影響が大きいとされている(例えば, 1)。本文では, 同き裂の進展性を明らかにし, 合理的な対策選定に資する基礎検討として, 実橋での載荷試験結果に対して橋全体系の3次元立体FEMモデルによる再現解析を実施し, 全体・局部挙動評価へのFEM解析の適用性を検討した結果について述べる。

2. 対象橋梁と解析モデル

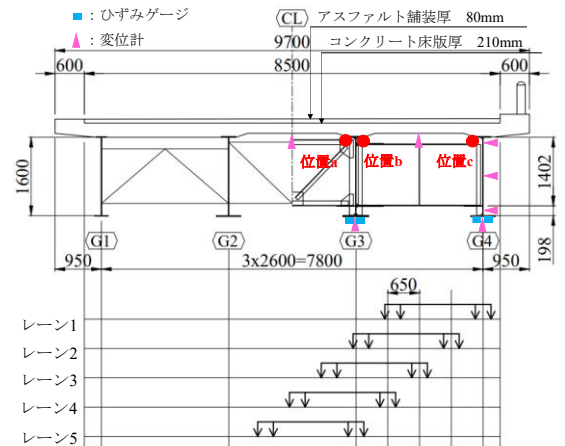
対象橋梁は土木研究所構内の試験橋であり, 形式は鋼単純活荷重合成 I 桁橋(図-1(a), 支間 30m, 設計活荷重 TL20, S55 道示適用)である。土木研究所では, 同橋に対して 3 軸 196kN (20tf) 荷重車(前軸 72.7kN, 中後軸 118.2kN)による静的載荷試験を実施し, き裂発生する可能性のある部位の局部応力軽減効果の確認のため, 横部材の連結条件を部分的に変化させ(表-1 参照), 主桁, 床版, 二次部材(疲労着目部周辺を含む)の応力, 変位を計測している。本検討では, 荷重車の支間中央載荷(中後軸の中央を支間中央位置とし, 幅員方向は図-1(a)参照)時の計測値と FEM 解析値の比較結果を述べる。図-1(b)に本検討で着目した支間中央垂直補剛材上端溶接部の応力計測位置を示す。

解析モデル(図-2)は, RC 床版, 及び着目部である桁支間中央部(1250mm 範囲)と横桁の取合い部をソリッド要素で, その他の鋼部材をシェル要素で構成した。舗装剛性は, 橋の挙動に与える影響は小さいと考え考慮していない。着目部では応力集中ゲージ貼付位置に合わせて最小要素寸法 5×5mm とした。また, 載荷荷重は荷重車各輪の重心位置に載荷した。

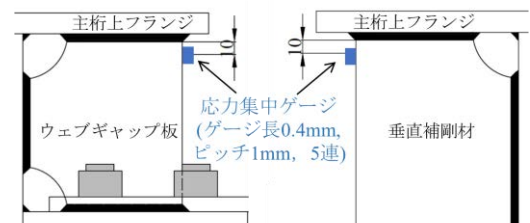
3. 解析結果

3.1 全体系挙動の再現性の比較

図-3 に支間中央断面の主桁下フランジ直応力・鉛直変位, 床版鉛直変位(床版支間中央, 主桁変位の影響を含む)の計測値と解析値を比較して示す。図には, 全載荷位置・全 Case の結果をプロットしている。応答値は小さいが, 誤差は比較的小さく全体挙動を概ね再現できている。誤差要因としては, 主に橋の実挙動とモデル化の仮定による差異が考えられる。また, 図-4 に G4 桁 Case A の支間中央断面の主桁ウェブ高さ方向の水平変位分布と G4 桁下フランジの幅方向の直応力分布を示す。主桁の面外変形挙動の傾向も概ね再現



(a) 橋梁断面図と幅員方向載荷位置

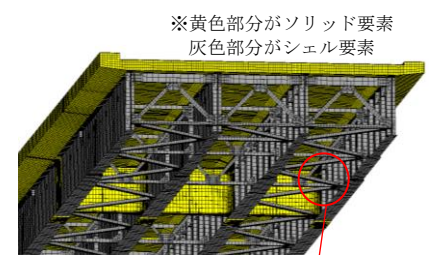


(b) 局部応力着目部

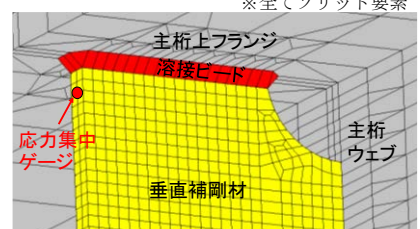
図-1 対象橋梁及び計測位置・載荷位置

表-1 載荷試験ケース

ケース名	概要
Case A	現状の構造 (横部材による拘束の緩和なし)
Case B	G4横桁の上端の3ボルト, 対傾構の上端の4ボルト外し
Case C	横構撤去, G4横桁・対傾構の全ボルト外し



(a) 全体図



(b) 着目部(位置cの場合)

図-2 解析モデル

キーワード 鋼 I 桁橋, 主桁-横桁取合い部, 疲労, 二次応力, FEM 解析

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学大学院 TEL:042-677-2782 E-mail:3yama14kenko@gmail.com

できており、本解析モデルにより橋全体系の応力・変形状態を評価することは可能と考えられる。

3.2 局部応力の再現性の比較

図-5に Case A における応力集中ゲージの止端から 10mm 位置 (5 連ゲージ中央) の鉛直方向応力を示す。位置 a (図-1(a)参照) では、計測値と解析値は概ね一致した。位置 b では、応力値に差はあるものの応力発生傾向を再現できている。位置 c では計測値が小さく、解析値との差が大きい結果となった。なお、位置 b, c では、試験後に上フランジ下面からの打音調査を行い、横部材接合部において床版コンクリートと上フランジ間に部分的な空洞音(付着喪失)を確認するとともに、その影響が局部応力低下に影響した可能性があることを解析により把握している。以上より、位置 b, c については詳細検討が必要であるが、本解析モデルは局部応力も評価できる可能性がある。

図-6に、位置 a での各ケースの応力集中ゲージ(5 連ゲージ中央)の鉛直方向応力(絶対値)を示す。位置 a では、Case B, C においても、計測値と解析値は概ね一致しており、横部材の連結状態を変化させた場合でも局部応力の応答変化を再現できていることを確認した。なお、Case C は、位置 c の応力緩和を想定したケースであるが、位置 a では荷重条件によっては、Case A に対して厳しくなる結果となった。

本研究は、土木研究所・施工技術総合研究所・名古屋大学との共同研究「鋼橋の疲労耐久性向上技術に関する共同研究」の一環として実施したものであり、関係各位に謝意を表す。

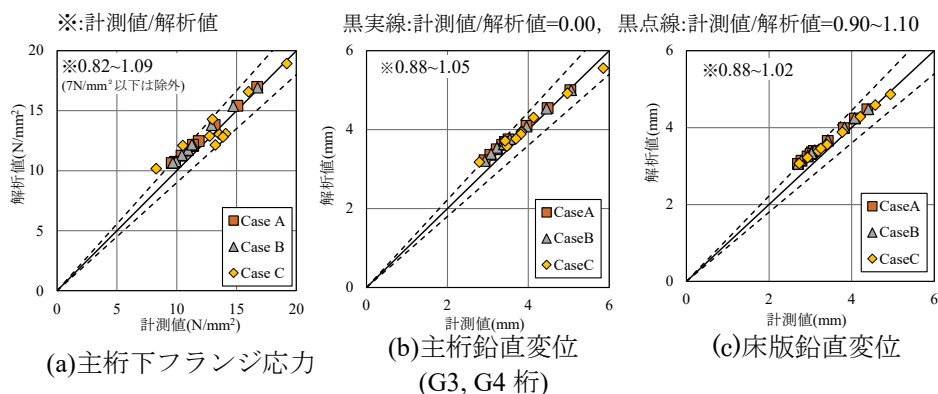


図-3 全体系挙動の計測値と解析値の比較

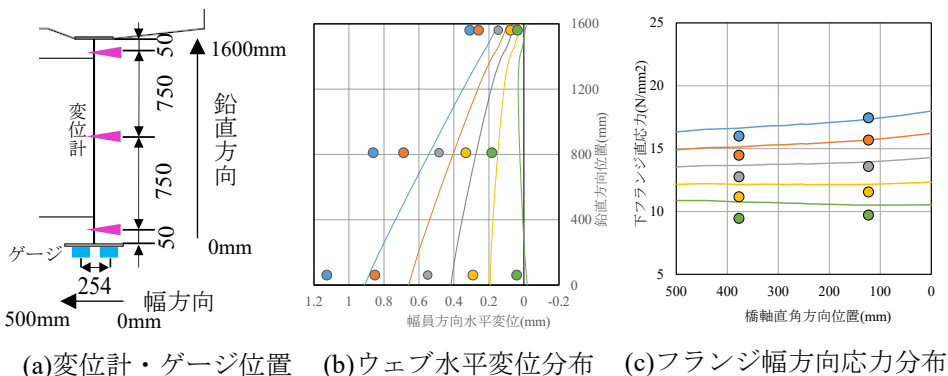


図-4 Case A・G4 桁面外変形挙動

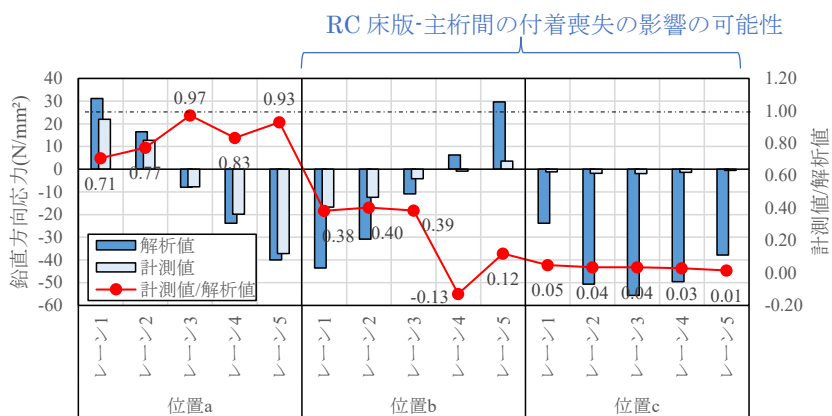


図-5 Case A・止端 10mm 位置応力

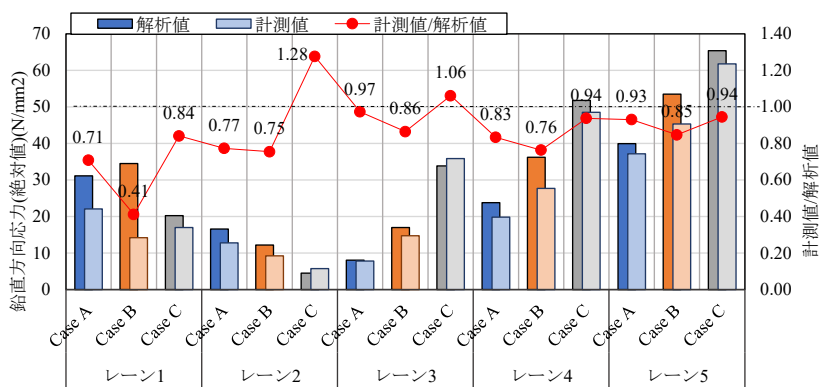


図-6 位置 a・各 Case の止端 10mm 位置応力

参考文献 1) 日本道路協会：鋼道路橋疲労設計便覧, 2020.9. 2) 山本亨介, 村越潤, 上仙靖：橋梁点検データに基づく鋼 I 桁橋における主桁-横部材取合い部の疲労損傷事例の分析, 鋼構造論文集, 第 28 巻, 第 112 号, pp.89-99, 2021.12.