

既設鋼 I 桁橋の荷重分配特性に関する解析的検討

東京都立大学大学院 学生会員 ○柴田 有輝 東京都立大学大学院 正会員 村越 潤
首都高速道路技術センター 正会員 時田 英夫

1. はじめに

疲労設計導入前の古い年代に建設された鋼 I 桁橋を対象として、主桁溶接継手の疲労耐久性の簡便な照査法の提案を目的に、鋼 I 桁橋の基本的な構造諸元等より、疲労照査用活荷重(F 荷重)載荷時の応力を概略推定する方法について検討を行っている¹⁾。本稿では、基礎検討として既設鋼 I 桁橋の FEM 解析を行い、大型車載荷時の主桁に作用する曲げによる直応力を基に、各主桁への荷重分配特性と構造・載荷条件との関係性について分析した結果を報告する。

2. 対象橋梁と解析モデル

対象橋梁は、S39 道示適用の活荷重合成 I 桁橋（支間 29.3m，総幅員 16.5m，設計活荷重 TL-20，片側 2 車線，両側壁高欄）である。支間中央に荷重分配横桁が設置されている。同橋に対し、4 軸 240kN (25tf) 荷重車(軸重：前 2 軸 45kN，後 2 軸 75kN)の動的載荷試験による主桁の応力計測が実施されており、同一荷重を支間中央に載荷した場合の解析を行った。解析モデル(図-1)は、主桁及び横部材を 4 節点シェル要素で、床版・壁高欄等を 8 節点ソリッド要素で構成した。応力着目部は、各主桁の支間中央下フランジ上面位置である。主な鋼種は SM50 で、弾性係数は $2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ ，ポアソン比は 0.2 である。RC 床版(軽量コンクリート使用，床版厚 200mm)の弾性係数は $1.60 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ ，ポアソン比は 0.3 である。アスファルト舗装の剛性は考慮していない。

以上の基本モデルに対して、モデル化の仮定が応力に及ぼす影響を把握するために、横部材の要素(シェル・梁)，舗装剛性(弾性係数： $9.0 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ ，ポアソン比：0.35)の考慮の有無，壁高欄の考慮の有無，床版弾性係数(普通 RC： $2.80 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$)をパラメータとした解析を行っている。図-2 に各車線走行時の着目部応力解析値を比較して示す。横部材の要素，床版の弾性係数に関しては、比較的小さい応力差であったのに対し、壁高欄考慮の有無に関しては、解析値(壁高欄無し)/解析値(壁高欄有り)で最大で 11%，舗装剛性の考慮の有無に関しては、解析値(舗装無し)/解析値(舗装有り)で最大 3%の応力差がみられた。

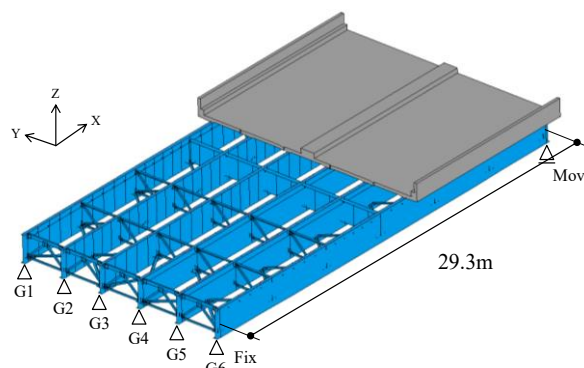


図-1 対象橋梁の解析モデルの概要

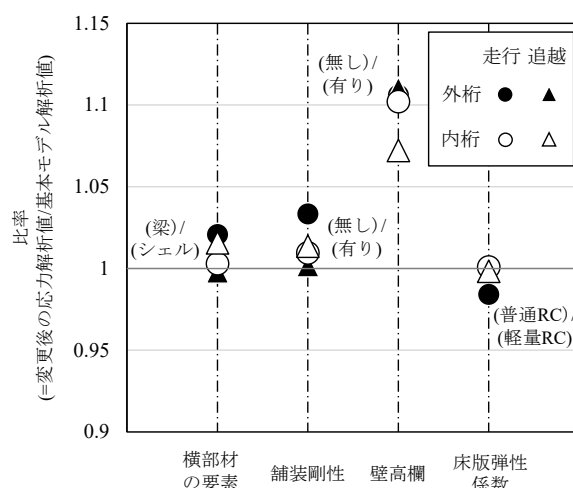


図-2 解析モデルのパラメータの影響

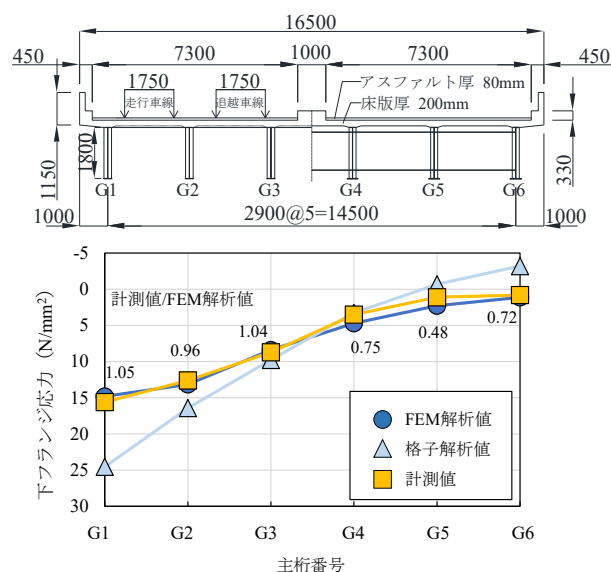


図-3 橋梁断面図と走行車線載荷時の各桁の下フランジ応力分布

キーワード 既設橋，鋼 I 桁橋，疲労照査，荷重分配特性

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：shibata-yuki@ed.tmu.ac.jp

3. 荷重車載荷時の各桁の応力分布

図-3 に対象橋梁の断面図と、走行車線の支間中央載荷時を例に各桁の支間中央下フランジ上面の応力分布を示す。図中には、格子解析値と、FEM 解析値と計測値の比率(=解析値/計測値)も示す。各桁の FEM 解析値と計測値は概ね一致している。一方、格子解析値は FEM 解析値に対して G1 桁で 1.7 倍程度であり、両解析では主に床版のモデル化の影響により隣接桁への荷重分配効果の評価に差がみられている。

4. 幅員方向載荷位置 d/S と荷重分配係数の関係

図-4 に幅員方向載荷位置 d/S と G1 桁(外桁)と G2(内桁)の荷重分配係数 g の関係を示す。ここで、荷重分配係数 g は FEM 解析値を、同一桁を一本梁にモデル化し同一荷重を載荷した(荷重分配を考慮しない)場合の計算値で除した値であり、外・内桁の各 1 主桁梁モデルの応力に対して、他の主桁への荷重分配の程度を表現している。 d/S は着目桁に対する荷重載荷位置を示しており、幅員方向荷重中心と着目桁中心との距離 d を主桁間隔 S で無次元化している。荷重載荷位置が着目桁の直上に近いと当該桁への荷重分配が大きいこと、外桁・内桁では分配傾向が異なることが確認できる。また、走行、追越車線位置については床版厚と床版剛性を変更した場合の解析結果もプロットした。赤丸囲いのプロットでは床版厚を 200mm から 250mm に変更し、青丸囲いのプロットでは床版の弾性係数を変更(普通 RC)したうえで床版厚を 250mm に変更した。これらの変更ケースの応力差は最大でも 2%と比較的小さい。

5. 構造諸元の異なる橋梁における荷重分配係数の比較

図-5 に他の橋梁データを含めた荷重分配係数 g と d/S の関係を示す。使用した橋梁データは、S39 道示(一部 S47 道示を含む)による構造設計を再現した、構造諸元の異なる鋼 I 桁橋に対して FEM 解析を行い算出された着目位置の応力データである³⁾。対象橋梁は主桁本数 5, 6 桁、支間長 30, 35, 40m の活荷重合成単純桁であり、床版厚・支間長を主なパラメータとした計 29 ケースの外桁、隣接内桁の支間中央下フランジの応力データを使用した。FEM 解析では基本モデルと概ね同様に、主桁・横桁をシェル要素、床版をソリッド要素、対傾構・横構を梁要素でモデル化している。赤丸で囲んだプロットは、基本モデルの車線位置載荷時の荷重分配係数(解析値)を示している。図中の直線は、文献 3)で提案した g の推定式(図中に記載)に基づき、外桁・内桁の g の上下限值付近のプロットに対する推定値を示している。構造諸元が異なるためデータにばらつきがみられるが、外桁については右下がりの傾向がうかがえる。内桁について、基本モデルでは着目桁に対して外桁側(側)に離れて載荷されるが、 g は相対的に大きく、他データと若干傾向が異なる傾向にある。なお、この 1 点を除けば、着目位置の幅員方向の影響線形状を考えると、外桁では内桁側のみで支持されており、 d/S の影響を受けやすいこと、内桁では隣接桁で両側を支持されていることから、図に示す傾向になったものと考えられる。また、ばらつきについては d/S に加えて、パラメータ L/S (L :支間長)を考慮することにより表現できる可能性がある。引き続き、荷重分配係数 g と d/S 等の諸元との関係性について検討を行っていく予定である。

参考文献 1) 石川諒太郎, 村越潤, 岸祐介, 上仙靖, 澤田守, 田代大樹: 既設鋼 I 桁橋の疲労耐久性評価のための荷重応力範囲の推定法に関する検討, 構造工学論文集, Vol.67A, pp.518-528, 2021.3. 2) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編, 2017.11.: 「主桁-横桁取合い部」損傷の補修検討, 土木学会第 64 回年次学術講演会概要集, I-140, pp.279-280, 2009.9. 3) 赤井博昭, 村越潤, 岸祐介, 時田英夫: 既設鋼 I 桁橋の疲労評価のための F 荷重応力の簡易推定に関する検討, 土木学会第 77 回年次学術講演会, 2022.9.

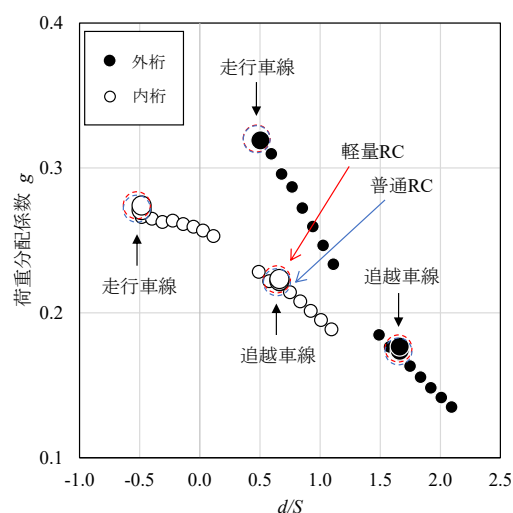


図-4 荷重分配係数 g と d/S の関係 (基本モデル)

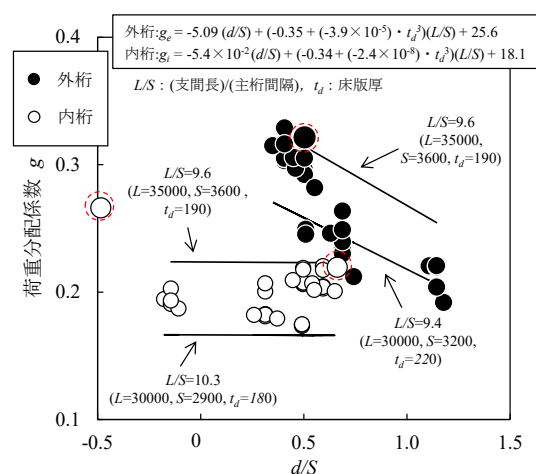


図-5 他橋梁データによる荷重分配係数 g と d/S の関係