

車両との連成を考慮した鋼桁橋の応力評価と疲労損傷予測

東京大学 正会員 ○蘇 迪
 東京大学 学生会員 嶋田優樹
 東京大学 正会員 長山智則

1. はじめに

首都高速道路では総延長の 8 割近くを鋼桁橋が占め、その損傷は対傾構、ガセット横、垂直補剛材といった二次部材の局部応力による疲労亀裂が主である。著者ら 2012 年に首都高渋谷 3 号線の鋼桁橋を対象に応力計測を行い、橋梁と荷重車モデルの連成解析により、荷重車通過時の応力応答を再現した¹⁾。しかしこの研究では、対象橋梁で実施された床版補強および支承変更後の橋の 25 t 車単独走行の状態のみを対象としており、補強前に蓄積された疲労損傷や、橋梁の供用状態が疲労に与える影響を把握できていない。そこで本研究では、「補強前後の橋梁の応力状態」および「橋梁の供用状態が疲労寿命に与える影響」を明らかにし、疲労寿命に与える影響を考察した。

2. 対象橋梁概要と解析モデルの妥当性

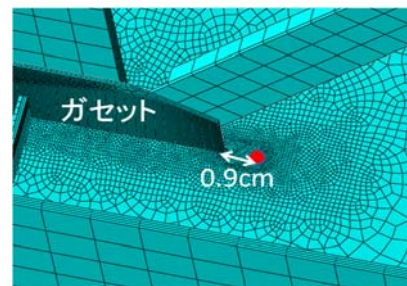
対象橋梁は 1971 年に供用を開始した代表的な I 型鋼桁高架橋であり、支間長 31.9 m、幅員 16.5 m である。過去に耐震補強・経年劣化対策として金属支承からゴム支承への取り換え、また交通量の増加に伴う設計荷重増加対策として横桁の新設、主桁間の床版補強縦桁の配置を行っている。本橋梁に対し 25 t 荷重車通過時の主部材、二次部材の応力計測を行い¹⁾、橋梁の FEM モデルを汎用ソフト ABAQUS にて作成し、11 自由度荷重車モデルとの連成解析により妥当性を検証している。要素はすべてソリッド要素とし、支承はゴム支承の特性を考慮し、線形ばねを用いている。例として計測対象中、二次部材最も大きな応力が見られたガセット横の応答を図 1 に示す。この部位はホットスポット応力推定の要件を満たすためメッシュサイズは 0.2 cm とした。

3. 補強前後の比較

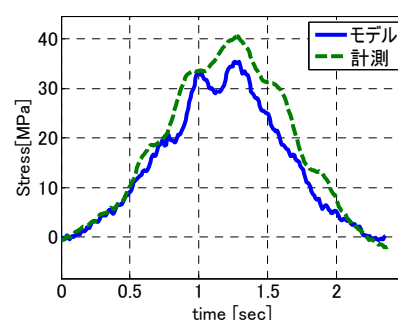
計測値で妥当性を確認した補強後モデルをもとに補強前の橋梁をモデル化し、25 t 車通過時の応答を補強前後のモデルで比較した。床版補強が主目的であった補強であり、床版の応力は 50% 近く減少していたが、スパン中央部の主桁やガセット横などでも 1 割弱応力が低減していた。最も変化の大きかったのは図 3 に示す主桁と分配横桁のフランジ間のウェブギャップ板であり、応答の最大値で見ると補強前は 80MPa 程度応力が見られていたが、補強により 5 割以上減少していた。

4. 橋梁の供用状態が疲労に及ぼす影響

対象橋梁の実際の供用状態を考え、走行速度、路面プロファイルのパラメータとして車両通過時のガセット横の応力応答を求めた。図 4 を見ると走行速度が 100 km/h 走行時に応力応答が大きくなっているが、これは車の車軸キーワード 鋼桁橋 路面プロファイル 二次部材 疲労 FEM 解析 局部応力

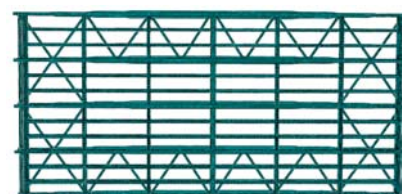


(1)ガセット横計測位置

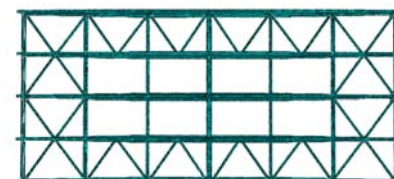


(2)ガセット横応力応答

図 1 ガセット横の応力応答



(1)補強後橋梁 FEM モデル



(2)補強前橋梁 FEM モデル

図 2 補強前後の FEM モデル

表 1 橋梁モデル材料特性

材料	ヤング率 [GPa]	密度 [g/cm ³]	ポアソン比	減衰比
鋼	200	7.9	0.3	1.5%
コンクリート	24	2.5	0.2	5%

の通過時間間隔が橋の1次ねじれモードの固有周期0.271秒と近くっており、走行速度によっては橋梁と共振し応力応答が増大しうることがわかった。路面プロファイルについてはISO8608のA~Dクラス(A:極良, B:良, C:普通, D:悪)の仮想路面を作成し、25t車通過時の応答をモデルにより求めた。図5より路面が粗くなるほど応力の動的成分が増大することが分かった。

5. 疲労寿命算定

60km/hの速度で25t荷重車が走行車線、追越車線をそれぞれ通過した際の疲労照査位置における応力応答をモデルにより求め、交通量を考慮して疲労寿命を表2, 3のように算出した。ただし表2は補強前を、表3はクラスA路面の疲労寿命を1と基準化した相対値で示しており、交通量は対象橋梁に行われた24時間応力計測における主桁中央下フランジの応力応答から推定した。補強工事によりウェブギャップ板では10倍程度、ガセット横は1.4倍延命する結果となった。また表3によるとガセット横ではAクラス路面を基準に考えるとBでは2割, Cでは6割も疲労寿命が減少し、路面状態管理は疲労寿命に大きく影響を及ぼす可能性がある。

表2 補強前後の疲労寿命(補強前は1)

状態	①ウェブギャップ板	②ガセット横
補強前	1	1
補強後	10.45	1.35

表3 路面の違いによる疲労寿命(Aクラスは1)

ISO8608	①ウェブギャップ板	②ガセット横
Aクラス	1	1
Bクラス	0.75	0.78
Cクラス	0.3	0.42
Dクラス	0.16	0.13

6. まとめ

本研究では床版補強は床版以外の二次部材の疲労にも影響があること。また車軸間隔と走行速度によっては橋梁と共振し応力応答が増大し、さらに路面状態が二次部材の疲労に大きく影響しうることを示唆した。

謝辞

研究にあたり首都高速道路技術センターに多大なご協力をいただきました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 三輪陽彦, 蘇迪, 長山智則, 藤野陽三: 交通荷重下の鋼桁橋の応力計測とFEMを利用した局部応力の評価, 土木が回第68回年次学術講演会, 2013.

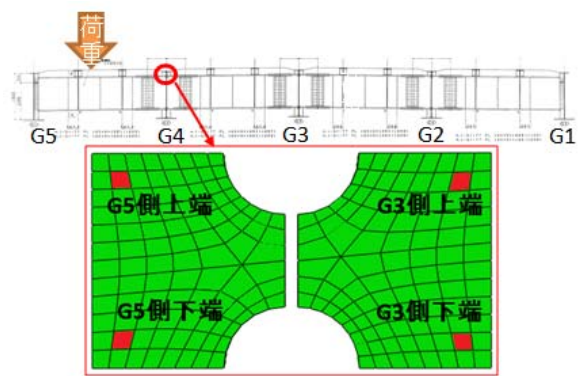


図3 ウェブギャップ板の位置

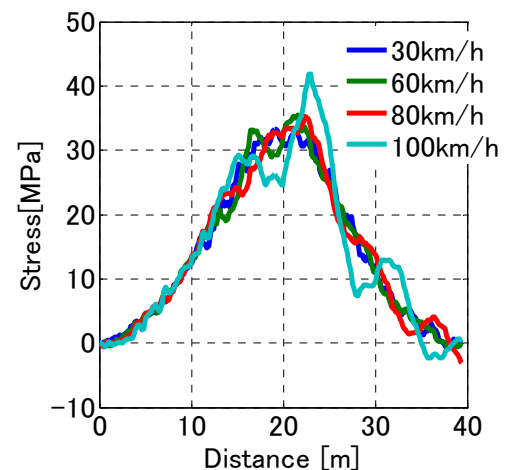


図4 走行速度とガセット横応力

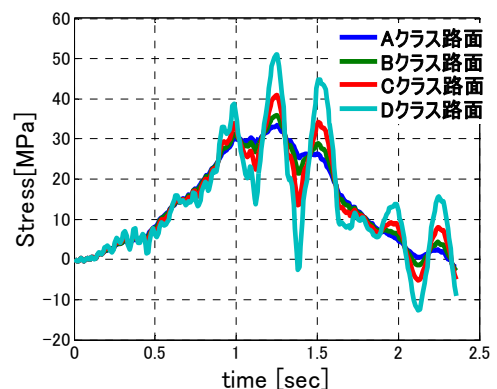


図5 路面プロファイルとガセット横応力