

鉄道鋼トラス橋縦桁横桁連結部の補強部材の検討および補強効果の確認

東京地下鉄株式会社 ○正会員 山本 努 関口 琢己
 公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 谷利 晃 正会員 小林 裕介
 株式会社 TTES 正会員 勝山 真規

1. はじめに

開床式下路トラス橋梁には、縦桁下フランジが横桁ウェブにスリットを伴い貫通する構造がある(図-1)。この縦桁受台と垂直補剛材上端との溶接部において、多数疲労き裂が発生した。当該部位が疲労き裂により破断すると、横桁ウェブスリットの溶接部の応力、および隣の連結部における補剛材上端の応力が增大し、疲労き裂が発生する危険性が高まる¹⁾。今回対象とした橋梁では、図-2に示すような、縦桁のたわみに伴う横桁の面外変形が疲労き裂の発生原因であったことから、舟形の補強部材と当板を用いて補強することとした。本研究では、十分な補強効果と良好な施工性、経済性を得ることを目的とし、FEM解析により補強部材の最適な寸法を検討し、得られた寸法の補強部材を前述のき裂が発生した橋梁に設置して、補強前後の応力を測定し比較する事で、実際の供用下での補強効果を確認した。

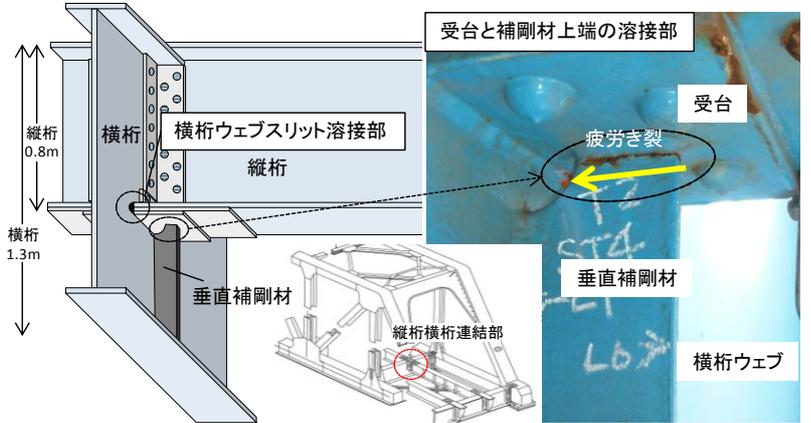


図-1 縦桁横桁連結部における補剛材上端の疲労き裂

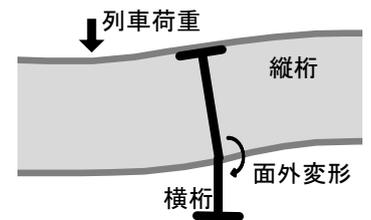


図-2 縦桁横桁連結部の変形

2. FEM解析による補強部材寸法の検討

(1) 解析概要

径間 63.4m の開床式下路トラス橋梁の 1 連全体を図-3 で示すようにモデル化した。上り線側に列車が通過する事を想定し、橋梁全長にわたり車軸位置に集中荷重を載荷し、1 車両分(20m)移動するまで、載荷点を 2.5m ずつ移動させ、それぞれの載荷条件において解析を行った。舟形補強部材概要を図-4 に示す。舟形補強部材は、大小 2 種類のサイズとフランジの有無を考慮した 4 ケース、当板はサイズの異なる 2 ケースとし、図-5 に示すようにモデル化した。

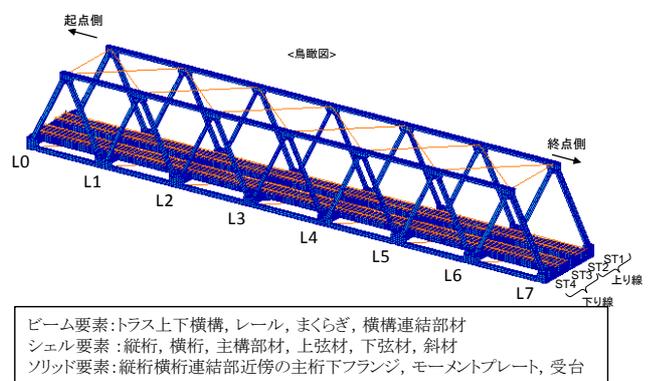


図-3 解析モデル

(2) 解析結果

図-6 に横桁ウェブスリットにおける主応力の波形を示す。応力の最大と最小の差から応力振幅を算出し、応力振幅の

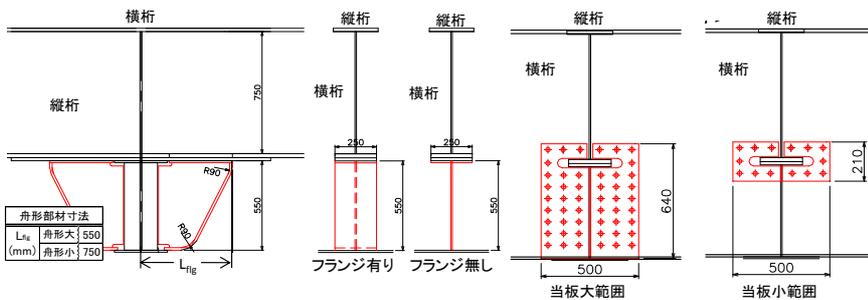


図-4 補強部材概要

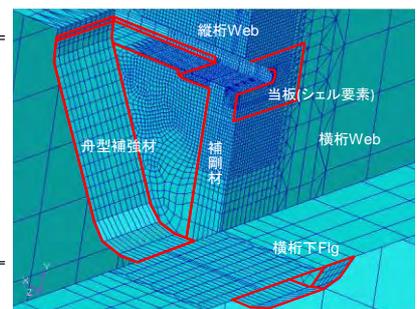


図-5 補強部材のモデル化

キーワード：トラス橋，縦桁横連結部，疲労き裂，舟形補強，FEM解析，実橋梁測定，補剛材上端
 連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 鋼・複合構造 TEL042-573-7280

増減にて補強効果を評価した。横桁 L6 と縦桁 ST1 連結部起点側に着目し、補剛材上端鉛直方向応力と横桁ウェブスリット主応力の応力振幅において、補強時の値を無補強時の値で除し、比で表したものを図-7 に示す。

舟形補強部材の大きさに関わらず応力振幅は 10% 以下に低減しており、施工性、経済性を考慮し、寸法の小さいものを適用することとした。

舟形補強部材のフランジの有無に関する応力振幅の相違は殆ど見られないが、フランジが無い場合、補強部材のウェブ先端に応力集中が見られた(図-8)。当該箇所が弱点箇所となる可能性があるため、フランジを有するものを適用することとした。

当板の大きさに関わらず応力振幅は 50~60% 程度に低減しており、施工性、経済性を考慮し、寸法の小さいものを適用することとした。

3. 実橋梁測定による補強効果の確認

上記で検討した補強部材を橋梁に設置し、補強前後で応力を測定して補強効果を確認した。補剛材上端は単軸ゲージ、横桁ウェブスリットは 3 軸ゲージを用いた(図-9)。横桁 L6 と縦桁 ST1 連結部において、補剛材上端鉛直方向応力と横桁ウェブスリット主応力の応力波形を図-10、応力振幅で表したものを図-11 に示す。

補剛材上端の応力振幅は補強により 10% に低減しており、溶接止端の破壊(E 等級³⁾、および溶接ルート³⁾のいずれの疲労限をも下回っていた。横桁ウェブスリットの応力振幅は、補強により 20~80% に低減しており、当該部位の疲労限を現行の疲労強度で最も低い I 等級³⁾と見込んでも、疲労限を下回る結果となった。本橋梁では補強前、横桁ウェブスリットでは鉛直方向の面外応力が卓越していたが、補強部材設置により 15% 程度に低減し、図-2 で示す横桁の面外変形が抑制されたものと考えられる。

4. まとめ

開閉式トラス橋の縦桁横桁連結部において、FEM 解析により補強部材寸法を検討し、補強部材を橋梁に設置して、実橋梁測定により補強効果を確認した。その結果、良好な施工性、経済性を有した補強部材を設計し、実橋において、十分な補強効果が得られている事を確認した。

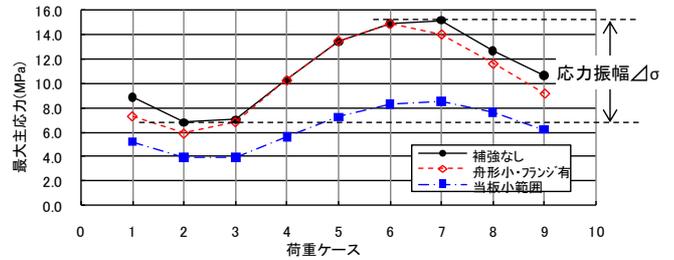
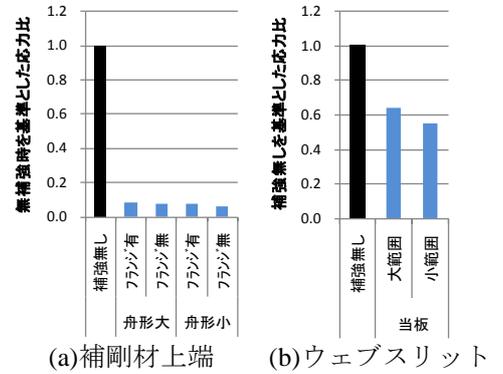


図-6 横桁ウェブスリット主応力波形 ST1 左側



(a)補剛材上端 (b)ウェブスリット

図-7 応力振幅(L6,ST1,起点側)

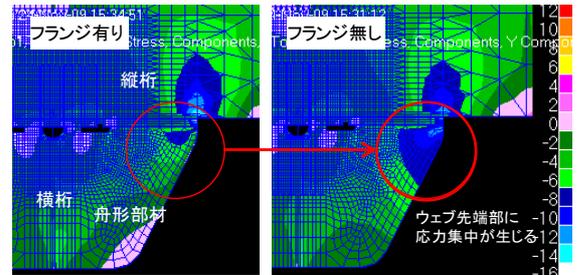


図-8 舟形部材フランジの効果(コンター図)



図-9 測定状況

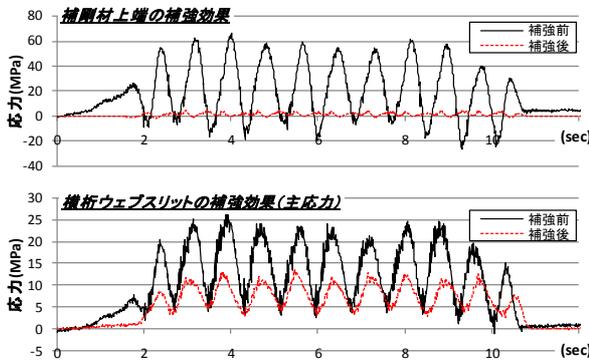
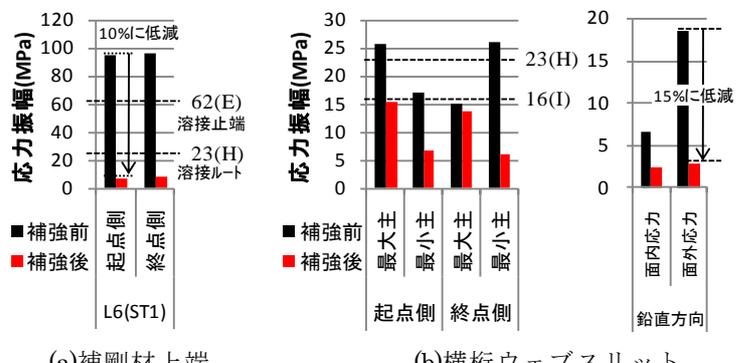


図-10 補強効果 (L6(ST1)の応力波形)



(a)補剛材上端 (b)横桁ウェブスリット

図-11 補強効果 (L6(ST1)の応力振幅)

参考文献

- 1) 谷利, 小林, 関口: 鉄道鋼トラス橋縦桁横桁連結部における疲労き裂発生後の応力再分配の確認, 第 65 回年次学術講演会, I-113,2010
- 2) 高橋, 内藤, 関, 市川, 三木: 鋼鉄道トラス橋縦桁横桁連結部の疲労特性とその改善方法, 土木学会論文集 A Vol.64 No.2,394-407,2008.4
- 3) 鋼構造物の疲労設計指針・同解説 (改訂案), 社団法人 日本鋼構造協会 平成 22 年 12 月 1 日改訂