

高力スタッドボルトを用いた既設鋼 I 桁の当て板補強に関する解析的検討

日本ファブテック 正会員 ○鈴木 恵斗, 山本 佑大, 奥村 学
 大阪公立大学大学院 学生会員 石黒 陽菜, 申 啓航
 大阪公立大学大学院 正会員 山口 隆司, 林 厳

1. はじめに

大規模更新の床版取替工事では、床版厚の増加や設計活荷重の引き上げに伴って、既設鋼 I 桁の耐荷力が不足する場合がある。既設鋼 I 桁補強では、中フランジや当て板の補強部材を高力ボルト摩擦接合で取付ける補強工法が一般的であるが、既設鋼桁に孔あけを伴い補強効率が低下するため、合理的な補強工法が望まれている。本研究では、孔あけが不要な高力スタッドボルトを用いた既設鋼 I 桁の当て板補強工法に着目し、補強設計と FEM 解析を実施して、補強部材の鋼重比較および補強効果を検証する。

2. 補強設計

対象橋梁は、図-1 に示すように、鋼単純合成 I 桁橋（支間長 $L=34.0\text{m}$ ）である。設計条件は、建設当初が RC 床版厚 190mm 、活荷重 TL-20、床版取替後がプレキャスト PC 床版厚 240mm 、B 活荷重を想定した。当て板補強設計は外桁 G1 に着目して、(a)無補強、(b)ボルト当て板、(c)スタッド当て板の 3 ケースに対した。施工ステップは①既設床版撤去時、②既設鋼桁補強と新設床版設置（非合成断面）、③合成後死荷重と B 活荷重（合成断面）を考慮して補強部材を決定した。接合材は高力ボルト M22(S10T)、高力スタッドボルト M20(F8T 相当)を使用した。ボルト間隔と孔径は M22 ボルトが $p=150\text{mm}$ 、 $\phi 24.5\text{mm}$ 、M20 スタッドが $p=121\text{mm}$ 、 $\phi 32\text{mm}$ （当て板のみ）とした。

支間中央部の鋼 I 桁当て板補強断面を図-2、断面照査結果を表-1 に示す。無補強ではフランジ応力度が許容値に対して約 3 割超過しており、既設鋼桁の当て板補強が必要となる。スタッド当て板の補強断面は、ボルト当て板に比べて、上フランジ面が 3.3 割減、下フランジ面が 1.2 割減となり、補強部材の重量は約 3 割低減した。圧縮フランジ補強は、上フランジに直接当て板を設置したこと、引張フランジ補強は孔あけが当て板のみで、母材は総断面で抵抗できるため補強効果が向上した。

3. 補強効果の検証

スタッド当て板の補強効果を検証するため、主桁 G1 のみを抽出したモデルで FEM 解析を実施した。図-3 にスタッド当て板の解析モデルと境界条件を示す。解析モデルは構造の対称性を考慮した 1/2 領域とし、PC 床版、既設鋼 I 桁および当て板をソリッド要素でモデル化した。ボルト接合部は、ボルト孔周辺を節点結合とした²⁾。荷重条件は施工ステップを考慮して、鋼桁断面に合成前死荷重 D_b 、補強断面に合成後死荷重 D_a と活荷重 L を主桁直上に等分布荷重として載荷した。解析コードは MSC Nastran2022 である。

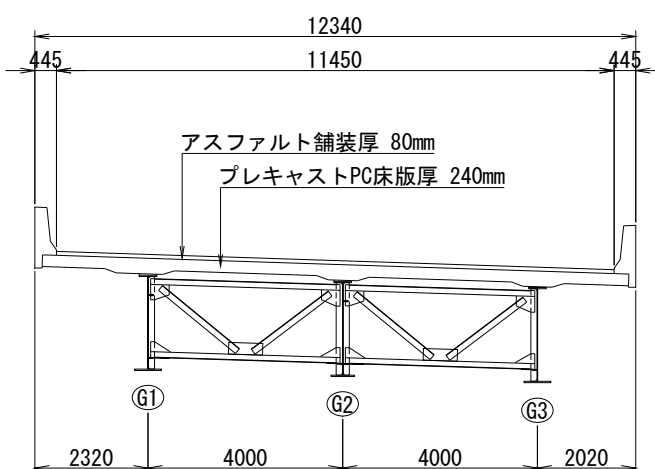


図-1 対象橋梁の断面図（単位:mm）

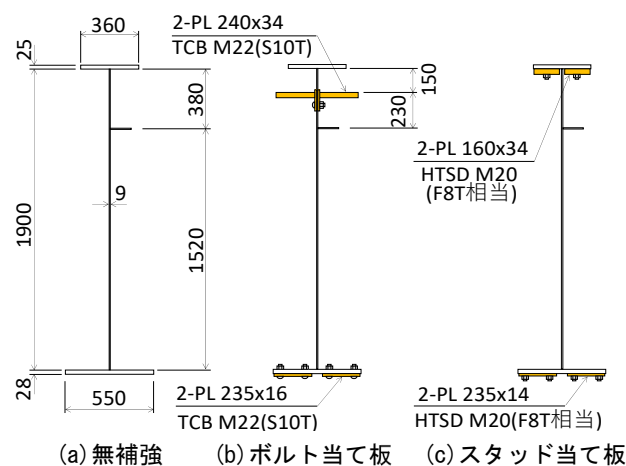


図-2 鋼 I 桁当て板補強断面（単位:mm）

キーワード 高力スタッドボルト, 当て板補強, 床版取替工事, 既設鋼 I 桁, 補強効果
 連絡先 〒302-0038 茨城県取手市下高井 1020 TEL0297-78-7622

表-1 既設鋼 I 桁の断面照査結果

断面 寸法 (mm)	上フランジ	断面	無補強 (母材断面)	①ボルト 当て板	②スタッド 当て板
		材質	SM50	SM490	SM490
	ウェブ	断面	1900 x 9	—	—
		材質	SM58	—	—
	下フランジ	断面	550 x 28	2 x (235 x 16)	2 x (235 x 14)
		材質	SM58	SM570	SM570
応力度 (N/mm ²)	上フランジ	補強 部材	—	23,840 mm ² (1.00)	17,460 mm ² (0.73)
		断面 (比率)	—	—	—
		σ _U (σ _U /σ _a)	-286.9 (1.34)	-207.3 (0.97)	-212.5 (0.99)
	ウェブ	許容値 σ _a	—	212.8	—
		τ _W (τ _W /τ _a)	—	51.6 (0.36)	—
		許容値 τ _a	—	145.0	—
下フランジ		σ _L (σ _L /σ _a)	326.7 (1.28)	254.3 (0.99)	252.5 (0.99)
		許容値 σ _a	—	255.0	—
		—	—	—	—

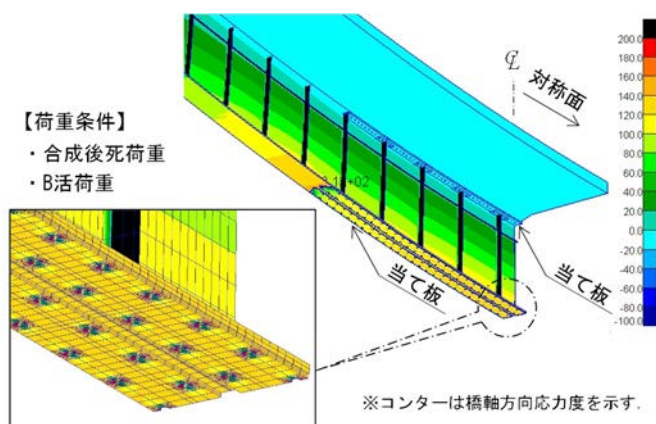


図-4 変形図と応力コンター

表-2 解析結果一覧【荷重条件 (D+L)】

		無補強	ボルト 当て板	スタッド 当て板
	mm	33.9	29.0	30.1
活荷重 たわみ	比率	(1.00)	(0.86)	(0.89)
	N/mm ²	260.1	232.9	234.8
下フランジ応 力度	比率	(1.00)	(0.86)	(0.89)
	—	—	—	—

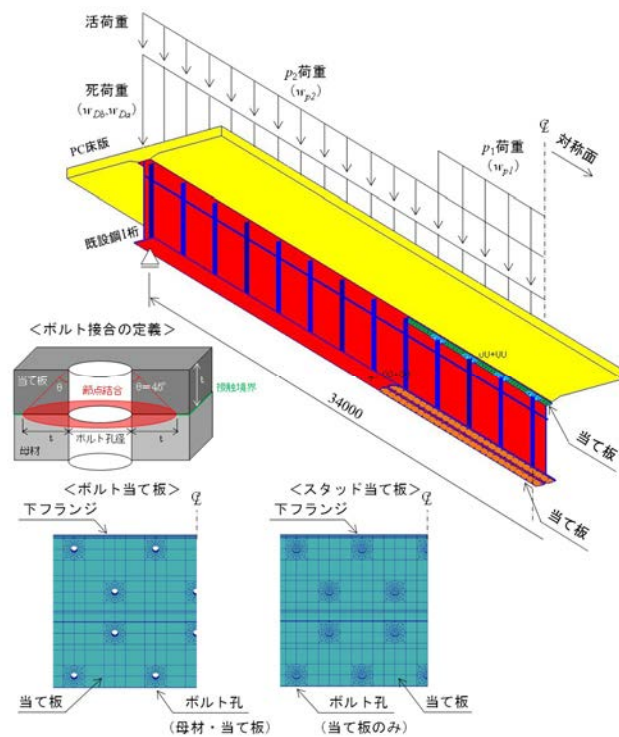


図-3 解析モデル (単位:mm)

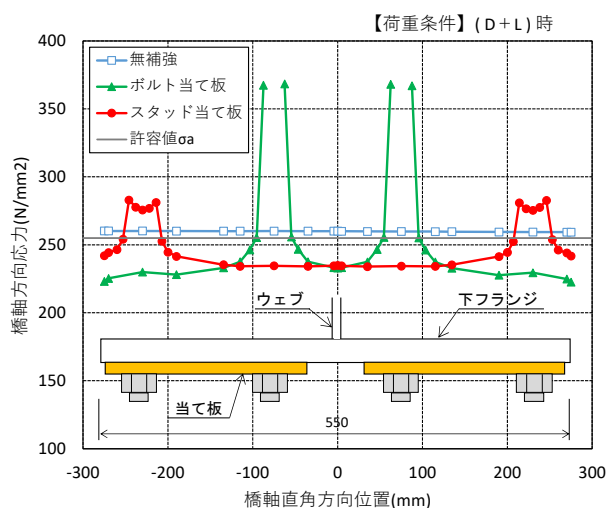


図-5 下フランジの応力度分布

図-4 にスタッド当て板の (D_a+L) 時の変形図と応力コンターを示す。既設鋼 I 桁に当て板補強することで、母材と当て板の応力レベルは同程度になり補強効果が確認できた。表-2 に ($D+L$) 時の解析結果一覧を示す。活荷重たわみと下フランジ応力度は、無補強に比べて、ボルト、スタッド当て板ともに約 1 割減となった。

図-5 に ($D+L$) 時の支間中央部の下フランジ応力度分布を示す。なお、当て板は接合材を千鳥配置しており、着目断面ではボルトがウェブ側、スタッドが自由突出側に接合材で当て板を接合している。無補強では許容値 σ_a を超過したが、当て板補強によって許容値内に収まった。スタッド当て板では、補強部材の重量が約 3 割減であるが、ボルト当て板と同等の補強効果を有しており、より合理的な補強工法であると考えられる。

4. まとめ

既設鋼 I 桁に孔あけしないスタッド当て板は、ボルト当て板に比べて鋼重が約 3 割低減でき、所定の補強効果が得られる合理的な当て板補強工法であると考えられる。今後は、摩擦接合部のすべり後挙動や終局限界状態を検証する必要がある。

参考文献 1) (公社) 土木学会：複合構造レポート 17 連続合成桁橋における床版取替え技術の現状と展開, pp121-124, 2021.9. 2) 森下, 山口, 八ツ元, 田畑：U リブ鋼床版下面補強工法の補強範囲に関する解析的検討, 構造工学論文集 Vol.64A, pp.583-593, 2018.3