

閉断面部材への高力スタッドボルトを用いた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 ○彭 雪, 奥村 学

大阪市立大学 学生会員 申 啓航

大阪市立大学 正会員 山口 隆司

1. はじめに

既設トラス主構の高力ボルト当て板による補修・補強では閉断面部材（以下：母材）のボルト孔あけにより断面欠損を伴い、当て板厚が増加する。そこで、著者らは、孔引きによる当て板厚の増加を抑えることができ、孔あけ不要な高力スタッドボルト（以下：高力スタッド）を使用した当て板工法を提案している。

本稿は、床版取替えとB活荷重対応による死・活荷重の増加に対するトラス弦材の当て板補強を想定し、母材の片面当て板の補強効果および当て板端部の応力集中による影響を解析的に検討した。

2. 解析方法

母材は、400×400mmの箱断面とし、部材長4mとした。板厚は、一般部が10mm、ガセット部が15mmとした。表-1に荷重条件を示す。床版取替え後の荷重は、当初設計の1.2倍（死荷重：1.16倍、活荷重：1.25倍）とし、死荷重が母材、活荷重が補強断面で抵抗する。当て板範囲は一般部のみとし、接合材は高力ボルトと高力スタッドの2種類とした。必要当て板厚は、死+活荷重時の母材応力が制限値 σ_d （ $=140\text{N/mm}^2$ ）以下となるように決定した。断面計算より、当て板厚は高力スタッド（総断面）が8mm、高力ボルト（純断面）が21mmとなった。母材と当て板の荷重分担は断面積比に従うものと仮定し、当て板の荷重分担 P_p より必要ボルト本数を決定した。なお、母材厚10mmのため、高力スタッドのボルト軸力 $N=75\text{kN}$ とした¹⁾。ボルト配置はフランジとウェブに3本/列とした場合、荷重伝達に必要なボルト列数は高力スタッド（M20, F8T）が2列、高力ボルト（M22, F10T）が1列となった。

解析コードはMSC Nastran2019である。図-1に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1/4領域とし、母材と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⁾。荷重は母材に死荷重、補強断面に活荷重を載荷した。表-2に解析ケースを示す。高力ボルトと高力スタッドを用いた当て板補強が2ケース（HTB, Stud）、Studの当て板をガセット側にボルト2列分（ $=190\text{mm}$ ）延長した1ケース（Stud-guss）の計3ケースとした。

3. 解析結果と考察

表-3に死+活荷重時の母材の軸方向断面応力 σ/σ_d を示す。一般部の断面1（純断面）の σ/σ_d は、HTBが0.96で、

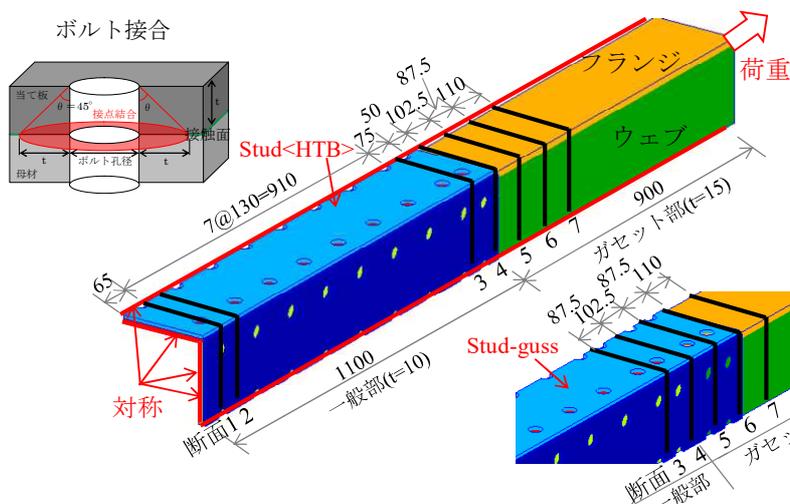


図-1 解析モデルと境界条件（単位：mm）

表-1 荷重条件

	死荷重 (kN)	活荷重 (kN)	合計 (kN)
当初設計	1280 (1.00)	960 (TL-20) (1.00)	2240 (1.00)
床版取替え後	1488 (1.16)	1200 (B活) (1.25)	2688 (1.20)

表-2 解析ケース

ケース	一般部板厚 (mm)		ガセット部板厚 (mm)		当て板端部
	母材	当て板	母材	当て板	
HTB	10	21	15	-	一般部
Stud		8		-	
Stud-guss		8		8	ガセット部

キーワード 高力スタッドボルト, 当て板補強, 閉断面部材, FEM 解析, 荷重伝達

連絡先 〒550-0001 大阪市西区土佐堀 1-3-7 肥後橋シミズビル 11階 TEL:06-7730-9120

表-3 母材の軸方向断面応力

断面応力 σ/σ_d	一般部				ガセット		
	断面1 (純断面)	断面2 (総断面)	断面3 (ボルト1, 2 列目の間)	断面4 (当て板 端部)	断面5 (※ボルト1, 2列目の間)	断面6 (※当て板 端部)	断面7 (総断面)
HTB	0.96	0.81	1.09	1.18	0.79	0.80	0.81
Stud	0.98	0.95	1.07	1.15	0.79	0.80	0.81
Stud-guss	0.98	0.95	0.99	1.00	0.72	0.78	0.81

σ は断面平均値、ただし、孔壁の応力集中を除く；※は Stud-guss の断面説明

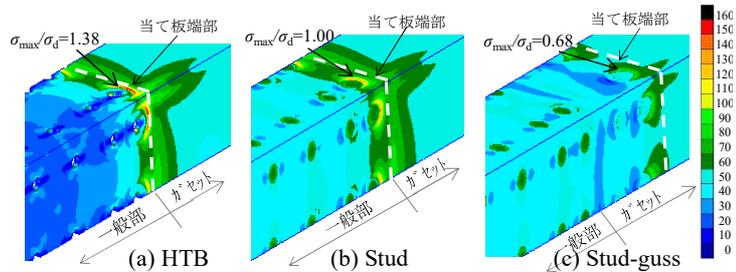


図-2 母材の Mises 応力コンター図 (B 活荷重時)

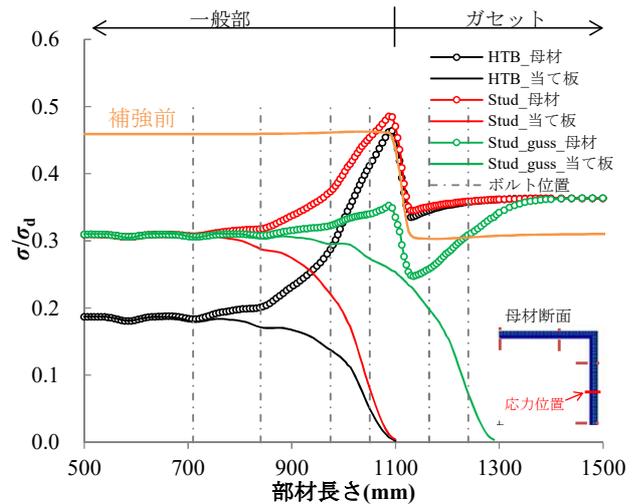


図-3 母材と当て板の軸方向応力分布 (B 活荷重時)

Stud と Stud-guss が 0.98 であり、全ケースで補強効果 ($\sigma/\sigma_d < 1$) を確認した。断面 4 (当て板端部) の σ/σ_d は、HTB と Stud が補強前の母材応力 ($\sigma/\sigma_d=1.2$) と同じで当て板への荷重伝達が期待できないが、当て板をガセット側へ延長した Stud-guss では補強効果 ($\sigma/\sigma_d=1.00$) が得られた。断面 3 (総断面) の σ/σ_d は、HTB が 1.09, Stud が 1.07 であり、定性的には当て板への荷重伝達過程が見られるが、定量的には必要ボルト本数と一致していない。これは、ボルト接合のモデル化によるものであり、今後、ボルト軸力と摩擦係数をモデル化した詳細な検討が必要である。

図-2 に活荷重時における母材の Mises 応力コンター図を示す。当て板端部のボルト接合付近に応力集中が見られた。これは、片面当て板による付加曲げ (母材：引張、当て板：圧縮) によるもので、別途実施した要素試験体でも同様な応力集中を確認している³⁾。Stud の応力集中は HTB に比べて約 28% 低減した。当て板が Stud より厚くなる HTB で、母材と当て板の偏心量が大きくなるため、付加曲げの影響が顕著に現れた。

図-3 に活荷重時における母材と当て板の軸方向応力分布を示す。図中のマーカー付きは母材、実線は当て板、一点鎖線はボルト位置を示す。図中には、無補強 (母材のみ) の応力値も併記している。HTB と Stud では、荷重伝達が期待できない当て板端部で無補強と同じ応力状態となっているため、当て板補強後も荷重増加によって当該部が降伏することが分かる。一方、当て板をガセット側へ延長した Stud-guss では、板継部の応力が無補強のものに比べて約 24% 低減することから、当て板補強後の部材耐荷力の向上が期待できる。

4. まとめ

高力スタッドの当て板厚は、高力ボルトに比べ大幅に低減でき、当て板端部の付加曲げによる応力集中も低減できる。一般部のみ当て板補強した場合、当て板端部付近の母材降伏が懸念されるが、当て板をガセット側へ延長することで、当て板補強後の部材耐荷力の向上が期待できる。

参考文献

- 1) 山本, 彭, 奥村, 山口: 高力スタッドボルト接合に関するボルト軸力の基礎的研究, 土木学会第 75 回年次学術講演会講演概要集, 2020.9 (投稿中)
- 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
- 3) 彭, 山本, 奥村, 山口: 高力スタッドボルトを用いた一面当て板の補修効果に関する一考察, 鋼構造年次論文報告集, Vol27, pp.843-848, 2019.11