

閉断面高力スタッドボルト一面当て板補強の荷重伝達に着目したスタッド配置の解析的検討

大阪公立大学大学院	学生会員	○石黒	陽菜
大阪公立大学大学院	学生会員	申	啓航
日本ファブテック(株)	正会員	鈴木	恵斗

大阪公立大学大学院	正会員	山口 隆司
日本ファブテック(株)	正会員	奥村 学
日本ファブテック(株)	正会員	山本 佑大
大阪公立大学大学院	正会員	林 厳

1. 研究背景と目的

近年トラス橋等の閉断面部材の補強において、片側からの施工が可能な高力スタッド一面当て板補強が提案されている。しかし、母材と当て板の荷重分担率は断面積率に一致しない場合もあり、当て板補強の設計法は確立されてはいない。特に、スタッド配置と荷重伝達の関係は未解明である。本研究では、FEM 解析により、高力スタッド一面当て板補強においてスタッド配置が補強効果や各ボルト列の荷重伝達に及ぼす影響について評価することを目的としている。

2. 解析モデルと検討したスタッド配置

汎用解析コード Abaqus/CAE2022 を使い、弾塑性有限要素解析を行った。解析モデルを図-1 に示す。解析モデルは対称性を考慮した 1/8 モデルとし、母材、当て板、高力スタッドはソリッド要素でモデル化した。箱断面辺長は、一般的なトラス橋断面を想定して 600×600 とした。当て板厚、母材厚はともに 18mm である。孔径は、スタッドの溶接ビードを考慮し、拡大孔の 32mm とした。解析に用いた材料特性を表-1 に示す。母材、当て板には SS400、高力スタッドには F8T-M20 を使用し、材料構成則はともに加工硬化係数が $E/100$ のバイリニア型とした。作用荷重は床版取替えを想定し、B 活荷重作用時の設計母材作用応力とした。応力および作用荷重を表-2 に示す。

検討したスタッド配置を図-2 に示す。ボルト本数は、一面あたり合計 15 本とした。例えば 4-5-6 は、1 列目ボルト本数が 4 本、2 列目が 5 本、3 列目が 6 本のケースである。また、ボルトピッチ p は 75mm と 130mm とし、ケース名内の L は $p=130\text{mm}$ であることを表している。

3. 解析結果と考察

3.1 荷重—変位曲線

荷重－全体変位曲線を図-3 に示す。全体変位は図-1 に示す断面の節点より算出した。すべり荷重は、当て板に伝達される荷重が増加しなくなった時点とし、降伏荷重

キーワード 高力スタッドボルト、一面当て板補強、閉断面部材、荷重伝達、局所すべり

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪公立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 TEL&FAX 06-6605-2765

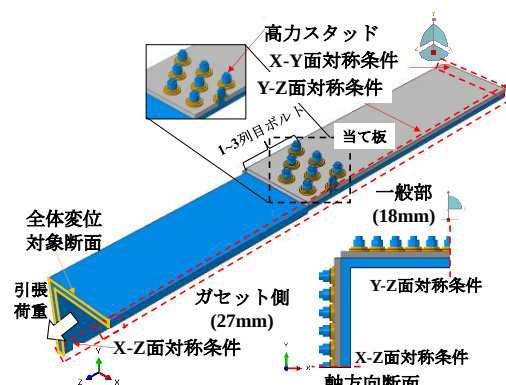


図-1 高力スタッドモデル(4-5-6を例に)

表-1 材料特性

部材	材料	弾性係数 E (MPa)	ポアソン比 ν	降伏点 σ_y (MPa)	引張強度 σ_t (MPa)	加工硬化係数 H ($E/100$)
母材, 当て板	SS400	200,000	0.3	235	400	2,000
高力スタッド	F8T			640	800	2,000

表-2 応力および作用荷重

	当初設計		床版取替後*		無補強時	
断面寸法	母材応力 σ_{mp1} (MPa)	設計活荷重 (TL-20) P_{d1} (kN)	母材応力 σ_{mp2} (MPa)	設計荷重 (B活荷重) P_{d2} (kN)	総断面降伏 耐力 P_y (kN)	設計荷重/ 総断面降伏耐力 P_{d2}/P_y
600×600 (mm)×(mm)	64.1	1.343	83.3	1.745	2.522	0.692

*解析モデルには床版取替後の荷重を作用させた

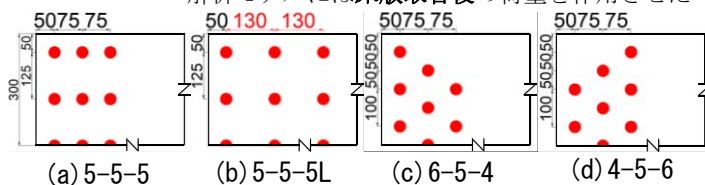


図-2 検討したスタッド配置(単位:mm)

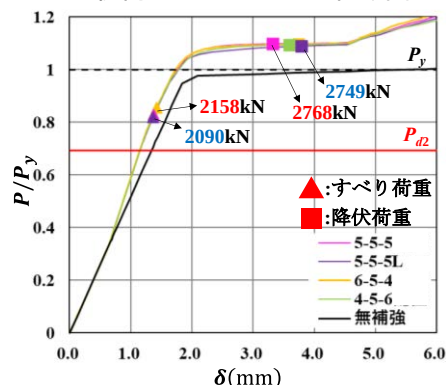


圖-3 荷重—全体変位曲線

は1列目における母材総断面の全要素が降伏点に達した時とした。図-3より、 $p=130\text{mm}$ とした5-5-5Lと5-5-5の降伏荷重の差は約1%であり、 p が道路橋示方書²⁾の規定

内であれば、降伏荷重に及ぼす影響はほぼないと考えられる。また 4-5-6 のすべり荷重は 5-5-5, 5-5-5L と一致したが、当て板端部のボルト本数が 6 本と最も多い 6-5-4 では、すべり荷重が他のケースより約 3% 増加した。

3.2 スタッド配置と当て板荷重伝達率の関係

設計荷重 P_{d2} 時での当て板荷重伝達率を図-4 に示す。ボルト i 列目の荷重伝達率 R_i は式(1)に示すように、断面積率から算出した P_{d2} 時の当て板の分担荷重 S_d と解析から得られた各ボルト i 列目の伝達荷重 S_{pi} の比率である。

$$R_i = \frac{S_{pi}}{S_d} \times 100 \quad (1)$$

当て板荷重伝達率が 100% になるとき、母材と当て板の荷重分担率が断面積率に一致することを表す。また、当て板に伝達される荷重 P_p を図-5(a) に、各ボルト i 列目におけるスタッド 1 本あたりの当て板伝達荷重 P_{pi} を図-5(b) ~ (d) に、 P_{d2} 時での当て板縁端からの距離と相対変位の関係を図-6 に示す。図-4 と図-5(a) より、各ケースの P_{d2} 時の荷重伝達率は、最大でも 2.7% 差であったが、各ボルト列の伝達荷重には以下のような違いが見られた。

(1) 1 列目ボルト

図-5(b) より、5-5-5L 以外で伝達荷重の初期勾配がほぼ一致しており、ボルト本数より p が 1 列目ボルトの荷重伝達に及ぼす影響が大きいことがわかる。しかし、図-5(b) に示すように、5-5-5L においては初期勾配が大きく、局所すべりが発生し、 P_{d2} 時より前に傾きが小さくなる。さらに P_{d2} 時には 1 列目で伝達荷重が低下に転じている。

(2) 2 列目ボルト

図-5(c) より、6-5-4 において、1 列目ボルトの荷重伝達率が 42.8% と最も大きいことから、伝達荷重の初期勾配が他のケースより小さくなっている。また 5-5-5 と 5-5-5L では、1 列目で局所すべりが発生した時点から、勾配が大きくなり、伝達荷重が増加した。

(3) 3 列目ボルト

図-5(d) より、5-5-5L の伝達荷重が最も小さいことがわかる。これは図-4 より、5-5-5L において 1, 2 列目ボルトの荷重伝達率が計 69.5% と最も大きいため、相対的に 3 列目ボルト位置での伝達荷重が小さくなったと考えられる。また図-6 より荷重分担率が断面積率に最も近い 5-5-5L の 3 列目の相対変位が他配置より小さくなった。

一方、4-5-6 の伝達荷重の勾配が最も大きい。よって 4-5-6 は他配置と異なり、1 列目に伝達荷重が集中せず、図-4 より 1 列目と 3 列目の荷重伝達率の差が 5.4% と最も

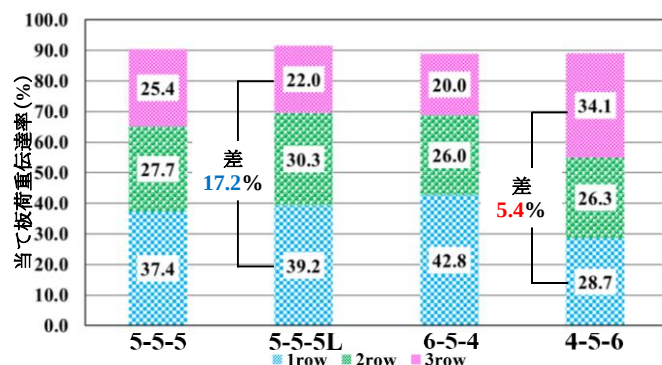


図-4 設計荷重時での当て板荷重伝達率

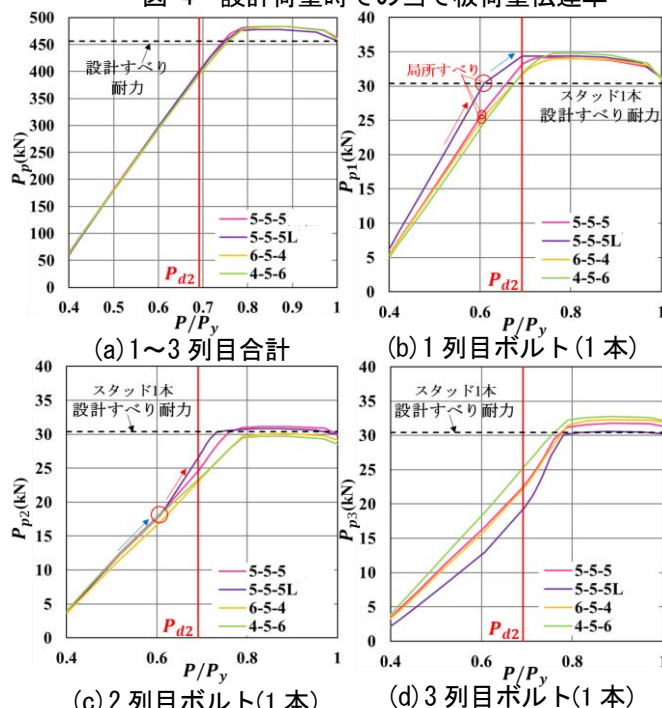


図-5 当て板伝達荷重

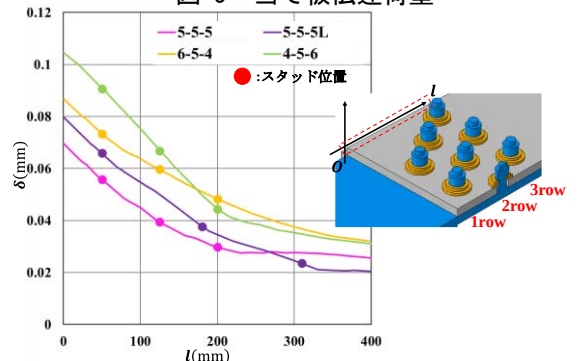


図-6 P_{d2} 時での当て板縁端からの距離と相対変位

小さいため、3 列目まで最も均一に荷重伝達できている。

4. まとめ

配置間隔を広げることで、1, 2 列目の伝達荷重が増加し、局所すべりが発生した。そのため、 P_{d2} 時まで局所すべりが発生しない程度に 1 列目の本数を削減し、徐々に本数を増加させ、均一に荷重を伝達させる配置が望ましい。

<参考文献>

- 1) 永田和寿, 町田幸大, 小川麻美, 山口隆司: 引張を受ける高力ボルト鋼板当て板接合部の荷重伝達機構に関する解析的検討, 鋼構造論文集, Vol.23, 2016.
- 2) 公益社団法人日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, II 鋼橋編, 2017.