

補剛リブ付き高力ボルト多列配置引張接合の継手強度に関する実験的研究

大阪市立大学大学院 学生会員 ○杉本 悠真

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

1. 研究背景および目的

大断面力が作用する土木鋼構造物に高力ボルト引張継手を適用するためには、高力ボルトを複数列配置する必要がある。しかし、鋼構造接合資料集成¹⁾では、強度効率の観点から「継手ウェブの両側に 2 列以上のボルト配置をする引張継手は使用を控えるべき」と記載されている。また、補剛リブは引張継手の強度向上に寄与するが、ボルトが多列配置された引張継手に補剛リブを適用した研究事例は著者の知る限りみられない。

本研究は、高力ボルトが多列配置された引張接合の要素継手を対象に、補剛リブによる強度向上効果を明らかにする目的で、静的載荷試験を実施した。

2. 実験ケースおよび実験方法

図 1 に実験ケースと供試体の構造詳細を示す。実験ケースは 4 ケースでボルト列数 (2 列, 3 列) と補剛リブの有無をパラメータとし、各ケース 2 体の計 8 体を用意した。供試体の材料は SM490 で、高力ボルトは試験機の載荷能力 (2,000kN) を考慮して F10T(M12)を

用いた。継手フランジ板厚は設計指針²⁾でこの反力が発生しないとされる 19mm で統一し、高力ボルト破断が終局状態となるように設計した。補剛リブの板厚は継手フランジ板厚と同じとした。補剛リブ高さは継手ウェブ面から継手フランジ縁端部までの距離で統一し、補剛リブの継手ウェブ方向の長さ (補剛リブ長さ) は、事前の FEM 解析で補剛リブによる強度向上効果が期待できる寸法で、補剛リブ高さの約 1.5 倍とした。継手フランジ-継手ウェブ間および継手フランジ-補剛リブ間は完全溶け込み溶接とし、継手ウェブ-補剛リブ間はサイズ 10mm のすみ肉溶接により一体化している。なお、継手フランジ板の溶接変形は設計指針²⁾にもとづき、接合面の隙間が 1mm 以内となるように、部材溶接後にプレス加工を行った。

載荷は万能試験機により、ボルト破断まで行った。計測項目は載荷荷重、継手ウェブ板厚中心位置の接合面間離間量、ボルト軸力である。ボルト軸力はボルト軸部に添付したひずみゲージから求める。

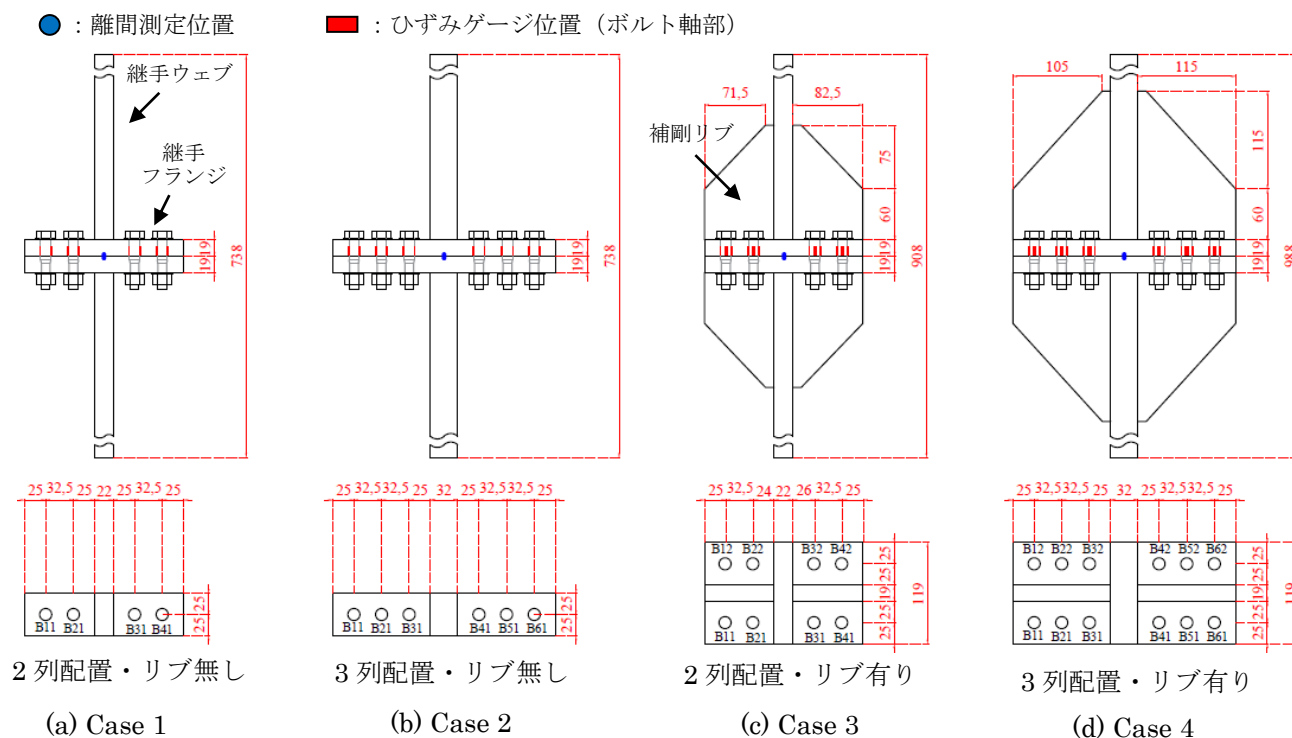


図 1 実験ケースとセンサー位置 (高力ボルト : M12F10T, 鋼材 : SM490)

キーワード 高力ボルト引張接合, 多列配置, 補剛リブ, 実験

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 工学部 C309 TEL 06-6605-2765



(a) リブ無し Case 2-1



(b) リブ有り Case 4-1

写真 1 載荷後供試体

表 1 強度の比較

	Joint maximum load		
	P_{max}	P_{max} / n	Ratio
Case 1-1	240.16	60.04	0.73
Case 1-2	241.36	60.34	0.73
Case 2-1	259.88	43.313333	0.53
Case 2-2	262.52	43.753333	0.53
Case 3-1	733.8	91.725	1.11
Case 3-2	733.56	91.695	1.11
Case 4-1	1089.36	90.78	1.10
Case 4-2	1096.28	91.356667	1.11

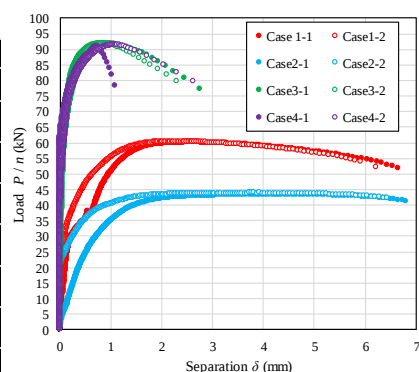
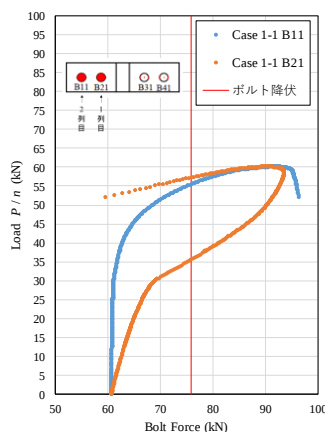
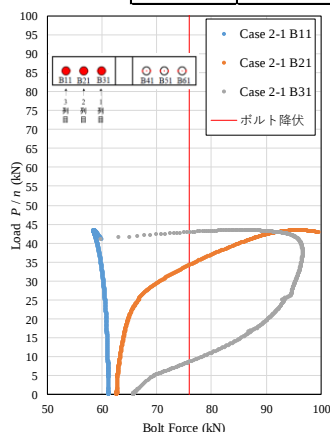


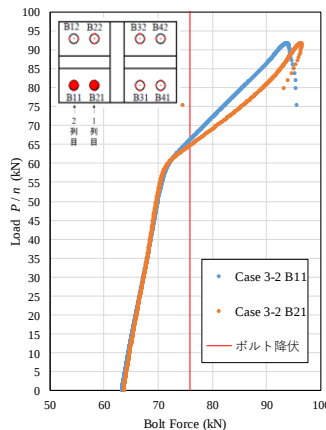
図 2 荷重－離間関係



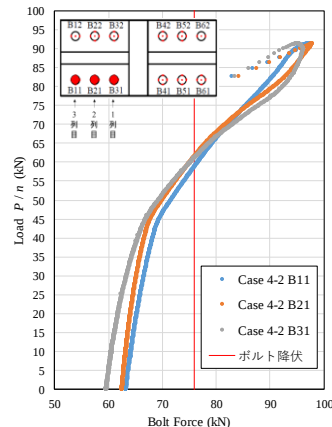
(a) Case 1



(b) Case 2



(c) Case 3



(d) Case 4

図 3 荷重－ボルト軸力関係

3. 実験結果

写真 1 に破断状態を示す。終局状態は全ケースでボルト破断となった。また、補剛リブ無しケースは継手フランジ間に残留変形が若干残っているのに対し、補剛リブ有りケースは残留変形がほぼ見られなかった。

表 1 に各ケースの最大荷重 P_{max} 、ボルト 1 本あたりの最大荷重 P_{max} / n 、高力ボルトの最小引張荷重 82.3kN^3 に対する P_{max} / n の比率（以下、継手強度効率）を示す。2 列配置と 3 列配置の継手強度効率はそれぞれ 0.73, 0.53 であり、3 列配置の継手強度効率は 2 列配置に対し約 30% 低下する。補剛リブを設置した場合は 2 列配置と 3 列配置ともに継手強度効率が約 1.1 となり、補剛リブによりボルト本数分の継手強度を確保できることが明らかとなった。

荷重－離間量関係を図 2 に示す。縦軸はボルト 1 本あたりの荷重 P / n とした。Case 1, 2 で同ケースの供試体で初期剛性が異なるが、これは接触面の初期不陸が影響していると考えられる⁴⁾。補剛リブ無しケースは最大荷重後も離間が増加するが、補剛リブを有したケースは最大荷重後の離間量は小さく、脆性的に破断する。

荷重－ボルト軸力関係を図 3 に示す。縦軸はボルト 1

本あたりの荷重、赤線は降伏ボルト軸力 75.9kN である。補剛リブ無しケースは 1 列目ボルトの軸力のみが早期に増加しているのに対し、補剛リブ有りケースは全てのボルト列の軸力が均等に増加し、全ボルトが引張荷重に抵抗していることがわかる。

以上より、高力ボルト多列配置引張接合でボルト本数に比例した強度確保には、継手フランジ板厚と同じリブ厚でリブ高に対してリブ長を約 1.5 倍にした補剛リブの設置が少なくとも有効であることがわかった。

今後は FEM 解析により補剛リブ寸法が継手強度に与える影響を定量化し、強度評価式の提案を試みる。

謝辞

本実験は日本鉄鋼連盟の研究助成(2019 年度)を受けたものです。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 日本鋼構造協会：鋼構造接合資料集成，1977.3.
- 2) 日本鋼構造協会：橋梁用高力ボルト引張接合設計指針，2004.5.
- 3) 日本規格協会：JISB1186-1979 摩擦接合用高力六角ボルト・六角ナット・平座金のセット，1979.
- 4) 岑山友紀，杉本悠真，東博年，江頭慶三，杉田圭哉，山口隆司：フィラープレートによる 2 列配置高力ボルト引張継手の高強度化に関する検討，構造工学論文集，Vol. 65A，土木学会，pp.351-364，2019.3.