

ボルトピッチおよび列数が高力ボルト摩擦接合継手の すべり後支圧挙動に与える影響

大阪市立大学大学院 学生会員 ○森山 仁志
大阪市立大学大学院 正会員 松村 政秀

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
阪神高速道路（株） 正会員 田畑 晶子

1. 研究背景および目的

鋼道路橋の高力ボルト摩擦接合部は、道路橋示方書¹⁾に従って、主すべりと部材降伏に対して安全となるように設計が行われている。一方、国外の設計規準によれば、使用限界状態ではすべり耐力に対して、終局限界状態では支圧耐力あるいはボルトのせん断耐力に対して設計することも可能である。しかしながら、我が国では、摩擦接合継手のすべり後挙動についてはあまり研究がなされておらず、どのような状態を支圧限界とするかなど、未解明な部分も多い。戸田ら²⁾は、支圧限界状態をボルト孔の変形量で定義し、ボルト孔から縁端までの距離 e をパラメータとする1行1列継手の支圧変形測定実験から支圧限界応力について議論している。

本研究では、荷重方向のボルト中心間隔 p (以下、ピッチと呼ぶ)とボルト列数 n をパラメータとした1行2列および1行3列継手を対象に、戸田らと同様の実験を行い、ピッチがボルト1本当りの支圧限界応力と支圧変形性状に及ぼす影響について検討した。

2. 支圧変形測定実験

図-1に供試体の形状を、表-1に供試体の構造諸元と設計耐力をそれぞれ示す。試験機の載荷能力を考慮してM16高力ボルトを使用した2面せん断型継手を対象とした。なお、本実験のパラメータであるピッチ p は、42, 56, 72mmである。ピッチ56mmは、道路橋示方書で規定されるM22ボルトの標準的な最小ピッチ75mmをM16ボルトのサイズに縮小したものに相当する。ピッチ42mm, 72mmは、規定される最小ピッチより小さい

場合と大きい場合に相当する。ボルト孔径も同様の考えで17.8mmとしている。

支圧変形量 δ は、図-2に示す治具をボルト頭部に装着し、クリップ型変形計によりボルト頭部と母板の相対変位を測定し評価した。なお、実験では2列試験体はピッチ42mmの端抜け破断耐力($P_{e+p}=396$ kN)で除荷し、3列試験体は最大耐力に至るまで載荷した。

3. 実験結果

3列試験体を例に、荷重-継手全体変位の関係を、図-3に示す。継手全体変位は、図-1(a)に示す標点間距離

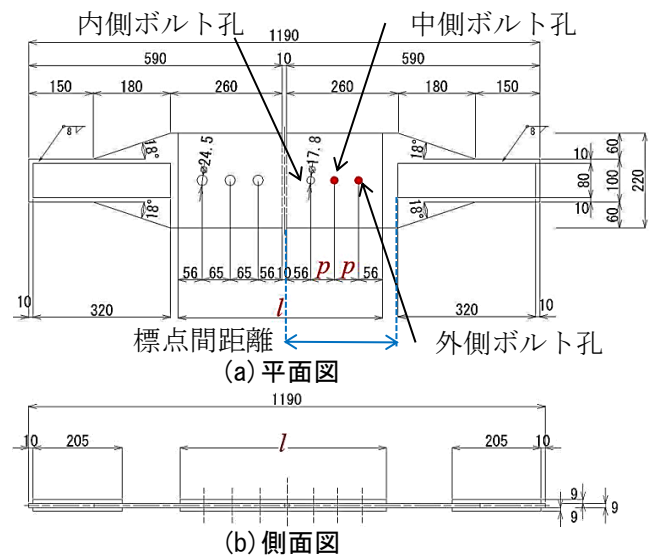


図-1 供試体形状 (単位: mm)



図-2 支圧変形計測用治具

表-1 供試体の構造詳細と設計耐力

供試体名	鋼種	列数 n	ピッチ p mm	ピッチ/ボルト軸径 p/d	縁端距離 e mm	板幅 b mm	板厚 t mm	すべり耐力 P_{slip} kN	ボルトのせん断耐力 P_{bolt} kN	端抜け破断耐力 P_{e+p} kN	降伏耐力 P_y kN	引張耐力 P_t kN	連結板全長 l mm
p42-2L	SM400A	2	42	2.625	56	220	9	170	413	396	623	817	406
p56-2L			56	3.5						453			420
p72-2L			72	4.5						517			436
p42-3L		3	42	2.625					620	566			448
p56-3L			56	3.5						679			476
p72-3L			72	4.5						808			508

キーワード：高力ボルト摩擦接合、すべり後挙動、支圧限界状態、支圧応力、端抜け破断

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

において、変位計により計測した。すべてのピッチにおいて、主すべり発生まで変位はほとんど生じず、その剛性はほぼ同じ傾きとなっている。主すべり後は荷重低下の後支圧状態に移行し、ピッチが小さいものから継手全体の剛性が低下した。これは、支圧力により母板の降伏が進展したことが原因と考えられる。

外側ボルト孔の支圧変形量 δ がボルト軸径 d の 10% に達した時の荷重をボルト本数で除したものをボルト 1 本当りの 10% 変形支圧限界耐力とし、これをボルト軸径と板厚で除したものを 10 % 変形支圧限界応力とする。この 10% 変形支圧限界応力を母板の降伏応力 σ_y 、ピッチ p をボルト軸径でそれぞれ無次元化し、図-4 にプロットした。図には各 2 体の平均値をプロットしている。また、図-3 に 10% 変形支圧限界応力時の荷重および継手全体変位を○で示す。

ボルト 1 本当りの 10% 変形支圧限界耐力は、ピッチ p が減少するにつれて低下し、 p/d が 2.625($p=42\text{mm}$)の場合、戸田らの 1 行 1 列試験の結果に比べて、2 列および 3 列試験体では 5 %、20% 程度それぞれ低下している。これは、ピッチが減少することにより、支圧変形を拘束するボルト孔周辺の弾性域が減少したことが原因と考えられる。さらに、3 列試験体は p/d が 3.5($p=56\text{mm}$)の場合でも、戸田らの試験結果より低下している。したがって、ボルト列数が増加するにつれて、ピッチの影響が大きくなっていると考えられる。

3 列試験体を例に、10% 変形支圧限界応力時（外側ボルト孔が 10% 変形時）の各ボルト孔の支圧変形量を図-5 に示す。 p/d が 2.625($p=42\text{mm}$)の場合、内側ボルト孔と外側ボルト孔は同程度変形しているが、中側ボルト孔の支圧変形量は小さくなっている。一方、 p/d が 4.5($p=72\text{mm}$)の場合、中側ボルト孔と外側ボルト孔は同程度変形しているが、内側ボルト孔の支圧変形量は大きくなっている。 p/d が 3.5($p=56\text{mm}$)の場合、すべてのボルト孔の変形量の差が最も小さくなる。

4. 結論

本研究では、すべり後耐力にも着目した摩擦接合継手の設計法の確立を目指し、1 行 2 列、および 3 列継手の支圧変形測定実験を行い、ボルトピッチおよび列数がボルト 1 本当りの 10% 変形支圧限界耐力に及ぼす影響を考察した。その結果、以下のことが明らかとなった。

1. ボルト 1 本当りの 10% 変形支圧限界耐力は $p/d = 3.5$ ($p=56\text{mm}$)以下の場合、戸田らの 1 行 1 列試験の結果より小さくなった。一方、 $p/d = 4.5$ ($p=72\text{mm}$)以上であればそれよりも大きくなった。また、ボルト列数が増加することによりピッチの影響が大きくなった。
2. ピッチを縁端距離 e と同様に確保する場合は、各ボルト孔の支圧変形量の差が最も小さくなる結果となった。

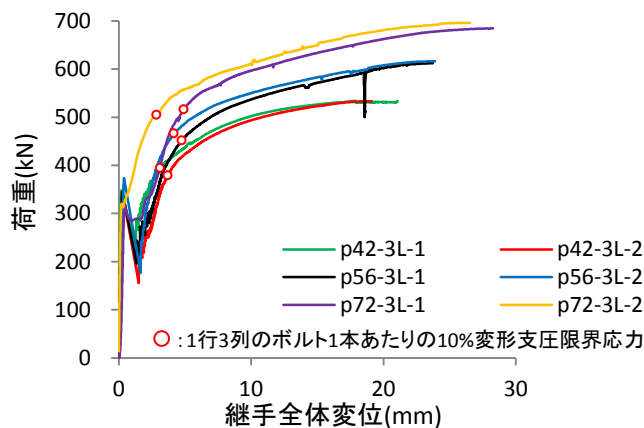


図-3 荷重-継手全体変位関係

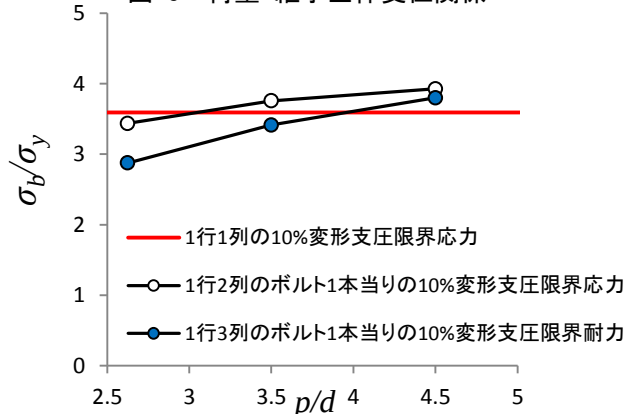


図-4 ボルト 1 本当りの 10% 変形支圧限界耐力

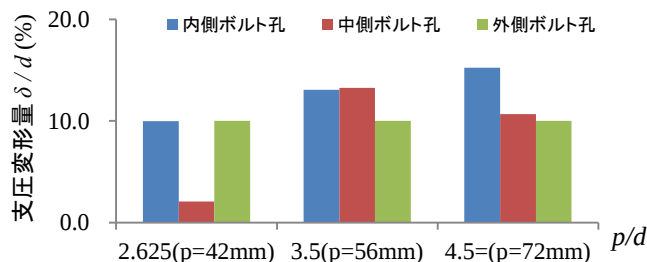


図-5 10% 変形支圧限界耐力時の各ボルト孔の支圧変形量

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅰ共通編 Ⅱ鋼橋編，2012.3.
- 2) 戸田圭彦，山口隆司，松村政秀，直江康司，岑山友紀：高力ボルト摩擦接合継手のすべり以後の支圧変形量と残存摩擦力の定量評価，第 66 回土木学会年次講演会概要集，2011.9.