

## 摩擦接合継手のすべり後の耐荷性能に関する基礎的研究

石川工業高等専門学校 正会員      ○三ツ木幸子  
 ナチュラルコンサルタント(株)      西川 真未  
 国交省北陸地整(研究当時石川高専) 松並 貴志  
 大阪市立大学大学院 正会員      山口 隆司

### 1. はじめに

我が国では、高力ボルト摩擦接合は、現場継手として多用されてきている。この摩擦接合では、すべり耐力を限界荷重としているため、すべり後の終局耐力の研究は少ない。確率的に捉えなければならない異常に大きい地震等の非常時荷重に対しては、せん断支圧抵抗を期待したすべり後の終局耐力を活かすことが考えられる。そのためには、すべりによる変形の影響とすべり後の耐荷性能を把握する必要がある。

本研究では、高力ボルト摩擦接合継手のすべり後の終局挙動を把握するため、高力ボルト摩擦接合継手について破断するまで引張載荷試験を行い、すべり後の耐荷機構に着目して検討を行った。

### 2. 実験概要

#### 2.1 試験体

母材の板厚を 9 mm とし、縁端距離を 40, 50, 60, 70 mm、板幅を 80, 120 mm、ボルト本数を 1, 2 本と変化させて、8 タイプの試験体を各 3 体製作した。製作した試験体の各パラメータの組み合わせと試験体数を表 - 1 に示す。目標軸力を道路橋示方書の摩擦接合で定められている設計軸力 205 kN とした。

#### 2.2 試験方法

高力ボルト締め付け後、速やかに万能試験機に設置し、図 - 1 に示す矢印の方向に荷重を載荷して引張試験を行った。計測項目は、すべり荷重、終局耐力(破断荷重)、相対変位、非破断側ボルト孔径の 5 つである。相対変位は、ボルトの中心位置にあたる試験体の板厚面に水平線を引き、目盛り 0.5 mm のスケールで相対変位を計測した。実験後、試験体を解体し、破断位置の観察を行い、非破断側ボルト孔径を計測した。

表 - 1 試験体数

| 板幅 B (mm) | ボルト本数(本) | 縁端距離 e (mm) |    |    |    |
|-----------|----------|-------------|----|----|----|
|           |          | 40          | 50 | 60 | 70 |
| 80        | 1        | 3           | -  | 3  | -  |
|           | 2        | 3           | -  | 3  | -  |
| 120       | 1        | 3           | 3  | 3  | 3  |
|           | 2        | 3           | -  | 3  | -  |

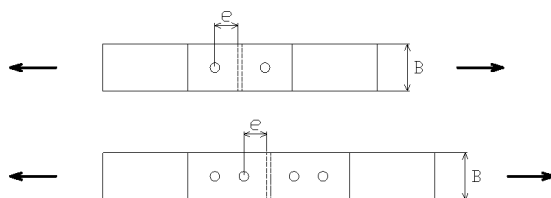


図 - 1 試験体

### 3. 結果

すべり荷重、終局耐力および非破断側のボルト孔径の変化量について 3 体の平均値を表 - 2 に示す。終局耐力の欄に網掛けしてある値は、図 - 2 に示すように、すべり後荷重が下がり、支圧状態に至って荷重が上昇に転じるものの、すべり荷重より小さい荷重で破断したため、この値に網掛けして区別している。

### 4. 考察

縁端距離の終局耐力への影響を調べるため、板幅が 120 mm の 1 本ボルトの 4 タイプの試験体の結果について、すべり荷重と終局耐力を図 - 3 に示す。

○のプロットはすべり荷重で、×のプロットが終局耐力である。同じタイプの試験体 3 体の平均値を線で結んでその傾向を示す。図から分かるように、すべり荷重のばらつきは、終局耐力のばらつきより大きい。

キーワード 高力ボルト継手, 終局耐力, 変形性能, 支圧, 縁端距離

連絡先 〒929-0392 石川県河北郡津幡町北中条タ1 TEL 076-288-8163

表 - 2 試験結果

| 試験体      | すべり荷重 (kN) | 終局耐力 (kN) | 破断位置 | 非破断側のボルト孔径の変化量 (mm) |      |
|----------|------------|-----------|------|---------------------|------|
| 80-40-1  | 181        | 180       | 縁端   | 10.3                |      |
| 80-60-1  | 181        | 227       | 純断面  | 14.9                |      |
| 120-40-1 | 202        | 184       | 縁端   | 2.9                 |      |
| 120-50-1 | 200        | 218       | 縁端   | 9.1                 |      |
| 120-60-1 | 206        | 259       | 縁端   | 17.9                |      |
| 120-70-1 | 198        | 289       | 縁端   | 23.2                |      |
|          |            |           |      | 内側                  | 外側   |
| 120-40-2 | 301        | 364       | 純断面  | 5.0                 | 17.6 |
| 120-60-2 | 301        | 386       | 純断面  | 2.3                 | 12.3 |

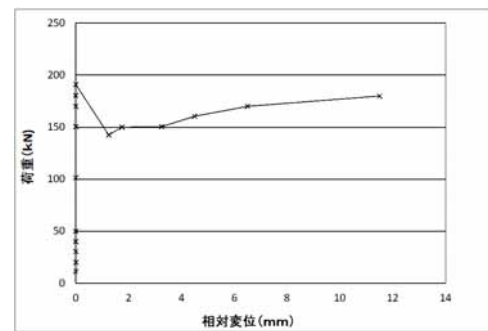


図 - 2 荷重-相対変位曲線

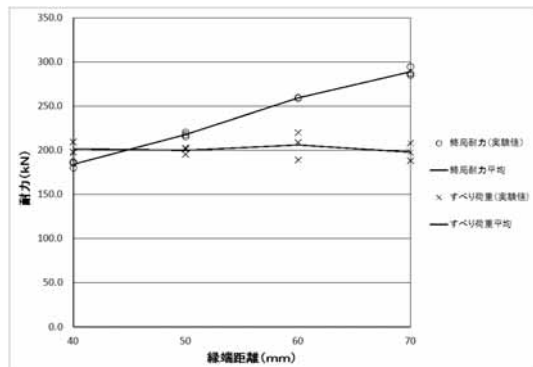


図 - 3 すべり荷重と終局耐力

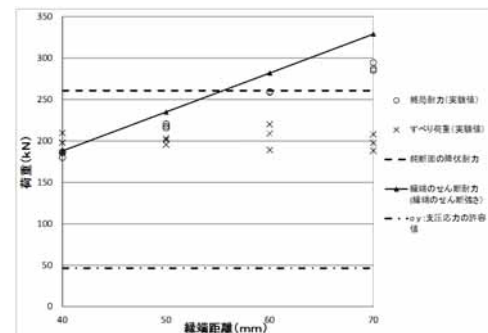


図 - 4 許容値と実験値

次に道路橋示方書の支圧に対する許容値の視点から検討するため、すべり荷重と終局耐力の実験値を純断面の降伏耐力の計算値 (点線) 支圧応力に対する許容値 (一点鎖線) および縁端のせん断破断の耐力の計算値 (実線) と比較して示したものが図 - 4 である。

この図から分かるように、縁端が破断したときの終局耐力は、計算で求めた縁端のせん断破断耐力にほぼ等しい。そのため、すべり後の耐力を期待するためには、必要な縁端距離を確保する必要があると考えられる。

すべり後の終局状態では、せん断支圧抵抗で力が伝達されるため、現行の道路橋示方書の支圧接合の規定を準用して設計することが考えられる。支圧接合では、支圧応力を照査することが規定されているが、これに対する許容値を示すと図 - 4 の一点鎖線の直線になる。なお、支圧に対する許容値は、弾性挙動を前提にした許容応力度体系の中で、降伏応力度に抑えられて設定されている。

実験で得られた終局耐力は、縁端距離の違いで異なるが、支圧応力に対する許容値は一定となっている。縁端距離 40 mm の終局耐力の場合でも支圧に対する許容値の 4.0 倍で、縁端距離が大きくなるとこの比率はさらに大きくなる。このように、板厚が 9mm と薄い場合、実験から求めた終局耐力に対して、許容値は低く抑えられ、高力ボルト継手の耐力を有効に使うことができない規定になっていることが考えられる。

## 5. 結論

板幅 120 mm、ボルト 1 本の軸力を導入した板厚 9mm の高力ボルト継手について、縁端距離を変化させて試験体を製作し、引張試験を行った結果、以下のような結論が得られた。

(1) すべり後の終局耐力は、材料強度から求まる縁端のせん断強度の計算値とほぼ等しくなった。このことから、すべり後の終局耐力を期待するには、縁端距離をある程度確保する必要があると考えられる。

(2) 高力ボルト継手のすべり後の終局耐力 (破断荷重) は、支圧応力との関係性は見られない。そのため、終局状態において、せん断支圧抵抗を期待した設計を合理的に行う場合には、この規定を見直すことが考えられる。

**参考文献:** 1) 日本道路協会: 道路橋示方書 鋼橋編 (2002)

2) 三ツ木幸子他 4 名: 「支圧抵抗を期待した高力ボルト継手に関する 2, 3 の考察」鋼構造年次論文報告集 第 14 巻 (2006)

3) 三ツ木幸子他 4 名: 「落橋防止システムの高力ボルト継手の設計法について」鋼構造年次論文報告集 第 19 巻 (2011)