

## 高力片面施工ボルトを用いた一面摩擦接合継手のすべり試験

大阪市立大学大学院 学生会員 ○郎 宇  
阪神高速道路(株) 正会員 青木 康素

|                  |     |       |
|------------------|-----|-------|
| 大阪市立大学大学院        | 正会員 | 山口 隆司 |
| ポップリベット・ファスナー(株) | 正会員 | 鑓溝 国男 |
| ポップリベット・ファスナー(株) | 正会員 | 武田 淳  |

## 1. 研究背景および研究目的

鋼橋の腐食・疲労損傷の補修・補強工法として、一般的に当て板工法が用いられることが多い。当て板工法には、高力ボルトが多く用いられるが、現場の環境および補修・補強部位によっては、部材の反対側に手が入らず、施工できない場合がある。著者らは、裏側に手が入らない閉断面部材への補強部材の接合に、溶接やハンドホール施工に頼らず、シャーレンチで片面から締結できる安価・有効な高力片面施工ボルト(図-1)の開発を行っている。その実構造物への適用性を検討するための基礎データを収集することを目的に、呼び径が M16 の高力片面施工ボルトを用いて、一面摩擦接合継手のすべり試験を行った。

## 2. 供試体

本試験では、すべり側のボルトの種類と被接合材の板厚をパラメータとして、すべり試験を行った。供試体の形状を図-2 に、供試体の構造諸元の寸法詳細を表-1 に、供試体の設計耐力を表-2 にそれぞれ示す。すべり側の高力片面施工ボルトと高力六角ボルトはともに呼び径 M16

(F10T)を使用した。板厚構成は $t8 \times t8$ （グリップレンジの最小値）と $t8 \times t12$ （グリップレンジの最大値）の2ケースとしている。供試体の接触面処理は、全面ブラスト処理後、母板と連結板の接合面に無機ジンクリッチペイントを目標膜厚  $75\mu\text{m}$  で塗装した。締め付け軸力はすべり側では設計軸力の1割増しである117kN（標準ボルト軸力）とし、固定側では設計軸力の1.2倍とした。締め付けから試験開始までの期間はリラクゼーションによる軸力低下を考慮して1週間とした。

### 3. 試驗結果

### 3. 1 すべり係数

各ケースのすべり係数を図-3に示す。試験結果より、ボルト種別による軸力低下傾向およびすべり係数の分布は異なった。母板の板厚が12mmの場合、すべり係数は、高力六角ボルトに比べて高力片面施工ボルトのほうが小さくなり、約3割程度低めであった(0.72→0.51)。また、

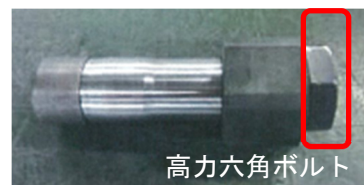


図-1 高力片面施工ボルト

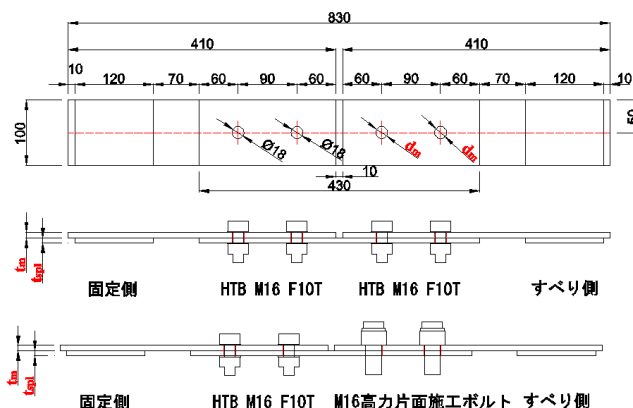


図-2 供試体の図面 (単位:mm)

表-1 供試体の構造諸元

| ケーヌ名    | 体数 | 固定側                       |                            |                        |                         |            | サマ側                       |                            |                        |                         |              |
|---------|----|---------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|--------------|
|         |    | 連続板                       |                            | 母板                     | 連続板                     | 母板         | 連続板                       |                            | 母板                     | 連続板                     | 母板           |
|         |    | ボルト孔径<br>$d_{q1}$<br>(mm) | ボルト孔径<br>$d_{m-1}$<br>(mm) | 板厚<br>$t_{q1}$<br>(mm) | 板厚<br>$t_{m-1}$<br>(mm) | ボルト<br>種類  | ボルト孔径<br>$d_{q2}$<br>(mm) | ボルト孔径<br>$d_{m-2}$<br>(mm) | 板厚<br>$t_{q2}$<br>(mm) | 板厚<br>$t_{m-2}$<br>(mm) | ボルト<br>種類    |
| B8-t12  | 3  |                           |                            |                        | 12.0                    |            | 26.0                      | 26.0                       |                        | 12.0                    | M16協力片面施工ボルト |
| H16-t12 | 3  |                           |                            |                        | 12.0                    |            | 18.0                      | 18.0                       |                        | 12.0                    | M16協力六角ボルト   |
| B8-t12  | 3  | 18.0                      | 18.0                       | 8.0                    | 12.0                    | M16協力六角ボルト | 26.0                      | 26.0                       | 8.0                    | 12.0                    | M16協力片面施工ボルト |
| H16-t8  | 3  |                           |                            |                        | 8.0                     |            | 18.0                      | 18.0                       |                        | 8.0                     | M16協力六角ボルト   |

表-2 供試体の設計耐力

| ケース名   | 母板と連結板<br>鋼種 | 寸× $\delta$<br>耐力<br>$P_{st}$<br>(kN) | 母板純断面<br>降伏耐力<br>$P_{st0}$<br>(kN) | 連結板純断面<br>降伏耐力<br>$P_{stsp}$<br>(kN) | 寸× $\delta$<br>降伏耐力<br>比 | 連結板<br>/母板降伏耐力比<br>? | 設計<br>寸× $\delta$ 係数<br>$\mu_d$ | 設計<br>ボルトル軸力<br>$N_d$<br>(kN) |
|--------|--------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Bk-t12 | SM400A       | 95.4                                  | 209                                | 139                                  | 0.69                     | 0.67                 | 0.45                            | 106                           |
| Hb-t12 |              |                                       | 231                                | 154                                  | 0.62                     | 0.67                 |                                 |                               |
| Bk-8   |              |                                       | 139                                | 139                                  | 0.69                     | 1.00                 |                                 |                               |
| Hb-8   |              |                                       | 154                                | 154                                  | 0.67                     | 1.00                 |                                 |                               |

母板の板厚が 8mm の場合、すべり係数の分布はそれが 12mm の場合と同じ傾向を示し、高力六角ボルトに比べて高力片面施工ボルトのほうが約 3.7 割程度低めであった (0.70→0.44)。これは、高力片面施工ボルト締付後の母板と連結板間の接触圧着力がボルト軸力より低いためと考えられる。実施した圧着力計測試験および高力片面施工ボルト締め付け後のボルト軸力、部材間の圧着力（ピーク、ピークより 1 分後、10 分後）の測定結果を図-4、図-5 にそれぞれ示す。試験結果より、部材間の圧着力はボルト軸力の 6 割程度であることが確認された。

キーワード：高力片面施工ボルト，一面摩擦接合，すべり試験，すべり係数，軸力低下率

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 橋梁工学研究室 TEL&FAX 06-6605-2765

母板の板厚がすべり強度に与える影響に着目すると、Htb-12のすべり係数は、Htb-8のそれと比較して約3%上昇した(0.72←0.70)。Bli-12のすべり係数は、Bli-8のそれと比較して約14%上昇した(0.51←0.44)。このように母板の板厚が大きくなるにつれて、すべり係数が大きくなることが確認された。これはすべり/降伏耐力比 $\beta$ の影響と考えられる。また、すべり係数の増加傾向はHtbとBliと異なっており、高力片面施工ボルトの方が母板の板厚が継手のすべり強度に与える影響は顕著であった。その原因は、図-6に示すように、Bli-12とBli-8では、高力片面施工ボルトの座屈時スリーブ形状が変化し、12mmの方が安定した外観形状であった。スリーブ形状が部材間の圧着力および軸力低下に影響を与えることが認められた。

### 3. 2 軸力低下率

各ケースにおけるすべり発生までの荷重とボルト軸力低下率の関係を図-7(a)、図-7(b)にそれぞれ示す。ケースHtbの内側と外側ボルトの軸力低下率の初期勾配は同じ傾向であり、最大荷重に近づくにつれて非線形となり、内側ボルトの軸力低下が卓越し、すべり発生まで同様の傾向であった。これは、一面継手における荷重作用線の偏心による曲げの影響を受けて、外側より内側ボルトの軸力低下が卓越するためと考えられる。また、母板の板厚による軸力低下傾向はHtb-12とHtb-8と異なり、すべり荷重に近づくにつれて、Htb-12の内側ボルトの軸力低下が卓越する傾向を示した。これは、板厚が12mmの場合、荷重作用線の偏心による曲げの影響をより受けやすいためと考えられる。

一方、ケースBliのすべり荷重はケースHtbより低い。ため、曲げ変形が小さくなり、内側と外側ボルトの軸力低下率の勾配は同じ傾向となった。また、同一荷重におけるHtbとBliの軸力低下率を比較すると、板厚によらず、BliはHtbよりも軸力低下率が小さくなった。これは、高力片面施工ボルトの座屈時のスリーブ形状がボルト軸力の低下を抑制しているためと考えられる。

### 4. まとめ

試験結果より、開発した高力片面施工ボルトの締付による部材間の圧着力はボルト軸力のそれより低く、継手のすべり強度は通常の高力ボルトより約30%~40%程度低めであった。したがって、通常の高力ボルトを用いた場合のすべり係数(道路橋示方書にける接合面に無機ジンクを塗布する場合0.45<sup>1)</sup>)を基本に、部材間の圧着力の

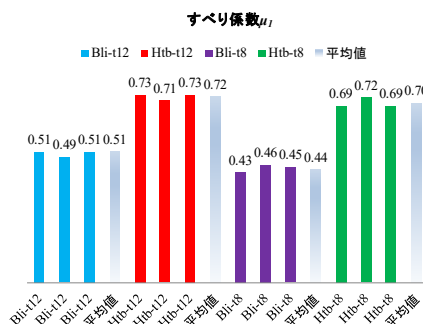


図-3 すべり係数

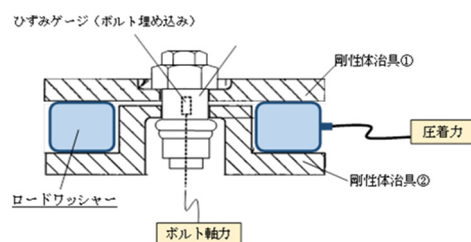


図-4 圧着力の計測試験

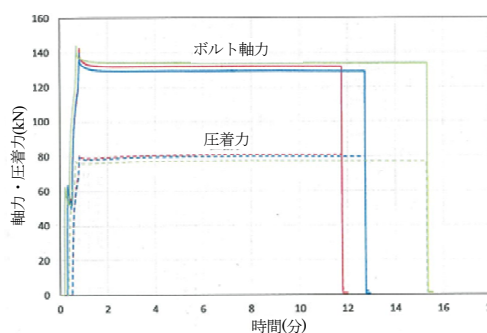


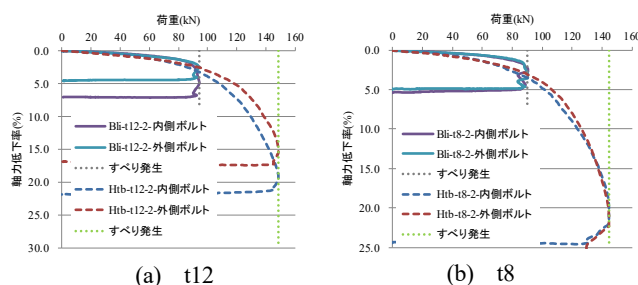
図-5 圧着力の計測結果



(a) Bli-12

(b) Bli-8

図-6 スリーブの座屈形状



(a) t12

(b) t8

図-7 荷重と軸力低下率の関係

低下によるすべり係数の低下を考慮して、開発した高力片面施工ボルト摩擦接合継手の設計すべり係数の低減が必要である。今後は、締付による部材間の圧着力を向上するため、スリーブの形状改良を実施する予定である。

### 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅱ鋼橋・鋼部材編，2018.11.