

# 連結板摩擦面にアルミ溶射を適用した高力ボルト摩擦接合の長期すべり耐力

新日鐵住金 正会員 ○横関 耕一, 東 清三郎, 富永 知徳  
高木 優任, 壺岐 浩

## 1. はじめに

橋梁分野における高力ボルト摩擦接合部では、その形状に起因して防蝕機能の劣化が一般部よりも大きい場合があること、ボルト本数の増加が施工工程に影響することなど、耐久性および施工性向上の観点から継手部のコンパクト化が求められている。高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力はボルト軸力と接合面のすべり係数の積で求められる。したがって、すべり耐力の向上にはすべり係数の向上が有効である。筆者の一部は、高すべり係数化を志向した接合面処理として、連結板摩擦面にアルミ溶射を施し、母板摩擦面を橋梁分野で多く用いられる無機ジンクリッチペイント塗装（以下、無機ジンク）とした組合せのすべり試験を実施し、0.73～0.81のすべり係数が得られたことを報告した<sup>1)</sup>。今回は、継手のすべり耐力の長期間にわたる経時変化を明らかにすることを目的とし、アルミ溶射面と無機ジンク面との組合せを対象に、暴露試験と暴露後のすべり耐力試験を実施した。

## 2. 暴露後すべり耐力試験の方法

図-1に試験体の形状と寸法を示す。試験体は材軸方向に高力ボルトを2本配置した2面摩擦接合部とした。高力ボルトはS10T M22、鋼材はSM490Yを用いた。ミルシートによる母板の降伏、引張強度はそれぞれ350, 518N/mm<sup>2</sup>、連結板のそれらは390, 538N/mm<sup>2</sup>であった。設計ボルト軸力、すべり係数0.7を用いて算出したすべり/降伏耐力比は0.54であった。

母板摩擦面の状態は無機ジンクとした。下側継手のボルト孔間で5点の膜厚を測定し5点平均値を算出したところ、各試験体の膜厚は79～141μm、平均は102 μmであった。連結板摩擦面はブラスト処理後にアーク溶射法によるアルミ溶射を施し、無封孔とした。摩擦面のボルト孔間で5点の膜厚を測定し5点平均値を算出したところ、各試験体の膜厚は253～336 μm、平均値は288 μmであった。

表-1に試験体一覧を示す。試験体はピンテール破断までボルトを締めて組立て、1週間後および1～24か月暴露後に、N数2ですべり耐力試験を実施した。暴露後すべり耐力試験は1, 3, 6か月の塩水噴霧条件での暴露後、および12, 24か月の大気暴露後に実施した。塩水は週に2回、霧吹きによって散布した。暴露場所は千葉県沿岸部、海岸から500m程度の位置であり、比較的厳しい腐食環境であった。

載荷時の計測項目は試験機の荷重 $P$ 、連結板と母板の相対変位 $D$ とした。相対変位は上側、下側の継手において、ボルトおよびナット側連結板と母板との間で計測した（図-1）。変位計および変形のターゲットは試験体側面に設置したスタッドに固定した。

表-1 試験体および試験結果一覧

| No | 暴露環境 | 暴露期間 [か月] | $P_{max}$ | $\mu_s$ |
|----|------|-----------|-----------|---------|
| 1  | なし   | 初期        | 576       | 0.70    |
| 2  |      | 初期        | 565       | 0.69    |
| 3  | 塩水噴霧 | 1         | 565       | 0.69    |
| 4  |      | 1         | 621       | 0.76    |
| 5  |      | 3         | 650       | 0.79    |
| 6  |      | 3         | 646       | 0.79    |
| 7  |      | 3         | 載荷せずに解体   |         |
| 8  |      | 6         | 716       | 0.87    |
| 9  |      | 6         | 711       | 0.87    |
| 10 |      | 6         | 載荷せずに解体   |         |
| 11 | 大気   | 12        | 696       | 0.85    |
| 12 |      | 12        | 736       | 0.90    |
| 13 |      | 12        | 載荷せずに解体   |         |
| 14 |      | 24        | 772       | 0.94    |
| 15 |      | 24        | 755       | 0.92    |
| 16 |      | 24        | 載荷せずに解体   |         |

$P_{max}$  : 最大荷重,

$\mu_s$  : 設計ボルト軸力を用いて算出したすべり係数

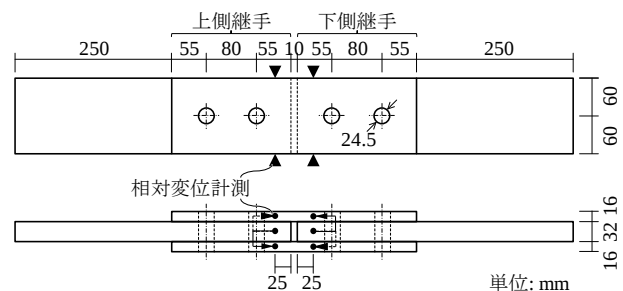


図-1 試験体の形状・寸法

キーワード 高力ボルト, 摩擦接合, アルミ溶射, すべり係数, 暴露試験  
連絡先 〒293-8511 千葉県富津市新富20-1, Tell: 0439-80-3088

### 3. 試験結果と考察

図-2に代表的な荷重と相対変位の関係を示す。試験体は2つの継手を含むが、そのうち最初にすべりが生じた継手における、すべり前の最大荷重 $P_{max}$ を試験体のすべり耐力として扱い、図-2にはその継手におけるボルト頭側とナット側の相対変位の平均値を使った。すべりの発生は荷重の低下によって判断した。各試験体4, 8では下側継手のナット側と上側継手のボルト頭側の組合せによって最初にすべりが生じたため、この組合せの相対変位の平均値を使って結果を整理した。いずれの試験体でも相対変位が0.2mm未満ですべりが発生し、荷重の増加を伴わずに相対変位が増加した。

表-1に試験結果の一覧を、図-3に組立後経過時間とすべり耐力の関係を示す。すべり耐力は時間経過とともに上昇し、塩水噴霧環境での6か月の暴露後には初期値の1.25倍、大気環境での24か月の暴露後には初期値の1.34倍となった。

図-4, 5にそれぞれすべり試験後の下側継手のすべり面の表面および表層断面写真を示す。いずれも下側継手を対象とし、表層断面はボルト孔間の内側ボルト付近を対象として撮影した。初期すべり試験では無機ジンクが添接板側に付着していたが、塩水噴霧6か月および大気暴露12か月後のすべり耐力試験では無機ジンク層が母板側に残存していた。これらのことから、初期のすべり耐力は無機ジンク層の破壊によって決まっていたが、暴露後はアルミ溶射層と無機ジンク層との界面での破壊によってすべり耐力が決定していたと考えられる。

### 4. まとめ

連結板摩擦面にアルミ溶射を施し、母板摩擦面を無機ジンクリッチペイントとした高力ボルト摩擦接合を対象に、長期間にわたるすべり耐力の変化を調査した。その結果、すべり耐力は時間経過とともに上昇した。

**謝辞** 実験計画段階で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山口隆司教授には貴重なご意見を賜りました。付記して感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 東清三郎, 高木優任, 山口隆司; 連結板接合面にアルミ溶射を施した高力ボルト摩擦接合継手のすべり係数およびリラクセーション特性に関する実験的研究, 鋼構造論文集 24(96), 81-90, 2017

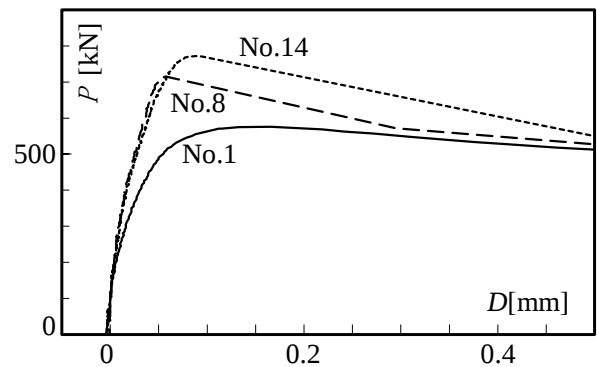


図-2 荷重と相対変位の関係

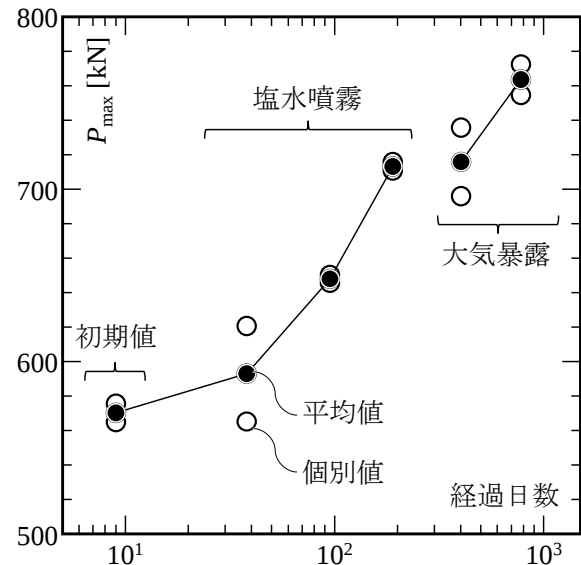


図-3 すべり耐力の経時変化

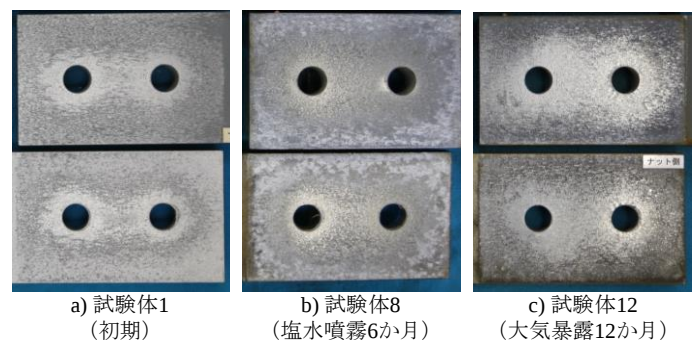


図-4 すべり試験後のすべり面の表面写真

(上図：母板ナット側，下図：ナット側連結板)

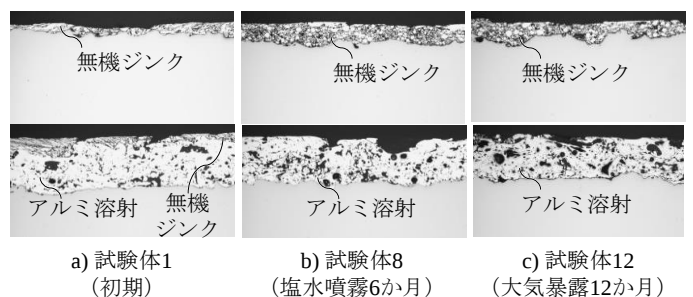


図-5 すべり試験後のすべり面の表層断面写真

(上図：母板ナット側，下図：ナット側連結板)