

第 I 部門

フィラーを有する高力ボルト摩擦接合継手のすべり後挙動に関する実験的研究

大阪市立大学工学部
九州工業大学大学院

学生員 ○古財 千寿
正会員 高井 俊和

大阪市立大学大学院
熊本大学大学院

正会員 山口 隆司
正会員 森山 仁志

1. 研究背景および目的

近年、鋼橋では製作費削減の観点から一部材一断面で製作し、継手位置で断面変化させる合理化構造が主流となっている。その際、高力ボルト摩擦接合継手では、継手間に板厚差が生じるため、フィラーを挿入する。

平成 24 年の道路橋示方書¹⁾までは、高力ボルト摩擦接合継手はすべりと被接合部材の降伏に対して照査するとされていたが、平成 29 年道路橋示方書²⁾（以下、道示）では限界状態設計法に移行し、新たに限界状態 3 として母板の純断面破壊、端抜け破壊、ボルトのせん断破断に対して耐荷性能の照査が必要となった。すなわち、すべり後に対する照査の必要性が生まれ、すべり後挙動の把握が重要となった。しかし、フィラーを有する高力ボルト摩擦接合継手（以下、フィラー継手）を対象とした既往研究³⁾では、すべり挙動の検討が主であり、すべり後挙動について解明されているとは言い難い。

本研究では、フィラーと母材の板厚を変化させたフィラー継手の引張試験を実施し、フィラーがすべり挙動と特にすべり後挙動に与える影響を解明する。

2. 引張試験

試験体形状の例を図-1 に示す。試験におけるパラメータは、表-1 に示すように、フィラーと厚板側の母板の板厚の比で定義する断面変化率とした。接合面処理は、ブラスト処理後、無機ジンクリッチペイントを目標膜厚 75 μ m として塗布した。ボルトは、すべり側に高力六角ボルト(F10T-M16)、固定側にトルシア型超高力ボルト(M22)を使用した。すべり/降伏耐力比 β は、板幅 w を調整し、全ての試験体で 0.6 程度とした。 β の算出式を式(1)に示す。

$$\beta = \frac{\mu \cdot m \cdot n \cdot N_d}{A_n \cdot \sigma_y} \quad (1)$$

ここに、 μ : すべり係数、 m : 摩擦面数、 n : ボルト本数、 N_d : 設計ボルト軸力、 A_n : 純断面積、 σ_y : 降伏点である。

表-2 に示す設計耐力より、予想破断形式は全ケースでボルトのせん断破断である。なお、道示に基づきフィラー断面は抵抗断面として考慮せずに設計耐力を計算した。

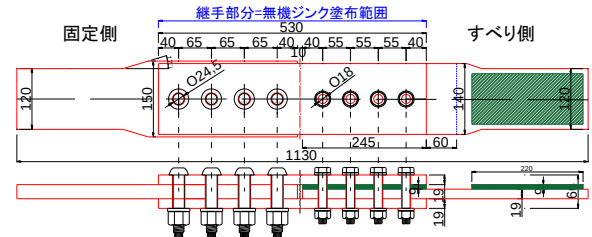


図-1 試験体形状の例 (単位:mm)

表-1 試験体パラメータ

試験ケース	厚板側母板板厚(mm)	母板板厚(mm)	フィラー板厚(mm)	断面変化率(%)	試験体数(体)
n4-NF	28	-	-	-	3
n4-SF20		22	6	20	
n4-SF30		19	9	30	
n4-SF50		14	14	50	

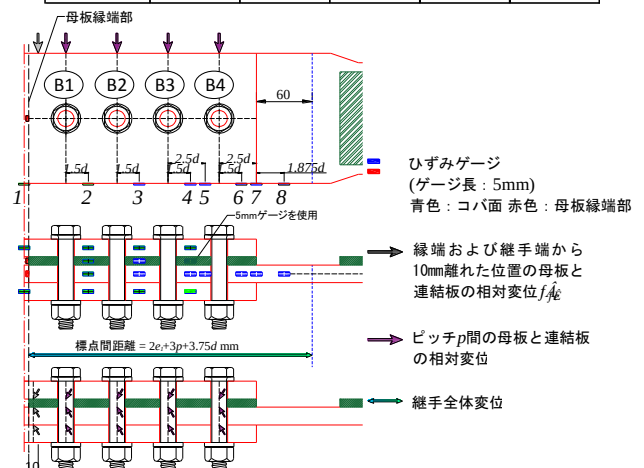


図-2 ひずみゲージ貼付け位置

表-2 設計耐力

試験ケース	母板純断面破壊耐力 P_{tnd-m} (kN)	フィラー純断面破壊耐力 P_{tnd-f} (kN)	連結板純断面破壊耐力 P_{tnd-s} (kN)	端抜け破壊耐力 P_{esd} (kN)	ボルトのせん断耐力 P_{bod} (kN)	予想破断形式
n4-NF	1234	-	871	3077	979	ボルト破断
n4-SF20	1245	367	1136	2381	979	
n4-SF30	1294	571	1294	2171	979	
n4-SF50	1207	1207	1718	1526	979	

載荷は大阪市立大学所有の 2000kN 万能試験機を用いて、載荷速度 1kN/s を目標に、ボルト破断が生じるまで載荷した。計測項目は、図-2 に示すように、継手全体変位、相対変位、ひずみ分布、ボルト軸力、載荷荷重である。

Senju KOZAI, Takashi YAMAGUCHI, Toshikazu TAKAI, Hitoshi MORIYAMA

yamaguti@brdg.civil.eng.osaka-cu.ac.jp

3. 試験結果と考察

試験結果を表-3 に示す。すべり荷重は、母板と連結板の相対変位において継手中央の端部より 10mm 位置のそれが 0.2mm に達した時の荷重⁴⁾とした。すべり係数は試験前軸力より算出した。全ケースの最大荷重はボルト破断により決定した。

すべり荷重、最大荷重と断面変化率の関係を図-3 に、すべり時の母板と連結板の相対変位の分布を図-4 に、ボルトの破断状況を図-5 に、ボルト破断までの各接合面における荷重と 10mm 位置での相対変位の関係を図-6 にそれぞれ示す。

図-3 よりフィラーの挿入により、すべり荷重と最大荷重が低下している。また、図-4 よりフィラーのない継手では内側と外側の相対変位が大きく、中央の相対変位が小さい傾向にあるが、フィラー継手の場合、継手外側ほど相対変位が大きくなり、相対変位の分布状況が異なっている。

フィラー継手の場合、図-5 に示すようにボルトのせん断破断面が 2 面から 1 面に変化し、その結果、最大荷重が低下するが、これは、図-6 に示すように各接合面での相対変位が異なり、母板と連結板の相対変位が先行するためと考えられる。

4. まとめ

本研究では、フィラー継手のすべり挙動とすべり後挙動を明らかにすることを目的とし、断面変化率をパラメータとした引張試験を行った。得られた結果を以下に示す。

- (1) フィラー継手のすべり発生時の相対変位は継手外側ほど大きくなり、フィラーのない継手と相対変位の分布が異なり、すべり挙動も異なる。
- (2) すべり先行型で、ボルト破断により最大荷重が決定される場合、フィラー継手ではボルトのせん断断面数が 2 面から 1 面に変化し、最大荷重が低下するとともに継手全体変位も低下した。
- (3) フィラー継手では、フィラーと母板と連結板の各接合面での相対変位が異なり、母板と連結板の相対変位が先行するため、ボルトのせん断断面数が変化したと考えられる。

＜参考文献＞

- 1) 社団法人 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) 公益社団法人 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 Ⅱ 鋼橋・鋼部材編，2017. 11.

- 3) 高井俊和，彭 雪，山口隆司：フィラープレートの板厚が高力ボルト摩擦接合継手の荷重伝達に与える影響に関する解析的研究，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol. 71, No. 1, pp.1-9, 2015. 2.
- 4) 社団法人土木学会：高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指標（案），2006.

表-3 試験結果のまとめ

試験ケース	すべり荷重 P_{sl} (kN)	すべり係数 μ	最大荷重 P_{max} (kN)	設計耐力 P_{bod} (kN)	最大荷重/ 設計耐力 P_{max}/P_{bod}
n4-NF	807	0.87	1165	979	1.19
n4-SF20	700	0.75	1066		1.09
n4-SF30	766	0.82	1095		1.12
n4-SF50	723	0.78	1020		1.04

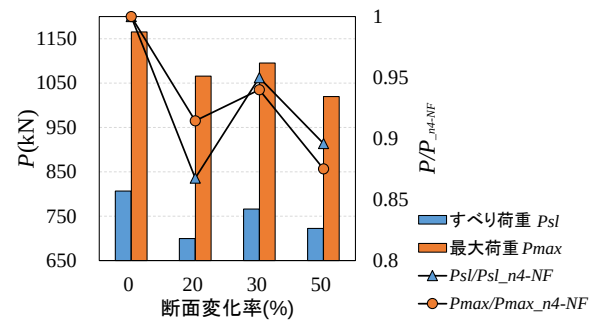


図-3 すべり係数、最大荷重と断面変化率の関係

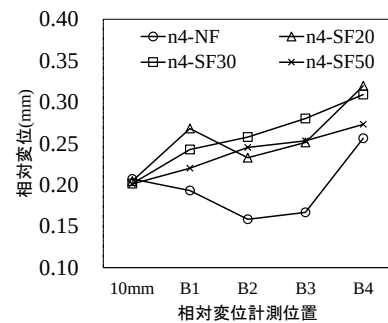
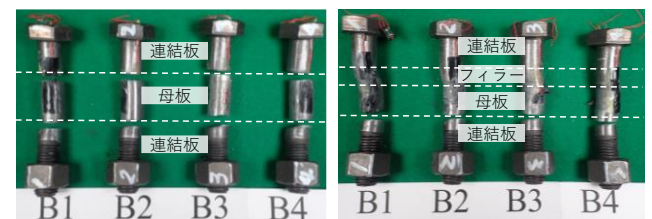


図-4 すべり時の母板と連結板の相対変位の分布



(a) n4-NF (b) n4-SF20

図-5 ボルト破断状況

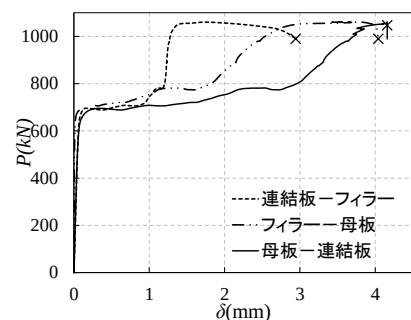


図-6 荷重-10mm 位置相対変位関係 (n4-SF20)