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終局挙動に与えるすべり/降伏耐力比の影響

山口隆司	正会員	大阪市立大学大学院	○竹本秀平	学生員	大阪市立大学工学部
壱岐浩	正会員	新日鐵住金	佐藤夏実	正会員	横河住金ブリッジ
森山仁志	正会員	大阪市立大学大学院	水上茂樹	正会員	新日鉄住金エンジニアリング

1. 研究背景および目的

鋼構造物では,経済性,施工性の観点から現場継手で ある高力ボルト摩擦接合継手のコンパクト化が求めら れており,その方法として,高すべり係数化によるボル ト本数の削減がある.既往研究では,高力ボルト摩擦接 合継手の接合面にアルミ溶射を施した場合,0.7以上の 高いすべり係数を得られることが示されている¹⁾. し かし,高力ボルト摩擦接合継手の接合面にアルミ溶射 を施した場合における様々な断面構成の継手性能に関 する研究はほとんど行われていない.

平成 29 年に道路橋示方書²⁾(以下,「H29 道示」という)が大幅に改定され,高力ボルト摩擦接合継手の照査 項目では,これまでのすべりおよび降伏に対する照査 のみから,すべり後の継手耐力に関連する照査が追加 されている.これにより,終局挙動を把握することが重 要となった.

そこで、本研究では高いすべり係数とすべり/降伏耐 カ比が高力ボルト摩擦接合継手の終局挙動、特にすべ り後の破断耐力に与える影響を明らかにすることを目 的とし、接合面にアルミ溶射を施した高力ボルト摩擦 接合継手の引張載荷試験を行う.

2. 試験方法

本研究では、断面構成の違いによる影響を検討する ためにすべり/降伏耐力比 β_d をパラメータとする. β_d の 算出方法を式(1)に示す.

$$\beta_d = \frac{\mu \cdot m \cdot n \cdot N}{(w - d) \cdot t \cdot \sigma_y} \tag{1}$$

ここに, μ:すべり係数, m:接合面の数, N:ボルト軸力 n:ボルトの本数, w:板幅, d:ボルト孔径, σ_y:降伏強度 t: 最小板厚(母板厚または連結板厚の合計)

なお,ここでは, $\beta_d > 1.0$ を降伏先行型(Y), $\beta_d \leq 1.0 を$ すべり先行型(S)と分類する.

試験体の形状および寸法を図-1 に、計算耐力および

想定破断形式を表-1 にそれぞれ示す. 試験体はすべり/ 降伏耐力比 β_dが 0.4~1.4 の間を 0.2 間隔になるように断 面積を調整した. 連結板厚はすべり係数 0.7 以上を確保 できる 16mm とした³⁾. 母板および連結板は SM490 を, 高力ボルトは M16(F10T)ボルトを使用した. 連結板の接 合面は,文献 1)を参考にブラスト処理後にアーク溶射 法によるアルミ溶射(皮膜厚 400µm 以上)を施した. 母 板は,ブラスト処理(表面粗さ 50µmRz 以上)とした. 設 計耐力の算出には,鋼構造接合部設計指針⁴⁾の耐力評価 式を用いた. 締め付け目標軸力は,設計軸力 106kN の 1.1 倍とし, リラクゼーション期間を 1 週間以上とした. 載荷は試験体が破断するまで行った.

3. 試験結果と考察

試験結果を表-2 に, 試験体の破断状況の一例を図-2 に示す. 破断形式は, 降伏先行型のケースで純断面破断, すべり先行型のケースでボルト破断となり, 文献 4)に よる想定破断形式と一致した.



図-1 試験体形状および寸法(単位:mm)

表-1 試験体の計算耐力(材料試験結果に基づく)

試験体 ケース	母板厚 t (mm)	板幅 w (mm)	すべり 係数 µa	すべり 耐力 P _{sd} (kN)	純断面 降伏耐力 P _{ynd} (kN)	すべり/ 降伏 耐力比 β _d	ボルト せん断耐力 P _{bod} (kN)	純断面 破断耐力 P _{ind} (kN)	想定 破断形式
Υ-β 1.48	16	54	0.7	297	201	1.48	545	300	純断面 破断
Υ-β 1.27	16	60	0.7	297	234	1.27	545	350	純断面 破断
Υ-β 1.02	16	70	0.7	297	290	1.02	548	434	純断面 破断
S-β0.79	18	80	0.7	297	376	0.79	548	588	ボルト 破断
S-β0.52	20	90	0.7	297	574	0.52	544	780	ボルト 破断
S-β 0.38	26	100	0.7	297	784	0.38	532	1091	ボルト 破断

キーワード 高力ボルト摩擦接合継手,アルミ溶射,すべり/降伏耐力比,終局挙動 連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学工学部 都市学科 応用構造工学研究室 TEL&FAX 06-6605-2765

-395-



図-2 試験体の破断状況の一例

図-3 ボルト孔変形量

16

12

0

16

12

8

4

0

内外差(mm)

試験前軸力によるすべり係数は $\beta_d \leq 0.8$ で 0.9 程度であった. $\beta_d > 0.8$ ではすべり係数は低下し,文献 4)に示されているようにすべり/降伏耐力比の増加につれて低下した.

最大荷重は計算耐力に対して,純断面破断のケース で1.06~1.15倍,ボルト破断のケースで0.99~1.07倍と なった.終局限界状態としての高力ボルト摩擦接合継 手の最大耐力はすべり係数の影響を受けず,部材の耐 力によって決定されることが確認できた.

最大荷重と計算耐力の比 P_{max}/P_d は,純断面破断 β_d =1.02 のケースは β_d =1.48 と比べて 6.1%,ボルト破断 β_d =0.79 のケースは β_d =0.38 と比べて 7.5%小さくなり, β_d =1.0 に近づくと P_{max}/P_d が小さくなる傾向が見られた. 破断側のボルト孔変形量(載荷前後における荷重方向 のボルト孔径の差)を図-3 に示す.ここで,内側は母板 縁端側のボルト孔,外側は載荷側のボルト孔である.純 断面破断のケースは純断面での降伏が進展し,外側ボ ルト孔変形量が大きくなった. β_d =1.0 に近づくとすべり 後の支圧力の影響によってボルト孔変形量が大きくな り, P_{max}/P_d が小さくなったと考えられる.ボルト破断 のケースは β_d =1.0 に近くなるほどボルト孔変形量が大 きくなった.これは,純断面降伏により外側ボルト孔変 形量の増加により支圧力が低下し,その結果,内側ボル トの荷重分担が増加し、内側ボルト孔変形量が増加し たためと考えられ、ボルト破断のケースにおいても母 板の変形の影響を受け、*P_{max}/P_d*が変化した.

4. まとめ

本研究は接合面にアルミ溶射を施した高力ボルト摩 擦接合継手を対象にすべり/降伏耐力比をパラメータ に引張載荷試験を行った.得られた結果を以下に示す. (1)高力ボルト摩擦接合継手の最大耐力はすべり係数の

影響を受けず,部材の耐力によって決定され,鋼構 造接合部設計指針における耐力評価式が適用できる.

(2) 純断面破断のケース,ボルト破断のケース共に β_d =1.0に近づくと最大荷重と計算耐力の比 P_{max}/P_d は, 母板の変形の影響により小さくなったが, $P_{max}/P_d \ge$ 1 であった.

今後は,複数行列ボルトやフィラーを用いた場合な どを対象に,更なるデータの蓄積が必要であると考え られる.

<参考文献>

1)高田遼大,東清三郎,松尾真太郎,井上一郎:添板にアルミ溶射を 施した高力ボルト接合部のすべり試験,日本建築学会近畿支部研究 報告集・構造系, pp.409-412, 2008.5.

2)日本道路協会:道路橋示方書・同解説,Ⅱ鋼橋・鋼部材,2017.11. 3)東清三郎,冨永知徳,本間宏二,高木優任,安藤隆一: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継手のすべり耐力 試験,土木学会第69回年年次学術講演会,pp.885-886,2014.9.

4)日本建築学会:鋼構造接合部設計指針 第3版, 2012.3.