

第 I 部門 錆促進剤を塗布した接合面を有する摩擦接合継手のすべり係数に関する実験的研究

大阪市立大学工学部 学生員 ○本多 克行  
 (株) 駒井ハルテック 正会員 橋 肇  
 (株) IHI インフラシステム 正会員 齊藤 史朗

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司  
 (株) 駒井ハルテック 正会員 吉岡 夏樹  
 (株) IHI インフラシステム 非会員 田中 裕紀

1. 研究背景および研究目的

鋼橋の補修・補強工事において、高力ボルト摩擦接合を用いる際、既設部材の接合面に錆促進剤を塗布し、赤錆を発生させる接合面処理方法の採用が考えられる。この接合面処理方法は、既に建築分野においては使用され、その使用環境は、雨などの影響を受けない屋内に限定される。一方で、土木分野での使用環境は屋外となり、既設構造物への使用においては、施工現場の状況が建築分野と異なるため、錆促進剤を塗布した接合面処理方法を土木の現場で適用する場合を想定した性能評価が必要である。しかし、土木分野において錆促進剤を使用する際の施工性に優れた発錆方法や適切な素地調整方法は明らかになっていない。

本研究では、まず曝露試験により、錆促進剤の性能評価と接合面に錆促進剤を塗布する際の適切な条件の検討を行う。次に、曝露試験結果から適切と考えられる錆促進剤塗布方法を接合面に適用した試験体によるすべり試験を行う。すべり試験では、母板の接合面の素地調整方法をパラメータとし、錆促進剤による接合面処理方法がすべり係数に与える影響を考察する。

2. 曝露試験

(1) 曝露試験方法

寸法 200mm×200mm×6.3mm、鋼種 SM490Y の鋼板を  $Ra \leq 5\mu\text{m}$  となるまでディスクサンダを用いてケレンした後、錆促進剤を塗布し、屋外および屋内にて曝露する。曝露試験のパラメータを表-1、曝露の様子を図-1 に示す。赤錆の表面粗さ( $Ra$ ,  $Rz$ ,  $Rzjs$ ,  $RSm$ )および

表-1 曝露試験のパラメータ

試験体 No	曝露環境	試験体設置方向	錆促進剤塗布量
1	屋外	鉛直	100g/m <sup>2</sup>
2	屋内		
3	屋外	水平	
4		鉛直	



図-1 曝露の様子

錆厚の測定を行い、発錆状況を比較する。

(2) 曝露試験結果

赤錆の評価は  $Ra$  および、錆厚によって行う。高力ボルト摩擦接合の設計・施工・維持管理指針(案) <sup>1)</sup> では、粗面状態にて  $5\mu\text{m} \leq Ra < 10\mu\text{m}$  のとき、すべり係数が 0.40 であることが推奨されている。また、森らの実験 <sup>2)</sup> において、接合面に錆厚 35~100 $\mu\text{m}$  の赤錆を有する継手のすべり係数は平均で 0.73 であったと報告されている。したがって、本研究では、 $Ra \geq 5\mu\text{m}$ 、錆厚  $\geq 35\mu\text{m}$  を接合面における赤錆の管理目標値とした。 $Ra$  および錆厚の測定結果を図-2 に示す。全ての試験体において適切な赤錆の目標値を満足した。試験体の曝露環境、設置方向でそれぞれを比較すると、これらに関係なく、同等の  $Ra$  および錆厚が得られた。また、塗布量を 2 倍とした試験体の 1 週間後の錆厚は 41.4 $\mu\text{m}$  となり、他の試験体に比べ最も大きくなった。したがって、200g/m<sup>2</sup> の錆促進剤を 100g/m<sup>2</sup> ずつ 2 回に分けて塗布することが望ましく、本すべり試験体の接合面処理方法として適用することとした。

3. すべり試験

(1) すべり試験体

すべり試験体の母板および連結板の材料は SM490Y、ボルトは M22(S10T)を用いる。母板の錆促進剤塗布前の素地調整方法を試験パラメータとし、連結板は無機ジンクリッチペイント(以下、無機ジンクという)とした。試験体のすべり/降伏耐力比は 0.44 であり、すべ

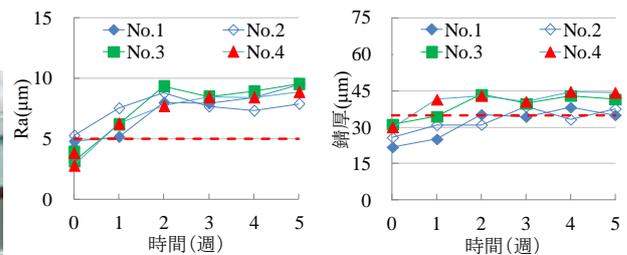


図-2 Ra および錆厚の測定結果

Katsuyuki HONDA, Takashi YAMAGUCHI, Hajime TACHIBANA, Natsuki YOSHIOKA, Shiro SAITO, Hiroki TANAKA

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

り先行型とした。すべり荷重は、鋼構造接合部設計指針<sup>3)</sup>を参考に、縁端距離 10mm での相対変位が 0.2mm に達するまでに最大荷重が生じた場合はその最大荷重、明瞭な主すべりが生じた場合はその主すべり荷重、明瞭な主すべりが生じない場合は相対変位 0.2mm に対応する荷重と定義した。すべり試験体の形状および寸法を図-3 に、すべり試験のパラメータを表-2 に示す。

(2) すべり試験結果と考察

すべり係数は文献 1)より式(1)を用いて算出した。各ケースのすべり係数の平均値を図-4 に示す。

$$\mu = \frac{P}{m \cdot n \cdot N} \quad (1)$$

ここに、 $\mu$ ：すべり係数  $P$ ：すべり荷重(kN)  
 $m$ ：接合面の数(=2)  $n$ ：ボルト本数(=2)  
 $N$ ：試験前ボルト軸力(kN)

全ケースにおいてすべり係数 0.40 を満足した。本試験での標準的なケースとした RU1 のすべり係数は 0.56 となった。ケレン時に  $Ra > 5\mu\text{m}$  とした RU2 およびボルト孔周り  $\phi 80\text{mm}$  のみケレンした RU3 のすべり係数はそれぞれ 0.51, 0.46 となり、RU1 よりも小さくなった。試験後の接合面の状況より、接合面の接触面積が小さくなったことがすべり係数に影響を与えたと考えられる。一方で、ケレン後に孔あけを行うことで、ケレンによるボルト孔縁の形状変化を防止した RU4 のすべり係数は 0.56 となり RU1 と同等となった。これより、ボルト孔縁の形状がすべり係数に与える影響は小さいと考えられる。各ケースの縁端距離 10mm での荷重-相対変位関係を図-5 に示す。全ケースにおいて相対変位が 0.2mm となる前に最大荷重が生じた後、急激な変位の増加に伴い荷重が低下した。また、試験後の接合面の状況より、母板の接合面を赤錆、連結板の接合面を無機ジンクとした摩擦接合継手は、無機ジンクが破壊することによりすべりが発生することが確認できた。

4. 結論

本研究では、錆促進剤を用いた鋼板の曝露試験および錆促進剤を接合面に塗布した摩擦接合継手のすべり試験を行った。得られた結果を以下に示す。

- 1) 200g/m<sup>2</sup>の錆促進剤を 100g/m<sup>2</sup>ずつ 2 回に分けて塗布することで、1 週間後に  $Ra \geq 5\mu\text{m}$ 、錆厚  $\geq 35\mu\text{m}$  を満足し、赤錆の確実な発錆を確認した。
- 2) 錆促進剤を塗布した接合面を有する高力ボルト摩擦接合継手のすべり係数は 0.40 を満足し、土木構造物へ

の適用の可能性を示すことができた。今後、曝露期間をパラメータとしたすべり試験を実施し、1~2 日の曝露ですべり係数 0.40 を満足できるかについて検討する。

<参考文献>

- 1) 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。
- 2) 森猛，南邦明：赤錆面を有する高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力試験，土木学会構造工学論文集，Vol.53A，pp1305-1312，2007.3
- 3) 社団法人日本建築学会：鋼構造接合部設計指針，2006。

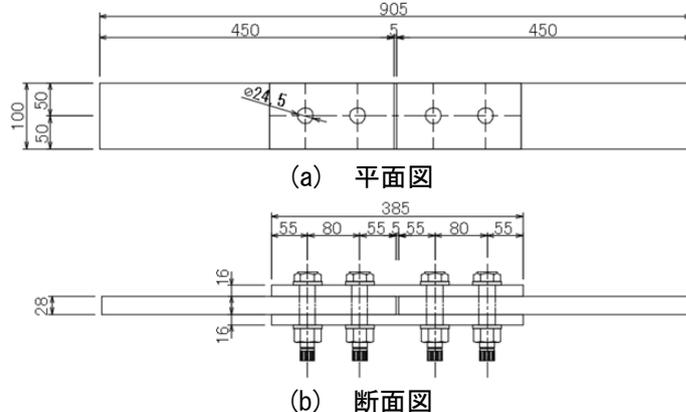


図-3 すべり試験体の形状および寸法（単位：mm）

表-2 すべり試験のパラメータ

試験ケース	母板の接合面処理	ケレン範囲	母板の孔あけ順序	試験体数
IZ0	無機ジンクリッチ ペイント75 $\mu\text{m}$	-	-	各ケース 3体
RU1	ケレン ( $Ra \leq 5\mu\text{m}$ ) →錆促進剤塗布	全面	ボルト孔あけ →ケレン	
RU2	ケレン ( $Ra > 5\mu\text{m}$ ) →錆促進剤塗布			
RU3	ケレン ( $Ra \leq 5\mu\text{m}$ ) →錆促進剤塗布	ボルト孔周り ( $\phi 80$ )	ケレン →ボルト孔あけ	
RU4		全面		

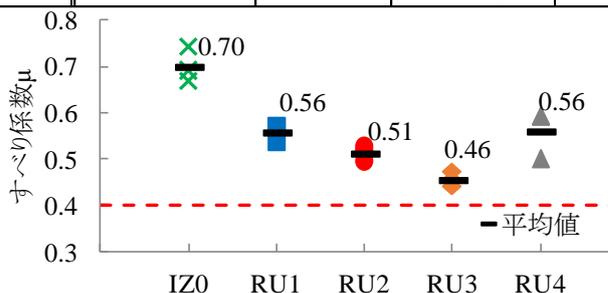


図-4 すべり係数

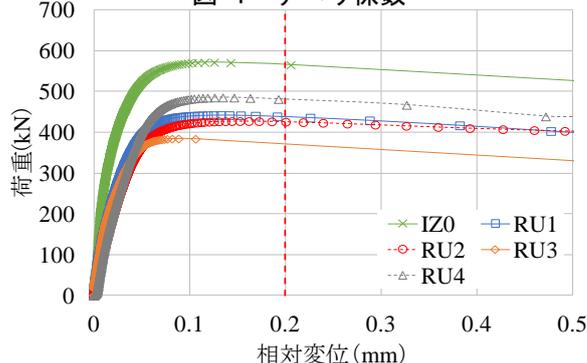


図-5 荷重-相対変位関係