

高力ボルト摩擦接合継手のすべり係数に対するボルト軸力の影響

JR 東日本

法政大学

法政大学 (現: NEXCO 中日本)

○網谷 岳夫 (正会員)

森 猛 (フェロー)

高林 温実

1. はじめに

鋼橋の現場継手には高力ボルト摩擦接合継手が用いられることが多い。この継手に一般に用いられているボルトは 8T (引張強度 800 N/mm^2), 10T (1000 N/mm^2) クラスのものである。この継手のすべり耐力は、ボルト軸力にすべり係数を乗じることにより求められる。ボルト軸力はボルトの引張強度に応じて導入される。最近では、14T (1400 N/mm^2) クラスのボルトも使用されるようになってきている。設計に用いるすべり係数は、ボルト軸力によらず一律の値とされているが、最近の研究^{1),2)}によって摩擦係数は接触圧が大きくなるにしたがって低下するという結果が示されている。このことは、14T クラスのボルトを用いる場合には従来の 10T に対して定められているものよりも低いすべり係数を用いる必要があることを示していると考えられる。

本研究では 10T の 6 割の軸力 (6T), 8T, 10T, 14T クラスのボルトを用いた高力ボルト摩擦接合継手のすべり試験と、摩擦係数と接触圧の関係を考慮した FEM 解析を行い、ボルト軸力がすべり係数に与える影響を明らかにすることを目的とする。

2. すべり試験

試験体の形状と寸法を図 1 に示す。試験体に用いた鋼材は、19mm (母板) と 12mm (連結板) の SM490Y である。すべり試験は、静的能力 2000 kN の万能試験機を用い、すべりが発生するまで荷重を加えることにより行った。測定項目は、荷重、母板と連結板の相対変位、母板側面のひずみ、ボルト軸のひずみである。ボルトは F8T, F10T, F14T である。さらに、F10T はボルト軸力を設計軸力の 6 割締めとした試験体も用意した。いずれの試験体とも試験体数は 3 とした。

すべり試験より求めた荷重と相対変位の関係の例 (F10T 試験体) を図 2 に示す。荷重の増加とともに、相対変位も増加し、荷重が急激に降下した時点ですべりが生じており、この時点の荷重をすべり荷重とした。このような傾向は他の試験体においても同じである。すべり荷重と試験直前ボルト軸力の関係を図 3 に示す。ボルト軸力が大きくなるにしたがって、すべり荷重も大きくなっている。図 4 はすべり係数と試験直前ボルト軸力の関係を示している。すべり係数はボルト軸力に反比例して小さくなっている。

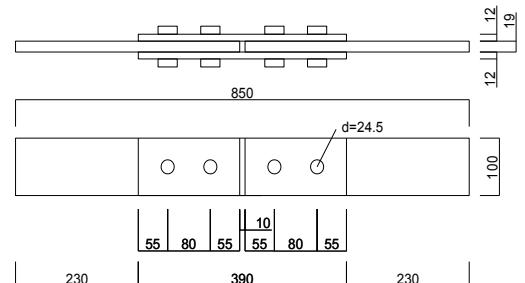


図 1 試験体の形状と寸法

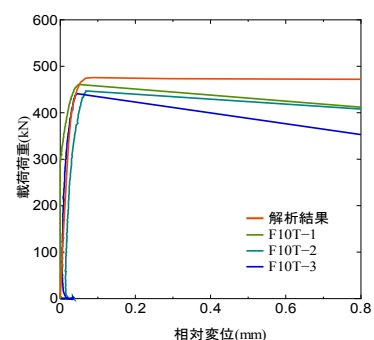


図 2 荷重—相対変位

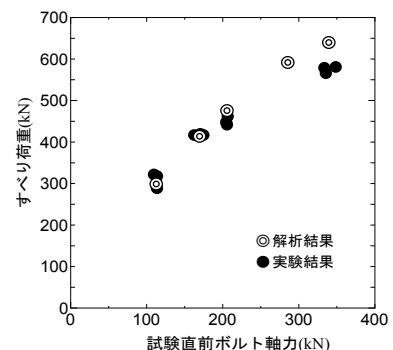


図 3 すべり荷重—試験直前ボルト軸力

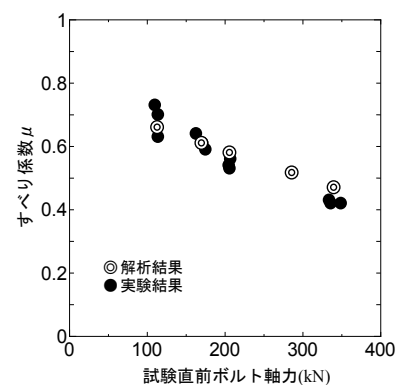


図 4 すべり係数—試験直前ボルト軸力

キーワード：高力ボルト摩擦接合継手、すべり係数、ボルト軸力

連絡先：〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 JR 新宿ビル 4 階 構造技術センター

3. すべり解析

解析モデルと解析方法を図5に示す。試験体の対称性を考慮して1/8モデルとした。ボルト軸力は強制変位で与え、母板に変位を徐々に与えることにより载荷した。母板と連結板間の摩擦係数は、既往の研究¹⁾で示されている摩擦係数(μ)と平均接触圧(σ)の関係を、F10T試験体の解析結果が実験結果とできるだけ一致するように調整した。具体的には、以下の式(1)で示されている摩擦係数の算定式¹⁾を1.4で割って求めた摩擦係数を用いて解析を行った。

$$\mu = 4.54 \times 10^{-6} \sigma^2 - 3.38 \times 10^{-3} \sigma + 1.16 \quad (1)$$

図2にはここでの解析から求めた荷重-相対変位関係も示している。解析結果は実験結果をほぼ再現している。図3と図4には解析より求めたすべり荷重とすべり係数も示している。解析より求めたすべり荷重とすべり係数は実験結果とほぼ一致している。

4. 板厚が接触圧とすべり係数に及ぼす影響

継手板厚が接触圧とすべり係数に及ぼす影響について検討するため、表1に示す寸法の継手モデルですべり解析を行った。ボルト軸力はF10T-M22の設計ボルト軸力である205kNとした。

ボルト軸力を導入した際の継手の接触圧分布を図6に示す。いずれの解析モデルにおいてもボルト孔縁の接触圧が最も大きくなっているが、板厚が大きいほど接触圧の最大値は小さくなっている。すべり係数と母板厚の関係を図7に示す。板厚が大きくなるにしたがって、すべり係数も高くなっている。

5. まとめ

ボルト軸力が大きくなるにしたがって、すべり荷重は比例して大きくなるが、すべり係数は反比例して小さくなる。ここでの検討結果を踏まると、高力ボルト摩擦接合継手の設計に用いるすべり係数はボルト軸力によらず一律の値としているが、ボルト軸力(ボルトクラス)によってすべり係数を変える必要があると考える。また、鋼材の板厚が大きくなるにしたがって、接触圧が小さくなりすべり係数は高くなる。設計に用いるすべり係数には、板厚による影響も考慮するのが合理的であると考え。

参考文献

- 1) 東ら：添板摩擦面にアルミ溶射を施した高力ボルト摩擦接合部の平均接触圧と摩擦係数に関する研究，鋼構造論文集，第23巻，第90号，pp.117-131,2016.6
- 2) 大槻ら：摩擦界面での局所前駆すべりとアモントン則の破れ，トライボロジスト，Vol.58, No.2, p.57, 2013

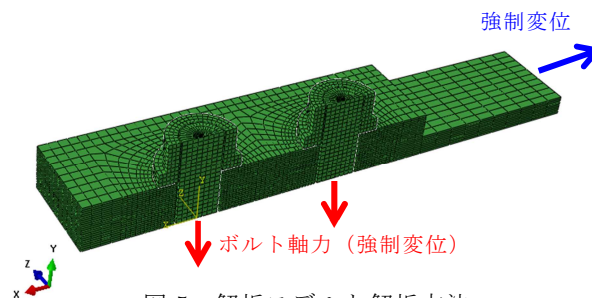


図5 解析モデルと解析方法

表1 解析モデル寸法

モデル名	単位:mm		
	母板	連結板	板幅
解析モデル1	12	6	150
解析モデル2	24	12	90
解析モデル3	36	18	70

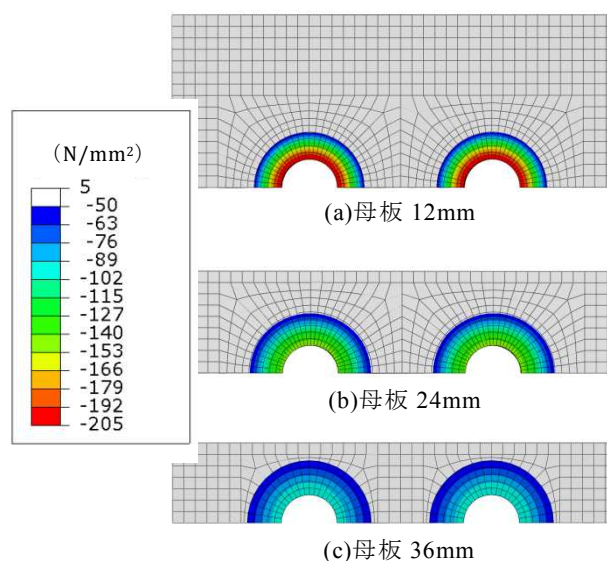


図6 接触圧分布

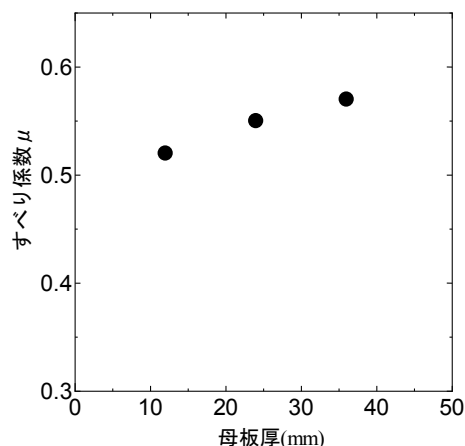


図7 すべり係数-母板厚