

第 I 部門

片面施工ボルトを用いた摩擦接合継手の力学的挙動に関する研究

大阪市立大学工学部 学生会員 ○山本 佑大 大阪市立大学大学院 正 会 員 山口 隆司
 阪神高速道路(株) 正 会 員 田畑 晶子 阪神高速道路(株) 非 会 員 原田 潤
 片山ストラテック(株) 正 会 員 奥村 学 片山ストラテック(株) 正 会 員 彭 雪

1. 研究背景および目的

近年，鋼橋の主な損傷原因として，鋼部材の腐食と疲労が挙げられる．腐食損傷の補修・補強工法として，当て板工法が用いられることが多い．当て板工法には，一般的に高力ボルトが用いられるが，現場の環境および補修・補強部位によっては，高力ボルトの使用が困難な場合がある．例えば，図-1(a)に示すような閉断面部材への接合である．このような状況に対応するため，図-1(b)，および図-1(c)に示すような片面施工ボルトを用いる場合がある．

トルシア形スタッドボルト（以下，スタッドボルトと呼ぶ）は，鋼板にボルトを直接溶接し，片面からの施工が可能となる．ハック高力ワンサイドボルト（以下，ワンサイドボルトと呼ぶ）は，図-1(b)の赤枠で囲んだ部分のバルブスリーブが座屈することで，片面施工が可能である．一方，スタッドボルトは高力ボルト並の軸力を導入した例がなく，ワンサイドボルトは補修・補強工法として使用された例が少ない．

このように片面施工ボルトを用いた一面摩擦接合継手の例は少なく，継手の力学的挙動は十分に解明されているとは言い難い．そこで，本研究では，スタッドボルトおよびワンサイドボルトを用いた一面摩擦接合継手を製作し，すべり試験を行い，力学的挙動を検討する．

2. すべり試験体

すべり試験体の形状および寸法を図-2 に示す．スタッドボルトを用いた摩擦接合継手（以下，スタッド継手と呼ぶ）は，母板厚が 12mm の一面摩擦接合継手であり，ワンサイドボルトを用いた摩擦接合継手（以下，ワンサイド継手と呼ぶ）は，母板厚が 9mm の一面摩擦接合継手である．すべり/降伏耐力比は，スタッド継手が 0.27，ワンサイド継手が 0.66 であり，共にすべり先行型の試験体である．

試験パラメータは，すべり側のボルトの種類である．すべり試験体の試験パラメータ一覧を表-1 に示す．使用するボルトは，ワンサイドボルトが MUTF24-20，スタッドボルトが M20（F8T 相当）である．固定側の高力六角ボルトは，M22（F10T）を使用する．

すべり側の接合面の素地調整程度は，2 種とする．また，素地調整範囲は，接合面全面である．

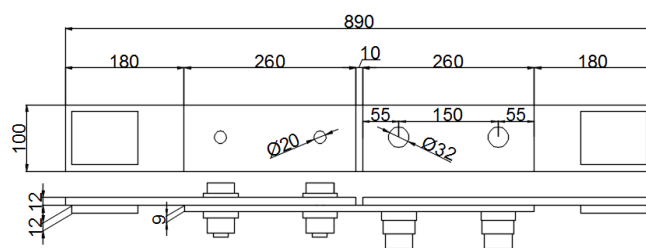


(a) 片面からの当て板施工状況 (b) ワンサイドボルト (c) スタッドボルト

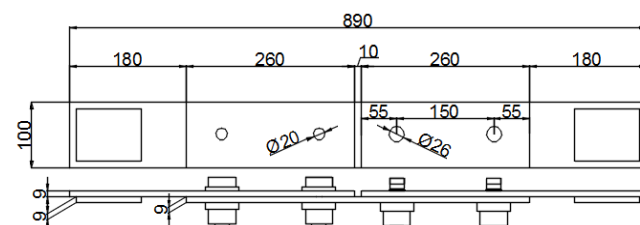
図-1 片面からの当て板補強例と片面施工ボルト

表-1 試験パラメータ

試験体No.	使用ボルト	素地調整程度	素地調整範囲
S1	スタッドボルト	2種	全面
M1	ワンサイドボルト		



(a) スタッドボルトを用いた一面摩擦接合継手



(b) ワンサイドボルトを用いた一面摩擦接合継手

図-2 すべり試験体の形状および寸法（単位：mm）

3. すべり試験結果と考察

(1) 荷重と相対変位の関係

スタッド継手である試験体 S1, ワンサイド継手である試験体 M1 の荷重と相対変位の関係を図-3 に示す。なお、比較のために文献 1) で示された高力六角ボルト一面摩擦接合継手（以下、六角継手と呼ぶ）の結果も示している。ここで、相対変位は、すべり側における内側ボルト位置の相対変位としている。

図-3 より、試験体 S1 および M1 共に、荷重の増加に伴い相対変位が増加し、最大荷重到達後、荷重が低下するといった高力ボルト一面摩擦接合継手のすべり挙動と同様の傾向を示した。

(2) 荷重とボルト軸力の関係

試験体 S1, M1 の荷重とボルト軸力の関係を図-4 に示す。本図においても、同様に文献 1) の結果を示している。ここで、ボルト軸力は、すべり側の内側および外側ボルトを示している。図-4 より、荷重の増加に伴いボルト軸力は低下するが、六角継手に比べて、試験体 S1, M1 は、内側より外側のボルト軸力低下が大きかった。

(3) すべり係数

試験体 S1, M1 および六角継手のすべり係数の平均値の比較を図-5 に示す。すべり荷重は、鋼構造接合部設計指針より、すべり側のボルト位置での相対変位が 0.2mm までに最大荷重が生じた場合はその最大荷重、そうでない場合は内側と外側のどちらかの相対変位が 0.2mm に達したときと定義した。また、すべり係数は、高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針（案）に示された式(1)より算出した。

S1 および M1 のすべり係数の平均値は、共に道路橋示方書の規定する 0.4 以上であった。しかし、試験体 S1 においては、試験体間のすべり係数のばらつきが大きく、試験体 M1 においては、0.4 を下回っている試験体もあった。

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

ここで、 μ ：すべり係数、 P_{sl} ：すべり荷重(kN)
 m ：接合面の数(=1)、 n ：ボルト本数(=2)
 N ：試験前ボルト軸力(kN)

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

1) 高力六角ボルトを用いた一面摩擦接合継手との比較

から、片面施工ボルトを用いた場合においてもすべり挙動に同様の傾向が見られた。

2) しかし、すべり係数が 0.4 を下回ることや、すべり試験中のボルト軸力の低下率において、外側が大きく低下するといった特徴も有していた。

3) 今後は、実験並びに解析よりこれらについて検討する予定である。

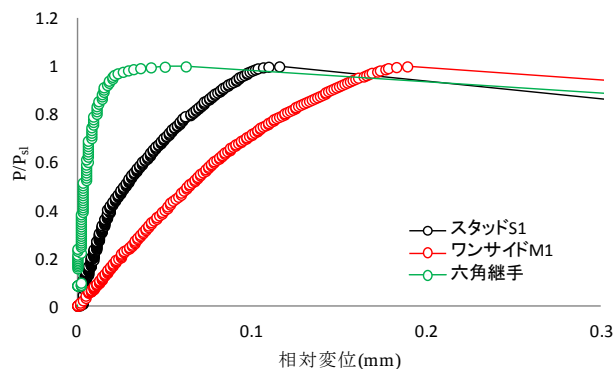


図-3 荷重と相対変位の関係

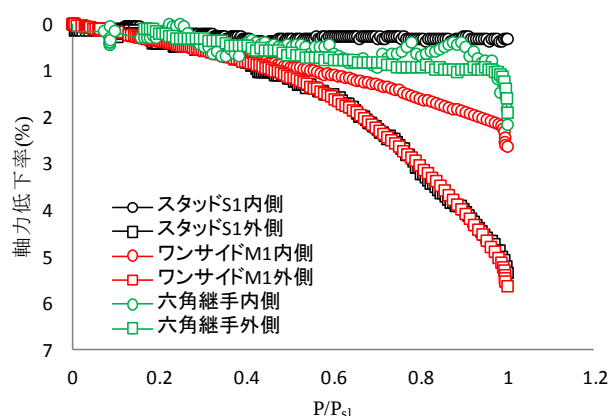


図-4 荷重とボルト軸力の関係

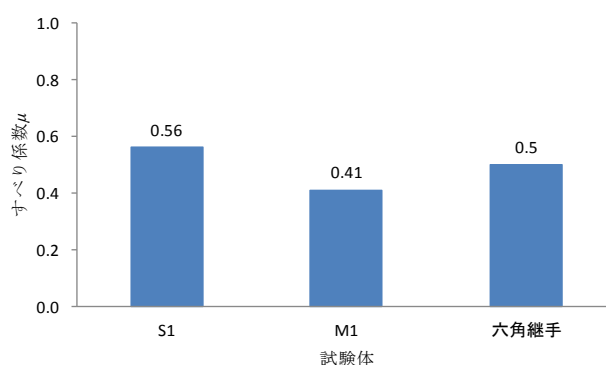


図-5 すべり係数の比較

参考文献

1) 彭雪, 奥村学, 山口隆司, 儀賀大己, 石井博幸, 仲地健二郎: 高力スタッドボルトを用いた摩擦接合継手のすべり挙動に関する実験的研究, 土木学会年次学術講演概要集, I-503, 2015.9