

### 鋳鉄板を用いた高力ボルト機械式継手のすべり試験

大阪市立大学大学院 学生会員 ○池田 裕哉  
大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

日之出水道機器 (株) 飛永 浩伸  
日之出水道機器 (株) 日高 哲郎

#### 1. はじめに

近年、鋼構造物の溶接部における疲労損傷事例が数多く報告されている。厳しい重車両交通の実態から、将来の疲労損傷の増大も懸念されており<sup>1)</sup>、疲労損傷の発生を抑えられる構造が求められている。鋳鉄は、製作を鋳造で行うために、鋼材では製作が難しい複雑な形状や、溶接部がない部材の製作が可能である。このような鋳鉄の特徴を活かし、リブとデッキプレートを一括で鋳造する鋳鉄鋼床版や、普通鋼では製作できない複雑な形状の補強部材、伸縮装置、照明柱の基部などに鋳鉄の適用が期待されている。そこで著者らは、鋳鉄板で製作された部材を高力ボルト摩擦接合継手で接合することを想定し、鋳鉄板の表面処理をパラメータとしたすべり耐力試験を行っている<sup>2)</sup>。その結果、鋳鉄部材においても、接合面に無機ジंकを塗装した場合は、道路橋示方書に定められるすべり係数 0.45 を満足できることがわかった。本研究では、ボルト本数削減のためにより高いすべり係数を得ることを目的として、鋳造により接合面に凹凸を与えた高力ボルト機械式継手を製作し、すべり耐力試験を行った。

#### 2. 試験体

試験体の形状を図-1 に、凸部の詳細図を図-2 に、接合面の凹凸を図-3 に示す。また、表-1 に試験体ケースを示す。試験体は板厚を変えた 2 種類を製作した。母板と連結板は全て FCD700 (鋳鉄) とし、母板の凸と連結板の凹を組み合わせることで接合を行う。凸部の角度は 33.7° とし、凸部のせん断破壊よりもすべりを先行させるように設計を行った。接合面はスチールショットを施した鋳肌面とした。鋳肌面の粗さを計測した際の平均値を表-2 に示す。使用したボルトは M22 (F10T) である。試験体への軸力導入はひずみゲージの値で管理した。ボルトのキャリブレーション結果をもとに、M22(F10T)設計ボルト軸力の 1 割増しである 225.5kN を目標に軸力を導入した。実際に導入された試験前軸力を表-3 に示す。

#### 3. すべり試験

試験はボルト軸力のリラクセーションを考慮し、締付け完了から約 1 週間後に行った。載荷装置には 1,000kN 万能試験機を用いた。計測項目は母板同士の相対変位、ボルト

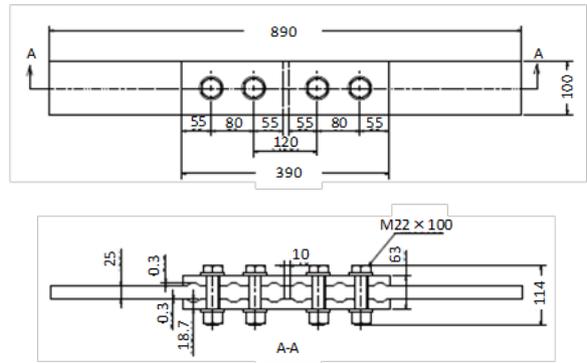


図-1 試験体の形状 (単位: mm)

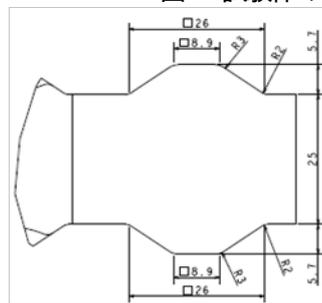


図-2 凸部詳細図(単位: mm)



図-3 接合面の凹凸

表-1 試験体ケース

試験体名	母板厚	試験体数
t25	25mm	3体
t13	13mm	3体

表-2 接合面の粗さ

試験体名	Ra(μm)	Rz(μm)	Rzjis(μm)
t25-1	17.4	91.6	62.4
t25-2	17.0	92.6	62.2
t25-3	13.9	76.2	50.6
t13-1	19.0	100.8	68.5
t13-2	15.6	82.3	57.5
t13-3	13.7	72.3	49.7

位置における母板と連結板の相対変位、母板と連結板の接合面の開き、ボルト軸力とした。

#### 4. 試験結果

表-3 に試験結果の一覧を示す。すべり係数  $\mu$  の算出には文献 3) より式 (1) を用いた。ボルト軸力には試験前軸力を用いた。すべり荷重は内側ボルト位置における母板と連結板の相対変位が 0.2mm に達するまでに荷重が低下した場合はその最大荷重、低下しなかった場合は 0.2mm に達した時の荷重とした。

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

ここに、 $\mu$  : すべり係数  $P$  : すべり荷重

$m$  : 接合面の数 (=2)  $n$  : ボルト本数 (=2)

$N$  : 試験前ボルト軸力

t25 のすべり係数は、平均で 0.956 と高い値を得られた。

一方、t13 はすべり係数 0.607 にとどまった。これは母板が降伏したためである。

図-4 にリラクゼーションによるボルト軸力の低下率を示す。本実験の継手の場合でも締付けから 72 時間後には軸力が概ね一定となっており、摩擦接合継手の場合と同様の傾向が見られた。また、軸力低下率は締付け板厚が薄い方が大きくなった。

図-5 に荷重と内側ボルト位置で計測した母板と連結板の相対変位の関係を示す。凡例中の t28 は、著者らがおこなった摩擦接合継手のすべり試験の結果を示す<sup>2)</sup>。無ジは接合面が無機ジンク、鍍肌は鍍肌であることを示している。図-5 a) に示されるように、機械式継手は摩擦接合継手よりも剛性が高いことがわかる。

図-6 に荷重と母板・連結板の接合面の開きの関係を示す。t25 の試験体の場合、荷重が 500kN 程度から母板と連結板の開きが計測された。荷重の増加に伴って母板と連結板にずれが発生し、凹凸部でずれたことにより開きが発生したと考えられる。

図-7 に載荷時のボルト軸力増減率を示す。t25 は一度ボルト軸力が低下した後、荷重が 500kN 程度でボルト軸力が増加し始める。これは、母板と連結板の凹凸のずれによる接合面の開きが原因と考えられる。一方、t13 は終局状態まで軸力は低下し続けた。これは母板が降伏し、ポアソン効果による板厚減少が顕著となったためであると考えられる。

5. まとめ

鋳造により接合面に凹凸を与えた高力ボルト機械式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. 凹凸を 33.7° で設計した機械式継手は、すべり係数 0.956 と高い値を示した。
2. 機械式継手の荷重-相対変位関係、ボルト軸力変動、リラクゼーション性状など基本的な性質を明らかにすることができた。

6. 今後の課題

今回の試験の凹凸形状は一例であり、今後さらなる形状の検討を行う予定である。また、本形式のような場合、製作、架設誤差を吸収することが難しいため、これらの対応

を検討するが必要である。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編, P192, H24.3
- 2) 池田, 山口, 佐伯, 飛永：鍍鉄板を用いた高力ボルト摩擦接合継手のすべり試験, H27 年度土木学会年次学術講演会全国大会, H27.9
- 3) 土木学会：高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針(案), 2006.12

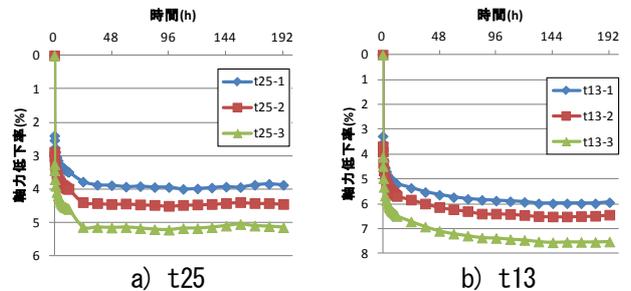


図-4 リラクゼーション

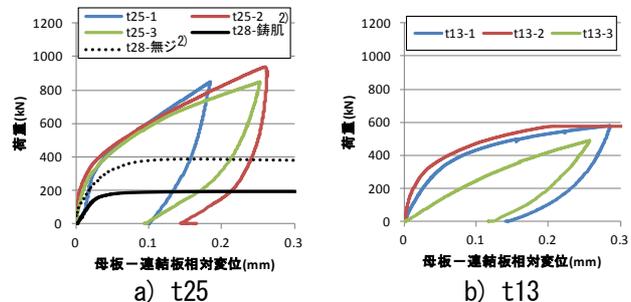


図-5 荷重-相対変位関係

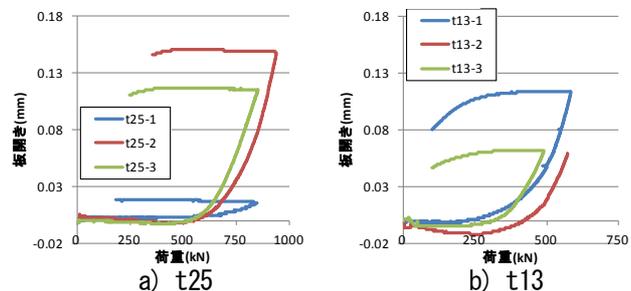


図-6 接合面の開き

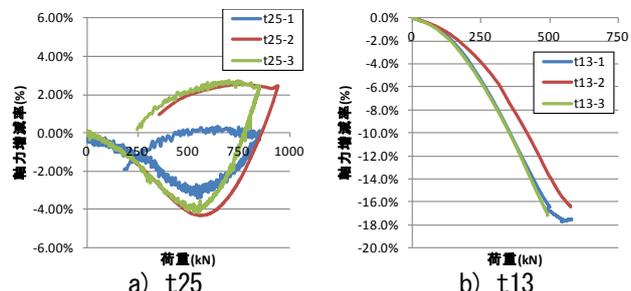


図-7 ボルト軸力増減率

表-3 試験結果まとめ

試験体名	試験前軸力(外) (kN)	試験前軸力(内) (kN)	試験前軸力(平均) (kN)	すべり荷重 (kN)	すべり係数	すべり係数 (平均)	変動係数
t25-1	213.9	217.3	215.6	850.1	0.986	0.956	0.037
t25-2	211.9	216.5	214.2	835.6	0.975		
t25-3	209.7	216.5	213.1	772.1	0.906		
t13-1	208.1	212.6	210.3	533.7	0.634	0.607	0.127
t13-2	208.4	209.4	208.9	572.5	0.685		
t13-3	208.9	208.4	208.7	418.9	0.502		