

皿型高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力の低下要因に関する考察

(株)横河ブリッジ (研究当時, 大阪市立大学大学院) 正会員 ○黒野 佳秀
 阪神高速道路 (株) 正会員 田畑 晶子 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 金治 英貞 大阪市立大学大学院 正会員 松村 政秀

1. 研究背景および目的

鋼部材同士の現場接合には一般的に高力六角ボルト(以下, 六角ボルトという)やトルシアボルトによる摩擦接合が用いられるが, ボルトヘッドの突出は腐食に対して弱点部となりやすく, 鋼床版の接合部では舗装厚の減少に伴う舗装の劣化問題が懸念される。そこで, 著者らは, 高力ボルト頭部の形状を皿型にした皿型高力ボルト(以下, 皿型ボルトという)を締付材として用いることで, 接合部の塗膜の耐久性や舗装の耐久性の向上が期待できると考え, 皿型ボルトを用いた1行2列の摩擦接合継手のすべり試験を行い, 六角ボルトより皿型ボルトを用いた場合, すべり係数が約10%低下することを明らかにした¹⁾。

本報では, 皿型ボルトを用いた場合のすべり耐力の低下要因について, FEM解析を行い, その詳細を明らかにすることを目的とした。

2. 解析モデル

解析モデルはすべり試験で用いた試験体の1/4をモデル化対象とし, 各対称面上に対称条件を設けた。解析には汎用構造解析プログラムABAQUSを用いた。図-1に, 皿型ボルトを適用したケースを例に, その有限要素モデルを示す。全て8節点ソリッド低減積分要素で分割している。連結板と母板には図-2に示す応力ひずみ関係を用い, 降伏関数にはVon-Misesの降伏関数を用いた。SM490の基準降伏点 σ_y は325MPaと仮定した。また, 高力ボルトの材料であるF10Tは, その降伏点を900MPaとし, ひずみ硬化のないバイリニア則とした。

皿頭部とざぐり加工部および連結板と母板の境界面に, 摩擦を考慮できる接触境界を導入した。摩擦係数は静止摩擦係数として, 皿頭部とざぐり面には0.1を与え, 連結板と母板の接合面には, 六角ボルトを適用したケースのすべり係数が実験値と一致するように調整した0.76を与えた。導入ボルト軸力は205kN(設計ボルト軸力)とした。引張荷重はボルト軸力導入後に,

母板端部に強制変位として与えた。

3. 解析ケース

表-1に解析ケースを示す。ケースHCは, ケースHの連結板を円形状に切削したものである。切削した深さはケースC(皿型ボルト)の深さを基準に, ケースCの連結板/母板降伏耐力比 γ を合わせるために頭部側連結板の板厚を17.5mmとした。図-3に, ケースCとケースHCのボルト頭部付近の形状を示す。

4. 解析結果と考察

(1) すべり係数およびボルト軸力の低下率

図-4に, 解析から得られたすべり係数および導入軸力に対するすべり時の軸力低下率を示す。すべり係数は式(1)を用いて算出した。また, 軸力低下率は導入軸力とすべり時の軸力の差を導入軸力で除したものである。

$$\mu = \frac{P}{m \cdot n \cdot N} \tag{1}$$

ここに,

μ : 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 : ボルト軸力

同図より, すべり係数はケースHで0.73, ケースCで0.67となり, 皿型ボルトは六角ボルトよりすべり係数が約8%低下した。また軸力低下率に着目すると, ケースCはケースHより大きく, すべり係数の低下には

表-1 解析ケース

| 解析ケース | ボルト種 | 母板厚 (mm) | 連結板厚 (mm) | すべり/降伏 耐力比 β | 連結板/母板 降伏耐力比 γ |
|-------|------|----------|-----------|--------------------|-----------------------|
| H | 六角 | 32.0 | 16.0 | 0.52 | 1.00 |
| C | 皿型 | | 17.5 | | 0.96 |
| HC | 六角 | | | | |

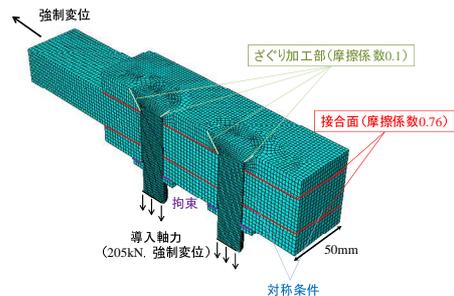


図-1 解析モデルとその境界条件 (ケースC)

キーワード 皿型高力ボルト, 摩擦接合, すべり耐力

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 橋梁工学分野 TEL&FAX 06-6605-2765

軸力の低下が大きく影響していることがわかる。さらに、ケース HC のすべり係数は 0.72 であり、ケース H のすべり係数と同程度となった。これより、連結板を切削することによるすべり係数の低下は認められず、ボルトの頭部形状がすべり係数に大きく影響していることがわかる。

(2) 継手軸方向応力

図-5 に、すべり時における連結板接合面の継手軸方向応力のコンター図を示す。これより、ケース C ではケース H とケース HC より、すべり時において高い継手軸方向応力が発生し、応力が集中していることがわかる。

(3) ボルトと連結板ボルト孔の変形

図-6 に軸力導入時とすべり時の連結板ボルト孔とボルトの変形図(倍率 50)を示す。これより、すべり時の連結板ボルト孔の継手軸方向の変形量は、特にケース C とケース HC で大きくなった。これは、ケース C における応力集中と連結板を切削することによる剛性の低下によるものと考えられる。また、ケース C では連結板ボルト孔の変形に伴って、ボルトがボルト軸方向にわずかに落ち込んでいることがわかる。このボルトのわずかな落ち込みにより、軸力低下率が他のケースより大きくなったと考えられる。ケース H とケース HC では、ボルトの落ち込みはみられなかった。

(4) 連結板の最大主応力

図-7 に連結板ボルト孔周辺の最大主応力の最大値と発生位置を示す。これより、最大主応力はケース HC (378Mpa) で最も高くなり、続いてケース C (303Mpa)、ケース H (289Mpa) の順となった。連結板を切削する場合、皿形状に切削することで円形状に切削するより、ボルト孔周辺の最大主応力を小さくすることができる。

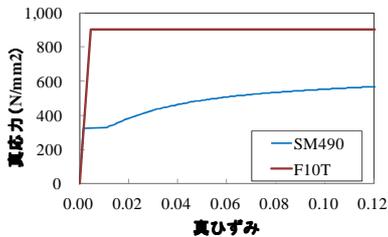


図-2 解析に用いた材料構成則



(a) ケース C (b) ケース HC

図-3 ボルト頭部付近の形状

5. まとめ

皿型ボルトを用いた場合のすべり耐力の低下要因について明らかにすることを目的に、FEM 解析を実施した。得られた結果を以下に示す。

- 1) 皿型ボルトが六角ボルトよりすべり係数が 1 割程度低下する要因は、引張力によって連結板ボルト孔が継手方向に変形し、その変形とともにボルトがわずかに落ち込み、軸力が低下するためと考えられる。
- 2) 連結板を切削する場合、皿形状に切削することで円形状に切削するより、ボルト孔周辺に発生する最大主応力を抑えることができる。

参考文献

- 1) 田畑, 金治, 黒野, 山口: 皿型高力ボルトを用いた摩擦接合の継手特性に関する研究, 構造工学論文集 vol59A, 2013

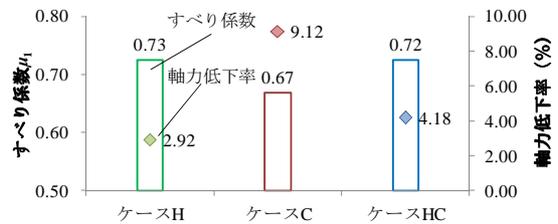


図-4 すべり係数 μ_1 の分布

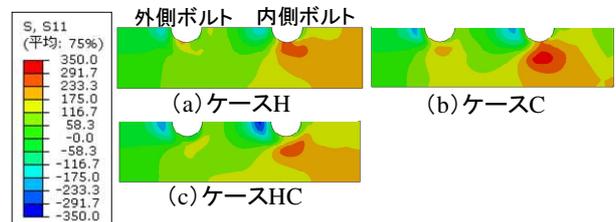


図-5 連結板接合面の引張方向応力(すべり時)

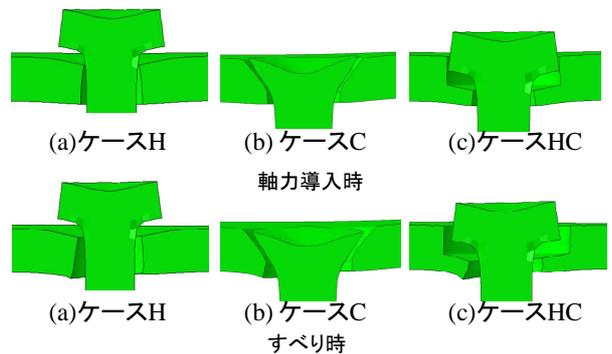


図-6 ボルトと連結板の変形図(倍率 50)

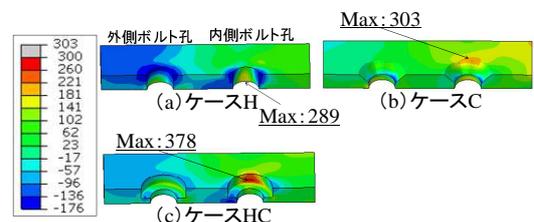


図-7 連結板ボルト孔周辺の最大主応力