

第 I 部門

追加近接孔を有する高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力実験

大阪市立大学工学部

学生員 ○池田 勇士

大阪市立大学大学院

正会員 山口 隆司

大阪市立大学大学院

正会員 森山 仁志

1. 研究背景および研究目的

高力ボルト摩擦接合継手において、ボルト孔周辺に追加近接孔を有する場合、追加近接孔による純断面積あるいは接触面積の減少がすべり挙動に影響を及ぼすと考えられ、すべり耐力の低下が懸念される。

これまで、拡大孔やスロット孔を対象に多くの研究が実施されている。田中らの実験によると、スロット孔では、標準孔に比べすべり耐力が 15%まで低下することが報告されている¹⁾。

一方、追加近接孔がすべり耐力に及ぼす影響は定量的に明らかにされておらず、追加近接孔に関する規定も国内外に存在しない。追加近接孔に関する報告は、著者の調べた限りでは、追加近接孔の影響をすべり試験により検討した山本らの先行研究²⁾のみである。

本研究では、追加近接孔を有する高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力低下メカニズムの解明を目的としたすべり試験を実施する。

2. 試験体と試験方法

表-1 に試験ケースを、図-1 に試験体寸法を示す。試験体の供試鋼材は母材厚 14mm、添接板厚 9mm の溶接構造用圧延鋼材 SM570 および SM490Y である。追加近接孔の位置は、図-2 に示すように、N、V、L の 3 タイプとした。なお、既設孔と追加近接との中心間距離は 29mm とし、孔間距離は 4.5mm である。高力ボルトは、M22 (F10T) を使用し、ボルト孔径は、母板および連結板ともに $\phi 24.5$ である。試験体は 1 つの試験ケースにつ

き3体準備し、その接合面には、無機ジンクリッチペイントを塗布している。試験パラメータは、表-1に示すように、すべり降伏耐力比 β とし、すべり先行領域 ($\beta < 0.7$) および、遷移領域 ($0.7 < \beta < 1.0$) となるように鋼種を変化させて設定した。すべり/降伏耐力比 β は、以下の式(1)を用いて算定する。

$$\beta = \frac{\mu \cdot m \cdot n \cdot N}{(w-d) \cdot t \cdot \sigma_v} \quad \text{式(1)}$$

ここに、 μ ：すべり係数 m ：接合面の数（＝2） n ：ボルト本数（＝2） N ：設計ボルト軸力、 w ：板幅 d ：孔径 t ：母板厚 σ_y ：鋼材の降伏点（規格値）

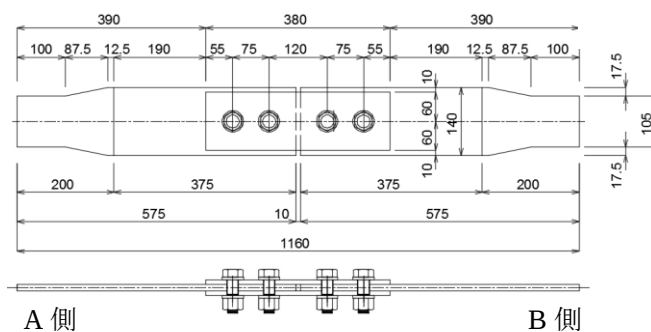


図-1 試験体形状および寸法〔単位：mm〕

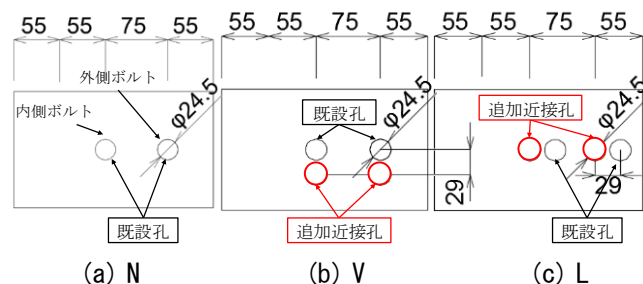


図-2 追加孔の位置[単位:mm]

表-1 試験ケース

試験ケース	試験 体数	ボルト 孔径 d_0 [mm]	軸平行 部径 d [mm]	端しあき 距離 e_1 [mm]	ピッチ p [mm]	母板 板厚 t_m [mm]	連結板 板厚 t_{spl} [mm]	設計 ボルト 軸力 N_d [kN]	板幅 w [mm]	ボルト 列数 n	試験パラメータ		降伏 応力 (公称値) σ_y [N/mm ²]	母材 降伏耐力 P_y [kN]	すべり 耐力 P_s [kN]	
											鋼種	追加孔 の位置				
49Y-N-T	3	24.5	22	55	75	14	9	205	140	2	SM490Y	N 無	360	582	410	
49Y-V-T												V 直角				459
49Y-L-T												L 水平				582
57-N-T											SM570	N 無	460	744		
57-V-T												V 直角		586		
57-L-T												L 水平		744		

キーワード 高力ボルト摩擦接合継手, 追加近接孔, すべり/降伏耐力比, すべり係数

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学工学部 都市学科 応用構造工学研究室

TEL&FAX 06-6605-2765

図-3 すべり係数

3. 試験結果と考察

得られた各ケースのすべり係数の平均値を図-3 に、A 側の既設孔壁の板厚中央位置において、荷重方向に計測した、すべり発生時までのひずみ量を図-4 に、試験後の接合面の様子を図-5 に示す。図-3 中における赤い破線で記された値は道路橋示方書³⁾で規定されている、接合面に無機ジンクリッチペイントを施した場合の設計すべり係数である。

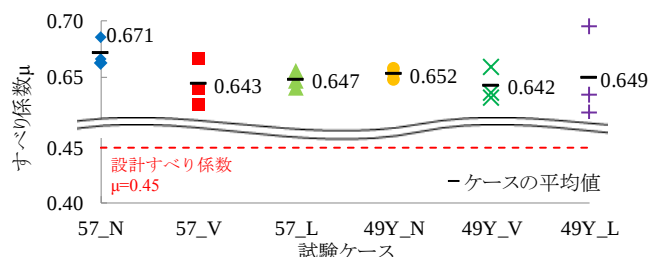
すべり係数は高力ボルト摩擦接合の設計・施工・維持管理指針（案）³⁾より式(2)を用いて算出した。

$$\mu = \frac{P}{m \cdot n \cdot N} \quad \text{式(2)}$$

ここに、 μ : 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)

標準ケースである 57_N および 49Y_N のすべり係数はそれぞれ 0.671, 0.652 となった。荷重方向と直角方向に追加近接孔がある V のケースのすべり係数は 57_V で 0.643, 49Y_V で 0.642 であった。荷重方向に追加近接孔がある場合では、57_L で 0.647, 49Y_L で 0.649 である。それぞれ追加近接孔のない N のケースより約 1～5%程度小さいすべり係数が得られ、追加近接孔の影響によってすべり係数が低減した。

V のケースにおけるすべり係数の低下は、N と比べ純断面が小さいことから、荷重抵抗面積が減少し、既設孔-追加近接孔間において、局所的な板厚減少が生じたことが主因と考えられる。これは、図-4 に示すように、ボルト孔壁において計測した、ひずみ量が V のケースでは N のケースより大きくなっていることから確認できる。一方、L のケースでは、図-5 の試験後接合面写真より、N のケースと比べ、内側ボルト孔周辺ですべり痕の範囲が広がっていることから、内側ボルト位置での摩擦力分担が増加しており、その影響により図-4 に示すように内側ボルト周辺のひずみが、N よりも大きくなりすべり耐力が低下したと考えられる。



4. まとめ

本研究では追加近接孔を有する高力ボルト摩擦接合継手を対象にすべり/降伏耐力比 β をパラメータとした引張載荷試験を行った。得られた結果を以下に示す。

- (1) 追加近接孔の影響により、追加近接孔位置が荷重直角方向、荷重方向のいずれにおいても、追加近接孔のない場合と比べすべり係数が約 1～5%程度低下した。
- (2) 追加近接孔を荷重直角方向に追加した場合、外側ボルト孔周辺の板厚減少が追加近接孔のない場合と比べ大きくなり、すべり耐力が低下する。
- (3) 追加近接孔を荷重方向に追加した場合、内側ボルト孔周辺の応力が追加近接孔のない場合と比べ高くなり、すべり耐力が低下する。

本検討は、追加近接孔の距離が 4.5mm と限られており、今後は一般化のために、追加近接孔の距離を変化させた更なるデータの蓄積が必要である。

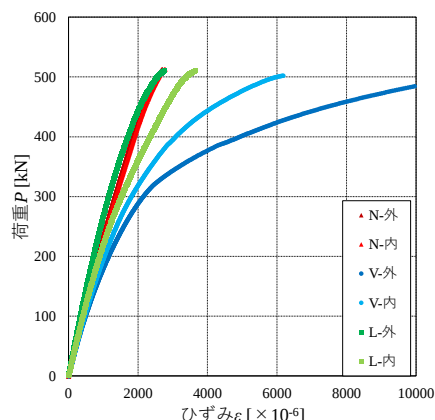


図-4 ボルト孔壁の荷重-ひずみ関係

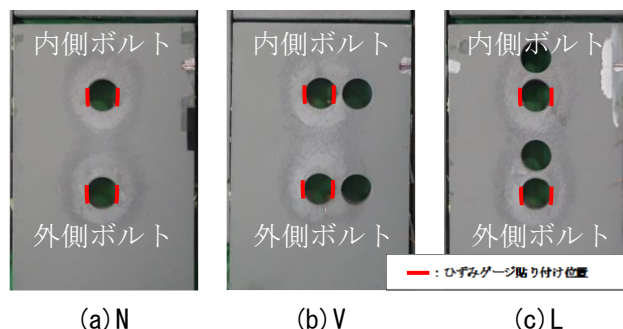


図-5 試験後の接合面(母材)

<参考文献>

- 1) 田中敦夫, 増田浩志, 脇田廣三, 辻岡静夫, 平井敏二, 立山英二: 過大孔・スロット孔を有する高力ボルト摩擦接合部の力学性状, 鋼構造論文集, 第5巻, 第20号, pp. 34-44, 1998. 12.
- 2) 山本淳史, 中川翔太, 山口隆司, 桑山豊六, 山内幸政, 寺田能通: 追加孔を有する高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力試験, 鋼構造年次論文報告集, Vol24, pp. 37-44, 2016.
- 3) 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
- 4) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, II 鋼橋・鋼部材, 2017. 11.