

一部に支圧ボルトを用いた多列高力ボルト摩擦接合継手のすべり挙動

石川工業高等専門学校 正会員○高井 俊和
大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
石川工業高等専門学校 三宅 綾里

大阪市立大学大学院 学生員 森山 仁志
大阪市立大学大学院 正会員 山本 佑大

1. 目的

高力ボルト摩擦接合継手では、1 ボルト線上に並ぶボルト本数が増えるとボルトに作用する力が不均等[1]となり、すべり係数が低下する。
本研究では、多列の高力ボルト継手において、摩擦接合用の高力ボルトの一部を支圧ボルトに置き換え、ボルト軸部とボルト孔壁の接触による荷重伝達によりすべり荷重が向上することを期待して FEM 解析により簡易的な検討を行った。

2. 解析モデル

解析対象は既往の研究[2]を参照して、多列によりすべり係数が低下する 1 行 12 列の継手とした。継手の諸元を表 1 に、鋼材の機械的性質を表 2 に示す。
解析モデルの概要を図 1 に示す。解析モデルは、継手のすべり試験体を参考にした形状で、対称性を考慮した 8 分の 1 モデルである。ソリッド要素を用い、要素長は 5 mm 程度としている。接合線側を内側、反対側を外側、ボルト番号は内側から外側へ 1 から 12 とする。
支圧ボルトのモデル化は、簡易検討のため、ボルトの形状、材質は変更せず、摩擦接合用ボルトと同一である。代わりにボルト孔径をボルトの呼び径と等しく 22 mm とすることで、ボルト軸部とボルト孔壁を密着させ、支圧ボルトの状態を再現している。

3. 解析ケース

解析ケースの一覧を表 3 に示す。接触面の対称性を確保するため、支圧ボルトは対称に配置している。ケース B2t, B2c は、継手すべり時の摩擦力の分担が小さくなる接触面中央のボルト 6, 7 を支圧ボルトとしている。B4t, B4c は、すべり時の母板と連結板の相対変位が最も大きい接触面両端のボルト 1, 12 を支圧ボルト化している。B3t, B3c はそれらの間で、接触面を長さ方向にほぼ 3 等分するようにボルト 4, 9 を支圧ボルト化したケースである。

キーワード 支圧ボルト, 高力ボルト摩擦接合継手, すべり挙動, すべり荷重

連絡先 〒929-0392 石川県河北郡津幡町北中条 石川工業高等専門学校 環境都市工学科 TEL076-288-8165

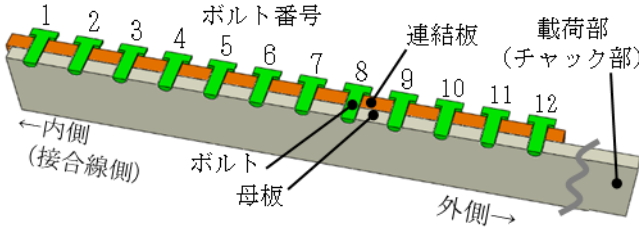
表 1 継手の諸元

母板厚	(mm)	50
連結板厚	(mm)	26
板幅	(mm)	262
ボルト呼び径		M22
ボルト孔径 (摩擦)	(mm)	24.5
ボルト孔径 (支圧)	(mm)	22*
導入ボルト軸力	(kN)	205
ボルト列数		12
摩擦係数		0.5
すべり／降伏耐力比 β		0.57
母板／連結板降伏耐力比 γ		1.04

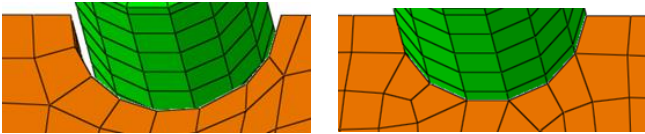
* 支圧ボルトのモデル化は簡易的な検討のため、ボルト孔径を変更した

表 2 鋼材の機械的性質

母板	鋼種	SM4900Y
	降伏点 (N/mm ²)	363.3
連結板	鋼種	SM4900Y
	降伏点 (N/mm ²)	375.7
高力ボルト	等級	F10T
	耐力 (N/mm ²)	900



(a) モデル全体



(b) 摩擦ボルトの要素分割 (c) 支圧ボルトの要素分割

図 1 解析モデルの概要

表 3 解析ケース

解析ケース名		摩擦／支圧ボルトの配置※											
		←内側						外側→					
引張	圧縮	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1t	1c	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B2t	B2c	○	○	○	○	○	●	●	○	○	○	○	○
B3t	B3c	○	○	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○
B4t	B4c	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●

※ 1～12はボルト番号, ○は摩擦ボルト, ●は支圧ボルト

表 4 解析結果

解析ケース		すべり荷重 P_{slip} (kN)	すべり係数	
			μ_0 *	増減率
引張 荷重	1t	2,169	0.441	—**
	B2t	2,172	0.441	0.1%
	B3t	2,178	0.443	0.4%
	B4t	2,322	0.472	7.0%
圧縮 荷重	1c	2,236	0.455	—**
	B2c	2,240	0.455	0.2%
	B3c	2,255	0.458	0.8%
	B4c	2,505	0.509	12.0%

* μ_0 は導入ボルト軸力(12×205=2,460 kN)により算出

** 増減率は引張, 圧縮それぞれ1t, 1cに対する値

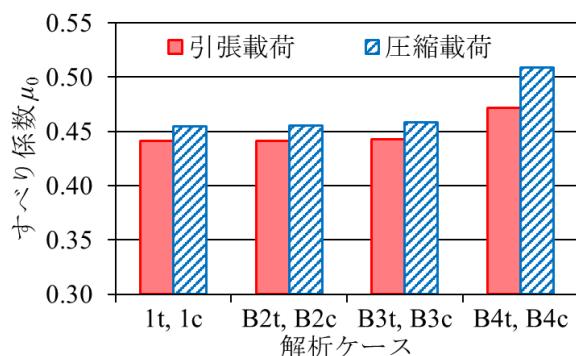


図 2 すべり係数の比較

4. 解析結果

解析結果を表 4 にまとめる. すべり係数の比較を図 2 に示す. なお, すべり荷重を決定するためのすべり発生定義は, 継手内側のコバ面における母板と連結板のずれ(内側相対変位)に着目し, 「解析における最大荷重発生時, もしくは母板と連結板の接触面の内側相対変位が 0.2 mm に達した時のうち, 内側相対変位が小さい方の時点[2]」としている.

ボルト 6, 7 を支圧ボルト化した B2t, B2c, およびボルト 4, 9 を支圧ボルト化した B3t, B3c のケースは, すべり係数の上昇が最大でも 0.8%程度とほとんど効果が見られなかった. 対して, 接触面両端のボルト 1, 12 を支圧ボルト化した B4t, B4c では, すべり係数が 7~12%程度上昇することが確認できた.

5. ボルト軸力

ボルトごとに得られたすべり時のボルト軸力の合計値を図 3 に示す.

すべり係数が上昇した B4t と B4c のケースのボルト軸力は, 他のケースと比べても特に上昇していないことから, 摩擦抵抗には差が生じない. したがって, すべり係数の上昇分は, 支圧ボルト化による効果と考えられる.

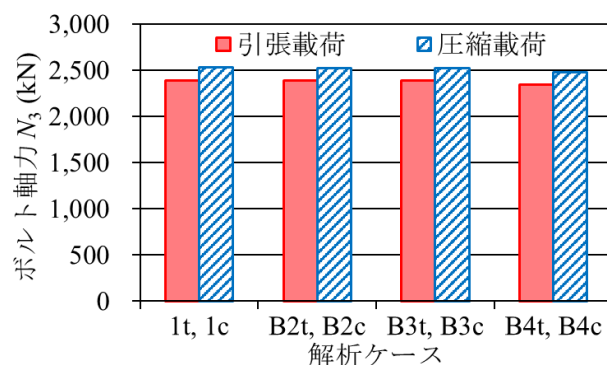


図 3 すべり時のボルト軸力

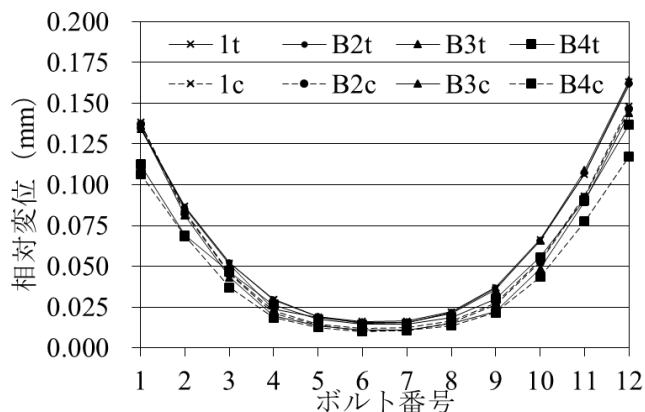


図 4 すべり時の母板・連結板の相対変位

6. 母板・連結板相対変位

すべり時のボルト孔壁における母板と連結板の相対変位の分布を図 4 に示す.

ボルト 4~9 の中央部の相対変位量は 0.05 mm 以下と小さく, 支圧ボルト化で期待したボルト軸部とボルト孔壁との接触によるすべり荷重の上昇には至らなかったと考えられる. 対して, ボルト 1, 12 は相対変位量が 0.1 mm 以上と他の位置と比べて大きく, 支圧ボルト化による軸部と孔壁との接触によるすべり荷重の上昇効果があったと考えられる.

したがって, 母板と連結板の相対変位が大きい部位に支圧ボルトを配置することで, すべり荷重の上昇が見込まれると考えられる.

謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP16H04401 の助成を受けたものです. ここに記して感謝の意を表します.

参考文献

- [1] 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, II 鋼橋編, 2012.3
- [2] 土木研究所, 大阪市立大学: 高力ボルト摩擦接合継手の設計法の合理化に関する共同研究報告書, 共同研究報告書, 第 428 号, 2012.1