

## 高力ボルト摩擦接合継手の横拘束のすべり挙動に与える影響

九州工業大学 正会員 ○高井 俊和  
 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  
 大阪市立大学大学院 学生会員 山本 佑大

### 1. はじめに

高力ボルト摩擦接合継手の力学実験では、標準すべり試験[1]に代表されるようにボルトを 1 行配置した継手がよく用いられる。これは、図 1 に示すように実構造の複数行あるボルトの群配置から 1 行ぶんと取り出した構造に相当する。継手作用荷重のポアソン効果による板やせや、過大な荷重が作用したときの塑性変形によるネッキングは、1 行配置ではコバ面に横拘束がなく図 2 のように板厚方向に加えて板幅方向にも生じるが、群配置では隣のボルト行があり板幅方向に連続のため板厚方向のみとなる。

本検討では高力ボルト摩擦接合継手のコバ面の横拘束に着目して、ボルトの群配置と 1 行配置の違いのすべり挙動への影響を FEM 解析により確認した。

### 2. 解析ケース

解析対象とした継手の諸元を表 1 にまとめる。着目パラメータは、ボルト列数 (少数列の 3 列, 多列の 12 列), すべり/降伏耐力比  $\beta$  (すべり先行の 0.65, 遷移領域の 0.9, 降伏先行の 1.2) である。これに加えて、ボルト配置の違い (1 行, 群配置) を設定している。群配置の継手の 1 行ぶんと 1 行配置は同じ諸元である。これらの組み合わせで合計 12 のケースを設定している。

### 3. 解析条件

解析プログラムは Abaqus Standard v6.13 を使用した。解析手法は既往の研究[2]を参考とした。解析モデルは図 3 に示すように 3 方向とも対称性を考慮した 8 分の 1 モデルとしている。また、群配置のケースは、1 行配置のケースのコバ面に板幅方向の対称境界条件を与えることで、簡易的に群配置を模擬している。変位増分により母板端部に変位を与えて継手に引張荷重を作用させた。

すべり発生の定義は、母板と連結板の相対変位に着目し、「解析における最大荷重時、もしくは内側相対変位が 0.2 mm に達した時点のうち、内側相対変位が小さい方の時点[2]」とし、この時点の継手に作用する荷重をすべり荷重としている。

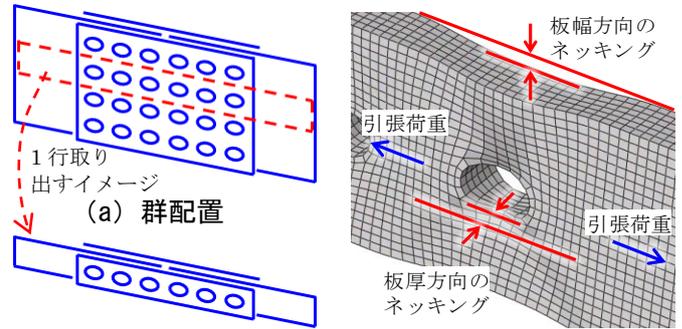


図 1 ボルト配置  
 図 2 母板のネッキングの例 (1 行配置)

表 1 継手諸元

設計条件	すべり/降伏耐力比 $\beta$	約0.65		約0.9		約1.2	
ボルト	ボルト本数	3本	12本	3本	12本	3本	12本
等級		F10T					
呼び		M22					
耐力 (N/mm <sup>2</sup> )		900					
引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )		1,000					
接合面数		2					
設計ボルト軸力 (kN)		205					
摩擦係数		0.5					
すべり耐力 (kN)		615	2,460	615	2,460	615	2,460
母板・連結板	鋼種	SM490Y					
	降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	355					
	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	490					
	母板厚 (mm)	28	90	28	90	28	90
	連結板厚 (mm)	14	45	14	45	14	45
	縁端距離 (mm)	40					
	ピッチ (mm)	75					
	板幅 (mm)	120	144	94	112	76	90
	ボルト孔径 (mm)	24.5					
	純幅 (mm)	95.5	119.5	69.5	87.5	51.5	65.5
	純断面降伏耐力 (kN)	949	3,818	691	2,796	512	2,093
$\beta$	すべり/降伏耐力比 $\beta$	0.648	0.644	0.890	0.880	1.201	1.176

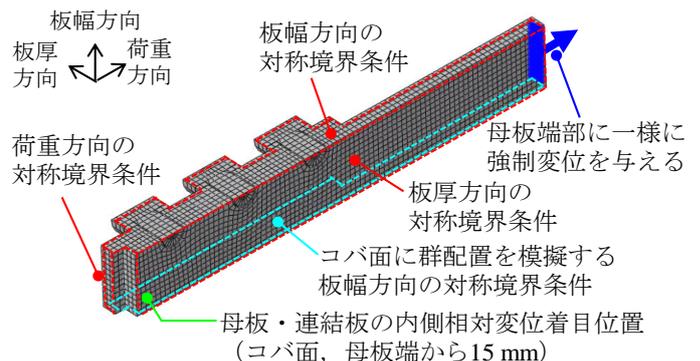


図 3 境界条件および相対変位着目位置

### 3. 解析結果および考察

図4にFEM解析で得られた荷重-相対変位関係の一例を示す。3列はいずれのケースとも最大荷重で、12列はいずれとも内側相対変位が0.2mmの時点ですべり発生となった。

図5にすべり係数をまとめる。すべり係数は、設計ボルト軸力に対する値である。3列のすべり係数は1行配置の方が1%ほど高いものの、ほぼ同等となった。12列は群配置より1行配置のすべり係数が4%ほど、わずかに低くなった。

図6にすべり時のボルト軸力を示す。12列のケースも含めて1行配置と群配置の差は1~2%程度と、すべり時のボルト軸力にはほぼ差がなかった。

図7にすべり時の継手全体のびを示す。対称モデルのため、対称面と母板端部ののびを2倍した値を示している。継手全体のびは1行配置の方が5%前後大きくなった。その要因は、図8に応力分布を示すように、1行配置と群配置でコバ面の板幅方向の拘束が異なり、1行配置の方がボルト孔からコバ面に向かい応力が高い部分が存在し、のびが大きくなったからと考えられる。図4に示した荷重-相対変位関係でも、すべり発生前の段階から同じ荷重レベルで1行配置の方が大きく、この傾向は同様である。

12列で群配置より1行配置のすべり係数が低くなった要因として、相対変位によりすべり荷重を決定したため、同じ荷重レベルでも相対変位が大きい1行配置の方が荷重漸増時に早期に0.2mmに達し、すべり荷重が低くなったためと考えられる。

### 4. まとめ

コバ面に対称境界条件を与えてボルトの群配置を簡易的に模擬した検討により、1行配置の継手は群配置と比べて、すべり係数が同等か、わずかに低くなる結果が得られた。本研究のケースから、母板、連結板の相対変位ですべり係数を評価すると、1行配置の方が低くなる可能性があることが分かった。

#### 謝辞

本検討は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] 土木学会鋼構造委員会：高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針(案)，鋼構造シリーズ15，2006.12

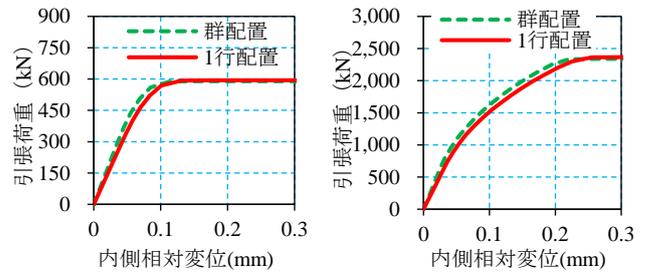


図4 荷重-相対変位関係 ( $\beta=0.65$ )

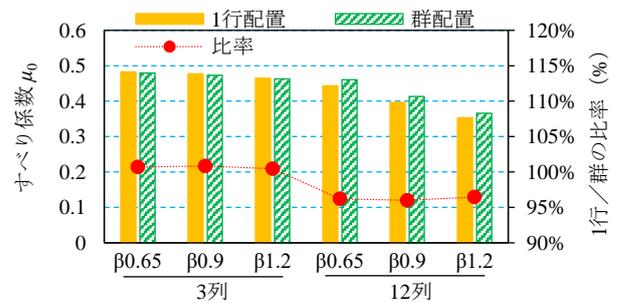


図5 すべり係数

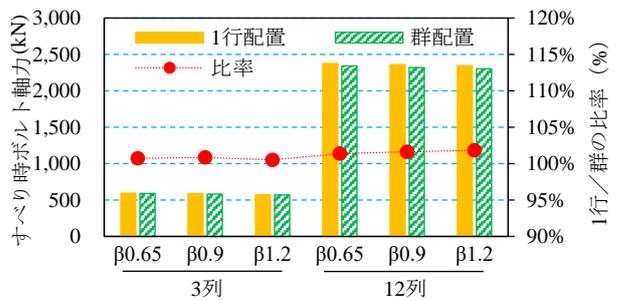


図6 すべり時のボルト軸力

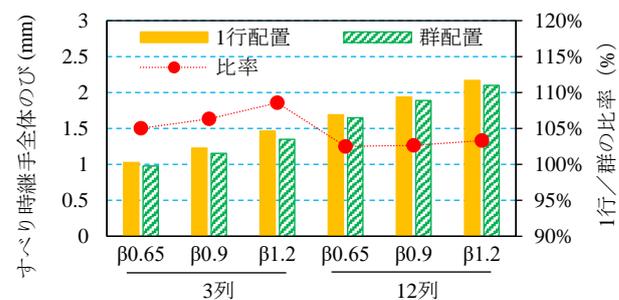


図7 すべり時の継手全体のび

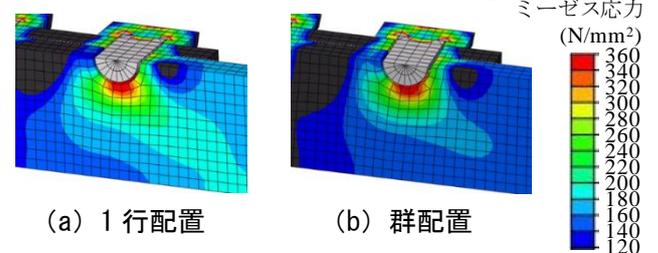


図8 すべり時の母板対称面の応力分布 (3列,  $\beta=0.65$ )

[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，土木研究所，2012.1