

1. 目的

道路橋示方書では高力ボルト摩擦接合継手でフィラーを用いる場合、母材の鋼種にかかわらず一般構造用圧延鋼材としてよいとされている。既往の研究¹⁾でも継手のすべり挙動が確認されている。しかし、道路橋示方書の限界状態 3 が想定するようなすべり後挙動において、異なる材質のフィラーの挙動には不明な点がある。本検討では、継手のすべり試験を想定し、板厚方向の変位の拘束を伴わない場合のすべり後挙動におけるフィラーの材質の影響を確認した。

2. 解析ケース

継手の諸元を表 1 に示す。母板、連結板は SM570、フィラーは SM570 と降伏点の低い SS400 とした。道路橋示方書でフィラーの板厚の上限が、母板の厚い側の 1/2 または 25 mm 程度とされているため、フィラー厚の最も厚いケースで 25 mm とした。

着目パラメーターは、すべり/降伏耐力比 β 、フィラー厚、フィラーの材質、連結板厚とした。解析ケースは表 2 に示す合計 15 ケースを設定した。

3. 解析方法

本検討では、接触を考慮した静的弾塑性 FEM 解析を行った。解析手法は文献 2) を参考にし、解析プログラムは Abaqus Standard v6.13 を使用した。解析モデルの形状を図 1 に示す。解析モデルは対称性を考慮しフィラーなしのケースは 1/4 モデル、フィラーありのケースは 1/2 モデルとしている。

すべり発生の定義は、母板と連結板のずれ(相対変位)に着目し、相対変位が 0.2mm に達した時点とした。着目位置は、継手内側の母板端から 15mm の位置とした。また、相当塑性ひずみが JIS に規定されている破断のびの下限値である SM570 は 26%、F10T は 14% に達した時点で延性き裂が生じるとみなした。その時点の作用荷重を終局荷重とした。母板、連結板の純断面引張破断、ボルト軸部のせん断破断を想定し、各部位の相当塑性ひずみを確認した。

表 1 継手の諸元

すべり/降伏耐力比 β	0.65	0.9	1.2
等級, 呼び, ボルト配置	F10T, M22, 1行4列		
耐力	N/mm ² 900		
引張強さ	N/mm ² 1,000		
設計ボルト軸力	kN 205		
設計せん断最大荷重	kN 1,756		
摩擦係数	0.5		
設計すべり荷重	kN 820		
鋼種 (母板, 連結板)	SM570		
鋼種 (フィラー)	SS400, SM570		
降伏点	N/mm ² 245, 450		
引張強さ	N/mm ² 400, 570		
母板厚 (薄い側)	mm 25		
母板厚 (厚い側)	mm 25, 38, 50		
フィラー厚	mm 0, 13, 25		
連結板厚	mm 13, 19, 25		
板幅	mm 137	mm 106	mm 86
ボルト孔径	mm 24.5		
縁端距離, ピッチ, 母板遊間	mm 40, 75, 20		
母板純断面降伏荷重	kN 1,266	kN 917	kN 692

表 2 解析ケース

ケース名	β	フィラー		連結板厚
		板厚	鋼種	
β 0.65 13 na	0.65	なし		13mm
β 0.65 13 13l		13mm	SS400	
β 0.65 13 13h			SM570	
β 0.65 13 25l		25mm	SS400	
β 0.65 13 25h			SM570	
β 0.9 13 na	0.9	なし		13mm
β 0.9 13 25l		25mm	SS400	
β 1.2 13 na	1.2	なし		13mm
β 1.2 13 25l		25mm	SS400	
β 0.65 19 13l	0.65	13mm	SS400	19mm
β 0.65 19 13h			SM570	
β 0.65 25 25l		25mm	SS400	25mm
β 0.65 25 25h			SM570	
β 0.9 25 25l	0.9	25mm	SS400	25mm
β 1.2 25 25l	1.2		SS400	

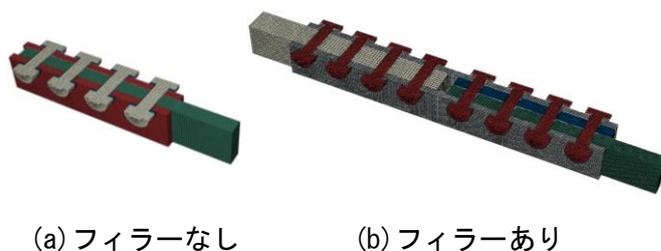


図 1 解析モデル

4. 解析結果・考察

解析で得られたすべり係数を図 2 に示す。フィルターの材質が SS400 と SM570 ですべり荷重は変わらず、すべり係数も同じ値が得られた。

また、すべり後挙動を確認したところ、終局荷重は図 3 に示す結果が得られた。終局荷重は、SS400 の方が SM570 に比べ 1~5kN ほど低いもののその差は終局荷重に対してわずかであり、材質による変化はほとんど見られなかった。すべり/降伏耐力比 β が大きいほど、終局荷重が低くなった。これは、 β が大きいほど板幅が狭く、母板の純断面積が小さいため、降伏耐力が低く、終局荷重も低くなったためである。最も早く終局に至った部位は、ほとんどのケースで薄い側の母板の一番外側のボルト孔縁となった。 $\beta 0.65$ のフィルター厚が 25mm のとき、連結板が薄い 13mm のケースは連結板の一番内側のボルト孔縁で、連結板が厚い 25mm のケースは一番内側のボルト軸部のせん断で終局状態に至った。

本検討ではすべり試験を想定し母板の板厚方向の変位を拘束しておらず、左右の母板にはたらく引張荷重の偏心により、図 4 のように終局時において面外変位が最大で 6 mm 程度生じた。

また、終局時のフィルターのミーゼス応力分布を図 5 に示す。SS400 の降伏点である 245N/mm² を上回る部分を灰色で示す。ボルト軸部とボルト孔の支圧により部分的に降伏が生じているが、全断面降伏に至るまでの高い応力は見られなかった。

5. 結論

すべり挙動では、材質の違いによる影響は見られなかった。また、すべり後挙動でも材質の違いにより終局荷重の差はほとんどなく、降伏に至る部分が極めて局所的であったことから、降伏点の低いフィルターを用いても差し支えないと考えられる。

参考文献

- 1) 亀井 義典, 池端 文哉, 西村 宣男: 低材質フィルタープレートをを用いた高力ボルト摩擦接合継手の限界状態, 構造工学論文集, Vol. 43A, pp. 65-72, 1997.3
- 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, 第 428 号, 土木研究所, 2012.3

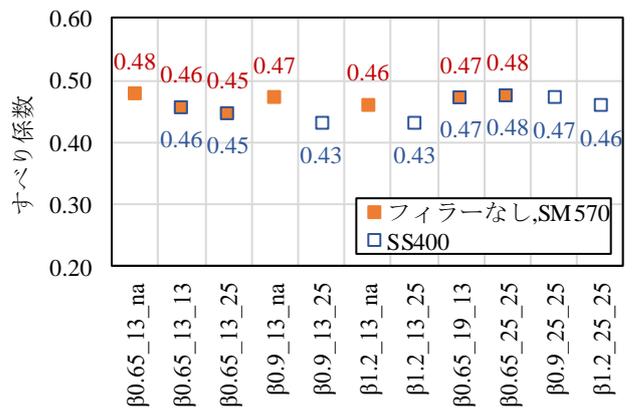


図 2 すべり係数の比較

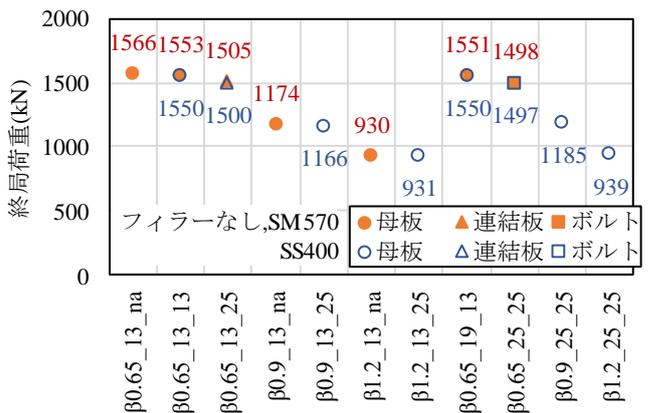


図 3 終局荷重の比較

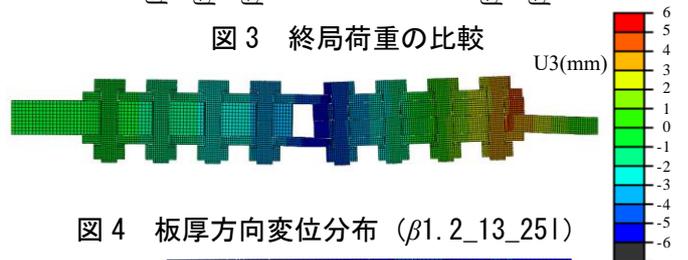


図 4 板厚方向変位分布 ($\beta 1.2_{13_25}$)

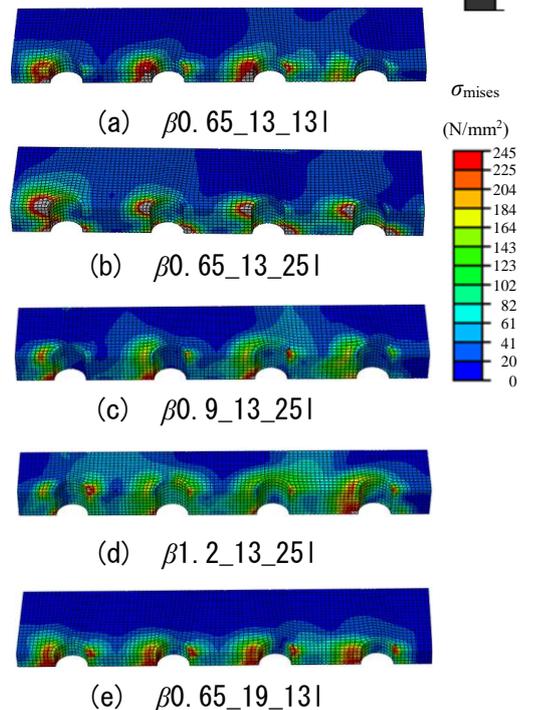


図 5 終局時のミーゼス応力分布 (フィルターの材質: SS400)