

低降伏点フィラーを用いた面外拘束下の高力ボルト摩擦接合継手のすべり後挙動

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

九州工業大学 学生会員 松本 結実
 熊本大学大学院 正会員 森山 仁志

1. はじめに

道路橋の高力ボルト摩擦接合継手の設計では、図1のように母材に板厚差がありフィラーを用いるとき、フィラーは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[1]とされている。すべり以降の限界状態3の照査ではフィラーの強度が設計上見込まれていない。この規定のため、母材より降伏点が高い材質のフィラーが用いられる場合がある。一方で、フィラーを用いた継手のすべり後挙動に関する調査、研究は少なく、すべり後挙動におけるフィラーの降伏点の影響の詳細は不明な点がある。本検討では高力ボルト摩擦接合継手の母板および連結板よりも降伏点の低いフィラーを用いた場合のすべり後挙動への影響をFEM解析により確認した。

2. 解析ケース

解析ケースを表1に、継手の諸元を表2にまとめる。高力ボルトを片側に1行4列配置した継手とした。フィラー厚0mmはフィラーなしのケースである。着目パラメータは、すべり/降伏耐力比 β 、フィラーの板厚と材質である。母板と連結板の材質はSM570、フィラーはSM570またはSS400とした。

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2に示すように対称性を考慮した4分の1モデル、フィラーなしのケースのみ8分の1モデルとした。鋼I桁の継手部でウェブとフランジの溶接部の近くでは引張荷重作用時の面外変形が抑制されると仮定し、母板の中立面の面外変位を拘束した。

すべり荷重は母板端から15mm位置の薄い側の母板と連結板間の内側相対変位が0.2mmに達した時点の引張荷重とした。また、相当塑性ひずみがJISに規定される破断のびの下限值である26%(SM570)、14%(F10T)に達した時点で延性き裂が生じるとみなし、その時点の引張荷重を終局荷重とした。延性き裂による破断は母板、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た。

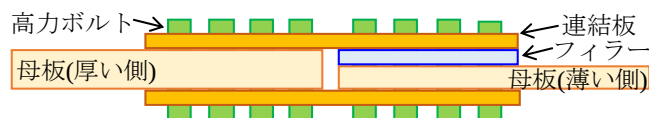


図1 フィラーを用いたボルト継手の部材構成例

表1 解析ケース

解析ケース名 (フィラー材質)		β	母板厚		連結 板厚 mm	フィ ラー厚 mm
(SM570)	(SS400)		厚い側 mm	薄い側 mm		
c065-13-00	—	0.65	25	25	13	0
c065-13-13	c065-13-13L		38			13
c065-13-25	c065-13-25L		50			25
c090-13-00	—	0.9	25			0
—	c090-13-25L		50			25
c120-13-00	—	1.2	25			0
—	c120-13-25L		50			25

表2 継手諸元

目標すべり/降伏耐力比 β	0.65	0.9	1.2
片側ボルト本数	4		
等級、呼び	F10T M22		
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		
フィラー厚 mm	0, 13, 25		
母板厚(厚い側) mm	25, 38, 50		
連結板厚 mm	13		
板幅 mm	137	106	86
ボルト孔径 mm	24.5		
純幅 mm	112.5	81.5	61.5
縁端距離, ボルトピッチ mm	40, 75		
母板遊間 mm	20		
母板純断面最大荷重 kN	1,603	1,161	876
連結純断面最大荷重 kN	1,667	1,208	911
すべり/降伏耐力比 β	0.648	0.89	1.19

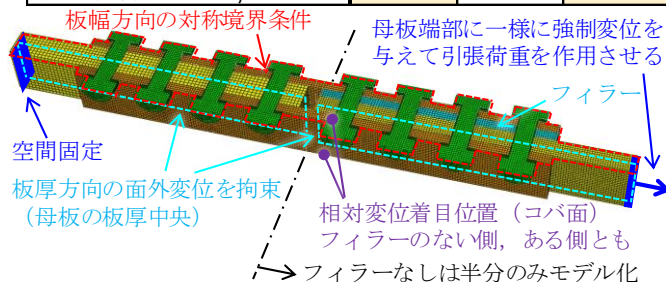


図2 解析モデルの概要

3. 解析結果および考察

解析で得られたすべり係数を図 3 に示す。フィラーの材質の違いでは、すべり係数に差が見られなかった。すべり時の接合面には、せん断降伏応力に達する摩擦応力が生じないため、フィラーの降伏点の違いが影響しなかったと考えられる。フィラーなしに対するフィラーありのケースのすべり係数の低下は最大で 10% 程度となった。

終局荷重を図 4 に示す。いずれのケースとも薄い側の母板の一番外側のボルト孔壁のひずみが最も早く終局となった。終局モードは母板の純断面引張破断に相当する。フィラーの材質の違いでは、終局荷重に差は見られなかった。フィラーなしに対するフィラーありのケースの終局荷重はいずれも 1% 以下となった。差がない原因として、終局が母板のボルト孔壁で決定され、フィラー挿入による左右の連結板の荷重の片寄りの影響が表れにくかったためと考えられる。なお、c090 と c120 のケースの終局荷重が c065 のケースに比べ低いのは、すべり／降伏耐力比 β が大きく、純断面耐力が低いためである。

図 5 に終局荷重時のフィラーのミーゼス応力分布を示す。灰色が降伏領域である。ボルト孔近傍で降伏が生じた。これはすべりの進展によって生じるボルト孔壁とボルト軸部の接触によるものである。フィラーの降伏点が高い方が、降伏領域が狭くなったが、降伏点が高い場合でも降伏領域はボルト孔のごく近傍にとどまっている。降伏領域の範囲が限定的であり、フィラーの全断面降伏に至るようなものではなくフィラーの降伏点の違いの継手終局耐力への影響はないと考えられる。

4. まとめ

本解析より母板純断面破断で終局となるケースでは、終局荷重に差がないこと、フィラーに生じる降伏領域が局所的であることから判断すると、高力ボルト摩擦接合継手のすべり後挙動においても降伏点の低いフィラーを用いても差し支えないと考えられる。

参考文献

- [1] 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，II 鋼橋・鋼部材編，2017.11
- [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，2012.1

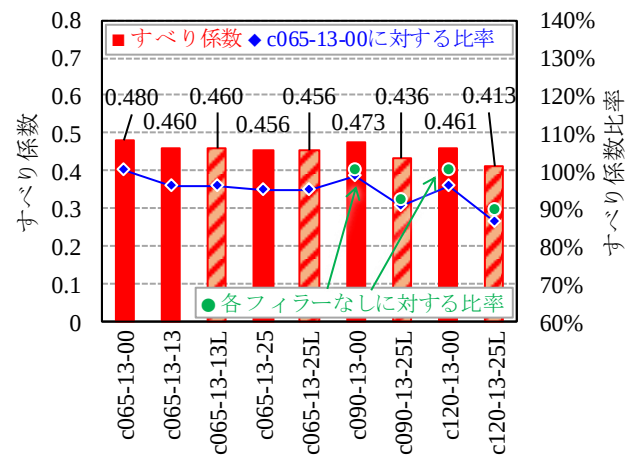


図 3 すべり荷重

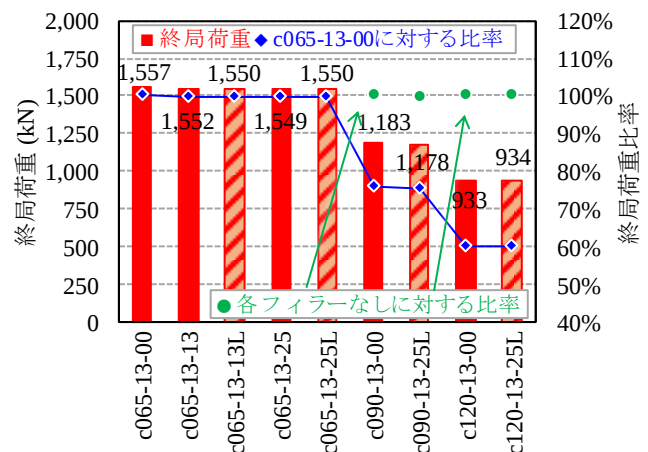


図 4 終局荷重

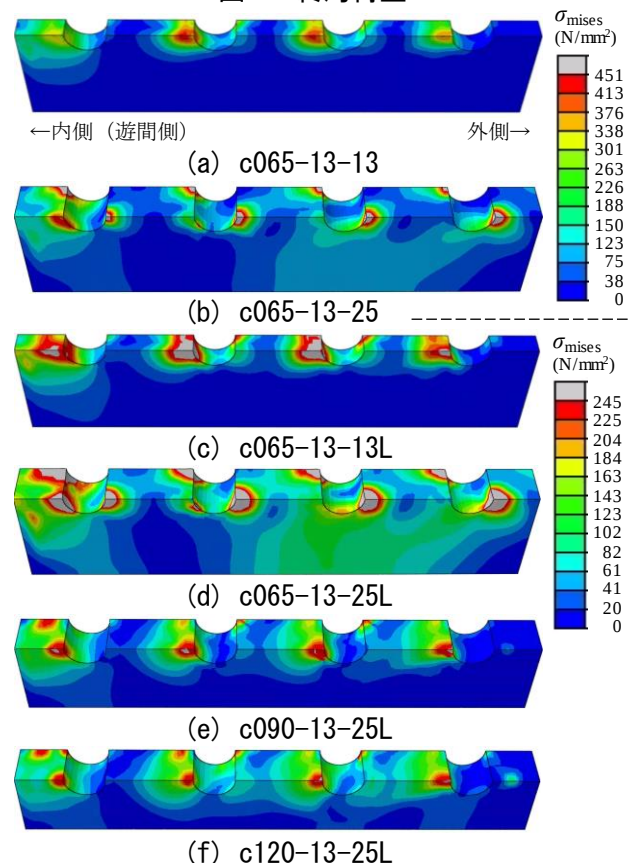


図 5 終局荷重時のフィラーのミーゼス応力分布 (灰色が降伏領域)