

片面施工摩擦支圧併用ボルトのテーパの角度が継手の伝達荷重に与える影響に関する解析的検討

大阪公立大学大学院
大阪公立大学大学院

学生員
正会員

○小村 政孝
林 巖

大阪公立大学大学院
POP リベットファスナー株式会社

正会員
非会員

山口 隆司
篠田 佳典

1. 研究背景と目的

高力ワンサイドボルトの導入できる軸力は、軸部がコアピンとスリーブの二重構造であるため、同じ下穴径に対して、高力六角ボルトよりも小さい。そこで、筆者らは図-1 のようにスリーブをボルト孔壁に接触させる支圧機構を付与し、ボルト1本あたりの伝達荷重が、高力六角ボルト F10T 相当の高力ワンサイドボルト(以下、併用ボルト)を開発中りである。

本研究ではFEM 解析より、ワンサイド高力ボルトを用いた継手の伝達荷重を上昇させることを目的に、支圧機構のスリーブ形状が継手の伝達荷重に与える影響を検討した。

2. 解析概要

表-1,2 に対象とする継手の構造諸元とボルトの部品形状を示す。併用ボルトは、スリーブがアッパー・ミドル・ロワースリーブの3つに分かれており、それらの境界にテーパを設けることで、アッパー・ロワースリーブの一部がボルト孔壁と接触する機構を有する。TypeA ではそれぞれのテーパの角度 α 、 β を 40° とし

TypeB では支圧力を増加させるために、ミドル・ロワースリーブ間のテーパの角度 β を 10° まで鋭くした。また、頭部形成前にコアピンが支圧力と軸力により降伏することを防止するため、アッパースリーブの厚さ t_u を薄くすることで座屈荷重を低下させた。各ケースと比較する高力六角ボルトは M22F10T(HTB)とする。

解析ソルバーは Abaqus/Standard2022 を用いた。解析には、軸対称モデルと対称性を考慮した 1/4 モデルの2種類を用いた。1/4 モデルを図-2 に示す。

軸対称モデルはメッシュサイズ 1 辺 0.1mm から 1.5mm のシェル要素でモデル化した。コアピンの強制変位により締結を再現し、併用ボルトを締結した際のスリーブの変形状態、軸力と接触力・支圧力の関係を明らかにした。

1 行 2 列継手の 1/4 モデルはソリッド要素でモデル化した。ボルト軸力導入後、引張解析により、摩擦力和支圧力を合わせた荷重伝達力を取得した。併用ボルトは、軸対称モデルより明らかにしたスリーブが変形した形状でモデル化し、ボルト軸力を導入した。

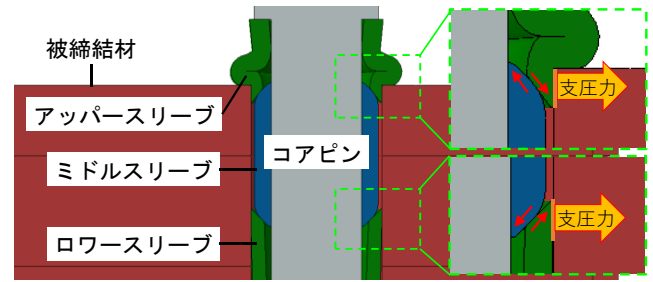


図-1 支圧機構の例 (TypeA)

表-1 継手の構造諸元

ケース名	部位	板幅 w (mm)	板厚 t (mm)	孔径 d (mm)	ボルトピッチ p (mm)	縁端距離 e (mm)	鋼種
HTB	母板	100	16	24.5	90	60	SM490Y
	添接板	100	12				
TypeA	母板	100	16	26	90	60	
TypeB	添接板	100	12				

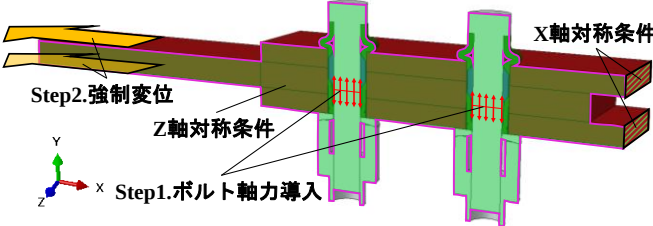
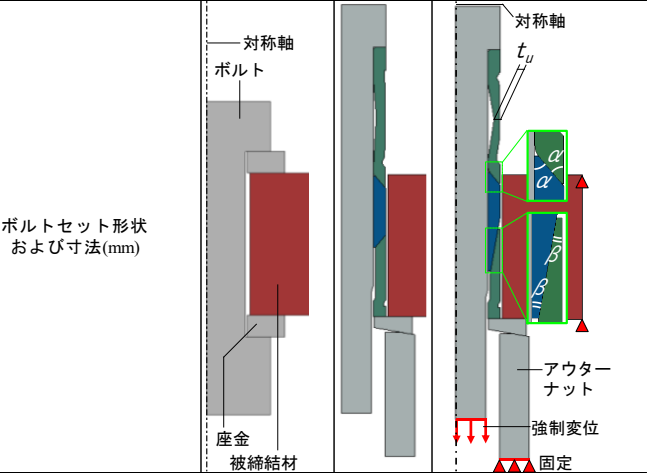


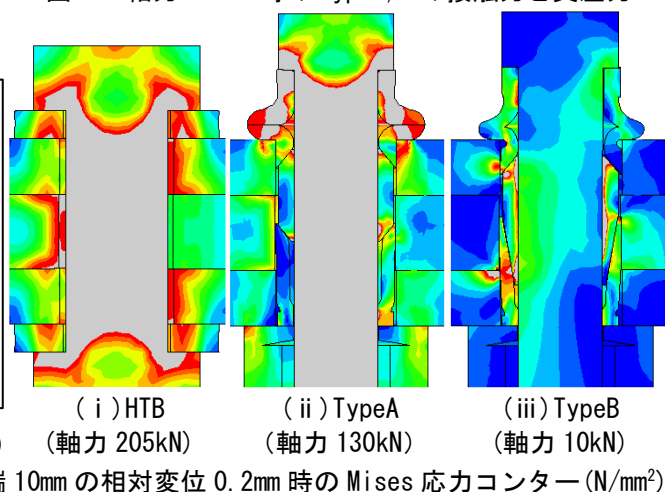
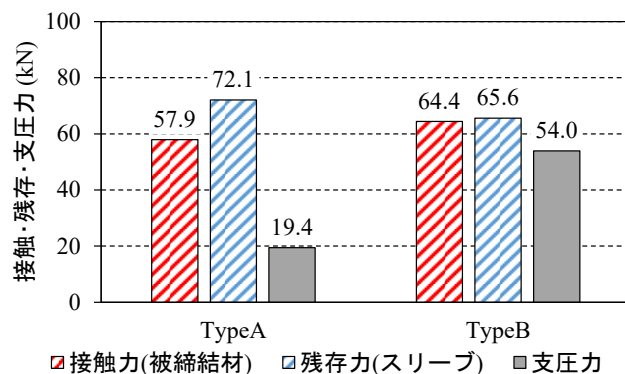
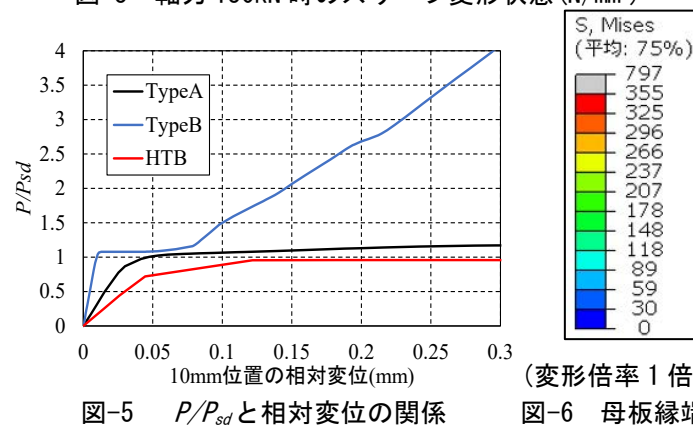
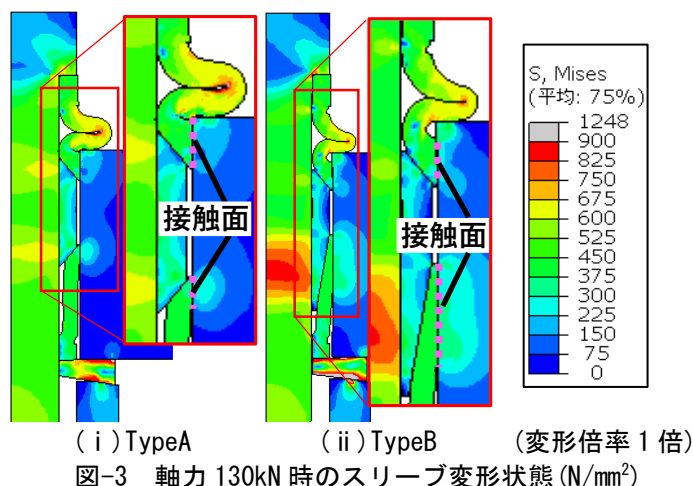
図-2 1/4 解析モデル (TypeA)

表-2 ボルトセットの部品形状と構造諸元

ケース名	HTB	TypeA	TypeB
説明	高力六角ボルト	基本モデル	基本モデルと比較して ① t_u を薄くして座屈荷重を低減 ② β を小さくして支圧力を増加
アッパースリーブの 最小厚さ t_u (mm)	-	2.50	1.56
アッパー/ミドルスリーブ間の テーパ角度 α (°)	-	40	
ミドル/ロワースリーブ間の テーパ角度 β (°)	-	40	10
ボルト/コアピンの軸径(mm)	22	18	



キーワード 片面施工ボルト, 併用接合, 支圧力
連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪公立大学 Tel&Fax 06-6605-2765



接触条件には摩擦係数 0.1 の等方性クーロン摩擦を用いた。応力-ひずみ関係は、アッパー・ロワースリーブではマルチニア型、その他ではバイリニア型とした。各ケースのボルトに導入する軸力は、ボルトとコアピンの軸径に対応する設計軸力とし、HTB(M22F10T)は 205kN、TypeA(M18F10T)は 130kN とした。ただし、TypeB のみ 10kN とした。

3. 結果と考察

軸対称モデルより取得した軸力 130kN 時点のスリーブの変形状態 (Mises 応力コンター) および TypeA, B の被締結材・アッパー・スリーブ間の接触力、アッパー・スリーブの残存力、支圧力をそれぞれ図-3, 4 に示す。図-3 より、TypeB は TypeA よりもスリーブとボルト孔壁の接触面積が広いことがわかる。しかし、TypeB コアピンの Mises 応力は軸力と支圧力により TypeA よりも高く、降伏に近い応力状態である。また、図-4 より被締結材の接触力/軸力は TypeA が 45%、TypeB が 50%である。TypeA よりも TypeB の方が、ロワースリーブの変形は大きいため、スリーブの負荷が軽減されたと考えられる。また、支圧力/スリーブの接触力は、ミドル・ロワースリーブ間のテーパ角度 β が TypeB の方が小さいことにより、TypeB が約 82%となり TypeA より高くなっ

た。支圧力の大きさは TypeA に対して TypeB が約 170% 高く、導入軸力の約 42%に相当する。

図-5 に継手の各ケースのすべり荷重の設計値による無次元化荷重 P/P_{sd} と母材縁端 10mm 位置の相対変位の関係を示す。また、図-6 に相対変位 0.2mm 時の 1 列目のボルトの Mises 応力コンターを示す。併用ボルトは締付けた時点で支圧状態であるため、初期剛性が大きく、TypeA よりも TypeB の方が大きい。これは、初期の支圧力が高いことと、スリーブの接触面が母板と添接板にわたり広いことが原因であると考えられる。また、TypeB では支圧力により P/P_{sd} が増加し、母材縁端 10mm の相対変位 0.2mm 時点で HTB と比較して約 3 倍、TypeB と比較して約 2 倍大きい結果となった。

4. まとめ

併用ボルト TypeB について、ロワー・ミドルスリーブのテーパ角度 β を 40° から 10° へ変更することで、支圧力の大きさは約 170%増加し、締付時のスリーブの接触力の 82%を支圧力へ変換できた。また、テーパ角度が鋭いことで締付時の支圧力が上昇し、相対変位 0.2mm 時の継手の荷重/設計すべり荷重比 P/P_{sd} は HTB と比較して約 3 倍となった。

参考文献

1) 中本勇, 山口隆司, 彭瑞: 片面施工摩擦支圧併用継手の荷重伝達メカニズムに関する解析的検討, 構造工学論文集 Vol.68A, pp399-409, 2022.3