

第 I 部門

片面施工が可能なメカニカル支圧リベットボルトの荷重伝達メカニズムに関する基礎的研究

大阪市立大学工学部 学生員 ○中本 勇

大阪市立大学工学院 正会員 山口 隆司
ポップリベット・ファスナー (株) 正会員 迫田 寛司

1. はじめに

鋼橋の劣化が顕在化しており、損傷部の補修・補強工法に当て板工法が用いられることが多い。特に、対象部材が閉断面の場合、片面施工ボルトが適用される¹⁾。片面施工ボルトの導入軸力はコアピンの材料と軸径によって決定される。一般に、座屈変形によりボルト頭部を形成するバルブスリーブがコアピンを覆う構造であるため、コアピンの軸径は小さくなり、導入可能な軸力も小さくなってしまふ。そのため、ボルト1本あたりに伝達できる荷重が低下する。

本研究の対象とするメカニカル支圧リベットボルトは、バルブスリーブとテーパースリーブの接触面に傾斜を設けることで、バルブスリーブが座屈変形時に母板のボルト孔壁と接触する構造となっていること、カウンターワッシャーと連結板の接触面にも傾斜を設けていることから、母板および連結板のボルト孔壁に支圧力を発生させ、ボルト1本あたりの伝達荷重の増加が期待される。しかし、締付け時の軸力が接合面に作用する圧着力(ボルト軸方向の接触力)とテーパースリーブの反力に分配され、軸力に対して圧着力は小さくなる。本研究では、FEM解析により、接合面のすべりが生じるまでの荷重伝達メカニズムを明らかにするとともに、低い圧着力によるすべり荷重の低下を、支圧力によって補完できることを示している。さらに、すべり荷重の向上が可能なボルト形状について検討している。

2. 解析モデル

表-1に解析ケースを示す。CW および CW_BS は図-2に示すように ORIGINAL の形状を一部改良した。CW はテーパースリーブをカウンターワッシャーにはめ込むことで両者のすべりを抑制した。CW_BS はコアピンとバルブスリーブを接触させ、ボルトの支圧力を付与することを狙った。M22F8T は高力六角ボルトの場合であり、比較対象である。構成則は、降伏点の高いテーパースリーブは弾性体、それ以外は完全弾塑性とし、幾何学的非線形を考慮した。

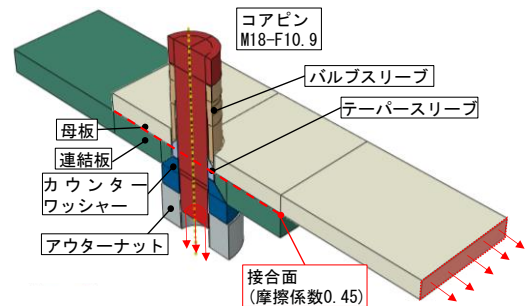


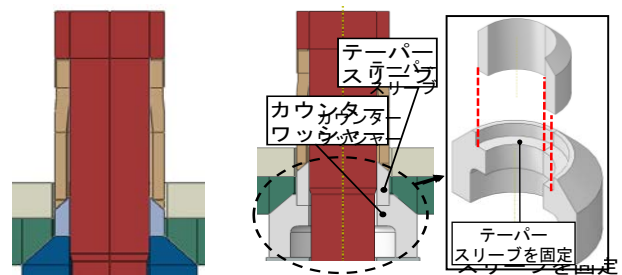
図-1 メカニカル支圧リベットボルト

表-1 解析ケース

解析ケース	ボルト種別	形状改良の対象部品	形状改良の目的
ORIGINAL		改良前	
CW	メカニカル支圧リベットボルト	テーパースリーブ、カウンターワッシャー	テーパースリーブ下面のすべり抑制
CW_BS		テーパースリーブ、カウンターワッシャー、バルブスリーブ	ボルトによる支圧力の付与
M22F8T	高力六角ボルト	比較対象	

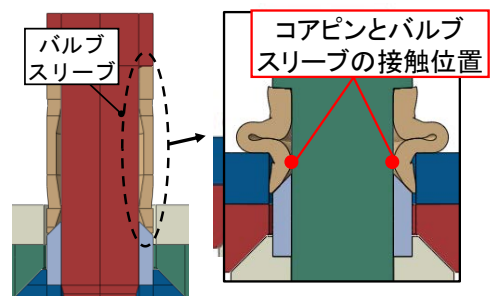
表-2 材料特性

部材	材質	降伏点	引張強さ	ヤング係数	ポアソン比
		σ_v [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	E [N/mm ²]	ν
母板・連結板	SM490	325	490	2×10^5	0.3
ボルト構成部材 (テーパースリーブを除く)	F10.9	900	1000		
テーパースリーブ	弾性体				



(a) ORIGINAL

(b) CW



(c) CW_BS

図-2 解析モデルの形状

4. 解析結果と考察

(1) 締付け軸力に対する圧着力の割合

締付け軸力に対する圧着力の割合を図- 3に示す。M22F8Tでは軸力が100%圧着力に伝達されるのに対し、ORIGINALおよびCWでは80%程度、CW_BSは最も低く75%となった。これはコアピンとバルブスリーブの接触により生じる摩擦力に軸力が分担されたためと考えられる。

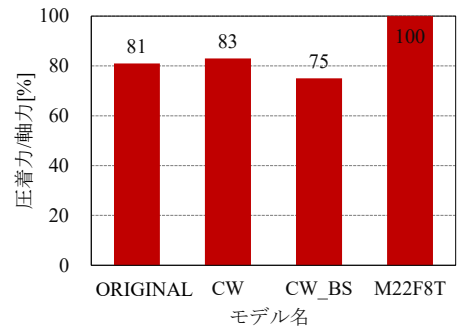


図- 3 締付け軸力に対する圧着力の割合

(2) 荷重-相対変位関係

引張荷重／接合面の摩擦力／支圧力と相対変位の関係を図- 4, 図- 5, 図- 6にそれぞれ示す。ここで、支圧力は引張荷重と摩擦力の差で求めた。また、すべり荷重は相対変位0.2mmの引張荷重と定義した³⁾。

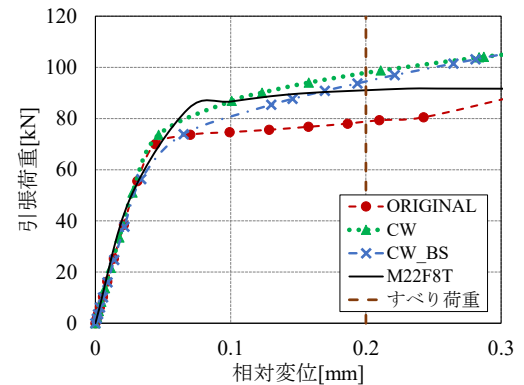


図- 4 引張荷重と相対変位の関係

図- 4に示すようにORIGINALは相対変位が0.2mmに到達する前に引張荷重が増加せずに相対変位が増加し、すべり荷重はM22F8Tより17%低下した。CWの引張荷重は相対変位の増加とともに大きくなり、すべり荷重はM22F8Tより10%増加した。CW_BSのすべり荷重はCWと同程度となった。

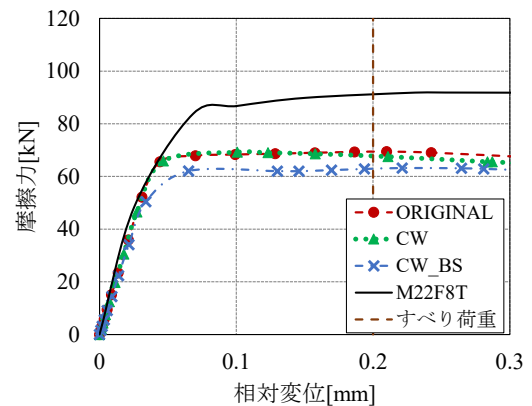


図- 5 摩擦力と相対変位の関係

ORIGINALは、図- 5に示すようにすべり荷重時の摩擦力がM22F8Tの0.76倍であったこと、テーパースリーブ下面ですべりが生じることで図- 6に示すように支圧力-相対変位関係の勾配が小さく、すべり荷重時に支圧力がわずかにしか作用しなかったため、すべり荷重がM22F8Tより小さくなったと考えられる。

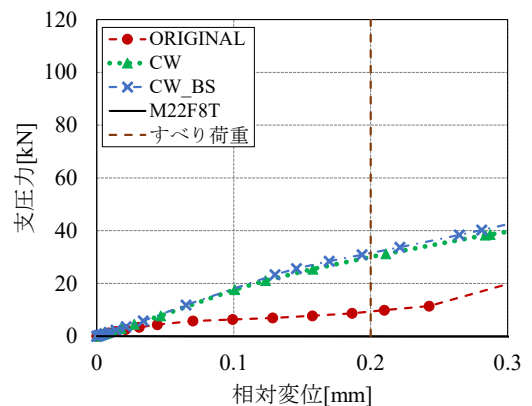


図- 6 支圧力と相対変位の関係

CWは、テーパースリーブを固定し、すべりを抑制したため支圧力が相対変位の増加とともに大きくなり、すべり荷重時の支圧力がORIGINALの約3倍となったと考えられる。一方、CW_BSは図- 6に示すように支圧力-相対変位関係の勾配はCWと変わらなかった。

4. まとめ

本研究により、以下の結果が得られた。

- 1) メカニカル支圧リベットボルトの軸力はテーパースリーブの反力と接合面の圧着力に分配され軸力に対する圧着力の割合は最大でも80%程度となる。
- 2) テーパースリーブのすべりを抑制させることで、すべり荷重時の支圧力を3倍程度に増加できる。
- 3) 支圧力の作用により、すべり荷重は最大でM22F8Tより10%大きくなった。
- 4) バルブスリーブとコアピンの接触により生じる支圧力はすべり荷重の増加に影響しなかった。

参考文献

- 1) 鋼構造年次論文報告集：高力ワンサイドボルト摩擦接合継手の基礎的特性，2007.11
- 2) 土木学会：高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針(案)，2006.12
- 3) 日本建築学会：鋼構造接合部設計指針，2006.3.