

高力ボルト摩擦接合継手における連結板厚と、接触圧とその範囲の関係に関する解析的研究

九州工業大学 学生会員○坂東 駿哉

九州工業大学 正会員 高井 俊和

1. はじめに

大地震等の過大な荷重が作用すると、高力ボルト摩擦接合継手にすべりが生じ、すべり耐力が低下する場合がある。著者らは図1に示すようなすべりが生じた接触面の補修方法を検討している。また、既往の研究[1][2]では、継手の連結板厚に着目し、板厚が薄いほど、接触圧が大きくなり、すべり係数が小さくなる傾向が報告されている。文献[1]では、平均接触圧とすべり係数の関係が、文献[2]では、最大接触圧とすべり係数の関係式がそれぞれ示されている。本研究では効果の高い補修の実現のため、これらの関係に着目したFEM解析を実施し、基礎的な視点から板厚と接触圧・接触圧範囲の関係を確認した。

2. 解析方法、条件

解析対象とした継手の諸元を表1に、寸法対応図を図2に示す。連結板の板厚の範囲は6~28 mmとし、すべり/降伏耐力比 β が0.6に近くなるように板幅、ボルト本数を調整し、8 ケースを設定した。解析プログラムはAbaqus Standard v6.13を用いた。解析モデルは図3のような対称性を考慮した1/8モデルとし、要素長約3 mmのソリッド要素を用いた。Step1で、対称性を考慮したボルト荷重102.5 kNをボルト軸力として加え、Step2で、母板端部に強制変位を与え、引張荷重を作用させた。応力-ひずみ関係を図4に示す。降伏点、引張強さ、耐力はJISで規定される下限値とした。ヤング係数 E は200,000 N/mm²、降伏点、耐力から引張強さまでの2次勾配を $E/100$ 、それ以降を0としたトリリニアとし、ポアソン比は0.3とした。摩擦係数は0.5を基本に、ボルトと連結板の接触面のみ摩擦係数を0.005とした。接触圧の着目位置を図5に示す。接触圧と接触圧範囲は軸力導入完了時とすべり時の両方に着目した。すべり時は、母板と連結板の相対変位が0.2 mmに達した時点とした。

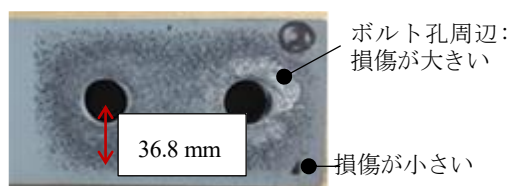


図1 すべりが生じた接触面の塗膜損傷の様子

表1 継手の諸元

ケース	1	2	3	4	5	6	7	8
ボルト	F10T							
呼び径	22							
孔径 d (mm)	24.5							
鋼種	SM490Y							
降伏点 σ_y (N/mm ²)	355							
母板厚 t_1 (mm)	55	40	36	32	28	22	16	12
連結板厚 t_2 (mm)	28	22	19	16	14	12	9	6
板幅 W (mm)	125	135	125	135	125	145	135	150
純断面積(mm ²)	5528	4420	3618	3536	2814	2651	1768	1506
設計ボルト軸力(kN)	205							
すべり/降伏耐力比($\mu=0.5$ の場合)	0.627	0.653	0.638	0.653	0.616	0.653	0.653	0.767
縁端距離 e (mm)	40							
標準ピッチ P (mm)	75							
ボルト本数(本)	6	5	4	4	3	3	2	2

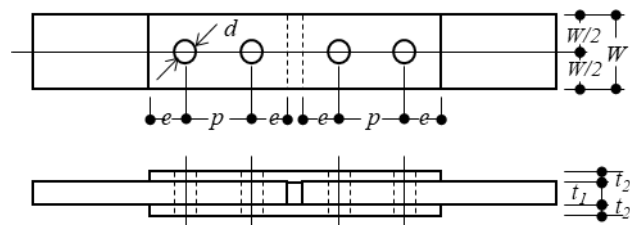


図2 寸法対応図

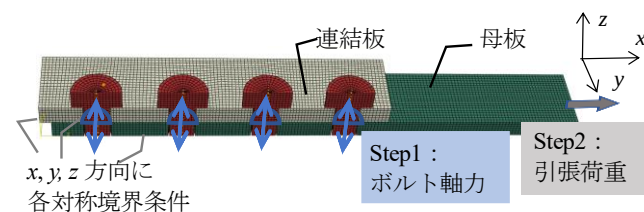


図3 解析モデル

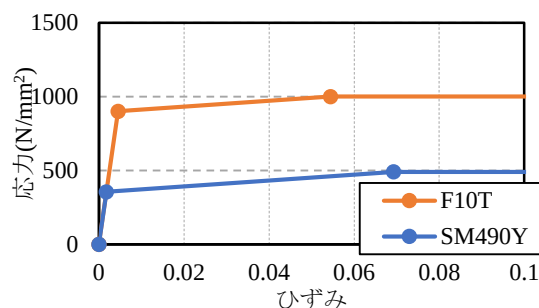


図4 応力-ひずみ関係

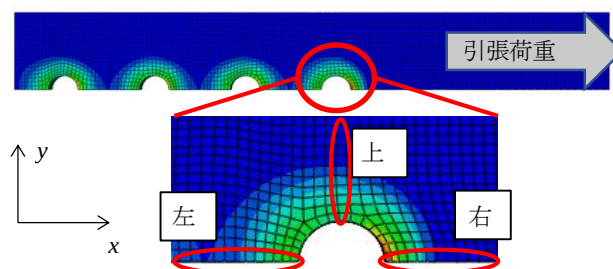


図5 各方向の接触圧着目位置

3. 解析結果

図5に示した右方向の母板と連結板間の接触圧を、軸力導入時とすべり時に分けて図6に示す。横軸はボルト孔縁からの距離である。板厚が厚いほど、最大接触圧が小さく、接触圧範囲が広がる傾向は同じとなったが、分布形状は異なった。なお、接触圧範囲とは、ボルト孔縁から接触圧が0に近づく位置までの距離のことである。

次に上下左右の各方向の接触圧を図7に示す。軸力導入時は接触圧の分布が各方向とも同様である一方で、すべり時は方向により異なった。上下左右の接触圧の平均を取った分布を図8に示す。すべり時も4方向の平均をとることで、軸力導入時と同様の接触圧の分布となった。このことから、すべり時は方向により局所的に接触圧分布は異なるものの、接触圧分布を平均的に見ると軸力導入時と変わらないことが確認された。既往の研究[1][2]で接触圧とすべり係数の関係が議論されているが、軸力導入時の接触圧でもすべり時の接触圧でもその関係は大きく変化しないと推測される。

4. 板厚と接触圧・接触圧範囲の関係

連結板厚と4方向平均の平均接触圧、最大接触圧、接触圧範囲の関係を、それぞれ図9、図10、図11に示す。いずれの関係とも軸力導入時とすべり時は同様の結果となった。連結板厚が薄い場合にすべり時の最大接触圧が低くなったが、ボルト孔縁に降伏が生じたためである。板厚と平均接触圧、最大接触圧は2次曲線の関係が、板厚と接触圧範囲は直線関係が見られた。

5. まとめ

本研究では、連結板厚に着目し、板厚と平均接触圧、最大接触圧、接触圧範囲の関係を確認した。最大接触圧の連結板厚が10mm程度以下を除けば、いずれとも軸力導入時とすべり時の傾向が近かったため、これらは軸力導入時で評価が可能であると考えられる。

参考文献

- [1] 網谷 岳夫, 森 猛, 高林 温実: 高力ボルト摩擦接合継手のすべり係数に対するボルト軸力の影響, 土木学会第73回年次学術講演会, pp.377-378, I-189, 2018.8
- [2] 内田 大介, 関根 英人, 網谷 岳夫, 森 猛: 太径の高力ボルトを用いた摩擦接合継手のすべり係数に関する解析的検討, 鋼構造年次論文報告集, Vol.28, pp.158-166, 2020.11

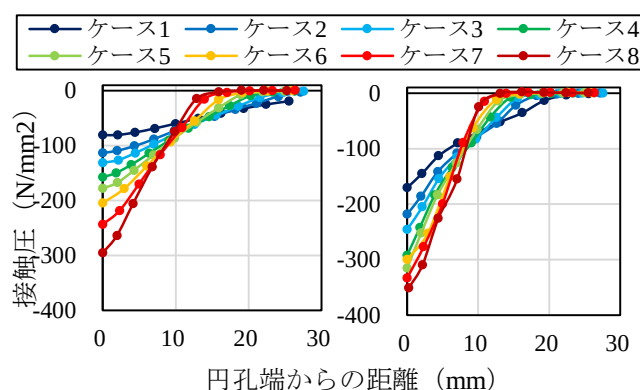


図6 接触圧分布 (左: 導入時, 右: すべり時)

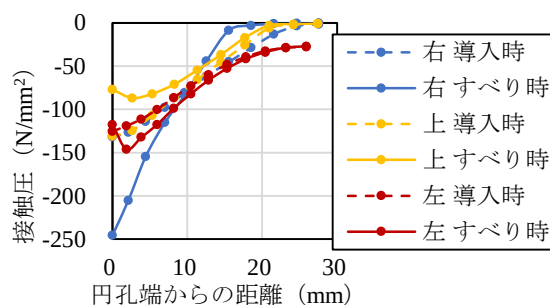


図7 各方向の接触圧分布

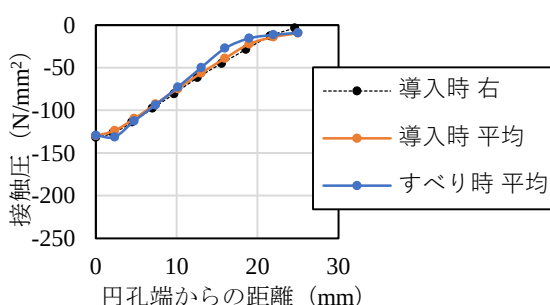


図8 4方向平均した導入時, すべり時の接触圧分布

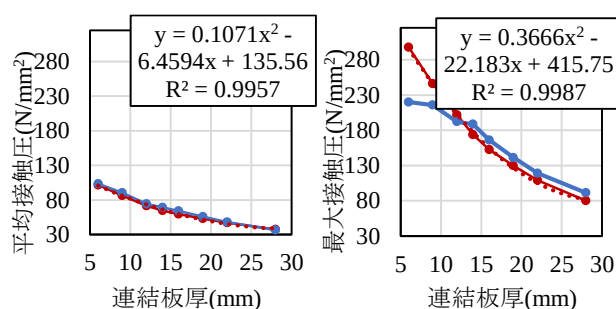


図9 平均接触圧－板厚

図10 最大接触圧－板厚

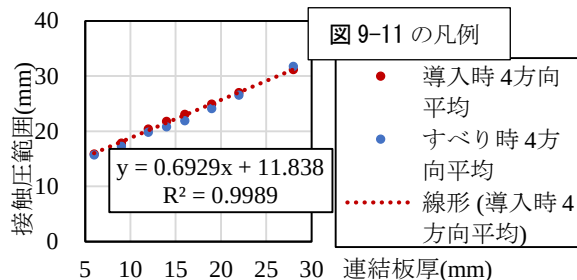


図11 接触圧範囲－板厚