

母材板厚差のある高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力

○ 駒井鉄工(株) 正会員 秋山 寿行

駒井鉄工(株) 正会員 木村 充

フェロー 西村 宣男

1. 研究目的

現行の道路橋示方書¹⁾では、高力ボルト摩擦接合継手の施工に関し「部材と連結板あるいは接合する材片同士は、締付けにより密着させ肌すきが生じないようにする。」と規定されている。これを根拠に、接合される部材同士の板厚差を一切認められていないという考え方が、場合によって適用されている。しかし、実構造物に対して品質保証の観点からの要求と製作・施工のコスト縮減とのバランスが重要であり、設計上の板厚差を0mmにすることが難しい場合がある。本研究は、(社)日本橋梁建設協会で実施された母材板厚差のある高力ボルト摩擦接合継手の引張実験データをもとに、母材・連結板の板厚や鋼種、ボルト列数などに着目した継手強度について、摩擦接合継手を対象とする弾塑性有限要素解析(SABOL)²⁾による解析的検討を行い、母材板厚差のすべり耐力に与える影響を明らかにすることを目的としている。

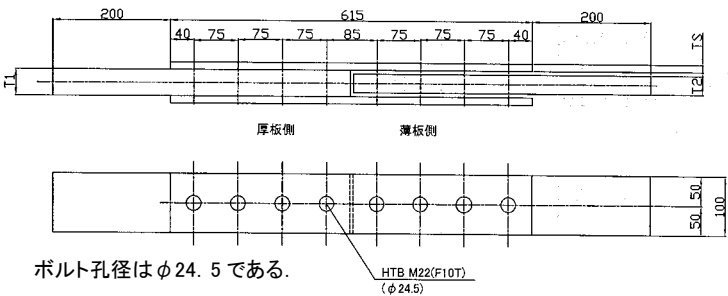


図-1 実験モデルの形状・寸法

2. 解析法の妥当性

2.1 実験モデル： 実験モデルの形状・寸法および諸元を図-1 および表-1 に示す。これらの実験モデルを対象に弾塑性有限要素解析を行い、すべり耐力の実験値と解析値との比較により、本解析法の妥当性確認を行った。実験モデルについて、薄板側の板厚は 31.6mm、連結板の板厚は 16mm であり、厚板側の板厚は 31.6mm、33.0mm、34.2mm の 3 種類である。これらの板厚はいずれも計測値である。

表-1 実験モデルの諸元

CASE	厚板板厚 T1 (mm)	薄板板厚 T2 (mm)	連結板板厚 TS (mm)	片面の板厚差 (mm)
1	31.6	31.6	16.0	0.0
2	33.0	31.6	16.0	0.7
3	34.2	31.6	16.0	1.3

2.2 実験結果と解析結果との比較： CASE1～CASE3 のすべり耐力について、実験値と解析値との比較を表-2 および図-2 に示す。実験値と解析値との差は 3%以下であり、本解析法の妥当性が確認された。また、すべり係数 μ は解析結果においても、実験結果と同様に道路橋示方書の規定値 0.4 を上回っていることがわかる。

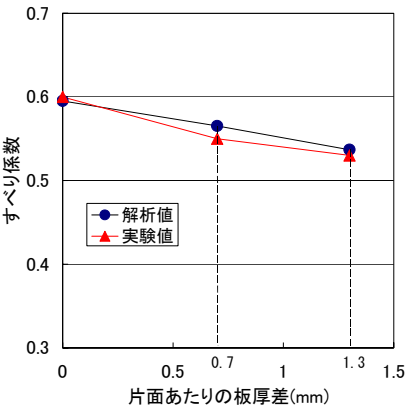


図-2 すべり係数の比較

3. 母材板厚差によるすべり耐力への影響

3.1 解析モデル： 解析モデルについて、ボルト間隔、母材・連結板の板幅の寸法を実験モデル(図-1)と同様とし、母材・連結板の板厚や鋼種、ボルト列数を変化させる。解析モデルの諸元を表-3 に示す。これらの解析モデルを対象に解析を行い、すべり耐力の比較を行った。なお、高力ボルト摩擦接合継手の強度解析を行う際に用いるパラメータ β 値および γ 値は以下のとおりである。ここに、ボルト軸力は設計ボルト軸力の 1 割増し($205 \times 1.1 = 226\text{kN}$)である。

表-2 実験値と解析値の比較

CASE	片面の板厚差 (mm)	ボルト軸力 (実験値) (kN/本)	すべり耐力 (kN)			すべり係数 注2)		すべり係数比	
			実験値	解析値	設計値 注1)	実験値	解析値	実験値	解析値
1	0.0	214	1030	1018	656	0.602	0.595	1.505	0.988
2	0.7	212	933	958	656	0.550	0.565	1.375	1.027
3	1.3	220	931	949	656	0.529	0.539	1.323	1.019

注1) $0.4 \times 205\text{kN} \times 4\text{本} \times 2\text{面} = 656\text{kN}$ 。 注2) すべり係数はボルト軸力実験値に基づく。

キーワード：継手、高力ボルト、摩擦接合、板厚差、すべり耐力、弾塑性有限要素解析

連絡先：〒293-0011 千葉県富津市新富 33-10 駒井鉄工(株) 技術研究室 TEL 0439-87-7405

$\beta = (\text{すべり係数} \times \text{ボルト軸力} \times \text{ボルト本数} \times \text{面数}) / (\text{母材または連結板の純断面積} \times \text{鋼材の降伏点})$

$\gamma = (\text{連結板板厚} \times 2) / \text{母材板厚}$

ただし、すべて $\beta < 1$ の範囲にあり、継手はすべり先行型となっている。

3.2 解析結果： 3つのパラメータ(γ 値、鋼種、ボルト列数)のそれぞれが高力ボルト継手すべり耐力に与える影響について、解析の結果は以下のとおりである。ここにすべり耐力比は、各ケースのすべり耐力について、片面あたりの板厚差が 0mm のすべり耐力に対する比率である。

1) 連結板板厚(γ 値)の違いによる影響： γ 値の違いによる母材板厚差—すべり耐力比を図-3 に示す。

CASE-B は CASE-A に比べ母材板厚のみが厚い。母材板厚の増加に対し、多少の差はあるが、ほぼ同様のすべり耐力の低下が見られる。CASE-C は CASE-A に比べ連結板板厚のみが厚い。そのため、CASE-C はボルト軸力のうち連結板の曲げ変形に寄与する割合が大きくなり、母材と連結板が接触する部分が小さくなり、他の 2 ケースと比較してすべり耐力の低下が大きくなっている。

2) 鋼種の違いによる影響： 鋼種の違いによる母材板厚差—すべり耐力比を図-4 に示す。連結板の板厚が 16mm の場合、鋼種が異なっても片面あたりの板厚差が 2.0mm までは、すべり耐力の低下はほぼ同様になっている。

3) ボルト列数の違いによる影響(β 値、 γ 値とも固定)： ボルト列数の違いによる母材板厚差—すべり耐力比を図-5 に示す。CASE-E は CASE-A よりボルト列数が少なく、ボルト軸力の連結板曲げ変形に寄与する部分のボルト軸力合計に対する比率が他のケースに比べて大きいため、すべり耐力比の低下が大きくなっていると思われる。CASE-F は CASE-A よりボルト列数が多いが、すべり耐力比は低下している。両者の β 値および γ 値をそれぞれ同値としており、CASE-F の母材と連結板の板厚が CASE-A に比べて厚い。そのため、すべり耐力比の低下について、ボルト列数の影響より連結板板厚の影響が上回っていることが原因であると思われる。

4. まとめ

- 1) 母材板厚差のある高力ボルト摩擦接合継手の引張実験データをもとに本解析法の妥当性が確認された。
- 2) すべり耐力比の低下は連結板板厚が厚くなるほど、また、ボルト列数が少なくなるほど大きくなる。

謝辞 母材板厚差のある高力ボルト摩擦接合継手の引張実験データをご提供してくださった(社)日本橋梁建設協会に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2002.3.
- 2) 亀井義典・池端文哉・西村宣男：高力ボルト摩擦接合引張継手の限界状態区分に関する解析的研究，土木学会論文集，No.584/I-42，pp.243-253，1998.1.

表-3 解析モデルの諸元

CASE	T1 注) (mm)	T2 (mm)	TS (mm)	鋼種	ボルト 列数	β	γ	備 考
A-1~5	32~36	32	16	SM490Y	4	0.769	1.000	基本モデル
B-1~5	40~44	40	16	SM490Y	4	0.769	0.800	母材厚変更
C-1~5	32~36	32	19	SM490Y	4	0.769	1.188	連結板厚変更
D-1~5	32~36	32	16	SM570	4	0.593	1.000	鋼種変更
E-1~5	24~28	24	12	SM490Y	3	0.769	1.000	ボルト列数変更
F-1~5	40~44	40	20	SM490Y	5	0.769	1.000	

注)各ケースで1.0mmピッチである。

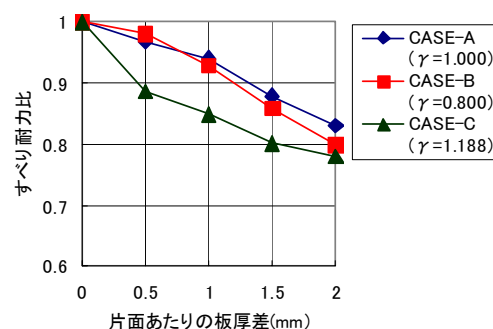


図-3 γ 値に関するすべり耐力比の比較

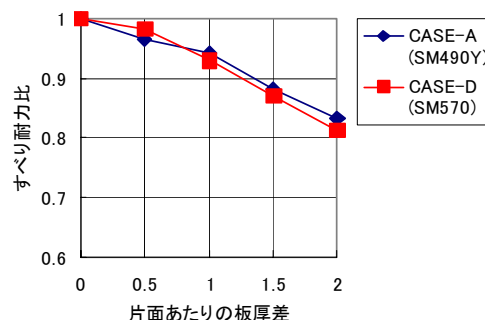


図-4 鋼種に関するすべり耐力比の比較

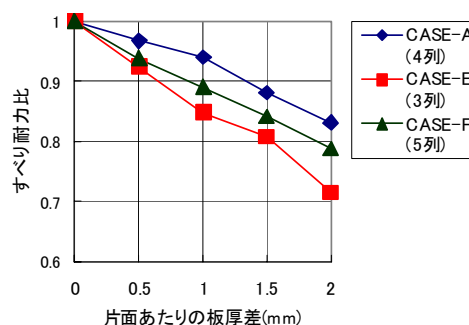


図-5 列数に関するすべり耐力比の比較