

母板の断面形状に着目した多列厚板高力ボルト摩擦接合継手のすべり挙動に関する解析

大阪市立大学大学院工学研究科 学生会員 ○彭 雪 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 山口 隆司
 大阪市立大学大学院工学研究科 学生会員 高井 俊和 (独)土木研究所 正会員 村越 潤
 (独)土木研究所 正会員 澤田 守 (独)土木研究所 正会員 大嶽 敦郎

1. 研究背景および目的

近年、コスト削減の観点から、75mmを超える厚板鋼板を主部材に用い、従来構造より部材数を低減し、製作性にも配慮した橋梁が建設されている。厚板鋼板の接合に高力ボルト摩擦接合継手（以下、継手）を適用する場合、継手自体がボルトの多列化・大型化する傾向にあるが、このような場合のボルト列数や母板の断面形状（板厚・板幅）が継手のすべり係数に与える影響は定量的に明らかにされおらず、既往の研究¹⁾でボルト列数が多い場合、母板厚の違いにより、列数増加によるすべり係数の低下の度合いが異なることが報告されているのみである。ここでは、ボルト列数を一定とし、母板の断面形状を変化させたFEM解析を行い、母板の断面形状がすべり係数に与える影響について検討した結果を報告する。

2. 解析モデル

解析モデルは文献 2)を参考に、図-1 に示すように継手の 1/8 モデルとした。材料特性についても、文献 2)と同様に設定し、摩擦係数は 0.5 としている。解析には FEM 解析コード Abaqus を用いた。母板、連結板、ボルト、座金は 6 節点および 8 節点のソリッド要素を用い、要素長を 5.5 mm としている。要素数は 30,000、節点数は 46,000 程度である。ボルト軸部対称面に設計ボルト軸力を強制変位によって与えた後に、引張荷重を母板の外側の面に強制変位によって与えている。表-1 に解析ケースの内訳をそれぞれ示す。ここでは、すべり/降伏耐力比 β （すなわち母板の純断面積）を一定とし、ボルト列数と板厚・板幅を変化させた 6 ケースを設定している。

3. 解析結果と考察

すべり荷重 P_{SL} は、文献 3)を参考に、母板と連結板の内側相対変位が 0.2 mm に達するまでに引張荷重が最大となる場合はその最大荷重を、最大荷重に到達する前に内側相対変位が 0.2 mm に達する場合はその時の荷重とした。得られた荷重-相対変位の関係を図-2 に示す。図の縦軸は、荷重 P をすべり荷重 P_{SL} で除した無次元化荷重を、横軸は内側相対変位を示している。内側相対変位の測定位置は図-1 の●印で示している。図-2 より、ボルト列数が 5 列の場合、すべり荷重は最大荷重、ボルト列数が 12 列の場合、すべり荷重は内側相対変位 0.2 mm に達した時の荷重となっていることがわかる。表-2 に解析結果のまとめを、図-3 にボルト列数とすべり係数の関係を示す。

表-1 解析ケースの内訳

解析ケース		32mm -5列	50mm -5列	75mm -5列	32mm -12列	50mm -12列	75mm -12列
ボルト M22 (F10T) 孔径 24.5mm	ボルト本数	5			12		
	導入軸力 (kN/本)	210	196	201	209	196	206
母材 SM490Y	板厚 (mm)	32	50	75	32	50	75
連結板 SM490Y	板厚 (mm)	19	26	38	19	26	38
試験体幅 (mm)		179	124	91	396	262	190
すべり/降伏耐力比 β		0.57					
摩擦係数		0.50					

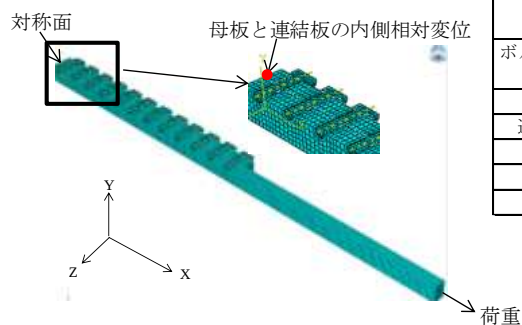
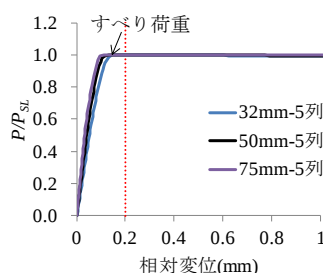
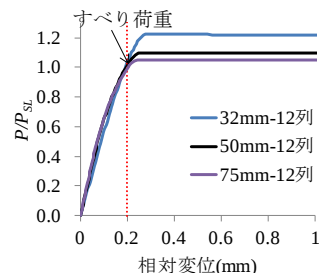


図-1 解析モデル



(a) 5列の場合



(b) 12列の場合

図-2 荷重-相対変位関係

キーワード 高力ボルト摩擦接合, FEM 解析, 母板の断面形状, すべり係数

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 橋梁工学分野 TEL&FAX 06-6605-2765

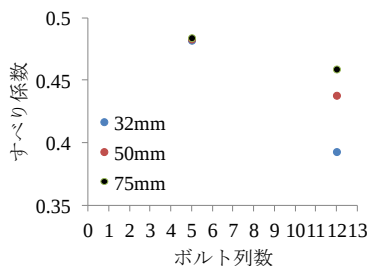
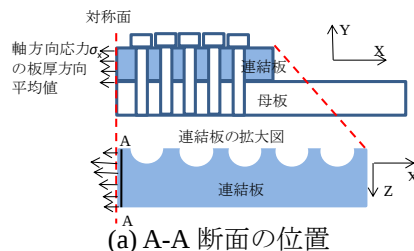


図-3 すべり係数の低下

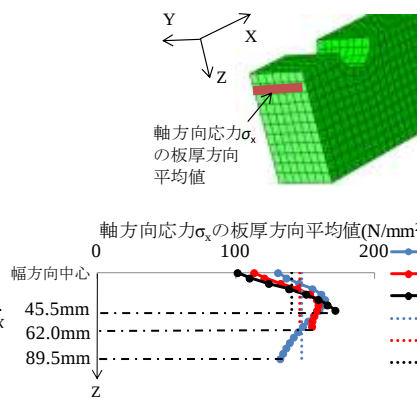
表-2 解析結果のまとめ

解析ケース	32mm -5列	50mm -5列	75mm -5列	32mm -12列	50mm -12列	75mm -12列
すべり荷重 (kN)	1012	947	972	1974	2063	2268
すべり係数	0.482	0.483	0.484	0.393	0.438	0.459

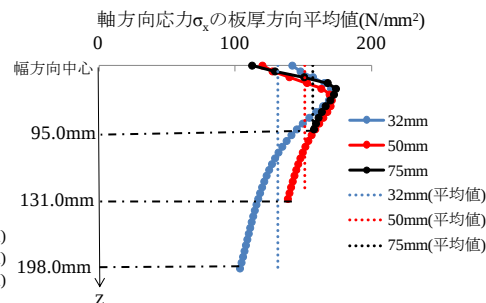


(a) A-A 断面の位置

(5 列の場合)



(b) 5 列の場合



(c) 12 列の場合

図-4 軸方向応力 σ_x の板厚方向平均値の分布 (A-A 断面)

これらの結果より、列数の増加に伴うすべり係数の低下の傾向が母板厚によって異なっていることがわかる。すなわち、5 列の場合、板厚・板幅の違いによるすべり係数にほとんど差はない。一方、12 列の場合、板厚・板幅の違いによってすべり係数が大きく変化している。さらに、5 列と 12 列とを比べると、母板厚が 32 mm の場合、すべり係数の低下が 50 mm と 75 mm の場合の 2 倍以上となっている。

図-4 にすべり発生時の連結板中央断面 (A-A 断面) における軸方向応力 σ_x の板厚方向平均値の分布を示す。図 (b) と (c) の縦軸は図 (a) に示すように連結板中心から縁端まで Z 方向距離 (板幅の半分)、横軸は軸方向応力 σ_x の板厚方向平均値を示している。図中の点線は各ケースの軸方向応力 σ_x の断面平均値である。図-4(b) より、5 列の場合、各ケースの断面平均値がほぼ同じであり、すべり係数はあまり変わらない。一方、12 列の場合、図-4(c) より、各ケースの断面平均値が異なり、特に 32 mm の場合その値は低くなっており、すべり係数も大きく低下している。これは、軸方向応力 σ_x の板厚方向断面平均値がより小さくなったためと考えられる。このように 32 mm の場合、その板幅は約 400 mm と大きく、板幅を大きくしすぎることはすべり係数の低下を招き、すべり耐力の観点から効率的とはいえない。以上のことから、ボルト列数が多い場合、薄板で板幅が広い継手の方が厚板で板幅が狭い継手よりすべり係数は低くなり、板幅よりも板厚を増加させる方が、列数増加によるすべり係数の低下を抑えることができると考えられる。

3. まとめ

本稿では、母板の断面形状がすべり係数に与える影響をすべり/降伏耐力比 β を一定のもと、有限要素解析を行って検討し、以下のことを明らかにした。

- 1) ボルト列数が 5 列の場合は、すべり係数に対する板厚・板幅の影響は見られなかった。ボルト列数が 12 列の場合は、より板幅が大きくなることから、断面形状 (板厚) の影響を受けやすく、ケース間でのすべり係数の差が大きくなった。
- 2) すべり/降伏耐力比 β が一定、ボルト列数が 12 列の場合、板幅を広げるより、板厚を厚くする方が、すべり係数の低下を抑えると考えられる。

参考文献 1) 彭雪, 山口隆司, 松村政秀, 村越潤, 梁取直樹, 石澤俊希: 多列厚板高力ボルト摩擦接合継手のすべり挙動に関する引張載荷実験, 土木学会第 65 回年次学術講演会, I-471, 2010. 2) 彭雪, 山口隆司, 村越潤, 澤田守, 遠山直樹, 大嶽敦郎: 多列厚板高力ボルト摩擦接合継手のすべり挙動に関する解析的検討, 土木学会第 66 回年次学術講演会, I-252, 2011. 3) (独) 土木研究所, 大阪市立大: 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, 2012.1.