

多列高力ボルト摩擦接合継手のボルト配置がすべり挙動に与える影響に関する実験的研究

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 長崎 英二
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

1. 研究背景および目的

近年、鋼橋の分野では構造の簡素化・部材の大型化が進められ、その継手も大型化する傾向にある。そのため、高力ボルト摩擦接合継手では厚板化、ボルト列数の多列化に対応した設計手法の確立が求められている。平成24年改定の道路橋示方書¹⁾では、多列ボルトの列数制限の緩和とともに、8列を超える多列の場合に対して、許容力の低減係数が導入された。しかし、ボルトが格子配置ではない千鳥配置の場合の多列継手のすべり挙動には未解明な点も残されている。このような背景から、本研究では、8列の降伏先行型の継手を対象に引張実験を行い、千鳥配置における設計上のボルト列数の数え方、およびボルト配置の違いによるすべり挙動への影響について議論する。

2. 実験概要

標準すべり試験²⁾を参考に表-1に示す供試体に対して引張実験を実施した。ここでは、実績調査³⁾を参考に、比較的多く存在した降伏先行型(すべり/降伏耐力比 1.3)を対象とし、ボルト配置の違いがすべり係数に与える影響を検討することとした。実験には 2,000kN 万能試験機を用い、載荷能力を考慮し、供試体では F10T-M16 の高力ボルトを用いた。供試体名の先頭のアルファベットはボルト配置を示し、Si は一行配置(以下、一行という)、Sg は千鳥配置(以下、千鳥という)を、その後の数値はボルト列数を示す。実験は各供試体とも 2 体ずつ実施した。使用鋼材は SM490A で、接合面には無機ジンクリッチペイントを塗布した。引張実験時の様子を写真-1に示す。

3. 実験結果と考察

文献 4)では、すべり発生は、内側相対変位が 0.2mm に達した時と定義されているが、ここでは降伏先行型を対象としていること、実験結果における内側と中央相対変位の関係(図-1)により、内側相対変位が 0.2mm に達した時、中央相対変位が 0.1mm 以下または 0 となっていることを考慮し、すべり荷重は、中央相対変位が 0.2mm に達した時の引張荷重と定義した。引張実験結果のまとめを表-2に示す。表より、一行および千鳥のすべり係数は 0.67、0.65 となり、千鳥の方が 3%程度小さくなった。しかしながら、これまでのすべり係数の変動係数を考慮すると、設計上ほぼ同じと判断され、ボルト配置の違いによる影響はほとんどないと考えられる。

荷重と母板一連結板間の相対変位の関係の一例を図-2に示す。グラフに示している相対変位の各測定位置は図-3に示している。図-2に示すように、各供試体とも、母板の局部降伏が発生した後、主すべりが発生している。また、一行と比べ、千鳥では母板の局部降伏が早期に発生し、その結果、相対変位も早期に 0.2mm に達した。これは、千鳥におけるボルト配置が非対称であり、外側ボルトにおける幅端部距離が短く、ひずみが大きくなった

表-1 試験体の内訳

試験体名	Si8	Sg8
ボルト列数M16(F10T)	8	
ボルト本数	8	
標準ボルト軸力(kN)	117	
すべり耐力0.6(kN)	1,123	
母板降伏耐力(kN)	864	
すべり/降伏耐力比	1.3	
母板厚(mm) SM490A	16	
連結板厚(mm) SM490A	9	
試験体幅(mm)	185	
縁端距離(mm)	40	
幅縁端距離(mm)	92.5	46
標準ピッチ(mm)	50	
ボルト配置	一行	千鳥

注：試験機の最大固定間距離を考慮して、固定側のボルトを2行配置として全長を短くしている。

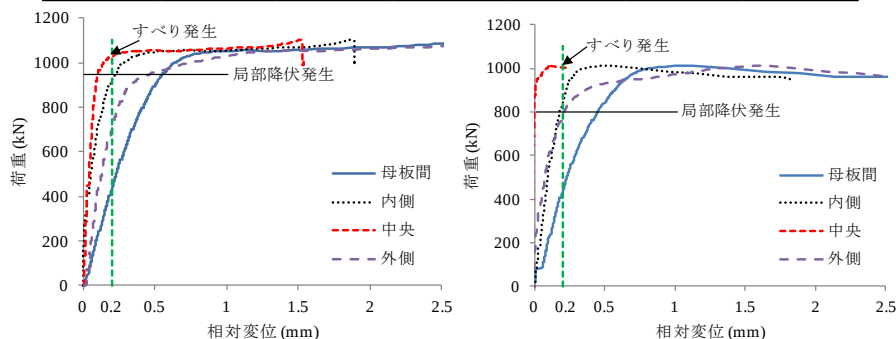


写真-1 実験状況

キーワード 高力ボルト摩擦接合, 引張実験, 一行配置, 千鳥配置, すべり荷重, 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

表-2 実験結果のまとめ

試験体	軸力(平均値)(kN)		すべり荷重(kN)		すべり係数	
	試験前	すべり時	各体	平均値	各体	平均値
Si8-(1)	95.6	77.8	1,026	1,037	0.67	0.67
Si8-(2)	97.3	-	1,048		0.67	
Sg8-(1)	98.5	74.5	1,012	995	0.64	0.65
Sg8-(2)	94.2	70.0	978		0.65	



(a) Si8-(1)の場合 (b) Sg8-(1)の場合
図-2 荷重と相対変位の関係

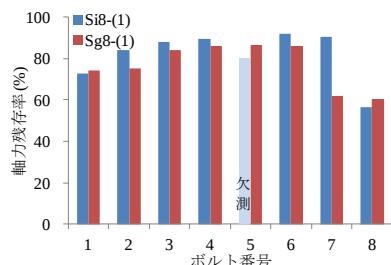


図-4 すべり時の軸力残存率

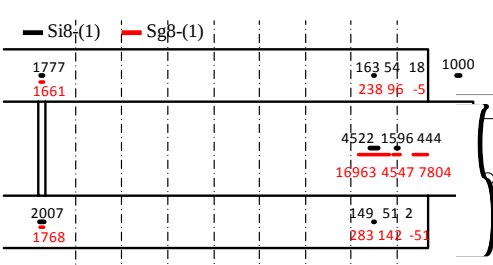


図-5 すべり時の供試体側面のひずみ

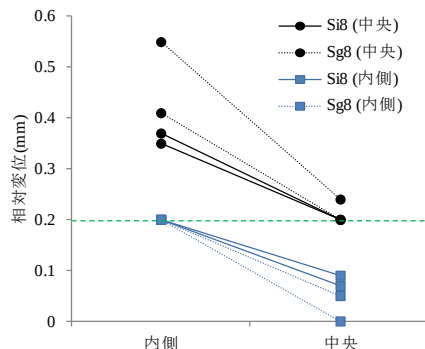


図-1 内側と中央相対変位の関係



図-3 相対変位の測定位置

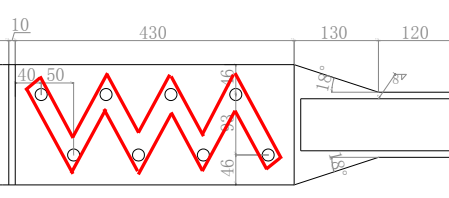


図-6 Sg8 の列数の数え方

影響と考えられる。一方、一行および千鳥のいずれも、母板と連結板の相対変位は、外側、内側、中央の順に小さくなっており、その傾向に対するボルト配置の違いによる影響はないと考えられる。図-4 にすべり時の各ボルトの軸力残存率を示す。ここで軸力残存率とはすべり時の軸力を実験開始直前のボルト軸力で除したものである。横軸は図-3 に示すボルト番号を表し、内側から外側に向かって順に 1~8 としている。図-4 より、いずれの供試体とも、内側と外側のボルト軸力の低下が大きく、中央は低下が小さくなっている。一方、千鳥の場合において、すべり発生時のボルト 7 の軸力の低下は大きくなったのは、早期に母板の局部降伏が発生し、進展したためと考えられ、図-5 に示すすべり時の供試体側面のひずみでも、同様の結果が見られる。

4. まとめ

ボルト列数およびすべり/降伏耐力比を一定のもと、多列・厚板高力ボルト摩擦接合継手のボルト配置がすべり挙動に与える影響を、実橋の継手に多く見られるすべり耐力降伏耐力比が 1.3 の場合の降伏先行型継手を対象に引張実験を行い、以下のことを明らかにした。

- 1) すべり係数は、一行と比べ、千鳥の方が 3%程度小さくなったが、これまでの変動係数を考慮すると設計上、ほぼ同じと考えることができる。千鳥の場合、一行に比べすべり係数が小さくなったのは、千鳥のボルト配置が非対称で、外側の母板の局部降伏が先行して発生し、相対変位が早期に 0.2mm に達したためと考えられる。
- 2) 継手全体のすべり挙動については、荷重-母板と連結板間の相対変位、すべり時の軸力残存率と供試体側面のひずみの関係からは、ボルト配置の違いによる影響は見られなかった。

謝辞 本研究は、平成 25 年度近畿建設協会研究助成を受けて行ったものであることを付記し、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, II 鋼橋編, 2012.3. 2) 日本建築学会:高力ボルト接合設計施工ガイドブック, 2003. 3) 土木学会鋼構造委員会:部材連結に関する現状と課題 2012.5 4) 彭 雪, 山口 隆司, 高井 俊和, 村越 潤, 澤田 守:厚板多列高力ボルト摩擦接合継手の構造諸元がすべり挙動に与える影響に関する解析的研究, 土木学会論文集, Vol.69 No.3, pp.452-466, 2013.