

長尺皿型高力ボルトを用いた摩擦接合継手の力学的挙動に関する実験的研究

大阪市立大学 学生員 ○中本 勇
阪神高速道路（株） 正会員 堀岡 良則

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
宮地エンジニアリング（株） 正会員 澁谷 敦

1. 研究目的

ボルトヘッドの突出により継手部に凹凸が生じない皿型高力ボルトは、高力ボルト継手部における塗装の耐久性向上、鋼床版のデッキプレートの高力ボルト継手部における舗装の耐久性向上等に寄与するものと期待されている。これまでの皿型高力ボルトの実績は、ボルト長が軸径の5倍以下で、締付け厚さが比較的薄い継手に適用されている。本研究では、皿型高力ボルトの適用範囲の拡大を目的に、ボルト長さが軸径の5倍を超える長尺の皿型高力ボルトについて、すべり耐力およびすべり後の挙動を実験的に確認した。

2. 引張試験

試験体の形状を図-1に、構造諸元を表-1に、および設計耐力を表-2に示す。試験体は、荷重の作用方向に2本のボルトを配置した2面摩擦接合継手で、締付け厚を100mmと84mmの2ケースとした。各ケース3体の試験体を製作し、母板および連結板の接合面には無機ジンクリッチペイントを75μmの目標膜厚で塗布した。計測項目は荷重、継手全体変位、母板と連結板間相対変位、およびボルト軸力である。設計軸力の1割増しの226kNを目標にボルトを締付け、48時間のリラクゼーションの測定後、載荷速度1kN/sを目標に試験を行った。締付け厚さ100mmのt100-1はボルトの二面せん断耐力を超える1000kNまで、t100-2およびt100-3は最大荷重に到達するまで、締付け厚さ84mmのt84ケースはボルトが破断するまで載荷した。ここで、二面せん断耐力 P_{bolt2} は、使用ボルトの引張強度から算出したボルト軸部のせん断耐力である。

3. 試験結果

試験結果を表-3に示す。すべり荷重は、明確な荷重低下が生じた際のピーク荷重、もしくは、図-1(c)に示す位置で計測された相対変位が最初に0.2mmに到達したときの荷重のいずれか小さい方とした。試験体の一方の接合部で最初にすべりが生じたときを一回目、その後も載荷を続け、もう一方の接合部ですべりが生じ

キーワード 長尺皿型高力ボルト、摩擦接合、すべり係数、せん断耐力

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学 Tel&Fax 06-6605-2765

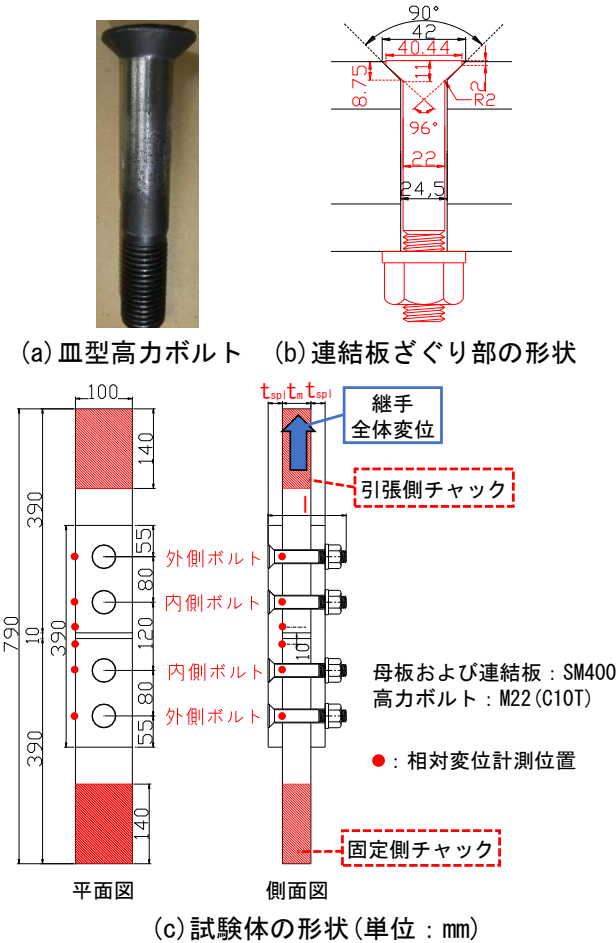


表-1 試験体の構造諸元

試験 Case	試験体数	ボルト孔径 [mm]	ボルト長 l [mm]	母板板幅 [mm]	連結板板幅 [mm]	母板板厚 t_m [mm]	連結板板厚 t_{spl} [mm]
t100	3	24.5	135	100	100	50	25
t84			125			40	22

表-2 試験体の設計耐力

試験 Case	設計すべり係数 μ_s	設計ボルト軸力 N_d [kN]	すべり耐力 P_{sl} [kN]	母板純断耐力 P_{m-m} [kN]	連結板純断耐力 $P_{spl-spl}$ [kN]	すべり/降伏耐力比 β	連結板/母板降伏耐力比 γ	ボルトの一面せん断耐力 P_{bolt1} [kN]	ボルトの二面せん断耐力 P_{bolt2} [kN]	純断耐力 P_{m-m} [kN]	連結板耐力 $P_{spl-spl}$ [kN]
t100	0.4	205	328	1076	980	0.305	0.911	483	966	1725	1605
t84				894	887	0.367	0.992			1329	1399

表-3 試験結果のまとめ

試験体 Case	試験体 No.	すべり荷重 P_s [kN]			すべり係数 μ_s			P_{max}/P_{bolt2}	
		一回目すべり時	二回目すべり時	平均	一回目すべり時	二回目すべり時	平均	供試体別	平均
t100	t100-1	544	557	538	0.66	0.66	0.65	1.12	1.15
	t100-2	515	522		0.62	0.63		1.15	
	t100-3	517	573		0.63	0.69		1.15	
t84	t84-1	548	547	538	0.67	0.66	0.65	1.13	1.13
	t84-2	485	580		0.58	0.70		1.13	
	t84-3	556	512		0.67	0.60		1.13	

たときを二回目としている。すべり係数は、最初にすべりが生じた側のボルトの試験前軸力を用いて算出した。表-3 よりすべり係数は最小値で 0.58, 平均値は 0.65 で、締付け厚さの違いは見られない。これは、t100 と t84 のすべり/降伏耐力比が十分小さいためと考えられる。また、一回目と二回目の違いも見られない。

各試験体の荷重と全体変位の関係を図-2 に示す。一回目のすべりが生じることで荷重が低下し、支圧状態に入ること荷重が増加し、その後、二回目のすべりが生じ、再び荷重が増加し最大荷重に到達した。表-3 に最大荷重 P_{max} を P_{bolt2} で無次元化した。

P/P_s と、試験前軸力に対する載荷中の軸力低下率の関係を例を図-3 に示す。外側ボルトの軸力低下率は板厚に関わらず、線形的に低下したが、その勾配は t84 の方が大きい。t100 と t84 のすべり荷重は同程度であるが、t100 と比較して板厚の薄い t84 の応力は高く、ポアソン効果によって板厚が変化しやすいためと考えられる。t100 と t84 のすべり時の内側ボルトの軸力低下率は、外側ボルトより大きい。これは、2 枚の連結板の合計板厚が母板の板厚以上であるが、ざぐり加工により γ が 1 より小さくなったためと考えられる。

試験終了後のボルトおよび連結板ボルト孔の例を図-4 および図-5 に示す。ボルトが破断するまで載荷を行った t84 のケースでは、ボルトの破断は全てナット側で生じた。図-5 に示す、ボルトとの支圧により生じた連結板のボルト孔の変形より、ナット側よりざぐり加工を行っているヘッド側の方が大きく変形している。ヘッド側では、連結板の孔壁の変形によりボルトのせん断破断が生じなかったと考えられる。

P_{max}/P_{bolt2} の平均値を図-6 に示す。 P_{max}/P_{bolt2} は、t100 で 1.15, t84 で 1.13 となり最大荷重 P_{max} がボルトの二面せん断耐力 P_{bolt2} より大きい。また、t100 の P_{max}/P_{bolt2} は t84 より 2.0%大きく、板厚の差が支圧力に影響しているものと考察する。

4. まとめ

本研究により、以下の結果が得られた。

- 1) 軸径の 5 倍を超える長尺の皿型高力ボルトすべり係数は、最小値 0.58, 平均値 0.65 で、締付け厚さの違いによる差はみられない。
- 2) ボルト破断により試験体は破壊し、最大荷重はボルトの引張強度から算出した二面せん断耐力より大きい。

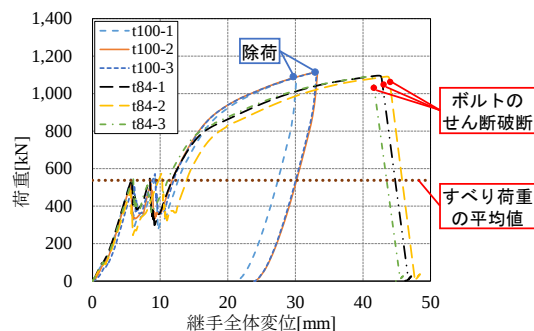


図-2 荷重と全体変位の関係

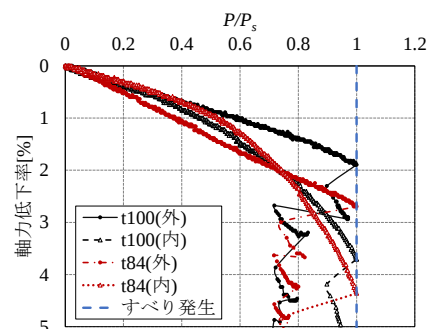
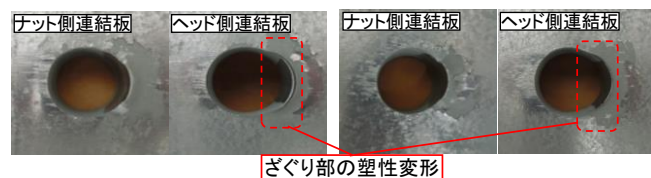


図-3 無次元化荷重 P/P_s と軸力低下率の関係



図-4 試験後のボルト



(a) 内側ボルト (b) 外側ボルト

図-5 試験後の連結板ボルト孔の変形

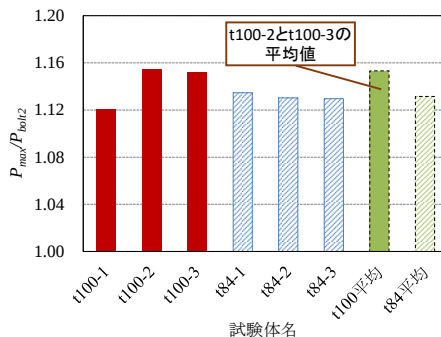


図-6 無次元化した最大荷重 P_{max}/P_{bolt2}

参考文献

- 1) 田畑晶子, 金治英貞, 黒野佳秀, 山口隆司: 皿型高力ボルトを用いた摩擦接合の継手特性に関する研究, 構造工学論文集, Vol.59A, 土木学会, pp. 808-819, 2013.3.
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, II 鋼橋・鋼部材編, 2017.11.