

90 年経過したリベット集成部材接合面のすべり係数

大阪市立大学大学院 学生会員 ○陳 瑜
エム・エム ブリッジ (株) 正会員 山内 誉史

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
エム・エム ブリッジ (株) 正会員 上野 慶太

1. 研究背景および目的

リベットにより部材が集成された高齢リベット橋では、部材の補修・補強や交換，新たな部材を付加する場合などにおいて，リベットを高力ボルトに置き換えることが想定される．その際，多くは高力ボルト摩擦接合として設計されることから接合面のすべり係数を適切に評価する必要がある．

著者らは，90 年経過したリベット橋の横桁を入手する機会を得た．そこで，この橋梁の横桁から継手部分を切り出し，その接合面におけるすべり係数を実験により計測することとした．なお，ここでは，切り出した鋼板の接合面に均等な面圧を作用させた状態で接合面に平行な荷重を作用させ，すべり係数を求めた．

2. 試験片

試験片は 90 年経過したリベット橋横桁の継手部から切り出した．試験片の切り出し位置を図-1 に示す．試験片はリベット孔を避けて採取することとし，青色は 40mm×40mm，赤色は 35mm×35mm とした．2 枚ある

表-1 試験片の寸法諸元

試験片			添接板位置	膜厚 (μm)	粗さ (Rzjis)	母材板厚 (mm)	添接板板厚 (mm)	面圧 (N/mm ²)
WEB1	40×40	TP1-A	A面	85.9	109.3	10.26	12.4	64.9
		TP2-A		88.3	101.2			
	35×35	N1-B	B面					
		N2-B						
WEB2	40×40	TP3-A	A面	121.7	68.9	9.22		
		TP4-A		114.5	74.8			
		A2-A						
	35×35	A1-B	B面					
		A3-B						

添接板の内，手前を A 面と裏側を B 面と定義し(図-1)，青色の試験片は A 面の添接板と母材，赤色の試験片 (A2-A を除く)は B 面の添接板と母材を組み合わせた．

表-1 に試験ケースを示す．桁のウェブの設計板厚は 3/8 インチ (9.52mm) であるのに対して，アングルリブが添接されていない WEB1 の平均板厚は 10.26mm，アングルリブが添接されている WEB2 の平均板厚は 9.22mm であった．添接板の平均板厚は 12.4mm であった．導入する面圧は図-2 に示す接触圧分布¹⁾を仮定し M22(F10T)の設計ボルト軸力を接触圧が存在する面積で除した平均面圧 (64.9N/mm²) とした．接触圧が存在する範囲は式-1 より求めている．

影響範囲式： $r = t_{spl} + d - d_0/2$ (1)

ここに， t_{spl} ：添接板板厚； d ：座金半径； d_0 ：穴径

3. 試験方法

試験機の概要と試験片の試験機への設置状況を図-3 に示す．内試験片 (母材) と外試験片 (添接板) を 1 組として，鉛直ユニットの両側にセットし，また，水平ジャッキによって PC 鋼棒を緊張することで所定の面圧を作用させ，万能試験機により鉛直ユニットを圧縮载荷する．水平初期荷重 N_0 は所定の面圧と試験片の接触面積から算出され，それぞれ 40×40mm は 103.8kN，35mm×35mm は 79.5kN である．

計測項目は鉛直荷重 P ，水平荷重 N ，内試験片 (母材) と外試験片 (添接板) との相対変位である．

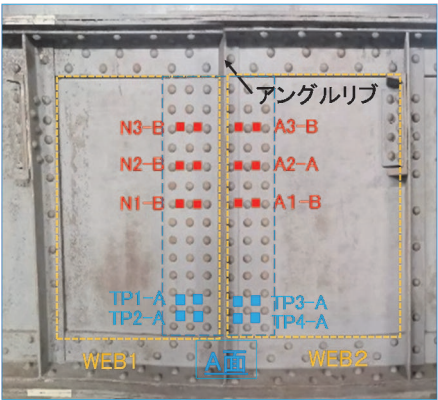


図-1 試験片の切り出し

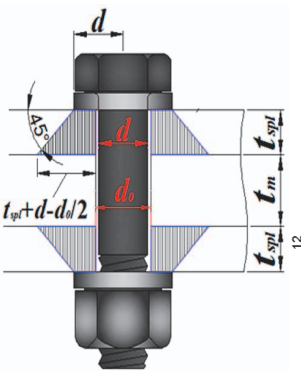


図-2 接触圧分布図 (単位 mm)

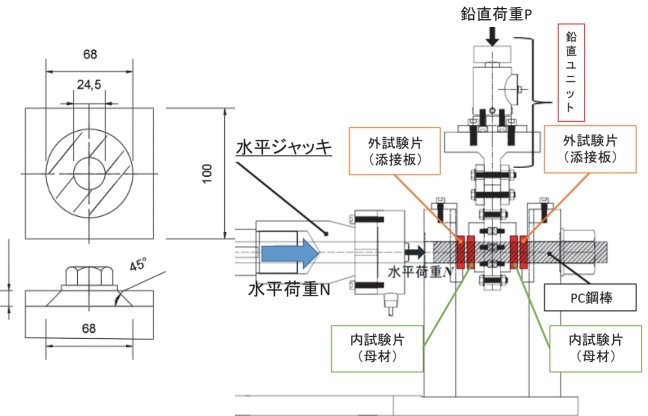


図-3 試験機と試験片の設置状況

キーワード リベット集成部材，すべり試験，すべり係数，補修，補強
連絡先 〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学 TEL 06-6605-2765 FAX 06-6605-2765

4. 試験結果と考察

結果のまとめを表-2 に示す. すべり荷重の判定は① 相対変位が 1mm となるまでに最大荷重が生じた場合はその最大荷重, ②1mm となるまでに明瞭な主すべりが生じた場合はその主すべり荷重, ③明瞭な主すべりが生じない場合は相対変位が 1.0mm に対応する荷重としている. ここで, すべり係数 μ_{slip} はすべり荷重 P_{slip} を水平荷重の初期値 N_0 で除して算出している. なお, すべり荷重 P_{slip} は試験治具重量を含まれている.

表-2 より , WEB2 のすべり係数は概ね 0.2 に程度であった. WEB1 のすべり係数は桁 A 面の添接板と母板の 40×40mm ケースでは平均で 0.172 であった. 一方, B 面の添接板を使っていた 35×35mm のケースでは平均すべり係数が 0.333 であった. なお, WEB1 の A 面と B 面のすべり係数を比較すると, 約 2 倍の差が見られた.

すべり係数と相対変位の関係を図-4 に示す. TP1-A, TP3-A ケースは荷重がピークに達して相対変位が急激に増加し, すべりが明瞭に発生しているのに対して, A1-B, N2-B では荷重がピークに達する前にすべりが発生している. このように試験片ごとにすべり係数が大きく異なる理由として, 継手接合面の状況が異なっていることが考えられる.

試験前の接合面状況を図-5 に示す. 接合面の付着物を確認するため, 接合面をデジタル顕微鏡で観察し, 化学分析を行った. その結果, 接合面には鉛丹が付着していることが分かった. 接合面鉛丹の膜厚および粗さとすべり係数関係を図-6 に示す. この鉛丹の付着量が試験片ごとに異なることで, すべり係数にバラツキが生じたと推測される.

5. まとめ

- (1) 2) の参考文献によると接合面に鉛丹を残したままリベットを高力ボルトに置き換えた場合には, すべり係数は 0.25~0.28 程度を期待できると報告されている. しかしながら, 本試験で得られた桁継手部のすべり係数は 0.149~0.376 とばらついた.
- (2) 本試験の試験片では, すべり係数のばらつきが大きかったことから. 今後は, 試験片数を増やし, ばらつきの傾向とその要因について更に分析を進めていく予定である.

<参考文献>

- 1) 安井信行: 高力ボルト摩擦接合部の接触圧と接触範囲に関する研究, 日本建築学会九州支部研究報告,第 50 号 2011.3.
- 2) 鋼構造物補修・補強・改造の手引き, 財団法人 鉄道総合技術研究所, 1992.4.

表 2 結果のまとめ

試験片			初期水平 荷重 N_0	すべり荷重 P_{slip}		すべり係数 μ_{slip}		平均すべり係数
				1mm	max	1mm	max	
WEB1	40 × 40	TP1-A	106.0	30.9	31.6		0.149	0.172
		TP2-A	104.5	39.3	40.9		0.195	
		N1-B	71.1	43.2	49.9	0.304		
	35 × 35	N2-B	79.1	56.6	59.5		0.376	0.333
		N3-B	76.2	48.4	51.4	0.317		
WEB2	40 × 40	TP3-A	104.4	45.9	46.3		0.222	0.219
		TP4-A	104.9	46.4	45.8		0.218	
		A2-A	79.3	25.8	34.6		0.218	
	35 × 35	A1-B	74.0	24.6	23.6	0.166		0.181
		A3-B	76.1	29.8	34.4	0.195		

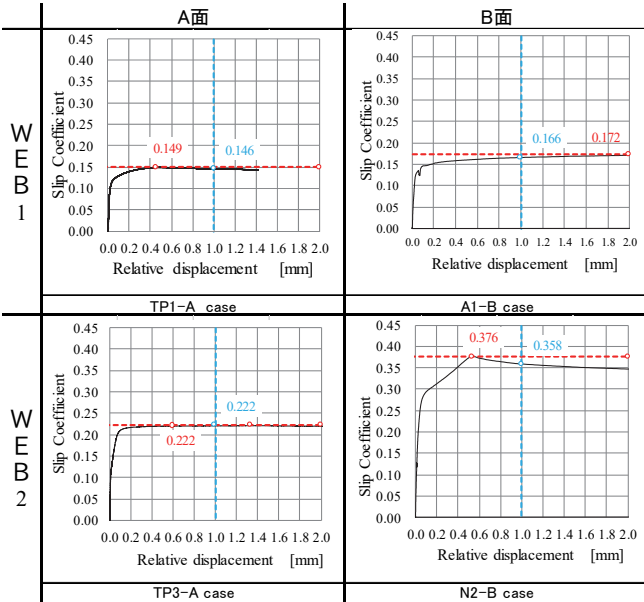


図-4 すべり係数 μ_{slip} —相対変位

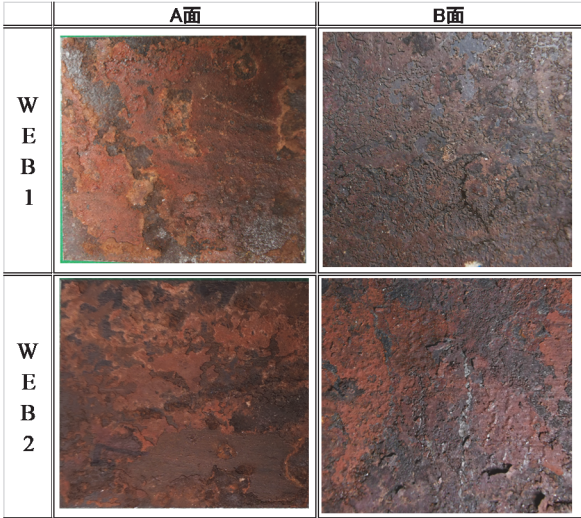


図-5 試験前の接合面状況

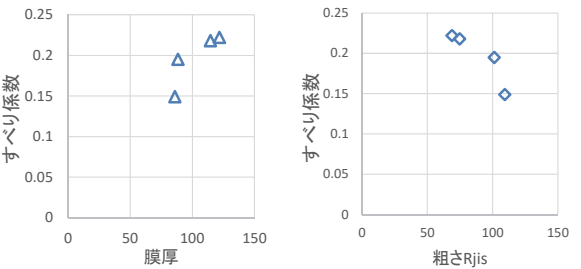


図-6 すべり係数と接合面状況関係