

縦リブを拘束材として使用する併用継手の検討(その2)

— 摩擦面損傷部を有するボルト継手のすべり耐力試験 —

東京鐵骨橋梁 正会員 能島隆男
 鐵道・運輸機構 正会員 南 邦明
 鐵道・運輸機構 正会員 横山秀喜
 鐵道・運輸機構 正会員 齊藤雅充

1. はじめに

別報1)～3)において、縦リブのボルトを締め付けた後に、フランジおよびウェブの溶接を行った場合、溶接時にボルト継手部ではすべらず、ボルト開放時にボルト本数が残り数本になった時にすべり始めた。これらの摩擦面観察結果では、すべる前にすでに開放されたボルト孔周辺の摩擦面は健全であり、すべり時にボルトが締め付けられているボルト孔周辺の摩擦面は損傷され、健全部と損傷部が混在することが確認された。

本報告では、健全部と損傷部の比率(摩擦面損傷率)をパラメータとしたすべり耐力試験を実施し、摩擦面損傷率とすべり係数低下との関係を明確にした。なお、縦リブを拘束材として使用することの適用性、およびその施工法の施工手順等は別報4)で示すこととする。

2. 試験体

(1) 試験体の形状とパラメータ 図-1に試験体形状と寸法を示す。使用鋼材は、母材、添接板ともにSM490Y材を用い、孔径は26.5φで、高力六角ボルトF10T(M22)を使用した。試験体は、ボルト本数が片側3本のTYPE-Aと4本のTYPE-Bの2タイプとした。試験体タイプと摩擦面状態の組合せを表-1に示す。本試験では、すべり耐力の影響が最も大きいと考えられる中心から一番離れたボルトは、健全性を確保することを前提とし、摩擦面損傷率が0%, 25%, 33%, 50%, 67%, 75%, 100%となる試験体を作成した。試験体数は各ケースで3体とし、合わせて21体を作成した。

(2) 摩擦面の表面処理 試験体は、ブラスト(ISO Sa2.5)を行なった後に、厚膜型無機ジンクリッチペイントを標準膜厚75μm塗布した。

(3) 摩擦面の表面粗度計測 各試験体3体のうち1体を触針式表面粗さ測定機を用いて計測した。測定時期は①素地調整後、②無機ジンク塗布後、③すべり試験後の3回とした。測定位置は、すべり試験時に可動側になるボルト孔近傍とした。すべり試験前の計測の結果、①素地調整後で十点平均粗さ40μmRzjis程度、②無機ジンク塗布後で25μmRzjis程度と良好な結果が得られた。

(4) 試験体の塗装膜厚計測 表面粗度と同様に各試験体3体のうち1体を電磁膜厚計を使用し塗装膜厚を測定した。測定時期は①無機ジンク塗布後、②すべり試験後の2回とし、測定位置は表面粗度計測位置と同様とした。計測の結果、無機ジンク塗布後で60μm～100μmとなった。

3. すべり係数試験

(1) ボルト締め付け方法と予すべり試験方法 A-3試験体を例に試験手順を図-2に示す。本試験では、3週間の塗膜養生後、摩擦接合面に損傷部を与えるため『予すべり試験』を実施した。試験体は可動側と固定側を設定し、試験体の固定側はボルトを全数締め付け、可動側は摩擦面損傷部とする孔のみボルトを締め付けた。締め付けは、一次締め(本締めの60%)と本締め(設計軸力ボルトの110%)の2段階締めで行い、専用レンチを用いてトルク法で締め付けた。載荷試験には、載荷能力2000kNの万能試験機を用い、予すべり試験ではすべりによる変位が2mmとなるように載荷した。想定通り可動側の摩擦面がすべり、ボルト締め付け箇所のみ摩擦面損傷部となった。試験後、予すべり試験で用いたボルトを全て外してから、本すべり試験用に全箇所にもボルトを締め付けて、健全部と損傷部を有する試験体を作成した。その際、予すべりを与えた状態のまま母材

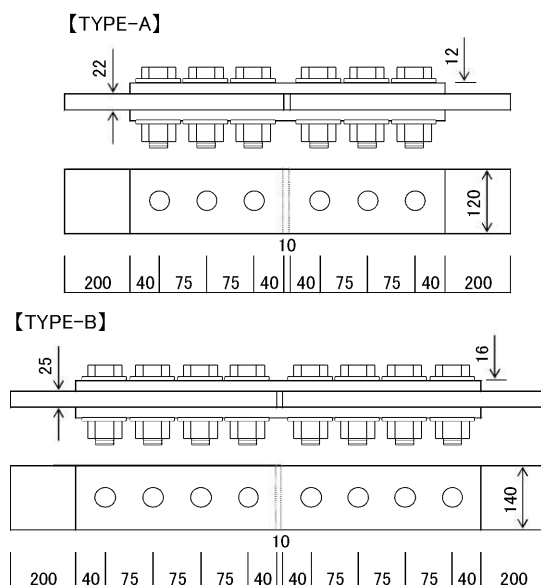


図-1 試験体形状

表-1 試験体の組合せ

試験体 No	摩擦面の状態	
	摩擦面損傷率	○:健全箇所 ●:損傷箇所
A-1	0/3本 0%	○ ○ ○ ① ② ③
A-2	1/3本 33%	● ○ ○ ① ② ③
A-3	2/3本 67%	● ● ○ ① ② ③
A-4	3/3本 100%	● ● ● ① ② ③
B-1	0/4本 0%	○ ○ ○ ○ ① ② ③ ④
B-2	1/4本 25%	● ○ ○ ○ ① ② ③ ④
B-3	2/4本 50%	● ● ○ ○ ① ② ③ ④
B-4	3/4本 75%	● ● ● ○ ① ② ③ ④
B-5	4/4本 100%	● ● ● ● ① ② ③ ④

※A-4及びB-5はA-1及びB-1のすべり試験体を兼用した。

キーワード：併用継手，すべり耐力試験，摩擦面損傷，すべり係数低下

連絡先：〒302-0038 茨城県取手市下高井1020 (株)東京鐵骨橋梁 TEL 0297-78-1116

と添接板を離さないように可動側から固定側の順で本締めを行った。なお、固定側のボルトは引張試験時にすべりが発生しないよう、さらに10%増して締付けた。

(2) 本すべり試験方法 予すべり試験後のボルト締付け24時間経過後に本すべり試験を実施した。試験では、試験体にすべりが生じるまで引張荷重を徐々に加えた。試験時には、母板間の相対変位を測定するため、継手上下の母材間にクリップゲージを設置し変位測定を実施した。すべり耐力は、継手部がすべった時にすべり音が発生し荷重が下がるか、または音が発生しなくても、荷重が急激に下がり開口変位が大きくなったときのピーク荷重とした。

(3) すべり試験結果 引張試験より求めたすべり係数を表-3に示す。すべり係数は以下の式(1)を用いて、設計ボルト軸力と標準ボルト軸力の2通りで算出したそれぞれ μ_0, μ_1 を示した。

$$\mu = \frac{P}{m \times n \times N} \cdots (1)$$

μ : すべり係数, P : すべり荷重, m : 接触面数,
 n : ボルト本数, N : ボルト軸力

予すべり試験で算出したすべり係数(以下、予すべり係数)は、同じTYPEの試験体であっても挿入したボルト本数によって若干予すべり係数は異なっているが大きな違いは見られなかった。予すべり係数の平均値は、TYPE-Aで0.554、TYPE-Bで0.609となりTYPE-Bの方が高かった。

本すべり試験結果として、摩擦面損傷率に対するすべり係数の関係を図-3に示す。図中の直線は、各試験体における最小二乗法で求めた回帰直線である。摩擦面損傷率とすべり係数は、TYPE-A,Bともに摩擦面損傷率が増加すれば、比例的にすべり係数が低下する傾向が示され、回帰直線の傾きは、TYPE-AとTYPE-Bの両者はほぼ同程度であった。ただし、予すべり試験で述べたように、TYPE-Bの方が予すべり係数が高く、その影響で損傷率が33%(A-2)より50%(B-3)の方がすべり係数が高くなるという現象が生じた。すなわち、損傷部を有するボルト継手のすべり係数は、その継手が有する初期のすべり耐力(予すべり係数)に大きく影響を受けると言える。また、摩擦面損傷率が100%ではすべり係数は、0.4を下回る試験体も見られた。

4. まとめ

本試験結果から、摩擦面損傷率が増加すれば、比例的にすべり係数が低下する傾向が明確に示された。

[参考文献]

- 井上 寛, 南邦明, 横山秀喜, 斉藤雅充: 併用継手の溶接によるボルト継手のすべり挙動(その1)ー大型溶接施工試験体におけるボルト継手部のすべり挙動ー, 土木学会第66回年次講演会I, 2011.9.
- 澁谷敦, 南邦明, 横山秀喜, 斉藤雅充: 併用継手の溶接によるボルト継手のすべり挙動(その2)ー実構造物におけるボルト継手部のすべり挙動ー, 土木学会第66回年次講演会I, 2011.9.
- 一宮 充, 南 邦明, 横山秀喜, 斉藤雅充: 縦リブを拘束材として使用する併用継手の検討(その1)ー平板試験体を用いたすべり挙動のひずみ計測および変位計測ー, 土木学会第66回年次講演会I, 2011.9
- 南 邦明, 横山秀喜, 斉藤雅充, 能島隆男, 澁谷 敦, 一宮充: 縦リブを拘束材として使用する併用継手の検討(その3)ー縦リブ等を拘束材として使用する施工法の適用性ー, 土木学会第66回年次講演会I, 2011.9

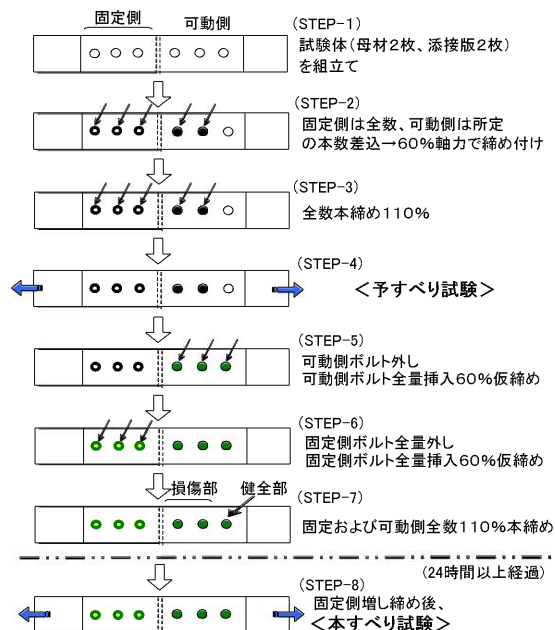


図-2 試験手順(A-3試験体の場合)

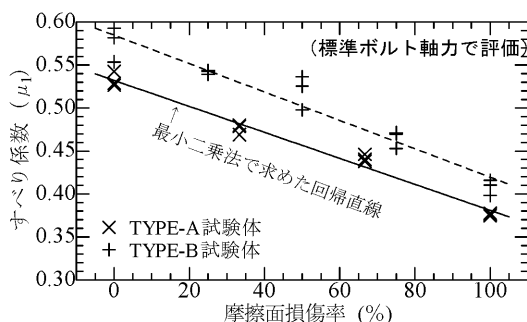


図-3 摩擦面損傷率とすべり係数の関係

表-3 すべり係数試験結果

試験体 No.	予すべり荷重	予すべり係数		すべり荷重	すべり係数	
	P_0 [kN]	μ_0 [-]	μ_1 [-]	P [kN]	μ_0 [-]	μ_1 [-]
A-1				717	0.583	0.529
				714	0.580	0.527
				736	0.598	0.543
	平均			平均 722	0.587	0.533
A-2	250	0.610	0.553	636	0.517	0.469
	248	0.605	0.549	649	0.528	0.479
	245	0.598	0.542	651	0.529	0.480
	平均 248	0.604	0.548	平均 645	0.525	0.476
A-3	525	0.640	0.581	597	0.485	0.440
	514	0.627	0.569	594	0.483	0.438
	526	0.641	0.582	605	0.492	0.446
	平均 522	0.636	0.577	平均 599	0.487	0.441
A-4	717	0.583	0.529	508	0.413	0.375
	714	0.580	0.527	510	0.415	0.376
	736	0.598	0.543	512	0.416	0.378
	平均 722	0.587	0.533	平均 510	0.415	0.376
B-1				1001	0.610	0.554
				1052	0.641	0.582
				1072	0.654	0.593
	平均			平均 1042	0.635	0.576
B-2	280	0.683	0.619	975	0.595	0.539
	260	0.634	0.575	983	0.599	0.544
	266	0.649	0.588	981	0.598	0.543
	平均 269	0.655	0.594	平均 980	0.597	0.542
B-3	557	0.679	0.616	950	0.579	0.525
	586	0.715	0.648	970	0.591	0.537
	568	0.693	0.628	900	0.549	0.498
	平均 570	0.696	0.631	平均 940	0.573	0.520
B-4	851	0.692	0.628	852	0.520	0.471
	865	0.703	0.638	849	0.518	0.470
	858	0.698	0.633	819	0.499	0.453
	平均 858	0.698	0.633	平均 840	0.512	0.465
B-5	1001	0.610	0.554	720	0.439	0.398
	1052	0.641	0.582	752	0.459	0.416
	1072	0.654	0.593	742	0.452	0.410
	平均 1042	0.635	0.576	平均 738	0.450	0.408

(μ_0 は設計ボルト軸力205kN, μ_1 は標準ボルト軸力226kNで算出)