

母板表裏面で接触面仕様が異なる高力ボルト継手の適用性

横浜国立大学 正会員 ○田村 洋
 鉄道・運輸機構 正会員 南 邦明
 法政大学 正会員 内田 大介
 三井 E&S 鉄構エンジニアリング 正会員 濱 達矢

1. はじめに

高力ボルト摩擦接合継手においては、継手ごとに統一された接触面仕様とすることが原則となっている。しかしながら鋼箱桁では母板表裏面で塗装の仕様が異なる場合があり、継手部においても表裏面で異なる接触面仕様とすることで施工性の向上が期待できることがある。母板表裏面で接触面仕様が異なる異種接合面継手（以下、異種非接触型。図1参照）については、既に亜鉛アルミ擬合金溶射（以下、溶射）と厚膜型無機ジンクリッチペイント（以下、無機ジンク）の組合せ¹⁾やブラスト面を2週間屋外曝露した赤さび面と無機ジンクの組合せ²⁾の適用性が検討されている。後者は外面が無塗装の耐候性鋼材を使用した箱桁を想定した検討である。本研究では、同様の想定の下に、発せい前のブラスト面（以下、ブラスト）と無機ジンク、同ブラスト面を約2か月の屋外自然環境曝露で発せいさせた赤さび面（以下、赤さび（自））と無機ジンクの組合せの適用性について実験的に検証した。そして既報の結果も引用して異種非接触型の継手の適用性について考察した。

2. 試験体とその製作状況

試験体の形状と寸法を図2に示す。母板と連結板にはSM490Y、高力ボルトにはF10T（M22）を使用し、試験体降伏に対して主すべりの発生が先行するよう設計した。試験体は、異種非接触型2種類に、比較のため接触面仕様が同一（以下、非異種）の継手3種類を加えた合計5種類（表1）とし、各種類3体ずつを試験に供した。ブラストと無機ジンクの接触面については実構造物における標準的な仕上がりとなるよう施工した。赤さび（自）の接触面はブラスト後、沿岸部での屋外曝露によって発せいさせた。ボルトの締付けにはトルク法を採用し、導入ボルト軸力は道路橋示方書（以下、道示）や鉄道構造物等設計標準（以下、鉄標）の設計ボルト軸力（205kN）に対して1割増しを目標とした。

3. ボルト軸力推移とすべり係数

各試験体におけるボルト軸力推移とすべり係数を把握するためリラクセーション試験とすべり耐力試験を行った。リラクセーション試験はボルト締付け時点から28日間継続して行った。対象のボルトは、試験体すべり側のNo.1, No.2ボルトとし、計30本の対象ボルトの軸部にひずみゲージを貼り付け、軸部のひずみによって導入ボルト軸力とその推移を測定した。試験結果として、表2に締付けから約30秒後のボルト軸力（以下、導入軸力）と、それに対する28日後の残存軸力の比率（以下、軸力残存率）を示す。同表の通り、いずれのボルトにおいても目標値付近の導入軸力が与えられていた。また、異種非接触型の試験体の軸力残存率は、ブラストや赤さび（自）のみの試験体を下回る傾向はあったが無機ジンクのみ試験体以上の値であった。

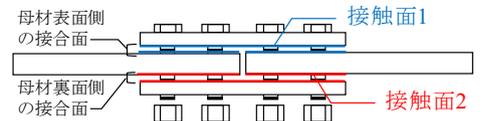


図1 異種非接触型の異種接合面継手

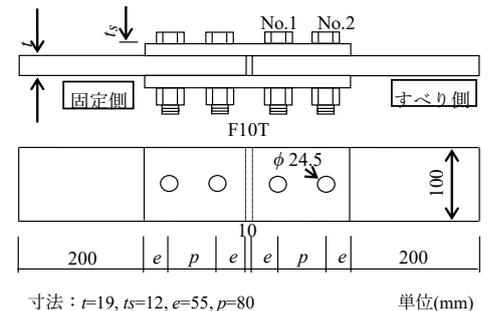


図2 試験体の形状と寸法

表1 試験体と接触面

試験体	接触面		
	項目	母材表面側	母材裏面側
NC-b-1	仕様	ブラスト	無機ジンク
NC-b-2	表面粗さ (Ra)	11.1	5.38
NC-b-3	塗膜厚またはさび厚	-	79.1
NC-n-1	仕様	赤さび（自）	無機ジンク
NC-n-2	表面粗さ (Ra)	6.38	6.15
NC-n-3	塗膜厚またはさび厚	58.2	74.7
H-b-1	仕様	ブラスト	
H-b-2	表面粗さ (Ra)	10.0	
H-b-3	塗膜厚またはさび厚	-	
H-i-1	仕様	無機ジンク	
H-i-2	表面粗さ (Ra)	5.40	
H-i-3	塗膜厚またはさび厚	81.8	
H-n-1	仕様	赤さび（自）	
H-n-2	表面粗さ (Ra)	6.47	
H-n-3	塗膜厚またはさび厚	59.8	

表面粗さ、塗膜厚、さび厚はいずれもボルト孔周りの平均値[μm]

キーワード 高力ボルト摩擦接合継手、異種接合面継手、接触面、軸力低下、すべり係数
 連絡先〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 TEL 045-339-4041

すべり耐力試験はリラクゼーション試験の後に行った。ボルトの軸力測定はすべり試験当日まで継続し、最終値を試験直前の残存ボルト軸力とした。载荷には载荷能力 1000kN の万能試験機を用いた。2kN/s 程度の速度で引張荷重を増加させ、サンプリング・レート 100Hz の荷重計測によりすべり耐力を測定した。試験結果を表 3 に示す。 μ_1 はボルト軸力を設計値 (205kN) とみなした場合のすべり係数、 μ_2 は試験直前の残存ボルト軸力とした場合のすべり係数である。図 3 は、異種非接触型の試験体のすべり係数を、異種非接触型と同じ接触面仕様で施工された非異種の試験体のすべり係数 (以下、基準すべり係数) と比較した結果である。同図に示される通り、異種非接触型の試験体のすべり係数は、2 つの基準すべり係数のうち低いほうに近い値を示す傾向が確認された。

表 2 リラクゼーション試験の結果

試験体	導入軸力[kN]		28日後の軸力残存率[%]		
	No.1ボルト	No.2ボルト	No.1ボルト	No.2ボルト	3体平均
NC-b-1	226	232	93.7	93.7	93.5
NC-b-2	217	217	94.0	×	
NC-b-3	224	226	93.1	92.6	
NC-n-1	229	228	91.9	93.3	92.5
NC-n-2	226	218	×	92.1	
NC-n-3	224	219	92.8	×	
H-b-1	226	229	×	97.8	97.2
H-b-2	242	229	96.7	×	
H-b-3	239	228	96.6	97.8	
H-i-1	227	225	90.6	90.3	90.4
H-i-2	223	227	91.0	×	
H-i-3	225	235	90.2	89.2	
H-n-1	231	236	94.2	93.6	93.8
H-n-2	221	227	93.6	93.9	
H-n-3	239	232	×	93.7	

×は計測上の不具合につき評価できなかった値であることを示す

4. 異種非接触型の異種接合面継手の適用性

図 4 は、既報^{1),2)}を引用して、上述の試験で対象としなかった異種非接触型継手のすべり係数と基準すべり係数を比較したものである。ここでも異種非接触型のすべり係数は低いほうの基準すべり係数に近い値を示している。このような異種非接触型継手においては、2 つの接合面 (母材表面側と母材裏面側) のうちいずれかからすべりが発生したと推察され、両接合面のすべり係数が十分把握されていれば異種非接触型は適用可能であると考えられる。特に、ブラストと無機ジンク、赤さび (自) と無機ジンクの組合せについては、上述の試験により無機ジンク以上の軸力残存率が得られており、個々のすべり係数について既に十分なデータがあることから、道示または鉄標に準じて設計すべり係数値を 0.40 (粗面状態相当) としてよいと考えられる。ただし、接触面が粗面状態の既存の継手よりボルト軸力の低下が若干大きいため、無機ジンクの塗膜厚が過大とならないようにするなどの配慮が望ましいと考えられる。

表 3 すべり耐力試験の結果

試験体	すべり耐力 [kN]	すべり係数			
		μ_1		μ_2	
		試験体ごと	3体平均	試験体ごと	3体平均
NC-b-1	489	0.60	0.58	0.57	0.56
NC-b-2	461	0.56		0.57	
NC-b-3	464	0.57		0.56	
NC-n-1	520	0.63	0.61	0.62	0.60
NC-n-2	459	0.56		0.57	
NC-n-3	514	0.63		0.62	
H-b-1	515	0.63	0.66	0.58	0.59
H-b-2	522	0.64		0.56	
H-b-3	575	0.70		0.64	
H-i-1	464	0.57	0.60	0.57	0.60
H-i-2	508	0.62		0.63	
H-i-3	496	0.61		0.60	
H-n-1	642	0.78	0.78	0.74	0.75
H-n-2	633	0.77		0.76	
H-n-3	644	0.79		0.75	

5. おわりに

本研究では、異種非接触型の異種接合面継手を対象としたリラクゼーション試験とすべり耐力試験を行い、既報の結果も参照して、異種非接触型の適用性を検討した。その結果から、接触面がブラストと無機ジンク、赤さび (自) と無機ジンクの組合せ

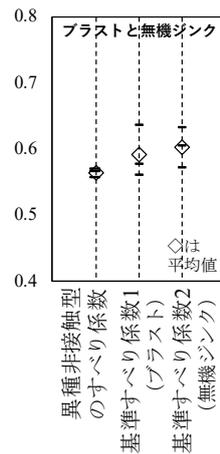


図 3 すべり係数 μ_2 の比較

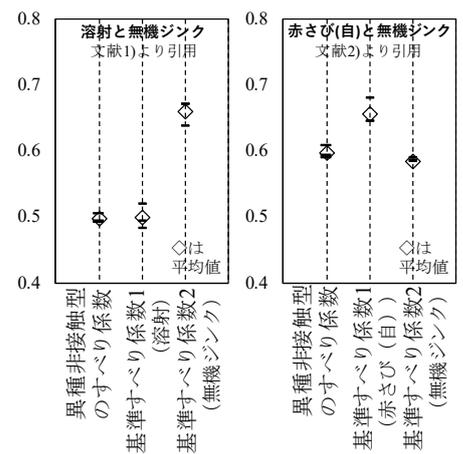


図 4 すべり係数 μ_2 の比較 (文献値)

であれば、設計すべり係数値を 0.40 (粗面状態相当) として適用可能であると結論付けた。なお、本研究は、鋼橋技術研究会「高力ボルト継手施工部会 (部会長: 南 邦明)」の活動の一環で実施されたものである。また、試験の実施にあたっては東京工業大学 (学生) の平尾賢生氏の協力を賜りました。ここに記して各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 南邦明ほか、亜鉛アルミ合金溶射を施した高力ボルト摩擦接合継手に関する研究, 土木学会論文集 A1, Vol. 68, No. 2, pp. 427-439, 2012.
- 2) 清水織恵ほか、仕様の異なる摩擦接合面の継手性能に関する試験報告, 土木学会第 67 回年次学術講演会, I-340, pp. 679-680, 2012.