

フィラーを有する高力ボルト継手の導入ボルト軸力に関する実験的検討

長大 正会員 ○茂呂 充
 東京工業大学 正会員 田村 洋
 鉄道・運輸機構 正会員 南 邦明
 駒井ハルテック 正会員 吉岡 夏樹

1. はじめに

現在、高力ボルト摩擦接合継手（以下、継手）においては、摩擦面に厚膜型無機ジンクリッチペイント（以下、無機ジンク）が広く適用されている。無機ジンクは摩擦面に対して防錆効果を発揮する一方、ボルト締付け後においては、粗面状態よりも顕著なボルト軸力の低下を引き起こす¹⁾。このような摩擦面処理の違いの他に、ボルトの軸力低下には摩擦面数も影響を及ぼすものと推察される。フィラーを挿入された2面摩擦継手においては、フィラー枚数に応じて実質的な摩擦面数（以下、摩擦面数）が増加するため、無機ジンクの継手においては特に大きな軸力低下が発生する可能性がある。本研究では、フィラー枚数をパラメータとした試験体を対象にリラクセーション試験を実施し、フィラーがボルト軸力の低下に及ぼす影響を検討するとともに、フィラー枚数・摩擦面処理に応じた導入ボルト軸力について検討する。

2. リラクセーション試験

試験体は、フィラー枚数の他に摩擦面処理、トルク法による締付けボルト軸力の設計値に対する増し締め割合（以下、増し締め割合）もパラメータとし、表1に示す12種類（試験体総数：12種類×3体＝36体）とした。ブラストの摩擦面は、黒皮を除去した粗面状態を想定しRzjisが75μm以下となるよう素地調整した。無機ジンクの摩擦面については、素地調整後に標準膜厚75μmを目標として無機ジンク塗布を行った。継手形式としてはフィラー枚数の異なる4つの形式を対象とした。継手形式1は1面摩擦継手であるが摩擦面数をパラメータとした場合の比較のため対象とした。試験体形状は図1の通りである。ボルトはF10T（M22）とした。増し締め割合の目標値は、ブラストの試験体では設計基準^{2), 3)}に則り10%を基本とした。無機ジンクの試験体では、第3筆者が示した軸力低下¹⁾を考慮し15%を基本とした。摩擦面数の多い試験体についてはさらに5%高いケースも設定した。

リラクセーション試験は、ボルト締付け時点から28日間行った。計測対象は試験体のすべり側（No. 1, No. 2ボルトが挿入される側）の摩擦面である。すべり側における合計72本のボルト軸力を追跡するため、ボルト軸部にひず

表1 試験体の種類とパラメータ

試験体名	摩擦面処理	継手形式	増し締めの割合の目標値
B1-10	ブラスト	継手形式1 (1面摩擦)	10%
B2-10		継手形式2 (2面摩擦)	10%
B3-10		継手形式3 (2面摩擦, フィラー1枚)	10%
B3-15			15%
B4-10		継手形式4 (2面摩擦, フィラー2枚)	10%
B4-15			15%
P1-15	無機ジンク	継手形式1 (1面摩擦)	15%
P2-15		継手形式2 (2面摩擦)	15%
P3-15		継手形式3 (2面摩擦, フィラー1枚)	15%
P3-20			20%
P4-15		継手形式4 (2面摩擦, フィラー2枚)	15%
P4-20			20%

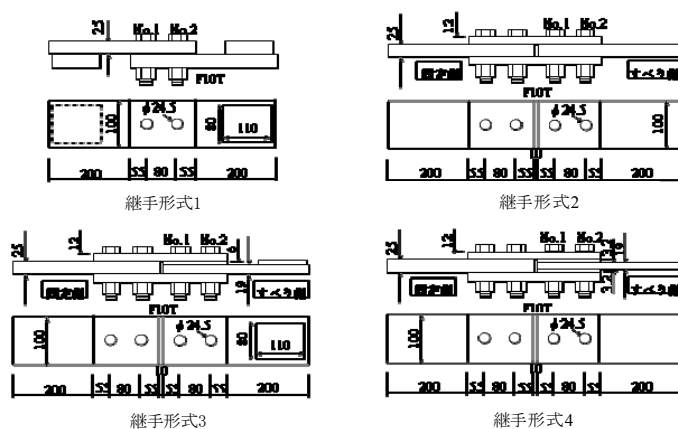


図1 試験体の継手形式

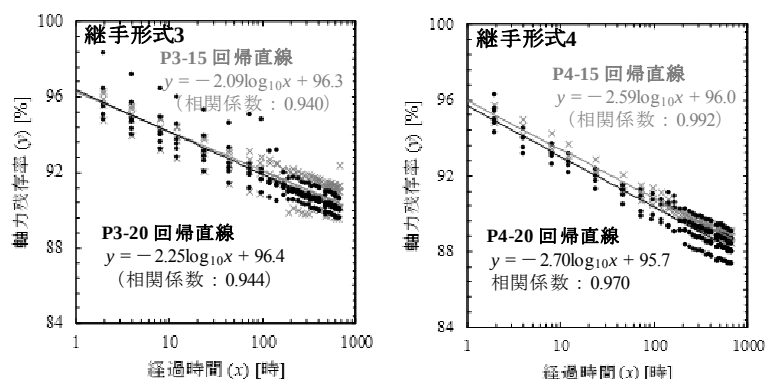


図2 摩擦面が無機ジンクの場合のボルト軸力低下

キーワード 高力ボルト摩擦接合継手, リラクセーション試験, ボルト軸力低下, フィラー

連絡先〒104-0054 東京都中央区勝どき 1-13-1 長大 構造事業本部 第一構造事業部 TEL 03-3532-8613

みゲージを取り付け、ひずみ出力の変化から導入軸力と残存軸力を評価した。試験の結果として、試験体ごとの締付け直後（約 30 秒後）と 28 日後における軸力、締付け直後を基準とした軸力残存率を表 2 に示す。

3. フィラーがボルト軸力の低下に及ぼす影響

無機ジンクの試験体のボルトの軸力残存率の推移の一例を図 2 に示す。図中には試験体の種類ごとの回帰直線も示している。回帰係数を比較することで、無機ジンクの試験体ではフィラー枚数の増加とともに軸力低下が早まっていることがわかる。ブラストの試験体においても、無機ジンクの場合ほどではないもののフィラー枚数が軸力低下に影響を及ぼすことが確認された。

4. フィラー枚数・摩擦面処理に応じた導入ボルト軸力の検討

本試験におけるボルトの軸力残存率変化に関する回帰直線を、既報¹⁾の結果に基づき 1 年後まで外挿することで 1 年後における試験体の種類ごとの軸力残存率を推定した。その推定値に基づいて評価した 1 年後設計軸力比率を、実際の増し締め割合に関する試験体の種類ごとの平均値とともに図 3 に示す。図 3 は、増し締めの割合が高いにもかかわらず無機ジンクの試験体の残存ボルト軸力は 1 年後には大きく低下し、特に継手形式 4 では設計軸力を下回るレベルにまで落ち込む可能性を示している。第 3 筆者は既報¹⁾において無機ジンクの場合には現行の基準よりも増し締めの割合を 5%高い 15%とすることを推奨しているが、その場合においても、他の継手形式の場合と同等に安全性・信頼性を向上させるために、フィラー 2 枚の場合には増し締めの割合を他よりさらに 5%高い 20%とするのがよいと考えられる。なお、ブラストの場合では、フィラーを 2 枚挿入しても軸力低下は小さく、現行基準の増し締めの割合のまま(10%)でも問題ないと考えられる。

5. まとめ

フィラー枚数の異なる試験体を対象にリラクセーション試験を行った結果、フィラー枚数が多いほどボルトの軸力低下が早まる傾向が確認された。無機ジンクの継手に関して第 3 筆者が既報で推奨するボルトの 15%増し締め¹⁾を適用する際にも、フィラー 2 枚が挿入されている継手では増し締めの割合をさらに 5%高い 20%とすることが望ましいと考えられる。

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した。

謝辞

リラクセーション試験においては、当時東京工業大学の学生であった安藤光希氏の支援を賜りました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1) 南 邦明：厚膜型無機ジンクリッチペイントを施した摩擦面で 15%増し締めした高力ボルト試験，土木学会論文集 A1，Vol. 73，No. 1，pp. 32-39，2017.

2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説-II 鋼橋・鋼部材編，2017.

3) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説(鋼・合成構造物)，2009.

表 2 リラクセーション試験の結果

試験体		締付け直後			試験体		28 日後		
		ボルト軸力 [kN]	ボルト軸力 [kN]	軸力残存率			ボルト軸力 [kN]	ボルト軸力 [kN]	軸力残存率
B1-10	-1	229	224	97.9%	P1-15	-1	242	228	94.0%
	-2	232	228	98.3%		-2	237	222	93.8%
	-3	231	227	97.9%		-3	243	228	93.6%
B2-10	-1	232	224	96.9%	P2-15	-1	239	216	90.7%
	-2	228	223	97.8%		-2	235	211	90.6%
	-3	234	227	97.1%		-3	244	223	91.6%
B3-10	-1	218	211	96.7%	P3-15	-1	244	220	90.1%
	-2	×	222	×		-2	245	221	91.3%
	-3	224	219	97.6%		-3	239	219	91.7%
B3-15	-1	243	235	96.5%	P3-20	-1	252	227	90.0%
	-2	241	233	96.8%		-2	245	221	90.3%
	-3	238	232	97.4%		-3	245	220	89.8%
B4-10	-1	232	224	96.7%	P4-15	-1	×	×	×
	-2	237	226	95.7%		-2	243	216	88.6%
	-3	243	233	96.1%		-3	235	208	89.1%
B4-15	-1	257	248	96.6%	P4-20	-1	261	228	87.7%
	-2	244	236	96.6%		-2	255	225	88.2%
	-3	255	246	96.6%		-3	254	226	88.9%

- 各試験体におけるNo.1, No.2ボルトの平均値を表す
- ×は計測上の不具合等で評価できなかった値であることを示す

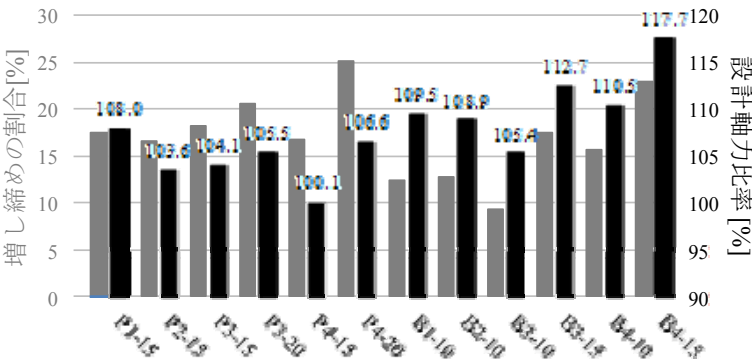


図 3 1 年後設計軸力比率の推定結果