

既設耐候性鋼橋におけるさびの介在する高力ボルト摩擦接合継手の耐久性

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員○秋山慎一郎* 正会員 平野雄大** 正会員 小林裕介
(一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 田中俊介 正会員 小野秀一
(*現 復建エンジニアリング, **現 JR 東日本)

1. はじめに

耐候性鋼橋は、経年による変状が生じ始めており、補修・補強の需要が高まっている。著者らは、既設耐候性鋼橋の浮きさびを除去し、残存している固着した内層さびの介在する状態で、補修・補強部材を摩擦接合する方法を検討してきている^{1),2)}。内層さびの介在する摩擦接合継手では、さびの凹凸部からの腐食因子の浸入により、接合面の腐食が進行するなどし、すべり耐力が変化することが想定される。本検討では、腐食促進した継手試験体と腐食促進していない継手試験体を用いたすべり試験とリラクセーション試験を実施し、内層さびの介在する摩擦接合継手の腐食によるすべり耐力とボルト軸力低下率の変化を調べた。

2. 試験概要

継手試験体（図1）は、約30年間大気暴露された試験桁（SMA400）から採取した外観評点5～3のさびを有する試験片（以下、母材）と新規鋼材（SMA400）から製作した試験片（以下、添接板）を高力ボルト（F10TW・M20）で接合することで製作した。母材については、浮きさびを除去し、内層さびを残した状態とした。添接板については、表面粗さRa10μm以上のブラスト処理を施した状態とした。高力ボルトには、ボルト軸部に埋設したひずみゲージで軸力を測定しながら、設計ボルト軸力の10%増しの軸力を導入した。継手試験体のパラメータは、腐食促進（S6サイクル（JIS K 5621）×240サイクル）の有無に加え、腐食因子の浸入のしやすさに影響する可能性がある内層さびの表面粗さ、腐食の進行のしやすさに影響する可能性がある内層さびの厚さと生成環境（離岸距離）とした（表1）。

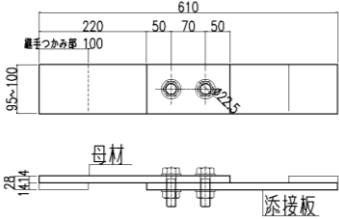


図1 継手試験体

すべり試験は、腐食促進あり（表1）の場合は、腐食促進後に実施し、腐食促進なし（表1）の場合は、母材と添接板の接合から24時間程度経過後に実施した。試験方法は、文献1),2)に準じた。リラクセーション試験は、腐食促進ありの場合は、腐食促進中に実施し、腐食促進なしの場合は、恒温・恒湿環境で腐食促進と同期間実施し、それぞれボルト軸力を測定した。

3. すべり耐力の変化

すべり試験の結果を表1に示す。すべり耐力は、腐食促進なしの場合では、160～210kN程度であったのに対し、

表1 継手試験体のおよび試験結果

名称		腐食促進	継手試験体						試験結果			
			母材			添接板	ボルト軸力		すべり試験			リラクセーション試験
			表面粗さ Ra (μm)	厚さ (μm)	離岸距離 (m)	表面粗さ Ra (μm)	設計 N ₀	すべり 試験直前 N ₂	すべり 耐力 (kN)	すべり係数※		ボルト軸力低下率(%)
										μ ₀	μ ₂	試験終了時
WBC	-1	あり	27.2	53.2	10	11.4	165	158.2	218.9	0.66	0.69	11.0
	-2		35.7	115.8	10	12.7	165	163.8	220.6	0.67	0.67	9.4
	-3		39.9	164.7	10	12.5	165	162.4	225.8	0.68	0.70	11.3
	-4		43.5	117.6	10	11.8	165	160.8	223.9	0.68	0.70	10.9
	-5		25.7	49.8	2.5	11.5	165	160.5	222.1	0.67	0.69	10.3
	-6		28.6	66.5	2.5	11.6	165	159.9	226.6	0.69	0.71	11.4
	-7		36.1	97.4	2.5	12.9	165	165.9	212.9	0.65	0.64	7.8
	-8		36.5	65.0	2.5	11.6	165	150.7	205.5	0.62	0.68	10.4
	-9		42.3	111.2	2.5	13.1	165	157.2	220.1	0.67	0.70	13.3
WBI ²⁾	-1	なし	40.5	54.1	10	15.7	165	175.3	206.0	0.62	0.59	—
	-2		37.5	89.8	10	13.5	165	176.4	200.8	0.61	0.57	—
	-3		37.8	85.8	10	13.3	165	176.7	207.0	0.63	0.59	—
WB2 ²⁾	-1		39.8	128.7	10	13.4	165	176.0	204.1	0.62	0.58	—
	-2		40.9	135.8	10	13.5	165	174.2	195.6	0.59	0.56	—
	-3		41.6	120.2	10	11.8	165	175.7	192.1	0.58	0.55	—
WB4	-1		25.4	51.5	2.5	11.3	165	178.4	187.9	0.57	0.53	—
	-2		26.0	57.1	2.5	11.6	165	177.4	162.3	0.49	0.46	—
	-3		26.2	46.3	2.5	11.4	165	177.7	182.4	0.55	0.51	—
	-4	30.7	118.6	2.5	12.0	165	176.7	183.1	0.55	0.52	—	
	-5	31.6	164.7	2.5	12.3	165	176.1	183.2	0.56	0.52	—	
WBR	-1	45.2	109.8	31	10	165	—	—	—	—	2.5	
	-2	24.9	60.7	31	2.5	165	—	—	—	—	4.0	
	-3	42.9	126.9	31	2.5	165	—	—	—	—	4.2	

※すべり係数μ₀は設計ボルト軸力N₀を用いて求めた値、すべり係数μ₂は試験直前ボルト軸力N₂から求めた値

キーワード：耐候性鋼橋、耐候性鋼材、さび、摩擦接合、すべり耐力、耐久性
連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 （公財）鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7280

腐食促進あり場合では、200～230kN 程度であり、継手の腐食により高まる傾向があった。すべり耐力と内層さびの表面粗さ R_a の関係を図2に示す。腐食促進後のすべり耐力に、内層さびの表面粗さ R_a の差異による有意な傾向はみられない。内層さびの厚さと生成環境（離岸距離）についても、同様であった。これより、これらのパラメータの差異によらず、継手の腐食により、すべり耐力は高まるものと考えられる。

4. ボルト軸力の低下率の変化

リラクセーション試験におけるボルト軸力の低下率の経時変化を図3に示す。ボルト軸力の低下率は、試験中のボルト軸力を母材と添接板の接合時に導入したボルト軸力で除して無次元化した値である。試験終了時のボルト軸力の低下率は、腐食促進なしの場合は、5%以下であったのに対し、腐食促進を経ている場合では、7～13%であった。腐食促進を経た場合にボルト軸力の低下率が大きかったのは、ボルト頭部が腐食して軸力が低下したことに加え、接合面の状態が変化することによってもボルト軸力が減少したことが原因として考えられる。

5. すべり係数

腐食した継手では、ボルト軸力の低下率が大きくなったにも関わらず、すべり耐力は高まった。これは、図4に示すように、継手の接合面の腐食が進行したことで、接合面のすべりにくさが増したためと考えられる。実際に、すべり耐力とすべり試験直前のボルト軸力 N_2 から求めたすべり係数 μ_2 は、継手の腐食により平均で 27%高まっていた（図5）。なお、すべり耐力と設計ボルト軸力 N_0 から求めたすべり係数 μ_0 は、平均で 15%高まっていた。

6. まとめ

内層さびの介在する摩擦接合継手のすべり耐力は、継手の腐食により高まる傾向があり、腐食後のすべり耐力に内層さびの表面粗さ R_a 、厚さ、生成環境（離岸距離）による有意な傾向はみられない。一方で、ボルト軸力の低下率は、継手の腐食により大きくなる。ボルト軸力の低下率が大きくなったにも関わらず、すべり耐力が高まったのは、継手の接合面の腐食が進行したことで接合面のすべりにくさが増しことが要因として考えられる。

参考文献

- 1) 網谷岳夫, 森猛, 小林裕介: 既設耐候性鋼橋に用いる高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力, 構造工学論文集 Vol.64A, 2018.3.
- 2) 平野雄大, 秋山慎一郎, 小林裕介, 田中俊介, 小野秀一: 既設耐候性鋼橋にブラスト処理した添接板を用いる高力ボルト摩擦接合継手のすべり係数, 土木学会第 73 回年次学術講演会, I-205, pp.409-410, 2018.8.

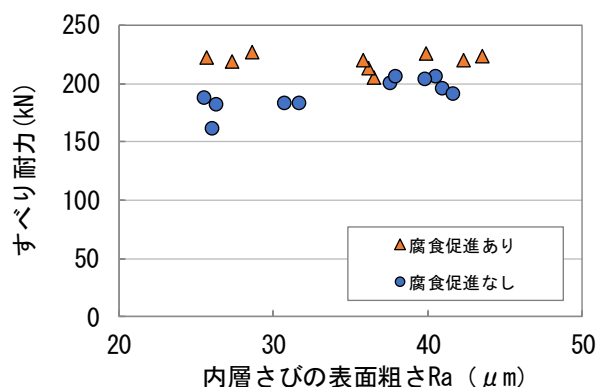


図2 すべり耐力と内層さびの表面粗さ R_a の関係

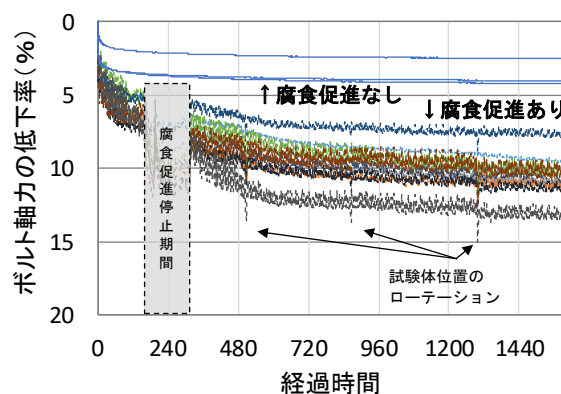


図3 ボルト軸力低下率の経時変化

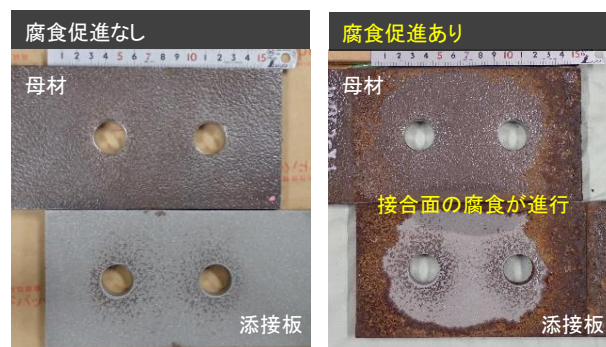


図4 継手接合面の腐食の進行

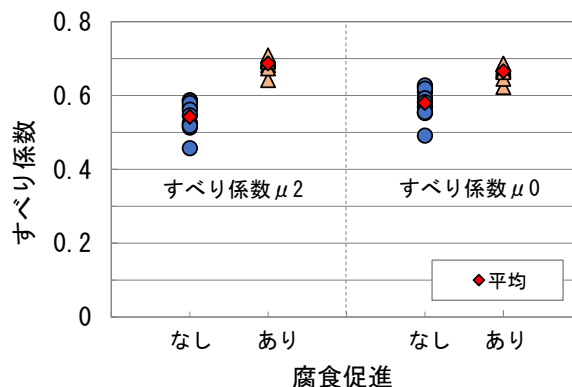


図5 腐食によるすべり係数の変化