

高力ボルト継手部の腐食減肉によるすべり耐力低下に関する研究

株式会社ネクスコ・エンジニアリング新潟 佐藤 英頼, 岡崎 清也
長岡技術科学大学 正会員 岩崎 英治
株式会社ワイ・シー・イー 正会員 ○川東 龍則

1. はじめに

鋼橋の高力ボルト継手部は、架設時の高力ボルト締付け後に現場塗装を行うことや、角部を有する形状であることから、腐食が発生しやすい箇所である。ボルト頭部やナット、ワッシャーや周辺母材、添接板に腐食減肉が生じると、高力ボルト残存軸力が減少し、摩擦接合継手部のすべり耐力が低下するとの報告がなされている¹⁾²⁾。力学的にはナット下部ほどナットが受ける荷重は大きいことから、全体の腐食減肉量だけではなく、腐食部位が残存軸力に与える影響が大きいことが予想される。しかし、実橋梁において、腐食部位の影響を明確に求めることは難しく、実験や解析によるアプローチが必要となる。そこで、本報では高力ボルトのナット・ワッシャーおよび添接板の腐食減肉がすべり耐力に与える影響を実験的に検討した結果を示す。

2. 高力ボルト継手部の腐食減肉がすべり耐力に与える影響

ナット・ワッシャーの腐食減肉による高力ボルト残存軸力低下率を把握するため、軸力計測を行った。軸力計測はボルト頭に2軸ひずみゲージを貼付して行った。ナット・ワッシャーの腐食減肉は機械切削加工で再現し、加工前後のひずみ変化から残存軸力低下率を求めた。残存軸力低下率の計測結果(試験体3体平均値)を表1および図1に、試験体(ケースW3)を写真1に示す。計測結果より、ワッシャーおよびナット下部の腐食減肉により、高力ボルト残存軸力が低下すること、また、高力ボルト残存軸力低下率と、ワッシャーおよびナット下部の腐食減肉量に相関関係があることが分かった。

高力ボルトまわりの添接板の腐食減肉が継手性能に与える影響を確認するため、すべり試験を行った。すべり試験体を図2に示す。既往の研究²⁾の試験体組立前に添接板を機械切削加工するのとは異なり、試験体組立後(高力ボルト締付け後)に添接板を切削加工することで腐食減肉を再現した。試験体のボルト頭に2軸ひずみゲージを貼付し、添接板加工前後の残存軸力低下率を求めた。残存軸力計測後にすべり試験を行い、すべり荷重および残存軸力を用いてすべり係数を求めた。なお、本すべり試験ではナット・ワッシャーの腐食減肉を考慮した切削加工は行っていない。すべり試験結果を表2に示す。健全ケース(K)と添接板腐食減肉ケース(F)の試験前後の軸力低下に明確な違いはみられなかった。従って、添接板腐食減肉による軸力

表1 ナット・ワッシャーの減肉による残存軸力低下率

ケース名	片面切削量(mm)		残存軸力低下率(%)	備考
	ナット下部	ワッシャー		
W1	0	4	5	切削後 ナット下部とワッシャーは面一
W2	2	6(4+2)	24	
W3	4	8(4+4)	62	

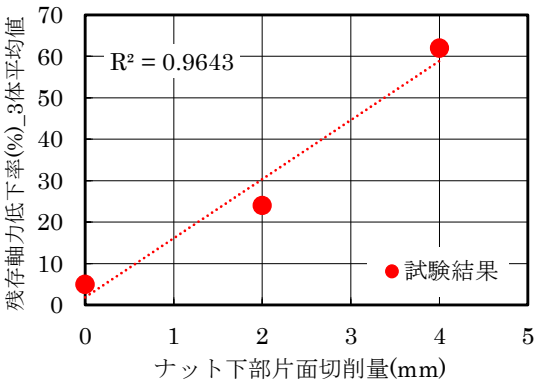


図1 残存軸力低下率



写真1 試験体(W3)

キーワード 高力ボルト継手, 腐食, 軸力, すべり耐力

連絡先 〒950-0916 新潟県新潟市中央区米山 5-1-35 (株)ネクスコ・エンジニアリング新潟 TEL: 025-385-6218

低下への影響は小さいと考えられる。また、すべり係数は、健全ケース(K)より添接板腐食減肉ケース(F)のほうが低い値となったが、切削量による明確な違いはなかった。添接板腐食減肉ケース(F)の健全ケース(K)に対するすべり係数低下率は13～14%であった。

3. 残存すべり耐力の推定

高力ボルトの残存軸力低下率および、すべり係数低下率の推定値を用いて、対象継手部の残存すべり耐力の推定方法を検討した。残存すべり耐力の推定算出式を式3に示す。ボルト1本あたりのすべり許容力を式1に、式1を用いて求めた健全時の対象継手部の許容応力度を式2に示す。式2より、各腐食程度に応じた高力ボルトの残存軸力低下率および、すべり係数低下率を考慮した式が式3である。この残存すべり耐力の推定式は、実橋梁を対象とした高力ボルト継手部の点検評価において、近接目視による腐食状況確認時に詳細調査が必要と判定された際に活用することを想定した。

4. まとめ

ナット・ワッシャーの腐食減肉による残存軸力低下率および、添接板の腐食減肉によるすべり係数低下率を各種実験により求めた。ワッシャーおよびナット下部の腐食減肉量と残存軸力低下率には比例関係にあることが分かった。添接板の腐食減肉によるすべり係数低下率は減肉量によらず13～14%で一定であった。また、求めた残存軸力低下率およびすべり係数低下率を用いて、残存すべり耐力の推定式を提案した。今後、実橋梁の保全点検への活用方法等について検討を進めていく予定である。

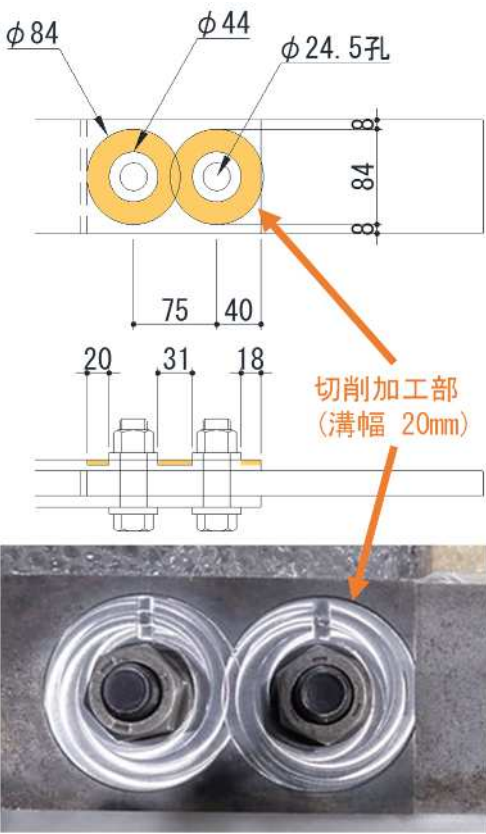


図2 添接板減肉に関するすべり試験体 (溝幅 20mm・溝深さ 2mm)

表2 添接板腐食減肉に関するすべり試験結果

ケース	試験体数	切削量	軸力低下率(%) (6本平均値)	すべり係数 (3体平均値)	すべり係数 低下率
		ナット側添接板			
K	3	健全	4	0.42	—
F12	3	溝幅10mm・溝深さ2mm	4	0.36	14%
F15	3	溝幅10mm・溝深さ5mm	4	0.36	14%
F22	3	溝幅20mm・溝深さ2mm	3	0.37	13%
F25	3	溝幅20mm・溝深さ5mm	4	0.37	13%

$$\rho_a = \frac{1}{v} \cdot \mu \cdot N_d \quad \cdots \text{式1}$$
$$\sigma_a = \frac{\rho_a \cdot m \cdot n}{B \cdot t} > \sigma \quad \cdots \text{式2}$$
$$\sigma_i = \frac{m}{v \cdot (B \cdot t)} \cdot \left(\underbrace{\mu \cdot N_d \cdot n_0}_{\text{健全部}} + \underbrace{(\alpha_1 \cdot \mu) \cdot (\beta_1 \cdot N_d) \cdot n_1 + (\alpha_2 \cdot \mu) \cdot (\beta_2 \cdot N_d) \cdot n_2 + \cdots (\alpha_i \cdot \mu) \cdot (\beta_i \cdot N_d) \cdot n_i}_{\text{腐食部 (各腐食程度に応じた低下率を設定)}} \right) \quad \cdots \text{式3}$$

- ρ_a : ボルト1本あたりのすべり許容力 (kN)

v : 安全率_1.7

μ : すべり係数_(例: 接触面塗装なし=0.4)

N_d : 設計軸力 _ (例: F10T/S10T・M22=205kN)

σ_a : 対象継手部の許容応力度 (N/mm²)

B : フランジ幅 (mm)

t : フランジ厚 (mm)
- m : 摩擦面数

σ : 対象継手部の作用応力度 (N/mm²)

σ_i : 対象継手部の残存応力度 (N/mm²)

α_i : 添接板減肉によるすべり係数低減割合

β_i : ナット・ワッシャー減肉による残存軸力低減割合

n_i : 腐食減肉対象のボルト本数

n_0 : 健全ボルト本数

参考文献

1) 橋本, 築地, 杉浦: 腐食劣化した高力ボルト摩擦接合継手の残存耐力に関する研究, 土木学会論文集 A1, Vol.69, No.2, pp.159-173, 2013

2) 山下, 下里, 田井, 有住, 矢吹: 高力ボルト摩擦接合継手における連結板の腐食減肉形状とすべり耐力特性に関する研究, 土木学会論文集 A1, Vol.74, No.3, pp.359-375, 2018