

I-243

FRPを挿入した高力ボルト摩擦継手の力学的特性

鉄道総合技術研究所 正 員 鳥取誠一
同 志村雄三
川崎製鉄㈱ 正 員 菊川春三

1. まえがき

超電導式磁気浮上式鉄道用のガイドウェイ構造物は車輛が軽量で、桁の設計荷重に占める割合が小さいことから、在来の新幹線と比較して、著しく少ない工事費で建設が可能である。しかしながら、車輛は超電導磁石を搭載しているため、車輛走行に伴い、ガイドウェイ構造物に使用されている鋼材に誘導電流が生じ、これが車輛の走行抵抗(磁気抗力)となり、電気設備費に悪影響を与えることが懸念される。¹⁾したがって、鋼トラスの如く、電流回路を形成する構造物の設置に際しては、格点を絶縁し、誘導電流の発生防止に努めることが抗力軽減上、有効な対策となる。本実験では、絶縁方法として、高力ボルト摩擦継手の母材一添接板間にFRPを用い、この力学的特性について検討を加えた。

2. 実験方法

供試継手は図-1に示す形状を用いた。材質は継手がSS41($\sigma_y=264\text{MPa}$)、ボルトがF10T M22×90である。ボルト孔径はボルト軸部を孔側壁との電氣的接触防止のため、エポキシ樹脂製特殊カラーで保護した関係で、通常より1.5mm拡げた26mmとした。摩擦面に挿入した絶縁材は次の2種を選択した。

A…ガラス繊維強化エポキシ樹脂, $t=1.0\text{mm}$

B…エポキシ樹脂, $t=0.8\text{mm}$

ボルト頭部にはG.L. 2mmの2軸ひずみゲージを貼付し、軸力を検出した。²⁾ボルトは、継手左右を以下の2種の方法で締付けた。

トルクコントロール法…1次締め トルク1,500kgf・cm
2次締め 目標軸力の80%
3次締め 目標軸力の100%(目標軸力 221kN)

ナット回転法 …1次締め トルク1,500kgf・cm
2次締め ナット1/2回転

A, B 2種の絶縁材とも、締付け1時間、1箇月、3箇月後にすべり試験を実施した。また、繰返し荷重下でのすべり挙動を調査すべく、繰返し速度300cpmの片振り引張試験を実施した。継手のすべりは、添接板と母板間の相対ずれで定義し、クリップゲージで測定した。なお、継手はショットブラストがけとしたが触針式粗さ計(タリサーフ5型)の測定結果では、 $R_{\max}=74\mu\text{m}$, $R_a=10.2\mu\text{m}$ であった。絶縁材については、Aが $R_{\max}=2.6\mu\text{m}$, $R_a=0.4\mu\text{m}$, Bが $R_{\max}=2.9\mu\text{m}$, $R_a=0.4\mu\text{m}$, を得た。

3. 結果と考察

表-1に一覧を示す。絶縁材継手と比較のため実施したショットブラスト継手では、締付け1時間後、3箇月後のすべり係数はトルクコントロール法の場合、ともに、0.4近傍と従来一般的に得られている値を若干下回った。これは、すべり応力が降伏点に近いこと、ボルト孔径が過大であることに起因すると推定される。³⁾この一方、絶縁材継手では、A, Bとも、トルクコントロール法の場合で0.5前後、ナット回転法の場合で

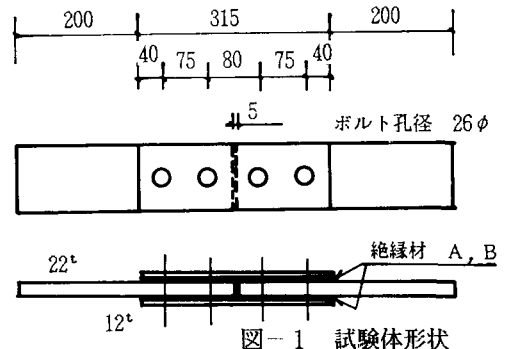


図-1 試験体形状

も0.4以上の見掛けのすべり係数が確保された。試験終了後の継手解体結果、B材の方が損傷が著しいものの、A、B、いずれも絶縁材に破断を生じていたことを考え合わせると、絶縁材―鋼板管の付着抵抗がすべり係数増大に寄与したと推察される。すなわち、ショットブラストした鋼板の凸部が絶縁材に食込み、機械的な抵抗力を発揮したと考えられる。

図-2は締付け後のボルト導入軸力の減少傾向を表しているが、樹脂を使用したにも拘らず、絶縁材継手ボルトの軸力減少は3箇月後に11%前後と、ブラスト継手と大差のない結果が得られた。したがって、実験範囲や数量の制限はあるものの、絶縁材継手は実用に供し得ると判断できる。

ところで、図-3は部分片振繰返し荷重（10～373kN）を与えた絶縁材継手のすべり挙動であるが、設計上のすべり荷重＝322kN以上の高荷重にも拘らず、母板―添接板間の相対ずれの進行は認められない。本実験結果からも、絶縁材継手の力学的挙動は安定していると結論付けられる。

4. あとがき

本一連の実験の結果、FRPを絶縁材に用いた高力ボルト摩擦継手の有用性を実証した。本形式継手の実用化に際しては、湿潤環境下での絶縁性の確認、高温あるいは死荷重等、クリープの影響把握が不可欠であろう。本研究の遂行にあたり、埼玉大学工学部田島二郎教授には種々有益なる御示唆をいただいた。ここに記して謝意を表する次第である。

参考文献 1)岩橋洋一、「リニアモーターカーの開発と将来展望」、土木学会誌72(1987)2

2)西前博一他、「15年経過した高力ボルトの軸力測定」、第35回講演概要集、I-113(1980)

3)田島二郎、「高力ボルト摩擦接合概説」、(1966)、(技報堂)

表-1 静的すべり試験の結果一覧（試験体3体の平均値）

記号	トルクコントロール法						ナット回転法					
	B_0 (kN)	B_1 (kN)	P_s (kN)	μ_0	μ_1	σ_s / σ_y	B_0 (kN)	B_1 (kN)	P_s (kN)	μ_0	μ_1	σ_s / σ_y
S1H	228	211	347	0.38	0.41	0.71	300	274	381	0.32	0.36	0.78
A1H	216	205	434	0.50	0.55	0.89	286	261	519	0.45	0.50	1.06
B1H	216	205	441	0.51	0.54	0.91	283	261	482	0.42	0.46	0.99
A1M	218	196	418	0.48	0.53	0.86	283	251	515	0.45	0.51	1.06
B1M	218	198	448	0.51	0.57	0.92	285	250	470	0.41	0.47	0.96
S3M	218	191	343	0.39	0.45	0.70	291	254	360	0.31	0.35	0.74
A3M	219	193	482	0.50	0.62	0.99	286	256	504	0.44	0.49	1.04
B3M	218	195	441	0.51	0.57	0.91	280	249	496	0.44	0.50	1.02

S: ショットブラスト, A: 絶縁材 A, B: 絶縁材 B, 1H: 締付け1時間後, 1M: 締付け1箇月後, 3M: 締付け3箇月後, B_0 : 締付け直後の軸力, B_1 : 試験直前の軸力 P_s : すべり荷重, σ_s : すべり応力, $\mu_{0,1} = P_s / (2 \times 2 \times B_{0,1})$

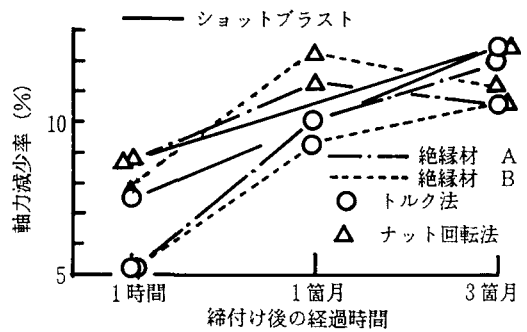


図-2 継手ボルトのリラクセーション特性

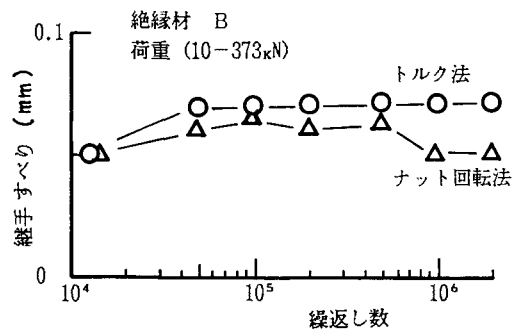


図-3 すべりに対する繰返し载荷の影響