

I-282 浮上式鉄道に用いる低磁性高力ボルト継手に関する一実験

(株)横河橋梁製作所 北村 明彦
 (財)鉄道総合技術研究所 市川 篤司
 同 穴見 源八
 (株)横河橋梁製作所 岩崎 雅紀

1. はじめに

超電導浮上式鉄道に鋼構造を用いる場合、鋼材に流れる誘導電流に伴って発生する車両の走行抵抗を低減するため、コイル近傍に配置される構造物材は低磁性鋼であることが要求されると共に、部材にループ電流を生じさせないようにすることが必要となる¹⁾。そのため、低磁性鋼を用いる部材の継手部において電気絶縁を確保する必要がある。

ところで、低磁性鋼としては、一般的なオーステナイト系ステンレス鋼の他、高マンガン低磁性鋼が実用化されており、浮上式鉄道の鋼橋に用いる場合についても検討されている²⁾。しかし、低磁性鋼製の摩擦接合用高力ボルト(以下、低磁性高力ボルトという)は開発されておらず、電気絶縁を確保するための高力ボルト摩擦接合継手については汎用のF10T高力ボルトを用いた場合のすべり試験結果が報告されている程度である³⁾。

本報告は、各種低磁性高力ボルトを試作して、基本性能を調査すると共に、これを用いた摩擦接合継手についての基礎実験結果をまとめたものである。

2. 低磁性高力ボルトの基本性能

表-1に示す各種成分系の低磁性鋼を用いて高力ボルトを試作し、基本性能を調査した。形状はJIS B1186に準じた図-1に示すとおり

表-1 試作高力ボルトの主要化学成分(wt%)

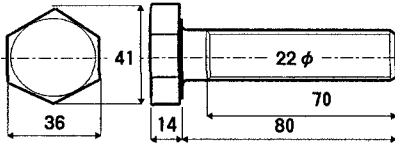
区 分	記 号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
高力ボルト	A	0.23	1.99	23.39	0.021	0.001	5.75	2.99
	B	0.14	0.39	18.03	0.023	0.001	16.15	2.08
	C	0.22	2.05	23.50	0.017	0.006	5.73	3.03
	D	0.12	0.12	3.32	0.020	0.007	20.38	8.50
	E	0.49	0.27	18.52	0.013	0.002	1.94	1.10
ナット	A-D用	0.23	1.98	23.07	0.018	0.001	5.68	3.02
	E用	0.49	0.27	18.52	0.013	0.002	1.94	1.10
座金	A-D用	0.60	0.28	13.87	0.022	0.001	1.99	1.97
	E用	1.06	0.19	11.98	0.10	0.01	---	---

である。六角頭付き高力ボルトAは、ねじ転

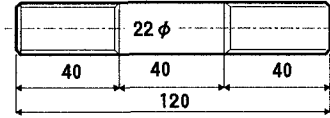
造による高強度化(加工硬化)を期待してねじ転造長を長くしてある。また、両ネジ形ボルト(B~E)は伸線加工による高強度化を期待したものである。表-2に高力ボルトおよびボルトセットの引張試験結果を示す。化学成分、加工手順によって強度が異なることがわかる。特に、BおよびDはナット抜けを起こしている。ボルトは、伸線加工によって高強度化した後にねじ転造を行っているのに対し、ナットは、熱間製造後にねじ切削を行っているので、加工硬化の程度が低いためである。図-2には締付け試験結果の一例を示す。C~Eは、Bと同様の線図が得られた。そこで、Aは18.2(ton, F8T相当)、B~Eは22.5(ton, F10T相当)にて締めつけることにした。なお、軸力は全て軸部に貼付したひずみゲージ(GL=6mm)にて管理した。

3. 試作低磁性高力ボルトのリラクセーション性能および応力腐食割れ特性

鋼構造物の継手で電気絶縁を確保するためには、種々の得失から絶縁板を挟んだ摩擦接合が適していると判断した。この際、ボルト自体および絶縁板のリラクセーションが問題になると考えられたことから、両ねじ形高力ボルトB~Eおよび汎用の六角頭高力ボルト(F10T, M22×85)、各1本ずつについてその性能を調べた。図-3に、試験方法と締付け後約2日間のひずみ変化を示す。試験体はFRP絶縁板³⁾を挟んだ両面添接である。締付け直後におけるひずみ低下が大きい。その後約3ヶ月に渡ってひずみ変化を測定し、50年後の軸力低下率を推定した。結果のみ表-3に示す。試験数が少ないが、FRP絶縁板によって約7%、低磁性高力ボルトによって11%~18%程度の軸力低下が生じることが推定された。対策として、初期増締めをすることが考えられるが、応力腐食割れの発生が危惧されたので、リラクセーション性能調査と同様の試験体(ボルトセットのみ無塗装)を用いて3800時間の塩水噴霧試験を行った。Bの1000時間、C及びDの2000時間に



(1) 六角頭付き高力ボルト(A)



(2) 両ねじ形高力ボルト(B~E)

図-1 試作高力ボルトの形状

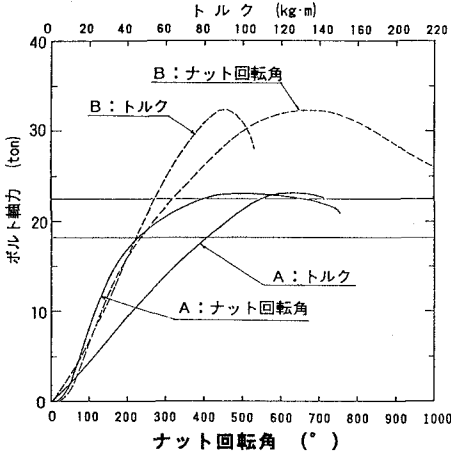


図-2 締付け試験結果の一例

においてナットに割れが生じたが、ボルトにはいずれも割れは認められなかった。

4. 摩擦接合継手のすべり試験結果

六角頭付き高力ボルトAを用いて電気絶縁性調査とすべり試験を各2体ずつ行った。すべり結果のみ表-4に示す。Zは、すべり係数が高いものの、絶縁抵抗は目標とする1(Ω)を確保できなかった(他は良好)。薄層塗装であるため、微小な塗装傷から通電したものと推定される。ZFはFに比べて若干すべり係数が低い、塗装によると考えられる。EPはせん断継手に近い挙動を示したので、すべり係数は参考値であるが、接着材の長期信頼性と施工性が改良できれば、実用化可能であると考えられる。

5. まとめ

各種の低磁性高力ボルトを試作し、基本特性と摩擦接合としての性能を調査した。さらに研究を進め、浮上式鉄道の鋼構造物に使用していきたいと考えている。実験に際し、(株)神戸製鋼所、神鋼ボルト(株)、他の関係各位にお世話になりました。記して感謝します。

1)市川、穴見、田村、志村:鋼構造物の浮上式鉄道への適用に関する研究、鉄道総研報告Vol.14, No.8, 1990.8, 2)岩崎、深沢、夏目:高マンガン非磁性鋼の溶接性・加工性に関する研究、横河橋梁技報 第14号, 3)鳥取、志村、菊川:FRPを挿入した高力ボルト摩擦継手の力学的特性、第42回年次講演会概要集I-243

表-2 試作高力ボルトおよびボルトセットの引張試験結果の一例

記号	*高力ボルト				高力ボルトセット	
	0.2%耐力 (kg/mm ²)	引張強度 (kg/mm ²)	伸び (%)	絞り (%)	引張強度 (kg/mm ²)	破断位置
A	68.7*	84.1*	25.4*	53.2*	86.8	不完全ねじ部
B	111.3	116.8	22.8	62.9	94.4	ナット抜け
C	101.4	106.8	19.1	37.8	94.3	ねじ部
D	110.3	115.0	21.1	56.2	97.8	ナット抜け
E	80.0*	110.0*	23.0*	50.0*	90.6	ねじ部

*: 試験片加工後の試験結果

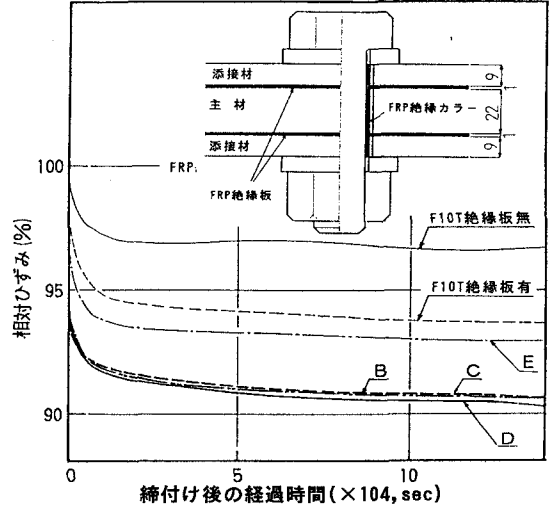


図-3 ひずみ低下率の推移

表-3 軸力低下率比較(%)

記号	初期量(1日)	50年予想量	合計
B	9.2	15.0	24.2
C	9.2	10.4	19.6
D	9.4	8.2	17.6
E	6.9	11.0	17.9
F10T絶縁板有	6.2	8.2	14.4
F10T絶縁板無	3.2	3.7	6.9

表-4 すべり試験結果

記号	摩擦面の条件	すべり係数
Z	ブラスト+無機ジンク塗布70μm	0.543
F	ブラスト+FRP絶縁板	0.511
ZF	ブラスト+無機ジンク+FRP絶縁板	0.436
EP	ブラスト+エポキシ樹脂接着材	0.738, 参考