

亜鉛アルミ合金溶射を施した高力ボルト摩擦接合継手の導入軸力試験

鉄道・運輸機構 正会員 南 邦明
 鉄道・運輸機構 正会員 徳富恭彦

鉄道・運輸機構 正会員 横山秀喜
 川田工業 吉田己喜男

1. はじめに

橋梁の建設工事で使用する金属溶射を大別すると、擬合金溶射と合金溶射がある。高力ボルト摩擦接合継手面における施工上の違いとして、前者は、下地処理後(Sa2)粗面形成材を塗布し溶射を行い、封孔処理を行う。後者は、下地処理後(Sa2 1/2)溶射を行い、封孔処理は行わない。著者らは前者の高力ボルト摩擦接合継手の研究を行い、ボルト締付けは、表-1に示すナット回転量を提案した¹⁾³⁾。ただし、後者でもこれが適用できるか不明である。そこで、導入軸力試験およびリラクセーション試験を実施し、合金溶射における適切な導入軸力が期待できるナット回転量を検討した。

表-1 擬合金溶射面におけるナット回転量(θ)

$L \leq 5d$	$5d < L \leq 6.4d$ (M22は6.4d)	$L > 6d$ (M22は6.4d)
90°	100°	試験により決定

L: ボルト長さ, d: ボルト径

2. 試験体

(1) 試験体の形状および種類

図-1に試験体の形状、表-2には試験体の種類を示す。試験体は、M1,M2,M3の3種類とし、鋼材はSM490A、ボルトは溶融亜鉛めっきボルトのF8T (M22, M24) を用いた。各試験体ともにナット回転量は、75,90,120°の3角度で行った。試験体数は、各ケースで1体製作し、9体を試験に供した。

(2) 摩擦面の表面処理 試験体は、素地調整(Sa2 1/2)後に、標準(最小)膜厚100μmで溶射を行った。なお、封孔処理なしとした。

(3) 表面粗さと膜厚の測定 計測は、表面粗さ計(SJ-201)を用い、膜厚測定は、電磁誘導式膜厚計(SWT-8000II)を用いて行った。測定位置は、図-2に示すようにボルト孔周辺とし、両面合わせて試験体1体あたり計36点測定した。測定結果を表-3に示す。

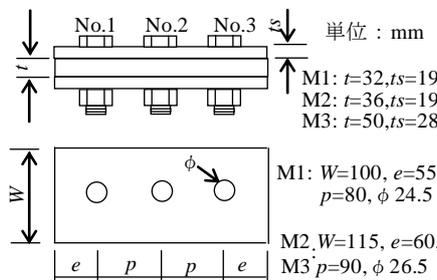


図-1 試験体形状

表-2 試験体の種類

試験体名	ボルトサイズ	ボルト締付け	
		1次締め	本締め
M1	M22×110	-1	150 N・m
		-2	
		-3	
M2	M24×120	-1	200 N・m
		-2	
		-3	
M3	M24×150	-1	200 N・m
		-2	
		-3	

(4) ボルトの締付け ナット回転法によるボルトの締付けは、一次締めおよびマーキング後、本締めを行った。1試験体でボルトは3本あるが、本締め作業では、その内1本(No.1)は、トルクレンチを用いて手締めで行い、残り2本(No.2,3)は、ナット回転角専用レンチを用いた機械締めとした。



図-2 計測位置

表-3 表面粗さおよび膜厚計測結果

試験体名	表面粗さ[μm Rzjis]			溶射膜厚[μm]		
	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3
M1-1	59	58	58	186	179	176
M1-2	53	55	53	183	184	170
M1-3	54	52	53	182	196	194
M2-1	48	47	46	193	181	183
M2-2	46	49	47	185	177	181
M2-3	46	46	46	189	183	184
M3-1	44	45	45	178	179	174
M3-2	44	44	45	182	189	188
M3-3	47	45	45	188	184	183

3. 試験方法

(1) 導入軸力試験方法 導入軸力とナット回転角との関係を明確にさせるため、ボルト軸部にひずみゲージを取り付け、ボルト軸力を計測した。導入軸力試験では、各試験体のNo.1ボルトについては、回転角を30°ごとにボルト軸力を計測した。一方、No.2,3ボルトでは、所定の角度の軸力のみ計測した。

(2) リラクセーション試験方法 導入軸力試験後、続けてリラクセーション試験へと移行させた。ボルト軸力の計測期間は720時間(30日)とした。

4. 試験結果

(1) 導入軸力試験結果 導入軸力計測結果を表-4に示す。また、ナット回転量と導入軸力の関係を図-3に示す。ここでは、手締めおよび機械締めの全データを示し、図中の実線は、最小二乗法を用いて求めたナット回転量に対する導入軸力の回帰曲線を示している。また、比較のため擬合金溶射の結果¹⁾も示している。図に示すように、何れのボルトも角度が90°までは回転角と導入軸力は、ほぼ直線分布にあるが、120°では、角度に対する導入軸力が小さい。これは、90°を超えた場合、ボルトねじ部が降伏域に達し、塑性変形が生じたからと考えられる。また、回転角90°では、すでに設計ボルト軸力の120%を超える軸力がボルトに導入されていた。擬合金溶射と比較すると、M22については合金溶射の方が若干軸力が高くなる傾向にあるが、M24ではほぼ一致し、ボルト長が大きくなると導入軸力が小さくなる傾向が示された。

キーワード: 高力ボルト, 導入軸力, リラクセーション, ナット回転法
 連絡先: 〒231-8315 横浜市中区本町6-50-1 鉄道・運輸機構 TEL 045-222-9082

表-4 導入軸力試験の計測結果の一覧

試験体名	ボルトサイズ	回転量(°)	初期導入軸力(kN)											リラクゼーション(720h)後の軸力(kN)				
			手締め(トルクレンチ)						機械締め					No.1ボルト	機械締め			設計値比率(%)
			No.1ボルト (N=0)						No.2ボルト	No.3ボルト	No.2ボルト	No.3ボルト	No.3ボルト		No.2ボルト	No.3ボルト		
			0°	30°	60°	75°	90°	120°						No.2ボルト			No.3ボルト	No.2ボルト
M22	M1-1	M22×110 (5.0d)	75	42.2	86.2	149.9	182.0	-	-	193.3	193.5	189.6	114.9	157.0	168.4	168.8	164.7	99.8
	M1-2		90	40.4	90.9	159.1	-	217.4	-	197.9	203.6	206.3	125.0	187.9	168.4	178.2	178.2	108.0
	M1-3		120	43.0	83.6	148.4	-	215.3	233.1	219.3	219.2	223.9	135.7	205.2	189.0	194.8	196.3	119.0
M24	M2-1	M24×120 (5.0d)	75	53.1	123.3	213.1	250.0	-	-	237.5	242.5	243.3	126.7	221.8	205.7	212.1	213.2	110.5
	M2-2		90	59.2	130.4	220.2	-	270.9	-	263.6	264.4	266.3	138.7	245.9	231.7	236.4	238.0	123.3
	M2-3		120	53.0	121.0	210.5	-	267.9	278.3	270.3	269.2	272.6	142.0	252.9	239.0	243.4	245.1	127.0
	M3-1	M24×150 (6.3d)	75	47.1	110.7	187.2	222.6	-	-	205.7	219.9	216.0	112.5	190.9	179.0	195.4	188.4	97.6
	M3-2		90	46.3	114.9	196.6	-	261.1	-	263.0	244.8	256.3	133.5	234.7	235.4	212.1	227.4	117.8
	M3-3		120	42.8	106.4	182.8	-	253.7	270.5	261.3	252.1	261.3	136.1	242.8	233.7	227.8	234.8	121.6

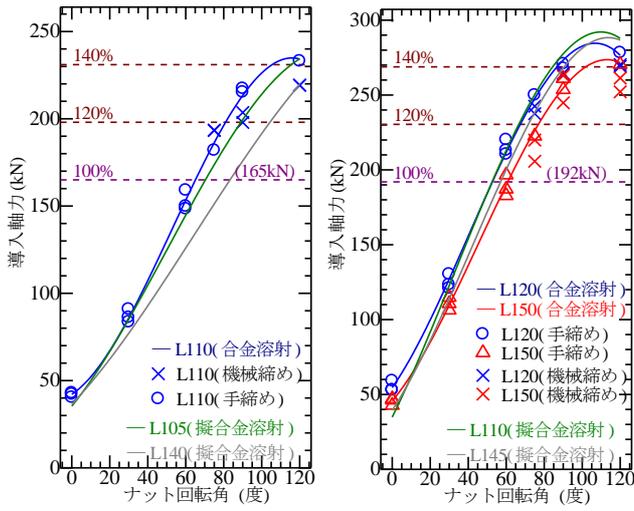


図-3 導入軸力試験結果

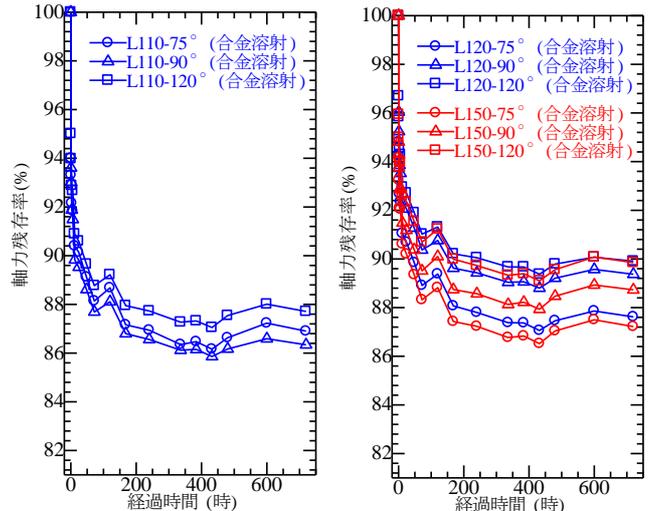


図-4 リラクゼーション試験結果

(2) リラクゼーション試験結果 リラクゼーション試験結果を図-4 および表-5 (720時間後のデータ) に示す。図の縦軸は、測定した軸力を初期ボルト軸力で無次元化した軸力残存率である。図中の数値は、各3本のボルト計測結果の平均値を示している。各試験体とも、計測初期での軸力低下が著しく、計測30分後には残存軸力が約95%、24時間後には約90%まで低下した。その後は、緩やかに低下し、432時間

表-5 リラクゼーション試験の計測結果の一覧

	回転角	軸力残存率 [%]						
		合金溶射				擬合金溶射 ¹⁾		
		M22		M24		M22		M24
		L110	L120	L150	L105	L140	L127	L145
	75°	86.90	87.62	87.22	88.29	87.43	86.27	87.54
	90°	86.34	89.37	88.73	87.85	91.43	88.42	88.69
	120°	87.71	89.91	89.85	88.93	91.26	88.39	90.43
	平均値	86.98	88.97	88.60	88.36	90.04	87.69	88.89

(18日)後が最も軸力低下率が大きかった。720時間後の合金溶射は87.0%~89.0%まで低下した。擬合金溶射と比較するとM22では約1.4%合金溶射の方が軸力低下率は大きかったが、M24では違いは見られなかった。

(3) 合金溶射のナット回転量の考察 M24では合金溶射と擬合金溶射を比較しても、導入軸力および軸力残存率はほぼ同じであった。M22では、合金溶射の方が導入軸力は高いが、残存軸力は逆に低くなった。ただし、リラクゼーション後の軸力には大きな違いはなかった。以上のことから、合金溶射も表-1で示したナット回転量を適用してもよいものと考えられる。さらに、M24の適用範囲は6.3dまでとする。

5. まとめ

本研究では、合金溶射の適切な導入軸力が期待できるナット回転量を検討するため、導入軸力試験およびリラクゼーション試験を行った。その結果、導入軸力とナット回転量の関係やリラクゼーションによる軸力低下は、擬合金溶射との違いはなく、合金溶射も表-1で示したナット回転量を適用してもよいものと考えられる。

【参考文献】

- 1) 南 邦明, 齊藤雅充, 横山秀喜, 杉本一朗, 能島隆男, 増永寿彦, 長崎英二: 亜鉛アルミ擬合金溶射を施した高力ボルト摩擦接合継手に関する研究, 土木学会論文集A1, Vol.68.No.2, pp.427-439, 2012.6.
- 2) 南 邦明, 徳富恭彦, 清水織恵, 河村健一, 森井茂幸: 亜鉛アルミ擬合金溶射を施した高力ボルト摩擦接合継手の導入軸力確認試験, 土木学会論文集A1 Vol.69.No.1, pp.133-138, 2013.4.
- 3) 南 邦明, 徳富恭彦, 清水織恵, 河村健一, 森井茂幸: ナット回転量 90°で締付けた溶射面のボルト継手のすべり耐力, JSSC 鋼構造年次論文報告集 Vol.21, pp152-157, 2013.11.