

川崎製鉄(株) エンジニアリングセンター 正員 ○石渡 正夫

同 松尾 弘一

同 菊川 春三

1 序言

従来、高力ボルト摩擦継手の接合面は継手間の摩擦抵抗を大きくするためブラスト後に発錆させることを原則とし、塗装等の表面処理は禁じられている¹⁾。しかし、長大橋などで架設が長期間にわたる場合には、接合面が過度に発錆すること、締付け後も接合面に雨水が滲透し腐食が除々に進行することなどにより接合面の防食処理が望まれるようになった。

そこで、防錆効果を有し、かつ、従来の発錆面と遜色のない継手表面処理方法が各所で研究され、無機ジंक、金属溶射等に関して設計上のすべり係数値を上回る良好な実験結果が得られている。^{2)~4)}しかし、実験例は未だ十分豊富とは言えず、繰返し荷重下の継手挙動等も明らかではないため、本研究では上記の表面処理を施した継手のすべり係数を確認のうえ、繰返し荷重下での継手の力学的挙動に与える表面処理の影響について実験したものである。

2 実験概要

供試継手はTable1に示すように、荷重方向に1列、2本のボルトが並んだ標準的形状を採用した。継手素材はSM50C、ボルトはF10T、M22、M30を使用した。ボルトには防錆処理をせず、継手材のみにグリットブラスト、無機ジंक、(目標塗膜厚 30μ 、 60μ 、 120μ) アルミ亜鉛溶射(Al…30%Zn…70%、厚 60μ) 処理を行った。ボルトはすべて次に示す要領でナット回転法によつて締付けた。なお、すべり係数等の計算に必要なボルト軸力値はボルト試験機(容量75ton)を用いて求めた軸力一回転角曲線上の2次締めナット回転角に対応する軸力の平均値とした。

ボルト		1次締め条件	2次締め条件
F10T	M22	トルク 1,500kg・cm	ナット回転角180°
F10T	M30	トルク 3,000 //	//

実験はTable1に示す9種の供試 継手について、まず各3体ずつのすべり試験を実施した。ついで

、Table2に示す内容の継手に関して0-to-Tension片振疲労試験でS-N曲線を求めるとともに、繰返し荷重下の継手挙動を調べるべく、すべり試験と同様の要領で、継手母板と添接板間の相対ずれ量と荷重繰返し回数の関係をクリップゲージを用いて連続的に測定した。また、疲労試験終了後の継手について再びすべり試験を実施し、繰返し荷重を受ける継手接合面の摩擦抵抗に与える表面処理の影響を測定した。

3 結果と考察

塗膜厚を変化させた実験は無機ジंकのみであるが、Table1に示されるように、膜厚が増大すればすべり係数 μ_1 もまた大きくなる傾向にある。すなわち、すべり係数の設計値0.4を下回るのは膜厚を 30μ と極端に薄くした場合のみであり、長期防錆効果を期待する場合に必要な塗膜厚 60μ 以上の場合には、設計値を十分満足する0.5前後の値が確保される。また、本実験の範囲ではアルミ亜鉛溶射と無機ジंकとしてはすべり係数にさほどの差はなかった。

以上の考察は静的なすべり試験の結果に関するものであるが、疲労試験後に再びすべり試験を行ったところ、無機ジंक アルミ亜鉛溶射についてはすべり係数(Table1の μ_2)が静的な実験値 μ_1 と等しいか、これを上回る結果が得られた。逆に、グリットブラスト処理のみの継手では $\mu_2/\mu_1=0.90$ とすべり係数が10%程度低下した。したがって、疲労が問題となるような継手においては、膜厚 60μ 程度のこれら表面処理はグリットブラストと同等のすべり係数を与えるものと判断される。

疲労試験の結果はTable2、Fig1でも明らかのように、荷重の1サイクル目に大すべりを生じて摩擦から支圧の状態に移行したものを除き、ほぼ同様な性状を示した。これらのデータを基に求めた近似式から 2×10^6 回強度を算出すれば平均値で 2.46 kg/mm^2 、非破壊確率95%で 2.14 kg/mm^2 を得る。ただし、

これらは継手の純断面で計算した値である。

さらに、繰返し荷重下の継手挙動を Fig 2 に例示するが、表面処理をした継手ではグリットブラストと異なり、繰返し回数が増大するにしたがつて継手のすべり量が一定値に収斂する傾向を示した。この現象は、表面処理した継手の疲労試験後のすべり係数が上昇する傾向にある事実を勘案すれば、溶融亜鉛メッキ継手に従来観察されていた「Lock Up 効果」がこれらの継手にも生じ、接合面間の摩擦抵抗が大となったことに起因すると思われる。

4 結 語

本研究の結果、次の諸事項が明らかになった。

1) 表面処理した継手のすべり係数は塗膜厚の影響を強く受け、設計値を満足するには無機ジंकの場合 60μ 程度の膜厚が必要である。

2) 表面処理の方法、ボルト径の違いが継手の S-N 曲線に与える影響はほとんどない。

3) 繰返し荷重を受ける場合、無機ジंकおよびアルミ亜鉛溶射継手には Lock Up 効果が生じ、継手は安定した挙動をするようになる。また、実際の使用状況を考えれば、これら表面処理継手はすべりに対してグリットブラストと同等の安全性を有すると思われる。

謝 辞

本実験を遂行するにあたり、本四連格橋公団設計第 1 部田島二郎部長には種々有益な御助言を賜った。ここに記して謝意を表します。

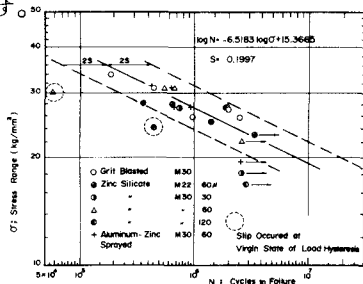


Fig. 1 Fatigue Test Results



Table 1 Slip Test Results

	1.1 ± 0.2 1.1 ± 0.2	"	"	"	"	"	1.1 ± 0.2 1.1 ± 0.2	1.1 ± 0.2 1.1 ± 0.2	"
Steel	SM50C	"	"	"	"	"	"	"	"
Gy (kg/mm²)	35.0	"	"	"	"	"	"	"	"
Gmax (kg/mm²)	54.0	"	"	"	"	"	"	"	"
Elongation (%)	33	"	"	"	"	"	"	"	"
Bolt	F10T M30×145	"	"	"	"	"	F10T M30×145	F10T M22×135	F10T M22×110
Pitch (mm)	110	"	"	"	"	"	110	81	81
N: Bolt Force (t)	58.6 ± 2 +117.2	"	"	"	"	"	58.6 ± 2 +117.2	30.3 ± 2 +60.6	30.3 ± 2 +60.6
Ag (cm²)	11.4 ± 5 +49.5	"	"	"	"	"	11.4 ± 5 +49.5	8.1 ± 4.5 +36.5	8.1 ± 4.5 +36.5
An (cm²)	35.1	"	"	"	"	"	35.1	25.9	25.9
An / Ag	0.71	"	"	"	"	"	0.71	0.71	0.71
Ps: Bolt Load (t)	83.0	111.4	115.8	137.0	116.1	63.3	72.9	59.2	69.8
Gs: Slip Stress (kg/mm²)	23.6	31.7	33.0	39.0	33.1	24.4	28.1	31.2	36.8
Gs / Gy	0.68	0.91	0.94	1.12	0.95	0.70	0.80	0.89	1.05
Coefficient of Slip μ	0.35 ± 0.02 (3 pieces)	0.47 ± 0.02 (3 pieces)	0.49 ± 0.01 (3 pieces)	0.59 ± 0.01 (3 pieces)	0.50 ± 0.01 (3 pieces)	0.52 ± 0.03 (3 pieces)	0.60 ± 0.03 (3 pieces)	0.49 ± 0.02 (3 pieces)	0.57 ± 0.02 (3 pieces)
Surface Treatment	Zinc Silicate Paint 30 μ	Zinc Silicate Paint 60 μ	Zinc Silicate Paint 120 μ	Grit Blasted	Aluminum-Zinc Sprayed	Zinc Silicate Paint 60 μ	Grit Blasted	Zinc Silicate Paint 60 μ	Grit Blasted
μ_h	1.31	1.13	1.00	0.90	1.00				1.14

Table 2 Fatigue Test Results

Faying Surface Treatment	Coating Thickness (x10 ⁻³ mm)	Net Section Stress (kg/mm²)	Applied Cycles x 10 ³	Location of Failure	Bolt Type
Grit Blasted	—	0.6 to 33.6	1.9	Center Plate	F10T M30
"	—	0.6 to 31.7	4.5	"	"
"	—	1.4 to 28.5	20.0	"	"
"	—	1.4 to 26.9	9.8	"	"
"	—	1.5 to 27.6	24.0	"	"
Zinc Silicate Paint	60	1.1 to 29.0	3.7	Cover Plate	F10T M22
"	"	1.0 to 28.8	6.4	Center Plate	"
"	"	1.1 to 26.5	14.0	Cover Plate	"
"	"	1.1 to 25.4	4.7	"	"
"	"	1.1 to 23.7	32.0	No Failure	"
"	30	0.6 to 27.5	7.3	Center Plate	F10T M30
"	"	0.6 to 19.1	24.0	No Failure	"
"	60	0.6 to 32.1	5.5	Center Plate	"
"	"	0.6 to 31.4	6.8	"	"
"	"	0.6 to 30.1	0.6	"	"
"	"	0.6 to 22.8	26.0	No Failure	"
"	"	0.6 to 27.7	20.0	Center Plate	"
"	120	0.6 to 27.6	20.0	Cover Plate	"
"	"	0.6 to 17.1	27.0	No Failure	"
Aluminum-Zinc Sprayed	60	0.6 to 31.6	4.3	Center Plate	F10T M30
"	"	0.6 to 32.2	6.2	"	"
"	"	0.6 to 28.3	9.1	"	"
"	"	0.6 to 27.9	6.7	"	"
"	"	0.6 to 20.0	24.0	No Failure	"

参 考 文 献

- 1) 日本道路協会 道路橋示方書・同解説 1974.10
- 2) 田島二郎 高力ボルト摩擦接合概説 (技報堂) 1973.8
- 3) 堀岡正毅 他 高力ボルト継手の研究 (第1報) 日本鋼管技報 (63), 1974.4
- 4) 石沢成夫 他 塗膜、溶射膜を接合面にもつ高力ボルト継手の耐力 土木技術 28, (7), 1973.7
- 5) W.H Munse Structural Behaviour of Hot Galvanized Bolted Connections

8th Int. Conf. on Hot Dip Galvanizing
London 1967.6

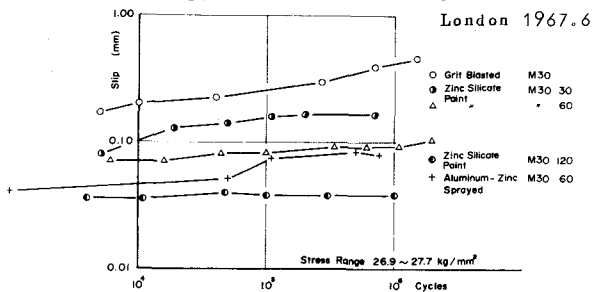


Fig. 2 Joint Behaviors under Repeated Loads