
表面処理高力ボルト摩擦継手の力学的挙動に関する実験的研究

Experimental Study on Static and Dynamic Behaviors of Surface Coated Joints
Fastened with High Strength Bolts

菊川 春三(Shunso Kikukawa) 山田 元茂(Motoshige Yamada) 松尾 弘一(Hiroichi
Matsuo) 石渡 正夫(Masao Ishiwata)

要旨：

長大橋等、半永久的に使用される鋼構造物においては、部材の腐食を防止するため、従来防錆を行わなかった高力ボルト現場継手の接合面にも無機ジंक、金属溶射等の表面処理が望まれるようになった。しかし、表面処理が継手のすべり係数に与える影響、繰り返し荷重下の継手挙動等、いまだ明らかにされていないことが多かった。今回、これら表面処理継手の力学的挙動を明らかにするため、種々のモデル継手について静的ならびに動の実験を行った。その結果、表面処理塗膜の厚さが 60 μ 以上であればすべり係数に関する設計値を十分上回ること、および表面処理によって継手の疲労強度は低下しないことなどが明らかになり、設計・施工に際し、現行の指針を適用して何ら支障のないことが実証された。

Synopsis：

In the case of long span bridges such as Honshu-Shikoku bridges which require semi-eternal services, it is desirable to coat the faying surfaces of bolted joints as well as general members for anticorrosion purposes. It is also desirable to use big size high strength bolts to simplify the construction procedure. However, mechanical behaviors of these surface coated joints and big size bolts were not as yet clarified. The authors have studied these points through slip tests and fatigue tests for various joints and bolts to obtain the following summary: (1) The behavior of big size M30 bolts is equal to that of M22 bolts stipulated in JIS B 1186 (1970). (2) Surface coated joints satisfy the slip resistance stipulated in the standard specification of highway bridges (Japanese Road Association, 1972) on the condition that coating thickness is 6 $\times 10^{-2}$ mm and over. (3) The fatigue strength of surface coated joints is equal to that of uncoated joints, and because of "lock up" effect, slips of the joints under repeated loading make no further progress.

本文は次のページから閲覧できます。

表面処理高力ボルト摩擦継手の力学的挙動に 関する実験的研究

Experimental Study on Static and Dynamic Behaviors of Surface Coated Joints Fastened with High Strength Bolts

菊 川 春 三*

Shunso Kikukawa

山 田 元 茂**

Motoshige Yamada

松 尾 弘 一***

Hiroichi Matsuo

石 渡 正 夫****

Masao Ishiwata

Synopsis:

In the case of long span bridges such as Honshu-Shikoku bridges which require semi-eternal services, it is desirable to coat the faying surfaces of bolted joints as well as general members for anticorrosion purposes. It is also desirable to use big size high strength bolts to simplify the construction procedure. However, mechanical behaviors of these surface coated joints and big size bolts were not as yet clarified. The authors have studied these points through slip tests and fatigue tests for various joints and bolts to obtain the following summary:

- (1) The behavior of big size M30 bolts is equal to that of M22 bolts stipulated in JIS B 1186(1970).
- (2) Surface coated joints satisfy the slip resistance stipulated in the standard specification of highway bridges (Japanese Road Association, 1972) on the condition that coating thickness is 6×10^{-2} mm and over.
- (3) The fatigue strength of surface coated joints is equal to that of uncoated joints, and because of "lock up" effect, slips of the joints under repeated loading make no further progress.

1. 序 言

従来、高力ボルト摩擦継手の接合面は、摩擦抵抗を大きくするためショットあるいはサンドブラスト処理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た¹⁾。しかし、本州四国連絡橋等の長大橋で架設が長期間にわたる場合には、以下に記す理由により接合面にも防食処理が望まれるようになった。

(1) 無塗装の場合、架設に至るまでに接合面が過

度に発錆する。

(2) 架設終了後も接合面には雨水等の浸透により、腐食が徐々に進行するおそれがある。

そこで、防食効果を有する一方で、従来一般的な“ブラスト+発錆”面と遜色のないすべり抵抗を示す継手表面処理法が各所で研究され、無機ジンク、金属溶射等に関して、設計上のすべり係数値0.4を上回る良好な実験結果が現在までに幾つか得られている^{2,3)}。しかし、これらの実験例は数量的にはまだ十分とはいえず、また、継手のすべり係数に与える長期暴露の影響、繰返し荷重下

* エンジニアリング事業部建設技術部構造技術センター

*** エンジニアリング事業部建設技術部建材・海洋技術室

** エンジニアリング事業部建設技術部構造技術センター掛長

**** エンジニアリング事業部建設技術部建材・海洋技術室課長

の継手挙動等も明らかではない。

したがって、本研究では各種表面処理継手のすべり係数、繰返し荷重下の継手のすべり性状、塗膜劣化のこれらに与える影響等を明らかにするため、静的ならびに動的試験を重ねた。その結果、これら表面処理継手の設計用基礎資料として必要な力学的諸性質に関する一応の成果を得たのでここに報告する。

2. 実験概要

この実験は、わが国において使用実績が乏しい M30(F10T) 太径高力ボルト摩擦継手を中心にすべり試験ならびに疲労試験を実施し、従来最も多用されている M22 継手と比較したものである。なお M30 については継手に関するこれら一連の実験前に、各種の性能試験によって締付けに対する安全性を確認した。

2.1 供試継手

供試継手はすべて SM50 材からなり、その形状は Fig. 1 に示すように、すべり試験用に一般的に用いられる小型継手 (A 型)⁴⁾と、実構造物に近い形状の大型継手 (B 型)に分けられる。

2.1.1 継手表面処理

継手の表面処理は、塗装の下地材として実績の豊富な無機ジंकと、Zn および Al-Zn 溶射 (Al 30%, Zn 70%) の 3 種とし、さらに比較の意味で鋼板表面の下地処理として一般的なグリットブラスト処理も採用した。これらの処理の仕様を以下に示す。

(1) グリットブラスト

材 質：鋳鉄
粒 度：420~1000 μ , 710~1190 μ 混合
空 気 圧：6~7kg/cm²
噴射距離：30cm
ノズル径： ϕ 8mm
表面粗度：50S

(2) 無機ジंक

エアースプレー：空気圧 4kg/cm²

(3) 金属溶射

溶射材径： ϕ 1/8in

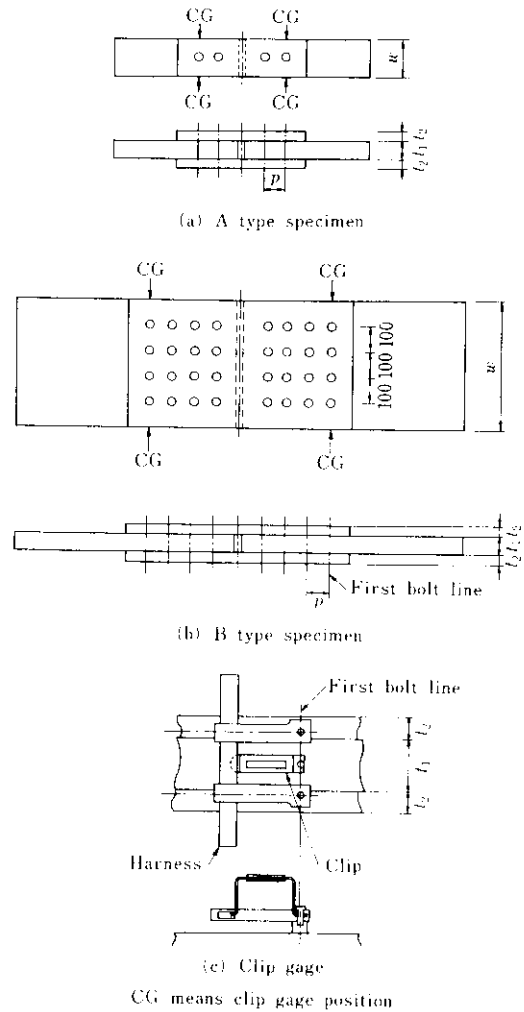


Fig. 1 Specimens and clip gage for slip test

搬線速度：3.0m/min

燃料ガス：アセチレン

溶射距離：30cm

ガス 圧：	アセチレン	1.8kg/cm ²
	酸素	2.2 "
	空 気	5~6 "

継手の種類を Table 1 に示す。継手の穴あけ加工は M22 ボルト用には ϕ 23.5mm, M30 ボルト用には ϕ 32mm のドリルあけとし、リーマー通しは行わなかった。また継手の側面も自動ガス溶断とし、機械切削等の特別な仕上げはしなかった。

Table 1 Slip test specimens and materials

Test number	Test specimens								Plate			Bolt			
	Type	Plate			Bolt pitch p (mm)	Section area			Class	Tensile properties			Class	Size	
		Thickness		Width w (mm)		Gross A_G (cm^2)	Net A_N (cm^2)	A_N/A_G		YS (kg/mm^2)	TS (kg/mm^2)	El (%)		Dia. (mm)	Length (mm)
		t_1 (mm)	t_2 (mm)												
1~19	A	50	25	100	75	50.0	38.3	0.77	SM50B	35	51	28	F10T	M22	145
20~25	B	"	"	400	"	200.0	153.0	"	"	"	"	"	"	"	"
26~30	A	45	24	110	110	49.5	35.1	0.71	SM50C	"	54	33	"	M30	"
31,32	"	"	"	81	81	36.5	25.9	"	"	"	"	"	"	M22	135
33,34	"	33	18	"	"	26.7	19.0	"	"	"	"	"	"	"	110

* Refer to Fig. 1(a) and (b)

2・1・2 供試ボルト

本実験においては、ナット回転法を適用し、締め付け機器(IC エスパー・レンチ D-200-S) の容量を考慮して M30 および M22 の F10T ボルトを実験対象とした。これらの化学成分、機械的性質および形状・寸法を Table 2~4 に示す。M30 の形状

寸法は JIS を参考に決定している。

この M30 ボルトの変形能およびねじ部の応力集中程度を比較するために実施したねじり試験およびボルト軸方向の疲労試験の結果を、M22 に関する既往の研究^{5,6)}と比較して Fig. 2,3 に示す。M22, M30 の両者とも十分な変形能を有し、破断に至るまでに 3 回転程度のナット回転量を要した。また

Table 2 Chemical composition of bolts

Bolt	C	Si	Mn	P	S	Cr	B	Ti
F10T M30	0.24	0.24	0.71	0.014	0.012	0.60	0.0020	0.0012
F10T M22	0.23	0.24	0.71	0.011	0.010	0.60	0.0013	0.0018

Table 3 Mechanical properties of bolts

(a) Materials

Bolt	YP(kg/mm^2)	TS(kg/mm^2)	R.A.(%)	El(%)
F10T M30×145	104.6	111.2	17.5	62.4
F10T M22×135	106.1	112.6	17.9	67.1

(b) Test results by bolt testing machine

Bolt	L_1	$P_{\max}$	$\theta_{\max}$	k	P_t	P_s	P_g	$P_g/P_{\max}$
F10T M30×145	98	61.0	321	0.128	62.1	5.2	60.2	98.6
	105	59.1	337	0.130		5.1	57.9	98.0
	111	58.8	337	0.121		5.5	57.9	98.5
F10T M22×145	116	29.0	270	0.134	32.2	5.1	28.5	98.0

 L_1 : Grip length(mm) $P_{\max}$: Max. bolt tension(torsion, t) $\theta_{\max}$: Nut rotation at $P_{\max}$ (deg) k : Torque coefficient P_t : Max. bolt tension(direct tension, t) P_s : Bolt tension at 1500kg·cm torque(t) P_g : Bolt tension at 1/2 turn of nut after P_s state(t)

Table 4 Dimensions of bolts

Bolt	d_0	H	D_0	D_1	B	C	L_0	S	d_1	d_s	s
F10T M30×135	30.13	20.2	46.1	46.7	49.1	56.1	136.0	58.0	29.75	25.23	6.7
F10T M30×145	30.08	20.3	46.3	46.6	49.2	56.3	146.7	57.9	29.75	25.23	7.1

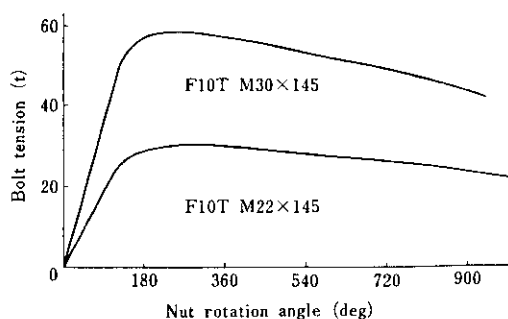
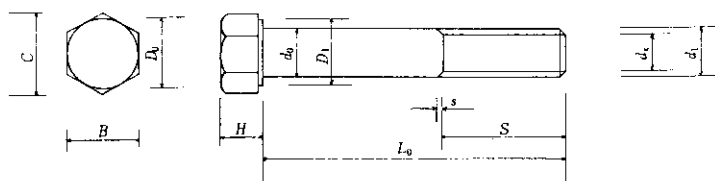


Fig. 2 Bolt tension as a function of nut rotation angle (M22 & M30)

疲労試験の結果、M30はM22の場合と同様ほとんどねじ部のナットかかり部で破断し、かつ両者の疲労強度も等しい(Fig. 3 参照)。したがってM30とM22の力学的性状はほぼ同等であると結論づけられる。

上記の結論は、防食処理等の表面処理を行っていない通常のボルトに関して得られたものである

が、基本的な機械的性質は同等なので、防食ボルトに関しても同様の結果が得られるものと考えられる。

2.2 実験方法

ボルト締付けは示方書¹⁾に準じて継手ボルト群の中央から周辺の順に行い、ナット回転法⁵⁾により1次締め(snugtight condition)トルク：M22/1500kg・cm, M30/3000kg・cm; 2次締めナット回転角 180°-0°, +30°の条件で締付けた。

なお、ボルト軸力は各ロットごとに3本のボルト軸力-ナット回転角平均値曲線から決定し、個々の継手についてはチェックしなかった。

実験は、まず Table 1 に示す各継手について200t材料試験機および1000t大型構造物試験機を用いてすべり試験し、ついでNo.26~No.30およびNo.33シリーズと同一ロットの継手について疲労試験を行ったのちすべり試験を実施して、繰返し载荷前後のすべり係数の変化を調査した。Fig. 1 に示すよ

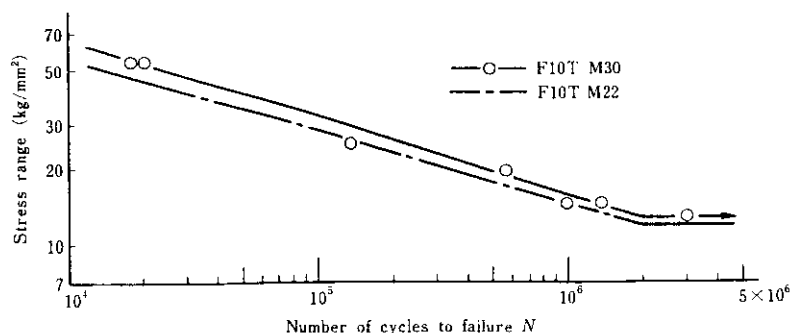


Fig. 3 Fatigue test results of F10T M30 & M22 bolt sets

うに、継手にはすべて外側第1列のボルト位置に合計4個のクリップゲージを取付け、継手母板と添接板の相対変位を測定した。荷重とすべり量、あるいは荷重繰返し数とすべり量の関係をそれぞれX-Yレコーダー、ペン書きオシログラフに自記させた。

なお、継手は組立て前に1ヶ月間当社構造技術センター内で暴露し、これを“暴露期間0”とした。1部の継手については、さらに千葉製鉄所生浜海岸暴露試験場において組立て、最高1年間暴露したのちすべり試験を実施した。

3. 結果と考察

継手の形状、表面処理条件、ボルト径、暴露期間を種々変化させて実施したすべり試験の結果をTable 5に、疲労試験の結果をFig. 4に示す。表中の塗膜厚は目標値であって、塗膜形成24h後にKett-L-1B型膜厚計で実測したところ、目標値に対してほぼ $\pm 20\mu$ の範囲におさまった。

3・1 すべり係数

3・1・1 表面処理法の影響

無機ジंक、金属溶射とも膜厚が 60μ 以上の場合には十分設計値を満足する。Fig.5に暴露期間

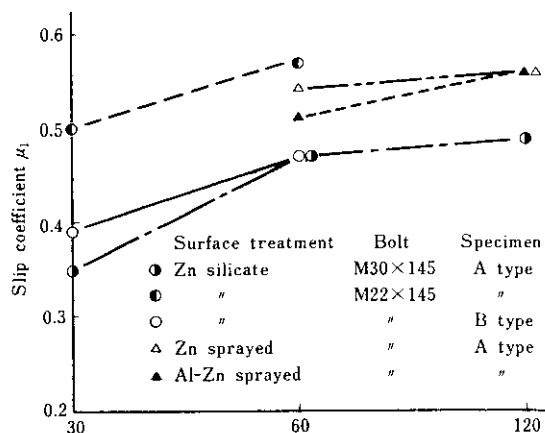


Fig. 5 Effect of coating thickness upon slip coefficient

0のときの継手の膜厚とすべり係数 μ_1 の関係を示したが、無機ジंकのロットの違いによるバラツキはあるものの、各表面処理ともすべり係数に対する膜厚の影響が大きい。一般に、これら表面処理が塗装下地材として長期にわたって防食効果を保つには 75μ 以上の膜厚が必要とされている⁷⁾。一方、本実験結果によれば、膜厚が 60μ 以上の場合0.5程度のすべり係数が確保される。したがって塗膜を十分厚くした継手は、防食効果と所定の継手性能との両者を満足すると判断される。

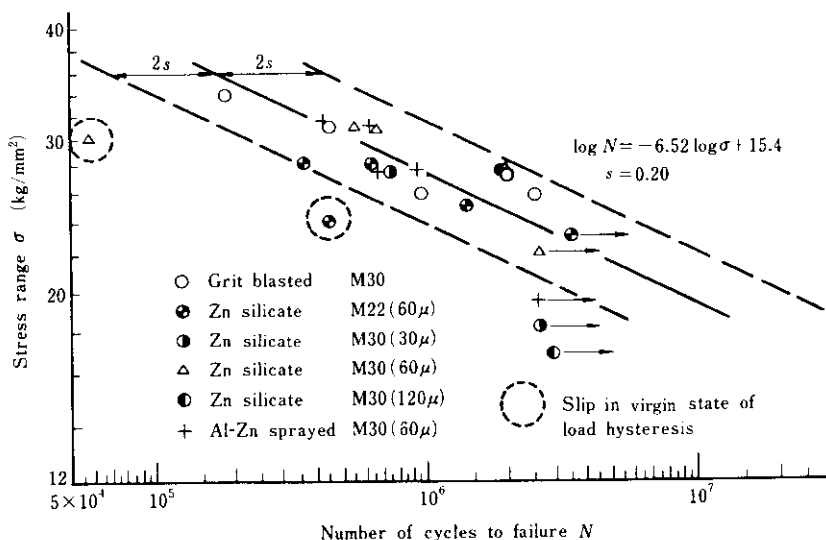


Fig. 4 Fatigue test results of several bolt sets

Table 5 Slip test results

Test number	Surface treatment*	Exposed period (month)	Bolt clamping force (t)	Slip load (t)	Slip stress (kg/mm ²)	Slip coefficient **		
						μ_1	μ_2	μ_2/μ_1
1	G. B.	0	28.5×2=57.0	64.8	16.9	0.57±0.04(3)		
2	Zn-Si (30)	"	"	57.5	15.0	0.50±0.02(4)		
3	" (60)	"	"	64.5	16.9	0.57±0.01(4)		
4	Al-Zn (60)	"	30.3×2=60.6	61.5	16.1	0.51±0.02(4)		
5	" (120)	"	28.5×2=57.0	64.3	16.8	0.56±0.04(4)		
6	Zn (60)	"	30.3×2=60.6	65.8	17.2	0.54±0.08(4)		
7	" (120)	"	28.5×2=57.0	64.2	16.8	0.56±0.02(4)		
8	Zn-Si (30)	6	"	53.4	14.0	0.47±0.02(4)		
9	" (60)	"	"	61.4	16.1	0.54±0.01(4)		
10	Al-Zn (60)	"	30.3×2=60.6	55.0	14.4	0.45±0.03(4)		
11	" (120)	"	28.5×2=57.0	59.4	15.5	0.52±0.02(4)		
12	Zn (60)	"	30.3×2=60.6	73.1	19.1	0.60±0.03(4)		
13	" (120)	"	28.5×2=57.0	64.4	16.8	0.56±0.04(4)		
14	Zn-Si (30)	12	"	49.9	13.0	0.44±0.01(4)		
15	" (60)	"	"	56.1	14.7	0.49±0.06(4)		
16	Al-Zn (60)	"	30.3×2=60.6	62.5	16.3	0.52±0.02(4)		
17	" (120)	"	28.5×2=57.0	61.2	16.0	0.54±0.03(4)		
18	Zn (60)	"	30.3×2=60.6	70.8	18.5	0.58±0.05(4)		
19	" (120)	"	28.5×2=57.0	63.7	16.7	0.56±0.002 (4)		
20	G. B.	0	28.5×16=456	527.0	34.4	0.58(1)		
21	Zn-Si (30)	"	"	355.7	23.2	0.39±0.02(2)		
22	" (60)	"	"	437.8	28.6	0.48±0.05(3)		
23	Al-Zn (60)	"	"	421.0	27.5	0.46(1)		
24	Zn (60)	"	"	521.0	34.1	0.57(1)		
25	Zn-Si (60)	"	"	311.0	20.3	0.46±0.01(2)		
26	" (30)	"	58.6×2=117.2	83.0	23.6	0.35±0.02(3)	0.46±0.04(2)	1.31
27	" (60)	"	"	111.4	31.7	0.47±0.02(4)	0.53±0.02(4)	1.13
28	" (120)	"	"	115.8	33.0	0.49±0.01(4)	0.49(1)	1.00
29	G. B.	"	"	137.0	39.0	0.59±0.01(4)	0.53±0.02(5)	0.90
30	Al-Zn (60)	"	"	116.1	33.1	0.50±0.01(4)	0.50±0.04(4)	1.00
31	Zn-Si (60)	"	30.3×2=60.6	63.3	24.4	0.52±0.03(4)		
32	G. B.	"	"	72.9	28.1	0.60±0.03(4)		
33	Zn-Si (60)	"	30.5×2=61.0	59.2	31.2	0.49±0.02(4)	0.56±0.02(2)	1.14
34	G. B.	"	"	69.8	36.8	0.57±0.02(4)		

* G. B. : Grit blasted
 Zn-Si : Zn-silicate painted
 Al-Zn : Al-Zn sprayed
 Zn : Zn sprayed
 Figure in parenthesis denotes the thickness of coating

** μ_1 : With specimens not fatigue tested
 μ_2 : With specimens after fatigue test
 Value in parenthesis denotes the number of specimens tested

3・1・2 継手形状、ボルト径の影響

Table 5 における小型継手 (No.1~No.25 シリーズ) と、大型継手 (No.26~No.27 シリーズ) は同一ロットであるが、大型継手のすべり係数は

Zn 溶射継手とグリットブラスト継手を除いて小型継手の場合より 10~20% の低下を示した。この理由として継手の大きさの違いがまず考えられるが、本実験に供した継手は、全断面に対する純断面の比 $A_N/A_0 \approx 0.77$ 、ボルト径に対するピッチの比

$p/d \div 3.4$ ときわめて一般的なものであり、このような継手ではすべり係数はボルト配置の影響をさほど受けないことが知られている⁸⁾。一方、無機ジंकの大型継手では、目標膜厚 60μ に対して平均 80μ であったが、局所的に 120μ もの値が観測されており、膜厚のバラツキが他に比して大きかったことがすべり係数に悪影響を及ぼしたと考えられる。

また Al-Zn 溶射継手については、目標膜厚 60μ に対して平均膜厚 40μ と下回ったことに起因して、すべり係数が小型継手よりも低下したと推定される。

したがって、これらの理由により塗膜の厚さ管理を厳密に行えば、実際継手でも小型継手実験の結果得られた程度のすべり係数は確保できるものと考えられる。

次に、ボルト径の違いによる影響を調べた実験 (No.27 対 No.31, No.33 ; No.29 対 No.32, No.34) の結果では、M30 継手と M22 継手のすべり係数比は無機ジंकで $1.00 : 1.06$ 、グリットブラストで $1.00 : 1.00$ と大差なく、ボルト径差は継手のすべりに影響しないといえる。

3-1-3 経時変化の影響

0, 6 箇月, 12 箇月暴露継手のすべり係数を比較すると (Fig. 6 参照), 無機ジंकと金属溶射では経時変化に明瞭な差異がある。すなわち, 無機ジंक継手では暴露期間にほぼ比例してすべり係数が減少したのに反し, 金属溶射継手ではすべり係数は暴露期間に関係なくほぼ一定の値を示した。この原因の一つに暴露期間中の継手接合面状態の差があげられる。つまり, いずれの継手においても塗膜の劣化による赤錆の発生は見られなかったが, 金属溶射継手には接合面に若干の白錆が発生し, 一方, 無機ジंक継手には白錆等の発生は皆無であった。ゆえに, 金属溶射継手では白錆によって接合面の摩擦抵抗力が増大したのに反し, 無機ジंक継手では単にボルトのレラクセーションによってみかけの摩擦抵抗力が低下したものと考えられる⁸⁾。

3-2 繰返し荷重下の継手挙動

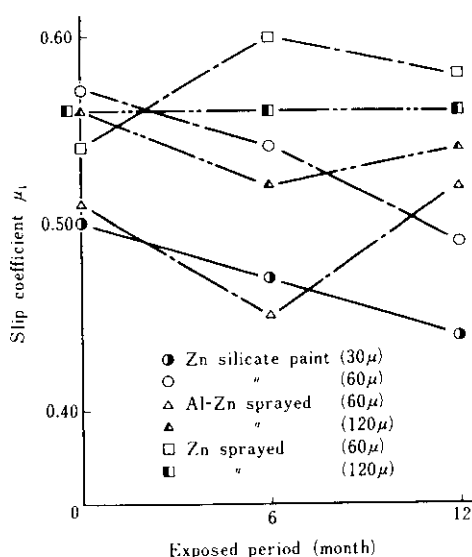


Fig. 6 Effect of exposed period upon slip coefficient

3-2-1 疲労強度

Table 5 の No.26 ~ No.30 および No.33 シリーズと同一ロットの継手について, 繰返し速度 $240 \sim 270 \text{ cpm}$ 範囲で疲労試験を行った。処女載荷時に大すべりを生じて摩擦から支圧の状態へと移行したものの (No.27, No.33 シリーズ各 1 体) を除き, 継手の疲労特性は表面処理方法やボルト径に関係なくグリットブラスト継手と同傾向を示した (Fig. 6 参照)。

したがって, M30 継手の設計に際しては従来どおりの設計指針が適用できると結論づけられる。また, 金属溶射や無機ジंकによる継手の表面処理が継手の疲労強度に悪影響を及ぼすことはないといえる。

また, これらのデータを一括して求めた近似 S-N 曲線から 2×10^6 回強度を算出すれば, 平均値で 24.6 kg/mm^2 , 非破壊確率 95% で 21.4 kg/mm^2 となり, 過去に行われてきた実験結果⁹⁾ とほぼ一致する。ただし, 本実験ではごく一部を除き, 疲労亀裂が継手母板のボルト孔縁部から発生したために, 上記の数値は継手の純断面での計算値であり, 継手の総断面に換算するとそれぞれ 17.5 kg/mm^2 , 15.2 kg/mm^2 となる。

3・2・2 繰返し荷重下の継手のすべり挙動

27~28kg/mm²の応力範囲で疲労試験を行った各継手のすべり量と繰返し数の関係を Fig. 7 に示す。実験はそれぞれわずか一例ずつにすぎないが、グリットブラストした継手は繰返し数が増大するにつれてすべり量もまた漸増するのに比して、表面処理継手はいずれもしだいに一定値に収れんするといった傾向を見せ、しかも膜厚が大きいほど全体のすべり量が小さいという結果を得た。

この現象は、従来溶融亜鉛メッキ継手において観察されていた「lock up 効果¹⁰⁾」がこれら表面処理継手にも生じ、継手接合面間の摩擦抵抗がしだいに増大していったことによると推察される。これを実証するため、疲労試験を終了した継手について再度すべり試験を実施したところ、Table 5 の μ_2 に示されるように、表面処理継手のすべり係数は疲労試験を行わなかった継手に等しいか、それ以上の値を示した。一方、グリットブラストについては、逆にすべり係数は 10% の低下を示した。一般に、繰返し荷重を受けた継手のボルト軸力は減少するという事実⁸⁾を考慮すれば、疲労試験後にすべり係数が上昇したことは表面処理継手において lock up 効果が生じたことの証明にほかならない。また Munse 等の実験とは異なり、本実験では

片振引張試験であったため lock up 効果も徐々に発生伸展したと考えられる。このときは、当然継手接合面の摩擦抵抗力も荷重繰返し数に応じて増大するので一定荷重条件下では継手のすべり増分が減少し、ついにほとんど 0 になったものと思われる。

なお、膜厚の差によってすべり量が異なる理由は主に初期すべり応力の大きさの違いによるものであり、ある程度荷重が繰返された後のすべり増分は膜厚によってさほど変化しないと考えられる。

以上の実験結果から判断して、表面処理継手は繰返し载荷によって何ら悪影響を受けず、実際継手のすべり係数はグリットブラストと同等であると結論づけられる。

4. 結 語

本実験の結果、以下の事項が明らかになった。

- (1) F10T M30 太径高力ボルトは、JIS に規定されているボルトと同等の機械的性質を有し、またこれを用いた継手の力学的性状も従来一般的な M22 継手と等しい。したがって、F10T M30 太径ボルト継手は現行規定をそのまま適用しても十分な安全な設計が可能である。
- (2) 表面処理継手のすべり係数は塗膜厚さによ

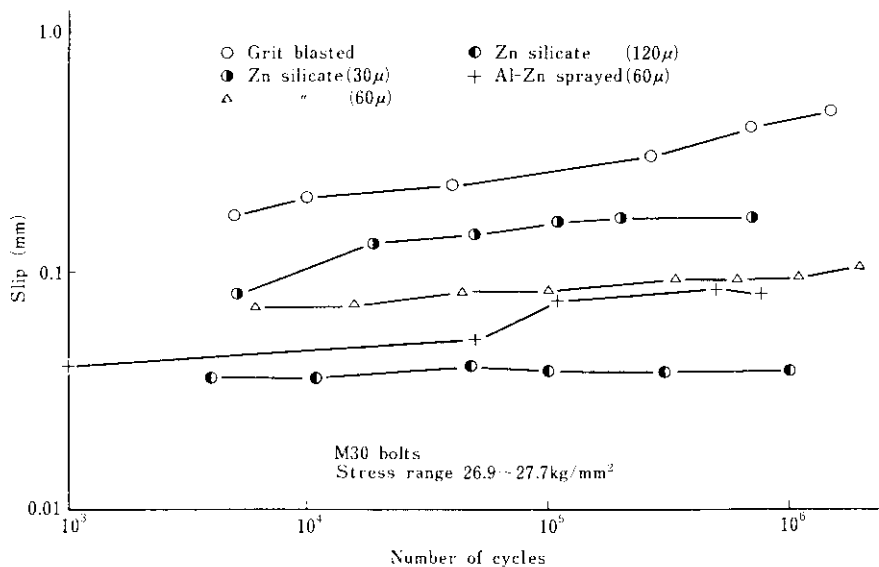


Fig. 7 Slip behaviors of joints under repeated loads

て支配され、 60μ 以上の厚さがあれば設計上十分安全なすべり係数が確保される。しかし、実際の構造物で、継手接合面がかなりの広がりを持つ場合、安定したすべり係数を得るには塗膜厚さが平均化するよう膜厚の管理を厳密に行う必要がある。

(3) 表面処理継手の疲労強度はグリットブラストと同等である。また、繰返し荷重による継手のすべりは lock up 効果のため一定値に収れんし、すべり係数が上昇する。

(4) 継手の状態で長期間暴露すると、金属溶射の場合は継手接合面のみかけの摩擦抵抗が変化しないか若干増加し、逆に無機ジंकの場合には減少する。しかし、絶えず繰返し荷重を受ける実際構造物においては上述のようにすべり係数が増大す

ることを勘案すれば、長期間の暴露が継手のすべり耐力に与える影響は無視しうると考えられる。

以上、本実験から太径高力ボルト継手あるいは表面処理継手が従来のものと同様に設計・施工できることを明らかにしたが、引き続いて現在表面処理継手のクリープ試験、継手母材に HT80 を用いた継手のすべり試験、疲労試験等を実施している。

おわりに本実験を遂行するにあたり、本四連絡橋公団設計第1部田島二郎部長には種々有益な御指導を賜った。また、関西ペイント(株)の諸氏には、継手の表面処理加工に際して御協力をいただいた。ここに記して深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，(1974)
- 2) 堀岡正毅ほか：高力ボルト継手の研究（第1報），日本鋼管技報，(1974) 63, 61
- 3) 石沢成夫ほか：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 (1973) 7, 53
- 4) 日本建築学会：高力ボルト接合設計施工指針，(1973)
- 5) 菊川春三ほか：高力ボルトナット回転法の鉄道橋への適用，川崎製鉄技報，7 (1975) 1, 116
- 6) 五十嵐定義ほか：高力ボルトの疲労に関する基礎的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，(1970)
- 7) 佐藤靖：鋼橋の防錆塗装について—その1—，橋梁，10 (1974) 12, 38
- 8) 田島二郎：高力ボルト摩擦接合概説，(1973)，〔技報堂〕
- 9) 日本鋼構造協会：鋼構造接合資料集成，高力ボルト接合編，(1977)
- 10) W. H. Munse : Structural Behaviour of Hot Galvanized Bolted Connections, 8th Int. Conf. on Hot Dip Galvanizing, London, (1967)