

# 剥離剤で塗膜を除去した 高力ボルト摩擦接合面のすべり係数

## Slip Coefficient of Surface Stripped of Painted Film Using Remover

辻 幸 佐\*<sup>1</sup> 青 木 清\*<sup>2</sup> 戸 田 崇\*<sup>3</sup>  
Kosuke TSUJI Kiyoshi AOKI Takashi TODA

### Summary

When a new steel member, such as a bracket, is attached to an existing member with a high strength friction bolt joint, the paint coating on the contact surface of the connection must be stripped. However, it is not desirable that a grinder or blaster is used for that purpose because they pulverize and scatter the paint, which puts harmful substances in the air and makes it difficult to recover the paint. Moreover, the use of a paint remover is effective in stripping the surface up to the undercoat of paint, but is not effective at completely removing the primer coat.

Measurements of the slip coefficient were performed on the connection surface of an existing member coated with zinc-rich primer but having the surface coat of paint removed and a newly spliced plate freshly coated with the thick-film-type, inorganic, zinc-rich paint 75- $\mu$  m thick. The measurements were to determine if the slip coefficient were greater than or equal to 0.4 ( $\mu \geq 0.4$ ) when they were connected together by high strength friction bolt joint. For comparison, slip tests were carried out on a specimen that was prepared by removing zinc-rich primer after removing the printed film. To allow measurement relaxation, the latter tests were done one week after the high strength bolts were tightened.

キーワード：すべり係数, 剥離剤

### 1. まえがき

新規部材と既設部材との摩擦接合は、すべり係数確保の観点から既存の塗膜除去が必要となり、グラインダ等を用いた方法で行われるのが一般的である。

補修あるいは追加工事において、新規製作した部材を既設部材に取付ける方法として、高力ボルト摩擦接合で行う場合、既存塗膜を従来のグラインダ等のパワーツールによる塗膜除去法では、粉末化した塗料の飛散が問題となる。そのため、塗膜に剥離剤を塗布して除去することを計画した。上・中・下塗り塗料は剥離剤で除去可能だが、初層に施されたブラスト面に強固に付着した原板ジンクリッチプライマーは残存する可能性があった。

本報告書は、剥離剤による塗膜除去面に初層の原板ジンクリッチプライマーが残った状態の既設桁（母材）側と、厚膜型無機ジンクリッチペイント75 $\mu$ を塗布した新たな添接板との間に、高力ボルト摩擦接合面のすべり係数 $\mu \geq 0.4$ 確保が可能かどうかを確認するために行った。

また、剥離後に残ったジンクリッチプライマー（母材側）をグラインダで除去した試験体も併せて行い、すべり係数を比較した。なお、ボルト締付け後は、リラクゼーションを1週間計測し、その後にすべり試験を行った。

### 2. 試験体形状と塗装仕様

試験体形状は図-1に示すとおりで、母材は既設桁に相当し、添接板は新規の添接板に相当する。

既設桁の塗装は、ジンクリッチプライマー（15~20 $\mu$  m）を下地とし上・中・下塗り塗料は、塗膜の飛散が最も問題になると考えられる塩化ゴム系とした。なお、乾燥期間は、上塗り塗装完了から30日間とした。

添接板は、ブラスト施工し厚膜型無機ジンクリッチペイント75 $\mu$  mを塗布する。この試験体を6体製作した。塗装仕様は、表-1に示すとおりとする。

\*技術本部設計部

\*<sup>1</sup> 株宮地総合メンテナンス 常務取締役

\*<sup>2</sup> 株宮地総合メンテナンス 工事部計画課

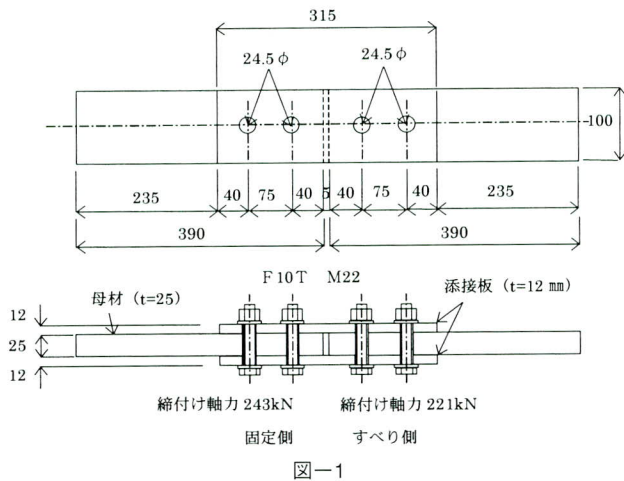


図-1

表-1 塗装仕様

部位	塗装仕様
母材 (既設部材)	原板無機ジンクリッチプライマー ( $15\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ )
	塩化ゴム系下塗り
	〃 下塗り
	〃 中塗り
添接板 (新規部材)	プラスト
	原膜型無機 ジンクリッチペイント ( $75\mu\text{m}$ )

### 3. 試験体材料

#### (1) 鋼材

本試験で使用した鋼材を表-2に示す。

表-2 使用鋼材

	材質	寸法 (mm)	数量
母材	SM400A	100×25×390	12
添接板	SM400A	100×12×315	12

#### (2) 高力ボルト

本試験で使用した高力ボルトM22を表-3に示す。

表-3 使用ボルト

	材質	径×長さ	本数	工場トルク係数值
固定側	F10T	M22×90	12	0.133
すべり側 (ゲージ付)			12	0.132

### (3) ひずみゲージ

すべり側となるボルト軸部には、2枚のひずみゲージを対称面に平行に貼り、ボルト軸力を計測した。なお、2枚のゲージの平均値を用いてそのボルト軸力とした。本試験で使用したゲージを表-4に、貼付位置を図-2に示す。

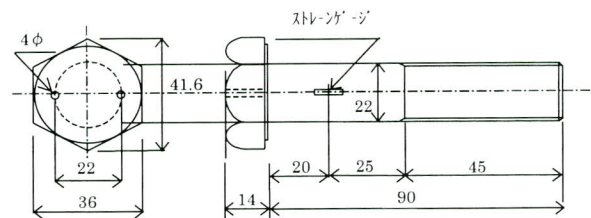


図-2

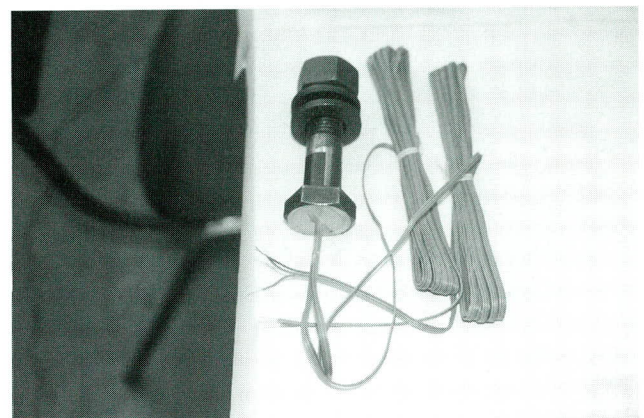
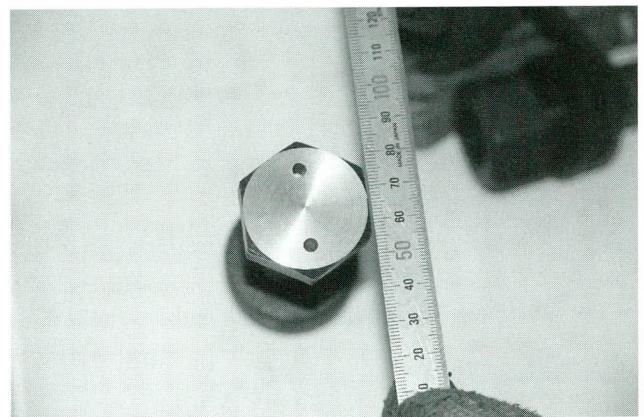
表-4 使用ゲージ

単軸ゲージ	ゲージ長さ	ゲージ幅	リード線長さ	枚数	ゲージ率
FLA-2-11-SLT	2mm	1.5mm	5mm	24	2.13

### (4) 剥離剤

本試験で使用した剥離剤を下記に示す。

メーカー	日本ペイント
商品名	剥離Z1000番デラックスEU

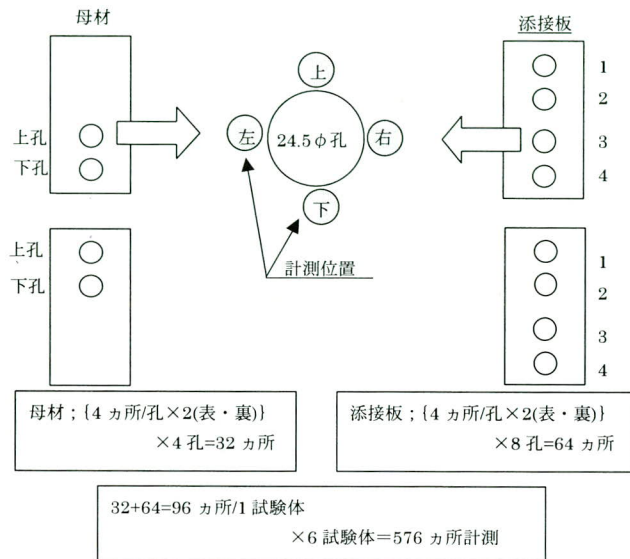




#### 4. 塗装膜厚計測結果

孔の上下左右の位置で剥離前の合計膜厚を計測した。

##### (1) 塗装膜厚計測位置



##### (2) 塗装膜厚計測結果

次頁の表-5に結果を示す。

#### 5. 母材側塗膜剥離手順

具体的な剥離手順は以下による。

- ① 母材表面に剥離剤を塗布する。
- ② 剥離剤を浸透させるため5分~10分保持し、その後「ヘラ」でそぎ落とす。  
→この作業で上塗りと中塗りが取れ、表面に下塗りが出てくる。
- ③ 下塗りの上にもう一度剥離剤を塗布する。
- ④ ワイヤブラシでゴシゴシと下塗りを落とす。  
→原板プライマー面が出てくる。
- ⑤ ウェスで汚れを拭取る。
- ⑥ 表面に原板プライマーが残存している状態となる。  
→<type-A> 6体中3体はこれですべり試験を行う。  
表面粗さは、 $Rz=16.8\mu\text{m}$  (10点平均)
- ⑦ 残りの3体は、プライマーをグラインダで除去する。  
→<type-B> 3体はこれですべり試験を行う。

#### 6. ボルト軸力導入

(1) すべり側は、設計ボルト軸力 (201kN ; M22) の10%増し(221kN)をひずみ値に換算し、ひずみゲージの値を監視しながら所定の軸力を導入した。

$$\varepsilon = \sigma / E = (201\text{kN} \times 1.1 \times 1000 / 380) / 206 \times 10^3 = 2824 \mu$$

(2) 固定側は、すべり側の軸力 (221kN) の10%増し(243kN) を目標とし、トルク法で軸力を導入した。

$$T = k \cdot D \cdot N = 0.133 \times 22.0 \times (201\text{kN} \times 1.1 \times 1.1) = 712\text{N} \cdot \text{m}$$

すべり係数  $\mu = P / (m \cdot n \cdot N)$

P : すべり荷重(kN)  
m : 摩擦面数 (=2)  
n : ボルト本数(=2)  
N : 導入軸力 (kN)

#### 7. ボルト締付け手順

締付け手順は、固定側を先行しすべり側を後から施工した。また、各ボルト共60%程度の予備締めの後、所定の軸力に締付けた。

すべり側ボルトに導入軸力の100%が入ったのを確認したら、導入直後のデータを採取し、1週間後のすべり試験まで計測を継続した。計測間隔は、表-6に示すとおり。

表-6 計測間隔

	計測間隔	計測回数	計測時間	累計時間
Step-1	1分	60回	1時間	—
Step-2	10分	12回	2時間	3時間
Step-3	30分	6回	3時間	6時間
Step-4	60分	10回	6時間	12時間
Step-5	120分	12回	24時間	36時間
Step-6	240分	30回	120時間	156時間

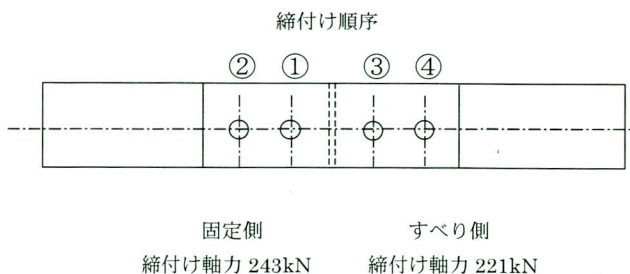


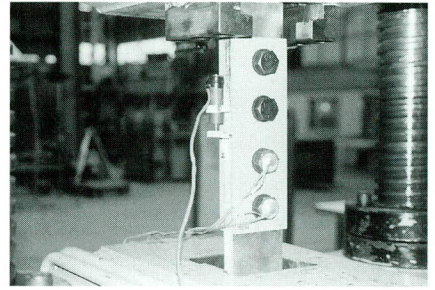
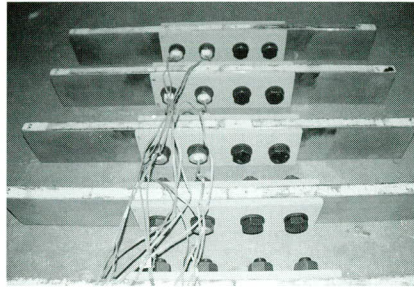
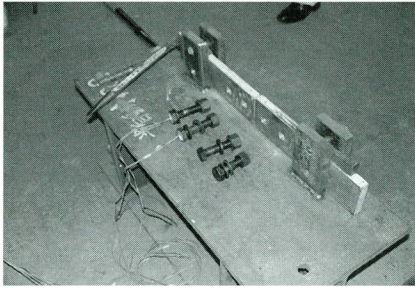
図-3

表-5 塗装膜厚計測結果表

単位：μm

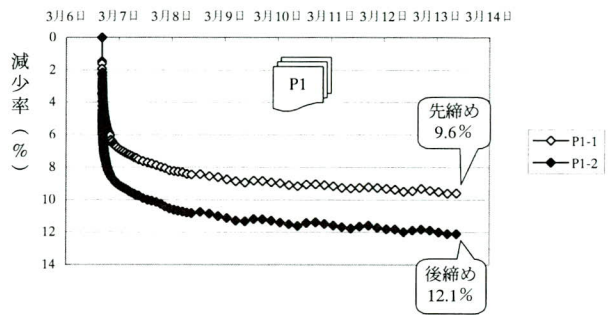
		表					平均値	標準偏差	裏						
		上	右	下	左	上			右	下	左	平均値	標準偏差		
母材 原板無機ジンクリッチプライマー 塩化ゴム系下塗り 〃 下塗り 〃 中塗り 〃 上塗り	P1	B1	上孔	132	111	127	151	119	17	147	82	88	117	109	20
			下孔	124	99	95	115			118	102	121	100		
	B2	上孔	91	77	131	88	99	16	140	111	109	105	118	13	
		下孔	104	95	94	114			102	121	131	128			
	P2	B3	上孔	103	133	107	132	108	16	99	106	112	103	105	10
			下孔	95	100	83	113			99	95	128	95		
	B4	上孔	119	106	148	84	116	17	82	92	101	95	102	17	
		下孔	122	125	120	106			103	138	89	119			
	P3	B5	上孔	105	129	111	114	114	16	113	109	91	95	101	11
			下孔	118	94	146	98			102	86	121	94		
	B6	上孔	119	107	75	101	108	17	80	103	94	115	103	13	
		下孔	94	118	111	138			100	120	94	116			
P4	B7	上孔	101	101	100	85	92	10	99	99	103	119	95	13	
		下孔	80	85	107	80			71	89	85	94			
B8	上孔	71	72	64	77	78	9	81	107	81	98	89	13		
	下孔	88	81	90	84			92	89	64	99				
P5	B9	上孔	69	108	63	114	81	19	67	86	61	74	73	7	
		下孔	58	83	84	70			70	79	79	69			
B10	上孔	77	74	117	69	80	18	89	94	80	92	96	16		
	下孔	97	68	53	83			107	101	74	129				
P6	B11	上孔	74	99	64	106	89	14	72	97	70	77	82	10	
		下孔	92	104	80	95			77	98	79	82			
B12	上孔	100	89	77	83	91	14	94	92	106	89	94	10		
	下孔	75	109	79	114			92	93	110	75				
添接板 ブラスト 厚膜型無機ジンクリッチペイント	P1	S1	1	136	126	147	133	125	12	118	120	134	140	136	11
			2	98	114	112	135			139	147	143	151		
			3	126	124	138	123			134	133	138	157		
			4	121	119	115	133			129	128	117	142		
	S2	1	112	109	91	91	108	11	151	154	159	146	149	12	
		2	102	118	113	88			162	159	161	152			
		3	104	108	105	103			144	154	150	153			
		4	114	112	123	128			138	148	120	125			
	P2	S3	1	155	147	138	150	148	10	142	150	159	140	146	15
			2	151	140	147	122			164	156	168	153		
			3	148	139	161	140			158	144	156	144		
			4	152	149	165	159			130	125	126	114		
	S4	1	141	135	142	133	137	9	169	154	153	155	164	8	
		2	135	120	126	131			171	177	165	166			
		3	121	131	146	146			170	158	173	170			
		4	151	147	134	150			170	147	161	158			
	P3	S5	1	149	133	126	138	137	12	138	136	136	118	144	14
			2	125	128	111	134			171	162	166	155		
			3	146	134	148	131			148	154	142	140		
			4	142	139	162	147			141	137	125	140		
	S6	1	133	124	122	128	126	6	150	132	141	142	150	9	
		2	123	128	118	121			132	150	148	156			
		3	124	121	120	122			151	159	156	164			
		4	131	131	143	126			158	157	155	152			
	P4	S7	1	147	123	159	144	141	12	128	128	116	117	136	10
			2	141	158	138	134			143	145	149	145		
			3	123	117	133	141			132	130	138	145		
			4	140	146	155	155			134	137	144	141		
	S8	1	127	136	108	128	124	9	137	147	138	160	154	13	
		2	139	137	125	124			141	144	154	182			
		3	114	122	121	120			167	173	139	161			
		4	117	113	135	124			149	156	166	154			
	P5	S9	1	141	143	158	161	158	14	125	133	130	137	134	8
			2	133	149	154	157			146	133	144	130		
			3	147	149	179	156			146	127	124	133		
			4	168	187	175	164			126	138	129	148		
S10	1	112	139	123	141	133	11	134	144	145	134	146	8		
	2	133	125	149	143			154	157	164	147				
	3	125	145	123	149			144	147	151	153				
	4	136	135	139	118			141	139	137	152				
P6	S11	1	122	123	143	111	130	13	137	146	138	126	141	11	
		2	129	109	126	135			144	158	144	147			
		3	112	133	124	127			110	147	148	137			
		4	134	138	153	155			133	150	155	137			
S12	1	124	130	133	134	133	9	135	134	145	133	140	11		
	2	120	147	122	123			136	145	158	147				
	3	143	128	131	129			165	141	127	147				
	4	133	154	136	142			132	124	131	133				



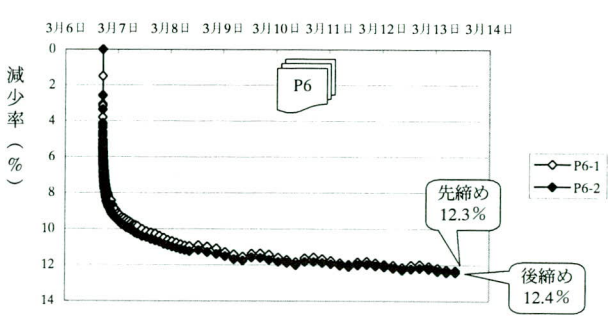
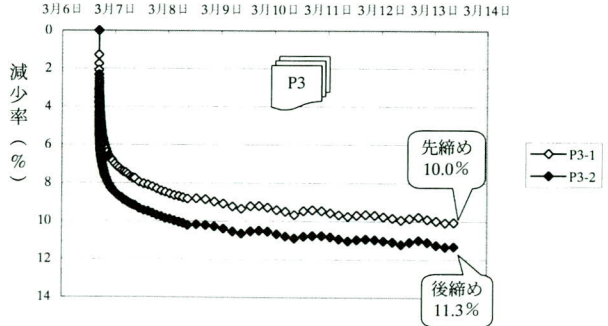
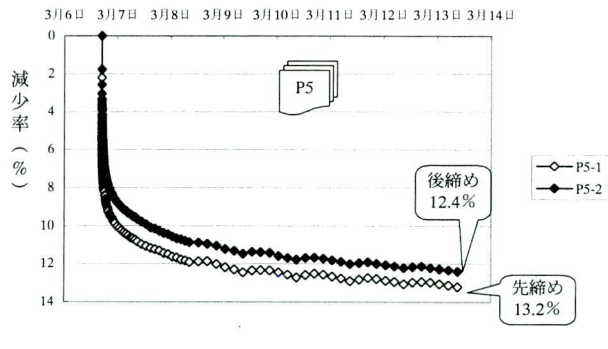
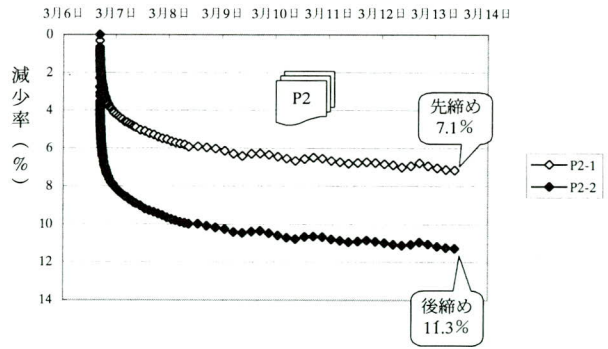
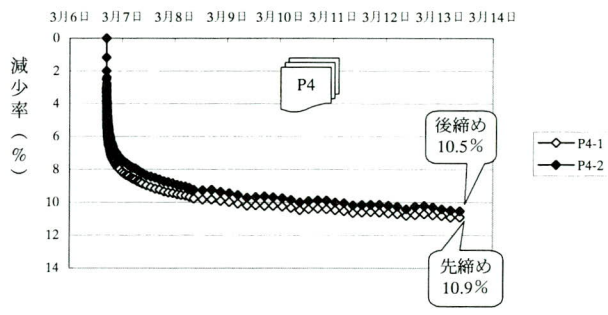


## 8. ボルトリラクゼーション計測結果

P1, P2, P3  
母材 (原板ジンクリッチプライマー) + 添接板 (厚膜型ジンクリッチペイント)



P4, P5, P6  
母材 (ケライン®面) + 添接板 (厚膜型ジンクリッチペイント)



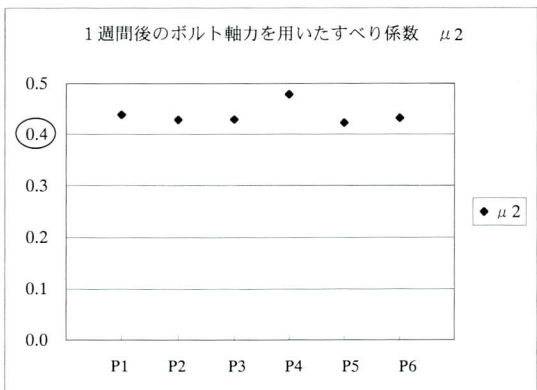
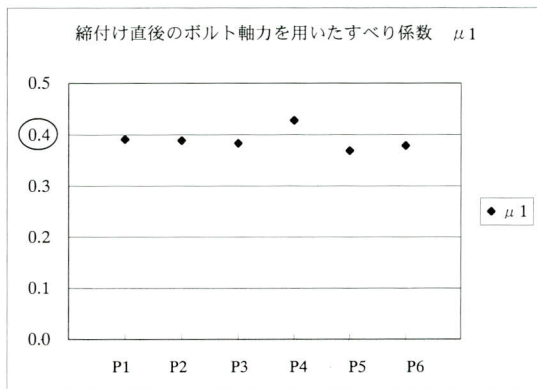
注意) グラフ中の先締めは試験体中心側のボルトを示し、後締めは端部側のボルトを示している。

## 9. すべり試験結果

			ひずみ $\mu$		初期軸力 kN		1週間後軸力 kN		リラクゼーション		すべり荷重		すべり係数			
			初期2824 $\mu$	1週間後	目標221kN	平均	軸力 kN	平均	減少率%	平均%	kN	tf	初期 $\mu$ 1	平均	1週間後 $\mu$ 2	平均
TYPE-A <母材> 原板無機ジンクリッチプライマー + 厚膜型無機ジンクリッチペイント <添接板>	P1	1	2832	2560	221.6	221.7	200.4	197.7	9.6	10.2	347.0	35.4	0.391	0.388	0.439	0.432
		2	2833	2490	221.7	194.9	12.1									
	P2	1	2741	2545	214.5	219.2	199.2	199.0	7.1							
		2	2861	2539	224.0	198.8	11.3									
	P3	1	2780	2501	217.6	219.6	195.8	196.2	10.0							
		2	2831	2511	221.6	196.6	11.3									
TYPE-B <母材> グラインダー面 + 厚膜型無機ジンクリッチペイント <添接板>	P4	1	3000	2673	234.8	231.1	209.2	206.3	10.9	12.0	395.0	40.3	0.427	0.392	0.479	0.445
		2	2905	2599	227.4	203.4	10.5									
	P5	1	2705	2348	211.7	218.4	183.8	190.5	13.2							
		2	2875	2519	225.1	197.2	12.4									
	P6	1	2772	2430	217.0	220.3	190.2	193.1	12.3							
		2	2858	2503	223.7	195.5	12.4									

注)  $\mu$ 1: 締付け直後のボルト軸力を用いて算出したすべり係数。  
 $\mu$ 2: 1週間後のボルトの軸力を用いて算出したすべり係数。

すべり係数グラフ



ボルトリラクゼーションは、ジンクリッチプライマーが残存しているものとそうでないものを比較した場合、ボルトの先締め（中央側）と後締め（端部側）の軸力減少率に顕著な差が表れている。ジンクリッチプライマーが残存している試験体は、3体全てにおいて先締めより後締めのボルトの方が減少率が大きく、その差は最大で4.1%である。一方、プライマーをグラインダで除去した試験体は、先締めと後締めの減少率の差が全て1.0%以内であり、大きな違いは見られない。これは、ボルトを締付けた時の板と板のなじみなどが考えられるが、本試験では3体ずつと試験体数が少ないため、もう少し試験体数を増やし、その傾向を観察する必要がある。よって、さらに多くの試験体を用いて試験を行うことが、今後の課題でもある。

本試験の結果より、現場において（設計）すべり耐力を確保するためには、軸力減少率が10%を超えることから、初期導入軸力を15%程度増し、軸力低下後のすべり耐力を確保するか、あるいはより締付け軸力の大きい耐力点法を採用することが考えられる。また、導入軸力はそのままで、設計時よりボルト本数を増やすことも策の1つであると考えられる。

## 10. まとめ

すべり係数  $\mu$ 2（1週間後の軸力を用いた値）は、TYPE-Aの平均0.432、TYPE-Bの平均0.445とともに0.4を満足した。しかし、すべり係数  $\mu$ 1（締付け直後の軸力を用いた値）は、TYPE-Aの平均で0.388（0.4に対して97%）、TYPE-Bの平均で0.392（0.4に対して98%）と、ともに0.4を確保出来ない。全体的に値のばらつきも小さいので、信頼性はあると考えられる。

## <参考文献>

- 1) 成宮隆雄, 百瀬敏彦: 高力ボルト摩擦接合継手の設計と耐力, 宮地技報 No.4, 1988
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, 平成8年12月
- 3) 日本橋梁建設協会: 高力ボルト施工マニュアル

2001. 12. 3 受付