

土木研究所資料

高力ボルト摩擦接合継手に関する試験調査

～接合面に無機ジンクリッチペイントを
塗布した継手のすべり耐力等(その2)～

平成元年8月

建設省土木研究所
構造橋梁部橋梁研究室

Copyright © (1989) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

高力ボルト摩擦接合継手に関する試験調査

～接合面に無機ジンクリッチペイントを
塗布した継手のすべり耐力等(その2)～

橋梁研究室 室長 藤原 稔
研究員 村越 潤
田中 良樹

要 旨

昭和55年に改訂された道路橋示方書では、高力ボルト摩擦接合継手において接合面のすべり係数が0.4以上確保できることが確認された場合に限り、接合面の塗装等を許容する旨の記述が解説に示されているが、具体的な塗装仕様は示されていない。

以上に鑑み、昭和57年度より3箇年に亘って、接合面に無機ジンクリッチペイントを塗布した高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力実験を行い、接合面の塗膜の暴露期間、ボルト締付後の経過時間の影響も考慮に入れて、すべり係数と塗膜中の亜鉛含有量、亜鉛末の粒径及び塗膜厚との関係を明らかにした。

本報告は、これらの実験結果をとりまとめるとともに、その結果に基づいた、高力ボルト摩擦接合継手の接合面に塗装を施す場合の塗装仕様案を示すものである。

キーワード：高力ボルト摩擦接合継手，無機ジンクリッチペイント，
すべり耐力，すべり係数，ボルト軸力

まえがき

鋼橋の現場における部材の接合法として、高力ボルト摩擦接合が主として用いられている。高力ボルト摩擦接合は、高力ボルトの締付け軸力によって生じる部材間の摩擦力により力を伝達するものであり、ボルトに導入する軸力の管理と同様に、接合面のすべり係数を確保するための管理が重要である。従来、接合面は黒皮（ミルスケール）を除去した粗面とし、塗装を施してはならないとされてきたが、橋梁の大型化やこれに伴う施工の長期化により、接合面の管理（浮きさび落しや清掃など）に要する手間が増加することや、接合部が塗装上の弱点となり易いことが指摘されるようになってきた。このため昭和55年に改訂された道路橋示方書¹⁾では、0.4以上のすべり係数が確保されることが確認された場合に限り、接合面の塗装等を許容する旨の記述が解説に加えられた。しかしながら上記道路橋示方書では塗料組成、塗膜厚等の塗装仕様は明示されていない。

その後、接合面に塗装を施した継手の施工実績も徐々に増加し、また実験結果の蓄積も進んでいる。中でも、無機ジンクリッチペイントの塗布は、近年、施工性、信頼性に優れていることが明らかにってきており、公団等を中心に実用化されている。^{3) 9) 10)} これらに関する内外の研究の動向は「接合面にジンクリッチペイントを塗布した高力ボルト摩擦接合継手に関する研究の動向」（土木技術資料25-8, 1983.8）としてとりまとめられている。この報告では既往の実験結果から次の点が指摘されている。

- 1) すべり係数0.4を確保するためには、有機ジンクリッチペイント、ビニールプライマーなどと比べて無機ジンクリッチペイントが有利である。
- 2) 無機ジンクリッチペイントを使用する場合には、塗料中の亜鉛含有量および塗膜厚を一定値以上としなければならない。
- 3) 塗膜厚が大きい程、塗膜のクリープ等によるボルト軸力の減少率は大きい。
- 4) 塗膜のクリープ等によるボルト軸力の減少は必ずしもすべり耐力の減少には結びつかず、ボルト締付後、時間が経過してもすべり耐力は低下しない。
- 5) 塗装面を長期間暴露してもすべり係数はあまり変化しない。
- 6) 無機ジンクリッチペイントを塗布した継手に繰返し荷重を載荷してもすべり係数は低下しない。
- 7) 無機ジンクリッチペイントを塗布した継手に持続荷重を載荷しても母材間のずれは小さい。

以上を背景に、無機ジンクリッチペイントを対象とした接合面の塗装仕様の作成を目標に、昭和57年度より3年にわたって無機ジンクリッチペイントを塗布した高力ボルト摩擦接合継手に関する試験調査を実施した。本試験調査では、塗料組成、塗膜厚、ボルト締付後の経過時間及び塗膜の暴露期間の各項目がすべり係数及びすべり耐力に与える影響を把握するために、高力ボルト片側4本の小型供試体186体、同じく片側20本の大型供試体33体を用いてすべり耐力実験を行った。

昭和58年度までに実施した小型供試体30体の実験結果は、「高力ボルト摩擦接合継手に関する試験調査～接合面に無機ジンクリッチペイントを塗布した継手のすべり耐力等（その1）～」（土木研究所資料第2095号, 1984.3）にとりまとめている。

本資料では、上記土木研究所資料第2095号に報告された小型供試体30体の実験結果に加えて、残りの小型供試体186体、大型供試体33体の実験結果を報告し、これらの実験結果に基づいて提案した

高力ボルト摩擦接合継手の接合面に塗装を施す場合の塗装仕様案を示した。また、その塗装仕様案を充実させるために参考にした他機関で報告された実験結果を整理し付録に収めている。

なお、本報告の概要は既に「無機ジンクリッチペイントを塗布した高力ボルト摩擦接合継手すべり耐力実験と塗装仕様案」(土木技術資料29-1, 1987.1)に報告されている。

室 長	藤原 稔	(61.7～)
研究員	村越 潤	(62.4～)
	田中 良樹	(58.4～)

本調査の過年度の担当者を以下に示す。

橋梁研究室	室 長	佐伯 彰一 ※1 (～60.4)
	室 長	篠原 洋司 ※2 (60.5～61.6)
	主任研究員	宮田 年耕 ※3 (～60.1)
	主任研究員	西川 和廣 ※4 (60.2～62.3)
		佐藤 和徳 ※5 (～60.3)

※1 現土木研究所構造橋梁部長

※2 現東京湾横断道路橋設計部長

※3 現道路局企画課長補佐

※4 現東北地方建設局酒田工事事務所長

※5 現東北地方建設局酒田工事事務所調査課調査係長

目 次

ま え が き

1. 実験計画	1
1.1 本実験の全体計画	1
1.2 予備実験	7
1.2.1 目的	7
1.2.2 方法	7
1.2.3 結果	8
2. 供試体	10
2.1 諸元	10
2.2 接合面の処理	11
2.3 高力ボルトの締付け	12
3. 測定方法	19
3.1 ボルト軸力の経時変化	19
3.2 接合面の表面粗さ	19
3.3 すべり耐力	19
4. 実験結果と考察	26
4.1 小型供試体の実験結果	26
4.1.1 塗膜厚の影響	26
4.1.2 ボルト締付け後の経過時間の影響	31
4.1.3 暴露の影響	31
4.1.4 塗料組成の影響	36
4.2 大型供試体の実験結果	37
4.3 まとめ	41
5. 高力ボルト摩擦接合継手の接合面に塗装を施す場合の塗装仕様案	42
あ と が き	43
参 考 文 献	44
付 録 資 料 他の機関におけるすべり耐力実験結果	45

1. 実験計画

まえがきで述べたように本試験調査は昭和57年度から昭和59年度にかけて実施した。昭和57～58年度は全体計画の作成及び小型供試体30体の実験を行い、その結果を文献7)にとりまとめるとともに、さらに追加して小型供試体12体、大型供試体15体の実験を行った。昭和59年度は、まず無機ジンクリッチプライマーの使用性を確認するため、小型供試体4体を用いた予備実験を行った。その結果と昭和58年度までの実験結果を踏まえて、主として供試体数（塗装の種類の数、塗膜厚のケース数）及び塗装の種類の選定に関して全体計画を再度検討した。その検討後の最終的な全体計画に従って、小型供試体144体、大型供試体18体の実験を行った。

以下、1.1ではその検討後の最終的な全体計画を示し、1.2では上述の予備実験の目的、方法及び結果を示す。

1.1 本実験の全体計画

全体計画を表一1に示す。

この実験では無機ジンクリッチペイントを接合面に塗布した場合について、まえがきに示したとおり、次の①～④の各項目がすべり係数、すべり耐力等を与える影響を把握することをねらいとした。

- ① 塗料組成
- ② 塗膜厚
- ③ ボルト締付後の経過時間
- ④ 塗膜の暴露期間

表一1 全体計画

供試体の種類	番号	塗膜厚 (μm)			塗料の種類(表-2参照)					実験の種類 (図-2参照)	供試体の数
		母材	添接板	合計	I	II	III	IV	V		
小型供試体 (図-3(a)参照)	S-1	30	30	60	◎	○	○	○	○	左欄の◎印 および○印 を付した全 ケースにつ いてそれぞ れ実験A、 実験B、実 験Cを行う。	各ケースに つき2体と する。 供試体数 31×3×2 =186体
	S-2	30	120	150	◎	○	○	○	○		
	S-3	30	170	200	◎	○	○	○	○		
	S-4	75	75	150	◎	○	○	○	○		
	S-5	100	100	200	◎	○	○	○	○		
	S-6	150	150	300	○	◎	○	○	○		
	S-7	250	250	500	△	◎	△	△	△		
大型供試体 (図-3(b)参照)	L-1	30	120	150	◎	○	△	△	△		各ケースに つき1体と する。 供試体数 11×3×1 =33体
	L-2	30	170	200	◎	○	△	△	△		
	L-3	75	75	150	◎	○	△	△	△		
	L-4	100	100	200	◎	○	△	△	△		
	L-5	150	150	300	◎	○	△	△	△		
	L-6	250	250	500	△	○	△	△	△		

注) ◎：昭和58年度までに行ったケース

○：昭和59年度に行ったケース

これに対応して、母材および添接板に塗布する塗料の種類および塗膜厚や実験方法を以下の1)~3)のように設定した。

なお、実験は1)~3)項目のすべての組合せについて行う小型供試体と、小型供試体の結果が実橋においても適用しうるか否かを確認するために、下記の項目の主要な組合せについて行う大型供試体の2種の供試体により行う。

1) 塗料の種類

文献3)では、実験結果から無機ジンクリッチペイント中の亜鉛含有量が多いほど、また亜鉛粒子の粒径が大きいほど、塗膜面が粗くなり、その結果、すべり係数が増大するとしている。本実験においてもこの点に着目して、組成の異なる5種の厚膜型無機ジンクリッチペイントについて検討した。無機ジンクリッチペイントを取扱っているメーカーは現在15社程度で、亜鉛含有量や亜鉛の粒径等が少しずつ異なっている。しかし、どのメーカーの塗料も、塗りやすさや価格等は大きな差がないので、本実験では、比較よく用いられる厚膜型無機ジンクリッチペイントの中から5社のもの(塗料I~V)を選出した。塗料I~Vの塗料諸元を表-2に示す。なお同表中の塗料VIは塗料Iと同じメーカーの無機ジンクリッチプライマーであり、予備実験の母材側のみに用いた。図-1(a)~(e)に塗料I~Vの亜鉛末の粒度曲線を示す。図-1(f)に塗料VIの亜鉛末の粒度曲線を示す。本実験では母材にも添接板にも同一の塗料を用いることとし、1つの供試体に2種類以上の塗料は用いていない。

表-2 塗料諸元

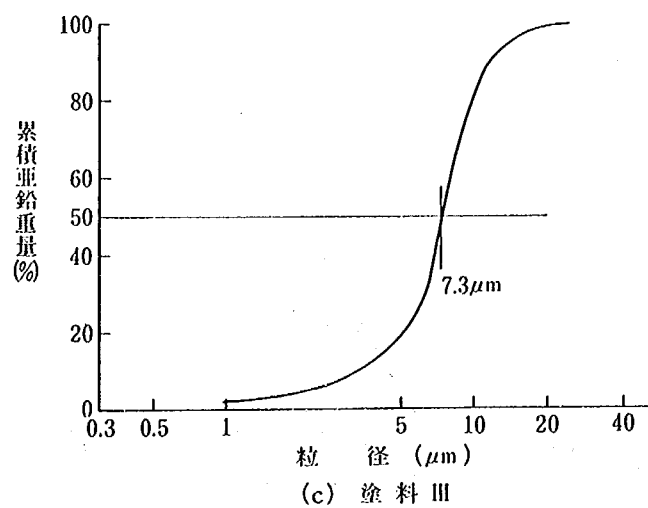
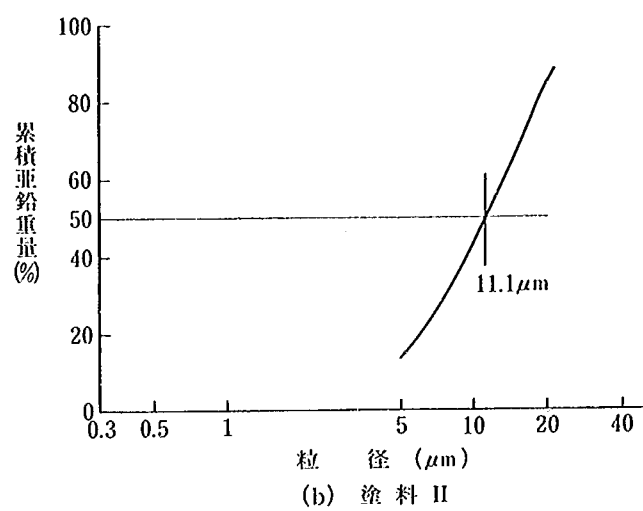
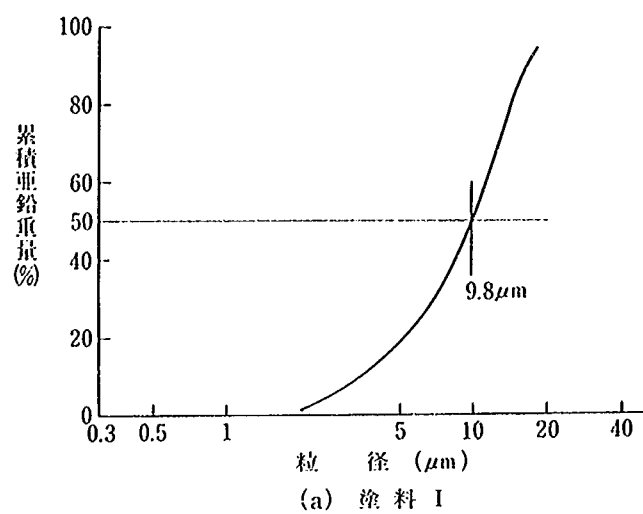
塗料の種類 ¹⁾		塗料I	塗料II	塗料III	塗料IV	塗料V	塗料VI
塗料組成(%)	亜鉛末	68.8	75.0 ²⁾	71.0	78.0	67.0	50.0
	顔料	7.4	—	—	—	—	5.0
	アルギルシケート	15.8	7.0	29.0	22.0	23.0	20.5
	溶剤	7.9	16.5	—	—	—	24.3
	添加剤	0.1	1.5	—	—	10.0	0.2
混合重量比(粉:液) ⁴⁾		22:10	3:1	71:29	78:22	3:1	100:73
加熱残分(%)		79	80	—	85	82	50
乾燥塗膜中の亜鉛含有量(%)		83.5	82	75.1	82.4	80	86
亜鉛末の50%平均粒径(μm)		9.8	11.1	7.3	16.0	3.8	5.2
標準膜厚(μm)		50~75	75	75	75	75	20
限界膜厚(μm) ³⁾		150	200	—	150	—	—

注 1) 塗料I~Vは厚膜型無機ジンクリッチペイントであり、塗料VIは塗料Iと同じメーカーの無機ジンクリッチプライマーである。塗料VIは予備実験の母材側のみに用いた。

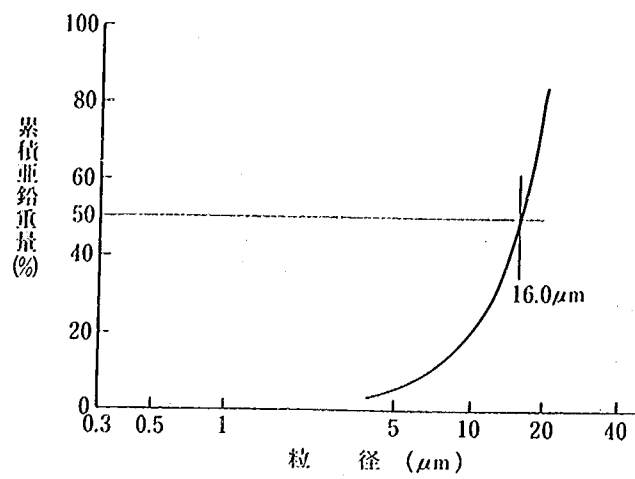
2) 顔料を含む。

3) 1回塗りでのダレ、ワレなどに対する限界最大膜厚を示す。

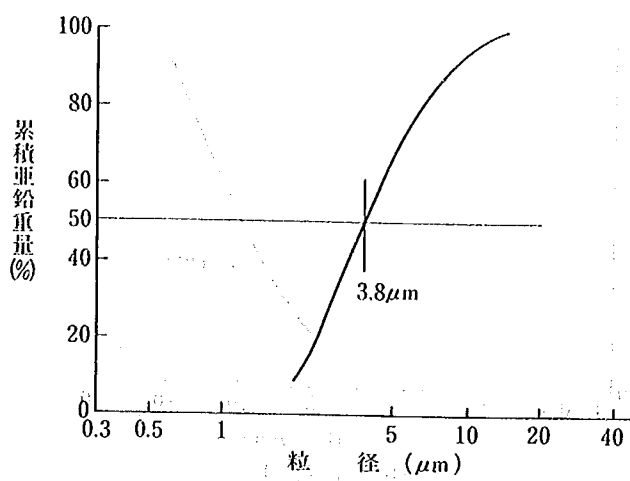
4) 厚膜型無機ジンクリッチペイント及び無機ジンクリッチプライマーは粉状のものと液状のものを混ぜて用いる。



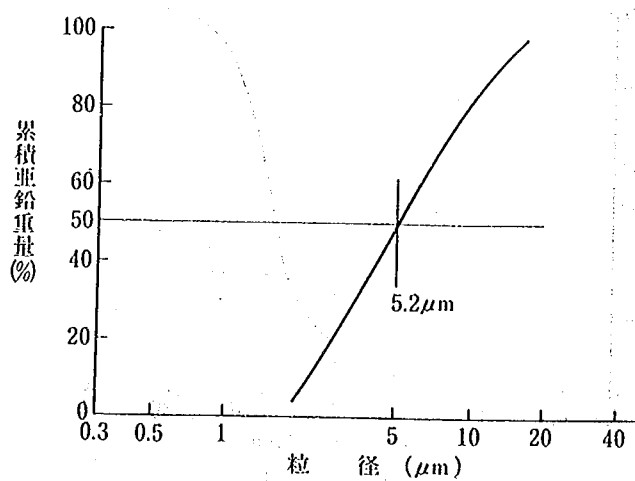
図一1 厚膜型無機ジンクリッチペイントに含まれる亜鉛末の粒度曲線（その1）



(d) 塗料Ⅳ



(e) 塗料Ⅴ



(f) 塗料Ⅵ

図-1 厚膜型無機ジンクリッチペイントに含まれる亜鉛末の粒度曲線(その2)

表-3(a) 厚膜型無機ジンクリッチペイントの品質基準例¹⁴⁾

(本四公団塗料規格より抜粋)

項 目 \ 種 類	粉	液	混 合 物
容器の中での状態	微小で一様な粉末であること	かき混ぜたとき堅いかたまりがなく一様になること	—
乾燥時間 (h)	—	—	5 以内
塗膜の外観	—	—	塗面に流れ・むら・われ・はがれがないこと
ポットライフ	—	—	20℃で使用できる時間が5時間以上であること
耐衝撃性	—	—	500mmの高さから500gのおもりを落したとき、おもりの衝撃で塗膜にわれおよびはがれができないこと
厚塗り性	—	—	3分間隔で乾燥膜厚約65μで2回塗り、合計130±10μとしたとき、塗面にわれ・はがれがないこと
塩水噴霧試験	—	—	360時間の塩水噴霧に耐えること
加熱残分(%)	—	—	70 以上
加熱残分中の金属亜鉛(%)	—	—	75 以上

表-3(b) 無機ジンクリッチプライマーの品質基準例¹⁴⁾

(本四公団塗料規格より抜粋)

項 目 \ 種 類	粉	液	混 合 物
容器の中での状態	微小で一様な粉末であること	かき混ぜたとき堅いかたまりがなく一様になること	—
乾燥時間 (h)	—	—	1 以内
塗膜の外観	—	—	塗面に流れ・むら・われ・はがれがないこと
ポットライフ	—	—	20℃で使用できる時間が5時間以上であること
耐衝撃性	—	—	500mmの高さから500gのおもりを落したとき、おもりの衝撃で塗膜にわれおよびはがれができないこと
塩水噴霧試験	—	—	168時間の塩水噴霧に耐えること
加熱残分(%)	—	—	50 以上
加熱残分中の金属亜鉛(%)	—	—	80 以上

参考として、表一3(a), (b)に一般的な部分の塗装に用いる場合の厚膜型無機ジンクリッチペイント及び無機ジンクリッチプライマーの品質基準例(本四公団の塗料規格)を示す。

なお、大型供試体の場合は塗料Ⅰ、Ⅱを用いた。

2) 塗膜厚

塗膜厚については、最大のすべり係数を与える塗膜厚はいくらかという観点に加えて、全体の塗装工程からみて最も作業を簡略化でき、しかも所要のすべり係数を得るためには、母材、添接板それぞれの程度の塗膜厚にするかについても考慮を払って決定する必要がある。厚膜型ジンクリッチペイントを使用する際の塗膜厚の仕様は、最小で $30\mu\text{m}$ であり、⁸⁾ 塗装工程を簡略化するためには母材は継手部接合面、それ以外の部分にかかわらず一律にこの塗膜厚で塗装することが望まれる。もし、母材、添接板それぞれの塗膜厚ではなく、母材、添接板に塗布する塗膜厚の合計にすべり係数が依存するのであれば、母材の塗膜厚は変化させず添接板の塗膜厚を変えることによってすべり係数確保および塗装作業の簡略化の2つが充足される。これらの点を検討するため、母材、添接板の塗膜厚を変えて1塗料種類につきS-1(母材 $30\mu\text{m}$, 添接板 $30\mu\text{m}$), S-2(同 $30\mu\text{m}$, $120\mu\text{m}$), S-3(同 $30\mu\text{m}$, $170\mu\text{m}$), S-4(同 $75\mu\text{m}$, $75\mu\text{m}$), S-5(同 $100\mu\text{m}$, $100\mu\text{m}$), S-6(同 $150\mu\text{m}$, $150\mu\text{m}$)の6ケースを設定した。ただし、塗料Ⅱのみ、特に厚い塗膜厚(母材 $250\mu\text{m}$, 添接板 $250\mu\text{m}$)のケースS-7を加えて計7ケースとした。

なお、大型供試体の場合は上記7ケースの塗膜厚のうち、母材 $30\mu\text{m}$, 添接板 $30\mu\text{m}$ のケースを除いたL-1(母材 $30\mu\text{m}$, 添接板 $120\mu\text{m}$), L-2(同 $30\mu\text{m}$, $170\mu\text{m}$), L-3(同 $75\mu\text{m}$, $75\mu\text{m}$), L-4(同 $100\mu\text{m}$, $100\mu\text{m}$), L-5(同 $150\mu\text{m}$, $150\mu\text{m}$), L-6(同 $250\mu\text{m}$, $250\mu\text{m}$)の6ケースを設定した。L-6は塗料Ⅱの場合のみとした。

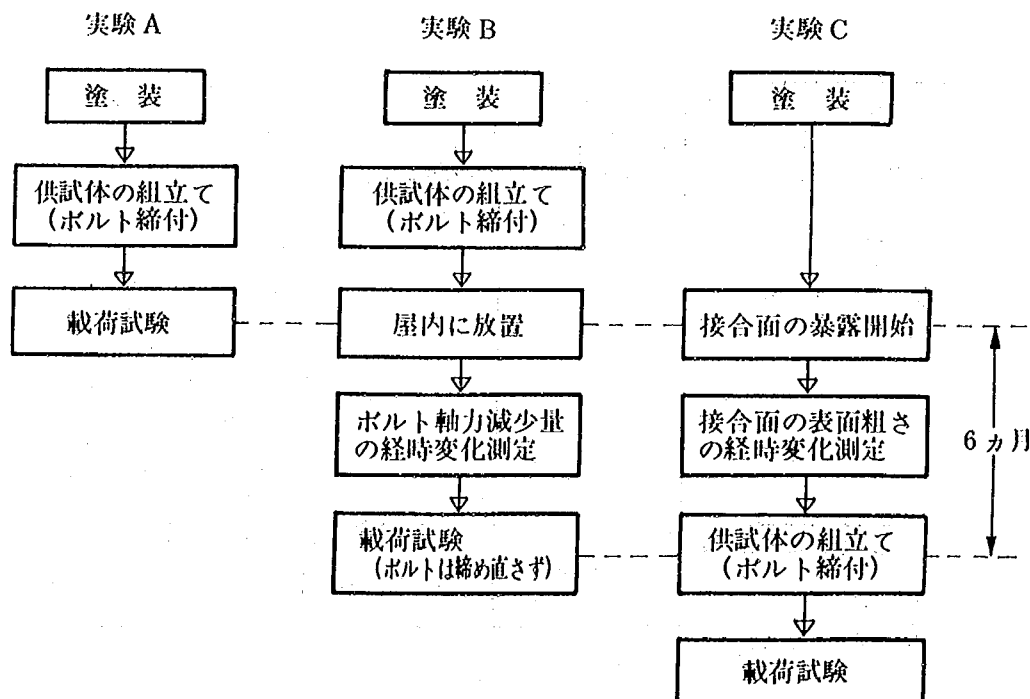


図-2 実験の種類

3) 実験方法

実験の種類には実験A～Cの3種がある。実験A～Cの作業工程を図-2に示す。実験Aはボルトを締め付けた後、直ちに載荷実験するものであり、3種の実験のうちの基本となるものである。実験Bはボルトを締め付け、そのまま6カ月間屋内に放置した後に載荷実験するものであり、経時的にボルトの軸力減少量を見るとき、ボルト軸力減少量や塗膜のなじみ等がすべり耐力に与える影響を検討するものである。実験Cは、塗装した接合面を6カ月間屋外に暴露した後にボルトを締め付け、直ちに載荷実験するものであり、塗膜の暴露がすべり耐力に与える影響を検討するものである。なお、暴露地点は土木研究所構内であり、飛来塩分や亜硫酸ガスの影響はほとんどないと考えられる。¹¹⁾

1.2 予備実験

本実験の実施中、母材に無機ジンクリッチプライマー（塗料VI）を、添接板に厚膜型無機ジンクリッチペイント（塗料I）をそれぞれ塗布した場合について予備実験を行った。

1.2.1 目的

昭和58年度までに行った本実験の一部の結果⁷⁾、すべり耐力は母材、添接板それぞれの摩擦面の合計塗膜厚に依存する傾向が見られた。すなわち、母材の塗膜厚を $30\mu\text{m}$ 一定とし、添接板の塗膜厚を厚くした場合と、母材と添接板の塗膜厚を同一にした場合とを比較すると、合計塗膜厚が同じであれば、すべり係数に有意な差が見られなかった。1.1 2) で触れたように、すべり耐力が合計塗膜厚に依存するのであれば、母材の接合面の塗膜厚は母材の接合面以外の一般部の塗膜厚と同じにしておき、すべり耐力に必要な接合面の合計塗膜厚を添接板側で調整することが可能となり、塗装作業が容易になる。上記の本実験では、母材、添接板ともに厚膜型無機ジンクリッチペイント（塗料I）を塗装した供試体を用いていたが、母材の接合面に無機ジンクリッチプライマー（通常の塗膜厚は $20\mu\text{m}$ 程度、厚膜型無機ジンクリッチペイントとの塗料組成等の相違点は表-2、表-3(a), (b)を参照）を塗布して、添接板に塗布する厚膜型無機ジンクリッチペイントで合計塗膜厚を調整した場合にも所要のすべり耐力が得られるのであれば、塗装作業をより容易にできる。

この予備実験では、以上の点を鑑みて、母材に無機ジンクリッチプライマー（塗料VI）を、添接板に厚膜型無機ジンクリッチペイント（塗料I）をそれぞれ塗布した場合にも、所要のすべり耐力が得られるかを確認する。

1.2.2 方法

供試体の形状寸法は2章の図-3(a)に示す本実験の小型供試体と同じである。

供試体の種類はCH-1、CH-2の2種があり、各ケース2体ずつ計4体を作成した。CH-1、CH-2ともに母材の接合面には無機ジンクリッチプライマー（塗料VI）を目標塗膜厚 $20\mu\text{m}$ で塗布した。塗料VIの塗料諸元は前項の表-2に示している。また、図-1(f)に塗料VIの亜鉛末の粒度曲線を示す。添接板の接合面については、CH-1、CH-2ともに厚膜型無機ジンクリッチペイント（塗料I）を用いて、CH-1には目標塗膜厚 $130\mu\text{m}$ で、CH-2には目標塗膜厚 $180\mu\text{m}$ で塗布し、CH-1、CH-2の合計塗膜厚をそれぞれ $150\mu\text{m}$ 、 $200\mu\text{m}$ となるようにした。表-4に塗膜厚の測定結果を示す。

表-4 予備実験用小型供試体の塗膜厚の測定結果

(単位: μm)

供試体番号			母材 (塗料 VI)			添接板 (塗料 I)		
			平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
CH-1	母材: $20\mu\text{m}$ 添接板: $130\mu\text{m}$	1	21	28	16	139	160	110
		2	21	24	18	132	160	110
CH-2	母材: $20\mu\text{m}$ 添接板: $180\mu\text{m}$	1	21	24	18	175	190	160
		2	20	24	18	172	200	160

注 1) 平均値、最大値、最小値は64点のデータによる。

2) 塗料 I: 厚膜型無機ジンクリッチペイント

3) 塗料 VI: 無機ジンクリッチプライマー

接合面の処理、高力ボルトの締付け、すべり耐力の測定方法は、それぞれ後述の2.2, 2.3, 3.3に示す本実験の場合と同じである。

実験の種類は実験 A (直後) のみとした。

1.2.3 結果

表-5に予備実験の結果を示す。表-5には比較のため、昭和58年度までに行った本実験の結果のうち、CH-1と同等の合計塗膜厚($150\mu\text{m}$)の供試体S-2, S-4及びCH-2と同等の合計塗膜厚($200\mu\text{m}$)の供試体S-3, S-5の結果を表-8(a)から抜粋して示す。

表-5 予備実験の結果

	供試体番号		塗膜厚 (μm)			すべり耐力 Pmax (ton)	すべり係数 μ 1)	塗料の種類 ²⁾
			母材	添接板	合計			
予備実験	CH-1	1	20	130	150	60.5	0.37	母材: 塗料 VI 添接板: 塗料 I
		2	20	130	150	53.1	0.32	
	CH-2	1	20	180	200	66.2	0.40	
		2	20	180	200	66.7	0.41	
本実験 ³⁾	S-2	1	30	120	150	85.4	0.52	母材: 塗料 I 添接板: 塗料 I
		2	30	120	150	86.4	0.53	
	S-4	1	75	75	150	85.8	0.52	
		2	75	75	150	83.6	0.51	
	S-3	1	30	170	200	86.4	0.53	
		2	30	170	200	87.9	0.54	
	S-5	1	100	100	200	86.1	0.53	
		2	100	100	200	84.6	0.52	

注 1) $\mu = P_{\max} / (2 \Sigma N_{\text{spec}})$, N_{spec} : 設計ボルト軸力 (ton),
 $\Sigma N_{\text{spec}} = 20.5 \times 4 = 82.0 \text{ ton}$

2) 塗料 I: 厚膜型無機ジンクリッチペイント

塗料 VI: 塗料 I と同一メーカーの無機ジンクリッチプライマー

3) 予備実験と同一の合計塗膜厚の実験結果を表-8(a)から抜粋した。

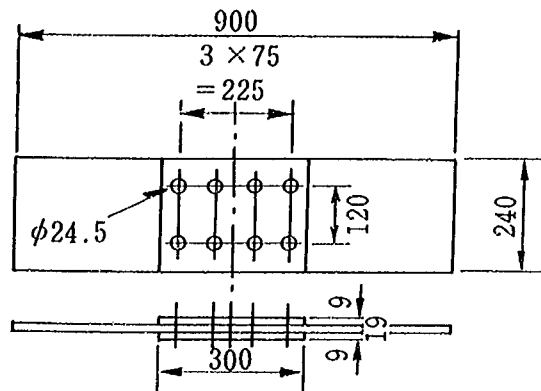
母材側に無機ジンクリッチプライマーを用いた場合、接合面の合計塗膜厚が同一で母材、添接板に厚膜型無機ジンクリッチペイントを塗布した場合よりもすべり係数が低く、中には設計すべり係数 0.4 が確保できないものがあった。

以上の予備実験の結果より、本実験は、昭和59年度以降も無機ジンクリッチプライマーを用いず、1.1 に示した実験計画に従って実施した。

2. 供試体

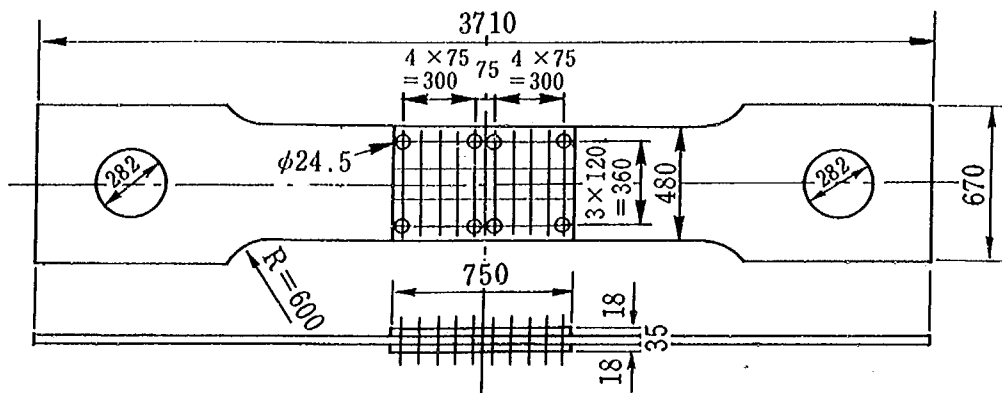
2.1 諸元

小型供試体および大型供試体の形状および寸法を図-3(a), (b)に示す。供試体の設計は文献7)を参照されたい。小型供試体の数量は表-1に示した1ケースにつき2体ずつ作成し、合計186体とした。また、大型供試体の数量は表-1に示した1ケースにつき1体ずつ作成し、合計33体とした。



鋼種：母材, 添接板SM50A
高力ボルトF10T, M22

(a) 小型供試体



鋼種：母材, 添接板SM58Q
高力ボルトF10T, M22

(b) 大型供試体

図-3 供試体の形状寸法

2.2 接合面の処理

供試体の素地調整はグリットブラストにより行い、表面を50S程度に仕上げた。

塗装はエアレススプレーを用いて、表-1に示した塗料を所定の塗膜厚となるように塗布した(写真-1)。

塗膜厚の測定は、塗膜が乾燥した状態で電磁式膜厚計(LX200, 又はLX300, Kett)を用いて行った(写真-2)。測定箇所はボルト孔周辺4箇所とし、小型供試体は全ボルト孔を、大型供試体は母材、添接板ともに、あらかじめ決めておいた8個の孔を対象とした。目標とする塗膜厚を大きく逸脱した場合には、原則として再度ブラストを行うこととし、サンドペーパー等による削り落としや、



写真-1 塗装作業

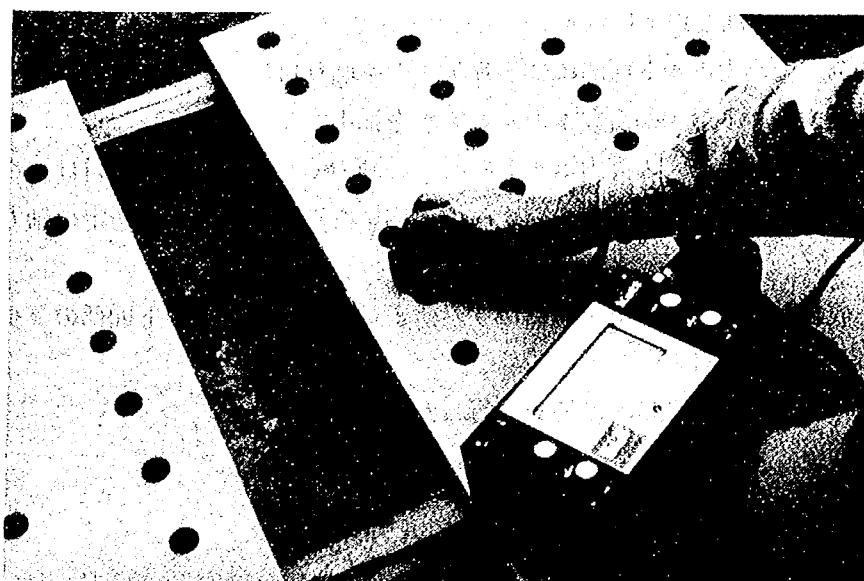


写真-2 塗膜厚の測定

一度乾燥した塗膜の上に再塗装する増塗りを行わないこととした。

小型供試体の平均塗膜厚を表一 6(a)~(c)に、大型供試体の平均塗膜厚を表一 7(a)~(b)にそれぞれ示す。目標とした塗膜厚と実測値より求めた平均塗膜厚との差は $\pm 15 \mu\text{m}$ 程度と非常に小さかった。

2.3 高力ボルトの締め付け

道路橋の施工で通常行われる軸力の10%増しは行わず、設計軸力 20.5 tonとなるようにボルトを締め付けた。軸力の検値はボルト頭部表面のひずみを読み取ることによった^{4), 5)}(写真-3)。

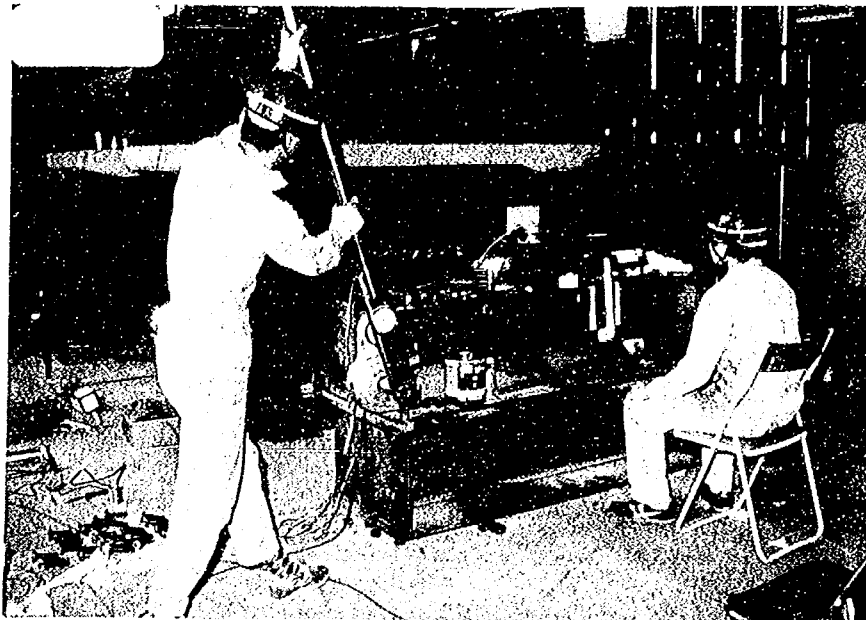


写真-3 高力ボルトの締め付け

(軸力計を用いて、所定ボルト軸力 (20.5 ton) に対する
ボルト頭部ひずみ値の測定を行っている。)

高力ボルトの締め付け手順を以下に示す。

- ① 使用する全ての高力ボルト頭部にひずみゲージを貼り付ける。
- ② 使用する高力ボルトの中から数本のサンプルを抽出する。
- ③ 軸力計を用いてサンプルの高力ボルトを所定の軸力 (20.5 ton) に締め付け、この時のボルト頭部のひずみを測定する。サンプルのひずみの平均値を求め、その値を所定の軸力導入時のひずみ値とする。
- ④ 供試体を仮組しておき、③で求めたひずみ値となるように、ボルト頭部のひずみを計測しながら高力ボルトを締め付ける。

なお、ボルトの締め付けは2度締めで行った。

表一 6 小型供試体の塗膜厚の測定結果 (単位; μm)

(a) 塗料 I

供試体番号		母材			添接板		
		平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
S - 1	A - 1	27	33	19	27	34	20
	A - 2	28	34	19	29	34	21
	B - 1	27	34	21	28	34	21
	B - 2	27	33	19	28	34	22
	C - 1	27	34	19	27	34	20
	C - 2	27	34	20	28	34	20
S - 2	A - 1	27	33	19	121	135	105
	A - 2	28	34	20	123	135	105
	B - 1	27	34	21	121	135	105
	B - 2	27	33	19	123	135	105
	C - 1	27	34	20	122	135	105
	C - 2	27	34	19	127	135	105
S - 3	A - 1	28	36	19	173	185	155
	A - 2	27	34	20	172	185	155
	B - 1	27	35	21	171	185	155
	B - 2	27	34	20	174	185	155
	C - 1	28	35	19	172	185	155
	C - 2	27	35	19	173	185	155
S - 4	A - 1	75	90	60	73	85	60
	A - 2	76	89	62	74	89	60
	B - 1	75	89	61	74	91	60
	B - 2	72	89	60	71	85	60
	C - 1	74	90	61	73	89	62
	C - 2	74	90	61	72	85	60
S - 5	A - 1	102	130	85	100	115	89
	A - 2	103	115	86	101	115	87
	B - 1	103	115	85	102	115	87
	B - 2	101	115	85	101	115	87
	C - 1	102	115	85	100	115	87
	C - 2	101	115	85	103	115	89
S - 6	A - 1	147	170	130	161	180	130
	A - 2	146	170	125	148	170	130
	B - 1	149	170	120	153	175	130
	B - 2	145	170	130	158	170	130
	C - 1	148	170	130	149	160	130
	C - 2	146	170	120	147	160	130
S - 7	A - 1						
	A - 2						
	B - 1						
	B - 2						
	C - 1						
	C - 2						

注) 平均値, 最大値, 最小値は 64 点のデータによる。

供試体番号中の記号 A ~ C は実験の種類を示す (A : 直後, B : 放置, C : 暴露)。

表-6 小型供試体の塗膜厚の測定結果(単位: μm)

(b) 塗料 II

供試体番号		母材			添接板		
		平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
S-1 母材: $30\mu\text{m}$ 添接板: $30\mu\text{m}$	A-1	29	45	18	37	50	20
	A-2	31	45	20	37	50	20
	B-1	30	45	20	40	60	30
	B-2	30	45	20	38	60	20
	C-1	32	50	20	38	50	25
	C-2	30	45	20	38	50	30
S-2 母材: $30\mu\text{m}$ 添接板: $120\mu\text{m}$	A-1	30	50	20	125	160	100
	A-2	33	50	20	125	150	100
	B-1	33	50	20	126	160	100
	B-2	32	50	20	126	160	100
	C-1	30	50	20	126	150	100
	C-2	31	45	20	128	160	100
S-3 母材: $30\mu\text{m}$ 添接板: $170\mu\text{m}$	A-1	33	50	25	182	205	150
	A-2	31	45	20	185	200	160
	B-1	33	50	20	183	210	150
	B-2	33	45	20	183	210	150
	C-1	28	45	20	179	205	140
	C-2	36	50	25	181	205	150
S-4 母材: $75\mu\text{m}$ 添接板: $75\mu\text{m}$	A-1	79	95	60	73	85	65
	A-2	80	95	60	71	85	60
	B-1	76	95	60	70	85	60
	B-2	79	95	60	72	85	60
	C-1	81	100	65	72	90	60
	C-2	78	100	60	70	80	60
S-5 母材: $100\mu\text{m}$ 添接板: $100\mu\text{m}$	A-1	103	120	90	102	130	80
	A-2	93	110	80	97	120	70
	B-1	94	110	80	104	140	85
	B-2	93	110	80	106	140	85
	C-1	95	120	75	106	130	80
	C-2	98	120	85	110	130	85
S-6 母材: $150\mu\text{m}$ 添接板: $150\mu\text{m}$	A-1	154	185	125	163	190	140
	A-2	146	170	120	156	170	140
	B-1	152	170	115	155	180	130
	B-2	154	190	120	175	190	160
	C-1	153	190	130	163	185	135
	C-2	155	180	120	164	180	150
S-7 母材: $250\mu\text{m}$ 添接板: $250\mu\text{m}$	A-1	242	265	220	241	255	210
	A-2	250	280	215	250	265	235
	B-1	249	265	230	247	265	210
	B-2	253	295	215	252	270	235
	C-1	245	270	200	248	265	220
	C-2	246	265	220	247	265	220

注) 平均値, 最大値, 最小値は64点のデータによる。

供試体番号中の記号A~Cは実験の種類を示す(A:直後, B:放置, C:暴露)。

表一 6 小型供試体の塗膜厚の測定結果 (単位: μm)

(c) 塗料 III

供試体番号		母材			添接板		
		平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
S - 1 母材 : $30\mu\text{m}$ 添接板 : $30\mu\text{m}$	A - 1	44	50	30	42	50	30
	A - 2	39	50	25	41	50	30
	B - 1	35	50	20	44	55	30
	B - 2	37	50	20	37	45	25
	C - 1	40	50	25	44	50	25
	C - 2	40	50	30	43	50	30
S - 2 母材 : $30\mu\text{m}$ 添接板 : $120\mu\text{m}$	A - 1	40	50	30	116	130	100
	A - 2	37	50	25	125	140	110
	B - 1	40	50	25	118	140	100
	B - 2	38	50	25	118	140	100
	C - 1	33	50	20	189	150	100
	C - 2	38	50	25	112	130	100
S - 3 母材 : $30\mu\text{m}$ 添接板 : $170\mu\text{m}$	A - 1	37	50	20	171	190	150
	A - 2	30	50	15	158	170	140
	B - 1	36	50	15	174	190	160
	B - 2	40	50	25	168	190	160
	C - 1	43	50	25	175	200	150
	C - 2	41	50	30	169	180	150
S - 4 母材 : $75\mu\text{m}$ 添接板 : $75\mu\text{m}$	A - 1	80	110	60	76	95	65
	A - 2	81	100	60	79	90	70
	B - 1	76	90	60	82	95	65
	B - 2	81	110	60	80	90	65
	C - 1	69	80	60	79	95	65
	C - 2	71	90	60	74	90	65
S - 5 母材 : $100\mu\text{m}$ 添接板 : $100\mu\text{m}$	A - 1	104	170	90	112	130	95
	A - 2	96	120	80	104	120	90
	B - 1	107	130	90	106	120	80
	B - 2	98	130	80	100	130	75
	C - 1	111	130	90	100	120	90
	C - 2	110	130	90	102	120	90
S - 6 母材 : $150\mu\text{m}$ 添接板 : $150\mu\text{m}$	A - 1	148	170	130	148	170	130
	A - 2	148	170	130	159	180	140
	B - 1	153	170	130	140	160	120
	B - 2	150	180	130	148	170	130
	C - 1	159	180	130	150	170	130
	C - 2	153	180	130	142	160	120
S - 7 母材 : $250\mu\text{m}$ 添接板 : $250\mu\text{m}$	A - 1						
	A - 2						
	B - 1						
	B - 2						
	C - 1						
	C - 2						

注) 平均値, 最大値, 最小値は 64 点のデータによる。

供試体番号中の記号 A ~ C は実験の種類を示す (A : 直後, B : 放置, C : 暴露)。

表一 6 小型供試体の塗膜厚の測定結果 (単位: μm)

(d) 塗料 IV

供試体番号		母材			添接板			
		平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	
S - 1	母材： $30\mu\text{m}$ 添接板： $30\mu\text{m}$	A - 1	36	50	25	36	50	20
		A - 2	34	50	20	39	50	25
		B - 1	34	50	20	40	50	25
		B - 2	39	55	25	38	45	25
		C - 1	34	50	15	38	50	24
		C - 2	35	65	25	39	50	25
S - 2	母材： $30\mu\text{m}$ 添接板： $120\mu\text{m}$	A - 1	34	50	20	116	140	90
		A - 2	30	45	15	116	140	90
		B - 1	33	50	20	118	140	100
		B - 2	39	50	25	119	140	100
		C - 1	37	50	20	127	150	100
		C - 2	40	50	25	127	150	100
S - 3	母材： $30\mu\text{m}$ 添接板： $170\mu\text{m}$	A - 1	36	50	20	167	190	130
		A - 2	30	55	20	167	200	140
		B - 1	33	50	20	172	190	140
		B - 2	32	50	20	169	200	130
		C - 1	33	45	20	182	210	160
		C - 2	32	50	20	172	200	120
S - 4	母材： $75\mu\text{m}$ 添接板： $75\mu\text{m}$	A - 1	76	90	60	83	100	65
		A - 2	83	105	65	87	110	70
		B - 1	80	95	65	84	100	70
		B - 2	81	105	65	84	100	70
		C - 1	78	95	50	87	110	75
		C - 2	80	100	65	86	95	70
S - 5	母材： $100\mu\text{m}$ 添接板： $100\mu\text{m}$	A - 1	109	120	90	110	130	90
		A - 2	109	125	90	108	130	90
		B - 1	109	120	80	109	120	90
		B - 2	108	120	90	107	120	80
		C - 1	107	130	70	109	130	90
		C - 2	109	130	95	103	120	90
S - 6	母材： $150\mu\text{m}$ 添接板： $150\mu\text{m}$	A - 1	141	170	120	143	160	130
		A - 2	141	165	110	157	170	130
		B - 1	142	160	130	151	170	130
		B - 2	141	165	110	145	170	130
		C - 1	149	175	130	140	160	120
		C - 2	152	200	120	142	160	130
S - 7	母材： $250\mu\text{m}$ 添接板： $250\mu\text{m}$	A - 1						
		A - 2						
		B - 1						
		B - 2						
		C - 1						
		C - 2						

注) 平均値, 最大値, 最小値は 64 点のデータによる。

供試体番号中の記号 A ~ C は実験の種類を示す (A: 直後, B: 放置, C: 暴露)。

表一 6 小型供試体の塗膜厚の測定結果 (単位: μm)

(e) 塗料 V

供試体番号		母材			添接板		
		平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
S - 1	A - 1	27	40	20	32	40	20
	A - 2	28	40	20	32	45	25
	B - 1	28	45	20	29	35	20
	B - 2	28	40	20	32	40	25
	C - 1	29	40	20	29	40	20
	C - 2	26	35	20	29	40	20
	母材: $30\mu\text{m}$ 添接板: $30\mu\text{m}$						
S - 2	A - 1	26	35	20	119	140	110
	A - 2	27	35	20	123	140	110
	B - 1	27	35	20	119	140	100
	B - 2	26	35	20	118	140	100
	C - 1	29	35	20	118	140	100
	C - 2	26	35	20	118	140	100
	母材: $30\mu\text{m}$ 添接板: $120\mu\text{m}$						
S - 3	A - 1	26	35	20	168	190	150
	A - 2	26	35	20	172	190	150
	B - 1	30	40	20	166	185	140
	B - 2	27	45	20	166	180	140
	C - 1	30	40	20	168	190	150
	C - 2	30	45	20	167	190	150
	母材: $30\mu\text{m}$ 添接板: $170\mu\text{m}$						
S - 4	A - 1	79	95	60	62	80	55
	A - 2	81	95	65	67	80	55
	B - 1	80	95	60	64	75	50
	B - 2	80	95	65	65	75	55
	C - 1	85	100	70	69	90	60
	C - 2	80	95	60	71	85	60
	母材: $75\mu\text{m}$ 添接板: $75\mu\text{m}$						
S - 5	A - 1	108	130	85	99	120	80
	A - 2	108	130	90	98	130	85
	B - 1	105	120	90	98	110	90
	B - 2	103	120	90	94	110	80
	C - 1	103	120	90	99	120	90
	C - 2	104	120	90	102	120	90
	母材: $100\mu\text{m}$ 添接板: $100\mu\text{m}$						
S - 6	A - 1	147	170	130	149	160	140
	A - 2	149	170	130	152	160	140
	B - 1	149	170	130	148	160	140
	B - 2	147	170	130	148	160	140
	C - 1	153	170	130	147	170	130
	C - 2	146	170	130	147	160	140
	母材: $150\mu\text{m}$ 添接板: $150\mu\text{m}$						
S - 7	A - 1						
	A - 2						
	B - 1						
	B - 2						
	C - 1						
	C - 2						
	母材: $250\mu\text{m}$ 添接板: $250\mu\text{m}$						

注) 平均値, 最大値, 最小値は 64 点のデータによる。

供試体番号中の記号 A ~ C は実験の種類を示す (A: 直後, B: 放置, C: 暴露)。

表一 7 大型供試体の塗膜厚の測定結果 (単位; μm)

(a) 塗料 I

供試体番号		母材			添接板		
		平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
L-1 母材: $30\mu\text{m}$ 添接板: $120\mu\text{m}$	A	33	50	15	131	150	110
	B	40	65	30	113	135	90
	C	37	50	27	110	130	95
L-2 母材: $30\mu\text{m}$ 添接板: $170\mu\text{m}$	A	30	50	19	165	190	130
	B	41	55	30	153	190	100
	C	39	55	28	170	195	135
L-3 母材: $75\mu\text{m}$ 添接板: $75\mu\text{m}$	A	74	100	50	87	110	70
	B	76	102	40	85	105	60
	C	77	95	60	77	95	60
L-4 母材: $100\mu\text{m}$ 添接板: $100\mu\text{m}$	A	106	160	64	98	125	80
	B	95	125	65	105	125	65
	C	99	125	40	105	140	70
L-5 母材: $150\mu\text{m}$ 添接板: $150\mu\text{m}$	A	151	170	120	152	180	130
	B	154	180	130	154	180	140
	C	157	175	135	157	170	140
L-6 母材: $250\mu\text{m}$ 添接板: $250\mu\text{m}$	A						
	B						
	C						

注) 平均値, 最大値, 最小値は 128 点のデータによる。

供試体番号中の記号 A~C は実験の種類を示す (A: 直後, B: 放置, C: 暴露)。

(b) 塗料 II

供試体番号		母材			添接板		
		平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
L-1 母材: $30\mu\text{m}$ 添接板: $120\mu\text{m}$	A	40	50	30	130	160	110
	B	37	45	30	125	150	100
	C	36	50	25	120	140	100
L-2 母材: $30\mu\text{m}$ 添接板: $170\mu\text{m}$	A	30	40	20	171	210	140
	B	35	45	25	173	200	140
	C	35	45	20	172	210	140
L-3 母材: $75\mu\text{m}$ 添接板: $75\mu\text{m}$	A	74	90	55	72	85	60
	B	71	90	55	69	90	60
	C	72	90	50	74	95	60
L-4 母材: $100\mu\text{m}$ 添接板: $100\mu\text{m}$	A	107	130	85	108	130	85
	B	103	140	80	99	120	80
	C	107	125	85	105	125	90
L-5 母材: $150\mu\text{m}$ 添接板: $150\mu\text{m}$	A	160	180	130	147	170	120
	B	151	195	100	149	170	135
	C	154	205	105	148	175	130
L-6 母材: $250\mu\text{m}$ 添接板: $250\mu\text{m}$	A	255	290	200	260	300	220
	B	257	290	210	265	300	200
	C	241	290	185	262	300	230

注) 平均値, 最大値, 最小値は 128 点のデータによる。

供試体番号中の記号 A~C は実験の種類を示す (A: 直後, B: 放置, C: 暴露)。

3. 測定方法

3.1 ボルト軸力の経時変化

小型供試体の実験B（放置）では，すべての高力ボルトの軸力減少量を経時的に測定した。ボルト軸力の測定はボルト頭部のひずみを計測することによった（2.3 参照，写真－4）。なお，締付け後8日間は常時ひずみ測定器に結線したまま計測を行ったが，2，4，6カ月後の測定はその都度結線し直し，軸力を抜き締めすることによって軸力を求めた。軸力を抜く際に塗膜のなじみが損われないよう1本ずつ抜き締めを行った。

大型供試体では，締付け後及び6カ月後のみ，ボルト軸力を測定した。

3.2 接合面の表面粗さ

小型供試体の実験C（暴露）では，接合面の表面粗さを経時的に測定した。測定箇所は1供試体につき母材及び添接板の任意の位置をそれぞれ1箇所ずつ計2箇所とした。ただし，I－S－（1～5）－C－（1～2）の計10体の測定箇所については，1供試体につき各接合面の任意の位置を1箇所ずつ，母材4箇所，添接板4箇所，計8箇所とした。

測定には表面粗さ測定器（SURFCOM E－RC－S01A，榊東京精密）を用いた（写真－5～7）。

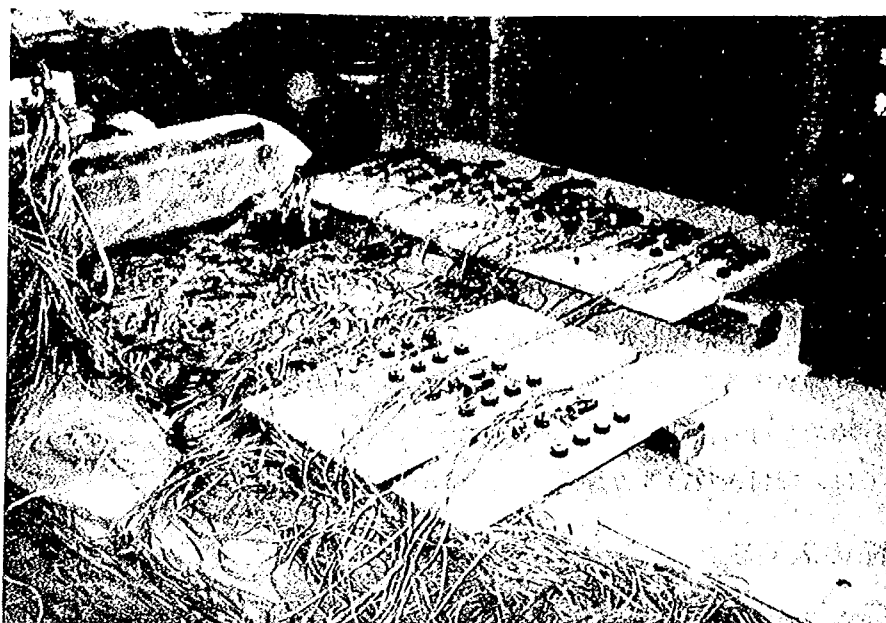
大型供試体では表面粗さは測定しなかった。

3.3 すべり耐力

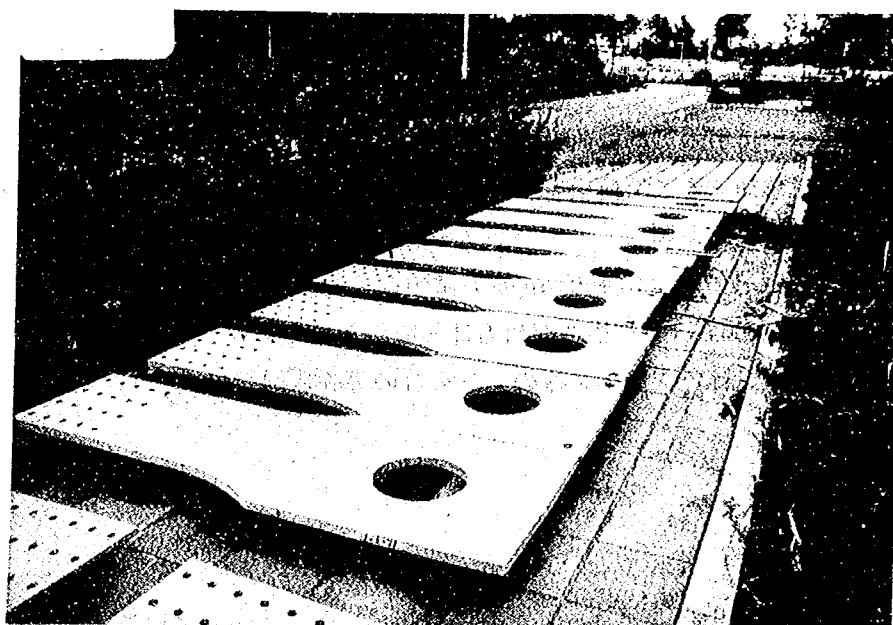
すべての供試体について引張静的載荷実験を行い，継手のすべり荷重を測定した。引張載荷実験では，接合面のすべりを確認するまで荷重を一定に増加させた。すべりの確認は母材間の変位量を計測することによった。（図－4 参照）

なお，小型供試体の載荷には200/150 ton 疲労試験機（ここでは静的載荷実験に使用）を使用し，大型供試体の載荷には3,000 ton 大型構造部材万能試験機を使用した。

写真－8～12に小型供試体，大型供試体のそれぞれの実験状況を示す。



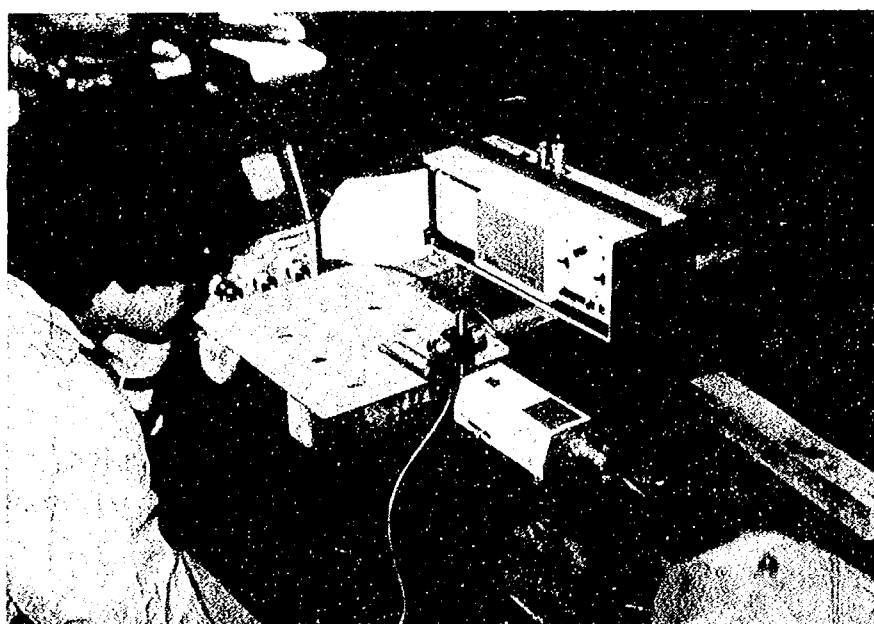
写真－４ ボルト締付け後 6 カ月間放置
 (ボルト頭部ひずみ値による軸力減少量の
 測定を行っている。実験 B のみ。)



写真－５ 大型供試体の暴露状況
 (土木研究所構内、実験 C のみ)



写真－6 小型供試体の暴露状況
(土木研究所構内, 実験Cのみ)



写真－7 接合面の表面粗さ測定
(実験Cのみ)

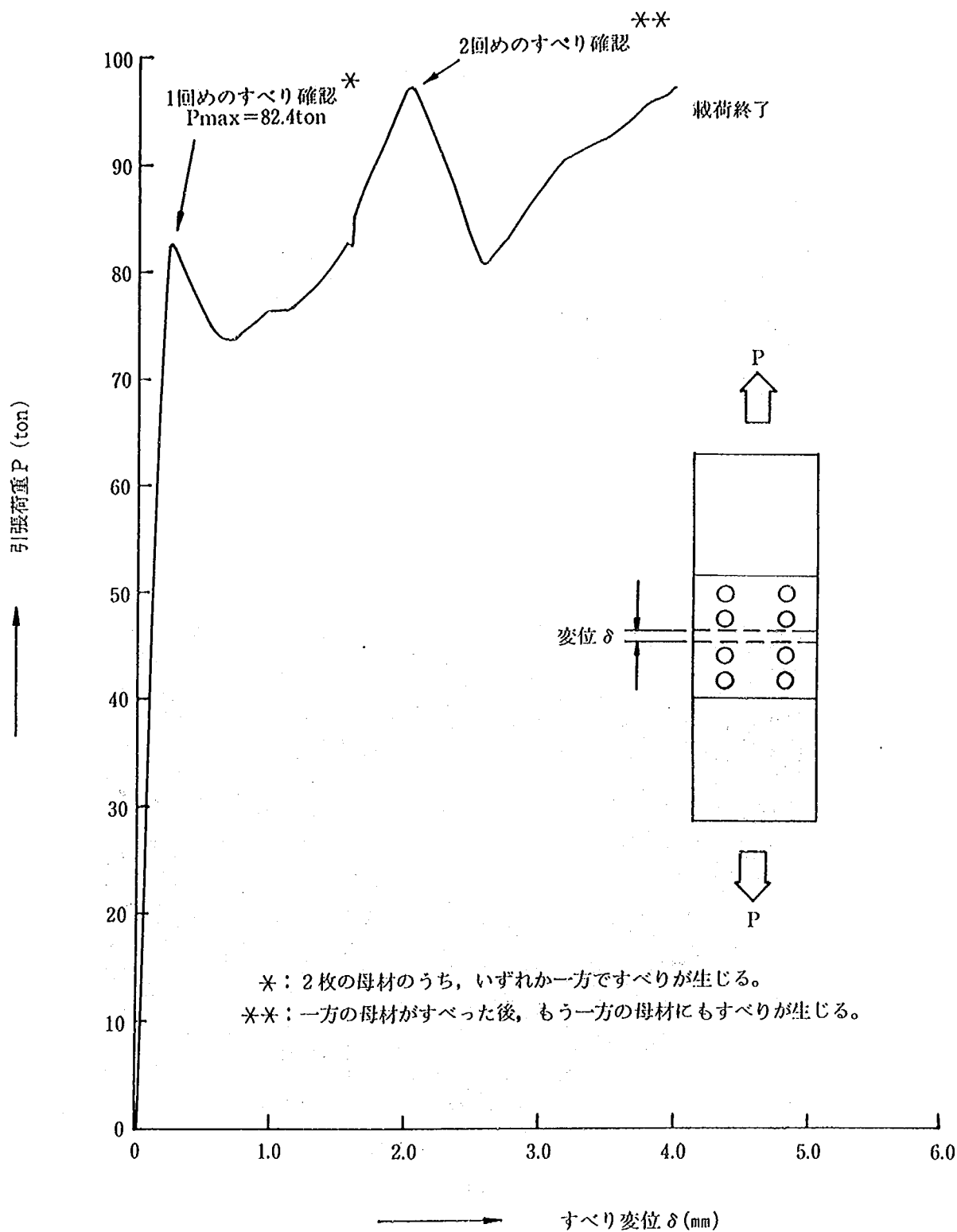
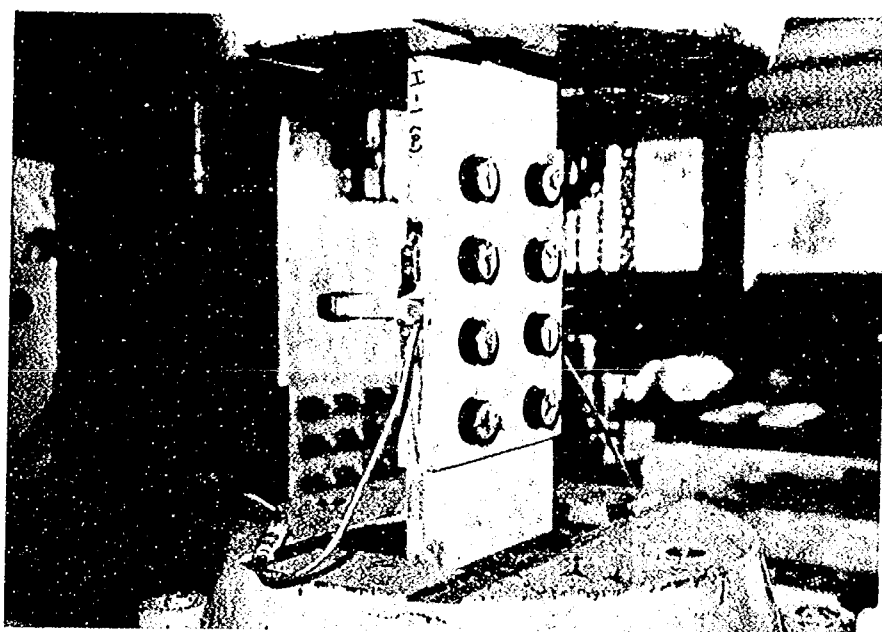


図-4 荷重-すべり変位曲線の例(供試体Ⅲ-S-3-B-1)



写真－8 小型供試体の実験状況



写真－9 200/150 ton 疲労試験機
(本実験では静的に使用)

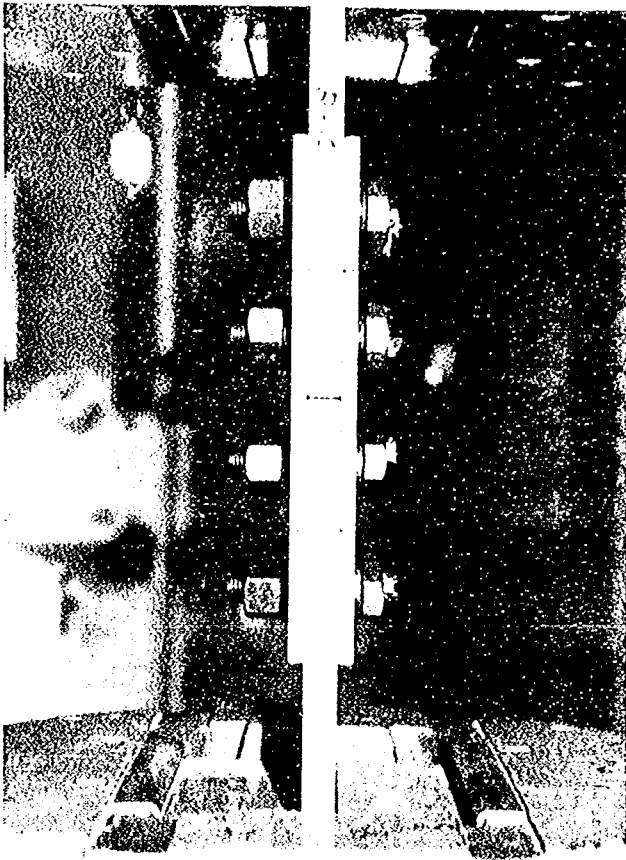


写真-10(a) すべり耐力実験前
(π 型変位計取付前)

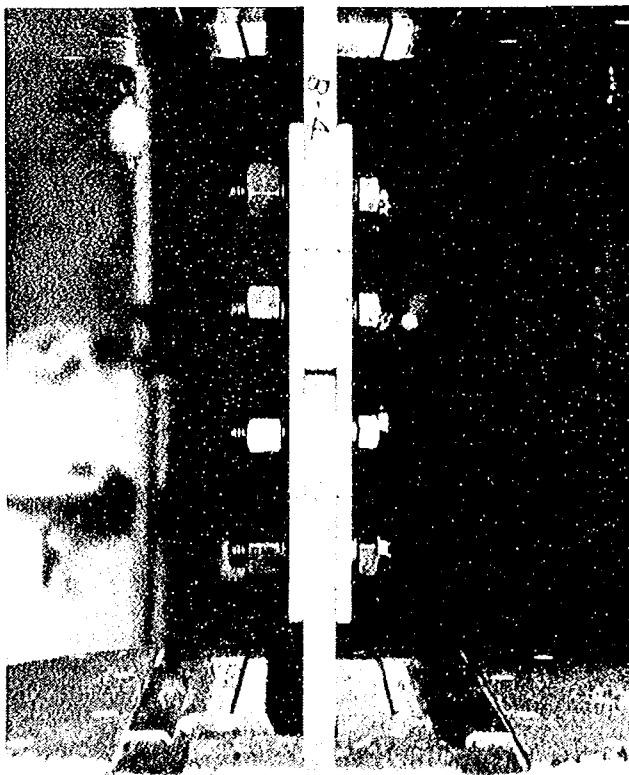


写真-10(b) すべり耐力実験後
(π 型変位計取外後)

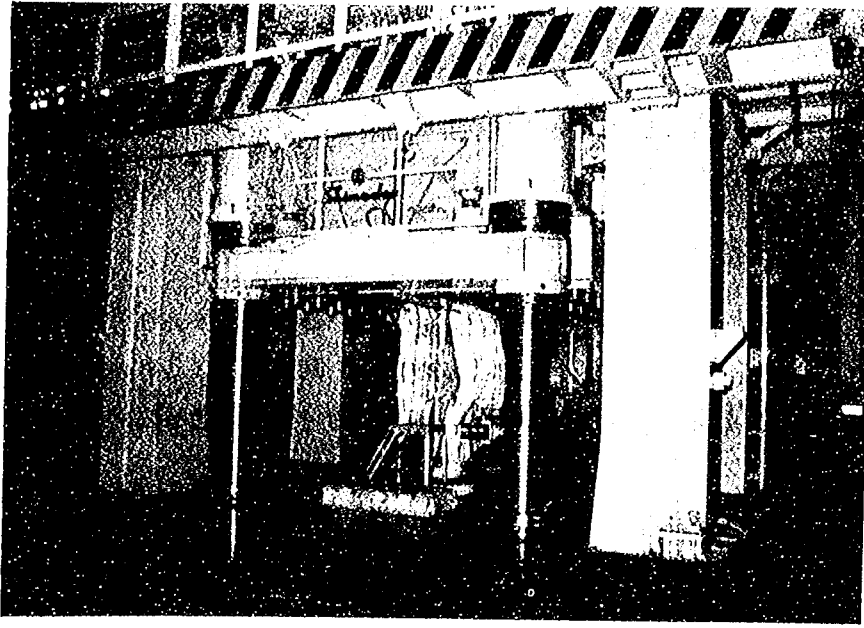


写真-11 3,000 ton 大型構造部材万能試験機

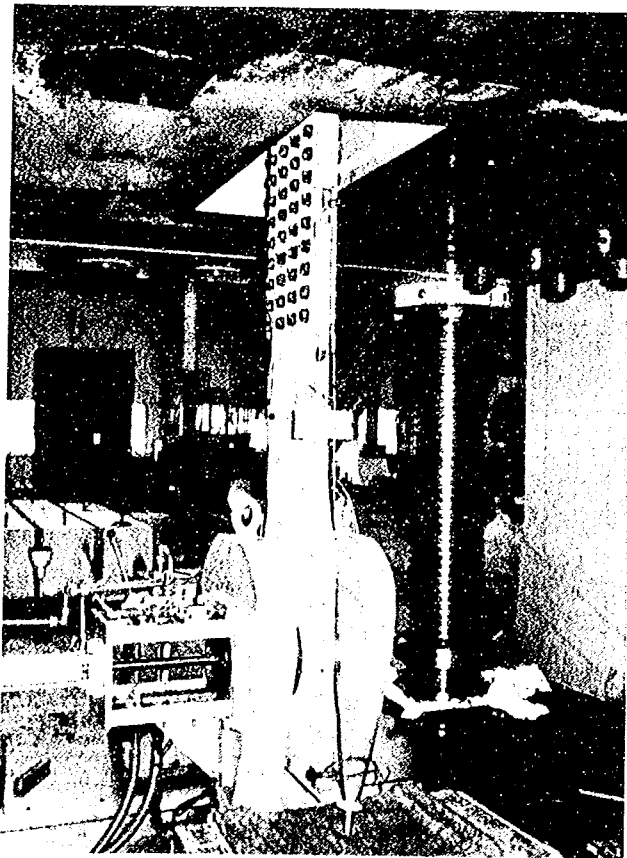


写真-12 大型供試体の実験状況

4. 実験結果と考察

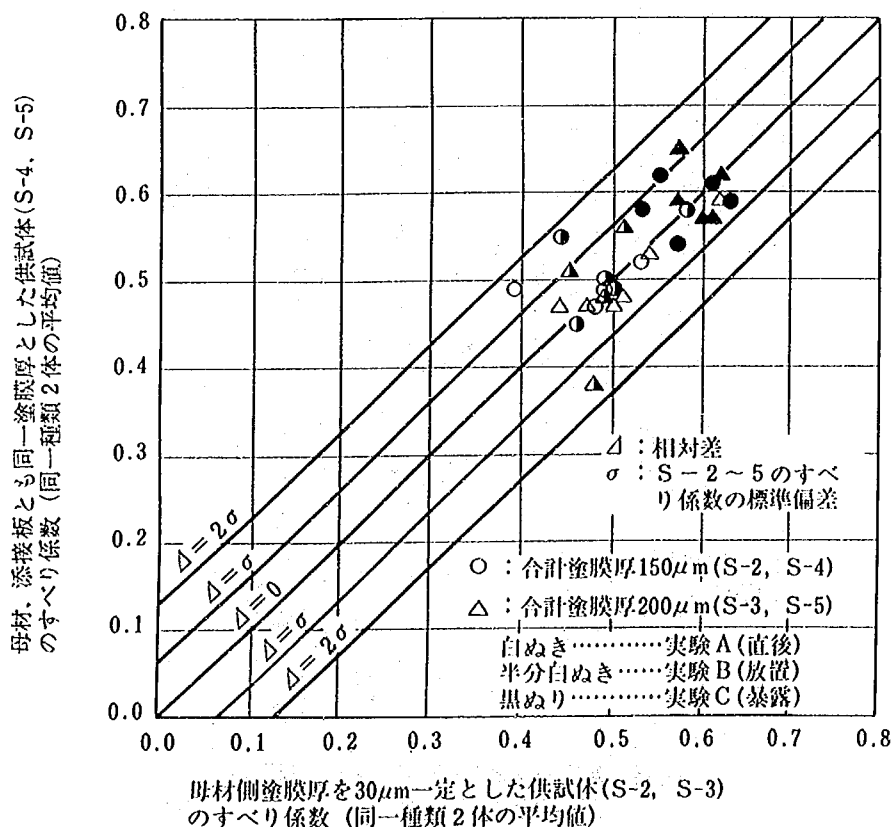
2.2で述べたように、目標とした塗膜厚と実測した塗膜厚の差は非常に小さいので、以下、塗膜厚とは目標塗膜厚をいうこととする。

4.1 小型供試体の実験結果

小型供試体の実験結果を表一8(a)~(e)に示す。また、この実験により得られた各供試体のすべり係数を表一9に示す。同一種の2体のすべり係数の差が1割以上となるものは全体の3%程度とばらつきは小さい。この結果をもとに塗膜厚の影響、ボルト締付後の経過時間、暴露の影響および塗料組成の影響について考察する。

4.1.1 塗膜厚の影響

1) 図一5に母材、添接板の塗膜厚を同一としたS-4, S-5と、母材の塗膜厚を $30\mu\text{m}$ 一定として添接板の塗膜厚を厚くしたS-2, S-3とのすべり係数の関係を示す。母材や添接板の塗膜厚が異なっている、合計した塗膜厚が同じであればすべり係数に有意な差は見られない。したがって、すべり耐力は個々の塗膜厚に関係なく合計塗膜厚に依存するといえる。



図一5 合計塗膜厚に対する依存性

2) すべり係数と合計塗膜厚の関係を実験別に図一6(a)~(c)に示す。塗料Ⅲおよび塗料Ⅴを使用した場合、設計すべり係数0.4を下回っているものがみられる。塗料Ⅴでは合計塗膜厚 $60\mu\text{m}$ の場合の

表-8 小型供試体実験結果一覧

(a) 資料 I

供試体 実験種類		S-1			S-2			S-3			S-4			S-5			S-6		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
すべり耐力	1	72.8	79.6	84.6	85.4	93.3	92.7	86.4	106.7	93.2	85.8	96.0	87.3	86.1	94.6	96.4	70.5	79.2	72.4
P max (t)	2	73.4	80.2	89.3	86.4	97.3	92.6	87.9	96.4	92.8	83.6	92.5	90.7	84.6	97.2	95.4	68.8	79.8	76.7
すべり係数	1	0.44	0.49	0.52	0.52	0.57	0.57	0.53	0.65	0.57	0.52	0.59	0.53	0.53	0.58	0.59	0.43	0.48	0.44
P max / (2 Σ N spec)	2	0.45	0.49	0.54	0.53	0.59	0.56	0.54	0.59	0.57	0.51	0.56	0.55	0.52	0.59	0.58	0.42	0.49	0.47
実験時のボルト軸力	1	82.0	77.8	82.0	82.0	74.6	82.0	82.0	76.7	82.0	82.0	72.5	82.0	82.0	71.8	82.0	82.0	68.0	82.0
Σ N (t)	2	82.0	78.0	82.0	82.0	71.8	82.0	82.0	77.2	82.0	82.0	74.3	82.0	82.0	73.4	82.0	82.0	56.3	82.0
摩擦係数	1	0.44	0.51	0.52	0.52	0.63	0.57	0.53	0.70	0.57	0.52	0.66	0.53	0.53	0.66	0.59	0.43	0.58	0.44
P max / (2 Σ N)	2	0.45	0.51	0.54	0.53	0.68	0.56	0.54	0.62	0.57	0.51	0.62	0.55	0.52	0.66	0.58	0.42	0.71	0.47
P max / P spec	1	1.11	1.21	1.29	1.30	1.42	1.41	1.32	1.63	1.42	1.31	1.46	1.33	1.31	1.44	1.47	1.07	1.21	1.10
	2	1.12	1.22	1.36	1.32	1.48	1.41	1.34	1.47	1.41	1.27	1.41	1.38	1.29	1.48	1.45	1.05	1.22	1.17
1 - Σ N / Σ N spec	1	0	0.05	0	0	0.09	0	0	0.06	0	0	0.12	0	0	0.12	0	0	0.17	0
	2	0	0.05	0	0	0.12	0	0	0.06	0	0	0.09	0	0	0.10	0	0	0.31	0
P maxの平均値 (t)		73.1	79.9	86.9	85.9	95.3	92.6	87.1	101.5	93.0	84.7	94.3	89.0	85.4	95.9	95.9	69.6	79.5	74.5
P maxの標準偏差 (t)		0.30	0.30	2.35	0.50	2.00	0.05	0.75	5.15	0.20	1.10	1.75	1.70	0.75	1.30	0.50	0.85	0.30	2.15
P maxの変動係数 (%)		0.41	0.38	2.70	0.58	2.10	0.05	0.86	5.07	0.22	1.30	1.86	1.91	0.88	1.36	0.52	1.22	0.38	2.88
相対すべり耐力		1.00	1.09	1.19	1.00	1.11	1.08	1.00	1.17	1.07	1.00	1.11	1.05	1.00	1.12	1.12	1.00	1.14	1.07

注) A:直後, B:放置, C:暴露, Nspec:設計ボルト軸力(ΣNspec = 20.5×4 = 82 ton), Pspec:設計すべり耐力(Pspec = 82×2×0.4 = 65.6 ton),
相対すべり耐力:実験Aを1.0とする。

(b) 資料 II

供試体 実験種類		S-1			S-2			S-3			S-4			S-5			S-6			S-7		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
すべり耐力	1	78.3	75.8	93.0	82.1	70.8	99.0	81.0	66.0	97.5	78.0	92.9	98.8	78.3	87.0	107.2	105.5	102.0	114.0	104.5	102.0	112.0
P max (t)	2	80.6	74.4	82.8	76.5	74.0	80.5	83.9	82.0	101.8	81.0	86.9	103.5	75.8	80.0	80.0	107.0	107.0	113.0	108.6	106.0	120.0
すべり係数	1	0.48	0.46	0.57	0.50	0.43	0.60	0.49	0.40	0.59	0.48	0.57	0.60	0.48	0.53	0.65	0.64	0.62	0.70	0.64	0.62	0.68
P max / (2 Σ N spec)	2	0.49	0.45	0.50	0.47	0.45	0.49	0.51	0.50	0.62	0.49	0.53	0.63	0.46	0.49	0.49	0.65	0.65	0.69	0.66	0.65	0.73
実験時のボルト軸力	1	82.0	72.9	82.0	82.0	69.5	82.0	82.0	58.0	82.0	82.0	68.5	82.0	82.0	67.9	82.0	82.0	69.2	82.0	82.0	69.0	82.0
Σ N (t)	2	82.0	73.4	82.0	82.0	68.7	82.0	82.0	66.6	82.0	82.0	66.8	82.0	82.0	67.6	82.0	82.0	71.8	82.0	82.0	70.9	82.0
摩擦係数	1	0.48	0.52	0.57	0.50	0.51	0.60	0.49	0.57	0.59	0.48	0.68	0.60	0.48	0.64	0.65	0.64	0.74	0.70	0.64	0.74	0.68
P max / (2 Σ N)	2	0.49	0.51	0.50	0.47	0.54	0.49	0.51	0.62	0.62	0.49	0.65	0.63	0.46	0.59	0.49	0.65	0.75	0.69	0.66	0.75	0.73
P max / P spec	1	1.19	1.16	1.42	1.25	1.08	1.51	1.23	1.01	1.49	1.19	1.42	1.51	1.19	1.33	1.63	1.61	1.55	1.74	1.59	1.55	1.71
	2	1.23	1.13	1.26	1.17	1.13	1.23	1.28	1.25	1.55	1.23	1.32	1.58	1.16	1.22	1.22	1.63	1.63	1.72	1.66	1.62	1.83
1 - Σ N / Σ N spec	1	0	0.11	0	0	0.15	0	0	0.29	0	0	0.16	0	0	0.17	0	0	0.16	0	0	0.16	0
	2	0	0.10	0	0	0.16	0	0	0.19	0	0	0.19	0	0	0.18	0	0	0.12	0	0	0.14	0
P maxの平均値 (t)		79.4	75.1	87.9	79.3	72.4	89.8	82.4	74.0	99.6	79.5	89.9	101.1	77.1	83.5	93.6	106.3	104.5	113.5	106.6	104.0	116.0
P maxの標準偏差 (t)		1.15	0.70	5.10	2.80	1.60	9.25	1.45	8.00	2.15	1.50	3.00	2.35	1.25	3.50	13.60	0.75	2.50	0.50	2.05	2.00	4.00
P maxの変動係数 (%)		1.45	0.93	5.80	3.53	2.21	10.31	1.76	10.81	2.16	1.89	3.34	2.32	1.62	4.19	14.53	0.71	2.39	0.44	1.92	1.92	3.45
相対すべり耐力		1.00	0.95	1.11	1.00	0.91	1.13	1.00	0.90	1.21	1.00	1.13	1.27	1.00	1.08	1.21	1.00	0.98	1.07	1.00	0.98	1.09

注) A:直後, B:放置, C:暴露, Nspec:設計ボルト軸力(ΣNspec = 20.5×4 = 82 ton), Pspec:設計すべり耐力(Pspec = 82×2×0.4 = 65.6 ton),
相対すべり耐力:実験Aを1.0とする。

表-8 小型供試体実験結果一覧

(c) 資料Ⅲ

供試体		S-1			S-2			S-3			S-4			S-5			S-6		
実験種類		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
すべり耐力	1	58.0	85.5	90.6	61.0	76.5	85.6	68.1	78.2	97.0	81.4	71.5	98.6	74.3	62.8	92.7	77.2	74.0	92.8
	2	58.1	72.8	74.2	66.7	72.2	88.6	75.7	78.0	100.3	76.5	74.8	90.4	78.5	62.0	92.3	75.0	73.6	102.2
すべり係数	1	0.35	0.52	0.55	0.37	0.47	0.52	0.42	0.48	0.59	0.50	0.44	0.60	0.45	0.38	0.57	0.47	0.45	0.57
	2	0.35	0.44	0.45	0.41	0.44	0.54	0.46	0.48	0.61	0.47	0.46	0.55	0.48	0.38	0.56	0.46	0.45	0.62
実験時のボルト軸力 ΣN (t)	1	82.0	47.1	82.0	82.0	70.5	82.0	82.0	70.6	82.0	82.0	68.7	82.0	82.0	69.7	82.0	82.0	67.1	82.0
	2	82.0	72.0	82.0	82.0	72.7	82.0	82.0	69.0	82.0	82.0	67.1	82.0	82.0	68.9	82.0	82.0	65.6	82.0
摩擦係数	1	0.35	0.91	0.55	0.37	0.54	0.52	0.42	0.55	0.59	0.50	0.52	0.60	0.45	0.45	0.57	0.47	0.55	0.57
	2	0.35	0.51	0.45	0.41	0.50	0.54	0.46	0.57	0.61	0.47	0.56	0.55	0.48	0.45	0.56	0.46	0.56	0.62
P_{max}/P_{spec}	1	0.88	1.30	1.38	0.93	1.17	1.30	1.04	1.19	1.48	1.24	1.09	1.50	1.13	0.96	1.41	1.18	1.13	1.41
	2	0.89	1.11	1.13	1.02	1.10	1.35	1.15	1.19	1.53	1.17	1.14	1.38	1.20	0.95	1.41	1.14	1.12	1.56
$1 - \Sigma N / \Sigma N_{spec}$	1	0	0.43	0	0	0.14	0	0	0.14	0	0	0.16	0	0	0.15	0	0	0.18	0
	2	0	0.12	0	0	0.11	0	0	0.16	0	0	0.18	0	0	0.16	0	0	0.20	0
P_{max} の平均値 (t)		58.1	79.1	82.4	63.8	74.3	87.1	71.9	78.1	98.6	78.9	73.1	94.5	76.4	62.4	92.5	76.1	73.8	97.5
P_{max} の標準偏差 (t)		0.05	6.35	8.20	2.85	2.15	1.50	3.80	0.10	1.65	2.45	1.65	4.10	2.10	0.40	0.20	1.10	0.20	4.70
P_{max} の変動係数 (%)		0.09	8.02	9.95	4.46	2.89	1.72	5.29	0.13	1.67	3.10	2.26	4.34	2.75	0.64	0.22	1.45	0.27	4.82
相対すべり耐力		1.00	1.36	1.42	1.00	1.16	1.37	1.00	1.09	1.37	1.00	0.93	1.20	1.00	0.82	1.21	1.00	0.97	1.28

注) A:直後, B:放置, C:暴露, N_{spec} :設計ボルト軸力 ($\Sigma N_{spec} = 20.5 \times 4 = 82 \text{ ton}$), P_{spec} :設計すべり耐力 ($P_{spec} = 82 \times 2 \times 0.4 = 65.6 \text{ ton}$),
相対すべり耐力:実験Aを1.0とする。

(d) 資料Ⅳ

供試体		S-1			S-2			S-3			S-4			S-5			S-6		
実験種類		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
すべり耐力	1	68.2	79.0	86.0	73.5	85.8	96.0	78.3	82.4	100.0	77.0	80.3	102.3	75.3	78.9	102.3	81.4	88.3	95.0
	2	70.0	78.6	91.0	81.3	75.2	102.9	76.0	77.2	103.9	76.0	82.0	98.0	76.3	76.8	99.7	81.1	91.0	93.5
すべり係数	1	0.42	0.48	0.52	0.45	0.52	0.59	0.48	0.50	0.61	0.47	0.49	0.62	0.46	0.48	0.62	0.50	0.54	0.58
	2	0.43	0.48	0.55	0.50	0.46	0.63	0.46	0.47	0.63	0.46	0.50	0.60	0.47	0.47	0.61	0.49	0.55	0.57
実験時のボルト軸力 ΣN (t)	1	82.0	70.1	82.0	82.0	68.6	82.0	82.0	63.3	82.0	82.0	65.4	82.0	82.0	62.7	82.0	82.0	66.1	82.0
	2	82.0	62.5	82.0	82.0	62.5	82.0	82.0	67.4	82.0	82.0	66.6	82.0	82.0	62.7	82.0	82.0	66.7	82.0
摩擦係数	1	0.42	0.56	0.52	0.45	0.63	0.59	0.48	0.65	0.61	0.47	0.61	0.62	0.46	0.63	0.62	0.50	0.67	0.58
	2	0.43	0.63	0.55	0.50	0.60	0.63	0.46	0.57	0.63	0.46	0.62	0.60	0.47	0.61	0.61	0.49	0.68	0.57
P_{max}/P_{spec}	1	1.04	1.20	1.31	1.12	1.31	1.46	1.19	1.26	1.52	1.17	1.22	1.56	1.15	1.20	1.56	1.24	1.35	1.45
	2	1.07	1.20	1.39	1.24	1.15	1.57	1.16	1.18	1.58	1.16	1.25	1.49	1.16	1.17	1.52	1.24	1.39	1.43
$1 - \Sigma N / \Sigma N_{spec}$	1	0	0.15	0	0	0.16	0	0	0.23	0	0	0.20	0	0	0.24	0	0	0.19	0
	2	0	0.24	0	0	0.24	0	0	0.18	0	0	0.19	0	0	0.24	0	0	0.19	0
P_{max} の平均値 (t)		69.1	78.8	88.5	77.4	80.5	99.4	77.1	79.8	101.9	76.5	81.1	100.1	75.8	77.8	101.0	81.3	89.6	94.3
P_{max} の標準偏差 (t)		0.90	0.20	2.50	3.90	5.30	3.45	1.15	2.60	1.95	0.50	0.85	2.15	0.50	1.05	1.30	0.15	1.35	0.75
P_{max} の変動係数 (%)		1.30	0.25	2.82	5.04	6.58	3.47	1.49	3.26	1.91	0.65	1.05	2.15	0.66	1.35	1.29	0.18	1.51	0.80
相対すべり耐力		1.00	1.14	1.28	1.00	1.04	1.28	1.00	1.04	1.32	1.00	1.06	1.31	1.00	1.03	1.33	1.00	1.10	1.16

注) A:直後, B:放置, C:暴露, N_{spec} :設計ボルト軸力 ($\Sigma N_{spec} = 20.5 \times 4 = 82 \text{ ton}$), P_{spec} :設計すべり耐力 ($P_{spec} = 82 \times 2 \times 0.4 = 65.6 \text{ ton}$),
相対すべり耐力:実験Aを1.0とする。

表-8 小型供試体実験結果一覧

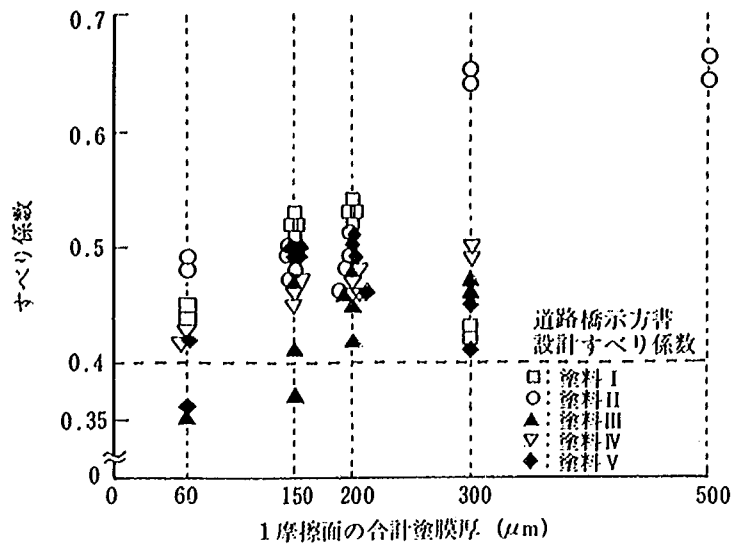
		(e) 塗料 V																	
		S-1			S-2			S-3			S-4			S-5			S-6		
実験種類		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
すべり耐力	1	59.5	67.0	81.0	79.9	82.9	105.8	83.9	80.0	99.0	79.8	78.3	95.0	79.8	90.8	104.6	66.5	78.4	99.3
	2	68.5	67.7	77.0	80.3	78.8	99.3	82.3	85.6	88.0	81.6	80.8	97.0	74.9	92.8	105.9	73.6	72.0	99.3
すべり係数	1	0.36	0.41	0.49	0.49	0.51	0.65	0.51	0.49	0.60	0.49	0.48	0.58	0.49	0.55	0.64	0.41	0.48	0.61
	2	0.42	0.41	0.47	0.49	0.48	0.61	0.50	0.52	0.54	0.50	0.49	0.59	0.46	0.57	0.65	0.45	0.44	0.61
実験時のボルト軸力 ΣN (t)	1	82.0	73.1	82.0	82.0	65.7	82.0	82.0	68.4	82.0	82.0	69.5	82.0	82.0	68.8	82.0	82.0	74.3	82.0
	2	82.0	73.7	82.0	82.0	75.7	82.0	82.0	72.8	82.0	82.0	69.4	82.0	82.0	68.9	82.0	82.0	63.7	82.0
摩擦係数	1	0.36	0.46	0.49	0.49	0.63	0.65	0.51	0.58	0.60	0.49	0.56	0.58	0.49	0.66	0.64	0.41	0.53	0.61
	2	0.42	0.46	0.47	0.49	0.52	0.61	0.50	0.59	0.54	0.50	0.58	0.59	0.46	0.67	0.65	0.45	0.57	0.61
P_{max}/P_{spec}	1	0.91	1.02	1.23	1.22	1.26	1.61	1.28	1.22	1.51	1.22	1.19	1.45	1.22	1.38	1.59	1.01	1.20	1.51
	2	1.04	1.03	1.17	1.22	1.20	1.51	1.25	1.30	1.34	1.24	1.23	1.48	1.14	1.41	1.61	1.12	1.10	1.51
$1 - \Sigma N / \Sigma N_{spec}$	1	0	0.11	0	0	0.20	0	0	0.17	0	0	0.15	0	0	0.16	0	0	0.09	0
	2	0	0.10	0	0	0.08	0	0	0.11	0	0	0.15	0	0	0.16	0	0	0.22	0
P_{max} の平均値 (t)		64.0	67.3	79.0	80.1	80.8	102.6	83.1	82.8	93.5	80.7	79.6	96.0	77.3	91.8	105.3	70.1	75.2	99.3
P_{max} の標準偏差 (t)		4.50	0.35	2.00	0.20	2.05	3.25	0.80	2.80	5.50	0.90	1.25	1.00	2.45	1.00	0.65	3.55	3.20	0.00
P_{max} の変動係数 (%)		7.03	0.52	2.53	0.25	2.54	3.17	0.96	3.38	5.88	1.12	1.57	1.04	3.17	1.09	0.62	5.07	4.26	0.00
相対すべり耐力		1.00	1.05	1.23	1.00	1.01	1.28	1.00	1.00	1.13	1.00	0.99	1.19	1.00	1.19	1.36	1.00	1.07	1.42

注) A:直後, B:放置, C:暴露, N_{spec} :設計ボルト軸力 ($\Sigma N_{spec} = 20.5 \times 4 = 82 \text{ ton}$), P_{spec} :設計すべり耐力 ($P_{spec} = 82 \times 2 \times 0.4 = 65.6 \text{ ton}$),
相対すべり耐力:実験Aを1.0とする。

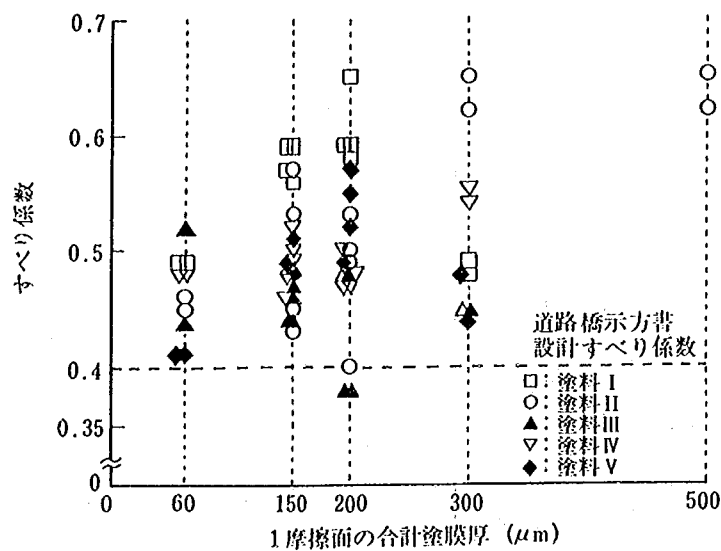
表-9 小型供試体のすべり係数一覧

		S-1			S-2			S-3			S-4			S-5			S-6			S-7		
供試体		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
I	1	0.44	0.49	0.52	0.52	0.57	0.57	0.53	0.65	0.57	0.52	0.59	0.53	0.53	0.58	0.59	0.43	0.48	0.44			
	2	0.45	0.49	0.54	0.53	0.59	0.56	0.54	0.59	0.57	0.51	0.56	0.55	0.52	0.59	0.58	0.42	0.49	0.47			
II	1	0.48	0.46	0.57	0.50	0.43	0.60	0.49	0.40	0.59	0.48	0.57	0.60	0.48	0.53	0.65	0.64	0.62	0.70	0.64	0.62	0.68
	2	0.49	0.45	0.50	0.47	0.45	0.49	0.51	0.50	0.62	0.49	0.53	0.63	0.46	0.49	0.49	0.65	0.65	0.69	0.66	0.65	0.73
III	1	0.35	0.52	0.55	0.37	0.47	0.52	0.42	0.48	0.59	0.50	0.44	0.60	0.45	0.38	0.57	0.47	0.45	0.57			
	2	0.35	0.44	0.45	0.41	0.44	0.54	0.46	0.48	0.61	0.47	0.46	0.55	0.48	0.38	0.56	0.46	0.45	0.62			
IV	1	0.42	0.48	0.52	0.45	0.52	0.59	0.48	0.50	0.61	0.47	0.49	0.62	0.46	0.48	0.62	0.50	0.54	0.58			
	2	0.43	0.48	0.55	0.50	0.46	0.63	0.46	0.47	0.63	0.46	0.50	0.60	0.47	0.47	0.61	0.49	0.55	0.57			
V	1	0.36	0.41	0.49	0.49	0.51	0.65	0.51	0.49	0.60	0.49	0.48	0.58	0.49	0.55	0.64	0.41	0.48	0.61			
	2	0.42	0.41	0.47	0.49	0.48	0.61	0.50	0.52	0.54	0.50	0.49	0.59	0.46	0.57	0.65	0.45	0.44	0.61			

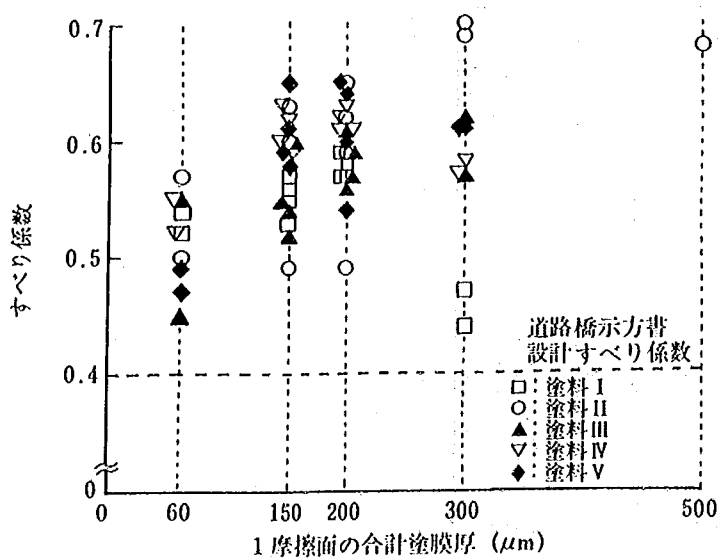
注) 表-8(a)~(e)よりすべり係数を抜粋した。



(a) 実験 A (直後) の結果



(b) 実験 B (放置) の結果



(c) 実験 C (暴露) の結果

図一六 すべり耐力実験の結果 (小型供試体)

みであるが、塗料Ⅲでは200 μ mの場合でも設計すべり係数0.4を下回るものが出ている。その他の塗料Ⅰ、塗料Ⅱおよび塗料Ⅳを使用した場合には、合計塗膜厚が60～300 μ m（塗料Ⅱは60～500 μ m）の範囲で設計すべり係数0.4を確保している。

3) 塗料Ⅱにおいて、合計塗膜厚300 μ mと500 μ mとでは、すべり係数に有意な差はみられない。

4.1.2 ボルト締付後の経過時間の影響

(1) ボルト軸力の減少

表一10(a)(b)に軸力減少量の測定結果を示す。また図一7に軸力減少量の経時変化の例を示す。軸力は締付直後から減少しはじめるが、時間の経過とともに安定する傾向がある。

図一8に実験Bにおける全供試体の6ヵ月後の軸力減少量を示す。軸力減少量のばらつきは大きく、塗料組成の影響はあまりみられない。軸力減少量と塗膜厚との関係は、平均して見た場合に塗膜厚が厚いほど、軸力減少量が大きくなる傾向がみられる。

接合面をブラストのままとした場合、締付後約10日で導入軸力の5%程度の軸力減少が生じることが知られている^{2), 6)}。接合面に塗装した場合の軸力減少量は、接合面を塗装せずにブラストしたままの場合よりも大きい。これは塗膜のクリープの影響が出ているものと考えられる。

(2) ボルト軸力の減少とすべり耐力の関係

図一6(a)(b)に示すように実験B（放置）の方が実験A（直後）よりもすべり係数（またはすべり耐力）が大きくなる傾向が見られる。この点から、ボルト軸力の減少がすべり耐力に与える影響よりも塗料のなじみ等による摩擦係数（すべり耐力/載荷直前のボルト軸力、本資料では、すべり係数（すべり耐力/締付時のボルト軸力）と区別している）を増大させる影響の方が大きく、軸力導入後、時間が経過するに伴って、すべり耐力が増大したものと考えられる。

4.1.3 暴露の影響

(1) 表面粗さの経時変化

表一11に塗膜の表面粗さの測定結果を示す。また、塗膜の表面粗さの経時変化について、図一9に塗料別に平均した値を示す。全体的に見るとやや表面が粗くなる傾向があるが、塗料の種類によっては減少したり、安定しないものもあり、明確でない。ただし、塗料Ⅲは他の塗料に比べ、表面が粗く、暴露することによって表面粗度が上昇する傾向も比較的強い。

なお、塗装前の供試体の表面粗さは通常の橋梁（塗装前）と同様に50S程度であり、概ね0～50 μ m Rzに相当する（JIS B 0601解説参照）。

(2) 表面粗さとすべり耐力の関係

図一6(a)(c)に示すように、実験C（暴露）の方が実験A（直後）よりもすべり係数（またはすべり耐力）が大きくなる傾向が見られる。実験Aでは設計すべり係数0.4を下回るものがあったが、実験Cでは全供試体とも設計すべり係数0.4が得られている。

以上より、塗膜を暴露しておいてもすべり耐力は低下することではなく、むしろ上昇する傾向にあることが分かる。また、塗膜面の表面粗さとすべり耐力との間に明確な傾向は見られない。

表-10(a) 軸力減少量の測定結果⁷⁾

(単位: %)

経過日数 供試体番号	10	17	33	47	61	75	91	130	147	166
I-S-1-B-1	3.4	3.6	4.3	4.6	4.4	4.6	4.5	4.5	3.9	5.1
I-S-1-B-2	3.4	3.5	4.8	5.4	5.0	5.1	5.0	4.5	4.2	4.9
I-S-2-B-1	6.2	6.8	7.3	7.9	7.2	7.9	7.0	8.0	8.1	9.0
I-S-2-B-2	6.1	6.6	7.8	9.4	8.1	9.3	8.8	9.2	10.0	12.4
I-S-3-B-1	7.3	7.5	6.8	6.3	6.5	6.1	6.2	6.9	6.7	6.5
I-S-3-B-2	8.8	9.0	8.5	5.0	8.6	7.9	8.1	7.6	7.6	5.8
I-S-4-B-1	5.8	7.0	8.2	10.3	9.7	8.5	10.8	11.3	11.4	11.6
I-S-4-B-2	6.5	7.1	8.0	8.6	10.0	9.1	10.2	10.5	10.8	9.4
I-S-5-B-1	7.2	8.6	8.3	8.9	10.9	9.5	11.4	13.2	13.8	12.4
I-S-5-B-2	7.3	7.6	8.3	8.9	9.5	9.1	9.1	10.2	10.6	10.5

注) 供試体番号は次の通りである。

例: I - S - 1 - B - 1
 ↑ ↑ ↑ ↑ ↑
 ① ② ③ ④ ⑤

- ① 塗料種類 (表-2参照)
- ② 供試体種類 (表-1, 図-3参照)
- ③ 塗膜厚 (表-1参照)
- ④ 実験の種類 (図-2参照)
- ⑤ 小型の供試体は1ケースにつき2体ずつ供試体を製作しているので、その区別を示す。

表-10(b) 軸力減少量の測定結果

(単位;%)

供試体番号	経過時間										
	1時間	2時間	4時間	8時間	24時間	2日	4日	8日	2箇月	4箇月	6箇月
I-S-6-B-1	2.1	14.9	15.9	16.2	17.2	17.8	17.9	30.2	10.1	14.4	16.3
I-S-6-B-2	2.5	3.1	3.9	4.4	5.4	5.9	6.1	6.6	20.7	24.7	27.4
II-S-1-B-1	1.9	2.2	2.7	—	3.8	4.3	4.5	4.2	6.8	9.8	11.3
II-S-1-B-2	1.8	2.2	2.2	—	3.7	4.3	4.5	4.4	7.3	12.2	13.4
II-S-2-B-1	2.3	3.2	3.4	—	4.9	6.1	5.8	6.1	8.3	12.2	14.0
II-S-2-B-2	2.4	3.0	3.3	—	4.5	5.5	5.9	6.0	9.4	13.0	14.7
II-S-3-B-1	3.3	4.3	4.9	—	7.4	8.4	9.0	8.7	16.6	21.9	23.5
II-S-3-B-2	3.3	4.3	4.6	—	7.4	8.4	9.1	9.0	12.1	16.0	18.1
II-S-4-B-1	2.8	3.3	3.8	—	5.4	6.5	6.9	6.9	12.5	16.0	18.2
II-S-4-B-2	3.6	4.2	4.6	—	6.5	7.5	8.1	8.3	10.0	14.4	13.4
II-S-5-B-1	2.8	3.7	4.4	5.0	6.3	6.2	7.9	7.3	11.4	14.7	17.7
II-S-5-B-2	3.1	4.1	4.9	5.2	6.5	6.0	7.8	7.0	11.5	16.1	18.3
III-S-1-B-1	1.3	1.7	1.7	1.1	2.0	2.8	3.5	3.4	29.7	32.2	35.0
III-S-1-B-2	1.3	1.7	1.9	1.6	2.8	3.6	4.4	4.2	5.8	8.9	11.2
III-S-2-B-1	1.7	2.5	2.7	2.6	4.1	5.1	6.1	5.9	8.6	11.9	13.6
III-S-2-B-2	2.1	2.6	2.9	3.1	4.4	5.2	6.1	5.9	8.0	11.6	10.7
III-S-3-B-1	1.7	1.9	2.4	—	4.1	5.1	5.8	6.3	6.6	10.4	14.2
III-S-3-B-2	1.3	1.6	1.9	—	4.3	5.4	6.0	5.5	8.0	12.0	14.4
III-S-4-B-1	2.5	2.9	3.3	—	5.6	6.5	7.3	7.1	9.6	13.4	16.0
III-S-4-B-2	2.1	2.8	3.1	—	5.6	6.6	7.4	7.1	10.0	14.1	17.3
III-S-5-B-1	1.9	2.4	2.4	—	5.3	6.4	7.1	6.8	9.8	14.1	15.6
III-S-5-B-2	2.0	2.8	3.9	5.0	5.4	6.4	6.8	29.6	8.4	13.2	15.1
III-S-6-B-1	2.4	3.2	4.4	5.6	6.0	7.4	8.4	8.0	10.5	15.2	17.7
III-S-6-B-2	2.9	4.0	5.0	6.0	6.8	8.1	8.7	8.4	11.1	16.2	18.6
IV-S-1-B-1	1.6	1.9	2.7	2.8	3.5	3.8	3.8	4.2	10.2	13.8	15.9
IV-S-1-B-2	1.6	2.0	2.8	3.0	3.8	4.0	3.8	4.3	10.8	13.7	15.6
IV-S-2-B-1	2.9	3.7	4.6	5.5	6.1	7.0	7.1	6.9	9.5	13.4	15.3
IV-S-2-B-2	2.7	3.3	4.2	4.7	5.4	6.2	6.4	5.8	17.5	20.9	23.5
IV-S-3-B-1	3.0	3.8	4.8	5.2	5.7	6.9	7.3	7.1	13.6	16.2	19.2
IV-S-3-B-2	2.9	3.7	4.5	4.9	6.4	7.2	7.6	7.1	10.9	14.8	17.7
IV-S-4-B-1	3.4	4.4	5.4	5.8	6.6	7.6	7.8	7.6	9.7	14.3	19.0
IV-S-4-B-2	3.7	4.6	5.7	6.0	7.2	8.3	8.7	8.5	11.0	15.4	18.5
IV-S-5-B-1	4.7	5.8	6.9	—	9.2	10.2	10.7	10.7	14.1	19.5	23.4
IV-S-5-B-2	4.8	5.7	6.8	—	9.4	10.4	11.0	10.9	13.1	18.9	23.1
IV-S-6-B-1	3.4	4.3	5.0	—	7.3	8.2	8.7	8.5	11.3	15.3	18.1
IV-S-6-B-2	3.7	4.6	5.2	—	7.5	8.4	8.9	8.5	10.9	15.7	19.1
V-S-1-B-1	0.9	1.2	1.6	1.7	2.3	2.4	2.4	2.6	18.6	20.8	23.1
V-S-1-B-2	1.3	1.5	2.0	2.1	2.7	2.9	2.9	2.6	13.4	15.6	18.2
V-S-2-B-1	2.2	2.8	3.2	3.6	4.3	4.7	4.8	5.0	20.8	23.9	26.1
V-S-2-B-2	1.2	1.3	1.6	—	2.7	3.3	3.1	—	3.6	5.7	7.4
V-S-3-B-1	3.1	—	4.6	—	6.7	7.3	7.6	30.8	9.9	14.3	16.9
V-S-3-B-2	1.9	2.3	2.5	—	4.0	3.0	4.2	3.4	5.8	8.4	9.7
V-S-4-B-1	—	3.7	4.3	—	6.7	6.8	6.3	—	9.4	13.6	15.8
V-S-4-B-2	14.4	3.4	4.0	—	6.1	6.3	5.8	29.9	8.6	12.8	15.5
V-S-5-B-1	3.7	4.4	5.3	—	7.8	8.0	7.8	8.2	11.1	14.8	16.9
V-S-5-B-2	2.8	3.6	4.3	—	6.7	7.1	7.0	7.5	9.4	13.0	15.6
V-S-6-B-1	4.4	5.5	6.3	—	9.4	9.8	9.5	10.1	1.8	6.7	8.9
V-S-6-B-2	4.4	5.4	6.2	—	8.9	9.2	9.2	9.0	12.8	17.6	20.3

- 注 1) I-S-(1~5)-B-1は表-7(a)に示す
 2) II-S-(6~7)-B-1は未測定
 3) 各データはボルト8本の平均値を示す
 4) 供試体番号は表-10(a)の注を参照。

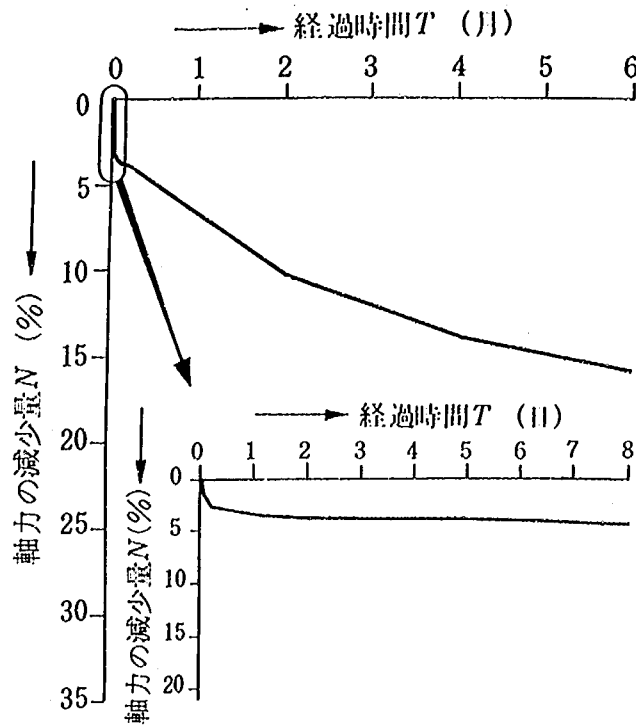


図-7 ボルト軸力の経時変化(試体IV-S-1-B-1の例)

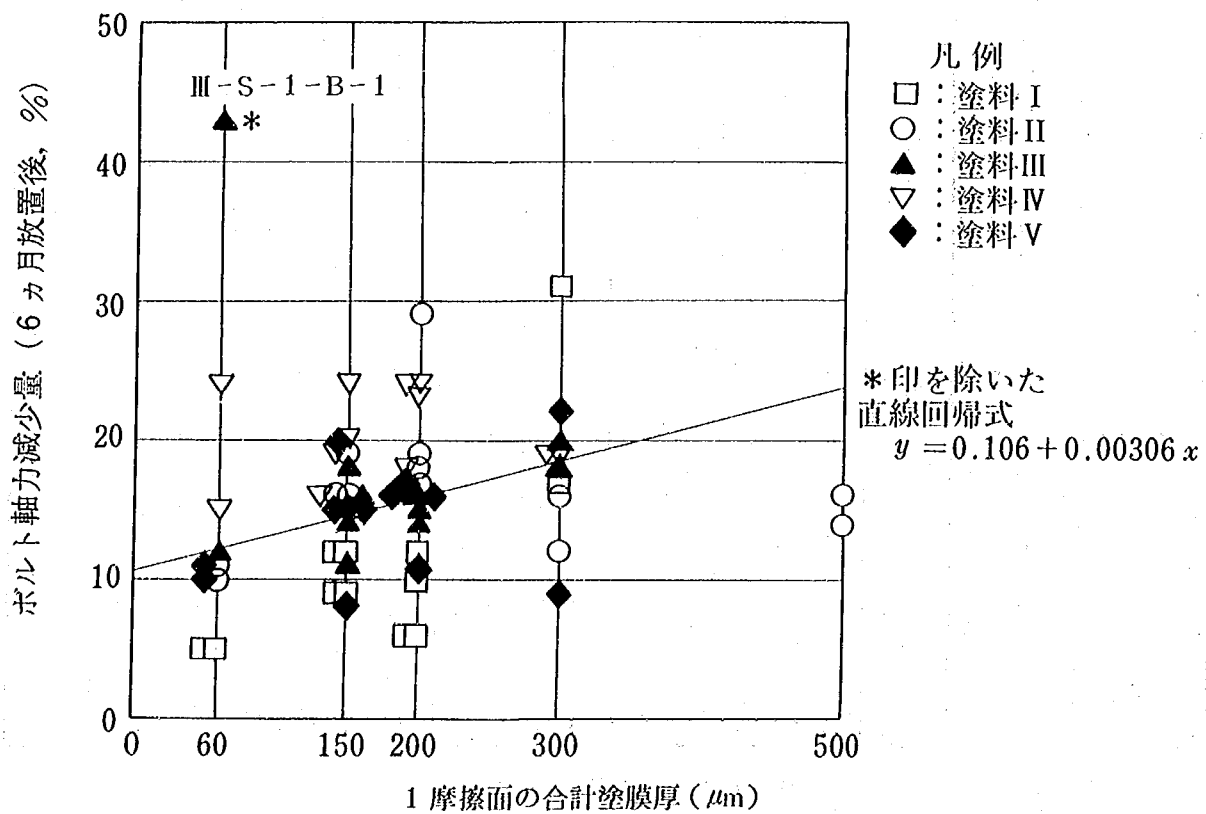


図-8 ボルト軸力減少量と合計塗膜厚の関係

表-11 小型供試体の表面粗さ測定結果

(単位; 10点平均粗度 $\mu\text{m Rz}$)

供試体番号		塗膜厚 (μm)	塗料 I				塗料 II				塗料 III				塗料 IV				塗料 V			
			暴露前	45日経	106日経	155日経	暴露前	45日経	106日経	155日経	暴露前	45日経	106日経	155日経	暴露前	45日経	106日経	155日経	暴露前	45日経	106日経	155日経
S-1	母材	30	26.3	33.4	25.7	30.5	29.0	30.4	33.4	34.8	28.2	34.1	29.3	34.1	20.2	27.1	27.5	28.6	52.8	40.7	38.5	45.1
	添接板	30	31.8	24.7	21.1	24.4	28.6	26.0	24.9	24.9	42.2	51.3	53.9	48.4	41.1	36.7	59.4	44.7	37.4	49.9	40.7	46.6
S-2	母材	30	32.2	34.6	28.6	33.6	31.2	29.7	39.2	33.0	19.8	37.0	29.3	26.0	35.9	26.8	24.2	28.6	25.7	27.5	26.4	34.8
	添接板	120	48.4	55.6	42.3	50.5	47.7	44.7	58.3	57.6	53.2	63.8	70.4	60.5	27.9	32.6	30.1	32.3	42.2	56.8	45.8	43.6
S-3	母材	30	25.6	30.0	28.8	27.8	32.6	44.7	37.4	45.1	41.4	45.5	35.2	41.4	23.8	32.3	31.2	32.3	35.9	55.0	44.0	46.2
	添接板	170	25.7	27.5	23.0	26.1	33.0	46.9	54.3	50.6	51.0	54.6	62.0	56.5	29.0	27.9	37.0	24.6	19.4	20.5	23.5	30.4
S-4	母材	75	38.6	44.7	37.0	46.8	36.3	38.1	37.8	32.3	38.1	41.1	39.6	47.7	41.4	39.2	43.6	43.6	29.3	40.3	38.5	45.8
	添接板	75	43.4	41.1	40.7	42.0	42.5	48.4	54.3	37.4	42.5	42.5	41.4	51.0	56.8	61.6	54.6	60.5	45.1	33.7	37.4	42.5
S-5	母材	100	30.2	34.5	32.2	33.1	29.7	57.6	34.1	29.3	34.1	34.8	33.7	38.9	27.5	32.3	38.9	26.8	28.6	39.2	32.3	40.7
	添接板	100	31.1	30.8	28.4	33.8	23.1	35.9	33.7	24.9	52.4	47.3	51.3	86.5	49.5	49.5	53.2	53.9	25.7	23.1	26.8	28.6
S-6	母材	150	37.4	42.2	47.3	41.4	—	—	—	—	42.5	49.9	45.5	40.3	33.7	36.7	45.5	45.8	27.1	21.6	32.6	31.2
	添接板	150	41.4	48.4	55.4	49.1	—	—	—	—	51.0	48.0	52.4	53.2	24.9	23.1	30.0	27.5	45.5	38.5	49.9	44.0

注1) 塗料 I の S-1 ~ S-5 は 4 箇所の平均値⁷⁾。それ以外は 1 箇所の値。塗料 II の S-6, S-7 は未測定。

注2) 土木研究所構内に暴露。

注3) 表面粗さの測定は実験 C (暴露) のみを対象に行った。

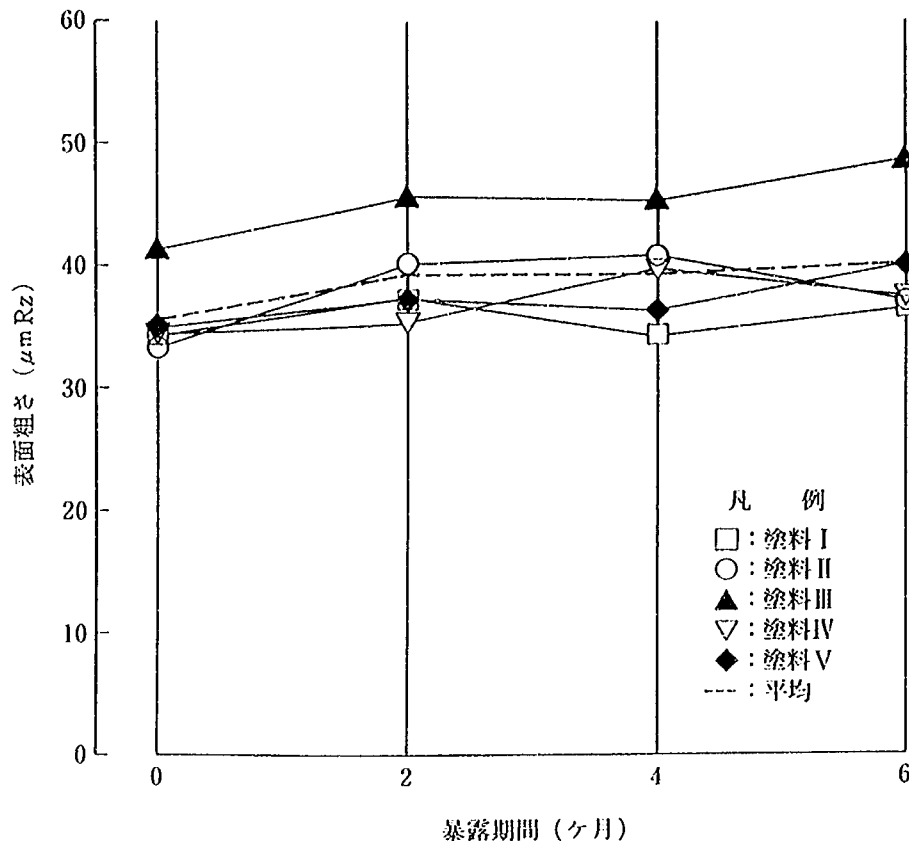


図-9 表面粗さの経時変化

4.1.4 塗料組成の影響

(1) 各塗料のすべり耐力

ここまで示してきた図表および前述の結果をもとに、さらに各塗料別に結果を述べる。

1) 塗料 I, 塗料 II および塗料 IV を用いて合計塗膜厚を $60 \sim 300 \mu\text{m}$ とした場合, どの実験においても設計すべり係数 0.4 以上のすべり係数が得られた。

塗料 V を用いた場合, 合計塗膜厚 $60 \mu\text{m}$ で設計すべり係数 0.4 を下回るものがあるが, 合計塗膜厚 $150 \sim 300 \mu\text{m}$ ではどの実験においても 0.4 以上のすべり係数が得られた。

塗料 III を用いた場合, 合計塗膜厚 $200 \mu\text{m}$ 以下ですべり係数 0.4 を下回るものがあった。

2) 塗料 I および塗料 IV は他の塗料よりも比較的ばらつきが小さく, 安定したすべり係数が得られた。

3) すべり係数と合計塗膜厚との関係には, 合計塗膜厚が $60 \sim 300 \mu\text{m}$ (塗料 II では $60 \sim 500 \mu\text{m}$) の範囲で極大値を持つものと, 極大値がなく合計塗膜厚が増加すればすべり係数も増加するものとの 2 種がある。塗料 I, 塗料 IV および塗料 V が前者に該当し, いずれも合計塗膜厚 $200 \mu\text{m}$ で極大値が得られている。塗料 III は後者に該当する。

(2) 塗料組成とすべり耐力の関係

文献 12) または 13) では, 亜鉛含有量が 80% の無機ジンクリッチペイントを用いた場合, 平均すべり係数は 0.62 (合計塗膜厚約 $300 \mu\text{m}$, 供試体数 $n=20$) であるが, 亜鉛含有量が 75% の場合には, 平均すべり係数は 0.51 (合計塗膜厚約 $300 \mu\text{m}$, $n=5$) と 18% の低下が見られ, 亜鉛含有量がすべ

り耐力に比較的大きな影響を及ぼすことが示唆されていた。亜鉛含有量は防錆の観点から75%以上が必要とされているが^{12)~16)}、(I) 1)に述べた本実験の結果と表一1で示した各塗料の組成とを考え合せると、亜鉛含有量はすべり耐力の観点から80%以上が必要であると考えられる。

また、亜鉛末の50%平均粒径については、塗料Ⅲと塗料Ⅴにすべり耐力の低いものがみられること、塗料Ⅰと塗料Ⅳ各々のすべり耐力は平均値で見るとほとんど差がないことから、亜鉛含有量ほど影響しないものの10 μ m程度以上あることが望ましい。

4.2 大型供試体の実験結果

大型供試体の実験結果を表一12(a)~(b)及び図一10に示す。また、塗料の種類、実験の種類および塗膜厚が同一のものについて、大型供試体による結果と小型供試体による結果との比較を行ったものを図一11に示す。大型供試体による結果では設計すべり係数0.4は十分に満たされている。

図一11に示すように、一般に大型供試体によるすべり係数の方が大きくなっている。また、大型供試体の方が小さくなるのは、小型供試体によるすべり係数が比較的大きい場合であり、この場合でも大型供試体で0.5以上のすべり係数が得られている。これより、小型供試体による結果は安全側の評価をしているものと考えられ、実際に用いられる高力ボルト摩擦接合継手の設計にも十分に反映できるものといえよう。

参考までに、写真一13(a)(b)にすべり耐力実験後の接合面の状況を示す。ボルト穴周辺は亜鉛末がボルト軸力で押しつぶされて生じたと考えられる亜鉛の被膜状のものがみられる。これは小型供試体でも同様であった。

表-12 大型供試体実験結果一覧

(a) 塗料 I

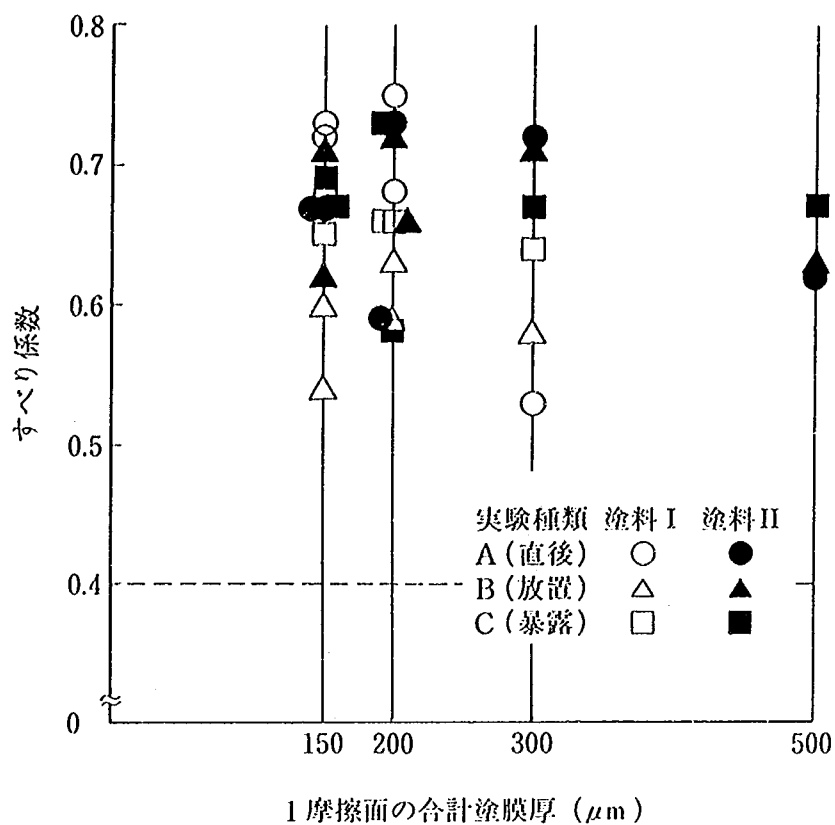
供試体	L-1			L-2			L-3			L-4			L-5		
実験種類	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
すべり耐力 $P_{max} (t)$	590	491	528	560	482	537	599	438	557	614	516	536	434	477	524
すべり係数 $P_{max} / (2 \Sigma N_{spec})$	0.72	0.60	0.65	0.68	0.59	0.66	0.73	0.54	0.68	0.75	0.63	0.66	0.53	0.58	0.64
実験時のボルト軸力 $\Sigma N (t)$	409	383	409	409	366	409	409	385	409	409	360	409	409	370	409
摩擦係数 $P_{max} / (2 \Sigma N)$	0.72	0.64	0.65	0.68	0.66	0.66	0.73	0.57	0.68	0.75	0.72	0.66	0.53	0.65	0.64
P_{max} / P_{spec}	1.80	1.50	1.61	1.71	1.47	1.64	1.83	1.34	1.70	1.88	1.58	1.64	1.33	1.46	1.60
$1 - \Sigma N / \Sigma N_{spec}$	0	0.063	0	0	0.105	0	0	0.058	0	0	0.119	0	0	0.096	0

注) A:直後, B:放置, C:暴露, N_{spec} :設計ボルト軸力($\Sigma N_{spec} = 20.5 \times 20 = 410 \text{ ton}$), P_{spec} :設計すべり耐力($P_{spec} = 410 \times 2 \times 0.4 = 328 \text{ ton}$)

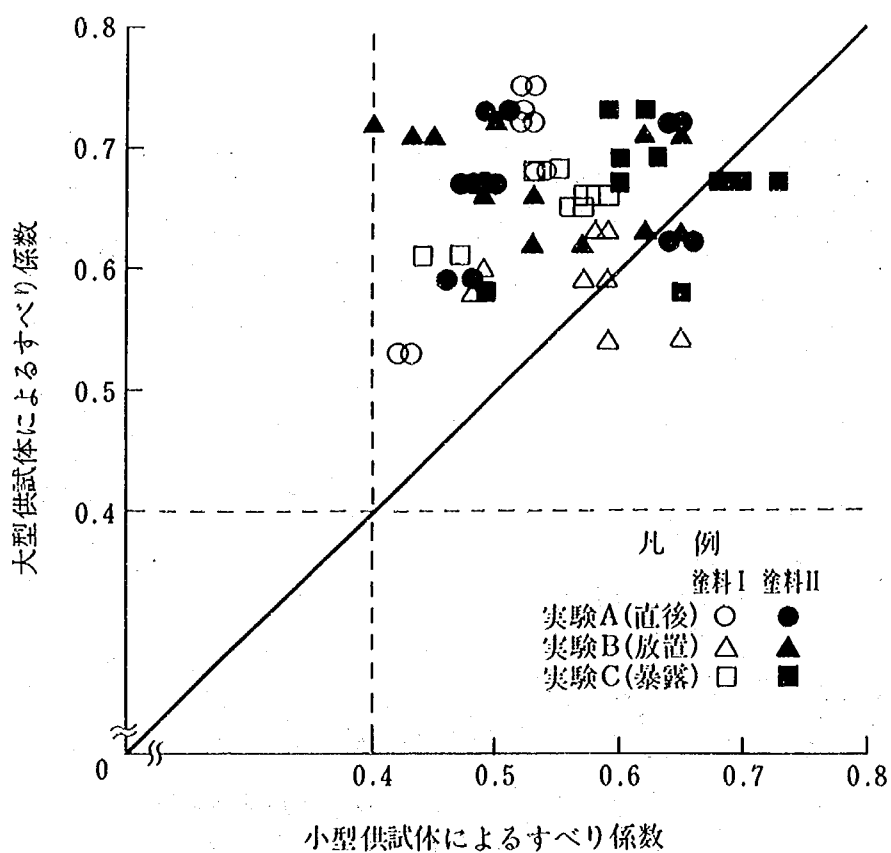
(b) 塗料 II

供試体	L-1			L-2			L-3			L-4			L-5			L-6		
実験種類	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
すべり耐力 $P_{max} (t)$	548	584	551	598	589	598	548	509	560	482	536	603	590	577	549	503	516	548
すべり係数 $P_{max} / (2 \Sigma N_{spec})$	0.67	0.71	0.67	0.73	0.72	0.73	0.67	0.62	0.68	0.59	0.66	0.74	0.72	0.70	0.67	0.61	0.63	0.67
実験時のボルト軸力 $\Sigma N (t)$	409	362	409	409	365	409	409	376	409	409	375	409	409	381	409	409	377	409
摩擦係数 $P_{max} / (2 \Sigma N)$	0.67	0.81	0.67	0.73	0.81	0.73	0.67	0.68	0.68	0.59	0.72	0.74	0.72	0.76	0.67	0.61	0.68	0.67
P_{max} / P_{spec}	1.67	1.78	1.69	1.83	1.80	1.83	1.67	1.56	1.71	1.47	1.64	1.84	1.80	1.76	1.68	1.54	1.58	1.68
$1 - \Sigma N / \Sigma N_{spec}$	0	0.115	0	0	0.108	0	0	0.081	0	0	0.084	0	0	0.068	0	0	0.078	0

注) A:直後, B:放置, C:暴露, N_{spec} :設計ボルト軸力($\Sigma N_{spec} = 20.5 \times 20 = 410 \text{ ton}$), P_{spec} :設計すべり耐力($P_{spec} = 410 \times 2 \times 0.4 = 328 \text{ ton}$)



図一10 すべり耐力実験の結果（大型供試体）



図一11 大型供試体と小型供試体とのすべり係数の比較

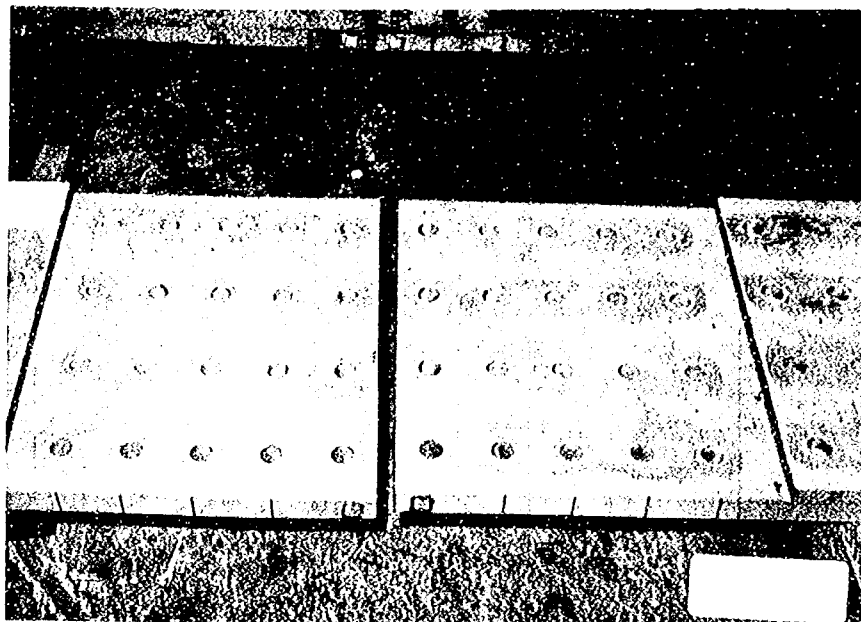


写真-13(a) すべり耐力実験後の接合面（母材側）
 （ボルト穴周辺は地鉄面が露出しているのではなく、
 亜鉛の被膜状のものが見られる。）

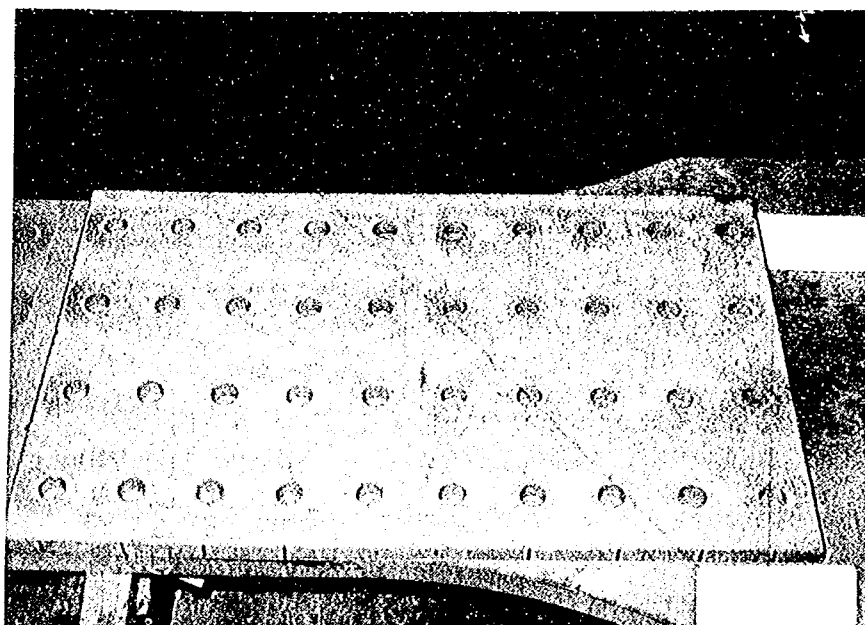


写真-13(b) すべり耐力実験後の接合面（添接板側）
 （ボルト穴周辺は地鉄面が露出しているのではなく、
 亜鉛の被膜状のものが見られる。）

4.3 まとめ

(1) すべり耐力は合計塗膜厚に依存する。

(2) 十分なすべり係数を得るためには、乾燥塗膜中の亜鉛含有量が80%以上となる塗料を用いるとともに、合計塗膜厚をある程度以上とする必要がある。今回の実験結果によれば亜鉛含有量が80%以上であっても、合計塗膜厚が60 μm ではすべり耐力が不足しており、150 μm 以上が必要である。参考までに図一12にこれまで他の機関で行われたすべり耐力実験の結果を示す。これらの過去の実験結果では90 μm 以上あれば概ね設計すべり係数0.4以上のすべり係数が得られている。

一方、合計塗膜厚の最大値は、4.5.1で述べたように、塗料の種類によっては300 μm の場合のすべり耐力が200 μm の場合よりも小さくなる場合があることを考慮すれば200 μm 程度が妥当である。

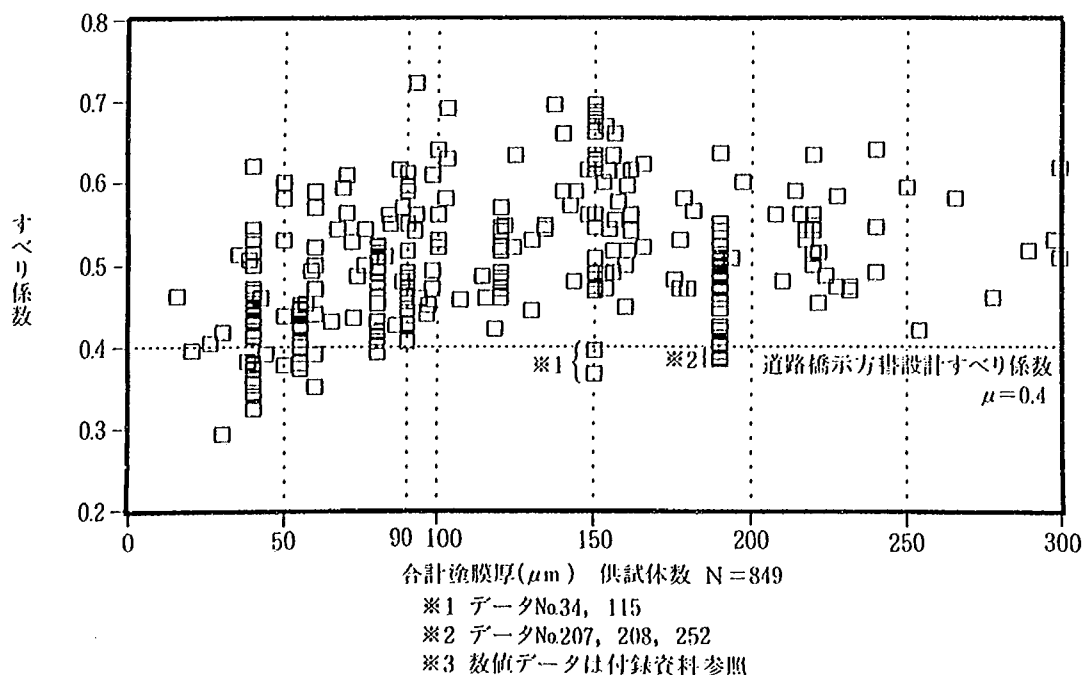
亜鉛末の50%平均粒径は亜鉛含有量はどすべり係数に影響しないものの10 μm 程度以上あることが望ましい。

(3) 塗膜のクリープ等によるボルト軸力減少がすべり耐力に与える影響よりも塗料のなじみ等による真の摩擦係数を増大させる影響の方が大きく、軸力導入後、時間が経過するに伴ってすべり耐力は増大する。

(4) 接合面の塗膜を暴露しておいても、すべり耐力は低下することはなく、むしろ上昇する傾向にある。

(5) 以上(1)~(4)の結果は小型供試体によるものであるが、これらの結果は実物大のものよりも安全側の評価をしているものと考えられ、実際に用いられる高力ボルト摩擦接合継手の設計にも十分に反映できる。

(6) 1.2で述べた予備実験では、母材側に無機ジンクリッチプライマーを塗布し、添接板側に無機ジンクリッチペイントを塗布した場合、接合面の合計塗膜厚が同一で母材、添接板に厚膜型無機ジンクリッチペイントを塗布した場合よりもすべり係数が低く、中には設計すべり係数0.4が確保できない場合がある。



図一12 他機関のすべり耐力実験結果

5. 高力ボルト摩擦接合継手の接合面に塗装を施す場合の塗装仕様案

以上の実験結果および他機関の実験結果^{2)~4), 6), 7)}に基づき、高力ボルト摩擦接合継手の接合面に厚膜型無機ジンクリッチペイントを塗布する場合の塗装仕様案を以下のように提案する。

1) 接合面に厚膜型無機ジンクリッチペイントを塗布する場合には、母材、添接板の両面とも塗装するものとし、最小乾燥塗膜厚は $30\mu\text{m}$ 以上とする。また、母材側と添接板側とを合計した乾燥塗膜厚が $90\sim 200\mu\text{m}$ となるように塗布しなければならない。この場合、接合面にそれぞれ異なる厚膜型無機ジンクリッチペイントを用いたり、無機ジンクリッチ系以外の塗料を併用したりしてはならない。

2) 接合面に塗布する厚膜型無機ジンクリッチペイントは、乾燥塗膜中の亜鉛含有量が80%以上となるものを用い、かつ、亜鉛末の50%平均粒径が $10\mu\text{m}$ 程度以上あることが望ましい。

3) 接合面に厚膜型無機ジンクリッチペイントを塗布する場合は、素地調整後、直接、厚膜型無機ジンクリッチペイントを塗布するものとする。なお、無機ジンクリッチプライマー等の一次プライマー処理は行わないのがよい。

4) 乾燥塗膜厚の管理は、所定の乾燥塗膜厚が得られるように十分に行うものとする。

なお、摩擦接合面のみに厚膜型無機ジンクリッチペイントを塗装し、他の部分に別の塗装系を用いる場合には境界部の処理に注意し、塗膜相互に悪影響を生じさせないよう事前に検討しておく必要がある。

あとがき

今回、摩擦接合面に塗布する厚膜型無機ジンクリッチペイントについて、多くの実験結果を基にした塗装仕様案を提案することかできた。今後、このような試案を道路橋示方書に適用して、接合面の処理が合理化されていくことが望まれる。

本実験にあたっては、(社)日本橋梁建設協会より多くの資料を提供して頂いた。ここに、深く感謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 道路橋示方書Ⅱ鋼橋編, (社)日本道路協会, 1980年2月
- 2) 山本善行, 久保 操: 接合面にジンクリッチペイントを塗装した摩擦接合継手の滑り試験, 橋梁と基礎, 第12巻, 第3号, 建設図書, pp. 14~18, 1978年3月
- 3) 大志万和也: 摩擦接合面の塗装について, 第34回建設省技術研究会報告(昭和55年度), 建設省技術研究会, pp. 451~455, 1981年9月
- 4) (社)日本橋梁建設協会高力ボルト小委員会: 接合面の処理方法とその効果に関する研究, 高力ボルトの省力的施工管理に関する研究報告書(抄録), (社)日本橋梁建設協会, pp. 95~123, 1977年3月
- 5) 佐伯彰一, 西川和廣, 滝沢 晃: 高力ボルト摩擦接合継手に関する試験調査(I)引張荷重を受ける継手のすべり耐力, 土木研究所資料, 第1971号, 建設省土木研究所, 1982年9月
- 6) 佐伯彰一, 宮田年耕: 接合面にジンクリッチペイントを塗布した高力ボルト摩擦接合継手に関する研究の動向, 土木技術資料, 第25巻, 第8号, pp. 49~53, 1983年8月。
- 7) 佐伯彰一, 宮田年耕, 佐藤和徳, 田中良樹: 高力ボルト摩擦接合継手に関する試験調査~接合面に無機ジンクリッチペイントを塗布した継手のすべり耐力等(その1)~, 土木研究所資料, 第2095号, 建設省土木研究所, 1984年3月
- 8) 鋼道路橋塗装便覧, (社)日本道路協会, 1979年2月
- 9) 鋼橋等塗装基準, 同解説, 本州四国連絡橋公団, 1980年3月
- 10) 榎波義幸, 越智 勝, 森 邦久: 塗装を施した摩擦接合継手の性能試験, 本四枝報No.6, 1978年10月
- 11) 建設省土木研究所, (社)鋼材倶楽部, (社)日本橋梁建設協会: 耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書(Ⅳ)-環境条件調査結果-, 共同研究報告書第8号, 1988年1月
- 12) K.H. Frank, J. A. Yura, F. H. Fouad; Bolted Shear Connections with Painted Surfaces, AISC Engineering Journal, Vol. 21, No. 3, 1984, pp. 171~184
- 13) K.H. Frank; An Experimental Study of Bolted Shear Connections, Federal Highway Administration Report No. FHWA/RD-81/148, December 1981
- 14) 本州四国連絡橋公団塗料規格HBS, K-5603
- 15) 首都高速道路公団規格SDK, P-142
- 16) 日本国有鉄道規格 JRS 66053-9A-13AR1C
- 17) 篠原洋司, 西川和廣, 田中良樹: 無機ジンクリッチペイントを塗布した高力ボルト摩擦接合継手すべり耐力実験と塗装仕様案, 土木技術資料, 第29巻, 第1号, pp. 37~42, 1987年1月

付 録 資 料

他の機関におけるすべり耐力実験結果

他の機関におけるすべり耐力試験結果

No.	塗料銘柄	板厚 (mm)			供試 体数	すべり係数			放置 日数	露置 日数	備考	文献 番号
		母材	添板板	合計		平均値	最大値	最小値				
1		Pr	42 Pr	65	107	3	0.46	0.48	0.43	30		1-1
2		B	0 Pr	50	50	3	0.44	0.45	0.42	30		
3		Pr	24 Pr	26	50	3	0.38	0.38	0.37	14		
4		HB	72 Pr	25	97	3	0.45	0.48	0.42	14		
5		HB	45 HB	45	90	3	0.59	0.61	0.57		F10T,M20	1-2
6		HB	60 HB	60	120	3	0.57	0.59	0.57		F10T,M20	
7		HB	75 HB	75	150	3	0.62	0.64	0.61		F10T,M20	
8		HB	95 HB	95	190	3	0.64	0.65	0.63		F10T,M20	
9		HB	110 HB	110	220	3	0.63	0.65	0.61		F10T,M20	
10		HB	45 HB	45	90	3	0.55	0.56	0.54			
11		HB	60 HB	60	120	3	0.55	0.55	0.54			
12		HB	75 HB	75	150	3	0.55	0.56	0.53			
13		HB	95 HB	95	190	3	0.55	0.55	0.54			
14		HB	110 HB	110	220	3	0.55	0.56	0.53			
15	銘柄不明		45	45	90	3	0.48	0.48	0.48			1-3
16	銘柄不明		60	60	120	3	0.48	0.51	0.46			
17	銘柄不明		75	75	150	3	0.48	0.51	0.46			
18	銘柄不明		95	95	190	3	0.51	0.51	0.50			
19	銘柄不明		110	110	220	3	0.50	0.51	0.49			
20		HB	45 HB	45	90	3	0.48	0.49	0.48			1-4
21		HB	60 HB	60	120	3	0.52	0.53	0.50			
22		HB	75 HB	75	150	3	0.51	0.53	0.49			
23		HB	95 HB	95	190	3	0.51	0.52	0.51			
24		HB	110 HB	110	220	3	0.51	0.54	0.50			
25		Pr	19 Pr	19	38	2	0.38	0.39	0.37	90		1-5
26		HB	97 HB	97	194	2	0.51	0.51	0.50	90		
27		HB	71 HB	71	142	2	0.57	0.58	0.57	90		
28		HB	67 HB	67	134	2	0.54	0.59	0.49	90		
29		HB	49 HB	49	98	2	0.47	0.47	0.47	90		
30		HB	74 HB	74	148	2	0.62	0.63	0.60	180		
31		HB	67 HB	67	134	2	0.55	0.56	0.54	180		
32		HB	49 HB	49	98	2	0.49	0.51	0.48	180		
33		Pr	20 B	0	20	2	0.39	0.40	0.39	120		
34	銘柄不明		75	75	150	3	0.40	0.40	0.39			1-6
35	銘柄不明	Pr	15 HB	40	55	3	0.42	0.46	0.36	30		1-7
36	銘柄不明	Pr	15 HB	40	55	3	0.44	0.46	0.43	90		
37	銘柄不明	Pr	15 HB	40	55	3	0.40	0.41	0.39	180		
38	銘柄不明	Pr	15 HB	40	55	3	0.45	0.46	0.44	360		
39	銘柄不明	Pr	15 HB	40	55	3	0.41	0.42	0.40	540		
40	銘柄不明	Pr	15 HB	75	90	3	0.41	0.43	0.39	30		
41	銘柄不明	Pr	15 HB	75	90	3	0.44	0.46	0.44	90		
42	銘柄不明	Pr	15 HB	75	90	3	0.41	0.43	0.39	180		
43	銘柄不明	Pr	15 HB	75	90	3	0.45	0.46	0.42	360		
44	銘柄不明	Pr	15 HB	75	90	3	0.46	0.49	0.43	540		
45	銘柄不明	Pr	15 HB	40	55	3	0.38	0.40	0.36	30		
46	銘柄不明	Pr	15 HB	40	55	3	0.44	0.45	0.43	90		
47	銘柄不明	Pr	15 HB	40	55	3	0.42	0.44	0.40	180		
48	銘柄不明	Pr	15 HB	40	55	3	0.45	0.48	0.42	360		
49	銘柄不明	Pr	15 HB	40	55	3	0.37	0.39	0.35	540		
50	銘柄不明	Pr	15 HB	75	90	3	0.49	0.49	0.49	30		
51	銘柄不明	Pr	15 HB	75	90	3	0.52	0.52	0.51	90		
52	銘柄不明	Pr	15 HB	75	90	3	0.44	0.47	0.39	180		
53	銘柄不明	Pr	15 HB	75	90	3	0.43	0.46	0.41	360		
54	銘柄不明	Pr	15 HB	75	90	3	0.43	0.45	0.40	540		
55	銘柄不明		75	75	150	3	0.49	0.52	0.45			1-8
56		PrHB	80 PrHB	80	160	3	0.45	0.45	0.45		F10T,M20	1-9
57		HB	65 HB	65	130	3	0.44	0.45	0.43		F10T,M20	
58		Pr	15 Pr	15	30	3	0.29	0.31	0.27		F10T,M20	
59		HB	78 HB	79	157	3	0.56	0.58	0.54		Dh=26mm	1-10
60		HB	76 HB	79	155	3	0.62	0.64	0.60		Dh=26mm	
61		HB	78 HB	81	159	3	0.61	0.63	0.60		Dh=26mm	
62		HB	79 HB	83	162	3	0.62	0.62	0.61		5mm-255	
63		HB	77 HB	81	158	3	0.58	0.58	0.57		10mm-255	
64		HB	82 HB	84	166	3	0.62	0.63	0.62		5mm-255	
65		HB	80 HB	81	161	3	0.60	0.60	0.59		10mm-255	
66		HB	76 HB	80	156	2	0.64	0.64	0.63		5mm-255	

他の機関におけるすべり耐力試験結果

No.	試料銘情	衝度厚 (μm)			供試 体数	すべり係数			放置 日数	暴露 日数	備考	文献 番号	
		母材	活接板	合計		平均値	最大値	最小値					
67		HB	78	HB	77	155	3	0.54	0.57	0.51	10mm~255	1-10	
68		HB	68	HB	72	140	3	0.66	0.67	0.65			
69		HB	78	HB	79	157	3	0.66	0.66	0.66			
70		HB	115	HB	125	240	3	0.64	0.66	0.62			
71	銘情不明	Pr	15	HB	50	65	3	0.43	0.44	0.41		1-11	
72	銘情不明	Pr	15	HB	75	90	3	0.45	0.47	0.43			
73	銘情不明	Pr	15	HB	100	115	3	0.46	0.47	0.44			
74		Pr	15	B	0	15	3	0.46	0.49	0.43	90	1-12	
75		Pr	15	Pr	15	30	3	0.42	0.42	0.40	90		
76		Pr	15	HB	75	90	6	0.61	0.65	0.56	90		
77	銘情不明	HB	75	HB	75	150	3	0.63	0.66	0.59		1-13	
78	銘情不明	HB	75	HB	75	150	3	0.62	0.62	0.61	F10T,M24		
79	銘情不明	HB	75	HB	75	150	3	0.47	0.48	0.46			
80		HB	51	HB	51	102	3	0.58	0.59	0.57	30	1-14	
81		HB	72	HB	72	144	3	0.59	0.59	0.58	30		
82		HB	107	HB	107	214	3	0.59	0.60	0.58	30		
83		HB	46	HB	46	92	3	0.54	0.57	0.52	30	1-15	
84		HB	81	HB	81	162	3	0.56	0.58	0.54	30		
85		HB	104	HB	104	208	3	0.56	0.57	0.55	30		
86	関西ペイント	ZE1500N	HB	59	HB	62	121	5	0.55	0.57	0.52	90	2-1
87	大日本塗料	ZR-OL-HB	HB	87	HB	92	179	5	0.58	0.60	0.56	90	
88	日本アマコート	DC#9	HB	138	HB	112	250	5	0.59	0.63	0.53	90	
89		DC#3	HB	95	HB	95	190	1	0.54				2-2
90		DC#3	HB	108	HB	108	216	1	0.56				
91		DC#3	HB	133	HB	133	266	1	0.58				
92		C2#11	HB	89	HB	89	178	7	0.47		7		2-3
93	日本アマコート	DC#5	HB	49	HB	49	98	3	0.61				2-4
94	日本アマコート	DC#5	HB	48	HB	48	96	2	0.44		180		
95	日本アマコート	DC#5	HB	47	HB	47	94	3	0.46		360		
96	関西ペイント	ZE1000	Pr	22	Pr	22	44	3	0.39				
97	関西ペイント	ZE1000	Pr	44	Pr	44	88	3	0.48				
98	関西ペイント	ZE1000	Pr	41	Pr	41	82	3	0.51		180		
99	関西ペイント	ZE1000	Pr	38	Pr	38	76	3	0.50		360		
100	日本アマコート	DC#6, #4		81		81	162	3	0.54				2-5
101	関西ペイント	SD1500N	HB	45	HB	45	90	3	0.55				2-6
102	関西ペイント	SD1500N	HB	45	HB	45	90	3	0.47		420		
103	K社	C2#11	HB	89	HB	89	178	1	0.53				2-7
104	K社	C2#11	HB	110	HB	110	220	2	0.56				
105	K社	C2#11	HB	149	HB	149	298	2	0.53				
106	H社	DC#5	HB	65	HB	65	130	3	0.53				
107	H社	DC#5	HB	83	HB	83	166	3	0.52				
108	H社	DC#6	HB	110	HB	110	220	3	0.54				
109	H社	DC#6	HB	95	HB	95	190	3	0.52				
110	H社	DC#6	HB	105	HB	105	210	3	0.48				
111	Y社	シンキー#2000	Pr	20	Pr	20	40	2	0.37				
112	銘情不明			20		20	40	8	0.54				3-1
113	銘情不明			20		20	40	8	0.52				
114		カーボ'シ'ンク11		90		90	180	7	0.47				3-2
115		カーボ'シ'ンク11		75		75	150	2	0.37				3-3
116	神東塗料			120		120	240	10	0.55				3-4
117	銘情不明			36		36	72	4	0.44				3-5
118	A社		Pr	13	Pr	13	26	3	0.40	0.41	0.39	180	4
119	A社		Pr	27	HB	39	67	3	0.54	0.56	0.52	180	
120	B社		Pr	28	HB	43	72	3	0.53	0.55	0.51	180	
121	C社		Pr	19	HB	38	57	3	0.45	0.47	0.44	180	
122	A社		Pr	27	HB	41	69	3	0.59	0.62	0.55	360	
123	B社		Pr	26	HB	44	70	3	0.56	0.60	0.53	360	
124	C社		Pr	20	HB	39	59	3	0.49	0.50	0.48	360	
125	A社		HB	42	HB	42	84	3	0.55	0.60	0.46	180	
126	B社		HB	45	HB	43	88	3	0.57	0.59	0.55	180	
127	C社		HB	37	HB	37	73	3	0.49	0.51	0.45	180	
128	D社		HB	48	HB	44	93	3	0.56	0.58	0.53	180	
129	A社		HB	39	HB	44	83	3	0.56	0.62	0.53	360	
130	B社		HB	43	HB	43	87	3	0.62	0.62	0.61	360	
131	C社		HB	39	HB	37	76	3	0.54	0.55	0.53	360	
132	D社		HB	47	HB	43	90	3	0.60	0.62	0.57	360	

他の機関におけるすべり耐力試験結果

No.	塗料銘柄		試験厚 (μm)			供試 体数	すべり係数			放置 日数	経過 日数	備考	文献 番号
			母材	添接板	合計		平均値	最大値	最小値				
133	A社		HB	62	HB 63	124	3	0.63	0.65	0.61	180		5-1
134	B社		HB	74	HB 74	148	3	0.56	0.60	0.52	180		
135	C社		HB	57	HB 56	114	3	0.49	0.51	0.46	180		
136	D社		HB	70	HB 70	140	3	0.59	0.61	0.57	180		
137	大日本塗料	ZR-OL-EX1	HB	56	HB 68	124	2	0.52				pp=7	
138	大日本塗料	ZR-OL-EX1	HB	96	HB 101	197	2	0.60				pp=7	
139	大日本塗料	ZR-OL-EX2	HB	77	HB 84	161	2	0.52				pp=7	
140	大日本塗料	ZR-OL-EX3	HB	83	HB 99	182	2	0.57				樹脂重合度UP	
141	神東塗料	CZ#11	HB	71	HB 72	143	2	0.48					
142	日本ペイント	#1000P	Pr	49	Pr 37	86	2	0.43					
143	日本ペイント	#1000P	Pr	23	Pr 153	176	2	0.48					
144	日本ペイント	#1000QC	HB	54	HB 64	118	2	0.42					
145	銘柄不明		HB	30	HB 30	60	3	0.50				5-2	
146	銘柄不明		HB	60	HB 60	120	3	0.57					
147	銘柄不明		HB	30	HB 30	60	3	0.47			180		
148	銘柄不明		HB	60	HB 60	120	3	0.54			180		
149	銘柄不明		HB	30	HB 30	60	3	0.44			360		
150	銘柄不明		HB	60	HB 60	120	3	0.49			360		
151	銘柄不明		HB	30	HB 30	60	2	0.39					
152	銘柄不明		HB	60	HB 60	120	3	0.48					
153	銘柄不明		HB	60	HB 60	120	2	0.46					
154	銘柄不明		HB	30	HB 30	60	3	0.35					F10T,M30
155	銘柄不明		HB	60	HB 60	120	3	0.47				F10T,M30	
156	銘柄不明		HB	120	HB 120	240	3	0.49				F10T,M30	
157	銘柄不明		HB	60	HB 60	120	3	0.52					
158	銘柄不明		HB	60	HB 60	120	3	0.49					
159	銘柄不明		HB	78	HB 78	156	3	0.52				F11T,M24	
160	銘柄不明		HB	80	HB 80	160	3	0.50			30	F11T,M24	
161	銘柄不明		HB	111	HB 111	222	3	0.51				F11T,M24	
162	銘柄不明		HB	112	HB 112	224	3	0.49			7	F11T,M24	
163	銘柄不明		HB	114	HB 114	228	3	0.47			30	F11T,M24	
164	銘柄不明		HB	114	HB 114	228	3	0.58			180	F11T,M24	
165	銘柄不明		HB	145	HB 145	290	3	0.52				F11T,M24	
166	銘柄不明		HB	139	HB 139	278	3	0.46			30	F11T,M24	
167	銘柄不明		HB	127	HB 127	254	3	0.42			30	F11T,M24	
168	銘柄不明		HB	77	HB 77	154	3	0.49				F11T,M24	
169	銘柄不明		HB	77	HB 77	154	3	0.47			30	F11T,M24	
170	銘柄不明		HB	116	HB 116	232	3	0.47				F11T,M24	
171	銘柄不明		HB	111	HB 111	222	3	0.45			30	F11T,M24	
172	銘柄不明		HB	116	HB 116	232	3	0.47			180	F11T,M24	
173	銘柄不明		HB	75	HB 75	150	2	0.47			7	F11T,M24	
174	銘柄不明		HB	78	HB 78	156	2	0.49			7	F11T,M24	
175	大日本塗料	ZR-OL	Pr	16	Pr 23	39	3	0.51	0.54	0.48	180		5-4
176	大日本塗料	ZR-OL,HB	PrHB	39	PrHB 54	93	3	0.72	0.74	0.69			
177	大日本塗料	ZR-OL,HB	PrHB	76	PrHB 61	137	3	0.70	0.72	0.68	30		
178	関西ペイント	ZE1000	Pr	18	Pr 17	35	3	0.51	0.53	0.51	30		
179	関西ペイント	1000,1500	PrHB	52	PrHB 51	103	3	0.69	0.72	0.65			
180	関西ペイント	1000,1500	PrHB	84	PrHB 70	154	3	0.67	0.70	0.65	30		
181	神東塗料	CW#11	Pr	18	Pr 24	42	3	0.46	0.47	0.44			
182	神東塗料	CW11,CZ11	PrHB	57	PrHB 46	103	3	0.63	0.64	0.61	30		
183	神東塗料	CW11,CZ11	PrHB	81	PrHB 72	153	3	0.60	0.61	0.58	180		
184	銘柄不明		HB	150	HB 150	300	20	0.62	0.66	0.55	7	80%Zn	
185	銘柄不明		HB	150	HB 150	300	5	0.51	0.52	0.49	7	75%Zn	
186	東亜ペイント	G#800HB	HB	109	HB 109	218	3	0.54	0.56	0.53	20	F11T,M22	5-6
187	東亜ペイント	G#800HB	HB	109	HB 109	218	2	0.53	0.54	0.52	20	F11T,M22	
188	銘柄不明		HB	75	HB 75	150	5	0.68	0.75	0.62	1年	1年 F11T,W5/8,*アリ	7
189	銘柄不明		HB	75	HB 75	150	5	0.67	0.74	0.61	1年	1年 F11T,W5/8,*アリ	
190	銘柄不明		HB	75	HB 75	150	5	0.69	0.73	0.59	3年	3年 F11T,W5/8,*アリ	
191	銘柄不明		HB	75	HB 75	150	5	0.63	0.70	0.56	3年	3年 F11T,W5/8,*アリ	
192	銘柄不明		HB	75	HB 75	150	5	0.70	0.78	0.64	5年	5年 F11T,W5/8,*アリ	
193	銘柄不明		HB	75	HB 75	150	5	0.66	0.71	0.63	5年	5年 F11T,W5/8,*アリ	
194	B社		Pr	20	Pr 20	40	3	0.34	0.37	0.31			
195	B社		Pr	20	Pr 20	40	3	0.32	0.35	0.30	1月		
196	B社		Pr	20	Pr 20	40	3	0.43	0.44	0.42	3月		
197	B社		Pr	20	Pr 20	40	3	0.44	0.45	0.42	6月		
198	B社		Pr	20	Pr 20	40	3	0.41	0.47	0.34	12月		

他の機関におけるすべり耐力試験結果

No.	歯 料 銘 柄		歯 厚 (μ m)			供 試 体 数	すべり係数			放置 日 数	暴露 日 数	備 考	文 献 番 号
			母材	添 接 板	合 計		平均値	最大値	最小値				
199	B 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.41	0.47	0.31		8
200	B 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.39	0.42	0.36	1月	
201	B 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.45	0.47	0.44	3月	
202	B 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.47	0.50	0.45	6月	
203	B 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.42	0.44	0.40	12月	
204	B 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.42	0.44	0.40		
205	B 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.40	0.42	0.39	1月	
206	B 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.40	0.42	0.38	3月	
207	B 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.39	0.43	0.35	6月	
208	B 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.38	0.39	0.37	12月	
209	C 社		Pr	20	Pr	20	40	3	0.38	0.38	0.37		
210	C 社		Pr	20	Pr	20	40	3	0.38	0.39	0.37	1月	
211	C 社		Pr	20	Pr	20	40	3	0.35	0.37	0.34	3月	
212	C 社		Pr	20	Pr	20	40	3	0.34	0.34	0.34	6月	
213	C 社		Pr	20	Pr	20	40	3	0.37	0.38	0.37	12月	
214	C 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.43	0.45	0.42		
215	C 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.42	0.45	0.40	1月	
216	C 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.42	0.43	0.40	3月	
217	C 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.39	0.40	0.38	6月	
218	C 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.41	0.42	0.39	12月	
219	C 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.48	0.50	0.46		
220	C 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.49	0.50	0.48	1月	
221	C 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.47	0.48	0.46	3月	
222	C 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.47	0.48	0.46	6月	
223	C 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.46	0.47	0.44	12月	
224	D 社		Pr	20	Pr	20	40	3	0.44	0.45	0.44		
225	D 社		Pr	20	Pr	20	40	3	0.42	0.44	0.39	1月	
226	D 社		Pr	20	Pr	20	40	3	0.46	0.47	0.44	3月	
227	D 社		Pr	20	Pr	20	40	3	0.42	0.44	0.40	6月	
228	D 社		Pr	20	Pr	20	40	3	0.47	0.48	0.46	12月	
229	D 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.51	0.52	0.50		
230	D 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.48	0.49	0.47	1月	
231	D 社		Pr	40	Pr	40	80	2	0.49	0.49	0.49	3月	
232	D 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.48	0.49	0.47	6月	
233	D 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.51	0.53	0.49	12月	
234	D 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.51	0.52	0.50		
235	D 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.49	0.49	0.48	1月	
236	D 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.50	0.51	0.48	3月	
237	D 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.50	0.53	0.47	6月	
238	D 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.52	0.55	0.51	12月	
239	E 社		Pr	20	Pr	20	40	3	0.41	0.42	0.41		9-1
240	E 社		Pr	20	Pr	20	40	3	0.41	0.42	0.39	1月	
241	E 社		Pr	20	Pr	20	40	3	0.47	0.49	0.45	3月	
242	E 社		Pr	20	Pr	20	40	3	0.45	0.46	0.44	6月	
243	E 社		Pr	20	Pr	20	40	3	0.43	0.45	0.42	12月	
244	E 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.48	0.50	0.46		
245	E 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.52	0.54	0.50	1月	
246	E 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.52	0.53	0.51	3月	
247	E 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.51	0.51	0.50	6月	
248	E 社		Pr	40	Pr	40	80	3	0.47	0.49	0.45	12月	
249	E 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.45	0.48	0.43		
250	E 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.42	0.43	0.41	1月	
251	E 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.41	0.43	0.39	3月	
252	E 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.39	0.40	0.38	6月	
253	E 社		PrHB	95	PrHB	95	190	3	0.42	0.43	0.41	12月	
254	銘柄不明	A		20		20	40	2	0.41				
255	銘柄不明	A		50		50	100	2	0.52				
256	銘柄不明	B		20		20	40	2	0.47				
257	銘柄不明	B		50		50	100	2	0.53				
258	銘柄不明	C		20		20	40	2	0.62				
259	銘柄不明	C		50		50	100	2	0.64				
260	銘柄不明	D		20		20	40	2	0.53				
261	銘柄不明	D		50		50	100	2	0.56				
262	銘柄不明	E		20		20	40	2	0.50				
263	銘柄不明	E		50		50	100	2	0.52				
264	銘柄不明		HB	35	HB	35	70	6	0.61				9-2

他の機間におけるすべり耐力試験結果

No.	塗 料 銘 柄	塗 膜 厚 (μm)			供 試 体 数	すべり係数			放置 日数	暴露 日数	備 考	文 献 番 号
		母材	誘電板	合計		平均値	最大値	最小値				
265	銘柄不明	HB	30	HB 30	60	6	0.59					9-2
266	銘柄不明	HB	30	HB 30	60	6	0.52					
267	銘柄不明	HB	25	HB 25	50	6	0.53					
268	銘柄不明	HB	25	HB 25	50	6	0.58					
269	銘柄不明	HB	25	HB 25	50	6	0.60					
270	銘柄不明	HB	30	HB 30	60	10	0.57					9-3
271	銘柄不明	HB	75	HB 75	150	1	0.63					
272	銘柄不明	HB	75	HB 75	150	1	0.56					

注 1) Pr : 無機ジンクリッチプライマー (Primer)

HB : 厚膜型無機ジンクリッチペイント (High-Build Type)

B : プラストのみ (Blast)

PrHB : 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

2) 放置期間 : ボルト締付後の期間

3) 暴露期間 : 接合面の暴露期間

ただし, Na 188 ~ 193 はボルトを締め付けた後に暴露した期間

4) 備考に特記しない限り, 高力ボルトは F10T, M22 である。

5) Na 59 ~ 61 の備考欄 Dh : 穴径

6) Na 62 ~ 67 の備考欄 “ 5mm—255 ”, “ 10mm—255 ” : 接合面の周囲 5mm (又は10mm) の範囲を塗膜厚 255 μm とした。

7) Na 137 ~ 139 の備考欄 Dp : 亜鉛末の粒径 (μm)

8) Na 184 ~ 185 の備考欄 “ 80% Zn ”, “ 75% Zn ” : 亜鉛含有量

9) Na 188 ~ 193 の備考欄 “ *アリ ”, “ *ナシ ” : 接合面以外の塗装の有無

付属資料の参考文献

1) (社)日本橋梁建設協会提供資料

- 1-1) 無機ジンクリッチペイントにて塗装を施した継手性能確認試験報告書, 三星産業㈱, 1979.5
- 1-2) 厚膜型無機ジンクリッチペイントを塗布した場合の高力ボルト摩擦継手のすべり試験, 三星産業㈱, 1982.8
- 1-3) 高力ボルトすべり試験報告書, 三星産業㈱, 1982.10
- 1-4) 高力ボルトすべり試験報告書, 三星産業㈱, 1983.2
- 1-5) 添接板外面を塗装した継手部の継手性能確認試験報告書, 三星産業㈱, 1983.7
- 1-6) 摩擦接合継手リラクゼーション試験およびすべり試験実験報告書, 三星産業㈱, 1983.8
- 1-7) 添接板外面を塗装した長期暴露継手部の継手性能確認試験報告書, 三星産業㈱
- 1-8) 摩擦接合継手リラクゼーション試験およびすべり試験実験報告書, 三星産業㈱, 1984.9
- 1-9) 摩擦接合用高力TCボルトすべり試験報告書(無機ジンク塗布材継手), 日鐵ボルテン㈱大阪試験所, 1984.4
- 1-10) 高力ボルト摩擦継手すべり試験報告書, ㈱横河橋梁製作所東京支店千葉工場, 1984.11
- 1-11) 摩擦接合用高力TCボルトすべり試験報告書, 日鐵ボルテン㈱大阪試験所, 1983.12
- 1-12) 無機ジンクリッチプライマーを塗布した継手面のすべり耐力について, 高田機工㈱, 日鐵ボルテン㈱東京試験所, 1981.7
- 1-13) 高力TCボルト摩擦接合すべり試験報告書, 住友重機械工業㈱, 高田機工㈱, 日鐵ボルテン㈱東京試験所, 1984.8
- 1-14) 接合面に厚膜型無機ジンクリッチペイントを塗布した高力ボルト継手のすべり試験報告書, 桜田機械工業㈱, 1984.1
- 1-15) 接合面に厚膜型無機ジンクリッチペイントを塗布した高力ボルト継手のすべり試験報告書, 桜田機械工業㈱, 1983.10

2) (社)日本橋梁建設協会; Ⅲ. 接合面の処理方法とその効果に関する研究, 高力ボルトの省力的施工管理に関する研究報告書(抄録), 1977.3, pp.Ⅲ 1~27

- 2-1) 本文(以下2-2~2-7は文献調査等によるもの, pp.Ⅲ 22~24)
- 2-2) W.T.Matthews ; The Effect of Dimetecote #3 in a Bolted Friction Joints, The Steel Co. of Canada, LTD, May 1967
- 2-3) W.T.Matthews ; The Effect of Coated Faying Surfaces in Bolted Friction Joints, The Steel Co. of Canada, LTD, Nov. 1967 (ただし, 3-2)と同じ調査と思われる)
- 2-4) 石沢, 多田, 伊藤; 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
- 2-5) 堀岡, 辻, 高久; 高力ボルト継手の研究, 日本鋼管技報, No 63, 1974
- 2-6) 成宮, 伊藤, 長尾; 塗膜溶射膜を接合面にもつ高力ボルト継手の耐力におよぼす繰返し荷重の影響について, 土木技術, 1977.3
- 2-7) 未発表資料

- 3) 田島二郎；高力ボルト接合，岡本舜三編鋼構造の研究第4章，技報堂，1977. 6, pp.276～279
- 3-1) 無機ジンクリッチ塗装継手のすべり試験，本四公団，神戸製鋼，1974. 9, 1975. 9
- 3-2) J. A. Cran, W. T. Matthews ; The Effect of Coated Faying Surfaces in Bolted Friction Joints, The Steel Company of Canada Ltd., Nov. 1966
- 3-3) J. A. Corrado, R. G. Slutter ; Slip Resistance of Faying Surfaces Coated with Carbo Zinc 11 Green under Static Loads, Lehigh Univ., Fritz Eng. Lab. Report No 200, 67, 450, 1
- 3-4) HB形無機ジンクリッチペイントを塗布したスブライスプレートのすべり係数の測定結果，神東塗料応用技術部，1973. 10
- 3-5) 高張力鋼継手の疲労強度に関する試験研究・試験6，本四公団，1975. 3
- 4) 安藤浩吉，堀正樹；いろいろの条件で無機ジンクリッチペイントを塗布した高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力試験，橋梁，1989. 4, pp. 50～54
- 5) 佐伯彰一，宮田年耕；接合面にジンクリッチペイントを塗布した高力ボルト摩擦接合継手に関する研究の動向，土木技術資料，25-8, 1983. 8
- 5-1) 大志万和也；摩擦接合面の塗装について，第34回建設省技術研究会，pp. 451～455, 1981. 9
- 5-2) 菊川，山田，松尾，石渡；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，川崎製鉄技報，8-4, 1976. 10
- 5-3) 榎波，越智，森；塗装を施した摩擦接合継手の性能試験，本四技報No 6，1978. 10
- 5-4) 接合面に厚膜型無機ジンクリッチプライマーを塗布した高力ボルト継手のすべり試験施工報告書，日本車輛製造㈱，1980. 4
- 5-5) K. H. Frank ; An Experimental Study of Bolted Shear Connections, Federal Highway Administration Report No FHWA/RD-81/148, Dec. 1981
- 5-6) K. H. Frank, J. A. Yura, F. H. Fouad ; Bolted Shear Connections with Painted Surfaces, AISC Engineering Journal, Vol. 21, No 3, 1984, pp. 171～184
- 6) 渡辺，森，伊藤，市原；防錆処理高力ボルト継手の滑り試験および疲労試験，橋梁と基礎，1980. 5
- 7) 土木研究所化学研究室調べ（7-1～7-4は同一の調査）
- 7-1) 蒔田，森，西島；高力ボルト接合部の防錆について，第12回日本道路会議論文集，（社）日本道路協会，1975, pp. 455～456
- 7-2) 蒔田，森，西島；防食調査，昭和52年度道路事業調査費報告，建設省土木研究所（部内資料）
- 7-3) 森；鋼橋用塗料の耐久性能，ベース設計資料，道路編第12号，建設工業調査会，1983. 7（図-2から最大値，最小値を読み取った）
- 7-4) 東京湾における暴露実験，土木研究所資料第821号，建設省東京湾岸道路調査事務所，同関東技術事務所，同土木研究所，1973. 3
- 8) 山本，久保；接合面にジンクリッチペイントを塗装した摩擦接合継手の滑り試験，橋梁と基礎，1978. 3, pp. 14～18（図-6.1～6.3から値を読み取った）

高力ボルト摩擦接合継手
に関する試験調査

～接合面に無機ジンクリッチペイントを
塗布した継手のすべり耐力等(その2)～

橋梁研究室 室 長 藤原 稔
研究員 村越 潤 田中良樹

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第2796号
平成元年8月(1989)

要 旨 昭和55年に改訂された道路橋示方書では、高力ボルト摩擦接合継手において接合面のすべり係数が0.4以上確保できることが確認された場合に限り、接合面の塗装等を許容する旨の記述が解説に示されているが、具体的な塗装仕様は示されていない。

以上に鑑み、昭和57年度より3箇年にかけて、接合面に無機ジンクリッチペイントを塗布した高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力実験を行い、接合面の塗膜の暴露期間、ボルト締付後の経過時間の影響も考慮に入れて、すべり係数と塗膜中の亜鉛含有量、亜鉛末の粒径及び塗膜厚との関係を明らかにした。

本報告は、これらの実験結果をとりまとめるとともに、その結果に基づいた、高力ボルト摩擦接合継手の接合面に塗装を施す場合の塗装仕様案を示すものである。

キーワード：高力ボルト摩擦接合継手、無機ジンクリッチペイント、
すべり耐力、すべり係数、ボルト軸力

郵便はがき

いは40
つ切
て下
さを

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所

橋梁研究室 御中

茨城県つくば市大字旭一番地

No. 50

No. 51

土木研究所資料第2796号

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2796号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 印

土木研究所資料第2796号