

I S S N 0386-5878

土木研究所資料 第2207号

003

土 木 研 究 所 資 料

塗膜厚測定法に関する試験

昭和60年3月

建設省土木研究所
地質化学部化学研究室

Copyright © 1985 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、複写は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

塗膜厚測定法に関する試験

化学研究室 森 芳 徳
西 島 高 秀
守 屋 進

要 旨

本試験は、塗装工事の塗膜厚管理に用いられる膜厚計の測定誤差および誤差要因の影響を明らかにする目的で、試験片を作成し、3種類の膜厚計を用いて、膜厚計の種類による影響、測定者による影響、乾燥時間の影響、表面あらさの影響、理論膜厚と測定厚さとの関係について試験を行ったものである。

その結果、完全乾燥した塗膜については計器間に差はないが、未硬化塗膜については計器間に差が認められる。膜厚計を使いなれた経験者と初心者とは、塗膜が薄い場合には差が大きい。表面あらさの影響は電磁式よりも永久磁石式のほうが小さい等の資料を得た。

キーワード：塗装・塗膜厚・測定法・膜厚計

塗膜厚測定法に関する試験

まえがき

塗膜の耐久性は塗膜厚に正比例するため、所定の塗膜厚を確保する必要から、塗装施工時の塗膜管理の一環として乾燥膜厚の測定が行われている。その際、測定計器として2点調整式電磁式膜厚計が広く用いられているが、塗膜の乾燥度合や鋼材表面のあらさ等測定結果に影響を及ぼす要因が多いため、膜厚計による塗膜厚検査結果に対する信頼性は必ずしも高いとはいえない状況にある。

その原因は、種々の測定誤差要因に対して、信頼できる測定データがないためと考えられるので、乾燥塗膜厚の非破壊測定に適した複数の測定器を用いて、①膜厚計の種類による影響、②測定者による影響、③乾燥時間の影響、④鋼材の表面あらさの影響をそれぞれ明らかにするための測定を行い、多くの資料を得たので、結果をとりまとめ報告する。

化学研究室 森 芳 徳
西 島 高 秀
守 屋 進

目 次

1. 目的	1
2. 試験方法	1
3. 測定結果	4
4. まとめ	65
5. 付 録	67

1. 目 的

本試験は、鋼板表面に塗布された実際の塗膜厚さと、膜厚計によって得られる測定厚さとの関係調べることによって、現在一般に用いられている鋼橋等、鋼構造物の塗膜厚測定法の問題点を明らかにして、塗膜厚検査基準作成に役立つ資料を得る目的で、下記の項目について検討を行ったものである。

- (1) 膜厚計の種類による影響
- (2) 測定者による影響
- (3) 乾燥時間の影響
- (4) 表面あらさの影響
- (5) 理論膜厚と測定厚さとの関係

2. 試験方法

2-1 試験片の製作

膜厚測定用に製作した試験片と塗装系の仕様を表-1-1～1-4に示す。

表-1-1 第1次試験片

塗 装 系	目 標 膜 厚	表面あらさ 塗 装 方 法		平 滑 面 (0.8 μm)		サンドブラスト (30 μm)		グリットブラスト (70 μm)	
				刷 毛	スプレー	刷 毛	スプレー	刷 毛	スプレー
a) 鉛系さび止めペイント1種×2	70 μm			①	②	③	④	⑤	⑥
b) 鉛系さび止めペイント1種×2+長油性フタル酸×2	125 μm			⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
c) 有機ジンクリッチ×1+塩化ゴム下塗×2	110 μm			—	⑬	—	⑭	—	⑮
d) 有機ジンクリッチ×1+塩化ゴム下塗×2+塩化ゴム上塗×2	175 μm			—	⑯	—	⑰	—	⑱
e) タールエポキシ×2	160 μm			—	⑲	—	⑳	—	㉑

試験片寸法 430 × 430 × 5 mm 材質：SS-41 数字は試験片No

表-1-2 第2次試験片

塗 装 系	目 標 膜 厚	試 験 片 No
エポキシ樹脂塗料×1	50 μm	1 ~ 3
〃	100 〃	4 ~ 6
〃	200 〃	7 ~ 9

試験片寸法と材質；250 × 250 × 5 mm SS-41

表面あらさ；平滑面 (Rz 0.8 μm)

塗膜の乾燥；60℃で20時間強制乾燥

塗装方法；エアースプレー

表一 1－3 第3次試験片

塗 装 系	表面あらさ ($R_z \mu m$)	目 標 膜 厚 (μm)	塗 装 方 法	試 験 片 No
鉛系さび止め塗料 1 種×2	0.6	70	スプレー	1, 2
フタル酸上塗×2	"	50	"	3, 4
塩化ゴム上塗×2	"	80	"	5, 6
タールエポキシ×2	"	160	"	7, 8

試験片寸法と材質 200 × 200 × 5 mm

SS-41

表一 1－4 第4次試験片

塗 装 系	表面あらさ ($R_z \mu m$)	目 標 膜 厚 (μm)	塗 装 方 法	試 験 片 No
鉛系さび止め塗料 1 種×2	0.6	70	スプレー	1, 2
塩化ゴム上塗×2	"	80	"	3, 4
タールエポキシ×2	"	160	"	5, 6

試験片寸法と材質 200 × 200 × 5 mm

SS-41

2－2 調査項目および測定方法

2－2－1 表面あらさの測定

試験片は、塗装を行う前に、鋼板の表面あらさを下記の方法で測定した。

1) 触針式あらさ計による測定 (JIS, B0651)

触針式あらさ計〔東京精密(株)製 サーフコム60A〕によって試験片表面の断面曲線を描き、この曲線から最大高さ (R_{max}) および十点平均あらさ (R_z) を求めた。

2) 電気容量法による測定 (JIS, B0654)

福島式粗面粗度計を用いて測定した。

3) 切断面観察による測定

試験片を切断し、顕微鏡写真によって測定した。

2－2－2 塗膜厚の測定

(1) 膜厚計

膜厚計は、塗膜厚測定に一般に使用されている電磁式膜厚計 2 種類、永久磁石式 1 種類、計 3 種類を用いて測定した。3 種類の膜厚計の特徴を下記に記す。

イ) 電磁式膜厚計 A (写真－1－1)

二点磁極式の膜厚計で、プローブ先端のチップが固定されているため、測定者により接触圧の

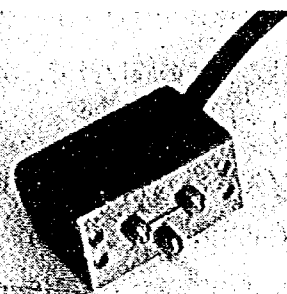
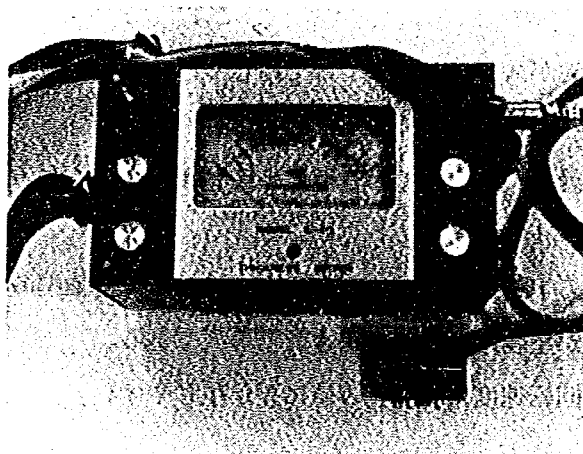


写真-1-1 電磁式A

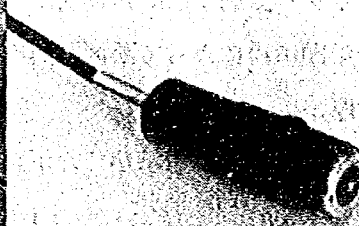
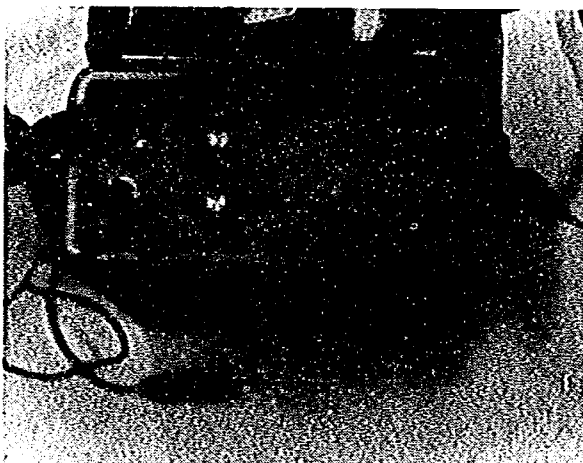


写真-1-2 電磁式B

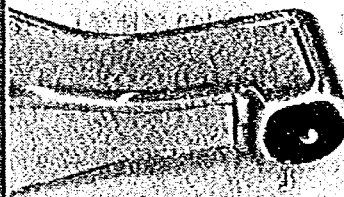
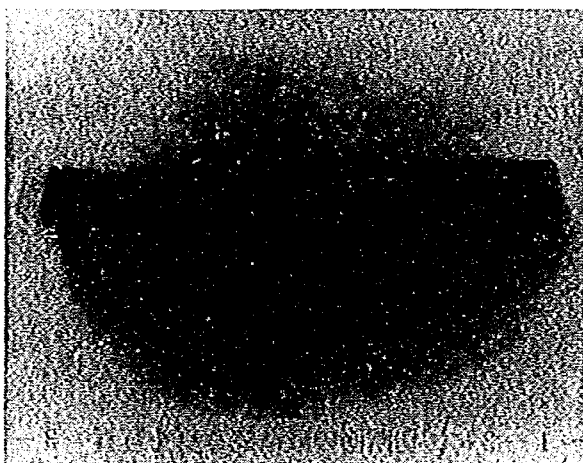


写真-1-3 永久磁石式

差が生じやすい。

ロ) 電磁式膜厚計B (写真—1—2)

一点接触定圧式の膜厚計で、プローブ先端がスプリングによって押しつける力が一定になるように作られている。

プローブ先端のチップの曲率半径が膜厚計Aにくらべて小さいため接触圧は大きくなる。

ハ) 永久磁石式膜厚計 (写真—1—3)

一点接触式の膜厚計で、中央に支点を持ちアームの先端マグネット (接触子) と他端のコイルスプリングで接触子を塗膜から引き離す力が塗膜厚として測定される方式である。

スケーリングを回転させて読み取るため回転速度により読み値に差が生じやすい。

(2) 測定点数および測定者

測定点数および測定者を表—2に示す。

測定位置の一例を写真—2に示す。

2—2—3 顕微鏡による測定

試験片を高速度カッターで約1cm角に切断し、ポリエステル樹脂に埋め込んで、これを耐水ペーパーで研磨した後、光学顕微鏡によって断面写真を撮り、この写真から塗膜厚を測定した。

2—2—4 理論膜厚

試験片に塗布された乾燥塗膜の重量から、下記の式により理論膜厚を算出した。

$$T = \frac{W_2 - W_1}{A} \times \frac{100}{NV} \times \left(\frac{1}{dt} - \frac{1 - \frac{NV}{100}}{ds} \right)$$

T : 理論膜厚 (μm)

W₁ : 塗装前の試験片重量 (g)

W₂ : 塗装後の試験片重量 (g)

A : 塗装面積 (m²)

Nv : 塗料の不揮発分 (wt%)

dt : 塗料の比重

ds : 溶剤の比重

(但し、上記の式は、溶剤が100%揮発し、塗膜の中に空隙が無く、塗膜の乾燥の過程によって体積変化が無いと仮定した時になりつつ)

3. 測定結果

3—1 試験片の表面あらさ

あらさの測定結果を表—3に示す。

触針式あらさ計による測定チャートを図—1—1～1—3に、切断面の顕微鏡写真を写真—3—1～3—3に示した。

電気容量法の測定端子は約5cmφ程度である。このため表面あらさとして指示される値は、この面積

表一 2 膜厚測定 of 総数

年度	乾燥日数	器 種	測 定 者								小 計	合 計
			T.T (高垣)	H.F (福島)	N.S (関野)	K.T (高瀬)	K.Y (安田)	T.N (西島)	K.M (三神)	M.F (深沢)		
54	15	電磁式 A	21枚×25点 = 525	21枚×25点 = 525	—	—	—	—	—	—	1,050	3,150
		電磁式 B	—	—	—	—	—	—	—	—	1,050	
		永久磁石式	—	—	—	21枚×25点 = 525	—	21枚×25点 = 525	—	—	1,050	
	50	電磁式 A	21枚×25点 = 525	—	—	—	21枚×25点 = 525	—	—	—	1,050	3,150
		電磁式 B	—	—	—	—	—	—	—	—	1,050	
		永久磁石式	—	—	—	—	—	—	—	—	1,050	
	370	電磁式 A	—	—	—	—	—	—	3枚×75点 = 225	3枚×75点 = 225	975	2,925
		電磁式 B	—	—	—	—	—	—	—	—	975	
		永久磁石式	—	—	—	—	—	—	—	—	975	
55	焼 付 エポキシ	電磁式 A	9枚×16点 = 144	9枚×16点 = 144	9枚×16点 = 144	9枚×16点 = 144	—	—	9枚×16点 = 144	9枚×16点 = 144	864	2,592
		電磁式 B	—	—	—	—	—	—	—	—	864	
		永久磁石式	—	—	—	—	—	—	—	—	864	
56	90	電磁式 B	8枚×16点 = 128	—	—	—	—	—	—	—	128	128

11,945

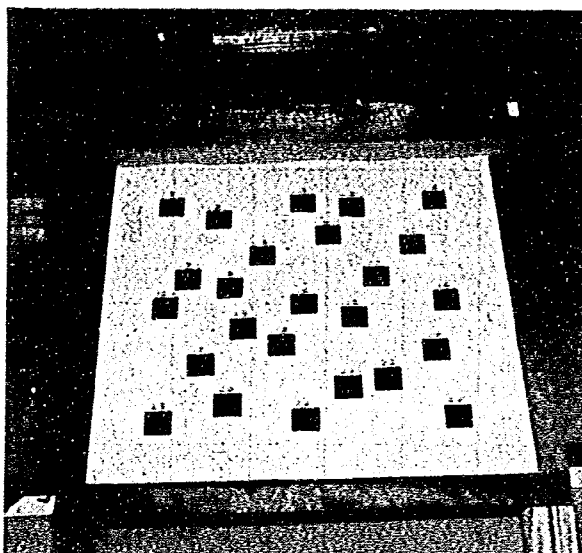


写真-2 測定位置の一例

表-3 3種測定法の表面あらさ

試験片の種類 あらさ 測定方法	平滑面 (0.8^S) ^{*1}		サンドブラスト (30^S) ^{*1}		グリットブラスト (70^S) ^{*1}	
	Rz	Rmax	Rz	Rmax	Rz	Rmax
触針法	$0.22 \mu\text{m}$ (5,000) ^{*2}	$0.29 \mu\text{m}$	$34 \mu\text{m}$ (200) ^{*2}	$42 \mu\text{m}$	$88 \mu\text{m}$ (200) ^{*2}	$122 \mu\text{m}$
電気容量法	0^S		27^S		52^S	
切断法 (顕微鏡)	$1 \mu\text{m}$ 以下 (500) ^{*2}	$1 \mu\text{m}$ 以下	$25 \mu\text{m}$ (100) ^{*2}	$30 \mu\text{m}$	$75 \mu\text{m}$ (100) ^{*2}	$100 \mu\text{m}$

*1 目標あらさ

*2 測定倍率

の平均的なあらさが測定される。一方触針法および切断法は試験片の一断面のみの測定となるために、電気容量法と異なる値を示している。

また、触針法と切断法では触針法のほうがやや大きな値を示している。これは測定断面が同一でなく、測定長さも異なっているので差が出たものと考えられる。

3-2 塗膜厚の測定

3種類の膜厚計を用いて測定した結果を表-4に示す。

膜厚計による測定結果、顕微鏡による測定結果および理論膜厚との対比を表-5に示す。

各種測定法の結果を理論膜厚と対比してみると、顕微鏡写真による測定法はいずれも大きな値が得られている。顕微鏡写真は測定対象面積が非常に小さく、加えて切断時の断面変形をさけることは出来ず、膜厚計による測定よりも大きな値が得られたものと推定される。

以上の結果から、膜厚計の種類による影響測定者の影響、乾燥時間の影響、表面あらさの影響、理論膜厚さとの関係等について考察を行うと次のようになる。

〔1〕膜厚計の種類による影響

3種類の膜厚計によって得られた測定値を用いて塗装試験片毎に、一元配置法によって分散分析を行い測定器間の差の検定を行った。

乾燥50日後の差の検定を表一6—1に370日後の差の検定を表一6—2に、焼付エポキシの差の検定を表一6—3に示す。また、乾燥50日後の測定器の平均に対する信頼区間を図—2に焼付エポキシの平均の区間推定を図3に示す。

乾燥50日後では、試験片№19, 21以外は膜厚計の種類による差は“高度に有意”であったが、370日後では、試験片№12, 17以外は“有意差なし”であった。

焼付エポキシの場合は、膜厚100 μm 以下（試験片№1～6）では“高度な有意差あり”であったが膜厚150 μm 以上（試験片№7～9）では“有意差なし”であった。

以上のことから次のことが考えられる。

イ) 完全硬化した塗膜については計器間の差はほとんどないが乾燥期間が短く塗膜が十分硬化していない塗膜では計器間に差があり、図—4のような特性を示す。

常温乾燥形の塗装系は、370日後の測定結果では計器間の差がほとんどなくなるが、これは完全乾燥したためと思われる。50日後の測定結果で、タールエポキシのみは油性系、塩化ゴム系に比べて計器間の差が小さい、これは硬化速度が早いためであろう。

電磁式Bは一点接触定圧式のため個人差は生じにくいがプローブ（接触子）の曲率半径が小さい（電磁式Aの約1/5）ので接触圧が大きくなる。このため乾燥期間が短かく塗膜が軟かい場合は電磁式Aおよび永久磁石式に比べ低い測定値となる。

ロ) 焼付エポキシ塗料のように完全硬化に達していても膜厚が110 μm 以下の場合は計器間に差が見られる。特に永久磁石式は透磁率により測定値が左右される。すなわち0点調整板と膜厚測定点の透磁率の差の影響は膜厚の小さい場合ほど顕著である。

〔2〕測定者による影響

常温乾燥形塗膜の15日後、50日後および焼付エポキシの分散分析結果を表一7—1～7—3に、焼付エポキシの試験片毎の差の検定を図—5に示す。

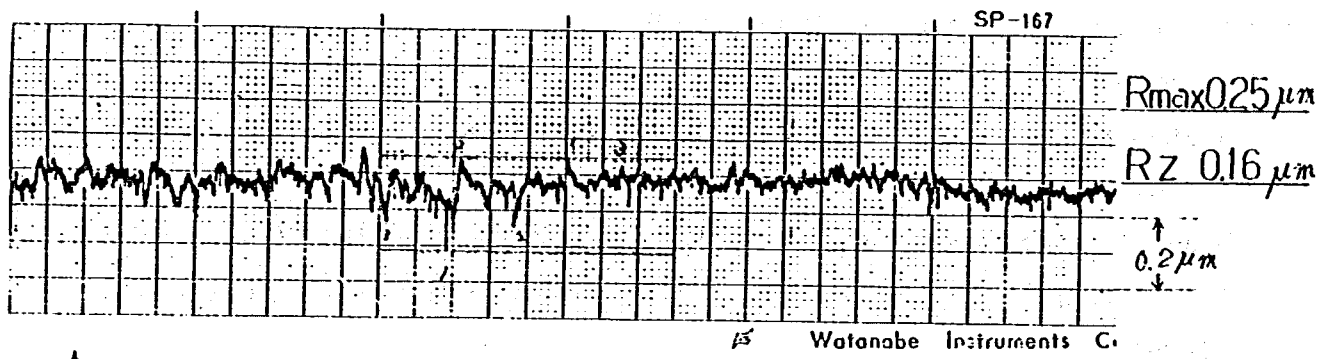
イ) 乾燥15日後の結果では、電磁式Aにおいて測定者間に明らかに差はあるが、電磁式Bは電磁式Aほど明らかな差はみられなかった。しかし、表面あらさが大きく、塗膜が薄い場合には測定者間の差が大きくなる傾向を示している。

乾燥50日後の結果では、測定者間の差は判然としない。

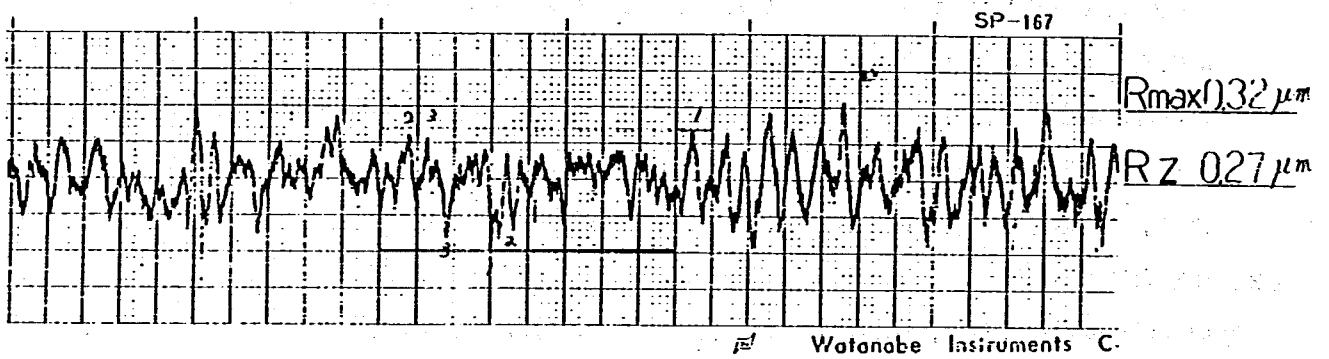
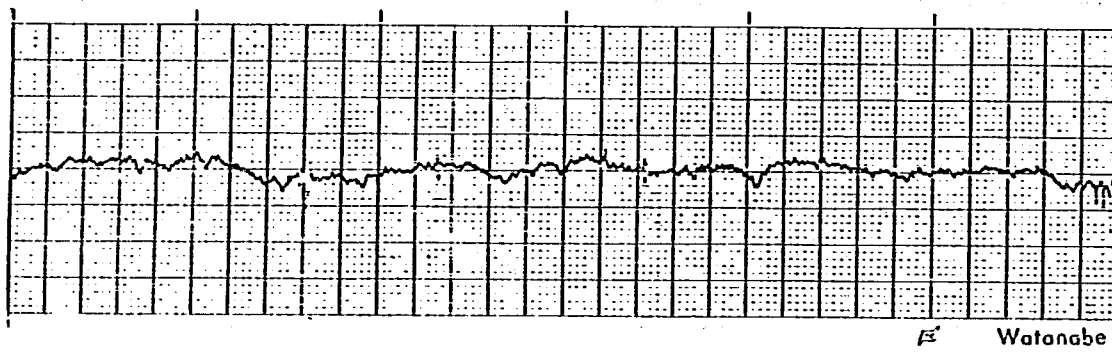
焼付エポキシの膜厚測定結果では、測定者間の差は“高度に有意”であった。計器間の差は判然としないが、膜厚が厚くなると有差差がなくなる。交互作用は“高度に有意”であった。

ロ) 試験片毎の差の検定では、測定者間の差の影響は明らかである。図—6—1～6—2のT, T, M, H, N, S, K, Tは今回の測定以前に膜厚計による測定を行った経験のある者であり、M, F, K, M

平滑面 (0.8^S)



$\uparrow$
 $\delta \bar{\tau}$
 $\downarrow$



$\uparrow$
 $\delta \bar{\tau}$
 $\downarrow$

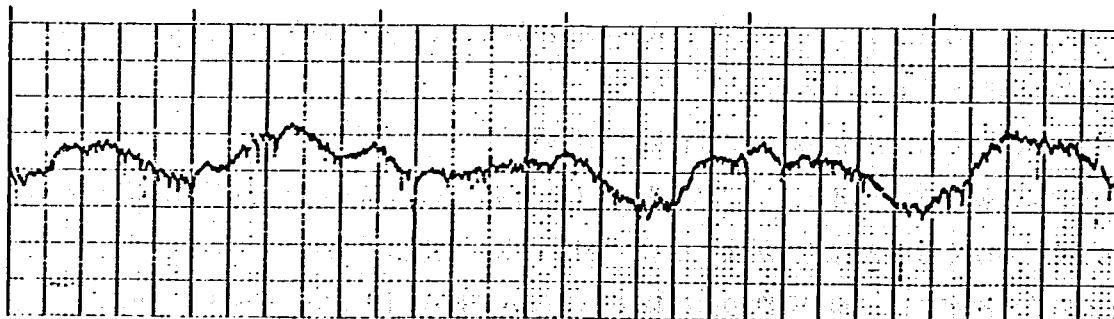


図-1-1 表面あらさ測定結果

サンドブラスト (30^S)

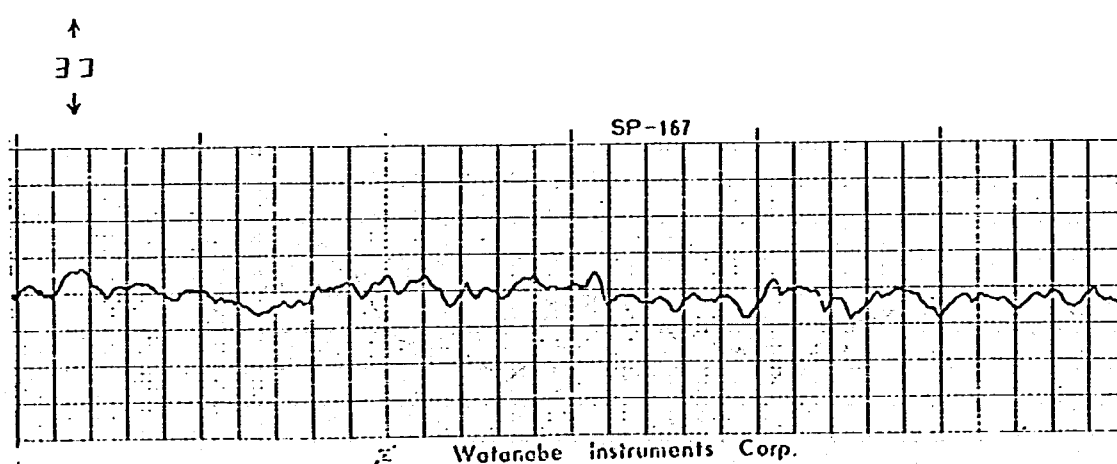
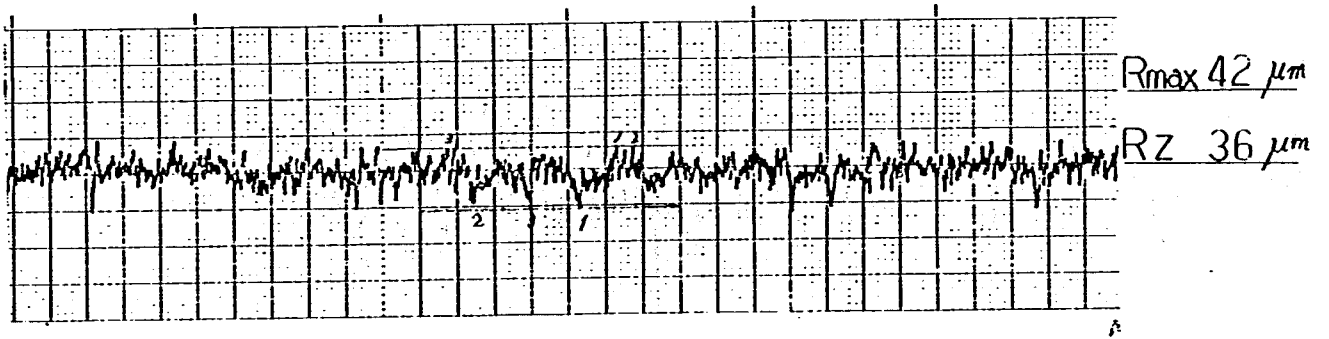
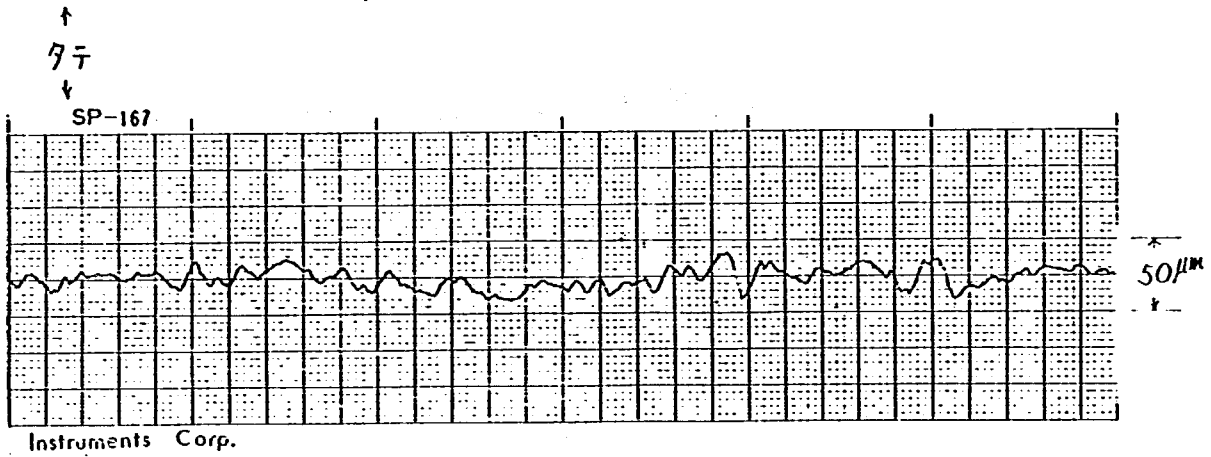
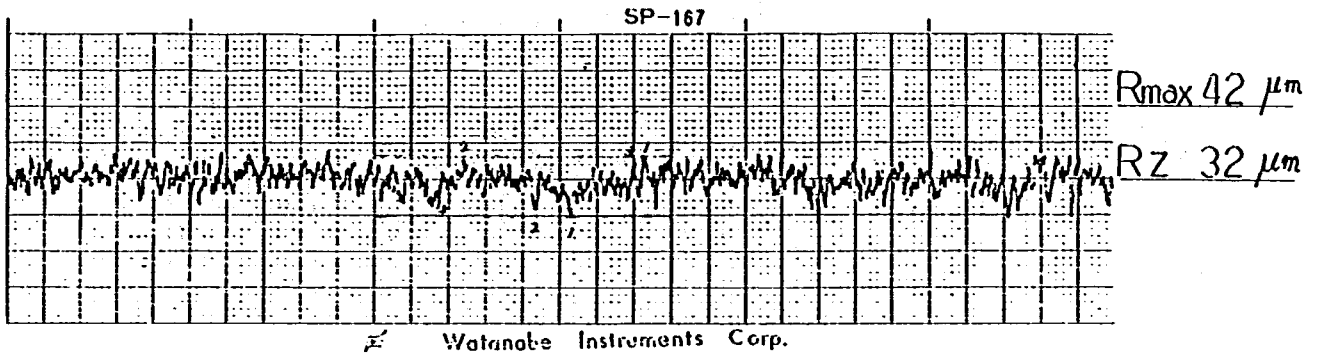


図-1-2 表面あらさ測定結果

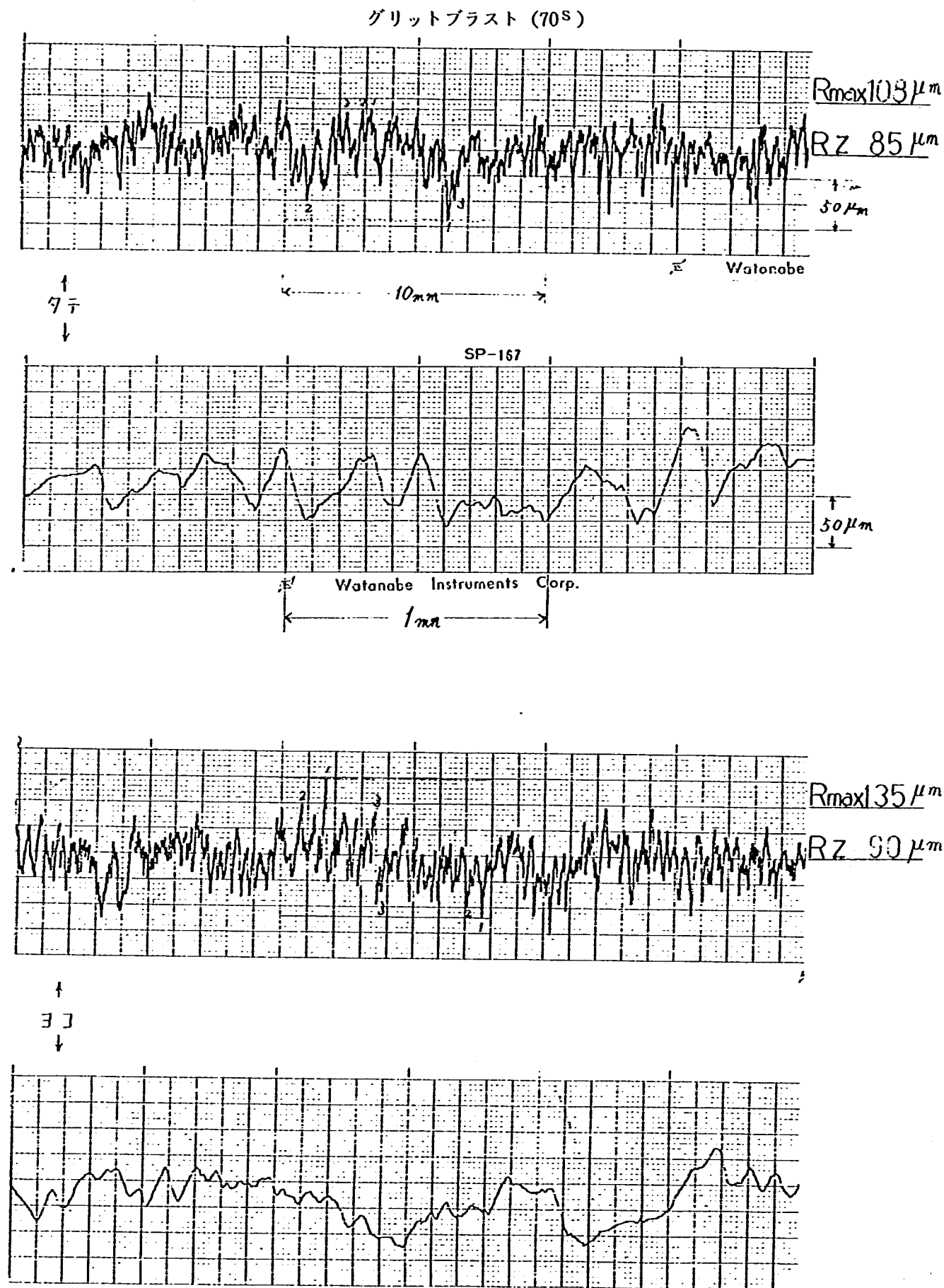
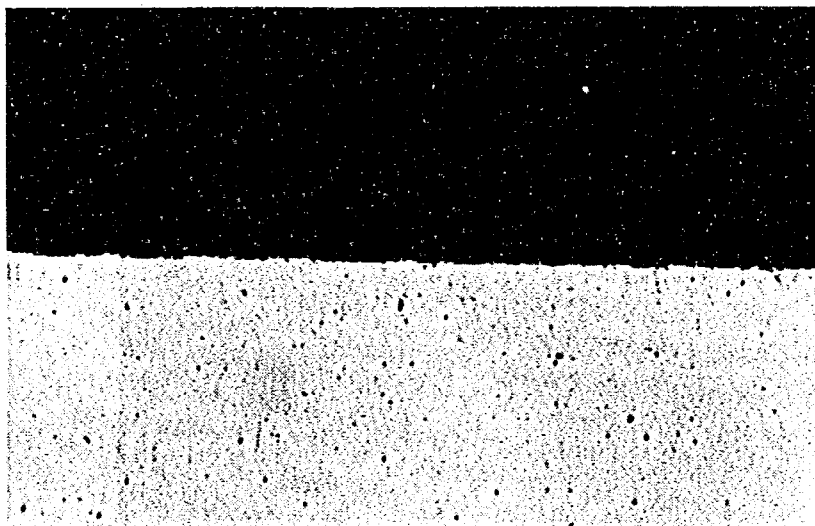
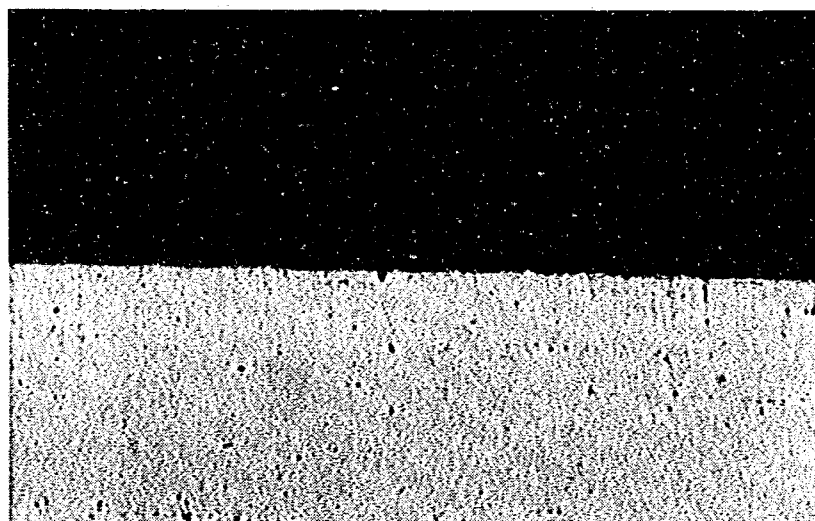


図-1-3 表面あらさ測定結果

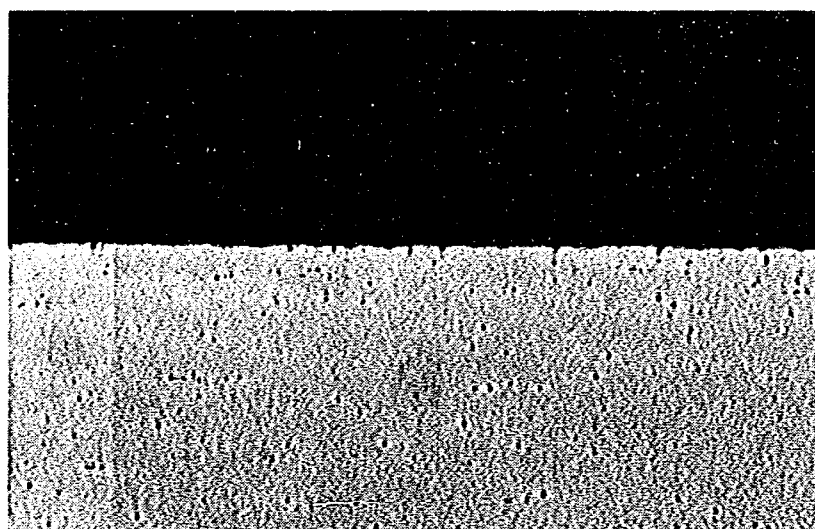
平滑面 (0.8^s)



× 100



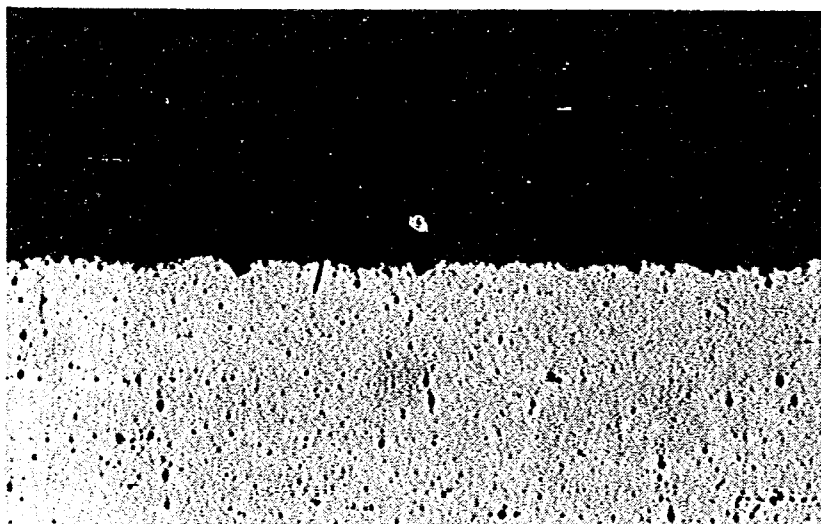
× 100



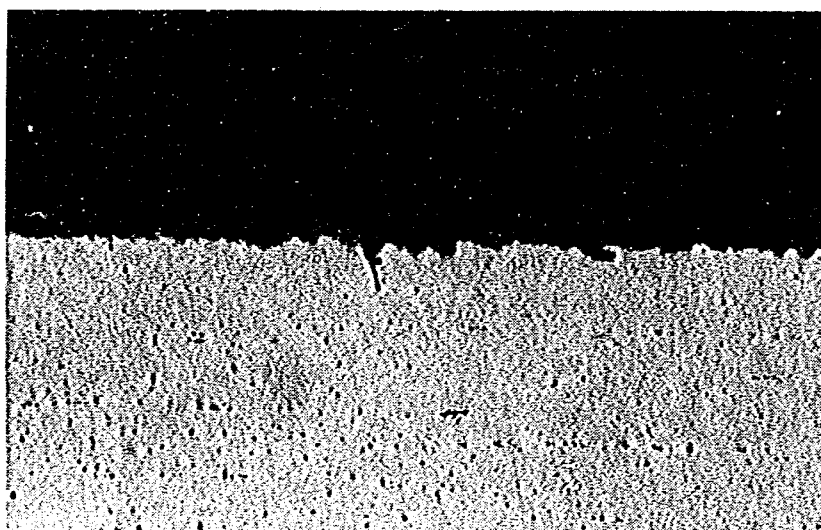
× 100

写真-3-1

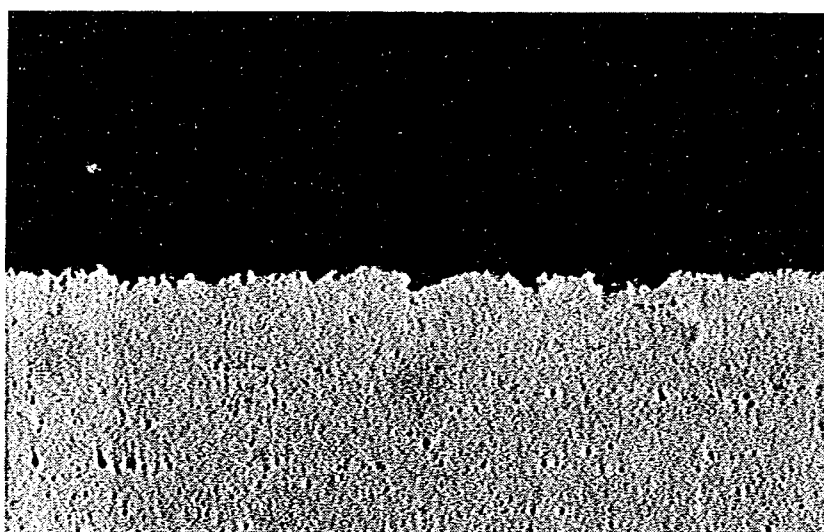
サンドブラスト (0.8^S)



× 100



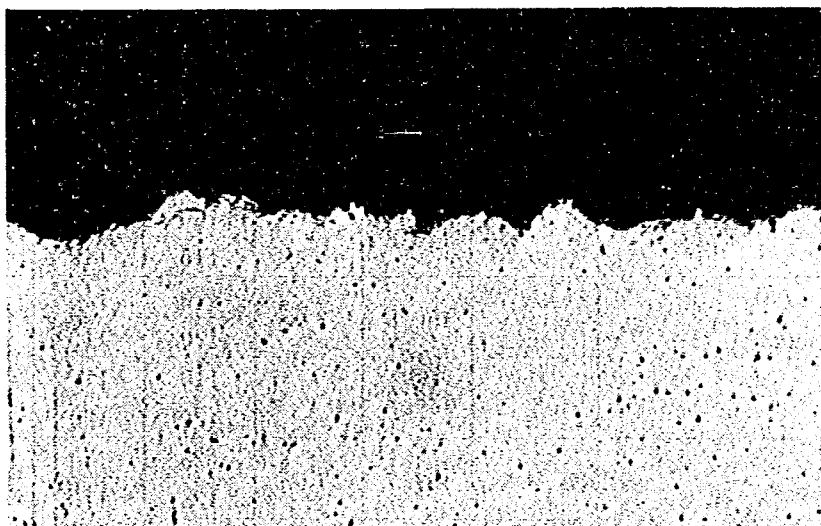
× 100



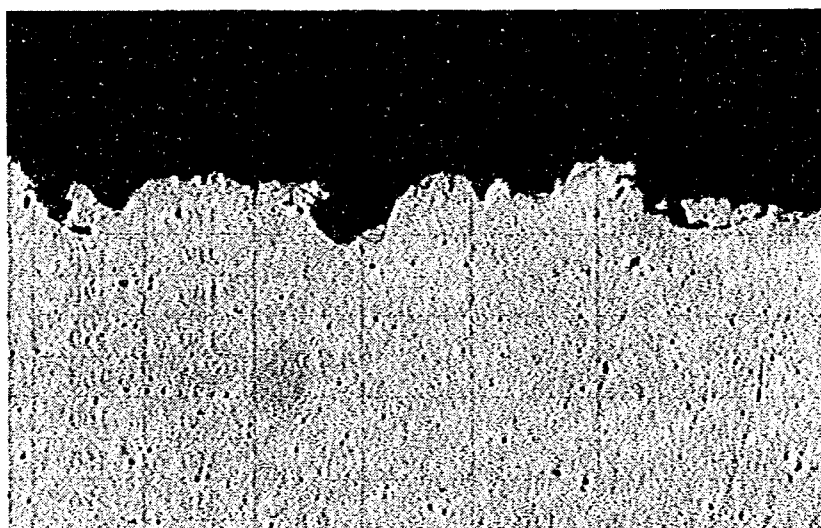
× 100

写真-3-2

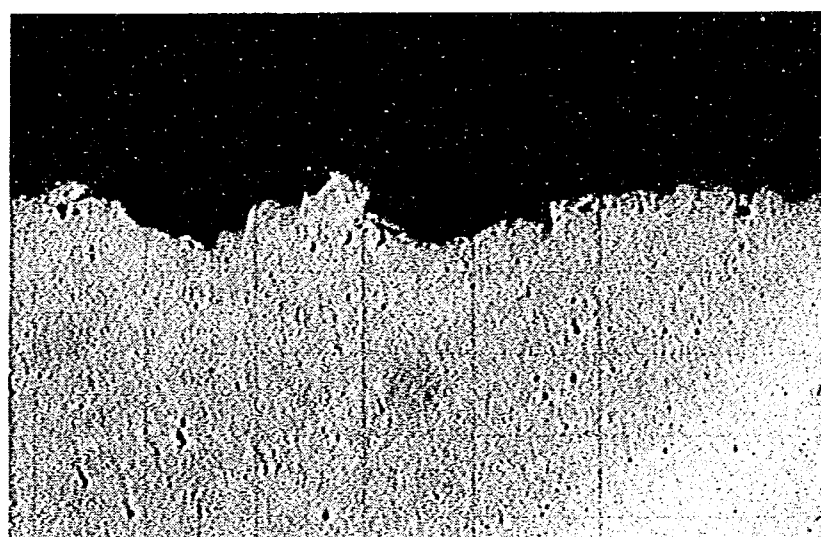
グリットブラスト (70^S)



× 100



× 100



× 100

写真-3-3

表-4-1 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
①	鉛系さび止 1種×2	70	147.6	0.8 ^s	87	100	110	110
					120	115	110	120
②	"	"	143.8	"	100	105	110	110
					115	110	110	110
③	"	"	150.8	30 ^s	120	110	120	120
					120	110	120	120
④	"	"	128.2	"	110	115	110	105
					120	120	120	115
⑤	"	"	157.7	70 ^s	120	130	115	125
					125	115	125	115
⑥	"	"	136.6	"	105	120	115	120
					120	115	110	115
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	—	0.8 ^s	150	160	165	150
					165	165	165	160
⑧	"	"	—	"	145	160	160	165
					150	165	155	165
⑨	"	"	—	30 ^s	150	160	160	150
					170	180	160	170
⑩	"	"	—	"	180	170	180	170
					180	170	170	175
⑪	"	"	—	70 ^s	150	150	155	160
					140	150	150	140
⑫	"	"	—	"	150	160	150	150
					150	155	150	150
⑬	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2	110	—	0.8 ^s	210	220	205	230
					220	220	220	220
⑭	"	"	—	30 ^s	230	230	230	250
					250	230	205	210
⑮	"	"	—	70 ^s	240	250	235	230
					235	250	230	230
⑯	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2 + CR中, 上各1回	175	—	0.8 ^s	270	270	280	270
					270	280	280	270
⑰	"	"	—	30 ^s	290	310	300	310
					290	290	290	310
⑱	"	"	—	70 ^s	310	320	300	310
					320	330	310	320
⑲	タールエポキシ×2	160	254.1	0.8 ^s	180	215	230	230
					280	265	250	240
⑳	"	"	275.5	30 ^s	260	255	245	255
					260	285	280	270
㉑	"	"	313.2	70 ^s	230	255	280	285
					320	290	280	310

(器種 : 電磁式 A)

(測定者 : A)

(乾燥日数 : 15 日)

膜 厚										$\bar{x}$	σ
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
115	120	110	115	115	120	120	105	115	110	114.3	8.7
125	120	105	120	125	120	125					
115	115	110	105	110	110	105	100	110	110	108.4	4.3
105	110	110	110	105	110	100					
120	120	115	125	120	120	125	120	120	115	119.6	3.8
125	120	120	120	120	125	120					
115	100	115	110	110	115	120	115	115	115	113.2	5.8
115	115	120	100	105	115	115					
130	120	120	120	120	110	120	120	120	120	120.4	5.0
120	120	115	120	130	120	115					
115	115	110	110	115	110	115	110	115	120	113.6	4.0
115	115	110	110	115	110	110					
160	160	160	150	150	160	165	165	165	160	160.6	5.5
160	165	170	160	165	160	160					
155	155	150	160	150	150	160	160	160	160	155.0	6.3
155	150	155	150	145	145	150					
155	160	160	155	160	160	155	165	150	155	161.4	8.5
170	165	150	180	160	165	170					
190	180	180	180	180	185	170	170	190	165	174.0	8.3
175	170	165	170	160	160	165					
160	160	170	160	145	165	160	140	140	140	151.8	9.2
165	150	150	140	150	145	160					
155	150	170	160	155	165	150	160	150	150	153.0	7.1
160	145	140	150	150	140	160					
210	190	220	230	230	235	230	220	230	210	218.0	10.7
215	230	205	220	205	215	210					
225	240	210	220	240	250	220	200	225	235	220.6	18.5
210	200	220	215	190	190	190					
260	250	240	255	250	255	260	240	250	235	240.8	11.6
235	220	245	240	220	225	240					
270	280	270	250	290	280	260	290	270	260	276.0	11.2
290	280	280	270	290	280	300					
300	280	300	300	300	310	290	300	300	310	299.2	9.5
280	300	310	310	290	300	310					
310	310	310	310	320	310	320	320	320	330	314.8	7.7
310	320	320	320	300	310	310					
230	230	225	240	225	280	260	200	230	230	243.0	26.9
255	260	290	280	220	260	270					
250	270	265	270	250	240	260	290	280	275	266.4	13.7
280	290	265	260	265	280	260					
285	300	250	255	280	290	270	240	270	300	282.0	25.9
280	270	320	300	260	340	290					

表-4-2 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
①	鉛系さび止 1種×2	70	147.6	0.8 ^s	114	122	123	128
					123	120	124	131
②	"	"	143.8	"	116	128	127	125
					122	120	118	117
③	"	"	150.8	30 ^s	132	129	134	140
					137	128	127	123
④	"	"	128.2	"	108	123	104	118
					125	116	123	125
⑤	"	"	157.7	70 ^s	128	127	120	122
					132	127	135	127
⑥	"	"	136.6	"	117	122	128	129
					124	122	125	132
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	—	0.8 ^s	165	195	180	175
					185	170	175	170
⑧	"	"	—	"	155	170	165	175
					160	166	163	170
⑨	"	"	—	30 ^s	170	168	167	163
					165	168	167	170
⑩	"	"	—	"	182	190	120	173
					176	163	188	194
⑪	"	"	—	70 ^s	148	156	166	174
					167	155	162	155
⑫	"	"	—	"	160	173	147	167
					158	160	166	158
⑬	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2	110	—	0.8 ^s	210	225	235	225
					240	225	245	235
⑭	"	"	—	30 ^s	260	250	245	255
					240	235	220	225
⑮	"	"	—	70 ^s	260	260	245	245
					240	225	245	240
⑯	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2 + CR中, 上各1回	175	—	0.8 ^s	290	290	280	290
					270	285	290	270
⑰	"	"	—	30 ^s	280	295	305	320
					315	305	315	320
⑱	"	"	—	70 ^s	345	340	320	310
					340	340	240	345
⑲	タールエポキシ×2	160	254.1	0.8 ^s	188	220	232	250
					315	288	270	250
⑳	"	"	275.5	30 ^s	252	260	240	285
					265	280	230	285
㉑	"	"	313.2	70 ^s	240	280	290	305
					345	350	320	330

(器種：電磁式A)

(測定者：B)

(乾燥日数：15日)

膜										厚	
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$\bar{x}$	σ
132	113	123	132	136	118	124	113	120	110	123.6	7.0
128	127	130	128	114	125	131					
127	118	114	115	122	114	122	117	126	123	118.4	6.1
115	114	113	115	108	120	103					
132	133	122	142	123	126	130	127	124	133	129.9	5.7
133	133	123	120	128	136	132					
118	102	123	125	113	122	117	126	120	122	119.5	6.8
118	128	128	120	117	122	124					
128	123	125	128	133	127	131	164	137	128	131.4	8.4
136	135	135	136	137	128	137					
122	132	128	124	126	123	127	122	127	122	124.2	3.9
126	126	122	123	120	120	117					
180	152	170	160	165	165	180	170	170	175	172.1	11.3
160	175	180	155	200	160	170					
162	155	154	164	176	153	162	165	170	162	162.8	7.0
165	172	155	160	155	150	165					
158	173	166	173	167	163	167	183	185	160	170.5	8.3
177	170	170	195	163	174	180					
190	181	175	187	176	174	160	172	192	183	179.2	12.8
183	170	176	180	165	166	164					
175	177	154	164	153	150	173	145	168	155	165.6	16.0
160	158	170	177	220	195	163					
154	153	175	163	153	172	150	157	155	160	158.4	8.2
166	147	150	160	157	144	156					
215	195	240	235	250	255	235	230	260	230	231.0	14.1
230	240	215	225	220	230	230					
240	235	210	220	230	255	235	215	240	235	231.6	14.8
220	220	220	235	220	200	230					
260	260	250	260	260	250	275	250	250	250	248.4	11.3
240	240	250	250	230	245	230					
275	280	285	250	305	285	270	305	280	270	284.6	13.0
285	295	295	280	300	285	305					
310	295	305	310	315	310	305	320	310	330	311.2	16.2
290	330	330	305	310	360	290					
320	330	335	330	330	320	340	345	330	350	332.8	10.6
320	340	340	330	320	340	320					
248	247	230	262	239	300	215	205	260	260	261.5	38.7
280	290	315	300	230	293	350					
218	315	280	285	275	250	265	300	295	280	279.9	20.8
285	315	260	275	290	278	275					
315	305	280	280	320	305	300	215	300	330	305.6	34.4
300	305	355	305	285	380	300					

表-4-3 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
①	鉛系さび止 1種×2	70	147.6	0.8 ^s	92	103	105	100
					102	100	105	95
②	"	"	143.8	"	92	85	95	94
					90	90	90	90
③	"	"	150.8	3.0 ^s	105	100	95	85
					100	102	105	105
④	"	"	128.2	"	95	100	90	92
					100	100	100	100
⑤	"	"	157.7	7.0 ^s	85	105	80	100
					85	90	105	100
⑥	"	"	136.6	"	90	95	95	100
					100	95	95	95
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	—	0.8 ^s	115	125	125	130
					145	140	135	130
⑧	"	"	—	"	120	130	135	140
					125	130	135	140
⑨	"	"	—	3.0 ^s	130	140	140	130
					145	150	125	145
⑩	"	"	—	"	145	150	150	135
					145	145	150	150
⑪	"	"	—	7.0 ^s	140	120	125	135
					125	135	140	115
⑫	"	"	—	"	135	140	120	135
					125	140	130	135
⑬	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2	110	—	0.8 ^s	190	200	200	205
					190	180	200	200
⑭	"	"	—	3.0 ^s	215	215	210	215
					210	200	200	195
⑮	"	"	—	7.0 ^s	220	240	225	210
					210	205	215	220
⑯	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2 + CR中, 上各1回	175	—	0.8 ^s	240	245	235	240
					250	250	255	230
⑰	"	"	—	3.0 ^s	250	280	260	280
					270	260	265	280
⑱	"	"	—	7.0 ^s	280	280	275	265
					295	295	280	290
⑲	タールエポキシ×2	160	254.1	0.8 ^s	190	190	220	222
					270	265	245	220
⑳	"	"	275.5	3.0 ^s	230	240	225	255
					225	256	250	260
㉑	"	"	313.2	7.0 ^s	220	235	262	270
					315	305	285	300

(器種 : 電磁式B)

(測定者 : A)

(乾燥日数 : 15 日)

膜										厚	
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$\bar{x}$	σ
85	103	96	100	95	104	98	100	92	95	99.6	5.3
110	100	100	100	100	105	105					
92	91	85	85	90	90	88	80	90	85		
90	90	92	93	90	95	89				89.6	3.5
100	105	100	104	105	105	105	105	100	100		
108	102	110	105	105	105	95				102.2	5.1
100	85	100	100	100	100	103	100	95	100		
98	100	100	100	93	102	100				98.1	4.2
85	100	95	100	95	100	90	100	95	90		
85	100	100	100	100	92	95				94.9	6.9
95	95	92	95	95	100	92	97	100	95		
95	90	90	95	95	95	95				95.0	2.9
155	140	130	145	145	145	155	140	150	135		
155	150	150	150	150	150	140				141.2	10.7
130	120	125	140	140	120	130	140	140	130		
130	140	130	120	125	120	130				130.6	7.4
140	150	145	140	140	135	135	140	140	140		
150	145	130	165	140	150	150				141.6	8.5
155	150	150	155	150	155	140	145	150	145		
155	145	140	145	145	140	140				147.0	5.4
130	150	135	140	120	135	145	130	130	115		
140	140	135	135	135	130	140				132.8	8.9
125	130	150	140	120	140	125	140	125	130		
140	125	130	135	125	125	135				132.0	7.6
185	175	200	200	210	210	195	205	205	195		
190	200	180	195	180	190	195				195.0	9.6
210	215	195	195	220	235	220	180	205	205		
190	195	210	200	185	185	170				203.0	14.6
240	230	230	230	240	230	230	230	240	230		
215	220	220	230	215	225	200				224.0	11.1
235	240	260	230	250	250	245	260	240	240		
245	245	250	235	255	245	255				245.0	8.5
270	255	270	270	280	265	270	275	280	280		
255	280	290	270	270	280	230				269.4	12.8
270	290	270	280	275	280	285	295	290	290		
270	285	300	295	260	290	280				282.6	10.5
215	225	215	230	215	260	240	190	230	235		
240	265	280	280	215	265	270				235.7	27.7
220	260	250	255	250	230	230	270	255	246		
262	282	230	245	260	260	235				247.2	15.8
290	280	252	250	282	285	276	243	260	295		
270	266	330	285	255	350	260				276.8	29.3

表-4-4 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
①	鉛系さび止 1種×2	70	147.6	0.8 ^s	100	100	105	105
					105	105	105	105
②	"	"	143.8	"	95	90	95	95
					90	95	95	90
③	"	"	150.8	30 ^s	110	95	105	95
					105	110	110	115
④	"	"	128.2	"	100	105	95	105
					105	105	100	100
⑤	"	"	157.7	70 ^s	100	95	85	95
					90	90	110	100
⑥	"	"	136.6	"	100	95	100	100
					105	100	95	95
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	—	0.8 ^s	125	140	140	125
					160	145	140	135
⑧	"	"	—	"	120	135	135	140
					130	135	135	145
⑨	"	"	—	30 ^s	120	140	140	120
					145	140	125	150
⑩	"	"	—	"	155	160	150	135
					145	150	160	155
⑪	"	"	—	70 ^s	125	125	125	140
					130	140	145	120
⑫	"	"	—	"	130	135	120	125
					130	130	120	125
⑬	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2	110	—	0.8 ^s	185	205	185	205
					195	185	205	205
⑭	"	"	—	30 ^s	215	220	215	230
					220	210	195	205
⑮	"	"	—	70 ^s	220	235	220	210
					210	205	215	200
⑯	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2 + CR中, 上各1回	175	—	0.8 ^s	245	235	240	245
					240	240	250	225
⑰	"	"	—	30 ^s	260	270	260	280
					270	245	260	265
⑱	"	"	—	70 ^s	265	280	270	260
					290	280	280	285
⑲	タールエポキシ×2	160	254.1	0.8 ^s	175	200	215	225
					265	250	235	225
⑳	"	"	275.5	30 ^s	240	235	220	250
					235	255	260	260
㉑	"	"	313.2	70 ^s	225	245	260	270
					315	305	290	290

(器種：電磁式B)

(測定者：B)

(乾燥日数：15日)

膜										厚	
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$\bar{x}$	σ
95	100	110	105	95	100	100	100	95	105	103.0	4.3
110	105	105	100	105	110	105					
95	90	85	85	95	90	90	75	90	85	90.6	4.6
90	90	95	90	90	95	90					
115	110	105	115	115	105	120	105	110	110	107.2	7.1
100	105	105	90	105	115	105					
100	95	100	100	100	100	105	105	105	100	101.2	3.3
100	100	105	100	95	100	105					
100	110	105	105	105	105	80	95	95	100	97.8	7.2
95	100	100	100	90	95	100					
100	95	95	100	100	100	100	100	95	100	97.8	3.6
100	90	90	100	95	95	100					
155	145	140	140	150	145	160	150	140	140	145.0	10.0
155	150	150	150	130	160	155					
130	125	130	135	155	125	140	140	145	135	134.8	8.6
140	145	130	125	130	120	145					
135	155	145	130	145	130	150	145	145	130	140.0	11.5
160	130	145	160	125	150	140					
155	150	150	150	155	150	140	150	155	135	148.6	7.6
160	145	145	145	145	140	135					
125	150	130	130	115	125	140	125	120	135	131.2	9.4
145	125	130	135	120	145	135					
120	115	140	110	125	150	125	130	125	125	126.4	8.1
130	130	125	130	125	115	125					
195	175	205	205	215	210	200	205	215	200	198.4	10.0
200	200	190	195	185	200	195					
215	210	195	200	215	225	210	200	215	215	206.2	14.2
200	195	205	205	195	180	165					
240	230	220	225	220	230	235	230	230	220	219.8	10.3
210	210	220	220	210	220	210					
240	245	250	225	245	245	235	245	230	220	242.2	9.8
240	250	250	245	255	255	260					
260	255	265	260	280	265	260	260	260	280	264.0	11.5
250	270	280	260	265	285	235					
270	290	270	270	270	270	265	285	275	285	275.6	10.0
260	285	290	280	255	280	280					
220	220	215	225	215	265	230	190	235	230	232.0	25.0
245	260	265	265	210	260	260					
220	260	250	255	240	220	240	270	250	245	247.8	17.0
260	290	230	245	265	265	235					
285	275	250	250	290	270	270	240	260	300	276.0	28.9
280	260	330	275	250	350	265					

表-4-5 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
①	鉛系さび止 1種×2	70	147.6	0.8 ^s	120	130	125	150
					140	130	140	150
②	"	"	143.8	"	125	130	130	130
					130	130	125	130
③	"	"	150.8	30 ^s	150	130	170	170
					160	130	120	150
④	"	"	128.2	"	110	120	110	110
					125	120	130	140
⑤	"	"	157.7	70 ^s	150	140	150	130
					175	160	130	170
⑥	"	"	136.6	"	100	130	130	120
					120	100	120	130
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	—	0.8 ^s	190	210	220	230
					220	190	190	225
⑧	"	"	—	"	190	175	190	220
					200	220	180	200
⑨	"	"	—	30 ^s	180	220	210	225
					170	200	210	200
⑩	"	"	—	"	210	230	220	210
					210	180	220	230
⑪	"	"	—	70 ^s	200	210	225	180
					240	160	210	200
⑫	"	"	—	"	200	230	180	190
					220	180	210	225
⑬	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2	110	—	0.8 ^s	230	240	230	250
					250	240	270	250
⑭	"	"	—	30 ^s	260	280	270	300
					280	240	225	250
⑮	"	"	—	70 ^s	270	280	240	260
					280	250	280	260
⑯	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2 + CR中, 上各1回	175	—	0.8 ^s	175	200	270	225
					280	150	310	210
⑰	"	"	—	30 ^s	310	230	95	150
					280	190	120	220
⑱	"	"	—	70 ^s	150	150	110	85
					85	90	150	65
⑲	タールエポキシ×2	160	254.1	0.8 ^s	210	225	260	250
					280	200	230	270
⑳	"	"	275.5	30 ^s	260	290	250	300
					290	310	290	300
㉑	"	"	313.2	70 ^s	240	270	230	200
					350	340	340	280

〔器種：永久磁石式〕

〔測定者：E〕

〔乾燥日数：15日〕

膜 厚										$\bar{x}$	σ
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
125	150	140	140	150	140	130	150	140	140	140.4	11.6
140	150	140	170	130	130	160					
140	140	140	130	140	130	130	130	130	140	129.8	6.4
125	120	130	120	120	130	120					
150	130	120	130	150	150	120	140	130	150	139.2	15.8
120	130	140	120	130	160	120					
120	95	125	130	120	120	120	125	140	120	120.4	11.0
100	130	130	130	110	120	110					
150	130	110	130	150	130	160	150	120	120	139.6	17.7
130	130	120	130	170	125	130					
120	120	100	120	130	120	140	125	130	140	121.0	11.5
110	130	100	120	130	120	120					
225	225	180	200	225	180	220	280	230	260	213.4	25.8
225	190	230	180	220	170	220					
210	210	210	190	220	180	220	180	190	200	196.4	17.2
200	210	200	170	160	175	210					
190	210	200	220	230	190	200	200	210	230	204.8	17.3
200	220	225	225	175	180	200					
225	200	210	220	225	210	200	180	230	210	207.2	19.0
220	180	210	225	180	175	170					
220	210	210	230	200	200	180	210	220	230	210.8	20.5
190	200	250	240	225	210	220					
200	175	225	210	210	220	180	210	225	225	206.8	18.6
200	230	220	210	200	225	170					
230	230	270	260	280	280	230	250	270	250	248.8	17.6
240	280	230	250	230	230	250					
270	260	240	250	270	300	250	225	280	260	254.8	23.1
250	240	250	250	240	220	210					
300	280	290	290	290	300	300	300	290	290	277.2	19.3
250	260	280	290	250	300	250					
230	140	140	70	75	75	225	230	130	130	200.2	74.6
170	300	310	260	290	250	160					
150	300	110	125	130	220	200	240	80	170	179.8	75.3
250	300	150	220	65	130	60					
120	110	130	80	125	90	100	100	120	90	107.0	32.3
110	100	200	100	100	65	50					
250	190	240	130	260	200	120	200	260	260	245.4	53.6
300	310	290	320	240	310	330					
260	320	300	300	300	260	270	310	300	300	292.4	19.8
310	320	270	290	310	310	290					
310	320	290	300	320	320	280	300	300	340	296.0	37.3
310	320	260	310	300	250	310					

表-4-6 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
①	鉛系さび止 1種×2	70	147.6	0.8 ^s	125	125	130	150
					140	130	140	125
②	"	"	143.8	"	120	150	140	140
					150	130	120	130
③	"	"	150.8	30 ^s	130	130	140	150
					140	130	160	125
④	"	"	128.2	"	120	120	110	110
					120	130	130	130
⑤	"	"	157.7	70 ^s	125	130	160	150
					170	150	130	140
⑥	"	"	136.6	"	120	120	120	130
					130	130	125	130
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	—	0.8 ^s	210	210	190	225
					220	210	170	220
⑧	"	"	—	"	190	180	180	190
					190	220	160	210
⑨	"	"	—	30 ^s	190	200	200	210
					200	200	230	200
⑩	"	"	—	"	220	230	230	200
					180	180	200	220
⑪	"	"	—	70 ^s	180	200	210	200
					240	170	200	180
⑫	"	"	—	"	160	190	175	200
					210	175	190	175
⑬	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2	110	—	0.8 ^s	220	250	230	260
					230	250	270	250
⑭	"	"	—	30 ^s	270	270	270	290
					270	250	230	250
⑮	"	"	—	70 ^s	270	270	270	250
					270	240	270	270
⑯	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2 + CR中, 上各1回	175	—	0.8 ^s	290	230	230	230
					280	290	230	210
⑰	"	"	—	30 ^s	270	230	160	330
					130	240	230	130
⑱	"	"	—	70 ^s	380	240	250	240
					220	160	320	200
⑲	タールエポキシ×2	160	254.1	0.8 ^s	200	220	230	250
					310	310	280	250
⑳	"	"	275.5	30 ^s	260	280	250	300
					300	300	290	300
㉑	"	"	313.2	70 ^s	230	240	280	320
					350	350	320	330

(器種:永久磁石式)

(測定者:F)

(乾燥日数:15日)

膜										厚	
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$\bar{x}$	σ
170	130	130	140	140	130	130	130	130	140	135.0	11.6
160	140	130	140	120	130	120					
140	140	130	140	140	130	140	140	130	140	132.6	9.5
120	120	130	125	130	120	120					
140	140	140	140	130	140	130	140	140	130	137.0	7.6
140	140	130	130	140	140	130					
120	95	130	130	110	120	125	130	150	125	122.4	11.3
120	130	140	125	110	110	120					
150	140	125	130	140	140	140	160	160	140	142.0	13.8
170	140	130	140	140	120	130					
120	125	120	120	130	110	140	120	130	130	125.0	6.9
120	140	120	130	120	125	120					
200	200	175	220	230	170	220	200	200	225	205.6	19.9
220	175	220	170	210	220	230					
200	200	180	190	210	180	210	170	200	180	190.4	15.1
200	200	200	200	170	180	170					
170	210	200	210	200	180	175	180	220	220	204.6	23.2
210	220	230	220	280	180	180					
220	210	210	230	225	210	200	180	220	210	204.0	19.0
210	180	200	210	175	180	170					
225	220	190	210	200	180	175	200	220	220	204.4	19.0
180	220	220	230	210	220	210					
220	160	200	200	200	210	175	190	200	200	191.6	17.6
200	210	220	175	175	200	175					
240	225	270	250	270	260	230	250	300	240	246.6	18.2
230	250	240	240	230	230	250					
270	260	220	230	270	300	270	220	260	230	249.6	25.1
230	220	250	260	230	210	210					
300	300	300	300	300	290	300	280	300	270	276.4	20.2
260	260	270	270	270	300	230					
150	280	270	280	220	190	150	200	110	220	219.4	55.0
170	250	140	125	280	270	190					
240	200	250	140	270	240	250	230	160	190	222.8	55.6
300	200	190	180	330	220	260					
320	260	220	250	200	260	200	310	250	140	236.4	57.8
200	250	250	270	220	170	130					
250	240	230	240	240	300	270	225	260	270	266.2	35.7
280	300	310	320	240	310	320					
250	310	300	310	310	270	280	320	310	300	294.0	20.2
310	320	280	300	310	310	280					
320	320	300	280	320	320	320	280	320	320	311.2	29.9
320	320	310	340	300	350	320					

表-4-7 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
①	鉛系さび止 1種×2	70	147.6	0.8 ^s	115	130	115	145
					145	135	150	125
②	"	"	143.8	"	115	140	130	140
					140	130	130	130
③	"	"	150.8	30 ^s	135	150	140	140
					155	145	140	140
④	"	"	128.2	"	115	120	105	110
					140	110	140	140
⑤	"	"	157.7	70 ^s	155	145	160	145
					170	160	140	150
⑥	"	"	136.6	"	105	125	130	130
					120	120	115	135
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	—	0.8 ^s	180	190	185	180
					190	180	175	200
⑧	"	"	—	"	165	180	170	170
					180	190	180	190
⑨	"	"	—	30 ^s	170	180	180	180
					190	180	185	180
⑩	"	"	—	"	205	225	200	205
					190	185	210	220
⑪	"	"	—	70 ^s	160	165	170	170
					180	170	170	180
⑫	"	"	—	"	165	170	165	180
					170	165	170	170
⑬	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2	110	—	0.8 ^s	200	225	215	220
					230	215	235	230
⑭	"	"	—	30 ^s	235	240	235	240
					240	215	215	230
⑮	"	"	—	70 ^s	240	255	245	240
					250	210	250	220
⑯	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2 + CR中, 上各1回	175	—	0.8 ^s	270	270	260	280
					270	270	280	260
⑰	"	"	—	30 ^s	275	310	310	320
					320	290	300	330
⑱	"	"	—	70 ^s	340	340	320	320
					340	330	350	350
⑲	クールエポキシ×2	160	254.1	0.8 ^s	180	210	220	235
					300	270	255	235
⑳	"	"	275.5	30 ^s	240	240	230	260
					255	260	270	280
㉑	"	"	313.2	70 ^s	220	260	265	285
					320	340	300	320

(器種：電磁式A)

(測定者：A)

(乾燥日数：50日)

膜										厚	
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$\bar{x}$	σ
145	145	140	145	170	135	135	130	140	150	141.0	12.3
160	140	145	155	140	145	145					
125	135	130	140	130	140	130	125	140	150	130.6	8.6
130	130	125	125	120	120	115					
150	125	125	150	125	150	130	130	140	160	140.0	10.4
140	150	130	130	125	150	145					
115	100	130	130	120	120	110	140	135	120	123.8	12.3
110	135	140	125	125	130	130					
160	135	105	130	165	155	175	165	160	170	152.4	15.2
155	155	150	165	160	140	140					
120	120	105	115	135	120	140	125	130	135	123.6	8.8
125	125	120	130	120	130	115					
180	170	175	165	190	180	180	180	180	185	181.0	7.2
180	180	180	175	175	190	180					
175	175	155	175	185	170	180	175	180	180	176.0	8.7
180	190	180	175	160	170	170					
170	180	185	185	180	180	185	180	190	180	182.6	6.8
190	180	195	200	180	185	175					
210	195	205	210	220	190	185	195	205	220	199.8	14.9
195	185	210	205	180	180	165					
170	180	160	170	160	170	170	170	160	175	172.4	8.3
180	165	180	190	180	170	190					
165	160	180	175	165	175	160	170	170	175	169.2	6.2
170	170	175	180	160	165	160					
215	200	240	230	235	230	210	220	225	210	220.4	10.4
220	220	220	225	220	210	210					
230	240	225	220	220	240	240	200	230	230	225.0	12.5
220	210	220	225	215	210	200					
260	240	250	250	250	260	250	230	245	250	242.4	12.7
230	240	245	250	220	250	230					
270	280	290	270	300	280	270	270	260	250	273.4	11.3
280	265	290	260	280	280	280					
310	290	320	320	320	310	310	310	310	330	308.6	14.7
300	320	310	310	310	310	270					
330	340	330	340	350	330	340	350	340	350	338.4	11.4
320	340	360	350	320	350	330					
245	245	230	245	230	280	240	220	235	250	250.4	30.1
270	280	300	280	230	280	295					
240	280	275	265	260	240	270	280	270	260	262.2	14.9
270	280	250	270	270	280	260					
300	300	275	270	300	295	310	255	285	320	293.4	29.4
290	280	320	285	270	360	310					

表-4-8 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
①	鉛系さび止 1種×2	70	147.6	0.8 ^s	110	132	127	135
					135	145	130	145
②	"	"	143.8	"	120	140	135	132
					150	132	125	132
③	"	"	150.8	30 ^s	130	122	152	160
					160	130	140	135
④	"	"	128.2	"	110	130	110	110
					136	122	133	145
⑤	"	"	157.7	70 ^s	152	130	160	140
					160	162	120	135
⑥	"	"	136.6	"	110	120	137	130
					130	135	125	140
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	—	0.8 ^s	180	210	200	190
					200	180	190	190
⑧	"	"	—	"	172	180	182	190
					180	200	175	188
⑨	"	"	—	30 ^s	180	200	190	190
					190	175	200	195
⑩	"	"	—	"	205	215	210	190
					200	180	198	210
⑪	"	"	—	70 ^s	175	175	175	180
					170	166	180	170
⑫	"	"	—	"	170	180	170	175
					170	165	175	180
⑬	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2	110	—	0.8 ^s	220	232	215	240
					225	220	232	240
⑭	"	"	—	30 ^s	245	242	242	265
					245	230	215	230
⑮	"	"	—	70 ^s	252	270	250	250
					242	245	250	240
⑯	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2 + CR中, 上各1回	175	—	0.8 ^s	285	282	280	290
					270	280	290	270
⑰	"	"	—	30 ^s	300	310	305	310
					310	300	310	310
⑱	"	"	—	70 ^s	340	330	315	310
					330	330	330	340
⑲	タールエポキシ×2	160	254.1	0.8 ^s	180	210	230	242
					280	270	250	240
⑳	"	"	275.5	30 ^s	250	268	240	272
					260	272	275	278
㉑	"	"	313.2	70 ^s	240	250	280	288
					320	325	300	305

(器種 : 電磁式 A)

(測定者 : C)

(乾燥日数 : 50 日)

膜 厚										$\bar{x}$	σ
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
160	130	130	143	150	130	141	130	150	145	139.2	11.3
150	145	140	162	130	145	140					
140	133	130	150	140	135	145	135	140	150	133.2	9.6
122	120	130	130	123	118	122					
145	140	125	160	140	160	130	140	140	150	140.9	11.1
142	145	140	135	132	140	130					
115	100	130	140	130	122	115	135	142	130	126.0	12.1
115	135	144	130	120	118	133					
157	135	122	140	142	135	160	138	172	175	148.0	14.9
165	160	145	140	155	140	160					
122	122	113	130	135	125	130	120	135	145	126.9	8.7
130	130	110	127	126	125	120					
200	185	180	190	190	190	200	190	200	200	192.8	8.5
205	190	200	177	190	200	192					
190	182	175	185	190	180	190	170	192	176	182.2	7.8
180	180	180	190	170	172	185					
180	180	180	195	202	180	180	190	200	200	190.6	8.5
195	190	202	200	190	195	185					
217	195	200	200	205	200	173	190	215	193	195.5	13.5
196	180	192	200	180	174	170					
170	190	170	185	175	185	170	180	176	175	178.8	7.5
180	182	180	190	190	190	190					
170	165	190	180	176	182	165	180	180	175	174.2	6.4
170	172	180	173	170	176	165					
220	200	230	240	250	240	240	230	252	222	228.3	12.6
225	240	215	225	210	215	230					
240	240	220	230	240	255	235	212	250	240	231.5	16.2
225	215	230	226	215	200	200					
280	272	250	260	270	265	260	255	260	250	252.9	11.7
242	242	250	250	232	246	240					
275	275	280	265	290	280	260	290	280	275	281.7	9.7
290	285	295	280	295	280	300					
300	290	300	305	305	320	300	300	305	325	306.0	10.8
290	310	325	305	310	325	280					
325	330	320	330	330	330	330	340	330	345	330.0	9.6
320	340	340	340	310	340	325					
230	233	230	245	230	280	250	203	245	245	248.0	28.8
265	280	290	285	222	275	290					
240	285	268	275	266	255	253	300	290	270	269.8	15.6
280	300	260	263	280	280	265					
290	300	270	280	300	295	300	262	280	300	291.8	25.3
286	280	340	300	265	350	290					

表-4-9 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
①	鉛系さび止 1種×2	70	147.6	0.8 ^s	108	120	102	131
					130	130	100	122
②	"	"	143.8	"	115	140	122	130
					130	115	120	120
③	"	"	150.8	30 ^s	125	140	115	145
					155	120	125	110
④	"	"	128.2	"	100	110	105	95
					120	112	120	125
⑤	"	"	157.7	70 ^s	145	110	135	125
					145	140	125	120
⑥	"	"	136.6	"	95	120	115	120
					105	110	105	130
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	—	0.8 ^s	160	170	165	155
					170	165	165	170
⑧	"	"	—	"	165	165	165	170
					165	170	165	165
⑨	"	"	—	30 ^s	170	170	170	170
					170	165	170	170
⑩	"	"	—	"	170	165	170	165
					170	165	155	170
⑪	"	"	—	70 ^s	155	150	155	160
					155	165	160	160
⑫	"	"	—	"	150	160	150	160
					160	155	160	160
⑬	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2	110	—	0.8 ^s	180	200	195	200
					205	190	210	215
⑭	"	"	—	30 ^s	220	230	225	215
					220	195	200	215
⑮	"	"	—	70 ^s	220	240	215	220
					235	195	230	210
⑯	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2 + CR中, 上各1回	175	—	0.8 ^s	250	245	240	260
					240	240	255	230
⑰	"	"	—	30 ^s	250	280	270	270
					270	250	270	280
⑱	"	"	—	70 ^s	280	290	270	280
					300	290	290	305
⑲	クールエポキシ×2	160	254.1	0.8 ^s	170	200	210	215
					290	250	240	220
⑳	"	"	275.5	30 ^s	230	240	210	240
					235	250	260	265
㉑	"	"	313.2	70 ^s	205	260	260	270
					310	330	300	310

〔器種：電磁式B〕

〔測定者：A〕

〔乾燥日数：50日〕

膜 厚										$\bar{x}$	σ
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
125	130	118	145	157	115	131	127	133	130	123.0	13.7
124	125	132	120	110	115	95					
135	122	120	130	125	120	125	130	125	140	120.6	10.9
105	110	112	110	110	110	95					
142	112	120	145	110	130	115	115	125	140	127.0	13.6
150	125	130	130	105	120	125					
105	80	120	120	110	110	105	122	125	110	111.5	11.8
100	122	135	112	100	105	120					
140	120	105	125	130	110	115	125	150	150	129.2	13.7
140	150	125	115	140	115	130					
105	195	110	125	120	105	120	105	112	120	111.9	9.0
120	120	105	115	105	105	110					
180	180	170	165	160	170	180	170	180	175	169.4	7.0
170	170	180	160	165	170	170					
160	165	160	170	155	165	170	160	170	165	163.4	5.2
160	160	160	165	150	155	165					
170	170	165	170	165	170	170	170	170	175	170.2	3.7
180	170	170	180	165	170	170					
175	175	170	170	170	170	170	170	180	160	167.2	6.6
175	165	160	170	160	155	155					
140	155	165	160	155	160	145	150	145	160	155.6	6.5
160	155	150	150	160	155	165					
160	150	165	165	160	160	150	165	155	165	157.4	5.4
160	155	160	160	150	150	150					
190	195	210	205	210	220	200	200	220	205	201.2	9.4
195	200	195	200	195	200	195					
220	225	210	215	205	220	220	195	220	220	210.8	12.4
205	200	200	205	210	205	175					
245	240	230	245	240	235	240	210	240	230	227.2	13.3
215	215	230	230	215	240	215					
245	255	255	245	265	250	230	250	245	230	248.2	9.8
250	255	260	240	255	255	260					
260	250	280	270	265	270	280	260	270	280	267.0	12.3
255	270	290	260	270	270	235					
270	280	270	280	300	280	280	290	290	300	287.0	11.7
300	300	300	290	270	300	270					
210	220	225	240	220	270	230	210	230	230	236.0	30.2
240	260	290	270	210	270	280					
230	250	250	240	250	230	250	250	255	260	249.0	41.4
260	270	250	255	300	260	235					
280	290	280	255	300	260	280	255	260	310	282.8	32.7
280	255	310	260	270	360	300					

表-4-10 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
①	鉛系さび止 1種×2	70	147.6	0.8 ^s	107	105	92	150
					125	110	122	120
②	"	"	143.8	"	112	125	122	130
					132	114	120	120
③	"	"	150.8	30 ^s	110	135	150	135
					140	125	150	120
④	"	"	128.2	"	100	115	90	105
					125	105	120	125
⑤	"	"	157.7	70 ^s	137	140	168	140
					160	156	113	130
⑥	"	"	136.6	"	95	110	107	115
					110	115	100	125
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	—	0.8 ^s	170	165	170	170
					170	170	155	160
⑧	"	"	—	"	160	170	160	166
					170	175	165	170
⑨	"	"	—	30 ^s	170	175	180	170
					177	160	180	163
⑩	"	"	—	"	200	212	200	190
					178	172	196	205
⑪	"	"	—	70 ^s	160	160	162	160
					170	155	160	167
⑫	"	"	—	"	160	165	153	165
					165	155	160	162
⑬	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2	110	—	0.8 ^s	190	210	210	200
					220	202	220	216
⑭	"	"	—	30 ^s	220	240	235	230
					230	212	210	232
⑮	"	"	—	70 ^s	230	255	230	232
					242	203	240	215
⑯	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2 + CR中, 上各1回	175	—	0.8 ^s	260	260	245	265
					250	270	270	242
⑰	"	"	—	30 ^s	280	320	300	320
					310	300	305	310
⑱	"	"	—	70 ^s	340	340	315	310
					370	345	340	362
⑲	タールエポキシ×2	160	254.1	0.8 ^s	180	205	215	230
					290	250	253	240
⑳	"	"	275.5	30 ^s	247	250	225	260
					242	258	255	282
㉑	"	"	313.2	70 ^s	220	265	270	290
					320	345	320	320

(器種:電磁式B)

(測定者:C)

(乾燥日数:50日)

膜						厚					
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$\bar{x}$	σ
116	110	136	104	126	120	130	123	142	110	121.9	14.7
120	128	128	135	156	118	115					
122	125	115	130	126	125	122	123	116	132	118.6	9.3
113	100	110	100	120	110	102					
140	105	100	140	95	125	110	130	120	140	125.4	16.8
155	140	105	120	120	120	105					
100	85	125	125	110	120	95	130	125	100	112.3	12.7
100	128	120	112	117	110	120					
160	120	97	106	157	130	165	168	145	160	142.6	19.2
140	150	138	130	151	145	159					
110	112	105	110	115	110	120	107	115	126	110.8	7.2
110	120	110	105	102	107	110					
165	170	162	170	173	165	170	170	170	165	166.8	5.3
168	175	156	160	170	160	172					
165	170	150	162	175	163	168	162	170	170	165.7	6.0
172	170	160	167	155	163	165					
170	175	180	173	175	170	170	165	175	175	172.3	5.9
183	170	180	170	170	167	165					
184	200	192	200	206	198	182	180	200	205	190.6	15.1
200	180	198	203	160	170	155					
173	170	160	170	160	170	172	165	150	155	164.6	8.0
176	150	160	175	170	165	180					
155	155	170	166	160	170	150	162	160	170	161.2	6.9
170	162	170	170	155	150	150					
200	190	225	215	220	220	200	200	215	200	206.2	10.4
200	210	195	200	205	192	200					
220	230	215	210	220	230	235	196	230	225	218.8	13.8
210	205	222	210	220	200	183					
250	247	240	250	250	253	255	230	225	230	235.5	14.2
220	223	230	245	216	250	227					
255	270	270	260	270	255	250	270	245	245	260.5	10.4
270	260	280	250	270	265	265					
280	290	315	310	310	310	310	300	300	315	304.7	12.8
295	310	320	310	315	310	272					
315	330	310	332	352	330	330	350	345	350	339.1	19.0
342	360	380	335	315	360	320					
226	220	215	235	213	275	230	210	235	245	241.8	29.9
260	270	292	270	220	280	285					
230	280	280	255	255	242	265	280	275	260	259.8	16.3
260	290	250	260	273	270	252					
300	300	280	260	310	300	310	255	270	320	295.0	32.3
285	280	325	272	268	370	320					

表-4-11 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
①	鉛系さび止 1種×2	70	147.6	0.8 ^s	100	125	130	130
					130	130	125	130
②	"	"	143.8	"	120	130	140	140
					140	130	120	130
③	"	"	150.8	30 ^s	120	110	150	170
					140	125	130	130
④	"	"	128.2	"	100	120	100	100
					125	120	120	130
⑤	"	"	157.7	70 ^s	170	130	180	140
					175	160	140	160
⑥	"	"	136.6	"	100	110	125	120
					125	120	120	130
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	—	0.8 ^s	180	210	220	225
					210	190	180	200
⑧	"	"	—	"	175	180	190	200
					180	200	175	180
⑨	"	"	—	30 ^s	180	190	180	210
					175	180	230	170
⑩	"	"	—	"	210	225	210	190
					200	175	190	210
⑪	"	"	—	70 ^s	200	225	200	180
					230	170	190	200
⑫	"	"	—	"	175	200	180	175
					210	200	190	210
⑬	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2	110	—	0.8 ^s	220	230	220	240
					230	225	240	240
⑭	"	"	—	30 ^s	260	260	250	260
					260	240	230	240
⑮	"	"	—	70 ^s	260	270	270	260
					270	230	260	260
⑯	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2 + CR中, 上各1回	175	—	0.8 ^s	300	300	300	310
					300	280	300	290
⑰	"	"	—	30 ^s	300	320	320	340
					320	320	300	330
⑱	"	"	—	70 ^s	340	340	340	320
					350	350	330	350
⑲	タールエポキシ×2	160	254.1	0.8 ^s	200	210	240	250
					300	280	270	250
⑳	"	"	275.5	30 ^s	240	260	240	250
					260	290	270	280
㉑	"	"	313.2	70 ^s	230	250	270	290
					330	330	320	310

(器 種 : 永 久 磁 石 式)

(測 定 者 : A)

(乾 燥 日 数 : 50 日)

膜										厚	
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$\bar{x}$	σ
150	130	130	125	140	130	130	130	140	130	129.6	9.6
140	130	110	140	125	130	130					
140	130	125	140	130	140	140	130	130	140	129.8	8.6
120	120	125	110	125	130	120					
125	125	120	130	130	140	120	125	130	150	132.0	12.4
130	130	150	130	130	130	130					
100	95	120	125	120	110	120	120	125	120	115.6	11.1
100	125	125	130	100	120	120					
160	130	130	130	160	140	170	170	160	150	153.0	15.4
170	150	160	140	160	150	140					
120	120	100	110	120	110	120	120	125	130	118.4	8.1
125	125	110	120	125	120	110					
200	190	160	200	220	180	200	200	200	210	193.8	16.7
190	180	190	170	170	180	190					
200	210	175	170	180	170	190	175	180	180	182.2	12.6
175	180	180	190	160	160	200					
180	180	200	210	225	180	160	200	210	210	195.0	17.9
190	200	210	220	200	180	200					
220	200	200	210	210	200	175	180	210	210	197.8	16.4
200	200	200	210	180	170	160					
220	210	210	225	200	180	180	190	220	225	204.8	18.1
180	225	225	225	200	210	200					
180	160	210	200	200	210	180	200	200	210	194.8	16.3
190	200	220	210	190	210	160					
230	220	240	250	260	250	230	250	260	250	236.6	12.6
220	240	220	230	230	250	240					
240	250	230	230	260	270	250	220	250	250	241.4	17.2
230	230	250	240	225	210	200					
280	270	280	300	280	270	280	280	280	280	266.4	15.5
250	250	250	270	250	270	240					
320	300	310	310	320	320	310	330	300	260	304.8	14.8
300	310	310	290	310	320	320					
330	310	320	270	310	330	320	330	330	330	314.0	17.6
280	290	330	320	300	300	300					
330	330	340	330	320	330	340	350	330	350	337.2	10.2
330	340	350	350	330	340	320					
230	230	230	240	230	290	250	210	250	250	254.0	30.0
270	270	310	300	230	280	280					
240	260	260	270	280	260	260	290	300	290	270.8	19.4
300	300	260	280	260	300	270					
300	300	290	300	320	310	310	270	270	310	300.8	27.5
290	310	350	310	290	340	320					

表-4-12 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
①	鉛系さび止 1種×2	70	147.6	0.8 ^s	125	128	130	145
					135	140	135	123
②	"	"	143.8	"	125	150	145	150
					150	125	127	140
③	"	"	150.8	30 ^s	148	127	152	175
					153	145	125	122
④	"	"	128.2	"	105	130	100	100
					130	120	125	127
⑤	"	"	157.7	70 ^s	160	125	200	135
					175	150	130	140
⑥	"	"	136.6	"	110	120	130	130
					128	120	130	133
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	—	0.8 ^s	170	200	175	225
					200	175	180	203
⑧	"	"	—	"	200	175	194	180
					180	185	160	180
⑨	"	"	—	30 ^s	176	195	180	200
					208	175	232	178
⑩	"	"	—	"	225	233	228	200
					200	195	225	220
⑪	"	"	—	70 ^s	203	230	225	200
					230	165	217	223
⑫	"	"	—	"	178	218	280	180
					205	170	195	190
⑬	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2	110	—	0.8 ^s	210	250	233	250
					250	245	250	250
⑭	"	"	—	30 ^s	260	280	275	290
					270	228	230	250
⑮	"	"	—	70 ^s	270	300	280	260
					250	240	260	255
⑯	有機ジンクリッチ×1 + CR下塗×2 + CR中, 上各1回	175	—	0.8 ^s	310	300	300	320
					305	305	330	280
⑰	"	"	—	30 ^s	280	335	330	330
					300	300	305	325
⑱	"	"	—	70 ^s	320	340	310	325
					320	340	330	350
⑲	タールエポキシ×2	160	254.1	0.8 ^s	220	226	250	270
					330	310	290	283
⑳	"	"	275.5	30 ^s	280	300	250	300
					290	310	300	305
㉑	"	"	313.2	70 ^s	225	270	300	305
					350	345	320	328

〔器種：永久磁石式〕

〔測定者：D〕

〔乾燥日数：50日〕

膜										厚	
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$\bar{x}$	σ
145	130	128	150	150	142	126	148	142	127	141.6	22.6
150	135	240	156	125	140	145					
150	143	150	148	148	140	150	145	140	150	138.3	11.0
120	125	128	123	130	130	125					
126	127	120	140	128	137	124	130	143	150	137.9	15.9
130	150	115	130	125	150	175					
125	90	130	140	113	120	120	125	142	125	121.0	13.6
105	130	145	125	108	120	125					
170	120	95	125	155	155	180	175	160	150	148.4	22.2
150	150	135	130	150	145	150					
120	120	108	120	130	120	135	120	130	140	124.7	7.4
128	123	120	130	128	125	120					
200	200	155	175	220	158	200	190	210	220	189.1	20.4
180	168	203	151	200	180	190					
200	202	177	175	201	176	200	171	180	124	178.7	17.1
175	180	180	177	155	160	180					
175	188	220	182	200	170	150	200	200	210	189.9	18.8
185	190	210	208	175	171	170					
230	200	205	220	220	220	200	180	225	200	206.6	18.4
210	175	195	218	175	195	172					
225	225	180	225	200	180	175	200	240	210	210.8	21.0
200	210	228	250	215	195	220					
175	170	210	200	205	200	175	185	200	200	193.8	23.0
178	195	210	200	175	180	170					
240	205	255	260	207	252	250	240	258	238	240.0	15.3
240	242	225	230	226	250	245					
275	250	246	225	253	294	275	214	252	250	248.4	26.4
250	230	240	243	240	210	180					
300	285	280	265	290	290	300	270	290	270	269.0	19.4
260	250	250	270	230	260	250					
305	310	310	305	320	325	300	310	305	300	310.8	13.0
320	300	330	300	340	320	320					
300	305	310	280	305	325	320	310	300	280	304.4	22.5
270	305	350	280	305	310	250					
315	345	320	330	335	320	340	350	335	340	329.3	13.6
305	320	340	350	308	315	330					
253	250	250	293	260	325	280	230	270	270	280.8	34.8
300	320	320	330	250	315	325					
270	300	310	320	300	270	280	320	320	300	299.4	18.6
305	330	290	300	315	320	300					
325	308	295	308	330	320	325	270	305	328	314.9	32.6
310	315	360	310	300	320	400					

表-4-13 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	143.8	"	200	210	215	220
					200	185	180	195
⑬	O Z P×1 + C R下塗×2 + C R中, 上各1回	175	128.2	"	280	285	290	298
					280	300	300	270
⑲	タールエポキシ×2	160	157.7	"	190	210	230	235
					290	260	250	225

表-4-14 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	143.8	"	181	218	190	226
					195	187	180	189
⑬	O Z P×1 + C R下塗× + C R中, 上各1回	175	128.2	"	275	265	270	280
					260	275	285	250
⑲	タールエポキシ×2	160	157.7	"	171	196	212	215
					270	246	235	221

表-4-15 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	143.8	"	175	200	210	230
					200	175	180	195
⑬	O Z P×1 + C R下塗×2 + C R中, 上各1回	175	128.2	"	300	285	295	255
					290	300	310	300
⑲	タールエポキシ×2	160	157.7	"	170	200	210	225
					260	250	245	225

〔器種：電磁式A〕

〔測定者K.M〕

膜 厚										$\bar{x}$	σ
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
195	195	175	195	225	180	205	200	205	225	199.0	
195	185	210	170	210	200	200					
280	300	298	270	310	300	290	300	290	278		
295	320	310	295	305	300	310					
225	230	225	240	225	290	250	210	240	240	246.4	
260	275	300	290	225	270	275					

〔器種：電磁式B〕

〔測定者K.M〕

膜 厚										$\bar{x}$	σ
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
195	170	180	188	222	171	182	169	200	200	189.0	
195	168	205	170	181	182	182					
255	265	270	240	280	280	250	290	255	265		
260	280	290	270	295	280	295					
220	212	202	223	211	260	225	192	221	222	212.0	
240	248	285	260	216	255	268					

〔器種：永久磁石式〕

〔測定者K.M〕

膜 厚										$\bar{x}$	σ
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
210	180	175	200	220	160	180	195	220	210	196.0	
220	175	225	175	180	200	210					
290	300	260	310	320	300	280	300	290	280	294.6	
280	300	300	300	310	300	270					
220	220	205	230	225	220	240	290	225	230	238.4	
230	260	280	280	220	260	290					

表-4-16 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	143.8	"	188	195	190	225
					189	195	181	200
⑯	O Z P×1 + CR下塗×2 + CR中, 上各1回	175	128.2	"	290	269	260	290
					249	265	285	250
⑲	タールエポキシ×2	160	157.7	"	175	200	215	215
					275	255	230	215

表-4-17 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	143.8	"	195	202	205	240
					206	211	188	210
⑯	O Z P×1 + CR下塗×2 + CR中, 上各1回	175	128.2	"	300	283	287	285
					282	300	300	270
⑲	タールエポキシ×2	160	157.7	"	190	219	235	230
					285	270	247	235

表-4-18 塗膜厚測定結果

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗付量 (gr)	表 面 あらさ				
					1	2	3	4
⑦	鉛系さび止 1種×2 + フタル酸×2	125	143.8	"	200	200	210	225
					200	205	175	160
⑯	O Z P×1 + CR下塗×2 + CR中, 上各1回	175	128.2	"	300	290	290	295
					280	280	300	270
⑲	タールエポキシ×2	160	157.7	"	170	180	200	220
					250	240	240	220

(器種：電磁式A)

(測定者M.F)

(乾燥日数： 日)

膜 厚										$\bar{x}$	σ
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
190	183	169	199	215	170	171	195	186	230		
185	180	210	169	200	182	195					
260	270	280	270	290	290	275	279	275	260		
275	280	285	265	300	275	292					
220	215	210	228	210	260	230	119	230	230		
240	265	270	269	205	263	275					

(器種：電磁式B)

(測定者M.F)

(乾燥日数： 日)

膜 厚										$\bar{x}$	σ
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
205	205	179	200	212	190	210	200	215	241		
195	188	218	165	190	210	195					
290	300	300	265	305	305	275	300	282	280		
310	300	300	290	310	300	330					
222	220	220	230	225	280	246	205	240	240		
260	265	280	281	228	280	260					

(器種：永久磁石式)

(測定者M.F)

(乾燥日数： 日)

膜 厚										$\bar{x}$	σ
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
200	170	176	180	210	160	180	200	200	220		
180	165	180	150	180	180	175					
280	270	290	270	300	295	290	300	280	270		
270	300	300	280	300	300	300					
220	220	200	225	200	250	240	180	220	225		
240	240	260	270	200	230	255					

表-4-19 塗膜厚測定結果

計器名: 電磁式 A
測定者: N.S.

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗膜重量 (g)	表面あらさ $R_z(\mu\text{m})$	膜 厚 (μm)								$\bar{x}$	σ
					1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 14	7 15	8 16		
1	エポキシ塗料×1	50	7.448	0.8	42	40	42	51	43	36	40	38	43.1	5.5
					40	34	43	42	54	47	48	50		
2	"	"	6.254	"	49	50	45	45	49	48	47	46	45.3	4.2
					44	42	40	44	39	43	49	49		
3	"	"	7.232	"	50	48	48	58	55	47	50	49	52.2	6.0
					55	49	54	50	65	52	54	52		
4	"	100	10.278	"	79	80	80	85	79	78	78	90	80.3	5.4
					83	81	75	83	78	92	88	80		
5	"	"	11.206	"	80	80	75	86	96	90	88	88	85.6	8.2
					100	97	88	90	98	90	80	90		
6	"	"	11.902	"	90	95	100	94	100	92	102	100	100.2	9.5
					111	110	95	90	108	110	102	95		
7	"	200	19.074	"	140	135	140	138	158	165	165	160	162.4	17.6
					168	161	160	160	190	182	198	190		
8	"	"	21.234	"	192	200	207	202	190	200	202	192	191.7	18.6
					172	168	180	175	182	173	169	164		
9	"	"	22.855	"	170	181	198	218	170	183	200	210	206.3	23.6
					195	206	222	230	192	225	240	252		

表-4-20 塗膜厚測定結果

計器名: 電磁式 A
測定者: K.T.

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗膜重量 (g)	表面あらさ $R_z(\mu\text{m})$	膜 厚 (μm)								$\bar{x}$	σ
					1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 14	7 15	8 16		
1	エポキシ塗料×1	50	7.448	0.8	45	47	43	58	40	40	39	47	47.2	6.2
					46	40	44	52	56	43	49	53		
2	"	"	6.254	"	53	51	42	48	55	48	41	47	48.3	5.9
					50	48	43	42	48	44	42	44		
3	"	"	7.232	"	50	46	52	63	55	49	50	52	53.2	5.4
					59	53	53	57	64	53	46	50		
4	"	100	10.278	"	77	82	85	38	78	78	82	90	81.4	7.3
					84	86	75	86	86	92	85	95		
5	"	"	11.206	"	95	90	84	88	100	97	92	88	98.6	8.2
					110	102	101	101	110	95	88	96		
6	"	"	11.902	"	98	99	103	100	100	101	107	98	100.6	9.6
					124	118	110	108	118	116	97	106		
7	"	200	19.074	"	138	138	141	147	156	170	167	167	164.5	20.2
					170	168	168	172	190	180	208	200		
8	"	"	21.234	"	190	202	206	202	190	190	194	188	187.6	18.4
					182	167	182	175	177	168	168	155		
9	"	"	22.855	"	165	171	192	117	174	188	210	213	207.2	14.3
					196	206	216	225	190	212	235	248		

表-4-21 塗膜厚測定結果

計器名: 電磁式 A
測定者: M. H.

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗膜重量 (g)	表面あらさ Rz(μm)	膜 厚 (μm)								$\bar{x}$	σ
					1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 14	7 15	8 16		
1	エポキシ塗料×1	50	7.448	0.8	42	47	40	58	40	38	33	45	45.6	5.8
					45	41	40	52	53	39	44	50		
2	"	"	6.254	"	56	51	40	47	55	51	39	43	47.3	6.2
					49	47	43	46	46	42	40	39		
3	"	"	7.232	"	47	43	49	51	51	47	46	46	49.3	5.4
					54	48	49	53	60	51	43	48		
4	"	100	10.278	"	77	79	80	88	77	77	75	85	81.4	7.3
					82	80	76	80	81	92	85	88		
5	"	"	11.206	"	93	87	84	90	100	92	91	83	95.1	8.4
					108	105	94	102	105	105	85	94		
6	"	"	11.902	"	93	95	95	93	95	100	99	113	100.6	9.2
					115	110	100	107	112	100	107	95		
7	"	200	19.074	"	140	140	140	148	158	167	170	165	168.3	17.5
					170	168	165	165	180	180	195	193		
8	"	"	21.234	"	195	205	215	210	187	190	200	225	185.2	20.3
					180	170	185	185	185	170	160	150		
9	"	"	22.855	"	170	180	200	227	165	190	200	215	207.8	26.4
					195	205	225	230	195	225	240	250		

表-4-22 塗膜厚測定結果

計器名: 電磁式 B
測定者: T. T

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗膜重量 (g)	表面あらさ Rz(μm)	膜 厚 (μm)								$\bar{x}$	σ
					1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 14	7 15	8 16		
1	エポキシ塗料×1	50	7.448	0.8	51	52	50	65	50	53	38	60	50.2	6.5
					49	52	50	55	65	49	55	60		
2	"	"	6.254	"	60	57	50	55	58	55	50	52	54.6	5.8
					56	58	49	51	55	50	48	51		
3	"	"	7.232	"	62	49	57	67	63	50	53	58	58.7	6.2
					58	58	59	62	67	55	56	52		
4	"	100	10.278	"	90	95	88	93	92	90	89	96	93.8	7.8
					92	93	86	89	92	102	95	94		
5	"	"	11.206	"	100	98	90	98	111	101	98	100	101.4	9.4
					115	110	106	106	112	102	92	102		
6	"	"	11.902	"	105	98	107	98	105	105	108	105	113.4	10.2
					125	120	114	105	115	119	103	100		
7	"	200	19.074	"	150	150	145	146	168	175	180	174	172.6	19.8
					184	179	172	170	198	195	205	198		
8	"	"	21.234	"	203	215	230	225	200	207	220	208	202.3	21.6
					192	188	196	190	189	175	170	160		
9	"	"	22.855	"	175	190	208	230	175	197	209	220	224.1	26.3
					205	210	227	235	210	233	250	265		

表-4-23 塗膜厚測定結果

計器名: 電磁式 B
測定者: N.S

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗膜重量 (g)	表面あらさ $R_z(\mu\text{m})$	膜 厚 (μm)								$\bar{x}$	σ
					1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 14	7 15	8 16		
1	エポキシ塗料×1	50	7.448	0.8	53	65	58	73	50	52	49	62	54.6	7.3
					52	50	49	60	71	52	55	62		
2	"	"	6.254	"	62	63	50	56	69	55	48	53	55.1	6.4
					60	52	52	59	60	53	50	48		
3	"	"	7.232	"	60	51	62	73	68	57	59	60	61.7	7.4
					62	60	62	68	70	52	50	61		
4	"	100	10.278	"	88	95	88	93	88	90	92	94	93.5	8.6
					99	90	88	92	90	105	93	97		
5	"	"	11.206	"	105	102	90	96	110	108	100	90	100.7	9.3
					115	108	102	103	112	101	90	100		
6	"	"	11.902	"	103	105	110	98	96	102	110	108	110.6	8.7
					122	120	118	108	115	119	110	98		
7	"	200	19.074	"	145	145	150	148	170	175	180	172	177.5	16.3
					176	178	172	187	185	195	205	194		
8	"	"	21.234	"	208	220	232	228	202	209	209	207	198.6	18.7
					190	182	190	190	185	170	169	160		
9	"	"	22.855	"	180	202	208	228	170	185	200	117	200.5	31.3
					202	205	227	240	200	218	235	248		

表-4-24 塗膜厚測定結果

計器名: 電磁式 B
測定者: K.T

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗膜重量 (g)	表面あらさ $R_z(\mu\text{m})$	膜 厚 (μm)								$\bar{x}$	σ
					1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 14	7 15	8 16		
1	エポキシ塗料×1	50	7.448	0.8	50	57	47	63	45	47	45	53	51.7	7.8
					49	49	46	58	60	45	51	55		
2	"	"	6.254	"	56	56	47	55	60	56	51	49	52.3	6.4
					54	57	53	52	51	48	46	44		
3	"	"	7.232	"	54	50	58	70	62	55	51	56	55.6	7.6
					57	54	56	63	68	55	52	53		
4	"	100	10.278	"	88	95	94	96	91	94	92	94	93.7	8.2
					99	97	83	88	90	102	97	98		
5	"	"	11.206	"	100	104	91	97	111	106	97	94	100.3	9.4
					108	111	105	106	112	103	88	101		
6	"	"	11.902	"	100	98	104	101	103	100	109	104	105.2	10.2
					124	123	115	104	112	120	109	100		
7	"	200	19.074	"	143	140	139	140	163	170	173	166	163.5	17.4
					181	183	171	165	187	190	200	189		
8	"	"	21.234	"	200	206	215	211	192	200	212	202	187.2	21.5
					184	172	184	184	188	168	162	163		
9	"	"	22.855	"	172	185	202	221	168	185	185	212	206.4	26.3
					196	202	222	231	202	223	235	252		

表-4-25 塗膜厚測定結果

【計器名：電磁式 B】
測定者：M.H

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗膜重量 (g)	表面あらさ $R_z(\mu\text{m})$	膜 厚 (μm)								$\bar{x}$	σ
					1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 14	7 15	8 16		
1	エポキシ塗料×1	50	7.448	0.8	52	60	48	65	48	45	50	50	52.3	6.2
					48	48	48	57	57	48	50	60		
2	"	"	6.254	"	58	58	45	55	63	57	43	52	56.4	7.1
					60	55	52	52	52	50	48	47		
3	"	"	7.232	"	57	48	62	70	61	57	57	60	58.6	8.4
					58	60	56	64	70	52	55	57		
4	"	100	10.278	"	92	97	95	97	95	92	90	95	95.3	7.4
					97	95	82	92	90	105	95	100		
5	"	"	11.206	"	100	100	90	100	115	100	95	95	100.4	9.6
					110	108	102	105	115	100	90	100		
6	"	"	11.902	"	105	98	110	100	95	100	108	100	106.6	10.3
					120	120	122	110	107	115	105	105		
7	"	200	19.074	"	145	145	145	155	165	175	177	170	170.4	19.6
					185	180	180	175	190	190	205	195		
8	"	"	21.234	"	200	210	220	205	197	205	215	200	196.5	21.5
					185	175	190	187	180	180	170	160		
9	"	"	22.855	"	175	190	205	230	170	185	200	215	210.3	28.6
					195	205	225	230	205	225	226	245		

表-4-26 塗膜厚測定結果

【計器名：永久磁石式】
測定者：T.T

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗膜重量 (g)	表面あらさ $R_z(\mu\text{m})$	膜 厚 (μm)								$\bar{x}$	σ
					1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 14	7 15	8 16		
1	エポキシ塗料×1	50	7.448	0.8	43	45	48	55	44	47	43	50	51.2	6.6
					50	51	52	51	60	47	53	60		
2	"	"	6.254	"	53	50	43	48	47	48	44	45	45.7	7.0
					47	47	48	49	46	47	43	40		
3	"	"	7.232	"	57	52	62	73	72	55	58	58	57.2	8.4
					62	60	62	62	63	56	52	60		
4	"	100	10.278	"	94	101	98	100	100	98	98	96	97.7	7.7
					97	94	90	97	96	103	100	103		
5	"	"	11.206	"	98	96	90	95	102	100	95	88	96.5	8.2
					101	110	98	100	100	98	88	95		
6	"	"	11.902	"	102	100	110	105	103	110	105	120	108.3	11.6
					105	115	120	120	120	125	110	115		
7	"	200	19.074	"	150	150	150	160	170	175	180	175	176.8	19.6
					190	180	175	175	180	210	210	220		
8	"	"	21.234	"	205	220	230	235	210	230	220	220	207.6	22.8
					205	200	205	200	200	180	165	160		
9	"	"	22.855	"	175	190	205	235	180	200	200	225	228.2	26.7
					215	220	230	235	220	225	230	250		

表-4-27 塗膜厚測定結果

計器名: 永久磁石式
測定者: N.S

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗膜重量 (g)	表面あらさ $R_z(\mu\text{m})$	膜 厚 (μm)								$\bar{x}$	σ
					1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 14	7 15	8 16		
1	エポキシ塗料×1	50	7.448	0.8	62	45	43	45	36	32	37	40	40.4	7.3
					40	35	34	32	42	36	42	45		
2	"	"	6.254	"	48	47	39	38	50	43	32	42	41.3	2.4
					42	43	42	43	43	38	38	33		
3	"	"	7.232	"	49	43	51	70	70	45	44	47	48.5	8.7
					45	46	46	43	47	45	42	43		
4	"	100	10.278	"	89	88	90	95	94	90	94	100	93.3	3.4
					93	93	90	94	93	100	94	95		
5	"	"	11.206	"	101	98	90	102	108	100	98	96	99.6	5.2
					95	100	97	100	110	105	93	100		
6	"	"	11.902	"	110	97	108	103	98	97	100	108	111.4	13.5
					128	130	140	112	110	125	120	97		
7	"	200	19.074	"	145	135	120	160	150	150	170	150	156.4	15.5
					160	160	155	152	175	165	175	180		
8	"	"	21.234	"	190	180	220	220	185	185	180	210	187.5	16.8
					195	185	190	175	180	175	160	170		
9	"	"	22.855	"	150	175	190	200	180	190	195	195	204.7	28.1
					195	200	220	250	210	230	245	250		

表-4-28 塗膜厚測定結果

計器名: 永久磁石式
測定者: K.T

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗膜重量 (g)	表面あらさ $R_z(\mu\text{m})$	膜 厚 (μm)								$\bar{x}$	σ
					1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 14	7 15	8 16		
1	エポキシ塗料×1	50	7.448	0.8	45	50	52	70	52	44	45	53	51.2	6.2
					45	50	47	51	58	47	53	58		
2	"	"	6.254	"	56	54	46	47	57	56	48	50	52.6	5.3
					53	55	54	54	52	53	48	51		
3	"	"	7.232	"	54	48	55	62	61	55	52	55	56.3	7.2
					57	56	61	60	66	56	51	57		
4	"	100	10.278	"	88	90	91	91	92	88	92	94	92.7	6.6
					88	92	83	92	93	98	95	95		
5	"	"	11.206	"	96	97	92	91	96	96	97	95	96.4	7.1
					110	100	98	95	105	100	92	100		
6	"	"	11.902	"	100	100	100	100	95	100	105	100	104.6	8.3
					110	105	120	105	100	105	100	97		
7	"	200	19.074	"	140	130	130	130	145	150	150	160	148.7	13.4
					155	150	150	150	155	175	180	180		
8	"	"	21.234	"	185	200	220	220	190	200	210	180	176.9	17.6
					175	170	175	170	180	150	160	150		
9	"	"	22.855	"	170	175	200	200	175	175	175	200	187.6	24.3
					200	200	205	190	195	200	190	210		

表-4-29 塗膜厚測定結果

計器名:永久磁石式
測定者:M.H

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗膜重量 (g)	表面あらさ $R_z(\mu\text{m})$	膜 厚 (μm)								$\bar{x}$	σ
					1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 14	7 15	8 16		
1	エポキシ塗料×1	50	7.448	0.8	40	50	60	70	55	60	50	65	63.4	8.2
					60	60	60	70	80	55	60	65		
2	"	"	6.254	"	60	60	50	55	65	50	45	45	53.6	7.4
					50	50	55	55	60	50	45	40		
3	"	"	7.232	"	68	60	55	60	65	55	60	60	64.3	6.8
					60	55	60	65	70	65	50	60		
4	"	100	10.278	"	95	95	100	100	100	100	105	105	103.7	7.1
					100	100	105	110	100	110	105	110		
5	"	"	11.206	"	110	120	100	110	125	120	105	100	115.3	9.1
					125	125	120	110	120	120	110	120		
6	"	"	11.902	"	105	120	125	110	100	110	120	120	121.2	12.3
					130	130	140	125	120	120	130	125		
7	"	200	19.074	"	140	150	150	160	160	175	175	170	168.7	17.2
					170	175	160	170	160	190	210	200		
8	"	"	21.234	"	200	220	240	230	210	210	225	190	189.6	18.4
					170	170	180	180	180	175	175	170		
9	"	"	22.855	"	180	190	220	240	190	190	210	225	212.3	26.4
					210	220	250	240	210	220	250	270		

表-4-30 塗膜厚測定結果

計器名:電磁式A
測定者:F

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗膜重量 (g)	表面あらさ $R_z(\mu\text{m})$	膜 厚 (μm)								$\bar{x}$	σ
					1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 14	7 15	8 16		
1	エポキシ塗料×1	50	7.448	0.8	69	74	71	81	65	64	59	71	69.3	7.6
					65	65	64	75	76	65	70	75		
2	"	"	6.254	"	79	78	71	76	84	77	68	74	74.5	4.8
					77	78	74	76	76	69	69	66		
3	"	"	7.232	"	79	71	76	91	81	71	76	76	79.4	6.2
					83	75	79	82	93	78	79	80		
4	"	100	10.278	"	105	110	110	115	115	115	110	115	111.9	4.4
					115	115	105	110	105	120	110	115		
5	"	"	11.206	"	120	120	115	115	130	130	120	115	126.7	10.6
					135	135	125	125	140	130	115	125		
6	"	"	11.902	"	120	120	130	125	135	155	135	130	133.4	12.5
					140	140	130	125	135	145	135	130		
7	"	200	19.074	"	170	170	165	170	195	200	200	190	190.3	14.6
					205	195	190	190	220	215	225	220		
8	"	"	21.234	"	215	225	235	235	225	225	225	225	216.6	19.4
					205	200	210	205	215	205	200	185		
9	"	"	22.855	"	215	225	240	265	210	230	240	255	242.7	25.8
					240	240	260	275	240	260	280	295		

表-4-31 塗膜厚測定結果

[計器名:電磁式B]
測定者: F

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗膜重量 (g)	表面あらさ $R_z(\mu\text{m})$	膜 厚 (μm)								$\bar{x}$	σ
					1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 14	7 15	8 16		
1	エポキシ塗料×1	50	7.448	0.8	60	63	55	75	58	55	52	60	58.6	6.0
					54	60	52	65	71	50	60	61		
2	"	"	6.254	"	62	63	55	64	69	65	55	60	57.2	7.4
					60	62	55	55	60	60	59	51		
3	"	"	7.232	"	68	58	68	80	71	60	65	65	64.3	8.2
					70	66	66	70	75	63	62	61		
4	"	100	10.278	"	92	98	97	101	95	96	90	100	95.1	9.4
					95	93	87	93	98	105	99	105		
5	"	"	11.206	"	110	105	95	105	120	115	108	101	104.6	7.6
					120	115	110	115	120	110	100	108		
6	"	"	11.902	"	111	110	115	110	105	114	120	113	114.2	11.3
					135	130	121	110	128	125	115	110		
7	"	200	19.074	"	160	158	152	169	178	187	189	180	177.5	18.6
					198	189	182	189	205	207	225	215		
8	"	"	21.234	"	222	225	235	225	210	220	229	220	213.6	19.7
					205	190	210	201	200	190	185	174		
9	"	"	22.855	"	191	205	220	245	185	200	215	231	226.3	25.7
					215	228	245	251	225	245	255	280		

表-4-32 塗膜厚測定結果

[計器名:永久磁石式]
測定者: F

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗膜重量 (g)	表面あらさ $R_z(\mu\text{m})$	膜 厚 (μm)								$\bar{x}$	σ
					1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 14	7 15	8 16		
1	エポキシ塗料×1	50	7.448	0.8	81	61	56	65	50	53	49	57	56.4	8.2
					54	56	55	61	67	51	58	62		
2	"	"	6.254	"	57	54	49	50	55	61	50	56	54.6	6.7
					55	62	54	60	53	53	45	43		
3	"	"	7.232	"	60	50	56	64	61	53	54	50	55.4	7.4
					62	53	60	58	66	52	52	50		
4	"	100	10.278	"	81	90	81	86	90	86	87	82	86.7	8.1
					91	91	88	80	82	90	90	90		
5	"	"	11.206	"	92	95	90	85	99	100	98	88	94.5	7.7
					101	102	99	98	100	93	89	92		
6	"	"	11.902	"	95	97	98	87	100	95	101	97	98.7	7.6
					110	110	98	93	102	105	95	83		
7	"	200	19.074	"	130	135	130	135	140	150	160	149	150.4	14.3
					160	160	155	150	170	175	190	175		
8	"	"	21.234	"	185	200	210	200	190	190	200	100	173.6	18.2
					175	165	180	170	170	155	140	145		
9	"	"	22.855	"	160	175	200	225	160	180	190	105	209.4	20.5
					190	200	220	210	200	225	230	145		

表-4-33 塗膜厚測定結果

[計器名: 電磁式A]
[測定者: M]

試験片 No	塗 装 系	目標膜厚 (μm)	塗膜重量 (g)	表面あらさ $R_z(\mu\text{m})$	膜 厚 (μm)								$\bar{x}$	σ
					1 9	2 10	3 11	4 12	5 13	6 14	7 15	8 16		
1	エポキシ塗料×1	50	7.448	0.8	64	75	70	85	65	95	58	73	71.2	9.3
					68	64	70	75	60	69	77	79		
2	"	"	6.254	"	76	72	69	71	69	75	68	72	70.9	3.0
					70	75	69	72	74	70	68	65		
3	"	"	7.232	"	75	70	79	90	84	73	75	78	78.4	5.9
					82	74	75	76	80	91	79	74		
4	"	100	10.278	"	103	115	109	115	112	106	110	119	112.6	5.0
					115	115	109	110	110	120	112	121		
5	"	"	11.206	"	120	121	110	119	136	128	125	120	125.4	8.0
					138	133	124	125	138	128	115	126		
6	"	"	11.902	"	122	125	132	125	136	130	136	132	133.8	7.1
					147	142	132	129	140	147	136	130		
7	"	200	19.074	"	170	168	169	172	185	195	200	197	196.6	20.2
					200	199	198	200	218	215	230	230		
8	"	"	21.234	"	220	230	240	235	226	222	230	225	217.7	13.3
					212	199	216	207	216	210	200	195		
9	"	"	22.855	"	198	210	222	240	192	210	225	231	228.1	19.5
					222	229	245	247	220	245	253	260		

表-4-34 標準板を用いた測定結果

鉛系さび止め

																					$\bar{x}$	σ
7 目 目	なし	90	81	80	73	81	75	69	79	80	82	78	76	72	75	76	68	72	78	80	77.1	5.2
	あり	202	193	195	196	191	200	198	210	192	191	200	188	186	200	188	190	185	198	198		
		112	103	105	106	101	110	108	120	102	101	110	98	96	110	98	100	95	108	108	104.8	6.3
15 目 目	なし	82	77	72	75	73	73	76	75	70	68	65	75	75	84	78	78	87	86	78	76.1	5.7
	あり	208	190	188	192	194	190	200	202	210	192	200	197	183	194	198	190	202	185	183		
		118	110	98	102	104	90	110	112	120	102	100	107	93	104	108	100	112	95	93	103.2	7.7
	なし	90	87	82	88	79	90	83	100	92	86	56	71	72	72	73	69	67	82	79	79.9	10.6
	あり	202	190	185	179	190	197	197	202	208	198	168	163	169	160	165	163	164	170	181		
		112	100	95	89	100	107	107	112	118	108	78	73	79	70	75	73	74	80	91	91.6	16.1

塩化ゴム

7 目 目	なし	72	68	66	65	72	65	76	75	65	74	70	75	65	63	72	64	61	66	65	68.4	4.7
	あり	182	179	176	182	180	180	182	175	192	179	172	170	170	185	185	170	170	170	173		
		92	89	86	92	90	90	92	85	102	89	82	80	80	95	95	80	80	80	83	87.5	6.4
15 目 目	なし	72	70	70	70	80	78	70	85	73	80	83	70	75	67	73	64	66	71	70	73.0	5.8
	あり	193	191	172	180	180	170	185	188	186	190	178	180	179	180	174	180	190	185	180		
		103	101	82	90	90	80	95	98	96	100	88	90	89	90	84	90	100	95	90	92.2	6.5
	なし	72	70	70	63	64	70	70	76	78	84	85	78	74	72	70	71	77	75	80	73.6	5.9
	あり	170	163	172	169	167	175	179	183	173	193	193	183	178	177	179	178	182	183	187		
		80	73	82	79	77	85	89	93	83	103	103	93	88	87	89	88	92	93	97	88.1	8.1

エポキシ

7 目 目	なし	205	178	180	178	167	175	171	200	200	200	197	175	200	183	155	171	185	150	173	181.2	15.8
	あり	298	301	270	280	304	283	290	290	264	287	300	270	295	245	250	265	290	290	250		
		208	211	180	190	214	193	200	200	174	197	210	180	205	155	160	175	200	200	165	192.5	15.9
15 目 目	なし	178	183	172	162	160	170	188	171	190	230	218	190	192	173	171	188	192	167	188	183.3	17.8
	あり	280	300	285	283	273	279	298	310	300	300	288	268	268	260	265	268	255	262	287		
		190	210	195	193	183	189	208	220	210	210	198	178	178	170	175	178	165	172	197	190.4	16.0
	なし	190	205	190	205	187	150	168	158	157	170	142	152	145	160	170	152	151	150	138	165.3	20.8
	あり	295	298	290	310	285	250	260	253	260	255	230	240	235	250	255	240	243	242	229		
		205	208	200	220	195	160	170	163	170	165	140	150	145	160	165	150	153	152	139	168.9	24.6

表一5 各種測定法による塗膜厚さ

T.P.No	塗 装 系	表面あらさ	理論膜厚 (μm)	顕 微 鏡 (μm)	※ 膜 厚 計 (μm)		
					電磁式 A	電磁式 B	永久磁石式
1	鉛系さび止め×2	0.8 ^S	147.6	150.5	141.0	123.0	129.6
2	"	"	143.8	146.0	130.6	120.6	129.8
3	"	30 ^S	150.8	160.5	140.0	127.0	132.0
4	"	"	128.2	139.0	123.8	111.5	115.6
5	"	70 ^S	157.7	170.0	152.4	129.2	153.0
6	"	"	136.6	152.0	123.6	111.9	118.4
19	タールエボキシ×2	0.8 ^S	254.1	260.0	250.4	236.0	254.0
20	"	30 ^S	275.5	290.5	262.2	249.0	270.8
21	"	70 ^S	313.2	325.0	293.4	282.8	300.8

※ 膜厚計による測定値は塗装50日後のAさんの測定値を示した。

表一6-1 測定計器間の差の検定 (分散分析結果)
(測定者: T.T.) (乾燥50日)

T.P.No	表面あらさ	測 定 器 間		く り 返 し 間		F
		ϕ_A	V_A	ϕ_E	V_E	
1	0.8 ^S	2	2,073.0	72	143.6	14.44 ※※
2	"	2	765.6	72	88.9	8.61 ※※
3	30 ^S	2	1,081.0	72	149.1	7.25 ※※
4	"	2	977.9	72	137.8	7.10 ※※
5	70 ^S	2	4,604.3	72	218.6	21.06 ※※
6	"	2	862.1	72	75.0	11.49 ※※
7	0.8 ^S	2	3,724.0	72	126.1	29.53 ※※
8	"	2	2,294.3	72	86.7	26.47 ※※
9	30 ^S	2	3,844.0	72	126.1	30.48 ※※
10	"	2	8,346.3	72	178.2	46.83 ※※
11	70 ^S	2	1,563.6	72	146.5	106.75 ※※
12	"	2	9,139.0	72	111.3	82.11 ※※
13	0.8 ^S	2	7,851.0	72	118.7	66.14 ※※
14	30 ^S	2	5,862.3	72	201.5	29.09 ※※
15	70 ^S	2	9,765.3	72	192.9	50.63 ※※
16	0.8 ^S	2	20,102.3	72	146.6	137.14 ※※
17	30 ^S	2	16,536.3	72	225.4	73.38 ※※
18	70 ^S	2	21,514.3	72	124.2	173.27 ※※
19	0.8 ^S	2	2,268.0	72	906.2	2.50
20	30 ^S	2	3,014.3	72	297.8	10.12 ※※
21	70 ^S	2	2,046.3	72	898.3	2.28

$$F \dots F_{r_2}^2(0.05) = 3.12$$

$$F_{r_2}^2(0.01) = 4.92$$

表-6-2 計器間の差の検定

(測定者 T.T. 370 日後)

試験片 No	計 器 間		く り 返 し 間		F
	ϕ_A	V_A	ϕ_E	V_E	
1	2	264.41	72	147.60	1.79
2	"	108.01	"	106.25	1.02
3	"	179.45	"	232.28	0.77
4	"	132.57	"	162.13	0.82
5	"	519.85	"	301.21	1.73
6	"	201.21	"	64.71	3.11
7	"	125.21	"	254.43	0.49
8	"	315.37	"	150.52	2.10
9	"	560.92	"	222.30	2.52
10	"	273.77	"	277.16	0.99
11	"	376.12	"	374.84	1.00
12	"	649.69	"	161.52	4.02 ※
13	"	88.65	"	182.05	0.49
14	"	141.28	"	379.88	0.37
15	"	112.01	"	207.12	0.54
16	"	108.17	"	180.93	0.60
17	"	3,305.01	"	286.53	11.54 ※※
18	"	104.81	"	576.57	0.18
19	"	133.81	"	827.79	0.16
20	"	736.05	"	268.73	2.74
21	"	441.64	"	788.39	0.56

$$F_{12}^2(0.01) = 4.92$$

$$F_{12}^2(0.05) = 3.12$$

表-6-3 計器間の差の検定

(測定者 T.T. 焼付エポキシ)

試験片 No	計 器 間		く り 返 し 間		F
	ϕ_A	V_A	ϕ_E	V_E	
1	2	217.90	45	34.82	6.26 ※※
2	"	231.25	"	14.05	16.46 ※※
3	"	195.08	"	30.81	6.33 ※※
4	"	1,269.40	"	18.16	69.90 ※※
5	"	300.40	"	46.13	6.51 ※※
6	"	484.94	"	69.81	6.95 ※※
7	"	628.77	"	391.75	1.61
8	"	1,093.69	"	413.91	2.64
9	"	238.77	"	570.27	0.42

$$F_{45}^2(0.01) = 5.10$$

$$F_{45}^2(0.05) = 3.20$$

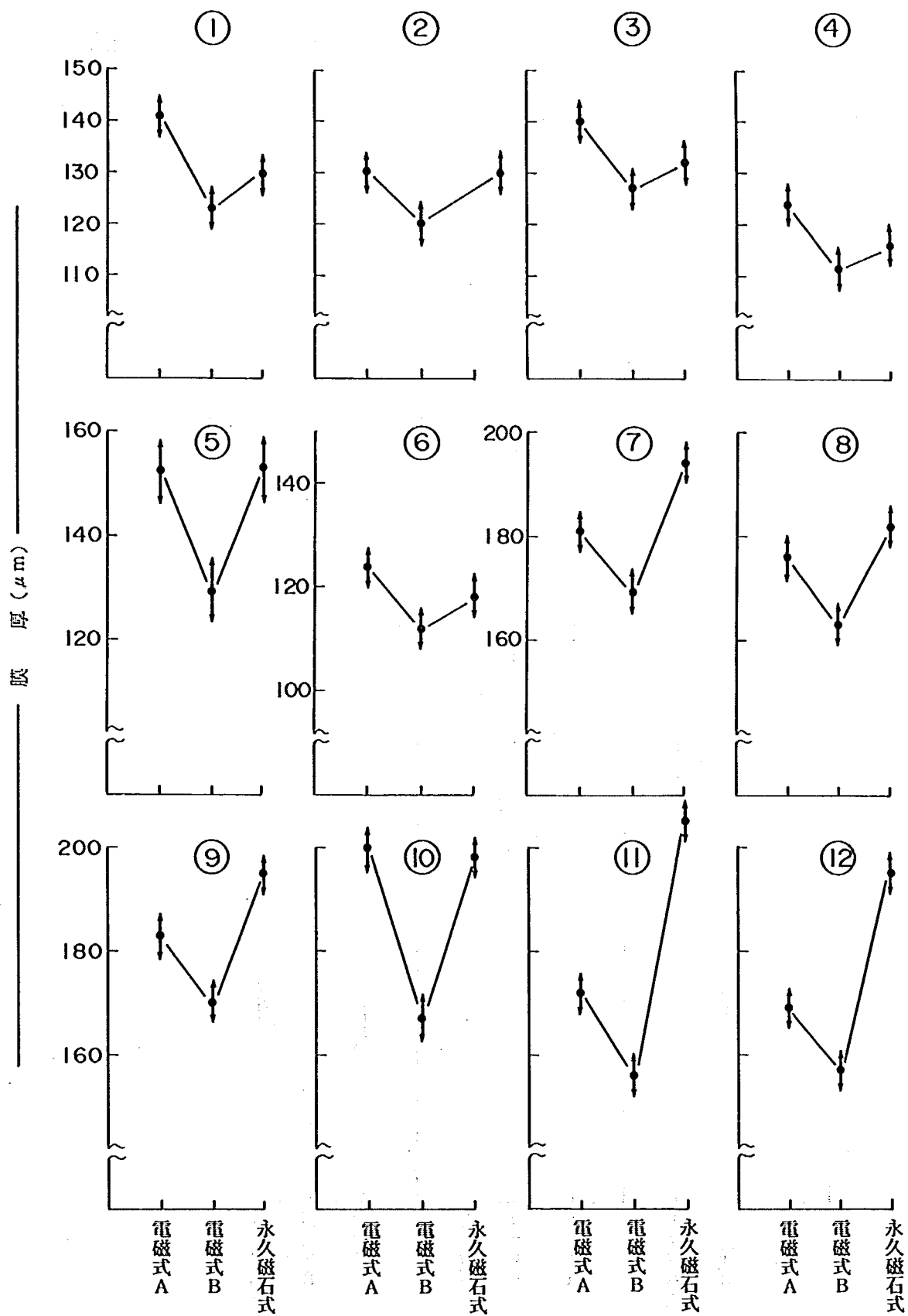
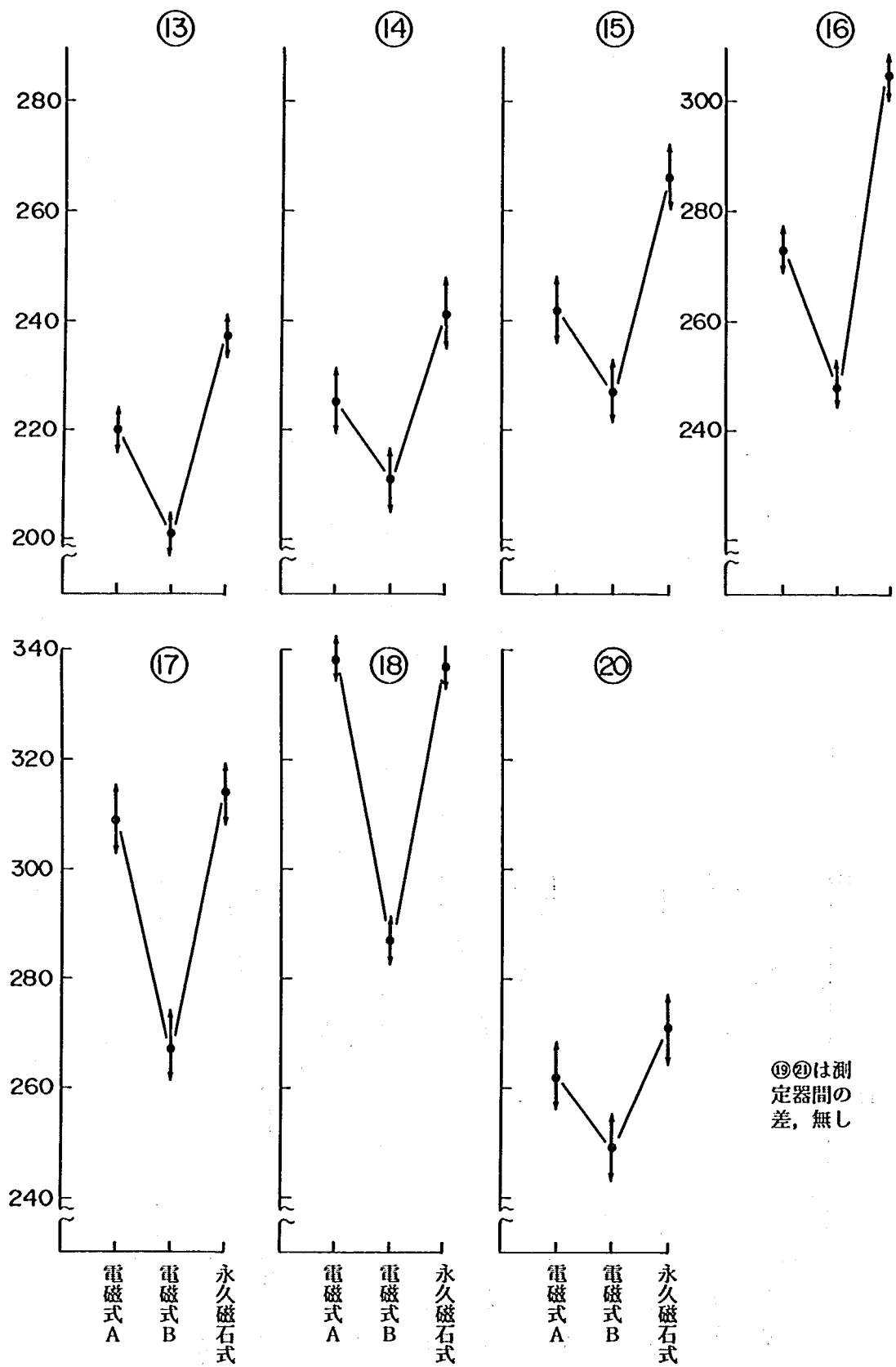


図-2-1 測定器の平均に対する信頼区間



図一 2 - 2 測定器の平均に対する信頼間

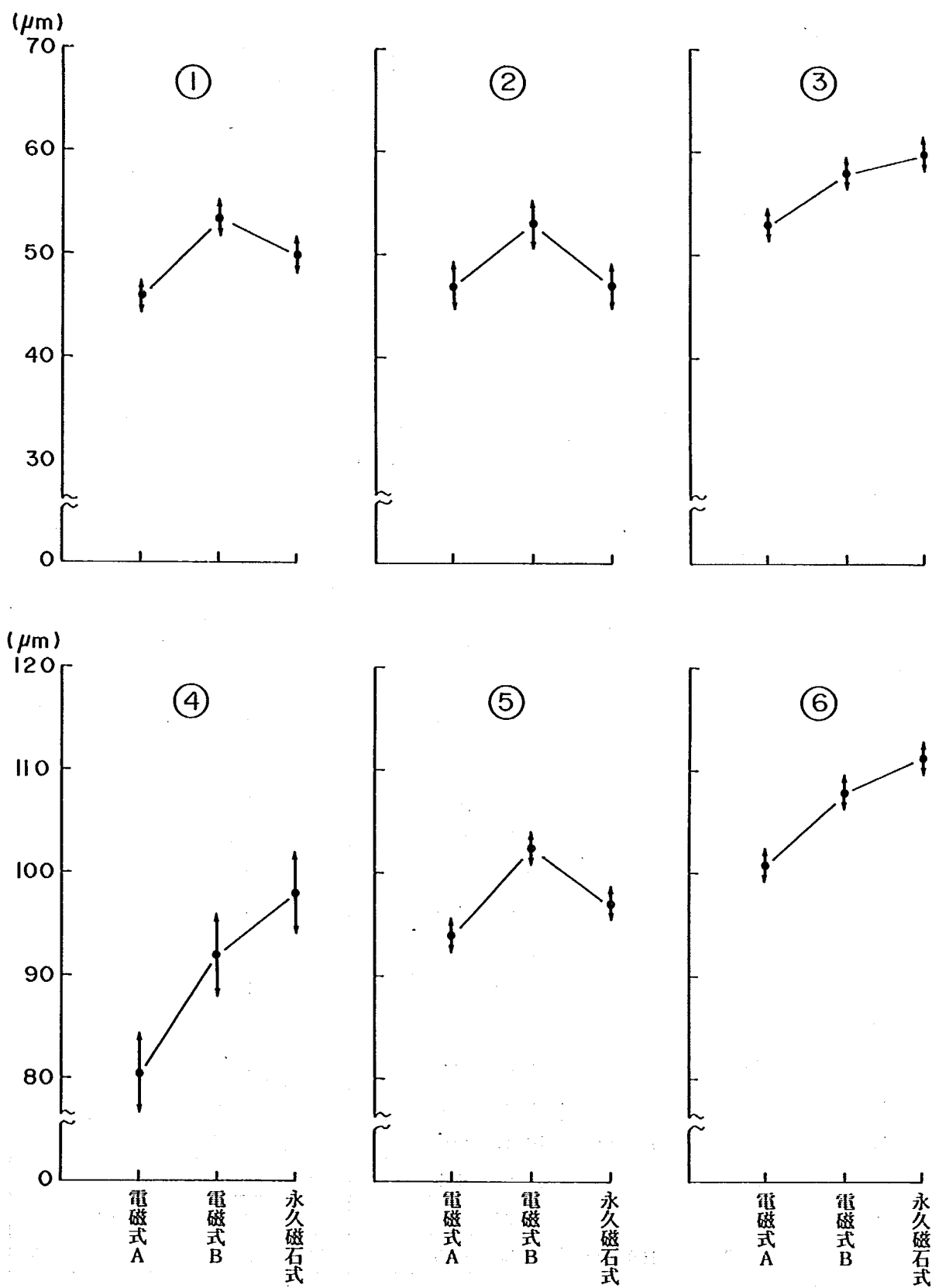


図-3 平均値の区間推定 (焼付EP)

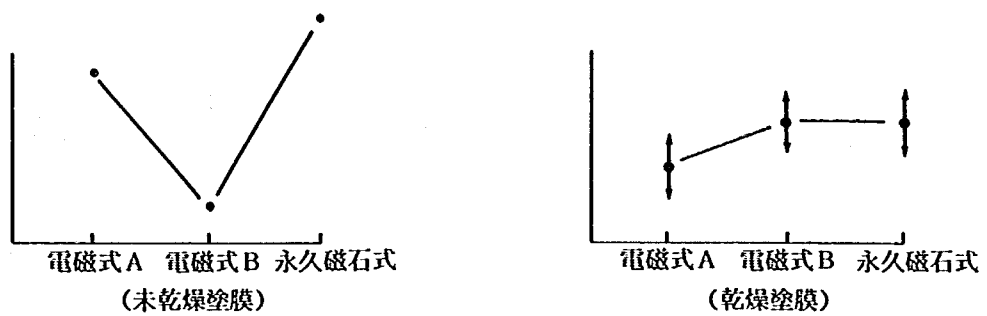


図-4 計器の特性

表-7-1 測定者間の差の検定 (分散分析結果)

(塗装15日後の測定)

T. P. No	表面あらさ	目 標 膜 厚	電 磁 式 A			電 磁 式 B		
			F	大きさの順位		F	大きさの順位	
				T. T	H. F		T. T	H. F
1	0.8 ^s	70 μm	17. 26 ※※		○	6. 13 ※		○
2			45. 10 ※※		○	0. 69		○
3	3 0 ^s		56. 18 ※※		○	8. 13 ※※		○
4			12. 45 ※※		○	8. 36 ※※		○
5	7 0 ^s		31. 77 ※※		○	2. 12		○
6			90. 99 ※※		○	9. 12 ※※		○
7	0.8 ^s	125 μm	20. 91 ※※		○	1. 68		○
8			16. 86 ※※		○	3. 43		○
9	3 0 ^s		14. 56 ※※		○	0. 31	○	
10			2. 90		○	0. 74		○
11	7 0 ^s		13. 97 ※※		○	0. 38	○	
12			6. 34 ※		○	6. 32 ※	○	
13	0.8 ^s	110 μm	13. 43 ※※		○	1. 51		○
14	3 0 ^s		5. 38 ※		○	0. 62		○
15	7 0 ^s		5. 53 ※		○	1. 93	○	
16	0.8 ^s	175 μm	6. 30 ※		○	1. 16	○	
17	3 0 ^s		10. 17 ※※		○	2. 46	○	
18	7 0 ^s		47. 09 ※※		○	5. 80 ※	○	
19	0.8 ^s	160 μm	3. 84		○	0. 24	○	
20	3 0 ^s		7. 38 ※※		○	0. 02		○
21	7 0 ^s		7. 50 ※※		○	0. 01	○	

表一 7-2 測定者間の差の検定 (分散分析結果)

(塗装50日後の測定)

（至表50日後の測定）

T.P. No	表 面 あらさ	目 標 膜 厚	電 磁 式 A			電 磁 式 B			永 久 磁 石 式		
			F	大きさの順位		F	大きさの順位		F	大きさの順位	
				T.T	K.Y		T.T	K.Y		T.T	E
1	0.8 ^s	70 μm	0.29	○		0.07	○		5.96 ※		○
2			0.99		○	0.49	○		9.20 ※※		○
3	3.0 ^s		0.09		○	0.13	○		2.12		○
4			0.41		○	0.05		○	2.37		○
5	7.0 ^s		1.07	○		8.08 ※※		○	0.73	○	
6			1.75		○	0.21	○		8.28 ※※		○
7	0.8 ^s	125 μm	27.82 ※※		○	2.13	○		0.79	○	
8			7.02 ※		○	2.17		○	0.69	○	
9	3.0 ^s		13.40 ※※		○	2.35		○	0.96	○	
10			1.14	○		51.00 ※※		○	3.22		○
11	7.0 ^s		8.07 ※※		○	19.18 ※※		○	1.19		○
12			7.75 ※※		○	4.70 ※		○	0.03	○	
13	0.8 ^s	110 μm	5.85 ※		○	3.19		○	0.75		○
14	3.0 ^s		2.51		○	4.67 ※		○	1.24		○
15	7.0 ^s		9.30 ※※		○	4.58 ※		○	0.27		○
16	0.8 ^s	175 μm	7.81 ※※		○	18.42 ※※		○	2.33		○
17	3.0 ^s		0.51	○		111.92 ※※		○	2.83	○	
18	7.0 ^s		7.93 ※※	○		136.66 ※※		○	5.36 ※	○	
19	0.8 ^s	160 μm	0.08	○		0.46		○	8.50 ※※		○
20	3.0 ^s		3.09		○	5.23 ※		○	28.45 ※※		○
21	7.0 ^s		0.04	○		1.76		○	2.72		○

 $F_{18}^1 (0.05) = 4.04$ ①: 測定者T.T ~ Fさんで大きい値を示した方に○印を記した。

 $F_{18}^1 (0.01) = 7.20$

は今回の測定が初めての経験である。いわゆるベテランと初心者であるが、ベテラン間の差は少ないのに対しベテランと初心者の差は大きい。

計器間のベテランと初心者の差は、電磁式Aが大きく、ついで電磁式B、永久磁石式の順であり、この差は計器の接触子と読み取りの影響と思われる。

〔3〕乾燥時間の影響

(1) 膜厚計の種類と乾燥時間の影響

3種類の膜厚計を用いて、15日、50日、370日後に測定した値の総平均値を図一7に示した。また、計器の種類と乾燥時間の影響を明らかにするため、平滑面に塗装した結果を表一8に示した。

この結果から次のことが言える。

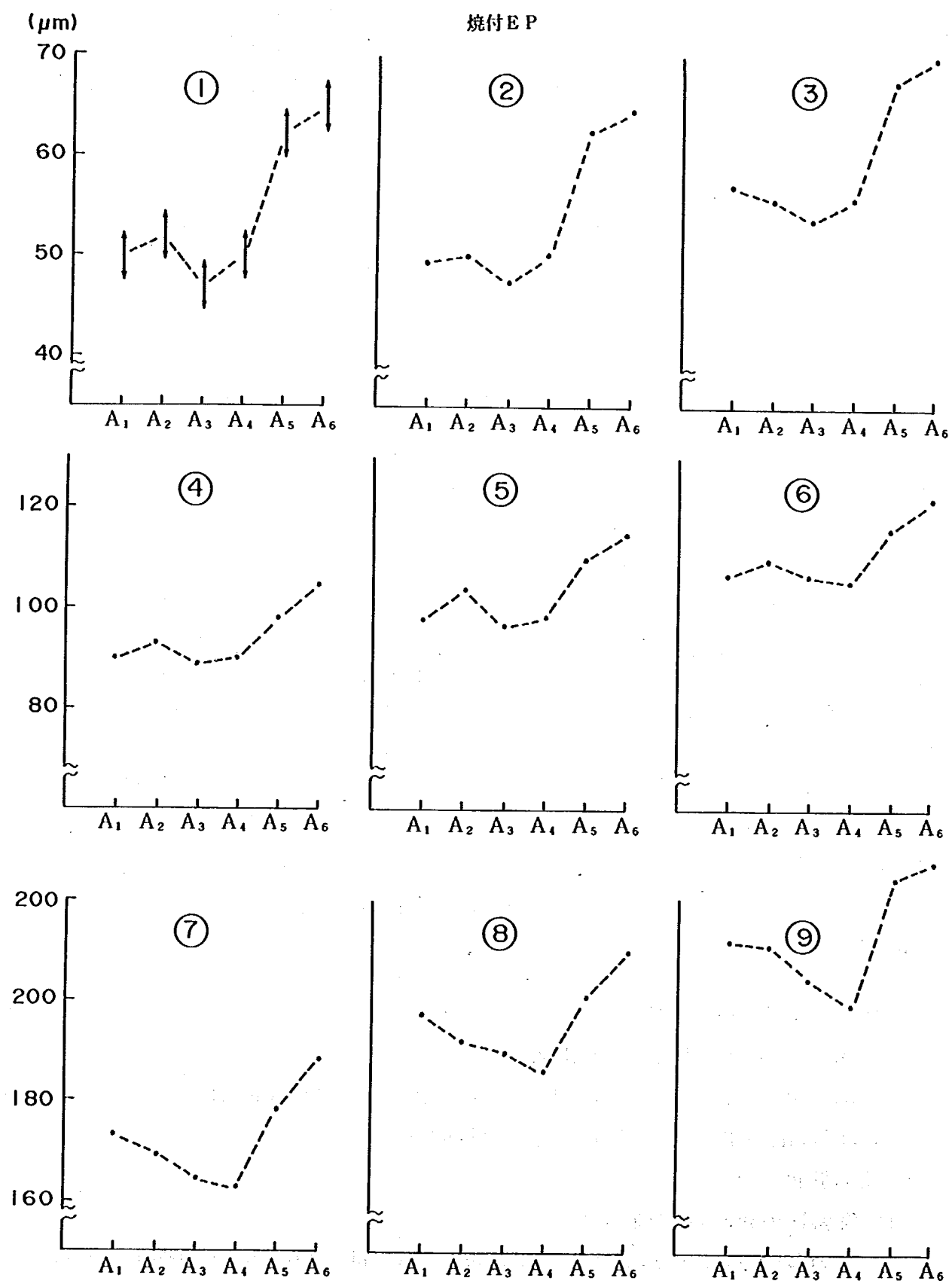


図-5

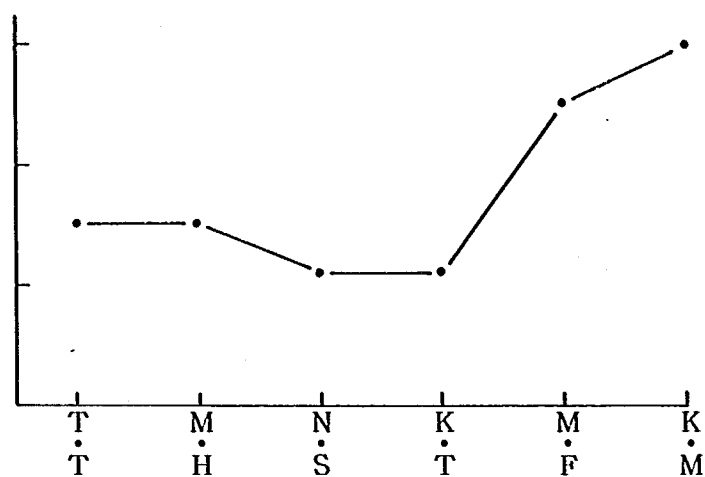


図-6-1 測定者間の影響

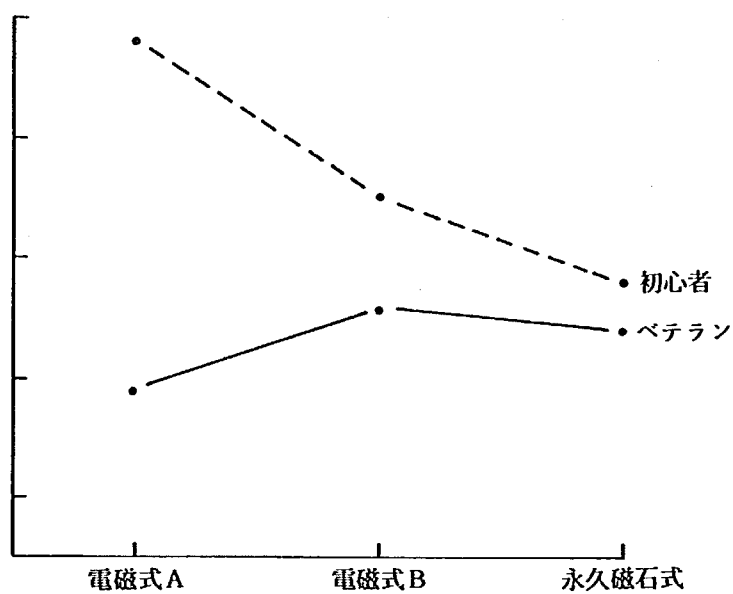


図-6-2 計器間の影響

表-8 分散分析結果

試験片 NO	A 乾燥日数間	B 計器間	A × B 交互作用
1	37.89**	29.92**	26.46**
2	86.90**	62.10**	48.48**
7	47.56**	82.96**	41.77**
13	0.74	91.23**	31.45**
16	59.24**	12.66**	36.78**
19	6.51*	5.89**	1.20

A $F_{216}^2(0.01)=4.61$ $F_{216}^2(0.01)=4.61$ C $F_{216}^4(0.01)=3.32$
 " (0.05)=3.00 " (0.05)=3.00 " (0.05)=2.37

イ) 乾燥時間、計器間、交互作用いずれも“高度に有意”である。しかし乾燥時間が370日と長期になると図一8に示したように計器間の差はほとんどなくなる。

ロ) 乾燥時間に伴う計器の特性は、図一8のように電磁式Aと永久磁石式が近似しており、電磁式Bは時間と共に測定値が増加し差も大きい傾向を示している。

(2) 塗装系の種類と乾燥時間の影響

乾燥日数による各塗装系の測定結果の傾向を図一9に示す。

この結果から、次のことが言える。

イ) 各塗装系とも、膜厚計の種類と乾燥時間で述べたように計器間の差がほとんど生じなくなる。

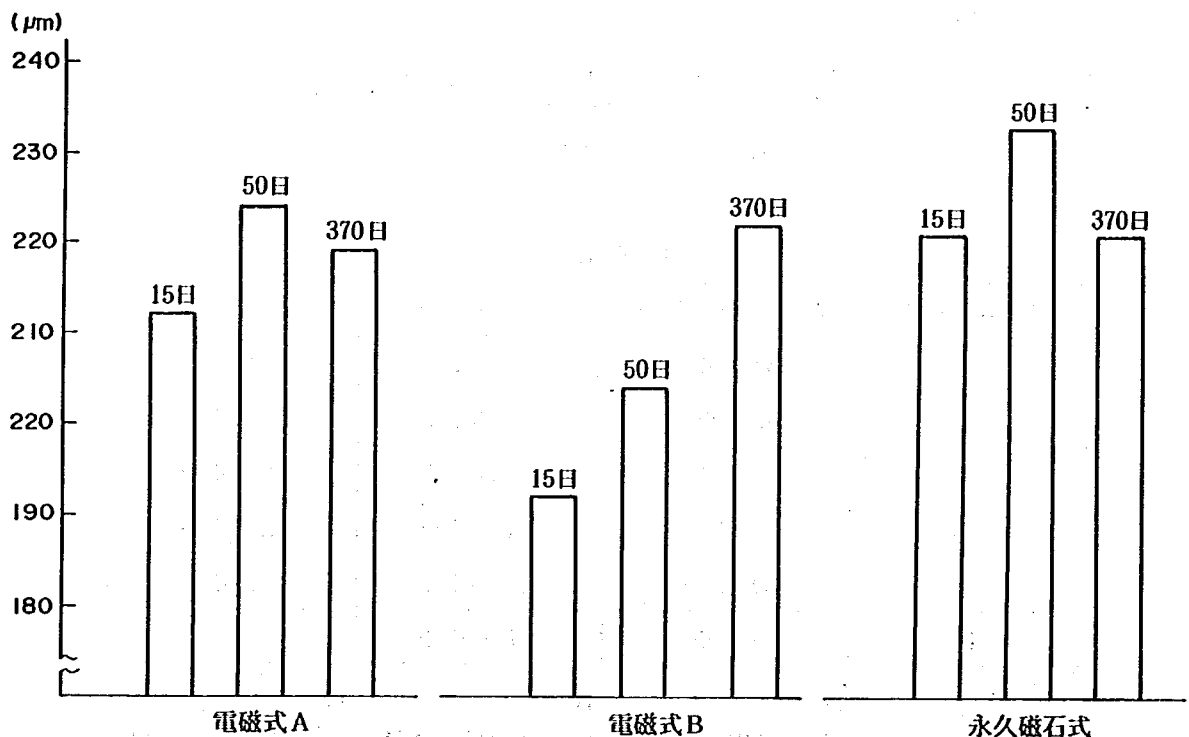
電磁式Bは、接触圧が他の2器種に比べて大きいいため、乾燥時間の短い場合は最も低い値を示す。

ロ) いずれの塗装系とも、乾燥時間が短い場合（塗膜が完全硬化していない状態）には影響を受け、電磁式は低い値を示し、永久磁石式は高い値を示す。

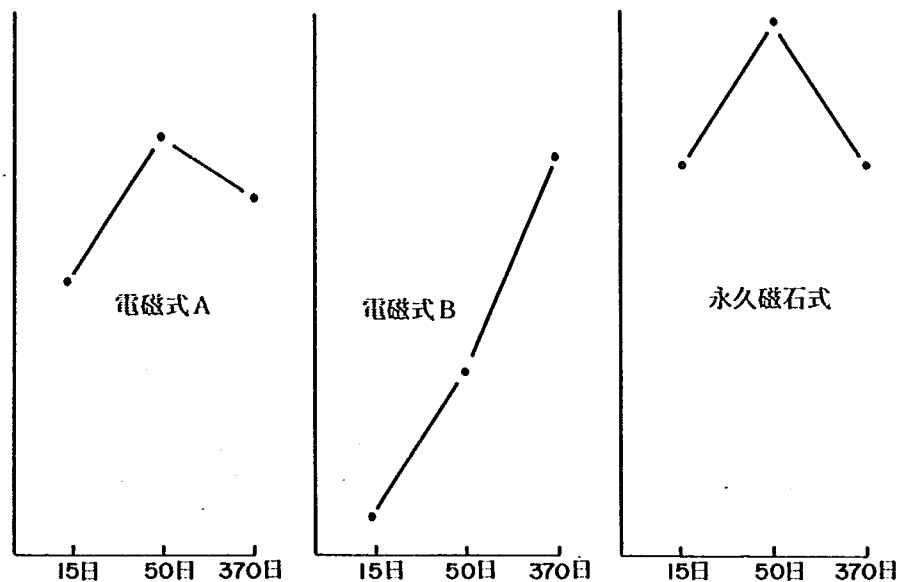
ただし、永久磁石式で測定した塩化ゴム上塗15日後の場合は、極端に低い値を示しているが、これは、端子が塗膜に粘着したためであった。

(3) 未硬化塗膜測定法の検討

未硬化塗膜、すなわち乾燥時間が不十分で塗膜が完全に乾燥（硬化）していない塗膜を測定する場合、標準板を当てて測定する手法がある。



図一7 膜厚計の種類による差と乾燥時間の影響



図一8 測定器の特性

標準板を当てて測定した結果（第4次試験片，電磁式B）を図一10に示す。

標準板を当てる手法で得られた値は，直接測定した値よりも大きい。また乾燥が進むと差が小さくなる傾向にある。

この結果は，試験片表面が $6.0 R_z \mu m$ と平滑でスプレー塗りを行ったものであり，試験片の表面あらかが大きく，はけ塗り等の塗膜表面の凹凸が大きい場合は，さらに差が大きくなると思われる。

〔4〕表面あらかの影響

370 日後の測定結果を各種塗装系毎に分散分析した結果を表一9に示す。

この結果から次のことが言える。

- イ) 計器間，交互作用は，ほとんどないが，あらかの影響はかなり高度にある。
- ロ) 電磁式の方が表面あらかの影響を受けやすく，永久磁石式は影響を受けにくい。これは，マグネット接触子先端の曲率半径が最も大きく，比較的あらかの影響を受けにくいと考えられる。

〔5〕理論膜厚と測定値の関係

第1次から第3次までの結果を表一10-1～10-3に示す。

この結果から次のことが言える。

(1) 第1次試験の結果

- イ) 膜厚計で測定された膜厚は，油性系の塗料で理論膜厚の80～90%，タールエポキシ系塗料で90%であった。
- ロ) 塗装方法の影響は明確には認められなかった。

(2) 第2次試験の結果

表面あらかや，塗装表面のうねりや凹凸，測定時のへこみは誤差の原因と考えられるため，平滑な試験片にエポキシ樹脂塗料をスプレー塗装した試験片を用いての結果である。

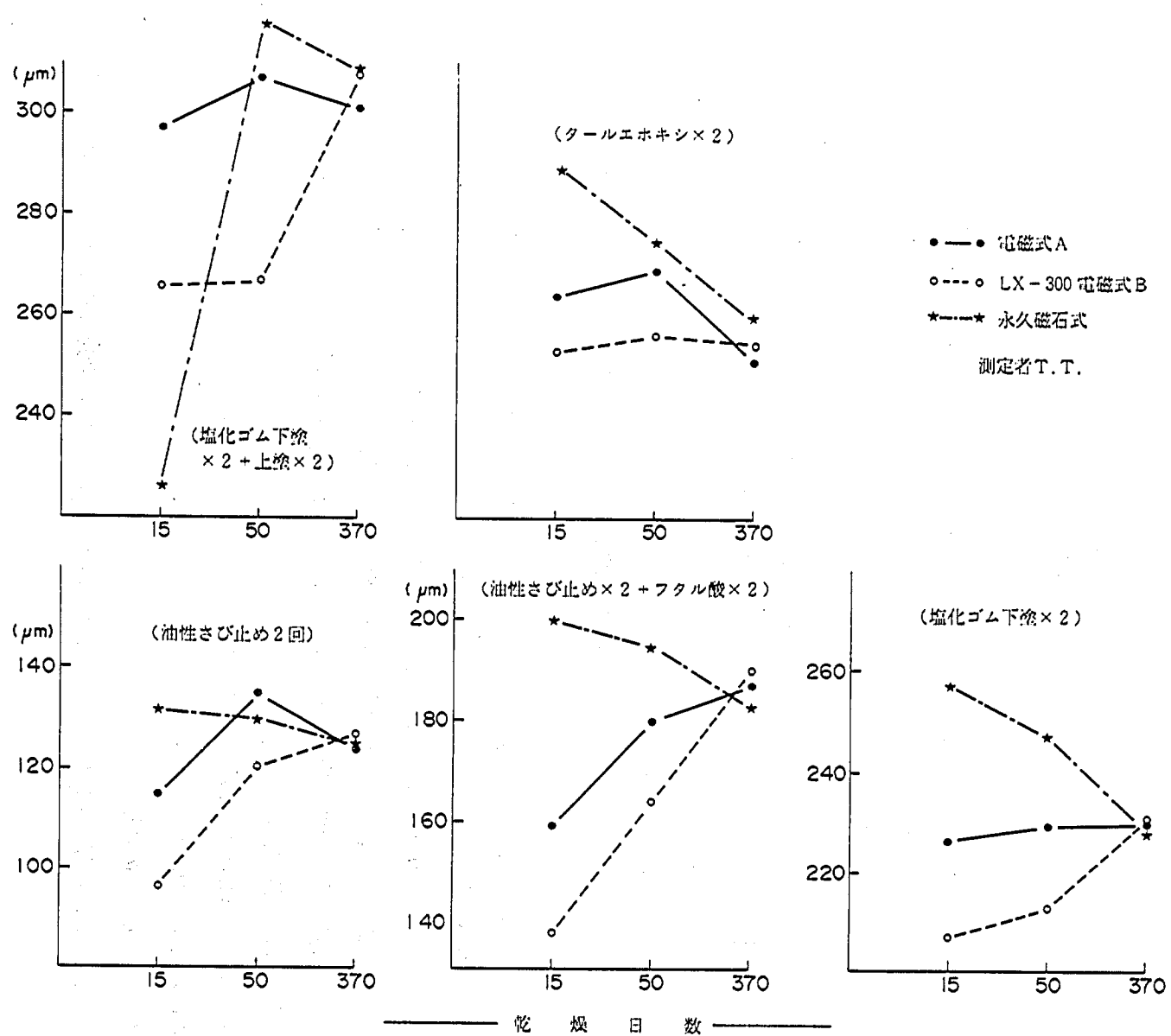


図-9 乾燥日数が測定値に及ぼす影響

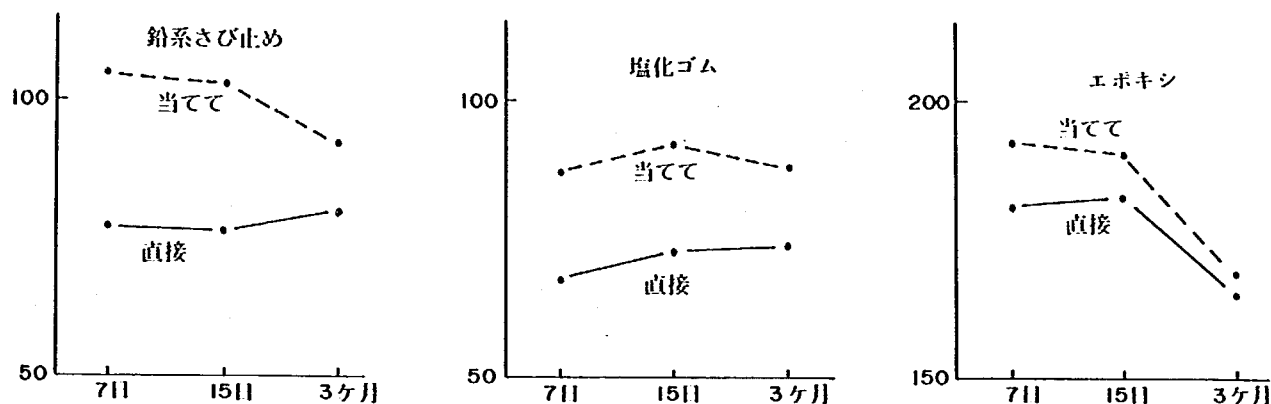


図-10 標準板を当てた測定

表-9 表面あらしの影響

(1) 分散分析結果

T. P. NO	A 表面あらし	B 計器	A × B 交互作用
1 ~ 6	8.25**	1.50	0.28
7 ~ 12	1.94	5.84**	0.17
13 ~ 15	48.28**	0.42	0.46
16 ~ 18	71.72**	2.28	3.62**
19 ~ 21	72.45**	1.80	0.15

$$\begin{array}{ccc}
 A & B & A \times B \\
 F_{216}^2(0.01) = 4.61 & F_{216}^2(0.01) = 4.61 & F_{216}^1(0.01) = 3.32 \\
 " (0.05) = 3.00 & " (0.05) = 3.00 & " (0.05) = 2.37
 \end{array}$$

(2) 表面あらしの影響 $(\frac{\delta}{x} \times 100)$

あらし	さび止め×2	下×2+フタル×2	CR下×2	CR下×2+CR上×2	TE
0	8.54	7.46	5.94	4.64	12.1
30	11.47	8.19	8.43	5.34	6.36
70	9.74	8.45	5.73	6.15	9.77
	**	**	**	**	**

	電磁式A	電磁式B	永久磁石式	計
0	7.70	7.82	7.69	7.74
30	8.27	8.27	7.33	7.96
70	7.55	9.19	7.17	7.96

- ・表面あらしの影響は重動に有為，計器，交互作用はほとんどなし
- ・永久磁石式より電磁石A，電磁石B という電磁石の方が影響を受ける

表-10-1 第1次試験片の測定結果

塗料	表面 あらさ	塗装方法 測定機	ス プ レ ー				刷 毛			
			電磁式A	電磁式B	永 久 磁石式	平 均	電磁式A	電磁式B	永 久 磁石式	平 均
油 性 さ び 止	0	理論膜厚 μ	② 143.8				① 147.6			
		(測定－理論) 膜厚 μ	－ 18.4	－ 15.6	－ 18.8		－ 23.3	－ 17.5	－ 17.9	
		同上の相対量 %	－ 12.8	－ 10.4	－ 13.7	－ 12.3	－ 15.8	－ 11.9	－ 12.1	－ 12.1
	30	理論膜厚 μ	④ 128.2				③ 150.8			
		(測定－理論) 膜厚 μ	－ 17.2	－ 12.3	－ 14.0		－ 21.9	－ 20.4	－ 25.6	
		同上の相対量 %	－ 13.4	－ 9.6	－ 10.9	－ 11.3	－ 14.5	－ 13.5	－ 17.0	－ 15.0
	70	理論膜厚 μ	⑥ 136.6				⑤ 157.7			
		(測定－理論) 膜厚 μ	－ 21.0	－ 24.8	－ 19.2		－ 18.7	－ 13.4	－ 22.5	
		同上の相対量 %	－ 15.4	－ 18.2	－ 14.1	－ 15.9	－ 11.9	－ 8.5	－ 14.3	－ 11.6
タ ー ル エ ポ キシ	0	理論膜厚 μ	⑩ 254.1				(注) ○－試験片記号 370日乾燥後測定			
		(測定－理論) 膜厚 μ	－ 24.3	－ 20.9	－ 19.9					
		同上の相対量 %	－ 9.7	－ 8.2	－ 7.8	－ 8.6				
	30	理論膜厚 μ	⑫ 275.5							
		(測定－理論) 膜厚 μ	－ 29.5	－ 25.0	－ 18.7					
		同上の相対量 %	－ 10.7	－ 9.1	－ 6.8	－ 8.9				
	70	理論膜厚 μ	⑭ 313.2							
		(測定－理論) 膜厚 μ	－ 35.2	－ 33.5	－ 27.2					
		同上の相対量 %	－ 11.2	－ 10.7	－ 8.7	－ 10.2				

表-10-2 第2次試験片の測定結果

試験片 No	目標膜厚 μ	理論膜厚 (μ m)	(測定-理論) 膜厚 (μ m)			同 左 の 相 対 量 (%)			
			電磁式A	電磁式B	永久磁石式	電磁式A	電磁式B	永久磁石式	平 均
1~3	50	64.7	-15.8	-9.8	-12.4	-24.4	-15.1	-19.2	-19.6
4~6	100	103.3	-11.6	-2.2	-1.1	-11.2	-2.1	-1.1	-4.8
7~9	200	195.4	-7.8	+0.3	+4.0	-4.0	+0.1	+2.0	+0.6

(注) 3枚の平均値

表-10-3 第3次試験片の測定結果

試験片 No	塗料の種類	理論膜厚 μ	測定膜厚 μ	(測定-理論) 膜厚 μ	同左の相対量 %
1, 2	油性さび止 2回塗	127.4	90.6	- 36.8	- 28.9
3, 4	フタル酸上塗 2回塗	72.3	61.6	- 10.7	- 14.8
5, 6	塩化ゴム上塗 2回塗	86.8	70.5	- 16.3	- 18.8
7, 8	タールエポキシ 2回塗	229.2	221.3	- 7.9	- 3.5

(注) 2枚の平均値

この結果から次のことが言える。

イ) 理論膜厚65 μ mの場合は、測定器によって違いはあるが、平均すると約20%小さめの測定値となる。

ロ) 理論膜厚 100 μ m, 200 μ mでの場合は、理論膜厚と良い一致がみられた。但し、電磁式Aはこの膜厚領域でも低めの測定値を示す。

(3) 第3次試験の結果

理論膜厚に対し、油性系で29%、フタル酸樹脂系で15%、塩化ゴム系で19%、タールエポキシで3%、それぞれ低めの値で測定された。

一般に理論膜厚と膜厚計で実際に測定される膜厚との差は、表面あらさ、測定時の塗膜のへこみ、膜厚計の特性に原因があると考えられているが、3回の実験で得られたデータをもとに考察を行うと、次のようになる。

イ) 理論膜厚に対して油性系で10~30%、タールエポキシで約10%、低い値で測定され、焼付エポキシ(100 μ m以上の場合)ではじめて一致する測定値が得られた。このことは、柔い塗膜では測定時の接触圧で“へこみ”を生じることが示唆している。

ロ) いずれの膜厚計も理論膜厚よりも低めの値で測定値が得られる。特に65 μ m程度の膜厚では15~20%も低い。

4. まとめ

試験結果から、次のことが明らかになった。

- (1) 完全乾燥した塗膜については計器間に差はないが、未硬化塗膜(乾燥時間が短く塗膜がやわらかい状態)については計器間に差がある。
- (2) 膜厚計を使いなれた経験者と初心者とは、塗膜が厚い場合には差は小さいが、塗膜が薄い場合には差は大きい。
- (3) 表面あらさの影響は電磁式の方が永久磁石式よりも受けやすい。
- (4) 十分に硬化した100 μ m以上の塗膜は理論膜厚と一致するが、膜厚がそれ以下では一致しない。また、未硬化塗膜では“へこみ”を生じ、測定誤差は大きい。

あとがき

塗膜厚の管理は、膜厚計を用いて行うことが多い、また、鋼橋等の塗装には常温乾燥形の塗料を使用しており、工期等の関係から乾燥時間が不足しがちで結果的には、未硬化塗膜を測定しているのが現状である。今回の試験では、測定器、測定者、乾燥時間、塗膜の種類等によって差がみられることから、膜厚計での施工管理は、計測および測定値の取扱いに十分な考慮が必要かと思われる。

今後、未硬化塗膜の膜厚測定に適した測定法の開発および誤差の少ない測定器の開発が望まれる。

〔謝 辞〕

本試験に御協力いただいた、関東技術事務所担当諸氏および日本ペイント株式会社（担当者 福島稔氏）、関西ペイント株式会社（同 関野修弘氏、栗山寛氏）、大日本塗料株式会社（同 高瀬勝次氏、野村線一氏）、石川島播磨重工業株式会社（同 高垣孟氏）、石川島検査計測株式会社（同 土田豊二氏）に未筆ながら深甚なる謝意を表する次第である。

付 録

1. 表面あらさについて

1-1 表面あらさの概念

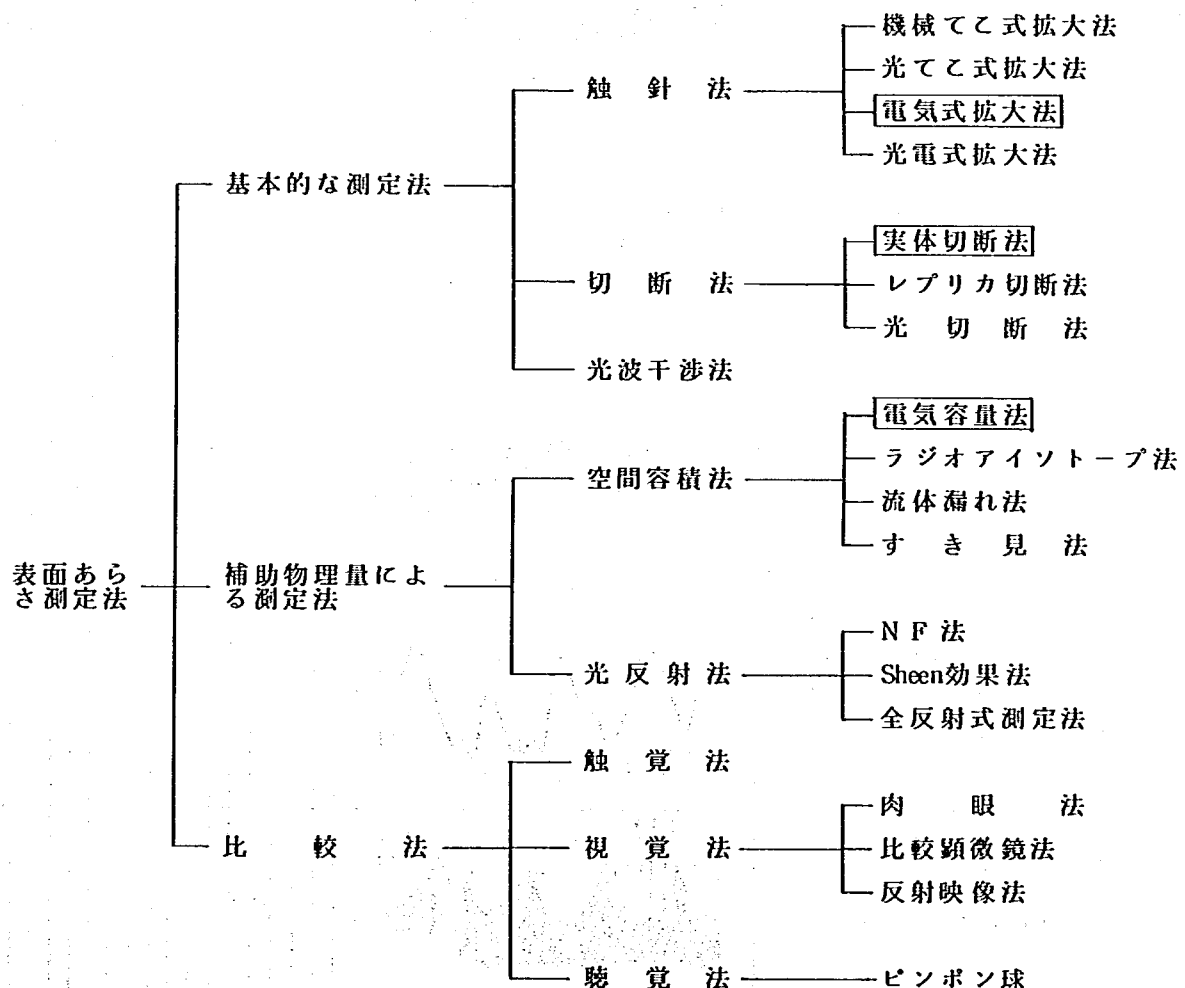
表面あらさとは、小さい間隔でおこる表面のでこぼこで、我々が“つるつるしている”とか“ざらざらしている”と認める感覚の基になるものをいう（JIS, B0601による）

1-2 各国の規格の状況

各国の規格の状況は、表-1に示したとおりであり、これらの規格は主として機械加工部品の表面あらさについて規定しているものであって、本試験で行っているような塗装下地処理の表面あらさについては、最大高さ（ R_{max} ）および十点平均あらさ（ R_z ）が一般的に使用されている。

1-3 表面あらさ測定法の種類

広義の表面あらさとは、1-1項で述べたようなことで、我々が“つるつるしている”とか“ざらざらしている”と認める感覚の程度をいう。この人間の感覚を定量的にあらわすことは困難であるが、今までに開発された測定法を分類すると下記の通りとなる。



上記のような表面あらさを測定する方法は数多くあるが、これらのうち本試験では、現在最も広く使用されている「触針電気式拡大法」を標準の測定方法として選定し、「実体切断法」と「電気容量法」を比

表一 1 各国「表面あらさ」規格の比較表

項 目 名 称	呼び方および計算式	図 示	(国) 名													
			日	独	英	米	ソ	ス	仏	意	西	ポ	オ	ス	ス	ス
中心線 平均あらさ (Center Line Average Height)	$R_a = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} y dx$ 近似式 $R_a = \frac{\sum y_i }{n}$ 呼び方: R_a -ISO, 日本, ドイツ, フランス, その他 CLA-イギリス AA-アメリカ hm-スペイン		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
上点 平均あらさ (Ten Point Height)	$R_z = \frac{(R_1 + R_2 + \dots + R_5) - (R_2 + R_4 + \dots + R_{10})}{5}$ 呼び方: R_z -ISO, 日本, ソ連, その他		○	○			○									
最大高さ (Maximum Height)	$R_{max} = Y_{max} - Y_{min}$ 呼び方: R_{max} -ISO, 日本(フランス), その他 R_t -ドイツ H_{cp} -ブルガリア		○	○	△										○	○
自乗平均 平方根あらさ (Root Mean Square Height)	$R_{rms} = \left[\frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} y^2 dx \right]^{\frac{1}{2}}$ 呼び方: H_{ck} -ブルガリア															○
平均線の保さ (Flatness)	$R_p = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} y_i dx$ 呼び方: R_p -ドイツ, (フランス)				○	△										
スウェーデンの 標準 (Swedish standard)	$H_{SMS} = x - y$ ただし x の値: $\sum p_i = 0.05\ell$ y の値: $\sum q_i = 0.10\ell$ 呼び方: H_{SMS} -スウェーデン															○
アボットの 負荷曲線	$t_p = \frac{\ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \dots + \ell_n}{L} \cdot 100\%$ 呼び方: t_p -ドイツ, (フランス)				○	△										

注: ○印は, 国家規格として採用しているもの, △印は,
国家規格(案)として採用しているものを示す。

較用として選定して測定方法によって表面あらさがどの程度異なるものかを調査した。次項にこれら3種の測定方法の簡単な原理と特徴を述べる。

1-4 表面あらさ測定法の原理と特徴

(1) 触針電気式拡大法

被測定面を触針でたどり、触針の微動を電気的に検出して、記録計で読みとる方法である。この方法は電子工学の発達にともない近年急速に進歩した方法で、各種測定法のうち本測定法が最も普及しており、今後もこの測定法は世界各国で適用されるものと思われる。この測定法の簡単な機構は図-1の通りである。

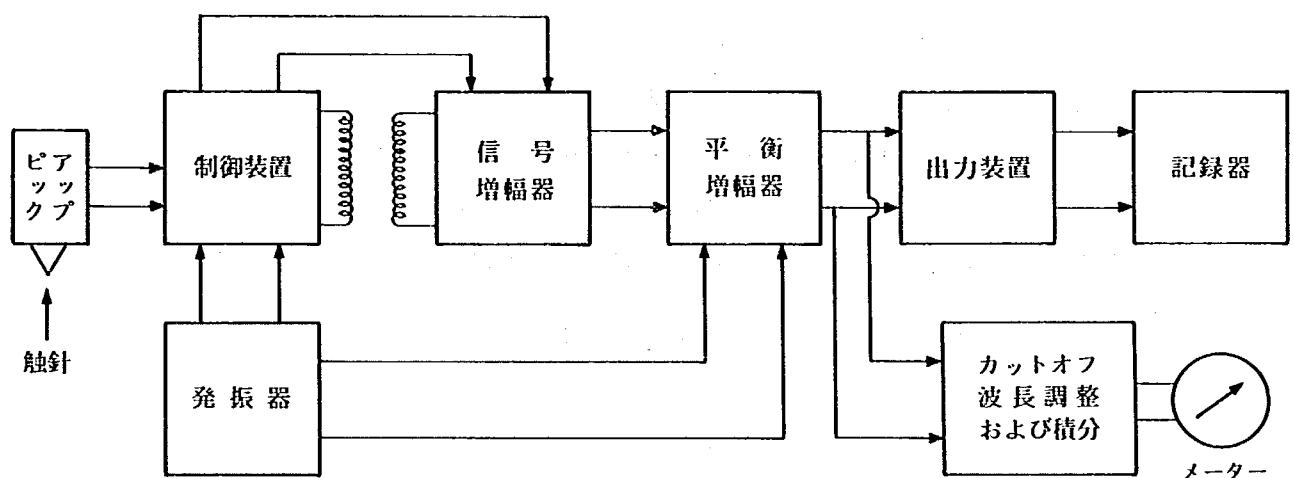


図-1 触針電気式拡大法の機構例

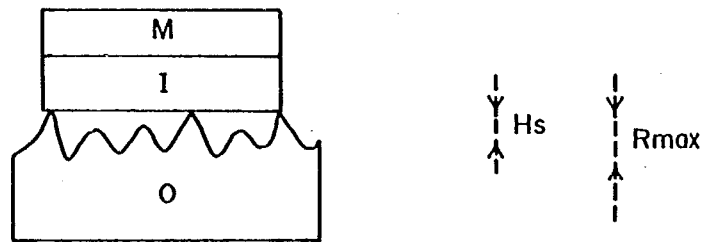
触針電気式拡大法は、(イ)短時間に測定できる、(ロ)うねりの除去やうねりのみの検出が可能、(ハ)測定圧を小さくすることができる、(ニ)測定あらさの範囲が広い等の長所がある。しかし、(イ)触針と被測定面の機械的接触のため、弾性的および塑性的変化を起こし測定誤差の原因となる、(ロ)拡大記録は真の凸凹でなく、山頂は丸く、谷底はとがって現われる、(ハ)携帯式でないで現場では使用不可等の欠点がある。

(2) 電気容量法

現在日本および諸外国の表面あらさに規格の評価法は、被測定面の2次元的なでこぼこの断面曲線またはあらさ曲線から導かれているのが一般的であるが、実際の表面のでこぼこは3次元的に変化している。3次元的な表面あらさの測定には、空間容積法が用いられ、電気容量法、ラジオアイソトープ法、流体漏れ法などがあるが、ここでは本試験に適用した電気容量法の概要を述べる。

この方法は、被測定面(0)とこれに対向させた電極板(M)との間の電気容量を測定して、被測定面のあらさを求める方法で「JIS B0654 表面あらさ測定機(電気容量式)」が規定されている。

図-2に示したMは測定用電極、Iは電気絶縁物、0は被測定面であって、この方法で求められる表面あらさHsは下記の式によって算出される。



図一 2 電気容量法の測定原理

$$H_s = \left(\frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_2} \right) \frac{M \times 10^2}{36 \pi}$$

H_s : 容量式表面あらさ (μm)

M : 被測定面の上に乘せる金属板の面積 (mm^2)

C_1 : " の測定によって求められた電気容量 (μF)

C_2 : $H_s = 0$ すなわち平らな場合の電気容量 (μF)

容量式表面あらさ H_s から R_{max} を求める方法は JIS で下記のように定められている。

$$R_{max} \approx \frac{3}{2} H_s \quad \text{あらさに方向性がない場合}$$

$$R_{max} \approx 2 H_s \quad \text{あらさに方向性がある場合}$$

上記式はあくまで概算である。

(3) 実体切断法

被測定面の実体を切断して、その切口の断面を顕微鏡や投影機で拡大してあらさを求める。本測定方法は被測定面を直接観察するのであるから最も精度の良い測定方法といえるが、実際には変形を伴わないで実体を切断することは不可能であり、切断の時間と技術を要するので、表面あらさ測定用としては現在ほとんど用いられていない。

本試験は実体が試験片であるため、本測定法を比較用として適用した。

2. 塗膜厚の測定について

2-1 膜厚測定法の種類と特徴

鋼構造物の防食塗装において、その耐久性を左右する最も大きな要因は図一 3 に示すように素地調整である。塗膜による防食機構の主なものとしては、①防錆顔料などによる鉄面の安定化、②電氣的腐食反応に対する電氣的抵抗効果、③水や酸素などの外部腐食因子のしゃ断などが考えられるが、これらはいずれも膜厚を大きくすることによって強く働き、防食性能は向上する。

図一 3 に示したように単一因子としては素地調整について大きい。このようなことから塗装における膜厚管理は重要なことであって、この膜厚を測定する方法、手段、機器の種類は、表一 2 に示したように数

数多くの方法がある。

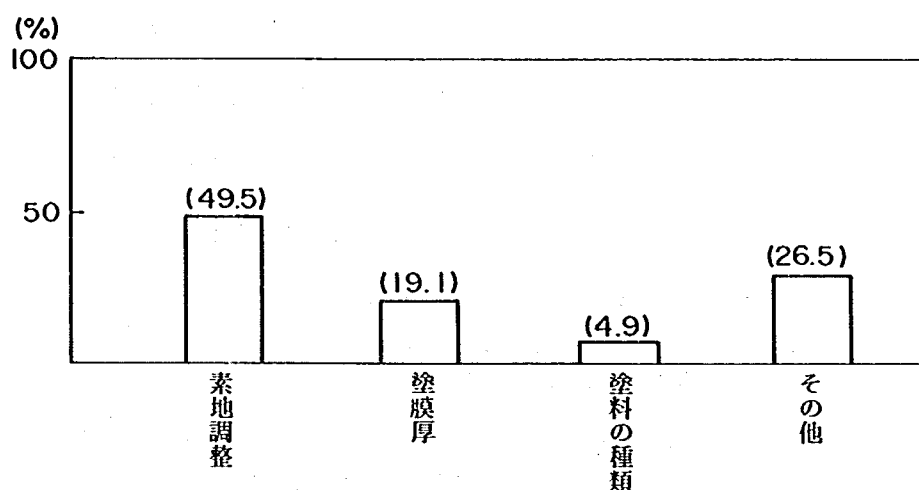


図-3 各要因の防食性能に及ぼす効果

本実験は橋梁の塗膜厚検査を対象としており、橋梁塗装における膜厚検査は、検査設備の整わない場所で行われることが多く、特に架設後の膜厚検査は足場の悪い高所作業となるとともに各種形状の部材の膜厚を測定しなければならない。このため橋梁塗装における膜厚測定に限らず、大型鉄鋼構造物の膜厚測定器は小形、軽量で取り扱いが容易であることが望ましい。このようなことから現在膜厚計として使用されているものの大部分は、表-2に示した電磁式膜厚計が最も多く使用されている。

2-2 電気磁気式膜厚計の原理

乾燥塗膜厚さを測定する方法としては表-2に示したように、非常に数多くの方法がある。しかし大型鋼構造物の膜厚測定は非破壊測定法でなければならず、6-1項で述べたように取扱いが簡単、小型、軽量という制限ができる。このため電気磁気式膜厚計が現在最も一般的に利用されている。以下に簡単な原理を述べる。

(1) 永久磁石式膜厚計

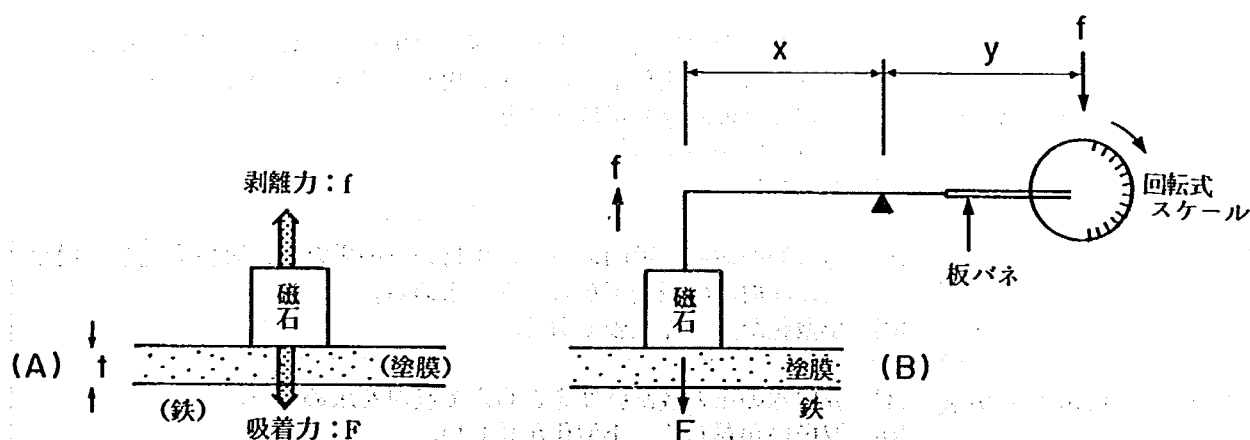


表-2 乾燥塗厚測定法の種類と特徴

種 類		特 徴	
破 壊 測 定 法	実体切断法(顕微鏡測定)	(イ) 被測定面を切断して、その切口の断面を顕微鏡によって測定し厚さを求める。 (ロ) 実際の構造物から数多く切断して測定することは難しく、現場的でない (ハ) 非破壊法にくらべ、測定に長時間を要する。	
	針式マイクロメーター法	(イ) 針を塗膜に侵入させ、素地材に達するまでの深さから膜厚を求める。 (ロ) 小形、軽量、取り扱いが簡単	実際の構造物を測定した場合は補修塗りが必要である。また非破壊法に比べ時間がかかるので測定数が多い場合は非能率的である。
	ナイフカット法(スクラッチ法)	(イ) 45°のV字形ナイフで塗膜を切り、その水平幅を顕微鏡で読み、垂直膜厚を求める。 (ロ) 小形、軽量、取り扱い簡単	
非 破 壊 測 定 法	電気磁気式	永久磁石式 電 磁 式	(イ) 磁性材料を検出器に近づけた時の磁石の吸着力および磁力線の変化をメーターで読みとり膜厚を求める。 (ロ) 現在までに開発されている非破壊測定器の中では最も安価である (ハ) 小形、軽量で取り扱いが簡単であるため、実際の構造物の膜厚を測定できる。
	電 気 容 量 式	(イ) 測定電極を塗膜に押し当て、母材の測定電極間の静電容量を測定し、厚さによって静電容量が変化することを応用し、この変化量を膜厚として求める。 (ロ) 塗膜の誘電率に関係するためあらかじめ誘電率を求めておく必要がある。 (ハ) 携帯できる程度に小型化可能 (ニ) 電気磁気式に比べやや高価	
	電 気 抵 抗 式	(イ) 塗膜の電気抵抗を測定し、この抵抗変化から膜厚を求める。 (ロ) 温度、湿度に影響されるので、実用的でない。 (ハ) 塗料は種々の金属材料を使用しているので、これによっても影響される。 (ニ) 小型化可能、比較的安価	
	高 周 波 式(渦電流)	(イ) 高周波を金属に当てると渦電流が発生し、この渦電流は金属の種類厚さによって変化することを利用して厚さを求める。 (ロ) 非磁性材の膜厚測定に適する (ハ) ある程度小型化可能 (ニ) やや高価	
	超 音 波 式	(イ) 超音波を被測定膜面に当て、母材のみの場合と、膜材を通した場合との反射波の減衰率から厚さを求める。 (ロ) 小型化が難しく高価である。	
	放射線を利用した方式 (β 線、X線等)	(イ) 放射線の後方散乱強度をとらえて膜厚を求める (ロ) 取扱いが難しく、小型化が難しい。 (ハ) 高価である。	

磁石の吸着力 (F) は距離 (t) の二乗に反比例するという原理を利用して膜厚を求める方法である。

磁石の吸着力 (F) と逆方向に徐々に力 (f) を加えて行くと、ある点で磁石は磁性体上より剥離する。この力 (f) は吸着力 (F) より僅かに強くなるが、実質的には吸着力 (F) と剥離力 (f) とは等しいと考えてもさしつかえない程度である。

この種の計器は図一Bのような構成をしており、厚さが既知の標準板によって吸着力 (F) と剥離力 (f) とのバランスをスケールに目盛っておく。

今、 $x = y$ であれば、

$F = f$ である。

したがって回転式スケールによって板バネに f 方向の力を加え、磁性体から剥離した点を膜厚として読み取る。

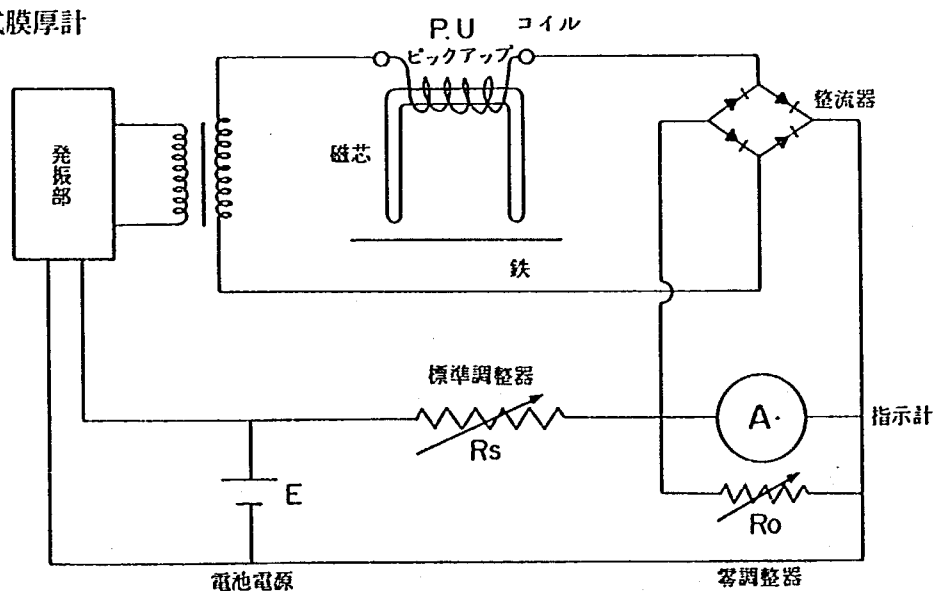
本試験に使用した永久磁石式膜厚計はこの方式のものであり、この測定器としてはインスペクター、マイクロテスト等の製品が良く知られている。

永久磁石式膜厚計にはこの他に、コの字形磁石の間に流れる磁束の変化を利用しているものもあるが、本試験では用いなかったため省略する。この形式の膜厚計はエルコメーターが良く知られた製品である。

永久磁石式膜厚計の特徴は下記のとおりである。

- ・小形、軽量、携帯に便利 (ポケットに入る)
- ・取り扱いが非常に簡単である。
- ・電池、電源が不用
- ・電磁式に比べ、やや精度が劣る (永久磁石式 $\pm 5 \sim 10\%$ 、電磁式 $\pm 5\%$ 以下)
- ・時間の経過に伴い磁石の吸着力が減じるので、ある程度たったら校正する必要がある。
- ・電磁式に比べ安価である。

(2) 電磁式膜厚計



図一4 電磁式膜厚計の基本回路

$P_1 U_1$ の磁極に透磁性のいい鉄等を近づけると磁芯→空間→鉄→空間→磁芯を通る磁路の磁気抵抗（リアクタンス）が減るのでコイルを通る磁力線が増加し、コイル自身の交流抵抗（インダクタンス）が増す。インダクタンスが大きくなると、発振部出力電圧が一定なので、 $P_1 U_1$ コイル回路の電流が減り電流計 A の指度は小となる。つまり鉄の近接の度合に応じて、遠い時は電流計の指度は大きく、近接した時は小となる。鉄と磁極との空間に塗膜のような非磁性体はさまれていると前述したように塗膜の厚さによって鉄との距離が異なり、これによって電流計の大小によって厚さを知ることができる。

塗膜厚測定法に関する試験

I S S N 0386-5878
土研資料 第2207号
昭和60年3月 (1985)
建設省土木研究所化学研究室
森 芳徳, 西島高秀, 守屋 進

要 旨

本試験は、膜厚計を用いた塗膜厚の測定において膜厚計の種類、測定者、乾燥時間等の影響について試験を行ったものである。

キーワード：塗装、塗膜厚、測定法、膜厚計

郵便はがき

40円切手
をはいて
下さい

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所
化学研究室 行

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第2207号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印