

土木研究所資料

第1819号

樹脂塗装鉄筋に関する調査及び試験(1)

昭和57年 3月

建設省土木研究所
地質化学部コンクリート研究室

Copyright ©1982 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 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なってはならない。

目

次

1. ま え が き	1
2. 使 用 材 料	2
3. 引 抜 き 試 験	5
4. 両 引 き 試 験	20
5. 曲 げ 加 工 試 験	22
6. あ と が き	24
参 考 文 献	24

1. まえがき

・湾岸道路、海峡連絡橋等におけるコンクリート構造物は補修が困難であり、環境条件も厳しいので、その耐久性に関して十分な配慮を行なう必要がある。

コンクリート構造物が海洋環境で鉄筋腐食により劣化するのを防ぐためには、(1)かぶりを厚くし、かつ、ひびわれを抑制する、(2)鉄筋に防食加工を行なう、(3)コンクリート表面に防塩塗装を行なう、等の方法があるが、(2)の方法はコンクリート構造物のかぶりを薄くして軽量化出来ること、およびメンテナンスが必要なくなる等の長所を有している。

防食加工鉄筋としては、樹脂塗装鉄筋が耐久性等の面から最も有望なものと考えられるが、まだ塗装材料、使用法等の技術が確立されておらず、早急に整備する必要がある。本資料は樹脂塗装鉄筋に関して地質化学部、化学研究室、コンクリート研究室が昭和56年度に行なった調査試験の結果を資料としてまとめたものである。

昭和 57 年 3 月

コンクリート研究室長 小林 茂 敏

執筆者 化学研究室 片 脇 清 士

" コンクリート研究室 森 浜 和 正

実験担当 高橋 正 志

“ ” 高橋弘人

[illegible]

2. 使用材料

2.1 コンクリート

2.1.1 セメント

セメントは、普通ポルトランドセメントを使用した。セメントの試験成績を表-2.1に示す。

表-2.1 セメントの試験成績

比重	ブレン比 表面積 (cm ² /g)	凝 結					安定性 (煮沸 方法)	酸化マグ ネシウム (%)	三酸化 いおう (%)	強 熱 減 量 (%)
		室 温 (°C)	湿 度 (%)	水 量 (%)	始 発 (時-分)	終 結 (時-分)				
3.15	3,300	20.0	91	28.3	2-36	3-54	良	1.3	2.0	0.4
フロー値 (mm)	曲 げ 強 さ (kg/cm ²)				圧 縮 強 さ (kg/cm ²)				養生温度(°C)	
	1 日	3 日	7 日	28 日	1 日	3 日	7 日	28 日	室 温	水 温
262	—	35	53	71	—	152	259	414	—	—

2.1.2 骨 材

細骨材は、富士川産の川砂を使用し、粗骨材は、最大寸法を20mmとした富士川産の川砂利を使用した。骨材の物理試験結果を表-2.2に示す。

表-2.2 骨材の物理試験結果

種 類	F.M	比 重	吸水量 (%)	ふ る い 通 過 量 (%)								
				20 mm	15 mm	10 mm	5 mm	2.5 mm	1.2 mm	0.6 mm	0.3 mm	0.15 mm
粗 骨 材	6.73	2.67	1.03	100	76	27	0	0	0	0	0	0
細 骨 材	2.80	2.62	2.20	—	—	—	100	90	70	40	16	4

2.1.3 練りませ水

コンクリートの練りませには、水道水を使用した。

2.1.4 混 和 剤

混和剤は、市販のAE剤ヴィンソルの原液を20倍溶液にして使用した。

2.1.5 配 合

コンクリートの配合は、スランプ8±2 cm、圧縮強度(σ_{c28})300 kg/cm² を目標として水セメント比を定めた。コンクリートの示方配合を表-2.3に示す。

表-2.3 コンクリートの配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	水セメン ト 比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
			水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和材 (cc/m ³)
20	60	39	165	275	718	1,140	55

2.2 鉄 筋

試験に使用した鉄筋は、公称直径 19 mm の異形鉄筋 (SD30, 横フシおよび斜フシ) とした。鉄筋の機械的性質を表-2.4 に示す。

また、これらの鉄筋は塗装するにあたり、サンドブラストによる下地処理を行なった。

表-2.4 鉄筋の機械的性質

鉄筋の種類		降伏点 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)
	フシ形状			
SD30 - D19	横フシ	34.8	54.6	20
	斜フシ	38.5	59.4	21

2.3 塗 料

実験に使用した塗装鉄筋の塗料の種類および塗膜厚さは、化学研究室が先に行なった実験結果¹⁾を基にして選んだ。以下に塗料の材質や塗装方法、性状について詳しく記す。

2.3.1 塗料の材質と塗装方法

塗料の組成および塗装方法を表-2.5 に示す。

表-2.5 塗料の組成と塗装方法

塗料の種類	系 統	色 相	組 成 (％)				塗 装 方 法			
			主 剤	硬化剤	顔 料	その他		目標膜厚(μ)	プレヒート	アフタヒート
A	粉 体 エキシポ	ブラウン	エポキシ 樹 脂 (60.5)	酸無水物 (6.0)	着色顔料 (30.5)	添加物 (3.0)	静電 スプレー 塗 装	150	180℃ 30分	240℃ 45分
							静電 スプレー 塗 装	250	180℃ 30分	240℃ 45分
B	"	"	固形エポキシ 樹 脂	酸無水物	ベンガラ系	—	静電 スプレー 塗 装	150	130~140℃	200℃ 50分
O	"	グリーン	エポキシ 樹 脂	—	—	—	静電 スプレー	150	232℃ 28秒	
D	スラリー状	グ レ ー	エポキシ系	イソシア ネート	TiO ₂ , SiO ₂ O	—	湿式粉 体塗装	150	210℃ 30分	
E	無機ジシ リッチ	グ レ ー	アルキル シリケート (20.8)	—	亜鉛末+体質 顔料 (78.0)	添加剤 (2.0)	圧送式 エアス プレー	150	霧化圧力 4 kg/cm ²	塗料圧力 1 kg/cm ²

2.3.2 測定方法

(1) 硬度および付着

塗膜の硬度および付着性は JIS K 5400 「塗料一般試験方法」によった。

1) 硬 度

三菱ユニの鉛筆を用いて、塗膜の破れや傷を調べた。また、塗料には温度依存性があるため、20℃ および 0℃ について調べた。

2) 付着性

塗膜を1mm×1mmの基盤目に切り、セロテープによるはく離試験を行ない調べた。

(2) ピンホール

ピンホールテスターによって全表面を測定した。

(3) 塗膜厚測定

鉄筋を図-2.1に示すように5ヶ所切断し、その切断面を顕微鏡により150倍に拡大し測定した。測定点数は、1断面につき4方向から測定場所を設定し、1方向当り6点ずつ測定した。

2.3.3 測定結果

塗膜の測定結果を表-2.6に示す。

表-2.6. 塗膜測定結果

塗料の種類	硬 度		付 着 性	膜 厚 (μ)		ピンホール数 1m当り(平均)
	20 °C	0 °C		目 標	実 測	
A	H	2 H	100/100	150	130 ~ 200	3 ~ 14 (6.0)
				250	220 ~ 390	3 ~ 13 (5.0)
B	2 H	3 H	"	150	170 ~ 190	0 ~ 多 (多)
C	H	H	"	150	150 ~ 190	0 ~ 41 (14.6)
D	3 H	3 H	"	150	170 ~ 200	多 (多)
E	4 H	4 H	"	150	140 ~ 150	多 (多)

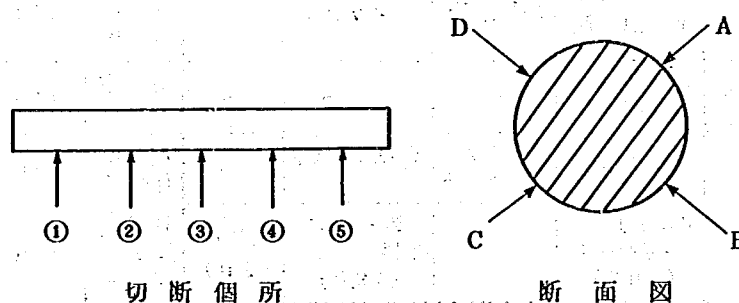


図-2.1 塗膜厚の測定箇所

3. 引抜き試験

3.1 目的

塗装鉄筋をコンクリート構造物に使用した場合、コンクリートと鉄筋との間にやわらかい塗膜が存在するため、塗装鉄筋のコンクリートに対する付着強度が低下する恐れがある。横フシの塗装鉄筋については、既に実験報告¹⁾があり、塗装のしていない鉄筋（以下無処理鉄筋と呼ぶ）と比べて、80～90％程度に低下することがわかっている。しかし、斜フシの無処理鉄筋は横フシの無処理鉄筋よりすべり量が大きく付着強度も小さいため、斜フシの塗装鉄筋の付着特性についても知っておく必要がある。

これらのことより、横フシおよび斜フシの塗装鉄筋について、その付着特性を調べるために引抜き試験を行なった。

3.2 供試体の製作

試験に使用した供試体は、図－3.1に示すように鉄筋を鉛直中心軸とする1辺が15 cmの立方体で、付着応力度の均等化を図るため、荷重端から5 cmの間のコンクリートとの付着を断ち、鉄筋の埋込み長さを10 cmとした。また、コンクリートの割裂破壊を防ぐために、 $\phi 6$ mm、ピッチ4 cm、外径12 cmのらせん鉄筋による補強を行なった。

供試体は、コンクリートの打込み方向を鉄筋の引抜き方向に平行とし、表－3.1に示すように塗料の種類、鉄筋のフシ形状、および塗膜厚さごとに3本ずつ製作した。供試体載荷面は、載荷板との密着を図るため、キャッピングをした。

なお、同時にコンクリートの品質管理のため、 $\phi 10 \times 20$ cm および $\phi 15 \times 30$ cm の円柱を製作した。

表－3.1 引抜き試験供試体の種類および個数

フシの形状 塗料の種類	横 フ シ		斜 フ シ	
	150 μ	250 μ	150 μ	250 μ
A	3	3	3	3
B	3	—	3	—
C	3	—	3	—
D	3	—	3	—
無 処 理	3		3	

3.3 試験方法

引抜き試験は、JIS案に準じてコンクリートの材令28日で行ない、載荷速度は、引張応力度が毎分500 kg/cm² 以下となるようにした。

測定項目および測定方法は、つぎのとおりとした。

1) 鉄筋自由端のすべり量

図-3.2に示すように、鉄筋の自由端にダイヤルゲージを取付け鉄筋のすべり量を測定した。

2) 鉄筋の付着応力度

鉄筋の付着応力度は、(1)式より求めた。

$$\tau = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot L} \cdot \alpha \dots\dots\dots(1)$$

ここに、 τ ：付着応力度 (kg/cm²)

P：引張荷重 (kg)

D：鉄筋径 (cm)

L：鉄筋埋込み長 (cm)

α ：コンクリートの圧縮強度に対する補正係数

3.4 試験結果

鉄筋の自由端におけるすべり量と付着応力度との関係を、表-3.2、図-3.3に示す。

さらにこれらの図表より、鉄筋の自由端におけるすべり量が、鉄筋径の0.002倍となる0.038mmの平均付着応力度（以下、付着応力度と呼ぶ）と最大荷重時における平均付着応力度（以下、最大付着応力度と呼ぶ）を求め、その関係を示したものが表-3.3および図-3.4、図-3.5である。

また、すべての供試体は、最大荷重に達した直後、鉄筋の引抜きにより破壊した。

これらより、つぎのことが明らかとなった。

- 1) 塗装鉄筋の付着性能は、無処理鉄筋に比べて低下する。付着応力度は、横フシの無処理鉄筋に比べ、横フシ91～70％、斜フシ75～63％である。
- 2) 塗膜が厚くなれば、付着強度は小さくなる。
- 3) 無処理鉄筋の斜フシは横フシと比べ付着応力度がかなり小さい。しかし、斜フシの塗装鉄筋の付着応力は、横フシとあまり変わらない。
- 4) 塗装鉄筋の斜フシの最大付着応力度は、無処理鉄筋と同程度であるが、横フシの場合には無処理鉄筋に比べて94～88％に低下する。
- 5) 塗装鉄筋にした場合、横フシに比べて斜フシは、付着強度に与える影響が小さい。
- 6) 塗料の硬度の高いものは付着強度が落ちにくい。

表-3.2 鉄筋の付着応力度に対する鉄筋自由端のすべり量(その1)

kg/cm ² 付着応力	種類 No	鉄筋自由端のすべり量 (1/1000mm)							
		塗装 A 種 150 μ 横おし				塗装 A 種 150 μ 斜おし			
		①	②	③	平均値	①	②	③	平均値
0		0	0	0	0	0	0	0	0
12.2		1	1	1	1	1.2	1	2	1
24.3		3	3	4	3	3.6	3	4	3
36.5		6	8.5	8.5	8	9.7	6	7	7
48.6		10	14	14	13	17.0	11	12.5	13
60.8		15	22	22	20	28.0	18	19	20
72.9		20.5	35.5	31	29	43.8	26.5	27	30
85.1		29	55	46	43	68.1	39	40	45
97.3		39	81	64	61	99.1	58	55	65
109.4		54	110	89	84	141.0	80	75	90
121.6		73	143	123	113	192.1	107	98	121
133.7		113	183	172	156	250.5	140	131	159
145.9		122	232	240	198	318.5	180	167	203
158.1		152	286	323	254	403.6	223	212	256
170.2		186	363	447	332	498.5	274	259	314
182.4		232	482			622.5	338	317	389
194.5		311	693			986.0	480	394	562
206.7		381					803	498	
218.8							1,206	754	
231.0									
243.2									
破壊強度 kg/cm ²		211.5	199.4	175.1	195.7	209.1	221.3	228.6	220.1

表-3.2 鉄筋の付着応力度に対する鉄筋自由端のすべり量(その2)

kg/cm ² 付着応力	種類 No	鉄筋自由端のすべり量 (1/1,000mm)							
		塗装 A 種 250 μ 横おし				塗装 A 種 250 μ 斜おし			
		①	②	③	平均値	①	②	③	平均値
0		0	0	0	0	0	0	0	0
12.2		2	1	1	1	3.6	1	1	2
24.3		5	4	4	4	6.7	3.5	4	4
36.5		10	9	11	10	13.4	9	10	10
48.6		16	15	20	17	21.9	17	20	18
60.8		26	24	36	29	32.8	26.5	32	29
72.9		40	38	61	46	49.8	41	49	44
85.1		60	60	96	72	70.5	62	73	64
97.3		89	90	138	106	103.3	90	104	93
109.4		129	126	185	147	133.7	123	139	124
121.6		175	170	243	196	187.2	166	181	167
133.7		233	219	324	259	240.7	219	233.5	217
145.9		302	289	407	333	293.0	282	294	272
158.1		394	373	516	428	374.5	360	362	343
170.2		535	504	665	568	465.7	465	452	433
182.4			900			577.5	702	573	583
194.5						863.2	1,023	750	828
206.7							1,700	1,432	
218.8									
231.0									
242.2									
破壊強度 kg/cm ²		182.4	183.6	183.6	183.6	204.3	211.5	220.1	211.5

表-3.2 鉄筋の付着応力度に対する鉄筋自由端のすべり量(その3)

kg/cm ² 付着応力	種類 No	鉄筋自由端のすべり量 (1/1,000mm)							
		塗装 B 種 150 μ 横おし				塗装 B 種 150 μ 斜おし			
		①	②	③	平均値	①	②	③	平均値
0		0	0	0	0	0	0	0	0
10.5		1	1	1.5	1	1.1	1	1	1
21.1		3	3	3	3	3.2	3	3	3
31.6		5.5	5	5	5	5.3	6	6	6
42.2		9	8	8	8	10.5	11	10	10
52.7		12	12	11	12	14.8	16	16	15
63.3		17	17	15	16	21.1	25	23	23
73.8		22	23	19	21	29.5	36	33	32
84.4		29	31	25	28	40.1	51	45	45
94.9		38	43	31	37	54.9	70	62	61
105.5		50	59	39	49	74.9	94	82	82
116.0		66	81	50	66	100.2	124	106	108
126.6		88	107	63	86	129.8	159	138	140
137.1		115	135	81	110	164.6	201	172	176
147.7		148	169	102	140	204.7	249	213	219
158.2		199	214	127	180	249.0	307	263	269
168.8		269	281	162	237	307.0	377	323	330
179.3		430	427	219	359	384.0	470	405	413
189.9				300		559.1	638	551	573
200.4				467					
211.0									
破壊強度 kg/cm ²		183.6	186.7	202.5	190.9	203.6	201.5	201.5	202.5

表-3.2 鉄筋の付着応力度に対する鉄筋自由端のすべり量(その4)

kg/cm ² 付着応力	種類 No	鉄筋自由端のすべり量 (1/1,000mm)							
		塗装 O 種 150 μ 横おし				塗装 O 種 150 μ 斜おし			
		①	②	③	平均値	①	②	③	平均値
0		0	0	0	0	0	0	0	0
10.5		1	0.5	1	1	1.1	0.5	0.5	1
21.1		3	3	3	3	4.2	3	2.5	3
31.6		7	7	7	7	9.5	9	6	8
42.2		11	12	12	12	16.9	15	11	14
52.7		17	18	18	18	26.4	24	19	23
63.3		23	27	25	25	40.1	34	28	33
73.8		36	38	35	36	58.0	49	42	49
84.4		51	52	47	50	84.4	69	60	70
94.9		71	68	62	67	114.0	93	81	94
105.5		97	88	81	89	145.6	121	109	123
116.0		125	113	104	114	188.8	154	145	162
126.6		161	143	129	144	233.1	197	183	200
137.1		200	179	159	179	291.2	246	232	251
147.7		250	223	195	226	362.9	294	288	309
158.2		315	276	237	276	453.6	358	357	382
168.8		439	337	291	356	561.2	447	485	488
179.3			494	420		736.3	580	1,375	884
189.9				665		1,318.6	1,138		
200.4									
211.0									
破壊強度 kg/cm ²		176.2	186.7	192.0	184.6	193.0	195.2	180.4	189.9

表-3.2 鉄筋の付着応力度に対する鉄筋自由端のすべり量 (その5)

kg/cm ² 付着応力	種類 No	鉄筋自由端のすべり量 (1/1,000mm)							
		塗装 D 種 150 μ 横おし				塗装 D 種 150 μ 斜おし			
		①	②	③	平均値	①	②	③	平均値
0		0	0	0	0	0	0	0	0
9.9		1	0	1	1	1.5	1	1	1
19.9		3	1	5	3	5.0	4	4	4
29.8		8.5	6	11	9	9.9	9	11	10
39.7		14	12.5	19.5	15	17.4	15	19	17
49.7		23	23	34	27	25.8	24	31.5	27
59.6		35.5	38.5	57	44	39.3	38	52	43
69.6		55.5	62	86.5	68	61.1	57	81	67
79.5		83	96	126	102	91.4	86	122	100
89.4		118	139	172	143	129.2	125	175	143
99.4		163	192	233	196	176.9	175	240	198
109.3		212	255	306	258	233.5	229	326	263
119.2		271	334	401	335	296.1	297	426	340
129.2		340	438	517	432	373.6	377	571	441
139.1		427	636	728	597	480.0	513	902	633
149.1		556				632.0	697		
159.0						1,361.4	1,330		
168.9									
178.9									
188.8									
198.7									
破壊強度 kg/cm ²		157.0	145.1	145.1	149.1	161.0	162.0	147.1	157.0

表-3.2 鉄筋の付着応力度に対する鉄筋自由端のすべり量 (その6)

kg/cm ² 付着応力	種類 No	鉄筋自由端のすべり量 (1/1,000mm)							
		無 処 理 (横おし)				無 処 理 (斜おし)			
		①	②	③	平均値	①	②	③	平均値
0		0	0		0	0	0	0	0
9.9		0	0		0	1.0	1	1	1
19.9		2	2.5		2	3.0	3	3	3
29.8		3	6		5	5.5	6	6	6
39.7		7	9.5		8	9.9	11.5	12	11
49.7		11	14		13	16.9	19	19	18
59.6		16	20		18	28.8	33	31	31
69.6		23	28		26	49.7	55	48.5	51
79.5		32	40		36	79.0	86	72	79
89.4		45	57		51	117.3	129	106	118
99.4		64	82		73	170.9	188	154	171
109.3		95	121		108	245.4	266	216	243
119.2		141	173		157	346.8	375	292	339
129.2		196	235		216	470.0	510	400	461
139.1		273	329		301	632.0	691	539	622
149.1		425	503		464	898.3	1,215	797	972
159.0									
168.9									
178.9									
188.8									
198.7									
破壊強度 kg/cm ²		157.0	159.0		158.0	155.0	150.0	160.0	155.0

表-3.3 平均付着応力度

種 類	塗 膜 厚 (μm)	フ シ 形	平 均 付 着 応 力 度			
			0.038 mm		最 大 荷 重	
			平均付着応力 度 (kg/cm ²)	平 均 付 着 応 力 度 比	平均付着応力 度 (kg/cm ²)	平 均 付 着 応 力 度 比
A	150	横 フ シ	70	0.71	171	0.88
	250		59	0.60	160	0.82
B	150		90	0.91	179	0.92
C	150		71	0.72	173	0.89
D	150		69	0.70	183	0.94
無 処 理			99	1.00	194	1.00
A	150	斜 フ シ	69	0.70 (0.90)	192	0.99 (1.01)
	250		59	0.60 (0.77)	184	0.95 (0.97)
B	150		74	0.75 (0.96)	190	0.98 (1.00)
C	150		62	0.63 (0.81)	178	0.92 (0.94)
D	150		69	0.70 (0.90)	193	0.99 (1.02)
無 処 理			77	0.78 (1.00)	190	0.98 (1.00)

(注) * 平均付着応力度比 = $\frac{\text{塗装鉄筋の付着応力度}}{\text{横フシ無処理鉄筋の付着応力度}}$

()は $\frac{\text{斜フシ塗装鉄筋の付着応力度}}{\text{斜フシ無処理鉄筋の付着応力度}}$

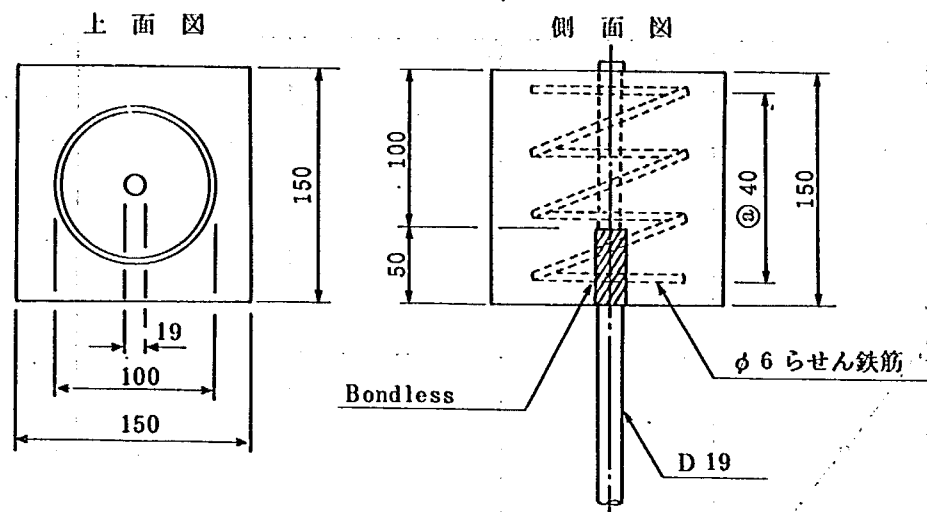


図-3.1 供試体の寸法および概要

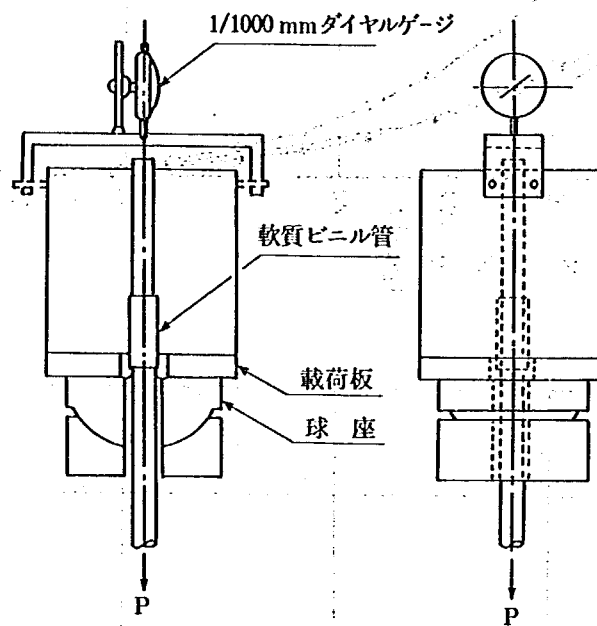
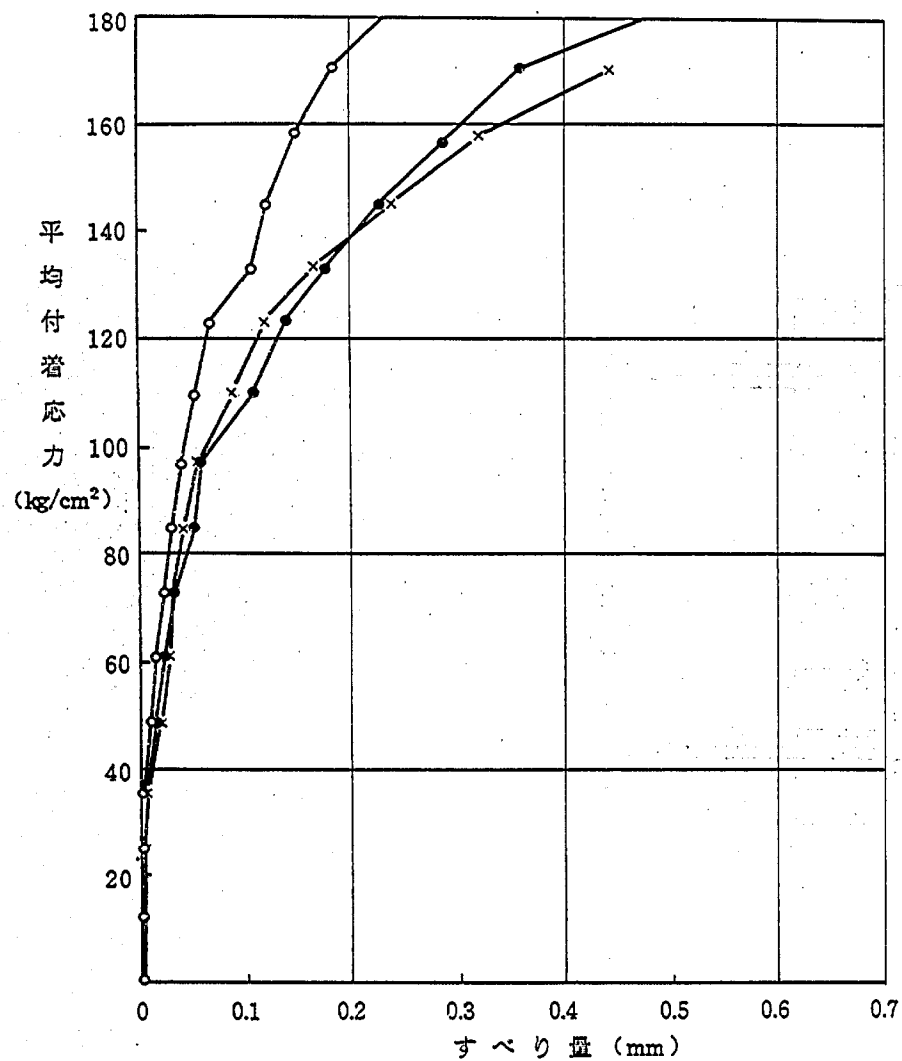
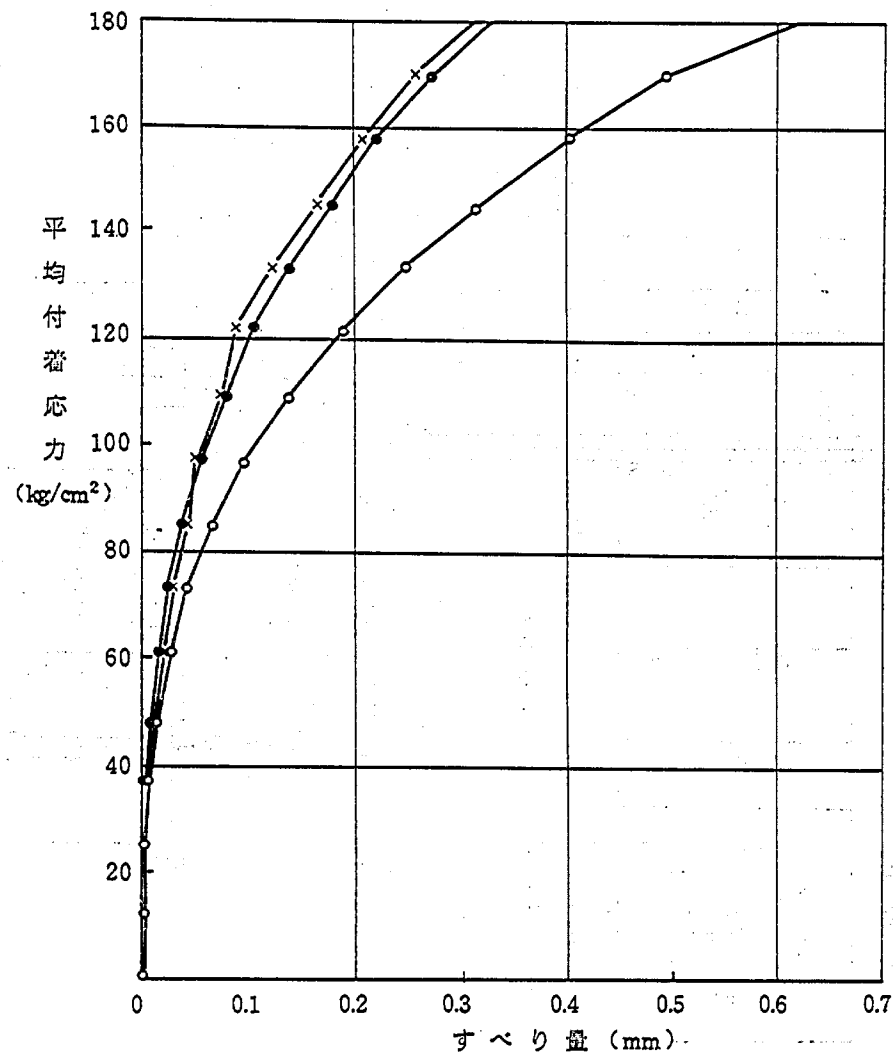


図-3.2 鉄筋のすべり量測定方法

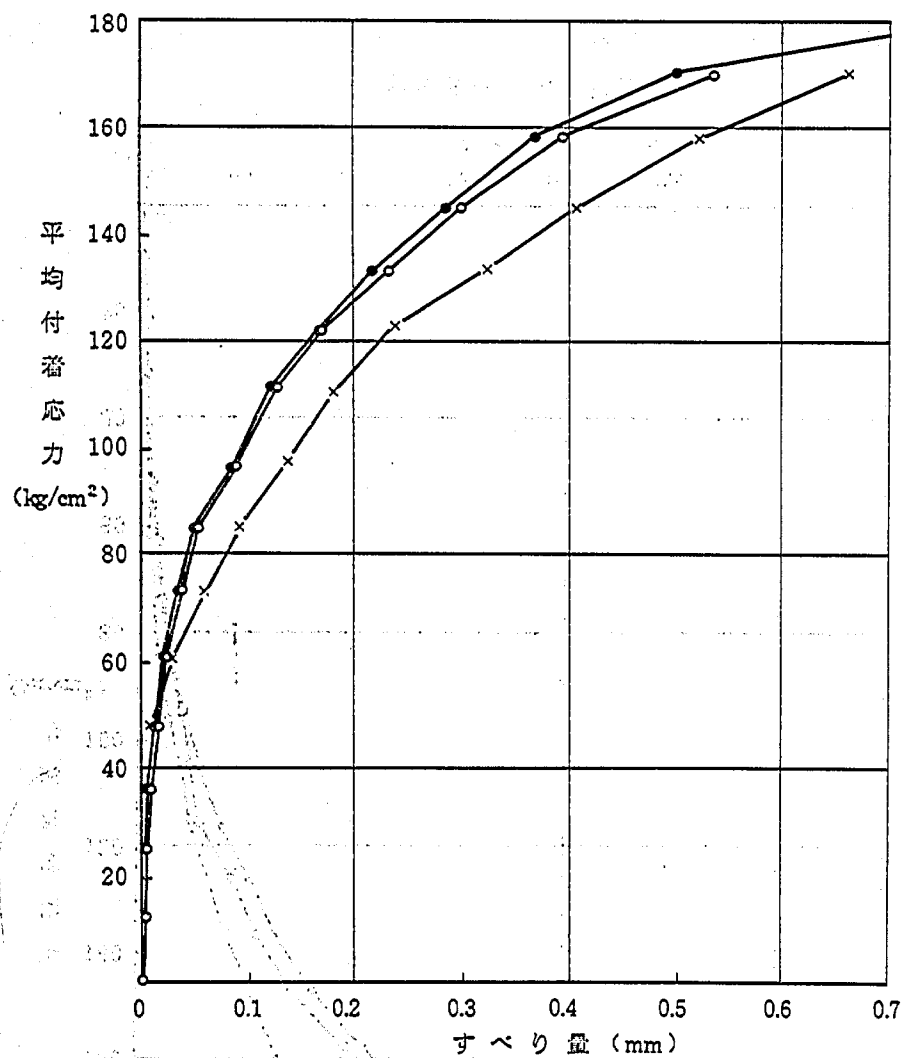


塗装A種 150 μ 横ぶし

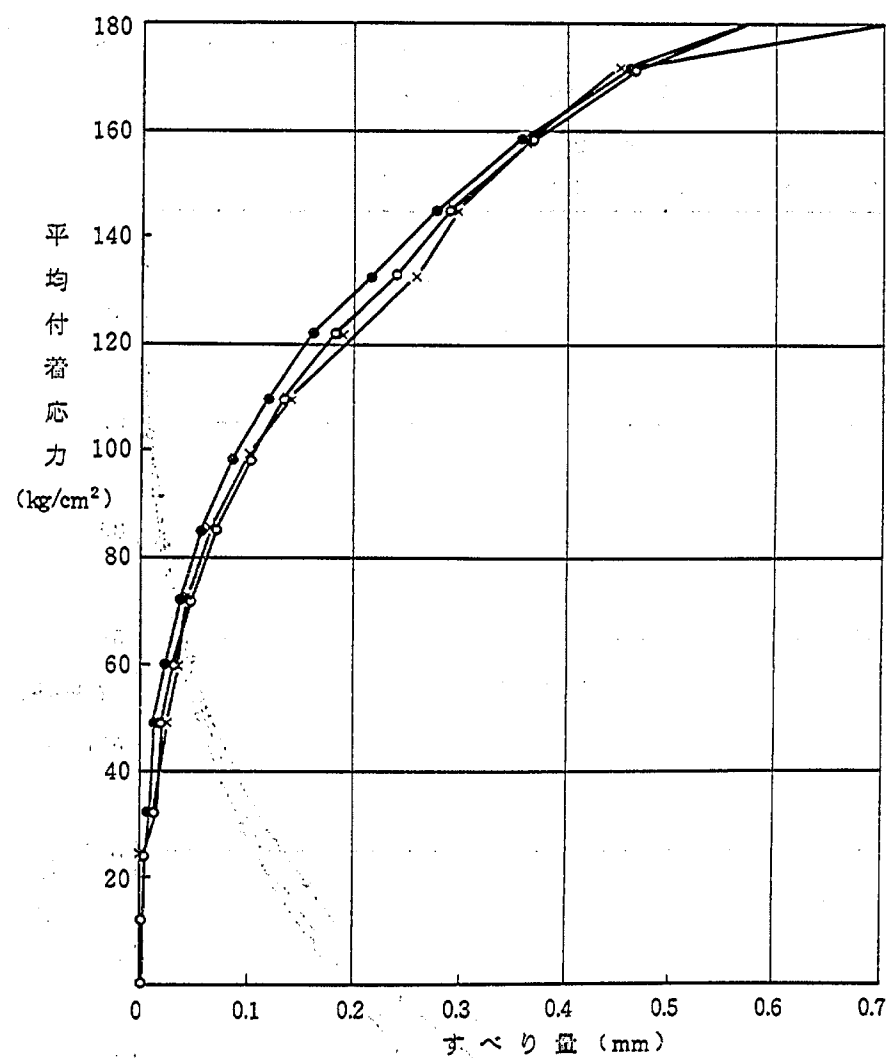


塗装A種 150 μ 斜ぶし

図-3.3 鉄筋の付着応力度に対する鉄筋自由端のすべり量

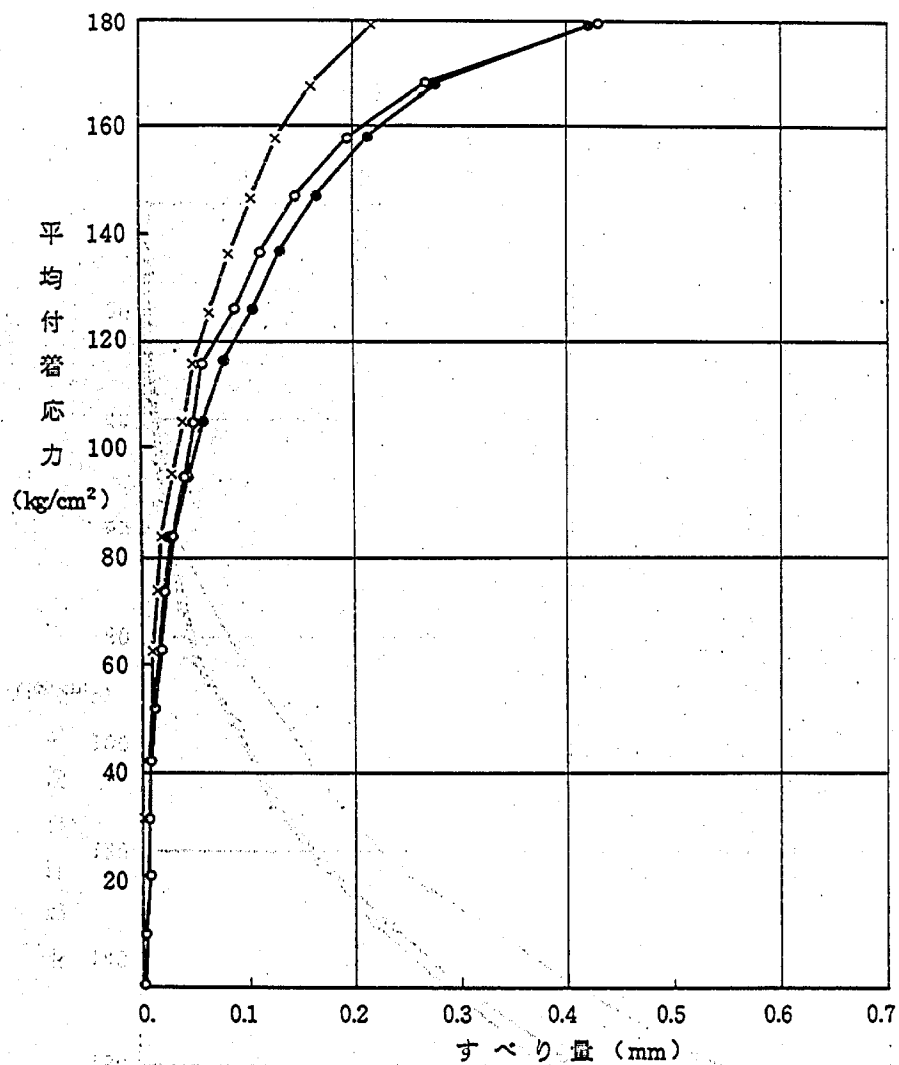


塗装A種 250 μ 横ぶし

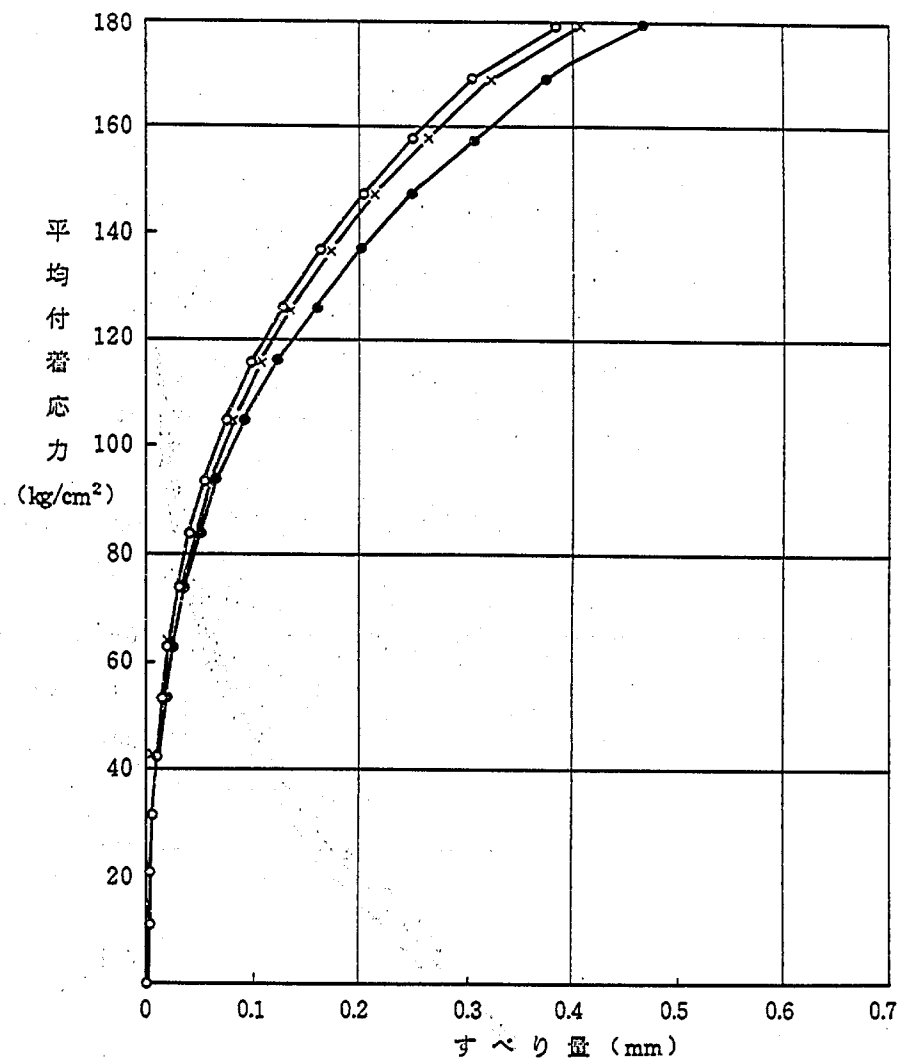


塗装A種 250 μ 斜ぶし

図-3.3 鉄筋の付着応力度に対する鉄筋自由端のすべり量

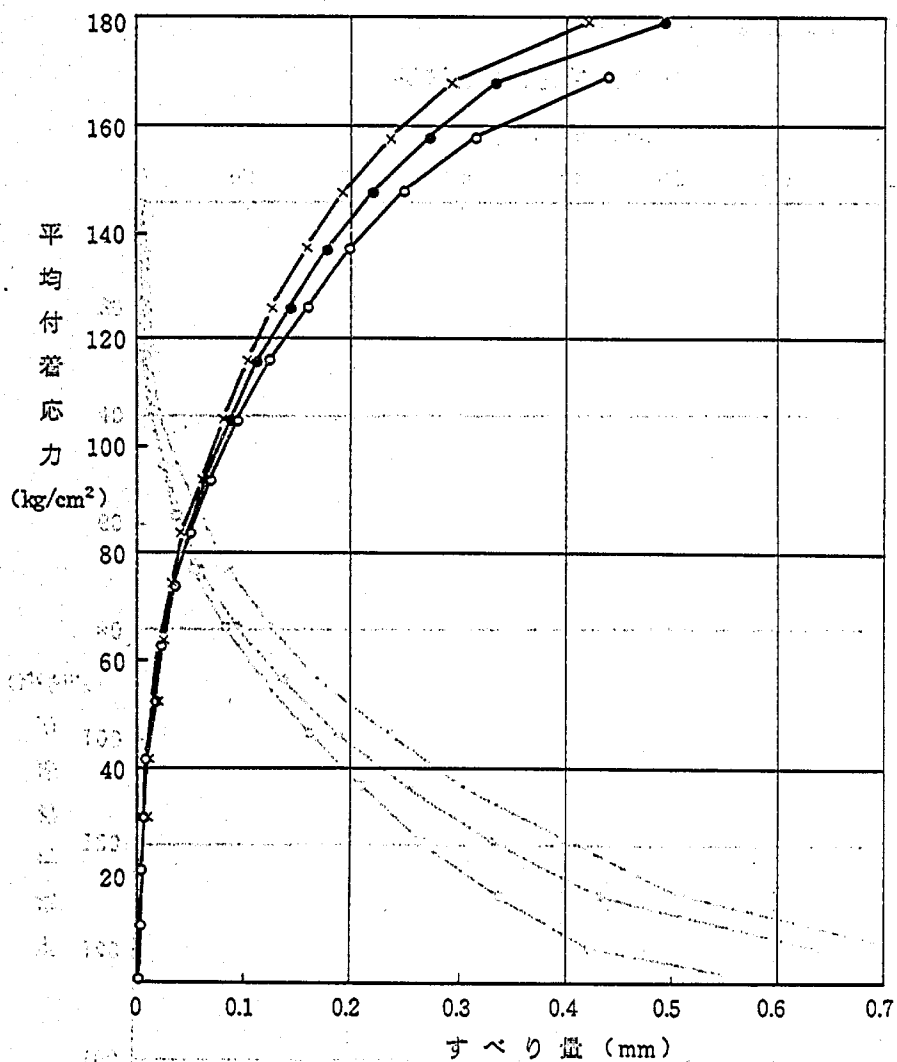


塗装B種 150 μ 横ぶし

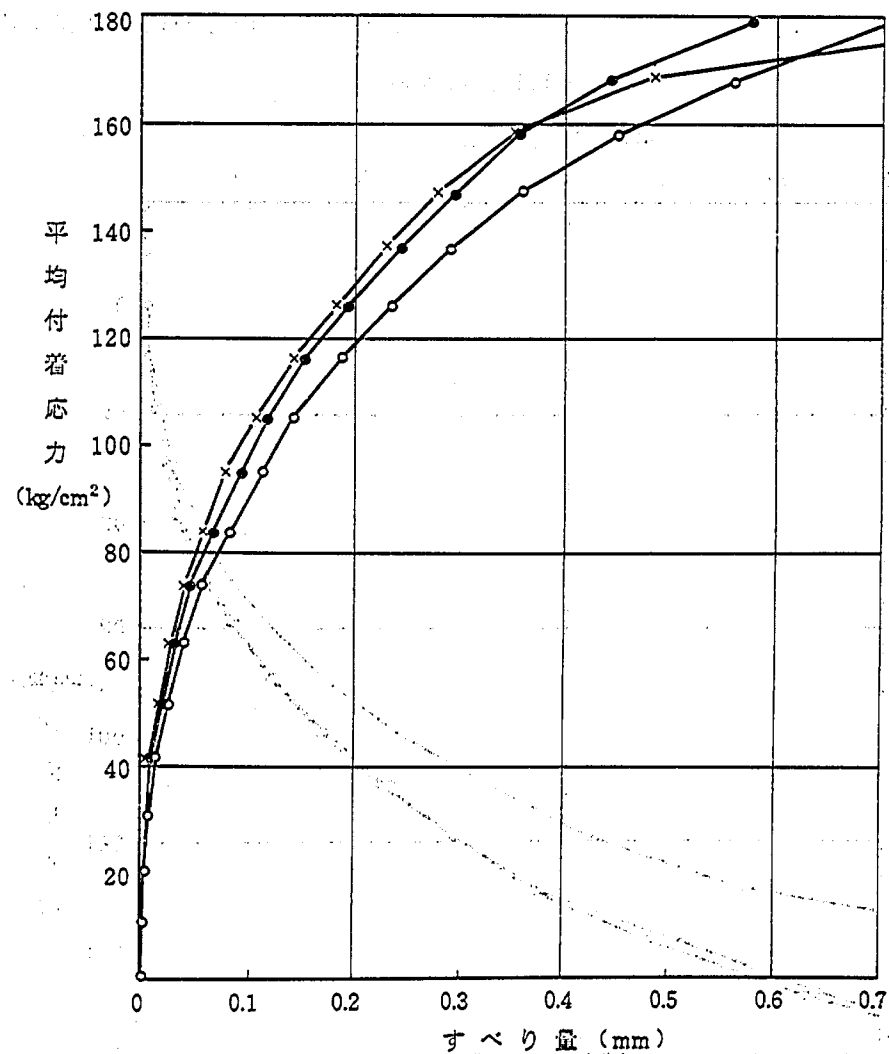


塗装B種 150 μ 斜ぶし

図-3.3 鉄筋の付着応力度に対する鉄筋自由端のすべり量

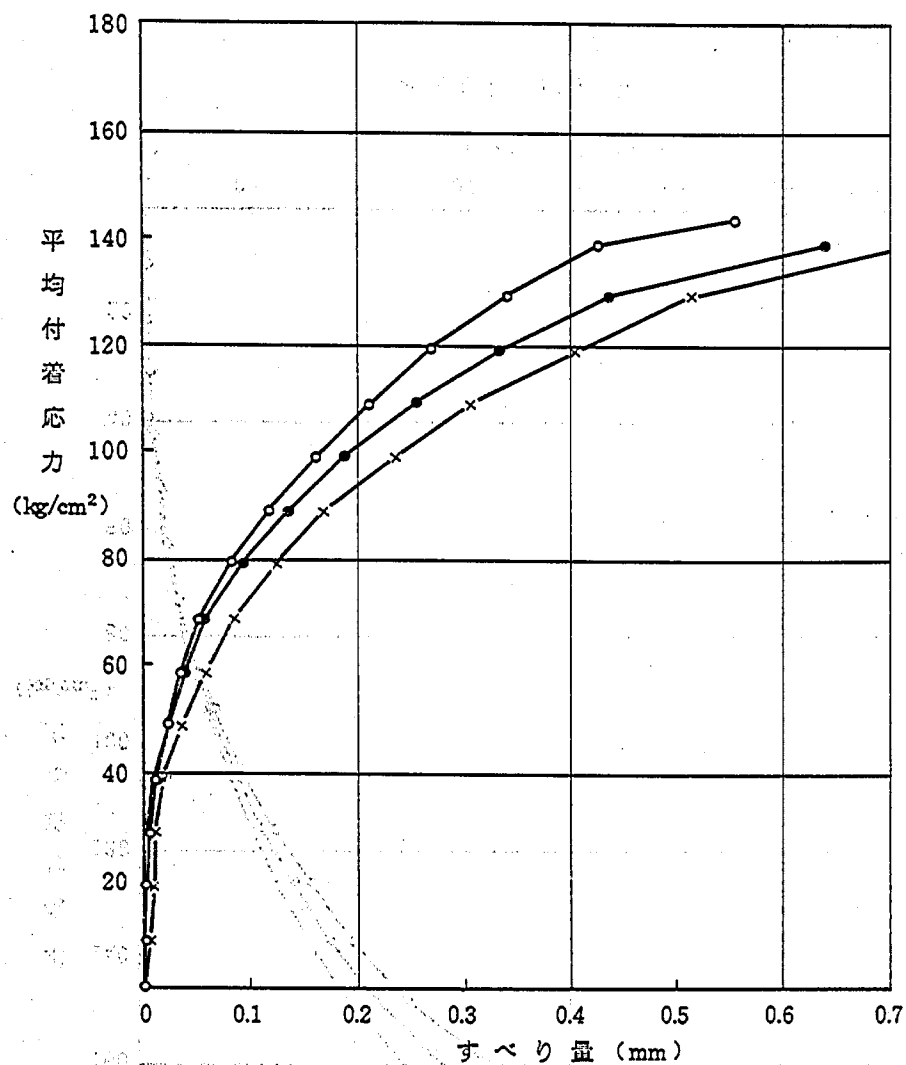


塗装C種 150 μ 横ぶし

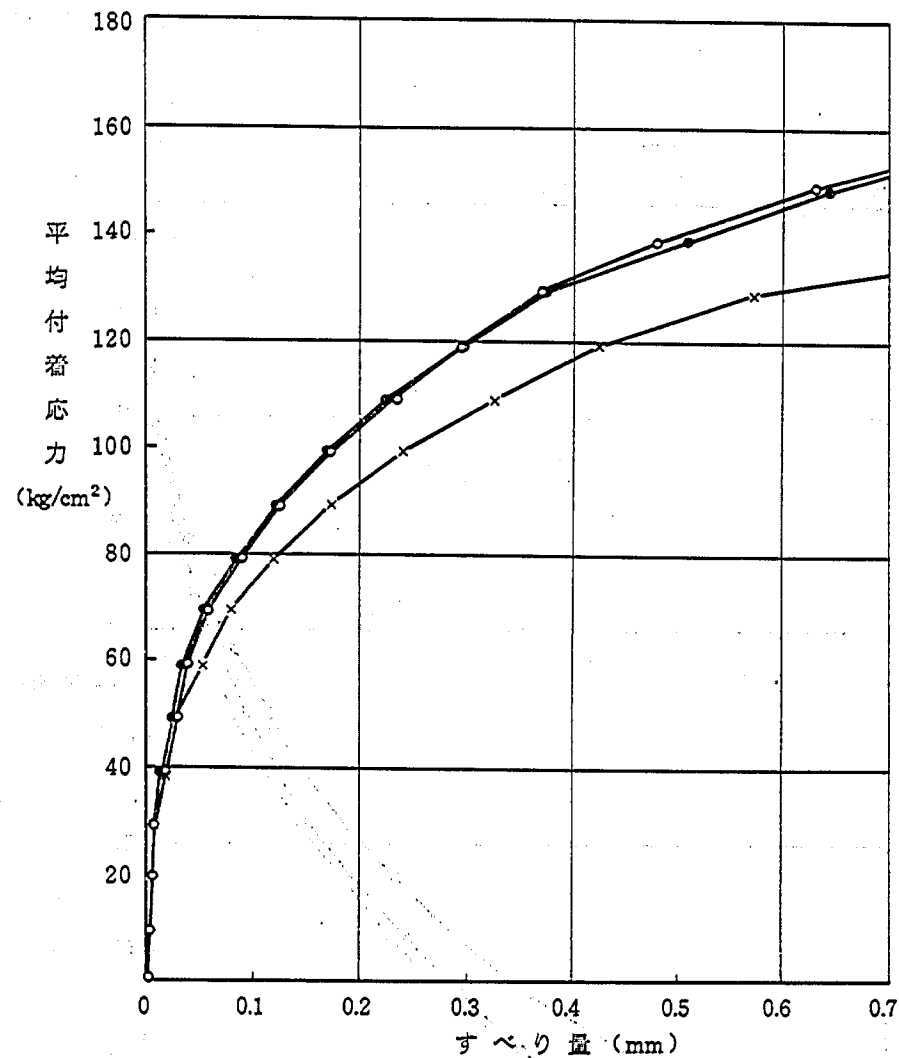


塗装C種 150 μ 斜ぶし

図 - 3.3 鉄筋の付着応力度に対する鉄筋自由端のすべり量



塗装D種 150 μ 横ぶし



塗装D種 150 μ 斜ぶし

図-3.3 鉄筋の付着応力度に対する鉄筋自由端のすべり量

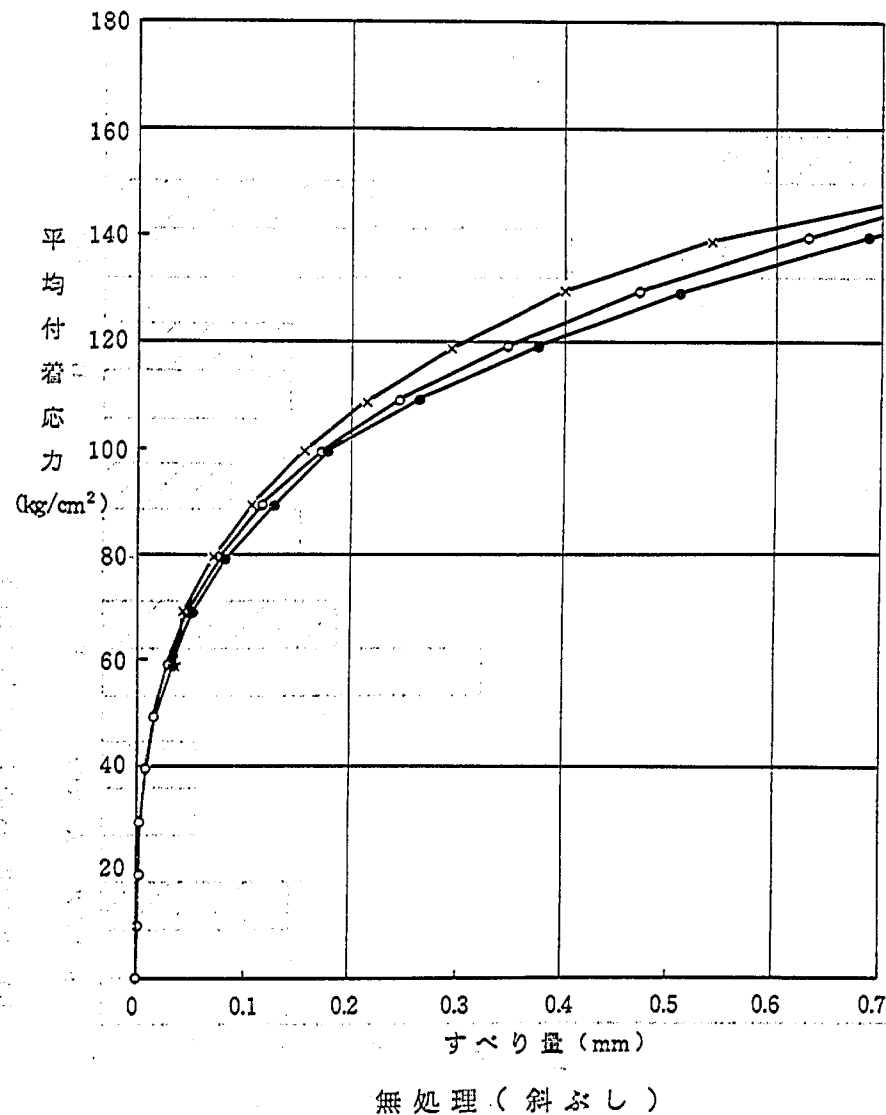
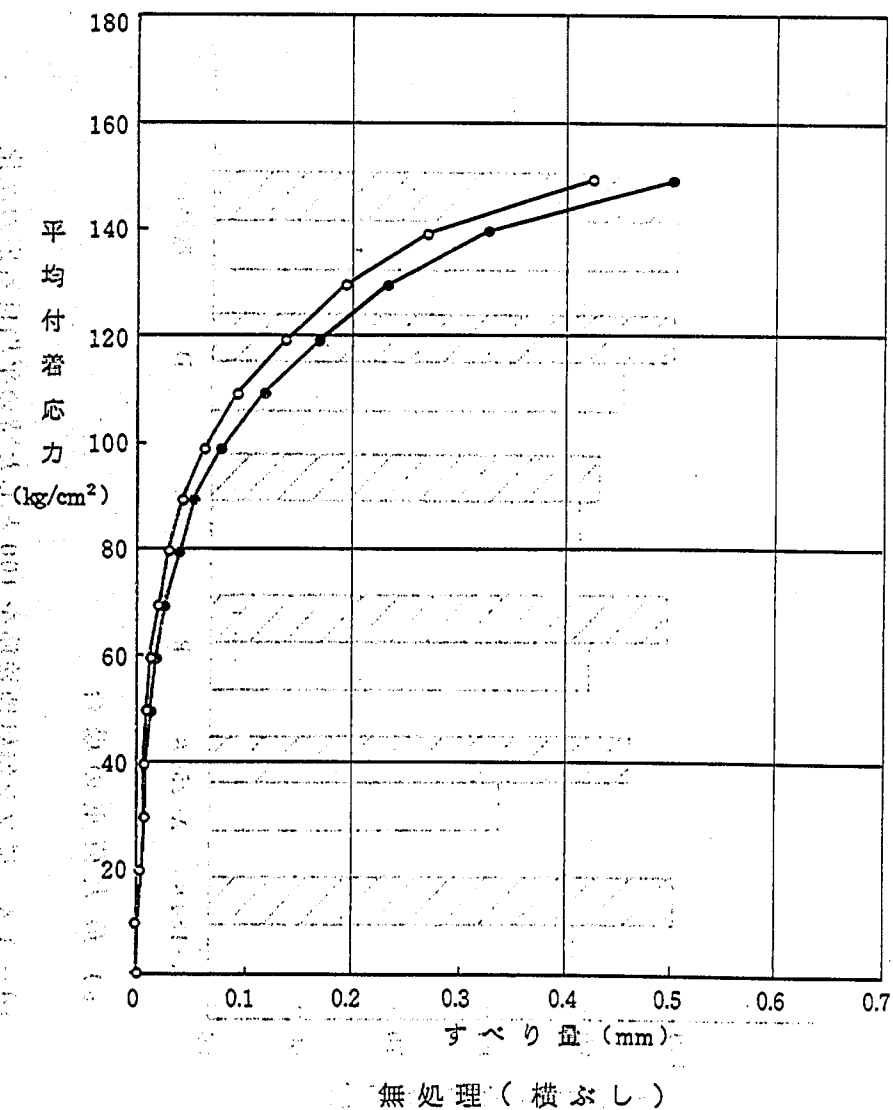
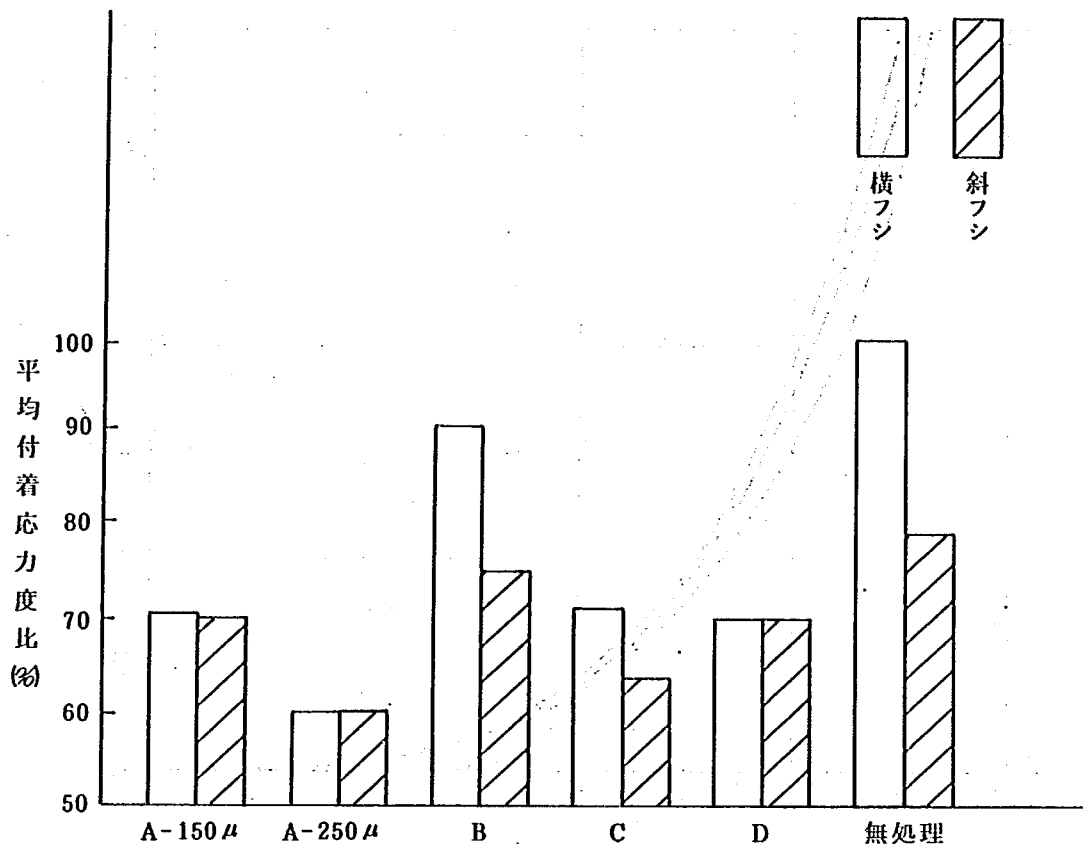
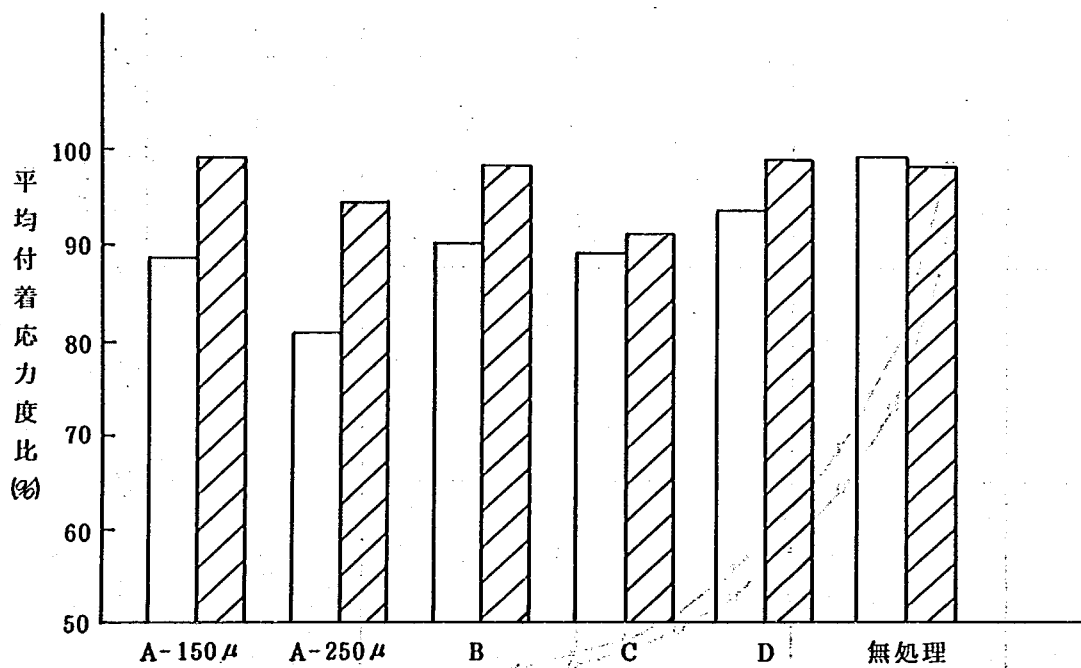


図-3.3 鉄筋の付着応力度に対する鉄筋自由端のすべり量

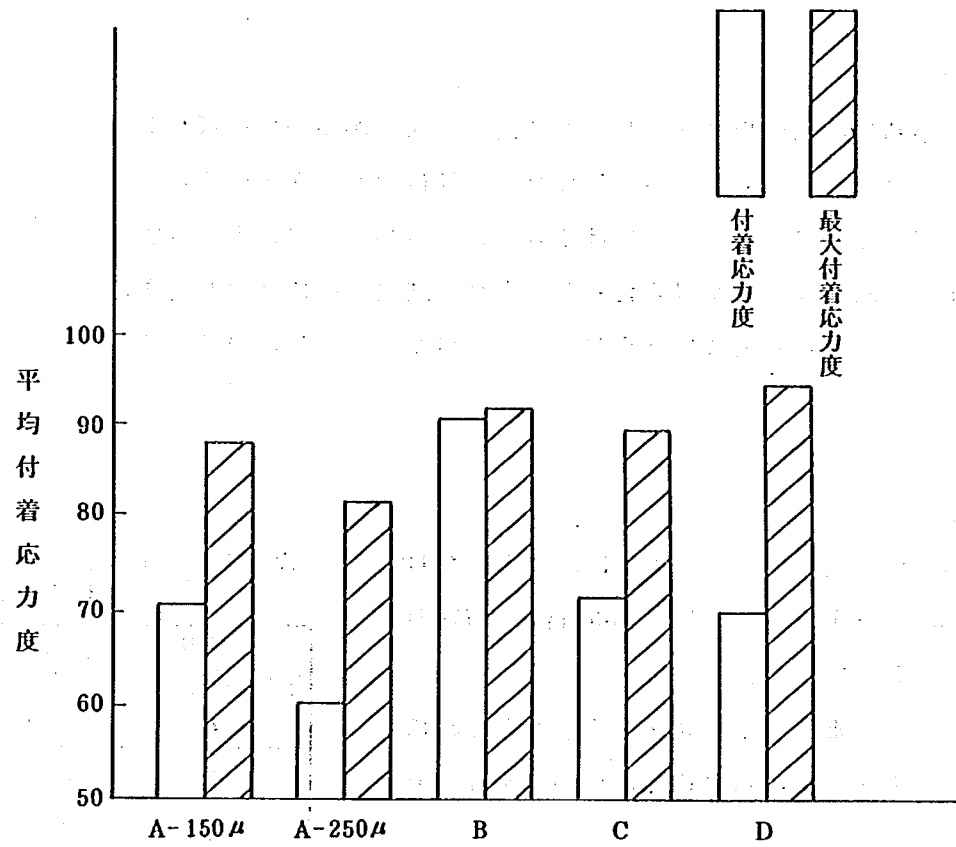


b) . 0.038mm のすべり量の場合

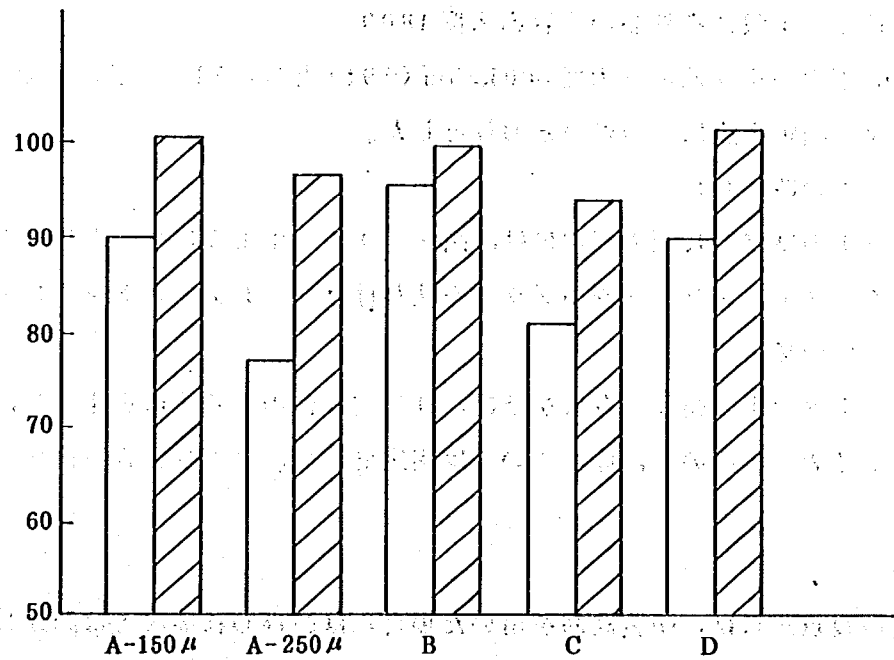


a) 最大荷重の場合

図-3.4 横フシ無処理鉄筋を100とした時の平均付着応力度比



b) 横フシの場合



a) 斜フシの場合

図-3.5 無処理鉄筋を100とした時の平均付着応力度比

4. 両引き試験

4.1 目的

塗装鉄筋の塗料は、鋼材やコンクリートに比べて軟らかいので繰返し荷重を受けているうちにコンクリートのひびわれ部分の塗装が切れたり、骨材やモルタルのすり合わせで傷がつく心配がある。これに対して、繰返し荷重を受けても塗装に傷がつかないという実験報告²⁾もあるが、試験方法を変えても同様な結果が得られるか、また、試験直後に調べたときは異常がなくとも実際に長期間、海上に暴露した場合にどうなるかを調べた。ここで、暴露試験をするまでの結果を述べる。

4.2 試験供試体

試験に使用した供試体は、図-4.1に示すような10×10×100 cmの角柱の中心に長さ130 cmの鉄筋(D19)を埋込んだものである。

供試体は、鉄筋を水平に保ちコンクリートをそれに直角に打込み、表-4.1に示す種類について製作した。

表-4.1 両引き試験供試体の種類および個数

フシの形状 塗料の種類	横フシ	斜フシ
A	3 (1)	4
B	3 (1)	2
C	3 (1)	2
D	3 (1)	2
無 処 理	2	2

注) ()内の数字は、はつり調査を行なう供試体数。

4.3 試験方法

載荷方法は、鉄筋(SD30)の許容応力度である1800 kg/cm²まで静的載荷を行なったのち、疲労試験を行なった。疲労載荷は、上限値を鉄筋の許容応力度1800 kg/cm² (5.2 t)、下限値を鉄筋の応力度300 kg/cm² (0.9 t)とし、7 Hzの正弦波で30万回繰返した。測定項目および測定方法は、つぎのとおりとした。

(1) コンクリートのひびわれ

コンクリートのひびわれ幅の測定には、図-4.1に示すようにコンクリート測面に10 cm間隔でコンタクトストレーンゲージ用プラグを貼り付けコンタクトストレーンゲージで測定した。

(2) 塗装鉄筋の傷の発生

コンクリート内の傷の発生の有無をひびわれに電導性のある液体を注入し、電気抵抗を測定して調べた。また、一部の供試体については測定終了後、はつり調査を行なった。

4.4 試験結果

鉄筋の腐食の観点からは、塗装鉄筋を用いた場合にはひびわれ幅などは問題にならないかもしれないが、付着特性を知るための参考値としてひびわれ幅を測定した。測定結果を表-4.2に示す。鉄筋の許容応力度時の平均ひびわれ間隔は、無処理鉄筋15.0 cmに対し、塗装鉄筋は15.6~17.0 cmであり、ひびわれ幅は無処理鉄筋0.13 mmに対し塗装鉄筋0.14~0.15 mmとなった。疲労載荷後

表-4.2 ひびわれ幅とひびわれ間隔

塗料	フシ形状	膜厚 μ	平均ひびわれ 間隔 cm	平均ひびわれ幅 1/1,000mm		
				くり返し後		
				①	②	②-①
A	横	150	16.1	138	153	15
	斜	150	15.9	138	144	6
		250	16.2	143	154	11
B	横	150	16.7	146	155	9
	斜	"	16.2	145	160	15
C	横	"	15.6	138	151	13
	斜	"	16.0	150	163	13
D	横	"	16.6	144	159	15
	斜	"	17.0	139	150	11
無処理	横	"	15.0	124	134	11
	斜	"	14.9	139	146	7

のひびわれ幅の増加は0.01~0.02mmであった。

載荷試験中に塗装が切れるかどうかを知るために鉄筋とコンクリート表面との電気抵抗を測定した結果、ピンホールなどの多少により20~1,600 kΩ にばらついた。載荷後もほとんど変化はなく塗装が切れたことを示さなかった。また、試験後の供試体から鉄筋をはつり出した結果でも塗装の傷は認められなかった。

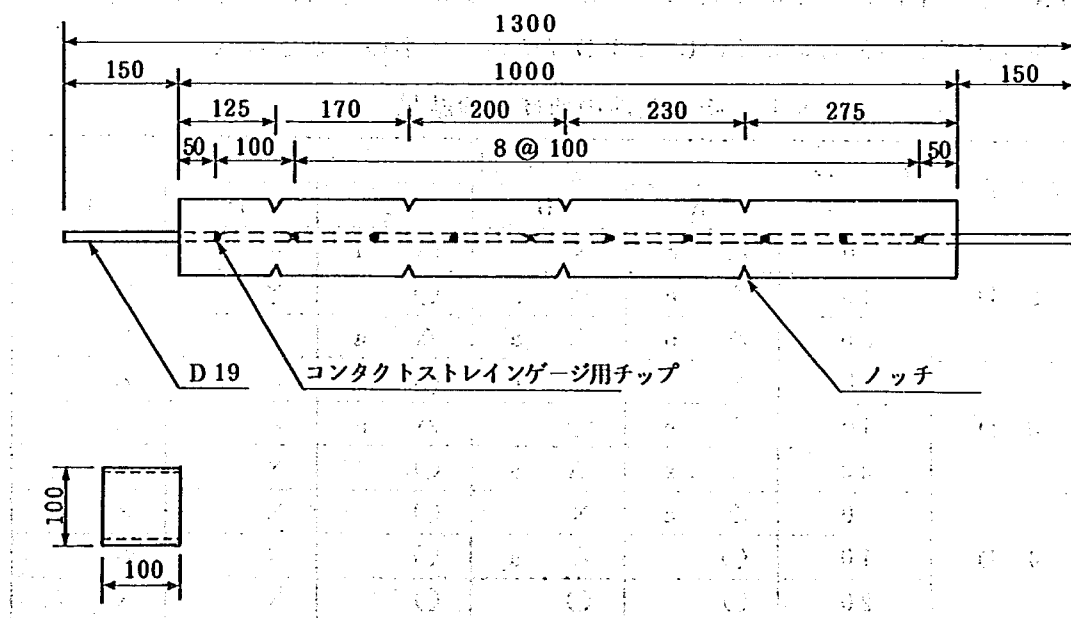


図-4.1 両引き試験供試体寸法および概要

5. 曲げ加工試験

5.1 目 的

鉄筋を曲げ加工をする際には、鉄筋の外縁部は大きく伸ばされ、逆に内縁部は圧縮されるが、塗装した鉄筋でこのような加工を行なうと塗装にひびわれや剥離する心配がある。また、樹脂塗料には熱依存性があり低温ではガラス化し、もろくなることもあるので、樹脂塗装を行なった鉄筋が示方書等に定められる曲げ半径で曲げることができるかどうか、また温度などの影響はどうかについても調べた。

5.2 塗装鉄筋の曲げ試験

塗装鉄筋の曲げ試験は、公称直径の2倍、3倍、4倍の半径を有するディスクを使用し、巻付け法によって曲げ角度90°まで曲げた（曲げる際の軸は鉄筋断面のリブを結ぶ線とした）。わん曲部の外縁または内縁のフシ間の塗膜のひびわれ発生の有無を調べ、異常がなければ135°、180°まで順次曲げた。

以上の一連の試験を0°C、10°C、20°Cに保った恒温室内で行なった。なお、試験に用いた塗装鉄筋は、試験前に各温度に保った恒温室内に事前に保温し、熱電対により塗膜温度の管理に努めた。

5.3 試験結果

試験結果は表－5.1に示すとおりである。これより、つぎのことが明らかとなった。

- (1) 塗料AおよびBは、温度による影響が大きく温度が低くなるにつれて曲げ加工性が低下し、確実に曲げ加工が可能なのは20°Cで3D程度の曲げ半径しかとれない。

表－5.1 塗装鉄筋の曲げ試験結果

曲げ半径	温 度 (°C)	塗 料 の 種 類				
		A	B	C	D	E
2 D	0	△ c	×	△ a	×	×
	10	△ c	△ a	○	×	×
	20	△ b	△ a	△ a	×	×
3 D	0	×	△ c	○	×	×
	10	△ c	○	△ a	×	×
	20	△ a	△ a	○	×	×
4 D	0	△ a	×	○	×	×
	10	○	△ a	○	×	×
	20	○	○	○	×	×

(注) 塗膜の傷 異常なし …… ○
ひびわれ発生 …… △
は く 離 …… ×

鉄筋の曲げ角度： 90° …… a
" : 135° …… b
" : 180° …… c

- (2) 塗料 C は、温度 $20 \sim 0^{\circ}\text{C}$ の範囲での影響はさほど見られず、全般的に良好であり、多少のひびわれを許せばこの温度範囲では $2 D$ の曲げ半径でも可能である。
- (3) 塗料 D および E は、曲げ半径、温度に関係なく塗膜が剥落し、とくに D は、バリバリと音をたてて塗膜が飛散し、この程度の曲げ半径では加工できない。
- (4) 低温でも曲げ加工性のよかった C と、低温では加工性が悪かった A および B との塗料の性質の違いは、C は低温でも塗料の硬度は変化がないが、A および B では、低温になると塗料が硬くなってもろくなることである。また、曲げ加工できない D および E の硬度は 20°C でも $3 H$ 以上となっている。
- (5) 硬度と曲げ加工が可能な曲げ半径との関係はおよそつぎのとおりである。
- 硬度 H 曲げ半径 $2 D$ で加工可能
- 硬度 $2 H$ 曲げ半径 $4 D$ で加工可能
- 硬度 $3 H$ 以上 曲げ加工には向かない

6. あとがき

これらの試験結果より、つぎのことが明らかになった。

- (1) 塗装鉄筋に用いられる塗料の使用判定のひとつに、塗膜の硬度が重要である。
- (2) 塗装鉄筋の付着強度は、塗膜の厚い場合 (250μ) でも 60 kg/cm^2 あり、許容応付着応力度の 18 kg/cm^2 の3倍以上である。
- (3) 両引き試験の場合、鉄筋の引張応力が同じとき塗装鉄筋を用いたコンクリートのひびわれ幅は、無処理の鉄筋の場合よりやや大きくなる。しかし、塗装鉄筋であればひびわれからの腐食は本来問題はないし、また付着強度も十分あるので、そのことが特に力学的に問題になることはないと思われる。

参 考 文 献

- (1) 片脇清士，守屋進，深田幾夫：エポキシ樹脂塗装鉄筋に関する基礎的研究，1979年，第1回コンクリート工学年次講演会講演論文集
- (2) 武若耕司，伊藤利治，小林一輔：エポキシ樹脂被覆鉄筋を使用したRC梁の曲げ性状，1980年，第2回コンクリート工学年次講演会講演論文集

樹脂塗装鉄筋に関する
調査および試験(1)

I S S N 0386-5878
土木研究所資料第1819号
マイクロフィルム第 号
昭和57年3月(1982)
小林茂敏, 片脇清士, 森濱和正
高橋正志, 高橋弘人

キーワード 塗装鉄筋, 付着, 曲げ加工

要 旨 海洋環境下におけるコンクリート構造物は, 鉄筋の腐食により劣化する。これを防ぐためには, 樹脂塗装鉄筋が最も有望なものと考えられているが, まだ塗装材料, 使用法等が確立されていない。本報告では, 樹脂塗装鉄筋の基礎実験として, 引抜き試験および曲げ加工試験を行ない, 整理したものである。



郵便はがき

四十円切手
をはって下
さい

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

コンクリート研究室

御中

No. _____

土研資料1819号

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第1819号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 印