

# [45] エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いた鉄筋コンクリート供試体の海上暴露試験

正会員 ○ 西 島 高 秀 (建設省土木研究所)  
 森 芳 徳 (建設省土木研究所)  
 正会員 小 林 茂 敏 (建設省土木研究所)  
 正会員 古 賀 康 之 (建設省土木研究所)

## 1. まえがき

海上や海岸などの塩分の影響を受け易い環境に建設された鉄筋コンクリート構造物では、コンクリートのかぶり厚さの不足やひびわれなどが原因と推定される鉄筋の腐食事例がしばしば見られる。

鉄筋の防食には種々の方法が考察されているが、現在のところ、ひびわれなどに対しては、鉄筋に樹脂塗装を施す方法が最も実用的と考えられる。

このような観点から、まず、室内試験により鉄筋の素地調整方法、塗料品質、塗膜厚、などと防食性、塗膜物性、コンクリートとの付着性の関係を調べた結果、ブラスト処理した鉄筋に粉体エポキシを150 μ程度塗装するのが良いとの結論に達した。

これらの結果を踏まえて、実際環境における樹脂塗装鉄筋の耐久性を調べるために、ひびわれを導入した供試体の海上暴露試験を行ったので結果を報告する。

## 2. 試験方法

### 2.1 鉄筋の塗装

塗装は、鉄筋の両端を曲げ加工したものを、サンドブラストによってミルスケールを除去した後塗装した。

鉄筋はD13の異形鉄筋を使用した。

塗装は、室内試験の結果を参考にして、粉体エポキシを主に、粉体タールエポキシ・溶剤形タールエポキシ・無機シンクリッチペイントを用いた。

溶剤形タールエポキシ・無機シンクリッチペイントは、粉体塗料との比較として用いた。塗料の種類と膜厚を表-1に示す。

各塗料の防食効果を比較する為、目標膜厚は150 μに統一した。また、塗膜厚の効果を知る為、塗料Aの膜厚を標準仕様より薄いもの・厚いものを作成した。

塗装後、各塗装鉄筋の膜厚を膜厚計を用いて測定した。膜厚はばらつきが大きく、表-1には測定結果の最大値と最小値を示した。

表-1 塗装の種類と膜厚

塗料の種類			硬化剤	塗装方法	目標膜厚 (μ)	実測膜厚(μ)		ピンホール数の測定結果	
						最少	最大		
A	粉体	エ	酸 無 水 物	静電塗装	80	70	190	多数あり	
					150	110	380	1~7	
					250	260	500以上	なし	
B	形	ポ		"	150	160	430		
C					150	130	230		
D					150	130	250		
E					ポリアミン酸無水物	150	45	110	
						150	180	500	
F					ア ミ ン	150	100	300	
G	溶剤形	シンクリッチ	アルカリシリケート	エアスプレイ	150	100	300		
H	タールエポキシ	ポリアミド	"	"	150	100	280		

表-2 塗装鉄筋のわりぶり

供試体 番号	供試鉄筋の配筋						供試体 の個数
	1	2	3	4	5	6	
1	A (80 μ)	A (80 μ)	A (80 μ)	A (80 μ)	D	D	2
2	B	B	B	F	F	F	2
3	C	C	C	H	H	H	2
4	A (150 μ)	A (150 μ)	A (150 μ)	A (150 μ)	E	E	2
5	E	E	G	G	G	G	2
6	A (250 μ)	A (250 μ)	A (250 μ)	A (250 μ)	D	D	2
7	I (小)	I (小)	I (小)	I (小)	J	J	2
8	I (大)	I (大)	I (大)	C (250 μ)	C (250 μ)	C (250 μ)	1

塗料Aについてはピンホールを測定した。

## 2.2 供試体の作成

上記の塗装鉄筋を用いて、コンクリート供試体を作成した。コンクリート供試体への塗装鉄筋のわりふりを表-2に、供試体の形状寸法を図-1に示す。

鉄筋のかぶり厚さは、3.0 cm、ひびわれ幅は、0.20mmを目標とした。ひびわれ幅の保持は、φ24mmのPC鋼ボルトの締めつけによって行った。

ひびわれ導入は、コンクリート打設後19日目に、載荷試験機を用いて曲げ応力を与え、初期ひびわれ発生後も荷載を続け、20 tonまで載荷した時点で荷重を一定に保ち、目標のひびわれ幅になるよう両端からボルト締めを行った。

## 2.3 供試体の暴露

供試体は、東京湾第2海堡北方約300 mの海上に浮かべた暴露台船の架台に、かぶり面を上にして水平に暴露した。暴露場所を図-2に、暴露台船を写真-1に示す。

架台の高さは、台船の甲板から1 mであり、海面からは約1.5 mである。

## 2.4 調査方法

調査方法は次の要領で行った。

- (1) 暴露前にスケッチしておいたひびわれ形状図をもとに、ひびわれ幅を測微鏡を用いて測定し記録した。
- (2) 供試体を解体して、取り出した塗装鉄筋の塗装状態を肉眼で観察し、腐食の生じている鉄筋は、腐食している部分の長さ、腐食状態を記録した。
- (3) 塗装鉄筋の一部を切断して、断面を顕微鏡で観察し、塗膜の厚さ・鉄筋素地との付着状態を調べた後、写真により記録した。

## 3. 結果と考察

約2ケ年の暴露を行った供試体を解体して、塗装鉄筋を観察した結果、発錆の認められた塗料A(80 μ)の腐食位置とひびわれ幅の関係を図-3に示す。また、塗装鉄筋の断面写真の一部を写真-2に示す。これらの結果及び表-1の塗膜厚及びピンホール測定結果から、次のことが考察される。

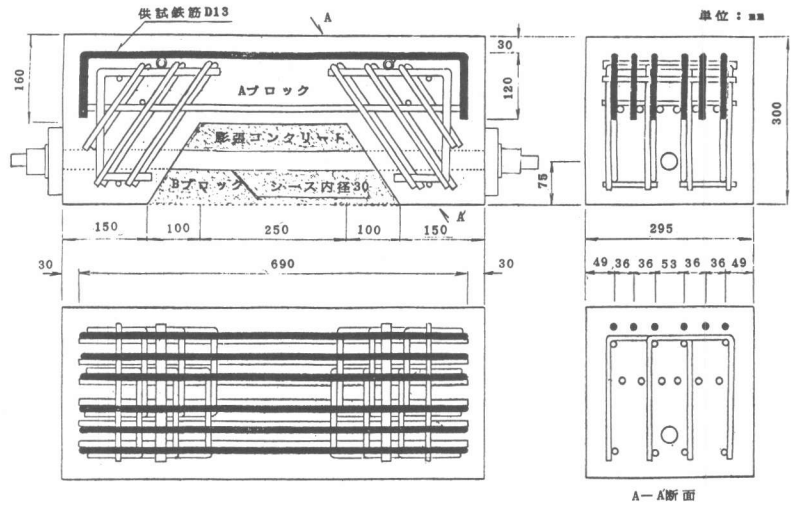


図-1 コンクリート供試体の形状寸法

表-3 コンクリート配合表

粗骨材 最大寸法 (mm)	スランプ(cm)		空気量(%)		水セメント比 W/C (%)	細骨材 S/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )			
	目標	実測	目標	実測			水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
13	8±2	8.5	2.5	3.0	55	53.5	192	349	942	841

コンクリート温度=26℃



図-2 暴露場所

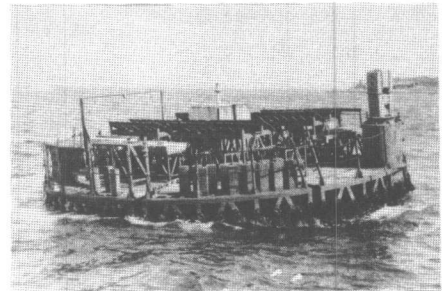


写真-1 暴露台船

### 3.1 塗料の種類別耐久性

塗料の種類別耐久性は、比較材として用いた溶剤型ターレポキシを含めて、現時点では差異が認められないが、今後の調査で明らかになると考えられる。

### 3.2 塗膜厚及びピンホール数と塗膜の耐久性の関係

塗膜厚測定値は、それ程正確なものでなく相対的なものと考えられるが、目標膜厚の大きい塗装鉄筋ほど塗膜厚測定値は大きい傾向を示し、ピンホール数も塗膜厚が増加するほど減少している。塗装鉄筋の耐久性も塗膜厚に比例する傾向が認められ、ピンホール数とは明らかに反比例の関係がある。

ただし、塗料Eにおいては、比較的塗膜厚が小さかったにもかかわらず発錆がなかったのは、ピンホール数の測定をしていないため断定できないが、塗膜厚が小さい割にピンホールが少なかったためと推定される。

塗膜厚の測定値と鉄筋の断面写真から読み取った塗膜厚とはかなり良い対応を示しているほか、断面写真の塗膜状態と塗装鉄筋の耐久性に密接な関係が認められる。すなわち、発錆の認められた塗料A(80 $\mu$ )の塗装鉄筋の塗膜は、断面写真でも著しく薄い部分やピンホール様の欠かんが認められたのに対して、発錆の無かった塗装鉄筋では断面写真でも塗膜の欠かんは認められなかった。これらのことから、塗装鉄筋の耐久性を確保するには、十分な塗膜厚とピンホールの無いことの確認が必要と考えられる。

### 3.3 鉄筋の断面形状と塗膜厚

鉄筋の縦リブと横リブでは塗膜の付き方がかなり異なっており、断面が丸味を持つ横リブでは塗膜厚が均一なのに、鋭角部を持つ縦リブでは、しばしば塗膜に薄い部分が認められ、目標膜厚の小さい塗装鉄筋の場合には、鋭角部に塗膜の付いていないリブさえ認められた。これらのことから、リブの鋭角部にも均一に被覆できる塗装技術や塗料品質の関係、あるいは、鋭角部のない鉄筋の使用が望まれる。

### 3.4 ひびわれ幅と塗装鉄筋の耐久性

塗装鉄筋の発錆は、表面ひびわれ幅が0.20mm以上の部分に生じており、0.20mm以下の部分には認められていない。このように、塗装鉄筋の場合にも、塗膜に欠か

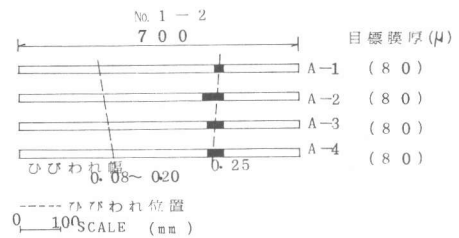


図-3 腐食の位置とひびわれ幅

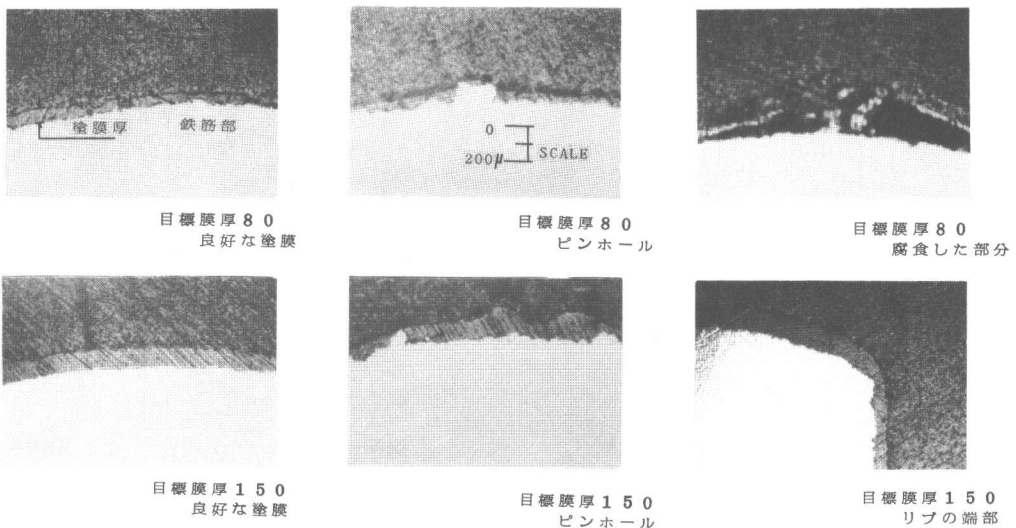


写真-2 塗装鉄筋の断面

んがある場合には、無塗装の場合と同様に、ひびわれ幅と発錆の間に関連性があるようである。

### 3.5 塗装鉄筋と無塗装鉄筋の比較

塗膜厚の小さい塗装鉄筋に発錆が認められたとはいっても、無塗装鉄筋とは比較にならぬほど軽微な発錆であって、塗膜に欠かんが多い場合でも無塗装より格段に耐久性の大きいことは明らかである。暴露環境が極めて厳しい点から考えても、発錆の認められない塗装鉄筋は、今後も長期にわたる耐久性が期待できると思われる。

## 4. まとめ

試験結果を要約すれば次のようである。

(1)試験期間が短かったために、鉄筋の塗装に使用した塗料の種類や品質と塗装鉄筋の耐久性の関係は明らかにできなかった。

(2)塗膜厚が大きいほど耐久性が大きいことを確認した。塗膜厚が大きいものがより耐久であるのは、最小塗膜厚の増加とピンホール数の減少によると判断される。従って、塗装鉄筋の耐久性を確保するには、現在の技術レベルでは、目標膜厚をやや大き目に設定すると同時に、塗膜厚とピンホール測定等の検査が不可欠と考えられる。

(3)塗装鉄筋の耐久性は、塗膜厚とその均一性によるので、均一に被覆できる塗料品質と塗装技術の開発が今後の課題と思われる。また、鋭角部の無い鉄筋の使用を検討すべきである。

## 5. あとがき

本試験は5年の計画で行っている暴露試験であるが、一部撤収し解体した結果、コンクリート中の塗装鉄筋に発錆が見られたので、中間的なものを試験後終了を待たずして発表した。

本試験は、土木研究所と関東事務所及び東京湾岸道路調査事務所との共同研究として実施しているものである。なお、本試験にあたっては、塗料の提供や塗装について、日本チバガイギー(株)、大日本塗料(株)、関西ペイント、日本ペイント(株)、東亜ペイント(株)の各関係各位の御助言と御協力を得た。深く謝意を表する。

### 参考文献

- 1) 片脇, 守屋, 深田「[エポキシ樹脂塗装鉄筋の利用に関する基礎的研究]第1回コンクリート工学年次講演会講演論文集」(1979)