

## 遮光ネットで養生したエポキシ樹脂塗装鉄筋の曝露試験について

オリエンタル白石(株)	正会員	工修	○	森	勝
オリエンタル白石(株)	正会員			工藤	真一
西日本高速道路(株)				宮永	憲一
西日本高速道路(株)				荻本	雄一郎

キーワード：エポキシ樹脂塗装鉄筋, プレキャスト, 曝露試験

### 1. はじめに

塩害地域に建設される沖縄自動車道では、内部鋼材の防食対策としてエポキシ樹脂塗装鉄筋（以下、エポ鉄筋）が使用されているが、床版取替などのプレキャスト部材の接合部などに使用されるエポ鉄筋は、工場での製作時から現場で架設するまでの約3～6ヵ月間、屋外に曝露されることもある。エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針<sup>1)</sup>では、曝露期間が3ヵ月を超えると性能の低下が見られるとの記載があるものの、その根拠が曖昧で3ヵ月以上経過するものがどの程度の性能を維持しているか不明である。現状では長期の曝露状態を避けるために遮光ネットで養生しているが、その効果は明らかにされていない。本試験では、エポ鉄筋を直接曝露した場合と遮光ネットで養生して曝露した場合について性能比較を行った。曝露試験状況を写真-1，曝露試験場所を図-1に示す。



(a) 直接曝露



(b) 遮光ネットで養生

写真-1 曝露試験状況

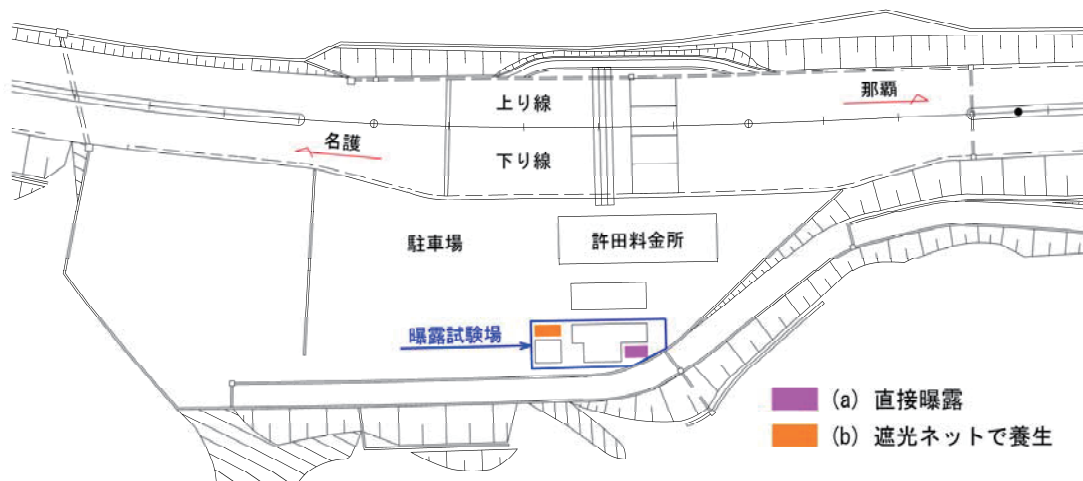


図-1 曝露試験場所

## 2. 試験概要

本試験は、沖縄自動車道許田IC料金所に隣接する曝露試験場にて行った。曝露期間は、初期、1ヵ月、3ヵ月、6ヵ月、9ヵ月に設定した。材料の性能を評価するために、外観・塗膜厚・ピンホール・曲げ加工性・耐衝撃性・付着強度・耐食性の7項目について試験を行った。試験項目および曝露期間を表-1に示す。試験に用いた鉄筋および遮光ネットを表-2に示す。なお付着強度に用いる鉄筋は、試験結果のばらつきが大きくなる可能性を考慮してD19を追加した。また遮光ネットは、ポリエチレン製で遮光率70~75%の一般的に用いられる仕様とした。以下に試験方法の概要を示す。

表-1 試験項目と曝露期間

試験項目	曝露期間					備考
	初期	1ヵ月	3ヵ月	6ヵ月	9ヵ月	
外観検査	○	○	○	○	○	JSCE-E102
塗膜厚試験	○	○	○	○	○	JSCE-E513
ピンホール試験	○	○	○	○	○	JSCE-E102
曲げ加工性試験	○	○	○	○	○	JSCE-E515
耐衝撃性試験	○	○	○	○	○	JSCE-E514
付着強度試験	○	○	○	○	○	JSCE-E516
耐食性試験	○	○	○	○	○	JSCE-E518

※ 全試験体で遮光ネットの有無による違いを確認

表-2 使用材料

使用材料	仕様
鉄筋 D13・D19	SD345 (エポキシ樹脂粉体塗装)
遮光ネット	遮光率 70~75%

### 2.1 外観

外観は、塗装の均一性・たれ・突起・異物付着、光沢の変化を観察した。また白亜化は、白亜化測定用テープを塗膜表面に貼り、剥がして黒色紙に貼り付け白亜化の程度を記録した。

### 2.2 塗膜厚

試験装置は、電磁式膜厚測定機(塗膜厚100~400 $\mu$ mの範囲で測定精度が $\pm 4\%$ 以内)を使用した。試験体は長さ1mのエポ鉄筋において1本あたり9箇所かつ曝露面で測定し、また測定箇所はエポ鉄筋のふしとふし、リブとリブ間の平面部とした。

### 2.3 ピンホール

試験装置は、交流・乾式・放電式(探触子は真ちゅう製のブラシ状)を使用した。試験電圧は1000Vとし、走査線速度0.5m/s以下の速度で探触子を移動させピンホールの有無を調べた。

### 2.4 曲げ加工性

曲げ装置は、支点・力点・ローラーで構成され、エポ鉄筋と接触する部分をウレタンなどの材料でライニングした。曲げ加工性試験は、試験前24時間以上20 $\pm 2^{\circ}$ Cで保管し、曝露面を外側にして曲げ内半径を鉄筋の公称直径の1.5倍とし、180 $^{\circ}$ まで曲げた。曲げ加工後、曲げ外周および内周表面の塗膜を観察し、微少割れ、開孔割れ、剥離などの欠陥の数を記録した。

### 2.5 耐衝撃性

耐衝撃性試験では、曝露している面を衝撃面にし、1.8kgのおもりを衝撃強度3.0N $\cdot$ mとなる17cmの高さから、1本の試験材あたり5ヵ所の節に落下させた。本試験では節の上を打刻し、撃芯が直接当たった部分における鉄筋素地の露出面積を測定するとともに、当たった部分の周囲で塗膜の破碎、割れ、はく離および浮きの有無を観察した。

## 2. 6 付着強度

付着強度試験は、**図-2**に示すように15cmの立方体のコンクリート試験体の中に定着長75mmとして鉄筋を埋め込み、引抜き試験機にて強度確認を行った。なおコンクリートは、粗骨材の最大寸法が20mmの普通骨材とし、スランプ $10 \pm 2.5$ cm、設計基準強度 $30.0 \pm 3.0$ N/mm<sup>2</sup>とした。

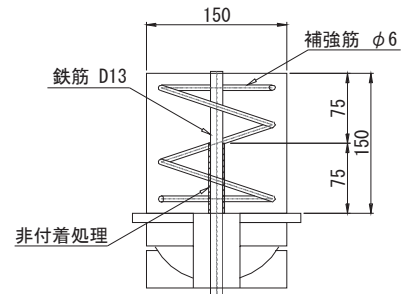


図-2 付着強度試験

## 2. 7 耐食性

耐食性試験は、**写真-2**に示すように塩水噴霧試験装置を用いて行った。試験時間は1000~1100時間とし、試験後の表面のさび・ふくれ・剥離などの異常を調べ、また腐食が認められる場合には、発生した発錆面積を1mm<sup>2</sup>単位で求めた。なお試験体は、曲げ加工性試験と同様の方法で製作した。



写真-2 耐食性試験状況

## 3. 試験結果

### 3. 1 外観

**写真-3**に示すように、全曝露期間で外観確認を行った。遮光ネットの有無にかかわらず、光沢の低下、消失、白亜化が認められた。ただし、遮光ネット無しでは3ヵ月で光沢の低下が確認できたのに対し、遮光ネット有りでは6ヵ月から確認でき、9ヵ月になると、その差はほとんどなくなった。

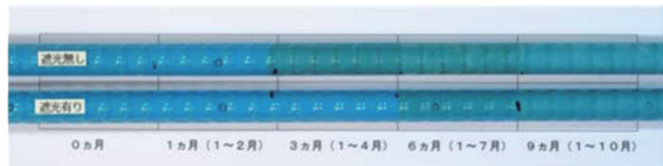


写真-3 外観の経時変化

### 3. 2 塗膜厚

塗膜厚は**表-3**に示すように、全曝露期間ではほとんど変化は認められなかった。膜厚測定の結果は、 $220 \pm 40 \mu\text{m}$ の範囲で、個々の測定値がこの範囲を超えず、規格を満足した。曝露による塗膜の白亜化は認められたが、その程度は塗膜厚測定に影響しなかった。

表-3 塗膜厚の経時変化

		初期	1ヵ月	3ヵ月	6ヵ月	9ヵ月
遮光無し	平均値	222 $\mu\text{m}$	221 $\mu\text{m}$	222 $\mu\text{m}$	218 $\mu\text{m}$	216 $\mu\text{m}$
	標準偏差	16.3 $\mu\text{m}$	15.8 $\mu\text{m}$	14.4 $\mu\text{m}$	16.4 $\mu\text{m}$	17.5 $\mu\text{m}$
遮光有り	平均値	222 $\mu\text{m}$	220 $\mu\text{m}$	218 $\mu\text{m}$	223 $\mu\text{m}$	224 $\mu\text{m}$
	標準偏差	14.5 $\mu\text{m}$	13.5 $\mu\text{m}$	13.7 $\mu\text{m}$	15.2 $\mu\text{m}$	15.8 $\mu\text{m}$

### 3. 3 ピンホール

ピンホールの測定では、9ヵ月間ピンホールの増減はなく規格を満足した。

### 3. 4 曲げ加工性

**表-4**にエボ鉄筋の曲げ加工後の割れ発生率の経時変化を示す。遮光ネット無しでの9ヵ月で微小な割れの発生(試験体5本中、1本に発生)が認められるが、全て規格を満足した。

表-4 割れ発生率の経時変化

		初期	1ヵ月	3ヵ月	6ヵ月	9ヵ月
遮光無し		0%	0%	0%	0%	20%
遮光有り		0%	0%	0%	0%	0%

※ 20%以下を合格とする

### 3. 5 耐衝撃性

全曝露期間で遮光ネットの有無にかかわらず、打撃周辺部で塗膜の破碎・割れ・剥離などの異常は発生せず、規格を満足した。

### 3. 6 付着強度

試験は曝露期間毎に、無塗装鉄筋に対する付着応力の比率を確認した。D13およびD19の付着強度測定結果を図-3に示す。D13およびD19のエポ鉄筋の付着強度は、遮光ネットの有無にかかわらず、全曝露期間で無塗装鉄筋に対する測定値が85%以上を確保できており、規格を満足した。

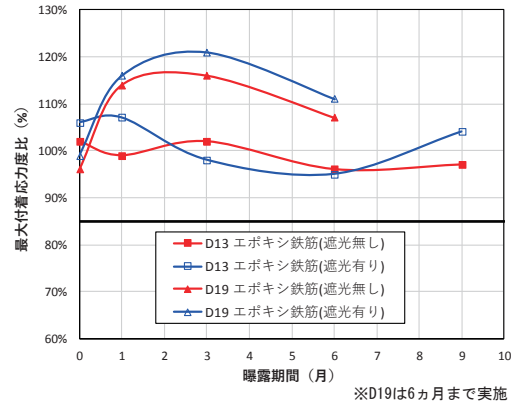


図-3 無塗装鉄筋に対する最大付着応力度の経時変化

### 3. 7 耐食性

発錆面積/塗装全面積の比率試験結果を表-5、発錆状況を写真-4に示す。遮光ネット無しの場合、9ヵ月以降に若干腐食が確認できたので、曲げ加工時に生じた目視で確認できない微小な割れが原因と考えられる。ただし、すべての曝露期間で平均発錆面積率が0.5%以下となり規格を満足した。

表-5 平均発錆面積率の経時変化

鉄筋種	初期	1ヵ月	3ヵ月	6ヵ月	9ヵ月
エポ鉄筋 (遮光無し)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%
エポ鉄筋 (遮光有り)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

※ 0.5%以下を合格とする

## 4. おわりに

本試験は、夏季を含む沖縄での曝露という非常に厳しい条件ではあったが、全曝露期間で土木学会の品質基準を満足しており、エポ鉄筋を9ヵ月程度曝露しても品質が十分に確保されていることが確認できた。試験では、遮光ネット無しの場合には3ヵ月で光沢の低下、9ヵ月で曲げ加工による微小な割れの発生や耐食性試験による発錆がわずかながら確認できた。原因としては、通常の白亜化がごく表面部分の現象と考えられるのに対し、9ヵ月曝露した状態では、塗装表面に目視観察では確認できないような劣化箇所が存在したのではないかと考えられる。また遮光ネット有りの場合は、6ヵ月から光沢の低下、9ヵ月で光沢が無くなった状態となったが、各試験で劣化は確認できなかった。

本試験により、エポ鉄筋を屋外に9ヵ月曝露していても土木学会の品質基準を確保されることが確認されたが、遮光ネットを用いることでエポキシ塗膜の劣化(白亜化)を遅らせることが確認できたので、遮光ネットにより養生することが望ましいと考えられる。

## 参考文献

- (社)土木学会：エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針，コンクリートライブラリー，112，p. 6，2003. 11



写真-4 発錆状況 (遮光ネット無し 曝露9ヵ月)