

ひび割れを有するモルタル中における塗膜損傷を受けたエポキシ樹脂塗装鉄筋の腐食特性

金沢工業大学大学院 学生会員 ○中澤 亮介  
 金沢工業大学 正会員 宮里 心一  
 琉球大学名誉教授 正会員 大城 武  
 日本パーカライジング 村上 邦佳  
 日本パーカライジング 小西 知義

1. はじめに

エポキシ樹脂塗装鉄筋 (以下、「エポ筋」と称す.) は、化学物質等の遮断性に優れており、塩害対策に使用されている。しかしながら、エポ筋は、運搬、曲げ加工、組立て、施工等の取扱い中において、樹脂塗膜に損傷が発生することがある。その結果、損傷部から腐食が発生することもある。したがって現在、激しい塩分環境下において腐食を防ぐための許容塗膜損傷面積は、1mm<sup>2</sup>とされている<sup>1)</sup>。しかしながら、施工の際にこの損傷面積以下とすることは難しく、規制値の緩和が望まれている。ここで、著者らの既往の研究<sup>2)</sup>により、かぶり不足の場合、エポ筋の損傷面積が3mm<sup>2</sup>以下であれば、腐食速度は非常に小さいことがわかった。しかしながら、曲げひび割れとエポ筋の塗膜損傷が重なった場合は検証していない。

上述の背景を踏まえて本研究では、モルタル中に埋設されたエポ筋に対し、塗膜損傷部にひび割れが生じた場合、塗膜損傷の状態(大きさ、分布)が鉄筋腐食に及ぼす影響を明らかにした。

2. 実験方法

2.1 供試体概要と使用鋼材

本研究では、図1に示すφ5cm×20cmの円柱供試体を作製した。モルタルには、普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm<sup>3</sup>)を使用し、砂は川砂(密度 2.59g/cm<sup>3</sup>)を用いた。また、鉄筋内部を流れる電流を測定するため、1.5cmに分割された鉄筋(以下、「分割鉄筋」<sup>3)</sup>と称す。)を埋設した。ここで、エポ筋はJSCE-E 102を満たしている。なお、エポ筋を現場で使用する場合、付着強度の観点から、丸鋼が使用されることは極めて希である。ただし、異型鉄筋の節の高さや節の間隔が腐食に及ぼす影響を除くため、本

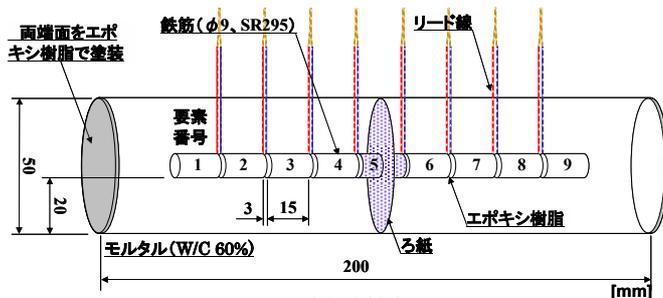


図1 供試体概要

研究では丸鋼を使用した。また、中央には曲げひび割れを模擬した厚さ0.5mmのろ紙を挿入し、かつ中央のNo.5鉄筋要素にも巻いた。

2.2 実験ケース

実験ケースを表1に示す。鋼材はエポ筋と、普通鉄筋(SR295 φ9, 黒皮あり)を使用した。エポ筋への塗膜損傷は、土木学会基準に定められている1mm<sup>2</sup>をはじめとし、3mm<sup>2</sup>および8mm<sup>2</sup>の大きさであり、ハンディルーターで付与した。また、損傷の分布は、中央の要素に1つのもの(No.2, 5, 7)、1要素おきに5つのもの(No.3), および全ての要素のもの(No.4, 6, 8)とした。

2.3 養生・暴露方法

打設した供試体は水中(20℃)にて28日間養生した。その後、塩水噴霧(20℃, 3%NaCl水溶液)1日、

表1 実験ケース

No	使用鋼材	1要素あたりの塗膜損傷面積 (mm×mm)	塗膜損傷導入要素(●)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	エポキシ樹脂塗装鉄筋	なし												
2		1×1					●							
3			●											
4			●	●										
5		1×3					●							
6			●	●	●	●								
7		2×4					●							
8			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
9		普通鉄筋	—											

キーワード 塩害, エポキシ樹脂塗装鉄筋, 塗膜損傷, 腐食電流密度, ミクロセル腐食

連絡先 〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇ヶ丘7-1 Tel1076-248-1305 Fax076-294-6713

乾燥 (20°C, RH60%) 2.5 日を 1 サイクルとし, 91 日間に亘り暴露した。

### 2. 4 測定方法

マイクロセル腐食電流密度とマクロセル腐食電流密度を測定した。マクロセル腐食電流は無抵抗電流計を用いて測定した。一方, ミクロセル腐食電流は分極抵抗を測定し, 図 2 の式により算定した。また, マクロセル腐食電流密度と分極抵抗を算定する際の表面積は, 著者らの既往の研究<sup>2)</sup>から, 鋼材の全表面積とした。なお, 健全なエポ筋のマイクロセル腐食電流密度は 0 とした。

### 3. 実験結果

測定結果の例を図 3 に示す。これによれば, 鉄筋位置が 0cm, すなわちひび割れ箇所の腐食電流密度が最高値を示した。また, マクロセル腐食電流密度とマイクロセル腐食電流密度を比較すると, ミクロセル腐食電流密度が大きい値を示した。

次に, 塗膜損傷の分布が腐食電流密度に及ぼす影響を図 4 に示す。これによれば, 塗膜損傷のない要素の腐食電流密度は非常に小さくなった。また, No.2 ~No.4 の塗膜損傷面積は 1 要素あたり 1mm<sup>2</sup> と狭いため, 腐食電流密度の値は全体的に小さくなった。さらに, ひび割れ箇所の腐食電流密度とその他の塗膜損傷箇所で差異は見られなかった。

実験ケースごとの最大腐食電流密度を図 5 に示す。これによれば, 普通鉄筋のケースは, 5.1μA/cm<sup>2</sup> となり, エポ筋のケースと比べ大きい値を示した。また, エポ筋を用いたケースでは, 1 要素あたり塗膜損傷面積が 1mm<sup>2</sup> の No.2~4, 中央の要素のみに塗膜損傷のある No.2, 5, 7 において, は腐食電流密度が非常に小さくなった。

### 4. 結論

本研究にて得られた知見を以下に示す。

- 1) ひび割れ部においてさえも塗膜損傷面積が 3mm<sup>2</sup> 以下の場合, 腐食電流密度は非常に小さい。一方, 塗膜損傷面積が一箇所当たり 3mm<sup>2</sup> 以上でかつ複数ある場合, 腐食電流密度は大きくなる。
- 2) ひび割れ部のエポキシ樹脂塗装鉄筋に塗膜損傷が起きた場合, ミクロセル腐食が卓越する。

$$J_{macro} = \frac{I_{i+1,i} + I_{i-1,i}}{S_i}$$

ここで,  $J_{macro}$ : 鉄筋要素  $i$  のマクロセル電流密度 (A/cm<sup>2</sup>)  
 $I_{i+1,i}$ : 鉄筋要素  $i+1$  から鉄筋要素  $i$  に流入する電流 (A)  
 $I_{i-1,i}$ : 鉄筋要素  $i-1$  から鉄筋要素  $i$  に流入する電流 (A)  
 $S_i$ : 鉄筋要素  $i$  の表面積 (cm<sup>2</sup>)

$$J_{micro} = \frac{K}{R_{pi}}$$

ここに,  $J_{micro}$ : 鉄筋要素  $i$  におけるマイクロセル腐食電流密度 (A/cm<sup>2</sup>)  
 $K$ : 定数 0.0209 (V)  
 $R_{pi}$ : 鉄筋要素  $i$  における分極抵抗 (cm<sup>2</sup>)

図 2 腐食速度の算定式<sup>3)</sup>

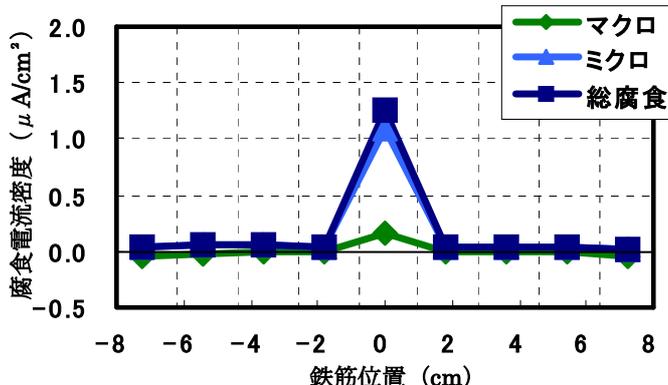


図 3 実験結果の例 (No. 8)

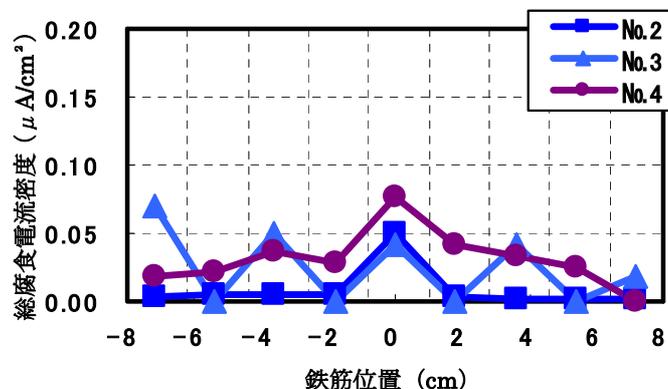


図 4 塗膜損傷の分布による腐食電流密度の違い

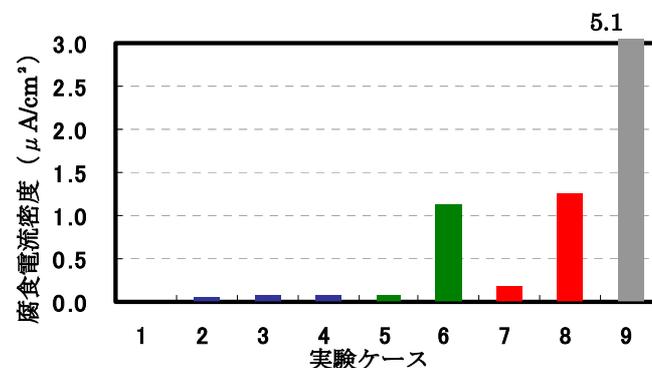


図 5 実験ケースごとの腐食電流密度の最大値

### 参考文献

- 1) 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 [改訂版], コンクリートライブラリー112 (2003)
- 2) 中澤亮介, 宮里心一, 大城武, 村上邦佳, 小西知義, 大貫隆弘: モルタル中に埋設されたエポキシ樹脂塗装鉄筋における塗膜損傷と腐食の関係, 第 54 回材料と環境討論会講演集, pp.429-432 (2007)
- 3) 宮里心一, 大即信明, 小長井彰祐: 分割鉄筋を用いたマクロセル電流測定方法の実験的・理論的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol. 23, No. 2, pp.547-552 (2001)