

V-113

エポキシ樹脂塗装鉄筋の塗膜損傷部の腐食に関する研究

東北大学 正会員 ○板橋 洋房

東北大学 正会員 三浦 尚

住友金属工業中技研 正会員 新井 哲三

1. まえがき

海岸部付近や降雪地方にある鉄筋コンクリート構造物においては、外部から浸透する海水中の塩化物や冬の凍結防止剤に含まれる塩化物等により、鉄筋コンクリート構造物中の鉄筋に塩化物による腐食が発生することが多い。そして、これを防止するための有効な手段の一つとして、普通鉄筋の代わりにエポキシ樹脂塗装鉄筋が使用されている。ところが、このエポキシ樹脂塗装鉄筋の製造時や運搬時等の鉄筋取り扱い中においては、大きな塗膜損傷が発生することがある。これらの塗膜損傷のあるエポキシ樹脂塗装鉄筋が、コンクリート中でどの程度、有害となるかということが未だ明らかにされておらず、早急に調査しなければならない課題である。そこで、本研究では実際の鉄筋取り扱いおよび施工時に発生する異なった大きさや個数の塗膜損傷を付与したエポキシ樹脂塗装鉄筋をコンクリート中に埋め込んで、鉄筋コンクリート供試体を作製し、空气中乾燥－海水中浸漬の繰返しを与える実験室内腐食促進試験を行ない、鉄筋に発生する腐食の状態について調べたものである。

2. 使用材料

実験に使用したエポキシ樹脂塗装鉄筋は、公称直径D19mm の異形鉄筋（SD35、ねじふし型と横ふし型）にエポキシ樹脂を静電粉体塗装したものであり、塗膜の厚さは $200 \pm 50 \mu\text{m}$ 程度である。また、比較の目的で同一形状の普通鉄筋も使用した。セメントは、市販の普通ポルトランドセメントを用い、細骨材としては、川砂（比重：2.56）を、粗骨材としては、碎石（比重：2.86、最大寸法：15mmと25mm）を使用した。水セメント比 w/c は、50% で、混和剤には空気連行性減水剤を使用した。このコンクリートには、長期に渡って外部からの塩分の浸透を考慮し、コンクリート重量に対して、0.8%の食塩を混入した。

3. 実験概要

エポキシ樹脂塗装鉄筋の樹脂塗膜には、表-1-a に示したように大きさと個数（供試体長さ50cmあたり）を変えて塗膜損傷（人工傷）を付与した。これらの鉄筋を用いてかぶりが2cmと4cmの鉄筋コンクリート供試体を作製した。その形状寸法は図-1に示す。エポキシ樹脂塗膜の損傷部分は、打設底面側となるように配置し、また直接海水に浸る供試体端部及び露出する鉄筋端部は、エポキシ系塗料で塗布した。これらの供試体に対して、室温約50℃の恒温室内の容器で1日2回（これを1cycleとする。）の空气中乾燥－海水中浸漬の繰返しを400日間続行した。所定の繰返しを与えた後に、供試体から鉄筋を取り出して塗膜損傷部分の鉄筋素地に発生した腐食の状態や腐食深さを調べた。腐食深さは、ポイントカウントマイクロメーターで測定した。エポキシ樹脂塗装鉄筋では、400サイクル時にお

表-1-a 塗膜損傷の種類

塗膜損傷 大きさ (mm ²)	個数	コンクリートのかぶり (cm)
3	25	2, 4
8	10	
20	10	
65	10	
100	4	
無塗膜鉄筋 成分調整鉄筋		2, 4

表-1-b 塗膜損傷の種類

塗膜損傷 大きさ (mm ²)	個数	コンクリートのかぶり (cm)
0.2	16	2, 4
1	4	
1	16	
1	40	
3	2	
3	5	
8	2	

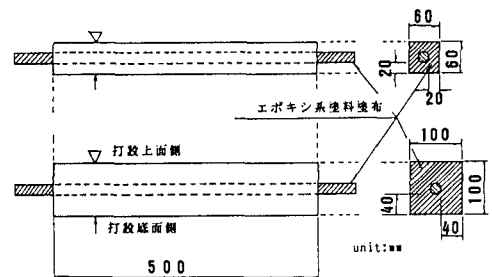


図-1 供試体の形状寸法

いても鉄筋軸に沿った縦ひび割れの発生は見られず、発生した錆も極浅いものであった。その塗膜損傷部1箇所当たりの腐食面積と塗膜損傷の大きさとの関係を図-2に示す。この図から、かぶりが2 cmでは損傷面積が大きくなるにつれて、腐食面積も増加の傾向を示している。また、かぶりが4 cmでも同様であるが、かぶりが大きいためかなり緩やかである。この実験条件は、腐食環境下の現場で20~30年程度の腐食状況に相当している。これらと比較するために普通鉄筋を用いて同様な実験を行なった400 サイクル時では、鉄筋軸に沿って縦ひび割れが発生し、そのひび割れ部には錆汁の付着物が見られた。そのひび割れ幅は、最大で2 mm程度であった。

その普通鉄筋の腐食深さの測定結果を図-3に示す。かぶり2 cmの方が4 cmのものよりばらつきは大きいが無塗装鉄筋に比べて、成分調整を行なった鉄筋の方が腐食深さは、浅くなっているようである。したがって、普通鉄筋に比べてエポキシ樹脂塗装鉄筋の方が、防食効果が大変大きいことがわかったが、表-1-aの大きさの塗膜損傷でも、かなりゆっくりした速度ではあるが錆は進行しているようである。次に、錆が進行しない損傷の大きさを見付けるために表-1-bに示した様より小さい傷で同様な実験を100日間行なった。また、この実験は、現在も継続中である。

4. 実験結果および考察

実験で用いたエポキシ樹脂塗装鉄筋に発生した腐食の形態は、400サイクルと同様に塗膜損傷部分から発生したと思われる隙間腐食であった。図-4には、損傷1箇所当たりの腐食面積と塗膜損傷の大きさの関係を示す。

かぶり2 cmでは、0.2 ~ 1 mm² までの大きさの損傷においては腐食面積に違いは見られず、3 mm² 程度から増加している。1 mm² や3 mm² の損傷面積においては、損傷間隔の大小による鉄筋腐食への影響は見られなかった。また、かぶり4 cmでも損傷が3 mm² までは、腐食面積に大きな違いはなく、8 mm² から増加している。これらの塗膜損傷部に於いても損傷部全箇所に腐食が発生した訳ではなく、かなりばらつきが見られた。表-2には、鉄筋に発生した腐食で赤錆だけを考慮した発錆面積率を示す。

この実験でエポキシ樹脂塗装鉄筋に発生した赤錆は図-4と同様な傾向ではあるがかなり小さな腐食面積であった。なお、本実験に際してご協力を頂いた卒論生ヨン・キャンテ君には、ここに感謝の意を表します。

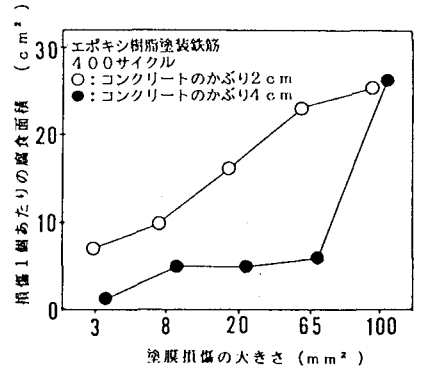


図-2 促進試験400サイクルの結果

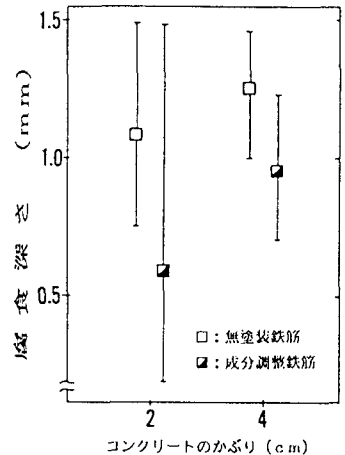


図-3 普通鉄筋の腐食深さの比較

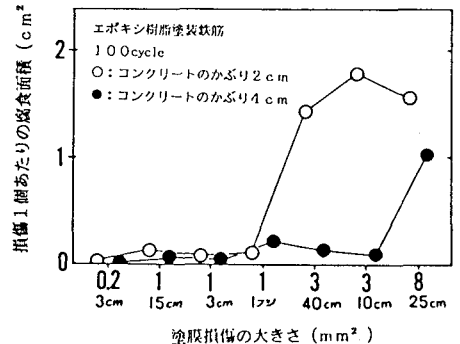


図-4 促進試験100サイクルの結果

表-2 赤錆の発錆面積率

塗膜損傷	かぶり2 cm		かぶり4 cm	
	赤錆の面積	発錆(赤錆)面積率	赤錆の面積	発錆(赤錆)面積率
0.2 mm ²	1.6 mm ²	0.005%	19.2 mm ²	0.064%
1	14.5	0.048%	6.5	0.022%
1	25.3	0.084%	23.4	0.078%
1	52	0.173%	133.8	0.446%
3	47.2	0.157%	12	0.04%
3	89.5	0.298%	18	0.06%
8	44	0.147%	120.5	0.401%