

1. 研究目的

鉄筋コンクリートは直流電流作用によって鉄筋の電解腐食（電食）、さらにかぶりコンクリートのひびわれ、および剝離が生じる。また同時に、鉄筋が陰極になる部分では、ペースト中のアルカリ金属イオンの鉄筋周辺への集積に起因して、コンクリートの強度低下が起こり、異形鉄筋であっても鉄筋とコンクリートとの付着強度が著しく低下する。そこで、本研究ではこれら直流電流作用による鉄筋コンクリートの劣化抑制・防止方法の資料を得る目的で、塗料のコーティング、および樹脂塗装鉄筋の絶縁効果をモルタルの電気抵抗試験、および水中における電食試験で基礎的に実験し、電流作用による鉄筋コンクリートの劣化防止・抑制方法への可能性を検討する。

2. 実験の概要

2.1 樹脂塗料をコーティングしたコンクリートの電気抵抗試験； セメントは普通ポルトランドセメント（C社製、比重=3.16）を用い、細骨材は鬼怒川産川砂（比重= 2.59、吸水率=1.68%、FM= 2.83）を使用した。樹脂塗料は、無溶剤エポキシ樹脂塗料とポリブタジエン系弾性塗布材の2種類を用いた。モルタルの配合は、W/C=0.60、S/C=2.5、フロー値=210 ±10とした。電気抵抗測定用の供試体は、相対する面に真鍮板（10cm×10cm）を接着した、一辺が10cmの立方体の形状・寸法の供試体である。供試体は最初に半分の10×10×5cmの形状で作成し、2日で脱型した後、材令7日まで水中養生（21℃±3℃）する。養生後に塗布面の水分を拭き取って乾燥させてから樹脂塗料を所定量（1層塗りと3層塗り）塗布する。塗料が乾いてから（約1日後）型わくに再度設置し、10×10×10cmの形状となるように新モルタルを打込み供試体を完成させる。供試体は2日で脱型し、測定まで湿布養生（21℃±3℃）した。供試体数は一水準につき3個とした。その際同時に圧縮強度試験用円柱供試体（φ5×10cm）も6個作成した。

電気抵抗測定は、材令3、7、14、28、56、および90日に、図1に示したように、立方供試体の塗布面に平行に接着した相対する真鍮板電極を介して、交流電流（100 mA、200Hz、および100 mA、500Hz）を接続し、電極間の電圧を測定した。なお、塗料を塗布した供試体の場合には一定電圧の交流電流（20 V、200 Hz、および20 V、500 Hz）を接続して電極間の電流値を測定した。測定の際、供試体表面の水分を乾いた布で取り除くとともに、相対する真鍮板はクランプで固定した。交流電源は交流標準電圧電流発生器（㈱横河電気製作所製、出力電流：1 mA～60 mA、出力電圧：1 mV～1200 V、出力周波数：40～500 Hz）を用い、電圧、および電流の測定はデジタルマルチメータ（㈱横河電気製作所製）を用いた。

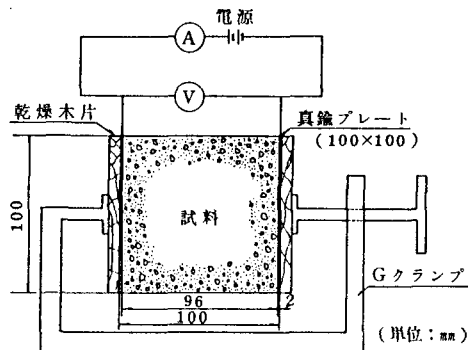


図1 モルタルの電気抵抗試験方法

2.2 樹脂塗装鉄筋の電気抵抗および水中における電食試験； 鉄筋は、D19mm（ピンホール数が0、3、5個の3水準）、およびD25mm（ピンホール数が0、5、8、11個の4水準）のエポキシ樹脂塗装した異形棒鋼を用いた。実験では、樹脂塗装鉄筋を16cm程度に切断して、各水準毎に6本、または12本を1組とした。
(1) **電気抵抗試験；**電気抵抗試験は、各鉄筋径、およびピンホール数毎に、樹脂塗装鉄筋を深さ14cmの蒸留水、および3% NaCl溶液の塩水中にそれぞれ浸漬し、一定電圧の交流電流を電極（鉄筋、および内径36mmの銅パイプ）に接続して行った。電圧は、電流計の測定電流値を考慮して、蒸留水に浸漬して測定する場合、

50V（周波数；200Hz および500Hz）、また塩水中に浸漬して測定する場合、10V（周波数；200Hz および500Hz）とした。電気抵抗は、交流電流接続時に鉄筋と溶液間の電流値を測定し、計算によって求めた。

(2) 水中における鉄筋の電食試験；電食試験は、各鉄筋径、およびピンホール数毎に、各12本の樹脂塗装鉄筋（3本×電解時間の水準4）をそれぞれ深さ14cmの水道水中に浸漬し、一定電圧の直流電流を鉄筋を陽極に接続して行った。電解電圧は20Vとし、各電解時間終了までそれぞれの電流値を記録計で測定した。電解時間は14日以内の任意の4水準を設定した。各電解時間終了後に鉄筋の腐食量を質量測定から求めた。比較のために、みがき丸棒鋼、および黒皮付き異形棒鋼も同一条件で電食試験を実施した。

3. 実験結果及び考察

表1は樹脂系塗料をコーティングしたモルタルの電気抵抗試験（交流電流、周波数 500Hz）の結果を示した。モルタルの電気抵抗は、材令28日で約2000Ωcmである。これに対して無溶剤エポキシ樹脂塗料、およびポリブタジエン系弾性塗布材をモルタル表面に1層（厚さ約140μ、および500μ）、および3層に塗布したときの電気抵抗は、無溶剤エポキシ樹脂塗料の場合、それぞれ約9920、および12700Ωcmで、ポリブタジエン系弾性塗布材の場合、約3700、および8490Ωcmである。これらの結果から樹脂系塗料をコーティングすることで電気抵抗を無塗装モルタルの1.84～6.32倍に高めることができる。表2、および表3は、通常の鉄筋（みがき丸棒鋼と異形棒鋼）、および樹脂塗装鉄筋（異形棒鋼）の水中における電気抵抗試験の結果をそれぞれ示した。表2 水中における鉄筋の電気抵抗試験結果（500 Hz）

みがき丸棒鋼、および通常の異形棒鋼の電気抵抗は、蒸留水中の場合、約18～48Ω、また塩水中の場合、約0.42～0.65Ωで非常に小さい。

[交流電流、周波数；500Hzで測定]

種類	鉄筋径	電気抵抗 (Ω)	蒸留水	塩水*
みがき丸棒鋼	φ19mm	48.4	0.418	
異形棒鋼	D 19mm	36.7	0.549	
	D 25mm	18.6	0.647	

* 3%塩化ナトリウム溶液を使用した。

これに対して樹脂塗装した異形棒鋼の電気抵抗は、蒸留水中の場合、約9000～118000Ω、塩水中の場合、約245～2430Ωで、通常の鉄筋の電気抵抗の約 $10^3 \sim 10^4$ 倍の大きさである。樹脂塗装した異形棒鋼のピンホール数の影響は、電気抵抗試験から明確に判断できない。そこで、現在一定電圧（20V）の直流電流による電食試験を水道水中で実施中である。

以上のことから樹脂系塗料のモルタル表面へのコーティング、および樹脂塗装鉄筋の使用は電流の絶縁性が著しく向上し、電流作用を受ける鉄筋コンクリートの鉄筋の腐食防止、および抑制方法として有効な手段と考えられる。電流作用を受ける場合の鉄筋の腐食防止、および抑制方法としては、(1)鉄筋表面で電流を絶縁する、(2)コンクリート表面で電流を絶縁する、(3)コンクリート自体の絶縁性を高める（例えばポリマーメントモルタル）等が概念的に考えられるが、これらのうち(1)、および(2)は、本実験によってその有効性を確かめた。(3)についてもポリマーセメントモルタルの絶縁性等を今後検討する必要があるものと考えている。

表1 樹脂系塗料をコーティングしたモルタルの電気抵抗試験結果

[交流電流、周波数；500Hzで測定した電気抵抗]

種類 \ 材令	3日	7日	14日	28日	56日
無塗装モルタル	1.07 (1.00)	1.50 (1.00)	1.91 (1.00)	2.01 (1.00)	** (1.00)
1層	6.98 (6.50)	8.35 (5.57)	8.34 (4.37)	9.92 (4.94)	** ()
3層	10.1 (9.43)	12.2 (8.15)	10.6 (5.56)	12.7 (6.32)	** ()
1層	3.47 (3.22)	2.78 (1.85)	2.95 (1.54)	3.70 (1.84)	** ()
3層	11.5 (10.7)	12.8 (8.55)	18.7 (9.82)	8.49 (4.22)	** ()

* ()内の数値は各材令毎の無塗装モルタルの電気抵抗に対する比率を示す

** 電気抵抗試験を現在継続中を示す。

表3 水中における樹脂塗装鉄筋の電気抵抗試験結果（500 Hz）

[交流電流、周波数；500Hzで測定]

鉄筋径	溶液環境	0個	3個	5個	8個	11個
D 19mm	蒸留水中	29.1	89.1	118	----	----
	塩水中*	----	2.43	2.23	----	----
D 25mm	蒸留水中	9.15	----	97.7	72.6	80.9
	塩水中*	----	----	0.275	0.601	0.245

* 3%塩化ナトリウム溶液を使用した。