

電着技術を利用したコンクリート構造物の補修について

四国電力 総合開発研究所 正会員 〇松松俊一

四国電力 総合開発研究所 正会員 横田 優

三井造船 玉野 研究所

三浦健蔵

1. まえがき

電着技術とは、図-1に示すように海中に溶存している Ca^{2+} イオンや Mg^{2+} イオンを電解により、陰極表面に CaCO_3 や $\text{Mg}(\text{OH})_2$ を主成分とする電着物として析出させ、コンクリート状の構造物を製造する技術である[1]。当社ではこれまでに潮位変動や波しぶきを受けるという腐食環境下に置かれた港湾鋼構造物を、この電着コーティングにより防食する電着防食法の検討を実施してきた[2,3]。その結果、本防食法は運輸省が推奨する鋼構造物腐食対策技術の一つとして採用された[4]。

本研究は「電着技術は電解質であるコンクリートにも適用可能なはずである」との発想から、港湾及び海洋の鉄筋コンクリート構造物を対象に、コンクリート中の鉄筋等(陰極)と海水中の陽極との間に微弱な直流電流を通じコンクリート側に電着物を形成することにより、構造物の長寿命化を図ろうとするものであり、電着技術を利用したコンクリート構造物の塩害防止ならびにひび割れ等の補修技術の開発を目的に実施するものである。今回は、試験が完了しているコンクリート表面やひび割れ部への電着物の生成状況や、コンクリートの透水性ならびに塩化物イオン(Cl^-)の浸透量等について検討した結果を報告する。

2. 実験概要

港湾及び海洋環境下における鉄筋コンクリート構造物を模擬して、表-1に示す配合で、3種類の円柱コンクリート供試体(図-2)を製作した。実験は、28日間の水養生の後、上下面の塗装や結線等の準備が完了した約2ヵ月後、試験体を流れのある海水槽に浸漬し、その中の鉄筋及び金網(陰極)と海水中の陽極との間に微弱な直流電流を通じて行った。表-2に、試験期間中の海水の条件を示す。電着条件は、表-3に示すように、無通電も含め電流密度が4種類、通電期間が3種類の計6条件について検討した。そして、所定時間経過後、以下に示す各種評価を行う予定である。

(1) コンクリート表面への電着物の生成状況(定性、定量、組成分析, etc.)

(2) コンクリートひび割れ部への電着物の生成状況

(3) 通電期間中の塩化物イオンの浸透量

(4) 通電停止後の塩化物イオンの浸透量(電着コーティングによる遮塩効果)

(5) コンクリートの透水性の改善

(6) コンクリートと鉄筋との付着強度

(7) コンクリート中の鉄筋の腐食挙動(電位、分極曲線、断面観察)

(8) その他(細孔分布, 他)

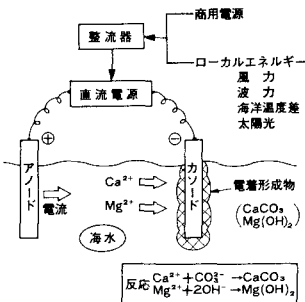


図-1 電着の原理

表-1 コンクリートの配合

骨材最大寸法 (mm)	水セメント比 W/C (%)	スランプ (mm)	空気量 S/a (%)	細骨材量 S/a (%)	単 位 量 (kg/m³)				強度 (kgf/cm²)		
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 ビンゾル	7 日	28 日
20	75	16	4.7	53	210	280	906	809	6.40(2%)	118	198

*セメント 普通ポルトランドセメント

*細骨材、粗骨材 砂岩の砂砂、砕石

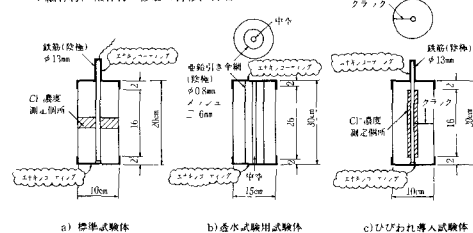


図-2 試験体の形状および寸法

表-2 試験海水の条件

試験条件	海水の組成
試験水槽 200(奥行)15×高さ200mm、うち水深100mm	試験項目 採水日(61827)
海水量 3m³	pH (25℃) 7.9
海水の交換 0.25m³/日、6回/日	導電率(25℃, mS/cm) 45.5
一日当たりの交換量 1.5m³/日	Cl^- (mg/l) 17,800
交換量 2日で全量交換	HCO_3^- (mg/l) 33.7
海水温度 20±4℃	Na^+ (mg/l) 10,600
	Mg^{2+} (mg/l) 1,198
	Ca^{2+} (mg/l) 388

表-3 電着条件ならびに試験体一覧表

電流密度 (A/m²)	通電期間 (H)	試験体
0	05	T1, T2, M1, M2, K1, K2, No1, No2
1	05	T3, T4, M3, M4, K3, K4, No3, No4
3	05	T5, T6, M5, M6, K5, K6, No5, No6
5	05	T7, T8, M7, M8, K7, K8, No7, No8
	05	T9, T10, M9, M10, K9, K10, No9, No10
	05	T11, T12, M11, M12, K11, K12, No11, No12

*電流密度はコンクリート中に埋めこまれた鉄筋(金網)の単位表面積当たりの電流値である。

今回は、以上のうちの(1)～(3)、(5)について報告する。

3. 結果および考察

① コンクリート表面への電着物の生成状況(図-3)(写真-1)

鋼管杭での試験と同様、析出する電着物の量はあたかも Faraday 則に従うように時間に対し、直線的に増加する。但し、同じ電流密度でも組成的には CaCO_3 の比率の高い強固な電着物でコンクリート表面が覆われた[2]。

② コンクリートひび割れ部への電着物の生成状況(写真-2)

電着物は傷口を癒すようにクラック内部に析出した。

③ 通電期間中の塩化物イオンの浸透量(図-4, 5)

コンクリート中への Cl^- の浸透量は電着条件により異なる。すなわち、分極が大きいほど、 Cl^- の浸透量は少なく、表面から 10mm の深さにおいて無通電のものに比べて 1/4～1/20、表面から 38mm の深さにおいて 1/5～1/6 程度であった。但し、同一分極の通電期間の違いによる顕著な差は認められなかった。また、逆に、この程度の分極では Cl^- の侵入を防げないことが確認された。一方、電着コーティングによる遮塩効果は、通電停止後の Cl^- イオンの浸透量からでないと判断出来ない(試験継続中であり、後日報告する予定)。

④ コンクリートの透水性(図-6)

コンクリートの透水性も電着条件により異なり、積算電流量の増加と共に無通電のものに比べて 1/5～1/20 程度まで透水係数は減少する傾向が認められた。

4. まとめ

以上、ラボスケールの実験ではあるが、コンクリート表面やひび割れ部への電着コーティングによって、コンクリート中の鉄筋の防食や断面欠損部等の補修が期待できるデータが得られた。今後は早速残りの試験を完了すると共に、実用化に向けての確認、及び実証試験を実施する予定である。

[参考文献]

- [1] 特許公報：昭59-25038
- [2] 藤枝，横田：電着技術とその応用—鋼管杭への電着防食法の適用—，四国電力研究期報，No.48，pp. 59～75，1986.12
- [3] 横田，熊田他：実海域における鋼管杭への電着防食法の適用，第33回腐食防食討論会予稿集，C-302，pp. 368～371，1986.10
- [4] (財)沿岸開発技術研究センター：港湾鋼構造物防食マニュアル，1986.

3

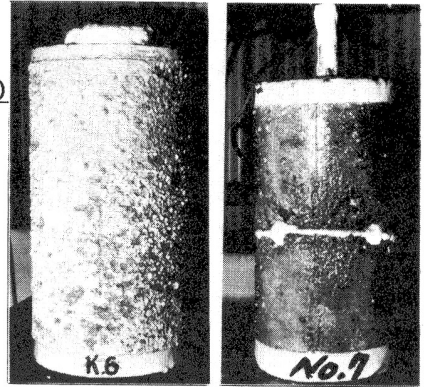


写真-1, 3A/m², 2ヵ月

写真-2, 3A/m², 1ヵ月

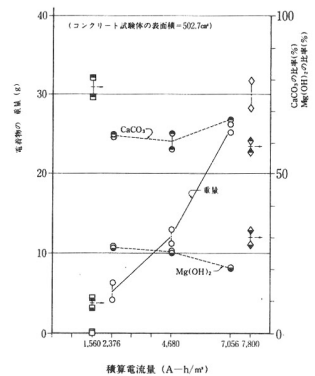


図-3 電着物の析出重量および組成

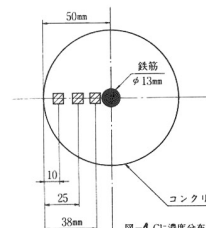


図-4 Cl^- 濃度分布測定用試片の採取位置

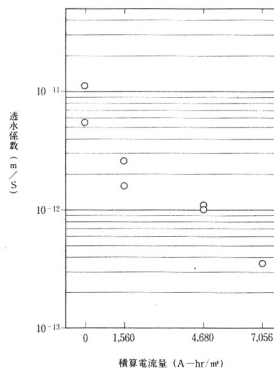


図-6 積算電流量と透水係数の関係

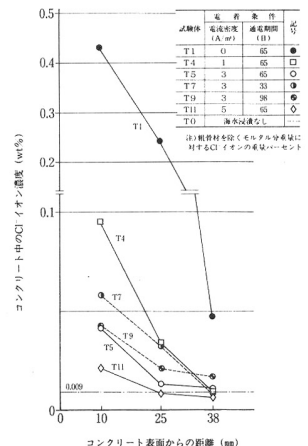


図-5 コンクリート中の Cl^- イオン濃度