

報告

[1088] コンクリート構造物における流電陽極方式による電気防食の実用化に関する試験

正会員○三田 俊一郎 (中川防蝕工業技術開発研究所)
 武藤 一雄 (中川防蝕工業技術開発研究所)
 正会員 井川 一弘 (中川防蝕工業技術開発研究所)
 正会員 加納 伸人 (中川防蝕工業技術開発研究所)

1. はじめに

最近、国内でもコンクリートの早期劣化が指摘され、社会的にも問題になっている。問題の早期劣化は塩害に代表され、その対策として、注目されている電気防食は、腐食環境の激しい場所や、コンクリート中に塩化物が含まれている状態でも防食が可能であることから最も有効な防食工法として期待されているが、わが国では、まだ試験施工の段階である。

電気防食法には、外部電源方式と流電陽極方式があり、アメリカやカナダでの実施例¹⁾²⁾は主として外部電源方式である。しかし、塩害環境下にあるコンクリート構造物は流電陽極方式の適用に有利な条件も多く、流電陽極の性能を保持することができれば、十分適用可能と考えられる。

このため、流電陽極方式の実用化を目的とし、①バックフィル(陽極性能保持材)の開発、②供試体への適用、③電気防食基準の検討、④実構造物への適用、の試験を行なった。なお、これらの試験では、種々の環境下において使用され、良好な結果が多数報告されている亜鉛を流電陽極材として用いている。

①と②については、既報³⁾において、安定した陽極性能を維持するためにはコンクリート・陽極界面に水分が保持されることが重要であり、その水分を保持することができる吸水性、保水性に優れたベントナイト系のバックフィルを開発したこと、および塩害環境下にあるコンクリート構造物を模擬した供試体に対して行なった屋外の電気防食試験でも、開発したバックフィルにより長期間、安定した陽極性能が維持されたことを報告した。

引き続き本報では、③、④の試験について得られた結果の概要を報告する。

2. 電気防食基準の検討

コンクリート中の鉄筋を防食する場合の防食基準には、自然電位からの -100 mV シフト⁴⁾等があるものの、腐食速度との照合が不十分で信頼性に欠けるため、その基準について検討した。

2.1 試験

試験はコンクリート模擬水溶液として、 $\text{Sat. Ca(OH)}_2\text{ aq.}$ を用い、 NaCl 濃度を $0\sim 30\text{ kg/m}^3$ の範囲で変え、定電位試験を行なった。設定電位は $-100\sim -1000$

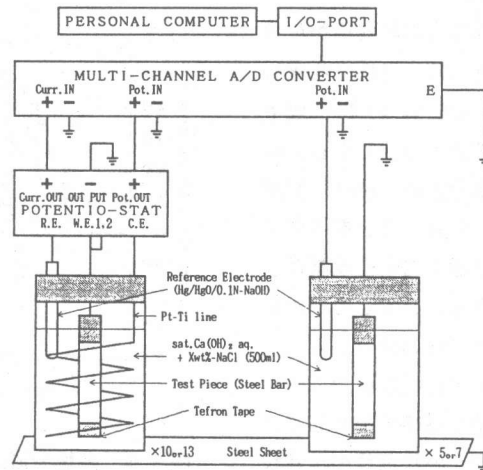


図-1 定電位試験装置

mV vs. SCE 範囲内に約10種選定し、各電位に約1箇月保持した。また、並行して自然電位浸漬試験も行ない、試験終了後、液中の全鉄イオンの定量分析、試験片重量減により、腐食速度の算出を行なった。

試験装置を図1に示す。

2.2 結果

図2に各塩分濃度での自然電位の経時変化を示す。自然電位は1~5 kg/m³を境として急激に卑化し、また、塩分濃度の増加に伴い卑化傾向は大きくなった。

図3に塩分濃度の対する自然腐食試験片の腐食速度を示す。図2で電位卑化のあった試料はすべて腐食しており、腐食発生時の塩分濃度しきい値は1~5 kg/m³の間にあると考えられる。

図4には、各塩分濃度で求めた腐食速度を腐食電流密度に換算し、各設定電位に対してプロットしたものを示す。なお、腐食速度が0のものは便宜上0.01 mA/m²とした。

図4より電位の絶対値から考えると、あらゆる条件を考慮した場合、-600 mV vs. SCE 以下が防食条件になる。しかし、自然電位が塩分濃度に依存し実環境が固相⁵⁾であることを考慮すると、絶対値での電位規制は困難であるため、必ずしも有効な防食基準とは言い難い。

このため、自然電位からのシフト値で防食基準を検討してみた。図5に自然浸漬片の定常状態平均自然電位に対するシフト

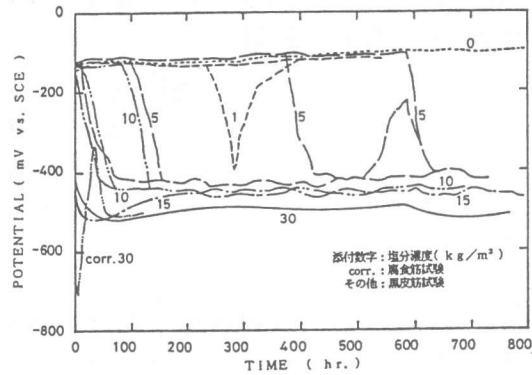


図-2 各塩分濃度における自然電位経時変化

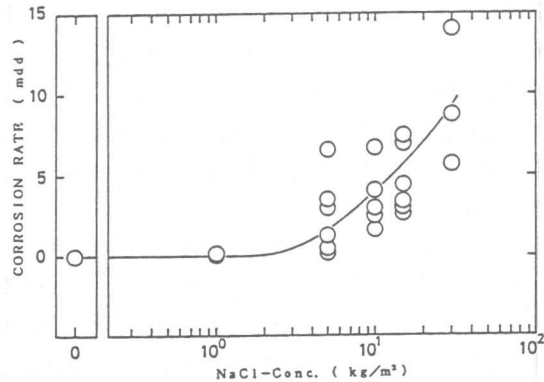


図-3 自然腐食速度と塩分濃度

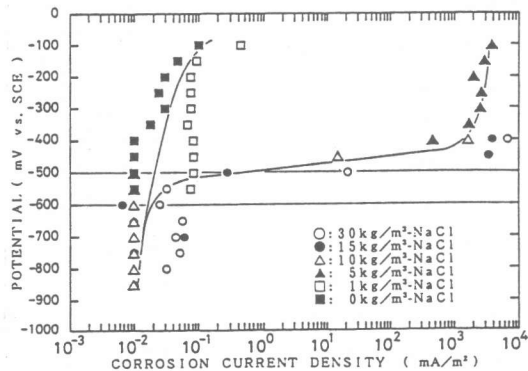


図-4 各塩分濃度で腐食速度より算出した陽分極曲線

値と、各塩分濃度で算出された腐食速度との関係を示す。なお、腐食速度0は、便宜上0.01 mddとした。

図5より、いずれの塩分濃度においても自然電位より50~100 mV 陰分極させれば、腐食速度は0になることがわかり、一般に言われている自然電位からの-100 mVシフトの防食基準が妥当であると考えることができる。

従って、以降の試験の電気防食基準は、自然電位から-100 mVシフトを採用することにした。

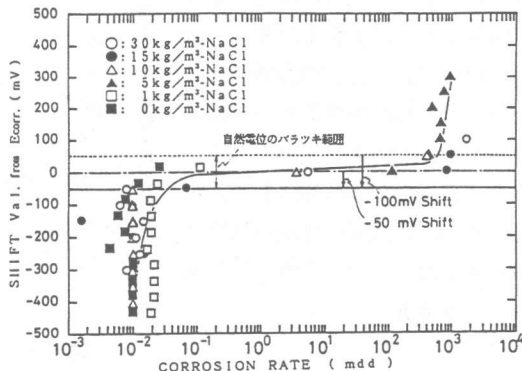


図-5 各塩分濃度における自然電位からのシフト値と腐食速度

3. 実構造物への適用

種々の試験結果を踏まえて、流電陽極方式による電気防食法を試験的に実構造物へ適用した。

3.1 試験

表1に試験施工例、図6に実際に適用した代表的な陽極の構造を示す。いずれの構造物も防食対象部の一部は、鉄筋の電位や通電電流値を容易にモニターできるようにし、定期的に測定した。

表-1 試験施工例

No	構造物	構造物築造年月	電防適用年月	防食面積 (コンクリート表面積)
A	埠頭(新設)	'88. 2	'88. 2	14 m ²
B	岸壁(既設)	'69.	'89. 1	478 m ²
C	岸壁(既設)	'56.	'89. 3	52 m ²
D	道路橋(既設)	'72. 2	'90. 1	17 m ²

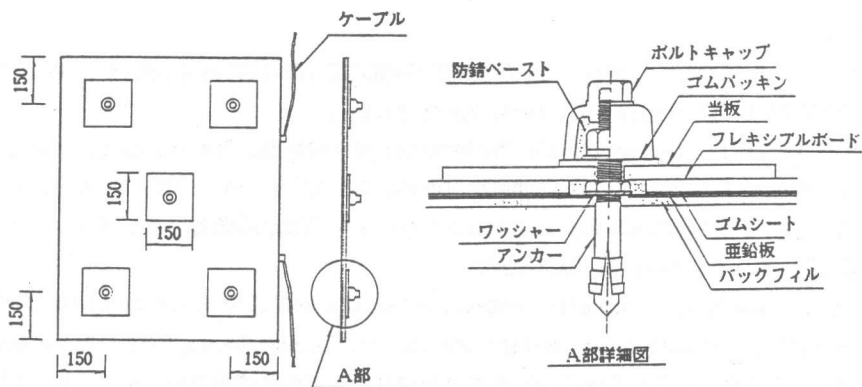


図-6 流電陽極の構造

3.2 結果

図7に陽極からの発生電流密度、図8に鉄筋の分極量の経時変化を示す。(構造物 No.D は未測定)どの構造物も、供試体と同様、十分な防食電流が得られ、鉄筋も -100 mV以上分極しているので、現在のところ良好な防食状態にあると判断される。なお、陽極発生電流が時期によって異なるのは、気候の状態など環境差によるものと考えられる。

4. まとめ

海水中の鋼材には流電陽極方式が一般的であるが、大気中のコンクリート構造物についてはアメリカでも数百の施工例があるにもかかわらず、主体は外部電源方式で流電陽極方式はわずか数例である。これは、一般に実環境におけるコンクリートは抵抗率が高く、防食電流が流れにくいいため、流電陽極方式の適用は困難であるとの考えによるものと思われる。

しかし、一連の試験の結果、コンクリート中の鉄筋の電気防食法として、流電陽極方式でも十分可能であることが確認

された。これは、吸水性、保水性、の優れたバックフィルを使用したことと、防食対象部である構造物裏面が常時湿潤状態にあるためと考えられる。

さらに鉄筋の電位等を長期にわたって追跡調査し、その効果や耐久性について検討する予定である。

参考文献：

- 1) William R. Schutt : STEEL-IN-CONCRETE CATHODIC PROTECTION RESULTS OF A 10-YEAR EXPERIENCE, Corrosion '85, 1985, Paper No.267.
- 2) H. C. Schell : Evaluation the Performance of Cathodic Protection Systems on Reinforced Concrete Bridge Substructures, Corrosion '85, 1985, Paper No.263.
- 3) 加納、望月他：流電陽極方式によるコンクリート中の鉄筋の防食、コンクリート工学年次論文集 第10巻、1988、pp.517~522.
- 4) Jhon A Apostolos : Cathodic Protection Using a Metallic-Sprayed Anode, Conference on Cathodic Protection of Reinforced Concrete Bridge Decks, 1985, Paper No.16.
- 5) 望月、千葉他：自然電位測定法によるコンクリート中の鉄筋腐食モニタリング、腐食防食'87 講演集、1987、pp.25~28.

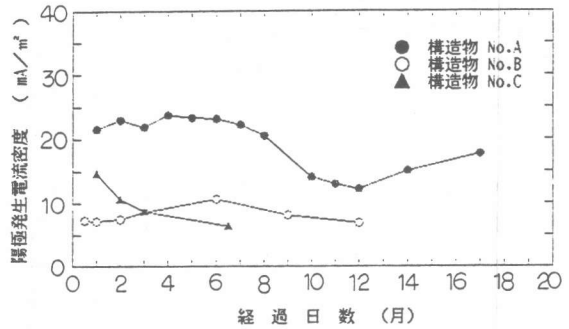


図-7 陽極発生電流密度の経時変化

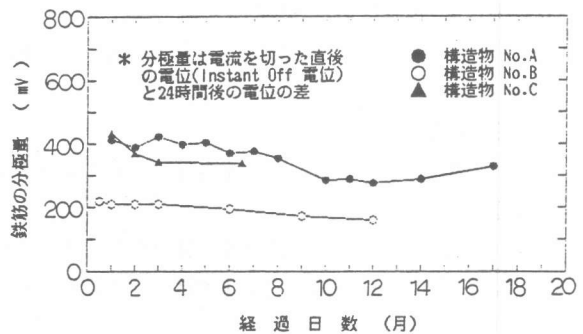


図-8 鉄筋の分極量の経時変化*