

## V-112

## コンクリート中の鉄筋の電気防食に関する試験

中川防蝕工業㈱技術開発部

正会員 井川一弘

日本防蝕工業㈱技術開発部

山本 悟

建設省土木研究所化学研究室

坂本浩行

## 1. まえがき

海水中や土中に設置される鋼構造物の電気防食については長年の実績があり、高い信頼性が得られている。一方、コンクリート構造物中の鋼材の電気防食は、我が国では、これまでに適用例はないが、米国では塩害によって劣化した鉄筋の防食方法として技術開発が進められ、その効果が確認されている。本試験においては、厳しい腐食環境下に置かれた、コンクリート中鉄筋の電気防食の効果を確認することを目的とした。

## 2. 試験方法

電気防食試験に用いた試験片の形状は、図-1に示す $\phi 150 \times 300$  mmのコンクリート供試体に1本の鉄筋(JIS G 3112、SR 24  $\phi 16.0$  mm)を埋込み、図-2に示す鉄筋の表面積 $30 \text{ cm}^2$ を防食対象とし、他の部分は絶縁被覆した。鉄筋表面は黒皮付の試験片と予め発錆させた試験片との2種類を用いた。かぶり厚は $20 \text{ mm}$ と $67 \text{ mm}$ の2種類とした。厳しい腐食環境を模擬するため、コンクリート中に塩化ナトリウムを $15 \text{ kg/m}^3$ 混入した。また、供試体の鉄筋露出面は、その面からの塩水の浸透などの影響を除くため、エポキシ樹脂を塗布した。

陽極は $\phi 1.5 \text{ mm}$ のチタン白金(Ti-Pt)線を用い、直流定電流電源装置で通電した。塩化ナトリウムおよび水酸化カルシウムの飽和溶液中に供試体の底部から $2 \text{ cm}$ を浸漬し、室内に放置した。

電流密度は、鉄筋表面積当たり、 $0$ 、 $5$ 、 $10$ 、 $20$ 、 $30$ 、 $50$ 、 $100 \text{ mA/m}^2$ の7種類とした。

鉄筋の電位の測定には、入力抵抗 $100 \text{ M}\Omega$ 以上の電圧計と照合電極として飽和甘こう電極(SCE)を用いた。IRドロップ(電圧降下)を除去するため、通電OFF直後の電位を測定し、鉄筋の電位とした。通電OFF直後の鉄筋電位とその4時間後の電位を測定し、その差を分極量とした。試験終了後、供試体を割裂し、鉄筋の外観観察を行った。また、鉄筋近傍から採取したコンクリート中の可溶性塩分濃度を電位差滴定法により測定した。試験期間は約27ヵ月である。

## 3. 試験結果および考察

測定結果を表-1に示す。試験終了直前の鉄筋の電位は、

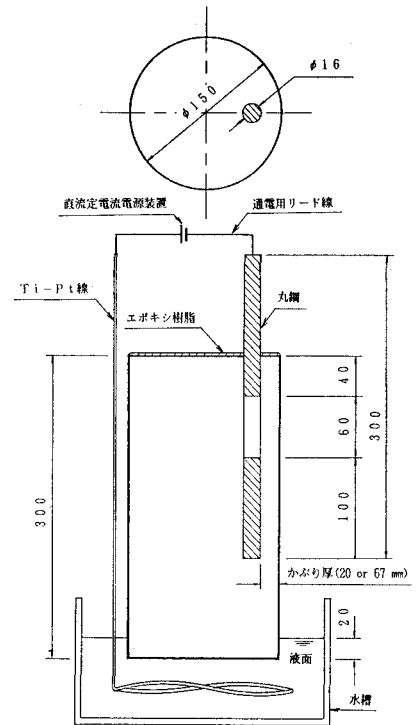


図-1 コンクリート供試体

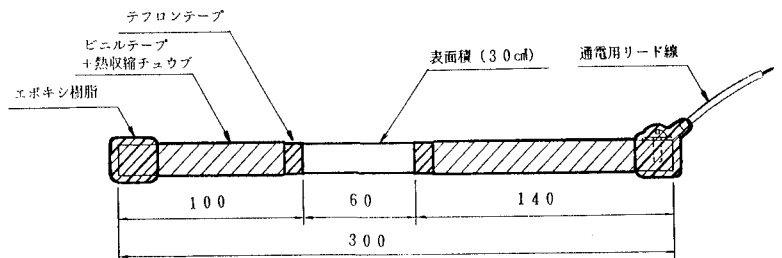


図-2 防食対象鉄筋

電流密度が増大するにつれて、電位も卑化する傾向があった。かぶり20mmの供試体で、さび付鉄筋を埋設した、電流密度が20 mA/m<sup>2</sup>のものを除き、分極量が125 mV以上あったものは、腐食が発生しておらず、電気防食の効果が確認された。これは、米国で主に用いられている防食基準<sup>1)</sup>“100 mV以上の分極量”とよく一致した。防食電流密度は黒皮付鉄筋で、かぶり20mmの場合、10 mA/m<sup>2</sup>程度であった。さび付鉄筋で、かぶり厚20mmの場合、20 mA/m<sup>2</sup>程度であった。なお、本試験環境は非常に厳しい条件下で行ったため、実環境での防食電流密度は本試験の結果よりは低めであると考えられる。塩分濃度の測定結果を塩化ナトリウム量に換算し、図-3に示す。いずれの供試体においても、防食電流密度が増大するにつれて塩分濃度が減少した。これは、防食電流によってCl<sup>-</sup>イオンが鉄筋表面から遠ざかり、その速度は、電流密度に関係すると考えられる。なお、かぶり厚によって塩分濃度が異なったのは、コンクリートの表面近傍の塩分濃度が高いためである。また、塩分濃度の測定サンプルは、鉄筋から最高10mm離れた箇所から採取したため、塩分の分析値は、鉄筋の表面上よりは高い値を示したと考えられる。従って、鉄筋の表面における塩分濃度はさらに低く、電気防食によって鉄筋の表面の環境は改善されるものと考えられる。

#### 4. まとめ

コンクリート中の鉄筋を電気防食した結果、以下のことが分かった。

- (1)コンクリート中の鉄筋の防食方法として、電気防食は有効であった。なお、防食電流密度は、黒皮付鉄筋で10 mA/m<sup>2</sup>、さび付鉄筋で20 mA/m<sup>2</sup>程度であった。
- (2)コンクリート中の鉄筋表面近傍塩分濃度は、電気防食をすることによって減少していく傾向があった。

最後に本研究は建設省土木研究所、(財)土木研究センター、中川防蝕工業㈱、日本防蝕工業㈱および飛鳥建設㈱の共同研究によって実施したものの成果の一部である。

(参考文献)

- 1) R.A.Gummom : Cathodic Protection - A Critical Review of NACE Standard RP-01-69 Paper 343 Corrosion '86

表-1 防食効果の測定結果

| 鉄筋表面状態 | かぶり厚 (mm) | 電流密度 (mA/m <sup>2</sup> ) | 鉄筋最終電位 (mV SCE) | 分極量 (mV) | 腐食の程度 | 防食効果 |
|--------|-----------|---------------------------|-----------------|----------|-------|------|
| 黒皮付    | 20        | 0                         | -237            | -        | 激しい   | -    |
|        |           | 5                         | -228            | 42       | 激しい   | ×    |
|        |           | 10                        | -353            | 171      | 無し    | ○    |
|        |           | 20                        | -441            | 203      | 無し    | ○    |
|        |           | 30                        | -463            | 229      | 無し    | ○    |
|        |           | 50                        | -535            | 256      | 無し    | ○    |
|        |           | 100                       | -572            | 278      | 無し    | ○    |
| 黒皮付    | 67        | 0                         | -112            | -        | 無し    | -    |
|        |           | 5                         | -301            | 161      | 無し    | ○    |
|        |           | 10                        | -334            | 181      | 無し    | ○    |
|        |           | 20                        | -422            | 202      | 無し    | ○    |
|        |           | 30                        | -476            | 253      | 無し    | ○    |
|        |           | 50                        | -497            | 268      | 無し    | ○    |
|        |           | 100                       | -621            | 373      | 無し    | ○    |
| さび付    | 20        | 0                         | -227            | -        | 激しい   | -    |
|        |           | 5                         | -216            | 62       | 激しい   | ×    |
|        |           | 10                        | -279            | 22       | 中程度※  | ×    |
|        |           | 20                        | -363            | 158      | 中程度※  | ○    |
|        |           | 30                        | -380            | 167      | 無し    | ○    |
|        |           | 50                        | -462            | 197      | 無し    | ○    |
|        |           | 100                       | -511            | 218      | 無し    | ○    |
| さび付    | 67        | 0                         | -137            | -        | 無し    | -    |
|        |           | 5                         | -237            | 125      | 無し    | ○    |
|        |           | 10                        | -291            | 265      | 無し    | ○    |
|        |           | 20                        | -360            | 208      | 無し    | ○    |
|        |           | 30                        | -385            | 221      | 無し    | ○    |
|        |           | 50                        | -441            | 229      | 無し    | ○    |
|        |           | 100                       | -488            | 265      | 無し    | ○    |

※コンクリートの空隙部のみで腐食

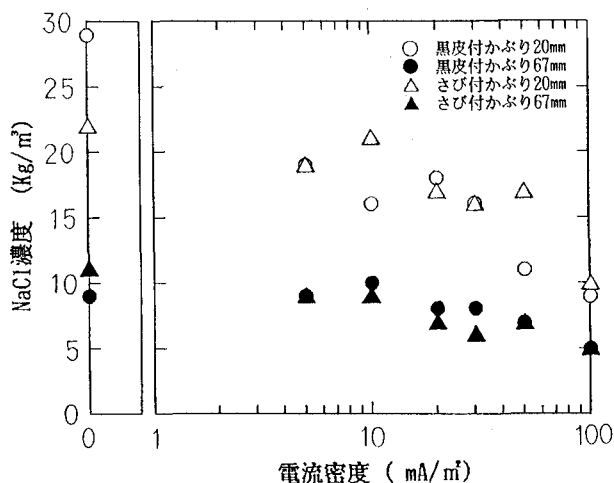


図-3 防食電流密度と塩分濃度の関係