

住友金属工業 正会員 三 上 尚 人
住友金属工業 正会員 白 川 潔

1. 結 言

最近、海砂の使用の増大、海洋構造物の増加にともない、塩分による鉄筋の腐食とそれによるコンクリート構造物の劣化が大きな問題となっている。この問題に対処するため日本コンクリート工学協会では海洋コンクリート構造物の防食指針作りを行っており、その中の第二種防食法ではエポキシ粉体塗装鉄筋および亜鉛めっき鉄筋をあげている⁽¹⁾。筆者らはこれらの表面処理鉄筋について 各種の暴露試験を行っており結果の一部は既に報告している⁽²⁾。ここではその続報として温海水中での促進暴露試験の12ヶ月の結果を報告する。

2. 試験内容

2.1. 供試体

表1に供試鉄筋の種類を示す。供試体は図1に示すように埋込み長を一定 $40d$ (d :鉄筋径)とした両引試験体である。コンクリートは普通ポルトランドセメントを水セメント比54.9%で混練した圧縮強度 $246\text{kg}/\text{cm}^2$ のものである。

コンクリートの打設は鉄筋を水平に保ち、バイブレータを用いて締め固めた。打設後約1ヶ月間水中養生(20°C)した後、静的引張試験を行いコンクリートにひびわれを発生させた。このときの最高鉄筋応力は $3000\text{kg}/\text{cm}^2$ である。

2.2. 試験条件 : 鉄筋に引張応力 $2000\text{kg}/\text{cm}^2$ を導入した状態で海水中に6時間浸漬し、次いで常温の大気中で6時間乾燥させる乾湿繰返し暴露試験を12ヶ月行った。海水温度は腐食を促進させるため 60°C に保持した。試験時のコンクリート表面のひびわれ幅はかぶり 2cm では $0.11\sim 0.12\text{mm}$ 、同 4cm では $0.16\sim 0.19\text{mm}$ 、同 7cm では $0.22\sim 0.25\text{mm}$ である。

3. 試験結果

3.1. 赤錆発生率 : 供試鉄筋の赤錆発生率(=発錆面積/埋込み面積)を図2に示す。裸鉄筋はかぶり 2cm の場合、鉄筋表面積の80%が厚い赤錆に覆われている。かぶり 4cm ではひびわれ箇所では厚い赤錆となっているが広がりには 25% と少ない。かぶり 7cm ではひびわれ箇所で発錆している他にひびわれのない位置でも発錆しているのが認められる。亜鉛めっき鉄筋はかぶり $2, 4\text{cm}$ では厚い赤錆がそれぞれ $15, 7\%$ 生じており、残り面積は全て白錆になっている。かぶり 7cm では裸鉄筋と同様にひびわれのない位置で発錆が始まっている。エポキシ粉体塗装鉄筋の塗膜健全全部は樹脂種類、かぶり、塗膜厚の如何にかかわらず発錆もなく、塗膜の劣化もない。

3.2. 食孔深さ : 裸鉄筋、亜鉛めっき鉄筋の赤錆を除くと素地は著るしい孔食となっており、典型的な食孔では深さ 1.96mm に達するものがある。図3に食孔深さを測定した代表例を示す。食孔発生位置とコンクリートのひびわれ位置はよく対応している。

表 1. 供試鉄筋の種類

供試鉄筋の種類(膜厚 μm)	鉄筋のかぶり (cm)
裸 材 (黒 皮 付)	2, 4, 7
亜鉛めっき(70, クロメート処理)	"
エポキシ樹脂 A (100)	"
" (200)	"
" (300)	"
エポキシ樹脂 B (200)	"

* 素材はねじ鉄筋 D19 (SD35)である

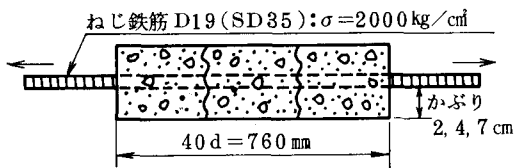


図 1. 供試体の形状

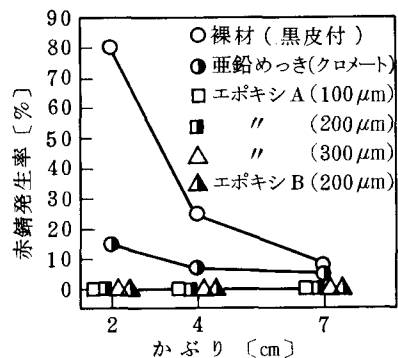


図 2. 供試鉄筋の種類と赤錆発生率

4. 考 察

エポキシ塗膜によって鉄筋は防食されるのに対し、裸鉄筋、亜鉛めっき鉄筋はひびわれ箇所で孔食が発生する。鉄筋に孔食が起こる機構を検討するため図4のアルカリ濃淡マクロセルモデルを考えた。このモデルを図5に示す系に変換して実験を行ったところ図6に示すような腐食電流が実測された。この結果から亜鉛めっき鉄筋の孔食は次のような三つの段階を経て進行すると推論し得る。①ひびわれに露出する亜鉛めっき層がアノードになって腐食する。②ひびわれ周辺の亜鉛めっき層がアノードになって腐食する。③ひびわれに露出する鋼面がアノードになって孔食が進行する。裸鉄筋は①と②がなく③から孔食が始まる。

この実験から言い得ることは、海水の補給が常にある腐食環境の鉄筋コンクリート構造物にひびわれが生じると亜鉛めっき鉄筋では防食の目的を果せない場合があるということである。このような場合に有効なのはエポキシ塗膜のような高い電気抵抗の被膜で被覆された鉄筋である。

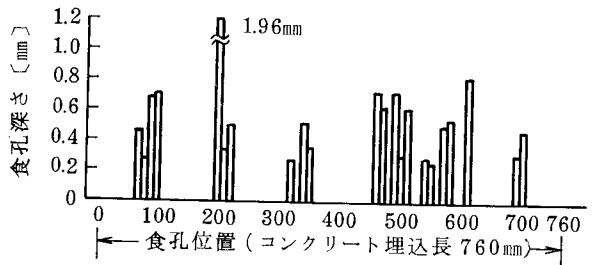


図 3. 亜鉛めっき鉄筋の食孔深さ

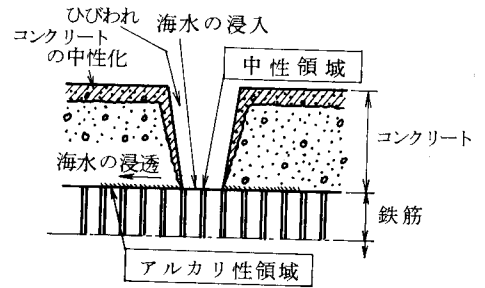


図 4. アルカリ濃淡マクロセルモデル

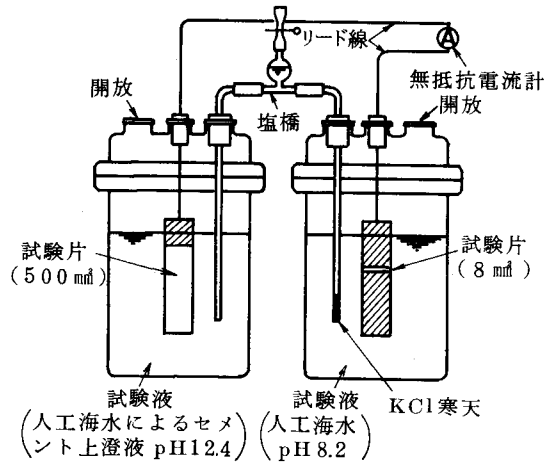


図 5. アルカリ濃淡マクロセル腐食実験方法

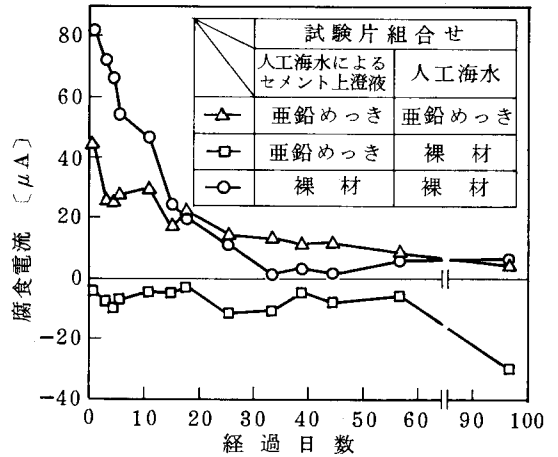


図 6. アルカリ濃淡マクロセルモデルの腐食電流

5. 結 言

以上の実験結果より、次の諸点が判明した。

- ①エポキシ粉体塗装鉄筋は比較的薄い100 μ mの塗膜厚でも、かぶりの如何にかかわらず、ひびわれからの海水浸透に対して鉄筋を防食し、塗膜自体に異常は生じない。
- ②コンクリートのひびわれ箇所裸鉄筋、亜鉛めっき鉄筋に孔食が発生する。この原因はひびわれ面が中性化すると、ひびわれに露出する鉄筋面（裸または亜鉛めっき）とひびわれ周辺の鉄筋面（同左）との間にアルカリ濃淡マクロセルを形成するためである。

参 考 文 献

- (1)鉄筋コンクリートの劣化に関する研究委員会：コンクリート工学, Vol.19, No 3, March 1981 PP72～82.
- (2)白川, 三上：第2回コンクリート工学年次講演論文集, 1980, PP 25～28.