

足利工業大学 正員 黒井 登起雄

1. まえがき

直流電気鉄道や電解工場などからの迷走電流により、鉄筋コンクリート部材が電解作用を受けると、鉄筋が陽極となる部分では激しい電解腐食(電食)が起こり、コンクリートにひびわれが生ずる。このような、電食による鉄筋の発錆、およびひびわれに関しては、十分に説明されていない点も多い。そこで著者は電食による鉄筋の発錆とひびわれの関係についての説明に着目し、実験を進めた。本研究はコンクリートの配合要因、かぶり厚さ、および電流強さなどのひびわれ前の鉄筋の錆速度に及ぼす影響、ひびわれ時の鉄筋の錆圧力、および溶融亜鉛メッキ鉄筋の耐食性などについて、電食試験で、定量的、かつ実験的に検討した結果をとりまとめたものである。本研究は東京都立大学、村田二郎教授の御指導のもとに行なつたものである。また、実験にあつたのは本学コンクリート研究室の方々多大の御援助を頂いた。ここに謹んで厚く御礼申し上げます。

なお、本研究に対して、昭和52年度吉田研究奨励金と授与されたことに感謝の意を表します。

2. ひびわれ前の鉄筋の錆速度

(1) 電食試験方法 電食試験は図1に示したように、通電供試体と水道水(電解液)に浸漬し、円筒形の銅板を対極として、直流電流(定電流、および一定電圧)を通電する陽極電解とした。通電供試体は高さ10cmの円柱形マトリックス(直径7.5, 10, 15cmのモルタル)の中心に鉄筋(φ19mmのみが軟鋼棒)を埋設して作成した。通電は毎令7日毎、標準養生後に行ない、マトリックスにひびわれが確認された(平均ひびわれ幅、約0.1mm)とき停止した。鉄筋の錆量は通電停止後に鉄筋を取り出し、10%フエン酸2ペンモニウム(150ppmメルカプトベンゾチアゾール添加)溶液で80分間処理し、その錆量を求めた。

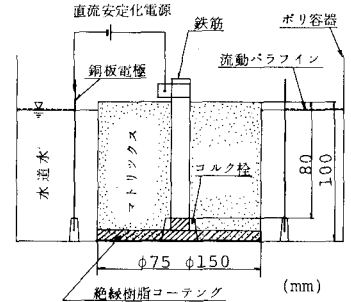


図1 通電供試体および電解装置

(2) 電解の法則、および電食係数 鉄筋を直流電流で陽極電解すると、(1)式に示したように、腐食量(錆量) W_0 (g)と積算電流量 it (A・h)との間には定量的関係(ファラデーの法則)が成立する(図-2)。 $W_0 = K it = 1.042 it$ (1) ここで、 K は金属の電気化学当量で、鉄は1.042 g/Ahである。

また、鉄筋がモルタルに埋設されている場合、ひびわれ前の鉄筋の電解効率はや低下するが、ファラデーの法則が成立する(図-2)。従って、埋設鉄筋の錆量 W (g)は(2)式で示される。

$W = 1.042 \eta it$ (2) ここで、 η は電食係数で、鉄筋の錆進行率を示す係数である。そこで、本実験では、鉄筋の錆速度を電食係数により評価した。

(3) 試験結果 配合要因の影響 塩化物(NaCl)の混入により、鉄筋の電食係数は著しく変化し、塩化物を含まないと、電食係数が約0.025以下であるのに対し、塩化物をセメントの0.5%混入すると、0.25~0.45と、ほぼ比例的に増加する(図-3)。水セメント比50, 60, 70% ($C=51.3\%$, $\text{NaCl}-C=0.5\%$)とすればその鉄筋の電食係数は約0.1で、ほとんど変化しない。また、セメント量の増加に伴ない、鉄筋の電食係数はほぼ比例的に小さくなる。これは、セメントに固定された Cl^- が、セメント量の減少と共に、電食により、多量に放出される

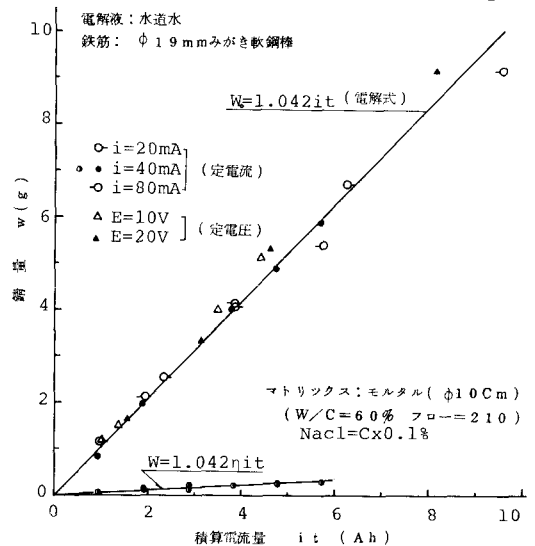


図-2 積算電流量と鉄筋の錆量との関係

めと思われる。

かぶり厚さの影響 鉄筋のかぶり厚さが違っても定電流電食試験の電食係数は同一である。しかし、ひびわれ時間はかぶりが増すと共に長くなる。

電流強さの影響 電流強さの違い(20, 40, 80 mA)によつて、鉄筋の電食係数は塩化物を含まないとき、ほとんど変化しないが($\eta=0.01\sim0.02$)、塩化物が少量混入されると、電流強さが増すに従つて、電食係数は増大する。

3 ひびわれ時の鉄筋の錆圧力

ひびわれ時の鉄筋の錆圧力は電食試験用試験体と同寸法の中空円筒試験体を用いて、中空円筒試験体の内圧による破壊圧力を測定して求めた。内圧試験は通電試験にひびわれが生じたときに行つた(写真1)。ひびわれ時の鉄筋の錆量と内圧による破壊圧力の関係を図4に示した。図4から、ひびわれ時の鉄筋の錆量は同一寸法の中空円筒試験体の内圧による破壊圧力にほぼ比例する。しかし、水セメント比によつて、直線式の違いがみられる。これは本実験で、モルタルのフリーツ、および作用応力の時間的差異による弾性係数の変化を考慮しなかつたためと考えられ、今後さらに検討が必要である。

4 電食による溶融亜鉛メッキ鉄筋の耐食性

溶融亜鉛メッキ鉄筋の耐食性と直流定電流による陽極電解試験(電解液:水道水)で調べた。試験結果を図5に示した。図5から、電食による溶融亜鉛メッキ鉄筋の錆量は積算電流量が約2.0 Ahまで、亜鉛の電解式に従って進行し、それ以後は鉄の電解式にほぼ平行に進行する。この積算電流量は溶融亜鉛メッキ鉄筋の平均亜鉛付着量(電解表面積当り 1.80~1.90 g)の電解積算電流量とほぼ一致している。以上のように、溶融亜鉛メッキ鉄筋の電食による(印加電流値が低い場合に)耐食性は高めのものと考えられる。

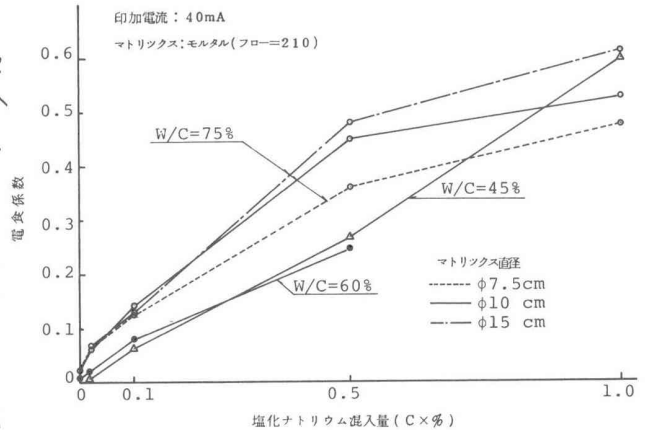


図-3 ひびわれ時の鉄筋の電食係数と塩化ナトリウム混入量との関係

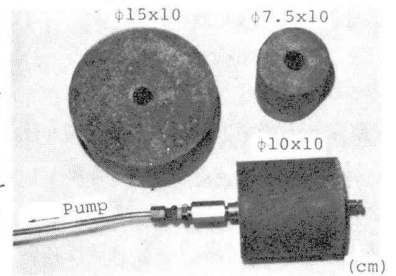


写真-1 内圧試験用中空円筒試験体

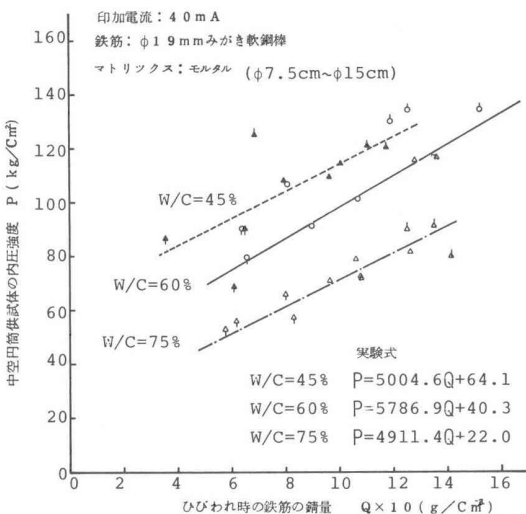


図-4 ひびわれ時の鉄筋の錆量と中空円筒試験体の内圧強度との関係

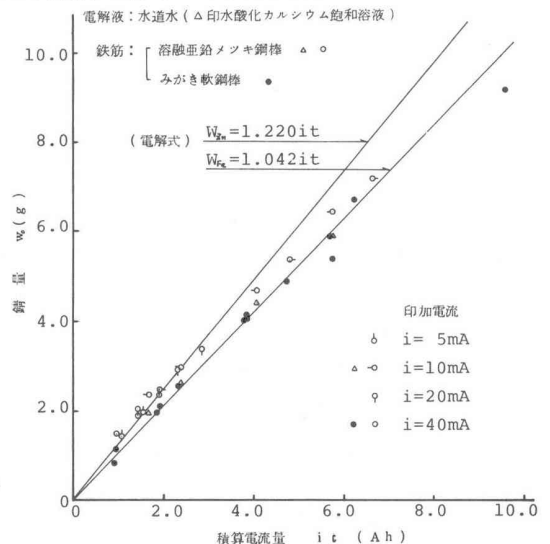


図-5 溶融亜鉛メッキ鉄筋の電食による耐食性