

V-120

異形鉄筋の腐食とコンクリートのひびわれ

大成建設(株)

正会員 ○長沼 清

早稲田大学

正会員 関 博

運輸省 前第二港湾建設局

正会員 高橋 宏直

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物の早期劣化の一因として、内部鉄筋の腐食膨張によるかぶりコンクリートのひびわれ発生が考えられる。このひびわれを発生させる鉄筋の腐食限界量は、海洋環境等の鉄筋コンクリート構造物の寿命を評価するうえで、腐食の発生条件、腐食速度等とともに定量的に捉える必要がある。本実験では、腐食促進試験として電食の手法を用い、種々の要因によるひびわれ発生時の腐食量を捉えることを目的とした。

2. 実験方法

供試体は黒皮付異形鋼(SD30 D25mm)を中央に埋設した角柱とした。セメントは早強ポルトランドセメントを用い、W/Cは55%、かぶり厚は7cmとした。また腐食促進のため塩化ナトリウムを 1.765 kg/m^3 (単位セメント量の0.5%)練混水に混入した。試験方法は図1に示すように、直流電源により定電流を印加し、その際、印加電流を5, 10, 20, 30, 50, 100, 200, 400mAに変化させ、供試体側面にひびわれが発生するまで、また一部は一定時間だけ通電した。ひびわれの確認はコンクリート表面のひずみ測定、電極間の電圧の降下、及び目視による観察により行った。通電終了後、取り出した鉄筋は10%クエン酸2アンモニウム溶液に48時間浸漬して錆を除去した後、重量減少量を求めて腐食量とした。また、電食により生成した錆と実構造物の腐食現象における腐食生成物との相違点を明らかにするため、試験前の黒皮の成分、及び生成した錆をX線回折により同定した。

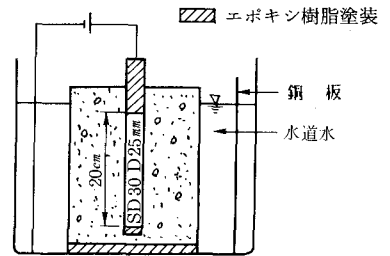


図1 電食試験の方法

3. 結果及び考察

1) 腐食量

印加電流と腐食量の関係を図2に示す。ひびわれ発生時の腐食量は $30 \sim 40 \text{ mg/cm}^2$ となり、みがき丸鋼の $5 \sim 20 \text{ mg/cm}^2$ に比べて大きいことがわかる¹⁾。これは、黒皮付異形鋼の腐食量のうち黒皮の重量が約 20 mg/cm^2 を占め、また黒皮の酸化による体積膨張が小さいことによると考えられる。

積算電流量と腐食量の関係を図3に示す。本図より、ひびわれ発生前後の腐食速度の挙動が、黒皮付異形鋼とみがき丸鋼の場合では異なることがわかる。これは、ひびわれ発生前の腐食反応が黒皮付異形鋼の場合、黒皮の酸化及び鉄素地の溶解、酸化の二つの反応が同時に進むため腐食速度が大きくなり、一方、コンクリートにひびわれが発生する時点では黒皮の酸化反応はほぼ終了しており(腐食面積100%)、ひびわれ発生後は鉄素地の溶解、酸化反応のみが進行しているものと推察される。ひびわれの発生後、腐食速度が低下した原因としては、腐食生成物の蓄積による新たな酸化皮膜の形成によりアノード反応の抑制された結果であると考えられる。また、ひびわれ発

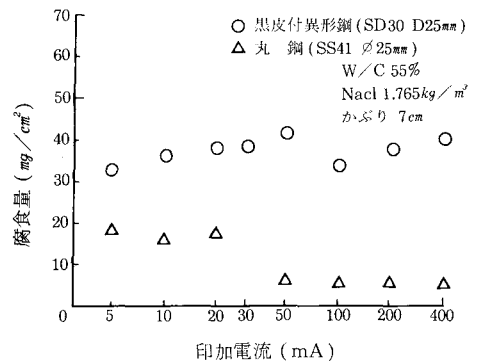


図2 印加電流と腐食量

生以前の鉄筋の腐食状況を観察すると、腐食はふし及びその下部で開始する傾向が観察された。これは、供試体の打設方向が縦方向であり、ふし下部にブリージングにより塩分が蓄積したためであると考えられる。そして、時間の経過とともに腐食面積は増加し、通電時間が50時間を越えると腐食面積はほぼ100%となり以後は孔食を伴う腐食形態へ移行するようである。

腐食速度とひびわれ発生時間の関係を図4に示す。両者には良い相関性が見られる。黒皮付異形鋼の腐食速度がみがき丸鋼に比べて大きい、これは黒皮の酸化速度が大きいことを示しているものと思われる。ここでいう腐食速度は鉄筋に腐食が開始してからコンクリートにひびわれが発生するまでの腐食量を通電時間で除したものである。従って、塩分の浸透等の環境により決まる鋼材の腐食開始時間、及びコンクリート中の鋼材の腐食速度が求まれば、本図より構造物の耐用年数の推定はある程度可能であると思われる。

2) 腐食生成物

試験前の黒皮の成分、及び電食により生成した錆のX線回折図を図5に示す。本図より今回用いた異形鋼の場合には黒皮の大半を FeO が占めていることがわかる。一方、ひびわれ発生時に通電を停止した場合の腐食生成物は明確なピークを得にくく、これは非晶質な腐食生成物が多く含まれているためと思われる。ただし、全般的に Fe_3O_4 の回折線が認められ、磁性も認められた。しかしながら、 Cl^- の存在下で生成するとされる $\beta\text{-FeOOH}$ （アカガナイト）は今回の実験においては補足されず、これは電食試験の実験環境が水中であり、電解液中の溶存酸素の不足により3価の錆が生成しにくい環境にあることが一因であると考えられる。

3. まとめ

本実験の範囲で明らかになった事柄は以下の通りである。

- 1) 黒皮付異形鋼のひびわれ発生時の腐食量は、本実験の条件下においては、 $30\sim 40\text{mg}/\text{cm}^2$ となりみがき丸鋼に比べて大きいことがわかった。
- 2) 電食試験により生成する錆は、主に Fe_3O_4 からなり、他に多くの非晶質な腐食生成物が含まれる。

参考文献

- 1) 森川、関、奥村：鉄筋の腐食膨張によるひびわれの発生機構に関する基礎的研究、土木学会論文集、No. 378号、V-6 1987.2

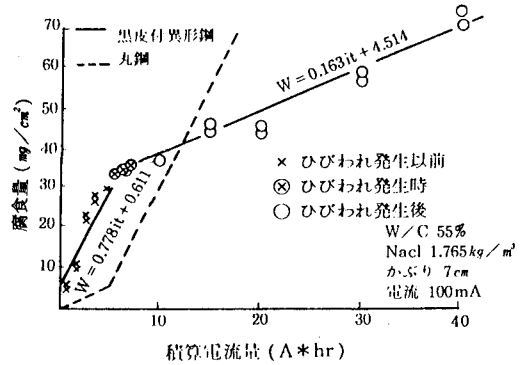


図3 積算電流量と腐食量

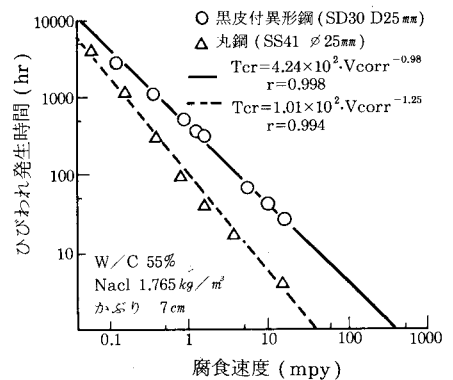


図4 腐食速度とひびわれ発生時間

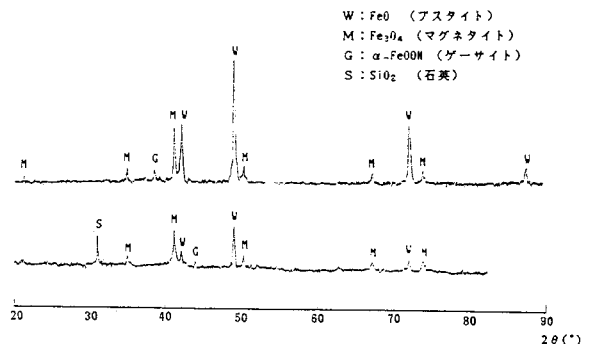


図5 X線回折図

上段：黒皮（実験前）
下段：ひびわれ発生後