

東京大学大学院 学生員 ○武 若 耕 司

東 大 生 研 正 会 員 小 林 一 輔

1. まえがき

コンクリート中の鋼材にとって、環境としてのコンクリートは非常に不均一であり、しかも鋼材の腐食因子が種々雑多であるため、モデル化を十分に行なわない限り鋼材の腐食現象を定量的に把握することは難しい。しかし、大気中における鋼材の腐食と同様にコンクリート中の鋼材の塩分による腐食現象も電気化学的反応によるものと考えられるので、この様な手法を用いることによって、少なくともコンクリート中の鋼材の腐食現象を解明する手がかりを得ることは可能であり、また防食方法の選定に当っては、その効果を定性的に判定できる可能性は十分にあると考えられる。

そこで本研究では、電気化学的手法による一連の基礎実験の一環として、コンクリート環境を飽和水酸化カルシウム溶液に置き換え、この溶液中の鉄筋の腐食挙動を電位走査法を用いた陰分極および陽分極曲線の測定により検討した。

2. 実験概要

実験に使用した飽和水酸化カルシウム溶液には、表-1に示すモルタルの配合を想定し、砂の単位重量に対する割合で塩分を、また単位水量に対する割合で防錆剤を混入した。塩分としては人工海水をNaCl換算で使用し、防錆剤としては、これまでコンクリート用防錆剤として最も一般的に使用されている亜硝酸ナトリウムを用いた。鉄筋は、 $\phi 10 \times 100 \text{ mm}$ のみかき丸鋼および黒皮付異形鉄筋の上下端を被覆し、2 cmの区間のみ鉄素地を露出させたものを用いた。

実験は、基準電極に銀塩化銀電極、対極に白金電極を使用し、ポテンシオガルフノスタットおよび電位走査装置を用い分極を行ない、電流-電位曲線をXYレコーダに記録させた。分極は、所定期間浸漬後まず自然電極電位より陰分極を行ない、水素還元反応を起こしたと考えられる電位で陰分極を中止し、電位を貴へ移行させ陽分極曲線の測定を行なった。なお、電位走査速度は分極を行なう場合の重要な条件となるため、走査速度0.1 mV/sec、1 mV/sec、10 mV/secについて予備実験を行なった。この実験結果を図-1に示す。走査速度が10 mV/secと速い場合には陰分極および陽分極における電流密度が極端に大きく、また陰分極中止後電位を貴に移行させるとただちに鉄筋に陽極電流が流れる傾向が認められた。これは、走査速度が速すぎ電位変化に鉄筋表面の酸化および還元反応が十分に伴わない事によるものと考えられる。そのため、走査速度はできるだけ小さい方がよいと思われるが、走査速度を0.1 mV/sec以下とすると実験時間が極端に長くなるため、今回の実験ではとりあえず走査速度を1 mV/secとして実験を行なった。

3. 実験結果および考察

図-2は、のみかき丸鋼および黒皮付鉄筋の分極曲線とこれに及ぼす塩分量の影響を調べた結果である。のみかき丸鋼の陰分極曲線は塩分量の如何によって殆んど変化せず、電位が約-1100 mV付近までは拡散律速型の酸素還元反応が現われ、その後水素還元反応へ移行した。しかし黒皮付鉄筋の陰分極曲線には一定の傾向が認められ

表-1 想定したモルタルの配合

W/C (%)	単 位 量 (kg/m^3)		
	W	C	S
60	180	300	700

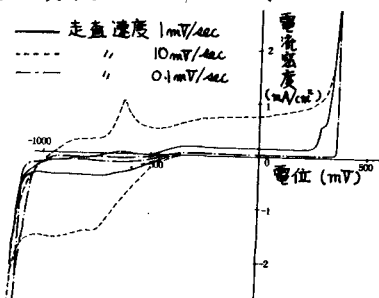


図-1. 分極曲線に及ぼす走査速度の影響 (塩分量 0.1% の場合)

ず、しかも電流密度はみかき丸鋼に比べ大きな値となった。これは酸素還元反応の他にミルスケールの還元反応が加わった事によるものと思われる。さらに黒皮付鉄筋の場合には、陰分極中止後の電位を貴方向へ移行させる過程において -900 mV 付近から鉄筋に陽極電流が生じた。この電流は -650 mV 付近にピークを持ち、この反応過程は飽和酸化カルシウム溶液中における鉄の活性態の領域のものに一致する。この現象もミルスケールの影響によるものと考えられるが、この様なミルスケールが鉄筋の腐食に及ぼす影響についてはさらに十分な検討が必要であると思われる。

陽分極曲線には、みかき丸鋼および黒皮付鉄筋の両者ともに塩分による影響が明確に現われ、塩分量の増加に伴ない不動態の領域は狭くなり、腐食が発生しやすくなることかわかる。図-3は、図-2の結果より、孔食発生電位と塩分量との関係について示したものである。みかき丸鋼および黒皮付鉄筋はどちらの場合にも孔食発生電位と塩分量との間に一定の傾向が認められ、鉄筋の塩分存在下における腐食発生について一つの指標として孔食発生電位を用いることができるのではないかと思われる。また図-4は、防錆剤を添加した場合の孔食発生電位を示したものである。防錆剤を添加することにより孔食発生電位は貴に移行する傾向にあるが、この場合にも防錆剤添加量と孔食発生電位との間には相関があり、孔食発生電位により防錆剤の効果と把握することが出来る可能性が十分にあることかわかる。なお、亜硝酸ナトリウムのカリード複極型としての防錆作用は明瞭には現われなかった。

図-5および図-6には、腐食程度に関する指標を得るため浸漬時間を変化させ分極曲線を測定した結果の一部を示す。鉄筋が腐食している場合の陰分極における電流密度の増大は、酸素還元反応以外に、腐食生成物の影響による還元反応が起こるためであると考えられる。さらに陽分極の場合にも不動態域における電流密度は増大する傾向にある。この原因は、腐食の発生により腐食部周辺の環境(例えば pH 等)が変化し、この部分に活性域の腐食反応が生じたことによるものと考えられる。そのため、この腐食電流の増加は、腐食部の腐食量についての指標と考えるものであると思われる。

4. あとがき

本研究を実施するにあたってご厚なる御指導と賜った日本防錆工業(株)小林豊治氏に厚く御礼申し上げます。

また、本研究は文部省科学研究費補助金(一般研究C)による研究成果の一部であることを付記する。

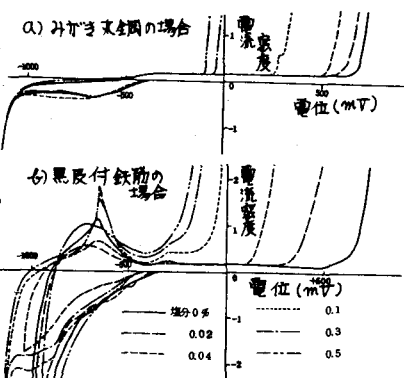


図-2. 分極曲線に及ぼす塩分量の影響

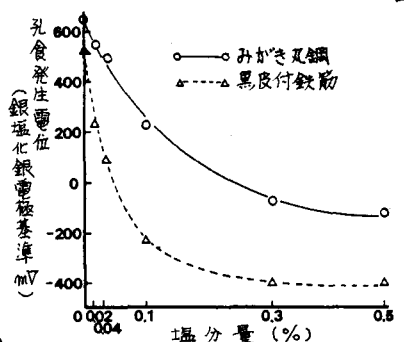


図-3. 孔食発生電位と塩分量の関係

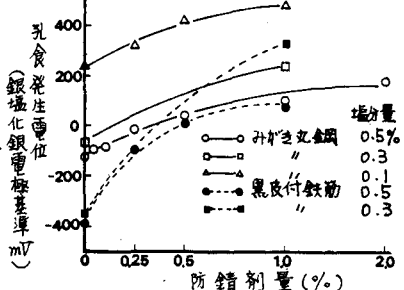


図-4. 孔食発生電位と防錆剤量の関係

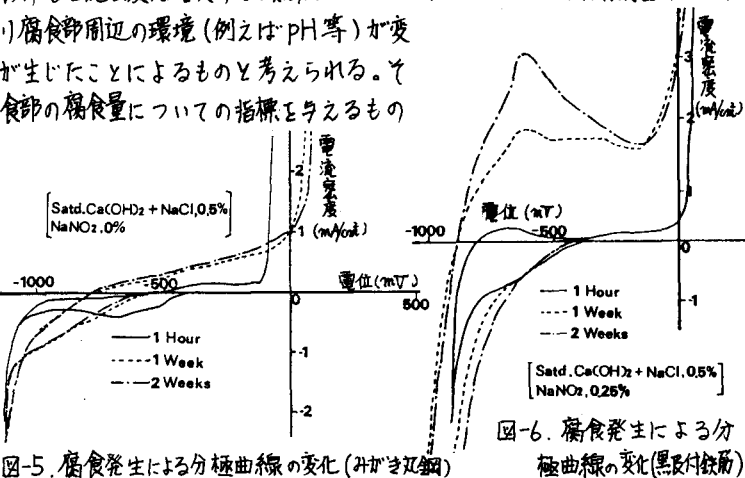


図-6. 腐食発生による分極曲線の変化(黒皮付鉄筋)