

埋設腐食センサーの性能に関する基礎的研究

鹿児島大学大学院	学生員	○好本 健一
鹿児島大学工学部	正会員	武若 耕司
鹿児島大学工学部	正会員	山口 明伸
日本防蝕工業(株)	正会員	山本 悟

1. はじめに

コンクリート構造物は、その供用期間中を通じて適切な維持管理を施すことが重要であるが、その際、各種必要データを経時的に収集できればより合理的な管理が可能となる。例えば、塩害環境下のコンクリート構造物の場合、コンクリート中の塩化物イオン（以下 Cl^- ）の分布状況の把握がこれに当る。これに対して著者らは、コンクリート構造物中への塩化物浸透状況のモニタリングを目的とした埋設腐食センサーを開発中であるが、そのモニタリング精度は未だ十分とは言えない。そこで本研究では、埋設腐食センサーの Cl^- 量感知部分である鉄線を使用して、その感知性能の確認と精度向上の可能性について実験的に検討した。

2. 埋設腐食センサーについて

埋設腐食センサーの概要図を図-1 に示す。センサーは、円筒形の本体と、その本体の側面に沿ったリング状の溝に巻きつけられた $\phi 0.1\text{mm}$ の極細鉄線から構成される。センサーは、図-2 に示す様にコンクリート構造物の表面にその端部を揃えて設置し、コンクリート表面から浸透する塩化物イオンにより、表面最浅部の鉄線から順に腐食し、破断するという状況をモニタリングすることで、塩害の進行状況を把握出来るとするものである。なお、このモニタリングは鉄線の電気抵抗を測定することにより行う。しかし実際には、センサーがこのままの状態では感知する塩化物量はこれまで言われている鉄筋腐食発生限界量に比べて非常に大きいため、著者らはこれまでに、センサー鉄線部に微小電流を通电することによって、センサー感度の向上を図っている。本研究では、鉄線が感知する塩化物イオン量と鉄線への通电条件との関係についてより詳細に把握することを目的として実験的検討を行った。

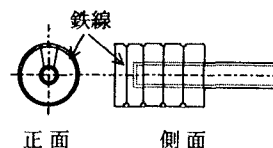


図-1 腐食センサー概要図

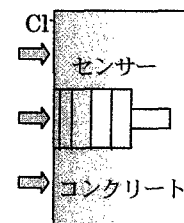


図-2 センサー設置方法

3. 実験概要

実験では、センサーに用いるものと同様の鉄線を塩化物イオンを混入した水酸化カルシウム飽和水溶液およびモルタル中に直接、浸漬あるいは埋設し、鉄線に通电を行うことによりアノード分極させて、鉄線が腐食開始する分極電位および電流量の測定を行った。鉄線は、純度 99.5%、 $\phi 0.1\text{mm}$ 、長さ 50mm のものである。

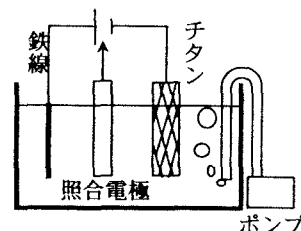


図-3 実験方法

3.1 水酸化カルシウム飽和水溶液中における検討

実験は図-3 に示す様に飽和水酸化カルシウム水溶液中に鉄線と対極となるチタンメッシュ、および照合電極を浸漬し、鉄線の電位（vsAg/AgCl）を自然電位から 1000mV まで上昇させたときの鉄線のアノード分極曲線を求めた。なお、分極速度は 0.1mV/sec とし、実験中はポンプを用いて溶液中への酸素供給を行った。図-4 に一例として 0 および 0.2mol/L の Cl^- を含む水酸化カルシウム飽和水溶液中における鉄線の分極の挙動について示す。 Cl^- 濃度 0mol/L では水酸化カルシウム飽和水溶液中での鋼材の不働態化

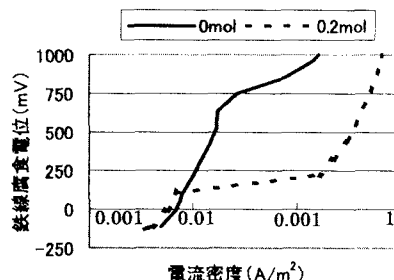


図-4 鉄線電位と電流密度との関係

の状況が明確に認められたが、0.2mol/L では鉄線の電位がおおよそ100mV 分極した時点で電流が急激に増大し、腐食の発生が確認できた。図-5に同様の方法で判定した鉄線腐食開始電位と塩化物イオン濃度との関係を示す。データ数が少なく、ばらつきが多いが、全体的に塩化物イオン濃度の増加と共に腐食発生電位は低下し、少なくとも図中の曲線より右上側の条件で鉄線は腐食する傾向があると考えられた。このことから、通電により鉄線の腐食感受性を向上させる場合、感知目標となる塩化物イオン量に応じてその分極電位を設定する必要があると考えられる。

3.2 モルタル中における検討

実験に用いた供試体および通電方法を図-6に示す。モルタル供試体(100×100×150mm、W/C70%)には、早強ボルトランドセメントを使用し、あらかじめ所定の塩化物量を混入した。供試体は打設後7日間保湿養生を行った後、水酸化カルシウム飽和水溶液中に半浸漬し、鉄線の電位(vsAg/AgCl)を自然電位から1000mVまで0.1mV/secの速度で電位走査させ、鉄線のアノード分極曲線を求めた。ただし、モルタル中の場合、一度の分極では鉄線が破断に至らなかったため、1000mVまでの上昇および下降を連続して繰り返し、分極曲線に変化が生じるまでの回数で腐食性の評価検討を行った。

図-7にCl混入量0kg/m³の鉄線電流密度と電位との関係を示す。なお、グラフ中の回数は分極繰り返し回数を示している。モルタル中にClが存在しない場合には、30回繰り返しを行っても、通電による鉄線電流密度の変化はほとんど認められず、鉄線は腐食しなかった。また、図-8に初期Cl混入量10kg/m³のモルタル中における通電結果を示す。この塩化物混入条件では鋼材腐食発生限界量以上のかなり高濃度のCl量が含まれていると考えられるにもかかわらず、上述した水溶液実験の場合とは異なり、通電1回目では鉄線の電流密度履歴にはCl無混入の場合と大きな差は認められなかった。それでも、繰り返し回数5回目には電位上昇に伴う電流密度の履歴に変化が生じ始め、鋼材の腐食開始が確認された。

図-9は実験に用いたものと同様のモルタルを使用したコンクリート当りの量に換算したCl混入量と実験開始から鉄線電流密度の履歴に変化が生じ、鉄線の腐食が開始した分極回数との関係を示す。この結果Cl量の減少と共に分極回数は急増し、Cl混入が少量の場合には、通電環境下においても鉄線の腐食感受性は明らかに低下することが分かる。このように、モルタル中において水溶液中と比べて鉄線の腐食感受性が低下する理由は、水溶液中に比べてCl、酸素および水の存在状況が不均一であり、鉄線が極細であるためにこの影響をより受けやすい状況にあると予想される。その一方で、同図から鉄線に通電を行うことによって、少なくともコンクリート中の2.4kg/m³以上のClについては、これをある程度高い確率で感知できることも確認できる。

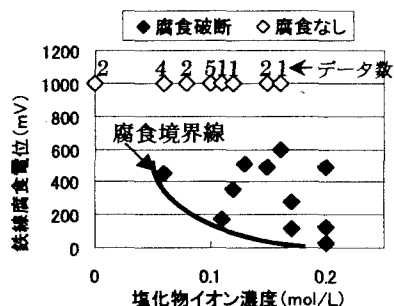


図-5 腐食開始電位とCl濃度の関係
モルタル供試体

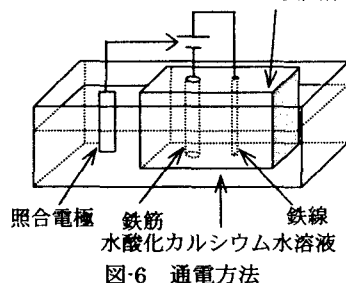


図-6 通電方法

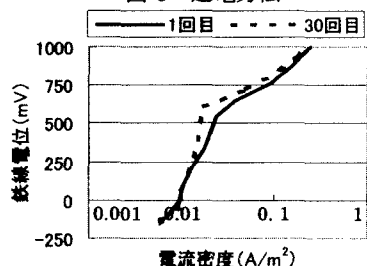


図-7 Cl無混入供試体の通電結果

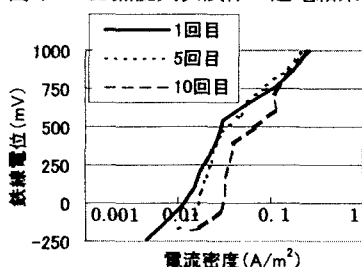


図-8 Cl混入量10kg/m³の通電結果

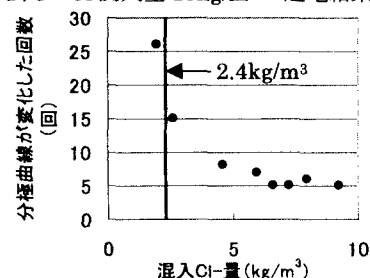


図-9 Cl量(コンクリート換算)
と分極回数との関係