

V-267 コンクリート構造物の塩害対策における電気防食の適用性と問題点の検討

鹿児島大学工学部 学生員○馬庭秀士
同 上 正会員 武若耕司

1. まえがき

コンクリート構造物の塩害対策として最も基本的な方法は、密実なコンクリートを用い、かぶりを十分にとることである。しかしながらこの方法では、塩化物イオンが使用材料に含まれていたり、環境等の影響によりコンクリート中に浸透した場合には、コンクリートのみで鉄筋を防食することは不可能に近い。そこで著者らはコンクリート構造物の新しい防食法として、外部からの電流により鋼材自身の腐食を抑制する外部電源方式の陰極防食法を取り上げ、その実用化を検討している。ここでは、この陰極防食法の実用化に当たっての検討課題のうち、1)防食基準の確立、2)陽極材の耐久性、3)鉄筋の付着性状に及ぼす影響等に関する基礎的な検討結果について報告する。

2. 防食基準の確立に関する検討

現在、コンクリート構造物における電気防食の防食確認方法としては、電流の供給を一時停止させ、通電停止直後の鉄筋の電位(instant off電位)と4時間後の電位との差(以下 4時間後復極量と呼ぶ)が 100mV 以上あれば防食効果があるとする方法が用いられ、これは防食基準の一つとしても、よく使用されている。しかしこの基準には経験的要素も含まれており、理論的根拠に乏しいという問題点もある。そこで、現在陰極防食における防食基準の確立を目的とし、図-1に示す供試体を用いて、分極量と防食効果の関係を明確にするため実験を実施している。なお、この実験では、鉄筋の腐食を促進するためにコンクリート中に 0.5%の塩分を混入し、さらに温度 40℃、湿度95%以上の環境と室内環境の間で乾湿繰り返し試験を行っている。

実験は継続中であるが、図-2には一部の供試体における試験約60日までの 4時間後復極量の経時変化について示した。図中の●は湿潤後に、○は乾燥後にそれぞれ復極量の測定を行ったものである。この結果によると、乾燥時と湿潤時とでは復極量は著しく異なり、特に電流密度が小さいものについてその差が大きくなる傾向にあった。このことは、乾湿を繰り返す環境下で陰極防食を施す場合、湿潤状態で鋼材は十分防食されていても、乾燥状態ではほとんど防食されない恐れがあることを示している。また、図-3は実験期間中に測定された 4時間後の復極量の平均値と通電停止後安定した時点での鉄筋の電位の関係を示したものである。この結果によると、少なくとも 4時間後復極量が 300mV程度ないと防食効果は十分ではないようである。

3. 陽極材の耐久性に関する検討

鉄筋に陰極防食を施すにあたって、コンクリート中の陽極周辺では様々な酸化反応が生じることから陽極自身や周辺の

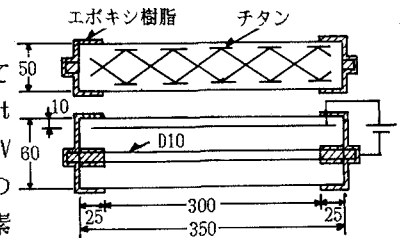


図-1 防食基準確立のための
実験供試体の形状

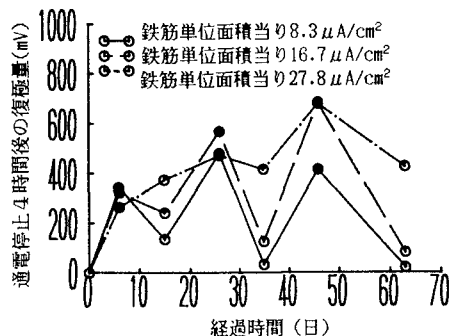
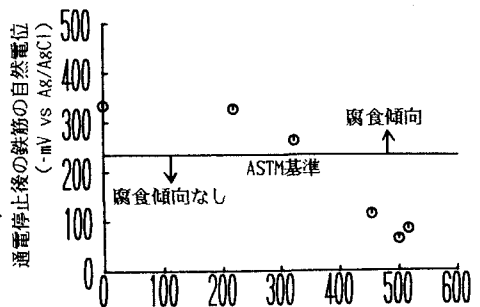


図-2 4時間後の復極量の経時変化



乾湿時における4時間後の平均復極量(mV)
図-3 4時間後の復極量の平均値と
通電停止後の鉄筋の自然電位との関係

コンクリートの劣化につながる反応が起こりうる可能性がある。そこで、ここでは陽極材として現在実用化が期待されているチタンおよび炭素を取り上げ、その周辺の酸化反応について検討を行った。なおこの検討は、3%のNaClを含有する飽和Ca(OH)₂水溶液中で陽極材の分極曲線を求めることで行った。図-4、図-5

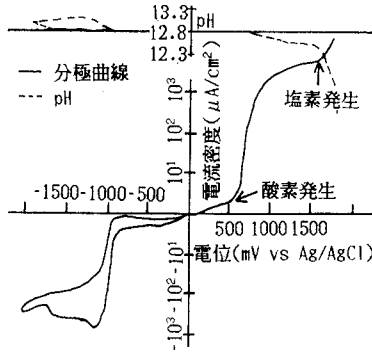


図-4 チタンの分極曲線の測定結果

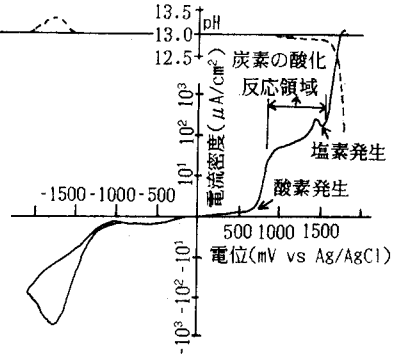


図-5 炭素の分極曲線の測定結果

にその結果の一部を示す。この結果によると、チタンおよび炭素とも+1500mV(Ag/AgCl)程度の電位で塩素の発生を予想させる状況が確認された。さらに、同時に測定された陽極材周辺のpHが塩素の発生とともに急激に低下する状況も見受けられ、このことから、防食電流量が大きい場合には、陽極周辺のコンクリートにおいて中性化が促進させる可能性のあることも確認された。また、炭素の場合には +850～+1500mV (Ag/AgCl) の範囲で炭素自身が酸化する反応と見られる状況も確認され、炭素自身の消耗を予想させた。

また、陰極防食を施したRCスラブ供試体において、鉄筋防食時の陽極材の電位を測定し、通常の防食範囲での陽極材の耐久性についても検討を加えた。その結果を図-6に示す。この結果から、陽極材としてチタンおよび炭素を使用する場合、鉄筋の電位が-700mV程度までは塩素の発生は起こらず、さらに、陽極材として炭素を使用する場合、鉄筋の電位が-500mVまでは炭素自身の消耗も少ないようである。

4. 鉄筋とコンクリートの付着性状に関する検討

コンクリート構造物に陰極防食を施す場合、鉄筋周辺では陽イオンが集積し、コンクリートが脆弱化する恐れがある。また、電流量が大きくなると水素の発生により鉄筋の付着性状に影響を与える可能性も否定できない。そこで本検討では、鉄筋単位面積当り $5\mu\text{A}/\text{cm}^2$ の電流量が10年間供給される場合の積算電流量を基準とし、積算電流量一定の条件で表-1に示す様に電流量と通電期間を設定して通電を行い、それぞれの場合における鉄筋の付着性状に関して検討を行うことにした。なお、鉄筋単位面積当り $5\mu\text{A}/\text{cm}^2$ は、現在、米国などで実施されているコンクリート構造物の陰極防食における平均的な値である。図-7は通電電流密度と付着強度の関係についてこれまでに得られた結果である。これによると、積算電流量を一定にしているにも関わらず、単位時間当りの電流量が大きくなると鉄筋の付着性状は急激に低下するようである。しかし一方で実際の陰極防食時に供給される値の100倍程度までの電流密度では鉄筋の付着性状に及ぼす通電の影響は認められず、このことから通常の防食の範囲では付着性低下は大きな問題とはならないものと思われる。

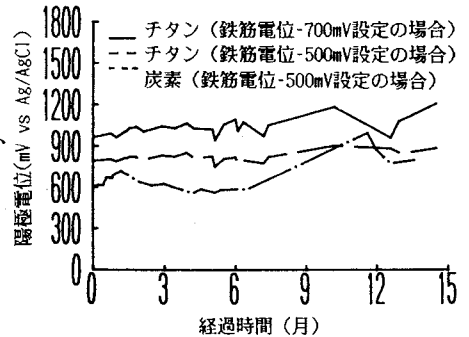


図-6 スラブ供試体における陽極電位の経時変化

表-1 付着試験における電流量と通電期間の設定条件

電流量 ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	期間(日)
1825	10
608	30
203	90
122	150
61	300

$5\mu\text{A}/\text{cm}^2 \times 10$ 年間の積算電流量一定

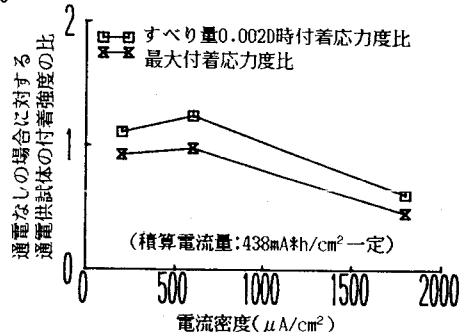


図-7 積算電流量一定の条件における電流密度と付着強度の関係