

鉄筋の電気防食に関する基礎的研究

鹿児島大学工学部 正会員 ○ 武若耕司
同 上 寺原和人

1. まえがき

電気防食法は、海岸付近に建設される鋼構造物の塩害対策としては比較的古くから適用の実績があるが、コンクリート構造物の塩害対策への適用については、1) 鉄筋腐食を完全に抑制させるに必要な防食電位がコンクリートの品質に大きく影響を受ける、2) 防食電位が設定値以下の場合には腐食発生の危険性が生じ、一方、過防食となった場合には不経済となるばかりか、鉄筋とコンクリートの付着性低下の問題も予想される、3) 防食を行おうとする全ての鉄筋に均一に防食を施すための工夫が必要である等、幾つかの点について検討を要する問題も残されておりその実用化は遅れている。しかし、この電気防食は鉄筋の腐食反応形態そのものに関与しこれを抑制するために、上記の問題点が解明できれば、コンクリート構造物の塩害対策として極めて信頼性の高い方法と成り得ることも事実である。そこで本研究では、コンクリート構造物に於ける電気防食の実用化に際して必要となる基礎的資料を得ることを目的とし、その第一段階として、防食電位の設定範囲についてコンクリート中の鉄筋の分極曲線を測定し検討を行った。

2. 実験の主な概要

電気防食法は、外部から強制的に電流を流して鉄筋を分極させて腐食反応を停止させる方法であるため、この利用に際してはコンクリート中における鉄筋の分極性状について詳細に把握しておく必要がある。図-1には、使用した供試体の形状及び分極曲線の測定方法を示した。使用した鉄筋はφ10mmのみがき丸鋼(SGD-3に旋盤仕上げを施したもの)に#400のサンドペーパーで表面仕上げを行ったもので、これを約1cmの測定区間を除いてエポキシ樹脂でコーティングして高さ10cmのコンクリート円柱体の中央に埋め込んだ。供試体は打設後密封養生を行い、材令3～5週間で測定に供した。分極曲線の測定は、対極に白金線、基準電極として飽和銀塩化銀電極を用い、電位走査法により行った。この場合、走査速度は1mv/secとし、まず鉄筋の自然電位から卑の方向へ-1400mvまで陰分極させた後、貴の方向へ+900mvまで陽分極させ、再度元の自然電位まで卑変させる走査を行った。

なお、この分極曲線の測定は表-1に示す実験要因および水準のコンクリート供試体について夫々実施し、これらの結果を基にして防食電位の設定範囲およびこれに与えるコンクリートの品質の影響について検討を行った。

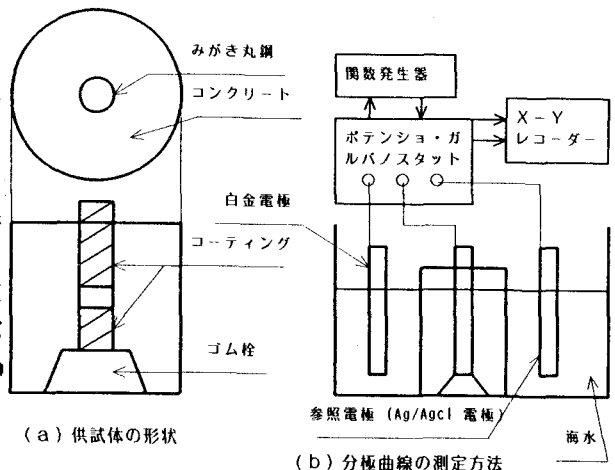


図-1 分極曲線測定のための実験の概略

表-1 実験の要因と水準

要 因	水 準
水セメント比 (%)	40, 50, 60, 70
かぶり (cm)	2 3.25 4.5 7
(供試体直径 (cm))	(5) (7.25) (10) (15)
コンクリート中の塩分含有量 (コンクリート重量比(X))	0, 0.05, 0.1, 0.3, 0.5
コンクリート含水率※ (飽水状態比)	1.0, 0.8, 0.6, 0.4 (飽水)
ひびわれの有無	有 無

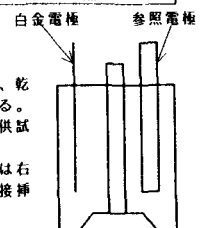
※含水率の影響に関する検討について

1) 含水率の測定は次の手順で行う。

a) 予め同一配合の円柱供試体を炉乾燥させ、乾燥時間と含水率との関係を明らかにさせる。

b) 所定の含水率となるように炉乾燥させた供試体を用いて実験を行う。

2) 含水率の影響の検討を行う供試体については右図に示すようにコンクリート中に電極を直接挿入できるものを作成した。



3. 実験結果および考察

今回測定された分極曲線の形状は大略図-2に示す3つの形に分類される。この内 (a) および (b) の分極曲線はともに、測定開始直前の自然電位の結果あるいは陽分極曲線に明確な不動態領域および過不動態領域が存在することから、未だ鉄筋が腐食していない状況で測定された結果であると予想されるが、(a) の場合には電位の貴変の際に水素発生平衡電位 (-1.0V前後: 図中Ⅱ)、活性化域並びに不動態化電位Ⅲを明確に把握できるのに対し (b) では水素発生平衡電位は見られず -0.4Vまでは最初の陰分極曲線をたどり、その後の陽分極では鉄筋は直ちに不動態化する。この場合、水セメント比の増加あるいはかぶりの減少に伴って鉄筋の分極曲線は(b) から(a) の形状へと変化する傾向がある。一方 (c) の分極曲線を (a) の場合と比較すると、陽分極過程における不動態領域の途中で鉄筋の活性化による電流量の急増 (孔食の発生Ⅵ) を確認でき、鉄筋が腐食性の高い環境にあることがうかがえる。これは、コンクリートにひびわれを導入した供試体を海水に浸漬させた場合の鉄筋などで測定された。

上記の結果から、コンクリート中の鉄筋にカソード防食を施す場合の電位の設定に関して次のような情報が得られる。

(1) コンクリート中における水素発生反応の平衡電位は約 -1.0Vであるが、実際に鉄筋周辺に水素が発生する電位はこの値よりさらに0.1V程度卑の値である (図-2中のⅠの点)。

(2) コンクリートの水セメント比が大きい場合あるいはかぶりが薄い場合には陰分極によって鉄筋の不動態被膜は消失する可能性があり、基本的には鉄筋の活性化電位よりも卑の電位に防食電位を設定する必要がある。一方、コンクリートの品質が良い場合あるいはかぶりが厚い場合には陰分極しても不動態は保持されており、従って基本的には図-2中のⅦの点で表わされる不動態保護電位よりも卑の電位に設定することによって塩害を防止できる。

(3) コンクリートにひびわれが発生している場合でも鉄筋周辺が高アルカリに保持されていれば不動態保護電位よりも卑に分極させることによって鉄筋の腐食を抑制できる。しかし、ひびわれ幅が大きな場合あるいは、すでに塩害の発生している場合には鉄筋周辺は中性に近く、鉄筋の分極曲線は図-3に示すような形状を示すものと予想され、防食電位はⅦの位置の活性化電位よりも卑とする必要がある。

(4) コンクリートが飽水状態ではなくても、含水率が60~80%程度までは分極曲線の測定が可能であり (図-4)、従って電気防食も十分に可能であると思われる。

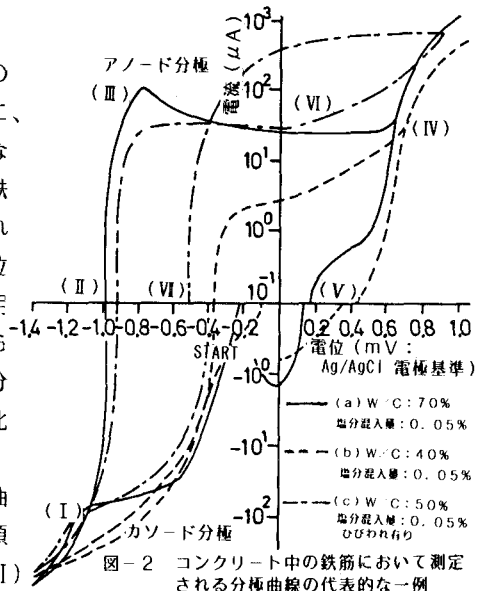


図-2 コンクリート中の鉄筋において測定される分極曲線の代表的な一例

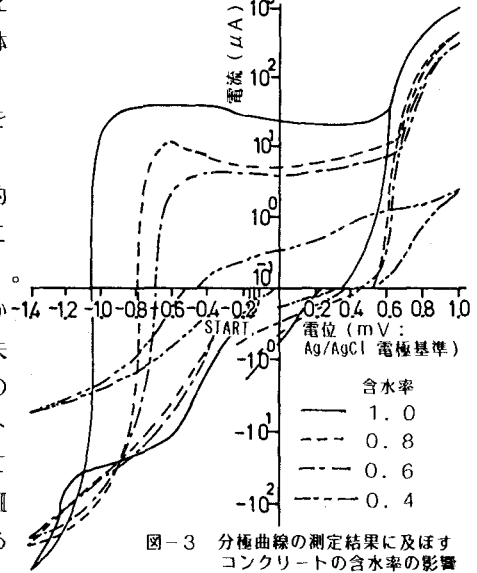


図-3 分極曲線の測定結果に及ぼすコンクリートの含水率の影響

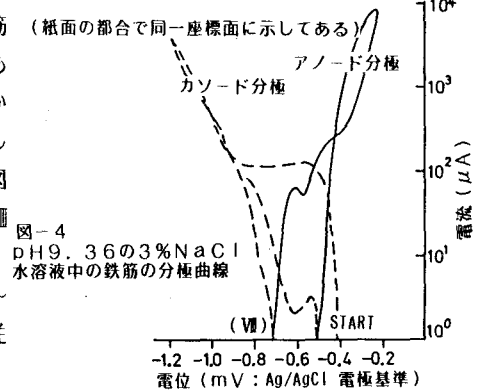


図-4 pH9.36の3%NaCl水溶液中の鉄筋の分極曲線