

鹿児島大学工学部 正会員○武若耕司

1. まえがき

コンクリート中の鉄筋腐食状況の非破壊検査には電気化学的な手法が有効であると考えられ、中でも自然電位法と分極抵抗法の実用化に関する検討が、近年精力的に行なわれている。

この内、分極抵抗法の最大の特徴は、自然電位法で測定される自然電位自体が腐食状況の定性的な指標でしかないのに対して、分極抵抗法では、測定される分極抵抗がそのまま腐食速度という腐食の定量的な情報となり得ることである。しかし一方、分極抵抗の測定は自然電位ほど簡単ではなく、また、自然電位の測定結果以上にコンクリートの品質等の影響を受けやすいことや、測定結果のあいまいさなどの問題も指摘されている。そこで本研究では、この分極抵抗法の実用化にあたっての問題点に関して若干の検討を試みた。

2. 実験方法の概略

検討に用いた供試体はRCスラブ供試体であり、その形状と種類を図-1および表-1に示す。いずれの供試体も過去2年間海水散布に供してきたものであるが、今回の実験を実施するにあたって、特にひびわれを有する供試体については、あらためて残留幅の最大が約0.3mmとなるようにひびわれの再導入を行った。

分極抵抗の測定にあたっては交流パルス法を用いた。図-2にその測定方法の概略を示す。図-3は、この装置を用いて $I = 1 \mu A$ のパルス電流を鉄筋に供給した場合に生じる鉄筋の電位振幅 ΔV と I との比を、パルス周波数との関係で示したものである。この比は、一般に高周波数領域ではコンクリートの電気抵抗に相当する値に収束し、低周波数領域では、このコンクリートの抵抗と鉄筋の分極抵抗に相当する値との和に収束する。交流パルス分極法とは両者の収束値の差から分極抵抗を求める方法であるが、コンクリート中の鉄筋に対しては、対極と鉄筋の間の電流の道筋を特定できないために電流量を電流密度に換算して『真の分極抵抗』を求めることが難しく、通常はこの供給電流量と電位変化量との比から求まる値を『みかけの分極抵抗』として利用している。なお、図-3によると、今回の測定においては、低周波数領域では0.1Hz 前後から収束が認められるものの、高周波数領域においては1kHzでは未だ十分な収束には至らなかった。しかし今回は、装置の関係で取り敢えず1kHzの周波数で得られた値と0.1Hz あるいは0.03Hzでの値との差を『みかけの分極抵抗』とした。

3. 実験結果および考察

図-4は、スラブ全面にわたる測定結果をもとに作

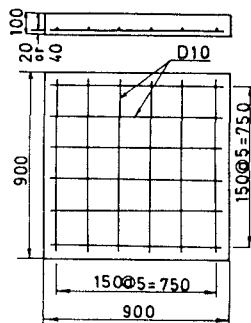


図-1 供試体の形状寸法

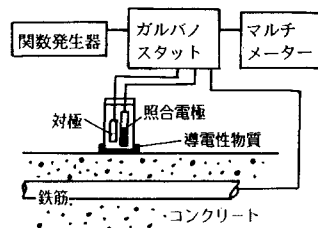
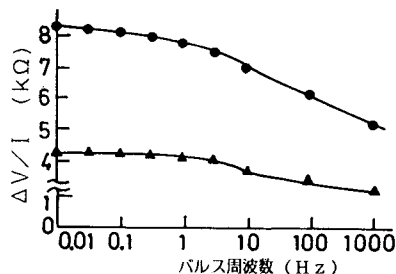
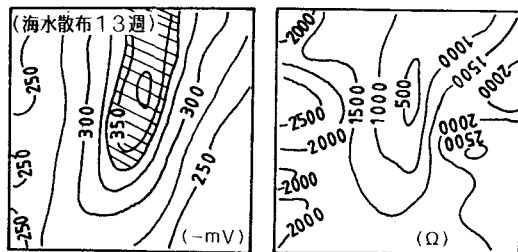


図-2 分極抵抗の測定方法

表-1 供試体の概要

供試体 NO.	W/C (%)	かぶり (cm)	ひびわれ の有無	塩分量 (kg/m ³)
NO.1	5.5	2	有	—
NO.2	"	"	無	—
NO.3	"	"	有	3
NO.4	"	"	無	"
NO.5	"	4	有	—
NO.6	4.0	2	"	—

図-3 $\Delta V/I$ とパルス周波数の関係(a) 電位分布
(斜線部は腐食推定域)

(b) みかけの分極抵抗分布

図-4 等電位および等分極抵抗分布図の例

製した等分極抵抗曲線図を、同時に測定した自然電位分布図と共に示した一例である。分極抵抗の変化の状況と自然電位の変化の状況はよく対応しており、自然電位が卑な箇所において分極抵抗は明らかに小さくなっている。また、自然電位分布図中には、電位勾配の変曲点を求めることによって推定した鉄筋腐食領域についても示したが、今回の結果では、この鉄筋腐食推定領域は『みかけの分極抵抗値』のおよそ1000Ω以下の領域と一致するようであった。

図-5には、ひびわれを導入した各供試体において測定された『みかけの分極抵抗値』を測定位置における自然電位との関係で示した。なお、自然電位分布図によると、ひびわれが導入された供試体ではいずれもマクロ腐食セルの形成が確認されており、鉄筋腐食が生じているものと予想された。図-5によると、全体的には自然電位の卑変に伴う分極抵抗値の減少傾向が認められるものの、ばらつきも大きく、また、この結果から各供試体相互の腐食状況を比較することは難しいようである。この原因は、①各供試体ごとに鉄筋推定領域の電位が異なることから、自然電位の値に各供試体ごとの変動があると予想されること、および②図-6に示すように、かぶり厚の相違によって電流の影響範囲が異なるために、『みかけの分極抵抗』を腐食速度の指標とするには限界があること等によると思われる。

そこで図-7には、宮川らの数値解析結果を参考にして電流の影響範囲を想定して『真の分極抵抗』を求め、これを、各供試体毎に推定した腐食境界電位と抵抗測定位置の自然電位の差との関係で示した。この処理によって、各供試体ごとの腐食速度の差についてもある程度明確な把握が行え、例えば、腐食部の腐食進行度は、NO.6、NO.5、NO.1、NO.3の順に大きいことが示されている。なお、図-8によると、ひびわれの有無によっても『みかけの分極抵抗』に大幅なずれが生じたが、この原因もひびわれの有無による電流影響範囲の相違にあると予想されるため、このことから、分極抵抗法によって腐食速度指標を得るためには電流影響範囲の把握が不可欠であることをあらためて確認できる。

図-9は、望月らの換算方法をもとにして、今回の測定結果からNO.1の供試体におけるコンクリートの比抵抗を推定した結果

であるが、この結果によると鉄筋腐食領域のコンクリートの比抵抗はおよそ10000Ω以下となり、Wenner法等により検討された結果と良く一致するようであった。

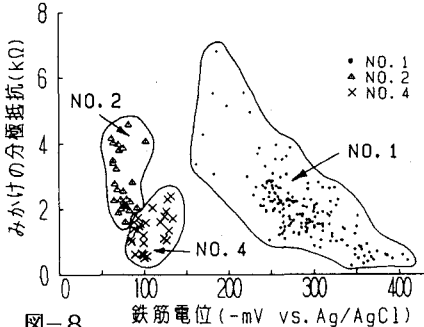


図-8 鉄筋電位 (-mV vs. Ag/AgCl)

ひびわれの有無によるみかけの分極抵抗の相違

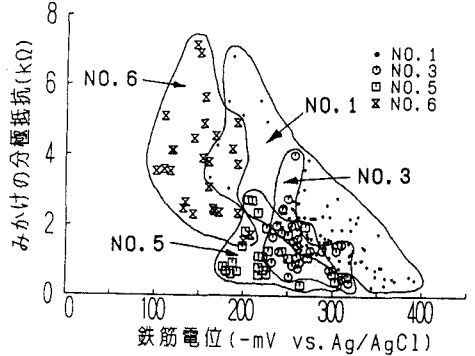


図-5 みかけの分極抵抗と自然電位の関係

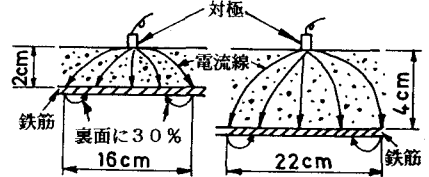


図-6 分極抵抗測定時の電流影響範囲の概念図

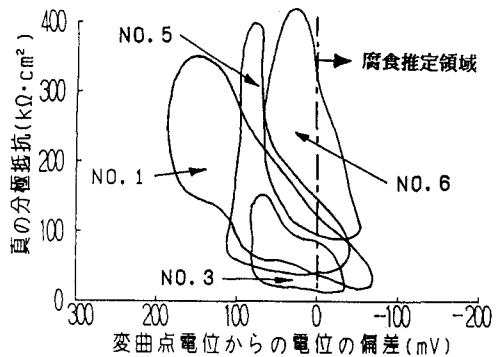


図-7 真の分極抵抗の推定とその整理結果の一例

図-8によると、ひびわれの有無によっても『みかけの分極抵抗』に大幅なずれが生じたが、この原因もひびわれの有無による電流影響範囲の相違にあると予想されるため、このことから、分極抵抗法によって腐食速度指標を得るためには電流影響範囲の把握が不可欠であることをあらためて確認できる。

図-9は、望月らの換算方法をもとにして、今回の測定結果からNO.1の供試体におけるコンクリートの比抵抗を推定した結果

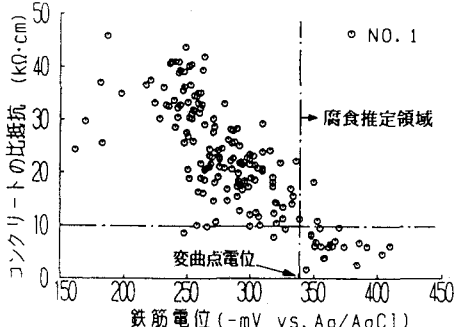


図-9 コンクリートの比抵抗の推定結果