

分極抵抗法による鉄筋腐食モニタリングに関する基礎的研究

京都大学 正員 岡田清 正員 小林和夫 正員 宮川豊章

神戸市 正員 本田哲 オリエンタルコンクリート 正員 〇大野達也

1 はじめに 一般に、鋼材はコンクリートなどの高アルカリ環境においては不動態被膜が生成し、腐食しないとされているが、塩素イオンを希加すると不動態被膜が破壊され腐食に至る。したがって、塩分雰囲気中におけるコンクリート構造物に関して、耐久性、安全性を検討するためには、コンクリート中の鋼材の腐食速度、および腐食量を測定することが必要となる。供用中の構造物において、鋼材の腐食速度を計測する場合は、短時間で正確、しかも非破壊の検査となるモニタリングが有利であり、その代表的手法として分極抵抗法がある。分極抵抗法は、外部より与えた電流とそれに応答する電位より得られた分極抵抗から腐食速度を算出する方法であるが、電流量、周波数など分極抵抗の測定値に影響を与えることが知られている。本研究では、コンクリート環境、およびそのモデルである飽和硫酸化カルシウム水溶液環境において、分極抵抗の測定値に影響を与える要因として電流量、周波数、さらに腐食反応そのものに影響を与える要因として空気量、鋼材表面状態、塩分量、水セメント比をとりあげ、それら種々の条件のもとに分極抵抗の測定をして、分極抵抗法の、コンクリート環境における鋼材の腐食速度計測への適用を検討した。

2 実験概要 コンクリートは必ずしも均一な環境ではなく、結果のばらつきが予想されるため、本研究においては飽和硫酸化カルシウム水溶液環境での試験を主に行なった。

2.1 実験要因 ①電流量 $1\mu\text{A}$, $10\mu\text{A}$, $100\mu\text{A}$ の3種を選んだ。②周波数 4秒, 40秒, 400秒, および一部2000秒の4種の周波長を選んだ。③空気量 水溶液表面からの空気の浸入を遮断したもの、しないもの、および外部から空気を吹き込むもの、の3レベルで試験を行なった。④鋼材表面状態 みかき丸棒、黒皮つき異形丸棒、黒皮つき異形丸棒から切り出したみかき丸棒の3種を用いた。⑤塩分量 水溶液環境においては、0%, 0.1%, 0.22%, 0.66%の4種の塩分量、またコンクリート環境においては、純水練りのもの、人工海水練りのもの(0.72~0.81%に相当)の2種を選んだ。⑥水セメント比 土木学会「コンクリート標準示方書」を参考にして $w/c = 0.32, 0.4, 0.6$ の3種を選んだ。すべての供試体を一覧表にして表-1に示す。

表-1 供試体一覧表 (表内の数字はセル数, 1セルにつき鋼材2本)

① 電流量						② 周波数					③ 空気量					④ コンクリート環境							
塩分量		0%		0.66%		鋼材	塩分量				空気を遮断せず				水セメント比		0.32		0.4		0.6		
電流量															練り混ぜ水		純水		全海水		純水		全海水
鋼材		1	10	100	1	10	100	0.66%	0.1%	0.22%	0.66%	鋼材				0.66%	0.1%	0.22%	0.66%	みかき丸棒		異形丸棒	
みかき丸棒		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	
切り出し丸棒		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Kiyoshi Okada Kazuo Kobayashi Toyoaki Miyagawa Satoshi Honda Tatsuya Oono

2.2 Kの値の算定 分極抵抗法は $i_{\text{corr}} = K$ となる式により、腐食速度を算出する方法であり、コンクリート環境への適用に際してはKの値を得る必要がある。そこで、分極抵抗の逆数である腐食速度指標の経日変化をグラフに表わし、その曲線の積分値と実際の測定により、得た腐食減量との関係より、Kの値を算定する。

3 実験結果および考察

3.1 飽和水酸化カルシウム水溶液環境 ①電流量 電流量と分極値との関係を図1に概形図として示す。 $\Delta i \sim \Delta E$ は直線関係にはなく、曲線となることが確認できた。本実験の範囲では、 $10\mu\text{A}$ 、電流密度にして $0.567\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 程度の電流量が適当だと考えられる。②周波数 周波長と分極抵抗との関係を図2、3に示す。塩分量、鋼材表面状態の違いにより、分極抵抗が定常となる周波長に差が現われるが、塩分を含んでいる場合、実験手法的には、約1000秒程度で定常値が得られると考えればよい。③空気量 エアレーションの、腐食に与える影響は非常に大きい。

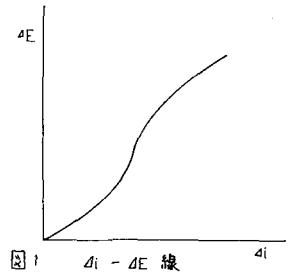


図1 $\Delta i - \Delta E$ 線

④鋼材表面状態 鋼材の種類により、Kの値は若干異なるものの、腐食減量よりK値の算定は可能であり、全体を平均すれば、周波長400秒で、約0.017Vである。(図4) ⑤塩分量 塩分量0%のものは腐食速度指標が小さく、ほとんど腐食が進んでいないと思われる。また塩分を有するものは、塩分量の大小での差は小さく、塩分量0.1%以上では、塩分の有無がより重要な問題と思われる。

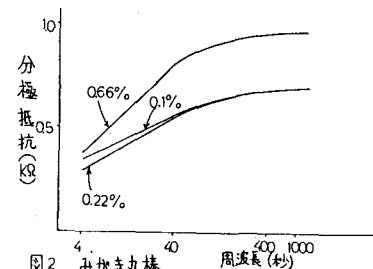


図2 丸棒

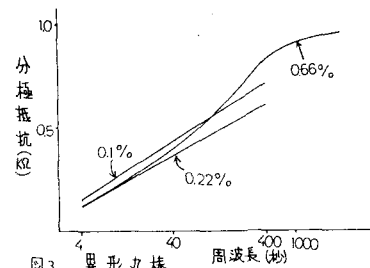


図3 異形丸棒

3.2 コンクリート環境 純水練りのものより、人工海水練りのものの方が大きい腐食速度指標を示し、また、水セメント比の大きいものの方が大きい腐食速度指標を示すが、これらはいずれも、塩分を含んだ飽和水酸化カルシウム水溶液環境のものと比べるとかなり小さい値であり、腐食はほとんど進んでいないと思われる。また、コンクリート環境においては、周波長400秒までは、分極抵抗が定常となる傾向が見られない。ただ、腐食速度指標の経日変化のグラフを見ると、鋼材の種類別の曲線の特徴は、飽和水酸化カルシウム水溶液環境のものと相似であり、飽和水酸化カルシウム水溶液環境でも腐食が進んでいないと思われる塩分量0%のものは、分極抵抗が定常となる傾向を見せていないことを考え合わせると、コンクリート環境においても、飽和水酸化カルシウム水溶液環境と同様なKの値を用いてもよい可能性は高いと思われる。

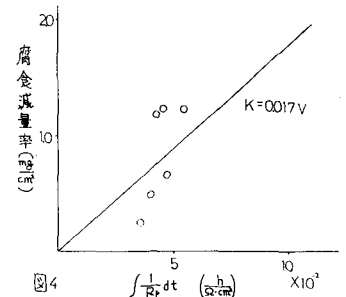


図4