

海洋飛沫帯に 3 年間暴露した鉄筋コンクリート梁の性状 (VI)

——分極抵抗測定による鉄筋腐食のモニタリング——

Behavior of Reinforced Concrete Beams Exposed in Marine Splash Zone for Three Years (VI)

——Monitoring of Corroded Reinforcements by Means of Polarization Resistance——

小林 一 輔*・辻 恒 平*・星 野 富 夫*

Kazusuke KOBAYASHI, Kohei TSUJI and Tomio HOSHINO

1. は し が き

既報¹⁾では 3 年暴露後の鉄筋コンクリート梁の健全性を非破壊的に診断するために鉄筋の自然電位を測定し、その値と鉄筋の腐食位置との比較を行った。

本報では同じく電気化学に基づく非破壊的手法を検討するために鉄筋の分極抵抗を測定し腐食位置との対応ならびに自然電位との比較を行った。

2. 分極抵抗法の理論および測定方法

自然電位の測定は熱力学的平衡論に基づくものであり、鉄筋がコンクリート中で化学的に安定状態にあるのか否かを示すものであるのに対し、この方法は反応速度論に基づき鉄筋が腐食を生じる際の速度の情報を与えるものである。

分極抵抗法の理論に関しては他の文献²⁾に詳細を譲るが、基本的には鉄筋に外部より微小の電流 ΔI を与えることによって自然電位より数mVの分極 ΔE を生じさせた時、腐食速度 I_{corr} は近似的に次式で表される。

$$I_{corr} = \frac{\beta_a \cdot \beta_c}{2.3(\beta_a + \beta_c)} \cdot \frac{\Delta I}{\Delta E} = \frac{K}{R_p}$$

$$K = \frac{\beta_a \cdot \beta_c}{2.3(\beta_a + \beta_c)}$$

ここで β_a, β_c はそれぞれアノードおよびカソードの分極曲線のターフェル係数である。また、 $R_p = \Delta E / \Delta I$ であり、これを分極抵抗という。実用上、Kの値は腐食減量と対応させて実験的に定められるが、ここでは同一供試体における鉄筋の腐食位置の同定に主眼を置いたので R_p 値のみで評価を行っている。

測定にはマイクロコンピュータを内蔵したフィールド型機器を使用した。この装置はコンクリート構造物の非破壊診断用として自然電位や比抵抗、接地抵抗などを

*東京大学生産技術研究所 第 5 部

測定する目的で開発されたものである³⁾。図-1に示されるように、分極抵抗は供試体の端部にステンレス鋼製の対極を埋め込み、コンクリート表面に照合電極 (Ag/AgCl) をセットして測定した。また微小電流として、コンクリートの抵抗分を取り除くために0.2~3.4KHzの高周波電流と0.01~0.1Hzの低周波電流とを重畳させた定電流パルスを印加した。

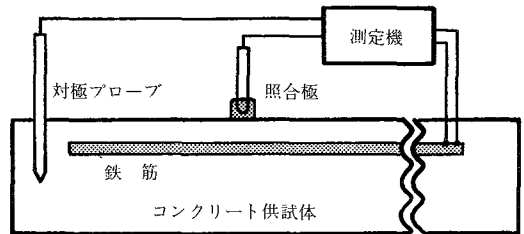


図-1 分極抵抗測定方法

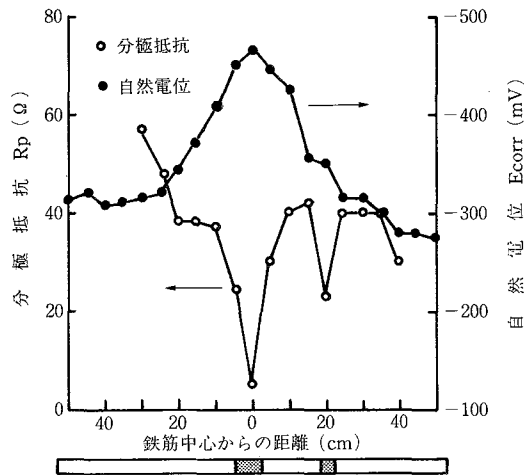


図-2 普通セメントコンクリート供試体の測定結果

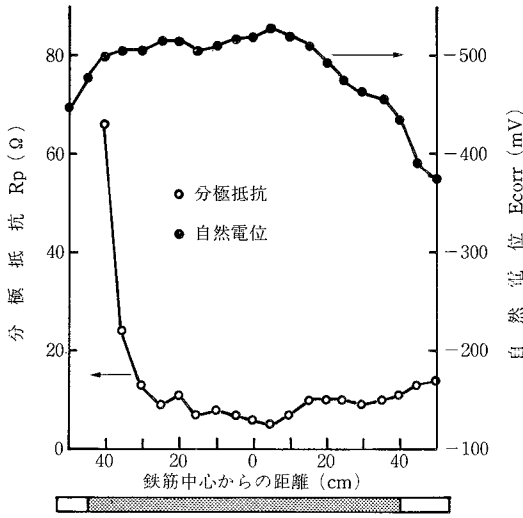


図-3 高炉セメントコンクリート供試体の測定結果

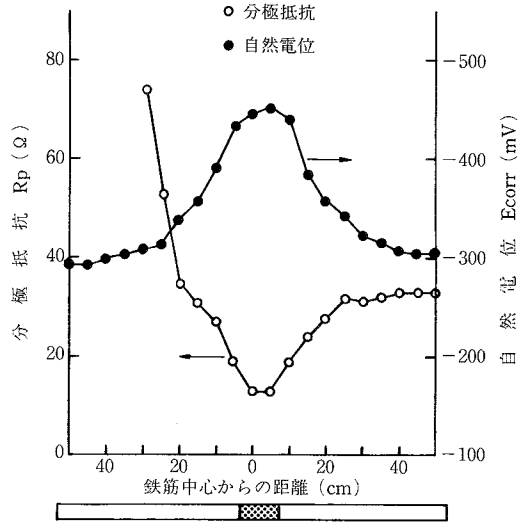


図-4 ポリマーセメントライニング供試体の測定結果

3. 測 定 結 果

普通セメントコンクリートの代表的な測定例として水セメント比(W/C)50%, かぶり厚さ2cmの供試体の結果を図-2に示す。図中には自然電位および腐食位置もあわせて示している。この供試体の場合は2個所で腐食が見られるが、対応する位置で分極抵抗値は極端に減少している。前節の式からも腐食速度は分極抵抗Rpに逆比例することが知られ、図はこのことを裏付けるものである。分極抵抗が反応速度論に基づく値であるのに対し、自然電位は熱力学的平衡状態を表すパラメータである。この図の例では中央部の腐食に対応する単な電位ピークは測定されたが、もう一方の小さな腐食部分に対応する電位ピークは現れていない。

図-3には高炉セメントコンクリート供試体(W/C=70%, かぶり2cm)の測定例を示す。この供試体の場合は内部の鉄筋がほぼ全域にわたり腐食していたが、このときの分極抵抗は全般的に5~10Ω程度の小さい値を示している。なお、供試体左端部の値が立ち上がりを見せているのは測定時に埋め込んだ対極の影響によるものと考えられる。したがって、測定に際し対極は被測定箇所よりできるだけ離しておくことが望まれる。一方、図中の自然電位も卑な値を示すが、分極抵抗のように一様ではなく、この値だけでは全面腐食と判定することは難しい。

腐食因子の遮へいを目的としてコンクリートの表層に防食被覆を施した供試体の測定例を図-4~6に示す。

図-4はポリマーセメントライニング供試体の結果で

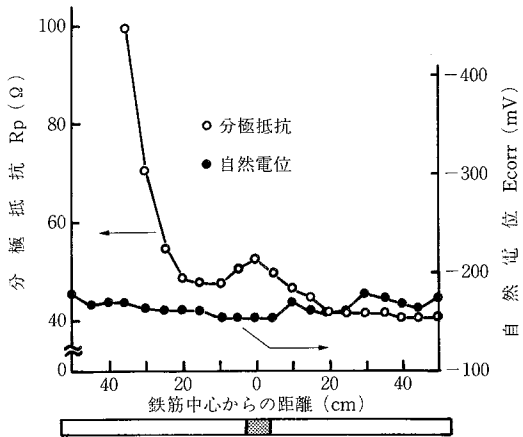


図-5 エポキシ樹脂コーティング供試体の測定結果

あるが、普通セメントコンクリートと同様に腐食位置と分極抵抗値とは良好な対応が見られる。一方、図-5に示すエポキシ樹脂コーティング供試体の場合は腐食位置において分極抵抗値はむしろ僅かではあるが増大している。また、自然電位の値もこの例では不明瞭である。これは、前報¹⁾でも触れたが測定の都合上、鉄筋と照合極との距離が大きかった(7cm)ことや腐食部分が照合極と逆の側であったことが原因と考えられる。図-6はガラス繊維補強セメント板を永久型枠に使用した供試体の測定結果である。この例では分極抵抗、自然電位ともに腐食位置との対応が良いことがわかる。

次に、鋼繊維をコンクリート中に混ぜて防食性を付与した供試体の測定結果を図-7に示す。これは□0.5×

研 究 速 報

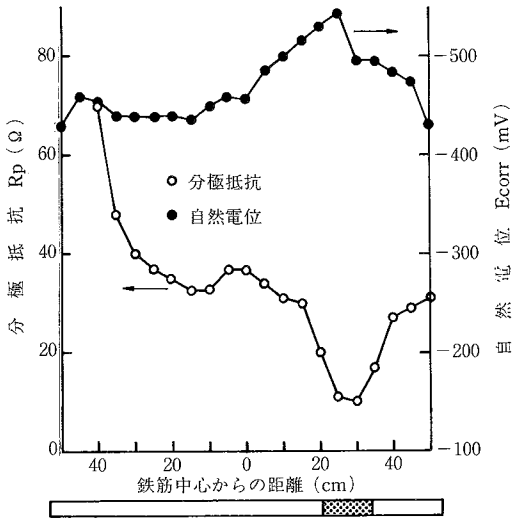


図-6 ガラス繊維補強セメント型枠供試体の測定結果

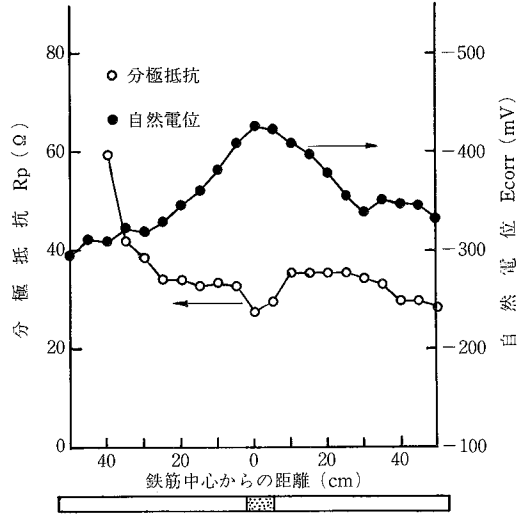


図-7 鋼繊維補強コンクリート供試体の測定結果

0.5×30mmのせん断材をコンクリート容積の1.5%混入した供試体であるが、分極抵抗および自然電位の値は腐食位置とほぼ対応している。しかし、概して鋼繊維補強コンクリート供試体の場合はこれらの対応は明瞭ではない。その理由としてコンクリート中の鉄筋を取り巻く鋼繊維が電位分布に乱れを生じさせていることが考えられる。

4. む す び

前報²⁾に続き電気化学の測定手法を用いてコンクリート中の鉄筋の腐食を非破壊的に診断した結果を報告したが、自然電位を判定基準とする方法は3年間の暴露試験を通じて経年データがかなり集積されてきた。一方、分極抵抗の測定は開始されたばかりであり、本報では代表

的な測定例を述べたにとどめたが、今後も継続してデータの集積を図る予定である。現在のところ、普通セメントコンクリートを対象にする場合は問題は少ないようであるが、防食対策を施したコンクリートの場合は測定法の適切な選択が重要であろうと思われる。

(1988年5月30日受理)

参 考 文 献

- 1) 小林, 辻, 星野: 生産研究, Vol. 40 (1988) No 7, P. 341~343
- 2) M. Stern; A. L. Geary: J. Electrochem. Soc., Vol. 104 (1957), 56
- 3) 小林: 昭和60年度科学研究費(一般研究B)研究成果報告書