

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(V) ——自然電位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 (V)
——Monitoring of Corroded Reinforcements by Means of Corrosion Potential——

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)~4)}では海洋飛沫帯に 3 年間暴露した鉄筋コンクリート梁供試体のひびわれ性状, 塩化物の浸透, 鉄筋の腐食状況などを調べて各種防食処理の効果を検討した。本文は, 非破壊的手法によりコンクリート中の鋼材腐食の診断を行うことを目的とし, コンクリート表面より鉄筋の自然電位の測定を行い, 鋼材腐食との関係について検討した結果を取りまとめたものである。

腐食の評価は自然電位の測定後直ちにコンクリートを破壊して中の鉄筋を取り出し, 目視観察やスケッチなどを行い, 腐食位置ならびに腐食面積を測定した。このような自然電位の測定値が, コンクリートの湿潤状態によって影響を受けることからすべての試験体は表面乾燥湿潤状態で測定した。なお, 供試体の諸元および暴露状況は既報¹⁾に述べたとおりである。

2. 自然電位の測定および腐食評価方法

鉄筋の自然電位は, ASTM C 876において標準化されている方法によって測定した。すなわち, 図-1 に示すように, 診断しようとする鉄筋直上のコンクリート表面に基準となる照合電極(本研究ではAg/AgCl電極を使用)を押し当て, これと鉄筋の端部に接続されたりード線との間の電位差を測定した。この測定値より鉄筋の腐食時に形成されるマクロ電池の大小や電気化学的平衡状態が推定される。

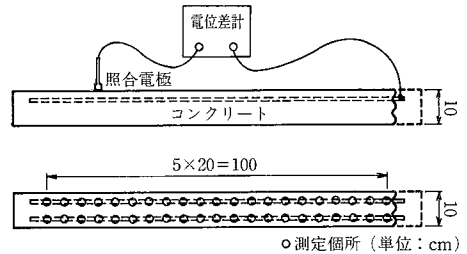


図-1 自然電位の測定方法と測定箇所

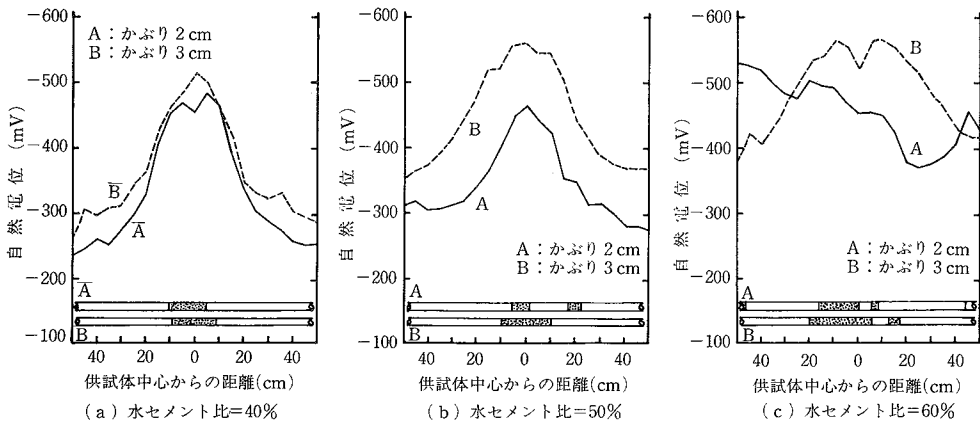


図-2 普通セメントコンクリート供試体の電位分布

*東京大学生産技術研究所 第5部

研 究 速 報

3. 実験結果と考察

3.1 普通ポルトランドセメントを用いたコンクリート

図-2は普通ポルトランドセメントを用いて作製した水セメント比の異なる供試体の自然電位測定結果を示す。各図中の曲線のAはかぶり2cm, Bは同3cmの供試体の測定結果である。また図には測定後に観察した鉄筋の腐食位置の概略をA, Bに対応させて示した。

W/Cが40%のものでは供試体中央部を頂点とし、左右対称な電位分布を示す。A, Bを較べると、かぶりの大きいBのほうがわずかに卑(低電位)側へシフトしている。腐食位置はいずれも中央部であり、自然電位のピークと対応している。W/C=50%の場合は、腐食位置に対応する中央部に電位のピークが存在しているが、かぶり厚さが3cmのほうが50~100mV卑側になっている。また、かぶり厚さが2cmの供試体では中心より20cm離れたところにも腐食が観察されたが、電位のピークは測定されなかった。W/C=60%の供試体の場合かぶり2cmの供試体において、中央部以外の両方の端部が腐食しており、自然電位の分布のピークは認められないが、ほぼ腐食箇所と一致した電位変化を示している。一方、かぶり3cmの供試体では2箇所腐食位置に対応した電位のピークが測定された。

腐食箇所における電位の範囲を図-2に関して調べてみると、かぶり2cmの供試体ではいずれの水セメント比でも-450mVより卑側、同3cmの供試体ではW/C=40%で-480mV, W/C=50%および60%で、-520mVよりそれぞれ卑側にあるとき腐食が発生していた。

3.2 高炉水砕スラグ混入コンクリート

コンクリート自体に防食性を付与することを目的として、高炉水砕スラグ微粉末を重量で50%ならびに70%普

通ポルトランドセメントに置換してコンクリートの防食を図ったものである。この供試体の自然電位測定結果を図-3に示す。図-3(a)は置換率50%, 図-3(b)は70%の結果であり、図中の曲線A, Bはそれぞれかぶり2cm, 3cmの結果を示している。スラグ量が多く、かぶりが薄い供試体(図-3(a))では中の鉄筋が全体にわたって腐食していたが、このときの自然電位の分布は卑側にあるものの一様ではなく、電気化学的平衡状態と見かけ上の腐食は異なっているものと思われる。他の供試体の場合、中央部に腐食が見られたがいずれも電位のピークと対応している。

3.3 防食被覆コンクリート

鉄筋の防食を行うためコンクリートの表層部に腐食因子の遮蔽層を設けた供試体の測定結果を図-4に示す。

図中の曲線AはポリマーセメントモルタルのA種をライニングしたものでBはB種をライニングしたものである。また、Cはエポキシ樹脂のコーティングを行ったものである。また、かぶり厚さはいずれも2cmである。A, Bのポリマー系ライニングは腐食位置と自然電位のピークとが対応しているが、Cのエポキシ樹脂コーティング供試体の場合中央部が腐食しているにも拘わらず電位の変化は認められなかった。この供試体はエポキシ樹脂塗膜を施してあるため、かぶり面側に照合電極を接触させて電位を測定することが困難であり、反対側の打設面から電位の測定を行った。したがって、鉄筋と電極との距離が7cm(他の供試体においては2~3cm)と離れていた。また、鉄筋中央部の腐食はかぶり面側に発生しており、打設面側には認められなかったこと等が原因と考えられる。

次に、ガラス繊維補強セメント(GRC)板を遮蔽層として永久型枠に使用した供試体の自然電位を図-5に示

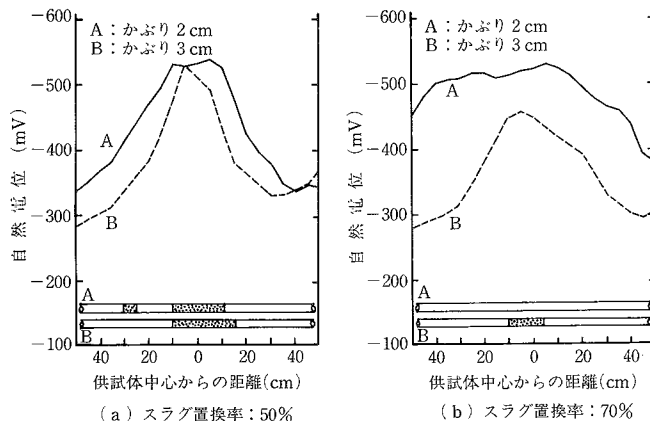


図-3 高炉セメントコンクリート供試体の電位分布

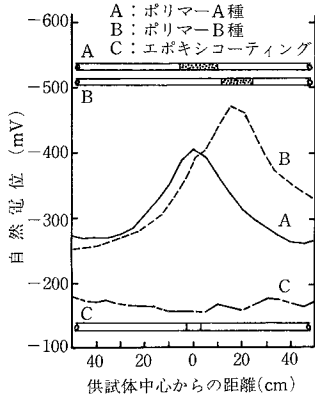


図-4 防食被覆コンクリート供試体の電位分布

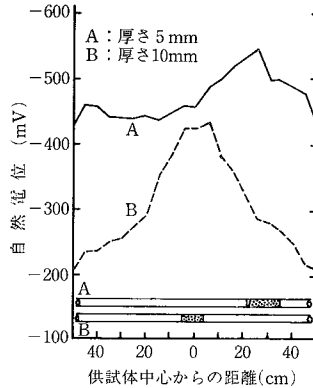


図-5 ガラス繊維型枠供試体の電位分布

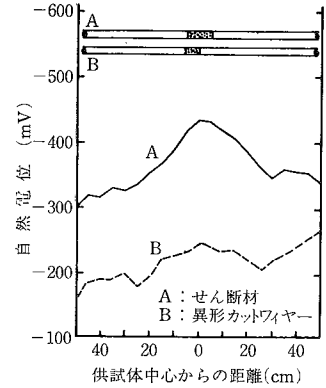


図-6 鋼繊維補強供試体の電位分布

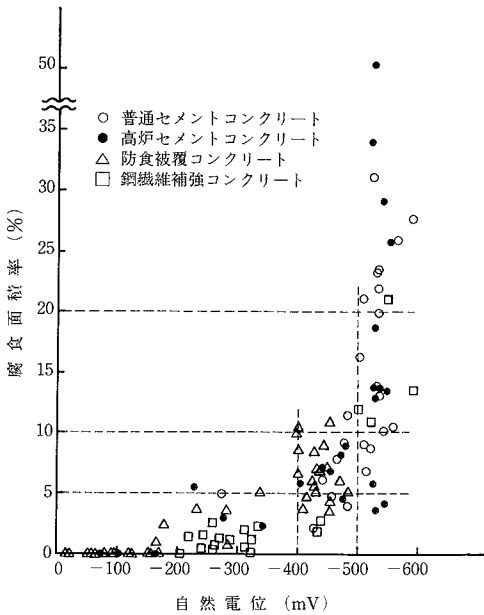


図-7 供試体の最低電位と腐食面積率との関係

す。図中の曲線AはGRC板の厚さが5mm、Bは10mmの供試体の測定結果である。いずれも腐食位置と電位ピークとが対応しているが、GRC板の厚さが5mmの供試体の電位が全般的に卑側に位置している。

3.4 鋼繊維補強コンクリート

鋼繊維を混入してコンクリート自体に腐食性を付与したもので、鋼繊維としては $0.5 \times 0.5 \times 30$ mmのせん断材および $\phi 0.5 \times 30$ mmの異形カットワイヤーをそれぞれコンクリート容積の1.5%混入した。これらの供試体の自然電位測定結果を図-6に示す。図中Aの曲線はせん断材、Bは異形カットワイヤーによる結果を示し、鉄筋のかぶりはおおの3cmである。

Aの場合には電位ピークと腐食位置は対応しているものの、Bにおいては若干の電位ピークは認められたが電位変化も小さく明瞭な対応をしているとは言い難い。これは腐食面積率が小さいこと²⁾、かぶり部分(すなわち腐食制御)に骨材のほかに鋼繊維を介在していること等がその原因と思われる。

4. 自然電位と腐食面積率

前章では自然電位の分布と鉄筋の腐食位置の関係を述べたが、ここでは自然電位の値と腐食量(面積率で表示)との関係についての調査結果を述べる。図-7は最低電位と腐食面積の関係を示したものであり、腐食面積率が5%以上の場合は-400mVより卑な電位域、同じく10~15%以上の場合には-500mVより卑の電位域を示すことがわかる。この関係は今回の一連の暴露試験において行った1年暴露供試体の調査⁶⁾においても同様であり暴露期間を問わず認められる。しかし、逆にこの電位領域において必ずしも上記に相当する腐食面積率を示すわけではなく、これは測定時の供試体の湿潤状態や防食処理方法などにも影響されるものと思われる。非破壊診断の際には、これらの影響因子を考慮した上で自然電位測定を行う必要があると考えられる。

(1988年4月27日受理)

参考文献

- 1) 小林, 星野: 生産研究, Vol. 39 (1987) No 8, 339~342
- 2) 小林, 星野: 生産研究, Vol. 39 (1987) No 10, 432~434
- 3) 小林, 星野: 生産研究, Vol. 39 (1987) No 11, 472~475
- 4) 小林, 星野: 生産研究, Vol. 40 (1988) No 2, 110~112
- 5) ASTM C 876-77: Half Cell Potentials of Reinforcing Steel in Concrete
- 6) 小林, 辻, 星野: 生産研究, Vol. 37 (1985) No 12, 550~553