

海洋飛沫帯における鉄筋コンクリート梁の暴露試験(I)

——暴露1ヶ年の結果——

Marine splash zone exposure tests on reinforced concrete beams. (I)
 ——Test results at one year of exposure——

小林 一 輔*・辻 恒 平*・星 野 富 夫*
 Kazusuke KOBAYASHI, Kohei TSUJI and Tomio HOSHINO

1. は じ め に

伊豆半島城ヶ崎海岸において昭和58年6月より5年計画で開始された暴露試験のうち、1年間経過した供試体の調査結果を報告する。

2. 測 定 結 果

(1) 供試体のひびわれ性状

図-1に供試体中央部のひびわれの変化を示す。これは普通ポルトランドセメントを使用した水セメント比60%、計画かぶり厚*1 2cmの供試体の一例である。(a)は暴露前にあらかじめ導入した曲げひびわれであり、(b)は暴露6ヶ月後のひびわれ状態である。この供試体の場合、暴露開始より6ヶ月経過ですでに鉄筋に沿ったひびわれ(縦ひびわれ)が生じていた。また(c)は暴露して1年経過した際のひびわれパターンであり、表面には錆汁がみとめられた。供試体を破壊して中の鉄筋を取り出してみると(d)に示されるようなひびわれ部での局部腐食が観察された。コンクリート表面で観察される縦ひびわれの幅は、いずれの供試体においても微小で1/100mmのオーダーであった。またひびわれの長さや発生位置は供試体間で関連性はみとめられず、鉄筋直上に生じないものもあった。

*1 今回の暴露試験では、かぶり厚を2cmおよび3cmで計画したがコンクリートの打設時に鉄筋の沈下が生じたためにいずれの供試体も4~5mm薄くなっていた。ここでは便宜上当初の計画かぶり厚により表示する。

(2) コンクリートの品質および種類と鉄筋腐食の関係

図-2に各種コンクリート中の鉄筋の腐食面積率を示す。腐食面積率は鉄筋の腐食している部分をセロハン紙に写しとり、その面積を測定しこれを全表面積(公称値)で除した値である。図中のデータは同種のコンクリートにつき4本の鉄筋を測定した結果をまとめたものである。腐食は主としてコンクリートの曲げひびわれ部分の

鉄筋の引張縁側に生じており、曲げひびわれ幅が大きいほど発錆の確率は高くなっていた。図中より普通セメントコンクリートの場合、水セメント比W/Cの増大およびかぶりの減少に伴って腐食面積率は増しその変動も大きくなるが、高炉セメントコンクリートの場合、同じW/Cの普通セメントコンクリートにくらべて腐食面積率は小さくその変動も少ない。また鋼繊維補強コンクリートの場合、表面の鋼繊維の腐食は観察されたが内部の鉄筋の腐食は極めてわずかであった。一方、GRC型枠使用のコンクリートを除き防食を施したコンクリートの腐食面積率はたかだか4%程度であり同じW/Cの普通セメントコンクリートのそれにくらべて1/2~1/3に減少している。ガラス繊維混入率が5%のGRC型枠使用の供試体は一部に8.3%の腐食面積率を有するものがあったが、この腐食位置は曲げひびわれ導入区間以外であり、せん断によるひびわれが関係していたと考えられる。

(3) 鉄筋の自然電位と腐食との関係

コンクリート中の鋼材腐食の非破壊診断法として

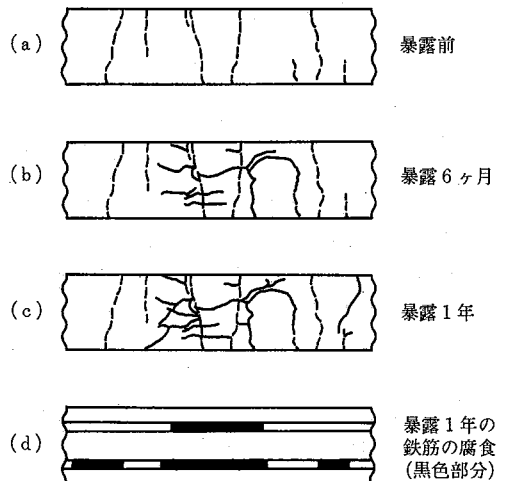


図-1 供試体のひびわれ変化および鉄筋の腐食状態

* 東京大学生産技術研究所 第5部

研 究 速 報

ASTM で標準化されている方法を暴露供試体の評価に適用した。すなわち、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リード線との間の電位差を測定するもので、この値により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の程度がわかる。ASTM では「電位差が -85 mV (vs. Ag/AgCl 電極, 以下同様) 以上の場合は 90 % 以上の確率で腐食が生じていない, また -85 mV ~ -235 mV の場合は不確定, -235 mV 以下の場合は 90 % 以上の確率で腐食が生じている。」というガイドラインを示しているが、このような目安を念頭に各供試体中の鉄筋の自然電位分布を測定し、直ちにコンクリートを破壊して中の鉄筋の腐食状態と対比させた。図-3 にはそのうち、(a) 普通セメントコンクリート (W/C=40 %, かぶり 2 cm), (b) 同 (W/C=40 %, かぶり 3 cm) および (c) 高炉セメントコンクリート (スラグ量 70 %, W/C=60 %, かぶり 2 cm) の 3 供試体の例を示す。図中にはそれぞれ腐食した鉄筋のスケッチも併記してある。かぶりが 2 cm の (a) および (c) 図では腐食している位置と自然電位の卑(負)側へのシフトが関連づけられる。しかし (a), (c) にくらべかぶりの大きい (b) の場合は腐食位置と自然電位の対応は不明瞭である。また、全く腐食していない場所の電位も ASTM の基準値にくらべ大きく卑側の値を示してお

り、これは他の供試体においても同様の傾向であった。さらに、(a)~(c) の供試体間では腐食していない鉄筋位置で 50~100 mV 程度の変動があり自然電位がかぶりやコンクリートの種類に関係していることが推察される。これらの結果より ASTM の基準値をそのまま今回の腐食の判定に適用することは困難であり検討の余地を有するが、腐食位置のモニターとしては自然電位の分布の変化を比較することにより利用できるものと考えられる。図-4 には各供試体の自然電位の平均値と腐食面積率の関係をもとめて示すが、各コンクリートごとに種別して傾向を調べるとおおむね自然電位が卑であるほど腐食面積率が大きいことがわかる。鉄筋の腐食速度を自然電位より求めることは理論上不可能であるが、図-4 のような多数のデータの集積により腐食状況を診断できると思われる。

次に 5 年暴露予定の供試体に対して試みられた自然電位の経時変化を図-5 に示す。図は普通セメントコンクリート供試体の水セメント比とかぶりに関してまとめたものであり 1 供試体中の 2 本の鉄筋の測定結果である。かぶりが 2 cm の供試体では水セメント比と無関係に暴露開始 6 ヶ月で電位が急激に変化し中心部分にピークが生じている。また W/C=40 の供試体では中心より 30 cm 離れたところにもピークがあり腐食していることが予想される。一方かぶりが 3 cm の供試体では自然電位

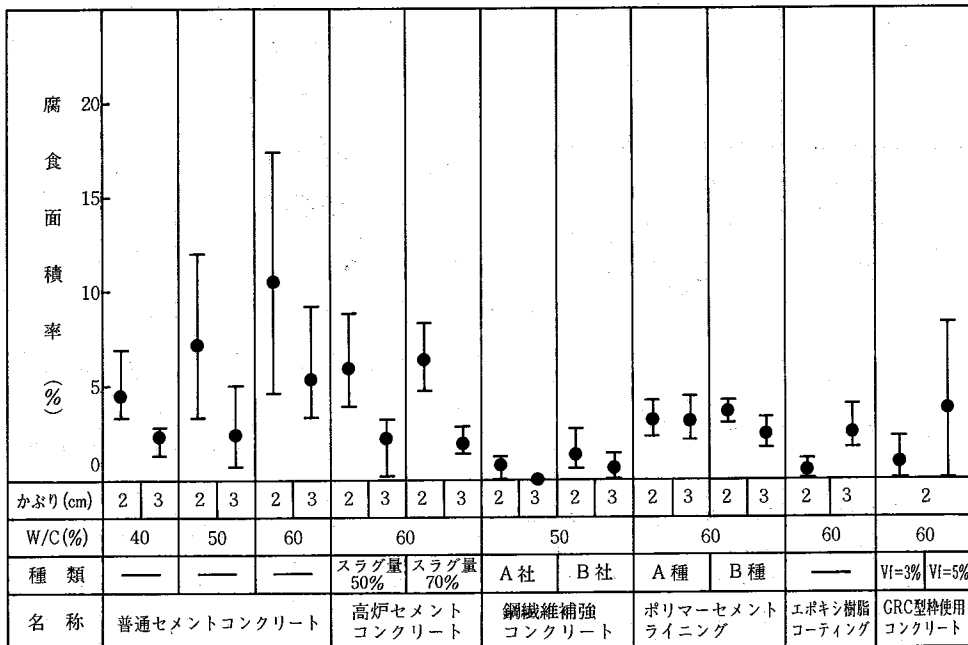
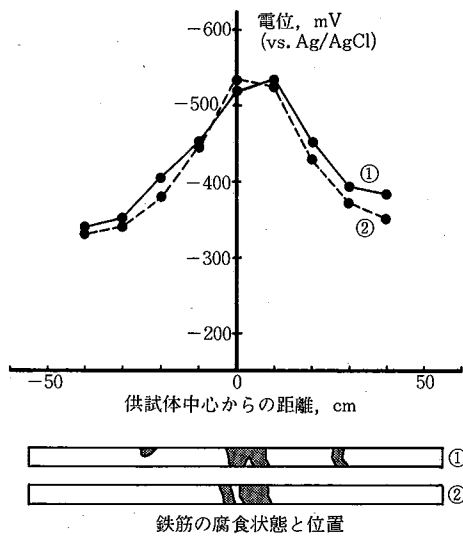
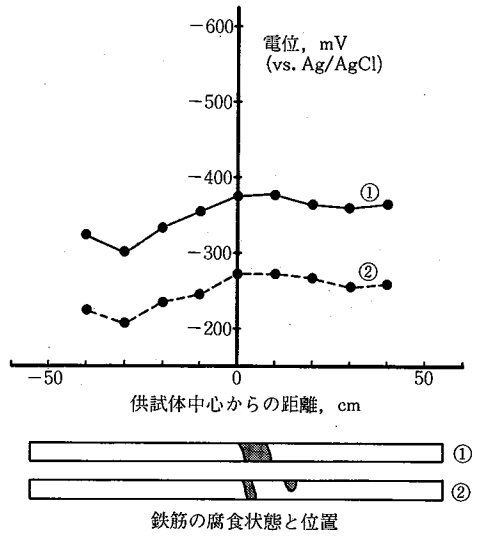


図-2 各種コンクリートの 1 年暴露後の鉄筋腐食面積率

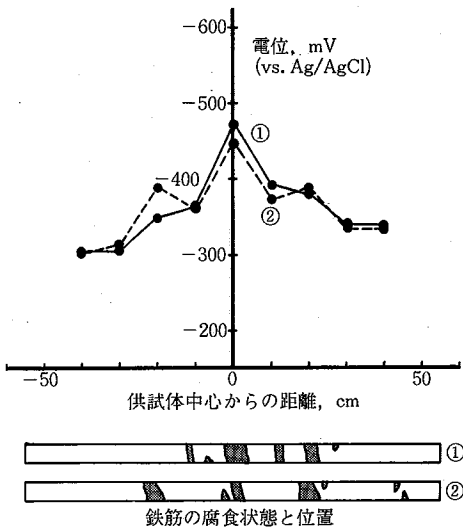
研究速報



(a)

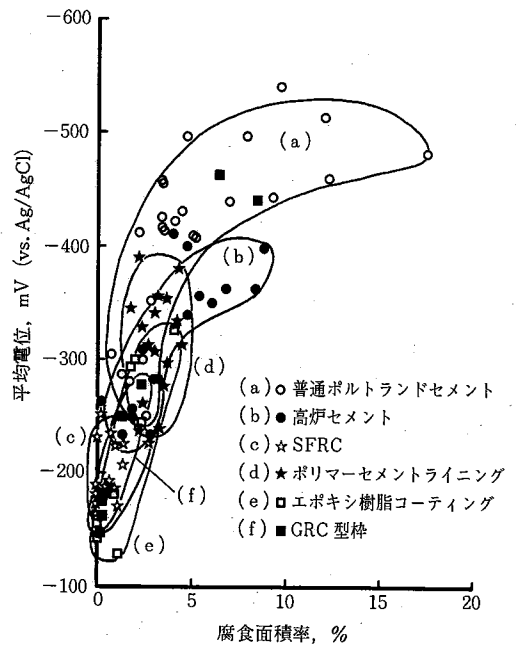


(b)



(c)

図一三 鉄筋の自然電位分布および腐食状態

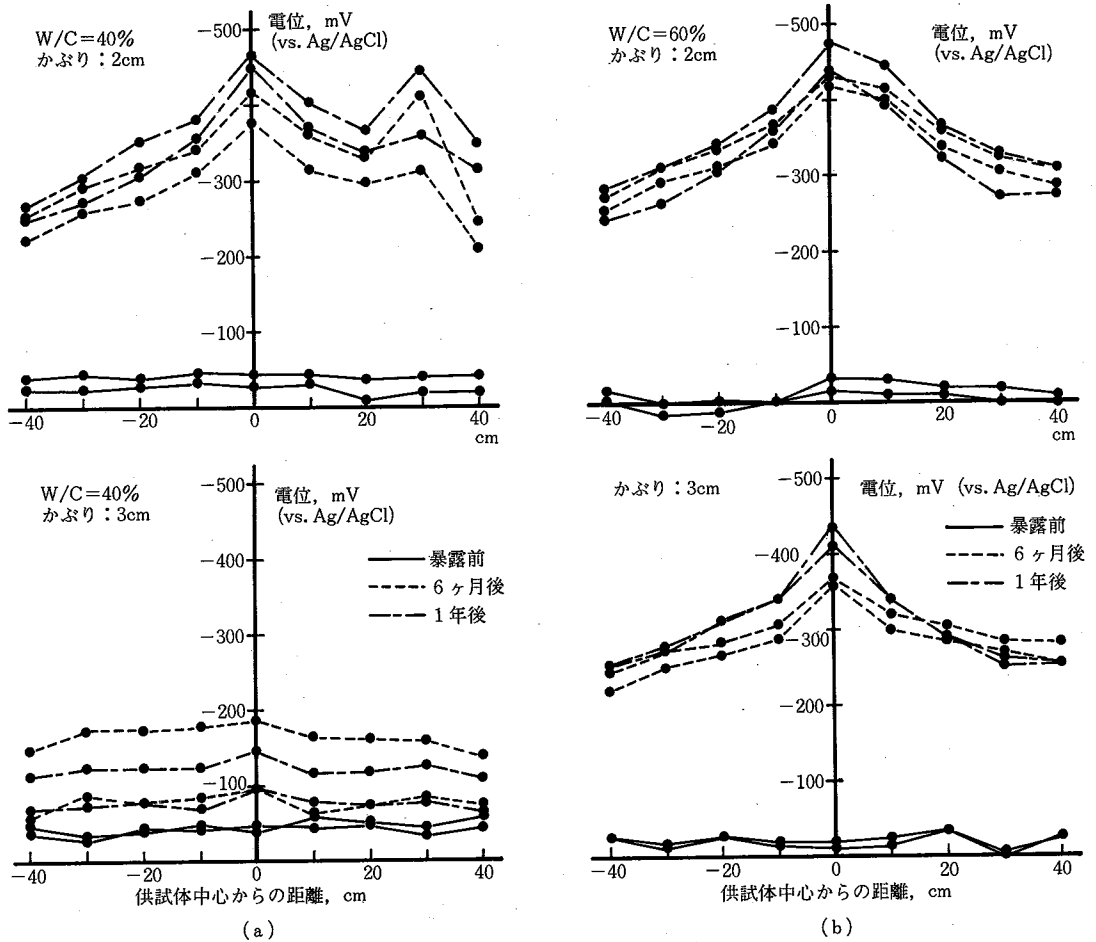


図一四 鉄筋の自然電位と腐食面積率の関係

の分布や経時変化が小さく鉄筋の健全さが予想されるが、W/C=60の供試体ではかぶり2cmのものと同様中心部に電位のピークがみられ腐食が予想される。これらの供試体は今後引き続き1年間隔で経時変化を観測していく予定であり、電位変化と鉄筋腐食との対応は5年経過後に行う予定である。

3. ま と め

本報告では、海洋飛沫環境下に1年暴露されたコンクリート供試体のひびわれ観察、鉄筋の腐食面積率測定結果に関して記し、さらに鉄筋の自然電位測定による非破壊的腐食モニタリングに関して述べた。測定結果によれ



図—5 鉄筋の自然電位の分布および経時変化

ば暴露開始6ヶ月の経過ですでに縦ひびわれの発生や自然電位の変化がみとめられた供試体もあり、その傾向は水セメント比が大で、かぶりの小さい供試体ほど著しか

った。また、防食の効果は図—2に示したとおりであるが1年間という限られた期間での結果であるため評価は今後の観測にゆだねたい。(1985年9月4日受理)

