

相対湿度が RC 部材の鉄筋腐食に及ぼす影響に関する基礎的研究

日本コンクリート(株) 正会員 チャン ドックヒュウ
宮崎大学 ○正会員 李 春鶴
太平洋マテリアル(株) 正会員 郭 度連

1. はじめに

RC 部材の劣化原因としては、様々な要因があげられるが、そのなかでも RC の鉄筋の腐食は代表的な劣化形態の一つである。この腐食現象を防ぐためには、鉄筋コンクリート構造物に対してモニタリング等を用いた適切な維持管理を行うことが極めて重要である。

鉄筋の腐食反応においては、水分の存在が必要である。従って、地下鉄のような空間では適切な相対湿度を設定することにより、コンクリート中の鉄筋腐食の反応を抑制し、RC 構造物の耐久性と安全性を確保し、メンテナンス費用と手間も削減できると考えられる。既往の研究¹⁾²⁾³⁾では、塩化物イオンや中性化は鉄筋腐食にどのような影響を及ぼすかについて検討が多くあったが、電気化学反応に起因する相対湿度の影響はまだ不十分である。

そこで本研究は、相対湿度が 40%、60%、80%の暴露環境を設けることによって、相対湿度がモルタルの鉄筋腐食に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

本研究では、普通ポルトランドセメントのみを用いて、水セメント比は 65%のモルタルを作製した。使用した細骨材は密度が 2.64g/cm³の豊浦砂を用い、細骨材量は、モルタル体積の 50%とした。

2.2 供試体の形状寸法

供試体は、40mm×40mm×140mm の角柱のもので、かぶり厚は 10.5mm の 1 種類とした。自然電位を測定するため、9 個の供試体(以下:N1~N9)を作製した。また、中性化の深さと含水率を測定するため、鉄筋を入れてない 27 供試体を作製した。いずれの供試体は、脱型後型枠面(暴露面)一面を残して、ほかはエポキシ樹脂とアルミテープにより表面被覆を行い、水分や気体の侵入を防いだ。

2.3 養生と暴露環境

供試体は打設後、翌日脱型して材齢 7 日まで水中養生を行った。その後、相対湿度が 60%の環境で一週間乾燥させた後、自然電位が-350mv(硫酸銅電極使用)になるまで相対湿度が 60%、炭酸ガス濃度が 5%

の暴露環境で中性化促進を行った。中性化促進が終了後、相対湿度が 40%、60%、80%の 3 つの暴露環境に 3 体ずつ暴露させた。

2.4 測定項目

本研究では、自然電位、中性化深さ、含水率、分極抵抗などの測定を行った。

自然電位法によって、鉄筋表面の自然電位を測定した。自然電位は、中性化深さや含水率の影響を多く受けることで、測定結果は式(1)を用いて中性化深さや含水率の影響の補正を行った。

$$X = X_0 - (X_1 + X_2) \quad (1)$$

$$X_1 = -25 \times Z_1 + 180, X_2 = 8 \times Z_2$$

ここで、Z₁:含水率(%), Z₂:中性化深さ(mm), X:補正した自然電位(mV), X₁, X₂はそれぞれ含水率と中性化深さにより補正した自然電位(mV), X₀は測定した自然電位(mV)である。測定した自然電位の値は ASTM C876-77 規格を用いて腐食状況の評価を行った。

中性化深さと含水率は日本工業規格 JIS A 1152 と JIS A 1125 により測定を行った。

分極抵抗は、分極抵抗法を用いて測定した。分極抵抗法はコンクリート表面に当てた電極から内部鉄筋へ微弱な電流を流したときの分極抵抗を測定して鉄筋の腐食速度を推定しようとする方法である。測定した分極抵抗値は CEB(ヨーロッパ委員会)による腐食速度の判定を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 曝露前の測定結果

中性化深さと含水率の経時変化を図-1 に示す。1 週目は中性化の進行速度が遅いが、2 週目から急激に増加する傾向を示した。これは初期の段階では、水分が多く存在するため、中性化が進行しにくくなるが、その後、乾燥の進行により、含水率が小さくなり、閉塞されてない空隙がモルタル表面まで連続的に繋がることで、モルタル供試体に二酸化炭素が大量に入り込み、中性化が早く進行したと考えられる。

自然電位の経時変化を図-2 に示す。自然電位は多少不一致なところが見られたが、時間の経過に従い低下する傾向があり、特に初期の2週間までは自然電

キーワード 鉄筋腐食, 相対湿度, 自然電位, 分極抵抗, 地下トンネル, 中性化

連絡先 〒889-2192 宮崎県宮崎市学園木花台西 1-1 宮崎大学 工学部 TEL 0985-58-7338 FAX 0985-58-7344

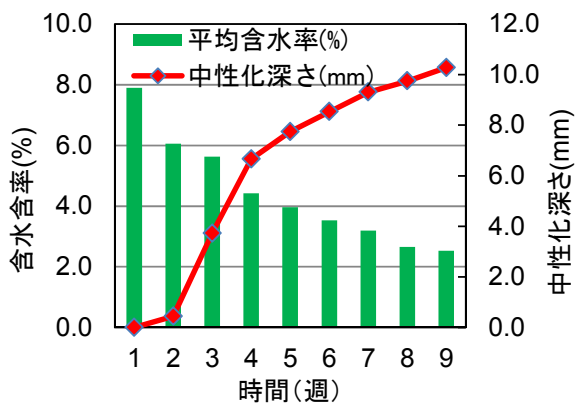


図-1 中性化の経時変化

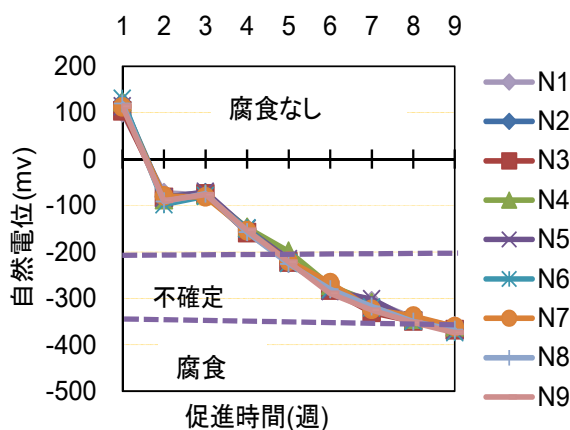


図-2 自然電位の経時変化

位の値は急激に下がった。その後、緩やかに低下する傾向が見られた。理由としては、中性化深さが時間に従い大きくなったことによって、モルタル中の鉄筋表面の不動態皮膜がだんだん破壊されたため、自然電位の値も大きくなったと考えられる。これにより、9週目では自然電位が-350mVを超え、不動態が破壊され、腐食が開始したと判断する。

3.2 曝露環境中の測定結果

曝露環境中の含水率の測定結果を図-3 示す。曝露 18 日目の含水率は相対湿度が 80%の曝露環境下では 4%まで上昇しているが、相対湿度が 60%の環境では含水率が 2%に留まり、促進段階とほとんど変わらなかった。40%の環境下では非常に乾燥した環境下であるため、含水率が 1.5%まで低下した。

曝露環境中における分極抵抗値の経時変化を図-4 に示す。すべての曝露環境中の供試体の分極抵抗の値が初期の 3 日間においては、低下するまたは横ばいになる傾向を示したが、その後大きな差を示している。相対湿度が 40%の曝露環境下において分極抵抗値が増加し、相対湿度が 60%の環境下においては分極抵抗がほぼ一定となった。一方、相対湿度 80%の環境下においては、分極抵抗の値が小さくなる傾向を示している。これは初期の 3 日間が中性化促進段階から腐食傾向を引き続いたが、その後中性化の

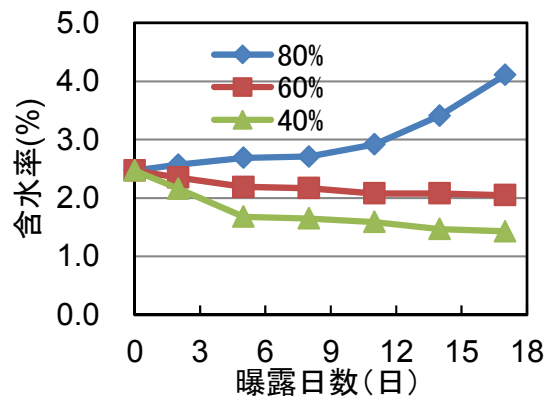


図-3 曝露環境中の含水率の経時変化

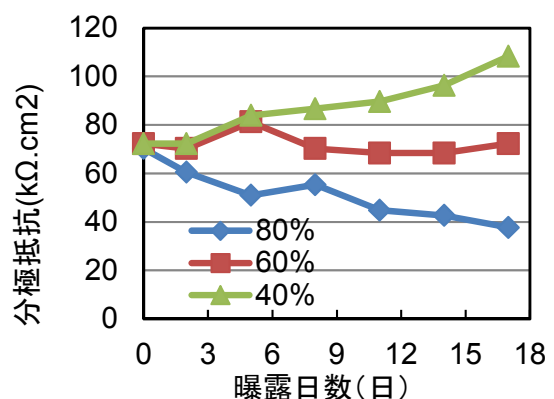


図-4 曝露環境中の分極抵抗の経時変化

影響がなくなったため、各曝露の環境の含水率の相違により、分極抵抗の値がそれぞれ異なって、含水率が大きいほど分極抵抗が低下すると考えられる。このように、CEB の腐食速度の判断基準によると、相対湿度が 60%以上の曝露環境においては、低～中の腐食速度が判断され、相対湿度が大きくなるに従って、腐食速度も大きくなっていることが推測される。一方で、相対湿度が 40%の曝露環境においては、腐食が停滞することが推測される。

4. まとめ

予め中性化促進により不動態被膜を破壊させたモルタルの鉄筋は、相対湿度が 60%以上の曝露環境では腐食が進行し、相対湿度が 40%の曝露環境では、腐食が停滞することが明らかになった。

参考文献

- 1) 佐伯竜彦, 大即信明, 長滝重義, 中性化によるモルタル中の鉄筋腐食の定量的評価, 土木学会論文集, No.532, V-30, pp.55~65, 1996.2
- 2) 鉄筋腐食・防食および補修に関する研究の現状と今後の動向, 土木学会コンクリート技術シリーズ, No.26, pp.123~126, 2001
- 3) 佐々木孝彦, 玉井譲, 工藤輝大, 自然電位による鉄筋腐食判定に関する考察, コンクリート工学年次報告集, Vol.18, No.1, pp.36~39, 1996