

温度と塩化物イオン濃度の変化がフライアッシュコンクリート中の鉄筋分極抵抗に与える影響

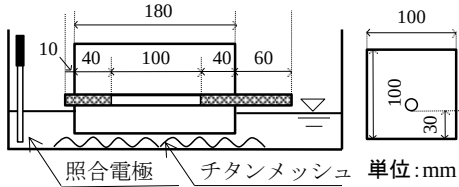
徳島大学大学院 学生会員 ○宮田啓志
徳島大学大学院 正会員 上田隆雄
徳島大学大学院 正会員 塚越雅幸
四国電力 正会員 高野 剛

1. はじめに

本研究では、フライアッシュ（以下、FA とする）の混和がコンクリート中の鉄筋腐食速度に与える影響を実験的に検討することを目的として、あらかじめ内在塩分の形で塩化物イオン（以下、 Cl^- とする）を混入したコンクリートを用いて RC 供試体を作製し、鉄筋の分極抵抗を定期的に測定した。また、本研究でパラメータとして採用した環境温度、および、 Cl^- 濃度を独立した影響関数として考慮した横田式¹⁾を用いて、腐食速度の実測値と予測値の比較し、検討を行った。

2. 実験概要

本実験で用いたコンクリートの配合を表－1 に示す。水セメント比（W/C）は 55% で一定とした。FA 無混和の N を基準配合として、これに対し内割または外割で、FA を置換率 20% で混和した。配合名は、Ⅱ種 FA を内割混和したものをⅡIN、Ⅱ種とⅣ種 FA を外割混和したものをそれぞれⅡEX およびⅣEX とした。また、各配合について、初期混入 Cl^- 量が 3.0、5.0 および 8.0 kg/m^3 となるようにあらかじめ NaCl を練混ぜ水に溶解させて混入した。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、FA は、JIS A 6201 で規定されたⅡ種 FA および、Ⅳ種 FA を使用した。細骨材は大分県津久見市産石灰砕砂を、粗骨材は大分県津久見市産石灰砕石をそれぞれ使用した。RC 供試体は、図－1 に示すような形状・寸法であり、異形鉄筋 D13（SD345）を 1 本配置したものとした。なお、コンクリート中の鉄筋埋込み部分の内コンクリートと接する部分以外は、エポキシ樹脂で被覆することで防食処理を行った。供試体は打設翌日に脱型し、20℃の恒温室中で 28 日間の封緘養生を行った。養生が終了した RC 供試体は湿布で包み、ジップ付きのビニル袋に入れて恒温環境で保管した。温度については 20℃と 40℃を 1 週間ずつ交代で変化させ、電気化学的鉄筋腐食評価指標の測定を、各温度で 1 週間保持した最終日に、その温度環境で実施した。測定項目はコンクリート抵抗とコンクリート中鉄筋の分極抵抗とし、照合電極には飽和 Ag/AgCl 電極、対極にはチタンメッシュを使用して、交流インピーダンス法で測定した（図－1 参照）。



図－1 鉄筋コンクリート供試体の概要と測定状況

3. コンクリート抵抗および分極抵抗の測定結果

コンクリート抵抗の経時測定データの平均値と、初期混入 Cl^- 濃度の関係を図－2 に示す。これによると、 Cl^- 濃度の違いがコンクリート抵抗値の変化に与える影響は、FA 混和の影響や温度変化の影響に比べて小さ

表－1 コンクリートの配合

配合名	W/B (%)	s/a (%)	G _{max} (mm)	SL. (cm)	単位量 (kg／m ³)							
					C	W	S	G	FAⅡ	FAⅣ	NaCl	AE 減水剤
N	55	44.0	20	8	273	150	847	1088	—	—	4.94 8.24 13.18	B×1.0%
ⅡIN	55	41.0	20	8	210	144	793	1153	52	—		
ⅡEX	55	39.0	20	8	300	165	581	1145	126	—		
ⅣEX	55	39.0	20	8	309	170	575	1131	—	118		

キーワード フライアッシュ、温度、塩化物イオン濃度、分極抵抗

連絡先 〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1 TEL 088-656-2153 FAX 088-656-7351

いと言える。ただし、他の配合よりも顕著に大きなコンクリート抵抗を示したⅡEXについては、 Cl^- 濃度が 5 kg/m^3 から 8.0 kg/m^3 に増加することにより、コンクリート抵抗の低下が見られる。これは、コンクリート中において負の電荷を運ぶイオン濃度が増加することで、電流が流れやすい環境が形成されたためと考えられる。

分極抵抗の経時測定データの平均値と、初期混入 Cl^- 濃度の関係を図-3に示す。これによると、 40°C 測定の場合には全体的に小さな分極抵抗値を示しており、 Cl^- 濃度変化の影響は小さい。 20°C 測定の場合には、 Cl^- 濃度増加に伴う分極抵抗低下の傾向が見られる。既往の検討結果¹⁾では、鉄筋位置の Cl^- 濃度は、鉄筋腐食速度に大きく影響する要因として報告されており、鉄筋腐食速度予測式でも Cl^- 濃度がパラメータとなっている場合が多い。これに対して、本研究では上述のような Cl^- 濃度の影響が見られたが、温度の影響に比べると比較的軽微な影響となっている。この原因として、供試体作製時に Cl^- を供給していることの可能性が考えられる。実構造物では、外来塩分が浸透し鉄筋位置の Cl^- 濃度が上昇していくことが多いが、そのような場合にはある時点における鉄筋位置の Cl^- 濃度には、 Cl^- 浸透に関するコンクリート細孔構造の影響が反映されている。すなわち、鉄筋位置の Cl^- 濃度が小さい場合、細孔組織が緻密で、酸素や水分の供給が抑制されていることの影響が含まれている場合があると考えられる。

4. 腐食速度実測値と推定値の比較

鉄筋位置での Cl^- 濃度 C がコンクリート中の鉄筋腐食速度 $V(C)$ に与える影響を、影響関数 $C_c(C)$ を用いて考慮した下記の横田式¹⁾を利用して、本検討データの評価を行うこととする。

$$V(C) = \beta \times C_c(C) \cdots (1)$$

Cl^- 濃度が 3 kg/m^3 の場合の測定データの平均値を用いて(1)式より定数 β を算出し、この β を再度(1)式に代入して、 Cl^- 濃度 5 kg/m^3 および 8 kg/m^3 の時の腐食速度を予測した。この予測値と分極抵抗の測定値から得られる実測値の比較を図-4に示す。これによると、Nは Cl^- 濃度が 5 kg/m^3 の場合に比較的高い精度で予測できているが、FAを混和した場合は全体的に予測値が過大評価となっている。この原因として、FAの混和による腐食発生限界 Cl^- 濃度の変化が考慮されていないことが挙げられる。今回の計算では、その値を 1.2 kg/m^3 で一律としたが、FAの混和でこの値が低下すると予測値が上昇する。この点については、今後の検討課題としたい。

参考文献：土木学会：コンクリート中の鋼材の腐食性評価と防食技術研究小委員会（338委員会）成果報告書（その2）、コンクリート技術シリーズ No.99, 2012.10

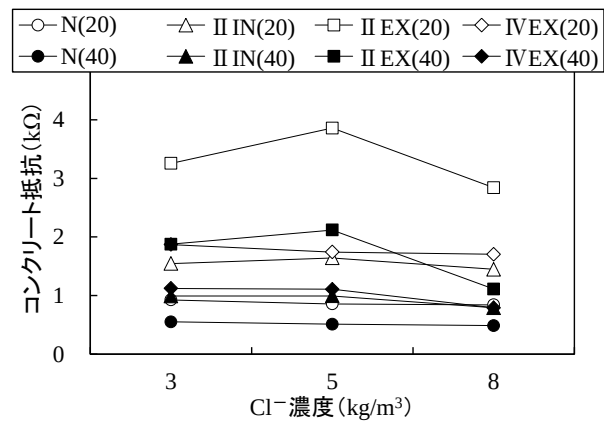


図-2 Cl^- 濃度とコンクリート抵抗の関係

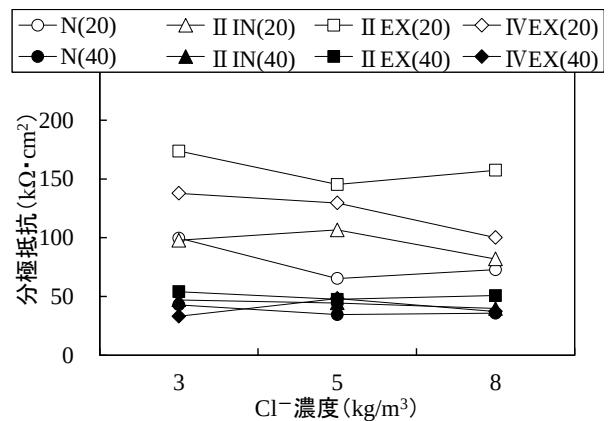


図-3 Cl^- 濃度と分極抵抗の関係

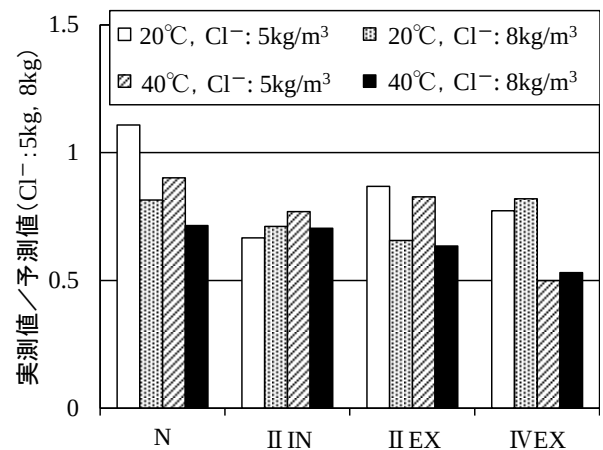


図-4 Cl^- 濃度 3 kg/m^3 測定結果を用いた 5 kg/m^3 および 8 kg/m^3 測定値の推定