

V-17 電気化学的モニタリングによるフライアッシュ混和コンクリート中の鉄筋腐食評価

㈱アルス製作所 正会員 ○山崎厚弘
徳島大学工学部 正会員 上田隆雄
㈱四国総合研究所 正会員 横田 優
電気化学工業㈱ 正会員 七澤 章

1. はじめに

コンクリートにフライアッシュを混和した場合、劣化因子のコンクリートへの浸透を抑制するなど、耐久性の向上に寄与する面も少なくないが、セメント代替で用いた場合にコンクリート中の中性化速度が大きくなるなど問題も指摘されている。

そこで本研究では、中性化が単独、または塩害と複合して作用する状況を想定した鉄筋腐食促進試験を行い、腐食促進環境下におけるコンクリート中の鉄筋腐食挙動に与えるフライアッシュの混和の影響を電気化学的手法を用いて検討するとともに、コンクリートへのフライアッシュ混和方法として、セメント代替の内割置換と細骨材代替の外割置換を比較した。

2. 実験概要

供試体は100×100×150mmとし、暴露面からかぶり20mm、40mmの位置に丸鋼（SR 235 φ9）を一本ずつ計2本配した(図1参照)。コンクリートの水結合材比(W/B)は、55%で一定とし、単位水量(W)を179kg/m³に設定した。本研究ではフライアッシュを内割で混和したコンクリート、外割で混和したコンクリート、無混和の普通コンクリートの3種類のコンクリートに対して、Cl⁻濃度0kg/m³、5.0kg/m³の2レベルをそれぞれ設定した合計6配合を用いた。なお、フライアッシュ置換率は0、30%の2レベルであり、内割の場合セメントに対する質量比で、外割の場合細骨材に対する体積比で置換した。Cl⁻は、コンクリートの練混ぜ水に溶解した形であらかじめ塩化ナトリウム(NaCl)を混入した。

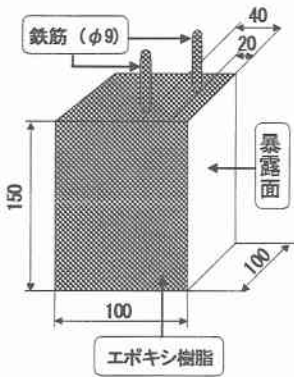


図1 供試体図
(単位：mm)

コンクリートの示方配合表を表1に示す。

表1 コンクリートの示方配合

コンクリート打設後、材齢1日で脱型

し、材齢28日まで恒温室内で供試体の封緘養生を行った。その後7日間の気中乾燥を行った上で、暴露面一面を除いた5面をエポキシ樹脂により被覆し、温度30℃、湿度60%およびCO₂濃度10%の促進中性化環境槽内に56日間静

配合名	W/B(%)	Cl ⁻ 量 (kg/m³)	FA置換 率(%)	s/a (%)	Gmax (mm)	Air (%)	単位量(kg/m³)						空気連行 剤(cc)	AE減水 剤(cc)
							W	C	FA	S	G	NaCl		
0(0)	55	0	0	45	15	7	179	325	0	847	1047	0	130	813
0(IN30)			IN30					227	98	833	1029	0	130	813
0(EX30)			EX30					325	222	593	1047	0	219	1368
5(0)		5	0					325	0	839	1047	8.3	130	813
5(IN30)			IN30					227	98	825	1029	8.3	130	813
5(EX30)			EX30					325	222	585	1047	8.3	219	1368

注) 供試体名は「Cl⁻量(フライアッシュ置換率(IN:内割、EX:外割))」

置後に、20℃の恒温室内において1週間の湿空と1週間の乾燥環境を繰り返した。

促進中性化および乾湿繰返し期間中の供試体に対して、鉄筋腐食状況をモニタリングするために、自然電位および分極抵抗の経時変化を測定した。また、434日間の腐食促進終了後に供試体からはとり出した鉄筋の腐食減量を測定した。

3. 実験結果および考察

以下の実験結果は、塩害と中性化が複合的に作用した供試体でかぶり20mmの場合を示す。

自然電位の経時変化を図2に示す。フライアッシュを内割で混和した場合には促進中性化56日の時点で

中性化深さが 20mm であったため、かぶり 20mm で設置された鉄筋の不動態被膜が破壊されているものと推測される。このため、図 2 に示すようにフライアッシュを内割で混和した場合の自然電位は中性化の影響で大きく卑変している。これに対して、フライアッシュ無混和、外割の場合、促進中性化 56 日の時点で中性化深さが 12mm であったことから中性化の影響は少なく内割の場合に比べ貴な電位を推移している。

腐食速度指標の経時変化を図 3 に示す。図 3 によると、腐食速度指標の値はフライアッシュ無混和の場合が最も大きく、フライアッシュを混和した配合、特に外割の場合に小さな値となっている。これは、フライアッシュを混和することにより、ポゾラン反応が進行し、コンクリート硬化体が緻密になったためと考えられる。

434 日間の鉄筋腐食促進試験終了後にはつりだした鉄筋の腐食減量測定結果を図 4 に示す。図 4 によると、フライアッシュ無混和の場合と内割混和の場合に大きな腐食減量を示している。これに対して、外割でフライアッシュを混和した場合には、腐食減量の抑制に成功しており、このような傾向は自然電位や分極抵抗の測定結果とも良い相関を示しているといえる。

腐食速度指標 $1/(R_p \times A)$ を時間積分し、 $M/(2Fa)$ を乗じた値と、実際に測定した腐食減量との関係を図 5 に示し、比例定数である K 値の推定を試みた。既往の検討結果では 0.02~0.03V 程度の K 値が得られており、本研究結果では、フライアッシュ無混和の場合 $K=0.028V$ となり、これらのデータともよい相関を示していると言える。これに対して、フライアッシュを混和した場合 $K=0.085V$ となり、無混和の場合と比較して大きな値となった。このため、フライアッシュ混和の有無により、K 値を変化させる必要があると思われる。

4. まとめ

自然電位および分極抵抗の電気化学的指標のモニタリングにより、コンクリート中鉄筋の腐食状況を概ね評価することができた。ただし、フライアッシュを内割混和した場合は無混和の場合と同一の K 値として腐食速度指標から推定されるレベルよりも、実際の腐食減量が大きかったことから、本研究の範囲では、フライアッシュの混和により K 値を変える必要があると考えられる。

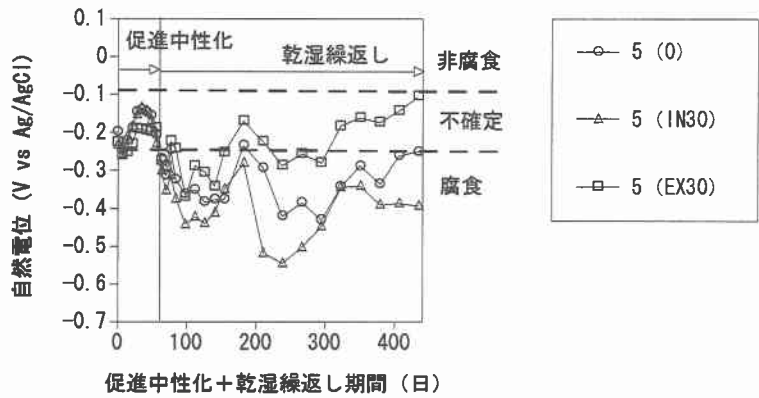


図 2 自然電位の経時変化

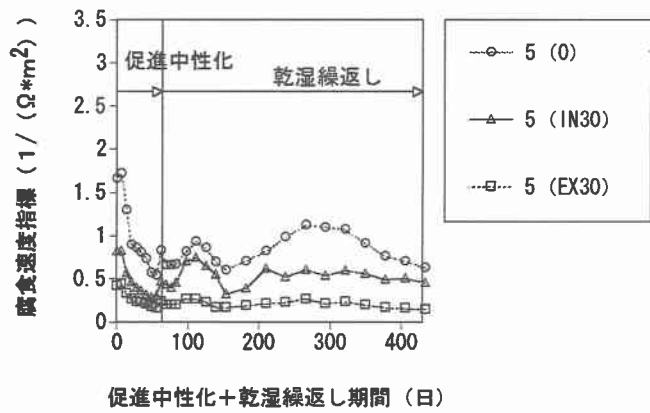


図 3 腐食速度指標の経時変化

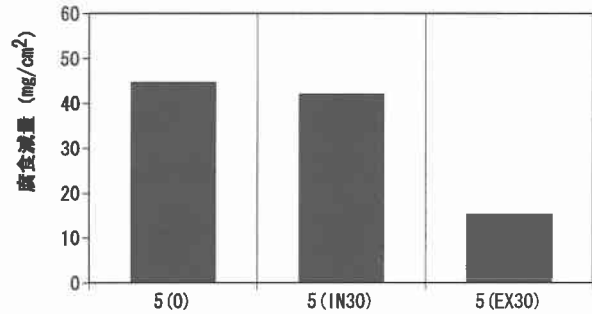


図 4 腐食減量の測定結果

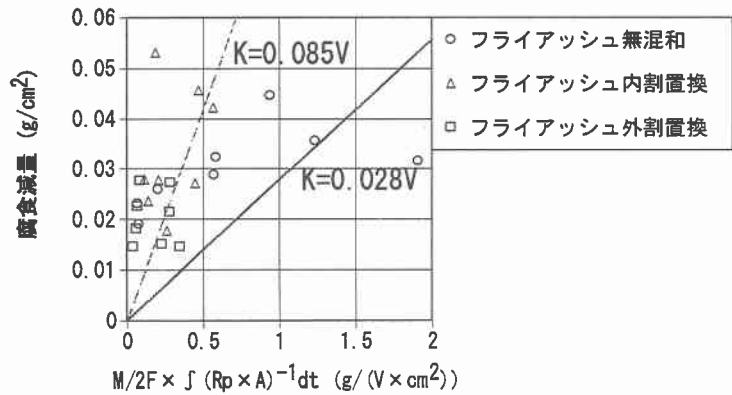


図 5 腐食減量と腐食速度指標の時間積分値との関係