

アミノ酸を添加した陽極被覆材が電気防食による防食効果に与える影響

徳島大学 賛助会員 ○草間駿英 徳島大学大学院 正会員 上田隆雄
太平洋セメント 正会員 江里口玲

1. はじめに

海洋環境との調和が可能なコンクリートとしてアミノ酸の一種であるアルギニン(Arg)を添加したコンクリートが開発され注目されている。一方で、塩害対策として RC

構造物に電気防食が適用される事例が増加しているものの、通電に伴い陽極被覆材が比較的早期に劣化する現象が指摘されている。そこで本研究では、塩基性の高いアルギニンを添加した陽極被覆材を用いた電気防食工法の陽極システム耐久性と防食効果について検討を行った。

2. 実験概要

本実験で用いたコンクリート配合を表-1 に示す。コンクリートには初期混入 Cl^- 量が 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。陽極被覆材は表-2 に示す 6 配合とした。配合名 P は断面修復用 PCM, N' は補修用の普通セメントモルタルである。また, P, N' それぞれにアルギニンを混入したものを PAr, N'Ar とする。Ar3 は Arg をセメント量の 3%, Ar6 は 6% をドライモルタル代替で混入したものを表す。本研究で作製した RC 供試体は、図-1 に示すように長さ 350 mm の異形鉄筋 D13 をかぶり 30 mm で一本配置し、母材コンクリートを打設した。コンクリートの打設翌日に RC 供試体の打設面を目荒しし、散水した後に陽極被覆モルタルの中央付近に陽極被覆材としてチタンメッシュを埋設した。陽極被覆材が一体化した RC 供試体は 20℃ の恒温室中で封緘養生を 14 日間行い、養生終了後、電気防食工法を適用した。電気防食工法における電流密度は過防食を想定した 100 mA/m^2 を設定した。通電中の供試体は乾燥環境(20℃, 60%R.H.)4 日, 湿潤環境(20℃, 95%R.H.)3 日の乾湿繰返し環境で保管し、湿潤環境終了後に通電を一時停止して鉄筋の復極量を測定した。なお復極期間は 7 日間とした。

3. 陽極被覆モルタルの圧縮強度および曲げ強度

陽極被覆材の圧縮強度および曲げ強度を図-2 に示す。これより W/C が同じため P 配合と N' 配合の圧縮強度は同程度であり、すべての配合で母材コンクリートの圧縮強度を上回っているため、陽極被覆材として用いるには十分な強度を有している。また, Arg を添加すると圧縮

表-1 コンクリート配合表

W/C (%)	s/a (%)	G_{max} (mm)	単位量(kg/m ³)						
			C	W	S	G	WRA	AEA	NaCl
60	48	15	300	180	816	927	1.8	0.006	13.2

表-2 補修材配合表

配合名	W/C (%)	P/C (%)	単位量(kg/m ³)		
			ドライモルタル	W	Arg
P	43	6.1	1825	292	-
PAr3	43	6.1	1796	287	21
PAr6	43	6.1	1767	283	41
N'	43	0	1800	386	-
N'Ar3	43	0	1772	380	21
N'Ar6	43	0	1777	374	41

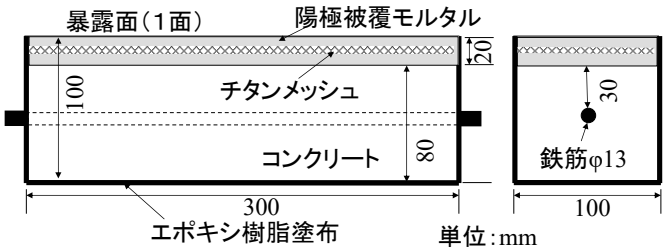


図-1 通電用供試体の概要図

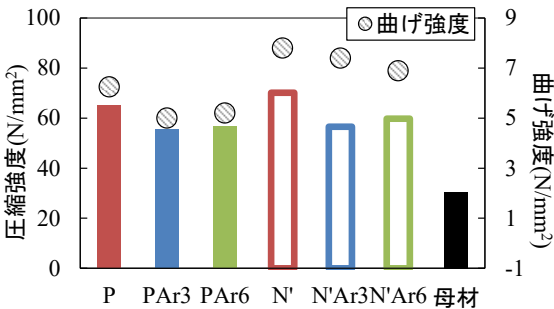


図-2 陽極被覆モルタルの圧縮強度と曲げ強度

強度、曲げ強度ともに低下する傾向がみられるが、Arg3 と Arg6 の圧縮強度の差はほとんど見られない。

4. 陽極被覆モルタル細孔溶液中の OH^- 濃度と NH_4^+ 濃度

陽極被覆モルタル細孔溶液中の OH^- 濃度および NH_4^+ 濃度を図-3 に示す。P 配合、N' 配合ともに Arg の添加量に比例して OH^- 濃度が増加している。これは高い塩基性を持つ Arg がモルタル細孔溶液中に溶解したことによるものと考えられる。また、Arg の添加量を増加させることにより溶出した Arg が変化したと考えられる細孔溶液中の NH_4^+ 濃度も増加している。

5. 通電期間中の復極量

通電期間中の復極量の経時変化を図-4 に示す。電気防食の防食判定基準は復極量が 0.1V 以上であるが本検討では $100\text{mA}/\text{m}^2$ を採用したためすべての場合でこの基準を大きく上回っている。陽極被覆材として P 配合を用いた場合、N' 配合より復極が遅れる傾向を示しているが、Arg を添加することで復極速度が大きくなっている。

6. 通電後の供試体中の pH 分布および Cl^- 濃度分布

通電が終了した後の陽極被覆材および母材コンクリート中の pH 分布を図-5 に示す。図の 0~20mm は陽極被覆材を示し、20~50mm は母材コンクリートを示す。なお、10mm はチタンメッシュの位置で 50mm は鉄筋直上である。通電後、チタンメッシュの位置で P と PAr6 の pH 低下がみられる。これは通電に伴い、チタンメッシュ周辺でアノード反応が生じたことが原因と考えられる。EPMA で測定した Cl^- 濃度分布を図-6 に示す。チタンメッシュ周辺で母材コンクリートから移動した Cl^- の濃度が上昇していることが分かる。また、PAr6 は P に比べ母材コンクリートとの界面付近の陽極被覆材中における Cl^- 濃度が小さい。これは Arg 添加による OH^- 濃度の増加により Cl^- の浸透が抑止されたためと考えられる。

7. 通電後の陽極被覆材と母材コンクリートとの接着強度

通電後の陽極被覆材および母材コンクリートの接着強度を図-7 に示す。これによるとすべての配合で通電に伴う接着強度の低下が見られ、低下強度は P 配合の陽極被覆材でより大きい。また、P 配合の全てで陽極界面破壊した。一方、N' 配合では 接着強度の低下がみられるものの、一般的な補修材の接着強度の基準値である $1.5\text{N}/\text{mm}^2$ を上回っており、通電に伴う陽極被覆モルタル劣化強度は P 配合を用いた場合より軽微であるものと考えられる。

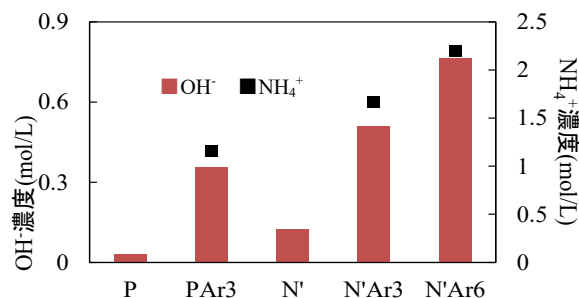


図-3 モルタル細孔中の OH^- 濃度および NH_4^+ 濃度

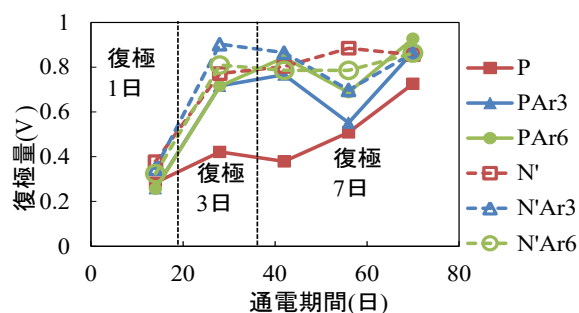


図-4 復極量の経時変化

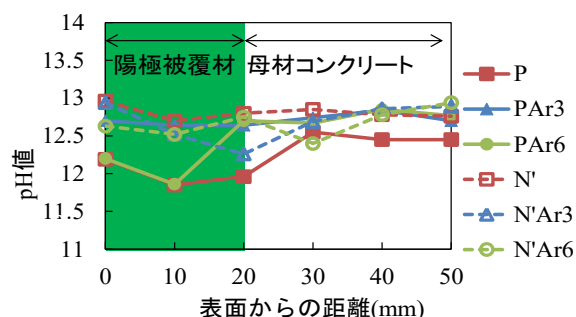


図-5 通電後の供試体内の pH 分布

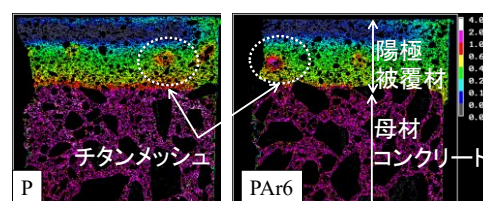


図-6 通電後の塩分濃度

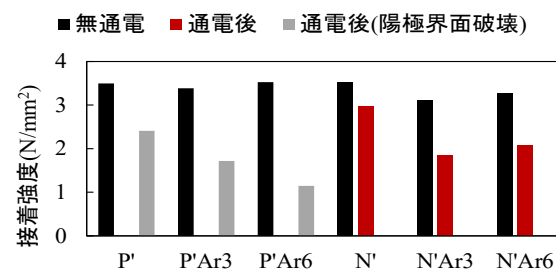


図-7 通電後の陽極被覆材と母材コンクリートとの接着強度