

アミノ酸を混入した再生コンクリートの耐塩害性に関する検討

徳島大学 学生会員 ○相原慶輔 徳島大学 正会員 上田隆雄
 徳島大学 正会員 塚越雅幸 徳島大学 正会員 上月康則

1. はじめに

アミノ酸の一種であるアルギニン混入したコンクリートを用いた消波ブロックなどは、海洋環境においてコンクリート表面への藻類の付着が促進され、魚類等の生物生息環境を改善できることが報告されている。本研究では、アミノ酸を混入した再生コンクリートの海洋構造物への適用を想定し、アルギニン混入再生コンクリートを用いた鉄筋コンクリートの基礎物性について検討するとともに、塩害抵抗性の検討も行った。なお、震災後の電力供給を支える火力発電所からの副産物であるフライアッシュ（FA）を細骨材代替で混入したコンクリートについても併せて検討を行った。

2. 実験概要

本試験で用いたコンクリートの配合を表-1 に示す。ここに示した 6 配合の内、配合名の最初に N が付いた 3 配合は普通骨材を用いた配合で、R が付いた 3 配合は再生骨材を用いた配合とした。水セメント比は一定の 55% とし、配合名に A の付いたアルギニンを添加した配合には、セメント質量の 3% の粉末アルギニンを細骨材代替として添加した。本実験では、アルギニンの添加方法として練混ぜ水に溶解させる方法を標準としたが、配合名 NAP の場合だけは、アルギニンを粉末の状態に添加した。また、配合名 RFA のコンクリートについては、アルギニンに加えて、細骨材体積の 20% のフライアッシュを混入した。なお、モルタル配合はコンクリート配合から粗骨材を除いたものとし、初期塩分としてコンクリート体積換算で塩化物イオン（以下 Cl^- とする）濃度が 3.0 kg/m^3 となるように NaCl を練混ぜ水に溶解して混入した。再生骨材については、構造物の解体に伴って引抜いた PC 既存杭（打設後 27 年経過）を破砕処理して得たものであり、5mm 以下のものを再生細骨材 RS（密度： 2.23 g/cm^3 ，吸水率：10.8%）、粒径が 5-20 mm のものを再生粗骨材 RG（密度： 2.34 g/cm^3 ，吸水率：7.0%）として使用した。本研究で用いた供試体は、 $\phi 13$ のみがき丸鋼をかぶり 25mm で埋め込んだ $100 \times 100 \times 30 \text{ mm}$ のコンクリート角柱供試体、 $\phi 100 \times 200 \text{ mm}$ のコンクリート円柱供試体、および $\phi 50 \times 100 \text{ mm}$ モルタル円柱供試体である。塩水浸漬に用いる供試体は、塩水浸漬面以外をエポキシ樹脂で塗布した。コンクリート角柱供試体は、塩水浸漬試験においては室温 20°C 、10%NaCl 溶液への浸漬 10 日間、気中乾燥 4 日間で 1 サイクルとし、1 サイクル毎に自然電位、分極抵抗を測定した。コンクリート円柱供試体は、角柱供試体と同じく塩水浸漬を行い 3 ヶ月後の全 Cl^- 濃度分布を測定した。また封緘養生で材齢 91 日におけるの圧縮強度試験に用いた。モルタル円柱供試体は同じく封緘養生で材齢 91 日の時に細孔溶液抽出を行い、細孔溶液中の Cl^- および OH^- 濃度の測定を行った。

表-1 コンクリートの配合

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)										圧縮強度 (N/mm^2)
			W	C	NS	RS	NG	RG	FA	Arg	WRA*	AEA**	
N	55	48	170	309	852	—	949	—	—	—	2.47	0.01	34.84
NA	55	48	170	309	834	—	949	—	—	9.27	0.93	0.01	40.55
NAP	55	48	170	309	834	—	949	—	—	9.27	0.93	0.01	41.19
R	55	48	170	309	—	734	—	835	—	—	3.40	0.02	22.20
RA	55	48	170	309	—	718	—	835	—	9.27	1.24	0.02	19.57
RFA	55	42	170	309	—	571	—	835	235	9.27	1.54	0.02	30.88

*WRA：AE 減水剤，**AEA：AE 剤

3. モルタル細孔溶液中のイオン組成

3.0 kg/m³のCl⁻を混入したモルタルから材齢91日で抽出した細孔溶液中のOH⁻およびCl⁻濃度を図-1に、Cl⁻/OH⁻モル比を図-2に示す。アルギニンを添加した場合には細孔溶液中のOH⁻濃度が大きく上昇している。これは、アルギニンの有する高い塩基性によるものと考えられる。またアルギニンを添加した配合は、無添加の配合よりも細孔溶液中のCl⁻濃度が低下している。メカニズムは現時点では不明であるが、アルギニンのようなアミノ酸はエトリンサイトなどのセメント水和物結晶構造に影響することが指摘されており、Cl⁻を固定化した可能性が考えられる。アルギニン添加方法に関しては、NAより、粉体として添加したNAPの方がOH⁻濃度が高くなり、Cl⁻濃度は大きく低下している。さらに、フライアッシュを混和したRFAでは、ポゾラン反応の影響でOH⁻濃度が若干低下するが、Cl⁻濃度がさらに低下している。これは、アルギニン添加の影響を受けながらフライアッシュのポゾラン反応が活性化されたものと推定される。

Cl⁻/OH⁻モル比はコンクリート中の鉄筋腐食状態を表す指標であり、値が大きいほど厳しい鉄筋腐食環境である。アルギニンを添加した場合には、OH⁻濃度が上昇し、Cl⁻濃度が低下するため、Cl⁻/OH⁻モル比は小さくなる。今回の結果より、コンクリート中の全Cl⁻濃度が同じであっても、鉄筋の腐食状態はアルギニンの添加で緩和されるものと推定される。

4. 塩水浸漬を行ったコンクリート中の鉄筋腐食

3ヵ月塩水浸漬後のコンクリート中の全Cl⁻濃度分布とコンクリート中鉄筋の自然電位、分極抵抗の経時変化を図-3、図-4、図-5に示す。図-3を見ると鉄筋位置での塩分濃度はNよりRの方が大きい値を示したが、アルギニンとフライアッシュを添加したRFAが最も小さい値を示した。これは、フライアッシュのポゾラン反応による密実化によるものだと考えられる。このことは、図-4と図-5の自然電位と分極抵抗のRFAの値大きいことよりも言え、RFAのみ自然電位は腐食領域に入っていない。フライアッシュとアルギニンを組み合わせることで、再生骨材を用いているにも関わらず、普通コンクリートを上回る耐塩害性能を達成している。また、アルギニンのみ添加においても、Nシリーズにおいて自然電位の低下勾配が緩やかであったり、Nシリーズ、Rシリーズの分極抵抗の低下の進行を抑えるなどの傾向が見られた。これらはアルギニンの鉄筋腐食効果によるものだと考えられる。

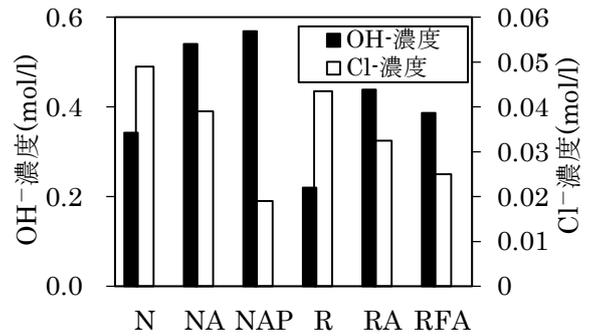


図-1 各種陰イオン濃度

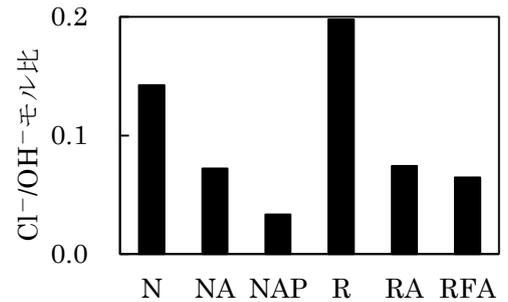


図-2 Cl⁻/OH⁻モル比

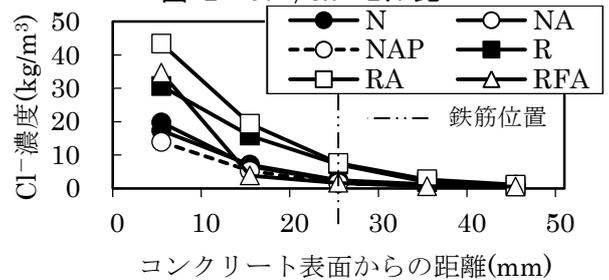


図-3 全Cl⁻濃度分布

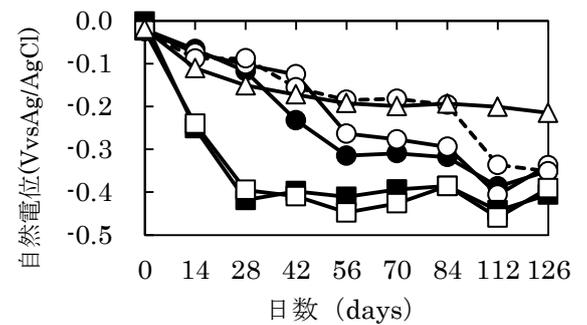


図-4 自然電位

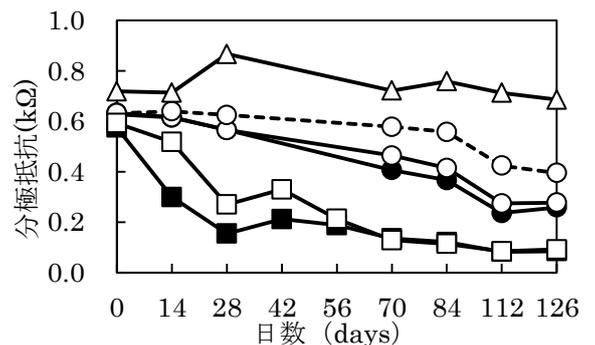


図-5 分極抵抗