

CaO・2Al₂O₃ 粉末を混入したコンクリートの塩害耐久性に関する実験的検討

鹿児島大学 学生会員 ○前蘭 祐也 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司
鹿児島大学大学院 学生会員 福留 祐一 鹿児島大学大学院 正会員 山口 明伸

1. はじめに

わが国の膨大な社会資本の長寿命化のためには、海洋環境下におけるコンクリート構造物の劣化現象、特に塩害劣化に対する耐久性を向上させることが最も重要な課題である。しかしながら、そのために現在実用化されている技術の多くは、コストや技術的な問題により、重要構造物を除いて一般には普及していないのが現状である。これに対して、コストと簡便性を備えた新しい塩害対策用混和材料として開発された材料の一つにカルシウムアルミネートの一種 CaO・2Al₂O₃（以下 CA₂ と称す）がある。これは、あらかじめコンクリートに混入しておくことで、ハイドロカルマイトの生成による緻密化作用と、塩化物イオンのフリーデル氏塩として固定化する作用の二つの効果を期待している新材料である。本研究では、この CA₂ に着目し、その適用性と効果について実験的に検証することを目的としている。

2. 実験概要

本実験で使用した材料を表-1 に示す。なお、細骨材に用いた海砂は予め十分に除塩されていることが確認されている。

表-2 にはコンクリートの配合を示す。供試体としては結合材に普通セメントのみを使用した普通セメントコンクリート（以下 OPC と称す）、セメントの 5、7、9% を CA₂ で置換した 3 種類の CA₂ コンクリートの計 4 水準とした。作製した供試体は、28 日間水中養生した後、気中に引き上げて保管し、

材齢 3 ヶ月以内に鹿児島湾内

の干満帯に暴露を開始した。

暴露期間は最大 3 年を予定しており、現時点で半年～1 年が経過している。

検討対象は主として強度特

性と塩分浸透性であり、強度特性については 10×20cm の円柱供試体を暴露し、所定の暴露期間経過後に圧縮強度試験を行なった。なお、強度試験に関しては、比較用に標準水中養生供試体も作製した。また、塩分浸透性に関しては、図-1 に示すように 15×15×15cm の角柱供試体の一面を除いてエポキシ樹脂で塗装し、塩分の浸透を一方向に限定して暴露を行なった。所定の塩化物イオン量測定時には供試体の浸透面から φ5.5cm のコアを乾式で採取し、表面から 0.5cm、それ以降は 1cm ごとにスライスおよび粉碎した後に JCI-SC4 に準拠して塩化物イオン量を測定した。

3. 結果および考察

図-2 には、水中養生および暴露を行なった供試体の材齢 1 年までにおける圧縮強度試験結果を経時変化で示している。CA₂ コンクリートの圧縮強度は、いずれの置換率の場合でも OPC より幾分低下する結果となった。また、CA₂ を混合し水中養生を行なった供試体は、材齢半年経過後からの長期強度の増進が OPC と比較して小さくなる傾向が認められた。

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント (密度:3.15g/m ³)
混和材	カルシウムアルミネート (密度:2.93g/m ³)
	高炉スラグ微粉末 (密度:2.90g/m ³)
	フライアッシュ (密度:2.93g/m ³)
細骨材	鹿児島県南大隅町産海砂 (表乾密度:2.52g/m ³ ,吸水率:2.66%)
粗骨材	鹿児島県始良産海砂 (表乾密度:2.56g/m ³ ,吸水率:0.96%)
混和剤	AE減水剤標準型Ⅰ種(密度:1.08g/m ³) AE助剤(密度:1.04g/m ³)

表-2 供試体配合

供試体 種類	W/B (%)	s/a (%)	CA ₂ 置換率(%)	単位量 (kg/m ³)					添加率(%)	
				水	セメント	混和材	海砂	粗骨材	AE剤	AE助剤
OPC	50	42.5	-	185	370	0	721	991	0.3	0.006
CA2-5%			5		352	19	721	990	0.35	0.006
CA2-7%			7		344	26	720	990	0.4	0.006
CA2-9%			9		337	33	720	989	0.45	0.006

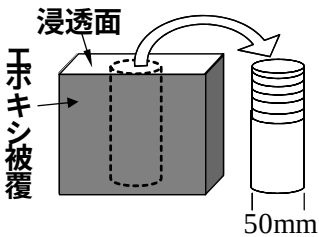


図-1 塩分浸透性用
供試体概要

図-3 および図-4 には、干満帯環境に半年間暴露した供試体の全塩化物イオン量測定結果と、それに基づき Fick の拡散係数の解にフィッティングさせて算出した見掛けの塩化物イオン拡散係数を示す。CA₂ を混合した供試体は OPC よりも全てにおいて拡散係数は小さくなる結果となった。また、その低下割合は CA₂ 置換率の増加に伴い、大きくなる傾向が認められ、CA₂ を 7% 置換したもので OPC の 1/2 程度、CA₂ を 9% 置換したものは 1/3 程度に減少しており、CA₂ を混合することで OPC よりも高い遮塩性を得られることが示唆された。しかし、コンクリート表層部においては、OPC よりも CA₂ を混合したものが全塩化物イオン量が多くなる結果となっている。ただし、これはコンクリートに固定化された塩化物イオンを含んでいることから、鉄筋腐食に直接影響を及ぼす可溶性塩化物イオン量により再度比較した。その結果を図-5 に示す。CA₂ を混合したものの可溶性塩化物イオン量は OPC とほぼ同程度となり、表層部においては塩化物イオンが固定化されていたことが確認された。全塩化物イオン量から可溶性塩化物イオン量を除いた塩分量を固定化された塩分（以下、固定塩と称す）とし、塩分の浸透が確認されたコンクリート表面から 2cm 位置までの範囲における、全塩化物イオン量に対する固定塩の比率を算出した結果を図-6 に示す。OPC と比較すると、その固定化率は CA₂ の置換率の増加に伴って増加する傾向が認められ、CA₂ によるコンクリートの固定化能力の向上が確認された。

4. まとめ

CaO・2Al₂O₃ 粉末を混入することにより、コンクリートの塩化物イオン浸透性、および塩化物イオン固定化能力が向上し、塩害抵抗性が向上することが確認された。なお、今回の結果は本都市間の暴露試験結果に基づくものであるが、暴露試験は継続中であり、今後より長期的な性能について検討する予定である。いても検討していく必要がある。

謝辞 本研究は、国土交通省建設技術研究開発助成制度（政策課題解決型技術開発）によって実施された研究の一部である。関係者各位に謝意を表す。

参考文献：田原和人ほか；CaO・2Al₂O₃ を混和したセメント硬化体の塩化物イオン固定化能力，セメント・コンクリート論文集, vol.64, pp428-434, 2010

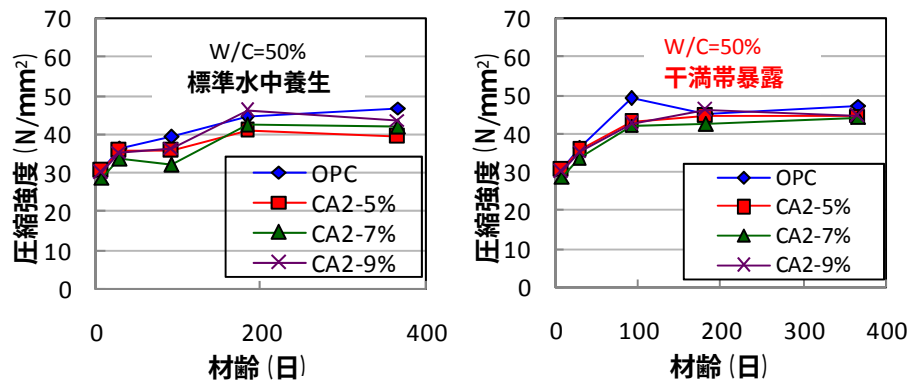


図-2 圧縮強度試験結果

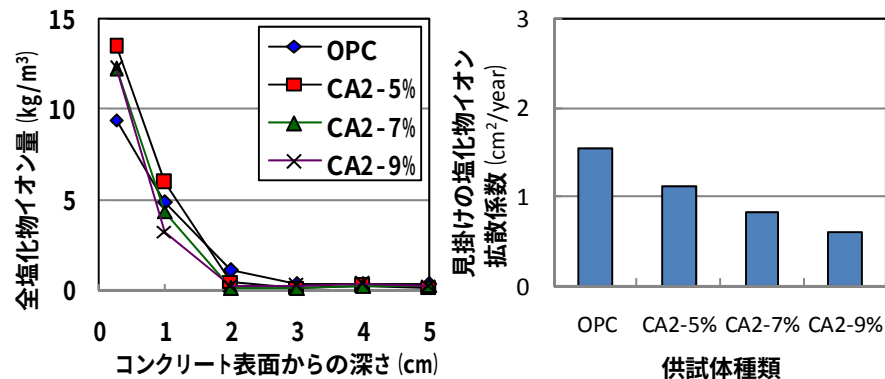


図-3 全塩化物イオン量分布

図-4 見掛けの塩化物イオン拡散係数

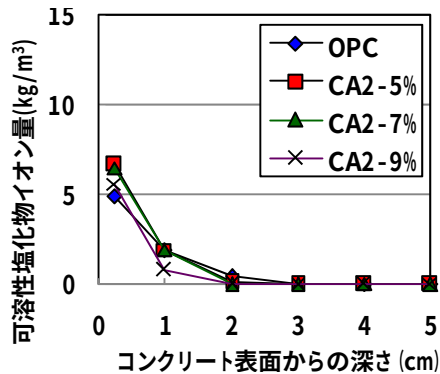


図-5 可溶性塩化物イオン量分布

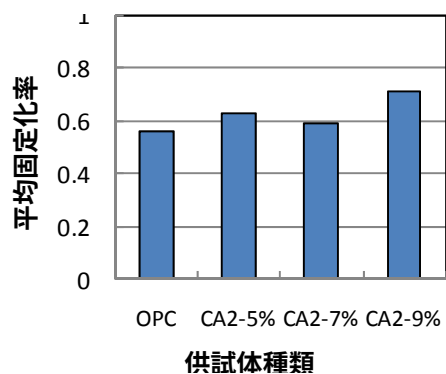


図-6 全塩化物イオン量に対する固定塩の比率