

CaO・Al₂O₃ 骨材使用コンクリートの遷移帯改質効果

芝浦工業大学 学生会員 ○中西 縁
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. 研究背景および目的

近年、塩化物イオンのコンクリート内部への浸透抑制を目的として、カルシウムアルミネートを主原料とした新しい人工骨材(以下 CA 骨材)の研究が進められている。CA 骨材は水およびセメント水和物であるCa(OH)₂と反応することで生成物を析出し、コンクリート中に侵入した塩化物イオンをフリーデル氏塩として固定化することで、コンクリート中の自由塩化物イオンを減少させると考えられている。一方で、複合材料であるコンクリートは、骨材とセメントペーストとの間に遷移帯が存在し、一般的に、ポーラスな脆弱層であることからコンクリート中の弱点とされている。コンクリート内部への劣化要因の侵入を防ぐためには、この遷移帯の改質が必要と考えられている。そこで、カルシウムアルミネートの水和反応による生成物と、塩化物イオンとの反応によってフリーデル氏塩が析出することでCA 骨材界面が緻密化し、遷移帯の改質につながるのではないかと考えた。本研究では、CA 骨材を使用したコンクリートの物理的性質と遷移帯改質効果の確認を目的として、各種試験を実施した。

2. 実験概要

2.1 配合・使用材料

表-1 に本研究で使用したコンクリートの計画配合を示す。各配合は単位水量を一定にし、既往の研究¹⁾を参考とし、セメント種類は普通ポルトランドセメント(以下 N, 密度 3.16 g/cm³)と低熱ポルトランドセメント(以下 L, 密度 3.22 g/cm³)を使用した。練混ぜ水として水道水および 3%濃度 NaCl 水溶液(以下、塩水)を用いた。表中の記号の 0, 100 は CA 骨材の置換割合, S は練混ぜ水として塩水を用いたことを示している。養生方法は、塩水を用いた供試体を水中養生した場合の塩化物イオン溶出を避けるため、すべて封かん養生とした。粗骨材には CA 骨材(密度 2.86 g/cm³, F.M.6.80, 図-1)および大分県津久見市上青江湖麻柄山系新大分鉱山の碎石(以下、天然骨材, 密度 2.70g/cm³, F.M.6.62)を使用し、

表-1 コンクリートの計画配合とフレッシュ性状

記号	セメント種類	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)					フレッシュ性状	
			W	C	S	G	CA	スランブ (cm)	空気量 (%)
N0	N	50	170	340	852	951	—	7.5	4.7
N100						—	1007	3.5	4.4
N100-S						—	—	4.0	5.4
L0						954	—	10.5	3.2
L100	L				854	—	1010	13.0	3.2
L100-S						—		10.0	4.7

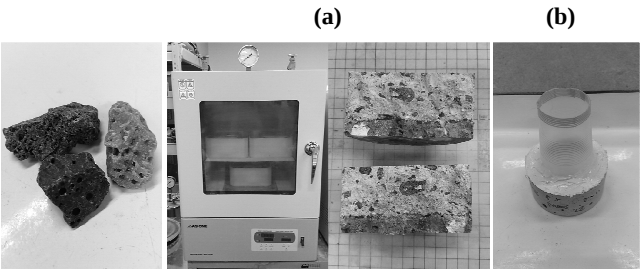


図-1 CA 骨材 図-2 試験体状況
細骨材には千葉県君津市産の天然山砂(密度 2.62 g/cm³, F.M.2.47)を使用した。

2.2 試験体の事前処理

図-2 に試験体の状況を示す。φ100×200mm のコンクリート供試体を材齢 21 日, 49 日で 50mm 幅に切断し、再度 7 日間封かん養生の後、材齢 28 日, 56 日から 7 日間 40℃の乾燥炉に静置した。乾燥による質量減少量が、全体質量の 1%以下になったことを確認し、各試験に用いた。

2.3 真空吸水試験

試験体は、側面をアルミテープで覆いプラスチック容器に並べ、容器内に供試体高さの半分(2.5cm)まで水を注入した後、真空脱気を施した(図-2(a)参照)。なお、試験体下面が容器に接しないよう下部には添え木を設置し、容器底面から 1cm 程度浮かせた状態とした。真空状態を 3 時間保持した後に試験体を割裂し、試験体内部への水の浸透深さを測定した。測定箇所は試験体中心部の 5 点とし、測定値の平均を吸水深さとした。

2.4 簡易透水試験

試験体には、漏水の無いよう試験体上面にシリコンシーリング材を用いてプラスチックカップを固定し、初期重量を初期値と設定した。容器内に 100cc の水を注

入し、計測時に排水して水の減少量と試験体の重量を測定した(図-2(b)参照)。試験体重量の増加分と初期重量から吸水率を計算した。測定後、再度容器に 100cc の水を注入し、測定を繰り返した。

3. 実験結果・考察

3.1 圧縮強度試験

図-3に材齢 28 日、56 日での圧縮強度試験結果を示す。粗骨材を CA 骨材とすることで、天然骨材を使用した場合と比較すると N を用いた供試体では強度が増加し、L を用いた場合はわずかながら強度が減少した。CA 骨材による生成物は強度には寄与しない可能性がある。

3.2 真空吸水試験

図-4 に材齢 28 日での真空吸水試験結果を示す。粗骨材を CA 骨材にすることで、N、L どちらのセメントを用いた試験体においても吸水深さが増加した。CA 骨材の特徴として、図-1 のように多孔質であることが挙げられ、骨材表面の多数の孔を経由することで水が浸透しやすくなったためと考えられる。また、CA 骨材、塩水を用いた配合では、N、L どちらのセメントを用いた試験体においても吸水深さが減少した。

3.3 簡易透水試験

図-5、6 に材齢 28 日での簡易透水試験結果を示す。CA 骨材、塩水を用いた配合では、N、L どちらのセメントを用いた試験体においても吸水率が減少した。

これら試験の結果より、骨材界面に生成した水和物による遷移帯改質効果の可能性が考えられた。

4. まとめ

- 1) N を用いた供試体において CA 骨材を用いた場合、圧縮強度が増加した。
- 2) 真空吸水試験では、N、L どちらを用いた供試体においても、CA 骨材、塩水を用いることでコンクリート内部への吸水深さが減少した。
- 3) 簡易透水試験では、N、L どちらを用いた供試体においても、CA 骨材、塩水を用いることでコンクリート内部への吸水率が減少した。

以上より、CA 骨材を用いたコンクリートは、塩化物イオンが存在した場合、フリーデル氏塩などの水和生成物により遷移帯が改質する可能性が考えられた。しかし、塩化物イオンによるバルク部の改質に伴う緻密化の可能性もあり、今後さらなる比較・検討が必要であると考えられる。

謝辞：本研究はデンカ株式会社との共同研究である。

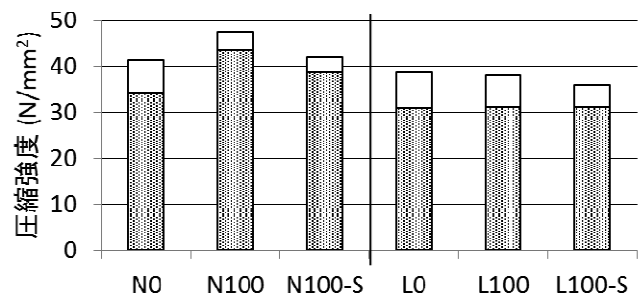


図-3 材齢 28 日、56 日圧縮強度試験結果

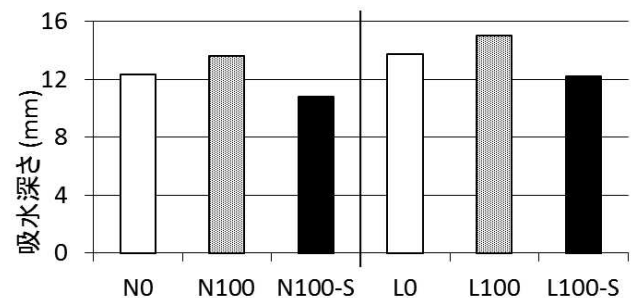


図-4 材齢 28 日真空吸水試験結果

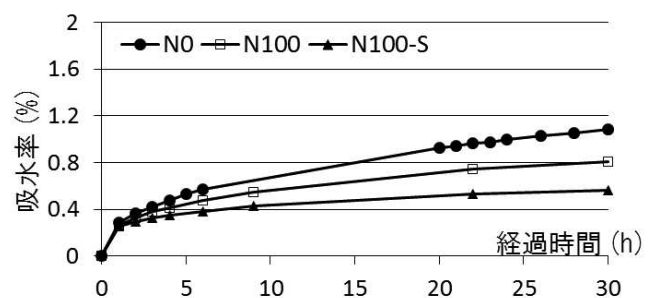


図-5 材齢 28 日 N 簡易透水試験結果

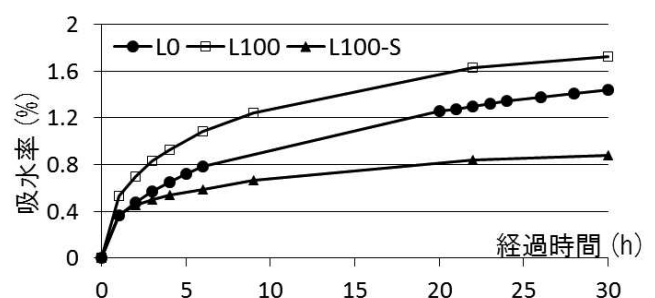


図-6 材齢 28 日 L 簡易透水試験結果

参考文献

- 1) 増田卓司, 伊代田岳史: 塩素固定化能力を持つ骨材及び混和剤を用いたコンクリートの性能の把握; 2015 年度芝浦工業大学工学部土木工学科卒業論文
- 2) 伊藤慎也, 庄司慎, 盛岡実, 伊代田岳史: CaO・Al₂O₃ 骨材の塩化物イオン浸透抑制効果とその機構; 平成 28 年度コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1
- 3) 伊藤慎也, 盛岡実, 伊代田岳史, 丸山一平: カルシウムアルミネート系骨材による遷移帯の改質効果; 日本材料学会, 材料 65(11), 787-792, 2016-11