

CaO・Al₂O₃ 骨材を用いたコンクリートの物質透過性の検証

芝浦工業大学 工学部

○中西縁

伊代田岳史

1. 研究背景および目的

近年、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 と反応することでヒドロカルマイトを析出する。ヒドロカルマイトには、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能力があるといわれている。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、CA 骨材の水和反応によるヒドロカルマイトと、塩化物イオンとの反応によって析出するフリーデル氏塩によって 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、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、一般に各種抵抗性が低いとされている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%濃度の NaCl 水溶液（以下、塩水）を用いた。表中の記号の「CA」は CA 骨材の有無、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、FM.6.80）および大分県津久見市上青江湖麻柄山系新大分鉾山の碎石（以下、普通骨材、密度 2.70g/cm³、FM.6.62）を使用し、細骨材には千葉県君津市産の天然山砂（密度 2.62 g/cm³、FM.2.47）を使用した。

2. 2 簡易透水試験

試験体の事前処理として、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

表-1 コンクリートの計画配合

記号	セメント種類	W/C	単位量 (kg/m ³)				
		(%)	W	C	S	G	CA
N	N	50	170	340	852	951	—
N-CA						—	1007
N-CA-S						—	
L	L	50	170	340	854	954	—
L-CA						—	1010
L-CA-S						—	

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、簡易透水試験に用いた。

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。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、144 時間まで測定を繰り返した。

2. 4 骨材界面の観察

CA 骨材界面の改質状態を観察するため、デジタルマイクロスコープと、走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて観察を行った。

3. 実験結果・考察

3. 1 圧縮強度試験

図-1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 骨材に置換することで、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。

3. 2 簡易透水試験

図-2、3に材齢 28 日での簡易透水試験結果を示す。図中の数値は、試験開始から 144 時間時点での吸水率を示している。この結果から、CA 骨材と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。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。

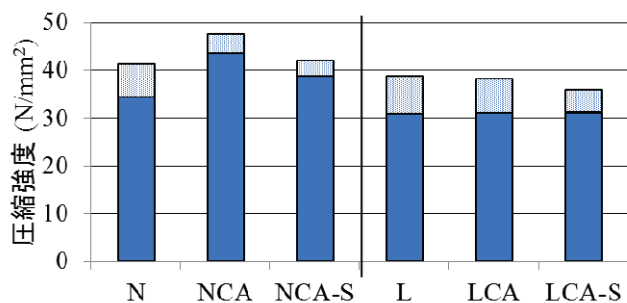


図-1 材齢 28 日、56 日圧縮強度試験結果

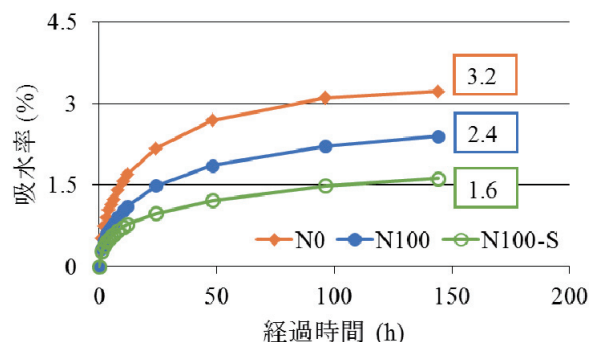


図-2 材齢 28 日 N 配合簡易透水試験結果

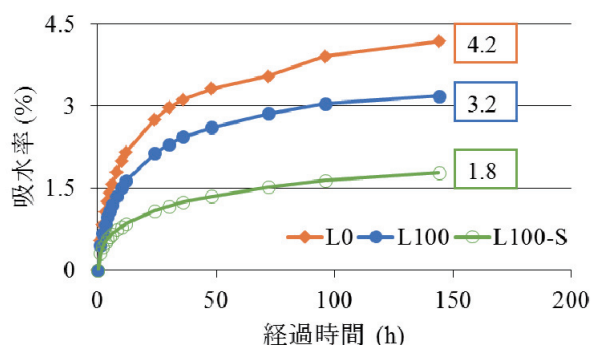


図-3 材齢 28 日 L 配合簡易透水試験結果

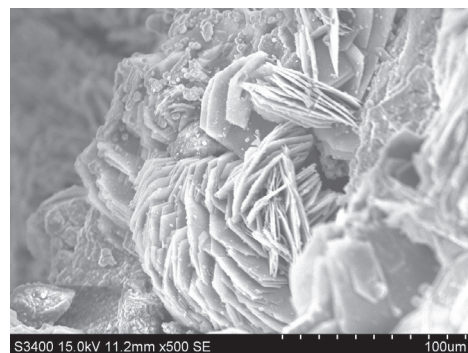


図-4 L-CA-S 配合 SEM 観察結果 (1300 倍)

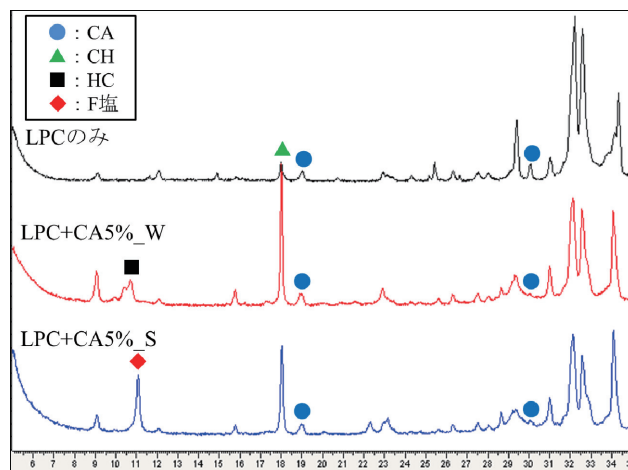


図-5 XRD 観察結果

3. 3 骨材界面の観察

図-4 に、セメント種 L に CA 骨材と塩水を用いた配合における骨材界面の SEM による撮影の結果を示す。骨材界面において、六角板状の生成物が多数確認された。

この生成物の組成を確認するため、粉碎した CA 骨材を用いたペースト供試体を作製し、粉末 X 線回折 (XRD) を用いて生成物の特定を試みた。図-5 に、セメント種 L に粉碎した CA 骨材と水、塩水を用いた配合の XRD 測定結果をそれぞれ示す。測定結果より、粉碎した CA 骨材に水と CH が反応することで hidroカルマイトが生成され、hidroカルマイトに塩化物イオンが反応すると、フリーデル氏塩が生成されることが確認された。既往の研究¹⁾から、SEM により確認されたこの骨材界面の生成物は、塩化物イオンと反応したことによるフリーデル氏塩の可能性があると見える。

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。結果から、CA 骨材による生成物は、強度には直接寄与しない可能性がある。
- 2) 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 骨材と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。
- 3) SEM による骨材界面の観察結果より、骨材界面に生成物が析出されていることを確認され、これが骨材界面の緻密化に寄与していると考えられる。
- 4) XRD による測定結果より、粉碎した CA 骨材に水と CH が反応すると hidroカルマイトが、塩化物イオンが反応するとフリーデル氏塩が生成されることが確認された。

以上より、CA 骨材を用いたコンクリートは、水や CH、塩化物イオンが存在した場合、hidroカルマイトや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。

【参考文献】

- 1) 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
謝辞：この研究はデンカ株式会社との共同研究である。