

低熱セメント硬化体の炭酸化に及ぼす各種混和材料の影響

宮崎大学 工学部 学生会員 赤崎健太

宮崎大学 工学教育研究部 正会員 李春鶴

帝京科学大学 名誉教授 浅賀喜与志

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の劣化現象の 1 つに中性化がある。中性化は、コンクリートのアルカリ性を低下させて鉄筋の不動態被膜を破壊し腐食させる現象である。中性化を引き起こす原因の大部分は炭酸化である。炭酸化はコンクリート中に大気中の二酸化炭素が侵入し、水酸化カルシウムと反応して炭酸カルシウムが生成することである。

炭酸化は混和材やCO₂濃度による影響を強く受ける。混和材を添加すると水和反応による生成物や炭酸化による生成物が異なり、それによって、空隙構造への影響も変化すると考えられる。そこで、本研究では、低熱セメントに高炉スラグ微粉末 4000, 6000, 8000, フライアッシュ, シリカフューム, を添加した供試体を作製し、低 CO₂ 濃度環境で炭酸化させ、炭酸化による組成に及ぼす混和材料の影響の検討を目的とした。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

表 - 1 に使用した供試体の成分, 置換率, 水粉体比を示す。炭酸化しやすいように水粉体比は 1 とした。本研究では低熱セメントに高炉スラグ微粉末 4000, 6000, 8000, フライアッシュ, シリカフューム, を添加した供試体を用意し水中養生させ使用した。水中養生終了後, 温度 20℃, 相対湿度 60%, CO₂ 濃度 0.07~0.1% の室内で炭酸化させた。

室内環境に静置させた後, 炭酸化の進行程度を確認するために供試体を割裂し, フェノールフタレインを噴霧して赤色の呈色の変化を確認した。

2.2 実験項目

2.2.1 X 線回折試験

X 線回折により炭酸化前後に生成された物質を計測し比較を行った。

2.2.2 TG-DTA

示差熱重量分析により水酸化カルシウムと炭酸カルシウムの生成量を測定した。生成量は, DTA 曲線の変

表 1-供試体

供試体	成分	水粉体比
L	LHC	1
LB4	LHC:slag4000=1:1	
LB6	LHC:slag6000=1:1	
LB8	LHC:slag8000=1:1	
LS	LHC:silica=8:2	
OS	OPC:silica=8:2	
LF	LHC:fly=7:3	

曲点と TG 曲線の重量減量値から求めた。具体的には 400~500℃で水酸化カルシウムの脱水, 650~900℃で炭酸カルシウムの脱炭酸により算定した。

2.2.3 質量変化率

供試体の炭酸化の進行による質量変化率を求めた。質量変化率は式 (1) より算出した。

3. 実験結果

$$M = (m_t - m_0) / m_0 \times 100 \quad (1)$$

ここで, M : 質量変化率 (%)

m_t : 測定質量 (mg)

m_0 : 基準質量 (mg)

3.1 質量変化率

図-1 に室内で炭酸化させた試料の質量変化を示した。全体的に増加の傾向が見られたが, LB4 のみ炭酸化 34 日目から減少の傾向を示した。理由は今後, 検討する。

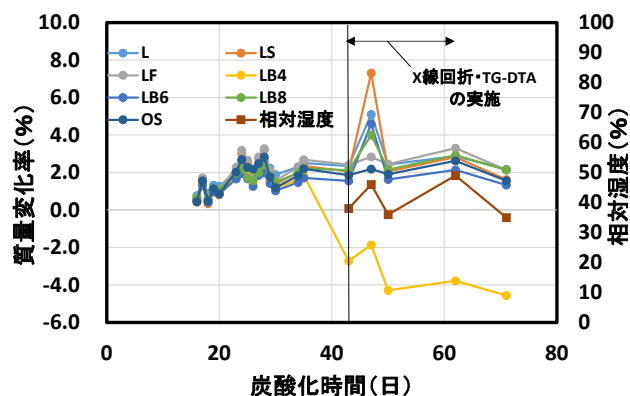


図-1 質量変化率



写真-1 炭酸化の確認

3.2 炭酸化の確認

炭酸化を室内で開始してから 43 日目にフェノールフタレインを噴霧したところ炭酸化が全領域で進行したことを確認した (写真-1)。

3.3 X 線回折試験

図-2 の炭酸化前の LS, OS, LF では水酸化カルシウムのピークが認められなかった。これはポゾラン反応によって水酸化カルシウムが消費されたと考えられる。図-3 の炭酸化後ではバテライトとカルサイトのピークが全ての試料で認められたが、LB4, LB6, LB8 のカルサイトのピークは他の試料より小さい。これは、LB4, LB6, LB8 の Ca/Si 比が低いためにバテライトがカルサイトより多く生成されたと考えられる。また、LB4, LB6, LB8 にのみ炭酸化前後で AFm が確認できた。これは、LB系が他と比べセッコウの量が少ないため生成された AFt が AFm に変化するためだと考えられる。

3.4 TG-DTA

図-4 および図-5 に炭酸化前の水酸化カルシウムと炭酸カルシウムの生成量を示す。L, LS, OS, LF では炭酸化前の水酸化カルシウムの生成量が多いほど炭酸カルシウムの生成量が多くなった。LB4, LB6, LB8 では炭酸化前の水酸化カルシウムの量と炭酸化後の炭酸カルシウムとの関係性は見られなかった。炭酸カルシウムを生成する際に水酸化カルシウムだけでは C-S-H や AFm も反応するためだと考えられる。

4.まとめ

本研究では、低熱セメントに混和材を添加し、低 CO₂ 濃度環境で炭酸化させ、炭酸化の組成に及ぼす混和材の影響の検討を行ったところ以下のような知見を得た。

- 1) 混和材の種類によらず炭酸化によって炭酸カルシウムはバテライトとカルサイトが生成される。
- 2) LB 系は他の試料と比べてカルサイトの生成量が少ない。
- 3) LB 系は炭酸化前の水酸化カルシウムの量と炭酸化後の炭酸カルシウムとの関係性は見られなかった。

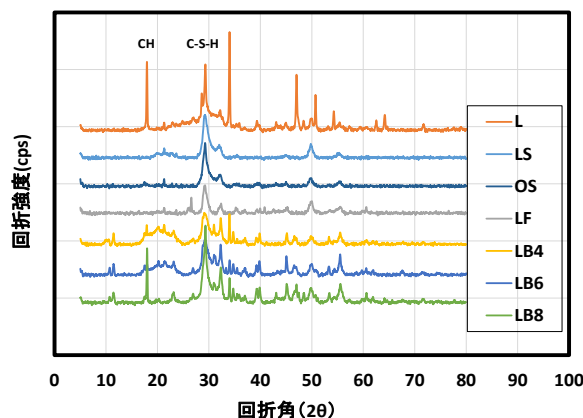


図-2 組成成分の回折強度 (炭酸化前)

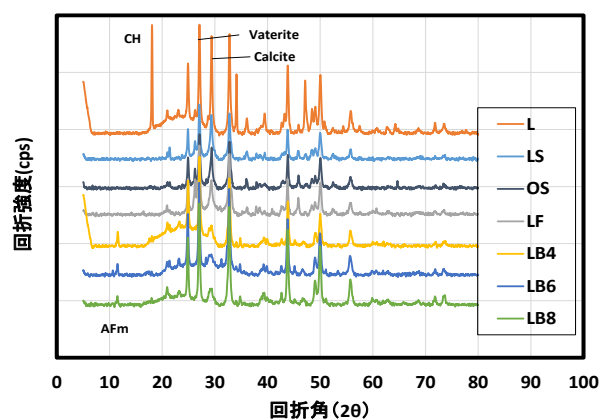


図-3 組成成分の回折強度 (炭酸化後)

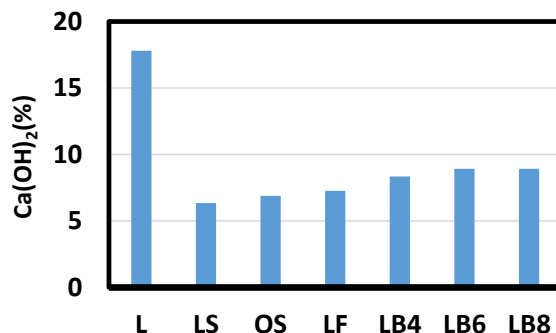


図-4 水酸化カルシウム生成量

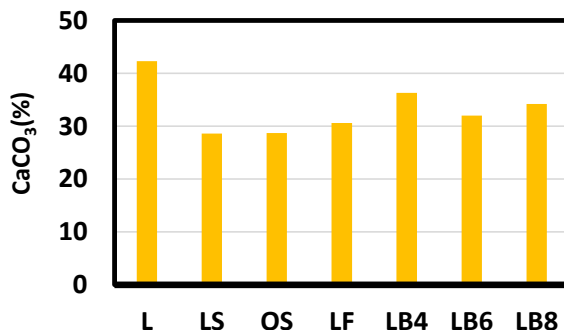


図-5 炭酸化カルシウム生成量

【参考文献】

- 1) 原沢蓉子, 本多和博, 伊代田岳史: 異なる炭酸化環境が空隙特性および炭酸化生成物に与える影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp808-813, 2004.