

養生条件が混和材使用セメントペーストの反応特性に及ぼす影響

東京理科大学 学生会員 ○天野 ころ
 東京理科大学 正会員 江口 康平
 東京理科大学 正会員 加藤 佳孝

1.はじめに

近年、地球環境の悪化に伴い、建設分野では高炉スラグ微粉末やフライアッシュ等の産業副産物の有効利用が進められている。これらの材料は、セメントと混合することで遮塩性の向上や ASR 対策など、コンクリートの性能を向上することができるが、養生が不十分で初期に乾燥を受けると性能が低下することも報告されている¹⁾。このような実験事実の報告はあるものの、定量的な反応機構や養生が性能に及ぼす影響について、必ずしも十分な知見がない。また、さらなる産業廃棄物の有効利用として、炭鉱ボタや石炭灰等の産業副産物を利用したメタカオリン含有人工ポゾランと呼ばれる材料の開発が行われている。この材料は水和初期に急速に水酸化カルシウムを消費することが知られているが²⁾、それに伴う化学的な結合水量の変化については不明である。そこで、本研究では、示差熱分析法を利用して、混和材使用セメントペーストに水中養生および気中養生を施した際の、水酸化カルシウムの消費に着目して反応特性を検討した。

2.実験概要

2.1 使用材料

表-1 物性および化学組成(単位: mass%)

使用した材料は普通ポルトランドセメント(OPC)、高炉スラグ微粉末(GGBS)、フライアッシュII種(FA)およびメタカオリン含有人工ポゾラン(MKP)の4種類である。各材料の物性および化学組成を表-1に示す。MKPはブレン値が9,000cm²/g以上と非常に細かく、SiO₂、CaO、Al₂O₃を多く含むのが特徴である。

	密度 (g/cm ³)	ブレン値 (cm ² /g)	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃
OPC	3.15	3320	3.8	14.6	73.2	3.5	0.6	0.5	0.2	2.7
GGBS	2.89	4180	10.5	26.6	54.0	0.4	3.4	0.3	0.1	3.4
FA	2.28	3280	21.1	62.0	3.6	7.3	0.8	1.7	0.3	0.6
MKP	2.62	9630	14.3	42.5	29.1	3.2	1.1	1.4	0.4	6.7

表-2 供試体概要

2.2 供試体の作製および養生方法

配合はW/B50%、供試体形状はφ10×85mmとした。供試体概要を表-2に示す。打ち込み後、24時間経過した時点で標準水中養生および温度20±2℃、湿度60±5%の気中環境で所定の期間養生した。

W/B	50%
結合材混合割合 C: 普通セメント B: 高炉スラグ微粉末 F: フライアッシュ M: MKP	C100(OPC) C70:F30 C50:F50 C70:B30 C70:M30 C50:B50 C50:M50
養生方法	水中養生, 気中養生
養生期間	0, 1, 3, 7, 14日

2.3 CH量および結合水量の推定

供試体は養生終了後、アセトンに浸せきして水和を停止させた後、105℃で絶乾状態にし、150μmの篩を全量通貨するまで粉砕処理した。供試体中のCH量、結合水量の算出には示差熱分析法を用いた。最高温度は1050℃までとし、450-500℃の温度での質量減少量を水酸化カルシウム(CH)からの脱水量としてCH量を算出した。混和材のCH消費量の算出は、OPC供試体のCH生成量を利用して、式(1)より算出した。

$$A = \frac{CH_{C100} \cdot (1-r) - CH_r}{r} \quad (1)$$

ここに、A: 混和材料1gが消費するCH量(mg), CH_{C100}: C100ペースト1gが生成するCH量(mg), r: 混和材料置換率, CH_r: 置換率r時のペースト1g中のCH量(mg)

キーワード 高炉スラグ微粉末, フライアッシュ, メタカオリン含有人工ポゾラン, CH, 結合水量

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL04-7124-1501 Email:j7610004@ed.tus.ac.jp

3. 実験結果および考察

各養生条件下での混和材の CH 消費量

図-1 には水中養生および気中養生を行った場合の、普通セメントの CH 生成量をそれぞれ示す。なお、横軸は(√時間)で表している。結果を見ると、多少ばらつきがあるが、やはり水中養生を施した供試体の方が供試体内部の CH 生成速度が大きい結果となった。図-2 には、各混和材を混合した場合の供試体内部の CH 量を養生条件ごとに取りまとめて示す。まず、水中養生を施した場合、材齢の経過と共に供試体内部の CH も増加しているが、C50:M50 供試体を見ると、養生 1 日以降では CH 量が減少している。これは MKP の急速なポゾラン反応によって CH が減少しているためと考えられる。気中養生を行った場合は、ばらつきが特に大きく正しく試験が行えなかった可能性があるが、いずれの供試体においても水中養生よりも内部の CH 量は少なくなっていた。

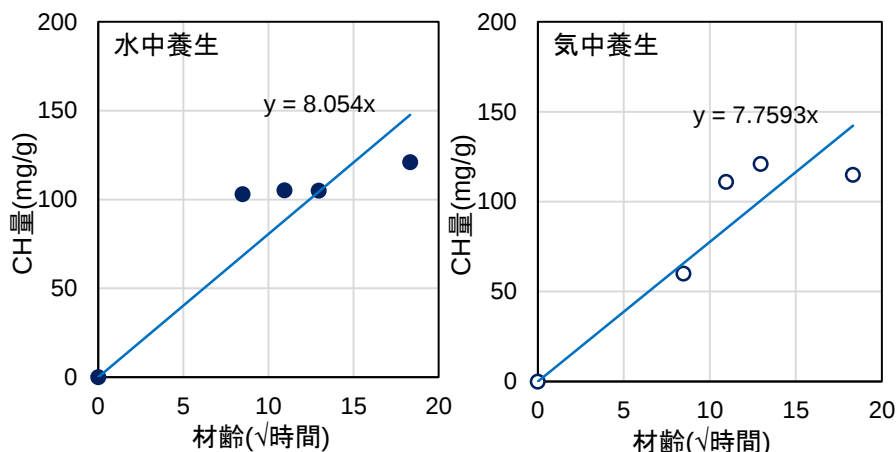


図-1 普通セメントの CH 生成量(左:水中養生, 右:気中養生)

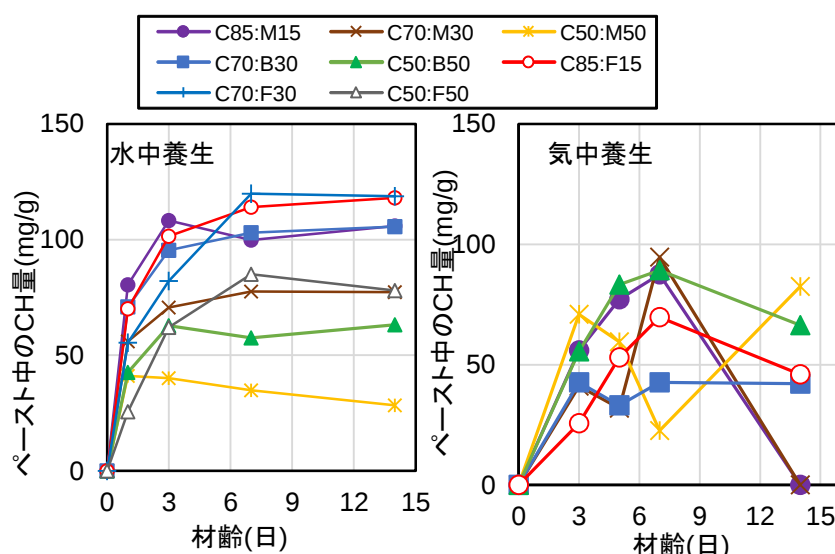


図-2 混和材混合ペースト中の CH 量(左:水中養生, 右:気中養生)

これらの結果を基に、混和材の CH 消費量を混和材 1g あたりに変換した結果を図-3 に示す。なお、示している結果は水中養生を施したものである。反応までにある程度の日数が必要とされている GGBS および FA は材齢 14 日の時点でも、明らかな CH の消費は確認されていないのに対して、MKP は材齢 1 日と、ごく初期から CH を消費する反応が見られ、その後の CH 消費量も最も高く、優れた反応性を有しているといえる。

4. まとめ

示差熱分析を利用して、各養生を行った場合の、混和材の反応特性について検討した結果、十分な給水が無ければ、反応性が低下することを改めて確認した。また、MKP は水中養生を行った場合優れた反応性を生じることが確認された。

参考文献 1)新井康夫：セメントの材料化学 pp188-1922)畠中優成:改良されたメタカオリン含有人口ポゾランの反応性に関する基礎的研究 3)井上豪：2,3 の評価法により求めたセメントの水和度の比較土木学会第 59 回 年次学術講演会(平成 16 年 9 月)4)佐藤誠ほか、早強性混和剤を使用したコンクリートの強度発現メカニズム、コンクリート工学年次論文集, Vol.24,No.1,2002

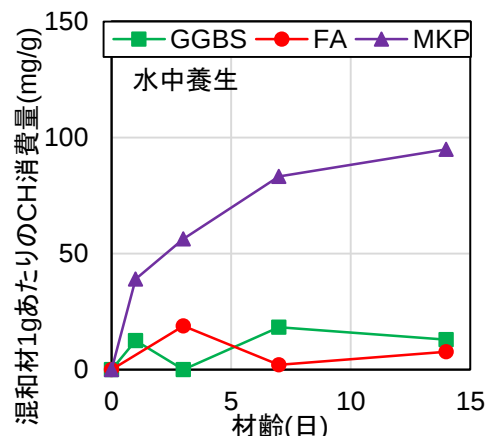


図-3 各混和材 1g の CH 消費量

|