

赤しらすとセメントの水和反応特性

鹿児島工業高等専門学校土木工学科 学生会員 ○横川 芹加
学生会員 増元あずみ
正会員 前野 祐二
正会員 福永 隆之

1. はじめに

しらすは、天然のポゾラン質材料であり、新しい混合材料として注目されている。しらすの主成分は、火山ガラスである。一般的な混合材料としてフライアッシュや高炉スラグ等が使用されている。フライアッシュに含まれているガラス質は、ポゾラン反応に影響を与えている。¹⁾そこで、本研究の目的は、火山ガラスを多く含むしらすを混合材料として活用するために、しらすを混合したセメントで硬化体を作製し、硬化特性を明らかにすることである。

2. 試料および実験概要

2-1. 試料

本実験では、赤しらすと普通ポルトランドセメント(以下 OPC)を使用した。表 1 に各材料の化学組成を示す。赤しらすは、鹿児島県 M 市で採取した。赤しらすは、曹長石 $\{Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6(SiO_2)\}$ を含む。また、他のしらすと比較して Al_2O_3 を多く含有している。

表 1 各材料の化学組成

材料	化学組成(%)					
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O
OPC	67.2	20.6	4.08	3.3	2.96	—
赤しらす	2.38	73.1	17	3.82	0.174	0.718

2-2. ペースト試験

OPC と赤しらすを原料とし、OPC に対し内割で赤しらすを 10,20,30,40,50 mass% 混合して混合セメントを作製した。この混合セメントを用いて水セメント比 100% の供試体を作製し、材齢が 0,7,14,28,91 日の供試体に対して X 線回析、蛍光 X 線を用いて化学分析を行った。また、走査型電子顕微鏡(以下 SEM)を用いて、水和生成物の観察、化学分析を行った。なお、SEM/EDS による化学分析は、1 箇所につき 50 回の測定を行った。

2-3. モルタル試験

ペースト試験と同様の混合セメントを用いて、水セメント比 50% の供試体を作製し、材齢が 7,28,91 日の供試体に対して強度試験を行った。

3. 実験結果および考察

図 1 に $Ca(OH)_2$ (以下 CH) の生成量、図 2 に曹長石の含有量、図 3 に C-S-H の生成量をそれぞれピーク強度比で示す。図 1 より、すべての配合において、CH は 7 日以降に減少した。また、赤しらす混合割合が 30~50% において、曹長石は材齢が経過するにつれ減少していることを確認した。図 3 より C-S-H は 7 日以降増加し、赤しらす混合割合が 20~50% においては、28 日以降減少していることがわかる。また、しらす混合割合が大きいほど C-S-H が多く生成したことを確認した。

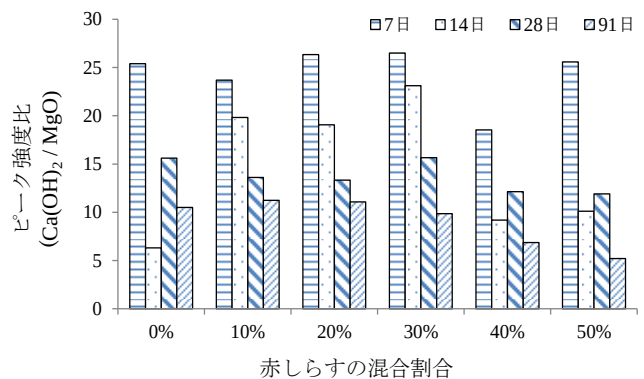


図 1 CH の生成量の変化($2\theta=18.02^\circ$)

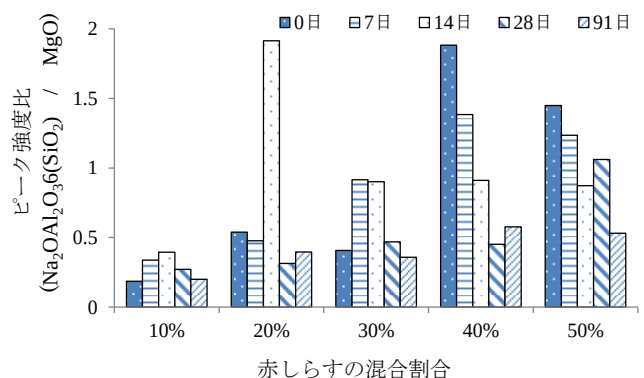


図 2 $Na_2OAl_2O_3 \cdot 6(SiO_2)$ の含有量の変化($2\theta=28.02^\circ$)

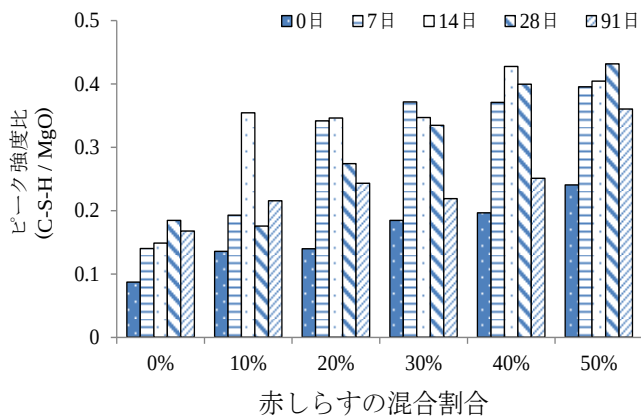


図3 C-S-Hの生成量の変化(2θ=21.8°)

以上の結果より、赤しらす混合割合 0~20%では、OPC の a-lite,b-lite から C-S-H が生成されたと考えられる。また、赤しらす混合割合 0~20%より、30~50% 混合した方が多く C-S-H が生成されたことが確認できる。これは、赤しらす混合割合が 30~50%において、a-lite,b-lite とともに曹長石の SiO₂ が CH と反応し、C-S-H をより多く生成したと推察される。

これより、今後も曹長石と CH が反応し、C-S-H が長期にわたって生成する可能性が高い。

図4に、赤しらすを 50%混合した供試体の材齢 91 日における表面の様子を示す。また、表2に EDS による化学分析の結果を示す。一般に CaO/SiO₂ モル比は、1.7~2.0 と言われている。^{2),3)} 図4の観察した水和生成物の CaO/SiO₂ モル比は表2より 1.76 となることから、C-S-H であると推察される。

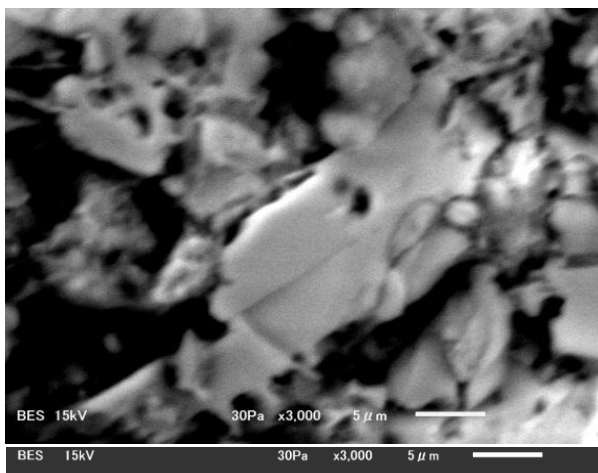


図4 SEMによる観察結果

表2 SEM/EDSによる化学分析結果

化学式 mol(%)	化学分析結果(mol%)			CaO/SiO ₂ モル質量比
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	
	57.05	32.34	10.61	1.76

図5に強度試験結果を示す。しらす混合割合が 10~30%では、しらす未混和と近い強度であることがわかる。また、しらす混合割合が 30%において、材齢 28~91 日での強度増加が最も大きいことが確認できる。材齢 91 日においては、しらす未混和の 90%近くの強度を発揮していると推察できる。ゆえに、しらすをセメントの代わりに 30%置換した際、経済的である。

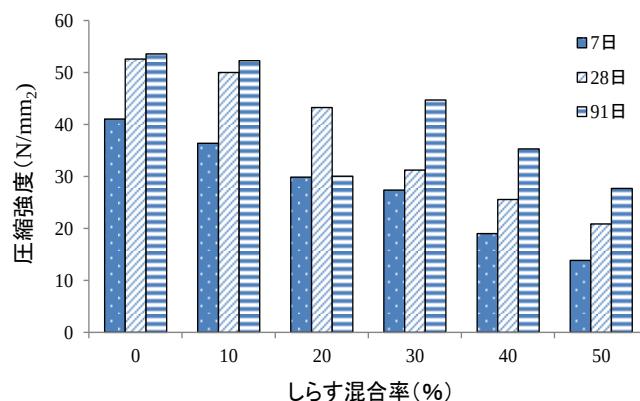


図5 強度試験結果

4. まとめ

本実験の結果より、赤しらすを多く混合した場合、赤しらすの SiO₂ とセメント水和物である CH を消費して、C-S-H を多く生成することができることがわかった。また、C-S-H が生成されることにより、赤しらす未混和のものより、しらすを 30%配合した場合、長期的に強度を発揮する可能性があることがわかった。

これより、赤しらすを混合した配合は、長期的に C-S-H が生成される可能性が高い。そのため今後も長期材齢の検討が必要である。

参考文献

- 1) 長滝重義:フライアッシュの品質とその評価に関する研究,コンクリート工学年次論文集,7巻1号, pp.200,1985
- 2) Bentz, D.P.: Three-Dimensional Computer Simulation of Portland Cement Hydration and Microstructure Development, Journal of American Ceramic Society, Vol.80 No.1, pp. 3-21, 1997
- 3) Tennis, P.D. and Jennings, H.M. : A Model for Two Types of Calcium Hydrate Silicate in the Microstructure of Portland Cement Pastes, Cement and Concrete Research, Vol. 50, pp. 855-863, 2000