

バイオシリカの混和材としての有効利用に関する基礎的研究

松江工業高等専門学校 環境・建設工学科 正会員○高田 龍一
 大阪大学 接合科学研究所 非会員 近藤 勝義
 大阪大学 接合科学研究所 非会員 梅田 純子
 松江工業高等専門学校 環境・建設工学科 正会員 柴田 俊文

1. はじめに

近年、巨大化する社会、経済産業は、様々な産業副産物を排出している。さらに、このような産業副産物は、大量かつ継続的に発生する。こうした産業副産物の1つに、東南アジアを中心に粉殻灰の名前が挙げられる。粉殻は施設園芸などの暖房熱源などとして利用されているが、大部分は焼却処分されており、この有効利用は重要な課題となっている。本研究室では、従来からこの粉殻灰のコンクリート用混和材としての有効活用に取り組んできた。

近年、粉殻を適切な酸洗浄処理と燃焼方法により高純度の非晶質シリカであるバイオシリカが製造できることに着目し、この粉体は質量で98%以上の二酸化ケイ素を含んでおり、アルカリ溶液で可溶性となり、ポゾラン反応が期待されることからコンクリート用混和材としての利用が期待される。

昨年度までの研究より、多量の非晶質シリカを含む粉殻灰のコンクリート混和材としての有用性について検討を行ってきた。本研究においては高純度の非晶質シリカであるバイオシリカのコンクリート用混和材としての有用性について明らかにすることを目的に検討を行った。その際、粉殻灰と併せて前者と強度発現傾向の似通っているシリカヒュームについても比較し検討した。表1に粉殻灰、バイオシリカの成分表を示す。

表1

粉体種類	主成分 (%)												
	SiO ₂	K ₂ O	P ₂ O ₅	CaO	MgO	MnO	Cr ₂ O ₃	SO ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	S	MnO
粉殻灰	91.0	2.68	0.56	0.47	0.28	0.12	0.02	0.22	0.25	0.14	0.00	0.00	0.00
バイオシリカ	99.0	0.02	0.12	0.41	0.11	0.03	0.00	0.00	0.04	0.15	0.01	0.04	0.03

2. 実験概要

強度の特性を調査するためにバイオシリカ、粉殻灰、シリカヒュームを混和材としたモルタルを用いてフロー値、空気量、圧縮強度、曲げ強度について比較検討を行った。強度試験については材齢7日、14日、28日、91日、182日について行った。

配合は水セメント比50%、セメント骨材比1:2.5の配合で作製し、混和材の混入率はいずれもセメントの体積内割りで0%、5%、10%、15%、20%、25%、30%の7水準とした。また、昨年度の結果より流動性を一定とするために高性能減水剤量を決定し、本年度は更に昨年度の結果より、粉殻灰は高い空気連行性持つことから空気量のコントロールを行う必要があり、空気量を一定にするために必要な消泡剤量の検討を行った。

空気量を一定とするための必要な消泡剤量を決定するために、混和材0%の空気量を求め、基準値と定めることとした。結果は3.4%となったため消泡剤を加え2.0±1.5%で空気量をコントロールすることとした。次に、表1に示すように混和材30%混入時に必要な消泡剤量を試行錯誤して求め、これを按分する方法で逐次消泡剤の混入率を求めた。求めた量を用いた配合表を表2、表3、表4に示す。バイオシリカでは粉殻灰では30%混入の場合、約0.92%の消泡剤の使用で基準モルタルと同等の空気量が得られ、シリカヒュームでは、同じく30%混入で約3.0%の消泡剤の使用で空気量のコントロールが可能となった。また、このことよりバイオシリカ単体についても粉殻灰同様に高い空気連行性を持つことが明らかである。

表2 混入率30%時の空気量

粉体種類	消泡剤量	空気量 (%)			
		0cc	1cc	3cc	5cc
粉殻灰	空気量 (%)	7.0	5.9	4.1	2.0
シリカヒューム	消泡剤量	0cc	5cc	10cc	16cc
	空気量 (%)	7.4	5.8	4.2	1.9
バイオシリカ	消泡剤量	0cc	1cc	2.5cc	5cc
	空気量 (%)	3.5	3.2	2.9	2.3

表3 体積配合(バイオシリカ)

モルタルの種類	セメント(g)	試験試料(g)	標準砂(g)	水(g)	減水剤(ml)	消泡剤(ml)
基準モルタル	540	0	1350	270	0	1.1
5%モルタル	513	19	1350	270	1	1.8
10%モルタル	486	38	1350	270	2	2.4
15%モルタル	459	57	1350	270	3	3.1
20%モルタル	432	75	1350	270	4	3.7
25%モルタル	405	94	1350	270	5	4.4
30%モルタル	378	113	1350	270	6	5

表4 体積配合(粉殻灰)

モルタルの種類	セメント(g)	試験試料(g)	標準砂(g)	水(g)	減水剤(ml)	消泡剤(ml)
基準モルタル	540	0	1350	270	0	1.1
5%モルタル	513	17	1350	270	1.2	1.8
10%モルタル	486	34	1350	270	2.3	2.4
15%モルタル	459	51	1350	270	3.5	3.1
20%モルタル	432	68	1350	270	4.6	3.7
25%モルタル	405	85	1350	270	5.8	4.4
30%モルタル	378	102	1350	270	7	5

表5 体積配合(シリカヒューム)

モルタルの種類	セメント(g)	試験試料(g)	標準砂(g)	水(g)	減水剤(ml)	消泡剤(ml)
基準モルタル	540	0	1350	270	0	1.1
5%モルタル	513	19	1350	270	1	3.6
10%モルタル	486	38	1350	270	2	6.1
15%モルタル	459	57	1350	270	3	8.5
20%モルタル	432	75	1350	270	4	10.9
25%モルタル	405	94	1350	258	5	13.4
30%モルタル	378	113	1350	255	6	16

3. 結果と考察

図1, 図2にそれぞれ各混和材別のフロー値, 空気量の結果を示す。これより, 各バッチとも, フロー値 $20 \pm 2\text{cm}$, 空気量 $2 \pm 1.5\%$ でコントロールすることができたことが分かる。

図3, 図4に圧縮強度の結果を示す。図3は混和材の混入率によって各材齢の強度がどのように変化するかを表しており, 縦軸を圧縮強度(N/mm^2), 横軸を混和材の混入率(%)で表している。

図4は圧縮強度を経時的に表しており, 縦軸を圧縮強度(N/mm^2), 横軸を材齢で表している。

まず, バイオシリカの強度についてみてみると, 全材齢において15%までは混入率が増加するに従って, 圧縮強度は増加する傾向がみられた。更に10~15%までのほとんどの値がコントロールの値を大きく上回っている。特に182日の強度増加が著しく大きく, 15%においてそのピークを向かえている。しかし, 20%~30%にかけては幾分, 強度の減少傾向がみられる。

また, 早期強度である7日強度は, 長期強度である91日, 182日比の強度の増加の傾向があまり見られないことが明らかとなった。

これらの結果から, バイオシリカは早期強度において著しい強度の増加は見られないが, 以後の強度の増加が安定しており, 長期強度が高くなるといった傾向が見られた。そしてほとんどの値がコントロールの強度を上回っていることから高ポゾラン活性をもつ混和剤として有効であると考えられる。

次に珪殻灰についてみてみると, バイオシリカ15%までは強度に増加傾向がみられるが, 20%以降は強度に減少傾向がみられる。また, バイオシリカ同様7日の値が低く30%ではコントロールと大きな差がみられる。

シリカヒュームについては, バイオシリカとほぼ同様の傾向が見られた。しかし, バイオシリカとの違いとしてシリカヒュームは混入率20%以降の長期強度の減少傾向が大きいという傾向が見られた。

図2から強度を経時的に見ると, バイオシリカは安定した強度の増加が見られ, 長期強度においては15%がピークになっていることが分かる。

4. まとめ

結果より強度発現がシリカヒュームと酷似しているが, むしろ, シリカヒューム以上の強度発現が見られた。更にコントロールよりも強度が出ることから混和材としては非常に優秀であり, 産業副産物を原料とするため, 今後安価での大量生産, 実用化がされれば経済効果も大きいと考えられる。しかし, バイオシリカの研究は多くはされておらず, 今後の課題としてバイオシリカについてのデータの蓄積が必要である。

参考文献

- 1) 道浦吉貞; 非晶質シリカおよびその製造方法(2008)
- 2) 坂本雅文; 平成21年度卒業研究論文「珪殻灰のコンクリート混和材としての有効利用に関する基礎的研究」

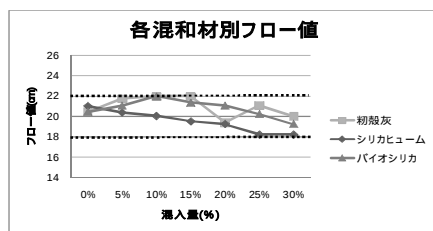


図1 各混和材別フロー値

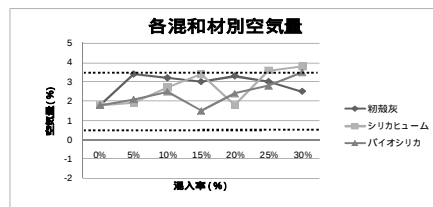


図2 各混和材別空気量

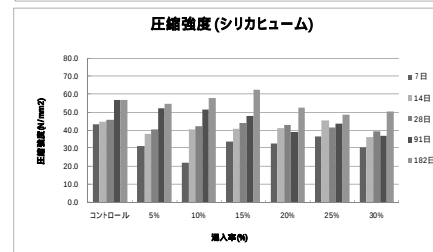
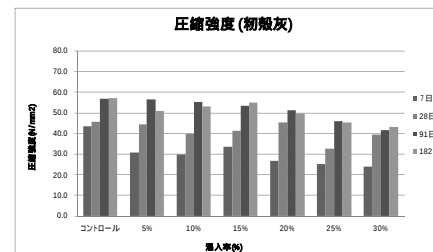
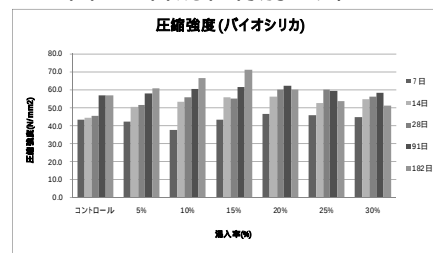


図3 圧縮強度

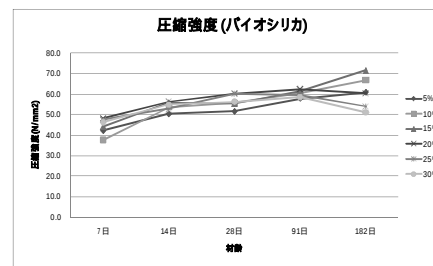


図4 圧縮強度の経時変化