

鹿児島大学大学院 学生員○樺山圭輔

鹿児島大学工学部 正会員 武若耕司

鹿児島県工業技術センター 中重 朗

1. まえがき

著者らは、これまでに南九州に多量に存在する火砕流堆積物、いわゆる『しらす』のコンクリート用材料としての有効利用について種々の検討を行い、しらす中に多量に含まれる火山ガラスの影響によって、しらすがポゾラン活性を有していることを確認した。本研究では、このしらすのポゾラン活性を利用した新しいコンクリート用シリカ質混和材の開発を試みた。すなわち、原材料となるしらす自身の品質や、粉碎方法あるいは粉碎条件といったいわゆる加工の条件が、しらすのポゾラン活性やその他の混和材料として有すべき性能にどのような影響を及ぼすかについて検討を行った。

2. 実験の概要

検討に用いたしらすは、表-1に示すガラス量の異なる4種類である。AおよびB種はそれぞれの用途に応じてあらかじめ成分調整を行ったもの、C種は地山のしらす中の0.15mm以下の微細粒子分に相当するもの、また、D種は分級は行われているが化学的及び鉱物的組成は地山しらすと同等と見なせるものである。実験にあたっては、各しらすをそれぞれ目標ブレン値3000、5000、7000 cm^2/g の3種類に設定し、振動ミルを用いて粉碎した。また粉碎機の違いによる影響を検討するため、A種しらすについては、ジェットミルを用いて粉碎した試料も併せて作成した。各しらすの粉碎状況を取りまとめて表-2に示す。これら粉碎しらすのポゾラン活性については、重量比での5、15、および30%のしらすを混合した混合セメントの強さ試験をJIS R 5201セメントの物理試験方法に準じて実施し併せて、所定の材令ごとにモルタルの化学分析などを行うことにより検討することにした。なお、セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は豊浦標準砂を使用した。また、比較のため、セメント単身あるいはフライアッシュでセメントの一部を置換した場合についても検討を行った。供試体の養生は、20℃の水中で行った。

3. 実験結果及び考察

各種セメントのフロー試験結果を取りまとめて表-3に示す。この結果によると、ブレン値5000 cm^2/g 以上のA種およびB種しらす微粉末を混合したセメントのフロー値は、混合率のいかんにかかわらずセ

表-1 検討を行ったしらすの概要

しらすの種類	A	B	C	D
SiO ₂	73.63	73.99	71.01	70.78
Al ₂ O ₃	12.17	12.73	13.59	14.11
TiO ₂	0.12	0.15	0.19	0.29
Fe ₂ O ₃	1.48	1.48	1.85	2.95
MnO	0.05	0.05	0.05	0.08
MgO	0.09	0.18	0.20	0.56
CaO	1.08	1.35	1.25	2.37
Na ₂ O	3.43	3.35	3.19	3.34
K ₂ O	3.54	3.54	3.27	2.86
P ₂ O ₅	0.02	0.03	0.03	0.04
Ig. loss	4.37	3.14	5.21	2.62
鉱物比率	火山ガラス 98.74 %	91.15 %	85.69 %	66.18 %
結晶質	1.26 %	8.85 %	14.31 %	33.82 %
比重	2.36	2.42	2.41	2.46
用途	研磨用	バルーン用	用途なし 沈降物	タイ用

表-2 しらすの粉碎状況

しらすの種類	粉碎機	目標粉碎条件 ブレン値 (or平均粒径)	粉碎時間 (3kg毎)	粉碎結果 ブレン値 (cm^2/g)	平均粒径 (μm)
A	振動ミル	3000 cm^2/g	65分	3040	20.85
		5000 cm^2/g	139分	4830	10.51
		7000 cm^2/g	255分	6950	5.14
		6 μm	300分	—	5.69
B	振動ミル	6 μm	—	—	5.79
		3000 cm^2/g	70分	3090	16.04
		5000 cm^2/g	150分	4870	8.75
		7000 cm^2/g	245分	7060	3.35
C	振動ミル	3000 cm^2/g	3分	—	21.83
		5000 cm^2/g	30分	5010	15.51
		7000 cm^2/g	70分	6890	9.32
		3000 cm^2/g	36分	3000	24.08
D	振動ミル	5000 cm^2/g	90分	4920	10.89
		7000 cm^2/g	160分	7000	5.60
	フライアッシュ	—	—	5400	11.88

メント単身の場合と同等以上の値を示した。また、ジェットミルで粉砕したものを混合した場合については、フライアッシュ混入の場合と同様に、混入量の増加にシテフロー値が増加し、明かな流動性の改善効果も認められた。これらは、粉砕時間が他に比べて長かったため（表-2）、しらす粒子の角張りが取れたこと、また、ジェットミルの場合にはその粉砕構造の特徴から、しらす粒子が更に球形に近づいたことによるものと思われる。ただし、AおよびB種しらすでも目標ブレン値 $3000\text{cm}^2/\text{g}$ 程度では、しらす混入量の増加と共にフロー値は低下する傾向にあり、また、CおよびD種しらすについては、いずれの粉砕条件のものでもその混入により流動性は明らかに低下した。これは、比較的短い粉砕時間で目標の粉砕条件が達成されたことにその一因があると思われる。

表-3 フロー試験結果

しらすの種類	粉砕条件 (ブレン値 or 粒径)	しらす 混合率 (%)	フロー 値 (cm)
A	3000 (cm^2/g)	5	227
		15	222
		30	213
	5000 (cm^2/g)	5	229
		15	226
		30	226
	7000 (cm^2/g)	5	227
		15	225
		30	227
	振動ミル 6 μm	5	232
		15	231
		30	235
B	3000 (cm^2/g)	5	226
		15	230
		30	234
	5000 (cm^2/g)	5	223
		15	219
		30	209
	7000 (cm^2/g)	5	227
		15	230
		30	229
	ジェットミル 6 μm	5	226
		15	228
		30	229

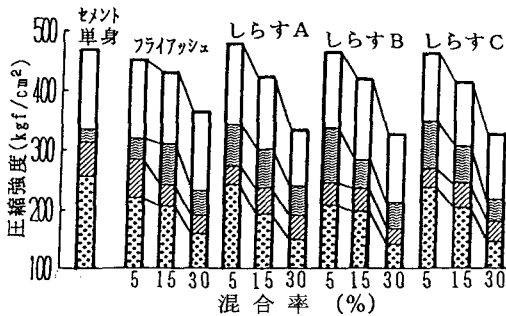


図-1 強度試験結果(ブレン値5000)

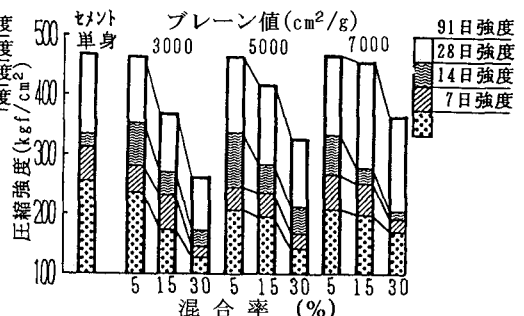


図-2 強度試験結果(しらすB)

一方、強度試験は現在も継続中であるが、ここでは、材令91日までの結果について報告する。図-1には、フライアッシュとほぼ同等なブレン値を有する目標ブレン値 $5000\text{cm}^2/\text{g}$ のA、BおよびC種しらすの微粉末を混合したセメントの圧縮強さを示した。材令91日の時点におけるしらす混合セメントの強度は、しらすの種類のかんにかかわらず、混合率30%ではフライアッシュセメントの強さを10%程度下回ったが、混合率15%までのものについてはフライアッシュセメントの場合と同等以上の値を示した。また、現時点ではしらす中のガラス量が多いA種、B種、C種の順に強度発現性も高いようであった。

図-2には、B種しらすを用いた場合について、微粉末のブレン値と強度の関係を示した。ブレン値が大きくなるに従って明らかに強度発現性は改善され、特にブレン値 $7000\text{cm}^2/\text{g}$ の場合には、混合率15%の場合でも材令91日の時点でセメント単身の場合とほぼ同等の強さとなっていた。表-4には、モルタルの示差熱分析の結果をもとに求めた各混合セメントのボゾラン反応による $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 消費量の一例を示した。強度試験結果とは必ずしも一致していないが、この結果においても例えば、ブレン値 $7000\text{cm}^2/\text{g}$ のしらすの $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 消費量が、フライアッシュの60~110%の値を示すなど、しらすは十分に混和材として利用できると考えられる。

表-4 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 消費量
(材令91日の結果)

しらす 混合率 (%)	しらす の種類	ブレン値 (cm^2/g) (平均粒径)	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 消費量 (%)*
30	A	3000	8.5
		5000	7.4
		7000	37.3
	B	6 μm 振動ミル	35.2
		6 μm ジェットミル	29.0
		3000	8.1
	C	5000	10.1
		7000	21.3
		3000	10.6

30	フライアッシュ	33.3
----	---------	------

*: 普通P.C.による $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 生成量に対するボゾラン反応による消費量に比率