

# シラスの工業的利用に関する研究 (第2報)

シラスおよびフライアッシュを用いた  
オートクレーブ硬化体

島田 欣二\*・久米 国幹\*\*・福重 安雄\*\*\*

(昭和41年11月30日 受理)

## STUDIES ON THE INDUSTRIAL APPLICATION OF "SHIRASU" (Report 2)

On the Autoclave-Hardened Bodies Using  
"SHIRASU" and Fly Ash

Kinji SHIMADA\*, Kunimoto KUME\*\*  
and Yasuo FUKUSHIGE\*\*\*.

"SHIRASU" is distributed chiefly in southern Kyūshū and consists of volcanic ash, pumice and other materials. SHIRASU, fly ash and slaked lime were used as raw materials as autoclave-hardened bodies.

The press molded and then autoclaved bodies were prepared as follow; mixing ratio of slaked lime : SHIRASU : fly ash = 1 : 0.85 : 0.15, 1 : 2.55 : 0.45, 1 : 5.1 : 0.9, mixing water (added 0-2.25% Al (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> of all raw materials) 15%, press-molding pressure 200 kg/cm<sup>2</sup>, curing pressure 5-15 kg/cm<sup>2</sup>, curing time 5-15 hours. Results are as follow; apparent density 1.80-1.92, bulk density 1.44-1.68, water absorption 12.5-29.0%, compressive strength 108-577 kg/cm<sup>2</sup>.

From the point of economic view, the best steam-curing conditions of the press molded and then autoclaved bodies are as follow; mixing ratio of slaked lime : SHIRASU : fly ash = 1 : 3, mixing water 15%, addition of aluminium phosphate to mixing water 0.075%, curing pressure 10 kg/cm<sup>2</sup>, curing time 10 hours.

### 1. 緒 論

前報<sup>1)</sup>において、シラスとサンゴ石灰岩を原料とする軽量オートクレーブ硬化体に関する実験的研究について報告した。軽量オートクレーブ硬化体すなわち気泡コンクリートは(1)建築の工業生産を進めるという基本的な方針に即応し、(2)建築の高層化と軽量化を解決し、(3)建築の質的向上に役立つ性能をもっていることなどの理由で、最近わが国でも外国技術の導入によつてシボレックス、イトン、シリカリチートなどの生産が開始されている。

気泡コンクリートは生石灰(またはセメント)とケイ砂の粉末を適当に混合して水で練り、少量のアルミニウム(その他適当な発泡剤)などを用いて発泡さ

せ、成形のうえこれをオートクレーブ中で養生硬化させるもので、セメントや石灰単味の硬化力を利用するものではなく、生石灰またはセメント中の石灰分とケイ砂が高温で化学的に強固に結合する原理を利用したものである<sup>2)</sup>。

これらの製品は密度が0.4~0.6で軽く、圧縮強さは20~70 kg/cm<sup>2</sup>で構造材料として十分な強度をもち、熱伝導率が低く、断熱性、遮音性、耐火性なども優れていて熱膨脹収縮が極めて小さい理想的建材として認められている。壁用、屋根用、床用のスラブには鉄筋が入れてあるので曲げ強度も十分に欧米では耐久的な建築材料として広く一般建築に使用されている。

本報においてはケイ酸質原料としてシラスを石灰質原料として消石灰を用いた。特にシラスの15%をフライアッシュにおきかえ、混練水中にリン酸アルミニウムを添加した場合、オートクレーブ硬化体の強度におよぼす影響について検討した。

\* 鹿児島大学工学部応用化学教室 教授

\*\* 鹿児島大学工学部建築学教室 助教授

\*\*\* 鹿児島大学工学部応用化学教室 助手

表1 各種原料の化学成分 (%)

	Ig. loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	Total
フライアッシュ	6.72	63.98	13.57	6.77	7.50	1.38	0.52	100.44
石	25.53	0.60	tr.	tr.	71.96	tr.	tr.	98.09
シラス	3.56	71.44	13.42	3.15	1.60	0.40	5.62	99.19

表2 物理的性質

原料	比重	比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)	粒度分布 (%)					
			>250 $\mu$	249~177 $\mu$	176~149 $\mu$	148~88 $\mu$	87~44 $\mu$	44 $\mu$ >
シラス	2.14	2890	—	—	—	16.72	29.48	53.80
フライアッシュ	2.36	990	7.80	20.40	17.97	34.63	10.98	8.22
石灰	2.24	10150	—	—	—	—	—	100

## 2. 原料

本実験に用いたシラスは鹿児島市郡元町唐湊地区のもので、磁性ポットミルで粉碎したものをさらにアトマイザーで微粉碎した。フライアッシュは中越パルプKK川内工場のものをそのまま使用し、消石灰は市販のものである。これら各種原料の化学成分および粒度分布、比重などの物理的性質を表1および表2に示す。

## 3. 調合、成形およびオートクレープ養生

消石灰：シラス：フライアッシュの配合比を重量で1:0.85:0.15, 1:2.55:0.45 および 1:5.1:0.9とし、これに対し水/粉比（水に対するシラス、フライアッシュおよび石灰の全重量比）を0.15の硬練りの状態で調合混練を行う。混練水にはモノリン酸アルミニウムを粉に対して固形分として0, 0.075, 0.150, 0.225, 0.750, 1.500 および 2.250%添加した。リン酸アルミニウムは正リン酸 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> を水酸化アルミニウム Al(OH)<sub>3</sub> で種々の程度に中和したものをいうが、本実験は米山化学KK製のモノリン酸アルミニウム Al(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> の50%溶液をうすめて使用した。モノリン酸アルミニウム50%水溶液のpHは2.2~2.5で比重1.47~1.48である。

調合混練はセメントモルタル用混練器で行ない、混練後直ちにステンレス製円筒成形器（直径50mm）に打ちこみ、200 kg/cm<sup>2</sup> で加圧成形する。供試体の大きさは直径50mm、高さ50mmの小形円柱体であつて1種類の試験について3個の試料を作成した。

これらの試料をオートクレープ中に設置し、養生圧力5~15 kg/cm<sup>2</sup>、養成時間5~15 hrs. で高温蒸気養生を行う。使用したオートクレープは図1に示すとおり、

全長165cm、内径30cmの横形円筒状の電熱式のもので最高許容圧力20 kg/cm<sup>2</sup>、最高使用温度214°Cである。装置は舞鶴重工KKによって特別に製作されたものである。

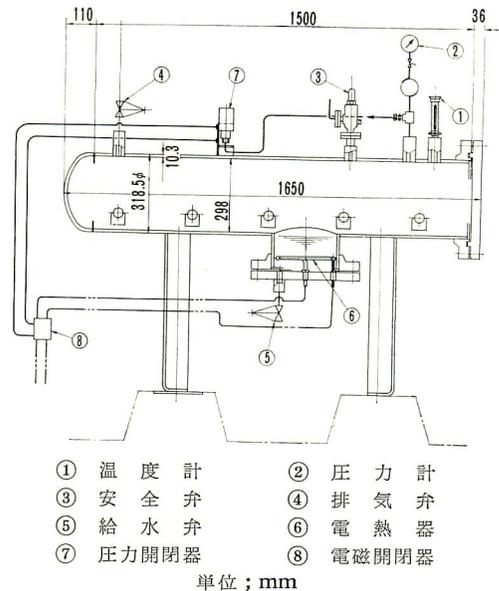


図1 オートクレープ装置

## 4. 実験結果

養生後の供試体は水中に24 hrs 放置して飽和状態としたのち表乾して表乾重量を測定し、さらに空気乾燥器中105°Cに数時間保持して絶乾重量を測定する。表乾および絶乾重量から飽水比重、絶乾比重および吸水率を算出し、さらに絶乾状態の試料について圧縮強度を測定した。

表 3 オートクレーブ硬化体の養生および調合条件と物理的性質

試料番号	配 合 比 石灰：シラス：フライアッシュ	混 練 調 合		オートクレーブ 養 生		物 理 的 性 質			圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
		リン酸アルミ添加量 (%)	水/粉比	養生圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	養生時間 (hrs)	飽水比重	絶乾比重	吸水率 (%)	
H 28	1 : 0.85 : 0.15	0	0.15	5	5	1.86	1.53	21.5	338
H 29		0.075	0.15	5	5	1.88	1.57	20.3	409
H 30		0.150	0.15	5	5	1.87	1.56	20.4	392
H 31		0.225	0.15	5	5	1.87	1.55	20.9	373
H 32		0.750	0.15	5	5	1.85	1.51	22.5	304
H 33		1.500	0.15	5	5	1.82	1.46	24.6	244
H 34		2.250	0.15	5	5	1.82	1.45	25.3	232
H 35		0	0.15	5	10	1.85	1.53	21.2	344
H 36		0.075	0.15	5	10	1.86	1.55	20.5	381
H 37		0.150	0.15	5	10	1.85	1.53	21.1	353
H 38		0.225	0.15	5	10	1.85	1.54	21.2	358
H 39		0.750	0.15	5	10	1.84	1.50	21.3	307
H 40		1.500	0.15	5	10	1.82	1.46	24.3	271
H 41		2.250	0.15	5	10	1.80	1.45	24.3	264
H 42		0	0.15	5	15	1.79	1.53	17.3	400
H 43		0.075	0.15	5	15	1.84	1.54	19.6	400
H 44		0.150	0.15	5	15	1.83	1.53	19.0	376
H 45		0.225	0.15	5	15	1.81	1.53	18.3	397
H 46		0.750	0.15	5	15	1.79	1.49	20.1	348
H 47		1.500	0.15	5	15	1.81	1.45	24.9	298
H 48		2.250	0.15	5	15	1.81	1.45	26.7	271
H 49		0	0.15	10	5	1.87	1.65	13.2	345
H 50		0.075	0.15	10	5	1.89	1.62	16.4	351
H 51		0.150	0.15	10	5	1.85	1.60	16.1	305
H 52		0.225	0.15	10	5	1.86	1.58	17.4	310
H 53		0.750	0.15	10	5	1.86	1.58	19.3	313
H 54		1.500	0.15	10	5	1.84	1.53	19.7	272
H 55		2.250	0.15	10	5	1.82	1.47	23.8	260
H 56		0	0.15	10	10	1.86	1.51	22.8	370
H 57		0.075	0.15	10	10	1.85	1.52	22.0	398
H 58		0.150	0.15	10	10	1.84	1.51	21.9	365
H 59		0.225	0.15	10	10	1.84	1.51	22.8	383
H 60		0.750	0.15	10	10	1.85	1.50	24.5	369
H 61		1.500	0.15	10	10	1.84	1.46	25.7	323
H 62		2.250	0.15	10	10	1.80	1.43	26.2	261
H 63		0	0.15	10	15	1.81	1.54	16.9	398
H 64		0.075	0.15	10	15	1.81	1.55	17.4	408
H 65		0.150	0.15	10	15	1.81	1.54	17.7	400
H 66		0.225	0.15	10	15	1.83	1.56	17.1	391
H 67		0.750	0.15	10	15	1.80	1.49	20.9	372
H 68		1.500	0.15	10	15	1.80	1.49	20.8	329
H 69		2.250	0.15	10	15	1.81	1.46	24.7	316
H 70		0	0.15	15	5	1.88	1.58	18.9	415
H 71		0.075	0.15	15	5	1.90	1.58	20.7	465
H 72		0.150	0.15	15	5	1.87	1.54	20.7	391
H 73		0.225	0.15	15	5	1.87	1.53	21.8	412
H 74		0.750	0.15	15	5	1.86	1.53	22.0	401
H 75		1.500	0.15	15	5	1.84	1.48	24.5	398
H 76		2.250	0.15	15	5	1.82	1.43	26.3	316
H 77		0	0.15	15	10	1.88	1.55	21.1	408
H 78		0.075	0.15	15	10	1.89	1.59	19.0	482
H 79		0.150	0.15	15	10	1.87	1.55	20.7	399
H 80		0.225	0.15	15	10	1.87	1.52	22.4	409
H 81		0.750	0.15	15	10	1.85	1.52	21.9	368
H 82		1.500	0.15	15	10	1.83	1.47	24.4	337
H 83		2.250	0.15	15	10	1.82	1.47	24.0	337

表3つづき

試料番号	配 合 比 石灰:シラス:フライアッシュ	混 練 調 合		オートクレーブ 養 生		物 理 的 性 質			圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
		リン酸アルミ添加量 (%)	水/粉比	養生圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	養生時間 (hrs)	飽水比重	絶乾比重	吸水率 (%)	
H 84	1 : 0.85 : 0.15	0	0.15	15	15	1.87	1.52	23.7	560
H 85		0.075	0.15	15	15	1.89	1.53	23.0	577
H 86		0.150	0.15	15	15	1.88	1.51	23.7	562
H 87		0.225	0.15	15	15	1.87	1.51	23.6	543
H 88		0.750	0.15	15	15	1.86	1.49	25.0	503
H 89		1.500	0.15	15	15	1.85	1.47	26.1	452
H 90		2.250	0.15	15	15	1.84	1.44	27.5	433
H 91		0	0.15	5	5	1.88	1.56	20.0	322
H 92		0.075	0.15	5	5	1.89	1.58	19.6	344
H 93		0.150	0.15	5	5	1.90	1.58	19.9	344
H 94		0.225	0.15	5	5	1.87	1.55	20.5	305
H 95		0.750	0.15	5	5	1.86	1.54	21.3	299
H 96		1.500	0.15	5	5	1.86	1.53	22.4	238
H 97		2.250	0.15	5	5	1.85	1.49	24.1	214
H 98		0	0.15	5	10	1.85	1.53	21.8	291
H 99		0.075	0.15	5	10	1.86	1.55	20.4	307
H 100		0.150	0.15	5	10	1.86	1.55	20.2	301
H 101		0.225	0.15	5	10	1.86	1.54	20.4	292
H 102		0.750	0.15	5	10	1.85	1.52	21.4	270
H 103		1.500	0.15	5	10	1.85	1.51	22.5	259
H 104		2.250	0.15	5	10	1.83	1.48	24.4	202
H 105		0	0.15	5	15	1.86	1.57	18.7	349
H 106		0.075	0.15	5	15	1.87	1.59	17.5	377
H 107		0.150	0.15	5	15	1.85	1.58	17.4	314
H 108		0.225	0.15	5	15	1.87	1.59	17.2	324
H 109		0.750	0.15	5	15	1.88	1.58	19.0	301
H 110		1.500	0.15	5	15	1.87	1.55	20.8	284
H 111		2.250	0.15	5	15	1.84	1.48	24.0	243
H 112	1 : 2.55 : 0.45	0	0.15	10	5	1.87	1.63	14.8	318
H 113		0.075	0.15	10	5	1.87	1.59	18.3	330
H 114		0.150	0.15	10	5	1.87	1.60	17.3	292
H 115		0.225	0.15	10	5	1.87	1.57	19.3	251
H 116		0.750	0.15	10	5	1.88	1.54	21.7	253
H 117		1.500	0.15	10	5	1.87	1.55	21.0	226
H 118		2.250	0.15	10	5	1.84	1.49	24.0	208
H 119		0	0.15	10	10	1.89	1.58	19.3	337
H 120		0.075	0.15	10	10	1.90	1.59	20.0	372
H 121		0.150	0.15	10	10	1.88	1.58	19.5	320
H 122		0.225	0.15	10	10	1.88	1.55	21.5	340
H 123		0.750	0.15	10	10	1.88	1.52	23.7	343
H 124		1.500	0.15	10	10	1.86	1.50	24.4	286
H 125		2.250	0.15	10	10	1.85	1.47	25.9	257
H 126		0	0.15	10	15	1.89	1.59	18.3	381
H 127		0.075	0.15	10	15	1.90	1.57	20.9	390
H 128		0.150	0.15	10	15	1.89	1.60	18.1	345
H 129		0.225	0.15	10	15	1.89	1.59	18.4	348
H 130		0.750	0.15	10	15	1.89	1.59	18.5	341
H 131		1.500	0.15	10	15	1.88	1.58	19.4	321
H 132		2.250	0.15	10	15	1.86	1.55	19.5	287
H 133		0	0.15	15	5	1.90	1.62	17.2	412
H 134		0.075	0.15	15	5	1.90	1.59	19.8	454
H 135		0.150	0.15	15	5	1.89	1.59	18.7	382
H 136		0.225	0.15	15	5	1.89	1.57	20.3	377
H 137		0.750	0.15	15	5	1.88	1.55	21.4	350
H 138		1.500	0.15	15	5	1.87	1.53	21.9	306
H 139		2.250	0.15	15	5	1.86	1.50	24.1	297

表3 つづき

試料番号	配 合 比 石灰：シラス：フライアッシュ	混 練 調 合		オートクレーブ 養 生		物 理 的 性 質			圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
		リン酸アルミ添加量 (%)	水/粉比	養生圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	養生時間 (hrs)	飽水比重	絶乾比重	吸水率 (%)	
H 140	1 : 2.55 : 0.45	0	0.15	15	10	1.88	1.67	12.2	450
H 141		0.075	0.15	15	10	1.88	1.67	12.6	463
H 142		0.150	0.15	15	10	1.88	1.64	14.0	429
H 143		0.225	0.15	15	10	1.88	1.65	14.2	436
H 144		0.750	0.15	15	10	1.87	1.59	17.9	380
H 145		1.500	0.15	15	10	1.85	1.59	16.6	365
H 146		2.250	0.15	15	10	1.83	1.51	21.3	295
H 147		0	0.15	15	15	1.89	1.66	14.3	551
H 148		0.075	0.15	15	15	1.89	1.67	13.3	543
H 149		0.150	0.15	15	15	1.89	1.68	12.7	577
H 150		0.225	0.15	15	15	1.92	1.72	12.5	523
H 151		0.750	0.15	15	15	1.87	1.62	15.6	434
H 152		1.500	0.15	15	15	1.87	1.61	15.9	420
H 153		2.250	0.15	15	15	1.87	1.57	17.5	366
H 154	1 : 5.1 : 0.9	0	0.15	5	5	1.86	1.52	21.8	204
H 155		0.075	0.15	5	5	1.87	1.52	21.2	216
H 156		0.150	0.15	5	5	1.86	1.53	21.7	197
H 157		0.225	0.15	5	5	1.86	1.52	22.2	192
H 158		0.750	0.15	5	5	1.86	1.51	22.8	179
H 159		1.500	0.15	5	5	1.86	1.50	23.1	179
H 160		2.250	0.15	5	5	1.84	1.46	25.4	133
H 161		0	0.15	5	10	1.84	1.53	20.8	224
H 162		0.075	0.15	5	10	1.85	1.53	20.9	237
H 163		0.150	0.15	5	10	1.84	1.52	21.0	208
H 164		0.225	0.15	5	10	1.84	1.52	21.5	200
H 165		0.750	0.15	5	10	1.84	1.50	22.6	189
H 166		1.500	0.15	5	10	1.85	1.49	24.2	167
H 167		2.250	0.15	5	10	1.83	1.46	25.3	138
H 168	0	0.15	5	15	1.88	1.54	22.0	279	
H 169	0.075	0.15	5	15	1.87	1.55	21.2	283	
H 170	0.150	0.15	5	15	1.88	1.55	20.7	271	
H 171	0.225	0.15	5	15	1.87	1.54	21.5	255	
H 172	0.750	0.15	5	15	1.87	1.53	22.7	253	
H 173	1.500	0.15	5	15	1.87	1.51	23.7	223	
H 174	2.250	0.15	5	15	1.85	1.48	25.1	196	
H 175	0	0.15	10	5	1.87	1.55	20.5	216	
H 176	0.075	0.15	10	5	1.87	1.59	17.5	220	
H 177	0.150	0.15	10	5	1.87	1.59	17.5	204	
H 178	0.225	0.15	10	5	1.87	1.54	20.8	206	
H 179	0.750	0.15	10	5	1.87	1.57	18.5	181	
H 180	1.500	0.15	10	5	1.85	1.49	23.8	160	
H 181	2.250	0.15	10	5	1.83	1.46	25.3	140	
H 182	0	0.15	10	10	1.87	1.53	28.0	265	
H 183	0.075	0.15	10	10	1.88	1.55	26.6	272	
H 184	0.150	0.15	10	10	1.88	1.56	27.2	260	
H 185	0.225	0.15	10	10	1.88	1.54	29.0	269	
H 186	0.750	0.15	10	10	1.87	1.52	29.0	228	
H 187	1.500	0.15	10	10	1.85	1.49	31.0	208	
H 188	2.250	0.15	10	10	1.84	1.47	33.9	163	
H 189	0	0.15	10	15	1.87	1.60	18.6	335	
H 190	0.075	0.15	10	15	1.87	1.60	17.0	346	
H 191	0.150	0.15	10	15	1.87	1.57	18.6	304	
H 192	0.225	0.15	10	15	1.86	1.55	20.1	305	
H 193	0.750	0.15	10	15	1.86	1.53	21.8	232	
H 194	1.500	0.15	10	15	1.85	1.47	24.7	215	
H 195	2.250	0.15	10	15	1.84	1.48	24.3	176	

表3 つづき

試料番号	配 合 比 石灰:シラス:フライアッシュ	混 練 調 合		オートクレーブ 養 生		物 理 的 性 質			圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
		リン酸アルミ添加量 (%)	水/粉比	養生圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	養生時間 (hrs)	飽水比重	絶乾比重	吸水率 (%)	
H 196	1 : 5.1 : 0.9	0	0.15	15	5	1.87	1.58	18.8	288
H 197		0.075	0.15	15	5	1.87	1.54	21.3	298
H 198		0.150	0.15	15	5	1.86	1.58	18.1	274
H 199		0.225	0.15	15	5	1.87	1.53	22.8	285
H 200		0.750	0.15	15	5	1.87	1.55	20.9	226
H 201		1.500	0.15	15	5	1.86	1.49	24.9	207
H 202		2.250	0.15	15	5	1.84	1.46	25.7	108
H 203		0	0.15	15	10	1.86	1.57	19.0	271
H 204		0.075	0.15	15	10	1.87	1.55	20.7	274
H 205		0.150	0.15	15	10	1.86	1.56	19.3	259
H 206		0.225	0.15	15	10	1.87	1.53	21.6	253
H 207		0.750	0.15	15	10	1.86	1.54	20.9	221
H 208		1.500	0.15	15	10	1.85	1.48	24.7	188
H 209		2.250	0.15	15	10	1.83	1.45	25.6	153
H 210		0	0.15	15	15	1.89	1.56	21.2	374
H 211		0.075	0.15	15	15	1.89	1.55	21.5	376
H 212		0.150	0.15	15	15	1.90	1.58	19.5	350
H 213		0.225	0.15	15	15	1.90	1.58	20.5	343
H 214		0.750	0.15	15	15	1.88	1.53	22.5	303
H 215		1.500	0.15	15	15	1.86	1.50	23.5	262
H 216		2.250	0.15	15	15	1.85	1.47	25.7	211

表3 に調合およびオートクレーブ養生条件と、オートクレーブ硬化体の物理的性質および強度を示した。表中の数値はいずれも供試体3個の平均値である。

## 5. 考 察

配合比、養生圧力、養生時間およびリン酸アルミニウム添加量を変動要因にとり、分散分析の手法にしたがって4要因の主効果および各要因間の交互作用につ

いて検討を行った。表4は一次検定で表5は一次検定において有意差の認められなかった要因を誤差の中に入れて二次検定を行ったものである。

表4および表5より養生圧力、養生時間、配合比およびリン酸アルミニウム添加量の主要因はいずれも、オートクレーブ硬化体の強度に有意差がある。また、養生圧力と養生時間、養生圧力と配合比の交互作用も強度上高度に有意である。しかし、養生圧力とリン酸アルミニウムの添加量、養生時間とリン酸アルミニウ

表 4 圧縮強さにおよぼす種々な要因の分散分析 (一次検定)

要 因	n	SS	MS	F <sub>0</sub>	F <sub>0.01</sub>	F <sub>0.05</sub>	判 定
A	2	384	192.5	177.8	F <sub>48</sub> <sup>2</sup> =5.08	F <sub>48</sub> <sup>2</sup> =3.19	有意である
B	2	205	102.5	94.9	F <sub>48</sub> <sup>2</sup> =5.08	F <sub>48</sub> <sup>2</sup> =3.19	〃
C	2	694	347.0	321.3	F <sub>48</sub> <sup>2</sup> =5.08	F <sub>48</sub> <sup>2</sup> =3.19	〃
D	2	193	76.5	70.8	F <sub>48</sub> <sup>2</sup> =5.08	F <sub>48</sub> <sup>2</sup> =3.19	〃
A×B	4	54	13.5	12.6	F <sub>48</sub> <sup>4</sup> =3.74	F <sub>48</sub> <sup>4</sup> =2.56	〃
A×C	4	40	10.0	9.3	F <sub>48</sub> <sup>4</sup> =3.74	F <sub>48</sub> <sup>4</sup> =2.56	〃
A×D	4	8	2.0		F <sub>48</sub> <sup>4</sup> =3.74	F <sub>48</sub> <sup>4</sup> =2.56	有意でない
B×C	4	1	0.3		F <sub>48</sub> <sup>4</sup> =3.74	F <sub>48</sub> <sup>4</sup> =2.56	〃
B×D	4	4	1.0		F <sub>48</sub> <sup>4</sup> =3.74	F <sub>48</sub> <sup>4</sup> =2.56	〃
C×D	4	3	0.8		F <sub>48</sub> <sup>4</sup> =3.74	F <sub>48</sub> <sup>4</sup> =2.56	〃
e	48	52	1.08		—	—	—
合 計	80	1638					

表5 圧縮強さにおよぼす種々な要因の分散分析（二次検定）

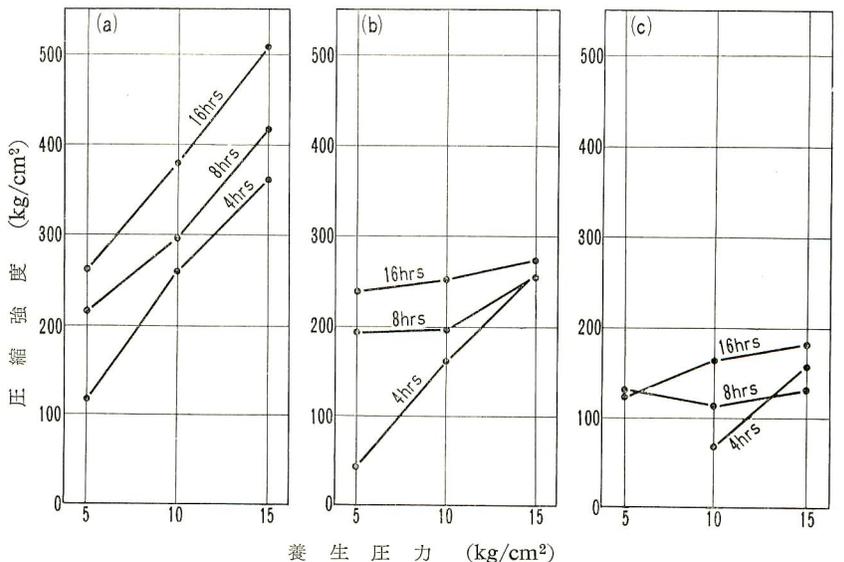
要因	n	SS	MS	F <sub>0</sub>	F <sub>0.01</sub>	F <sub>0.05</sub>	判定
A	2	384	192.5	181.1	F <sub>65</sub> <sup>2</sup> =4.95	F <sub>65</sub> <sup>2</sup> =3.14	有意である
B	2	205	102.5	96.4	F <sub>65</sub> <sup>2</sup> =4.95	F <sub>65</sub> <sup>2</sup> =3.14	〃
C	2	694	347.0	326.4	F <sub>65</sub> <sup>2</sup> =4.95	F <sub>65</sub> <sup>2</sup> =3.14	〃
D	2	193	76.5	71.9	F <sub>65</sub> <sup>2</sup> =4.95	F <sub>65</sub> <sup>2</sup> =3.14	〃
A×B	4	54	13.5	12.7	F <sub>65</sub> <sup>4</sup> =3.62	F <sub>65</sub> <sup>4</sup> =2.51	〃
A×C	4	40	10.0	9.4	F <sub>65</sub> <sup>4</sup> =3.62	F <sub>65</sub> <sup>4</sup> =2.51	〃
e <sub>0</sub>	64	68	1.063	—	—	—	—
合計	80	1638					

(註) A：養生圧力  
 B：養生時間  
 C：配合比  
 D：リン酸アルミニウム添加量  
 A×B：養生圧力と養生時間間の交互作用  
 A×C：養生圧力と配合比間の交互作用  
 A×D：養生圧力とリン酸アルミ添加量間の交互作用  
 B×D：養生時間とリン酸アルミ添加量間の交互作用  
 B×C：養生時間と配合比間の交互作用  
 C×D：配合比とリン酸アルミ添加量間の交互作用  
 e：一次検定の誤差  
 e<sub>0</sub>：二次検定の誤差

ムの添加量および配合比とリン酸アルミニウム添加量間の交互作用は強度上有意差は認められない。

オートクレープ硬化体の強度におよぼすフライアッシュの影響については図2および図3に示すようにシラスの15%をフライアッシュにおきかえることによつ

て強度がいちじるしく増進する。フライアッシュは火力発電所のボイラーなどにおける微粉炭燃焼の副産物であつてかなりの高温で生成されるものである。これらの中にはセメントクリンカー類の組成のものも生成されることが予想され、これが高温の水和作用によ



(a) 石灰：シラス=1：1 (b) 石灰：シラス=1：3 (c) 石灰：シラス=1：6

図2 石灰—シラス系オートクレープ硬化体の配合比別強度

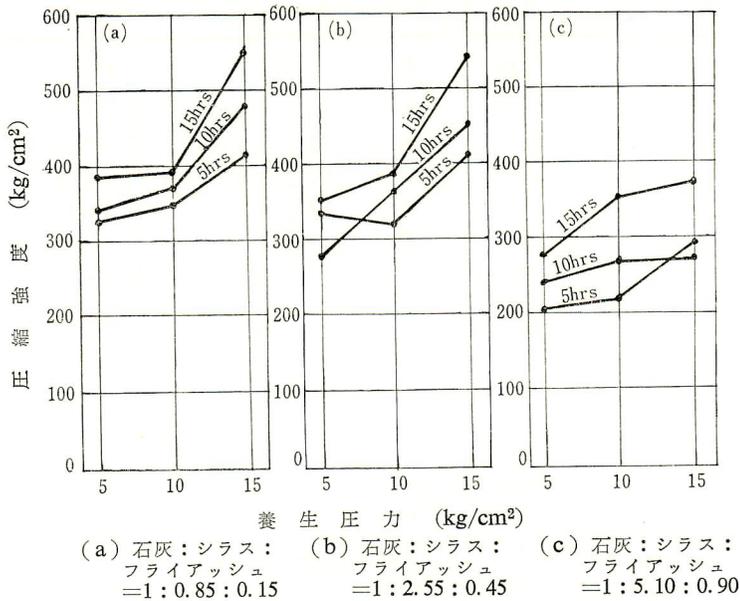


図3 石灰—フライアッシュ系オートクレーブ硬化体の配合比別強度

つて cementing power を生じ、粒子間の結合を強めるためと思われる。また、フライアッシュの形状は球状であつて加圧成形において充填効果を高めるため強度増進に効果を発揮するものであろう。

図2および図3に示すように、オートクレーブ硬化体の強度は養生圧力の大きいほど、養生時間が長いほど強度は増進する。しかし、シリカの配合比が増加するにしたがつて、その効果は小さくなる。石灰：シリカ+フライアッシュの配合比が 1:1, 1:3 の場合は強度上大きな差は認められないが、1:6 になるとかなり強度が低下する。経済性を考慮すればオートクレーブ硬化体の配合は消石灰 1 に対し、シリカ 2.55, フライアッシュ 0.45 として、養生圧力 10 kg/cm<sup>2</sup>, 養生時間 10 hrs ぐらいが適当と考えられる。

図4はリン酸アルミニウムを混練水に添加する場合、オートクレーブ硬化体の強度におよぼす影響を明示したものであつて、いずれの配合割合の場合でも粉末全重量の 0.075~0.150% を添加すれば強度が増進する。リン酸アルミニウムはほとんど反応性のない骨材でも若干硬化させる力をもっており、110°C に加熱すれば水素結合によつて強度が増進することが知られている<sup>3)</sup>。しかし、多量に加えると混練水の粘度が大きくなつて、成形の際空隙を生じ易くなり、硬化体の気孔率を高めるため強度が低下するものと考えられ、混練水への添加は 0.075~0.15% が適当である。

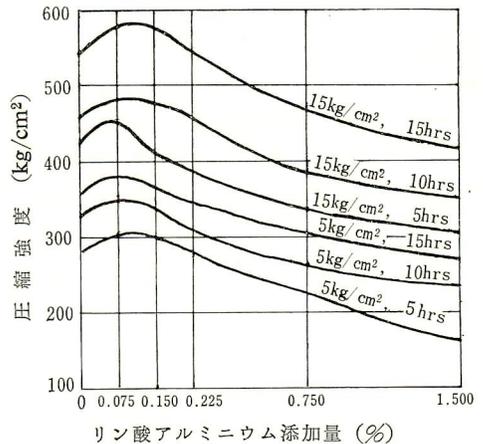


図4 圧縮強度に及ぼすリン酸アルミニウムの影響 (消石灰：シリカ：フライアッシュ=1:2.55:0.45)

本研究は昭和41年4月2日、日本化学会年会において発表したものであつて、研究費の一部は未開発資源企業化対策協議会の援助によるものである。本研究に際し、終始熱心に実験の一部を担当した小山幹男君に謝意を表します。

文 献

- 1) 島田・久米：シリカの工業的利用に関する研究

- 
- 第1報. シラスを用いたオートクレーブ硬化体,  
窯協誌, 74巻, 40頁 (1966).
- 2) 白山・上村: 気泡コンクリート. オーム社  
(1964).
- 3) 谷口: 磷酸アルミニウムの結合不定形耐火物,  
セラミックス, 1巻, 2号, 66頁 (1966).
-