各種フライアッシュの共通試験報告

土木学会フライアッシュ小委員会

委員長 工博 国 分 正 胤*
幹事 河 原 友 純**
幹事 太 斉 宗 一***

COLLECTIVE TESTS OF VARIOUS FLY ASH

*Reported by Japan Society of Civil Engineers Subcommittee on Fly Ash *****

Chairman : Dr. Eng., Masatane Kokubu, C.E. Member,

*Secretaries : Tomozumi Kawahara, C.E. Member,
and Sôichi Dazai, C.E. Member*

Synopsis :

A broad investigation undertaken by the Subcommittee on Fly Ash of quality and uniformity of fly ash from the major producers in Japan is discussed in this paper. Fly ash from thirteen plants of nine firms were sent in three shipments each to thirteen different laboratories where identical tests were conducted. Uniformity of samples taken daily at eleven plants for approximately one month running on two occasions were also tested. It is concluded that (1) thirty-two of a total of thirty-three varieties of fly ash were acceptable in quality under Japanese Industrial Standard (JIS) designations, results of tests on concrete made with these fly ashes being good, although there was considerable dissimilarity in quality between each other, while at few plants there was a great difference according to the time of day that samples were obtained and (2) that the deviation in quality of fly ash between periods of high and low water fell within the range specified in JIS.

要 旨 本文は国内の主要フライアッシュの品質ならびに品質の均一性を、フライアッシュ小委員会で広く調査した結果を論じたものである。すなわち 9 会社の 13 工場で生産されたフライアッシュを、13 の試験所へ 3 回にわたり送付して共通試験を行うとともに、11 工場において 2 回にわたり約 1 カ月間連続して試料を採取し均一性を調査した結果を述べ、(1) 合計 33 種のうち 32 種のフライアッシュが日本工業規格の品質の規定に合格し、これらをコンクリートに用いて試験した結果も良好であつたが、品質を相互に比較すればいちじるしい差があり、少数の工場では採取時期の相違によつて大差が認められたこと、(2) フライアッシュの品質の変動は渇水期にも豊水期にも日本工業規格の品質の均一性の規定の範囲内のものであつたこと、等を結論したものである。

目 次

第 1 章	緒 論	2
第 2 章	共通試験の方法	2
第 3 章	各種フライアッシュの品質試験の結果	4
第 4 章	各種フライアッシュがコンクリートのウォーカビリ チーおよび強度におよぼす影響	12
第 5 章	各種フライアッシュの品質の均一性に関する調査	21
第 6 章	結 論	27
付 録	フライアッシュに関する参考文献	28

* 正 員 東京大学教授、工学部土木工学教室

** 正 員 電力中央研究所技術研究所、第二部コンクリート研究室

*** 正 員 電源開発 KK、土木部設計課

**** Subcommittee of Committee on Concrete and Reinforced Concrete.

第1章 緒 論

フライアッシュをコンクリートの混和材料として用いるための研究は、わが国でも数年前からさかんに行われ、現在まで約 200 編の論文も発表されている。良質のフライアッシュの利点、すなわち、(1) コンクリートのウォーカビリティーを改善すること、(2) 適当に使用すれば長期材令におけるコンクリートの強度および水密性を改善すること、(3) マッシュなコンクリートでは硬化による発熱を緩和しひびわれのおそれを少なくすること、(4) 安価であること、等が実証され、また、これを用いる場合の諸注意事項が明らかにされてくるに従い、火力発電所の設備の改善と相まつて、ダム、護岸、水路、トンネル、建築物、コンクリート製品、等のコンクリートにフライアッシュがさかんに利用されるようになり、今日では年間使用量も約 300,000 t に達している。これは新資源の活用ということであつて、誠に喜ばしい。

しかし、このように各処で使用され始めると、これらのフライアッシュの品質が良好であるかどうか、また、均等質なものであるかどうか、を広く調査することが必要となる。なおフライアッシュの使用方法についての一層の研究が必要になることは論をまたない。これらの点についての調査研究を行うため、土木学会コンクリート常置委員会にフライアッシュ小委員会を設け、昭和 32 年 6 月以来研究をつづけている。

小委員会で試験したフライアッシュは、関電フライアッシュKK(関西電力)、東電フライアッシュ工業KK、中電興業KK(中部電力)、九電フライアッシュKK、中電産業KK(中国電力)、東北フライアッシュKK、常磐共同火力KK、旭ガラスKK、宇部興産KK、等 9 会社の 13 工場(火力発電所)で生産したもので、全国に使用されているフライアッシュがほとんど全部網羅されている。なお、各工場から直送されたものばかりでなく、電源開発KK、中部電力KK、関西電力KK、中国電力KK、九州電力KK、の 6 工事現場に入荷しているフライアッシュについても試験した。この共通試験に参加した試験所は、東京大学工学部、建設省土木研究所、国鉄鉄道技術研究所、電力中央研究所、電源開発KK、日本セメントKK、小野田セメントKK、日本セメント技術協会、東北電力KK、中電興業KK、関電フライアッシュKK、中電産業KK、九電フライアッシュKK、等の 13 におよんでいる。また、フライアッシュの品質の均一性は最も大切な性質であるので、11 工場において、豊水期および渇水期にそれぞれ約 1 カ月にわたつて試料を採取し、品質の変動を調査した。

工業技術院のフライアッシュ専門委員会では、昭和 31 年から審議を重ね、昭和 33 年にフライアッシュの日本工業規格(JIS A 6201)を制定したが、この専門委員会に資料として調査研究の一部を提出した。この JIS の諸規程、特に試験方法の信頼度について共通試験で再検討したのである。

調査研究の経過は 2 回にわたつて土木学会年次学術講演会*で発表した。本報告は、フライアッシュ小委員会の各委員が行つた共通の調査研究を取りまとめたものであつて、全国主要フライアッシュの品質ならびに品質の均一性を明らかにしたものである。なおフライアッシュの研究者および使用者の便に供するため巻末に既往の主要な参考文献を添付した。

この共通の調査研究のほかに、フライアッシュがコンクリートの乾燥収縮、耐久性、等におよぼす影響、および養生中の温度ならびに湿度がフライアッシュを用いたコンクリートの強度におよぼす影響、等についても研究したが、これらは共通して行つたものではないので改めて各委員から報告する予定である。なお今後は、フライアッシュを用いたコンクリート中における かぶり の薄い鉄筋の腐食についても研究を進めたいと考えている。

調査研究に当り懇切な御指導を賜つたコンクリート常置委員会委員長 吉田徳次郎先生、また、終始熱心に御協力いただいた委員各位ならびに工事現場の担当者の方々に謹んで厚く御礼申上げる。

第2章 共通試験の方法

1. フライアッシュ

共通試験は 3 回にわたつて行い、試験に用いたフライアッシュは、それぞれの工場における代表的資料が得られるよう、特に入念に採取した。また、採取した試料を 13 の試験所(A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M と記した)へ分配する場合にも、各試験所の試料が均等であるよう特に注意を払つた。

第 1 回試験に用いたフライアッシュは昭和 32 年 7 月に各工場から採取したものであり、第 2 回試験に用いたものは昭和 32 年 12 月に採取したものであつて、工場は 7 工場であり、これらの試料をそれぞれ、1,2,3,4,5,6,7 と名付けた。この両回の試験は、それぞれ、豊水期および渇水期におけるフライアッシュの品質を確かめる

* 昭和 33 年度および 34 年度の年次学術講演会

ためのものである。

第3回試験に用いたフライアッシュは、昭和33年10月に13工場から採取したもの（これらの試料を101～113と名付けた）と6工事現場に到着していたもの（201～206と名付けた）との19試料である。すなわちこの試験においては、工事現場に入荷したフライアッシュと工場で採取したものと間の品質の相違をも確かめたのであつて、工事現場への連絡はフライアッシュの使用者側の委員が担当した。

上記のようにフライアッシュの試料はすべて番号で整理したのであつて、番号と工場名あるいは会社名との関係は委員中の1名だけが知り、他の委員および試験担当者には知らせていない。すなわち、各工場および工事現場から試料の全量をその1名の委員へ送り、この委員がそれぞれのフライアッシュを整理して番号を付け、ブリキ缶に密封して各試験所へ分配したのである。これは、試験の公正を期するための考慮である。

2. セメントおよび骨材

第1回および第2回試験には、日本セメントKK西多摩工場製普通ポルトランドセメントを用い、第3回試験には小野田セメントKK藤原工場製普通ポルトランドセメントを用いた。セメントの試験結果は表-1のようであつた。

表-1 セメントの試験成績

化学成分 (%) および諸比率														
強熱減量	不溶残分	シリカ	アルミナ	酸化鉄	酸カルシウム	酸化マグネシア	無水硫酸	合 計	H. M	A. I	S. M	I. M	L.S.D	
第 1 回試験 日本セメントKK西多摩工場製、普通ポルトランド セメント														
0.84	0.32	22.90	5.60	3.04	64.04	1.30	1.53	99.57	2.00	4.09	2.65	1.84	0.846	
第 2 回試験 日本セメントKK西多摩工場製、普通ポルトランド セメント														
0.82	0.42	22.62	5.29	2.89	64.34	1.45	1.61	99.44	2.05	4.28	2.77	1.83	0.865	
第 3 回試験 小野田セメントKK藤原工場製、普通ポルトランド セメント														
0.65	0.26	22.14	4.84	3.18	65.32	1.48	1.48	99.35	2.13	4.57	2.76	1.52	0.920	

物理的性質

比 重	粉 末 度		凝 結						安定性 パット	フロー (mm)	強 さ (kg/cm ²)							
	ブレン 値 (cm ² /g)	88μ 残 分 (%)	温 度 (°C)	湿 度 (%)	水 量 (%)	始 発 (時一分)	終 結 (時一分)	曲 げ				圧 縮						
								3 日			7 日	28日	91日	3 日	7 日	28日	91日	
第1回試験 日本セメントKK西多摩工場製、普通ポルトランド セメント																		
3.15	3,050	3.1	21.1	92	26.0	1—59	3—59	良	226	28.5	42.6	64.7	70.6	110	209	406	485	
第2回試験 日本セメントKK西多摩工場製、普通ポルトランド セメント																		
3.15	3,010	3.1	20.7	91	26.0	2—33	3—48	良	227	40.3	43.4	64.8	71.5	116	202	412	482	
第3回試験 小野田セメントKK藤原工場製、普通ポルトランド セメント																		
3.16	3,220	1.0	20.0	85	25.3	3—06	4—17	良	247	28.6	43.9	73.7	74.7	111	204	393	483	

注：それぞれのセメント工場で行った試験値である。

これらのセメントは、それぞれ、工場から各試験所へ直送したものであつて、各試験所はセメントが到着したのちただちに試験を開始した。

コンクリートによる共通試験には、各試験所で常時使用している細骨材および粗骨材を使用した。粗骨材の最大寸法を25mmとしたほかは特別に制限しなかつたが、いずれの骨材も土木学会コンクリート標準示方書の諸規定に合するものである。

3. フライアッシュの品質試験方法

フライアッシュの品質試験はJIS A 6201*~1958によつて行つた。粉末度試験に用いた標準網ふるい44μは、厳重に検査して入手した金網を用いてある製作所で作り、これを各試験所に配布したものである。

一部の試験所においては、活性炭素の含有量を推定するため、メチレンブルー溶液にフライアッシュを加えて溶液中のメチレンブルーが吸着される程度を試験した。この試験は吉越盛次氏の提案**に準じて行つたものであつて、例えば試験管に入れた一定濃度***のメチレンブルー溶液25ccにフライアッシュ1gを加えて十分に振り、この懸濁液をろ過してろ過後の溶液におけるメチレンブルーの濃度を比色方法によつて測定し、フライアッシュ1gに吸着されるメチレンブルーの量(mg/g)を定めたのである。溶液をろ過するとろ紙にもメチレン

* 日本工業規格フライアッシュ ** フライアッシュの参考文献 参照

*** 濃度を35~40mg/lとして試験した場合が多かつた。

ブルーが吸着されるが、吸着される程度はろ紙によつていちじるしく相違し、同一商標のろ紙でも相違することがある。それで、同種のろ紙を用いあらかじめこれにメチレンブルーを十分に吸着させてから溶液のろ過を行う等、ろ紙のおよぼす影響をできるだけ少なくするように注意してろ過した。

4. コンクリートによる共通試験方法

第2回および第3回の試験においては、フライアッシュがコンクリートのウォーカビリティーおよび強度におよぼす影響についての共通試験を行つたのであつて、表-2 に示す項目を共通とした。すなわち、単位セメント量 300 kg のコンクリートと同じウォーカビリティーを持つコンクリートをフライアッシュを用いて造り、単位水量の比を求めるとともに、コンクリートを 21℃ の水中で養生したのち試験して圧縮強度ならびに引張強度の比を求めて比較したのであつて、単位セメント フライアッシュ量 (C+F) を 300 kg フライアッシュによるセメントのおき換え率 (F/C+F) を 25%とした。スランプの値は各試験所の任意としたため、4.5 cm の所も 8 cm の所もあつたが、試験の目的は十分に達せられた。

第3回試験は、ビンゾールを用いて造つた空気量 4~5%の AE コンクリートについてこれを行つた。2. に述べたごとく、骨材は各試験所が所有するものを用いたために、所望の空気量を得るに必要な単位 AE 剤量は試験所によつて相当に相違した (表-7 参照)。

圧縮強度試験の供試体は直径 10 cm、高さ 20 cm のシリンダーとし、引張強度試験の供試体は直径 15 cm、高さ 15~20 cm のシリンダーとした。

表-2 コンクリート試験における共通項目

区 分		第 2 回 試 験	第 3 回 試 験
コンクリートの配合	粗骨材の最大寸法	25 mm	25 mm
	単位セメント フライアッシュ量 (C+F)	300 kg	300 kg
	単位セメント量 (C)	225 kg	225 kg
	単位フライアッシュ量 (F)	75 kg	75 kg
	フライアッシュによるセメントのおき換え率 (F/C+F)	25%	25%
	空 気 量	—	4~5%
A E 剤		用 い な い	ビンゾール
供 試 体 の 寸 法	圧 縮 強 度	直径 10 cm、高さ 20 cm のシリンダー	直径 10 cm、高さ 20 cm のシリンダー
	引 張 強 度	試 験 し な い	直径 15 cm、高さ 15~20 cm のシリンダー
供 試 体 の 養 生		21℃ の 水 中 養 生	21℃ の 水 中 養 生

第 3 章 各種フライアッシュの品質試験の結果

1. 第 1 回および第 2 回の品質試験結果

第1回の品質試験の結果は表-3 に示すとおりであり、第2回の結果は表-4 に示すとおりであつて、化学成分、比重、粉末度および単位水量比に関しては、7 種のフライアッシュ全部が JIS の規定に合格している。圧縮強度比も 11 試験所 (A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K) の全平均においては 1~6 のフライアッシュはいずれも合格し、ごく少数の試験所だけで渇水期 (昭和 32 年 12 月) に採取した 6 および 1 のフライアッシュが不合格となつている。しかし、7 のフライアッシュは渇水期に採取したものは不合格であり、豊水期 (昭和 32 年 7 月) に採取したのものも相当数の試験所で不合格となつている。

7 種のフライアッシュの品質を比較すると相当な差が認められ、44 μ ふるいによる粉末度は 2~21%、単位水量比は 92~98%、91 日圧縮強度比は 107%~78%の範囲に相違している。

また、同種のフライアッシュにおける豊水期と渇水期との試験結果を比較すると、フライアッシュの 1,3,5 および 7 はほとんど同じ値となつているが、2 と 6 とにおいては大差が認められた (図-9 および 図-4 参照)。

表-8, 9, 10 は第1回の試験における各試験所の間の試験値の変動を総括したものであつて、試験値の平均値 ($\bar{X}$)、標準偏差 (σ)、変動係数 (V)、最大値 (X_{max})、最小値 (X_{min})、最大値と最小値との差 (R) 等が示されている。表-11 は各フライアッシュの品質の相違を総括したものである。表-8, 9, 10 から次のことが認められる。

(1) 単位水量比の試験値の標準偏差は非常に小さく、フライアッシュ 7 種のうちの 6 種では 1.5%以下に過ぎないのであつて、この試験方法が標準試験方法として適当なものであることが示されている。

表一 フライアッシュの品質試験成績表（第1回試験）

試料番号	試験 所 (平均値)							試験 所					試験 所							試験 所										
	E,F,G, H,I,J	E,F,I	E,F,I	E,F,I	E,F,I	E,F,I		E	F	G	I	平均 値	E	F	G	H	I	J	K	平均 値	A	B	F	H	J	平均 値				
	湿 分 (%)	アル ミナ (%)	酸化鉄 (%)	酸 石 (%)	化 灰 (%)	酸 マグ ネシ ウム (%)	無 硫 酸 (%)	シリ カ (%)					強 熱 減 量 (%)							粉末度 88μフルイ残分 (%)										
1	0.3	26.2	6.3	3.8	1.7	0.4		55.5	57.1	56.8	57.1	56.6	2.5	3.3	3.0	2.6	2.7	2.0	2.9	2.7	6.6	5.0	5.6	4.1	3.2	4.9				
2	0.1	27.5	4.4	3.0	1.2	0.3		59.6	61.5	61.7	61.6	61.1	0.3	0.5	0.6	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	2.3	2.1	2.0	2.0	2.3	2.1				
3	0.3	25.1	9.0	9.8	1.6	1.9		48.3	48.2	48.5	48.7	48.4	1.8	3.3	2.9	1.8	2.1	1.9	2.1	2.3	1.0	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8				
4	0.2	28.0	5.1	5.3	1.8	0.5		52.8	56.0	56.6	56.9	55.6	1.4	2.2	1.9	1.8	2.0	1.6	1.8	1.8	3.4	2.5	2.2	1.6	1.4	2.2				
5	0.2	26.8	5.8	2.6	1.5	0.2		57.3	59.8	59.5	60.5	59.3	1.6	1.9	2.0	1.7	1.6	1.7	1.8	1.8	0.8	0.4	0.5	0.5	0.9	0.6				
6	0.2	26.6	6.8	3.9	1.0	0.5		57.3	59.6	60.6	60.7	59.6	0.4	1.2	1.1	0.5	0.6	0.4	0.6	0.7	3.0	2.3	3.2	2.6	2.0	2.6				
7	0.1	28.6	3.8	1.9	0.6	0.1		61.1	63.3	63.5	64.5	63.1	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	9.5	7.0	5.4	7.0	5.8	6.9				
セメント																					3.1	3.1			3.4					
試料番号	試験 所												試験 所												試験 所					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	平均 値	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	平均 値						
	比 重												単 位 水 量 比 (%)																	
1	2.15	2.12	2.10	2.13	2.13	2.13	2.11	2.12	2.12	2.11	2.13	2.12	98	97	97	98	99	97	95	97	96	95	98	97						
2	2.07	2.09	2.08	2.08	2.08	2.09	2.05	2.08	2.09	2.12	2.08	2.08	93	91	92	93	94	91	92	90	91	91	92	92						
3	2.38	2.35	2.41	2.38	2.41	2.42	2.39	2.39	2.42	2.42	2.39	2.40	94	93	93	93	94	92	91	91	92	91	95	93						
4	2.15	2.14	2.16	2.22	2.16	2.17	2.15	2.16	2.18	2.17	2.18	2.17	97	96	96	96	98	97	94	94	96	94	97	96						
5	2.13	2.12	2.12	2.12	2.13	2.13	2.12	2.12	2.13	2.13	2.13	2.13	97	93	94	94	96	95	93	95	94	93	95	94						
6	2.10	2.08	2.10	2.10	2.10	2.12	2.08	2.09	2.11	2.10	2.11	2.10	95	94	93	92	99	94	91	93	94	94	95	94						
7	2.00	2.04	1.98	2.01	2.01	2.03	2.00	2.01	2.02	1.97	2.02	2.01	99	97	98	98	99	98	96	97	98	96	98	98						
セメント	3.18			3.15	3.14	3.15				3.16		3.16	フロー (mm) 246	218	239	244	229	227	234	225	203	223		229						
試料番号	試験 所												試験 所												試験 所					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	平均 値	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均 値							
	粉 末 度 ブレーン値 (cm ² /g)												粉 末 度 44μフルイ残分 (%)																	
1	3,300	3,120	3,220	3,790	3,430	3,100	3,210	3,300	3,010	3,250	3,270		15.8	17.3	14.0	14.7	16.2	22.3	15.3	14.5	14.0	15.0	15.9							
2	3,520	3,390	3,510	4,830	3,750	3,330	3,540	3,530	3,420	3,370	3,620		7.7	8.4	7.0	7.3	10.1	9.5	7.9	7.6	8.0	7.5	8.1							
3	3,740	3,610	3,460	4,790	3,600	4,170	3,650	4,350	4,130	3,520	3,900		3.6	6.5	3.0	2.7	4.2	5.3	3.0	3.0	3.0	3.0	3.7							
4	3,570	3,370	3,680	3,170	3,470	3,400	3,660	3,700	3,490	3,670	3,520		11.5	12.9	8.0	9.3	12.0	14.7	8.4	8.5	8.0	8.0	10.1							
5	3,620	3,570	3,600	4,170	3,540	3,440	3,670	3,670	3,280	3,740	3,620		4.4	5.1	4.0	3.8	4.3	6.2	4.5	4.0	4.0	4.5	4.5							
6	3,340	3,230	3,560	4,450	3,320	3,500	3,480	3,520	3,130	3,400	3,490		11.3	12.8	10.0	12.4	11.4	18.0	11.8	12.0	12.0	11.5	12.3							
7	2,740	2,940	2,830	3,280	2,870	3,010	3,000	3,130	3,180	3,090	3,010		21.6	19.8	21.0	22.0	16.0	23.3	19.0	21.0	22.0	21.0	20.7							
セメント	2,950	3,040	3,210	3,050						3,040	3,060																			
試料番号	試験 所												試験 所												試験 所					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均 値	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均 値								
	圧 縮 強 度 比 (%) 7日												曲 げ 強 度 比 (%) 7日																	
1		62		63	70	65	60	69	58	63	64		69		69	80	78	67	73	73	79	74								
2		70		76	79	84	71	84	74	78	77		81		84	89	91	75	83	81	84	84								
3		71		73	97	81	72	88	70	84	80		81		82	99	94	81	86	85	86	87								
4		65		70	84	73	63	72	58	68	69		79		77	92	85	70	78	72	79	79								
5		67		74	78	80	69	77	68	71	73		74		82	84	88	78	75	73	83	80								
6		74		71	69	79	68	73	60	73	71		72		78	76	88	75	75	74	83	78								
7		62		67	66	70	61	65	57	66	64		69		79	70	78	69	66	72	78	73								
セメント	193			177	221	194	205	172	200	205	(kg/cm ²) 196		43.5		39.2	47.7	39.4	45.9	44.1	41.9	45.3	(kg/cm ²) 43.4								
試料番号	試験 所												試験 所												試験 所					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均 値	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均 値								
	圧 縮 強 度 比 (%) 28日												曲 げ 強 度 比 (%) 28日																	
1	75	69	66	68	75	67	64	73	64	70	69		80	77	77	80	89	80	84	80	73	78	80							
2	86	77	86	78	85	84	74	88	77	80	82		87	89	84	86	89	87	89	91	85	90	88							
3	84	75	80	74	90	80	75	92	77	85	81		88	85	85	87	101	86	89	93	80	85	88							
4	76	69	71	74	84	71	70	77	65	76	73		80	83	77	82	88	84	84	82	72	70	80							
5	82	75	72	79	87	79	73	86	73	77	78		87	81	81	79	97	82	83	101	76	76	84							
6	83	77	73	76	75	79	74	83	71	74	77		84	81	80	82	84	83	88	81	86	82	83							
7	70	62	60	65	68	69	67	64	60	72	66		82	83	74	79	78	81	82	82	73	76	79							
セメント	362	381	376	361	400	405	402	351	373	387	(kg/cm ²) 380		64.8	65.5	62.2	63.1	67.9	66.8	66.6	67.9	66.9	74.1	(kg/cm ²) 66.6							
試料番号	試験 所												試験 所												試験 所					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均 値	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均 値								
	圧 縮 強 度 比 (%) 91日												曲 げ 強 度 比 (%) 91日																	
1	97	86	82	80	90	85	84	99	88	86	88		95	86	86	89	85	87	87	104	91	90	90							
2	113	107	103	96	105	106	97	112	114	106	106		98	99	96	100	90	95	94	108	104	93	98							
3	105	105	116	92	112	106	105	113	113	104	107		93	104	97	99	100	92	99	112	95	85	98							
4	98	96	95	84	96	93	95	102	91	92	94		90	100	92	86	90	92	86	108	91	85	92							
5	104	100	104	90	103	100	99	112	98	99	101		103	105	89	89	99	95	87	113	97	91	97							
6	110	101	94	90	105	103	104	113	105	101	103		100	102	89	94	86	96	91	115	97	94	96							
7	86	81	87	79	91	85	90	101	83	89	87		94	96	88	90	89	86	84	115	92	86	92							
セメント	420	435	423	475	444	485	448	400	380	454	(kg/cm ²) 436		68.5	69.5	71.2	71.7	78.4	70.6	74.7	62.5	67.2	82.5	(kg/cm ²) 71.7							

試料番号	試 験 所							試 験 所			試 験 所							試 験 所		
	A	B	E	F	G	J	平均値	B	D	平均値	A	B	E	F	G	J	平均値	B	D	平均値
	圧 縮 強 度 比 (%) 6 カ月							圧縮強度比(%) 1カ年			曲 げ 強 度 比 (%) 6 カ月							曲げ強度比(%) 1年		
1	111	90	106	100	90	98	99	110	104	107	104	107	94	92	109	94	100	104	107	106
2	127	114	117	117	115	113	117	143	122	133	109	102	93	105	113	94	103	118	112	115
3	125	106	127	122	114	118	119	131	120	126	108	108	97	100	100	84	100	118	111	115
4	119	105	111	108	105	102	108	124	113	119	110	101	93	95	107	84	98	104	103	104
5	107	114	120	115	112	111	113	124	122	123	107	128	100	103	97	90	104	116	121	119
6	119	111	112	116	112	112	114	128	120	124	98	105	92	100	109	95	100	112	111	112
7	97	91	102	102	102	99	99	113	104	109	103	100	96	97	113	89	100	105	104	105
セメント	432	420	453	483	465	458	(kg/cm ²) 452	453	460	457	69.1	64.1	79.3	70.6	70.4	83.7	(kg/cm ²) 72.9	69.6	68.4	(kg/cm ²) 69.0

表-4 フライアッシュの品質試験成績表(第2回試験) *印は(kg/cm²)

試料番号	試 験 所				試 験 所					試 験 所								試 験 所				
	E	F	G	平均値	D	E	F	G	平均値	A	B	C	D	E	F	G	平均値	A	B	F	G	平均
	シリカ (%)				強 熱 減 量 (%)					比 重								粉末度88μフルイ残分(%)				
1		57.8	57.5	57.7	2.7		2.9	2.4	2.7	2.15	2.13		2.17		2.13	2.11	2.14	3.1	2.9	2.9	2.9	3.0
2		60.4	61.4	60.9	0.5		1.0	0.4	0.6	1.98			2.04		2.03	2.03	2.02	9.7		2.6	2.9	5.1
3		55.9		55.9	1.0		1.2		1.1	2.38		2.41	2.36		2.41		2.39	0.5		0.2		0.4
4	51.3	53.8		52.6	1.3	1.1	1.6		1.3			2.16	2.15	2.16	2.17		2.16			2.5		2.5
5	52.3	54.3	54.0	53.5	2.2	2.1	2.2	1.9	2.1	2.24			2.23	2.24	2.24	2.24	2.24	0.3		0.6	0.6	0.5
6		59.5	60.2	59.9	0.6		1.4	0.3	0.8	2.06	2.11		2.06		2.11	2.14	2.10	9.4	5.2	4.2	3.6	5.6
7		61.1	58.5	59.8	0.9		1.1	0.4	0.8		2.02		2.03		2.02	2.02	2.02		5.7	4.5	4.9	5.0
セメント	23.2	22.6		22.9		0.7	0.8		0.8				3.15	3.17	3.15		3.16					

	試 験 所								試 験 所								試 験 所							
	A	B	C	D	E	F	G	平均値	A	B	C	D	E	F	G	平均値	A	B	C	D	E	F	G	平均値
	粉末度 ブレーン値 (cm ² /g)								粉末度 44μフルイ残分 (%)								単位水量比 (%)							
1	3,160	3,050		3,210		3,230	3,140	3,160	13.1	13.8		12.5	13.0	8.9	12.3		96	99		96		97	95	97
2	3,000			3,360		3,500	3,090	3,240	25.9			13.7	11.9	11.7	15.8		97			92		94	94	94
3	3,350			3,850		3,500		3,570	0.8		2.8	2.1	1.9	1.9		92			93	91		91		92
4				3,170	3,340	3,410		3,310			13.0	15.5	19.0	14.9	15.6				97	96	95	95		96
5	3,260			3,220	3,390	3,450	3,180	3,300	3.5		4.6	6.0	3.8	2.8	4.1	94			93	93	95	95		94
6	2,510	3,400		3,080		3,400	2,800	3,040	23.4	17.6	20.1	17.6	13.6	18.5		98	97		98		96	95		97
7		3,060		3,200		3,150	3,120	3,130	18.7		21.9	18.3	18.0	19.2			99		97		97	96		97
セメント				3,040		3,010		3,030									フロー 227			231		227		(mm) 228

	圧縮強度比 (%) 7日							圧縮強度比 (%) 28日							圧縮強度比 (%) 91日										
	58	59	75	71	72	62	61	68	62	70	69	64	67	84	76	82	87	75	81						
1	58			64		63	63	62	68	62		70		69	64	67		84	76		82		87	75	81
2	59			74		73	66	68	68		80	78	67	73	88		93	100	92	93					
3	75			83		87	82	82		78	87	87		84	103		101	108		104					
4				71	73	68		71		62	71	72	72		69		87	96	93	92					
5	72			70	73	71	70	71	74		78	73	74	67	73	98		84	96	95	89	92			
6	62			60		66	72	65	66	69	71	75	58	68	95	88	83	101	89	91					
7				61		63	70	65		65	69	67	62	66		77	77	83	76	78					
セメント	208			203	198	202	238	210	411	368	350	397	425	412	477	406	473	456	486	470	482	507	479		

	曲 げ 強 度 比 (％) 7日								曲 げ 強 度 比 (％) 28日								曲 げ 強 度 比 (％) 91日							
	73			75		99	70	79	83	81	76	82	78	80	91	85		87		97	80	88		
1	73			75		99	70	79	83	81	76	82	78	80	91	85		87		97	80	88		
2	70			79		72	76	74	78		78	88	78	81	93			91		92	85	90		
3	88			87		91	89	91		83	83	94		88	102			90	96	98		97		
4				82	78	79		80		73	75	77	92	79				95	93	98		95		
5	79			77	79	82	78	79	80		87	77	86	79	82	96			96		99	89	95	
6	70			72		75	80	74	76	83	67	80	73	76		90	87		98		105	81	92	
7				74		73	77	75		83	73	82	73	78			87		88		96	78	87	
セメント	43.2			41.2	44.1	43.4	49.2	44.2	69.3	60.3	65.9	72.2	73.8	64.8	73.6	68.6	71.4	69.3		71.0	74.7	71.5	83.5	73.6

	試 験 所 (平均値)							試 験 所 (平均値)							試 験 所 (平均値)						
	D,E,F,G	E,F	E,F	E,F	E, F	E,F		A	B	F	G	平均値	B	A	B	F	G	平均値	B		
	湿 分	アルミナ	酸化鉄	酸化石灰	酸化マグネシウム	無水硫酸		圧縮強度比							曲げ強度比						
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		6 月 1年							6 月 1年						
1	0.3	24.9	5.3	4.3	2.1	0.4		93	104	103	96	99	109	108	95	103	98	101	104		
2	0.2	27.2	4.7	2.4	1.9	0.1		93		121	102	105		105		108	100	104			
3	0.3	28.2	6.4	3.3	1.5	0.3		115		128		122		109		116		113			
4	0.3	27.3	5.3	7.8	2.1	0.7				109		109				103		103			
5	0.3	29.8	6.7	4.5	1.6	0.3		108		113	95	105		100		104	92	99			
6	0.2	25.3	5.9	3.8	1.1	0.7		96	104	114	102	104	117	98	90	104	106	100	101		
7	0.3	28.0	5.0	1.6	0.7	0.1			100	103	96	100	113		97	111	99	102	109		
セメント		5.31	2.99	64.27	1.38	1.56		485	425	472	498	470	428	71.3	71.0	69.3	81.9	73.4	71.4		

(2) 圧縮強度比の試験値の変動係数は、材令 28 日で 5.5~8%, 材令 91 日で 5~7.2%, 材令 6 カ月で 3~8.5%であつて相当に大きい。この原因としては種々のことが考えられるが、フライアッシュを用いない供試体の試験値の変動が意外にいちじるしいことも大きな原因と考えられる。工事現場におけるフライアッシュの管理試験に当つては、強度試験の誤差を小さくするように努力しないと好結果が得られないことを示すものである。

2. 第3回の品質試験結果

第3回の品質試験の結果は表-5に示すようであつて、ほとんど大部分のものが JIS の規定に合格し、フライアッシュ 202 および 105 の圧縮強度比だけが、少数の試験所で不合格となつている。

しかし、第1回および第2回の試験結果と同様に、19 種のフライアッシュの品質には大差が認められる。

なお、明瞭に結論することはできないが、工場から直接採取したフライアッシュと工事現場から採取したフライアッシュとで品質の相違があつたことは認められない。

3. フライアッシュの各種試験値について

第1回、第2回および第3回の試験結果をまとめると、合計 33 種のフライアッシュの試験値(各試験所における試験値の平均値)は次のようであつて、湿分、比重、等は大差ないが、その他は JIS に不合格となることはほとんどないが、相当の広範囲に相違している。

	規格値	試験値
シリカ	45% 以上	63~48%
湿分	1% 以下	0.1~0.5%
強熱減量	5% 以下	0.1~2.7%
比重	1.95 以上	2.40~2.00
粉末度	ブレン方法	2,700 cm ² /g 以上
	44μふるい残分	2,910~2,920 cm ² /g
		25% 以下
		1.7~20.7%

	規格値	試験値
単位水量比	100% 以下	92~98%
圧縮強度比	28日	63% 以上
	91日	80% 以上
	6カ月	—
曲げ強度比	28日	—
	91日	—
	6カ月	—

圧縮強度比も曲げ強度比も、フライアッシュによつて大差はあるが、いずれも、材令とともに増加し、3 カ月以後の材令においては、ほとんど全部のフライアッシュが、85%以上となつている。図-1 はその一例を示したものである。しかしこれらの強度比が、用いるセメントの化学成分(特に珪酸三石灰およびアルカリ)ならびに粉末度、等によつて相違することは当然である。また、各試験値がフライアッシュによつて広範囲に相違していることは、フライアッシュの使用に当り、試験を行うことがぜひ必要であることを示すものである。

図-1 第1回試験におけるフライアッシュの強度比(平均値を示す)

フライアッシュの相違による強度比の差は、短期材令の場合をのぞけば曲げ強度比よりも圧縮強度比においていちじるしい(表—11参照)。これは品質を試験するためには曲げ強度比よりも圧縮強度比による方が適当である事を示すものと思われる。

図—2~6 はフライアッシュの強熱減量、ブレン値、 44μ ふるい残分、単位水量比、圧縮強度比、等の相互の関係を示したものである。図—3 に示すようにある一工場の試験値においては 44μ ふるい残分とブレン値とはほぼ比例している。しかし、図—2 に示されたごとく試験値全般から見れば、 44μ ふるい残分とブレン値との間に関連性は認めにくい。これは、33種のフライアッシュの性質が相当に相違していること、試験の誤差が大きいこと、等によるものと思われる。しかし、工場における品質管理のためには、 44μ ふるいを用いてもブレン方法を用いても大差無いことは示されている。

図—4 は 44μ ふるい残分と強熱減量との関係を示したものであるが、これらの間には関連性は認められない。図—5 は粉末度と材令 91 日における圧縮強度比との関係を示したものであつて、明らかではないが、細かいものほど強度比が大きくなる傾向は認められる。明瞭な傾向が示されないのは、試験したフライアッシュがいずれも相当に粉末の細かいものであつたことによると思われる。

図—6 は単位水量比と材令 91 日における圧縮強度比との関係であつて、これらの間には比例関係が認められる。従つて単位水量比の試験はフライアッシュの品質判定上特に重要なものと思われる。

以上に述べた結果は、フライアッシュの品質を論ずる場合、JIS の諸項目についての試験値を各個に比較して論ずるのは適当でないのであつて、単位水量比および圧縮強度比の

図—2 44μ ふるい残分とブレン値との関係 (第1回, 第2回および第3回試験)

図—3 ある工場で調査した 44μ ふるい残分とブレン値との関係

図—4 44μ ふるい残分と強熱減量との関係 (第1回, 第2回および第3回試験)

注: 数字はフライアッシュの番号を示す。

試験値とともに総合して判断する必要があることを示すものである。しかし、今回試験した試料といちじるしく異なるようなフライアッシュの場合には、強熱減量、粉末度、等もその品質を判定するための良いめやすとなるものと思われる。

図—5 44 μ ふるいの残分と材令 91 日における圧縮強度比との関係（第 1 回、第 2 回および第 3 回試験）

注：数字はフライアッシュの番号を示す。

図—6 単位水量比と材令 91 日における圧縮強度比との関係（第 1 回、第 2 回および第 3 回試験）

注：数字はフライアッシュの番号を示す。

表-5 フ ラ イ ア ッ シ ュ の 品 質

試料番号	粉 末 度 プ レ ー ン 値 (cm ² /g)												単 位 水 量 比 (%)											
	試 験 所												試 験 所											
	A	B	C	D	E	F	G	I	J	L	M	平均値	A	B	C	D	E	F	G	I	J	L	平均値	
101	2,890			3,110			3,120		3,030		3,050	3,040	90			92			93		92		92	
102	3,490			3,680			3,540				3,510	3,560	97			97			97				97	
103	3,770			3,870							3,780	3,870	95			94							95	
104	3,330				3,470						3,500	3,430	95				93					94	94	
105		3,370			3,310						3,460	3,370		92			95					92	93	
106	2,940	2,840			2,960						3,150	2,730	96	96			95					93	95	
107		3,050			3,310			3,130				2,990	3,120	90			93			92		95	93	
108		3,380				3,120		3,340				3,130	3,240	92				95		94			94	
109			3,190			3,950		4,170				3,960	3,820		95			94		91			93	
110			2,800			2,980		3,610				3,350	3,190		97			95		95			96	
111				3,280				3,670		3,730		3,360	3,490		95						95		95	
112		3,940	3,370			3,390		4,000		3,940		4,300	3,910	89	94			95		92		92	92	
113				3,370				3,750		3,760		3,470	3,590			96			92		96		96	
201	3,190			3,210				3,160			3,240		3,200	93					92			91	92	
202	3,490			3,490	3,310				3,160		3,450		3,440	97					98			95	97	
203		3,560			4,050			3,590				3,730		92						93			93	
204		3,160				3,210		3,320				3,230		92						93			93	
205			2,860			3,410				3,650		3,310			96				94				95	
206			2,800				2,910			3,150		2,950			97				96		97		97	
セメント																								

試料番号	粉 末 度 44μ フ ル イ 成 分 (%)											比 重											
	試 験 所											試 験 所											
	A	B	C	D	E	F	G	I	J	L	平均値	A	B	C	D	E	F	G	I	J	L	平均値	
101	2.0			1.6			2.7		2.3		2.2	2.12			2.14			2.12		2.14		2.13	
102	12.5			17.0			17.5				15.7	2.04			2.04			2.12				2.07	
103	12.5			15.0						14.9	14.1	2.04			2.04						2.06	2.05	
104	1.5				2.0					1.7	1.7	2.13				2.14					2.14	2.14	
105		8.9			11.0					9.7	9.9		2.14			2.12					2.10	2.12	
106	13.5	16.7			21.0					15.1	16.6	2.16	2.13			2.12					2.14	2.14	
107		3.2			4.0			2.5			3.2	2.35				2.38			2.35			2.36	
108		14.9				12.5		15.9			14.4	2.11					2.09		2.10			2.10	
109			3.9			3.6		4.5			4.0			2.18		2.24		2.24				2.22	
110			18.8			15.2		19.4			17.8			1.98		2.01		2.00				2.00	
111																							
112		3.0	4.2			2.7	3.9		2.8		3.3			2.17		2.19	2.16			2.19		2.18	
113				6.1			4.4		3.0		3.7		2.26	2.23			2.26		2.24			2.25	
							6.8		5.5		6.1				2.15		2.17		2.23			2.18	
201	2.8			3.3			4.0			3.2	3.3	2.13			2.12	2.02		2.13			2.13	2.13	
202	12.5			16.4	20.0					14.2	15.8	2.08			2.08						2.09	2.07	
203		14.5			24.0			15.7	5.6		18.1		2.00			2.11		1.99				2.03	
204		5.6				4.5					5.2		2.13				2.13		2.13			2.13	
205			7.8			6.9				6.5	7.1			2.17		2.16				2.16		2.16	
206			14.8				16.6		14.5		15.3			2.14			2.14			2.15		2.14	
セメント																							

試料番号	湿分 (%)	アミ (%)	ルナ (%)	酸化鉄 (%)	酸化石灰 (%)	酸化マ グネシ ウム (%)	無水 硫酸 (%)	シリカ (%)				強熱減量 (%)					粉末度 88μフルイ残分 (%)										
								試験所 (平均値)				試験所				試験所					試験所						
								D,E, F,G	E,F,G	F,G	E,F,G	E,F,G	E,F,G	E,F,G	E	F	G	平均値	D	E	F	G	平均値	A	B	D	F
101	0.1	25.4	4.0	4.7	1.3	0.1	61.8	60.9	60.7	61.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.6			0.2		0.3		0.2		0.3		
102	0.2	27.5	4.6	1.9	0.8	0.1	60.4	62.0	61.6	61.3	1.1	1.2	1.3	1.3	1.2	3.3			2.6		2.5				2.8		
103	0.1	27.7	5.0	2.2	1.1	0.2	59.3	60.8	60.6	60.2	0.7	0.7	1.1	0.9	0.9	5.2			5.7				5.0		5.3		
104	0.2	27.3	5.6	4.9	1.7	0.9	56.0	55.9	55.8	55.9	1.0	1.0	1.0	0.8	0.9	0.5							0.7		0.6		
105	0.2	26.1	4.6	4.9	1.5	0.6	59.0	58.0	58.1	58.3	1.5	1.4	1.2	1.4			1.4						2.2		1.8		
106	0.3	25.0	7.6	3.7	1.8	0.5	55.7	57.4	56.6	56.6	1.6	1.6	1.6	1.6	4.4	4.3							4.3		4.3		
107	0.2	28.2	7.9	3.9	1.4	0.6	53.2	54.9	54.3	54.1	0.6	0.7	0.6	0.6		0.4					1.0				0.7		
108	0.1	26.6	6.3	4.1	1.2	0.5	56.1	59.4	58.4	58.0	0.5	0.6	0.4	0.5		4.1					3.1				3.9		
109	0.5	26.0	5.5	4.3	1.6	1.2	57.1	57.3	57.3	57.2	1.8	2.1	1.5	1.8					4.5		1.2				1.1		
110	0.2	29.0	4.3	2.1	1.1	0.2	60.4	61.8	61.2	61.1	0.8	0.9	0.8	0.8					0.9		6.8				6.8		
111	0.3	24.0	9.2	3.5	1.7	0.5	55.9	56.9	56.4	56.4	2.4	2.3	2.2	2.3					0.5		0.4		0.4		0.4		
112	0.2	25.5	6.2	2.2	2.1	0.5	60.4	59.9	60.2	60.2	0.6	0.7	0.5	0.6			0.7				0.9		0.6		0.7		
113	0.3	26.2	4.4	4.1	2.0	0.7	57.7	57.4	57.3	57.5	2.0	1.9	2.3	2.0	2.1			1.3		1.3		0.9			1.2		
201	0.1	26.8	3.3	5.2	1.2	0.2	60.2	60.8	60.5	60.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8					0.3		1.2		0.9		
202	0.2	26.5	4.3	2.1	0.9	0.3	62.3	62.7	62.0	62.3	1.4	1.4	1.6	1.5	1.5	3.3					1.2		3.4		2.6		
203	0.1	27.5	4.1	2.3	1.2	0.1	62.9	62.4	61.7	62.3		0.5	0.5	0.5	0.5										4.2		
204	0.3	27.0	5.9	3.7	1.8	0.4	56.7	57.0	56.1	56.6		1.3	1.5	1.4	1.4			4.4			4.0				0.7		
205	0.2	26.8	5.1	4.6	1.6	0.6	56.2	57.6	56.9	56.9		1.5	1.7	1.6	1.6					0.8					1.3		
206	0.3	25.3	6.5	3.1	1.6	0.5	56.0	57.1	57.1	56.7		2.4	2.3	2.1	2.3					1.5		1.1		2.5	2.0		
セメント		4.84	3.16	65.32	1.48	1.48																					

セメント

試験成績表 (第3回試験)

試料番号	圧縮強度比 (%) 28日											曲げ強度比 (%) 28日										
	試験所											試験所										
	A	B	C	D	E	F	G	I	J	L	平均値	A	B	C	D	E	F	G	I	J	L	平均値
101	85			83			88		80		84	76			87			84		83		83
102	65			67			64				65	71			69			67				69
103	75			83						72	77	79			89					74		81
104	75									76	76	78								82		82
105		76			78					73	73		86		78					82		82
106		67	77		71					71	72	71	78			78				75		76
107			83		84			77			81		88			82						83
108			84			72		77			78		84				74		78			79
109				80		75		86			80			88			83		83			85
110				74		69		77			73			84			77		79			80
111				74			73			76	74			87		79				78		81
112			88	85				89		84	87		89				81			87		89
113					73			70		77	73			97	72			76		80		76
201	38			75	67		100			81	85	76			88			88			84	84
202	46			55						68	64	70				71				71		71
203		85			77			78			80		83			78			79			80
204		77				71		77			75		82				84		74			80
205			73			71			74		73			84			82			76		81
206			66				72		67		68			82				75		75		77
セメント	436	321	413	411	401	449	393	389		438	(kg/cm ²) 406	79.4	64.4	70.0	69.6	68.9	71.0	73.7	68.3		72.5	(kg/cm ²) 70.9

試料番号	圧縮強度比 (%) 91日											曲げ強度比 (%) 91日										
	試験所											試験所										
	A	B	C	D	E	F	G	I	J	L	平均値	A	B	C	D	E	F	G	I	J	L	平均値
101	109			101			106		98		104	100			98			96		102		99
102	89			85			78				84	91			88			87				89
103	103			111						99	104	104			110					98		104
104	101									94	96	98								92		93
105		77			94					84	84		84			89				88		86
106		88	78		85						92	98	78			89				91		89
107			92		98			87			91		87			88						89
108			84			92		96			96		85				89		92			90
109				97		92		99			97			100			93		100			98
110				102		90		100			97			100			87		99			95
111				85			89		97		90				99		88			102		96
112			97	99			104		111		103		87	104				102		115		102
113				97			88		96		94				92			89		106		96
201	104			99			105			95	101	102			92			106			91	98
202	86			92						86	87	96			88					86		89
203		86						99			93		80						100			90
204		79			84			93			86		76						91			84
205			95			88		88		95	93			99			86			98		97
206			88				88		83		86			88			94		91		91	90
セメント	484	460	432	476	487	512	483	455		497	(kg/cm ²) 476	78.1	82.5	76.1	73.3	79.7	77.8	74.7	72.7		78.0	(kg/cm ²) 77.0

試料番号	圧縮強度比 (%) 6ヵ月											曲げ強度比 (%) 6ヵ月										
	試験所											試験所										
	A	B	C	D	E	F	G	I	J	L	平均値	A	B	C	D	E	F	G	I	J	L	平均値
101	120			106			115		108		112	107			91			108		108		104
102	99			89			86				91	111			78			93				94
103	111			107							109	99			89							94
104	113										114	105										107
105		95			115						100		82			108						93
106		103	94		105						101	99	88			96						94
107			105		118						112		94			102			110			102
108			103			102					107		101				103		112			105
109				98		105					106			109			106		104			106
110				102		103					105			117			107		118			114
111				98		102				97	99					109				106		110
112			113	112			121		119		116		98					116		128		118
113					99		96		99		98				75			96		105		92
201				115			123				119	120										108
202	120			94							99	102						112				95
203		110			102					111	113								106			104
204		97				102				109	103			96					108			101
205			98							109	103				116					104		109
206			94				100			98	97				111				103			105
セメント	491	445	520	508	470	512	495	441			(kg/cm ²) 485	80.8	82.8	74.5	86.2	76.9	76.4	73.6	67.9			(kg/cm ²) 77.4

第4章 各種フライアッシュがコンクリートのウォーカビリティー
および強度におよぼす影響

第2章に述べたように、単位セメント量 300 kg のコンクリートと同じウォーカビリティーを持つコンクリートを、単位セメント フライアッシュ量 (C+F) 300 kg フライアッシュによるセメントのおき換え率 (F/C+F) 25 %として各種のフライアッシュを用いて造り、単位水量および強度をそれぞれフライアッシュを用いない場合の数値で割り、単位水量比および強度比を求めた結果は 表-6 および 表-7 に示すようであった。表-6 および 表-7 から次のことが認められる。

(1) AE コンクリートの場合にも AE 剤を用いないコンクリートの場合にも、単位水量比は、JIS に規定するモルタル試験における単位水量比より減じ、20 種のフライアッシュにおいて 89~96 % となつていて、いずれのフライアッシュもこれの使用によつてコンクリートのウォーカビリティーが改善されることが明瞭に示されている。

(2) それぞれのフライアッシュについて、報告されている単位水量比の各試験所間における相違は JIS の単位水量比の試験値における相違よりもいちじるしくなっている。これは、試験所ごとに骨材が相違していたこと、ウォーカビリティーの判定に相違があつたこと、等によると思われる。それで全試験値についてみれば、コンクリートにおける単位水量比と JIS の単位水量比との間に一定の関係があるとは認められないようになつている。しかし、それぞれの試験所だけについて試験値を整理すれば、図-7 に示すように、これらの2種の単位水量比の間には直線的な関係があると認められる。従つて JIS に規定する単位水量比はコンクリートの場合の単位水量比を推定するめやすとして役立つものである。

表-6 フライアッシュがコンクリートの単位水量および圧縮強度におよぼす影響 (第2回試験)

試験項目	試験所	試料番号								フライアッシュは昭和32年12月に採取した。 粗骨材の最大寸法は25mm C+F=300kg AE剤は用いない F/C+F=25% 供試体は21℃の水中で養生した									
		1	2	3	4	5	6	7	セメント										
単位水量 (kg)	A	148	150	142		145	151		160	試験項目	試験所	試料番号							
	B	150					145	148	162			1	2	3	4	5	6	7	セメント
	C			145	155				165										
	D	145	145	143	149	145	151	147	165										
	E				156	153			162										
	F	157	155	151	157	154	157	155	165										
	G	148	144					144	152										
	平均値	150	149	145	154	149	151	149	162										
単位水量比 (%)	A	93	94	89		91	94		100	圧縮強度比 (%)	試験所	試料番号							
	B	93					90	91	100			1	2	3	4	5	6	7	セメント
	C			88	94				100										
	D	88	88	87	90	88	92	89	100										
	E				96	94			100										
	F	95	94	92	95	93	95	94	100										
	G	97	95					95	100										
	平均値	93	93	89	94	92	93	92	100										
スランプ (cm)	A	6.5	6.5	6.5		7.0	6.5	6.0~6.5		圧縮強度比 (%)	試験所	試料番号							
	B	6.8					6.6	5.8	6.2			1	2	3	4	5	6	7	セメント
	C			6~7	6~7				6~7										
	D	4.5	4.6	4.9	4.5	4.9	4.6	4.7	4.7										
	E				6.0	6.0			6.0										
	F	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0										
	G	6.0	6.0					6.0	6.0										
	平均値																		
空気量 (%)	A	1.5	1.8	1.6		1.5	1.5	1.9~2.0		圧縮強度比 (%)	試験所	試料番号							
	D	1.6	2.2	1.8	1.8	1.6	1.9	1.8	2.5			1	2	3	4	5	6	7	セメント
	G	1.5	1.5					1.5	1.5										
	平均値	1.5	1.8	1.7	1.8	1.6	1.7	1.7	2.0										
ブリージング (%)	B	2.4					1.4	1.7	2.1	圧縮強度比 (%)	試験所	試料番号							
	D	2.8	2.2	2.3	2.5	2.7	2.7	2.7	3.5			1	2	3	4	5	6	7	セメント
	F	4.4	3.4	3.3	4.8	3.7	2.8	3.4	4.7										
	平均値	3.2	2.8	2.8	3.7	3.2	2.3	2.6	3.4										

注：×印の試験値はのぞいて平均値を算出した。

(4) **第3章, 1.**に述べたごとく、同種のフライアッシュの試料においても、採取時期が異なつた場合にいちじるしい品質の相違が認められたものがある。図-9 は第1回試験(豊水期に採取した)と第2回試験(渇水期に採取した)とにおける圧縮強度比の相違を示したものであつて、フライアッシュ 1, 3 および 5 は大差無いが、2 および 6 においては大差が認められる。図-10 はこれらのフライアッシュを用いたコンクリートの圧縮強度比の試験所 A における試験値があつて、コンクリートにおいても全く同様な相違が認められる。これらの

フライアッシュは、昭和 33 年 10 月に採取した。
粗骨材の最大寸法=25 mm, 単位セメント フライアッシュ量 $(C+F)=300 \text{ kg}$,
フライアッシュによるセメントのおき換え率 $(F/C+F)=25\%$ 供試体は 21°C の水中で養生した。

試験所	試料番号													試験所	試料番号																	
	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113		セメント	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	セン	メント		
A B C D E F G L	単位水量比														A B C D E F G L	スラベンブ (cm)																
	89	93	93			92 97	92	94					92			139 (kg)	5.5	5.5	5.8			5.0 5.5	5.9	5.6				5.0 4.5	6.5		5.0	
			92				95						98			139 145 142 135 152 144 142		4.6			6.0	6.0		4.3			5.0 4.4	4.1		5.5 5.3 4.9 6.0 6.0		
	90				96	96	95		92	91	92	93	92	88		92		6.2			6.0~7.5	6.5~8.0	6.0~7.0		7.5	8.0	8.0	7.5	6.0	6.0	6.0	
	平均値	90	93	95	96	96	95	94	93	92	93	93	90	95		142																6.0~7.0
A B C D E F G L	単位AE剤量 (g)														A B C D E F G L	空気量 (%)																
	20~22	100~126	26~28			95~107 97	32	30					28			15~18.4 (g)	4.5	4.4	4.5			4.6 4.0	4.6	4.2				4.2		4.6		
		194					40			53	53			67			23 34 23 24 15 15 21		4.2			4.5	4.5		4.9			4.1	4.5		4.3	
	28				34	34	37			22	22	22	114 137	32		50		4.8			4.6~4.8	4.5~4.7	4.3~4.7		3.8	3.9	4.0	4.2	4.3	4.5	4.5	
	平均値	25	154	31	36	38	99	36	26	38	38	126	30	59		21																4.0~4.6
A B C D E F G L	圧縮強度比 (%) 28日														A B C D E F G L	引張強度比 (%) 28日																
	85	86	86			82 85	87	89					97			400 (kg/cm ²)	86	91	86			87 98	90	98				95		33.3		
			75				78			81	76		60			361 344 346 383 385 326 388			70				57		86	80		76		30.8		
	97				76	86			80	86	77	72 81	101	78			103				86	90			82	87	82	96		32.9		
	平均値	91	81	81	76	83	84	83	85	84	77	77	99	69		367												99	103	87		33.6
A B C D E F G L	圧縮強度比 (%) 91日														A B C D E F G L	引張強度比 (%) 91日																
	104	100	96			97 96	93	104					105			458 (kg/cm ²)	103	104	103			102 108	98	104				104		34.6		
			95					77		97	88			69			421 393 380 424 434 387 435			88				78			114	100		80		
	110				89	93			95	98	92	94 103	109	107			113			95	96	98			98	104	101	108		114		
	平均値	107	98	94	93	91	97	85	100	98	90	99	107	88		417													111	106	90	
D F H M	メチレンブルー吸着量 (mg/g)														A B C	圧縮強度比 (%) 6ヵ月																
	0.350	0.890	0.600	0.330	0.360	0.830	0.260	0.420	0.300	0.400	0.930	0.360	0.500			105	105	100	97			103 96	99	104				102	92		480	
	0.350	0.850	0.500	0.250	0.350	0.880	0.180	0.300	0.120	0.280	0.880	0.250	0.500																			429
	0.250	0.800	0.400	0.350	0.350	0.750	0.250	0.300	0.400	0.400	0.700	0.350	0.650																			397
	平均値	0.310	0.840	0.510	0.300	0.350	0.800	0.260	0.340	0.260	0.360	0.820	0.320	0.500																		
A B C															A B C	引張強度比 (%) 6ヵ月																
	112	105	109														112	105	109			111 106	101	103				94	87		114	
																																35.1
																																34.1
																																34.9

結果は、重要な工事に用いる場合にはフライアッシュの品質管理に、特に注意する必要があることを明瞭に示すものである。

(5) コンクリートの空気量を4~5%とするに必要な単位AE剤量はいずれのフライアッシュの場合にもフライアッシュを用いない場合より増加し表-7に示すごとく、13種のうちの102, 106, 111, の3種では5倍以上になっている。これは主として、フライアッシュ中の活性炭素にAE剤が吸着されることによるものである。また、同一試料を用いた実験中にもブリキ缶が異なると所望の空気量を得るための単位AE剤量を3割程度も変化しなければならなくなつた場合すらある。これらの結果は、フライアッシュをAEコンクリートに用いる場合には、均等な良質のものでない限り空気量の変動が大きくなり、コンクリートの管理が困難になることを示すものである。この困難を解決する実用的な方法は、フライアッシュを粉末のまま使用せず、あらかじめ水にとかしペーストとして使用する方法であると筆者は信じている。

炭素含有量の多いフライアッシュでは、上記のような困難がともなうほかに、これを用いたコンクリートの品質に悪影響をおよぼすことも考えられる。図-11はフライアッシュの強熱減量とコンクリートの圧縮強度比との関係を示したものであるが、試験に用いたフライアッシュの範囲内では関連性はあまり認められない。それで、ある程度まで強熱減量の多いものでも、均等質のものであれば、AE剤を用いないコンクリートには十分に使用できると思われる。

(6) 図-12は各フライアッシュのメチレンブルーの吸着量と所望の空気量を得るに必要な単位ビンゾール量との関係を示したものであつて、単位ビンゾール量はフライアッシュを用いないコンクリートにおける単位ビンゾール量の倍数で表わしており、フライアッシュごとに二つの試験所における試験値が示してある。図-12か

図-7 コンクリートにおける単位水量比と JIS に規定する
モルタル試験における単位水量比との関係
(第2回および第3回試験)

図-8 フライアッシュを用いたコンクリートにおける圧縮強度比 (第2回試験)

注：平均値を示す。

ら、メチレンブルーの吸着量の多いものほど単位 AE 剂量が増加し、その増加する程度は吸着量が多くなるほどいちじるしくなることが認められる。図—13 は強熱減量とメチレンブルーの吸着量との関係を示したものであつて、この両者が比例する傾向はいくぶん認められる。しかし 図—14 に示した、ある 2 工場（第 5 章に述べるⅢとⅣ）で連続して採取した 60 試料におけるメチレンブルーの吸着量と強熱減量との間には、関連性を認めにくい。これは主として、強熱減量が活性炭素量に比例しなかつたことによると思われる。また、この 2 工場における強熱減量は約 1 % であつて 60 試料におけるその変動の範囲は 0.5% 程度に過ぎない。メチレンブルーの吸着量の試験は活性炭素量のこのような少差を示せるほど 鋭敏なものではないので、図—14 では関連性が認められなくなつたものとも思われる。

強熱減量 0.8% に相当するメチレンブルーの吸着量は、図—14 の工場Ⅲにおいては 0.25 mg/g、工場Ⅳにおいては 0.4 mg/g であり、図—13 においては 0.3 mg/g であつて相違している。なお、図—13 には強熱減量 1.6% に相当するメチレンブルーの吸着量は、大部分が 0.5~0.9 mg/g 以上であるのにわずかに 0.25 mg/g 程度となるフライアッシュもあることが示されている。これは、強熱減量が活性炭素量に比例しないことおよび紙の影響があつたことによるほか、各フライアッシュにおける微粉の量の相違が吸着量の試験値に影響をおよぼしたこともよると思われる。

上記のようにメチレンブルーの吸着量と強熱減量とは比例的な関係にあるとは限らないが、図—12 から推定すれば、ある一種のフライアッシュを用いる工事現場においては、メチレンブルーの吸着量の試験は AE コンクリートの管理に有効であると思われる。しかし試料の採取には十分な注意が必要であらう。

吸着量試験において比色を行うために、溶液中のフライアッシュを分離するには溶液をろ過する代りに遠心分

図—9 第 1 回試験（豊水期に採取した）と第 2 回試験（渇水期に採取した）とにおけるフライアッシュの圧縮強度比の相違

注：平均値を示す。

離器を用いることが考えられる。図-15 は試験所Aで行った遠心分離方法によるメチレンブルー吸着量の試験値をろ過方法による試験値と対比したものであつて、毎分約 400 回転で 5 分間遠心分離したものである。実験の数は少ないが、遠心分離の方法が、精度の良いことを暗示するものと思われる。また、遠心回転数を増加すれば所要時間も短縮されるのであつて、便利な方法であると思われる。

図-10 第1回試験(豊水期に採取した)と第2回試験(渇水期に採取した)とにおける
フライアッシュを用いたコンクリートの圧縮強度比の相違
(試験所 A における実験)

図-11 フライアッシュの強熱減量とコンクリートの圧縮強度比との関係(第2回および第3回試験)

注: 数字はフライアッシュの番号を示す。

図-12 メチレンブルーの吸着量と AE コンクリートの単位ビンゾール量との関係 (第3回試験)

注：単位ビンゾール量は2試験所における試験値を示したものであつて、数字はフライアッシュの番号を示したものである。

図-13 各種フライアッシュにおける強熱減量とメチレンブルーの吸着量との関係 (第3回試験)

注：数字はフライアッシュの番号を示す。

図-14 ある工場で調査した強熱減量とメチレンブルーの吸着量との関係

図-15 試験方法の相違がメチレンブルーの吸着量試験値におよぼす影響(試験所 A における実験)

注: 数字はフライアッシュの番号を示す。

表-8 フライアッシュの品質試験成績総括表(第1回試験)その1

統計記号	湿分 (%)	強減 (%)	熱量 (%)	比重	ブレン ン値 (cm ² /g)	44μ 残分 (%)	単位 水量比 (%)	圧縮強度比(%)				曲げ強度比(%)			
								7日	28日	91日	6ヵ月	7日	28日	91日	6ヵ月
<i>n</i>	6	7	11	10	10	11	11	8	10	10	6	8	10	10	6
	試験材料番号														
$\bar{X}$	0.3	2.7	2.12	3,270	15.9	97	64	69	88	99	74	80	90	100	
σ	0.10	0.41	0.01	217	2.47	1.27	4.14	4.12	6.14	8.45	5.04	4.32	5.75	7.51	
<i>V</i>	33	15	0.5	7	16	1.3	6.5	6.0	7.0	8.5	6.8	5.4	6.4	7.5	
$X_{\max}$	0.4	3.3	2.15	3,790	22.3	99	70	75	99	111	80	89	104	109	
$X_{\min}$	0.2	2.0	2.10	3,010	14.0	95	58	64	80	90	67	73	85	92	
<i>R</i>	0.2	1.3	0.05	780	8.3	4	12	11	19	21	13	16	19	17	
	試験材料番号														
$\bar{X}$	0.1	0.4	2.08	3,620	8.1	92	77	82	106	117	84	88	98	103	
σ	0.04	0.37	0.02	442	0.98	1.18	5.32	4.89	6.16	5.08	4.98	2.29	5.37	8.02	
<i>V</i>	40	93	1.0	12	12	1.3	6.9	6.0	5.8	4.3	5.9	2.6	5.5	7.8	
$X_{\max}$	0.2	0.6	2.12	4,830	10.1	94	84	88	114	127	91	91	108	113	
$X_{\min}$	0.1	0.3	2.05	3,330	7.0	90	70	74	96	113	75	84	90	93	
<i>R</i>	0.1	0.3	0.07	1,500	3.1	4	14	14	18	14	16	7	18	20	
	試験材料番号														
$\bar{X}$	0.3	2.3	2.40	3,900	3.7	93	80	81	107	119	87	88	98	100	
σ	0.09	0.59	0.02	437	1.25	1.41	9.74	6.38	6.87	7.80	6.50	5.69	7.29	8.87	
<i>V</i>	30	26	0.8	11	34	1.5	12.2	7.9	6.4	6.6	7.5	6.5	7.4	8.9	
$X_{\max}$	0.4	3.2	2.42	4,790	6.5	95	97	92	116	127	99	101	112	108	
$X_{\min}$	0.2	1.8	2.35	3,460	2.7	91	70	74	92	106	81	80	85	84	
<i>R</i>	0.2	1.4	0.07	1,330	3.8	4	27	18	24	21	18	21	27	24	
	試験材料番号														
$\bar{X}$	0.2	1.8	2.17	3,520	10.1	96	69	73	94	108	79	80	92	98	
σ	0.04	0.83	0.02	172	2.45	1.38	7.79	5.30	4.76	6.07	6.97	5.64	7.07	9.63	
<i>V</i>	20	46	0.9	5	24	1.4	11.3	7.3	5.1	5.6	8.8	7.1	7.7	9.8	
$X_{\max}$	0.2	2.2	2.22	3,700	14.7	98	84	84	102	119	92	88	108	110	
$X_{\min}$	0.1	1.4	2.14	3,170	8.0	94	58	65	84	102	70	70	85	84	
<i>R</i>	0.1	0.8	0.08	530	6.7	4	26	19	18	17	22	18	23	26	
	試験材料番号														
$\bar{X}$	0.2	1.8	2.13	3,620	4.5	94	73	78	101	113	80	84	97	104	
σ	0.08	0.47	0.01	231	0.70	1.38	4.96	5.37	5.61	4.36	5.44	8.45	8.35	13.02	
<i>V</i>	40	26	0.5	6	16	1.5	6.8	6.9	5.6	3.9	6.8	10.1	8.6	12.5	
$X_{\max}$	0.3	2.0	2.13	4,170	6.2	97	80	86	112	120	88	101	113	128	
$X_{\min}$	0.1	1.6	2.12	3,280	3.8	93	67	72	90	107	73	76	87	90	
<i>R</i>	0.2	0.4	0.01	890	2.4	4	13	14	22	13	15	25	26	38	
	試験材料番号														
$\bar{X}$	0.2	0.7	2.10	3,490	12.3	94	71	77	103	114	78	83	96	100	
σ	0.04	0.33	0.02	363	2.13	2.05	5.54	4.10	6.80	3.16	5.33	2.47	8.14	6.31	
<i>V</i>	20	47	1.0	10	17	2.2	7.8	5.3	6.6	2.8	6.8	3.0	8.5	6.3	
$X_{\max}$	0.2	1.2	2.12	4,450	18.0	99	79	83	113	119	88	88	115	109	
$X_{\min}$	0.1	0.4	2.08	3,130	10.0	91	60	71	90	111	72	80	86	92	
<i>R</i>	0.1	0.8	0.04	1,320	8.0	8	19	12	23	8	16	8	29	17	
	試験材料番号														
$\bar{X}$	0.1	0.7	2.01	3,010	20.7	98	64	66	87	99	73	79	92	100	
σ	0.04	0.11	0.02	168	2.03	1.10	4.07	4.20	6.23	4.36	5.03	3.62	8.91	8.05	
<i>V</i>	40	16	1.0	6	10	1.1	6.4	6.4	7.2	4.4	6.9	4.6	9.7	8.1	
$X_{\max}$	0.1	0.8	2.04	3,280	23.3	99	71	72	101	102	79	83	115	113	
$X_{\min}$	0.0	0.6	1.97	2,740	16.0	96	57	60	81	91	66	73	84	89	
<i>R</i>	0.1	0.2	0.07	540	7.3	3	14	12	20	11	13	10	31	24	

表-9 フライアッシュの品質試験成績総括表(第1回試験)その2

試料番号	湿分 (%)	強減 (%)	熱量 比重	ブレン ン値 (cm ² /g)	44μ 残分 (%)	単位 水量比 (%)	圧縮強度比 (%)				曲げ強度比 (%)			
							7日	28日	91日	6ヵ月	7日	28日	91日	6ヵ月
			平	均	値	(X)								
1	0.3	2.7	2.12	3,270	15.9	97	64	69	88	99	74	80	90	100
2	0.1	0.4	2.08	3,620	8.1	92	77	82	106	117	84	88	98	103
3	0.3	2.3	2.40	3,900	3.7	93	80	81	107	119	87	88	98	100
4	0.2	1.8	2.17	3,520	10.1	96	69	73	94	108	79	80	92	98
5	0.2	1.8	2.13	3,620	4.5	94	73	78	101	113	80	84	97	104
6	0.2	0.7	2.10	3,490	12.3	94	71	77	103	114	78	83	96	100
7	0.1	0.7	2.01	3,010	20.7	98	64	66	87	99	73	79	92	100
			標	準	偏	差	(σ)							
1	0.10	0.41	0.01	217	2.47	1.27	4.14	4.12	6.14	8.45	5.04	4.32	5.75	7.51
2	0.04	0.37	0.02	442	0.98	1.18	5.32	4.89	6.16	5.08	4.98	2.29	5.37	8.02
3	0.09	0.59	0.02	437	1.25	1.41	9.74	6.38	6.87	7.80	6.50	5.69	7.29	8.87
4	0.04	0.83	0.02	172	2.45	1.38	7.79	5.30	4.76	6.07	6.97	5.64	7.07	9.63
5	0.08	0.47	0.01	231	0.70	1.38	4.96	5.37	5.61	4.36	5.44	8.45	8.35	13.02
6	0.04	0.33	0.02	363	2.13	2.05	5.54	4.10	6.80	3.16	5.33	2.47	8.14	6.31
7	0.04	0.11	0.02	168	2.03	1.10	4.07	4.20	6.23	4.36	5.03	3.62	8.91	8.05
			変	動	係	数	(V)							
1	33	15	0.5	7	16	1.3	6.5	6.0	7.0	8.5	6.8	5.4	6.4	7.5
2	40	93	1.0	12	12	1.3	6.9	6.0	5.8	4.3	5.9	2.6	5.5	7.8
3	30	26	0.8	11	34	1.5	12.2	7.9	6.4	6.6	7.5	6.5	7.4	8.9
4	20	46	0.9	5	24	1.4	11.3	7.3	5.1	5.6	8.8	7.1	7.7	9.8
5	40	26	0.5	6	16	1.5	6.8	6.9	5.6	3.9	6.8	10.1	8.6	12.5
6	20	47	1.0	10	17	2.2	7.8	5.3	6.6	2.8	6.8	3.0	8.5	6.3
7	40	16	1.0	6	10	1.1	6.4	6.4	7.2	4.4	6.9	4.6	9.7	8.1

試料番号	湿分 (%)	強熱減量 (%)	比重	ブレン値 (cm ² /g)	44μ 残分 (%)	単位 水量比 (%)	圧縮強度比(%)				曲げ強度比(%)			
							7日	28日	91日	6月	7日	28日	91日	6月
							大 値 (X _{max})				小 値 (X _{min})			
1	0.4	3.3	2.15	3,790	22.3	99	70	75	99	111	80	89	104	109
2	0.2	0.6	2.12	4,830	10.1	94	84	88	114	127	91	91	108	113
3	0.4	3.2	2.42	4,790	6.5	95	97	92	116	127	99	101	112	108
4	0.2	2.2	2.22	3,700	14.7	98	84	84	102	119	92	88	108	110
5	0.3	2.0	2.13	4,170	6.2	97	80	86	112	120	88	101	113	128
6	0.2	1.2	2.12	4,450	18.0	99	79	83	113	119	88	88	115	109
7	0.1	0.8	2.04	3,280	23.3	99	71	72	101	102	79	83	115	113
1	0.2	2.0	2.10	3,010	14.0	95	58	64	80	90	67	73	85	92
2	0.1	0.3	2.05	3,330	7.0	90	70	74	96	113	75	84	90	93
3	0.2	1.8	2.35	3,460	2.7	91	70	74	92	106	81	80	85	84
4	0.1	1.4	2.14	3,170	8.0	94	58	65	84	102	70	70	85	84
5	0.1	1.6	2.12	3,280	3.8	93	67	72	90	107	73	76	87	90
6	0.1	0.4	2.08	3,130	10.0	91	60	71	90	111	72	80	86	92
7	0.0	0.6	1.97	2,740	16.0	96	57	60	81	91	66	73	84	89
1	0.2	1.3	0.05	780	8.3	4	12	11	19	21	13	16	19	17
2	0.1	0.3	0.07	1,500	3.1	4	14	14	18	14	16	7	18	20
3	0.2	1.4	0.07	1,330	3.8	4	27	18	24	21	18	21	27	24
4	0.1	0.8	0.08	530	6.7	4	26	19	18	17	22	18	23	26
5	0.2	0.4	0.01	890	2.4	4	13	14	22	13	15	25	26	38
6	0.1	0.8	0.04	1,320	8.0	8	19	12	23	8	16	8	29	17
7	0.1	0.2	0.07	540	7.3	3	14	12	20	11	13	10	31	24

表-10 フライ アッシュの品質試験成績総括表(第1回試験) その 3

試料番号	$\bar{X}$	σ	V	$X_{\max}$	$X_{\min}$	R	$\bar{X}$	σ	V	$X_{\max}$	$X_{\min}$	R
湿 分 (%)							粉 末 度 ブレーン値 (cm ² /g)					
1	0.6	0.10	33	0.4	0.2	0.2	3,270	217	7	3,790	3,010	780
2	0.1	0.04	40	0.2	0.1	0.1	3,620	442	12	4,830	3,330	1,500
3	0.3	0.09	30	0.4	0.2	0.2	3,900	437	11	4,790	3,460	1,330
4	0.2	0.04	20	0.2	0.1	0.1	3,520	172	5	3,700	3,170	530
5	0.2	0.08	40	0.3	0.1	0.2	3,620	231	6	4,170	3,280	890
6	0.2	0.04	20	0.2	0.1	0.1	3,490	363	10	4,450	3,130	1,320
7	0.1	0.04	40	0.1	0.0	0.1	3,010	168	6	3,280	2,740	540
強 熱 減 量 (%)							粉 末 度 44μフルイ残分 (%)					
1	2.7	0.41	15	3.3	2.0	1.3	15.9	2.47	16	22.3	14.0	8.3
2	0.4	0.37	93	0.6	0.3	0.3	8.1	0.98	12	10.1	7.0	3.1
3	2.3	0.59	26	3.2	1.8	1.4	3.7	1.25	34	6.5	2.7	3.8
4	1.8	0.83	46	2.2	1.4	0.8	10.1	2.45	24	14.7	8.0	6.7
5	1.8	0.47	26	2.0	1.6	0.4	4.5	0.70	16	6.2	3.8	2.4
6	0.7	0.33	47	1.2	0.4	0.8	12.3	2.13	17	18.0	10.0	8.0
7	0.7	0.11	16	0.8	0.6	0.2	20.7	2.03	10	23.3	16.0	7.3
比 重							単 位 水 量 比 (%)					
1	2.12	0.01	0.5	2.15	2.10	0.05	97	1.27	1.3	99	95	4
2	2.08	0.02	1.0	2.12	2.05	0.07	92	1.18	1.3	94	90	4
3	2.40	0.02	0.8	2.42	2.35	0.07	93	1.41	1.5	95	91	4
4	2.17	0.02	0.9	2.22	2.14	0.08	96	1.38	1.4	98	94	4
5	2.13	0.01	0.5	2.13	2.12	0.01	94	1.38	1.5	97	93	4
6	2.10	0.02	1.0	2.12	2.08	0.04	94	2.05	2.2	99	91	8
7	2.01	0.02	1.0	2.04	1.97	0.07	98	1.10	1.1	99	96	3
圧 縮 強 度 比 (%) 7 日							曲 げ 強 度 比 (%) 7 日					
1	64	4.14	6.5	70	58	12	74	5.04	6.8	80	67	13
2	77	5.32	6.9	84	70	14	84	4.98	5.9	91	75	16
3	80	9.74	12.2	97	70	27	87	6.50	7.5	99	81	18
4	69	7.79	11.3	84	58	26	79	6.97	8.8	92	70	22
5	73	4.96	6.8	80	67	13	80	5.44	6.8	88	73	15
6	71	5.54	7.8	79	60	19	78	5.33	6.8	88	72	16
7	64	4.07	6.4	71	57	14	73	5.03	6.9	79	66	13
圧 縮 強 度 比 (%) 28 日							曲 げ 強 度 比 (%) 28 日					
1	69	4.12	6.0	75	64	11	80	4.32	5.4	89	73	16
2	82	4.89	6.0	88	74	14	88	2.29	2.6	91	84	7
3	81	6.38	7.9	92	74	18	88	5.69	6.5	101	80	21
4	73	5.30	7.3	84	65	19	80	5.64	7.1	88	70	18
5	78	5.37	6.9	86	72	14	84	8.45	10.1	101	76	25
6	77	4.10	5.3	83	71	12	83	2.47	3.0	88	80	8
7	66	4.20	6.4	72	60	12	79	3.62	4.6	83	73	10
圧 縮 強 度 比 (%) 91 日							曲 げ 強 度 比 (%) 91 日					
1	88	6.14	7.0	99	80	19	90	5.75	6.4	104	85	19
2	106	6.16	5.8	114	96	18	98	5.37	5.5	108	90	18
3	107	6.87	6.4	116	92	24	98	7.29	7.4	112	85	27
4	94	4.76	5.1	102	84	18	92	7.07	7.7	108	85	23
5	101	5.61	5.6	112	90	22	97	8.35	8.6	113	87	26
6	103	6.80	6.6	113	90	23	96	8.14	8.5	115	86	29
7	87	6.23	7.2	101	81	20	92	8.91	9.7	115	84	31
圧 縮 強 度 比 (%) 6 カ月							曲 げ 強 度 比 (%) 6 カ月					
1	99	8.45	8.5	111	90	21	100	7.51	7.5	109	92	17
2	117	5.08	4.3	127	113	14	103	8.02	7.8	113	93	20
3	119	7.80	6.6	127	106	21	100	8.87	8.9	108	84	24
4	108	6.07	5.6	119	102	17	98	9.63	9.8	110	84	26
5	113	4.36	3.9	120	107	13	104	13.02	12.5	128	90	38
6	114	3.16	2.8	119	111	8	100	6.31	6.3	109	92	17
7	99	4.36	4.4	102	91	11	100	8.05	8.1	113	89	24

表—11 試験の平均値から求めた、フライアッシュの品質の相違（第1回試験）

試料番号	試 験 項 目													
	湿 分 (%)	強熱減量 (%)	比 重	ブレーション値 (cm ² /g)	44 μ 残分 (%)	単位水量比 (%)	圧 縮 強 度 比 (%)				曲 げ 強 度 比 (%)			
							7 日	28 日	91 日	6 ヵ月	7 日	28 日	91 日	6 ヵ月
試 験 値							値							
1	0.3	2.7	2.14	3,270	15.6	97	64	69	88	99	74	80	90	100
2	0.1	0.4	2.08	3,620	8.1	92	77	82	106	117	84	88	98	103
3	0.3	2.3	2.40	3,900	3.7	93	80	81	107	119	87	88	98	100
4	0.2	1.8	2.17	3,520	10.1	96	69	73	94	108	79	80	92	99
5	0.2	1.8	2.13	3,630	4.5	94	73	78	101	113	80	84	97	104
6	0.2	0.7	2.10	3,490	12.3	94	71	76	103	114	78	83	96	100
7	0.1	0.7	2.01	3,010	20.7	98	64	66	87	99	73	79	72	100
	統 計 値							値						
$\bar{X}$	0.2	1.5	2.15	3,490	10.7	95	71	75	98	110	79	83	95	101
σ	0.08	0.89	0.12	284	6.07	2.20	6.10	6.00	8.33	8.17	5.03	3.76	3.32	1.87
V	40.	59	5.6	8.1	57	2.3	8.6	8.0	8.5	7.4	6.4	4.5	3.5	1.9
$X_{\max}$	0.3	2.7	2.40	3,900	20.7	98	80	82	107	119	84	88	98	104
$X_{\min}$	0.1	0.4	2.01	3,010	3.7	92	64	66	87	99	73	79	92	99
R	0.2	2.3	0.39	890	17.0	6	16	16	20	20	11	9	6	5

第5章 各種フライアッシュの品質の均一性に関する調査

1. 調査の方法

8 会社の 11 工場（Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ，Ⅵ，Ⅶ，Ⅷ，Ⅸ，Ⅹ，Ⅺと名付けた）において，毎日大体 2 回ずつ 1 カ月にわたって連続して約 60 試料を採取し，湿分，強熱減量，比重，粉末度（ブレン，44μ ふるいおよび 88μ ふるい），単位水量比，メチレンブルーの吸着量，等を JIS によつて試験し，フライアッシュの品質の変動を調査した。試料を採取した位置は，袋詰めを行う場所であり，各試料の試験はそれぞれの工場で行つた。

調査は昭和 33 年 8 月（豊水期）からと昭和 33 年 12 月（渇水期）からとの 2 期において行つたのである。

2. 調査の結果

調査の結果は表—12～15 および図—16, 17, 18 に示すごとくであつて，表—13 は試験項目ごとの各工場の変動状況を総括して比較したものである。表—12～15 および図—16～18 から次のことが認められる。

（1）工場によつて相当な差はあるが，ほとんど全部の工場が豊水期にも渇水期にも JIS の均一性の規格に合格している。これは，各工場ともに，生産されるフライアッシュのうち規格に合格する部分だけを商品として取扱つていることを示すものである。

なお，一般にブレン値の変動は大きく変動の限界（最大値—最小値）は 250～1,150 cm²/g であるが，単位水量比の変動は小さく大部分のものの変動の限界は 1～6% となつている。従つて JIS の均一性の規格値については特に一層の研究が必要であると思われる。

また Ⅱ, Ⅳ, Ⅴ, Ⅵ, Ⅶ, Ⅷ, Ⅸ の 7 工場においてはブレン値の変動と 44μ ふるい残分の変動とがよく類似している（図—3 も参照）。

（2）フライアッシュの品質の変動は渇水期よりも豊水期において，いちじるしいと思われたが，図—16 および図—17 によれば，これが認められるのはⅤおよびⅥの工場だけである。

（3）各工場の試験値を通覧し，試験値だけから判定すれば，品質の変動はⅧおよびⅪの 2 工場では少なく，Ⅴの工場ではいちじるしくなつている。これはフライアッシュの生産設備の相違のみならず，微粉炭の品質，工場（火力発電所）の運転状況，試料の数，試験担当者その他，の相違にもよると思われる。

フライアッシュの品質の均一性が，工場（火力発電所）の運転状況および生産設備によつていちじるしく相違することは論をまたない。調査した 11 工場の中の数工場は，旧式な設備を持つた工場であつた。このような旧式発電所は能率が悪いので，火力発電の主力は逐次新鋭火力発電所に移りつつある。この調査のあとにも現在（昭和 35 年 1 月）までに 2～3 の新鋭火力発電所が操業を開始し，負荷率 90% 程度に所謂常時運転を行つている。新鋭火力発電所で生産されているフライアッシュの均一性は旧式発電所におけるものよりも，ある程度まで向上していると思われる。

表-12 各工場におけるフライ アッシュの品質の変動 (その 1)

統計値 項目	豊 水 期							渇 水 期													
	調査工場	湿 分 (%)	強熱減量 (%)	比 重	ブレン 値 (cm ² /g)	44μ残 分(%)	単 位 水量比 (%)	調査工場	湿 分 (%)	強熱減量 (%)	比 重	ブレン 値 (cm ² /g)	44μ残 分(%)	単 位 水量比 (%)							
n $\bar{X}$ σ V $X_{\max}$ $X_{\min}$ R	II		59 0.1 0.082 82 0.6 0.1 0.5	59 2.13 0.036 1.7 2.23 2.07 0.16	59 3,060 116 3.8 3,250 2,680 570	59 4.7 1.58 34 9.9 2.0 7.9		I	40 0.1 0.046 46 0.1 0.0 0.1	40 1.2 0.135 11 1.5 0.9 0.6	40 2.18 0.016 0.7 2.22 2.15 0.07	40 3,470 162 4.7 3,780 3,220 560	40 10.6 1.47 14 13.7 8.2 5.5	40 96 0.43 0.4 96 94 2							
n $\bar{X}$ σ V $X_{\max}$ $X_{\min}$ R		III	60 0.2 0.085 42 0.5 0.1 0.4	60 0.8 0.234 29 1.6 1.2	7 2.22 0.058 2.6 2.23 2.19 0.04	60 3,430 200 5.8 3,880 2,980 900	60 5.9 1.19 20 9.8 3.6 6.2		12 94 1.31 1.4 96 92 4	II	51 0.1 0.042 42 0.2 0.0 0.2	51 0.2 0.068 34 0.3 0.1 0.2	51 2,980 0.036 1.7 3,300 2,390 910	51 5.4 3.22 60 13.7 1.0 12.7	51 88 2.51 2.9 94 84 10						
n $\bar{X}$ σ V $X_{\max}$ $X_{\min}$ R			IV	60 0.2 0.068 34 0.3 0.1 0.2	60 1.4 0.381 27 0.7 0.6 1.6	7 2.18 0.016 0.7 2.20 2.16 0.04	60 3,490 219 6.3 3,940 3,040 900		60 6.8 3.29 48 13.2 4.0 9.2		12 96 0.55 0.6 96 95 1	III	60 0.1 0.063 63 0.3 0.1 0.2	60 0.9 0.179 20 1.3 0.6 0.7	60 2.22 0.011 0.5 3,700 3,170 530	60 6.8 3.10 46 9.0 6.0 3.0	60 90 2.07 2.3 93 86 7				
n $\bar{X}$ σ V $X_{\max}$ $X_{\min}$ R				V	11 0.1 0.050 50 0.2 0.1 0.1	11 1.7 0.493 29 3.0 1.3 1.7	11 2.13 0.014 0.7 2.16 2.11 0.05		11 3,260 370 11.4 3,960 2,790 1,170		11 6.1 1.88 31 10.6 3.0 7.6			IV	60 0.3 0.070 23 0.5 0.1 0.4	60 1.1 0.386 35 2.0 0.7 1.3	60 2.18 0.008 0.4 3,960 3,170 790	60 8.3 1.37 17 12.0 5.0 7.0	60 93 1.72 1.9 96 88 8		
n $\bar{X}$ σ V $X_{\max}$ $X_{\min}$ R					VI	60 0.2 0.067 34 0.4 0.1 0.3	60 0.6 0.133 22 0.9 0.4 0.5		60 2.24 0.019 0.8 2.28 2.18 0.10		60 3,360 265 7.9 3,870 2,950 920		60 10.5 2.75 26 18.0 4.6 13.4		60 93 1.69 1.8 96 91 5	V	57 0.2 0.054 27 0.3 0.1 0.2	57 1.6 0.227 14 2.1 1.2 0.9	57 2.15 0.016 0.7 2,820 2,940 880	57 5.9 1.67 28 10.1 2.6 7.5	
n $\bar{X}$ σ V $X_{\max}$ $X_{\min}$ R						VII	16 0.1 0.045 45 0.1 0.0 0.1		16 0.9 0.111 12 1.1 0.7 0.4		16 2.14 0.032 1.5 2.19 2.10 0.09		16 3,290 345 10.5 3,870 2,750 1,120		16 2.8 1.24 44 5.6 1.5 4.1			VI	62 0.1 0.050 50 0.2 0.1 0.1	62 0.6 0.151 25 1.1 0.4 0.7	62 2.22 0.022 1.0 3,760 3,010 750
n $\bar{X}$ σ V $X_{\max}$ $X_{\min}$ R	VIII						60 0.2 0.063 32 0.3 0.1 0.2	60 1.7 0.209 12 2.0 1.4 0.6	60 2.14 0.008 0.4 2.16 2.13 0.03		60 3,170 114 3.6 3,430 3,000 430		60 15.8 1.98 12 19.1 11.9 7.2		60 95 0.64 0.7 96 94 2		VII		60 0.1 0.044 44 0.2 0.0 0.2	60 0.1 0.102 102 1.3 0.8 0.5	60 2.14 0.024 1.1 3,400 2,400 1,000
n $\bar{X}$ σ V $X_{\max}$ $X_{\min}$ R		IX					60 0.2 0.036 18 0.3 0.1 0.2	60 0.5 0.236 47 1.4 0.2 1.2	60 3,280 154 4.7 3,640 3,010 630	60 13.2 2.51 19 18.1 7.1 11.0	60 94 1.50 1.6 97 91 6		VIII		30 0.2 0.048 24 0.3 0.1 0.2				30 1.3 0.142 11 1.7 1.1 0.6	30 2.15 0.007 0.3 2,17 2,15 0.02	30 3,100 72 2.3 3,260 3,020 240
n $\bar{X}$ σ V $X_{\max}$ $X_{\min}$ R			X				59 0.2 0.161 81 0.6 0.0 0.6	59 1.1 0.354 32 2.0 0.4 1.6	11 2.32 0.036 1.6 2.39 2.28 0.11	59 3,430 196 5.7 3,770 2,970 800	59 2.5 0.95 38 7.0 1.0 6.0	59 94 0.47 0.5 95 94 1			IX				51 0.2 0.039 20 0.3 0.1 0.2	51 0.5 0.158 32 1.0 0.3 0.7	51 3,320 162 4.9 3,560 3,040 520
n $\bar{X}$ σ V $X_{\max}$ $X_{\min}$ R				XI			60 0.1 0.025 25 0.2 0.1 0.1	60 0.9 0.133 15 1.2 0.6 0.6	40 2.03 0.014 0.7 2.06 2.00 0.06	60 3,170 95 3.0 3,350 3,000 350	60 19.0 1.55 8 23.5 17.0 6.5	60 98 0.87 0.9 100 97 3		XI					64 0.1 0.018 18 0.2 0.1 0.1	64 1.0 0.165 17 1.3 0.7 0.6	64 2.03 0.013 0.6 3,500 3,000 500

表-13 各工場におけるフライアッシュの品質の変動 (その2)

		豊 水 期 (昭和 33 年 8 月~昭和 33 年 10 月)												
調査工場	統 計 値							統 計 値						
	n	$\bar{X}$	σ	V	$X_{\max}$	$X_{\min}$	R	n	$\bar{X}$	σ	V	$X_{\max}$	$X_{\min}$	R
	湿 分 (%)							粉 末 度 ブレーン値 (cm ² /g)						
II	60	0.2	0.085	42	0.5	0.1	0.4	59	3,060	116	3.8	3,250	2,680	570
III	60	0.2	0.068	34	0.3	0.1	0.2	60	3,430	200	5.8	3,880	2,980	900
IV	60	0.1	0.050	50	0.2	0.1	0.1	60	3,490	219	6.3	3,940	3,040	900
V	11	0.1	0.067	34	0.4	0.1	0.3	11	3,260	370	11.4	3,960	2,790	1,170
VI	60	0.2	0.045	45	0.1	0.0	0.1	60	3,360	265	7.9	3,870	2,950	920
VII	16	0.1	0.063	32	0.3	0.1	0.2	16	3,290	345	10.5	3,870	2,750	1,120
VIII	60	0.2	0.036	18	0.3	0.1	0.2	60	3,170	114	3.6	3,430	3,000	430
IX	60	0.2	0.161	81	0.6	0.0	0.6	60	3,280	154	4.7	3,640	3,010	630
X	59	0.1	0.025	25	0.2	0.1	0.1	59	3,430	196	5.7	3,770	2,970	800
XI	60	0.1	0.025	25	0.2	0.1	0.1	60	3,170	95	3.0	3,350	2,900	350
	強 熱 減 量 (%)							粉 末 度 44μ フライ残分 (%)						
II	59	0.1	0.082	82	0.6	0.1	0.5	59	4.7	1.58	34	9.9	2.0	7.9
III	60	0.8	0.234	29	1.6	0.4	1.2	60	5.9	1.19	20	9.8	3.6	6.2
IV	60	1.4	0.381	27	2.2	0.6	1.6	60	6.8	3.29	48	13.2	4.0	9.2
V	11	1.7	0.493	29	3.0	1.3	1.7	11	6.1	1.88	31	10.6	3.0	7.6
VI	60	0.6	0.133	22	0.9	0.4	0.5	60	10.5	2.75	26	18.0	4.6	13.4
VII	16	0.9	0.111	12	1.1	0.7	0.4	16	2.8	1.24	44	5.6	1.5	4.1
VIII	60	1.7	0.209	12	2.0	1.4	0.6	60	15.8	1.98	12	19.1	11.9	7.2
IX	60	0.5	0.236	47	1.4	0.2	1.2	60	13.2	2.51	19	18.1	7.1	11.0
X	59	1.1	0.354	32	2.0	0.4	1.6	59	2.5	0.95	38	7.0	1.0	6.0
XI	60	0.9	0.133	15	1.2	0.6	0.6	16	19.0	1.55	8	23.5	17.0	6.5
	比 重							単 位 水 量 比 (%)						
II	59	2.13	0.036	1.7	2.23	2.07	0.16	12	94	1.31	1.4	96	92	4
III	7	2.22	0.058	2.6	2.23	2.19	0.04	12	96	0.55	0.6	96	95	1
IV	7	2.18	0.016	0.7	2.20	2.16	0.04	60	93	1.69	1.8	96	91	5
V	11	2.13	0.014	0.7	2.16	2.11	0.05	60	95	0.64	0.7	96	94	2
VI	60	2.24	0.019	0.8	2.28	2.18	0.10	60	94	1.50	1.6	97	91	6
VII	16	2.14	0.032	1.5	2.19	2.10	0.09	59	94	0.47	0.5	95	94	1
VIII	60	2.14	0.008	0.4	2.16	2.13	0.03	60	98	0.87	0.9	100	97	3
IX	11	2.32	0.036	1.6	2.39	2.28	0.11							
X	40	2.03	0.014	0.7	2.06	2.00	0.06							
	湿 水 期 (昭和 33 年 12 月~昭和 34 年 2 月)													
調査工場	統 計 値							統 計 値						
	n	$\bar{X}$	σ	V	$X_{\max}$	$X_{\min}$	R	n	$\bar{X}$	σ	V	$X_{\max}$	$X_{\min}$	R
	湿 分 (%)							粉 末 度 ブレーン値 (cm ² /g)						
I	40	0.1	0.046	46	0.1	0.0	0.1	40	3,470	162	4.7	3,780	3,220	560
II	51	0.1	0.042	42	0.2	0.0	0.2	51	2,980	211	7.1	3,300	2,390	910
III	60	0.1	0.063	63	0.3	0.1	0.2	60	3,440	105	3.1	3,700	3,170	530
IV	60	0.3	0.070	23	0.5	0.1	0.4	60	3,530	193	5.5	3,960	3,170	790
V	57	0.2	0.054	27	0.3	0.1	0.2	57	3,250	180	5.5	3,820	2,940	880
VI	62	0.1	0.050	50	0.2	0.1	0.1	62	3,240	161	5.0	3,760	3,010	750
VII	60	0.1	0.044	44	0.2	0.0	0.2	60	3,000	192	6.4	3,400	2,400	1,000
VIII	30	0.2	0.048	24	0.3	0.1	0.2	30	3,100	72	2.3	3,260	3,020	240
IX	51	0.2	0.039	20	0.3	0.1	0.2	51	3,320	162	4.9	3,560	3,040	520
XI	64	0.1	0.018	18	0.2	0.1	0.1	64	3,180	112	3.5	3,500	3,000	500
	強 熱 減 量 (%)							粉 末 度 44μ フライ残分 (%)						
I	40	1.2	0.135	11	1.5	0.9	0.6	40	10.6	1.47	14	13.7	8.2	5.5
II	51	0.2	0.068	34	0.3	0.1	0.2	51	5.4	3.22	60	13.7	1.0	12.7
III	60	0.9	0.179	20	1.3	0.6	0.7	60	6.8	3.10	46	9.0	6.0	3.0
IV	60	1.1	0.386	35	2.0	0.7	1.3	60	8.3	1.37	17	12.0	5.0	7.0
V	57	1.6	0.227	14	2.1	1.2	0.9	57	5.9	1.67	28	10.1	2.6	7.5
VI	62	0.6	0.151	25	1.1	0.4	0.7	62	15.1	1.74	12	19.1	10.9	8.2
VII	60	0.1	0.102	102	1.3	0.8	0.5	60	7.9	1.91	24	13.5	4.5	9.0
VIII	30	1.3	0.142	11	1.7	1.1	0.6	30	14.1	1.42	10	17.8	11.0	6.8
IX	51	0.5	0.158	32	1.0	0.3	0.7	51	16.8	3.10	18	23.9	10.9	13.0
XI	64	1.0	0.165	17	1.3	0.7	0.6	38	18.8	2.61	14	26.0	15.5	10.5
	比 重							単 位 水 量 比 (%)						
I	40	2.18	0.016	0.7	2.22	2.15	0.07	40	96	0.43	0.4	96	94	2
II	51	2.13	0.036	1.7	2.18	2.03	0.15	51	88	2.51	2.9	94	84	10
III	60	2.22	0.011	0.5	2.24	2.19	0.05	60	90	2.07	2.3	93	86	7
IV	60	2.18	0.008	0.4	2.20	2.16	0.04	60	93	1.72	1.9	96	88	8
V	57	2.15	0.016	0.7	2.20	2.12	0.08							
VI	62	2.22	0.022	1.0	2.26	2.17	0.09	62	93	0.69	0.7	94	91	3
VII	60	2.14	0.024	1.1	2.18	2.05	0.13							
VIII	30	2.15	0.007	0.3	2.17	2.15	0.02	30	94	0.50	0.5	95	94	1
IX								51	93	1.64	1.8	96	90	6
XI	35	2.03	0.013	0.6	2.05	2.01	0.04	64	98	0.68	0.7	100	97	3

満 水 期 (昭和33年12月~昭和34年2月)

図 16 各工場におけるフライアシンの品質の変動(豊水期)

表 17 各工場におけるフライアシンの品質の変動(渇水期)

表-14 各工場におけるフライアッシュの品質の変動(その3)

試 験 項 目		豊 水 期							渇 水 期							
		調査 工場	試料 数(n)	平均値 ($\bar{X}$)	標準偏差 (σ)	変動 係数(V)	最大値 (X_{max})	最小値 (X_{min})	最大値 - 最小値 (R)	調査 工場	試料 数(n)	平均値 ($\bar{X}$)	標準偏差 (σ)	変動 係数(V)	最大値 (X_{max})	最小値 (X_{min})
湿 分 量 (%)	II	59	0.1	0.082	82	0.6	0.1	0.5	I	40	0.1	0.046	46	0.1	0.0	0.1
熱 減 量 (%)		59	2.13	0.036	1.7	2.23	2.07	0.16		40	1.2	0.135	11	1.5	0.9	0.6
比 重 (cm ³ /g)		59	3,060	116	3.8	3,250	2,680	570		40	2.18	0.016	0.7	2.22	2.15	0.07
44 μ 残 分 (%)		59	4.7	1.58	34	9.9	2.0	7.9		40	3,470	162	4.7	3,780	3,220	560
単位水量比 (%)		59								40	10.6	1.47	14	13.7	8.2	5.5
湿 分 量 (%)	III	60	0.2	0.085	42	0.5	0.1	0.4	II	51	0.1	0.042	42	0.2	0.0	0.2
熱 減 量 (%)		60	0.8	0.234	29	1.6	0.4	1.2		51	0.2	0.068	34	0.3	0.1	0.2
比 重 (cm ³ /g)		7	2.22	0.058	2.6	2.23	2.19	0.04		51	2.13	0.036	1.7	2.18	2.03	0.15
44 μ 残 分 (%)		60	3,430	200	5.8	3,880	2,980	900		51	2,980	211	7.1	3,300	2,390	910
単位水量比 (%)		60	5.9	1.19	20	9.8	3.6	6.2		51	5.4	3.22	60	13.7	1.0	12.7
湿 分 量 (%)	IV	60	0.2	0.068	34	0.3	0.1	0.2	III	60	0.1	0.063	63	0.3	0.1	0.2
熱 減 量 (%)		60	1.4	0.381	27	2.2	0.6	1.6		60	0.9	0.179	20	1.3	0.6	0.7
比 重 (cm ³ /g)		7	2.18	0.016	0.7	2.20	2.16	0.04		60	2.22	0.011	0.5	2.24	2.19	0.05
44 μ 残 分 (%)		60	3,490	219	6.3	3,940	3,040	900		60	3,440	105	3.1	3,700	3,170	530
単位水量比 (%)		60	6.8	3.29	48	13.2	4.0	9.2		60	6.8	3.10	46	9.0	6.0	3.0
湿 分 量 (%)	V	12	0.6	0.55	0.6	96	95	1	IV	60	90	2.07	2.3	93	86	7
熱 減 量 (%)		11	0.1	0.050	50	0.2	0.1	0.1		60	0.3	0.070	23	0.5	0.1	0.4
比 重 (cm ³ /g)		11	1.7	0.493	29	3.0	1.3	1.7		60	1.1	0.386	35	2.0	0.7	1.3
44 μ 残 分 (%)		11	2.13	0.014	0.7	2.16	2.11	0.05		60	2.18	0.008	0.4	2.20	2.16	0.04
単位水量比 (%)		11	3,260	370	11.4	3,960	2,790	1,170		60	3,530	193	5.5	3,960	3,170	790
湿 分 量 (%)	VI	11	6.1	1.88	31	10.6	3.0	7.6	60	8.3	1.37	17	12.0	5.0	7.0	
熱 減 量 (%)		60	0.2	0.067	34	0.4	0.1	0.3	60	93	1.72	1.9	96	88	8	
比 重 (cm ³ /g)		60	0.6	0.133	22	0.9	0.4	0.5	57	0.2	0.054	27	0.3	0.1	0.2	
44 μ 残 分 (%)		60	2.24	0.019	0.8	2.28	2.18	0.10	57	1.6	0.227	14	2.1	1.2	0.9	
単位水量比 (%)		60	3,360	265	7.9	3,870	2,950	920	57	2.15	0.016	0.7	2.20	2.12	0.08	
湿 分 量 (%)	VII	60	10.5	2.75	26	18.0	4.6	13.4	57	3,250	180	5.5	3,820	2,940	880	
熱 減 量 (%)		60	93	1.69	1.8	96	91	5	57	5.9	1.67	28	10.1	2.6	7.5	
比 重 (cm ³ /g)		16	0.1	0.045	45	0.1	0.0	0.1	62	0.1	0.050	50	0.2	0.1	0.1	
44 μ 残 分 (%)		16	0.9	0.111	12	1.1	0.7	0.4	62	0.6	0.151	25	1.1	0.4	0.7	
単位水量比 (%)		16	2.14	0.032	1.5	2.19	2.10	0.09	62	2.22	0.022	1.0	2.26	2.17	0.09	
湿 分 量 (%)	VIII	16	3,290	345	10.5	3,870	2,750	1,120	62	3,240	161	5.0	3,760	3,010	750	
熱 減 量 (%)		16	2.8	1.24	44	5.6	1.5	4.1	62	15.1	1.74	12	19.1	10.9	8.2	
比 重 (cm ³ /g)		60	0.1	0.063	32	0.3	0.1	0.2	62	93	0.69	0.7	94	91	3	
44 μ 残 分 (%)		60	1.7	0.209	12	2.0	1.4	0.6	60	0.1	0.044	44	0.2	0.0	0.2	
単位水量比 (%)		60	2.14	0.008	0.4	2.16	2.13	0.03	60	2.14	0.102	102	1.3	0.8	0.5	
湿 分 量 (%)	IX	60	3,170	114	3.6	3,430	3,000	430	60	3,000	192	6.4	3,400	2,400	1,000	
熱 減 量 (%)		60	15.8	1.98	12	19.1	11.9	7.2	60	7.9	1.91	24	13.5	4.5	9.0	
比 重 (cm ³ /g)		60	95	0.64	0.7	96	94	2	60	0.1	0.044	44	0.2	0.0	0.2	
44 μ 残 分 (%)		60	0.2	0.036	18	0.3	0.1	0.2	30	0.2	0.048	24	0.3	0.1	0.2	
単位水量比 (%)		60	0.5	0.236	47	1.4	0.2	1.2	30	1.3	0.142	11	1.7	1.1	0.6	
湿 分 量 (%)	X	60	3,280	154	4.7	3,640	3,010	630	30	2.15	0.007	0.3	2.17	2.15	0.02	
熱 減 量 (%)		60	13.2	2.51	19	18.1	7.1	11.0	30	3,100	72	2.3	3,260	3,020	240	
比 重 (cm ³ /g)		60	94	1.50	1.6	97	91	6	30	14.1	1.42	10	17.8	11.0	6.8	
44 μ 残 分 (%)		60							30	94	0.50	0.5	95	94	1	
単位水量比 (%)		60							30							
湿 分 量 (%)	XI	59	0.2	0.161	81	0.6	0.0	0.6	IX	51	0.2	0.039	20	0.3	0.1	0.2
熱 減 量 (%)		59	1.1	0.354	32	2.0	0.4	1.6		51	0.5	0.158	32	1.0	0.3	0.7
比 重 (cm ³ /g)		59	2.32	0.036	1.6	2.39	2.28	0.11		51	3,320	162	4.9	3,560	3,040	520
44 μ 残 分 (%)		59	3,430	196	5.7	3,770	2,970	800		51	16.8	3.10	18	23.9	10.9	13.0
単位水量比 (%)		59	2.5	0.95	38	7.0	1.0	6.0		51	93	1.64	1.8	96	90	6
湿 分 量 (%)	XII	59	94	0.47	0.5	95	94	1	XI	64	0.1	0.018	18	0.2	0.1	0.1
熱 減 量 (%)		60	0.1	0.025	25	0.2	0.1	0.1		64	1.0	0.165	17	1.3	0.7	0.6
比 重 (cm ³ /g)		60	0.9	0.133	15	1.2	0.6	0.6		35	2.03	0.013	0.6	2.05	2.01	0.04
44 μ 残 分 (%)		60	2.03	0.014	0.7	2.06	2.00	0.06		64	3,180	112	3.5	3,500	3,000	500
単位水量比 (%)		60	3,170	95	3.0	3,350	3,000	350		64	18.8	2.61	14	26.0	15.5	10.5
湿 分 量 (%)	XIII	16	19.0	1.55	8	23.5	17.0	6.5	XII	38	98	0.68	0.7	100	97	3
熱 減 量 (%)		16	98	0.87	0.9	100	97	3		64						
比 重 (cm ³ /g)		16								38						
44 μ 残 分 (%)		16								64						
単位水量比 (%)		16								64						

表-15 各工場におけるフライアッシュの 88 μ フルイ残分とメチレンブルー吸着量の変動

調 査 工 場	I	III	IV	V	VII	VIII
豊 水 期						
粉 末 度	n $\bar{X}$	60	60			60
88 μ フルイ 残 分 (%)	V	1.9	1.7			3.5
	X_{max}	0.60	0.63			0.37
	X_{min}	32	37			11
	R	3.6	3.6			4.3
		0.9	0.9			2.5
		2.7	2.7			1.8
メチレンブルー 吸 着 量 (mg/g)	n $\bar{X}$	60	60	11	16	
	V	0.27	0.53	* 0.46	* 0.25	
	X_{max}	0.035	0.033	0.079	0.014	
	X_{min}	13	6	17	6	
	R	0.35	0.60	0.64	0.28	
		0.18	0.45	0.40	0.24	
		0.17	0.15	0.24	0.04	

調 査 工 場		I	III	IV	V	VI	VII
		渇			水		
粉 末 度 88 μ フルイ 残 分 (%)	n						60
	$\bar{X}$						3.2
	σ						0.57
	$X_{\max}$						18
	$X_{\min}$						5.0
メ チ レ ン プ ル ー 吸 着 量 (mg/g)	n	40	60	60	57	60	
	$\bar{X}$	0.68	0.30	0.43	* 0.34	0.64	
	σ	0.049	0.058	0.052	0.079	0.044	
	V	7	19	12	23	7	
	$X_{\max}$	0.75	0.50	0.52	0.50	0.80	
	$X_{\min}$	0.55	0.13	0.33	0.20	0.55	
	R	0.20	0.37	0.17	0.32	0.25	

注：* 印はメチレンブルーの代りにローダミンを用いた試験値である

第 6 章 結 論

全国の 9 会社 13 工場で生産されるフライアッシュについて、3 回にわたる品質試験を行い、また、8 会社の 11 工場においてフライアッシュの品質の変動を豊水期および渇水期に調査した結果、調査研究の範囲内で次のことがいえると思われる。

(1) 合計 33 種のうち、32 種のフライアッシュが JIS A 6201～1958 の品質の規定に合格している。また、これらのフライアッシュをコンクリートに用いて、試験した結果も良好なものであつた。すなわち、セメントの 25% をフライアッシュでおき換えて造つたコンクリートの材令 3 カ月以後の強度は、21°C 水中養生の場合には、ほとんどすべてのフライアッシュにおいて、フライアッシュを用いないコンクリートの強度 95% の以上となつたのである。

しかし、フライアッシュの品質を相互に比較すればいちじるしい相違が認められること、ある工場では渇水期と豊水期とでフライアッシュの品質に大差が認められたこと、また、フライアッシュがコンクリートの諸性質におよぼす影響はセメントの品質、フライアッシュのおき換え率、養生中の湿度および温度によつていちじるしく相違すること、等を考慮すれば、フライアッシュの使用に当つては十分な試験を行うことがぜひ必要である。

(2) JIS A 6201 に規定するモルタルで試験した単位水量比および圧縮強度比の試験値は、そのフライアッシュを用いたコンクリートの単位水量比および圧縮強度比を推定するためのめやすになる。しかし、フライアッシュによるセメントのおき換え率を同じくして比較しても、コンクリートの場合には、モルタルの場合よりも、単位水量比は小さくなり圧縮強度比は大きくなる。また JIS の圧縮強度比に不合格となつたフライアッシュでも、これをコンクリートに用いた場合の圧縮強度比では悪くない結果が得られた例がある。

従つてフライアッシュの品質は、JIS による試験値とコンクリートについての試験結果とから推定することが大切である。

(3) 主要な工場におけるフライアッシュの品質の変動は、渇水期にも豊水期にも、JIS A 6201 の品質の均一性の規定の範囲内のものであつた。すなわち各工場とも、生産されるフライアッシュのうち、規格に合格する部分だけを商品として取扱つてることが明らかにされた。品質が変動する程度は工場および時期によつて相当に相違しているから、重要な工事に用いるフライアッシュの場合には、品質管理の方法について入念に研究する必要がある。

なお、JIS では品質の均一性をブレン値と単位水量比とで規定しているが、これらの規格値については一層の研究が必要であると思われる。

(4) フライアッシュを AE コンクリートに用いる場合には、よほど良質のフライアッシュでない限り、炭素含有量、粉末度、等の変動によつて空気量に変化しコンクリートの管理が困難となるおそれがあるのであつて、共通試験の一種の試料においてすらこの変動が認められたことがある。

この変動による困難を解決するための実用的な方法を工夫することが重要である。これを要する、国内のフライアッシュについて調査研究を行い、品質ならびに品質の均一性を明らかにすることができたのであつて、共通試験の一応の目的は達成された。しかし、フライアッシュの品質ならびにその均一性は工場設備の影響を受けることがいちじるしいのであるから、諸設備が急速に進歩しつつある現状を考えると、数年後に再びこの種の共通試験を行い、向上の程度を確かめてみたいと希望する次第である。

フ ラ イ ア シ ュ に 関 す る 参 考 文 献

論 文 題 目	著 者 名	誌 名	巻 号	ペー ジ	発刊年・月
火力発電所のアッシュのボゾラン活性とアッシュ混合セメントについて	野瀬 正義, 吉越 盛次	土木学会年次学術講演会講演概要	第9回	80	28-5
宇部港 9m 岸壁工事の特性について	北川 典生	土木学会誌	39-1	28-32	29-1
フライアッシュに関する二, 三の実験	吉越盛次, 西井望雄, 野瀬利雄	土木学会年次学術講演会講演概要	第10回	123	29-5
ボゾラン材としてのフライアッシュについて	河原 友純	土木学会年次学術講演会講演概要	第10回	121	29-5
フライアッシュについて	国分 正風	新材料と新工法		1-9	29-8
フライアッシュを混入したモルタルおよびコンクリートの性質	正木 昭	セメントコンクリート	-94	11-18	29-12
ダム用フライアッシュコンクリート研究報告第1報	神谷貞吉, 畑野 正, 水越達雄, 吉越盛次, 国分正風, 小柳勝義	国際ダム会議日本国内委員会専門委員会 フライアッシュ分科会研究報告		1-56	29-12
フライアッシュと塩化カルシウムとを混和したコンクリートについて	荒木 謙一	土木技術	9-12	11-15	29-12
ダムコンクリートに使用するフライアッシュについて	水越 達雄	土木学会誌	40-4	18-24	30-4
フライアッシュ利用の問題について	河原 友純	土木学会年次学術講演会講演概要	第11回	161-162	30-5
須田貝ダムにおけるフライアッシュの取扱設備について	稲井 豊, 内山義郎, 石原 寿	発電水力	4-16	8-12	30-6
フライアッシュコンクリートの練混ぜの均等性試験について	水越 達雄	発電水力	4-17	31-35	30-8
セメント混和材としての Fly-Ash 混和によるコンクリートの性質について	青木 完雄	建築雑誌	69-287	29-35	30-10
混和材としてのフライアッシュに関する研究	吉越 盛次	土木学会論文集	-31	1-62	30-11
コンクリート混和材としての Fly-Ash (青木氏の Fly-Ash に関する報文所感)	浜田 稔	建築雑誌	70-829	55-56	30-12
フライアッシュコンクリートの流動性と圧縮強度	吉田 弥七	セメント技術年報	IX	306-314	30-
セメント混和材としてのフライアッシュの諸性質	永井彰一郎, 大塚 淳, 石井淳美	窯業協会誌	63-715	573-579	30-
フライアッシュを用いたコンクリート舗装	渡辺幸三郎, 河村 協	セメント コンクリート	-107	15-19	31-1
鳩ヶ谷ダムのフライアッシュ混入コンクリート	竹中 徳	セメント コンクリート	-108	9-14	31-2
フライアッシュコンクリート研究報告, 第2報	神谷貞吉, 畑野 正, 河原友純, 水越達雄, 宮地一郎, 吉越盛次, 西井望雄, 野瀬利雄, 国分正風, 森 茂, 松田正久	国際ダム会議日本国内委員会専門委員会 フライアッシュ分科会研究報告		1-127	31-2
ボゾランの試験	渡辺幸三郎, 宮沢 清, 植村次郎, 内藤隆一, 植村信次, 村上義一, 荒牧 淳, 梅村武雄, 皆川善次, 水田 彰, 永井彰一郎	日本セメント技術協会混和材委員報告N-1		1-57	31-5
フライアッシュ混入コンクリートの調合設計	中村 伸, 矢野 光一	セメント・コンクリート	-113	8-14	31-7
フライアッシュ規格について	大ダム会議日本国内委員会専門委員会, フライアッシュ規格分科会	大ダム	-1	72-79	31-9
フライアッシュコンクリート用特殊 AF 剤の試験	高野 俊介, 柳川 晃夫	セメント技術年報	X	207-213	31-
フライアッシュのボゾラン反応について	函見 重治	セメント技術年報	X	221-227	31-
鳩ヶ谷ダムのコンクリート施工実績	東 正久	セメントコンクリート	-119	17-25	32-1

フライアッシュを混入したコンクリートの養生条件と強度
井川ホロー グラビティー ダムダムの建設工事
名港フライアッシュと井川ダムのコンクリート
フライアッシュ混入コンクリートに対するボゾリスの影響
シリカセメント及びフライアッシュセメント（仮称）における混合材の分離と定量
フライアッシュを用いた一般構造用コンクリートの配合設計方法
フライアッシュ混入の特種セメントについての伸縮・亀裂試験結果
鉄筋コンクリート中の鉄筋の電食現象におよぼすセメント混和材料の影響について
フライアッシュの流動性に関する実験
鉱物質微粉未がコンクリートの諸性質に及ぼす影響
コンクリートの耐久性（特に中性化）試験について
混合セメントモルタルの中性化と鉄筋のさびに関する2、3の実験
フライアッシュセメントコンクリートの強度と弾性について
フライアッシュを添加したコンクリート
各種セメントモルタルの硬化乾燥による長さ変化測定の実験結果
フライアッシュを混入した普通および軽量コンクリートの透気性
フライアッシュコンクリートの養生条件と強度の関係
フライアッシュの共通試験について
フライアッシュ使用についての注意
土木工事におけるセメント注入の応用

渡辺幸三郎
渡辺 時也
和久 英雄、渡辺 一郎
水野 高明
高原 三郎
平野生三郎、北条 勝
中条金兵衛、近藤 実
近藤泰夫、武田昭彦、秀島節治
有泉 昌
山崎 寛司
水坂 賢二
内藤隆一、竹本博、内川 浩
吉田 弥七
宮沢 清、松崎 安宏
中条金兵衛、宮沢 清、笠井伍郎、長野蘭蔵、森 茂二郎、赤岩重雄、福田延衛、沖 正二
中村 静彦
左右田孝男、山崎寛司、村田敦盛
国分 正胤
杉木 六郎
樋口 芳朗

セメントコンクリート
電力
発電水力
セメントコンクリート
セメント技術年報
セメント技術年報
セメント技術年報
日本道路会議論文集
土木学会誌
セメントコンクリート
大ダム
セメント技術年報
セメント技術年報
セメント技術年報
セメント技術年報
日本セメント技術協会収縮委員会報告H-4
セメントコンクリート
土木学会年次学術講演会講演概要
土木学会年次学術講演会講演概要
鉄道土木
築業協会誌

—122
41— 4
— 30
—130
XI
XI
第4回
43— 2
—133
— 8
XII
XII
XII
XII
—147
第14回
第14回
1— 7
68—770
32— 4
32— 4
32— 9
32—12
32—
191—196
172—176
1— 8
8— 14
16—27
353—359
453—463
242—245
229—238
1— 8
2— 6
91— 92
107—108
33— 35
53— 56
32— 4
32— 4
32— 9
32—12
32—
191—196
172—176
1— 8
8— 14
16—27
353—359
453—463
242—245
229—238
1— 8
2— 6
91— 92
107—108
33— 35
53— 56

論 文 題 目	著 者 名	誌 名	巻 一 号	ペ ー ジ	発 刊 年 一 月
Effect of Adding a Siliceous Material to Portland Cement upon Volume Change, Compressive Strength and Heat Generation	R.W. Carlson, G.F. Troxell.	Proc. A.S.T.M	33—Part II	484—	1933—
Properties of Cements and Concrete Containing Fly-Ash.	R.E. Davis, R.W. Carlson, J.W. Kelly, H.E. Davis C.P. Derleth	Jour. A.C.I. Jour. A.C.I.	8— 8—	577—612 612-1—612-4	1937—5-6 1937—9-10
Discussion of Paper by Davis Carlson Kelly and Davis Properties of Cement and Concrete Containing Fly-Ash.	R.E. Davis, H.E. Davis, J.W. Kelly J.S. Nelles	Jour. A.C.I. Jour. A.C.I.	12— 12—	281—296 296-1—296-2	1941—1-2 1941—1

Fly-Ash as Hydraulic Addition for Martar and Cements.	W. Kronstein	Zement	503-506 518-520	1941—
Application of Fly-Ash for Lean Concrete Mixes.	H.A. Frederick	Prec, A.S.T.M	44—	1944—
Weathering Resistance of Concrete Containing Fly-Ash Cement.	R.E. Davis, H.E. Davis, J.W. Kelly	Jour, A.C.I. (Proc, Vol. 37)	281-293	1949-1
The use of Portland-pozzolan Cement by the Bureau of Reclamation.	R.F. Blanks	Jour, A.C.I	12-3	1949-10
Symposium on use of Pozzolanic Materials in Mortars and Concrete,	R.E. Davis, H.S. Meissner, J.L. Gilliland, C.H. Scholer, R.L. Peyton	A.S.T.M. (S.T.P. No. 99)		1949—
The Present and Future Magnitude of the pulverized Coal Fly-Ash Disposal problem.	H.S. Walker	Fly-Ash Symposium A.S.M.E. paper 49-A-79 Ann. Meeting		1949—
Use of Fly-Ash in Concrete.	Handy Walker	Fly-Ash Symposium A.S.M.E. paper 49-A-81 Ann. Meeting		1949—
Use of Pozzolans in Concrete.	R.E. Davis	Jour, A.C.I.	21-5	1950-1
Fly-Ash as a Pozzolan.	R.F. Blanks	Jour, A.C.I (Proc, Vol. 46)	21-9	1950-5
Fly-Ash-a Pozzolan Material of Great Usefulness.	Mario Palmeri	Concrete	59-6	1951-1
The Properties of Mass Concrete made with Combinations of Portland Pozzolan-Cement as used by the Bureau of Reclamation.	R.E. Blanks, H.S. Meissner, W. A. Cordon	Forth Congress on Large Dams	R37—	1951-1
Die Hydraulischen Eigenschaften von Steinkohlenflug ashe	W. Kronsbein	Zement-Kalk-Gips	4—	1951-5
Use of Chicago Fly Ash in Reducing Cement Aggregate Reaction.	C.H. Scholer, G.M. Smith	Jour, A.C.I.		1952-2
Highway Department Tests Fly-Ash in Pavement mixes.	W.L. Chilcote	Engineering News-Record		1952-10
Experience with Fly-Ash blends in a Test Pavement built in 1938.	W.T. Mclevahan	Engineering News-Record		1953-3
Strength and Durability of Concrete Containing Chicago Fly-Ash.	G.W. Wascha, N.H. Withey	Jour, A.C.I.	24-8	1953-4
Fly-Ash Improves Concrete and Lowers Cost.	A.S. Pearson, T.R. Galloway	A.S.C.E.	592-595	1953-9
Durable Concrete in Hydraulic Structures.	L.H. Tuthill	Jour, A.C.I		1953—
Comparison of Size-Consist Determination of Duplicate Samples of Fly-Ash A.	W.C. Halton & Dava, F.Reynolds Jr.	Combustion		1954-8
Admixture for Concrete.	A.C.I. Committee 212	Jour, A.C.I	26-2	1954-10
Investigation Relating to use of Fly-Ash as a Pozzolanic Material and as an Admixture in Portland Cement Concrete.	L. J. Minnick	Proc, A.S.T.M.	54—	1954—
Field Substitution of Fly-Ash for a Portion of Cement in Air-entrained Concrete.	G. H. Larson	Proc, Highway Research Board	33—	1954—
Effect of Pozzolans added to Sandgravel Concrete pavement.	R.L. Peyton, W.M. Stingley, R.C. Meyer	Proc, Highway Research Board	35—	1955—
Develpement of high Quality Concrete of low Cement for Large Dams built by Bureau of Reclamation.	W.H. Price, W.A. Cordon,	Fifth Congress on Large Dams	R-4	1955—

Verify Quality of Fly Ash before Using.	H. F. Thomson	Pit and Quarry	1956-1
Dust Collectors for Central Station, Steam Power Station.	M.J. Arehbold	Combustion	1956-8
Studies Relating to the Testing of Fly Ash for Use in Concrete.	R.H. Brink, W.J. Halstead	Proc. A.S.T.M	1956- 1161-1206
Use of Fly Ash in Concrete.	A. G. Timms, W. E. Grieb	Proc. A.S.T.M	1956- 1139-1157
Use of Fly Ash and Similar Materials in Concrete.	A. A. Fulton, W. T. Marshall	Proc. Inst. Civil Eng. (London)Part 1	1956-11
Fly Ash Concretes for Shipping Port Atomic Power Station	R.J. McAllison	Proc. A.S.C.E	1956-11 714-730
Pozzolanic Cements having High Chemical Resistance and Normal Hardening-Applications. Fly Ash in the manufacture of Cement (in French)	M.P. Fouilloux	Silicates Industriels	1957-4 1215-
Proportioning Concrete Mixtures Using Fly Ash	C.E. Lovewell, G.W. Washa	Jour. A.C.I	1957-6 1958-6
Static Automatic Central for Electrical Precipitator.	L. L. Little	Combustion	1958-5 29-12