

プレパクト コンクリートの性質におよぼす

フライアッシュの品質の影響について

正員 杉本 三吾*
正員 土田 秀郎**

INFLUENCE OF QUALITY OF FLY ASH ON PROPERTIES OF PREPAKT CONCRETE

By Sango Sugimoto, C.E. Member, and Hideo Tsuchida, C.E. Member

Synopsis: This article is a report on the results of several tests concerning Prepaakt Concrete which is mixed with fly ash produced in eight steam power plants of five firms in Japan. The influence of quality of fly ash on the properties of Intrusion Mortor and also on the compressive strength of Prepaakt Concrete has been examined.

1. 緒 言

本文は、わが国で製造販売されているフライアッシュのうち、8種（5社、8火力発電所のもの）のフライアッシュを用いて行なった二、三のプレパクトコンクリートの実験結果から、フライアッシュの品質がプレパクトコンクリートにおける注入モルタルの性質ならびに圧縮強度におよぼす影響について検討を行なったものである。なお、実験は配合設計そのほかを目的として行なったものであり、それぞれの実験を行なった時期にかなりのずれがあるので、本文は実験報告として、首尾一貫しない点のあることをお断りしておく。

2. フライアッシュ

実験に用いたフライアッシュは5社、8火力発電所製のもので、その品質は表-1に示すとおりであった。実験の都合上、表に示すように、D社 e 火力発電所のものはF-5, F-6の2個の試料を使用した。

表-1 フライアッシュ

試 料 番 号	製造会社	発電所	入 荷 年 月 日	色	湿分 (%)	強熱 減量 (%)	比重	粉 末 度			単 位 水 量 比 (%)	圧 縮 強 度 比 (%)			モルタルグ ラウトによ る水量比 (%)
								0.088 (%)	0.044 (%)	ブレーン (cm ² /g)		7日	28日	91日	
F-1	A	a	34. 2.10	灰白色	0.4	1.3	2.25	2.89	10.9	3 790	89	84	85	104	90.7
F-2	A	b	34. 2.10	灰黒色	0.4	2.0	2.19	1.76	7.3	3 520	93	77	78	95	96.3
F-3	B	c	34. 2.14	灰 色	0.4	1.0	1.98	10.74	25.8	2 800	94	65	71	92	100.0
F-4	C	d	34. 2.27	灰黒色	0.5	2.5	2.15	3.68	14.2	3 150	95	64	67	92	100.0
F-5	D	e	34. 4.17	灰白色	0.6	0.6	2.12	0.05	1.5	3 140	89	85	89	108	92.3
F-6	D	e	34.12.22	灰白色	1.0	0.5	2.16	0.34	1.0	3 570	88	90	93	106	90.7
F-7	E	f	35. 1.25	灰黒色	0.9	1.7	2.00	7.10	19.9	3 280	99	58	61		103.7
F-8	E	g	35. 2.14	灰白色	1.0	1.6	2.17	0.50	2.2	4 760	88	93	95		92.8
F-9	E	h	35. 2.17	灰白色	1.2	1.2	2.22	2.41	8.5	3 340	89	77	80		92.7

注：モルタルグラウトによる水量比とはプレパクトコンクリート一般示方書に規定されるフライアッシュの水量比試験に準拠してフローを 18 ± 0.5 秒とした $1:0.5:1.5$ (セメント フライアッシュ砂の比) モルタルグラウトの水量と同一のフローの $1:1$ (セメント, 砂の比) モルタルグラウトの水量との比を求めたものである。

本実験に使用した8種（試料として9個）のフライアッシュは外観上3つの種類に分類することができた。すなわち灰白色のもの(F-1, 5, 6, 8, 9)、灰黒色のもの(F-2, 4, 7)、中間の灰色のもの(F-3)である。これらの品質試験の結果をみるとおおむね灰白色のものは強熱減量が小さく粉末度も細かいもので単位水量比はいずれも90%以下、圧縮強度比は、材令28日で80%以上、91日では100%以上であった（ただし試料F-7, 8, 9については材令91日の圧縮強度比試験結果はでていない）。また灰色および灰黒色のフライアッシュは一、二の例外はあるが、おおむね強熱減量が大きく、粉末度は粗く、単位水量比は93~99%で、いずれも材令28日の圧縮強度比は80%以下、91日では100%を超えるものはないようである。

また、単位水量比と、モルタルグラウトの水量比との間にはほぼ比例関係がみられるようである。

* 西松建設KK常務取締役土木部長 ** 西松建設KK技術研究部

3. 実験の概要および使用したセメントと骨材

実験を行なったプレパクトコンクリート

の配合は表-2に示すとおりで、A,B,C,3種の配合についてフライアッシュの品種を適宜替えて、それらの実験結果を比較した。

また、実験に用いたセメント、砂および砂利は表-3、表-4、および表-5に示すものであった。

表-2 プレパクトコンクリートの配合

配合	重量配合比 C:F:S	イントリュージョン エイド添加率 (%)	使用したフライアッシュ
A	1:0.4:1.4	1.0	F-1, F-2, F-3
B	1:0.4:2.1	1.0	F-4, F-5
C	1:0.4:1.8	1.0	F-6, F-7, F-8, F-9

注：注入モルタルの水量は、フローが18~21秒となるように定めた。

表-3 セメント

試料番号	試料名	入荷年月日	比重	粉末度		凝結			安定度	曲げ強度 (kg/cm²)				圧縮強度 (kg/cm²)			
				0.088 (%)	ブレーン (cm²/g)	水量 (%)	始発 (時~分)	終結 (時~分)		3日	7日	28日	91日	3日	7日	28日	91日
C-1	宇部普通	34.2.10	3.13	2.23	3730	27.6	2~19	3~22	完	26.1	49.0	66.4	73.7	101	244	401	484
C-2	"	34.5.14	3.15	1.63	3540	26.7	1~48	3~03	完	29.1	46.8	67.4	70.7	131	242	389	415
C-3	"	34.12.22	3.15	3.26	3530	26.1	2~23	4~02	完	26.1	46.7	65.5	68.0	107	227	398	456

注：試料C-1はA配合、試料C-2はB配合、試料C-3はC配合に使用した。

表-4 砂

試料番号	産地	入荷年月日	比重	単位重量 (kg/m³)	吸水率 (%)	ふるい分け (%)					粗粒率
						2.5~1.2 (mm)	1.2~0.6 (mm)	0.6~0.3 (mm)	0.3~0.15 (mm)	0.15以下 (mm)	
S-1	多摩川	34.3.---	2.63	1807	1.42	5.0	22.5	37.5	17.5	17.5	1.80
S-2	"	35.1.---	2.63	1708	2.46	3.0	20.0	31.0	36.0	10.0	1.70
S-3	芦屋	35.1.18	2.59	1507	1.42	0.2	0.5	4.6	86.2	8.5	0.98

注：試料S-1はA配合およびB配合、試料S-2およびS-3はC配合に使用した。

表-5 砂利

試料番号	産地	入荷年月日	比重	単位重量 (kg/m³)	空げき率 (%)	吸水率 (%)	粒度	
							40~20 (mm)	20~15 (mm)
G-1	多摩川	34.3.---	2.64	1697	36.1	1.01	70	30
G-2	"	34.9.---	2.62	1687	36.7	1.05	70	30

注：試料G-1はA配合およびB配合、試料G-2はC配合のプレパクトコンクリートに用いた。

実験は、次のように行なった。

(1) A配合では、セメント(試料C-1)、砂(試料S-1)および砂利(試料G-1)を同一とし、試料F-1、F-2およびF-3のフライアッシュを用いたそれぞれの場合について、注入モルタルの水量およびブリージングならびにφ15×30cmの供試体に注入成型したプレパクトコンクリートの材令7日、28日および91日の圧縮強度を比較した。(2) B配合ではセメント(試料C-2)、砂(試料S-1)、砂利(試料G-1)を同一とし、試料F-4、およびF-5のフライアッシュを使用したそれぞれの場合について、注入モルタルの水量およびブリージングならびにφ15×30cmの供試体に注入成型したプレパクトコンクリートの材令7日、28日および91日の圧縮強度を比較した。(3) C配合ではセメント(試料C-3)、砂(試料S-2)、砂利(試料G-2)を同一との圧縮強度を比較した。G-1はA配合およびB配合、試料G-2はC配合のプレパクトコンクリートに用いた。

さらに、フライアッシュF-7およびF-8を用いた場合につき粒度の良好でないF.M.0.98の砂を使用して、その影響について同様の比較試験を行なった。なお注入モルタルの混合ならびに供試体注入には、容量4cu.ft.のプレパクトミキサーおよびモノポンプ(D-3型)を使用した。

4. 実験結果

実験の結果は表-6および表-7に示すとおりであった。

実験の結果によると、

(1) A配合では、フライアッシュF-1を用いたものは、W/C+Fは48%であったが、フライアッシュF

-2, F-3 を用いたものは $W/C+F$ が 50%, 51% と水量を増し、ブリージングは水量の多いものほど、大きくなる傾向を示した。また、プレパクトコンクリートにおいても一般に使用水量の多いものほど圧縮強度は小さくなるもので、フライアッシュ F-1 を用いたものに比較して、F-2, F-3 を用いたものは、材令 7 日, 28 日および 91 日いずれの場合も低い圧縮強度を示し、その程度は 10~20%にもおよぶものであった。

表-6 実験結果(その1)

配合番号	使用したフライアッシュ	配合比(重量) C:F:S	イントリューションエイド添加率 $A/C+F$ (%)	水セメント比 $W/C+F$ (%)	フロー(秒)	膨張率(%)	ブリージング(%)	圧縮強度 (kg/cm ²)		
								7日	28日	91日
A-1	F-1	1:0.4:1.4	1.0	48.0	18.4	6.56	0.95	149	251	318
A-2	F-2	1:0.4:1.4	1.0	50.0	18.8	8.83	1.44	128	232	283
A-3	F-3	1:0.4:1.4	1.0	51.0	19.8	7.86	2.08	111	213	271
B-1	F-4	1:0.4:2.1	1.0	58.0	19.8	6.28	4.05	94	166	225
B-2	F-5	1:0.4:2.1	1.0	54.0	19.7	5.89	2.82	113	189	253

注: 1) セメントは A 配合については試料 C-1, B 配合については試料 C-2 を使用した。

2) 砂は試料 S-1, 粗骨材は試料 G-1 を使用した。

3) 膨張率およびブリージングは 4 時間目の測定値を示す。ただし試験は A 配合については $18 \pm 2^\circ\text{C}$, B 配合については $25 \pm 2^\circ\text{C}$ の温度において行なったものである。

(2) B 配合では、フライアッシュ F-4 を用いたものは、 $W/C+F$ が 58%, ブリージングは 4.05% であるのに対し、F-5 を用いたものは $W/C+F$ が 54%, ブリージングは 2.82% であった。

また圧縮強度はフライアッシュ F-4 を用いたものは、F-5 を用いたものに比較して、材令 7 日, 28 日および 91 日とも 10% 以上低い試験値を示した。

表-7 実験結果(その2)

配合番号	使用したフライアッシュ	使用した砂	配合比(重量) C:F:S	イントリューションエイド添加率 $A/C+F$ (%)	水セメント比 $W/C+F$ (%)	フロー(秒)	膨張率(%)	ブリージング(%)	圧縮強度 (kg/cm ²)	
									7日	28日
C-1	F-6	S-2	1:0.4:1.8	1.0	50.0	20.0	8.78	2.10	115	198
C-2	F-7	S-2	1:0.4:1.8	1.0	55.0	20.6	8.89	3.78	91	181
C-3	F-8	S-2	1:0.4:1.8	1.0	50.0	21.0	9.11	1.83	107	200
C-4	F-9	S-2	1:0.4:1.8	1.0	50.0	20.9	8.83	2.22	105	195
C-5	F-7	S-3	1:0.4:1.8	1.0	62.0	19.0	8.83	6.61	71	123
C-6	F-8	S-3	1:0.4:1.8	1.0	58.0	19.5	10.44	3.36	97	160

注: 1) セメントは試料 C-3, 粗骨材は試料 G-2 を使用した。

2) 膨張率およびブリージングは $20 \pm 1^\circ\text{C}$ の恒温装置間で 6 時間目に測定したものである。

(3) C 配合では、フライアッシュ F-6, F-8 および F-9 を用いたものはいずれも $W/C+F$ が 50% で、ブリージングが 2% 前後、また、圧縮強度は、材令 7 日で $105 \sim 115 \text{ kg/cm}^2$ 、材令 28 日で $195 \sim 200 \text{ kg/cm}^2$ とはほぼ同程度の試験結果を示したが、フライアッシュ F-7 を用いたものは、 $W/C+F$ が 55%，ブリージングは 3.78% であり、また圧縮強度は、材令 7 日で 91 kg/cm^2 、材令 28 日で 181 kg/cm^2 と、他のフライアッシュを用いたものに比較して、おおむね 10% 内外の低い試験値を示した。

さらにフライアッシュ F-7 および F-8 を用いたものについて、粒度の異なる砂(試料 S-3)を使用した場合砂の粒度が細かいために、水量はそれぞれ 62%, 58% と多くなり、従って、ブリージングも 6.61%, 3.36% と相当大きくなつた。また、圧縮強度はフライアッシュ F-7 を用いた場合、材令 7 日で 71 kg/cm^2 、材令 28 日で 123 kg/cm^2 、フライアッシュ F-8 を用いた場合、材令 7 日で 97 kg/cm^2 、材令 28 日で 160 kg/cm^2 であつて、フライアッシュ F-7 を用いたものは、F-8 を用いたものに比較して、材令 7 日、28 日とも、20% 以上低い試験値を示している。

5. む す び

以上のように粉末度の粗い、単位水量比の大きいフライアッシュはおおむね圧縮強度比が小さく、これを用いた注入モルタルは、水量 $W/C+F$ が大きくなり、ブリージングも多く、プレパクトコンクリートの圧縮強度が小さい。これに反して、粉末度が細かく、単位水量比の小さいフライアッシュは、圧縮強度比が大きく、これを用いた注入モルタルは水量 $W/C+F$ が小さくなり、ブリージングも少なく、プレパクトコンクリートの圧縮強度が大きい。そして、それらの差、すなわち、フライアッシュの品質の差異によって生ずる注入モルタルの性質およびプレパクトコンクリートの強度の差は、使用砂の粒度の不良などによって、相当に大きくなるものである。