

果 18 回の測定値の平均は 40 分となり、実験室での時間 45 分より短縮している。

(4) 注入後の状況 注入前後の漏水量を測定した結果を表-2 に示したが漏水量がいちじるしく減少していることが認められる。

(5) 工費の比較 参考までに従来の裏込めセメント注入と単位当たり工費を比較してみると

セメント注入 (アーチ 1 m 当り)

材料費	0.64 m ³ @ 15 709 円/m ³ = 10 054 円
労力費	4.5 人 @ 587 円/人 = 2 642
その他材料費 (電力, 油, ボロ等)	994
	13 690 円

薬液注入 (アーチ 1 m 当り)

材料費	0.64 m ³ @ 15 693 円/m ³ = 10 044 円
労力費	3.6 人 @ 587 円/人 = 2 113
その他材料費 (電力, 油, ボロ等)	260
	12 417 円

9. 結 語

以上の報告は短区間の注入結果についてのべたのであるが、セメント注入に比較して防水の効果はきわめて良好であり、コンクリートの打継目、細隙にも薬液が完全に滲透し固結し防水の目的が果されたことが認められる。また排水を要するトンネル工事において、

漏洩したセメント乳が排水ポンプに悪影響を与えるおそれがあるのに対して、薬液注入の場合には支障とならないことは、間接的効果の大きいものといえる。この報告に記載したのちにおいて今日まで引き続きおよそ 140 m³ の裏込め注入を実施し、同様の効果をおさめてきている。今後なお固結体の長期強度、耐透水性の試験を行うとともに、トンネル工事への応用についてさらに研究をすすめたいと考えているが、先輩諸家の御指導と御教示を切にお願いする次第である。

報告を終るにあたり化学的基礎研究に力をつくされ御指導をいただいた宇部ソーダ研究課長石川良夫氏の御好意に対し衷心より謝意を表する次第である (なお珪酸ソーダ、珪弗化ソーダ及び重曹を添加して固結物を生成する方法については石川良夫氏より特許を申請中である)。

参 考 文 献

- 1) 沼田政矩ほか：薬液注入による地盤固結に関する研究，土木学会論文集 12 号
丸安隆和：セメント及び薬液注入を利用したダムの仮締切および既設ダムの漏水どめの施工例 土木学会誌 (昭 28.6.)
丸安隆和：コンクリート壁体中に薬液注入を行いトンネル覆工の漏水どめを行った施工例 土木学会誌 (昭 29.6.)

(昭.29.8.15)

ダムコンクリートに使用するフライ アッシュについて

正 員 水 越 達 雄*

USE OF FLY ASH FOR DAM CONCRETE

(JSCE April 1955)

Tatsuo Mizukoshi, C.E. Member

Synopsis In this paper, the author describes the properties of fly ash produced in Japan and explains the outline of field and laboratory investigations, specifications, shipping tests and handling equipments for Dam concrete.

要旨 国産フライアッシュの諸性質につき概説し、国内産のフライアッシュを須田貝ダムに利用するために行つた各種試験成績、材質の規格、品質の管理、現場における打設用設備について説明した。

I. 須田貝ダムコンクリートにおけるフライアッシュの使用計画

火力発電所より生産されるフライアッシュをボゾラン質混合材として使用する研究は 1914 年ころから米国において始められ、日本においても 1944 年フライ

アッシュ混合セメントの研究が行われた。米国においては 1948 年ころより、実際の使用が始められ Canyon Ferry, Davis, Hungry Horse, Trenton, Falcon, Ca-chuma, Palisades 及び Liberty の各ダムにフライアッシュコンクリートが用いられて、きわめて優良な成績を収めたことが報告されている。すなわち、フライアッシュコンクリートの性質として、長期材令における圧縮及び引張強さの増加、耐久性の増加、溶出の防止、容積変化の減少、水和熱の減少、伸張性の増加、気密性の増強、ウォーカビリティーの改善及び所要水

* 東京電力株式会社建設部土木課長

表-1 フライアッシュ化学組成

国名	試料名	入荷年月	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	loss on ignition	Na ₂ O (ppm)	Moisture content
東京電力	潮田 A	27-10	53.35	24.50	5.44	4.01	1.56	0.54	7.26	1.32	—
	B	27-10	48.89	25.91	3.45	3.10	1.13	0.21	13.83	1.59	—
	C	28-7	56.65	26.97	8.21	3.06	0.16	3.73	—	—	—
	D	28-6	51.10	29.16	4.43	1.90	1.35	0.86	9.75	—	1.13
	E	28-8	53.70	30.82	3.43	5.64	1.70	0.01	3.26	0.78	0.30
関西電力	尾崎 A	27-9	53.50	29.45	5.45	2.63	2.32	0.55	3.08	—	—
	B	27-10	54.10	32.10	4.70	3.42	2.57	0.31	1.86	—	—
	C	27-11	56.84	28.95	4.45	5.59	2.4	0.51	1.78	—	—
北海道電力	江別	28-10	47.72	24.03	3.10	3.72	0.96	0.19	18.04	0.63	1.35
	砂川	28-10	44.30	23.09	3.59	3.64	1.57	0.27	23.60	0.59	2.32
九州電力	戸畑(110)	28-9	55.44	30.93	3.74	7.57	0.86	0.31	4.18	0.28	0.50
	(1470)	28-9	55.86	30.66	3.74	7.97	0.68	0.01	5.08	0.19	0.25
	港一	28-9	54.36	14.26	9.14	7.97	1.76	0.94	9.72	0.45	0.37
	築上	28-9	54.90	30.22	7.92	3.98	0.84	0.25	1.80	0.31	0.39
宇部興産	宇部 A	28-7	57.26	27.67	5.56	4.35	1.05	0.32	0.84	0.47	0.27
	B	28-11	58.76	28.67	5.75	3.91	1.01	0.27	0.70	0.36	0.12
Hungry Horse Dam	規格	40.0<	15.0<	—	—	3.01	3.0<	10.0>	—	—	—
Palisades Dam	規格	40.0<	15.0<	—	—	3.07	3.5>	5.0>	1.5>	3.0>	—
Baltimore Liberty Dam	規格	40.0<	15.0<	—	—	—	—	10.0>	—	3.0>	—
明神橋(110)	27-11	51.31	5.42	3.06	65.23	1.46	1.64	1.16	—	—	—
浅野マスコ	28-9	24.35	4.05	4.60	63.86	0.72	1.01	0.66	—	—	—
JISセメント	規格	—	—	—	—	<5.0	<2.5	<4.0	—	—	—

【備考】 1. ()内の値は関西電力にて行った分析結果である。
2. 港一フライアッシュの Al₂O₃の値が小さいのは、原因不明で再分析中である。

表-2 フライアッシュの比重・粉末度

国名	試料名	入荷年月	比重 (20°C)	粉末度				取分法 (混合比)			
				80μm 以上 (%)	44μm 以上 (%)	Blain's (%)	粒子径 25μm	粒子径 30μm	粒子径 40μm		
東京電力	潮田 A	27-10	1.99	7.8	—	29.80	85.2	74.7	45.6	79.4	—
	B	27-10	1.96	5.6	—	24.90	—	—	—	—	—
	C	28-7	2.03	18.5	—	22.60	83.0	73.1	56.7	42.1	—
	D	28-6	2.01	—	—	—	87.8	68.8	54.0	9.4	—
	E	28-8	1.93	17.5	24.5	47.6	—	93.4	89.8	75.6	56.0
関西電力	尾崎 A	(27-9)	(2.05)	(10.0)	—	—	—	—	—	—	—
	B	(27-10)	(2.15)	(5.5)	—	—	—	—	—	—	—
	C	(27-11)	(2.06)	(8.0)	—	—	—	—	—	—	—
	D	28-3	2.08	3.5	4.9	24.9	24.0	68.2	56.6	36.9	24.5
北海道電力	江別	28-10	1.99	3.7	5.5	19.9	—	—	—	—	—
	砂川	28-10	1.69	17.1	23.0	47.2	—	—	—	—	—
九州電力	戸畑(110)	28-9	2.04	6.3	9.6	27.2	63.2	57.4	55.4	23.0	—
	(1470)	28-9	1.95	15.0	18.4	38.1	92.4	86.4	64.0	45.6	—
	屋上	28-9	2.00	6.3	11.4	33.4	—	—	—	—	—
	港一	28-9	2.30	32.3	41.0	68.7	—	94.1	92.5	80.1	79.4
宇部興産	宇部 A	28-7	2.14	7.5	—	19.4	39.0	51.2	45.6	34.5	19.2
	B	28-11	2.04	7.2	—	20.9	35.0	—	—	—	—
シノゴ	28-7	2.36	8.0	11.8	23.4	—	—	—	—	—	
Hungry Horse Dam	規格	—	—	—	12>	3000<	—	—	—	—	
Palisades Dam	規格	—	—	—	12>	3000<	—	—	—	—	
Baltimore Liberty Dam	規格	—	—	—	—	2500<	—	—	—	—	
明神橋(110)	27-11	3.15	—	—	—	3140	67.5	60.3	47.7	35.3	

【備考】 1. ()内の値は関西電力にて行った分析結果である。
2. ブラジルの部分は現在試験中。

量の減少、アルカリ骨材反応の防止作用等、マスコンクリート及び水理構造物用コンクリートにとつてきわめて有用な性質が報告されている。また特に有利な点はコンクリートコストの引下げである。例えば、Hungry Horse Dam に使われたフライアッシュの価格は、その 80% が運賃であつたが、現場着の価格はポルトランドセメントの約 1/2 であり、セメントの 30% を置換することにより約 150 万ドル (5.4 億円) の節約を行つたと報告されている。東京電力においては、かねてから各国文献の調査を行い、これと並行して国産フライアッシュのダムコンクリートへの使用の可能性について、電力中央研究所と協力して検討を行つていた。この調査結果から各発電所産フライアッシュの化学組成、比重、粉末度を列記すれば、表-1 及び表-2 のようになる。以上の検討の結果、宇部興産窒素工場発電所のコトレル集塵器ホッパーより採集されたフライアッシュが所要の条件をそなえていたので須田ダムにこれを使用する計画を立て、次項のような各種試験を行い良好な結果を得た。これを取りまとめ中間報告書を作成、関係各官庁に提出し、フライアッシュコンクリート使用の承認を申請したのであるが、昭和 29 年 7 月 24 日使用の認可を受け、ただちにフライアッシュコンクリートのダム打込みを開始した。ダムコンクリートにフライアッシュを混合材と

して用いたのはわが国における最初の試みであり、工事の進捗にともなつて各種の試験も十分行いこれを検討して今後の資料とし、わが国で現在計画されている大ダムへの使用の誘因となることを期待して、ここにフライアッシュの性質並びに各種試験の結果の概要を取りまとめて報告することにした。

II. 試験成績

(1) 硬化熱と温度上昇の試験 C+F=180 kg/m³, W/C+F=52%, G/S=2.75, 粗骨材最大寸法: 150 mm, スランプ: 1 cm, 空気量: 3.5% のコンクリートを径 28 cm, 高さ 25 cm のブリキ容器に入れ、断熱熱量計により上昇温度を測定した結果は表-3 のごとくである。

表-3

材令	F/C+F = 0%		F/C+F = 20%		F/C+F = 30%	
	20°C 以上昇温度	20°C 以上昇温度	20°C 以上昇温度	20°C 以上昇温度	20°C 以上昇温度	20°C 以上昇温度
0 時	19.1	0	18.9	0	21.0	0
1 日	26.4	7.3	24.6	5.7	26.5	5.5
7 日	36.3	17.2	32.4	13.5	32.7	11.7
11 日	39.0	19.9	35.0	16.1	34.7	13.7
14 日	40.3	21.2	—	—	36.0	15.0
21 日	42.7	23.6	—	—	38.0	17.1
28 日	45.1	26.0	—	—	39.8	18.8

この結果によれば、材令 7 日においては、セメントのみの場合 17.2°C に対し、フライアッシュ混合比 20% の場合 13.5°C で 79%、混合比 30% の場合 11.7°C で 68% であり、混合比と上昇温度の減少す

る割合とがほとんど同じである。一方材令 28 日においては、セメントのみの場合 26.0°C に対し、フライアッシュ 30% の場合 18.8°C で 72% と上昇温度の比がやや混合比を上廻っている。

(2) 凍結融解試験 $C+F=240 \text{ kg/m}^3$, $W/C+F=44\%$, $G/S=3.04$, 粗骨材最大寸法: 150 mm のコンクリートを 40 mm 板節で湿式篩分けして $15 \times 30 \text{ cm}$ の圧縮強さ試験用供試体を, 20 mm 板節で湿式篩分けして $76 \times 96 \times 380 \text{ mm}$ 凍結融解試験用供試体を成型, 後者を 91 日間水中養生したのち, 自動凍結融解試験装置により 302 サイクルまで試験を繰返し, 動弾性係数及び重量の減少を測定した結果は表-4のごとくであつた。

(3) 容積変化試験 $C+F=277 \text{ kg/m}^3$, $W/C+F=65\%$, $G/S=1.10$, スランプ $\approx 8.7 \text{ cm}$, 粗骨材最大寸法: 10 mm のコンクリートを $76 \times 76 \times 279 \text{ mm}$ の供試体に成型し, 恒温室内で 48 時間湿潤養生して脱型して測定を始め, それより湿度 70% 以上, 温度 $21 \pm 2^\circ\text{C}$ の室内に貯蔵した。測定は 1/1000 mm ダイヤルゲージを用いた。測定の結果は表-5のごとくであつた。

表-4

751アッシュ混合率	$F_{C+F} = 0\%$	$F_{C+F} = 10\%$	$F_{C+F} = 20\%$	$F_{C+F} = 30\%$
空気量(%)	4.3	3.5	3.3	3.6
7日での(%)	45.3	49.6	48.9	44.4
圧縮強さ(%)	100	110	108	98
凍結融解サイクル数	P(%)	W(%)	P(%)	W(%)
	0	100 100	100 100	100 100
	40	100 99.7	99 99.4	99 99.3
	80	100 99.3	98 98.8	98 98.5
	115	99 99.1	99 98.6	98 98.1
	156	93 99.0	95 98.6	97 98.1
	201	87 98.7	87 98.3	87 97.2
	248	87 98.0	89 97.9	88 96.4
	302	85 97.2	84 97.4	84 95.0

但し P: 動弾性係数百分率, W: 重量百分率

表-5

材令(日)	$F_{C+F} = 0\%$		$F_{C+F} = 20\%$	
	収縮量(m) $\times 10^{-3}$	容積変化(%) $\times 10^{-6}$	収縮量(m) $\times 10^{-3}$	容積変化(%) $\times 10^{-6}$
2	0	0	0	0
5	20.3	7.3	13.0	4.7
7	41.3	14.8	27.1	9.7
14	50.4	18.1	36.1	12.9
28	66.5	23.8	43.0	15.4
35	70.0	25.1	46.0	16.5
42	75.8	27.2	55.5	19.9
49	87.0	31.2	57.8	20.7
198	139.1	49.9	93.5	33.5
収縮率の比率		100%		67%

表-6

試料	7 日		14 日	
	膨張率(%)	膨張減少率(%)	膨張率(%)	膨張減少率(%)
凍結融解モルタル	セメント 400 [#]	0.12		0.28
	フライアッシュ 0 [#]	0.13		0.29
	バレンスグラス 900 [#]	0.15		0.32
	水 200 [#] 平均	0.13	—	0.30
凍結融解モルタル	セメント 320 [#]	0.07		0.09
	フライアッシュ 80 [#]	0.07		0.10
	バレンスグラス 900 [#]	0.07		0.10
	水 200 [#] 平均	0.07	46	0.10

あつた。

(4) アルカリ反応膨脹減少度試験 米国開拓局法(パリセーズダム仕様書)による試験方法で行つた。すなわち, パイレックスガラスと高アルカリセメントとの標準モルタル棒と, セメントの 20% をフライアッシュで置換した試験モルタル棒とを, 7日と 14日に 1/100 mm のコンパレータで測長したもので, その結果は表-6のとおりであつた。

なおパリセーズダム仕様書の規格は膨脹減少度 60% 以上が合格となつている。

$$\text{膨脹減少度}(\%) = \frac{E_r - E_t}{E_r} \times 100$$

E_r : 標準モルタル 3本の平均膨脹率(%)

E_t : 試験モルタル 3本の平均膨脹率(%)

(5) 現場における圧縮強さ試験 実際現場において打設するコンクリートと同じ状況における, コンクリートの圧縮強度を試験するために, 特に 8切試験用ティルティングミキサを製作し, 最大骨材寸法 150 mm を使用しこれをウェットスクリーニングして供試体を作り試験を行つた。試験用ティルティングミキサの性能は次のようなものである。

a) ミキサ試験: 東京大学国分教授の御指示に従い, ブレードを特に最大骨材 150 mm 用に設計しフロントチャージ型で, 運転中の向上傾斜を 5° とし, 油圧装置により, ティルティングを行うものである。本ミキサの現場搬入後の試験配合によるミキサテストの成績は表-7のとおりであつた。

表-7

	前	中	後
a	909.2	902.3	905.3
c	955.2	979.5	982.6
b	1441.0	1462.0	1467.8
b-a	531.8	559.7	562.5
c-(b-a)	423.4	419.8	420.1
w	2147	2149	2155

$$W = \frac{a}{c - (b - a)} \times 100$$

$$W_{\max} - W_{\min} = 8 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{不均等係数} = \frac{8}{250.3} \times 100 = 0.372\%$$

b) 圧縮強さ試験結果: 試験用コンクリートの配合及び圧縮強さ試験の結果は表-8のとおりである(供試体 3本の平均値)。

材令別, 配合別, 圧縮強度を图示すれば, 図-1のごとくである。

以上により明らかのように富配合の場合には σ_{91} ではフライアッシュの置換率 25% までの場合は 0% のものよりも強度は増進し, それ以上の置換比率になると漸減している。貧配合の場合も, 傾向は同様であ

表-8

記号	配 合										圧 縮 強 度					
	混合比 (%)	セメント (%)	フライアッシュ (%)	水 (%)	砂 (%)	スラック (%)	空気量 (%)	7日	28日	56日	91日	7日	28日	56日	91日	
A	0	245	0	120	516	28	3.0	4.2	139	(100)	414	(100)	444	(100)	503	(100)
	20	196	49	113	516	28	1.8	7.6	142	(102)	369	(89)	479	(108)	505	(100)
	30	171.5	73.5	111	516	28	1.8	7.5	92	(66)	290	(68)	408	(92)	498	(99)
	40	147	98	98	518	28	3.0	3.0	65	(47)	234	(57)	342	(72)	407	(81)
B	0	210	0	122	550	26	4.7	4.2	62	(100)	295	(100)	333	(100)	416	(100)
	20	168	42	112	550	26	3.8	3.2	62	(100)	276	(94)	380	(114)	441	(106)
	30	147	63	110	550	26	2.5	2.2	59	(95)	216	(73)	328	(99)	394	(95)
	40	126	84	107	557	26	2.7	2.5	58	(61)	169	(57)	228	(84)	321	(77)
C	0	180	0	108	623	23	3.5	4.8	48	(100)	167	(100)	232	(100)	273	(100)
	20	144	36	106	622	23	4.0	3.7	57	(77)	148	(89)	232	(100)	283	(104)
	30	126	54	104	620	23	4.0	3.6	36	(75)	128	(77)	220	(95)	291	(107)
	40	108	72	104	620	23	3.0	3.3	46	(94)	112	(71)	210	(91)	275	(101)

図-1

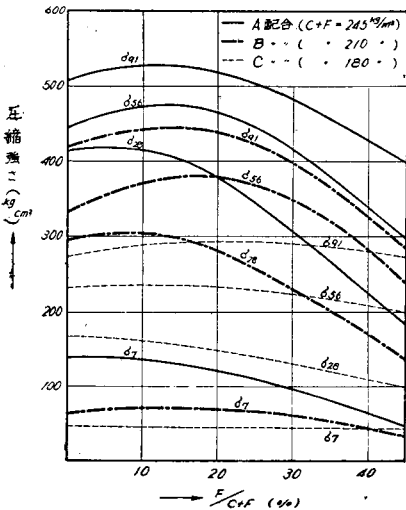


表-9 コンクリート単位容積重量表

配合	配合 ㎏/㎥				シリカ-1 単位容積重量	シリカ-2 単位容積重量	空気量	容積率	容積率	容積率	容積率	容積率
	セメント	フライアッシュ	水	砂								
A-0	1480	534	245	0	114	15.30	40	3.8	12.33	2.318		
						30.60	150		100.30	2.368	2.373	2.369
B-0	1470	570	210	0	114	15.30	40	4.2	12.21	2.304		
						30.60	150		100.10	2.361	2.363	2.359
C-0	1435	679	180	0	114	15.30	40	4.1	12.12	2.297		
						30.60	150		99.8	2.355	2.358	2.355
A-20	1476	532	196	49	108	15.30	40	4.1	12.16	2.303		
						30.60	150		100.10	2.361	2.363	2.359
B-20	1467	569	168	42	108	15.30	40	3.9	12.08	2.292		
						30.60	150		99.9	2.356	2.354	2.351
C-20	1439	679	144	36	108	15.30	40	3.6	12.01	2.280		
						30.60	150		99.7	2.351	2.350	2.349

るが曲線がフラットとなり、置換比率を増加しても、強度の減少が富配合の場合よりも少なくなっている。

(6) 単位容積重量試験 試験結果は表-9のとおりで各配合のコンクリートでセメントの20%をフライアッシュで置換したコンクリートの単位容積重量はフライアッシュを混入しないコンクリートの単位容積重量よりそれぞれ0.007, 0.005及び0.004 t/m³程

度小になった。

すなわち、比重にして考えればそれぞれ、0.3, 0.2及び0.17%程度の減少できわめて微々たるものであつた。

(7) 56切ミキサ中で練り混ぜたコンクリート中のセメントとフライアッシュとの混合の均一性に関する試験 バッチングプランクの56切ミキサで練り混ぜられたコンクリートの各部より試料を採取し、各試料中のモルタルより

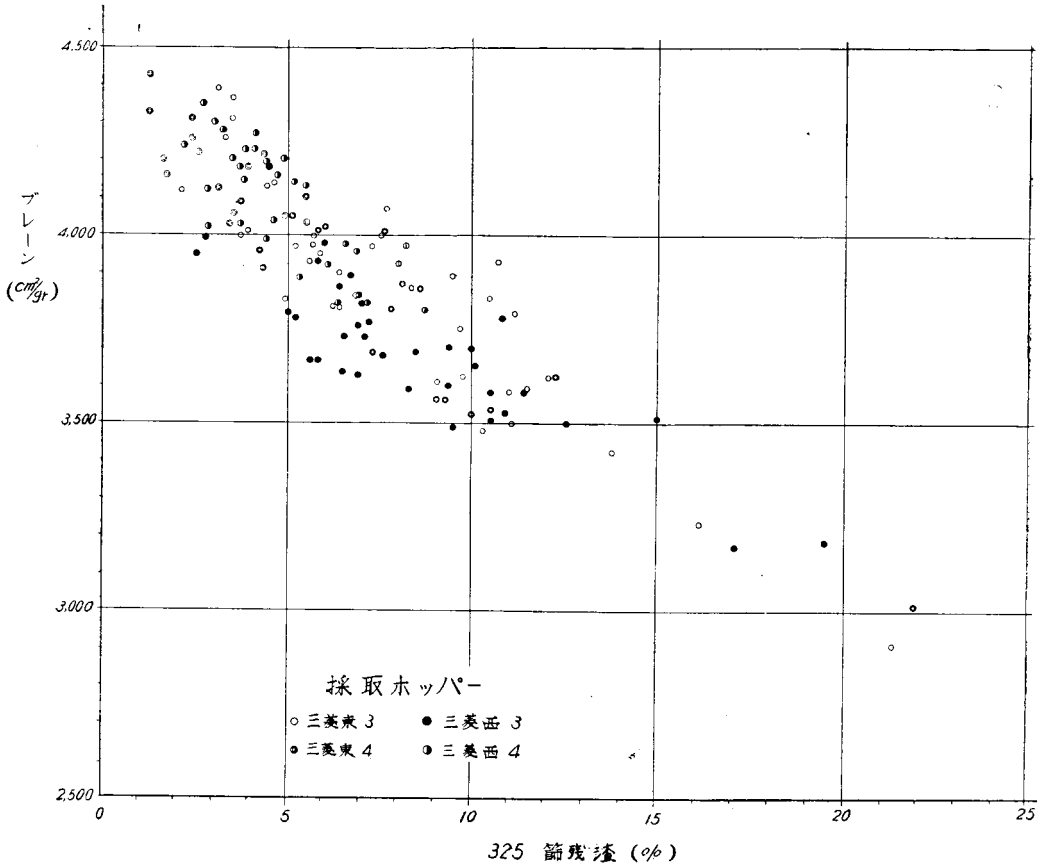
砂を除いたもの(セメント+フライアッシュ)をDotiteによるCaCl₂の滴定法でCaO含有量を定量し、計算によりセメントとフライアッシュの混合比率を算出した。この際、モルタルの均等性試験と、圧縮強度試験用供試体の作成とを行い、化学分析試験の信頼性を確かめた。分析試験の結果は、表-10のとおりであつて、ほとんど均等に混合されていることがわかつた。

表-10 混合比率 (%)

試料番号	1	5	7	
貧配合	セメント	70.8	73.0	70.1
	フライアッシュ	29.2	27.0	29.9
富配合	セメント	66.1	68.3	68.5
	フライアッシュ	33.9	31.7	31.5

(8) 宇部興産塗工場発電所より産出されるフライアッシュの品質の均一性に関する試験 フライアッシュの品質中の化学成分は、原石炭の品質が一様であれば、ほとんど大差なく当該発電所のごとく、宇部沖1山炭をコンスタントに使用している場合には、フライアッシュの化学成分差のコンクリートの性質に及ぼす影響はほとんどないと考えられるので、本試験においては化学分析試験を省略し水分、強熱減量、及び粉末度(No.325篩残渣率及びブレン比表面積)の測定を行つた。まず予備調査として過去2カ年にわたる使用石炭の工業分析記録、過去4カ年間に行われた微粉炭の粒度分布試験記録、及び過去3カ月間のボイラーの運転記録(蒸発量による)を調査した結果、いずれも良好であつたので、試料採取期間を8日間とし、合計352試料を採取し現地試験室において試験したところ、水分0.4%以上のものはほとんどなく、強熱減量は、ほとんどが0.5%程度で、1.5%以上のものはなかつた。粉末度はほとんどブレン比表面積で3500 cm²/g, No.325篩残渣率で10%程度で、

図-2



それよりも粗いものはまれであつた。須田貝ダムに使用するフライアッシュを排出する箇所は、特に粉末度の細かいアッシュの集中する、8個のホッパーに限定したが、それらのホッパーより出るものの粉末度のばらつきは、図-2及び図-3によつて見ることができる。

以上を要約すれば、特に規格を外れる不適当なフライアッシュを出荷試験の際オミットすれば、当該工場より産出されるフライアッシュはダムコンクリート用の混和材として使用可能であると思われた。

III. 使用フライアッシュの規格

(1) 物理的性質

比重	2.0 以上
粉末度 比表面積 (ブレン) cm^2/g	3 000 以上
No.325 篩残渣率	20% 以下
圧縮強さ 28 日	85 " "
所要水量	103 " "

(2) 化学的性質

SiO_2	40% 以上
Al_2O_3	15 " "
MgO	3 " "
SO_3	2 " "
強熱減量	1.5 " "
アルカリ ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)	1.5 " "
水分	1 " "

IV. 品質の管理

(1) 試験項目及び試験方法

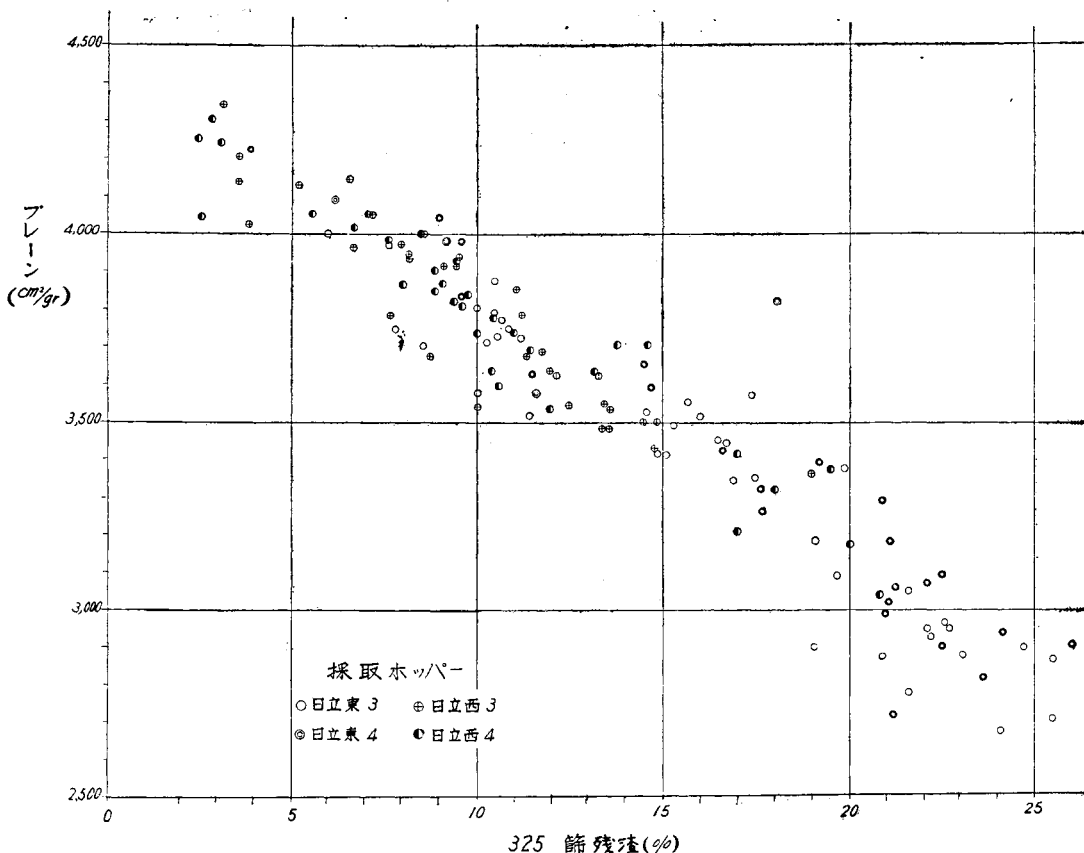
a) 比重 ルシャテリー比重びんまたはピクノメーターを使用して行う。

b) 粉末度 ブレン メーターにより比表面積 (cm^2/g) を、No. 325 篩により残渣 % (湿式) を測定する。

c) 圧縮強さ $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$ のモルタル供試体を用い、中庸熱セメントのみの標準配合と、そのセメントに試料のフライアッシュを混ぜた試験配合とを比較して行う。

(配合)

図-3



	中 荷 熟 セメント	フライアッシュ	豊浦砂	水 量
標 准 合	520 g	0	1040 g	フロー値 200~ 215 mm のため に必要な水量
試 験 合	338 g	フライアッシュ 比 182 g × $\frac{\text{重量}}{\text{セメント比重}}$	1040 g	*

(養生)

24 時間 (20±2°C) 脱型し、金属性容器内に密封
 27 日間 (38°C) 容器に密封
 試験期 (20±2°C) 室温

(強さ百分率)

$$\frac{\text{試験配合の 3 組平均値}}{\text{標準配合の 3 組平均値}} \times 100 = (\%)$$

d) 所要水量 所要水量 (%) は次式より計算して求める。

$$\text{所要水量}(\%) = \frac{Y}{X} \times 100$$

X: e) 項標準配合の水量 (cc)

Y: " 試験配合の水量 (cc)

e) 化学組成 下記につき、それぞれの重量パーセンテージを求める。SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO

SO₃, (Na₂O+K₂O), C, 可溶性シリカ, 強熱減量, 水分

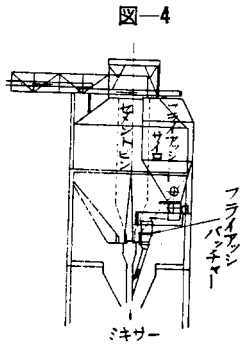
(2) 試験頻度

項 目	出 荷 試 験
比 重	1 日 1 回 (平均試料)
ブ レ ー ン	2 時間ごと (各 煙 道)
3 2 5 ふ り い	2 時間ごと (")
圧 縮 強 さ	1 日 1 回 (平均試料)
所 要 水 量	"
水 分	2 時間ごと (各 煙 道)
強 熱 減 量	2 時間ごと (")
化 学 分 析	5 日 1 回 (平均試料)

V. フライアッシュ輸送貯蔵及び計量設備

フライアッシュは 1 袋 40 kg の紙袋入りで鉄道により水上駅に送られ、索道に積まれ、須田貝現場のフライアッシュ解袋所まで到着する。

ここで解袋されたアッシュはホッパーへ投入され、スクリュウコンベヤーで、バッチャープラントに設けられたフライアッシュサイロに送られる。サイロから



はスクリュウフィーダーでバッチングフロー上に設けられたフライアッシュバッチャーに送られ、ここで計量されて、セメントと同時にミキサーに投入される。この際、フライアッシュの落下するシュートはセメントのシュートと途中で合流し、合流点のシュート内にブレードを取付け、セメントとフライアッシュが回転しつつ落下し、ミキサーに入る以前に一応プレミックスするようにした。バッチングの操作盤はセメントや骨材用の操作盤に隣接して設け、ワンマンコントロールとし、自動記録装置を取付けた。またサイロ出口のアーチアクションを防止するため、シリカゲル脱水装置により脱水した低圧空気の吹送を十分にやり、かつ振動機を取りつけた。バッチングプラントの概要は図-4に示すとおりである。

VI 結 語

前項までに述べたごとく、須田貝ダム用フライアッシュコンクリートは良好な試験成績を示し、関係官庁より表面コンクリート及び内部コンクリートでそれぞれセメントの10%及び20%の置換を許可された。この比率は米国の25~32%に比較して、やや低率であるが、現在流行中の試験データが十分揃えば米国並みの比率まで許可されることになるものと思われる。

須田貝ダムは直線型重力式で堤高は基礎岩盤上73.5m、コンクリートの容積は約22万m³で、フライアッシュ使用により良質のコンクリートが作られることはもちろんであるが、水和熱、容積変化の減少等の特徴はさらに大きなダムにおいてより顕著に発揮されうらと思われる。

よつて須田貝における試みでは、フライアッシュの効果は100パーセント発揮されたとは云えないかも知れないが、日本のダムコンクリートにフライアッシュを導入し得たこと、さらに大ダムへの使用の道が開かれたことに意義があるものと思われる。

(昭.29.8.25)

鉄筋コンクリートはりのひびわれ

正 員 神 山 一*

A CRACK IN THE REINFORCED CONCRETE BEAM

(JSCE April 1955)

Susumu Kamiyama, C.E. Member

Synopsis Objects in this experiment were to study the relation of the initial cracking moment to the ultimate moment and the relation of the cracking depth to the moment of the singly reinforced concrete beam with rectangular section.

The factor of safety of the member against cracking may be expressed either by the ratio of the permissible moment to the initial cracking moment, or by the ratio of the initial cracking moment to the ultimate moment.

Deterioration of the reinforcing steel and concrete of members is affected by the cracking degree of concrete. Because, if we allow of crack, the factor of safety of member are determined by the cracking depth and the cracking width.

In this paper laboratory investigation on the outline of measuring methods and the simple experimental formula of initial cracking moment are described. The relation between the cracking depth and the moment are following ;

$$h_c = \frac{M/M_u - \mu_2}{\mu_1 \mu_2 - \mu_2} h_0 \quad \text{for } M_c < M \leq M_u$$

$$h_c = h_0 + \frac{M/M_u - \mu_1 \cdot \mu_2}{1 - \mu_1 \cdot \mu_2} (h_{c.cr} - h_0) \quad \text{for } M_c < M < M_u$$

要旨 この実験の目的は鉄筋コンクリートはりの破壊曲げモーメントとひびわれ発生モーメントの関係およびモーメントとひびわれ深さの関係を研究すること

* 早稲田大学講師，理工学部土木教室

である。

ひびわれに対する部材の安全率はひびわれ発生モーメントと許容モーメントとの比または破壊曲げモーメントとひびわれ発生モーメントとの比であらわすこと