

フライアッシュセメントを使用したモルタルの 空気連行量について

正 員 ○伊 藤 哲 夫*
正 員 梶 尾 和 男*

1. 緒 言

フライアッシュセメント(現地混合を含む)を使用したコンクリートはフライアッシュを混入しないそれに比べて、一般に品質の変動が大きい場合が多いとされている。

その原因の一つとして、フライアッシュの品質の変動による連行空気量の変動があげられていたが、他の要因との関連が明らかにされていない。本実験はコンクリートの連行空気量の変動をとり上げ、フライアッシュの品質変動とコンクリートの連行空気量に関する他の原因との、連行空気量変動の相対値をモルタル実験により求め、コンクリートによる実験をする前の基礎的な考察をするのが目的である。

2. 実 験 計 画

2.1 実験の大きさ

連行空気量の変動、すなわち AE 剤の起泡力に関する要因を大略分類してみると表-1 に示すとおりである。

表-1 のうち、1 次実験では表-2 に示す 6 因子を取上げ、他の要因は固定した。それぞれの変換因子は表-2 に示すような水準にして L_{27} 直交表にわりつけた。なお水準はフローテーブルで測定可能な範囲のコンシステンシーより決定した。

表-1 AE 剤の起泡力に関する要因

	要 因
1. エネルギー	1. 練りまぜ時間 2. 練りまぜ方法 3. 練りまぜ量
2. 材 料	4. セメントの種類 5. フライアッシュの種類(主として吸着量) 6. 砂の粗粒率 7. AE 剤の種類
3. 配 合	8. 単位セメント量 9. 単位フライアッシュ量 10. 単位骨材量 11. 単位 AE 剤量 12. コンシステンシー(単位水量)
4. そ の 他	13. 砂の状態 14. 練り上がりの温度 15. AE 剤の混入方法
5. 試 験	16. 試験技術による見かけの変動

表-2 因 子 と そ の 水 準

記 号	因 子	単 位	水 準		
			I	II	III
A	練りまぜ時間	分	1-30	3-00	6-00
B	フライアッシュ量(代替率: $F/c + F$)	%	0	20	50
C	フライアッシュのブレン値および吸着量(メチレンブルー値)	cm^2/g mg Mb/g	2700 0.0646	4175 0.1026	5430 0.1811
D	水セメント比 ($W/c + F$)	%	40	45	50
E	砂 比 ($c + F : S$)		1 : 1	1 : 1.5	1 : 2.0
F	AE 剤量 (AE/C)	%	0.02	0.05	0.10

* 北海道電力 K.K. 技術研究所

2.2 実験に用いた材料、装置および実験方法

- a. 材 料
- セメント 普通ポルトランドセメント (日本セ上機)
 - フライアッシュ 北電フライアッシュ (滝川火力)
 - 砂 新冠川産 (比重: 2.76 吸水量: 3% 粗粒率: 1.70 最大粒径: 2.5 mm)
 - AE 剤 ヴィンゾール (山宗化学)
- b. 装置および実験方法

練りまぜは、A.S.T.M. 仕様のモルタルミキサーを用いパドルの回転数は 140 r.p.m とし、練りまぜ量は 2ℓ とした。

砂は空气中乾燥状態のものを、また AE 剤は 1% 液に稀釈して使用した。

フロー値の測定は、JIS に準拠して行ない、空気量の測定はメスシリンダーによる容積法で求めた。

なお、実験は 20°C±3°C の恒温室内 (相対湿度約 65%) で実施した。各材料とも実験開始前少なくとも 24 時間恒温室内に放置したものを、モルタルの練り上がり温度は 19~22°C の範囲であった。

実験の順序は、直交表の配列順序でなく、ランダムに抽出して行なった。

3. 実験結果および考察

一次実験の結果は表-3 に示すとおりである。また、これを分散分析すると表-4.1、表-4.2 のとおりとなる。

表-4.1、表-4.2 において *F* は分散比と呼ばれるもので、この値がある値 (*F* 分布表から求められる) より大きいときに 1% で有意、あるいは 5% で有意であるといわれて、全変動 (たとえば空気量の変動) に対するその要因の影響が大きいことを表わしている。これを数的に表わしたもの

表-3 実験結果一覧表

	因 子						測 定 量	
	練りまぜ 時 間 A	フライアッ シュ代替率 B	フライアッ シュの吸着 量 C	水セメン ト比 D	砂 比 E	AE 剤量 F	空 気 量 (%)	フ ロー 値 (mm)
1	I	I	I	I	I	I	4.9	213.5
2	II	I	I	II	II	II	14.8	199.5
3	III	I	I	III	III	III	20.8	186.0
4	III	II	I	I	II	III	17.2	172.5
5	I	II	I	II	III	I	14.4	135.0
6	II	II	I	III	I	II	6.8	300.0
7	II	III	I	I	III	II	10.7	113.0
8	III	III	I	II	I	III	9.6	350.0
9	I	III	I	III	II	I	4.6	245.0
10	III	II	II	II	II	II	13.7	211.0
11	I	II	II	III	III	III	17.7	189.0
12	II	II	II	I	I	I	6.1	226.0
13	II	III	II	II	III	I	7.1	164.5
14	III	III	II	III	I	II	4.9	292.0
15	I	III	II	I	II	III	10.9	177.0
16	I	I	II	II	I	III	10.7	246.5
17	II	I	II	III	II	I	4.8	238.0
18	III	I	II	I	III	II	13.0	108.0
19	II	III	III	III	III	III	10.2	222.0
20	III	III	III	I	I	I	3.7	240.0
21	I	III	III	II	II	II	5.2	228.0
22	I	I	III	III	I	II	8.3	296.0
23	II	I	III	I	II	III	22.5	172.5
24	III	I	III	II	III	I	10.9	139.5
25	III	II	III	III	II	I	2.0	265.0
26	I	II	III	I	III	II	11.4	142.0
27	II	II	III	II	I	III	14.7	274.0

表-4.1 空気量分解分析表

	要 因	S.S (変 動)	df (自由度)	ms (分 散)	F (分散比)	ρ (%) 寄与率	備 考
混 合 時 間	A	5.75	2	2.88	0.33	—	** 1%で有意
フライアッシュ代替率	B	123.70	2	61.85	7.08**	14.3	
フライアッシュ吸着量	C	16.45	2	8.23	0.94	—	
水 セ メ ン ト 比	D	31.62	2	15.81	1.81	—	
砂 比	E	120.69	2	60.35	6.91**	13.9	
AE 剤 量	F	323.48	2	161.74	18.51**	41.2	
誤 差 そ の 他	e	120.99	14	8.61		30.6	
計	T	742.68	26			100.0	
	プールの した e	174.81	(20)	8.74			

表-4.2 フロー値分散分析表

	要 因	S.S	df	ms	F	ρ (%)	備 考
混 合 時 間	A	475.57	2	237.79	0.60	—	* 5%で有意
フライアッシュ代替率	B	2,990.30	2	1,495.15	3.80*	2.3	
フライアッシュ吸着率	C	896.13	2	448.07	1.14	—	
水 セ メ ン ト 比	D	25,007.02	2	12,503.51	31.81**	25.3	
砂 比	E	59,980.80	2	29,990.40	76.30**	61.8	
AE 剤 量	F	950.30	2	475.15	1.21	—	
誤 差 そ の 他	e	5,539.51	14	395.68		10.6	
計	T	95,839.63	26			100.0	
	プールの した e	7,861.51	(20)	393.08			

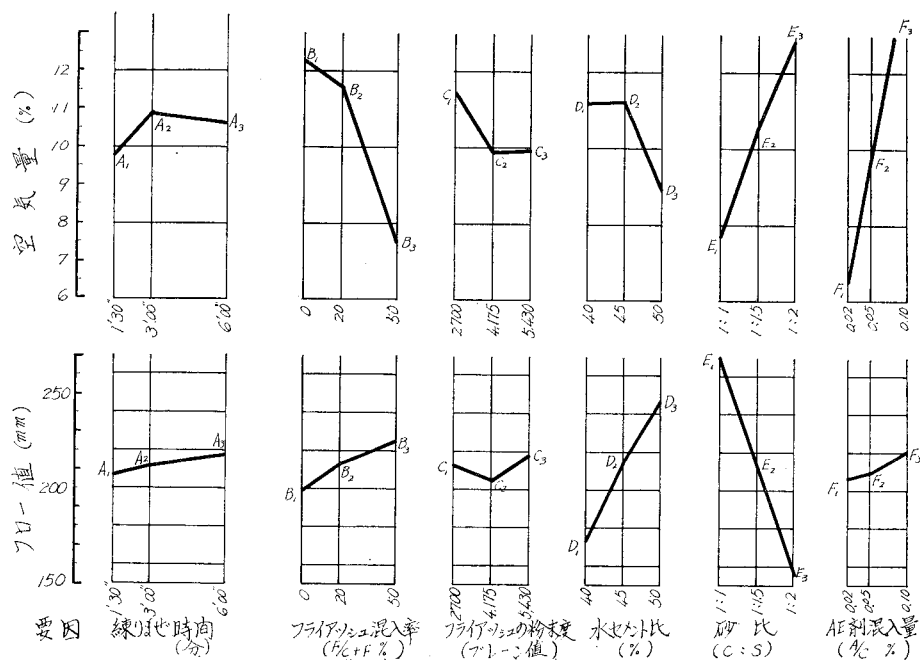


図-1 要因効果の推定

が寄与率 ρ で、たとえば表-4.1 の要因 F が 41.2% ということは、空気量に影響を与えた全部の原因 (A, B, …… F 等) のなかで F (AE 剤量) を変えたことによる影響が 41.2% であったことを示している。

測定値の要因効果は図-1 に示すとおりである (有意のもの、無意のものを参考までにすべて挙げた)。

要因の水準は前述のとおり、実験値の幅を大きくとる目的から、フロー値がフローテーブルで測定出来る最大値まで変化させたので、品質管理上の観点からの水準とは異なる。したがって、その要因の特性値に及ぼしている有意性は、もちろん後者の場合は別の問題であるが、ここでは図-1 よりモルタルにおけるフロー値と空気量に関する問題を要因ごとに考察してみる。

a. 練りまぜ時間

空気量を主体に考えるなら、AE 剤の起泡量を経済的に利用するには 3 分前後が良いという結果が出ている。これは既往の実験値からも順当な傾向と云える。

しかし分散分析した結果からいうと、練りまぜ時間の変動は、空気量、フロー値の変動の原因には余りならない。

b. フライアッシュの混入率

単位水量比の小さいフライアッシュを用いることにより単位水量の低減効果は一般に認められていることであり、今回の測定値も順当な値を示している。フロー値とフライアッシュの代替率の間には、ほぼ直線的な相関がみられた。フライアッシュ量が増加するにしたがい空気量は低減し、代替量 ($F/c+F$) が 20% を越すとその影響が顕著であった。したがって同一空気量の配合では、AE 剤量は著るしく増加することを示している。

c. フライアッシュの粉末度および吸着量

今回の実験に使用したフライアッシュは、メチレンブルーの吸着量と、ブレン法による比表面積はほぼ直線的な相関関係があった。

この実験の主たる目的であるフライアッシュの吸着量が空気量に及ぼす影響は、同一工場のフライアッシュに限って判断すれば、それほど大きくないと思われる。すなわち実際に使用されているフライアッシュの粉末度の変動はブレン値で $\pm 300 \text{ cm}^2/\text{g}$ 程度である。これは今回実験の $2,700 \sim 4,175 \text{ cm}^2/\text{g}$ の範囲内に充分含まれる値である。

したがって単純にモルタルによる空気量の変動が、コンクリートの空気量の変動と同程度と考えた場合、通常ダムコンクリートのモルタルの占める体積比を 0.40 とみて、モルタルの空気量の変動を 3% ($2,700 \sim 4,175 \text{ cm}^2/\text{g}$ の範囲で) とすると、コンクリートの空気量の変動は 1.2% である。また、 $\pm 300 \text{ cm}^2/\text{g}$ の変動幅では、その変動は 0.5% 以下である。

d. 水セメント比

パッチ配合において、セメント量 (フライアッシュを含

む) を一定にして配合変換を行なったので、ここで云う水セメント比の増加は水量の増加を示し、水セメント比という表現での比較は妥当ではないが、配合計算を簡略化するための手段として用いたので、ここではそのまま用語として用いた。

水量の変動は空気量の変動の原因には殆んどならないがフロー値に対しては、その全変動の約 1/4 の原因になっている。

e. 砂 比

砂比の変動が空気量およびフロー値に与える影響は大きく、とくに後者に対しては、その全変動の約 6 割程度にも及んでいる。

砂量の増加に伴ない空気量が顕著に増加しているが、これはフロー値の低減によりエントラプトエアがある程度増加したのと、砂の粒度が 2.5 m/m 以下で、その F.M が 1.70 前後の空気の連行し易い粒度組成であったためと考えられるが、粒度組成の変換による実験を実施していないので原因は明確でない。

f. AE 剤量

今回実験範囲内でのフロー値、AE 剤の混入率では、AE 剤の増加と共に空気量は、直線的に増加しており、空気量変動の大きな原因になっていることが認められるが、フロー値に対しては殆んど影響を示していない。

4. 補 足 実 験

上記一連の実験結果をもとにして、次の実験を行なった。

① フロー値、空気量を一定とした場合の、フライアッシュの吸着量がモルタルの水量、AE 剤量に及ぼす影響。

② フロー値、AE 剤量を一定にした場合、フライアッシュの代替率が連行空気量に及ぼす影響。

実験 ① については、フロー値 200 m/m 、 250 m/m 、空気量は 10% を目標とした ($F/c+F=0.30$)。

実験 ② については、フロー値を 200 m/m を目標にした。それぞれの実験結果は、表-5、図-2 および図-3 に示すとおりである。

実験①により吸着量 0.0646 mg Mb/g と 0.1811 mg Mb/g では単位水量で 5~10% の減少がみられ、逆に AE 剤量では 10~5% 増加している。また、単位水量については、フロー値 200 m/m の方が 250 m/m に比べ、低減率が大きい値を示している。

AE 剤量の増加率は前者とやや逆の傾向がみられた。

実験 ② よりフライアッシュの代替率による連行空気量の低減は、吸着量によって差がなく、その勾配は殆んど同じであると考えられた。

表-5 補 足 実 験 結 果

	使用フライアッシュの比 表面積 (ブレン値) およ び吸着量 (mg Mb/g)	$F/c+F$ (%)	バ ッ チ 配 合 (gr)					測 定 値	
			セ ン メ ト	フ ラ イ ア ッ シュ	砂	水	AE 剤 (2% 液)	フ ロ ー 値 (m/m)	空 気 量 (%)
実 験 ①	5430 0.1811	30	700	300	2000	450	4.0	192	10.0
	5430 0.1811	30	700	300	2000	525	4.1	243	8.2
	4175 0.1026	30	700	300	2000	495	3.8	191	9.3
	4175 0.1026	30	700	300	2000	548	3.8	240	9.2
	2700 0.0646	30	700	300	2000	510	3.8	207	9.6
	2700 0.0646	30	700	300	2000	553	3.7	241	10.2
実 験 ②	5430 0.1811	27	730	270	2000	460	4.0	198	10.7
	5430 0.1811	33	670	330	2000	445	4.0	190	9.0
	4175 0.1026	27	730	270	2000	510	3.8	206	10.3
	4175 0.1026	33	670	330	2000	489	3.8	191	8.8
	2700 0.0646	27	730	270	2000	520	3.8	215	10.6
	2700 0.0646	33	670	330	2000	497	3.8	201	8.7

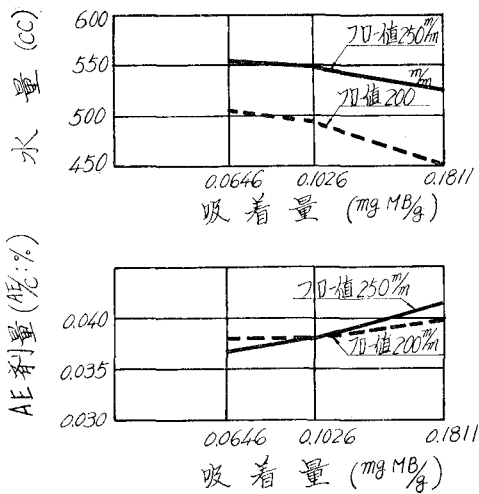


図-2 補足実験①による測定値

5. 結 語

本実験は実験の大きさも小さく、また取り上げた各要因の特性値およびその有意性はそのままコンクリートに適用は出来ないが、ダムコンクリートの品質変動のうち、フライアッシュの吸着もしくは、ブレン値の変動の占める割

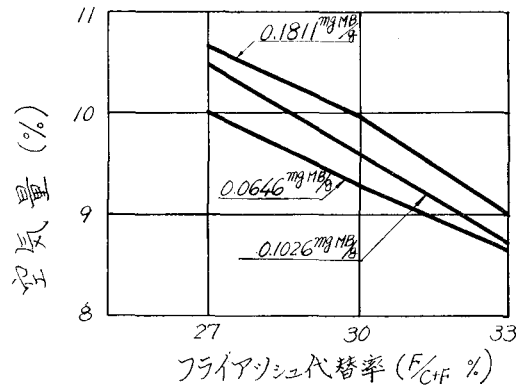


図-3 補足実験②による測定値

合は、フライアッシュが同一工場のものであれば(ブレン値変動が $\pm 300 \text{ cm}^2/\text{g}$ 程度、その影響は比較的小さいものと推定される。

したがってフライアッシュセメントまたは、フライアッシュを混入したコンクリートの品質の変動は、フライアッシュのそれより、その他の要因(計器誤差その他)の重合作用の方が大きく影響している場合が多いものと考えられる。今後さらに検討を重ね、フライアッシュの使用に万全を期し、有効利用をはかりたい。