

V-114 各種混和材を用いたアルミナセメントコンクリートの 早期強度について

法政大学 正員 小林正凡
 東京大学 正員 ○ 野山延昭

1. まえがき

アルミナセメントは One day Cement として主に緊急工事を対象として開発されたもので、その最大の特徴は他のセメントにはみられぬ超早強性をそなえているということにある。しかし、アルミナセメントコンクリートは長期にわたって高温であるいは乾燥状態におかれる場合には、強度が相当地に低下するおそれもある。長期強度の減少を補う実用的な手段として、フライアッシュその他の混和材をアルミナセメントの一部におきかえて混用することが提案されているが、そのような目的で混和材を用いる場合には、短期強度をそなわれないことが大切である。本報告は、各種の混和材を混用したアルミナセメントコンクリートについて、打込み後数時間より7日までの材令の早期強度試験の結果について述べるとともに、長期強度の低下を緩和させる方法としてのフライアッシュその他の混和材の混用について論じたものである。

試験に用いたアルミナセメントは、わが国で一般に市販されている4種のアルミナセメントで、このうち3種はロータリーキルンによる焼成法で製造されたものであり、他の1種は熔融法によって平炉で製造されたものである。これらの物理試験および化学分析試験の結果は表-1に示す通りであった。

表-1 試験に用いたセメントの試験成績

アルミ セメント	製造 方式	物 理 試 験										化 学 成 分 (%)									
		粉末度		凝 結		引 力 値 (mm)	1日強度(%)		比 重	I _g Loss	Insol	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	MgO	SO ₃	Total		
		80μm (%)	フルン (%)	水量 (%)	初凝 (時-分)		終凝 (時-分)	曲 力 (kg/cm ²)												圧 縮	
A	ロータリー キルン	0.5	4.760	29.0	6-34	7-07	247	65.1	540	305	-	-	5.1	51.5	6.8	33.1	2.7	0.6	-	99.8	
B		1.0	3.850	27.4	3-05	7-30	240	71.4	565	301	0.1	-	4.5	52.9	3.1	36.3	1.7	1.1	-	99.7	
C		0.3	3.950	30.2	9-46	11-08	251	68.7	511	248	-	-	2.7	58.4	2.7	33.4	2.3	0.5	-	100.0	
D	平 炉	1.1	3.210	23.6	5-48	6-17	222	58.0	486	323	-	-	3.0	40.0	16.9	38.7	1.4	0.4	-	100.4	

試験に用いた混和材は、フライアッシュ、ケイ砂粉、スラグ粉、ポルトランドセメントの4種類である。フライアッシュは東京電力K-K千葉火力発電所より採取したものであり、ケイ砂粉は山口県豊浦産の標準砂を粉砕したものである。スラグ粉は製鉄炉より採取した高炉スラグを微粉としたものである。

これらの試験成績は表-2に示す。

表-2 試験に用いた混和材の試験成績

混和材	比 重	粉末度		化 学 成 分 (%)						
		80μm以下 (%)	フルン (%)	I _g Loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	
フライアッシュ	2.17	3.0	3.170	0.7	54.5	28.3	5.2	8.3	1.9	
ケイ砂粉	2.61	-	3.240	-	-	-	-	-	-	
スラグ粉	2.95	-	3.700	-	-	-	-	-	-	
青森県産珪砂	3.16	1.8	3.090	0.9	21.9	5.5	3.0	63.2	1.2	

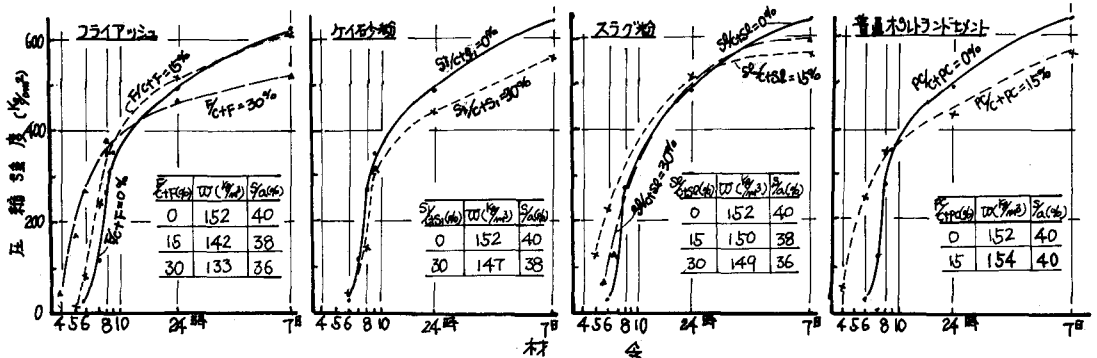
試験に用いた骨材は、富士川産のもので細骨材の比重は2.61、粗粒率は2.98であった。また、粗骨材の比重は2.65、最大寸法は25mmである。

2. 各種混和材がアルミナセメントコンクリートの早期強度におよぼす影響

4種の混和材を用いて、そのおきかえ率を0%、15%、30%とした場合について、それぞれ水単位セメント・混和材料を350 kg/m^3 とし、スランプを4~6 cmとしたコンクリートの早期強度試験を行った。セメントにはAのものを用い、細骨材率および単位水量はワーカビリティが同じとなるように定めた。試験の結果は図-1に示した。

図-1 各種混和材を用いたアルミナセメントコンクリートの圧縮強度試験結果(セメントA)

コンクリート： 単位セメント・混和材量 = 350 kg/m^3
スランプ = 4~6 cm
練り上げおよび養生温度 20~23℃



試験の結果によれば、いつ水の混和材を用いた場合も材令24時間における圧縮強度は430~520 kg/cm^2 であって、混和材を用いない場合と同程度の強度が得られた。一方、8時間までの早期材令では混和材の種類によって強度が異なるが、これらの混和材は、一般に早期強度の発現を促進する傾向のあることが示された。すなわち、圧縮強度が200 kg/cm^2 に達するまでの時間、おきかえ率を15%とした場合には、フライアッシュ、スラグ粉、ならびにポルトランドセメントの混用によって、それぞれ1時間、2時間、ならびに25時間短縮されている。ケイ砂粉ではほとんど短縮されず、用いない場合と同程度であった。フライアッシュの混用がアルミナセメントコンクリートの早期強度におよぼす影響について更に検討するため、おきかえ率を0%、15%、30%、45%、60%に変化させた場合について試験した結果は表-3に示すごとくである。

表-3 フライアッシュを混用したアルミナセメントコンクリートの圧縮強度試験結果(セメントA)

混和材		単位セメント量		単位水量		細骨材率		圧縮強度 (kg/cm ²)							
種類	割合							4時	5時	6時	7時	8時	9時	24時	7日
	%	kg	kg	%	%										
用いない	0	350	152	100	40	—	—	17	114(1.00)	269(1.00)	351(1.00)	445(1.00)	629(1.00)		
フライ アッシュ	15	297 ⁵	142	93	38	—	10	83	247(2.17)	354(1.32)	—	515(1.04)	624(0.99)		
	30	245	133	88	36	44	173	269	—	381(1.42)	—	461(0.93)	522(0.83)		
	45	192 ⁵	136	90	34	51	109	148	175(0.54)	234(0.87)	—	248(0.50)	346(0.55)		
	60	140	135	89	32	36	63	72	88(0.77)	113(0.42)	—	150(0.32)	140(0.22)		

(註) コンクリート： 単位セメント・混和材量は350 kg/m^3 であった。
・練り上げおよび養生温度は20~23℃であった。
・スランプは4~6 cmであった。

た。
これによれば、早期強度はフライアッシュのおきかえ率によっていちじるしく相違することが示された。
すなわち、

フライアッシュのおしかえ率を15%および30%とした場合の強度は、材令24時間ではフライアッシュを用いない場合とくらべて93%~104%であって同程度であるが、材令8時間以前ではフライアッシュの混用によって強度の発現がいちじるしくなり、圧縮強度が200 kg/cm^2 に達するまでの時間は、それぞれ1時間および2.5時間短くなっている。おしかえ率を45%および60%とした場合には、打込后6時間までの強度は増加するが、材令1 日 および7 日 において強度が相当に低下することが示された。

アルミナセメントコンクリートの早期強度は、混用するフライアッシュの粉末度によってもいろいろの影響を受け、粗粒のものを用いれば早期強度が低下する場合もあることが確かめられている。

したがって、早期強度をそこなわないためには、適当な粉末度のフライアッシュを用いることが必要である。フライアッシュをアルミナセメントコンクリートに混用した場合について現場試験した結果によれば、おしかえ率を50%とした場合においても長期強度の低下を緩和することが確かめられている。しかし、おしかえ率を余り重大にすれば早期強度を低下させることになるので、一般の土木構造物のコンクリート工事を対象とすれば、おしかえ率を15%程度とすることが適当と考えられる。フライアッシュのおしかえ率を15~30%とすれば、打込后5~6時間までの強度発現が大きくなるので、工事の種類によっては、おしかえ率を15%より大きくすることが適当となる場合もある。

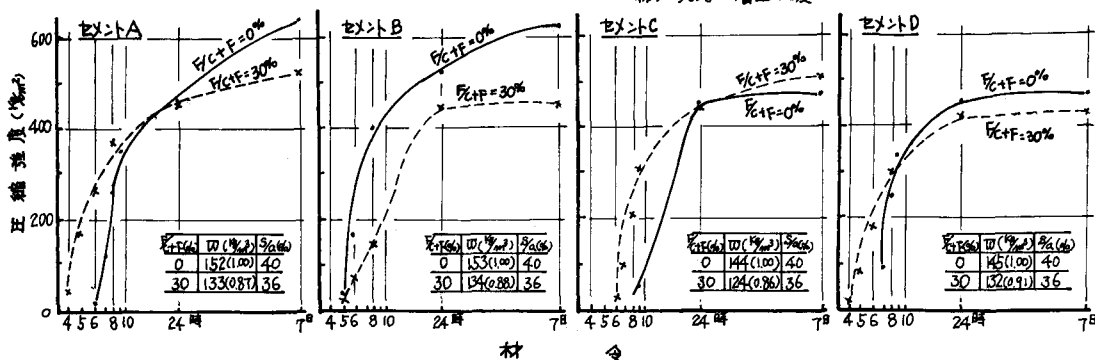
4種類のアルミナセメントを用いた場合について、フライアッシュのおしかえ率を30%としたコンクリートについて試験した結果は図-2に示すごとくであった。試験に用いたコンクリートの単位セメント・フライアッシュ量は350 kg/m^3 とし、スランフは4~6 cm とした。

図-2 フライアッシュを混用したアルミナセメントコンクリートの圧縮強度試験結果

コンクリート: 単位セメント・混和材量 = 350 kg/m^3

スランフ = 4~6 cm

練上りおよび養生温度 = 20~23 $^{\circ}\text{C}$



これによれば、フライアッシュの混用が早期強度におよぼす影響は、アルミナセメントの種類によって相違する事が認められた。すなわち、A、C、およびDのアルミナセメントではフライアッシュの混用によって早期強度が増加し、200 kg/cm^2 の圧縮強度に達する時間は2~3時間短縮されるが、Bのアルミナセメントでは、3時間増加することが示された。フライアッシュがアルミナセメントコンクリートの早期強度におよぼす影響は、そのおしかえ率によって相違するのであり、現在実験を継続中であるので明確なことはないが、おしかえ率を10~15%程度におさえれば、いずれのセメント

を用いた場合でも早期強度に悪影響をおよぼさないものと考えられる。

3. 養生温度がフライアッシュを用いたアルミナセメントの早期強度におよぼす影響

アルミナセメントコンクリートの強度性状が養生温度によっていじめる影響を受けることは、すでに多くの研究者によって報告されているところであるが、フライアッシュを用いた場合について検討するため、練り上げ温度および養生温度を15℃、21℃、35℃として試験した結果を図-3に示す。

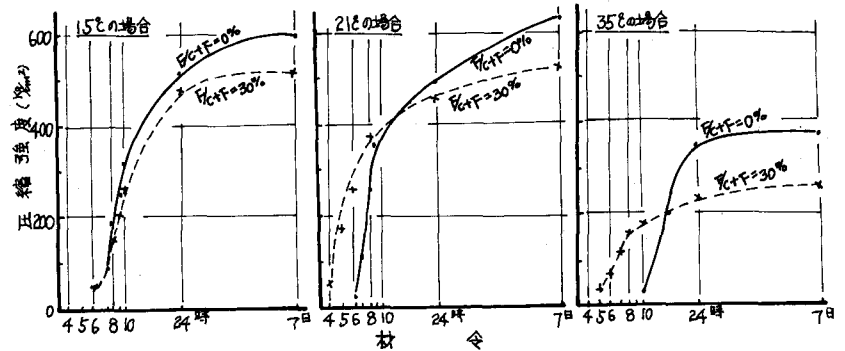
試験の結果

によれば、フライアッシュの混入がアルミナセメントコンクリートの早期強度におよぼす影響は、養生温度によって相当に相違することが示された。すなわち、養生温度を15℃とした場合の早期強度はフライアッシュを用いないものと大差は

図-3 フライアッシュを用いたアルミナセメント
コンクリートの養生温度と早期強度
との関係 (セメントA)

コンクリートの配合				
FA (%)	C (%)	S (%)	W (%)	スランプ (mm)
0	350	152	40	3~5
30		133	36	

練り上げ温度は養生温度に同じ



ないが、21℃および35℃とした場合には早期強度の発現が相当はやめられる。21℃とした場合には圧縮強度が200 kg/cm^2 に達する時間にはフライアッシュの混入によって2時間程度短縮することが示されたのである。アルミナセメントは養生温度を高くした場合、凝結時間がいじめるしく増大し、30℃付近では12時間以内の強度発現を相当に害する恐れがある。したがって、上むをえず高い温度で工事を行うような場合には、フライアッシュを混入すれば、早期強度をある程度改善する場合もあると思われる。

4. むすび

本実験の範囲で次のことがおそれられると思われる。

フライアッシュ、ケイ砂粉、およびスラグ粉は、アルミナセメントコンクリートの早期強度の発現にいちじるしい影響をおよぼす。良質な混和材を用いておきかえ率を直ちに選べば、打込後数時間の材令における圧縮強度を害さないようにすることは可能であり、なおその長期強度の減少も相当に緩和されると思われる。混和材の混入がアルミナセメントコンクリートにおよぼす影響は、セメントの種類、コンクリートの打込み温度および養生温度等によって相違するので、実際の施工にあたってはその施工条件を考慮してあらかじめ工事に使用する材料を用いて十分な予備試験を行うことがきわめて大切であると思われる。

(謝辞) この研究を行うに際し、東京大学教授・国分正剛先生より終始ご懇篤なるご指導を賜わり、また東京大学コンクリート研究室の方々には多大のご援助を戴いた。謹んでお礼申し上げます。