

ポルトランドセメントを混用したアルミナセメントコンクリートの
圧縮強度について

法政大学 正員 小林正凡
東京大学 正員 木下 旭
東京大学 正員 ○菊池延昭

まえがき

アルミナセメントにポルトランドセメントを混用することは、セメントが異常凝結を起すおそれがあることから一般には好ましくないとされており、わが国では、実際のコンクリート工事にポルトランドセメントを混用することはほとんど行われていない。しかし、2、3の国では、混用によってきわめて短時間の材令で強度発現がさらにいっしょになることから、とくに緊急を要する工事とか酷寒の気象条件のもとで工事が行われるような場合には、この水を混合して用いた例もあることが報告されている。

混和材の使用がコンクリートの凝結および圧縮強度におよぼす影響は、アルミナセメントにおいてもセメントおよび混和材の種類によって相当に異なることが考えられるが、わが国では、この種の報告はきわめて少い。この報告は、現在わが国で一般に市販されている2種類のアルミナセメントに普通ポルトランドセメントおよび早強ポルトランドセメントを混用した場合のセメントペーストの凝結、モルタルの硬化ならびにコンクリートの圧縮強度について試験した結果を述べ、アルミナセメントにポルトランドセメントを混用する場合の問題点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ロータリーミルあるいは平炉による焼成法で製造したものである。ポルトランドセメントは一般の工事に使用されているものであつて、これらの物理試験および化学分析試験の結果は表-1に示すようであつた。

表-1 試験に用いたセメントの試験成績

セメント の種類	製造 方式	物 理 試 験										化 学 成 分 (%)									
		粉末度		凝 結		貯 値 (mm)	1日強度(%)		比 重	Jg. Loss	Insol										
		80% (%)	フルー (%)	水量 (%)	始凝 (時-分)		終凝 (時-分)	曲げ				圧縮	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	MgO	SO ₃	Total	
アルミ セメント	A	0.5	5.130	30.4	7-36	8-10	248	62.9	55.4	3.05	0.5	—	5.4	52.2	4.5	34.2	2.50	0.3	—	99.1	
	B	1.1	3.210	23.6	7-49	8-16	222	58.0	48.6	3.23	—	—	3.0	40.0	16.9	38.7	1.40	0.4	—	100.4	
ポルト ランド セメント	普通	1.8	3.090	28.2	2-40	3-59	252	—	—	3.16	0.9	1.0	21.9	5.5	3.0	63.2	—	1.2	2.1	98.8	
	早強	0.8	4.270	29.8	2-41	3-50	240	30.4	11.9	3.14	0.9	1.0	20.0	4.8	3.3	65.3	—	1.1	2.7	99.1	

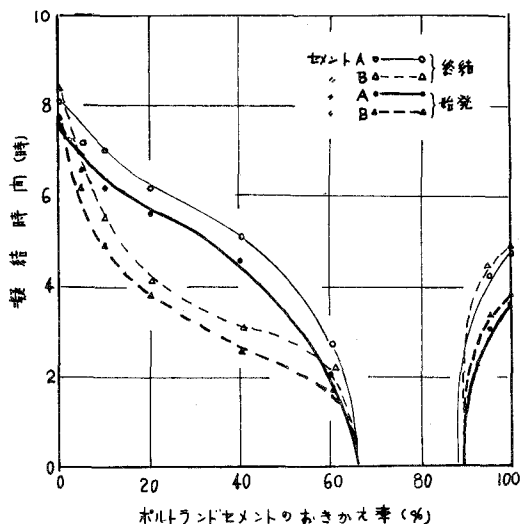
試験に用いた骨材は富士川産のもので細骨材の比重は2.58で粗粒率は2.64であつた。また粗骨材の比重は2.65で、最大寸法は25^{mm}とした。

1 ポルトランドセメントの混用がアルミナセメントペーストの凝結におよぼす影響について

セメントペーストの標準軟度が一一定となるように水量を定めビカー針装置を用いて凝結時間を試験した結果は、図-1に示すごとくであつた。ポルトランドセメントには普通ポルトランドセメントを使用した。この水によるのは、セメントペーストの凝結時間はポルトランドセメントのおきかえ

率が増加するにしたがって急激に短縮し、70%のおきかえ率では注水後2〜3分で発熱し急結することが認められた。すなわち、Aのアルミナセメントの場合には、ポルトランドセメントのおきかえ率を10%としたものでは、始発および終結時間が用いないものに比べて1時間短縮する程度であるが、おきかえ率を40%としたものでは凝結時間が半減しているのである。このようにポルトランドセメントの混用によって急激に凝結時間が促進される傾向は、セメントの種類によって相違しBのアルミナセメントにおいて顕著である。ポルトランドセメントのおきかえ率を20〜60%としたものでは、注水後2〜3分程度で練り混ぜ中に多少のこわばり現象がおこりセメントペーストが速く硬化する傾向にある事が認められる。このこわばりは3分間の練りまぜでいわゆる練りころし作用を受け、ペーストがプラスチックな状態に回復しその後のこわばりは認められなかった。しかし、空練りも不充分にした場合とか練りまぜを十分に行わないような場合には、こわばりの程度がいろいろ異なることも認められた。同様な凝結試験を電気炉による熔融法で製造したアルミナセメントについても行なったが、上述の2種類のセメントと同様にポルトランドセメントによっていろいろ促進される事が認められた。

図-1 ポルトランドセメントを用いたアルミナセメントペーストの凝結試験結果

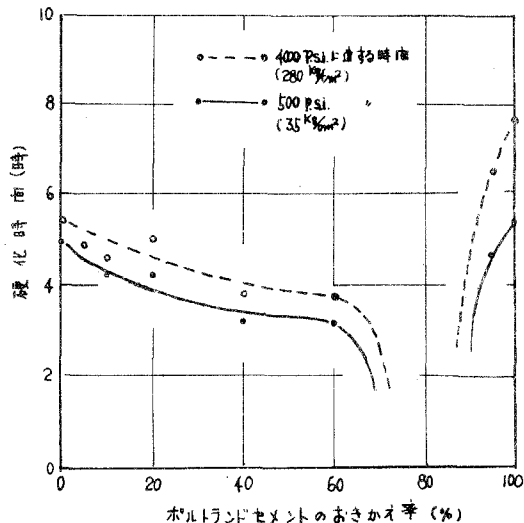


2. ポルトランドセメントの混用がアルミナセメントモルタルの硬化におよぼす影響について

ポルトランドセメントを混用したアルミナセメントコンクリートから5mm以上のサイズをウェットスクリーンによって取除いたモルタルについてプロクター貫入抵抗試験を行った結果は、図-2に示すごとくであった。セメントには、Aのアルミナセメントと、またポルトランドセメントには普通ポルトランドセメントを用いた。試験の結果によれば、セメントペーストの場合と同様モルタルの硬化時間はポルトランドセメントの混用によっていろいろ短くなり、ポルトランドセメントのおきかえ率が70〜90%では注水後きわめて短時間に硬化し始めることが認められた。

またBのアルミナセメントを用いた場合および混和材としてのポルトランドセメントに早強が

図-2 ポルトランドセメントを用いたアルミナセメントモルタルのプロクター貫入抵抗試験結果



ポルトランドセメントを用いた場合についても実験を行なったが、ポルトランドセメントの混用が硬化速度におよぼす影響は上記の場合と大差のない事が認められた。一般にアルミナセメントの場合には、ペーストとピカー針装置によって求めた凝結試験の結果がコンクリートとウェットスクリーンして造ったモルタルのプロクター貫入抵抗試験の結果にくらべていろいろしく相違し、凝結時間が相当に大きくなる。このことは、上記の試験結果にも示されている。このためアルミナセメントにおいては、ペーストによって凝結試験を行うことは現在の試験方法に肉するかぎり実際のコンクリートにおける硬化状態をしるうえでは向題であるといわねてゐる。しかし、上記の試験結果によればたとえばポルトランドセメントのような材料と混和材として混用する場合、そねらがアルミナセメントの凝結におよぼす影響を比較するうえではいずねの方法を用いて試験した場合でも、同じ程度の影響があらねてゐるのであつて、比較試験の方法としてはいずねもきやめて有用であると考えられる。アルミナセメントにおけるピカー針試験方法の意義については目下検討中であつて断定的な事はないがたいが混和材の影響を比較するうえでは有用であると思ねる。

3 ポルトランドセメントの混用がアルミナセメントコンクリートの圧縮強度におよぼす影響について

単位セメント量を350^{kg}とし、スランブと5~6^{cm}としてポルトランドセメントによるおきかえ率を5~80%に変化させたコンクリートについて圧縮強度試験を行なった。コンクリートの練り上がり温度は21~23℃とし、供試体は成型後材令7時間まで21℃の恒温室に湿润状態を保ちながら静置したのち脱枠し、以後試験材令まで21℃の水中で養生した。また、アルミナセメントの水和物の転移による圧縮強度の変化について調べるため供試体の一部は材令1日まで21℃の水中に養生したのち、50℃の水中で養生した。試験の結果は、表-2に示すごとくであつて材令4~6時間における圧縮強度は、ポルトランドセメントの混用によっていろいろしく大きくなることが認められた。この傾向は、とくに、おきかえ率が5~20%の場合においてもっとも顕著であり、おきかえ率の増加によつて圧縮強度は低下してゐる。

すなわち、材令5時間の圧縮強度はポルトランドセメントを混用しない場合で15^{kg}/cm²であるのに対して、おきかえ率を5%としたものでは、230^{kg}/cm²、また60%としたものでは、

表-2 ポルトランドセメント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

ポルトランドセメントの種類	おきかえ率 (%)	単位水量 (kg)	水-セメント比 (%)	細骨材率 (%)	圧 縮 強 度 (kg/cm ²)									
					21℃ 水 中 養 生									
					4時	5時	6時	7時	1日	7日	14日	21℃水中1日以後50℃水中	3日	7日
普通	0	147	42.0	40	—	15	111	288	567	591	685	274	287	
	5	149	42.4		61	230	350	—	508	591	—	328	237	
	10	155	44.5		54	181	313	—	512	542	—	528	261	
	20	158	45.0		57	172	272	—	429	512	—	510	232	
	40	172	49.0	38	59	100	165	—	318	236	290	172	161	
	60	175	50.0		40	60	100	—	131	118	—	95	115	
	80	—	—		免 結									
	100	156	44.6	34	—	—	—	—	71	328	420	322	416	
早強	40	184	52.5	40	94	138	147	—	222	187	155	118	144	
	100	158	45.0	36	—	—	—	—	166	345	462	452	498	

(註) コンクリート; 粗骨材の最大径: 25^{mm}, スランブ: 5~6^{cm}
単位セメント量: 350^{kg}, 練上り温度 21~23℃

60%^{1/2}であった。おきかえ率を70%とした場合は、コンクリートは注水後2〜3分で発熱をともなうて急結し、練りまぜは不可能な状態であった。材令1日〜7日における圧縮強度は、ポルトランドセメントを混用しないものがもっとも大きく、ポルトランドセメントを用いたものではそのおきかえ率が大きいほど圧縮強度は低下している。また、50℃の水中で養生した材令3日の圧縮強度はポルトランドセメントのおきかえ率を10%としたものがもっとも大きい値を示すが、材令7日ではアルミナセメントのみの場合が最大となった。以上の試験結果を通算するにポルトランドセメントとアルミナセメントに混用することは、アルミナセメントの水和反応を促進する作用があるためきわめて初期の材令では強度発現が大きくなるが、長期の材令ではアルミナセメント水和物の結晶の転移によって圧縮強度が低下することはさけられまいように思われる。きわめて初期の材令でポルトランドセメントによってアルミナセメントコンクリートの硬化が促進されることはすでに報告されているとおりであるが、このことは超短期の材令で高い強度が要求されるコンクリート工事で有利となることを示すものと考えられる。しかし、1.および2.においても述べたごとく、ポルトランドセメントの混入率をあまり大きくすることは、晩結を起すこともあるので注意を要する。各種混和材を用いたアルミナセメントコンクリートの性質について現在検討中であって明確なことはないが、おきかえ率が20%以下であればスランプが5cm以上のプラスチックなコンクリートである限り、実用上問題となるような「こわばり」は起らないものと考えられる。ただしコンクリートの練りまぜを不十分に行えば、わずかの異常凝結でも練りまぜが不完全となることもあるので、練りまぜ方法については十分注意することが肝要である。アルミナセメントを用いたコンクリートの長期強度を推定するための促進試験方法として、供試体を50℃水中のような高温多湿のもとで養生することも考えられるが、実際の構造物における養生条件は、温度と湿度が複雑に変化するものであるため現在のところ有効な試験方法を見出すことが困難となっている。しかしながら、実際の気象条件のもとでは、ポルトランドセメントの混入率を適当に選べばアルミナセメントコンクリートの長期強度に悪影響をおよぼさない場合もあることが考えられる。

4. おそひ

本実験の範囲内でつぎのことがいえると思われる。

ポルトランドセメントとアルミナセメントに混合して用いることは、アルミナセメントの凝結および圧縮強度にいろいろの影響をおよぼす。ポルトランドセメントの混入率を適当に選べば、とくに短期に高い強度が必要とされるコンクリート工事では、この方法を採用することも可能と考えられる。しかし、ポルトランドセメントの混入率が過大な場合、練りまぜが不十分である場合、コンクリートの練り上り温度が高い場合等には、異常凝結を起してコンクリートが練り混ぜ中に急速に固化することもある。したがって、実際の施工にあたっては、練り混ぜ方法、コンクリートの品質管理の程度、気象条件等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。

おとひ

この研究を行なうに際し、東京大学・園分正廣先生より終始ご懇篤なるご指導を賜わった。謹んでお礼申し上げます。