

V-79

低発熱型ベースセメントが三成分系セメントの諸性状に及ぼす影響

住友セメント(株) ○正会員 長曾我部 徹  
 正会員 堀口 浩司  
 正会員 鈴木 康範

1. はじめに

マスコンクリート構造物における温度ひびわれ対策として、近年ポルトランドセメントに高炉スラグ微粉末やフライアッシュを混合した三成分系セメントが開発され実用化されている。こうした混合セメントは、その混合割合を変えることによってコンクリートの発熱量や強度等の諸性状をコントロールできる。例えば、ベースセメントの混合割合に注目した場合、耐久性面からはより多いことが望まれるが、発熱面からは逆に低くする必要がある。こうした相反する性能を満足させ、三成分系セメントの高性能化を図る一方法として、ベースセメントに中庸熟ポルトランドセメントより更に低発熱型のものを用いることが考えられる。

本報告は、ベースセメントにエーライト量が格段に少ない低発熱型セメントを用いた場合、ベースセメントの諸要因が発熱および強度特性に及ぼす影響を実験計画法を用いて検討したものである。

2. 実験の概要

三成分系セメントにおいて、低発熱型ベースセメントのエーライト量、粉末度および混合割合の3つを要因として取り上げ、L8(2<sup>7</sup>)の直交配列表にわりつけ表1の項目について実験を実施した。各要因に対する水準は表2中に示すとおりである。コンクリートの配合は、最大寸法40mmの粗骨材を用いて単位セメント量を300kg/m<sup>3</sup>、AE減水剤を(CX0.25%)で一定とし、練り上がり時のスランプが10±2cm、また空気量が4±1%となるように単位水量および空気量調整剤量を定めた。なお、今回の試製セメントの範囲内では単位水量(130kg/m<sup>3</sup>)および空気量調整剤量は一定であった。

表1 実験項目

試験対象	試験項目
ベースセメント	化学分析(JIS R 5202), 水和熱(JIS R 5203)
混合セメント	化学分析(JIS R 5202), 水和熱(CAJS J 01) 物理試験(JIS R 5201)
コンクリート	圧縮強度, 断熱コア強度 断熱温度上昇試験(10日間測定)

3. 実験結果および考察

実験の結果をまとめて表2に示す。また、各要因が実験結果に及ぼす影響を調べるため分散分析を行った結果は表3のとおりである。これらの表より、エーライト量と混合割合が諸性状に及ぼす影響は大きい、粉末度の影響は小さいことが認められる。そこで、エーライト量および混合割合が発熱、強度特性に及ぼす傾向を検討した。

表2 実験結果

セメントの種類	混合セメント			モルタル						コンクリート				
	A-セメント	混合割合		圧縮強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )			水和熱 (cal/g)			圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )			断熱温度上昇率(%)	
		C3S量	粉末度	C:S:F	7日	28日	91日	7日	28日	91日	7日	28日		91日
B-1 B-2	20	3500	30 40 30	114	246	338	36.62	37.08	40.27	98.6	235	352	247	19.6
40 30 30			88	217	335	36.33	44.01	47.90	88.4	190	322	276	24.5	
B-3 B-4	20	4500	30 40 30	118	225	314	32.51	37.13	39.67	104	204	320	242	19.4
40 30 30			87	224	340	37.82	44.57	46.30	88.0	185	310	260	23.9	
B-5 B-6	27	3500	30 40 30	134	292	411	38.40	45.92	50.11	115	233	368	278	24.6
40 30 30			94	243	417	41.19	54.98	58.82	85.4	184	337	328	29.7	
B-7 B-8	27	4500	30 40 30	126	273	378	38.23	44.79	44.67	120	238	350	284	23.5
40 30 30			99	243	394	31.49	49.17	52.51	103	202	338	310	27.8	

3.1 強度特性に及ぼす影響

標準養生供試体および断熱コア供試体の圧縮強度

表3 分散分析結果

実験要因	分散比												
	圧縮強さ			水和熱			圧縮強度			断熱温度上昇率	Q <sub>est</sub>	Q <sub>err</sub>	
	7日	28日	91日	7日	28日	91日	7日	28日	91日				コア
A (C3S量)	16.150*	16.388*	96.459*	0.097	71.201*	0.601	7.099	2.603	14.019*	52.893*	205.740*	18.645*	7.200
B (粉末度)	0.000	0.324	7.531	0.015	0.060	0.384	2.743	0.238	6.586	1.881	8.969*	0.000	0.200
C (混合割合)	117.374*	10.077*	2.759	4.508	304.490*	8.673	19.066*	31.254*	12.193*	26.130*	219.530*	83.613*	51.200*
A×B	—	—	—	2.419	141.167*	16.871	—	4.901	—	—	—	—	5.000
A×C	—	—	—	—	16.114	14.420	—	—	—	—	—	—	7.400

① \*:有意水準5%, \*\*:有意水準1%  
 ② 交互作用については、有意性の認められない実験要因を誤差項にプーリングし検定を行った

度に及ぼすエーライト量と混合割合の影響を図1に示す。標準養生供試体では材令初期において混合割合の影響が大きく、ベースセメントの混合割合が少ない(高炉スラグ微粉末の混合割合が多い)方が圧縮強度は高い。これは一般の場合とは傾向<sup>1)</sup>が逆であるが、低発熱型ベースセメントの水和反応が極めて緩慢であ

り、高炉スラグ微粉末による強度発現性がベースセメントのそれを上回ったためと推測される。また、エーライト量が多い方が圧縮強度は高くなる傾向にあり、混合割合の場合とは逆に、材令の経過に伴って顕著になってくる。一方、断熱コア供試体では、エーライト量、混合割合の多い方が圧縮強度は高くなる傾向にあり、標準養生供試体とは逆の結果となった。なお、エーライト量および混合割合が標準養生供試体の圧縮強度に及ぼす影響と同様の傾向が、モルタルの圧縮強さにおいても認められた。

3. 2 発熱特性に及ぼす影響

コンクリートの断熱温度上昇量に及ぼすエーライト量と混合割合の影響を図2に示す。表3から明らかなように、これらの要因が及ぼす影響は他の場合に比べ強い有意性が認められ、エーライト量が少なく混合割合が少ない方が、断熱温度上昇量は少なくなる傾向にある。また、本実験の範囲内ではエーライト量を27%から20%にすることによって断熱温度上昇量を平均で4.7℃低減できたが、これはベースセメントの混合割合を40%から30%にしたときの低減効果4.6℃に相当するものであった。なお、セメントの水和熱では材令28日において混合割合およびエーライト量と粉末度の交互作用に有意水準1%で有意性が認められ、エーライト量に有意水準5%で有意性が認められる。

3. 3 単位圧縮強度当りの発熱量に及ぼす影響

低発熱セメントとしては単位強度当りの発熱量の小さいほど望ましい。そこで、コンクリートについて標準養生供試体材令91日の圧縮強度に対する断熱温度上昇量の比を求めた。この結果を表4に示す。この表より、ベースセメントのエーライト量および混合割合の少ない方がその比は小さい。つまり、ベースセメントの混合割合が同一の場合には、エーライト量を少なくすることにより単位強度あたりの断熱温度上昇量の小さい三成分系セメントを作ることが可能である。なお、同表には断熱コア供試体の圧縮強度に対する比、およびモルタルの材令91日における圧縮強さに対する水和熱の比も併せて示した。コア供試体については、エーライト量や混合割合が及ぼす影響は標準養生供試体の場合と同様であるが、同一のセメントで比較すると、コア供試体によって計算した単位強度当りの温度上昇量の方が大きくなっている。また、モルタルについては混合割合の影響はコンクリートと同様な傾向が認められるが、エーライト量の影響は明確に認められなかった。

4. まとめ

- ① 三成分系セメントではその混合割合が同じ場合、ベースセメントのエーライト量を少なくすることにより単位強度あたりの発熱量が少ない混合セメントの製造が可能である。
- ② 低発熱型ベースセメントを用いた場合、強度性状に及ぼす混合割合の影響は大きい、コンクリートでは単位強度あたりの発熱量はベースセメントの混合割合が少ないほうが小さい。
- ③ 低発熱型ベースセメントの粉末度が強度や発熱量に及ぼす影響は少ない。

【参考文献】1) 高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの設計施工指針(案) pp70~pp77 コンクリートライブラリー 昭和63年1月 土木学会

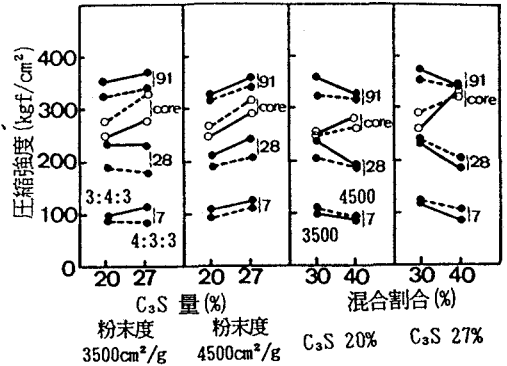


図1 コンクリートの圧縮強度に及ぼす影響

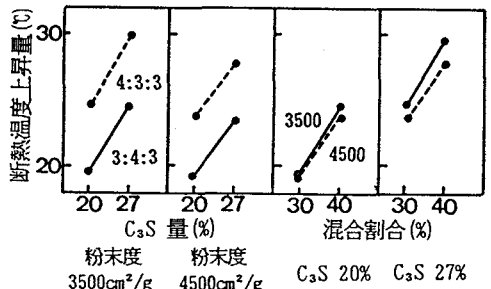


図2 コンクリートの断熱温度上昇量に及ぼす影響

表4 単位強度当りの発熱量

セメントの種類	モルタル		コンクリート	
	91日	91日	91日	コア
B-1	0.119	0.056	0.079	
B-2	0.143	0.076	0.089	
B-3	0.126	0.061	0.080	
B-4	0.136	0.077	0.092	
B-5	0.122	0.067	0.088	
B-6	0.141	0.088	0.091	
B-7	0.118	0.067	0.083	
B-8	0.133	0.082	0.090	