

高炉スラグ微粉末混合ビーライト系セメントの熱特性

三菱マテリアル(株) セメント開発センター 正①小島 利広 正・平田 久則
三菱マテリアル(株) セメント開発センター 久芳 昭二 椎木 鉄平

1. はじめに

大型コンクリート構造物の温度ひびわれ低減を目的とした超低熱セメントが開発されているが、これらは、主に、中庸熱ポルトランドセメントを基材セメントとし、フライアッシュ及び高炉スラグ微粉末を用いた二成分・三成分系のセメントが主であった。近年、クリンカー中のビーライト量を増したビーライト系セメントが開発され、さらに低熱型セメントの選択肢が広がった。しかし、ビーライト系セメントは環境温度が物性に与える影響が大きいとされている¹⁾。本報告は、ビーライト系セメントの若材齢強度を改善すべく、高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの熱特性と環境温度との関係を調べたものである。

2. 試験概要

2.1 使用材料

試験には、ビーライト系セメント(以下Lと略称)に高炉スラグ微粉末(以下スラグと略称)を内割りで60%混合したセメントを使用した。表1にセメントの化学分析結果を、また、表2に物理試験結果を示す。なお、混合したスラグの比表面積は約6000cm²/gである。細骨材は海砂で比重2.54、吸水率1.59%、粗粒率2.30である。また、粗骨材は碎石2005で、比重2.73、吸水率0.69%、粗粒率6.81、実積率58.4%である。混和剤には、リグニンスルホン酸系のAE減水剤を標準添加量用いた。

表1 セメントの化学分析結果

化 学 組 成 (%)							
ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	
0.7	30.2	9.1	1.7	49.3	5.4	1.7	

表2 セメントの物理試験結果

粉末度 (cm ² /g)	比重	凝 結			EAH#圧縮強さ(N/mm ²)			
		水量 (%)	始発 (h-m)	終結 (h-m)	3日	7日	28日	91日
4710	3.04	29.8	3-55	6-05	6.27	15.2	37.5	48.6

2.2 試験水準及びコンクリート配合

表3に試験水準とコンクリートの配合を示す。単位セメント量を280kg/m³、340kg/m³及び400kg/m³の3水準とし、それぞれの目標スランブを12cm、8cm及び5cmとした。さらに、試験室の温度を5℃、20℃及び35℃に設定し、練上り温度を制御した。圧縮強度と断熱温度上昇試験を実施し、圧縮強度は、脱型後試験室温度と同じ温度の水中で試験材齢まで養生した試験体で測定した。単位セメント量200kg/m³の配合は、断熱温度上昇試験のみ実施した。なお、目標空気量は全て4.5%とした。

表3 試験水準とコンクリートの配合

水 準			コンクリート配合		
スラン プ (cm)	単位セメン ト量 (kg/m³)	試験 温度 (℃)	W/C (%)	s/a	W (kg/ m³)
-	200	20	65.0	35.0	130
		5	55.7	43.3	156
		20	55.0	43.4	154
12	280	35	55.0	43.4	154
		5	43.5	41.3	148
		20	43.5	41.3	148
8	340	35	43.5	41.3	148
		5	36.2	39.2	145
		20	36.5	39.1	146
5	400	35	36.5	39.1	146

3. 試験結果

3.1 圧縮強度

単位セメント量が340kg/m³の場合の積算温度と圧縮強度の関係を図1に示す。積算温度は、-10℃を基準とし、材齢の積で表している。5℃と20℃で養生した場合は、同一の線上にあるが、35℃は、若材齢で他より高い強度を示している。しかしながら、1000°D・D以上になると、いずれの養生温度でもほぼ同一線上となり、圧縮強度の終局値はほぼ同等となることが推測される。この傾向は単位セメント280kg/m³と400kg/m³でも同様であった。五十畑らの報告²⁾では、Lが長期材齢において養生温度の影響を受けにくいとしているが、今回の結果で、Lにスラグを混合した場合においても、この傾向

は変わらないことが判った。

3.2 断熱温度上昇

実測値から、 $Q = Q_{\infty}(1 - e^{-\gamma t})$ の式で実験定数 Q_{∞} 値と γ 値を求めた。単位セメント量 280kg/m^3 の場合における Q_{∞} 値と練上がり温度との関係を図2に、また、 γ 値と練上がり温度との関係を図3に示す。なお、図中の太線は、塚山の打込み温度による断熱温度上昇式の補正³⁾を示す。図2、3に示すように、練上がり温度は Q_{∞} 値と γ 値へ大きく影響を与える。また、練上がり温度が 5°C と 35°C の Q_{∞} 値と γ 値の 20°C の値に対する比は、ほぼ図中太線上にある。これはLにスラグを混合したセメントも、塚山の補正方法により Q_{∞} 値と γ 値を補正することが可能であることを示す。図4は単位セメント量と Q_{∞} 値、 γ 値の関係を示す。単位セメント量の増加に伴って Q_{∞} 値は増大するが、 γ 値は大差ない。

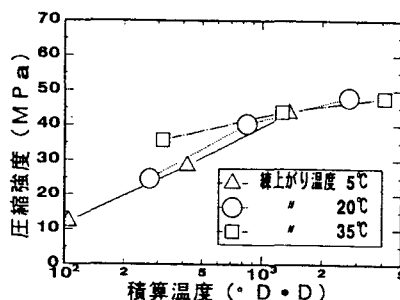


図1 積算温度と圧縮強度

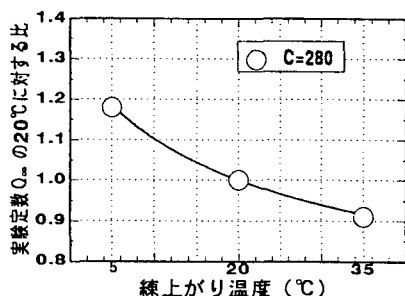


図2 練上がり温度と Q_{∞} 値

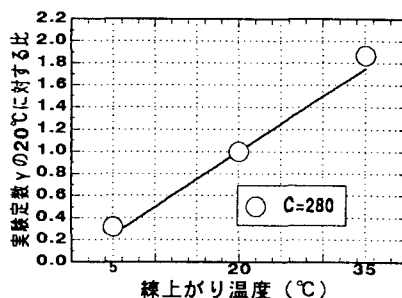


図3 練上がり温度と γ 値

4. まとめ

以上、ビーライト系セメントに高炉スラグ微粉末を混合したセメントを用いた試験結果を次にまとめる。

- (1)養生温度が圧縮強度に与える影響は、若材令では大きいですが、長期材齢では小さくなり、その終局値は $5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ の間では、ほぼ同等の値となることが推測される。
- (2)養生温度が $5^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ では、圧縮強度は積算温度によって推定可能であるが、 35°C では傾向が異なる。
- (3)練上がり温度は Q_{∞} 値及び γ 値へ大きく影響を与え、単位セメント量の増加に伴って Q_{∞} 値は大きくなる。
- (4)練上がり温度による Q_{∞} 値と γ 値の補正は、他種セメントと同様に、塚山の補正方法によって可能である。

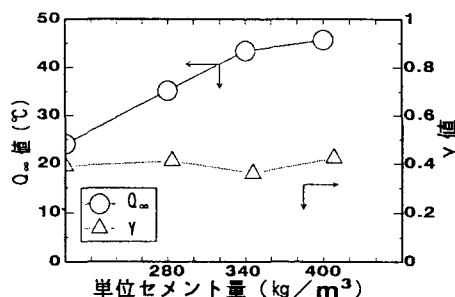


図4 単位セメント量と Q_{∞} 値及び γ 値

- 参考文献：1) 田中 光男ら：高ビ-ライト系セメント・セメント、コンクリート工学 Vol. 31, No. 9 pp. 18~27(1993) 2) 五十畑 達夫ら：ビ-ライト系低熱セメントの熱/強度特性と高化体組織、セメント・コンクリート論文集 No. 45 pp. 134~139(1991) 3) 塚山 隆一：マツマの鉄筋コンクリートの温度上昇ならび温度ひび割れに関する研究、博士論文