

V-213 一特殊水中コンクリートの熱的性質

東亜建設工業株式会社 正会員 守 分 敦 郎

東亜建設工業株式会社 正会員 〇佐々木 満

東亜建設工業株式会社 安 田 正 樹

1. はじめに

近年、水中分離抵抗性を付与した特殊水中コンクリートが開発され、マスコンとしての施工実績が増加しつつある。この種のコンクリートは、配合上、水和熱の増大によるコンクリートの内部温度の上昇や、また、凝結遅延性による発熱の遅延が考えられ、マスコンにおける断熱温度上昇の特性は、普通コンクリートと異なる性状を示すと考えられる。しかしながら、特殊水中コンクリートの熱的特性値の報告例は少ない。本報告では、あるセルローズ系の高分子を添加した特殊水中コンクリート(以後SCと呼ぶ)の熱的性質を、セメントの種類や配合を変えて試験し、その特性値を把握し、単純なモデルを用いて温度解析を行ない、若干の検討を加えたものである。

2. 実験方法

本実験では、熱的特性値として、水和熱、熱伝導率、熱拡散率、単位体積重量、比熱及び断熱温度上昇を測定した。SCと普通コンクリートの示方配合を表-1に、各種熱的特性値の試験方法を表-2に示す。水和熱試験は5種類の

表-1 示方配合

Gmax [mm]	25mm 以下の 範囲 [mm]	空気量 の範囲 [%]	セメント 種類	水セメント 比 %	単 位 量 [kg/m ³]					
					水 W	セメント C	粗骨材 S	細骨材 G	混 和 剤 UA UF AE	
20	45±2.5	3.5±1	N	45	235	518	568	929	2.768	7.789
20	45±2.5	3.5±1	N	55	220	400	650	979	2.890	7.354
20	45±2.5	3.5±1	N	65	213	328	681	1027	2.769	7.120
20	45±2.5	3.5±1	BB	45	237	527	528	937	3.081	7.923
20	45±2.5	3.5±1	BB	55	230	418	629	948	2.990	7.689
20	45±2.5	3.5±1	BB	65	223	343	693	998	2.898	7.455
20	45±2.5	3.5±1	M	45	235	522	542	958	3.055	7.865
20	45±2.5	3.5±1	M	55	228	415	639	962	2.964	7.622
20	45±2.5	3.5±1	M	65	221	340	671	1010	2.373	7.388
*20	18±1.5	4.0±1	N	50	190	380	718	995		0.950
*20	8±1.5	4.0±1	N	52.1	171	328	694	1111		0.770

注) セメント記号 N: 普通ポルトランド, BB: 高炉B種, M: 中炉ポルトランド
骨材の石質 細骨材: 川砂, 砂岩・火成岩系 粗骨材: 砕石, 硬質砂岩
混和剤の種類 UA: 増粘剤, UF: 流動化剤, AE: AE減水剤
*印は普通コンクリート, スランプ管理

表-2 試験方法

試験項目	試験方法	備 考
セメントの水和熱	セメント協会標準試験方法	セメントの種類 N, M
熱伝導率 λ	フライングセル法の水和熱試験方法	BB, MBB, FB
熱拡散率 h^2	アロープ法	昭和電工製
単位体積重量 ρ	ガルバーの水中冷却方法	
比 熱 C	JIS A 1110	
断熱温度上昇 T	計算により求める	$C = \lambda / (\rho \cdot h^2)$
断熱温度上昇 T	空気循環式断熱温度試験装置	鋼マルチ製

注) セメント記号 MBB: マスコン型高炉B種, FB: フライアッシュB種
混合セメント置換率 BB: 42% MBB: 56% FB: 12%

セメントを用い、増粘剤UAの添加有無の違いを調べた。熱伝導率、熱拡散率、単位体積重量、比熱、断熱温度上昇の各種試験は、セメント3種類と3配合による性質の違いを調べ、単純なモデルによる温度解析を行なった。

3. 実験結果と考察

3-1. 水和熱試験

水和熱試験結果を図-1に示す。図-1より、①セメントNとMは、増粘剤UAの添加有無による水和熱の差は小さい。②混合セメントは増粘剤UAの添加により水和熱は増大し、特に材令7日までの水和熱が著しく大きい。③高炉スラグ微粉末(BBとMBBのスラグは同等品)の置換率が与える影響は、置換率が高いほど材令7日までの水和熱が大きく、逆に、材令7日から材令28日までの水和熱は小さい。

3-2. 熱伝導率、熱拡散率、単位体積重量、比熱

熱伝導率、熱拡散率、単位体積重量、比熱の測定結果を表-3に示す。熱伝導率、比熱は徳田らの実験値¹⁾($\lambda = 1.6 \sim 2.3 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$, $C = 0.25 \sim 0.35 \text{ kcal/kg}$)より小さな値と

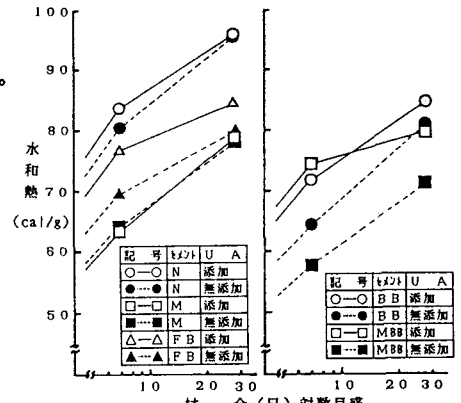


図-1 水和熱試験結果

なっている。これは、実験方法、条件が異なることに起因すると考えられる。尚、熱伝導率、熱拡散率のセメントの種類による差は小さい。また、熱伝導率、熱拡散率は、骨材の性質に左右され単位骨材量比の影響を強く受ける。

3-3. 断熱温度上昇

断熱温度上昇試験結果を図-2に示す。図-2より、①単位セメント量10kg当りの増加により断熱温度上昇量は、増粘剤UAを添加したもので、N:2℃, M, BB:1℃、無添加のもので、N:2℃である。②N, BBセメントの断熱温度上昇量は、普通コンクリートのセメント量(380kg/m³)に換算すると、54~56℃であり、Nセメントの59.5℃より5℃程小さく、Mセメントは10℃程小さい。③同様な単位セメント量の配合(N-65とNP-52.1やN-55, BB-55, M-55とNP-50)において、普通コンクリートに比べSCの断熱温度上昇曲線は緩やかであり、特に12時間以内ではSCの凝結遅延性に起因し曲線の勾配は緩やかである。④W/C=55%以下のSCの終局断熱温度上昇量は、単位セメント量が多いため、50℃以上とかなり高い。⑤Nセメントの単位セメント量328kg/m³のコンクリートにおいて、終局断熱温度上昇は、増粘剤UAを添加したものは無添加のものより約6℃小さい。

3-4. 温度解析

温度解析は、JCIのマスコ温度応力計算プログラム²⁾のSchmidt温度解析²⁾を用い、地盤温度、打込温度、外気温は20℃とし、地盤高5m, リフト高2mとして、解析した。解析結果の数例を図-3に示す。図-3より、①同一セメント量の配合(N-65, NP-52.1)のコンクリートでは、UAの添加によりマスコンの中心部と表面部の温度差は5℃ほど小さくなる。②同一終局温度上昇の配合(BB-65, M-55, NP-52.1)では、材令3日の温度上昇はUAの添加による差はないが、材令7日では、UAを添加したものは温度の降下が遅く、表面部との温度差が大きい。

4. まとめ

マスコンに増粘剤UAを添加した特殊水中コンクリートを使用する場合、普通コンクリートに比べ、断熱温度上昇は遅延するが、最高温度後の温度降下も緩やかになり、マスコンの中心部と表面部の温度差が大きい状態が長時間に及ぶので、これらの特性を配慮する必要がある。今後は、温度応力解析に必要な熱膨張係数、引張強度等の調査や、実規模での温度、歪等の計測を行う必要がある。

参考文献 1) 徳田・庄谷, コンクリートの熱特性値の測定と二, 三の考察, 土木学会論文報告集, 1973年4月

2) JCI, マスコン温度応力の計算方法とそのプログラム²⁾, 日本コンクリート工学協会, 1985年11月

表-3 λ, h^2, C, ρ 試験結果

セメント 種別	水比 比 (%)	単位骨材 量比A/ ρ	熱伝導率 λ (kcal/m ² h ²)	熱拡散率 h^2 ($\times 10^{-5}$ m ² /hr)	単位容積 重量 ρ (kg/m ³)	比熱 C (g/cal)
普通	45	0.67	1.60	3.00	2306	0.23
	55	0.72	1.60	3.29	2307	0.21
	65	0.78	1.46	3.30	2291	0.19
高炉B種	45	0.66	1.31	2.74	2249	0.21
	55	0.71	1.48	3.23	2274	0.20
	85	0.75	1.50	3.41	2274	0.19
中庸熱	45	0.67	1.51	3.03	2313	0.22
	55	0.71	1.47	3.16	2298	0.20
	65	0.75	1.60	3.52	2293	0.20

注) 単位骨材量比 = (単位骨材重量) / (単位容積重量) = A / ρ

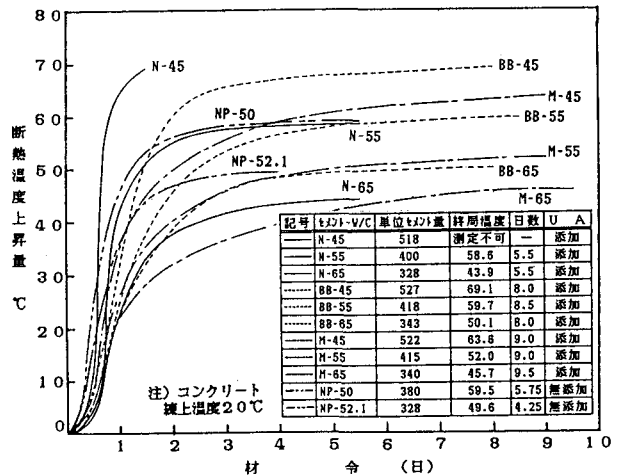


図-2 断熱温度上昇試験結果

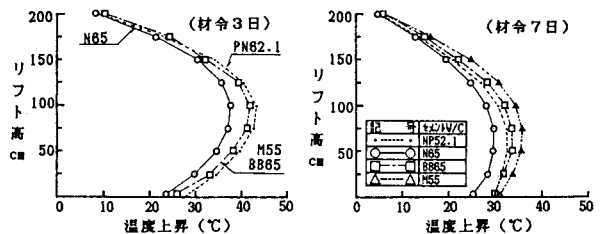


図-3 温度解析結果