

中部電力㈱ 正員 長尾澄雄

○伊藤美行

1 はじめに

本題は、コンクリートアーチダム（H：100m、 ∇ ：40 $\times 10^4$ m³、 α_k ：430 kg/m³）のコンクリート配合設計に当り、水和熱による上昇温度の低減を図るために、使用材料選択を検討したものである。

2 セメントの水和熱およびコンクリートの上昇温度測定方法

セメントの水和熱は、JIS R 5203により測定するとともに水和セメントの養生温度をコンクリートの断熱温度上昇曲線に近似した場合についても測定した。コンクリートの上昇温度は、大型（ ϕ ：45cm $\times$ H：45cm、コンクリート ∇ ：47 ℓ ）の断熱温度上昇試験装置を用いた。

3 試験結果

3-1 セメントの水和熱

JIS R 5203によるセメントの水和熱は、表-1に示すとおりであり、水和セメント20℃養生に対して、コンクリートの断熱温度上昇に近似したものは、材令7日時点で約3 cal/g、28日において約5 cal/g程度促進される。

3-2 コンクリート種別と単位セメント量

コンクリートの上昇温度低減対策のうちもっとも効果的な方法は、単位セメント量の低減であることから、AEコンクリートおよびAE減水コンクリートについて、同一強度を得るに必要な単位セメント量を、一連の強度試験結果から得た、 σ_{ci} -C 関係式を用いて、配合強度430 kg/m³について求めると、両者間における単位セメント量差が24 kg/m³あり、AEコンクリートに対してAE減水コンクリートは、ほぼ10%の単位セメント量の低減が可能である。

表-1セメントの養生温度と水和熱 (cal/g)

AEコンクリート σ_{ci} : 2.60C-147 (C=222 kg/m³)AE減水コンクリート σ_{ci} : 3.24C-210 (C=197 kg/m³) σ_{ci} : 材令91日における配合強度

C: 単位セメント量

セメント種別	養生温度 t_c	材令7日	材令28日
中庸熱	20 $\pm$ 1	60.2	76.5
	近似温度	63.7	82.1
普通	20 $\pm$ 1	79.4	85.9
	近似温度	81.4	90.3

3-3 コンクリートの断熱温度上昇高および水和熱

前述の結果を基に、単位セメント量をAEコンクリート220 kg/m³、AE減水コンクリート200 kg/m³にとり、これにセメントの一部をフライアッシュと置替えた配合を加えて、表-2に示す配合について、コンクリートの断熱温度上昇高を測定して、次式によりセメントの水和熱を求めた。その結果は表-3に示すとおりである。また、断熱温度

$$H = \frac{C \cdot \rho \cdot T}{C}$$

度上昇曲線を実験式で表しておく、 ΔT : 上昇温度 (℃)

コンクリートの温度計算に便利であるので C: 単位セメント量 (kg/m³)

次の各式から適合性のよい、3式を選択し c: コンクリートの比熱 (kcal/kg℃) -----0.22に仮定

て求めたものを、表-3に併記する。 ρ : コンクリートの密度 (kg/m³)

H: セメントの水和熱 (kcal/kg)

表-2 コンクリート配合表

セメント 種別	コンクリート 種別	No	Gmax mm	slump cm	Air %	%+F %	%+F %	% %	W kg	C kg	F kg	S kg	G kg	AE cc	記 事
中 庸 熱	AE	1	150	3	3	49.0	0	26.0	98	200	0	54.7	15.75	1.5	粗骨材：砂岩破砕品 細骨材： 減水剤：ポゾリスNo8 10% $\Rightarrow$ 1kg 補助AE剤：202A AE剤：ビソール20%溶液 フライアッシュ：電産磯子火力産
	減水 コンクリート	2	"	"	"	48.0	20	"	96	160	40	54.5	15.68	10.6	
		3	"	"	"	47.0	30	"	94	140	60	54.4	15.66	15.0	
	AE	4	"	"	"	49.1	0	24.5	108	220	0	50.5	15.75	5.5	
	コンクリート	5	"	"	"	47.7	20	"	105	176	44	50.3	15.69	18.0	
		6	"	"	"	46.8	30	"	103	154	56	50.2	15.66	25.3	
普 通	AE減水 コンクリート	7	"	"	"	49.0	0	26.0	98	200	0	54.7	15.74	1.5	フライアッシュ：電産磯子火力産
		8	"	"	"	44.5	0	25.5	98	220	0	53.2	15.73	5.9	

$$T = T_{\infty}(1 - e^{-\alpha t}) \quad \text{----1}$$

$$T = T_{\infty}\{1 - (1 + \alpha t)e^{-\alpha t}\} \quad \text{----2}$$

$$T = T_{\infty}(1 - e^{-\alpha t^{\beta}}) \quad \text{----3}$$

$$T = T_{\infty}\{1 - e^{-\alpha(t-\beta)}\} \quad \text{----4}$$

ここに T_{∞} , α , β は実験常数

T: コンクリート混合時点からの断熱温度上昇高 (°C)

T_{∞} : 断熱温度上昇高終局値 (°C)

t: 材令 (日)

e: 自然対数の底

表-3 コンクリートの断熱温度上昇高とセメントの水和熱

No	C kg	F %	上昇温度 (T) °C	終局温度 T_{∞} 1.02t	水和熱 7日 28日	実験式
1	200	0	30.5	31.1	68.2 81.2	$T = 31.1 \times (1 - e^{-0.297t^{0.816}})$
2	"	20	28.3	28.8	54.9 75.0	$T = 28.8 \times (1 - e^{-0.187t^{0.741}})$
3	"	30	25.8	26.3	50.0 68.2	$T = 26.3 \times (1 - e^{-0.234t^{0.306}})$
4	220	0	34.2	34.8	68.8 82.4	$T = 34.8 \times (1 - e^{-0.349t^{0.716}})$
5	"	20	31.2	31.8	55.4 74.8	$T = 31.8 \times (1 - e^{-0.317t^{0.746}})$
6	"	30	29.0	29.5	50.2 69.4	$T = 29.5 \times (1 - e^{-0.266t^{0.305}})$
7	200	0	32.5	33.1	79.8 86.5	$T = 33.1 \times (1 - e^{-0.451t^{0.707}})$
8	220	0	35.7	36.4	80.2 86.5	$T = 36.4 \times (1 - e^{-0.544t^{0.714}})$

以上のコンクリート断熱温度上昇測定結果をまとめると、次のとおりである。

(1) 普通セメントを用いた場合に対して中庸熱セメントを用いることによって温度上昇高を3℃程度低減できる。

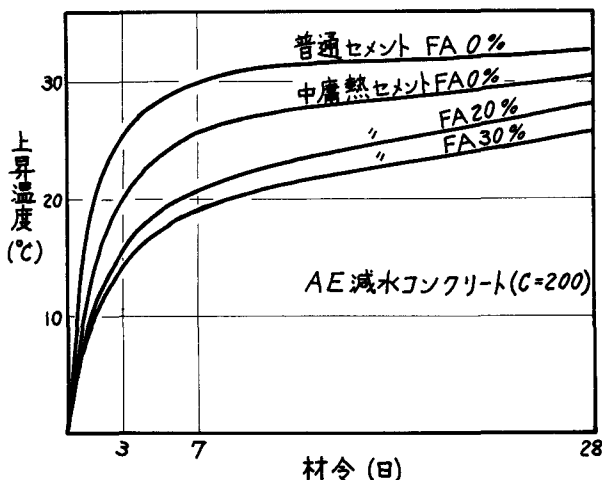
(2) フライアッシュを用いることにより置替率の1/2程度温度上昇高を低減できるが、現状フライアッシュの品質からみて置替率は20%前後が限度であり従って温度上昇高の低減は3℃程度期待できる。

(3) セメントの溶解熱法に対する断熱温

度上昇高から求めた水和熱の適合性は比熱のとり方によって大きく左右される。

4 おわりに

水和熱に関する測定は、長時間を要するとともに誤差要因もあり、かなりむづかしいものといえる。今後機会があれば、測定精度の向上を考慮するとともにフライアッシュおよび減水剤の特性などについて究明したいと考えている。



断熱温度上昇試験結果の1例