

V-106 水和熱を低減した特殊水中コンクリートの温度特性

五洋建設技術研究所 正員○高木兼士  
五洋建設東京支店 正員 大橋清一

1. まえがき

海洋構造物は年々大型化する傾向にあると共に、これに特殊水中コンクリートを利用しようとする機会が増えている。大規模な海洋構造物を施工する場合にはマスコンクリートとなり、温度ひびわれに留意しなければならない。一方、特殊水中コンクリートは所定の流動性を得るために、単位水量を増加させる必要があり、その結果単位セメント量が気中のコンクリートに比べて多くなるのが実情である。従って、このような大型構造物に特殊水中コンクリートを適用するためには、水和熱を低減し温度上昇を抑制したいいわゆる低熱タイプのコンクリートとすることが望ましい。このたび、低熱型特殊水中コンクリートの開発を目的として、高炉スラグを大量に混入した場合（2種混合）、さらにフライアッシュを併用したとき（3種混合）の特殊水中コンクリートの温度特性について検討したので、概要を以下に報告する。

2. 実験概要

2.1 実験因子と配合

各実験因子と水準の組合せおよび配合を表-1に示す。普通ポルトランドセメント（以下、NPと称す）を用いた場合には、結合材量を一定とし混和材の置換率を2種混合で70および90%、3種混合で90%とした。また、セメント単味の場合の水和熱の低減効果を比較するため、中層熱ポルトランドセメント（以下、Mと称す）単味の配合について検討を加えた。いずれの配合も、スランプフローの目標値を50±2.5cm、コンクリートの練上り温度のそれを20℃としているが、配合No. N-3のみ30℃とした。そのためN-3の遅延剤の量が他の配合の2倍となっている。

2.2 簡易温度上昇試験

簡易温度上昇試験は、図-1に示すようにコンクリート試験体（30×30×30cm）の周囲を厚さ30cmの断熱材（発泡スチロール）で取り囲み、内部温度の上昇履歴を測定した。

3. 実験結果

3.1 温度履歴曲線

簡易温度上昇試験によって得られたコンクリート中心部の温度測定結果を図-2に示す。打込み温度はN-3を除いて20.9~22.0℃であり、いずれの場合にも初期において20時間程度水和反応の遅れが認められる。高炉スラグおよびフライアッシュで置換した3種混合（N-4, 5）では、他の配合に比べて温度上昇が緩慢であり、上昇量も

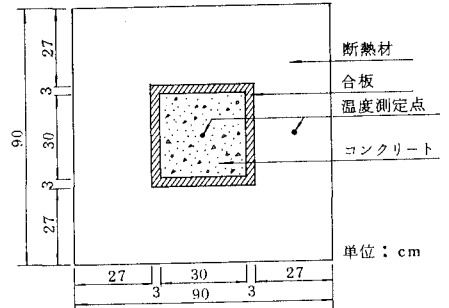


表-1 実験因子と配合

図-1 簡易温度上昇試験装置

配合No.	セメント種類	結合材		粗最大寸法の法 (mm)	目スランプフロー (cm)	空気量 (%)	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )							環境温度 (°C)			
		混合区分率 (%)	混和材の置換率 (%)						混 合 比 C:B:F	W	C	B	F	S	G		混 和 剤		
																	特 殊 混和剤	流 動 化 剤	遅 延 剤
N-1	普通ポルトランドセメント	1種	0	100:0:0	20	50±2.5	2.5±1	57.6	42	213	370	0	707	991	2.56	5.55	1.11	20	
N-2		2種	70	30:70:0	"	"	"	"	"	111	259	0	699	979	"	"	"	20	
N-3		2種	90	10:90:0	"	"	"	"	"	37	333	0	696	976	"	"	2.22	30	
N-4		3種	90	10:75:15	"	"	"	"	"	37	278	55	691	968	"	"	1.11	20	
N-5				10:60:30	"	"	"	"	"	37	222	111	685	960	"	"	"	20	
M-1	中層熱ポルトランドセメント	1種	0	100:0:0	"	"	"	"	"	370	0	0	709	994	"	"	"	20	

(C:セメント, B:高炉スラグ, F:フライアッシュ, W:水, S:細骨材, G:粗骨材)

小さい。また、最高温度に達する明瞭なピークを認め難い。

### 3. 2 断熱温度上昇式の推定

各配合のコンクリートの断熱温度上昇式の推定は以下の手順によった。

- ① 水和反応の遅れを考慮した式(1)を断熱温度上昇式と仮定する。

$$Q(t) = Q_{\infty} [1 - \exp \{-r(t - t_0)\}] \quad (1)$$

ここに、

$Q(t)$ : 材令  $t$  日における断熱温度上昇量 (°C)

$Q_{\infty}$ : 終局断熱温度上昇量 (°C)

$r$ : 温度上昇速度 (1/日)

$t_0$ : 水和反応の遅れ (日)

- ② 試験装置を2次元FEMでモデル化し、比較的溫度上昇の顕著な配合(N-1およびM-1)について温度履歴の解析結果をそれぞれ実測値に適合させ、試験装置の熱特性を決定する。

- ③ ②で求められた試験装置の熱特性を用いて、他の配合コンクリートの断熱温度上昇式を推定する。

断熱温度上昇式の推定値を表-2に示す。N-3の温度上昇速度が他の配合に比べて幾分大きい。これは、温度履歴測定時の環境温度を30°Cと高く保っていたためと推察される。

### 3. 3 温度上昇量

表-2に示す終局断熱温度上昇量( $Q_{\infty}$ )を用いて各配合コンクリートの水和熱低減効果について検討した。

図-3は、終局断熱温度上昇量の推定値と混和材置換率の関係を示したものである。高炉スラグで置換した2種混合の場合、温度上昇量は置換率が70%を越えると急激に低下し、置換率90%ではNP単味のものに比べて約60%低減している。

混和材置換率が90%の場合、フライアッシュを併用した3種混合では、2種混合と比較して温度上昇量に対する顕著な差異は認められない。むしろ高炉スラグのみで置換した2種混合の方が低減効果は大きい結果となっている。さらに、Mを用いた場合、温度上昇量がNP単味のものに対して、約30%低い結果となっているが混和材置換率が90%の場合の3配合に比べると、低減効果は小さい。

### 4. まとめ

水和熱を低減した特殊水中コンクリートの温度特性について検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 混和材で置換したときの断熱温度上昇量は、高炉スラグの置換率が70%を越えると急激に低下する。
- (2) 混和材置換率を90%とした場合、高炉スラグとフライアッシュを併用した3種混合では、高炉スラグのみで置換した2種混合に比べて水和熱抑制効果に対する顕著な差異は認められない。

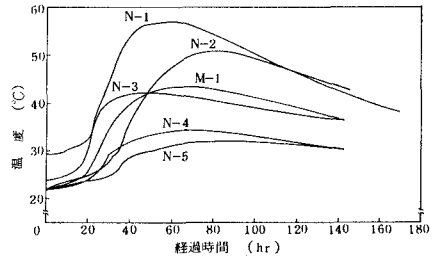


図-2 温度履歴曲線(中心部)

表-2 断熱温度上昇に関する推定値

配合 No.	セメントの種類	結合材の混合比 C:B:F	解析結果		
			$Q_{\infty}$ (°C)	$r$ (1/日)	$t_0$ (日)
N-1	普通 ポルトランド セメント	100:0:0	57.0	1.001	0.625
N-2		30:70:0	52.0	0.818	1.110
N-3		10:90:0	21.0	1.325	0.695
N-4		10:75:15	26.7	0.587	0.736
N-5		10:60:30	24.0	0.540	0.950
M-1	中 飛 熱 ポルトランド セメント	100:0:0	40.6	0.891	0.833

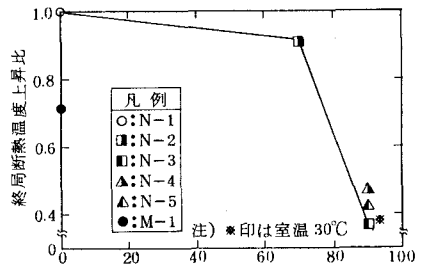


図-3 混和材置換率(%)

終局断熱温度上昇に及ぼす混和材置換率の影響