

低熱ポルトランドセメントの温度上昇特性に関する一考察

清水建設株式会社 正会員 ○ 野村 朋宏
清水建設株式会社 正会員 江渡 正満
清水建設株式会社 正会員 夏目 公雄
清水建設株式会社 福田 英二

1. はじめに

コンクリートの温度ひび割れ制御対策の一つとして低発熱形セメントを利用して水和熱を抑制する方法がある。低発熱形セメントの代表的なものに、低熱ポルトランドセメントがあり、1997年4月にJIS化され、実用化の段階を迎えている。本セメントを使用した施工実績も年々増えているが、実施工においてその温度特性を計測した実績は未だ十分とはいえない。一方、コンクリート標準示方書・施工編に示された断熱温度上昇式では、低熱ポルトランドセメントの断熱温度上昇特性を的確に評価できないとの指摘もある⁽¹⁾。今回、配水タンクの築造工事において低熱ポルトランドセメントを使用し、温度計測を実施した。本報告は計測結果に基づき、低熱ポルトランドセメントの温度上昇特性に関し考察を行ったものである。

2. 構造物および計測概要

構造物の概要を図-1に示す。本構造物は内径11.3m、高さ25.5mの2層構造の配水タンクであり、底版厚：1.5m、壁厚：30cmとなっている。低熱ポルトランドセメントは本構造物の壁に適用した。配合を表-1に示す。計測は上層部の壁第1リフトおよび第2リフトで実施した。計測位置の概要を図-2に示す。実施工に先立ち、事前に3次元の有限要素法により温度解析を実施した。その解析条件を表-2に示す。

表-1 配合

設計基準 強度を保証 する材齢 (日)	強度 (N/mm ²)	スランブ (cm)	Gmax (mm)	空気量 の範囲 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
							W	C	S	G	Ad.
28	36	12±2.5	25	4.5±1.5	39	45	150	385	783	964	2.888

Ad.:高性能AE減水剤

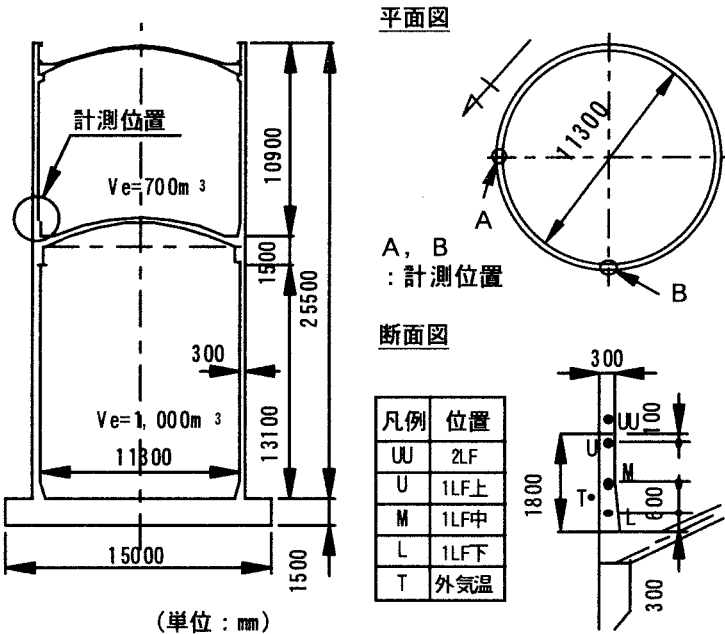


図-1 構造概要

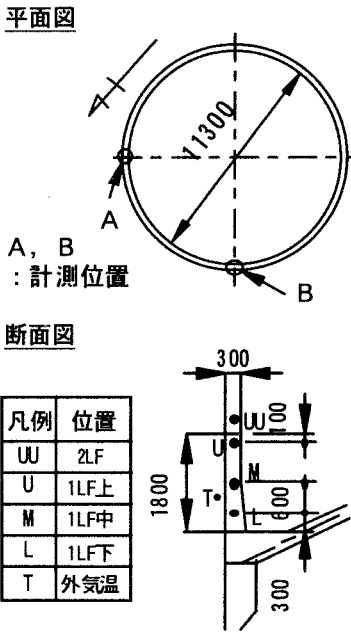


図-2 計測位置概要

表-2 事前解析条件

項目	各 値	備 考
外気温度 (°C)	打込み時: 25°C その後sin α - β で近似	気象協会 データを使用
打込み温度 (°C)	30	外気温度+5°C
断熱温度 上昇特性式	$Q(t) = Q\infty (1 - e^{-\gamma t})$	コンクリート 標準示方書による
$Q\infty$ (°C)	47.2	セメントメーカー 資料による
γ	0.49	セメントメーカー 資料による
熱伝達係数 η (W/m ² ·°C)	8	養生条件: 合板
コンクリートの 熱伝導率 (W/°C)	2	コンクリート 標準示方書による
コンクリートの 熱容量 (kJ/m ³ °C)	3000	コンクリート 標準示方書による

3. 計測結果および考察

計測の結果の一例を図-3に示す。また、最高温度および最高温度となる材齢を表-3に示す。本結果より、事前解析の結果と比較して実測結果は最高温度が6℃程度高く、その材齢も若干早くなっていることがわかる。この理由としては以下のような項目が原因と考えられる。

- ①事前解析に比べ、打込み時の外気温が高い。
- ②事前解析に比べ、実施工時の打込み温度が高い。
- ③断熱温度上昇特性（温度上昇速度に関する定数 γ ）

が設定値よりも大きい。

- ④断熱温度上昇特性式の違い。

以上の点を明らかにするために、表-4に示す条件によりパラメータ解析を行った。

解析で用いた温度上昇特性式としては以下の2式を対象とした。CASE1~3は原因③に対応するもので式(1)の温度上昇速度に関する定数 γ を変化させたものである。CASE4は原因④に対応する

のもので式(2)を用いたものである。

$$Q(t)=Q\infty(1-e^{-\gamma t}) \tag{1}$$

$$Q(t)=Q\infty(1-e^{-\alpha t^\beta}) \tag{2}$$

解析の結果を図-4に示す。本結果より、CASE3およびCASE4の条件において解析と実測結果がほぼ一致していることがわかる。このように式(1)では、温度上昇速度に関する定数を5割増しする必要がある。

一方、式(2)であれば、試験で求められた断熱温度上昇特性式を補正することなく適用できる。従って、低熱ポルトランドセメントを適用した構造物では、式(2)の方が、その温度上昇をより精度良く推定できると考えられる。

参考文献

1) 土木学会：最新のマスコンクリートの技術、
コンクリート技術シリーズ, pp2-3, 1999. 11
2) 土木学会：コンクリート標準示方書 [施工編]、
第17章 マスコンクリート, 1996. 3

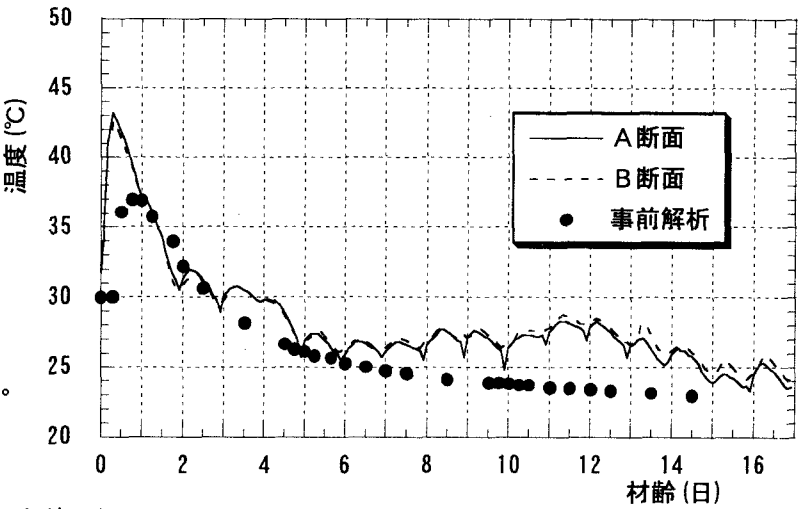


図-3 計測結果

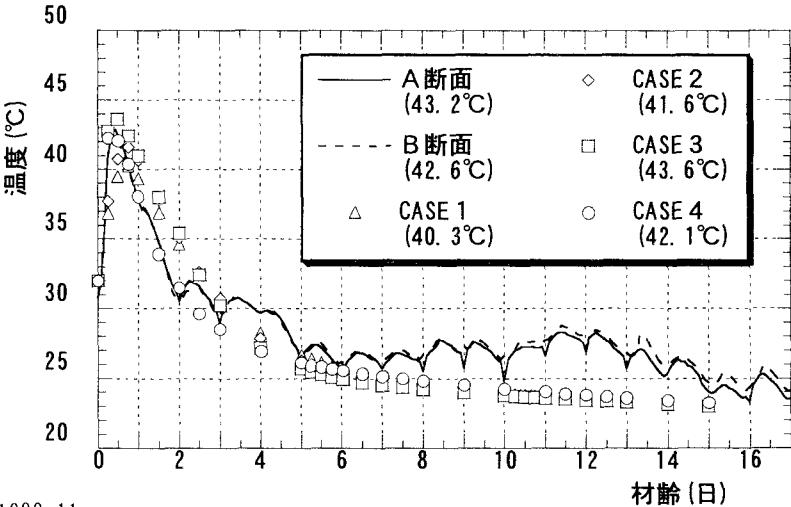
表-3 計測結果と事前解析との比較

種類	打込み時の外気温(°C)	打込み温度(°C)	最高温度(°C)	最高温度となる材齢(日)
事前解析	25.0	30.0	37.0	1.0
A断面	約30	31.8	43.2	0.4
B断面	約30	31.7	42.6	0.4

表-4 パラメータ解析の条件

項目	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
外気温	打設後0.5日まで30℃一定 その後は年か変動をsinカーブで近似			
打込み温度(°C)	32			
終局断熱温度上昇量(°C)	47.2			47.7
温度上昇速度に関する定数(°C)	0.49* (原条件)	0.6 (原条件2割増し)	0.75 (原条件5割増し)	$\alpha=0.639^*$ $\beta=0.565$

*:セメントメーカー資料から引用



(注: ()内の数値は最高温度を示す。)

図-4 パラメータ解析の結果