

中部電力 正会員 天野智之
中部電力 西澤邦男
西松建設 正会員 西田德行
西松建設 正会員 土橋吉輝

1. はじめに

コンクリート構造物の温度解析は、解析に必要な熱特性の設定が適切であれば、実測温度と比較的よく一致することが知られている。

本研究では、厚さ50cmのスラブ状変電所機器基礎コンクリートに温度ひび割れ対策効果の把握を目的として低熱、膨張、普通コンクリートを適用(類似形状 3ブロック、同一日打設)した。本文は、湛水養生 7日間の熱伝達率に着目して各コンクリートの実測温度と解析値の比較結果を報告するものである。

2. 温度計測および事後解析の方法

使用コンクリート配合を表-1、現場計測における計器配置位置および温度解析条件を図-1、表-2に示す。温度解析手法は有限要素法による1次元の非定常熱伝導解析を用いた。

本解析では打込み温度と外気温に実測値を用い、熱容量および断熱温度上昇式などの熱特性については、①示方書¹⁾およびセメントメーカーの標準値(技術資料²⁾:低熱コンクリート)を用いた場合、②熱伝達率を変更した場合の実測温度と解析値との比較検討を行った。熱伝達率に着目した理由は、

部材厚が小さい場合にはコンクリート温度が外気温の影響を受けやすいからである³⁾。なお、比較する期間は湛水養生の7日間とした。これは、本構造物でのコンクリート温度が7日程度で外気温にほぼ平衡したことによる。

3. 実測値と解析値

解析ケースと結果を表-3、温度の経時変化を図-2、3に示す。本構造物の場合、膨張および普通コンクリートにおいて示方書に示されている一般的な熱特性値を用いた解析値(ケース3、ケース5)は、ピーク温度が5℃程度大きい結果となった。これは、部材厚が小さいためにコンクリート温度が外気温の影響を大きく受けたものと考えられる。そこで、ケース4、ケース6に示すように熱伝達率を大きく(7→30kcal/m²h℃)することで良好な結果を得た。

低熱コンクリートにおいて示方書の一般的な熱特性値(断熱温度上昇式は技術資料)を用いたケース1では、ピーク温度と材齢が実測値と良く一致したが、ピーク温度に達するまでの値に多少の差が生じた。そこで、他のコンクリートにおいて良好な一致を得た熱伝達率30kcal/m²h℃を用いたケース2では、部材の上部温度は良好な一致を得たもののピーク温度は2.4℃低い結果となった。これは、本解析において使用した低熱コンクリートの断熱温度上昇式は発熱の遅延を考慮していないものであったことが大きな原因と考えられる。

表-1 使用コンクリート配合

コンクリート種類	粗骨材の最大寸法(mm)	スラブの範囲(cm)	空気量の範囲(%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
						水	セメント	混合材(膨張)	粗骨材 S	粗骨材 G	混和剤
低熱	25	8±2.5	4±1	50.0	43.0	148	296	---	771	1039	0.592
膨張	25	8±2.5	4±1	50.0	43.0	158	286	30	768	1036	0.632
普通	25	8±2.5	4±1	50.0	43.0	158	316	---	768	1036	0.632

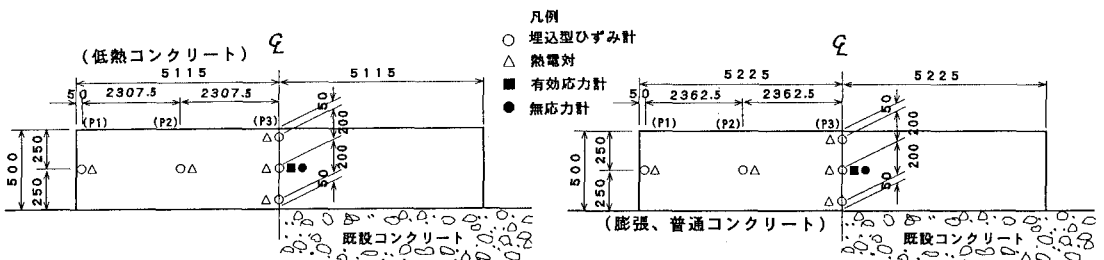


図-1 計器配置図

また、低熱コンクリートの熱伝達率は、その発熱量が比較的少ないことから養生水の蒸発に伴う気化熱の影響などが他のコンクリートよりも小さかったとも考えられる。なお、既往文献⁴⁾では、熱伝達率が示方書の湛水養生時値より大きくなる事例を示している。

今後の課題として著者らは、低熱コンクリートについて発熱の遅延を考慮した断熱温度上昇式を用いた温度解析、養生後のコンクリート露出面における熱伝達率の検討を行う予定である。

4. まとめ

本研究では、厚さ50cmのスラブ状コンクリートに低熱、膨張および普通コンクリートを同一日に類似形状ブロックで適用し、湛水養生7日間の実測温度と解析値を比較検討した結果、以下のことが明らかになった。(1)膨張および普通コンクリートに示方書の一般的な熱特性値を用いると、最高温度は5℃程度大きくなった。(2)膨張および普通コンクリートについては、熱伝達率を30kcal/m²h℃とした解析値が実測温度とよく一致した。

〔参考文献〕1)土木学会：コンクリート標準示方書 施工編、平成3年版。2)小野田セメント(株)：コンクリート技術情報 No.33 低発熱コンクリート、1991.10。3)K. Matsui, N. Nishida, Y. Dobashi, K. Ushioda: Sensitivity Analysis and Reliability Evaluation of Thermal Cracking in Mass Concrete, International Symposium on Thermal Cracking in Concrete at Early Ages, RILEM, 199

4, 投稿中。4)近久・津崎・荒井・桜井：逆解析手法によるマスコンクリートの熱伝達係数の評価、土木学会論文集、第451号/V-17, 1992.2.

表-2 温度解析条件およびパラメータ

項 目		解析条件およびパラメータ		
対象構造物		スラブ状2次コンクリート		
温度解析手法		1次元有限要素法による非定常熱伝導解析		
配合条件	種 類	低熱コンクリート	膨張コンクリート	普通コンクリート
	使用セメント	超低発熱セメント	普通セメント+膨張材	普通セメント+膨張材
	セメント量	296kg/m ³	286+30kg/m ³	316kg/m ³
環境条件	外気温	実測温度		
	既設コンクリート温度	25.0℃		
	地盤温度	20.0℃		
コンクリートの打込み条件	打込み温度	28.1℃(昼)、30.6℃(夜)、29.4℃(夜)		
	打込み高さ	50cm		
	養生方法	湛水養生 7日間		
熱 特 性	熱定数	地 盤	900 kcal/m ² ℃	
		コンクリート	715 kcal/m ² ℃	
		熱伝導率 地 盤	1.5 kcal/mh℃	
		コンクリート	2.4 kcal/mh℃	
	熱伝達率	養生面	7 kcal/m ² h℃	
		露出面	10 kcal/m ² h℃	
	コンクリートの断熱温度上昇式	低熱コンクリート	$Q(t)=22.6(1-e^{-1.2t})$	
		膨張コンクリート	$Q(t)=46.7(1-e^{-1.2t})$	
		普通コンクリート	$Q(t)=46.8(1-e^{-1.2t})$	

表-3 解析ケースと結果

ケース	コンクリートの種類	熱伝達率 (kcal/m ² h℃)	ピーク温度(℃)		ピーク材齢(日)	
			実測値	解析値	実測値	解析値
1*	低熱	7	36.1	35.8	1.17	1.25
2		30		33.7		0.66
3*	膨張	7	46.4	51.2	0.54	0.77
4		30		46.7		0.56
5*	普通	7	45.1	49.9	0.96	0.81
6		30		45.5		0.66

注：*印は、示方書・技術資料の値を用いたケースである。

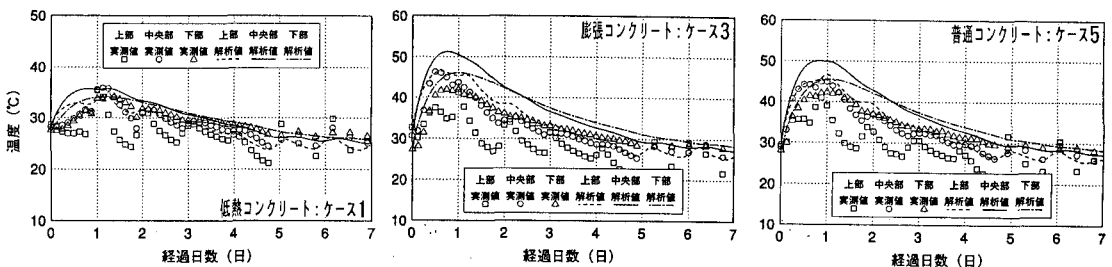


図-2 実測値と解析値の比較（示方書の一般的熱特性値）

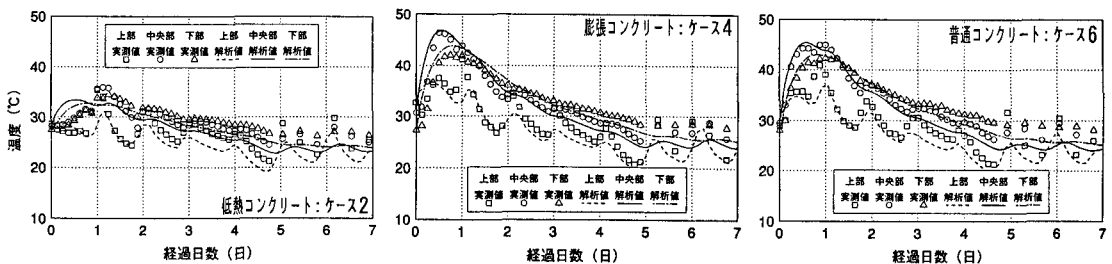


図-3 実測値と解析値の比較（熱伝達率 30kcal/m²h℃）