

# V-419 コンクリートの局部クーリングに関する解析検討

清水建設 正会員 江渡正満  
清水建設 正会員 小野 定

## 1. はじめに

マスコンクリートにひびわれが発生する原因の一つに、内部拘束による温度応力がある。これは、打設されたコンクリートの内部と表層部の温度膨張に差が生ずるためである。コンクリート内部は水和熱に伴う温度膨張により伸びようとするが、表層部は温度膨張速度が相対的に小さいためそれに追従出来ず、結果として表層部が引張、内部が圧縮の応力状態になる。この応力がひびわれ発生の原因となる。

このようなひびわれを制御するための効果的な対策の一つに、対象部材全厚の打込み温度を下げるプレクーリング工法があり、近年施工例が増加している。<sup>1)~3)</sup>しかし、この方法は冷却幅が大きくなると、設備、ランニングコストが比較的大きくなるという問題がある。

本検討は、内部拘束が卓越する場合を対象にし、部材全厚の打込み温度を下げるこれまでの方法に対し、経済性、省力化の観点から、局部的なクーリング（以下、パーシャルクーリング）により、全厚を冷却するのと同等の効果が期待できるかについて、解析的に検討を行ったものである。

## 2. 解析概要

### 2.1 解析ケース

パーシャルクーリングの温度ひびわれ制御効果について、厚さ3mのコンクリート底版を対象にして、表-1に示すケースで解析的に比較検討を行った。

### 2.2 解析方法および解析モデル

解析は有限要素法を用いた。解析モデルは図-1に示すように、温度解析は上下方向熱伝導問題、温度応力解析は2次元平面ひずみ問題とした。

### 2.3 解析定数

表-2,3に解析定数一覧を示す。

## 3. 解析結果および考察

図-2~5に解析結果の一例を示す。図-2,3,5より全厚をクーリングする場合、打込み温度が低いほど部材内に発生する応力が減少し、ひびわれ指数が増加しており、クーリングの効果が認められる。

表-1 解析ケース

ケース	打込み温度範囲
1	30°C
2	15°C
3	15°C 30°C
4	30°C 15°C 30°C

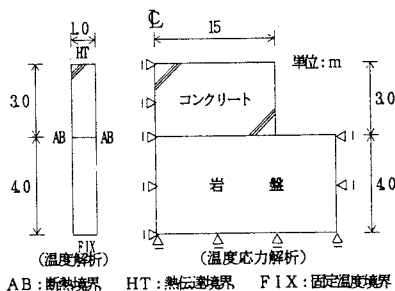


図-1 解析モデル

表-3 応力解析定数

コンクリートの物性	$y = \frac{M}{a+bt}$	圧縮強度 $a = 0.5185, b = 0.0031$
	$y$ : 物性値 (kgf/cm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (×10000) $a = 1.2302, b = 0.0317$
	$M$ : 積算温度 (°C日)	引張強度 $a = 4.4913, b = 0.0273$
	$y = \frac{t}{a+bt}$	クリープ係数 $t$ : 材令(日) $a = 2.54, b = 0.99$
地盤の物性	熱膨張率 (1/°C)	$10.000 \times 10^{-6}$
	ポアソン比	0.1670
	ヤング係数 (kgf/cm <sup>2</sup> )	10000
地盤の物性	熱膨張率 (1/°C)	$10.000 \times 10^{-6}$
	ポアソン比	0.300

表-2 温度解析定数

外気温 (°C)	30.0	
打込み温度 (°C)	$T_{p1} = 30.0$	$T_{p2} = 15.0$
熱伝導率 (Kcal/mh°C)	コンクリート	2.424
	地盤	1.670
熱容量 (Kcal/m <sup>3</sup> °C)	コンクリート	725.0
	地盤	425.0
初期温度 (°C)	地盤 25.0	
断熱温度上昇量 $T$ (°C)	$T_{p1}$	$T = 43.1(1 - \text{EXP}(-1.225t))$
	$T_{p2}$	$T = 44.0(1 - \text{EXP}(-0.600t))$
熱伝達率 (Kcal/m <sup>2</sup> h°C)	12.0	
固定温度 (°C)	25.0	

$T_{p1}$ : 冷却なし  $T_{p2}$ : 冷却あり  $t$ : 材令 (日)

一方、パーシャルクーリングについては、図-3~5より、表層をクーリングしたケース3の場合は、その効果が大きいことが認められるが、内部のみをクーリングしたケース4の場合は、図-5のように表面部応力の増大により、ひびわれ指数が低下しクーリングの効果が期待できないことがわかる。

コンクリートに発生する応力はそのヤング係数やクリープ係数などの物性値の発現状態やコンクリートの温度上昇の程度により異なる。内部拘束が卓越する部材の場合、表層の引張応力を低減するためには、表層部の温度膨張速度を増やし内部の温度膨張速度に近づけるか、それ以上にすればよいと考えられる。

表層部のみをクーリングした場合は、気温との温度差が増大するために、外気からの熱流入の割合が増し、表層部の温度上昇速度が増大する。温度上昇期間も長くなり、表層部の温度上昇速度や、ピーク時期は、内部のそれに近くなる。その結果、内部と表層の温度膨張差が小さくなり、表層部の発生応力は小さくなるものと考えられる。

一方、内部のみをクーリングした場合は、表層部の温度上昇がピークをむかえた後も、内部温度は上昇を続け、その結果、内部と表層の温度膨張差は大きくなり、表層部の発生応力は大きくなるものと考えられる。

#### 4. おわりに

コンクリートのプレクーリング工法について、その経済性の観点から、パーシャルクーリングの効果について解析的な検討を行った。その結果、内部拘束が卓越する場合は、全厚の1/3程度、表層をクーリングすることにより、効果的なクーリングを行うことができることが解析的に認められた。これにより、全厚をクーリングしていたこれまでの場合に比べて1/3程度のランニングコストですむことになる。また、設備規模の縮小も期待できる。今後は、更にシミュレーション解析、実験的研究を重ね、より詳細に検討を行う予定である。

#### 〔参考文献〕

- 1) 長滝重義・小野定：コンクリートのプレクーリング工法の現状、コンクリート工学 Vol 29, No. 12, 1991. 12
- 2) 近藤克己・峯岸孝二・栗田守朗・平野正：液化窒素を用いたプレクーリング工法による地下式貯槽マスコンクリートの施工、コンクリート工学年次論文報告集 11-1, 1989
- 3) 中込秀樹・西洋司・田嶋仁志・高橋三雅：吊橋アンカレイジのマスコンクリート対策、コンクリート工学、Vol 29, No. 4, 1991. 4

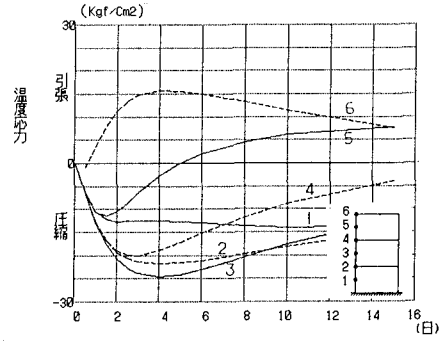


図-2 温度応力解析結果(ケース1)

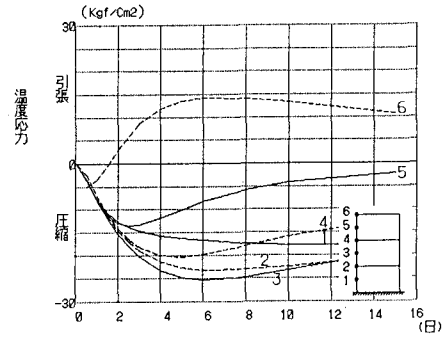


図-3 温度応力解析結果(ケース2)

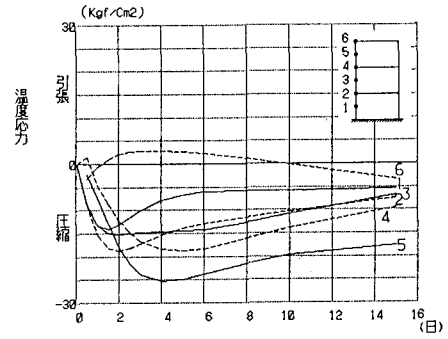


図-4 温度応力解析結果(ケース3)

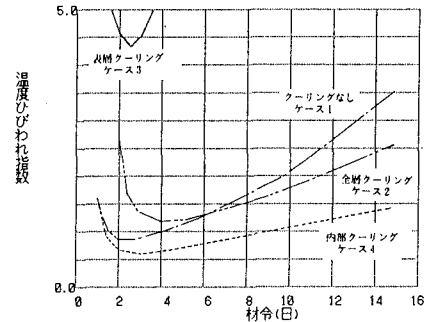


図-5 温度ひびわれ指数