

名古屋工業大学 学生員 ○上嶋 正樹
 名古屋工業大学 正員 梅原 秀哲
 名古屋工業大学 正員 吉田 弥智

1. はじめに

マスコンクリート構造物の温度ひびわれを防止するためには、材料および配合の選定、打込み温度、養生方法の選定、打込み時間間隔など施工全般にわたる対策が考えられる。しかし、ひびわれ発生が予想された時にどの対策がどの程度効果があるのか、定量的な指標がないのが現状である。そこで本研究では、スラブ状マスコンクリートを対象として構造物の形状、岩盤による外部拘束の程度、打込み時の外気温、養生方法、打込み温度をパラメータにとり、それぞれ単位セメント量が 200kg/m³、300kg/m³および 400kg/m³の場合について温度応力解析を行うことによって、各パラメータの温度ひびわれに対する影響について検討を行い、対策の効果に対する定量的な指標を求めることを目的とした。

2. 解析パラメータ

本研究では、図-1 に示す解析モデルで二次元有限要素法を用いて温度応力解析を行った。温度応力の履歴は、一般にマット形状(高さH、長さL)およびコンクリートと岩盤のヤング係数の比(E_c/E_r)に支配されているため、表-1 に示すような27の解析ケースに分け、各ケース毎に外気温、養生および打込み温度を変化させて、それぞれ単位セメント量が、200kg/m³、300kg/m³および 400kg/m³の場合について解析を行った。なお、温度応力の発生メカニズムは内部拘束作用と外部拘束作用の二つの要因から成り立っているため、ここでは内部拘束作用が卓越する場合を1~9の9ケース、比較的外部拘束作用が卓越する場合を10~27の18ケースとした。打込み時の外気温としては、夏25℃、春秋15℃、冬5℃を選び一定と仮定した。養生の影響としては、熱伝達率を一般に外気に触れる面に用いられる値10kcal/m²hr℃と、シート養生時に用いられる値5kcal/m²hr℃を仮定した。また養生期間は5日間とし、図-1 に示す部分に対流境界とした。打込み温度は、プレケーリングを行わない場合には外気温より5℃高い値とし、行った場合には外気温より5℃低い値と仮定した。また材令28日の圧縮強度を単位セメント量が200kg/m³の場合には200kg/cm²、300kg/m³場合には300kg/cm²、400kg/m³の場合には400kg/cm²と仮定した。以上のように、各パラメータはできるだけ一般性を持たせるため広範囲に選んだ。解析に用いた諸定数、断熱温度上昇量、コンクリートのヤング係数は表-2 に示すように文献〔1〕に基づいて定めた。なお使用セメントは普通ポルトランドセメント、水セメント比は50%とした。また、温度ひびわれの検討にあたっては、最も応力が発生すると考えられる中央断面を対象とし、材令2ヵ月までを検討の範囲とした。

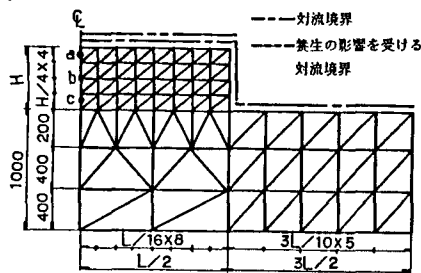


図-1 温度応力解析モデル

表-1 解析ケース

CASE	H	L	L/H	E _c /E _r
1	3.0	15.0	5	8.5
2	3.0	30.0	10	8.5
3	3.0	45.0	15	8.5
4	1.5	7.5	5	8.5
5	1.5	15.0	10	8.5
6	1.5	22.5	15	8.5
7	0.75	3.75	5	8.5
8	0.75	7.5	10	8.5
9	0.75	11.25	15	8.5
10	3.0	15.0	5	13
11	3.0	30.0	10	13
12	3.0	45.0	15	13
13	1.5	7.5	5	13
14	1.5	15.0	10	13
15	1.5	22.5	15	13
16	0.75	3.75	5	13
17	0.75	7.5	10	13
18	0.75	11.25	15	13
19	3.0	15.0	5	6.5
20	3.0	30.0	10	6.5
21	3.0	45.0	15	6.5
22	1.5	7.5	5	6.5
23	1.5	15.0	10	6.5
24	1.5	22.5	15	6.5
25	0.75	3.75	5	6.5
26	0.75	7.5	10	6.5
27	0.75	11.25	15	6.5

表-1 材料定数

	岩	盤	コンクリート
比 熱 (kcal/kg℃)	0.25	0.31	
熱伝導率 (kcal/cm h℃)	0.0194	0.0250	
密 度 (kg/cm ³)	0.00260	0.00231	
熱膨張係数 (1/℃)	—	—	0.00001
断熱温度上昇量 Q(t) = Q (1 - EXP(-γt))			
断熱温度上昇率 Q̇(t) : 材令 t 日における断熱温度上昇量 (℃)			
γ : 断熱温度上昇率に関する実定数			
打 込 温 度 Q (℃)			γ
10	42	0.463	
20	40	0.889	
30	37	1.383	
コンクリートのヤング係数 E _c (t) = 1.1 × 10 ⁴ √f _c (t) (kgf/cm ²)	材令 3日まで		
E _c (t) = 1.5 × 10 ⁴ √f _c (t) (kgf/cm ²)	材令 3日以降		
f _c (t) : 材令 t 日の圧縮強度 (kgf/cm ²)			
f _c (t) = $\frac{t}{4.5 + 0.95t}$ f _c (9)			

3. 解析結果

各ケース毎に外気温が15℃で一定であり、養生およびプレクーリングを行わなかった場合の温度ひびわれ指数を基準として外気温が5℃、25℃および養生の対策がどの程度効果があるかを温度ひびわれ指数の比率で表し、それぞれをC1、C2およびC3とした。またプレクーリングの効果については、外気温が25℃で養生、プレクーリングを行わなかった場合を基準として同様に温度ひびわれ指数の比率で表し、C4とした。冬期打設の影響としては、図-2に示すように単位セメント量が小さくなるにしたがってC1が大きくなり、春秋打設の場合に比べて温度ひびわれ指数は200kg/m³の場合で約1.21~1.38倍、300kg/m³の場合で約1.13~1.27倍、400kg/m³の場合で1.06~1.12倍となっている。また、夏期打設の影響としては、図-3に示すように単位セメント量が小さくなるにしたがってC2が小さくなり、春秋打設に比べて温度ひびわれ指数は、200kg/m³の場合で約0.97~1.05倍、300kg/m³の場合で約0.93~1.00倍、400kg/m³の場合で約0.90~0.94倍となっている。すなわち、コンクリート打設時の外気温は高いほど温度ひびわれに対して危険となり、この影響は単位セメント量が大きな場合ほど顕著となる。養生の効果を表すC3は、図-4に示すように単位セメント量の違いによる影響をあまり受けていない。また、内部拘束作用の卓越する構造物の温度ひびわれ指数は、養生のない場合と比べて約1.12~1.20倍である。外部拘束作用が卓越する場合は、L/Hが小さくなるに従ってC3が大きくなり、L/Hが15の場合で約0.92~1.04倍、L/Hが10の場合で約0.94~1.13倍、L/Hが5の場合で約1.00~1.16倍となり、養生を行うと逆効果となる場合もあることがわかる。また、図-5に示すようにプレクーリングは夏期打設の温度ひびわれ指数を約1.12~3.56倍に増加させ、非常に効果があることがわかる。この影響は外部拘束の程度およびL/Hが大きくなるほど、また単位セメント量が小さくなるほど顕著となっている。

4. 結論

コンクリート打設時の外気温は高い程温度ひびわれに対して危険となり、この影響は単位セメント量が大きな場合ほど顕著となる。また、養生の影響としては、内部拘束作用が卓越する構造物の温度ひびわれ防止に効果があるが、外部拘束作用が卓越する場合には、必ずしも効果があるとは言えない。一方、プレクーリングは外部拘束の有無に関わらず非常に効果があると言える。なお、温度ひびわれ対策にはいろいろな方法があるので、今後はさらに検討を進め、最適温度ひびわれ対策を行うための指標を作成したい。

参考文献 1) 土木学会：コンクリート標準示方書 施工編 1986年

2) 梅原 秀哲、吉田 弥智「スラブ状マスコンクリートの温度ひびわれ対策の効果に関する研究」：土木学会第42回年次講演会概要集 1986年

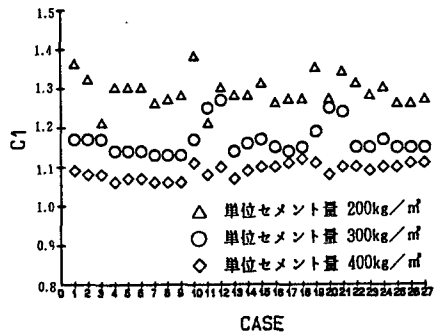


図-2 冬季打設の影響

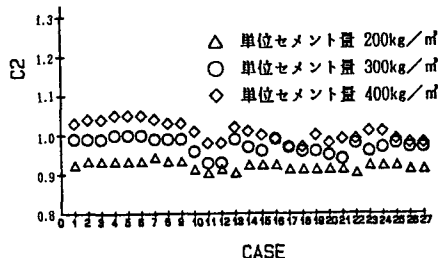


図-3 夏季打設の影響

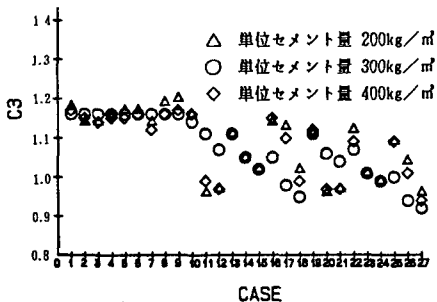


図-4 養生の効果

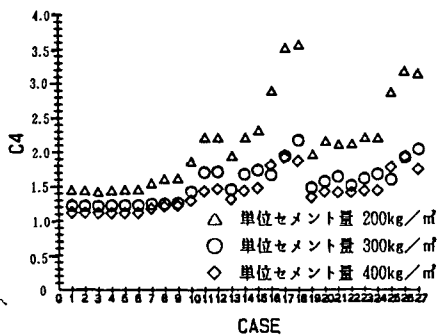


図-5 プレクーリングの効果