

## V-163

## 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

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には、材料および配合の選定、ブロック分割、打込み温度、打込み時間間隔、養生方法の選定など施工全般にわたっての対策が必要である。しかしながら、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、対策の効果に関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

本研究では以下に示すパラメータに対して二次元有限要素法を用いて、図-1に示す解析モデルで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（ $E_c/E_r$ ）に大きく支配されていると考えられている。そこで、H、L、 $E_c/E_r$ をパラメータとして表-1に示すような15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2つの要因から成り立っている

ので、ここでは内部拘束作用の卓越する場合を1～6の6ケース、比較的外部拘束作用の卓越する場合を7～15の9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/m<sup>2</sup>hr℃と、シート養生時に用いられる値5kcal/m<sup>2</sup>hr℃を仮定した。なお、養生期間は5日とし、各対流境界は、図-1に示す部分とした。打込み温度は、ブ

レーキングを行わない場合には（外気温+5）℃、行った場合には（外気温-5）℃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、単位セメント量300 kg/m<sup>3</sup>、水セメント比50%とした。また、温度ひびわ

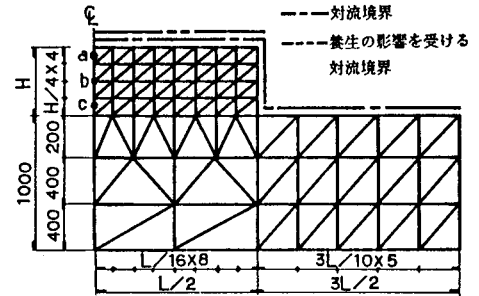


図-1 解析モデル

表-1 解析ケース

| CASE | H (m) | L (m) | $E_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | $E_r$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | $E_c/E_r$ |
|------|-------|-------|------------------------------|------------------------------|-----------|
| 1    | 3.0   | 10    | $3 \times 10^5$              | 0                            | $\infty$  |
| 2    | 3.0   | 20    |                              | 0                            | $\infty$  |
| 3    | 1.5   | 10    |                              | 0                            | $\infty$  |
| 4    | 1.5   | 20    |                              | 0                            | $\infty$  |
| 5    | 0.75  | 10    |                              | 0                            | $\infty$  |
| 6    | 0.75  | 20    |                              | 0                            | $\infty$  |
| 7    | 3.0   | 10    |                              | $5 \times 10^4$              | 3         |
| 8    | 3.0   | 10    |                              | $10^5$                       | 3         |
| 9    | 3.0   | 20    |                              | $10^5$                       | 3         |
| 10   | 1.5   | 10    |                              | $5 \times 10^4$              | 6         |
| 11   | 1.5   | 10    |                              | $10^5$                       | 3         |
| 12   | 1.5   | 20    |                              | $10^5$                       | 3         |
| 13   | 0.75  | 10    |                              | $5 \times 10^4$              | 6         |
| 14   | 0.75  | 10    |                              | $10^5$                       | 3         |
| 15   | 0.75  | 20    |                              | $10^5$                       | 3         |

表-2 材料定数

| 比 熱 (kcal/kg℃)                                                     | 岩 盤     |         | コンクリート  |        |
|--------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|--------|
|                                                                    | 比 熱     | 熱伝導率    | 比 熱     | 熱伝導率   |
|                                                                    | 0.25    | 0.0194  | 0.31    | 0.0250 |
| 熱伝導率 (kcal/cm h℃)                                                  |         |         |         |        |
| 密 度 (kg/cm <sup>3</sup> )                                          | 0.00260 | 0.00231 |         |        |
| 熱膨張係数 (1/℃)                                                        |         |         | 0.00001 |        |
| 断熱温度上昇量                                                            |         |         |         |        |
| $Q(t) = Q_0 (1 - \exp(-\gamma t))$                                 |         |         |         |        |
| $Q(t)$ : 材令t日における断熱温度上昇量(℃)                                        |         |         |         |        |
| $Q_0$ : 終局断熱温度上昇量(℃)                                               |         |         |         |        |
| $\gamma$ : 温度上昇速度に関する実験定数                                          |         |         |         |        |
| 打 設 温 度 $Q_0$ (℃)                                                  |         |         |         |        |
| $\gamma$                                                           |         |         |         |        |
| コンクリートのヤング係数                                                       |         |         |         |        |
| $E_c(t) = 1.1 \times 10^5 / \sqrt{f'_c(t)}$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) |         |         |         |        |
| 材令3日まで                                                             |         |         |         |        |
| $E_c(t) = 1.5 \times 10^5 / \sqrt{f'_c(t)}$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) |         |         |         |        |
| 材令3日以降                                                             |         |         |         |        |
| $f'_c(t)$ : 材令t日の圧縮強度(kgf/cm <sup>2</sup> )                        |         |         |         |        |
| $f'_c(t) = \frac{t}{4.5 + 0.95t} f'_c(91)$                         |         |         |         |        |

れの検討に当っては、最も応力が大きく発生すると考えられる中央断面(図-1に示すa:上層、b:中層、c:下層)を対象とし、材令2ヶ月までを検討の範囲とした。

### 3. 解析結果

各ケースごとに外気温15℃一定で養生およびブレーキ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、外気温および養生、ブレーキング等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すことにした。ところで、温度ひびわれ指数はいずれのケースも中層部分に最も大きな引張応力が生じるため、そのほとんどが中層における値から求めたものである。外気温の影響としては、図-2に示すようにコンクリート打設時の外気温が15℃と25℃で比較すると、外気温の高い25℃の方が温度ひびわれ指数は小さくなり、外気温15℃に対し約0.95~1.00倍となっている。一方、外気温15℃と5℃で比較すると、外気温が5℃となることによって温度ひびわれ指数は約1.15~1.24倍となっている。また、これらの影響はHが大きくかつ外部拘束の程度が小さいほど顕著に現れている。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、Hが大きくかつ外部拘束作用が小さいほど顕著となる。養生の影響として、ここでは一例として、外気温15℃において養生を行った場合を図-3に示す。この図より養生は、内部拘束応力の卓越する構造物において温度ひびわれ指数を約1.01~1.09倍に増加させる働きがある。しかし、外部拘束の程度が大きくなるにしたがって、その影響は小さくなり外部拘束応力の卓越する構造物に対しては、温度ひびわれ指数を約0.9倍に減少させる傾向がある。ブレーキングの影響として、ここでは、一例として、外気温15℃においてブレーキングを行った場合を図-4に示す。この図より、ブレーキングは温度ひびわれ指数を約1.36~2.19倍に増加させる働きがあり、この影響は、外部拘束の程度が大きくなるにしたがって顕著となっている。

### 4. 結論

以上のことをまとめると、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危険となり、この影響はHが大きくかつ外部拘束作用が小さいほど顕著となる。また、養生は内部拘束応力の卓越する構造物においてはひびわれ防止に効果があるが、外部拘束応力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、ブレーキングは外部拘束応力の有無にかかわらずひびわれ防止にかなり役立つと言えよう。なお、温度ひびわれ対策は他にもいろいろな方法があり、ここではその一部を対象としたにすぎない。したがって、今後はさらに検討を進め、最適なひびわれ対策を行うための指標を作成していきたい。

本研究を実施するにあたり多大な協力を頂いたもとと大学院生、佐竹照一氏に対し深く感謝いたします。また、本研究に対して、昭和61年度吉田奨励金を授与されましたことを記して、感謝の意を表します。

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

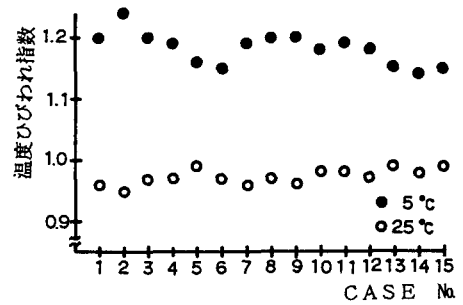


図-2 外気温の影響

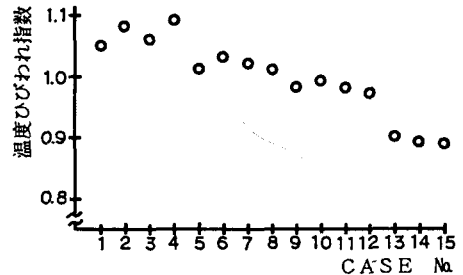


図-3 養生の効果

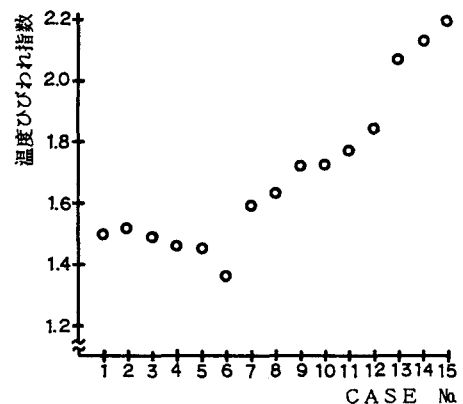


図-4 ブレーキングの効果