

V-177 パイプクーリングの吸熱効果に関する数値解析的検討

顧問組 土木設計部 小島 小林 鹿江
顧問組 技術研究所 吉川 大橋

1. はじめに

パイプクーリングを実施するためには、その配置、冷却水の温度、通水時間等を適切に定める必要がある。筆者らは、等価クーリング要素による熱伝導解析手法を提案し、その妥当性、精度さらに大規模な問題への使用に対する工学的手法としての効率性、経済性を確認した¹⁾。本稿は、この等価クーリング要素による解析手法を用いて具体的な問題を解析することにより、パイプクーリングを施したマスコンクリートの伝熱挙動を数値解析的に検討したものである。

2. 解析モデルおよび解析条件

解析モデルは、図-1に示すようにコンクリートダムを想定し、岩盤と5リフトで打設されるマスコンクリートから成る。種々の条件下におけるクーリングパイプの吸熱効果を検討するために、クーリングパイプの配置間隔 L （1.0m, 1.5m, 2.0mおよびパイプクーリングを実施しないケース）および冷却水の通水温度 T_w （7°C および18°C）を変化させて、パラメトリックな数値実験を合計7ケース行った。クーリングパイプは等価クーリング要素でモデル化し、汎用構造解析プログラムABAQUS²⁾を用いて2次元非定常熱伝導解析を行った。また、夏季にコンクリートの打設が開始されることを想定し、図-2に示すようなコンクリートの打設工程を非定常解析に履歴情報として取り込んだ。等価クーリング要素の熱伝導率の算定に際しては、クーリングパイプと水の熱伝達係数が必要になるが、今回の検討では次式に示すように、流速が考慮されている田辺らの式³⁾を用いた。

$$H_p = 4.75u + 43.0$$

ここに、 H_p ：熱伝達率（kcal/m²h°C）

u ：パイプ内の流速（cm/sec）

尚、熱伝導率は、参考文献¹⁾に基づいた。

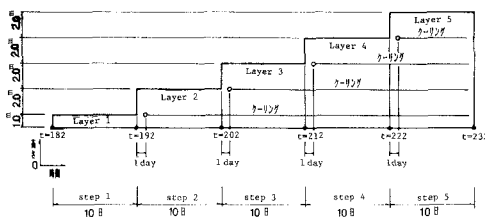


図-2 打設工程図

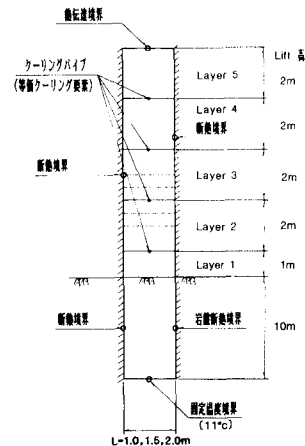


図-1 解析モデル図

3. 結果および考察

5リフトのコンクリートの内、最大温度箇所の温度～時間履歴を図-3に示す。また図-4は、各ケースにおける最大温度（°C）、および最大温度を断熱上昇温度で正規化した最大温度上昇率（%）を示し

たものである。まず、最大温度だけに着目すると、パイプクーリングを実施しないケース（Non-cooling）で、約41℃、 $T_w=18^\circ\text{C}$ のケースで約36℃、さらに $T_w=7^\circ\text{C}$ で約35℃となっており、パイプクーリングにより最大温度は、約4～6℃程度低下することが認められる。一方、最大温度に到達以降の温度履歴を見てみると、例えばNon-cooling の場合とクーリングを実施した場合の最大温度差は、約20℃程度である。これらのことから、パイプクーリングの実施は、最大温度のみならずそれ以降の温度降下により大きな影響を与えと言える。図-5および図-6は、Non-cooling の場合とクーリングを実施した場合（ $T_w=7^\circ\text{C}$ 、 $L=2\text{m}$ ）の各リフトの温度履歴を示したものである。先と同様に、クーリングを実施することによる、冷却降下が顕著に認められる。

4. あとがき

パイプクーリングの吸熱効果を、等価クーリング要素を用いることにより数値解析的に検討した。今後は、本解析手法を実際問題に対して適用し計測結果と比較することにより、この手法の実用性を高めてゆくことが必要と思われる。

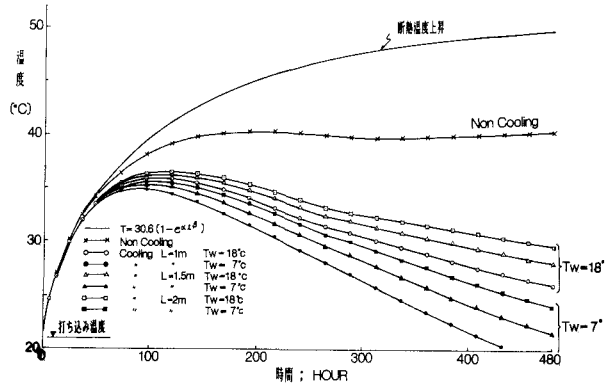


図-3 各ケースにおける最大温度の履歴図

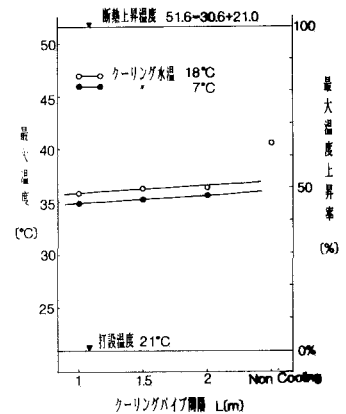


図-4 各ケースにおける最大温度および最大温度上昇率

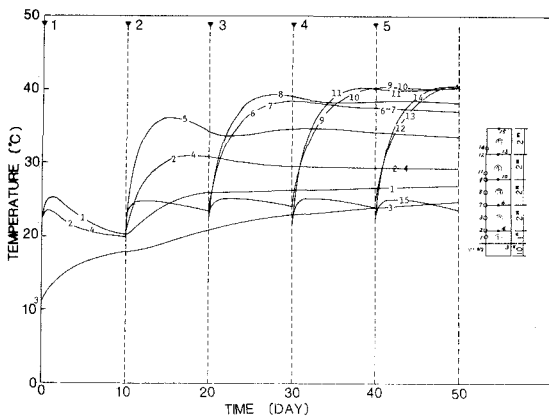


図-5 各リフトの温度履歴図（Non-cooling）

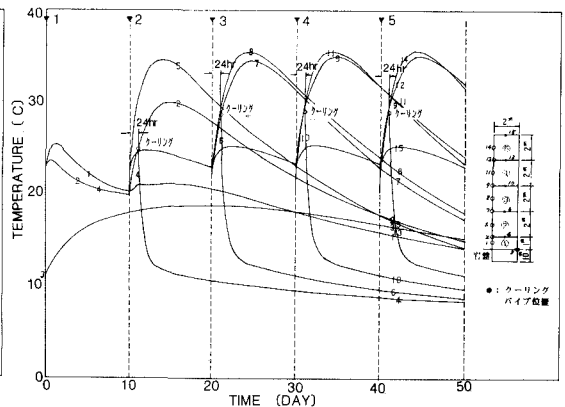


図-6 各リフトの温度履歴図（ $T_w=7^\circ\text{C}$ 、 $L=2\text{m}$ ）

＜参考文献＞ 1)大橋、吉川他（1986）：土木学会第42回年次学術講演会講演概要集 2)H.K.S Inc.（1984）：ABAQUS User's Manual 3)田辺、山川、渡辺（1984）：土木学会論文報告集、第343号