

V-372

ポンプ圧送中におけるコンクリートのプレクーリング手法の効果について

東亜建設工業(株) 正会員 辻 清 羽瀨 貴士 秋葉 泰男
守分 敦郎 西川 正夫

1. はじめに

プレクーリングはマスコンクリートの温度ひび割れ制御対策として有効であり、筆者らは打設時にポンプ圧送中のコンクリートから熱を奪うプレクーリング手法を開発し、実機試験結果[1]をもとに温度ひび割れの懸念される構造物に適用した[2]。ここでは、実施工時に確認された本手法の効果の一例を報告する。

2. 施工概要

今回本手法を適用したのは夏期に打設された壁状構造物であり、使用したコンクリートは水セメント比47.4%、単位水量162kg/m³、粗骨材最大寸法25mmの普通コンクリートである。プレクーリングは図-1,2に示すようにコンクリート圧送管の周囲を二重管とし、コンクリート圧送時に外周部に冷却水を循環させることにより熱を奪うものである。プレクーリングは温度ひび割れ指数を1.2以上とするためにFEMによる事前温度応力解析を行い冷却直後において32℃から23℃以下までの9℃以上を目標とし、圧送管は4B管を使用して、コンクリートの圧送速度を30m³/hr程度とした。また、熱交換前の冷却水温度や圧送管の冷却長等は表-1の式(1)～(3)を用いて実機試験結果をもとに設定した。その結果を表-2に示す。施工時においてプレクーリングの効果を確認するために、二重管部における冷却水温度、冷却前後のコンクリート温度、コンクリートの圧送速度等を計測した。

表-1 二重管部の熱通過率および冷却効率

$$Kc = \frac{\Phi c}{(L \times \phi) \times (Tc-m - Tw-m)} = \frac{Qc \times \gamma c \times \rho c \times \Delta Tc}{(L \times \phi) \times (Tc-m - Tw-m)} \dots\dots(1)$$

$$\Phi w = Qw \times \gamma w \times \rho w \times \Delta Tw \dots\dots(2), \quad \eta = (\Phi c / \Phi w) \times 100 \dots\dots(3)$$

ここで、Kc：二重管部の熱通過率(kcal/m²・hr・℃)、η：二重管部の冷却効率(%)

Φ：熱交換量(kcal/hr)、Q：流量(m³/hr)、

γ：単位体積重量(γc=2294, γw=1280kg/m³)、

ρ：比熱(ρc=0.25, ρw=0.66kcal/kg・℃)

ΔT：温度変化量(℃)、T-m：二重管部での平均温度(℃)

L：二重管部の長さ(m)、φ：コンクリート圧送部の外周長(m)

ただし、式中のcおよびwは、それぞれコンクリートおよび冷却水を示す。

表-2 プレクーリング計画の概要

冷却前のコンクリート温度(Tc-in)	32℃
コンクリート冷却直後の目標温度	23℃以下
コンクリート圧送速度(Qc)	30m ³ /hr
冷却水循環流量(Qw)	18m ³ /hr
二重管部の冷却効率(η)	80%
熱交換前の冷却水温度(Tw-in)	0℃以下
圧送管冷却長(L)	35m

3. 計測結果および考察

プレクーリング時の冷却水とコンクリートの温度およびコンクリート圧送速度の計測結果を図-3に示す。プレクーリング開始時には二重管入口部での冷却水温度は-20℃近くであったが、その後徐々に上昇し設計時に考慮した0℃付近でほぼ安定した。コンクリート温度もほぼこれと同様の傾向を示し、今回の施工全体では冷却直後において目標に対して-5～+1℃の範囲の結果が得られ、全体の平均温度は21.5℃となった。また、コンクリート圧送速度が設計

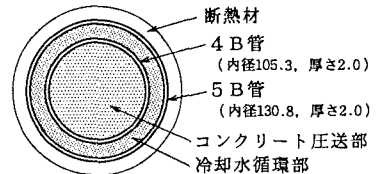
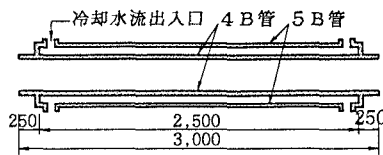


図-1 コンクリート圧送管の形状

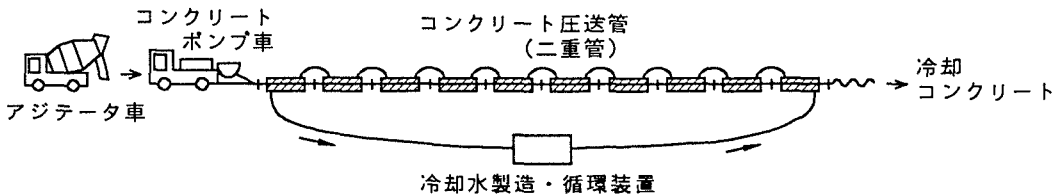


図-2 プレクーリングの施工概要

値よりも大きくなる場合にはコンクリート温度低下量の減少が予想されたが、今回の範囲では冷却水温度が設計値よりも低い場合が多く、明確な変化は確認されなかった。

また、熱交換前（二重管入口部）の冷却水温度とコンクリート温度低下量の関係を図-4に示す。今回計測された範囲では、熱交換前の冷却水温度が設計値付近の場合にはほぼコンクリート温度低下量は目標値に近い値を示しており、これが設計値よりも低くなるとほぼ比例してコンクリート温度低下量も大きくなる傾向を示した。

次に、コンクリートと冷却水それぞれの熱交換前後の温度変化から式(1)～(3)により求められる二重管部での熱通過率および冷却効率が二重管の微小区間においても一定と仮定することにより、二重管部の4カ所で計測された冷却水温度と圧送前後に計測されたコンクリート温度を用いて、冷却水温度の計測位置によって分割される3区間におけるコンクリート温度低下量を推定し、各区間における二重管単位長さ当たりのコンクリート温度低下量を推定した結果を図-5に示す。これより、二重管部でのコンクリートの温度低下は、コンクリートの入口部付近（冷却が開始された当初）では温度勾配が大きく、冷却距離が長くなるにつれて徐々に温度勾配が小さくなることが推測された。これは一般の対向流による熱交換の傾向と一致し、冷却設備の設計の際に二重管の冷却長が長くなる場合には、二重管部全体としてのコンクリートの温度勾配が小さくなることを考慮する必要がある。

4. まとめ

ポンプ圧送時にコンクリート圧送管の外周部から熱を奪うブレーキリング手法を実施工に適用し、目標としたコンクリート温度低下量をほぼ満足し、本手法の効果を確認できた。今後は、施工性や施工上の変動要因（コンクリート圧送速度等）を考慮した冷却設備設計手法および施工管理システムの確立につとめたい。

参考文献 1) 羽瀧他：ポンプ圧送中におけるコンクリートのブレーキリング手法に関する検討、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 16、No. 1、pp. 1335-1340、1994. 6、 2) 羽瀧他：ポンプ圧送中におけるコンクリートのブレーキリング手法の実施工への適用性について、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 17（投稿中）

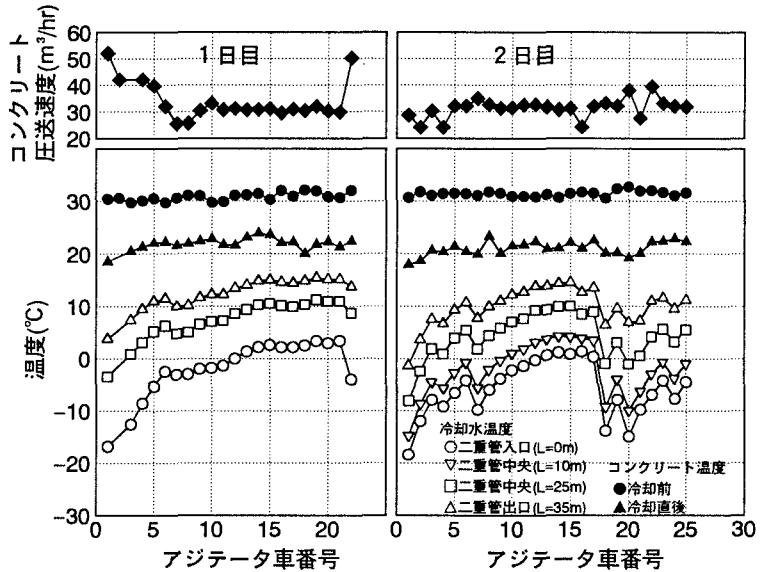


図-3 計測結果

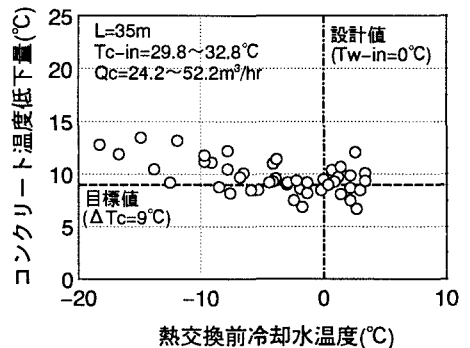


図-4 熱交換前の冷却水温度とコンクリート温度低下量

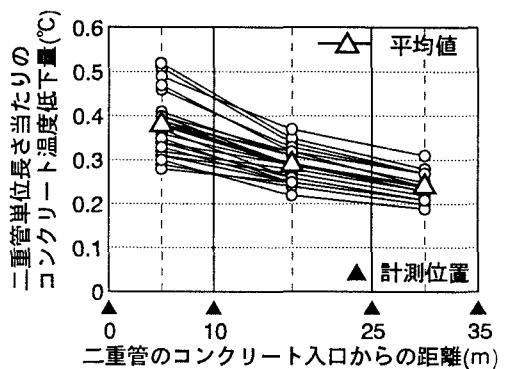


図-5 二重管延長方向でのコンクリートの温度低下勾配