

V-118 オープンケーソン基礎の温度応力制御に関する解析的検討

— 指久保 橋 —

銭高組 土木本部 正会員 布 下 浩

銭高組 土木本部 荘 司 和彦

銭高組 東北支店 坂 本 貴嗣

1. はじめに

本工事は、直径17m、高さ16mの橋脚ケーソン基礎を圧入式オープンケーソン工法で構築するものである。部材厚3.0mのケーソン部材には、ケーソン圧入時のコンクリート強度の確保から早強コンクリートが用いられる。このため、セメントの水和熱が部材内に蓄積され内部温度上昇により、内部拘束による温度ひび割れが懸念された。

熱応力制御の一方法として従来からコンクリートダムではパイプクーリングが行われているが、近年はダムに限らず重要なマスコンクリート工事に同手法が使用されつつある。

事前検討の結果、温度ひび割れ制御を目的としてパイプクーリングを計画した。ここでは、パイプクーリングを考慮した簡略化した温度応力解析値の妥当性とクーリング効果について、解析値と実測値を比較検討したものである。

2. 解析方法

解析対象は4リフトであり、温度解析は先に沈設された3リフト分のコンクリートと地盤を考慮、応力解析は既設コンクリートを拘束体として図-1に示すモデルとした。

解析に用いた主な入力値を表-1に示す。入力値は、土木学会コンクリート標準示方書施工編（平成8年版）等を参考に定めた。パイプクーリングに関しては、既往の普通コンクリートなどの実績からクーリングパイプ間隔を60cm程度とすると、最高温度の抑制効果が10℃程度の実績がある。ここでの解析モデルは、部材断面内のクーリングパイプ位置に対流境界条件を設け、部材中心の最高温度が10℃抑制する熱伝達境界の熱伝達率を決めた。

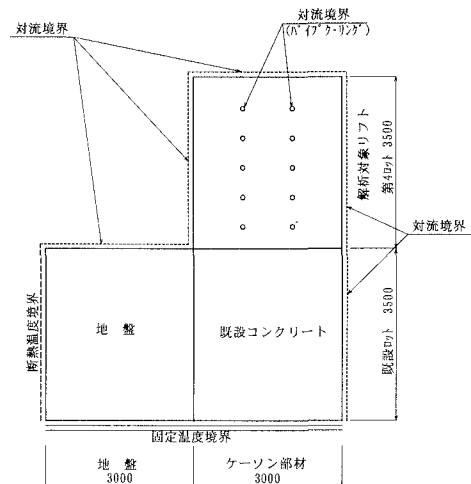


図-1 解析モデル図

表-1 解析入力値

項 目	入 力 値	適 用
熱伝導率	コンクリート 2.7 (W/m°C)	
	地 盤 1.16 (kJ/kg°C)	
比 熱	コンクリート 3.45 (W/m°C)	
	地 盤 0.795 (kJ/kg°C)	
セメントの種類	早強ポルトランドセメント	
コンクリートの断熱温度上昇特性	事前検討: Qmax=50.1°C, r=0.910 逆 解 析: Qmax=50.1°C, r=1.325	C=270kg/m³
打設温度	10°C	
初期温度	既設コンクリート 5°C, 地盤 5°C	
外 気 温	十和田市の月平均気温	理料年表
圧縮強度(N/mm²)	$f'c(t) = t / (2.9 + 0.97) * f'c(91)$	
引張強度(N/mm²)	$ft(t) = 0.35 * \sqrt{f'c(t)}$	
弾性係数(N/mm²)	$Ee(t) = \phi(t) * 4.7 * 10^4 * \sqrt{f'c(t)}$	
クリープを考慮した補正係数 $\phi(t)$	材齢3日まで $\phi=0.73$ 材齢5日以降 $\phi=1.00$	
線膨張係数(1/°C)	10.0×10^{-6}	

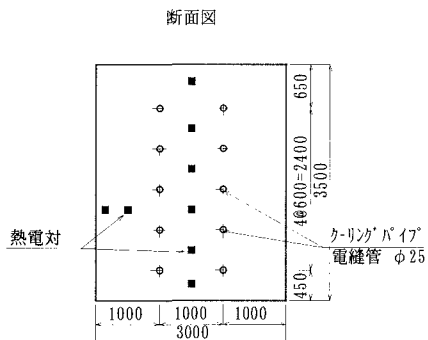


図-2 計測位置とパイプ位置図

キーワード：マスコンクリート、パイプクーリング、ケーソン基礎、早強セメント

連絡先：東京都千代田区一番町 31 Tel 03-5210-2325, Fax 03-5210-2352

3. 解析結果

(1) パイプクーリング期間

一般的にクーリング期間は最高温度までであるが、本部位の使用材料が早強コンクリートであるため温度上昇速度が速くなる。このため大きな内外温度差が生じる時期は型枠脱型直後となる。事前検討ではクーリング期間を0, 4, 5日間の場合を比較した（図-3）。クーリング期間を長くすることによりひび割れ指数は減少する傾向にあり、クーリング無しのひび割れ指数0.5に対し、4日で0.8, 5日で1.0となり頭打ちとなる。

本工事で目標とするひび割れ指数が0.7以上であり、施工工程上の制約を考慮しパイプクーリング期間を4日間として十分対応可能と判断実施した。

(2) パイプクーリング効果

クーリングによる最高温度時の温度分布を図-4に示す。既往の実験結果によると、クーリングの影響範囲は30cm程度とされている。しかし、本部位の実測結果では、50cm離れた中心部で10℃程度のクーリング効果がみられた。

図-5に示す解析値と実測値の温度履歴においては、温度上昇時および最高温度ではクーリングを考慮した解析値によく一致することが分かった。ただし、温度下降時には計算値ほどクーリングによる温度低下はないが、ひび割れ指数への影響は小さいことが分かった。

(3) コンクリートの断熱温度特性

事前検討時の解析値に比べ、実測したコンクリート温度の上昇速度は幾分早いものであった。逆解析の結果、実測値は温度上昇速度に関する係数を標準示方書の1.4倍程度とするとよく一致した。断熱温度上昇値については、標準示方書の値により実測値とよく一致した。ただし、温度上昇速度の違いによるひび割れ指数への影響は小さいものであった。

4. まとめ

- (1) クーリング効果を考慮した温度解析モデルは、熱伝達境界条件を設定することで十分な精度で考慮できる。
- (2) 同種早強コンクリート部材でのクーリング期間は、4～5日間程度が効果的である。
- (3) クーリング効果によりひび割れ指数で0.3程度改善される。
- (4) 早強コンクリートの温度上昇速度に関する係数は、土木学会標準示方書による係数の1.4倍程度であった。

【参考文献】

溝渕ら：マスコンクリートのパイプクーリングによる熱除去効果の解析，第7回コンクリート工学年次論文集，pp. 37～40, 1985

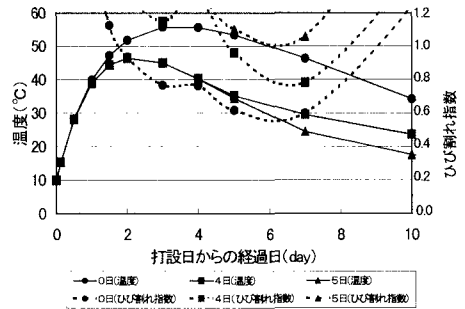


図-3 クーリング期間と効果

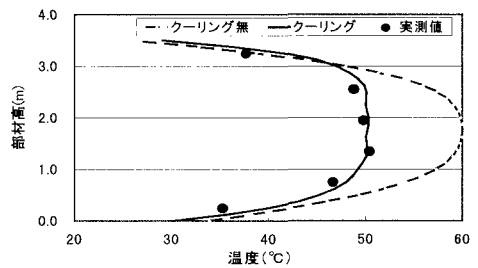


図-4 最高温度時の温度分布

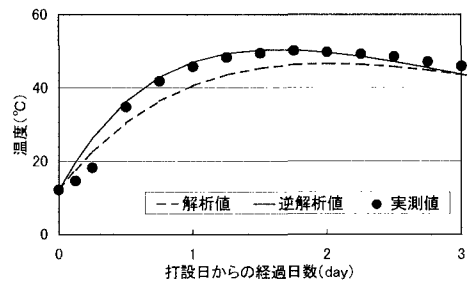


図-5 コンクリート温度履歴

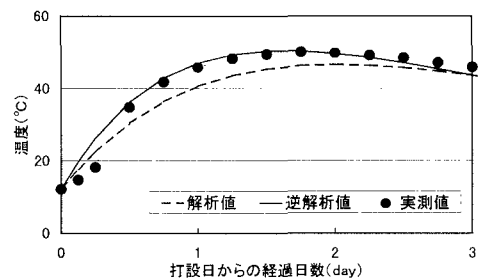


図-6 温度上昇速度（r）の比較