

(V-35) 閉塞コンクリートのパイプクーリングによる温度応力ひび割れ防止について

(株) 熊谷組 正会員 ○吉村 耕市郎
(株) 熊谷組 正会員 岩波 基

1. はじめに

仮排水路等の閉塞工に用いるコンクリートには高い水密性が求められる。よって、高い水密性を保つために温度ひび割れを防止する必要がある。閉塞コンクリートの温度ひび割れを防止する対策として、パイプクーリングは有効な手法である。しかし、閉塞工は空間が限られているので、施工性を考慮するとリフト高やパイプの配置に配慮することが必要であり、パイプクーリングの計画の重要性が高まっている。そこで本研究では、閉塞工のコンクリートの温度応力解析を実施し、その成果から適切なパイプクーリング計画を行うための考察を行う。

2. 解析手法及び解析条件

温度応力解析の解析手法として CP 法、3 次元 FEM 解析等があるが、ここでは 2 次元 FEM 解析を使用した。温度応力解析は熱の放散が卓越する横断方向のモデルについて行った。温度応力解析に用いた解析モデルを図-1 に示す。

今回の解析ではパイプの配置に着目して検討を行うため、閉塞コンクリートの形状は図-1 の様に固定して解析を行った。CASE1 はパイプクーリングを行わない場合の温度応力解析を行った。CASE2~4 はパイプの垂直方向の配置をリフトの中央に位置し、水平間隔 PB を変化させた時の温度ひび割れ指数を比較検討した。CASE4~6 は、パイプの水平間隔 PB を 0.75m に固定し鉛直間隔 PH を変化させた時の比較検討を行った。

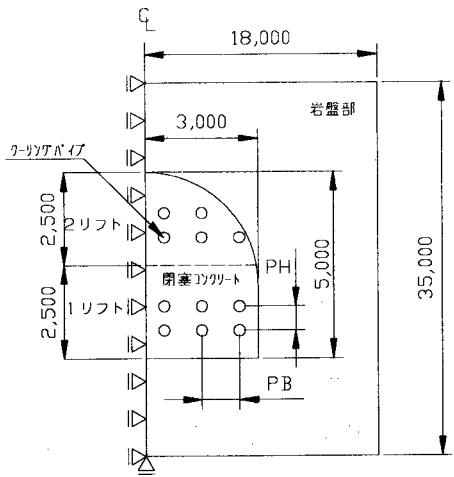


図-1 温度応力解析モデル

また、打設温度と外気温は 20℃と等しくしている。パイプの熱伝達率は、田辺らの文献¹⁾を参考に 431(W/m²℃)とする。冷却水温は外気温と同じ 20℃としている。その他の解析条件は、「コンクリート標準示方書」²⁾を参考に決定した。

表-1 解析ケース

解析ケース	PH (m)	PB (m)
CASE1	-	-
CASE2	1.25	1.50
CASE3	1.25	1.00
CASE4	1.25	0.75
CASE5	0.88	0.75
CASE6	0.63	0.75

表-2 コンクリートの力学的性質

項目	コンクリートの力学的性質
圧縮強度 (N/mm ²)	コンクリート標準示方書より以下のように定めた。 $f_c(t) = t / (a + bt) \times f_c(91)$ t : 材令(日) $a = 4.5$ $b = 0.95$ $f_c(91)$: 材令91日のコンクリートの圧縮強度 39.2(N/mm ²)
引張強度 (N/mm ²)	$f_t(t) = c (f_c(t))^{1/2}$ ここに、 c : コンクリート標準示方書による定数 (= 0.35)
有効弾性係数 (N/mm ²)	$E_c(t) = \psi(t) \times 4.7 \times 10^3 \times (f_c(t))$ $\psi = 0.73$ ($t \leq 3$ 日) $\psi = 0.73 + 0.135(t - 3)$ ($3日 < t \leq 5日$) $\psi = 1.00$ ($t \geq 5日$)
ポアソン比	$\nu = 0.2$
線膨張係数	$\alpha = 10 \times 10^{-6}$ (1/°C)

キーワード: 温度応力 コンクリート ひび割れ防止

連絡先: 新宿区津久戸町2-1 株式会社 熊谷組 TEL03-3235-8622 (直通) FAX03-3266-8525

表-3 コンクリートの熱的性質

項目	コンクリートの熱的性質
断熱温度上昇量 (°C)	断熱温度上昇式の各定数は以下の様に設定した。 打設温度20°Cの時: $Q\infty = 40.0$ $r = 0.90$
熱伝達率 (W/m ² °C)	$\eta = 12$
熱伝導率 (W/m°C)	2.7
密度 (kg/m ³)	2,300
比熱 (kJ/kg°C)	1.15
初期温度 (°C)	20

表-4 基礎地盤の物性値

項目	基礎地盤
熱伝導率 (W/m°C)	3.45
密度 (kg/m ³)	2,650
比熱 (kJ/kg°C)	0.795
初期温度 (°C)	20.0
弾性係数 (N/mm ²)	4,900
ポアソン比	0.2
熱膨張係数 (1/°C)	1.0×10^{-5}

4. 解析結果

各ケースごとの最高温度、最小ひび割れ指数およびその時の主応力と発生材齢を表-5に示す。また、パイプの配置が変化するときの最小ひび割れ指数の変化を図-2～3に示す。

表-5 各ケースごとの最高温度、最小ひび割れ指数及び最大主応力

項目	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	CASE5	CASE6
最高温度 (°C)	55.5	52.6	50.9	49.8	48.1	43.1
温度ひび割れ指数の最小値	0.77	0.88	0.95	1.02	1.03	1.30
主応力 (N/mm ²)	1.78	1.51	1.40	1.29	1.21	0.90
発生材齢 (日)	2.9	2.5	2.3	2.9	2.1	1.8

5. 考察

CASE1とCASE2～6の比較から閉塞コンクリート打設において、パイプクーリングを行うことは温度ひび割れを防止するのに有効であることが分かった。ただし、「コンクリート標準示方書」によればひび割れの発生をできるだけ制限したい場合は温度ひび割れ指数は1.2以上となっているので、今回の解析においてはCASE6が、この条件を満たしていることになる。

図-2ではパイプの鉛直間隔を1.25mに固定して水平間隔を変化させた時の温度ひび割れ指数の変化に着目しているが、水平間隔を小さくすると温度ひび割れ指数はほぼ直線的に増大しているのが分かる。これに対し、図-3においてはパイプの鉛直間隔に着目し温度ひび割れ指数の変化をみると、鉛直間隔が1mまでは温度ひび割れ指数がほぼ横這いであるが、1mより小さくなると指数は急激に増大しているのが分かる。

今回の解析においては、パイプの配置に着目し解析を行ったが、今後は構造物の形状やリフト高にも着目して検討を行う必要があると考えている。

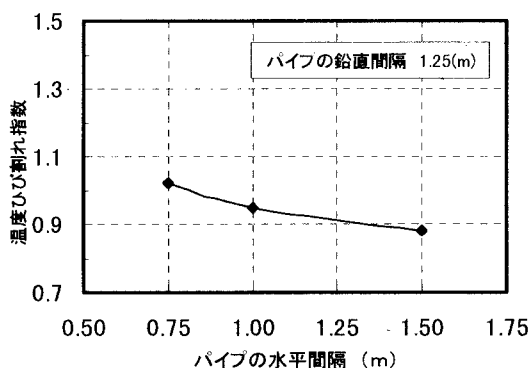


図-2 水平間隔が変化するときの指数の変化

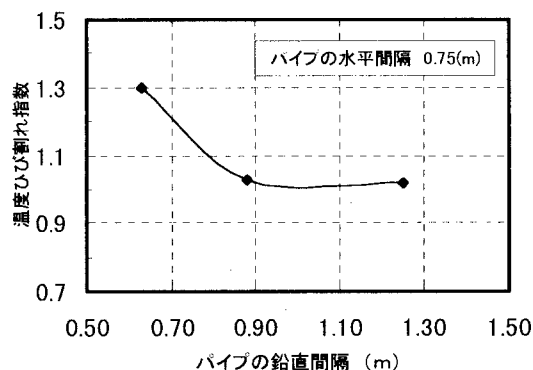


図-3 鉛直間隔が変化するときの指数の変化

- 参考文献 1) 田辺忠顕、山川秀次、渡辺朗:パイプクーリングにおける管壁面の熱伝達率の決定ならびに冷却効果の解析、土木学会論文報告集、第343号、1984年3月
- 2) [平成8年制定]コンクリート標準示方書 施工編 土木学会