

建設省関東地方建設局

竹内秀二

同 上

櫛原賢二

(株) 熊谷組

正会員 〇江島裕章

1. はじめに

外郭放水路第1立坑新設工事において、底版コンクリートは大深度の立坑であるため、高い止水性が必要とされた。ここで当該立坑は、直径36.6m、厚さ6.0mと非常に大規模なマスコンクリート構造物であるため、施工に際してコンクリートの水利熱に起因する温度応力ひび割れが懸念された。そこで、施工初期の計測データを基にして、打設コンクリートの温度応力解析を用いて、打設方法の比較検討を行った。

本報告では、別稿^{1),2)}のように本体コンクリート施工時の計測結果と解析結果とのフィッティングにより物性値および境界条件を見直し、先行打設した本体コンクリートと連壁の拘束効果を考慮した温度解析を実施し、打設回数・回数の検討について報告する。

2. 解析条件

温度解析および温度応力解析に用いた準3次元の軸対称モデルを図-1に示す。

コンクリートの打設日程は表-1のように仮定した。その他の条件は別稿^{1),2)}と同様とした。(表-2~4参照)

表-1 コンクリート打設日程

	1回打設 1リフト6m		2回打設 1リフト2m, 2リフト4m		3回打設 1, 2, 3各リフト2m	
	打設日	間隔	打設日	間隔	打設日	間隔
1リフト	97/11/15		97/11/15		97/11/15	
2リフト			97/12/10	25日	97/12/10	25日
3リフト					98/01/04	25日

表-2 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ように設定した 打設温度 18.0°C の時: $Q_{\infty}=44.0$ 、 $\gamma=0.353$
熱伝達率 ($W/m^2\cdot^{\circ}C$)	$\eta=9$ (型枠なし)
熱伝導率 ($W/m\cdot^{\circ}C$)	2.700
密度 (kg/m^3)	2.306
比熱 ($kJ/kg\cdot^{\circ}C$)	1.260

表-3 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)	試験りの圧縮強度試験結果より以下の関係式を設定した $f'c(t)=0.05664M$ ($M<217.534$) $f'c(t)=28.37\log_{10}M-53.995$ ($M\geq 217.534$) ここに、 M : 積算温度 ($^{\circ}C\cdot D$)
引張強度 (N/mm^2)	$f_t(t)=c\sqrt{f'c(t)}$ 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)	$E_c(t)=\psi(t)4.7\times 10^3\sqrt{f'c(t)}$ ここに、 ψ : 温度上昇時の弾性係数の補正係数 $\psi=0.73$ ($t\leq 3$ 日) $\psi=0.73+0.135(t-3)$ ($3日<t<5$ 日) $\psi=1.00$ ($t\geq 5$ 日)
ポアソン比	$\nu=0.2$
線膨張係数 ($1/^{\circ}C$)	$\alpha=3.8\times 10^{-6}$

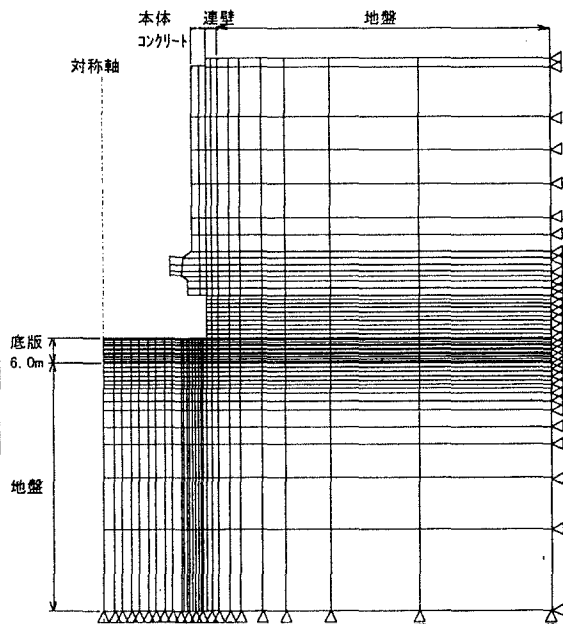


図-1 解析モデル図

表-4 連壁・基礎地盤の物性値

項 目	基礎地盤		連 壁
	基礎地盤	連 壁	
物 性 性			
密度 (kg/m^3)	1900	2500	
比熱 ($kJ/kg\cdot^{\circ}C$)	0.963	1.260	
熱伝導率 ($W/m\cdot^{\circ}C$)	1.160	1.160	
力 学 特 性			
弾性係数 (N/mm^2)	9.0	25000.0	
ポアソン比	0.3	0.2	
熱膨張係数 ($1/^{\circ}C$)	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}	

キーワード: マスコンクリート, 円形立坑, 大深度, 温度応力解析

連 絡 先: 新宿区津久戸町2-1 株式会社 熊谷組 TEL 03-3235-8622 (直通) FAX 03-3266-8525

4. 解析結果

各打設回数のリフトごとの最高温度を表-5に示す。最高温度発生位置の経時変化図を図-2に示す。また、底版中央部、周辺部における最大主応力および発生材齢を表-6に、中央部における最大主応力の経時変化図を図-3に示す。

表-5 各打設回数の最高温度

		1回打設	2回打設	3回打設
1リフト	最高温度(°C)	58.828	47.843	47.843
	発生材齢(日)	12.0	6.0	6.0
2リフト	最高温度(°C)		55.623	45.775
	発生材齢(日)		8.5	4.5
3リフト	最高温度(°C)			45.030
	発生材齢(日)			4.5

* 発生材齢は各リフト打設日からの日数

5. 考察

温度解析の結果から、厚さ6mを1回で打設すると最高温度が58.8℃となるが、これを分割打設することにより、最高温度が低くなることが表-5、図-2で読み取れる。

また、打設リフトが厚いほど温度上昇の期間が長く、温度降下にも時間を要していることがわかる。

応力解析の結果では、最終打設リフトにおいて表-6のような最大主応力が引張側に発生している。この結果より、全てのケースにおいて最終打設リフトで、最大主応力は外部拘束により発生する応力成分が卓越していると推測される。

しかしながら、コンクリート打設初期においては、外部拘束による引張応力よりも内外の温度差により発生する内部拘束による引張応力の方が卓越すると考えられる。したがって、リフトの厚さや打設間隔によっては、コンクリート強度が十分でない初期に発生する引張応力の方がコンクリートの健全性に不利となる場合もある。

以上のことから、1回打設のように最高温度が高くなる場合に関しては、1次元モデル等による解析でも十分であると考えられる。しかし、複数回の打設については連壁の拘束効果に加えて前リフトの拘束効果も影響するため、今回実施したようなFEM解析によるモデル化が必要であると考えられる。

また、2回打設については、最大主応力の発生時期が遅いためコンクリートの引張強度が十分に大きくなることを考慮すると、コンクリートの健全性に問題はないと考えられる。

6. おわりに

今後は、この解析結果と底版の計測データとの比較を実施する予定である。

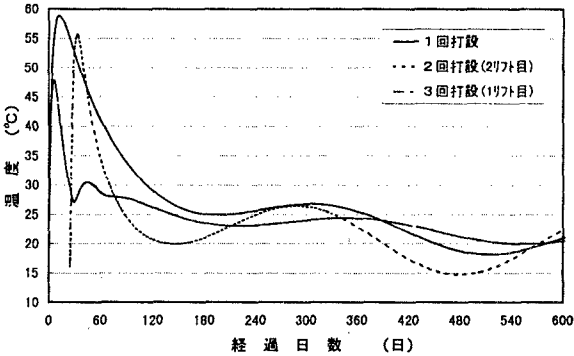


図-2 各打設回数の最高温度発生位置の経時変化図

表-6 中央、周辺部における最大主応力

	1回打設		2回打設(2m+4m)		3回打設	
	中央部	周辺部	中央部	周辺部	中央部	周辺部
主応力(N/mm ²)	1.23	1.27	1.67	1.17	1.26	1.47
発生材齢(日)	955	620	930	310	37	290

* 発生材齢は各リフト打設日からの日数

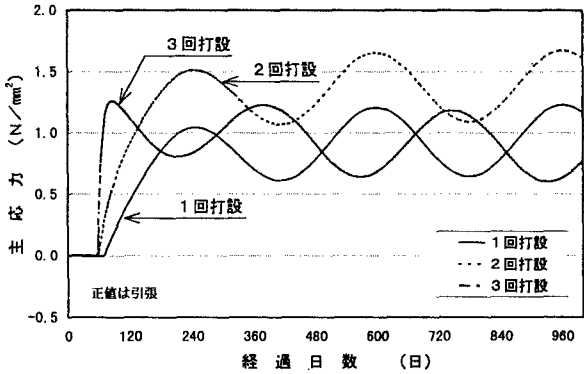


図-3 中央部における最大主応力の経時変化図

参考文献 1)野口ら"大深度立坑における連続地中壁および本体コンクリートの温度応力について(その2)",第25回関東支部技術研究発表会
2)岩波ら"大深度立坑における連続地中壁および本体コンクリートの温度応力について(その3)",第25回関東支部技術研究発表会