

(V-27) 壁構造の温度応力ひび割れに関する数値解析について

(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

近年、コンクリート構造物の品質向上が求められており、特に温度応力制御によるひび割れ抑止の重要性が強まっている。ダム等のマスコンクリートにおいては設計段階からひび割れの対策検討が多くなされているのに対し、小規模の壁構造のコンクリートは設計段階において対策検討を行うことは少なく、施工段階においてはじめて対策検討するのが現状である。そこで本研究は、壁構造物のうちボックスカルバートの温度応力ひび割れに関する数値解析を実施し、その成果に対し考察を行う。なお、数値解析に用いるボックスカルバートは「建設省選定 土木構造物標準設計」からモデル化した。

2. 解析手法及び解析条件

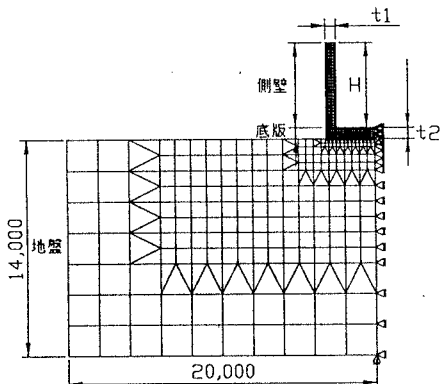


図-1 温度解析モデル

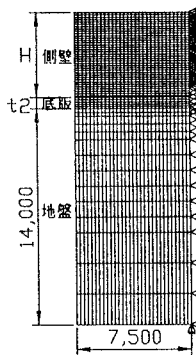


図-2 温度応力解析モデル

温度応力解析の解析手法としてCP法3次元FEM解析などがあるが、ここでは2次元FEM解析を使用した。温度解析は熱の放散が卓越する横断方向のモデルについて解析を行い、その結果である温度分布の経時変化を用いて縦断方向のモデルについて応力解析を実施する。温度解析及び温度応力解析に用いた解析モデルを図-1, 2に示す。

今回の解析では構造物の形状変化に着目して検討を行うため、表-1の様に解析ケースを決定した。case-1~3は側壁高が変化する時の温度、ひび割れ指数、主応力を比較検討するために、側壁厚及び底版厚を一定としている。同様にcase-3~5は側壁厚が変化する時の検討を行うため側壁高及び底版厚を一定に、case-5~7は底版厚が変化する時の比較検討を行うため側壁厚及び側壁高を一定にしている。また形状変化に着目するため、打設温度と外気温を20℃と等しくしている。その他の解析条件は、「[平成8年制定]コンクリート標準示方書 施工編」を参考に決定した。

表-1 解析ケース

	case-1	case-2	case-3	case-4	case-5	case-6	case-7
側壁高 H (m)	3.0	4.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
側壁厚 t1 (m)	0.45	0.45	0.45	0.60	0.80	0.80	0.80
底版厚 t2 (m)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.75	1.00

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: 材齢(日) a = 4.5 b = 0.95 $f_c(91)$: 材齢91日のコンクリートの圧縮強度 23.3(N/mm ²)
引張強度 (N/mm ²)	$f_t(t) = e \sqrt{f_c(t)}$ ここに、e: 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 ≤ 3日) $\psi = 0.73 + 0.135(t - 3)$ (3日 < t ≤ 5日) $\psi = 1.00$ (t ≥ 5日)
ポアソン比	$\nu = 0.2$
線膨張係数 (1/°C)	$\alpha = 10 \times 10^{-6}$

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ように設定した 打設温度20.0°Cのとき: $Q_{\infty}=46.0$ 、 $\gamma=1.104$
熱伝達率(W/m ² °C)	$\eta=11$ (型枠なし)
熱伝導率(W/m°C)	2.700
密度(kg/m ³)	2.300
比熱(kJ/kg°C)	1.150
初期温度(°C)	20.0

表-4 基礎地盤の物性値

項目	基礎地盤
密度(kg/m ³)	2,000
比熱(kJ/kg°C)	0.795
熱伝導率(W/m°C)	3.450
初期温度(°C)	20.0
弾性係数(N/mm ²)	10.0
ポアソン比	0.4
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、最小ひび割れ指数及び最大主応力とその発生材齢を表-5に示す。また、側壁高、側壁厚、及び底版厚が変化する時の最小ひび割れ指数を図-3～5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

	case-1	case-2	case-3	case-4	case-5	case-6	case-7
最高温度(°C)	37.02	37.02	37.02	40.88	45.37	45.37	45.37
発生材齢(日)	15.8	15.8	15.8	16.0	16.3	16.3	16.3
最小ひび割れ指数	2.53	2.35	2.27	1.86	1.54	1.39	1.35
発生材齢(日)	20.0	20.0	20.0	21.0	23.0	22.0	22.0
主応力(N/mm ²)	0.51	0.54	0.57	0.71	0.91	0.99	1.02
発生材齢(日)	22.0	22.0	22.0	23.0	25.0	25.0	24.0

5. 考察

最高温度については側壁厚の影響が卓越し、その他の影響はほとんど無い。

また、表-5と図-4から側壁厚が大きくなるにつれ最高温度が上昇し、その影響でひび割れ指数が低下している。そのため側壁厚が0.8m以上の時はひび割れ指数が1.5以下になっている。また図-5から側壁厚が同一の場合でも拘束体である底版が厚くなるとひび割れ指数が低下している。ただし、底版厚が側壁厚と同じ0.8mより大きくなると指数は一定になっている。

6. おわりに

以上の結果から側壁厚が0.8m以上の構造物を施工するときは、対策検討を行う必要がある。また、底版が側壁の厚さ以上になるまでは側壁厚が一定でも指数は低下するので対策検討を行うときは、底版の厚さを考慮する必要がある。

今回の数値解析においては構造物の形状変化に着目して検討を行ったが、実際の施工においては様々な気象条件や材料条件があるため、今後は気象条件や材料条件等の変化にも着目して検討を行う必要がある。

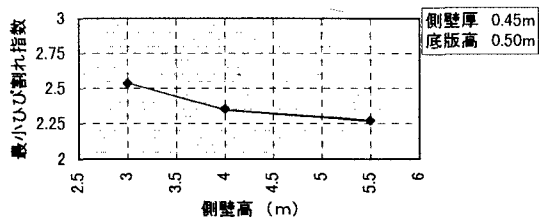


図-3 側壁高変化時の最小ひび割れ指数

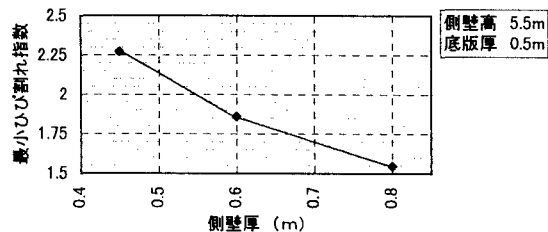


図-4 側壁厚変化時の最小ひび割れ指数

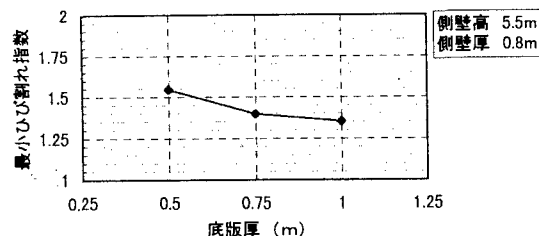


図-5 底版厚変化時の最小ひび割れ指数

- 参考文献 1) マスコンクリートのひび割れ制御指針 日本コンクリート工学協会
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