

V-426 各種因子のばらつきを考慮したコンクリートの温度応力解析

東京電機大学 大学院 学生員 ○潮田 和司
 西松建設技術研究所 正会員 西田 徳行
 西松建設技術研究所 正会員 土橋 吉輝
 東京電機大学 理工学部 正会員 松井 邦人

1. はじめに

マスコンクリートの温度応力解析は、近年めざましい進歩を遂げている。温度応力解析については一応の目度はついていると思われるが、解析値と実測値を比較した場合、必ずしも良く一致するとは限らない。何故なら、温度応力の解析には多くの不確定量が含まれるからである。これらの不確定量は、ばらつきを持つものであり、当然これらのばらつきは解析結果に影響を及ぼす。そこで、本研究ではこれら不確定量のばらつきが、温度応力解析結果に及ぼす影響を検討することを目的とする。

2. 解析手法

(1) 温度解析

温度解析は、以下に示す式を用いて一次元差分法で解析した。

① 岩盤

$$K_0 \frac{\partial^2 T_0}{\partial x^2} = \rho_0 c_0 \frac{\partial T_0}{\partial t}$$

初期条件

$$T(x, 0) = T_0$$

境界条件

$$T(x_0, t) = T_b$$

$$K_0 \frac{\partial T_0}{\partial t} + \alpha_1(T_0 - T_1) = 0$$

② コンクリート

$$K_1 \frac{\partial^2 T_1}{\partial x^2} + \dot{Q}(t) = \rho_1 c_1 \frac{\partial T_1}{\partial t}$$

初期条件

$$T(x, 0) = T_1$$

境界条件

$$K_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} + \alpha_1(T_0 - T_1) = 0$$

$$K_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} + \alpha_2(T_1 - T_a) = 0$$

発熱特性

$$Q(t) = Q_{\infty}(1 - e^{-\gamma t})$$

(2) 応力解析

応力解析は、以下に示す式を用いてCompensation Line法で解析した。

・ 応力

$$\sigma_{i+1}(y) = \sigma_i(y) + \Delta\sigma(y)$$

但し

$$\Delta\sigma(y) = E(t) \{ \alpha \Delta T(y) - \Delta \epsilon - \Delta \phi(y - H/2) \} + R_N E(t) \Delta \epsilon + R_M E(t) \Delta \phi(y - H/2)$$

・ 圧縮強度

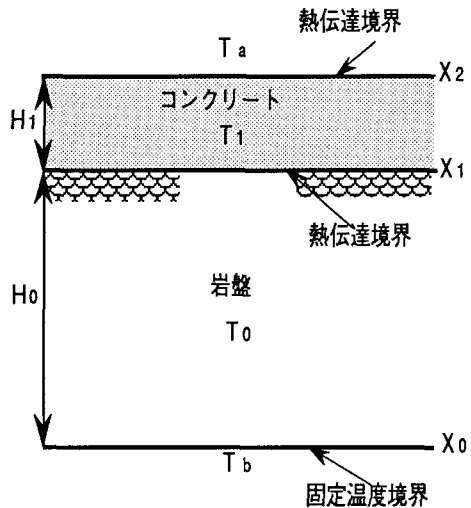
$$f'_c(t) = \frac{1}{a+bt} f'_c(91)$$

・ 有効ヤング係数

$$E_c(t) = \psi(t) \times 1.5 \times 10^4 \sqrt{f'_c(t)}$$

(3) 解析条件及び解析手法

マスコンクリートの温度応力を解析する場合、上に示したように温度解析、応力解析を行わなければならない。これらの解析には、多数の実験定数などが含まれている。これらの実験定数はばらつきを持つものであり、そしてこれらのばらつきは当然、予測したい応力に影響を及ぼす。そこで、本研究では図一示すような地盤に直接打設されたコンクリートブロックを対象に、実験定数などに含まれるばらつきが予測する応力に及ぼす影響を検討した。ばらつきを持つと思われる因子を表一に、その他の解析条件を表二に示した。解析手法は、ばらつきを持つ因子に基準値と標準偏差を設け、これらの値を基に乱数を発生させ、シミュレーションを行った。計算はばらつきを持つ因子全てに乱数を発生させシミュレーションした場合と、ばらつきを持つ因子一つ一つに乱数を発生させ、シミュレーションをした場合を行った。



図一 解析モデル

表一 解析条件(ばらつきを持つ各種因子)

項	目	基準値	標準偏差
コンクリートの熱伝導率	(kcal/mh°C)	2.50	0.25
コンクリートの密度	(kg/m ³)	2312.0	46.24
コンクリートの比熱	(kcal/kg°C)	0.31	0.031
断熱温度上昇実験定数	Q _{in} (°C)	41.8	4.18
	γ	0.98	0.098
岩盤とコンクリート間の熱伝達率	(kcal/m ² h°C)	5.0	0.50
コンクリートと外気温間の熱伝達率	(kcal/m ² h°C)	10.0	1.0
コンクリートの熱膨張係数	(1/°C)	10.0×10 ⁶	10.0×10 ⁷
材令91日のコンクリートの圧縮強度	(kgf/cm ²)	350.0	35.0
圧縮強度定数 ----- a		4.5	0.45
圧縮強度定数 ----- b		0.95	0.095

表二 解析条件

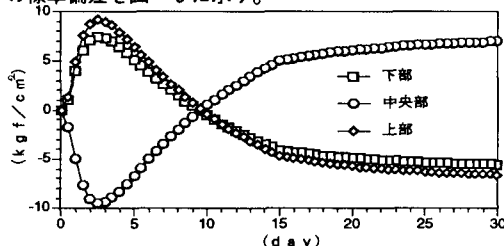
項	目	定数
岩盤の熱伝導率	(kcal/mh°C)	1.94
岩盤の密度	(kg/m ³)	2600.0
岩盤の比熱	(kcal/kg°C)	0.25
外気温	(°C)	20.0
岩盤の底辺の温度	(°C)	15.0
コンクリートの打設温度	(°C)	20.0
岩盤の初期温度	(°C)	17.5
軸拘束係数		0.0
曲げ拘束係数	(ピーク前)	0.0
曲げ拘束係数	(ピーク後)	0.0
岩盤の高さ	(m)	5.0
コンクリートの高さ	(m)	1.5

3. 解析結果

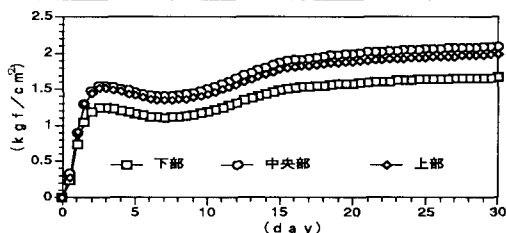
最初に、ばらつきを持つ各種因子にばらつきを持たせない時、すなわち基準とする値を用いて計算した時の応力の結果を図一2に示す。

次に、ばらつきを持つ各種因子すべてにばらつきを持たせ、乱数を生じさせ計算した時の応力の標準偏差を図一3に示す。

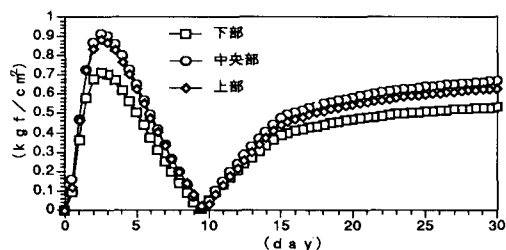
また、ばらつきを持つ各種因子一つ一つにばらつきを持たせ計算した時、応力に及ぼす影響が大きい因子は、コンクリートの熱膨張係数・コンクリートの熱伝導率・断熱温度上昇実験定数(Q_{in})・圧縮強度定数(b)などがあげられる。例として、断熱温度上昇実験定数(Q_{in})をばらつかせて計算した時の応力の標準偏差を図一4に示す。逆に、応力に及ぼす影響が小さい因子は、コンクリートの比熱・圧縮強度定数(a)などがあげられる。例として、圧縮強度定数(a)をばらつかせた時の応力の標準偏差を図一5に示す。



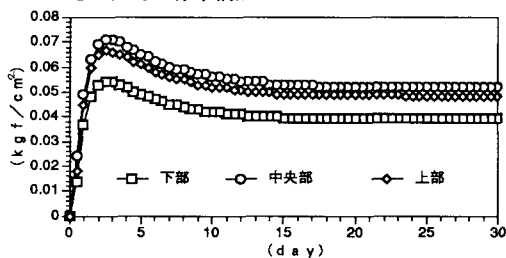
図一2 各種因子にばらつきのないときの応力



図一3 ばらつきを持つ因子全部にばらつきを持たせたときの応力の標準偏差



図一4 断熱温度上昇実験定数(Q_{in})をばらつかせたときの応力の標準偏差



図一5 圧縮強度定数(a)をばらつかせたときの応力の標準偏差

4. まとめ

温度応力に寄与する因子の多くは実験的に求めている。実験値には常に誤差が存在しているため、その値を用いて解析した結果は、その誤差を反映したものとなる。これらの因子の影響を総合的に判断すると、温度応力は20~40%のばらつきが存在すると予測できる。ばらつきを減少するには、それぞれの因子をより精度よく求める必要がある。