

鹿島建設技術研究所 正員 ○白石 泰一

鹿島建設技術研究所 正員 万木 正弘

鹿島建設技術研究所 正員 平田 重信

I. はじめに

マッシブなコンクリート構造物では、一般にその施工計画立案段階で、ひびわれの防止・制御のための検討がなされることが多い。マスコンクリートの温度・温度応力の推定法としては、簡易法、有限差分法（FDM）、有限要素法（FEM）などがあり、入力データの精度が高ければ、FEMが最も精度の良い値を得ることができる。しかし、FEMの場合、計算の容量が大きくなるため、大型コンピュータの使用は避けられず、経済的にデメリットとなることが多い。従って、現場での施工管理や、施工計画立案段階での種々の施工条件下における試計算を行う際には、FEMは実用的でなく、簡易的に応力を推定する方法が望まれる。

新旧コンクリートの打継ぎにおいて、新コンクリートに発生する温度応力については、種々の検討が行われており、応力の簡易推定法も提案されているが、旧コンクリートに発生する温度応力についてはあまり検討されていない。本報告は、新コンクリート打設による旧コンクリートにおける応力の変化を簡便に推定する方法について述べたものである。

II. 応力分布影響線による旧コンクリートの応力増加推定法

1. 基本的な考え方

層状にコンクリートを打設する場合、新しく打設されたコンクリートの温度上昇により、旧コンクリートの温度分布は変化し、それに伴って旧コンクリートに応力が発生する。この応力は、新コンクリートの温度上昇量やその速度、新コンクリート打設後の経過時間などの影響を受けて複雑に変化するが、ここでは極く単純なモデルによる次のような応力の簡易推定法を考えた。

まず、新コンクリートの平均温度（以下、 T_{av} と記す）を一定量（ T_u ）増加させたことによる旧コンクリート内の温度変化、およびそれに伴う応力変化を各経過時間毎に計算しておく（これによって得られた旧コンクリートの応力分布を応力分布影響線と呼ぶ）。一方、新コンクリートの打設時（材令 t_0 ）から応力を求める材令（ t_n ）までを幾つかのステップに分け、各ステップ毎における新コンクリートの温度増分に対する旧コンクリートの材令 t_n までの応力増分を応力分布影響線を用いて計算し、各ステップでの応力増分を重ね合わせることににより、材令 t_n における旧コンクリートの応力を求めるものである。即ち、 T_{av} が図-1に示す温度履歴 $T_s(t_i)$ のように変化した時、新コンクリートの打設から t_n 時間後における打継ぎ面からの距離 y （以下、位置 y と記す）での旧コンクリートの応力増加量 $\sigma(t_n, y)$ は次のように求められる。

材令 t_{i-1} から材令 t_i の間で T_{av} が

$$\Delta T_s(t_i) = T_s(t_i) - T_s(t_{i-1}) \quad \text{..... (1)}$$

だけ変化した時、材令 t_n での $\Delta T_s(t_i)$ の影響による位置 y での応力増分 $\Delta \sigma_i$ は

$$\Delta \sigma_i = k_i \cdot \sigma_u(t_n - t_i, y) \quad \text{..... (2)}$$

ここに、 $k_i = \{ T_s(t_{i+1}) - T_s(t_i) \} / T_u$

$\sigma_u(t, y)$: T_{av} が T_u °C 変化してから t 時間後の位置 y における旧コンクリートの応力（応力分布影響線）

となり、材令 t_n における位置 y での応力増加量 $\sigma(t_n, y)$ は、

(2) 式で求まる各ステップでの応力増分を重ね合わせて、

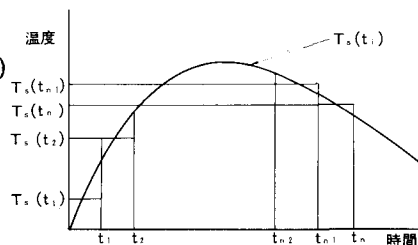


図-1 解析手順(1)

$$\sigma(t_n, y) = \sum_{i=0}^{n-1} \Delta \sigma_i = \sum_{i=0}^{n-1} \{k_i \cdot \sigma u(t_n - t_i, y)\} \quad (3)$$

で表わすことができる。また、さらに新しいコンクリートが層厚 ds 、打設間隔 ts で層状打設された場合、図-2に示した点Aにおける第 n 層目打設から t_i 時間後の応力 σ_i は、各層が打設されてからの応力増分を重ね合わせて、(4)式のように求めることができる。

$$\sigma_i = \sigma(ts, y) + \sigma(ts, y+ds) + \dots + \sigma(t_i, y+ds \cdot (n-2)) + \sigma(t_i, y+ds \cdot (n-1)) \quad (4)$$

2. 応力分布影響線の作成方法

新コンクリートの打設に伴う温度上昇によって旧コンクリートに発生する応力は、新コンクリートの剛性、ブロックの長さの影響を受けると考えられた。そこで、応力分布影響線を作成する際の要因として、新コンクリートのヤング率(旧コンクリートのヤング率に対する比を0.5, 0.75, 1.0)、ブロックの長さ(5, 10, 20, 30, 40, 50m)を取り上げてFEM

による温度応力解析を行い、応力分布影響線を作成した。解析モデル、解析条件は図-3、表-1のとおりである。

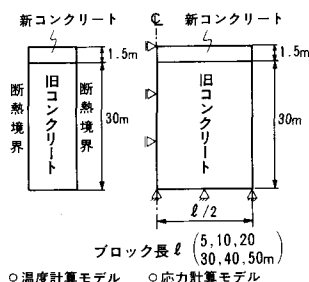


図-3 解析モデル

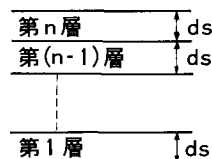


図-2 解析手順(2)

表-1 解析条件

比率 (kcal/kg·°C)	0.25
熱伝導率 (kcal/m·hr·°C)	2.0
ヤング率 (kg/cm²)	2.6×10^5
線膨張係数 (1/°C)	10×10^{-6}
ポアソン比	0.167

応力分布影響線の例を、図-4に示した。

3. FEM解析との対比

応力分布影響線による旧コンクリートの応力増加推定法の妥当性を検討するため、FEM解析との比較を行った。Tavが図-5のような温度履歴を示した場合について、応力分布影響線、FEM解析でそれぞれ旧コンクリートの応力変化を求めた結果が図-6であり、応力分布影響線による旧コンクリートの応力増加推定法は、実用上、十分な精度を有していると考えられる。

Ⅲ. おわりに

新コンクリートの打設に伴う温度上昇によって発生する旧コンクリートの応力変化の概略を把握するために、簡易的な推定法を提案し、実用上、適用可能であることがわかった。今後は、層状打設を行う大型コンクリート構造物の施工に際して、施工計画時および現場における施工管理への、活用法を検討していきたいと考えている。

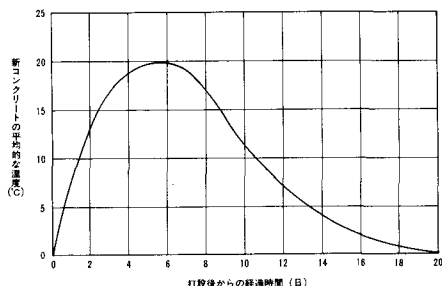


図-5 新コンクリートの温度履歴

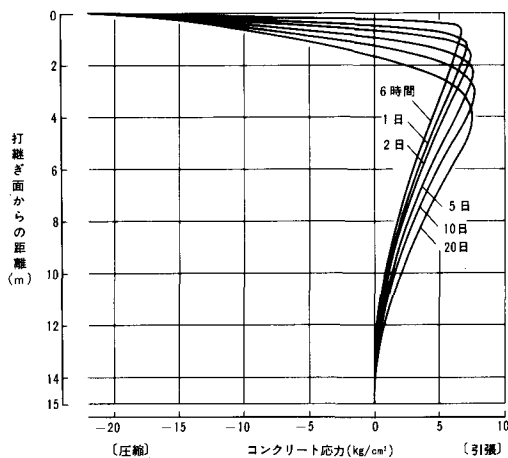


図-4 応力分布影響線 ($E=0.75E_0$ 、ブロック長30m)

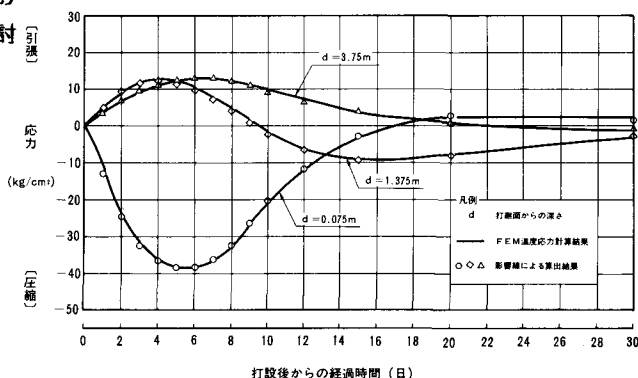


図-6 応力算定結果 (FEMとの比較)