

型枠の拘束効果を考慮に入れた若材齢コンクリートの温度応力解析

名城大学 学生 藤嶋亜佐子 学生 福本 欣正
名城大学 学生員 中村 貴彦 正会員 石川 靖晃

1. はじめに

当研究室では若材齢時でのマスコンクリートにおいて弾性、塑性、粘弾性および粘塑性成分全てを考慮した構成則モデルの開発を行ってきた。しかしながら、田辺、石川らにより構築された構成則¹⁾を用いて変形解析を行った場合は粘弾性及び粘塑性による時間依存変形の影響を極めて大きく受けることから、実際の温度応力問題に適用した場合材齢極初期においては変位等は極めて大きく発生すると思われる。実際は材齢極初期においては、コンクリートは型枠の中に存在する。その為、温度応力解析を行う際、型枠の拘束を考慮に入れて解析を行う必要があると思われる。

そこで本研究では、開発した構成則モデルが導入された力の釣り合い式に型枠の拘束をバネにより考慮することにより、型枠を考慮に入れた温度応力解析を行った。

2. 弾性、塑性、粘弾性および粘塑性成分を考慮に入れた構成則モデル¹⁾

田辺、石川らによれば、コンクリート中に発生する全ひずみ増分 $d\{\epsilon_t\}$ は次式のように与えられる。

$$d\{\epsilon_t\} = d\{\epsilon_e\} + d\{\epsilon_p\} + d\{\epsilon_{ve}\} + d\{\epsilon_{vp}\} + d\{\epsilon_{temp}\} \quad (1)$$

$d\{\epsilon_e\}$: 全ひずみ $d\{\epsilon_e\}$: 弾性ひずみ $d\{\epsilon_p\}$: 塑性ひずみ
 $d\{\epsilon_{ve}\}$: 粘弾性ひずみ $d\{\epsilon_{vp}\}$: 粘塑性ひずみ $d\{\epsilon_{temp}\}$: 温度ひずみ

ここで下付添え字“t”, “e”, “p”, “ve”, “vp”, および temp はそれぞれ、弾性、塑性、粘弾性、粘塑性および温度を表している。詳細は文献⁽¹⁾に記載されている。この構成則モデルを用いての持続応力による変形の解析例を図-1に示す。これらの図から応力レベルが大きい程、粘塑性成分によぬ変形が卓越して発生していることが解る。よってこの構成則モデルを用いて変形解析を行う際、材齢極初期においては粘塑性変形が極めて大きく発生することが予想される。その為、型枠の拘束効果は重要なものと考える。

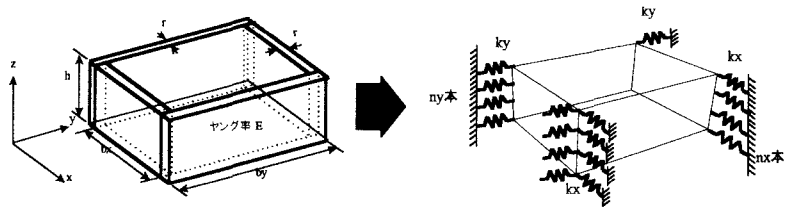


図-2、型枠の拘束効果のバネによるモデル化

の持続応力による変形の解析例を図-1に示す。これらの図から応力レベルが大きい程、粘塑性成分によぬ変形が卓越して発生していることが解る。よってこの構成則モデルを用いて変形解析を行う際、材齢極初期においては粘塑性変形が極めて大きく発生することが予想される。その為、型枠の拘束効果は重要なものと考える。

3. 線形バネによる型枠剛性のモデル化

まず、コンクリートブロックは完全な直方体と仮定し、コンクリートブロックの周りを4枚の同じ大きさの弾性板で囲まれているとし、4枚の板においては曲げ変形は生じないと仮定し、板と板との継ぎ目は完全に剛結されていると仮定する。さらに板とコンクリートブロックとの間は完全に未付着していると仮定する。また、板の寸法は高さ h , b_x , b_y 及び厚さ r を有しており、弾性係数 E を有しているとする。X軸面及びY軸面に垂直な方向を有するバネによってX方向及びY方向に拘束されている

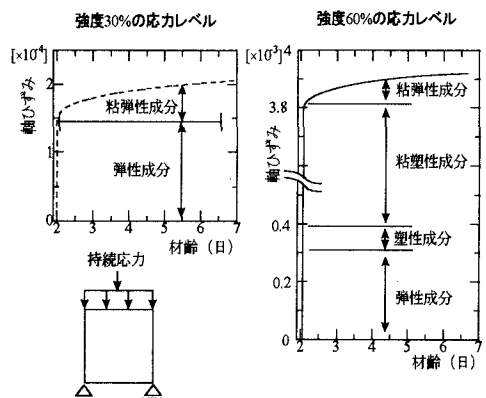


図1、弾性、粘性、粘弾性および粘塑性成分を考慮に入れた構成則モデルによる変形解析の一例

る状態を考える。全てのバネは節点上に配置されているものとし、節点は x 面および y 面上にそれぞれ n_x および n_y 個存在するとする。X および y 各方向のそれぞれにおける全てのバネは同じ剛性 k_x 及び k_y を有すると仮定する。

エネルギー的に全く等価であるならば、 x 方向に一樣な任意の変位 δu_x 及び y 方向に任意の一樣な変位 δu_y を与えた場合、次式が成り立つ。

$$\frac{1}{2} n_x k_x (\delta u_x)^2 + \frac{1}{2} n_y k_y (\delta u_y)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Erh}{b_y} (\delta u_x)^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{Erh}{b_x} (\delta u_y)^2 \quad (2)$$

式 (2) は任意の変化に対して成り立つから、式 (2) よりバネ剛性は次式で評価される。

$$k_x = \frac{Erh}{b_y n_x}, \quad k_y = \frac{Erh}{b_x n_y} \quad (3)$$

4. 解析方法および結果

上述の方法により 2 次元平面ひずみ状態により FEM 温度応力解析を行った。解析に用いた温度履歴を図-3 に示す。用いた材料パラメータは文献⁽¹⁾通りである。解析においては自重を考慮し解析期間は打設直後から 6 日間とした。解析ケースは① (弾性解析かつ型枠なし)、② (非弾性解析かつ型枠なし)、

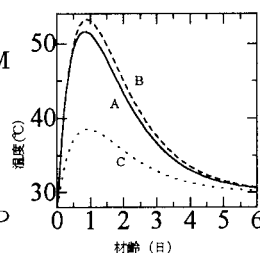


図3. 温度履歴

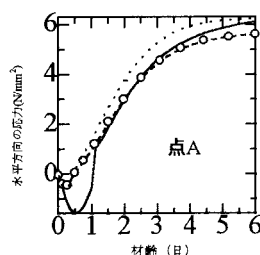


図5-a 水平応力の経時変化

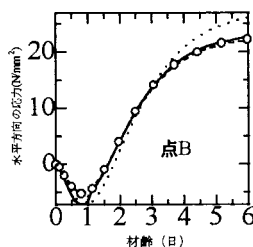


図5-b 水平応力の経時変化

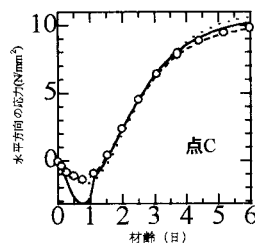


図5-c 水平応力の経時変化

--- クリブなし、型枠なし
- - - クリブ考慮、型枠なし
○ --- クリブ考慮、型枠考慮

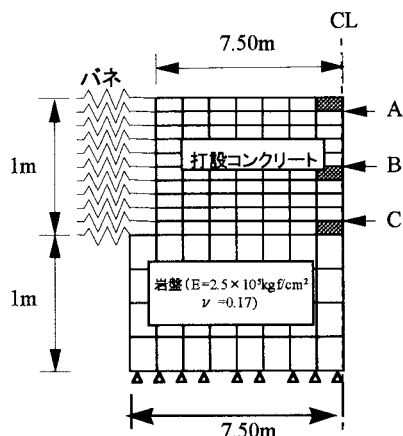


図-4 解析モデル

③ (非弾性解析、型枠考慮) の 3 パターンとした。型枠考

慮の場合は $k=1.0 \times 10^5 \text{ kg f/cm}$ とした。これは厚さが

ほぼ 2mm の型枠に対応している。図-5 に A,B および C 点における水平応力の経時変化を示す。図-2 から分かるように、弾性解析は塑性および粘性成分を考慮し且つ、型枠が無いとしたものより水平応力が大きくなる。さらに塑性および粘性成分を考慮し型枠を拘束した場合、材齢初期に圧縮側に水平応力が増大したことが分かる。

5. まとめ

以上より型枠が初期変形に及ぼす影響は極めて大きいことを解析的に確認したが、今後様々なケースに対し検討を行う必要がある。

<参考文献>

1), 2) 3) Tada-aki Tanabe, Yasuaki Ishikawa, Naoki Ando : Visco elastic and visco-plastic modeling of transient concrete: PROCEEDINGS OF THE EURO-C 1998 CONFERENCE ON COMPUTATIONAL MODELLING OF CONCRETE STRUCTURES/BADGASTEIN/AUSTRIA/31 MARCH-3 APRIL 1998