

# 自己収縮を受ける材齢極初期のコンクリートの塑性局所挙動に関する解析的検討

名城大学大学院 学生会員 藤原 武司  
琉球大学大学院 学生会員 島袋 佳  
名城大学 正会員 石川 靖晃

## 1. 序論

打設した直後から数日以内のいわば材齢極初期のコンクリートは、自己収縮が卓越しコンクリート構造物中に局所的な初期欠陥を引き起こすことが知られている。その為、初期変形を精度よく予測制御することはマスコンクリート構造物の設計上必要不可欠な事項の一つである。しかし、このような初期欠陥について理論的な検討を行った例は殆ど無い。

そこで、本研究では田辺・石川らによって構築された材齢極初期コンクリートの構成則モデルを用いてマスコンクリート構造物に生じる局所的な塑性挙動について解析・考察を行った。

## 2. 半流動体状態におけるコンクリートの構成則モデル

現在まで著者らは Fresh 時から材齢の経過につれ固体化していく過程におけるコンクリートいわゆる遷移材齢時コンクリートの構成則モデルを開発している<sup>1)</sup>

このモデルの特徴はコンクリートの応力ひずみ成分として弾性、塑性、粘弾性および粘塑性成分全てが考慮されていることである。即ち、コンクリートに生じる全ひずみ増分  $d\{\}$  は

$$d\{\} = d\{^e\} + d\{^p\} + d\{^{ve}\} + d\{^{vp}\} + d\{^0\} \quad (1)$$

で表わされる。ここで、上付き沿え字  $e$ 、 $p$ 、 $ve$ 、 $vp$  および  $0$  はそれぞれ、弾性、塑性、粘弾性、粘塑性および応力に依存しないひずみ成分を表わしている。応力に依存しないひずみ成分は、温度、乾燥収縮、自己収縮等の要因で決定されるが、本研究では簡単のため自己収縮のみが生じると仮定した。

## 3. 解析方法

打節後から自己収縮を受けるコンクリートの変形解析を 2. の構成則を FEM 応力解析に導入ことにより行った。解析対象は図-1 に示すような剛体上に打設された無筋のマスコンクリート壁および地盤である。地盤とコンクリートの境界面は完全に付着していると仮定した。解析に用いた材料パラメータは文献(1)のものをそのまま使用した。文献(1)における材料パラメータは、 $W/C=0.55$  の普通コンクリートに対応している。

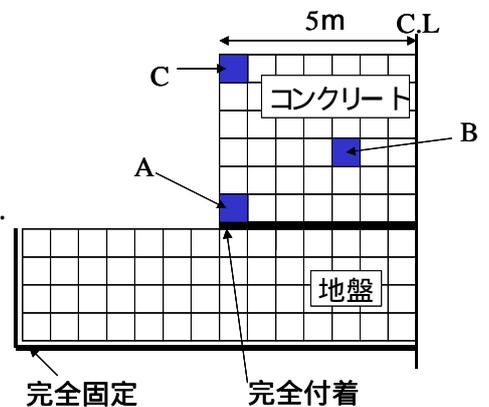


図-1 解析対象コンクリート壁

自己収縮ひずみ  $d\{^0\}$  に関しては、本研究では簡単のため、

$$\{^0\} = -1.0 \times 10^{-4} \cdot t \{m\} \quad \{m\} = \{111000\}^T \quad (2)$$

と材齢  $t$  (日) に対して直線的に変化するものとして与えた。また、本研究では主として自己収縮による初期欠陥について論じるため、Drucker-Prager 則を引張子午線上で Mohr-Coulomb の六角錐に合わせて解析を行った。

即ち、 $F = I_1 + \sqrt{J_2} - k(\sigma_{ep})$  で与えられる Drucker-Prager 則において、 $\alpha = 2 \sin \phi / \{\sqrt{3}(3 + \sin \phi)\}$  と  $\beta$  を決定した。

ここで、 $\phi$  は内部摩擦角であり、 $\phi = 27^\circ$  となっている。しかし、Drucker-Prager 則はコンクリートの引張破壊を過大評価することは経験的に知られている。そこで、 $I_1 > 0$  のとき  $\beta = 3$  として、引張側の降伏を早めるようにした(図-2)。

キーワード：フレッシュコンクリート、局所的な初期欠陥、自己収縮

名城大学工学部土木工学科 (〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 Tel (052)832-1151 Fax(052)832-1178)

等価一軸応力ひずみ関係については  $\sigma_{eq} = \sigma_0 \exp(-\mu \epsilon_{ep})$  で仮定し, 急激なひずみ軟化を表現することとした. ここで  $\sigma_0$  は, 一軸引張強度である. また  $\mu = 1.0 \times 10^{-4}$  とした. また, 地盤は弾性係数  $1.0 \times 10^3$  MPa, ポアソン比 0.17 の弾性体と仮定した.

解析期間は打設直後から材齢 0.5 日まで行った. 解析ケースとしてコンクリート壁の高さを何通りか変えて行った. 解析対象コンクリートの幅や, 地盤の高さ・幅は変えていない. そして, 任意の 3 つの要素に着目してその要素における応力依存性ひずみ - 応力の関係を調べた. 任意の 3 要素とは図-1 のような打設 (解析対象である) コンクリートの A, B, C の 3 点である.

#### 4. 考察

壁高さ = 0.5m における A および B 要素の応力 応力依存性ひずみ関係を図-3(a)(b)に示す. 但し, 応力は水平方向のそれである. 時間経過における降伏状況では, 常に要素 A から降伏が始まっていた. (a) は材齢 0.3 日で, (b) は材齢 0.35 日で降伏している. 特に要素 A では顕著であり, 引張軟化が生じている. 普通, 打設されたコンクリートは時間の経過とともに水和反応が進み, 硬化しながら強度を増していくが, 降伏を示した A・B の両要素の場合, 自己収縮によって縮まろうとしたコンクリートが地盤や型枠の拘束によって, 結果的に引張を受ける形になり, コンクリートがその引張に耐えきれずに降伏したため, 応力が著しく減少しているものと思われる.

一方, 高さを変化させた場合の要素 A における応力 応力依存性ひずみ関係を図 4-1(a)(c)に示す. 双方のケースともに, 降伏による応力の低下は A・B 要素で現れるが, その A・B 両要素も打設する (解析対象である) コンクリートが高くなるに従って降伏による応力低下傾向は小さくなっている. 収縮したときに地盤や型枠から剥離しやすいが, 10.0m ぐらいの厚さになるとそうは簡単には剥離しないために, 降伏を示さず 順調に応力が増加していくのではないかとと思われる.

#### 5. 結論

以上の結果より, コンクリート高さによって降伏パターンが全く異なることが分かった. 本研究の範囲では, 確固とした結論付けはもちろん出来ないが, 今後のマスコンクリートの初期変形予測の布石となり得ると思われる. さらに今後, 実験的な確証を得るなど様々な検討が必要であることは言うまでもない.

#### 参考文献

1) TANABE, T., ISHIKAWA, Y. and ANDO, N.:

Visco-elastic and Visco-plastic Modeling of Transient Concrete, Proceedings of the EURO-C 1998 Conference on Computational Modelling of Concrete Structures /Badgastein /Austria, pp441-453, 31 March- 3 April, 1998

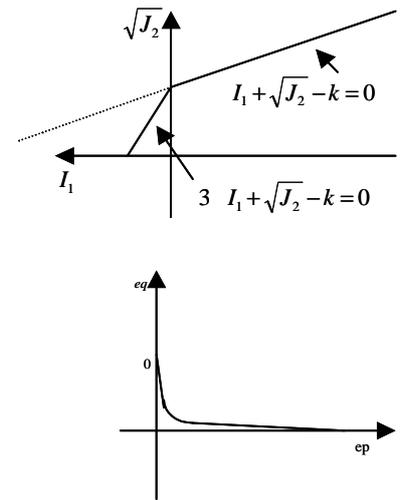


図-2 引張側に修正された Drucker-Prager 則

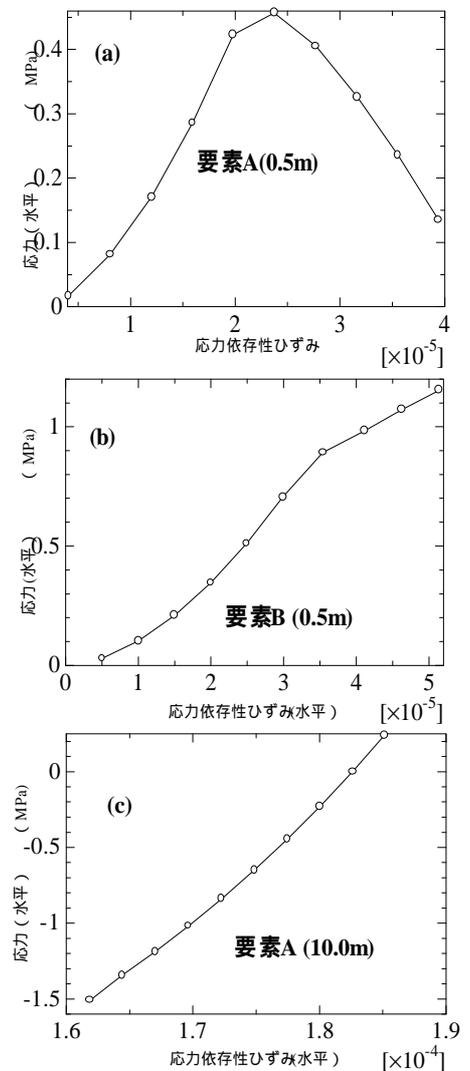


図-3 応力依存性ひずみ 応力関係図