

# メニスカスの時間変化を考慮した乾燥収縮解析

名城大学 学生会員 ○岡田 崇宏  
 名城大学 正会員 石川 靖晃

## 1. はじめに

若材齢時コンクリートに対して乾燥収縮解析を実施する場合、材齢極初期から表面部にひび割れが生じる解析解となる傾向となり、実際の現象を十分捉えているとは言い難かった。従来の解析手法では硬化時コンクリートに対する乾燥収縮ひずみ履歴を若材齢コンクリートにそのまま適用していた。一方、乾燥収縮によって生じる応力はメニスカスに大きく依存するがメニスカスの影響の程度は硬化時と若材齢時では異なると考えられる。そこで本研究ではメニスカスの材齢による変化を圧縮強度比の時間変化と捉え、乾燥収縮解析を行い、数値的検討を行うことを目的とした。

## 2. メニスカスの時間変化を考慮した乾燥収縮解析手法

既往の研究<sup>1)</sup>では乾燥即ち水分移動に伴う応力の発生は、空隙間水のメニスカス形成で負の圧力が空隙水中に生じる結果であるとされている。比表面積が増大することはメニスカスを発生させる場所が増え、小さなメニスカス半径の水柱がより多く生じることを意味している。比表面積変化は水和変化そのものであるから水柱の変化と強度変化は概ね比例関係であると考えられる。即ち、メニスカスを構成する水柱の数を完全硬化状態で 1.0 と仮定した場合、若材齢時では強度に応じて 1.0 より小さいと考えることができる。この考え方により乾燥収縮ひずみは次式で示すことができる。

$$\epsilon_{sh}(t) = \alpha \epsilon_{sh,\infty} \quad (1)$$

ここで、 $\epsilon_{sh}(t)$  は時間  $t$  における乾燥収縮ひずみ、 $\epsilon_{sh,\infty}$  は硬化コンクリートの乾燥収縮ひずみ、 $\alpha$  はメニスカスを構成する水柱の割合を表す係数であり、圧縮強度比の関数である。 $t \rightarrow \infty$  の時  $\alpha \rightarrow 1$  となる制約がある。また、増分系の表現では次式のようになる。

$$\Delta \epsilon_{sh}(t) = \Delta \alpha \cdot \epsilon_{sh,\infty} + \alpha \Delta \epsilon_{sh,\infty} \quad (2)$$

式(1)(2)中の  $\alpha$  を具体的な関数で与えることにより、材齢極初期における乾燥収縮の解析挙動を表現することができる。

## 3. 数値解析例

上記に述べた手法に基づき温度と湿気移動を考慮した初期応力解析を実施した。解析対象モデルを図-1に

示す。解析対象モデルは 1000mm×1000mm×400mm の 1/4 直方体モデルである。変位拘束条件と熱伝達境界は図-1の凡例に示すとおりである。まず、温度解析を行い、次に計算された温度履歴を用いて湿気移動解析を行った。周囲外気温は 20℃一定で、周囲相対湿度は 40%一定である。解析に用いた物性値は土木学会コンクリート標準示方書を基に決定した。解析で得られた温度履歴ならびに相対湿度履歴を図-2、図-3に示す。また、温度解析より得られた経験最大温度を図-4に、

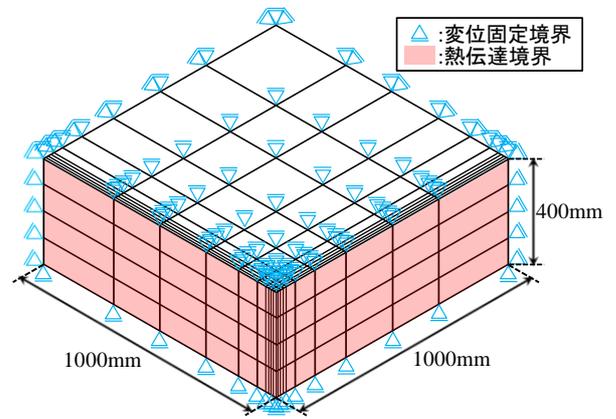


図-1 解析モデル

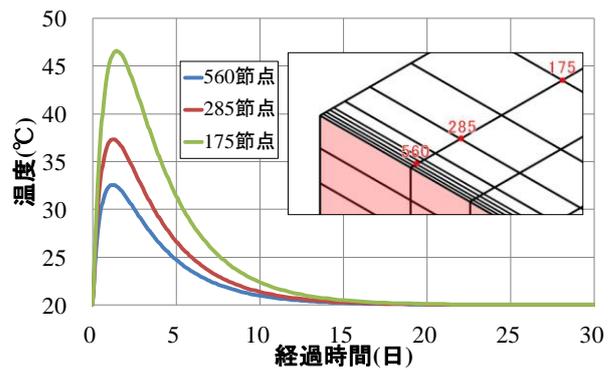


図-2 温度履歴

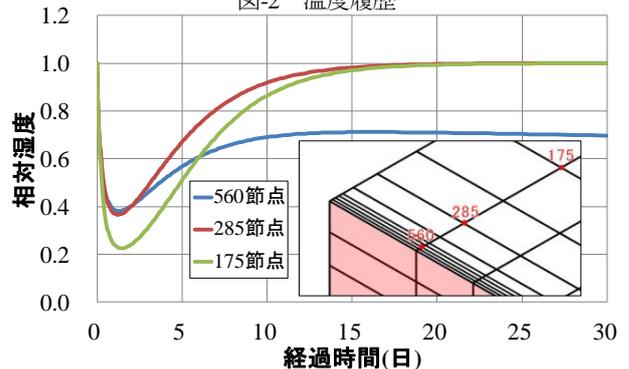


図-3 相対湿度履歴

表-1 解析ケース

乾燥収縮	圧縮強度比	定数n
考慮しない	—	—
考慮する(JCI)	考慮しない	—
考慮する(JCI)	考慮する	1.0
考慮する(JCI)	考慮する	1.5
考慮する(JCI)	考慮する	3.0
考慮する(CEB)	考慮しない	—
考慮する(CEB)	考慮する	1.0
考慮する(CEB)	考慮する	1.5
考慮する(CEB)	考慮する	3.0

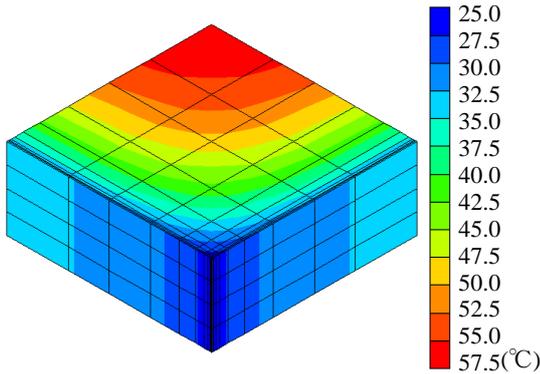


図-4 経験最大温度

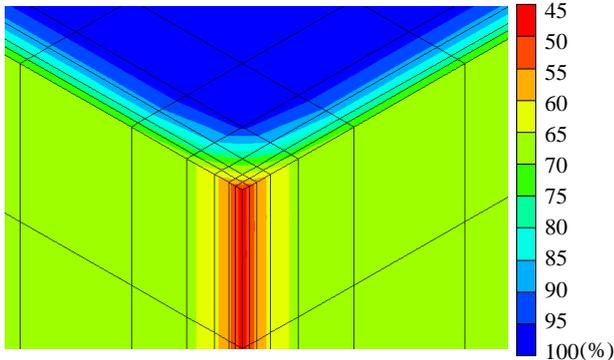


図-5 相対湿度分布

湿気移動解析より得られた相対湿度分布を図-5に示す。

続いて初期応力解析を行った。なお、式(1)、式(2)における $\alpha$ は次式で仮定する。

$$\alpha = \left( \frac{f'_c}{f'_{c91}} \right)^n \quad (3)$$

ここで $f'_c$ は圧縮強度、 $f'_{c91}$ は材齢91日における圧縮強度、 $n$ は定数である。解析ケースは表-1に示すとおりである。乾燥収縮式、 $n$ の値を変えた9ケースを設定した。表中の表記「JCI」はJCI-TC911推定式、「CEB」はCEB-FIP Model Code 1990による評価式を意味している。「JCI」で乾燥収縮を考慮した表面部の最大主応

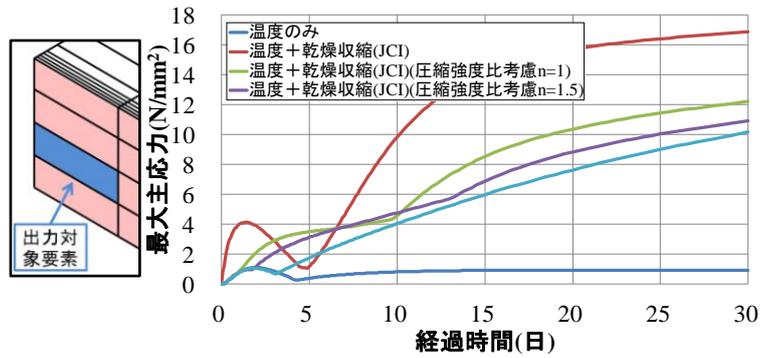


図-6 表面部最大主応力の経時変化(JCI)

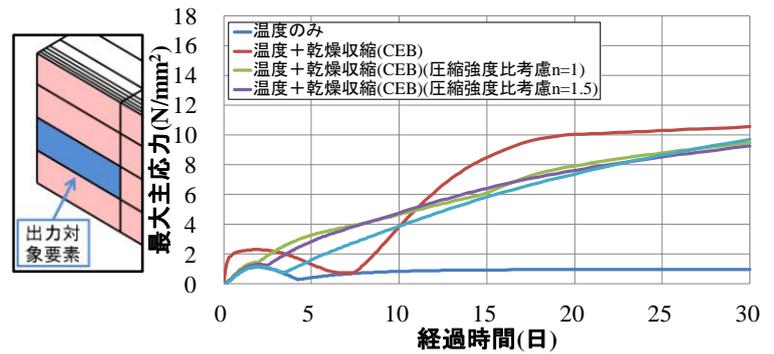


図-7 表面部最大主応力の経時変化(CEB)

力の経時変化を図-6に、「CEB」で乾燥収縮を考慮した表面部の最大主応力の経時変化を図-7に示す。

「JCI」、「CEB」いずれのケースにおいてもメニスカスの影響による $\alpha$ の低減を考慮した場合、材齢極初期における引張応力の発生を抑えることが確認された。また $n$ の値が大きい程、材齢極初期における引張応力は小さくなるが材齢が経つにつれて引張応力の時間に対する増加量は大きくなることも確認された。

#### 4. おわりに

本研究ではメニスカスを構成する水柱の時間変化を圧縮強度比の変化と捉え、それを考慮した数値解析手法を提案した。その結果、材齢極初期における表面部に生じる引張応力が低減することが確認された。今後、多くの数値検討を行うことにより、本手法の数値的検討を実施したいと考えている。

#### 謝辞

本研究を実施するにあたり、LECOM 研究会の方々より貴重なご助言をいただきました。ここに心から感謝いたします。

#### 参考文献

1)Bazant,Z.P. and Wittman, F.H.: Creep and Shrinkage in Concrete Structures, John Wiley & Sons, 1982