

材齢極初期からのコンクリートの乾燥収縮解析に関する基礎的研究

名城大学大学院 学生会員 ○岡田 崇宏
 名城大学 正会員 石川 靖晃

1. はじめに

若材齢時の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をとる傾向となり、実際の現象を十分捉えているとは言い難かった。また、材齢極初期における乾燥収縮挙動の解析の研究はこれまで十分に行われてはおらず、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、乾燥収縮と温度変化を考慮したひび割れ解析を行い、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¹⁾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。

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

ここで、 $\varepsilon_{sh}(t)$ は時間 t における乾燥収縮ひずみ、 $\varepsilon_{sh,\infty}$ は硬化コンクリートの乾燥収縮ひずみ、 α 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。

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

式(1)(2)中の α 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

前述した手法に基づき温度と湿気移動を考慮したひび割れ解析を実施した。図-1 に解析対象モデルの外観図を示す。解析対象モデルは実構造物の壁の一部を想定してフーチングの上にコンクリート壁を打設した 1/2 対称モデルである。変位拘束条件と熱伝達境界、

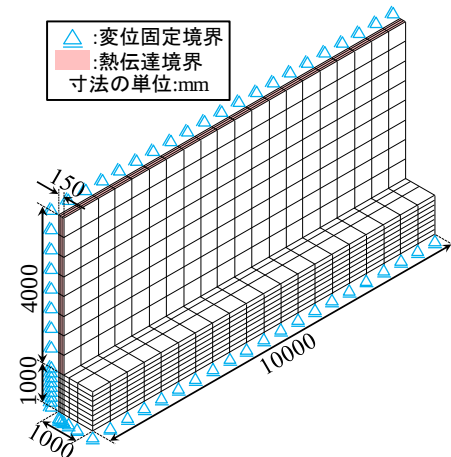


図-1 解析対象モデル

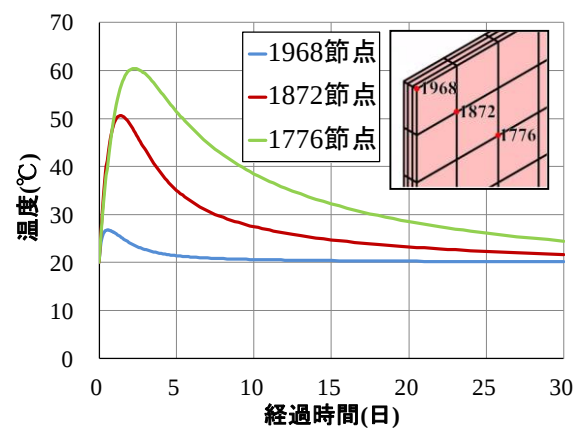


図-2 温度履歴

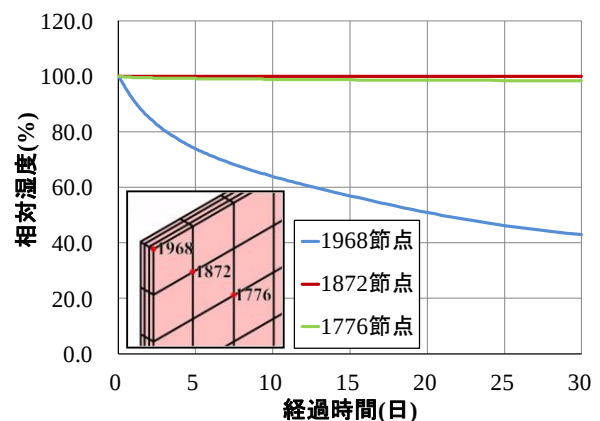


図-3 相対湿度履歴

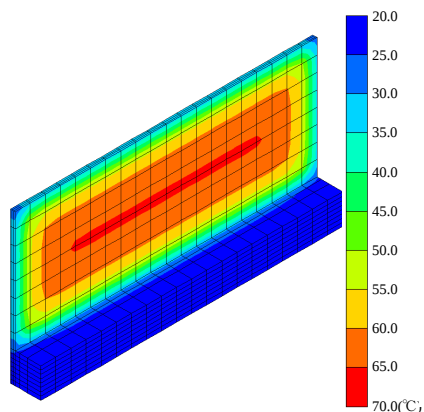


図-4 最大経験温度

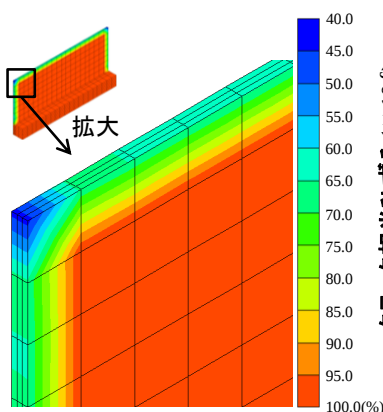


図-5 相対湿度分布(材齢 30 日目)

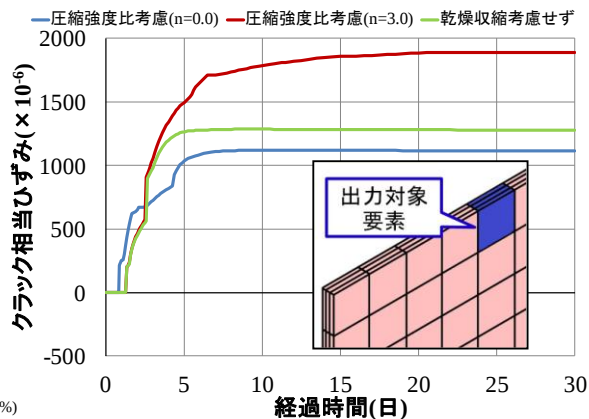


図-7 クラック相当ひずみの経時変化

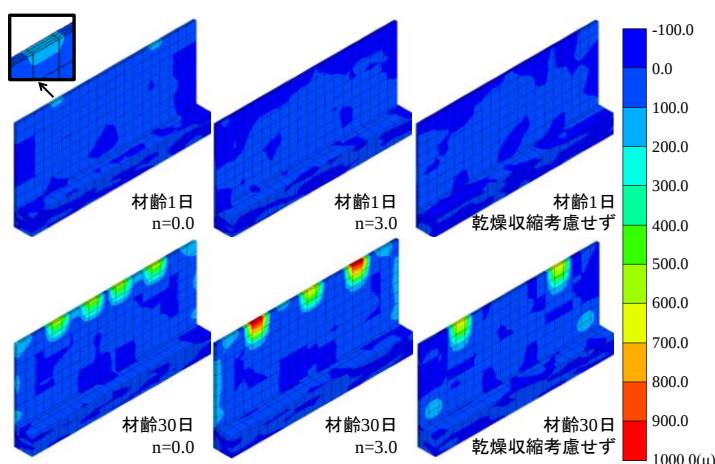


図-6 クラック相当ひずみ分布

及び形状寸法は図-1 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。解析より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。最大経験温度を図-4 に、材齢 30 日目の相対湿度分布を図-5 に示す。最高温度は 70℃程度である。また材齢 30 日目では表面部より 50cm 程度深い位置まで乾燥が進行している。

続いてひび割れ解析を行った。なお、式(1)、式(2)における α は次式で仮定した。

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

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。 n の値を 0.0、3.0 と変えた 2 ケース、比較のため乾燥収縮を考慮しないもの 1 ケース、計 3 ケースを設定した。ひび割れ解析により得られたクラック相当ひずみ分布を図-6 に示す。なお、

クラック相当ひずみは分散ひび割れモデルにおいて 1m あたりのひび割れ幅濃度に相当するひずみである。上側が材齢 1 日目、下側が材齢 30 日目に対応している。材齢 1 日目では $n=0.0$ のケースのみ上部部に 100~200 μ 程度のクラック相当ひずみが発生している。材齢 30 日目においては 3 ケースとも顕著なクラック相当ひずみが発生している。3 ケースのクラック相当ひずみの経時変化を図-7 に示す。材齢極初期に着目すると、 $n=3.0$ のケースでは $n=0.0$ のケースに比べひび割れの発生が遅れていることが確認できる。 $n=3.0$ のケースにおいては $n=0.0$ のケースに比べ最終的なひび割れは大きくなることも確認できた。この点については今後更に検討していきたい。

4. おわりに

本研究では、メニスカスを構成する水中の経時変化を圧縮強度の変化と捉え、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ひび割れ発生を抑えることが確認された。今回の解析では $n=3.0$ のみであり、十分な検討とは言えない。今後は、乾燥収縮実験での実測値と解析値の数値的検討やひび割れ幅の比較を行うことにより、 α についてより詳細に検討していきたいと考えている。

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