

凝固理論による遷移材齢時コンクリートの一軸圧縮構成則モデルの構築

名城大学大学院 学生会員 ○渡邊 幸太 名城大学大学院 学生会員 森川 幸彦
名城大学 正会員 石川 靖晃

1. はじめに

Bingham 体から固体へ遷移な過程のコンクリート（遷移材齢時コンクリート）の応力ひずみの構成則は一般に塑性ひずみとその材齢との関数で表現される．その構成則は厳密には材齢変化を考慮に入れた塑性理論により記述される．しかし，数値解析を行う上では，困難を伴うことも多い．
本研究では，凝固理論による遷移材齢時コンクリートの一軸圧縮構成則モデルの定式化を行った．そして，材齢変化と塑性ひずみ履歴を考慮した一軸圧縮試験を実施し，提案したモデルと比較検討を行った．

2. 凝固理論による遷移材齢時コンクリートの構成則モデル

本研究では図-1 に示すようには材齢と共に体積が変化する遷移材齢時コンクリートを硬化体から構成されると仮定する．その硬化体は，図-2 に示すような時間に全く依存しないひとつの応力ひずみ関係を有している．コンクリートに作用する全体の応力増分 σ_g はその時点で生成されている硬化体全てで受け持つと考える．また，各々の硬化体に生じるひずみは全体のひずみ増分 $\varepsilon(t)$ と硬化体が生成した時間 t における全体のひずみ増分 $\varepsilon(\tau)$ との差で表される．この時，全体の応力増分と全体のひずみ増分との関係は次式で表される．

$$d\sigma_g(t) = D(t)d\varepsilon(t) \quad \dots \quad (1)$$

$$D(t) = \int_0^{\varepsilon(t)-\varepsilon(\tau)} \left. \frac{\partial \sigma}{\partial \varepsilon} \right|_{\varepsilon=\varepsilon(t)-\varepsilon(\tau)} d\varepsilon(\tau) \quad \dots \quad (2)$$

ただし， $v(t)$ は時間 t における硬化体が全体積に占める割合であり， $\lim_{t \rightarrow \infty} v(t) = 1$ である．また $\partial \sigma / \partial \varepsilon$ は，硬化体の応力ひずみ勾配である．上記の考えを本研究では凝固理論と呼ぶことにする．凝固理論の特徴は応力ひずみ関数における材齢と塑性ひずみの影響を簡潔且つ明快に記述していることであり，構造解析への拡張が容易となる．

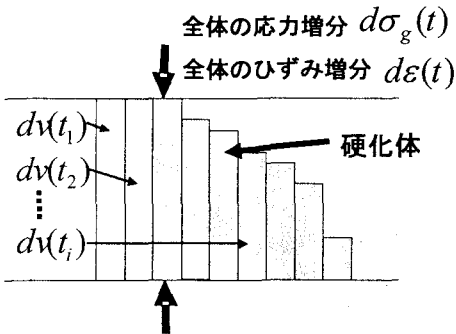


図-1 凝固理論による遷移材齢時コンクリートのモデル化

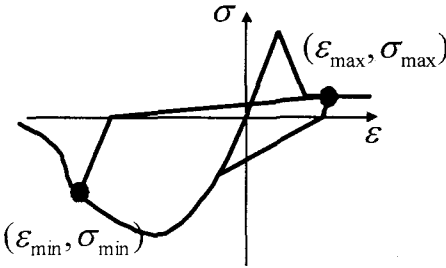


図-2 硬化体の構成則概要

3. 材齢変化と塑性ひずみ履歴を考慮した一軸圧縮試験

表-1 配合表

粗骨材 最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/A (%)	単位量 (kg/m ³)			
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
15	7	2	55	49	193	351	870	896

供試体は，φ10 (cm) × 20 (cm) の円柱を用いた．供試体の配合は表-1 に示すとおりである．養生室は室温 20 ± 2℃，水温 20 ± 2℃とした．すべての供試体は打設から 6 時間後に w/c = 27% のセメントペーストを用いてキャッピングを行った．供試体の脱型は打設後 24 時間後に行い，供試体は水中養生した．

図-3 に示すように供試体にコンプレッソメーターを取り付け，2000 kN 万能試験機を用いて 50 μ/sec の

一定速度で初期載荷した。その後、除荷し養生した後再載荷を行い、軸応力及び軸ひずみを測定した。このときの応力ひずみ履歴イメージを図-4に示す。実験ケースは、打設後1日で初期載荷したものは、材齢3日・7日・28日で再載荷、打設後3日で初期載荷したものは、材齢7日・28日で再載荷、打設後7日で初期載荷したものは、材齢28日で再載荷、打設後28日に初期載荷したものは、材齢91日で再載荷とした。

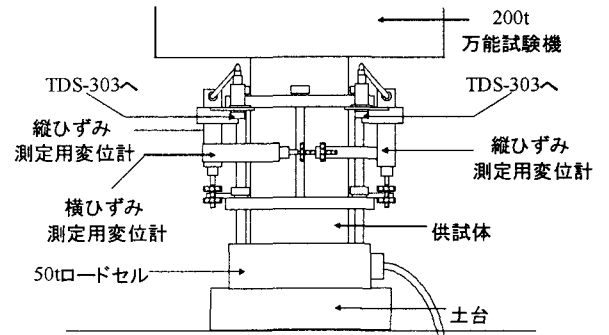


図-3 コンプレッションメーターの取り付け概要

4. 実験結果及び解析モデルとの比較

本研究で解析に用いた硬化体の応力ひずみ関係は、材齢91日での一軸応力ひずみ実験値を曲線近似することにより評価した。また硬化体の体積変化 $v(t)$ は、図-5に示す一軸圧縮強度の径時変化に対応すると仮定した。その結果 $v(t)$ を次式で与えた。

$$v(t) = \frac{t}{6.415 + t} \cdots (3)$$

図-6に軸応力ひずみ関係の実験値と解析値との比較の一例を示す。なお、曲線は実線に無傷、点線に軸ひずみ1500 μ で除荷したもの、薄線に軸ひずみ3000 μ で除荷したものを示す。“無傷”の意味は再載荷の材齢において初期載荷を行った実験ケースを示す。

図-6より提案したモデルによる軸応力ひずみの解析値は実験値を大体とらえていることが示された。初期載荷材齢が小さい場合は、解析値と実験値の差が大きくなる傾向にあるが、この理由は、初期載荷の際生じたひび割れ内部に水が浸透し、水和反応が促進されたことであると思われる。

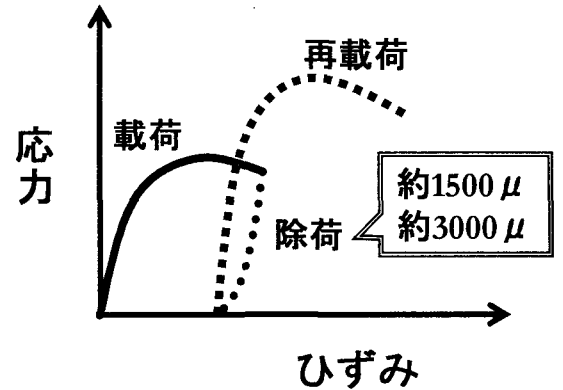


図-4 初期載荷－再載荷考のイメージ

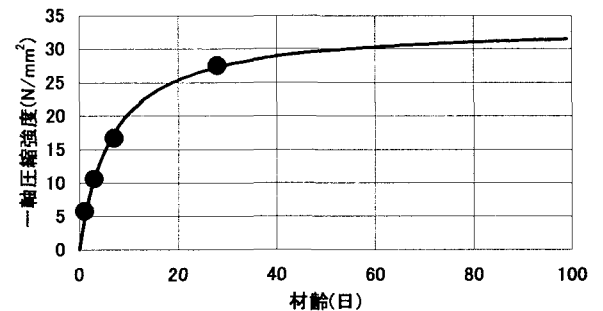


図-5 一軸圧縮強度の径時変化

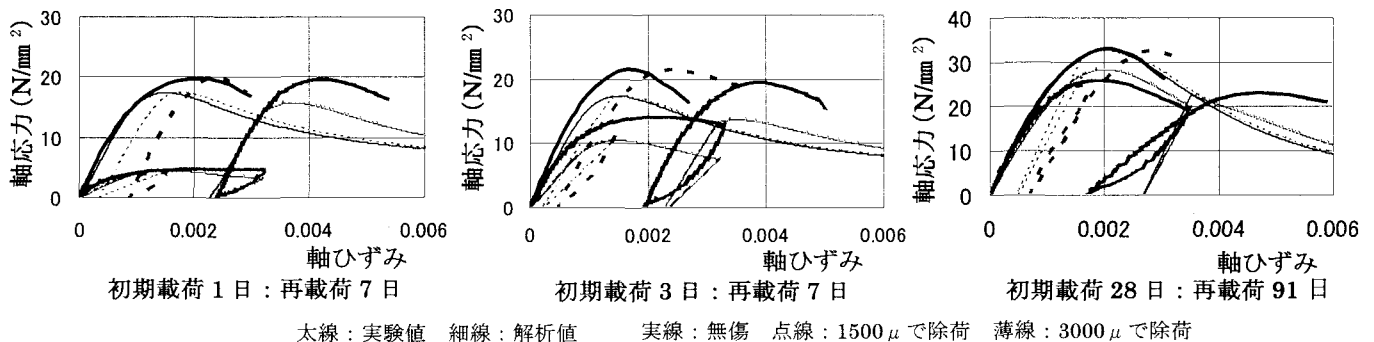


図-6 各材齢における軸応力ひずみ関係の実験値と解析値との比較

5. まとめ

本研究では凝固理論による解析モデルを構築し、解析値と実験値との比較を行った。その結果一軸圧縮挙動の範囲では、提案したモデルの妥当性は、ある程度示された。