

V-228

沈下および収縮によるかぶりコンクリートの初期欠陥に対する時系列評価モデル

東京大学工学部 正会員 下村 匠

東京大学工学部 正会員 前川宏一

1. まえがき

フレッシュコンクリートから硬化したコンクリートへとその特性が時間的に大きく変化する時期にあり、打設条件や養生環境によっては、沈下ひびわれ・プラスチック収縮ひびわれ・温度ひびわれ・硬化収縮ひびわれなどの初期欠陥が発生する場合がある。これらの初期欠陥は、硬化後の耐久性能や力学性状を大きく左右する場合があることはよく知られている。初期欠陥の発生を防ぎ、また欠陥の発生に対し抵抗性をもつコンクリートを開発するためには、初期欠陥の発生機構を明らかにし、与えられた条件下における欠陥の発生が予測できることが必要である。初期欠陥の発生はコンクリートの水和による成長という一連のプロセスの中で、さまざまな要因が作用して起こるため、経時変化の中で統一的に扱うアプローチが不可欠であると考えられる。本研究では、打ち込み面のかぶり部分のコンクリートについて、ブリージングによる打ち込み面の沈下と自由水が減少することによる収縮により生ずる初期欠陥の発生を、経時的に予測するモデルを提案することにより、コンクリートの初期欠陥に対する統一的な予測システム構築の可能性を示す。

2. モデルの概要

まず、材令初期において打ち込み面かぶりコンクリートの状態を記述するために以下の状態量を考える。

H : コンクリートの水和進行度 W : コンクリート中の自由水量 S : 沈下量

C : 収縮量 F : コンクリート中の欠陥の進行度 D : コンクリートの総合評価

コンクリートの総合評価とは、水和の進行と欠陥の発生によって決まる量であり、密実さ・有害物質の侵入に対する抵抗性などの耐久性能、Tension-Stiffnessなどの力学特性と対応づけている。これらの状態量はすべて無次元化して用いることとした。

これらの状態量の各時刻（材令）における微小変化量は、その時刻においてかぶりコンクリートを取りまく環境（温度・相対湿度・風速、および外部から供給される水）と状態量自身によって決まると仮定し、その相互依存性を以下の形で取り入れることを提案する。

以下 $F_i (i=1, 2, \dots)$ は関数関係を表わす。

$$dH = F_1(H, W, \text{温度}) \quad (1)$$

$$dW = F_2(H, W, dH, dS, \text{温度, 相対湿度, 風速, 外部から供給される水}) \quad (2)$$

$$dS = F_3(H, W, S) \quad (3)$$

$$dC = F_4(H, W, C, dW) \quad (4)$$

$$dF = K_S \cdot dS + K_C \cdot dC \quad (5)$$

$$K_S = F_5(H, F, \text{かぶり}) \quad (6)$$

$$K_C = F_6(H, F, dC) \quad (7)$$

ここに K_S は単位量沈下したときの欠陥の進行度、 K_C は単位量収縮したときの欠陥の進行度である。コンクリートの総合評価 D は欠陥の進行による負の評価と水和の進行による損傷回復の正の評価の所産としてとらえ、以下のように総合評価を行なった。

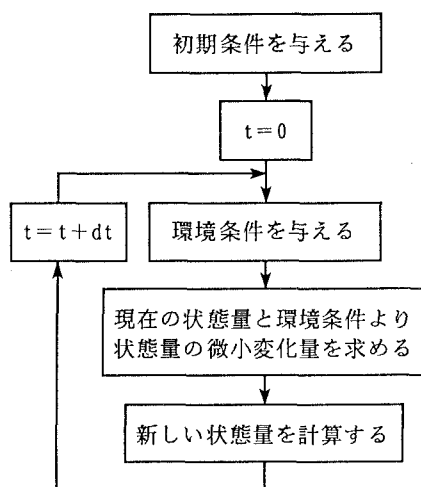


図-1 計算方法のフローチャート

$$dD = K_H \cdot dH + K_F \cdot dF \quad (8)$$

$$K_H = F_7(F) \quad (9)$$

$$K_F = F_8(H) \quad (10)$$

ここに K_H は単位量の水和が進行したときの総合評価の変化量、 K_F は単位量の欠陥が進行したときの総合評価の変化量である。

以上の関数 $F_i(i=1, 2, \dots)$ を実験結果と既往の知見をもとに簡単な関数の組合せにより定式化した。初期条件を与え、その後は時間ステップに区切り各時刻における環境条件を与えながら逐次増分計算することにより各状態量の経時変化を求める。計算方法のフローチャートを図-1に示す。

3. 解析例と考察

本モデルを用いてかぶりコンクリートの材令初期の状態をシミュレートした例を図-2、図-3に示す。ケース1は打ち込み直後に強風を当てた場合である。まずブリージングによる沈下により欠陥が発生する。その後強風により自由水が急激に蒸発するために収縮が起こりさらに欠陥が発生する。また初期に自由水が減少したためその後の水和の進行は抑制され、耐久性能・力学特性などを表すコンクリートの総合評価はあまり向上しない。ケース2は材令1日目に強風を当てた場合である。沈下による欠陥はケース1と同様に発生するが、強風が当たる時点においてある程度水和が進行しているため、自由水の蒸発量は小さく収縮量も小さい。その結果、収縮による欠陥はほとんど発生しない。水和も順調に進行しコンクリートの総合評価はケース1よりも高い値となる。

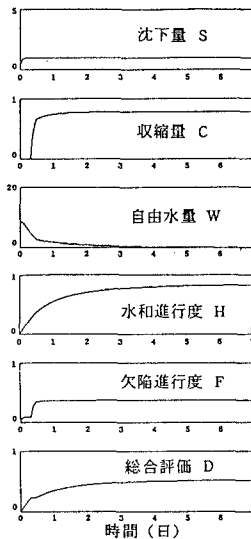


図-2 モデルによる解析例
(ケース1)

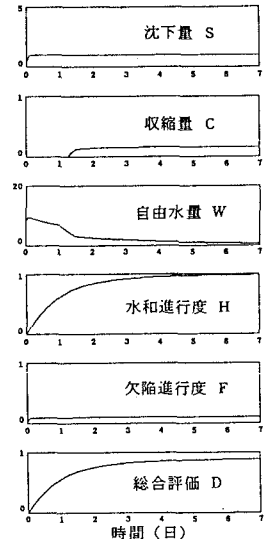


図-3 モデルによる解析例
(ケース2)

解析結果として得られるコンクリートの総合評価 D と、さまざまな環境履歴を与えた供試体のTension-Stiffness特性すなわち引張残余応力の保存能力を試験した実験結果¹⁾との対比を図-4に示す。本モデルによると、このように材令初期の環境履歴の差異により生じるコンクリートの性状の経時変化、および硬化後の特性の違いを予測することができる。

本モデルの特徴は、材令初期のコンクリートの挙動を、構成する個々の機構をモデル化し、それらを組み合わせることにより表現していることである。したがって、複数の要因が作用して生じる変化も表現することができ、任意の環境条件下でのコンクリートの状態の経時変化が予測可能なシステムへと発展させることが可能である。モデル内に用いた個々の関数は、既往の知見をかなり簡略化して表現したが、これらを個々に実験により検証し、より精度が高く適用範囲の広いモデルにしていくことが今後の課題である。

【参考文献】1) 下村 匠, 三島徹也, 佐藤文則, 前川宏一: 沈下および収縮によるかぶりコンクリートの初期欠陥とRC部材の構造挙動, コンクリート工学年次論文報告集第12巻, 1990.6

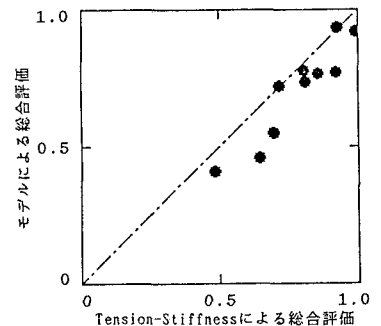


図-4 実験結果と解析結果の対比