

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：10103

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K18181

研究課題名(和文) 膨張コンクリートのひび割れ予測最適化手法の開発

研究課題名(英文) Development of an optimization method for the cracking prediction in expansive concrete

研究代表者

崔 亨吉 (CHOI, HYEONGGIL)

室蘭工業大学・工学研究科・助教

研究者番号：20726806

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、膨張材の化学反応モデルに着目し、膨張材の水和による膨張機構を明らかにした。膨張水和物の構造や生成速度、膨張材とセメントの水和反応における相互依存性や温度依存性などを考慮した水和反応モデルについて検討した。また、膨張材の水和反応に基づいて圧縮強度を予測するモデルを新たに構成した。これらの結果をまとめ、汎用性のあるモデルの提案とともに、膨張コンクリートの膨張収縮挙動やクリープ挙動などより広い範囲の実験データを蓄積し、予測モデルに取り入れることで推定精度が高い膨張コンクリートのひび割れ予測最適化手法を構築した。

研究成果の概要(英文)：In order to predict cracks occurring in concrete, it is necessary to predict the concrete phenomena accurately as the age progresses, and consider a mutual dependency on each phenomenon. In this study, we focused on chemical reaction model of expansive additives and clarified the expansion mechanism by hydration of expansive additives.

We studied hydration reaction model considering the structure and production rate of expanding hydrate, interdependence and temperature dependence of hydration reaction of expansive additives and cement, etc. In addition, a model for predicting the compressive strength based on the hydration reaction of the expansive additives was constructed. We have proposed a crack prediction method with high estimation accuracy by accumulating a wider range of experimental data, such as the compressive strength, volumetric change and creep behavior of the expansive concrete, and incorporating it into the prediction model.

研究分野：建築学

キーワード：膨張材 水和反応 ひび割れ モデル化

1. 研究開始当初の背景

一般的にコンクリートは、材料、施工、環境および構造などの種々の要因によってひび割れが発生しやすい材料である。このようなコンクリートのひび割れを防止するため、コンクリートのひび割れの発生要因に対する基礎的な研究やひび割れを抑制する技術開発が活発に行われている。その結果、ひび割れをある程度制御できる体制が整いつつあるが、実際のコンクリート構造物における有害なひび割れをすべて制御できるまでには至っていないのが現状である。

このような状況のもと、コンクリートの収縮低減およびひび割れ抵抗性を高めるために膨張材の適用は有効なことで知られており、最近には建設現場においてその適用実績が増加している。申請者は収縮ひび割れの低減対策として膨張材を適用したコンクリートの諸現象について微視的観点からアプローチし、膨張材の水和反応および空隙構造変化や空隙内の水分挙動など様々な現状の相互関連性を考慮して膨張コンクリートの圧縮強度、弾性係数、体積変化およびクリープなど各現象においてモデル化を行い、検証を行った (H26~H27、若手研究(B)、膨張コンクリートの収縮低減予測モデル)。

本研究では、先行して行ったモデルを基にモデルの拡張やより推定程度が高い汎用性のあるモデルへの発展を目指して、膨張コンクリートの諸現象について根源的なパラメータを用いて統一的に記述できる原理的なモデルの確立と、これらに基づいて膨張コンクリートのひび割れ予測最適化手法の開発を目的とした。

2. 研究の目的

コンクリートの収縮現象は、コンクリートのひび割れだけではなく、硬化後のコンクリートの耐久性や強度、美観などにも大きい影響を及ぼしコンクリート構造物の機能を低下させる劣化の主要原因である。本研究ではコンクリートの収縮ひび割れ低減のために膨張材を適用したコンクリートについて微視的観点からアプローチし、次の2つのプロセスについて検討を行った。

一つは、膨張材の水和反応による膨張機構を明らかにし、ミクロレベルにおいて、どのようなメカニズムで収縮の低減が可能なのかを明らかにするプロセスの整理であり、もう一つは、ミクロレベルから得られたモデルや予測値などを確認するためにコンクリート部材レベルにおいて、膨張コンクリートの応力やひび割れ解析などマクロレベルの実験プロセスによる検証である。各レベルのプロセスの整理および検証によって膨張材の収縮低減メカニズムを明らかにすることで、膨張コンクリートの収縮低減効果およびひび割れ抑制効果を定量的・統一的に判断できる膨張コンクリートのひび割れ予測最適化手法を開発した。

3. 研究の方法

コンクリートの収縮現象は、コンクリートの強度、弾性係数およびクリープ変形などの性質とも複雑に組み合せてコンクリートに影響を与える。したがって、コンクリートに発生するひび割れを予測するためには、材齢の進行に伴って逐次変化するコンクリートの諸現象を正確に把握して評価した上で、各現象に対する相互依存性を考慮した予測手法が必要である。このために本研究では、膨張材の化学反応モデルに着目し、膨張材の水和による膨張機構を明らかにした。膨張材水和物の構造や生成速度、膨張材とセメントの水和反応における相互依存性や温度依存性などを考慮した水和反応モデルについて検討した (図1参照)。

これらの結果をまとめて汎用性のあるモデルの提案とともに、膨張コンクリートの膨張収縮挙動やクリープ挙動などより広い範囲の実験データを蓄積し、予測モデルに取り入れることで膨張コンクリートのひび割れ予測最適化手法を構築した。

4. 研究成果

本研究では、膨張材の化学反応に着目して膨張材を混和したセメントの水和反応について検討するために微視的な観点からアプローチして検討を行った。

膨張材の化学反応において、膨張材の水和反応や空隙構造の形成および空隙内の水分状態など原子・分子レベルでの現象をモデル化した。

また、ミクロレベルから得られた予測値などを確認するための実験プロセスによる検証を行った。研究結果、先行して行ったモデルに基づいて水和反応モデルにおいて、

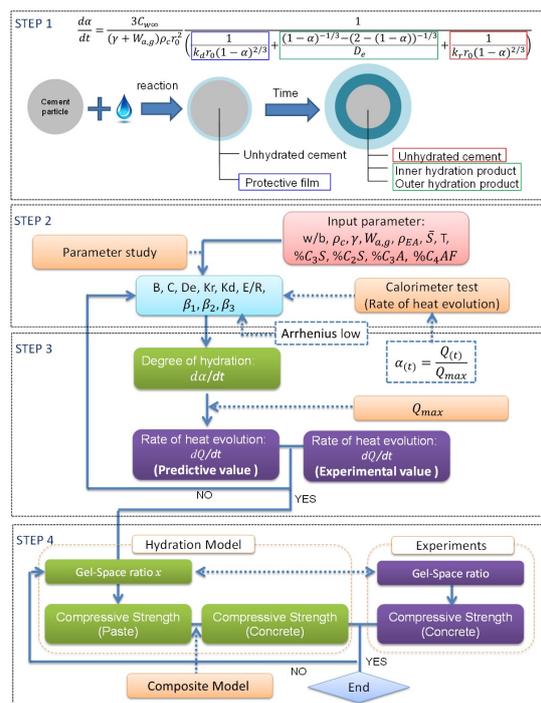


図1 水和反応および圧縮強度予測

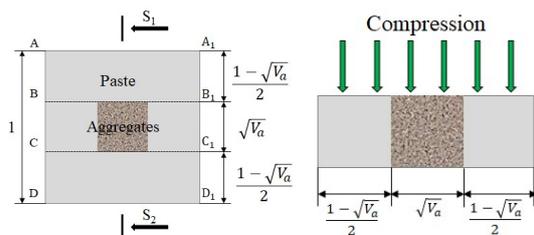


図2 骨材とペーストの複合モデル

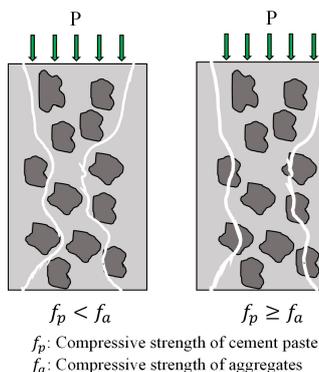


図3 ペーストと骨材の圧縮強度の大小関係による破壊性状

膨張材の反応特徴や水和反応の温度依存性を考慮して膨張材を混和したセメントの水和反応をシミュレーションできるモデルを構成した。

一方、膨張材を混入したコンクリートの圧縮強度は、既存研究のゲルスぺース比と圧縮強度の関係を考慮し、水和反応モデルに基づいて膨張材を混合したセメントペーストの圧縮強度を予測した。その後、図2および図3のように骨材とペーストの複合モデルやペーストと骨材の圧縮強度の大小関係による破壊性状をモデルに反映して、膨張材の水和反応に基づいた膨張材を混合したコンクリートの圧縮強度を予測するモデルを新たに構成した。

また、このような水和反応モデルを先行構成された弾性係数、体積変化およびクリープモデルに導入することで、より推定精度が高い汎用性のあるモデルを構築した。本研究で構築したモデルを適用して、膨張材を混和したコンクリートの初期物性発現と、それに基づく応力の予測および予測した応力とコンクリートの引張強度の大小関係から、膨張コンクリートのひび割れ予測手法を提案した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① Hyeonggil Choi, Bongsuk Cho, Calculation of Constrained Stress in Expansive Mortar with a Composite Creep

Model, Advances in Materials Science and Engineering, Volume 2016, Article ID 2372835, 10 pages, 2016.05

- ② Van NGUYEN DUC, Hyeonggil CHOI, 濱幸雄, HYDRATION MODEL OF CEMENT PASTE MIXED WITH EXPANSIVE ADDITIVE, 日本コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp.97-102, 2017.07

[学会発表] (計4件)

- ① Van Nguyen Duc, Hyeonggil Choi and Yukio Hama, Hydration Simulation of Cement-Expansive Additive Blends, Joint Seminar on Environmental Science and Disaster Mitigation Research 2017, pp. 51-52, 2017.03
- ② Hyeonggil CHOI, Yoshihiko KISHIMOTO and Yukio HAMA, Modeling of Concrete Mixed with Expansive Additives, Mem. Muroran Inst. Tech., 66, pp.95-98, 2017.03
- ③ Nguyen Duc Van, Choi Hyeonggil, Hama Yukio, Modeling of Hydration of Cement Paste Incorporating Expansive Additive, 日本建築学会北海道支部研究報告集, No. 90, pp.13-16, 2017.06
- ④ Nguyen Duc VAN, Hyeonggil CHOI, Yukio HAMA, Modeling of Hydration Reaction of Cement Paste Mixed with Expansive Additive, The 11th International Symposium between Japan, China and Korea on Performance Improvement of Concrete for Long life span Structure, pp.56-61, 2017.08

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

崔 亨吉 (CHOI、 Hyeonggil)

室蘭工業大学・工学研究科・助教

研究者番号：20726806

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()