

審査の結果の要旨

氏名 永峯 秀則

コンクリート構造物の施工にとって、フレッシュコンクリートの流動性は極めて重要である。これまでの取組みにより、一定の練混ぜ・温度条件の下であれば、数少ない試験によって材料・配合要因と実現される流動性を関係付け、自己充てん性を含む任意の流動性を有するコンクリートをある程度効率的に配合設計することが可能になった。しかし、各種要因と実現される流動性状をつなぐ支配機構の詳細については十分には解明されていないこともまた事実である。粒子の凝集・分散、自由水と拘束水、接触確率と摩擦など、種々の微視的な観点から流動性状の説明が試みられてきたが、それらはいずれも傾向の定性的な考察に留まっており、流動性の支配機構の解明に向けた定量的な議論を十分深めるまでには至っていない。その最大の原因は、流動性の支配機構において最も重要な状態量と考えられる自由水が完全には捉えきれておらず、議論の拠り所が不確実なままであったことによると思われる。そして、複雑な流動性の支配機構の詳細はブラックボックスとして取り残され、各種条件に対する流動性の記述は統計的処理の格好の対象と看做されることもあった。また、流動性の支配機構が十分に解明されていないことは、試行錯誤を繰り返す化学混和剤の開発における効率性の追求や環境・製造条件が流動性に及ぼす影響の把握と制御等の多くの課題において、克服しなければならない壁として存在していた。このように、流動性の支配機構に関する理論研究には更なる発展の余地があり、一層の知識化に向けた本質的な取組みが必要であった。自己充てん性を有するコンクリートの発明とその配合設計方法の確立という偉大な成功の前に、その先の理論研究の意義を見出しにくかったことも、また事実と思われる。

このような背景の下、本論文は自己充てんモルタルを主たる対象として、これまで概念的には論じられていたものの、従来の定義ではその有意性が十分には検証されていなかった自由水を実験的に捕捉し、流動性との関係の規則性から「流動に寄与する水」として自由水を同定する方法の確立を目指したものである。また、提案手法により厳密に定量した自由水の変化を拠り所として、高性能 AE 減水剤の添加に伴うセメント粒子の凝集構造の変化や、巨視的な物性としての流動性を支配する動力学的な特性としての摩擦の機構等について論じたものである。

本論文では、まず、フレッシュモルタルに遠心力を加えたときの浮き水量（遠心分離水量）を取得して遠心分離水粉体容積比を定義し、これと変形性指標との特徴的な関係から、自由水の同定を試みた。その結果、高性能 AE 減水剤添加量を変化させたときの「遠心分離水粉体容積比－変形性指標」直線群が変形性指標が負の領域で焦点を結ぶという特徴的な関係を発見し、この規則性から、この焦点が自由水の原点に相当すること、および焦点からの遠心分離水粉体容積比が自由水比として定義すべき状態量であることを明らかにした。続いて、配合条件である高性能 AE 減水剤添加量および水粉体容積比に対する自由水比の変化を詳細に分析することにより、高性能 AE 減水剤添加量の変化に応じて、粒子の凝集・分散状態が、①強凝集領域、②遷移領域、③分散領域に区分できること、強凝集領域では液状水に接していない乾いた粒子面が存在し、この範囲では高性能 AE 減水剤の添加は自由水の減少をもたらすこと、遷移領域から分散領域にかけての凝集の解消は自由水の増加をほとんど伴わず、従来、凝集の解消は自由水の増加をもたらすと考えられてきた通説には修正が必要なことなどを明らかにした。さらに、高性能 AE 減水剤添加量の増加が、変形性指標の傾きには単調増加をもたらすのに対して、粘性指標の変化にはある添加量で頭打ちの傾向を示すことから、流動性を支配する摩擦には、凝集体表面摩擦と凝集体内部摩擦と称すべき性質の異なる2つの種類が存在し、変形性は凝集体表面摩擦に、また粘性は凝集体内部摩擦に支配されることを明らかにした。

本論文の第1章では研究の背景を、第2章では既往の研究について述べている。第3章では、本論文で提案する遠心力を加えたモルタルの浮き水量から得られる遠心分離水粉体容積比が示す意義および本論文のアプローチについて述べている。第4章では、主に遠心分離水粉体容積比と流動性状の関係について述べ、特に遠心分離水粉体容積比と変形性指標との特徴的な関係から、自由水の同定方法を論じている。第5章では、自由水比を用いて、粒子の凝集状態や粒子間摩擦について考察している。第6章では、ペースト、フライアッシュモルタル、環境温度を変えた普通モルタルに提案手法を適用し、その有効性を論じている。第7章では、拘束水の解釈、高性能 AE 減水剤の分散効果の定式化、新たな配合設計手法の提案について論じている。第8章では、以上の検討内容をまとめ、本研究の結論を示している。

以上、本研究は、基礎研究の観点から流動性の支配機構を定量的に明らかにした意義が極めて大きく、かつ実務における工学的な展開の道を大きく開き得る有用性に富む独創的な研究成果と評価できる。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。