

## 審査の結果の要旨

氏名 松下 哲郎

松下哲郎氏から提出された「相組成変化を考慮したセメントの水和反応・組織形成モデルの構築」は、近年活発に研究が行われており、セメントの鉱物組成の算出やセメントの水和反応の解析など、様々な用途に活用可能であるリートベルト解析を用いて、セメントの水和反応に影響を与える様々な要因の定量評価を行い、セメントの水和反応メカニズムの検討を行うとともに、その結果を用いて、耐久性評価や物性予測への発展を想定した相組成変化を考慮したセメントの水和反応、組織形成モデルの構築を行ったものである。

第1章では、本研究の背景、目的などが的確に述べられている。

第2章では、リートベルト解析によってセメントおよびセメント水和生成物中の鉱物組成を高精度で定量的に算出できることを確認し、算出されたセメント水和生成物の組成割合を基にすれば、セメントの結合水量、水和発熱量および水和収縮量を精度よく推定可能であることを示している。

第3章では、第2章で定量精度の検証を行ったリートベルト解析によって、鉱物組成の異なるセメントの水和反応の温度依存性について検討がなされ、高温養生下においても水和反応の停滞は生じず最終的には養生温度にかかわらず一定の水和反応率に収束する場合と、高温養生下では長期材齢において水和反応の停滞が生じ、最終的に低温養生下における水和反応率を下回る場合といった二つのタイプがあることを示している。また、アルミネートは、高温養生によってアルミネートに対するモノサルフェートの生成比が減少し、ゲル状水和物の生成量が増加することを明らかにしており、これがセメントの水和反応の停滞や水和発熱量の変化を生じさせている原因であることを推察している。石灰石微粉末の混合されたセメントでは、高温養生による細孔空隙の粗大化は生じにくく組織は緻密な状態となることを確認しており、高温養生による強度発現性の低下は、空隙構造の粗大化だけが原因ではなく、構造的に脆弱で粗大なエトリングライトや水酸化カルシウムの生成も原因であることを推察している。

第4章では、第3章と同様に、リートベルト解析によって、鉱物組成の異なるセメントの水和反応に及ぼす水セメント比の影響について検討がなされ、空隙質相の多い初期反応型のセメントでは、水セメント比の低下に伴うセメントの水和率の低下が大きい傾向にあること、

および水セメント比の低下に伴い水和反応の鉱物組成依存性は小さくなる傾向にあることを明らかにしている。また、水セメント比が低いほど、セメント水和生成物の析出空間が小さいため外部水和物の生成量が少なくなり、しきい空隙径の材齢に伴う変化が小さくなること、および大空隙の減少よりも小空隙の減少により組織の緻密化が進行することを明らかにしている。さらに、水セメント比が低いほど、主要なセメント水和物である CSH ゲルの C/S 比が増加するとともにその生成量が多くなること、水セメント比が低い場合には水和物の析出空間が少ないため外部水和物があまり生成せず、しきい空隙径の材齢に伴う変化も小さくなることを明らかにしている。

第5章では、第2章から第4章までで明らかにしたセメントの水和反応形態に及ぼす材齢、養生温度および水セメント比の影響を、セメントの水和反応式に組み込んだ相組成モデルが構築され、高精度でセメントの水和生成物量および結合水量を算定できるとともに、細孔空隙量およびセメント硬化体の強度の予測も精度よく行える手法が開発されている。また、D-Dry 乾燥時に設定されたゲル空隙量から湿潤状態のゲル密度を算出して化学収縮量を算定する場合には、乾燥によるゲル構造の変化の影響を加味する必要があることを指摘している。

第6章では、第5章において構築された相組成モデルをセメント中の各鉱物の反応率が予測可能な CCBM (Computational Cement Based Material Model) と連成させることによって、セメント硬化体中の固相、液相、気相などの相組成の変化を従来よりも格段に精度よく予測できる手法が構築されている。

第7章では、本論文の結論と今後の課題が要領よくまとめられている。

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。