

## 審査の結果の要旨

氏名 廖高宇

持続可能社会への転換は、全世界において喫緊の課題となっている。2015年の国連会議において示された2030年に向けた17のゴールからなる「SDGs」や、2015年のCOP21において採択された気候変動抑制に関する多国間の国際的な協定である「パリ協定」に代表されるように、社会的・経済的発展を目指す一方で、地球環境への配慮を行うことは、全産業にとって社会活動・経済活動を行う上での必須事項であると考えられ、建設業界・コンクリート関連業界とて例外ではない。コンクリートは、あらゆる社会活動・経済活動を支えている建築物・土木構造物の主要な建設材料であり、現在、地球上においては、水に次いで消費量・使用量の多い物質となっている。コンクリートは、社会資本整備において今後も必要不可欠な建設材料であり続けると考えられるものの、その構成材料であるポルトランドセメント生産時には大量の二酸化炭素が排出され、ポルトランドセメントの主要原料である石灰石もそれほど遠くない将来には枯渇することが懸念される。廖高宇氏の提出した学位請求論文「Development of ultra-high strength zero-cement mortar (超高強度ゼロセメントモルタルの開発)」は、建設工事において最も大量に用いられているコンクリートの主要材料であるポルトランドセメントの生産過程において排出される二酸化炭素の量を大幅に削減することを目的として、ポルトランドセメントを用いずに、アルカリ活性化材料とアルカリ刺激剤とを組み合わせることでコンクリートを製造する技術を開発するとともに、強度発現メカニズムを探り、高強度コンクリートとするための調合設計手法を開発することを目的としたものであり、開発した技術を用いることによる環境負荷低減効果にも言及している。

本論文は、7章より構成されており、各章の内容は以下のように評価される。

第1章は「序論」であり、研究の背景・目的・独創性・革新性、および論文の構成が的確に述べられている。

第2章は「既往の文献研究」であり、高アルカリ活性化材料および低アルカリ活性化材料に関するこれまでの研究に関する調査が十分になされており、本論文の対象分野における未踏部分を明確にしたうえで、本論文で開発すべき内容、および明らかにすべき内容が的確に見定められている。

第3章は「高アルカリ活性化ゼロセメントモルタルの開発」を行った実験的研究であり、タグチメソッドによって、高アルカリ活性化ゼロセメントモルタルの強度に及ぼす様々な調合要因の影響度合いを明らかにするための材料依存性理解のためのパラメトリック実験が行われ、主要な調合要因が明らかにされて

いる。予備実験結果に基づき、主要な調合要因を変化させた実験が行われ、高アルカリ活性化ゼロセメントモルタルの強度は、反応生成物の種類および空隙量の影響を大きく受けることを明らかにするとともに、強度発現メカニズムに関する考察がなされている。

第4章は「低アルカリ活性化ゼロセメントモルタルの開発」を行った実験的研究であり、第3章と同様に、低アルカリ活性化ゼロセメントモルタルの強度に及ぼすアルカリ活性剤量、アルカリ活性化材料の粒度分布、アルカリ活性化材料の非晶質化学成分 ( $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ ) の比率、水結合材比、養生条件など、様々な材料・調合要因の影響度合いを明らかにするための系統的な実験が行われ、X線回折、熱重量分析、水銀圧入測定など様々な物理・化学分析がなされており、低アルカリ活性化ゼロセメントモルタルの強度についても、比較的広い本研究で用いた材料範囲において、反応生成物量と空隙量の比からなる強度指数によって統一的に評価できることが示されている。

第5章は「超高強度ゼロセメントモルタルの調合設計手法の提案」を行った解析的研究であり、第3章および第4章で得られた実験結果を基に、セメントコンクリート分野で培われてきた材齢の増加に伴う強度発現予測式、および結合材水比と強度との関係式の適用性について検討がなされており、ゼロセメントコンクリートにおいては、従来のセメントコンクリートに対する予測式を微修正することで材齢の増加に伴う強度発現を予測可能なこと、予測式の係数は構成材料の非晶質化学成分の比率によって表現できること、特に、 $\text{Ca}/(\text{Si}+\text{Al})$  が重要な役割を果たしていること、および結合材水比と強度とはセメントコンクリートと同様に直線関係にあることを明らかにし、ポルトランドセメントを用いないコンクリートにおいても調合設計を可能とする実用式が提案されている。

第6章は、「環境性能評価」を行った解析的研究であり、同一性能のモルタルの製造を対象として、高アルカリ活性化材料または低アルカリ活性化材料を用いた場合の環境負荷 (二酸化炭素排出量) がポルトランドセメントを用いた場合と比較されており、高アルカリ活性化材料を用いた場合にはポルトランドセメントを用いた場合より若干の  $\text{CO}_2$  排出削減に留まるのに対し、低アルカリ活性化材料を用いた場合には大幅な  $\text{CO}_2$  排出削減効果が得られることを明らかにしている。

第7章は「結論」であり、本論文の重要なポイントが要領よく纏められるとともに、新たに明らかになった内容が的確に示され、今後の課題についての的確な言及がなされている。

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。