

## 審査の結果の要旨

氏名 細川佳史

わが国は国土の特性上、社会基盤を整備するうえで他の先進国とは比較にならない程、トンネルを活用してきている。吹付けコンクリートは、トンネル工事における支保として、1960年代末から普及するようになったが、1999年のトンネルはく落事故を契機として、その品質が疑問視されている。吹付けコンクリートは、瞬時に強度発現を要求させる点において、普通コンクリートと大きく異なる性質を要求されるコンクリートであり、この性能を達成するために急結剤が開発され、現在では必要不可欠な材料となっている。しかし、急結剤添加後、コンクリートは瞬時に硬化するため、急結剤がコンクリートの品質に及ぼす影響を室内実験で評価することが難しく、実際に吹き付け施工を実施する必要がある。このため、急結剤の特性を定量的に評価できる程の知見が収集されず、実際には、現場においてその品質を確認することとなる。このため、吹付けコンクリートの配合は、過去の実績や経験に基づくものとなっていた。しかし、新技術の活用を容易とする性能照査型設定の概念が浸透しつつある現在において、このような状況は吹付けコンクリートの品質の向上の足かせとなる。本研究は、吹付けコンクリートの性能を、水和反応に立脚した形でモデル化することで、急結剤の特性を定量的に評価することを可能とし、最終的には性能照査型設計を可能とすることを目的として行ったものである。

第1章は序論であり、急結剤に関わる技術的課題とそれに至るまでの背景、並びに、研究の目的である、吹付けコンクリートの性能と急結剤の関係を数理モデルによって表し、急結剤の特性を定量的に評価する技術の必要性について述べている。また、数理モデルとして、急結剤とセメントの水和のメカニズムに立脚した数理モデルが有効であるとの考え方に基づき、本研究のコンセプトを定め検討を進めていく上での指針を明確にしている。

第2章は既往の研究と本研究の位置づけであり、水和を考慮した数理モデルに基づく急結剤特性の定量評価の必要性、ならびに研究を推進していくためのコンセプトの観点から既往の研究成果を概観し、吹付けコンクリートにおける急結剤の基本的役割と作用機構、吹付け実験による各種急結剤の評価、ならびに急結剤の水和特性の研究について知見を整理している。

第3章は、水和度経時変化モデルの構築と急結剤水和特性の定量評価に関する検討を行っており、セメントと急結剤の混合ペーストにおける水和度の経時変化のモデル化、ならびに、当該数理モデルを用いた急結剤水和特性の定量的評価について検討している。求められた水和特性については、配合条件との関係を検討することにより、任意の配合に対応で

きるようにモデル化している。

第4章は、強度発現モデルの構築と急結剤硬化特性の定量評価に関する検討を行っており、構築した水和度経時変化モデルを利用し、吹付けコンクリートの強度発現のモデル化、ならびに当該数理モデルを用いた急結剤硬化特性の定量的評価について検討している。提案したモデルは、吹付け実験より得られた試験結果を用いて、その妥当性を検証している。

第5章は、コンシステンシー評価モデルの構築と急結剤凝結特性の定量評価に関する検討を行っている、ペーストのプロクター貫入抵抗試験をペーストのコンシステンシー評価と位置づけて、プロクター貫入抵抗の経時変化式、ならびに水和度経時変化モデルの利用による水和を考慮した急結剤混合系ペーストのコンシステンシー評価モデルを構築している。さらに構築したモデルを用いて急結剤凝結特性を定量的に評価している。

第6章は、XRDにより評価した水和反応プロセスと急結剤特性との関係に関する検討を行っており、X線回折測定装置（XRD）により急結剤混合系の未反応相と水和生成相を同定し、水和反応プロセスと急結剤特性の関係について考察している。通常、XRDによる相同定の検討では、水和反応プロセスを定性的に評価することが多いが、XRDによりセメント鉱物の反応率を評価する手法についての検討も試みている。特に、強度発現性能に大きな影響を及ぼすと考えられるC3S、C2Sといったカルシウムシリケート相の反応率について、XRDプロファイルから定量する手法を検討し、定量評価したカルシウムシリケート相の反応率の観点から急結剤の特性を考察している。

第7章は、提案したモデルを用いた吹付けコンクリートの性能照査設計を、事例を用いて検討している。

第8章は結論であり、総括として本研究で得られた結論を要約している。

以上を要約すると、吹付けコンクリートの性能（強度、付着性）を水和反応に立脚した形でモデル化することで、吹付けコンクリートの性能照査型配合設計を可能とした。さらに、提案したモデルを活用することにより種々の急結剤の特性を定量的に評価でき、新たな急結剤開発に資する研究成果となっており、コンクリート工学の発展に寄与するところ大である。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。