

学位論文及び審査結果の要旨

横浜国立大学

氏名 柳井 修司
学位の種類 博士（工学）
学位記番号 都市博乙第466号
学位授与年月日 2021年3月25日
学位授与の根拠 学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第2項
学府・専攻名 都市イノベーション学府 都市イノベーション専攻
学位論文題目 独立空隙型人工軽量骨材を用いたコンクリートのワーカビリティに関する研究

論文審査委員 主査 横浜国立大学 教授 細田 暁
横浜国立大学 教授 山田 均
横浜国立大学 教授 前川 宏一
横浜国立大学 准教授 藤山 知加子
徳島大学 教授 橋本 親典

論文及び審査結果の要旨

令和3年2月15日（月）16時00分～17時30分に、オンラインにて、審査委員全員出席のもと、公聴会および審査会を行った。

本学位論文は、従来の軽量骨材の問題を改善するために新たに開発された独立空隙型の人工軽量骨材を用いたコンクリートを、構造物の軽量化による設計・施工の合理化や、既設構造物の効率的な耐震補強等のために実用化するために、ポンプによる圧送性を含む適切なワーカビリティを付与するための方法論と、硬化コンクリートの均質性を高めて施工を合理化できる自己充填コンクリートを製造するための方法論を取りまとめ、特殊な施工環境における実施工に適用した事例をとりまとめたものである。

コンクリート部材の軽量化の手法としては、コンクリートの強度・剛性を増大させて部材を薄く、小さくする方法と、コンクリート自身を軽量化させる方法とがある。コンクリート自身を軽量化させる方法には、密度の小さい人工軽量骨材を利用する方法（軽量骨材コンクリート）と発泡剤でコンクリートを多孔質化させる方法（軽量気泡コンクリート：ALC）とがある。本研究では、前者の軽量骨材コンクリートに着目し、これまで先人が構築してきた技術をレビューした。そして、軽量骨材コンクリートの長年の課題である「凍結融解抵抗性を確保するために軽量骨材を低含水状態で練り混ぜ、圧送すると、骨材の加圧吸水によってコンクリートの流動性が損なわれ、配管の閉塞が生じる」という現象の解決に取り組んだ。具体的には、新たに開発された低吸水性を有する独立空隙型人工軽量骨材を、気中乾燥状態で施工に供するための配合選定技術と施工技術の構築である。圧送実験によって、骨材の加圧吸水と圧送性の関係を把握し、室内実験において、骨材の吸水と圧送に伴う流動性の低下を抑制する手法を研究した。そして、増粘剤ウェランガムを添加したうえで、単位水量、単位粗骨材量を適切に設定し、圧送前のスランプフローを500mm程度以上とすることで円滑な圧送と凍結融解抵抗性を両立できることを見出した。また、この流動性を高めた軽量骨材コンクリートについて様々な試験施工を行って、圧送、打込み・締固め、仕上げ作業における留意点を抽出し、新幹線高架橋など実構造物の構築に展開・活用した。

なお、普通骨材コンクリートでは、粗骨材とモルタルの密度差は、 $0.3\sim 0.4\text{g}/\text{cm}^3$ 程度であり、粗骨材の方がモルタルよりも重い。一方、軽量骨材コンクリートでは、粗骨材の方がモルタルよりも軽く、その密度差が $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ を超えることもある。コンクリートの材料分離は、構成材料の密度差によって生じるが、軽量骨材コンクリートの場合には、特にバイブレータによる高周波の振動締固めによって材料分離、すなわち骨材の浮上がりが顕著となり、硬化体としての均質性が著しく損なわれるリスクがある。凍結融解抵抗性と圧送性を改善した上記の軽量骨材コンクリートの実施工においても、打込みの間隔を小さくして流動距離を制限し、骨材の浮上がり状況を目視確認しながら締め固め、仕上げ時には、打込み上面に浮き上がった軽量骨材をジッタバックで押し込むといった特別な配慮と入念な施工が必要

であった。

そこで、さらに軽量コンクリートのワーカビリティを改善することを目指した。バイブレータの振動による軽量骨材の浮上がりがなくし、部材を構築するコンクリートの均一性を高めることを目的に、振動締固め作業を行わなくとも自重で充填する「自己充填コンクリート」に着目し、その実現を試みた。本研究は、モルタルとの密度差が 1.2g/cm^3 を超えるような、浮上がりが生じやすい軽量骨材を対象とし、そのような条件であっても、骨材の浮上がりを抑制し、高い流動性と材料分離抵抗性を兼ね備えた軽量自己充填コンクリートを実現しようとする先駆的なものであった。密度の異なる様々な独立空隙型人工軽量骨材を用いたコンクリートについて、新たに考案した試験方法で流動性や分離抵抗性を評価し、独自の配合設計手法を見出した。具体的には、使用する軽量粗骨材とモルタルの密度差に応じて、目標とする V_{75} 漏斗流下時間や 500mm フロー到達時間を設定し、それを満足するように水粉体容積比をコントロールする手法である。これにより、密度差が大きくても軽量骨材の浮上がりが生じず、型枠の隅々まで均質に充填する締固め不要自己充填軽量骨材コンクリートを実現した。また、この手法を用いて配合設計したコンクリートを種々の既設構造物の補強に活用し、構造物の自重の増加を抑制することで下部工を含む基礎構造の補強を最小限にして、補強工事を完了させた。

人工軽量骨材を用いたコンクリートのワーカビリティに関する知見を取りまとめた本研究の成果は、新設構造物はもとより、大規模修繕・更新分野に展開・活用できるものである。博士論文の内容は新規性に富み、工学上有用な知見を多く含んでおり、論文としての体裁も整っており、審査委員全員一致して合格と判定した。

さらに、提出された論文に対して、iThenticateにより剽窃、盗用の不正行為を確認したが、専門用語や短い一般的な現象の定義表現等を除き、剽窃や盗用に該当するものは無いことを確認した

注 論文及び審査結果の要旨欄に不足が生じる場合には、同欄の様式に準じ裏面又は別紙によること。