

審査の結果の要旨

氏名 金 翰湜

金翰湜氏から提出された「微視的機構に基づくセメント系廃材と二酸化炭素の再資源化・有効利用による資源循環システム」は、将来問題となることが予想されるセメント系建設廃材の再資源化技術に加えて、地球温暖化物質である二酸化炭素をセメント系建設廃材の再資源化において有効利用する技術を開発したものである。これまで、廃コンクリートに代表されるセメント系廃材のリサイクルは、リサイクルされた製品の品質が元の製品よりも劣ることになるカスケードリサイクルか、または、膨大なエネルギーをかけることで元の製品と同等の品質を有するリサイクル製品を産出するリサイクルのどちらかであった。現状、コスト面から、路盤材としてのカスケードリサイクルが廃コンクリートリサイクルの主流となっているが、将来、路盤材の需要が減少することが予想されており、廃コンクリートを再度コンクリート用骨材として利用するための技術開発が必要となっている。このような背景の下、本研究は、コンクリートの中性化による強度増大現象または脆弱化現象に着目し、強制的に低品質の再生細骨材を中性化することで、強度・耐久性上の弱点となる空隙部を炭酸カルシウムによって充填・強化するか、または細骨材に付着したセメント水和物を分解・除去するかによって、再生細骨材の品質改善を図ったものである。

本研究は7つの章で構成されている。

第1章では、本研究の背景、目的、範囲、既往の技術・研究の中での本研究の位置づけなどが的確に述べられている。

第2章では、本研究での中心技術として用いられている炭酸ナノバブル水の特性に関する既往研究について考察がなされるとともに、本研究における再生細骨材の品質向上策としての適用可能性に関して体系的な実験がなされ、炭酸ナノバブル水中における二酸化炭素の気液平衡状態、二酸化炭素の移動現象、イオン平衡に及ぼす pH の影響など、炭酸ナノバブルの物理化学的特性および流体力学的特性に関する定量的な知見が得られており、再生細骨材の品質向上を図る上で必要となる炭酸ナノバブル水の条件を明らかにしている。

第3章では、二酸化炭素の状態の違い、すなわち気体状態、液体状態および炭酸ナノバブル状態の違いによるセメント硬化体の炭酸化反応および炭酸化進行速度の違いが合理的かつ体系的な実験によって検討され、既往の研究を参考にするとともに、得られた実験結果に基づいて、炭酸化現象のモデル化がなされており、炭酸ナノバブル水を再生細骨材の品質向上に適用するに際して基礎となる普遍的な知見が見出されている。

第4章では、セメント硬化体の炭酸化反応およびそれに影響を及ぼす各種要因に関する微視的な観点からの検討が合理的かつ体系的な実験を通じてなされており、炭酸化反応によるセメント硬化体の物理化学的状態、結晶構造および空隙構造の変化に及ぼす炭酸濃度の違い、気中・水中環境の違い、pHの違いなどの影響が明らかにされており、それに基づいて、再生細骨材の最適な炭酸化改質手法が提案されている。

第5章では、自然環境下で炭酸化し脆弱化したセメント硬化体に水酸化カルシウムを供給することで、セメント硬化体の性能回復を図る手法を構築することを目的として、合理的かつ体系的な実験がなされ、水酸化カルシウムの供給によるCSHゲルの生成および空隙の充填が図られることが明らかにされており、再生細骨材の品質改善に有効な実用技術になり得ることが見出されている。

第6章では、第2章から第5章までにおいて検討してきた再生細骨材の品質改善手法を実際の再生細骨材に適用するとともに、物理的な処理も加えた上で再生細骨材の品質改善が試みられ、さらに、モルタルを用いてその効果を確認するための合理的かつ体系的な実験がなされている。その結果、本研究で提案する改質手法を適用することによって、再生細骨材に付着しているセメント硬化体が減少し、再生細骨材の密度が増大するとともに吸水率が減少すること、改質した再生細骨材を用いたモルタルでは圧縮強度が増大するとともに乾燥収縮が減少することを見出している。

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。

以上のように、本論文には、その目的・意義は明確に示されており、適確な手法を用いて研究が進められるとともに、提案技術の実用化に際しての留意事項も示されており、将来における再生骨材を用いたコンクリートの普及に大いに資する示唆的な成果が得られている。

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。