



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	A multicriteria analytical framework for quantifying the sustainability of concrete materials under methodological uncertainties [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	OPON, Joel Galupo
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13831号
Issue Date	2019-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/76579
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Joel_Opon_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博士 (工学)	氏名	OPON Joel Galupo
審査担当者 主 査 准教授	HENRY Michael Ward		
副 査 教 授	杉山 隆文		
副 査 教 授	横田 弘		
副 査 准教授	西村 聡		

学位論文題名

A multicriteria analytical framework for quantifying the sustainability of concrete materials under methodological uncertainties

(コンクリート材料の持続可能性の定量化に向けた方法論的不確実性を考慮した多基準分析の枠組みの構築)

コンクリートは世界で最も使われている建設材料で社会経済開発の基礎となる構造物を構築するため不可欠なものである。一方で、コンクリートの生産が大量な天然資源を消費し環境に有害な放出物を大量に排出する。したがって、コンクリート産業においては持続可能な世界の実現に向けて、社会的経済的な貢献を維持しながら環境負荷を削減することが非常に重要な課題となっている。しかし、コンクリート分野における持続可能性の概念化することは困難であるため、社会基盤を構築する際に最も持続可能な材料を選択する方法の確立が必要である。

このような背景で、本研究はコンクリートにとってサステナビリティの概念を構成すること、および材料設計や政策決定をサポートするためコンクリート材料のサステナビリティを定量化する方法を確立することを目的としている。主に、三つの目標を設定している:(1) コンクリート材料のサステナビリティを表せるための指標を収集し整理すること、(2) コンクリート材料のサステナビリティを総合的に定量化できるロバストな評価手法を構築すること、および (3) コンクリート材料のサステナビリティ評価において指標枠組みと評価枠組みの適用を実証すること。

本論文の第1章では研究の背景、目的、および意義を示している。第2章の前半では、持続可能な開発、いわゆる「サステナビリティ」の概念をまとめている。特に、経済的側面・環境的側面・社会的側面の統合であるサステナビリティの三側面の概要と、国連が採択された持続可能開発目標 (Sustainable Development Goals、SDGs) の概要を示している。第2章の後半では、サステナビリティに対するコンクリートのメリットとデメリットを示し、コンクリートのサステナビリティを向上させる為の新技术や世界標準の役割をまとめている。

第3章では、コンクリート材料のサステナビリティを定量的に評価することを果たすため、文献調査より既往の研究論文等で使われている指標を収集および整理し新たな指標枠組みを構築している。また、それぞれの指標の性格描写と指標間の関連を定めている。最後に、コンクリート材料のサステナビリティ指標とサステナビリティの三側面との関連、および SDGs との関連を示している。これらの成果を用いてコンクリート材料がサステナブルな世界の実現への貢献に関して考察している。コンクリートの配合条件が三側面と SDGs に与える影響の定量化の事例分析も示している。

第4章では、サステナビリティ評価するため多基準分析の概念と適用の現状に関してまとめている。ただし、多基準分析における各段階で様々な方法があるため、サステナビリティ評価をロバストにさせるため方法論的不確定性を考慮する必要があることを提示している。続けて、それぞれの段階(評価指標選択、データ処理、指標の正規化、指標重要度を表すための重み付け、と指標に対する集成)における方法論的不確定性の起源を整理しまとめている。コンクリート材料のサステナビリティ評価を事例として、各起源が独自で評価結果に及ぼす影響を明確にしている。

第5章では、サステナビリティ評価において方法論的不確定性を考慮と管理するため不確定性分析および感度分析を取り込む新たな多基準分析の枠組みを構築している。不確定性分析の役割は方法論的不確定性の影響を出力に伝播することと、感度分析の役割はその影響度を定量化することであると実証している。それによって、サステナビリティ評価の出力が決定論的な結果ではなく、確率的な結果になると示している。また、確率的な結果を解釈するため新たな統計学的な分析手法を提案している。

第6章では、様々なコンクリート材料の中から最もサステナブルな材料を決定するため構築した指標の枠組みと方法論的不確定性を考慮した多基準分析の枠組みを用い、コンクリートのサステナビリティ評価の事例をまとめている。要求性能の条件や指標の可用性を変えたシナリオにおいて、各コンクリート材料のサステナビリティ性能を計算し確率的な比較することによって、サステナブルな材料を選ぶ際に貢献できる方法を示している。

第7章では、構築した多基準分析の枠組みの将来性を広げるため、コンクリートのサステナビリティ評価に対して様々な課題を考慮した探索的な事例評価を示している。主な例として、上記の多基準分析の枠組みは一連の材料の中から最もサステナブルなものを選択することしかできないところ、本章では設計で材料のサステナビリティの最適化できる数値モデリング手法も提案している。

最後に、第8章では、本枠組みの適用に対する限界およびコンクリートのサステナビリティ評価に関する今後の方向性に関して示しており、第9章は本研究で得た成果をまとめて結論している。

現在、コンクリートサステナビリティ評価方法は確立されていないため本研究の成果はコンクリート材料のサステナビリティを総合的に向上するためコンクリート産業に対して大きな貢献できる。また、構築した多基準分析の枠組みの適用はコンクリート分野に限らず、一般的なサステナビリティ評価においても適用できるため様々な分野に対して役立つと考える。以上によって、著者は北海道大学の博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。