

報告番号	乙 第 7246 号
------	------------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 **コンクリート構造物のサステナビリティ
設計の提案とその適用に関する研究
(Study on proposal and application of the
sustainability design for concrete
structures)**

氏 名 柴田 敏雄

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、橋梁などのコンクリート構造物の既往の設計体系に対して、社会、経済、環境の側面を包括的に取扱うことができる体系として、豊かな地球の保持と人類の健全な社会経済活動を実現する上で最も重要と思われる概念「サステナビリティ」を基軸とした設計体系を提案し、プレストレスト高架橋や新たな構造形式の橋梁などを対象としてその適用性や有用性を検討したものである。本論文は、大きく Part1、Part2 の二部構成とし、第2章から第4章を Part1、第5章から第9章を Part2 とした、全9章から構成される。

第1章

本章では、本論文で扱う「サステナビリティ（持続可能性）」を、地球温暖化などの環境問題に対する狭義の意味ではなく、社会的側面、経済的側面、環境的側面の3つの要素がバランスした社会を目指す概念と定義し、その背景として東日本大震災やコンクリートを取り巻く昨今の問題を取り上げて、本研究の背景と目的を述べた。すなわち、2011年に発生した東日本大震災は、サステナビリティを確保するには、堅牢なインフラ・住宅・建物をもたなければならないこと、強いばかりでなく早期に機能が回復できるインフラが必要であること、地震などの外力に対して合理的な安全性の余裕度を設定すべきこと、などの教訓を社会に与えたこと、地球温暖化、本格的なインフラ維持更新時代の到来など、コンクリートを取り巻く環境は急変していることを述べ、サステナビリティを基軸としたコンクリート構造物の新たな設計体系の構築が必要なことを述べた。

Part1 は、第2章から第4章で構成し、コンクリート構造物の設計法の発展とサステナビリティの動向を調査し、サステナビリティ設計の必要性を検証した。

第2章

本章では、コンクリート構造物の設計法が、経験則を基にした許容応力度法から始まり、限界状態設計法へと移行し、仕様規定法から性能設計法に発展してきた経緯を、時代の変革と社会的要請の関係から整理した。

道路橋示方書が昨今の国際標準となっている部分係数を導入した性能規定型へ大改訂されるなど、さまざまな視点で性能設計法の体系化が図られて一定の進展が認められる状況にあるが、現在の性能設計の内容は、安全性・使用性といった古典的な範囲に限定されており、サステナビリティの観点からは、経済性、環境といったそれ以外の性能を考慮できる設計法とはなっていないことを明確にした。また、コンクリート構造物の安全性に対する余裕度について、経済性や環境などの他の性能との関連性を包括的に取り扱うニーズが生まれてきており、想定外の事象や地球温暖化の進展に対応できる設計体系の構築が必要なことを明らかにした。

第3章

本章では、国内外において、現在、主にコンクリートに関するサステナビリティ的な思考がどの程度まで、規格・基準類に取り込まれているか、環境設計についてどこまで言及されているかについて、包括的に調査した。

地球温暖化や異常気象などによる環境問題への関心の高まり、あるいは対応を余儀なくされてきたことから、環境評価や環境設計に関する取組みは活発化し、世界各国で規格、規準、環境評価ツールが策定されてきたことを調査結果に基づき示した。さらに、現状の環境評価に関する規格・規準類は、安全性・使用性、経済性、環境的側面を包括的に評価できる仕組みになっておらず、環境評価ツールもブラックボックスな点数付けとなっており、環境的側面を定量的に評価できる設計の枠組みが必要であることを明らかにした。

第4章

本章では、第2章と第3章での考察を受け、「サステナビリティ設計」を構築する必要性について取りまとめた。

以上、Part1 ではコンクリート構造物の設計法の変遷、各国の規格・基準類を調査して、構造物の設計法とサステナビリティ思考導入の現状を把握した。その結果、サステナビリティに関する機運は高まっているものの、地球温暖化や省資源化などの環境問題、本格的な維持管理時代に向けた設計での経済性配慮、想定外の事象に対する安全性・

使用性に対する考え方を含む社会的側面を包括的に扱えるコンクリート構造物の設計・評価方法は現状、存在しないことを明らかにした。

Part2は、第5章から第9章で構成し、Part1の考察結果を受けて、社会的側面、経済的側面、環境的側面の3つの要素を包括的かつ定量的に評価できる設計法として、サステナビリティ設計を提案し、具体的なプロジェクトを例にとってその適用性について検討した。

第5章

本章では、建設分野での近未来の設計体系としてサステナビリティ設計を提案し、具体的な設計フローならびに単純梁での数値計算例を示して、その実用性を検証した。

はじめに、建設分野にサステナビリティ思考を導入することの意義を明確にし、社会的側面、経済的側面、環境的側面のそれぞれにおいて考慮すべき事項を整理し、サステナビリティ設計で検討すべき項目を明らかにした。次に、安全性や使用性だけでなく、資源・エネルギーの枯渇や地球温暖化問題などの持続可能性を評価、実現する総合指標であるサステナビリティを構造物の設計に明示的に組み込んだサステナビリティ設計法を提案した。サステナビリティ設計法は、まず第一に、社会的側面の安全性に対する余裕度をサステナビリティ係数として定義し、その他の社会的側面、経済的側面および環境的側面、あるいは複合側面に関する要求性能を設定し、それらが満足される構造形式・材料・施工等を総合的な判断により決定するものである。適用事例として、RC単純梁に集中荷重を作用させたモデルでケーススタディを行った結果、サステナビリティ係数すなわち安全性に対する余裕を増加させても、コストならびにCO₂排出量は必ずしもその比率で増加せず、現行の設計をサステナビリティの観点から再編して、より合理的かつ多様な考え方を設計に組み込み可能であることを明らかにした。

第6章

本章では、山岳地域で建設されたプレストレストコンクリート高架橋のプロジェクトに対して、サステナビリティ設計の適用性について検討した。

第5章で構築した構築したサステナビリティ設計のフローに従い、評価指標を抽出、要求性能を設定し、それらを満足すると思われる構造物諸元を仮定して保有性能を算定、要求性能が確保されるか照査した。さらに、一般的な工法との比較においてサステナビリティ要素間の関係について総合的な評価を行った。その結果、検討対象高架橋の構造性能や建設現場の各種制約条件を、社会的側面、経済的側面、及び環境的側面に関する要求性能として設定することにより、それらを満足するための構造諸元および施工法の選定あるいは開発すべきことが明確になることを示した。更に、安全性の余裕度を増加させても、新技術の導入

により、コストを増大させずに、社会的側面や環境的側面のパフォーマンスを従来工法より向上させることができることを示した。

第7章

本章では、新しい構造形式と施工法の開発によって実現したバタフライウェブ橋について、具体的な施工事例を取り上げ、この橋梁技術のサステナビリティの観点での優位性を定量的に評価することを試みた。

サステナビリティ設計を適用して検証した結果、検討対象橋梁は、従来型箱桁と同じ安全性を確保したうえで、トータルコストを低減、CO₂等の排出量の削減、更に工期が12%短縮され、経済的側面、環境的側面において優位性があることを明らかにした。この検討事例により、新たな材料、新しい構造形式に対しても、社会的側面の要求性能を適切に設定すれば、サステナビリティ設計により、経済的側面ならびに環境的側面を合理的に評価できることを示した。また、単に材料だけでなくその特性を考慮した設計・施工方法も含めた総合的開発アプローチによって、サステナビリティに優れた革新的構造を創出することが可能であることを示した。

第8章

本章では、革新的な技術革新を実現するためには、技術開発の方向性と適切なアプローチの方法を明確にして、サステナビリティ設計を適用することが重要であることを明らかにした。また、革新的な技術革新を目標としてサステナビリティ設計を適用しても、すべての要求性能が常に満足されるとは限らず、その場合、要求性能を満足しない項目について総合的な判断が必要となることを橋脚急速施工技術の事例を示して明らかにした。

第9章

本章では、Part2での結論とともに、サステナビリティ設計適用における今後の課題を示し、将来のコンクリート・建設分野のあるべき姿を考察した

以上、本研究では、社会、経済、環境を包括的に取り扱うコンクリート構造物の新たな設計体系であるサステナビリティ設計を提案し、その適用性を具体的なプロジェクトを例にとって示したもので、近い将来のコンクリート構造物の設計体系確立に資するものである。