

学位論文題名

木・コンクリート合成桁橋の設計法の確立と構造合理化に関する研究

学位論文内容の要旨

20 世紀後半に確認された地球規模の温暖化は、人為起源の温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性が非常に高く、その排出量は、自然の吸収量の約 2 倍にまで増加している。温暖化がさらに進み、世界の平均気温が 2.2℃上昇すれば、生物種の 2 割から 4 割が絶滅することも予測されている。温暖化を抑制し、この平均気温の上昇を 2℃程度に抑えるためには、2050 年における二酸化炭素排出量を、2000 年比の 5 割から 8 割を削減しなければならない。温暖化が極めて深刻な状況にある現在、二酸化炭素排出量の削減は、運輸や通信、製造、そして建設等、あらゆる産業分野がそれぞれの英知を結集し、取り組まなくてはならない緊切の課題である。

一方、国内の橋梁は、高度成長期を境に急激に増加し、約 68 万橋に達している。大多数の橋梁は更新期を迎えつつあるが、社会資本整備を取り巻く経済情勢は厳しく、補修や補強による延命化が図られている。しかし、延命を目的とした処置は、既設構造の現状維持がその限界であり、さらに高齢化が進む近い将来には、更新を選択せざるを得ない。

地球温暖化が深刻化し、かつ、経済情勢の低迷が続く、いわば二重苦の中での橋梁整備には、構造的な安全性を保有しつつ、環境性と経済性を平衡する橋梁が求められる。この平衡性を保有できる可能性が高い橋梁として、本研究では、長野県で考案された、プレストレスト・木・コンクリート合成桁橋に着目し、将来の橋梁整備、ひいては低炭素社会の実現に貢献すべく、その安全性の確立と、経済性の向上、および二酸化炭素の削減効果、すなわち、環境性を確認することを目的としている。そして、本研究では、これらの検証方法の具体を以下のように設定している。

第一に、構造的な安全性は、鋼橋やコンクリート橋と同等レベルの設計法の確立によって得られる。このため、現状の設計法において考慮されていない、湿度や温度といった環境要因やクリープ等の評価手法を定式化する。そして、この評価式によって得られるプレストレスト力の変動量を、実橋計測によって得られた変動量と比較し、実挙動を評価できることが確認できれば、有効プレストレストに対する信頼性と、同一の理論により成立する設計法の安全性が保証される。

第二に、現状における他橋種との経済格差を解消するために、いくつかの構造合理化への方策を提案し、最適案を選定する。そして、この最適案に対する試設計を実施し、同規模の

他橋種と比較することで、その経済的な改良効果について検証する。

第三に、環境性は、LCA 分析によって評価する。一般的な鋼橋やコンクリート橋、および、上記の改良案を含め、それぞれの橋梁事業における二酸化炭素排出量を算出し、これを比較することで、環境性に対する効果を検証する。

本論文は、木・コンクリート活荷重合成桁橋の、構造的安全性と信頼性向上を目的とした設計法と、経済性向上を目的としたさらなる合理的橋梁形式を提案し、環境性を含め、その適用性を論じたものである。本論文は、5 章より構成されており、各章の概要をまとめると以下ようになる。

第 1 章では、本研究の背景と、北海道の木・コンクリート橋を始めとする、木とコンクリートとの複合橋や、木質材料の構造特性等に関する既往の研究成果について概説し、国内外における事例や設計法の現状を紹介している。そして、本研究の目的を明確に示し、本論文を構成する各章の概要を示している。

第 2 章では、木・コンクリート合成桁橋の設計法を確立するにあたり、現状の設計法の問題点を抽出し、理論的に検証すべき内容を明らかにしている。また、設計法の妥当性の検証材料となる有効プレストレス、すなわち、プレストレス力の変動量の評価に関し、新たに考慮すべき影響を定量的に評価するための基礎資料を示している。

第 3 章では、理論的に算出したプレストレス力の変動量と、実橋におけるプレストレス力の測定結果を比較することで、設計理論の妥当性を検証している。測定時期に応じたプレストレス力の測定値と計算値とを比較すると、計算値が測定値に対して 5

第 4 章では、長野県で考案された、木・コンクリート合成桁橋の改良案として、プレキャストセグメント方式・木・コンクリート死活荷重合成 T 桁橋を提案し、そして、この新しい橋梁形式に対する設計法を論じるとともに、経済性および環境性を他橋種と比較することで、その有効性を検証している。建設コストは、構造改良により 1 割程度減じることが可能であるが、同規模の鋼橋やコンクリート橋に対しては、未だ優位性が得られず、さらなるコスト縮減への取り組みが必要である。また、建設時の二酸化炭素排出量を算出し、木・コンクリート合成桁橋の環境性が、鋼橋やコンクリート橋に比べて、極めて優れていることを証明するとともに、木橋計画を森林経営の一部と位置づけ、適切な森林経営と共に遂行される必要性を喚起している。

第 5 章では、本研究で得られた知見をまとめ、結論として示すとともに、現状における問題点や今後の研究課題を示している。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 林 川 俊 郎

副 査 教 授 横 田 弘

副 査 教 授 後 藤 康 明

副 査 准教授 平 沢 秀 之(函館工業高等専門学校)

学 位 論 文 題 名

木・コンクリート合成桁橋の設計法の確立と構造合理化に関する研究

20 世紀後半に確認された地球規模の温暖化は、人為起源の温室効果ガスの増加によってもたされた可能性が非常に高いことが知られている。その人為的排出量は、自然の吸収量の約 2 倍にまで増加している。地球規模の温暖化がさらに進み、世界の平均気温が 2.2℃上昇すれば、生物種の 2 割から 4 割が絶滅することも予測されている。地球温暖化に伴う気候環境への影響は、自然災害を誘い、われわれの社会活動生活を脅かす。温暖化が極めて深刻な状況にある現在、二酸化炭素排出量の削減は、運輸や通信、製造、建設など、あらゆる産業分野が取り組まなくてはならない緊急的な課題である。

二酸化炭素排出量の削減のためには、化石燃料のエネルギー還元率の効率化や新エネルギー源の活用など、排出源からの削減も重要であるが、大気中の二酸化炭素そのものを削減することも必要である。これを可能とするもののひとつが樹木である。樹木は大気中から二酸化炭素を大量に吸収し、光合成により酸素を排出し、炭素を体内に固定することで成長するが、その能力は樹木が加工され、木材となっても失われることはない。このため土木分野では、木材を活用した社会資本形成を目的とした活動が今も行われている。具体的には、木橋や木杭、木製ガードレールなどに関する研究技術開発が進められ、二酸化炭素削減策のひとつとして期待が寄せられている。

近年、集成材などの木質材料の製作技術が向上し、さらに防腐処理技術の改良が進み、近代木橋と称される木橋が、林道や公園内に架設されるようになってきた。木橋が今後とも橋梁整備や低炭素社会の実現に貢献するためには、高コストと低耐久性の課題を克服しなければならない。このような背景のもと、本論文は長野県で考案された木・コンクリート活荷重合成桁橋に着目し、構造的安全性や信頼性向上を目的とした設計法を提案し、経

済性向上を目的とした合理的橋梁形式の適用性について検討し、木橋の性能照査型設計法に資する新たな知見を得たものである。

本論文は全5章から構成されており、各章の内容は以下のようなものである。

第1章では、研究の背景および既往の研究成果について概説し、国内外における事例や設計法を提示している。そして、本研究の目的を明確に示し、各章の構成について記述している。

第2章では、集成材とコンクリート間相互のクリープや温度変化の影響、木材特有の含水率変化の影響などを定量的に評価するための基礎資料を提示している。また、プレストレスの導入方法や施工順序など、プレストレス力の変動要因を定量的に評価するための基礎資料を提示し、有効プレストレスを算出する評価手法を提案している。

第3章では、木・コンクリート活荷重合成桁橋における有効プレストレスの評価手法により求められた算定値と実橋におけるプレストレス力の測定値との比較結果から、本論文で提案する評価手法の妥当性を検証している。プレストレス力の算定値は測定値に比較してやや小さめの値を与え、クリープが支配的な段階において両者の減少傾向がほぼ一致する結果が得られている。木・コンクリート合成桁橋の設計において、設計条件に応じた有効プレストレスを算出し、より信頼性の高い適正な設計法を提案している。

第4章では、長野県で考案された木・コンクリート合成桁橋を改良して、プレキャストセグメント方式・木・コンクリート死活荷重合成T桁橋を提案し、この新しい橋梁形式に対する設計法、経済性および環境性について検討している。新しい橋梁形式の構造計算は前章の設計法を適用し、適切な設計照査を行うことにより、他橋種と同等の安全性を保有することを明らかにしている。同規模の鋼橋やコンクリート橋に対する経済性については、主桁製作費を2割程度減じることができなければ、他橋種と同等の性能を有することができないことを指摘している。また、建設時の二酸化炭素排出量を算出し、木・コンクリート合成桁橋の環境性が、他の鋼橋やコンクリート橋に比べて極めて優れていることを明示している。

第5章では、各章で明らかとなった内容を要約し、本論文を総括している。

これを要するに、著者は長野県で考案された木・コンクリート合成桁橋に着目し、構造安全性と信頼性向上を目指した設計法を提案し、経済性と環境性を改善する新しい橋梁形式の適用性を検討し、木・コンクリート合成桁橋の性能照査型設計法に資する新たな知見を得たものであり、橋梁工学、木質工学、メンテナンス工学に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。