

(論文内容の要旨)

本論文は、橋梁の構造デザインにおける、力学的骨格（構造）と視覚的フォルム（形態）が同時に考慮されてゆくような思考プロセスにおいて、そのような構造デザインの思考を支える知の基本的骨格を解明し、体系的に整理することを目的とし、橋梁の構造形態を個別的にではなく、互いに関連性のあるものとして認識するための基本概念や、様々な構造形態の創出や解釈に応用可能な構造形態操作法について論じたものであり、以下の7章および補章から構成されている。

第1章は序論であり、研究の背景と目的を述べ、構造デザイン論に関する既往研究に対して、本研究の位置づけを行った。

第2章は本研究の論理的な基礎づけを行う導入部である。まず、材料と構造システムの基本的な問題に触れた上で、橋梁の規模（支間長）と施工性および経済性の関係について論じ、長支間の橋梁では材料効率の観点から軸力抵抗系（吊橋、斜張橋、アーチ橋、トラス橋など）が有利であり、支間の短い橋梁では施工性の観点から曲げ抵抗系（桁橋、ラーメン橋など）が有利であることを模式的に示した。そして、橋梁に作用する5種類の力（①：引張力、②：圧縮力、③：曲げモーメント、④：せん断力、⑤：ねじりモーメント）を、「橋軸方向の鉛直平面内に生じる力：①～④」と「橋軸方向を軸とした回転の力：⑤」に分類し、前者は橋梁形式全体に大きく影響し、後者は曲線橋や斜橋、大きな偏載荷重を受ける橋梁などに大きく影響することを述べ、以降の章において、それらが発展的、かつ、詳細に論じられる（前者は第3章～第5章、後者は第6章）ことを述べている。

第3章では、第2章で示した①～④の力に対して、それぞれ基本的な構造システム（サスペンションシステム、アーチシステム、ウェブシステム、斜材システム）と橋梁形式（吊橋、アーチ橋、桁橋、トラス橋）を対応づけ、各形式の相互関係を、構造と形態の連続性および対称性から論じている。ここでは、形態論を扱う上で不可欠となる具体的な形態イメージを伴う理論を、「構造形態相関図」として表し、その定量化手法の開発を行った。さらに、実橋データを用いて既存橋梁形式の座標値を算出し、構造形態相関図における分布傾向を把握するとともに、各橋梁形式相互の相関係数を算出し、形式間の近接度を明らかにした。これらの結果、既存橋梁形式は構造形態相関図の周縁部にプロットされ、中央部付近は空白領域となったため、この空白領域に存在する橋梁の構造形態に関してケーススタディーを行った。さらに、橋梁形式の発展史を、「近世以前」、「近代」、「現代」という3つの時代に区分し、構造形態相関図の観点より概観した。そして、近世末期に至るまで、橋梁は主に基本的な4つの形式（吊橋、アーチ橋、桁橋、トラス橋）であったが、技術の発展とともにそれが多様化し、現代では様々な複合形式が考案され、さらなる形式の多様性が生みだされていることを示した。

第4章では、橋梁形式以外の構造システム、つまり、「水平方向の構造システム」、「荷重分配システム」、「床組から主構への荷重伝達システム」についても「構造形態相関図」によって説明されることを示し、これらを用いて具体的な

事例とともに考察した。それにより、橋梁形式という平面的な構造だけでなく、現実に存在する立体的な構造物としての構造形態のイメージをより具体的に描きだした。

第5章では、第3章で扱った「橋梁形式」、および、第4章で扱った「橋梁形式以外の構造システム」を、ともに「スパンシステム」とし、構造形態相関図において、図中の特定方向の移動が意味する構造形態の変化が、スパンシステムの操作手法として抽出され得ることを示した。すなわち、構造形態相関図より、これらスパンシステムの構造形態操作法として9種類の操作方法（①：ビームシステム化、②：吊橋・アーチ化、③：非斜材システム化、④：斜材システム化、⑤：軸力部材化、⑥：曲げシステム化、⑦：反転、⑧：混合、⑨：デッキ位置の配置操作）を抽出し、スパンシステムの構造形態の生成および解釈に関する方法論的基礎を構築した。

第6章では、前章までで扱わなかった力、すなわち、ねじりモーメントについて、それが発生する主な3つの要因（曲線橋、斜橋、荷重偏載）を挙げ、その対策としての構造システムについて体系的に整理した上で、ねじりシステムの構造形態操作法として4種類の操作方法（①：直橋化、②：閉断面化、③：隅力抵抗化、④：重量バランス）に整理し、ねじりを受ける橋梁の構造形態の生成および解釈に関する方法論的基礎を構築した。

第7章は結論であり、本研究で得られた成果について要約し、今後の課題や展望について述べた。

補章では、構造形態相関図を、第3章から第5章で扱った三角座標表示以外の座標系による表示方法、すなわち、2次元直交座標表示、3次元直交座標表示、極座標表示に関して述べたものであり、各表示方法の意味や特徴、定量化手法を示した。

氏名	久保田善明
----	-------

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、橋梁の構造デザインにおいて、構造デザイナーの技術的能力の一つとしてほとんど明示されることのない知の存在、すなわち、力学的骨格（構造）と視覚的フォルム（形態）を同時に考慮してゆくような思考に関して、そこに内在する論理を、構造のもつ物理的側面よりアプローチすることにより解明し、体系的に整理することを試みたものである。得られた主な成果は次の通りである。

(1) 新たな図的表現法の開発

構造デザインの論理として具体的な形態イメージを伴う論理構築を目指し、力学原理をもとにした演繹的な方法に基づいて、橋梁の構造形態の相関関係を示す新たな図的表現法（構造形態相関図）を開発した。また、実橋データを用いて定量的な考察を行い、構造形態相関図における各橋梁形式の分布状態や相関性を明らかにした。そして、時代に伴う橋梁形式の変遷を、構造形態相関図を用いて表現し、基本形式からの分化と発展の流れを検証した。さらに、橋梁形式という構造システムだけでなく、水平方向の構造システムをはじめとする他の3つの構造システムも同様に構造形態相関図に表現することにより、立体的な構造物としての橋梁の構造形態のイメージをより明確なものとした。

(2) 橋梁形式の構造形態操作手法の開発

構造形態相関図において、図中の特定方向の移動が意味する構造形態の変化に着目し、9種類の構造形態操作手法を導いた。これらの操作手法により、橋梁の構造形態の生成原理がより論理的、かつ体系的に説明され、新たな構造形態の創出および既存構造物への解釈に対する方法論的基礎を構築した。

(3) ねじりを受ける橋梁の構造形態の体系的整理

曲線橋や斜橋、荷重が大きく偏載する橋梁など、ねじりの力が橋梁の形態に大きく影響を与える場合について、ねじりの要因とその対策としての構造システムについて体系的な整理を行った。さらに、ねじりシステムの構造形態操作法を4種類に分類した。これによって、従来、橋梁の形態論に組み込まれることの少なかったねじりの問題を橋梁形式などと同じ一つの体系の中に位置づけることができた。

以上、本論文は、橋梁の構造形態の関係性の論理に基づく新たな表現図法の開発を行い、それらを体系づけることによって、橋梁デザインにおける形態生成や形態評価の基礎理論としての新たな知見を与えるものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成20年10月23日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。