

学 位 論 文 題 名

デジタル地形データを用いた高速道路最適設計

プロダクトモデル構築に関する研究

学位論文内容の要旨

道路建設業務において設計図面の役割は極めて重要である。一方、近年注目されている建設 CALS を実現するためには、設計図面も標準に基づいて電子化する必要がある。一般的に、その標準は ISO の規格である ISO10303 と考えられるが、土木分野においては、実用化が遅れており、実際的には、標準が存在しない状況となっている。そこで、図面の交換・共有とともに CAD 図面を活用して業務を効率化することを目的として、図面を CAD で作成する方法についての研究が必要になってきている。本論文では、それらの論点を踏まえ、橋梁設計および連絡等施設設計を対象として、CAD により、図面作成する新しい方法を提案し、それらを実証的フィールド実験に適用し、その妥当性を評価することを目的とする。

本論文は、8章からなる。第1章は序論、第2章は、研究分野における現状と課題であり、第3章～6章は、モデルの実証的解析、第7章は、全体の取りまとめと考察、第8章は結論となっている。

第1章では、研究の目的と方法の特徴について述べると共に既往研究についての総括をおこなった。

第2章では、特に主要研究分野である建設 CALS における現状と課題について取りまとめた。

第3章では、道路設計において CAD を使う際の課題として、デジタルマッピング(DM)が地形データとして使えないこと、すなわち、DMが必ずしも設計CADでの活用を目的に考案されたものではないことであり、ここではその解決のために測量成果としての地形情報を次の事業プロセスで再利用することを前提に、DMに付加すべき仕様を具体的に提案した。

第4章では、この新しいDM仕様にに基づき実際の測量や設計業務を対象に実証フィールド実験を行い、提案の妥当性及び設計業務における具体的な効果について述べた。その結果、地形情報をデータとして設計 CAD に直接取りこむことで、設計業務における地形図電子化作業の省略などの効率化とともに品質の確保を図ることが可能となり、3次元設計への拡張、GIS(地理情報システム)、CG(コンピュータグラフィクス)への活用などの高度利用への展開が図れることになった。

第5章では、高速道路設計のコンピュータ支援による、工費や土工量バランス等を最小化する線形最適化システムを構築した。すなわち、最適線形探索の過程では数十万本の縦断線形を生成し、デジタル地形データからそれぞれ土工量を計算する必要がある。これには従来のCADを用い人手で横断面を作成する平均断面法が用いられていたが、1線形の土量計算に日単位の時間を要し、多くの縦断線形を比較できなかった。本論文では、デジタル地形データから直接土工量を計算するセル平均法を開発し、土工量関数テーブルを作成することで、1線形の土工量を0.1秒未満で算出可能となるシステムを

新たに開発した。この方法を適用することにより、既往設計例における平均断面法と比較し、より有効で効果のあることが検証された。

また、第6章では、道路設計の際の概略工事費と土工量バランスだけを「コストの低減」として考慮するだけではなく、道路構造令や設計要領などの規定を満足しながら、トレードオフの関係にある経済性、安全性、快適性、環境負荷の低減、渋滞解消などの多くの評価項目について遺伝的アルゴリズム(GA)を用いた最適縦断設計法の検討をおこなった。このことをおこなうにあたって、現状では多くの時間と労力を要するため、限られた代替案を道路設計者の経験に基づいて、評価および選定しているのが一般的である。また特に建設中の急峻な山岳地帯を通過する高速道路の線形設計(以下、線形設計と記す)においては、制約条件が厳しくなり、道路線形のわずかな変化が土工量に大きな影響を与えるため、経験豊富な道路設計者であっても、評価選定に多くの時間を要している。そこでここでは、それを解決するためにデジタル地形データと線形の設計条件から仮想道路モデルをつくり、線形設計のシミュレーション(模擬実験)を自動的に行うシステムを構築した。また、検討する代替案の数を大幅に増加させ、さらに道路設計者が重視する評価項目をバランス良く満足する代替案を短時間で選定することにより、道路設計者を支援するシステムを構築することもあわせて行い、その実際例について検討した。

また、道路線形には平面線形と縦断線形があるが、それらの設計を支援するシステムについて検討をおこなった。ここでは、道路設計を支援するシステムとして、比較的評価しやすい「縦断線形」を対象とし、平面線形は変更しないものとした。これは、道路公団等の道路概略設計レベルにおける線形設計では、平面線形は既に都市計画として決定されていること、現在、建設中の高速道路は山岳道路であるため、主として縦断線形を修正することにより道路概略設計が行なわれていることを考慮したものである。その結果、ここでの設計方法は、従来の方法に比べ高速に縦断線形の設計ができることから、本システムで得られた縦断線形をもとに、既存の平面線形をCADで微修正することで効率的かつ優れた線形設計が可能となることが明らかとなった。

さらに、第7章では、本論文の総括をおこなった。すなわち国土の建設から国土のマネジメントへの政策の転換、建設 CALS/EC の進展に伴い、道路事業においても情報化の推進が求められている。一方、情報技術は、一般にハードウェア・ソフトウェアと解され、道路事業とは関係なく日進月歩の勢いで発展しているものである。しかしこれらの情報技術は基本的に、情報を処理するための技術であり、処理される例えば道路事業に関する情報まで規定するものではない。そこで標準化された仕様に基づく道路管理情報を整理し、そのデータの一貫した標準フォーマット(データモデル)が必要となる。道路管理情報とは、管理している道路の計画・設計時点における情報、構築された道路の構造と幾何形状など直接設計にかかわる情報ばかりでなく、施工時の条件と品質、利用者に対する交通サービス、補修・改良の情報など多様な情報も考慮する必要がある。これらの情報は、事業ライフサイクル全般に亘って共有・活用すべき情報であり、道路事業のフェーズの進展に伴って、深度化されて行くという性格を有すると考えられる。その点を踏まえ、本研究では、国内では初めてとなる、高速道路の管理情報の基本となるデジタル道路データの CAD データと付帯する属性データとを統合して整備し、それを活用するための最適設計プロダクトモデルを構築するものである。

学位論文審査の要旨

主査	教授	加賀屋	誠一
副査	教授	佐藤	馨一
副査	教授	森吉	昭博
副査	教授	奥	俊信

学位論文題名

デジタル地形データを用いた高速道路最適設計 プロダクトモデル構築に関する研究

道路建設業務における設計図面の役割は極めて重要である。その分野では、近年、設計図面作成にあたって電子化の試みを開始されている。現在注目されている建設 CALS の実現のためにもその標準化が必要とされており、ISO10303 という規格も考えられている。しかしながら、道路設計分野においては、実用化が遅れており、いまだ標準設計法が存在しない状況である。そこで図面の交換・共有が容易にできる CAD を活用して業務を効率化することを目的として、図面を CAD で作成する方法についての研究が必要になってきている。本論文は、それらの論点を踏まえ、橋梁設計および道路等施設設計を対象として、CAD により図面作成する新しい方法を構築し、それらをフィールド実験に適用し、その実証性、妥当性を評価することを目的としたものである。

本論文は、8 章から構成されている。

第 1 章では、研究の目的と方法の特徴について述べると共に既往研究の総括を行なっている。

第 2 章では、主要研究分野である建設 CALS における現状と課題を取りまとめている。

第 3 章では、道路設計において CAD を使う際の課題として、デジタルマッピング(DM)が地形データとして使えないこと、すなわち、DM が必ずしも設計 CAD での活用を目的に考案されたものでないことであり、ここではその解決のために測量成果として得られた地形情報を事業プロセスで再利用することを前提に、DM に付加すべき仕様を具体的に提案している。

第 4 章では、この新しい DM 仕様にに基づき実際の測量や設計業務を対象に実証フィールド実験を行ない、提案の妥当性および設計業務における具体的効果について述べている。その結果として、地形情報をデータとして設計 CAD に直接取り込むことで、設計業務における地形図電子化作業の省略などの効率化と共に品質の確保を図ることが可能となり、3 次元設計への拡張、GIS(地理情報システム)、CG(コンピュータグラフィクス)への活用などの高度利用への

展開が図れることを明らかにしている。

第5章では、高速道路設計のコンピュータ支援による工費や土工量バランス等を最小化する線形最適化システムを構築している。これは、最適線形探索の過程で数十万本の縦断設計を生成し、デジタル地形データからそれぞれの土工量を計算し、その中から道路最適設計案を決定するものである。本論文では、デジタル地形データから直接土工量を計算するセル平均法を開発し、土工量関数テーブルを作成することで、1線形の土工量を0.1秒未満で算出可能となるシステムを開発している。この方法を適用することにより、既往設計例における平均断面法と比較し、より有効で効果のあることを明らかにしている。

第6章では、道路設計の際の概算工事費と土工量バランスだけを「コストの低減」として考慮するだけではなく、道路構造例や設計要領などの規定を満足しながら、トレードオフの関係にある経済性、安全性、快適性、環境負荷の低減、渋滞解消などの多くの評価項目について遺伝的アルゴリズム(GA)を用いた最適縦断設計法の拡張を行なっている。従来、この問題は、多くの時間と労力を要するため、限られた代替案で道路設計者の経験によってのみ評価選定していた。また急峻な山岳地帯での道路線形設計においても制約条件が厳しく、多くの問題があった。ここでは、それを解決するため、デジタル地形データと線形の設計条件から仮想道路モデルを構築し、線形設計シミュレーションを自動的に行なうシステムを新たに開発している。このことによって、数多くの代替案による評価項目の最適性を満足できる計画の決定ができることを明らかにしている。また道路設計を支援するシステムとして、特に重要な縦断線形を対象として、その設計の高速化を試みており、得られた縦断設計を下に、既存の平面線形をCADで微修正することで、効率的かつ優れた線形設計が可能となることが明らかにしている。

第7章では、道路の管理情報として計画設計、道路構造と幾何形状、施工時条件と品質、利用者に対する交通サービス、補修改良などの情報を総合的に管理するための電子化システムについて取りまとめている。これらについての標準化された仕様作成するための建設CALSの構築を試み、実際の日本道路公団データモデル(JHDM)に適用し、その実用性の検証と今後の可能性について考察している。

第8章は、結論として各章で明らかになった事項を要約し、本論文を総括している。

これを要するに、著者は、高速道路の線形設計においてデジタル地形データの導入による方法論開発を目的とし、解析方法には設計CADの利用、評価方法には遺伝的アルゴリズム(GA)の適用を考えた新しい道路最適設計システムの確立を行ない、それらのデータベース共有化のための道路設計プロダクトモデルを提案、構築しており、交通システム工学、道路設計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、