

氏名(本籍)	もと ばやし こう た (東京都)				
学位の種類	博士 (農学)				
学位記番号	博甲第1066号				
学位授与年月日	平成5年3月25日				
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当				
審査研究科	農学研究科				
学位論文題目	トラクタ部材の最適設計に関する基礎的研究				
主査	筑波大学教授	農学博士	小中俊雄		
副査	筑波大学教授	農学博士	吉崎繁		
副査	筑波大学教授	工学博士	郷田国夫		
副査	筑波大学助教授	農学博士	小池正之		

論文の要旨

トラクタの軽量化は湿田走行性能、運動性能及び作業性能の向上、土壌の締固めに及ぼす踏圧の影響等の観点から重要である。また、低コスト化、高強度化等の観点から本体フレームをはじめとする各種構成部材の抜本的な改善が求められており、多様化する市場要求への対応も含めて最適設計技術の適用は実用的に意義が深い。本研究では、トラクタ部材に対して数値解析手法による強度解析を適用し、形態論的見地からみた最適構造設計の適用可能性と問題点について考察した。各章での諸検討事項並びに研究概要を以下に示す。

第1章では、農業機械の設計現場に求められる様々な市場要求を概観し、その対応策として数値解析手法に基づく構造解析技術や最適設計法、計算機援用設計 (CAD) といった手法の必要性を述べた。そこで本研究では、トラクタ部材に対して有限要素法による強度解析と実物載荷試験を実施し、次いで構造解析及び最適設計法の適用性と技術的問題点について検討することを目的とした。

第2章では、農業機械の各種構成部材に対して有限要素法をはじめとする数値解析手法を適用した既往研究事例を整理し、コンピュータのグラフィック表示機能を有効に活用した設計技術の重要性について述べた。また、有限要素法による最適構造設計技術の現況について言及した。

第3章では、幾何学的対称形状を有する比較的単純な部材として三点支持装置の上部リンクを検討対象に取り上げ、有限要素解析と実物による強度試験の比較から数値解析手法の妥当性を検討した。解析手法として汎用有限要素解析ソフトウェア NISA II を供試し、エンジニアリング・ワークステーション (EWS) 上で線形静的解析を行った。このとき、荷重条件として軸方向圧縮荷重を与えて静的荷重条件下での対象部材の変形状況、応力分布や破壊に対する危険部位等を検討した。ま

た、併行して供試部材のプロトタイプについて簡単な載荷実験を実施し解析解の適合性を検証するとともに、最適設計への基礎データを収集した。本章の主要な結論は以下の通りである。

1) 数値解析により変形状況、応力分布、応力集中係数、ひずみエネルギー密度等のパラメータを特定でき、かつ供試モデルについて強度上の危険な部位を指摘することができた。このことから、強度面から設計上留意すべき点についての知見が得られた。

2) 実物上部リンクを供試した室内載荷実験では、4000Nまでの設定荷重の範囲内において載荷重と応力が相関係数0.99以上の直線関係を示した。また、実物試験と数値解析の結果はほぼ一致し、供試体の応力状況を数値解析により充分予測できることが分かった。

3) 実際のプラウ耕に関するデータに基づいた4000Nの圧縮荷重条件下では、供試部材は弾性領域内にあり許容応力に対して5倍以上の安全率をもつことが判明した。

4) 本解析方法では、応力塗料膜法、光弾性法、モアレ法等他の方法と比較して、より簡便でかつ精密に応力状態を予測することができる。また、解析結果は目的に応じて自在にグラフィック表示することができ、きわめて有用であることが示された。

第4章では、溶接構造を含む比較的複雑な形状の部材としてけん引棒を検討対象に取り上げ、EWS上での有限要素解析と実物載荷試験を行いその結果を比較検討した。このことから、数値解析手法を設計現場へ適用する上での問題点を抽出し、実用上の技術的方策について検討を加え、以下の結論を導いた。

1) 非軸対称体であるけん引棒に軸方向引張力を作用させた時の、変形状況及び応力分布が数値解析により求められた。また、応力集中、ひずみエネルギー密度分布等の具体的数値が特定でき、それに基づいて供試モデルの強度上危険な部位を指摘することができ、強度面から設計上留意すべき点についての知見が得られた。

2) 数値解析及び載荷実験の結果から、5000Nまでの引張荷重条件下では載荷重と応力は直線的な関係となり、弾性限度を超えることなく線形的な挙動を示すことが確認された。

3) 複雑な形状の部材は工作精度上の理由などにより幾何学的あるいは材料特性的な対称性が損なわれ、実際の測定応力値にはばらつきが見られた。本解析ではばらつきが±50%になり、設計段階で工作精度に関する安全率は1.5以上を見込む必要があると認められた。

4) 溶接による材料特性の変化が応力分布に及ぼす影響は、溶接部近傍にとどまり、解析結果に及ぼす度合いは少なかった。

第5章では、トラクタ全体の軽量化に対して効果の大きい部材としてフレーム型トラクタのシャシーフレームを検討対象に取り上げ、有限要素法による最適設計を適用した。すなわち、力学的諸条件を満足しつつ目的関数としての質量を最小化する形状最適化を実施し、その結果を原型形状と比較することにより解析上の技術的問題点について考察を行った。本章の主要な結論を以下に示す。

1) 最適形状解析で反復過程が収束するためには、初期形状及び荷重条件、拘束条件の設定が重要であることが認識された。

2) 本解析では、採用した初期形状及び解析条件の下で一つの収束解が得られた。得られた最適

形状フレームは目的関数としての質量最小化を満足する結果となり、原型フレームに対して42%の軽量化が達成され、応力も26~34%低減された。

3) 得られた最適形状フレームは幾何学的に複雑であるため、実用性を考慮した製造面からの検討が今後さらに必要となることが指摘できた。

4) 本解析では、理想化された少数の制約条件により最適形状解析を実施したが、より複雑で現実的な複数制約条件の下で収束解を得ることの重要性が認められた。

第6章では、第5章で得られた最適形状フレーム及び原型フレームについて、実際のトラクタ作業を想定した種々の外力条件の下で線形静的解析を行った。このことから供試フレームの構造上の力学的諸特性の解明を試みるとともに、最適化前の原型フレームと比較検討を行い、最適化手法の実用上の諸問題について検討を行った。形状あるいは材料特性について最適化が行われた構造物では、実際の使用状況に即した強度解析や耐久試験による評価が不可欠であり、そこから多くの情報を収集し設計過程にフィードバックすることは現場適用性の面から意義が深い。本章で得られた主要な結果は以下の通りである。

1) 想定した各種载荷条件の下ではフレーム後半部における応力はほぼ均等に分散しており、全応力設計手法に基づいた応力分布が認められた。これに対してフレーム前半部では、複数の集中荷重を受けることから载荷パターンによって異なる挙動を示し、また高い応力集中も認められ、強度設計はより複雑となることが認められた。

2) 供試フレームの中央部に垂直方向の集中荷重が作用する場合、最適化前の原型形状に対して応力で約20~24%、ひずみエネルギーでは約13%低い値となった。また、応力は部材のほぼ全域に均等に分散し、最適形状の強度面での有利性が示された。

3) 供試フレームの先端部に集中荷重が作用する場合は、前部機関接続位置後方のくびれ部に高い応力集中が認められ、肉厚の変更あるいは形状修正をともなう寸法変更が必要な部位として指摘できた。また、最適形状では原型形状に比較して応力及びひずみエネルギー量が1.5~2.6倍の値となった。

第7章では、数値解析手法による最適設計技術のトラクタ部材に対する適用性について、本研究で得られた知見を総括した。また、トラクタフレーム形態の将来展望について概観するとともに、最適設計手法の農業機械分野への適用上の技術的諸問題について述べた。

審 査 の 要 旨

本論文は、トラクタの最適設計技術について、エンジニアリング・ワークステーション上でソフトウェア NISA II を用いてトラクタ部材に対して有限要素法による強度解析と、実物载荷試験を行い、トラクタフレームの構造解析及び最適構造設計手法の適用性と技術的問題点について研究している。

これらの研究成果は、トラクタ部材の軽量化、高強度化、低コスト化に関して極めて有用なもの

であり、これからの農業機械の最適設計手法に有益な示唆を与えるものと期待される。
よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。