

氏名(国籍)	ムハエミン ミミン (インドネシア)		
学位の種類	博士(農学)		
学位記番号	博甲第2260号		
学位授与年月日	平成12年3月24日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	農学研究科		
学位論文題目	Structural Characteristics of Aluminum-made Chassis-type Frame of a Tractor (農用トラクタに適用したアルミニウム製シャシー型フレームの構造特性)		
主査	筑波大学教授	農学博士	小池正之
副査	筑波大学教授	農学博士	佐藤政良
副査	筑波大学助教授	農学博士	瀧川具弘
副査	筑波大学教授	農学博士	坂井直樹

論文の内容の要旨

これまで、トラクタの質量は、大規模営農の動きと相まって増加傾向をたどってきた。その結果、過度な土壌の締固めをもたらし、現場作業における所要エネルギー上昇の一因となった、この問題を解決するために、約10年前から、トラクタの比質量(kg/kw)の低減化が試みられ、その結果、比質量の8%軽量化が達成された。しかしながら、その軽量化の相当部分はエンジンの効率化によって達成されているのが実情である。このように、トラクタ車体質量の減少につながる実用的な研究の蓄積は、今だ少ない状況にある。

本研究は、強度と剛性を犠牲にせず、シャシー型フレームの軽量化を実現する技術的方策について検討することを目的としている。まず市販の鋼鉄製シャシー型フレームをアルミニウム材で代替し、その強度特性について調べた。次いで、側方部材の最適形状を考慮したフレームモデルを供試して、量低減効果を含めた形態設計の有用性について論じた。また、載荷試験を実施し、有限要素法による数値解析の結果と比較し、強度面からの検討を行った。判明した知見の概要は、以下の通りである。

まず、研究の背景、意義、農用トラクタの軽量化に関する研究の重要性と研究目的について述べた。

次いで、本研究に関連する既往の研究について述べ、本研究の工学的意義の検討を行った。特に、トラクタの構造強度に関する研究、軽量化技術研究の現状、軽量化材料、および軽量化がエネルギー消費量と土壌の締固めに与える影響について調べ、本研究の社会的意義を明らかにした。

トラクタフレームの軽量化は、材料変更により実施することを試みた。供試材としては、現行の設計で使われている鋼鉄の代わりに、アルミニウムを使用した。許容剛性範囲内で質量減少を達成するために、フレームの部材寸法を大きくし、また、部材の肉厚は薄くした。横方向曲げ剛性を強化するために、横桁部材を一本付け加えている。このフレームの構造特性を調べるために、アルミニウム製と鋼鉄製のフレームについて、縮尺1/2の有限要素モデルを作成した。そして、トラクタ単体、フロントローダ、前装排土板、腹装排土板、腹装モータ、前輪に装着した付加重錘、横方向とねじりを模擬する印加方式の8種類の荷重条件で静的強度解析を行った。その結果、アルミニウムの使用によって、最大von Mises相当応力も大きく減少することが認められた。検討した二つの材料の許容応力を考慮すると、鋼鉄製フレームと比較して、アルミニウム製フレームは約2倍の強度をもつことが明らかとなった。しかしながら、縦方向の曲げ剛性に関しては、アルミニウム製フレームは約12%低い値を示した。この数値解析の妥当性の検討結果にも言及した。

形状変更が質量低減に及ぼす影響の度合いに係る検討では、まず、利用可能な空間を最大限活用する設計概念に基づいて、側方部材の初期形状を作成した。そして鋼鉄製フレームの剛性を勘案しながら、規定の荷重条件を印加して、フレーム質量の最小化を試みた。この初期形状の解析値によれば、側方部材は鋼鉄製とほぼ同等な曲げ剛性を示し、強度について6倍以上、質量については34%程度の減少を見込めることが分かった。既往の研究で提案された鋼鉄製の最適化側方部材と比較したところ、供試アルミニウム製側方部材は、強度及び曲げ剛性において優位に立つことが明らかとなった。アルミニウム製モデルに対するすべての荷重条件下で優位性は認められたが、荷重の小さい範囲における優位性は判然とせず、両者は同程度の値を示した。次いで、アルミニウム製フレームは、実用上鋼鉄製フレームと同等な剛性を示し、強度は1.5から5倍となることについても指摘できた。

さらに、この形状変更が固有振動数に及ぼす影響を調べるために、固有値解析を行った。

そして、本研究の結論及び今後の改善に係る提案と展望について延べ、最後に、本研究のトラクタ製造過程への適用における実用的価値と応用性についても論及した。

審査の結果の要旨

本研究は、市販トラクタの鋼鉄製フレームをアルミニウム材で代替し、その軽量化への効果、強度特性、最適化形状、振動モード解析を行って、提案するフレームの製造現場への適用可能性について検討している。

軽量化を達成する接近法としては、形状と材質の変更による改良方策を採ることが現実的と考えられるが、そこには常にコスト要因が配慮されなければならない、問題の解決を困難にしている。同時に、当該フレームはオフロード車両の具備条件として、稼働中に生起する過大応力にも耐える疲れ強さ特性を持つことが要求される。このような軽量化に係る技術的懸案事項の突破口として、アルミニウム材の実用性を検討しており、フレーム研究での先行的事例としての意義は高いものと考えられる。

有限要素モデルとーフスケール・モデルを用いて、8種類の荷重モードにおいて発生する応力・変形分布を定量的に調べ、供試材料の物理的特性値から応力集中の発生箇所や変形特性を特定することを試みた。この結果、得られたデータは強度面から、第一近似設計の基礎資料として役立つと結論づけている。形態設計の一環として実施した最適化形状に係る解析では、側方部材の形状の最適化により、鋼鉄製と比べた場合、曲げ剛性はほぼ同等程度、引張強度は6倍以上となり、質量については34%の低下を図ることに成功している。形状変更による軽量化は直感的にも理解できる場所であるが、この結果は形状変更の有用性を具体的に示し、さらに今後の研究の方向性を導いたところに独自性があると思われる。供試フレーム形状の実用化に当たっては、デザイン特性、占有空間を考慮した装着部材との配置調整、前後車軸分担荷重比等についての考慮が欠かせないであろう。また材質面では、強度が不足気味であるとする結果が得られた場合、現段階で利用可能な代替しうる候補材（たとえば、アルミナ繊維材）についての考察が必要となるであろう。振動モード解析では、供試フレームの固有振動数と固有モードについて言及し、座乗性の改良につながる基礎的データを得ている。フレーム研究は、ドイツの研究機関において積極的に推進されているが、一方東南アジアの水田地帯で用いられる動力耕うん機の軽量化及び耐久性設計においても、これらの知見は有用であろうと思われる。

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。