

2023年 2月22日

豊橋技術科学大学長 殿

機械工学専攻
学位審査委員会
委員長

佐藤 海二



論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、学位審査会を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	高橋 秀樹		学籍番号	第199101号
申請学位	博士(工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 機械工学専攻	
博士学位 論文名	大型旋回クレーンのタワー弾性を考慮した最適制御と操作性向上 (Optimal Control and Operability Improvement of Large Rotary Cranes with Tower Elasticity)			
論文審査の 期間	2022年7月14日 ~ 2023年2月22日			
公開審査会 の日	2023年2月22日	最終試験の 実施日	2023年2月22日	
論文審査の 結果※	合格		最終試験の 結果※	合格
審査委員会(学位規程第6条)				
学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。				
委員長	河村 庄造			
委員	竹市 嘉紀		内山 直樹	
		印		印
		印		印

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

国内建設業界の従事者数について減少と高齢化が顕著であり、建設機械の自動化あるいは操作支援技術の開発が強く望まれている。ショベルやダンプトラックなど比較的小型の建設機械については、遠隔操作支援技術が製品化されているが、クレーンに関しては荷揺れ抑制が必要であり、実用化が進んでいない。特に、高層建造物の建築などに用いられる大型クレーンでは、運搬性および組立性向上を目的とした構成部品の軽量化により、クレーン本体の剛性が低下し、操作に高度な技能が必要とされている。本論文は、幅広い応用を有する大型旋回クレーンのタワー捻り振動を考慮した制御法および操作性向上、ならびに産業界でのカーボンニュートラルへの貢献のため、省エネルギー化のための制御法に関する研究をまとめたものである。

本論文は全5章から構成される。第1章では、本研究の背景、関連研究の概要、研究目的、論文構成を述べている。第2章では、まず、大型旋回クレーンの制御法の検討のために、商用クレーンの動作特性を解析し、タワー弾性を考慮した新たな動特性モデルを提案している。つぎに、最短時間制御法を提案し、荷揺れを計測することなしに、クレーンの旋回動作のみにより、その旋回半径方向と接線方向の荷揺れおよびタワー捻り振動の同時抑制を可能にしている。その有効性を実験により確認している。第3章では、より一般的なクレーンに応用可能な省エネルギー制御法について検討している。動作抵抗を利用した急制動により消費エネルギーを低減できることに着目し、荷揺れ抑制を同時に考慮した最適制御法を提案後、実験により有効性を確認している。第4章では、旋回クレーンの操作性を向上するためのタワー捻り剛性の設計法について検討している。この捻り剛性、吊り荷質量、ロープ長を変更した際の荷揺れと捻りの同期に影響する振動モード特性を調べ、操作性が向上する条件を実験的に示している。第5章では、本研究で得られた成果をまとめると共に、今後の課題と展望を述べている。

審査結果の要旨

工場内と異なり屋外での様々な動作環境が想定される建設機械の自動化は挑戦的な課題であり、高齢化社会での熟練作業者の減少に伴い、一層の研究開発が期待されている。本論文では、作業効率向上のために荷揺れ抑制が必要な大型旋回クレーンを対象とした自動制御と操作性向上に関する研究をまとめている。旋回クレーンの自動制御に関する研究は広く行われてきたが、大型装置においては軽量化のために本体が低剛性化し、本論文は、これを考慮した制御法を提案している点で高い新規性を有する。また、近年要求が高まっている省エネルギー化のための新たな制御法を提案している点も独創性がある。シミュレーションと実験において、有効性を示しており、実用性も高い。

本論文の主要な成果は以下のようにまとめられる。1) 商用大型クレーンの振動特性を調査し、荷揺れとタワー捻り振動が支配的であることに着目した新たな動特性モデルを提案後、実験的に有効性を示している。2) 同モデルを利用して、荷揺れを計測することなし、クレーンの旋回動作のみにより、その旋回半径方向と接線方向の荷揺れおよびタワー捻り振動を同時に抑制できる最短時間制御法を非線形最適化手法に基づき提案している。研究室内の試験装置のみならず商用クレーンにおいても有効性を確認している。3) 商用クレーンの動作実験において、動作抵抗を利用した急制動により消費エネルギーを低減できることに着目し、荷揺れ抑制を考慮した2分法に基づく最適制御法を提案後、実験により有効性を確認している。4) 大型クレーンの操作性向上を目的として、捻り剛性、吊り荷質量、ロープ長を変更した際の荷揺れと捻り振動の同期に関する振動モード特性の影響を操作実験により調べ、運搬時間および荷揺れ特性の統計解析およびアンケート結果より、振動モードゲインの分散の低減が有効であることを示している。

大型旋回クレーンの新たな最適制御法と操作性向上のための設計指針の提案は、システム工学分野での学術的独創性が高く、シミュレーションと実験により有効性を示しており産業界への寄与も大きい。以上より、本論文を博士(工学)の学位論文に相当するものと判定した。

(各要旨は1ページ以上可)