

論文要旨

大型の港湾機械であるコンテナクレーンは兵庫県南部地震時に大きな被害を受け、港湾構造物としての耐震設計の見直しが求められた。コンテナクレーンは重心位置が高い柔軟構造物であり、レール上を走行し、建物などとは違う境界条件となるため、従来の免震設計とは違った設計検討が必要となる。

本研究では、コンテナクレーンを対象とした、新しい免震システムとしてロッキング型免震システムを提案する。そして、ロッキング型免震システムの解析手法の検証を模型実験により行い、その最適設計手法を有限要素法解析により検証する。さらに、セミアクティブ制御系の設計手法を示し、その有用性と特徴を明らかにすることを目的とする。

第1章は序論であり、コンテナクレーンに対する耐震、免震設計の経緯と研究動向について述べる。また、研究背景である構造物のモデル化手法、解析手法、免震、制振技術やそれらの制御系設計についての研究について概論し、本研究の動機付けと目的を示す。

第2章では、新提案のロッキング型免震システムの概要を示し、簡易モデルでの解析によりロッキング型免震システムと水平型免震システムとの比較を行う。さらに1/15模型振動実験の概要と実験結果を与え、模型モデルの有限要素法解析を行って、実験結果と比較することにより、解析手法の検証を行う。

第3章では、2章で検証した解析手法により実大クレーンのモデル化を行う。各種地震波に対する数値解析を行い、水平型と比較することでロッキング型免震システムの基本特性を明らかにする。

第4章では、ロッキング型免震機構の最適動的設計手法を検討し、最適な減衰定数が各振動モードに対して存在することを明らかにする。さらに免震機構部への荷重評価、走行方向加振入力に対するねじれモードへの対応方法を与え、パッシブな場合のロッキング型免震システムの設計手法を確立する。

第5章では、セミアクティブ最適制御理論について、双線形最適制御理論による展開を行う。カルマンフィルタによる状態推定および外乱包含制御を応用し、理論的準備について説明する。

第6章では、制御系設計のためのモード座標系におけるモデル化手法を与え、セミアクティブ最適制御をロッキング型免震システムに適用する。ロッキング振動モードとねじれ振動モードの近接した2つの振動モードに対して免震性能向上効果があることを数値解析により明らかにする。さらに、地震時以外の通常の荷役作業時の対応についても検証し、セミアクティブ制御により制振性能が向上することを明らかにする。

第7章では、以上の内容をまとめ、本論文の結論を述べる。