(様式5)

指導教員 承認印	(田川)

平成３０年６月１２日
Year Month Day

学位（博士）論文要旨

(Doctoral thesis abstract)

論文提出者 (Ph.D. candidate)	工学府博士後期課程　機械システム工学　専攻 (major) 平成２１年度入学(Admission year) 学籍番号０９８３３７０１　氏名　青木　保夫 (student ID No.)　(Name)　(Seal)
主指導教員氏名 (Name of supervisor)	田川　泰敬教授
論 文 題 目 (Title)	電子制御を用いない機械式アクティブ振動制御に関する研究 Active vibration suppression mechanism without electronic control

論文要旨（2000字程度）

スマトラ島沖地震（2004年），東北地方太平洋沖地震（2011年）など，世界各地で大地震が発生し多くの被害をもたらしている．また，震源から離れた地点における長周期地震，2016年に発生した熊本地震では震源地近くでの長周期パルス地震などが観測されており，それまで想定されていなかった被害が発生しており，現在施されている対策とは異なる対策の検討が必要となっている．

これまでも，地震発生時に建物の倒壊を防ぐため油圧アクチュエータを用いた免震あるいは制振制御を行う技術が提案され，実用化されている．これらの装置は，センサによって検知した地震波から電子装置でアクチュエータを制御することで，建物が揺れることを抑えている．これらの技術は，演算装置内で制御則を自由に設定できるという利点があげられる．一方で建物の寿命が50年以上であるのに対し，電気・電子機器およびこれらを制御するソフトウェアは数年単位でモデルチェンジあるいはアップデートが行われている．また，ソフトウェア開発者のエンジニアとしての寿命は40年程度であり，若いエンジニアも新しいプログラム言語など学ぶことが多く，過去の技術を習得する時間が取れないのが現実であるため，ハードウェアおよびソフトウェアの更新やメンテナンスが大きな課題となっている．また，制御を行うために必要となるセンサ類が検出限界を超えたときや欠陥を含む誤作動などをした場合，予期せぬ動作を起こす可能性もある．さらに，震災発生時に断線，浸水などにより装置自体が正常に機能しないことも想定される．地震発生時に，免震・制振装置の確実な動作の重要性が改めて認識されており，より単純な機構で構成され，震災時に確実に機能する信頼性の高いアクティブ免震・制振装置が求められている．

本研究では従来型の電子装置を用いる制御システムに代わり，単純で機械的な機構からなる油圧アクチュエータの機械式駆動機構を提案する．提案手法では振動源からの入力と制振体との間に機械的リンクを取り付けることで，電子制御なしに油の流れの切り替えを行う．本研究では，提案する機械式油圧アクチュエータ駆動機構を地震を建造物に伝えない免震システム，および振動を抑制する制振システムに応用し，実システムを想定した実験およびシミュレーションにより，その有用性を示すことを目的とした．

さらに，提案機構をガントリークレーンの制振へと適用することを試みた．港での船への荷物の積み下ろしを行うガントリークレーンは，地震などによる倒壊の恐れだけではなく，吊り荷から受ける揺れや衝撃，港という環境下から風による影響などによって常に振動している状況で作業を行っている．この様な建造物についてはビルのような動かないことを求められる建築物とは異なるため，従来のアクティブ免震・制振装置による制振は難しいと言える．また，港という環境から塩水による塩害も考慮する必要があり，電子機器の使用には適さないことから，こちらも建物に対する対策同様に信頼性の高いシステムが求められている．本論文の構成は，以下の通りである．

第 1 章において，本研究の背景および目的を述べ，第 2 章で提案する機構の説明と従来の電子制御を用いた制御手法との比較について記す．

第 3 章では，提案機構をフルアクティブ免震システムに適用し，数値シミュレーションと実証実験についての比較検討を行う．リンクの長さ比を変えることで機構の特性を変化させられることをシミュレーションにより示し，実験においても同様の傾向が見られることを確認する．さらに，スプール特性とシリンダ受圧面積のパラメータを調整することで更なる性能の向上が可能になることを数値シミュレーションにより示す．

第 4 章では，提案機構をアクティブマスダンパに適用した場合についてシミュレーションと実証実験にて比較検討を行い，アクティブマスダンパとしての良好な性能を示す．また，カウンタウェイトの質量が制振体の 20%近くとなるなど，実際のシステムへの適応に際しての課題についても述べる．

第 5 章では，提案機構を用いたワイヤーアクティブ制振方式と，これを用いたガントリークレーンへの外乱抑制シミュレーションを行う．地震，外力，風力の 3 つの外乱を負荷とする数値シミュレーションを行い，十分な制振性能が得られることを示す．

第 6 章では，結論を記す．

（英訳）※和文要旨の場合(400 words)

Reducing collapse damages of buildings and constructions by giant earthquakes is an important issue for human lives. Hydraulic active vibration suppression is made by mobilizing actuator with the most suitable command signals through servo valves after computing data. These data are collected by various actuator measuring instruments. However unforeseeable contingency takes place in natural disasters such as electric power failure or disconnection by sharp vibration.

If any of such disaster should occur, the system does not function. The excess power would rather cause out of control. The system itself contains potential for harm. This study is to propose the simple and reliable control system for hydraulic actuator using robust mechanical structure instead of electronic measurement and control. The results of model experiments and simulations presented in our previous works show good results. But it is necessary to raise the precision of simulation to put it into practical use. For the purpose of improving accuracy, we made experiments and simulations for various parameters such as inertial load mass, link ratio for control sensibility, and coefficient of oil switching flow and so on. Then, the control performance is evaluated.

Purpose of this study is also to realize "active vibration suppression" for gantry crane without computerized control. Surroundings of field are not so good that vulnerable electronic devices are in danger of breakdown for emergency. Instead of using electronic control mechanical switching control system using hydraulic pressure is now proposed. Basic working principles by mechanical controls have been demonstrated with simulations and model experiments. This system controls such vibration as earthquakes, strong winds or cargo humping shocks. Two sets of active vibration suppression systems are set on bottoms of crane legs. Main body torsional vibration can be reduced by controlling each system separately. Container moves toward land or sea. This system controls vibration accordingly. Two systems consisting of actuator, spool, link and wire are fixed on bottom of legs. They are both directed to the sea. From intersections of boom and legs two wires are attached crosswise and connected with center actuator rod by way of pulley. When upper mass of crane deforms to the land, wire attached from the sea to the land is loosened and the other wire is tensed reversely. Movement of these wires is used as input power that activates spool through link. Then it switches hydraulic flow and actuator pulls wire to return mass to original position and vice versa. Electric motor is used in advance to produce high pressured oil by hydraulic pump. Energy made by such high pressured oil is charged in accumulator and used if need arises. These simulations should be verified with experiments for future.