

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |   |
|-------------------|---|
| 題目(和文)            | 免震建築構造物のアクティブ制御に適した等価入力外乱に関する研究   |
| Title(English)    |   |
| 著者(和文)            | 宮本皓   |
| Author(English)   | Kou Miyamoto  |
| 出典(和文)            | 学位:博士(工学),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第11201号,<br>授与年月日:2019年3月26日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:佐藤 大樹,元結 正次郎,山田 哲,竹内 徹,古谷 寛   |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第11201号,<br>Conferred date:2019/3/26,<br>Degree Type:Course doctor,<br>Examiner:,,,,, |
| 学位種別(和文)          | 博士論文  |
| Category(English) | Doctoral Thesis   |
| 種別(和文)            | 審査の要旨   |
| Type(English)     | Exam Summary  |

## 論文審査の要旨及び審査員

| 報告番号        | 甲第  | 号      | 学位申請者氏名 | 宮本 皓 |     |
|-------------|-----|--------|---------|------|-----|
| 論文審査<br>審査員 |     | 氏名     | 職名      | 氏名   | 職名  |
|             | 主査  | 佐藤 大樹  | 准教授     | 古谷 寛 | 准教授 |
|             | 審査員 | 元結 正次郎 | 教授      |      |     |
|             |     | 竹内 徹   | 教授      |      |     |
| 山田 哲        |     | 教授     |         |      |     |

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「免震建築構造物のアクティブ制御に適した等価入力外乱に関する研究」と題し、以下の6章から成っている。

第1章「序論」では、近年、従来のパッシブタイプの免震建築構造物に対して、より高い制御性能を得ることを目的として、アクティブ制御を導入した免震建築構造物が実現されていること、外乱の影響を推定しこれを利用する等価入力外乱手法が用いられるようになったことを述べている。従来の等価入力外乱手法は、メカトロニクス系を対象としたものであるため、建築物の振動制御で重要である絶対加速度や層間変位は陽に含まれていない問題点について指摘している。この現状を受け、免震建築構造物の振動制御に適するように、絶対加速度や層間変位を抑制する拡張等価入力外乱手法の提案を行うことを本論文の目的として述べている。

第2章「相対変位・速度を抑制する従来の等価入力外乱 (EID) 手法」では、相対変位・速度を抑制する従来の等価入力外乱手法と、相対変位・速度を抑制する状態フィードバック制御との比較を行い、従来の等価入力外乱手法の特性や問題点について述べている。その結果、相対変位・速度を抑制する従来の等価入力外乱推定器をフィードバック制御に取り付けることにより、相対変位・速度に対する制御性能を改善できることが明らかになった。一方、建築物の振動制御で重要となる絶対加速度や層間変位の応答は増大することが確認され、これらを抑える EID 手法の開発が必要となることも示している。

第3章「絶対加速度、層間変位・速度を制御する LQR の設計方法」では、等価入力外乱手法に用いられるフィードバックコントローラに着目し、絶対加速度や層間変位を抑える最適制御 (LQR) を用いることによる制御性能への影響を述べている。通常の LQR の評価関数中では絶対加速度が評価対象となっていない現状を受け、本論文では、絶対加速度と層間変位を考慮できる LQR の評価関数の導出を行い、絶対加速度の大きさを相対変位・速度と制御入力を用いて等価に表現できる方法を示している。従来の、相対変位・速度を抑える LQR によって設計されたコントローラをもつ制御系と、本論文で提案した絶対加速度、層間変位・速度を対象とした LQR による制御系を比較すると、提案した手法は特に2次や3次モードに対する減衰定数を飛躍的に向上させる役割があり、さらに、伝達関数の分子項の根 (零点) を改善する役割があることを示した。

第4章「絶対加速度、層間変位を制御する拡張等価入力外乱手法」では、等価入力外乱推定器に着目し、免震建築構造物の応答制御に重要な絶対加速度と層間変位を抑える拡張等価入力外乱手法の提案を行っている。本論文で提案する拡張等価入力外乱手法はフィードフォワード制御とフィードバック制御部分から構築されていることを詳細に説明し、外乱はフィードフォワード制御によって低減され、その残差がフィードバック制御によって低減される形式であることを明らかにしている。さらに、1自由度系モデルを用いて制御系設計の際に用いるパラメータが、制御性能に与える影響を理論的に説明している。通常、絶対加速度と相対変位はトレードオフの関係にあるが、絶対加速度を出力する等価入力外乱手法は、絶対加速度に対する制御性能を下げることなく、相対変位に対する制御性能を改善できることを明らかにしている。

第5章「応答スペクトルを用いた拡張等価入力外乱手法による制御系の設計」では絶対加速度を考慮する拡張等価入力外乱手法を対象として、制御系の応答 (特に、相対変位・速度と絶対加速度) と、最大制御力値を推定する新しい応答スペクトルを示している。その結果、地震力から応答値までの伝達関数と、従来の建築設計で用いられている応答スペクトルを組み合わせることにより、本論文で提案する拡張等価入力外乱手法を用いた制御系においても最大相対変位・速度と絶対加速度、および制御力を推定できることを示している。これにより、本論文で提案した拡張等価入力外乱を組み合わせることで、より高い制御性能が得られる免震建築構造物の動特性 (固有周期と減衰定数) が明らかになった。従って、予め免震建築構造物を設計する際に固有周期や減衰定数を適切に調節し、アクティブ制御と組み合わせることにより、より効率よく振動制御を行えることが示されている。

第6章「結論」では、各章で得られている知見を総括し、本論文の結論と今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は免震建築構造物を対象とした応答制御を行なうに当たり、機械制御に用いられている制御系を準用することにとどまらず、免震建築構造物に適した新しい制御系の提案を行っている。さらに、提案した制御系の理論的な性能分析や、応答評価法までも含んでいることから、建築構造学分野における学術的価値は高く、工学上貢献するところが大きい。したがって、本論文は博士 (工学) の学位論文として十分な価値があるものとして認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。