

床振動と固体伝搬音のアクティブ制御に関する研究

A Study on Active Control of Floor Vibration and Structure-Borne Sound

田中靖彦 Yasuhiko TANAKA*1 ・ 出口清孝 Kiyotaka DEGUCHI *2

要 旨

床振動対策のうち適用範囲や制振性能に優れるアクティブ制振を取り上げ、微振動・体感振動・固体伝搬音の原因となる建物床の多自由度振動を、床1スパンに1台のセンサと1台のアクチュエータで低減させる自動制御設計機能付き制振装置の実現について述べた。

最初に制御方法と単純支持平板モデルによる制御効果を示した。次に制御設計を省略して装置を設置するための制御対象のシステム同定手法を示し、単純支持平板モデルを用いてその同定精度を検証した。

分布質量系制御対象をロバスト制御理論でフィードバック制御する点は従来の研究と同様であるが、センサとアクチュエータがともに1台のシステムで済む点、制御対象を金属製の板やダクトよりも均質性・柔軟性が低く、減衰の大きい鉄筋コンクリート造の実大床とする点、短時間で制御対象モデルを作成できるシステム同定機能を組み込む点が従来の研究と異なる。

実際の床構造では振動制御に必要な有効質量やモードベクトルの把握が困難であり、モードの特定も高次になると多数点の測定結果から検討しない限り困難である。しかし実用上、装置の設計・設置が容易であることを重視し、本章では操作点と観測点はともに1点として、有効質量とモードベクトルは概算で設定した。実大床における実験では、100Hz以下の3つのモードに対し、本制御手法によって床振動と固体伝搬音が1次モードで10dB、2次と3次モードで5dB程度低減されることを確認した。

本装置の実用化において、制御対象のシステム同定で推定される固有値から、工学的に有意な固有振動モードを選定する手法が改良されれば、自動的な制御系設計が可能となる。これにより、アクチュエータで制御対象を加振した際の加振力と床上速度のデータから制御対象を同定して制御器を設計し、床振動とそれに伴う固体伝搬音をアクティブ制御する一連のシステムが実現する。

システム同定の精度向上と自動化、対象振動数範囲や振動低減量の拡大、衝撃外乱や強制外乱に対する制御性能と安全性の向上などについての進展が今後の課題である。

キーワード：床振動，固体伝搬音，アクティブ制振， H_∞ 制御，システム同定

Summary

In order to realize a system that reduces multi-modes of floor vibration and accompanying structure-borne sound by a single sensor and an actuator per unit span area, a method of active vibration control and a procedure to identify the control object are described. Then the good performance of the method and procedure is demonstrated with numerical simulations. Their usefulness has also been shown through experiments with a life-size floor structure. It is verified that the first three modes of vibration and structure-borne sound are reduced as designed by about 10 dB at the first mode and some 5 dB at the second and third modes. The method and procedure will lead to the active control system with automatic control design function for floor vibration and structure-borne sound.

*1 技術研究所

*2 法政大学

本論文は、「日本建築学会環境系論文集 No. 587, pp. 1-8, 2005. 1」より転載したものである。