

ノート

ペンシルビルに適用する制振装置の試作と評価

福田 良司*¹⁾ 島崎 洋治*²⁾ 森尻 渉*³⁾ 長谷部 寛樹*³⁾

Development of tuned cradle mass damper for medium height narrow building

Ryoji Fukuda*¹⁾, Yoji Shimazaki*²⁾, Wataru Morijiri*³⁾, Hiroki Hasebe*³⁾

キーワード：制振装置，ペンシルビル，パッシブ制御

Keywords：Mass damper, Narrow building, Passive control

1. まえがき

先の東日本大震災では、広い範囲で津波の被害が甚大となったが、地震の揺れがおさまっても、ビルの上層階においては揺れが長く続いたことが報告された。日本の建造物は、地震による被害を低減するためある程度揺れる構造になっているが、揺れがなかなかおさまらないというのは心地良いものではないし、あまりに大きな揺れは居住者の不安をかき立ててしまうことがある。比較的新しい建物、特に高層ビルではアクティブ型の制振装置が採用されているものがあり、地震のエネルギーを打ち消すような装置が建築の当初から搭載されているものもある。しかし、このようなアクティブ制振装置は、その重量や動力源の確保といった問題などから、建物の建築当初に採用されない限り、後から追加することは非常に難しい。つまり、既に建てられているビルに対して、後付が可能な制振装置の開発は、都市が抱える課題であると言える。

本稿では、既存のビルに設置可能な制振装置を試作し、その性能について報告する。特に今回は、首都圏に数多くみられる狭隘な土地に建てられた、10階建て程度のビル(ペンシルビル)を対象として制振装置の開発を行った。はじめに開発した制振装置の概略を示し、続いて制振装置の性能評価実験について報告する。

2. クレイドル型制振装置

2.1 装置概要 試作した制振装置を図1に示す。本装置は、車輪をつけた錘が、ガイドレール(クレイドル)上を揺動するようになっている。このクレイドルは2枚の鉄板に3つの車輪を取り付けたものである。揺れの速さは振り子の原理と同じように円弧の半径や車輪の径を変えることにより調節できる。中央レール側面には非鉄金属である銅板を貼り付けてあり、クレイドルにはネオジウム磁石を取り付けてある。クレイドルが揺れている際、磁石と中央レ

ール側面の銅板との間に渦電流が生じることにより磁場が生じ、ネオジウム磁石の磁場との相互作用により、クレイドルに減衰を与えることができる。なお、クレイドルの減衰の強さは、磁石の個数により調節することができる。図2には、クレイドル型制振装置を高さ約1mの模型構造物に設置

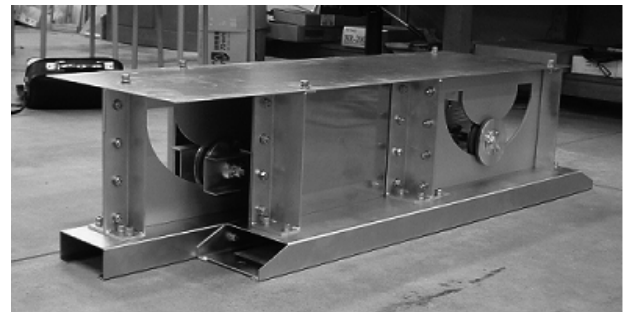
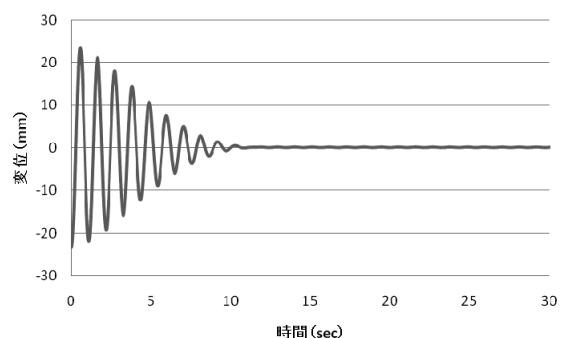
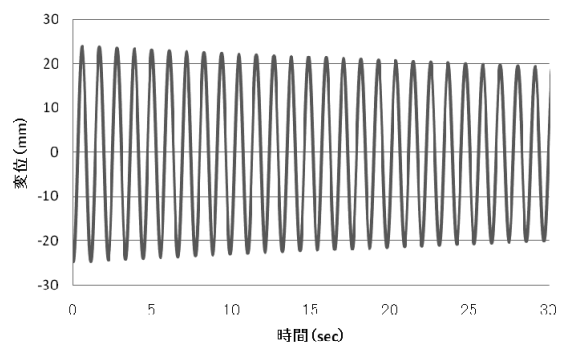


図1. 開発したクレイドル型制振装置

図2. 制振装置による制振効果(自由振動)
(上) 制振装置なし (下) 制振装置あり

*1) 機械技術グループ

*2) 東海大学工学部土木工学科

*3) 株式会社コスモテックス

し、構造物の最上部に 24mm の初期変位を与えて自由振動させた際の制振装置による制振効果を示したものである。本実験では制振装置により約 10 秒程度で構造物の揺れを抑制していることが分かる。一方、制振装置がない状態では、自由振動を始めてから 30 秒経過しても、揺れがほとんど抑制されていないことから、装置の有効性が明らかになった。

2.2 クレイドル型の特長 試作した制振装置の最大の特長は、その重量の可変性と装置の可搬性にある。まず、重量の可変性については、矩形の板状の錘の枚数を変更することにより、制振装置の固有周波数を変えられることを特長としている。これは、設計と実物の間に生じる微小な誤差などを吸収することが可能である。これにより、建物の固有周波数に限りなく近づけることが可能となり、装置本来の制振性能を発揮させることができるようになる。次の特長は、可搬性についてであるが、これは特に既存のビルへの設置の際に優位性がある。制振装置は一般的に、制振性能を得るためにかなりの重量を必要とする。このため、設置方法とビルの耐荷重に関して少なからず影響する。特に耐荷重は、建物を建てた後で変更することは難しく、屋上に大重量の装置を設置することは、好ましくない。しかし今回開発した装置は、装置全体を複数の要素に分割して運ぶことが可能であり、さらに装置の重量もフロア全体に分散できることから、先に述べた問題を解決することができる。

3. 制振装置の性能評価実験

自由振動に対する装置の性能については既に示したが、地震の際に最も重要なことは建物の被害を防ぐことであり、これには建物の固有周波数において制振性能を発揮することが重要である。そこで、性能評価実験としてビルを模擬した固有周波数 1Hz 程度の構造物を用意し、この上部に開発した装置を搭載して、強制的に床部に変位を与えて装置の性能を確認する。事前の実験において、構造物の固有周

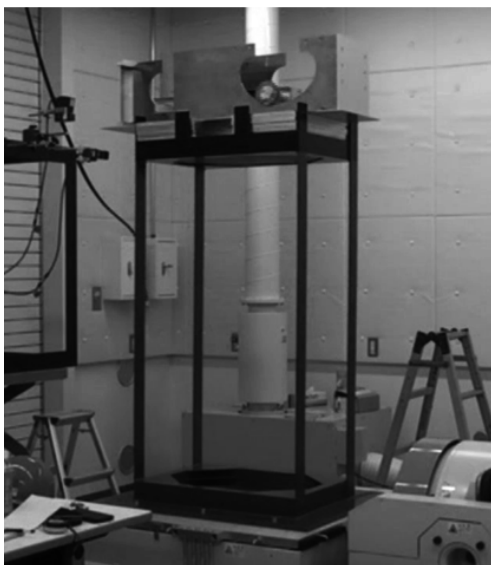


図3. 制振装置性能評価実験の様子

波数が 1.12Hz であることを確認しており、ここを中心として掃引試験を行い、構造物の最上部の変位と試験機の変位をそれぞれ計測して、周波数特性を求めた。試験の様子を図 3、計測から得られた周波数特性を図 4 にそれぞれ示す。用意した構造物は、材料に SS400 を用い、高さは約 1m となっている。この上部に開発した制振装置を搭載し、床に強制変位を与えて、制振装置の性能を検証した。なお、床の変位はサーボ加速度計を用いて計測し、構造物最上部の変位は、レーザー変位計によって計測した。図 4 は加振周波数と構造物の固有周波数の比を横軸に、加振台と構造物の変位の比を縦軸に表したものである。固有周波数において、構造物の変位は 10 分の 1 以下に抑制されており、開発した装置の有効性が確認された。

4. まとめ

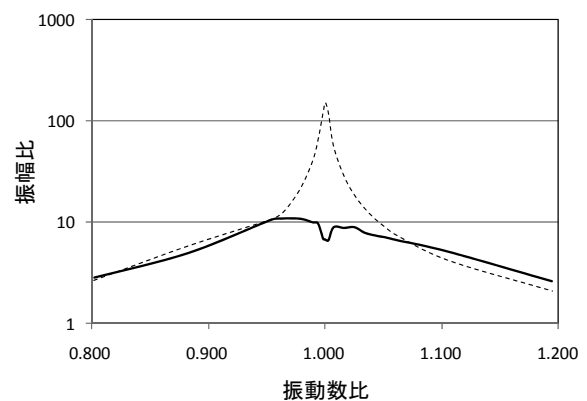


図4. 制振装置による制振効果(強制振動)
—: 制振装置あり ---: 制振装置なし

本研究では、既存のビルに設置可能な制振装置の開発を行い、その性能について検証した。まず、制振装置を設置する際の問題を解決するため、分割して設置することが可能な形状を検討し、設計した。さらに可搬性のみならず、装置の固有周波数を微調整できる構造とし、装置本来の制振性能が発揮しやすい構造とした。さらに開発した装置の性能を検証するため、1Hz 程度の固有周波数を有する構造物を用意し、強制振動を与えて実験を行った。その結果、開発した装置は、構造物の固有周波数近傍で、構造物の振動を 10 分の 1 程度まで抑制できることを明らかにした。

本研究は平成 21 年度 JST 地域ニーズ即応型の助成を受けて行ったものであることを記し、ここに感謝の意を表す。

(平成 23 年 5 月 24 日受付, 平成 23 年 6 月 24 日再受付)

文 献

- (1) Yoji Shimazaki : "Tuned cradle damping device on a simple structure model", The sixteenth international congress on sound and vibration, Krakow, Poland, CD-ROM, T35-1, No.37 (2009).
- (2) 秋元洋平, 島崎洋治: 「試作クレイドル型制振装置の性能評価」, 土木学会関東支部第 37 回技術研究発表会講演論文集, CD-ROM, 1-41 (2010).