

クレイドル型制振装置における実験と解析

東海大学 学生会員 武井 啓充
東海大学 正会員 島崎 洋治

1. はじめに

地震や風などによる自然の力、土木・建築工事や自動車・列車の交通による人為的な力など、様々な要因により、構造物は振動する。このような動的外力による振動は、構造物の信頼性、精度、品質、寿命などを損なうばかりでなく、安全性や居住空間の快適性など、私達の日常生活に支障をきたすような、様々な問題を引き起こす¹⁾²⁾。これらの振動による問題を解決する有効な手段の1つとして、制振がある。制振手法には多くの種類があり、分類の仕方も多様であるが、大きく分けてパッシブ型制振とアクティブ型制振の2つがある。また、これら2つの手法を組み合わせたハイブリッド型と呼ばれるものもある。パッシブ型制振装置は、外部供給エネルギーを必要とせず構造物の揺れに応じて自然に稼働し、振動を低減する。また、アクティブ型制振装置は、外部供給エネルギーを利用して振動を制御する装置で、このエネルギー供給には電動式や油圧式などのアクチュエータを利用している²⁾。

ここで提案する制振装置は、パッシブ型に属するクレイドル(ゆりかご)型制振装置で、振り子のように長い紐を必要とせず、構造が単純でコンパクトなため、従来の制振装置よりも格段に低コストで製作が可能である。また、多分割して設置することも可能なので、施工も簡単である。本研究ではクレイドル型制振装置の自由振動に対する減衰効果および有効性をラーメン構造模型により実験的に検証し、数値解析によりこの効果を理論的に確認した結果を示す。

2. 実験模型

2.1 ラーメン構造模型

図-1に、実験で使用したラーメン構造模型を示す。この模型は、支柱材としてPL-60×4.5の鋼材を4本使用しており、長さは1250mmで一方方向のみせん断型の振動をする。構造模型と制振装置のクレイドルを除く部分の有効質量は約50kgである。また、構造模型を自由振動させたときの固有振動数は0.915Hzである。

2.2 クレイドル型制振装置

図-2は、実験で用いたクレイドル型制振装置である。クレイドル型制振装置のクレイドルのみの質量は約565gである。クレイドルは2枚の鉄板に3つの車輪を取り付け、3つの円弧のレール上を1秒間に1回程度の速さで揺れる。揺れの速さは振り子の原理と同じように円弧の半径を変えることにより調節できる。レールの円弧の半径は約30cmで、レールのスタンドには非鉄金属であるアルミニウムを使用している。また、クレイドルにネオジウム磁石($\phi 12.5 \times 2$)を取り付け、クレイドルが揺れている際、スタンドのアルミニウム面に渦電流が生じ、クレイドルに減衰を与える。クレイドルの減衰の強さは、磁石の取り付ける位置や個数により、調節することができる。



図-1 ラーメン構造模型



図-2 クレイドル型制振装置

キーワード：制振、TMD、パッシブ型、クレイドル型制振装置、

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117 東海大学土木工学科

TEL 0463(58)1211 FAX 0463(50)2045

3. 実験・解析方法

実験では、ラーメン構造模型にクレイドル型制振装置を取り付けた制振時と、この装置を取り除いた非制振時の自由振動実験を行う。実験は制振時、非制振時ともに図-1のラーメン構造模型の梁部分を 2kgf の力で横方向に引張り初期変位を約 12.5mm 与え、自由振動させた。ラーメン構造模型の変位振幅はレーザー変位センサーにより 30 秒間計測する。解析では変位応答解析を行うために、クレイドル - 構造物の連成方程式を作成し、MATLAB 言語を用いて、ルンゲ・クッタ法により数値積分を行った。解析で使用した支柱材のバネ定数および固有振動数などは、実験より得られた値を用いた。

4. 実験・解析結果

下図の上二つの図は実験結果で、図-3 は非制振時、図-4 は制振時における構造模型の変位応答図である。また、下二つの図は解析結果となっており、図-5、図-6 は制振時におけるクレイドル、構造模型の変位応答図である。表-1 には、実験での非制振時・制振時における固有振動数および減衰比を示す。実験結果

表-1 非制振時・制振時の固有値【実験】

	非制振時	制振時
固有振動数	0.915Hz	0.905Hz
減衰比	0.080%	6.636%

の非制振時と制振時を比較してみると、非制振時の減衰は非常に小さいが、制振時では 12.5mm あった初期変位が 10 秒後にはほぼなくなっている。表-1 から分かるように、固有振動数はあまり変化がみられないが、減衰比は制振時の値が非制振時の約 80 倍となった。また、図-6 の制振時における解析結果は、図-4 とほぼ同様の結果が得られた。この時のクレイドルの減衰係数は $C=51g \cdot \text{sec}/\text{mm}$ とした。図-5 は、円弧上でのクレイドルの水平方向の動きを示したもので、図-6 の構造模型の動きと比べ非常に大きく動いているのが分かる。

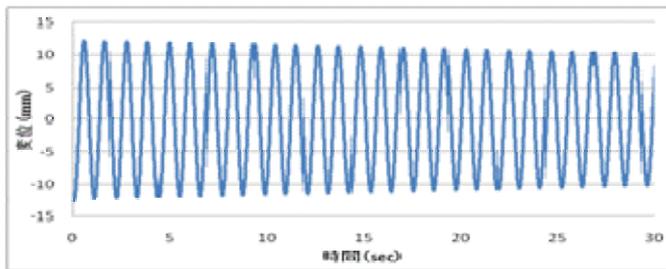


図-3 非制振時(構造模型)【実験】

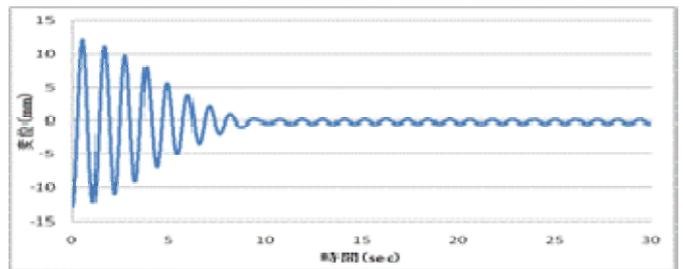


図-4 制振時(構造模型)【実験】

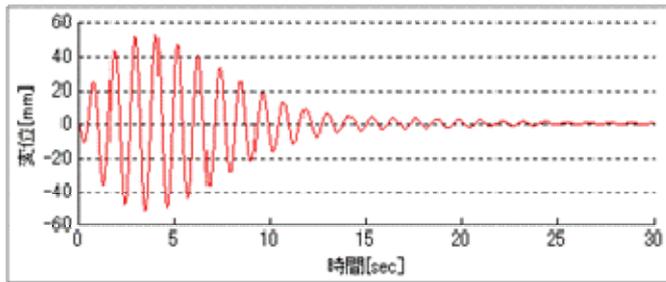


図-5 制振時(クレイドル)【解析】

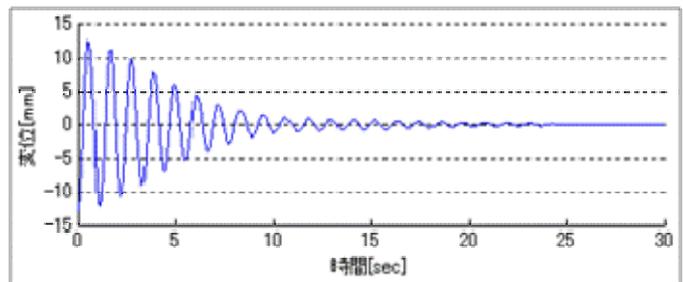


図-6 制振時(構造模型)【解析】

5. まとめ

本研究では、クレイドル型制振装置を提案し、実験結果から構造模型におけるこの装置の格段な減衰効果を確認することができた。また、数値解析においても実験同様の結果が得ることができた。解析によりクレイドル型制振装置の減衰効果を再現できたことから、クレイドルの質量、レール円弧の半径および必要な円弧の長さなどが推測可能となり、実際に装置を設計・製作する可能性を示すことができた。今後、クレイドルの脱輪対策などの改良を加え、実際の構造物への応用を目標に実験・解析を行っていく計画である。

【参考文献】

- 1)池上俊輔, 豊田泰史, 島崎洋治: 3 スパン高架橋のプロップ式ダンパーによる制振解析, 東海大学紀要工学部, 2006
- 2)尾畑守夫, 森尻渉, 島崎洋治: 転動型制振装置の自由振動における制振効果, 構造工学論文集, Vol.47A, 2001, pp381-391