

チューンドマスダンパー

—技術で地震の揺れに対抗—

宮良維人 ,比恵島暖 ,上原周
(¹)延岡高等学校 Nobeoka High School

Abstract

2024年4月3日、台湾での大地震で、台北市内は大きな被害に見舞われたが、台湾一の高層ビルである台北101は無傷で生き残った。そこで私達は、この台北101に設置されている制震技術、TMD(チューンドマスダンパー)について興味を持ち、TMD(チューンドマスダンパー)の質量を重くすればするほど、糸の長さを長くすればするほど揺れが軽減されるという仮説を立てた。そして、揺れを抑える球体の質量、設置位置の高さを変えどのくらい揺れを軽減できるかを研究するため、実験器具として、自作のTMD付きのミニ建築モデルを用い、BPM100のリズムで実験した。その結果、球体の質量は重くするほど軽減率は高くなり、設置位置に関しては、底面から建物の約7割の位置での設置において最も高い軽減率を誇った。

Keyword TMD / 質量/ 設置位置/

1. 序論

(1) 研究背景

2024年4月3日、台湾の東部沖を震源としたマグニチュード7.2の地震が発生した。花蓮県で震度6強、台北市でも震度5弱を記録した(※1)。これにより、台湾各地は大きな被害に見舞われたが、台湾1の高層ビル「台北101」は無傷で生き残った。

(2) 研究の目的(or動機or意義)

台北101について調べてみると、そこにはTMD(チューンドマスダンパー)という耐震技術が組み込まれていた(※2)。本来台北101は台湾を代表する観光スポットであり、その観光価値を損なわないようにTMDが設置されているが、もし観光面ではなく、耐震技術を最優先に考えた場合、TMDという耐震技術はどれほどの効果を發揮するのか疑問に思ったので私達は研究してみることにした。

(3) 先行研究

TMD(チューンドマスダンパー)は建物や構造物の振動と逆位相に動くことでエネルギーを吸収して共振を抑制する役割を果たし、制震技術として広く研究されてきた。台北101(台湾)には直径5.5m、質量660トンのTMDが設置されており、特に風による揺れや地震による揺れを抑制することを目的としている。これにより最大40%の振幅低減が得られたとされる(※3)。2024年の花蓮大震災(M7.2)時にもTMDが作動し建物の被害を軽減したことがわかっている。

(4) 研究仮説

- ・TMD(チューンドマスダンパー)の質量を重くするほどより揺れが軽減される。
- ・糸の長さを長くするほどより揺れが軽減される。

2. 調査方法

(1) 装置のモデル名

簡易ミニチューンドマスダンパー
建物の具体的な紹介をする。屋根は15cm×20cmの木の板、柱部分には100円均一ショップで販売されている弓矢のおもちゃの矢を用いている。
揺らし方は70cm×100cmの発泡スチロールを台として、そこにポールキャスターを用いている。

(2) 実験方法

- ①TMD(チューンドマスダンパー)が設置された建物の模型を作る。
- ②ポールキャスターを用いて揺らす台を作る。
- ③水、油、洗剤の入った容器を、作製した模型の上にのせる。
- ④模型を台にのせ、BPM100(1分間に100拍)のリズムに合わせて決められた範囲で揺らす。
- ⑤容器内の残った油の量を測り、軽減率(残った油の量/実験前の油の量)を求め、記録する。

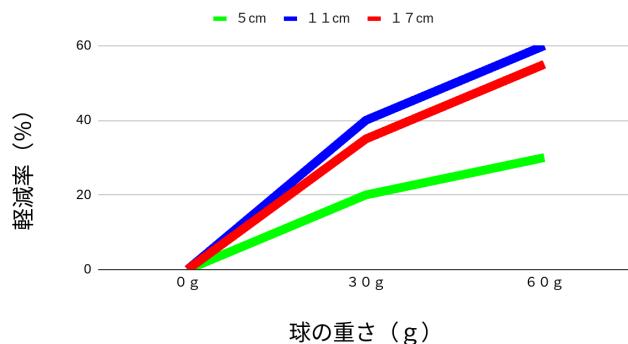
*質量や糸の長さを変え実験を繰り返す

3. 結果

建物の揺れの軽減率

縦(質量) 横(糸の長さ)	5cm	11cm	17cm
0g	0%	0%	0%
30g	20%	40%	35%
60g	30%	60%	55%

重さ、位置による揺れの軽減変化



実験結果は上記のようになった。

このことから、同じ糸の長さにおいて、球の質量を重くすればするほど、軽減率は大きくなることが分かる。また、糸の長さに着目すると、今回の実験では糸が11cm(モデルの高さの約7割の高さ)のときに最も大きい軽減率を誇った。

4. 考察

TMD(チュードマスダンパー)の質量を重くするほど球に働く運動エネルギーが大きくなつたことにより軽減率が大きくなつたと考えられる。ただし、極端に重くすれば、建物にかかる負担も大きくなるので、TMDの効果と建物の倒壊のリスクとのバランスを考慮する必要がある。

最適な糸の長さは建物の固有振動数によって決まると考えられる。しかし、設計を誤ると建物の揺れと共に鳴り建物が倒壊する恐れがあるため慎重に考える必要がある。

5. 結論

TMDは球体の質量を大きくすればするほど、建物の揺れを軽減することができる。しかし、極端に球体を重くすると、建物の倒壊の危険性も高まるため、TMDによる揺れの軽減の効果と建物倒壊のリスクとのバランスを考える必要がある。また、TMDは、建物の底面から約7割の高さに設置することで最大の軽減率を発揮する。TMDは、建物の固有振動数と共に鳴らないように設計することで効果を発揮するので設計を誤ると、TMDが建物と共に鳴ってしまうため、慎重に設計していく必要がある。

6. 謝辞

今回の研究にあたり、担当をしてくださった兒玉先生は様々なアドバイスや発表について熱心なご指導を頂きました。またメンターの方々にも貴重なアドバイスを頂きました。本当にありがとうございました。最後に今回の研究にあたって、物理505班のメンバーには多くの助けがありました。本当にありがとうございました。

7. 参考文献

※1…NHK,台湾東部で地震9人死亡963人けが建物倒壊などの被害(3日),
2024-04-03,<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20240403/k1001441141000.html>

※2…Oscar Holland.大地震も耐え抜く、台湾1の超高層ビル「台北101」を支える制振構造とは.

CNN.2024-04-27.<https://www.cnn.co.jp/style/architecture/35218359.html>

※3…log1h_ik,超高層ビル「台北101」の重さ660トンの制振装置「チュードマスダンパー(TMD)」が地震でゆらゆら揺れる様子が撮影される,
2022-09-20,<https://gigazine.net/news/20220920-taipei-101-tuned-mass-damper-earthquake/>