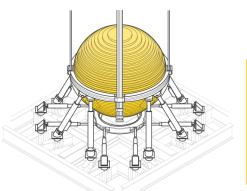
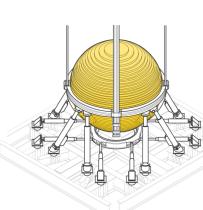


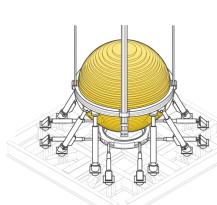
球形阻尼器性質應用之研究



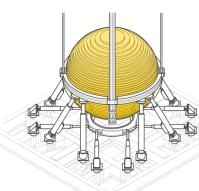
本實驗主要是用力學能守恆的原理,來探究在輪船上,發生震動時,阻尼器能防震的 效果。我們用3D列印機製作出弧形(半圓),並透過Tracker應用程式分析出3D模型之 移動軌跡。根據研究結果可發現,加裝阻尼器可顯著減緩模型的搖晃幅度,進入穩定期 的時間也較短。不論角度如何,有球的情況下模型的擺動週期皆較無球為短。模型的能 量衰減趨近指數衰減,而加裝阻尼球可有效減緩震動。綜合以上發現,我們打算在船隻 上加裝阻尼器,以有效減少震動幅度和延長穩定期。



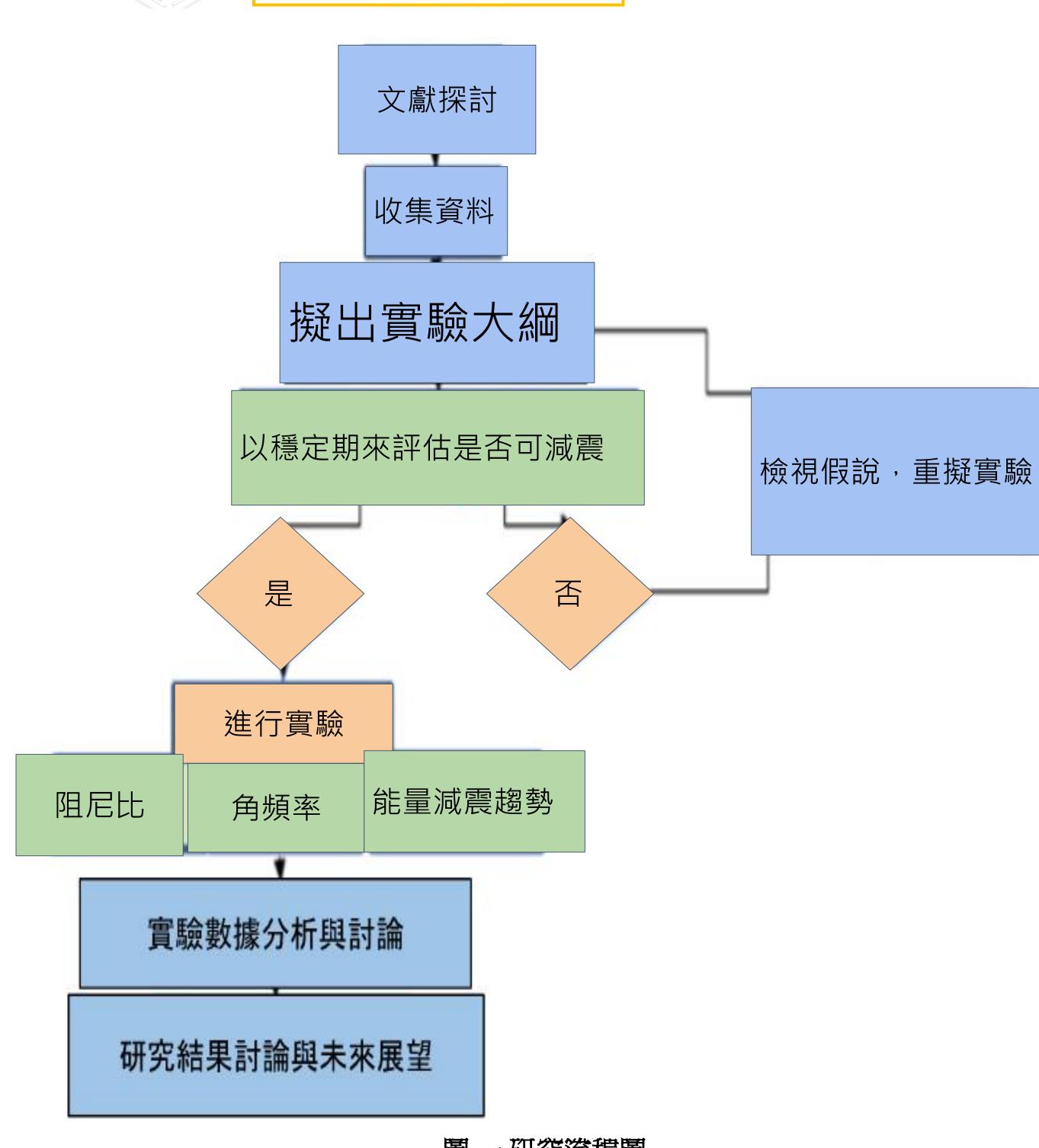
- 探討模型在有球和無球的情況下週期(T) 之改變
- (二)探討在不同角度下,阻尼球對模型晃動之影
 - 1.5.5cm擺長阻尼球在不同角度下的x和 v_x 之變化
 - 2.6.5cm 擺長阻尼球在不同角度下的x和 v_x 之變化
 - 3.無阻尼球時,不同角度下的x和 v_x 之變化
- (三)相同起始角度,有球和無球x位置的移動軌跡 和速度(v_x)的變化
 - 1. 起始角度15度時,阻尼球擺長和無阻尼球之 x和vx之變化
 - 2. 起始角度30度時,阻尼球擺長和無阻尼球之 x和vx之變化
 - 3. 起始角度45度時,阻尼球擺長和無阻尼球之 x和vx之變化
 - 4. 起始角度60度時,阻尼球擺長和無阻尼球之 x和vx之變化
 - 5. 起始角度75度時,阻尼球擺長和無阻尼球之 x和vx之變化
 - (四)各角度的能量減震趨勢
 - 1. 無球狀況下,模型的能量衰減趨勢
 - 2. 有阻尼球狀況下,模型的能量衰減趨勢
 - (五)探討模型的阻尼相關資訊
 - 1. 有球和無球狀況下不同起始角度之
 - 對數衰減率 (log decrement, δ)
 - 2. 有球和無球狀況下不同起始角度之 阻尼比 (damping ratio, ζ)
 - 3. 有球和無球狀況下不同起始角度之 角頻率(ω)
 - 4. 有球和無球狀況下不同起始角度之 指數衰減率 (α)



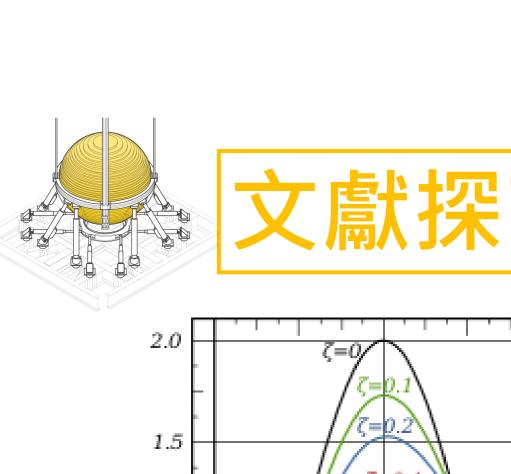
我們先用3D列印印出弧形模具模擬船體搖晃 ,同時在上面標上追蹤點,再將阻尼球用質量 極小的棉線掛上去,並在弧形上標出角度,設 為起始施放角度其中包含15度、30度、45度、 60度及75度,測量其x及y軸的數據。

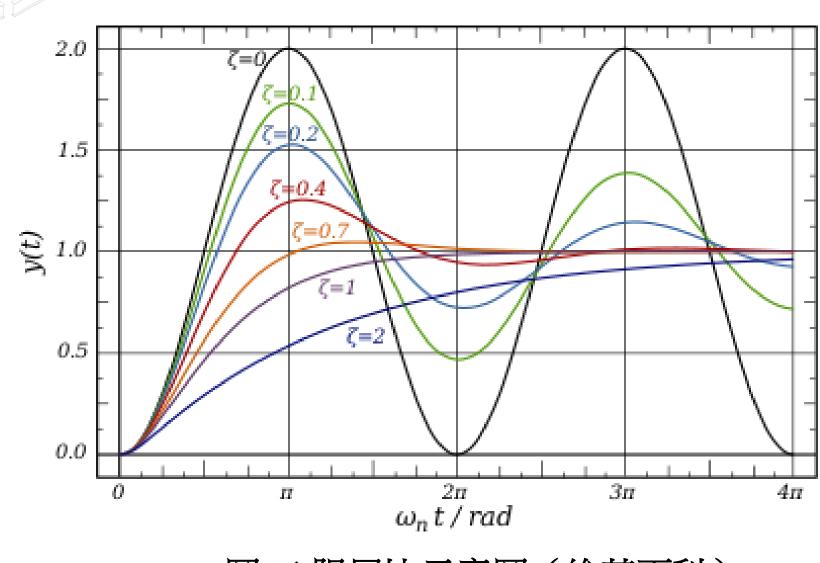


研究流程圖

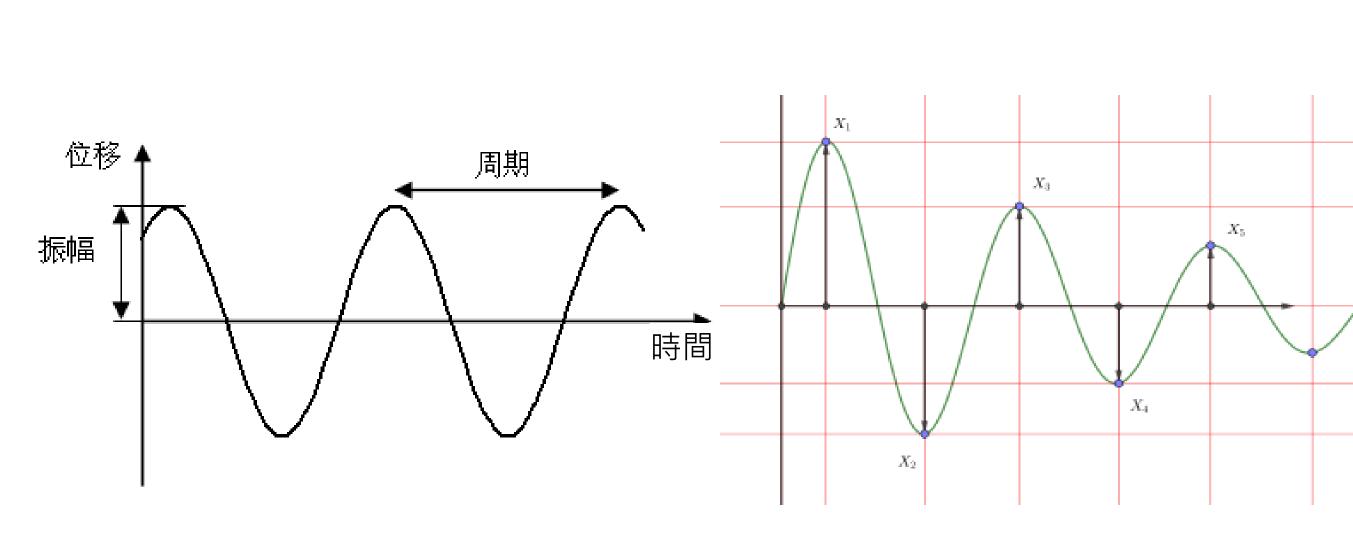


圖一研究流程圖



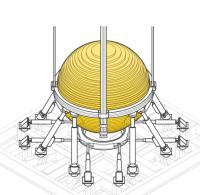


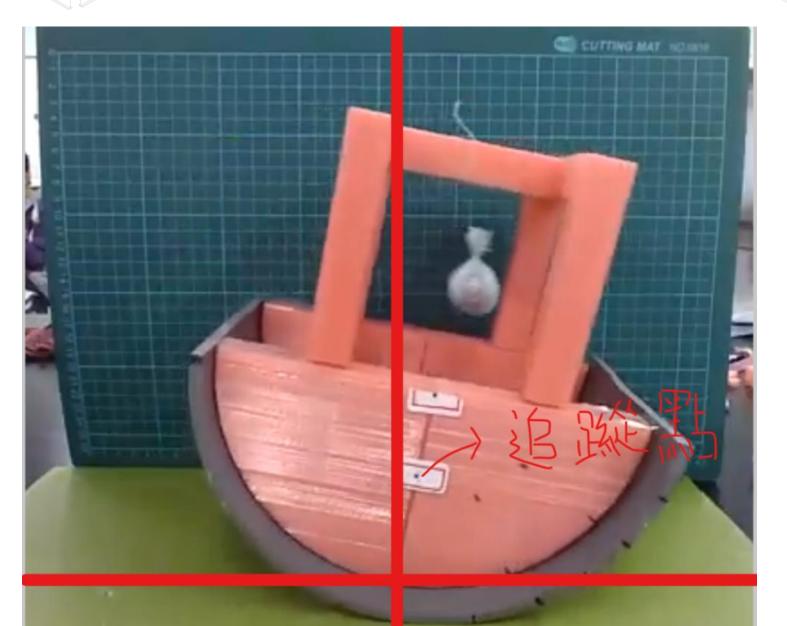
二阻尼比示意圖(維基百科)



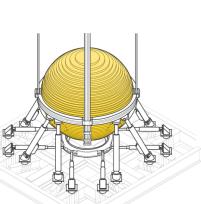
圖三週期示意圖(維基百科)

圖四週期和對數衰減率示意圖(維基百科)





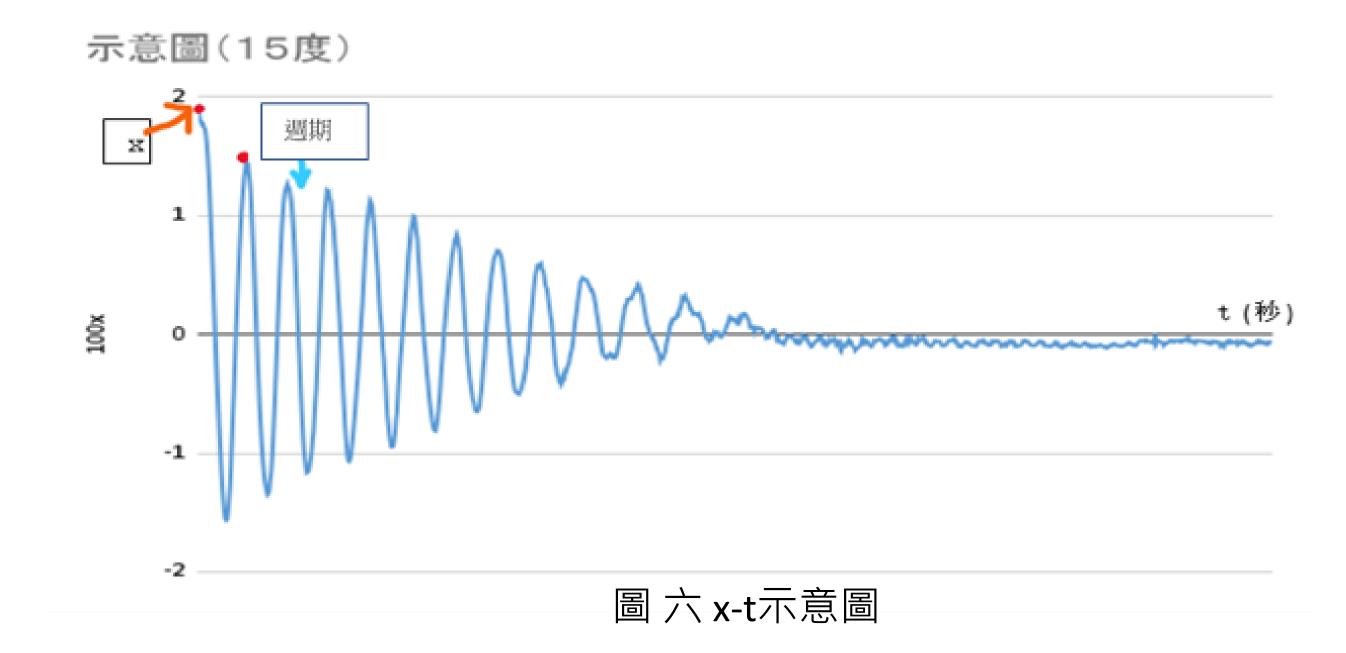
圖五研究裝置示意圖







表二數據分析範例				
T (s)	x (cm)	v _x (cm/s)		
1.499	1.02393	3.22		
1.533	1.133468	3.285454545		
1.566	1.241888	2.723666667		
1.599	1.331769	1.517764706		
1.633	1.383373	2.100242424		
1.666	1.452681	-0.4108484848		
1.699	1.439123	-0.08421212121		
1.732	1.436344	-2.5205		
1.766	1.350647	-2.003030303		
1.799	1.284547	-3.121264706		
1.833	1.178424	-5.859963636		
1.866	0.9850452			



如上表,我們會將t與x數值帶入公式,求出 v_x 速度 $v_x = \frac{(x_2 - x_1)}{(t_2 - t_1)}$ 並觀察是否符合我們假說

(一) 對數衰減 (log decrement,δ)

我們會將位置取對數,計算其 \ln 值,接著將取出的值帶入公式 $\delta = \ln \frac{x_1}{x_3} = \ln(x_1) - \ln(x_3)$ 可以得出每次震動的對數衰減率,接下來我們會取平均,做為每次實驗的代表數。

(二) 阻尼比 (damping ratio) 我們從上面的對數衰減率帶入公式 $\zeta = \frac{\delta}{\sqrt{\delta^2 + (2\pi)^2}}$

求出阻尼比後觀察我們的數據為何種阻尼,分析我們的裝置是否符合我們預期的效果 (三)角頻率w和Q值

我們以T週期帶入公式來計算 $\omega \circ \omega = \frac{2\pi}{T}$

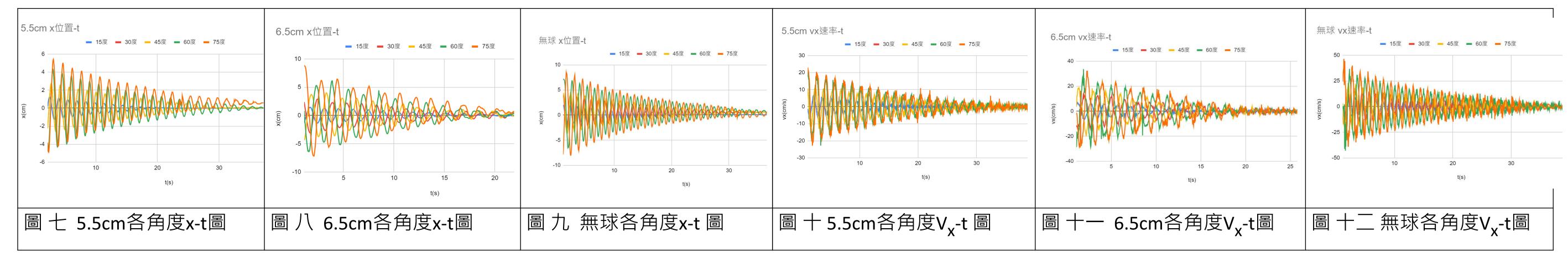
以帶入公式計算Q 。 $Q = \frac{1}{2\zeta}$

(四)指數衰減(α)

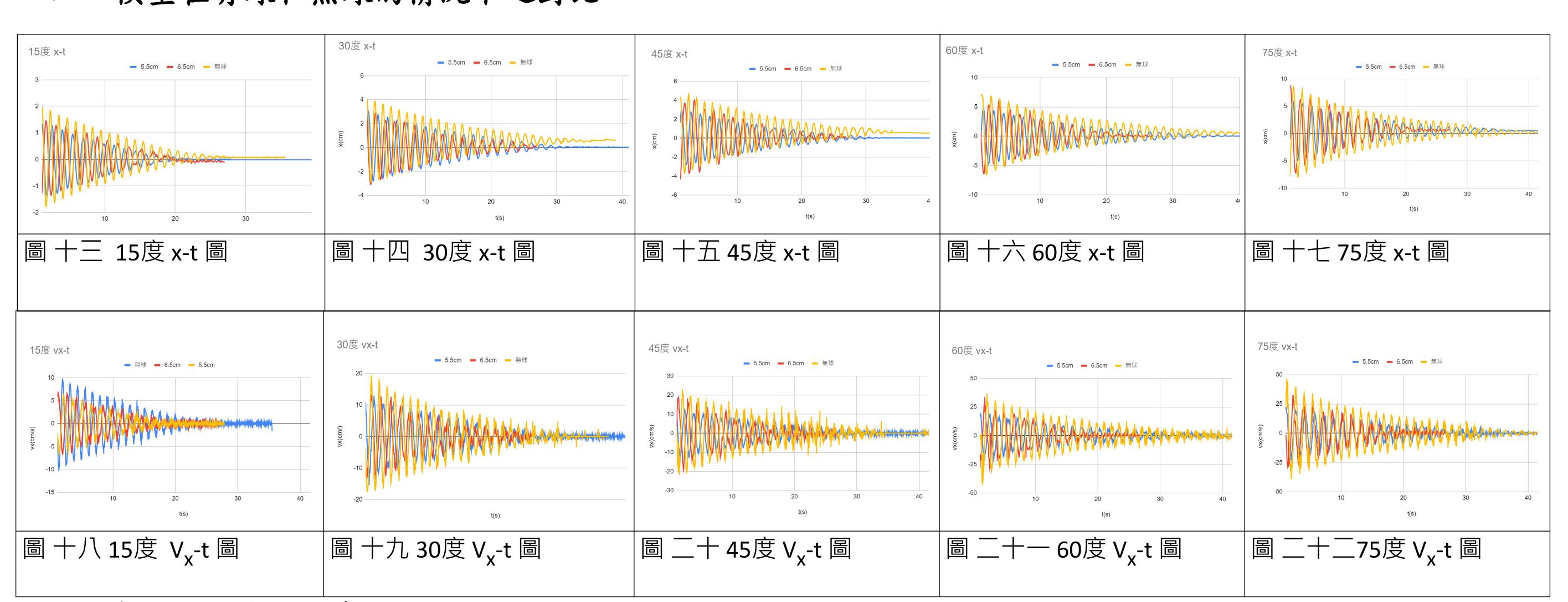
將 ω , ζ 帶入公式,求出 $\alpha \circ \alpha = \omega \cdot \zeta$

研究結果

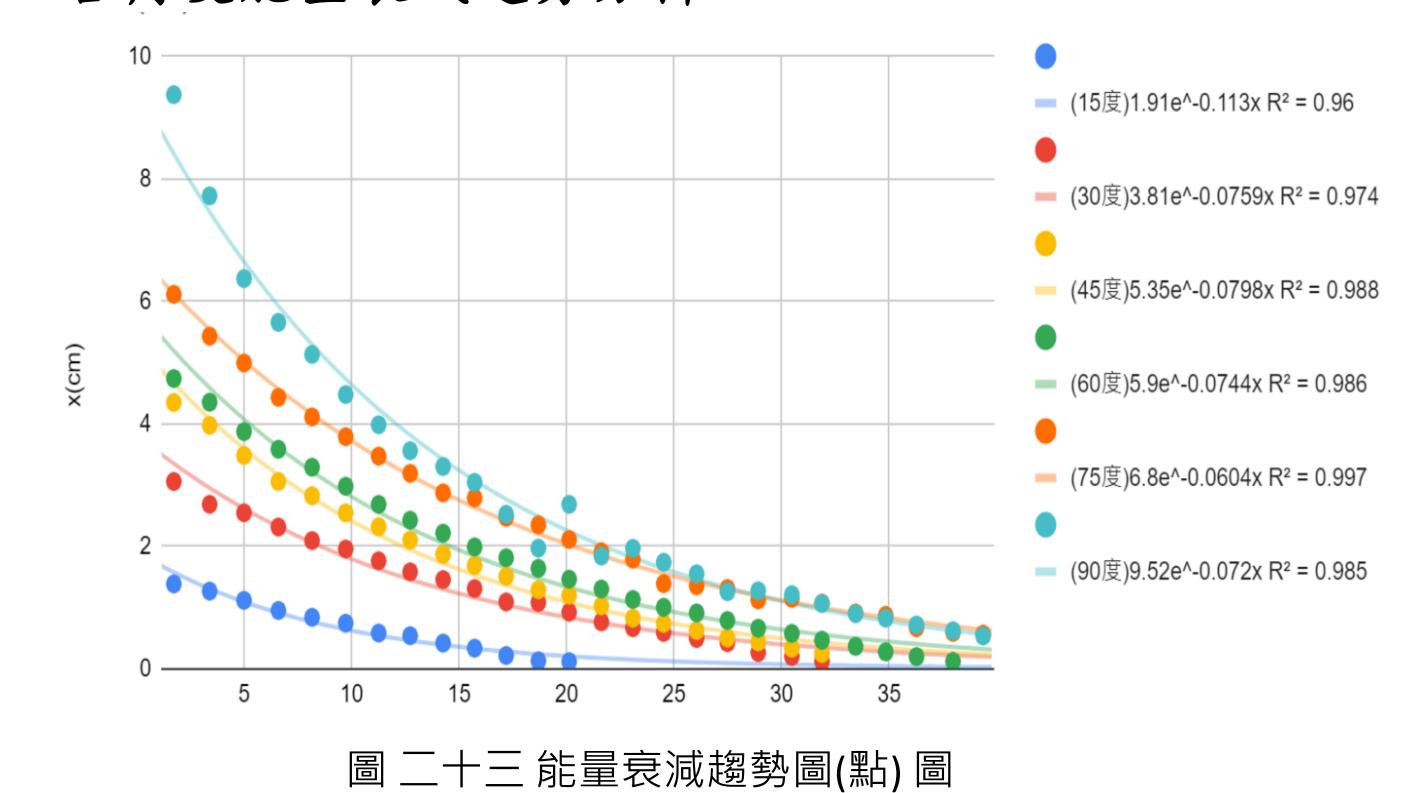
一、改變施放角度對比

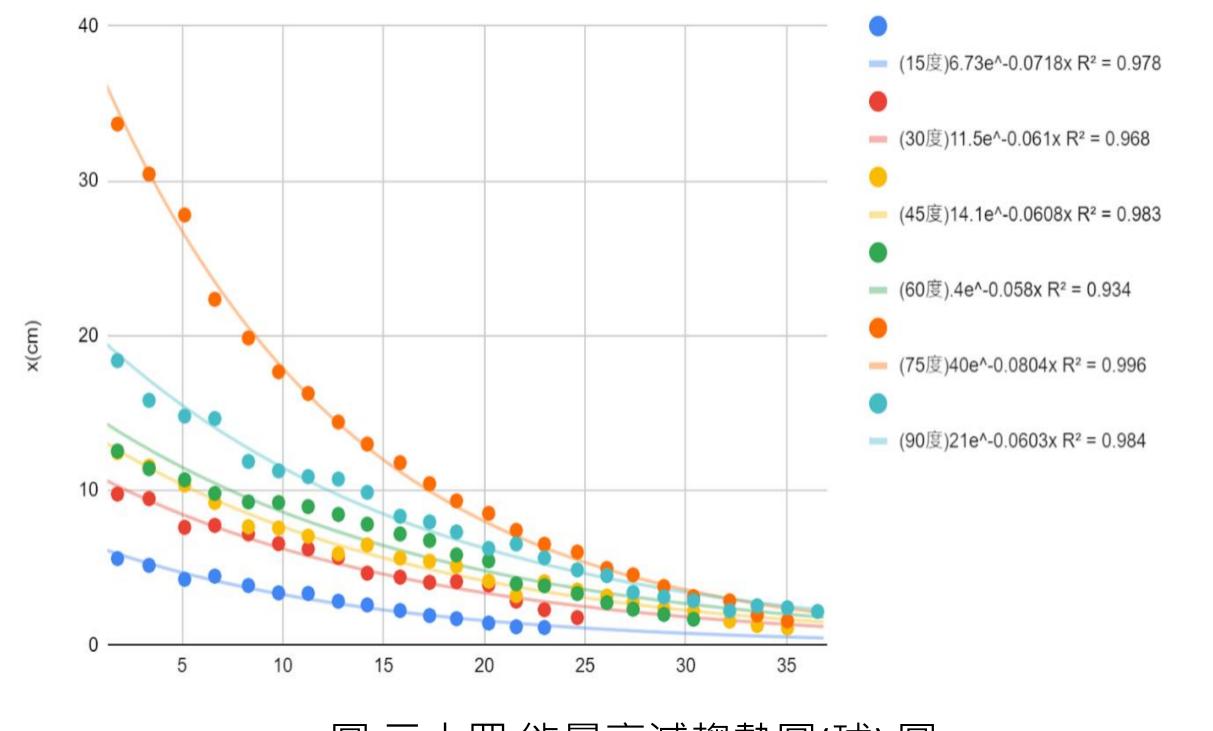


二、模型在有球和無球的情況下之對比



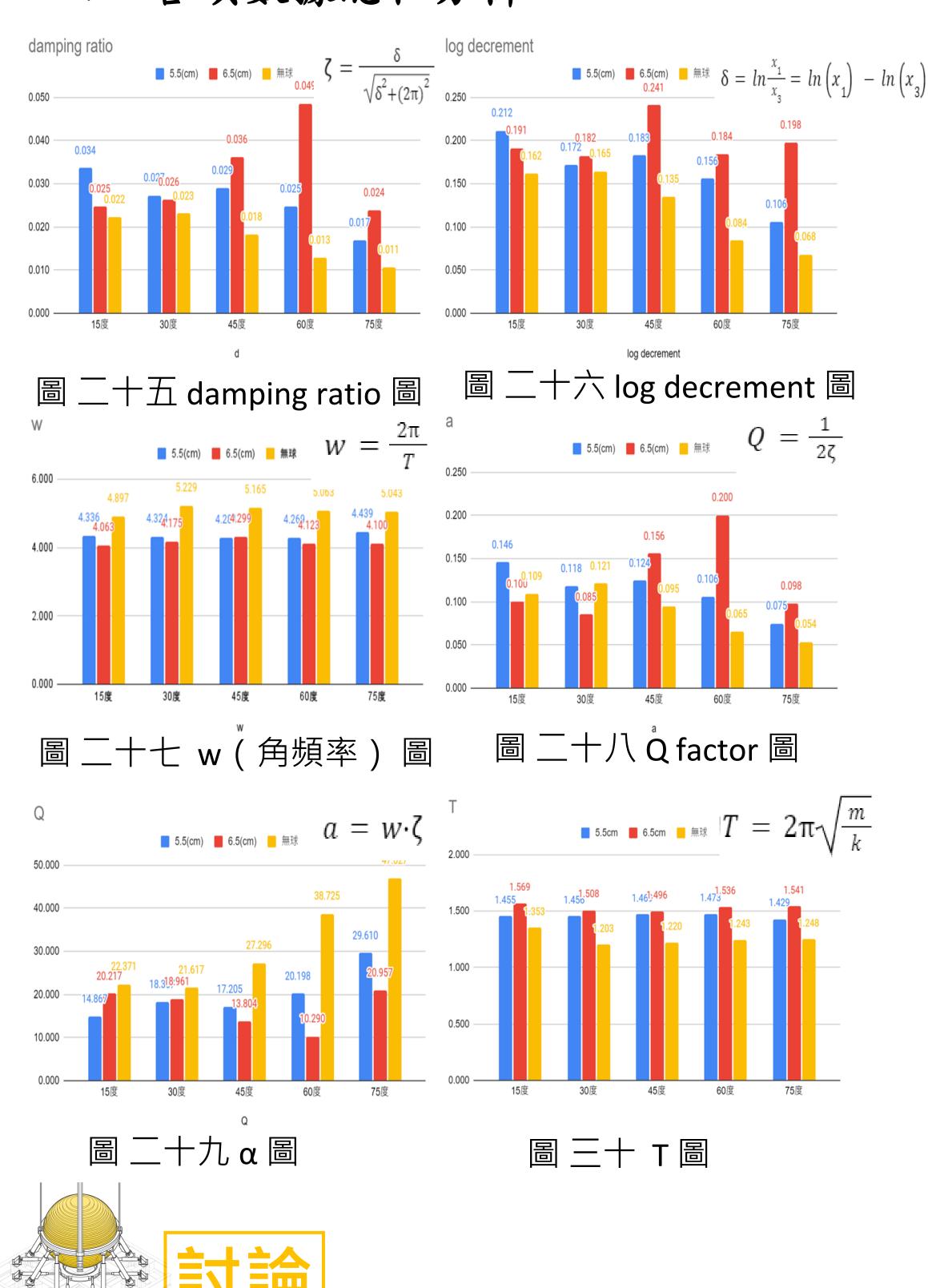
三、各角度能量衰減趨勢分析





圖二十四能量衰減趨勢圖(球)圖

、各項數據總和分析



一、由圖(三十)得知

由於質量的增加,根據公式簡諧運動 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ 造成週期的增長,不論在任 何角度,模型的擺動週期皆是有球>無球。

二、由圖(十三)到圖(二十一)推論

因為阻尼球協助吸收震動,讓能量在阻尼球上釋放,根據力學能守恆(力 學能等於整體的動能+位能),有增設阻尼球,比沒加上的可以讓進入小幅度 搖動(穩定期)時間較快。

三、由圖(七)、(八)、(九)結果得知

不論是否有加裝阻尼球,施放角度越大,振幅越大且停止時間較晚,而造 成此現象的原因我們推估跟力學能守恆有關,剛開始施放的角度越大,擁有較 大的位能,需要更長時間地消耗。

四、由表(三)結果得知

在小角度和大角度下,不論擺長為5.5公分或6.5公分加裝阻尼球所得到的震 動位移量會有比較大程度地降低(達40%),推論在大角度下震動量較大,吸 收能量較快速,達到中角度時震動仍然明顯,但阻尼球和模型共同震動,有帶 動效果,在小角度時因為能量較小,阻尼球較小的能量吸收便可以有較大比例 的衰减效果。

五、由圖(十)、(十一)、(十二)結果得知

不論是否有加裝阻尼球,施放角度越大,x方向的速度越大,且停止時間較 晚,而造成此現象的原因我們推估跟力學能守恆有關,剛開始施放的角度越大 ,擁有較大的位能(U=mgh),因此可以轉換成的動能($K=0.5mv^2$)越大, 需要更長時間地消耗。

六、由圖(十三)到圖(十七)結果得知

各種角度下,無球位移量均較為明顯,由於力學能守恆,有球的狀況下阻 尼球會協助吸收能量,讓位移量減少。而6.5公分會比5.5公分的初始振福大, 這是由於其擁有較大的初始位能,但衰減速率較快,因為擺動過程中每次震動 ,其損耗率較大,有效幫助減震。

七、由圖(十八)到圖(二十二)結果得知

各種角度下,無球vx均較大,在位能轉成動能的過程,無球的模型並沒有 阻尼球協助吸收能量,因此若無阻尼球,人若在模型上會感受劇烈震動。6.5 公分會比5.5公分的初始速度大,這是由於其擁有較大的初始位能,但衰減速 率較快,因為擺動過程中每次震動,其損耗率較大,有效幫助減震。

八、由圖(二十三)和圖(二十四)可以得知

不論在何種角度下或是否加裝阻尼球,其能量衰減都是呈現指數衰減,和 Alexei Gilchrist. (2022) 的Damped Harmonic Oscillator系統一致。

九、由圖(二十五)、圖(二十六)、圖(二十八)和表(四)知 在無球的情況下,對數衰減率皆為最小、阻尼比皆為最小、Q值皆為最大。 顯示出未加裝阻尼球,僅依靠地面,其減震的阻尼效果有限。擺長5.5公分和 6.5公分來比較,6.5公分除了小角度外,其阻尼效果較佳,我們推論是因為大 角度下總體系統的力學能較大,阻尼球的能量吸收較明顯,小角度震動幅度較 小,阻尼球晃動會帶動模型,導致阻尼比較小,Q值較大。

十、由圖(二十七)得知

無球的角頻率較大,質量的增加,根據公式簡諧運動 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ 造成週期增 長,而角頻率 $w = \frac{2\pi}{r}$,不論在任何角度,模型的擺動角頻率皆是無球 >有球 ,但其差異值並非很大,小於6.8%。

十一、由圖 (二十九) 得知

 $\alpha=w\cdot\zeta$,同時受到角頻率和阻尼比的影響,但阻尼球造成的阻尼比變化較 大,影響也較多。

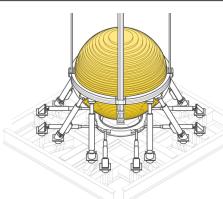
五、阻尼球之衰減效果

表三x方向之移動衰減數據

X	5.5cm	6.5cm
15度	43.35%	44.39%
30度	28.15%	21.68%
45 度	12.36%	27.15%
60度	36.52%	34.32%
75度	30.54%	41.95%

表 四 damping ratio 衰減數據

damping ratio	5.5cm	6.5cm
15度	50.47%	10.66%
30度	18.08%	14.01%
45 度	58.65%	97.73%
60度	91.73%	276.32%
75 度	58.83%	124.40%



何角度,模型的擺動週期皆是有球>無球。

二、探討在不同角度下,阻尼球對模型晃動之影響

施放角度越大,振幅越大且停止時間較晚,角度小(15度)者,一開 始衰變周期較早,為1.166秒。

三、相同起始角度,有球和無球x位置移動軌跡和速度(v_v) 變化

相較於擺長5.5cm和無球擺長6.5cm時,震幅和其速度較大但衰減快, 且在無球的情況下,其速度和位移皆較大,衰減較弱。

四、各角度的能量減震趨勢

模型的能量衰變接近指數,衰變角度小時,其衰變底數e-0.113較小, 外界提供的振動或能量較大時,其初期的能量衰變較大,有效把能量消 耗掉,在小角度時,我們的模型可以發現達接近停止時間較小(小於20 秒),有效停止振動。

五、探討模型的阻尼相關資訊

- (一)加裝阻尼球可有效減緩震動(12.36%~44.39%),擺長6.5cm 在大角度(60,75度)和小角度(15度)時較佳。
- (二)阻尼球角頻率較高,但幅度差距不大。擺長6.5cm角頻率變化 範圍小於5.8%,擺長5.5cm和無球的分别小於4.0%和6.8%。
- (三)有球和無球狀況下不同起始角度之對數衰減率 (log
- decrement, δ) 隨擺長及施放角度變化,小角度下擺長5.5cm效果較好 ,為0.212,無球及擺長6.5cm在大角度時效果更佳。
- (四)有球和無球狀況下不同起始角度之阻尼比(damping ratio, ζ) 隨擺長及施放角度變化,小角度下擺長5.5cm效果較好,為0.034,擺 長6.5cm在大角度時效果更佳,但不管在何種角度下,無球皆是效果
- (五)有球和無球狀況下不同起始角度之指數衰減率(α)隨擺長及 施放角度變化,小角度下擺長5.5cm效果較好,為0.146,擺長6.5cm 在大角度(45~75度)時效果更佳,但無球則是效果最佳。

六、總結

最欠佳的。

本研究發現,加裝阻尼器可顯著減緩模型的搖晃幅度,進入穩定期的 時間也較短。不論角度如何,有球的情況下模型的擺動週期皆較無球為 短。模型施放角度越大,振幅越大且停止時間較晚。模型的能量衰減趨 近指數衰減,而加裝阻尼球可有效減緩震動,擺長6.5cm時效果最佳。 綜合以上發現,我們打算在船隻上加裝阻尼器,以有效減少震動幅度和

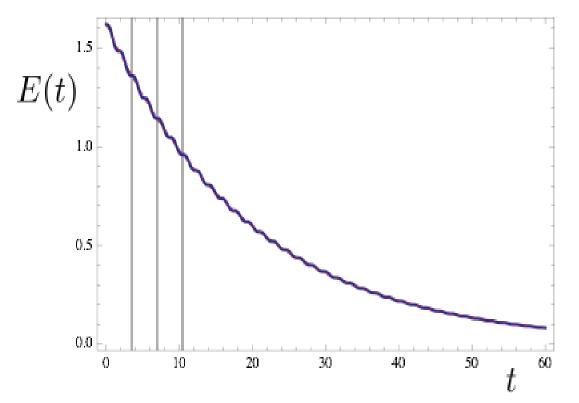
延長穩定期。 七、針對結果之應用發想

此實驗效果可應用於貨船(運輸船)上,推論可達到以下效果:

- (一)減少搖晃的幅度:阻尼器可以消耗一部分運動能量,減少船體 的振幅,減少整體搖晃的程度。
- (二)提高船體的穩定性:阻尼器通過增加船體的阻力,減少船體運 動的速度,使其更加穩定,進而減少搖晃帶來的危險和不適。
- (三)增加防波堤的抵抗力:阻尼器能夠將運動能量轉換為阻力,從 而增加防波堤的抵抗力,减少波浪對船體的影響。
- (四)提高船體的持久性:阻尼器能夠提高船體的運動性能,降低疲 勞損傷和耗能,延長船舶使用壽命。

八、未來待研究目標

本研究找出能量衰減趨勢和震動模式,和過去研究相互應(圖三十一 、三十二),不過可以在Nitai和Roy學者的研究中,發現水上的船隻有 微震現象,我們推測由於力學能守恆,適量的微震可以降低主震,減少 衝擊,未來可以嘗試將模型放置在水上,研究此現象。



Time(seconds) Position of cog in y direction

三十一 能量衰減趨勢圖 (Alexei Gilchrist, 2022)

圖 三十二 船體振動 位置 - 時間圖 (Nitai Drimer and Roy Gafter, 2022)

Yan, B., Pan, x., Su, R., & Wu, C. (2022). Nonlinear dynamics characteristics of a tumbler on an arc. Journal of Sound and Vibration, 525, 116810.

Alexei Gilchrist. (2022). Energy in a Damped Harmonic Oscillator. Retrieved 2023 March First, from https://www.entropy.energy/scholar/node/damped-harmonic-oscillator-energy

Gafter, R., & Drimer, N. (2022). Nonlinear Hydrodynamic Analysis of Ships Moored in a VLFS Service Basin in the East Mediterranean Sea. Journal of Marine Science and Engineering, 10(3), 382.