

第四章 實驗結果與分析

4-1 週期波與脈衝波的比較

我們在實驗中使用取原長 150cm 的 Latex 軟管(外徑 6/16, 厚度 1/16), 拉長(15%), $L=172.5\text{cm}$, 靜壓 $P_0=40\text{ cm-H}_2\text{O}$, 天然頻為 4Hz, 週期波波源與脈衝波於 $L/4=43.12\text{cm}$ 輸入 Latex 軟管, 於 $\xi = 80.5\text{cm}$ 處利用壓力感測器量測量管內壓力變化, 並經由電腦讀出數據, 並做頻譜分析, 其實驗裝置如 Fig 4-1-1, 實驗結果如 Fig 4-1-2(a)(b)。

Fig 4-1-2 (a) 是週期波於 $L/4=43.12\text{cm}$ 輸入 Latex 軟管, 於 $\xi = 80.5\text{cm}$ 處利用壓力感測器量測量管內壓力變化, 並經由電腦讀出數據, x 軸為時間 (s), y 軸為壓力變化大小 ($\text{cm-H}_2\text{O}$)。Fig 4-1-2 (b) 是 Fig 4-1-2 (a) 經過頻譜分析後的結果, x 軸為頻率 (Hz), y 軸為振幅大小 ($\text{cm-H}_2\text{O}$)。

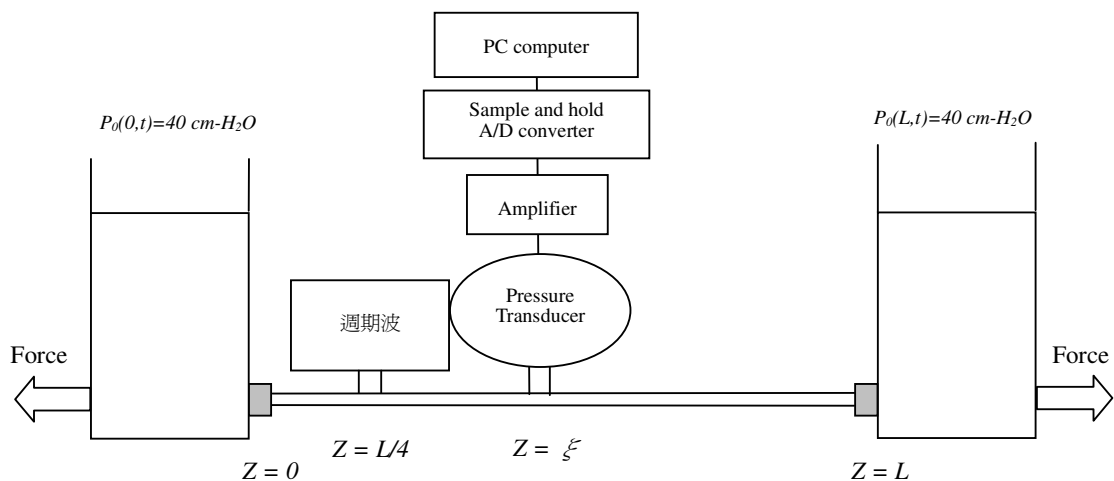


Fig 4-1-1 在 Latex 軟管兩端施加外力使原長 150cm 變為 $L = 172.5\text{cm}$ 為

Latex 軟管，靜壓 $P_0=40 \text{ cm-H}_2\text{O}$ ，週期波於於 $L/4=43.12\text{cm}$ 輸入 Latex 軟管，於 $\xi = 80.5\text{cm}$ 處測量管內壓力變化。

週期波響應圖：(a)時域訊號(b)強度頻譜

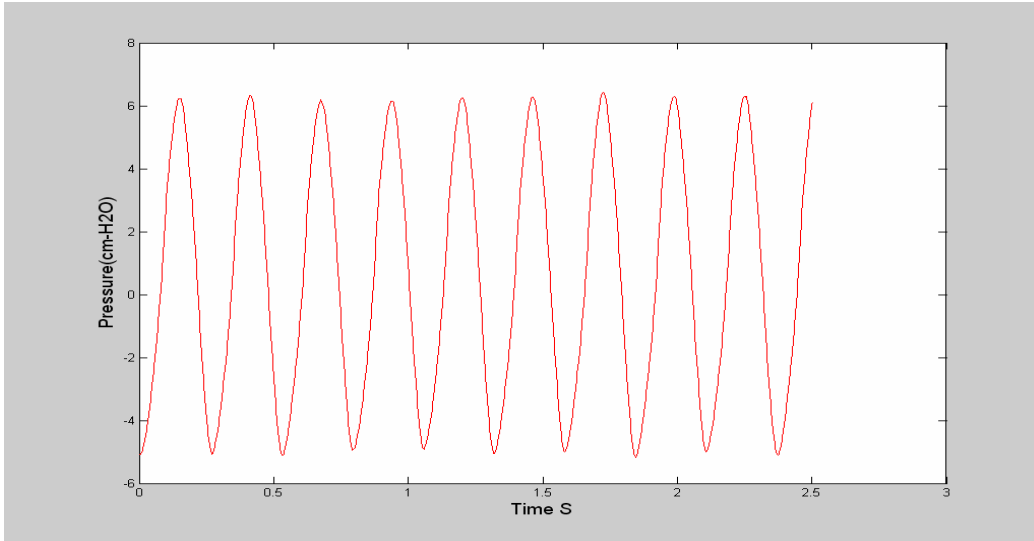


Fig. 4-1-2(a) 於 $\xi = 80.5\text{cm}$ 處利用壓力感測器量測量管內壓力變化，並經由電腦讀出數據，x 軸為時間 (s)，y 軸為壓力變化大小 (cm-H₂O)。

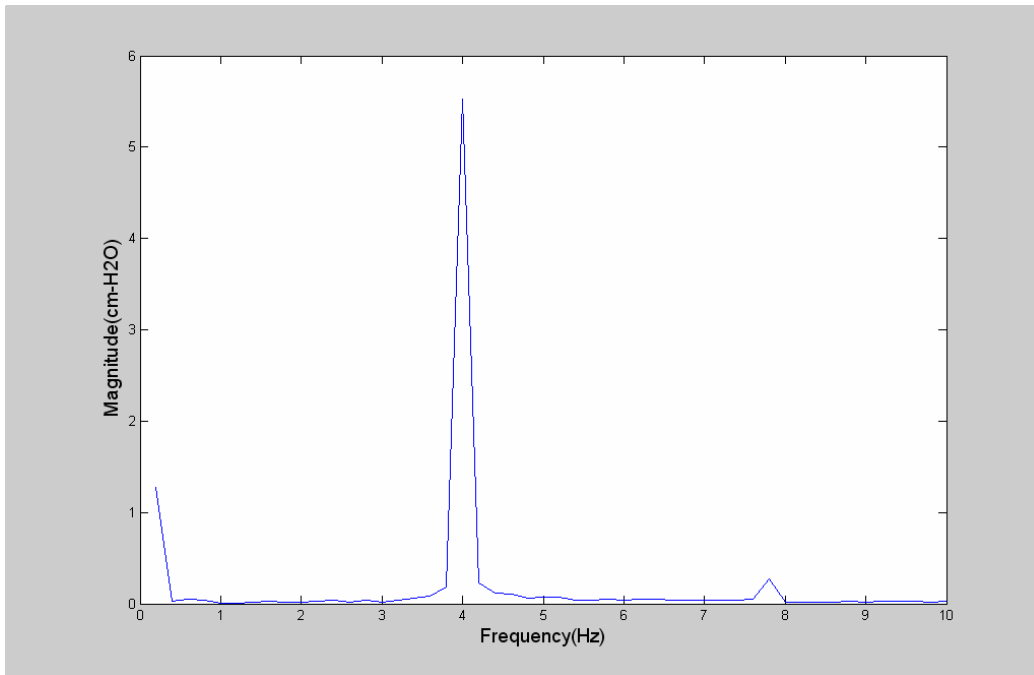


Fig. 4-2(b) 是 Fig 4-2 (a) 經過頻譜分析後的結果，x 軸為頻率 (Hz)，y

軸為振幅大小 (cm-H₂O)。

Fig 4-1-3 (a) 是脈衝波 (impulse) 於 $L/4=43.12\text{cm}$ 輸入 Latex 軟管，於 $\xi = 80.5\text{cm}$ 處利用壓力感測器量測量管內壓力變化，並經由電腦讀出數據，x 軸為時間 (s)，y 軸為壓力變化大小 (cm-H₂O)。Fig 4-1-3(b) 是 Fig 4-1-3(a) 經過頻譜分析後的結果，x 軸為頻率 (Hz)，y 軸為振幅大小 (cm-H₂O)。

脈衝響應圖：Fig 4-1-3 (a) 時域訊號 (b) 強度頻譜

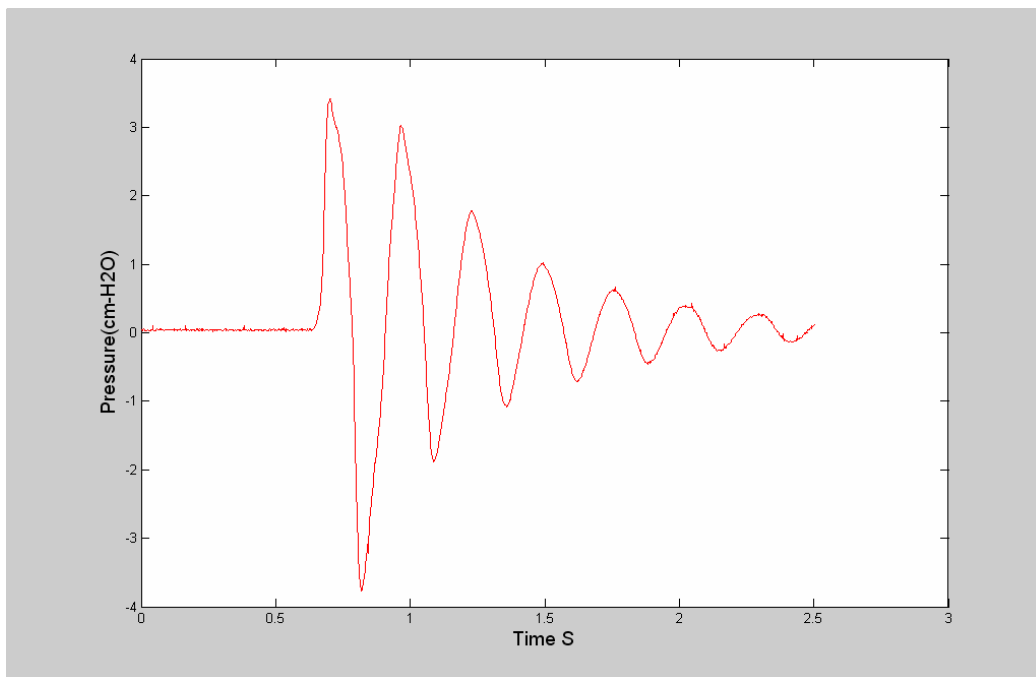


Fig 4-1-3 (a) 是脈衝波 (impulse) 於 $L/4=43.12\text{cm}$ 輸入 Latex 軟管，於 $\xi = 80.5\text{cm}$ 處利用壓力感測器量測量管內壓力變化，並經由電腦讀出數據，x 軸為時間 (s)，y 軸為壓力變化大小 (cm-H₂O)。

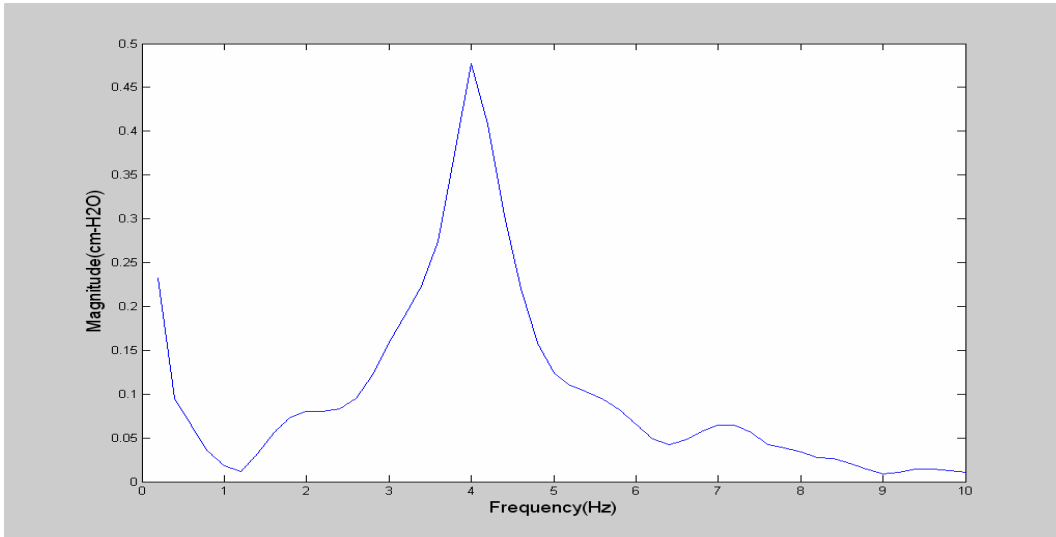


Fig 4-1-3 (b) 是 Fig 4-3 (a) 經過頻譜分析後的結果，x 軸為頻率 (Hz)，y 軸為振幅大小 (cm-H₂O)。

另外，我們可以從靜壓對傳輸能量的影響的實驗如，Fig 3-1(a)，取原長 90cm 的 Latex 軟管(外徑 6/16, 厚度 1/16)，將軟管拉長 15%(從 90cm 拉長至 103.5cm)， $L=103.5\text{cm}$ ，靜壓 80 cm-H₂O，天然頻為 3.4Hz，週期波在 $\xi = 0$ 處於一端打入並於 $\xi = 2L/9$ 處利用壓力感測器量測管內壓力變化，其實驗結果 Fig. 4-1-4(a) (b)。

Fig 4-1-4 (a) 是於 $\xi = 2L/9$ 處利用壓力感測器量測量管內壓力變化，並經由電腦讀出數據，x 軸為時間 (s)，y 軸為壓力變化大小 (cm-H₂O)。Fig 4-1-4 (b) 是 Fig 4-1-4 (a) 經過頻譜分析後的結果，x 軸為頻率 (Hz)，y 軸為振幅大小 (cm-H₂O)。

週期波響應圖：Fig. 4-1-4 (a)時域訊號(b)強度頻譜

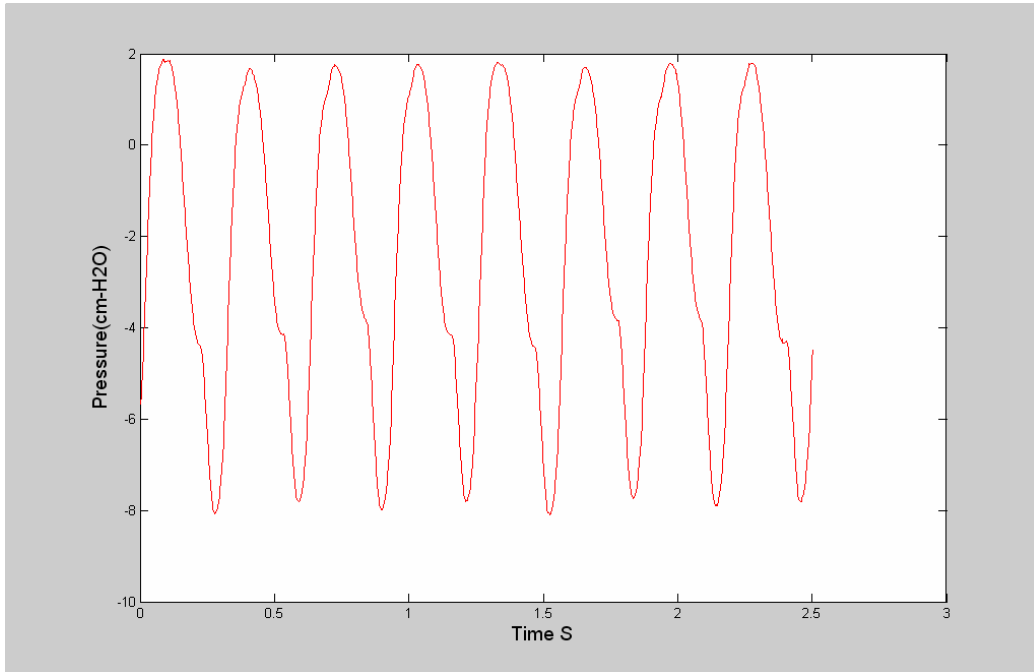


Fig. 4-1-4(a) 於 $\xi = 2L/9$ 處利用壓力感測器量測量管內壓力變化，並經由電腦讀出數據，x 軸為時間 (s)，y 軸為壓力變化大小 (cm-H₂O)。

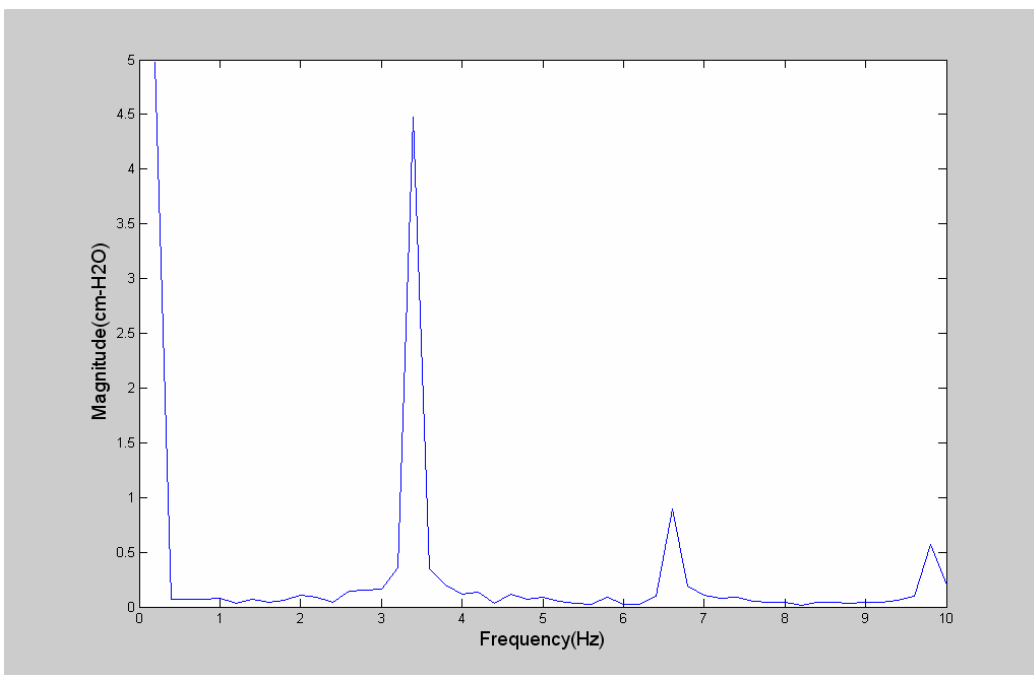


Fig. 4-1-4(b) 是 Fig 4-3 (a) 經過頻譜分析後的結果，x 軸為頻率 (Hz)，y 軸為振幅大小 (cm-H₂O)。

4-2 週期波與壓力分佈

我們在實驗中使用取原長 150cm 的 Latex 軟管(外徑 6/16, 厚度 1/16), 拉長 (15%), $L=172.5\text{cm}$, 靜壓 $P_0=40$ (cm-H₂O), 天然頻為 4Hz, 波源(週期波)於 $L/4=43.12\text{cm}$ 輸入 Latex 軟管, 利用壓力感測器量每隔 10cm 測量管內壓力變化, 並經由電腦讀出數據, 並做頻譜分析, 其實驗裝置如 Fig 4-1-1。其實驗結果為 Fig. 4-2-1。

Fig. 4-2-1 圖中壓力分佈圖可以用方程式 (2-24) 來表示。

圖中 x 軸為頻率 (Hz), y 軸為振幅大小 (cm-H₂O)。f1=4.0Hz 是代表週期波輸入的頻譜分析的基頻, f2=7.8Hz 是代表週期波輸入的頻譜分析的第二頻。Z 與圖 Fig 4-1-1 的 Z 一樣同為 Latex 軟管的座標, 代表壓力感測器量測的位置。

週期波響應壓力分佈圖

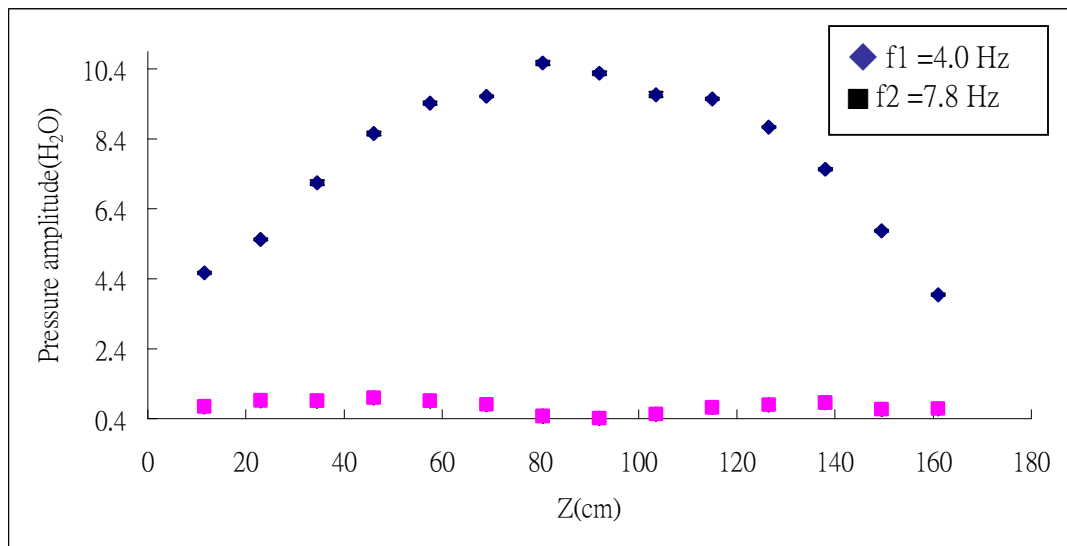


Fig. 4-2-1 為週期波響應壓力分佈圖, 此處圖中 x 軸為頻率 (Hz), y 軸為

振幅大小 (cm-H₂O)。f₁=4.0Hz 是代表週期波輸入的頻譜分析的基頻，f₂=7.8Hz 是代表週期波輸入的頻譜分析的第二頻。Z 與圖 Fig 4-1 的 Z 一樣同為 Latex 軟管的座標，代表壓力感測器量測的位置。

若我們以兩種不同規格的 Latex 軟管相接，使用取原長 70cm 的 Latex 軟管(外徑 6/16, 厚度 1/16), 81.6cm 的 Latex 軟管(外徑 5/16, 厚度 1/16)，L=151.6cm，靜壓 P₀=40 (cm-H₂O)，天然頻為 5Hz，波源(週期波)於 Z=70cm 輸入 Latex 軟管中，利用壓力感測器量每隔 10cm 測量管內壓力變化，並經由電腦讀出數據，並做頻譜分析，其實驗裝置如 Fig 4-2-2。其實驗結果為 Fig. 4-2-3。

圖中壓力分佈圖可以看出與方程式 (2-4-3) (2-4-4) 來表示。圖中 x 軸為頻率 (Hz)，y 軸為振幅大小 (cm-H₂O)。f₁=5.0Hz 是代表週期波輸入的頻譜分析的基頻，f₂=9.8Hz 是代表週期波輸入的頻譜分析的第二頻。Z 與圖 Fig 4-2-2 的 Z 一樣同為 Latex 軟管的座標，代表壓力感測器量測的位置。

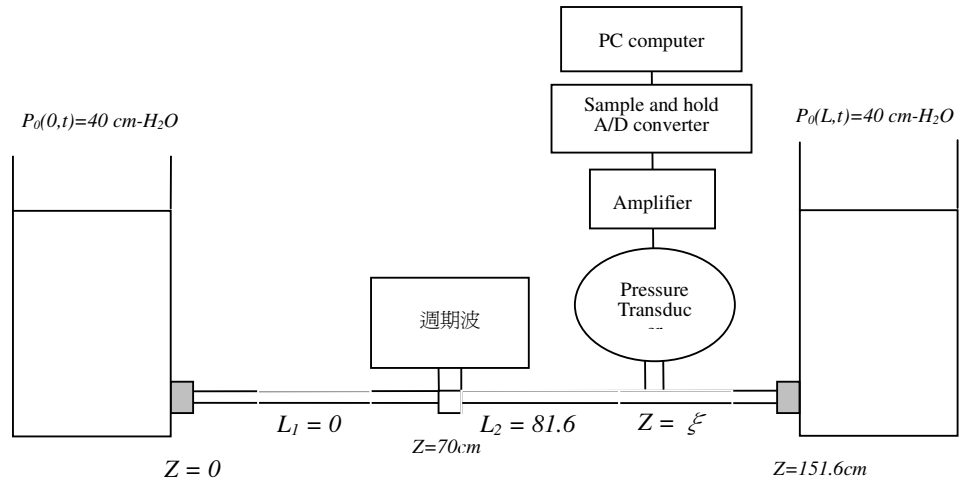


Fig 4-2-2 70cm 的 Latex 軟管(外徑 6/16, 厚度 1/16), 81.6cm 的 Latex 軟管(外徑 5/16, 厚度 1/16)相接, 全長 $L=151.6\text{cm}$, 靜壓 $P_0=40\text{ cm-H}_2\text{O}$, 天然頻為 5Hz, 波源(週期波)於 $Z=70\text{cm}$ 輸入 Latex 軟管中。

週期波響應壓力分佈圖

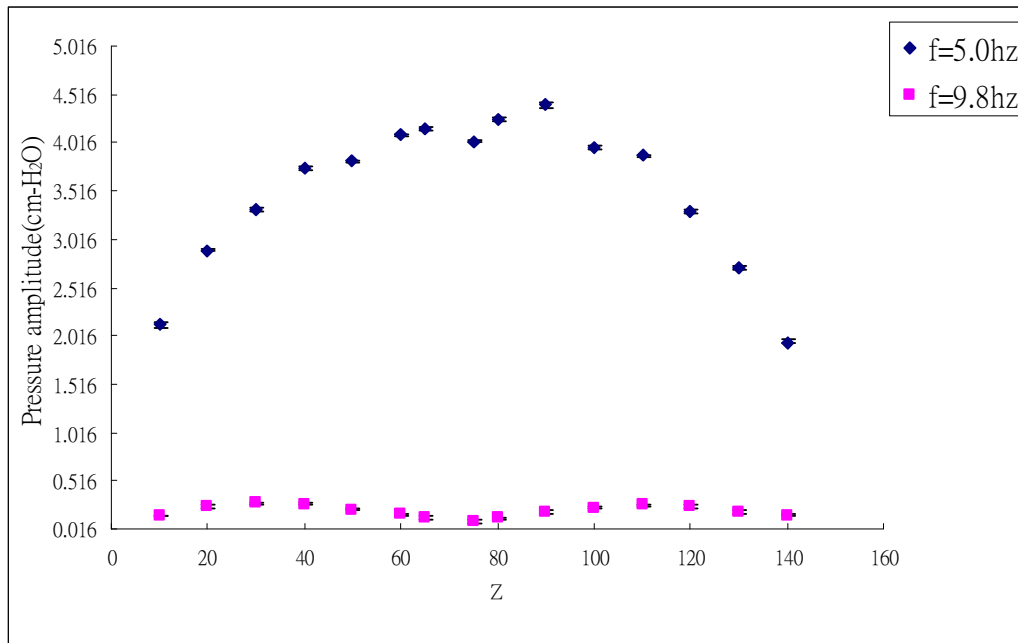


Fig. 4-2-3 為週期波響應壓力分佈圖, 圖中 x 軸為頻率 (Hz), y 軸為振幅

大小 (cm-H₂O)。f₁=5.0Hz 是代表週期波輸入的頻譜分析的基頻，f₂=9.8Hz 是代表週期波輸入的頻譜分析的第二頻。Z 與圖 Fig 4-2-2 的 Z 一樣同為 Latex 軟管的座標，代表壓力感測器量測的位置。

4-3-1 靜壓對能量傳輸的影響

取原長 $L=90\text{cm}$ 的 Latex 軟管(外徑 6/16, 厚度 1/16) , 改變靜水壓, 從 $20\text{ cm-H}_2\text{O}$, 每隔 $20\text{ cm-H}_2\text{O}$, 變到 $120\text{ cm-H}_2\text{O}$, 其他的實驗條件不變, 天然頻 4.0Hz , 週期波在 $\xi = 0$ 處於一端打入並於 $\xi = 2L/9$ 處利用壓力感測器量測管內壓力變化。實驗裝置圖如 Fig. 3-1(a)。

在實驗中測出, 壓力波的振幅 P_{\max} , 管內面積 S , 天然頻 4.0Hz , 週期波的輸入基頻 f_1 , E_p 等的物理參數。

表 4-3-1 6/16 管 (拉長 0%) P_{\max} 為壓力波最大振幅, S 為管內面積,

週期波的 f_{ext} 基頻 f_1 , E_p 為 (pressure - strain elastic modulus) , $\frac{d\bar{K}_r}{dz}$ 為單位長度徑向平均總動能, P 為徑向振動傳輸功率。

靜壓 $\text{cm-H}_2\text{O}$	L, cm	S, cm^2	f_1, Hz	$P_{\max}, \text{cm-H}_2\text{O}$	E_p 10^6dyne/cm^2	$\frac{d\bar{K}_r}{dz}$ 10^{-5}dyne	P 10^4dyne*cm/s
20	90.0	0.74 ± 0.01	4.0 ± 0.0	2.48 ± 0.02	2.74 ± 0.02	1.63 ± 0.02	2.24 ± 0.03
40	90.0	0.75 ± 0.01	4.0 ± 0.0	2.56 ± 0.05	2.65 ± 0.02	1.89 ± 0.02	4.0 ± 0.08
60	90.0	0.747 ± 0.01	4.0 ± 0.0	3.35 ± 0.06	2.57 ± 0.01	3.43 ± 0.04	8.08 ± 0.13
80	90.0	0.756 ± 0.01	4.0 ± 0.0	3.48 ± 0.02	2.53 ± 0.02	3.86 ± 0.04	11.5 ± 0.14
100	90.0	0.76 ± 0.01	4.0 ± 0.0	3.84 ± 0.03	2.43 ± 0.01	5.13 ± 0.06	16.6 ± 0.21
120	90.0	0.77 ± 0.01	4.8 ± 0.0	3.8 ± 0.01	2.24 ± 0.02	5.99 ± 0.06	21.67 ± 0.26

我們再以原長 $L=90\text{cm}$ 的 Latex 軟管(外徑 6/16, 厚度 1/16)拉長 15%(從 90cm 拉長至 103.5cm) , 改變靜水壓, 從 20 $\text{cm-H}_2\text{O}$, 每隔 20 $\text{cm-H}_2\text{O}$, 變到 120 $\text{cm-H}_2\text{O}$, 其他的實驗條件不變, 週期波在 $\xi = 0$ 處於一端打入並於 $\xi = 2L/9$ 處利用壓力感測器量測管內壓力變化。實驗裝置圖同 Fig. 3-1(a)。在實驗中測出, 壓力波的振幅 P_{\max} , 管內面積 S , 天然頻 3.4Hz, 週期波的輸入基頻 f_1 , E_p 等的物理參數。

表 4-3-2 6/16 管 (拉長 15%) P_{\max} 為壓力波最大振幅, S 為管內面積, 週期波的 f_{ext} 基頻 f_1 , E_p 為 (pressure - strain elastic modulus) , $\frac{d\bar{K}_r}{dz}$ 為單位長度徑向平均總動能, P 為徑向振動傳輸功率。

靜壓 $\text{cm-H}_2\text{O}$	L, cm	S, cm^2	f_1, Hz	$P_{\max}, \text{cm-H}_2\text{O}$	E_p 10^6dyne/cm^2	$\frac{d\bar{K}_r}{dz}$ 10^{-5}dyne	P 10^4dyne*cm/s
20	103.5	0.745 ± 0.01	3.4 ± 0.0	3.77 ± 0.03	2.63 ± 0.01	2.59 ± 0.04	2.89 ± 0.04
40	103.5	0.746 ± 0.01	3.4 ± 0.0	4.12 ± 0.02	2.57 ± 0.01	3.03 ± 0.04	6.47 ± 0.08
60	103.5	0.75 ± 0.01	3.4 ± 0.0	4.22 ± 0.07	2.49 ± 0.02	3.65 ± 0.06	10.31 ± 0.16
80	103.5	0.753 ± 0.01	3.4 ± 0.0	4.47 ± 0.04	2.47 ± 0.01	4.18 ± 0.06	14.74 ± 0.19
100	103.5	0.756 ± 0.01	3.4 ± 0.0	4.5 ± 0.04	2.4 ± 0.01	4.19 ± 0.06	19.16 ± 0.25
120	103.5	0.76 ± 0.01	3.4 ± 0.0	4.82 ± 0.05	2.39 ± 0.01	5.24 ± 0.08	24.86 ± 0.32

4-3-2 轉彎對能量傳輸的影響

將一端 Latex 軟管(長 90 cm)轉彎(圓弧直徑=8cm)，天然頻 3.6Hz，靜壓 $P_0=40$ (cm-H₂O)，週期波於 $\xi = 0$ 處一端打入並於 $\xi = 2L/9$ 處利用壓力感測器量測管內壓力變化。實驗裝置圖 Fig. 3-1(b)。另外在裝置一條軟管(長 95cm) (直管)並測量天然頻，讓其天然頻與轉彎的軟管一樣，天然頻 3.6Hz，週期波於一端 $\xi = 0$ 處打入並於 $\xi = 3L/19$ 處利用壓力感測器量測管內壓力變化。實驗裝置圖 Fig. 3-1(a)。其實驗結果為 表 4-3-1。

表 4-3-3 6/16 管 靜壓 40cm-H₂O P_{max} 為最大壓力波振幅，S 為管內面積，

週期波的輸入基頻 f_{ext} ， E_p 為 (pressure - strain elastic modulus)， $\frac{d\bar{K}_r}{dz}$ 為單位長度徑向平均總動能，P 為徑向振動傳輸功率， P_0 為靜壓，Wave speed 為壓力波在 Latex 軟管傳播速度。

Tube	P_0, cm^*H_2O	S, cm^2	F_{ext}, Hz	P_{max}, cm^*H_2O	$E_p, 10^6 dyne/cm^2$	$\frac{d\bar{K}_r}{dz}$ 10 ⁻⁵ dyne	Wave speed (cm/s)	P 10 ⁴ dyne*cm/s
straight Latex tube	40	0.74 ± 0.01	3.6 ± 0	5.39 ± 0.04	2.67 ± 0.03	6.69 ± 0.08	1296	7.49 ± 0.1
curve Latex tube	40	0.74 ± 0.01	3.6 ± 0	6.00 ± 0.04	2.67 ± 0.1	8.29 ± 0.11	1368	8.8 ± 0.1

我們重複以上的實驗，把靜壓變為 $P_0=100$ (cm-H₂O)，其他實

驗條件不變，其實驗裝置圖 Fig. 3-1(a)。其實驗結果為 表

4-3-4。

表 4-3-4 6/16 管 靜壓 100cm-H₂O P_{max} 為壓力波振幅，S 為管內面積，

週期波的輸入基頻 f_{ext} ， E_p 為 (pressure - strain elastic modulus)， $\frac{d\bar{K}_r}{dz}$ 為

單位長度徑向平均總動能，P 為徑向振動傳輸功率， P_0 為靜壓，Wave speed 為壓力波在 Latex 軟管傳播速度。

Tube	P_0, cm^*H_2O	S, cm^2	F_{ext}, Hz	P_{max}, cm^*H_2O	$E_p, 10^6 dyne/cm^2$	$\frac{d\bar{K}_r}{dz}$ 10 ⁻⁴ dyne	Wave speed (cm/s)	p 10 ⁵ dyne*cm/s
straight Latex tube	100	0.76 ± 0.01	3.6 ± 0	8.085 ± 0.06	2.43 ± 0.03	1.84 ± 0.02	1296	3.14 ± 0.04
curve Latex tube	100	0.76 ± 0.01	3.6 ± 0	9.00 ± 0.06	2.43 ± 0.1	2.28 ± 0.03	1368	3.69 ± 0.05

4-4-1 頻率匹配對能量傳輸的影響

Tube	$\lambda_w, \text{g/cm}$	S, cm^2	f_i, Hz	f_{ext}, Hz	$P, \text{cm}^2\text{H}_2\text{O}$	$E_p, 10^6 \text{ dyne/cm}^2$	$dK_r/dz, 10^{-6} \text{ erg/cm}$	$P, 10^4 \text{ dyne}^*\text{cm/s}$
Latex	0.56 ± 0.0	0.74 ± 0.01	3.2 ± 0.0	3.2 ± 0.0	2.28 ± 0.03	2.67 ± 0.02	9.33 ± 0.12	3.73 ± 0.05
Tygon	0.95 ± 0.0	0.79 ± 0.01	8.6 ± 0.2	3.2 ± 0.0	0.58 ± 0.02	19.7 ± 0.1	0.021 ± 0.002	0.37 ± 0.01
Tygon	0.95 ± 0.0	0.79 ± 0.01	8.6 ± 0.2	8.6 ± 0.0	2.73 ± 0.01	19.7 ± 0.1	3.42 ± 0.04	1.73 ± 0.02

表4-4-1 λ_w 單位長度質量; S 為管徑截面積; f_i 為系統天然頻; f_{ext} 週期波輸入基頻; P 壓力振幅; E_p 為 (pressure - strain elastic modulus); dK_r/dz 為單位長度徑向動能能量。

取長度 $L=120\text{cm}$ 的 Latex 軟管(6/16) , 靜水壓 $40 \text{ cm-H}_2\text{O}$, 天然頻 3.2Hz , 週期波(輸入基頻為 3.2Hz) , 在 $Z=0$ 處於一端打入並於 $Z=L/2$ 處利用壓力感測器量測管內壓力變化。實驗裝置圖

Fig. 4-4-1。

同樣的我們取長度 $L=120\text{cm}$ 的 Tygon 管 , 靜水壓 $40 \text{ cm-H}_2\text{O}$, 天然頻 8.6Hz , 週期波(輸入基頻為 3.2Hz) , 在 $Z=0$ 處於一端打入並於 $Z=L/2$ 處利用壓力感測器量測管內壓力變化。並再用週期波(輸入基頻為 8.6Hz) , 其他實驗條件不變。實驗裝置圖同 Fig. 4-4-1。實驗結果如 表 4-4-1。

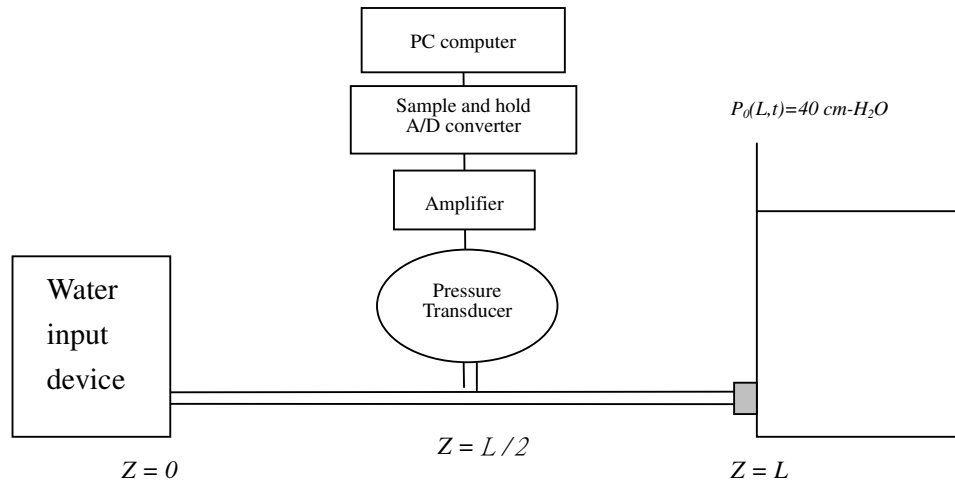


Fig. 4-4-1 系統長度 $L=120\text{cm}$ ，靜水壓 $40 \text{ cm-H}_2\text{O}$ ，週期波在 $Z=0$ 處於一端打入並於 $Z= L/2$ 處利用壓力感測器量測管內壓力變化。

4-4-2 天然頻對能量的影響

我們利用式 (2-23) (2-24) 振幅最大值發生

$$\omega_{Rn}^2 = v_n^2 + v_o^2 - \frac{1}{2}b^2 \quad n=1, 2, 3, \dots \quad (2-23)$$

如果 $v_o^2 - \frac{1}{2}b^2 = 0$ 或是很小，則 ω_{Rn} 由天然頻 ν_1 組成

$$v_1 = \frac{\pi V_\infty}{L} \quad \omega_{Rn} = n\nu_1 \quad (2-24)$$

利用式 (2-23)，得知不同長度的彈性管，天然頻也會不一樣，我們

可以利用此性質來探討天然頻對系統能量的影響。

我們可以利用 Latex 軟管(6/16)，利用式 (2-23) 得知不同長度的彈

性管，天然頻也會不一樣，取原長 100cm 120cm 150cm 180cm

的 Latex 軟管(外徑 6/16, 厚度 1/16)，拉長 15%，靜水壓 40 cm-H₂O，

原長 150cm 的 Latex 軟管(拉長 15%)。並用 150cm Latex 軟管(拉長

Length(cm)	$m_w, \text{g/cm}$	S, cm^2	f_i, Hz	f_{ext}, Hz	P, cm*H ₂ O	$E_p, 10^6$ $10^6 * \text{dyne/cm}^2$	$\frac{d\bar{K}_r}{dz}$ 10^{-4}dyne	P 10^4erg/s
100	58.01g	0.64 ± 0.01	5.4 ± 0.1	4	4.15 ± 0.03	2.58 ± 0.01	0.56 ± 0.01	5.17 ± 0.1
120	69.476g	0.64 ± 0.01	4.5 ± 0.1	4	6.98 ± 0.04	2.58 ± 0.01	1.59 ± 0.03	8.71 ± 0.2
150	86.95g	0.64 ± 0.01	4.0 ± 0.0	4	10.57 ± 0.06	2.58 ± 0.01	3.65 ± 0.07	14.66 ± 0.3
180	101.502	0.64 ± 0.01	3.04 ± 0.08	4	5.99 ± 0.03	2.58 ± 0.01	1.14 ± 0.02	7.86 ± 0.24

表 4-4-2 以長度 150cm 的彈性管為天然頻為週期波打入系統的頻率，並將測得各

相關數據，代入能量公式。 P_{max} 為壓力波振幅，S 為管內面積，週期波的輸入基頻 f_{ext} ，

E_p 為 (pressure - strain elastic modulus)， $\frac{d\bar{K}_{gr}}{dz}$ 為單位長度徑向平均總動能，P

為徑向振動傳輸功率， P_0 為靜壓， m_w 為軟管質量。

15%)，的天然頻，作為週期波的輸出頻率，並依次打入 100cm 120cm
150cm 180cm 的 Latex 軟管(拉長 15%)，週期波於 $\xi = L/4$ 打入並
於 $\xi = L/2$ 處利用壓力感測器量測管內壓力變化。實驗裝置圖如
Fig. 3-1(c)。其實驗結果為 表 4-4-2

4-5 探討拉長對能量傳輸的影響

利用方程式 (2-23) (2-24)

$$\omega_{Rn}^2 = v_n^2 + v_o^2 - \frac{1}{2}b^2 \quad n=1, 2, 3, \dots \quad (2-23)$$

如果 $v_o^2 - \frac{1}{2}b^2 = 0$ 或是很小，則 ω_{Rn} 由天然頻 ν_1 組成

$$v_1 = \frac{\pi V_\infty}{L} \quad \omega_{Rn} = n v_1 \quad (2-24)$$

我們可以依據方程式 (2-23) (2-24)，當管子拉長時， μ 與 τ 都會改變，所以波速及天然頻率會改變，其天然頻率與拉長比例關係如

圖 4-5-1

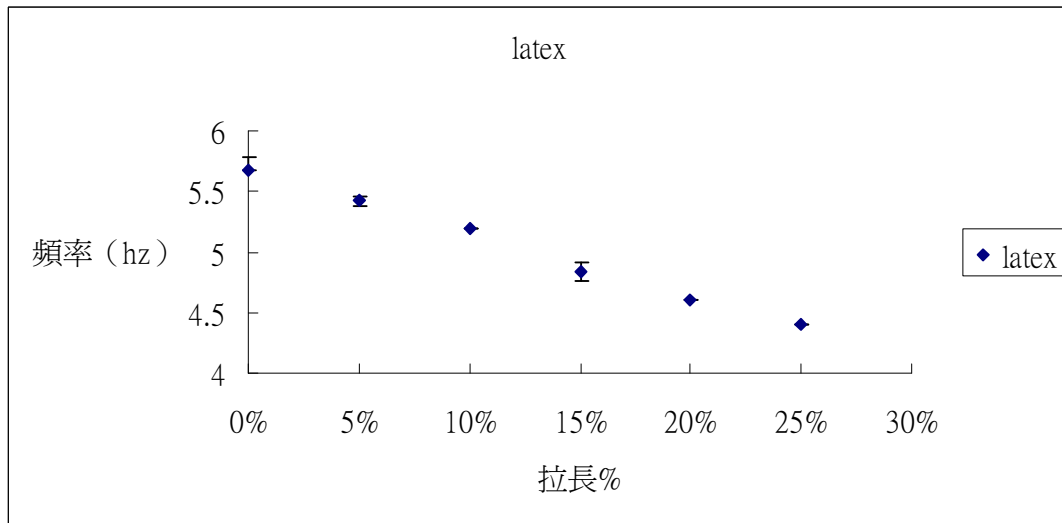


圖 4-5-1 Latex 6/16 軟管原長 120cm，每拉長 5%量測其天然頻與拉長百分比之關係圖

表 4-5-1 以拉長百分 15 之系統的天然頻為打入之週期波頻率，各系統的響應常數的頻率。

Extended percentage	λ_w , g/cm	S , cm^2	f_i , Hz	f_{ext} , Hz	P, cm*H2O	$E_r, 10^6$ dyne/cm ²	dK/dz , 10^{-5} erg/cm	P 10^4 erg/s
0%	0.56	0.74 ± 0.01	5.6 ± 0.1	5	3.26 ± 0.02	2.67 ± 0.02	4.65 ± 0.06	4.66 ± 0.08
5%	0.53	0.71 ± 0.01	5.42 ± 0.04	5	3.66 ± 0.02	2.64 ± 0.01	5.45 ± 0.08	5.16 ± 0.07
10%	0.51	0.67 ± 0.01	5.2 ± 0.0	5	4.02 ± 0.03	2.62 ± 0.01	6.06 ± 0.09	5.41 ± 0.08
15%	0.49	0.64 ± 0.01	4.84 ± 0.08	5	4.28 ± 0.02	2.58 ± 0.01	6.5 ± 0.1	5.44 ± 0.09
20%	0.47	0.62 ± 0.01	4.6 ± 0.0	5	4.25 ± 0.05	2.53 ± 0.02	6.3 ± 0.1	5.2 ± 0.08
25%	0.45	0.59 ± 0.01	4.4 ± 0.0	5	4.01 ± 0.03	2.51 ± 0.02	5.45 ± 0.1	4.78 ± 0.08

我們想利用拉長管子時，系統天然頻天然頻會有所改變，來證明共振對系統能量的影響。實驗中以 latex 彈性管 (6/16)，波源由全系統彈性管的四分之一處輸入。

表 4-5-1 為拉長百分之 15 為天然頻為週期波的頻率，分別對拉長 0% 5% 10% 15% 20% 25% 的管子作實驗，測量到各種參數。徑向動能在不同拉長百分比的值如圖 4-5-2。

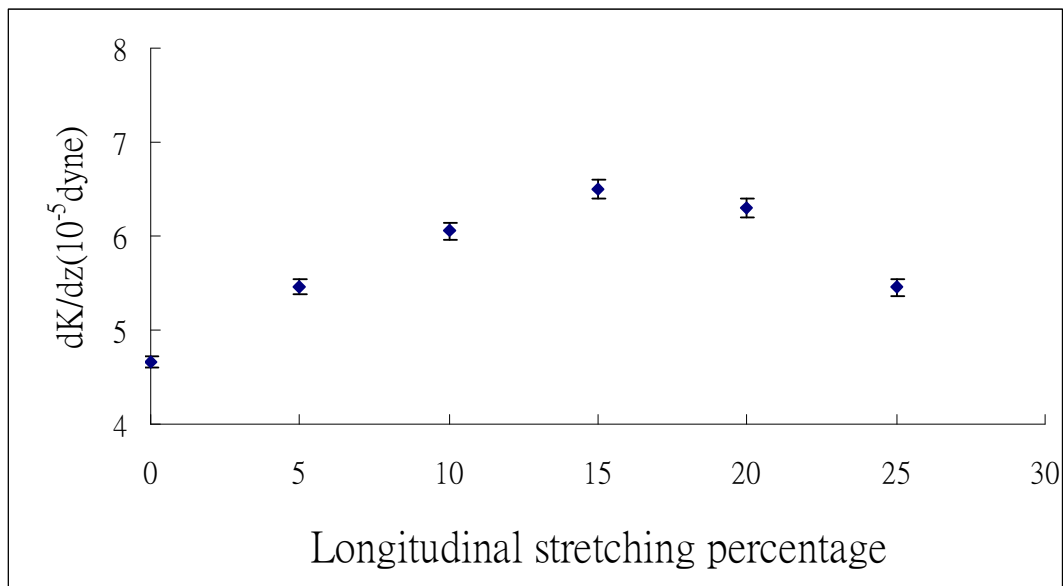


圖 4-5-2 以拉長百分之 15 為天然頻為打入之週期波的頻率，在不同拉長百分比之系統的單位長度徑向平均動能。

若以拉長百分之 10 為天然頻為週期波打入系統的頻率，將測得之相關數據，代入如表 4-5-2，圖 4-5-3。

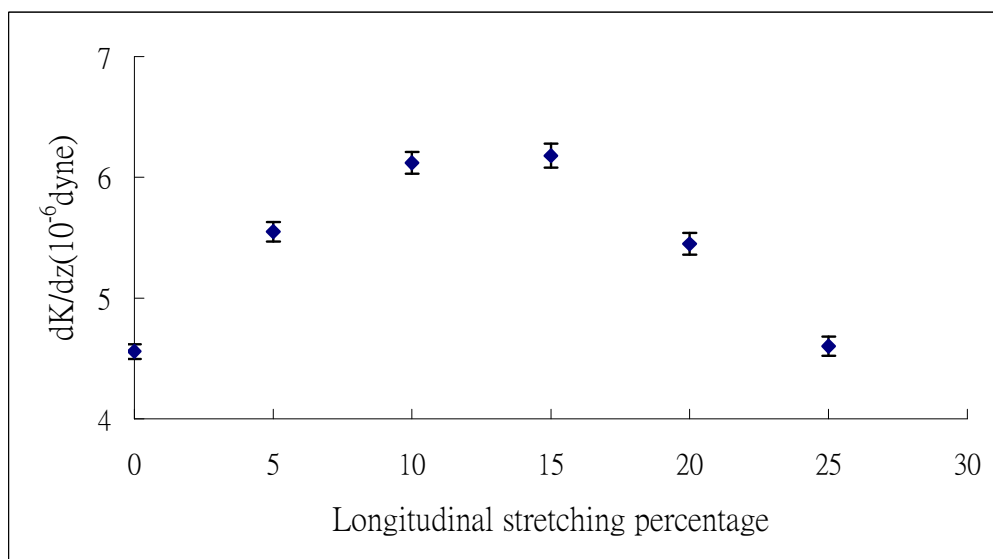


圖 4-5-3 為拉長比例對能量的影響，以拉長百分之 10 系統天然頻為週期波打入各系統的 TKE。

表 4-5-2 以拉長百分 10 之系統的天然頻為打入之週期波頻率，各系統的響應常數的頻率。

Extended percentage	$\lambda_w, \text{g/cm}$	S, cm^2	f, Hz	f_{ext}, Hz	$P, \text{cm}^*\text{HzO}$	$E_s, 10^6 \text{ dyne/cm}^2$	$dK/dz, 10^{-6} \text{ erg/cm}$	$P, 10^4 \text{ erg/s}$
0%	0.56	0.74 ± 0.01	5.6 ± 0.1	5.2	3.1 ± 0.02	2.67 ± 0.02	4.56 ± 0.06	4.43 ± 0.08
5%	0.53	0.71 ± 0.01	5.42 ± 0.04	5.2	3.55 ± 0.03	2.64 ± 0.01	5.55 ± 0.08	5.01 ± 0.07
10%	0.51	0.67 ± 0.01	5.2 ± 0.0	5.2	3.88 ± 0.07	2.62 ± 0.01	6.12 ± 0.09	5.23 ± 0.08
15%	0.49	0.64 ± 0.01	4.84 ± 0.08	5.2	4.01 ± 0.04	2.58 ± 0.01	6.18 ± 0.1	5.1 ± 0.08
20%	0.47	0.62 ± 0.01	4.6 ± 0.0	5.2	3.8 ± 0.05	2.53 ± 0.02	5.45 ± 0.09	4.65 ± 0.07
25%	0.45	0.59 ± 0.01	4.4 ± 0.0	5.2	3.54 ± 0.02	2.51 ± 0.02	4.6 ± 0.08	4.22 ± 0.07

若以拉長百分之 20 為天然頻為週期波打入系統的頻率，將測得之相關數據，代入如表 4-5-3，圖 4-5-4。

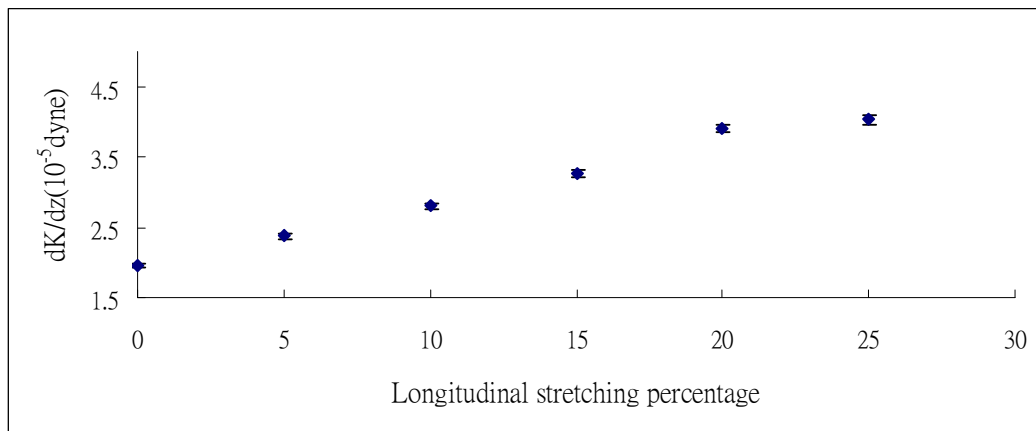


圖 4-5-4 為拉長比例對能量的影響，以拉長百分之 10 系統天然頻為週期波打入各系統的 TKE。

表 4-5-3 以拉長百分 20 之系統的天然頻為打入之週期波頻率，各系統的響應常數的頻率。

Extended percentage	λ_w , g/cm	S , cm^2	f_i , Hz	f_{ext} , Hz	P, cm*H2O	$E_s, 10^6$ dyne/cm ²	dK/dz , 10^{-5} erg/cm	P 10^4 erg/s
0%	0.56	0.74 ± 0.01	5.6 ± 0.1	4.6	2.299 ± 0.03	2.67 ± 0.02	1.96 ± 0.03	3.29 ± 0.06
5%	0.53	0.71 ± 0.01	5.42 ± 0.04	4.6	2.622 ± 0.04	2.64 ± 0.01	2.37 ± 0.03	3.7 ± 0.06
10%	0.51	0.67 ± 0.01	5.2 ± 0.0	4.6	2.97 ± 0.07	2.62 ± 0.01	2.8 ± 0.04	4.0 ± 0.09
15%	0.49	0.64 ± 0.01	4.84 ± 0.08	4.6	3.30 ± 0.05	2.58 ± 0.01	3.27 ± 0.05	4.2 ± 0.07
20%	0.47	0.62 ± 0.01	4.6 ± 0.0	4.6	3.64 ± 0.03	2.53 ± 0.02	3.91 ± 0.06	4.46 ± 0.07
25%	0.45	0.59 ± 0.01	4.4 ± 0.0	4.6	3.75 ± 0.05	2.51 ± 0.02	4.03 ± 0.07	4.47 ± 0.08