

機械波

固體中的橫波與縱波

前面討論過，介質中波的傳遞速度可以寫為：

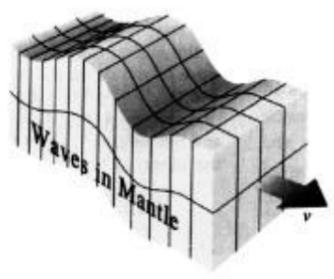
$$u^2 = \frac{\text{彈性係數}}{\text{慣性項}}$$

橫波 (transverse wave)

彈性體所產生之形變為剪應變 (shear strain)
 恢復力為剪應力 (shear stress)
 彈性係數為 shear modulus G
 慣性項為質量密度 ρ

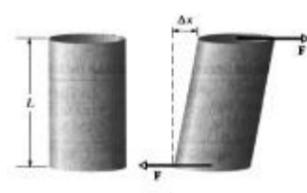
此橫波的速度為

$$u = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$



shear modulus 小檔案

$$\frac{F}{A} = G \frac{\Delta x}{L}$$



中興大學物理系 孫允武

機械波四-1

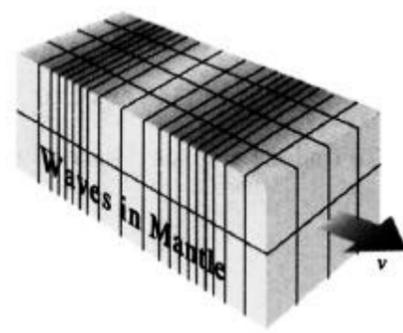
機械波

縱波 (longitudinal wave)

彈性體所產生之形變為拉伸應變 (tensile strain)
 恢復力為拉伸應力 (tensile stress)
 彈性係數為 Young's modulus Y
 慣性項為質量密度 ρ

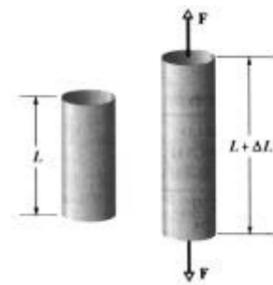
此縱波的速度為

$$u = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$



Young's modulus 小檔案

$$\frac{F}{A} = Y \frac{\Delta L}{L}$$



中興大學物理系 孫允武

機械波四-2

機械波

例題

(a) 鋼之密度為 $7.83 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, $G=8.3 \times 10^{10} \text{ Pa}$, 橫波在鋼中傳遞之速率為

$$u = \sqrt{\frac{G}{r}} = \sqrt{\frac{8.3 \times 10^{10} \text{ Pa}}{7.83 \times 10^3 \text{ kg/m}^3}} = 3000 \text{ m/s}$$

(b) 鑽石的橫波聲速高達 12800 m/s , 密度為 $3.51 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 他的shear modulus

可以求出為 $G = ru^2 = 5.75 \times 10^{11} \text{ Pa}$

- 一般而言，在固體中， $Y > G$ ，因此縱波的速率較橫波為大。
- 對流體而言，流體對shear strain 無恢復力，因而橫波無法在流體中傳遞，只有縱波（壓力波）可傳遞。

中興大學物理系 孫允武

機械波四-3

機械波

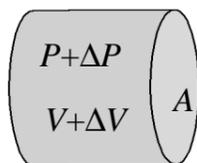
對流體而言，對應之 Y 可寫為

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L} \rightarrow \frac{\Delta P}{A\Delta L/AL} = \frac{\Delta P}{\Delta V/V} \rightarrow -B$$
$$B \equiv -V \frac{dP}{dV}$$

B 稱為bulk modulus
流體壓力的改變和
所造成體積改變比
例間的比值。

流體中之縱波波速可寫為

$$u = \sqrt{\frac{B}{r}}$$



中興大學物理系 孫允武

機械波四-4

機械波

THE SPEED OF SOUND^a

MEDIUM	SPEED (m/s)	MEDIUM	SPEED (m/s)
<i>Gases</i>		<i>Solids</i>	
Air (0°C)	331	Aluminum	6420
Air (20°C)	343	Steel	5941
Helium	965	Granite	6000
Hydrogen	1284		
<i>Liquids</i>			
Water (0°C)	1402		
Water (20°C)	1482		
Seawater ^b	1522		

^a0°C and 1 atm pressure, except where noted.

^bAt 20°C and 3.5% salinity.

中興大學物理系 孫允武

機械波四-5

機械波

地震

3-dimensional waves:

PPrimary waves:較快的波(7~8km/s), 縱波。

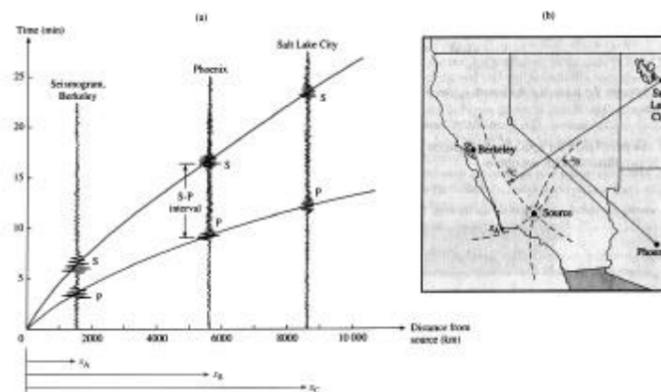
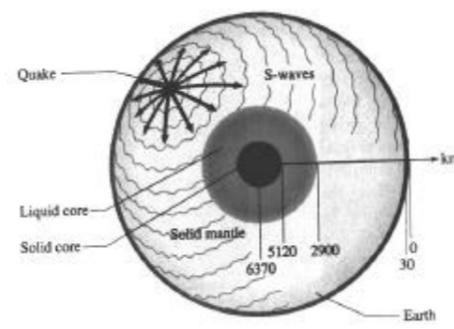
SSecondary waves:較慢的波(4~5km/s), 橫波。

可用來偵測地震位置及地球結構。

表面波(Surface waves)

可參考

<http://deca.cwb.gov.tw/data/100/main.htm>



中興大學物理系 孫允武

機械波四-6