

臺灣地區地震波速度及莫和層

徐 明 同 楊 景 樵

P Wave Velocity in the Surface Layer of the Earth's Crust in Taiwan

Ming-Tung Hsu, Chin-Yu Yang

Abstract

Using the data of shallow earthquake occurred near Hengchung on August 15, 1959, and applied Herglotz-Wiechert method for calculating the P wave velocity in various depths within the surface layer of the earth's crust in Taiwan.

Considering the discontinuous change of P wave velocities due to depth, we assume that the surface layer of the earth's crust in Taiwan may consist of two layers, namely the depth of the first layer is about 19 km and that of the second layer which is equivalent to Moho layer is about 58 km respectively. The average P wave velocities are as follows:

$$V_F = 4.77 \text{ km/sec.} \quad V_{p^*} = 6.88 \text{ km/sec.} \quad V_p = 7.68 \text{ km/sec.}$$

Compare these values with that of the other regions such as Europe, North America, Central Asia, New Zealand and Japan, they are quite consistent with the results of Japan which were calculated by Matsuza-wa. It is also reasonable that in view of the theory of isostasy, the depth of Moho discontinuity in Taiwan where the Central mountain range is pretty high, is slightly larger than Japan.

一、序 言

應用近地地震波動求地殼淺層內之地震波速度問題和地殼淺層之構造有密切之關係。臺灣地區省氣象局所屬測候所備有各種地震儀者達十六所之多。本文使用此地震站所觀測之資料中選取民國四十八年（1959）8月15日恒春地方烈震紀錄，藉以求得臺灣地區地殼淺層內之地震波縱波速度及地殼表層之構造。

由觀測站所得地震波動之觀測結果，可以繪成走時曲線（Travel time curve or Time distance curve）當震源深度較淺可視為震源發生在地表面時，走時曲線之形狀單憑地震波速度分佈可以決定。因

此解析走時曲線，可求得地震波速度分佈。

上述理論自 M.P. Rudzki (1898), H. Bendorff (1906), H. Bateman (1910) 諸學者開始研究以來，其方法漸有進步。到 G. Herglotz 及 E. Wiechert (1910) 乃臻完成，且確立比較簡單之計算方法。根據 Herglotz-Wiechert 方法地震波速度始正確判明。此後學者多人曾計算各地方地震波縱波速度其結果，如第一表，第二表及第三表。

關於地殼表層構造問題，自 A. Mohorovičić 於1909年解析走時曲線發見震央距離（ Δ ）約200公里處後，就有二種縱波 p 及 $\bar{p}$ 。先到者為視速度（Apparent velocity）較大而振幅較小的 p ，然後

* 本研究專題之完成得國家長期發展科學委員會之資助，謹此致謝。（民國 53 年 5 月）

表 1: $\bar{P}$ 之 速 度

Locality	Earthquakes	Velocity, km./sec.	Authority
Asia.....	Central Asian	5.54	Rozova
Japan.....	Japanese	5.0	Matuzawa Matuzawa, Yamada and Suzuki
	Mount Asama (volcanic, Sept. 18, 1929)	3.56	Isikawa
Europe:			
Austria.....	North Tyrol	5.7	Grafe
		5.724	Jeffreys
	Schwadorf	5.60	Conrad
		5.598	Jeffreys
	Tauern	5.4	Conrad
		5.627	Jeffreys
Belgium.....	North Brabant	5.62	Gees
Central and western.....		5.570	Jeffreys
England.....	Herefordshire	5.652	Jeffreys
France:			
Orne.....	Briouze-St. Gervais	5.4	Mourant
North of Brittany coast.....	English Channel	5.4	Mourant
West coast of Normandy.....	Jersey	5.4	Mourant
		5.441	Jeffreys
Germany:			
Baden.....	Lake Constance	5.55	Hiller
Brussia.....	Rhineland	5.6-6.0	Gutenberg
	Sear	5.6	Landsberg
Wurttemberg	South German I	5.6-6.0	Gutenberg
		5.556	Jeffreys
	South German II	5.6-6.0	Gutenberg
		5.522	Jeffreys
Greece:			
Cephalonia.....	Argostolion	5.8	Stoneley
Italy.....	Carnic Alps	5.7	Caloi
Switzerland.....	Visp	5.70	Wanner
		5.57	Quervain
	Yverdon	5.75	Wanner
Yugoslavia:			
Croatia.....	Kulpa Valley	5.6	A. Mohorovicic
		5.637	Jeffreys
Dalmatia.....	Imotski	5.50	Tillotston
New Zealand.....	Gisborne-Wairoa	5.5	Bullen
North America:			
United States:			
California.....	Niles	5.4	Byerly and Wilson
	Parkfield	5.6	Byerly and Wilson
	Sierra Nevada	5.5	Byerly
	21 earthquakes in southern California	5.55	Gutenberg
	Whittier	5.55	Wood and Richter

表 2: p^* 之 速 度

Locality	Earthquakes	Velocity, km./sec.	Authority
Asia.....	Central Asian	5.99	Rozova
Japan.....	Japanese	6.1	Matuzawa
		6.2	Matuzawa, Yamada and Suzuki
	Tango	6.3	Hodgson
Europe:			
Austria.....	North Tyrol	6.7	Grafe
		7.082	Jeffreys
	Schwadorf	6.47	Conrad
		6.468	Jeffreys
	Tauern	6.29	Conrad
		6.254	Jeffreys
Belgium.....	North Brabant	6.42	Gees
Central and western.....		6.498	Jeffreys

England.....	Herefordshire	6.3	Jeffreys
France:			
Orne.....	Briouze-St. Gervais	6.3	Mourant
North of Brittany coast..	English Channel	6.3	Mourant
West coast of			
Normandy.....	Jersey	6.3	Jeffreys and Mourant
Germany:			
Baden.....	Lake Constance	6.3	Hiller
Wurttemberg.....	South Germany		
	I	7.1	Gutenberg
	I	6.30	Jeffreys
	Mean	6.5	Gutenberg
Greece:			
Cephalonia.....	Argostolion	6.1	Stoneley
Italy.....	Carnic Alps	6.4	Caloi
Yugoslavia:			
Dalmatia.....	Imotski	6.30	Tillotson
New Zealand.....	Gisborne-Wairoa	6.3	Bullen
North America:			
United States:			
California.....	Sierra Nevada	7.4	Byerly
Hawaii.....		7.2	Jones

表 3:p 之 速 度

Locality	Earthquakes	Velocity, km./sec.	Authority
Asia:			
Central.....	Central Asian	7.82	Rozova
Japan.....	Hatidyo Islands	8.48 (200 km. depth)	Honda
	Japanese	7.5	Matuzawa
			Matuzawa, Yamada and Suzuki
	Lake Tazawa	7.7 (130 km. depth)	Oka
	Tango	7.75	Hodgson
Europe:			
Austria.....	North Tyrol	8.3	Grafe
		8.23	Jeffreys
	Schwadorf	8.12	Conrad
		8.104	Jeffreys
	Tauern	7.83	Conrad
		7.65	Jeffreys
Belgium.....	North Brabant	7.63	Gees
Central and western.....		7.764	Jeffreys
England.....	Dogger Bank	7.86-8.43	Gees
	Herefordshire	7.8	Jeffreys
France:			
Orne.....	Briouze-St. Gervais	7.8	Mourant
North of Brittany coast..	English Channel	7.8	Mourant
West coast of			
Normandy.....	Jersey	7.8	Jeffreys and Mourant
Germany:			
Prussia.....	Saar	8.05	Landsberg
Wurttemberg.....	South German I	7.6-8.0	Gutenberg
		7.75	Jeffreys
	South German II	8.2	Gutenberg
		8.11	Jeffreys
Greece:			
Cephalonia.....	Argostolion	7.8	Stoneley
Ionian Islands.....	Ionian Island	7.68	Agamennone
Italy.....	Adriatic	7.77	Caloi
	Carnic Alps	7.81	Caloi
Norway.....	North Sea	7.82	Lee
Switzerland.....	Visp	7.70	Wanner
Yugoslavia:			
Croatia.....	Kulpa Valley	7.9	A. Mohorovicic
Dalmatia.....	Imotski	7.80	Tillotson
New Zealand.....	Gisborne-Wairca	8.10	Bullen
North America:			
United States:			
California.....	Eureka	7.8	Sparks
	Niles	7.9	Byerly and Wilson

	Northern coast	7.78, 7.83, 7.84	Byerly
	Pakfield	8.0, 8.3	Byerly and Wilson
	Sierra Nevada	8.6	Byerly
	Southern California	7.94	Gutenberg
Nevada.....	Cedar Mountain	8.27	Byerly
New England.....		8	Leet
Territory of Hawaii.....	Hawaii	8.0	Jones
Texas.....	Van Horn	8.0	Byerly

出現 $\bar{P}$ ，如第一圖走時曲線。震央距離超過 700 公里之地點，就不能觀測 $\bar{P}$ ，為說明此現象 A. Mohorovičić 假定地殼表層有厚約 55 公里地震波速度較小之地層存在如第二圖，而由震源直接傳播至觀測站者為

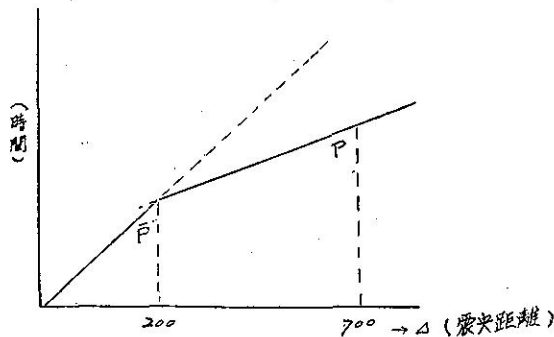


圖 1：走時曲線

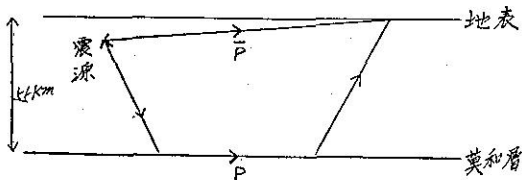


圖 2：莫和層

$\bar{P}$ 。另外經過震地波速度較大之下層而傳播至觀測站者為 p 。據 A. Mohorovičić, S. Mohorovičić (1914, 1916), B. Gutenberg (1915, 1925), O. Hecker (1922) 及 G. Krumbach (1926) 等之研究，於歐洲 $\bar{P}$ 之速度為 5.6 km/sec，且隨深度而稍增，至地表下 55 公里處，其速度為 5.9 km/sec。於下層， p 波速度不連續的增加至 7.9 km/sec。此境界面稱為莫和不連續層 (Mohorovičić discontinuity or layer) 簡稱莫和層 (Moho layer)。

其後 H. Jeffreys (1926), V. Conrad (1928) 等發現地殼表層由兩層構成。即如第三圖莫和層可再分為厚度約 40 公里及厚度約 55 公里等兩層。傳播最表層之縱波為 $\bar{P}$ ，第二層者為 p^* ，最下層者為 p 。而求其速度 $V_{\bar{P}}$ 為 5.6 km/sec， V_{p^*} 為 6.5 km/sec，為 V_p 為 8.1 km/sec。地表下約 40 公里處之

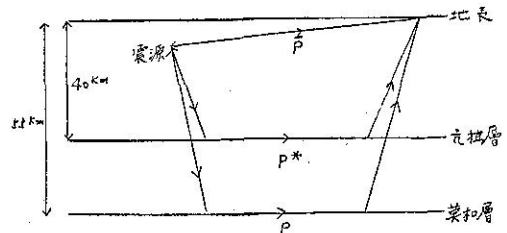


圖 3：莫和層及克拉克

不連續層稱為克拉克層 (Conrad discontinuity or layer)。

松澤武雄 (1929) 年研究日本之淺發地震，得地表下約 20 公里及約 50 公里處有兩層地震波速度不連續層。依次稱為松澤上層及松澤下層，而其速度 $V_{\bar{P}}$ 為 5.0 km/sec， V_{p^*} 為 6.1~6.2 km/sec， V_p 為 7.5 km/sec。

二、臺灣地區地殼淺層內地震波縱波速度

根據 Herglotz-Wiechert 之方法，假設地球為真圓球，地表面附近之地震波速度為 V_0 ，於震央距離為 Δ 處之地震波入射角為 i_0 ($=\frac{\pi}{2}-e_0$, e_0 為射出角) 如第四圖所示。設 T 為走時，於地表之視速度為 $\bar{V}_\Delta$ ，

$$\bar{V}_\Delta = \frac{d\Delta}{dT}, \sin i_0 = V_0 \frac{dT}{d\Delta} = \frac{V_0}{\bar{V}_\Delta} \dots \dots (1)$$

由走時曲線根據此式可求得 $\bar{V}_\Delta$ 及 i_0 為 Δ 之函數。

最深點 (Vertex) S 和地球中心之距離為 r_s ，在 S 點之地震波速度為 V_s ，地球半徑為 r_0 ，則

$$\frac{r_s}{V_s} = \frac{r_0}{V_0} \cos e_0 = \frac{r_0}{V_0} \sin i_0 \dots \dots (2)$$

由(1)式可得

$$\bar{V}_\Delta = \frac{V_0}{\sin i_0} = \frac{r_0}{r_s} V_s \dots \dots (3)$$

即於某一地震波線最深之長速度和地震波線於地面射出點之視速度之間有下列關係。

$$V_s = \frac{r_s}{r_0} \bar{V}_\Delta \dots \dots (4)$$

故最深點之地震波速度 V_s 可由 $\bar{V}_\Delta$, r_s 及 r_0 求之。
 在 Δ 很小之範圍內即地表面可視為平面時, $\frac{r_s}{r_0} \doteq 1$ 則 $V_s = \bar{V}_\Delta$ 。

再設此地震波線和半徑 r 球面之交點處入射角為 i_r , 此點之速度為 V , 地震波線於 O 點所成之角為 Θ , 最深點和地球中心距離等於 r 之地震波線於地表面上之視速度, 設為 $\bar{V}_r$, 如第四圖所示,

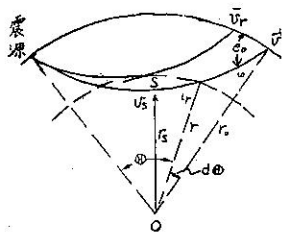


圖 4:

$$\begin{aligned} \sin i_r &= \frac{V}{r} \cdot \frac{r_0}{\bar{V}_0} \sin i_0 \\ &= \frac{r_0}{r} V \frac{\sin i_0}{\bar{V}_0} = \frac{\bar{V}_r}{\bar{V}_\Delta} \dots (5) \end{aligned}$$

$$d\Theta = -\frac{dr}{r} \tan i_r, \quad r_0\Theta = \Delta \dots (6)$$

$$\begin{aligned} \tan i_r &= \frac{\sin i_r}{\sqrt{1 - \sin^2 i_r}} = \frac{\frac{\bar{V}_r}{\bar{V}_\Delta}}{\sqrt{1 - \frac{\bar{V}_r^2}{\bar{V}_\Delta^2}}} \\ &= \frac{1}{\bar{V}_\Delta} \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\bar{V}_r^2} - \frac{1}{\bar{V}_\Delta^2}}} \dots (7) \end{aligned}$$

對 $d\Theta$ 積分由最深點至地表面得

$$\begin{aligned} \frac{\Theta}{2} &= \int_{r_s}^{r_0} d\Theta = \int_{r_s}^{r_0} \tan i_r \frac{dr}{r} \\ &= \frac{1}{\bar{V}_\Delta} \int_{r_s}^{r_0} \frac{d \ln r}{\sqrt{\frac{1}{\bar{V}_r^2} - \frac{1}{\bar{V}_\Delta^2}}} \dots (8) \end{aligned}$$

r_Δ 為震央距離 Δ 之地震波線最深點有關之量故由 r_Δ 代替 r_s 。於積分下限, ($r=r_\Delta$, $\bar{V}_r = \bar{V}_\Delta$) 於上限 ($r=r_0$, $\Delta=0$, $\bar{V}_r = (\bar{V}_\Delta)_{\Delta=0} = V_\Delta$)

$$\text{設 } \frac{1}{\bar{V}_r^2} = \xi, \quad \frac{1}{\bar{V}_\Delta^2} = x \dots (9)$$

$$\frac{\Delta \bar{V}_\Delta}{2r_0} = \int_x^{\left(\frac{1}{V_0}\right)^2} \frac{d \left(\ln r \right)}{\sqrt{\xi - x}} d\xi \dots (10)$$

(10)式左邊可由走時曲線求之。此式為 Abel 積分方程

式之特定場合, 其解為

$$\begin{aligned} \frac{d}{d\xi} (\ln r) &= \frac{1}{2\pi r_0} \frac{d}{d\xi} \int_{\xi}^{\left(\frac{1}{V_0}\right)^2} \frac{\Delta \bar{V}_\Delta}{\sqrt{x - \xi}} dx \dots (11) \end{aligned}$$

於 $x = \left(\frac{1}{V_0}\right)^2$ 時, $\bar{V}_\Delta = V_0$, $\Delta = 0$ 。 $x = \xi$ 時 $\Delta = \Delta_r$

。因此

$$\begin{aligned} \ln \frac{r_0}{r} &= \frac{1}{2\pi r_0} \int_{\Delta=\Delta_r}^{\Delta=0} \frac{\Delta \bar{V}_\Delta d\left(\frac{1}{\bar{V}_\Delta}\right)^2}{\sqrt{\frac{1}{\bar{V}_r^2} - \frac{1}{\bar{V}_\Delta^2}}} \\ &= -\frac{1}{\pi r_0} \int_{\Delta=0}^{\Delta=\Delta_r} \frac{\Delta d\left(\frac{\bar{V}_r}{\bar{V}_\Delta}\right)}{\sqrt{\left(\frac{\bar{V}_r}{\bar{V}_\Delta}\right)^2 - 1}} \dots (12) \end{aligned}$$

$$\text{設 } \frac{\bar{V}_r}{\bar{V}_\Delta} = p \dots (13)$$

$$\begin{aligned} \ln \frac{r_0}{r} &= -\frac{1}{\pi r_0} \int_{\Delta=0}^{\Delta=\Delta_r} \frac{\Delta dp}{\sqrt{p^2 - 1}} \\ &= -\frac{1}{\pi r_0} \int_{\Delta=0}^{\Delta=\Delta_r} \Delta d \operatorname{arccosh} p \\ &= -\left[\frac{\Delta}{\pi r_0} \operatorname{arccosh} p \right]_{\Delta=0}^{\Delta=\Delta_r} \\ &\quad + \frac{1}{\pi r_0} \int_{\Delta=0}^{\Delta=\Delta_r} \operatorname{arccosh} p d\Delta \dots (14) \end{aligned}$$

最後式第一項等於零。因此設

$$p = \frac{\bar{V}_r}{\bar{V}_\Delta} = \cosh q \dots (15)$$

可得

$$\ln \frac{r_0}{r} = \frac{1}{\pi r_0} \int_{\Delta=0}^{\Delta=\Delta_r} q d\Delta \dots (16)$$

由走時曲線求 Δ 和 $\bar{V}$ 之關係, 於某一任意震央距離處之 $\bar{V}_\Delta$ 設為 $\bar{V}_r$, 且設 $\bar{V}_r$ 為一定, 依上式用數值積分或圖解積分方法求 r 。 r 為到達此點之地震波線最深點和地球中心之距離。而最深點之地震波速度 V 為 $V = \frac{r}{r_0} \bar{V}_r$ 。其次選其它點之 $\bar{V}_r$, 而行同樣計算。

如此反覆計算, 可得地球內部之地震波速度分佈詳細情形。

本文使用民國48年8月15日恒春地方烈震紀錄推

算臺灣地區地殼淺處之地震波縱波速度分佈。此次地震震央位於恒春東南東 67 公里即北緯 21 度 45 分，東經 121 度 20 分，震源深度約為 10 公里。恒春地方最大震度為六級，造成死者 16 人，傷者 63 人，房屋全倒 789 戶，損害 752 戶之災害。當時地震有感距離半徑超過 300 公里，故其規模屬顯著地震。此震源深度係根據日本之走時表推算，故是否準確，需待將來臺灣地區標準走時表確定後才能知道。考災害狀況及地裂，噴泥，噴水及山崩等地殼變動等現象，著者認此震源深度為較淺。

第四表為各地震觀測站觀測表，繪成走時曲線如第五圖。此走時曲線由下式代表，應用最小二乘法求其常數。

$$t = a + b\Delta + c\Delta^2 + d\Delta^3 \dots\dots\dots (17)$$

上式 Δ 為震央距離 (km)， t 為走時以第四表之 p 波發現時 16 時 57 分為零點，單位為秒， a, b, c 及 d 為常數，計算結果得

表 4：各地觀測表

觀測所名	發震時 (p)			S 發現時			震央距離 (km)
	120°E			120°E			
	h	m	s	h	m	s	
恒 春	16	57	08.8	16	57	16.3	67
大 武			11.3			—	80
臺 東			17.4			29.8	112
高 雄			21.7			—	145
新 港			22.8			40.0	146
臺 南			25.7			40.9	178
玉 山			29.5			50.0	192
阿里山			28.6			52.1	199
花 蓮			36.2			05.6	240
澎 湖			39.0			10.1	266
臺 中			39.1			11.1	266
宜 蘭			47.5			25.9	326
新 竹			48.3			28.5	333
臺 北			51.2			35.4	357

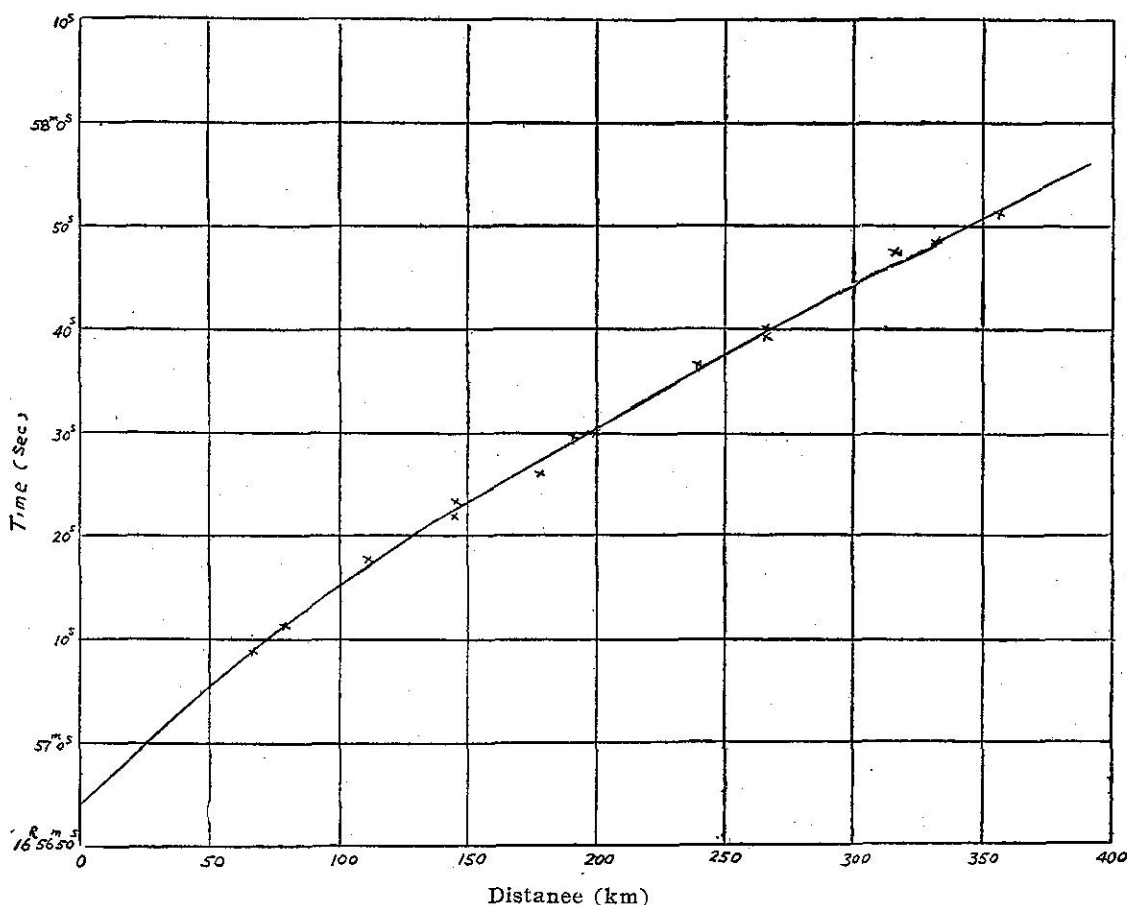


圖 5：走時曲線 (1959.8.15 恒春北方烈震)

$$t = -6.315 + 0.2506\Delta - 0.0004284\Delta^2 + 0.0000005034\Delta^3 \dots\dots\dots(18)$$

由上式知當 Δ 等於零時，即震央之 p 波發現時為 16 時 56 分 54 秒，故第五圖走時曲線由此點開始。由(18)式所求之走時 t_c 及觀測站實際觀測之走時 t_0 如第五表，其差 Δt 很小，故(18)式尚屬適當。視速度之值可由(18)對於 t 微分得(19)式求之。

$$\frac{d\Delta}{dt} = [0.2506\Delta - 0.0008568\Delta^2 + 0.0000011068\Delta^3]^{-1} \dots\dots\dots(19)$$

表 5：

觀測所名	震央距離 Δ (km)	(18)式計算值 t_c (sec)	實測值 t_0 (Sec)	誤差 $\Delta t = t_c - t_0$
恒 春	67	8.7	08.8	- 0.1
大 武	80	11.3	11.3	0.0
臺 東	112	17.1	17.4	- 0.3
高 雄	145	22.5	21.7	+ 0.8
新 港	146	22.6	22.8	- 0.2
臺 南	178	27.5	25.7	+ 1.8
玉 山	192	29.4	29.5	- 0.1
阿 里 山	199	30.5	28.6	+ 1.9
花 蓮	240	36.1	36.2	- 0.1
澎 湖	266	39.5	39.0	+ 0.5
臺 中	266	39.5	39.1	+ 0.6
宜 蘭	326	47.2	47.5	- 0.3
新 竹	333	48.2	48.3	- 0.1
臺 北	357	51.5	51.2	+ 0.3

如第六圖所示 E 為震源， Δ 為震央距離，A 為觀測站， r_0 為地球半徑，當地震波線至最深點 S 距地球中心為 r 時，於 A 點之視速度為 $\bar{V}_r$ ，由(5)式知

$$\sin i_r = \frac{\bar{V}_r}{\bar{V}_\Delta}$$

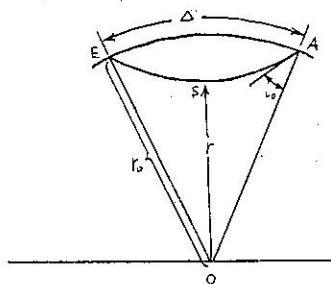


圖 6：

於最深點 S 之地震波速度以 V 表之，則(4)式變為

$$V = \frac{r}{r_0} \bar{V}_\Delta = \frac{r}{r_0} \left(\frac{d\Delta}{dt} \right)_\Delta \dots\dots\dots(20)$$

上式中 $\left(\frac{d\Delta}{dt} \right)_\Delta$ 之值可由走時曲線求之。然最深點至地球中心距離 r ，則由

$$2\pi n \frac{r_0}{r} = \frac{1}{\pi r_0} \int_0^{\Delta_\Delta} q d\Delta \dots\dots\dots(16)$$

及

$$\cosh q = \frac{(\sin i_0)_\Delta}{(\sin i_r)_\Delta} = \frac{V_0 \left(\frac{dT}{d\Delta} \right)_\Delta}{V_\Delta \left(\frac{dT}{d\Delta} \right)_\Delta}$$

$$= \frac{\left(\frac{d\Delta}{dT} \right)}{\left(\frac{d\Delta}{dT} \right)_\Delta} \quad 0 \leq \Delta \leq \Delta_\Delta \dots\dots\dots(21)$$

$$V_\Delta = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \left(\frac{d\Delta}{dT} \right)_\Delta \dots\dots\dots(22)$$

$$r_0 = 6371.2 \text{ (km)} \dots\dots\dots(23)$$

諸式求得 $\int_0^{\Delta_\Delta} q d\Delta$ 之值係由雙曲線函數求得 q 值，然後繪成 q 與 Δ 曲線，如第七圖所示，此曲線內包括之面積即 $\int_0^{\Delta_\Delta} q d\Delta$ 。此值及(23)式之值代入(16)式

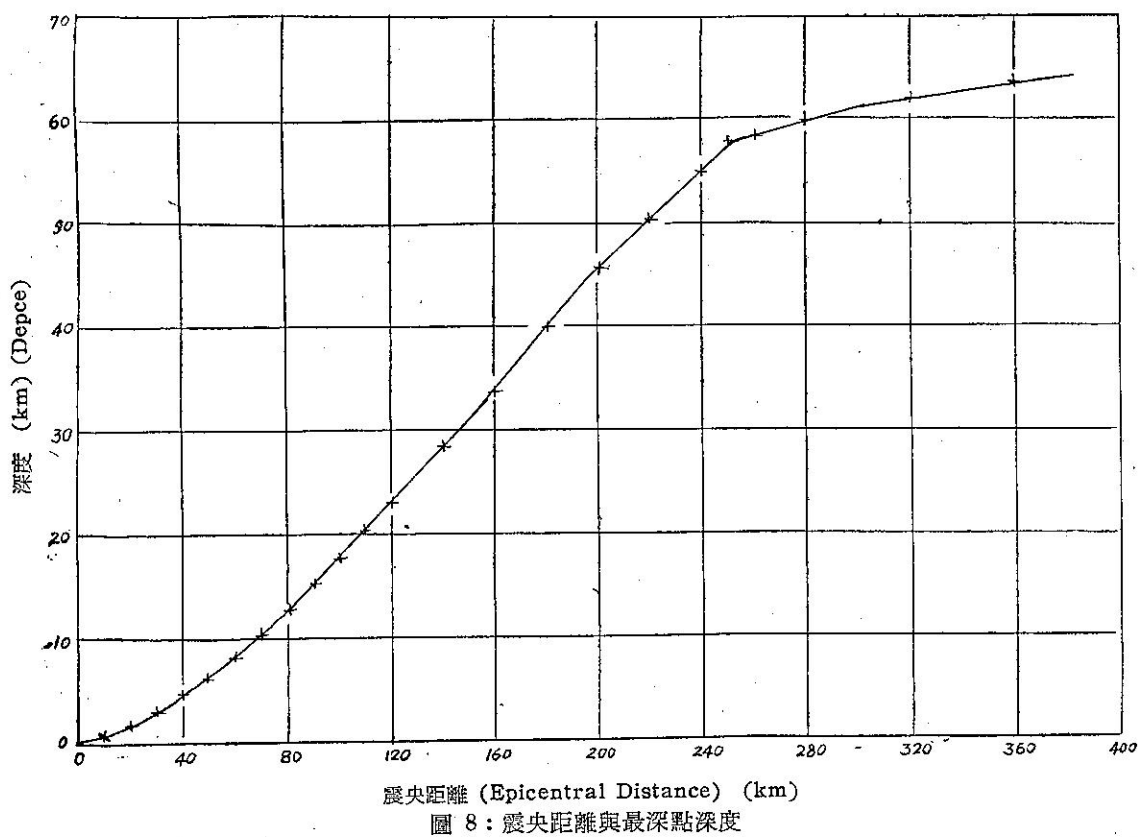
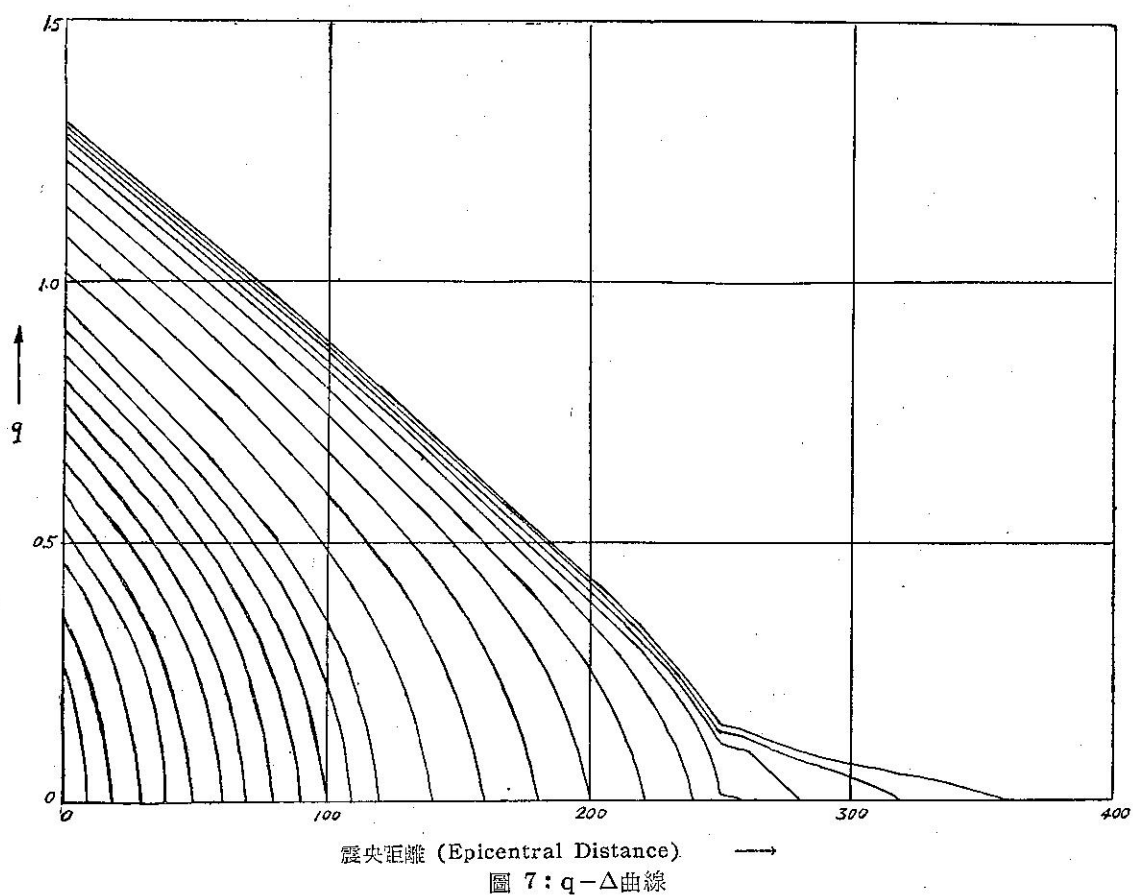
後可得 r 值。由已知 r 值及相當 $\frac{dT}{d\Delta}$ 值由(20)式可得該深度之地震波速度。如此計算結果列於第六表。第六表之計算，自震央距離零之相對深度為零計至震央距離 360 公里之相對深度為 63.2 公里止。其他第八圖表示震央距離與最深點深度之關係，第九圖表示震央距離與地震波速度之關係，第十圖表示深度與地震波速度之關係，均根據第六表數值繪成。由此表可知臺灣地區地殼淺層內之地震縱波速度分佈情形。

三、臺灣地區地殼表層之構造及莫和層

由第六表及第十圖可知臺灣地區地殼淺層內地震縱波速度之分佈情形。而此速度之分佈顯出一種性質，即當深度增大時，速度之增加量 δV 不同。即於地表面之速度起速度增加量之差 $(\delta V_{n+1} - \delta V_n)$ 為正，亦 ΔV 隨深度增加而增加，至深度為 19 公里處地震波速度為 5.71 km/sec，此後當深度增大時，其速度增加量之差變負，即速度增加量隨深度增大而減小，至深度 57.9 公里處速度為 7.93 km/sec 止。自此後速度增加量又有隨深度而緩慢增加之趨勢。如此於深度

表 6:

Δ (km)	$\frac{d\Delta}{dt}$ (km/sec)	$\sin i_0$	$\int_0^\Delta q d\Delta$	r (km)	r_0-r (km)	V (km/sec)	ΔV
0	3.99	1.000	—	6371.2	0.0	3.99	0.14
10	4.13	0.966	1.870	6370.6	0.6	4.13	
20	4.27	0.934	4.654	6369.7	1.5	4.27	0.14
30	4.42	0.903	8.096	6368.6	2.6	4.42	0.15
40	4.57	0.873	13.99	6366.7	4.5	4.57	0.15
50	4.72	0.845	18.97	6365.2	6.0	4.72	0.15
60	4.89	0.816	26.02	6362.9	8.3	4.88	0.16
70	5.05	0.790	32.44	6360.9	10.3	5.04	0.16
80	5.22	0.765	39.67	6358.6	12.6	5.21	0.17
90	5.38	0.741	47.33	6356.1	15.1	5.37	0.16
100	5.55	0.719	55.01	6353.7	17.5	5.53	0.16
110	5.73	0.696	63.01	6352.2	19.0	5.71	0.18
120	5.90	0.677	72.17	6348.3	22.9	5.88	0.17
130	6.08	0.656	—	—	—	—	(0.33) 0.165
140	6.24	0.639	89.46	6342.8	28.4	6.21	
150	6.41	0.623	—	—	—	—	(0.32) 0.16
160	6.57	0.608	107.5	6337.1	33.5	6.53	
170	6.73	0.593	—	—	—	—	(0.31) 0.155
180	6.88	0.579	125.8	6331.3	39.9	6.84	
190	7.01	0.569	—	—	—	—	(0.27) 0.135
200	7.16	0.559	143.4	6325.7	45.5	7.11	
210	7.30	0.546	—	—	—	—	(0.23) 0.115
220	7.40	0.539	158.9	6320.8	50.4	7.34	
230	7.43	0.537	—	—	—	—	(0.17) 0.085
240	7.58	0.526	173.0	6316.4	54.9	7.51	0.12
250	7.70	0.518	182.7	6313.3	57.9	7.63	0.00
260	7.70	0.518	182.7	6313.3	57.9	7.63	
270	7.73	0.517	—	—	—	—	(0.04) 0.02
280	7.74	0.516	189.1	6311.3	59.9	7.67	
290	7.75	0.515	—	—	—	—	(0.03) 0.01
300	7.76	0.514	—	—	—	—	
320	7.77	0.513	194.8	6309.5	61.7	7.69	
360	7.78	0.512	199.6	6308.0	63.2	7.71	0.02



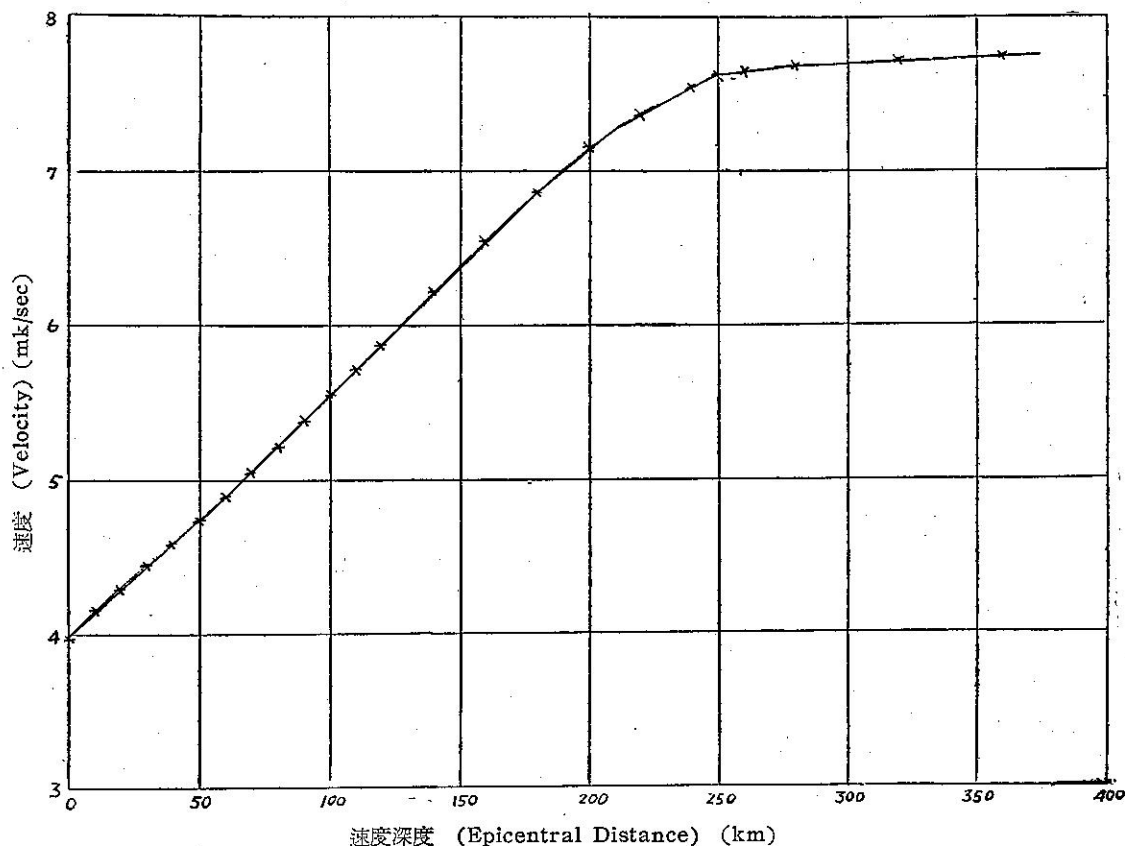


圖 9：地震波速度與震央距離

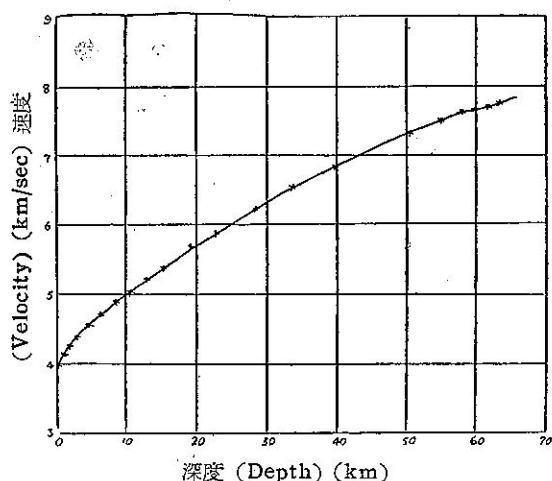


圖10：地震波速度與深度

約19公里處及約58公里處之地震波速度發生不連續的變化。因此可以考慮臺灣地區之地殼表層有兩層地震波速度較小的地層存在，而第一及第二不連續層深度依次為地表面下約19公里及約58公里。

次求上層即地表面至深度19公里間之平均縱波速

度即 $V_p = 4.77 \text{ km/sec}$ ，地下19公里至58公里之平均縱波速度即 $V_{p^*} = 6.88 \text{ km/sec}$ ，地下58公里以下因本文祇計算至深度63.2公里處故其縱波速度平均約為 (7.68 km/sec) 由第一表，第二表及第三表可推知歐洲，北美，紐西蘭，中央亞洲及日本等地三縱波速度。臺灣地區所得數值和大陸地區比較相差較大，但和島國日本之數值比較接近。即上層厚度和松澤上層大略相等，下層即莫和層之厚度為58公里，比歐洲55公里及日本50公里稍深。因臺灣中央山脈高度很高，故地殼表層矽鋁層 (Sial) 較厚，依據地殼均衡 (Isostasy) 學說尚屬合理。

四、結 語

臺灣地區現尚無標準走時表，臺灣省氣象局研究調查地震均採用日本之走時表。本文所得臺灣地區地殼淺層內地震波縱波速度資料可供今後推算臺灣地區標準走時表之參考。同時由地震學的觀點推定臺灣地區地殼表層構造分為兩層，上層深度為19公里，下層即莫和層深度為58公里。

參 考 文 獻

1. A. Mohorovičić: Das Beben vom 8. Oktofer 1909, gahrb. Meteorol. Observatorium Zagreb für das jahr 1909, 9, T.W.A.I. Zagreb, 1910.
2. H. Jeffreys: On near Earthquakes, M.N.R.A.S. geophys. Suppl. 1, 385-402, 1926.
3. V. Conrad: Das Schwadorfer Beben, Gerl. Beben, Gerl. Beitr. 20, 240-277, 1928
4. T. Matsuzawa: Observation of Some of Recent Earthquake and their Time-Distance curves, B.E.R.I. vol 5, 1-28, 1928.
5. J.B. Macelwane & F.W. Sohn: Introduction to Theoretical Seismology, Part 1, 180-205, 1936.
6. J.B. Macelwane: Evidence on the interior of the Earth derived from seismic sources, International Constitution of the Earth, 2nd Ed. 227-304, 1951.
7. K.C. Chakravortty and D.P. Ghosh: Seismological Study of the Crustal Layers in Indian Region from the Date of Near Earthquakes, Proceedings of the second world conference on Earthquake Engineering, PP1633-1646, Japan, 1960.
8. 鷺坂清信: 地殻淺層内の震波速度, 驗震時報第5卷第一號, 55-92, 1931.
9. 本多弘吉: 地震縱波の速度について, 驗震時報, 第5卷第一號, 93-109, 1931.
10. 本多弘吉: 地震波動, 103-108, 146-149, 1954.
11. 恒春地方烈震調查報告, 臺灣省氣象所, 呂新民編 1960