

折射震測實驗報告

第六組:張智詠、曾柏凱

實驗目的

透過這次實驗運用折射震測法探勘技術，我們藉由敲擊測量並分析地下可能存在的淺層地質結構物理特性。

三項具體目的如下：

1. **找到分層震波速度**：根據採集到的直達波與折射波數據，建立走時曲線圖，並利用其斜率計算地下不同速度層（地層或岩層）的波速。
2. **確定地層分界深度**：根據走時曲線圖上直達波與折射波的交會距離及各層速度，應用折射震測原理，計算出淺層地質構造中各速度層的深度和厚度。
3. **應用**：透過推導所得的震波速度值，可以用以評估地層的強度、密實度或開挖難易度，為未來工程設計和場址調查提供參考依據。



折射震測的基本原理

當我們利用鐵槌敲擊金屬板火使用震測車製造出地震波後，這個波會在地表與地下之介質傳播，接下來我們將其測量原理拆解為四大部分：

1. 地震波在不同介質的情況：當地震波遇到不同岩層（密度、速度不同）時，會產生反射與折射，而假如下層波速大於上層，波在邊界折射後會沿著邊界傳遞，再返回地表。
2. 臨界角與折射波：當入射角達「臨界角」時，折射波會沿著介面傳播，並持續產生向上返回地表的波，這些折射波返回地表後就會被檢波器（geophone）所接收。
3. 測得走時曲線：儀器記錄每個接收點的波到達時間後，就可以繪製波到時與距離關係圖，可以觀察直達波與折射波的交點，再由各自的斜率可求得不同層的波速。
4. 厚度與構造推算：最後將得到的數值代入公式即可求出厚度。

截距時間法 (Intercept-Time) 求 h_1

$$h_1 = \frac{T_i V_1 V_2}{2\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}$$

折射震測的主要應用：

1. 淺層地質構造探測：判斷地層厚度、岩層傾角、斷層位置等。
2. 地下硬層或基岩深度估算：工程地質中常用於求取基岩深度，作為建築地基設計依據。
3. 地下水或含水層界面探查：由波速變化推測地下水位或飽水層分布。
4. 地質災害調查：用於邊坡穩定性、液化潛勢與滑動面深度評估。
5. 考古與環境調查：探測埋藏構造、舊河道、污染層界面等。

過程描述

- 1 介紹器材
- 2 設置器材
- 3 分配每組敲擊點位
- 4 進行敲擊作業
- 5 遇到的困難
- 6 查看實驗數據及檢討



介紹器材



槌子&鐵板



Geophone



震測儀

介紹器材

鐵板：

作用：將其平穩放置在測線上，作為錘擊時的墊板。它主要功能是確保錘擊能量能更均勻且有效地傳遞至地層，激發出足夠清晰的波，因為鐵板發生的波比較乾淨俐落，不會有

錘子：

作用：用於快速且有力地敲擊放置於地面的鐵板。錘擊瞬間產生的衝擊能量即為波源。



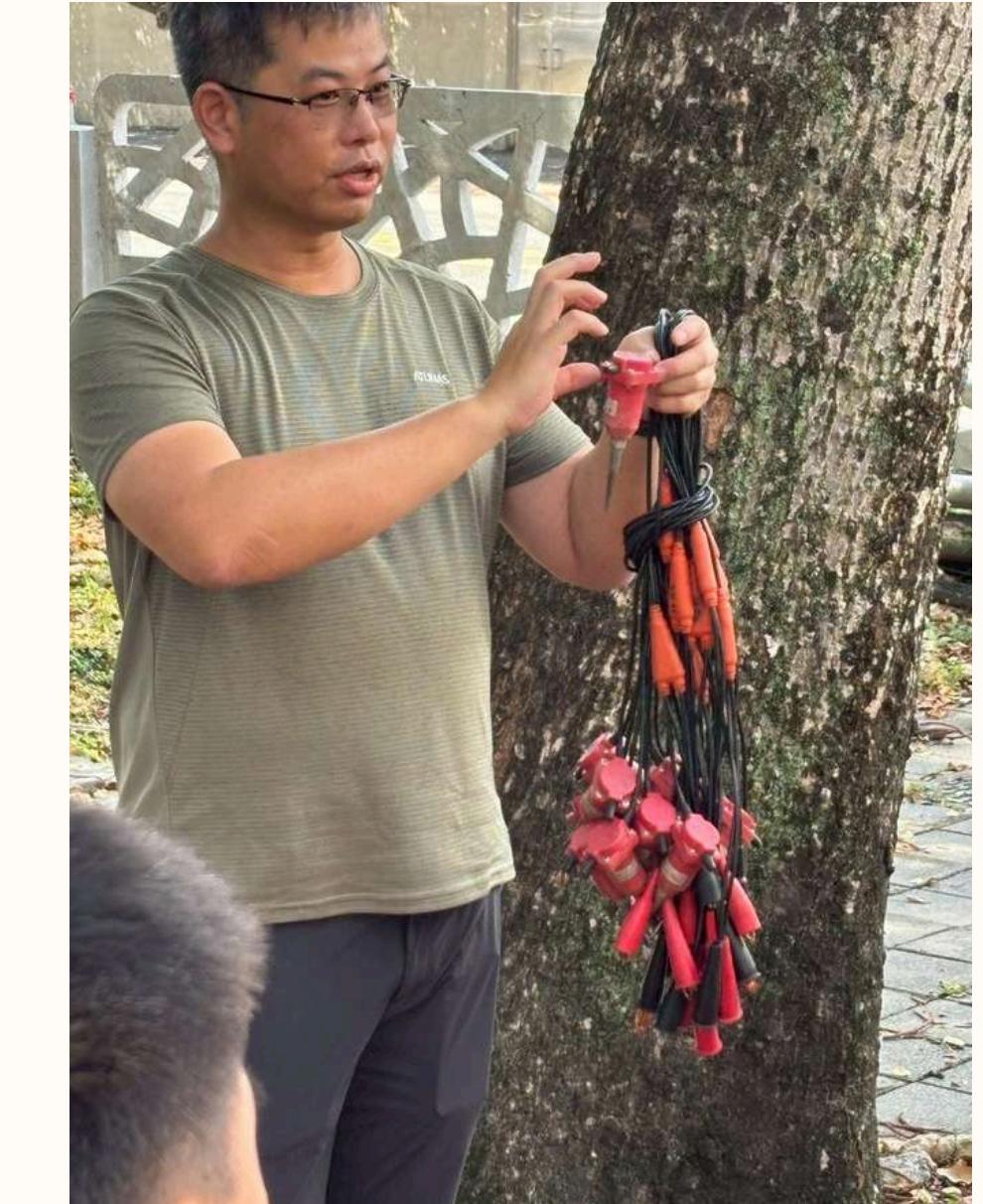
槌子&鐵板

介紹器材

Geophone(檢波器)：

基本原理：其內部主要由一個可移動的線圈和一個固定的磁鐵組成。當地面隨地震波振動時，線圈或磁鐵會發生相對位移，根據法拉第電磁感應定律，線圈會切割磁力線，從而產生與地表振動速度成正比的電壓信號。

實驗配置：在本次折射震測實驗中，檢波器沿測線以等間距2m佈設。每個檢波器底部的尖釘必須垂直且穩固地插入土中，以確保與地層有良好的耦合，從而最大限度地減少能量損失，保證接收到的信號真實反映地層的振動。



檢波器 Geophone

介紹器材

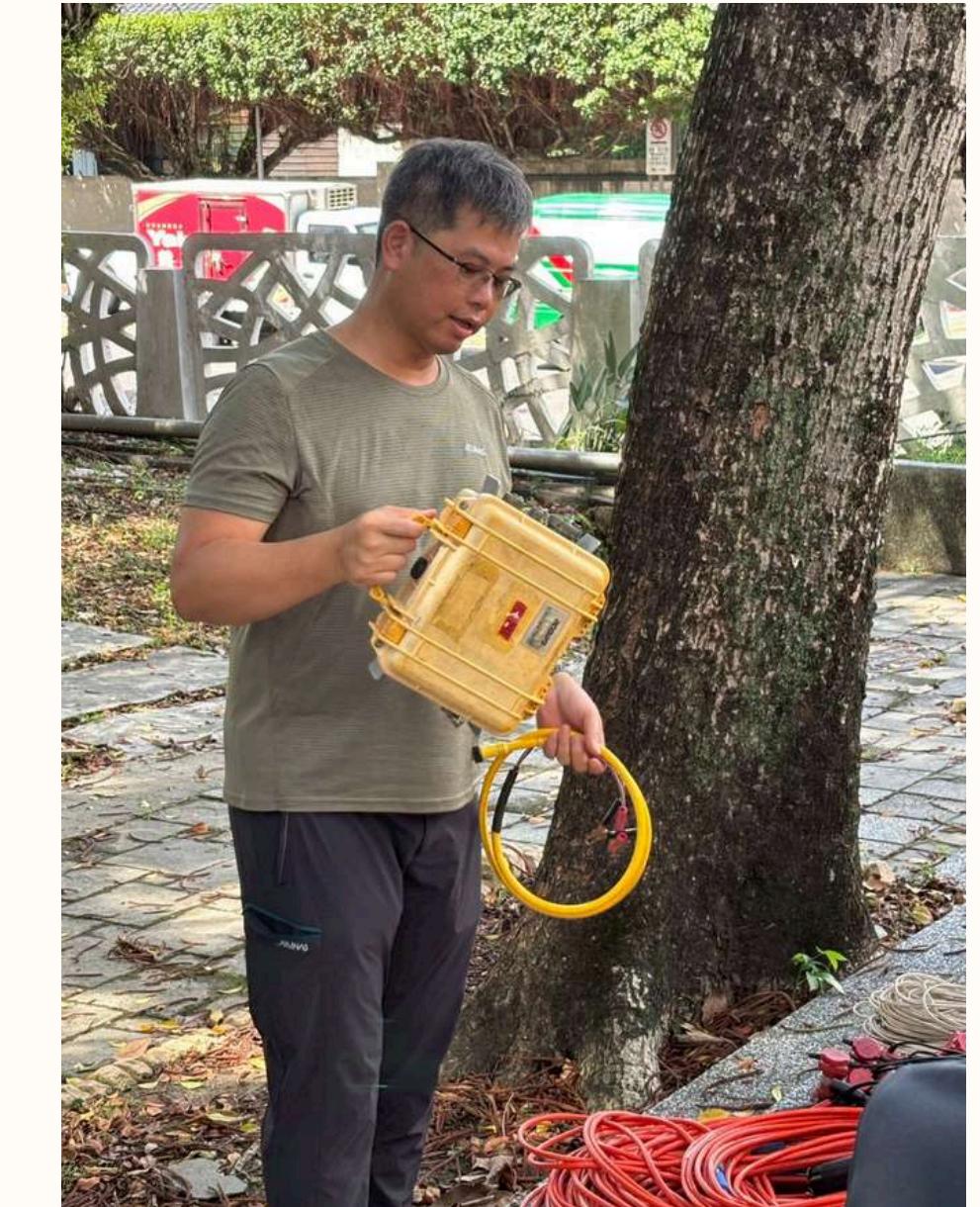
測震儀

信號採集：透過多個線路同步連接所有佈設的檢波器。

放大與濾波：對接收到的微弱電信號進行放大處理，並利用濾波器去除環境雜訊和不需要的頻率成分，以提高信噪比。

數位化：將連續的類比電信號轉換為離散的數位數據。

時間同步與記錄：接收來自錘擊觸發器的信號，並以此為起始點，精確記錄每個檢波器接收到震波的時間，繪製成走時曲線。



震測儀

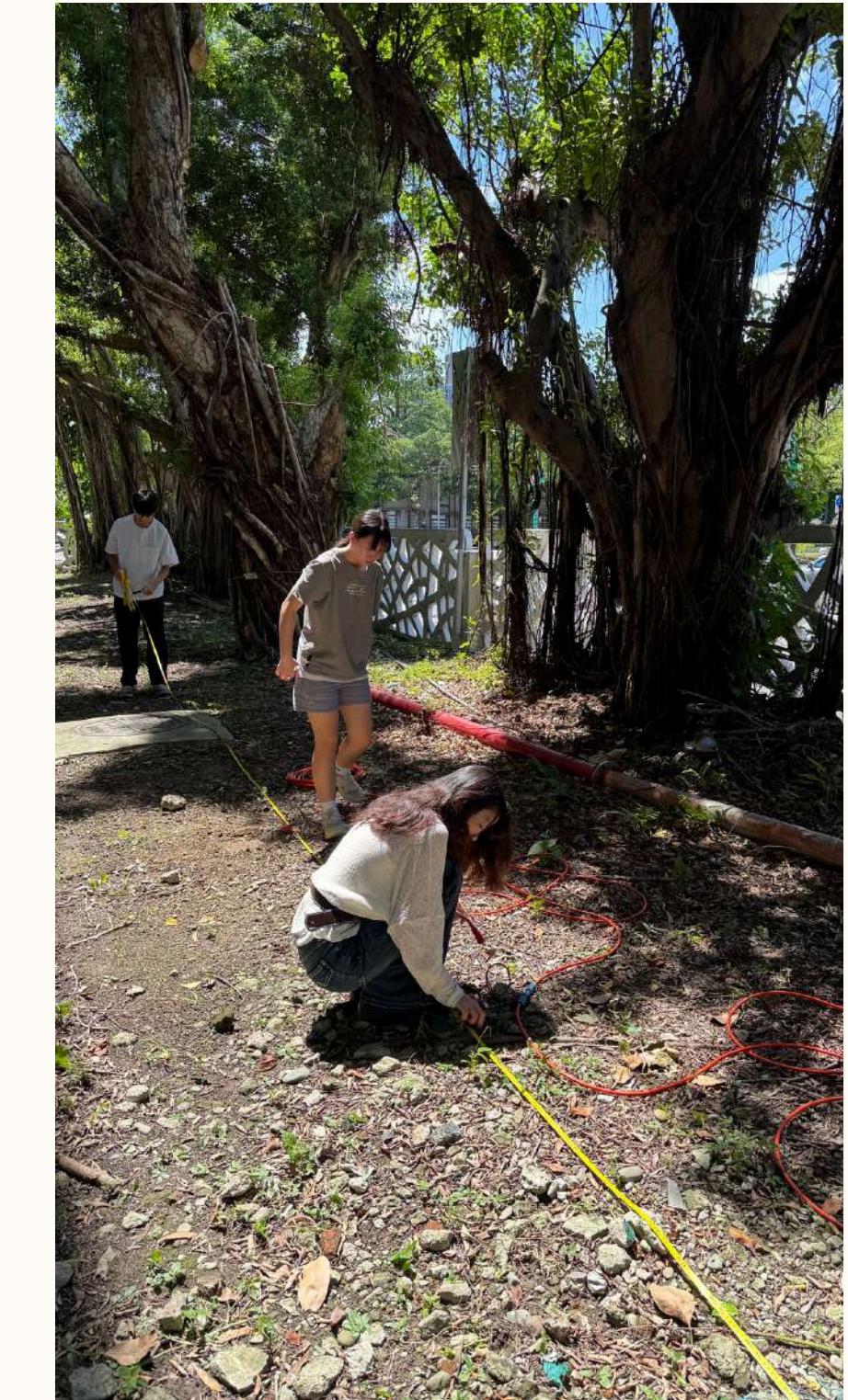
設置器材



設置器材

1. 測線佈設與點位標記（捲尺）

- 沿著預定的測量路徑（總長48m），從起點開始，使用捲尺精確地測量並標記檢波器的佈設點位。
- 依照實驗設計，每隔兩公尺（2m）進行一次標記。這些標記點將作為檢波器的接收位置。



設置器材

2. Geophone(檢波器) 的設置

精確的佈設點位標記完成後，開始安裝檢波器。

- 將檢波器沿著已標記的測線，準確地放置在每一個2 m 的標記點上。
- 使用檢波器底部的尖釘，確保將檢波器垂直且穩固地插入土中。這一動作稱為地層耦合。
- 關鍵要求：必須確保檢波器與地層之間有緊密接觸，沒有鬆動或搖晃。良好的耦合是確保檢波器能接收到清晰、準確的地震波信號的必要前提。



設置器材

3. 檢波器與測震儀的連接

最後，將所有的信號接收單元連接到數據採集系統。

- 將每一個檢波器的專用連接線，按順序接入測震儀對應的線路。
- 連接時需嚴格按照測線上的空間順序，以確保後續數據處理時能準確地將信號時間與空間位置對應。
- 檢查所有連接是否牢固，確保測震儀識別並啟用了所有通道。



分配各組敲擊點位

我們總共有 9 個小組要輪流負責敲擊，所以要設定 9 個不同的「震源點」(敲鐵板製造振源的位置)。geophone佈線是從 0 公尺開始，每隔 2 公尺放一個Geophone，總共放了 24 個，所以測線總長度是 48 公尺。

我們這一組被分配到第一個敲擊點位。這個點位就在第一個geophone旁邊。



組員進行敲擊作業



遇到的困難

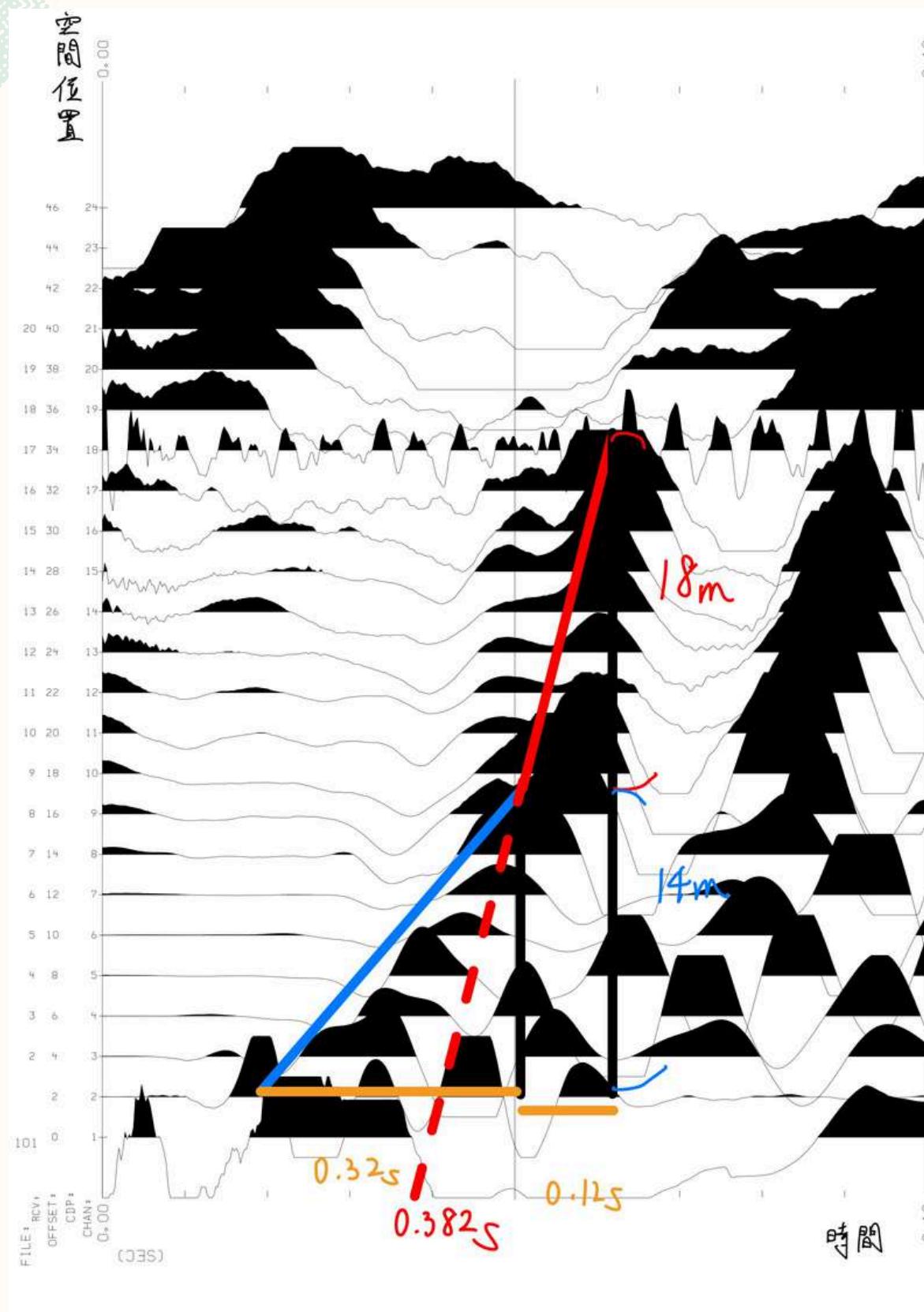
這次實驗最大的困難是外部的環境干擾，因為我們的實驗選址就選在大馬路旁邊。我們人為敲鐵板製造的震波已經夠小了，路上那些車子、機車經過時，產生的噪音和震動（這些非我們製造的震源）也會被檢波器接收到，導致我們的檢波器一直在記錄雜訊，而不是我們要的訊號。

這造成了兩個很嚴重的問題：

1. 訊號被蓋掉：尤其當大卡車經過時，儀器記錄到的噪音震幅，比我們用大錘子敲出來的有效震波訊號還要大，會導致我們的波訊被蓋掉。
2. 波能傳遞的距離被削弱：由於訊號和噪音混在一起，離敲擊點比較遠的那些檢波器就完全收不到我們製造的有效波訊了。

這個問題影響了我們後續的數據處理，因為很多組的走時曲線圖後半部都是雜訊，但我們還是可以透過走時曲線前半段的圖，取得我們要的數據。

實驗數據分析



透過震測實驗所得出的結果，我們可以將其加以判讀，如左圖所示，藍線為我們運用震測波型抓直達波(V1)可能的斜率，而紅線則是折射波(V2)的斜率，接者因速率等於距離除以時間，所以我們利用已知每個Geophone的間距(2m)與底下每0.01秒一格，大約抓出距離與時間，算出直達、折射波的速率，最後將折射波的斜率延長至直達波的起點，求出截距時間，滿足求厚度的公式所需之數據。

下圖則統整了所有震測實驗所求出來的速率、截距時間與厚度結果。(編號若有分_1與_2代表可判斷波往兩邊的情況)

施作編號	直達波速度(V1)	折射波速度(V2)	截距時間(Ti)		V1距離	V1時間	V2距離	V2時間
1	437.5	1500	0.04		14	0.032	18	0.012
2	405.0632911	1032.258065	0.0345		16	0.040	16	0.0155
3_1	358.974359	1379.310345	0.037		14	0.039	20	0.0145
3_2	203.3898305	X	X		6	0.030	X	X
4_1	477.6119403	1428.571429	0.029		16	0.034	14	0.0098
4_2	489.7959184	1333.333333	0.032	去除最高及最低值各兩個取平均	12	0.025	6	0.0045
5_1	279.0697674	1428.571429	0.0375		12	0.043	10	0.007
5_2	342.8571429	1500	0.0325	平均直達波速度(V1)(m/s)	12	0.035	12	0.008
6_1	363.6363636	2222.222222	0.028	341.0538	8	0.022	10	0.0045
6_2	410.9589041	2333.333333	0.0355	平均折射波速度(V2)(m/s)	12	0.029	14	0.006
7_1	300	X	X	1481.0108	12	0.040	X	X
7_2	246.1538462	1454.545455	0.029	平均截距時間(Ti)	8	0.033	16	0.011
8_1	137.9310345	X	X	0.034	4	0.029	X	X
8_2	303.030303	1777.777778	0.034	利用截距時間法求厚度結果(m)	10	0.033	16	0.009
9	304.3478261	1379.310345	0.0405	5.958046928	14	0.046	20	0.0145

查看實驗數據及討論

藉由距離除以時間，得到了直達波與折射波的速率，在得到截距時間後，我們先將直達、折射波與截距時間的數值，**去掉頭尾各兩個**以確保平均出來的數據不受過於極端質影響，經過整理，再透過公式求出分層厚度結果約為**5.96公尺**。

右圖為製造完地震波後，我們與老師一同討論各個檢波器蒐集到數據所繪製成的波到時與距離關係圖及其要怎麼分析。

施作編號	直達波速度(V1)	折射波速度(V2)	截距時間(Ti)		V1距離	V1時間	V2距離	V2時間
1	437.5	1500	0.04		14	0.032	18	0.012
2	405.0632911	1032.258065	0.0345		16	0.040	16	0.0155
3_1	358.974359	1379.310345	0.037		14	0.039	20	0.0145
3_2	203.3898305	X	X		6	0.030	X	X
4_1	477.6119403	1428.571429	0.029		16	0.034	14	0.0098
4_2	489.7959184	1333.333333	0.032	去除最高及最低值各兩個取平均	12	0.025	6	0.0045
5_1	279.0697674	1428.571429	0.0375		12	0.043	10	0.007
5_2	342.8571429	1500	0.0325	平均直達波速度(V1)(m/s)	12	0.035	12	0.008
6_1	363.6363636	2222.222222	0.028	341.0538	8	0.022	10	0.0045
6_2	410.9589041	2333.333333	0.0355	平均折射波速度(V2)(m/s)	12	0.029	14	0.006
7_1	300	X	X	1481.0108	12	0.040	X	X
7_2	246.1538462	1454.545455	0.029	平均截距時間(Ti)	8	0.033	16	0.011
8_1	137.9310345	X	X	0.034	4	0.029	X	X
8_2	303.030303	1777.777778	0.034	利用截距時間法求厚度結果(m)	10	0.033	16	0.009
9	304.3478261	1379.310345	0.0405	5.958046928	14	0.046	20	0.0145



心得報告-曾柏凱

透過這次的震測實驗，我們不但能親自敲擊鐵板以製造震波並學會如何進行這項實驗，還進行數據分析了解實驗場地底下可能的分層厚度，也學到了很多關於地震震測的基本概念、操作流程與相關應用。

學習收穫：

1. 理論與實踐的結合：這次的實驗讓我對地震波的不同介質分層的傳播過程有了更深刻的理解，特別是折射波與直達波之間的關係，實驗中親手操作和數據分析，讓我體會到如何將理論知識運用到實際操作中，並透過老師所教學的公式解讀地下結構。
2. 工具與技術：學會如何使用震測儀器來測量地震波，並且掌握了數據處理的方法，加深了我的印象，不只停留於書本上。

這次震測實驗不僅增進了我對震測實驗的理解，也讓我體會到實際操作中的細節和問題解決的能力，這樣的經驗對我未來的生涯發展又多了一個方向。

心得報告-張智詠

這次折射震測實驗帶給我一個很棒的地科實驗經驗，以往我們地科實驗都少有這種實體化的實驗，以往都是看看石頭。這次實驗讓我深刻體會到理論計算與實際數據採集之間巨大的鴻溝。

我們的實驗地點不幸緊鄰一條交通繁忙的大馬路，這成為數據品質的最大障礙。檢波器極為靈敏，持續捕捉到車輛、引擎聲等高強度環境背景噪音，這些噪音的震幅在許多時候甚至超過了我們用大錘奮力敲擊鐵板所產生的有效震波訊號。這種狀況造成了一些影響：離震源較遠的檢波器訊號被蓋掉，使我們無法準確辨識或挑選哲達波的走時曲線。

這次教訓讓我們領悟到，在所有地球物理探勘工作中，場地選擇的審慎性與克服人為噪音的技術，與掌握實驗原理同等重要，是確保數據有效性的關鍵環節。

**THANK
YOU!**