

## 第三章 試驗儀器與試驗場址簡介

在介紹第四章前，於此章將詳細介紹本研究進行各項試驗的所需之試驗儀器以及試驗場址。

### 3.1 試驗儀器

在試驗開始進行前，必須先瞭解試驗儀器之構造及設定，以利於試驗之進行及加快施作之速度，現依照試驗儀器及資料擷取兩大部份，分別介紹如下。

#### 3.1.1 試驗儀器

一般而言，表面波之振動頻率較低，故依據表面波之頻散特性，頻率較低之震波將擁有較大之波長，故可探測較深之土層深度，而反算分析求得之剪力波速度，一般可求得二分之一波長土層深度內之波傳行為；因此為了達到足夠之土層探測深度，必須採用自然頻率較低之受波器，以接收頻率較低之表面波訊號，並避免低頻震波訊號之取樣失真。本研究所使用之震測儀器系統，主要包括震測儀(包含震測電纜)、受波器及震源(包含觸發器)三大部份，茲分別說明如下。

##### 1. 震測儀：

一般來說，震測儀之內部構造，主要由訊號紀錄儀(Signal Recorder)、訊號分析儀(Signal Analyzer)(其中包括類比/數位轉換器和緩衝記憶體)及數位式電腦(Digital Computer)三大部分所組成，可視試驗之需要而改變其組合方式，並且會因組合方式之差異，而有不同之使用成本及適用性。此外震測儀尚有兩個重要的儀器因素必須考量，即類比/數位解析度(A/D Resolution)及取樣率(Sampling Rate)；前者影響接收波傳之動態範圍以及

數位解析度並與其成正比關係；後者影響接收最高頻率。使用相同的紀錄點數則最高頻率與取樣率成反比關係。

本研究採用日本 OYO 公司出品之 McSeis-SX Model-1125E 型震測儀，如圖 3.1.1 及圖 3.1.2 所示。屬於多波道可攜帶式數位震測儀，最多可同時收錄 24 個受波器之資料，其輸入阻抗為 20 k 歐姆，放大倍率最大可達 1024 倍，頻率感應範圍在 4.5~4600 Hz 之間，且備有低通(Low Pass)與限頻(Notch)前置濾波器，亦可偵測折射或反射波訊號；同時具有高達 18-bit A/D 之解析度，而取樣率在 25~2000  $\mu$ sec 之間，訊號長度最多可達 2048 字元，故取樣時間最長可達 4.096 sec，且震波訊號可重覆疊加；此外採用 3.5 英吋 1.44 MB 之軟式磁碟片及 1.2 GB 之硬式磁碟機，顯示器為 10.4 英吋 640\*480 點之液晶面板，電源採用 12 DC 伏特之電瓶，儀器尺寸為 33 公分長\*22 公分寬\*28 公分高。

此外尚有震測電纜用以連接震測儀，本研究採用 OYO Geospace 公司出品之多頻道式震測電纜，如圖 3.1.3 所示。此震測電纜最多可同時連接 12 個受波器，相鄰兩連接頭之間距約為 7.5 公尺，而震測電纜之尾端為 Cannon NK-27-21C 接頭，用以和震測儀連接，其電纜之延伸長度約為 9.6 公尺，故此震測電纜之總長約為 92 公尺；此外若震測電纜之延伸長度不足以連接至震測儀，則另有 OYO Geospace 公司出品之延長用震測電纜以備不時之需，其長度約為 50 公尺，如圖 3.1.4 所示。

## 2. 受波器：

一般來說，受波器之型式，主要可以分為速度式變換器(Velocity Transducer)及加速度式變換器(Acceleration Transducer)兩種。對於在較低頻率或較長波長之振動時，通常採用速度式變換器來作為受波器，因為此受波器較靈敏，並且有介於 0.2~0.4 V/(mm/s)之間的良好變換比

(Transduction Ratio)，同時在 1~500 Hz 之間有平坦的波動反應，故可避免低頻震波之取樣失真；對於在較高頻率或較短波長之振動時，通常採用加速度式變換器來作為受波器，因為此受波器擁有較高頻之反應，最高可達 25000 Hz，故可避免高頻震波之取樣失真，進而可得到微小之波長，同時其變換比介於 0.05~5 V/g 之間，通常適用於較堅硬之地層，如波特蘭水泥混凝土及瀝青混凝土之鋪面上。

本研究採用 OYO Geospace 公司出品之 GS-11D 型受波器，屬於高感度電磁式速度受波器，如圖 3.1.5 所示。其自然振動頻率為 4.5 Hz，輸入阻抗為 380 歐姆；受波器之上部為塑膠殼，內部含有電磁式感應線圈，用以感應並接收震波訊號，而受波器之下部為圓錐鋼釘，長約 7 公分左右，用以垂直插入並固定於地表土層，此外受波器之尾端為與震測電纜連接之電纜，依照電纜接頭大小之不同，而有正負極之分別，其中紅色大接頭為正極，而黑色小接頭為負極。

### 3. 震源：

一般來說，震波能量之產生方式，主要可以分為鎚擊式(Impact Type)震源和可控制激發式(Controlled Excitation Type)震源兩種。其中鎚擊式震源之產生方式，可以由簡單的手持式榔頭(Hiltunen, 1988)，到複雜的空氣槍、鎮暴水槍及大型單自由度之機械震動系統(Gucunski, 1991)，如標準貫入試驗之鎚頭，以上震源均以敲擊在地表面之方式產生震波，並視試驗之需求或測線之展距，而採用不同形式之鎚擊震源；此外可控制激發式震源，其中大致可分為穩態(Steady-state)振動頻率、變幅(Swept)振動頻率和隨機(Random)振動噪音三種形式，以上震源均以機械振動器產生震波，並視試驗之需求或地下土層之構造，而採用不同形式之激發震源，此外其振動力量之容許範圍，可以由小型機械之 45~220 N 能量範圍，到

大型機械之 4.5~178 kN 能量範圍。

本研究採用鎚擊式震源，其中包含(1)手持長柄 12 磅之鐵鎚；(2)900 克重，落距約為 30 公分之地質鎚；(3)重量 60 公斤，落距 1.5 公尺的自由落鎚(weight drop)；(4)重鎚重量為 80 磅，最大落距可達 18 英吋的砲車，除了自由落體外，厚度為 0.5 英吋之橡皮提供其主要能量來源；各項震源如圖 3.1.6 至圖 3.1.8 所示。

此外尚需利用觸發器啟動震測儀以接收震波訊號，本研究採用 Geometrics 公司出品之觸發器，如圖 3.1.9 所示。觸發器由金屬管及觸發連接線所構成，金屬管內部乃由懸臂式彈簧鋼棒所組成，安裝時需與鐵鎚握把平行，並用防火膠布固定於握把上，以確實觸發震測儀並收錄震波訊號；而不同安裝方向之觸發時間差，最大可達 0.1 msec，故為了降低時間差之影響，必須將觸發器上之黑點緊貼於鐵鎚握把上，以避免不同安裝方向之誤差。此外若觸發器之觸發連接線不足以延伸至震測儀，則尚有延長用觸發連接線以備不時之需；本研究採用兩蕊電纜式延長用觸發連接線，如圖 3.1.10 所示。使用時需注意正負極之分別，而將震源與震測儀正確的連接，以觸發震測儀並接收震波訊號。

### 3.1.2 資料擷取

在開始進行野外試驗之前，除了要瞭解震測儀器之構造外，尚需做好資料擷取之設定，以利於野外試驗之進行；本研究使用之資料擷取設定參數包括：波道數目、取樣率與記錄長度、堆疊模式、前置濾波頻率及訊號放大倍率，茲分別說明如下。

#### 1. 波道數目：

一般來說，若震測試驗之波道數目越多，則測線之展距越長，相對

便能探測到較長或較深之地下土層構造；反之若震測試驗之波道數目越少，則測線之展距越短，相對便只能探測到較短或較淺之地下土層構造；而所能使用之波道數目多寡，則取決於震測儀提供之功能及野外試驗之需求或型式而定。

本研究採用之震測儀，共有 1、3、6、12 及 24 個五種波道數目可供選擇使用，乃視試驗需求或型式之不同，而決定波道數目之多寡，通常採用 24 個波道數目，便有足夠之測線展距，以探測地下土層之構造，同時可避免空間取樣之不足，進而收錄清晰之震波訊號。

## 2. 取樣率與記錄長度：

一般來說，若儀器之取樣率越大，配合上較大之記錄長度，則可記錄之時間越長，便能儲存較多之震波訊號，但波型之解析度卻會隨之降低；反之若儀器之取樣率越小，配合上較小之記錄長度，則可記錄之時間越短，便只能儲存較少之震波訊號，但波型之解析度卻會隨之提高；同時取樣頻率必須大於等於最高頻率表面波訊號之兩倍，以避免產生時間上之映頻混擾(Aliasing)，亦即時間取樣頻率不足所引起；而記憶長度必須與取樣率相互配合，以收錄到完整且清晰之震波訊號為主。因此取樣率與記錄長度之選擇，對於震波訊號之資料擷取是很重要之設定參數。

本研究採用之震測儀，共有 25、50、100、200、500、1000 及 2000  $\mu\text{sec}$  七種取樣率可供選擇使用，亦即有效頻率分別為 20000、10000、5000、2500、1000、500 及 250 Hz，通常採用 500 或 1000  $\mu\text{sec}$  之取樣率，便可滿足試驗之需求，同時可避免產生時間上之映頻混擾；此外本研究採用之震測儀，尚有 1024 及 2048 字元兩種記憶長度可供選擇使用，通常採用 500  $\mu\text{sec}$  之取樣率及 2048 字元之記憶長度，便可以記錄 1024 msec 內之震波資料，以收錄到所有之震波訊號。

### 3. 堆疊模式：

一般來說，若試驗之堆疊次數越多，則越能抵銷不正常之雜波訊號，以利於提高資料之訊號雜訊比；反之若試驗之堆疊次數越少，則越會被不正常之雜波訊號所影響，因而降低資料之訊號雜訊比；因此試驗之堆疊次數通常越多越好，當堆疊次數到達 4 次時，則可提高兩倍之訊號品質，而當堆疊次數到達 9 次時，更可提高三倍之訊號品質，依此類推，直到消除鄰近雜訊之干擾為止。

本研究採用之震測儀，共有平均(Average)及加總(Addition)兩種疊加模式可供選擇使用，通常使用平均疊加模式，便可提高訊號之品質，但若使用加總疊加模式，亦可達到提高資料訊號雜訊比之效果，以增加震測資料之正確性。



### 4. 前置濾波頻率：

一般來說，試驗之前置濾波頻率，包括了高通、低通及限頻前置濾波頻率三種；其中高通前置濾波頻率即低切前置濾波頻率，可以去除較低頻率之震波訊號，以保留較高頻率之震波訊號，避免高頻震波訊號之取樣失真；而低通前置濾波頻率即高切前置濾波頻率，可以去除較高頻率之震波訊號，以保留較低頻率之震波訊號，避免低頻震波訊號之取樣失真；至於限頻前置濾波頻率即消除某固定頻率之訊號，可以去除因為電纜對儀器造成之感應電壓，避免產生震波訊號之干擾。

本研究採用之震測儀，共有低通及限頻兩種前置濾波頻率可供選擇使用，其中低通前置濾波頻率共有 OFF、80、160、240、320 及 400 Hz 六種濾波頻率可供選擇使用，一般表面波之頻率較低，故可以使用 80 或 160 Hz 之低通前置濾波頻率，以消除反射波訊號及噪音等雜訊之影響，

進而提高低頻訊號之品質；而限頻前置濾波頻率共有 OFF、50 及 60 Hz 三種濾波頻率可供選擇使用，在台灣地區通常使用 60 Hz 之限頻前置濾波頻率，以消除鄰近電纜線或電波發射台對於儀器產生之感應電壓干擾，同時降低感應電壓對震波訊號之影響。

#### 5. 訊號放大倍率：

一般來說，離震源較近之受波器，如靠近震源左右之 6 個受波器，可以設定較小之放大倍率，便足以收錄清楚之波型；反之離震源較遠之受波器，便需設定較大之放大倍率，以收錄較清楚之波型。

本研究採用之震測儀，共有 16、64、256 及 1024 倍四種放大倍率可供選擇使用，通常離震源較近之受波器，只需使用 256 倍之放大倍率，便足以收錄完整且清晰之震波訊號，而離震源較遠之受波器，則需使用 1024 倍之放大倍率，以收錄較清晰之震波訊號。





圖 3.1.1 多波道可攜帶式數位震測儀(正面)



圖 3.1.2 多波道可攜帶式數位震測儀(背面)



圖 3.1.3 多頻道式震測電纜



圖 3.1.4 延長用震測電纜



圖 3.1.5 高感度電磁式速度受波器



圖 3.1.6 長柄手持式鐵鎚、地質鎚及鐵板



圖 3.1.7 自由落錘(weight drop)



圖 3.1.8 砲車



圖 3.1.9 觸發器



圖 3.1.10 兩蕊電纜式延長用觸發連接線

### 3.2 場址描述

本研究主要進行試驗之場址描述如下，其中包含鑽孔資料之蒐集及本研究室於各場址進行孔內波速之試驗結果。

#### 1. 新竹市交大博愛校區

交大博愛校區鄰近之區域地層屬於現代沖積層。沖積層指全新世未固結之沉積物，主要分佈於頭前溪與鳳山溪之中下游新竹沖積平原和區內主要河流之河床以及海岸低地。沖積層主要由礫石、泥沙所組成。其中以砂、泥所占比例較多。試驗區域土層分布大致如圖 3.2.1 所示，0~2m 為砂質黏土，2~6m 為砂質粉土，6~10m 為砂質礫石。

#### 2. 嘉義縣太保鄉故宮南院預定地

嘉義縣太保鄉鄰近之區域地層亦屬於現代沖積層。沖積平原上堆積的岩體，部份也分佈在丘陵區或山地地區的平坦地形面上。土壤成份以黏土、粉砂、砂和礫石組成，大部份尚膠結不良，其最上部有相當大的部份常被風化成土壤，充分被利用於農業上，沖積層應也包含濱海、海岸地區的砂丘砂，呈灰色、淡灰黑色、淡棕黃色，其成份大部份為石英粒及板岩屑或其他岩屑，並且含有少量的磁鐵礦砂或火成岩源的礦物，但量不多。於表面波測線佈設位置之佈置孔內懸垂式 p-s log 量測剪力波速以及土層分佈如圖 3.2.3 所示，土壤大致以粉質細砂為主，偶夾少部分之黏土以及粉土。此處剪力波速的範圍大致在 100~300m/s 間。

#### 3. 新竹寶山第二水庫

寶山第二水庫鄰近區域之地層屬於西部麓山帶地質區。出露之地層以甚為年輕之上新世卓蘭層及更新世之楊梅層(或頭嵛山層)為主。

##### ● 卓蘭層

主要為砂岩、粉砂岩、泥岩與頁岩的互層所組成之地層，以厚層的混濁砂岩與泥岩的互層為主要組合。砂岩厚度由數公分至兩公尺不等，

主要為青灰色的混濁砂岩，中至粗粒，砂岩中略含雲母質，膠結鬆散，多數以手搓即可捏散；頁岩或泥岩呈青灰色或暗灰色。此層下段主要以薄層砂岩與頁岩之互層為主要岩性組合，向上砂岩與頁岩皆有變厚的趨勢，常可見三公尺以上之砂岩與一公尺以上頁岩出露。部份岩層中因受輕至中度的生物擾動，岩層並未能形成良好的粒級層構造。此層主要出露於關西至峨眉間斷層南側地區，由於遭斷層所截，此層在本區出露厚度並不一致，從 300 公尺至 1400 公尺不等。

- 楊梅層

主要由礫岩、砂岩及泥岩之互層所組成，其中砂岩所佔比例最大。本層底部以砂岩與泥岩的互層為主，組成顆粒有向上變粗的現象；本層上部岩性則以礫岩、砂岩與泥岩交互出現的組合為主。

- 大茅埔礫岩

主要岩性為厚層礫岩偶夾一公尺厚左右砂的透鏡體，礫石礫徑大小約二十至三十公分，最大可達五十公分以上，填充物主要為礫質砂，此處礫石成分主要來源為中新世岩層，少數為火山岩屑，與階地礫石層的來源差別甚大，礫石呈高圓度（well rounded）與低球度，礫岩層的厚度約二至三公尺，因級配良好而使岩性堅緻，常形成陡峭的地形，如飛鳳山。礫岩中常出現覆瓦狀（imbrication）沉積構造，可指示古水流的方向。

除上述之區域地質外，於表面波測線佈設位置之孔內剪力波速以及土層分佈如圖 3.2.2 所示，除地表深度 2m 以上覆蓋風化之黃棕色砂土，此處之岩層分布大致為砂泥岩互層偶夾少部分之黏土以及粉土。由於岩層膠結狀況良好，此處剪力波速的範圍大致在 300~500m/s 間。

#### 4. 桃園中央大學應地所

中央大學鄰近之區域地層主要為紅土台地堆積，而鄰近中壢市出露之地層主要包含中壢層、大寮層以及大茅埔礫岩。

- 台地堆積：

臺地堆積層主要由礫、砂、泥等無膠結地堆積而成，混雜一起無淘選可言。這些堆積物主要來自其上游出露的岩石，包括砂岩及火山岩。

- 大茅埔礫岩

本層主要由礫岩組成，偶含砂岩透鏡體，礫石以沈積岩為主，其中以石英和堅硬的砂岩佔大部份，少數為基性火成岩或砂質頁岩。礫石形狀為圓形至次圓形，直徑大小在數公分到一公尺之間，礫岩的膠結物大多為細砂，間或含有鈣質或鐵質。礫岩的淘選度通常欠佳。礫岩中礫岩常現覆瓦狀的排列，指示古水流的方向。

- 大寮層

大寮層由頁岩及砂岩之互層組成。頁岩呈灰色，風化後變為土黃色。頁岩內因含砂質而變堅硬，風化後成球狀構造。砂岩呈淺灰色或灰白色，有時微帶暗紫色，因含鐵溶液之侵染而呈紅褐色或黃棕色。砂岩粒細質純，呈薄層或厚層狀或不具層理而現塊狀，岩質堅硬而緻密。本區大寮層內未見有淺色石灰岩層出現。

- 中壠層

由礫石和上覆厚約一至二公尺之紅土組成。礫石主要為砂質砂岩，部分為雜砂岩，膠結及充填物為泥砂。礫石層呈土黃色，有時被鐵質浸染則變為褐黃或赤褐色，礫石淘選甚差，大小不一之圓形礫石零亂相混。紅土富砂質，呈紅色或黃棕色者，其為由店子湖層之紅土受侵蝕後與後期泥沙混合後沉積而成。另一部份之紅土則為原地風化之紅土，其外觀和店子湖層之紅土極為相似，不易區別〈林朝榮，1963〉。

除上述鄰近之區域地質外，於中央大學表面波測線佈設位置之雙跨孔剪力波速量測以及土層分佈如圖 3.2.4 所示，地表深度 5m 以上覆蓋風化之紅棕色紅土層，此處之岩層分布大致為砂土及礫石互層並偶夾部分

黏土。由於岩層膠結狀況良好，此處剪力波速的範圍大致在 200~400m/s 間。

圖 3.2.5 與圖 3.2.6 為各試驗場址之施作情形。



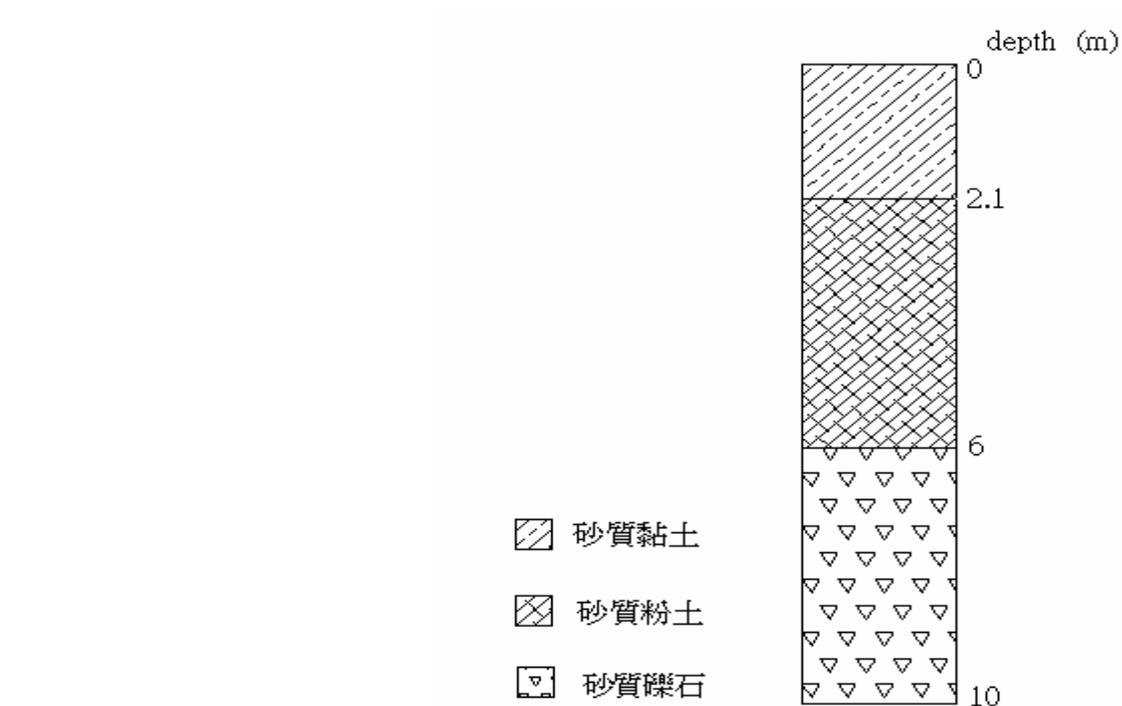


圖 3.2.1 交大博愛校區鄰近之土壤描述(資料來源：中央地調所)

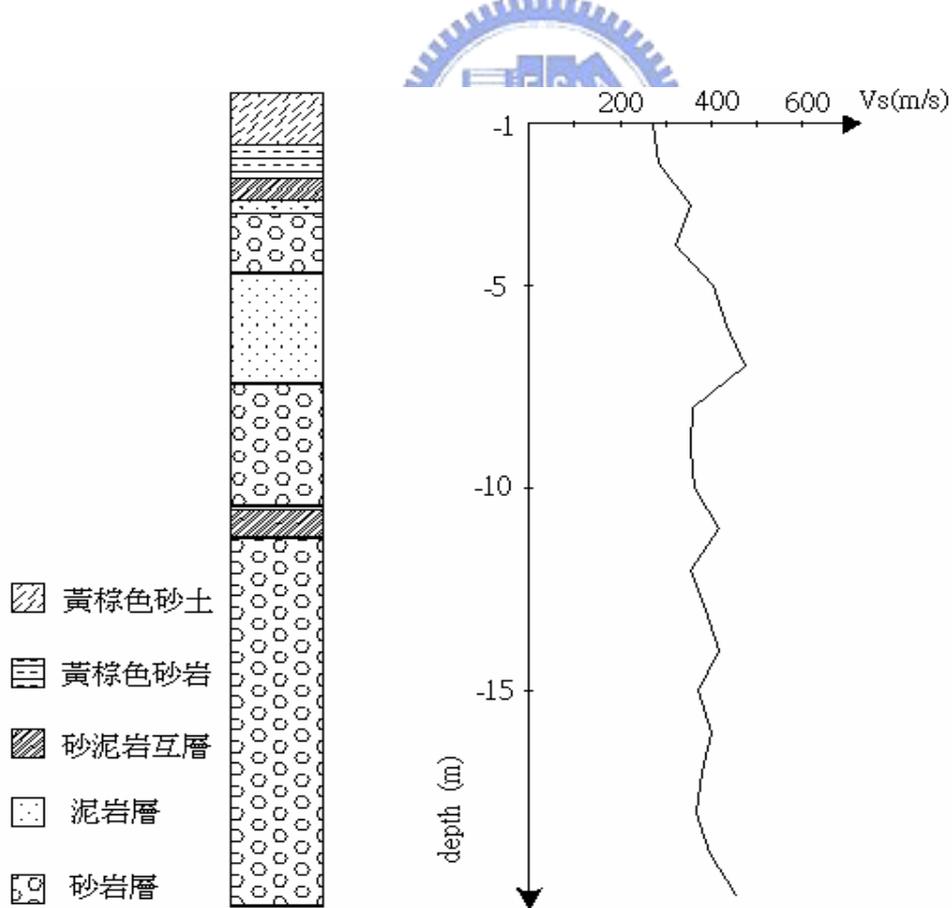


圖 3.2.2 新竹寶二水庫之岩層描述以及孔內剪力波速資料

(鑽孔資料來源：交大防災中心)

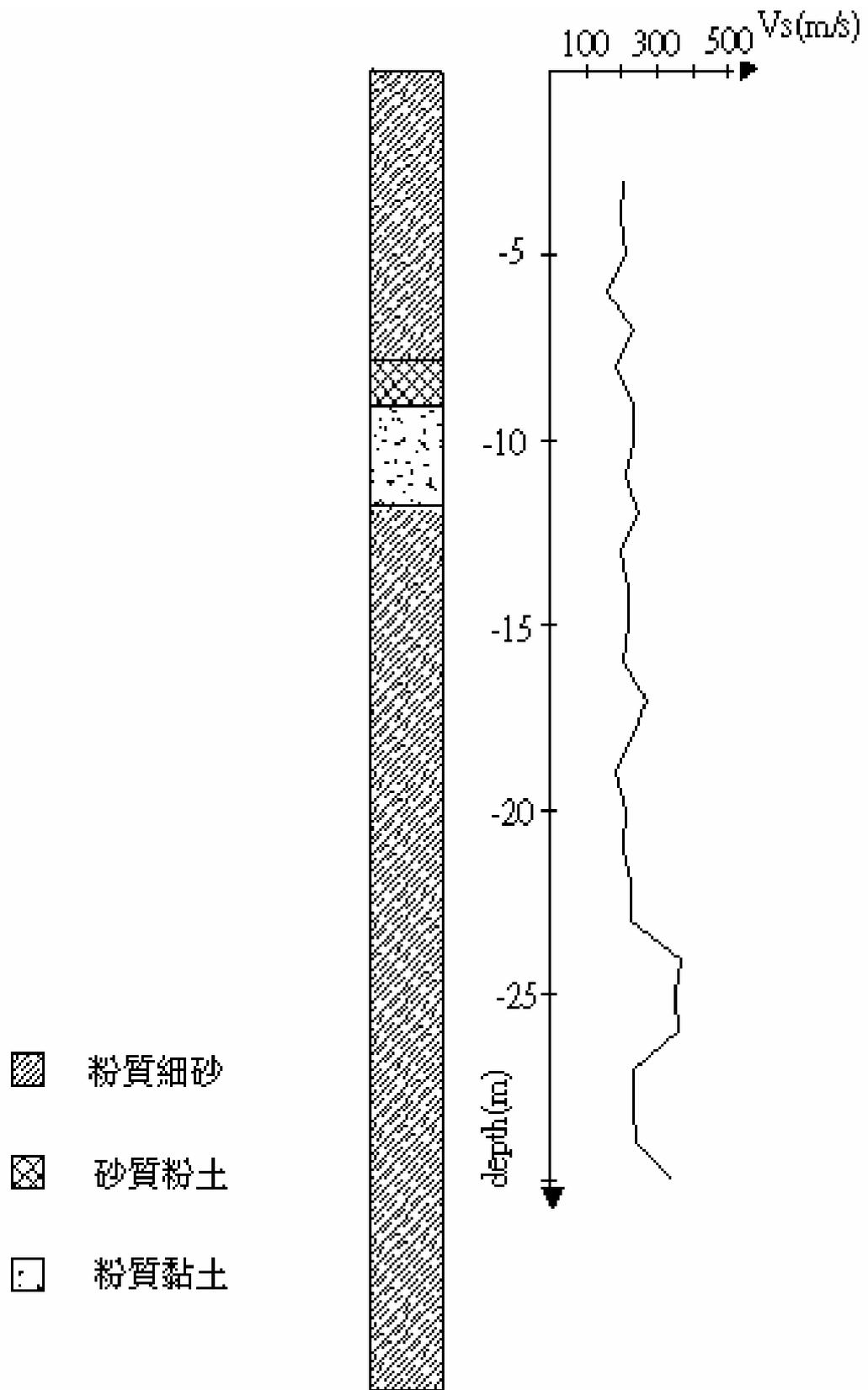


圖 3.2.3 嘉義縣故宮南院預定地之土壤描述以及孔內剪力波速資料  
(鑽孔資料來源：亞新工程顧問公司)

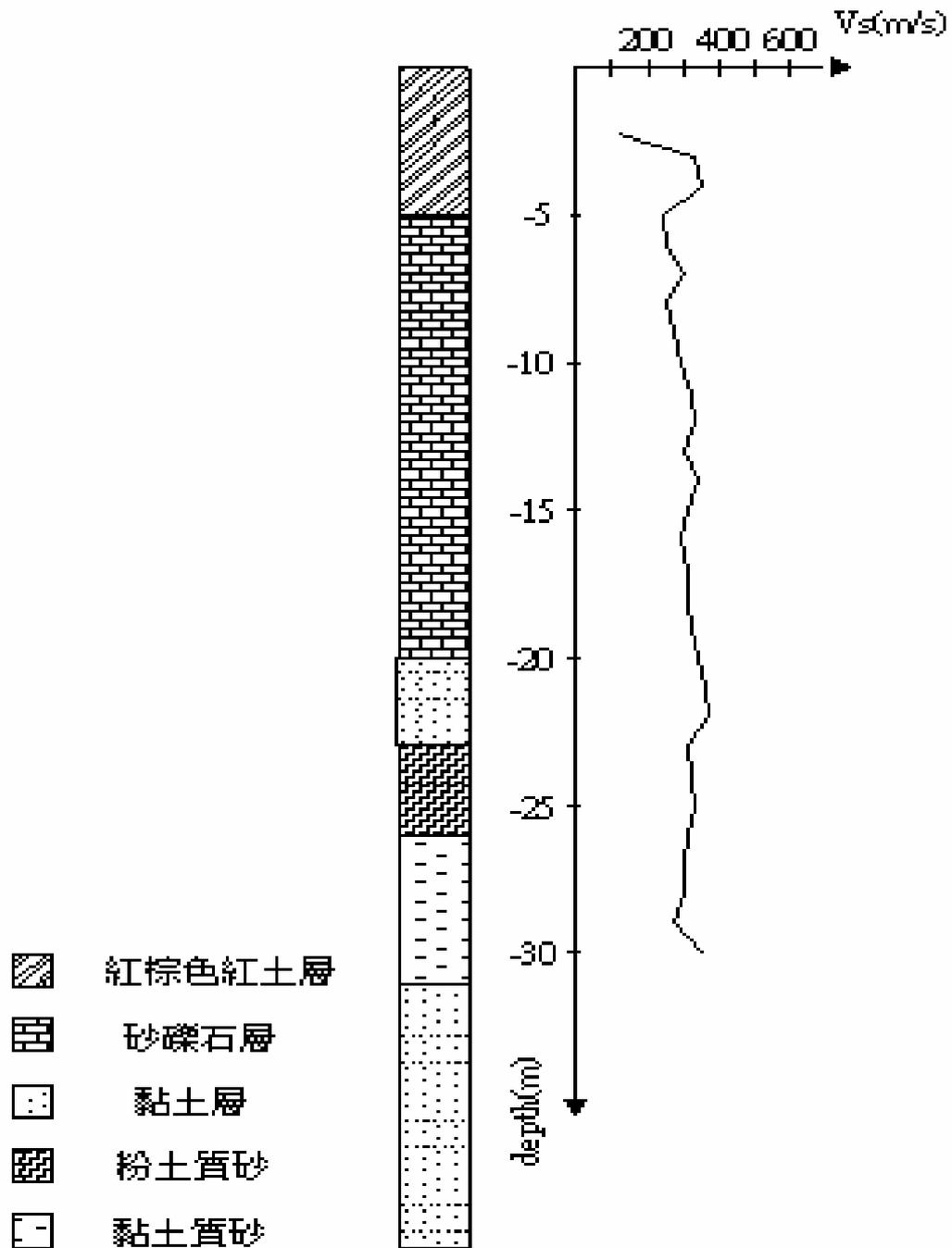


圖 3.2.4 中央大學之土壤描述以及孔內剪力波速資料  
(鑽孔資料來源：中央大學應地所)



圖 3.2.5 表面波震測試驗(新竹寶二水庫)



圖 3.2.6 表面波震測試驗(交大博愛校區)