

研討會

地工技術第34次研討會

~新世代海陸空工址調查/大規模崩場地之調查與分析

林郁修*

時 間：2019年10月30日(星期三) 上午9:30~下午17:00

地 點：台灣大學應用力學研究所 國際會議廳

講題及主講人：

講 題	主講人	主持人
開幕致詞		董家鈞
離岸風場工址調查概述	黃宗宸	王國隆
光達 3D 地形與地質圖繪製前景	詹瑜璋	
精細測繪結合數位實境的新世代地工監測技術	王泰典	
小歇		
手持式光達應用於海蝕洞岩體不連續面位態量測之初探 ~以龍洞海蝕洞為例	黃韋凱	
綠島地區地熱資源評估	李奕亨	
午餐及小歇		
運用差分干涉合成孔徑雷達技術(DInSAR)與模糊歸屬度分析邊坡潛在滑動範圍	林俊廷	冀樹勇
地球物理技術於大規模崩場地調查之應用評析	林俊宏	
國有林大規模崩塌潛勢區案例調查	廖志中	
午茶及小歇		
大規模崩塌之促崩降雨分析	林冠璋	
崩場地深層滑動是坡地的重大疾病，但不是絕症 ~以阿里山公路五彎仔崩場地為例	陳昭維	
綜合討論	全體講員	

綜合討論

主持人(王國隆教授)：

因為我對於導電率覺得很奇怪，是會漏電嗎？還是為何需要用到導電率？

主講人(黃宗宸協理)：

土壤本身會有一定的電阻特性，因為高壓電在傳輸的過程，雖然外面有一層一層的包覆著，但難免它還是會有一些電磁波或高壓電對周遭造成一定的干擾，那這時候我們就是要知道它這個覆蓋層要多厚，才能阻絕這些干擾，避免這些相鄰的海底電纜或電信管線造成可

能短路的問題。

主持人(董家鈞教授)：

震測在地球物理領域，常常提供的縱軸是時間，那在大地工程縱軸需要的是深度，能不能請您跟大家說明一下就是在海域探測時，把時間縱軸替換為深度的標準方式，謝謝。

主講人(黃宗宸協理)：

事實上我們在量測的過程中，因為我們得到第一個訊號，縱軸會是以時間為主，所以我們就是把它進行一個調整，在內建的程式中，它必須要去計算，量測到它的地層反射，因為一個波打下去會有24個 channel 接

* 富國技術工程股份有限公司

收，所以每一個 channel 它接收的頻段不一樣，當它接受到這頻段後，可以去分析得到確切的地層分層的深度在哪裡，那就會反應在最後出圖的結果上面。

主持人(董家鈞教授)：

那你們會不會用 PSlogging 得到的結果去做 calibration，因為你要從時間轉換成深度就是要速度，因為有 PSlogging 跟波速的資料，所以除了用軟體自動去計算速度以外，那會不會用 PSlogging 去做 calibration？謝謝

主講人(黃宗宸協理)：

謝謝董教授，這個問題超讚的，因為我們做 seismic(震測)，主要是針對工程初期，針對大範圍去跑一次。一開始只要概略的一個地層狀況，會採用這種方式；那當我們進入到細部，每一個風機的位置，廠商會針對它們的設計需求，會去採用 Pslogging，會去得到每一個分層的剪力波速，那這個剪力波速的結果就可以跟它來做一個比對，通常前面做震測的結果，它是一個比較概略大區域性的，它並不會很精細，主要利用顏色來進行區分，但當我們用 PSlogging 來測得的時候，可以精確的測定每一個測點它的位置、它的剪力跟壓力波速，那這可以進行非常精確的修正；當然也可以套繪在原本震測的結果上，那就可以概估沒有進行震測的位置上的剪力波速，大概會落在那個區間。

與會者(陳勉銘先生)：

我想請問一下，為什麼會叫離岸而不是叫近岸？這是第一個問題。第二個問題，以前我們學沉積學的時候，離岸的部分，大部分是暴風浪的影響半徑或是洋流，那在台灣海峽這邊的海底地形，根據您的觀察，地形變化主要是那些作用造成的？地形的改變高程差大概是多少，而風機可承受地形變動大概是多少的一個量？想請教一下，謝謝。

主講人(黃宗宸協理)：

我們現在調查的風場範圍內，大部分水深都是在 30~50 米間，以往我們稱近岸大概是水深在 25 米範圍內稱為近岸；那近岸跟離岸這就是 offshore 跟 nearshore 這兩個英文的差異，近岸主要設置的結構物，就是比較接近於陸地上，例如海床放流管、碼頭、海上的加油站或當船從國外把原油運回來的卸油碼頭；離

岸主要是在比較深，也比較遠離岸邊的區域，在這區域你會發現，它的氣候變化，風浪會比近岸大很多，主要也是跟水深較深有關。

針對海床的地形來講，這就跟海的洋流是有關的，我們知道夏天的時候主要是以南邊的黑潮，即南邊比較暖的洋流往北帶過來堆積，那通常在南邊會比較多掏刷北邊會比較多堆積，那當進入到冬天的時候洋流是由北往南帶；所以黑潮的影響範圍主要是在南邊區域，而無法到達北邊的區域，所以在冬天時，北邊原有些堆積就會變平坦，那這落差通常大概是 10 公尺。而夏天調查的結果，在冬天地形常常都不一樣了，這也是告訴我們海床土壤掏刷淤積的變化情形，所以我們在開發風場的時候，必須要提供給業主一年四個季節的海床變遷的情形。當然我們在施工階段主要是集中在每年的 3 月底至 10 月初這段時間，是沒有東北季風影響範圍，適合在海上施工及海上調查的時間。所以這時間所調查出來的結果，提供給業主將來施工使用的話是比較有代表性的，謝謝。

主持人(王國隆教授)：

想請教詹副所長，簡報過程中，有看到一張圖上有斷層線，那剛剛副所長也講說斷層的起迄位置，其中有一段是確認、一段是存疑的虛線。

主講人(詹瑜璋副所長)：

存疑是因為它經過沖積層，所以可能需要利用震測的方法才可以進行確認。

主講人(王泰典教授)：

詹博士我想請問一下，如果說做測量的話 1/5000、1/1000 的地形圖它是有不同的定義，包括我們進行工程時所定義的 1/25000、1/5000、1/1000，那這主要跟產能有關，一個可能也是跟所需要花費的時間與投入的時間精力有關，剛才您秀的兩張圖幅都是 1/50000，一張是傳統測的，一張是利用 LiDAR 的做法，這兩個感覺有很大的不同，所以就像這樣的改善我們如何去定義它？或者是說以後地調所要有個計畫書或其他單位要計劃的時候要如何去算錢，這是比較實際的問題。

主講人(詹瑜璋副所長)：

這個非常重要，我利用我自己的 job，就是要推動這個項目，看它能做到甚麼程度。目

前看起來如果地形夠好的話，它做到1/500都沒問題，1/200其實如果你的那個地質概念好的話那也是可以的。可是它需要花更多時間，成本也比較高，我們目前就是測試可行性，再來是要去規範5萬或5萬5，譬如一條線10公尺打一個點、5公尺打一個點，或是1公尺打一個點，那會牽涉到這個精度，10公尺打一個點，目前是比較 general，如果是要1公尺打一個點的話，那就是比較細緻，也許就是在 SOP 上面要規範，目前還沒有，也許王老師他們很熟，可以好好來規範這 SOP，我不曉得這樣在工程上是否有一個規範可以實行。目前我們是以5萬來出圖，我們有嘗試用2萬5出圖這都沒有問題，其實這精度我們是可以出1000出圖的，所以這樣一張圖就是一個碩士論文。

主持人(董家鈞教授)：

回應王教授剛剛提到的，我想這是一個關鍵，現在有這麼多的新技術，包括海域及公眾的調查，這些新技術基本上都會改變臺灣很多過去在調查的現況，但是，現在我們都知道1/1200的地質圖，這些地質圖根本上就沒有達到我們認為的精度。從工程的角度來講，我認我那是我們的責任，我們其實要訂出一些規範，那些規範對於地質圖的精度要有非常精確的標準，就像剛剛您講的，在地形測量上有非常清楚的標準，如果沒有清楚的規劃，那就很難去推動一些新技術的發展；其實地質圖的精度與調查點的密度有關，在過去還沒有這些好的調查工具以前，其實大家也不太敢去推動或正面去碰觸這個議題，現在因為有了這些工具，其實它就會增加你在一張圖上面的調查點，我們就可以很認真的來討論什麼叫做地質圖的精度，謝謝。

與會者(顏一勤技師)：

請問老師，您下一階段會針對西南部的泥岩去做這個測試嗎？

主講人(詹瑜璋副所長)：

其實我們開始測試的圖幅都是比較典型，像 Miocene(中新世)地層與西部地質區與雪山山脈側翼，再來我們會進入海岸山脈，測八里灣層還有火成岩邊界的一些問題，再來才會進入中央山脈去測，所以說我們是希望把這個可行性去建構起來。

與會者(何樹根總工程師)：

謝謝王教授讓我們大開眼界，幾年前我就有聽說，我們 LiDAR 針對已經完成的邊坡，例如高速公路或高速鐵路營運去做邊坡的監測，你剛剛談到傾斜管，因為傾斜管就一個點的量測，儀器又這麼重，要拿到邊坡上去，那就有聽到。就實際應用上不曉得有沒有或應用上有沒有那些關鍵的地方需要注意。

主講人(王泰典教授)：

其實以我自己的經驗，我拜託中興測量、康鷹、永信等公司，做了很多嘗試，我們以前去作調查的時候，假如有地方它變了兩公分，它是真的可以量測到，但是通常我們請他去量的時候就是這個邊坡，所以測量的人會使用他們的想法去做完，他們不會去特別想，那裡應該要重視，那這樣的想法其實有很大的差別，包括飛 UAV 也是一樣，如果你的想法是要測地形跟你要做監測重點不一樣才行，所以我的回答是做不到，但是還是要先有一個地質概念才行，然後知道重點在哪裡。

譬如我們現在大規模崩塌做了很多監測，但是有很多孔位，很多 GPS 的點，它放的點不是在活躍的滑動體上，那這樣的情況是，這個坡可能一年只動幾公分，你又沒有放在活躍的地點，所以那個量到的變位，可能只有接近儀器的精度的極限，現在 UAV 做到10公分的精度已經非常不容易，你要耗費很大的力氣，事實上你可以讓它更精準，但是會從絕對座標變成相對座標，LiDAR 也是一樣，你可以讓它更精準，你只要在大範圍裡面掃到後，在你要監測那塊再作額外的控制點，這樣的話你的控制點基本上是大的控制，就是大的導線裡面有小的導線，那這是從絕對精度到相對精度的作法，這樣是可以把整個精度提高。

我不曉得這樣講可不可以讓大家很容易接受，就是一定要對目標監測區域的運動特性有認識，然後要考慮控制網的布置，可能地工的人要跟測量的人或是協力廠商有很多溝通，不然他會用測量的標準或想法來提供這個 data，這資料離我們地工做監測還有一段距離，所以這裡是要溝通。如果是要談一個隧道很長，那我現在 total station 可以量到 mm 等級(誤差)，但是我們儀器進行測量後，地上點

的誤差就會因為導線還有測量距離的關係放大，所以理論上測量的精度可以到那麼高，所以怎麼作這可以看很多年前跟黃老師一起指導的學生的文獻，如何用不同尺寸測量去控制精度。

與會者(何樹根總工程師)：

那有沒有真正的實例利用地面光達去做邊坡的監測。

主持人(王國隆教授)：

地面光達作坡面監測大概10幾年前就有，不過10幾年前地面光達，打得點沒有辦法很密，所以它誤差量很大，如果說邊坡監測都是幾百公尺外，比方說這個距離，我們 UAV 飛很低可以到100公尺內，如果今天是1公里外。

與會者(何樹根總工程師)：

您說廬山的案例嗎？

主持人(王國隆教授)：

對，廬山是07年的時候做的地面光達監測，當時的誤差是蠻大的，所以在做地面監測的時候，偵測到的點的位移量的時候，就想說應該是要換成全測站監測會比較準。誠如剛剛王泰典教授提到，測量人跟大地工程師的溝通就很重要，測量的人跟你說 LiDAR 這個很準，那事實上它是重複打10次、20次平均得到一個點，產生出的點，可是那個點要拿來做監測是很困難的，當時是這個樣子。所以，後來就轉為用全測站會比較準，就是相信菱鏡。那現在有這個新的工法技術，等等會有王教授來介紹，我們知道現在精度、密度提升到整個很高。這10年來，以前光達的精度約300多萬，現在來看這東西已經是不值得用，過了10年後儀器已無法使用。那真的進行邊坡監測的時候，我們想說還是需要地面上的監測，再加上一些地面控制點，不能只相信地圖的結果出來，因為它會跟反射率有關係，反射的強度越高我們得到的精度越高，反射越差那精度就應該要懷疑它。

主講人(王泰典教授)：

我想到有一個例子，安坑隧道有沒有福清或聯合大地的，安坑隧道在挖的時候坡面的監測是用地面光達進行監測，結果我是沒有檢驗過，但是它是利用地面光達取代所有隧道內的邊坡的監測資料，只留下很簡單的兩三個控制

點，其他整個監測全部改用光達。

與會者(林銘郎教授)：

很高興聽韋凱講手持光達，因為這個月我跟董老師有去香港參加海峽兩岸的工程地質研討會，會後的參觀，香港的 GEO 就帶我們去看大嶼山泥石流的整治，那 GEO 也是剛派了一個人去英國學了手持光達，現場就秀手持光達繞了一圈，等10分鐘後它建模給我們，那個例子裡面就有一個小問題，也同時請教詹老師跟王泰典老師，就是原來光達是天空往下透空，所以可以看到壁面，那像陡坡或是像北寧路，北寧路如果能夠做，我可以看到吊手60~80公尺高，人上去也可以把地面光達的儀器移上去，但是在陡坡上就會有植生，就是對於光達是水平的光，或著是像這樣子，樹能不能拔除掉，我不曉得這樣意思有沒有問清楚，就是我們還是需要把樹拔除掉才可以看到這個岩坡，這個問題不曉得現在作法。王老師說安坑隧道的邊坡監測，那邊坡上會有樹，樹會不會造成很大的干擾，你要找出的面其實就非常的亂，以上謝謝。

主講人(黃韋凱副研究員)：

手持光達以這個型號來講，它沒有所謂的多重回波，所以它沒辦法濾除植生，所以我這邊主要是針對岩坡，另外，它其實主要針對的是室內的建築環境或室內洞穴踏勘為主，所以它沒有多重回波，所以沒辦法穿透。多重回波的概念就是，比如它第一個接觸點像是樹葉或樹幹，它可以繼續往前，但如果是單回波的話，它打到就反彈，是這樣，所以今天介紹的儀器就是這樣。所以，雖然說輕便，其限制就是可能要針對裸坡比較適合。那如果以現在地面光達儀器來說，據我所知這3~4年內的新式儀器，大概都是具有多重回波的功能，但是實際上我還沒有使用過，所以我可能再商請廠商去試試看。

主持人(王國隆教授)：

除了多重回波的方法外，還可以假設樹，可能多大棵範圍多廣，樹由地面長出來，把 Z 方向樹把它拔掉，這也是一個方法，但這不是真實量到的，那新的科技地面光達是多重波是有機會。

與會者(林銘郎教授)：

很有趣的議題，想請問一下2號井示意圖

上好像說要鑽到1000公尺，但在650公尺要打斜的，那地層溫度在超過100度在鑽探上有沒有甚麼困難？

主講人(李奕亨博士)：

事實上，高熱的狀態是沒有什麼問題，因為我是用泥漿，泥漿取出來就會把熱帶走，所以並不會有影響，它跟一般地質鑽井不一樣，在地表會有一個防噴裝置，所以泥漿跟熱並不會造成影響，石油鑽井也是一樣它也有防噴器，它不會直接噴出。

就深度來看，本來這個位置是要鑽1000米左右，因為整個地質模式的修正，後來變成從630米就要開始斜鑽(有三個地質模式)，要到1600多米至2000米左右才會抵達，實際深度就是隨著鑽下去，觀察地質條件再去修正地質模型，來看看進尺到哪個程度，我們會再做井測，去看它的產能或溫度有多少，或裂隙的程度密度是多少，來決定鑽深。

與會者(林銘郎教授)：

所以，鑽探是綠能所自己鑽的嗎？那是導向鑽探嗎？

主講人(李奕亨博士)：

目前，鑽探公司國內只有中油有這個能力，那國內的私人公司沒有這個能力，後來鑽到1600米是因為在這個階段只能鑽的到這個深度。那1600米下去還是有意義的，它可以看到整個熱的狀況，修正它的這個熱及溫度場的模式是不是像預測的樣子。那如果溫度夠高的話，第二口就會請國外的鑽井公司或中油來進行產前鑽孔。謝謝

主講人(廖志中教授)：

有沒有評估過風力加太陽能。

主講人(李奕亨博士)：

這個位置上面，曾經在10年前有評估過風力跟太陽能，風力最主要它是可以設風機，但是它對於景觀的衝擊會比較大。

主持人(王國隆教授)：

目前光是鑽井鑽在地主的地旁邊，在現場就有些爭執，那光是地面下就遭遇這些問題或抗議，更何況是地面上。所以他們有點困境在這邊，所以可能老師講這個太陽能跟風力發電，要讓當地的民眾同意可能有點難度。

與會者(林銘郎教授)：

兩個問題，你的方法學必須要有原來地形面去做人為差分再相減，所以你原來地形面是用 DSM 或 DTM？然後它的解析度是怎樣？這是第一個問題；第二個問題，你研究的六期，這幾年來林務局好像也每一年都會用航空照片去研判山崩目錄，那你有沒有把你做的結果，跟山崩目錄的重現處進行比對，你不一定會有但我想以王老師的人脈這麼廣應該會有，譬如你發生六次的，它山崩目錄也是有六次，做一個校核，以上謝謝

主講人(林俊廷博士)：

我先回答第一個，我使用得模擬圖像位圖是用 DTM，也就是去掉地表植生狀況的 DTM，那是使用農林航測所用的5公尺解析度，那因為 SAR 影像分析的時候 大概也是10公尺起跳，所以5公尺的解析度對我來說已經夠用了。

那當然它可能會有遇到一些地形的誤差，就是在模擬過程中，這些地方它還沒有發生崩塌，應該說原始 DTM 它沒有發生崩塌，在去除地型上會有一點點誤差，那我推算過落差的高度大概要超過40公尺以上，才會造成大概1公分左右的誤差，所以我這次分析的範圍，其實在 SAR 分析出來的變形都已經超過1.2公分以上，所以這些區域都是超過1.2公分以上，甚至到10幾公分都有，所以我覺得模擬的 DTM 還算夠用，可能會有一些邊界上的差異但還是夠用。

那剛剛第二個問題，就是套疊目錄的部分其實是有，簡報中天青色的影像就是用林務局判識出來的崩場地，那差別只是在於說，因為林務局所判識的崩場地，就是有溝渠就是把它圈一圈，那我是把它每一年每一年擴大的地分把它重新計算出來，也是現在看到天青色的部分，就是100年減99年、101年減100年等等，就是不斷的往前去相扣，來找出新增加的崩場地，所以這邊 InSAR 算出來的結果是跟這邊做比較。

與會者(林銘郎教授)：

第一個問題問的電磁波到底是樹頂反射還是地面反射，所以是樹頂反射，不是要以 DSM 優於 DTM 來做原始地形。

主講人(林俊廷博士)：

這個問題比較深一點，我大概先做一下介紹，我現在用的 ALOS 1來說，它的波長比較長，所以在樹林區它反射是比較複雜的，也就是它反射有可能是打到樹頂的反射，也可能是樹底下的反射。那我們之所以選 ALOS 1這種波長比較長的，就是它比較有機會越過樹葉打到地表然後反射回來訊號，所以我們重新推算的時候是用 DTM 去做計算，因為 ALOS 1的穿透行為比較強，所以在這部分比較有優勢。

主持人(王國隆教授)：

我補充回答，其實它跟 DSM 或 DTM 並沒有關係，因為它是一個原始值在那邊，我第一次打得時候，它是參考地形的值，所以用第二次在看的時候，跟第一次衛星通過的做比較，所以 DTM 本身是一個參考。至於用這個 DSM 或是 DTM 都沒有關係，它只是看大概什麼時候到，所以主要是用第一次、第二次 SAR 到達時間來進行比對，所以是不是 DTM 沒有那麼重要。

主持人(冀樹勇博士)

SAR 的地表變形差異，崩塌上邊坡可能是塌，下邊坡可能是堆積，那有沒有變形有減有增的在同一個區域，那整個崩塌範圍比較好比對。

主講人(林俊廷博士)：

這個部分其實在第一步 DInSAR 剛跑完，那個地表變形裡面是有，但是不見得每個區域都找得出來，如果是比較大範圍的崩塌，是看得出來底下會有堆積的狀況。如果是地滑的那個模式，可能就可以找出底下有隆起，上面有陷落這種情況。那如果今天它是發生在已經發生的崩塌區，通常只會發現刷失的現象，可能有很多區域都在比較高山的地方，所以它比較難做現勘。

與會者(林銘郎教授)：

青山陳總經理很鉅細靡遺的分享了五彎仔的經驗，我倒好奇，早期好像是北獨座溪為主，92年以後好像變成南獨座溪的崩塌，原因是什麼？還有橫向排水管從比例尺看起來好像有到100公尺左右，而且是不是在 N4那個塊體也去作橫向排水，因為你說可能是斷層帶，那它的橫向排水的出水量怎樣？謝謝。

主講人(陳昭維總經理)

我想先講橫向排水，在整體整治規劃中，有 N4滑動塊體坡中幾道橫向排水管，但後來配合工務段裸坡處裡工程，並未完全施作。但那如果老師講的是集水井裡面的橫向排水，最大長度的排水管為180幾公尺，這在山區的施工困難度頗高。

從歷史的航空照片看到，北獨座溪因為 N2滑動塊體的持續滑移，造成坡趾北獨座溪逐漸，顯示 N2塊體的滑移現象存在已久，水保局在北獨座溪已施作多道防砂壩。至於早期 N4塊體崩塌的原因，除了地下水問題外，部分與公路邊坡的地表排水有一些關係的，因為塊體上邊坡道路的地表水未適當處理，部分的地表水灌入了現在的 N4塊體的頭部。

目前完工後的監測並未針對坡面排水管進行水量監測，僅針對集水管內的排水管，單井的排水量大概每分鐘400-600公升。

主講人(廖志中教授)：

因為我這一場一直在講，應經過好的地質調查建立地質模式對不對，但是我看不到你的地質模式，也不會看到破壞機制，所以是不是這麼一回事，有這麼多鑽孔，這麼多開挖，我覺得以我的觀點來講，我把它做好大概就一清二楚。

我講的地質模式是：你有那麼多鑽孔，你為什麼鑽孔不好好比對，你有那麼多裸露地方，你沒有經過地表地質，把地質模型做出來，切幾個地質剖面，你為什麼沒有做這個工作。就是地質調查，邊坡地質調查裡面的 SOP。

主講人(陳昭維總經理)：

這個計畫是有將地質模式、地質剖面劃出來，在計畫執行都有執行且修正。比較抱歉的是簡報中的剖面只放了滑動塊體的這個部分。

主講人(廖志中教授)

理論上是要充分的比對，剛剛我講的剪動帶(它鑽孔要在上面)。

主講人(陳昭維總經理)：

報告中是有提到，只是今天簡報內容中沒完整說明。

主講人(廖志中教授)：

第二個問題，因為看到你的崩積層26米，但是你的地下水位升降26米，那到底是地下水

位還是地下水壓，我真的是被你搞糊塗了，那你到底是怎麼裝傾斜管，怎麼裝地下水、地下水壓計的？裝不好就承認沒有關係。

主講人(陳昭維總經理)：

我先講為什麼有些孔放水位、有些孔放水壓，主要根據是鑽探過程中的地下水位紀錄及岩芯判釋。如果說我們在鑽探的過程，上、下工水位沒有明顯記錄到受壓水層存在，那在初期階段，會採全開孔安裝水位觀測井方式。如果那一孔是可能有受壓水層存在，我們會分層安裝水壓計，但因為判斷上還不是太有把握，所以調查初期分層水壓計封層的深度範圍比較廣，甚至達10公尺。

與會者(林銘郎教授)：

辛苦了陳總經理，那我想問的是林冠璋教授，你做得非常有意義的工作，因為雨量要先定好，滑下來的時間，但是就結論而言，瀕臨破壞邊坡的降雨，不曉得現在國內的研究，就您所知道瀕臨破壞，我們有9000多個大規模崩塌，或者是包括廖老師做的那麼細，我們現在人類知識能不能講出這個邊坡可能瀕臨破壞了嗎？這提出來大家來討論，瀕臨破壞我們才能預警嗎？那瀕臨破壞講不出來的時候，那不曉得怎麼辦？謝謝。

主講人(林冠璋教授)：

謝謝林老師的問題，這其實超乎我的專業，所以我覺得可以請現場各位專家老師一起來想，就是因為我現在做的雨量分析都是已經發生的，然後我也做了一些雨量條件的篩選，我必須要做這樣的前提假設。

舉個例子，大家應該都知道，就是國道三號的崩塌，那天沒有下雨，雖然可能地下含水量蠻高的，但當天就是沒有下雨，可是它還是下來了，而且這個事件我們在地震訊號有看到，那如果把這事件納進來做雨量分析，它是一個所有條件都是零的事件，這樣我畫出來的門檻值是完全無法使用的，所以在研究中下了一個前提，它已經是一個比較不穩定的邊坡，所以降雨只是一個觸發的條件。剛剛青山工程的總經理有提到說，也許本來地下的含水層，不管是受壓含水層或自由含水層，裡面的含水狀況(全部歸納為地質狀況有可能是水文地質、地質構造條件)，到底它是一個甚麼狀

態，叫做瀕臨不穩定或高風險，高風險分為對人的高風險或對事件的高風險，變成兩回事了，所以我沒有答案，我只是知道，我這樣的研究前提，到底甚麼叫做不穩定，甚麼是對崩塌塊體來講是高風險，那也許需要大家努力。

主講人(廖志中教授)：

人要死都不知道了，還瀕臨死亡。所以我覺得這個研究可以繼續做，但名詞可能要改變一下，而且以工程界的角度來說，我不可能知道這個邊坡快垮掉，然後還放著讓它垮，所以這是不會發生的事情；但是就科學性的研究，你可以去想不同的名詞，你可以把它做得更精緻，但是將來還是要跟實務做整合。

對研究，我的看法是這樣，所有的東西你都可以做研究，但是要講清楚你在哪個階段，當然以目前的情況不可能知道，活動性依照剛剛昭維講的，critical curve 到 crucial 的階段，當然就瀕臨死亡了，但是一般工程不會讓它到這種狀態。如果你做區域性的預測是 OK 的，但是對於 site base 可能不適合這樣來講，我的看法是這樣。

主講人(黃韋凱副研究員)：

請教林老師，地震測站對於山崩的定位精度大概是多少？就目前收集的案例，以大規模崩塌的量體需要到多少才能偵測？謝謝

主講人(林冠璋教授)：

這個問題我也沒有答案，最主要原因就是大家都知道，莫拉克可能就幾百處已經達到我們所訂定的大規模崩塌標準，可是我只找到10幾處，那為什麼比我找的還多好幾倍的數量沒找到，就是一個很大的問題。第一個可能就是測站的距離跟山崩規模，也有可能跟測站的地質環境、地質條件(就是地震站的地質環境)有關，也跟地震測站的品質有關，甚至我們覺得跟崩塌的類型也有關係，所以太多因素讓我沒有辦法很精確的定位。

主講人(廖志中教授)：

我幫你講，上禮拜有一些人去聽我演講，221個我把它辨識出來的大規模崩塌，只有30個一次性的，其他都是淺層(表土沖刷)。所以你的訊號是可以的。

主講人(林冠璋教授)：

謝謝老師。所以，我現在遇到的另一個問

題就是它的量體夠不夠大，因為它面積大但是淺，所以整體量體不夠大，我們雖然看到它的表面積很大，就像廖老師所說的。所以我們現在歸納，我可以回答就是，我們現在找到的最小的就是在8公頃左右，那這個很大的原因是因為站離它很近。定位可以定到很近，就是直接在它下方，誤差小可能幾百公尺，大的我可能就是15公里內我才會配對，在15公里內，我找不到好的崩塌可以配對就不要了。所以，實際上我利用這個方法來定地震，然後跟氣象局公告的地震位置來進行比對，知道我這個地震的精度是多少，因為除非我知道一個真實的崩塌，然後才有這個崩塌的定位。當然這沒有一個標準，因為每一個崩塌的狀態不一樣，如果就本研究的崩塌定位方法(其實跟趙老師是一樣的)，我們兩個精度要一樣。所以把這個定位方法用在地震定位上面，就是區域地震定位，然後跟公告地震的震央位置來比對，它的誤差是在3~5公里而已。可是對山崩來講，我不相信可以達到這個精度，所以我大概就放大容忍的誤差，把標準放很大，但是其實太遠我就不相信了，所以我剛剛才有稍微提到，我們這個用機器學習的方法去搜尋到的，其實是幾百處，可是定位出來的有的在平原有的在海裡，雖然定位結果如此，但我不可能硬去陸上找一個崩塌匹配，再加上波的主要傳遞方向跟波相比對後，才會剩下這麼少。

所以，如果以我用的這個方法，以精度來講我認為是3~5公尺，可是實際上用在山崩的話，一定變得更差。那能夠找到多大，大概就是10公頃(大規模崩塌地標準)，可是這其實是很表面的說法，其實應該還要考慮整體的量體，然後它運動的方式，因為其實我們現在發現，比方說像趙老師用的波型方面的技術，它必須要有低頻的訊號，我們發現其實有一些崩塌是沒有低頻的訊號，或是低頻的訊號很不明顯，那就沒有辦法進行波形反演。我的機器學習主要針對相對高頻的訊號，所以就變成是兩個方向，一般也認為如果沒有一個大型的塊體在運動的話不會產生明顯的低頻訊號，所以如果它是像碎屑的崩滑或分很多階段，不是一次大型塊體往下動的話，可能就不會產生顯著的低頻訊號，這樣你就不容易用低頻訊號去做反演，所

以我才會說，這可能跟崩塌的類型其實都有關係，所以我就沒有辦法說我要甚麼樣的標準來找，找到的機會到底有多大。

就我現在的做法，是希望能找到小的山崩，所以我們裝了一些在可能被認為比較有活動性高的地方，我們去加裝比較長周期的地震儀，那因為裝的夠近，所以我就不用擔心它不會被接收到，就像剛剛簡報提及，就放在它旁邊20公尺的地方，所以即便一顆石頭掉下來，都還是可以接收到，那可能就不會有低頻訊號了，就只有很高頻的訊號，而高頻是可以到5~60Hz的能量強度，所以跟地震站距離、運動方式都會對訊號產生影響，謝謝。

主持人(冀樹勇博士)：

山崩實在很難，藉由這個交流大家互相了解，有時候對進步是比較有幫助的，因為我們台灣研究山崩在全世界是排名前面的，因為我們案例太多，可以研究的也很多，但是真的很複雜，沒有一個完美的方法，怎麼樣用比較恰當的方法用在適宜的地方，比如說區域與site、預警或整治，可能方法都不太一樣，但基本上每個方法你只要能說出目的性跟適當性，所有的方法都是不錯得方法。

與會者(林銘郎教授)：

接下來想請教林俊宏教授還有廖老師，剪力波速一層比一層要越來越大，但是剛才在您的例子，page 13在鹿場案例的第六號孔，好像有看到，在深一點的剪力波速有變小，可能用離散曲線可以做得出來我不知道，因為如果做得出來，我們想像中廖老師最關心的滑動面，應該是在剪力波速比較小的地方，我不曉得這一方面進展是怎樣。被動式的離散曲線，鹿場那個6號孔是不是跟你們想像中的那一層跟滑動面是相當的，以上謝謝。

主講人(林俊宏助理教授)：

謝謝林老師，先跟林老師回應一下，我說地層波速會越來越高那是折射震測的background，因為折射震測一遇到有弱層它就看不到了，它會完全忽略掉它，所以那是原理的問題，折射震測會有這個問題，但是表面波震測不會有。所以才會在文章中表示剪力波速它在深層會有下降的部分，那會在頻散曲線裡面反映出來。

那在大規模崩塌的滑動下方，可能會有一個剪力波速稍微慢一點的地方，但是如果深度真的很深的話，不一定能看的到，因為它可能是很薄的一層而已，那這種在地表施作的震測或是地物方法，都有一個先天的限制，就是只要深度越深，它的解析能力就越差，所以如果這個厚度夠大或是整個波速下降的夠明顯，我們就有可能從剪力波速的頻散曲線下降看到。但是，不一定能夠保證它能夠被偵測到。原則是這樣，當然我們可以透過一些方法去 depend on。譬如我們現在的反算都只考慮一個模態(即使震動有很多模態)，我們可以嘗試多模態，甚至是說如果我們有一個好的運算機，可以考慮全波形反算，這都會有助於我們去把地層解析的能力再一次的提高，只是說在工程的商業應用上，它可能還不是那麼成熟。只是比較可惜在6號(南側)那個區域，因為經費的關係，後來沒有實際的鑽探孔位比對。

與會者(林銘郎教授)：

還是請教林教授，剛剛有廖老師強烈推薦 TDR，那在梨山蘇苗彬老師的學生也都是

做 TDR，而且 TDR 剛剛在簡報中，有各式各樣的 TDR，如 TDR 雨量計、TDR 伸張計、TDR 含水量、TDR 水位計、TDR 水壓計、TDR 錯動等，那這些儀器都是可以整合的嗎？這是第一點。

TDR 的設備是不是很貴，我想山坡地，大家用的地電阻，它的設備大概 100 萬可以買到，比較容易。如果設備要 500 萬甚至是 1000 萬，大家可能就不會去投資了，因為如果一年做不到一次，那一定是賠錢的，所以想請教設備是多少錢可以跟大家介紹一下，以上謝謝。

主講人(林俊宏助理教授)：

我只能講成本，成本來說是這樣，剛剛您所說的這些都是可以透過 TDR 技術，我們透過對感測器的設計，都可以達到這一些的使用，而且這些東西在國際上都有專利的商品，那當然我們後續研究室跟交大這邊也都有自己發展的這些軟體，甚至可以整合傳統既有的，因為我們可以自己寫程式去控制應用的部分，所以這些都可以達到沒錯。



圖一 與會者專注聽講

它的設備來說沒有特別的貴，重點是你得懂得判斷，拿到訊號後你能夠作分析，因為它不是單一訊號，它還是波形。所以以主機來說，單主機的部分是20~25萬左右，看你買的等級。如果是地滑等級的話，大概就是10來萬左右，再來是說 DAQ 的部分，你可能要有一個 embedded system，你要在現場作持續性的監測，那可能5萬到10萬，一樣看你的等級。所以原則上，譬如說測傾管，每次去收資料的需求的話，cable 本身幾乎是沒有算，因為1米大概就是幾十塊錢而已，主要還是主機大概就是20來萬這樣，原則上是這樣。

主持人(龔樹勇博士)：

我補充一下，有時候設備不是買來就可以上線，其實有些資料還是需要專業的人，因為怕的是資料的錯誤解讀，還不如沒有測還更糟

糕，就好像買個軟體，不是你買個軟體就可以做，可是你的 input 是甚麼東西，output 是甚麼東西，沒有辦法判斷那就很危險，所以最好還是要有專業甚至有點經驗的人。

主講人(廖志中教授)：

TDR 開始是在岩坡的脆性破壞，是蘇苗彬教授的老師在美國推出來的，那後來林老師回來以後，這條它剛剛沒有解釋，它是因為介質跟截面積被改變以後，介電系數跟導電度會改變，所以在監測水位是非常簡單的。但是後來為什麼沒有弄這東西呢？因為現在水壓計大概才1萬~2萬多塊，做這幹甚麼。也有可能我的團隊在地工界沒有被接受，所以我們主要做到水利的工作，TDR 在梨山那裏的量測是大量被應用的，也是因為我們主力做到水利工程去。



圖二 主講人與主持人合影