

研討會專欄

地工技術第 27 次研討會

東部特殊地質地工問題及軟弱地盤與工程處理

時間：2013 年 7 月 19 日(星期五)

地點：台灣大學應用力學研究所 國際會議廳

主持人：林銘郎 (台灣大學土木工程系 教授)

王泰典 (台北科技大學材資系資源工程研究所 副教授)

余明山 (萬鼎工程股份有限公司 協理)

講 題

台灣中央山脈東翼的地質特性與當地應力
台灣東部硬岩破壞特性與地下開挖穩定問題
蘇花公路修築養護的演進與其受沿線工程地質特性的影響

台 9 線蘇花公路改善計畫隧道課題與環境生態因應
台灣低塑性粉土工程性質研究
濱海軟弱土壤之地盤改良工法規畫與施工
沉積土層深開挖有限土體引致之土壓力分析與案例探討

主 講 人

葉恩肇(台灣師範大學地球科學系 助理教授)
蕭富元(中興工程顧問社高級研究員)
陳營富(第四區養護工程處養護課 課長)
劉世桐段長代陳營富課長出席演講
邵厚潔(公路總局蘇花公路改善工程處 處長)
李維峰(桃園縣政府 顧問)
張志勇(萬鼎工程股份有限公司 工程師)
林宏達(台灣科技大學營建系 教授)

高秋振* 整理

綜合討論(上午場)

~東部特殊地質地工問題

主持人(林銘郎教授)：

各位工程界的先輩、朋友，以及研究生，感謝大家參加地工技術的第 27 次研討會。這個綜合討論最主要是提供大家有互相交流的機會，借這個機會可以和演講者進行相互的交流以了解「東部特殊地質地工問題」所面臨的問題，現在就請各位針對剛才任何演講的內容或相關的課題提出問題或意見。

翁孟嘉(高雄大學土環系)：

謝謝葉教授對於非彈性應變回復法的精闢解說，讓我們對於此方法有充份了解。我想請問此方法的適用性，例如針對何種岩性之岩心較適合，以及對於鑽探岩心，是否有深度的要求？

主講人(葉恩肇教授)：

根據此方法的理論假設，要求試體為均質等向性，因此選擇均一岩性且無葉理、裂隙及礦脈充填的岩心較合適。對於深度的要求，建議大於 100 公尺以下較為合適。淺於此深度，常因累積的非彈性應變量不足或非彈性應變釋放過快，來不及收集完整數據，造成分析結果的可信度較低。

林添福(四維工程顧問)：

有關國家重大建設工期推算一般皆為固定模式，但常常因政治考量使工期遭受壓縮，請問邵處長是否有把握蘇花改能如期完成？

主講人(邵厚潔處長)：

蘇花改原規劃在 106 年底完工，後來行政院希望因應花東民眾殷切期盼，能儘可能

* 富國技術工程股份有限公司

提前完工。目前採分段完工通車方式，蘇澳東澳段(A段)目標105年完工。其中東澳隧道已經順利施工，南口也準備進洞了。假設沒有遇到大湧水，以目前的施工技術，應該可以如期完工。目前比較困難的反而是B-3標的谷風隧道，因為漢本遺址的關係，從去年至今事實上影響了兩個月以上，目前我們改變施工動線並加緊趕工。按目前的速度，我們有信心趕上原計畫的時程，所以目前我們仍朝106年完工的目標去努力。

主持人(王泰典副教授)：

我提供一點經驗分享，今年5月到瑞士參加國際隧道會議，藉機會考察了瑞士幾個著名的隧道計畫。瑞士是全世界隧道工程技術最好的國家之一，其中的Gotthard base鐵路隧道穿越阿爾卑斯山，長度達到57 km，這個隧道的興建影響社會經濟深遠，推動初期因為經費龐大，還全民公投決定興建。原來是希望2011年完工，這個隧道沿線已經有St. Gotthard公路與Gotthard鐵路隧道的經驗，另外也還作了很多的調查，比如豎井、導坑、曲線鑽探等，以及非常多的試驗，但施工過程還是因為地質問題而延誤了工期，要延到2018年才完工。所以地質問題是非常難掌握的，如果能順利如期完工，除了努力的結果之外，還需要幸運的成分。

郭育安(台灣世曦工程顧問)：

請問葉恩肇老師，顏滄波先生於大南澳片岩中曾利用 calcite fabric 分析 stress orientation 的工作，與您利用 GPS 所做的最後一期應力分布是否有比對過？前後期應力分布是否一致？可否請問葉老師對於中央山脈所分布偃臥褶皺(recumbent fold)成因的看法？

主講人(葉恩肇教授)：

早期顏滄波先生於大南澳片岩利用方解石晶體構造位態進行應力分析，其結果僅針對方解石應力相對於葉理面、中視褶皺與流變學之關係進行討論，於論文中也沒明確指出其方解石應力場與大地構造之關係。起因於當時構造地質的觀念與現今觀念略有不同，例如當時沒有伸張線理(stretching lineation)的觀念。因此，當時方解石應力結

果與現今 GSP 推測的變形分布與變化比對不易。

歐洲使用偃臥褶皺多用於描述大尺度逆衝斷層所伴隨的岩幕(nappe)變形，但本研究所描述的中央山脈偃臥褶皺僅是針對軸面近乎水平的褶皺而言，藉由野外觀察中央山脈的偃臥褶皺推測可能是造山作用中當鉛質應力過大時，可將先前的葉理面鉛質擠壓變形，有時甚至會伴隨一些脆韌性正斷層發育，但因偃臥褶皺的發育會受先前岩性與葉理面位態的影響，中央山脈的偃臥褶皺於區域上尚未發現一致性的規律分布。

主持人(林銘郎教授)：

葉老師，您的研究，從比較深層的褶皺韌性構造到比較脆性的節理構造。就工程界而言，比較關心的是現時的應力及淺層工程所在位置的應力場。在雪山隧道施工時的經驗顯示，現在當地應力的最大主應力場大致平行南北向節理，造成此組節理會有開口現象並影響地下水的流況，進而影響隧道施工中之湧水問題。對現在施工中的蘇花改隧道工程或者清水的地熱資源開發而言，你也作過清水地熱的調查及相關研究，我想請教及請你評析一下，在你調查範圍，當地應力的主應力方向是南北向還是東西向為主？

主講人(葉恩肇教授)：

宜蘭地區目前剛好位於造山與弧後張裂的轉換帶，應力場變化複雜，於清水地熱區域多重尺度應力調查結果皆顯示目前為走向滑移斷層的應力場，最大主應力大約為東北—西南向，最小主應力約為西北—東南向。

主講人(劉世桐先生)：

有關水文地質部份，我們目前在辦理蘇花改沿線的環境影響評估案，事實上我們也遇到林教授講的問題，就是這參數，包括透水係數與相關的水文參數，都是非常重要的因子。整個模式要正確，牽涉到的範圍是非常的廣，包括了邊界如何訂定？然後地質的單元要如何劃分？牽涉到的範圍廣，就相對的顯示我們所參考或引用的資料是非常的有限。只有透過施工階段，設置了很多的儀器監測或調查，比如作了水位觀測井、河川流

量與雨量的調查、隧道的出水量等等，包括施工前與施工中持續作調查，試著透過這些資料與模式去作比對，然後去驗證模式是否合理，是否接近真實的地方。

主持人(王泰典副教授)：

在數值模擬方面來說，水文地質的模擬，難度是最高的，因為有尺度的問題。我們在試驗室做一個力學試驗，要去代表岩體的參數，現在有很多文獻可以參考。但是要把力學與水力學聯合起來，這就非常難。水文地質就是類似這樣的問題，像蕭富元博士要作的工程對環境的影響，這在水文地質方面更難的，因為有工程進場，還有環境變異的問題。不過在國際案例中，瑞士的一個隧道做了以後，瑞士各個大學啟動了一系列的研究，其中一個就是水文地質。他們根據施工的資料、環境調查資料，還有阿爾卑斯山一兩百年的地質觀察，作了一系列的研究，這些是我們可以參考的。但在國內這裡面有跨領域的，有岩石力學的，有地質的，在公路局裡面有維護的也有新工的，怎樣站在對方的需求與專業去思考，是非常不容易的。這要慢慢的推進，今天的交流就是很好的場合。

同樣的議題，剛剛劉段長有提到的公路養護納入防災，但是納入防災後，他們的工作型態原來只是修馬路，但是現在颱風來了，他們還要去預防災害。這預防災害，怎麼知道多少雨量該封路，封路後消防車、警車或救護車要通過該怎麼辦？像這樣的思維，遠遠的超出我們教科書與學校的教育，甚至是老師的思維。我不知道這些防災的標準是怎麼訂定的？

主講人(劉世桐段長)：

有關公路防災，最關鍵的是雨量的率定，概念是很簡單，也就是雨量到達多少邊坡就會坍塌，但事實上是很難的。第一是要有長時間的養護記錄，最難的是坍塌的時間點很難掌控，比如我們知道這地方的岩性，也知道這期間的雨量，但是真正坍塌下來的時間點對應的雨量，事實上是沒有辦法去現場記錄的，因為太危險了，所以我們只能用推算的方式去作。目前各路線都有了自己的

雨量站，比如台 9 線蘇花公路，我們有分一級與二級監控路段，一級監控路段就有三個特徵雨量站，雨量站也是根據多年的養護資料，依雨量到達多少就要進行封路，這又分為總雨量、時雨量、四小時雨量，這裡面又有邏輯性的判定，就是達到多少的時雨量，同時有另一個條件發生，才會作為警戒或行動值的率定，這部份因時間關係，沒辦法講那麼多。每次颱風入侵之前，我們都要先預判災情，主要是根據颱風路徑來看。第二要考慮的，是颱風來之前這區域最近有無發生災害。除了這些外，還有地方的反應，以及高層的關注也很重要，當然人命是最重要的，在封路時是必須優先考量的。

高申錡(台灣世曦工程顧問)：

請問劉世桐段長，台 18 線阿里山公路以降雨量及降雨強度作為公路邊坡崩坍預警模型已有不少學術研究報告，據悉也已做為阿里山公路預警性封路之決策參考，是否有規劃以相同的模式建置納入台 9 線蘇花公路山區路段防(救)災系統。

主講人(劉世桐段長)：

公路總局已經將防災納入養護工作。然而坦白講，不管是台 9 線或是台 8 線，初期雨量站的率定，或是封路的時間機制訂定，暫時尚無法直接參考阿里山公路的經驗。主要的原因是基本資料尚未完備，但是在梅姬颱風後整個社會的關注下，我們必須在最短的時間內做出預警性封路的機制，因此初步大概整合了 10 年的養護記錄，去做雨量的率定，率定完成之後第 2 年，則根據前一年的雨量再作修正，所以這幾年的封路機制越來越嚴謹。高技師所提阿里山公路的經驗，公路總局有一些前輩曾經指導我們，但因為岩性不太一樣，雨量集中的型態也不太一樣，以這次蘇力颱風來講，它在東北部入境，却造成中部地區相當大的集中雨量。所以阿里山的經驗，它的想法與概念我們有去參考，但在雨量的率定部份，還是要作一些修正。

主持人(王泰典副教授)：

請問邵處長，蘇花改工程有關環境、生態、遺址等等的費用，佔整體費用的比例是多少？

主講人(邵厚潔處長)：

光是漢本遺址花的費用就大概有一億，監測也有一億多，包括環保措施與環評承諾的費用，佔整體費用的比例應該大約是 3 % 左右。

主持人(林銘郎教授)：

3 % 是很高的費用，我記得對於長隧道施工調查費用的統計，施工前的調查只有 1 % 而已，所以現在的工程師應該要把眼界拓展開來，不是只有關心傳統的工程技術與調查而已。剛才提到公路納入防災體系，我個人就有一個經驗，就是去年阿里山觸口發生大崩塌，兩星期之後，我帶了一些學生去那附近山區進行調查，中午十二點多收到簡訊通知，在一小時之後要封路。我和學生就連午餐也不吃，趕快帶學生即時下山，不然就會被困在裡面，因此這類封路的簡訊通知，就是公路管理納入防災體系便民的好措施。不曉得像這樣利用監測即時雨量，考量復建中公路有可能坍塌時而採必要封路手段前的作為，是不是所有公路局的工務段都會以簡訊通知在受影響範圍內用路者的手機，像這樣的簡訊通知，就是讓人民有感的良好施政作為，值得嘉許。記得簡訊中還留了若有疑問可以洽詢的電話，真的非常便民。不知蘇花公路是否也有如此作？

主講人(劉世桐段長)：

我們現在採用主動型的簡訊發佈，在災害期間颱風警報系統發佈之後，只要是進入蘇花公路，不管是蘇澳往南或者是花蓮崇德往北，開車或是搭乘火車的都會收到簡訊。只是到目前仍然有受到一些限制，就是只有中華電信的用戶收得到訊息。其他電信廠商的用戶服務，交通部或防災中心也在努力，後續會有一些作為出來。

主持人(林銘郎教授)：

謝謝各位講員與來賓的分享，因為時間關係，早上的綜合討論就到此結束，我們再次熱烈掌聲給我們的講員與各位來賓。

綜合討論(下午場)**~軟弱地盤與工程處理****主持人(林銘郎教授)：**

各位在座的學員，大家好！又到了交流的時間，針對剛才講者的演講內容或相關議題，現在就請各位提出問題或意見互相交流。

主持人(余明山協理)：

我剛才有聽到李維峰博士報告，說粉土會不會液化與它的組構是有關係的，那請問預期在您的計畫，這組構將來是用什麼參數去反應？

主講人(李維峰博士)：

有幾個參數我們正在討論，這次去土耳其國際研討會就有作這個討論，基本上它是需要一個正規化的參數，孔隙率是沒有辦法去界定，因為不同細粒料它的孔隙率會不一樣，但是孔隙率的 range，就是 $e_{max}-e_{min}$ ，代表這個土壤可以變化的空間，我把這個當作母數，而子數就是 e ，是單純的 e ，還是用一些現地試驗方法測定的 e ，還是試驗過後體積變化量或剪應變量測出，這部份我們還需要持續的研究，現在還沒有一個定論。現在除了成大陳景文老師，還有台大葛德治老師的研究團隊也加入了，未來還會有越來越多的專家學者加入；紐西蘭也有一個研究團隊形成，日本當然也有一個團隊。我想大概再一年就會有這指數的出現。

主持人(林銘郎教授)：

請教兩個問題，第一問題是我們土壤試驗只有以 200 號篩以下界定為細粒料(粉土與粘土)，那要如何去區分非塑性細粒料，也就是說用什麼 index 去界定非塑性細粒料佔土壤的百分比是多少？第二問題是依您的經驗與看法，影響非塑性細粒土壤的抗沖蝕能力是什麼？

主講人(李維峰博士)：

第一問題有關細粒料，我們其實是作了很多的試驗，原狀土樣也有保留，我們是先洗過 200 號篩，然後試驗前也有測 PI 值、LI 值與 PL 值，另外還有測 FC 與 A 值；雖然試驗看起來很簡單，只有動三軸而已，但我們在基本試驗作了大概有 4~5 年，陳俊吉博士

為了徹底瞭解孔隙比與這些參數的關係，花了兩年的時間。所以這幾個參數是我們界定細粒料的性質，但是目前階段只能界定試驗前後，就是取樣後試驗前與試驗後的狀況，我們所有的重模試體，細粒料洗出來都是沒有粘性(塑性)的比較多。我們發現西南部沿海，尤其是新化、嘉義、太保等區域，粉土都是沒有塑性的，PL 值幾乎都是等於零，最多約 4 左右，4~7 的已經是粘土薄層，如果把粘土薄層拿掉，試驗狀況就與沒有塑性的粉土是一樣的。此外，剛才沒有詳細介紹試驗儀器，那試驗儀器是可以加圍壓的，中央可以加不同圍壓去充實，另外我們組裝了一套新的直剪儀，比較大尺寸的直剪盒，在試驗過程中一側可以沖水洗細粒料，反覆施剪測出其應力路徑，目前博士班學生在測試這儀器。在台大還有葛宇甯老師，他有開發把動力試驗轉換成可以測試細粒料含量的設備，其實這部份各國都已開始往這方向研究了。

主持人(林銘郎教授)：

請教林宏達教授，您的研究成果很好，從您的案例解決了一個非常實用，而且是在都會區軟弱地盤的深開挖，現在都會區遭遇到的問題，之前有聽到李崇正教授用離心機模擬，作雙排鋼軌樁擋土開挖的研究，擬訂出一套分析流程與規範。請問在大地工程界，像這樣子大概已經有成形的理念時，在怎樣的形式下可以把它變成具體的設計準則或規範？像現在常常可以看到連續壁的扶壁設計，多是採用謝旭昇博士在地工技術期刊發表的一篇文章，所以就您在國內地工界的經驗，有什麼辦法可以讓這些小問題但在設計上很重要的問題，變成比較具體化的設計準則或規範？

主講人(林宏達教授)：

這其實就是我們剛開始作研究時想到的目標，不過我是覺得要把它變成規範是比較難的，以工程師角色考量，一般講究實際的效果。以剛才提到的扶壁例子來講，因為在地工技術期刊有發表出來，大家就開始採用，現在就好像變得很成熟了，因為大家都很認同地工技術期刊，所以地工技術在這方面是很有貢獻。至於規範方面，我想是比較困難一些，說

不定也沒必要，因為像扶壁的設計，大家都有共識，都是參考謝博士那篇文章。那篇文章的共同作者呂芳熾先生，今天剛好也在場，是不是可以發表一下您的看法？

主講人(張志勇工程師)：

請教林教授，剛剛提到粘土層的 RIDO 分析，您是採用總應力分析，在您的簡報中有提到：要把水壓歸零，請問這動作在 RIDO 是怎麼操作？

呂芳熾(磐碩工程)：

這個問題在 RIDO4.0 版其實是很單純，有一個指令可以分別針對 1 側(左邊)與 2 側(右邊)在不同的施工階段，用 wat 指令去設定連續壁兩側的水壓力分佈。在 RIDO3.07 版或以下的版本，是沒有辦法用這方式去作分析的，它在水位以下永遠都是用有效應力去計算，但在有夾層或砂與粘土互層的情況時，為了模擬粘土層的總應力而把水位降到粘土層以下，却對砂層失去了水壓力的部份。有很多科技書籍或文獻，常常誤導各位用不同的方式去模擬，甚至一本書內每個人對 RIDO 的模擬方式都不太一樣！比如在分析粘土時是用不排水剪力強度 SU，但在各階開挖時又用 CHD 去修正水壓力。修過土壤力學的應該會知道，在粘土層如果用 SU 值，就是把粘土層當作一個不排水的材料，如果用 CHD 去修正水壓力，代表的是在排水！在 RIDO 3.07 版或以下的版本，是比較困難模擬的，我們 Run 了很多次以後，認為可以把開挖背側水位固定，然後在每階開挖把水位降到開挖面下一公尺去模擬。在 RIDO 4.0 版，於粘土層時設定水位為 0，在砂層時則用原來的的水位，如此分析出來的結果是差不多的。

主講人(林宏達教授)：

我補充一下，剛才呂芳熾先生有講到很細的模擬方式，如果沒有 Run 過 RIDO 的，可能不太知道這些細節。不過基本上，原則上不能違背土壤力學基本原理。粘土層用不排水 SU 值，那在水的這部份就要適當考量。我們這個有限元素推導是適合用任何程式分析的，我們當初選用 RIDO，主要是台灣工程界用 RIDO 比較多，但要使用這些程式時，必須

要先瞭解這程式是怎麼算的，再針對這程式去設計對應的流程。其實當時我們進行研究時，有一些專家學者在座談會中給了我們一些意見，其中當時的地工基金會董事長陳正興教授認為只用 RIDO 不公平，為什麼不用 TORSO？所以我們也特別買了一套 TORSO，也試了一下，發現 TORSO 用起來較費功夫，也許再稍加修改，使用上更容易。

主講人(張志勇工程師)

針對這水壓與 K_a 的問題再請教一下，雙子星地下開挖工地放了甚久，不曉得當時分析時粘土層是否有用排水的參數去作回饋分析？如果有，它的結果大概是如何？再來，因為開挖是屬於分階的開挖行為，那它的主動破壞線隨著開挖深度加深而有逐漸下移的情形，不知道在 RIDO 的分析，剛開始在土層的定義就輸入土壤的 K_a 並作折減，還是隨著開挖過程中再重新定義或調整土壤的參數，請問這部份的細節是怎樣？

主講人(林宏達教授)：

我記得粘土層都是用總應力分析，即使你說工地放了很久，但對粘土層而言其實還是不夠久的，所以一般還是認為用總應力分析比較恰當。

呂芳熾(磐碩工程)：

在 RIDO 的分析，一般我們會在土壤定義完成後會類似作地質改良，就是把土壤的 K_a 值當作地質改良，只有改良擋土側(背側)的 K_a 值，比如改良 Soil 的第一側(沒有開挖側)。剛才張先生說是不是要隨著深度去修正，我們那時是直接考慮最深的，因為最後影響變位最大的應該是最下層一次挖到底的那一部份，所以我們主要是探討 L/H ，所以我們沒有考慮特別針對每一階影響深度，就像我們 Run RIDO 的連續壁 EI 值一樣是不是要在各階去作折減，一般上是沒有如此，我們一次就作折減，比如折減 60~70%。或許大家有空可以去試試看，因為我們分析最後還是拿最大變位與最大彎矩去作設計，所以比較不會去研究過程的。

張翔備(台科大博士生)：

剛才介紹的非常實務，是很受惠！我想請教的是，我們去作一些加強的施工，經過

地質的改良，改變了周遭環境，會不會衍生對環境的衝擊？那工程之後的因應之道是什麼？

主持人(余明山協理)：

如果是剛才講題的場址，是屬於濱海部份，基本上改良施工期間是在很廣闊的素地狀況，所以一般施工對環境比較大的困擾，例如噪音、震動等，在大規模的海埔新生地上，這樣的地盤改良施工是不會有衝擊影響，但是如果是廠房已經完成了，而後續廠房要擴建時如果有需要進行一些地盤改良處理時，必須考慮到如果用動力夯實，則它的震波會影響到 50~100m，在這範圍內會影響混凝土灌漿的品質，這就會對其他的建廠施工產生互相的影響。另外一個對環境的影響是屬於機械部份，因為有些施工機械是採用柴油發電的，則會有空氣污染的問題，也是造成環境的衝擊。除了這些因素外，對於整個地盤內部的成份，因為我們沒有增加一些新材料或化學材料進入地盤內部，所以對土體環境來講，基本上是不會有影響的。

主持人(林銘郎教授)：

請教張志勇工程師，你剛才簡報的越南鋼廠案例，對比台灣的環境顯得非常有趣，我請教三個問題：1.對很軟弱土，一般民間稱為沼澤地或是淤泥層，其實我們台灣，比如內湖，也有很軟弱土，所以對這軟弱土的來源、特徵，依你們的經驗，要怎樣去分類。2.你也比較了六輕與越南的經驗，很顯然的越南工址的變異性遠大於台灣，所以我很好奇你們除了鑽探以外，有沒有借助地球物理探測的方法來瞭解工址岩盤的變異性？例如基盤的等深度分佈、軟弱粘土層的厚度整個空間的變異情形。3.因為都是在海邊，這裡的砂土部份會不會像高雄鹽埕區的砂土有滲漏的現象，或像剛才李維峰博士說的，有非塑性的沉泥層，所以可能在未來豪大雨時會有沖蝕的問題。

主講人(張志勇工程師)：

有關軟弱土或是淤泥層的界定，實務上我們第一個會用 SPT-N 值來初步判定，再來是根據它的液限，在淤泥層的自然含水量常常是高出它的液限狀態，再以薄管取得這種

土體去作壓密試驗，得出的 C_c 與 C_v 值再去研判軟土層的壓縮特性。另外，在進行地盤改良前會進行現場十字片剪力試驗，求到剛開始初剪的不排水剪力強度與及擾動後的不排水剪力強度，這兩者的比值可以得到軟土層的靈敏度。大致上是會先用這幾種比較容易取得的指標來研判土層的軟弱程度。至於這麼大的場址有沒有用地球物理探測的方法來瞭解工址岩盤的變異性，業主是有另外委託當地的設計院去執行，有作了好幾條震測的測線，主要是找軟弱土層的分佈與岩層基盤面的深度變化情形，所以是有作過大區域的地球物理探測。再來，有關抽砂回填的情形，其實在抽砂回填的新生地裡，於這場址以越南海邊抽出的砂回填，其顆粒的大小與堅硬度，比台灣西南部沿海的砂來得堅硬與粗大。可是抽砂回填最容易遇到的問題是在尾水部份，尾水處經常會有細顆粒留置在地改的區域，那部份的土壤顆粒有時候屬於很細很細的粉土，遇到這情形就要局部去克服，目前在合金鋼廠處理的方式是先把它置換成原設計顆粒比較粗的砂土層。

主持人(林銘郎教授)：

非常謝謝您的回答，因為台灣以前在彰濱工業區曾經嘗試過採用炸震夯實工法，也有在地盤改良前與地盤改良後用地球物理探測方法來大致瞭解地層的特性，所以才問調查時有沒有考慮用地球物理探測方法來作全面性的瞭解。另外，關於軟弱粘土的分類，像岩盤的岩體分類法，在台灣的隧道工程，早期最弱的一類是 RMR 小於 20，但在設計隧道的支撐時就發現這樣是不足夠的，所以又分為 20~10，10 以下才真的是最爛的。在我的印象裡，沼澤就像石門水庫裡的淤泥，其含水量可能都大於百分之一百，您剛才報告的工址淤泥，其 SPT-N 值約 1~4 或 1~5，其實這比我們內湖的軟弱粘土還好一點，所以才問針對這大面積的軟弱地盤有沒有再細分，或者說這軟弱土是沉泥質、是塑性還是非塑性？您剛才說有作過十字片剪試驗求取靈敏度，那這軟弱土有沒有再進一步細分？

主講人(張志勇工程師)：

在越南這場址，特別軟弱的粘土 N 值大

概分佈在 1~2，是屬於 Marine clay 的層次，這部份在地質調查鑽孔柱狀圖的判釋，可以很明確的掌握出來，所以在地改的部份很容易的掌握那一層是我們要處理的標的地層，雖然中間有經過很多的粘土層，有的是耕地的粘土層，或是風化片岩、風化泥岩變成的殘積土層，但真正的軟弱粘土層再算很容易判斷的。

主持人(余明山協理)：

我再補充一點有關地改的設計，目前作動力夯實主要是抗液化，我們改良完的地層，事實上它的側壓力係數變大，可是我們目前分析的方式還是按照傳統的分析模式，就是考量它是靜止土壓的狀態，但從試驗室的研究可以瞭解當側壓力增加，抗液化的能力是可以提高的，可是這部份目前在工程的設計上還是沒有考量進去，所以我是覺得是很保守的。還有一個是國內最常用的工法是擠壓砂樁，擠壓砂樁是把很多好的河砂擠到地盤內，在檢驗時是檢驗樁與樁之間的 N 值，利用那 N 值去評估會不會液化，但事實上這整個砂樁是複合土體，提供抗液化的除了 N 值以外，剛才講的，擠壓會造成 K 值提高，這應該也是一個可提供抗液化的因素，而且樁體本身的勁度要比周遭土壤的高，可是這在設計上也沒有納進去考量，所以我一直覺得國內在砂樁的設計上是相當的保守。這部份有待以後地改後，能夠取得不擾動土樣去作一些動力三軸試驗，來針對這部份去作設計上的改善。我前幾年有見過 Ishihara 教授有作過類似的研究，就是考慮 K 值的增加對抗液化的能力提昇作修正。

主持人(林銘郎教授)：

好了，時間到了，我們要鼓掌謝謝今天的講者，也鼓勵大家有待到最後一分鐘，謝謝大家！

