

# 研討會

## 地工技術第33次研討會

### ～從花蓮與美濃地震探討地盤液化、地質敏感區與地工對策

劉冠辰\* 盧志杰\*

時 間：2018年7月24日(星期二) 上午9:30~下午17:00

地 點：國家地震工程研究中心 101 會議室

講題及主講人：

講 題	主講人	主持人
開幕致詞	周功台	董家鈞
美濃與花蓮地震之發生機制與特性	吳逸民	
活動斷層地質敏感區之劃定與推動	盧詩丁	陳江淮
0206 花蓮地震地質調查成果與地表變形特徵探討	陳柏村	
活動斷層地質敏感區地質調查案例	顏一勤	
午餐及小歇		
近斷層錯動對結構物基礎設計之影響探討	林銘郎	黃俊鴻
脈衝型地震特性與其對隔震結構之影響	黃尹男	
午茶及小歇		
表面波震測於美濃地震住宅區液化土層調查	張文忠	吳建宏
美濃地震後台南液化區調查及潛在災害區處理對策	古志生	
安家固園計畫：臺北與新北市中級液化潛能圖執行概況	盧志杰	
臺南市中級液化潛勢地圖建置概況	陳景文	
綜合討論	全體講員	

## 綜合討論

主持人(董家鈞教授)：

謝謝今天這麼多位精彩的演講，現在我們進到綜合討論的時間。因為事先沒有排主持人，我就自己跳出來擔任主持人，不曉得各位與會的來賓，對於今天所有演講的題目，有沒有什麼問題要討論，或者有任何的Comments也非常歡迎。

與會者(周功台董事長)：

剛剛吳老師有提到，花蓮地震時，南澳的一個地震測站結果明顯比較大，它的可靠度勢必受到考驗。為什麼有這個懷疑，不重新再設一個？不然你始終懷疑它，它的資料又一直在那裏。

主講人(吳逸民系主任)：

那個地震測站真的比較高，其他的都還好，就那個站有問題，至於為何不重修，可能要與氣象局他們建議。就剛剛提的，我想那個台子沒有做的很好，因為那個台子就是這樣，所以地震儀擺在那個台子上面就受到影響。事實上溫國樑老師有做過分析，把那個地震儀擺在台子旁邊，就不會這麼大，所以應該是那個台子的問題。

主講人(林銘郎教授)：

今天和吳老師學習了很多，你所列的那些地震波中，我們都可以收到地震基本資料，但是波形資料是否一般的人也可以收到？第一個是PGA的波形，第二個是PGV，以上，謝謝。

\* 國家地震工程研究中心

**主講人(吳逸民系主任)：**

事實上，我們中研院有設一個網站 (<http://palert.earth.sinica.edu.tw/db/>)，所有波形的資料都可以在這裡下載。應該是即時的，我們都會自動放上去了。

**與會者(黃俊鴻教授)：**

我一直很困擾，像氣象局常常有幾個來源，那不一致的時候我們就很困擾，現在就是中研院和氣象局如果有不一致的時候，怎麼處理？

**主講人(吳逸民系主任)：**

正式的 Information 一直都是氣象局發布，可是事實上，我現在還是台灣地震科學中心的主任，我們會有以 GROUP 的方式和大家討論，有關於這些不太一樣的，事實上氣象局也都會參與討論，氣象局他公布的資訊是固定的，往往觀測到什麼就只能講這些，可是事實上科學界就例如是像台灣地震科學中心(TEC)，我們就是扮演這樣的角色，會釋放出一些其他的訊息讓大家參考，P-Alert 也是這樣，我們就是提供這個讓你們去參考，我們不多做解釋，如果你看到震度圖，你會知道，我也不用講，資料自己會說話，我們通常會扮演一個中間的角色來談這些事情。

**主講人(林銘郎教授)：**

陳景文老師您說你們有個示範地質改善場址，我有個中油朋友，既有大油庫(槽)如果分析做出高液化潛感的話，大油庫(槽)基礎下面的土壤要怎麼去補強？他們很困惑。

**主講人(陳景文教授)：**

我看這個應該要問大地工程技師公會的事務長。也許可以灌漿改良，但灌漿又很危險。胡邵敏老師在前一次在高雄的大地工程研討會，他有介紹一個遠距灌漿，也許可以請教他，這方面我比較不太清楚。

**主持人(董家鈞教授)：**

不曉得我是否誤解，剛剛陳老師的意思是說，用大部分液化潛能評估的方法，用在台南市的結果都是低液化潛勢。

**主講人(陳景文教授)：**

發生災區的地方經評估後都是低液化潛勢。也許是深層的權重因子太大，所以我們增大較淺地層的權重，才能求得與實際情況

較相符的結果。但我不知道這樣到底有沒有違背 Iwasaki 的 Principle。八月底有個台日韓研討會，我就要去講這個議題，也許可以跟 Iwasaki 交流。

**與會者(胡邵敏首席資深顧問)：**

大家好！我對於今日研討會的議題覺得很有意義，把斷層與液化連結在一起，可能會有一個新的研究方向。

1946 年台南地震產生了新化斷層，新化斷層邊上就有很多液化區。到了 2016 年，美濃地震，在新化斷層的邊上重新又再液化一次，美濃地震對新化斷層的區域中，有何影響？為何在同一個地點重新液化？

新化北勢里這個地區，就在新化斷層尾端，就是剛才陳老師在講的，台南以前的台江內海，台江內海是什麼？以前台南是一個沙洲，沙洲東面是一個內海，談歷史的話，鄭成功打荷蘭人的時候，他的船是從鹿耳門進來內海，再進到永康這個地方登陸，所以這個內海在 300 年前，它是一個淺海，道光年間一次暴風雨造成曾文溪上游山洪暴發，下游決堤，洪流與泥沙流入內海，將整個內海淤積，曾文溪老河道原從將軍溪出海改道從鹿耳門出海，所以現今在這區所遇到的淤積層，祇有 200 年歷史。淤積層之土層分類為 CL、ML 及 SM，但無明顯分層，亦即在每個鑽孔或每一個小區域內，可能會液化的土層分布都有差異。我相信古老師在這區域作液化調查時，也有鑽孔資料不相連的認知。以上是我的補充，謝謝。

**主講人(顏一勤理事長)：**

其實剛剛胡博士講到的，我就在野外看到的現象，向大家分享一下。

在 0206 台南美濃地震那一次，我和地調所調查人員一起出野外時，特別去看了一些液化的地方，其實我們在野外時有討論到一件事情，除了剛剛又提到的地方，就是說台江內海這個關係之外，我們也懷疑一件事情。大部分，甚至連 1946 年那一次，液化的位置都出現在斷層尾巴的地方，就是斷層快結束的地方斷層跡比較明顯的，一些破裂的地方比較不容易看到，反而在尾巴那些馬尾狀構造那些破裂區，開始出現這些液化，噴砂這些東西就比較明顯。那不只那一次，這

一次在這個花蓮地震的部分，甚至是在花蓮大溪上面也有看到這些破裂，其實也有一點這樣的味道，那是不是真的有些斷層活動，在它的末端這些應力集中的地方，或是怎麼樣的問題，不知道，大概需要深入去做。

我們是覺得這個滿有趣，對我來講，以台南區來講，當時在調查時，是覺得說液化的研究，可以跟之前的這些環境，不只內海環境，其實這個河流的擺盪，張瑞津老師他其實在前幾年時就做了很多，寫了一、二篇文章，或許把這些圖資套一套之後，會有一些環境變遷上面的古河道的問題，或許也是有一些關聯性這樣子，以上，謝謝。

**主持人(董家鈞教授)：**

謝謝顏理事長，我也是呼應一下，那之前我有參與一個環保署的污染場址的整治計畫，是在永康，那他是在這個非常小的範圍之內，打了非常多的鑽孔，但是那些鑽孔非常不容易去做相連，甚至是在非常近的地方，所以或許我們在講液化潛勢圖內插的時候，在台北盆地跟台南，可能就要有不太一樣的考慮，因為它沉積的變化速度不太一樣，呼應一下，謝謝。

**與會者(周功台董事長)：**

各位貴賓各位先進，我想我有兩點看法：

1. 不要單純認為噴砂或是發生明顯噴水的這些現象就是液化，才會引起災害損壞，其實它的行為的效應有時要考慮可能是弱化，不全然是完全液化所造成的，或者可能是震動時引致的沉陷，所造成的一些差異沉陷的效應，可能這個部份我們不要忽略掉，因為簡單來講，就花蓮這次地震，所造成的雲門翠堤也好、統帥也好，說它有沒有明顯的噴砂等液化，可能沒有，可是它有某些地震震動效應產生的沉陷，因為建築基地本身在比較靠河邊，地層組成分布比較不規則的、不均勻的鬆軟土層分布造成的差異沉陷，和它的上構載重等分布不均等的關聯性可能比較大，當然結構系統不是很理想，結構的耐震強度弱也是原因之一，以上個人的粗淺判斷，認為地震造成的地層的沉陷，或許還不見得達到液化程度所造成的不規則大量沉陷，然土層弱化與差異沉陷所造成的間接效應，亦會引起結構物的傾斜與破壞，這

是我第一點看法要和大家一起分享的。

2. 我們都清楚，地層的形成年代若比較久遠，不是近代的新生地層，它相對液化潛能就會比較低，這是我從開始了解液化潛能就有這樣的認知，所以我也曾經和同仁談過，當初在做鐵路地下化的時候，民國 72 年，臺北鐵路地下化東西隧道設計時就談到液化問題，在隧道底下假如發生液化，鐵路地下化隧道會整個浮起來，是不是要進行地盤改良，在規劃時的預算是有把這份改良的費用納入，那後來到了細部設計時，我大膽評析後建議這部分地盤改良就不需要考量，基於以下 3 點理由：

(1) 從有關液化災害的地方，像台北市舊市區，中華路或是北平東西路等，早期鐵路經過的市區，那邊百年來沒有發生液化的歷史紀錄。

(2) 因為我們設計是以連續壁當隧道的擋土構造，連續壁深度 22 米左右，也就是說，在隧道的下方的土壤兩側有 RC 壁體，束制在那邊，就地震波從下往上傳的情況，在被束制的土體裡面，土壤中震波所產生的剪應力與剪應變相對比較低，因隧道開挖寬度只有 12 米，當然兩側壁體間距增寬束制效應也會減低。

(3) 隧道底位在 12 米深的地方，按隧道沿線地層調查顯示，液化潛勢在 10 米以上是相對比較高的，所以認為液化發生機會不大。

最重要的一點是，改良費用非常高，第二是工期會拖的非常長，整個沿線帶狀全面要改良，要花多少時間亦難掌握，加以董萍處長對鐵路地下化期程的控管及要求非常嚴。在那情況下，我扼要的提出以上評估和說明，當時也得到幾個前輩的認同，就把這個地盤改良取消掉了，經費及時間都節省了，那時的判斷對不對其實我不知道，但就後來看到的一些液化破壞的案例與發生條件，及採現今的評估法再檢核，我有信心應該不會發生。以上是第一個部分個人經驗供參考。

第二個部分，也就是回應剛剛林老師提到的，有個朋友在中油油庫面臨液化防制問題，我們知道日本有三種方式，地盤改良是一種方式；另外是基礎地盤做隔柵或油庫外緣設地下壁體，即束制處理，原理就如同採

前述之地鐵連續壁，基礎地盤受地震波之剪應力、剪應變相對的會比較小；既有油庫我初步建議第三種方式，是降低地下水位，就整個油庫區可一併考量處理，其防制工程作業相對簡易，對既有油庫及相關設施之影響，除水位下降引致些許沉陷外，其他影響較前 2 種方式為低，我認為降低地下水位之防制法可以考慮。以上，謝謝。

#### 與會者(陳志南理事長)：

感謝林銘郎老師做這麼多分享，我想請問的是，有關破碎帶、剪裂帶、斷層帶對工程影響的相關預測、理論、數值分析，因為要做這些的話，其實就涉及到應力跟變形，都與這些的力學參數有關，一般土壤力學或岩石力學，如果應力的參數，諸如有強度方面的岩石拉力強度，變形方面的揚氏係數、Poisson's ratio，破壞模式 Mohr Coulomb 中的  $c$ 、 $\phi$ ，一般大家多用這 6 個參數，如果是 PFC 那涉及到微觀參數，共可能就再用到 8 個微觀參數。我們工程會出問題就常是發生在破碎帶、剪裂帶或者斷層帶上，這些都和一般教科書或一般理想的土壤或岩石情況都不一樣，我一直再困擾著如何解決，因為一般現場在調查的時候，大家可能有地球物理，你可能會用到波速 P 波、S 波、地電阻，可是還談不上這些要講到應力變形的參數。破碎帶、剪裂帶或者斷層帶的這些應力跟變形參數要怎麼樣弄出來？也許林教授可以跟大家分想看法或研究創見。

#### 主講人(林銘郎教授)：

第一個，我所做的研究，我的研究中錯動的基盤是岩盤，基本上就是讓它動，所以岩盤是一個控制邊界往上強制位移，所以沒有牽扯或考慮到岩盤中的破碎帶。

第二個是土壤，其實我很高興當時做這個計劃的時候是台北斷層，那時台北斷層的研究是亞新建議的計畫，所以那個土壤斷層的剖面，我們請亞新派了姚大鈞博士來協助我們，為了台北斷層的位置，台北 101 附近加鑽了非常多的孔，為了要檢核到底斷層在哪裡，所以那裏的地下資料，地層剖面的資料，是由亞新及姚大鈞博士提出來，他們如何簡化剖面，例如黏土層 20 米，他就幫我分成三層，那每一層

地層資料是他們根據調查與實驗資料配合專業研判後提出的，那另外還有 1 個剖面有砂層，從這兩個不同剖面的例子裏面得知，一樣的位移量下，在厚層黏土層裡面黏土勁度小且厚，分散了應變量，所以那個環片受力就很少，那夾有砂層的，因為砂比較硬(勁度大)，在相同的變形下，環片受力增加就很大，所以土壤的特性對於環片應力應變影響就非常地顯著。

第三個問題是，那我們土壤力學所學的砂和黏土層，黏土層可以用  $\Phi(\phi)=0$ ，但是真正地震來斷層錯動要不要用有效應力考慮、變形引致黏土層中孔隙水壓激增是否考慮？那在地調所那個計畫的時候，黃安斌老師是委員，每一次都問我這個問題，我都只能回覆說，沒有辦法，我們現在黏土層就是用  $\Phi(\phi)=0$ ，那砂就是用有效應力，我沒有辦法再去考慮那麼細節的問題。在當時實際案例裡面，因為有顧問公司與設計資料的協助，我的分析可以一直愈來愈詳的做，做到連環片都用真實的環片去分析，那其它後來的研究，沒有這些詳細的地層與人工設施的資料，連地層資料中，我最想知道的土層厚度都沒有，所以我變成只能就土層參數作一般性的簡化，我去探討的是斷層的特性與變因之類的問題，我不知道這樣有沒有回答到陳志南理事長您的問題？謝謝。

#### 主講人(古志生教授)：

政府提供的液化潛勢圖，只是讓民眾知道它大概的趨勢，局部性土壤液化可能不見得與目前建置的中尺度液化潛勢圖資相符，工程進行不可完全依據液化潛勢圖資，一定要進行液化相關之調查與評估。政府也需要提供適當的說明與解釋。

液化潛勢圖中災害分級主要參考 Iwasaki 的液化災害分級方式，根據液化潛能指數 0、5、15 分成 4 級，0 是無液化災害風險，5 以下是低風險液化災害，5~15 是高(High)風險液化災害，15 以上為非常高(Very high)風險液化災害，國內只分低、中、高 3 級。Iwasaki 的液化災害分級方式採用 64 個液化案例及 23 個無液化案例，而且液化分析採用特定的 SPT-N 法。理論上每一種分析方法分析所得安全係數可能有所差異，而且近年來增多準確

記錄的液化案例資料，應該針對特定方法例如國震中心建議之 HBF 法進行率定，選定適切的災害分級指數值。

**主講人(張文忠教授)：**

LPI 的定義，其實是要依循 JRA 液化潛勢分析，其原意不是要用來預測點位會不會液化。而是整個鑽孔剖面如果發生液化以後，它對於結構物影響會有多少，不過後來大家開始把它混用。

因此古教授提到分級邊界值 5 和 15，需要應地制宜，以台南為例，那會不會液化跟那個是不是綠色或紅色其實關連並不那麼大，台南液化場址有些是綠色，其實是因為它的安全系數非常接近 1，且液化厚度不夠厚，所以你算出來就會小於 5，但是它是會液化，這就是一個很明顯的例子。

另外液化其實就是一個很表層的一個自然現象，因此都僅考慮 20 米內土層，它和斷層此類地質構造關連性應不強，台南新化區北勢里為例，其實是一個舊河道，會液化的地方會一直再液化，會什麼？因為它的材料就具有那些會讓它液化的特徵存在，所以下次類似的地震來，它就是會再液化，液化土層再液化不是一件特別的事情，全世界都有不只台灣，新化北勢里剛好這幾次地震，剛好都有達到那個規模。這是一個很好做液化基礎研究的場址。

話又說回來，液化本身它不是一個非常嚴重的災害，像剛剛林老師提到的油槽，考慮通常看到會液化都是 5 層樓以下的房子，若載重超過 5 層樓，若荷重較大，其實液化觸發之機會也不高，即使油槽真的會液化，以現有防治方法，從原理上來看一為抑制超額孔隙水壓力的激發，像圍束工法與低壓灌漿，二為加速超額孔隙水壓力消散，像排水帶，都可以使用，但是共通點都是要花很多錢，可是效果仍待量化評估。

**與會者(周功台董事長)：**

針對液化潛勢的低、中、高，不單純考量 LPI 這個數字，其實日本也針對液化引致的沉陷量，以及地層之非液化厚度，就是在地表下表層非液化厚度多少，綜合三個數字評定其潛勢的分級，所以我們單純就一個尚有爭議的 LPI 值分級界限決定低、中、高，確實不夠嚴

謹，我想這是有需要繼續加以探討。

**與會者(胡邵敏首席資深顧問)：**

再和大家分享一個很有趣的經驗。三十年前做台北捷運，我們請了 Ishihara 教授當顧問，請教他有關台北盆地液化的問題。

當年的台北盆地在經過了很多年長期的抽降地下水後，砂層幾乎都沒有水，理論上打標準貫入試驗 N 值是較大，用此 N 值做液化分析，液化機率較低。但政府已有禁抽地下水條例，盆地水位以後會回復靜態(hydrostatic)水位，砂層的有效應力會減少，地層的 N 值會減少，液化機率會提高。請問設計台北捷運，要不要考慮液化問題？Ishihara 教授的答覆是：「哈！哈！你這個問題很有趣！」結果等到三十年後，再提這個問題時，他還是回覆相同的答案！

其次，台北盆地的砂層分佈未必很均勻。尤其淡水河另一側的五股、蘆洲、三重一帶的砂特別鬆。曾經有一個案例：捷運設計顧問做調查鑽探時，有一孔全部是砂土層，所以針對厚砂層作了工程處理。到施工階段，我們幫承商再做確認調查，特別在該砂孔周邊加鑽三鑽孔，證實加鑽三孔皆有分層，並非全部是砂。究竟是地層不均勻還是原先砂孔剛巧是個液化噴砂？該區若果以前確實發生過液化噴砂，那麼以後的地質調查就要更加詳細了，謝謝。

**主持人(陳江淮董事長)：**

我想安家固園計畫是今天研討會後半段的主題，因為我參與這個部份好幾年，我想一些資訊和各位做一個分享。

其實大部分是主計畫的部分，安家固園計畫是張善政院長提出來的，當初是為了老屋健檢，還有老屋改建，也是都市計畫防災的部分。剛好台南 0206 發生地震，我們開會就提出來加入液化的部分，所以行政院就再把老屋健檢這個區塊的費用遷一部分過來，而且它原來是六年的主計畫，由各縣市政府提報，所以整個安家固園液化的調查構想當初就設訂 2 個主題，一個是資料的保存，一個是資料的統合這兩個部分。

資料保存的部分，因為這是很難得的一次建構這麼多資料，所以當初給各地方縣市政府的這些計畫他們一提就是六年。那因為

精度與需求的關係，有些是提四年，四年到六年的計畫裡面，大家都做一樣的一件事情，就是每個縣市的最後一年都不做調查，只做統合，因為實際上的資料調查，包括分析方法到最後都需要做一個統合。

那至於資料的保存部分，因為這是很難得國家重新建立一個全盤調查的機會，所以當初我們一提出構想，我們也知道地方政府在保管資料上都容易有問題，但是一開始考慮有兩個中央單位，一個是內政部，一個是地調所。地調所說我所有的資料只要 Geo2010，但我們建議給內政部的是，從現場的調查記錄到實驗室的原始記錄到整個調查與分析，應該都要留下來，因為實際上工程的應用不是只有靠 Geo2010，那這個部份就有很大的分歧意見，到最後是給內政部建議是現在建案的結案的總報告，不是單一的一個單位來完成，而是全部要和內政部申請經費時，都必須統一上繳固定的資料紀錄，包括原始的紀錄與建檔，與孔位的紀錄。那是希望 N 年之後，我們以後的工程師能夠在國家需要的時候，再重新把這些資料拿出來做一個應用，那時候的構想與理想是這樣的。現在面臨一個問題，原先液化的六年

計畫可能執行二年，因為預算的關係，到底會不會完成？還是由內政部再移交給地調所繼續執行？這個部分已經慢慢有這個趨勢，地調所其實在做一件事情，剛剛各位老師在提的時候，不管用哪一種方法，到最後要統合時，到底由誰來統合？現在目前傾向於應該是地調所後面去執行這樣的計畫，到最後可能是這樣子處理，不過，現在才第二年，未來的三年還看不到由誰來做統合，這是最近的進度，和各位報告一下，謝謝。

#### 主持人(董家鈞老師)：

結語：因為時間的關係，我們其實已經超過五點了，所以我們必須要在這邊做一個結束，在結束以前有 2 件事情要麻煩大家。

第一件事情，還是再提醒大家，如果有需要下載液化的電子專書，在 31 號以前有優惠，那另外現場也有 4 個紙本的地工技術，也是以打折的方式來出售，為什麼我好像 Sales 一樣。

第二件事情是要請今天所有與會的貴賓，我們是不是可以到前面來，我們一起拍個照最後做一個 Ending，那我們謝謝大家，然後給自己一個掌聲，還有謝謝所有人。



圖一 周功台董事長



圖二 主持人董家鈞教授



圖三 主講人吳逸民教授



圖四 主講人林銘郎教授



圖五 與會者黃俊鴻教授



圖六 主講人陳景文教授



圖七 與會者胡邵敏首席資深顧問



圖八 主講人顏一勤理事長



圖九 與會者陳志南理事長



圖十 主講人古志生教授



圖十一 主講人張文忠教授



圖十二 主持人陳江淮董事長



圖十三 主講人盧志杰博士



圖十四 主講人與來賓專心聆聽



圖十五 來賓領取會議資料



圖十六 所有貴賓與來賓合照