

## 研討會專欄

# 地工技術第 25 次研討會~河川橋梁基礎及都會區新基礎問題

時間：2011 年 9 月 30 日(星期五) 上午 9:00~17:00

地點：臺灣大學應用力學研究所 國際會議廳

主持人：陳正興 (臺灣大學土木工程系)

### 講 題

第二屆陳斗生博士紀念講座~

臺灣大地重大斷裂帶的特性及演化與災難性岩土災害

明挖覆蓋隧道配合地盤改良改建案例

以鑽掘隧道工法興建捷運地下車站之探討

潛盾穿越基樁之設計考量與施工對策

淺談金門大橋深槽區基礎型式研選、分析與設計

臺灣河川橋梁基礎問題與案例介紹

88 風災雙園大橋致災原因探討

橋梁基礎抗洪能力之整合評估方法

### 主 講 人

洪如江(臺灣大學土木系)

張文仁(中興工程顧問(股)公司軌道二部)

何泰源(台灣世曦工程顧問股份有限公司鐵道部)

陳達政(亞新工程顧問股份有限公司大地部)

陳榮嵩(台灣世曦工程顧問股份有限公司港灣部)

吳文隆(台灣世曦工程顧問股份有限公司地工部)

宋裕祺(臺北科技大學土木與防災研究所)

王鶴翔(財團法人中華顧問工程司橋梁技術中心)

高秋振\* 整理

## 綜合討論

主持人(陳正興教授)：

各位工程界的先輩、朋友，以及研究生，首先要感謝大家參加地工技術的第 25 次研討會。我覺得今天的講題內容非常的豐富，值得大家參考，如同以往一樣，最後這個綜合討論最主要是提供大家有互相交流的機會，因為大家在聽演講的過程中可能有不同的意見或是還沒有弄清楚的地方，所以藉這個機會可以和演講者進行相互的交流...，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。

方永壽教授(交通大學)：

請教何泰源協理，剛才有關鑽掘隧道工法興建捷運地下車站，您有很精彩的演講。推出新的工法通常會有很明顯的優點與競爭力，比如雙圓型潛盾工法會有很明顯的優點，它可以避免在河底下作聯絡通道，而且在價格競爭上有很明顯的優勢。我想請教您剛才介紹的以鑽掘隧道工法興建捷運地下車站，它在工期及經費方面與傳統的明挖工法、島式工法比較，是否有競爭力？

何泰源協理：

有關這新的工法，剛才三十分鐘的介紹是有點不夠，感謝方教授給我這個機會再補充說明。這個鑽掘隧道工法興建捷運地下車站，尤其是用潛盾工法，

它並不是萬靈丹，而是一定要在特殊的施工條件下，它與傳統工法的差別才會出現。它優點出現的情況是：(1)地下車站要建在很深的地方，例如在兩三條捷運的交會站，新的車站要建在下層的地方，深度可能要三十幾公尺，這時它就會有明顯的優點出現，因為傳統的明挖覆蓋工法一般開挖二十幾公尺，三十幾公尺在都會區施工就會衍生出很多的問題，比如地下水位的變化、鄰房的沉陷變形，尤其是在都會區車站交會處，一定是交通很繁忙的地方，在這進行長時間的開挖對社會成本的付出一定會是很大的。(2)地面上有大型的管線或保全對象沒有辦法遷移，例如目前既將推出的捷運萬大線，它地面上是植物園，為臺北市的早期文化遺址，根本沒辦法用明挖覆蓋工法興建捷運地下車站。所以在這些原來不能設站的，採用這工法就可設站，它的優點就出來了！在工期方面，因為路線外作出入口的車站與高公局捷運路線之隧道是可以分開同時施工的，所以工期方面絕對是有利的！在經濟性方面，以興建一個車站來說，明挖覆蓋工法由地面到地下軌道層，全部都要開挖，挖出的土方要先運棄，要用的只是興建軌道層與穿堂層，它只佔一小部分，也許只有三分之一而已，而用鑽掘隧道工法挖掘則是全部要用的部分，那所挖出的土方大概只有明挖覆蓋工法的三分之一而已！另外，結構體的興建也有相對性減少的發展。當然每個 Case 都要精算，

\* 富國技術工程股份有限公司

以臺北市目前一個 2~3 公里的精算，工期方面當然可以省很多，在經濟性方面，大概可以省 6%費用。

**楊朝斌先生(新北市工務局)：**

我有一個實務的問題請教各位前輩，就是有關封橋的時機，剛剛教授講的：水位高度、流速，還有沖刷深度。因為暴雨一來的時候，第一個要判定水位的高度是否已經到達基準，這基準要如何判斷？而針對流速，我們不是非常內行，這水流的速度很快，一下子要如何判斷流速？還有更難的是沖刷深度，因為我們到現場後，用肉眼是無法看出沖刷深度的，那這封橋的時機該如何判定？

**宋裕祺教授：**

這是很好的問題！剛剛有提到透過監測儀器是可以取得這三個參數，但並不是每座橋梁都有裝設監測儀器的，我的建議是在橋梁排水規範內有 5~6 個沖刷深度的公式，如果沒有監測儀器，只能利用沖刷公式去預估。比如有一個颱風快接近臺灣時，可以根據預測的降雨量，估算這流域的可能最高水位、流速與沖刷深度，因為沒有辦法於每一座橋、每一橋墩裝設監測儀器，所以只能如此判定封橋的時機。將來我們也可能會這樣方法建議政府相關單位如此作，因為的確只看水位高度而封橋是不夠的！這是未來大家要努力的一個方向。

**主持人(陳正興教授)：**

的確只看水位高度而封橋是不夠的，公路總局在后豐大橋就是吃了這個虧，也就是水位還未到封橋水位但橋就垮了。早年是只看水位，但現在觀念慢慢的改了。

**王鶴翔工程師：**

基本上這個問題從學術的觀點看，比較重要的橋梁是可以利用評估公式預先計算出水位的狀況。但是還是要考慮剛才宋教授所講的，流速，還有沖刷深度，事實上這三個參數如果從水利的角度看，它有特定的關係，如果找到這關係，水位是一個可以採用的指標，但是之前要作比較多的預備功夫。有關於流速，可以採用初估的方法，比如用雷射測距儀，或是丟個東西去看概略的速度，也可以用宋教授剛才提的方式得到比較初估的流速。而有關於沖刷深度的值，林呈教授有從幾個公式中找出比較適合臺灣本土用的公式，用這幾個公式試算出的結果去平均，與實際的沖刷深度是非常接近。所以用這個方式去克服沖刷深度與流速的量測，我想可能是一個可行的處理方式。

**吳文隆經理：**

我補充一點，公路總局一般在颱風警報發佈後會

派人在橋梁兩端 24 小時監視橋墩的警戒紅線與黃線，但往往因為下大雨，在車內視線比較差，尤其是晚上，在一些比較長的橋用望遠鏡來看，視線很差。水利署有用紅外線監測橋墩，但常常受到中間漂流木的阻擋，以及河川水流高濁度的影響，所以也有困難。宋教授所發展的程式，以後根據水位、流速與沖刷深度，可以比較能掌握橋梁整體的危險時機。對公路總局來說，如果橋封得太早而最後橋沒有壞，居民要繞道就常常會有很高的民怨；但如果橋封得太晚而萬一橋垮了，可能就會有刑責！像剛才新北市工務局的困擾，公路總局與高公局也同樣有這樣的困擾。所以地工技術在 127 期的雜誌有特別邀請宋教授與王博士等，針對這方面發表他們的研究，根據他們的研究成果，希望逐步的推廣，對臺灣橋梁的維護可以提高更好的效率，避免一些民怨，以及確保民眾的安全。

**主持人(陳正興教授)：**

其實剛才宋教授與王工程師所談的，比較屬於分析方面的，分析方法有很多。另外，比較重要的是真正的量測，水位、流速與沖刷深度量測的方法、量測的儀器，其實現在都有，可以用雷達的方式去量測水位及流速，沖刷深度也有各種不同的儀器可以去量測，問題是這些儀器只能裝設在一些特定的地點，就是評估認為災害潛能比較高的地方及比較重要的橋梁。這些儀器量測的資料，透過剛才介紹的結構穩定分析，由分析結果可以立即看出橋梁是否達警戒或是行動狀態。目前公路總局與高公局有研究計畫在進行，希望將來能建立完整的預警系統，而不再像以前在橋頭橋尾用肉眼監視，真的是冒著生命危險！現在是可以進步到用自動監測來作橋梁的預警系統。針對剛才宋教授所提的，他們的分析是看水位、流速與沖刷深度，但到底這三個條件，那一個是最重要的或是最敏感的？

**柯永彥博士(國家地震中心)：**

就我分析的經驗來看，最直接影響橋梁穩定度的因素，應該是它的沖刷深度，它是直接影響基礎本身的承載力。當基礎承載力不足時，橋梁的穩定度就會大幅下降！水位與流速其實算是外力的表徵。我們近來常提到多重災害的問題，除了水力外，橋梁基礎承載力不足時，其他的外力也會造成它的破壞。所以我個人的看法，以穩定度的觀點來看，沖刷深度應是最關鍵的一個指標。

**李維峰博士：**

陳教授這問題有點詭異，造成沖刷的最主要原

因是流速而不是水位，當流速高起來時就開始造成沖刷。所以以前的作法是監看水位，其實是有一些盲點存在。真正引發沖刷產生的，不管是馬蹄型或是渦流型的，其實流速是一個最大關鍵，但沖刷之後所產生基礎承載力的下降，就如剛才柯博士講的，會造成橋梁的不穩定。橋梁的這些模擬，大家都有試很多的因素，其實關鍵是要能模擬基礎的行為，不能在基礎下就只是一個彈簧與一個阻尼，而是實際上有很多基樁，每支基樁要設很多的彈簧與阻尼去模擬基礎承載行為的變化，這樣才能符合。所以現在有很多討論沖刷會不會發生，我認為應該要回到問題本身，是要去判斷橋梁會不會危險，而判斷橋梁的危險，最主要是看沖刷深度，比較精確的說法是看基礎的裸露程度或是基礎的破壞程度，這樣會比較適當一點。目前大家都朝這目標研究，臺灣是比較不幸的，有很多實例可以供大家去作分析。

#### 楊恆偉博士：

請教各位，現在交通部橋梁設計的相關規範中，關於沖刷深度的規範適用性如何？經過這幾次橋梁的事件之後，對於新作橋梁或是剛完成的橋梁要作檢核，橋梁設計規範內規定的相關數字，各位的看法如何？

#### 宋裕祺教授：

其實目前橋梁設計規範中有關沖刷深度的預測，基本上是依橋梁排水規範中大概 5~6 條公式去計算。一般作基礎設計時會進行水理分析，當然是要考慮到最大可能沖刷深度，所以在設計圖上必需要標出最大可能沖刷深度是多少。據我所知，工程師作設計時一定要有法源根據，所以大部分是依據規範。剛剛王博士提到有一些教授，像林呈教授很辛苦，每次颱風來了都要到現地作重錘試驗，去測沖刷深度。一個月前，我們進行橋梁保護工的複審，有人提出是否要把林呈教授作出的公式放進規範中，但後來大部分的委員認為還是不宜。所以以工程師的角度來看，目前還是以交通部頒的規範為準。當然，以部頒規範規定的公式是否符合臺灣基本本土的沖刷特性，一定是沒辦法的，這有待後續水利專家再努力去作相關的研究，讓資料庫越來越充足後可能就可以提出一套適合臺灣本土的作法。現在是綜合性的災害，如果以沖刷深度來看，要考慮耐震、長久性等，可能就會延伸出一些問題。所以通常作耐震設計時，是考慮最大沖刷深度，再考慮回淤量的一半，目前規範有如此規定。

#### 吳文隆經理：

我再說明一下，本公司設計橋梁相當多。基本上

是路工方面先作定線規劃設計，而有關剛剛楊博士提的沖刷部分，本公司是由水利專業的水環部進行沖刷深度的演算，當然就是依據剛才宋教授所講的部頒規範去進行。規範內是有甚多的公式，考量極端氣候下，我們公司是取比較保守的，因為各個公式計算出的深度是不一樣，經過我們結構工程師、水利工程師與地工工程師研討後才決定沖刷深度。可能有些比較深的，我們就建議採用大跨度，跨越深槽區，儘量減少落墩方式。當然大家比較關心的是新建橋梁狀況如何，我們設計的陳有蘭溪橋，幾個高橋墩大概有五十餘公尺，跨度是 120 公尺，經過上次八八風災都沒有壞。雙園大橋在八八風災壞掉的是第二代橋，第一代橋橋墩大概是 39 公尺深，第二代橋橋墩是 50 公尺深，但我們現在設計的是 80 公尺深！跨度也比原來的大，如果這樣還再壞的話，我想就要歸究於極端氣候之下，人力無可抗拒的一個事實。

#### 主持人(陳正興教授)：

現在建造橋梁為了要防止沖刷，基樁竟然要作到 80 公尺深，是好幾倍橋的高度！這樣子花費在橋梁基礎的費用非常高。你是否可舉例，橋梁基礎下部結構與上部結構的費用比例大概是多少？

#### 吳文隆經理：

八八風災之後，公路總局的長官希望雙園大橋能趕快通車，因此在隔年一月下部結構就先行發包，在高灘地基樁深度大概是 67 公尺，深槽區才是 80 公尺深。那時我們也怕那麼深，國內基樁施工可能作不下去，所以我們也事先進行市場調查，訪了很多家廠商，都說沒問題。最後，承包商也順利完成了。因為這橋梁跨度比較大，興建費用也很貴，下部結構的費用比例大概是佔三分之一。

#### 楊恆偉博士：

剛才提到沖刷深度很重要，請問有沒有實際監測到的資料？

#### 主持人(陳正興教授)：

剛才提到這個沖刷深度對橋梁的設計，是非常關鍵的一個因素！規範內是有沖刷深度的公式，橋梁設計時大家都依照這公式去計算，但真正的沖刷深度到底是多少？真正最大的沖刷深度都在颱風期間，等到洪水過去了，沖刷的地方馬上就填回來了，所以真正最大的沖刷深度沒有人知道！確實應該要選一些橋梁可能會有嚴重沖刷的地方，去作即時的監測，把這些實際的資料蒐集起來，以便反應到將來的橋梁設計規範，這對橋梁的設計將會有很大進步。交通部目前應該已有指示各局，包括鐵路局、公路總局、高公

局及港研所等，針對這沖刷深度進行監測，並作深入的研究，現在是有一些計畫在進行。但是自從八八風災之後，開始注意到這問題以後，都沒有颱風，連大豪雨都沒有！所以河川都量不到沖刷深度，這個資料就還沒有出來。其實我剛才關心的是基礎的費用，剛才陳工程師有介紹金門大橋，針對這橋梁的基礎選擇過程有詳細的介紹，最後選定了全套管基樁這種施工方式，我看到資料顯示一個橋墩下有 36 支基樁，深度是 37 公尺，直徑是 2.5 公尺。而且是在海上施工，所以這全套管基樁的費用是非常的貴！但是這全套管基樁的設計，承載力的計算，好像是直接引用或是參考香港的規範。因為這費用會花很多，所以請教有沒有構想針對金門的花崗片麻岩進行試樁，試驗出它的承載能力到底是多少。這從價值工程上來講，應該要作這試驗的。

**陳榮嵩工程師：**

金門大橋採用全套管基樁，我們是曾經想到要進行海上的試樁。當時我們有參考韓國的仁川大橋，他們有作一全尺寸的基樁載重試驗，但他們的先決條件基本上是花崗岩的分佈要比較均勻的，這樣作一處試樁就比較具有它的代表性。我剛才在簡報資料中有提到金門大橋這地方的岩盤變化是非常的巨大，我們曾經有嘗試規劃於一處進行試樁，但我們又覺得矛盾的，進行一處的試樁是否僅代表該處橋墩位置的地盤特性，後來就此而取消了。

**主持人(陳正興教授)：**

這地方的地形變化很大，但是否就代表岩盤的均勻性也變化很大？花崗片麻岩的性質應該是比較均勻的。

**陳榮嵩工程師：**

這地方除了地形變化很大外，我們從鑽探柱狀圖來看，岩層的分佈也變化很大。所以那時我們有思考某處試樁的資料是否可直接引用到其他的墩位...

**主持人(陳正興教授)：**

如果連這岩盤的均勻性都變化很大的話，那金門大橋的施工好像是愈來愈困難了。因為除了地形沒法掌握，如果連花崗片麻岩的均勻性都沒法掌握，那這工程確實是愈來愈困難了。其實我的意思不是要到海上去作試樁，我認為如果可以在陸上找到同性質的花崗片麻岩地區，應該是在陸上作試樁，把所要知道的性質求出來。我提出試樁的原因，是因為在海上施作基樁是非常的困難，而且費用很高！所以在價值工程上而言，針對這種不確定性很高，而且費用很貴的，應該多花一些費用把它弄清楚，然後整個工程的

經費就可以多省一些費用。而不是只參考香港花崗岩的規範，我想香港的花崗岩與金門的花崗片麻岩應該更不一樣，變異性也應該是更大。

**宋裕祺教授：**

我協助補充一下，從五楊段設計以後，現在重大工程的設計都要結構審查。有關金門大橋的結構審查，我是當時審查委員會的召集人，記得因為要趕快通車而急著要施工，顧問公司當時的設計時程相當緊迫，而且當時發包三次都流標了。我記得設計圖有標註，施工時每個橋墩都要進行補充鑽探，因為依他們的鑽探柱狀圖來看，岩層確實變異性是甚大的。

**主持人(陳正興教授)：**

我的建議是如果有試樁的資料，可以更能正確的掌握這些岩層的承載力，那從價值工程的評估，基樁的數量、長度或者樁徑作一些調整變化，所節省的經費應該可以相當多。

**李維峰博士：**

我覺得既然岩層的變異性已經很大，如果再用鑽探的資料或者 SPT-N 值去評估確認基樁的設計，這樣是把變異性放大，如此反而變得更麻煩了。

**主持人(陳正興教授)：**

我想這問題已經討論了很多，徵求在座的有沒有其他的問題？

**簡茂洲技師：**

我要先感謝新北市工務局楊先生剛才提的好問題，讓大家在熱烈的討論，我也忍不住要回答一下。李博士剛才提的流速，我非常的贊成，但是流速對不同狀況的河床會造成不同狀況的沖刷量，我個人基本上是認為要先去調查危險橋梁已發生的沖刷量，如此才對橋梁的設計有具體的效用。為了維護橋梁的安全，基本上也要去調查那些容易發生問題的橋梁已沖刷量，這樣回饋到設計單位或維護單位，他們就可以去計算能忍耐多少流速及高水位，這樣會比較簡單一些，不會那麼抽象。對於金門大橋基樁的問題，我非常贊成陳教授與李博士的意見，我認為試樁是絕對有需要的，國內是非常缺少花崗岩的基樁經驗，它的特性是需要試樁去測試出來，這對大地工程會是很大的貢獻！所以是很值得去做。

**主持人(陳正興教授)：**

其實這沖刷深度的問題是相當複雜的！剛才王工程師的演講，他作了一維、二維、三維的分析，一維是把整個河流的寬度當作是一樣的，所以一維算出來的沖刷深度是平均的沖刷深度。當使用一個沖刷深度計算公式時，要知道它的來源，如果是從一維算出來

的冲刷深度公式，那只能代表整條河流的平均冲刷深度，它並不是真正的冲刷深度。二維的分析可以看出平面的水流變化，這時在不同的橋墩會有不一樣的冲刷深度，代表原來的高灘地可能變成深漕區，原來的深漕區則可能被堆積回填了，最後發生危險的是原來高灘地，基礎可能比較淺的變成深漕區。這是一般的冲刷公式沒有辦法計算預估的，所以二維雖然是理論分析，但它所求出的結果就值得去參考。三維的分析是整個流速在河道都不一樣，有某一處是流速最大的，而且集中攻某一橋墩或基礎，所以那是更難預測的，也是更危險的！如果該橋墩破壞了，就引起連鎖破壞。三維分析雖然是數值模擬，但其結果能讓我們看到問題的複雜性，前樁/後樁承受的壓力是不一樣，空間也不一樣，流速是斜角在攻橋墩...。這些複雜因素我相信都不是在設計時可以完全考量的。那這些考量不到的因素要怎麼辦？

#### 楊恆偉博士：

我相信勤能補拙！臺灣高鐵公司一開始就對高鐵經過的全部河川進行安全評估，先找出 critical 的河川，然後在颱風之後馬上請專業團隊去檢查，再作固床工與橋墩保護工的設計，並在下一個颱風來臨前全部都要完成。每年都如此作，這是比較笨的方法，但是比較安全！

#### 主持人(陳正興教授)：

那是高鐵公司的作法，但公路總局與各縣市政府有太多的橋梁，如果都比照這作法，大家會吃不消的。高鐵是應該如此作，但一般的橋梁，他們應該沒有這個財力與人力。其實就如我剛才講的，它有很多複雜性，以及不確定的因素在，所以當我們在訂規範時，很多人會說這安全係數太高而要求降低，但我大部分都持反對的立場，我認為還是要保守一點，這些想不到的風險，只好用安全係數去涵蓋，因為沒有辦法去預測到每一個極端的狀況。這極端狀況是不可預測的，為了要涵蓋這極端狀況，我覺得安全係數是一個比較好的方式，所以基礎設計規範仍然還採用安全係數就是這個道理。

#### 簡茂洲技師：

我再補充一點，除了勤能補拙與安全係數外，還有一個辦法，就是在河床內盡量減少橋墩數量。

#### 主持人(陳正興教授)：

現在各個單位，不管是公路總局，還是各縣市政府，都已盡量把橋墩距離拉大。當然，把橋墩距離拉大，這工程的經費就必然會增加。但擴大橋墩距離，現在是一個趨勢。

#### 高秋振經理(富國)：

我換個議題，早上亞新公司陳經理提到隧道遭遇舊基樁的問題，這是很有意思的。除了隧道以外，一般在都更的舊建築物改建工程中，也會遭遇舊地下室及其基樁的問題。若以舊設計圖或竣工圖及現場柱位套繪，常常發現圖上的與現況不符，而且舊基樁可能會偏斜或大肚子，有時差十幾公分就會影響到新作基樁或連續壁。所以想請教，早上有提到用地球物理探測去調查舊基樁，不知道是可以採用什麼地球物理探測方法？

#### 陳達政經理：

早上介紹的這個案例，是花了半年的時間，作了地電阻的掃描，還有震波的檢測，然後是地質鑽探。當然，是鑽孔比較可靠的，但畢竟這是分階段的，然後分層次地去作調查，事實上我要特別強調的是可以透過專業去協調。一開始我們的潛盾是會碰到舊連續壁、基樁與可能的所有東西，透過專業團隊及業主介入的整合，可以用定線的方式去克服這樣的問題。其實這問題也包括剛才所討論的河川冲刷問題，其實我們大地工程師所扮演的角色，像這基樁的問題，至於冲刷的問題並不是我大地工程師的專長，AASHTO-2001 年規範上有提到必需要用一百年回歸週期的洪水水位去作設計，另外再用一個五百年回歸週期的洪水水位去作檢驗，這與耐震設計的理念是接近的，也就是現在的設計地震是用 475 年回歸週期的地震去作設計，然後另外再用一個最大考量地震去檢查結構會不會垮掉。我想大地工程師最應該扮演的角色是這樣，其他的我覺得是專業者的問題。橋墩為什麼會受到集中冲刷，老舊橋梁的養護是另外一件事情，新設的橋梁我覺得應該要照規範。

#### 李維峰博士：

我補充一下，因為剛才提的那個案例，地電阻是我作的。在那個工地共作了三種的試驗，第一次的試驗是用震波反射法，是在基樁旁邊鑽一個孔，從孔內發射震波，若遇到基樁就會反彈回來，一直往下探測，等到樁底端以後，它的波速會有個轉折，那就是基樁的底部，這方法只能知道基樁底部的深度，但還沒有辦法知道基樁的形狀或範圍。因為是反循環基樁，範圍是比較重要。第二就是用所謂的地電阻，並不是用地電阻作剖面，而是在可能的基樁周圍佈設 3~4 孔，用這 3~4 孔 2D 的地電阻成果，去製作立體圖。那時有探測出一支基樁是歪斜的，發現它有突出一塊的大肚子，可能是當初反循環基樁施工時坍塌造成大肚子。後來潛盾施工時懷疑可能會碰撞到，猶豫

要不要開艙切除，因為開一次艙要停很久，要花很多費用，所以他們就用第三種方法，就是沿著基樁四周鑽孔，鑽孔的探測法當然是最準確的，但它有風險，如果那地下室底版下的水位很高或土壤比較敏感的話，很容易就會有湧水、砂湧，或沉陷產生，所以要作控制。那時候好像北門站抽水比較大，基本上那區域的水位已經降了很多，所以那案例就還好。我那時就參與這三種探測方法，但是這三種探測方法一樣都是花了很多費用，所以一般的建築工程業主是不是肯花這些費用，應該會有所考量。

#### 吳俊賢先生(新北市工務局)：

我有三個問題，第一個問題是剛才演講中有聽到河川上游與下游的橋梁破壞模式其實有不太一樣，上游的橋梁是被沖垮的，下游的橋梁是淘刷比較嚴重。我覺得用量測水位的方式是蠻遜的，不過至少對上游的橋梁還是可以採用。第二個問題是演講中有提到，針對淘刷情況，可訂三個值：臨界值、警戒值、行動值，我想請教由警戒值進入行動值，可以給政府機關有多少的應變時間？總不能到達警戒值時，派人到達現場時橋梁就已經垮了。第三個問題是有關南港鐵路地下東延線，兩個新的鐵路隧道為什麼不用沉箱的方式慢慢降到設計的深度，那就不用先切除舊的再作新的，請問當時是否有考慮此種方式？

#### 王鶴翔正工程師：

關於上游與下游的橋梁破壞模式不一樣，這是經驗所看到的。基本上上游是受到土石流影響，所以可能是整個被淹沒，或是整個被撞毀；河川下游，比如高屏溪或是大洲溪，基本上比較像是沖刷淘空的情況發生。這是高屏溪等的經驗，是否可以應用到其他的水域，要看當地的地質狀況，是砂岩或是卵礫石，或者是經過野溪等等其他因素。

#### 宋裕祺教授：

警戒值進入行動值有多少的時間？如果以人來比喻，一個人得到猛暴性肝炎，從得病到死亡的時間是很短，但如果是重感冒，時間長短情況就不一樣。沖刷深度、水位高度，或是流速，都是因為來自颱風，每次颱風特性不一樣，或者工址所屬流域特性不一樣，這很難一概而論。所以為什麼行動值前要有一個警戒值，甚至如果管理單位覺得警戒值還不夠，安全係數還可以再稍為提高一些，當作預警系統。所以我剛才才講，雖然我們有訂這兩個管理值，但橋梁管理單位要採取什麼應變措施，應由橋梁管理單位去決定。看河流的屬性、橋梁的位址、橋梁的特性，比如是深基礎還是淺基礎，這些也都有關係的。所以這不

能一概而論，從那一階段到那一階段要多少時間，我們很難說。

#### 主持人(陳正興教授)：

這確實是一個很難的問題，應該還需要再加研究。關於第三個問題有關南港鐵路地下東延線的問題，我是不太瞭解，是否請張經理回答。

#### 張文仁經理：

當初配合線形的需求，把舊的隧道拆除，再建造新的隧道。剛才提的為什麼不用沉箱的方式施工？因為舊的隧道是線形結構，屬於單座雙拱隧道，如果一邊要營運，一邊要下沉，頂版要拆除，舊結構要被破壞，這方法困難度很高，所以還是用重新改建的方式施工。

#### 吳文隆經理：

我再補充一下，剛才張經理也講過，這地層很軟！如果分兩半再去挖，要維持營運，一挖下去可能會引起地表下陷。鐵軌要求的沉陷很嚴謹，安全值是5mm，警戒值是7mm，5mm到7mm很快就超過。因為如果用超挖，讓沉箱順利下沉，這變形會很大！所以這工法會比較困難。

#### 李維峰博士：

新北市好像很徬徨，建議可以諮詢公路總局一位陳先生，他會很熱心幫忙。最近我們有幫公路總局，建立雨量作為警戒、行動之管理，這應該是比較實用的。

#### 主持人(陳正興教授)：

這是去年蘇花公路 116K 路段坍塌後，今年有用雨量作為警戒管理，曾經預測有大雨而封路，但最後雨是沒有下來。不過這是未雨綢繆，站在安全的立場，我覺得這應該還是一個好方法之一。我們時間已經超過了，今天的研討會非常謝謝幾位演講者豐富的演講，還有要感謝學術委員會主任委員林三賢教授的籌劃，當然最重要的是大家對這活動的支持，是我們辦活動的原動力，希望以後地工基金會舉辦的活動大家能繼續的支持，謝謝大家！



研討會與會者