

【樁載重試驗】座談會

時間：89 年 8 月 18 日 (星期五) 下午 2:00~5:00

地點：國立台灣大學應用力學館國際會議廳

主持人：倪勝火教授(國立成功大學土木系)

引言人及講題：

林三賢 教授(國立海洋大學河海工程系)

靜動樁載重試驗之承載力評估

張有恆 先生(台安工程技術顧問股份有限公司)

基樁品質檢驗方法之比較與適用性探討

陳斗生 博士(富國技術工程股份有限公司)

超高大樓基樁設計與施工

高秋振* 整理

註：由於本座談會之講題及引言人為 80 期雜誌中之論著與作者，故本次座談會專欄中僅就綜合討論部份加以整理。

綜合討論

倪勝火教授：我們現在進入座談的時間，這座談的方式很自由，可以就剛才引言人的講題內容提出問題討論，另外一些與樁載重試驗有關的問題而雖然不是剛才講題的內容亦可提出來供大家討論。

與會者：根據「超高大樓基礎設計與施工(三)」這篇文章的摘要提到，台北國際金融中心的樁載重試驗結果，下壓及拉

拔荷重分別為高達 4060T 及 2200T，請問陳博士根據您的經驗或者就這個工地來說，下壓與拉拔的荷重差別會有多少？

陳斗生博士：在覆土層非常深的情況，而且是黏土層，因為 shear plane 是垂直的，所以它所能提供的摩擦力(下壓與拉拔)應該是差不多的。其實在很多試驗裡，因為試驗本身的誤差就相當大，所以在拉拔試驗與下壓試驗的結果，我看不出有很大的差別。但是在不同的界面，尤其是覆土壓小的情況，拉拔試驗的摩擦力大概要減少很多。我還沒有統計出一個比值

地工技術

出來。在砂土層一般我們設計時採用拉拔摩擦力是下壓摩擦力的70%。

與會者：基樁的摩擦力根據一些公式計算，發覺有很多公式差別很大，比如在鑽掘樁，加拿大Meyerhof的公式 $f_s=0.1N(t/m^2)$ ，而日本國鐵則用 $0.2N$ (使用穩定液)至 $0.5N$ (未用穩定液)，這差別很大。請教陳博士依您作那麼多的樁載重試驗，結果是比較偏向那一公式？另一問題是您剛才提到有關高雄85層高樓在開挖完成時，解壓造成鄰房上浮，這與我們一般量測結果有點不太一樣，即地表是一個沉陷槽，所以我們很難理解這開挖的解壓彈性回脹會造成如此大的效應，是否請您再解說一下。

陳斗生博士：高雄85層高樓之基地約80公尺寬×160公尺長，範圍是非常大，所以當開挖23公尺時這解壓回脹的效應就相對的很大。我們在周圍都佈有沉陷點，甚至在房子的地下室每根柱位都有量測高程變化，確實有量到靠近開挖的地方是上升了1~2公分之間，因為這裡主要是砂土地層，所以這些彈性回脹我想是可能的。關於基樁摩擦力的公式，我沒有與日本的這幾個公式比較，因為我希望能歸納出國內的一些經驗式出來。依目前台北市的初步結果， N 值與剪力強度的關係，因為與地質有關，台北盆地經過三次的海進海退，在上面20公尺內的黏土層是最近一次海進的時候沉積下來的，所以是特別的軟，它的剪力強度(S_u)與 N 值比值大概只有1~1.2之間，而第二與第三層黏土層則是之前海進海退所形成的，所以它有輕微過壓密現象，因此 N 值一般大於4， S_u 值與 N 值的比值也差不多在1.2~1.4之間，這是根據現地十字片剪試驗的初步結

果，一般上十字片剪試驗都會得到比較高的值，但因為它的擾動性較小，所以比較有代表性。至於基樁的摩擦力(f_s)約等於 S_u 值的0.5，再根據濕孔/乾孔與採用之施工機械種類，再乘0.2~0.8，則最低的是0.1N，最高的約0.6N。所以Meyerhof與日本的經驗公式可能是不同的地質歷史反應出不同的地區特性而歸納出來的。

與會者：請教張有恆先生，有關OSTERBERG試驗方法，通常樁尖如果落在比較堅硬的地層應該會比較好，如果目前要應用在中南部的沖積平原，深度約50~60公尺，您會預見有那些問題？

張有恆先生：關於OSTERBERG試驗方法，事實上我們國內有很多大地工程的先進曾提出質疑。有關樁尖的問題，國外他們在岩盤內是作得相當成功，但是他們在樁尖裝的雙向千斤頂，衝程大概只有15公分，所以在試驗時要確認衝程不會超過這個值。另外，這個試驗包括施工過程中不能有任何差錯，油壓管如果在施工時拉裂或漏油，則此試驗就失敗了。還有，千斤頂由樁頂放到樁尖時，很難控制樁底的平整與中心點，將造成荷重無法平均施加於樁身，亦使千斤頂有漏油的狀況。自樁底加壓與實際結構體於樁頂受行為不同，就類似下壓與拉拔樁的摩擦力差異，在日本它差異的比值大約在0.5~0.7之間，在麥寮我們作很多PC樁試驗，結果大概是0.4~0.6之間。用在工作樁的時候，要考慮永久性腐蝕等問題。另外，因為成本的問題，它的荷重是靠千斤頂油壓表量測，而非使用Loadcell量測，因為油壓表去校正時會有約15%的誤差，所以準確度較差。這種試驗方法，如果摩擦力不夠則樁會被頂上來而無法求出點承力；相反

地工技術

的，如果摩擦力很大(或點承力很小)則試驗結果所得的都是點承力，所以在試驗前要先考量試驗目的是求摩擦力還是點承力。OSTERBERG本身應該是一個很好的試驗方法，但是以靜載重試驗的觀點，它是必須先克服一些問題。

與會者：請問陳博士，樁載重試驗時關於開挖面以上的摩擦力如何處理，是把它加上去還是用隔離的方式消除掉？

陳斗生博士：基樁於開挖面上的摩擦力是有好幾種方式希望能把它隔離掉，但都很不成功。我們有用帆布包，中間也塗油，結果現場試驗加載後卻發現摩擦力還在，上面20公尺量到的摩擦力有超過300t以上，好幾個工地都有相同的情況，比較成功的一個案例是用雙套管的方式，但這不太容易，施工時一定要非常小心不能有水泥滲到裡面。

與會者：請教各位先進幾個問題，(1)剛才倪教授介紹的幾種樁載重加載方式與靜動樁載重試驗之間有沒有一個比較好的方式搭配在設計上使用？因為我們知道載重速率的不同會反應出不同的強度；(2)各位是否能建議在工程上選擇試樁的比例；(3)剛才有提到金融中心的群樁沉陷分析，請問是使用t-z曲線分析的方式或者是使用有考慮壓密沉陷的群樁分析方式？

陳斗生博士：關於群樁沉陷的問題，我們分析時是有用t-z曲線的方式，而這基地群樁主要承載於岩層，這裡的岩層再差，都比土壤強上百倍以上，所以我們最大的問題不是分析群樁沉陷的方式，而是如何去選擇它的Modulus(彈性模數)，我們這案子用了約七、八種方式去估算它的Modulus，最後根據不同的深度，

Modulus 採用 2000ton/m² 到 6000 ton/m²不等。這數值最後是經過很多工程研判與案例分析而得到的，因為從實驗室求出來的Modulus有些是不能用的。另外，我們還估算出最高與最低兩種沉陷量供結構設計時使用，以確保結構設計在這兩種狀況下都不能有任何Over stress的情況，所以不能只給一個定值而是要給個範圍值。至於樁加載速率的問題，我想林教授或者倪教授待會有很好的意見，而我的看法是：假如是顆粒土壤則時間的效應比較不重要，但是在黏性土壤時它就會有時間效應，故加載速率對黏性土壤的影響比較大。

林三賢教授：有關靜動載與靜載重試驗，我的這篇文章所蒐集的試樁資料主要是ASTM D1143標準載重試驗與快速載重試驗。依美國來說，聯邦單位建議除了前期試驗要作到破壞外，不然就是用快速載重試驗，這兩種試驗結果大概相差只有5%左右。至於我所蒐集到的結果，這兩種試驗結果的Correlation以砂土層表現比較好，於黏土層則快速加載會稍為高估。於靜動載試驗方面，會忽略的是超額孔隙水壓的一些影響。依他們所蒐集的有限資料其影響大概只有5%，所以除了理論外，後面的背景可能還是需要更深入的研究。另外，根據入岩的試樁來看，靜動載與靜載重試驗結果的比較是相當吻合的。

張有恆先生：有關飽壓的時間，我曾作過幾組快速與慢速加載的比較，差異並不是很大，比如我們在嘉義作過兩組PC樁載重試驗，一組是快速，另一組則是標準試驗，結果曲線幾乎是完全相同的，我們以前也作過靜載重試驗旁邊有埋設水壓計的，結果顯示水壓並沒有任何變化。其

土工技術

實我們作過很多試驗，發覺到樁如果作不好，大概10~20分鐘樁就過量變位而破壞了，所以如果花12~24小時去飽壓等待是沒有意義的；如果樁施作品質良好，經兩種速率，其沉陷差異大概只有一厘米以內。另外，台灣的天氣很熱，所以也發覺gauge受溫差的影響變位差異會有2mm左右。還有，在美國用快速加載試驗的其中一個主要原因，是採用快速加載時可以在上班的時間全程督導，而如果過夜則花樣與狀況就會比較多。

倪勝火教授：我補充一下，樁載重試驗依加載速率不同，可分為四種，即快的階段式加載(q-ML)、慢的階段式加載(S-ML)，等速加載(CRP)與及瑞典採用的週期性加載。美國是比較喜歡用慢的階段式加載，歐洲則是比較喜歡用快速加載的方式，但規範規定加載的時間是有彈性的範圍，讓工程師可以依土壤超額孔隙水壓消散的速度去選擇加載的速率或滿足沉陷率的變化。CRP test則是比較適合初步的試驗，它規定貫入定速率為0.75~2.5mm/min，通常於黏土層採用較慢的0.75mm/min；於礫石層則可用2.5mm/min，雖然這時間只差了一些，但也考慮到土層孔隙水壓消散的快慢對摩擦力的影響。有一篇論文研究結論，這四種加載速率與方式，若依規範去作，只造成結果有5~10%誤差而已，但時間上卻差別很大。另外，還有一個需考慮的是，如果很在乎載重與沉陷的曲線關係時，應該採用S-ML試驗，因為一般建議不要太相信CRP試驗的載重—沉陷曲線，應只關心它的極限承載重。

陳斗生博士：一般上，在小的荷重狀況我會採用較快的加載速率，在高的荷重

狀況則選用較慢的加載速率(或較長的飽壓時間)。因為既然高荷重狀況花了很多時間去架設反力系統就不會再在乎多花一些試驗飽壓時間，而且在黏土或有creep(潛變)的土壤，若加載飽壓時間不足，所得到的T-Z curve是不對的。目前已不是以一支樁載重試驗結果(承載力)應用到全基地其他基樁之設計，而是要根據將來基樁的受力行為來設計，所以如果T-Z curve特性求不出來或者飽壓時間不夠，則將會低估它的沉陷量。至於試樁的比例，目前規範規定是1%，但我認為還要視土壤狀況，若土壤狀況變化大則應再增加比例。這也還要視工程的重要性與業主有無預算及時間去進行樁載重試驗。像金融中心基樁共有五百餘支，除了八支傳統樁載重試驗外，之後還有工作樁之驗證試驗(Proof Load Test)，其中六支即為STATNOMIC test，所以總共有十餘組的試驗，比例則為2%以上。這次部份樁載重試驗建議採用STATNOMIC test，是因為希望大家都有機會參與這個大工程，而且對這新引進的技術其實非常值得鼓勵。當然這STATNOMIC test的能量比較有限，但是只要與傳統靜載重有很好的比對結果，將來工程需求多了，相信能量就會增加了。

與會者：請問金融中心的反循環基樁在施工後是否有進行樁周或樁底的灌漿(post grouting)？假如有，是採用何種方法？有沒有與未灌漿的作比較？

陳斗生博士：金融中心的基樁施工後是有作底部的灌漿，但是我們整體的設計，底部的灌漿是當作額外的安全係數。至於樁底的灌漿處理方式，是採用了一般的U型管、Flat Jack，也有以預埋灌漿管

地工技術

於施工後再鑽心至樁底沖洗沉泥至乾淨後再灌漿。最後我們發現最有效的方式是完善的施工控制。

與會者：請問傳統的靜載重試驗與 OSTERBERG 及 STATNAMIC test 的結果(極限荷重)差異性是多少？例如以金融中心來說，於作完傳統靜載重試驗後，再進行 STATNAMIC test，於土層狀況大概是差不多的，這兩者最後得出的結果有無差異？

陳斗生博士：金融中心開始時是有考慮採用 OSTERBERG 試驗，也曾請教了國外的專家，但是發現價格很貴，而且在這工程也不可行，所以最後就沒有採用 OSTERBERG 試驗。至於 STATNAMIC test，因為它的能量只有達兩千餘噸，而靜載重試驗最大荷重達四千餘噸，所以只能比較前段部份(兩千餘噸)的 curve，fitting 還很不錯，因為 STATNAMIC test 的加載速度比較快，所以其荷重一變位曲線是在靜載重試驗曲線的上邊一點，這可能是土壤的 viscosity effect。在台灣因為目前作 STATNAMIC test 的經驗還不是很足夠，所以還是需要作傳統的靜載重試驗去比較。我相信再過幾年會有很好的 correlation 出來，但目前我還沒有辦法給這個 correlation 結果。

與會者：在作樁載重試驗前若預估極限荷重很大，有沒有可能不用全尺寸之基樁作載重試驗？若用小一點的尺寸，則應該是多小的尺寸在工程設計上才比較有相當的信心，這種 scale effect 到底會如何？

陳斗生博士：在金融中心我們也沒用 full scale 試樁，試驗樁是用 1.2m 直徑，而設計之工作樁則是 1.5m 直徑(下壓)與

2.0m 直徑(拉拔)。這部份的選擇考慮，從地層種類來看，假如是黏性土壤，則 scale effect 會很小；但是在砂性土壤因為有 arching 的作用，所以試驗樁口徑大小可能就會有比較大的 scale effect；在岩盤內若樁的口徑不是太小則得出來的結果就差異不大，因為在岩盤內，它本身最大的應力並不是在垂直方向，故所量到的側向壓力事實上已反應出地質歷史的壓力。其實最重要的是要試到破壞，如此才可求出它的 t-z curve，尤其有些地層尖峰強度後會降到殘餘強度(Residual strength)，則誤差就不會太大。

與會者：請教張先生，在作樁載重試驗時，油壓千斤頂最大的 capacity 大概是多大？如果試驗時加載至非常接近這最大 capacity，則此系統會否有不穩定的情況？

張有恆先生：因為台灣的學校校正千斤頂只能達 500 噸，所以我們目前前千斤頂大概都是 600 噸的能量，試驗時是採用並聯的方式，比如要作 4000 噸的載重試驗，就要裝置八顆千斤頂。至於反力樑的 capacity，如果依照目前我們提送高鐵的計畫，作到 5000 噸應該沒有問題。這並聯的千斤頂整個提供的荷重當然不能保證完全很平均，而有時候樁不是很垂直，或主樁與錨樁之中心點並不在同一直線上，則有可能會產生偏心的狀況，再加上若空打部份採用隔離套管時樁易偏移，這些原因都會影響試驗加壓時的穩定性。

陳斗生博士：其實目前有很多千斤頂可以達到一千噸 capacity 的，但因為國內只能校正到 500 噸，我建議高鐵花些錢建立可以校正 1000 噸的設備。因本來試驗最大荷重 4000 噸只需四顆千斤頂，目前卻要

地工技術

用到八顆，使得穩定性與危險性都比較差。另外，在試樁時，為了反力樑穩定性能比較好，除了pile cap施作時要很謹慎與很準確外，建議反力樑架設方式採用箱形的構架，則安全性就會增加很多。

與會者：請問高雄85層大樓採用地中連續壁作基樁，是否有進行樁載重試驗？另外一個問題是我們樁載重試驗時，一般主樁與錨樁之間距是採用2.5倍樁徑，但根據ASTM的規範要求間距是4倍，如果要維持4倍的間距，恐怕反力樑需要太長而有困難，有沒有比較好的方式可解決這長久存在的問題？

陳斗生博士：高雄85層大樓我們有作試樁，一個有post grouting，另一個則沒有，有post grouting的是用Flat jack底部灌漿，也作了幾個比較淺的壁樁，再把整個拉出來檢視其底部灌漿之成效，這只是對連續壁底部的施工控制檢測。另外，關於試樁主樁與錨樁的距離是2.5D至4D的要求，這一直是大家很頭痛的問題，尤其是高承載的靜載重試驗。金融大樓樁載重試驗時，反力樑約有13.5公尺長，那是專門為了滿足規範要求5D以上與capacity4000噸以上而特製的樑，國內目前是有兩套。

張有恆先生：我再補充一點，關於這5D是美國的規範，因為他們以前都用比較小的樁徑，但卻一直沿用下來。目前國內最長的樑是15公尺，所以在試樁時1.5m樁徑以內的都能符合5D的標準，但要用長方形的配置讓斜邊比較長，那拉力試驗也因此而須要用四支錨樁來克服。超過1.5m樁徑以上的就只能用日本的規範，即3D，可是並沒有註明是心到心或是邊到邊的距離，但我們習慣是用邊到邊來控制。另

外，Poulos的研究指出主樁與錨樁的距離要5D~10D以上才完全沒有任何的影響，這就很難做到的。

與會者：請問陳博士幾個問題：(1)國際金融中心施作之套管基樁與反循環基樁，其垂直度可達多少？(2)以國內現有之設備，套管式基樁以搖管器施作，套管最深可達多少？(3)像國際金融中心那麼長的樁，經過樁底U型管、Flat jack或預埋管高壓沖洗灌漿等好好的改良後，其樁底點承力能發揮多少，有無意義？另外，亦請教張先生，若靜動載試驗在開挖面施作，它所需的施作空間長、寬、高各多少？

陳斗生博士：我們要求的垂直度是1/100，實際施作的都比較好，真正有偏離超過1/100的不是反循環基樁反而是套管樁，因套管樁鑽掘時採用的是德國的伸縮式鑽桿，這伸縮桿越深時其剛性越低，所以垂直度很難控制。另外，這裡採用的全套管基樁，入岩約20公尺，總深為60餘公尺，這對施作廠商而言，施作得戰戰兢兢的，很怕套管被咬著，所以施作時套管頭加焊了一道東西，以使其摩擦阻力減小，但卻也讓地下水能流進管內，最後也不敢繼續採用全套管施作。我們這裡完全是用摩擦樁設計的，理論上樁底承載力未發揮是沒有關係的，但基於心理因素，我們還是儘可能的改善各種施工法，所以樁底灌漿若有效則視其為額外的承載力與提高安全係數。

張有恆先生：有開挖底面施作靜動載試樁所需的作業空間大概是8m×8m的正方形空間，而距試驗樁15~20m外能有位置安放雷射水準儀並能通視，這8m×8m正方形的上方最好能是淨空的，因為施作

地工技術

時反力塊有時會跳出4~5公尺，所以一般是選擇在支撐的中間部份施作。

與會者：採用靜動載試樁時，樁的量測儀器有何不同？試樁結果能否得到t-z curve？有無這種數據之案例？

張有恆先生：採用靜動載試樁，其量測儀器與傳統的，事實上是一樣的，只是量測樁頂沉陷是採用高速動態量測系統。T-Z curve應該是是可以求出來的，因為基本上樁身各處的位移量與摩擦力都可以求出來。目前我們的STATNAMIC test大部份還是Proof Load test，所以還沒有這方面的資料。

陳斗生博士：我建議STATNAMIC test與傳統靜載重試驗兩者要比對的作，因為STATNAMIC test偏向動力的，故分析時變數較多。依目前的時機要單純採用STATNAMIC test求得的T-Z curve作為分析用，可能還太早了些。

林三賢教授：有關靜動載與靜載重試驗，日本是有作過比較，它們埋設一樣的Strain gauge，反推得到力量，而每個時間都可以記錄，最後他們就作了一些比較的結果。

陳斗生博士：由於靜動載試驗結果之分析是用彈簧與阻尼去模擬，它反應的是Linear relationship，但我們知道黏土不是Linear的，它還是有潛變的time effect在。所以假如是Transient Loads，我想是可以適用，但假如是很大的Dead Loads時則可能有偏差，使用就要小心。

與會者：請教陳博士，剛才有提到高雄超高大樓開挖期間地表有回脹1~2公分，同時間是否有作地下水位的監測？另外，如果在同樣的地區內施作一般的高

樓，而非超高大樓，有無需要作一些防患的措施？

陳斗生博士：我們在四周都有監測地下水位。因為基地離海港很近，所以一般地下水位的變化約在地表下1~3公尺間。我們在附近也有一個抽水的工程，我們觀測到地下水位下降對地表沉陷的關係，即地下水位全面下降一公尺時，地表面沉陷約0.8公分。在沖積平原，假如是砂性土壤，根據我所知道的，全面地下水位下降一公尺，地表面沉陷約0.5~1公分。至於這開挖期間的地表上升，因為這工期很長，所以這中間也許有水位變化上下的狀況，但根據監測記錄，地下水位的變化對這棟大樓的影響則沒那麼大。至於一般的高樓，在高雄地區砂層之地下水位因為抽水而會造成錐形的洩降，所以最好不要靠近沒有深地下室建築的地方抽水，否則會引起鄰房的差異沉陷與淺基礎的破壞。要不要作預防則要視各建物結構系統與基礎型式而定，比如R.C結構的筏式基礎比磚造結構的淺基礎能容許較大的差異沉陷。

與會者：請教陳博士，一般作下壓樁載重試驗時常以錨樁為反力樁方式，但很多因為成本的考量後來把這向上拉拔的錨樁當著下壓的工程樁使用，這種情況是否合適？

陳斗生博士：一般試樁時我都建議對錨樁也要監測它上升的位移量，以及試驗後回復的量，此量一般約在0.5~1.0公分以內。假如反力樁不是太深的情況，最好不要當工程樁來用，或者要用的時候要折減其承载力，只能用其摩擦力。

與會者：(1)陳博士剛有提到在台北國際金融中心施作反循環基樁的品質會比

地工技術

全套管基樁的好。因為那是在岩盤內施作，但如果在黏土層內施作反循環基樁，其品質是否也比全套管基樁的好？因為在台灣施作反循環基樁時常會在壁上形成泥膜而減低了其摩擦力。(2)靠近連續壁的那排基樁是否受到開挖連續壁變形而擠出去，因為我們設計時，控制基樁的側向變位平常是1公分，地震時是1.5公分，所以當開挖二十餘公尺深時，相信連續壁的變形會有5~6公分，則可能會影響到樁頭側向變位，超過其標準。(3)聽說國際金融中心的基樁間隔很密，約接近2.5D，那是否有補樁的問題？即萬一有斷樁的情況，在那麼密的空間要如何補樁？

陳斗生博士：到目前為止還沒有補樁的問題，因為每一支樁施工時24小時全程都有嚴格監控與檢測，而且監造、監工時比施工人員還多。是有發現有幾支基樁在施作時於崩積層內比較會坍孔，故最後則於旁邊再補灌很多漿加強。至於反循環基樁的摩擦力，確實比全套管的好，在這基地我們也對反循環基樁的鑽掘機具作些改良，即把三翼鑽頭最後一顆鑽齒修改其與土壤之夾角呈向外，則鑽齒刮過土壤時會留下一道的痕跡，結果基樁成形後就像波紋樁一樣，對其摩擦力效果很好。另外，國際金融中心接近連續壁的基樁結構設計上還是有保持一些距離，其實我們的基樁很多，非常的密，假如有少數幾根偏移，對整個承載行為影響並不大；另外，開挖面處是軟弱黏土層，基樁樁頂四周也是軟弱黏土層，就像是筷子插在果凍內，黏土受連續壁推擠後會繞過基樁，故其相互影響是比較小的。

與會者：請教陳博士(1)在基樁鑽掘完畢後，除了用air lift外，還有什麼方式可

以去排除孔底沉泥？(2)剛有提到灌漿時採用保麗龍球取代傳統的皮碗，那使用時是否會造成空洞、塞管或斷樁的情況？(3)剛也提到試樁時，不建議連續壁充當錨樁使用，但是如果在連續壁與試驗樁之間打設鋼板樁，是否就可排除擾動的因素？

陳斗生博士：採用鋼板樁隔離並不是很好的方法，除非能知道它的 stress distribution。另外，我們在試樁時發現壁樁的拉拔破壞模式與圓樁的不一樣，壁樁拉拔破壞時上面呈錐形，但其距離試驗樁只有1~2公尺，所以其影響在黏土層會小很多，因為它的破壞面(shear plane)幾乎垂直基樁，但在砂礫石層其破壞面則可能有四十餘度。另外，關於air lift，有幾點要注意，air的出氣口放在特密管內越深越好，因為1c.c.的空氣放在深的地方上升時就會變大好幾倍，則整個lifting的force會增加，另外台灣常用air lift的壓力只有6公斤，但在較深的基樁，像金融大樓的基樁深60~80公尺，6公斤的壓力就不夠了，我們要求的是8~10公斤。亦可於鋼筋籠放置後，以特密管連接反循環基樁的抽泵去抽除孔底的沉泥，效果也不錯。至於採用保麗龍球取代皮碗，當孔底高壓力時保麗龍球會擠壓縮小，所以其上還要放保麗龍碎屑去填充，則就無塞管的狀況，而當保麗龍球被擠出特密管外，經常約有一半以上會浮出液面，有些會卡在鋼筋籠內，但壓縮後球的體積其實很小，這對直徑1.5公尺以上的基樁整體影響不是很大。

倪勝火教授：因為時間的關係，我們今天的座談會就到此為止。非常感謝各位熱烈的參與，更感謝四位引言人的指導，謝謝。