

座談會

大口徑場鑿樁設計、施工與試驗研討會 — 以國內超高層大樓樁基礎為例

時間：88年7月15日(星期四)上午9:00~下午5:00

地點：國立台灣大學應用科學館國際會議廳

主辦：財團法人地工技術研究發展基金會

協辦：中華民國大地工程學會

議程：

演講主題	主講人	主持人
大口徑場鑿樁設計與分析	陳山山	胡邵敏
高承載場鑿樁載重試驗	張育恆	陳正興
大口徑場鑿樁施工考量	何樹根	翁作新
場鑿樁施工管理與檢核	林國良	李光雄

高秋振 整理*

胡邵敏博士：基樁是深基礎最重要的一環，在國外很多地方若房子無樁基礎則沒人敢住，因此房子將賣不出錢。在國內很多重要的結構物，例如超高樓與高架橋等也有用基樁，但是我們在台北市看到很多的高架橋，它們的行為卻很像沒有基樁的樣子。過去在設計時，以台北盆地為例，樁身摩擦力是由砂土層提供，樁底承載力則靠景美層或岩盤。因為景美層是卵礫石層而無法取得試體進行力學試驗，只能靠打SPT，以緊密砂土強度(N值=50-70)來設計。我們發現小口徑基樁在台北市如此設計時，最後是以混凝土強度去控制，所以我們並不知道它究竟可以提供多少摩擦力與底承力。近來發展到使用大口徑基樁(約1-2.5m樁徑)，這種基樁假如不是混凝土強度控制，我們必須知道它真

能提供多少的摩擦力與底承力是多少。在岩層裡我們也沒有它真能提供的承載力資料，這是第一個難題；第二個難題是利用反循環或全套管施工時，在樁底一定會有很多淤泥無法清除，這淤泥對基樁承載力的影響究竟有多大？第三個難題是大口徑基樁，初期我們沒有很大油壓千斤頂，試樁時很難達到極限破壞狀態，所以這是驗證的難題。另外，在施工過程中施工品質對最後基樁品質的影響是如何？這幾個問題我們非常榮幸的請到國內幾位基樁專家各花80分鐘給大家很詳細的解說。大家在聽的過程中有任何問題請以書面寫下來，以方便我們整理及各自講者下午綜合討論時有系統的解答，也比較節省時間。

說明：以下係摘錄現場解說，詳細內容需詳閱原文。

一、大口徑場鑄橋設計與分析

(陳山博)

大口徑場鑄橋設計與分析可分為以下三大部份加以探討：

(1).大口徑場鑄橋之承載力評估

大口徑場鑄橋與一般基橋採用一樣的計算公式，但參數之選擇卻使基橋估算之承載力有極大之差異。大口徑場鑄橋承載力之評估除地層外，最重要乃是依所決定之施工機械及施工方法與程序而選擇適當之參數進行分析。

對橋身摩擦力參數 C_a ， K 與 δ 之選擇，應先考慮地層分佈與特性及施工方式對各參數之影響。對底承力最俱影響之 N_q 係數，則要先考慮地層之分佈與可能之破壞模式。

(2).大口徑場鑄橋載重試驗之分析

橋載重試驗不但可因安全係數之不同要求而大量減少基橋數量，也可對安全性加以驗證，對載重至破壞且有適當之量測儀器，尚可進一步對橋基礎之設計荷重下之行為加以分析。

橋載重達破壞之試驗，其極限承載力之推估建議使用較簡單的方法：**(a)**明顯的降伏點；**(b)**雙切線之交點；**(c)**總沉陷量達結構設計容許之沉陷量或 $\leq 2.5\text{cm}$ ；**(d)**塑性沉陷量達結構設計容許之沉陷量或 $\leq 2.5\text{cm}$ 。未達破壞之載重試驗則有十餘種方法估算其極限承載力，但使用時必需注意因地層狀況而有些方法可能高估其極限承載力。

由橋載重試驗儀器量測數據中可分析出各不同地層之摩擦阻力(T)與位移(Z)

之關係及橋底部之阻力(R)與位移(Z)之關係(R-Z曲線)。

(3).橋行為分析與設計

由於施工中之結構載重及其後基礎版下地下水壓之回升，橋體內常有負殘餘應力與應變。

此外，由於大區域地盤沉陷，許多大口徑之基橋也時常會產生負摩擦力。而負摩擦力之分佈實際為基橋之土層限制之反應，倘基橋底承力可完全發揮，基橋與土層之層產生極大之相對位移，故承載層以上軟弱土層之橋周摩擦力絕大部份皆應考慮為負摩擦力；然而因橋底淤泥清除不易致基橋大量沉陷時，則負摩擦力也就無由產生。在分析負摩擦力之影響及估算時，可利用T-Z曲線分析之觀念與方式加以估計。

一般大口徑場鑄橋因承載力高，在使用上大多採單柱單橋設計，但在超高荷重時必須以基礎版將荷重傳遞到其下較密集橋群。除可用一般群橋沉陷公式粗估外，可利用彈性力學理論計算其群橋作用下橋底下地層沉陷量之分佈，此沉陷量與各單橋由T-Z分析之沉陷結果疊加後即基礎版之沉陷分佈。惟在沉陷量估算中，地層之彈性模數選擇端賴類似之案例及設計者之經驗與研判。

基礎設計時尚應考量基礎版—基橋—土壤之限制行為，即反覆進行結構分析與基橋行為分析使趨於一致或接近收斂為止，此時之橋荷重分佈及相應之橋長即可確定。

二、承載戰場鑄樁載重試驗

(張育恆先生)

(1) 場鑄樁品質國外統計

1. 有問題之樁約7-19%
2. 須修補之樁約6-9%

(2) 場鑄樁試驗方法

1. 靜載重試驗

- a. 反力錨樁法。
- b. 笨重法。
- c. 地錨法(垂直地錨、傾斜地錨)。
- d. Osterberg Cell。
- e. 錨樁與堆重平台聯合荷載裝置。
- f. 利用現有建築物為反力裝置。
- g. 利用山體作為反力裝置。

2. DLT動力載重試驗

3. STATNOMIC靜動試樁

4. PSEUDO STATIC PILE Load Tester

(3) 試樁儀器之劣弊與問題探討

1. 國內試樁問題
2. 使用油壓千斤頂油壓夾作為加壓基準之缺點

(4) 靜力試樁之分析與問題探討

(註：張先生以非常多之彩色照片及檢測資料快速說明上述各種試驗之優缺點及注意事項，限於篇幅，僅列其大綱，詳見地工技術雜誌第52期之論著)

三、大口徑場鑄樁施工考量

(何樹根先生)

場鑄樁施工時如何有效鑽掘及保持樁壁之穩定為施工之重點，各種不同之施工機具及工法均由此而發展出來，國內最常用之工法有(1)反循環工法；(2)套管工法；(3)正鑽工法；(4)螺旋鑽工法。

每個基地皆需經由專業之評估而選用較適合工法及施工機具。最佳之作法為經初步評估後，由實際試作並進行極限載重試樁，可同時測試施工可行性及承載力。

初步評估之考量包括(1)地層狀況；(2)地下水；(3)樁管、樁長及施工精度；(4)設計之承載力來源；(5)斜樁；(6)設計及規範上之特殊需求；(7)基地及進出道路之大小；(8)施工工期之限制；(9)施工費用。

從場鑄樁施工之順序，探討一些施工的問題簡例如下：

1. 穩定液之檢測標準。
2. 反循環工法之水路。
3. 保護套管。
4. 鑽掘時之垂直度控制。
5. 承載層之確認。
6. 樁底沉泥處理。
7. 垂直度之考量及檢測。
8. 鋼筋籠吊放。
9. 混凝土澆置。
10. 空打部份之回填。
11. 樁底後灌漿。
12. 樁周灌漿。
13. 品質驗證。

此外，一般常以較小之樁管進行樁載重試驗，以推估較大樁管之承載力，某樁尺寸效應外，施工時對於樁管或樁長差異很大之樁管均可能造成不同之結果，因此若能以足尺寸之樁管進行載重試驗則可消除此不確定因素。

DL、場鑄樁施打管理與檢核
(林國良先生)

綱要

- 基樁工程範圍
- 計劃執行團隊
- 施工單位現場管理組織
- 場鑄基樁施工步驟
- 施工管理
- 基樁品質檢核試驗
- 突發事件處理/缺失改善
- 計劃管理策略
- 場鑄基樁管理資訊系統之建置

(註：林先生以一大型工地為例，說明上述內容，並請同豐營造陳主任配合彩色照片介紹場鑄基樁施工步驟)

綜合討論

胡邵敏博士：聽了四位主講人之講解後，在綜合討論前，我先談談從一鑽掘式擋土排樁工地觀察到的現象。該處樁長約十餘公尺，穿過土層挖進岩盤內。因地下室逆打開挖而深入岩盤，所以有機會可看到所有樁底的情況。因為這是擋土排樁而非承載樁，所以施工的時候沒有很注意清除樁底的沉泥。(註：胡博士先以幻燈片介紹此工地拍到各種樁底情況)依觀察結果，樁底情況可分類為三種：

(a) 沉泥較少，基樁樁身水泥顯得比較白。

(b) 中等程度的沉泥，當水泥灌下時，把軟的淤泥往上擠，因為它是淤泥，含水量較高，所以開挖後可看到一些黑色的泥還黏在白色的水泥上。

(c) 樁底很多沉泥時，水泥灌下後，沉泥被擠得很高底部很厚，甚至超過鋼筋籠保護層厚度。開挖後看到底部整根都是黑色的泥，也看到樁身鋼筋籠露了出來。

在十幾年前，為了瞭解台北市景美層承載力的情況，曾進行了兩支試樁，Pile A：1公尺樁管，長30餘公尺，樁底至卵礫石層並清理得很乾淨，樁身也塗了油以減少摩擦力以求樁底承載力。若以沉陷量為樁管10%作為其極限承載力求法，則樁底極限承載力可達700噸，安全係數取2.5，則容許承載力可達280噸，其樁底沉陷量只有2公分；Pile B：樁底沒有特別清理，所以底下有25公分厚淤泥，結果含摩擦力算起來極限承載力只有300多噸，樁底沒有發揮承載力，連摩擦力都減少了。

亦曾在台北市內試樁4支樁，Pile C與Pile D：在灌混凝土前把淤泥清乾淨，所以試驗到1500噸，變形量在2-4cm；Pile E：鋼筋籠安放後停了半小時才灌混凝土，所以承載力就降下來了；Pile F：停了5小時才灌混凝土，這根樁承載力特別低了很多，等於沒有底承力，摩擦力也減少，但是這幾根樁有很特別的現象，所有的樁都是在800-900噸以後就開始加速沉陷，所以判斷這些30餘公尺長的樁，它的摩擦力大概會變形量7mm就發揮出來，陳博士今早介紹的基樁比較長(70-80公尺)，極限摩擦力大概會1-2cm變形量內發揮。

另一試樁在板橋，基樁socked在砂岩內，假如底下有淤泥，它的承載力即含摩擦力都會減少很多，在1200噸內就破壞了。另兩根底部是比較乾淨的，所以承載力在1300-1400噸時沉陷量才1cm。至於為何樁socked在砂岩內摩擦力也會減少

呢？可能就如剛才我說明的，淤泥很厚的狀況下，灌混凝土後，淤泥擠到周邊降低了摩擦力。謝謝，以下開始書面問題的討論。

Q1：台北國際金融大樓的樁基礎是否有考慮耐震設計。

陳以升博士：關於耐震方面的設計，主要考慮的是側向力。雖然金融大樓基地很大，但經過計算，它的側向力很有限，有40餘公尺深1.2公尺厚的連續壁及地下5層，只要結構能承受，基礎所分配的側向力就非常小。關於這地震力的設計，根據地質狀況分析，計算結果是0.23g，但最後設計用的是較高的0.29g，可是主要仍是風力的關係，增加的荷重非常大，所以這種大樓是風力控制的。

Q2：靜力試樁(SLT)、動力試樁(DLT)及靜動載試樁(STATNOMIC)若如所提的，各試樁結果約略相同，請說明、比較此三種試驗之工期與成本。

張有恆先生：STATNOMIC與SLT是作過比對；而DLT與SLT也作過比對，但是PC樁的。在鑽掘樁卻未作過DLT與STATNOMIC之比對，因為DLT是用一個重錘(約16-17噸)來打擊基礎，所以基本上我認為不適合場鑄樁。試樁的工期，以2000噸的SLT來比較，從安裝到整個試驗完成，視加載程序大約要7-10天；STATNOMIC則視場地狀況，大概要1-3天；DLT則在1天內可完成。成本上，SLT包括錨樁的製作、抗拔工作等，費用以X來代表，DLT大概需要(1/20)X經費，STATNOMIC則大概要(1/2)X費用。以試驗費用來比較，雖然STATNOMIC比DLT較高，但是於場鑄樁作DLT，包括樁頭拆除整個費用則會增加很多。以台北金融大樓為例，因為資金利息很高，所以基於工

期方面的考量，考慮的是用較簡便快速的方式來作試樁。所以除了SLT外，亦規劃了4組STATNOMIC，目前完成了2組，另外2組預定在開挖面上進行。一般試樁都是在地表面上作的，事實上基礎是在開挖面下，其行為與效果是不太一樣的，我認為STATNOMIC與SLT是可以配合的，從工期與成本的考量，配合比較有效用。

Q3：聽說台北國際金融大樓基地是在台北斷層附近，是否有詳細調查的資料證實，以及其處理之道為何？

陳以升博士：確實的，任何的工程首先要調查工址的地質有無問題。在區域地質圖上，我們基地基礎是年輕的岩層，而南側則是老岩層，這中間一定有斷層。這斷層對金融大樓的關鍵性，第一是斷層位置，第二是其活動性，假如有斷層但它不活動則沒關係，若斷層有距離又不活動則當然最好。剛開始時，金融大樓是規畫在基地北側而不是目前定案的基地南側。因為初步評估階段時，我們參考的一個文獻資料是指稱斷層位置從信義路平行通過。隨後因為這裡有捷運信義線規畫，所以捷運局對這斷層作了非常仔細的調查，方法是選擇數個斷面，以一分鐘進法鑽孔調查，經由六個斷面找到的斷層位置連接起來就確定了斷層位置線，所以這斷層距金融大樓邊緣有200公尺，而其擾動帶距金融大樓邊緣也有70公尺。另外，從活動性來看，把台灣北部地區所有淺層的、中淺層的與深層的地震記錄都檢查過，並沒有發現與台北斷層有活動之關連，還有近期(約十年)的GPS測量顯示這附近都沒有發現有位移之跡象。從長期評估，台北斷層經過的和平東路等位置，底下卵礫石層並未發現有高差的現象，表示

這卵礫石層形成以後地層才有移動過，這卵礫石層(景美層)及其上的松山層沉積年代約有一萬兩千年，也就是說在這一萬兩千年以來台北斷層才有動過。所以從近期的、長期的評估，台北斷層都沒有活動跡象。在金融大樓基地共施鑽了151鑽孔，部份岩心作了化石鑑定與岩性判定，結果都確定基地岩性皆屬桂林竹層，即顯示基地是在斷層下盤。此外，我們也在基地南側並通過信義路作了三條震測線，結果並未發現有異常現象。所以結論是這條斷層位置與非活動性應該是很確定了。

Q4：台北國際金融大樓於風力或地震力作用情況下，其側向抵抗力之分析應如何考慮，或是否需考慮？此二種側向力來源對基樁側向力分析時之考慮是否有所不同？

(歐尼爾顧問博士)

陳斗斗博士：我們的地震力資料是經結構單位計算後提供的，側向力是從結構傳到基礎的。我們發現這側向力傳到連續壁後，基樁幾乎沒有受到側向力，其實風力比地震力還大，並因彎矩造成垂直力。這垂直力我們設計的安全係數是相當高的，初期我們只用摩擦樁設計，後來我們認為摩擦樁設計是基本的要求，所以所有基樁的底承力雖然不計算，但實際施工時仍要求樁底淤泥確實清除，並進行樁底灌漿，所增加的底部承載力當作額外的安全係數。所以我相信樁基礎的承載力及使用的壽命會比建築設計要求高及使用年限更長。

Q5：全套管基樁最大直徑可到幾公尺？長度約可到幾公尺？所需搖管器設備，其所需場地多大？

(台電輸口處陶先生)

同豐陳主任：台灣目前全套管基樁最大直徑可作到2公尺，在國外則可作到3公尺。口徑3公尺是有一些相對的機具選擇，台灣目前全套管的施工方式有搖管機配合鯊魚頭，還有一種是“鑽掘”機具配合搖管機，我們公司所使用的是360°旋管機，目前有一台3公尺直徑的，但台灣目前一般設計是2公尺的。因為全套管施工的全管費是蠻高的，所以在不是很普遍採用的情況下，它的成本是較高的。台灣目前3公尺口徑的全管還沒有，這口徑愈大它所需要的扭力也愈大。此外，台灣全套管施工的最大深度是與地層有關係的，一般上全套管適用岩盤，因軟硬面的關係，採用全套管施工可增加樁的垂直度；在土層內全套管的垂直度不會比傳統的反循環基樁之垂直度還好。目前我們公司施工全套管最深達60公尺，再深的話以台灣目前機具的配合上會有問題，因為拔除套管時所有機具的能量是比較重要的考慮。

Q6：STATNOMIC因為燃燒氣爆方式，其安全性如何？噪音大小？是否適用於都會區？(台電輸口處陶先生)

張有恆先生：STATNOMIC目前使用較多的是美國與日本，在KOBE大地震後，他們復建時採用STATNOMIC也是在都會區內，並靠近鄰房子旁邊，所以安全性應該沒有問題，我們測過它的噪音非常的低，在60DB以下。此外，有一張照片顯示發明此系統車站這密器邊按鍵進行試驗，所以事實上並沒有任何危險，最多是可能有些小石頭會跳出來，但這是可避免的，在置放碎石，反力塊上面要清理得非常乾淨，如此則反力塊跳起來時就不會帶動碎石跳出打到人。它壓力的產生是在一個很密閉的燃燒室內，產生將近2500psi的力量再用氣壓的方式把它壓下

法，它的安全係數是2.5。過法是要用分析軟體計算以預期燃料使用重量，但是經過這十年來的經驗，目前有一張法可以直接依試驗載重查出來，所以是固定，不會有危險產生的。

Q7：大樓採用「樁基礎」之時機為何？

先「打樁」再做「連續壁」，或先做「連續壁」有無特別意義？

(台塑營造部吳先生)

陳博士博：一般大樓的基礎型式非常多，要採用樁基礎的時機，第一是大樓的配置不均勻，預估將來有很大的差異沉降；第二是承載層不是很深，一般的大樓若可以用單柱單樁則使用樁基礎整個經費很省。若是超高大樓則視對承載層的瞭解，比如承載層非常的好而且不是很深的話，雖然單柱的荷重很高，但是若有非常好的岩盤而不需要去驗證它的承載力時，則可以使用沉箱基礎。但若需要驗證它的承載力，最好還是用樁基礎，因為可以用樁載重試驗去找出它的極限承載力。另外，很多情況最後是經濟上的考量。至於是先「打樁」再做「連續壁」？假如是「打」的話應不是場鑄樁，那我的建議是先「打樁」再做「連續壁」，因為打樁是排擠性的，擠出的體積可能會產生許多的塑性流，若先做連續壁，打樁時可能會把連續壁擠壞。假如是場鑄則屬於取代性的，是先挖土挖出再灌注混凝土，可以保持體積無太大變化，這情況下就可以先做連續壁，因為連續壁施工需要的場地是比較平坦的、無阻礙的空間，而某樁做完因開挖面上空打而造成地面一個個坑洞，如此對後做連續壁，施工時不是很有利。

李光雄董事長：這問題我與陳博士的看法是一致的，也許過法我們對觀測結果

沒有很用心，但最近我們發現古內湖區某工地，連續壁完成後，打了一百餘支H型鋼(350cm尺寸)中間柱，結果連續壁被擠出法5mm，所以如果是打樁的話，一定要先做連續壁前；如果是反循環或用穩定液的法，則可以在連續壁完成以後做。但如果是非常軟弱的地層，若先做樁的穩定液挖掘時，連續壁就會自動擠了進來，這可能會達幾公分以上。所以這種很軟弱的黏土地質，先做、後做都不對，那麼就要考慮比較適當的方法或衡量輕重、利害。

Q8：若空打部份不作絕緣即試樁，可否接受以比例換算承載力？

(台塑營造部吳先生)

陳博士博：不能照比例換算，最好是將樁頭的位置先裝設監測儀器，試驗時實際丈量，因為上面這段空打的部份摩擦力非常的難估計，即使作了消滅摩擦力的措施，但最後仍得不到不是預測的結果。

Q9：若基地為黏土及泥岩，且相鄰位置仍變化極大，鑽探孔數不足，導致原設計樁長不符現地狀況，當某樁施工鑽掘不下法時，如何判斷是否為鑽頭或是馬達之問題？

(台塑營造部吳先生)

同豐陳主任：反循環鑽機與一般鑽掘機一個很大的不同是鑽掘機的動力來源在機頭，而反循環鑽機的動力則是依靠它本身鑽桿的自重，配合轉盤旋轉的扭力，而進行鑽掘的動作。所以若反循環鑽機鑽掘不下的時候，事實上與它的動力沒有很大的關係，而是看它鑽頭是否有磨損或脫落，所以如果鑽不下的話，應該是要把反循環鑽頭拉起來檢視鑽頭有無磨損。

Q10: 如果設計的是入岩5公尺,但實際施作時卻沒有辦法達到5公尺而要求停止鑽掘時,如何確認它的承载力是否達到要求?

(台塑營造部吳先生)

同豐陳主任:這問題應回歸到設計面來講,設計有它的需求,所謂入岩5公尺是要岩盤的新鮮程度或是入岩的深度?這要針對設計的需求來考量鑽機是否應該要繼續鑽掘還是停止鑽掘。

Q11: 岩盤的貫入深度超過20公尺,是否會考慮在岩盤與樁間採用 shear key,以增加樁之摩擦力,減少貫入深度?

(翠尼顧問周博士)

陳博士:我們考慮過日本有一套機具,可以挖下去後擴孔,然後縮回來挖下去再擴孔。因為在融水樓的反循環樁施工的進度相當好,如果用擴孔的話,①機具運送時間可能要相當長,施工也不見得很快,價錢也不便宜;②這種施工法在融水樓工地可能會出問題,因為在崩積層內或是泥質砂岩層內浸水久了會散化,擴孔時很容易崩塌,所以最後並未採用。另外,在反循環基樁,我們要求修改鑽頭的鉗齒,把尖端稍往外突一點,如此當它切削過去時會刮出紋路來,從超音波檢查來看,這孔壁還相當粗糙,從試樁所得出來的摩擦力甚高,所以最後就沒有考慮採用特別的施工法。

Q12: 樁底鑽掘完成後,因鑽頭形狀為角錐形,如何確實定出樁底深度。

向樹根先生:我們樁長的定義是依樁底外緣,就是沒有變斜的那個角落計算,所以在實務上,除了用孔量測杆量鑽桿的長度,然後再計算鑽桿數就可以概略知道深度了,亦可以再用(1)沿著樁周量測樁長;

(2)量測中央位置的深度,再扣掉鑽頭的尺寸。如果這幾種方式量測結果都一樣的,則樁深就可確定了。

Q13: 樁底後灌漿施作的時機為何?何種方式能獲得最佳效果?如何判定施作後之成效?

向樹根先生:樁底後灌漿施作最重要的時機是水爆破,因為混凝土會隨時間愈來愈強,所以只要把通路打通了,以後灌漿就不會有很大的問題。一般水爆破的時間有人規定是初凝的時候,但基樁跟一般地面上打混凝土是不太一樣,初凝時間並未作過研究,所以實務上採用24-36小時應沒有太大的問題。至於何種方式能獲得最佳效果,Flat Jack與U型管這兩種方式都沒有辦法得到很肯定好的效果,所以我建議用樁底清洗的方式,就是用預埋管埋到沉泥的位置,用高壓的水把這些沉泥清洗出來,然後再用水泥漿去置換,到目前為止,我們認為這種方法最好,但它的成本可能也是最高的。判定施作後的成效最好是鑽心取樣,如果能鑽出樁一水泥漿塊一岩層,那樁底就會有很好的接觸力量,如果是作試樁,這與Capacity有關,可能無法完全測試出來,亦因費用高無法大量測試。

Q14: 台北信義區某樁的承載層座落於膠結鬆散之泥質砂岩層,鑽頭進入岩層後其鑽掘速度變為緩慢,增加工時及成本。所以某樁入岩深度(僅就信義區內)應多少?方可同時滿足某樁之設計強度及最經濟之工程費用。

向樹根先生:這可能只是問題中的其中一點,這要視需求的荷重大小,一般經過初步評估是可以把施工法選擇出來,但還是需要作試樁,由試驗結果及設計荷重,然後再評估可能會比較準確。

Q15: 反循環基樁鑽頭是否一定需要穩定導板以確保基樁垂直度？

向樹根先生：我們基地用穩定導板最主要的是因為入岩很深，而且總樁長很长。普通的三翼鑽頭是沒有穩定器的。事實上對有些樁如果操作良好，沒有穩定器還是可以達到其垂直度的，所以不一定要穩定器。但是如果沒有把握的話，採用穩定器可以確保基樁的垂直度。

Q16: 穩定液測試的時機、理由為何？

向樹根先生：穩定液測試的時機事實上很簡單，就是當你懷疑它品質有變化的時候就要測試。一般規範訂有如下雨的時候、隔天早上等，類似這種穩定液品質可能會產生變化的時候，一般規範都會訂得很清楚的。

Q17: 鋼筋籠上原本設計為焊接之鋼筋 spacer，可否用直接套在鋼筋上的白色圓形塑膠環片取代。

向樹根先生：我的經驗是一般 spacer 的寬度基本上都太小了，如果樁有點斜而一邊靠過去，太小的 spacer 就會陷進土壤裡去，所以保護層就不夠了。白色圓形塑膠環片據我曉得，它有兩個問題，(1) 寬度的問題；(2) 勁度的問題，鐵的勁度一定比塑膠的勁度還好，我曾經看過用圓型的塑膠 spacer，被全套管壓到後，因為勁度不夠而變成半圓形的。可不可以用？我想可能還是要視狀況，基本上作為 spacer，如果能確保達到固定間距的話，應該沒有不可以的。

Q18: 完整性檢測後有斷樁現象時，除補樁外，有無任何其他之補救方式？補強成果如何驗證？

張有恆先生：斷樁一般的補強方式是以鑽心鑽到斷樁的位置，用高壓水洗到乾淨為止，普通最好鑽兩個孔，用高壓水洗

變成清水出來後，再用高壓把水泥漿灌進去。驗證方式，靜載重試驗大概比較不可能，所以一般作法是這個樁最好還有完整性試驗的檢驗管，還要保持不塞管，則完整性試驗可再作一次。如果沒有了預留管，可能就用震波法去檢測。

Q19: STATNOMIC目前國內設備，最高可卸多少噸？

張有恆先生：我們現在的設備能力換算成公噸大概是2041噸。在金融大樓我們最高試過2200噸。如果基樁屬於完全彈性範圍內，就會產生加速度，同時加速度會反向，所以金融大樓會得到比較高的承載力。現在世界上最高的Capacity則是達3000噸。

Q20: 若地頭至地頭下6公尺遇有卵石(最大粒徑約50-60公分)，則反循環樁是否無法施作，而必須改為全套管工法？

向豐陳主任：如果卵礫石顆粒不大，反循環施作是沒有問題的，而粒徑約50-60公分，但只有0-6公尺深就還好。因為全套管工法與反循環樁工法有很大費用上的差異，如果只是為了這6公尺而採用較貴的工法則很划不來。事實上這6公尺可以用怪手直接挖除，如果怪手挖掘讓人不能接受的話，則可以用震動機把套管打下去，再用鯊魚頭把卵礫石夾充後，就可以用反循環工法施作。

Q21: 樁底沖洗灌漿改良之施工方式，(1) 對基樁之施作是否產生任何的影響；(2) 施工方式是否有何困難點；(3) 施工進度與成本如何；(4) 基樁改良後對樁的行為有何效益？

向樹根先生：我強調，如果樁底清洗得很乾淨而底部沒有沉泥，則不需要作沖洗灌漿改良施工。(1) 對基樁之施作影響，因為樁有預埋管，而預埋管下還有50

公分左右的混凝土，鑽心後直接自樁底進行改良，所有洗出的孔隙最後都是以水泥漿填起來，這水泥漿(W/C=1:1)的強度達到200-300公斤，對一般性岩盤應該就已經足夠了，所以到目前為止並未發現特別的影響；(2)目前遇到最困難的是大量施工時，預埋管自地很混亂的時候容易遭到破壞，如弄彎了或是被礫石把管子堵塞，這是施工管理上的問題而不是技術的問題。在技術上，只要有CCP機具設備大概都可以作。另外一個問題是漏壓，如果鋼管的焊接不密則會漏壓，可能設定40公斤壓力時，卻也許只能作到10公斤；(3)依據統計，一支樁進行沖洗灌漿改良，正常的話是需要8小時，花最多的時間是如何把兩支管子洗通，有些異常狀況洗不通，洗不通的狀況也許表示底下的沉泥並不多而不需要硬洗。施工費用，報價與數量有關，上面支以後每支是55,000元(不含水泥料)，50-100支與50支以內則各加10,000-15,000元之間，但是我認為如果是大量施工，而且某樁施工廠商自己作，則這價錢一定可以降的非常的低；(4)根據某工地試樁結果，樁底軟弱的狀況下，則大概自荷重300噸時就沉陷了30cm，改良之後約自4-5cm就可以達到1400噸，足足增加了約1,000噸的承載力，所以對承載力的貢獻我想是比較沒有爭議的。

Q22：請陳博士說明文章內圖3 K_o與OCR之關係。

陳博士：那張圖使用的機會大概不多，因為在台灣，過壓密高的土壤很少。以台北盆地為例，淺層的黏土N值為0-4之間，大概是近期的或後冰河期沉積的，而20-30餘公尺深的黏土N值為4-8之間，可能是自冰河期當中溫室起伏洶湧

退造成之輕微過壓密，但是台北盆地的“黏土層”含Silt比較多，PI值比較低，所以這張圖大家可以用的範圍大概是OCR自2-1之間，而PI=10。此外，圖中OCR<1之延伸虛線，那部份的K_o值可能比較大，用自如河口沉積的地方，即每自有新沉積的土壤，則此地層會非常軟弱，K_o值會升高，但實際值是多少未確定，所以以虛線表示。至於OCR=7-10部份，三條曲線有交叉現象，則完全是原作者的數據，我想可能是自那帶有些Data point cross over，沒有什麼特別意義。

Q23：請郭博士博士，(1)金融大樓所有的某樁是否採用相同的彈簧係數？雖然某樁長度都一樣，但亦因地層差異故某樁K_o應該不一樣；(2)自結構與大地工程之反覆回饋分析而修正K_o時，若K_o值一起調整則幫助不大。因沉陷量與樁管許承載力很有關係，所以若局部沉陷量過大，惟有調整那區域範圍的某樁長度或增加某樁的支數，如此對結構物才有幫助。

陳博士：我們自分析時，除了單樁本身的沉陷外，尚考慮整體群樁的沉陷。因此每支樁所分配的荷重除於所求得每支樁不同的總沉陷量後，才得到每支樁不同的K_o值，最後樁的長度就是根據這多次反覆分析後的荷重而設計的，所以每支樁是不等長的，這分析過程是很繁雜的，限於時間，詳細的說明若有需要我們會寫一簡短之介紹。

胡邵敏博士：我們自回答了二十三個問題，因為時間的關係，最後非常謝謝各位參加本次研討會。