地工技術，第85期（民國90年6月） 第83-86頁
SINO-GEOTECHNICS, NO.85. (Jun. 2001) PP.83-86

座談會

地工技術第三十八次座談會
【高層建築之基礎工程】

時　　間：90年5月25日（星期三）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：熊雲嵋　教授 (國立臺灣科技大學營建工程系)

引言人及講題：

范嘉程　博士 (堅尼土工程顧問有限公司　協理)

高樓建築物基礎工程於地震時之分析考慮

陳鴻運　先生　（台安工程技術顧問股份有限公司　經理）

臺中卵礫石層拉力試樁案例探討

廖惠生　先生　（萬鼎工程服務股份有限公司　工程師）

既有建物地下工程增建及改建案例之探討

陳斗生　博士　（富國技術工程股份有限公司　董事長）

臺北國際金融中心工址斷層及大地工程評估

高秋振*　整理

綜合討論

主持人：剛才四位引言人作了相當詳盡的說明，接下來希望各位工程界先進能提出問題與經驗與大家討論。

與會者：請教陳博士，剛才有提到四萬五千年來未有活動跡象，工程上即可視爲非活動斷層，但是根據地調所第二類活動斷層的分類準則爲一萬年至十萬年內曾經發生錯移之斷層，那遇到這種斷層該如何去判斷它是活動性或是非活動性的？如果它是活動性的，反應譜與加速度該如何去訂？

陳斗生博士：地調所最新出版的「臺灣活動斷層概論第二版」已經取消臺北斷層之有疑性活動斷層歸類，活動斷層的數量已由原來的51條刪減爲目前的42條。至於這一萬年至十萬年內有無活動之判斷，假如沒有找到可以定年的，要判斷確實不容易，但較簡便的判斷方式是運用地形特徵來研判，比如已經大概知道斷層的位置，假如它離坡趾有一段距離，而且山坡又是岩地層，因經經長時間的降雨沖刷了造成線形退縮，故可初步推估其活動性很久，但最重要還是要與地質師配合去調查評估。有關反應譜的推演，因爲台灣的斷層實在太多，常有近斷層的問題，若依教科書裡的方式去推演反應譜是不太適用的，所以目前是依照一般的推估法，再考慮以近斷層係數去加大。

與會者：第二類活動斷層是否也該考慮近斷層效應？

陳斗生博士：假如是重要結構物，我建議第二類活動斷層是要考慮近斷層效應；假如是一般結構物，雖然是第二類活動斷層，還是要把其斷層的確實位置找出來，儘量能避開就避開，否則設計結構使其將來受搖動損壞時不能倒塌。

* 富國技術工程公司

地工技術

主持人：斷層的威力實在太大了，所以它的存在是大家最擔心的，但是它的位置與活動性假如要靠一個工程單獨去調查，好像是不太可能，應該是國家以更大區域去調查才比較完整，財力、精力上也比較可行。

與會者：請教陳博士，聽說台北盆地一般上比較適合採用筏式基礎，本融大樓卻加以採用深樁基礎，是否還有另外的考慮？

陳以生博士：高層建築，尤其是超高大樓是沒有固定的基礎型式，一定要考慮好幾種因素，當然地質與土壤因素是首要考慮的，另外也要考慮施工技術，像高雄85層超高大樓，我們就沒有用到樁基礎。本融大樓選擇樁基礎是因爲柱尚重相當的高，原來也有考慮採用大沉箱作基礎，但問題是無法去驗證它的承載力，而且從鑽探調查結果出來到決定採用基礎型式之期間非常短促，幾乎是一看到地層資料與結構初估之尚重後就決定採用樁基礎了。採用樁基礎遇到的問題則是技術上的問題，既該採用甚麼工法施作樁基礎？經過比較後最後決定採用反循環基樁工法，當初有人質疑這現代的超高大樓怎麼還採用這種老工法，最後我們卻證明了這老工法是合適的工法，反而是很多國外新機械經過測試後其成果比反循環基樁差很多，所以這是技術成熟度的問題。在這基地，幾乎每四支基樁就有一預鑽孔調查，根據其地層資料去設計每根基樁，而施工時每支基樁都有工程師24小時全程監工，並有非常完整的記錄。所以只要施工品質嚴格的控制，是可以得到好的成果，所以到目前爲止我仍認爲選用樁基礎是對的。另外，假如一棟建物挖除覆土重與建物本均重量是差不多時，理論上可以用筏式基礎的，超高大樓採用筏式基礎也是有可能的，只要地層合適，水浮力與施工過程可以控制得很好情況下，應該是可以的。在新加坡的萊佛酒店七十餘層樓，我設計的基礎型式就是筏式基礎，但是我們是經過很多數據的分析，也考慮了其地質狀況，最後才採用筏式基礎的，那是個相當成功的基礎，所以依我個人的經驗，超高層大樓的基礎一定要考慮各種因素後才能決定其基礎型式。

熊毅嵋教授：謝謝陳博士詳細的說明，這個問題與范博士剛才說明的講題有很多相近的地方，與動力的控制作用及地震力的影響都有相關，所以是否也請范博士補充說明。

范嘉程博士：事實上我沒有參與本融大樓這個案子，不過對下部結構(即含樁基礎)方面我再作一些簡單的補充。剛才陳博士提到這棟超高大樓主要是受風力控制，雖然規劃決定基礎型式的時間比較短，而決定採用樁基礎，希望能紮實地將上部結構的力量儘量自下傳。這個基地鄰近山邊，而且岩盤面也不是水平的，所以採用樁基礎而言，它的長度與彈性方面是比較容易掌握的；面對風力與地震力等側向力，這整個基礎也應該更能確保這棟建築物未來的安全。

與會者：請教陳經理，在您的文章裡頭五(地工技術第84期第23頁)所列各深度間之試驗過程區段樁周之最大摩擦應力是否在同一時間點發生的？

陳鴻運經理：這問題很好，我也常提醒設計者，在試樁的報告書內，最後會出現一個綜合整理表，它把試驗過程各段樁周遇到的最大摩擦應力值列入，所以它本心是在同一時間激發的。根據試驗過程及T-Z曲線的表現，樁周摩擦應力是隨著位移量的增加而激發出來，當它越過一個尖峰值後可能會降下而成爲殘餘值。所以在設計時不要誤用，不能把這些最大值都一齊直接計算求其總摩擦力。但以我介紹的這個案例，有可能是會在同一時間激發出來，因爲它是短樁，樁頂與樁底的位移量會比較接近，也就是樁中間的彈性變形量比較小，所以各段摩擦應力有可能會在同一時間激發出來。可是在拉力試驗與壓力試驗結果比較則可能會有點不一樣，因爲拉力試驗會有鋼筋伸長的問題。

陳以生博士：剛才這篇文章內表三(地工技術第84期第21頁)所列的設計載重值較試樁結果低非常多，我猜其原因可能是因爲

這個基地很大，而筏基底水浮力提高，必須採用很多的基樁抗浮，因此考量整體性破壞的模式，其設計載重就低很多了。因爲由整體性樁群的破壞模式，控制其抗浮力的是樁群與其間結合由一起的土壤(卵礫石)重量，而非單樁試驗得到的摩擦力。尤其是短樁的樁群，最後是上層土壤的重量控制了其抗浮的能力，所以如果要用到所量到的T-Z曲線值，一定要用由長樁，否則要double check樁群破壞錨重疊的那層土壤重量。

與會者：請教陳博士與范博士，由樁基礎設計承受地震力時，一般上是以樁單獨來分析，實際上很少是樁單獨孤承受地震力的，因爲樁頭有樁帽結合由一起，尤其是高樓基礎有Mat foundation，它的Mat事實上都是很大的，所以基樁的行爲會受到Mat的影響，而樁與Mat的接頭一般上是rigid的接頭，以p-y curve的觀點來看，其deflection會小很多。由分析時要如何考量Mat foundation的影響，還有樁接頭的因素？如果考慮有被動土壓力時，因爲需要很大的變形，被動土壓力才會發生，所以要如何同時考量這些因素？

陳以生博士：由系融大樓，因爲基樁非常的多，其沉陷量及樁與土壤的互制部份，是將樁、Mat、連續壁與地下五層的結構都Model起來，由Model內基樁是以Spring取代，其Kv值是經結構單位提供Model分析得到之荷重分佈後，我們大地工應用彈性力學理論計算其沉陷量再提供給結構input到Model裡再分析，得到新的荷重分佈又再提供給我們分析其沉陷量，如此反覆分析，一直到分析值有收斂出現爲止。由大地沉陷量分析時，最重要的是選擇岩盤的彈性係數，因爲由結構荷重作用下，除單樁本身的變形外，還會有承載層整體的沉陷(群樁沉陷)，由一般Normal的荷重作用下，實際上基樁深層部份尚未受力，因爲安全係數根據試樁結果後採用2以上，而且實際的工作荷重又較設計荷重小，所以安全係數應該超過3以上，這時候大概用到基樁於黏土層及崩積層的摩擦力就足夠了，群樁分析時則將其荷重等值作用面放由岩盤面上計算；由大荷重作用時，其等值作用面則往下降至入岩深度的2/3，因爲這裡的基樁入岩有約20～30公尺。另外，再配合最差的與最好的condition去分析其沉陷量，結構設計時針對這兩種condition都要能滿足。所以大地與結構工程師由這種樁基礎的設計時需要互相來回密切的配合。至於承受地震力時的側向力問題，我們發現結構總垂直重量約40萬噸，乘以最大的地震加速度0.48g得到最大水平力約20萬噸，因連續壁四十餘公尺深，若將這水平力平均分配到這連續壁上，則需承受之側向壓力其實並不大，這裡的Mat有3～5m厚，考慮樁頂的情況假如側向變位不大，這接頭是可以把它當著相當的rigid，所以Bending moment的問題應該並不嚴重，反而是差異沉陷所產生的Bending moment比較critical。

范嘉程博士：關於這個問題由我文章內有介紹一個簡化的分析模式，基本上這也可以衍伸到群樁的結構分析上。如果基礎版不是很厚或樁頭confine的效應不是非常大的情況下，其樁頭的接觸有可能是介於固定端與鉸接端之間，雖然可能是較近似固定端，但分析時自自分別考慮固定端與鉸接端兩種不同的方式，當作鉸接端時會高估其變位，當作固定端時會高估其彎矩，所以兩種情況都有考慮時設計上較容易滿足。另外，考慮大的群樁結構(比如40根樁的群樁結構，再加上筏基版)，由整體上必須考慮到每根樁由平面上的幾何位置，再分析其群樁效應，這是有別於單樁的效應。或者是一排基樁，其幾何效應並不很明顯，但如果是兩方向都有基樁，而且數量很大時，其幾何效應就會影響很大。目前是有一些對應這種分析技術的程式軟體可以處理這問題，由土壤方面可以用非線性彈簧去模擬，並用有限差分法去分析。一開始每根樁單獨去分析，它

地工技術

的反應傳到樁頭，則樁頭會展現出一個勁度，這可以是垂直的勁度、水平的勁度還有彎矩的勁度，這勁度也是用彈簧係數去模擬。當有根樁都可以反應到樁頭時，再平面上都是一個座標點，再這情況下再針對平面結構去分析，如此有根樁的幾何效應就可以反應出來，這類似一種虛擬的3D空間的分析方式，目前是有程式可以作這種分析。

熊紫嵋教授：今天因爲各引言人昨前面有相當詳盡的說明，所以因時間的關係，這次的座談會就只能到此，但是我認爲整個交流還沒有結束，將來還可以用其他的方式繼續進行，比如與「地工技術」聯絡，或隨時直接與引言人溝通討論，希望這交流能持續下去。今天非常感謝各位的參予，並祝大家身體健康。