

研討會

地工技術第31次研討會~陸上及離岸之特殊基礎

戴源昱* 高秋振* 整理

時 間：2016年9月9日(星期五) 上午9:00~下午16:30

地 點：台灣大學應用力學研究所 國際會議廳

講題及主講人：

講 題	主講人	主持人
開幕致詞	冀樹勇	何樹根
沉箱基礎設計規範之評析	陳正興	廖惠生
國內井式基礎設計與施工案例介紹	楊智堯	
壓入式沉箱工法於潛盾工作井之應用	曾孝欽	
休 息		
矩形壁樁極限載重試驗案例分析與探討	徐明志	
離岸風力計畫海域大地工程調查—以福海離岸風場為例	簡連貴	
午餐及小歇		
離岸風機基礎評估實務考量	冀樹勇	謝旭昇
離岸風機基礎設計實務	王天佑	
休 息		
自升式風機安裝船支撐基腳承載力模型試驗	方永壽	
離岸風力機重力式基礎適用性之研究	林三賢	
綜合討論	全體講員	

綜合討論

主持人(何樹根總工程師)：

今天的講題都很精采，現在就開始提問，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。我先提一個問題，請教亞新曾孝欽工程師，在壓入式沉箱第五階施工時，壓力超乎預期，但接下來又低於預期，是不是應該是累積增加上去，還是您在過程中有做什麼修正？

主講人(曾孝欽工程師)：

謝謝何先進的提問，我來解釋一下，就我們研判的結果，因為在貫入第五層時，受到泥岩層凝聚力影響，而使刃口與週邊之阻抗比較大，之後穿過此層壓力變小，初步研判因為後方有加上 NF 膜及高壓噴流輔助措

施，所以在壓入過程中最大壓入力並不是一直累積上去，最大壓入力統計資料只是指在那層所量測到之最大壓入力。當我們穿過那個層次，NF 膜上去後，高壓噴流也產生效果，整個週邊摩擦力就掉下來，所以最大壓入力是發生在刃口穿越泥岩層期間所發生的，一但刃口深度貫穿這個層次時，這個現象就消失了，基本上我們的數據是沒有做什麼特別修正的。

林煒僑先生(中興工程顧問公司)：

首先請教亞新的曾先生，你們在計算阻抗力時是否有把 NF 膜和噴流設備考慮進去。我們一般在計算時，只有考慮土壤或混凝土之間的摩擦力與阻抗力，可是你們有用 NF 膜，最後你們計算的力量與實際測到的也

差不多，所以很好奇你們在計算時是否有將 NF 膜和噴流設備考慮進去。

主講人(曾孝欽工程師)：

謝謝你的提問，這個問題問的很好也很專業，剛才在中間休息時間也有其它先進問了這個有關壁體摩擦力考慮的問題。我們在設計時，計算壁體摩擦力是參考日本阪神高速道路公團「壓入沉箱設計指針」，這個設計指針於設計時有針對壁體摩擦於使用 NF 膜時有一個建議值，像日本的土質學會與其它像道路橋學會的部份，都有對壁體摩擦有其它的建議值，但他們都沒有考慮 NF 膜，等於他們沒有類似 NF 膜的這個機制，所以我們才會選用阪神高速道路公團的壓入沉箱設計指針，他其實就是把這個部份考慮進去，我們在設計時就是直接引用他設計值的區間，來做設計，只是在這個指針中對黏土與岩層是沒有明確的建議值，所以在那個部份就是我們自己估算的，所以做出來的結果比我們想像中的大。

林煒僑先生(中興工程顧問公司)：

上午陳老師在解說沉箱的基礎水平彈簧，水平地盤反力係數提供了很大比例的強度，但是陳老師後來也說到了，沉箱在施作時側邊會有超挖的問題，所以導致側向的反力係數沒有這麼好，陳老師的文章也有寫到說不管是日本 JRA 或是鐵道構造物都有一定的折減係數的作法，我是想問說井基在施作時，楊智堯工程師有提供一種是鋼支堡與掛網噴漿，另一個是鋼襯板，他說如果鋼襯板回填不好時，其實也會導致側向的承載不足，所以我想問說井式基礎在計算時是不是應該跟沉箱基礎也要有一定的折減？另外同時就我知道還有第三個做法，就是井式基礎是用鋼模，去做類似背填灌漿的方式，這個做法去做時是不是也要有這個考量，還是有什麼不一樣的考量，在井式基礎的部份。

另外在楊兄的文章中第 21 頁井式基礎設計分析流程圖第 3 點地震狀態基礎側面地盤塑性率 $\leq 60\%$ ，我的解讀是受到側向力須小於地盤反力係數上限值，但是如果大過的部份深度不能超過 60%，我很納悶這 60%是怎麼來的，為什麼不是 30%。由於陳老師一開始說側向的水平彈簧在這部份提供很大比例

的強度，我們又在這裡做一個容許他超過塑性 60%，會不會上面 60%的深度已經塑性化了，只有下面 40%去承受側向力，導致我的基礎有很大的側向變位、很大的側向力超過我們的預期，所以這個規定我很納悶、也很好奇。有沒有先進可以解答我的疑惑。

主講人(陳正興顧問)：

我後面記得比較清楚，從後面往前回答，要是沒有回答到的，再補問幾次好了。第一個這個塑性率 60%的問題，我們在做沉箱設計時，我把他叫做柱狀體基礎，在用這個模式分析時，那些土壤彈簧，我想最重要的就是水平的土壤彈簧，水平的土壤彈簧我們會用雙線性，一個彈性段再一個到達降伏，這邊的土壤反力到達降伏的應力，就稱為降伏，所以一個沉箱當他受側推力的時候，我們可以去建立他的側推力與水平位移的曲線，叫他承載曲線或稱性能曲線都可以，當他一直推的時候，他是一個非線性曲線，這個非線性的曲線我們可以用各種方法把他的降伏點定出來，我們曾經做過分析，就是去定降伏點，降伏點簡單的說就是承載曲線中曲率最大的那個位置附近，就是降伏點，我們分析出來的結果，取一般的沉箱基礎型式，我們發現那個降伏點差不多對應於水平土壤彈簧就是塑性率達 60%左右的階段，最先我們也不太相信日本人為什麼就直接訂 60%，所以我在做井基設計規範時，一開始我就強調不能直接用 60%，一定要將承載曲線做出來，定出降伏點才是比較正確，後來我們做了這個例子以後，發現降伏點差不多就是對應於 60%，所以我想 60%是日本人定的，他們以前應該也是做了很多分析，發現大概是 60%左右對應於降伏點，所以最後一個問題的 60%是這樣來的。

我想到第一個問題，就是沉箱在下沉的過程中因為施工一定會產生周圍塌陷的問題，所以我們去看鐵道總合研究所的 RTRI 規範，在計算地盤反力係數時前面有一個係數叫 β ，這個 β 叫擾動係數，不同的施工方式那擾動的程度不一樣，他們用一個擾動係數來定義，水平方向有水平方向的擾動係數，底部也有底部方向的擾動係數，那他們用擾動係數直接來定義這個東西。至於日本 JRA 規範，就沒有用擾

動係數這個東西，他只用一個有灌漿和沒有灌漿用的係數，這是關於擾動的問題。

再來就是關於井式基礎周邊摩擦力的考慮問題，其實井式基礎之幾何形狀與沉箱是完全一樣的，所以分析的模式也是一樣，唯一不一樣的是在構築時，是井式開挖後再構築起來，所以周圍的空隙是不同的，像是有不同的襯砌，也有不同的井筒保護方法，所以這樣子的周邊摩擦力應該可以比沉箱基礎發揮的更好，但是井式基礎周邊的摩擦力要如何考慮呢？在日本的規範裡面我找遍了 JRA、RTRI 他們都沒有井式基礎的設計規範，井式基礎好像是我們台灣人自己發明出來的，日本人找不到井式基礎這個名詞，他們只有井筒式基礎，但是他們沒有井式基礎，所以井式基礎周邊的摩擦力要怎麼考慮，據我看到文獻目前是還沒有一個規範說是要打折或是增加，因為施工更確實甚至可以比原來的摩擦力大，所以這一部份就我了解大概是這樣。

鄭燦鋒董事長(遠揚營造公司)：

在座的大多是設計單位，我的角色我先介紹一下，50年前我在基隆港務局工作了14年當設計課長，接下來在中鋼作了10年，現在在營造廠工作29年，總共多少年我也不曉得。我要回答第一個問題也是請問第一個問題，就是井式基礎，我不客氣的告訴大家，井式基礎最成功的案例就是在台中捷運，台中捷運有316口井，我們8個月之內完成，井有多大呢？直徑：5~8公尺，深度：14~24公尺，316口井8個月完成，所以台中因為用這個井式基礎，把整個工期提前快一年，更重要的是什麼呢？因為在市區施工所以地下的管線是難免的，我們台灣習慣是用樁基礎，全套管基樁是全世界最成熟又最便宜，因為我們自己開發的機具一套才600萬，德國是1億台幣，所以差很多，但是樁基礎有個缺點，它做完基礎要做 footing 時一定要做圍堰，換句話說裡頭要是有很多管線時，先要把管線移開，才能做 footing，做完後再把管線移回來，但是，井式基礎遇到管線，除了遇到柱體本身之外，他只要稍微撥開一點，至於井基本身可以稍微保護一下，不需移開管線，簡單來講8公尺的直徑裡頭，柱子假設2公尺，那個管線移開那2

公尺柱子就好了，其它不需要移開。

那剛才這位年輕的同學，他講說，台中的施工方法是我們自己首創的，原來是用噴漿的方式，我們後來發現噴漿有幾個問題，第一個是污染的問題，在市區裡頭，噴漿一定是污染很多，所以我們用立鋼膜倒灌的方式，這是第一個立鋼膜倒灌，當然裡頭有很多小細節在這邊也不便細說...，另外還有商業上的專利，這就不講了。立鋼膜倒灌這是本人跟我們公司團隊自己想的；第二個問題是剛才陳老師在問我說台中的地質要降水怎麼辦，台中確實是施工最麻煩的，因為台中是卵礫石層，地下水非常高，以前幾十年來，台中所有深基礎開挖都是用俗稱「夫妻井」的方式，就是先生在底下挖，太太在上面掏石頭起來，就是用挖井的方式，一下一下慢慢往下降，然後裝抽水機抽水，那我們比較創新，因為台灣的全套管基樁是世界上最便宜又最好的，我是用全套管的觀念，鑽一口1.2m的井，裡頭薄套管用0.8公分，就是8mm的套管當內襯，然後外套管拔掉，內襯就留在裡面，當然內襯套管裡面有做集水溝槽，抽水機裝在裡頭，做完以後內襯套管拔得起來就拔，拔不起來就丟掉，所以我們節省了...只要三分之一的錢，就是用夫妻樁的做法，我們算起來，光是台中的基礎，我們跟其它的報價差2~3億，就是做降水的問題，在這邊跟大家分享我們的經驗。

另外在這邊順便跟大家報告一下，剛剛林三賢老師的構想讓我嚇了一跳，因為我們遠東企業最近也要做海上的投資--海上風機，我一直在基礎上思考，沒有想到，我想的就是林教授想的，居然完全一樣，因為大家都想單基，就是 monopile，但是這東西要考慮台灣的狀況...，我做了28年營造廠負責人，要考慮成本，我去調查過單樁，剛才各位講的不管是4公尺也好，還是8公尺也好，厚度5公分也好，10公分也好，一根基樁大概重量是800噸~2000噸，這個重量是這麼大，那個打樁的機具跟設備，全世界上很少，中國大陸現在聽說二台3000噸的做港珠澳大橋，但是因為兩岸的關係現在也不可能來，全世界另一台就是日本的，那個2500噸，所以這個設備非常缺少，歐洲來的那運

費更貴，所以呢？剛剛林教授講的用沉箱，因為沉箱在台灣做是非常成熟的東西，剛才講的在那個碼頭外海(太平島)，台灣做完沉箱拖過去放，其實我很早想說基礎如果可以用沉箱，而且沉箱利用氣壓的方式，萬一沉的不對，打氣就浮起來，調整情況後再沉下去。因為往這方面思考非常可行，我想了好幾個月了，沒想到林教授一講，讓我 shock 很大，我們有機會再討論一下。這個因為要考慮成熟的設備、成熟的機具與本土的東西，因為你去用一個一根基樁 2000 噸，那個打樁帽都幾千噸了，你知道嗎？要把那打下去，不要說振動、噪音，那個設備費是不得了的。

主持人(何樹根總工程師)：

由於時間也快結束了，最後再提一個問題。希望在座的冀樹勇執行長、方永壽教授與林三賢教授能為與會人員提供建言，讓大家也能在這個產業有更好的發展，從中獲得商機。

主講人(冀樹勇執行長)：

因為離岸風電基本上是風機、機電設備、土建與海事工程等整合性工程，與大地工程相關者為地質調查、試驗與土木基礎工程，開發單位基於成本與風險考量，一般皆會由大型綜合性公司或單位執行，其他小型或專業公司，或許可以由較小型標案或以次協力廠商形式開始參與。海上作業本是寡眾市場，尤其台灣以往並未針對離岸相關能資源進行調查與開發工作，故並未建立國內相關產業，更遑論工程顧問或施工廠商。

主講人(方永壽教授)：

依據經濟部能源局預估的目標，在 2030 年前，我國計畫建設 800 架離岸風機，發電量達到 4,000MW，累計投資金額為新台幣 7,200 億元。在 2026 至 2030 年間，預估調查顧問業每年產值為 28 億元，海事工程產業每年產值為 188 億元，確實是非常重大的商機。

主講人在公立大學任教多年，過去的參與以大地工程學術研究為主，在商機方面較難有直接建言。關於我國大地工程實務界人士，如何共同參與離岸風力發電這項重大的國家建設，建議大家積極的與實際主導離岸風電示範獎勵案的業主(例如福海公司、海洋公司、台電公司)，及參與設計與施工的單位

(例如中興工程顧問公司、台灣世曦工程顧問公司等)多多接觸、交流及請教。

主講人(林三賢教授)：

由於我主要也是以研究為主，無法給深入的意見。個人以為，中興社還是有很大的建議權。依目前，只有海上鑽探或許國內廠商可以有些貢獻，不過能執行海上鑽探者就只有幾家。其他若依現有採用歐洲系統的規範，一切需經認證才能執行的工作，國內相關產業能著墨的或許有限。

主持人(何樹根總工程師)：

因為時間到了！今天就到此為止，謝謝各位！謝謝！



第一場主講人 陳正興顧問



第二場主講人 楊智堯計畫工程師



第三場主講人 曾孝欽工程師



第四場主講人 簡連貴教授



第七場主講人 譚志豪先生



第五場主講人 徐明志副總



第八場主講人 方永壽教授



第六場主講人 冀樹勇主任



第九場主講人 林三賢教授



綜合討論全體主講人合照