

## 地工技術第三十一次座談會 【擋土牆】

**時 間:** 90 年 8 月 17 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:** 林三賢 教授 (國立海洋大學河海工程系 教授)

**引言人及講題:** 堃

李維峰 博士 (臺灣營建研究院)

加勁擋土牆動態設計與研發

郭勝雄 先生 (塘堃實業有限公司)

地工合成材料加勁擋土牆施工實務

楊賢德 先生 (長碩工程有限公司)

懸臂式擋土牆補強案例探討

高秋振\* 整理

### 綜合討論

**主持人:** 各位女士、先生, 接下來進行有關剛才三場引言人的講題討論, 或者各位已經讀過地工技術第 85 期「擋土牆」專輯而有一些相關的問題, 可以在現場提出來討論, 或者一些意見可以提供大家參考。

**與會者:** 請教各位先進, 我們營造廠接到中和市南勢角地區一個既有地錨擋土牆處理的工程, 牆高 15 公尺, 寬 23 公尺, 牆身約 80° 的懸臂式擋土牆, 已設有 30 支地錨, 估計這擋土牆已有 5 年以上, 現有的狀況經我們的觀測, 原設置的排水管已沒有排水的現象 (研判牆背可能堵塞積水), 而牆身、牆趾卻沒有損壞情況, 但現由於擋土牆前要新建一地下 2 樓、地上 10 層之綜合大樓, 業主擔心這建築物興建完成後若發生像 921 地震引致這擋土牆倒塌而產生危險, 所以打算在該既有擋土牆加作共 35 支永久性的格樑樹脂地錨, 另亦加作 2"φ 的透水管。我們計畫先打設透水管, 然後施作地錨, 再

作格樑, 格樑強度達到後再施作地錨之預力。請教這施作的程序有無特別要注意的事項, 這擋土牆歷經 921 地震而沒有倒塌或損壞, 但我們仍擔心它的危險臨界點到底在那裡, 以及如何顧及施工安全。

**楊賢德先生:** 請問這擋土牆背側是什麼地層? 回填土層還是岩盤? 南勢角地區應該是砂岩層, 所以這牆背可能是砂岩層。因此第一個重點是可能當初設計前這擋土牆背側就是岩盤, 就像我剛才引言提的例子, 把好的岩層挖掉換成回填土, 如果是這樣就比較樂觀, 因其側壓力有限, 也許那擋土牆不存在的話, 岩盤 80° 也可自立。所以首先要確認的是這擋土牆後面擋的是土壤的壓力還是根本就是不需要擋。第二重點是水平橫向排水管比較有效的是否後面有連續性的透水層, 所以一般情況不一定會排出水, 更何況長期有化學作用或土壤細料堵塞, 所以目前水壓力狀況不清楚, 像剛才講的也許背側是岩盤而不用擔心其土壓, 但是仍需注意可能會有水壓力存在。第三重點是你提到這次合約規定是要保固五年, 但是一般舊工程上也

設計經過了20年，出了事情仍須負責，所以這觀念與態度可能要注意。另外，在施工時建議在擋土牆上面外緣施作截排水系統，以防止下雨時地水滲進來。在牆身上則建議作一些簡單的測量，以監測其是否有變位產生。在永久性地錨方面，根據FIP的統計，約有90%的地錨損壞是在自由端的錨頭部份，所以「永久性」的重點不是在採用樹脂，而是在錨頭脫落或刊施預力時夾片受損，所以要注意這部份的處理方式；在施工時要確認夾片與錨頭要屬同一廠商的，並避免重複性施拉使夾片受損或應力集中等現象；如果有預算，可作鋼套管，裡面裝油，讓錨頭與夾片浸在油內避免銹蝕。

**主持人：**如果擋土牆背側可以確認是岩盤的話，要注意是否有風化、破碎或是順向坡的狀況，其側壓力也會比較大。

**與會者：**我是營造廠商，我們常承辦一些地方上的擋土牆工程，常常遇到設計者為了穩定需要而設計L型擋土牆，為了施作某腳而將原有較好的山坡挖除再回填，這樣是造成浪費也增加了於豪雨、地震時的危險性。希望各位專家學習能在地工界加以宣導這基本觀念或把這訊息傳給設計者，不要再如此設計而浪費國家資源。

**楊賢德先生：**產生這種情況的原因，我認為可能是：(1)標準圖的作怪，工程師常常依賴標準圖來作設計；(2)教科書大部份是介紹懸臂式等較複雜的擋土牆設計，反而造成目前工程師可能不懂得設計較簡單的半重力式擋土牆。這種施作方式其實也不用那麼悲觀，只是浪費錢。把好的材料換成新的材料，可是實際上擋的側向力主要還是由好的材料產生的。至於你建議要宣導這觀念，我認為這就是地工技術基金會這麼多年來的努力方向，像辦這類座談會，也出版比較實務性的雜誌。如果要制訂規章禁止如此設計，我認為不合適，因為工程上常具有特殊性，比如有時候不是為了擋土而是為了邊坡穩定，於坡面施作擋土牆以提供重量的穩固。

**郭勝雄先生：**我剛才說明的一個失敗案例就像這位先生所提的意見，它原本就是一個穩定的地質坡地，可是因為當初設計者很單純的目的就是想植生而已，結果把一個很穩定的坡地挖除而作加勁的結構物，所以就造成這樣……我想這個問題應該一直都有存在著。目前公共工程委員會提出一套所謂統包(Turn key)的方式，可以把工程顧問公司與營造廠兩者結合在一起，就是設計與施工者不要分開，針對某一工程需要可從規劃、設計到施工、維護，一氣呵成，我想以後就比較不會有互相推委與互相指責的情況。目前這種統包的制度國內還很少經驗，尤其公務人員因為沒有作過，也不想當炮灰，所以目前推行可能還很困難，我想這是需要工程界大家一起努力的。

**李維峰博士：**我稍為補充一些，其實我覺得這是一個制度上的問題，即使在今日很多大型顧問公司，有很多工程師，他們依照書本、規範作設計時，卻從未到過現場。我有個經驗，在唸博士班時，遇到一位老先生，我幫他作了一個設計，他看完了問我這設計施工是否可行？是否有看過此種設計之施工，我回答沒有，他就請我到現場學習了兩個月，回來後他問我設計這些材料是否懂得高分子材料，我回答不懂，結果又請我到合成材料工廠學習了兩個月。後來我才覺得這是有好處的，因為能瞭解現場施工的細節才能作好設計。所以工程顧問公司自己也要有制度，設計者與最後check的人是否有現場的經驗，這是很重要的。我在美國聖頓州公路局做事時，那裡的制度是沒有現場經驗的不能出設計圖、不能蓋章，當然有現場經驗者薪水就會高一些。在電腦分析方面，有些工程顧問公司請了一些專門作電腦分析的但卻沒有現場經驗的人，這是不合格的，因為要作電腦分析時必須對每一構件的行為都很清楚，剛畢業的人只會來Run電腦而不清楚任何構件的意義。我們的制度是有些問題存在，所以要靠我們大家包括師範及各公司主管來作這制度的改進。

**楊賢德先生**：剛才這問題，我再呼應一下，一般設計時都要求 90% 的夯實度，但是當現地土壤含水量都比最佳含水量高的時候，這最佳含水量與最大乾密度的控制就沒有意義了，因為現地含水量高於最佳含水量時，不可能要求現場曬乾了再夯實，尤其台灣地區常下雨，所以現場是不可能依照設計的含水量要求而達到設計的強度。

**與會者**：請問剛性面版加勁擋土牆長期維護與監測要注意那些事項？

**郭勝雄先生**：加勁擋土牆採用之剛性面版，大部份都是混凝土的，基本上若它的品質是良好的情況下，它的耐久性就與一般混凝土結構一樣的長壽命，所以如果採用剛性面版的加勁擋土牆，應該是不用任何的維護。至於長期的觀測，一般加勁擋土牆施作時就要裝設水壓與變形的觀測，如果都沒裝設就只能靠目視了，一般我們比較擔心擋土牆的問題是土壓力與水壓力造成的變形問題，但我們不能單單純作一項的觀測，因為一項的觀測有可能會誤導，所以須要作幾項觀測以供綜合研判。基本上，變形的觀測一定要作，有好幾種方式，比如牆身埋傾斜管、牆面設置傾斜儀或變位計、牆頂設置沉降觀測點、牆趾前方設置隆起觀測點，然後在牆身前後埋設水位觀測井與水壓計以觀測水位的變位。在牆身裝設傾斜管是可以觀測整體的變形，如果不方便的話，可以在牆面不同的高度設置標記，然後設參考基準點用光學儀器來觀測它的變形，這是很簡單的觀測方式。參考基準點要多設幾點，以讓誤差減至最低，然後要利用其他幾種可能的方式觀測，並交叉分析。

**李維峰博士**：有關加勁擋土牆的觀測項目，剛才郭先生所提的都包括在內了，只是用傾斜管時要注意，因為傾斜管本身有勁度的問題，在它最大的變形點以上就會往外移，會誤導成擋土牆在移動，所以分析傾斜管時需要有經驗與心思，而且這種傾斜管與監測是比較貴的，最便宜的變位觀測就如剛

才郭先生所提的，在牆身上作矩陣式的標記，然後用光學儀器來測量它的變形量，而根據美國聯邦公路局的建議，參考點應該在遠離牆面 2 倍牆高的距離以上，當然越遠越好，可是越遠光學儀器測量誤差就越大。參考點也至少要 2 點以上，且這 2 點面向牆之間的角度要相差  $90^\circ$  以上，至於水的監測，如果有排水管，要記錄有那幾孔有排水，如果時間久了有排水的管數量越來越少，這就需要注意它堵塞的問題而作補救的措施。

**郭勝雄先生**：我再補充一點，如果你的加勁材料是金屬的，則對地下水位的觀測更要清楚，萬一在加勁區有地下水侵入，則就想要辦法把水排掉。如果採用地工合成材料，因為是高分子材料，所以對水的耐久性會比較好，但如果是有污染的水則另當別論。

**李維峰博士**：我也再補充一點，一般設計於坡面植草以防止水進入牆體，所以坡面的植草平時也要維護與觀察的，還有加勁牆完工後再打設傾斜管時，要注意可能會把加勁材料打穿，對臨界的狀況下可能會出問題，所以要注意。

**與會者**：我在公路局工作了三十年，現任開了顧問公司，也是台北市、台灣省、高雄市土木技師公會之會員，根據我三十年的設計經驗，我深深覺得山坡地開發與道路工程中邊坡穩定是非常重要的，但卻發覺到台灣目前於設計方面存在著很多問題。第一問題是擋土牆或加勁結構之回填土都是採用當地的土壤材料，而且大部份是黏性土壤比較多，這種回填材料會增加側壓力及減少抗剪強度而使穩定性降低，我遇到一件懸臂式擋土牆高 25 公尺，就是採用就地材料回填而造成崩塌。第二個問題是回填材料透水性不好而內部排水系統設計又不周全情況下常造成排水系統沒有作用，我認為應該在回填材料與原地層間設置截排水系統並導向擋土牆外。第三問題是在擋土牆頂部大都設計 L 型截水邊溝採用結構分離方式施作，結果常造

成地表水滲入擋土牆內，我覺得應該設計擋土牆的鋼筋伸出與截水邊溝結合。

**楊賢德先生：**有關回填材料是否應該採用河床級配料或其他好的構築材料，我認為國家的資源有限，台灣地區本來就缺少砂石材料，而且又有棄土的問題存在，所以現場土壤如果還可以處理使用的，設計上應該依這土壤的性質去滿足設計需求。至於25公尺高的懸臂式擋土牆，依我的經驗，懸臂式擋土牆的阻抗Moment是與斷面平方成正比，勁度則與斷面的立方成正比，25m高則基底版位置其斷面厚度就要有2m左右，所以其剛度就會變很大，它跨掉的另外一個因素也許就是這剛度的問題，造成不是設計的 $K_a$ 而是 $K_0$ 的行為。還有在山坡地開發設計時，當擋土牆座落在岩盤上，它沒有旋轉位移的空間，則它承受的力量就不是教科書所寫的 $K_a$ 計算。有關擋土牆內的排水系統設計，我也認為排水系統是擋土牆成功的最重要因素，一般排水系統有兩種方式：(1)沿牆體直的佈置；(2)斜躺的佈置。這兩種方式各有其優缺點，斜躺的像排水墊毯一樣，水壓是直接向下，對擋土牆的影響較小；直的可以限制一次不會回填太多土壤進去，因為要一層層用隔板隔出來一邊放回填土一邊放級配材料，這種方式對擋土牆作用的水壓會比較多一些，但對夯實回填的確實度會比較容易掌握。在很不均質的回填材料時，水的流動是不定點，不均向的，所以我贊成用一片排水毯收集水，並經底部佈置約8英寸的集水管排出擋土牆外。而水溝與擋土牆分離沒有鋼筋連結的問題，我也贊成能連結在一起會比較好，但要兩者連結在一起施工，必須考慮(1)擋土牆頂的高程與排水配置的需要，所以不見得能共構在一起；(2)要以鋼筋結合在一起，必須要滿足剛性的要求，否則狀況更糟。另外，比較長的水溝，於收縮接縫處施工要良好，否則水也會由此處流入擋土牆內。

**與會者：**目前台灣還有一個很重要的問題，就是在擋土牆上邊坡排水系統處理，很

多災害就因為如此而產生的。另一個問題請教，35m高的加勁擋土牆如何設計？分三階處理又如何設計？國內是否有這經驗？

**與會者：**我非常贊成擋土牆背後要做好排水處理，一般教科書都沒有寫擋土牆後可以回填黏性土壤，但正如楊技師以實務經驗來看，在山區要如何取得砂礫石級配？所以他強調一個非常重要的就是要做好排水處理！像剛才所說的，作了擋土牆卻沒有在上邊坡作截排水措施，因施工擋土牆開挖坡腳而土上邊坡產生裂縫，如果排水系統沒作，則水就滲進去了，結果引起兩種情況：(1)有效應力變小，抗剪強度就變小了；(2)土壤的性質改變了，所以這的確是要重視的問題！另外，剛才提到三階的加勁擋土牆如何設計，如果要把這三階擋土牆一起放進電腦程式計算，則所需的加勁擋土材料一定會很長，這是不合理的。應該是在第一階段加勁擋土牆穩定分析時，將第二階與第三階模擬為超載而加以計算，找出第一階段加勁材料所需要的長度與強度，再來依序計算第二階、第三階的……這樣才是合理的。再來最重要的是政策上的問題，比如政策執行沒有持續性、非工程專業界的掌握法規跳到工程領域、專業的卻沒有時間應付專業的工作等等，這要靠大家繼續的努力。

**主持人：**其實現在很多新開發的社區，在雜項執照審查階段是有考慮到集水區截排水的問題，只是有些顧問公司在擋土牆的設計是考慮滿水位的，有些則是依經驗採用 $(K_a+K_0)/2$ 計算側壓力，但還是有失敗的，這是值得大家來探討的。至於法令的問題不是我們在這裡可以解決的。

**李維峰博士：**我也認為現地的土壤可以再利用作為回填土方，但是(1)要作定性的分析，比如夯實後的性質、浸水前與浸水後的性質等；(2)排水設計要做好，以往使用比較多的是重力式擋土牆，所以主要靠擋土牆的重力穩定，為減輕擋土牆額外的作用力而在擋土牆前把水排掉就好了。但現在比較正確的觀念應該是把水擋在填土區以外，尤

其是加勁擋土牆。另外, 如果細粒土壤真的差到不能利用的時候, 最近有一些新的現地土壤處理方法, 就是拌一些地質改良的材料增加其黏滯性與浸水後的強度使其成為可利用, 或者拌一種比較新的低強度高控制性的材料, 拌完後直接倒入回填而不需要夯實就可以達到其密度, 但仍然要作排水系統。至於排水管要不要與擋土牆結構結合, 我提供另類的思考, 在比較陡的邊坡或者是山區的地方, 柔性排水管可能是另外的一種選擇, 目前有一些高分子地工材料有加一些鋼絲, 等於兼具了韌度與撓度, 可以容許比較大的變位, 維修也比較方便, 大家是應該可接受這些新的材料。

**郭勝雄**：我個人也是認為什麼土料應該都可以好好的利用, 先決條件是工程師要對所使用土料在實驗室及用到現場之後實際的性質與行為都有很大的把握。但我特別提醒, 如果是牆面垂直的重要性擋土牆, 還是最好使用顆粒性的土料作回填。另外有關回填土料夯實的問題, 過度夯實(Over-compaction)不見得是好事, 它可能會把土壓力從主動土壓力變成被動土壓力, 所以只要達到要求就好了。

**與會者**：我是營建公會代表, 我很贊成在座各位專家學習的概念, 土方一定要就地處理, 不管是用物理方式或化學方式處理, 工程師必須要深入研究設計, 比如有些把地下室開挖出的土方作成假山, 在東京的作法是把土改造成臨時性擋土牆而不像台灣施工連續壁是把土挖掉再灌混凝土下土。土方的進出成本是非常的高, 而且有時施工證明不一定能辦得到。所以工程師除了技術以外, 還要考慮行政與環保的要求。

**主持人**：我以前參與北二高的工程, 在北宜這一段因為有三個長隧道(兩個主坑一個導坑, 長 12.9 公里), 開挖的棄土目前是采用加勁的方式填山峯, 很多施工路段也都要採用挖填平衡。所以借土很難, 棄土更難, 這是國內目前發展免不了的問題, 對公務人員來說也是很困擾的問題。另外, 請教

楊技師有關您這擋土牆補強的案例, 於排水及其底下雙排鋼軌樁設計時, 如何考慮其土壓力法設計其鋼軌樁長度及勁度等?

**楊賢德**：剛才介紹的這補強的案例, 基本上其構件是有 Underpinning 連結在一起, 它的連結方式因上部是混凝土, 所以上部是比較剛性的, 底下的則相對的較柔軟。實際上在分析時是沒有辦法找到一個完全一致的模式來分析, 所以採用了幾種模式來分析, 比如考慮到其可能破壞行為, 在 Underpinning 作用下計算整個擋土牆剪切過渡所要承受的剪力與 Moment; 把它合在一起當作超載, 上部當作 EI 比較大的, 底下則為 EI 比較小的來計算; 另外, 當作已經完工的牆於地下開挖而採用 RIDO 法分析, 採用這幾種模式綜合分析評估……。我要提出一個重要的觀念: 現場的工作不可能與教科書一模一樣的範例, 處理一個案例時必須先瞭解在施工中與完工後可能會遇到怎樣的破壞模式? 這破壞模式外來因素是甚麼? 在 step 分析時也必須很清楚知道其前提及簡化之假設, 分析出來的結果要能說服自己認為它是安全的, 而不是依教科書計算出答案對了就是安全的。

**李維峰**：我補充一點, 我大概設計過三、四十個擋土牆, 並作過統計, 約 90% 以上最臨界的狀況是在施工中, 但一般在設計時卻很少會對每一階段來作分析。這施工與設計結合不起來, 第一個原因是制度的問題, 另一個原因是設計者分析時是不考慮施工時臨界的狀況, 而把這責任推給包商來處理。在國外, 設計者都要分析施工中的每一階段的安全性, 而包商只是按圖施工而已。

**楊賢德**：在雙溪有個大學活動中心案例, 設計的是巴西口法, 就是挖一階然後打設地錨掛預鑄的牆版, 但實際施工時開挖了一階還來不及打設地錨掛牆版就塌下來了, 所以這就是施工中的穩定問題。另外一個分析的案例, 有一工程師分析在坡趾預備興建大樓, 分析邊坡穩定時有把大樓完工後

的載重加在坡趾處，所以這邊坡很安全。可是實際上在開挖坡趾時，還沒建大樓可能邊坡就塌了下來。

**與會者：**台灣目前還存在著很多問題，比如鑽探調查不確實，很多造假的；預拌混凝土偷加水；鋼筋綁紮也是不合格的。所以施工上有問題，設計上也有很多問題。

**與會者：**剛才講員有說明加勁擋土牆較傳統擋土牆造價低廉，施工性也較優良。請問此兩種擋土牆在安全性方面之優劣又如何？還有，剛才看到展示的加勁擋土牆是使用在道路拓寬工程的情形，是否也能應用在住宅房屋的工程？

**李維峰博士：**其實台灣目前加勁擋土牆是多應用在住宅方面，我剛才大部份展示的是國外在橋台、公路上的加勁擋土牆應用，主要是因為台灣目前公路上的應用較推展不出來。加勁擋土牆在住宅方面用途很廣，因為它各種角度都可施作，景觀也很好。有關

其安全性方面，台灣因為在推廣加勁擋土牆時，並不是依傳統的方式由工程設計單位作設計，而是交由材料商作設計，造成較負面方面的影響。並不是材料商沒有人才，其實只要設計得當，加勁擋土牆一般的安全係數約為1.7，而傳統的擋土牆約為1.5~2.0。加勁擋土牆的特性是採用極限平衡法分析時，只要安全係數 $f_s$ 大於臨界值1.0，它的 $f_s$ 至少就有5~6以上，所以是比較安全的。加勁擋土牆在耐震的效果上更是無庸置疑。在美國、日本等歷經很多次大地震的洗禮後較能保存下來的與及可以很快修護的大部份都是加勁擋土牆；在國內，也有很多研究報告出來，加勁擋土牆的耐震性是深受肯定的。

**主持人：**時間也差不多了，各位如果還有問題，歡迎用書面直接傳真或寄到「地工技術」，我們會有專人回答，今天座談會就到此為止，謝謝各位！