

# 地工技術

## 地工技術分享餐會

近年地工先進陸續結束公職或任職，期望藉由「地工技術分享餐會」，讓地工先進累積的寶貴工程技術與研究成果得以分享，並透過聯誼交流達到經驗之傳承

**時間：**2019年1月4日(星期五) 下午5:00~9:00

**地點：**臺中全國大飯店(臺中市西區館前路57號2樓，草悟廳)

**講題及主講人：**

講題	主講人	主持人
工程界遭遇卵礫石層可能面對的問題	褚炳麟 中興大學土木系教授	黃燦輝 臺大土木系榮譽教授
水力發電工程地工技術案例淺談	李慶龍 臺灣電力股份有限公司萬松施工處處長	

劉曉樺\* 邱雅筑\*\*

地工技術分享餐會為國內大地工程界技術傳承與世代展望的經典系列活動，今(2019)首度移師中部舉辦，值此歲末冬初，特別邀請褚炳麟教授和李慶龍處長分別針對「工程界遭遇卵礫石層可能面對的問題」及「水力發電工程地工技術案例淺談」課題，為我們進行一場薪傳與蛻變的饗宴。

**主持人：黃燦輝教授**

大家好，我想今天的目的很清楚，講得很清楚，題目也很清楚，地工技術的活動以前我參與很多，很久沒來，今天來才知道，在暗中被罵了很久，所以今天定要一併加倍奉還。

各位可能還不到50歲，我也才60多歲，但想想看我認識他們的時間已經是我人生一半以上，是福？是幸？還是什麼？對不對？

第一位是褚炳麟老師，我跟他認識已經44年，1975年我在讀研究所，他在臺大讀博士班的時候認識，之後就一直保持聯繫，都沒什麼中斷。褚老師大概一輩子都在做卵礫石的相關研究，他有他很獨特的堅持跟想法，這個精髓我也講不清楚，等下讓他自己來講。

第二位是李慶龍處長，李處長是我高中同班同學，1968年認識到現在，他一直在臺電，一直在工地，不太會當官，很會做事，這是我認識的朋友特性，他對於鑽探、灌漿是特別地有心得。他跟我說，要他講10個小時也是講不完，等下就看他的功力，給你30分鐘，你給我一輩子！



褚炳麟教授分享研究經驗

**主題一：工程界遭遇卵礫石層可能面對的問題**

**主講人：褚炳麟教授**

各位先進與工程界的朋友大家好，很高興接受地工技術基金會邀請，來做這個簡短的演講。

大家知道有關於卵礫石層的研究，長久以來，在臺灣的學術界、工程界都是很少有人去著墨、去關心、去參與的，可是在工程案例遇到卵礫石層的情況卻越來越多。我們對卵礫石層的了解並不是很深入，因為投入研究的數量、人力、時間都不多，所以會有過與不及的案例，有些過於保守，有些過於浪費。所以我們大地工程界或者其他相關領域如地質、土木方面等，需要再做更進一步的深入研究。

今天題目談的是「工程界遭遇卵礫石層可能面對的問題」，臺灣的卵礫石堆積層主要分布在高山周遭的河谷、平原、盆地、臺地和丘

\* 聯合大地工程顧問股份有限公司 \*\* 中興大學水土保持學系

陵地。卵礫石層除了佔有很廣大的面積之外，涵蓋的深度也很渾厚，長久以來大地工程界對於卵礫石層邊坡，在很高及很陡峻的角度下仍然可以維持穩定，一直感到不解。國內稱其為一未固結至半固結的沉積物，已經做過少量的研究。惟因卵礫石層的大地工程性質，跟沖積土層與岩層不一樣，材料的組成也很複雜，使得以往各項試驗結果具有相當大的離散度。為什麼會有這樣的差異，原因可能是目前國內對於卵礫石層的探勘、調查、試驗、分類與分析方法，至今都沒有標準的規範可循，所以帶給大地工程師們很大的困擾。

今天講述的主題以臺中盆地的卵礫石層、還有周遭山坡地的卵礫石層為主。臺中盆地基盤主要是頭料山礫岩層，在盆地西邊的大肚臺地與八卦臺地，從西向東傾入盆地內，而被盆地的堆積物所覆蓋，可是這兩者在地表的界線並不清楚。原因是盆地堆積物的來源，除部份是由沖積層組成外，其餘堆積物也有來自頭料山層的礫岩相因受侵蝕、崩落、搬運、沉積而成，兩者的組成材料很類似不易分辨。雖然我在臺中也住了40年，但就我的認知而言，臺中盆地的頭料山礫岩層跟現代堆積沖積層的界線，目前並沒有搞清楚。

事實上在臺中盆地已做過很多的鑽探，大概知道臺中盆地的地表有一層厚約2m的表土層，以下大多為渾厚的卵、礫石堆積層。中國石油公司在幾10年前曾於太平地區鑽探，發現在深度300m內，地層都是由卵、礫石層組成，只是到底是不是只有300m，沒有人知道，因為鑽300m是鑽油需要，一般的工程不會鑽這麼深。

臺中盆地內卵、礫石層涵蓋範圍很廣很深，基礎工程的開挖工作大部份在卵、礫石層之中進行，卵、礫石盆地必然以各種不同的方式對工程的進行造成很大的挑戰。

近期臺中市即將推出一棟地上38層，地下10層的深基礎大型高樓建案，很值得土木、建築、營造業者關注，特別是開挖擋土的支撐、抽降地下水、地下開挖出土等。

圖一(左)是在臺中大肚臺地卵礫石層的產狀，上部有一個紅土層，下部是卵礫石層。圖一(右)是沙鹿側邊坡大肚山臺地頭料

山礫岩層的產狀，卵礫石與砂/頁岩互層，大概在漸變段的地方。

在清水鰲峰山(圖二(左))、南部六龜跟中部地區三義(圖二(右))等，我們也發現因為斷層直接切過地層造成卵石顆粒破碎，這個在現場都沒有人動他，就有裂縫。

圖三是現地卵礫石層隧道與邊坡穩定的情況，(左)是南部六龜礫岩層隧道、(右)是北部林口臺地卵礫石層隧道，隧道開挖後沒有任何支撐，噴凝土也沒有，仍舊可以穩定安全維持相當長的時間。

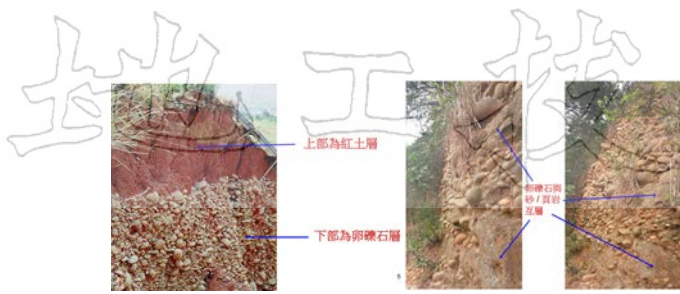
圖四(左)是已輕度岩化的三義礫岩，在一定的高度下，邊坡可維持近乎垂直穩定而不發生崩坍，(右)是后里臺地，從我來臺中到現在看了30-40年以上，一直都在沒有倒。

圖五(左)是大肚臺地卵礫石層開採後殘留之陡峻邊坡，因為臺灣砂石骨材資源不夠，開採臺地、丘陵地的陸上砂石演變成最後的選項，(中)是八卦臺地，(右)是林口臺地—迴籠附近，卵礫石層盜採砂石後的殘留陡坡。

圖六(左)是臺中國民運動中心興建工程的基地開挖邊坡案例，這個開挖大概只有地下2-3層左右，因為周邊沒有建築物，很大膽，開挖坡度很陡大約70-80度，只用噴凝土及防護網保護，就這樣而已，從開工到完工期間，沒有發生任何事。(右)是科博館地下室停車場新建工程基地開挖邊坡，因為緊鄰建築物，顧問公司跟營造廠比較保守，除了水平鋼支撐以外，另還加了帆布覆蓋防止開挖面遭雨水沖刷。

事實上，深入探討卵礫石層的人相當少，接下來談一些在工程界遭遇卵礫石層可能面對的問題。首先第一個是卵礫石層的沖蝕特性，我們了解卵礫石層雖然有很高的抗剪強度及承載力，但在抵抗雨水、地表逕流及地下水的沖蝕能力卻非常低(圖七、圖八)。臺灣在卵礫石層的力學與工程性質的相關研究，仍處於初期的階段，尤其是對沖蝕、地下水文、水力學與施工法等許多基本資料仍然欠缺，有必要投入更多的人力、物力及財力，積極從事研究。

接著談到2008年11月，在臺中市大肚山三期垃圾處理場擋土牆補強工程發生土石崩塌意外，造成2死2傷的悲劇。事實上現場的地



圖一 (左)大肚臺地卵礫石層的產狀、(右)沙鹿側邊坡大肚山臺地頭崙山礫岩層的產狀



圖二 斷層直接切過地層造成卵石顆粒破碎



圖三 現地卵礫石層隧道與邊坡穩定的情況



圖四 邊坡近乎垂直穩定情況

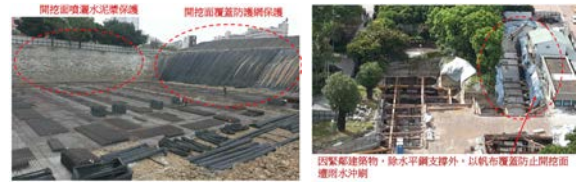
質是很鬆軟且泥漿湧入，義消站於一危險的地方，連人帶土掉落於基坑內。大地工程技師公會就來臺中邀請我，所以就一起去現場協助勘查，現場有水流動的痕跡(圖九)，很明顯。

大肚山臺地屬於更新世頭崙山層，部份地區位於礫岩相與香山相的過渡帶，形成卵礫石層與砂/頁岩交錯的互層構造。經過多年的風化作用，部份地區卵礫石層含有透水性差的風化粉土或耐沖蝕能力低的砂土層凸鏡體。本次事件發生地點剛好位於頭崙山層礫岩相與香山相的過渡地帶。

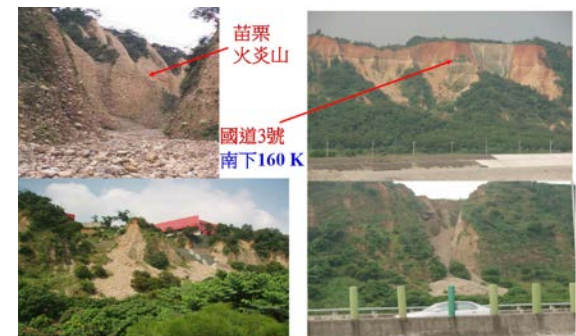
意外發生前，臺中地區連續下了好幾場大雨，雨水入滲至地層中的含水層(卵礫石層)，造成地層中棲止水位的高漲。地下開挖時，開挖解壓降低基坑側壁的自立性與穩定性。地下



圖五 卵礫石層開採後殘留之陡峻邊坡



圖六 (左)臺中市北區中正國民運動中心興建工程 (右)臺中市科博館地下室停車場新建工程



圖七 卵、礫石層邊坡因雨水沖刷造成坡面崩塌



圖八 臺中市某大廈基礎開挖因雨水侵蝕造成地表逕流



圖九 大肚山麓紅土卵礫石層豎坑開挖崩坍情形

水會往低處匯流，基坑開挖至卵礫石層與砂/頁岩界面時，地下棲止水就會沿卵礫石層與砂/頁岩界面流出，其滲流速度快得驚人，臺中老一輩的擋土柱工人大多身歷其境，感觸特別深刻。我有一次進入坑裡面看，水流動的聲音都很清楚，很可怕。

依照臺中擋土柱一般的施工慣例，工人向下開挖時，基坑側壁通常僅以噴灑薄層水泥漿保護而已。越挖越深造成擋土柱基坑越深，有時候又沒有抽水設備，基坑內外的水位高低差越來越大。如果遇到砂土/粉土層(砂/頁岩)，在沒有任何有效支撐保護及地下棲止水的侵襲下，開挖解壓就會造成無凝聚性砂土/粉土的淘刷，以及周邊卵礫石層的崩塌現象。

圖十是臺中市(大肚山麓)某個卵礫石層地下開挖擋土施工案例，因為頂部繫樑沒有閉合發生崩塌破壞的情況。繫樑在擋土柱工法中，扮演著類似隧道混凝土襯砌的角色。臺中市高樓大廈之大面積開挖，周邊的擋土壁體大多採用密集的擋土柱施工。

圖十一(左)是臺中市某26層大樓案例，基礎開挖深約19.5m，除第1層部份採地錨支撐外，其餘2層型鋼支撐皆留2cm間隙未與橫擋接觸，保留2cm不接觸是我說服廠商他才願意，我說讓我做研究，你支撐下去我研究沒有意義，如果會怕留2cm一擋就沒有大災害，結果開工後到完工仍然完全穩定，他為什麼要撐？我們亦在擋土柱內埋設傾斜管(圖十一右)，不同開挖階段傾斜管實際監測成果詳圖十二，從開挖第1階段開始到第5階段，開挖面的壁體變位大多在10mm以下，你看強不強？穩不穩？

圖十三是某14樓大廈基礎開挖案例，也是我說服他們做的一個研究，在擋土柱裡面埋設土壓力計圖十三(右)，因為卵礫石顆粒很大，但是儀器商沒有50cm  $\phi$  可以賣給我，所以用20cm  $\phi$ 。大面板土壓力計很貴，為什麼我這邊研究少？因為儀器錢很貴，沒有辦法。

接著看土壓力計監測結果(圖十四)，基礎總開挖深度是10m，曲線stage 1是土壓計已埋設回填完成，RC擋土柱澆置後養護靜置3天，基礎未開挖前之土壓力量測值，這樣的土壓力量測值近似於靜土壓力，迴歸後公式 $\sigma_0 = k_0 \gamma h$

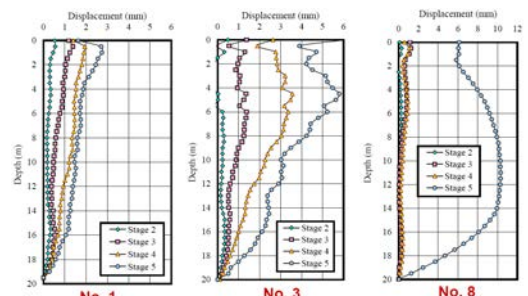
$= 0.35 \gamma h$ ，所以就本案例來講，我猜卵礫石層 $k_0$ 大概是0.35，因為做數值分析，沒有初始值絕對很糟糕，但若假設 $k_0$ 是0.5結果也會完全不一樣，那到底要用多少？我只有一個案例，沒有錢，沒有人委託做研究，所以我都很珍惜，今天拿來給各位參考。



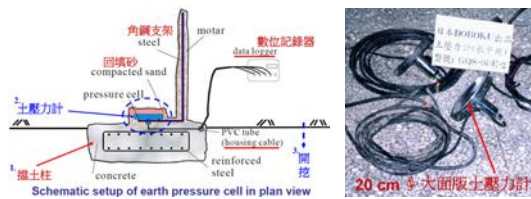
圖十 擋土柱頂部繫樑未閉合發生崩塌破壞



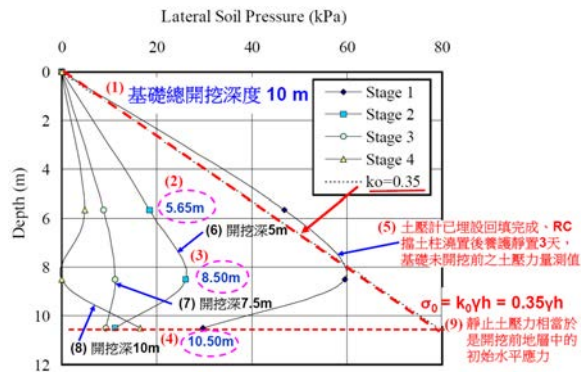
圖十一 臺中市某26層大廈卵礫石層基礎開挖與傾斜管監測



圖十二 不同開挖階段之傾斜管監測成果



圖十三 某14樓大廈基礎開挖與土壓力計監測

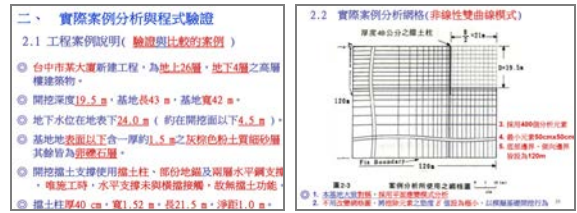


圖十四 不同開挖階段之土壓力計監測成果

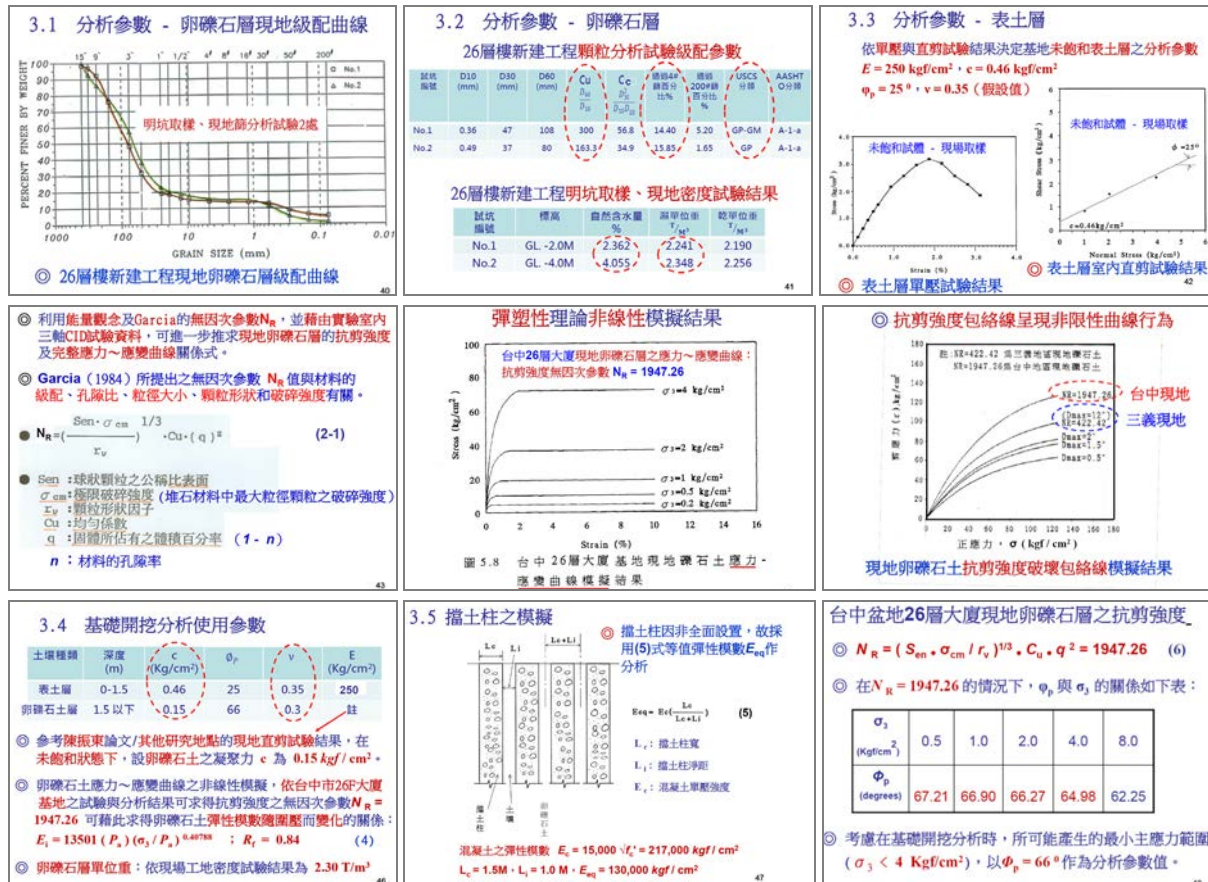
我們也對卵礫石層的深開挖，做一個非線性有線元素法分析，以圖十一之26層大廈為例，參考我以前(1994年)做室內大型三軸試驗結果，以雙曲線模式作為非線性模擬的基礎，配合彈塑性理論發展出一非線性有限元素分析程式，進行卵礫石層之基礎深開挖分析，並且與現場監測結果比對、驗證，結果還不錯。此外，更進一步探討靜止土壓力係數 $k_0$ 、擋土柱埋入深度與其埋設間距等因素，對卵礫石土深開挖行為的影響。

因為時間有限，不敢講太多，圖十五是案例說明及分析網格，因為基地大致對稱，採用平面應變模式分析。圖十六是相關分析參數考

量、模擬成果與比對結果，其中在明坑取樣、現地篩分析找了2個深度做實驗，這個實驗一次要13-15人，現場外業要1-2天，一坑至少5萬塊起跳，很辛苦！針對表土層也做了單壓試驗以及直接剪力試驗。擋土柱模擬的部分，因為擋土柱不是全面設置，所以我們採用等值彈性模數 $E_{eq}$ 來做分析。



圖十五 工程案例說明及網格



圖十六 數值分析相關參數考量、模擬成果與比對

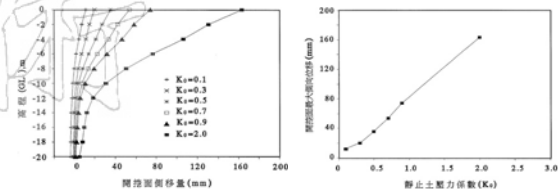
比對成果顯示在不同深度位置的分析值跟量測值非常接近，更進一步來看數值分析結果，開挖深度19.5m，且無任何水平支撐下，底部隆起量才0.3mm，開挖面側移量最大約35mm，你說強不強？很多水保界、大地工程界、結構界、土木技師等都用我的數據，用沒關係，可是我的工地是這裡，你別的地方用的不對我不負責，我都沒有收你版稅，因為這個是我的案例，這個案例是這樣，別的案例是不是這樣不曉得，不能所有卵礫石層都用一樣，卵礫石層在我眼中有好幾種，不能一體適用。

圖十七至圖十九是參數靈敏性研究，當靜止土壓力係數 $k_0$ 由0.1增加至2時，開挖最大側移量會由1.5cm增至16cm，可知 $k_0$ 值影響很大(圖十七)。擋土柱的埋入深度分別採1、2、4、7、10、15m分析，發現開挖面側移量由3.61cm減少至3.52cm，埋入深度對開挖面的影響很小(圖十八)，所以臺中擋土柱的深度都在開挖面以下2m左右，有人用到7m、8m、10m，我說浪費，純屬浪費，幾十年沒有出事過，主要是卵礫石層強度很高，擋土柱名字是安心的，心理作用。考慮擋土柱淨距分別為0、0.5、1.0、1.5及3m進行分析，發現開挖面側移量由2.4cm增至5.90cm，顯示擋土柱淨距對開挖面側移量有一點影響，但也不是很大(圖十九)。

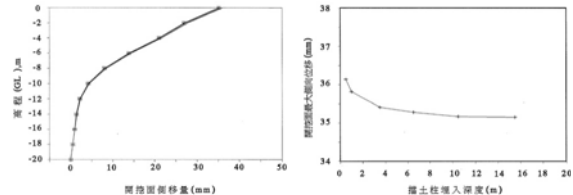
接下來跟各位講卵、礫石顆粒間的互鎖效應，我為什麼說卵礫石層有它的好，因為卵、礫石堆積層中，卵、礫石顆粒大多是以規律的方式排列，而且顆粒是平坦的形狀。當平坦的卵、礫石顆粒主軸被排列在水平方向時，顆粒能達到它們最高的穩定性，這種顆粒的規則排列就像磚牆結構堆疊或互疊。自然狀態下，卵、礫石顆粒非常堅硬，所以潛在的滑動面不可能穿過顆粒本身，因而發展出鋸齒狀的破壞面。臺灣卵礫石顆粒的單壓強度，最低的100 kgf/cm<sup>2</sup>，最高到2,000kgf/cm<sup>2</sup>都有。

由於卵礫石顆粒是規律排列，使得顆粒間有很好的互鎖效應，若要旋轉卵、礫石顆粒，一般需要相當大的力量，所以這個抵抗力相信是卵、礫石邊坡穩定的主要貢獻因素，另由已經開挖的邊坡表面也可發現許多卵、礫石顆粒突出懸伸(overhanging)的現象。

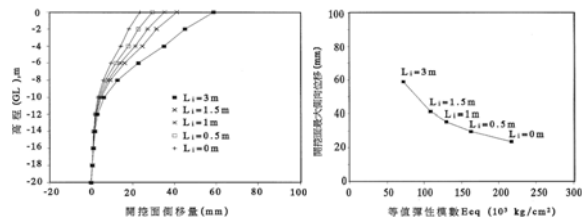
圖二十(左)是互鎖效應造成基礎開挖表面



圖十七 靜止土壓力係數 $k_0$ 之影響分析



圖十八 擋土柱埋入深度之影響分析



圖十九 擋土柱間淨距之影響分析



圖二十 卵、礫石顆粒突出、懸伸穩定的現象

卵、礫石顆粒突出、懸伸的現象，我舉的案例是臺中的，如果是其他地方，我不負責。圖二十(右)是自然邊坡表面的卵、礫石顆粒互鎖效應與突出、懸伸穩定的狀況，它一邊是被夾住，一邊是懸伸出來，如果是在別的地方的土壤早就完蛋了，在卵礫石它可以這樣。

卵礫石堆積層的邊坡穩定分析目前沒有合理的方法可用，開挖的邊坡在較短期間內能維持相當穩定，但對長期穩定而言，邊坡表面建議還是要保護，防止風化、侵蝕、沖刷和落石。

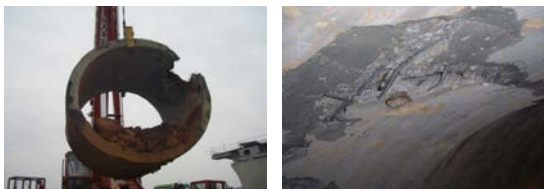
近年臺中地區做很多推管，由於政府跟民意對環保、交通與都市景觀維護的要求日益嚴格，現在地下管線埋設沒有辦法採用過去慣用的明挖覆蓋施工，因為對交通、環境污染影響很大。當地下施工遭遇到沒有辦法避免的卵礫石層時，設計者也開始採行地下推進工法來埋設地下管線。

因為地下管推的施工機具多由國外引入，由於經費考量與經驗不足，往往未能引進

完整的推進設備與施工概念，況且臺灣地質環境較國外更為複雜、艱困，國外可能是普通的土壤或岩石，我們卻是巨大且堅硬的卵礫石層。施工期間常常造成鑽掘速率降低、管材遭遇破損、卵石粒徑太大而無法推進的困境，最後導致廠商與業主對工期與計價認知不同而發生履約爭議問題，這部分就很不好，我認為這個問題牽涉到業主、設計者與施工者，對卵礫石地層特性瞭解不深或調查方法不正確所致。

因為卵礫石顆粒具有圓性及滑脫特性，當推進機頭旋轉時，往往會把卵石向四周推擠，仍停留在原處者方受切削輪的擠壓破碎後，使之進入螺旋管中再排至土艙。此狀況與在岩盤地層中，岩石不會移動而可被擠壓破碎的情況不一樣，我認為卵石是比岩石還要硬。不論選用何種推進機頭，處理後的顆粒均需進入螺旋管，才可以到達土艙順利排出。所以螺旋管的管徑與螺旋間距應愈大愈好，才可以排出較大的卵石，減少卵石破碎的時間。

一般的沖積土層中，直徑大於2m的推管作業，每日推進長度約5-8m。但是卵礫石層的推管案例每日推進長度僅2-3m，施工速率遠低於一般的沖積層。如果推管路線屬於非直線推進施工，施工速率問題與困難就更大。大部分原因是卵石顆粒粒徑太大，可能公尺以上，硬度都是石英岩、石英砂岩，強度最強到 $2,000\text{kgf/cm}^2$ ，導致機頭切削刀刃磨損嚴重、顆粒破碎時間變長，最主要還是卵石無法被破碎而停留於切削刃盤前，使得推進機組無法前進所致。圖二十一為豐原推管案例，其推進時RCP管材表面破損情況。



圖二十一 推進時RCP管材表面破損情況

接著講到卵礫石層在大地工程設計過於保守的問題，這幾十年來，在臺灣中部，特別是臺中盆地，結構物基礎開挖支撐設計過份保守、過份浪費。基礎開挖面的橫擋與橫撐大多是先挖後撐，挖完了再撐，要倒就倒，不會倒就不會倒。卵礫石層較一般中新世砂/頁岩之工

程性質為佳，隧道開挖支撐數量過度保守/浪費，開挖輪進過短、噴凝土、岩栓、鋼支保、混凝土襯砌設計等過於保守浪費。

中部地區的橋樑基礎採用大口徑全套管基樁設計與施工，與南部地區高屏溪橋樑基礎之直徑、長度、間距幾乎相同，那土壤力學就不用學了，因為臺中土壤強度那麼高，全套管基樁直徑那麼大，長度那麼深，一樣設計太保守，也不合理，尤其是樁身磨擦力與基樁承载力被嚴重低估。我可以告訴各位，臺中樁基礎的樁承载力實驗，沒有做到破壞、降伏，強度到哪裡不知道。

在路基土石方施工，常常遇到卵礫石層原土回填工項，建議這個原土中應該要把粒徑超過3"的卵石篩除，回收至土資場物盡其用，可作為水泥、瀝青混凝土之拌合骨材。

再來談到規模效應的問題，工程師常用較小尺寸試體的試驗值，來判斷在結構物實體影響範圍下的大地工程性質，以致高估大地材料的工程性質。事實上材料強度及變形模數會隨試體尺寸增加而遞減，但尺寸大到某一程度時，會近於一漸近值。因此如何提高反力設施，使用更大的平鈹、更大的三軸/直剪試體進行卵礫石層室內/現地試驗，尋找規模效應的消失點，應是未來努力的方向。我做的實驗都很大，那夠大嗎？我覺得還不夠，但是經費不夠。還有異向性問題，卵礫石顆粒含棒狀、葉狀、圓盤狀，具有明顯幾何異向性；另在不同應力狀態路徑下，抗剪強度/變形性亦具明顯的力學異向性行為，設計時需加以注意。

卵礫石堆積層的現場探勘、調查、試驗與分析方法，目前仍未有一致性的標準規範可循，面對此等課題，有待積極建立與解決。有人做現場直接剪力試驗用長寬80cm，我做1.5m，這樣成本就很貴，那1.5m夠不夠？在工程方面是可以，但在學術研究上試體的尺寸，最大寬度最好是是級配最大粒徑的10倍以上，如果30cm的10倍就是試體1個要3m，那要怎麼做？所以工程的考量不一樣。

卵礫石層地下推管工程如採傳統鑽探調查法，所獲得的資料非常有限，可能造成誤判情勢。建議應考慮進行產狀形態調查、現地密度、級配分析、液塑限度、礫石母岩礦

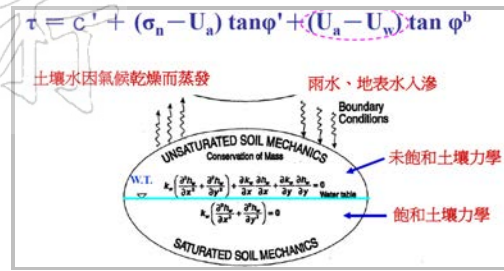
# 地工技術

物鑑定、卵石單壓強度與硬度試驗，求取更適當的天地工程參數。

卵礫石層進行地下小管推進施工時，如何克服施工困難？是否要輔助工法？履約爭議與提高工率要怎麼克服？適合的設計、施工技術、施工機械與合理工期訂定，有待進一步探討與釐清。卵礫石層大部分在丘陵地、在臺地，海拔比較高，所以卵石層的地下水位比較深，常處於未飽和狀態。關於未飽和卵礫石層的水份特性曲線、抗剪強度、材料組合律與在不同應力路徑條件下的力學行為有待深入研究。尤其是基質吸力(matric suction)對地層抗剪強度增加的事實不應被忽略，圖二十二是Fredlund等人(1978)提出的抗剪強度公式，若在未飽和土壤就要加上基質吸力的影響。

最後來談卵礫石層的顆粒力學數值模擬，有些人喜歡用數值分析探討卵礫石的行為，但以往大地材料進行數值分析研究時，大多採用傳統的連續體程式作為分析工具，如邊界元素法或有限元素法等。但若遇到高角度節理岩層或卵礫石堆積層等時，因屬非連續體的材料，則仍存在一些問題無法突破。如：1. 材料內部如有太多不連續面產生交叉時，無法適用；2. 難以辨識新的接觸點(new contact points)；3. 連續體程式只適用於分析小位移與小旋轉的力學問題。

近年來有部份學者致力於離散元素法(DEM)及不連續變形分析法(DDA)的研究。如果卵礫石層以多邊形來模擬分析時，恐因多邊形的頂點－頂點以及邊－邊的接觸判斷過於複雜，且需要記憶的頂點座標太多，將不適用於



圖二十二 基質吸力的考量

分析具有大量顆粒的卵礫石層，且在顆粒形狀上亦有待商榷。卵礫石層如以圓盤或圓球來模擬分析，則由於顆粒間的法向接觸力會通過質心而易於轉動，其穩定性、強度及變形性與現場卵礫石顆粒的真實行為差異很大。

我有一個學生做了圓形顆粒的數值模擬，複合圓形顆粒模式可模擬任何物質的形狀，可以分析砂質骨材、穀料倉以及防波堤消波塊等的堆積行為，亦可運用到粉末力學(powder mechanics)、化學、化工、量子力學等領域。此外，有關卵礫石層之數值模擬並未考慮顆粒與水分子間的互制及偶合效應(coupling effect)，此點仍有待深入研究。希望未來把水的因素好好研究探討，並應用至土石流、土壤液化等數值模擬與分析方面的研究。

不好意思我拉拉紮紮講一堆，以上是我的報告，謝謝各位聆聽！

本次分享餐會特別邀請褚炳麟教授和李慶龍處長針對「工程界遭遇卵礫石層可能面對的問題」及「水力發電工程地工技術案例淺談」課題，為我們進行一場薪傳饗宴。

本期先刊登褚教授精彩內容，李處長精采的與會報導，請期待下一期地工技術.....(待續)



地工技術分享餐會(褚炳麟教授與李慶龍處長)會後合照 (2019.1.4, 臺中全國大飯店)