

介紹

1. 使用範圍：

在自立性良好，且無地下水之地層以人工開挖施作基樁為一傳統之工法，於日本稱為深礎工法，大陸香港稱為「夫妻樁工法」本省於桃園、台中等都市地區係屬卵礫石地質(如照片1)，施築地下室時亦常用作擋土柱配合其他擋土構造作為擋土支撐設施與其他工法如(1)鋼軌樁工法(2)衝擊式排樁工法(3)全套管排樁工法(4)鋼劈礫法(5)連續壁工法等之實作作比較，人工擋土柱作業因採用人工直接挖掘，具有(1)造價低(2)施工機具少(3)無噪音(4)無空氣污染(5)可多柱同時挖掘及(6)適用於卵礫石强度高之地區等諸多特點。但對施工人員之安全防護效果極差為其缺點。

人工擋土柱作業的主要工作為挖掘及構築柱體(如圖1、圖2)。它是由人工拿著簡單的挖掘工具，由上而下的挖掘作業。一般開挖深度約在10至20公尺，擋土柱之斷面尺寸長度大約為1至2公尺，寬度則視開挖區域擋土柱須要而設計，由30公分至60公分皆有，而擋土柱之間距則大部分相距2公尺左右。

2. 解釋名詞：

- (1) 三角架及滑輪組：本作業因採用人工挖掘，所有土石皆須自挖掘洞中(如照片2)直接吊運上來，且採人工吊運，所以在每一人工擋土柱挖掘位置，皆須架設三角架及滑輪組(如照片3)，並以捲揚機、吊索及戽斗作為吊運土石、人員進出之機具。
- (2) 標準作業程序(Standard operation procedure)：將完成某一特定作業所需執行的各項作業步驟，以條列式的方式逐一說明，使能快速而正確地完成該項作業。

危害

1. 潛在危害，災害類型，災害防止對策：

本作業之潛在危害有：(1)崩塌(2)卵礫石飛落(3)感電

(1) 崩塌：人工擋土柱作業開挖造成崩塌之主要原因為：

A. 水之介入造成土石抗剪強度不足

B. 人員、設備、機具及地震等外來荷重超過土石之承載能力。

C. 開挖時之不當擾動，造成側壁之破壞導致崩塌。

防止對策：

A. 設置擋土支撐，如製作護圈(照片7)，並於挖掘後之側壁，噴覆水泥砂漿。

B. 開挖之土石不得堆置於開挖面上。

C. 作業過程中避免機具、設備之任何震動。

D. 隨時監測地下水位狀況，排除地面水之入滲，遇大雨、地下水位上升，即停止作業。

(2) 卵礫石飛落：於洞口及側壁因挖掘擾動或作業之震動容易造成卵礫石(物體)飛落，而致在底處施工之勞工頭部之傷害。

防止對策：進行擋土柱挖掘作業之勞工必須確實正確配戴安全帽或使用保護裝置，以防止頭部被卵礫石擊傷。

(3) 感電：本作業使用捲揚機來吊運土石及人員，因為它的動力來源大多採用電動馬達，通常在人工擋土柱作業場所皆設臨時配線盤，以臨時接設電源。

常見工地之配線凌亂，電線散落或纏繞於地上，而電氣開關之設置亦甚簡陋。雖然本工法在下雨時大多停工，但在雨天過後地面潮濕之際，是可能有發生感電之危害。

防止對策：

A. 使用電纜線確實依挖掘範圍及先後次序佈置，電纜線不得破損並且予以架高，不可平置地面。

B. 於配電盤上(如照片4)安裝漏電斷路器，並使用制式之開關及接頭。

C. 作業前所有電氣設備經有執照之電氣作業人員檢驗合格方得使用。

2. 安全裝置之構造、作動、功用等原理：

(1) 擋土支撐：由研究顯示擋土柱坑位於開挖頂部下約1.5公尺範圍內之側壁最易崩塌，故於此範圍內設置擋土支撐能增加側壁之強度，以防側壁崩塌。

(2) 壁體噴漿：壁體噴漿能補強擋土柱側壁之強度，對於柱坑崩塌之防止亦有助益。

(3) 抽水井與抽排水設備：進行擋土柱開挖時設置抽水井將地下水位

降至開挖面底下，能防止開挖底面發生隆起或湧水之現象。而設置抽水設備(如照片6)將擋土柱坑內之積水予以排除，則可防止因積水而影響開挖地盤之土質工程特性，以減少開挖壁體發生崩塌之機率。

- (4) 支承底板：擋土柱洞口附近之開挖設備之重量，猶如一集中載重施加於洞口附近之地面上，會增加柱坑崩塌之危險性，故須於洞口附近開挖設備機具之底下鋪上支承底板，藉以分散此集中載重之影響，增加開挖面之穩定性與安全性。

3. 相關作業環境之危害：

- (1) 缺氧：人工擋土柱作業在進行挖掘作業時，因長度為1至2公尺，而寬度約為30公分至60公分，又深入地面下10至20公尺，實乃為一侷限空間。

因此在勞工工作時須耗氧，又如有其他有害之氣體隨著開挖而進入擋土柱內，有可能造成缺氧之環境。

防止對策：

- A. 在進入柱坑內時先確定柱坑底之環境，可使用氧氣偵測器偵測氧含量。在達於空氣中氧含量18%以上時，才得以入坑內施工。
- B. 施工中壓送新鮮空氣，以確保勞工良好的工作環境(如照片5)。
- C. 為確保空氣中氧含量之確實足夠，得使施工中勞工配戴氧氣偵測器，在氧含量不足時，能予警告退避。
- D. 建立緊急聯絡系統及人員訓練：目前之擋土柱開挖時，勞工及其開挖土石之運送，乃依靠另一位在地面洞口的搭配勞工來操作捲揚機。所以當緊急狀況發生時，最直接最有效力的援助者乃是由地面勞工來採取緊急應變措施及通報。因此須建立緊急聯絡系統及訓練上下作業勞工使其能配合良好。

作業程序(流程圖詳圖3)

一、作業前準備安全事項：

開挖人員及設備之安全性：

1. 人工擋土柱作業乃純以人工開挖，因此為一極具施工技術性的作業。作業人員本身之經驗及作業常識乃是人工擋土柱作業開挖安全與否的

重要因素之一，例如人工擋土柱開挖時，為防止地下水可能引致的開挖面隆起及砂湧現象，須於開挖前先設置抽水井。又當開挖抽水井時，係完全以人工方式挖掘，遇地下水時，可能需進行潛水作業，工作人員穿戴潛水衣、頭罩由地面人員供應壓縮空氣。為避免罹患潛水夫病，應注意作業人員身體狀況，及良好的供氣設備。因此在作業前須訂定標準作業程序，使勞工得以遵循。並選任合宜的勞工安全衛生管理人員時時加以管理及注意，以防止災害之發生。又對勞工實施必要之安全衛生教育訓練以提高勞工之安全衛生知識。

2. 作好機具及人員之安全措施

(1) 人員之安全措施方面：

- A. 在擋土柱挖掘作業人員須配戴安全帽以避免頭部遭土石擊傷。
- B. 建立緊急聯絡系統及上下作業勞工之訓練，使能密切配合以維開挖作業之安全。
- C. 選任具有豐富經驗之工地主任來規劃適當的緊急應變措施，同時教導作業人員瞭解災變的徵候及處理的能力，作為監督措施。

(2) 施工機具之安全方面

- A. 捲揚機：注意開關及配電線，必須使用品牌正品、架高、不使破皮漏電，以防止感電之災害。又捲揚機亦用來作為人員吊送出入之機具，所以在人員上下時應配合垂直安全母索之配置，以防止人員墜落。
- B. 三角架及滑輪組：須選用強度足夠且無缺陷之材料來作三角架，並檢討地面上之支點，使足以承載開挖之土石及人員之重量而不會產生滑移，乃是使用時檢查之重點。
- C. 吊索及吊斗皆要有足夠之強度，且於接繫處能緊結，無鬆脫斷落之虞。
- D. 設置土水壓觀測計、測傾管等安全觀測儀器。

頂部開挖週邊土壤崩塌之防止：

1. 開挖間距須注意調整或採取跳挖施工法，來區隔開挖擋土柱並加以灌漿，施築完畢後，再進行其他擋土柱之開挖。
2. 對鄰近建築物、圍牆及地面，時加留意是否因為開挖造成的地面裂縫或建物之傾斜等可能導致災害之徵候，方能早期預防及解決。
3. 因為在都會區中施工，因此在開工前須對工區內作好管線調查，對中

油、瓦斯公司、台電、自來水公司、電信局發函。請協助處理遷移，無管線後，才得予施工。

4. 作好開挖設備之安全，在開挖口地面上鋪設適當的支撐板，以分散集中荷重。並且利用繩索將三角架底部予以適當的圍束，避免其滑移。另外，操作時注意捲揚機之受力狀況，及對洞口週邊土層之影響，不要使土石鬆動及崩塌。
5. 注意下雨及地震對土層本身剪力強度的變化：在大雨過後或較大的地震過後，即應檢查地面有否產生裂縫，柱位及垂直度等是否產生變化，並採取，如緊急灌漿措施，將地表面之土層予以強化。
6. 將棄土溝之邊緣與擋土柱口之邊緣最好距離在2公尺以上為佳，並對地面上之排水予以規劃其流向。並截取排水溝來降低水對土層強度之影響。
7. 於土質不良狀況下，先予施作護圈或擋土牆。

二、作業中安全事項：

對開挖側壁崩塌之防止須注意：

1. 進入挖掘之擋土柱樁孔前須先送風，並測定空氣中含氧量使達18%以上，始得進入並作好記錄。又工作中隨時配戴氧氣含量偵測器，並使其在空氣中含氧量不足18%時能發出警報，又由於工作深度常深達10米以上，亦須適當設置通風管道，以防止空氣危害之發生。
2. 裝設照度在200米燭光以上之良好人工照明設備。
3. 作業中擋土柱側壁應保持其垂直度。
4. 吊運物料及人員時，儘量避免碰觸側壁。
5. 在開挖側壁遭遇較大顆粒之卵石時，最好能以水刀進行切除。否則要特別小心的來敲除，以避免上部份土石喪失原有的支撐。
6. 當作業人員進行開挖時，遭遇到管線或其他地下埋設物、廢棄物時，即應通知該等設置物之主管機關一齊協調處理方式，不得斷然加以掘斷，而造成其他災變。
7. 如遭遇其他棄置物如鋼筋或型鋼等過去其他建築工地遺留之長形物體，亦可運用其它特殊設備來加以切除，以避免對開挖側壁所造成之擾動。
8. 開挖後之側壁，可採用噴漿之方式來補強側壁，大約每1公尺~1.5公尺範圍撥漿一次。
9. 或在不妨礙土石及人員之吊運下架設適當的支撐，以防止側壁之崩

塌。

10. 準備足夠的抽水設備將地面水及擋土柱坑內之積水予以排水，並控制地下水位，使降至開挖面下**0.5公尺**之位置。

11. 應訂定

(1) 開挖人員及設備安全自動檢查表

(2) 擋土柱開挖地面周遭防護自動檢查表

(3) 擋土柱開挖及防止側壁崩塌自動檢查表

並在作業前、作業中，作業完成後填寫並存檔保存**3年**。

穩固壁體並吊放鋼筋籠：當完成壁體之開挖後，一般為穩固壁體都在壁體上潑上一層水泥砂漿，而待開挖至預定深度後，再將準備好的鋼筋籠吊放至擋土柱內。此時須加強檢查鋼筋籠之吊點，並擇合適之吊運機具，由合格吊掛人員在場施作，以確保安全。

封模及灌漿：鋼筋籠吊運至正確位置後，即對坑口開挖線之側面加以封模，在工地主任檢查過模板之支撐後，即施行灌漿工作。

施作頂繫梁：頂繫梁寬度約**50cm**，主要目的係將各擋土柱連成一體，以提供更大的擋土作用力。

相關法令標準

1. 我國營造安全衛生設施標準之露天開挖相關規定

(1) 第四十七條：為防止地面之崩塌及損壞應事前就作業地點及其附近，施以鑽探、試挖或其他適當方法從事調查。卵礫石地區之開挖，事先即以對該等土層之穩定性加以調查，俾從事相關設計之參考。

(2) 第四十九條：為防止地面崩塌或土石飛落，應

一 作業前、大雨或四級以上地震後，應指定專人確認地面有無龜裂、湧水及土壤含水狀況，並採必要措施。

三 開挖土石應經常清理，不得堆積於開挖面上方或開挖面高度等值之坡肩寬度範圍內。

五 應設排水設備。

(3) 第五十條：為防止土石崩塌應指派專人直接指揮工作，檢查器具、工具，監督勞工使用安全帽、安全帶，注意地面水及地下水排洩情形。

(4) 第五十四條：勞工於採光不良之場所從事露天開挖作業，應裝置

作業安全所必需之照明設備。擋土柱之開挖深度常及於地下10公尺以上，如無適當照明設備，將無法由人工於底部進行開挖。

- (5) 第五十五條：垂直開挖最大深度應妥為設計，如其深度在一．五公尺以上且有崩塌之虞者，應設擋土支撐。而目前一般擋土柱之開挖往往不支撐，以致崩塌災害時有所聞。
- (6) 第五十七條：對於擋土支撐之構築依下列規定
 - 一 依地質資料、地下水位、地面荷載現況，妥為設計擋土支撐，並繪製詳細構築圖及擬定施工計畫。
 - 三 未開挖前，依設計位置先行打樁或擋土壁體，達預定深度後，再行開挖。
 - 四 為防止支撐桿…等之脫落，應確實固定於擋土壁體上。
 - 九 不得以支撐桿作為施工架或乘載重物。
 - 十 應隨時注意土質、地下水位之變化，並採必要安全措施。
- (7) 第五十八條：擋土支撐之構築作業應指派作業主管直接指揮作業，檢查材料、器具、工具，監督勞工使用安全帽、安全帶，禁止無關人員進入作業現場，發現因地面水、地下水影響擋土支撐工程時，應使勞工退避。
- (8) 第五十九條：擋土支撐設置後，開挖進行中，於每週、四級以上地震後、大雨或觀測系統顯示土壓變化時，應確認支撐構材損傷、變形、移位，認有異狀應即補強或採必要設施。
- (9) 第六十條：對設置擋土支撐之場所，必要時應備加強、修補擋土支撐之材料、器材。

2. 美國營造安全衛生設施標準之開挖相關規定

- (1) 一般要求中第八項特別規定勞工不得在有積水開挖面內工作，除非已有適當的保護措施防止積水的危險。目前卵礫石地區開挖時皆設有排水井以施行降水作業。
- (2) 第十項則規定材料或設備至少須距離開挖邊緣0.61公尺以上，或使用擋土設施來保護。而目前擋土柱之施工時皆未對人員、機具、材料之放置做考量，一般都任意擺放於擋土柱開挖邊緣。

災害案例

人工擋土柱開挖作業，勞工被掉落土石掩埋死亡災害

1. 災害發生經過：甲營造公司將某大樓新建工程地下室擋土柱工程交付

乙實業行施工，八十一年二月二十五日上午十一時許，挖掘工丙發覺五號擋土柱坑有土石鬆動現象，乃報告工地主任丁，丁指示暫停挖掘，丙就在五號擋土柱坑潑灑水泥漿。後來有一片土石滑落，立即請地面上之勞工戊將其吊上地面，當丙欲拆離位於五號擋土柱坑旁之吊運機台時，戊隨著崩落土石滑落緊鄰之四號擋土柱坑，並被繼續崩落之土石掩埋，丙立即叫人前來協助將其從坑內挖掘出來送某省立醫院急救無效死亡。

2. 災害發生原因：

- (1) 罹災者死亡原因為被泥砂掩埋，窒息致死。
- (2) 罹災者站在四號擋土柱坑旁，因該柱坑側壁穩定性不良而發生崩塌，致滑落坑內被繼續崩落之土石掩埋窒息死亡。
- (3) 開挖擋土柱坑，未投擋土支撐。
- (4) 對勞工未實施安全衛生訓練，勞工安全衛生意識不足。

3. 災害防止對策：為防止類似災害再次發生，有採取下列措施之必要。

- (1) 對於露天開挖作業，開挖深度在一·五公尺以上有崩塌之虞者，應設擋土支撐。
- (2) 將本案例列入訓練教材，提高勞工安全衛生知識，防止類似災害發生。

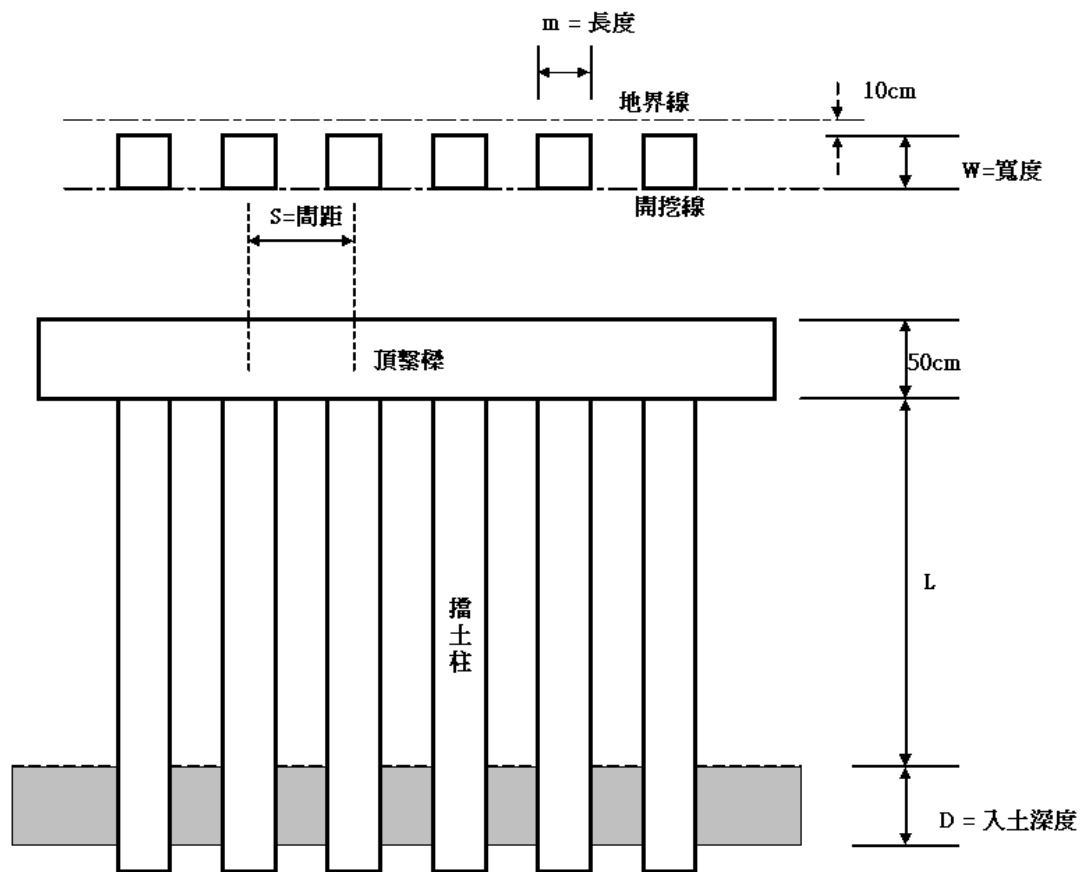


圖1 擋土柱斷面圖

(資料來源：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，“軟礫石地區開挖安全問題之探討”)

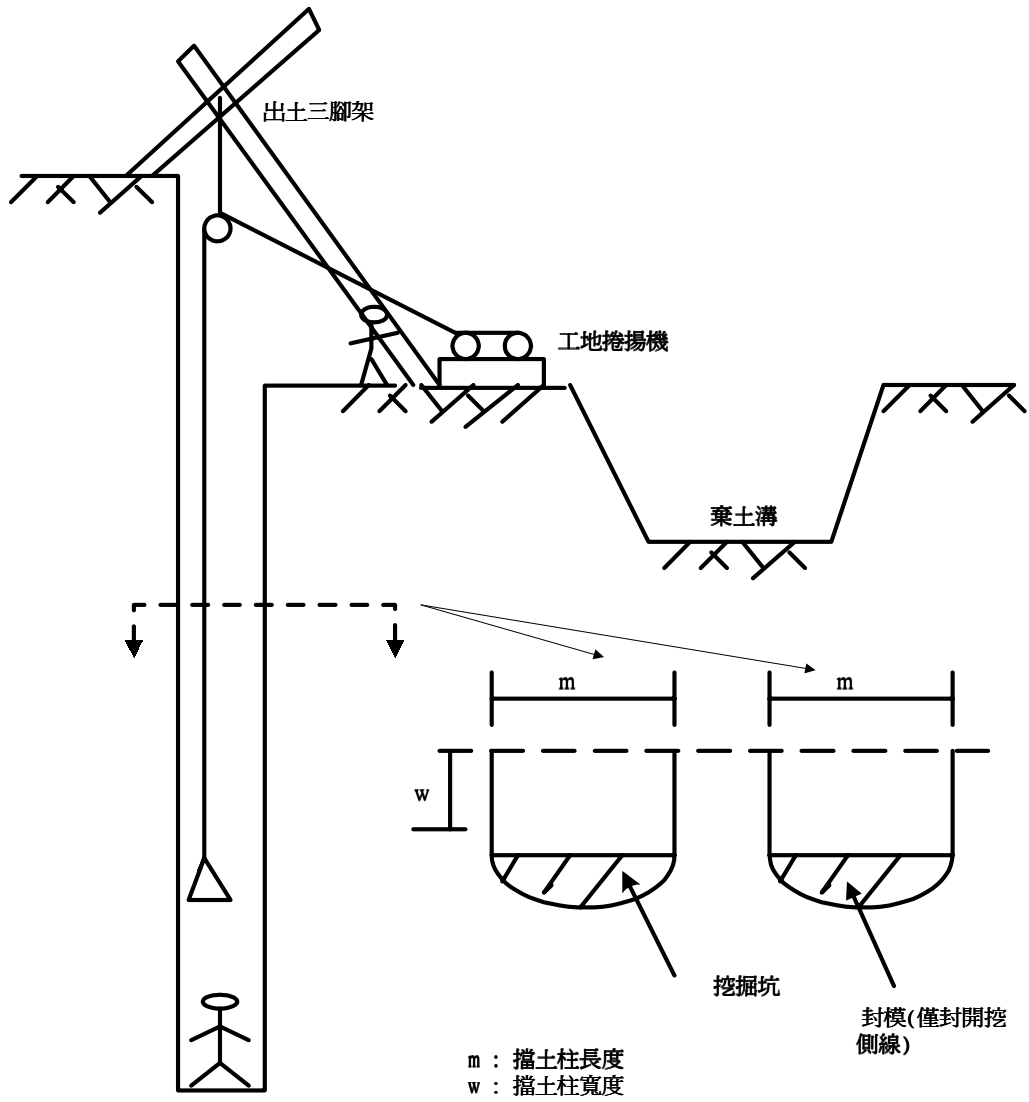


圖2 擋土柱開挖作業示意

資料來源：(行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，“軟礫石地區開挖安全問題之探討”)

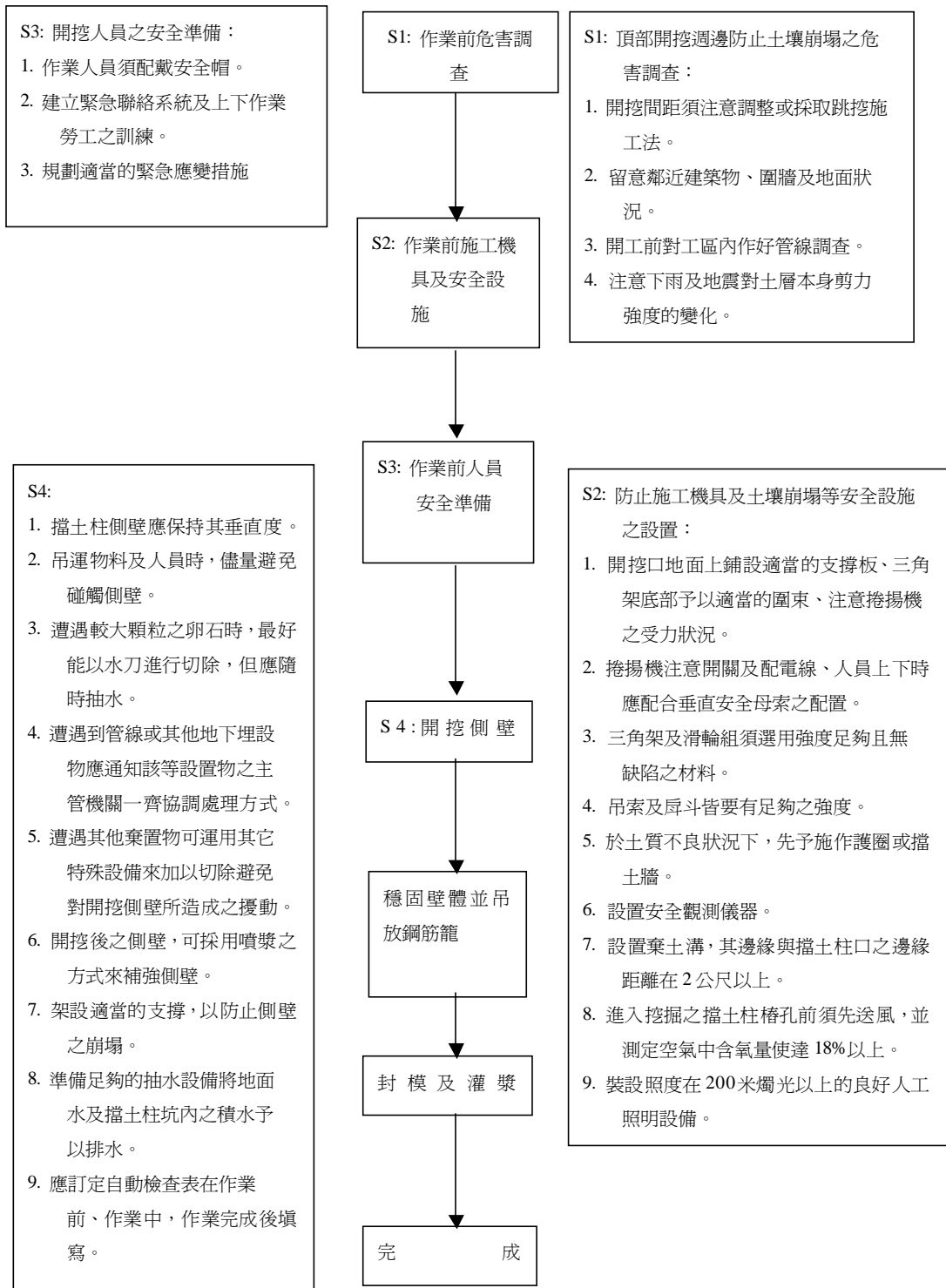
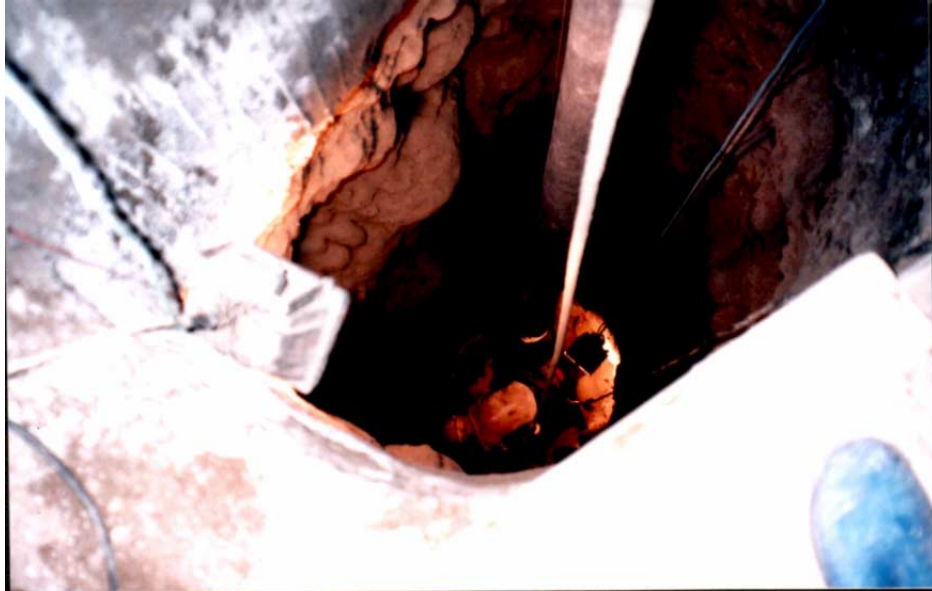


圖 3 人工擋土柱作業流程圖



照片1 堅硬之卵礫石地質(資料來源：台北市工礦安全衛生技師公會)



照片2 擋土柱坑(資料來源：台北市工礦安全衛生技師公會)



照片3 三角架與滑輪組(資料來源：台北市工礦安全衛生技師公會)



照片4 臨時配電盤之設置(資料來源：台北市工礦安全衛生技師公會)



照片5 送風設備(資料來源：台北市工礦安全衛生技師公會)



照片6 抽水設備(資料來源：台北市工礦安全衛生技師公會)



照片7 護圈之安全防護設施(資料來源：台北市工礦安全衛生技師公會)