

## 介紹

### 1. 使用範圍：

反循環樁(reversed circulation pile)利用泥漿穩定開挖樁壁避免崩坍，效果良好，運用於大口徑及深基樁之施工成效頗佳，因此不但適合都會區中作為建築工程高樓建築物之基礎，亦廣泛應用於各種土木工程之公共運輸橋樑基礎樁。其鑽掘方式係在作業面之表層設置適當深度之保護套管，再以適合地質狀況之鑽頭，經由鑽桿之旋轉傳動往地盤鑽挖，鑽掘過程利用泥漿作為穩定液保護掘削之孔壁不致崩坍，並經鑽桿管將循環水與鑽鬆之土砂混合所形成之泥水強制由鑽管吸昇並排放於地面上所設置之沉澱池，俟土砂沉澱後，再讓仍符合施工標準之穩定液回流至鑽掘孔內，形成以緩速逆向水流之循環鑽掘作業，即為所謂之反循環工法。

### 2. 解釋名詞

- (1) 反循環樁：為場鑄樁，以鑽掘方式施工，配合使用穩定液保護掘削之孔壁不致崩坍，並經由鑽桿管將泥水強制吸出沉澱處理後再循環回流至鑽孔內之基樁作業。
- (2) 完整性試驗：為確保鑽掘樁之施工品質，施工單位對基樁實施非破壞性試驗，作為對基樁現場澆置混凝土品質之驗證，通常以超音波試驗或其他認可之試驗方法為之。
- (3) 穩定液：為能使基盤安定的液體之總稱，一般常以泥水、皂土穩定液或其它穩定液稱呼，製造之材料有水、鑽掘基盤中之黏性土、皂土、CMC、聚合物及分散劑等。
- (4) 特密管：為施作水中混凝土之工具，利用管底具有封閉及開啓之裝置，將混凝土直接輸送到水底位置澆灌而上。

## 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)墜落(2)物體飛落(3)倒塌(4)碰撞(5)崩坍(6)感電

- (1) 墜落：開挖造成開口部，作業勞工不慎則有可能造成墜落傷亡。  
防止對策：於開挖期間對於施工中或已完成樁之開口部均應設置護欄及警告標誌，或將已完成樁之空打段回填，並限制不相關人員進入工作範圍。在超音波檢測時，檢測人員應使用安全帶繫掛於堅固處。
- (2) 物體飛落：由於鋼筋籠組紮完成之搬運、移動及安裝造成變形，甚至鬆散而造成之潛在危害。  
防止對策：  
A. 鋼筋籠配筋前預先計算重量及設計吊耳，並在銲接部位加以補強。  
B. 於鋼筋籠組紮完成後，應進行檢核主筋與補強筋及箍筋間之銲接是否確實，有無鬆散之情事，以防鬆脫危害。  
C. 鋼筋籠之搬運、移動及安裝對於吊點位置及穩固應予查核，在續接作業時，要注意支撐加強，預先計算並設計，並予銲接加強。
- (3) 倒塌：作業中，重機械因地坪承载力不足或吊掛重心不穩而傾斜。  
防止對策：  
A. 以鋼板鋪面來增加重機械下之地坪承载力。  
B. 作業時，各種重機械基腳應依原設計寬度伸張完成，加以固定，才開始作業。  
C. 吊掛物重量不得超過設計承载力。
- (4) 碰撞：施工時重機械車輛由於操作當中常有視覺死角之情形，易肇碰撞事故。  
防止對策：應有指揮人員引導協助動線之安全。
- (5) 崩坍：由於施工期間穩定液管理不當，或因導護管外圍有噴水現象之伏流水而造成逸水現象，引致鄰近地盤崩坍甚至損鄰事件，或由於鑽孔之垂直精度不足造成鋼筋籠刮落孔壁等，皆可能導致孔壁崩坍造成機具甚至人員的損傷。  
防止對策：依地層情形調整穩定液配比，並控制循環水速度使壁體形成泥護膜，以消除穩定液管理不當之危害。對於如逸水現象之處置可用黏土或鋸屑填隙，或直接將導護管加深的方式防止逸水。此外對於鑽掘造成曲孔之防範應採行對策為：

- A. 將鑽桿管接頭之緊結度保持均一性。
- B. 不使用已變形之鑽桿管。
- C. 當鑽掘地盤趨於堅硬時，不應隨意放下施吊鑽頭之鋼索。
- D. 當旋轉桿有跳動情形時，應特別留意控制垂直度。

(6) 感電：製作鋼筋籠時，因電銲作業可能發生感電危害。

防止對策：

- A. 確實接地，接地線隨工作人員工作位置移動而移設。另端接地線使用專供接地用接地端子之連接器，連接於接地極，接地極應充分埋設於地下，確實與大地連接。(有關電氣設備接地方面可參考安全資料表 SDS-P-0100058 之「電氣設備接地」)
- B. 電銲機有自動防止電擊裝置。
- C. 電線經分電盤漏電斷路器，無破損並架高。
- D. 電銲把柄使用正字標準規格產品。

2. 相關作業環境之危害：

(1) 鋼筋籠加工場堆置排放不整潔易造成勞工行走跌倒、刮傷及刺傷等損害。

防止對策：

- A. 預先完成材料、機具配置設計。
- B. 工地應加強材料機具配置整齊之安全衛生管理。

(2) 作業中因灌漿需要電力，所以在下雨天泥濘中，易生感電災害。(詳安全資料表 SDS-P-0090057 「營建場所臨時配線」)

防止對策：

- A. 使用雙重絕緣防水可撓性電纜線。
- B. 各分電盤設有漏電斷路器。
- C. 將配電線、電纜線架高。

(3) 照明：此外，由於反循環樁作業時間較長常有延續至夜間施工之情形，對於勞工就業場所之採光、照明及其他為保護勞工健康及安全設備應妥為規劃，使照明充分。

## 作業程序(流程圖詳圖1)

1. 作業前之準備：整地放樣，測定樁位及機具進場，如照片1所示。



照片1 整地放樣測定樁位及機具進場

(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)

整地當中對於陌生環境之拆遷整理，施工者應特別對可能之危險因素，如物件或土石崩塌、感電、瓦斯及壓力管線等多加注意。作業時參照施工圖，會同監工單位測定基樁樁位與樁位高程控制，高程基準點校核，檢具測量記錄送監工單位核備。

作業中：

1. 保護套管理設：如照片2所示。



照片2 保護套管理設(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)

基樁中心位置之準確性，端賴套管之埋設，鑽機之中心點，亦隨套管中心之正確與否，故準確之套管理設，攸關工程成敗，一般係採2～3 m長之保護套管加以控制，吊置時使用之吊車需嚴格遵守載重限

制，吊裝纜線是否損傷及吊點是否牢固均應確認無誤，作業時亦應管制人員動線於安全範圍。

2. 機具設置：將鑽掘機安裝於樁位上，並以垂球檢核鑽孔中心位置，再以手持式水準器調整使鑽機水平。
3. 穩定液之調配：如照片3所示。



照片3 穩定液之調配(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)

循環水水頭壓力之保持為防止孔壁崩塌之主要因素，其原因係地質關係造成之逸水現象，地下水位過高或回流之泥水量小於抽水量，使液面降低所致。基於各工址土質之差異性，穩定液之調製亦有所不同。茲將泥水調製原則敘述於后：

- (1) 為使掘削能力提高，則循環水之比重要低，要保護孔壁則比重要高，為滿足兩者需要，則循環水之比重應予以控制。
  - (2) 剛開始掘削之樁位，泥水比重未正常化，掘削速度宜慢，否則易造成孔壁之坍塌。
  - (3) 由地質鑽探資料，分別依工址土質為黏土質或砂土質選定合適之穩定劑調製。
4. 鑽掘：如照片4所示。



照片4 鑽掘機具設置及鑽掘

(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)

機具設置完成，即進行試車作業。程序如下：A.起動抽水機，檢查出水量。

B.調節補給水量，核定穩定水位。反循環水須控制水頭壓力，鑽掘進行是以鑽管重量向下鑽掘，同時以強力之水泵，將鑽掘產生之泥漿抽出送入泥漿沉澱池，而沉澱池容量為鑽掘基樁體積二倍以上，經沉澱後之餘水再行回流至鑽孔，反覆使用循環水，流失部份隨補充之。鑽掘期間遵照施工圖說之規定，鑽掘至規定設計深度。貫入承載層以進入礫石層1.5m或貫入速度3小時小於10公分為止。

5. 鑽掘完成移開鑽機：移開鑽機時應避免產生震動，影響樁孔與壁體之穩定，鑽掘完成即抽出鑽管，將鑽機移至下一樁孔繼續鑽掘，並進行超音波垂直度檢測。
6. 鋼筋籠加工：如照片5所示。



照片5 鋼筋籠加工(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)

鋼筋加工區位置,以鋼筋籠長度而定,並考慮不妨礙工區內之交通運輸與吊取方便,其作業台需保持平整,鋼筋置放整齊以利搬運。鋼筋籠之製作按圖示之規定交錯點焊,並作適當之分段搭接。作業勞工應注意裁切鋼筋加工時之自身及他人安全,對於電線電源感電防範亦應有專人管理。

7. 超音波檢測：鑽掘至預定深度時以水尺檢測,並以超音波檢測其垂直度。
8. 吊放鋼筋籠：如照片6所示。



照片6 吊放鋼筋籠(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)

吊放鋼筋籠之吊法採擇應注意作業安全,吊點處均特別補強,以避免吊起時發生鬆脫之慮,且鋼筋籠應避免吊放時扭曲變形,可於鋼筋籠內加焊支撐筋,以增加鋼筋籠之勁度。主筋搭接時應依設計圖之規定加焊間隔版。鋼筋籠吊放固定時,以鋼筋二支成180度焊於鋼筋籠上端,以控制鋼筋籠之高程。

鋼筋籠吊放同時,需裝設PVC測管,以爲日後施作基樁完整性試驗之用,並應預設灌漿管以便日後樁底灌漿。且吊置時使用之吊車需嚴格遵守載重限制,吊車基腳應依原設計劃儘量延伸,使能站穩,吊裝纜線是否損傷及吊點是否牢固均應確認無誤,作業時亦應有人員管制動線之安全。

9. 吊放特密管：如照片7所示。



照片7 吊放特密管(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)

吊放時注意避免碰撞鋼筋籠，將特密管垂放至離樁孔底50公分位置。

10. 沉泥處理：於鑽掘深度確認後，須停機半小時，俟沉泥沉澱後進行清理作業，每支樁均須原地循環15分鐘左右，使清理至原鉗掘深度後，再開始起管。

鋼筋籠吊放完成後須使用水尺量測樁之深度，如沉泥超過30cm，則採用反循環方式處理沉泥，處理後再用水尺量測樁之深度，直至清理至樁底深度後，始得澆置混凝土。

11. 混凝土灌漿：此階段應注意

- (1) 特密管灌注混凝土時，須於特密管內放置橡皮碗，以混凝土之重量擠壓橡皮碗，導入特密管，避免泥水滲入混凝土。
- (2) 特密管導入混凝土時應經常使特密管之末端埋入混凝土內深度2M以上，以避免泥水滲入上昇之混凝土。
- (3) 混凝土灌注速度通常為30~60M<sup>3</sup>/小時，已初凝之混凝土不得使用，其適當之坍當在18~20CM故混凝土之配比均需照要求。
- (4) 混凝土灌注時，以水尺適時檢測混凝土上昇之高度，以檢核注入混凝土之數量，以作抽管之依據。
- (5) 混凝土灌注時，保持連續不斷狀態，若作業時有混凝土供應不繼，而致灌置斷續情事，則將特密管作上下抽動，但仍應保持最小埋入深度(2M)。
- (6) 混凝土灌注時須特別注意，不得破壞預埋管(樁底灌漿管及完整性測管)於灌注前需先將完整性測管內充滿水。

12. 沉澱池：如照片8所示。



照片8 簡易沉澱池(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)

反循環基樁施工時，鑽頭將土層削掘成土塊，利用水為媒介經鑽管抽出。其所削掘抽出之土塊體積亦須以相同體積水加以填充，以防止坍塌發生。挖掘沉澱池時，須考慮沉澱池之容量，一般所須容量為鑽掘基樁體積之二倍。工地中設置沉澱池常因空間上之限制而必需緊鄰作業區，因此應於沉澱池週邊設置安全護欄及警告標誌，防護勞工失足溺水之危害。

13. 基樁完成：灌注混凝土完成後，應速回填空打部份，以保持工地安全。
14. 樁底灌漿：此階段應注意
  - (1) 在鋼筋籠內安裝灌漿管，管底須離樁底100~300公厘，管頂伸出地面約0.5~1公尺。
  - (2) 澆置混凝土前，灌漿管應充滿水，以防止泥漿滲入管內。
  - (3) 澆置混凝土後，須立即以清水沖洗灌漿管，並於二十四小時內以高壓水將包覆灌漿孔之膠布穿破，以備灌漿。
  - (4) 第一階段灌漿：在基樁混凝土澆置完成後一至二天，且混凝土強度達設計強度之50%時即可以施作樁底灌漿。由預留兩組管注入水泥漿，當注入壓力達60KG/CM<sup>2</sup>時停止灌漿，並記錄開始與結束時壓力及漿液注入量。灌漿停止後立刻以清水沖洗灌漿管，及檢查水泥漿有無清洗乾淨，以備二十四小時後進行第二階段灌漿。
  - (5) 第二階段灌漿：若第一階段灌漿時壓力未達60KG/CM<sup>2</sup>，則於二十四小時後於同組管，再依前述步驟施做樁底灌漿，若壓力達

60KG/CM<sup>2</sup>時即停止；或壓力未達60KG/CM<sup>2</sup>，若灌注量達400公升時亦視同樁底已充滿水泥漿液，故停止灌注，並記錄時間、壓力及注入量。

作業後：

1. 基樁完整性試驗及現場載重試驗：基樁完整性試驗為檢核基樁之施作品質，作為完工驗收之依據之一，試驗結果經專業人員研判現場澆置混凝土品質無異常，則可作為驗證之參考，另部份基樁數量多或重要性高之工程，設計單位為求瞭解實際施作成效，亦可擇其中部份基樁作現場載重試驗。
2. 樁頭鑿除完成基樁：如照片9所示。



照片9 基樁完成(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)

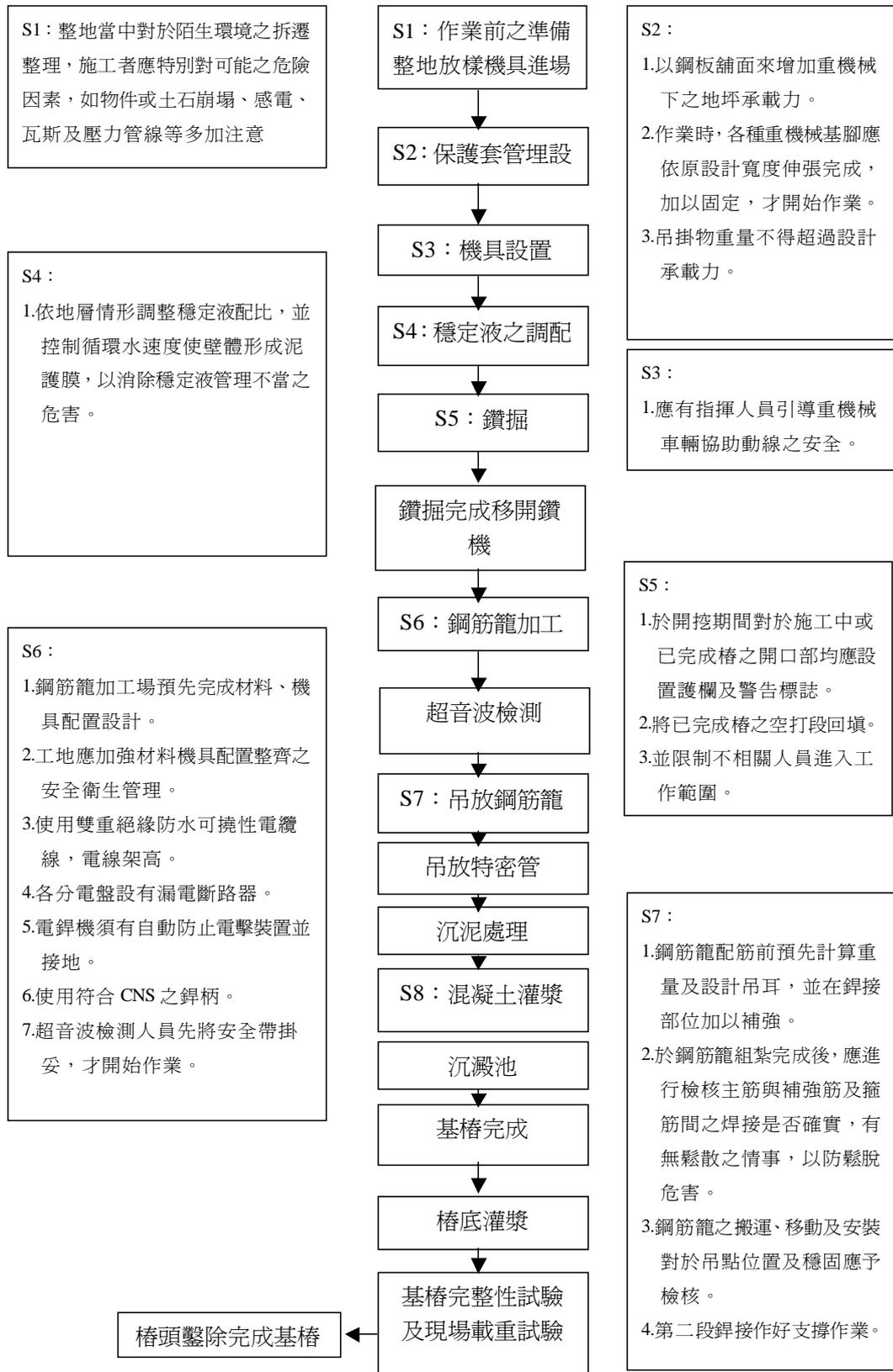


圖 1 反循環樁作業安全流程圖

## 相關法令標準

### 1. 營造安全衛生設施標準：

- (1) 第五條：…對工作場所設置之警告標示，應依左列規定…。
- (2) 第六條：…工作場所中原有之電線、電力配管、電線桿及拉線、給水管、電信管線、危險物或有害物管線等，如有妨礙工程施工安全者，應於施工前妥善處理…。
- (3) 第七條：…對於有車輛出入或有導致交通事故之虞之工作場所，應依左列規定設置適當交通號誌、標示或柵欄…。
- (4) 第十條：…勞工於二公尺以上高度之屋頂、開口部分、階梯、樓梯、坡道、工作臺等場所從事作業，應於該處設置護欄或護蓋等防護設備。但如使勞工佩掛有安全帶等而無墜落之虞者，不在此限。
- (5) 第十一條：…依前條規定設置之護欄，應依左列規定…。
- (6) 第十二條：…依第十條規定設置之護蓋，應依左列規定…。
- (7) 第二十三條：…以捲揚機等作為吊運物料時，應依左列規定…吊掛之重量不得超過該設備所能承受之最高負荷…。
- (8) 第四十七條：…勞工從事露天開挖作業，為防止地面之崩塌及損壞地下埋設物致有危害勞工之虞，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，其調查內容…。
- (9) 第四十八條：…勞工以人工開挖方式從事露天開挖作業，其自由面之傾斜度，應依左列規定…。
- (10) 第四十九條：…從事露天開挖時，為防止地面之崩塌或土石之飛落，應依左列規定…。
- (11) 第五十條：…勞工從事露天開挖作業，為防止土石崩塌，應指派專人辦理左列事項…。
- (12) 第五十二條：…露天開挖作業，為防止損壞地下管線致危害勞工，應採取懸吊或支撐該管線，或予以移設等必要措施，並指派專人於現場指揮施工。
- (13) 第五十三條：…以機械從事露天開挖作業，應依左列規定…。
- (14) 第五十四條：…於採光不良之場所從事露天開挖作業，應裝設作業安全所必需之照明設備。

## 災害案例

在橋樑基樁孔旁從事銲接作業被滑落鋼筋籠擊死災害

### 1. 災害發生經過：

甲工程單位承攬某高速公路休息站工程，將基樁工程部份交付乙基礎工程公司承攬，八十五年十二月十三日七時許，勞工A等四人到工地七號橋B1基礎處，由A操作移動式起重機，B、C、D從事鋼筋籠箍筋銲接作業，至九時四十七分完成一公尺高銲接作業，乃將原來支撐鋼筋籠之鋼軌移開，A將吊舉之鋼筋籠往下移至定點後繼續銲接作業，九時五十分整個鋼筋籠滑落基樁孔內，B勞工及時跳開未受傷，C、D被滑落鋼筋籠擊中，C當場死亡，D僅手腳受。

### 2. 災害發生原因：

- (1) 鋼筋籠吊掛在起重機吊鉤長達十八小時，吊點處長時間承受三十五公噸鋼筋籠重量，易造成該處電銲銲道疲乏脆弱，吊舉之鋼筋籠往下移至定點後，於銲接前未再架設鋼軌，使其全部重量由內箍筋承受
- (2) 災害發生時，三十五公噸鋼筋籠重量全部由吊點處之內箍筋承受，當荷重超過吊點處所承受重量時，該處電銲銲道即破裂。
- (3) 未對勞工實施安全衛生訓練，勞工安全衛生知識不足。

### 3. 災害防止對策：

- (1) 應評估鋼筋籠吊點處之承載能力，設計吊點處之施工方式，以確保吊點處有足夠強度支撐鋼筋籠重量。
- (2) 從事鋼筋籠箍筋銲接作業前，應確實架設鋼軌。
- (3) 應對勞工實施安全衛生訓練，補充勞工安全衛生知識，防止類似事件發生。