

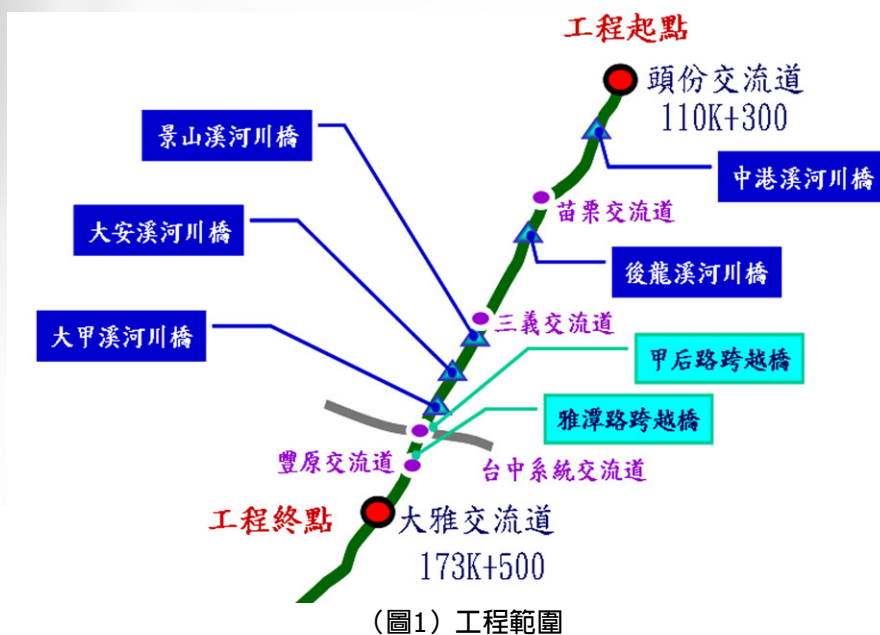
# 4 工作心得及研究報告

## 橋梁耐震補強工程 第M14標微型樁施工簡介

### 一、工程概述

台灣地處環太平洋地震帶，地震發生頻繁，對於國道高速公路橋梁會造成相當大的威脅。交通部台灣區高速公路局有鑑於國道高速公路為台灣南北交通的大動脈，對於國家整體經濟發展及民生生活影響甚鉅，為防範於未然，規劃針對經管之國道一號及國道三號高速公路(89年12月31日前已通車路段)之橋梁結構物重新評估橋梁之耐震能力。對於不符合交通部89年4月頒佈最新耐震規範之橋梁將進行補強設計與施工，期能於日後橋樑承受大地震侵襲時，可達到減少損害、避免傷亡之防災目標。

本工程範圍（圖1）包含國道1號中山高速公路頭份交流道北側至大雅交流道北側（110K+300~173K+500）之橋梁（主線橋、跨越橋、匝環道橋）、國道4號台中系統交流道跨越中山高橋梁及台中縣政府委託代辦之甲后路跨越橋及雅潭路跨越橋之耐震補強工程，全線合計共70座橋梁，涵蓋範圍全長約63公里，補強施工之橋樑計有59座。

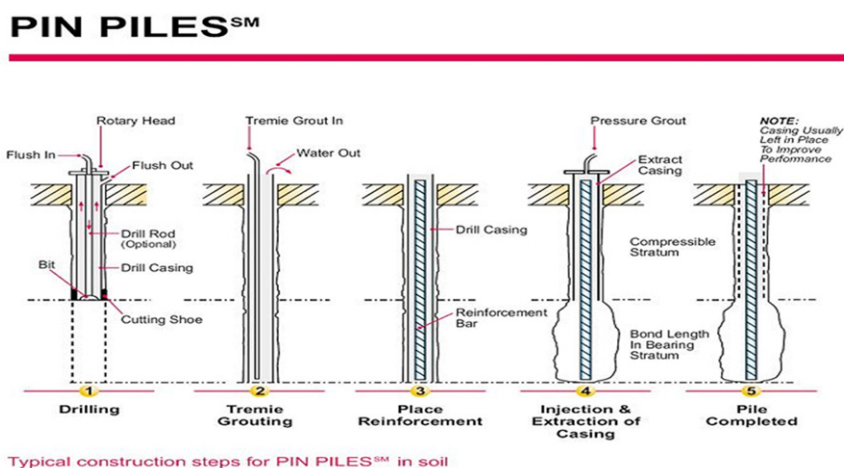




## 二、微型樁簡介

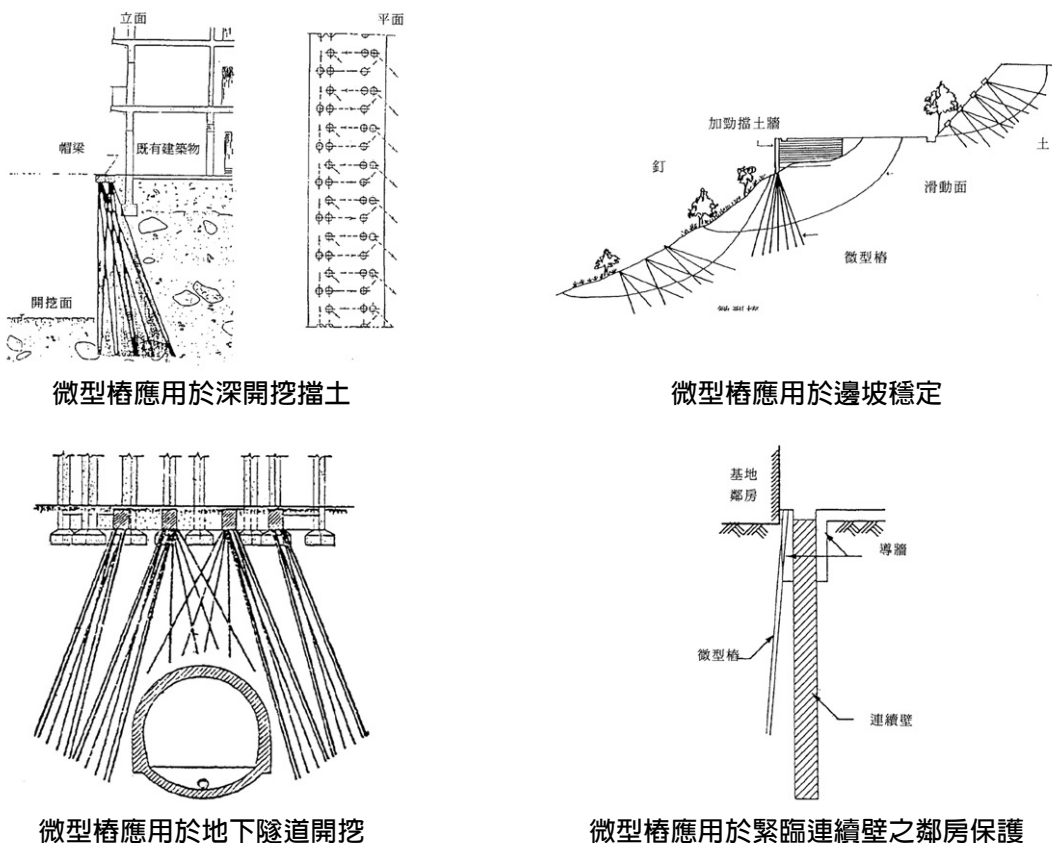
微型樁（Micropile 或 Minipile）係一種小口徑之鑽掘樁（圖2），口徑介於100mm至300mm間，樁體主要由壓力灌注之水泥（砂）漿或細石混凝土與加勁材所組成，依據其受力需求加勁材可為鋼筋、鋼棒、鋼管或型鋼等。其主要特點有：施工機具小，適用於狹窄的施工作業區；對土層適應性強；施工振動、噪音小。微型樁可以是垂直或傾斜或排或交叉網狀配置，樁位佈置形式靈活，可以佈置成斜樁；與同體積灌注樁相比，其承載力較高。交叉網狀配置之微型樁由於其樁群形如樹根狀，故亦被稱為樹根狀（Root Pile）或網狀樹根樁(Reticulated Root Pile)，日本簡稱為RRP工法。

微型樁之應用已超過50年，最早應用於歐洲，主要作為老舊建物之基礎補強或托底工程使用，近年來則已被廣泛使用於各種土木工程（圖3）。



(圖2) 微型樁





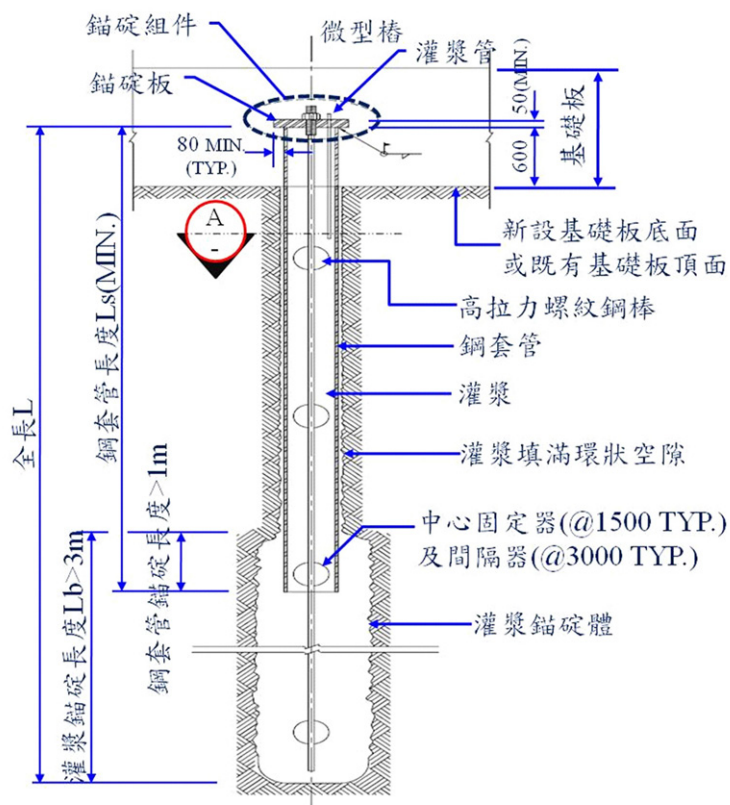
(圖3) 微型樁之應用

微型樁工法具有承載能力高、施工空間小及施工容易等特色：

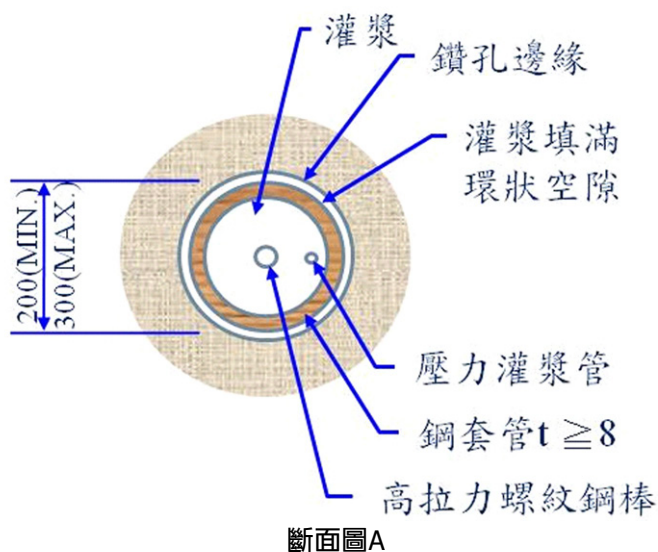
1. 承載能力高：微型樁具有高強度之張力與壓力容量，有較高之結構效率。
2. 施工用地少，施工淨空要求低；橋下淨高或施工進出通道受到嚴格限制時，微型樁亦能有效施做。
3. 樁孔孔徑小，對基礎和地基幾乎不產生附加力，即對原樁擾動小，且口徑較小、施工較容易。

本工程部份橋墩基礎考量施工空間限制與降低交通衝擊，採微型樁補強。採用之微型樁（圖4），係於直徑約200~300mm高強度鋼管(API鋼管)內，設置高拉力螺紋鋼棒(ASTM A722)，利用內部及底部之壓力灌漿（280 kg/cm<sup>2</sup>水泥砂漿），形成具抵抗拉力及壓力之高強度樁體。





微型樁詳圖



(圖4)





## 三、微型樁位置及數量

本工程微型樁主要施作於穿越橋及交流道匝、環道橋既有基礎補強。施工位置及數量統計如下（表1）：

橋梁名稱	樁徑(m)	樁長(m)	樁數	備註
頭份交流道匝道F橋STA.110K+382	0.3	12	92	
穿越橋STA.125K+821	0.3	10	82	
溝渠橋STA.127K+049	0.3	10	52	
後龍溪橋STA.136K+278	0.3	12	20	
穿越橋STA.140K+061	0.3	10	42	
后里交流道匝道四橋STA.160K+790	0.3	11、12	72	
神州路跨越橋STA.165K+173	0.3	12	56	
台中系統交流道匝道5橋STA.165K+500	0.3	12	99	
台中系統交流道環道6橋STA.165K+500	0.3	12	64	
台中系統交流道環道7橋STA.165K+500	0.3	12	63	
台中系統交流道匝道8橋STA.165K+500	0.3	12	112	
台中系統交流道豐原高架橋STA.165K+500	0.3	11	174	
合計			928	

（表1）施工位置及數量統計

## 四、微型樁施工規劃

### （一）、施工機具選擇考慮

橋下限高條件：本工程橋下淨高約5~12m，依不同淨高搭配不同長度鑽桿施工。

橋址土層狀況條件：依據不同的土質選用不同的鑽頭，本工程地質屬卵礫石層，規劃採用氣動鏈工法配合鐵佛龍鑽頭施工。

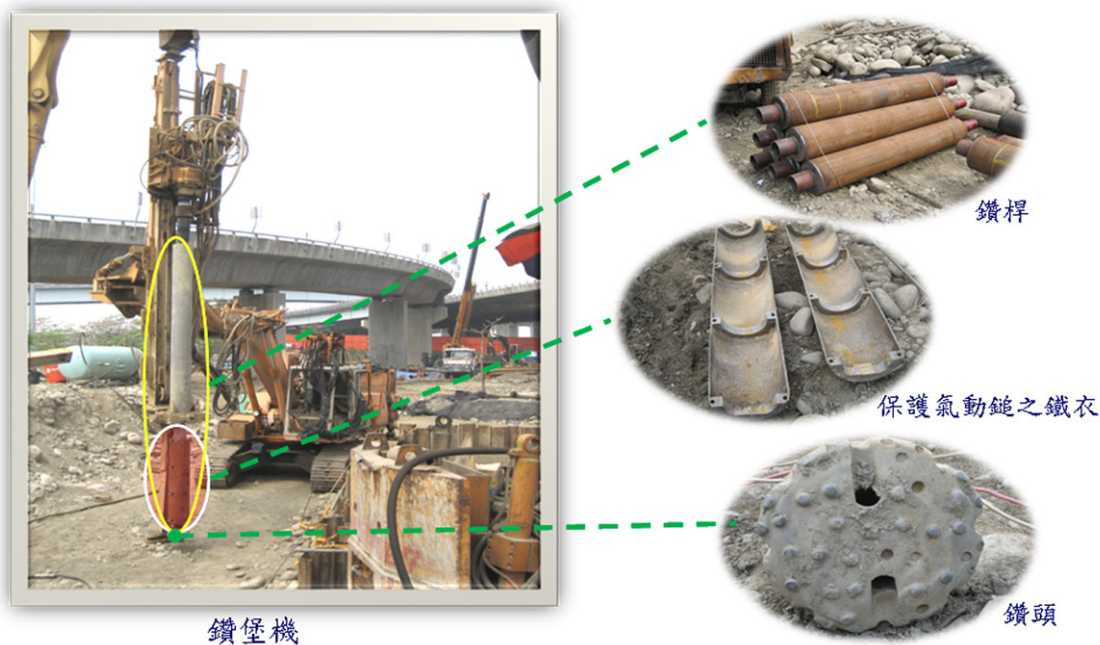




## (二)、主要施工機具設備 (詳表2及圖5)

項次	機具種類	單位	數量
1	HD120SA鑽堡機	組	1
2	發電機、焊接及灌漿設施	組	1
3	空壓機	台	1
4	儲氣槽	座	1
5	吊車	部	1
6	水泥存放台	組	1
7	拌漿機	台	1
8	灌漿機	台	1
9	高壓管	台	1
10	抽水馬達	台	1

(表2)



(圖5)





### (三)、施工材料（詳表3及圖6）

主要材料	規格
錨碇鋼板	ASTM A572/A709 Gr.50
鋼套管	API 5CT N80、J55或API 5L X56、X60或其同等品。fy=3867kgf/cm <sup>2</sup>
高拉力鋼棒	ASTM A722或其同等品，鋼棒續接器須能承受高拉力螺紋鋼棒最小標稱極限拉力強度95%以上之力量。fpu=10530kgf/cm <sup>2</sup>
水泥砂漿	A.水泥：水泥應符合CNS61第一類水泥。 B.水：所使用之水須符合CNS3090之要求，且其PH值範圍須在5.0至8.0之間。 C.填加物：係為改善水泥漿之工作性及減少其固化後之收縮量。 D.水泥砂漿水灰比為0.4~0.5，並添加不收縮摻料。 E.水泥漿或水泥砂漿抗壓強度3天大於140 kgf/cm <sup>2</sup> ，28天大於280 kgf/cm <sup>2</sup> 。 F.化學摻料：應符合施工技術規範第03053章之規定。 G.細粒料：若採水泥砂漿灌漿，細砂須符合施工技術規範第03053章之規定。
中心固定器	A.材質可為塑膠、鋼鐵或無害高拉力螺紋鋼棒之材料，木製間隔器不允許使用。 B.鋼棒與漿液保護層>38MM。 C.固定器沿微型樁全長裝設，間距<1.5M，距微型樁底部<0.5M，距微型樁頂部<1.5M。

(表3)



鋼套管



高拉力鋼棒

(圖6)





## (四)、施工人員配置

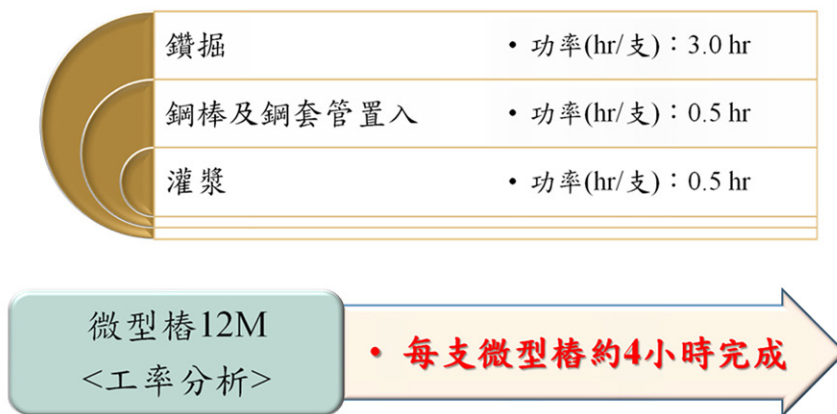
每組鑽機配置之施工人員如下（表4）：

職稱	執掌	數量
領班	管理及操控鑽堡機	1 名
主機手	鑽孔及垂度校正	1 名
副手	拆裝鑽桿及輔助主機手	1 名
拌合手	操控拌漿、灌漿機	5 名

(表4)

## (五)、工率分析

每支微形樁工率分析如下（表5）：



(表5) 微形樁工率分析







## 五、施工流程及品質管理

### (一)、施工準備

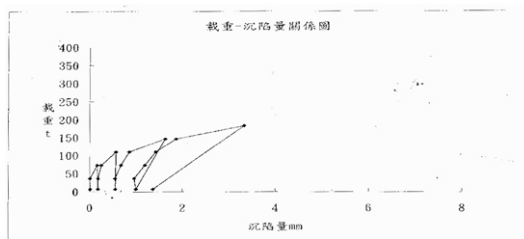
施工前應依施工計畫及施工進度，使用材料、施工場地和其他相關設施，如給水、用電、灌漿、鑽孔泥水收集處理及材料貯存等。

### (二)、微型樁確認試驗(verification Load Test)

同一型式基礎至少需辦理一處確認試驗，包含壓力與拉力載重試驗，用以確認鋼套管尺寸、貫入深度與錨錠段長度。載重試驗應採用反力法或直接加重法之靜態垂直載重試驗；壓力載重試驗依據ASTM D1143、拉力載重試驗依據ASTM D3689及特訂條款規定之加載步驟辦理（詳圖7）。



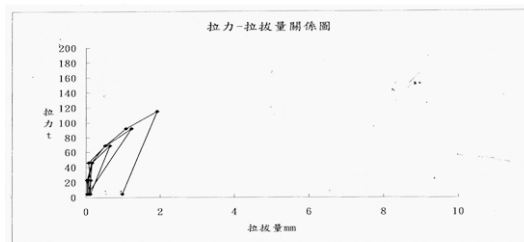
Compression Load (ASTM D1143)



壓力載重-沈陷圖



Tension Load (ASTM D3689)



拉力載重-沈陷圖

(圖7) 微型樁確認試驗





試驗結果可接受準則：當試驗樁加載至第一次壓力或拉力設計載重(1.00DL)時，試驗樁頂部豎向位移量應小於15mm。當試驗樁加載至壓力或拉力之最大試驗載重(1.25DL)時，試驗樁無明顯之破壞(Failure)，破壞之認定為單純再增加試驗載重( $\leq 1.50DL$ )，卻造成試驗樁頂部位移量持續擴大。

### (三)、整地與放樣

將現場施工用地整平有利於施工作業及機具定位與鑽掘垂直度。依據設計圖說之鑽孔位置，進行樁位放樣標示正確鑽孔位置，以確保施工定位精度、基礎位置正確性。部分工程進行局部開挖整地有利於躲避地下障礙物。

### (四)、定位

將現場施工用地整平並依據設計圖說之鑽孔位置，進行樁位放樣標示，以確保微型樁施工定位精度。

檢驗標準：樁心 $< \pm 19\text{mm}$

### (五)、鑽孔：

採用氣動鏈工法施工鑽孔施工，鑽掘過程中渣料清除方式採用空壓機直接將渣料吹出孔口。

檢驗標準：孔深 $< +25\text{mm}$ 及 $-50\text{mm}$

### (六)、洗孔：

鑽掘過程中渣料清除方式採用空壓機直接將渣料吹出孔口。





## (七)、置入高拉力鋼棒及鋼套管

固定高拉力鋼棒及鋼套管，調整鋼棒及鋼套管位置及高程符合設計要求。

檢驗標準詳（圖8）：



（圖8）高拉力鋼棒及鋼套管檢驗標準

## (八)、樁身灌注

鑽孔完成置入鋼材後，注入水泥砂漿，灌漿全部完成後需重新檢視，如灌漿面有下降之情形，進行補漿。

檢驗標準

A、水泥砂漿成份符合配比

B、3天 $fc'$  >140 kg/cm<sup>2</sup>

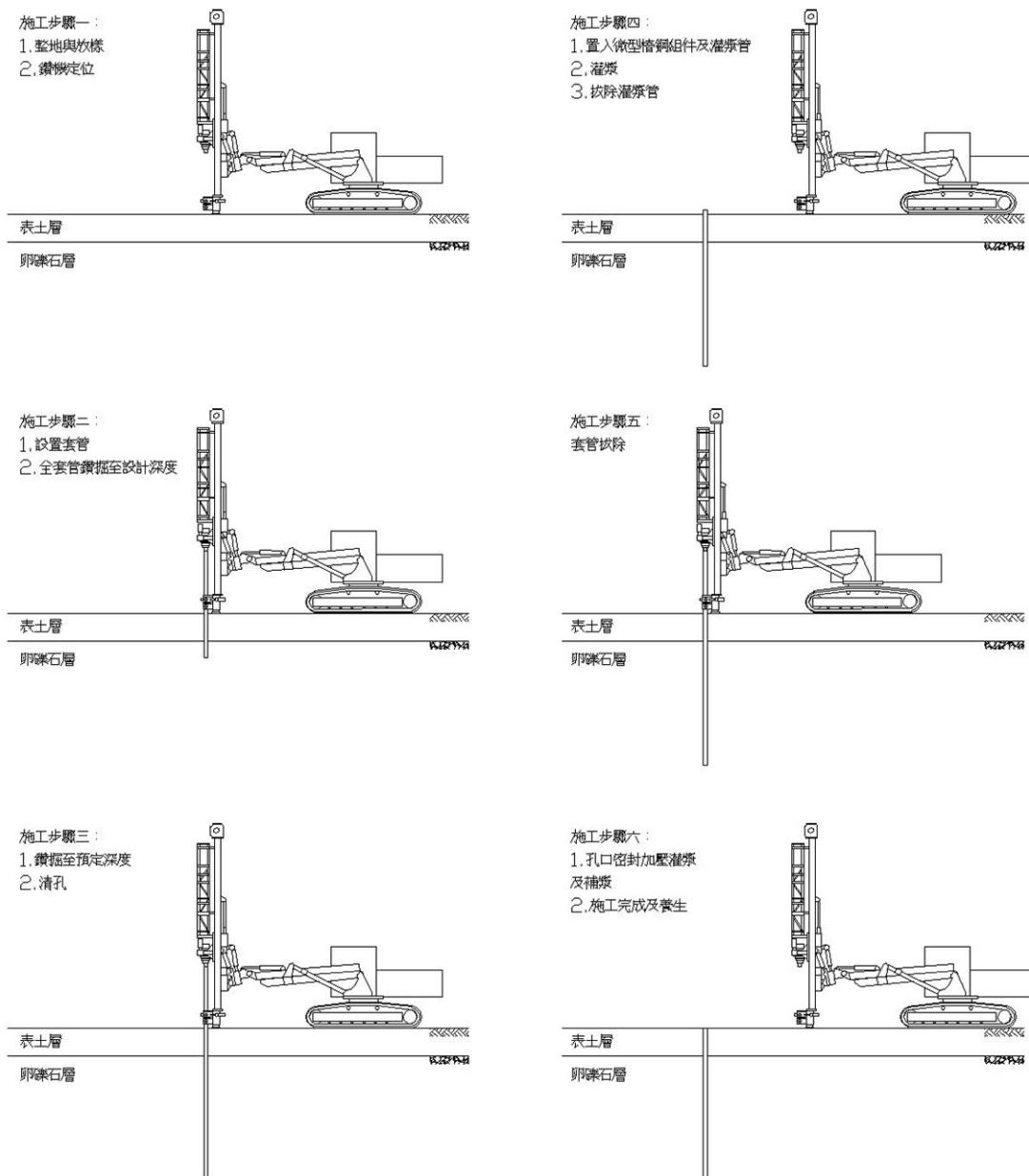
C、28天 $fc'$  >280 kg/cm<sup>2</sup>

## (九)、微型樁驗收試驗(Acceptance Load Test)

同一型式基礎全部微型樁之10%，但不得少於2處，僅辦理拉力載重試驗，用以確認施工完成之微型樁品質是否符合設計需求。載重試驗應採用反力法或直接加重法之靜態垂直載重試驗；拉力載重試驗依據ASTM D3689及特訂條款規定之加載步驟辦理。試驗結果可接受準則：當試驗樁加載至拉力設計載重(1.00DL)時，試驗樁頂部豎向位移量應小於15mm。

微型樁施工標準流程圖詳圖9。





(圖9) 施工標準流程圖





## 六、施工常見問題及因應方式

(一)、本工程地層屬砂質礫石，施工易產生坍孔，造成卡鑽現象。

因應方式：

樁頭易坍孔區域（0~6m）先行灌漿施作地質改良，若無法改善，則以偏心鑽頭帶保護套管方式鑽孔。

(二)、水泥砂漿採用之砂常因偏粗造成漿液阻塞灌漿管。

因應方式：

水泥砂漿配比維持不變，調整篩分析分佈，提高各號篩通過百分比以解決灌漿管阻塞之情形，經調整後，試體抗壓強度仍符合契約需求。

