

鐵路改建工程施工期間緊鄰民房（含構造物）之施工  
安全防制規劃-施工安全防制規劃手冊

交通部鐵路改建工程局中部工程處  
中華民國 101 年 1 月

# 鐵路改建工程施工期間緊鄰民房（含構造物）之施工 安全防制規劃-施工安全防制規劃手冊

計畫主持人：許 琦

協同主持人：沈茂松、熊彬成、吳翌禎、侯琮欽

研究助理： 李俊穎、高煌翔、黃宗豪、王千岳、沈威辰、紀富耀、  
黃志翔、廖珮吟

委託單位：交通部鐵路改建工程局中部工程處

研究單位：國立高雄應用科技大學

中華民國 101 年 1 月

# 目錄

第一章	前言	1
第二章	施工類型彙整	2
2.1	成功與失敗案例分析	2
2.1.1	成功案例遭遇之困難與解決方案	2
2.1.2	失敗案例之災變原因與處理程序	7
2.2	風險管理	18
2.2.1	深開挖工程風險管理	18
2.2.2	潛盾隧道風險管理	20
2.2.3	鋼版樁工程風險管理	21
2.2.4	其他類型工程風險管理	22
第三章	施工規劃設計檢核要點	24
3.1	工址調查檢核要點	24
3.2	計算書檢核要點	28
3.3	監測項目檢核要點	31
3.3.1	深開挖工程監測檢核表	32
3.3.2	潛盾隧道監測檢核表	39
3.3.3	鋼版樁工程監測檢核表	47

第四章 施工管理檢核要點-----	52
4.1 施工安全管理要點表-----	53
4.2 施工安全管理檢核表-----	82

# 第一章 前言



## 前言

本施工安全防制手冊主要是根據鐵路改建工程局「鐵路改建工程施工期間緊鄰民房（含構造物）之施工安全防制規劃」委託研究案成果，將施工類型分為深開挖工程、潛盾隧道、鋼版樁與其他等四大類型類型，就近接施工的需求而編制。

本防制手冊除置入研究案所彙集之成功與失敗案例分析結果外，亦依照工程生命週期，依工址調查、計算書、監測與施工等工作階段重點，製作檢核表，供日後進行類似計畫之參考。

本緊鄰民房施工安全防制規劃手冊成果，囿於研究經費、規模、廣度及深入性等因素，僅能作為參考性質，後續必要時經另案全面性檢討後，方能作為施工時遵循之作業手冊。





## 第二章 施工類型彙整



## 2.1 成功與失敗案例分析



## 2.1.1 成功案例遭遇之困難與解決方案

### 2.1.1.1 深開挖工程案例

#### 案例一、臺北捷運新莊線 CK570C 標案例

工程概述	地層及周遭環境	遭遇問題	解決方案
<p>工址西側距淡水河不到 400m，且鄰近台北大橋。發進井最大開挖深度約為 34m，工作井端牆連續壁隔約 4.7m 寬之巷道與屋齡超過 60 年之一排老舊民宅相鄰。地層屬台北盆地沉積地層。</p>	<p>在景美卵礫石層上之土層為松山層六次層；右岸松山層厚可達 5~8m，為本區大部分建物基礎所在地層。</p>	<p>由於土層需灌漿深度較深，加上工作井連續壁外緣或近接鄰房，垂直地盤改良用地範圍不足，必須採斜灌方式施灌，但擔心斜灌方式失敗機率較高；再者，工址位於河道中，破鏡時一旦發生事故，不僅影響台北大橋與鄰近建物安全，於河中也難以進行搶修復舊工程。</p>	<p>規劃隧道接頭處需先施作地盤改良灌漿後再施作冰凍輔助工法，破鏡後洞口土體之自立性主要由地盤改良灌漿體提供，冰凍工法則主要為提供良好之水密性。而由監測成果顯示冰凍及解凍期間，並未造成地表及鄰近結構明顯沈陷或隆起。</p>

#### 案例二、高雄捷運系統橋線 CO2 區段標 08X 通風井案例

工程概述	地層及周遭環境	遭遇問題	解決方案
<p>該區段標之 SUO08 車站位於中正一路與福德二路口，通風井 X 位於站體及 B 處出入口旁，開挖方式採取順打式明挖覆蓋工法，並採用厚 0.8m、深 42m 的連續壁作為開挖擋土之用，最大開挖深度為 26.2 m。</p>	<p>地質主要以粉質細砂為主，偶夾砂質粉土或粉質黏土。</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 工址緊鄰狀況不佳的建物如博愛國宅。</li> <li>2. 施作抽水試驗時無法將區域內之水位順利降至預定深度。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 於連續壁南側與緊鄰博愛國宅間施作補強灌漿，並於基地內側施作地中壁改良工法。</li> <li>2. 於連續壁底端進行地盤改良，降低回水速率及減少開挖區外之地下水壓變化。</li> </ol>

案例三、臺北捷運系統蘆洲線 CL700A 標案例

工程概述	地層及周遭環境	遭遇問題	解決方案
<p>系統蘆洲線 CL700A 標三重國小站(O47 站)至新莊線 CK570C 標道岔段潛盾隧道長約 887m。</p>	<p>系統蘆洲線 CL700A 標三重國小站(O47 站)至新莊線 CK570C 標道岔段潛盾隧道長約 887m。本區之黏性土層較薄、砂性土層較厚，松山層之下方則為卵礫石層（景美層）。</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本區段潛盾隧道之連絡通道因配合隧道線型上下重疊故深度較深約 33m，且道路僅寬約 8.5m，施工空間狹小，並與鄰房間格僅約 2m。</li> <li>2. 因地層多為砂性土層與軟礫石層，易對基地與鄰近地盤產生擾動而造成裂縫。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 考量施工環境及時程，該連絡通道豎井採用了場鑄壓入沉箱工法施築。</li> <li>2. 於沉箱預定位置外圍 1 m 處設置 13 m 鋼版樁作為擋土設施。並採靜壓式壓入工法，有效減少噪音、震動。</li> </ol>

## 2.1.1.2 潛盾隧道工程案例

### 案例一、新莊線(市區段) CK570B 標潛盾隧道穿越臺、高鐵隧道既有結構下方案例

工程概述	地層及周遭環境	遭遇問題	解決方案
<p>工址位於臺北市區段之上、下行潛盾隧道設計將各穿越臺、高鐵隧道下方連續壁、基樁等地下障礙物共 3 處。</p>	<p>潛盾機底部約為 GL-28m，通過部份主要為第 IV 層粉土質黏土，深度約至 GL-26~-27m，第 V 層為厚度約 1~2m 粉土質砂土，其下為厚度約為 2m 黏土層，再下則為砂土層。</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>火車及高鐵頻繁行駛於將穿越之臺鐵及高鐵隧道中，致無法每日多次進入管制區進行結構物之監測作業。</li> <li>該區域地盤改良成效已於試水過程中達設計標準，惟當開挖完成後，仍有漏水情形發生。</li> <li>擋土壁形式受限於地面管線無法遷移或交通維持等因素而有連續壁、基樁等各種型式，而現有保存之施工資料不甚完整，以致於施工前無法明確瞭解擋土壁之型式。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>加裝自動化監測系統，期能就臺鐵與高鐵隧道之垂直變位及傾斜量全天候即時掌握。</li> <li>研判因地質不均勻，改良成效不佳，導致下方透水層地下水經由超挖之連續壁土體進行改良後之弱面，進入潛盾機土艙開挖區內。故於潛盾機下半部外緣增設 12 支灌漿孔，進行補灌，並利用潛盾機土艙上之試水孔進行滲水測試，未再有滲水情形。</li> <li>於潛盾機內以小型鑽孔機之鑽桿長度、鑽孔角度、碰觸硬物之位置換算或猜測障礙物之形式，及於壁後灌漿時鑽桿穿越障礙物時之情形及鑽桿於穿越障礙物時之取樣資料判斷障物之可能形式。</li> </ol>

案例二、台北都會區大眾捷運系統工程南港線 CN253B 標案例

工程概述	地層及周遭環境	遭遇問題	解決方案
本案例主要包括地下街一座，及自中華路、洛陽街口至忠孝西路、重慶北路口之潛盾隧道兩條，該段隧道是上、下行重疊出發再平行到達忠孝西路地下街，總長度約 822m。	地層屬台北盆地松山層，自地表至地下深度約 54m，可區分六個土層，松六層(棕黃色灰色粉質黏土)至松三層(灰色粉質細砂偶夾砂質粉土)、松二層(灰色粉質黏土或黏土質粉土)、松一層(灰色粉質中細砂，部分含有小礫石)，松一層下方為景美層，地下水位高程位於松六層中。	由於一級古蹟北門恰巧位在潛盾隧道上方，故有進行建物保護之必要。	潛盾隧道施工前以數值模式模擬上、下行隧道沈陷情況，以實際監測資料率定得參數值，繼而準確預估得隧道穿越北門古蹟下方後之沈陷量，而監測資料顯示沈陷量越靠近北門古蹟東南隅值越大，因此採用高壓噴射灌漿以斜灌之方式將藥液直接注入北門古蹟東南隅下方，減少土壤沈陷量。

案例三、桃園捷運機場 CU02A 標穿越機場滑行道和塔台案例

工程概述	地層及周遭環境	遭遇問題	解決方案
潛盾隧道東起桃園縣大園鄉南崁溪東側發進井，穿越南崁溪後進入桃園機場範圍，其間經過東滑行道、第一航廈、塔台、第二航廈、西滑行道等，西迄大園鄉埔心溪西側到達井，隧道上下行線總長約 7.2 公里。	通過地層為桃園層、中壢層與大南灣層，其地層狀況主要為紅土層覆蓋，厚度約在 1~4m 之間，其下則為卵礫石為主(桃園層、中壢層)，卵礫石層之下則為砂岩與泥岩(大南灣層)，地下水位約在地表下 3~7m 之間變化。	鄰近重要結構物包括如華航維修場、航廈、塔台、滑行道等。	均佈設相關監測儀器進行地面沈陷及建物傾斜、沈陷監測。潛盾隧道工程在機場塔台區段規劃採用自動化即時監測，資料擷取頻率每 10 分鐘一次。在嚴謹的自動化監測系統、施工安全防護措施及高風險控管下，本高敏感區段潛盾機能以僅造成 4 mm 微量沈陷順利通過滑行道及塔台管制區，並未造成周邊重要建築物之傾斜及沈陷。



### 2.1.1.3 高架工程案例

#### 案例一、國道 2 號拓寬工程 H21B 標案例

工程概述	地層及周遭環境	遭遇問題	解決方案
國道 2 號高速公路西起桃園國際機場，東迄鶯歌系統交流道銜接國道 3 號高速公路，主線全長約 20.4km，其 H21B 標位於大園交流道至大竹交流道之間，H21B 標植樁位置緊鄰既有房舍。	所在地層主要由下部的礫石層與上部的紅土層組成，礫石直徑約在 10cm 至 30cm 之間，地表至地表下 12m 可歸內為兩個主要層次：一為黃棕色砂質粉土夾卵石及雜物；另一為卵礫石夾黃棕色砂質粉土及粉土質砂。	因將鋼版樁作為永久性之修飾面牆，施工精度要求較高。	緊鄰民房處採用靜壓式基樁工法改善工作精度。

## 2.1.2 失敗案例之災變原因與處理程序

### 2.1.2.1 深開挖工程案例

#### 案例一、士林百老匯地下室開挖災變

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
開挖面積 25m×100m，開挖深度 13.45m。採用厚 70cm，深 24m 的連續壁做擋土結構。	工區位於基隆河舊河道新生地，回填約 6 至 8m 而成，主要地層為砂層與沉泥粘土互層。	地下 10.7m 處之舊基隆河床底之沉積土層，為高含水量之軟弱土層，極易因應力狀態改變而受影響。由於土方挖除解壓，應力改變，此工程經由傾斜管口校正測量發現連續壁有內擠現象，且在第一時間即進行支撐補強，才得以免除更大災害發生，災變後紀錄之連續壁最大變位為 60mm。後經調查發現本工程有連續壁深度及厚度不足之現象。	無相關文獻說明。

#### 案例二、台北市鄭州路地下街災變

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
基地開挖面積 37m×800m，開挖深度 19m，採用連續壁厚 1m，深度 30m，內部六階水平支撐，端部採大斜撐方式。	依鄰近地區資料判斷為典型台北盆地的地層，即為深厚的粘土層夾雜數層薄層砂土。此外，工區鄰近台北車站和台鐵軌道，且鄰屋眾多。	<p>因系統支撐失敗，連續壁擋土支撐破壞造成塔城街側面積為 30×40m 之陷落區。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 開挖最後第五階支撐施作太慢，連續壁因久置產生大量變形，造成大斜撐之橫檔與連續壁間滑移、鬆脫，以致大斜撐預壓值下降，支撐力不足及支撐系統鬆弛。</li> <li>2. 中間柱底部支承之反循環基樁澆置作業深度控制不佳，且開挖階段採底部超挖以便進行水平支撐位置之樁頭混凝土敲除，終因底部超挖及混凝土敲除震動，造成支撐鬆脫及滑移，導致整個連續壁及水平支撐系統失敗。</li> </ol>	本次災害鄰近建物龍門大廈經於當日上午八時檢測結果位移 1.2~1.5mm，為防範災害發生，居民已全部遷出，市長並指示該大廈須俟結構技師公會鑑定安全無慮後，再行遷回。

案例三、台北捷運 CN252 標西門站湧水災變

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
<p>台北捷運南港線 CN252 標工程包括西門站及西門站至台北站間明挖隧道工程。其位置在台北市東中華路上，南起長沙街口，向北經過西門圓環迄洛陽街口止。全長約 770m，主體車站為地下三層，採用明挖覆蓋法施工，開挖寬度 26m，深度從 24.5m 至 28m 不等，設計採 8 層支撐，連續壁厚 1.2m，深 44m。</p>	<p>本工程位於台北市區中華路上，東側商業大樓林立，地下管線錯綜複雜。西側為中華路中央分隔島，工區地質特性：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 景美層由南向北漸漸加深，其高差約 2m，南側較淺，出現深度在 49m 左右。</li> <li>2. 松三層之砂層相對較厚，其中夾有一薄粘土夾層。</li> </ol>	<p>災變發生經過： 補作水壓計貫穿至礫石層，水自水壓計中大量湧出，並夾帶大量泥砂，以水玻璃/水泥灌漿仍無法止水，導致工區產生管湧現象，西側連續壁外之中華路路面產生裂縫，路面下沉。</p> <p>災變可能原因：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本區土層，尤其「松二層」之差異性頗大，大地工程界定義為粘性土層，但在本區卻出現有夾砂或甚至砂層局部厚於粘土層情形。</li> <li>2. 此松二層內夾砂土層與景美層相連通，造成大量湧水及掏砂。</li> <li>3. 依後續鑽探資料顯示該預定鑽孔深度處地層確實交錯複雜，與附近之層次分部有明顯不同，若僅依據原有地質資料，不足以預測到湧水之發生。</li> <li>4. 本案例後經調查發現有連續壁封頭板未按圖施作之情形。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 回填級配砂石料封閉坍塌路段，並緊急回填級配砂石料至湧水區內，利用土石重量穩定開挖面及平衡壁體內外壓力，避免壁體過分擠壓，支撐失去平衡。</li> <li>2. 工區回灌水處理 因裂縫有持續擴大跡象，並發現湧水未止(水壓不平衡)，改採開挖區回灌水以加速平衡上湧水的壓力，阻止繼續掏砂。</li> <li>3. 在中華路進行地盤改良發現工區西側寬約 20m 之土體下陷、鬆動，因此於地面下 21m 至 45m 進行水泥水玻璃灌漿地盤改良。</li> <li>4. 支撐補強 顧慮連續壁位移支撐變形及中柱支撐力量不足，故進行支撐補強。 (a)以角鋼交叉補強現有支撐(b)額外架設支撐補強。</li> <li>5. 西側連續壁接縫及底部灌漿 因連續壁下沉，帶動支撐圍令向下變位，雖連續壁未繼續下沉，但為防止日後沈陷量加大，仍採取連續壁底部灌漿(3kg/cm<sup>2</sup>)措施。</li> </ol>

#### 案例四、三重重新貴族湧水災變

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
<p>地位於台北縣三重市重新路，領有八五重建字第八一三號建照之建築工程，建築規模為地下二樓、地上十二層鋼筋混凝土構造，基地面積 227.2 m<sup>2</sup>。</p>	<p>本工地近淡水河，其 GL0.0m 至 GL-2.0m 為 N=9 之砂性沉泥質砂 SM(S)屬透水鬆砂層，GL-2.0m 至 GL-4.0m 為 N=2 甚軟弱之低塑性粘土 CL，GL-4.0m 至 GL-15.8m 為 N=6 至 11 之砂性沉泥質砂 SM(S)屬透水鬆砂層，屬連續壁包土塊地盤，故發生連續壁包土塊被淡水河漲潮之高地下水壓擠破，因而發生一系列損鄰之災變工程。</p>	<p>地下水位上升導致水壓擠破連續壁包泥處，產生管湧，泥水流入地下室而造成鄰房基地傾斜沈陷。</p>	<p>地下室灌水平衡水壓後，在包泥破裂單元外 50cm～100cm 處灌注 1 至 2 排 CCP 高壓成形樁，其範圍涵蓋破裂單元左右各一單元，然後在高壓成形樁 (200kg/cm<sup>2</sup>) 與包泥連續壁單元間，再全面進行 CCP 低壓止水灌漿，3 天後，地下室內即可進行抽水與開挖。</p>

案例五、高雄捷運 LUO09 隧道聯絡通道施工災變

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
<p>起始點於中正二路鄰近泰豐街之 O7 車站東端，終點位於中正一路近福德路口之 O8 車站西端，全長約 837m，LUO09 隧道中心高程自 O7 車站東端之 88.18m 下降至 79.13m(里程 0K+445)，然後在爬升至 O8 車站西端之 90.82m，隧道中心線約位於地表下 16.46m 至 26.79m 之間。隧道全線均採平行雙道方式布置，隧道外徑為 6.1m，每一環 6.24m，寬 1.2m，六片預鑄混凝土襯砌環片組成。隧道施工採用直徑 6.24m 土壓平衡式潛盾機進行鑽掘。聯絡通道佈設在隧道線形的最低點，深度大概在地底下 30m 左右。</p>	<p>土層主要為粉質中細砂層，並隨里程變化於地表淺層 0m 至 3m，地表下 6.5m 至 9.5m 及 22m 至 25m 之間偶夾薄厚不一之粘土夾層。隧道所穿越的土層範圍主要為粉質細砂層，於 0K+500 附近之局部地區遭遇粘土層，上述粉質砂層之標準灌入試驗 N 值約介於 9 至 29 之間，地下水位約介於地表下 2.4m 至 7.8m 之間。</p>	<p>高雄捷運橋線路段 CO2 區段標 O7 車站(文化中心站)與 O8 車站(五塊厝站)間 LUO09 潛盾隧道之聯絡通道內集水井施工，於 94 年 12 月 4 日因土壤受擾動造成其強度大幅降低，自然水管斷裂，故發生意外事故，現場路面塌陷，部份已完成之潛盾隧道、聯絡通道及潛盾隧道上方之中正地下道亦遭受影響。</p>	<p>以明挖覆蓋工法(長度 80m)進行復建。明挖覆蓋區外於西側復建範圍—隧道里程約 442.5 至 455.5 (長度約 13m)東側復建範圍—隧道里程約 0 535.5 至 0 547.5(長度 12m)，實施冰凍防護後，分別從 O7、O8 車站站體開始進入隧道內，進行土砂清除及隧道環片更換施工。因受損的潛盾隧道及聯絡通道採明挖覆蓋工法修復，須要將既有中正地下道 B07、B08 及 B09 節塊結構破除，等受損隧道及聯絡通道復建後回填至原中正地下道底部高程時，再接著復建中正地下道。本案的復舊工程總經費大約為新台幣 20 億元左右。</p>

### 案例六、台北捷運 CL802 標徐匯中學站連續壁管湧災變

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
<p>車站位於蘆洲中山一路與永安北路及信義路之街廓中間，為蘆洲線與未來環狀線之交會站，車站為東西走向之地下三層島式月台車站，其中地下二層為環狀線 OR21 站之月台層，於集賢路與中山一路交口處呈“L”型疊式交會。站體南側出入口 A 緊臨徐匯中學校區，站體北側設出入口 B 為聯合開發共構大樓，並緊鄰臺電 (161KV) 高壓電塔。主體結構長 150.6m，寬度 23.1m，深 31.65m，車站設計採用明挖覆蓋施工(RC 構造)，主站體連續壁厚 1.5m，深 55m，站體開挖規劃為 10 階支撐及 11 階開挖施作。</p>	<p>土壤層次較為複雜，含砂量較高，在 GL-12m 至 20m 間及 GL-33m-40m，為夾雜數層難以區分之 CL/ML/SM 層，其土層之自然含水量接近液性限度，具有容易流動化且易受擾動之性質，本區之土層為淡水河之淤積區，且地下水位高 (GL-1.2m~1.6m)，並因靠近淡水河之關係，地下水位易受河水潮汐變動影響，水位面變化頗大。</p>	<p>車站站體北側靠近 S5 單元附近發生連續壁開挖面大量湧水，產生管湧導致開挖面下之土層受到掏空，被動土壓力降低，連續壁最大觀測變位量為 260 mm，鋼筋應力 3,600 kgf/cm<sup>2</sup> 接近降伏應力，並造成中間柱上拱及覆蓋版隆起，進而影響支撐系統呈弧形拱起，產生二次應力，有側潰可能，經監測後，發現站體北側週邊路面以事故點為中心約 100m-150 m 為影響範圍，此區中的鄰房會發生 3-50 cm 不等之沈陷。</p>	<p>事故發生後，除緊急進行站體開挖區內回灌水至開挖面上 15 m，同時於站體北側周邊路面及鄰房採灌漿穩固地盤抑制沈陷，支撐系統全面進行水平及垂直向防側潰連結及中間柱斜撐連結，以穩固整體工區及周邊鄰房公共安全。藉由向開挖區內回灌水等緊急作業已使站區暫時達到穩定。</p>

### 案例七、新加坡 Nicoll Highway 開挖災變

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
<p>開挖長度 213m，寬度 20m，深度 33m；連續壁厚 0.8m，深度 66m，工區緊鄰 Nicoll Highway，採用明挖支撐。</p>	<p>地質為軟弱之河流及海洋沉積粘土層，其下為古老之沖積層。旁邊有 Nicoll Highway 高架橋存在。</p>	<p>災變原因為支撐系統破壞、土壤強度高估以及對監測資料的疏忽。</p>	<p>線型重新調整後，更改車站位置，再繼續用明挖方式興建車站。</p>

## 2.1.2.2 潛盾隧道工程案例

### 案例一、台北捷運 CH221 標通風井災變

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
<p>通風井深 32.4m，內徑 23.6m，連續壁深 65m，本標含兩段潛盾隧道，分屬中和線與新店線，中和線部份上下行長度為 617m，新店線部份上下行長度為 452m，中和線部份由羅斯福路南昌街口(古亭市場站南側之橫渡線)起，以曲率半徑 250m 作一大轉彎，通達師大路汀洲路口兒童交通公園內之通風豎井，其中約有 200m 部份穿越民房，覆土深度介於 13m~27m 之間，本段隧道設置一處連絡通道。新店線部份由上述橫渡線起沿羅斯福路南行，而止於台電大樓站。兩段隧道起點位置約 200m 長範圍，呈交叉扭曲狀。隧道採用預鑄混凝土環片，襯砌厚度 25cm，內徑 5.6m，每環寬度 1m，由五個主節塊加一楔形節塊以螺栓連結組合而成，環片縱向以弧形螺栓鎖接，環片外表層塗以環氧樹脂柏油漆，其接合處以水膨脹式止水條，水膨脹式螺栓嵌環及環氧樹脂砂漿填襯防水。</p>	<p>地層為砂土及粘土互層，地下水位於下 1m 處，距新店溪約 400m。</p>	<p>師大路通風豎井與潛盾隧道連接處，因安裝柔性接頭發生地下水滲漏而造成災變。</p>	<p>沿 6m 外徑隧道環片外圍裝設間距 0.8m 之冰凍管，在長 28m 隧道段共裝設水平管 38 支及垂直冰凍管 36 支，管內以低溫度之冰凍液循環流動，於冰凍液流通 70 天後，距冰凍管 1.2m 範圍的地下水已獲凍結。</p>

### 案例二、台北捷運 CP262 標通風井災變

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
通風井長 23.5m，寬 23m，連續壁深 55m；通風井到達及發進之鏡面地盤改良採用三重管作業方式之 CJG 地盤改良工法。	工址之松山層厚度約為 45 至 55m，在此層之下為景美礫石層，地下水位約位於地表下 3m 處。	潛盾機於河床下進行到達端鏡面破除，因漏水造成位於行水區之鏡面大規模坍塌，而發生災變。	考量原潛盾機位置下方無法進行地盤改良，為利拆卸潛盾機時能有效防止地下水入滲，並保持地盤穩定，故施以凍結工法。從地面垂直鑽孔並由通風井內水平鑽孔設置凍結管，使凍土形成，達到止水效果。

### 案例三、台北捷運 CD550 標府中站潛盾機到達災變

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
包含板橋站至府中站、浦子站至府中站、浦子站至明挖覆蓋隧道段雙向共六條隧道，總長度約 3400m。	主要為粘土層，但夾雜數層砂土。	潛盾隧道到達後，隧道與車站的柔性接頭未能及時完成，滲水產生坍塌。	採灌漿和冰凍方式處理。

### 案例四、高雄市捷運橘線潛盾機到達災變

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
高雄捷運橘線 LUO04 隧道為 O2 車站至 O4 車站間之隧道工程，隧道內徑為 5.6m，全長 1047m，環片厚度 28cm，採潛盾工法施工。LUO04 隧道以 O4 車站(市議會站)之西側為出發井向西發進，並以 O2 車站(鹽埕埔站)之北側為到達井。	O2 車站上行隧道破鏡工程所在地質為飽和低塑性且沈泥細料含量甚高的敏感性粉土地質，這種地質非常容易受施工擾動而軟化，而地質改良施工時也容易將此類粉質土壤中之細粒料沖失，於土壤內形成孔隙造成脆弱之土壤結構。	潛盾機掘進入連續壁體，隧道鏡面湧出大量水並夾雜細砂，導致潛盾隧道上方道路與鄰近鄰房沈陷。	於事故發生之後，針對沈陷中之地表採 5~10° 角度約每 1m 間距深入建築物下方施作補充灌漿。



案例五、上海地鐵四號線聯絡通道施工災變

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
<p>河道附近施作捷運隧道間聯絡通道。</p>	<p>粘土，但偶夾砂土層。沿河岸有高矮不一的建築物。</p>	<p>35m深的聯絡通道凍結壁出現缺口，高壓力地下水和流砂通過缺口湧向已貫通的兩條隧道內，導致隧道塌陷破裂，並引起部分地面沉降，造成地面一棟8層樓房傾斜，裙房坍塌。據有關專家分析，造成該事故的直接原因，是在聯絡通道施工中時，冰凍工法無法順利止住地下水入滲，導致坍方。</p>	<p>事故發生後緊急進行了隧道內灌水平衡，同時封堵隧道洞口。塌陷的防汛牆處修築了臨時攔水結構，工區內進行了大量的灌漿。</p> <p>工程主體為三部分：一、隧道損壞段採明挖工程（東、中、西）修復；二、兩側完好處隧道需抽水清淤；三、修復部分要與未損毀隧道部分連接。主要工作包含：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 搭設江中圍堰和鋼平臺，然後對兩側隧道損壞的臨界點實施垂直凍結，隔斷完好與損壞隧道聯繫。</li> <li>(2) 對破損隧道環片和其他深層障礙物進行切割清除，然後在無地層障礙物的位置施工65m地下連續壁維護結構。</li> <li>(3) 進行41m深開挖和結構體施作，同時進行兩側隧道的抽水和清理工作。</li> <li>(4) 明挖段和隧道清理完成後，進行最後的對接段施工，形成貫通。</li> </ol>

### 2.1.2.3 鋼版樁工程案例

#### 案例一、高雄市建工路震動損鄰案例

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
地下1層地面7層建築物，地下開挖8.6m，長116m，寬85m，工區北側為9.0m深預壘排樁，其餘三面為鋼版樁深9.0m。	工區西邊為空地及操場；北側隔1.9m為地下1層，地面7層，基礎為筏基之RC建築；東側隔2m為磚造圍牆，再隔1m為水利溝；南側隔6m為地下1層地面5層，基礎為筏基之RC建築。地質為5.6m厚之N=14-6沉泥粘土層，其下為2.6m厚之砂質壓力水層。	為防止軟弱沉泥流入排樁內，於施作三排土釘(鋼管樁)後，產生土壤液化造成東側圍牆沈陷，產生水平裂縫；又因打樁震動造成北側鄰房磁磚剝落與地版震裂。	因結構未遭破壞，故將圍牆與鄰房修補。

#### 案例二、高雄市鼎中路震動損鄰案例

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
地下開挖8.0m，長84m，寬38-50m，鋼版樁深16.0m。	工區東臨17m鼎中路；南臨磚造圍牆、水利溝與2戶2樓透天厝；西隔1m為一棟2-4樓教室。地質為5.1m厚之N=10-19粘土層，其下為2.9m厚之砂質壓力水層，再下則為N=7-10粘土沉泥。	因遭遇N=19之硬粘土層，鋼版樁難以貫入，故震動造成鄰房損壞。	無相關文獻說明。

#### 案例三、高雄市十全路鋼版樁震動損鄰案例

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
地下2層地面9層建築物，地下開挖8.7m，長50m，寬30m，鋼版樁深16m。	工區北隔25m寬之十全路為醫學院，東隔10m寬之龍江街為3樓大賣場，北隔6m寬巷道為三樓與四樓20年透天厝，西隔20m寬之自由路為一批二至四樓20年透天厝。地質為N=3-8之沉泥粘土，夾雜兩層N=8, 14之沉泥質砂。	採用跳打方式打設鋼版樁，減少對鄰房影響，但因鋼版樁太柔軟，造成工地北側紅磚人行道有下陷龜裂情形。	採用12m鋼軌作加勁之穩定樁。

#### 案例四、高雄市民族路鋼版樁擠破筏基案例

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
地下 2 層地面 13 層建築物，地下開挖 10.2m，長 50m，寬 30m，鋼版樁深 18.5m。	工區西鄰 2 樓 RC 廠房及 4 樓透天厝，兩者皆為基腳地樑系統，西臨 8m 巷道與空地，北臨 17m 道路及鐵皮屋工廠。地質為 6.1m 厚之堅硬粘土層，其下為 2.4m 厚之中等硬度沉泥與粘土層，再下則為砂土層。	地下擋土開挖設計地表超載偏小，而最下支撐托架抵觸筏基，故於施作筏基拆除最下支撐時，鋼版樁向基地內側過度變形，擠破筏基，基地外的水和砂即從鋼版樁間隙流入。	止水灌漿灌注約 300m <sup>2</sup> 混凝土，始成功止水。

#### 案例五、高雄市華夏路結構體上浮案例

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
地下 2 層地面 13 層建築物，地下開挖 11.0m，鋼版樁深 19.0m。	工區西隔 28m 道路為 4 樓地樑基腳透天厝，東北隔 12m 巷道為地下 2 層地面 13 樓建築物，其餘皆為空地。地質為 2.6m 厚之中等硬粘土層，其下為 1.4m 厚軟弱粘土層，再下則為砂土層。	鋼版樁貫通粘土層至壓力水層，並於地下室施工至地表時停止抽水，導致在拔除第三面鋼版樁填砂灌水時，水流入開挖面下方壓力水層，壓力水層水壓力上升至地下水面，導致地下室上浮。	地下室上浮底版鑿出兩個 1m 方見人孔以水刀掃砂，再以污水馬達抽除泥水，直至回沉至剩下 15cm。

## 2.1.2.4 其他

### 案例一、倫敦地鐵 East London Line extension

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
於舊軌道上方興建一與其正交之新高架軌道。	倫敦之軟弱粘土層。	於吊裝橋樑時千斤頂脫落，影響下方既有軌道運作。	將橋樑重新移至定位，現場清理後即繼續後續施工階段。

### 案例二、YCL-111 標員林市區鐵路高架化臨時軌道路基工程鄰房損害

工程概述	地層及周遭環境	災變原因	處理程序
本工程於原軌道旁興建一臨時軌道，做為施工時調撥營運使用。	受損鄰房與新設擋土牆幾無間距。	因工程新設之 RC 擋土牆與鄰房未保留安全距離，另鄰房於施工前拆遷復原時，並未復原柱位，致鄰房結構強度相對減弱。	由施工前後比對，受損建物西側新增裂縫，損壞情況在容許範圍內，建議可經由填補裂縫修復方式予以恢復；東側則因增加多處嚴重裂縫，且局部位置有嚴重傾斜，已影響結構安全，建議應予以局部重建，並恢復原來柱位。

## 2.2 風險管理



## 2.2.1 深開挖工程風險管理

下表為深開挖工程需特別注意的重要風險因子，包括擋土支撐系統破壞、擋土壁體變位過大、支撐拆除時間過快、超挖、超抽地下水、鑽孔導致地下水湧出、安全計測與應變措施未落實及連續壁品質不佳等，亦同時指出可採取之預防或因應措施為何。

深開挖工程主要風險因子及可因應措施

項次	風險因子	預防或因應措施
1	支撐構材強度不足、斷面不足，或支撐間距、支撐長度過大、無斜撐而挫曲破壞、結合螺栓不確實、托架焊接強度不足或螺栓數量不足，造成擋土支撐系統破壞，釀成災變。	(1)現地工程師應嚴加注意工區監測結果。 (2)營造商確實施工檢查，監造單位落實施工查核。 (3)應落實專任工程人員施工指導制度。 (4)專任工程師應再檢查設計圖說及施工計畫正確性。
2	開挖擋土作業與支撐架設未能配合，支撐系統架設時機延誤，壁體靜置過久而變形。	(1)現地工程師應嚴加注意工區監測結果。 (2)營造商確實施工檢查，監造單位落實施工查核。 (3)落實施工管理制度。
3	連續壁品質不佳	(1)有效管理施工品質。 (2)可依實際需要採取特別之施工措施。
4	支撐拆除過快，未考慮永久結構體是否達到強度或再支撐之時機。	(1)現地工程師應嚴加注意工區監測結果。 (2)營造商確實施工檢查，監造單位落實施工查核。 (3)落實施工管理制度。
5	開挖深度管控不良，有明顯超挖情形。	(1)現地工程師應嚴加注意工區監測結果。 (2)營造商確實施工檢查，監造單位落實施工查核。 (3)進行地盤改良灌漿作業。
6	開挖過程中地下水位超抽，因土壤有效應力增加，砂土層產生密實，造成地盤下陷。	(1)現地工程師應嚴加注意工區監測結果。 (2)營造商確實施工檢查，監造單位落實施工查核。 (3)進行地盤改良灌漿作業。
7	砂土層中地下水以下深度鑽孔、洗孔過程中，背側地下水及土砂噴出與流失現象。	(1)現地工程師應嚴加注意工區監測結果。 (2)營造商確實施工檢查，監造單位落實施工查核。 (3)應落實專任工程人員施工指導制度。 (4)進行地盤灌漿改良作業。 (5)落實施工管理作業。 (6)確認回填作業之可靠性。 (7)施工前檢查緊急應變設備已備妥。

項次	風險因子	預防或因應措施
8	安全監測系統計測管理工作未落實，緊急應變能力不佳。	(1)檢視監視系統(尤其是監測頻率檢討)是否合理恰當。 (2)營造商確實施工檢查，監造單位落實施工查核。 (3)落實定時回報制度，監測結果未回報前，不得有開挖或其他影響土層變化之作業。 (4)落實施工管理制度。 (5)施工前檢查緊急應變設備已備妥。



## 2.2.2 潛盾隧道風險管理

下表為潛盾隧道相關工程需特別注意的重要風險因子，包括：超挖、遭遇流木、地盤沈陷、盾尾封圈止水不佳、卡機與破鏡災變等，亦指出可採取之預防或因應措施為何。

潛盾隧道主要工程風險因子及可因應措施

項次	風險因子	預防或因應措施
1	超挖。	掘進施工中注意潛盾機之位態及土壓管理。
2	遭遇流木(須配合壓氣人員出艙處理)。	潛盾機內設置人孔並做好事前規劃及鑽探。
3	嚴重地盤沈陷。	加強監測、建物保護與鎮密進行挖掘時之土壓及排土量管理。
4	鑽掘時潛盾機盾尾封圈止水不良而漏水。	確實進行背填灌漿及盾尾清潔，定期補充盾尾油，並做好機械檢查，更換盾尾封圈。
5	潛盾機卡機。	停機時間長，需定期轉動切刀盤；遇到堅硬地盤或地盤改良區，勿停留過久；避免掘進過程中，完全靜止時間過長；停機前須對可能發生卡機之影響因素，妥作因應。
6	潛盾機達到工作井，破鏡產生潛盾機周圍漏水。	事前應先做好地盤改良，到達前確實試水並密集監測；破鏡前，完成試水補灌漿。
7	地盤改良不佳。	落實取樣過程，做好試水及補強灌漿。
8	潛盾到達/出發工作井時，造成大量土石坍塌。	依照地盤改良範圍進行鎮密計畫，徹底進行掘進時之土壓及排土管理，並擬好緊急應變計畫。
9	地下水位過高，造成大量地下水湧入。	確認止水效果、設置堅固閘門；立即施作地盤改良，並啟動緊急機制；設計祛水井，並於施工時設置緊急灌漿設備。
10	大量土石坍塌。	確認地盤改良及開挖方法。

## 2.2.3 鋼版樁工程風險管理

下表為鋼版樁相關工程需特別注意的重要風險因子，包括：擋土壁品質不佳、接頭施工不良、震動與噪音等，亦指出可採取之預防或因應措施為何。

鋼版樁工程風險因子及可因應措施

項次	風險因子	預防或因應措施
1	地質、地下水及地下障礙物等不可抗力因素造成擋土壁施工品質不良破裂，導致工區受損。	(1)施工前增加監測點位。 (2)施工前進行試挖探勘及管線保護。 (3)現地工程師應嚴加注意工區監測結果。
2	鋼版樁接頭接合或接樁施工不良，造成漏水砂湧。	(1)現地工程師應嚴加注意工區監測結果。 (2)營造商確實施工檢查，監造單位落實施工查核。 (3)應落實專任工程人員施工指導制度。 (4)接合處應有第二道防護措施，例如 CCP 或鋼管連鎖樁。 (5)進行地盤改良灌漿作業。
3	鋼版樁打設引致震動，造成地盤下陷。	(1)現地工程師應嚴加注意工區監測結果。 (2)必要時採取無震動工法或水刀先行清除障礙。
4	回填材料軟化流失，止水效果差，導致擋土壁體失敗，造成工區潰敗。	(1)施作高壓成型樁，做為第二道保護擋土牆。 (2)進行低壓地盤灌漿改良回填材，必要時，採取 CLSM 取代黏土或藥劑摻料止水。
5	鋼版樁拔除後，空隙回填未確實。	(1)現地工程師應嚴加注意工區監測結果。 (2)營造商確實施工檢查，監造單位落實施工查核。 (3)應落實專任工程人員施工指導制度。 (4)進行地盤改良灌漿作業。 (5)落實施工管理制度。 (6)慎選施工材料。 (7)施工前檢查緊急應變設備已備妥。

## 2.2.4 其他類型工程風險管理

由於文獻來源、預算與時間上的限制，其他類型工程之風險管理探討，謹以管幕隧道為例，並分為規劃與設計階段、施工階段、管損壞、水密性不佳與其他事項五大類來進行探討。下表為管幕隧道工程需特別注意的重要風險因子，亦指出可採取之預防或因應措施為何。

管幕隧道重要風險因子與因應措施

工程生命週期階段	項次	風險因子	預防或降低其風險之措施
規劃與設計階段	1-1	試驗項目及數量不足。	依設計需求擬訂鑽探計畫。
	1-2	監測系統規劃設計不當。	依結構計算分析結果佈設監測系統。
	1-3	鑽掘機長徑比設計不合。	依據工程具體情況合理確認。
	1-4	鑽掘機校正系統出現故障。	施工前對鑽掘機進行全面檢查，施工中隨時檢測其狀態。
	1-5	鑽掘機校正線形（路徑）、校正程度不足。	增加千斤頂校正裝置，增大校正力。
	1-6	測量數據錯誤	採三級覆核制度。
	1-7	工作井內之反力座、工作井及導軌發生位移。	推進前，對工作井反力座、導軌加固，施工中定時對工作井反力座位移進行檢測，確保導軌安裝精度和剛度。
	1-8	沒有機頭軌跡曲線指導施工。	施工現場採取電腦繪製鑽掘推進線形（路徑），以指導推進、校正路徑。
	1-9	鑽掘機機頭旋轉偏向。	採用合理的施工方法及推進順序；利用機頭正反轉的方法糾正。
施工階段 (地表沈陷與隆起)	2-1	推進速度太快。	推進速度按開挖面土壓平衡條件確定，調整土壓力和泥水壓力控制值，並採取相對應的控制注漿速度。
	2-2	泥漿套膜形成不良，帶土推進。	採用適合的壓力注漿方式，並加強監測。
	2-3	外接式公母樺接鎖口擾動土壤造成超挖。	採合理的施工方式及推進順序。
管幕損壞	2-4	推進偏差過大導致鎖口損壞。	加強鎖口補強。
	2-5	接頭處同一斷面發生脫落。	管幕採用錯縫焊接。
	2-6	鋼管接合處焊接品質不良導致鋼管局部斷裂。	採用可靠的焊接方式。

工程生命週期階段	項次	風險因子	預防或降低其風險之措施
管幕水密性不佳	3-1	推管偏差過大，導致樺接鎖口不閉合。	採用合理的鋼管推進高精度控制技術及異性鎖口。
	3-2	管幕樺接鎖口滲漏。	推進過程中母樺以海綿填充；推進完成後鎖口處充分壓注水泥漿。
其他事項	4-1	與隧道施工的安全衛生相關事宜。	加強隧道施工安全衛生管理、設施，並事先擬訂緊急應變措施。
	4-2	颱風與豪大雨引致隧道淹水。	預先準備抽水設施。

### 第三章 施工規劃設計要點



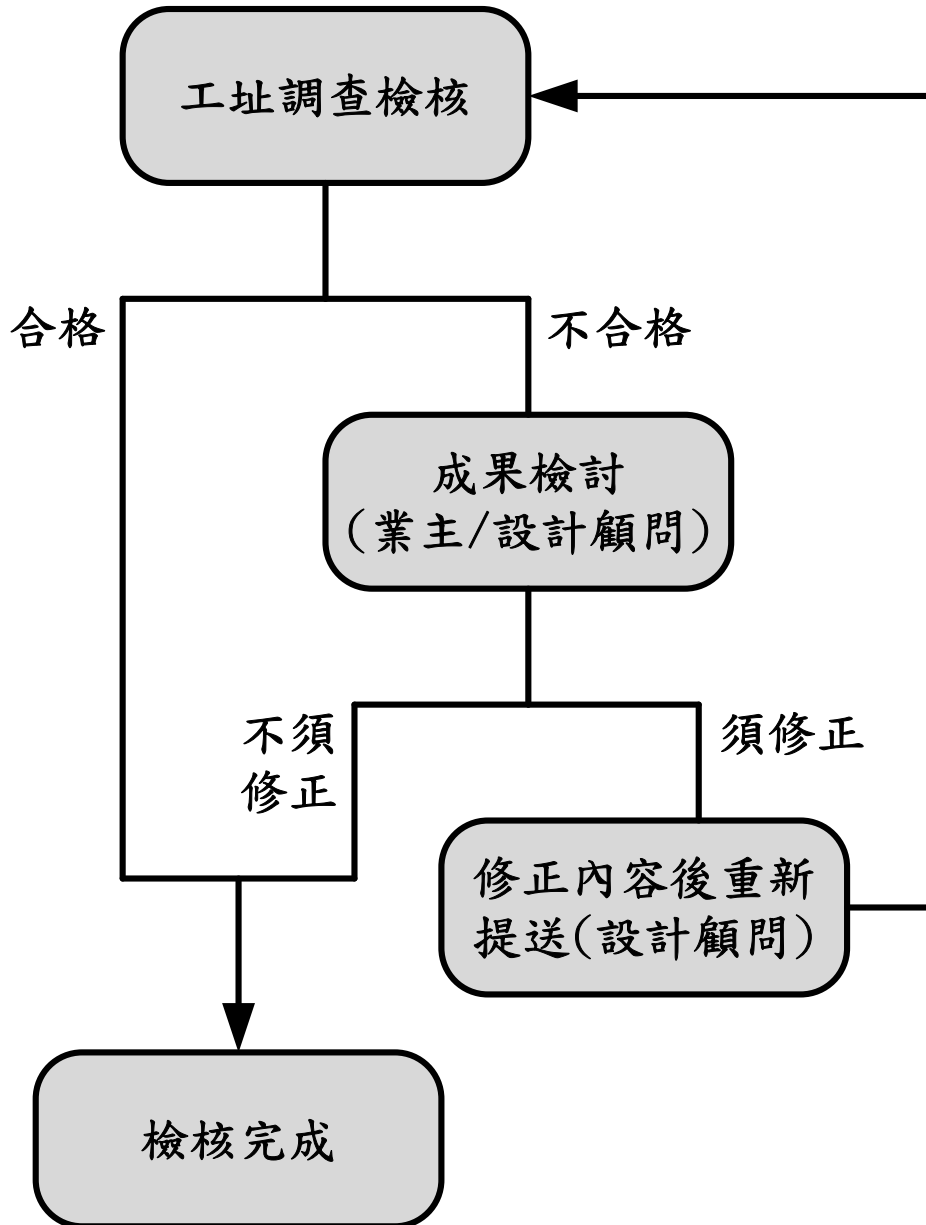
### 3.1 工址調查檢核要點





有關工址調查檢核之流程請參考下圖工址調查檢核流程圖，詳細檢核要點請參考工址調查檢核表內容。

## 工址調查檢核流程圖



## 工址調查檢核表

工程名稱：\_\_\_\_\_

版次：

製作：\_\_\_\_\_ 檢核：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

項次	檢核內容	檢核結果			備註
		是	否	不適用	
1	本工程場址調查係屬於地質鑽探				◆地質鑽探：指現地鑽孔、SPT 及取樣、室內試驗等，為地質調查手法之一。 ◆地質調查：著重於地形與地層、地質材料、地質構造、地質作用以及地史為其主要調查內容。 ◆工址調查：除包含地質調查評估內容外，尚包括與場址有關之環境調查，例如鄰屋、管線、古蹟、遺址等。
	本工程場址調查係屬於地質調查				
	本工程場址調查係屬於工址調查				
	本工程場址調查係屬於其他：_____？				
2	本工程場址調查程序是否完備？				場址調查程序：資料蒐集與研析、現地踏勘、初步調查、主要調查以及補充調查等。
3	本工程場址調查費用估計畫總工程費(或佔大地工程或基礎工程費)：_____%？				依「工址地盤調查準則」建議： ◆建築與一般結構物工程：0.2-0.5%(0.3-0.8%) ◆隧道或地下結構物工程：0.3-1.8%(0.5-2.1%) ◆鐵公路與一般土木工程：0.3-1.8%(0.5-3.5%) ◆橋樑工程：0.2-0.6%(0.3-1.4%)
4	本工程場址的調查範圍是否滿足規定？				建築基地的調查孔數、深度依內政部「建築物基礎構造設計規範」3.2.3規定。其他可參考「工址地盤調查準則」建議：表 4-1 與 4-2。
	本工程場址的鑽探孔數滿足規定？				
	本工程場址的鑽探深度是否滿足規定？				
	本工程場址的鑽探配置是否合理？				
5	本工程場址的 SPT(標準貫入試驗)是否採用自動落錘？				依 D1586 - 08 規定： ◆錘重 140lb(63.64kg) ◆落距 30in(76.2cm)
	錘重及落距有否校正？				
6	本工程場址的鑽孔有否測量孔位座標(X, Y, Z)?				
7	地質鑽探孔完成後，是否確實回填，形成地下水砂湧之流通路徑。				

項次	檢核內容	檢核結果			備註
		是	否	不適用	
8	本工程場址的地層分層是否合理?有否忽略薄夾層?				依地層沉積法則，除受地質作用剪斷外，沉積地層初期為水平、連續，且老地層在下，新地層在上。(註：可依地層層厚、N 值、物性等資料統計分析，若變異係數過大，則地層分層可能不合理，宜再細查。)另外，由 CPT 比對亦可知有否忽略薄夾層。
9	本工程場址土壤材料的基本物性試驗成果表中，土粒分析是否分成礫、砂、沉泥、粘土等四類?				礫 > #4(4.76mm) 、 #4 ≥ 砂 > #200(0.075mm) 、 #200 ≥ 沉泥 > 2μm、粒土 ≤ 2μm
10	本工程場址土壤材料的基本物性試驗成果表中，粘土層有否列出液性指數(LI)、活性指數(Ac)?				◆液性指數(LI)= [ 自然含水量( $\omega$ )-塑性限度(PL) ] / [ 液性限度(LL)-塑性限度(PL) ] ◆活性指數(Ac)= [ 液性限度(LL)-塑性限度(PL) ] / [ 粘土含量重量百分比 ]
11	本工程場址的建議簡化地層、N 值、物性等參數，是否以平均數(變異數)表示?				變異數太大(一般工程為 5%~10%)，則地層分層可能不合理。
12	本工程場址有否軟弱土層?				砂土層：N ≤ 10、粒土層：N ≤ 4 或 LI ≥ 1.0；土層易變形、流動、取樣擾動等。
13	本工程場址有否硬質土層?				砂土層：N > 30、粒土層：N > 8 或 LI ≤ 0.6；土層開挖較不易，打樁易振動。
14	本工程場址有否土層粗/細顆粒比 ≥ 3?				粗/細顆粒比 ≥ 3，屬非凝聚性行為，可抽到地下水。
15	本工程場址所建議的地層設計參數是合理?樣品有否擾動?				◆軟弱土層表現出軟化行為(CU 或 CD 試驗之凝聚力 $c \neq 0$ ) ◆硬質土層的尖峰抗剪角 $\Phi_p >$ 殘餘抗剪角 $\Phi_r$
16	本工程場址地層之力學試驗項目及數量是否足夠?。				同一地層至少有兩種或兩組以上之強度試驗。
17	本工程場址之大地程分析所採用設計參數是否合理?				◆不宜直接採用室內實驗結果，宜參考 SPT、CPT、VST 等現地試驗成果。 ◆深開挖等宜採用 UU 試驗參數，不宜使用 CU 或 CD 試驗參數。

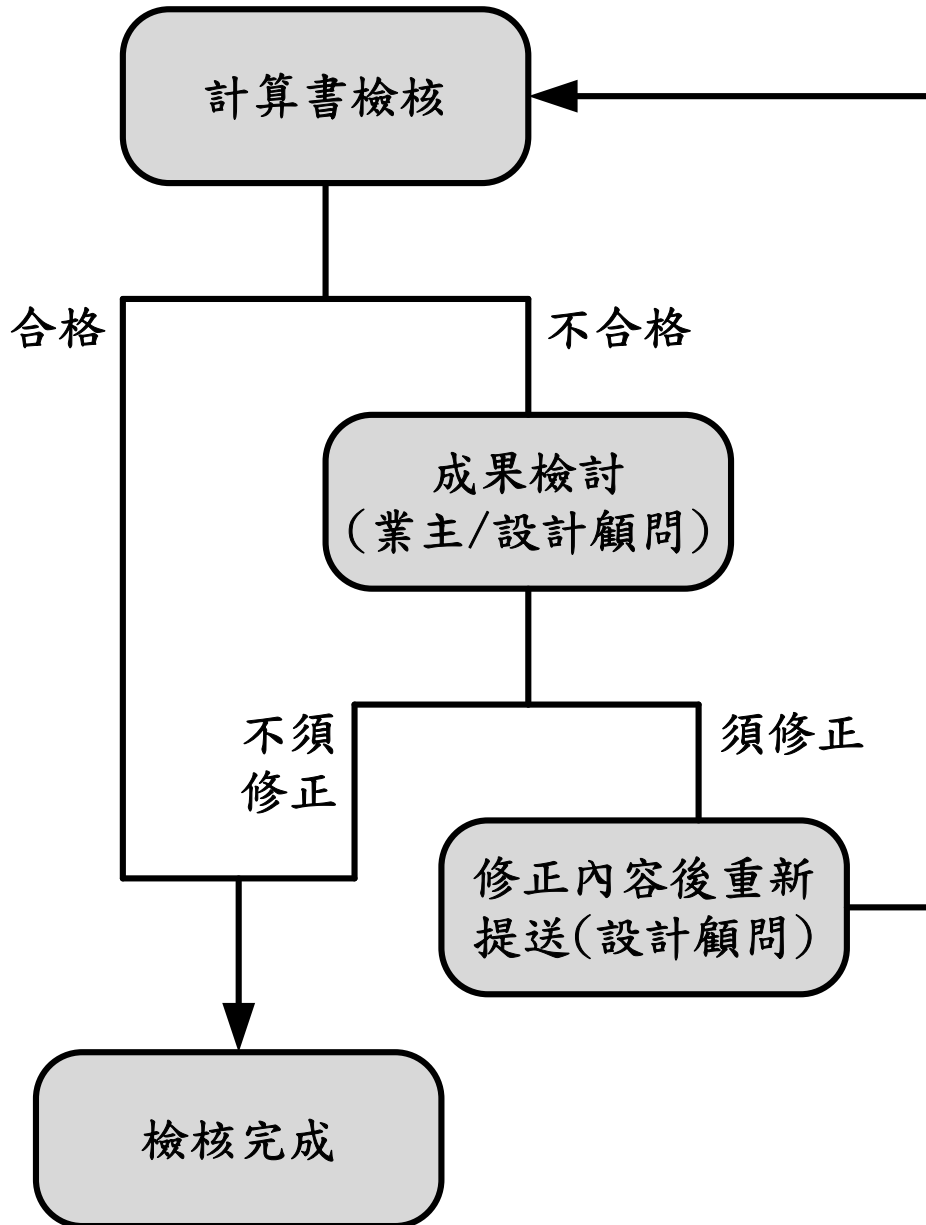
項次	檢核內容	檢核結果			備註
		是	否	不適用	
18	本工程場址之地質鑽探孔完成後，有否確實回填？				宜以不透水材料(如水泥砂漿、皂土等)確實回填，以避免形成地下水砂湧的通路。
19	本工程場址有否受壓或局部受壓水層？				利用鑽孔埋設電子式水壓計於透水層中(其上、下非透水層封固)，以長期量測水壓變化。施工中避免鑽破受壓水層，造成砂湧。
20	本工程場址之水文資料是否蒐集及掌握乾雨季地下水位之變化？				可依台糖、水利、農業等相關單位的井測資料研判。
21	本工程場址有否可能受沼氣、漂流木、礦坑、溶穴等之影響調查？				可依沉積環境、地質構造以及相關資料蒐集研判。
22	本工程場址有否對地下埋設物，如管線、函洞、地下道等調查？				地下埋設物(含自來水管)位置、深度、型式若未詳細調查，易因地層開挖變形而斷裂、鬆脫造成大量湧水，引致崩塌失敗。宜使用透地雷達探查。
23	本工程場址的鄰近結構物之屋齡、基礎型式與埋設深度是否調查及記錄？				依施工可能影響範圍確實調查，並記錄。
24	本工程場址是否參用地球物理之成果				簡要註明參用種類及內容：
	本工程場址是否參用現場試驗(除 SPT 外) 之成果？				_____ _____ _____
25	本工程場址之地質鑽探報告是否造假、錯誤及局部不合理？				依前述綜合研判，並簡要註明於下：_____ _____ _____
	地質調查報告是否造假、錯誤及局部不合理？				
	工址調查報告是否造假、錯誤及局部不合理？				

## 3.2 計算書檢核要點



有關計算書之檢核流程請參考下圖計算書檢核流程圖，詳細檢核要點請參考計算書檢核表內容。

## 計算書檢核流程圖



計算書檢核表

文件名稱：\_\_\_\_\_

版次：1

製作：\_\_\_\_\_ 檢核：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

項次	檢核內容	檢核結果			備註
		是	否	不適用	
<b>1</b>	<b>一般性檢核</b>				
1-1	設計之基本準則是否符合最新版本之土建及車站工程設計規範				
1-2	土壤與材料參數是否正確且註明來源				
1-3	電腦輸入資料與設計要領符合且附有分析之模式				
1-4	是否簡述分析及設計之方法				
1-5	品保簽核頁上之簽名欄是否有簽名				
1-6	計算書每頁設計者已簽名及填上日期				
1-7	是否已納入業主的審查意見				
<b>2</b>	<b>地盤改良/建物保護數量計算</b>				
2-1	地盤改良是否標明體積				◆ 體積需考慮地盤改良區域的面積及深度。
2-2	數量單位是否正確				
2-3	是否標明數量及計算式				
<b>3</b>	<b>計算書內容-深開挖工程</b>				
3-1	材料規定是否符合規範要求				◆ 底部隆起安全係數至少需大於 1.5。
3-2	是否考慮短、長期地下水位變化				
3-3	擋土壁厚度是否符合規定				◆ 上舉破壞安全係數至少需大於 1.2
3-4	擋土壁貫入深度是否符合規定				
3-5	保護層厚度是否符合規定				◆ 連續壁厚度至少要大於 1/20 的開挖深度。
3-6	是否考慮液化對於擋土開挖之影響				
3-7	擋土開挖施工過程沈陷量評估計算書是否齊全				
3-8	分析模式是否可行				◆ 保護層厚度應大於 7.5cm。
3-9	底部隆起破壞安全係數是否符合規定				
3-10	是否考慮砂湧、管湧破壞				
3-11	上舉破壞安全係數是否符合規定				
3-12	中間柱入土深度是否足夠				
3-13	支撐之斷面是否足夠				
<b>4</b>	<b>計算書內容-潛盾隧道工程</b>				
4-1	土層分布是否參考鑽探報告各鑽孔資料研判				◆ 環片襯砌保護層護度應大於 28cm。
4-2	載重因素是否均已依規範規定考量				
4-3	載重組合是否考量				◆ 預鑄混凝土襯砌單側最小鋼筋比應大於 0.3%
4-4	分析模式是否可行				
4-5	聯絡通道考量是否符合規範				
4-6	隧道抗浮安全係數是否符合規定				



4-7	隧道耐震設計是否符合設計規範之規定				◆ 場鑄混凝土襯砌單側最小鋼筋比應大於 0.1%。	
4-8	地震造成環片應變值是否符合規範要求					
4-9	保護層厚度是否符合規定					
4-10	材料規定是否符合規範要求					
4-11	結構裂縫寬度校核是否符合規範要求					
4-12	R.C.環片任何一向之鋼筋比是否符合規定					
4-13	鋼環片應力值是否符合規範要求					
4-14	R.C.環片之設計載重是否將施工因素納入考量					
4-15	隧道施工過程沈陷量評估計算書是否齊全					
4-16	跨接樑之分析與設計檢核是否考量					
4-17	隧道與端牆間之止漏及防震檢核是否考量					
4-18	是否考慮液化對於潛盾隧道之影響					
4-19	建物保護是否已考量					
4-20	隧道內徑是否正確					
4-21	環片厚度是否正確					
<b>5</b>	<b>計算書內容-鋼版樁</b>					◆ 底部隆起安全係數至少需大於 1.5。 ◆ 上舉破壞安全係數至少需大於 1.2
5-1	材料規定是否符合規範要求					
5-2	是否考慮短、長期地下水位變化					
5-3	擋土壁厚度是否符合規定					
5-4	擋土壁貫入深度是否符合規定					
5-5	保護層厚度是否符合規定					
5-6	是否考慮液化對於擋土開挖之影響					
5-7	擋土開挖施工過程沈陷量評估計算書是否齊全					
5-8	分析模式是否可行					
5-9	底部隆起破壞安全係數是否符合規定					
5-10	是否考慮砂湧、管湧破壞					
5-11	上舉破壞安全係數是否符合規定					
5-12	中間柱入土深度是否足夠					
5-13	支撐之斷面是否足夠					
5-14	壁體變位是否合理					
5-15	是否考慮施工震動					
5-16	是否考慮連續壁品質不佳					
5-17	是否考慮地震力					
5-18	是否已計入連續壁本身施作所引起之地表沈陷					
5-19	是否已計入開挖中抽水所引致之地表沈陷					
<b>6</b>	<b>噪音與震動分析</b>				◆ 打樁震動噪音須符合環保署所規範之噪音管制標準	
6-1	施工產生噪音是否對鄰近環境造成重大影響					
6-2	施工產生震動是否對鄰近環境造成重大影響					

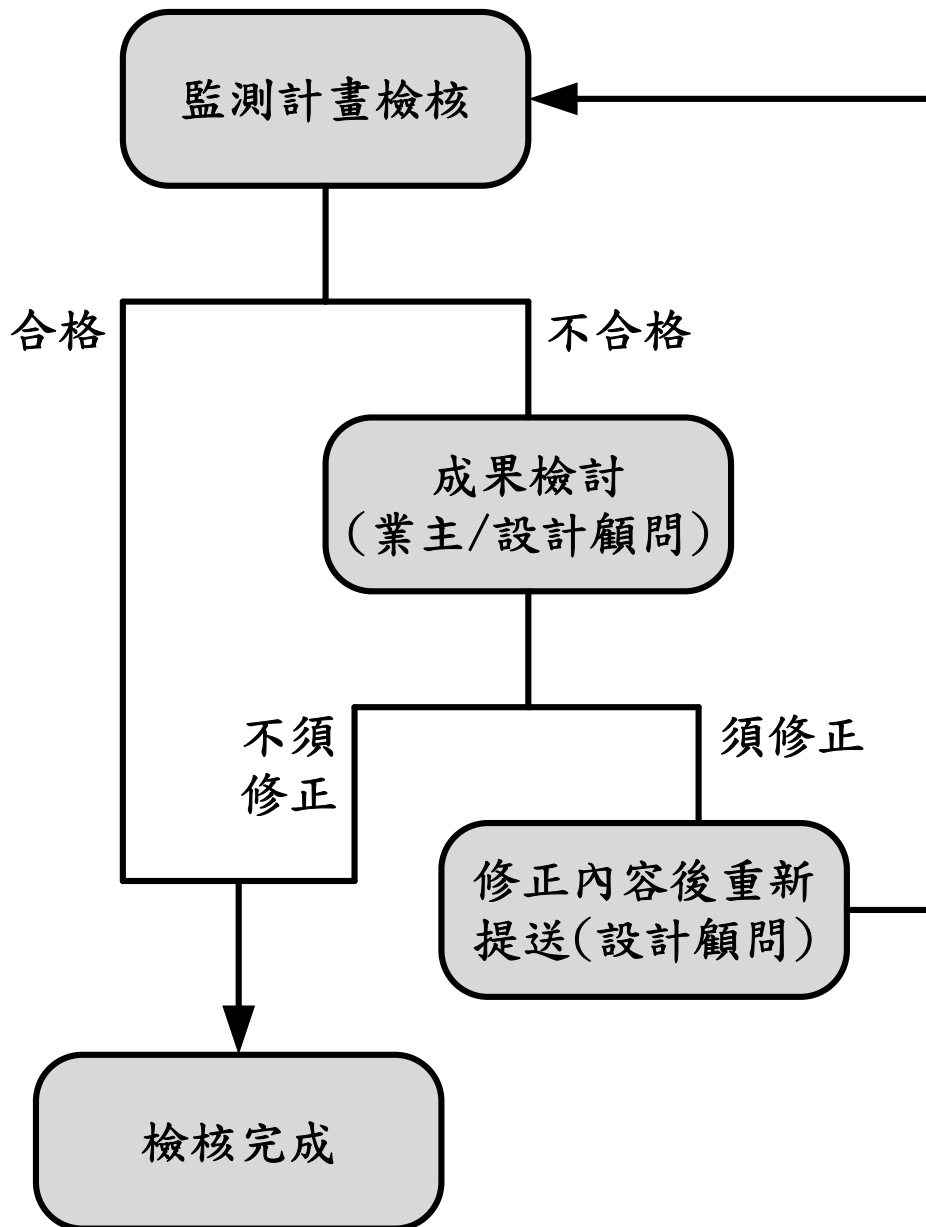


### 3.3 監測項目檢核要點



施工監測之檢核流程請參考監測計畫檢核流程圖，詳細檢核要點請參考各施工類型之監測檢核表、監測頻率檢核表、監測項目配置原則檢核表以及監測項目觀測方法檢核表。

## 監測計畫檢核流程



### 3.3.1 深開挖工程監測檢核表

#### 深開挖監測檢核表

文件名稱：\_\_\_\_\_

版次：1

製作：\_\_\_\_\_ 檢核：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

項次	開挖類型	深開挖	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
1	監測目的	(1) 設計條件之確認：觀測所得之數據是否可與設計時所採用之假設條件相互比較，以作為判定該工程設計是否過適當、是否需進行補強或變更時之參考依據。				
		(2) 施工安全之掌握：開挖過程中，監測系統是否可即時反應工程與人員安全相關之訊息，作為判斷施工安全與否之指標，提供預警功效。				
		(3) 長期行為之追蹤：對於特殊之建物於完工後，是否仍可保留部份安全監測系統繼續作長期之觀測追蹤。例如地下水位、基礎變位、地表沈陷等。				
		(4) 責任鑑定之佐證：開挖導致鄰近構造物或設施遭損害，由監測系統所得資料，是否可提供直接的技術性資料以為責任鑑定、紛爭解決之參考。				
		(5) 相關設計之回饋：監測系統所獲得之數據資料經蒐集、整理與分析後，是否可回饋至基礎開挖與擋土設計之理論與模擬，並提供了解擋土設施之安全性及其與周遭地盤互制行為之經驗數據。				
2	監測項目	地盤反應部分：				除左列之一般檢核項目，仍須依現場情形並經現場專業人員判斷後自行增加檢核項目。
		(1) 是否可觀測擋土壁體之側向變位				
		(2) 是否可觀測開挖區外地盤之側向變位				
		(3) 是否可觀測開挖區外地表之沈陷				
		(4) 是否可觀測開挖區外地盤之沈陷				
		(5) 是否可觀測開挖區外之水壓力變化				
		鄰房損害觀測部分：				
		(1) 是否可觀測鄰近建物之沈陷				
		(2) 是否可觀測鄰近建物之角變量及傾斜率				
(3) 是否可觀測鄰近建物之水平應變						

## 深開挖監測頻率檢核表

文件名稱：\_\_\_\_\_

版次：1

製作：\_\_\_\_\_ 檢核：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

項次	監測項目	儀器名稱	監測頻率	檢核結果			備註
				是	否	不適用	
1	擋土結構體變形及傾斜	傾斜管	每逢基地挖土前後，支撐施加預力及拆除前後：是否依照平時每週一次，開挖階段每週至少二次，必要時隨時觀測				應由專業工程師現場監督並依實際情況調整監測頻率或以監測計畫書為準。
2	地下水位及水壓	水壓式水壓計	平時每週二次，抽水時每天一次				
		水位觀測井	平時每週二次，必要時每天二次				
3	開挖面隆起量	隆起桿	開挖階段每天至少一次，平時每週二次				
4	支撐應力及應變	振動式應變計	每天一次				
5	道路及建築物沈陷量	沈陷觀測釘	平時每週一次，必要時隨時觀測				
6	筏式基礎沈陷量	沈陷觀測釘	每層澆築混凝土前後，平時每十天一次				
7	擋土壁鋼筋應力	鋼筋計	基地開挖時每天一次，平時每週二次				

## 深開挖監測項目配置原則檢核表

文件名稱：\_\_\_\_\_

版次：1

製作：\_\_\_\_\_ 檢核：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

項次	監測儀器	配置原則	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
1	擋土壁內 傾斜管	(1) 在擋土壁中所安裝之傾斜管其位置是否依照設計圖說所示。				應由專業工程師現場監督並依實際情況調整監測之配置或以監測計畫書為準。
		(2) 在擋土結構鋼筋籠製造時，是否於底部安裝具有底蓋之傾斜管、是否依適當長度逐節安裝，以及是否依照設計圖說所示固定於鋼筋籠內。				
		(3) 傾斜管在施工時是否與鋼筋籠一齊吊放入鑽挖完成之壁體溝槽(SLURRY TRENCH)內、是否確保傾斜管安裝在籠內及在其底部是否有足夠長度以防止澆注混凝土時，混凝土進入套管內。				
		(4) 當混凝土灌注完成後，是否有清洗套管及完成保護等設施；此儀器是否埋設於開挖面中間處（因此處變形量較大）。				
2	立管式水 壓計	(1) 將水壓計本體與塑膠管接妥後，塑膠管門試塑膠管接頭是否有漏水現象。				
		(2) 豎管式水壓計埋設於鑽孔之程序與埋設水位觀測井大致相同，惟水壓計若安裝於鑽孔內某一深度，則其濾層下是否依契約設計圖所示以皂土做成止水層。此止水層是否須包括兩層厚約 300 mm，中間以厚約 150mm 細砂分隔是否如設計圖說所示以及皂土止水層是否可用 1 比 1 之水泥:皂土比例或皂土丸代替。				
		(3) 若鑽孔僅埋設二支(含)以下之水壓計，其最小直徑是否可為 100 mm，若安裝三支(含)以上水壓計者，鑽孔直徑至少是否為 150mm 以上。				



項次	監測儀器	配置原則	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
3	水位觀測井	(1)於水位觀測井預定埋設位置，利用鑽機沖洗最小直徑為100mm鑽孔至預定埋設之深度是否為500mm。				應由專業工程師現場監督並依實際情況調整監測之配置或以監測計畫書為準。
		(2)清洗鑽孔後，於孔底回填500mm之砂料是否須經工程司核准。				
		(3)是否應將已鑽有透水孔並包覆濾網之塑膠管埋入鑽孔中間。並是否應將塑膠管底部封閉。				
		(4)取經工程司核准之清潔濾砂回填至少1.5m深。其餘部份是否以濾砂回填至混凝土基座底部約1m處。				
		(5)在以上安裝過程中是否必須保持觀測管在預定埋設高程。				
		(6)管頂是否應蓋以塑膠蓋加以保護。				
		(7)在混凝土基座下1m是否需以皂土填封。				
		(8)確保觀測管在地面位置，並建造混凝土基座，是否應安裝有鎖保護鐵蓋加以保護				
		(9)安裝完成後，是否立即量測管內水位高度及管底之深度。				
4	隆起桿	(1)以鑽機將保護套管鑽至埋設深度，此距離是否於開挖底部約150cm。				
		(2)於鑽孔中灌入約1m深之6%皂土穩定液後，是否可將保護套管提升約40cm。				
		(3)插入事先接好之十字形鐵片與鋁管至預定深度，是否即告完成。				
5	支撐應變計	(1)安裝應變計在H型鋼樑是否依照設計圖說所示。				
		(2)是否必須將預定裝設應變計樑腹表面的鐵銹或油漆磨光。				

項次	監測儀器	配置原則	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
5	支撐應變計	(3)應變計本體固定在 H 型鋼樑腹中央之水平軸上後，是否需立即利用應力指示儀或頻率指示儀測出初始值。				應由專業工程師現場監督並依實際情況調整監測之配置或以監測計畫書為準。
		(4)是否須將保護蓋固定在樑腹上。				
5	支撐應變計	(5)是否按同上述方法在樑腹另一側裝設另一應變計，此裝設後已即告完成。				
		(6)應變計之讀數感應器及電纜線等是否必須達到完全之防水效用。				
		(7)若應變計在安裝及開挖過程中有所損壞，不能顯示正確合理讀數，是否可立即無償替換。				
6	沈陷觀測釘(地表面型)	地表沈陷點(地表面型)				
		(1)挖一直徑約 300mm 孔是否依照設計圖說所示大小。				
		(2)將圖示大小之鋼筋置於孔內並回填混凝土時是否應保持鋼筋位置垂直至混凝土凝結。				
		(3)鋼筋圓頂面是否確保在混凝土上，以便於量測。				
		(4)調整六角頭之一角時是否應使之垂直，以供置立水準尺。				
		(5)是否於裝置附近以永久油漆標識號碼。				
7	沈陷觀測釘(建築物型)	建築物沈陷點				
		(1)是否需依圖示在現有結構物或建築物上安裝沈陷觀測點。				
		(2)是否依照圖示大小鑽水平孔，以及是否清除孔內鑽渣。				
		(3)是否依照圖示裝設六角頭膨脹錨栓。				
		(4)調整六角頭之一角時是否應使之垂直，以供置立水準尺。				
		(5)是否於裝置附近以永久油漆標識號碼。				

項次	監測儀器	配置原則	檢核結果			備註
			是	是	是	
8	鋼筋計	(1)鋼筋計安裝在擋土壁體或結構體內預定深度時，施作是否依照設計圖說所示。				應由專業工程師現場監督並依實際情況調整監測之配置或以監測計畫書為準。
		(2)當鋼筋籠組立時，鋼筋計是否可配合鋼筋搭接之方式採瓦斯壓接或機械連接器連接於指定鋼筋上，使應變計本體之位置於預定裝設深度處，以及連接器(COUPILING)安裝時是否應依製造商的指示及工程司的核准。				
8	鋼筋計	(3)處理安放鋼筋籠及置放電纜線時，是否需妥當地保護鋼筋計本體及防護電纜線，確保澆注混凝土時，鋼筋計本體及電纜線不受損壞。				
		(4)在壁體結構混凝土澆注後，是否需立刻測出其初始值，及研判是否正常合理。				

## 深開挖監測項目觀測方法檢核表

文件名稱：\_\_\_\_\_

版次：1

製作：\_\_\_\_\_ 檢核：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

項次	儀器名稱	觀測方法	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
1	擋土壁內傾斜管	觀測時將傾度感應器以滑輪組件放入套管內，以電纜連接雙軸感應器及傾度指示儀，並配合量測儀器之頂點位置量測即可量測出擋土結構傾斜及變形撓曲程度，土層側向移動量和方向。				若有不足，或使用特殊型號之監測儀器，請以儀器之操作手冊或監測計畫書為準。
2	立管式水壓計	利用具有清楚刻度之防水電線以水位指示儀測出水壓計之水位。				
3	水位觀測井	利用具有清楚刻度之防水電線以水位指示儀測出水位觀測井之水位。				
4	隆起桿	隆起觀測最簡便的方法即裝設隆起桿，於開挖面內，配合開挖之進行逐日觀測，觀測使用儀器：水準儀、箱尺、鋼捲尺；基地開挖後自量測基準點引測隆起量測點之標高；隆起量＝每次測得之隆起點之標高－初始標高。				
5	支撐應變計	支撐系統 H 型鋼承受荷重時，將產生應變，附著於 H 型鋼腹側之應變計本體內亦隨著發生變化，利用應力/應變指示儀或頻率指示儀量測可以換算出型鋼應力之大小。				
6	沈陷觀測釘(地表面型)	以水準測量方式定期量測各沈陷觀測點之標高變化，即可得其沈陷量。				
7	沈陷觀測釘(建築物型)	以水準測量方式定期量測各沈陷觀測點之標高變化，即可得其沈陷量。				
8	鋼筋計	鋼筋計隨著基礎工程開挖時擋土結構體變形而產生應變，鋼筋計本體之應力發生變化，由應力/應變指示儀或頻率指示儀可明瞭鋼筋應力變化作成記錄，並換算成實際應力。				

### 3.3.2 潛盾隧道監測檢核表

#### 潛盾隧道監測檢核表

文件名稱：\_\_\_\_\_

版次：1

製作：\_\_\_\_\_ 檢核：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

項次	開挖類型	潛盾	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
1	監測目的	施作中基地內及工程周遭(含鄰近建物)，是否可觀測到土、水壓變化、沈陷、傾斜與擋土設施之應變、應力變化。				
2	監測項目	(1) 是否可觀測隧道開挖區四周之土壤側向及垂直位移				除左列之一般檢核項目，仍須依現場情形並經現場專業人員判斷後自行增加檢核項目。
		(2) 是否可觀測鄰近結構物之垂直位移及傾斜角等。				
		(3) 是否可觀測開挖影響範圍內之地下水壓。				
		(4) 是否可觀測隧道襯砌環片之變位。				

潛盾隧道監測儀器之裝設進度及監測頻率，主要還是應依據圖說之施工圖說制定而成，各項儀器一般監測頻率如下表所示。

潛盾隧道監測頻率檢核表

文件名稱：\_\_\_\_\_

版次：1

製作：\_\_\_\_\_ 檢核：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

項次	監測項目	儀器名稱	監測頻率	檢核結果			備註
				是	否	不適用	
1	土層側向移動量	土中傾斜管	至少每月一次，隧道前進面距離觀測點前後25m內時，每前進5m觀測一次，但每天至少一次(另盾尾通過後至少連續10天且80m範圍內，每天至少量測一次)，而後每週一次，直至沈陷變形穩定。當第二條隧道再接近觀測點時，重複第一條隧道之觀測頻率。				應由專業工程師現場監督並依實際情況調整監測之頻率或以監測計畫書為準。
2	基地四周較深層各層土壤之沈陷情形	多點式桿式伸縮儀					
3	鄰近建築物與地層下陷情形	沈陷觀測點(地表面型、結構物)					
4	建築物傾斜量	房屋傾斜計					
5	土層內孔隙水壓力	豎管式水壓計					
6	隧道內空間之相對位移	收斂釘		第一天：二次；第一週：每天一次；第二週：每週二次；第三週及以後各週：每週一次直至變形穩定。			

## 潛盾隧道監測項目配置原則檢核表

文件名稱：\_\_\_\_\_

版次：1

製作：\_\_\_\_\_ 檢核：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

項次	監測儀器	配置原則	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
1	土中傾斜管	(1)在擋土壁中所安裝之傾斜管其位置是否依照設計圖說所示。				應由專業工程師現場監督並依實際情況調整監測之配置或以監測計畫書為準。
		(2)在預定位置架設鑽機，鑽一直徑約 150mm 之垂直孔，是否如設計圖說直至預定安裝深度為止。				
		(3)將接妥之測管封上底蓋後放至孔底，組合測傾導管時，是否應注意將每節導管及導管間之連接器(COUPLING)之槽溝(GROOVE)對正，以及測傾導管之槽溝是否能連續不偏斜，以便雙軸感應器可在導管內順利滑動。				
		(4)調整放置於孔內之導管時，四條軌道槽溝是否於正確設定之位置。				
		(5)在鑽孔與傾斜管之間，是否需以水泥皂土灌漿填充並固定之。				
		(6)測傾導管之頂端是否需加保護蓋，並裝置混凝土保固之保護盒，以及是否依照設計圖說所示；此儀器是否埋設於開挖面中間處（因此處變形量較大）。				
2	多點式桿式伸縮儀	(1)是否依圖說所示裝設桿式伸縮儀，依平面配置圖施作。				
		(2)在埋設位置，以水洗方式鑽取孔徑之鑽孔是否適當。				
		(3)將伸縮儀測桿與錨定端做螺牙接合後，是否需再套入 PVC 管。				
		(4)灌漿管與排氣管及油壓尼龍管，是否應以膠帶方式，於適當間距固定一環，以及是否需附於伸縮儀測桿及 PVC 管上。				

項次	監測儀器	配置原則	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
2	多點式桿式伸縮儀	(5) 將伸縮儀測桿由深至淺之項序依次置入孔中後，是否需再以 10# 油壓油以手動油壓泵浦加壓，分別將錨錠打開，使與土壤緊緊扣住。				應由專業工程師現場監督並依實際情況調整監測之配置或以監測計畫書為準。
		(6) 以適當之壓力將與土壤強度相當之水泥漿灌入鑽孔中，是否應以錨定測桿，使土壤、錨定端及管件完全結為一體。				
		(7) 灌漿灌至離孔口 10~15cm 時，置入第一片間隔板於保護鐵管內，再續灌至孔口 5~7cm 時，是否需再置入第二片間隔板。				
		(8) 待水泥漿凝固後，安裝量測頭時，是否開始利用電子讀數器或測為量尺測讀初值。				
		(9) 是否有按照裝設示意圖標示尺寸與說明，做好保護措施。				
3	沈陷觀測點(地表面型、結構物)	地表沈陷點(地表面型)				
		(1) 挖一直徑約 300mm 孔是否依照設計圖說所示大小。				
		(2) 將圖示大小之鋼筋置於孔內並回填混凝土時是否應保持鋼筋位置垂直至混凝土凝結。				
		(3) 鋼筋圓頂面是否確保在混凝土上，以便於量測。				
		(4) 調整六角頭之一角時是否使之垂直，以供置立水準尺。				
		(5) 是否於裝置附近以永久油漆標識號碼。				
		建築物沈陷點				
		(1) 是否需依圖示在現有結構物或建築物上安裝沈陷觀測點。				
		(2) 是否依照圖示大小鑽水平孔，以及是否清除孔內鑽渣。				
		(3) 是否依照圖示裝設六角頭膨脹錨栓。				
(4) 調整六角頭之一角時是否應使之垂直，以供置立水準尺。						



項次	監測儀器	配置原則	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
3	沈陷觀測點(地表面型、結構物)	(5)是否於裝置附近以永久油漆標識號碼。				應由專業工程師現場監督並依實際情況調整監測之配置或以監測計畫書為準。
4	房屋傾斜計	(1)於裝設位置以膨脹螺絲及膠結劑將傾斜計固定盤固定於建築物垂直牆上，是否依設計圖說所示。				
		(2)裝設時是否需注意量測方向及角度。				
		(3)裝上有鎖保護蓋，是否立即測讀其初始值。				
		(4)若傾斜計固定盤在監測期間有所損壞，是否可無償替換之。				
5	豎管式水壓計	(1)將水壓計本體與塑膠管接妥後，塑膠管門試塑膠管接頭是否有漏水現象。				
		(2)豎管式水壓計埋設於鑽孔之程序與埋設水位觀測井大致相同，惟水壓計若安裝於鑽孔內某一深度，則其濾層(FILTER ZONE)下是否依契約設計圖所示以皂土做成止水層。此止水層是否須包括兩層厚約 300mm，中間以厚約 150mm 細砂分隔是否如設計圖說所示以及皂土止水層是否可用 1 比 1 之水泥:皂土比例或皂土丸(BENTONITE PELLETS)代替。				
		(3)若鑽孔僅埋設二支(含)以下之水壓計，其最小直徑是否可為 100mm，若安裝三支(含)以上水壓計者，鑽孔直徑至少是否為 150mm 以上。				
		(4)鑽孔是否必須直至地面下最深水壓計之預定埋設深度以下約 500mm。				

項次	監測儀器	配置原則	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
5	房屋傾斜計	(5)填充濾砂前，是否應待皂土凝結後再填定。在水壓計本體周圍之濾砂，其級配在 1.2mm 與 0.21mm 之間，過程是否應記錄其填充之數量。				應由專業工程師現場監督並依實際情況調整監測之配置或以監測計畫書為準。
		(6)安裝地面上保護蓋設備等是否有依照設計圖說所示為準。				
		(7)安裝完成後，是否立即度量管內水位及管底之深度。				
6	收斂釘	(1) 是否依圖說所示裝設收斂釘，以及是否依平面配置圖施作。				
		(2)在隧道計劃環片上選擇適當測點，先行鑽孔後，是否須將孔內石屑雜物清洗乾淨後，錨釘器插入孔內是否至規定深度為止。				
		(3)收斂釘計測頭是否加有保護蓋。				

## 潛盾隧道監測項目觀測方法檢核表

文件名稱：\_\_\_\_\_

版次：1

製作：\_\_\_\_\_ 檢核：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

項次	儀器名稱	觀測方法	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
1	土中傾斜管	觀測時將傾度感應器以滑輪組件放入套管內，以電纜連接雙軸感應器及傾度指示儀，並配合量測儀器之頂點位置量測即可量測出擋土結構傾斜及變形撓曲程度，土層側向移動量和方向。是否依上述方法進行觀測？				若有不足，或使用特殊型號之監測儀器，請以儀器之操作手冊或監測計畫書為準。
2	多點式桿式伸縮儀	安裝完成後利用測微錶量得多點式伸縮儀基準面之套管，以及套管之高程當成初始值，往後每次亦量此數據，而計算方式是將測微錶量得變化量加上套管高程之變化量。是否依上述方法進行觀測？				
3	沈陷觀測點(地表面型、結構物)	以水準測量方式定期量測各沈陷觀測點之標高變化，即可得其沈陷量。是否依上述方法進行觀測？				
4	房屋傾斜計	觀測時將傾斜計感應器納入傾斜計固定盤上，以電纜連接感應器及傾度指示器，即可量測出結構物的傾斜度。是否依上述方法進行觀測？				
5	豎管式水壓計	利用具有清楚刻度之防水電線以水位指示儀測出水壓計之水位。是否依上述方法進行觀測？				

6	收斂釘	<p>使用捲尺伸縮儀(量測工具)量測，先旋轉調整套筒至測微錶為 0 的最初讀數，再將捲尺伸縮儀前端之束環勾住第一個參考點，然後拉底下的鈹鋼尺的掛勾勾住第二個參考點，鈹鋼尺上每 2in 或 50cm 有一個穿孔，將鎖針扣在最近的穿孔上，接這旋轉調整套筒施加拉力，當旋轉至刻度指標上的紅線成一直線時，代表鈹鋼尺處於一正確之拉應力裝態上，讀取鈹鋼尺上鎖針處的讀數及測微錶三個讀數，計算方式為鎖針處讀數扣掉測微錶三個讀數之和，操作此儀器一定要注意每次旋轉調整套筒時，務必確實對準刻度指標使紅線成一直線，才能消除拉力不同造成的誤差。是否依上述方法進行觀測？</p>			<p>若有不足，或使用特殊型號之監測儀器，請以儀器之操作手冊或監測計畫書為準。</p>
---	-----	---	--	--	---

### 3.3.3 鋼版樁工程監測檢核表

#### 鋼版樁工程監測檢核表

文件名稱：\_\_\_\_\_

版次：1

製作：\_\_\_\_\_ 檢核：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

項次	開挖類型	鋼版樁	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
1	監測目的	(1) 基地四周結構物因開挖、抽水與其他施工因素之影響是否可觀測壁體產生之傾斜程度。				
		(2) 防止鋼版樁無預警情形下塌，是否須分析支撐系統穩定及安全之程度。				
2.	監測項目	(1) 是否可觀測開挖區四周之土壤側向及垂直位移。				除左列之一般檢核項目，仍須依現場情形並經現場專業人員判斷後自行增加檢核項目。
		(2) 是否可量測支撐系統因承受側向土壓力而產生之應變量。				
		(3) 是否可量測開挖期間地下水壓變化及分佈情形				

## 鋼版樁工程監測頻率檢核表

文件名稱：\_\_\_\_\_

版次：1

製作：\_\_\_\_\_ 檢核：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

項次	儀器名稱	監測項目	監測頻率	檢核結果			備註
				是	否	不適用	
1	土壤中傾斜管	開挖區四周之土壤側向及垂直位移	是否於開挖期間每二日一次，建造期間每週一次。				應由專業工程師現場監督並依實際情況調整監測之頻率或以監測計畫書為準。
2	支撐應變計	量測支撐系統因承受側向土壓力而產生之應變量	是否於開挖期間每日一次，建造期間每日一次。				
3	水位觀測井	地下水位及水壓	是否於平時每週二次，必要時每天二次。				

## 鋼版樁工程監測項目配置原則檢核表

文件名稱：\_\_\_\_\_

版次：1

製作：\_\_\_\_\_ 檢核：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

項次	儀器名稱	配置原則	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
1	土壤中傾斜管	(1)在擋土壁中所安裝之傾斜管其位置是否依照設計圖說所示。				應由專業工程師現場監督並依實際情況調整監測之配置或以監測計畫書為準。
		(2)在預定位置架設鑽機，鑽一直徑約 150mm 之垂直孔，是否如設計圖說直至預定安裝深度為止。				
		(3)將接妥之測管封上底蓋後放至孔底，組合測傾導管時，是否應注意將每節導管及導管間之連接器(COUPLING)之槽溝(GROOVE)對正，以及測傾導管之槽溝是否能連續不偏斜，以便雙軸感應器可在導管內順利滑動。				
		(4)調整放置於孔內之導管時，四條軌道槽溝是否於正確設定之位置。				
		(5)在鑽孔與傾斜管之間，是否需以水泥皂土灌漿填充並固定之。				
		(6)測傾導管之頂端是否需加保護蓋，並裝置混凝土保固之保護盒，以及是否依照設計圖說所示；此儀器是否埋設於開挖面中間處（因此處變形量較大）。				
2	支撐應變計	(1)安裝應變計在 H 型鋼樑是否依照設計圖說所示。				
		(2)是否必須將預定裝設應變計樑腹表面的鐵銹或油漆磨光。				
		(3)應變計本體固定在 H 型鋼樑腹中央之水平軸上後，是否需立即利用應力指示儀或頻率指示儀測出初始值。				

項次	儀器名稱	配置原則	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
3	水位觀測井	(1) 於水位觀測井預定埋設位置，利用鑽機沖洗最小直徑為 100mm 鑽孔至預定埋設之深度是否為 500mm。				應由專業工程師現場監督並依實際情況調整監測之配置或以監測計畫書為準。
		(2) 清洗鑽孔後，於孔底回填 500mm 之砂料是否須經工程司核准。				
		(3) 是否應將已鑽有透水孔並包覆濾網之塑膠管埋入鑽孔中間。並是否應將塑膠管底部封閉。				
		(4) 取經工程司核准之清潔濾砂回填至少 1.5m 深。其餘部份是否以濾砂回填至混凝土基座底部約 1m 處。				
		(5) 在以上安裝過程中是否必須保持觀測管在預定埋設高程。				
		(6) 管頂是否應蓋以塑膠蓋加以保護。				
		(7) 在混凝土基座下 1m 是否需以皂土填封。				
		(8) 確保觀測管在地面位置，並建造混凝土基座，是否應安裝有鎖保護鐵蓋加以保護。				
		(9) 安裝完成後，是否立即量測管內水位高度及管底之深度。				



## 鋼版樁工程監測項目觀測方法檢核表

文件名稱：\_\_\_\_\_

版次：1

製作：\_\_\_\_\_ 檢核：\_\_\_\_\_

日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

項次	儀器名稱	觀測方法	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
1	土壤中傾斜管	將雙軸感應器以滑輪組件（視需要使用）放入套管內，以電纜線連接雙軸感應器及指示器，自管底往上拉，每隔 50 cm 記錄量測其讀值，待一方向測讀結束後；將感應器轉 180。再重覆前述動作量測一次，以消除測讀之系統誤差，將此次觀測數據值與開挖前之量測值作比較，根據儀器之原理，由每次測值與初始值相比較，經簡單之數學精算，即可得出擋土壁之位移量及位移方向。是否依上述方法進行觀測？				若有不足，或使用特殊型號之監測儀器，請以儀器之操作手冊或監測計畫書為準。
2	支撐應變計	指示器於觀測箱內選讀器上，逐一讀取各儀器之溫度及應變量並記錄之，以換算支撐鋼樑之實際應力並以支撐鋼樑施加預力前之讀值為初始值，並記錄溫度。是否依上述方法進行觀測？				
3	水位觀測井	利用具有清楚刻度之防水電線以水位指示儀測出水位觀測井之水位。是否依上述方法進行觀測？				

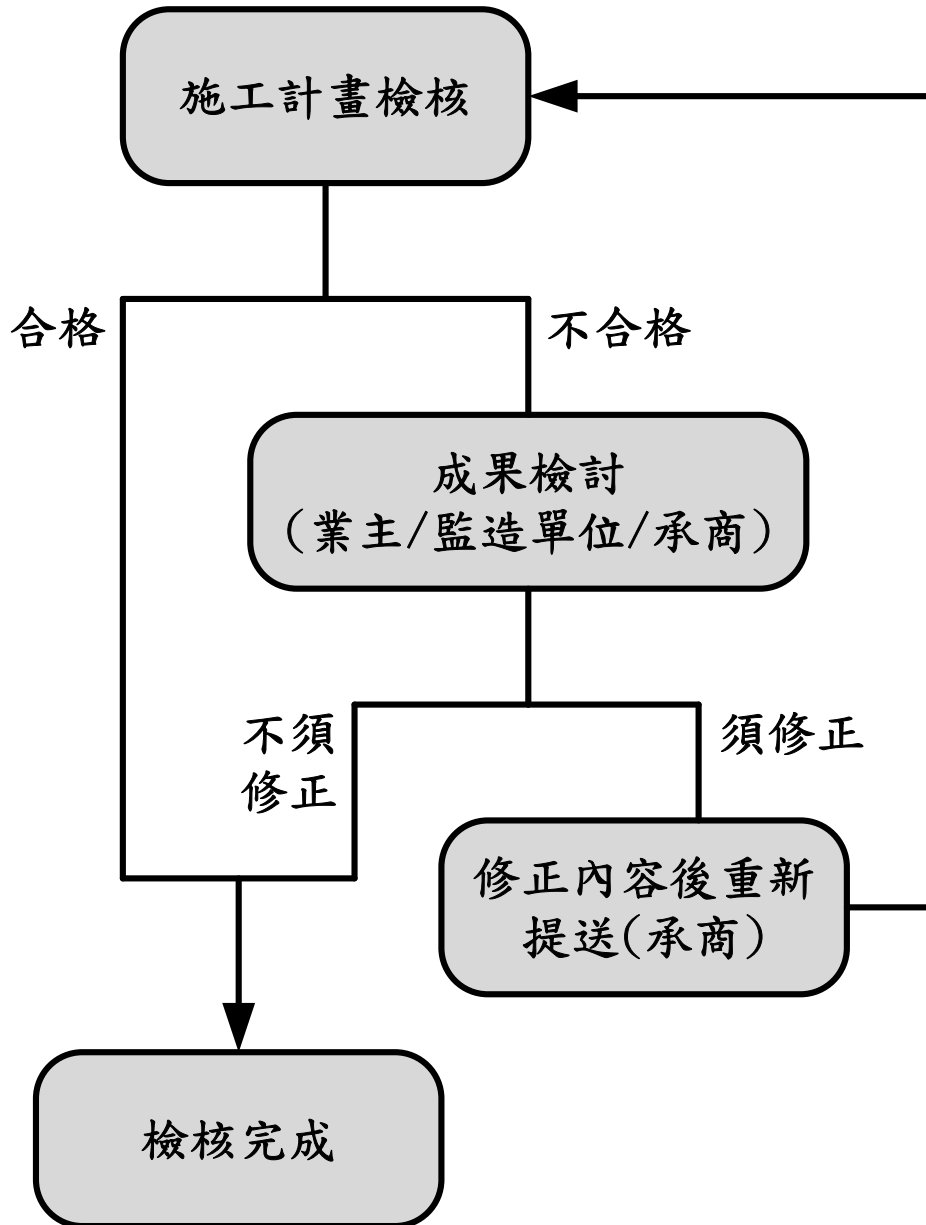


## 第四章 施工管理檢核要點



有關於施工管理之應注意事項請參考施工安全管理要點表，其檢核流程與檢核要點請參考施工管理檢核流程圖以及各施工類型之開挖工法檢核表。

## 施工管理檢核流程



## 4.1 施工安全管理要點表

<p>主 樁 橫 板 條</p>	<p>危害圖</p> <p>註：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.本圖不考慮打樁振動影響鄰房。</li> <li>2.鄰房 A 不受開挖之主動破面影響，應力傳播線與主動破壞面沒有相交。</li> <li>3.鄰房 B 受開挖之主動破壞面影響。</li> <li>4.鄰房 C 不受開挖之主動破壞面影響。</li> <li>5.鄰房 <math>2B^*</math> 深度，<math>B^*</math> 為鄰房兩柱間距一般約 4m~6m。</li> </ol> <p style="text-align: center;"><b>圖 1 除了打樁振動外，主樁橫板條之危害地盤圖</b></p>
<p>特點</p>	<p>(1)主樁為擠進地盤非似排樁與連續壁破壞地盤，故對地盤有壓實與穩定作用。</p> <p>(2)鋼軌條或 H 型鋼樁亦可用來加勁地盤。</p> <p>(3)H 型鋼樁之打樁振動比鋼軌樁大，打樁造成地盤液化的機率較高。</p> <p>註：地盤液化的條件為地下 20m 內，地下水位下之細砂層與沉泥層(SM、ML)最易因打樁或振動液化，尤其是硬土層上方有 <math>N \leq 10</math> 之鬆砂與 <math>N \leq 4</math> (甚至到 <math>N \leq 6</math>)，<math>\omega &gt; LL</math> 之粘土沈泥一定發生液化。若因打樁使鄰房上下跳動，則地盤屬硬地盤，可能震裂鄰房，若鄰房類似舟船一樣搖晃，則為地盤液化，鄰房產生不均勻沈陷之傾斜龜裂[沈茂松，1999]。</p> <p>(4)主樁擋土效果差，故必須配合地盤自立高度之分析，粘土沈泥在自立高度內之開挖可以不用擋土，若比自立高度多 20%(本文建議，純屬經驗)範圍內之開挖亦可用本工法。</p> <p>粘土沈泥自立高度公式 <math>H = \frac{2.67}{\gamma_m} C</math>，<math>C = \frac{10}{16} N(t/m^2)</math>，<math>C</math> 為土壤短期強度，<math>N</math> = 標準貫入試驗打擊次數。</p> <p>例：<math>\gamma_m = 2t/m^3</math>，<math>N = 8</math> 粘土、沈泥地盤，則 <math>H = 6.7m</math>，再加 20%，<math>H_c \approx 8m</math>，即開挖 8m 亦可利用主樁橫板條。只是主樁之選擇必須 9m 以上，且經擋土壁體入土深度分析合格。</p> <p>(5)主樁橫板條，在 <math>N \leq 4</math> 之軟弱地盤與地下水位下方開挖，會造成土壤流入開挖基地內，依文獻建議最好不要使用，但國立高雄應用科技大學土木工程系土木二館即為 <math>N &lt; 4</math> 與開挖面在地下水位下方 0.5m 之地質(有輔助抽水但因廠商施工素質，開挖後地下水位仍在開挖面上方 0.5m)，以主樁橫板條工法完成之成功案例。</p>

主樁橫板條

(6)主樁橫板條，因木板條擋土效果不是很好，工程超過3個月，木板條會因日晒、雨淋而老化，降低強度與韌性，木板條在脆化後會斷折，造成局部土壤掉落開挖基地內，開挖基地在主動破壞區域的土壤變鬆，此時最怕地面水與水溝水流入，造成地盤下陷，若有鄰房則不堪設想，而且靠近主樁橫板條擋土壁體旁邊之水溝，在基地施工前，先使水溝內水流改道以做保護。故選擇本工法，最好靠近基地附近不要有透天厝鄰房，若有鄰房可能要做托基。若鄰房為筏基，筏基深度比本工法開挖面深，除了打入主樁可能發生振動外，本工法開挖對鄰房產生的影響較小。若開挖時遇到強烈地震，則鄰房亦會受影響，但到目前工程界無此案例，故無法評估。

(7)台灣習慣使用的木板條為5分板(1.5cm厚)與7分板(2.1cm厚)，鋼軌條之間距為0.5m，如此可利用圖2查得在何種土質與N值之下，主樁橫板條可以開挖多深[林耀煌，1982]？例：N=8粘土，主樁間距50cm，則7分板(2.1cm)可開挖深深短期開挖為 $H \approx 6.6m$ 長期開挖為 $H \approx 5.2m$ 。利用圖2所求得之木板條厚度比應力分析所得厚度稍為保守(稍厚)，而疊層土層則以視土壓力最大點之土層N值與種類為設計查圖之土層。

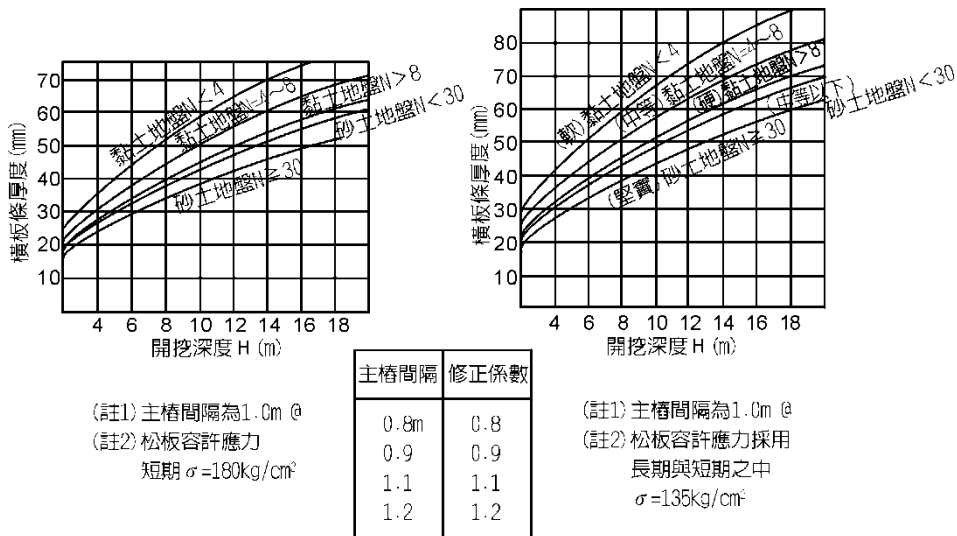
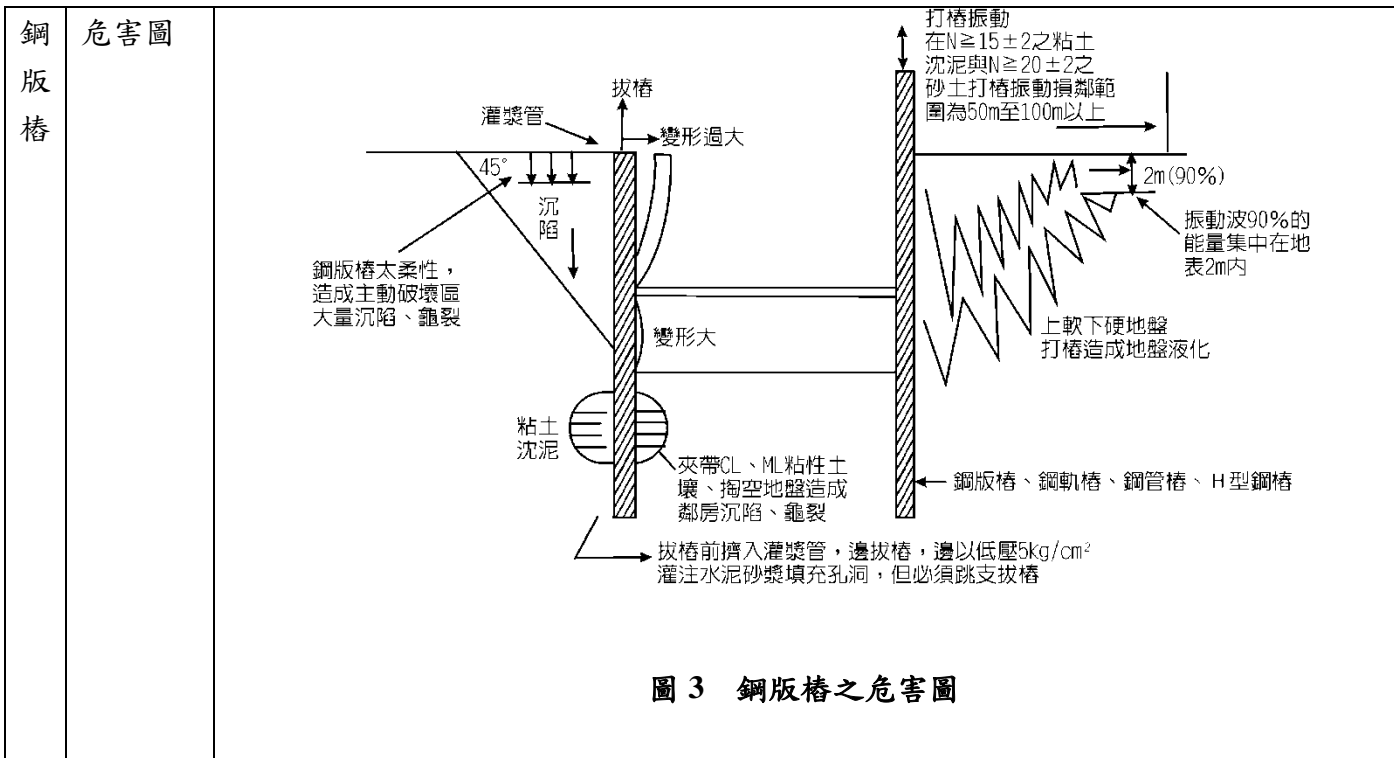


圖2 主樁橫板條之木板厚度計算圖例(引自林耀煌 1982)

危害地盤情形：如圖1所示。

- (1)打樁振動地盤，尤其是  $N \geq 20 \pm 2$  之砂土、 $N \geq 15 \pm 2$  之粘土沈泥地盤，鋼版樁鋼軌條、H型鋼樁甚難打入[沈茂松，1999]。
- (2)打樁造成地盤液化，尤其是地下20m內，地下水位下方，細砂沉泥(SM、ML)地盤及上軟下硬土層打入主樁造成地盤液化。
- (3)開挖後之主動破壞面，以土壤短期破壞面  $45^\circ$  (與胡邵敏博士實測心得相同[胡邵敏，1992])為影響區，即開挖6m，鄰近地盤6m範圍為責任區。
- (4)主動破壞線與鄰房應力傳播線是否相交於透天鄰房二柱間寬(B)的2倍深度(2B)內，則鄰房受開挖的影響，可能因承载力損失而沈陷龜裂。



- |           |   |
|-----------|---|
| <p>特點</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>(1)鋼版樁最初被用在河邊海邊等軟弱土層之圍堰工程，故其最適合在軟弱土壤中施打，其在軟弱地盤產生的振動甚低。</li> <li>(2)鋼版樁在 <math>N \geq 20 \pm 2</math> 之砂土，<math>N \geq 15 \pm 2</math> 之粘性土〔粘土沉泥，如 CL、ML、SMM(砂含量 <math>&lt; 75\%</math>)〕打樁困難，一般砂土在 <math>N \geq 18</math> 與粘性土 <math>N \geq 13</math> 之地盤，就很難打樁，其產生的振動波開始變大。若硬要打樁則只有引孔(例鑽孔直徑 30cm)打樁(Ysp 或 Fsp，I 號至 V 號鋼版樁寬 40cm)。</li> <li>(3)地下 20m 範圍內與地下水位下之細砂沉泥(SM、ML)，打樁時造成地盤液化，尤其是地下水位下方 <math>N \leq 10</math> 之砂性沈泥質砂(SMS)與 <math>N \leq 4</math> 之軟弱粘土沈泥(CL、ML)之地盤產生液化時特別顯著，高雄市鼓山區與三民區時常發生此種液化案例。(註：SMS 為沈泥質砂 SM，但其#200 篩以上之砂含量大於 75%[沈茂松，1996])，打樁液化典型的為上軟下硬之地盤[沈茂松，1999]。</li> <li>(4)打樁液化振動波可傳至 50m 以上(有緊密鄰房)，50m 範圍內鄰房受損，而且集中在鋼版樁之兩側，在台南縣永康市有鋼版樁在 <math>N=19</math> 砂土地盤打樁，振裂 75m 外 21 戶透天厝紀錄。1990~1994 年高雄地區在九如一路鋼版樁在 <math>N=18</math> 之粘土有振裂 86m 至 181m 共 240 戶鄰房之記錄[沈茂松，1999]。</li> <li>(5)振動波有 4 種波，其為壓力波、水平剪力波、垂直剪力波與大車輪之 R 波(Rayleigh wave)。振動波傳至地表時，無法突出地表，於是集中在地下 2m 範圍內。若在版樁與鄰房之間挖掘深 2m 之深溝(寬度不計)，則可阻絕 90% 以上之振動波能量(李建中博士提出)，但此法對上軟下硬之打樁液化地盤無效，打樁液化仍損壞 50m 範圍之鄰房[沈茂松，1999]。</li> <li>(6)振動波有兩種為剪力波，而水無法傳遞剪力，若打鋼版樁時，在 1m 到 1.5m 深之溝槽內加滿水然後再施打，亦稍可減小鋼版樁之振動。(本法效果尚未有實例評估報告)。若工地鄰房在開挖深度距離外，可將地表下較硬土層挖溝後，再打入鋼版樁，如此可將振動波降低甚多[沈茂松，1999]。</li> </ol> |
|-----------|---|



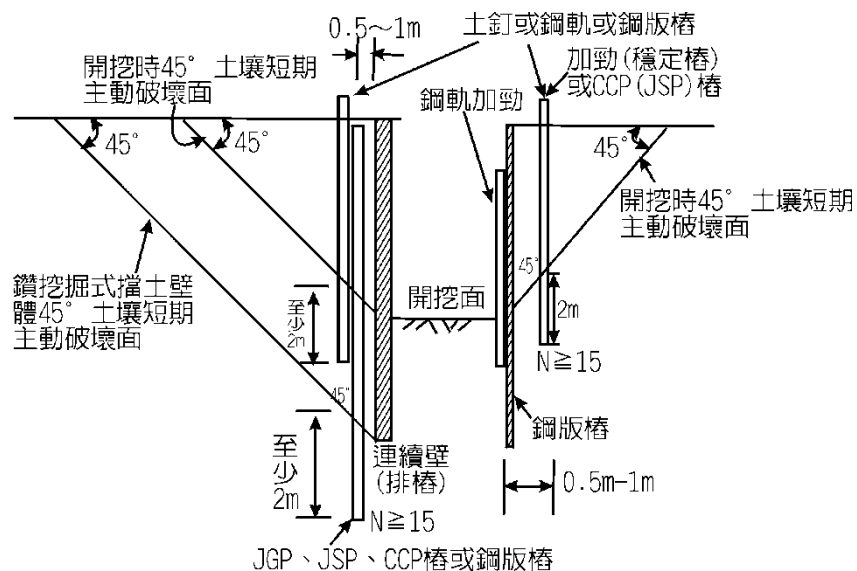
鋼  
版  
樁

(7) 基地打鋼版樁，鄰房做托基(JSP、CCP 樁)，常招致失敗產生鄰房龜裂，因托基無法降低振動波振動之危害。特別是台灣南部地區，民國 60~70 年十大建設期間完工之 2 樓、2 樓 3、3 樓透天房子(成大許茂雄教授評估為耐震最差之房子)，受振動之危害最大。在此批房屋旁開挖地下室若無托基保護，幾乎都會發生損鄰事件[沈茂松，1996]。

(8) 有些中間樁較深(12m 以上)之工地，若無引孔至開挖底面再施打中間樁，或改用反循環基樁或埋入式基樁，輒因施打中間樁造成鄰房震裂或地盤液化。

(9) 鋼版樁因打樁振動產生疲勞，而且重複使用，故其容許強度與勁度會降低[沈茂松，1999]，故設計時最好能將其慣性矩  $I$  或斷面係數  $Z$ ，折減 50%~70%[林耀煌，1982]，以避免鋼版樁太柔性的危害。

(10) 鋼版樁在地下室開挖期間，因其較柔性，故常造成鄰近地盤大量變形(主動破壞區)，改善之方法可在版樁內側或主動破壞面上打入鋼軌加勁或做穩定樁(土釘、微型樁、CCP 托基樁等)。北部常用土釘來加勁鄰房，但土釘在  $N \leq 4$  與  $\omega \geq LL$ (含水量  $\geq$  液性限度)之粘性地盤與  $N \leq 10$  之鬆砂地盤常會塌孔而效果不好，除非用全套管式土釘，但全套管土釘成本較高，而且全套管土釘擋不住  $N \leq 4$  與  $\omega > LL$  之軟弱粘土沈泥之流動，仍會造成鄰房損壞(國立高雄科技學院土木工程系(1993)土木二館施工紀錄)[沈茂松，1996]。鋼軌樁之勁度大，而且便宜可回收，制式長度為 9m 與 12m，加勁的效果相當好。加勁設置如圖 4 所示，其目的在阻擋土壤受挖掘後之 45°短期主動破壞面之土楔，故加勁材必須離開擋土壁 0.5m~1.0m 左右，而且其間距為延著開挖邊界 1m(以下)1 支，否則加勁材會與擋土壁體一起變形而失效，而且加勁材必須穿過 45°土壤短期主動破壞面 2m 以上，並到達  $N \geq 15$  之土層，才能穩住主動破壞面。加勁樁(或土釘、微型樁)可以垂直設計或向基地外傾斜 5°設計。



註：所有加勁樁皆在阻擋土壤受挖掘後之 45°主動破壞土楔，故不可與擋土壁體密接，最有效者加勁樁位於壁體外 0.5m 至 1m，並且穿過 45°土壤短期主動破壞面 2m，並到達  $N \geq 15$  之地盤。

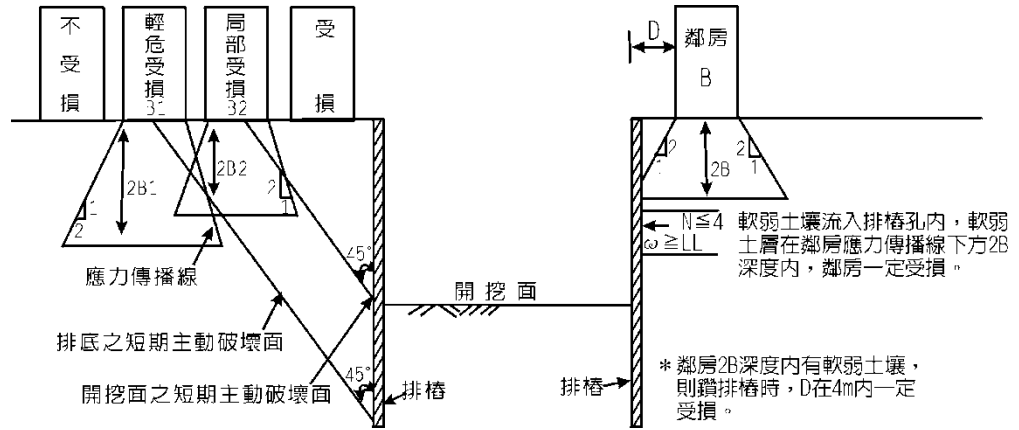
圖 4 開挖時主動破壞面之加勁圖

鋼版樁	<p>(11)利用鋼版樁完成之工地開挖深度之成功案例，可達 13.5m 深(南部)，但其施作時 21m 以上之鋼版樁必須接樁，接樁時長樁在下方，短樁在上方，以免施打時斷樁，處理困難。</p> <p>(12)鋼版樁因重複使用而老化變形，故其止水效果不一定很好，尤其開挖面上有薄砂層又沒設計抽水，水從鋼版樁交界處滲入壁體內側造成筏基大底處理困難[沈茂松，1999]。</p> <p>(13)屏風式打樁或單支逐支打樁，至最後收合處常有開口，若不切割鋼版樁，加以焊接，則只要改用 CCP 止水樁(水泥固化劑加水玻璃)即可。</p> <p>(14)土壤受打樁振動，其土粒位移(變形)量為累加，若打樁受振動後，土粒有足夠的穩定時間，則往後再受振動，其土粒變形從頭開始，其意思即打設鋼版樁若如屏風式的連續單面牆施打，則鄰房地盤一直持續振動，其土粒變形持續累加，至地盤液化或鄰房龜裂，其破壞與振動之水平範圍甚大。若打一支樁後能讓土粒有喘息時間，等位移之土粒穩定後再打樁，則地盤液化機率降低，鄰房亦較不會震裂。故施打鋼版樁時要慢，而且調配打樁為東南西北一次一支依次循環打樁，如此可將打樁之危害程度降至最低(此方法在高雄醫學院前面某育樂廣場工地試過，效果相當好)。</p>
危害地盤情形：如圖 3 所示。	<p>(1)上軟下硬地盤施打鋼版樁時，因地盤液化損壞鄰房之範圍至少 50m，結構較差之透天房子與正在施工之鄰房受振動而龜裂，在 <math>N \geq 15 \pm 2</math> 之粘土沈泥與 <math>N \geq 20 \pm 2</math> 之砂土若無鄰房阻隔則殺傷力至少 86m~181m[沈茂松，1999](有損壞案例)。</p> <p>(2)鋼版樁施打時，地盤液化造成鄰房沈陷龜裂。</p> <p>(3)鋼版樁太柔性，開挖時常造成鄰近地盤位移沈陷大。其實例為 1996 年 2 月高雄市民族一路旁某鋼版樁工地，因設計之最下段水平支撐抵觸筏基頂版，在拆最下一段支撐時，基地旁 40m 大道邊 20t 吊車與等待之預拌混凝土車將鋼版樁壓縮變形而擠裂筏基造成土砂水流入，後來補灌了 200 多 <math>m^3</math> 之混凝土。1992 年鳳山市建國路，在 <math>N=4 \sim 6</math> 之 SM、ML 之鋼版樁基地，開挖約 5.6m 使用一層水平支撐，造成 2m 外水溝人行道下陷 50cm，被鳳山市公所罰款 50 萬元新台幣。</p> <p>(4)地盤沈陷受擋土壁體變形影響，在土壤短期的主動破壞面為 <math>45^\circ</math> 之下，各階段開挖壁體變形量累加成地表沈陷量，而造成地表大量沈陷。鋼版樁工地時常發現地表與開挖深度同距離之平行大裂縫，此種裂縫若再讓水進入，則會發生開挖之主動破壞面引起地盤陷落之大災變，彌補地表裂縫之方法為裂縫內灌入瀝青(AC 路面)或水泥砂漿(土面、混凝土面)。</p> <p>(5)鋼版樁拔樁時，將 ML、CL 土壤帶出，造成鄰近地表沈陷、鄰房龜裂，鄰房龜裂常在回填砂石料以前就發生，特別是連續拔鋼版樁之危害最厲害。較好的回填拔樁方式為先將灌漿管插入鋼版樁外側，然後邊拔樁，邊低壓(<math>5kg/cm^2</math>)灌水泥砂漿填充縫隙，如此可防止拔樁之掏空地盤，而且必須跳樁拔樁，不可連續拔樁。</p>

鋼 版 樁	<p>(6)目前使用之無振動式油壓鋼版樁工法，其仍要先打入4片鋼版樁，然後再接油壓工作機於此4片鋼版樁上方，其他鋼版樁才能往地下擠入，但遇到 <math>N \geq 15 \pm 2</math> 之粘土沈泥與 <math>N \geq 20 \pm 2</math> 之砂土，鋼版樁仍壓不下去，其改用高壓水刀施工，先沖散硬土層再壓入鋼版樁，但水刀將土壤沖散，其主動破壞面亦為損壞鄰房的另一種機制，施工前必須詳細研究地盤土質與鄰房位置，或先做鄰房保護再做施工。南高雄大都為砂性土層，油壓式鋼版樁在壓到 GL-19.m 時 <math>N \geq 19</math> 左右，即壓不進地盤內。</p>
-------------	--

預壘排樁  
簡稱排樁

危害圖



註：SMM 土壤為統一土壤分類法中 SM 土壤但其停留#200 篩上方之砂量少於 75%，其為沈泥質砂但沈泥特性較顯著，此層土壤點井抽不到水，但會滲水進基地內，故本文稱之為滲水層。而 SMS 土壤則停留#200 篩上方之砂量大於 75%，其為沈泥質砂但砂性較顯著，此土層點井可抽到水，故稱為透水層。砂含量大於 75% 為透水層之下限[沈茂松，1996]。

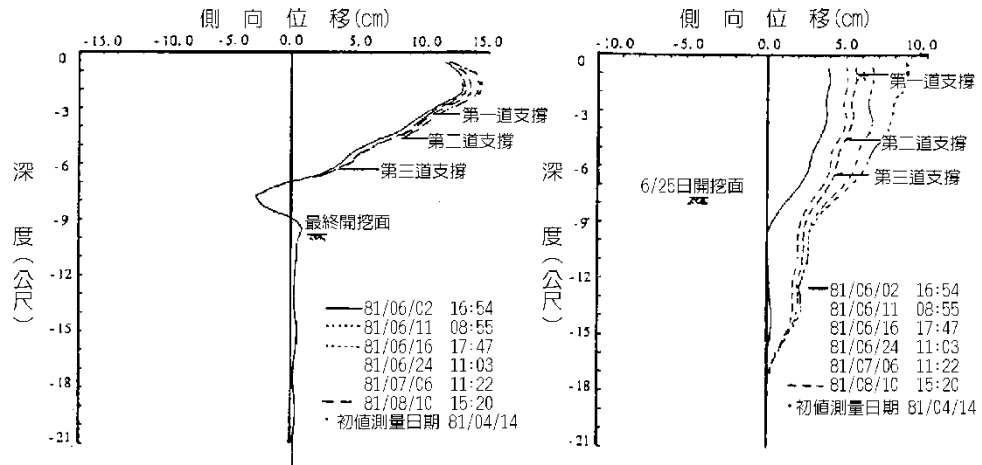
圖5 預壘排樁之危害圖

特點

- (1) 排樁有三種施工方法，為口徑小於 20cm 者，一般亦較短，在鑽孔後放入鋼筋籠，再灌入水泥砂漿。此種排樁無交界面，故較適合地下水水位上之較淺開挖。二為口徑 30cm 至 60cm 者，先用螺旋鑽鑽孔至樁底，然後從螺旋鑽上方灌注水泥砂樁(加飛灰)，再放入鋼筋籠。三為口徑大於 60cm 至 2m 者，一般做法為反循環基樁方式，利用穩定液穩定排樁孔壁，再放入鋼筋籠，再灌注水中混凝土，此種工法常在灌注混凝土時鋼筋籠被混凝土之粘性摩擦帶上而上浮。改善方法可在鋼筋籠底部焊接橫向鋼筋或鋼版，最初灌漿時，以怪手壓住鋼筋籠，等混凝土灌注 1/3 樁長後，鋼筋籠即不再上浮。此種大口徑之反循環基樁排列方式較為密合，排樁交界不良與漂移中心線之情形較少。
- (2) 直徑 30cm~60cm 之預壘排樁常因定位不良與漂移中心線，致使兩支排樁交界有分叉的現象，若細砂、沈泥地質(SP、SW、SM、ML)之地盤，尤其是  $N \leq 4$ ， $\omega \geq LL$  之軟弱粘土沈泥地盤，則產生水與土壤流入開挖基地內造成鄰近地盤下陷、鄰房產生傾倒(大破壞)龜裂(1995 年 9 月高雄凱旋國小旁某工地)。避免此種現象，改善的方法有三；一為排樁由原先重疊 5cm 改為重疊 10cm，二為使用兩排排樁(其勁度、止水性相當好)，三為排樁外側加 CCP 等止水樁，(止水樁只灌注在雨季地下水水位下方之砂與沈泥層及  $N \leq 4$  與  $\omega \geq LL$  之粘土層至開挖面下方 1m 至 2m 處)。
- (3) 一般灌注排樁之水泥砂漿皆加飛灰，以增加水泥砂漿之潤滑與工作性，因而排樁之早期強度不足，若少於排樁完成後 5 天開挖，則排樁容易折斷，排樁最好能有 7 天以上的齡期才有足夠的強度抵抗開挖之側向土壓力。
- (4) 整排排樁的頂端在開挖前若不用混凝土灌注成帽樑(有人稱繫樑)，則在開挖時排樁被側向土壓擠壓成錯落排列，會造成橫擋難以架設的困擾，而使鄰房易容易受損。

預壘排樁	<p>(5)排樁(連續壁)與橫擋間空隙應填以水泥砂漿，其施工方式為將鋼筋放置於橫擋之托架上，再鋪上油毛毯，再以水桶填注水泥砂漿，如此排樁才能將土壓力平均分散到橫擋。若不填水泥砂漿，而塞木楔，則不塞木楔之排樁容易被土壓往開挖面推擠發生位移，排樁有可能會折斷。</p>
	<p>(6)地盤下方有 <math>N \leq 4</math> 與 <math>\omega \geq LL</math> 之軟弱沈泥粘土，與 <math>N \leq 10</math> 之鬆砂(地下 10m 內，地下 10m 至 15m 內，<math>N=10 \sim 15</math> 之砂皆必須視為鬆砂[沈茂松，1996])，排樁在鑽掘時，會流入與塌入排樁孔內，造成鄰房沈陷、傾斜與龜裂。軟弱土層與鬆砂分佈深度若深達 2 倍鄰房柱間距離以下，則沒有影響(拱作用的關係)，軟弱土層與鬆砂位於 2 倍鄰房柱間距離以內，則鄰房會受影響，尤其軟弱土層與鬆砂位在 1 倍鄰房柱間距離內影響最嚴重，其防制方式為在排樁施工前(切記)先做好鄰房托基，如 CCP、JSP 樁至排樁底下穿過 <math>45^\circ</math> 短期壁體主動破壞面下方 2m 以上，而且到達 <math>N \geq 15</math> 之較硬地層[沈茂松，1996]。</p>
	<p>(7)利用排樁工法開挖的深度，高雄地區成功的案例為 12m 以內，常見的開挖深度為 10.5m 左右(排樁樁徑由 0.3m~0.6m)。排樁工地開挖超過 9.5m，有些工地排樁間止水樁仍止不住泥水從兩支排樁錯開處流入基地內，此時止水樁只有在開挖面內向排樁錯開之孔隙處灌注。而開挖深度超過 11.0m，止水樁是止不住兩支排樁錯開之泥水滲漏。</p>
	<p>(8)早期高雄市鹽埕區開挖 8m 以上的地下室皆用 2 層排樁做擋土壁體，其止水性與勁度效果相當好，如高雄市鹽埕區名人飯店之地下室施工。高雄市鹽埕區與旗津區等近海邊之軟弱沈泥與鬆砂地盤，有很多工地是以沈箱方式構築地下室。</p>
	<p>(9)若 <math>N \geq 15 \pm 2</math> 以上之粘土，<math>N \geq 20 \pm 2</math> 以上之砂土，打鋼軌或鋼版樁皆會造成地盤振動與震裂鄰房，此種地盤可改用排樁橫板條工法[沈茂松，1996]，即直徑 30cm 排樁，間隔 60 cm 至 100cm 施作，然後其間隙再塞以木板條。此工法即為主樁橫板條工法的變通應用，將鋼軌或 H 型鋼改用排樁，有點類似擋土柱工法。</p>
	<p>(10)遇開挖面下方有岩盤，鋼版樁打入不易時，可用排樁或連續壁，在螺旋鑽(抓斗)鑽至岩盤時，改用沖擊鑽頭或氣動鑽頭將岩盤沖碎，再用螺旋鑽(抓斗)排土，但此工法必須防備振動影響鄰房，若有鄰房，則兩次振動間隔時間愈久愈好。而在 <math>N \geq 100</math> 之岩盤開挖地下室，則以水刀(加砂或鐵砂)切割開挖最為適當。</p>

(11)不管任何壁體最上一段水平支撐最好撐在地表下方 1m 處[林耀煌，1982]，如此可降低壁體變形量，相對降低地表沈陷量。1992 年在高雄市某排樁工地開挖 9.5m 與 10m，使用直徑 30cm 之排樁，在地質條件、鄰房條件與施工條件皆相同之下，最上一段支撐撐在 3.0m 處者排樁最大側位移為 14.5cm，撐在 1.2m 處者排樁最大側位移 8.5cm，相差 1.7 倍，如圖 6 所示[新進昌營造公司，1992]，由圖 6 可得知最上一段支撐撐在 1.2m 處，剛好撐在壁體側變位之曲線重心處，因而其側變位降低。



14 樓區傾斜管 SL-2 變位曲線，第一道支撐在地下 3m。 8 樓區傾斜管 SL-3 變位曲線，第一道支撐在地下 1.2m。

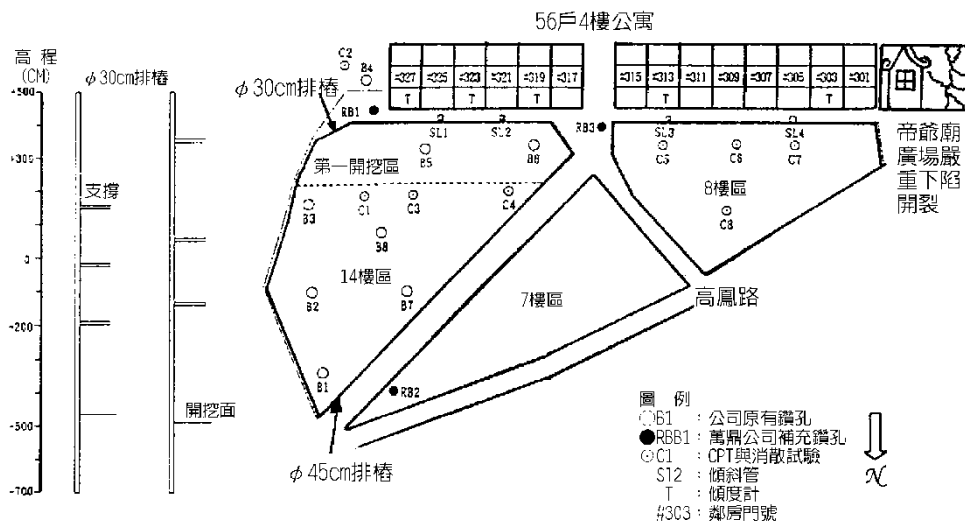


圖 6 14 樓區與 8 樓區之鄰房條件、土質條件與施工時間皆相同之下，因最上一段支撐位置不同，其造成壁體側位移相差 1.7 倍，上圖第一道支撐撐在地下 1.2m 處，其撐住壁體變位曲線之重心，故壁體變位量少於左上圖第一道支撐撐在地下 3m，其差值達 1.7 倍以上。(摘自[新進昌營造公司，1992])

(12)排樁危害地盤的情況與連續壁相同，若鄰房有做托基，則可不作連續壁，做樁即可。

<p>預壘排樁</p>	<p>危害地盤情形：如圖 5 所示。</p>	<p>(1)某工地重點在排樁(連續壁亦相同)底與開挖面之 45°短期兩道主動破壞面，排樁底之主動破壞面視土壤狀況而發展，如軟弱粘性土壤(<math>N \leq 4</math> 與 <math>\omega \geq LL</math> 與 <math>GL-10.0m</math> 以下 <math>N \leq 8</math>)鬆砂(<math>N \leq 10</math> 與 <math>GL-10.0m</math> 以下 <math>N \leq 15</math>)，則其發展較長、破壞面發展會延伸至地表面，若排樁灌注填充混凝土較快速，則主動破壞面之發展時間較短，離地表面較遠。而開挖面之主動破壞面，一般發展時間較長，若地盤較硬(粘土沈泥 <math>N \geq 15</math>、砂土 <math>N \geq 20</math>)，則較不容易發展到地表面。一般對兩道主動破壞面採用的保護對策為以鋼軌樁、土釘、微型樁或 JSP、CCP 樁等高壓噴射攪拌樁等(水泥固化劑型)做穩定樁來加勁地盤，但其必須穿過主動破壞面至少 2m 深，並到達 <math>N \geq 15</math> 之上層。</p> <p>(2)鄰房的應力傳播線若與排樁底之 45°短期主動破壞面相交，在軟弱土壤 <math>N \leq 4</math> 之粘土 CL、沉泥 ML、SMM 與、<math>N \leq 10</math> 之鬆砂 SP、SMS(註)等地盤，則鄰房可能會遭受傾斜沈陷之危害，如圖 5 所示，在 <math>N &gt; 4</math> 之粘性土與 <math>N &gt; 10</math> 之砂土則較不受危害。而鄰房之應力傳播線與開挖面之主動破壞面相交，則在 <math>N &lt; 4</math> 之粘性土壤與 <math>N &lt; 10</math> 之鬆砂，鄰房必定受危害而產生傾斜龜裂。在中等硬土壤(<math>N = 4 \sim 15</math> 之粘性土，<math>N = 10 \sim 30</math> 之中等砂)則傾斜龜裂較輕微，此亦要視鄰房之結構情形而定。若鄰房為台灣南部地區民國 60 年至 70 年之 2 樓、2 樓 3、3 樓透天的販厝，耐震能力較差(成大許茂雄教授提出)，受損則較嚴重。</p> <p>(3)對軟弱土壤(<math>N \leq 4</math> 與 <math>\omega \geq LL</math> 之粘性土 CL,ML,SMM)排樁的危害亦甚大，但比連續壁影響的範圍小。在高雄市曾經發生鑽掘排樁因軟弱土壤流出造成地面沈陷，其危害到鄰房的範圍，大約為一間房屋，約為 4m~6m 左右，此影響範圍亦視軟弱土壤之厚薄而定，在鹽埕區與岡山市則較深。而連續壁，在高雄地區影響鄰房的地盤，三民區約為 6m 以上，鹽埕區、前金區則更遠，影響之水平範圍有可能到達四倍開挖深度(若為連續壁，則為 4 倍壁深)。</p> <p>(4)排樁交界不良，在沉泥與砂質地盤容易造成土砂流出致使鄰房整個傾倒，特別是在地下水位下方，開挖面上方之排樁交界不良處。而軟弱鬆散土壤(<math>N \leq 4</math> 與 <math>\omega \leq LL</math> 之沈泥粘土與 <math>N \leq 10</math> 之鬆砂)，不管是否在地下水位下方，只要排樁交界不良，一定會流入排樁內，故在此種軟弱粘土內排樁間仍必須設計止水樁，以防止軟弱粘土從排樁交界不良處流入基地內，排樁造成損鄰事件，為以交界不良為最大因素。1995 年 9 月高雄憲政路凱旋國小旁排樁工地，其地盤土質在 <math>GL-4.5m \sim GL-9.5m</math> 為 <math>N \leq 4</math> 與 <math>\omega &gt; LL</math> 沈泥質砂 SMM，雖然地下水位在 7 天前已下降至 9.5m，開挖至 <math>GL-6.0m</math> 時，軟弱沈泥質砂仍從排樁交界不良處流入基地內，造成鄰房 30 戶公寓傾斜之損鄰事件。</p>
-------------	------------------------	--

預壘排樁	<p>(5)遇有軟弱土層，如 <math>N \leq 4</math> 與 <math>\omega \geq LL</math> 之沈泥粘土與 <math>N \leq 10</math> 之鬆砂(GL-10.0m 以下 <math>N \leq 15</math>)之地盤，距離排樁樁長之主動破壞面範圍內之鄰房，如圖 5 所示，最好能先做托基(JSP、CCP 樁等)或穩定樁然後再做排樁，否則鄰房在鑽掘排樁時，軟弱粘性土壤流入排樁內與鬆砂塌孔，而造成鄰房受損，排樁本身亦會包泥滲水與斷樁。若鄰房距離在 2m 內，則鄰房絕對受損。而排樁交界不良，軟弱粘性土壤與鬆砂也一定會流入開挖基地內。對排樁交界不良之處理方式，一為開挖前做止水樁，二為開挖後塞麻布袋插入木板，讓水流出，解掉水壓，不要讓土壤流出。但塞麻布袋之方法使用在無鄰房之工地，若有鄰房，則本法不可行。而且塞麻布袋之工地，開挖前一定要先降低地下水位，而且小心水平支撐是否鬆脫，故建議，仍以排樁間做止水樁為較安全。而 <math>N &gt; 4</math>、<math>\omega &lt; LL</math> 之粘土地盤雖然排樁交界不良，但仍不會漏水漏砂。</p>
	<p>(6)SMW 工法之施工方式類似預壘排樁，其損鄰方式與施工前鄰房保護皆與排樁相同[沈茂松，1999]。</p>



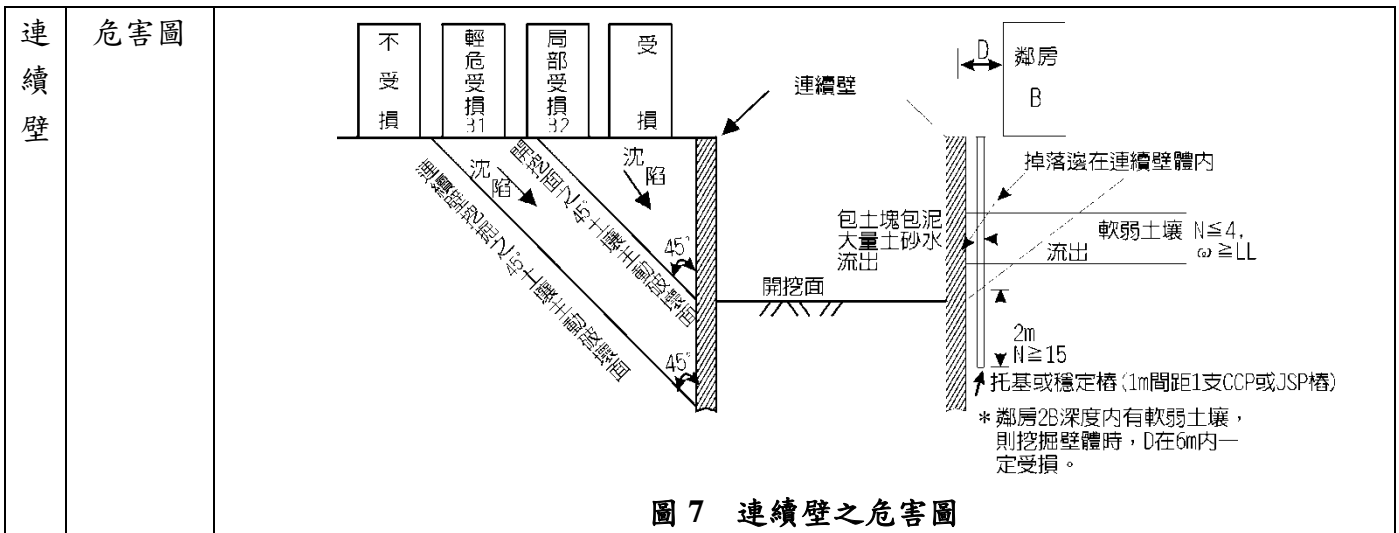


圖 7 連續壁之危害圖

<p>連續壁</p> <p>危害圖</p>	
<p>特點</p>	<p>(1)剛性可隨工地深淺而調整，若連續壁又當結構體，則在擋土開挖上壁厚與抗彎矩、剪力的安全係數可能都有 4 到 5 以上，但當結構體之連續壁不論使用 USD 強度設計法或 WSD 工作應力法設計排筋，則約在開挖到第二道支撐時，會到達壁體之開裂彎矩，若壁體外又是沈泥與砂質地盤，則連續壁一定產生橫向漏水，而且是鋼筋生鏽水，此種情形，在高雄市的工地很常見，雖然防潮牆的施作，但亦掩飾不了其日後受損的嚴重性，而且目前已有民間大樓住戶到法院控告建設公司之案例；其連續壁橫向漏水漏出生鏽水，建設公司有偷工減料之嫌，請求賠償與補救。若連續壁欲被設計成結構體，則筆者建議以 WSD 工作應力法設計排筋，並檢核開挖各階段連續壁是否會到達開裂彎矩。若在沈泥與砂質地盤，採用止水性連續壁(水將式連續壁工法)。</p> <p>(2)一般開挖較深的基地，皆使用連續壁，開挖 10m~15m 內或可用排樁或鋼版樁(兩者皆必須由地質與鄰房關係做判斷)，開挖 10m 以上則必須使用連續壁，為其剛性與施工精度、壁體單元之界面品質等皆較其他擋土工法優良。</p> <p>(3)連續壁在卵礫石層與岩盤，施工較困難，遇大卵石(直徑可達 1.5m~2.0m)抓斗抓不起來，除非改用沖擊鑽，將大卵石或岩盤沖碎，再利用連續壁抓斗抓出破碎岩石，否則連續壁無法施工。</p> <p>(4)連續壁厚度與排筋量的決定，為由各階段擋土開挖產生的彎矩、剪力、壁體側位移，或當承重牆的結構設計而來，並非任意決定。</p> <p>(5)連續壁單元調配位置相當重要，其調配的最好方式為以鄰房兩柱之間作一單元，單元接縫在鄰房柱子旁邊，如此減損鄰房基腳下方土壤的承载力約為 1/6，若單元調配在鄰房基腳旁，則鄰房基腳土壤承载力減損約為 1/3，其影響相當大[林耀煌，1982]。</p> <p>(6)連續壁挖掘地盤為破壞地盤，其破壞區域比排樁大很多，若在 <math>N \leq 4</math> 與 <math>\omega \geq LL</math> 之軟弱地盤(SM,ML,CL)特別厲害。在高雄市，距離 6m 以上的鄰房，亦會因連續壁在軟弱地盤挖掘壁體時而傾斜、龜裂(高雄市大亭路工地)。</p> <p>(7)連續壁與排樁破壞地盤的方式相同，故若鄰房已做 CCP、JSP 樁等托基樁，則開挖深度 10m 內的工地，可以不做連續壁，使用排樁即可，其成本相差約 2 倍，但若連續當結構體，則其成本與排樁工法大約相同，唯一差別的是連續壁破壞地盤的危害性較大，損傷鄰房的機率較高，而且高很多。</p>

連續壁	<p>(8)連續壁工法，在開挖深度超過 11m 時，分析時最好當成柔性壁體分析，如此壁體的變位與現場量測得之變位較為接近。在當柔性壁體分析時，土壤的應力應變行為，則用雙曲線模式模擬，土壤的彈性係數，則用正割彈性係數(土壤屬於大變形之情形，剛性壁體土壤為小變形，使用正切(初始)彈性模數)逆打工法因地下室施工較慢，擋土壁體側變位較順打工法大很多，故分析時，土壤之應力應變行為則考慮為大變形之正割彈性模式。而雙順打工法與一般順打工法相同，但其工期比順打工法稍長，故地下室施工時，土壤之應力應變行為仍以大變形之正割彈性模數考慮之。</p>
	<p>(9)土壤之地盤側向反力係數 <math>K_h</math> 為利用電腦程式分析擋土開挖所必須之參數，若經費允許，最好做基地內各土層之孔內側向載重試驗(L.L.T.)，求得土壤之側向反力係數與彈性模數，如此分析壁體變位，則較為準確。在高雄市擋土開挖工程，若利用日本與歐美之經驗公式求 <math>K_h</math>，常因不知經驗公式之土壤背景(N 值之範圍或土壤種類、土層深度)，故分析所得壁體變位比實測變位少了 10 倍的工地很多。因而失去在分析階段就能了解鄰房是否保護的先機。</p>
	<p>(10)位於高雄市軟弱土壤(SM、ML、CL)的連續壁，其壁體變形有很多是整片壁體位移，而非在壁體入土深度下方有固定點之懸臂式變位，雖然其分析仍是依照各種規範、規則、軟體程式等方式分析。探究其原因可能為連續壁被設計當結構體，故變為相當剛性，因而造成整片壁體的向基地內變位，造成預測之地盤變形曲線的不準確，因而失去鄰房保護的先機，此種現象在 <math>N \leq 4</math> 與 <math>\omega \geq LL</math> 之 CL、ML、SMM 與 <math>N \leq 10</math> 之 SMS 土壤，如鹽埕區、前鎮區、前金區、苓雅區等地區，相當明顯。</p>
	<p>(11)整片壁體側移，則其短期主動破壞面(<math>45^\circ</math>)影響的區域為以壁體深度起算，故其影響的區間相當大，如圖 7 所示。高雄市成功路某逆打工法工地，地下室開挖 30.5m 深，厚 1.5m 深 54.5m 之連續壁工地，造成 400 多戶鄰房受損，其受損範圍約與連續壁深度相同。</p>
	<p>(12)連續壁施工時使用之穩定液，有調製之皂土液與超泥漿，皂土液一般循環了 5 至 6 次即必須更換，而超泥漿則可無限次循環使用。一般超泥漿的成本約為皂土液的 2 倍(目前)至 5 倍(剛進口至台灣時)。在鹽埕區靠近愛河與海邊地區，皂土液受地下水之離子影響，只要一次循環馬上劣化沉澱，孔壁即塌落，若使用超泥漿則無此現象。但是超泥漿為高分子系列的成份，其帶負電，在與地下水接觸時，會被流動的地下水帶走(因水分子為雙極分子，會吸引任何正、負離子)。而進入地下水，一般超泥漿之廢棄必須經由漂白劑中和 24 小時才能排入下水道，而且其禁止用手攪拌，故超泥漿滲入地下水並與地下水結合，是否會發生另一福岡事件(1974 年，日本福岡，因高分子灌漿造成居民之自律神經中毒事件，當事件發生後，日本全面禁用高分子當灌漿藥劑)，則有關環保與工務單位不可不察。高分子之超泥漿在高雄地區使用至少六年以上(1990 年起)，故高雄地區目前的地下水仍是少用為妙。故筆者建議，若非鹽埕區或海邊，則超泥漿儘量不要使用，使用皂土液即可，因其是否會造成公害遺禍人間？則須由有關衛生環保單位加以深究，以探其究竟。</p>

連續壁	<p>(13)高雄港每日海潮平均潮差約為 70cm，但在鹽埕區某工地曾量測得潮差地水位約為 1.2m。故本文建議，高雄市鹽埕區、前鎮區與苓雅區等靠近海邊地區每日潮差水位考慮為 1.2m，故挖掘連續壁之塌孔，有時是潮差水位影響，而非皂土液劣化，此情形應加強連續壁施工時之工地水位觀測，觀測地下水位以控制穩定液之液面高度。曾有鹽埕區工地，地下室開挖到底後，因為漲潮而地下室水位在 30 分鐘內上昇積水 1.2m 深，此時工地仍持續抽水，而至半夜 1.2m 之積水又消退不見。還好鄰房早在施工前已做托基，否則因對流之砂水必定造成損鄰事件。</p>
	<p>(14)廢棄的皂土液必須挖除，送至棄土場，否則排入下水道，一定會沉積阻塞下水道，如 1993 年高雄市成功路某逆打工地之皂土液塞住青年路地下排水道，造成一次大雨後，大片區域積水的事件，該工地後來被高雄市政府罰款新台幣 400 萬元，損失甚大。另一案例是鹽埕區某飯店因其處理後之廢水排不出去，才發現被旁邊開挖工地之廢棄穩定液阻塞下水道入口，後來該工地被停工了 2 個半月，損失了約 250 萬台幣。而積在下水道之皂土則只有利用人工挖除，其根本無法用水沖走，故高雄市政府建管處嚴格審查與列管使用皂土液的工地。</p>
	<p>(15)一般而言連續壁單元間的防水效果都很好，但目前每個工地都怕連續壁單元接縫漏水，故在單元接縫處灌注兩支 CCP 或 JSP 之止水樁。若連續壁當結構體，則一定得在單元接縫處灌注兩支止水樁，因為高雄地區已經有幾棟大樓因連續壁未做止水樁與基底防水處理，而在建築物完工後與在颱風、地震作用下，當作承重牆之連續壁壁體由單元接縫處開裂，而開始漏水，而且亦有橫向漏水之個案，而有灌注止水樁之連續壁若在施工中發生 5cm 以上之側位移，則原來灌注的止水樁會與連續壁分開，此時必須追補止水樁，在北部曾經發生連續壁體側位移 7cm，單元接縫漏水之案例，此點在潛盾施工之工作井時常發生鏡面後之止水灌漿因連續壁或鋼版樁側變位超過 7cm，原止水灌漿失效而漏水產生災變之失敗案例。</p>
	<p>(16)連續壁灌注水中混凝土時最怕因土壤塌孔而包土塊，如包土位置在開挖面下方，那對基地影響較小(因壁體當結構體，仍會有影響)此時怕開挖到底之局部管湧(流砂)，若包土位置在開挖面下方，則地下水位必須降至包土位置以防局部管湧破壞。若包土位置在開挖面上方，則相當危險，若地質為沉泥與砂土，壁後又有地下水，則可能造成壁後土砂，流入基地內，壁後地盤沈陷，若又拉斷水管、電管與瓦斯管，那工地一陣混亂，其後果難以想像，在 1995 年 3 月 2 日晚上九點，高雄市七賢路與瑞源路交叉口某工地就發生如此的災變[沈茂松，1995]、[沈茂松，1998]，造成基地旁 5 層樓等十多戶鄰房傾斜龜裂，地面塌陷一大洞，掉入一部汽車與機車之不幸事件。後來該工地之賠償與善後，花費了將近新台幣 1000 萬元。一般在灌注連續壁單元混凝土時，是否少漿或漏漿都必須記載，若對有少漿或漏漿的壁體單元，開挖前，連續壁單元內施以超音波檢測，或在開挖前，在該單元壁體外側，由開挖面下方 1m 起往上做 CCP 托基樁，以增加強度並止水，以備萬一，是故連續壁各單元應設置超音波檢驗管。</p>

<p>連續壁</p>	<p>(17)連續壁容易包土的地盤為 <math>N \leq 10</math> 之鬆砂地盤與 <math>N \leq 4, \omega \geq LL</math> 之軟弱粘土沈泥地盤(SMM,ML,CL)，如高雄市黃興路某工地，連續壁單元應灌 <math>45\text{m}^3</math> 卻灌了 <math>90\text{m}^3</math> 混凝土，開挖後將多餘混凝土打除，竟然發現連續壁的兩排主筋被土壤包著[蘇百加等人 1995]，幸好壁體後面上方為圍牆，而不是鄰房。黃興路之土層構造為地表至 GL-4.5m 為 <math>N=8</math> 之粘土 C L，GL-4.5m 至 GL-10.0m 為 <math>N \leq 4, \omega &gt; LL</math> 之泥質沈泥質砂 SMM，連續壁工地一般構成包土的地盤特別是上方為 <math>N \leq 10</math> 之鬆砂下方為 <math>N \leq 4</math> 與 <math>\omega \geq LL</math> 之軟弱沈泥，在挖掘連續壁時軟弱沈泥流入連續壁孔洞內而被帶走，而懸在上方之砂性沈泥質砂 SMS 在灌注連續壁混凝土時之掉落包在壁體內，此為高雄市七賢路損鄰事件之土層構造[沈茂松，1995]。目前高雄市各工地怕連續壁包土的處理方式，為連續壁孔洞挖掘好，擱置 24hr，因為土壤短期破壞造成土壤流動的時間，與塌孔土壤隆起變形的時間皆在 24hr 內完成，等 24hr 後連續壁內先清孔後再放鋼筋籠與灌注水中混凝土，如此地連續壁包土的機率幾乎不再出現，但使用本法之工地鄰房必須事先做托基，以防萬一，本方法在尖美建設尖美市工地(1996)等四個工地[沈茂松，1998]，嚐試過而得其良證。早期工地處理包土的方式，為挖到連續壁包土區，見土砂流出，則塞以麻布袋及以木板(尖木頭)叉緊，然後再以整包水泥放在麻布袋前方，再用木板叉破水泥包，如此水遇水泥產生凝結而擋住土水流動，但此法只在淺層開挖有效，在深層根本擋不住土水，而且工作人員有生命之危險性。</p> <p>(18)目前發展的水將式止水性連續壁工法，其在連續壁(鋼筋籠)外側加上一件橡皮膜或 PC 止水板蓋住連續壁外側[沈茂松，1998]，而達到連續壁止水效果，其止水效果不錯，但成本不低，每 <math>\text{m}^2</math> 約增加 1000 元。但此種止水性連續壁在沈泥砂土地盤可以使用，在粘土地盤則不必使用。但在砂土地盤施作時必須小心，因粗砂顆粒會在鋼筋籠與止水板放入時，局部損傷止水板，造成日後連續壁之局部漏水，此時只有在連續壁鑿孔以化學膜止水高壓注漿的方式處理(1996 年高雄市四維路老人服務中心工地)。而止水性連續壁兩片單元之止水膜銜接施工技術較高，不易確實，故完工後之連續壁單元接縫仍必須灌注止水樁以防漏水[沈茂松，1998]。</p> <p>(19)連續壁最後一單元完工後之養護時間，最好能超過 7 天後才開挖，否則連續壁會因強度不足而發生水平裂縫，造成橫向漏水，若欲提前開挖，則期齡不足 7 天之單元，以預留土墩方式保護。</p> <p>(20)連續壁中埋設的傾斜變位儀，埋設時十字溝槽必須與壁體垂直與平行，否則量測得之數據難以分析。又太剛性之連續壁整片位移，而傾斜變位計為相對位移，其量測值無法顯示連續壁的真正變位，故連續壁壁體內傾斜變位計其上方之孔口，除了利用三角座標定位法檢核之外，其傾斜管應穿過連續壁到達下方之岩盤或 <math>N \geq 50</math> 之承載層。</p>
------------	---

連續壁	<p>(21)傾斜變位計量測壁體的變位傾角等數據，一般大都有其管理值、警戒值與行動值的設定，但其對壁體的應力影響情形卻少有分析方法，筆者至今仍未見過傾斜變位計在連續壁內其觀測值與壁體容許應力之相關理論，因而目前傾斜變位計變成一消極的監測方式，只能以壁體側變位了解是否會發生單元接縫漏水，而無法了解壁體側變位到達多少，壁體是否會橫向開裂與應力發展如何。雖然蘇百加、王銘坤[蘇百加等人，1995]曾利用三次仿樣內插法(Cubic Spline Inter-Polation) 模擬變位函數，再微分求壁體變位曲線與彎矩之關係，但其對壁體開裂影響 EI 值仍未有好的處理方式，而且分析結果平均誤差到達±22%。此由監測系統進行回饋分析研究仍是目前深開挖的發展重點。</p> <p>(22)埋設在連續壁內的鋼筋計必須事先有一校正試驗，尤其是燒接與瓦斯壓接等方式接續的鋼筋計，其應變計中振動弦之應力應變行為會因溫度而改變，致使鋼筋計量測之應力與真正鋼筋受力不成比例，曾有某工地在 4200kg/cm<sup>2</sup>之連續壁高拉力主筋所量測得之應力才 5kg/cm<sup>2</sup>，因而辜負了埋設鋼筋計之效用。一般當承重牆之連續壁，地下室若開挖 13.5m，在擋土開挖過程中壁體內主鋼筋，最大受力約在 700kg/cm<sup>2</sup>~900kg/cm<sup>2</sup>之間，若使用鋼筋續接器，則會因接續的鬆緊程度不一，而發生同一高程之連續壁主筋量測得之應力不同之困擾。故發展傾斜變位計與壁體彎矩之關係研究，應為當務之急。</p> <p>(23)在高雄市鹽埕區等 <math>N \leq 1.2</math> 與 <math>\omega \geq LL</math> 之甚軟弱粘土沈泥施工之連續壁會發生混泥、包泥、大斜裂縫與保護層不足之現象。及挖掘連續壁時發生鄰近地盤沈陷與鄰房受損等情形[沈茂松，1998]。故連續壁是好只被設計純擋土功能，建築物另作地下室外牆為保險作法。或是連續壁鋼筋籠內外兩側皆焊接鋼版或止水隔版，以防止連續壁包泥。</p> <p>(24)連續壁與改良樁皆為水泥系列材料，在發揮強度時體積一定會收縮，故連續壁與改良樁穿過粘土層，則粘土層之止水性隨即消失。連續壁要深入粘土層內至少 1m，且連續壁壁體下方至少有厚 1m 以上之粘土未被連續壁穿透，此時連續壁才能當成止水性壁體。否則水從連續壁或改良樁與土壤交界面穿透出來，會造成工地之局部流砂破壞。此即分析上舉破壞後，仍必須分析壓力水層之水壓力，是否會穿透連續壁(或改良樁)貫穿之粘土層，造成流砂破壞。</p> <p>(25)工地設置之解井壓與連續壁壁體內留孔之解壓井，只能解掉地震下地盤產生之超額孔隙水壓(動態水壓)。若解壓井不抽水降水位，其對靜水壓而言，只是水位觀測井，壓力水層水壓之危害仍是存在。</p> <p>(26)工地發生局部流砂破壞都是高水壓沒解除，只要加強點井或深井在透水層(砂含量 &gt; 75%)抽水即可消除流砂現象，而非以止水灌漿止水。在 1998 年高雄市和平路與中正路交叉口某逆打工地，因筏基下方改良樁穿過軟弱粘土層至下方砂層(壓力水層)，因砂層之水壓未抽降，故水從改良樁間向上穿透進入地下開挖面內，剛開始為直徑 1cm(指頭大小)，約 1 小時後變成直徑 60cm 之大洞，工地緊急回填 100 多包砂包(飼料袋)，砂包竟然都下沈消失無蹤。工地緊急止水灌漿，灌注到第 10 天，地下室開挖面內仍在滲水，直至第 11 天，基地東北角(高雄市地下水為東北朝西南流)之兩根深井打通到筏基下方砂層抽水，水才不再滲入地下開挖面內。如此止水灌漿灌注了 1000 多包水泥，全部損失花費約新台幣 1000 萬元。</p>
-----	--

連續壁	危害地盤情形：如圖 7 所示。	<p>(1) 遇有 <math>N \leq 4</math> 與 <math>\omega \geq LL</math> 之軟弱土壤(SMM,ML,CL)，在壁體挖掘時流入挖掘孔洞內，造成鄰房基礎下方土壤流失，而產生鄰房傾斜、龜裂[沈茂松，1995]。</p>
	<p>(2) 開挖面與壁體施工時之 <math>45^\circ</math> 短期主動破壞面內的土楔移動，造成地面鄰房傾斜。尤其是在鬆軟之土壤(<math>N \leq 4</math> 與 <math>\omega \geq LL</math> 之粘土沈泥、<math>N \leq 10</math> 之砂土)壁體施工時之主動破壞面發展比較快，常會發展至地表面，在 GL-15.0m 以內之 <math>N \leq 15</math> 之砂，其主動破壞面仍會發展至地表面[沈茂松，1996]，此時壁體仍未施工完成，影響鄰房的情形較嚴重，因而工地旁壁體之主動破壞面內之鄰房必須在連續壁導溝施工前做托基，而且是 1m 支 CCP 或 JSP 樁，否則無法保護鄰房之安全。而在較硬實的土壤(<math>N \geq 15 \pm 2</math> 之粘土沈泥，<math>N \geq 20 \pm 2</math> 之砂土)，則壁體施工之主動破壞面發展比較慢，因而壁體施工完成後，此一主動破壞面會停止發展，土楔會穩定下來，不再下滑。</p>	
	<p>(3) 雖然連續壁剛性大，但開挖面內的土壤被挖除，壁體內外有壓力差，則壁體一定會有微變位，而土壤顆粒很小，其一定會產生移動，因而開挖面一定會產生主動破壞面，但其主動破壞面發展的情形，則與壁體之剛性與土壤軟硬程度有關，比一方面在目前仍未有研究報告，但 1993 年在高雄市成功路某逆打工地，在軟弱土壤(SMM,ML,<math>N \leq 4</math> 與 <math>\omega \geq LL</math>)開挖至 23.5m 深，1.5m 厚之壁體側位移至少為 13.5cm (實測值)。1994 年在高雄市三多路與中山路附近某工地，在軟弱土壤(SMM,ML,<math>N \leq 4</math> 與 <math>\omega \geq LL</math>)開挖 7m 深，1.0m 厚之連續壁體側位移至少為 4cm (為原設計側變位的 2 倍)。則其開挖面產生的主動破壞面一定會發展到地表面，其附近的鄰房一定要在連續壁施工前做托基保護。</p>	

(4)各開挖階段壁體側位移造成地表面的沈陷量為累加，故由壁體側位移產生的地表沈陷曲線去推算鄰房的總沈陷量與差異沈陷是否超過容許值，如表 1、表 2、表 3、表 4 所示[歐章煜等人 1999]。壁體的變位曲線旋轉 90°即為地表沈陷曲線，其形狀相同，大小值是有些不同，但由其形狀與鄰房基腳位置，即可推出鄰房基礎所承受之差異沈陷角變量值，進而了解鄰房是否需事先做托基保護，而在台灣南部地區之透天厝只要房屋某根基腳沈陷達 2.5cm 則隔間牆隨即開裂，引起損鄰糾紛。

**表 1 角變量與建築物損壞程度(Bkjerrum 1963)**  
(摘自 [歐章煜等人，1992])

角變量	建築物損壞程度
1/750	對沈陷敏感之機器的操作發生困難
1/600	對具有斜撐之構架發生危險
1/500	對不容許裂縫產生之建築物的安全限度(含安全係數)
1/300	隔間牆開始發生裂縫(不含安全係數)
1/300	天車的操作發生困難
1/250	剛性之高層建築物開始有明顯的傾斜
1/150	隔間牆及磚牆有相當多的裂縫
1/150	可撓性磚牆之安全限度(含安全係數)
1/150	建築物產生結構性破壞

**表 2 RC 構架或加強磚造結構之容許角變量**  
(摘自 [歐章煜等人，1992])

角變量	建築物的行為
<b>1/150</b>	結構性破壞
<b>1/300</b>	隔間牆或外牆產生裂縫等非結構性破壞
<b>1/500</b>	包含安全係數之非結構性破壞

表 3 非加強磚造結構之容許撓度比  
(摘自 [歐章煜等人, 1992])

磚牆之變形型式	容許撓度比( $\Delta/L$ )
下垂(Sagging)	1/2500 for L/H=1
	1/1250 for L/H=5
上拱(Hogging)	1/5000 for L/H=1
	1/2500 for L/H=5

[註]L 與 B 分別代表建築物之長度與高度

表 4 鋼筋混凝土結構物之容許沈陷量  
(顏東利、張桂材, 民國 80 年)(引自[歐章煜等人, 1992])

基礎型式	土層	總沈陷量 (公分)	差異沈陷量 (公分)	備註▲	
獨立基腳	砂土	2.5	2.0	T	
		5.0	3.0	S	
3.0			J		
粘土		7.5		S	
		10.0		J, C	
筏式基礎	砂土	5.0	2.0	T	
		5.0~7.5	3.0	S	
		6.0~8.0	—	J	
		—	3.0	G	
	粘土		7.5~12.5	4.5	S
			20.0~30.0	—	J, C
		—	5.6	G	

▲T=Teraghi & Peck(1984)

S=Skempton & MacDonald(1957), 對應 1/300 之角變量

J=日本建築學會(1988)

C=中華民國建築學會(民國 78 年)

G=Grant et al.(1974), 對應 1/300 之角變量

(5)連續壁灌漿時, 較大單元之兩支特密管拔管太快, 造成混凝土橫向交界大斜裂縫與混泥滲水, 開挖時產生壁體漏水漏砂, 並造成鄰近地盤沈陷。因此連續壁工地在開挖時必須預備止水灌漿機具, 以備萬一。此連續壁之斜裂縫與混泥區, 可以在連續壁壁體穿鑿直徑 1cm 之孔, 然後以化學膜高壓止水注漿止漏。

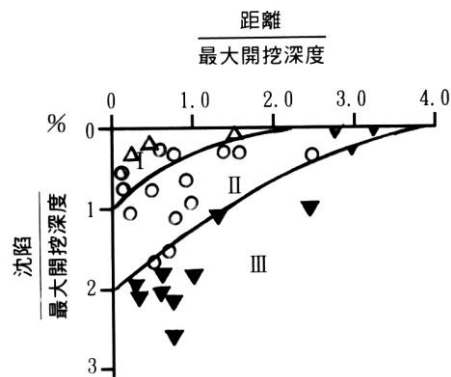


(6)連續壁開挖時最怕壁體包土塊，尤其是包土位置在開挖面上方，土水會從所包的土塊處沖入開挖內。造成鄰近地盤大量掏空，此種破壞所造成的後遺症甚大，除了影響公共安全被處罰停工外，鄰近地盤一定凹陷大坑洞，瓦斯管、水管、電管被拉斷拉脫與鄰房受損等災害伴隨發生。而連續壁會包土的地盤，大都在  $N \leq 4$  與  $\omega \geq LL$  之軟弱粘性土壤(SMM,ML,CL)與  $N \leq 10$  之鬆砂 SMS,SP 為最多見，此因挖掘壁體時，軟弱土壤流入孔洞而被挖除，而位於軟弱土壤上方的土層懸空，在壁體灌注水中混凝土時，掉落包在混凝土中[沈茂松，1998]，若包土位置在開挖面下方，那對開挖影響較小(視地下水位情形)。若運氣差，包土位置在開挖面上方，則開挖時必須很小心，一般由各壁體單元在灌注的混凝土數量上去認定是否超灌漿或少灌漿，若遇到超灌漿或少灌漿，開挖時必須很小心，因而在開挖前該單元外側即需先做整排托基型之 CCP 或 JSP 樁，以防萬一。若連續壁當結構體，而施工時壁體包土，則必須變更設計，另做替代壁體，該包土之壁體絕對不可再當結構體使用，而包土單元，亦可被超音波檢測得知，只是甚多工地只做連續壁挖掘孔壁垂直度超音波檢測，而幾乎不做壁體內超音波檢測，此為連續壁包土後引起後續災變之最大隱憂。

(7)阻絕主動破壞面之加勁樁或穩定樁仍需超過主動破壞面 2m 以上並到達  $N \geq 15$  之土層[沈茂松，1996]。

地質本身的特性

1.一般開挖深度影響鄰近地盤的距離：由圖 8 可得知， $N \leq 4$  與  $\omega \geq LL$  之甚軟弱土壤開挖深度與影響鄰近地盤的距離可達開挖深度 4 倍以上，圖 9 為台北市淡二區之開挖地表沈陷量統計圖，其開挖與影響鄰近地盤的距離可達開挖深度 4.5 倍。1997 年在高雄市鹽埕區之  $N \leq 1、2$  與  $\omega \geq LL$  之甚軟弱沈泥粘土地盤，在連續壁施工時，蛤型斗計向下挖溝 4m 深，抓斗提起後馬上量測溝深，竟然只有 3m 深，甚軟弱粘土流入 1m 深。第二次蛤型抓斗向下挖溝 5m 深，抓斗提起後，馬上量測溝深，竟然只有 4m 深。可見  $N \leq 1、2$  與  $\omega \geq LL$  之甚軟弱粘土沈泥之流動速度有多快。該工地因地下室深度只有 5m，後來以 12m 長 YSPⅢ 號鋼版樁當擋土壁體施工。12m 長鋼版樁入土 11.5m 不會超過 1 分鐘，後來地下室完工，鋼版樁不敢拔除，擔心拔除鋼版樁夾帶粘土沈泥損壞鄰房。



軟弱至中等軟弱粘土	開挖深度(ft)
● Chicago, Illionis	20—63
○ Oslo, Norway	20—38
(不包括 Vaterland 1,2,3)	
▼ Oslo, Norway, Vaterland 1,2,3	32—35
□ 堅硬粘土和帶有粘性之砂土	34—74
△ 無凝聚性砂土	39—47

依土壤性質可劃分為三種區域：

第 I 區：砂和軟弱至硬粘土，一笱的施工品質

第 II 區：(1) 很軟弱至軟弱粘土

a. 開挖底面以下粘土深度有限

b. 開挖底面以下粘土層相當厚，但  $N_b < N_{cb}$

(2) 沈陷受不甚佳的施工品質影響

第 III 區：很軟弱至軟弱粘土，開挖底面以下之粘土層相當厚，而且  $N_b \geq N_{cb}$ 。

上述中之  $N_b$  為土壤之穩定係數， $N_{cb}$  則為開挖底面產生隆起之臨界穩定係數。

圖 8 地表沈陷與距離關係圖 (Peck 1969)

(引自 [歐章煌等人，1992])

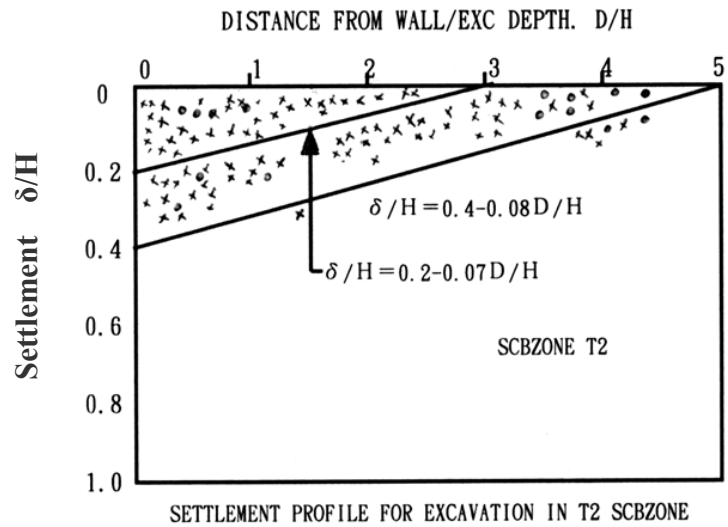


圖9 台北市淡二區之開挖地表沈陷  
(摘自 [胡邵敏, 1992])

2. 地下水位升降與土壤之關係為：因乾砂濕砂抗剪強度相差不多，故地下水位升降對砂土地盤強度沒有影響，其 N 值不會因乾雨季而改變。粘土因透水係數甚小，乾雨季只差半年時間，地下水無法完全進入粘土內軟化粘土，故粘土在乾雨季調查所得之 N 值與抗剪強度亦大約相同[沈茂松, 1996]。而沉泥(SMM、ML)則因透水係數稍大，在地下水位升降作用下，其強度大約 3 天即改變，故乾雨季調查所得之 N 值與強度相差甚大。又因地下水位下降地盤排水為非全面性，故沉泥地盤會有局部區域排水不良，因而造成土壤軟硬不均的現象，此現象常在乾季連續壁或排樁施工，造成軟弱土壤流入壁體內，掏空鄰房基礎下方土壤，造成鄰房沈陷、傾斜與龜裂，並造成連續壁包土之災變[沈茂松, 1996]、[沈茂松, 1995]、[沈茂松, 1998]。此種地下水位已下降至乾季水位，其上方沈泥仍未乾的情形為高雄市三民區之地盤，其沈泥上方為厚約 4.5m 之不透水與不透氣之粘土層，故抽降地下水位超過 9 天以上，沈泥仍是濕軟狀況，因而在乾季地下水位位於 GL-9.5m 深，連續壁仍會在沈泥區 GL-4.5m 至 GL-10.0m 處包泥[沈茂松, 1998]。

3. 擋土開挖引起之地盤沈陷特性：歐章煜等人[歐章煜等人, 1992]指出在砂土地盤，地盤最大垂直沈陷量  $\Delta H_v$  大約等於壁體最大側向變形量 ( $\Delta H_w$ ) 的一半 ( $\Delta H_v = 0.5\Delta H_w$ )，而在軟弱粘土地盤，地盤最大沈陷量約相等於壁體最大側向變形量 ( $\Delta H_v = \Delta H_w$ ) [歐章煜等人, 1999]，如圖 10 所示。壁體最大側向變形位置大約發生在開挖最深處，如圖 11 所示[歐章煜等人, 1999]。而壁體變形曲線與地表變形曲線其形狀大約相同，如圖 12 所示[歐章煜等人, 1992]。

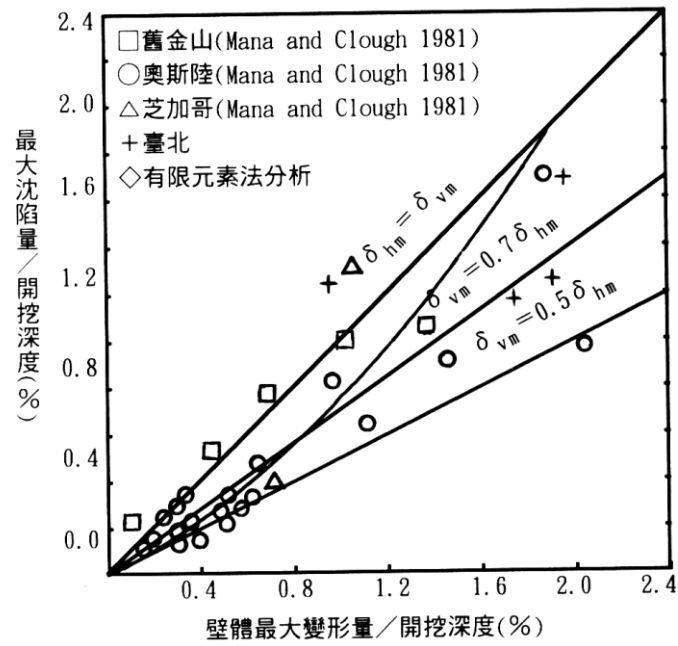


圖 10 擋土壁之最大變形量與地表最大沈陷之關係  
(摘自 [歐章煜等人, 1992])

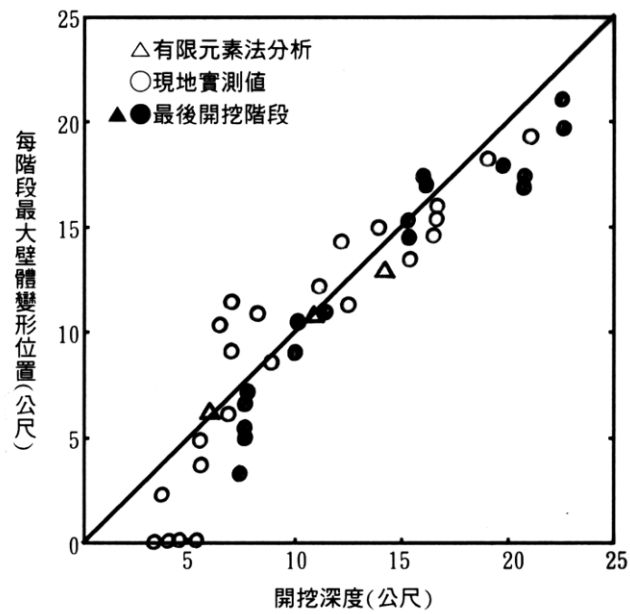


圖 11 壁體最大變形位置與開挖深度  
(摘自 [歐章煜等人, 1992])

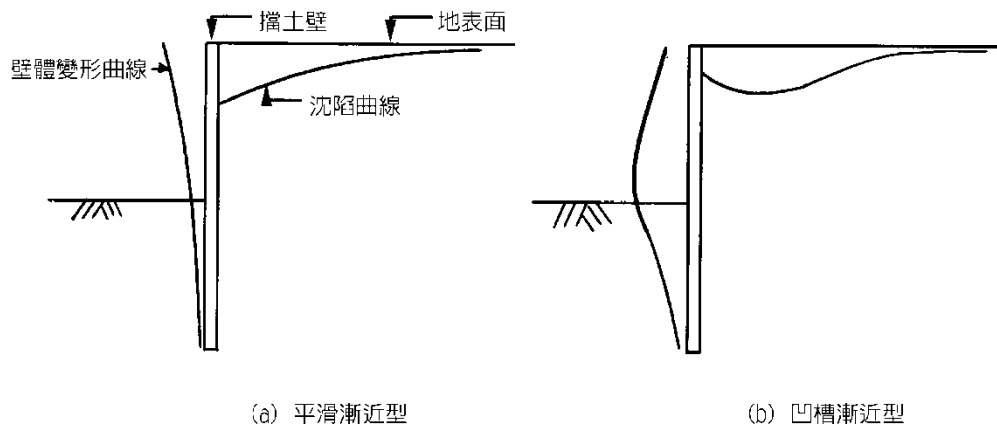
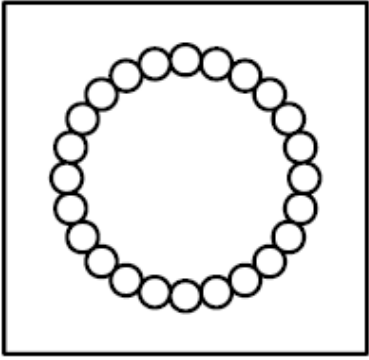
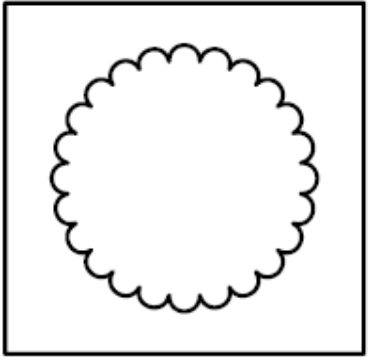
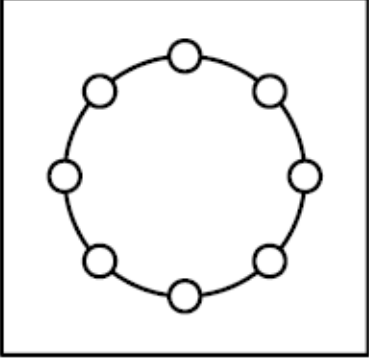
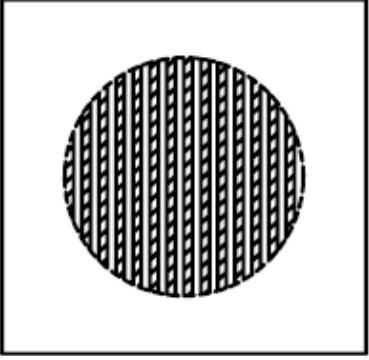


圖 12 兩種不同型態之地表沈陷曲線(參考原文獻圖形)  
(摘自 [歐章煜等人, 1992])

潛 盾 鑽 掘	潛盾破鏡之方式說明:	
	連續壁全鏡面混凝土鑽心破鏡示意圖	 <p>圖 13</p>
	連續壁全鏡面人工鑿除破鏡示意圖	 <p>圖 14</p>
	連續壁全鏡面局部混凝土鑽心，再以鑽石鏈鋸破鏡示意圖	 <p>圖 15</p>
連續壁鏡面區鋼筋以高張力纖維棒取代鋼筋，以潛盾機磨入破鏡示意圖	 <p>圖 16</p>	

潛盾鑽掘

各階段須注意事項說明:

1.出發井破鏡

潛盾機出發井內側連續壁在鏡面處皆設有多重止水帶(其外側有止水灌漿或冰凍土做輔助止水),如圖 17 所示。在利用以上四法破鏡時,產生振動使止水區與連續壁間開裂,若發生局部小滲漏,則馬上在鏡面外再加強止水灌漿,出發井破鏡發生大量滲漏掏空沈陷之機率較少。

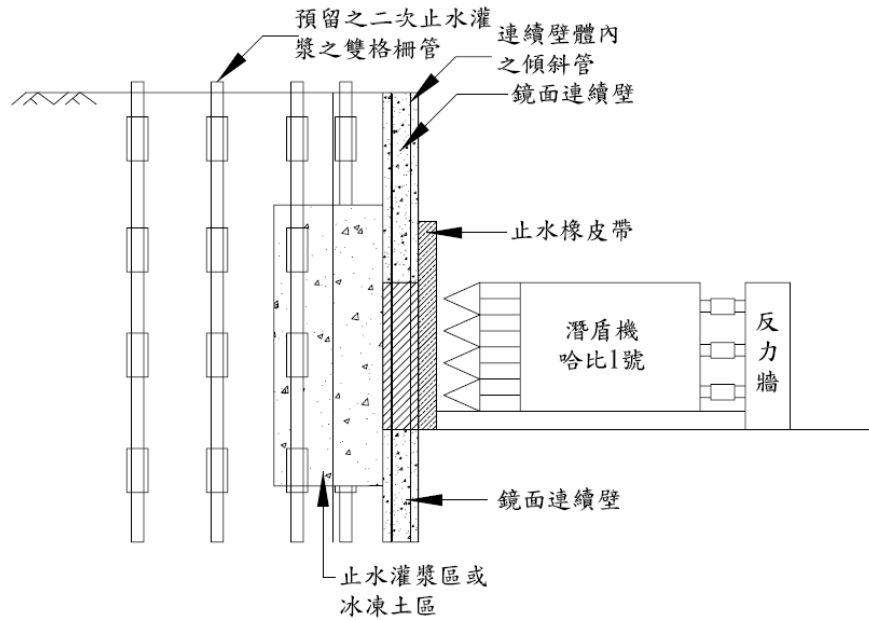


圖 17 出發井止水灌漿或冰凍區破鏡示意圖

2.到達井破鏡

潛盾機到達工作井,因已磨破工作井外止水灌漿區或冰凍區,其在利用上面四法破鏡時產生止水區與連續壁間開裂時,若發生局部小滲漏,將因區外潛盾機橫陳擋住止水灌漿之滲漏止水路徑與效率,雖然有預留二次灌漿之雙格柵管,亦無法有效止住鏡面側向滲漏而發生局部流砂破壞,如圖 18 所示。

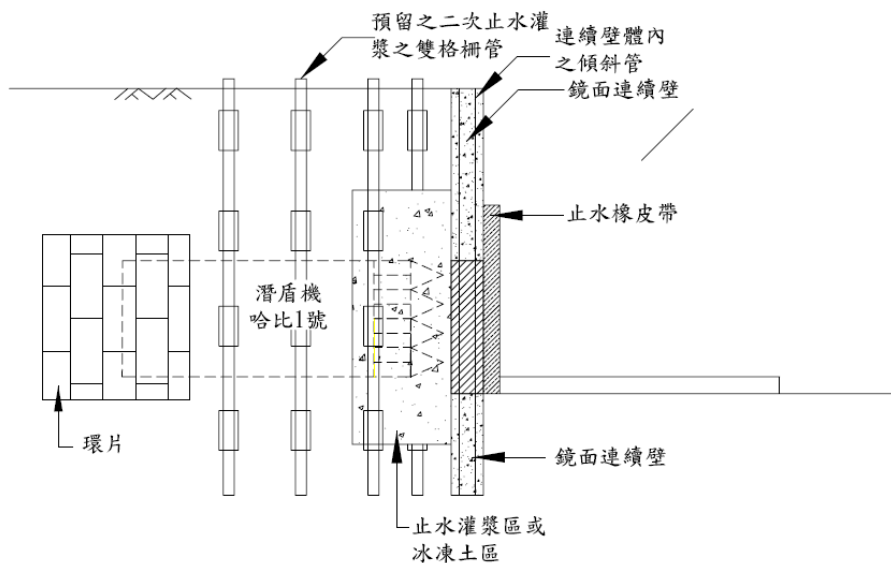


圖 18 到達井止水灌漿區或冰凍區破鏡示意圖

鏡面災害與其他潛盾到達井之鏡面應變措施:

潛盾機在到達井之破鏡除了止水灌漿外，亦輔以連續壁內側之密閉土壓隔艙作破鏡局部滲漏之壓制緩衝區，如圖 19 所示。

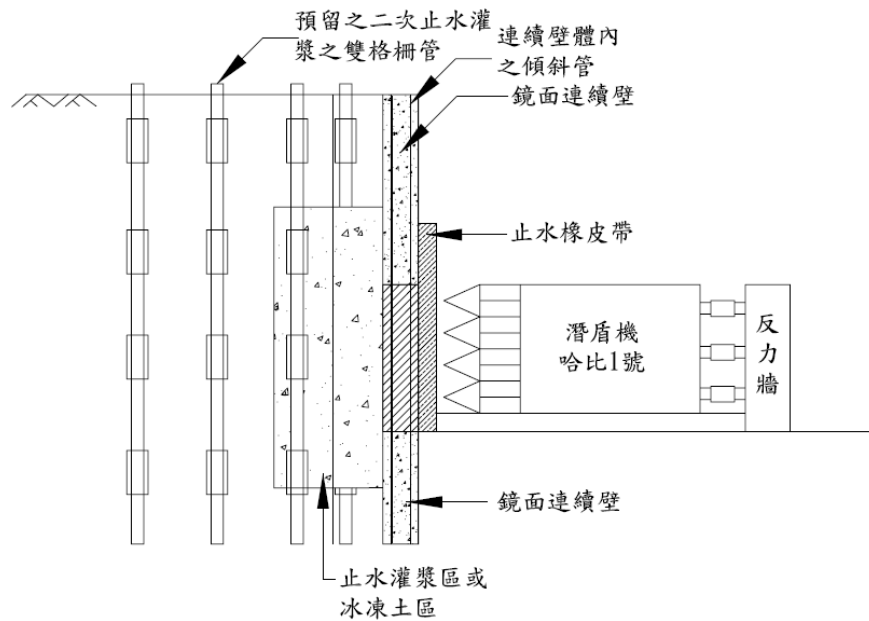


圖 19 出發井止水灌漿或冰凍區破鏡示意圖

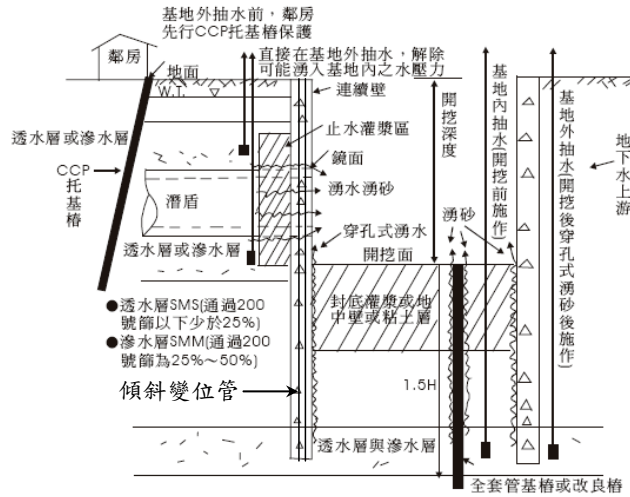
鏡面災害與其他潛盾到達井之鏡面應變措施:

擋土開挖攻進基地內的為土壓力及水壓力，土壓力可以由擋土壁及基地加勁的工法(如土釘、微型樁、CCP 等高壓成型樁構成穩定樁、阻絕樁等承擔)，但基地外之水壓，則直接抽水解壓為最佳之方式。

如潛盾機進出連續壁的鏡面止水灌漿，在潛盾機破鏡時連續壁發生變位，鏡面外之止水灌漿區並無法與連續壁同步變位，甚至灌漿材料流失或老化會使其止水效果失敗，因而常使潛盾機到達井鏡面湧水湧砂，造成基地外地盤及鄰房下陷、傾斜等災變。若能在潛盾工作井外之止水灌漿區周圍之透水層(通過 200 號篩少於 25%，砂含量為  $\geq 75\%$  之 SMS)與滲水層(通過 200 篩為 25%~50%，砂含量為 50%~75% 之 SMM) 之水壓，直接以深井或點井抽水局部解水壓，則雖然破鏡時止水灌漿失敗，但基地外之水壓因被解掉，則不會夾帶泥砂湧進基地內，亦不會造成基地外之塌陷。

礙於部份地方政府下水道工程處或捷運局之局部法令規定，不准在基地外抽水；此時可先在基地外止水灌漿區上下水層預留抽水井，暫時不抽水，若基地內已有滲水現象，則在救災觀點下，可將基地外之水壓直接抽解，如此則不會發生湧砂湧水及之大崩塌之災變。而在基地外抽水最怕引起地盤及鄰房沈陷；故在施工前，可計算基地外抽水，引起之水位下降區內鄰房可能的沈陷量，先行 CCP 樁等托基處理，如圖 20 所示。





註：除非連續壁插入粘土層 1m 以上，底下仍有 1m 以上之粘土層，否則連續壁不能當止水性壁體，基地下方 1.5 倍開挖深度內之透水層一定要抽水解壓，否則容易發生穿孔式湧水湧砂

圖 20 潛盾工作井之防災及地下擋土開挖之防止湧砂湧水圖【2】

(取自：沈茂松，『營建工程防災技術基礎工程篇第十六章連續壁災變與救災』，P.596)

破鏡之監測:

潛盾機破鏡依沈茂松 (2003)，「營建工程防災技術-第十三章，監測管理值表」【3】研究，連續壁側向變位達 7cm，單元止水樁會失敗滲漏，故行動值須訂在 5cm，若破鏡時，連續壁變位達 5cm，則鏡面外二次止水灌漿必須馬上施做，如表 5 所示。

表 5 地下室擋土壁體之安全監測管理值表(摘自沈茂松，2003，『營建工程防災技術基礎工程篇』)

理項目	監測管	第一管理值 (管理值又稱注意值)	第二管理值 (警戒值)	第三管理值 (行動值)	極限值	到達行動值之 應變措施	備註
壁體內傾斜變位 (mm)(註：右邊兩種 壁體變位之監測功能 不同)		12.5mm	19mm	25mm (RIDO 分析 之最大 $\Delta H_{max}$ )	$25 \times 62.35 / 53 = 29.4mm$	a. 工地停工人員撤出。 b. 增加支撐設定壓力。 c. 基地外進行地質改良(開挖面 45° 土壤主動破壞面內設置穩定樁)	到達行動值，則因屬應力變位，故比對連續壁設計彎矩。雖然 $\Delta H_{max} = 25mm$ 對應 $M_{max} = 53m-t/m$ 之變位，但視做開挖過程中擋土壁之最大受力與最大側位移，並依連續設計彎矩來釐訂行動值，則較有根據。
		25mm	30mm	50mm	70mm	補灌連續壁單元接縫止水樁	擋土壁側變位超過 7cm 原壁體單元接縫之止水樁會失敗，故以此來設定行動值。
連續壁壓力筋		725kg/cm <sup>2</sup>	1088 kg/cm <sup>2</sup>	1450.4 kg/cm <sup>2</sup>	4200 kg/cm <sup>2</sup>	a. 停止開挖，人員撤出。 b. 基地外設置穩定樁。或增加支撐層數，或增大支撐設定壓力。	取連續壁極限彎矩 $M_u$ 對應之主筋受力為 $f_y$ 。設計彎矩 $M_n = \phi M_u$ ，對應主筋受力為 $\phi f_y$ 。則在管理值對應 $M_{max}$ 之鋼筋受力為 $\phi f_y M_{max} / M_n$
連續壁拉力筋		2100 kg/cm <sup>2</sup>	3150 kg/cm <sup>2</sup>	4200 kg/cm <sup>2</sup>	鋼筋試驗報告之 Ft (最大抗拉強度)		

擋土開挖損鄰責任區分表

地下室開挖擋土工法	基地地質	主動破壞責任區	備註
連續壁工法 排樁工法	$N \leq 10$ 砂土(GL-10.0m 以下, $N \leq 15$ ) $N \leq 4$ 或 $\omega \geq LL$ 粘土沈泥(GL-10.0m 以下, $N \leq 8$ 與 $\omega \geq LL$ )	H	① N 為標準貫入試驗值。 ② H 為連續壁、排樁或鋼版樁、鋼軌樁、型鋼等之深度。 ③ h 為地下室開挖深度
	軟弱土壤： 1.含水量 $\omega \geq LL$ 液性限度 2. $N \leq 4$ ，特別 $N \leq 2$	4H	
	其他	h	
打擊式 鋼版樁、鋼軌樁、 型鋼工法	$N \geq 15 \pm 2$ 之粘土、沈泥 $N \geq 20 \pm 2$ 之砂土	汫有緊臨鄰房為 50m 以上 汫無緊臨鄰房為 100m 以上	
	其他	h	
高周波低振動之 油壓式鋼版樁	使用水刀沖刷： $N \geq 15 \pm 2$ 之粘土 $N \geq 20 \pm 2$ 之砂土	上述硬土層( $N \geq 15 \pm 2$ 之粘土沈泥，與 $N \geq 20 \pm 2$ 之砂土)深度	
	其他	h	
抽水影響地盤沈陷	砂土地盤若在標準抽水(水位降至開挖面下方 0.5m~1.0m) 下，影響範圍約為 2h。		

\* 鑽探報告，需經大地技師或土木技師或地質技師簽証認可。

## 4.2 施工安全管理檢核表

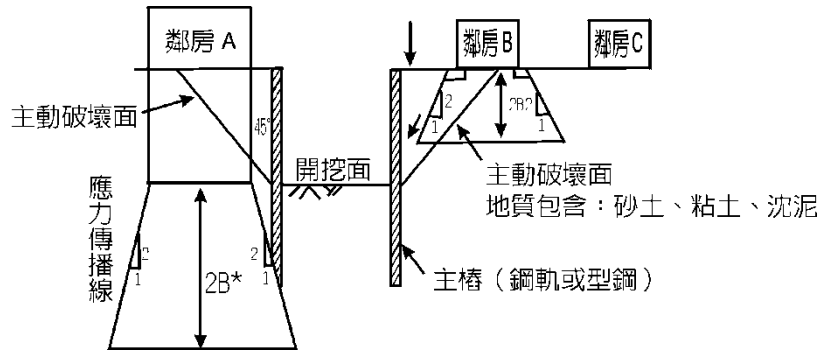
### 主樁橫板條擋土開挖工法檢核表

文件名稱: \_\_\_\_\_

版次: 1

製作: \_\_\_\_\_ 檢核: \_\_\_\_\_

日期: \_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日



- 註: 1.本圖不考慮打樁振動影響鄰房。  
 2.鄰房 A 不受開挖之主動破面影響, 應力傳播線與主動破壞面沒有相交。  
 3.鄰房 B 受開挖之主動破壞面影響。  
 4.鄰房 C 不受開挖之主動破壞面影響。  
 5.鄰房 2B\*深度, B\*為鄰房兩柱間距一般約 4m~6m。

圖 1 除了打樁振動外, 主樁橫板條之危害地盤圖

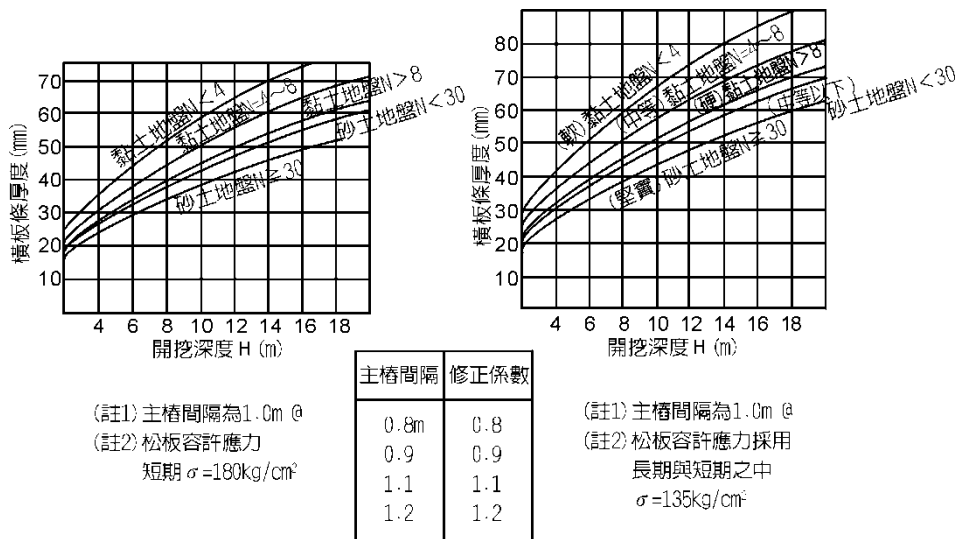


圖 2 主樁橫板條之木板厚度計算圖例(引自林耀煌 1982)

檢核項目	項次	檢核內容	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
主樁橫板條	1	打樁振動損鄰地盤評估, 樁深內無 $N \geq 20 \pm 2$ 之砂土、 $N \geq 15 \pm 2$ 之粘土沈泥地盤(有以上地質, 鋼版樁鋼軌條、H 型鋼樁甚難打入)。				以上若有『否』, 則先檢討地質與擋土工法之適應性, 或鄰房先行拖基保護, 但托基無法保護鄰房受振動傷害。
	2	打樁液化評估, 樁深內無上軟( $N \leq 10$ 之鬆砂及 $N \leq 4$ 之粘土沈泥)、下硬( $N \geq 20 \pm 2$ 之砂土及 $N \geq 15 \pm 2$ 之粘土沈泥)土層打入主樁不會造成地盤液化。				

檢核項目	項次	檢核內容	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
主樁 橫板 條	3	開挖之主動破壞區損鄰評估，開挖 h 深度之 45°土壤主動破壞線與鄰房應力傳播線不相交於透天鄰房二柱間寬(B)的 2 倍深度(2B)內(相交則鄰房受開挖的影響，可能因承载力損失而沈陷龜裂)，如圖 1 所示鄰房 A、B、C。				以上若有『否』，則先檢討地質與擋土工法之適應性，或鄰房先行拖基保護，但托基無法保護鄰房受振動傷害。

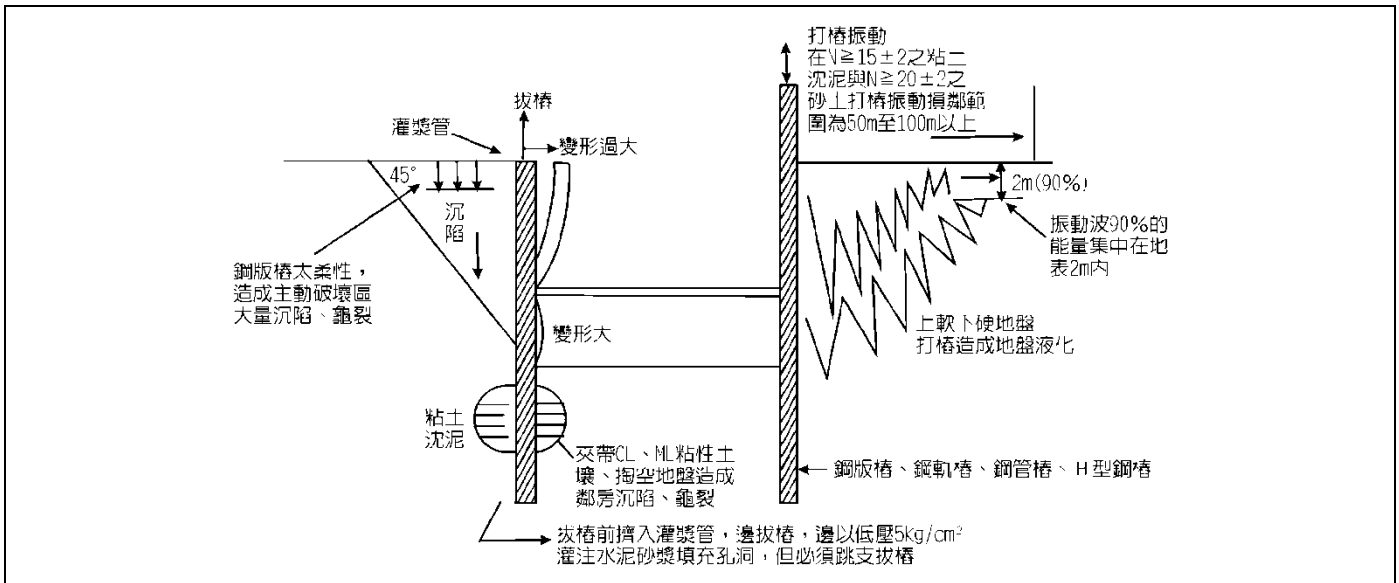
## 鋼版樁擋土開挖工法檢核表

文件名稱: \_\_\_\_\_

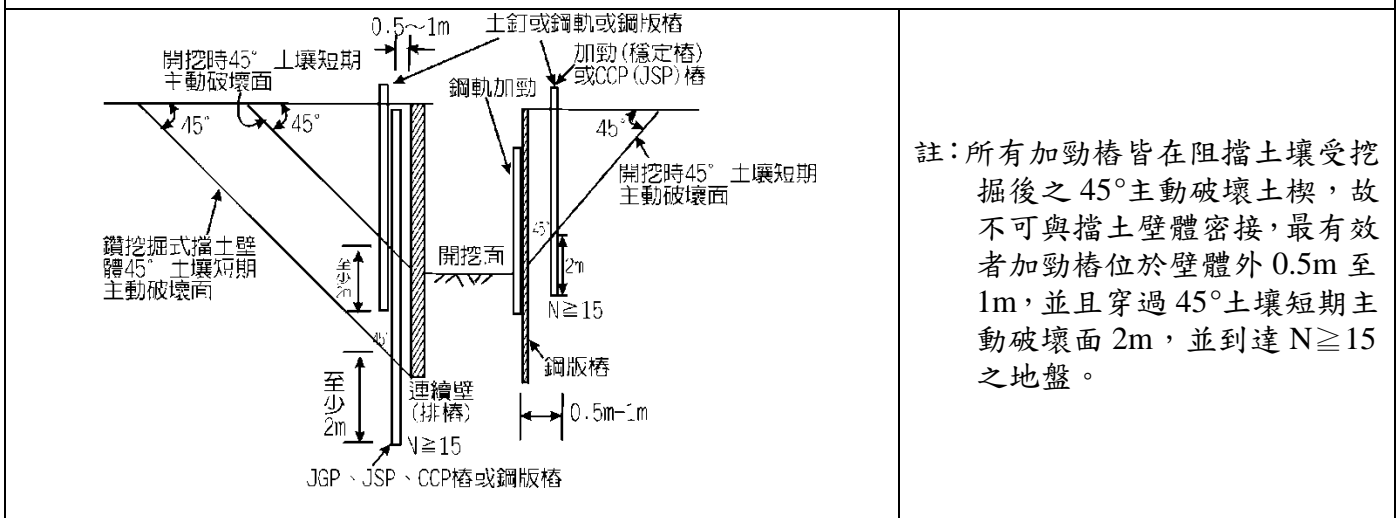
版次: 1

製作: \_\_\_\_\_ 檢核: \_\_\_\_\_

日期: \_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日



**圖 3 鋼版樁之危害圖**



**圖 4 開挖時主動破壞面之加勁圖**

檢核項目	項次	檢核內容	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
鋼版樁	1	打擊式鋼版樁液化評估，樁深內無上軟( $N \leq 10$ 之鬆砂及 $N \leq 4$ 之粘土沈泥)、下硬( $N \geq 20 \pm 2$ 之砂土及 $N \geq 15 \pm 2$ 之粘土沈泥)地盤(施打鋼版樁時，因地盤液化損壞鄰房之範圍至少 50m，結構較差之透天房子與正在施工之鄰房受振動而龜裂。)				以上若有『否』，則擋土牆不可動工，會損到鄰房，請先檢討地質與擋土工法之適應性，或鄰房先行托基保護，但托基無法保護鄰房受振動傷害。

檢核項目	項次	檢核內容	檢核結果			備註
			是	否	不適用	
鋼版樁	2	打擊式鋼版樁振動損鄰評估，樁深內工地無 $N \geq 15 \pm 2$ 之粘土沈泥與 $N \geq 20 \pm 2$ 之砂土(若無鄰房阻隔則殺傷力至少 86m~181m)，如圖 3 所示。				以上若有『否』，則擋土牆不可動工，會損到鄰房，請先檢討地質與擋土工法之適應性，或鄰房先行托基保護，但托基無法保護鄰房受振動傷害。
	3	鋼版樁開挖損鄰評估，鋼版樁太柔性，開挖時造成 45°土壤短期破壞區之地盤位移沈陷，本工地鄰房在主動破壞區外，如圖 3 所示。				
	4	鋼版樁工地時常發現地表與開挖深度同距離之平行大裂縫，此種裂縫若再讓水進入，則會發生開挖之主動破壞面引起地盤陷落之大災變，是否灌入瀝青(AC 路面)或水泥砂漿(土面、混凝土面) 彌補地表裂縫。				
	5	鋼版樁拔樁時，將 ML、CL 土壤帶出，造成鄰近地表沈陷、鄰房龜裂，鄰房龜裂常在回填砂石料以前就發生，特別是連續拔鋼版樁之危害最厲害，鄰房是否有托基保護				
	6	油壓式鋼版樁若使用水刀下沖，其水沖深度之 45°主動破壞區之鄰房事先以托基保護。				

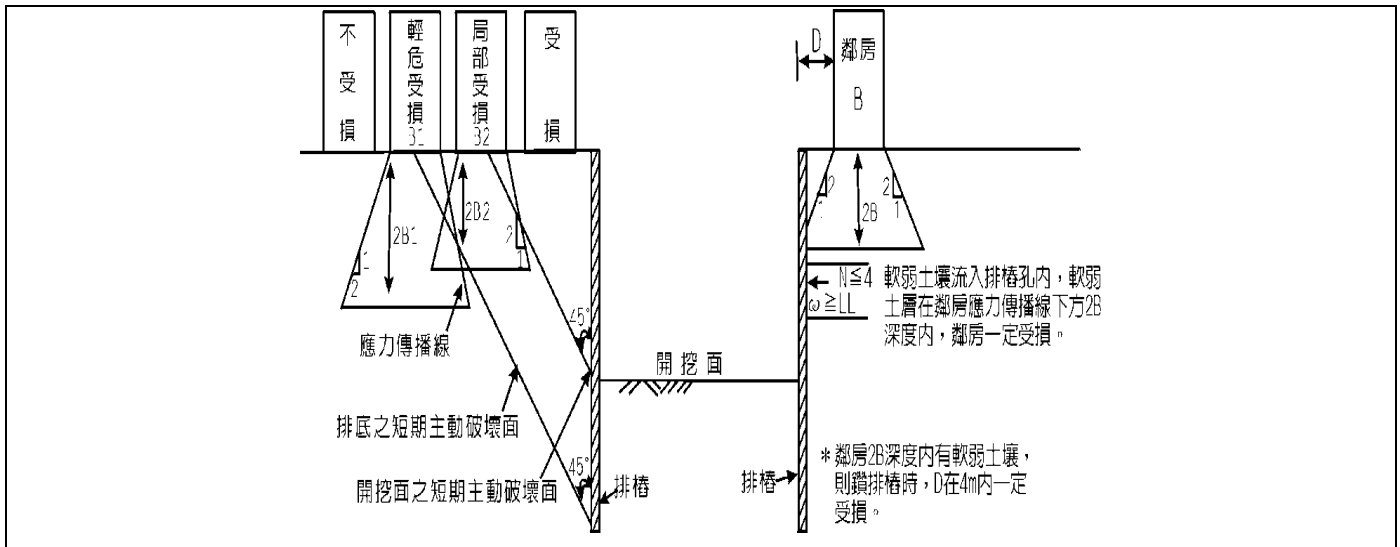
## 預壘排樁(排樁)擋土開挖工法檢核表

文件名稱: \_\_\_\_\_

版次: 1

製作: \_\_\_\_\_ 檢核: \_\_\_\_\_

日期: \_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日



**圖 5 預壘排樁之危害圖**

檢核項目	檢核內容	檢核結果			備註
		是	否	不適用	
預壘排樁 (簡稱排樁)	(1) 排樁(連續壁亦相同)底 H 深度與開挖面 h 深度之 45°短期兩道主動破壞面, 是否採用的保護對策為以鋼軌樁、土釘、微型樁或 JSP、CCP 樁等高壓噴射攪拌樁等(水泥固化劑型)做穩定樁或托基來加勁地盤(但其必須穿過主動破壞面至少 2m 深, 並到達 $N \geq 15$ 之上層)。				以上若有『否』, 則擋土牆不可動工, 會損到鄰房, 請做鄰房托基保護再動工。
	(2) 鄰房的應力傳播線若不與排樁底之 45°短期主動破壞面相交(若相交, 則鄰房可能會遭受傾斜沈陷之危害, 如圖 5 所示)。				
	(3) 排樁深度內有軟弱土壤( $N \leq 4$ 與 $\omega \geq LL$ 之粘性土 CL, ML, SMM)排樁, 鄰房在 6m 以上。(較不受排樁鑽掘攪動影響)				
	(4) 排樁工地在沈泥與砂土及 $N \leq 4$ 、 $\omega \geq LL$ 之粘土地盤中開挖前排樁間是否有灌注 CCP 樁等止水樁。				

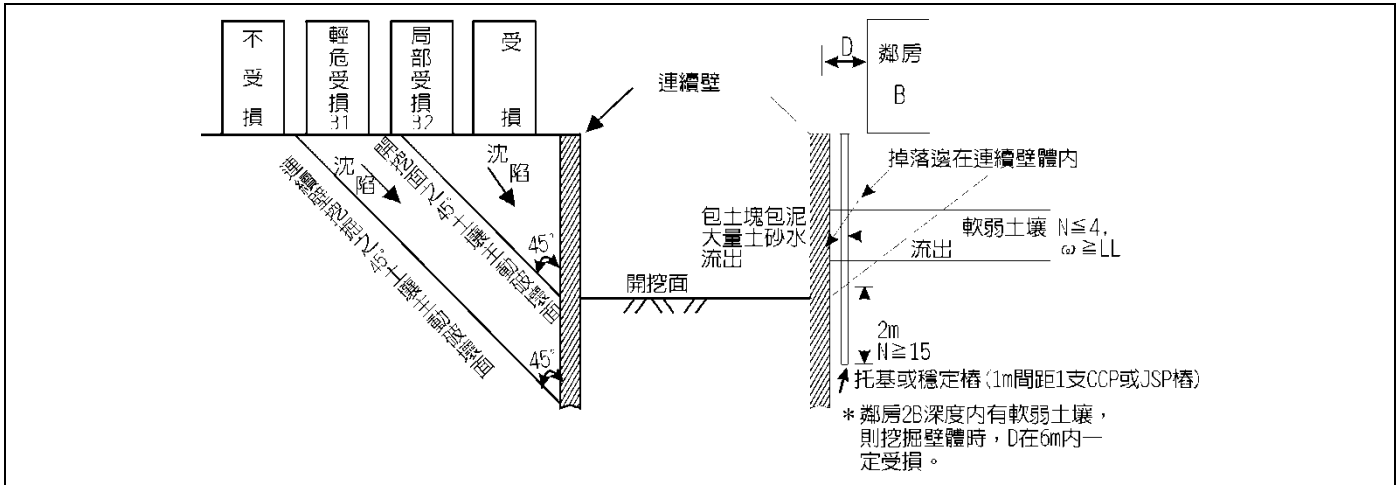
## 連續壁擋土開挖工法檢核表

文件名稱: \_\_\_\_\_

版次: 1

製作: \_\_\_\_\_ 檢核: \_\_\_\_\_

日期: \_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日



檢核項目	檢核內容	檢核結果			備註
		是	否	不適用	
連續壁	(1) 連續壁 H 深度內遇有 $N \leq 4$ 與 $\omega \geq LL$ 之軟弱土壤(SMM, ML, CL), 在壁體挖掘時流入挖掘孔洞內, 造成鄰房基礎下方土壤流失, 而產生鄰房傾斜、龜裂, 鄰房是否有設置緊密排列斜 5°深 H 之高壓成型樁保護, 如圖 6 所示。				以上若有『否』, 則擋土牆不能動工, 會損到鄰房, 請先做先行托基保護再動工。
	(2) 開挖面 h 深度與壁體 H 深度施工時之 45°短期主動破壞面內的土楔移動, 造成地面鄰房傾斜, 鄰房是否有設置 1m 支或緊密排列斜 5°深 H 之高壓成型樁保護, 如圖 6 所示。				
	(3) 連續壁分析側向變位超過 2.5cm, 其開挖深度 h 之 45°破壞區之鄰房是否有托基保護。				



## 國家圖書館出版品預行編目資料

鐵路改建工程施工期間緊鄰民房(含構造物)之施工安全防制規劃：  
施工安全防衛制規劃手冊 / 國立高雄應用科技大學研究

-- 初版. -- 臺中市：交通部鐵工局中工處，民 101.01

面；公分

ISBN 978-986-03-1631-5(平裝)

1. 鐵路工程 2. 施工管理

442.4

101001126

書名：鐵路改建工程施工期間緊鄰民房(含構造物)之施工安全防制規劃-施工安全防制規劃  
手冊

出版機關：交通部鐵路改建工程局中部工程處

發行人：蕭貞銘

地址：40143 台中市東區自由路 3 段 30 號 3F

電話：04-22150408

網址：<http://www.rrb.gov.tw/s/center/>

---

研究機構：國立高雄應用科技大學

研究人員：許琦、沈茂松、熊彬成、吳翌禎、侯琮欽、李俊穎、高煌翔、黃宗豪、王千岳、  
沈威辰、紀富耀、黃志翔、廖珮吟

電話：886-7-3814526

---

出版年月：中華民國 101 年 1 月

定價：新台幣 180 元整

版(刷)次冊數：初版一刷 50 冊

展售處：五南文化廣場 地址：40042 臺中市中山路 6 號 電話：04-22260330

國家書店 地址：10485 台北市松江路 209 號 1 樓 電話：02-25180207

---

ISBN：978-986-03-1631-5

GPN：1010100194

著作權聲明

著作財產權人：交通部鐵路改建工程局中部工程處

本書保留所有全力，欲使用本書部分或全部內容者  
需徵求著作財產權人書面同意或授權。

請洽交通部鐵路改建工程局中部工程處(電話：04-22150408)