

9.工程施工查核小組查核紀錄：

(交通部 5 次、鐵道局 3 次、南工處 5 次，共計 13 次，全部甲等)

項次	日期	督導單位	查核成績	備註
1	102.09.17	南工處	83.0	甲等
2	102.10.22	鐵道局	84.0	甲等
3	103.01.02	南工處	82.5	甲等
4	103.01.07	交通部	81.0	甲等
5	104.06.29	南工處	85.7	甲等
6	104.07.30	交通部	84.0	甲等
7	104.08.18	鐵道局	84.0	甲等
8	105.03.04	南工處	85.3	甲等
9	105.04.22	鐵道局	85.0	甲等
10	105.05.17	交通部	88.0	甲等
11	106.03.30	交通部	84.0	甲等
12	106.06.05	南工處	82.0	甲等
13	106.11.24	交通部	85.0	甲等

註：1.請按此表格格式繕打，並以 A4 紙張、雙面列印等格式 提送。(以 WORD 軟體、14 字型大小、A4 紙張)，提供書面資料共計 28 份、光碟或電子檔資料乙份。

2.評選之書面資料，包含所檢附工程之相關資料以 A4 紙張、雙面列印等格式 彙整提送(如簡報、簡介、照片、影片光碟、報導等)，**總頁數請務必掌握於 40 頁(20 張)以內**。共計 **28 份**，供評選委員審閱。

3.本表格可至中國工程師學會網站 (www.cie.org.tw) 下載。

一、計畫之創新性、挑戰性、周延性

(一)、計畫範圍

本標屬正義路段隧道工程，施工範圍自 UK408+357 至 UK411+180 止，相關工程內容如下：

- (1) 新建地下隧道工程，長約 2.82 公里(含正義站、K24 緊急出口、K25~K28 號通風井兼緊急出口)
- (2) 消除 1 處平交道(正義路)及 1 處地下道(青年路地下道)工程。
- (3) 2 處陸橋托底(大順陸橋、自強陸橋)托底工程。
- (4) 臨時軌工程(TK408+351.6~412+124.4)，長約 3.77 公里(含鳳山臨時車站)
- (5) 新增一座通勤車站(正義站)。



圖 1 本工程計畫配置圖

(二)、施工挑戰性與周延之解決方案

1. 挑戰性

- (1) 工期緊迫，為高雄鐵路地下化通車之要徑工程

「高雄市區鐵路地下化延伸鳳山計畫」於 99 年 12 月 16 日始奉行政院核定。本標於 102 年 3 月 31 日開工，較高雄及左營鐵路地下化各土建標開始時間遲約 3 年，惟仍須同時與其他標段一併通車啟用，施工工期相當緊湊，品質及職安更形重要。

- (2) 鳳山臨時站提前 8 個月啟用，協助鄰標提前進場

鳳山計畫時程緊迫，以能提前完成鳳山臨時站切換，交付鄰標 C412Z 標鳳山車站拆除施作為目標，將臨時站位置遷移出既有軌處，提前進行臨時站施工，施工團隊協調台鐵修改停車場租約以取得新臨時站之用地，並全力趕趕臨時站工進，於 4 個月內完成臨時站結構及裝修工程，為全高雄鐵路地下化標案之紀錄。



圖 2 鳳山既有車站及臨時站鳥瞰圖



圖 3 鳳山臨時站及臨時軌切換

(3)於氣爆陰影下克服青年路地下道中油管線管遷問題

因中油石化管線與竣工圖面不符，侵入鋼便橋南側連續壁影響鋼便橋及隧道結構施工，經檢討改採四支場柱樁作為南側墩柱基礎及增加地樑連結方式因應；另因民眾對油管疑慮，召開數次里民協調會說服民眾，除順利完成並較原交維計畫提前兩個月通車，減少對民眾的影響。

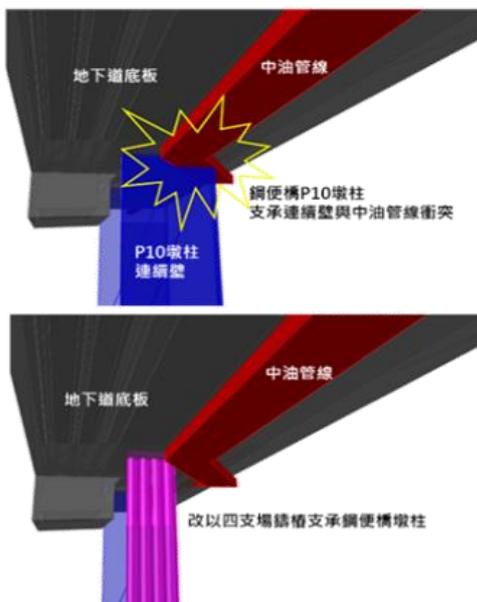


圖 4 鋼便橋墩柱下部結構與管線衝突處置示意圖



圖 5 青年路中油管遷現況

(4)克服非預期之中山高廢棄橋台基礎及基樁，研提新工法

中山高下受拓寬前之高速公路橋台基礎及基樁影響台鐵隧道連續壁施作，經檢討本案所需解決的窒礙問題及其解決方案，整理如下表，本案在現地條件不良、地下障礙物充斥的狀況下，藉由施工團隊共同努力，於施工前縝密妥善規劃檢討，施工期間嚴謹施工及密集監測，順利完成該區段隧道結構。

表 1 中山高擋土開挖窒礙問題及解決方案說明表

項次	遭遇問題	解決方案
1	高度限制機具無法施工	基地降挖4m
2	南側舊有擋土基礎衝突致連續壁無法施工	機械破除及板樁擋土
3	臨軌側緊鄰鐵路開挖，易發生軌道沉陷	微型排樁及地錨固定
4	南側舊有斜樁衝突致連續壁無法施工	調整南側連續壁位置 基樁破碎拔除
5	北側舊有斜樁衝突致連續壁無法施工	雙層連續壁
6	南側舊有斜樁衝突中間柱無法施工	全跨梁覆蓋板 調整支撐尺寸

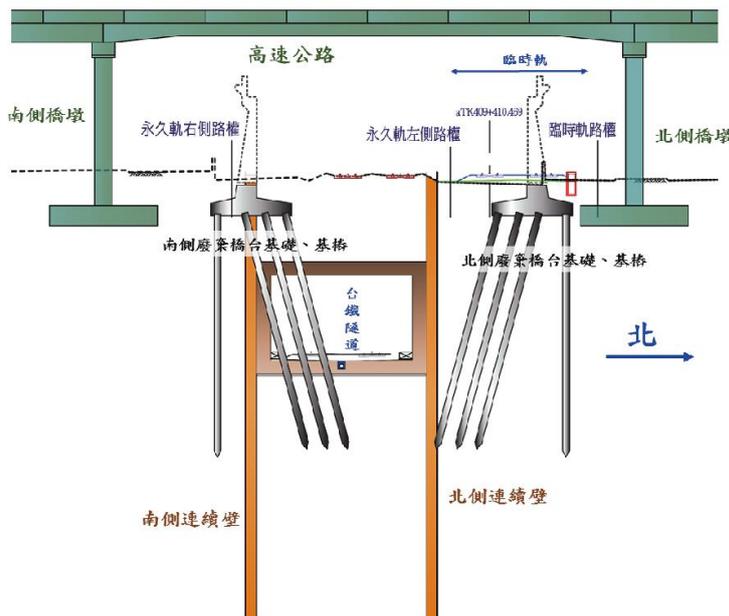


圖 6 廢棄中山高橋台與台鐵隧道干擾示意圖



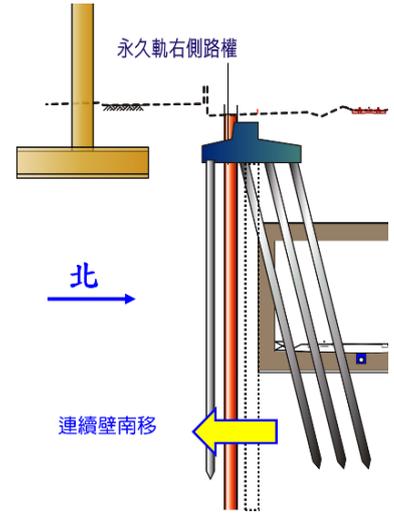
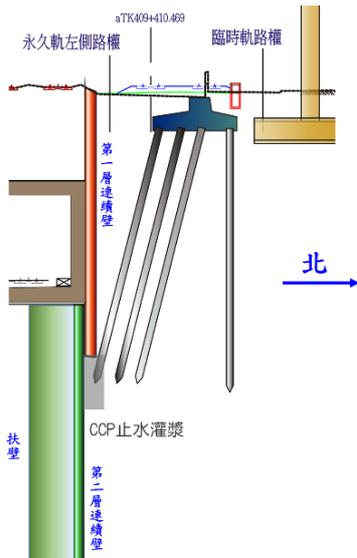


圖 7 北側臨近軌道，採雙層連續壁施作圖

圖 8 南側連續壁南移施作圖

(5)以陸橋托底工法克服橋墩抵觸，維持陸橋即有功能

本標施工長度長達 2,823 公尺，沿線經過高雄市區大順陸橋及自強陸橋等二處重要通行橋梁，施工期間需維持通行，爰利用連續壁上方暫撐架承載陸橋帽梁，將既有陸橋基礎、基樁敲除後，施作置放於連續壁上之托底基礎與既有墩柱銜接，並將橋梁載重轉移至新設托底基礎後即可進行隧道施工。

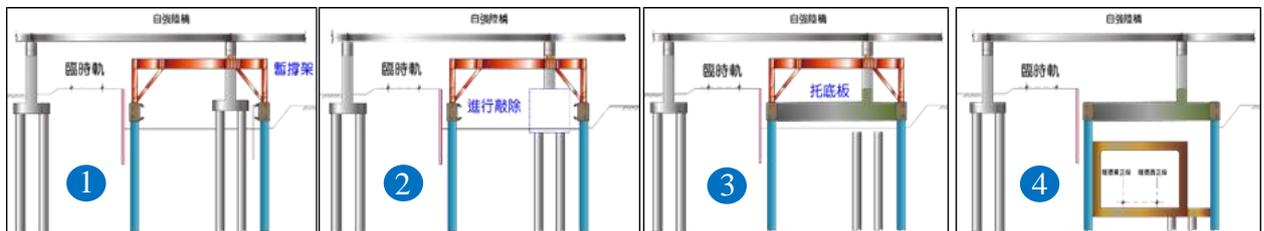


圖 9 托底工法工序



圖 10 陸橋托底施工現況

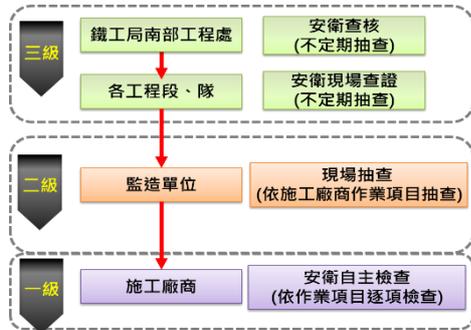
2. 周延性

- (1) 職安至上，妥善研擬施工安全措施，針對工區高風險作業如感電、墜落等項目，建立風險(評估)管理對策；另辦理勞工安衛宣導教育訓練及各項防災演練，並訂定緊急應變計畫，落實自動檢查並強化勞工安衛意識，工程零職災。



圖 11 工區高風險作業

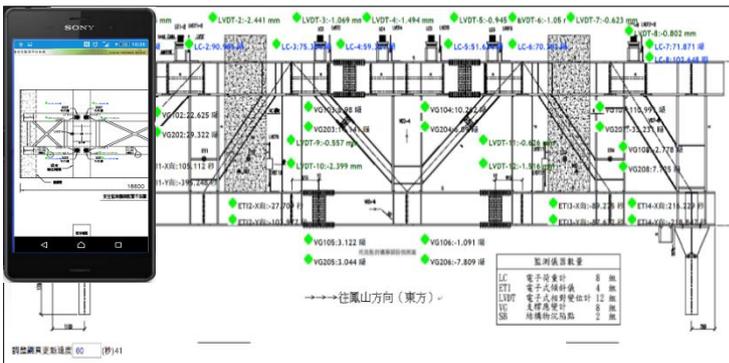
- (2) 推動三級勞安制度，為確保鐵路沿線施工之臺鐵行車及勞工安全，依職業安全衛生法及相關法令規定等，並參照品質管理制度，落實執行安全衛生工作，以達防災、減災目標。
- (3) 施工過程採無震動、低噪音方式施作，避免傳統工法之震動及噪音，以維鄰近居民安寧及鐵路行車安全。本工程自強陸橋下打設鋼板樁，採靜壓植樁方式施作、既有橋樑基礎及大順陸橋下與鄰標銜接橫置連續壁等，採用鏈鋸切割施作。
- (4) 部分路段因鄰軌過近，無法施作圍籬，主動採紅外線警報器提醒施工人員、機械避免侵入軌道、保持淨空。
- (5) 建立整合性監測平台系統，鋼架重要承壓位置(千斤頂)安裝荷重計及應變計測量壓力及變位，測量儀器所量得之數據可透過遠端無線監控裝置，即時建立檔案資料並上傳至監測網站，並可利用個人電腦或智慧型手機透過網路即時查詢資料，以確保施工與鐵路行車安全。
- (6) 採主動式監控進行環境監測(如噪音、工區放流水、空氣汙染監測)，降低鐵路地下化工程案對周邊環境之影響。
- (7) 青年路地下道敲除工項中，考量慢車道及管道間不易回填，於契約要求以控制性低強度回填材料(CLSM)回填，CLSM之骨材可為產製混凝土用粒料、現場開挖土石方或再生粒料，對廢棄物減量有相當助益。
- (8) 資源再生利用及維護管理策略上，考量綠色材料、節能減碳工法及採用環保、高效率與省能源運轉模式之機電設備為前提。



職業安全衛生三級管理組織架構

結構鏈鋸切割作業

鄰軌側紅外線警報器



整合性監測平台系統(大順陸橋托底工程)

鄰軌側靜音式鋼板樁打設

3. 創新性

(1) 首創軌道式側牆自動化模板

本標隧道結構有約 1,500 公尺標準隧道斷面，透過軌道採用自動化模板除可縮短施工期程，並減少一般傳統系統模板以堆高機搬移易產生之工安風險，且所有上下設備及施工平台皆與模板系統整合減少拆裝過程產生之危害。



圖 12 自動化模板側向立面圖

表 2 自動化側牆鋼模使用效益表

模板種類	進度提升	品質提升	工安提升	
	進度功率	模面平整	單元組拆	工安設施
三角模板	3~3.5天/每單元循環 (含養護時間)	接口多、變位大	移動：使用堆高機 組合：人力鎖固 保修：頻率高	須拆解安裝
自動化側牆模	2.5~3天/每單元循環 (含養護時間)	接口少、變位小	移動：台車拖曳 組合：伸縮臂壓貼 保修：頻率低	不須拆解安裝



價值工程方面，品質及可靠度提升，工安零事故；隧道側牆施工工期縮短 106 天。



圖 13 自動化模板結構體澆置後表面平整度

(2) 研採拖曳式頂板重撐架系統

隧道明挖覆蓋工法結構要徑工項為頂板作業，其中重撐架(含水平模板)移設耗時約 3 工作天，施工團隊將重型支撐架架於角鋼上以利於水平移動及斜拉桿件加強連結，增強整體支撐結構側向拉力，再加以捲揚機作為動力來源，減少人為組立及機械移動，增進施工安全，成功將頂板模移設工期縮短為 1 個工作天。

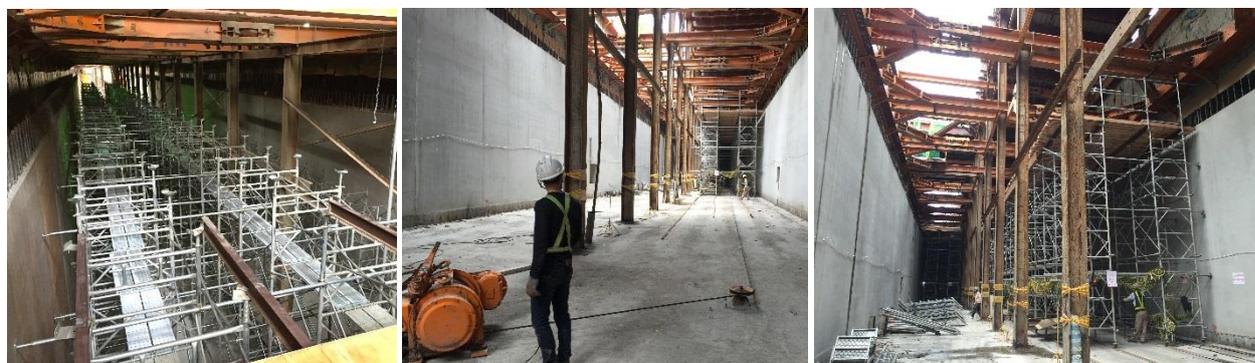


圖 14 拖曳式頂板重撐架系統

表 3 拖曳式頂板重撐架系統使用效益表

支撐架工法	進度提升	工法差異	工安提升
傳統重架工法	約12天完成	堆高機及吊車配合 人力組裝及測量控制	-
拖曳式重架工法	約3天完成	軌道安裝 結構連結補強	減少人力 機械操作

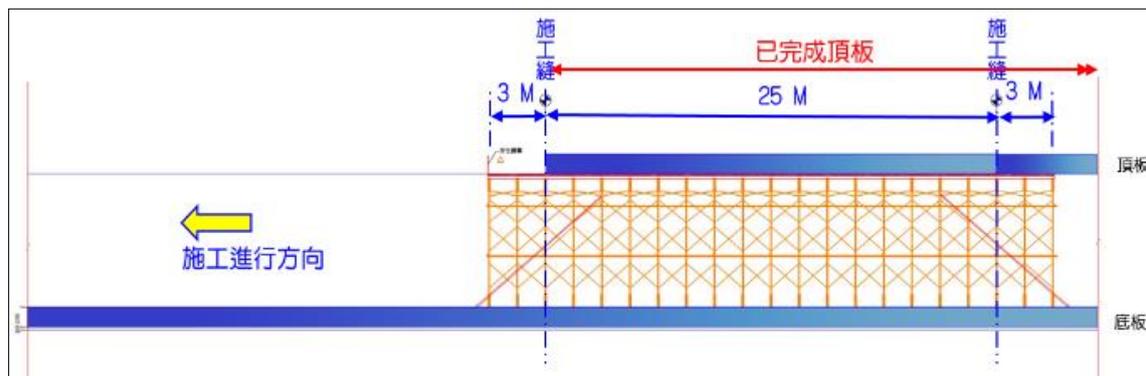


圖 15 拖曳式頂板重撐架系統剖面圖

(3) 利用 BIM 技術協助施工階段之管理作業

監造單位特引進 BIM 技術協助現場建置模型，預先檢討管線衝突，以利現場作業順遂。

利用 VR 技術模擬完成成果，將建築裝修材料材質導入 BIM 軟體製作高擬真度之圖片及全覽圖協助建築裝修配色之選定。

利用雲端彩現功能發展製作本工程 VR 立體全覽圖，增進親臨現場之沉浸感，呈現完工後之成果。

模型建置完整旅運設施提供使用單位檢視各設施之數量、大小、位置及內容，俾符合車站啟用需求。



圖 16 正義站 BIM 模型建置

(4)利用空拍技術留存現場資訊，施工團隊定期利用空拍機紀錄工程資訊，以完整保留現場紀錄。



圖 17 空拍紀錄

(5)打造 e 級工程管理資訊系統，建置雲端工程相片倉儲系統 Photobase，留存施工動態、品質檢驗、疑義澄清、安衛檢查等相片，可隨時檢索及查詢施工照片；執行專案管理資訊系統 PMIS，以系統方式進行資訊傳遞、存取及彙整，提高資訊運用效率並完整考量管理需求之專案協同運作平台。



圖 18 PMIS 工程管理電子化作業

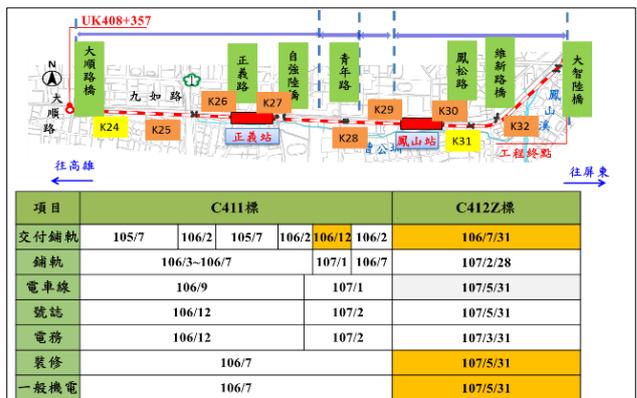


圖 19 Photobase 工程管理電子化作業

二、時程控制、預算管制、品質及安全管制

(一)、時程控制

(1)四階進度管制架構控管通車時程



(2)P3 時控軟體掌控施工時程，管控要徑工項

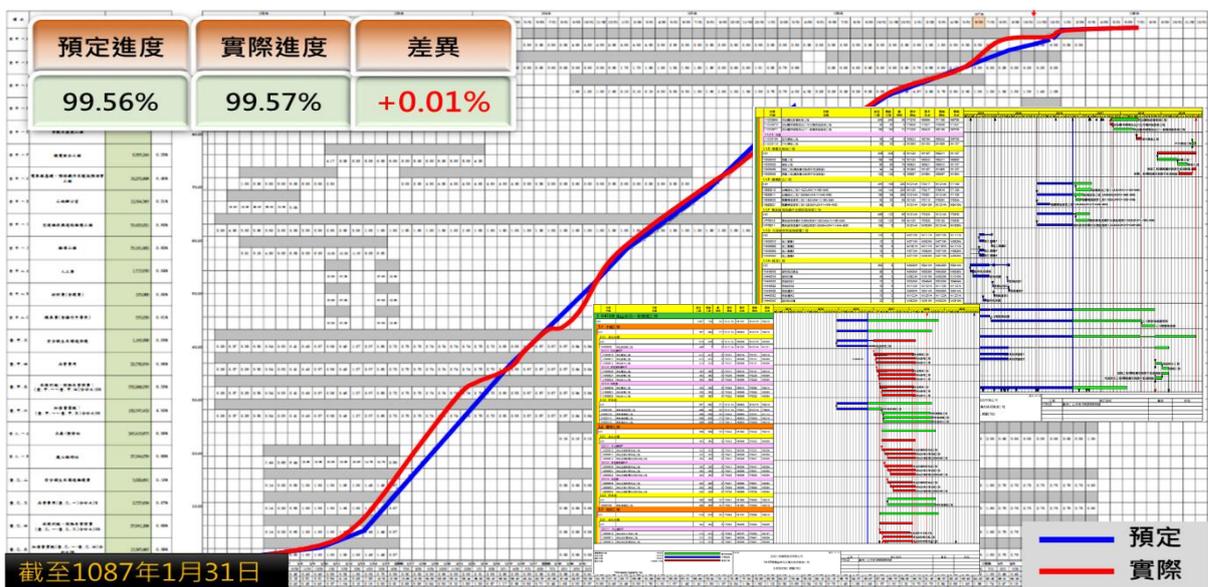


圖 20 施工網圖

(3)以分區節塊圖管控預定及實際進度，檢討工率、工作面及出工數以掌握工進；每日管控各房間工項施工進度，並以顏色標註施工中、落後及完成之情形以隨時追蹤進度並檢討趕工策略。

表 4 時程管控表

R431 鳳山計畫										
2,823					1,763					
2,942	360	1,184	634	826	1,928	876	400	1,286		
2,942	360	1,184	634	826	1,928	876	400	1,286		
105/7/22	105/7/31	106/3/27	106/12/24	106/6/1	106/7/31				105/10/24	
107/1/18	106/10/31	107/1/28	107/9/27						107/9/23	
106/9/30	106/10/31	106/12/31	107/2/24						107/2/28	
106/9/9	106/10/6	106/12/6	107/2/18						107/1/14	
106/7/1	106/9/4	106/11/1	107/1/28						106/9/1	
106/8/3	106/6/8	106/7/1	106/12/28						106/8/1	
					107/3/25					107/3/21
					107/2/1					107/2/18
					107/2/13					107/2/27
					106/12/31					107/1/8
					106/11/3					106/12/11
					106/9/10					106/10/8
					106/8/1					106/11/1

C411標地處出入口德恩橋樑進度表									
項次	項目	正義站1號出入口			正義站2號出入口			實際進度	
		工期	開始日期	完成日期	工期	開始日期	完成日期	1號出入口	2號出入口
A	鋼骨部分	65	2017/10/16	2017/12/19	76	2017/10/16	2017/12/30		
A.1	材料								
A.1.1	鋼管埋料	7	105/10/16	105/10/22				已完竣	已完竣
A.2	立柱直管 / 彎管								
A.2.1	CNC加工	14	106/11/1	106/11/15				已完竣	已完竣
A.2.2	現場安裝	8	106/11/7	106/11/15				已完竣	已完竣
A.2.3	油漆噴漆	10	106/11/20	106/11/30				已完竣	已完竣
A.3	圍護板								
A.3.1	CNC加工	14	106/11/1	106/11/15				已完竣	已完竣
A.3.2	現場安裝	10	106/11/20	106/11/30				已完竣	已完竣
A.4	土方圍護								
A.4.1	CNC加工	10	106/11/2	106/11/12				已完竣	已完竣
A.4.2	現場安裝	10	106/11/13	106/11/23				已完竣	已完竣
A.4.3	油漆噴漆	10	106/11/24	106/12/4				已完竣	已完竣
A.5	基礎安裝								
A.5.1	資料收集	9	106/11/15	106/11/24				已完竣	已完竣
A.5.2	現場測量安裝	5	106/11/25	106/11/30				已完竣	已完竣
A.6	樁組立(D)								
A.6.1	1號出入口								
A.6.2	2號出入口								
A.7	現場安裝立柱	3	106/12/5	106/12/8	3	106/12/9	106/12/12	已完竣	已完竣
A.7.1	1號出入口								
A.7.2	2號出入口								
A.8	圍護板常規安裝	5	106/12/1	106/12/6	5	106/12/7	106/12/12	已完竣	預計10701106雙邊圍護板 -1070110完成
A.8.1	1號出入口								
A.8.2	2號出入口								
A.9	圍護板常規安裝	10	106/12/9	106/12/19	10	106/12/20	106/12/30	已完竣	預計10701106雙邊圍護板 -1070110完成

(4)本工程採用軌道式側牆自動化模板、拖曳式頂板重撐架系統施作結構體，有效縮短施工工期，側牆結構澆置時間控制在 3.5 小時內，大幅提升結構體單元混凝土澆置之效率。

表 5 結構體單元推進循環時程表(最佳排程)

項次	作業項目	第一天										第二天														
		日			夜				日			夜			日											
		1200-1400	1400-1600	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2400	2400-0200	0200-0400	0400-0600	0600-0800	0800-1000	1000-1200	1200-1400	1400-1600	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2400	2400-0200	0200-0400	0400-0600	0600-0800	0800-1000	1000-1200	
1	澆置完成																									
2	軌道設置																									
3	上端螺桿植筋																									
4	側牆結構養護																									
5	上下螺柱拆解																									
6	退模整理																									
7	台車推進貼模																									
8	上下端螺桿反力構件索固																									
9	對稱構件索固																									
10	測量查驗																									
11	側牆澆置																									

(二)、預算精準管控

本工程契約金額 38.7 億，施工期間工程進度皆符合預期，每年工程估驗進度超越預算預定執行進度，開工迄今年度預算執行數達預算數要求。



(三)、品質及安全管制

- (1)本工程結構體混凝土為大宗材料，為有效達到節能減碳目標，以再利用資源材料爐石及飛灰替代部分水泥，依施工技術規範要求爐石<35%及飛灰<10%，共可減少約 40,410 噸之二氧化碳排放量。
- (2)混凝土品質提昇，建立粗細骨材級配不得摻雜爐渣抽查管制機制，以 PH 值、磁鐵吸附檢測，並請承商提報各混凝土廠砂石來源證明資為佐證。
- (3)監造單位邀集施工單位及材料商舉行品質檢討會議，運用特性要因圖找出缺失原因，以落實改善並確保現場澆置品質。

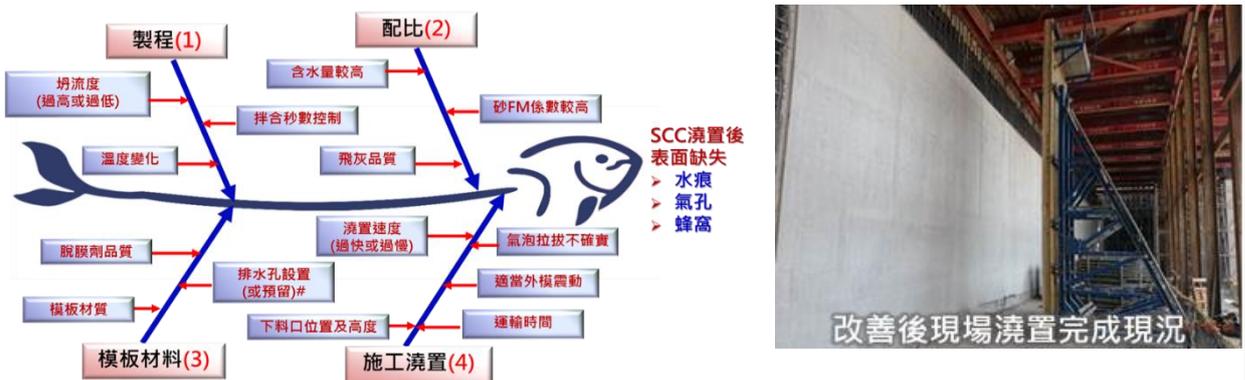


圖 21 特性要因圖

(4)本工程依據施工特性選用工程材料，於特訂條款中規定，環氧樹脂材料除原有之材料功能外，亦須具有內政部綠建材標章之有效認證。

綠建材

室內裝修材料採用綠建材標章產品，如油漆、環氧樹脂地坪、輕隔間矽酸鈣板、石膏板等

節能設計

- 採用省電T5型燈管、二線式照明控制系統
- 使用具節能標章之省水器具
- 空調設備採高效率冰水主機、冰水主機台數控制

能源管理

中央監控系統將目前之用电量透過轉訊器，傳至中央電腦集中管理，以便了解監視供電狀況

環保材料

採用低煙無毒電纜，安全度極高及減少環境污染

(5)依工程會及公司 ISO 流程製作相關品質流程及各式表單，將施工期間相關函文、施工及查驗紀錄等，依各類性質分別以卷宗歸存、編碼及顏色區分，以利使用者查詢。

E化文件檔案管理、卷宗分類管控



圖 22 E化文件檔案管理

(6)愛護地球環境減碳，配合本標工程特性於市區施工，部份區域搭配自行車執行監造業務，行駛時兼顧工地人員安全及巡查時效，零排放、零污染，降低環境衝擊。



圖 23 工地人員自行車執行監造業務

(7) 建立執行安全衛生管理制度及施工安全特性評估

工作許可制度	起重機具一機三證，個人防護具之配戴 施工架組配、擋土支撐、模板支撐等作業主管理在場監督	會同承商安衛人員每日稽查
稽查制度	承包商之安全衛生管理員應定期或不定期巡視、稽查	承商安衛人員除每日辦理巡檢，每周2次會同監造巡查工區
三級勞安制度	依據南工處增(修訂)「安全衛生三級管理作業要點」作業，工程人員配合工地施工執行工安檢查，以落實各層級安衛各種措施	承商現場工程師每日辦理巡查，每周2次會同監造巡查工區
工程責任區制度	依據鐵工局增(修訂)之「工程責任區制」作業，工程人員定期或不定期執行工地工安檢查，以落實各層級安衛各種措施	承商責任區工程師每日辦理巡查，定期每周2次會同監造責任區人員巡查
動態管理機制	監造主管不定時及假日走動巡查、每日施工作業安全衛生巡查及改善	監造主管每日不定時及假日不定期進行主管走動巡查
危險作業標準	重型支撐架組配、模板支撐、擋土支撐等危險作業建立安全作業標準	監造責任區人員每周2次會同承商現場工程師進行稽查
自動檢查機制	就設備、機具及作業實施定期或隨機性檢查、檢點、巡視、查核監督之機制	監造責任區人員每周2次會同承商現場工程師進行稽查
職安教育訓練	勞工進場前應接受一般安全衛生及鐵路沿線施工安全教育訓練，定期或不定期辦理安衛宣導及訓練	承商安衛人員每日對新進場勞工進行教育訓練及不定期辦理宣導
組織指揮權之行使	訂定停止作業、罰扣款、暫停計價等行使之機制	發生立即危險，監造要求承商立即停止作業並啟動罰款機制
高風險作業安全評估	事前辨識危害、評估風險、建立安衛查驗點，執行安衛檢查	與承商安衛人員每日進行高風險作業檢查
緊急應變處置	要求承包商擬定緊急應變及醫療救護計畫及辦理演練	監造單位每年定期參加承商當年度舉辦之緊急應變演練

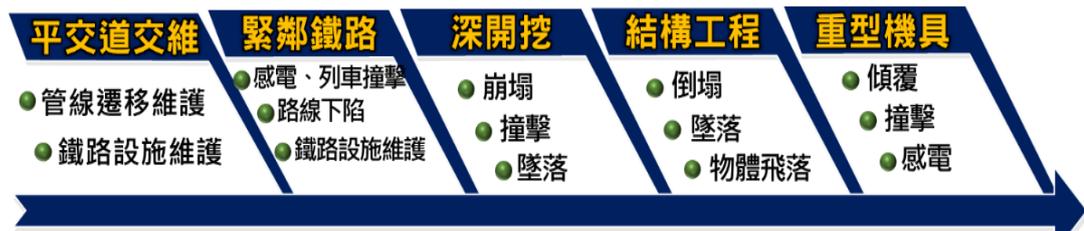


圖 24 施工安全風險評估

(8) 即時施工動態管理，建立工地勞安衛聯絡群組，利用通訊群組上傳缺失，即時通報改善，建立業主、監造及承商，三位一體，即時管理。



圖 25 動態資訊管理機制

(9)汛期防汛督導作為，確依「防汛(災)計畫書」，檢查各項防汛設施，督導承商辦理防災(防汛)演練，平日做好準備、預防災害發生，汛期時，每月進行「汛期防災自主檢查」及「工地防救災資源檢查」，豪大雨及颱風警報發佈時，成立防颱(豪大雨)小組留守，加強檢查各項防災設施及安全回報。



圖 26 工地緊急搶救演練

(10)防災因應，地震後即時啟動檢查機制，技師團聯合檢查行動，主要針對地震發生前 7 日新澆置之混凝土可能因強震(震度 4 級以上)造成強度不足或鋼筋握裹力減低，故組成技師團進行各工區檢查行動。



圖 27 地震後即時檢查機制

(11)夜間斷電封鎖機制，配合施工需於夜間臨軌側作業項目，建立斷電封鎖作業程序，於施工區域辦理斷電，人員安全確保列車無誤點。

已辦理237次斷電封鎖作業

斷電封鎖申請作業	段隊值班人員簡訊施工通報	監造、施工單位、段隊值班人員凌晨00:40前至行控中心辦理斷電	<ul style="list-style-type: none"> 行控中心通知後始可作業 作業前須接地接線 	完工復電作業(需準時於凌晨04:00前復電完畢)
 <p>斷電封鎖申請單</p>	 <p>簡訊施工通報</p>	 <p>路線封鎖斷電合格人員辦理斷電</p>	 <p>值班人員紀錄表</p>	

圖 28 夜間斷電封鎖機制

三、其他(重大優良事蹟、顯著效益等)

(一)、重大優良事蹟

- (1)歷次查核成績甲等無扣點：本工程自開工至今經工程會、交通部、鐵工局及南工處等多次查核成績均列甲等且無扣點紀錄(共計 13 次)。
- (2)落實落實勞工安全衛生三級檢查制度，建立各級檢查人員獎懲制度，自 102 年 3 月 31 日開工迄今，無重大職災發生。
- (3)辦理多次施工觀摩，計有屏東科技大學、高雄應用科技大學、行政院、國家發展委員會等。



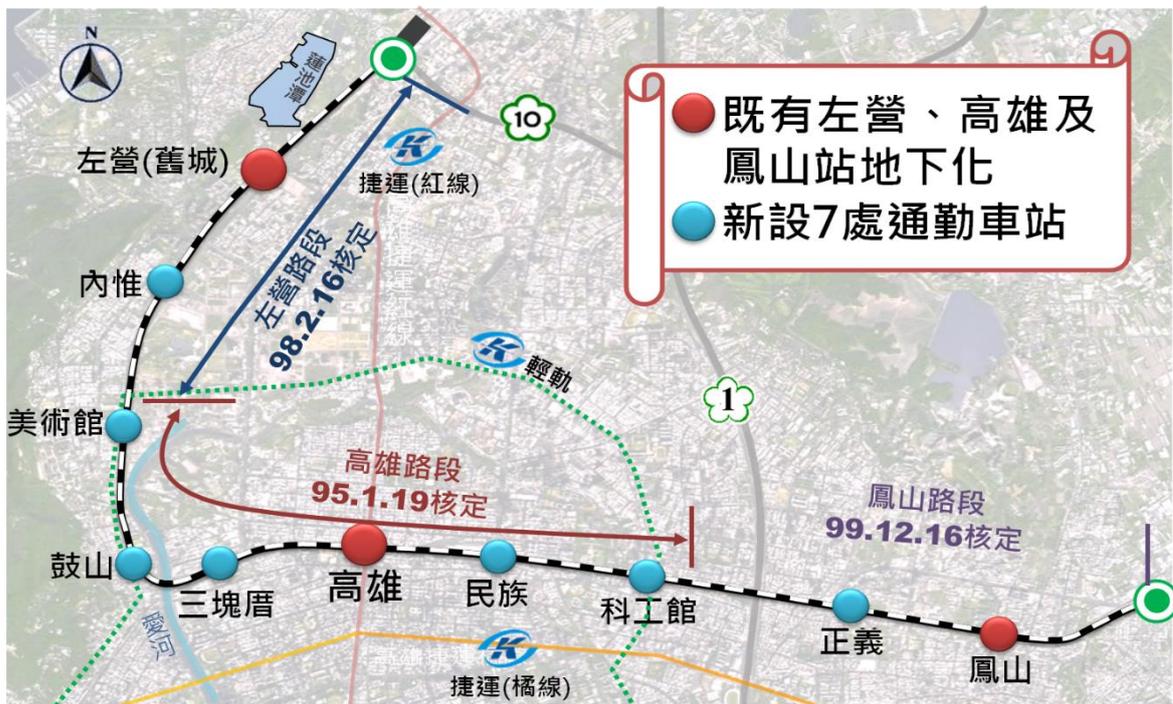
(4)本工程榮獲勞動部第九屆公共工程金安獎-優等。

(5)本工程榮獲行政院公共工程委員會第十六屆公共工程金質獎-優等。



(二)、工程完成後之預期效益

- (1)鐵路下地隔絕震動及噪音，提昇鐵路運輸效能，增進都市生活環境品質。
- (2)縫合都市紋理，串連周邊活動系統。
- (3)帶動原站區及鐵路沿線周邊土地更新再發展。
- (4)增設通勤站，以台鐵捷運化強化高雄市大眾運輸
- (5)消弭平交道、地下道及陸橋，改善市區交通瓶頸及潛在危險





(三)、學術發表

本工程團隊依據工程實作經驗，發表多篇學術文章作為工程經驗之傳承。

- (1)鳳山鐵路地下化採明挖覆蓋工法之設計考量
-第十一屆海峽兩岸隧道與地下工程學術與技術研討會
- (2)鐵路地下化開路先鋒-鳳山臨時軌及臨時站工程
-中華技術第 104 期，第 214-231 頁，台北
- (3)深開挖隧道工程受橫交道路、管線影響之施工法探析
-中華技術第 108 期，第 230-249 頁，台北

鳳山鐵路地下化採明挖覆蓋工法之設計考量

鄧楚傑¹, 張正欽¹, 郭健仁¹

¹ 台灣世曦工程顧問股份有限公司, 台北

摘要 鳳山鐵路地下化採用明挖覆蓋工法來進行隧道工程, 而明挖覆蓋工法除了對地面上的交通有所干擾外, 亦可能對於鄰近房屋建築造成傾斜及沉陷的發生, 或與既有結構物衝突而影響施工。本文針對鐵路地下化採用明挖覆蓋工法、擋土連續壁及托底工法之設計考量與施工案例等相關問題做概要說明與介紹。

關鍵字: 明挖覆蓋工法, 托底工法, 擋土連續壁

Design and Construction for Feng-Shan Underground Railway by Open-cut and Cover Method

Deng, Chu-Liang¹, Chang, Cheng-Hsin¹, Kuo, Chien-Jen¹

¹ CEI Engineering Consultants, Inc., Taipei

Abstract Fengshan underground railway construction in Kaohsiung use open-cut and cover method. This method could be making neighboring building inclined or settlement, or conflict with exist structure. In this article, we will introduce the consideration of design and construction case for open-cut and cover method, and how to avoided neighboring building damage and maintain conflict structure in construction phase by retaining walls and underpinning.

Keywords: open-cut and cover method, underpinning, retaining walls

1. 前言

鐵路改建工程自民國72年以來相繼完成台北市區鐵路地下化相關工程, 「台北市區鐵路地下化東延南港工程」已通車, 對都市整體發展有顯著效益。高雄鐵路地下化自88年完成綜合規劃後, 全線由左營、高雄延伸至鳳山亦陸續進行設計施工, 預計106年底通車營運。屆時可有效改善高雄地區因鐵路阻滯造成之交通影響並促進都市發展。

而修地下交通運輸通道工程, 除要維持既有列車營運, 還要兼顧施工安全與安全、需需工程各專業施工技術的配合與高度整合方能達成。目前台北及高雄之鐵路地下化雖多採用明挖覆蓋工法較為方便及經濟, 而明挖覆蓋工法除了對地面上的交通有所干擾外, 對於鄰近房屋建築亦可能造成傾斜及沉陷的發生, 因此開挖時多採用剛性較大的擋土設施, 而連續壁就是深開挖工法的主要擋土設施。

另外於都會區中進行地下化隧道工程時,

作者簡介: 鄧楚傑, 男, 碩士, 現任世曦工程顧問, 主要從事鐵路工程相關方面的工作, E-Mail: dcdeng@cei.com.tw
 1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

路線規劃不克與既有結構物衝突而影響施工, 交通因及都市發展, 乃推動「高雄鐵路地下化延伸鳳山計畫工程」(鳳山計畫), 期能達成與高雄計畫無縫銜接、全線同時通車之目標, 鳳山計畫起點為大順路橋樑(UK408+357)往鳳山鳳山建國路大智路橋樑(UK412+943), 如圖1, 主要工程項目如下:

1. 現有鐵路地下化: 清除2處平交道(正義路及鳳山路), 1處地下道(育仁路)及3處淺層地庫(大順三路、澄清路、維武路)。
2. 現有鳳山車站改建為地下車站。
3. 增設正義路地下道車站。

本文針對鳳山鐵路地下化採用明挖覆蓋工法、擋土連續壁及托底工法之設計考量等相關問題做概要說明與介紹。



圖1 鳳山計畫路線圖
Fig. 1 Line map of Feng-Shan plan.

3. 隧道設計考量

3.1 隧道空間配置

本工程隧道尺寸依照台鐵規章中有關新建電化路線隧道建築界限之規定, 基本配置如圖2, 另外配合機電設施之特殊淨空需求, 於隧道內頂、底板及側牆預留管線空間以增大淨寬或淨高, 概況如下:

1. 於電車線開關設備區將頂板抬高約40cm, 於底版預留管線空間。
2. 於隧道側牆預留電力管線、消防管、消防通風管、電信管及OCS 訊號管(如圖3)。
3. 連續壁配合往外地作以預留管線空間及管線預留管線(如圖4)。

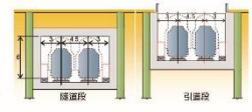


圖2 隧道剖面圖
Fig. 2 Section of tunnel and approach.



圖3 壁龕剖面圖
Fig. 3 Section of niche.

- B-2-2 -
1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



圖4 壁龕平面圖
Fig. 4 Plan of niche.

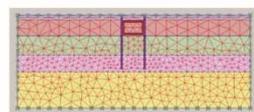


圖7 2D分析模式
Fig. 7 2D analysis model of soil-structural interaction.

3.2 設計載重及耐震分析

本工程採用明挖覆蓋工法, 隧道為箱型結構, 引道則為U型邊土牆構造, 與連續壁視為雙層箱體結構, 結構分析係以二維 FEM (Finite Element Method) 建模, 並採連續壁及土填模型, 再施予相關設計載重及地耐力後進行分析, 設計載重如圖 5, 並採以組合進行結構分析。

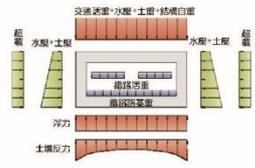


圖5 靜態載重示意圖
Fig. 5 Static dead load.

表1 耐震設計參數

設計參數	說明
最大設計地震(MDE)	水平地表加速度為0.23g
一般設計地震(ODE)	水平地表加速度為0.15g
地震剪力波速Cs	根據測量值所得, 或以經驗公式決定 Cs=100M ^{0.163} 適用於非凝結性土壤 Cs=80N ^{1/3} 適用於非凝結性土壤
最大水平地表最大加速度Vmax	約為0.332m/sec (第二類地盤), 且無考慮地層發展
自海床上最大水平剪力波速θ角	按下列公式求得: V=Vmax/Cs

3.3 抗浮檢核與機制

根據鑽探報告地下水位高差計算各段水浮力, 並與結構物本身自重比較, 自重包括結構體、圍填材料、道渣及鋼軌等, 當自重與水浮力比值小於1.05則視為不安全, 必須採用其他機制以抵抗水浮力, 各檢核檢核結果及採取對策如表2; 另車站部分將採板樑厚版型式, 僅局部徵求設置基礎, 以利施工並增加自重, 如圖8。

3.4 地下結構物防水措施

由於地下結構物當地下水滲透處室內滲水甚至影響使用, 過去即曾發生因滲水造成電車線路斷線之意外, 故擬定多項防水措施如表3。

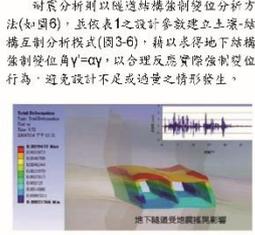


圖6 隧道耐震分析示意圖
Fig. 6 Seismic analysis of tunnel.

- B-2-3 -
1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表2 浮力檢核表

Table 2 Check of floating force.

浮力	送底 UK408+357- UK410+866	車表/送底 UK410+040	送底 UK410+180- UK411+100	鳳山站 UK411+385	送底 UK411+960- UK412+450	引道 UK412+450-UK412+943
包圍度	1.3m	2.0m	1.3m	2.0m	1.3m	1.2m
淨空安全係數	1.24 (OK)	0.78 (NG)	1.05 (OK)	0.87 (NG)	0.97 (NG)	0.78 (NG)
設計安全係數	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
對策	-	加厚底版	-	加厚底版	管片頂	引道增加管片頂

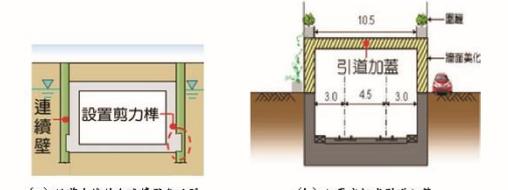


圖8 抗浮措施示意圖
Fig. 8 Strategy of uplift resistance.

表3 防水措施表

Table 3 Strategy of waterproof.

系統防水	防水措施	防水措施
滲水	自設防水	壁面防水
結構防水	清除縫隙等專車種	管片上方設置托架
其他	塗層法用 SCC 以避免管	管片上方設置托架
	施工時設置去水鋼片及出水管	管片上方設置托架
	板層裂縫處理, 增加保潔層, 防止水分及濕氣之滲入,	管片上方設置托架
	施工期間及後期應定期保養	管片上方設置托架
	供測測最大管壓, 避免管壓, 測測管壓之差異,	管片上方設置托架
	測測管壓最小管壓, 避免管壓不實管壓管線	管片上方設置托架

- B-2-4 -
1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

4. 擋土工法與近接施工對策

4.1 連續壁設計考量

一般常見擋土設施包括板樁、土樁樁板、預置牆及連續壁等，其中連續壁剛性最大，因此最常被使用於深開挖案例之中。通常興建地下結構物可採取掘樁工法或明挖覆蓋工法，掘樁工法對於地面之交通以及既有建築物影響程度較小，但若於新建地下構造物結構較為龐大如車站、停車場或是地下商場等，由於跨度較大，採用明挖覆蓋工法則更為合適之方法。只是明挖覆蓋工法對環境影響程度較大，為了避免地面沉陷或鄰近建築物龜裂，開挖時期必須選用剛性較大之擋土設施，因此在大型地下結構工程或是深開挖案例中，連續壁成為最常見之擋土設施。

現代施工技術及機具之進步，連續壁施作已相當成熟之工法，因此其密封性及耐久性佳，再加上連續壁本身具有剛性及承載力強等特性，因此設計時不僅僅將連續壁當成開挖階段之擋土措施，亦可考慮與結構體結合當成永久結構物之一部分，共同承擔外荷。

設計時必須考慮連續壁在各施工階段及完工後扮演何種角色，並且對其與主結構體間之相互影響關係加以考慮，一般連續壁與主結構之關係有以下三種：

1. 連續壁僅為臨時支撐，完工後並不承擔長期載重。(如圖 9-a)
2. 連續壁為臨時支撐，完工後並且承擔一部分長期載重。(如圖 9-b)
3. 連續壁不僅為臨時支撐，完工後成為永久結構物一部分並且共同承擔長期載重。(如圖 9-c) (本工程採用)

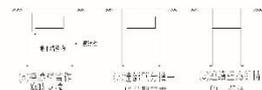


圖 9 連續壁與地下結構物之關係
Fig. 9 Relationship of slurry wall and underground structure.

地下車站由於其用途特性，通常為一長條形之長方體，且因為必須容納列車行駛以及供旅客得以通行，除兩端須有橫向之端牆以外，整段長段幾乎無法設置可以抵抗拉力的剪力牆，因此側向勁度較弱，變形也較為均勻；且若是在地下車站上方無建築物存在，則在地下水位較低之區域，車站對於水浮力的抵抗力也會較差。又車站屬於重要的公共建築物，通常使用年限較長，一般設計年限為 100 年，因此連續壁與地下車站為共同結構體時，連續壁之設計考量與一般結構體連續壁是有所不同。

連續壁與地下車站之關係大致上可分為連續壁僅為臨時措施或是兼具臨時性與永久結構物，本工程考慮連續壁為永久結構物，設計時標準必須合乎永久結構之標準，選用材料耐久性需足夠，且施工精確度要較高。其與地下車站之關係為頂板以及底板連結(塗油系統)，此種方式好處在於連續壁可輔助增加車站抵抗水浮力，減少車站因浮力所必須增加之混凝土或是抗浮樁，但由於地下水仍會進入連續壁與側牆之間，因此側牆仍需要足夠的耐力承受水壓力(如圖 10)；另外採鋼筋設計及施工較簡單，使得價格相對提高，一般頂板與側板較難施作時，可考慮採用此種工法，僅在頂板施作亦可。

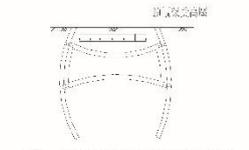


圖 10 連續壁與車站頂板及底板連結
Fig. 10 Slurry wall connects with top plates and bottom plates of station.

4.2 擋土工法
擋土支撐作業除掘樁開挖區外影響較小之內支撐工法，以減少牆體變形量，並採開挖掘土施工之安全性，沿線牆土開挖掘土及風險如表 4，主要檢核重點如下：

1. 隧道/車站段：因掘樁深度較深且需前置側牆，掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。
2. 引道段：因未來既有結構物且開挖深度較淺，採用掘樁板或預置樁板配合止水連續壁。
3. 施工高度受限：如穿越中山高、大順路橋、自強路橋及新橋路橋等進行陸續下方，這種壁配合掘樁施作。
4. 牆上施工處理：牆上雙層外護欄材料與軌道中心距離至少 3m 距離，並配合在側牆之側面之防入後護欄進行現地管理。
5. 青年路地下道與水久鐵道衝突：於填平地下道後，採全套管切切牆作為地下開挖之擋土設施。

表 4 沿線開挖擋土措施及潛在風險
Table 4 Retaining strategy and potential risks along the line.

區段	擋土工法				潛存風險			
	掘樁深度 (m)	掘土壁型	掘土壁厚度 (cm)	掘土壁長度 (m)	開挖距離	物種	層級	影響
15-18	增加	增加	80-100	27-33	4-5	掘土壁砂漏/夾砂土/黏土	△	△
13-18	增加	增加	80-100	24-33	4-5	掘土壁砂漏/黏土	○	○
2-13	增加	增加	45-80	6-24	0-3	掘土壁砂漏	△	△



圖 11 限高連續壁及全套管切切牆
Fig. 11 Height limited slurry wall and all casing pile.

考量安全並縮短施工時程，擬下列三項趕進進度之設計方案：

1. 取消回程：傳統開挖回挖須於上方橫

深連續壁後方可拆除，影響工進，且施工空間、機具及材料搬運等安裝均屬不易。依據過去之經驗，因浮力力較分層預留值低(部份外力由側牆承受所致)，導致設計偏保守，工程費亦偏高。經評估本計畫亦選用取消回程之設計(詳如圖 12 及表 5)，除工期可縮短外，亦可節省工程經費。

2. 取消中間牆：本計畫一般掘樁段開挖寬度約 12.5m，經評估無須行設中間牆，支撐系統仍可安全、合理地進行配置，如此可大幅提高施工進度，又可避免防礙軌道之創設。(詳圖 12)
3. 鋼箱結構：(如圖 13 所示)具有剛度、施工快速、節省用地且環境優點，設計時採用鋼箱結構作為永久

結構與隧道板相連，雖然造價較高，但可減少地下室外牆量體及連續壁鋼筋綁架時間以提升工進。

表 5 取消回挖效益評估表
Table 5 Benefit assessment of back support cancellation.

項目	取消回挖 節省(kg/m)	支撐高 度(m)	工程費 (萬元/m)	工期 (日)
連續壁 釋放設計	4.076	11.78	145.6	D
取消回 挖設計	4.169	10.42	143.0	D-30
效益	0.093	-1.36	-2.6	-30

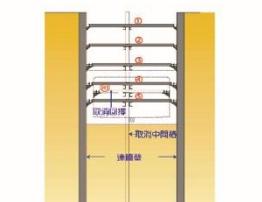


圖 12 取消回挖及中間樁示意圖
Fig. 12 Cancellation of back support and king post.

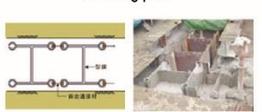


圖 13 鋼箱結構施工示意圖
Fig. 13 Construction of steel box wall.

4.3 鄰房保護措施

經評估開挖施工對鄰近時統、高架構及建築物之影響，保護對策如圖 14-15，保護策略之選用順序與使用時機表如表 6 所示。



圖 14 近接地工建物保護措施
Fig. 14 Protection strategy when construction near building.

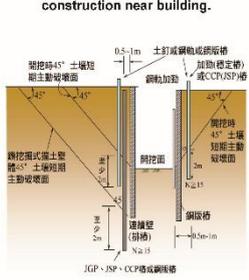


圖 15 南部常見建物保護案例
Fig. 15 Common protection case of building in the southern.

5. 擴充處理對策

本工程穿越 8 處既有橫交交通設施(位置示意圖 16)，相關施工之研擬除須顧及施工安全性與經濟性外，亦應考量對交通衝擊最小，快速施工及確保既有鐵路營運安全等原則，俾有效掌控施工風險。

表 6 建物保護工法與使用時機
Table 6 Protection method and occasion of building.

編號	保護工法	使用時機																								
1	取消回挖	掘樁深度較深且需前置側牆，掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>2</td> <td>增加掘樁深度</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>3</td> <td>連續壁與永久結構物</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>4</td> <td>鋼箱結構、CCP</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>5</td> <td>掘土壁施工</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>6</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr>	2	增加掘樁深度	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>3</td> <td>連續壁與永久結構物</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>4</td> <td>鋼箱結構、CCP</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>5</td> <td>掘土壁施工</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>6</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr>	3	連續壁與永久結構物	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>4</td> <td>鋼箱結構、CCP</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>5</td> <td>掘土壁施工</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>6</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr>	4	鋼箱結構、CCP	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>5</td> <td>掘土壁施工</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>6</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr>	5	掘土壁施工	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>6</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr></td></tr>	6	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr>	7	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr>	8	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr>	9	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。
2	增加掘樁深度	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>3</td> <td>連續壁與永久結構物</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>4</td> <td>鋼箱結構、CCP</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>5</td> <td>掘土壁施工</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>6</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr>	3	連續壁與永久結構物	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>4</td> <td>鋼箱結構、CCP</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>5</td> <td>掘土壁施工</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>6</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr>	4	鋼箱結構、CCP	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>5</td> <td>掘土壁施工</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>6</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr>	5	掘土壁施工	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>6</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr></td></tr>	6	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr>	7	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr>	8	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr>	9	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。			
3	連續壁與永久結構物	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>4</td> <td>鋼箱結構、CCP</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>5</td> <td>掘土壁施工</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>6</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr>	4	鋼箱結構、CCP	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>5</td> <td>掘土壁施工</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>6</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr>	5	掘土壁施工	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>6</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr></td></tr>	6	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr>	7	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr>	8	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr>	9	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。						
4	鋼箱結構、CCP	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>5</td> <td>掘土壁施工</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>6</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr></td></tr></td></tr>	5	掘土壁施工	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>6</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr></td></tr>	6	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr>	7	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr>	8	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr>	9	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。									
5	掘土壁施工	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>6</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr></td></tr>	6	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr>	7	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr>	8	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr>	9	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。												
6	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>7</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr></td></tr>	7	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr>	8	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr>	9	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。															
7	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>8</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr></td></tr>	8	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr>	9	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。																		
8	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 <tr> <td>9</td> <td>鋼箱結構</td> <td>掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。 </td></tr>	9	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。																					
9	鋼箱結構	掘樁深度、止水效果與之連續壁進行指土。																								

5.1 明挖覆蓋工法

適用於正義路、鳳山路平交道及青年路地下道。
本工程於擋土設施施作後，設置管工板並以打方式進行施工，以青年路地下道方案 1 為例，說明施工順序如圖 17，該路口若採開挖道臨時平交道施作，需預留施工時程於後，以減少對交通之影響，另亦可採橋樑替代方案，惟費用增加約 1 億 5 千萬，工期增加約 8 個月。

5.2 托底工法

適用於大順路、自強路、新橋路。
本工法係於擋土設施施作後，設置管工板以獨立或側支撐，既能維持結構穩定及安全性，同時又能提供必要之作業空間。施作 垂直連續壁 結構體。本工法優點在於透過中間隔層樁間於處理，施工期間可確保上方結構物安全、不影響牆上之通行，施工期間對交通之衝擊性低。以自強路為例，施工順序如圖 18 所示。
針對本計畫剖面內容，考量地質、施工方式及鄰近結構等條件進行施工期間與預留之分期評估，並依據不同對象目的，進行安全監控之規劃，如表 8 所示。本工程有 3 處連續壁之基礎與側牆發生衝突，須進行托底工法，為確保施工過程之安全性，設置自動監測系統，以即時監控、預警與降低工程風險之目的。



圖 16 橫交立體設施位置示意圖
Fig. 16 Position of 3-D lateral cross facilities.



圖5 路基整修



圖8 軌道軌距調整



圖6 碎石底層鋪設滾壓



圖9 底層充實



圖7 軌道鋪設



圖10 軌道鋪設完成

參、臨時軌作業

以下說明臨時軌鋪設前置作業、臨時軌軌道工程、平交道施工等三部分進行說明。

一、臨時軌鋪設前置作業

第一階段臨時軌位置沿鐵路北側之既有公

區綠廊，公園綠廊內有涼亭步道為耆老居民休息之場所，工程完工後，施工車隊隨即密集拜訪甲長並辦理數次甲民說明會，爭取甲民之諒解與支持，順利完成拆除作業。

拆除公園區現場開挖後發現部分內汙水管線，係位於臨時軌路基下方，須考量路基安全提出因應方式；另就貫穿鐵路之相關雨、污

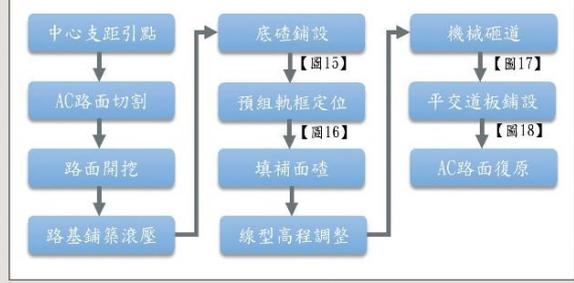


圖11 平交道施工流程圖



圖12 升降式遮斷機及警車裝置



圖13 舊桿工務移設前原景

水、自來水管線，為利後續隧道工程之連續壁施作，需於施作時即先予以預埋改道。同時軌道之施作與線化分區同步進行，其中包含電力杆基礎、臨時排水路、路基填築、橫交水路改道、過路管埋等。

二、臨時軌施工

鳳山計畫路線級別為特甲級線，採用預製軌道及50V型鋼軌鋪設，臨時軌道雖有別於永久軌採用之長焊軌，而是以50V鋼軌(由二根25M定尺軌採用阻火花焊(參圖9))，焊接成一根50M鋼軌，鋼軌間以50V底尾版銜接鋪面，並以接頭PC大枕托架，以88根450M之圓型鋼圈固定於PC軌枕上。施工流程詳圖11，現場施工照片詳圖9-10。

三、平交道施工

鳳山計畫臨時軌工程包含二處平交道遷移(正義路平交道、中二路平交道)，平交道遷移涉及複雜的土建與系統機電整合，其中包含蓋樑架設、監視及警示設備等。

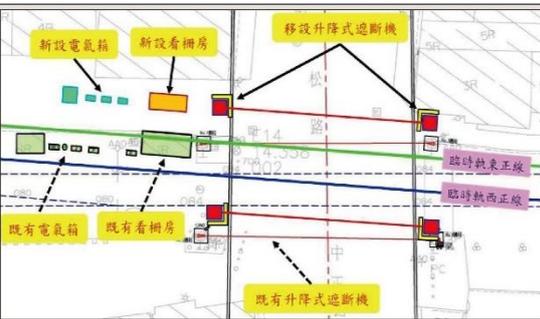


圖14 中止路平交道遮斷機及看棚工務移設示意圖



圖15 底層鋪設



圖17 軌道鋪設



圖16 軌道定位鋪設



圖18 平交道板鋪設

茲以中止路平交道為例進行說明，中止路平交道位於鳳山車站北側，屬於站內第一種平交道，遮斷機型式為全遮式遮斷機及警報裝置(詳圖2)，蓋樑蓋板係由工務局管理(詳圖

13)。看棚上房及北側遮斷機因與臨時軌位置衝突，故採先置後擴方式設，現場示氣區(詳圖14)及平交道施工流程詳圖9-15。

肆、系統機電相關工程

系統機電設備的品質與安裝之嚴謹程度，本計畫由駐站區CH會議，邀請系統機電廠商之專業工程師，提供安裝計畫。其中電車線工程於工程前期完成即可逐段施作，而架線作業則待軌道定位鋪設後再施。架線之工程，主要是牽引設備、軌道系統、牽引設備等作業及設備安裝，其與軌道亦由外區外，尚不影響各項位置佈局、安裝，本計畫將設備廠商於工程前期提供，投入大量人力支援及監督其品質，從設計、設計、安裝、測試等並由合規工程師之全力督導協助，在有限時間內有效控管如期完成設備安裝，實屬功成身退。

一、電車線工程(Overhead Catenary System, 簡稱OCS)

電車線系統係由台電供應59kV電壓至變電站，電車線供電電壓25kV，電車線由半吊線(CAW)與接觸線(CWG)以吊線繩懸吊於支柱，並以平衡錘方式自動調整其張力，使主吊線與接觸線在線路中之任何位置均能保持於0.5kN張力(總合力為2000kN)，平衡錘調整之為3:1(配置型66KG)或4:1(配置型500KG)，平衡錘組(詳圖19)。

電車線系統於設備運及維修需求，配置開關(詳圖20)及區分絕緣帶(詳圖21)電車線線路分段，於發生異常急修或除障施工供電時可將該區段獨立封鎖斷電，以不影响其他線路運轉。

接觸線直接與集電弓接觸，控制接觸線左右兩側軌道中心，使接觸線呈出「7」字型(直線段左右寬約20mm，彎道段)，集電弓輪能可沿軌道力集電弓上，避免集電弓與接觸線產生摩擦，導致軌道損壞或斷路，並因集電

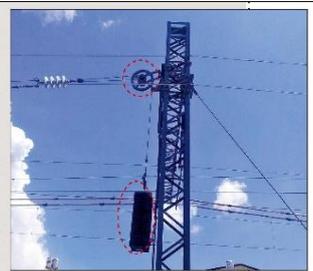


圖19 電車線



圖20 區分絕緣帶



圖21 區分絕緣帶

乍與產生火花，造成接觸線。

二、號誌系統工程

茲就鐵道旁常見之號誌工程設備及功用，配合相片介紹如下：

(一)號誌燈器箱蓋：為車站號誌之重要設備，尤如人體之大腦管轄車站場內所有號誌系統，供列車司機員視認所顯示燈號或列車速度以提高行車安全，負責燈器營運安全基礎，其運作簡述如下：行車控制室內設有號誌就地控制線(僅碼一線，詳圖23~24)，該整蓋有車站軌道線形及轉轍器方位、進站、出發號誌燈等示意圖

並以燈號表示，控制按鈕，例如列車由東線欲進入第一股道，由值班員反按「起點1R」控制按鈕，再按「到達點」一般控制按鈕，訊號就利用此以取得至總電室室，經處理後就以操作現場11A/B轉轍器方位，轉轍器13A/B定位，再核轉轍器方位正確後利用1R進站號誌燈應將顯示黃光燈位司機員視認時即示燈號新運轉，並將現場設備訊息經繼電器空開顯示於就地控制線供值班員長當於行車月(詳圖25)。

(二)進站號誌控制器具箱(簡稱號誌箱)：於站場控制電路轉轍器之方向(正/反位)、及號誌燈顯示控制(控制燈號)列車以此顯示燈號限制車速，於平交道旁之箱體功能為控

制平交道遮斷機、警報機閃光燈及警笛等(詳圖26)。

(三)計數器：為了偵測列車發車位置，將軌道區分為數個區段，每一區段兩頭設置計數器，當車輪進入該區段內之軌道時若進入之車輪數等於出去之車輪數時表示該區段為淨空無車輛佔用。

(四)出發號誌：系指列車完成發車準備，但車站反方向通過台湖車時，所顯示之號誌而言(屬一般機電操作號誌非號誌)詳圖27。

(五)平交道手動緊急警告燈：遇平交道有障礙物時，白誌或紅誌控制使警告燈以逆時針方向轉動，使列車司機員停車或注意運轉(詳圖28)。

(六)出發號誌機：供列車司機員判斷該車站之號誌設備(詳圖29)。

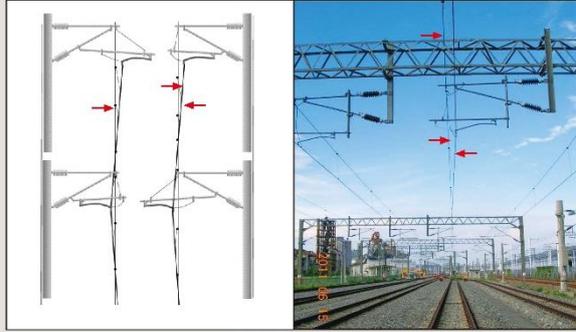


圖22 接觸線、主吊線

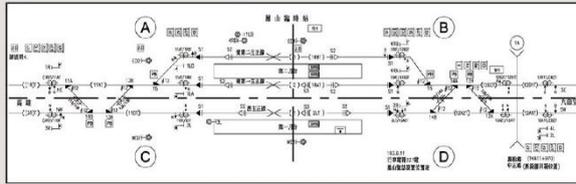


圖23 鳳山臨時車站號誌系統示意圖



圖24 號誌就地控制室(控制)



圖25 繼電器室內繼電架



圖26 號誌控制器具箱



圖27 出發號誌



圖28 平交道手動緊急警告燈



圖29 出發號誌機



圖30 臨時機房完成外觀



圖31 臨時機房電池室

伍、臨時站及相關作業

鳳山臨時站包含臨時機房一座、臨時月台兩座(即第一、二月台)及臨時站一座，茲就施工情形說明如下。

一、臨時機房施工

有關鳳山臨時站設備先行開工之建物為臨時機房，長寬分別為36公尺、13.65公尺，面積約491平方公尺，為一層樓鋼筋混凝土結構(外觀照片詳圖30)，內部新架內部預充氬鋼工式之程隔間，其規劃空間設有電機機房、號誌繼電器室、號誌電池室、緊急發電機室、車站電氣室、台電配電室、UPS電池室(詳圖31)、電務倉庫、工具室等室。

二、臨時月台施工

鳳山臨時站設置兩座月台，其中鳳山臨時第一月台為長型式島式月台，月台設計長300公尺寬8.3公尺，其緊鄰臺鐵運行中之第三股道施工，基礎埋深約1.5-2公尺，第二月台則屬島式月台，月台設計長300公尺，寬度3.3-8.2公尺，月台結構採鋼筋預置式構造，兩側則採鋼構及金屬屋面板採「V」字型設置配合由設計外觀堆色土，另於一、二月台各設置一座逐別成塊堆疊電器櫃(詳圖32)月台結構施工流程及圖33-38)。



圖33 臨時月台施工外觀



圖34 鄰近有軌道區挖土情形



圖35 臨時月台鋼構吊裝外觀



圖36 臨時月台澆注入檢索索旁外觀



圖37 月台邊埋施完成外觀



圖38 臨時月台及有軌道線完成外觀



圖39 臨時月台施工前外觀

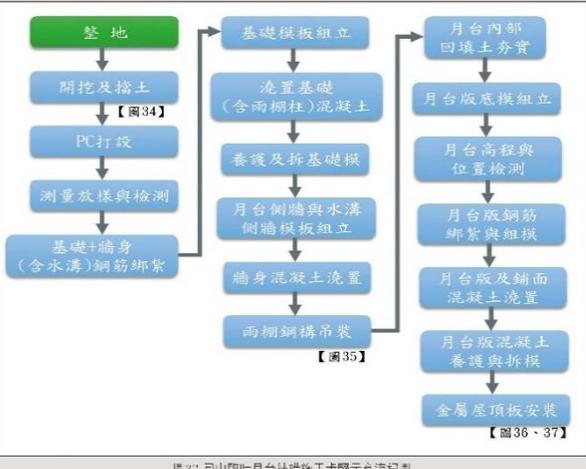


圖32 鳳山臨時月台結構施工步驟示意圖



圖40 程敷設給水電夜出場軌道情形



圖41 車站軌道施工



圖42 車站車站大樓



圖43 電力設備 3V 天線磁塔



圖44 臨時站入口及自動驗票系統

三、鳳山臨時車站

鳳山車站建物長寬分別為42公尺、14公尺，面積約588平方公尺，為一單邊鋼筋預凝土結構，內附主要原則依表臺鐵局臨時車站站務設計原則設計，配置有售票亭、站長室、設備室、補票亭、行李室、驗票閘門、大廳(非行賣票與行賣票)、處理櫃檯等設施，施工原片詳圖39-44，鳳山片陸站(含月台)示意詳圖45。

陸、臨時軌及臨時站切換作業

軌道切換作業利用臺鐵斷電封鎖期間於一個晚上完成軌道、電車線、號誌等之切換工作，各工項間之施工時間、工序、車輛進出動線、人員、機具數量及所需材料均妥為規劃，事前各單位須先擬定切換計畫，並由鐵工局召開兩局(鐵工局與臺鐵局)切換會議，協商相關配合事項，俟取得臺鐵局同意相關路線封鎖、斷電等時後方能施工。切換當晚於南、北兩端成立指揮所及指揮總所管切切換進度，動員單位包括臺鐵局制度總室、號誌隊、電力隊、工務隊、機務及鐵工局各專業隊、監造單位、各施工廠商及外包商等參與人數約數百人，以確保切換作業在封鎖封鎖時間內順利完成。茲以第二階段陸站軌道切換作業說明如下。

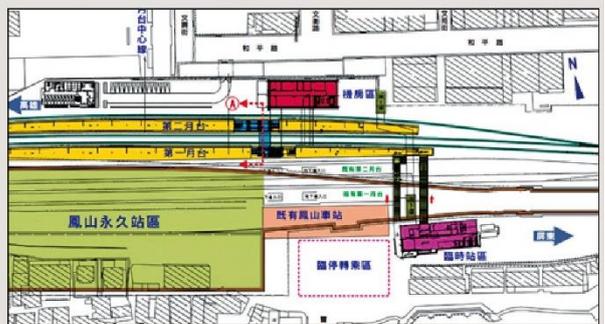


圖45 鳳山臨時站平面配置示意圖

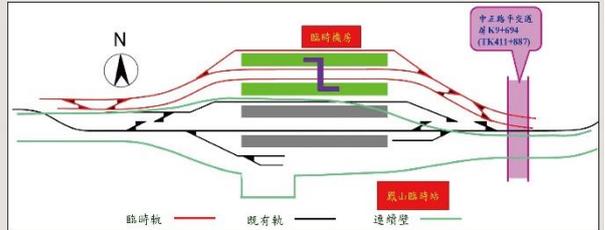


圖46 第二階段臨時軌切換示意圖

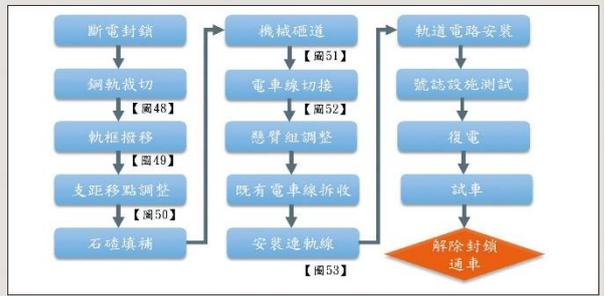


圖47 東西正線軌道切換施作流程圖

表1 第二階段臨時軌切換施作內容

切換日期	施作內容
6/21-6/22	高雄一期工東、西正線切換
6/23-6/24	拆除舊軌改鋪2A道岔及12NB道岔鋼軌、半交道西正線兩端AC路平復、電車線調整
6/25	2A道岔轉轍器安裝、電車線調整
6/26-6/27	2A及12NB道岔轉轍器計錄、調整及測試

- 本階段臨時軌切換範圍位於鳳山車站站區內，除新鋪臨時軌道(西第一主線、東第一主線、東第二主線)及系統機電，並同時啟用臨時站、臨時月台及臨時機房。
- 第二階段臨時軌共分三大進行切換，其切換內容詳表1，切換流程詳圖47，東西正線切換當晚施作照片詳圖48-55。

柒、結語

對照施工中之複雜、五管計畫各標案早已自西元2009年至西元2011年陸續發包，鳳山計畫負責高雄鐵路地下化最後一棒，起見雖免，但西元2017年底全線通車目標雖一致，因此前曾軌道切換及臨時站啟用作業如何



圖48 鋼軌裁切



圖49 軌枕撥移

本案在鐵工局、鐵路局、監造單位、承商共同努力下，順利並提前達成軌道切換與臨時站、臨時月台、臨時機房同步啟用之目標，實為一合作無間達成目標之成功案例。



圖50 M4定位測量



圖51 開查功能驗證



圖52 軌道車線整頓



圖53 軌道切換完成試車



圖54 撥除既電車線切交



圖55 最後一組三連站撤架接收



圖56 安裝造軌線



圖57 鐵道迷工親臨會



圖38 最後一班列車進站工作人員合影



圖39 鳳山車站設計概念徵圖評選第二名外觀

捌、後記

鳳山火車站興建於西元1906年，日據時期是最高產品及軍事管理車站，西元1977年因應旅客日增，原址改建為磚造站房，後因候车室不敷容納，西元1984年擴建為100坪站房，西元1990年底改建為244坪2樓建築。

在鳳山火車站功成身退走入歷史前，切换窗口上午，鳳山火車站即進入相當多懷舊之地方人士及眾多鐵道迷，經側面得知許多人都是從小即於本車站進站上、下車，對於鳳山車站更有極深的感情及回憶，特地前去最後巡禮並拍攝留念(詳圖58-58)。

此外，為藉由高雄市民參與，集思廣益出更勝壯觀市民共賞銜接鳳山之歷史軌跡之車站建築，鐵工局特委暨愛德科技大學建築師團隊評選作業，以最大眾風山車站設計概念參考。

該區區評選共有37個團隊參加競圖，已於西元2014年6月7日於高雄火車站旁之鐵道風景區進行揭曉，計有第二(詳圖59)、三名、檢選、入圍等10個團隊獲獎，第一名則由蔡、胡特天來的鳳山車站能如鳳凰展翅為鳳山的新地標。

參考文獻

1. 高雄鐵路地下化延伸鳳山計畫「C-1標工藝路設施工程(含全線臨時站及臨時站)」設計圖及施工規範，交通部鐵路改建工程局，民國102年3月。
2. 高雄鐵路地下化延伸鳳山計畫「C-1標工藝路設施工程(含全線臨時站及臨時站)」施工預算計畫書，台灣世能工程顧問股份有限公司，民國102年11月。
3. 交通部鐵路改建工程局網頁(網址: <http://www.tb.gov.tw>)。



條件下，仍採用掘土機配合內支撐降
挖，配以木質改良及點井降水，逐層
施挖厚50公分、深超過10公尺及內徑
寬1.05公尺之內外深溝溝道，施工時
程較久、風險較高；兼此處位於半半
施工交雜之華南路口，亦有交雜限制
完成之時程壓力，最終以壁式深溝
溝(或筒式特種)施作，即內外深溝
溝壁均以連續壁施築，除可縮短工進
外，亦可將溝溝架架深入污水管下，
提高連續壁施工安全。

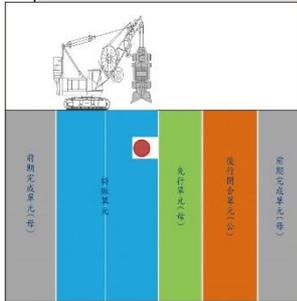


圖7 特殊單元配置圖



圖8 安裝大型鋼管

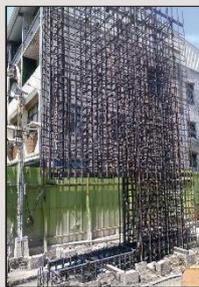


圖9 鋼管安裝

三、連續壁特殊單元施作

- (一) 壁式深溝：連續壁掘土機具於正上
下，其間不能有障礙物阻擋，遇到管
溝時即採取特殊型連續壁進行掘
掘管下方。另為配合掘土機具放
掘要牽引移動更次工法作業空間開
掘長度，故一般型連續壁寬(4~6
公尺)。
- (二) 鋼筋籠吊放：鋼筋籠吊放為克服吊入
管下的問題而採取索提引，而鋼筋籠
製作則依不同規劃，考量可採管上、
管下組合方式或一體成型等。

以下將以不同吊放鋼筋籠視別配置實
例說明：

1. 岡山計畫臺鐵隧道UK410+485：本案
為利於特殊型鋼筋籠有適當吊放平穩空
間，依據事先採管壁式之管壁位置及高
程，視其單元配置，可分為先行單元、
特殊單元及後行閉合單元，經規劃後將
前期完成後其約15公尺範圍之單元
配置，詳圖7，其中特殊單元寬度為7公

尺，施工過程係先將3公尺寬之先行單
元(等單元)施作完成，接下來進行特殊
單元(7公尺寬之雙公單元併裝)，其管線
下方之溝道係以L型鋼管將餘土孔逐處
設計(詳圖8)，再以標準抓斗將其挖除，接

續進行兩側端板清理後，吊放特殊型單
元鋼筋籠(4.3公尺)及一般型鋼筋籠(3公
尺)。

本案特殊型鋼筋籠採上下一體成型
先不考慮施作完整鋼筋籠，以利吊放安

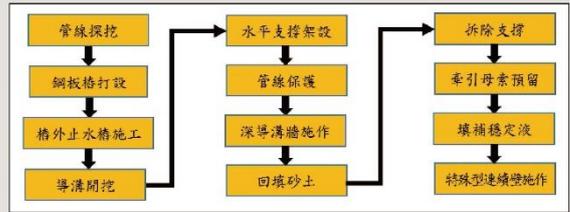


圖10 特殊單元連續壁施作流程圖

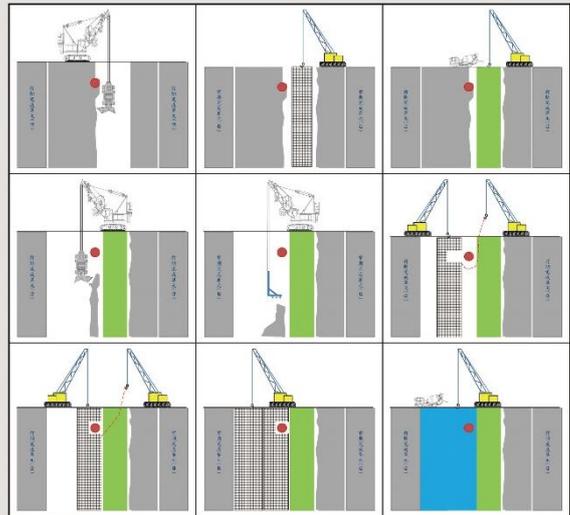


圖11 UK410+485污水管連續壁特殊單元施作說明

工作項目	工期	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1. 鋼管特殊工法施作	3										
2. 止水牆修築施作	6										
3. 深溝開挖挖土支撐施作	12										
4. 溝外止水牆修築施作	3										
5. 深溝開挖挖土(含支撐架)	12										
6. 連續壁施作	12										
7. 鋼管格打設	2										

圖12 UK410+485污水管連續壁特殊單元施工時程



圖13 華南路污水管連續壁特殊單元及管式導管單元
規劃

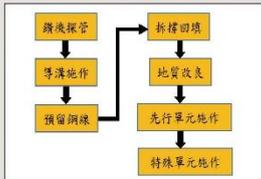


圖14 華南路污水管連續壁特殊單元施作流程

全，符合放至預訂工作位置進行鋼筋切
割作業(詳圖9)，改管板高度、位置需
精準掌握；於放至預定位置後與頂部
之牽引母索一端綁定，再下放至設計高
程，再索另一端以另一台吊車緩拉，將鋼
筋籠牽引平穩穿過管壁至標示位置，最後

因定吊車進行特管管溝置置土作業，
相關施工時程及說明(詳圖10、圖11)。

進行連續壁特殊單元之施作雖可解
決部分難以進行之管線，可省卻管線進
移之費用，但其施工工率極低、費用高，
以本案而言，單一特殊型連續壁單元
施作須3天，因本施作工需鄰近軌道，專
前之鋼土支撐、開挖作業、管線保養、深
溝溝施作等工建致動工率極低，故鋼板
格打設起至最後一塊閉合單元完成，共計
50日，施工時程詳圖12，惟若採管線進
移方式，耗費之時間、人力、成本更甚。

2. 左營計畫臺鐵隧道JK399+576：本案
由於華南路污水管位於地下8~10公尺均
深，採用連續壁工法施作壁式溝槽，以
克服工址處地下水位之砂管比之深
溝溝施作風險，復因污水管外徑2.0公
尺，管底土方無法用一般MASAGO工法
挖掘，須口管線兩側先挖掘之空腔，側
移MASAGO半挖機，並配以刺式反斗
剷除及特殊高壓水清洗管頭、管側及
管底餘土；又配合連續壁廠商預先寬
3.6公尺，現場整體連續壁施工單元採
電詳圖13。東區特殊單元寬度3.25公
尺，自定位抓掘至抓掘完成連續壁施作不
能斷，預估需3天2夜；由於施工時程較
久，現場施工高特別注意鋼筋保護，整
體施工時程詳圖14、15。

其中鋼筋籠吊放亦為施工重點，
本案特殊單元寬度達3.25公尺，因計鋼
筋籠籠身分為四個單元，利用牽引繩索
將鋼索拉至側側，將管線下方鋼筋籠
單元刺狀定位，再吊放管線左右兩側鋼
筋籠，最後吊放管線上方鋼筋籠後進行
特管管溝置置土，施工時程詳圖
16。

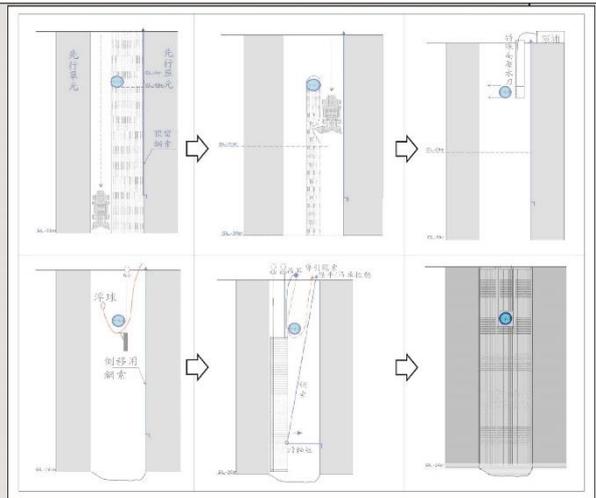


圖15 華南路污水管連續壁特殊單元施作說明



圖16 華南路污水管連續壁特殊單元施作說明

工作項目	單位	日期(日)																										
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
1. 燈架、台燈等檢定安裝	10																											
2. 燈式機架之專業機師操作	6																											
3. 燈式機架(車架)等42吋燈架(元)操作	10																											
4. 主燈機架機架內燈架安裝	2																											
5. 地盤改良	8																											
6. 先行單元(東、西側各2個單元)	8																											
7. 封裝單元(東、西側各1個單元)	10																											

圖17 在樂路水管連續壁特殊單元施工時程

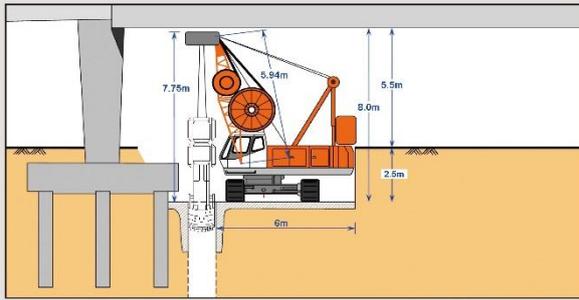


圖18 取高工區淨寬

本特異單元連續壁前近步驟完成後，即分期進行降挖及逐階破除侵入隧道結構淨空之內等預置，兼檢視其整體之完整性。平管頂及管下與連續壁接縫處亦應進行封鎖並加蓋止水環等，後續配合吊掛供排水管，終於順利完成本處管線遷移降挖、支撐及結構牆施工，本案列施工時程詳圖17。

本文二種案例之工法施作視現場需求及邊壁狀態的工作安排，其中最重要的是如何確保壁體土方拆除完全，以及管底下的鋼筋能正確定位，另外在壁體開挖後亦為考慮的焦點，太寬則穩定度不佳，太窄則工作性不佳，經筆者查閱較佳案例經驗原則以不超過10m為度。

參、限高型連續壁施工

於部分橋梁下方地盤壁作業，施作期間難維持橋梁完好，惟因受限現場高度不足，故需將鋼筋籠分為較短的小單元放後以鋼筋接器接續，其工時較傳統型大者增加，而橋下作業之特殊型連續壁機具需具備最小高度需求為8公尺，而一般橋下高度約僅2公尺，淨空不足，因此橋梁下方連續壁作業需配合降挖工法(詳圖18)。

一、機具調整

為因應高度受限條件本案採用B-4抓掘機，配合修改機具包含桁架長度、吊車後端配重移移以符合現場需求、油管及吊車輪軸後移、電力系統修改等。

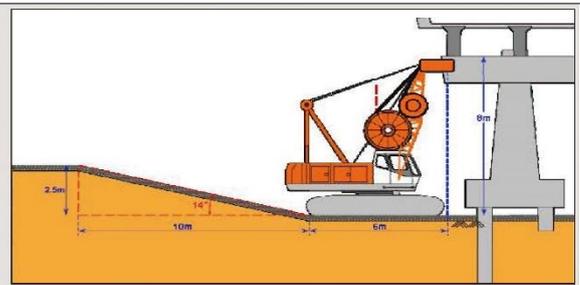


圖19 降挖斜坡剖面圖

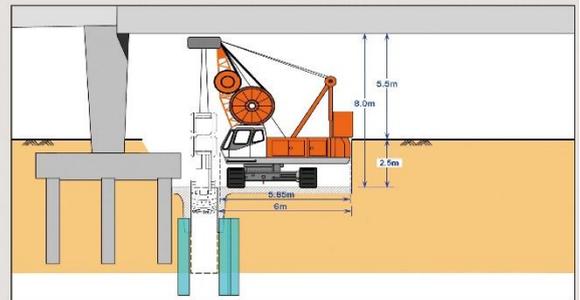


圖20 地盤改良箱作圖

二、假設工程

為限高型連續壁受橋梁下淨空影響需配合降挖且受橋下淨空限制，因此事先規劃相當重要，例如橋下機具作業空間應考慮機具起卸土及吊放鋼筋籠之空間，挖除段運輸動線為安全考量起見，其坡度應有所限制避免坡度過陡，造成吊運鋼筋籠過程中發生傾覆等，均應於施工前評估周詳。

- (一) 下區降挖及斜坡
 1. 構築斜坡供機具進出。

- 2. 限高區各向來向側延伸6公尺為平面後，作為機具作業動線。
- 3. 配合降挖深度，斜坡坡度保持在20°以下，可供鋼筋籠吊運進程，不致發生危險(詳圖19)。

- (二) 邊溝內外側地質改良
 - 1. 現高型單元因施工淨度低、淨空冗長且重型機具緊貼抓掘之構構，為減少壁體坍孔情形，於邊溝內外側下方施作均質改良槽(JSG槽徑φ500mm@40cm、改良深度H=-1.5m~20m)，以利工程順利進行(詳圖20)。

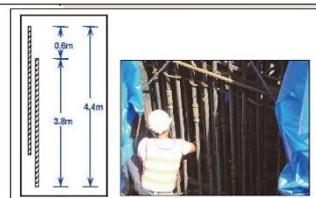


圖21 鋼筋籠製作

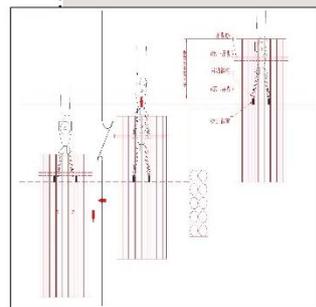


圖22 鋼筋籠吊放

表1 限高型連續壁施工單一覽表

型式	壁厚(M)	管壁長度(M)	單元數	工率(工/單元)	天數(日)
母單元	120	43	7	4	28
公單元	120	43	4.2	6	24
公母單元	120	43	3.94%	1	5
總計					57

編註說明：限高型連續壁之公、母單元以反側向均能施作為始。

另如地質軟弱，建議亦可於連續壁作完後，設置位置原則設於公單元中間，間隔則視公單元現狀寬度而定。

- (二) 棄土處理
 - 1. 連續壁施作時，因BLC-4抓掘機具

法適時，棄土採小型剷土機運至棄土桶後外運。

三、鋼筋籠製作、吊放及搭接

(一) 鋼筋籠製作

本區段連續壁管式壁厚72公分，設計深度45公尺，降挖後鋼筋籠管長度為42.5公尺，鋼筋籠加工場地因運輸線考量，一般設置於降挖區外，以利鋼筋加工作業及運輸，另土於施工高度之限制，鋼筋籠接若採深度接方式，則接時間過長及接續鋼筋使用量與接續時得密不透空，改採單元鋼筋籠全深做式環形接續，本案鋼筋籠施工現場設分為11節10格施作，每節鋼筋籠主筋為3.9公尺，十於錯位50公分，故每節總長度為4.4公尺(詳圖21)。

(二) 鋼筋籠吊放

鋼筋籠於工廠內製作完成後，利用吊車將每節鋼筋籠逐一吊至限高區，限高區內採用吊車或吊車改良型70噸吊車吊放鋼筋籠的機具，70噸吊車在吊放時需依序上第二吊點均為第一吊點，如此可以增加鋼筋長度並減少接續次數，此種施工方式較為繁瑣，但可有效降低施工時間及危險性(詳圖22)。

四、施工工率說明

限高型連續壁工程與一般連續壁施工差異不大，主要差別在於挖除時受場地限制，開挖速率較慢，另在於鋼筋籠吊放時亦受橋梁支撐限制，無法一次吊放，需分節吊放並採鋼筋接器接續；連續壁施作過程為先掘除岩層，原則為24小時連續施作完成，依本案例而言，每單元需高4~5大方可完成，詳如表1，因此施工期間如何控制穩定液品質及溫度，維持壁體穩定至為重要。

肆、既有橫跨鐵路高架橋因應一托底工法

鐵路與市區主要幹道交叉處，因交通量常需採高架橋架跨越通行，橋架基礎係屬於用基樁承載的深基礎，現地下化工程必須穿越該橋架，當遇到原有橋基礎，此時若應用「托底工法」，所謂托底工法而言之為置換原有結構之舊基礎，在不影響到橋架運輸功能與安全下，置換該橋之舊基礎，改或托底版為承在隧道二側的牆壁上等基礎形式支撐。

【案例說明一】

高雄鐵路地下化延伸鳳山計畫之臺鐵隧道於貫穿大橋樑位置，車道約UK408+379，須既有大橋樑橋南側橋墩及基礎衝突(詳圖23、24)，為維持陸橋原有功能，採安全性佳之托底工法；其工法過程係先於人順陸橋下施作取型連續壁，於連續壁上方施作臨時托底鋼架基礎，並配合千斤頂架設撐撐鋼架，將橋梁車輪移至暫撐鋼架後拆除既有橋架基礎及墩柱，

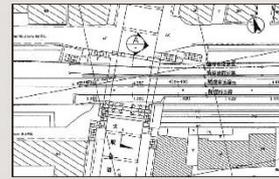


圖23 大橋樑平面圖

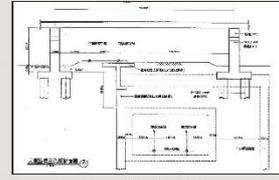


圖24 大橋樑縱斷面圖

再施作托底板並銜接墩柱，最後將橋梁車輪移至托底板後拆除暫撐鋼架。

大橋樑橋底主要施工步驟分為3階段，分別如下：

一、階段1施工順序(詳圖25)

- (一) 工區南側交維改道，架設橋墩托底壁工圍蔽。
- (二) 工區整地，施作鋼板擋土板施。
- (三) 橋下降挖3.8公尺，確保淨高9公尺之限高型連續壁施工空間。
- (四) 橋下地盤區施作限高型連續壁，深度為4.9公尺，寬度1.2公尺。

二、階段2施工順序(詳圖26)

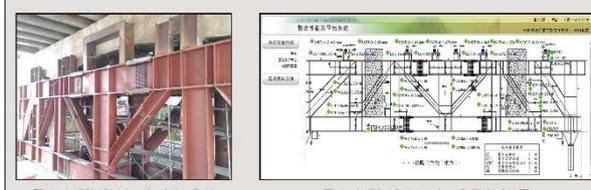
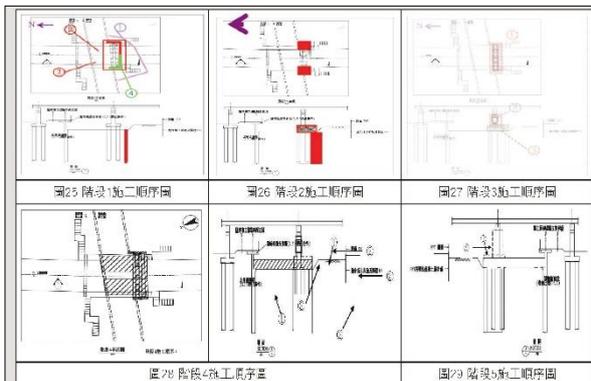
- 1. 施作橋墩東西側連續壁上臨時托底鋼架 <B=920*1200>基礎，以承載橋梁車輪及托底重量(如表2)。

表2 橋墩設計條件表

橋墩設計	原設計詳(噸)	備註
靜載重	1255	垂直向
活載重	212	垂直向

三、階段3施工順序(詳圖27)

- (一) 暫撐鋼架組立、吊裝，環檢鎖同及銜接補強。
- (二) 架設千斤頂(使用4組300T千斤頂及4組200T千斤頂)於橋梁與鋼架間，並作千斤頂前側補強，施加拉壓力頂升，使部分橋車輪移至暫撐鋼架。
- (三) 暫撐鋼架之千斤頂向車道逐定應力時(經結構師檢核，分階段加壓至荷重45%)，即進行舊有橋墩基礎破除，並保留舊者主筋。



四、階段4施工順序(詳圖28)

- (一) 施築托底板(尺寸:寬8公尺*長18~21公尺*高0.6公尺),並預留與墩柱之搭板支撐。
- (二) 暫撐鋼架與托底板間立置垂直支撐鋼板及千頂。
- (三) 千斤頂施加預壓力上升,使部分橋梁載重由支撐鋼板傳遞至托底板。

五、階段5施工順序(詳圖29)

- (一) 綁紮鋼筋後澆柱圓筒,並以壓力灌

漿灌置混凝土連接墩柱。
 (二) 構墩混凝土達到設計強度後,放鬆千斤頂使載重轉由完工之墩柱承載,並拆除暫撐鋼架。
 本工程施工重點主要在於橋梁載重轉移時移至新澆鋼架或托底板是否順利,因此載重傳遞過程監控至為重要,依本案例而言,為掌握托底施工過程中,新撐鋼架與既有橋墩變化情形,於暫撐鋼架架設完成(詳圖30)至千斤頂施加預力前,配合作業工程裝設自動化監測儀器及人工輔助量測測點並建立初始值,透過監測平台系統(詳圖31),可戶電腦或智慧型手機隨時

工作項目	階段(L)	操作天數																					
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	
1. 挖土及圍堰	30																						
2. 圍堰抽水	35																						
3. 托底板架設	15																						
4. 暫撐架設	40																						
5. 當荷載基礎	15																						
6. 澆築托底板並拆除部分墩柱托底板	35																						
7. 澆築墩柱	10																						

圖32 大橋半橋北側各階段操作時間



圖33 大橋中斷架橋橋墩與左側計畫之巨鑽鑽孔引致裂開位置



圖34 大橋高橋架橋完成全貌

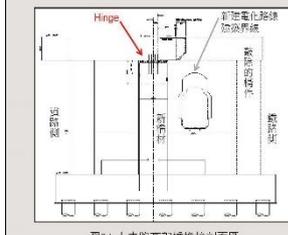


圖35 大橋高橋架橋橫剖面圖

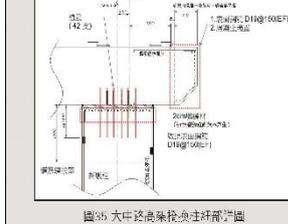


圖36 大橋高橋架橋橫剖面圖

了解相關荷重及變位情形,如有超標等情,立即釐清原因,並採取緊急應變措施,本案例運作延程約需210天,各階段操作天數詳圖32。

【案例說明二】

高雄鐵路地下化計畫之巨鑽鑽孔出土引道段僅剩UK397 I 820與國道8號大中華快捷道路(高雄左營車站與橋頭)之門架式橋墩PI-01相衝突,並且與洲仔內排水水壩(詳圖33),為維持橋樑原有功能,採安全化之換柱工法,於基礎上新增墩柱以支撐原橋樑。

口徑巨鑽鑽孔區可知PI-01橋墩基礎因引進道板深,表PI-01之橋墩不會與巨鑽鑽孔道橋衝突,原有的橋墩可保留。經設計單位依現場評估採門架式橋墩之遷移原柱(遷移側),並將新墩柱與既有橋墩以hinge方式連接(詳圖34~35),俟新墩柱沉後再將原橋樑及墩柱切割及拆除,以開闢鑽孔引進道施工(詳圖36),本案例施工時程詳圖37。

工作項目	階段(D)	操作天數																											
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	
1. 基礎開挖	6																												
2. 基礎由橋墩	18																												
3. 新設墩柱(8*20)尺層	6																												
4. 裝設鋼筋架	4																												
5. 柱柱間收縮再灌	8																												
6. 墩墩及墩柱切割拆除	6																												
7. 墩墩面復原	6																												

圖37 大橋高橋架橋墩柱施工時程

伍、鐵路平交道交通維持

鐵路地下化重要效益其一即為消弭平交道以融合都市之發展,惟平交道處因施工階段不啻妨礙運輸及阻礙橫交之都市幹道進行,故成為瓶頸點。惟施工單位欲將施工階段對平交道之影響降至最低,然緊鄰平交道之車站(或隧道)結構體施作前必須先完成橋上設施(如:連續梁、中隔牆...)及覆蓋板系統,此種作業為地面施工,勢必影響與平交道橫交之都市幹道通行。

因需維持都市幹道順暢通行,於進行橋上設施及覆蓋板系統施作時採用「半半施工」作為解決方案,於橋路平交道進行半半

施工與一般市區道路不同處,以高雄鐵路地下化延伸鳳山計畫之正義路平交道半半施工為例,簡述如下:

- 一、鳳山計畫之正義路平交道(里程約UK409+920)位於都市開發較早區域,平行鐵路之周邊道路為寬度6公尺以下之狹道,並且足夠深可提供道路轉向。
- 二、正義路為高雄與鳳山地區銜接交通幹道之一,平交道過往車輛交通量甚大,因此為維持民眾車輛通行使用,採用半半施工,分二階段進行交迭並於交迭期間完成道路範圍之維護及覆蓋板後,始得進行下一

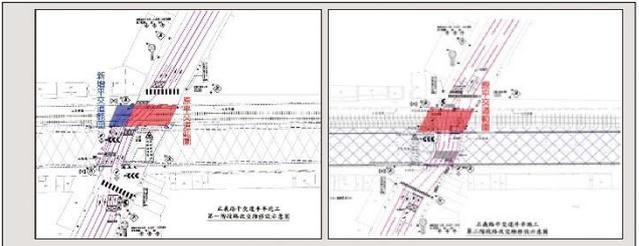


圖42 平交道半半施工交迭移設圖

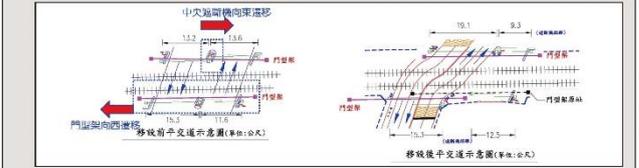


圖43 平交道第一階段移設示意圖

階段交迭。前兩階段主要配合半半施工進行改造,第三次則進行道路修復作業,各階段施工現況詳圖35~41。

三、本案例於施工前依照現況提撥改造計畫重送高雄市道路交通安全委員會綜合管考小組(簡稱管考小組)進行管考,亦核配合改造交迭計畫(詳圖42);另因平交道寬度不足以提供半半施工所需,為維持既有車行路寬需增建平交道範圍(於切換前安裝額外平交道板),以提供車輛改道所需。

四、本案例於交迭各階段移設為避免影響民眾白天通行,均於事前妥善規劃,利用一晚時間進行移設(原則為晚間十時至次日上午八時),當晚施工重點說明如下:

- (二) 於交迭期間除蓋設板施修移設外(詳圖44~45),尚有道路改造澆置青澆土刨鋪及導線繪製作業(詳圖46~47),以正義路平交道第一階段為例,當晚各



圖38 正義路平交道區新



圖39 第一階段交迭



圖40 第二階段交迭



圖41 修復完成

