

無震動低噪音鑽石鍊鋸工法應用於營運介面連續壁破除

莊建忠¹ 葛博淵²

摘要

捷運新莊線CK570A區段標 [忠孝新生站 (O13/BL9)] 新建工程與營運中南港線忠孝新生站 (BL9) 交會，在進行結構體連通施工於已營運車站既有連續壁敲除作業進行時，因連續壁內埋有密集之巨大H型鋼，若採用傳統之機具直接敲除作業，則將造成營運車站有噪音、粉塵及振動等環境污染，影響民眾搭乘捷運之品質，甚或可能因振動之傳遞，影響捷運系統監測儀器之判讀，造成停駛之危機。

本文就臺北捷運工程第一次引進使用之重型切割系統『鑽石鍊鋸切割工法』施工經驗分享，並提供未來捷運工程在已營運車站大範圍施工做為參考以確保民眾搭乘捷運之品質及安全達成安全、快速、無污染之目的。

關鍵詞：交會車站、鑽石鍊鋸、切割工法

Adoption of Diamond Chain Cutting Method for Demolishment of Existing Diaphragm Wall

Steve Juang¹ Bo-Yuan Ger²

Abstract

The Xinzhung line's contract CK570A, which is under construction, will meet the Nangang line where Zhongxiao Xinsheng Station is already in operation. Due to the existing diaphragm wall having huge H-Beams distributed densely throughout, if traditional demolition methods were used on the existing structure it may bring about non-environmentally friendly pollution, such as noise, dust, vibration etc, which could impact on the service quality of the MRT, or even worse, it may interfere with system monitoring instruments and lead to the system's shutdown.

This article introduces the “Diamond Chain Cutting System” initially adopted in the construction of the Taipei MRT, and shares construction experience for future MRT construction implementation on stations currently in operation, in anticipation that the construction method can contribute to ensuring the general public's safety so as to reach the goal of building a safe, fast and environmentally-friendly MRT system.

Keywords: intersectional station, Diamond Chain Cutting method

1 臺北市政府捷運工程局南區工程處工務所主任

2 中華工程公司 捷運新莊線CK570A區段標專案經理

steve@trts.dorts.gov.tw

GBY@ms96.url.com.tw

一、前言

臺北都會區大眾捷運系統工程於民國76年如火如荼展開，將國內工程帶入另一個新紀元，歷經20載的辛勤耕耘，從無到有，終於一條條捷運路線陸續完工通車了。目前營運中之捷運路網包括木柵線、淡水線、新店線、中和線、南港線、板橋線、小南門線及土城線等。由於臺北捷運系統的興建，有效提昇臺北都會區大眾運輸服務，市民生活環境品質及作息亦隨之脫胎換骨，創造出更適合居住之城市。

捷運新莊線為後續路網目前正興建中之路線，預計於民國99年通車營運，而CK570A區段標工程 [忠孝新生站(O13/BL9)] 則為新莊線與南港線之交會車站，完工後可有效舒解目前淡水線臺北車站擁擠之轉乘人潮，進而更加提昇大眾運輸服務品質及功能；而南北向之新莊線位於東西向之南港線下方，由於南港線已於89年底全線通車，因此新莊線忠孝新生站(O13/BL9)之興建過程中，對營運中站體之營運品質與安全維護，亦為施工之重要課題。



二、工程概述

本標施工範圍西起信義路CK570H東門站 (O14/R10) 施工標，沿信義路往東至與新生南路交叉路口後，北轉新生南路至忠孝東路口光華橋引道起點之忠孝新生站 (O13/BL9) 止，與CK570B施工標潛盾隧道相接，全線長約1,164公尺，包含兩條長831.9公尺 (上行線)及818.2公尺 (下行線) 之鑽掘隧道及一座約170公尺長的明挖覆蓋O13/BL9車站，以及與車站銜接共構之橫渡線明挖覆蓋隧道，長約169公尺。本標主要工程項目及規模如下：

(一) 忠孝新生站 (O13/BL9) 土建工程

忠孝新生站 (O13/BL9) 位於新生南路一段，濟南路至忠孝東路間道路下方，為一地下三層島式月台車站，與捷運南港線BL9車站呈十字交會。車站長約170.0公尺、寬度由26.5公尺漸變至35.4公尺，開挖深度約25.5公尺，採用明挖覆蓋半逆打工法施工之箱型結構。



(二) 橫渡線

位於新生南路一段與濟南路交叉路口，北端與忠孝新生站 (O13/BL9) 銜接，為一明挖覆蓋隧道，長約169.0公尺，寬度由19.1公尺漸變至26.5公尺，開挖深度約25.2公尺，採用明挖覆蓋順打工法施工之箱型結構。

(三) 潛盾鑽掘隧道

西起CK235標東門站 (O14/R10) 東端，沿信義路往東行後轉北沿新生南路至忠孝新生站 (O13/BL9) 止，為兩條單向潛盾鑽掘隧道 (內徑5.6公尺)，上行線長831.9公尺、下行線長818.2公尺，合計長約1,650.1公尺。

(四) 三處車站出入口 (A、B1、B2)。

(五) 二座通風井 (X、Y)。

(六) 捷十四聯合開發工程。

(七) 車站及橫渡線上方之現有瑠公圳雙孔排水箱涵改建。

(八) 受施工影響之建築物及結構體保護。

(九) 現有管線、排水設施之保護及暫時或永久性遷移。

(十) 交通維持、臨時交通覆蓋板、道路鋪面及復舊工程。

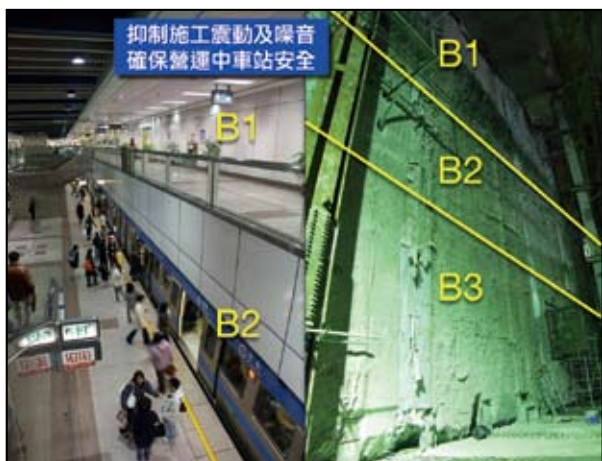
由於本標主體工程範圍正位處於臺北市新生南路一段上，因該路段舊時為大臺北地區用於農業灌溉用幹線之瑠公圳，現已改建成為每孔內部淨空為高3.5寬4.6公尺之雙孔排水箱涵，加上須穿越營運中之捷運南港線忠孝新生站 (BL9) 等工程特性及困難點，經施工團隊 (業主、監造、設計顧問及施工廠商) 之腦力激盪及環境分析，發現本工程除具備多項工程特性外，更存在更多之危險因子及作業環境，須藉由施工團隊共同協力解決，除確保工程施工品質外，更須特別注意危險因子之處理及防範，確保營業車站之營運及民眾搭乘捷運之品質及安全。

在眾多之危險因子及作業環境下，本次僅針對捷運系統交會車站之新建工程施工對營運中站體之營運品質與安全如何考量及維護加以探討及



敘述，相關主題如下所示：

1. 瑠公圳排水箱涵遷建改道工程：過程中若施工不慎，於縮減流水斷面積作業時，若遇豪大雨時，箱涵無法宣洩，可能造成區域性淹水，進而使營運車站有淹水之疑慮。
2. 車站站體結構採半逆打工法：須與營運中站體頂版銜接，若施工不慎，亦可能造成營運車站有淹水之疑慮。
3. 營運車站之防洪措施及既有連續壁鑽石鍊鋸切割工程：營運車站B3預留層結構，與本工程軌道層相通，未免因豪大雨萬一造成本工程淹水時，水流藉由BL9站之管線開口等進入營運車站，造成捷運系統停擺；另因營運車站當初規劃與本工程相通界面，採用連續壁(1.2公尺厚)施工，作為保護及加強結構安全措施，並於連續壁內埋有間距2公尺之1000 × 500 × 30 × 48mm H型鋼，於連續壁敲除時，將產生巨大噪音及振動，影響民眾搭乘捷運之品質，甚或因振動造成捷運系統停駛。



三、既有連續壁鑽石鍊鋸切割工程

有關營運中車站既有連續壁敲除作業，因連續壁內埋有間距2公尺一支之1000 × 500 × 30 × 48mm H型鋼，若採用傳統之機具直接敲除作業，則將造成營運車站有噪音、粉塵及振動等環境污染，影響民眾搭乘捷運之品質，甚或可能因振動之傳遞，影響捷運系統監測儀器之判讀，造成停駛之危機，故施工團隊為能減少或避免上述相關影響及干擾程度，邀集相關專業廠商研討，是否有先進之工法可引用，以達成安全、快速、無污染之目的；歷經傳統敲除工法、水刀切割、水鑽排孔、盤鋸及鑽石鍊鋸等各種技術之探討後，認為因連續壁內埋設有巨大之H型鋼，水鑽排孔技術雖然可將鋼筋切割，但無法切割H型鋼；盤鋸技術雖然可切割H型鋼，但施工效率不佳，且耗損率大，更無法切割深度大於73公分者，不符需求，故最引進重型切割系統『鑽石鍊鋸切割工法』，此工法為臺北捷運工程第一次引進使用，以確保營運車站之民眾搭乘品質及安全，茲將『鑽石鍊鋸切割工法』簡易介紹及於本工程之應用狀況說明如下：

切割種類比較 - 參考指數

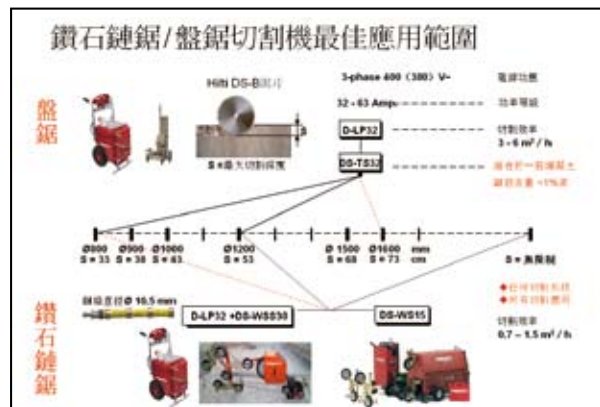
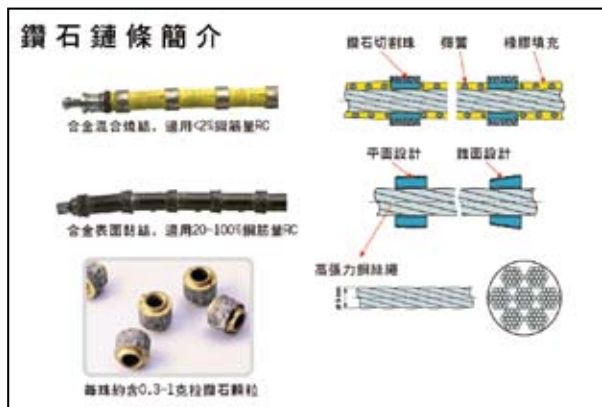
評測項目	人工(機械)鑿除	水鑽排孔	盤鋸	鑽石鍊鋸
施工效率	?	0.2 m ² /h	3-5 m ² /h	1-2 m ² /h
主要耗材成本	?	+	+	++
可切斷鋼筋	no	yes	yes	yes
可乾式切割	yes	no	no	yes
噪音等級	100 dB (A)	90 dB (A)	90 dB (A)	79 dB (A)
精確度	± 15.0 cm	± 5.0 cm	± 0.5cm	± 1.0 cm
產生震動	有	無	無	無
最佳切割深度	≤ 0.5 m	≤ 1.0 m	≤ 0.5 m	≤ 3.0 m

1. 無震動直線切割技術介紹

無震動直線切割新技術有兩種，包括盤鋸及鑽石鍊鋸工法，兩者均兼具快速、安全、無震動之特性，對結構體無破壞現象，且切割完成面呈一直線，可免除後續之修補作業，更較傳統人工或機械敲除產生之噪音、粉塵等污染大幅降低，對一般較大體積之鋼筋混凝土切割，可大幅減少施工時間，並確保施工界面之精準，故兩種先進技術可說是工程界之一大福音。

無震動直線切割工藝和傳統施工方法的比較：

	無震動直線切割工藝	傳統敲型(盤破機)工藝	鑽石鑽排孔工藝
施工效率和速度	切割速度快，1台專業切割機相當於15-20台水鑽排孔的速度。	施工速度慢，完全靠人工敲除。	施工速度快但傳統敲型工藝，很難估計專業切割機的速度。
施工安全性	經過合理的計畫以及完善的施工方案制定，沒有安全隱患。	係屬土法非專業，大塊結構土掉落，對施工人員和周圍環境有極大的安全隱患，一般難預計開工場地。	無此類非專業開挖後導致內芯大塊結構土的掉落，對施工人員和周圍環境有安全隱患。
對結構影響	切割是一體切割，無震動的施工方式，對結構沒有任何破壞。	過多的敲擊會造成結構的歪斜或局部結構的破壞，極易產生裂縫，對結構造成永久性的損壞。	此種孔排對結構沒有震動破壞，但此種工藝一般難達到切割面(崩裂)，在該點處理時也會對結構造成震動破壞造成隱患。
後期修補	無需後期修補，直線成型。	需要開挖剩餘工作，後期整平工作。	需要大量後期整平工作
環保、噪音、粉塵	無粉塵、無噪音。	大震動、大噪音、大粉塵。	大噪音、震動和粉塵(在該點開挖時)



由於兩種技術工法中，盤鋸有其限制，最大僅能將鋸盤製作為直徑160公分，故其最大切割深度僅有73公分，且試用於鋼筋混凝土之鋼筋含量比為小於1%者，若鋼筋含量較高者，其切割功率將大幅縮小，不符合經濟效益；本工程需敲除之營運中車站既有連續壁，因內含巨大之1000 × 500 × 30 × 48mm H型鋼，估算其鋼筋混凝土之鋼筋含量比為12%左右，為一高含量結構體，目前僅有鑽石鍊鋸切割工法可引用。



2. 鑽石鍊鋸切割工法技術介紹

『鑽石鍊鋸切割工法』之施工特性為施工安全、無震動，對於要保留的結構部分無破壞及影響，施工過程產生之噪音相當低(約73dB)，較盤鋸或水鑽排孔工法更具低噪音特色，且施工過程不產生粉塵，對環境干擾降至最低。且由於施工快速，有利於相關工程進度掌控，而多樣性的鑽石鏈條可供選擇，更能應付各種須切割之基材，包括高鋼筋含量的混凝土基材(最高20~100% steel)，甚至可切割純鋼結構。

鑽石鍊鋸切割工法之切割原理，係利用鑽石鏈條裝設在預定路徑，藉由專業鏈鋸切割機的動力牽引及引導，達到切割鋼筋混凝土之目的。

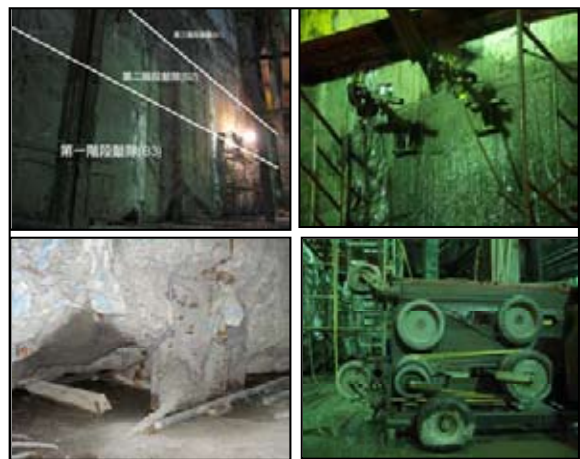
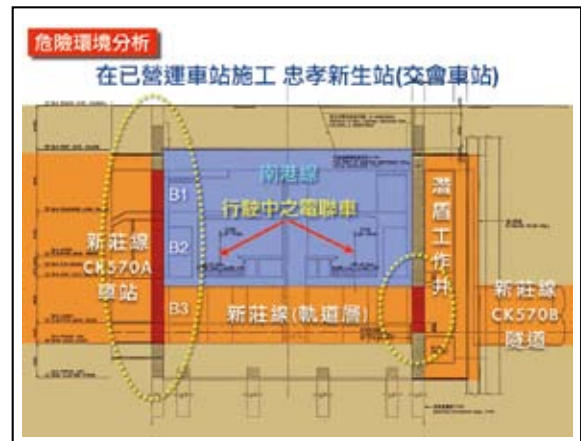
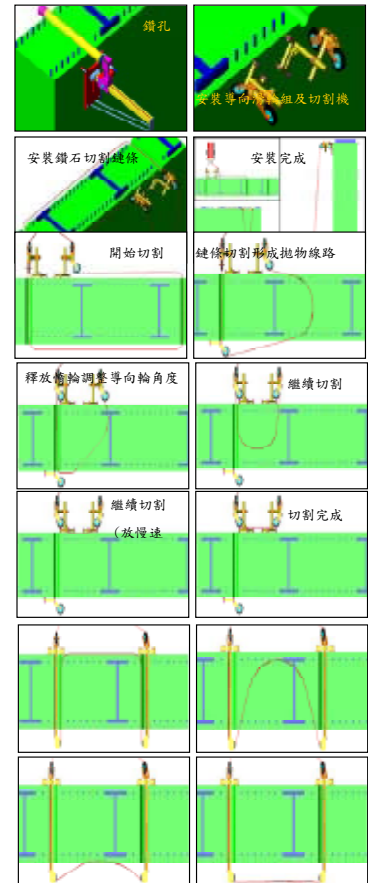
其整體設備組成相當簡單，包括四大要件，分別為提供切割動力及鍊條收納之鍊鋸切割機、切割機控制台、切割導向滑輪組及合金混合燒結或合金表面黏結之鑽石鍊條，藉由高硬度之鑽石鍊條磨擦混凝土及鋼筋(甚或型鋼)達到切割之目的。

本工法之主要切割功效及關鍵在於鑽石鍊條之作用，而鑽石鍊條依需要切割結構體之鋼筋含量比有五種鍊條型式可供選擇；鍊條之中心主體為一 $\phi 5$ mm之高張力鋼絲繩，再分別將人工鑽石利用合金混合燒結或合金表面黏結方式製作而成，並以顏色加以區分，其最低等級(硬度最低者)適用於鋼筋混凝土之鋼筋含量比為2%以下者，為黃色鍊條；黑色鍊條則為硬度最高之鍊條，其適用於鋼筋含量比為20~100%之鋼筋混凝土或純鋼材結構。

本工法之主要施工步驟如下所述：

- (1) 鑽孔：在切割路徑上，使用鑽石鑽孔機，配合適當的鑽石鑽頭，在切割分段點(間距3公尺)鑽孔，以利鑽石鍊條穿過。
- (2) 安裝切割導向滑輪組、切割機及控制台。
- (3) 安裝鑽石鍊條，鍊條視切割及收納之需求，可續接延長，較無長度限制。
- (4) 設置冷卻灑水裝置，並設置安全區域警戒線，避免萬一鍊條斷裂，造成人員受傷或機具受損。
- (5) 確認所有安裝點後起動鍊鋸切割機，開始切割，並於切割時適時調整導向輪方向及鍊條之縮減。
- (6) 於切割快完成貫穿時，控制放慢切割速度，避免貫穿時，造成機具受損。

上述施工步驟為欲切割之結構物其雙面均是人員可到達之作業環境，可進行導向輪及惰輪之



安裝施工，但若欲切割結構物僅有一面人員可到達，而另一面為密閉空間或是土體，人員無法進入作業之時，亦開發相關對應之切割工具及反向切割方式，不同之處簡述如下：

- (1) 完成鑽孔及切割導向滑輪組、鍊鋸切割機及控制台。
- (2) 安裝鑽石鍊條時，藉由插入式導向輪安裝鍊條。
- (3) 完成冷卻灑水設備及警戒後，開始反向切割，並於切割時適時將鍊條縮減，以確保切割力量之傳遞。

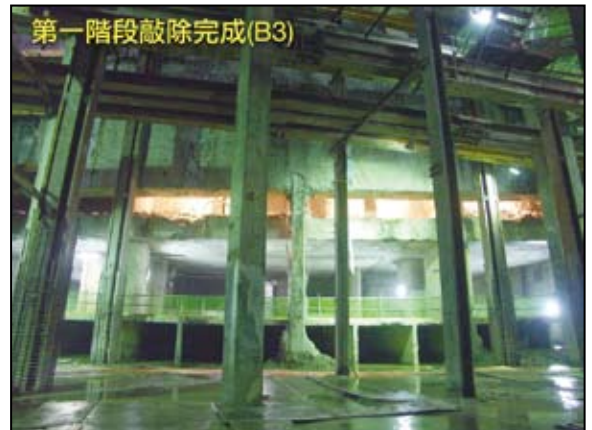
3. 鑽石鍊鋸切割工法於捷運新莊線CK570A區段標之應用

捷運新莊線CK570A區段標忠孝新生站完工後為板南港與新莊線之轉乘站，將可有效疏解目前臺北車站擁擠之轉乘人潮，故本工程須將當初南港線作為擋土支撐之南、北兩道連續壁敲除，與本工程站體相銜接，須敲除之連續壁每道厚度為1.2公尺，高度為25公尺，長度為36公尺，數量相當龐大且艱鉅，更因連續壁內埋伏有間距2公尺一支之 $1000 \times 500 \times 30 \times 48\text{mm}$ H型鋼，每道連續壁有19支H型鋼，故施工團隊除積極尋求先進工法以利工程進展，另一方面亦藉由變更程序，減少北端潛盾工作井之敲除範圍，以縮短對營運車站營運品質及安全之影響程度及時間。

施工團隊考量後，決定引進唯一可切割型鋼之『鑽石鍊鋸切割工法』，以達成上述目的，更可有效降低噪音、粉塵及振動之干擾及污染，可謂一舉數得。

但由於鑽石鍊鋸切割工法之施工單價甚高，為免花費過鉅，造成成本負擔，採用最經濟之切割路線，將南端連續壁切割配合工程進度，分三階段切割及配合機具敲除作業方式進行，分別說明如下：

- (1) 第一階段切割與敲除：因營運車站其軌道層（月台層）與本工中間層有結構牆隔離，配合破碎機可敲除之高度及支撐系統之限制，



顯著效益							
連續壁敲除噪音統計表							
測定位置	機種	施工段上	軌道層		捷運站月台層		噪音管制值(白天)
			鏈鋸切割	破碎機敲除	鏈鋸切割	破碎機敲除	
環境噪音	65-68dB	68-71dB	無施工狀態65dB		無列車停靠57dB 列車進出站76dB		—
施工噪音	—	—	70-73dB	一般 98dB 靜音 92dB	57dB (行車 76dB)	下半段 65dB 上半段 78-82dB	80-100dB

故第一階段將切割範圍設定於中間層版上方，以利中間層版施築，於相關防洪措施完成後，以鑽石鍊鋸切割成門型後，但為免切割後連續壁下滑之危害，於中間及兩側處之H型鋼保留不切斷，作為支撐上方連續壁用，再以破碎機敲除，因鑽石鍊鋸已將H型鋼及混凝土切斷，故以機械敲除時將不會產生振動之傳遞，僅有噪音干擾，為降低噪音污染，並採用低噪音之破碎頭，以確保營運車站之搭乘品質及安全，經施工團隊於連續壁切割及敲除時，於鄰近相關地點實地量測及感受噪音之結果，均無超過噪音管制標準，且與電聯車進站之音量差不多，噪音干擾非常小。

- (2) 第二階段切割與敲除：於完成中間層樓版後在進行第二階段之切割與敲除作業，本次切割範圍設定於穿堂層版上方，以利穿堂層版施築，因營業中車站於穿堂層與本工程間並無結構牆阻隔保護，目前僅為瑤瑤版裝飾分隔，故須特別注意洪水之危害機會。
- (3) 第三階段切割與敲除：於完成穿堂層樓版後，再進行第三階段之切割與敲除作業，因於逆打頂版施作時，已將上方之連續壁敲除，故本次僅須切割兩側之連續壁結構，且因已完成逆打頂版結構，故高度受限，無法以大型機械敲除僅能再以小型機械敲除。

至於北端潛盾工作井部份之既有連續壁，因已變更成僅須敲除軌道層電聯車通行及通風設備安裝所須之區域，故亦採用鑽石鍊鋸切割工法，直接切割所需之空間，以縮短對營運車站之干擾及危害時間。

四、結論

捷運新莊線CK570A區段標 [忠孝新生站 (O13/BL9)] 新建工程與營運中南港線忠孝新生站 (BL9) 交會，為臺北捷運第一次引進使用之重型切割系統『鑽石鍊鋸切割工法』施工，有效降低營運車站有噪音、粉塵及振動等環境污染，確保營運中南港線忠孝新生站民眾搭乘捷運之品質及安全，達成安全、快速、無污染之目的。本工程所引用之特施工法，除確保施工品質與安全維護，更以顧客為導向的管理模式，開創安全第一、品質優先的新紀元。

參考文獻

1. 捷運新莊線CK570A區段標工程契約書
2. 捷運新莊線CK570A區段標工程CK236土建標逆打頂版施工計畫書
3. 捷運新莊線CK570A區段標工程CK236土建標瑤瑤公圳排水箱涵遷建施工計畫書
4. 捷運新莊線CK570A區段標工程CK236土建標既有連續壁鑽石鍊鋸切割施工計畫書