

營運中鐵路工程臨軌作業及施工程序管制措施 研析探討

Study and Analysis of On-Track Operations and Construction Procedure Control Measures for Ongoing Railway Engineering Projects

運輸工程及海空運組 陳俊斌、林育昶

研究期間：民國 113 年 1 月～12 月

摘 要

臨軌施工與列車行車安全密切相關，施工程序稍有不慎即可能導致事故發生，為探討臨軌施工作業影響列車行車安全之重要性，本研究除針對國內 4 起臨軌施工事故案例進行分析外，亦蒐集國內外臨軌暨鐵道施工工法等相關文獻，以釐清臨軌作業相關施工程序。本研究並針對交通部鐵道局提供之 107 年 6 月至 112 年 12 月共 70 起事故事件資料進行態樣分析，並研提可能之改善建議，期能降低臨軌施工對行車運行之風險，確保營運中鐵路工程之安全與效率。

關鍵詞：

鐵路臨軌施工工法、施工管制程序

營運中鐵路工程臨軌作業及施工程序管制措施 研析探討

一、緣起

臨軌工程具有施工範圍受限、施工中須維持鐵路正常營運與安全、確保鐵路沿線管線功能正常，及多以夜間封鎖斷電施工等特性，綜合概括其特點為高風險、高技術、高效率。

囿於臨軌工程施工場域之限制及變異性極多，如同其他公共工程般，應由施工廠商依現地條件，規劃確保安全之安全衛生管理措施、假設工程甚至引進新型施工法，本研究探討國內外臨軌工程施工工法及臺鐵相關案例。

二、臨軌暨鐵道施工工法簡介

2.1 臺灣

2.1.1 臨軌施工工法

1. 抱枕工法：係以工程梁等臨時結構物支撐既有鐵路，再進行鐵路下方設施改建之工法，亦有稱作特殊工程梁工法，該工法之特點在於僅需要利用夜間列車停駛時間，快速架設工程梁，隔日即可恢復列車通行，並同時進行梁下箱涵等結構體之開挖施作，將對於鐵路行車之影響降至最低。進行鐵路改建工程時，必須維持既有鐵路運行，而部分改建項目需穿越既有鐵路下方，此時可採用抱枕工法施作。



圖 1 抱枕工法施作示意圖

資料來源：【1】

2. 托底工法：在都會區執行鐵路地下化工程，難免遇到橫跨鐵路之橋梁，由於該等跨越鐵路之高架橋多屬重要交通幹道，施工期間無法中斷橋上交通，因此必需採用保留橋梁上部結構，改變下部結構之托底工法，以調整該橋墩基礎，使得橋墩基礎所承載之荷重轉換至隧道連續壁上(托底連續壁深度達礫岩層或岩盤之承載層)以確保橋梁結構安全。



圖 2 南港專案東新橋北墩柱托底施工照片

資料來源：【1】

3. 側推工法：該工法係由南迴鐵路上的新北勢溪橋新建工程採用，主要是受用地範圍及枋寮站進站道岔線形限制，若採以往在舊橋旁新建臨時軌的方式，還得要徵收土地，故改採此工法，該工法係先在營運軌道旁的北勢溪河床上，架設臨時鋼構便橋及暫撐座，鋼便橋主要做為運輸動線及材料堆置，再將鋼構件吊裝於暫撐座上組裝，全部完成後拆除舊橋，將完成的新橋側推 8.12 公尺到舊橋位置。

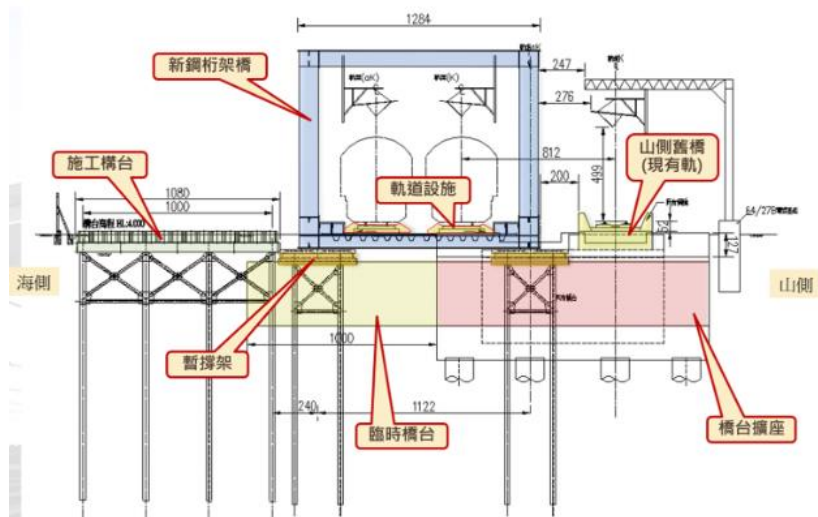


圖 3 側推工法

資料來源：【2】

4. 預組鋼筋籠工法：鐵路高架橋墩柱因土地利用及徵收問題，往往只能緊鄰營運鐵路旁施工，以傳統墩柱施工方式，由於現場墩柱鋼筋因綁紮時間冗長，相關工程構件採用預組施工方式，可減少勞工處在感電、墜落等高風險施工環境之時間，該工程橋梁墩柱鋼筋採用該種方式，將箍筋架先於鋼筋工廠加工，以 6~7 層箍筋為單位，搭接處、角隅處等並以點焊固定後，載運至工區以分塊吊掛組裝方式施工，再於現場將主筋逐一穿過各區塊，即可完成墩柱鋼筋綁紮作業。



圖 4 預組鋼筋籠工法

資料來源：【3】

5. 明挖覆蓋工法：臺鐵高雄地區地下化工程之地下車站採此種工法，係由地面直接向地下開挖至所需深度再施築結構體，完成後再覆土至地表之施工方式，由開挖至覆土過程中，則須配合各種設備及支撐方式，以維護施工中安全。

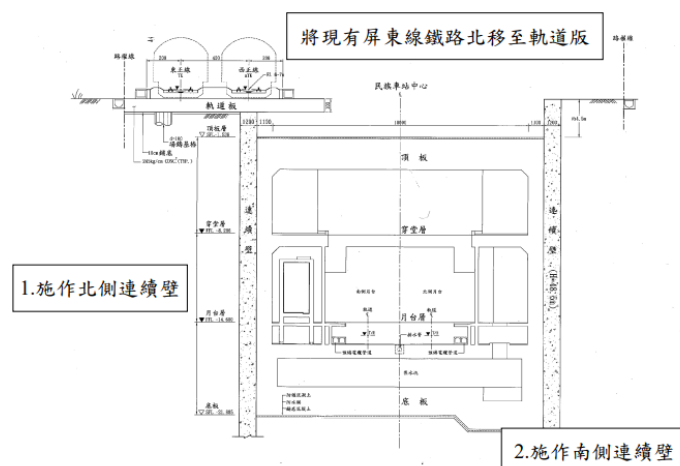


圖 5 臺鐵民族車站明挖覆蓋工法

資料來源：【1】

2.1.2 鐵道施工工法

1. 全跨預鑄吊裝工法：全跨預鑄吊裝工法是在預鑄廠內生產全跨箱型梁後，以廠區內吊梁設備將箱型梁吊至運梁車上，同時利用已吊裝完成之橋面運輸箱型梁，然後以吊梁工作車將箱型梁吊置於墩柱墩帽上，箱型梁定位完成後，再將吊梁工作車移至下一跨並重複吊梁作業。預鑄工法一般而言有減少工期，及降低現場施工人員職災風險等優點。



圖 6 高速鐵路路線結構工程 C280 標

資料來源：【1】

2. 支撐先進工法：支撐先進工法是將系統模板組立於可以前進移動的主鋼梁上，然後依序進行鋼筋綁紮、預力鋼腱配置、內模安裝及混凝土澆置，並於混凝土養護達到所需強度後進行預力施拉，而完成跨箱型梁的施工。再利用支撐托架上所設置的齒輪與油壓千斤頂組成之推進設備，將整組主支撐鋼梁及系統模板推移至下一橋跨，如此逐跨施工直到整座橋梁完成。



圖 7 高速鐵路路線結構工程 C215 標

資料來源：【1】

3. 場鑄懸臂工法：場鑄懸臂工法是從橋墩柱兩側架設工作車，以每節 2.5 至 5 公尺長之懸臂節塊，在工地就地澆置混凝土後，施拉預力鋼腱連接節塊，再推進工作車，施築下一節塊，如此逐節施作及推進至跨徑中央或邊跨，施作閉合節塊與施拉連續鋼腱預力，完成橋面接合。



圖 8 高速鐵路路線結構工程 C220 標

資料來源：【1】

4. 節塊推進工法：本工法之箱型梁是由數個節塊連續組成，節塊推進工法於高鐵工程僅 C260 標採用，施工順序為每跨 30 米分兩次澆置，每四跨組成連續梁，全部推到位後再依每四跨預留切斷位置往回拉出伸縮縫及作四跨連續梁預力穿線施作。



圖 9 高速鐵路路線結構工程 C260 標

資料來源：【1】

5. 引進日本相關施工工法

(1) 雙孔潛盾工法(DOT)：由於傳統隧道挖掘之單圓潛盾工法，每次僅鑽掘單一隧道，且隧道間尚須施作聯絡通道，工期較長且風險較高；國內機場捷運隧道(三重至臺北段)須於淡水河下設置穿越隧道，為降低施工風險及困難而引進日本 DOT 工法，除可減少施工時程外，特性如下：

- A. 兩股隧道寬度較小且連結成一體，可以節省地下空間，並採用特殊環片取代施作聯絡通道，免除聯絡通道之施工風險，節省工程費用。
- B. 隧道斷面較小，所須徵收土地範圍較少，挖棄土量少，工作井的地盤改良範圍減小，灌漿量降低。



圖 10 雙孔潛盾工法(DOT)

資料來源：【4】

- (2) 竹削工法：臺灣地區坡地面積大且地形陡峭，橋梁工事經過山坡地是不可避免的，橋梁於邊坡施工時，將會面臨施工空間受限、現地支撐不易以及基礎開挖困難等挑戰，為避免大量開挖並提高施工安全性及減低對工址環境衝擊，桃園國際機場捷運工程在國內首度採用日本所開發之新技術—竹削工法，該工法係因其形狀與竹子斜切斷面相似而得名，可克服傳統式邊坡保護的不適性，尤其適用於都會區之丘陵地形。基礎開挖採用竹削型開挖擋土結構，施工時不需大型機具，以最小範圍進行開挖作業，可降低擾動範圍。



圖 11 竹削工法

資料來源：【1】

(3) 壓入式沉箱工法：主要施工原理為分層施築混凝土箱體結構後將箱體內土方開挖，再配合地錨及千斤頂將箱體結構壓入土層：

- A. 施工中：作為擋土主要措施，以確保施工安全，避免鄰近建物或重要設施沉陷，如此反覆至預定深度後再施築潛盾聯絡通道或是地下結構體。
- B. 完工後：將作為通道的一部分。
- C. 工法引進：主要由日商清水營造公司首次於 2006 年引進技術，並分別於「臺北捷運蘆洲線 CL700A 區段標工程」、「臺北捷運松山線 CG590A 區段標工程」、「萬大-中和-樹林線(第一期)」等工程聯絡通道施工採用。

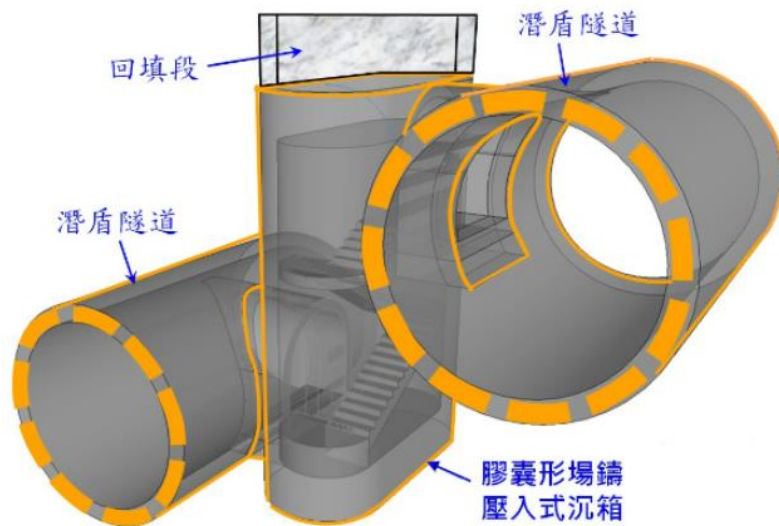


圖 12 壓入式沉箱工法

資料來源：【5】

2.1.3 臨軌施工監測作為或輔助系統

1. 軌道沉陷監測：緊鄰營運中鐵道施工，尤應注意施工過程中，是否對鄰近既有設施(包括軌道路基、號誌、纜線等)造成影響；且在列車高速行駛下，軌道發生沉陷或位移，皆可能造成重大公共危險，故施工中軌道沉陷監測亦為相當重要課題。

- (1) 沉陷釘工法：將觀測點設置於既有軌道之軌枕上，先埋設沉陷釘，再運用水準儀定期量測高程，以確認軌道是否沉陷，於傳統軌道監測經常使用。但因軌道白天需維持列車營運，為確保列車營運及工作人員安全，工作人員必須利用夜間列車停駛期間，完成斷電封鎖後方得進入軌道區域量測，常無法滿足全時段或緊急狀況下所需之即時觀測。



圖 13 沉陷釘工法

資料來源：【3】

- (2) 菱鏡貼片工法：於半阻隔施工圍籬外側，架設全測站經緯儀，觀測預先佈設於鐵軌上之菱鏡貼片，以監測不同時間之高程差，達成與水準儀觀測沉陷釘工法同樣之監測效果。安全性上因可於軌道外監測軌道沉陷狀況，可避免監測人員進入軌道，提升監測時之安全性，且避免僅限才能夜間進行軌道監測作業之情形，於突發狀況或是其他緊急需求時均可進行軌道沉陷監測。



圖 14 菱鏡貼片工法

資料來源：【3】

- (3) AI 電子圍籬：將具有影像辨識系統之 AI 電子圍籬設置於臨軌側圍籬旁，24 小時全程監看，此系統利用 AI 建立異物模組，透過視覺型演算法分辨異物侵入鐵路，當異物入侵鐵路時，現場將即時啟動警示燈及蜂鳴器，裝置於圍籬上的警報系統發報含異物種類及影像之信號至接收端，並推播 Line 群組通知，主控室亦出現警報訊息及影像記錄等供有關人員判釋即採取行動，達到降低事故的發生率。



圖 15 AI 電子圍籬

資料來源：【3】

- (4) 異物侵入、落石與邊坡地滑偵測告警系統：台灣高鐵建置之異物入侵偵測系統，可偵測路線上方有公路交會處可能掉落之公路車輛、隧道出口上方及路塹邊坡處之落石，若偵測裝置偵測到邊坡產生滑動或有土石流狀況時，會立即傳送告警訊號至列車自動控制系統(automatic train control, ATC)道旁設備，ATC 道旁號誌設備會使該軌道電路與其相鄰軌道電路設定臨時速限為 0，並發送給列車。

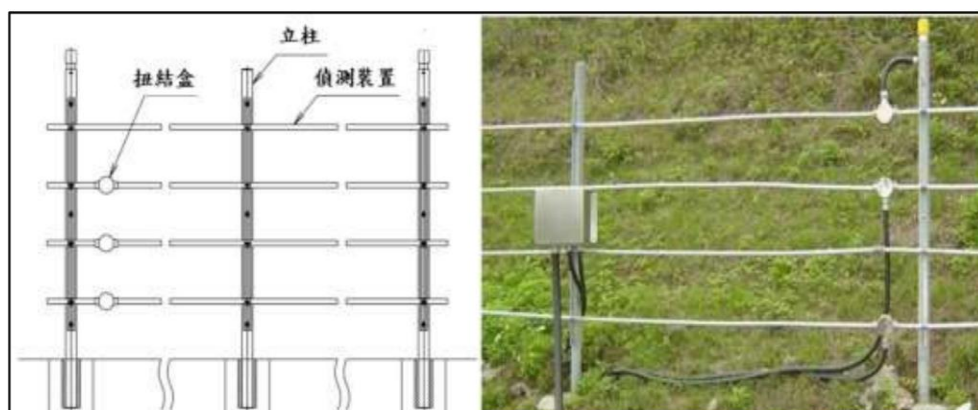


圖 16 異物侵入、落石與邊坡地滑偵測告警系統

資料來源：【6】

2. 建築資訊模型(BIM)：透過建立 3D 幾何模型，並將各階段施工過程及建物設施納入模擬，可於各項工程施作前有效排除空間衝突及檢核其臨軌施工安全性，進而從最初規劃階段有效避免高風險之工作；進而達成工程施工規劃、施工中，或是後續營運維護等工作不同階段，在預算額度下，以最短的時間，完成最優質的設施，充分發揮 BIM 技術之效益。

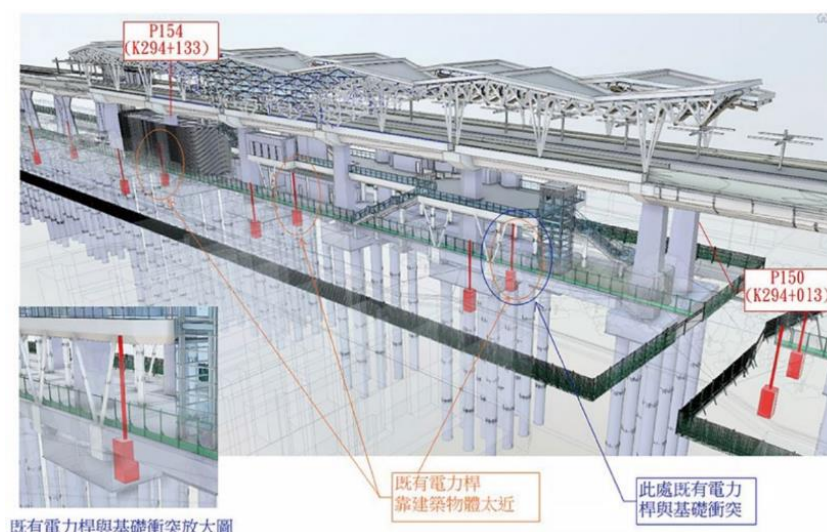


圖 17 建築資訊模型(BIM)圖例

資料來源：【3】

2.2 日本

2.2.1 臨軌施工工法

1. 京急本線品川站、北品川站改建及路線改善工程：本工程全長約 1.7 公里，係東京都政府為暢通城市交通及整合城區，與港區、品川區和京急電鐵公司合作，工程內容包括品川站、北品川站立體化改建、消除 3 處平交道及搭配都市計畫增加 3 處橫交都市計畫道路、開發車站廣場以及延伸品川站東西自由通道等，以實現安全舒適之城市發展，有關本計畫內鐵路立體化改建，其施工工法如下：

- (1) 直上施工(品川站、北品川站及北品川站南端高架橋)：在路權受限制且無臨時軌之條件下，直接於既有軌上方施作未來永久高架橋梁結構，俟橋梁及軌道施作完成後，將軌道切換至高架橋上並將既有軌拆除。
- (2) 臨時軌施工(泉岳寺至品川站之隧道段及引道段)：因未來永久軌結構與既有軌結構衝突，因此需先於既有軌旁施作臨時軌，將既有軌切換至臨時軌後，再施作永久軌結構，俟施作完成後將軌道切換至永久軌結構上，並將臨時軌拆除。
- (3) 別線施工(品川站至北品川站間橋樑)：永久軌結構與既有軌結構衝突且路權較充裕路段，直接於既有軌旁邊施作永久高架橋梁結構，施作完成後將軌道切換至高架橋上，並將既有軌拆除。

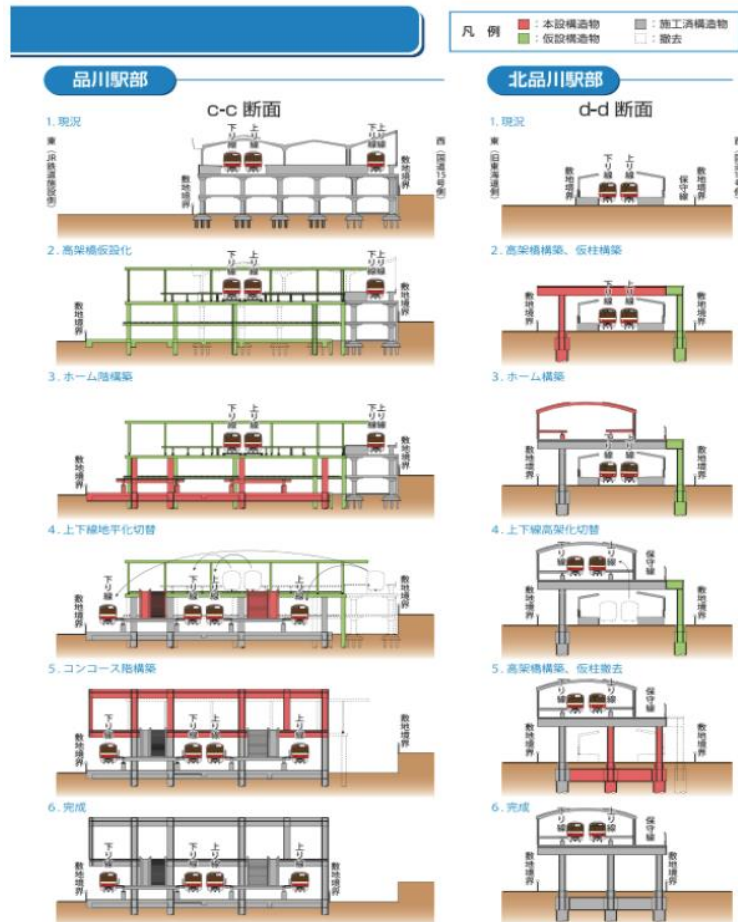


圖 18 品川站、北品川站直上施工流程

資料來源：【7】



圖 19 品川站北側臨時軌樁施工中

資料來源：【7】

2. 阪急電鐵京都線/千里線立體交叉工程：本工程由大阪市主導，全長約 7.1 公里，工程內容包括崇禪寺站、淡路站、芝島站、下新庄站等 4 站立體化建設，其中為消除平交道造成之交通擁擠及事故，將移除 17 個平交道以疏導城市交通並進行城區整合，有關本計畫內鐵路立體化建設，其施工工法如下：

- (1) 直上施工：路權受限制且無臨時軌之條件下，直接於既有軌上方施作未來永久高架橋梁結構，橋梁及軌道施作完成後，軌道切換至高架橋上並將既有軌拆除。
- (2) 別線施工：路權較為寬裕，直接於既有軌旁邊施作永久高架橋梁結構，施作完成後將軌道切換至高架橋上，並將既有軌拆除。
- (3) 臨時軌施工：未來永久橋梁結構與既有軌衝突，因此需先於既有軌旁施作臨時軌，於既有軌切換至臨時軌後施作永久高架橋梁結構，俟施作完成後將軌道切換至高架橋上，並拆除臨時軌。
- (4) 送出施工法：為橋梁結構及推進鼻梁於相鄰跨距橋梁上利用起重機等施工機具組裝接合，並將此橋梁結構透過台車及運輸裝置送出推進，結構體到達目標位置後拆除推進鼻梁並進行橋梁結構下放工作。此施工法適用橋梁下方為既有鐵、公路、河流或架空電線等障礙物情況，惟本工法需較多臨時設備且施工週期長並需考慮眾多因素，因此不適用於縱坡度較大或曲線橋梁。

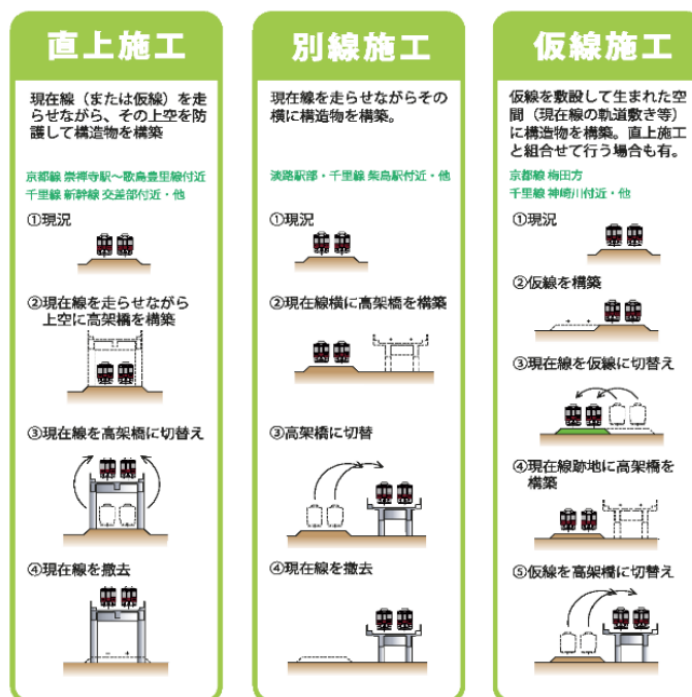


圖 20 日本施工工法

資料來源：【7】

2.2.2 其他施工工法

1. MF (Multi-Face)潛盾工法：本工法係採用盾首切刀盤前後錯開之三心圓潛盾機進行開挖，可同時開挖雙隧道或地下車站，其特點為潛盾機切刀盤前後錯開不在同一平面，切刀盤旋轉方向不會互相干擾。

(1) 應用時機：於施作地下車站預定地上方既有建物或其他構造物無法拆遷，且明挖覆蓋工法不可行時採用。

(2) 應用實例：迄今已有東京飯田橋車站、東京白金台車站、大阪商業公園車站及東京清澄車站等四站完工例。



圖 21 MF(Multi-Face)潛盾機

資料來源：【5】

2. H&V(Horizontal & Vertical variation)潛盾工法：本工法由日本「H&V 工法研究會」開發，係由兩部潛盾機上下或左右組合而成，藉由兩潛盾機間之交叉式關節、擴挖設備及螺旋式千斤頂於開挖掘進中相對旋轉，並可由橫向組合轉換成上下重疊構造，且可藉由拆除兩潛盾機間之組合螺栓，於掘進間由組合型潛盾機分解成獨立之兩部單圓潛盾機。

(1) 應用時機：其發展主要目的與 DOT 潛盾工法相同，係為在都市地下空間做更有效的運用，並兼顧環境保護及降低施工費等，惟使用上更為靈活。

(2) 施工實例：目前已有東京下水道局南台幹線工程及東京地下鐵 12 號線 6 本木車站等案例。

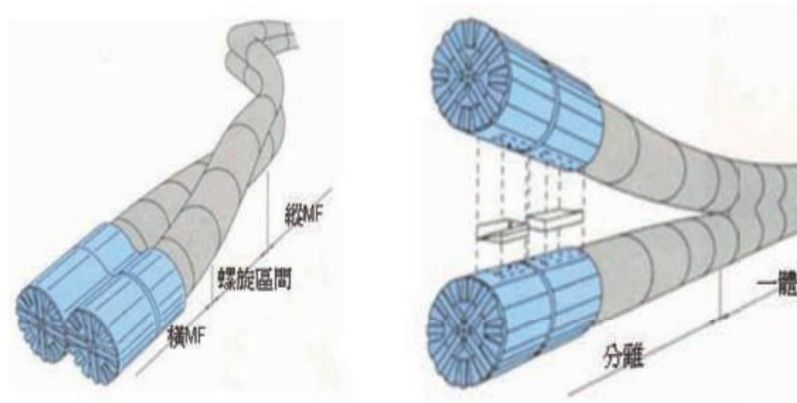


圖 22 H&V 潛盾工法

資料來源：【8】

三、 國內臨軌施工有關之事故案例

1. 臺鐵第 408 次車清水隧道重大鐵道事故

(1)事故簡述：民國 110 年 4 月 2 日約 0928 時，交通部臺灣鐵路管理局（以下簡稱臺鐵局）一列由樹林站開往臺東站第 408 次車太魯閣自強號（以下稱事故列車），列車出和仁隧道南口於里程 K51+450.1 處，撞及一輛經邊坡滑落而停止於軌道上之大貨車，本事故造成司機員 2 名及乘客 47 名共計 49 人死亡，及 213 人受傷，造成該列車 8 節車廂全部出軌，該列車第 8 車廂左側撞及隧道北口毀損，第 7 車廂與第 6 車廂脫接，第 6、5 及 4 車廂擠壓變形等損壞情形。



圖 23 太魯閣號事故地點

資料來源：【6】

(2)事故過程：

A. 事故當日為連假期間，臺鐵局前已於民國 109 年 11 月 24 日以行車電報要求各單位於 110 年度之連續假期疏運期間停止施工；惟施工廠商仍違反臺鐵規定前往施工，當日工地主任於 0912:24 時駕駛大貨車於施工便道轉彎處左轉，向斜坡下方行駛；0912:44 時大貨車停止於斜坡處，工地主任自述因放

離合器太快造成車輛熄火，曾 2 次嘗試再發動大貨車，因電瓶沒電未能成功。

- B. 依工地主任及移工訪談紀錄，後續嘗試以挖掘機拉動大貨車協助拖順困，惟將大貨車往路中央拖動過程中，吊帶自挖掘機挖斗上脫離，大貨車沿施工便道滑動而輪胎呈滾動狀態，大貨車右後輪先陷入邊坡後，再翻滾墜落邊坡於東正線里程 K51+450.1 軌道中央，距和仁隧道南口 252.1 公尺。
- C. 依 ATP 紀錄，0928:34 時事故列車速度 123 公里/小時，撞及軌道上之大貨車後，向左側傾斜；後續第 8 車車頭撞及清水隧道北口左側牆壁，駕駛室至車廂左側部份遭切削，前端車門及部分車廂蒙皮掉落於清水隧道北口外，列車進入隧道內 130 公尺後停止。

(3) 事故調查及檢討分析：

- A. 事故當日，施工廠商東新營造未派員駐守執行門禁管制，即使派員駐守，面對雇用人欲違反規定進入工地作業時，恐仍無法有效阻擋。
- B. 臺鐵局與監造廠商之契約無明文確立人員須 24 小時留駐工地，以及連續假期停止施工期間仍須派員駐地巡查；事故當日監造廠商未依往例於連續假期停止施工期間派員至工地巡查。
- C. 施工前臺鐵局、專案管理廠商及設計廠商之會勘評估，未能發現施工便道之車輛可能滑落邊坡之風險；施工過程中，曾兩次工程車意外事件，施工廠商勞安衛人員提出設置安全護欄之建議，惟施工廠商工地主任以設計廠商未設計及安衛經費未編列為由而未改善。
- D. 臺鐵局缺乏有效偵測設施得以警示隧道洞口或路塹邊坡處可能影響列車運轉之危害狀況，且未提供適當安全防護措施，不符合交通部「鐵路修建養護規則」之規範要求。
- E. 臺鐵局對於承包廠商施工人員的施工安全教育訓練係以會議方式取代訓練課程、無訓練教材、時數過短、未有評量制度、且由承包商代表自行施訓等，造成施工人員不清楚臨軌工程之危害風險而進場施作。事故當日進場施工之 4 名綁鋼筋工人及移工均未接受施工安全教育訓練。
- F. 臺鐵局未提供局內工程承辦人員足夠專業教育訓練，造成工程承辦人員無實質審核工程安全事項之能力，未實質審查即簽字備查，審查程序未能發揮應有功能。
- G. 施工廠商之整體施工計畫未明訂因應施工影響列車運轉安全時，對鄰近車站及綜調所之緊急通報流程，經監造廠商、專案管理廠商及臺鐵局之審核程序亦未發現該缺失。

H. 我國鐵道局多數業務負責鐵路興建工程，主責之安全監理業務反而僅占人力及預算一小部分，不利於我國鐵路安全監理之專責業務。另臺鐵局除負責營運外，另外亦肩負鐵道工程維修業務，與鐵道局之鐵道工程業務區分存在一定模糊空間，不利於鐵路營運之專責業務。

2. 臺鐵第 6046 次車鳳林站重大鐵道事故

(1)事故簡述：民國 111 年 6 月 11 日約 1058 時，交通部臺灣鐵路管理局（以下簡稱臺鐵局）第 6046 次車鳴日號觀光列車（以下簡稱事故列車）行經臺東線南平站至鳳林站間里程 K31+916.5 至 925.5 處，列車產生上下異常晃動，該事故該事故無人員傷亡。該施工區域係交通部鐵道局東部工程處（以下簡稱東工處）代辦「鐵路行車安全改善六年計畫（104 年至 111 年）」之「C031 代辦臺鐵南平至萬榮雙軌化土建及電車線工程」（以下簡稱 C031 標），設計及監造單位為台灣世曦，承包商為工信工程）。

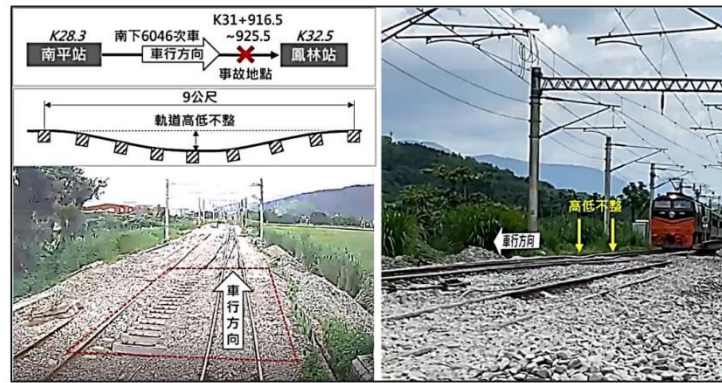


圖 24 事故地點高低不平

資料來源：【9】

(2)事故過程：

- A. 依施工計畫，原 N11B 及 N13A 道岔之岔後長枕鋪設施工日期訂為 6 月 9 日跨 10 日，東工處於 6 月 2 日辦理投入前準備作業確認會勘，決議申請臺鐵局工務處花蓮工務段中型砸道車以利軌道砸道整修作業，及施工現場若發現光纖電纜須採深埋方式處理等措施；後本案因故工程延後一日，原此站需臺鐵局支援之中型砸道車，因施工日期變更另有別區砸道作業，故未能支援當日施工作業。
- B. 6 月 10 日約 2335 時施工單位提出路線封鎖及斷電申請，完成後即進場施作，工信工程現場領班於施工過程發現軌道既有光纖電纜餘長不足無法深埋，建議將道碴填滿至軌枕外 40 公分，軌枕端部不予填滿道碴，避免重新開挖道碴造成纜線損壞風險，經討論後台灣世曦監造同意採該方式辦理，東工處值班人員亦尊重監造專業予以同意完成施工，當日並改以挖土機

平斗將道碴回填至道床及砸道夯實作業。

- C. 約 0315 時施工人員通報完工並經監造確認，人員撤離。約 0402 時東工處施工負責人於鳳林站確認第一列車順利通過施工區域並上傳鐵道局施工管理 APP。惟約 0937 時第 406 次車時發現列車異常晃動並通報，後續 1055 時第 6046 次車鳴日號通過時，檢查人員站於正線旁目視檢查軌道發現有鋼軌沉陷情形，及該列車通過時上下晃動情況嚴重，依其行車影像及道旁錄影畫面，原施工範圍發生軌道路基沉陷及高低不整現象。

(3) 事故調查及檢討分析：

- A. 本案施工人員於執行道岔區之軌枕抽換作業，未將光纖電纜通過軌枕處道碴填滿，且使用挖土機代替中型砸道車，無法將軌枕下方道碴空隙砸實，造成底部道碴鬆軟及橫向阻力不足，完工營運後該道床前已承受 18 輛運行列車載重輾壓，造成鋼軌產生目視可見之局部下沉現象。
- B. 鐵道局東工處值班工程司、台灣世曦監造及工信工程施工人員於施工前，已知中型砸道車無法支援，在未取得臺鐵局工務處人員同意下，臨時變更以挖土機平斗砸道，與原施工計畫核定砸道方式不符。
- C. 台灣世曦監造記錄該工項使用中型砸道車砸道為合格，與事實不符；台灣世曦監造同意工信工程錯誤解讀規範，未將軌枕端部內之道碴填滿，未發揮監造專業功能。台灣世曦監造記錄該工項使用中型砸道車砸道為合格，與事實不符；台灣世曦監造同意工信工程錯誤解讀規範，未將軌枕端部內之道碴填滿，未發揮監造專業功能。
- D. 鐵道局未參考交通部既有軌道養護規範，或其他機關作法建立擾動道碴道床可量化數據之完工判定標準，亦未明文要求施工人員於完工後留於現場確認營運後之軌道狀態及採取應變措施（如人員待命、聯繫、搶修等），無法實際檢核施工後道碴道床於承受列車動態載重之支撐能力並即時處理。
- E. 應建立可量化數據之完工判定標準，並建立道碴道床缺陷識別之相關人員訓練及安全作業指引。

3. 臺鐵第 3167 次車臺南站重大鐵道事故

- (1)事故簡述：民國 111 年 6 月 18 日約 1138 時，交通部臺灣鐵路管理局（以下簡稱臺鐵局），一列由臺中市后里站開往屏東縣潮州站的第 3167 次區間車（以下簡稱事故列車）行經臺南市臺南站至保安站間里程約 K361+410 處，列車撞及入侵軌道區之施工圍籬，該事故無人傷亡，惟造成事故第 1 車左側損傷。



圖 25 事故現場狀況

資料來源：【10】

(2)事故過程：

- A. 材料堆置不符規定：臨時鋼柱三層堆疊高度為 130 公分，圍籬底部與覆工板頂部高差為 18 公分，兩者相加為 148 公分，比圍籬高 8 公分
- (A) 「營造安全衛生設施標準」第 35 條：雇主對於磚、瓦、木塊、管料、鋼筋、鋼材或相同及類似營建材料之堆放，應置放於穩固、平坦之處，整齊緊靠堆置，其高度不得超過 1.8 公尺，儲存位置鄰近開口部分時，應距離該開口部分 2 公尺以上。
- (B) 鐵道局「鐵路沿線施工安全檢查表」(RBH-3-S05-01) 及「鐵路沿線施工當日完工後安全檢查表」(RBH-3-S04-01) 項次 4：材料不得倚靠鐵路側圍籬或超過圍籬高度，且覆蓋物須牢固，無掉落影響鐵路行車安全疑慮。
- B. 偏心吊掛：大陸工程包商吊掛手以一橫夾單點固定於最底層之臨時鋼柱進行吊掛，致使臨時鋼柱因重心偏移傾倒並將施工圍籬推入軌道區。

(3)事故調查及檢討分析：

- A. 大陸工程包商吊掛手以一橫夾單點固定於最底層之臨時鋼柱，吊起過程臨時鋼柱因重心偏移傾倒並將施工圍籬推入軌道區，

遭事故列車撞及。

- B. 鐵道局及臺鐵局未對臨軌施工地點之堆置物料如發生倒塌或掉落對列車運轉安全之影響，進行危害識別及風險評估，因此未規範臨軌施工地點堆置物料放置地點及方式，及未規範不得自下層抽取或移動堆置物料。
- C. 大陸工程工程師未依規定將行調無線電交給瞭望員，事故發生時，瞭望員無行調無線電可即時通知接近列車停車；且瞭望員雖未攜帶行調無線電，但事故當日係項檢查為合格，大陸工程未落實施工安全管理。
- D. 臨時鋼柱頂端超出施工圍籬 8 公分，但事故前一天及事故當日係項檢查皆為合格，交通部鐵道局南部工程處及大陸工程未落實施工安全管理。

4. 臺鐵第 3121 次區間車於嘉義至水上站間撞及異物事故

- (1)事故簡述：民國 112 年 5 月 9 日約 0511 時，交通部臺灣鐵路管理局（以下簡稱臺鐵局）南下第 3121 次車（以下簡稱事故列車）行經嘉義至水上站間里程約 K299+7562 處，撞及交通部鐵道局（以下簡稱鐵道局）中部工程處（以下簡稱中工處）施工廠商完工後遺留在第四工區剪刀門旁軌道上之小型平台車，該事故雖無人傷亡，惟造成該列車主排障器斷裂之損壞情形。

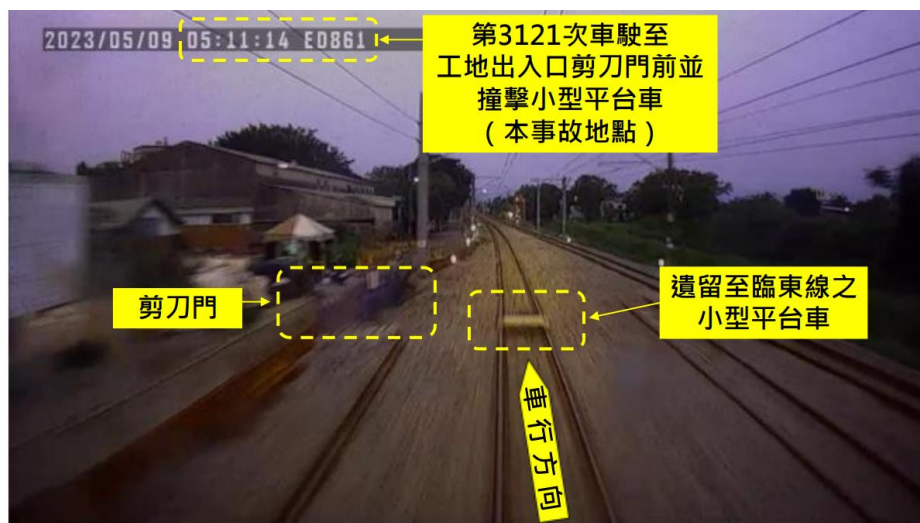


圖 26 事故列車行車紀錄器影像

資料來源：【11】

(2)事故過程：

- A. 施工廠商現場工程師自施工地點沿臨東線軌道旁電纜槽蓋巡檢，步行回到工區出入口，關閉剪刀門後離開，施工廠商完全撤離工區。施工人員完工撤離後，小型平台車仍停留於工區剪刀門旁之臨東線軌道里程約 K299+756 處。
- B. 值班保全表示工區剪刀門由施工廠商上鎖，並於小貨車離場

前將車頭 拍照上傳 LINE 群組後即回警衛亭。台灣世曦監造表示因品管工程師已上傳工區路線巡查影片且表示收工完畢，故未再回現場進行完工後安全檢查。

- C. 事故列車行經第四工區剪刀門附近，撞及停留於軌道上之小型平台車，事故列車在水上站停車，司機員於月台目視檢查列車，發現車頭下方主排障器受損。

(3)事故調查：

- A. 人員均有參訓、排班亦正常：俊吉營造當日出勤施工人員均有完成新進人員安衛教育訓練(教育文件宣導有包含說明任何時間嚴禁將異物置放在軌道上)，且其品管工程師辦理之勤前教育及危害告知，第四工區施工人員除 1 名遲到未於表單簽名外，其餘均簽名確認；另第四工區施工人員於 5 月 8 日跨 9 日夜班作業前有 3 至 4 日的休息天數，事故前 72 小時每日睡眠時數約 10 至 11 時，未有服用藥物。
- B. 施工管制
 - (A) 施工設備及機具：依 5 月 9 日施工廠商填寫公共工程施工日誌記錄之機具項目，平台車欄位填具數量為 0 台。
 - (B) 工區保安全管理：依合約所訂之「保全警衛勤務工作守則」，保全應於每日 0100 時、0500 時、0700 時及 1620 時定期巡邏拍照門禁管制區(剪刀門處)及工區狀況上傳群組，依變電站 CCTV 影像，於 0445 時至 0535 時未發現有保全進行工區巡邏之畫面。
- C. 完工後安全檢查：依鐵道局「鐵路沿線施工安全作業標準」第 3 點鐵路沿線施工後該節，施工廠商應於施工後將機具臨時設施等撤離現場並恢復原狀，監造及施工廠商應巡檢確認現場無影響鐵路正常營運狀況，鐵道局主辦工務段或工程隊應派員進行施工區域鐵路沿線巡檢，及填寫鐵路沿線施工當日完工後安全檢查表，惟施工廠商及中工處主辦工程司填寫相關檢查表，就無侵入鐵路建築淨空等項目，檢查結果為合格。

(4)事故檢討分析：

- A. 施工人員完工後將小型平台車上之機具材料搬上小貨車後，現場負責人僅口頭詢問同仁已完成搬運作業後，未再巡查施工範圍，另 1 監看員亦未依「鐵路沿線施工安全作業標準」，確認現場機具撤離後，告知監造再離開工區。
- B. 依俊吉營造「職業安全衛生管理計畫」，現場負責人須依「鐵路沿線工程施工安全檢查表」執行每日安全檢查工作，惟事故當日表單係由現場工程師代替現場負責人填寫檢查結果，且現場負責人未再巡查施工範圍，顯示施工廠商於現場負責人

變更管理仍有不足。

- C. 施工廠商於辦理 C603 標施工人員安全教育訓練，已提出宣導任何時間嚴禁將異物置放軌道上。
- D. 結論：施工廠商安全教育訓練未能發揮成效，及完工後檢查程序未能參照鐵道局作業標準，建立檢查人員應判別完工後可能造成工區異物入侵 軌道來源之檢查作為，並據以提醒及要求施工人員注意軌道淨空，致使施工廠商完工後安全檢查作業未能發揮成效。

綜上，此 4 起國內臨軌施工有關之事故案例，經運安會調查後認定為 3 起重大事故、1 起撞及異物事故，經分析其調查報告可歸納為缺乏異物入侵軌道之偵測告警設施、工程承辦人員及施工人員教育訓練不確實、工程管理單位未發揮專業功能及未落實施工安全管理等 3 項事故原因。

四、 臨軌工程施工作業程序

交通部鐵道局臨軌工程作業係按該局 113 年 4 月 22 日修訂之「鐵路沿線施工安全作業標準」辦理，其施工程序管制措施摘述如下：

(1)施工前：

- A. 確認鐵路沿線施工計畫內各項計畫與安全防護設施符合臺鐵公司要求。
- B. 確認進入鐵路路線或沿線施工已獲臺鐵公司同意。
- C. 預先就可能產生風險部分加以確認並採取預防措施。
- D. 跨系統施工召開施工協調會議。

(2)施工中：

- A. 確認施工人員配戴工作證、安全帽並穿著反光背心及確保施工廠商監工人員於工地駐守監視工程進行，並落實執行安全檢查工作。
- B. 確認已於施工地點兩端指派可以國語溝通之瞭望員。
- C. 進行施工管制，如落實軌道淨空、妥善固定堆置材料、確認管線位置、及因施工需求須打開之箱體應於每日施工完做好臨時固封等。
- D. 確認施工期間無發生任何危害或異常。

(3)施工後：

- A. 施工廠商、監造單位、主辦工務段(工程隊)應分別或共同巡檢，以確認現場無影響鐵路正常營運。
- B. 確認非必須留置於現場之機具或臨時設施等撤離現場，並完成廢土清運。
- C. 確認施工現場雙向第一班列車通過，並不影響鐵路正常運作後離開工地。
- D. 確認所有人員、車輛、機械、器具、材料離開電車線帶電區域，再拆除接地線辦理復電工作

五、 事故事件原因分析

依「鐵路行車規則」第 65 條規定，臺鐵公司應將發生之重大行車事故、一般行車事故或異常事件按月填具行車事故事件月報表，並於次月十五日前以指定方式提報交通部鐵道局。

交通部鐵道局為彙整各鐵路機構所報行車事故事件月報表並予以系統化、資訊化，爰建置「鐵路行車事故事件月報表資訊系統」，該系統針對鐵路事故事件之原因依分析項目摘要歸納如下：

1. 鐵路設備異常。
2. 員工與承商因素。
3. 民眾與旅客因素。
4. 外物因素。
5. 天然因素。
6. 其他原因。

本研究爰依鐵道局提供自 107 年 6 月至 112 年 12 月共計 70 起事故事件(含重大行車事故、一般行車事故或異常事件)情況進行分析，其中除 13 件與工程無關外，餘 57 起事故事件按鐵道局「鐵路行車事故事件月報表資訊系統」之原因階層進行態樣分類，其肇因及建議併分述如下。

1. 鐵路設備異常(10 件)：如施工中之連續壁，因地質軟弱及連日大雨，致東正線路基下陷影響列車通行，此外亦有已完工之微型樁工程，疑因擾動原有即需補強之地層，日久造成鐵路路基沉陷之情形；建議完善監測系統，除施工中佈設沉陷點人工觀測外，亦宜視工程風險設置自動監測系統持續監控沉陷及位移情形，以達預警及通報功能不致產生事故。
2. 員工與承商因素(47 件)
 - (1)施工確認及管理有關(10 件)：如臺南地下化工程施工，高壓噴射攪拌機具主支撐臂斷裂，導致鑽掘桿臂傾倒，壓斷電車線設備，致電車線瞬間跳電，影響行車；由於此類施工意外較難預測，建議除施工前檢查確認施工機具運作正常外，施工中亦須避免不當操作導致施工機具過載之情形，並於施工機具周圍加設適當防護設施，若仍不慎發生意外，則應即時通報以避免行車事故。
 - (2)不當操作有關(17 件)：如擅自拆除計軸器肇致號誌故障、或電力維修車駛回停車處時，未注意嘉義站第 7 股道道岔開通方向即逕行通過，而發生擠岔事件等；由於相關操作涉及鐵路特有運行系統專業，建議建立危害管理事件簿，要求現場管理人員須熟悉以辨識現場操作風險。
 - (3)既有規範落實有關(20 件)：如未落實軌道淨空、堆置材料未妥善固定、施工完未確認號誌系統復歸、及未確認管線位置造成相關損害

等；建議落實教育訓練，並要求現場人員必須通過簡易筆試及模擬現場情境演練等測試以達一定熟悉程度，方得進場施工。

六、 結論與建議

6.1 結論

本研究經檢視鐵道局提供計 70 起臨軌工程施工事故事件，其中與工程無關事件共計 13 件，與工程相關者為 57 件，顯見工程相關事故比例高達 81.4%，應加強相關管理與監控措施以降低其發生頻率。

經分析 57 件工程相關事故，並依照鐵道局「鐵路行車事故事件月報表資訊系統」之鐵路事故事件原因依分析項目綜整歸納如下。

1. 員工與承商因素最多，占比達 82.5% (47 件)，其中又細分如下：
 - (1) 施工確認及管理不足 10 件 (17.5%)：主要與施工前、中、後之檢點作業流程有關。
 - (2) 不當操作 17 件 (29.8%)：主要與工程施工人員行為有關。
 - (3) 未落實既有規範 20 件 (35.2%)：主要與工程施工人員教育訓練有關。
2. 鐵路設備異常共 10 件(17.5%)：主要與鐵路臨軌施工中監測系統有關。

整體而言，多數事故肇因集中於現場施工管理、人員操作與規範落實等面向，顯示臨軌工程風險管理、施工教育訓練及事故預警監測機制尚有精進空間。

6.2 建議

根據上述事故原因分析，本研究提出以下具體建議，以利後續鐵路營運及監理單位研訂防範對策：

1. 針對鐵路設備異常事故（占比 17.5%）部分
建議強化施工中與完工後之監控機制，除指派人員於人工觀測點觀測外，亦應依據工程風險評估增設自動化監測設備，建立即時通報與預警系統，減少突發性設備異常，降低行車風險。
2. 針對施工確認及管理不足事故（占比 17.5%）部分
建議制定更嚴謹之檢點作業流程，如施工前應重點關注機具性能檢查及測試運作正常；施工中確認工序是否正確以及施工後確認鐵路運轉測試正常等，相關檢核表單除須要求主管機關、監造單位及施工廠商確實填列外，亦應依施工項目調整更新，以減少事故發生。

3. 針對不當操作事故（占比 29.8%）部分

建議主管機關完善「現場操作風險辨識與通報制度」，並推行操作人員專業認證機制，如：定期技能複訓、危害辨識教育、操作模擬演練及筆試制度，以提升現場人員專業能力與風險意識。

4. 針對未落實規範事故（占比 35.2%）部分

建議強化施工現場管理人員的教育訓練，於進場施工前應強制通過基礎知識測驗與模擬演練測試。另建立抽查制度，於施工期間不定期進行稽核與查核，並對違反作業規範者及其所屬廠商加重處分，確保既有標準作業流程落實執行。

綜上，臨軌施工事故應從制度面、技術面與人員管理三方面同步強化，以建立「預防為主、管理為輔、通報為基」之事故防範機制，進一步降低臨軌工程事故發生率，確保行車安全。

參考文獻

1. 交通部鐵道局網站
<https://www.rb.gov.tw/thirdmenu.php?lmenuid=4&smenuid=170#gsc.tab=0>
2. 彭知行等人，挑戰極限作業時間的側推工法—北勢溪鐵路橋梁改建，中華技術期刊，2023 年。
3. 劉中仁等人，鐵路高架化於臨軌作業安全精進創新作為—以嘉義鐵路高架化工程為例，中華技術期刊，2024 年。
4. 王怡仁等人，捷運隧道 DOT 潛盾工法之應用，營建知訊，2022 年。
5. 臺北市政府捷運工程局，捷運工程叢書，2021 年。
6. 國家運輸安全調查委員會，中華民國 110 年 4 月 2 日交通部臺灣鐵路管理局第 408 次車清水隧道重大鐵道事故，重大運輸事故調查報告，2022 年。
7. 馬金龍等人，考察日本軌道建設技術之革新與應用，鐵道局出國報告，2024 年。
8. 朱旭等人，潛盾隧道新技術之發展與應用，中華技術期刊，2008 年。
9. 國家運輸安全調查委員會，中華民國 111 年 6 月 11 日交通部臺灣鐵路管理局第 6046 次車鳳林站重大鐵道事故，重大運輸事故調查報告，2023 年。
10. 國家運輸安全調查委員會，0618 臺鐵第 3167 次車臺南站重大鐵道事故，重大運輸事故調查報告，2023 年。
11. 國家運輸安全調查委員會，1120509 臺鐵第 3121 次區間車於嘉義至水上站間撞及異物事故，重大運輸事故調查報告，2024 年。
12. 交通部鐵道局，鐵路沿線施工安全作業標準，2024 年。
13. 國營臺灣鐵路股份有限公司，臨軌工程施工安全防護措施要點，2024 年。