

新北市政府 107 年度自行研究報告

捷運軌道施作鋼構橋段土建交付軌道
施作浮動式道床界面問題

研究機關：新北市政府捷運工程局

研究人員：林均郁、林皆仰

研究期程：107 年 1 月~107 年 12 月

捷運軌道施作鋼構橋段土建交付軌道施作浮動式道床 界面問題

摘 要

現今捷運軌道考量經費及施作困難度，越來越多採高架作業，可是捷運軌道的精度是釐米，土建橋梁的精度是公分，經常在土建作業交付給軌道之後，發現土建橋梁無法符合軌道精度之問題，此類問題特別容易發生在鋼構橋梁段；當鋼構橋段預拱高程未依預期設計施作完橋面板及制震混凝土後下降到軌道施作需求，則由土建標交付軌道標後，一般基座段勉強可以由軌道基作高度進行調整，但浮動式道床段，因受限於浮動式道床中間支承材料空間(如減震筒高度)，則必須進行橋面鑿除，將大幅影響施作效率及進度，故進行探討。

一、前言

為保證列車行駛平穩並使兩股鋼軌均勻受力，直線軌道上兩股鋼軌的頂面應保持同依水準，誤差需在 8MM 以內，而水準的變化不能太急驟，10 公尺內的變化不得超過 4MM¹，現今捷運軌道考量經費及施作困難度，越來越多採高架作業，可是捷運軌道的精度是釐米，土建橋梁的精度是公分，經常在土建作業交付給軌道之後，發現土建橋梁無法符合軌道精度之問題，此類問題特別容易發生在鋼構橋梁段；當鋼構橋段預拱高程未依預期設計施作完橋面板及制震混凝土後下降到軌道施作需求，則由土建標交付軌道標後，一般基座段勉強可以由軌道基作高度進行調整，但浮動式道床段，因受限於浮動式道床中間支承材料空間(如減震筒高度)，則必須進行橋面鑿除，將大幅影響施作效率及進度。

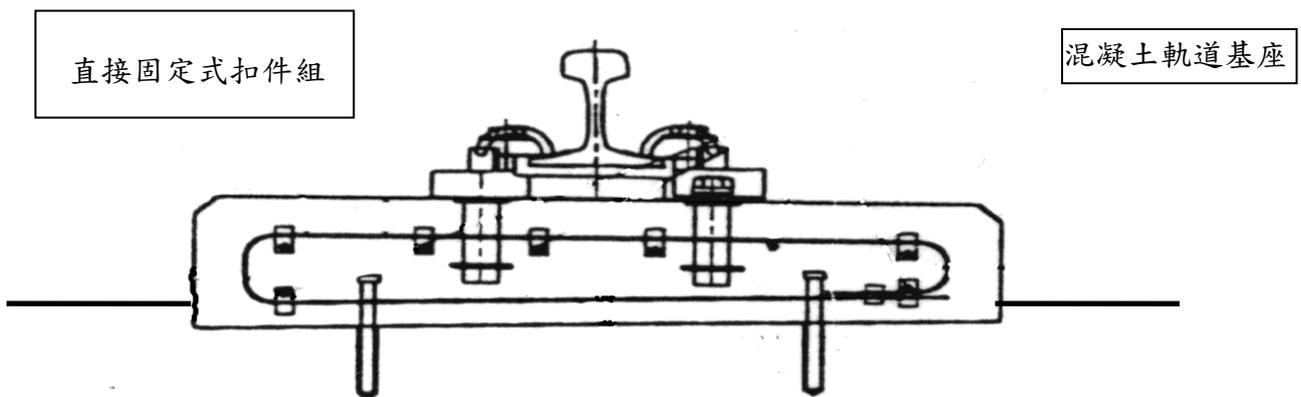
¹ 參考鐵道工程實務。

二、臺灣經常使用之一般混凝土基座與橋面關係

軌道中道床可分散軌枕傳下來的壓力，再把壓力傳到路基或橋面板上，同時也使軌枕保持固定的位置，具有以下功能²：

- (一)承受軌枕壓力，均勻傳遞力量至橋面板或路基上。
- (二)提供軌道縱橫向阻力，保持軌道穩定。
- (三)提供軌道彈性，減緩和吸收輪軌的衝擊和震動。
- (四)提供良好的排水性能，以提高路基的承載能力及減少災害。
- (五)方便軌道養護維修作業，可適度校正路線的平縱斷面線形。

而無道碴道床因整體性強，穩定性好，軌道幾何形位易於保持，有利於鋪設無縫線路及高速行車，軌道變形很小，減少養護維修工作量，故現在台灣捷運高架段多採用無道碴道床，無道碴道床混凝土軌道基座的施作方式，一般基座與扣件組施作完成的關係，下至上依序為橋面板(仰拱面)、混凝土基座、基鈔、鋼軌、扣件組，如下圖之呈現方式：



仰拱/橋面板、混凝土軌道基座、扣件及鋼軌相關位置圖(資料來源：以價值工程探討台北捷運混凝土軌道基座施工法)

² 參考鐵道工程實務

三、一般混凝土基座施作方式

一般混凝土基座所施作的方式經常採用的有兩種，是依施作順序由下而上 (BOTTOM-UP)，施作順序是橋面板施作完後預留結合釘孔>放樣>埋設結合釘>鋼筋組立>絕緣測試>接地系統安裝>模板組立>預埋件樣架組立>導電軌支承預埋件安裝及高程調整>線形及高程檢核>模板檢查>接地系統連續性測試>混凝土澆置>混凝土養護>模板拆除>樣架拆除。

另一種是由上而下 (TOP-DOWN)，特點是在鋼筋組立前先進行臨時軌安裝，進行高程調整，等灌漿完成模板拆除後，再將臨時軌拆除，其施工順序如下：

軌床清理>結合釘安裝>軌道中心線及相關點位放樣>鐵馬及臨時軌安裝>高程調整>鋼筋組立>絕緣測試>接地系統安裝>模板組立>碁板臨時扣件安裝及導電軌預埋套管安裝>軌距、斜度與高程調整>線形與高程檢核>模板檢查>接地系統連續性測試>混凝土澆置>混凝土養護>模板拆除>鐵馬與臨時軌拆除>碁板臨時扣件拆除。

因為由上而下施作方式之成本之節省與施作時間的節省都明顯優於由下而上的方式，故環狀線的一般段基座是採用由上而下的施作方式，一般基座因為可以藉由鋼筋混凝土調整基座高程，故在土建交付高程上要求精準度可較寬鬆。



橋面板進行軌道基座前，先預留道釘孔
(資料來源:臺北市政府捷運工程局第二區工程處)



環狀線一般基座上而下施工方式進行施作

照片說明:用臨時鋼軌訂定高程後進行鋼筋綁扎、模板組立、混凝土澆置等作業，照片中塑膠袋包覆的部分為基鈹，此種基鈹與基座一起澆置後即固定在基座上不再拆除。

(資料來源:臺北市政府捷運工程局第二區工程處)

四、浮動式道床施作方式

(一)浮動式道床原理：

浮動式道床是在先確認折減噪音震動的特性頻率，再配合彈性材彈力常數，把預鑄之軌道版安置在彈性材(如橡膠支承墊、鋼性彈簧筒)上的設計方式，這種道床的吸音減震效果好，但是施作成本高，不太容易維修，所以通常設置在對噪音與震動敏感的特殊地段，在環狀線(第一階段)設置在轉彎段及靠近鄰房較密集的地方及潛盾段出土的地方，目前彈性材的設置方式約可歸類為三種，1. 彈性材採墊片型；2. 彈性材採完全被覆混凝土版左、右及下側，其承載荷重受壓面較大，平均單位面積受壓荷重降低；3. 機械式浮動道床，軌道混凝土版內設置一個套筒，套筒中放置一彈簧裝置，當列車行經時，經由套筒分離軌道版及土建結構，利用彈簧特性，經由變位得以吸納震動能量，衰減震動傳遞³。

(二)環狀線浮動式道床設計：

1. 環狀線浮動式道床設計型式：

環狀線浮動式道床所採用機械式浮動式道床，也就是軌道混凝土版內設置一個套筒，該套筒稱為減震筒，在減震筒中放置一彈簧裝置，這樣的方式比其他兩種的優點是維修時僅需更換減震筒內的彈簧，維修較為容易，雖然減震材一般不容易損壞，但如果是採取橡膠支承墊的方式，維修時需用千斤頂將整塊道版抬起，在日間忙碌的捷運路線來說，夜間維修的項目需盡量保持越簡單的方式，以避免影響日間營運時間。

2. 土建完成面與軌道施工安裝之界面：

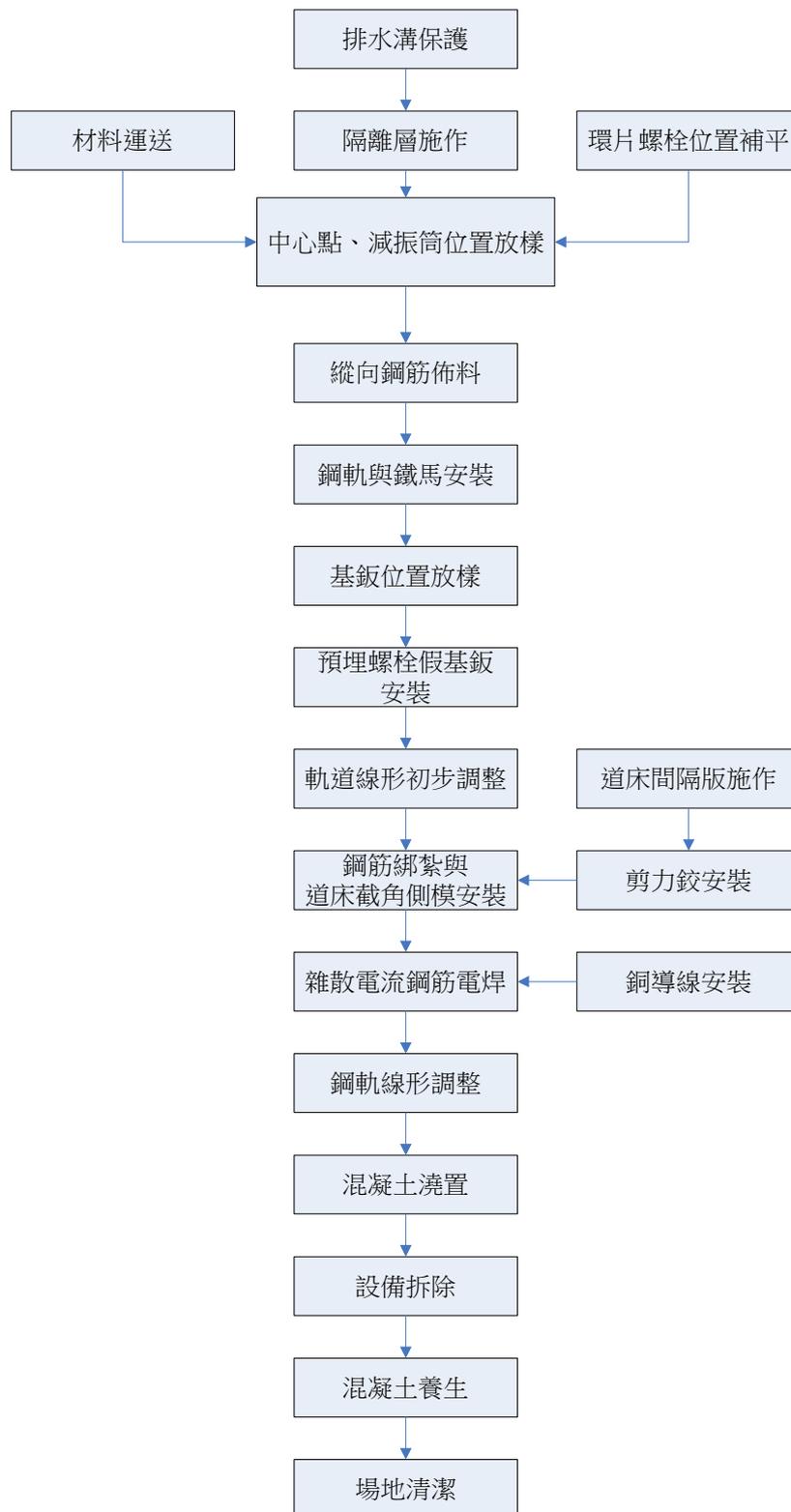
- (1)基鈹式軌道：從鋼軌面到土建完成面之垂直高差為 400~500mm。
- (2)浮動式道床：從鋼軌面到土建完成面之垂直高差為 700mm。
- (3)浮動道床區段最大允許高架橋伸縮寬度為 300mm。
- (4)鋼軌面至月台面之距離：930mm±5mm。
- (5)軌道中心至月台邊緣距離：1400mm(間隙 75mm)。

3. 浮動式道床施作順序：

浮動式道床路段無需埋設結合釘，因後續整面灌漿故需進行既有設施保護，另因整塊道版係設置為可浮動式，故需先施作隔離層，故施作順序如下：

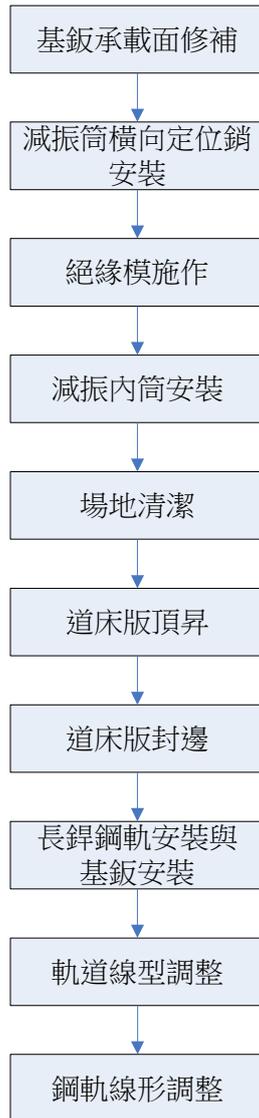
設施保護>隔離層施作>減震筒位置放樣>縱向鋼筋佈料>鋼軌與鐵馬安裝>基鈹位置放樣>預埋螺栓假基鈹安裝>軌道線形初步調整>鋼筋綁紮與道床截角側模安裝>雜散電流鋼筋電焊>鋼軌線形調整>混凝土澆置>設備拆除>混凝土養護等>浮動式道床頂昇。

³ 參考鐵道工程實務



浮動式道床施作流程圖(第一階段)

(資料來源:臺北市政府捷運工程局第二區工程處)



浮動式道床施作流程圖(第二階段)

(資料來源:臺北市政府捷運工程局第二區工程處)



照片說明：減震筒

(資料來源：臺北市政府捷運工程局第二區工程處)



照片說明：隔離劑施作

(資料來源：臺北市政府捷運工程局第二區工程處)



照片說明：施作減震筒基座
(資料來源：臺北市政府捷運工程局第二區工程處)



照片說明：減震筒外筒固定
(資料來源：臺北市政府捷運工程局第二區工程處)



照片說明:鋼筋佈設
(資料來源:臺北市政府捷運工程局第二區工程處)



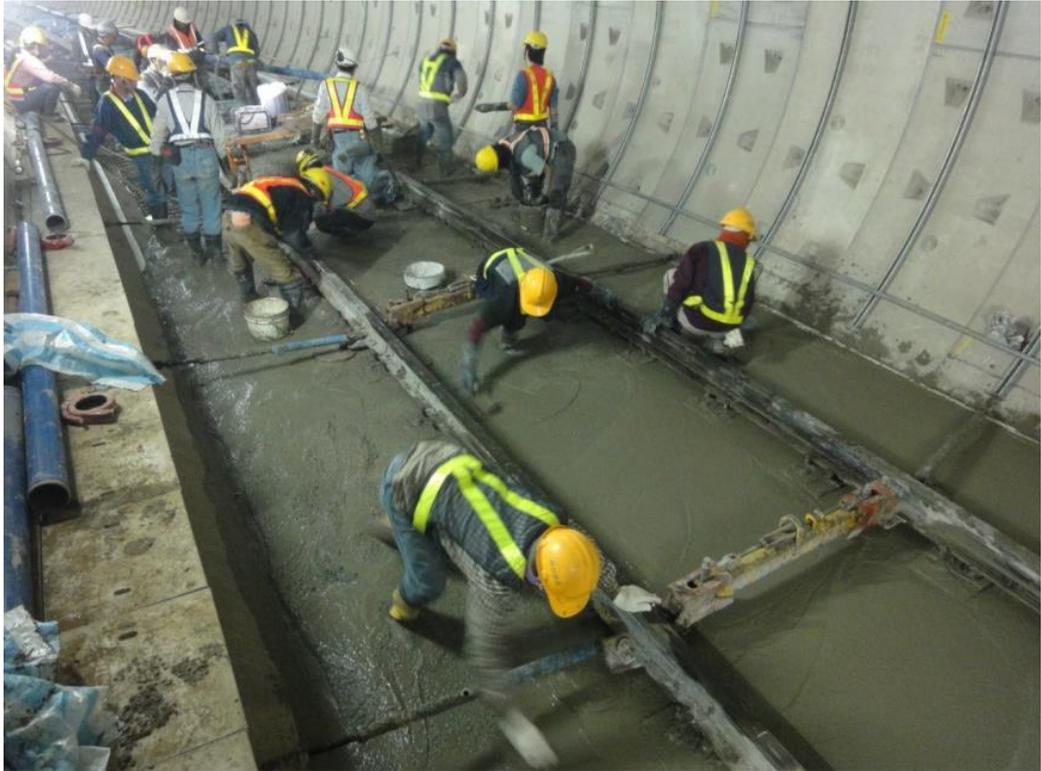
照片說明:鋼筋佈設
(資料來源:臺北市政府捷運工程局第二區工程處)



照片說明：鋼軌與假基板定位
(資料來源：臺北市政府捷運工程局第二區工程處)



照片說明：鋼軌保護
(資料來源：臺北市政府捷運工程局第二區工程處)



照片說明：混凝土澆置
(資料來源：臺北市政府捷運工程局第二區工程處)



照片說明：混凝土澆置完成
(資料來源：臺北市政府捷運工程局第二區工程處)



照片說明：浮動式道床頂昇作業
(資料來源：臺北市政府捷運工程局第二區工程處)



照片說明：浮動式道床完成
(資料來源：臺北市政府捷運工程局第二區工程處)



照片說明:高架段浮動式道床施作過程



照片說明:高架段浮動式道床施作-鋼彈簧放置



照片說明:高架段浮動式道床施作-浮動式道床頂昇作業



照片說明:高架段浮動式道床施作-基鈑及鋼軌安裝

五、土建標浮動式道床段交付界面

正因為為保證列車行駛平穩並使兩股鋼軌均勻受力，直線軌道上兩股鋼軌的頂面應保持同依水準，誤差需在 8MM 以內，而水準的變化不能太急驟，10 公尺內的變化不得超過 4MM，環狀線軌道設計(1)基鈹式軌道：從鋼軌面到土建完成面之垂直高差為 400~500mm；(2)浮動式道床：從鋼軌面到土建完成面之垂直高差為 700mm，故對土建標交付後會另外進行高程測量。

項目	與設計之誤差 (mm)	偏差率 (mm/1m)	總偏移率 (mm/10m)
高程	±3	1	3
水平方向	±3	1	--
平面線形	±3	1	--
軌距	±1.5	1	--

軌道施工與設計誤差

(資料來源：環狀線第一階段工程設計簡報)

而因為鋼構段橋面板會進行預拱，預拱高程在進行橋面版、中央步道、側牆、制震混凝土各項作業施作增加靜載重後，如未如預期下降之設計高度，浮動式道床段受限於減震筒高度，無法調整基座因應，目前因應方式為由設計顧問確認削減保護層厚度再另行補強後對原結構安全及強度無影響之下進行削減，削減保護層厚度在行修補狀況如以下照片：



照片說明：削減保護層厚度後另行以EPOXY保護



照片說明：削減保護層厚度後另行以EPOXY保護

五、結論與建議

因為鋼構件在工廠施作，設計製造較為精密，運送至現場後進行組立，現場進行鋼構內制震混凝土灌漿，鋼筋綁紮，橋面板、中央步道、側牆灌漿，增加靜載重，現場作業之程序，為可能產生較大之載重誤差環節，為避免設計施工界面短期內可以重新檢視土建施工 SOP 流程，確認作業是否確實。

目前在新北市自行發包的捷運工程，在解決設計與施工層面的界面方式是在施工前先行建立建築資訊模型(BIM)，建築資訊模型涵蓋了建築 3D 模型本身及各類空間資訊，建築材料元素等，可以精密計算展示整個建築生命週期，包含興建跟營建過程，且可藉由建築資訊模型建立工程資料庫，長期可以降低類此狀況。

參考文獻

1. 台北捷運淡水線 CT501 標合約規範，79.09
2. 台北捷運淡水線 CP531/541 標無道碴基座施工計畫書，86.10
3. 台鐵山線拓寬鋪設版式軌道試驗路段施工簡介，86.09
4. 劉慶尚、沈文修，價值工程管理與實務，超越企管顧問公司，84.10
5. 古鴻坤、施勇伸、李怡忠，無道碴道床軌道混凝土基座施工法研析報告，捷運局北區工程處價值工程研習班，87.06
6. 陳鴻麟，鐵道工程實務，107.03
7. 環狀線第一階段工程設計簡報
8. 古鴻坤，以價值工程探討台北捷運混凝土軌道基座施工法，107。
9. 環狀線第一階段浮動式道床施作簡報