



臺中捷運烏日文心北屯線 — 高架橋梁伸縮縫滲漏水漬 探討與改善

陳俊宏／臺北市政府捷運工程局第二區工程處 處長

周延聲／臺北市政府捷運工程局第二區工程處 幫工程司

李臺生／中興工程顧問股份有限公司軌道二部臺中捷運DJ103標 計畫經理

謝文凱／中興工程顧問股份有限公司軌道二部臺中捷運DJ103標 排水工程師

臺中都會區大眾捷運系統烏日文心北屯線建設計畫（下稱本計畫）東起自臺中市北屯區松竹路二號橋附近，以高架型式沿松竹路西行跨越臺鐵再左轉至北屯路，沿北屯路至文心路4段路口前右轉文心路，經文心南路由中山醫學大學後方轉至建國路，沿鐵路北側跨越筏子溪進入高鐵烏日站區。路線全長約16.71公里，其中高架段約15.94公里，地面段約0.77公里，設置18座車站，並於北屯區旱溪西側設置北屯機廠。路線經臺中市精華路段，高架橋梁及墩柱混凝土表面外觀對市容影響甚大，本文即以捷運施工後觀察滲漏水所產生之水漬來檢討，除研析其滲漏水之成因，並提出改善對策，觀察實際改善後防止滲漏水之效果良好，故期望由本次施工改善經驗中回饋日後設計，以作為後續類似高架捷運工程之參考，讓日後之高架橋梁工程品質能夠更加精進。

高架橋之規劃考量

高架橋結構系統的構成元素由下而上可分為基礎、橋墩、帽梁、橋梁結構。橋梁結構型式的選擇除考量工程範圍內之各項必要資料，如水文、既有構造物、鄰近相關工程、地質鑽探試驗及其結構行為等分析資料外，尚需考慮整體高架橋之經濟效益，以提供民眾更為舒適、安全、高品質「行的享受」。依本計畫之特性，橋梁結構配置規劃考量說明如下：

1. 符合本捷運車輛及軌道系統之需求

橋梁系統須有充份之強度及勁度，提供足夠之空間及淨空以滿足車輛運轉，維修及安全逃生等需求。

2. 符合長焊鋼軌特性及軌道布置之需求

配置適當之橋梁跨徑及結構系統予以搭配。

3. 降低對環境的衝擊

高架橋結構型式對捷運列車運轉所產生之噪音及振動具有良好的隔絕效果，並降低施工時對交通之影響，及完成後橋梁量體對視覺之衝擊。

4. 施工迅速且造價經濟

橋梁結構型式以墩柱標準化及上部結構制式化兩大原則作考量，期能透過簡化施工方式，達成縮短工期與節省成本之目標。

本計畫於進行高架橋梁型式規劃時，從橋梁結構型式及造型規劃兩個面向進行研析，茲就其考量重點及結論簡述如下：

1. 高架橋結構型式，大致分 U 型梁及箱型梁：

進行捷運高架橋結構型式研擬時，應考慮安全性、功能性、施工性、經濟性、景觀性、噪音震動影響及未來檢視維修方便性等因素，因本計畫高架橋大部分均沿既有道路中央前進，依沿線路段地形與地物特色，主要橋梁結構型式配置原則整理如表 1。

2. 高架橋造型規劃

高架橋造型規劃需有新思維與其搭配，規劃重點如下：

- (1) 上構，輕、巧—U 型梁，採用斜面線角造型，創造悠美之光影效果。
- (2) 下構，簡、約—圓形柱，線條柔順、簡單。
- (3) 帽梁兩側配合 U 型梁造型，以向外延伸之斜弧面設計，與上構大梁相呼應，詳如圖 1。
- (4) 上部排水管理設於帽梁內，下部設置於墩柱外，兼顧維修與美觀，詳如圖 2。

高架橋梁帽梁墩柱水漬原因探討與改善方案

本計畫高架段採 U 型梁，其排水無法像箱型梁於箱體內設置排水管，僅能由 U 梁兩端之伸縮縫排水，排水路徑較長，故比較容易造成塞管而造成髒污，經探討水漬形成之可能原因如下：

- 1. 原因①：伸縮縫落水管脫落，導致雨水漫流至帽梁頂。
- 2. 原因②：當伸縮縫排水孔堵塞時造成積水，導致雨水從排水帶兩側流出。
- 3. 原因③：若墩柱清潔孔堵塞時造成積水，導致雨水從鋼質落水斗或排水帶兩側流出。
- 4. 原因④：高架橋外胸牆處，雨水沿著此處外胸牆造型垂流。
- 5. 原因⑤：高架橋面中央走道處，此處雨水沿著橫向、縱向 10 公分寬縫滲流。

表 1 橋梁結構型式配置原則一覽表

結構型式	位置	施工法	橋梁照片
預力混凝土小 U 型梁	1. $R \geq 800$ m，且跨距小於 27 m 之路段 2. 與托架式橋墩搭配之路段	整跨吊裝工法	
預力混凝土大 U 型梁	$R < 800$ m，且跨距小於 27 m 之路段	場鑄工法	
預力混凝土 U-BOX 箱型梁 (1)	1. 跨距大於 27 m 之路段 2. 道岔段 (橫渡線)	場鑄工法	
預力混凝土 U-BOX 箱型梁 (2)	跨路口地區 (有交維問題)	場鑄懸臂工法	
鋼箱型梁橋	1. 跨路口地區 (有交維問題) 2. 道岔段 (橫渡線) 3. 曲率半徑小者 4. 鄰近車站	吊裝工法	

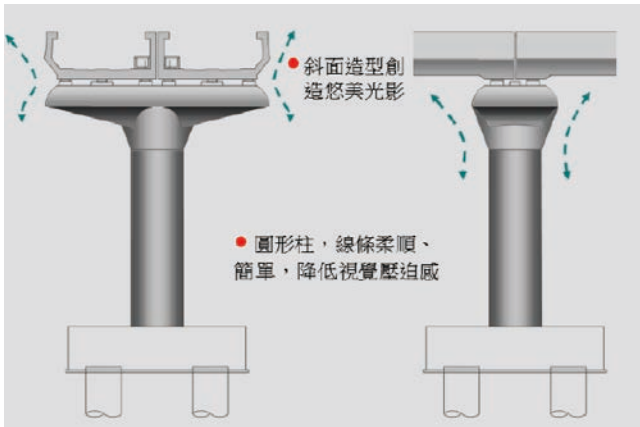


圖 1 標準跨預鑄預力混凝土 U 型梁造型示意圖

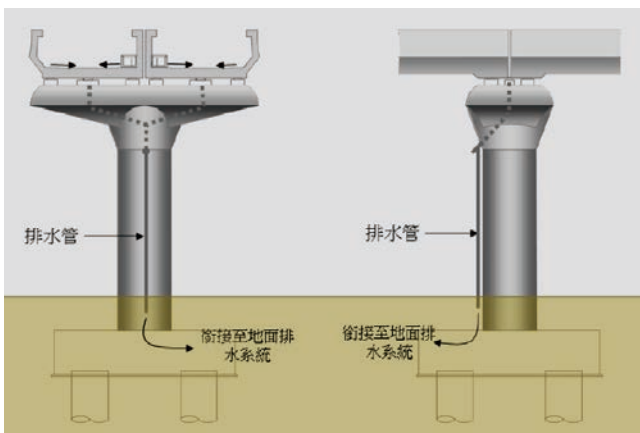


圖 2 標準跨預鑄預力混凝土 U 型梁排水系統示意圖

- 6. 原因⑥：高架橋面底板伸縮縫鋁擠型與 RC 界面處，兩者為相異材質無法完全密合仍有縫隙。
- 7. 原因⑦：伸縮縫排水帶，此處為非連續，當水量大於排水帶排水容量時，導致排水帶積水由兩端溢流出。

上述可能造成高架橋梁帽梁、墩柱表面濕漬髒污之原因，其中第④點原因除會造成高架橋梁帽梁、墩柱表面髒污外，同步亦會造成高架橋梁胸牆表面髒污。經檢討造成髒污主要係因空氣中粉塵及空污微粒附著於隔音牆上，下雨時雨水將隔音牆面上之空污帶下，形成積水，因受隔音牆阻擋無法流入 U 型梁內，積水經太陽曝曬風乾後變成灰塵，風將這些灰塵吹至隔音牆立柱附近角落區域集中，後續再經雨水沿著隔音牆立柱附近將髒污沖刷而下，進而造成高架橋梁隔音牆立柱下方之胸牆表面產生一道道髒污情形（詳如圖 3），而高架橋梁無隔音牆阻擋之部分，積水因梁胸牆頂面設計為具有向內斜坡度，雨水可以流入梁內不外溢流，胸牆表面即無此種現象可證（詳如圖 4）。



圖 3 設置隔音牆胸牆表面狀況

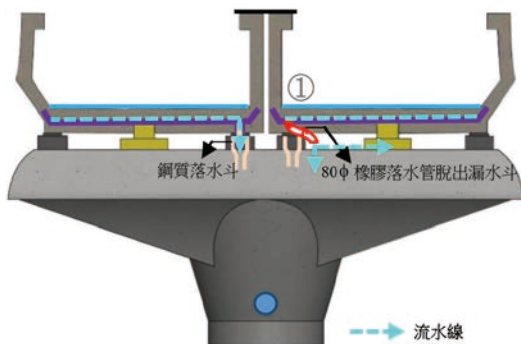


圖 4 無設置隔音牆胸牆表面狀況

另第⑦點可能原因，經探討高架橋面排水設計結果，伸縮縫排水帶管徑 80 mm 之排水立管，需排放約 25.794 m³/hr 逕流量，管徑 80 mm 排水管於速度 1.4 m/sec ~ 1.6 m/sec 之流量，應尚符合需求（依本計畫「土建設計規範」（版次：01 版）規定，雨水排水系統內之流速不得低於 0.8 m/sec，亦不得大於 3.0 m/sec），以及本計畫採用降雨強度 171.95 mm/hr 大於當地歷年最大時雨量 120 mm/hr，亦應排水量符合需求，故第⑦點可能原因應可予以剔除，除最大時雨量超過設計容許降雨強度 171.95 mm/hr 之時雨量時，此點原因才有可能發生。

以下僅就第①項 ~ 第⑥項可能造成高架橋梁帽梁、墩柱表面濕漬髒污之改善方案逐項說明如下：

原因①：伸縮縫落水管脫落，導致雨水漫流至帽梁頂造成帽梁、墩柱表面濕漬示意圖



80 φ 橡膠落水管自鋼製落水斗脫落



80 φ 橡膠落水管與伸縮縫排水帶接頭脫落

改善方案

加強伸縮縫橡膠排水帶與落水管銜接處接合處理方式，且接至落水斗之落水管採用較硬材質或增設環形固定架，以避免大風或落水時大幅度擺動移位出落水斗，而造成積水漫流於帽梁上。

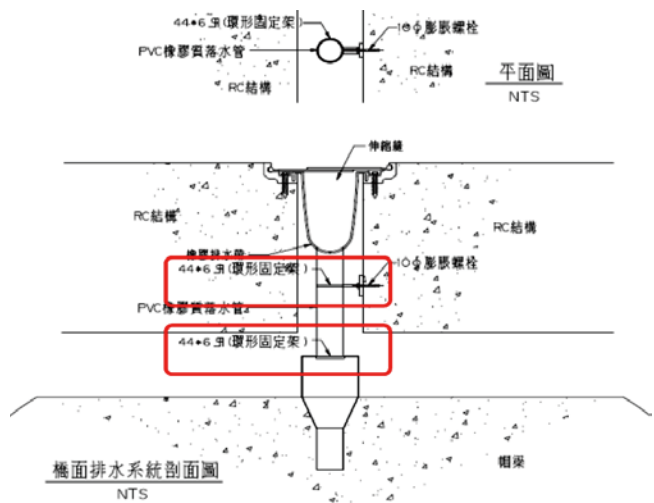
1. 加強伸縮縫橡膠排水帶與落水管銜接處接合處理方式



改善前

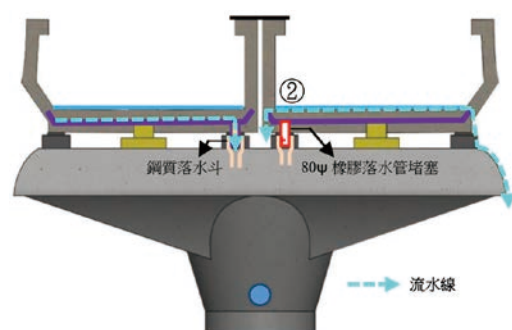
改善後

2. 增設落水管環形固定架



原因②：當伸縮縫排水孔堵塞時造成積水，導致雨水從排水帶兩側流出

造成帽梁、墩柱表面濕漬示意圖



80 φ 橡膠落水管俯視圖 (堵塞時)

改善方案

因捷運高架橋梁為開放空間，空氣中灰塵、飄落物、電聯車行駛鋼輪鋼軌磨擦鐵屑 … 等，經雨水沖流至排水系統導致堵塞，此點應於橋梁維護手冊詳述伸縮縫橡膠排水帶及排水孔巡檢清理頻率，建議每年防汛期前、後各 1 次及颱風過後 1 次。



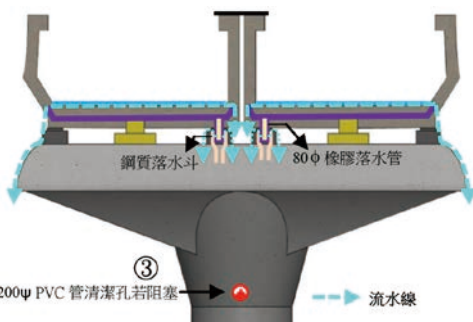
定期派人巡檢及清潔



定期派人巡檢及清潔，並可用手電筒照射檢視有無積水造成的反光狀況

原因③：若墩柱清潔孔堵塞時造成積水，導致雨水從鋼質落水斗或排水帶兩側流出

造成帽梁、墩柱表面濕漬示意圖



200 φ PVC 管清潔孔堵塞

改善方案

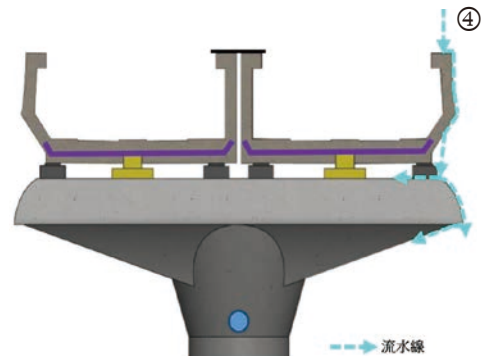
因捷運高架橋梁為開放空間，空氣中灰塵、飄落物、電聯車行駛鋼輪鋼軌磨擦鐵屑 … 等，經雨水沖流至排水系統導致堵塞，此點應於橋梁維護手冊詳述墩柱清潔孔清理頻率，建議每年防汛期前、後各 1 次及颱風過後 1 次。



定期派員巡檢墩柱清潔孔及清潔

原因④：高架橋外胸牆處，雨水沿著此處外胸牆造型垂流

造成帽梁、墩柱表面濕漬示意圖



雨水沿著外胸牆造型垂流至帽梁外緣

改善方案

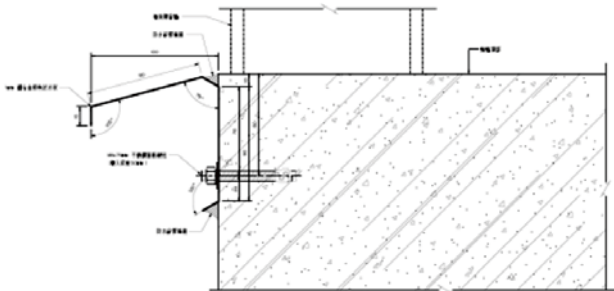
在本計畫橋梁造型外胸牆，建議設計隔音牆結構系統時加設泛水板，讓雨水不會垂流至胸牆造成混凝土面髒污。後續設計標案除設計帽梁外緣結構線造型應內縮或改變胸牆造型，避免雨水垂流至帽梁結構表面而造成髒污。



隔音牆有無設置泛水板成果比較



設計隔音牆結構系統時加設泛水板



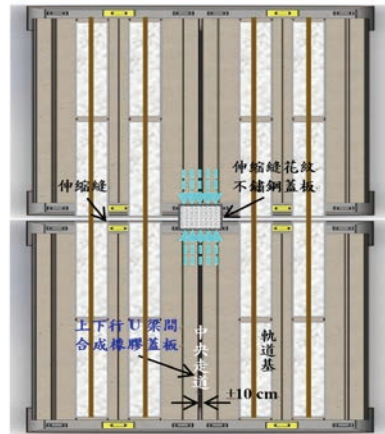
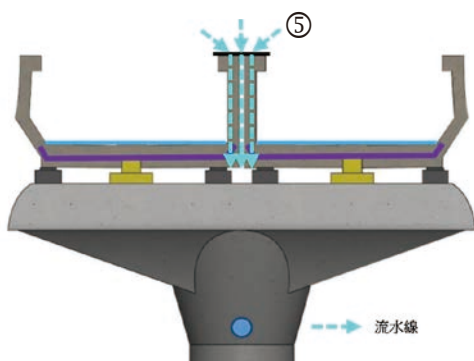
泛水板剖面示意圖



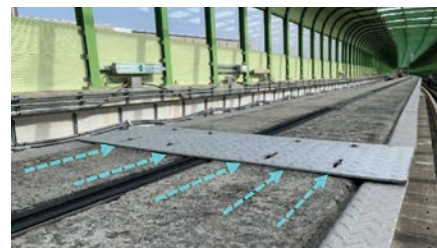
帽梁結構線內縮或改變胸牆造型

原因⑤：高架橋面中央走道處，此處雨水沿著橫向、縱向 10 公分寬縫滲流

造成帽梁、墩柱表面濕漬示意圖



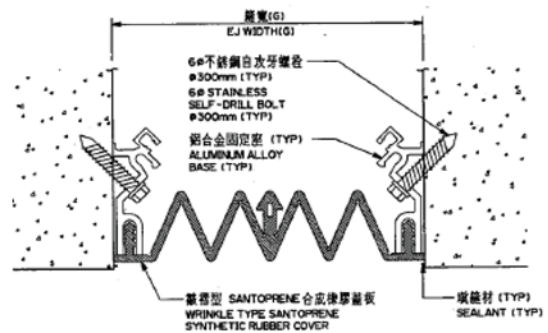
橋梁軌道平面示意圖



雨水可能滲流途徑

改善方案

可於中央走道伸縮縫處下方增設囊袋或口型橡膠蓋板，將水導至橋面板上。



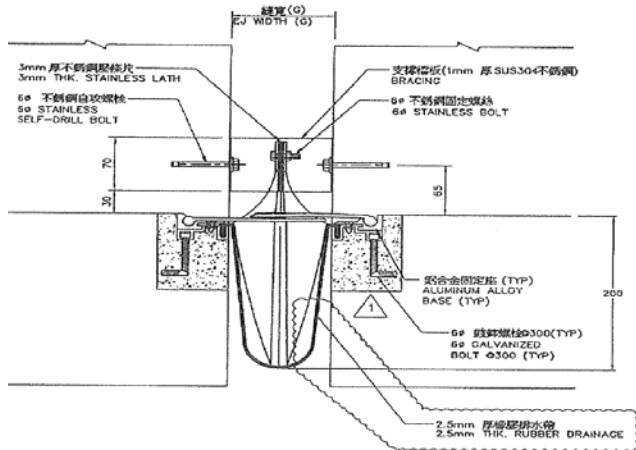
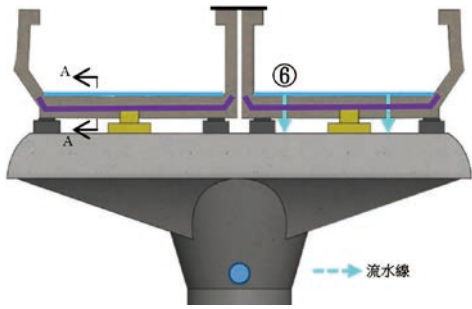
增設囊袋或口型橡膠蓋板



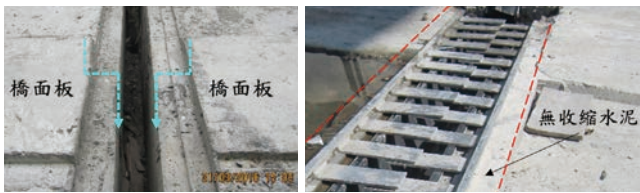
增設囊袋或口型橡膠蓋板

原因⑥：高架橋面底板伸縮縫鋁擠型與 RC 界面處，兩者為相異材質無法完全密合仍有縫隙

造成帽梁、墩柱表面濕漬示意圖



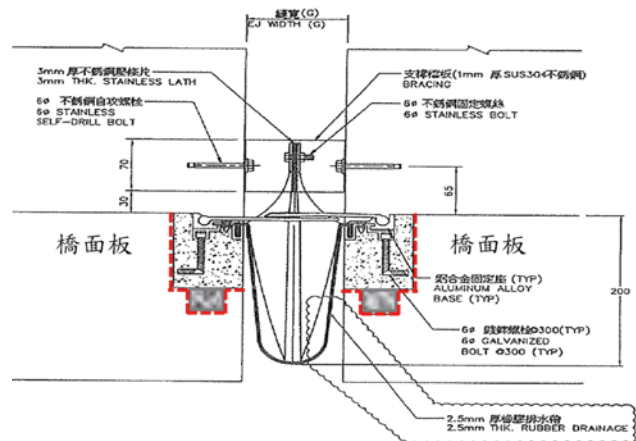
A-A 剖面示意圖



橋面板伸縮縫安裝處 伸縮縫鋁合金活動蓋板安裝完成

改善方案

此項造成漏水原因較為輕微，除應注意該處無收縮水泥施工品質外，DDC 設計時應可考量兩種不同材質間增加一個 Key，延伸加長滲水消能路徑，以儘量阻隔滲水。



橋面板伸縮縫安裝處可增設凹槽，延伸加長滲水消能路徑，以儘量阻隔滲水示意圖

結論與建議

以往國內外高架橋梁工程皆常發生高架橋梁滲漏水問題，雖無涉於橋梁結構之安全，但影響市容美觀，不容忽視。本文嘗試藉由臺中捷運烏日文心北屯線工程高架橋梁於實際施工後之經驗，徹底研析檢討滲漏水原因，並研擬改善對策。經由臺中捷運烏日文心北屯線工程實際改善作為後，再觀察高架橋梁滲漏水狀況皆已有明顯改善，效果良好，證明當初所推測之滲漏水原因正確，改善之對策也十分有效。故期望經由本次施工改善經驗中回饋日後設計，以作為後續類似高架捷運工程設計與施工之參考，部分精進作為亦已納入臺北捷運萬大線二期工程設計規劃考量，期讓日後之高架橋梁工程品質能夠更加精進。

誌謝

感謝本處臺中捷運監造工務所同仁、台灣世曦工程顧問股份有限公司、中興工程顧問股份有限公司軌道一部臺中捷運 DJ103 標林志豪計畫副理兼橋梁結構組組長、遠揚營造股份有限公司 CJ920 區段標、大陸工程股份有限公司 CJ930 區段標等相關單位人員協助提供相關資料，使本案原因探討與改善精進方案研究得以順利進行。

參考文獻

1. 臺北市政府捷運工程局 (100)，臺中都會區大眾捷運系統烏日文心北屯線建設計畫 — 土建設計規範 (版次：01 版)。
2. 臺北市政府捷運工程局 (100)，捷運技術半年刊第 44 期，捷運系統高架橋樑結構型式之探討 — 以臺北捷運環狀線 DF113 標為例。
3. 台灣世曦工程顧問股份有限公司 (102)，臺中都會區大眾捷運系統烏日文心北屯線建設計畫 DJ102 設計標 — 設計報告 (土建 / 水電 / 環控 / 電梯 / 電扶梯)。
4. 台灣世曦工程顧問股份有限公司 (102)，臺中都會區大眾捷運系統烏日文心北屯線建設計畫 DJ102 設計標 — 設計計算書 (定線、排水)。
5. 中興工程顧問股份有限公司 (102)，臺中都會區大眾捷運系統烏日文心北屯線建設計畫細部設計顧問服務 DJ103 標 — CJ930 區段標 G10 至 G17 站工程設計報告 (土建)。
6. 中興工程顧問股份有限公司 (102)，臺中都會區大眾捷運系統烏日文心北屯線建設計畫細部設計顧問服務 DJ103 標 — CJ930 區段標 G10 至 G17 站工程設計計算書 (定線及排水)。
7. 大陸工程股份有限公司 (109)，臺中捷運 CJ930 標墩柱帽梁滲水報告書。