

新北市政府 109 年度自行研究報告

高架捷運系統噪音評估及隔音改善 (以 環 狀 線 為 例)

研究機關：新北市政府捷運工程局

研究人員：張壯習、楊采霏、朱芸萱

研究期程：**109.1~109.12**

新北市政府 109 年度自行研究成果摘要表

計 畫 名 稱	高架捷運系統噪音評估及隔音改善(以環狀線為例)
期 程	1 0 9 年 1 月 至 1 0 9 年 1 2 月
經 費	無
緣 起 與 目 的	捷運系統設計時，均會進行噪音影響評估，後續再於營運階段，以實測方式驗證設計成效。 惟以模擬所得的結果不見得會被民眾接受，導致人陳意見不斷。因此，針對營運階段的噪音管制，除應實際檢討實測值對民眾生活的影響外，亦應檢討更進一步的改善作為以降低影響。
方 法 與 過 程	本研究先蒐集影響噪音量的相關因素，再藉由實際量測值與管制值的差異，判斷是否須優先進一步改善及需改善的範圍，同時採聲音波傳路徑及遮蔽角度的檢討結果，確定改善的內容及範圍，最後再以現場如橋梁載重、可施工時間等的限制規劃施工方式。

研究發現及建議	捷運系統設計時，雖均會評估噪音的影響，並規劃相關隔音措施，惟評估標準與民眾感受仍常有一定落差，特別是營運階段列車密集運轉，噪音對民眾的感受衝擊更大，因而，有必要於營運階段，以實測資料並考慮民眾感受進行隔音設施的優化，以降低對民眾及環境的影響。 新北市政府捷運工程局鑑於環狀線第一期路線所設置的隔音設施雖已發揮效果，但仍嚴重影響民眾生活，故在既有設施及不影響營運基礎上，透過加設吸音板或延伸防護範圍等方式做進一步的改善，本案的評估方式及處置，可提供市轄境內其他路線有關隔音減噪設計規劃上的參考。
備	註

目錄

一、 前言.....	2
二、 背景說明.....	2
三、 捷運噪音述.....	4
四、 噪音管制區劃分及既有隔音設施.....	5
五、 捷運噪音量測.....	7
六、 隔音牆改善型式及範圍探討.....	8
七、 結論及建議.....	13

高架捷運系統噪音評估及隔音改善

摘要

捷運系統設計時，均會依據所假設的機電及營運參數，配合土建結構線形及與民宅距離等種種因素，模擬聲波傳遞、衰減以評估噪音的影響，並以相關管制標準作為隔音牆設計的依據，後續於實際列車運轉階段，則以實測方式驗證設計成效。惟以模擬所得的結果或所依據的標準，不見得會被民眾接受，特別是針對有捷運及無捷運的差異，即便是符合相關的管制標準，仍將因巨大的噪音增量而使民眾不適，致人陳意見不斷。因此，針對營運階段的噪音管制，除應實際檢討實測值對民眾生活的影響外，亦應檢討更進一步的改善作為以降低影響。

本文說明環狀線第一階段通車路線有關噪音防制優化的檢討結果，預期透過在既有隔音牆加設吸音板或延伸防護範圍等方式將可達改善成果，本案的評估方式及處置，應可提供市轄境內其他路線有關隔音減噪設計規劃上的參考。

一、前言

為滿足市區及其與郊區間的運輸需求，並縮短旅次時間，以有效紓解交通，發展大眾捷運系統已成為國內各都會區解決交通壅塞及大眾運輸問題的主要方式，包含台北、新北、基隆、桃園、新竹、苗栗、台中、彰化、台南及高雄、屏東等地區均有地下、高架或平面等各種型式的捷運系統不斷規劃計畫推出及建設，若加計台鐵及高鐵，軌道建設更遍及全台方興未艾。前期考量強化運能及降低對都市發展與地面交通的影響，捷運系統多採地下化方式興建，非地下的高架/平面路段佔比低，惟地下化型式所需的建設成本高，將對政府財政構成龐大負擔，特別是目前所規劃的系統，其服務範圍亦從原來的都市核心區，漸漸轉至核心與衛星區的連結，運量營收將不若前期系統，地下化結構的高營運維管成本將對營運單位產生巨大的財務壓力。因而，限於運輸及財務效益，除非必要，近期所推動的捷運建設多採高架為主，其中更不乏平面型式的輕軌系統，成本降低、施工期縮短，建設型式的改變在滿足服務的需求外，亦能加速投入服務的時間，及早回收效益，對計畫的推動及民眾服務均有正面助益。

相較於地下化工程，高架化軌道將有更顯著的噪音與振動問題亟待解決，其中振動問題可藉由高隔振軌道或浮動式道床做有效的隔振，加以振動傳遞路徑(軌道-橋梁-橋柱-基礎-地盤-民宅)長，且其間多有天然如水或軟弱地盤等的減振阻尼，一般而言，振動通常都不會是太受關注的問題。但噪音則不同，地下化系統可藉由地盤阻絕列車運營噪音，高架化系統輪軌噪音則在空氣中任意擴散傳遞，民眾感受深、影響大，也成為系統營運後人陳的主要項目，更是系統建置或營運期急需解決的問題。

本文以正在營運的環狀線為例，說明噪音減低評估考量及改善方式，以回應民眾對降噪的要求。

二、背景說明

環狀線第一階段路線自新店大坪林站起採地下結構型式沿新店民權路過中正路後出土，續改為高架型式經中和區景平路、中山路及板橋區板橋車站，並越過大漢溪至新莊區思源路和新北產業園區，全長共15.4km，於109年1月31日正式通車。

系統建置期間工程單位台北市政府捷運工程局（以下簡稱北捷局）即依全線噪音模擬分析結果辦理沿線隔音牆的施作，但於107年起捷運試營運期間，有部分捷運營運所產生之音量，不符市民預期，多所陳情反映，故北捷局針對全線民眾陳情改善路段辦理噪音量測，自108年起辦理沿線隔音牆精進施工(即第一階段隔音牆改善工程)，於109年6月底完成全線隔音牆精進工程，至始全線各路段均已符合環保署所頒「陸上運輸系統噪音管制標準」與新北市公告「各類噪音管制區劃定準則」標準。然而目前仍有部分路段民眾陳情捷運噪音困擾，為提升市民居住品質，新北市政府捷運工程局針對相關路段之隔音牆再辦理隔音板片加高或型式調整等改善措施(即第二階段隔音牆改善工程)，以降低列車行駛噪音對住戶之干擾。

本文即說明第二階段隔音牆改善工程，經檢討自中和區Y09秀朗橋站至新莊區Y20新北產業園區之路線範圍內，共有7個路段鄰近之社區居民陳情反應有捷運噪音問題，相關路段區位詳圖1，相關路段位置、住宅社區詳表1。



圖1 環狀線第二階段隔音牆改善評估路段圖

表 1 環狀線第二階段隔音牆改善評估路段社區表

路段編號	評估改善路段位置	社區名稱
1	中和區景平路自 71-2 號至景平站	冠德住易、旺築社區
	中和區景平路自 306 號至景平站	東帝士社區、天空之城、快易居
2	中和區景平路自 620 號至 628 號	都會公園社區
	中和區景平路自 505 號至 521 號	世紀皇家社區
3	板橋區板新路自板新站至觀光街 57 巷	久揚天廈社區
4	板橋區縣民大道自漢生東路至板橋站	東方富域、權世界、國鼎社區
5	板橋區文化路一段自 136 巷至介壽街	健華新城社區
6	板橋區文化路一段自 286 巷至 421 巷	捷和藍京社區
7	板橋區文化路轉民生路至新埔民生站	昇陽文化廳、民生捷座、春池宇宙光社區

三、捷運噪音概述

噪音為波動傳播行為，為音源的擾動能量以波的形態向遠方傳播，捷運系統噪音主要成因有以下幾種：

1. 行駛噪音(Rolling Noise)

車輪滾動與鋼軌摩擦所產生之噪音。

2. 衝擊噪音(Impact Noise)

列車行經鋼軌接縫、道岔尖軌、道岔軌距線中斷處或是車輪不平整所產生之衝擊噪音。

3. 高頻噪音(Squeal Noise)

列車行駛時，因軌道線形於轉彎半徑較小的路段所產生之噪音情況。

4. 氣動噪音(Aerodynamic Noise)

列車行駛時與空氣摩擦所產生之噪音。

5. 橋梁噪音(Noise from Bridge)

列車行經高架橋梁，因土建結構振動所產生之低頻噪音。

6. 軌道支撐結構不平順

主要分為鋼軌面不平順（如波狀磨耗、軌頭異常磨耗等）、軌道彈性勁度不連續、土建結構彈性勁度及不連續差異沉陷等狀況所產生之噪音，為輪軌衝擊形成之二次噪音。

7. 其他噪音

諸如引擎、馬達、氣動裝置或是車輛調度、維修與柴油引擎軌道車輛行駛及作業等所產生之噪音。

捷運列車行駛所產生如車輛設備噪音與輪軌噪音，係以空氣為介質傳播，此部分即為隔音牆可處理的降噪對象。

四、噪音管制區劃分及既有隔音設施

依新北市噪音管制區分劃規定，表1各陳情路段除路段4社區位於第二種特定專用區屬第三類噪音管制區外，其餘社區均為住宅區，屬於第二類噪音管制區。各社區毗鄰之15m以上道路、快速道路、大眾捷運系統範圍等則屬於第四類噪音管制區。

另依噪音管制第五條規定，正式通車營運之一般鐵路、高速鐵路及大眾捷運系統緊鄰第一類或第二類噪音管制區時，自其周界邊緣處二側各外推 30m範圍內，分別為第二類或三類噪音管制區(以上皆不含(廠)站)，各路段社區距離捷運系統30m範圍內之噪音管制分區如表2，噪音管制標準如表3、現階段已設置之隔音牆型式如表4。

表2 各路段距離捷運系統30m範圍之噪音管制分區表

道路名稱	路段		路寬 (m)	雙向 車道數	噪音管制分區
	起點	迄點			
中和區	景德街	安樂路	40	6 快 2 慢	第三類

表2 各路段距離捷運系統30m範圍之噪音管制分區表

道路名稱	路段		路寬 (m)	雙向 車道數	噪音管制分區
	起點	迄點			
景平路					
中和區 景平路	圓通路	連勝街	24	2 快 2 慢	第三類
板橋區 板新路	中山路	縣民大道	28	4 快 2 慢	第三類
板橋區 縣民大道	新站路	板新路	40	6 快 2 慢	第三類
板橋區 文化路	新站路	民生路	38	4 快 2 慢	第三類
板橋區 民生路	文化路	新埔民生 站	78	6 快 2 慢	第三類

表3 大眾捷運系統交通噪音管制標準

時段與音量 管制區	小時均能音量 (Leq,1h)			平均最大音量 (Lmax,mean, 1h)
	早、晚	日間	夜間	
第一類、第二類	65	70	60	80
第三類、第四類	70	75	65	85

表4 各陳情路段現況隔音牆型式斷面圖

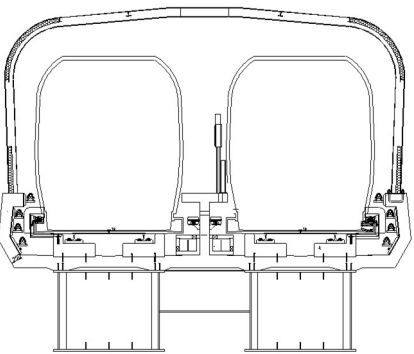
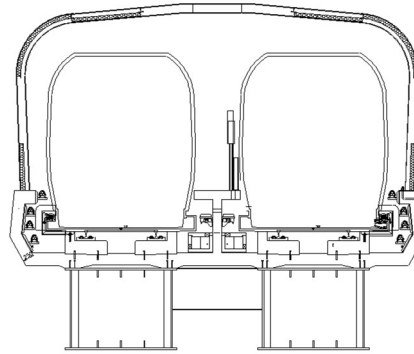
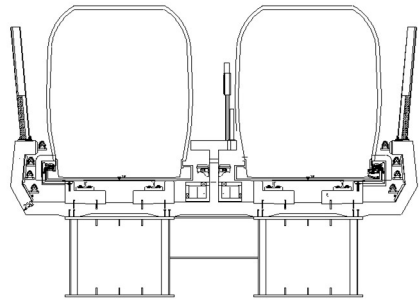
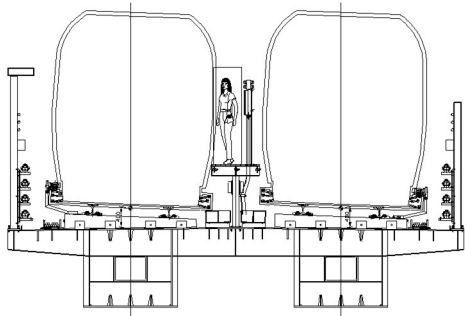
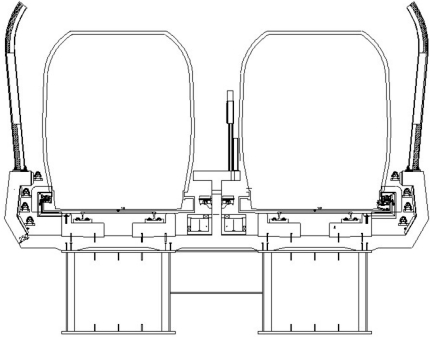
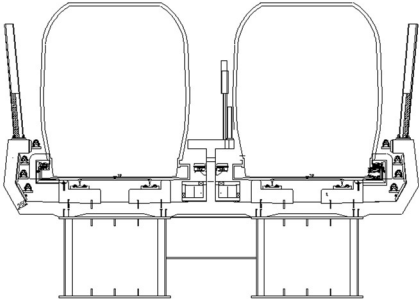
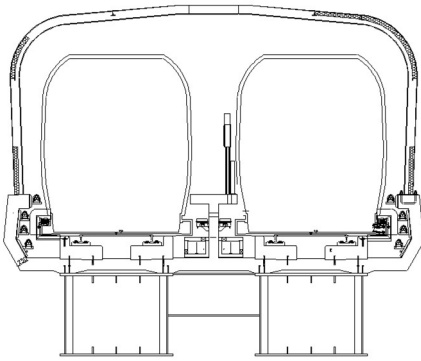
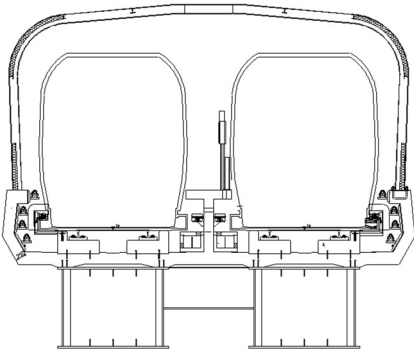
路段 1		路段 2	
	雙弧型(上方開口6m)		雙弧型(上方開口2m)

表4 各陳情路段現況隔音牆型式斷面圖

路段 3	 直立型	路段 4	 直立型+倒L型
路段 5	 雙弧A型	路段 6	 直立型
路段 7 A	 雙弧AB型	路段 7 B	 雙弧B型

五、捷運噪音量測

為辦理噪音評估及因應，本案於108年5月14日~109年3月11日執行軌道系統噪音量測，委託符合環保署許可之陸上運輸系統噪音測量檢驗

室，辦理陳情社區24小時量測數值作業，並彙整各路段陳情社區各時段之噪音量最大值如表5。其中(1)早：上午五時至上午七時；(2)晚：晚上八時至晚上十時；(3)日間：上午七時至晚上八時；(4)夜間：晚上十時至翌日上午五時。

由實測資料顯示，各路段所測得之噪音值雖均符合噪音管制標準的要求，惟在部分路段其差距有限，已近管制標準的限制，為提供更優良的環境，有必要針對此路段做更進一步的處理因應，以再降低噪音值，以降低對民眾生活的衝擊與影響。

表5 陳情社區各時段之最大噪音量彙整表

路段	社區名稱	軌道系統小時均能音量(L eq,1h)						軌道系統 平均最大音量 (Lmax,mean,1h)		軌道系統 小時均能音量 夜間時段 實測值低於 管制標準(dB)	軌道系統 平均最大音量 實測值低於 管制標準(dB)
		早、晚		日間		夜間					
		實測值 (max.)	法規 標準	實測值 (max.)	法規 標準	實測值 (max.)	法規 標準	實測值 (max.)	法規 標準		
1	冠德住易 旺築社區	65.5	70	64.9	75	62.9	65	84.4	85	2.1	0.6
	東帝士社區 天空之城 快易居	60.6	70	66	75	59.2	65	79.3	85	5.8	5.7
2	都會公園	60.5	70	65.7	75	58.3	65	80.7	85	6.7	4.3
	世紀皇家	58.6	70	61.1	75	58	65	78.4	85	7	6.6
3	久揚天廈	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
4	東方富域 權世界 國鼎社區	65	70	67.3	75	64.7	65	79.2	85	0.3	5.8
5	健華新城	64.1	70	67.4	75	63.6	65	82.7	85	1.4	2.3
6	捷和藍京	59.9	65	64.4	70	59.5	60	74.3	80	0.5	5.7
7	昇陽文化廳 民生捷座 春池宇宙光	69	70	71.5	75	64.9	65	81.8	85	0.1	3.2

六、隔音牆改善型式及範圍探討

經綜合以往評估及研究資料，捷運高架橋鄰近社區受到捷運噪音干擾衝擊，高樓層受音點多屬於直接音為主「聲音明亮區」；低樓層受音點屬於繞射角度較大且藉由繞射衰減而減音之「聲音音影區」；中樓層則介於上述二者之間，受音點為折射、反射後的直接音或角度較小的繞射音(圖2)。為能盡可能阻絕聲音的傳遞，除評估以遠軌中心線為噪音源，依據現

況隔音牆型式推估構成「聲音明亮區」之外的遮蔽角度(圖3)，以估計改善範圍外，針對多屬於「聲音明亮區」的高樓層，因承受直接音，民眾較難感受隔音牆成效，故隔音牆配置遮蔽範圍更應盡量足夠。此外，都會區高架橋綿延連續，相關隔音牆改善範圍亦需考量相鄰社區隔音牆型式之整體性，避免陳情社區隔音牆改善後，造成銜接路段隔音牆型式落差太大，相鄰社區可能產生不平衡之心理感受。

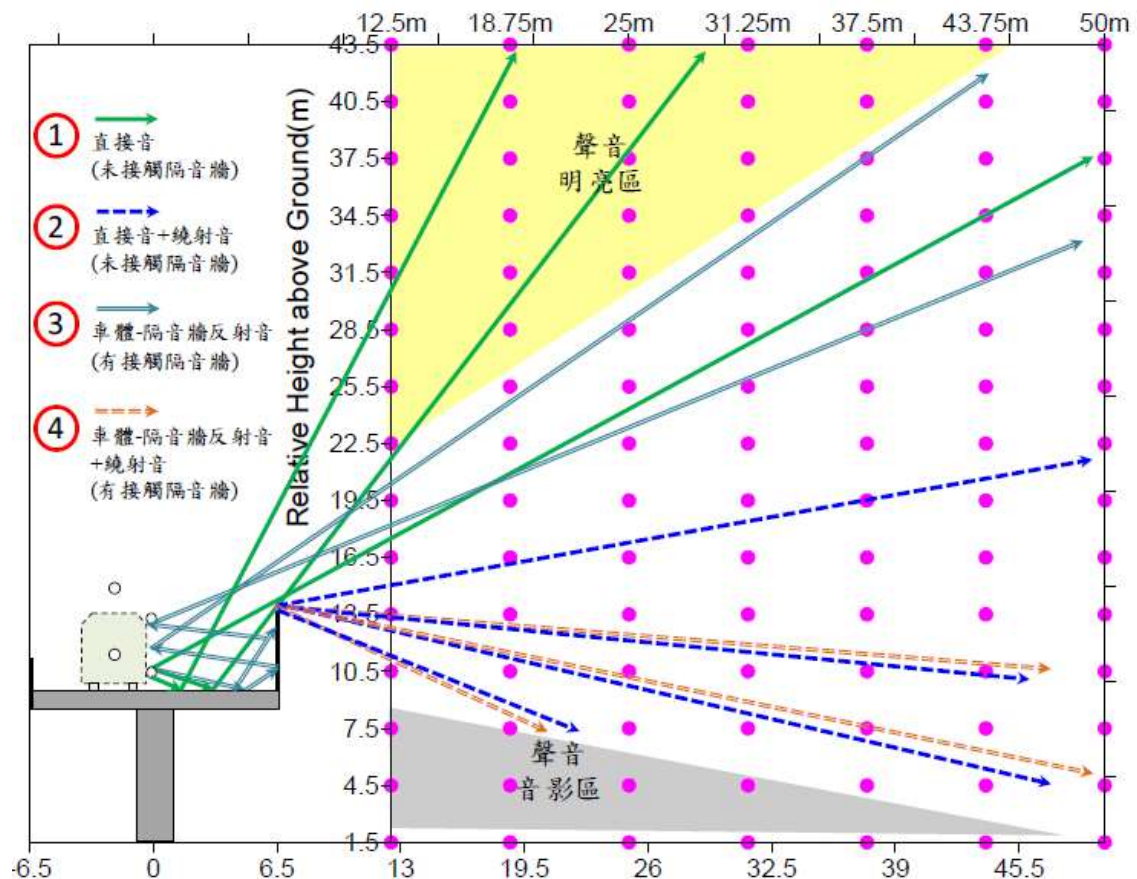


圖2 捷運高架橋噪音傳播至鄰近建築物之音線示意圖

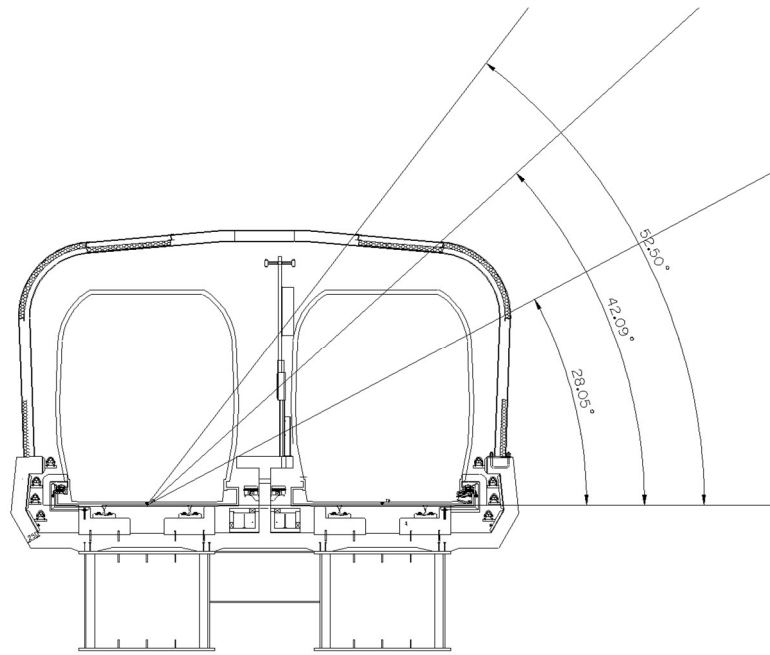
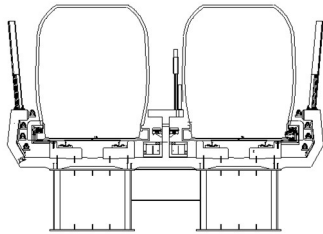
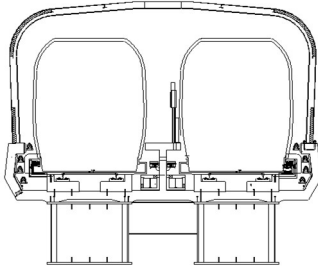
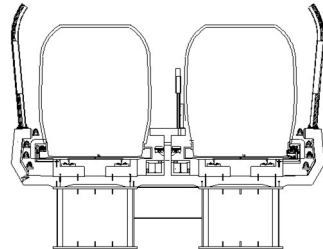
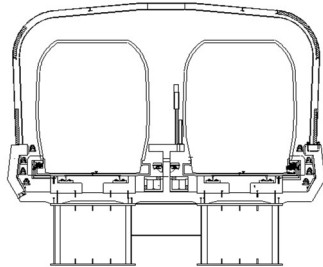
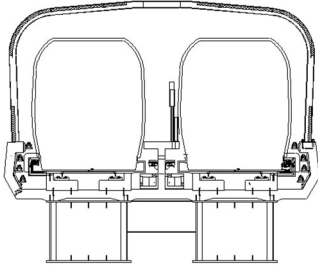
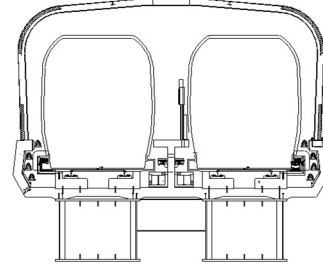


圖3 捷運高架橋空傳噪音隔音牆遮蔽角度示意圖

由於本案須在已營運且設置隔音牆的系統上進行改善工程，故僅能在夜間停止營運時段(凌晨01:00~04:00)施工，且所有橋面設施(含隔音牆)，如有暫時拆卸則須在隔日捷運營運前予以復舊。因此，改善工程以簡易施工設計為主要考量，評估將採利用或延伸既有隔音牆支柱構架及增設吸音板等方式，增加遮蔽範圍以改善隔音牆(表6)，並採螺栓接合為主的簡易施工。

表 6 隔音牆改善進階型式表

現況隔音牆型式	改善後隔音牆型式
 直立型	 雙弧型(上方開口 6m)
 雙弧 A 型	
 雙弧 AB 型	 雙弧型(上方開口 2m)
 雙弧 B 型	

本案新增之隔音設施因係座落在既有完成且已營運的橋梁上，故須檢討增設設施後的荷載增加對橋梁安全的影響。經蒐集本案各路段工程細部設計圖及竣工圖，本案7個陳情路段高架橋結構型式均為鋼箱型梁橋，其中6個路段屬於一般標準鋼箱型梁，增加荷載對結構影響性較小，而路段4則採用特殊型式鋼箱型梁，由於此路段捷運高架橋與板橋縣民大道下方台高鐵箱涵共構(圖4)，而共構結合用之箱涵預留錨栓規格限制了高架橋整

體重量，設計時即採用特殊軌道版、鋼製電纜槽、鋼製走道、特殊隔音牆及未設置制振混凝土等減重措施，以限制橋梁承受的附加荷載，其中隔音牆限重更僅200kg/m。

經彙整本案各陳情路段之捷運設施配置相關資料及評估結果後(表7)。多數路段均可採增加隔音牆設施等方式進行改善，惟路段4(板橋縣民大道，台高鐵共構段)因荷載已屆200kg/m上限值，幾無改善空間，後續除再檢討橋梁實際載重及安全風險外，並要求採輕量化材料設置隔音設施。

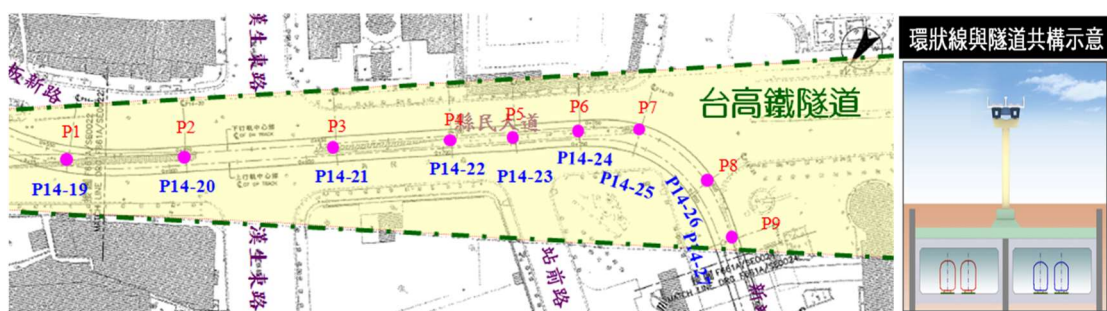


圖4 台高鐵共構段(路段4)平面圖

表7 陳情路段捷運設施配置資料表

路段	社區名稱	改善範圍 橋墩編號	改善 長度 (m)	隔音牆 現況型式	隔音牆 上方開口 (m)	高架橋設計 隔音牆荷載 (kgf/m)	隔音牆 現況重量 (kgf/m)	隔音牆 荷載餘裕 (kgf/m)
1	冠德住易 旺築社區	P23~P28~Y9	280	雙弧型	6.3	1188	845.1	342.5
	東帝士社區 天空之城 快易居 台北MRT	Y9~P1~P10	385	雙弧型	6.3	1188	845.1	342.5
2	都會公園	P18~P20	74	雙弧型	3.3	1188	1011.8	175.8
	世紀皇家	P23~P25	67	雙弧型	3.3	1188	1167.5	20.1
3	久揚天廈	Y14~P1~P7	196	直立型	9.0~9.36	1800	274.5	1525.5
4	東方富域 權世界 國鼎社區	P18~P27~Y15	341	直立型-上行側 倒L型-下行側	8.2~10	200	190.5	9.5
5	健華新城	P12~P21	225	雙弧A型	8.2	1800	424.3	1375.7
6	捷和藍京	P27~P30	138	直立型	9.1~9.2	1800	274.5	1525.5
7	昇陽文化廳 民生捷座 春池宇宙光	P32~P36~Y16	60	雙弧AB	7.1~7.32	1800	992.6	807.4
			161	雙弧B型	6~6.22	1800	1004.6	795.4

七、結論及建議

捷運建設將為都市發展帶來新的推進動力，也將為民眾的出行便利提供更好的選擇，惟因目前的捷運系統受限於效益及經費，已由早期的地下化型式，調整為以高架化結構為主，相對的，營運通車後的噪音也成為路線周邊民眾的困擾及人陳的主要內容。新北市政府捷運工程局鑑於環狀線第一期路線營運通車後，有關噪音防制的人陳意見不斷，雖檢討前期所設置的隔音設施已發揮效果，相關噪音量測均符合管制標準，惟因量測值仍偏高，將對民眾生活造成影響，故在既有設施及不影響營運通車的基礎上，另檢討進一步的改善措施以提供民眾更優化的生活環境。

依目前蒐集資料分析，捷運噪音將因與社區相鄰之捷運線形、營運車速、捷運高架橋隔音牆型式、社區樓高及距離等等因素，造成社區民眾不同的影響及感受，為避免人們主觀的心理、感官及耐受程度因素，本案評

估係依環保署頒布之軌道系統噪音量測「軌道系統小時均能音量」及「軌道系統平均最大音量」等客觀的法定噪音管制標準為依據，藉由實際量測值與管制值的差異，判斷是否須優先進一步改善及需改善的範圍，同時採聲音波傳路徑及遮蔽角度的檢討結果，確定改善的內容及範圍，最後再以現場如橋梁載重、可施工時間等的限制規劃施工方式。

捷運系統設計時，均會依據所假設的機電及營運參數，配合土建結構線形及與民宅距離等種種因素，模擬聲波傳遞、衰減以評估噪音的影響，並以相關管制標準作為隔音牆設計的依據，後續於實際列車運轉階段，則以實測方式驗證設計成效。惟以模擬所得的結果或所依據的標準，不見得會被民眾接受，特別是針對有捷運及無捷運的差異，即便是符合相關的管制標準，仍將因巨大的噪音增量而使民眾不適，致人陳意見不斷。因此，針對營運階段的噪音管制，除應實際檢討實測值對民眾生活的影響外，亦應檢討更進一步的改善作為以降低影響。

環狀線第一階段通車路線有關噪音防制優化已有初步的檢討結果，預期透過在既有隔音牆加設吸音板或延伸防護範圍等方式將可達改善成果，本案的評估方式及處置，應可提供市轄境內其他路線有關隔音減噪設計規劃上的參考。