

ISSN 1011-6850

TAIWAN RAILWAY JOURNAL

TRJ 臺鐵資料

季刊

386

Sep.2023
Autumn



交通部臺灣鐵路管理局

Taiwan Railways Administration, MOTC

目錄 Contents

918 震災後臺鐵臺東線搶修及橋梁復舊概述.....	1
黃韋程.楊東益.易人杰.黃子剛.賴哲安	
A report of the emergency repair of TRA's Taitung Line and the restoration of its damaged bridges after the earthquake on September 18, 2022.....Huang, Wei-cheng. Yang, Dong-yi. Yi, Jen-Chieh. Huang, Tz-Gang. Lai, Zhe-An	
增設電子輔助瞭望員以提昇臨軌施工安全之研究 - 以宜蘭線 K32 為例.....	19
呂彥融.羅金祥	
Research on Improving Safety of Track Construction Using Electronic Sentinel Rail Vehicle Intrusion Assistant Detection System Lifting - Use the Yilan Line K32 as the Example.....Liu, Yan-Rung. Luo, Jin-Shiang	
臺鐵沿線影響木強度力矩量化分析~以宜蘭線與平溪線為例.....	31
賴品寬.王維甄.郭哲璋.連建智.賴明煌	
Quantitative analysis of the strength moment affecting wood along the Taiwan Railway~Take the Yilan Line and the Pingxi Line as an example.....	
Lai, Pin-Kuan. Wang, Wei-Zhen. Guo, Zhe-Wei. Lian,Jian-Zhi. Lia,Ming-Huang	
交通運輸節點場域公共價值之研究-以臺中車站為例.....	75
陳怡庭.江權祐	
A Study on the Public Value of Transportation Hub Field: A Case Study of Taichung Station.....Chen, Yi-Ting. Chiang, Chuan-Yu	

918 震災後臺鐵臺東線搶修及橋梁復舊概述

A report of the emergency repair of TRA's Taitung Line and the restoration of its damaged bridges after the earthquake on September 18, 2022

黃韋程 Huang, Wei-cheng¹

楊東益 Yang, Dong-yi¹

聯絡地址: 10570 台北市南京東路五段 171 號

Address : 11th Floor, No. 171, Section 5, Nanjing East Road, Taipei City , Taiwan

電話(Tel): (02) 27698388

電子信箱(E-mail):wei1027@mail.sinotech.com.tw dongyi@ mail.sinotech.com.tw

易人杰 Yi, Jen-Chieh²

黃子剛 Huang, Tz-Gang³

賴哲安 Lai Zhe-An⁴

聯絡地址: 950 臺東縣臺東市岩灣路 101 巷 406 號

Address : No.406, Ln. 101, Yanwan Rd., Taitung City, Taitung County 950, Taiwan

電話(Tel): (089) 221399 轉 217

電子信箱(E-mail):0961393@railway.gov.tw

¹中興工程顧問有限公司 工程司

²臺鐵局 臺東工務段 施工室主任

³臺鐵局 臺東工務段 工務員

⁴臺鐵局 臺東工務段 技術助理

摘要

111年9月18日，本段轄管臺東線經歷2次芮氏規模大於6之地震，導致新秀姑巒溪橋之橋梁錯位及樂樂溪橋橋墩破損、東里車站月台雨棚傾倒及推移、富里車站月台柱頭破損及多處路線位移嚴重。此篇介紹震災後搶修應變流程及兩座受損橋梁復舊工法概述，其中新秀姑巒溪橋為臺鐵首次採頂昇推移工法來復位橋梁，以供未來本局搶修及類似橋梁災損復舊參考。

關鍵詞：1110918 鐵路震災、臺東線、搶修應變、橋梁頂昇推移、橋梁復舊

Abstract

On September 18, 2022, the Taidong Line experienced two earthquakes with a Richter scale greater than 6, which caused the dislocation of the bridge of the Xinxiu Guluan River Bridge, the damage of the piers of the Lele River Bridge, and the collapse of the canopy and shifting on the platform of Dongli Station. Fuli Station platform pillars were damaged, and many routes were seriously displaced. This article introduces the emergency repair process after the earthquake and an overview of the restoration methods of two damaged bridges. Among them, the Xinxiu Luanxi Bridge is the first time that the railway adopts the jacking and pushing construction method to restore the bridge.

Key words: 1110918 railway earthquake , Taitung Line, emergency repair response, bridge jacking and shifting, bridge restoration

一、前言

2022年9月17日21時41分與9月18日14時44分分別於臺東關山和臺東池上發生芮氏規模6.4與6.8地震(分別稱為關山地震與池上地震)。地震造成花東地區大規模地表破裂，且餘震頻繁。根據中央氣象局的資訊，「關山地震」被確定為該系列地震活動的前震，其震源位置位於北緯23.08°、東經121.16°，地震深度為7.3公里。「池上地震」則被確認為該系列地震活動的主震，其震源位置位於北緯23.14°、東經121.2°，地震深度為7公里。中央氣象局相關地震報告如圖一所示。

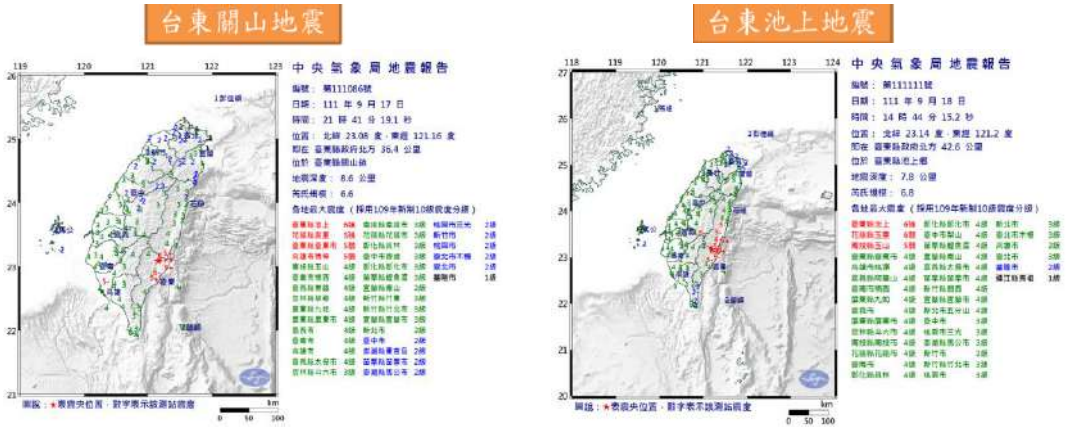


圖1 中央氣象局地震報告

臺東線鐵路玉里站至東里站之間距離約6.7公里範圍，在經歷此次地震後，樂樂溪橋部分橋墩頂部混凝土破損；新秀姑巒溪橋主梁錯位與橋墩帽梁上之電力桿混凝土基座傾斜或倒塌、混凝土支承墊等受損，致使臺東線玉里-富里間鐵路中斷。經震災後之現場勘查及評估後擬定兩階段之搶修目標，第一階段以儘速恢復鐵路交通運行為目標，第二階段再依據現行鐵路橋梁耐震規範進行橋梁安全評估與補強，以符合現行耐震規範之要求。基於第一階段目標，樂樂溪橋損壞之橋梁墩帽以鋼板包覆方式進行修復；新秀姑巒溪橋則以國內軌道工程首次使用之「頂昇橫移」復位工法進行橋梁震後主梁錯位之修復。相關橋樑修復工法之施工分述如本文第三及第四節。

二、震災後搶修應變流程

2.1 震損調查及啟動應變機制

當112年9月18日震後，臺鐵局臺東工務段立即派員隨乘機車勘查路線，並以工程維修車、公路車輛或徒步方式巡查震後路段與其間之隧道、橋梁及邊坡災損狀況，隨即編列搶修預算與啟動搶修機制及成立0918地震搶修應變小組；但因災損涉及運、工、機與電務單位，初期由該應變小組綜研各單位災損，以及協調分配任務；嗣後於111年10月3日該局亦租用東里站附近全家便利商店2樓成立搶修前鋒營，指派陳副總工程司仲俊擔任總指揮官，每日召開會議追蹤與協調各單位搶修進度與排序，並調派其他單位協助（詳如附錄2：0918地震搶修工程進度管控資料）。相關搶修主要任務重點及目標如下所列：

◎搶修任務重點：

- (一)新秀姑巒溪橋恢復原設計強度及橋梁線形。
- (二)樂樂溪橋墩帽裂損混凝土復原並鋼板包覆。
- (三)東里、富里車站損壞設施恢復其原有功能。
- (四)軌道、電力及電務號誌設備恢復穩定運作。

◎搶修任務目標：

(一)恢復正常運轉

經測試狀況良好，研議新秀姑巒溪橋（K89+900~K90+500）東西正線初期以80公里運轉，持續追蹤監測運行下結構狀況，並藉以評估並適時辦理提速，其餘路段恢復正常運轉。

(二)恢復東里及富里車站營運功能

在各單位同仁及廠商齊心協力日夜搶修之努力下，兩座橋梁與路線相關設施（備）搶修工程得以提前於111年12月28日達成可通車條件，比原預計通車時程超前3個月，所有搶修參與人員可謂功不可沒。

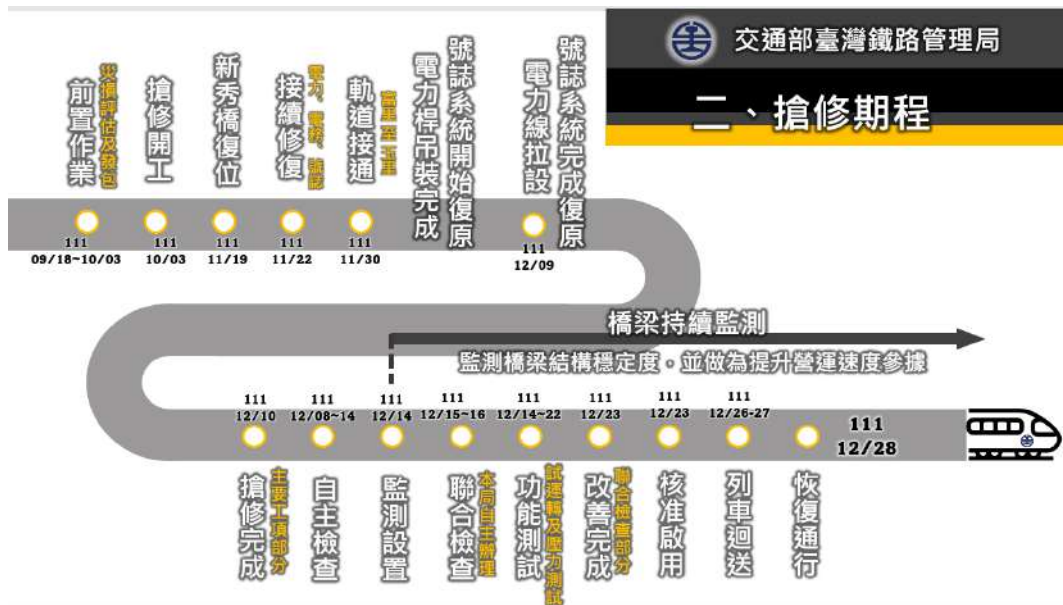


圖2-1 震災搶修工程期程

2.2 各單位災損後復原及檢查情形

此次搶修工程因屬災後搶通性質，與新建或改建工程聯合檢查不同。檢查分 2 階段。第 1 階段先由該轄區運、工、機、電各單位先自行檢查及缺失改善完成後，提報局本部進行第 2 階段正式聯合檢查；第 2 階段聯合檢查後各單位依 A、B、C 級缺失來進行改善，A 級改善完成（通車啟用前 12/22）方可允許在有限制條件下（如橋梁需以慢行先期通車，待檢測成果評估後提速至原路線營運速度）通車；B 級（通車啟用後限期改善）；C 級（通車啟用後檢討辦理）。（如附錄 1.修復通車前自主檢查查核表、聯合檢查表）

表2-1 新秀橋慢行電報

交通部臺灣鐵路管理局 行車電報				共 1 頁第 1 頁
發電人 綜合調度所 行車組	發電 次數 1/2	等級 緊急	日期 112年1月16日	時間 14時30分
主編檢辦人 王韶華	電話 (0)102-2519 (或)102-2128 電報室 02-3320	行車組長 劉允鈞		
玉里-東里 綫二、花蓮、臺東 鐵路段(含機房分段、旁組所)：臺北、花蓮、高雄車班。 花蓮 運務段、電務段、電力段；臺東工務段；池上工務分駐所；行檢處車班；工務處；營運安全處。				
依據本日臺東工務段 2 號電報申請，因受地震影響經現場整修後路線已趨穩定，111 年 12 月 26 日副局長第 21 號電報，緊急慢行地點、日期及速度變更如次，請查照。				
一、玉里-東里間東、西正線(K89+900-K90+500 處)： 自即日起至 112 年 1 月 17 日 5 時 0 分止，慢行 80 公里/時。				
二、玉里-東里間東、西正線(K89+900-K91+150 處)： 自 112 年 1 月 17 日 5 時 0 分起，慢行 100 公里/時。				
備註：本報各項錯誤除按本行車電報指定外，應按運輸規章辦理，並請收電人確實轉知轄 下相關單位。				
以下空白				

2.3 災損路線試運轉

因震災後路線受損嚴重為求慎重，路線復舊及電車線復電後，需以不同車種進行路線壓力測試及提速試運轉。試運轉車種有R柴電機車、E200電力機車、EMU 500、EMU 3000及普悠瑪（如下表）。經多次壓力測試及試運轉確認路線安全無虞下，方才恢復該路段通車及營運。

表2-2 壓力測試及試運轉時程

日期	時間	區段	車輛計畫及內容
111年12月13日	13:00~17:00	玉里至富里	EM80 軌道巡檢（結果與上季數據比較）
111年12月14日	17:00~19:00		R 柴電機車，時速 45km/h，1 趟
111年12月15日	17:00~19:00		R 柴電機車，時速 45km/h，1 趟
111年12月16日	17:00~19:00		R 柴電機車，時速 75km/h，2 趟
111年12月17日 (01:30 送電)	16:30~18:30		E200 電力機車，時速 75km/h，1 趟
111年12月18日	14:00~17:00		E200 電力機車，時速 75km/h，2 趟
111年12月19日	14:00~17:00		EMU 500，時速 80、100、110km/h，3 趟
111年12月20日	14:00~17:00		EMU 3000，時速 90、100、110km/h，3 趟
111年12月21日	14:00~17:00		EMU 3000，時速 100、110、120km/h，3 趟
111年12月22日	13:30~16:30		EMU 3000，時速 130km/h，3 趟
111年12月23日	10:00~12:00		普悠瑪，依號誌設備指示行駛。
111年12月26日	08:00~17:00		列車迴送

	
送電範圍區段	臺東線玉里至富里間 84K+681(84/33)~105K+694(105/31)
帶電開始日期	111年12月17日凌晨01:30起 前述送電範圍電車線25kV高壓電正式送電，請車站及各施工單位特別注意安全，鄰近電車線工作時至少保持1.5公尺以上之安全距離。
 發文單位：交通部臺灣鐵路管理局花蓮電力段 111年12月10日	



圖 2-3 EMU3000 壓力測試及試運轉 130K/H 通過新秀姑巒溪橋

圖 2-2 電車線送電通報

三、樂樂溪橋震後橋梁修復

3.1 樂樂溪橋基本資料及震損調查

樂樂溪橋屬於臺東線鐵路橋梁，位於花蓮縣源城溪、台30線與樂樂溪上，連接花蓮縣玉里鎮玉里車站與富里鄉東里車站。為配合東部鐵路改善計畫工程，遂將玉里-安通-東里(南側)間路線截彎取直，並於2001年興建、2004年完工、2007年3月底通車，為一雙線鐵路橋，橋梁中心鐵路里程為K86+503。本次災損集中在跨樂樂溪橋部分，共計7個單元；每單元由3跨之預力混凝土箱型梁構成，長度為 $(2@40+30M)+4(3@40)+(2@40+30M)+(30+2@40M)=810M$ ，屬於連續梁系統，其傳力方式是透過箱梁下方盤式支承及剪力鋼箱，向下傳遞至橋墩，橋梁淨寬10M。^[3]

樂樂溪橋於地震後經過現場進行勘查，初步的調查結論如下：

1. 橋梁上部結構之預力箱型梁及橋面板構造狀況尚屬完整，未因地震而有明顯損壞狀況，亦無構造物間之相對側向位移。

2. P1橋墩、P13~P19橋墩等8座橋墩頂部混凝土破損相對比較顯著，橋墩頂部及周邊混凝土產生裂縫及破裂，甚至導致鋼筋外露及部分盤式支承砂漿墊剝落，其中以P16橋墩之頂部損壞尤為明顯。



圖3-1 樂樂溪橋震後受損狀況(P16橋墩)



圖3-2 樂樂溪橋震後橋墩頂部受損狀況(P19橋墩)

3.2 樂樂溪橋災後搶修復舊施工

樂樂溪橋於本次災害中，橋梁雖無明顯橫向偏移情形，惟P1、P13-P19橋墩帽梁產生明顯裂痕。主要修復方式採包覆鋼板方式，以增加對橋墩結構之圍束力。

有關樂樂溪橋梁主要修復作業流程包含清除損落之表面混凝土碎塊，再將盤式支承墊外側破損部分以無收縮水泥砂漿進行修補，既有橋墩外側再行施作鋼板包覆，並於鋼板與結構體之間隙灌注無收縮水泥砂漿予以填滿，最後再以化學錨栓固定鋼板。其中P16橋墩之頂部損壞較為嚴重，故修復前於橋墩兩側先行安裝重型支撐架，並搭配頂部鋼橫梁架設千斤頂，以對既有上部箱型梁構造進行預撐，避免於修復作業過程中造成橋梁上部箱型梁構造失去穩定性或其他安全疑慮。



圖3-3 樂樂溪橋受損橋墩鋼板包覆施工 圖3-4 樂樂溪橋P16墩加設重型支撐架

四、新秀姑巒溪橋震後橋梁修復

4.1 新秀姑巒溪橋基本資料及震損調查

新秀姑巒溪橋為位於花蓮縣秀姑巒溪上之鐵路橋梁，屬於臺東線鐵路，連接花蓮縣玉里鎮玉里車站與富里鄉東里車站。為配合東部鐵路改善計畫工程，遂將玉里-安通-東里(南側)間路線截彎取直，並於2001年興建、2004年完工、2007年3月底通車，為一雙線鐵路橋。本橋長度580公尺，為單柱橋墩及上承式簡支梁橋，採用吊裝工法施工，橋面鋪設傳統道碴式軌道，本橋已先預留電車線之電桿基礎，並於103年花東鐵路電氣化時架設本橋之電桿、懸臂組與電車線，橋梁中心鐵路里程K90+235，橋梁總長為580M，係以(10@40M+2@30M+3@40M)布置預力梁，S1~S13橋面寬為10.9M(四根I型梁)、

S14橋面寬為13.2M(五根I型梁)、S15橋面寬為16.55M(七根I型梁)，橋孔數為15孔；上部結構為簡支I型預力梁。^[3]

新秀姑巒溪橋於地震後經過現場進行勘查，初步的調查結論如下：

1. 橋梁15跨皆產生相對位移，各跨之位移量不同，橫向位移並非皆往同一方向偏移，上構最大位移量達1.29公尺。
2. 橋梁之止震塊因橋梁上部結構橫向位移而大部分破壞，大梁下方之混凝土支承墊大多產生局部破損、橡膠支承墊則部分損壞。
3. 上部I型梁僅輕微損傷；橋面板結構於上部軌道及道碴清理後，經檢視無重大損傷，僅周邊欄杆及橋面板間的伸縮縫介面有局部損壞。
4. 帽梁及墩柱主結構尚完好，惟帽梁上方電桿柱大部分損壞；東側電桿柱基礎底部受損，西側電桿柱基礎大部分受擠壓斷落，連帶造成帽梁邊緣之混凝土受損。



圖4-1 新秀姑巒溪橋震後受損狀況(P9橋墩西側)



圖4-2 新秀姑巒溪橋震後受損狀況(P11橋墩西側)

4.2 新秀姑巒溪橋災後搶修復舊施工

新秀姑巒溪橋之15跨主梁皆因地震偏移落在帽梁上，造成部分電力桿基座遭橋梁撞擊倒塌，且部分預力梁下方混凝土支承墊也遭受破壞，但主梁及橋面板等主要結構尚稱完好無明顯損傷，爰此新秀姑巒溪橋以橋梁復位為主要作業目標。

4.2.1 頂昇施工

橋梁復位之前置作業需先行架設重型支撐架，架設前依據高程測量將橋墩兩側進行整地，再施作混凝土基礎版後架設重型支撐架。再於重型支撐架頂部鋼梁上與橋梁下每根I型預力梁之間各安裝垂直向之頂昇千斤頂與配套油壓管路，以及其他相關設備以進行頂昇作業。

頂昇高度以橋梁I型梁底至帽梁頂部之相對距離為依據，由油壓千斤頂分階段抬昇35至38公分，供後續人員施作支承墊修復與清理作業，能具足夠作業空間與保持安全性。每次由油壓千斤頂活塞頂昇約8至15公分後，即於帽梁上方塞入鋼製暫撐塊，並回縮千斤頂活塞，以將橋梁重量藉由鋼製暫撐塊作為支點暫置於帽梁結構上，再行將縮回之千斤頂活塞上方加墊鋼製頂昇塊，以作為下一次千斤頂抬昇橋梁之支點，反覆將支點位置由千斤頂與帽梁鋼製暫撐塊間循環轉換，將橋梁頂昇至預定高度。



圖4-3 新秀姑巒溪橋架設重型支撐架



圖4-4 新秀姑巒溪橋頂舉作業架設千斤頂

4.2.2 橫移施工

前述頂昇作業完成後，應先進行兩跨之間石碴、損壞止震塊及其他掉落於其間的混凝土塊及雜物之清理，並進行新設RC支承墊設置或原有RC支承墊之修復。完成相關清理及修復作業後，再於既有橋墩帽梁上架設橫移千斤頂相關設備、橫移梁與橫移千斤頂反力座等以進行橫移作業。

橫移作業之關鍵乃在於介面間之摩擦係數的差異，橫移作業進行前，於大梁底部設置不鏽鋼滑靴，並於滑靴與橫移梁間介面塗佈潤滑油脂以降低橫梁頂摩擦力，以確保橫移千斤頂橫向推移之作用。

橫移梁考量施工空間及吊裝，需分段安裝於帽梁上，兩側以化學錨栓固定，各橫移梁之間再以角鋼鉸接串聯，以防止橫移梁於橫移過程中產生相對滑動。



圖4-5 新秀姑巒溪橋橫移之橫移梁架設



圖4-6 新秀姑巒溪橋橫移之橫移千斤頂架設

4.2.3 落座施工

橋梁落座前應先以位於重型支撐架頂部鋼梁之垂直向油壓千斤頂為支點，將橋梁略為向上頂舉後，再將架設於帽梁上方之橫移千斤頂、橫移梁等設備拆除，並將新設橡膠支承墊放置於新設或已修復之混凝土支承墊上。最後進行垂直向油壓千斤頂活塞回縮，讓大梁落座於橡膠支承墊上。橋梁兩端進行落座作業時亦應注意同步配合，並於落座完成後量測橋梁大梁與混凝土支承墊相對位置及水平高度，俾確認橋梁結構是否回歸原預定位置。



圖4-7 新秀姑巒溪橋落座作業前完成清理施工



圖4-8 新秀姑巒溪橋落座作業精度量測

4.2.4 新設鋼製止震塊施工

為確保能回復原設計所採用之交通部88年所頒佈之鐵路橋梁耐震設計規範及鐵路運行之基本功能，故研擬鋼止震塊之設置，以回復既有之橋梁耐震之基本功能。本工程新設鋼製止震塊位置不同於震前橋梁兩側設置混凝土止震塊，改為安裝在各橋墩預力梁中間。施作前需於帽梁安裝位置上進行放樣與清潔整平，依放樣標記進行鑽孔作業及化學錨栓安裝。鋼止震吊裝及鎖固後，將人造橡膠墊安裝於鋼止震面對端格梁方向及預力梁兩側，以回復橋梁抵抗地震之功能。



圖4-9 新秀姑巒溪橋鋼製止震塊施工(一)



圖4-10 新秀姑巒溪橋鋼製止震塊施工(二)

4.3 橋梁監測作業

為觀察震後搶修完工後兩座橋梁重新使用之穩定情形，遂依據橋梁結構各功能構件之結構特性進行監測儀器設置，相關監測值管理值之訂定係分別依據結構分析求得橋梁於地震、列車通行作用條件下，上部結構承載構件(大梁)以及下部結構耐震構件(橋墩)結構反應曲線，並透過通車前試運轉階段監測數據分析之弭合，藉以綜合訂定行動值與警戒值。

表4-1 橋梁監測管理值表

項目	新秀姑巒溪橋		樂樂溪橋	
	警戒值	行動值	警戒值	行動值
雙軸向傾斜計	1600秒	1800秒	1120秒	1160秒
變位計	80mm	90mm	64mm	72mm
應變計	初值	初值	初值	初值
	±176 Digit	±198 Digit	±135 Digit	±152 Digit

本搶修工程完成後，初期採80公里速限行駛，於通車後2個月期間持續以自動化監測系統監測常時狀態與外力擾動情況(如地震、列車通行)之結構反應，藉由橋梁監測資料與列車行駛之穩定度之評估，逐步恢復列車營運速度，以確保鐵路交通之安全。於通車後經持續二個月之監測數據評估及現場比對確認修復後之橋梁狀況良好並無異狀，兩座橋梁路段已於112年3月8日將列車提速至原限速。

五、結語

鐵路運輸乃一便利、快捷及環保之城際大眾運輸，此次震災造成臺鐵臺東線花東地區玉里至富里間路線中斷，111年9月18日至12月28日約3個半月之停駛，造成花東民眾不便，在此感謝民眾體諒。此次震災搶修工程在本局及協力廠商人員日以繼夜的趕工下，提前於111年12月28日搶通該路線，在此向參與搶修人員致上十二萬分之感謝與敬佩之心。



圖 5-1 通車後 EMU3000(新自強號)通過新秀姑巒溪橋

參考文獻

1. 中央氣象局地震報告：<https://www.cwb.gov.tw/V8/C/E/index.html>。
2. 臺鐵 0918 地震災後緊急搶修工程報告，東里搶修前鋒營，東里，111 年 12 月 27 日。
3. 新秀姑巒溪橋及樂樂溪橋災後搶修工程(委託設計、監造)技術服務橋梁檢測與評估報告，中興工程顧問股份有限公司，112 年 6 月。

附錄

1-1. 修復通車前自主檢查查核表

0918 地震後玉里—富里搶修工程 修復通車前自主檢查查核表

工作分組：土建分組(新秀姑巒溪橋)

檢查人員：台東工務段

檢查日期：111/12/10

檢 查 小 組 意 見	A：立即改善 B：聯檢前改善完成 C：啟用後持續改善等等分項			辦 理 情 形	台鐵局	台鐵局
	A	B	C		檢查人員確認	複查人員確認
1. 新秀姑巒溪河川用地復舊未施作(RC墊未敲除、鋼板樁未拔除)			√	1. 通車後持續改善 2. 不影響通車	字	健
2. 新秀姑巒溪橋安全觀測設備未安裝完成		√		應於 111.12.14 安裝完成	字	健
3. 新秀姑巒溪橋鋼止震化學錨栓上未安裝完成		√		應於 111.12.14 安裝完成	字	健
4. 新秀姑巒溪堤防未修補(P13)			√	1. 通車後持續改善 2. 不影響通車	字	健
5. 新秀姑巒溪重型支撐架未撤場			√	1. 通車後持續改善 2. 不影響通車	字	健
6. 新秀姑巒溪橋橋面欄杆修補		√		應於 111.12.14 安裝完成	字	健
7.						
8.						

1-2. 路線啟用前聯合檢查查核表

「0918 地震災後搶修工程（玉里至富里段）」 路線啟用前聯合檢查查核表

工作分組：土建分組

檢查人員：本局工務處 林科長永昌、林幫工程司于閔、廖工務員忠萍

檢查日期：111 年 12 月 15、16 日

檢查小組意見	A: 通車啟用前改善(12/22) B: 通車啟用後限期改善 C: 通車啟用後檢討辦理			辦理情形	檢查人員確認	複查人員確認
	A	B	C			
1. 富里站月台雨棚柱上部鋼板包覆未完成		V		啟用後3個月內改善		
2. 富里站月台雨棚柱下部鋼板背填環氧樹脂未完成、與月台銜接處切割面未修補	V				忠	
3. 富里站月台電梯口前雜物須清除	V				忠	
4. 東里站地下道雜物須清除	V				忠	
5. 東里站地下道雜物磁磚修補		V		啟用後3個月內改善		
6. 東里站1、2月台地下道欄杆扶手需固定	V				忠	
7. 東里站1、2月台地下道護欄側牆未完成	V				忠	
8. 東里站1、2月台部分輸水手孔蓋邊緣未平整，請全面檢視平整度	V				忠	
9. 東里站1、2月台邊緣裂縫需修補，請全面檢視	V				忠	

增設電子輔助瞭望員以提昇臨軌施工安全之研究

—以宜蘭線 K32 為例

Research on Improving Safety of Track Construction Using Electronic Sentinel Rail Vehicle Intrusion Assistant Detection System Lifting - Use the Yilan Line K32 as the Example

呂彥融 Liu, Yan-Rung¹

羅金祥 Luo, Jin-Shiang²

聯絡地址:260003 宜蘭縣宜蘭市宜興路 1 段 236 號

Address: No.236, Sec.1, Yixing Rd., Yilan City, Yilan County 260003, Taiwan
(R.O.C.)

電話(Tel):(03)9331203

電子信箱(E-mail):0085036@railway.gov.tw

摘要

瞭望工作在鐵路臨軌施工中扮演著重要的角色，它是確保安全及施工順利進行的關鍵要素，以防止事故及異物入侵意外發生。惟現行瞭望員通報系統完全依靠人力運作，當瞭望員長時間工作時產生精神疲勞及注意力不集中等狀況，極有可能因恍神而造成未通報或通報延遲情形，進而產生施工風險。因此尋求更加穩定可靠的方式用以輔助現行瞭望員通報系統，實刻不容緩。

關鍵字：瞭望員、電子輔助、行車安全

¹ 臺鐵局 宜蘭工務段 技術助理

² 臺鐵局 宜蘭工務段 施工室主任

Abstract

Lookout work plays an important role in the construction of railway tracks. It is a key element to ensure safety and smooth construction, so as to prevent accidents and foreign object intrusion accidents. However, the current notification system for lookouts relies entirely on manpower. When lookouts work for long periods of time, mental fatigue and inattention will occur. It is very likely that the notification will not be reported or the notification will be delayed due to distraction, which will cause construction risks. Therefore, it is urgent to find a more stable and reliable method to assist the current lookout notification system.

Keywords: Lookouts, Electronic assistant, Driving safety.

一、前言

臺灣鐵路管理局於 110 年 4 月 21 日發生「0402 臺鐵 408 次列車清水隧道事故」及同年 12 月 1 日發生「1201 臺鐵第 207 次車福隆站重大鐵道事故」後，該局工務處於 110 年年終檢討會議中指示宜蘭工務段與高雄科技大學鐵道技術中心(下稱：高科大)洽詢電子輔助瞭望員安裝事宜，並於 111 年 2 月 11 日邀集高科大張簡教授至「鐵路行車安全改善六年計畫宜蘭線福隆石城 32+234~K32+900 地錨邊坡改善工程」(下稱：本工程)工地實地會勘，研商辦理安裝事宜。

二、現況

2.1 工程概述

本工程位於宜蘭線福隆~石城西正線 K32+234~K32+827 處，因應臺鐵局「鐵路行車安全改善六年計畫-邊坡安全生命週期維護管理」檢測發現有：格梁損毀、底部淘空、錨頭斷裂及 RC 格梁地錨坡面外滑情形，遂辦理邊坡改善工作，計施作擋土排樁 305 支、自由型框護坡修復 678m²、噴凝土護坡修復 220m²、新設噴凝土溝 335m 及新建排水溝 228.2m 等，0402 事故發生後，即辦理邊坡護欄設置(如圖 1)，俟防墜護欄完工後，再施作契約工項。

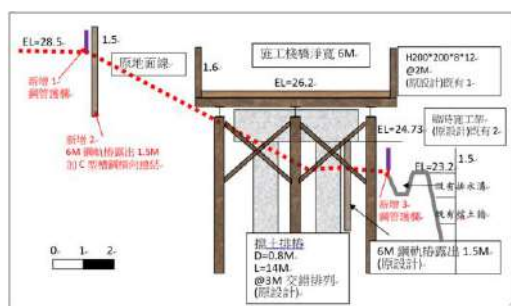


圖 1 增設鋼軌護欄示意圖



圖 2 鋼軌護欄設置情形

2.2 事故概況

本工程初期於臨軌作業時，於鐵路里程 K32+350、K32+700 及 K32+900 處共配置三名瞭望員，當列車接近至瞭望員視距範圍內，即由該側瞭望員使用無線電對講機及手持擴音器等設備通報工區作業人員及其他瞭望員，本工程於 110 年 12 月 1 日發生鋼軌樁斷裂飛落敲擊太魯閣自強號之「1201 事故」，於後續事故調查時，經調閱監視畫面，發現作業之打樁機未能及時於列車通過前停止作動，僅在列車通過時吊臂有一明顯停頓，因而造成夾持之鋼軌樁斷裂飛落，擦撞下方通過之太魯閣自強號。由於該監視畫面並無錄音，打樁

機未能於列車通過前停止作動原因尚無法判斷(是否為瞭望員未通報、通報延遲或現場施工噪音干擾，致作業人員未能接收告警信號等，無法查明)，因此必須增加設備來改善此一問題。

2.3 法規

依據「交通部臺灣鐵路管理局安全衛生工作守則」第肆章、第三節：路線上、橋隧內作業，瞭望員相關規定節錄如下：

五十一、路線上、橋隧內作業

(二)在路線上定點工作時，…，及在兩端適當地點指派瞭望員，應隨工作進度移動；另指派列車監視聯絡員，於車站運轉室監視列車運轉情形，以確實有效掌握列車之動態，提早連絡通知現場作業負責人待避列車。

(五)瞭望員應由作業負責人指派富有責任感與耐性之人擔任，站立於經作業負責人勘定之地點，專責擔任瞭望工作，嚴禁兼任其他工作，工作時應攜帶行車調度無線電對講機、號誌旗(燈)、哨子及通訊器具。

(六)在下列特殊地段作業時，不論是辦理路線隔斷或路線封鎖區間，均應指派瞭望員，並視實際需要加派中繼瞭望員，不能因人手不足而省略：

- 1.視線不良之銳曲線…。
- 2.調車頻繁之站場。
- 3.風聲大，河川水聲大，海潮聲大等地段。
- 4.使用噪音機具處。
- 5.長大橋樑及隧道。
- 6.行車運轉紊亂的地段。
- 7.濃霧或下雨能見度低於 150 公尺的地段。
- 8.夜間作業。
- 9.使用重機械處。

三、設置過程

3.1 選用偵測系統

3.1.1 紅外線系統

一般偵測系統可略分為：紅外線遮斷感應及雷達感應系統，紅外線遮斷感應設備係利用紅外線光束的遮斷和接收來檢測物體的存在。當遮斷光束被物體阻擋時，感應器會觸發訊號。紅外線感應器常用於安防系統、入侵檢測及門窗監控等，可以檢測物體的進入或離開並觸發相應的動作或警報，如圖 3。

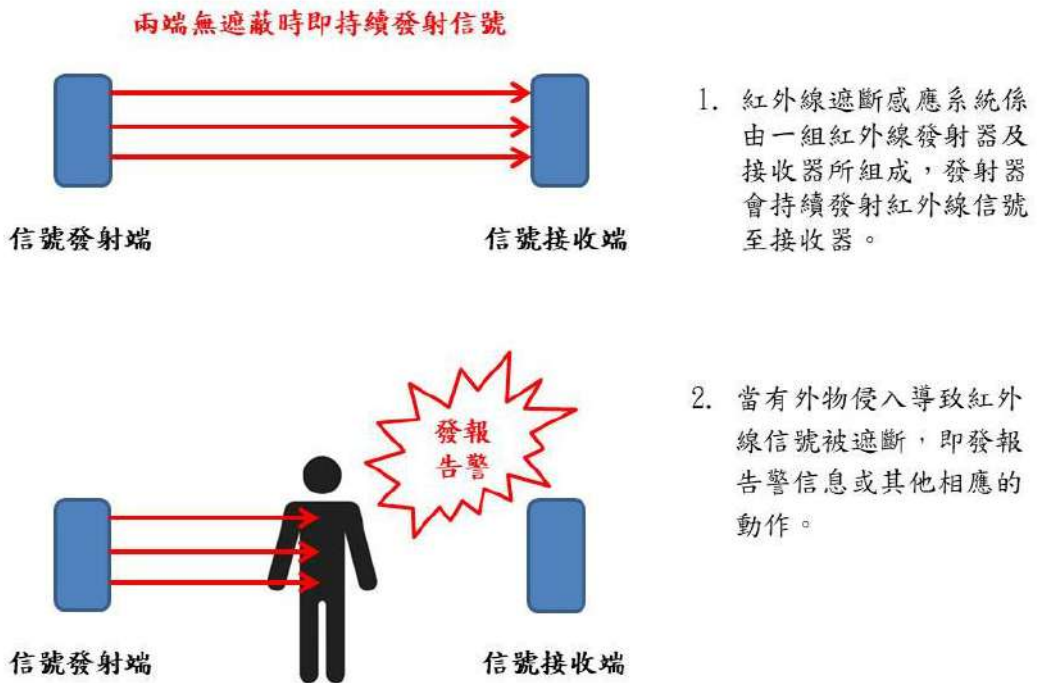


圖 3 紅外線系統作用原理示意圖

3.1.2 雷達系統

雷達感應設備是使用射頻信號(無線電波)來探測和測量物體的位置、距離、速度及方向。工作原理基於發送射頻脈衝信號，當這些信號與物體相互作用時，一部分信號被反射回到雷達感應器。通過測量返回信號的時間延遲和相位變化，雷達可以計算出物體的距離及速度。雷達感應器通常用於航空、航海、交通監測等領域，以及自動駕駛汽車中的障礙物檢測與跟蹤，如圖 4。

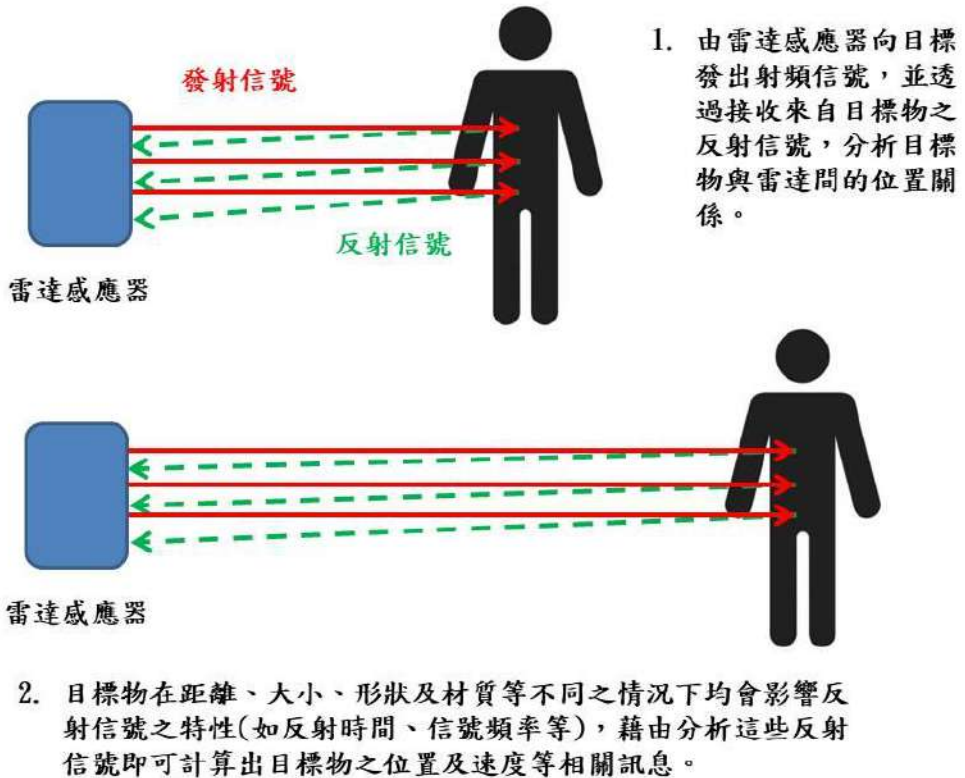


圖 4 雷達感應系統作用原理示意圖

總結來說，紅外線遮斷感應已大量使用，因其於市場已大量開發故感應價格便宜，後續維護管理也相對簡單，惟容易受到周遭環境干擾，可靠性較差且受限於感應距離甚短；雷達感應則在偵測精度上較具優勢，且不易受環境因素干擾，可靠性高。考量本工程為戶外露天作業，受周遭環境影響甚大；南北兩端通報位置距工區施工位置長達 0.8~1 公里，信號傳輸距離亦為一大考驗。列車瞭望工作攸關行車安全，經比較後選用可靠性高之雷達感應設備。

3.2 設備介紹

高科大鐵道技術中心發展鐵道技術號誌與車載系統已超過 15 年，並協助我國各類鐵道國產化設計及製造，實裝於鐵路正線系統運轉已超過 210 件，另協助國內企業取得專利至少 45 件，具相當程度的實績開發經驗與成效。本案使用由高科大團隊所研發之電子輔助瞭望員系統，即採用雷達感應偵測模式，設備系統架構如圖 5，各項設備安裝及配置如圖 6：

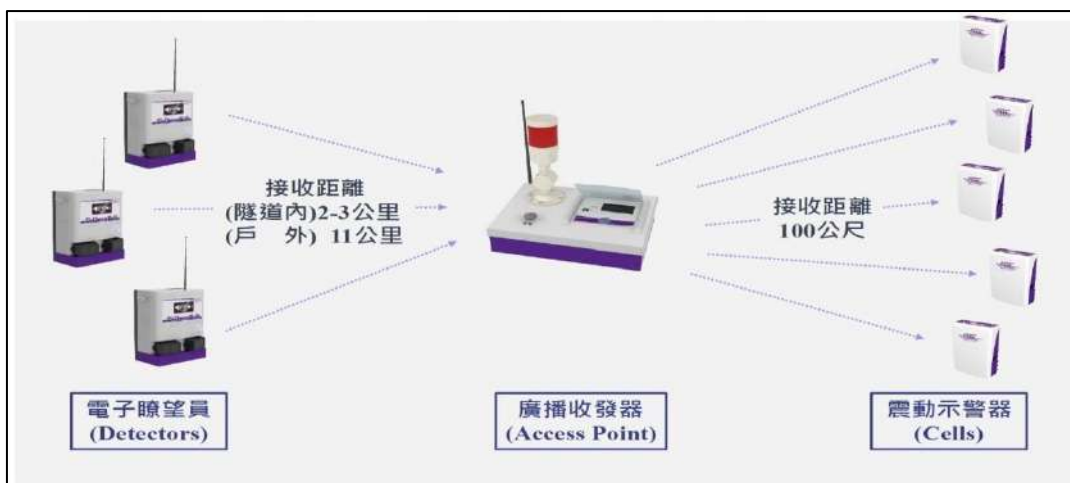


圖 5 高科大團隊研發電子輔助瞭望員設備系統架構圖



圖 6 電子輔助瞭望員安裝及配置示意圖

3.2.1 電子瞭望員

於廣播收發器啟動後，將電子瞭望員開機，電子瞭望員將立即搜尋連線廣播收發器頻率。當與廣播收發器連線後，即可依事先設定之偵測方向及距離等參數自動監控目標區域。

3.2.2 廣播收發器

廣播收發器放置於施工現場內合適位置並開機，開機後該設備將立即掃描合適頻率，並每秒傳輸當前狀態。當電子瞭望員偵測到目標區域內有列車通過時，即發送信號至廣播收發器，廣播收發器立即發出警報並將信號再發送至震動示警器。為配合現場施工嘈雜環境，廣播收發器可透過外接揚聲器再放大告警音量，避免受施工噪音干擾。

3.2.3 震動示警器

於廣播收發器啟動後，施工人員將配置於身上的震動示警器開機，震動示警器將自動掃描廣播收發器之頻率。當接收到警報時，震動示警器將發出告警音並持續震動。

3.3 實際辦理情形

3.3.1 擇定安裝位置

本工程工區範圍為 K32+234 至 K32+900 間，為使工區於警報發佈後重機械有充足時間停止作動，並考量告警後等候列車通過時間，爰將電子瞭望員設置於 K31+580 及 K33+880 處。後續經現場實際測試，警報發佈後至列車通過工區之預先準備時間可達 40 秒以上。較原先人工瞭望員通報方式可增長預警時間約 15 秒以上。

3.3.2 裝設

本案自 111 年 2 月 11 日辦理現地會勘後，立即協調施工廠商配合辦理現場電源裝設及勘查等相關前置作業，完成後於 111 年 3 月 9 日會同高科大技

術團隊辦理電子輔助瞭望員裝設作業。因受工區內電信基地台信號干擾影響，導致設備無法正常作用；後續高科大技術團隊更換天線及發信器並調整信號功率後，於 3 月 18 日正式上線。啟用後歷經多次長官視察，無論晴雨均能準確告警無誤。

3.4 遭遇困難與解決方式

3.4.1 列車南下待避於福隆站之特殊條件

電子輔助瞭望員上線運行後，經廠商反映發現，南下待避列車再開行時，電子輔助瞭望員未能示警。因本工程北端緊臨福隆站，為配合地理條件限制，北側電子瞭望員須設置於福隆站北端，始有充足之預警時間可供工區重機械停止作業，惟如遇南下列車於福隆站待避高級列車通過時，後續再開車時即無法預警，情境為：當列車通過福隆站北端偵測點時，電子輔助瞭望員即對工區發佈警報，若此時列車進福隆站側線待避，則工區重機械會等候多時，卻無列車通過，形成假警報狀況，嚴重影響電子輔助瞭望員之權威性；又當停靠於福隆站之列車往南下開行時，因其已通過偵測點，則電子輔助瞭望員未能對該班列車進行告警(如圖 7)。



圖 7 列車南下待避於福隆站之特殊條件示意圖

為解決此一通報問題，爰檢討將工區北端瞭望員(鐵路里程 K32+350 處)再向北移設至福隆站月台處(K32+050)如圖 6，由該瞭望員確認待避列車再開行時，即向工區進行後續之通報，以彌補設備不足之處。

3.4.2 電源供應取得不易

由於工區位於福隆站南端，電子輔助瞭望員設置於距工地兩 0.8~1 公里處，附近均無住家可借用電源，對於電源供應極其困難，後由宜蘭工務段接洽相關單位，由廠商設法接電至安裝位置，幸本設備對於容許電壓之範圍有其寬容性，不致因壓降而無法起動，後再檢討，可學習其他工地以向臺電申請臨時電，或使用太陽能光電板來解決問題。

四、效益分析

4.1 建立多重預警系統

於電子輔助瞭望員未設置前，本工程棧橋上重機械之停止，僅憑下方軌道人員示警，易有操作手輕忽或因噪音未能確認列車接近，致發生列車進入工區方未停止及緊急停止作業之情事，本工地即因此而造成鋼軌樁由夾頭處斷裂，飛落敲擊列車之事故，鑒於列車行車安全是架構在工區每一位施工人員遵守臨軌規定的前提下，當有機具、材料、人員直接或間接傾倒、滾落、飛落等侵入距軌道中心 3 公尺內的隱憂時，都必須在列車到達工地前停止動作，以為預防。於裝設電子輔助瞭望員後，列車通過偵測點時，即向工區告警，在定點設置的擴音器發出聲光警示，另重機械操作員腰帶上配置的振動器亦即振動警示，操作員必須將吊起物緩停並視情況緩慢放至地面，再關停腰帶上的振動器。此即為加設電子輔助瞭望員之強制重機械停止之有效作為。

考量宜蘭線位處東北部山區，多有小半徑曲線及隧道，於路線施工告警不易、危險性高，安裝此設備後可使瞭望員預知列車動向，早期示警。另工地兩端設置定點的自動偵測告警系統，當列車接近時即時通知工作人員，提供人員避讓、機具暫停動作的訊號，並可有效降低瞭望員因人為因素疏於通報之風險。

4.2 平行推展至各段

自宜蘭工務段安裝電子輔助瞭望員後，於 111 年 4 月 7 日辦理裝設成效現勘，並經各級長官稽核及查核，驗證確為精良且妥善率高之預警設備。



照片 1 裝設成效現勘



照片 2 長官實地稽核及查驗

五、結論

臺鐵局由「0402 臺鐵 408 次列車清水隧道事故」後，即不斷改革並提昇工地安全，除頒布「臨軌施工安全防護要點」及「保安裝置保修工作須知」等多項規定外，並要求工地需備有可與站車通聯之行調無線電，於異物入侵軌道時，能於第一時間通知列車緊急停止，本工地安裝電子輔助瞭望員期間，妥善率高，且無重大故障，皆有向瞭望員、工地主任及重機操作員通報列車動態，工務處亦指示各段擇一處工地安裝，期待未來再發展出更先進之設備，以提升施工防護，以維列車行車安全。

參考文獻

1. 交通部臺灣鐵路管理局安全衛生工作守則

臺鐵沿線影響木強度力矩量化分析~以宜蘭線與平溪 線為例

Quantitative analysis of the strength moment affecting wood along the Taiwan Railway~Take the Yilan Line and the Pingxi Line as an example

賴品寬 Lai,Pin-Kuan¹
王維甄 Wang,Wei-Zhen²
郭哲瑋 Guo,Zhe-Wei³
連建智 Lian,Jian-Zhi⁴
賴明煌 Lia,Ming-Huang⁵

聯絡地址: 100 臺北市中正區仁愛路 1 段 50 號 18 樓
Address: 18th F, No. 50, Section 1, Renai Road, Zhongzheng District,
Taipei City, Taiwan

電話(Tel):02-23492071 電子信箱(E-mail):taiwandog@motc.gov.tw

摘要

在臺灣鐵道行駛安全區與路權範圍內或鄰近地區，原生所長或鳥禽所帶來與風吹飄落植物種籽，還有若干居民在鐵道旁所種之植物等，常對鐵道旁邊形成影響行車視線之通視，嚴重之際甚有突然倒塌，傷

¹ 交通部公路局 工程司

² 雲林科大 營建工程所 碩士生

³ 海科大學 河海研究所 碩士生

⁴ 臺灣鐵路管理局 宜蘭工務段 段長

⁵ 交通部 技監

害鐵道相關設施與阻斷鐵道編組列車通行等情事發生。尤其地球暖化氣候異常之際，頗多極端氣候變遷與突發地震來襲，氣候影響所致的樹木侵入路權情況，造成更多影響木阻斷臺鐵行車事件屢屢傳出^[1]。本文以臺鐵宜蘭線與平溪線鐵道為研究範圍，對鐵道易見影響木種類，提出實地調查與特製試驗器具進行現場試驗與分析防範措施等，得到明確結論與建議，在該範圍常見有12種灌木與20種喬木做現場試驗，這兩線鐵道以黃金榕灌木拉力與彎曲強度最佳；宜蘭線以龍柏喬木、平溪線以茄冬樹喬木最佳。可為臺鐵局各路段管理之參考依據，這也是全國首次有如此類論文，不僅有電氣化幹道宜蘭線，還有最負盛名與觀光客最多的非電氣化平溪線為研究對象，冀盼可拋磚引玉帶動更多研究投入，俾使臺鐵安全管理更加提升與便於導入建立安全管理體系 SMS 制度，以利基層同仁執行影響木檢視之辨識與清除時等有所依循。

關鍵詞：倒塌、影響木、安全管理系統

Abstract

Summary in Taiwan's railway track safety zone and right-of-way range or its adjacent areas, plant seeds brought by native directors or birds and fallen by the wind, as well as plants planted by some residents beside the railway, often form. In severe cases, it may suddenly collapse, damage the railway-related facilities, and block the passage of the railway marshalling trains. Especially when the global warming climate is abnormal, there are many extreme climate changes and sudden earthquakes, and the trees intruding on the right of way caused by the climate impact, causing more impact and blocking the train traffic incidents have been reported repeatedly. This article takes Taiwan Railway's Yilan line and Pingxi line as the research scope. It is easy to see the types of wood of bad influence that are affected by the railway. It proposes field investigations and special test equipment to conduct field tests and analyze preventive measures. It also puts forward clear

conclusions and suggestions, which are common in this area. There are 12 kinds of shrubs and 20 kinds of arbors in the field test. The tensile strength and bending strength of the golden banyan shrubs are the best for the two lines of railways; It can be used as a reference for the management of each section of the Taiwan Railway Bureau, and this is the first such paper in Taiwan, not only the electrified main road Yilan line, but also the most prestigious and tourist-rich non-electrified Pingxi line as the research object. It is hoped that more research investment can be driven by bricks and jade, so that the safety management of Taiwan Railway can be further improved and easy to introduce and establish a safety management system SMS , so that grassroots colleagues can follow when implementing the judgment and removal of the impact wood inspection.

Keywords: Detritus Slide, Wood of Bad Influence, Safety Management System

一、前言

本研究針對臺灣鐵道已電氣化宜蘭線與非電氣化平溪線之 1,067 公釐軌距中心往外兩側 5 米間之淨空區與鐵路路權範圍內，若有樹木或異物(如空飄氣球與天燈或邊坡滑落之土石泥流等)侵入時，將對行駛列車造成嚴重傷害，而這類意外情事隨全球暖化所衍生環境氣候變遷急遽，與內在臺鐵局技術人員流失等因素，越來越多。以飛來的氣球或天燈等偶發事件，相較這類影響木為主的異物侵入，是可採行預防措施，如：採取事前確實踏勘配合現場檢查或樹種試驗予之分類等，再投入必要修剪或較慎重嚴謹斷根移除等長期措施，自可有效防範這些可預期影響木侵入鐵道淨空範圍內肇災之機率。

鐵道兩側與路權範圍毗鄰處之影響木(如在平溪線 10K+500 處右側的鐵道上方之樹木，構成影響木如圖 1 所示)其調查方法與範圍、樹種分析及如何處理整治方法與其所需時間等，作一整體統計分析，並針對現場調查較易見之樹種，不論是灌木或喬木等，赴現場取樣與進行拉力彎曲試驗，再予以比對分析等，提出樹種建議與結論，供臺鐵局其他路段與其他軌道管理機構如阿里山森林鐵路、林業、糖業或其他產業鐵道管理單位之參考，亦可改善臺鐵局目前正進行其整體安全管理系統 SMS，建立更合理與符合各不同地域的標準作業程序

SOP，提供給第一線基層同仁可遵行之依據(如圖 2 所示)。

本研究排除在地下隧道與箱涵及地上橋梁範圍內的鐵路，因該範圍內結構物一般鮮少能成長灌木或喬木，倘若有長出來也大多是養護管理維修的怠忽所致，一般極少見。惟在基隆、臺北至高雄、枋寮縱貫線、北迴線、花蓮線、臺東線與南迴線等幹線與若干支線如六家、內灣、深澳、集集、沙崙等支線之橋梁與隧道內，仍略可見灌木或小喬木等成長(又以橋面版及兩側巡檢通道或隧道及隧道口上排水溝、頂板山牆最多)。隧道口一般巡查員極少上去，致該處倘有落石停留在此，又易被四周雜木雜草掩蓋，故致有再跌落之危險發生。建議隧道口應全部設置型鋼防墜格柵加廢棄輪胎等來保護安全。並建議要律定其上方邊緣在隧道口處 3~5 米內水平距離也需保持淨空，以利巡查員可辨識是否有落石等擱停在此，且應定期予之清理之^[2]。本文蒐集前人研究與相關文獻研析及進行現場勘查和必要植株樹幹之強度實驗等，之後提出建議與結論，可做為臺鐵局鐵道幹線主線與支線管理之參考，更進一步可導入臺鐵局近日所推動的安全管理系統(SMS)的若干管理依據，俾利建立更符合臺鐵現場人員實際與可行之標準作業程序(SOP)。



圖 1 平溪線與宜蘭線交叉處前鐵道上邊坡樹木之影響木(賴品寬攝)



圖 2 平溪線上邊坡宜蘭段鄭姓工程司站在吊籠裡對影響木進行鋸枝
(宜蘭工務段 2022 年 6 月 9 日攝)

二、 鐵道影響木或綠蔭之辨識

2.1 危木、影響木與綠蔭的區別

2.1.1 影響木之演變

我國鐵道旁與路權範圍外緊臨的民地或其他事業機構用地及若干貼近建築物等，常有灌木與喬木生長之高度與樹冠茂密龐大，過度超出管理範圍，不論天然野生或人為種植等，若臺鐵局未定期巡檢與適當修剪或砍除等，常會在風吹雨打或地震振動致突然間等崩塌，上邊坡土石流溜滑與地面上逕流水過大等，均會造成對鐵道設施設備如電纜線、鐵軌、道碴與行進中編組列車造成不可預測規模之傷害。

而針對「影響木」或「危木」，其與在鐵道旁可種植之灌木喬木等範圍的界定，與其可能對鐵道設施與編組列車等的傷害舉凡在鐵道旁一定範圍內，不論自身生長或其他因素種植灌木或喬木等，因其植株樹幹與樹枝因其他外力折斷掉落等，會造成對鐵路設施有明顯損壞者均屬之。臺灣鐵路影響木相關文獻

不多見，近期可見該相似意義名詞「危木」出現演變至今的「影響木」或如林業與水土保持界所稱「風搖木」。在 2014 年 4 月 7 日晨宜蘭線的雙溪~三貂嶺之間，因鐵路旁上邊坡路樹滑落，將鐵道上約 40 米長東正線主線上電氣化電車線扯斷掉落，經 204 次樹林-知本的自強號司機員行經西正線時發現進一步通報臺鐵緊急搶修，但造成逾 9,000 名旅客受影響。而當天就是臺鐵局新任局長周永暉就職日，他就職演說提到要以「行車安全第一、服務要深化」為其任內首要任務。周局長指出當天電車線被樹枝扯落之事故，初步調查是樹木折枝所影響，他對外界媒體表示：「南迴鐵路和宜蘭線易有『危木』情況，臺鐵每週 1 次徒步目視檢查，每月 1 次查看邊坡，這次發生事故的地點，上週才看過沒有異狀，可能是這幾天天氣所致，事件是否算是天災，還在調查。」^[7]，這就是近期可搜尋臺鐵局影響木之前身~「危木」用詞，出現在公開場合資訊之定義。因此不論其名稱如何地隨時代演變，其本質就是會傷害到鐵道行車運轉或安全的樹木，均可稱之。

2.1.2 影響木肇致行車危險的態樣

縱然影響木有以上危害到列車行車安全之因素，但是鐵道又是不能沒有綠蔭。以國人最喜赴日本國旅遊為例，該國不僅文化歷史古蹟與衛生親切為各國之首，其軌道運輸安全便捷及觀光火車的盛行也深深吸引各國，相對我國比照日本的案例，在鐵道旁與路權範圍毗臨外圍處，其實是極需綠蔭與植栽，不僅可提升鐵道旅行風景遊歷情趣，也可吸附降低車輪與鐵道所產生懸浮微粒等污染物還有噪音震動等不良影響。故適當灌木或喬木在鐵道旁(如平溪線最令人讚嘆就是其綠植栽茂密豐富絕不輸日本)，對增進景觀與環保面向而言，的確綠蔭有存在上揭鐵道旁等範圍之必要，如圖 3 所示，是平溪線鐵軌旁大石壁旁上面長滿大綠蔭植栽之美景。因此四季如春的臺灣，鐵道的行車若是沒有綠蔭的襯托，就顯得頗為孤寂，所以綠蔭與所謂的影響木之區別拿捏，本身就是一項大學問。



圖 3 平溪線鐵道四周的綠蔭植栽與大砂岩石壁等天然風光 (賴品寬攝)

故細究鐵道旁上邊坡與路權範圍內，可能影響木倒塌造成傷害列車或其他鐵路設施去影響造成列車停駛或面行等事件之主要原因有 4 項：

- (1)為該樹木的自然樹幹或植枝之腐蝕釀朽毀。
- (2)因外力來折斷該植株之樹幹與植枝等破壞。
- (3)樹木所在上邊坡之斜坡，因大雨或地震等所致整體邊坡滑動(Slope Slip)等運動行為，造成樹木連帶一起崩塌或滑落到下邊坡等災害。
- (4)因該樹木根系盤面與地表土壤不甚牢固，或因長時間(延時 Delay)下雨所致之地表漫流(Drift)積水或是地下水滲流(Seepage)及地下水位上升，甚至地震等情況，均會造成樹木傾倒(Dump)或翻落(Fall)等現象。

2.2 臺鐵影響現況與檢討

2.2.1 引進樹木專業機構協助臺鐵管理

另 2022 年暑假因行政院指示「種樹百里 2.0」交通部公路總局等機關耗資約 50 億元針對恆春半島屏鵝公路台 26 線省道種植，進行省道上桿柱下地與原植樹木移除與新植行道樹等工程，為推動這政策事先農委會林業試驗所成立

「全國種樹諮詢中心」其架構圖如圖 2.3.1 所示，結合宜蘭、臺灣、文化、中興、嘉義與屏科等 6 所大學之森林系，並在全國不同海拔與氣候的地方，成立 6 處研究中心來提供諮詢顧問服務。該中心近期提出樹木管理上的通病：「樹會倒下的主因是老了、生病所致，未非必是颱風季的強風加害才會發生；故不當的截幹、修剪側枝所形成的樹枝上之大窟窿，就易形成病蟲害入侵的最佳巢穴；或是樹枝有些傷口好不容易已修復癒合了，不久不當消化每年養護經費的樹枝修枝作業又來了，又創造新一年新的傷口發生，一棵樹就每年不斷處於受傷、療傷與復原的循環中。」

故根據這國內頗專業植樹諮詢中心專家之建議，檢視臺鐵局鐵道旁影響木或危木等，了解其倒樹肇因並非全來自颱風與強風或是大雨，應還有其他不當過度與過於頻繁修剪所致之肇因，均值得本研究探討與改善原本對於鐵道旁的影響木之處理方式。從臺鐵局近期對防治影響木努力來看，目前影響木在臺鐵局的管理階層，還是沒辦法給其所屬第一線工務同仁有比較明確的辨識，須由各工務段依照其所轄地區再洽請農委會林業試驗所在各地林業分所之專業學者，來協辨識與提供檢查與修剪等協助。而這也是交通部在其運輸管理專業領域外的林業與森林專業範疇，故有需要一套更簡易辨識影響木之方法，並且是可量化的方法，再進行必要修剪與管理及定期和不定期地確實巡檢及必要警示標記等，以減少影響木對鐵路安全的負面打擊。同時又可以配合人工智慧 AI 監視系統等設備與軟體的研發，日後也可藉由列車本身與視訊用非接觸載具之方式，以事前主動的預防巡檢，來辨識鐵道行進前與一定範圍內的安全，更可提升鐵道安全與行車效率，值得再深入研發之。



圖 4 全國種樹諮詢中心架構圖(摘自農委會網站)

2.2.2 研究路線灌木與喬木之區別

針對宜蘭主線與平溪支線，其鐵道兩測與路權範圍內，常見植物約可分草本植物與木本植物兩大類，而木本植物又可區分灌木與喬木兩大類。「草本植物」係為一類植物總稱，但並非植物科學分類的一個單元，與草本植物相對應的概念為「木本植物」。可按其生活週期長短，再細分為 1 年生與 2 年生植物或多年生植物這三大類。

「灌木」係指那些沒明顯植株主幹、其樹木外型呈現叢生狀態，且又較矮小之樹木(本研究則以其樹高 1~1.5 米來做區分)。依照其功能可分為：觀花、觀果、觀枝幹與觀葉等類型，故簡單歸類為矮小而叢生之木本植物，且屬多年生為主。宜蘭線與平溪線沿線勘查發現鐵道旁常見的如千頭木麻黃、黃金榕、繡球花、朱槿、夾竹桃、玫瑰、百合花、茶花、變葉木、杜鵑花，野薑花與九里香等約 12 種。若依照落葉情況，分為常綠灌木、落葉灌木這兩大類。常綠灌木其在全年均有繁盛長綠的葉子，即使其樹葉片老化，也會再長出新葉子來補充；落葉灌木就是在每年有一個時間段，其葉子會落光，一般是在秋冬之際。灌木成熟時，其植株約高度 1 米以下，沒明顯之主幹，而整株呈現叢生狀態的樹木，就歸類為灌木。

「喬木」係指植株是我們常見的大樹，直言喬木係指樹身中型以上高大樹木，由根部生出獨立之主幹，樹幹和樹冠有明顯區別の木本植物，喬木成熟植株約達 3 米以上(可按此高度來與灌木做外觀明顯得區分，但 1~3 米間，本研究就以鐵道旁實際環境考慮做區分)，具明顯且高大主幹又具有樹冠。本研究在宜蘭線與平溪線沿線勘查，發現一般在兩線鐵道旁常見喬木如相思木、肯氏南洋杉、榕樹、竹子、松樹、樟樹、小葉欖仁樹、玉蘭花木、龍柏、銀合歡、苦楝、香蕉、龍眼樹、番木瓜、黑板樹、茄冬、檳榔、黃椰子樹、菩提樹與構樹等約有 20 種。喬木按冬季或旱季落葉與否，又可分落葉喬木和常綠喬木等兩大類。故在鐵道旁喬木和灌木之區別，就看有無主幹，如有明顯高大已超過 3 米之主幹，就確定為喬木；如果從植株地表面的底部(約在 1 米以內)就已分叉成叢，那就是灌木。本研究以此來做區分其是否會對鐵道設施有明顯的傷害，做為樹種區隔之分類。

三、 探討影響木辨識法與精進方法

鐵道旁影響木之勘查與調查，係針對現有樹木種類與約略數量做為本研究之範圍，俾利可進一步來研判分析是否適合種植在鐵道旁或毗鄰權範圍內，亦可辨識是否可在路權外圍籬旁(約略鐵軌往外 1~3 米內，因以 45° 度的斜線畫出去，也是需以 3 米的高度來限制其植株高度)來種植否？同時回顧國際有關影響木辨識文獻，也可來尋找適合臺灣本土化的方法，以落實本土化的適用原則。

3.1 國際上以德國研究為主流

以 1993 年德國物理學家克勞斯·馬泰克(Claus Mattheck)博士，提出樹木視覺化評定的方法~「目視樹木評估法(Visual Tree Assessment ,VTA)」，這種新創以非破壞的樹木檢視方法，運行幾年來 VTA 已成為一種國際間用於樹木檢查的認可方法，其可解釋樹木危害症狀、確認與測量其樹木缺陷所在，有助於區分明顯又真正危險的樹木，藉此法可容易辨識樹木是否安全，至今已發展出諸多不同評定方式，如在其他國家學者也有修改方法提出，但大多均以樹木外觀之生長情況，再結合樹木結構力學等兩大領域為主辨識方式。另也有學者以音波聲學原理等非破壞，利用應力波或超音波等原理來檢測樹木內在情況，這種可說是目前實際應用上最具方便可攜性和操作頗為安全性之技術，其利用音速(在空氣中約是 343.2 米/秒)傳遞時間與其衰減率，來評估檢測的樹木之斷面是否有劣化腐朽空洞等問題。目前我國林業研究機構，已對此項非破壞之技術，進行相當的介紹及分類，並藉以推廣到可應用於林木材質及腐朽程度的評估、老樹或公路旁的行道樹管理應用以及樹木遭受蟲害程度偵測等方面的辨識。

一般而言使用目視診斷法(Visual Tree Assessment ,VTA)來辨識影響木或是危木，是根據下列這七項樹木外表等的危險缺點徵兆等來評估：

- (1)腐朽植枝之樹幹的木材外觀。
- (2)株枝樹幹破裂之情況。
- (3)樹木根部或是地表串根等問題。

- (4)樹木衰弱枝條之連結。
- (5)樹木潰瘍的嚴重情況。
- (6)不良樹體枝幹結構情況。
- (7)枯死之枝幹之情況。

若依照應用儀器，所作非破壞性技術檢測樹木之安全，其方法略有下列的五項：

- (1)應用紅外線儀器來檢測樹木與其植枝外表。
- (2)應用內視鏡觀的插入樹幹與植枝孔洞內去測腐朽空洞。
- (3)應用應力波儀器來檢測樹幹橫斷面。
- (4)應用鑽孔抵抗法(這一項試驗法有破壞之嫌)檢測樹幹橫斷面。
- (5)利用生長錐來擷取樹木樣本來進行檢測。

綜上這些樹木危險之試驗方法與辨識方法，本研究整理出除普遍通用之目視診斷法(Visual Tree Assessment ,VTA)，還更具力學基礎的方法，如由德國學者 Wessolly(威索利)與 Sinn(悉尼) 等所研發，提供給有工程力學背景的人員運用，利用鋼索拉引樹幹使之彎曲，藉以評估樹木在 12 級颶風，在臺灣會把這種風速超過 32.7 m/sec 的颶風定義為中度颱風(Moderate Typhoon)的下限值。樹幹破斷安全係數與根系盤穩定性等物理性質，其藉由執行超過 4,800 次實際之「拉樹試驗」，建立充足樣本之資料檔案，測試之前需在樹幹基部安裝傾斜角測定器及彈性規等儀器，在鋼索上裝設拉力荷重計儀器。並且藉由傾斜角測定器用來測定拉樹試驗時樹幹的傾斜角度變化，代表樹木根系盤之軸向旋轉動，此傾斜角變化應控制在微小 0.25° 度以下，以避免去旋轉到樹木鬚根因轉太大造成的角動量(Angular Momentum)受傷而影響整體樹勢之安全；這時所採用彈性規可用來測定樹幹表面之彈性變形量測；而荷重計另端則以手動絞盤拉動其連接之鋼索，對樹幹產生拉力造成樹軀幹向下彎曲。利用荷重計所測得施在鋼索拉力與樹幹呈現傾斜角度及樹幹表面彈性變形之間的關係，利用三角函數(Trigonometric Functions)與力之合成力分解合成(Resolution of Forces)之自由體圖等可計算出樹木根盤之強度及樹幹的強度等，更進一步評估樹木在 12 級颶風下安全性情況。若安全性不足時，則可探討其補救的方法，持續監測或加以修剪與伐除，來減少樹木在樹冠處受風或迎風面積。從這些描述可知該法概略使用在較大喬木之測量。總之樹木有影響或危險，應有適當辨識與有效管理，藉以保障臺鐵路編組列車與旅客或人民生命財產安全。這種以力學為基礎的實做試驗方法稱

為「靜態整體法 SIM (Static Integrated Method)」, 是需要具備工程力學為基礎的人士來施作。

另外德國學者威索利及悉尼再根據上述 SIM 法持續修改研發「基準的靜態整體評估法 SIA (Static Integrated Assessment)」, 以更簡捷的方法讓樹木栽培者, 不需具備工程力學上之專業知識背景, 僅需測高器及捲尺即可來辨識出樹木的危險程度。SIA 法利用前面 SIM 法, 就以 3,000 株樹木進行拉力牽引試驗的結果, 發現不論什麼樹種別均有類似相當之關係, 故更進一步再經模擬 4 種形狀樹冠, 計算 12 級颶風下的風力所形成之彎矩應力, 並以各不同類別樹種之生材的壓縮強度(Compressive Strength of Green Lumber) 為基礎, 這時樹木生材應是指其橫向壓縮的強度, 樹木在成長活生材之際其木材受橫向壓縮變形除可使生材含水率減少之外, 亦可使木材中閉塞壁孔遭受破壞, 造成樹木液體水分與營養汁有效通路之形成與擴大, 反而有利木材中水分之移動, 且此時受風力在側向的施力加壓, 故測其橫向壓縮強度是正確, 惟在其木材的縱向壓縮強度, 也是會影響到橫向的強度與其變形, 就如同吾人所熟知的 ν 普松比(Poisson's Ratio), 雖樹木是屬於非等向性的材料(也不屬於零普松比材料或是負普松比材料), 不能直接套用普松比之公式 $G = [E/(1+\nu)]$, 上式的 G: 剪彈性模數、E: 彈性模數、 ν : 普松比。利用此壓縮強度求出樹木高度與所需斷裂樹幹直徑之關係曲線圖, 然後測出樹幹實際扣除樹皮的真正樹幹直徑, 由實測直徑與所需破斷直徑之比值, 求出該樹幹其基礎破斷的安全係數, 再由此安全係數推算出該樹幹所容許樹幹本體空心的壁厚/半徑之比值, 最後可計算出經由修剪樹枝來減小樹冠之迎風面積與彎曲力臂之長度, 而在外力不變的情況下, 因該樹木受風或迎風面積減少了, 其該面積的形心或質心就往下降低, 致使其彎曲力矩的著力之力臂也縮短了臂長度, 這樣就可明顯的增大彎曲破斷安全係數之比值更大 1, 就更趨安全了。

上述靜態整體評估法 SIA 法, 基本上是將靜態整體法 SIM 法的力學分析結果, 繪製成較簡易圖表, 可讓無工程力學背景的業者, 僅利用皮尺與測高器等簡單儀器(現又有更簡捷的紅外線測距儀來取代), 來量取樹木胸高直徑、樹高和樹冠面積, 便能藉簡單之圖表來評估樹木對 12 級颶風的安全性, SIA 法對於並無工程力學背景的樹木培植者來說, 是相當簡捷實用。SIA 這樣整合 VTA 及 SIM 法, 使之為更簡捷又具量化之比對標準, 基準的靜態整體評估法 SIA 及靜態整體法 SIM 這兩種方法, 建立有效的樹木抵抗風力之能力評估系統, 廣泛應用在歐盟諸國並也擴展到亞洲等國。另德國馬泰克博士, 再以樹木生長之應力

為出發點，藉簡單漫畫圖說方式，來呈現樹木外表樹幹與樹冠等枝體語言，以生動有趣方式介紹樹木其植枝在破斷折斷各項機制，有助危險木判定與廣泛大眾的推廣；他更依據樹木外觀評估法 VTA，在野外實地觀察逾千株具腐朽中空樹幹之破斷狀況，並倡導以樹幹殘留壁厚(t)與樹幹半徑(R)的比值(t/R)低於 0.3，視作為危木判定之概略基準。

3.2 臺灣現行使用的應用方法

本研究認為歐洲德國馬泰克博士與威索利及悉尼等學者們，其所辨識的地點在歐洲的德國，其國土面積約有 35.7 萬平方公里，該地區為歐洲的中西歐之內陸，屬溫帶海洋性氣候，又位在北緯 47~55 度，且其平均年雨量在 789 mm，最高峰是楚格峰高約達 2,962 米，德國土有 1/3 均是平原。然而臺灣國土為 3.6 萬平方公里，屬亞熱帶的海島型氣候且為在北緯 22~25 度，平均年雨量在 2,500 mm，約為全球各國平均值 973mm 之 2.6 倍，最高峰為玉山達 3,952.43 米，同時具逾 3,000 米之高山共有 268 座以上，兩者的地理與氣候等之條件客觀上極不一樣，樹木成長各項表現也會極不一樣，故可參考德國等國際間所發展的方法，但不可完全引用。同時臺灣是海島型又有太平洋氣旋、西南氣流、東北季風與地震多種災害來襲之國家，故樹木受到外界之強風、暴雨與地震及本身腐朽等的加害，致使影響木對於臺鐵局的列車運行，確實有頗多負面影響之實例發生，這範疇也是目前的顯學之一。

國內已有幾位學者與學術研究機構投入所進行樹木危險評估之研究，如行政院農委會林業事業所黃彥三博士也頗為深入研究該領域之問題，他指出：「由於樹木自基礎的自樹根系盤細網上呈長的樹冠等，可視為一連串均等負荷的鏈環，亦即樹幹上下各部位及根盤對外在動態風壓具有約略相同的抗風強度，故樹木根盤穩定性可透過拉引試驗測定樹木倒伏所需的彎矩來作評估。據此行政院農委會林業試驗所已開發出具科學評斷依據的樹木根系盤安全性試驗方法，並獲臺灣國家發明專利(發明第 I457551 號專利證號)」。該試驗方法簡述如下：「首先測量目標樹木的樹冠面積、胸高直徑、樹冠中心至地表的垂直距離等基礎資料，再於目標樹木裝設伸縮計、傾斜計及串聯有荷重計及手動絞盤之鋼索。拉引試驗時，先利用手動絞盤使鋼索對樹幹產生拉力，此拉力可被荷重計加以記錄；而拉力致使根盤鬆動的程度可被樹幹基部之傾斜計加以記錄；樹幹受拉

力所產生的伸縮大小可被伸縮計加以記錄，此測值可再轉換為應變及應力。由於樹幹空心或腐朽時，所測得應變值會增大，故若由不同方向拉引樹幹，可預測樹幹空洞的大小並加以定位。透過蒐集上述相關之資料，可計算在 12 級颶風下樹木根盤之穩定性，及樹幹抗風強度之安全係數」。

另一項也是臺灣開創全球之首屈，即以犬隻靈敏嗅覺來聞出樹木是否有罹患褐根症等的創舉，早在十年前 2012 年 5 月 24 日屏東市中山公園內有樹木罹患褐根病致使樹葉乾枯，由國立屏東科技大學兩隻米格魯犬種的偵測犬，以嗅覺尋找有多少棵樹罹患褐根病，並由屏科大工作犬訓練所訓練師祁偉廉獸醫來示範，他表示這是全球訓練該偵測犬偵測褐根菌之先例，因米格魯犬隻的嗅覺可達人類的萬倍以上，相當靈敏又嬌小靈活，故常用在出入境海關擔任嗅聞是否有毒品或肉品等違禁品的出入關功能，這次能使用在辨識樹木生病上這領域，也是探測樹木安全危險上極為先進技術；在 2022 年 09 月 11 日華視新聞網播放臺北市工務局，針對在臺北市已發生 50 件因樹根腐爛發霉倒樹的慘劇，由臺北工務局公園處花卉試驗中心主任宋馥華等，派出有 5 年資歷的樹醫師米格魯種偵測犬 Lucy 來協助偵測有問題之樹木，據了解該犬樹醫師的認真盡責受到市民們有相當的歡迎，這應也可歸類在非破壞領域的樹木健康之辨識上，亦值得來我們臺灣在樹木危險程度辨識這領域研究與發展。

3.3 適合鐵道簡易施作方法

從上述針對樹木安全與否之各項檢測方法，不論是日漸成熟的目視診斷法，或是更為科學更有客觀儀器根據的非破壞性技術來檢測樹木之安危，以及「基準的靜態整體評估法 SIA」及「靜態整體法 SIM」等方法，均是相當的程序繁瑣與時間冗長，故要應對在臺鐵局鐵道旁影響木之檢視與辨識等，恐怕是緩不濟急與不合時宜，故有必要來改以相當精簡快速與縮短時間之方式來檢測，才是目前幫助臺鐵局處在風聲鶴唳之際，在初期短時間內辦理鐵道旁影響木檢測的好方向，同時也藉由這國內第一次辦理臺鐵局鐵道之影響木的研究，具有拋磚引玉來激發其他學者研究興趣，共同投入研究範疇來提升這領域的精確性，俾利可連帶提升鐵道旁的安全管理之效能，增進臺鐵局軌道運輸安全性與抗意外之韌性(Toughness)。

而本研究參考上述各國與國內前輩的努力，創作了鐵道旁簡捷便易的試驗方法，為了方便在臺鐵局鐵道旁進行這影響木的試驗，來測試與了解該樹木物理拉力抗彎強度之大小，以做為辨識其在抵抗風力之加害時是否會被吹倒，在不考慮到根系倒根盤問題之情況下，純粹以其植枝樹幹的抗彎強度來評估，是否可在鐵道旁種植之依據。因其施作的地點係在鐵道旁邊或路權範圍毗鄰處，均有臺鐵局編組列車行駛通過，必須採用較簡便快速又好做之方法，以利日後推廣到現場第一線基層員工可以簡潔方便執行。

一般分析樹木受到側向力之作用，以臺灣的天然與氣候條件來看，略以颱風最大、次為東北季風與西南季風，再次為 6 級以上的大地震力之驟發的水平力等(如 2022 年 9 月 18 日在東部池上發生了 M6.8 級大烈震對鐵路設施的傷害極大)，故可彙整這數種對樹木之加害行為與其發生頻率，以水平力的強風或颱風為主。吾人再評估樹木抵抗側風之強度能力，風力為造成樹木受損的主要外力。一般而言側向的風力，作用在樹冠(Canopy)及樹幹(Trunk)上為兩大方向，但因其迎風面積的大小，又以作用在樹冠上之風力，應視為遠大於作用在樹幹上這小面積，且具有圓形迎風面積之側向風力。

故本研究以模擬風力或側向力作用在樹幹與其樹冠上之水平推力，由上往下傳來匯集後對有埋入地表面下之樹幹與樹根系盤等來抵抗，若是往下的樹根與根系盤等與其地表下的地層抓地力足夠抵抗在樹幹上方與樹冠中的風力或水平推力之總和，且其樹幹與植枝的韌性或稱彈性(Elasticity)足夠抵抗這變形而不破壞或破裂，則整體樹木就安然無恙；但若是抵抗不了或地表下根系盤系已有些在前幾次的風力作用時，已被拔出或拔斷裂了之後，並樹木之根系盤體的地層已經有明顯泡浸水與若干變形了，如此該樹木可能就會有傾倒或變形等情況。如圖 5 所示，在該圖顯示以地表面往上之樹幹與樹冠，係會遭受到側向的風力加害，而作用在樹幹上的風力或水平力為 P_r ，作用在樹冠上的風力或水平力為 P_c ，故在地表面上的風力或是水平力的總和為 $P_t+P_c=P_p$ ；而樹幹的質心距離地表面的垂直高度約為 h_t ，樹冠的質心距離地表面的垂直高度約為 h_c ，故在地表面上的風力或是水平力所作用的樹幹與樹冠之總力矩的總和為 $(P_t \cdot h_t)+(P_c \cdot h_c)=P_p \cdot h_p$ 。

在該圖以地表面往下的樹根系盤等(Tree Heel)與這些根系盤與其地層土壤的摩擦力(Friction)或少許凝聚力(Force of Cohesion)，係會遭受到地表上面樹冠與樹幹遭受風力作用所傳遞下來水平推力與逆時鐘的傾倒力矩(Overturning Moment)加害，而反作用在樹根系盤的水平抵抗力量約為 F_r ，另一反作用力在

整體根系盤是為一個半球體的表面與其接觸的地層之摩擦力為 F_f ，故在地表面下根系盤之水平抵抗力與根系摩擦力等的總和為 $F_r + F_f = F_R$ ；這時樹根系盤的水平抵抗力量之質心距離地表面的垂直高度約為 h_r ，而整體根系盤是為一個半球體的表面與其接觸的地層之摩擦力的質心距離地表面的垂直高度約為 h_f ，故在地表面下面的反作用的根系盤水平抵抗力與所形成摩擦力球體之總力矩的總和為 $(F_r \cdot h_r) + (F_f \cdot h_f) = F_R \cdot h_R$ 。

以上就是以結構力學(Structural Mechanics)之自由體圖，如圖 6~11 之示意圖與實作相片(並實作後再次修正原來的拉力方式)，來解析樹木(影響木或危木)受到風力或是側向力作用的力平衡。倘若力不平衡其外力作用的應力，大於內在的反作用之強度與土層的各项工程應力等，則該樹木就會有大變形或倒塌的破壞，進一步再去碰觸到臺鐵路列車電纜線或其他鐵道旁重要設施設備，致使鐵道上的編組列車等遭受的損壞。

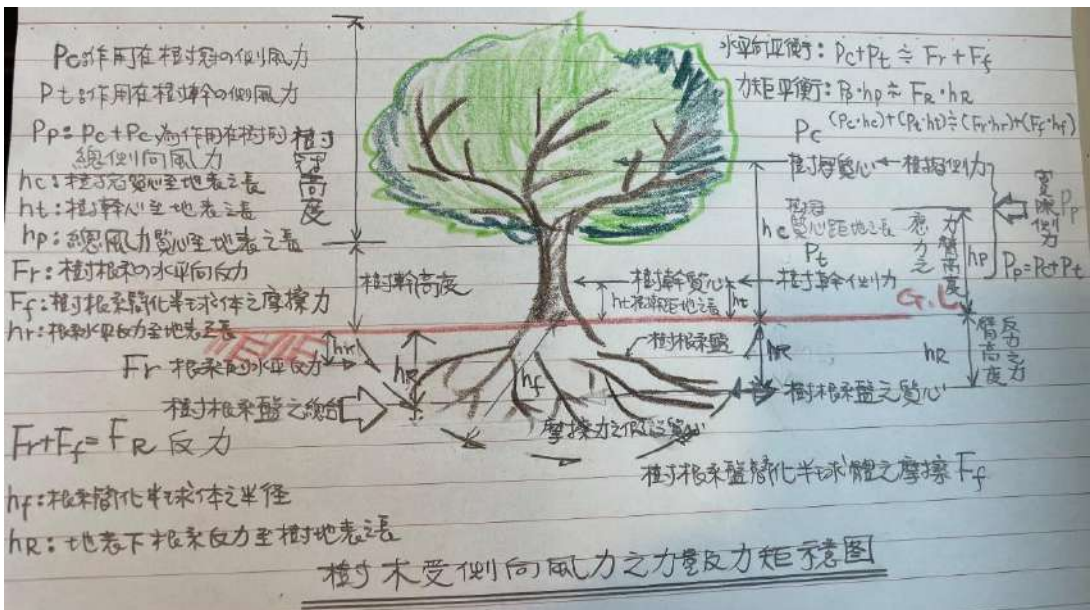


圖 5 樹木受測向風力之力量及力矩示意圖

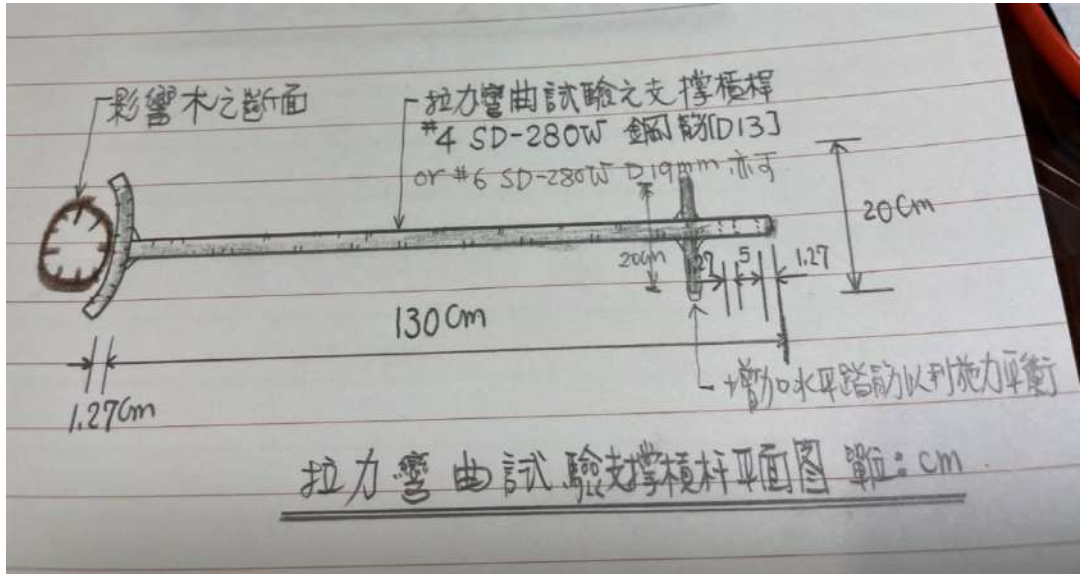


圖 6 鐵道旁影響木之拉力彎曲試驗支撐槓桿平面圖

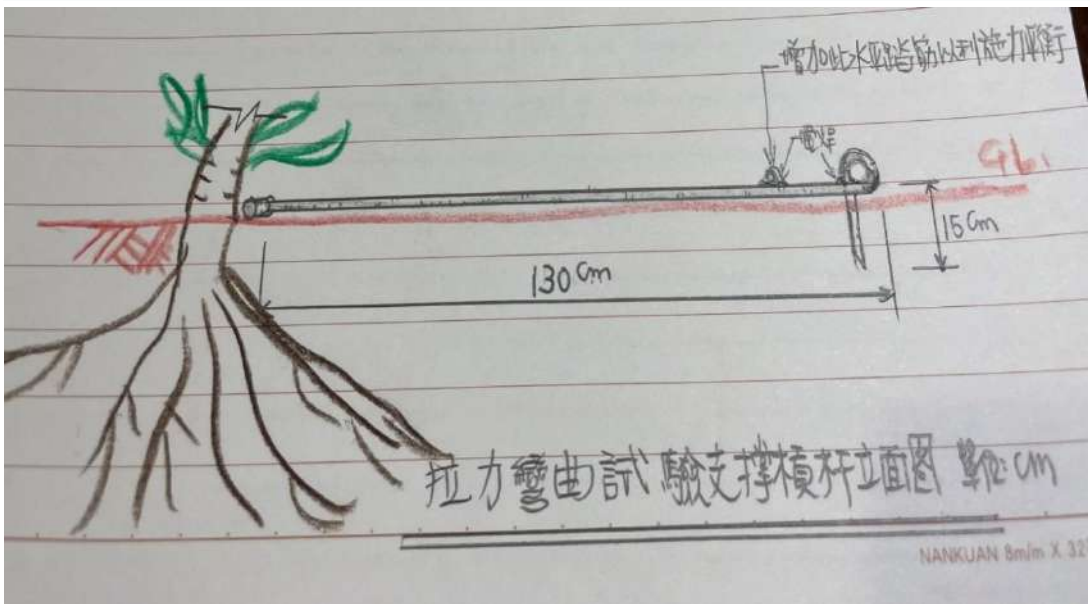


圖 7 鐵道旁影響木之拉力彎曲試驗支撐槓桿立面圖



圖 8 原設計影響木拉力彎曲試驗由同向施拉會使 T 型鋼筋翹起，須修正與該鋼筋反向，由助理站在鋼筋上才能方便施作量測拉力不致該鋼筋翹起

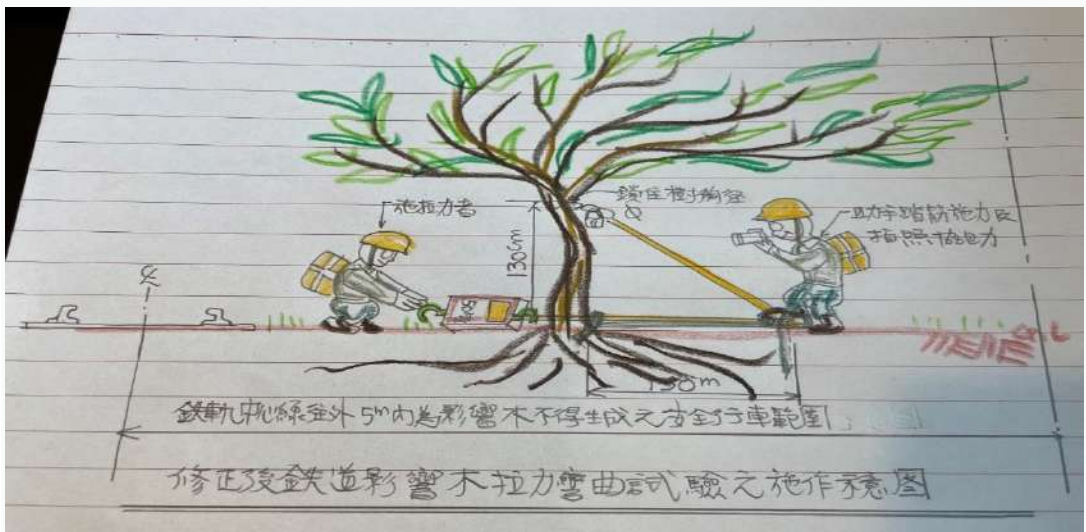


圖 9 玉蘭花樹高 1.3m 胸徑 5cm 進行拉力彎曲試驗達 51.6kgf 尚無明顯變形，故要進行修正往下調，才不會讓現場單人沒法進行(賴明煌攝)

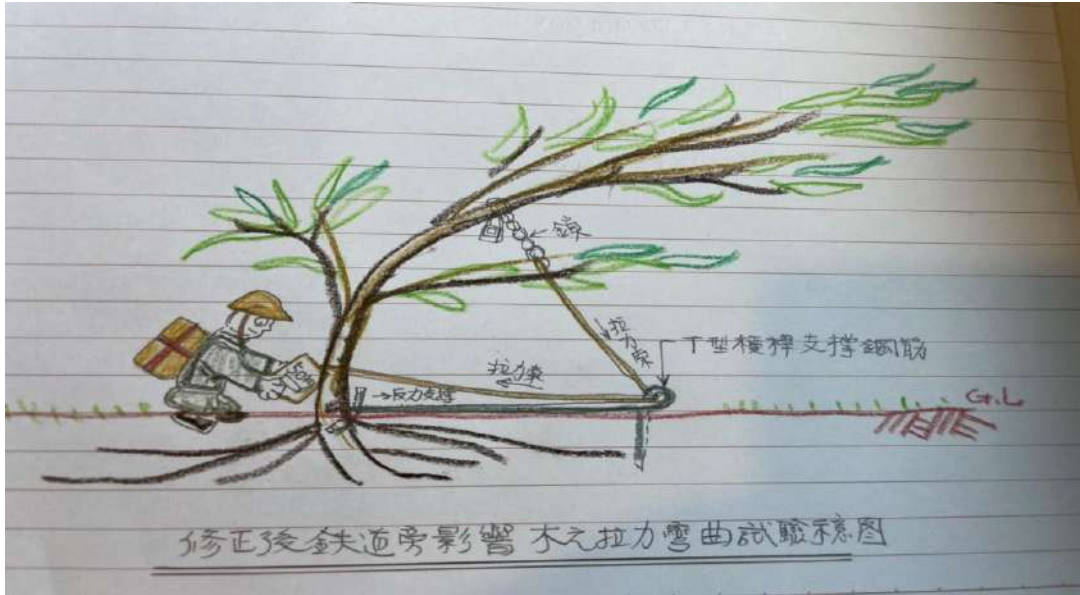


圖 10 修正後之鐵道旁影響木之拉力彎曲試驗之示意圖

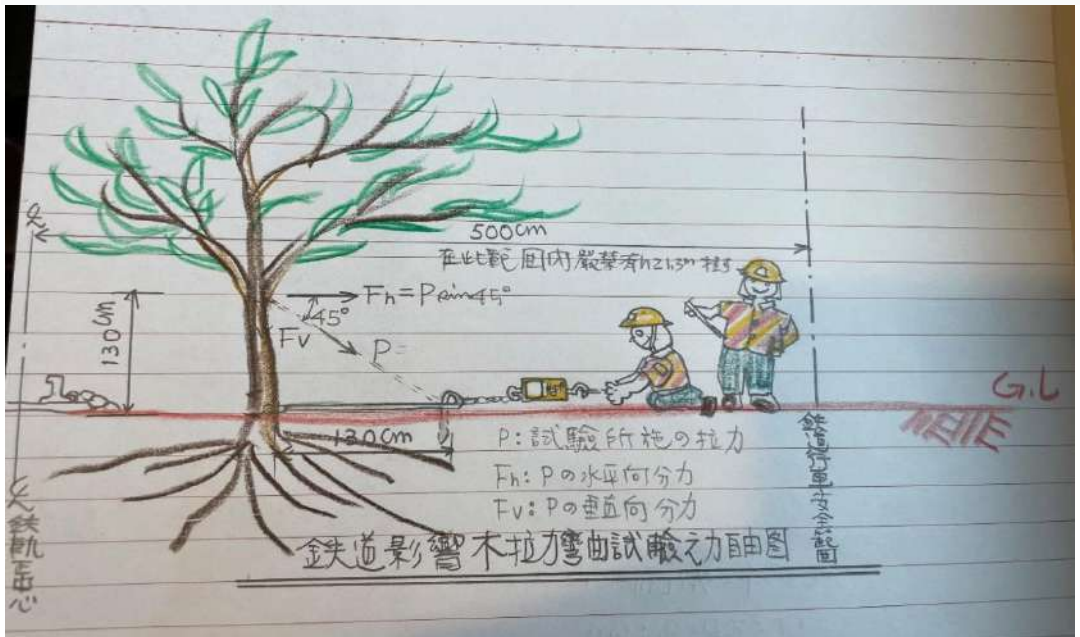


圖 11 修正後鐵道旁影響木拉力彎曲試驗其力矩之力自由圖

四、 現場試驗施作與灌喬木強度量化分析

宜蘭線係從臺鐵局八堵火車站起，沿宜蘭線到達蘇澳火車站，其間共有 27 座火車站與全長 93.6 公里，該路線目前除客運外也提供貨運共線之使用，運次較為複雜與相當的繁重。本研究現場取樣試驗點，會盡量選擇以支線的車流量較少之處來進行，以維安全。因在臺鐵局鐵道旁進行任何作業，均須事先約 3 天前向該路線當地的車站與調度所申請，獲准後才可在鐵道旁進行作業。除原有作業人員外尚需要 2 位列車瞭望監視人員，手持臺鐵局內編制的無線電，一起監看作業與可能通過之列車，並透過這個臺鐵無線電，可與施工處上下游 2 個車站與將要行經該作業處的列車駕駛員，同步取得聯繫，以確保在臨軌旁邊作業的安全。本研究在灌木這一組共有 12 類樹種共做了 36 株現場拉力試驗，但有區分宜蘭線與平溪線 2 個範圍，故在這範圍的灌木上有施做了 72 植株試驗。相對在喬木這一組有 20 類樹種，亦區分宜蘭線與平溪線這 2 個範圍，分別各做 60 株現場拉力試驗，合計則是在喬木上施做了 120 植株之試驗。故總計在灌木與喬木這 2 大類，共進行了 192 植株之現場試驗，頗具有足量的代表性。

4.1 灌木組拉力彎曲試驗

平溪線係從臺鐵局三貂嶺火車站起，沿宜蘭線與平溪線上共站的三貂嶺火車站，再到達菁桐火車站，其間共 7 座火車站全長 12.9 公里，該線目前純粹做為客運之使用，每天客運班次為去返共 10 趟。宜蘭線在客運與貨運量之列車班次極密，況且其車速極快，考慮到現場辨識樹木與進行拉力彎曲作業試驗之安全性，本研究現場取樣試驗點，盡量選擇以宜蘭線與平溪線其車流量與車速較低之處如車站區來進行，以維安全。

現場試驗灌木樹種之抗彎強度最低，則以灌木的野薑花與百合花這兩種植株，其拉力約在 1kgf 以下就軟趴沒有樹幹的強度可展現，換言之其受這試驗的鎖鏈與鋼纜繩掛上去，樹幹軟弱沒有辦法支撐。將這兩種灌木排除之，所得拉力強度最低的灌木則是在宜蘭線上的繡球花，平均約是 15.3kgf 就可把這樹幹拉到彎曲於地面，故力矩=(拉力*力臂)=15.3kgf*1.3m=19.89kgf*m，是最低 15.3 公斤(彎矩單位是 19.89 kgf*m)，所形成的抗彎就呈斷裂。

在宜蘭線則以黃金榕這種灌木(約可視同小型喬木)樹種的拉力 43.5kgf=公斤所形成抗彎試驗最高，故力矩=(拉力*力臂)=43.5kgf*1.3m=56.55kgf*m，則是最軟的繡球花 2.85 倍之強；而在平溪線也是以黃金榕這灌木樹種拉力 40.83kgf=公斤所形成抗彎試驗最高，故其力矩=(拉力*力臂)=40.83kgf*1.3m=53.08kgf*m，則在平溪線最軟的繡球花拉力強度是 14.67kgf、彎曲力矩 19.07kgf*m 的 2.78 倍之強。但在進行灌木的拉力之抗彎曲與拉斷裂試驗時，發現因灌木樹幹均約在 1.3~1.5 米之高度以下，且大多呈現在地表面以上就開始叢生數枝，並沒明顯的主枝樹幹在高 1.3 米胸徑時出現，故相當難以做現場試驗，故實際上可成功來完成灌木抗彎曲與斷裂試驗之樹種約只有千頭木麻黃、黃金榕、變葉木、茶花、杜鵑與九里香等 6 種而已；所得拉力強度最低的灌木則是在平溪線上的繡球花，平均約是 14.67kgf 就可把這樹幹拉到彎曲於地面，故力矩是=(拉力*力臂)=14.67kgf*1.3m=19.07kgf*m，是最低 14.67 公斤(彎矩單位是 19.07 kgf*m)，所形成的抗彎就斷裂，其數值在宜蘭線與平溪線上相差不大。在宜蘭線與平溪線上所進行灌木之拉力試驗的數據，如表 4.1.1~2 所示。

表 1 臺鐵局宜蘭線灌木拉力彎曲試驗紀錄表

日期：2022 年 9 月 15 日 氣候：晴朗 量測人員：王維甄、賴明煌、郭哲瑋

灌木樹種	位置	樹高 m	樹冠直徑 cm	施拉到地面未斷拉力(平均拉力)kgf	施拉到地時樹幹的外觀	備註
千頭木麻黃	瑞芳車站 2 月台	1.5	2.5	15(16.7)	叢生狀	該樹柔軟不易斷
千頭木麻黃	瑞芳車站 2 月台	1.6	2.0	17	叢生狀	該樹柔軟不易斷
千頭木麻黃	瑞芳車站 2 月台	1.8	2.1	18	叢生狀	該樹柔軟不易斷
黃金榕	宜蘭車站旁	1.2	1.8	38(43.5)	沒有明顯開裂	該樹略硬與略堅韌
黃金榕	礁溪車站旁	1.2	1.8	45.5	沒有明顯開裂	該樹略硬與略堅韌

黃金榕	新蘇澳車站旁	1.5	2.1	47	沒有明顯開裂	該樹略硬與略堅韌
繡球花	宜蘭車站旁	1.2	2.0	15(15.3)	叢生狀	該樹柔軟
繡球花	宜蘭車站旁	1.0	1.8	13	叢生狀	該樹柔軟
繡球花	宜蘭車站旁	1.2	2.0	18	叢生狀	該樹柔軟
朱槿	宜蘭車站旁	1.8	2.1	18(21.2)	沒有明顯開裂但樹徑有勒痕	該樹柔軟
朱槿	宜蘭車站旁	1.5	1.8	20.5	沒有明顯開裂但樹徑有勒痕	該樹柔軟
朱槿	宜蘭車站旁	2.0	2.2	25	沒有明顯開裂但樹徑有勒痕	該樹柔軟
夾竹桃	雙溪車站北側	2.0	2.2	28(24.2)	沒有明顯開裂但樹徑有勒痕	該樹柔軟不易斷
夾竹桃	雙溪車站北側	1.8	2.0	25	沒有明顯開裂但樹徑有勒痕	該樹柔軟不易斷
夾竹桃	雙溪車站北側	1.5	2.0	19.5	沒有明顯開裂但樹徑有勒痕	該樹柔軟不易斷
玫瑰	羅東車站旁	1.8	0.8	15(17.5)	會斷裂	該樹易斷有尖刺
玫瑰	冬山車站旁	1.5	1.0	17	會斷裂	該樹易斷有尖刺

玫瑰	羅東車站旁	1.8	1.0	20.5	會斷裂	該樹易斷 有尖刺
百合花	宜蘭車站旁	0.5	0.5	NA(NA)	叢生狀	該樹柔軟 無強度
百合花	羅東車站旁	0.6	0.5	NA	叢生狀	該樹柔軟 無強度
百合花	冬山車站旁	0.5	0.7	NA	叢生狀	該樹柔軟 無強度
茶花	宜蘭車站旁	1.2	1.1	25.5(24.2)	沒有明顯開 裂但樹徑有 勒痕	該樹硬與 略堅韌
茶花	宜蘭車站旁	1.5	1.5	28	沒有明顯開 裂但樹徑有 勒痕	該樹硬與 略堅韌
茶花	瑞芳車站北	1.0	1.2	19	沒有明顯開 裂但樹徑有 勒痕	該樹硬與 略堅韌
變葉木	宜蘭車站旁	1.5	1.8	18(19.7)	會斷裂	該樹柔軟 略有強度
變葉木	瑞芳車站北側	1.7	1.9	19	會斷裂	該樹柔軟 略有強度
變葉木	福隆車站南方	1.6	1.9	22	會斷裂	該樹柔軟 略有強度
杜鵑花	暖暖車站北側	1.3	1.5	16(18.3)	叢生狀	該樹易斷 略有強度
杜鵑花	福隆車站南方	1.2	1.8	18	叢生狀	該樹易斷 略有強度
杜鵑花	宜蘭車站旁	1.3	2.0	21	叢生狀	該樹易斷 略有強度
野薑花	宜蘭車站旁	1.8	15	NA(NA)	叢生狀	該樹柔軟 幾無強度

野薑花	冬山車站北側	1.8	1.6	NA	叢生狀	該樹柔軟 幾無強度
野薑花	冬山車站北側	1.8	1.0	NA	叢生狀	該樹柔軟 幾無強度
九里香	瑞芳車站北側	1.8	1.5	28(31.0)	沒有明顯開裂但樹徑有勒痕	該樹硬與 堅韌
九里香	宜蘭車站旁	1.6	1.5	32	沒有明顯開裂但樹徑有勒痕	該樹硬與 堅韌
九里香	雙溪車站南方	1.9	1.7	33	沒有明顯開裂但樹徑有勒痕	該樹硬與 堅韌

表 2 臺鐵局平溪線灌木拉力彎曲試驗紀錄表

日期：2022 年 9 月 16 日 氣候：晴朗 量測人員：王維甄、賴明煌、賴品寬

灌木樹種	位置	樹高 m	樹冠 直徑 cm	施拉到地面 未斷拉力(平均拉力)kgf	施拉到地時樹 幹的外觀	備註
千頭木 麻黃	十分車站北方	1.8	1.8	20.5(19.83)	叢生狀	該樹柔軟 不易斷
千頭木 麻黃	十分車站北方	2.0	1.8	21	叢生狀	該樹柔軟 不易斷
千頭木 麻黃	十分車站北方	1.7	1.7	18	叢生狀	該樹柔軟 不易斷
黃金榕	平溪車站北方	1.3	1.9	40.5(40.83)	沒有明顯開裂	該樹略硬 與略堅韌
黃金榕	平溪車站北方	1.5	1.8	39	沒有明顯開裂	該樹略硬 與略堅韌
黃金榕	十分車站旁	1.5	1.8	43	沒有明顯開裂	該樹略硬 與略堅韌
繡球花	十分車站	1.1	1.8	13(14.67)	叢生狀	該樹柔軟

	站北方					
繡球花	平溪車站旁	1.2	1.9	15.5	叢生狀	該樹柔軟
繡球花	平溪車站南方	1.0	1.8	15.5	叢生狀	該樹柔軟
朱槿	菁桐車站北方	2.0	2.3	18(19.83)	沒有明顯開裂 但樹徑有勒痕	該樹柔軟
朱槿	十分車站旁	1.9	2.1	20.5	沒有明顯開裂 但樹徑有勒痕	該樹柔軟
朱槿	平溪車站旁	1.6	2.0	21	沒有明顯開裂 但樹徑有勒痕	該樹柔軟
夾竹桃	十分車站旁	2.0	2.3	21(19)	沒有明顯開裂 但樹徑有勒痕	該樹柔軟 不易斷
夾竹桃	十分車站旁	1.6	1.7	18	沒有明顯開裂 但樹徑有勒痕	該樹柔軟 不易斷
夾竹桃	十分車站旁	1.5	1.8	18	沒有明顯開裂 但樹徑有勒痕	該樹柔軟 不易斷
玫瑰	大華車站北側	1.9	1.0	15(16.83)	會斷裂	該樹易斷 有尖刺
玫瑰	十分車站旁	1.9	1.0	19.5	會斷裂	該樹易斷 有尖刺
玫瑰	平溪車站旁	1.5	0.8	16	會斷裂	該樹易斷 有尖刺
百合花	十分車站旁	0.5	0.6	NA(NA)	叢生狀	該樹柔軟 無強度
百合花	十分車站旁	0.5	0.5	NA	叢生狀	該樹柔軟 無強度
百合花	平溪車站旁	0.6	0.5	NA	叢生狀	該樹柔軟 無強度
茶花	菁桐車站旁	1.5	1.3	30.5(31.5)	沒有明顯開裂 但樹徑有勒痕	該樹硬與 略堅韌

茶花	十分車站旁	1.6	1.5	31	沒有明顯開裂 但樹徑有勒痕	該樹硬與 略堅韌
茶花	平溪車站旁	1.6	1.5	33	沒有明顯開裂 但樹徑有勒痕	該樹硬與 略堅韌
變葉木	大華車站旁	1.6	1.5	20.5(21)	會斷裂	該樹柔軟 略有強度
變葉木	十分車站旁	1.8	1.9	20.5	會斷裂	該樹柔軟 略有強度
變葉木	平溪車站旁	1.8	1.7	22	會斷裂	該樹柔軟 略有強度
杜鵑花	大華車站旁	1.5	1.5	13(15.2)	叢生狀	該樹易斷 略有強度
杜鵑花	菁桐車站旁	1.5	1.5	14	叢生狀	該樹易斷 略有強度
杜鵑花	平溪車站旁	1.4	1.5	15	叢生狀	該樹易斷 略有強度
野薑花	嶺腳車站旁	1.9	1.3	NA(NA)	叢生狀	該樹柔軟 幾無強度
野薑花	十分車站旁	1.5	1.3	NA	叢生狀	該樹柔軟 幾無強度
野薑花	平溪車站旁	1.9	1.2	NA	叢生狀	該樹柔軟 幾無強度
九里香	望古車站南方	2.0	1.5	30.5(32.7)	沒有明顯開裂 但樹徑有勒痕	該樹硬與 堅韌
九里香	十分車站旁	2.1	1.6	32	沒有明顯開裂 但樹徑有勒痕	該樹硬與 堅韌
九里香	平溪車站旁	2.0	1.8	35.5	沒有明顯開裂 但樹徑有勒痕	該樹硬與 堅韌

4.2 喬木組拉力彎曲試驗

現場試驗喬木抗彎強度最低是以香蕉與竹子這 2 種植株，其拉力約 20kgf 以下，尤其是香蕉施加拉力時樹徑就立即軟趴趴(因本試驗為能讓現場工作人員可簡便操作，故設定胸徑高度 1.3 米且樹徑在 3~4 公分來做試驗，而這時高度之竹子在新發幼苗時期，其樹幹強度確實有較低，等竹子老化長大時其樹幹木質層的強度也就展現出來，比幼小時大 N 倍，故這類議題也值得再深入研究)，其樹幹強度展現較弱。

所得拉力強度最低喬木則是宜蘭線的香蕉樹，平均約 20.2kgf 就可把這樹幹拉到彎曲於地表面，故力矩=(拉力*力臂)=20.2kgf*1.3m=26.26kgf*m，是最低 20.2 公斤(彎矩單位是 26.26 kgf*m)，所形成彎曲就斷裂；而在宜蘭線則以龍柏這樹種最高，這種珍貴喬木樹種拉力 55.8kgf=公斤所形成抗彎試驗最高，故力矩=(拉力*力臂)=55.8kgf*1.3m=72.54kgf*m，則是宜蘭線上最軟的香蕉樹 26.26kgf*m 之 2.76 倍之強。

而在平溪線上也是以茄冬這種灌木樹種拉力 53.5kgf=公斤所形成的抗彎試驗最高，故力矩=(拉力*力臂)=53.5kgf*1.3m=69.55kgf*m，則是平溪線最軟的喬木是香蕉樹其拉力強度是 19.3kgf、彎曲力矩 25.09kgf*m 的 2.77 倍之強。所形成彎曲就斷裂，其喬木數值在宜蘭線與平溪線上相差不大。其現場灌木與喬木兩大類，各在宜蘭線與平溪線上所進行喬木拉力試驗的數據，如表 4.3.1.~2 所示。其中在宜蘭火車站內進行玉蘭花樹拉力彎曲試驗作業前，有針對要量測的樹木胸徑是否在 3~4 公分內，以游標卡尺來量度之實況，但是現場實際不須如此的精密，因樹木量度的尺度與其容許的誤差有 1~2 公分之間距，故現場為了簡便速捷，逕以米格尺來量度即可。

本研究採用拉力彎曲試驗法，其最重要的力學平衡就是在該 T 型槓桿要頂住在樹幹底部的地徑之下方來提供適當反力，其所採用#4 D-13mm SD280W 中等拉力之可電鍍鋼筋(另有製造#6 D-19mm SD-280W 的第 2 枝 T 型支撐槓桿鋼筋來備用，若遇到更大樹木勁度之喬木時，需要較大剛性之鋼筋來使用)，做為槓桿支撐樹幹與鏈索的施拉，其試驗施拉方向應與槓桿成平行方向施拉，就可藉槓桿底部 T 型鋼筋來撐住樹幹提供適當反力，其所得力矩也可藉此計算出，約為拉力 P*力臂(1.3 米) = 1.3 P (kgf*m)。故透過該 T 型支撐槓桿鋼筋施拉力，

應站在樹幹 T 型鋼筋頭部之對側，而研究助理站在鋼筋末端的+字交叉處，以其體重壓住該鋼筋，這樣所施之拉力就不會讓鋼筋扭轉與翹起。

表 3 臺鐵局宜蘭線喬木拉力彎曲試驗紀錄表

日期：2022 年 9 月 16 日 氣候：晴 量測人員：王維甄、賴明煌、賴品寬

灌木樹種	位置	樹高 m	樹冠直徑 cm	施拉到地面未斷拉力(平均拉力)kgf	施拉到地時樹幹的外觀	備註
相思木	三貂嶺站北方	4.0	6.5	39(44.5)	沒有開裂的情況	該樹很硬與堅韌
相思木	四腳亭站南方	5.0	5.3	45	沒有開裂的情況	該樹很硬與堅韌
相思木	頭城站北方	5.5	6.3	49.5	沒有開裂的情況	該樹很硬與堅韌
肯氏南洋杉	宜蘭車站旁	3.9	2.0	45(45.5)	沒有開裂的情況	該樹略硬與堅韌
肯氏南洋杉	羅東車站旁	4.8	2.0	45	沒有開裂的情況	該樹很硬與堅韌
肯氏南洋杉	宜蘭車站旁	5.0	2.3	50.5	沒有開裂的情況	該樹很硬與堅韌
榕樹	頭城站北方	1.8	1.8	43(47.8)	沒有開裂的情況	該樹堅韌
榕樹	瑞芳車站旁	2.5	2.0	49.5	沒有開裂的情況	該樹堅韌
榕樹	羅東車站旁	2.8	1.9	51	沒有開裂的情況	該樹堅韌
竹子	福隆站南方	4.5	0.8	20.5(21.3)	有開裂與壓扁的情況	該樹不佳
竹子	宜蘭車站旁	5.0	0.8	23	有開裂與壓扁的情況	該樹不佳
竹子	羅東車站旁	4.5	0.6	20.5	有開裂與壓扁的情況	該樹不佳

	站旁				情況	
松樹	瑞芳站旁	1.8	1.8	39.5(45.7)	沒明顯開裂僅有松徑外皮結塊掉	該樹很硬與堅韌
松樹	宜蘭車站旁	2.5	2.3	48	沒明顯開裂僅若干松樹徑外皮結塊掉	該樹很硬與堅韌
松樹	羅東車站北側	2.2	2.1	49.5	沒明顯開裂僅有松徑外皮結塊掉	該樹很硬與堅韌
樟樹	瑞芳站旁	1.9	1.9	40.5(44.5)	沒明顯開裂僅若干外皮結塊掉	該樹略硬與堅韌
樟樹	宜蘭車站旁	2.3	1.8	47	沒明顯開裂僅若干外皮結塊掉	該樹很硬與堅韌
樟樹	羅東車站旁	2.5	1.8	46	沒明顯開裂僅若干外皮結塊掉	該樹很硬與堅韌
小葉欖仁樹	瑞芳站南方	3.0	2.0	29(29.5)	有開裂與壓扁泌漿的情況	該樹不佳
小葉欖仁樹	宜蘭車站南側	2.8	2.1	30.5	有開裂與壓扁泌漿的情況	該樹不佳
小葉欖仁樹	羅東車站旁	2.3	1.8	29	有開裂與壓扁泌漿的情況	該樹不佳
玉蘭花木	宜蘭站南側	2.8	2.5	50.5(54.8)	沒明顯開裂	該樹略堅韌
玉蘭花木	宜蘭車站旁	3.2	3.0	56	沒明顯開裂	該樹略堅韌
玉蘭花木	羅東車站旁	3.6	3.0	58	沒明顯開裂情況	該樹略堅韌
龍柏	瑞芳站內	1.8	0.6	50.5(55.8)	沒明顯開裂情況	該樹很硬與堅韌
龍柏	宜蘭車站旁	1.8	0.7	59	沒明顯開裂情況	該樹很硬與堅韌
龍柏	羅東車站旁	2.5	0.8	58	沒明顯開裂	該樹很硬與堅韌

銀合歡	福隆站南方	2.9	2.3	30.5(30.2)	有開裂與壓扁的情況	該樹不佳
銀合歡	二結車站旁	3.2	2.5	29	有開裂與壓扁的情況	該樹不佳
銀合歡	冬山車站旁	2.5	2.0	31	有開裂與壓扁的情況	該樹不佳
苦楝	福隆站東北方	1.9	1.4	40.5(47.2)	沒明顯開裂僅若干外皮結塊掉	該樹堅韌
苦楝	宜蘭車站旁	3.0	2.2	50.5	沒明顯開裂僅若干外皮結塊掉	該樹堅韌
苦楝	羅東車站旁	2.5	1.8	50.5	沒明顯開裂僅若干外皮結塊掉	該樹堅韌
香蕉	雙溪站南方	1.5	0.6	20.5(20.2)	有開裂與壓扁軟趴趴的情況	該樹不佳
香蕉	瑞芳車站北方	1.8	0.8	19	有開裂與壓扁軟趴趴的情況	該樹不佳
香蕉	羅東車站旁	1.8	0.6	21	有開裂與壓扁軟趴趴的情況	該樹不佳
龍眼樹	福隆站南方	1.8	1.0	36(40.8)	沒明顯開裂	該樹很硬與堅韌
龍眼樹	宜蘭車站旁	1.6	1.0	38	沒明顯開裂	該樹很硬與堅韌
龍眼樹	四腳亭車站南	2.4	1.8	48.5	沒明顯開裂	該樹很硬與堅韌
番木瓜	福隆站北方	2.0	1.0	32(32.8)	有擦破樹皮的情況	該樹不佳
番木瓜	宜蘭車站旁	2.6	1.0	32.5	有擦破樹皮的情況	該樹不佳
番木瓜	瑞芳車站旁	3.2	1.2	34	有擦破樹皮的情況	該樹不佳
黑板樹	蘇澳新站南方	1.8	1.0	33(34.3)	有開裂與壓扁泌白漿的情況	該樹不佳

黑板樹	宜蘭車站旁	1.8	1.1	34	有開裂與壓扁泌白漿的情況	該樹不佳
黑板樹	羅東車站旁	2.4	1.3	36	有開裂與壓扁泌白漿的情況	該樹不佳
茄冬	瑞芳站南方	1.9	1.6	45(52.7)	沒明顯開裂	該樹堅韌
茄冬	宜蘭車站旁	2.3	1.8	55	沒明顯開裂	該樹堅韌
茄冬	羅東車站南方	2.5	1.8	58	沒明顯開裂	該樹堅韌
檳榔	福隆站南方	1.8	0.9	20.5(21.3)	有擦破樹皮的情況	該樹不佳
檳榔	三貂嶺車站南	1.7	1.0	20.5	有擦破樹皮的情況	該樹不佳
檳榔	羅東車站旁	2.5	1.0	23	有擦破樹皮的情況	該樹不佳
黃椰子樹	福隆站南方	1.8	1.0	20(20.3)	有擦破樹皮的情況	該樹尚可
黃椰子樹	宜蘭車站旁	2.2	1.2	20	有擦破樹皮的情況	該樹尚可
黃椰子樹	瑞芳車站旁	2.3	1.2	21	有擦破樹皮的情況	該樹尚可
菩提樹	瑞芳站南方	1.9	1.5	38(48.5)	沒明顯開裂	該樹堅韌
菩提樹	宜蘭車站旁	2.3	1.8	49.5	沒明顯開裂	該樹堅韌
菩提樹	羅東車站南方	2.5	1.8	58	沒明顯開裂	該樹堅韌
構樹	福隆站北方	1.9	1.5	21(26)	有開裂與壓扁泌白漿的情況	該樹不佳
構樹	礁溪車站北方	2.3	2.1	29.5	有開裂與壓扁泌白漿的情況	該樹不佳

構樹	二結車站北方	2.3	2.2	27.5	有開裂與壓扁泌漿的情況	該樹不佳
----	--------	-----	-----	------	-------------	------

表 4 臺鐵路平溪線喬木拉力彎曲試驗紀錄表

日期：2022 年 9 月 16 日 氣候：晴 量測人員：王維甄、賴明煌、郭哲瑋

灌木樹種	位置	樹高 m	樹冠 直徑 cm	施拉到地面 未斷拉力(平均 拉力)kgf	施拉到地時樹幹 的外觀	備註
相思木	三貂嶺 站北方	4.0	3.1	39.5(46.8)	沒有開裂的情況	該樹很硬 與堅韌
相思木	三貂嶺 站北方	4.2	3.0	48	沒有開裂的情況	該樹略硬 與堅韌
相思木	望古站 南側	3.8	3.6	53	沒有開裂的情況	該樹略硬 與堅韌
肯氏南 洋杉	嶺腳站 北方	3.8	2.9	53(52.8)	沒有開裂的情況	該樹略硬 與堅韌
肯氏南 洋杉	菁桐站 旁	3.0	2.6	49.5	沒有開裂的情況	該樹略硬 與堅韌
肯氏南 洋杉	平溪站 旁	3.2	2.4	56	沒有開裂的情況	該樹略硬 與堅韌
榕樹	嶺腳站 北方	1.9	1.8	44(47.2)	沒有開裂的情況	該樹堅韌
榕樹	菁桐站 旁	2.2	2.0	48	沒有開裂的情況	該樹堅韌
榕樹	大華站 旁	2.3	2.0	49.5	沒有開裂的情況	該樹堅韌
竹子	平溪站 旁	3.8	0.6	20(21)	有開裂與壓扁的 情況	該樹不佳
竹子	嶺腳站 北方	3.9	0.6	23	有開裂與壓扁的 情況	該樹不佳
竹子	大華站 南方	3.2	0.5	23	有開裂與壓扁的 情況	該樹不佳

松樹	大華站 旁	1.8	1.5	47(50.2)	沒明顯開裂僅若 干松樹徑外皮結 塊掉落	該樹很硬 與堅韌
松樹	平溪站 旁	1.9	1.6	50.5	沒明顯開裂僅若 干松樹徑外皮結 塊掉落	該樹略硬 與堅韌
松樹	嶺腳站 北方	2.0	1.8	53	沒明顯開裂僅若 干松樹徑外皮結 塊掉落	該樹略硬 與堅韌
樟樹	平溪站 旁	2.0	1.6	51.5(52.8)	沒明顯開裂僅若 干外皮結塊掉	該樹略硬 與堅韌
樟樹	嶺腳站 北方	2.3	1.8	47	沒明顯開裂僅若 干外皮結塊掉落	該樹略硬 與堅韌
樟樹	菁桐站 旁	2.5	1.8	46	沒明顯開裂僅若 干外皮結塊掉落	該樹略硬 與堅韌
小葉 欖仁樹	菁桐站 旁	3.0	2.0	29(27.2)	有開裂與壓扁泌 漿的情況	該樹不佳
小葉 欖仁樹	菁桐站 旁	2.8	2.1	30.5	有開裂與壓扁泌 漿的情況	該樹不佳
小葉 欖仁樹	平溪站 旁	2.3	1.8	29	有開裂與壓扁泌 漿的情況	該樹不佳
玉蘭花 木	嶺腳站 北方	2.8	25	50.5(42.5)	沒明顯開裂	該樹略堅 韌
玉蘭花 木	大華站 旁	3.2	30	56	沒明顯開裂	該樹略堅 韌
玉蘭花 木	嶺腳站 北方	3.2	30	58	沒明顯開裂情況	該樹略堅 韌
龍柏	菁桐站 旁	1.8	0.6	50.5(53.2)	沒明顯開裂情況	該樹很硬 與堅韌
龍柏	菁桐站 旁	1.8	0.7	51	沒明顯開裂情況	該樹很硬 與堅韌
龍柏	十分站	2.5	0.8	58	沒明顯開裂	該樹很硬

	旁					與堅韌
銀合歡	菁桐站 旁	2.9	2.3	30.5(26.3)	有開裂與壓扁的 情況	該樹不佳
銀合歡	大華站 北側	3.2	2.5	29	有開裂與壓扁的 情況	該樹不佳
銀合歡	大華站 北側	2.5	2.0	31	有開裂與壓扁的 情況	該樹不佳
苦楝	大華站 北側	1.9	1.4	40.5(47.0)	沒明顯開裂僅若 干外皮結塊掉落	該樹堅韌
苦楝	望古站 旁	3.0	2.2	50.5	沒明顯開裂僅若 干外皮結塊掉落	該樹堅韌
苦楝	嶺腳站 北方	2.5	1.8	50.5	沒明顯開裂僅若 干外皮結塊掉落	該樹堅韌
香蕉	菁桐站 旁	1.8	0.6	20.5(19.3)	有開裂與壓扁軟 趴趴的情況	該樹幹極 軟
香蕉	大華站 旁	1.8	0.8	19	有開裂與壓扁軟 趴趴的情況	該樹幹極 軟
香蕉	嶺腳站 北方	1.8	0.6	21	有開裂與壓扁軟 趴趴的情況	該樹幹極 軟
龍眼樹	十分站 旁	1.8	1.0	36(44.7)	沒明顯開裂	該樹很硬 與堅韌
龍眼樹	大華站 旁	1.6	1.0	38	沒明顯開裂	該樹很硬 與堅韌
龍眼樹	嶺腳站 北方	2.4	1.8	48	沒明顯開裂	該樹很硬 與堅韌
番木瓜	菁桐站 旁	2.0	1.0	28(28.5)	有擦破樹皮的情 況	該樹不佳
番木瓜	大華站 旁	2.6	1.0	28	有擦破樹皮的情 況	該樹不佳
番木瓜	嶺腳站 北方	3.2	1.2	29.5	有擦破樹皮的情 況	該樹不佳

黑板樹	十分站 旁	1.8	1.0	33(32.3)	有開裂與壓扁泌 白漿的情況	該樹不佳
黑板樹	大華站 旁	1.8	1.1	34	有開裂與壓扁泌 白漿的情況	該樹不佳
黑板樹	嶺腳站 北方	2.4	1.3	36	有開裂與壓扁泌 白漿的情況	該樹不佳
茄冬	大華站 旁	1.9	1.6	45(53.5)	沒明顯開裂	該樹堅韌
茄冬	嶺腳站 北方	2.3	1.8	55	沒明顯開裂	該樹堅韌
茄冬	菁桐站 旁	2.5	1.8	58	沒明顯開裂	該樹堅韌
檳榔	十分站 北方	1.8	0.9	20.5(22.7)	有擦破樹皮的 情況	該樹不佳
檳榔	嶺腳站 北方	1.7	0.9	20.5	有擦破樹皮的 情況	該樹不佳
檳榔	十分站 南側	2.5	1.0	23	有擦破樹皮的 情況	該樹不佳
黃椰子 樹	大華站 旁	1.8	1.0	20(22)	有擦破樹皮的 情況	該樹尚可
黃椰子 樹	嶺腳站 旁	2.2	1.2	20	有擦破樹皮的 情況	該樹尚可
黃椰子 樹	大華站 旁	2.3	1.2	21	有擦破樹皮的 情況	該樹尚可
菩提樹	嶺腳站 北方	1.9	1.5	38(44.3)	沒明顯開裂	該樹堅韌
菩提樹	菁桐站 旁	2.3	1.8	49.5	沒明顯開裂	該樹堅韌
菩提樹	十分站 旁	2.5	1.8	58	沒明顯開裂	該樹堅韌
構樹	大華站 旁	1.9	1.5	21(30.7)	有開裂與壓扁泌 白漿的情況	該樹不佳

構樹	嶺腳站 南方	2.3	2.1	29.5	有開裂與壓扁泌 漿的情況	該樹不佳
構樹	嶺腳側 北側	2.3	2.0	27.5	有開裂與壓扁泌 漿的情況	該樹不佳

4.3. 灌木拉力彎曲試驗辨識

本試驗在臺鐵局宜蘭線與平溪線鐵道旁，易見之 12 種灌木，透過本研究所創舉簡便易捷之 T 型鋼筋支撐槓桿「拉力彎曲試驗」中，發現大部分灌木拉力強度，藉 T 型鋼筋支撐槓桿均不能達到本試驗以高度在 1.3 米處胸徑，以直徑 \varnothing 約 3~4 公分之處來鎖拉之轉換，透過拉力轉成的彎取力矩來評估，這些灌木是否可抵抗側向力(例如颱風與強風或地震等加害之能力)? 就可得到較為量化之比對數值。在宜蘭線灌木，本研究試驗所得拉力強度最低灌木是百合花與野薑花沒有明顯強度之展現，再來就是繡球花與千頭木麻黃及玫瑰花樹，其強度約在 15kgf 左右，其換算在胸徑 1.3 米高度的力矩約 20kgf*m 左右。而在平溪線上的灌木，本研究試驗所得拉力強度最低的灌木也是百合花與野薑花沒有明顯強度展現，再來就是繡球花與玫瑰花樹，其強度約在 15kgf 左右，其換算在胸徑 1.3 米高的力矩約 20kgf*m 左右；但千頭木麻黃則其拉力強度到達 20kgf 而其彎曲力矩達 26kgf*m，故這樣也可推測同一類樹種，在不同之環境滋養與降雨氣候條件下，其生成的樹徑大小相近時，但其拉力強度與彎曲力矩確有明顯不同，在本研究範圍內有達到 25% 的強弱之差距。

在宜蘭線的灌木，其拉力強度最大則是黃金榕與九里香樹等，其拉力強度到達 43.5~31kgf 而其彎曲力矩達 56.6~40.3kgf*m，這樣灌木強度已接近喬木的強度。故在臺鐵局鐵道旁範圍內，若要種植灌木來綠化環境，則可考慮選擇這類型高強度與高抗彎灌木樹種。而在平溪線灌木，其拉力強度最大的則是黃金榕與九里香樹、茶花樹等，則其拉力強度到達 40.83~31.5kgf 而其彎曲力矩達 53.08~40.95kgf*m，這樣的灌木強度實已接近喬木之強度。

4.4 喬木拉力彎曲試驗辨識

在宜蘭線的喬木，本研究試驗所得拉力強度最低的喬木是竹子與香蕉樹強度明顯與灌木相近，再來就是小葉欖仁樹、銀合歡檳榔樹與黃椰子及構樹等，其強度約 20~30kgf 左右，其換算在胸徑 1.3 米高的力矩約 26~39kgf*m 左右。而在平溪線上的喬木，本研究試驗所得拉力強度最低的喬木也是竹子與香蕉樹強度的展現與灌木相近；再來就是小葉欖仁樹、銀合歡檳榔樹與黃椰子及構樹等，其強度約在 20~30kgf 左右，其換算在胸徑 1.3 米高的力矩約 26~39kgf*m。宜蘭線喬木其拉力強度最大的是龍柏、玉蘭花樹、茄冬、菩提樹與榕樹等，其拉力強度到達 55.8~47.831kgf 而其彎曲力矩達 72.54~62.18kgf*m，這樣喬木之強度很不錯且其種類也不少，故其選擇性就可更高與更多元化。故在宜蘭線鐵道旁範圍內，因其為颱風侵入之路線與頻率常為全國首屈，甚至還有綿綿不斷的東北季風經常肆虐達，在每年長達七至八個月，若要種植喬木來綠化環境，則可考慮選擇這類型高強度與高抗彎的喬木樹種。

而在平溪線喬木，其拉力強度最大的是龍柏、肯氏南洋山、樟樹、松樹、相思樹、苦楝樹、茄冬、龍眼樹與菩提樹等，其拉力強度達 53.2~44.3kgf 而其彎曲力矩達 69.16~57.59kgf*m，這樣喬木強度屬於高強度的樹種，故在平溪線施作這些樹種，其抗彎抗風的安全性是足夠的，惟不夠是在該平溪山區路線，係百餘年前所建造的，當時建造鐵道的肇因是為搬運當地礦產如煤礦為主，故當年的安全防護尺度與邊坡的防護的考慮，就不適目前以客運為主的目標，故平溪線短短的 12.9 公里內，根據臺鐵局宜蘭工務段連建智段長在 2022 年 9 月 16 日現勘指出，平溪線在今 2022 年就有一天發生 9 次落石的災害之頻率，故在這路線上臺鐵局與其上級要寬列預算，依照邊坡與線形之危險來分級分期的確實進行必要的工程之改善。

五、結論與建議

5.1 結論

研究範圍內易見 20 種喬木做現場試驗，獲得宜蘭線是龍柏這種喬木之堅韌強度最高，可達 55.8kgf 拉力強度與彎曲力矩 72.54kgf*m；而平溪線是以茄冬這喬木堅韌強度最高，可達 53.5kgf 拉力強度與彎曲力矩 69.55kgf*m，但這兩類植株之強度與抗彎曲性均相近，建議在鐵道中心線往外 5 米外適當處，是可種植該兩類強韌之植株。易見 12 種灌木做現場拉力彎曲試驗，以黃金榕灌木的堅韌強度最高可達 40.83~43.5kgf 拉力強度與彎曲力矩 53.08~56.55kgf*m。在已電氣化宜蘭線鐵路線上有極龐大與頻率密集的客貨運送，建議在鐵道旁外側適當處，是可種植該類強韌之植株。

本研究沿用臺鐵局目前以鐵道鐵軌中心往外拉 5 米，做為鐵道列車運行安全之習慣，來決定是否可植栽範圍。但鐵路路權範圍外毗鄰常因路權大小不一，若鄰人種植太高之大型喬木未確實修剪，將對路權內列車與鐵路設施設備有所傷害，故需定時巡查確認及密切與該植樹所有人積極溝通極修剪，以確保公共安全。修剪樹木絕對淨空範圍以鐵道鐵軌中心往外 5 米之垂直面再往上以地表面面向外 45° 度斜線往外畫出淨空警示範圍，如摩爾圓破壞包絡線(Mohr Failure Envelope)。並需定期巡查(且每一工務段轄區氣候不一，各種樹木成長速率也不一，此應由各工務段律定其定期巡檢之適當頻率，才符合因地制宜之原則)只要發現侵入該範圍內樹木就應修剪。至於可植栽較堅韌與無害低矮灌木之範圍，應以前述範圍再往外才可允種，且不可種植有尖刺或有中度毒性以上之低矮灌木，以確保鐵道通視及臨軌作業員工安全。

鐵道旁上邊坡經常有陡坡，如宜蘭線與平溪線有部分是山區範圍，故上邊坡影響木縱然不在路權範圍內，但亦不可小覷，因還會受長期降雨、大型強降雨、短延時強降雨與強風地震等所引發大區域地滑，造成大面積的崩塌與樹滑，傷害到下邊坡鐵道。故影響木巡查與辨識等作業，必須結合水文、氣候與大地工程邊坡穩定等技術一起巡查與辨識之，故建議也可採用如台灣高鐵(Taiwan High Speed Rail, THSR) 所進行台灣高速鐵路設施維護管理檢查之「聯合檢查」與「總體檢」等機制。臺鐵局營運路線長達 1,065 公里，其中緊鄰邊坡高達 550

公里，且每處邊坡地質條件與氣候環境均不一樣，故管理標準雖可依循臺鐵局頒布《鐵路邊坡養護手冊》的規定，計區分 A、B、C、D 四級之邊坡，但全臺總共有 5,237 處邊坡，應分別進行「特別巡查」才具精確。

本研究就這鐵道旁提出現場灌木與喬木之拉力試驗結果，實可做鐵道旁植栽之參考，另也可納入臺鐵局目前執行「安全管理系統事業服務」採購案，參考其他先進國家鐵路機構所推動之結構風險最小化(Structural Risk Minimization，SRM)透過這安全管理系統(Safe Management System，SMS)與第三方查證(Third Party Verification)等結合一起，辦理標準作業(Standard Operating Procedure，SOP)之規章修正，俾使現場同仁有執行的依據。

在非電氣化平溪線的列車行駛速度較慢約 35km/hr 之內，故本研究建議其影響木修剪範圍可較電氣化主線鐵道鐵軌中心往外 5 米之範圍，可再予縮短，約採取 3.5 米(車廂寬約 3 米在軌道中心往外約 1.5 米再加上 2 米安全距離則約 3.5 米即可)，以利其觀光列車的功能可發揮親近綠蔭。因檢視日本國日本鐵路公司(Japan Railways，JR)其類似鄉間通勤列車或觀光列車等，其也是允許綠樹如蔭地接近鐵道旁。而亞熱帶的臺灣，其樹木生長速度必比日本這類寒帶國家快速，故此類路線觀光列車，其鐵道旁的綠蔭草因自然必須有所保留，不可全然比照主線砍伐之。但在上邊坡影響木或孤石危石等，因其位能較高所會衍生的破壞動能較大，則需確實巡與立即清除，以策安全。

在平溪線施作灌木或喬木樹種拉力試驗所轉換抗彎抗風之安全性是足夠，惟平溪係屬臺鐵山區線，係 120 年前所建造，且當時建造的主因為搬運當地礦產如煤礦，故當年安全尺度與邊坡防護考慮，就不適目前以客運為主需要的安全至上目標，故平溪線短短 12.9 公里內，因為屬山區又常遭東北季風的降雨加害，有落石災害之頻率就遠高於其他路線。另外在我國國道與省道公路與高鐵等建設之上邊坡的削坡陡度約在 55°之內，但平溪線上陡坡大部分均高於 70°以上(尤其在三貂嶺火車站至十分站之間的厚砂岩與頁岩互層的等陡坡，與無襯砌之隧道內與隧道口比比皆是，以這路線條件從事客運方式確有危險)，故這路線上臺鐵局與其上級要寬列預算，依照環境邊坡與線形之危險，來分級分期的確實進行必要的工程之改善。

5.2 建議

目前鐵道影響木或危木等，尚無明確辨識之準則或 SOP，故有必要在短期內就須建立一套讓基層第一線工務同仁可遵行的準則。現地球暖化日遽嚴重所致極端氣候侵襲，各項超紀錄強風大雨地震對原本有 135 年歷史老舊又脆弱鐵道更是雪上加霜，故可先行頒行簡略版後再不斷地修改精進，萬不可等到完整版本編竣才要執行，必然是緩不濟急。

從臺鐵局鐵道旁現勘發現，幹道宜蘭線上已有電氣化架空纜線其支撐之預力水泥混凝土或型鋼電線桿，有極大部分電桿側邊所繪設里程樁號之油漆塗面，早已因該地區長期下雨潮濕與水漬及生青苔，而模糊不清，這樣對於各種同仁或路人要提供鐵道上的路況通報，易釀有不準確的里程數造成救災上與各項養護管理上的不便。幸臺鐵局在今年已逐段編列預算進行補繪中，建議要速予辦理這優先路段基本建設之清查與補繪。

本研究所提出拉力彎曲試驗方法，係以樹幹在胸徑高(自地表往上 1.3 米處)以鏈鎖該處，來拉樹幹使之彎曲或斷裂，同時鎖定樹幹枝幹均等質來律定其同樹種的樹木所成長可能樹齡均一致性，藉以做各樹種間強度之比較，但有些樹種可能因在臺灣不同區域其氣候條件不同，同一樹種成長速率必有不一樣，故建議後學投入該研究時，可再精進來做樹木樹幹之取樣，裁剪成土木與建築工程常用的混凝土試驗如 ACI code308 等章之規定，藉萬能試驗機抗壓與抗拉試驗來推算該樹木在橫向與縱向上的強度之不同，藉此更定量的強度比對之值，同時也可藉抗壓與抗拉強度來推估其抗彎強度或是抗檢強度的釐定，那將是有極大貢獻的成就。

臺鐵局工務段修剪樹木的機具與其起重機之外懸手臂，約僅 12~13 米長與 3 噸荷載就極限(如宜蘭工務段在平溪線所配置水平牽引力 250 噸起重機就僅此長度)，面對山區與陡峭邊坡上之影響木修剪清除，確實力有不逮，故可委外民間專業廠商定期辦理。惟目前全國臺鐵各段也僅存平溪線委外勞務採購一直標不出去，故其預算單價要配合當地困難性予之適當調整，要不然平溪線這條極重要與旅客量最大的觀光路線，卻常有災害出現釀停駛，頗為可惜。

本研究為精確量測拉力試驗，使用電子式拉力計為 DINO 吊秤型號式：OCS-TY，荷重高達 1000kgf，最小荷重 10kgf，誤差 0.2kgf 內，總重約達 9.7kgf。

因量側現場在鐵道旁與崎嶇不平之處，似嫌笨重。故建議日後可採較簡便電子式吊秤，來做為施加拉利之量測，同時採用新型式電子吊秤具有 USB 插座，可把每一次量測拉力數值直接列印出來，就更加便捷迅速。

本研究進行影響木現場量測作業，發現鐵道路權範圍外，仍還有頗多路段並未設置適當圍籬或格柵，以阻隔不明人士與牛羊豬狗等異物闖入，故應及早來建構必要防護與阻隔設施。也發現若干平交道在鄰近處就有其他更安全之替代通路，但地方民眾與若干民意代表還是執意要保存這些會增加彼此危險的平交道，為鐵路列車行駛與民眾安危，實需大力地檢討與減少平交道之數量，或進行鐵路立體化建設來隔絕平面交織。

進行現場樹種調查與拉力彎曲試驗時，發現鐵道邊坡擋土牆，其洩水孔常被宣洩之地下水帶來的土粒料與草籽阻塞，致邊坡水壓力提升甚可達側向土壓力一半以上，釀驅動邊坡運動之滑動或是更大型的地滑走山行為，如 2020 年底猴峒地滑大走山的事件，建議工務段應定期檢查與鑽刷洩水孔，讓擋土牆洩水孔能發揮排水消除上邊坡水壓之功能，如人體的攝護腺腫大阻塞排尿的清除。本研究觀察大雨或長延時降雨導致鐵道上邊坡崩塌所帶下來的影響木，其實這樣大規模崩塌時，影響木已不再具有影響之主角地位，已均由土石量與水量(降雨量與逕流的地面水量與地中地層滲流地下水量等)來控制了，故推測鐵道上邊坡之土石量，約逾 20~30 立方公尺體積崩塌時，這時候控制鐵道安全影響因子，應由影響木轉為崩塌土石量與崩落位置等來控制了。

臺鐵局影響木或邊坡防治作業，不可以管窺天，要利用無人機等進行大區域與超出鐵道範圍外偵查與定期巡查，建立地貌與地層定期變化之基本圖資，可做發生事故前徵兆辨識及預防作業投入的精確。例如 2022 年 9 月 15 日在台 2 線省道濱海公路頭城段 116K 下邊坡緊鄰臺鐵局宜蘭線主幹道，竟有部公路上大砂石車爆胎就滾落到下邊坡，但其底下再幾公尺就是鐵軌，搖搖欲墜之態樣極為可怕，但臺鐵局為維持假日前的東部幹線之營運龐大壓力，僅先封閉西正線仍開放東正線運行來避免孤島效應發生，不料社會大眾均害怕 2021 年 0402 太魯閣號事件發生，輿論就只批評這事件受害者~臺鐵局的管理措施，反而忽略公路管理的錯誤與事故發生後現場防範處理之遲鈍，這時候就需要使用 UAV 做更廣域來掌握影響木或上下邊坡情況，俾利決策官員可做正確與更廣度的判斷。

六、參考文獻

1. 賴品寬、賴明煌。從鐵道傷亡事件看臺鐵對土石流災情處置。土木技師報第 1338 期，臺灣省土木技師公會，2022.07.31。
2. 王維甄。地球溫室效應釀極端氣候之功能效率分析~以臺鐵局宜蘭線與平溪支線影響木為例。國立雲林科技大學營建管理研究所在職碩士專班碩士畢業論文，2022.09。
3. 農委會林業試驗所官網。全國種樹諮詢中心入口官網，網址：
https://www.tfri.gov.tw/main/page_view.aspx?siteid=&ver=&usid=&mnuid=5504&modid=1423&mode=。2022.05.25。
4. Claus Mattheck et al.克勞斯·馬泰克等人。樹木的身體語言。臺灣星辰出版社，2021.01.12。
5. 農委會林業試驗所編印。林業叢刊第 238 號。都市樹木 風險性評估及管理參考手冊。2012.11。
6. 林振榮。樹木風險評估的概念。農委會林業試驗所，林業研究專訊 第 19 期，2012.02。
7. 林振榮。樹木危險度診斷的非破壞性評估法。農委會林業試驗所，林業研究專訊 第 15 期，2008.06。
8. 王亞男。國立台灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處研究計畫，《非破壞性檢測方法應用於老樹健康監測評估 與樹齡測定》。行政院農委會林務局委託，2016.04.19。
9. 許富蘭。農委會林業試驗所自辦研究計畫，《樹木根盤安全性研究》。行政院農委會林業試驗所委託，2017.10.25。
10. 黃彥三。木材衝擊抗彎強度之研究。研究報告季刊第 2 卷第 2 期，行政院農委會林業試驗所，1987.06.01。
11. 黃彥三等人。樹木之抗風力與臨界風速。農委會林業試驗所，林業研究專訊第 17 期，2010.054。
12. 黃彥三等人。從樹木生物力學看樹木之安全係數、破壞及危險樹木之判定。農委會林業試驗所，林業研究專訊 第 24 期，2017.04。

13. 李佳如等人。應力波斷面影像法應用- 於肯氏南洋杉立木材質之評估~以國立台灣大學生物資源暨農學院試驗林管理處下坪自然教育園區為例。臺大試驗林研究報告，第 29 卷第 2 期，2015.06.01。
14. 農委會農業知識入口網 黃彥三等人。應用樹木生物力學及工程學於危險樹木診斷。網址：
https://kmweb.coa.gov.tw/theme_data.php?theme=news&sub_theme=variety&id=54959，2017.04.17。
15. 詹明勳等人。樹木評估危險度及健康度~以臺中縣老樹為例。臺大試驗林研究報告，第 20 卷第 2 期，2006.06.01。
16. 賴明煌 王維甄。為避災減災 談災害資訊揭露與即時撤離之重要。土木技師報第 1306 期，臺灣省技師公會，2021.12.23。
17. 賴明煌。阿里山森鐵電氣化工程看台灣觀光發展。土木技師報第 1216 期，臺灣省技師公會，2020.03.28。
18. 賴明煌。從全球多國潰壩 談台灣情境。土木技師報第 1160 期，臺灣省技師公會，2019.03.08。
19. 賴明煌 王維甄 賴品寬。地震預測仍須努力、莫瞎猜誤導誤傳要。土木技師報第 1317 期，臺灣省技師公會，2022.12.23。
20. 賴明煌。多震台灣 談外觀奇特建築物之安全。土木技師報第 1190 期，臺灣省技師公會，2019.10.05。
21. 王維甄。地震好發期 橋梁安全不能等。聯合報 評論 民意論壇，2022.03.27。
22. 賴明煌。看日本哈吉貝颱風 臺灣的省思。土木技師報第 1194 期，臺灣省技師公會，2019.09.30。
23. 賴明煌。臺灣海嘯預防之建議。土木技師報第 1157 期，臺灣省技師公會，2019.02.01。
24. 黃彥三等人。以抗風力評估樹木之安全性。農委會林業試驗所，林業研究專訊 第 13 期，2012.02。

交通運輸節點場域公共價值之研究-以臺中車站為例

A Study on the Public Value of Transportation Hub Field: A Case Study of Taichung Station

陳怡庭 CHEN, YI TING¹

聯絡地址：400 臺中市臺灣大道一段 1 號

Address: No. 1, Section 1, Taiwan Avenue, Taichung City, Taiwan (R.O.C.)

電話 (Tel)：04-2222-3507#502

電子信箱 (e-Mail)：0405545@railway.gov.tw

江權祐 CHIANG, CHUAN YU²

聯絡地址：400 臺中市臺灣大道一段 1 號

Address: No. 1, Section 1, Taiwan Avenue, Taichung City, Taiwan (R.O.C.)

電話 (Tel)：04-2222-3507#101

電子信箱 (e-Mail)：00053030@railway.gov.tw

摘要

臺鐵扮演著都會區域通勤交通運輸、城際之間的串聯運輸、為我國唯一的環島軌道運輸系統，百年前便是各鄉鎮的重要交通運輸節點，其車站面對不同的族群時，對於公共空間需求與想像便可能衍

¹臺鐵局 資產開發中心臺中營業所員林服務站 主任

²臺鐵局 資產開發中心臺中營業所 經理

生出各種可能性，形塑了公共空間的象徵內涵。臺中車站為臺中市政府「大車站計畫」之核心，以「共站分流」概念，透過人本交通空橋系統及立體連通平臺擴大公共運輸核心地區，以引導人潮分流至周邊據點，並紓緩站前交通負荷。臺中車站公共性具有明確的政策目標，故本文將探究其所提供之公共價值，提供其他車站參考。

本研究藉由文字探勘技術與文字雲分析，以民眾對於臺中車站的回饋意見作為資料，試圖從使用者的角度與觀點，爬梳探討臺中車站現階段所提供的各項服務內容，是否尚具有公共價值之服務品質缺口以及品質提升機會。研究發現，民眾對臺中車站所提供之公共價值服務品質有硬體機能、多元族群、服務友善等三大缺口。建議以建置即時通報軟體、更新設備、持續進行文字探勘、續辦焦點團體的座談會、強化教育訓練、開放動線，及調整電子看板等行動方案，提升大眾對臺中車站公共價值之知覺。

關鍵詞：臺中車站、公共價值、文字探勘

Abstract

As the only round-island railway transportation system, Taiwan Railways Administration plays an indispensable role to hundreds of thousands of commuters and connects life circles between cities. A century ago, it was an important transportation hub for most townships. As stations accommodate all kinds of people from different places, it is possible that more needs and imaginations about public space may arise, shaping their own symbolic connotation at the same time. Taichung Station is the core of Taichung City Government's "Great Station Plan", which follows the concept of "union station and rerouting" to expand the public transportation core area through a citizen-oriented transportation bridge

system and a connectivity platform, which guide the flow of people to surrounding areas and ease the traffic load in front of the station. The publicity of Taichung Station has clear policy objectives; therefore, this article will explore the public value and provide reference for other stations. This study uses literal exploration technology and text-cloud analysis to collect the public's feedback on Taichung Station. From passengers' perspective, it attempts to discover if a variety of service contents provided by Taichung Station at present has insufficient public value service and still leaves room for improvement. According to the research, three significant deficiencies have been identified in the quality of public value service provided by Taiwan Railways Administration: hardware function, representation of diverse ethnic groups, and friendly customer service. To address these issues, it is recommended to implement instant notification software, update equipment, conduct ongoing surveys, facilitate focus group discussions, enhance training and development initiatives, expand routes, and optimize user-friendly digital signage at Taichung Station. These measures aim to increase public value awareness and improve the overall service experience.

Keyword: Taichung Station, Public Value, Text Mining

一、研究背景與動機

公共運輸系統是社會與經濟發展的重要命脈，依據我國「發展大眾運輸條例」第二條定義，所謂大眾運輸係指「具有固定路（航）線、固定班（航）次、固定場站及固定費率，提供旅客運送服務之公共運輸。」公共運輸亦可稱為公共交通、大眾運輸（public transport）、或是集體運輸（mass transit）。在國家發展的過程中，政府應有效的提出經濟發展的永續途徑，近二十年來，臺灣陸路大眾運輸系統，如臺灣鐵路管理局（以下簡稱臺鐵）、臺灣高鐵、捷運、市區公車、國道客運等建設與服務，縮短各城市間的距離，促進更為快速且便捷的移動方式以及物品流通，促成工商產業發展與經濟競爭力。就以臺鐵的定位功能而言，便是扮演著都會區域通勤交通運輸、城際之

間的串聯運輸、為我國唯一的環島軌道運輸系統，百年前便是各鄉鎮的重要交通運輸節點。

臺鐵發展可以從日治時期追溯起，由臺灣巡撫劉銘傳於 1887 年所成立的「全臺鐵路商務總局」已規劃有 100 公里的鐵路運輸系統，截至 2016 年全臺灣鐵路運輸路線已有 13 條，總長度達到 1,085.3 公里。然而，在多元的公共運輸系統的發展與逐漸完備趨勢下，臺灣鐵路管理局除了內部面臨了車站、路線、車輛老舊及人才斷層等問題外，更受到外部競爭條件的威脅！1970 年代起全臺高速公路陸續建設，因自駕車與國道客運的可及性優於鐵路運輸，政府於 1980 年成立「臺灣鐵路整理委員會」進行精簡臺鐵人事，另依據交通部施政報告內容，2007 年縱貫西部廊道的臺灣高鐵通車後之首年，臺鐵即減少 9 萬名旅客及 5.7 億元營收，加上平行捷運線（板南線）等衝擊，深刻改變民眾對於臺灣鐵路過去的依賴，使得臺灣鐵路管理局嚴重虧損。直到 2023 年 4 月份臺鐵短期債務已達 1,658 億元。因應社會需求的改變，交通部規劃臺鐵強化區域型鐵路增加區間車停靠站（即捷運化）以強化服務提升運能，另於東部幹線投入傾斜式列車，提升東台灣之行車速度與運輸能力。而 2021 年 10 輛編組之區間電聯車及 12 輛編組之城際列車正式上線，同時達到提速、增加運能、縮短班距、降低成本及簡化車種之效果。

除交通運具的提升外，面對生活樣態的多元化，現代化的大眾運輸業者不僅是提供公共運輸之基本功能，更轉向講求高品質服務項目，從安全、舒適、服務、環境、多元性等方面，成為多重複合的品質考量因素，車站也朝向多面向用途的發展，作為參與公民生活的一部分，成為服務市民的公共空間。公共性泛指於公民對其能開放、自由且不須額外付費的場域空間，使人民可以公開活動、移動、溝通、從事某種行為、放鬆心情、休閒等等，有別於一般日常生活中私人的空間，更是強調對於公眾的公共利益。依國內學者夏鑄九（1994）的觀點，認為一個公共空間中的「公共性」不僅是共有財產的思維，更重要的是公眾參與空間的過程，包括在建設、決定、創造這樣空間的過程，都可屬於公共性的一環，這些歷程在民主自由的社會環境中，更為強調公共性、公平性的思維。為了更清楚地描述公共空間的與社會之間的關係連結，夏鑄九（1994）即以圖 1 來解釋不同脈絡條件下，「公共空間」、「公共領域」、以及「真實的公共空間」三者之間的關係與差異，以及它們對於歷史與社會脈絡的關係連結。

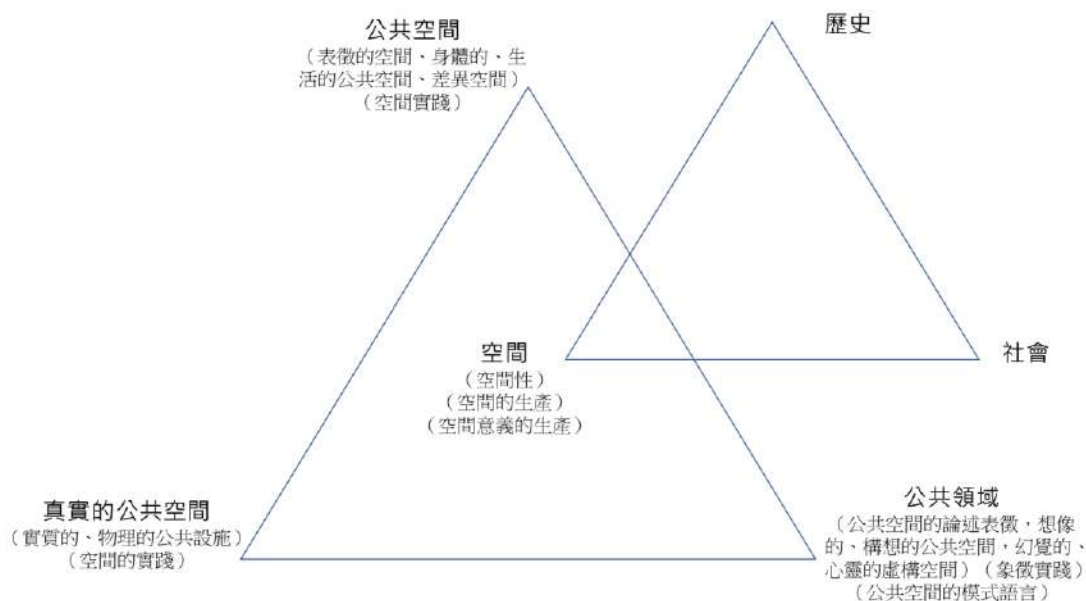


圖 1 公共空間之社會生產 (資料來源：整理自夏鑄九，1994)

大眾運輸業者本即為提供公眾交通服務，其車站面對不同的族群時，對於空間需求與想像便可能衍生出各種可能性，而這些可能性之間更可能出現有相互衝突的狀態，公共空間的特質將引導特定族群的親近，而這些族群的親近與活動，則又形塑了這樣公共空間的象徵內涵。例如臺北車站的站內大廳，常吸引不同族裔的民眾聚集，與一旁南來北往於商場採購伴手禮的旅客形成有趣的對比；另台北捷運地下街招募各類型店家進駐，引導了對於休閒、逛街、購物有所需求的民眾聚集，車站儼然成為在地公眾生活的重心，事實上，我們可以將車站的公共空間視為在既定的權利關係運作，更是可以成為城市品牌印象的空間要素。

而被視為臺中都市發展起源的臺中車站，距通車已逾百年，不僅是全台唯一三代同堂的車站，更是臺中市政府復興舊城區的核心，臺中市政府以「共站分流」概念發展「大車站計畫」，透過人本交通空橋系統及立體連通平臺擴大公共運輸核心地區，以引導人潮分流至周邊據點，並紓緩站前交通負荷，串聯商業、文化、綠帶及開放空間，臺中車站之公共性具有明確的政策目標，故本文將探究其所提供之公共價值，提供其他車站參考。

二、問題意識與研究問題

對於提升國家產業經濟量能的觀點而言，發展公共運輸可以在經濟面提供大眾皆可負擔且高效率的運具選擇，降低使用車輛誘因。在環境面提供低汙染排放的運具，促成環境與產業的永續發展。而對於車站的公共空間而言，則是拓展了交通運輸系統的多元服務可能，車站的公共性營運策略，更可成為該公共運輸系統的特色與競爭力。當吸引越多的人使用公共運輸，繼續使用私人運具者也能獲得更舒適的用車環境，對於政府而言也能有效地減少對運輸部門的資源投入，因此各國皆致力於建構良好的公共運輸系統，以期解決自身的交通問題。為了能夠探悉臺中車站目前公共性發展的策略與現況，本研究提出以下的問題意識觀點：

- (1) 交通運輸節點的公共性問題意識之緣起：在現代化市場需求與競爭條件下，做為一個交通運輸節點，所應具備之公共性及公眾服務？
- (2) 交通運輸節點作為公共性場域的使命與目標：將探討交通公共場域的公共性與公眾服務之構面，而臺鐵作為臺灣最重要的公共運輸提供者之一，亟需改善之缺口為何？

而彙整上述動機與問題意識，本研究將選擇以分析民眾參與臺中車站的各項服務後，所提出的問題反饋作為探悉的重點，藉以反映出臺中車站公共性的服務缺口。本研究將選擇近 6 個月台中車站接受民眾客服內容，以文字雲工具探討公眾對於臺中車站服務項目的需求以及面臨的公共性挑戰進行反思與探討，並提供其他車站作為借鏡。

三、公共價值的論述

鍾佳欣（2005）曾整理了過去學者對於公共性的論述觀點，將公共空間的公共性做出了以下的彙整：公共性必須是公共的、開放的而非私人的；公共性是人民自主的，共同參與經過與建構而成的，它的政治性在於公民有權利自由地參與發展過程，使其展現當地城市的文化、風土人情；公共性是一種反對國家權威式干涉，也不該受到消費文化及資本主義的威脅，並且能夠

發展出一種批判性的對話與溝通的空間。

李衍儒與趙永茂（2016）指出國家治理體系和治理能力現代化建設及服務型政府建設過程中，兼具複雜性和價值衝突的「棘手問題」已經或正在成為公共部門面臨的主要挑戰。所謂「棘手問題」的應對和解決，必須建立在公共價值管理基礎之上，少了公共價值的公共行政活動將不僅是違背「以人民為中心」的宗旨原則，也會消弱政府的治理能力和公信力。

美國主要針對郊區化與都市擴張後所產生的嚴重交通問題，繼而引而回歸都市中心與發展大眾運輸系統的一隅概念（陳佩菁，2006），而臺中市政府（2000）報告中強調都市的發展應著重於大眾運輸的使用，使都市的發展型態與土地使用模式及大眾運輸的整合。而使都市回歸人本的適居環境，重點於強化車站周邊土地使用的整體規劃，使居住、商業與購物活動空間於車站周邊鄰近地區，以創造高品質便利的空間。彭詩涵（2011）提出六大尺度永續都市設計內容指出應包含全球、區域、都市、社區、街廓及建築尺度之設計方式，探討以交通節點為中心的都市成長等各個尺度上細部規劃原則，以符合型態、感知、社會、視覺、機能及時間的發展機會。

前有研究以高雄車站為例（周佳儀，2015）車站地區四大項目標，包括：（一）車站作為都市空間再結構。（二）車站再造作為展現未來生活，當車站未來發展超越交通轉運機能而成為「門戶節點」。（三）24 小時運轉的都市空間。（四）區域生活空間。及車站空間發展六大願景：生活品質、交通轉運、綠地生態、公共空間、國際門戶、文化歷史。綜上所述，交通節點於都市發展中應能提供周邊土地整體性之規劃，並應以超越交通機能成為具前瞻與遠景之土地規劃利用方式。

綜上，國營之臺鐵，將車站發展為門戶節點、都市空間、生活空間，以大眾運輸系統帶動都市發展模式，提供食、宿、遊、購、行等多元服務，是政府部門提供以人民為中心，實踐公共價值之最佳場域之一。

四、臺中車站作為交通節點之重要性

4.1 共站分流

依據臺中市政府之大車站計畫，以整合臺中新、舊車站為核心，將臺中車站（新站）打造成大眾運輸之重要節點，於臺中舊站前建置廣場，拾階往上連通新站二樓大平臺往西串接干城及舊城區。南段舊軌道路廊及北段高架鐵道下方空間則以綠空軸線計畫發展，南向串接臺中鐵道歷史軌跡（舊路廊、20 號倉庫群等），往北途經臺鐵臺中驛第一貨物倉庫群（市定古蹟：8、10 號倉庫；歷史建築：11 至 17 號倉）東轉通往帝國糖廠湖濱生態園區，與 2023 年開幕之三井 LaLaport 購物中心連點至線成面，透過車站核心區（臺中驛鐵道文化園區）融合歷史、生態與商業活動場景，友善行人動線。

除捷運藍線及機場捷運線（橘線）將於臺中車站周邊設站外，在公路運輸方面，於臺中車站西北側之 2F 轉運平台下方地面層設置四個公車轉運月台，並向西北延伸大平台通廊至「立體停車場暨轉運中心」，該中心 2 樓之大平台人行通廊為串聯臺中車站及干城之重要節點，除地面層之轉運層外，亦建置地下三層之停車空間，依臺中市政府之規劃，將提供汽車格 505 席、機車格 1,290 席、自行車格 116 席及大客車 12 席，完工後可有效紓解停車問題及增加客運與公車之動線安排可行性，改善臺中火車站西站前的交通動線，引導人潮分流以提升市區公車接駁鐵路轉乘時的方便性。在「共站分流」的規畫概念下，以 TOD 模式建構臺中車站周邊動線，步行、自行車、汽車、公車、客運、軌道系統匯流於臺中車站節點，以多元運具轉乘方式，減輕交通負荷。



圖 2 臺中車站及周邊地區示意圖（資料來源：臺中市政府都發局³）

4.2 翻轉舊城區

臺中市為臺灣第一個公布都市計畫的城市（日治時期稱臺中市區改正計畫），舊城區歷史悠久，具有深厚的文化底蘊，惟舊建物產生市區無法更新，阻礙舊城再生，臺中市政府 2018 年規劃確立「一心一環雙軸四大主題」的施政方向，即是以臺中車站為核心，以周遭環線式發展沿線創活產業，以總長 1.6 公里的綠空鐵道，刑務所起串聯 3.6 公里的草悟道沿線及 6.1 公頃的帝國糖廠湖濱生態園區打造文化及生態軸線；另透過 2 樓平台延伸，串聯臺中一中及建成路兩大商圈，並發展干城設計公園、台糖循環經濟生態園區、綠川慢活及再世代文教生活等四大主題。

³參見臺中市政府都市發展局-臺中市都市發展願景〈中部都會核心地區計畫-臺中大車站計畫-原建國市場及附近地區都市更新事業招商計畫案〉，取自 https://www.udvision.taichung.gov.tw/Visions/visions4_more?id=9421919d6cac4214bd11a64c5134d34b。檢索日期：2023 年 6 月 6 日。

在「臺中市都市計畫（配合臺中都會區鐵路高架捷運化計畫-臺中車站地區）細部計畫」及「變更臺中市都市計畫臺中車站地區細部計畫（配合臺中大車站計畫及綠空鐵道軸線計畫南段）書」中，明確指出將臺中車站周邊發展為宜居的「TOD 低碳生活首都」，並提出擴大公共運輸、創新育成產業和歷史元素活化等三大目標，臺中市政府善用臺中鐵路高架化帶來都市縫合之效果，著重活用車站專用區及周邊公有土地（含臺中市政府、國防部及臺鐵），除容積調派之彈性及容積獎勵之激勵外，其中車站專用區 1 於都市計畫中有容積上限高達 900%，車專區 2 容積上限則達 795%，以有效利用市有土地與周邊國有土地，帶動舊城區發展與活化，透過都市更新改善窳陋老舊建物問題，惟車站專用區建蔽率為 40%，容積上限則僅為 300%，卻明顯限縮車站本體開發之可能性，且囿於周邊古蹟及歷史建築，導致容積無法有效利用，且土地使用未包含文化、運動及休閒服務業，限縮車站發展藝文場域之可能性，仍需透過變更細部計畫增加車站專用區之多元用途。

綜上，臺中車站作為都市計畫設定之重要節點，以一心一環雙軸之規劃，在行人動線、公路運輸、軌道運輸、停車需求、轉乘動線等均有相關妥善配置方案，並逐步啟動建設，惟土地使用之管制仍有部分項目待變更，以符合實際經營需求。

五、臺中車站的公共價值與現況

臺中鐵路高架自豐原站至大慶站間總長 21.7 公里，新改建 10 座高架車站，縫合鐵路東西兩側、站間距離自 4 公里縮短為 2 公里。自 2018 年 10 月 10 站全面通車 1 年（新冠疫情爆發前）的旅客人次成長了 11.93%，全年旅客已突破 3,560 萬人次（黃富春，2022）。臺中車站 110 年上下車客運量為 1,160 萬人次，日平均約 3.2 萬人次；109 年上下車客運量為 1,607 萬人次，日平均約 4.4 萬人次，為臺鐵中部地區客運人次最多的車站。

臺鐵局於 2018 年以臺中車站為主標的辦理「臺中車站鐵道文化園區興營運移轉案」民間促參案，由臺中在地企業一德昌營造得標取得本案經營權，成立「經典國際股份有限公司」為本案特許公司，以臺中之鐵道文化、生活經濟與創新的核心精神，打造「世界的臺中車站」，預計投入 30 億元，希望能創造兼具食衣住行育樂功能的微型生活圈（圖 3~5）。

臺中驛鐵道文化園區作為臺中市政府規劃大臺中計畫之核心，將以觀光廊帶、商業動脈和文化循跡等三項策略進行推動園區促參案整體開發計畫，提供親子飯店、創藝聚落、寢台文旅、站內餐飲、第七月台鐵道旅行書店等多元服務。

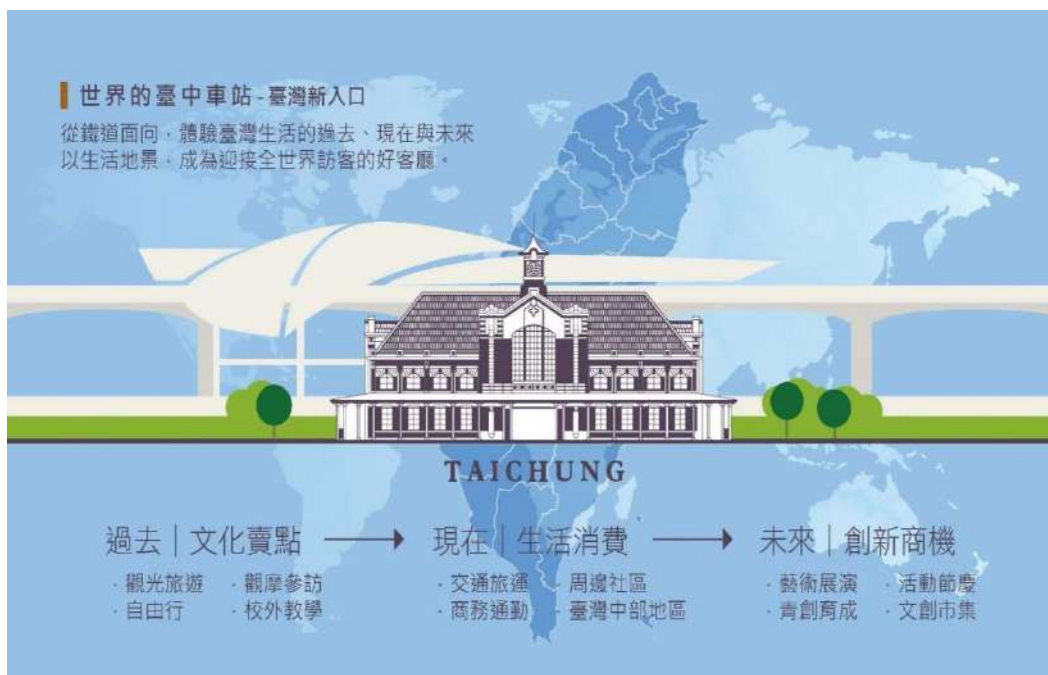


圖 3 臺中車站生活經濟的串聯（資料來源：臺中驛鐵道文化園區⁴）

⁴參見臺中驛鐵道文化園區，取自 <https://www.tcrp.com.tw/>。檢索日期：2022 年 12 月 15 日。

天時

臺中地標，政策加持

大車站計畫

交通政策
大平台 / 臺中轉運中心，引導人流

商業政策
規劃商業區，興建大樓，提供產業、創客、辦公室進駐。

觀光政策
線空鐵道計畫，串連臺中車站南北兩側，規劃景觀、人行步道、自行車道，形成觀光綠廊。



全臺首創鐵道文化園區，串連各地鐵道文化景點，發展中部鐵道文化觀光帶，以特有的歷史內涵吸引人潮。

率先搶進車站區部心，進行消費培力，先機等於商機！

圖 4 臺中大車站計畫：政策面（資料來源：臺中驛鐵道文化園區⁵）

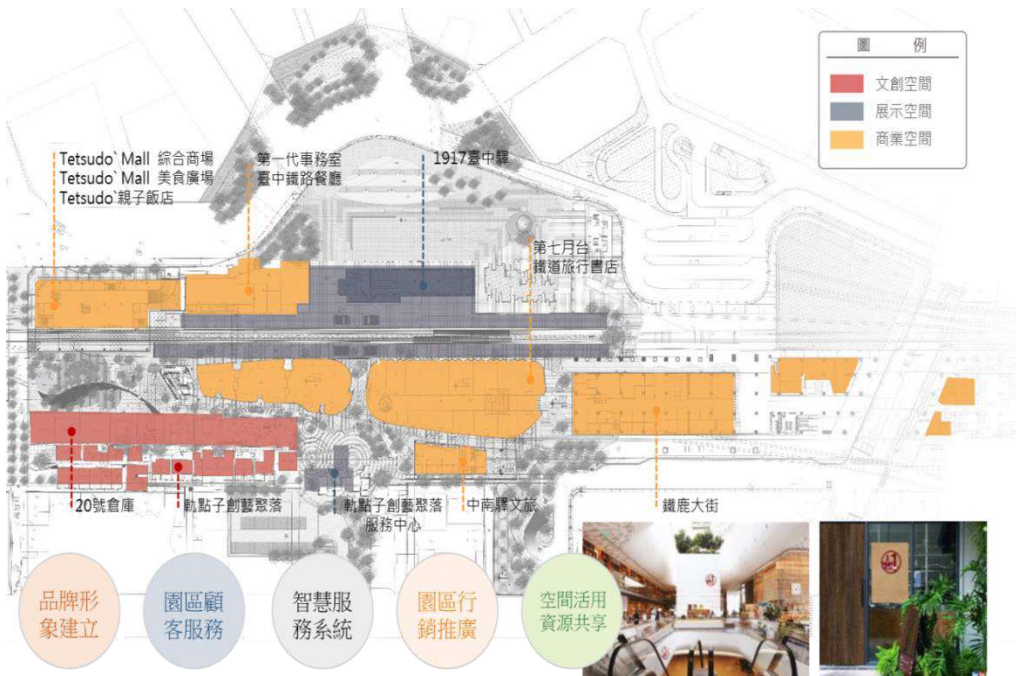


圖 5 臺中驛鐵道文化園區整體經營計畫（資料來源：臺中驛鐵道文化園區⁶）

⁵參見臺中驛鐵道文化園區，取自 <https://www.tcrp.com.tw/>。檢索日期：2022 年 12 月 15 日。

臺中驛鐵道文化園區之車站商場已於 2020 年開幕營運，提供各國美食、咖啡輕食、飲料、伴手禮、3C 產品以及租車等多元服務，另外於臺中驛（臺中舊站）周邊，辦理保溫計畫活動（圖 6），包含舊軌小舞台、舊軌 1、2 月台，辦理文創市集及各項表演，並設置鏡面牆，吸引青年熱舞愛好者前往練舞，亦於舊站內復刻售票亭及活字印刷體驗，另於舊軌道上，展示光華號、R100 柴電機車、EMU100 型電力機車等三輛經典車款，除傳承鐵道文化外，更滿足民眾食、遊、購、行等多元需求（圖 7）。

綜上所述，臺中市政府致力在臺中車站實現人行空間、公路運輸及鐵路運輸之轉乘空間，並以三代同堂之臺中車站及其舊路廊進行串聯，透過生態、文化、商業活動翻轉舊城區，臺鐵局承於都市發展計畫之脈絡，透過促參模式引進臺中在地之民間機構辦理，透過市府、臺鐵及民間三方合作，共同協力實現車站之公共價值。



圖 6 臺中大車站計畫：行銷面（資料來源：臺中驛鐵道文化園區⁷）

⁶參見臺中驛鐵道文化園區，取自 <https://www.tcrp.com.tw/>。檢索日期：2022 年 12 月 15 日。

⁷參見臺中驛鐵道文化園區，取自 <https://www.tcrp.com.tw/>。檢索日期：2022 年 12 月 15 日。

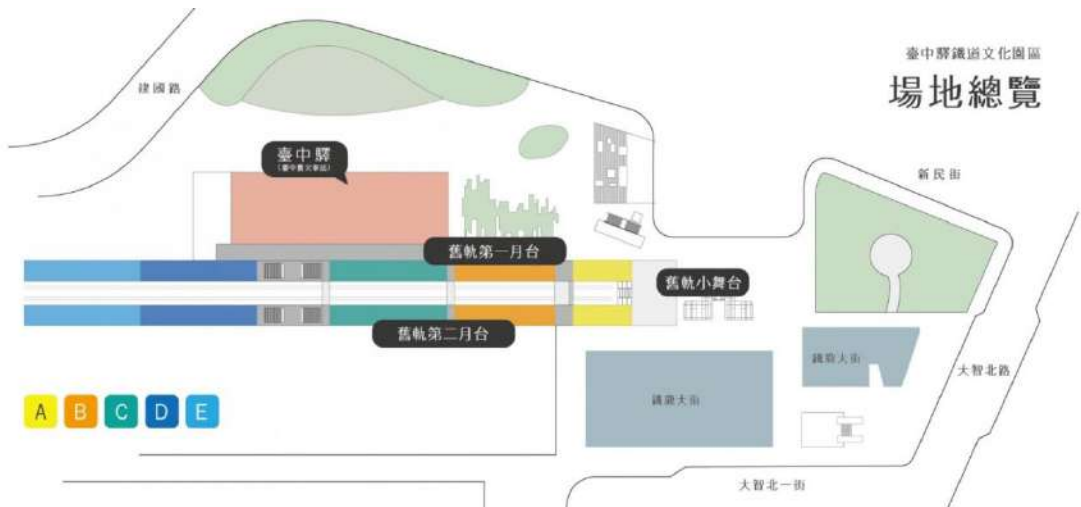


圖 7 臺中驛鐵道文化園區 2023 年營運場域總覽（資料來源：臺中驛鐵道文化園區⁸）

六、臺中車站之公共性之缺口反思

臺中車站近年積極轉型，除了將臺中舊車站保留作為文化資產塑造地方發展脈絡之文化內涵之外，新臺中車站更規劃多元服務系統，藉以拓展臺中車站給予民眾生活連結的參與以及各種族群的公共空間親近機會。本研究藉由民眾對於臺中車站的回饋意見作為分析內容，試圖從使用者的角度與觀點，梳理探討臺中車站現階段所提供的各項服務內容，是否尚具有服務品質缺口以及品質提升機會。郭俊桔及張育蓉（2013）指出傳統的問卷調查法、訪談法、焦點團體法等，無法即時反映問題，且成本過高，亦不易確實得知不滿意事項，而採用網路上的意見進行文字探勘分析可以改善上述缺點。承上，考量車站每日皆有大量民眾進出及利用此一公共空間，發生互動並產生不同之問題點，為能夠及時地蒐集輿情，並持續滾動檢討改善使臺鐵提供更優質之公共價值，本研究嘗試以「臺中市政府陳情整合平台服務專線 1999」、『交通部臺灣鐵路管理局「客服中心」』、「旅客諮詢內容」等三個回饋系統針對臺鐵局資產開發中心所提意見，以近期疫後下半年為資訊收集範圍（2022 年 7 月 1 日至 2022 年 12 月 31 日止），作為資料收集的文本內容。針對

⁸參見臺中驛鐵道文化園區，取自 <https://www.tcrp.com.tw/>。檢索日期：2022 年 12 月 15 日。

陳情內容本研究選擇以「社群洞察解析研究實驗室⁹（Social Insights Discovery Research LAB）」及 HTML5¹⁰文字雲，分析民眾回饋意見的文字探勘，藉以梳理其中意見回饋之軸向，再進一步以相關之關鍵字詞搜尋該區間之新聞報導，蒐集輿論意見，以作為未來臺中車站提供各項服務提升的措施規劃及提供持續掌握輿情滾動檢討之方法。

本研究以 HTML5 文字雲分析民眾回饋意見結果，圖像化後結果如下圖 8 所示：



圖 8 民眾對於臺中車站所提供之意見回饋文字雲

梳理文獻，夏鑄九（1994）認為公共空間中的「公共性」亦為公眾參與空間的過程，包括在建設、決定、創造空間的過程，此歷程在民主自由的社會環境中，更為強調公共性、公平性的思維。於此夏鑄九（1994）整理出「公共空間」、「公共領域」、以及「真實的公共空間」三者，而本研究分析

⁹係由國立中興大學行銷系曹修源教授等學者所創，植基於 IPA 研究方法，延伸發展文字分析走向行動策略（From Text To Action，簡稱 FTTA）。透過將文字分析結果轉化，取自 <https://www.sidrlab.net/>。檢索日期：2023 年 11 月 14 日。

¹⁰HTML5 Word Cloud 為 2013-2019 Timothy Guan-tin Chien 等人製作之文章詞彙分析系統，以 MIT 公眾授權釋出，根據文本資料可自動分析中、英文字詞彙所出現的頻率，然後將關鍵字按數量以大小與排版組合，呈現具視覺化效果的畫面，取自 <https://wordcloud.timdream.org/>。檢索日期：2023 年 11 月 14 日。

民眾回饋意見之文字雲分析後，本研究進而從民眾建議中觀察對應以下三個的軸向，分別包括「公共空間」對應「硬體機能」、「公共領域」對應「多元族群」、以及「真實的公共空間」對應至「服務友善」等，分述如下：

6.1 公共空間之硬體機能

觀察民眾對於公共空間的基本需求，仍多反應於公共空間所提供的硬體設施設備之建議，其中包括對於現存設備出現的故障或是使用困難問題，例如對於停車場照明、指標設計、設施故障、監視器損壞...等基礎設施及管理的反饋意見，新聞媒體亦報導臺中火車站之電子顯示器溫度顯示故障議題¹¹。另外民眾同時給予了新設設備的建議，例如建議於地下停車場裝設通風扇、自動繳費機設置、洗手間補增等相關意見，可提供未來管理單位對於硬體設備改善的盤點。進一步分析，臺中車站負向情緒偏重於硬體機能構面，且與停車場產生關聯（圖 9）。

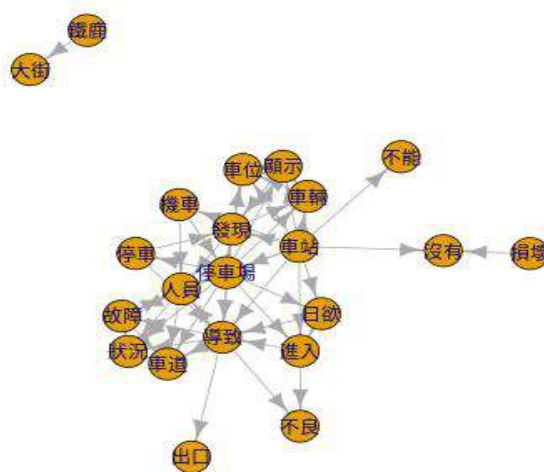


圖 9 臺中火車站負向情緒關聯圖

¹¹參見華視-林佳瑩、蕭鈺燁 報導/台中市（2022 年 12 月 14 日）。〈"台中下雪了"?! 車站顯示驚現"-25 度"〉，取自 <https://news.cts.com.tw/cts/life/202212/202212142121361.html>。

6.2 公共領域之多元族群

本研究前文曾提及，公共空間應開放提供跨族群的公平使用原則，而各類型族群對於空間使用的需求與態度不盡相同，因而如何能以「通用設計」、「廣泛服務」的原則，考量各種空間使用族群之需求，進而檢討所應提供的服務項目。從民眾回饋之建議中可得知，民眾對於臺中車站所提供的服務，仍建議可以強化對於高齡者、身障者、移工、素食習慣者...等族群，媒體則報導鐵道市集的東南亞國家元素¹²、移工與計程車司機衝突¹³、車擋妨礙身障者通行¹⁴、街友聚集車站周邊¹⁵等議題，顯示出滿足多元族群需求，為民眾及輿論關切之重要公共性議題。

6.3 真實的公共空間之服務友善

除了上述對於特定族群的服務之外，從民眾的回饋建議來看，臺中車站仍有部分的普遍性服務友善性尚有強化空間，包括部分區域人行通道的開放時間、尖峰時段交通動線與疏導問題、行車資訊查詢與閱讀不易、服務人員效率提升問題、環境維護問題...等，皆屬於對於人員服務方面品質提升的觀點。期間媒體報導國光轉運站遷移後告示不清¹⁶、機車違停亂象¹⁷、臺中車站

¹²參見臺中市政府-熱門公告/市政新聞（2022年11月12日）。〈台中鐵道市集、東協嘉年華 拚經濟 加碼抽10萬5組〉，取自 <https://www.taichung.gov.tw/2223173/post>。

¹³參見CTWANT-何芸庭 報導/台中市（2022年11月17日）。〈女移工因60元車資起衝突！司機氣不過報警 女移工逃離疑案外案〉，取自 <https://www.ctwant.com/article/220652>。

¹⁴參見聯合新聞網-余采滢 報導/台中市（2022年7月14日）。〈台中火車站人行道 車阻裝置擋輪椅〉，取自 <https://udn.com/news/story/7325/6459432>。

¹⁵參見中時新聞網-張亦惠報導/台中市（2022年11月10日）。〈台中車站周邊騎樓街友白天橫躺擋道 議員批：市府協助安置不足〉，取自 <https://www.chinatimes.com/realtimenews/20221110005050-260407?chdtv>。

¹⁶參見自由時報-蘇金鳳報導/台中市（2022年12月1日）。〈國光客運台中轉運站熄燈民眾找不到站點怒了 現場義交成了「諮詢站」〉，取自 <https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/4141708>。

¹⁷參見東森新聞（2022年11月25日）。〈台中車站機車違停亂象多 假日變大型違停車場？〉，取自 <https://news.ebc.net.tw/news/society/345954>。

植栽乾枯雜草叢生¹⁸等問題，部分屬與臺中市政府之設施介面及公權力介入之議題。

七、對於面臨課題之因應與建言

以圖 8 中民眾對於臺中車站所提供之意見反饋文字雲，以周佳儀（2015）指出車站地區之目標分析，針對民眾回饋之意見可以分成三個面向作為改善，本研究也依此三個軸向作出因應建言，分別包括改善「硬體機能」提升「生活空間」品質、照顧「多元族群」促進「都市空間」利用、進行「服務友善」打造「門戶節點」等，意即欲提升交通運輸節點場域「公共空間」、「公共領域」、以及「真實的公共空間」三者之公共性、公平性，臺中車站可透過「提升生活空間品質」、「促進都市空間利用」和「打造門戶節點」等三個主要方向，來進一步彰顯其公共價值，各方向分述如下：

7.1 改善「硬體機能」提升「生活空間」品質

臺中新站（第三代站）於 2016 年啟用，作為一個營運未達 10 年的車站，其硬體設施應是先進且符合需求的，然而本項目卻是民眾負面情緒字詞的主要來源，民眾於此項目多反應如：現存設備出現的故障或是使用困難問題，包含停車場照明、指標設計、設施故障、監視器損壞，針對硬體設備之改善，因此欲減少負面評價，本研究提出以下幾點建言：

- (1) 建置即時通報軟體：設施設備故障是民眾對臺中車站及其商業空間（含停車場）的主要負面情緒來源，屬於基礎設施及管理層面，除透過更密切的定期巡檢偵測問題外，建議參考臺中市政府於「台中公車 App」和「台中公車即時動態資訊」網頁建置之「公車站牌異常報修」功能，當公車站牌受損壞，或遭受塗鴉及張貼傳單、圖片時，民眾只需使用手機 App 或網頁，即可協助市政府上傳與通報待修訊息，使市政府能快速回應，及時修復

¹⁸參見自由時報-唐在馨報導/台中（2022 年 10 月 24 日）。〈台中火車站前出現荒煙蔓草場景 市民:這是大台中的門面?〉，取自 <https://news.ltn.com.tw/news/Taichung/breakingnews/4099294>。

受破壞或損傷站牌，有效維護候車環境。臺鐵可在經常出現損壞或故障的號誌附近張貼告示，建立網路 QR code 通報系統等，設置民眾即時參與反饋的機制，在裝置故障可以與某單位或服務台及時反應，由站內人員或商場運營業者立即處理。

- (2) 更新設備：根據文字探勘結果，地下停車場裝設通風扇、自動繳費機設置、洗手間皆有數量不足之情形，建議增設地下停車場通風設備及自動繳費機，另洗手間數量囿於場站硬體空間限制，較難調整，建議臺鐵未來辦理或配合鐵道局之新、改、增建工程時，應將洗手間之設置列為優先配置考量，以更加符合民眾對車站公共性之期待。
- (3) 持續進行文字探勘：臺中車站也可使用文字雲或即時輿情追蹤系統，持續定期追蹤民意反饋，尤其長期皆有大量民意提及之設備，可以作為首要增設之硬體設備之方向。

7.2 照顧「多元族群」促進「都市空間」利用

本研究建議未來可以針對空間使用的各族群，進行焦點團體的座談會，從實際空間使用者的角度，進一步瞭解各族群使用者之使用偏好，給予更為全面與深入的服務流程盤點及建議。依照各類型族群對於空間使用的需求與態度，提供不同族群於公共空間的公平使用，而各種空間使用的族群需求，因盡其所能符合「通用設計」、「廣泛服務」的原則。

而從民眾回饋之建議中可知，民眾對於臺中車站的服務，建議可以強化對於高齡者、身障者、原住民、素食習慣者...等族群之服務，例如提供清真認證食品，以及規劃育嬰空間、穆斯林祈禱室等等。

7.3 進行「服務友善」打造「門戶節點」

除了上述對於特定族群的服務之外，從民眾的回饋建議來看，臺中車站仍有部分的服務友善性尚有強化空間，包括部分區域人行通道的開放時間、尖峰時段交通動線與疏導問題、行車資訊查詢與閱讀不易、服務人員效率提

升問題、環境維護問題...等，皆屬於對於人員服務方面品質提升的觀點，建議改善如下：

- (1) 教育訓練：在民眾之反饋建議之服務人員效率待提升與環境維護議題，可以針對服務人員制定更細緻的服務流程，提供明確的行事準則，迅速之環境清潔反應與縮減不必要的等待時間，也可以強化其對於業務的認識，加快服務流程。
- (2) 開放動線：臺中車站為臺中市政府規劃大車站計畫中之核心節點，向西北連結大平台，東南通廊接鄰復興路，北經綠空北段轉東進帝國糖廠湖濱生態園區及 Lalaprot 購物中心，南接綠空南段遊臺中文化創意產業園區及刑務所宿舍群，動線之暢通尤為重要，除市府已積極建設之大平台聯通廊道工程（即立體停車場暨轉運中心新建工程）外，臺中驛鐵道文化園區之民間機構（經典國際）業已開放臺中舊站第一、二月台動線連通綠空南段，目前僅餘臺中車站北端機關庫遺構旁之人行通廊尚未開放，建議臺鐵可開放該區域，讓前往帝國糖廠湖濱生態園區之民眾，免經復興路造成人車爭道，創造更友善之人行動線。另臺中車站於尖峰時段交通動線與疏導問題為文字探勘爬梳之民眾關切問題之一，倘能將上述各連接通道開放，如加強動線指引標示，往東北方向之旅客將可另有疏散動線，預期可減少尖峰時段人潮擁擠之現象。惟相關動線規劃因與臺中市政府管有設施存在介面問題，另街友盤踞、移工衝突、車輛違停等問題亦須地方政府有關單位之公權力介入，建議臺鐵應更積極與市政府合作、溝通及協調，以充分扮演節點之角色，發揮公共性。
- (3) 調整電子看板格式：針對民眾反映行車資訊查詢與閱讀不易之問題，因臺鐵車種複雜，且車輛調度之始發及終點站多元，中部地區又有成追線、山線與海線之分（臺中站僅成追線和山線），因此臺鐵看板資訊相較於高鐵或日本新幹線複雜（圖 10、11），惟綜整其他軌道運輸業者之時刻表，主要資訊由左至右依序為車種、車次、時間、終站、月台、狀態等（圖 12、13、14、15），與臺鐵將時間置於畫面右方、終點站置於畫面左方有所差異，建議臺鐵參考業界電子時刻表配置，調整即時資訊版面，利於民眾閱讀（圖 16）。



圖 10 臺鐵行車 LCD 電子看板¹⁹



圖 11 臺鐵行車 LED 電子看板²⁰



圖 12 日本東海道新幹線行車 LCD 電子看板²¹



圖 13 日本九州行車 LED 電子看板
22

¹⁹本研究自設拍攝（2023 年 7 月 4 日）。

²⁰本研究自設拍攝（2023 年 7 月 4 日）。

²¹參見東海道新幹線の発車標(発車案内)まとめ（2016 年 5 月 19 日）。〈改札発車標 フルカラーLED 電光掲示板〉，取自 <https://ameblo.jp/223ys/entry-12501548292.html>。

²²擷取自 yoshi（2018）。〈JR 九州 大分駅 改札口 発車標(液晶ディスプレイ)〉，取自 <https://www.youtube.com/watch?v=2pwFmpkyXDc>。



圖 14 韓國 KTX 行車 LED 電子看板

23



圖 15 台灣高鐵行車 LED 電子看板²⁴

24

南下					
車種	車次	時間	終點站	月台	狀態
區間快	2066	10:22	(成追) 大甲	1B	準點
自強	113	10:28	(山線) 屏東	1B	晚 4 分
區間	3197	10:32	(山線) 潮州	1B	準點
區間	2608	10:54	(成追) 通宵	1A	準點

圖 16 臺鐵行車電子看板版面配置建議改善示意圖

綜上，本研究透過文字探勘，梳理民眾對臺中車站此一公共空間重視之缺口，分析政府為提升「公共空間」、「公共領域」、以及「真實的公共空間」之公共價值，建議臺鐵應針對「硬體機能」、「多元族群」、「服務友善」三大方向進行提升及改善，以達成車站作為「生活空間」、「都市空間

²³參見【KTX 首爾到釜山】（2022 年 10 月 29 日）。〈實際搭乘經驗分享！含 KTX 訂票、時刻表、票價查詢教學攻略！〉，取自 <https://www.funliday.com/posts/2022-korea-travel-ktx-seoul-to-busan/>。

²⁴參見鐵貓 鐵道與貓的完美結合（2016 年 4 月 2 日）。〈高鐵台中站〉，取自 <https://jp-shitman.blogspot.com/2016/04/blog-post.html>。

」及「門戶節點」之目標，建議研究者未來可針對車站課題各項度進一步進行重要性-表現分析法（Importance-Performance Analysis, IPA）分析，以更深入探討改善之優先次序。

參考文獻

1. 王學軍、王子琦（2019）。〈追尋“公共價值”的價值〉，《公共管理與政策評論》，8卷3期，頁3-16。
2. 朱書漢（2018）。《運轉臺中：臺中火車站與周邊設施的發展 1903-2017》。國立中興大學歷史學系碩士論文，未出版，臺中。
3. 呂佩安（2017）。〈公共政策價值〉，《文官制度季刊》，9卷3期，頁127-135。
4. 李佳諭（2012）。《臺灣火車站公廁對乘客使用現況之研究-以臺中、高雄運務段為例》。逢甲大學建築學系碩士班碩士學位論文，未出版，臺中。
5. 李衍儒、趙永茂（2016）。〈公共政策棘手問題界定理論之研究：以我國觀光博弈產業政策與個案為例〉，《行政暨政策學報》，62期，頁1-58。
6. 夏鑄九（1994）。《公共空間》。台北：藝術家。
7. 郭俊桔、張育蓉（2013）。〈使用情緒分析於圖書館使用者滿意度評估之研究〉，《圖書資訊學研究》，7卷2期，頁153-197。
8. 黃富春（2022）。《乘客對臺中鐵路高架車站硬體之滿意度研究》。國立中興大學應用經濟學系碩士學位論文，未出版，臺中。
9. 楊孟融（2013）。《以視覺分析方法檢視沿街開放空間形式-以臺中市火車站周邊為例》。國立成功大學都市計劃學系研究所碩士學位論文，未出版，臺南。

10. 臺中市中興地政事務所（2000）。《臺中市政府 99 年度自行研究發展報告從大眾運輸導向發展理論（TOD）談臺中縣市合併後城市競爭力與都市土地開發之研究》，臺中市：臺中市中興地政事務所。
11. 臺中市政府都市發展局（2017）。《臺中市議會第 2 屆第 6 次定期會報告》大車站計畫專案報告，臺中市：臺中市政府都市發展局。
12. 鍾佳欣（2005）。《台北捷運之公共空間與消費空間的關係研究》。國立臺灣藝術大學應用媒體藝術研究所碩士論文，未出版，新北市。

約稿

1. 為將軌道運輸寶貴的實務經驗及心得紀錄保存，並提供經驗交換及心得交流的平台，以使各項成果得以具體展現，歡迎國內外軌道界人士、學術研究單位及臺鐵局相關人員踴躍投稿。
2. 本資料刊載未曾在國內外其他刊物發表之實務性論著，並以中文或英文撰寫為主。著重軌道業界各單位於營運時或因應特殊事件之資料及處理經驗，並兼顧研究發展未來領域，將寶貴的實務經驗或心得透過本刊物完整記錄保存及分享。來稿若僅有部分內容曾在國內外研討會議發表亦可接受，惟請註明該部分內容佔原著之比例。內容如屬接受公私機關團體委託研究出版之報告書之全文或一部份或經重新編稿者，惠請提附該委託單位之同意書，並請於文章中加註說明。
3. 本刊為政府出版品，投稿文章同時授權予主管機關－文化部以及文化部所授權他人流通利用
4. 來稿請力求精簡，另請提供包括中文與英文摘要各一篇。中、英文摘要除扼要說明主旨、因應作為結果外，並請說明其主要貢獻。
5. 本刊稿件將送請委員評審建議，經查核通過後，即予刊登。
6. 來稿文責由作者自負，且不得侵害他人之著作權，如有涉及抄襲重製或任何侵權情形，悉由作者自負法律責任。
7. 文章定稿刊登前，將請作者先行校對後提送完整稿件及其電腦檔案乙份(請使用 Microsoft Word 2003 以上中文版軟體)，以利編輯作業。
8. 所有來稿(函)請逕寄「238 新北市樹林區東佳路 7 號，臺鐵資料編輯委員會」收。電話：02-28912755 轉 253；傳真：02-28919584；E-mail：7028241@railway.gov.tw。

臺鐵資料季刊撰寫格式

- 格式** 自行打印於 B5(18.2 公分*25.7 公分)，使用 Microsoft Word 軟體編排。上、下邊界 2.54 公分；左、右邊界 1.91 公分。中文字體以新細明體，英文字體以 Times New Roman 為原則。
請於首頁輸入題目、作者姓名、服務單位、職稱、聯絡地址、電話及 E-mail。
- 題目** 中文標題標楷體 18 點字粗體，置中對齊，與前段距離 1 列，與後段距離 0.5 列，單行間距。
英文標題 Times New Roman 16 點字粗體，置中對齊，與前段 0 列、後段距離 0.5 列，單行間距。
- 摘要標題** 標楷體 16 點字粗體，置中對齊，前、後段距離 1 列，單行間距。
- 摘要** 標楷體 12 點字，左右縮排各 2 個字元，第一行縮排 2 個字元。與前、後段距離 0.5 列，左右對齊，單行間距
- 關鍵詞** 中英文關鍵詞 3 至 5 組，中文為標楷體 12 點字，英文為 Times New Roman 12 點字斜體。左右縮排各 2 個字元，第一行縮排 2 個字元。與前、後段距離 0.5 列，左右對齊，單行間距。
- 標題 1** 新細明體 16 點字粗體，前、後段距離 1 列，置中對齊，單行間距，以國字數字編號【一、二】。
- 標題 2** 新細明體 14 點字粗體，前、後段距離 1 列，左右對齊，單行間距，以數字編號（【1.1、1.2】）。
- 標題 3** 新細明體 12 點字粗體，前、後段距離 0.75 列，左右對齊，單行間距，以數字編號（1.1.1、1.1.2）
- 內文** 新細明體 12 點字，第一行縮排 2 個字元，前、後段距離為 0.25 列，左右對齊，單行間距，文中數學公式，請依序予以編號如：(1)、(2)
- *圖表標示** 新細明體 12 點字，表之說明文字置於表之上方靠左對齊、圖之說明文字置於圖之下方靠左對齊，如為引用須於下方註明詳細的資料來源，表格若跨頁須在跨頁前註明「續下頁」，並依序以阿拉伯數字編號（圖 1、圖 2、表 1、表 2）。
- 文獻引用** 引用資料，註明出處來源，以大引號標註參考文獻項次，12 點字，上標

***參考文獻** 按號碼順序排列，左右對齊，前後段距離 0.5 列，單行間距，中、英文凸排 2 個字元。如：

一、**期刊文章**：

※作者姓名（西元出版年）。標題。**期刊名稱**，**卷**（期），起訖頁數。

說明：中文**期刊名**、**卷數**需以**粗體字**呈現，若該期刊**無卷數**時，則僅列期數且不需括號。英文期刊名、卷數則以**斜體字**呈現。

1. 胡文郁、張雯雯、張榮珍、唐嘉君、蕭淑銖、呂宜欣（2020）。全球健康議題與護理研究之國際趨勢。**護理雜誌**，**67**（2），13-21。
[https://doi.org/ 10. 6224/JN.202004_67\(2\).03](https://doi.org/10.6224/JN.202004_67(2).03)
2. Gurkan, K. P., & Bahar, Z. (2020). Living with diabetes: Perceived barriers of adolescents. *The Journal of Nursing Research*, 28(2), e73.
<https://doi.org/10.1097/jnr.0000000000000349>

二、**一本書**：

※作者姓名（西元出版年）。**書名**。出版商。

說明：中文書名以**粗體字**呈現，若有版次可列於書名之後，出版地不用寫。英文書名則以**斜體字**呈現。

1. 簡莉盈，劉影梅（2017）。**實證護理學導論**（三版）。華杏。
2. Grady, P.A., & Hinshaw, A.S. (2017). *Using nursing research to shape healthy policy*. Springer.

三、**書的一章**：

※作者姓名（西元出版年）。標題。編者姓名，**書名**（起訖頁數）。出版商。

說明：中文書名以**粗體字**呈現，若有版次可加列。英文書名則以**斜體字**呈現。

1. 林元淑、黃靜微（2017）。新生兒及其護理。於陳月枝總校閱，**實用兒科護理**（八版，38-112）。華杏。

2. Balsam, K.F., Martell, C.R., Jones, K.B., & Safren, S.A. (2019). Affirmative cognitive behavior therapy with sexual and gender minority people. In G.Y. Iwamasa & P.A.Hays (Eds.), *Culturally responsive cognitive behavior therapy: Practice and supervision* (2nd ed., pp. 287-314). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/0000119-012>

四、**翻譯書**：

※原著作者(翻譯出版年)。翻譯書名(譯者；版次)。出版商。(原著出版年)

說明：於內文引用之寫法為，(原著作者，原著出版年/翻譯出版年)，如(Bickley & Szilagyi, 2013/2017)。

1. Bickley, L.S., & Szilagyi, P.G. (2017). 最新貝氏身體檢查指引(劉禹葶譯；11版)。合記。(原著出版於2013)

五、**政府、機構、組織**：

※作者姓名(西元年，月日)。報告名稱(文件號碼)。網址

說明：中文報告名稱以**粗體字**呈現。英文報告名稱則以**斜體字**呈現。

1. 衛生福利部疾病管制署(2020, 4月14日)。中央流行疫情指揮中心訂有「**COVID 19(武漢肺炎)**住院病人分艙及雙向轉診建議」，籲請醫界朋友落實執行(疾病管制署致醫界通函第427號)。
<https://www.cdc.gov.tw/Bulletin/Detail/rRy3FP5tFZgijnCguVvZoQ?typeid=48>
2. National Cancer Institute. (2018). *Facing forward: Life after cancer treatment* (NIH Publication No. 18-2424). U.S. Department of Health and Human Services, National Institutes of Health.
<https://www.cancer.gov/publications/patient-education/life-after-treatment.pdf>

資料來源：台灣護理學會

<https://journal.ntunhs.edu.tw/ezfiles/25/1025/img/485/apa7.pdf>。

臺鐵資料季刊論文授權書

本授權書所授權之論文全文與電子檔，為本人撰寫之

論文。

(以下請擇一勾選)

同意 (立即開放)

同意 (一年後開放)，原因是：

同意 (二年後開放)，原因是：

不同意，原因是：

授與臺鐵資料編輯委員會，基於推動讀者間「資源共享、互惠合作」之理念，於回饋社會與學術研究之目的，得不限地域、時間與次數，以紙本、光碟、網路或其它各種方法收錄、重製、與發行，或再授權他人以各種方法重製與利用。

簽名：

中華民國 年 月 日

備註：

1. 本授權書親筆填寫後（電子檔論文可用電腦打字），請影印裝訂於紙本論文书名頁之次頁，未附本授權書，編輯委員會將不予驗收。
2. 上述同意與不同意之欄位若未勾選，本人同意視同授權立即開放。
3. 若論文全文有使用他人文章之部份，著作者本人擔保已取得著作權人版權所有者一切相關合法之授權與同意，且無抄襲剽竊侵害他人智慧財產權或不當引用之情事。

臺鐵 資料

季刊 第 386 期

發行人	杜微
編輯者	臺鐵資料季刊編輯委員會
審查者	臺鐵資料季刊審查委員會
主任委員	杜微
副主任委員	馮輝昇、朱來順、陳仕其
總編輯	陳裕謀
副總編輯	鄭珮綺
主編	劉淑芬
編輯	賴宣佑
出版者	交通部臺灣鐵路管理局 地址：10041 臺北市北平西路 3 號 電話：02-23899854 網址： http://www.railway.gov.tw
出版日期	中華民國 112 年 9 月
創刊日期	中華民國 52 年 10 月
封面圖片說明	全新投入 E500 型電力機車亮相吸睛
封面圖片攝影者	石允超
印刷者	鉅聯數位科技有限公司 地址：10491 台北市中山區八德路二段 210 巷 6 號 電話：02-27788100
展售門市	國家書店松江門市 地址：10485 臺北市松江路 209 號 1 樓 電話：02-25180207 網址： http://www.govbooks.com.tw 五南文化廣場 地址：40042 臺中市區中山路 6 號 電話：TEL：(04)22260330 網址： http://www.wunanbooks.com.tw

電子全文登載於臺鐵網站

GPN：2005200020

ISSN：1011-6850

著作財產權人：交通部臺灣鐵路管理局

本書保留所有權利·欲利用部分或全部內容者·須徵求著作財產權人書面同意或授權·

臺鐵核心價值

安全

準確

服務

創新

團結

榮譽

ISSN 1011-6850



9 771011 685005

中華郵政臺字第1776號登記第一類新聞紙類
行政院新聞局出版事業登記局版臺字第1081號

ISSN1011-6850
定價：新台幣200元