

ISSN 1011-6850

TAIWAN RAILWAY JOURNAL

# TRJ 臺鐵資料季刊 367

Dec. 2018  
Winter

臺鐵資料季刊

第367期

TAIWAN RAILWAY JOURNAL

交通部臺灣鐵路管理局



交通部臺灣鐵路管理局

Taiwan Railways Administration, MOTC

## 目錄 Contents

臺灣鐵路工會安全白皮書芻議.....張文正.林佑哲.劉宗漢.涂素娟.林純瑜 A Proposal of White Paper on Railway Safety of TRLU..... .....Chang, Wen-Cheng. Lin, Yu Che. Liu, Tsung-Han. Tu, Su-Jyuan. Lin, Chun Yu	1
他山之石：探討日本推動鐵路立體化之發展與特性.....江明益.王劭暉.王清涓 Exploring the Development and Characteristics of Japan's Promotion of Railway Grade Separation.....Jiang, Ming-Yi. Wang, Shao-Wei. Wang, Ching-Hsu	29
以迴歸分析推估平交道事故處理時間.....洪偉喆.邱裕鈞 Regression Analysis on the Duration of Level-Crossing Accidents..... .....Hung, Wei-Je. Chiou, Yu-Chiun	53
鐵路鋼筋混凝土橋梁耐久性探討.....梁智信.朱我帆.蔡旭彥.莊豐瑜 Rainproof Films Restoration Project of Dongshan Statio..... .....Liang, Chih-Hsin. Chu, Wo-Fan. Tsai, Hsu-Yen. Juang, Feng-Yu	81
臺鐵局閒置空間再利用 — 以隧道空間再利用為例.....楊秋燕 Taiwan Railways Administration The Reuse of the Deserted Space—An example on Reuse of Tunnel Space.....Yang, Chiu-Yen	103



# 臺灣鐵路工會安全白皮書芻議

## A Proposal of White Paper on Railway Safety of TRLU

張文正 Chang, Wen-Cheng<sup>1</sup>

林佑哲 Lin, Yu Che<sup>2</sup>

劉宗漢 Liu, Tsung-Han<sup>3</sup>

涂素娟 Tu, Su-Jyuan<sup>4</sup>

林純瑜 Lin, Chun Yu<sup>5</sup>

聯絡地址：10041 臺北市中正區北平西路 3 號六樓（6044 室）

Address：Rm. 6044, 6F., No.3, Beiping W. Rd., Zhongzheng Dist., Taipei City 100,  
Taiwan (R.O.C.)

電話 (Tel)：02-23815226#3072

電子信箱 (E-mail)：trlu0000@railway.gov.tw

### 摘要

2018 年 10 月 21 日，臺鐵「普悠瑪自強號列車」於宜蘭新馬站發生出軌重大行車事故稱「2018 年臺鐵普悠瑪 1021 事件」，鐵路工會及鐵路局均應以此事件做為刻骨銘心之反省與教訓，工會認為此事件始因於未做到防患於未然之故，因此未來勞資雙方均應推動行車安全運動，不管是鐵路工會及鐵路局，皆應將之定位為最重要課題。雙方所有組織必須重新並創建以「安全為最優先」的文化意識。

鐵路工會認為「重視並確保員工安全與提升鐵路安全息息相關」，故致力推動鐵路安全與職災防範工作。因此「所有臺鐵相關員

---

<sup>1</sup>臺灣鐵路工會 理事長

<sup>2</sup>臺灣鐵路工會 研究組組長

<sup>3</sup>臺灣鐵路工會 研究組專員

<sup>4</sup>臺灣鐵路工會 研究組專員

<sup>5</sup>臺灣鐵路工會 研究組專員

工之零死亡事故、零重大職災」將列為重點宣導，並呼籲鐵路局應建立「人為疏失結論並非原因」之認知，進而推動具有有效性的運動。然而現階段鐵路局或臺鐵相關協力廠商第一線工作人員，仍經常發生員工受傷之職災，臺鐵過去與此次所發生事故實為慘痛之教訓，我們當以此反省並記取經驗，臺灣鐵路工會認為臺灣鐵路不應再有類似悲慘事故發生，並將以強烈決心投入具體行動。

回顧「2007 年大里事件」與此次「2018 年臺鐵普悠瑪 1021 事件」，我們應痛定思痛，臺灣鐵路工會提出今後進一步提高安全性之方向，並發表第一份「臺灣鐵路工會安全白皮書」，期待鐵路工會及鐵路局所有成員都應該認知並建立「安全優先」之共識，創造一個受旅客與社會信賴之臺灣鐵路系統。

「臺灣鐵路工會安全白皮書」為達成上述之目標，將以宏觀及全新視野出發。希望鐵路工會及鐵路局所有成員理解，除努力深化安全觀念外，更應活用於日常工作與職業安全衛生委員會等，盼勞資雙方皆致力於職場之安全確立是幸。

關鍵詞：臺灣鐵路管理局、臺灣鐵路工會、新馬站出軌事故、次世代鐵路安全技術

## Abstract

*Due to the TRA's Puyuma Express train was happened train derailed at Sinma station in Yilan country, it's caused heavy casualties in Oct. 21st, 2018. We called "TRA's Puyuma 1021 accident in 2018". Owing to this incident, Taiwan Railway Labor Union (TRLU) and TRA are thought we should take this major accident as an unforgettable lesson, and the labor relations believe that this incident happened because of preventing it from occurring unsuccessfully. Therefore, both of us should promote driving safety in the future. All organizations on both sides must renew and re-orientate the culture determination of safety priority.*

*In TRLU's opinion, make sure the employee's safety is related to the railway's safety that contributes to railway safety and occupational injury of prevention. Therefore, all of the TRA employee's safety is classify as accented term and appeal TRA should set up the human error is not the major factor's concept. However, our staffs in the front line are injured frequently. TRLU thought we should not only let these kinds of tragedy happen again but make up the intense revolution's mind by practical action.*

*Reviewing the "TRA's Dali accident in 2007"and "TRA's Puyuma 1021 accident in 2018", we felt deeply grieved. TRLU published the first White Paper on Taiwan Railway safety of TRLU, which we all look forward to building a safety priority in a common sense and create a trustable railway system in Taiwan.*

*In order to achieve the White Paper on Taiwan Railway safety of TRLU's target, we'll start from a macro and new vision that hope all of TRA's staff could understand that. We should either enhance our safety aspect or use in our daily life.*

*Keywords : Taiwan Railways Administration, Taiwan Railway Labor Union, TRLU, TRA's train derailed accident in Xinma Station, The Railway Security Technics In Next Generation*

## 一、目標 1：追求安全絕不妥協

臺鐵全體員工，必需經常背負著乘客安全之重責，並以鐵路運輸支撐著臺灣運輸動脈，其可謂任務重大。因此，應以追求行車安全為最高原則，不應該也絕不允許妥協，發生將安全擺在後頭之情事。

舉例來說，勞資雙方不可因為「沒錢」、「沒人」、「一切依法處理」等理由，而對安全政策打了折扣。第一線工作中，縱使是費工之工作，也必須將安全列為最高優先行動。對於「危險性工作」與「事故徵兆」均不予放過，誠實面對問題並努力尋求解決。

萬萬不可替「無法顧及安全」找理由，即使遇到無法立即解決事項時，亦應以安全為優先核心提出對策，徹底做到一切考量皆以安全為優先之最高指導原則。

### 1.1 背景與解說

臺灣鐵路管理局(以下簡稱臺鐵)，自始即被定位為「安全為運輸業務之最大使命」，「安全為最優先事項」，理應成為全體臺鐵成員之共識及理念。然而我們必須自問，是否將安全優先觀念列入勞資協議，或是執行鐵路工作及業務時將安全事項列為最優先，並以決不妥協的態度追求安全嗎？以工會立場，我們需要經常自問自答這個問題，同時確認應有的正確安全行動。

臺鐵自 2007 年「大里事故」後，當局也曾推動各項安全活動，並提出各種安全報告，然而我們真的痛定思痛，對各項風險評估與防患事故於未然做出什麼具體的成果嗎？直至 2018 年 10 月 21 日臺鐵再次發生「臺鐵普悠瑪 1021 事件」，因為這起事故，臺鐵受到來自各界的指責與壓力，行政院亦成立了「事故調查委員會」「臺鐵總體檢委員會」，期以一系列改善命令及監督命令改造臺鐵，臺鐵員工承受了無比的壓力，臺灣鐵路工會鑑此，提出了「臺灣鐵路安全白皮書」，對臺鐵及政府提出建言並為實現此計畫而努力。

承上所述，臺灣鐵路工會將敦促政府相關部門，未來應致力於擴大鐵路安全政策之投資，全面顧及各項鐵路事務，並致力於自動化之改善。安全優先絕無捷徑，亦不會有終點。相關所有安全課題絕不可放棄與迴避，必須面對積極改善向前邁進。所謂「追求安全絕不妥協」之理念應深入內化臺鐵所有員工心

中，並持續讓所有鐵路營運及作法皆反映出以安全為優先的理念。為遵循此一理念，鐵路工會將持續行動，從工會本身及工會會員之立場，喚起並提出應該自我檢核之論點。

## 1.2 從工會立場檢核問題

- 現場實況掌握與工會會員意見蒐集是否充分？
- 是否只有偏向工會幹部與職安委員之意見？
- 在團體協商與勞資會議中，對於安全追求是否足夠？
- 考慮現實的財務狀況，在安全投資與營運效率下，是否常發生「下次再說吧」之情事？
- 關於防止事故與安全對策之制定，是否從探究真相及原因的立場去調查？
- 是否發生「管理者制定了不安全政策」，而工會卻眼不見為淨之情事？
- 臺鐵及協力廠商其所有員工安全觀念是否充分？
- 工會是否僅對「臺鐵正職員工」提出安全政策之類的認知與態度？
- 鐵路工會及各地區分會是否經常舉辦安全研討會？
- 工會安全運動之觀點與活動範圍是否限於鐵路工會內部，其他外部友會間的互動是否足夠？

## 1.3 從職場環境檢核問題(工會會員立場)

- 是否可以自主性地將安全列為最優先推動事項？
- 有關安全對策，是否有來自管理者的打壓與制止，或強迫性地引導風向？
- 業務命令的指示者與受指示者，或教育方與受教育方是否彼此充分理解對安全的共識？彼此信賴關係是否充分？
- 工作現場方面，管理者是否有以執行績效或效率為優先，忽略安全政策？或對於安全政策未徹底執行之情形？
- 是否發生現場人員所謂「狗吠火車」與「安全建言不受重視」之洩氣話，或是認為多說無益之環境？
- 是否有管理階層對於「危險性工作」與「事故徵兆」與危險現象報告置之不理，甚至打壓之情事？
- 是否有職業安全衛生委員會形同虛設之情形？
- 是否有安全政策不合時宜的規定與對策？對此，管理者與職業安全衛生委員會等是否可不避諱地向上級報告並申訴意見？

- 包含臺鐵本身與協力廠商以及員工，彼此的安全責任意識是否足夠？
- 是否形成「全體安全責任意識」，自己的工作是否會影響其他同仁安全，完成工作的同時不造成其他同仁處於危險工作環境之風氣？。

## 二、目標 2：建立「人為疏失是結論並非原因」之認知

「人為疏失是結論並非原因」之考量點是安全對策的根本，勞資雙方應將此認知作為建構安全系統的共識，必須經常反映於作法上，並且有必要將「人肯定會犯錯」作為前提，列為安全對策的一環，若未將「人肯定會犯錯」作為前提，將無法做到真正的安全確立。

工作上即使發生疏失雖沒導致事故，或者發生事故但未殃及人命釀成悲劇，即便如此在安全政策的設計上，仍必須建立「失效安全 (fail-safe)」<sup>6</sup>的概念，也稱為故障保險之機制。

另外，如發生事故時，並非一味追究責任，應徹底站在犯錯者之立場，創造不包庇、不隱藏，並如實報告之職場文化環境，徹底查明原因的同時，應將失效安全的概念作為軟、硬體改善之對策，杜絕發生第二次相同事故，並立即施行有效之處置，因此從工作現場之觀點，管理者有必要經常推行檢核、收集建言之活動。

### 2.1 背景與解說

臺灣鐵路工會將「人為疏失是結論並非原因」之理念定位為安全對策之基礎，因為人是會犯錯之動物。我們必須認知「人類無法分散注意力至數個處所，如果專注於某個處所，將無法再專注於別處」，「人類原本就是心思專注之動物，正因如此才能專注地從事工作」。所謂「眼到、耳到、口到、手到、心到」，在人類諸多特性中，分心或不專注是其中一項，若以違反人類特性去制定違反人性的安全對策將無法實際發揮功效。

因此任何安全政策的制定，需將「人是會犯錯」此一人類特性作為前提，

---

<sup>6</sup>失效安全 (fail-safe) 也稱為故障保險、失效導向安全，是指一個設備或是實務，即使有特定失效下，也不會造成對人員或其他設備的傷害（或者將傷害最小化），失效安全是安全系統的一部分。

從人會犯錯之角度，以及營造不易發生疏失之環境進行思考，安全對策的原則應該是即便發生人為錯誤，亦不致釀成事故之前提進行架構。

過去，臺鐵對於事故發生後，因應及檢討之道總是提出「徹底落實人員訓練」，或對「肇事者追究責任」然後了結，此「落實人員訓練」等因應之道，幾乎淪為口號式的最終作法，這必須做反思。臺鐵對人為疏失之認知亦應有所改變，重新審視並區分事故概念，對於事故後之人員再教育之想法應有所精進。事故的因應對策，應從過去之追究責任轉化到以活用多層面分析著手，管理者對肇事的態度應從追究責任走出來，真實地面對並落實「失效安全」的理念，將安全的最後一道防線建立在安全政策系統上而非人員身上。

然而並非所有的職場文化均能正確認知並接受此一「失效安全」的理念，如果事故真實原因無法根除，亦將會再次醞釀並產生未來再發生的危險。另外，以人為疏失為不可避免的事故原因為前提下，臺鐵在大里事故後全面加裝ATP等之硬體設備與落實列車防護措施，並建置列車走行狀況記錄裝置，確保速度表精準等，除有必要掌握上述行車安全之措施執行情形外，應考慮上述各項保安裝置故障時失效安全之整體概念，同時更應防止因工程路線封鎖或施行代用手作號誌時的人為疏失等，對於各項可預見之危險情況，勞資雙方應誠實且不保留地進行檢核。在此再次提醒，強化並導入失效安全功能於制度面及軟硬體之中，於功能失效或人為疏失時，即啟動並趨向安全狀態的重要性。

臺灣鐵路工會在此呼籲事業單位，應立即在最短時間內將「失效安全」理念導入臺鐵制度面、軟硬體措施及設備規劃裡，例如：修正臺鐵各項「行車規章」，摒除並修正過去忽略人性考量且不合現實的內容，全面以「失效安全」為理念重新修正。

### 三、目標 3：建構以安全最優先之工作態度及職場文化

臺鐵所有員工，務必將安全列為最優先，我們的工作是負責安全運送旅客及貨物之重大使命，同仁彼此間必須相互信任，傾全力確立安全機制。因此，在員工方面，自主地建構以安全為優先之工作態度、職場文化至為重要。

舉例來說，應以安全為最優先行動之理念，經營者與管理者對於職場同仁之教育傳達，應做到確保其本身工作安全宣導與同仁間互相提醒注意之責，對於工作效率與例行作業，應以安全為最優先考量，如認為有危險，不需猶豫，立即命令列車停車，中斷運輸任務；或如認為危險之處所與動作等，主動地向

主管單位報告，並積極與所屬單位及協力廠商聯繫合作，從職場各層級互動溝通無礙開始，建構安全意識的工作環境。

其次，建立重視員工安全的溝通管道極為重要。基於「人為疏失是結論並非原因」之認知，傾聽員工之意見，並與員工面對面溝通為必要之觀點，從而擬定、規劃並推動實質之安全與事故防止對策。

### 3.1 背景與解說

臺鐵所屬各單位人員皆從事運輸相關工作，必需時刻保持安全意識，應經常將安全規範銘記在心。管理者制定「安全守則」的同時也應借鏡各國鐵路事故發生的經驗教訓，在重新檢視「安全理念」與「安全規章」外，亦要重新檢視工作，檢討不是口號，是為建構真正以安全為最優先之工作文化，以及從臺鐵高層至現場員工皆能理解、同意，可以自主性地共同擁有安全為最優先之共識，以採取有效的實質作為。

為了達成上述訴求，首先，臺鐵高層須明確地表示以安全為最優先的目標；同時營造整體追求安全的工作氛圍，臺鐵所有員工，對於安全的意識氛圍要有感覺，體認到營造以安全為最優先環境之必要。

安全是花錢與花時間的事，這與提高效率與降低成本目標相反。在職場上，即使施行許多對提高安全認知的措施，如果不談達到安全目標後的員工獎勵，那麼員工大概也無法相信事業單位重視安全為最優先之態度。

事業單位把安全政策置於最優先的態度必須讓員工確信，因此對於員工達到安全目標之獎勵是必須的，藉由制訂獎勵辦法，除行政獎勵外，發放安全獎金鼓勵員工朝實現安全目標前進，可提升以安全為優先之工作文化與職場環境。

為建構安全是最優先之工作文化與職場環境，除在「目標 1」所示，必須建立「追求安全絕不妥協」之意志外，本文後面「目標 4.2」文中所提，每一位員工都必須理解「臺鐵存在之意義」亦甚為重要。另外，工會需要持續提出問題並檢核臺鐵追求安全的態度與作法。此外，現場員工之意見與觀點亦應被傾聽，事業單位內部應利用橫向連結不同單位，建立交叉安全查核之機制，並使各單位間互相學習的作法亦屬重要。

### 3.2 確立組織內部安全評價體制

以日本全日空為例，全日空建立了所謂的「SAFER Program」<sup>7</sup>，即為組織內部安全評價體制，利用橫向連結，來強化查核組織內部之安全系統。

組織內各單位受各自專業性上下科層管理之本位主義，潛在著各種安全面的問題。為匡正組織上下科層管理之弊害，經營、管理階層的強力安全改革意志實屬重要，此意志才能確立並建立組織內部有效之監察機制。

## 四、目標 4：建構勞資雙方資訊均公開於社會並備受信賴的臺鐵

臺鐵是臺灣社會與國民生活、經濟之運輸動脈，對臺灣社會具有一定助益及貢獻意義，臺鐵所有的活動，必須有助於社會功能。此點在全體員工方面應有相同的理解，循著臺鐵存在意義與社會功能，將安全定位確立於絕對優先是最重要的課題自不待言。

對臺鐵之勞資雙方而言，並非將內部之理論邏輯列為優先，而是面對社會大眾的態度必須誠實行動、資訊適切公開，傾聽外部之意見與指責等，追求真誠的態度。藉由上述的努力與累積，獲得社會良好互信結果取得大眾信賴。相反地違反承諾、違背臺鐵存在意義之情事，社會大眾將對於臺鐵的安全信賴一夕崩盤。

臺鐵對於安全確立的努力與整體之工作，必須經常認知並符合社會需求與期待，勞資雙方才能共同建構備受社會信賴的臺鐵。

### 4.1 背景與解說

「列車自動防護系統」(ATP)的建置，起因於 2007 年宜蘭大里站的列車冒進事件，探究 2018 年「普悠瑪新馬事故」，根據紀錄，列車司機在經過新馬車站一帶過彎超速，超速前「列車自動防護系統」(ATP)為關閉狀態，所以未

---

<sup>7</sup>內部安全評價委員每年約 3 次，對不同單位予以評價後提出建議意見，各單位務必按照其建議意見，討論制定對策，即所謂「社內安全評價體制」。例如：指出工作說明書與實際作業相左，以及備援系統之問題點等。

自動減速，然而臺鐵因大理事件後，已於 2010 年 3 月全面加裝 ATP 遠端監視系統，行控中心(CTC)理應即時知悉 ATP 系統的運作情況，並應由中心人員決定是否批准關閉。

2018 年 10 月 21 日「普悠瑪新馬事故」發生後，臺鐵稱 19 列普悠瑪號列車自 2012 年引進至今，尚未裝設 ATP 遠端監控系統，立法委員徐永明於 2018 年 10 月 24 日立法院交通委員會會議時，指出臺鐵購買普悠瑪號列車的合約中，有預留安裝遠端監視系統線頭的項目。同時臺鐵事後勘驗普悠瑪後，亦發現徐委員所言屬實，普悠瑪相關電路是可以接上監控系統的，前交通部長吳宏謀對外說明臺鐵當時並未上報交通部知情此事。

就 ATP 遠端監控電路沒有接上監控系統的原因，11 月 1 日製造普悠瑪號的日本車輛製造公司向臺鐵提交說明，指當時製造指示之圖面，用作連接 ATP 跟遠端監控系統的配線是未連接的，因此交付出貨時也是未連接狀態。由於他們沒有權力在臺灣進行連接的測試，交貨後亦無權調整相關線路，故當初推斷臺鐵當局驗收時會自行連接配線。

10 月 26 日，檢方公布聯通紀錄，顯示事發當天下午 4 點 05 分，司機員開始回報列車異常，並直至意外發生前一直保持與調度員通話，要求協助解決故障問題。根據通訊的內容，確認調度員於事故發生前已知悉列車出現故障，例如發生動力間歇自動消失、電門自動切掉歸零、部分主風泵停止運轉等等，惟經過宜蘭站進行停車檢查仍無法解決問題，調度員指示司機員繼續行駛。

另有駕駛員表示，最近 3 個月該組普悠瑪列車已多次故障，但始終未維修。臺鐵卻表示沒有發生經常故障的情況。

根據臺鐵內部要求，踏入使用第 6 年，該事故列車原需要進廠進行 4 級保養，更換零件。立法委員黃國昌於立法院指出，雖然前鐵路局長鹿潔身稱按照規定進行 4 級維修檢查，但是實際上當時只是進行了一次 3 級保養，且 4 級保養需用到的主風泵測試機台，臺鐵更是在事故發生後才開始進行採購。

其後續各項官方報告，皆無法說服大眾，給予合理之交代，反造成臺鐵信譽大落，同時事故後續慰撫事宜，我們認為臺鐵應對此事故遺族、受害者均應真誠地對待，但因為過往事故檢討制度與方式無法說服社會大眾，導致相關人員與社會上建立之信賴一夕崩盤。

如同目標 4 所示，我們服務的臺鐵支撐著社會與國民生活、經濟，發揮社會功能才有存在意義，臺鐵所有的活動，必須立足於存在意義裡。例如：安全、

遵守法令與旅客服務等，臺鐵組織與所有員工，均需遵守上述的社會期待與存在意義。因此，遵循著臺鐵之存在意義，必定是將安全定位確立擺在最重要課題，且自發性地遵守法令並將旅客服務品質串聯在一起，成就臺鐵存在的意義。

## 4.2 臺鐵存在之意義

臺鐵於社會上存在之意義為以安全運輸為基礎，支撐著地區、社會、國民生活與經濟之發展。只有對鐵路事業放心與信賴才成立，組織成員亦應有此共識，重新專注於本業，再次認識以安全為基幹的重要性。雖然營收或盈餘是組織延續、成長之必要條件，但若以臺鐵存在之意義視之，營收或盈餘應該是手段不是目的。

另外，鐵路之特性應是安全、準確、舒適，但這些選項並不是同一等級的。應該視安全是所有選項中最為優先的。這並不是說說而已，自管理階層到現場員工，所有臺鐵員工，要真正了解其理念，自主性地培養專業知識與責任感，對日常之列車運轉，勞資雙方應該真實反映安全問題之所在，並且制定實際有效的安全對策才是最重要的事。

社會大眾對於鐵路安全的要求應以高標準看待，臺鐵對國民、旅客最關心之安全措施，應該儘可能地以平易近人之方式，積極地公開資訊。鐵路事業單位有義務公開安全資訊，並按照各項法令要求及宗旨來執行。

另一方面，臺鐵之軌道路線、電氣設備、保安系統以及車輛等，全部自行負擔擁有並維持、管理並投入高額費用，目的在確保鐵路安全，應讓社會大眾正確了解維護安全需花費高額的成本亦甚為重要。如同後續將說明，為提高鐵路安全與永續發展，在政府單位與民間企業互相協力下，應重新審視國家鐵路政策方向，同時擴充政府在鐵路的研究發展亦屬重要。有關鐵路事業對安全對策的投入，應努力尋求並獲得社會大眾理解與認可。

## 五、目標 5：建構可全方位溝通的職場環境

臺鐵因各工作形態，具多工種成員，簡單分為運工機電四大類，也形成許多職場環境與文化，但仍應以團體合作來確保行車運轉的安全。另外，安全政策是累積日常業務或各種錯誤及經驗而來。因此，所有臺鐵員工要互相信賴，特別是有關安全問題，管理階層對於基層同仁的態度，應是鼓勵積極上報「危

險性工作」與「事故徵兆」。

同仁間的溝通極為重要。管理者一定要建立一個立場超然且度量大的勞資環境。事業單位理應如此，同時也應要求員工積極努力營造安全的工作環境。

現場方面，我們發現，上司、管理者與下屬之立場不同，彼此因上下級的隸屬關係，產生欠缺信賴與連絡協助的管道。從臺鐵團隊的角度來看，勞資與同仁間在安全議題上不應有對立之關係，基於確保安全優先，有必要超越藩籬，深化臺鐵相關同仁之聯絡協助，徹底將安全政策定位為共同之最優先課題。

## 5.1 背景與解說

為了安全優先的確立，應將「人是會疏失的」列為前提，即便是小事，如有「危險性工作」、「事故徵兆」與「擔心事項」，以及不安全現象，應積極向上報告，務必營造出可反映安全對策之環境。發生事故時亦須重視究明原因與防止再發生，要求管理者以中立不偏頗之態度追究原因。為確立此全方位溝通的職場環境，從而型塑安全的職場文化，唯有建立起員工、同仁與管理者間的信賴關係才能達到。

## 5.2 對全方位溝通安全文化之改革獎勵

臺鐵應積極地努力並致力於安全文化的獎勵制度，積極地要求安全報告與風險事件上報，獎勵全方位溝通之政策，並基於「人為疏失是結論並非原因」之理念，達成更高安全標準的目標。

然而，反向思考，在進行這些政策努力的同時，極有可能忘記了原來推動安全的宗旨，產生了如競相提報安全報告，將報告數量本身形成一種競賽，而使政策的美意流於形式；即使有真正的安全報告，因其報告數量過於龐大，使得過程與結果不見下文，應避免產生了所謂的「提意見也無用(狗吠火車)」之風氣。

對於這些現場意見與建言，我們要求事業單位及管理者應予迅速回應。縱使無法立即改善，作為管理階層亦應有接受檢討意見之態度與表示願意解決之態度。做為工會，我們將致力於透過職業安全衛生委員會之檢核與驗證功能，努力篩檢出潛在之風險，站在員工之觀點檢核安全，同時勞資雙方應面對面地協議，提出必要的修正與改善。

### 5.3 改變臺鐵官僚文化並強化彼此之信賴關係

臺鐵各管理階層，本來就具有「規章主義」與「慣例主義」之官僚傾向，在路局本部、分支單位與現場，或者是現場管理者與員工之間，存在著「上級長官永遠是對」的官僚文化。不可否認臺鐵目前仍充斥此種情形，上下屬間彼此薄弱的信賴關係且過度倚賴職場科層制度的管理，其結果造成現場員工不信任管理者，陷入一種陽奉陰違的漩渦。這種情況若持續下去，將導致現場紀律混亂，並形成一種欺上瞞下的職場文化，對安全意識的建立極為不利。

工會呼籲事業單位的最高決策者應登高一呼，致力於官僚體質與陋習之改正，在適當規範下，強化包含管理者在內的信賴關係是非常地重要。鼓勵將現場的實情正確、迅速地傳達給管理者，管理者對於第一線人員不以斥責相待，而是致力於現場問題有效地解決，並要求如實報告實況，此態度才是務實。服務於臺鐵的同仁間應互相信任，超越職務制度與系統，務必建構起具建設性意見交換的職場文化。

雖然此政策正在進行，但對員工之深化還不是非常充分，無法達成相信臺鐵之堅定態度。為有效改革臺鐵，工會應發揮功能，充分表達員工之立場責無旁貸。

### 5.4 重建臺鐵各工種間信任意識並建立員工之間相互信賴

臺鐵各單位在運轉、營業、車輛、軌道設施、電氣等，運工機電各工種間各自上下一條鞭的意識非常強烈，各工種同仁間之信賴關係薄弱，其各自擁有專業領域，雖說專業技術、技能非常重要，但不應以此技術理由在工種間製造鴻溝。為確保安全，各工種間的相互聯繫協調不可或缺；為整體安全性，有必要謀求緊密的聯繫管道，建立鐵路安全共識，此點亦非常重要。

## 六、目標 6：活用工會強項不斷地對臺鐵政策做檢核及建言

工會之強項在於最能把握現場之實情與意見，比任何人更能發揮有效之檢核與建言功能。徹底地基於現場人員觀點與角度，提出有關危險處所與作業、規則及工作說明書之問題點；舉例來說，雖有作業規定，但同仁是否理解規定之宗旨？是否有難以遵守的情況？從這些觀點不斷地檢核並蒐集意見，在統整有關職場安全問題點的同時，更應徹底利用團體協商與勞資協議會議，對資方

種種政策進行檢核與建言，對此工會應堅持立場不輕易妥協。

特別有關職業安全衛生委員會的功能上，應避免會議流於形式，同時應發揮其獨立性並傾全力善盡責任。即使在未設置委員會之場合，亦須透過經常舉辦檢核與建言活動，確保職場所有階層皆可務實地充分溝通安全議題。

另外，安全確立是勞資雙方共同之課題，有關鐵路安全白皮書的目標與努力必須為勞資雙方共有。使安全對策滲透深入職場各個角落，在勞資雙方努力互補之下，才能務實地施行安全政策。

## 6.1 背景與解說

臺鐵自政府意圖推動公司化以來，積極地提高業務效率與委外工作比率等政策。然而，近年來因持續大量退休潮，加上運能不斷擴大、列車運轉密集、人員不足且技術與技能產生斷層，與安全相關的問題高度暴露在危險當中。

今後，為落實確保安全及推動技術與技能傳承之工作，應要求重視現場之實情與意見，管理者不能有短視之想法，應該站在中長期觀點進行技術傳承與作業體制的改善，依據未來的展望有計畫性地執行臺鐵全體業務。

安全是勞資雙方共同首要課題，有關安全對策除貫徹勞資協議內容外，更應視為共同目標，互相協助或者努力互補。工會在安全上的問題將不斷地檢核，要求事業單位採取立即、必要的回應態度；其次，工會必須落實透過現場實情之反應與貫徹勞資協議，負責任地對事業單位進行檢核與建言機制。

## 6.2 施行效率化檢核與安全上之必要對策

面對業務效率化與委外等政策時，從確保安全的觀點，有貫徹勞資雙方討論之必要。例如，因人員不足導致安全顧慮或任何安全上有危機發生時，不問是何事，皆不可因管理者的執意而實施。另外，即使實施後發生問題之場合等，也必須立即修改政策。其中，緊急處置之課題除要求立即改正，同時依照員工之意見與實情，透過徹底的協商，考量技術傳承、作業體制與人員編制等，在各系統中應尋求中長期之因應對策。

另外，人員不足不僅是技術職單位，即使是非技術職的行政單位亦是重大之問題。例如：擔任行政作業的單位如人力不足情形繼續惡化下去，將導致行

政功能下降，包括安全在內，帶來業務與營運的障礙。因此，即使在非技術職單位亦需努力做好適當且正確的人員配置與組織調整。

### 6.3 工會之任務及其功能

從工會與會員之立場來看，因注重運轉效率的政策與人員不足問題，而發生安全上之問題時，包括臺鐵所轄各單位、分支機構及承攬廠商應立即提出，必須請求做適當之對策因應。另外，「危險性工作」、「事故徵兆」與「擔心事項」絕對不能置之不理，應將防止事故的對策不斷地做檢核，絕對不允許將不安全的課題留置於現場之情形。

### 6.4 安全基準、作業實況、各種規則及作業等之檢核與重新審視

透過勞資雙方間的討論，檢視相關規定與基本動作，或檢討事故緣由，不難發現，有非常多是未遵守規定造成。背景上來說，不難理解規定之宗旨與重要性、在有限時間內必須以效率為優先而忽視規定存在所造成，或是感覺遵守規定在實際作業上很麻煩，導致不遵守規定成為常態與慣例，上述種種是必須正視之實際狀況。

另外，2018 年 10 月發生之新馬事故，雖然起初單純認為是列車超速所引起，但在 11 月 26 日，行政院「1021 鐵路事故行政調查小組」公布初步調查結果，依據國際間重大運輸事故調查分析常用的起司理論（Swiss Cheese Model）認為本次事故涉及人員操作、作業程序、機械設備及組織管理等個別層面的問題或異常湊巧同時穿過每一道防護措施的漏洞而造成事故。報告指出，事故列車 2 組主風泵故障，造成列車前後十次因總風缸內空壓不足，觸發安全機制，造成動力切斷。

主風泵功能為製造壓縮空氣，壓縮空氣主要用於軔機系統(煞車)、廁所真空排污、空氣彈簧(傾斜裝置)及自動門等操作。為避免空壓不足，列車的安全機制會在總風缸壓力低於閥值時，切斷動力並作動停留軔機。16 時 17 分司機員嘗試排除動力被切斷而隔離 ATP 裝置，但因 ATP 遠端監視系統未連線，並無發出告警訊息。16 時 44 分由羅東站出發，速度紀錄為 140 km/h，16 時 46 分列車速度 140km/h，16 時 47 分司機員與機車調度員提及 ATP 已被關閉，並持續與調度員、檢查員通聯，嘗試排除故障；在 16 時 49 分時列車未減速情況下，終以時速 141 公里出軌翻車。

綜上，充分掌握職場之實況，關於具體的安全基準與各項規則、作業運行表及防止事故之說明書等其功能是否有效地在運作？是否讓現場之員工理解並深化等等？從這些觀點，包含事業單位的檢討檢核，有必要進行全面之重新審視。在認真投入檢討的當下，更應利用科學的原則驗證比對過去傳統的經驗常識做出正確且必要的因應。另外，亦要求政府與事業單位間共同研究與技術開發，並以科學依據設置相關規定與基準。

## 6.5 強化職場安全之討論

在勞資協商的場合或安全衛生委員會等會議，有關安全議題的討論，必須超越勞資雙方之界線，資方方面亦要傾聽員工之意見，務必努力建立可充份互相討論之環境。另外，即使未達職安法規定應設置安全衛生委員會的職場，亦應設置安全討論會議，多方聽取現場員工的意見。

在職業安全衛生委員會方面，亦有可能陷入資方單方面報告的形式，以此是無法達成真正的安全確立。資方應以員工立場，積極地掌握職場之實情與意見，透過與在地安全衛生委員會之協議，管理階層應盡力解決相關問題，此為必要之態度。

## 七、目標 7：制訂臺鐵員工零死亡零重大職災之目標

職場安全與鐵路整體之安全牢不可分，無法保障員工之生命與安全，是無法保障旅客之生命與安全。

實現「臺鐵員工零死亡零重大職災」是工會最重要課題之一。但臺鐵死亡事故、重大職災仍然持續著。特別是與危險作業接觸最多之現場員工或協力廠商員工安全，亦有必要全面確保其安全。過去許多事故雖經努力防範，惟其再發生之可能性仍然很高。

首先，臺鐵之員工應將「防止重大職災之目標」認知與行動，深化並深植於工作意識中，事業單位方面亦應基於「人為疏失是結論並非原因」之認知，實施擬定正確有效的防範對策。工會發揮強項長處，鉅細靡遺地檢核包含安全面等問題點，勞資協議對安全的追求自不待言，如在職場內透過安全衛生委員會與日常之工會活動等，要求致力解決問題。其次，對於員工個人之健康方面與精神方面之關心，亦有必要予以確實加強。

## 7.1 背景與解說

工會基於預防重大職災之認知，將「臺鐵員工零死亡零重大職災」列為安全對策最重要之課題，刻正努力推動中，制定了工會版「臺灣鐵路工會安全白皮書」，特別以各工種實際問題為主軸，對鐵路工會各分會與工會會員間尋求理解與深化，努力認真落實不懈。再者，也對從事危險作業最前線的員工，透過工會系統，讓他們理解並深化「目標」運動之推動。持續基於「人為疏失結論並非原因」之認知，務實的推動。

透過這些努力，並以臺鐵各單位及協力廠商之具體問題，對有關「人員」、「工期、預算」、「基本動作」、「作業說明書」、「工作構成」、「業務委外之體制」及「鐵路局與協力廠商間之契約內容(保證協力廠商員工安全)」等之課題，持續努力並謀求全面解決與改善。

我們要更嚴謹地防範目前仍持續發生的死亡事故與重大職災，徹底做好勞資協議，強化安全衛生委員會會議，敦促鐵路局與協力廠商等，進一步加強努力。

## 7.2 防止重大職災之目標

為防患重大事故於未然，防止事故發生，發揮日常工作中的對策，提出「防止重大職災之目標」。將過去之死傷事故作分析，整理出共同之背景與原因，提出以下 5 個淺顯易懂之目標：「留意眼見工作，眼到工作」；「急忙時、慌張時，屏息一口氣」；「開工前仔細想想是否萬事俱備」；「察覺到危險時立即回報」；「根絕危險的四大職災(被撞、感電、墜落、交通事故)」。

另外，將過去之案例記取經驗教訓，致力於包含協力廠商在內之理解與深化。

## 7.3 徹底防止被撞事故等對策

與危險為鄰的臺鐵職場，根絕所有職災的必要性自不待言，但其中以被撞事故發生頻率較高，此與員工生命息息相關，是非常嚴重的問題。有關被撞事故之防止對策，雖然持續加強各種對策，但我們強烈要求投入並採取先進技術達成治本對策。

目前在鐵路軌道路線上施工，僅利用瞭望員確認，與調度員之連絡，藉由目視確認列車之方法來確保安全。臺鐵有必要對其安全設備進行投資，因應路

線區間實際情形，引進實用化之 GPS 等先進技術之設備，以及增加瞭望員人員並利用軌道電路等，應積極地推動計畫並跳脫過去之慣用方法與常識，以先進技術來加強安全。

另外，在單線區間發生被撞之事故與虛驚事件中經檢討中得知，除緊急情形外，基本上以路線封鎖來從事路線內作業，不應廢除瞭望員制度。再者，從路線封鎖之開始與結束時，發生誤判列車等事故之檢討，改善與調度員之溝通確認方法等，也應研討提出對策。

## 八、目標 8：提升臺鐵人才及技術傳承確保並加強人才培育

為達成臺鐵之安全確立，積極地辦理員工之技術、技能傳承與提升之同時，除努力讓員工自覺工作使命與責任感外，更必須對人才培育努力。另外，為達到此目的，在目前人力不足環境下，應先尋求確保優秀人才持續留任，並以留住人才為現階段目標。

鐵路相關技術、技能傳承與提升工作絕非那麼容易，特別是在大量退休潮當中，有必要進行 IT 化與技術革新的計畫，尤其目前技術性工作大量委外，經常形成危險的作業環境，所以為了因應環境、技術之變遷，必須積極地尋求對策。另外，平日透過員工之間教育與指導亦重要。從其觀點來看，在職場上，工會應發揮之功能甚大，亦須重視工會之功能。

### 8.1 背景與解說

為達成安全之確立，沒甚麼比現場第一線之技術與技能之維持與提升來得重要。即使 IT 化與技術革新計劃正執行著，但更重要的是學習並獲得基本技術與技能，養成工作時可看出異常與危險之形成能力。另外，型塑臺鐵員工自我認知，支撐社會經濟發展及旅客安全的重要性，培養其積極態度與專業，以及使其充分擁有對工作自豪與意願亦屬重要。

然而，在臺鐵各單位年齡結構斷層，在資深員工持續大量退休情形下，經驗豐富員工急速減少，導致勞務結構急速變化。因此，在技術與技能均佳之員工不斷減少，加上技術面的人力不足，伴隨著工作量增加，造成勞動強度增加、勞逸不均等問題，致技術與技能傳承無法順利執行。事業單位除應該努力確保技術與技能之人才養成，並思考如何留住人才，為此應尋求全面性對策。

在人才培育方面，是無法在一朝一夕完成，並應重新認知其重要性，須以中長期之觀點，以守護安全之職業理念養成，盡全力為之。基於這個認知與觀點，具體性建言茲如下述。

## **8.2 技術、技能之傳承與教育訓練之充實**

在經驗豐富之員工退休潮中，為確實地傳承技術、技能下去，各工種系統之職場所需之技術、技能應予以明確化，為習得該技術、技能，應確立必要之人事運用與教育、訓練，並務實地進行人才培育計畫與推動體制建立。

工會要充分掌握現場之實際情形蒐集授課與被授課關係之意見，並據此進行檢核與建言。

## **8.3 教育、訓練整體性之環境**

在職場推動在職訓練之同時，實施具高實效性集中研習與訓練也很重要。為確保人員有充分受訓時間，使其真正地技術提升，教育體系亦須進行教材與環境之全面提升。

## **8.4 善用高年齡者之能力**

善用高齡者能力之技術、技能傳承亦為有效之對策，積極地善用高齡者智能，好好地善用其技術、技能，並以技術精湛經驗豐富之員工擔任指導工作，傳授其技術、技能。

## **8.5 尋求業務委外之因應**

在運工機電等技術部門實際作業委外刻正進行中，內部員工核心技術能力維持之觀點亦被要求。透過與事業單位人才交流或研習教育，為中期之人力運用就技術、技能面推動核心技術能力來因應。工會有必要把握問題點，從安全面、技術面，發揮其嚴謹的檢核與建言功能。

## **8.6 乘務員之技能提升與人才培育**

乘務員係執行背負旅客生命安全第一線工作，特別是對技能、知識、安全

之高倫理道德。在臺鐵規定中，人員需經一定程度訓練後才能擔任，然而對於其技能、知識與倫理道德之提升，並融入人才培育與人事運用之方法，有必要進一步進行檢討、改善。

另外，有關事故後之人員再教育，基於「人為疏失是結論並非原因」之認知，持續技能之提升與自信之恢復，希望將倫理道德當作重點，務必更進一步充實。在檢討與實施上述作為時，有必要與工會徹底協議，並以員工可接受之訓練內容為之。

## 8.7 實務作業之技能提升

在車站與工務、車輛系統等之職場，資方以為機械化與系統化之施行，可減少工作人數，但事實上造成了技術、技能下降之趨勢，這樣的體制有必要重新檢討並建立有效對策。

例如，各車站人員雖然有運轉業務之定期訓練，但某些技能並無太多機會實作，當故障異常時因急忙處理，肇生事故之危險性變高。應從廣泛淺顯之訓練施行，培育一定數量之專家，包含重新審視人才培育之方法，應該建立因應狀況之對策。

## 8.8 提升「基本動作」之實效性

有關現場之「基本動作」應該是確保安全之基礎，例如僅以目的化、形式化執行，常導致無法充分遵守之情況。員工本人需理解「基本動作」之必要性，除接受外，重新審視正確處置之教育、訓練方法等，致力於達成並確保安全之環境。另外，應將有實效性之基本動作加以科學上之分析，進行遵守方式之改善，將該項研究分析分享給各單位，幫助提升鐵路整體上之安全性。

## 8.9 營造員工熱忱邁向安全與技術提升之環境

為提升現場員工之技術、能力與安全意識，確保員工身心健康，應營造員工可發揮能力之環境。從此一觀點，對工作報酬與安全、倫理道德、技術與技能之提升，以及專業知識之養成，應該致力於工作所得與勞動條件充實以及職場環境之提升。

為助於營造安全確立及技術技能傳承與提升之環境，有關待遇制度、人事

運用等應公正地予以評價，除了實施職場與個人工作情形之掌握與考核外，將其幹勁作為待遇制度與人事運用等亦屬重要。資格取得與自我啟發更應務實看待，且必須充分滿足。

另外，對精通於業務與現場情況，並培育有意願之優秀員工之同時，有必要建立有別傳統的員工拔升制度，在人事運用，給予擔任職場經營管理職，有必要建構正確公平的人事、待遇等制度。

另一方面，在職場上腳踏實地工作，累積知識與技術、技能之員工，自我提升技能也很重要。在專門領域上，檢討培育先進技術、技能專家的待遇，應給與事業單位內技術、技能優秀人才公平合理待遇，營造一個員工願意發揮能力之環境。

## 8.10 改善勞動條件與作業環境並合理公平獲得報酬

為確立安全，員工保持工作之熱忱，必須充實其勞動條件與環境。不只薪資，落實男女平等參與各種制度，縮短總工作時數，確保社交生活時間，增加居家時間，縮小不規則之勤務等，應該邁向工作與生活協合之勞動方式。

另外，運工機電與委外作業經常面對夜間作業、戶外作業、危險作業相關之機會甚多，亦成為年輕人才願意投入最大的障礙，終究為了安全及生活品質的問題，對於上述工作環境的改善或待遇的調整，臺鐵有必要盡全力努力。

藉由進行上述之改善，除了謀求臺鐵之人才養成、留住人才外，技術、技能也能確實傳承，我們認為是這才是臺鐵邁向進一步提升安全之基石。

## 8.11 與工作能力相符之業務量應適當化與水準化

因受人力不足之影響，加上過度長時間工作，對安全與身體健康帶來不良影響，亦成為留不住人才之原因，可謂是必需立即改善之重要課題。在長時間之工作中，因超過工作能力之業務量過多，例如固定業務集中於年度終了辦理，臺鐵應發揮領導統御，將業務量予以適當化與水準化。

## 8.12 正確反映安全成本之契約關係

今日臺鐵、員工與協力廠商發揮各自應盡之功能，實現了確保安全、穩定

之運送與提供快速舒適之服務。各單位跨越將來，除繼續安定營運，人才確保與養成之外，將有關安全之成本正確地反映於票價上是必要的，利用該項資金來源，確保進用人員與落實安全對策，做好人員教育訓練。工會在發揮勞資協議機制之同時，面對公平正義之實現，將更積極努力。

## 九、目標 9：臺鐵各單位及協力廠商應傾全力維護員工安全

臺鐵之安全運轉，包含各處、室、分支機構與協力廠商之員工，應互動連結安全意識以確保工作安全，而臺鐵管理階層更應建立為所有員工著想之安全政策。在各項勞資會議上，亦應將此事念茲在茲放在心中，將所蒐集之現場實情，務必要落實於安全政策中。

其次，為了確立安全，臺鐵對自身員工及協力廠商之安全對策、指導、教育、訓練自不待言。另外為提升作業安全更需積極投資，同時藉由合理化工期減輕勞動強度負擔，包含委外業務亦需確保安全對策之檢討，有必要時應介入並實施說明相關對策。全面安全政策，是經營者之責任。

另外，職場中，全員邁向安全確立之同時，臺鐵及協力廠商等所有的員工應互動連結安全意識，要求推動安全同心協力。面對這些對策之施行，從工會之立場亦須積極地關心。

### 9.1 背景與解說

臺鐵正面臨持續大量退休潮中，職場之人員供需失調一年比一年嚴重。因應此現象，臺鐵急速地推動業務效率化與委外化，特別是運工機電系統，各級段所檢修系統之技術職場，正進行大量的業務委外工作。例如，臺鐵各單位員工之日常業務內容中，逐漸將委外發包形成為其主要業務時，員工實際執行作業機會正在減少中，這也成為妨礙技術與技能傳承重要原因之一。

另外，在委外場所中協力廠商等工作之員工，其雇用、勞動條件與職場環境經常處在危險中。攤開最近之死亡事故、重大職災事件，臺鐵與協力廠商員工致災之案件甚多。面對前面所提之「全臺鐵相關員工零死亡零重大職災」目標，必須徹底進行務實改革（參照「目標 7」）。

## 9.2 委外與非正式員工引進在安全上之應對

從鐵路事業所負之社會責任與業務特性觀之，服務於鐵路事業之員工，透過正規僱用成為基本長期性雇用，長期看來有助於業務健全及營運人才之培育，至少維持鐵路事業之核心業務，從安全面觀之，正規員工會以負責態度從事之，但有關委外或非正式員工引進的多樣化情況下，臺鐵有必要對其安全面作嚴謹地檢核。

其次，為抑制人事費用與因應大量退休潮，資方不能以推動短期之委外與非正規員工之引進來因應，應考量長期性之技術傳承與作業體制，在員工供需面上務實檢討，有必要明確規定正規員工應擔任之功能與責任範圍；並將業務內容與責任之輕重、指揮命令系統等作明確規範，並依據業務實際情形徹底執行勞資協議，確立勞資共同安全目標。

另外，從工會之立場，徹底執行有關委外與非正規員工引進之檢核，如在安全面有問題時，必須要求立即做必要之重新審視。至於涉及安全確保之業務的非正規員工，臺鐵應該積極地及早規劃以正規員工予以雇用。

## 9.3 臺鐵與協力廠商之「3K 職場」改善

臺鐵職場，因設施、電氣、車輛系統等，經常在戶外與危險作業環境為伴，且有趨近於「3K 職場」<sup>8</sup>之實情。在進行業務委外現狀中，臺鐵與協力廠商之員工，有所謂擔任「3K 職場」或「新 3K 職場」<sup>9</sup>作業的情況。

臺鐵必須積極進行自身與協力廠商之技術職場環境改善，務實檢視作業體制，不僅為了防止死亡事故與重大職災，也為鼓勵有上進意願之優秀人才留用久任，為促進實現此一目標，臺鐵與協力廠商需對此進行必要投資與教育，並提供適當合理工資與勞動條件。

---

<sup>8</sup>日本的建築業界及工地現場等形容該職場為「3K 職場」：

きつい(Kitsui)=「累」

きたない(Kitanai)=「髒」

危険(Kiken)=「危險」

<sup>9</sup>現在日本也出現了『新 3K 職場』

「きつい」Kitsui=「累」

「給与が安い」Kyuryo ga yasui=「薪水低」

「結婚できない」Kekkon dekinai=「無法結婚」，原因：24 小時輪班制度，因此很少有屬於自己的時間，無法像其他身處產業的朋友一樣認識朋友、談戀愛、尋得結婚之對象。

臺鐵對於合理工資與勞動條件改善不能只單純呼口號而已，有關結構性之問題亦要充分考慮，工期、業務量、委託單價之合理化，臺鐵本身之設施環境改善，工作架構改善等等，謀求自身與協力廠商間之充分溝通，應該鉅細靡遺地說明其政策。

#### 9.4 建構臺鐵各位與協力廠商間真誠之信賴關係

臺鐵與分支各單位、協力廠商之間，不應過度相信單方面認知，應經常檢核實際情形，有必要推行實效性之改善。在部分之場域，臺鐵對協力廠商投資安全配備的要求不夠，或者協力廠商因不瞭解臺鐵規定而使脫序行為變成常態，或是經常發生唯恐有疏失怕受到臺鐵追究與斥責而隱瞞之事件。對分支單位與協力廠商，不應是追究人為疏失，而是表達徹底查明原因與防範再發生之態度並加強溝通，致力於建構真誠之信賴關係。

### 十、目標 10：強化鐵路產業關係並追求卓越安全標準

勞資雙方間常有無法解決之問題，例如，有關國家預算與法令相關之問題，或是鐵路產業關係彼此合作等相關問題，在安全優先前提下，絕對不能輕言妥協或放棄。臺鐵肩負全臺人流、物流的運輸主幹，故在社會責任及鐵路基礎設施提升，並確保鐵路安全共識下，有必要強化與鐵路產業夥伴關係。

對於鐵路安全政策的制定，鐵路工會呼籲，除應檢討有效之方法對策，謀求與政府權責單位共同解決；並應記取過去教訓，要求確實降低風險主因，並徹底地全面重新審視各項制度。

#### 10.1 背景與解說

臺鐵在鐵路安全優先政策下，除推動 ATP 等之保安設備整備外，新型車輛之投入亦在進行中，鐵路硬體安全對策應請政府提供公務預算挹注，成為今後待協助之課題。另一方面，臺鐵經營陷困境的支線及小站，因政策性虧損、社會福利要求、歷史債務包袱等非臺鐵的原罪正持續擴大，已使臺鐵陷入嚴峻之經營環境，連列車維修的自動化及現代化建置幾乎難以進行，過去臺鐵對於保安設備態度，基於虧損的關係，造成最新之系統與過時之系統同時存在之狀況，使得列車運轉環境複雜。

另外，鐵路建設與經營是高成本投資，尤其是鐵路基礎設備。臺鐵每天肩負著六十萬人次旅客的運輸量，即使常年赤字債務不斷累積，但仍秉持著運輸為本業而苦撐，但政府對於非臺鐵原罪的虧損補助範圍相當侷限。建議政府應提升投資鐵路事業之安全性設施，並放寬且協助臺鐵相關附業的開發限制，突破地方政府對臺鐵發展的限制，重新審視治本架構與擴大補助。

在鐵路安全及列車技術的開發面，政府應扮演協調者角色，主導並建構我國鐵路安全相關之架構及產業鏈。聯合鐵路產業技術之活用，並藉由建立相關產業鏈達到鐵路成本降低之遠景，工會要求政府善盡領頭羊之角色。

## 10.2 應重新檢討鐵路安全對策之相關課題

為確保鐵路行車安全，鐵路運輸存在許多待努力之安全課題，舉例來說有，跌落月臺之防止對策、鐵路恐攻之對策、隨著鐵路人員可能受到來自旅客暴力事件增加之對策等、針對視障者與高齡者行動問題之對策、無障礙對策，以及臺鐵施行小站無人化等之各項的安全對策等，皆應全面檢討。

應擴大檢討車站安全設施，例如，月台安全門、小站無人化、防災防火防恐，類似上述且具公共安全之設施，工會建議由政府補助支援擴充。

## 十一、目標 11：追求並建立鐵路產業合作同時致力提升次世代安全系統

目前正是致力於次世代鐵路安全系統的關鍵時期，有關鐵路安全之技術革新，雖有相關產業進行先進之研究開發，但受既有商業環境與成本束縛，無法推動相關產業將技術移轉為鐵路安全系統之一環，我們認為這是問題所在。我國地區人口密度高低等因素，圍繞著鐵路經營環境變化，特別是在支線鐵路營運越來越嚴峻。支線與小站在經營能量不足情況下，安全投資嚴重不足，安全對策已到刻不容緩的狀況。

綜上，臺灣雖有鐵路相關產業，但往往獨自努力，這對鐵路或軌道技術之提升無法發揮綜效。面對包含捷運系統與鐵路系統之安全政策下，應將相關技術移轉至鐵路與捷運系統，並做最大的合作，在官民全體夥伴關係下，有必要集結鐵路產業之智慧，並確立次世代安全系統之建立。為此，從工會之立場呼籲政府需積極果敢地展開媒合角色。

## 11.1 背景與解說

臺灣關於鐵路技術開發，相關產業彼此間聯繫合作不足，致鐵路領域之技術開發工作遲延。放眼鐵路以外之領域，我們認為活用泛用技術可為臺灣鐵路領域帶來實用效果、並使鐵路安全做跳躍性的提升。有關安全對策政府應予以正視，為了臺灣各軌道系統與傳統鐵路全體之安全性提升，有必要予以大力協助建立鐵路產業鏈。

其次，因人口高低密度分布，並在高速道路網完備之情況下，環島鐵路之經營環境急速地變化，特別是在偏遠地區陷入非常嚴峻之經營狀態。長期虧損情況下，無法充分進行安全設施投資，安全面之提升愈來愈遲緩，以如此嚴峻的經營狀況、必須找尋今後之安全對策。為此，降低保安系統之成本與擴大政府之補助支援亦為重要之課題。

## 11.2 不受前例束縛之徹底改善硬體、軟體對策

臺鐵經營環境難度有增無減，特別是小站與支線狀況極為嚴峻。臺鐵傳統鐵路安全水平極需提升。而且經營狀況越嚴峻的小站與支線安全性越低，加上設備老舊，安全投資亦無大幅進展，恐將陷入惡性循環當中。

為安全之確立，積極的設備投資是不可或缺。雖然追求安全無上限，但為防患重大事故於未然，同時考量發生事故時之影響與成本，有必要明確訂定各類安全系統在硬體方面應達成之安全水平，務實且持續進行設備投資。

從另一方面來看，若無視臺鐵的經營體質與財務能量，要求過度安全投資是有困難的。除應擴大來自政府補助外，應該使用泛用安全技術，以較低之成本設置臺鐵小站與支線之安全設施，同時達到一定的安全水準。

## 11.3 次世代安全系統之確立

鐵路事業如前所述，需建立鐵路整體安全意識，更應積極地努力活用泛用技術達成安全系統開發與降低成本目的，另外為支援、促成及確立次世代之安全系統此一目標，亦要求政府進行必要補助及協調。政府應鼓勵相關產業致力於鐵路技術開發工作，並共同邁向次世代之安全確立，政府也應輔助具潛力且經營體質佳業者，做為我國鐵路整體安全對策之產業龍頭。

## 11.4 使用泛用技術與致力安全性提升

鐵路之技術開發往往是封閉的，具有拘泥於過去常識與習慣的傾向。另外，因為臺鐵預算有限，又鐵路車輛與保安裝置等所需之成本相當昂貴，然而因近年來各領域科技進步，可加以利用，例如以 **GPS** 與網路技術，活用在通信領域所開發之泛用技術，臺鐵就有可能以較低預算的成本，以跳躍性的方式大幅提高鐵路安全性。建議應由政府主導相關產業與鐵路系統合作，一同為提升鐵路安全努力。

### 參考文獻

1. 國家發展委員會，政府資料開放平臺，網站：<https://data.gov.tw>
2. 立法院，預算中心 (2018)，108 年度中央政府總預算案整體評估報告。
3. 行政院，1021 鐵路事故行政調查小組 (2018)，1021 鐵路事故初步調查結果簡報
4. 西日本旅客鐵道株式会社 (2005)，安全性向上計畫
5. 西日本旅客鐵道株式会社 (2007)，福知山線列車脫線事故の鐵道事故調查報告書
6. 西日本旅客鐵道株式會社 (2014)，安全フォローアップ會議報告書
7. 西日本旅客鐵道株式會社 (2018)，JR 西日本グループ鐵道安全考動計畫 2022 概要
8. European Union Agency for Railways (2018)，Railway Safety in the European Union Safety overview 2017.



# 他山之石：探討日本推動鐵路立體化之發展與特性

## Exploring the Development and Characteristics of Japan's Promotion of Railway Grade Separation

江明益 Jiang, Ming-Yi<sup>1</sup>

王劭暉 Wang, Shao-Wei<sup>2</sup>

王清滢 Wang, Ching-Hsu<sup>3</sup>

聯絡地址：10548 臺北市松山區敦化北路 240 號

Address：No.240, Dunhua North Road, Songshan District, Taipei City 10548,  
Taiwan, (R.O.C)

電話 (Tel)：02-23496805

電子信箱 (E-mail)：myjiang@iot.gov.tw

### 摘要

鑑於國內地方政府相繼提出鐵路立體化建設需求下，中央部會基於上位國土空間發展及整體資源分配上，實有必要借鏡國外案例之特性，以尋求最適化之解套方法。本研究特以日本鐵路立體化推動經驗進行深入探討，瞭解到要促進都市發展，不能單靠鐵路立體化，必須就都市計畫及交通系統進行通盤檢討，以提出未來的土地使用與開發計畫，並於執行階段積極招商引資，因此，都市計畫部門及交通部門應積極辦理都市計畫及交通系統的通盤檢討，而非只是配合鐵路立體化辦理相關的都市計畫變更與交通動線調整。

關鍵詞：鐵路立體化、國土交通省、都市計畫

---

<sup>1</sup>交通部運輸研究所 運輸計畫組 副研究員

<sup>2</sup>交通部運輸研究所 運輸計畫組 助理研究員

<sup>3</sup>台灣世曦工程顧問股份有限公司 運輸土木部 工程師

## Abstract

*In view of the fact that local governments have successively proposed the railway grade separation, the central governments will rely on the characteristics of foreign cases to find the optimal solution method based on the development of the upper territories and the overall resource allocation. This study is based on the experience of the railway grade separation of Japan. It is understood that to promote urban development, it is not possible to rely solely on the railway grade separation. It is necessary to conduct a comprehensive review of urban planning and transportation systems to propose future land use and development plans. And actively attract investment during the implementation phase. Therefore, the urban planning department and the transportation department should actively handle the overall review of the urban planning and transportation system, instead of just coordinating the urban planning changes and traffic movement adjustments.*

*Keywords : Railway grade separation 、Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism(MLIT) 、Urban planning*

### 一、日本鐵路立體化推動沿革

日本在 1890 年代(日本明治 20~30 年間)，即有鐵路立體化的初步構想，東京在 1890 年代配合當時的都市計畫，建設 5 條鐵路幹線，由東京市中心往外延伸，但東京車站到新橋站站間則尚未連結成現在的環狀山手線。為建設東京到新橋的鐵路，東京市區改正委員會(相當於國內都市計畫委員會)考量當時該區段經過都市既成區，在既有市區內建設鐵路將產生許多平交道，影響區域道路交通，認為應以地下或高架方式建設此區間的鐵路。但當時日本全國汽車車輛數不到 1 萬輛，因此鐵路立體化的構想遲遲未納入相關規範，例如 1919 年「道路法」、「道路構造令」、「街路構造令」等道路相關法律，以及同年頒布的

「都市計畫法」，都並未考慮道路及鐵路的橫交方式。

到了二戰期間，考量汽車的普及化、鐵公路的平面橫交影響戰備運輸的效率，1933 年日本針對都市計畫道路定線，選擇較容易立體化的路線，1935 年訂定的「道路構造令細則」，即針對國道及主要的縣道或區域幹道之設計及選線，建議原則上與鐵道應採立交方式。1940 年日本內務省及鐵道省訂定「道路及鐵路橫交方式暨經費分擔內務及鐵道兩省協定」，則建立單一橫交設施立體化工程的規範，規定國道或 11 公尺以上道路與鐵路新增的橫交設施應以立體化方式處理，並且由衍生新增橫交設施的一方負擔費用，至於屬既有橫交設施改善費用，則由鐵路及道路單位各負擔一半。

二戰後，日本經濟復甦，汽車數量增加，隨之衍生平交道事故、交通壅塞等問題，鐵路立體化的需求也因應而生。1952 年「道路法」修法，將「道路與鐵路橫交原則上以立交為主」納入法規。1956 年制定「道路及鐵路橫交建設省及日本國鐵協定」決定日本國鐵與道路單位的經費分擔方式，橫交設施原則上同前述協定由衍生新增橫交設施方負擔費用，當無法明確辨別衍生方則由道路單位負擔 2/3，鐵路單位負擔 1/3 費用，但民營鐵路與道路的橫交立體化工程費用則採個案協商方式。該時期以東京首都圈為首，進行許多鐵路增線等改善工程，並且有許多鐵路增線工程配合一併實施立體化工程。

1961 年為了降低平交道的交通事故，提升道路交通效率，頒布「平交道改善促進法」，突破過往規範，不僅只針對新設道路，同時也檢討既有平交道，規範平交道改善計畫的辦理程序與補助方式，其減少平交道數量並改善平交道問題。平交道改善計畫的程序如圖 1，由國土交通大臣指定亟需改善的平交道，並由道路管理單位及鐵道營運單位協商，共同提出平交道改善計畫，再行施工。都道府層級的地方政府亦可建議所轄範圍內欲改善之平交道，並由中央決定是否列入指定改善。

平交道改善計畫包括改善方法、相關配套措施等，由地方政府、鐵路營運單位協調制定，若地方道路管理單位與鐵道營運單位無法取得共識，則由中央裁定改善方案。

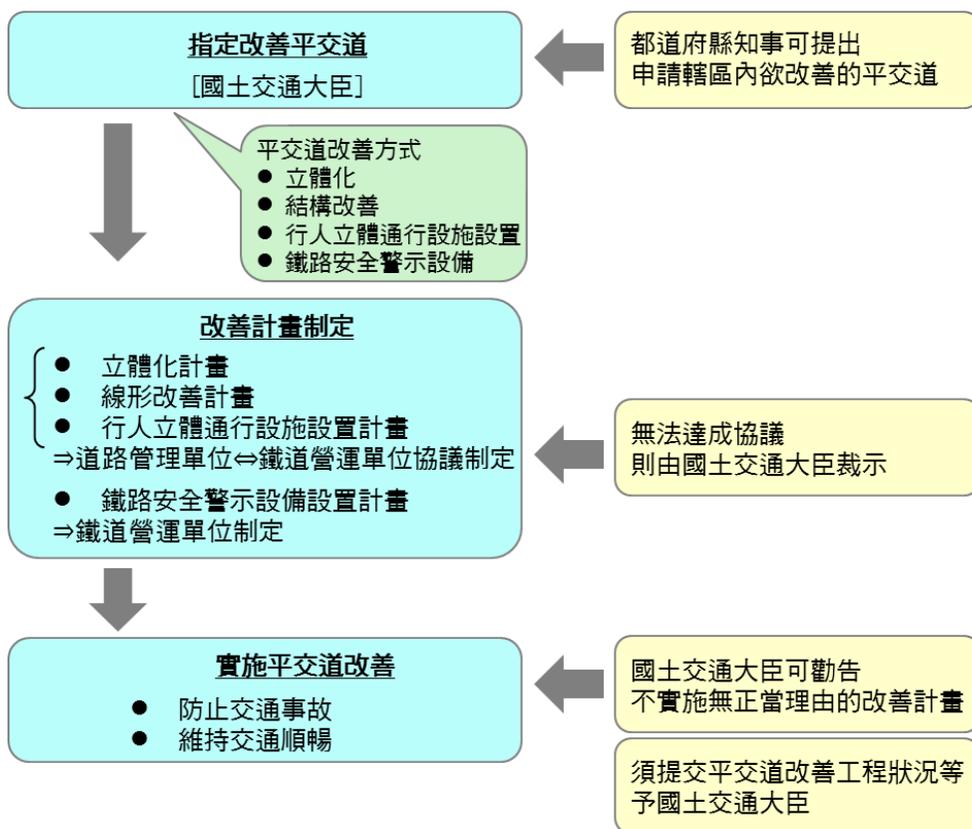


圖 1 日本平交道改善辦理程序

依該法規規定，符合以下條件的平交道可能列入國土交通大臣指定改善的平交道清單：

- 尖峰時段平交道遮斷時間在 40 分鐘以上
- 橫交道路達一定交通量
- 平交道的人行空間狹窄
- 位在學童通行的通學路上，需確保通行安全
- 高齡者等通行困難，需確保通行安全

改善方式除了透過鐵路立體化或道路立體化消除平交道外，也可以利用增加警示設施(如遮斷器或鋪面彩色塗裝等)、設置行人立體通行設施等方式；若改善方案涉及鐵路的安全、警示設備，則須由鐵道營運單位另行提出安全警示設備改善計畫。

## 二、當前日本鐵路立體化法源依據與探討

到了 1969 年，由於日本國鐵財政惡化、橫交立體化工程如雨後春筍般推出，鐵路單位難以負擔 1956 年制定的費用分擔方式，國土交通省遂訂定「都市道路及鐵路連續橫交路段立體化協定」，並於 2004 年更名為「都市鐵路道路及鐵路連續橫交路段立體化要綱」，規範連續橫交路段立體化工程的推動流程(如圖 2)、費用分攤方式。

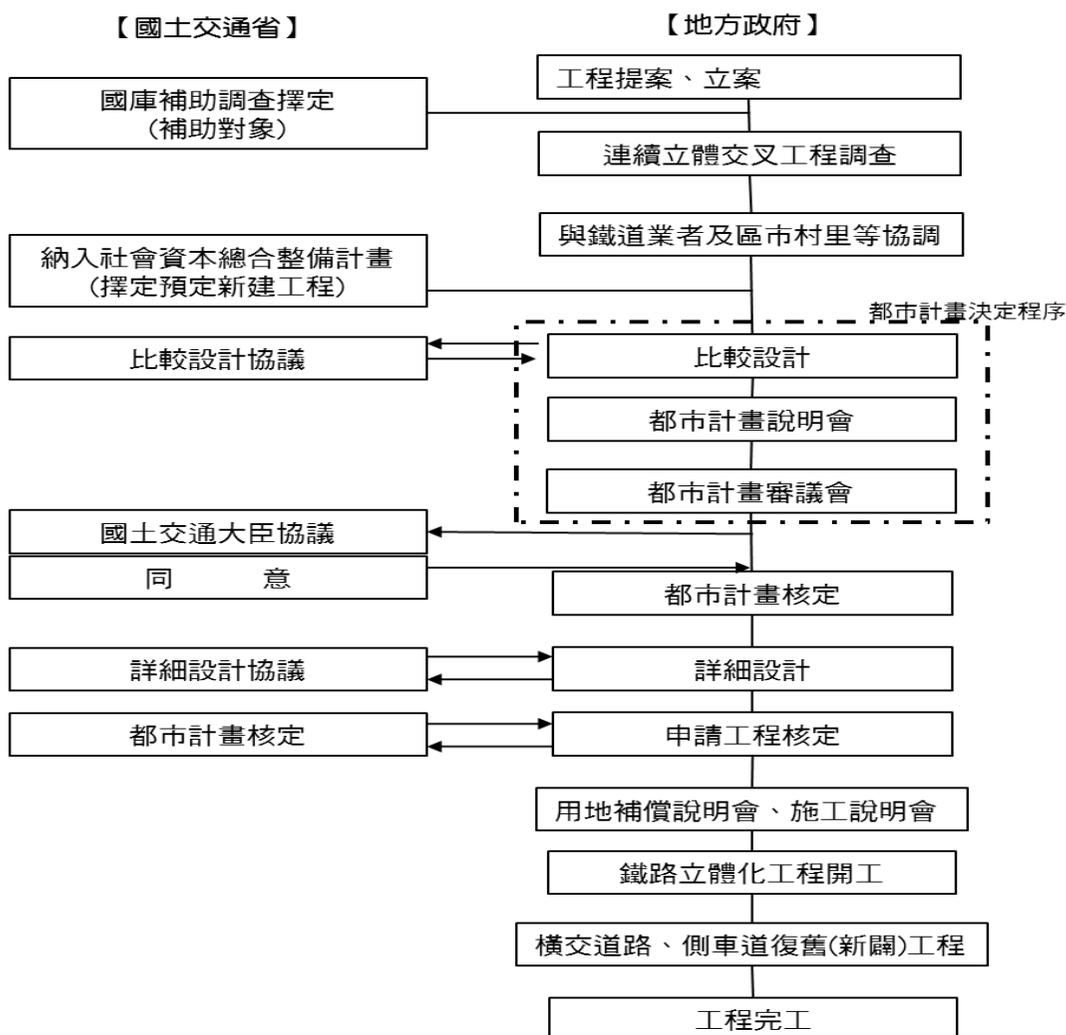


圖 2 日本連續橫交路段立體化推動流程

連續橫交路段立體化工程須符合以下：

- 鐵路有 2 處以上與幹線道路交叉，且兩幹線道路中心距離 350 公尺以上，其中有 3 處以上道路交叉，並能消除 2 處以上平交道。
- 每處幹線道路與鐵路交叉處尖峰小時遮斷時間超過 40 分鐘，或一日平交道交通遮斷量超過 50,000 輛/日，並可同時辦理 3 處以上立體交叉者。
- 幹線以外道路與鐵路交叉處所有汽車、步行者及腳踏/三輪車每日平交道遮斷量超過 50,000 輛(人)/日，並且預測未來每日步行者及腳踏/三輪車平交道交通遮斷量超過 20,000 輛(人)/日，並可同時辦理 3 處以上立體交叉者。

在「都市道路及鐵路連續橫交路段立體化協定」制訂前，鐵路立體化建設費用由中央與當時的日本國鐵(JNR)共同分擔，而由於當時的日本國鐵財務狀況日漸惡化，並且考量鐵路立體化工程並不僅是道路及鐵路的改善工程，同時是都市更新問題，故明確訂定連續橫交路段立體化工程為都市計畫的一部份，須由地方政府主導，並且明訂經費分攤方式如圖 3 所示。

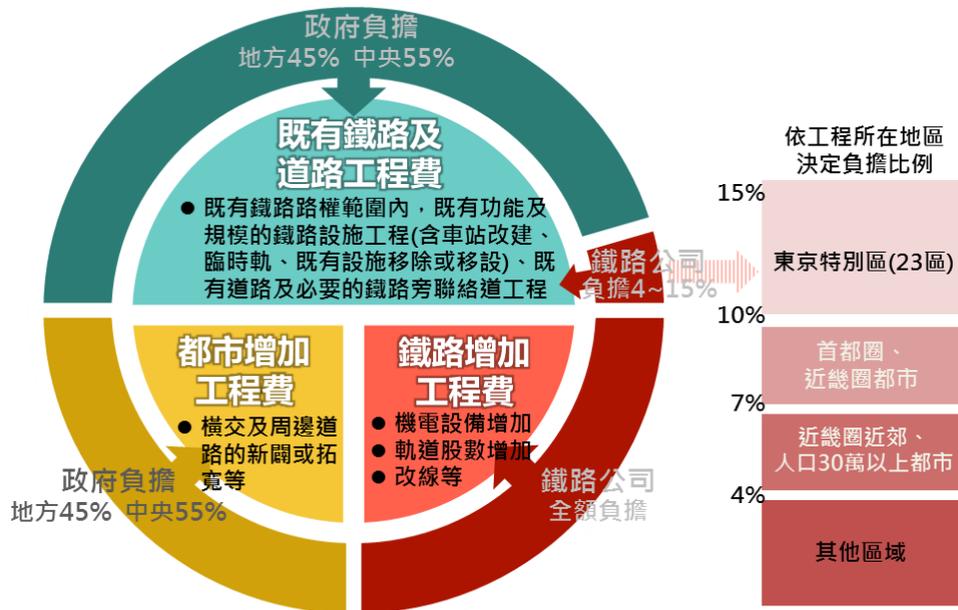


圖 3 日本連續橫交路段立體化工程經費分攤方式

經費分擔大致將鐵路立體化工程分為兩類，第一類為配合鐵路立體化的既有鐵路及道路工程，包括符合既有鐵路營運規模的鐵路立體化工程及車站改建

工程、施工期間臨時軌、既有鐵路設施移除或移設，以及既有道路的整合、改道或立體化工程等；此部分經費由鐵路營運單位依鐵路路線所在區位，負擔介於 4~15%，其餘經費則由地方政府 45%、中央政府 55%的比例分攤，至於中央負擔部分由道路特定財源補助(如燃料稅、汽車稅等)。

第二類指鐵路立體化工程及必要的配合工程以外的工程內容，其中大致可分為都市及鐵路兩部分的增加費。立體化工程周邊都市計畫道路新闢或既有道路拓寬，係屬都市部分的增加費，由地方與中央政府依固定比例負擔。而鐵路部分，例如增設機電設備、增加股道、改線等，屬於提升鐵路公司營運效能的部分，費用則由鐵路公司全額負擔。

舉例來說，鐵路旁因鐵路立體化而有必要的新設道路需求，在道路最小功能可滿足的範圍內，工程經費屬第一類—配合鐵路立體化的既有鐵路及道路工程的費用支出。如地方政府配合其都市計畫或整體路網考量要增加路寬，則此部分費用支出屬第二類，並且由政府全額負擔。

彙整上述法令(如圖 4)，若道路或鐵路欲新闢或改線來新增橫交設施，應依據都市計畫法及道路法，原則上採立體交叉設計；既有平交道改善則可依平交道改善促進法，透過立體化或平交道設施改善達成。橫交設施立體化可分為單點的道路立體化工程(車行隧道或高架橋)，或連續的鐵路立體化工程(鐵路高架化或地下化)；道路立體化工程的補助應依循道路法等道路相關法規，鐵路立體化工程則可參酌都市鐵路道路及鐵路連續橫交路段立體化要綱爭取經費補助。

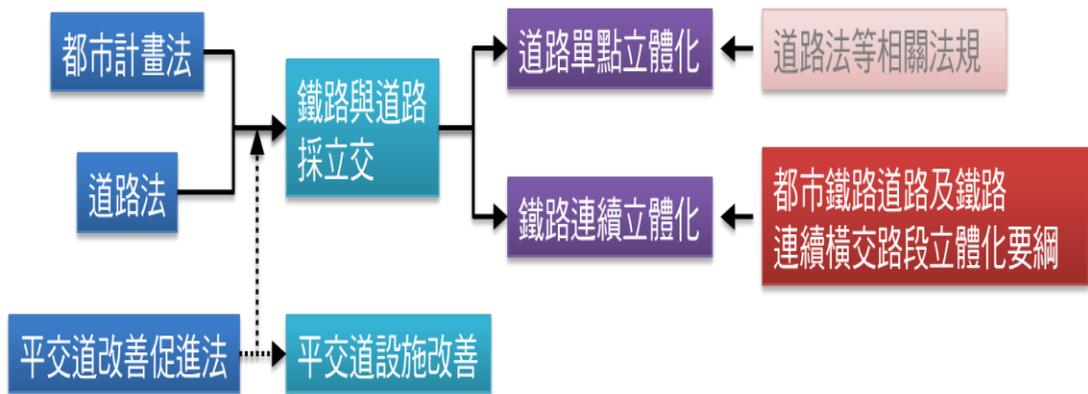


圖 4 日本公路與鐵路橫交處理程序與法源依據

### 三、日本鐵路立體化相關案例

以下介紹近年日本東京的鐵路立體化實際案例。東京都為日本主要都市之一，相較於其他國家的主要都市，東京都的平交道密度約是其他都市的 5~50 倍左右。由於都市較早發展軌道，而早期發展的軌道多為平面型式，造成平交道數量眾多。東京都從推動鐵路立體化改善至今，平交道數量由 1,400 多處，減少到約剩 1,050 處，市中心 23 區除路面電車路線外，其他路段幾乎已立體化，往市郊及鄰近縣市的鐵道路線也逐步在推動立體化工程，截至 2002 年東京都內完成鐵路立體化區段如圖 5 所示。以下將介紹兩處東京都內的鐵道立體化工程。

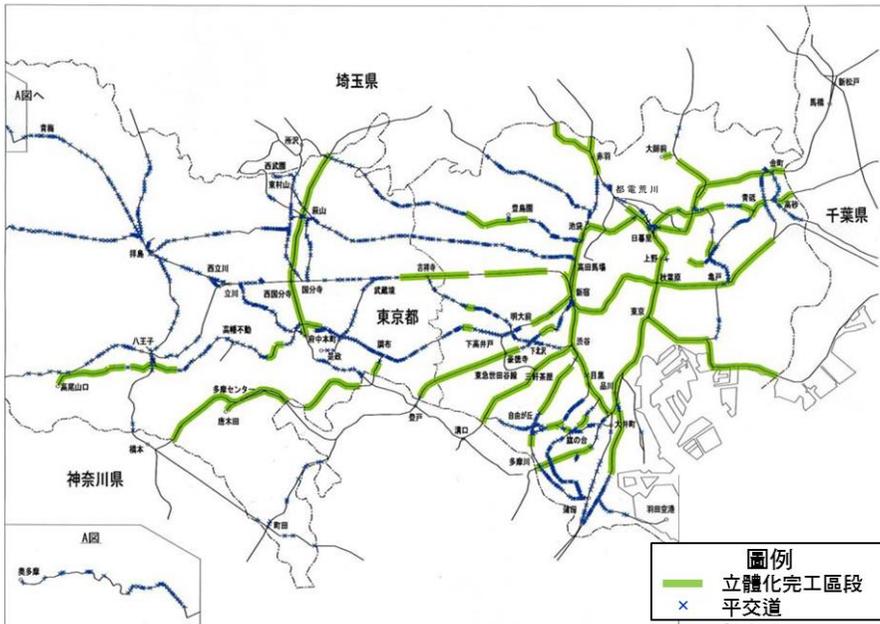


圖 5 日本東京都內鐵路立體化區段示意圖(至 2002 年)

#### 3.1 JR 東日本中央線(三鷹站~立川站間)連續橫交路段立體化工程

該工程範圍位於東京都東側市郊，是郊區往市中心的主要路線。工程長度約 13.1 公里，共分為 3 段工程區間(如圖 6)，其中第一段完工的為 6.2 公里的鐵路高架東側區間，第二段完工的為同是鐵路高架的西側區間，長約 2.8 公里，

最後完工的為中間 4.1 公里道路高架區間。工程自 1995 年動工，2013 年完工，耗時 18 年。該工程由東京都建設局主導，總工程費約 1,710 億日圓，其中由鐵路營運公司—JR 東日本鐵道公司負擔 280 億日圓(約 16.3%)，其餘 1,430 億日圓由地方及中央政府負擔。

工程主要目的在消除工程範圍內的 18 處平交道，解決交通延滯問題，並促成鐵路兩側的都市縫合。例如第一段完工的東側區間，共消除 13 處平交道，消除了尖峰時段每小時約 58 分鐘的遮斷時間，平交道造成的約 530 公尺的停等車隊也可完全改善。而地區道路的平均旅行速率也因停等平交道通行的時間縮短而提升，根據完工後的調查，工程範圍內主要道路其旅行速率大約提升 3 成左右。此外，鐵路高架化後，除消除平交道外，配合高架化工程，沿線也進行了車站及站前廣場改善、高架橋下空間增加商業或停車設施，整體市容及車站周邊環境都大幅改善(如圖 7)。



圖 6 日本 JR 東日本中央線連續橫交路段立體化工程示意圖



圖 7 日本 JR 東日本中央線連續橫交路段立體化工程周邊相關照片





圖 9 京濱急行電鐵本線及機場線(京急蒲田站附近)連續橫交路段立體化工程周邊道路改善照片

同時，鐵路高架化後，長久以來受鐵路阻隔的兩側地區，藉由本工程促成鐵路兩側的都市縫合，並且也以此為契機，整頓車站站前廣場、於車站周邊進行都市更新開發，如圖 10。



圖 10 京濱急行電鐵本線及機場線(京急蒲田站附近)連續橫交路段立體化工程車站改善及周邊開發示意圖

### 3.3 車站立體化/步行空間立體化案例

除鐵路路線立體化以外，日本部分車站配合站體無障礙設施改善、站區商業開發、都市規畫等契機，進行車站立體化工程，利用空中或地下地立體化通廊跨越鐵路，友善引導人流由車站至周邊道路或建築，帶動周邊土開及商業發展契機。這類車站立體化規劃，需要政府或民間投入，而兩者在計畫中扮演的角色也依個案而異，有部分案例是配合地方政府的都市計畫進行車站改建或設置立體步行空間，也有部份是由鐵路單位單純為了無障礙化進行改善工程。

JR 大阪站的改建開始於鄰近的梅田調車場搬遷後，大阪政府在 2003 年公布「大阪站北側地區整體發展構想」，提出周邊地區整體規畫，並勾勒步行空間構想(圖 11)，並於次年成立「大阪站北側地區都市發展促進會」發布「大阪站北側地區都市發展基本計畫」。

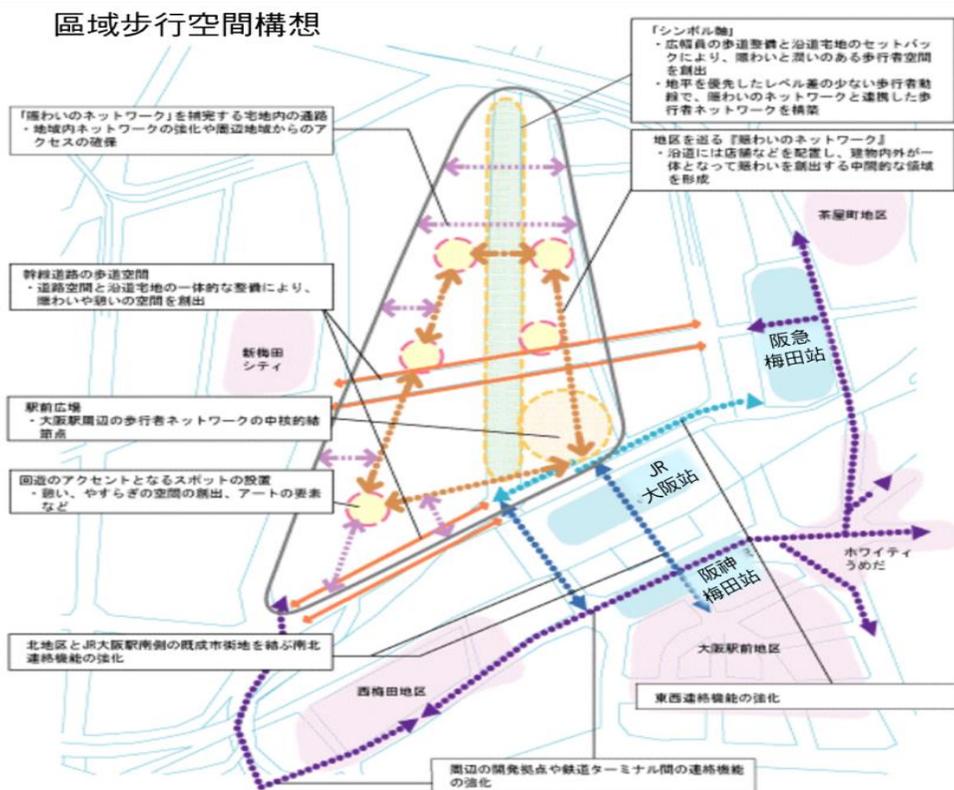


圖 11 大阪站北側地區步行空間構想

2004 年 JR 西日本即配合該構想進行大阪站改善規劃，以因應日益成長之服務需求及結合車站連通之便利性，工程於 2006 年開始施工(圖 12)，並已於 2011 年啟用。大阪站採建設橋上車站，即站體設置於鐵路路線上的立體化車站，並以站體及通廊連接鐵路路線南北兩側的商業大樓。連通兩側的通廊規劃有廣場及商業設施，利用通廊帶來人潮的特性，對外出租提供活動、展覽使用，讓立體連通廊道不僅只是提供跨越鐵路的功能，更成為匯聚人氣的商業空間。



圖 12 JR 大阪站立體化車站改建工程及現況

## 四、日本鐵路立體化事前事後效益評估

國土交通省另外彙整以往鐵路立體化工程案例採用的效益評估項目，依效益特性分為直接效益與間接效益，彙整如表 1 所示。直接效益包括車行及人行的交通改善、周邊環境景觀改善效益以及高架下的空間利用效益，多數直接效益評估項目都有事後貨幣化或量化的評估方法，並且該效益多為立體化工程的單獨績效，不須其他配合工程即可達到效果。間接效益則包括受立體化影響的都市發展變化、都市防災的改善、立體化帶動周邊發展，以及其他效益如鐵路營運效益提升、周邊商業活動提升等，這些間接效益項目大多需有其他配合工程才能發揮其效益。

表 1 鐵路立體化工程效益評估項目

評估項目	說明	事後 評估法	單獨績效/需有其 他配合工程	定量化 / 貨幣化
<b>A.直接效果</b>				
(1)與鐵路橫斷 相關之效果				
I.汽車	移動時間縮短、旅行成本減少、交通事故減少等效果	○	獨立	貨幣化
II.行人	步行舒適性或改善垂直移動的效果	○	獨立	貨幣化
因路徑改變而 縮短步行時間	伴隨路徑改變而縮短時間的效果	○	獨立/配合	貨幣化
步行舒適性提 升	行人橫越鐵道或廣場的舒適性提升	○	獨立/配合	貨幣化
平交道安全性 提升	平交道安全性提升、消除事故徵候的評價	○	獨立	貨幣化
(2)與環境、景 觀相關之效果				

評估項目	說明	事後 評估法	單獨績效/需有其 他配合工程	定量化 / 貨幣化
CO2 減量	因塞車/車輛停等延滯紓解而減少 CO2、NOX 等污染氣體產生	○	獨立	貨幣化
降低噪音	比較工程前後噪音值,評估降噪效果	○	獨立	貨幣化
提升景觀	比較工程前後居民對景觀改變的觀感	—	配合	定量化
(3)與高架下空間利用相關之效果				
創造高架下空間	因高架化而創造高架下空間	○	獨立	貨幣化
因高架下引入行政機關等而提升價值	高架下空間引入行政機關等設施的效果	—	配合	定量化
<b>B.間接效果</b>				
(1)與都市發展相關之效果				
土地利用及都市結構改變	地價、人口分布改變等,工程造成都市結構改變的影響	—	配合	定量化
都市縫合	都市縫合,讓兩邊來往更便利	○	獨立	定量化
(2)與都市安全相關之效果				
解決避難路線彎繞問題	解決避難路線彎繞問題	○	獨立	貨幣化

評估項目	說明	事後 評估法	單獨績效/需有其 他配合工程	定量化 / 貨幣化
闢建新的避難 道路	鐵路兩側或高架下空間闢建 避難道路，民眾可前往最近的 避難所、解決避難路線彎繞問 題等效果	○	配合	貨幣化
避免火災延燒	配合高架化沿線的不可燃材 料使用，避免火災延燒、減少 受害建築	○	配合	貨幣化
提升救災、救 護車輛的可及 性	闢建橫越鐵路之道路，讓救 災、救護車輛通行及作業更便 利	—	配合	定量化
(3)與配合工程 之效果				
衍生之附屬事 業/配合工程	立體化工程成為其他計畫、工 程推動的契機或基礎	○	配合	定性
(4)其他				
對鐵路營運單 位之效果	伴隨鐵路設施更新，居民評 價、運量提升等效果	—	配合	定量化
對商業活動之 效果	伴隨立體化工程的開發(大規 模建物開發、商業設施開發) 等造成的經濟效果	—	配合	定量化 / 貨幣 化
對市民滿意度 之效果	對於工程整體之滿意度等評 估	—	配合	定量化

日本推動平交道改善以來，不少計畫以鐵路立體化方式改善其平交道問題，而其中大多採用高架化方式。根據山本隆昭(2004 年，運輸政策研究季刊【通卷 024 號】)統計，1966 年至 2002 年間鐵路立體化採用高架化或地下化的數量比較如圖 13 所示，日本多數立體化工程是採用高架型式，其主要的的原因還是在於高架的建設成本較地下化低，且地下化較高架化略為優勢的都市景觀影響

因素無法貨幣化，較難納入工程的經濟效益考量。

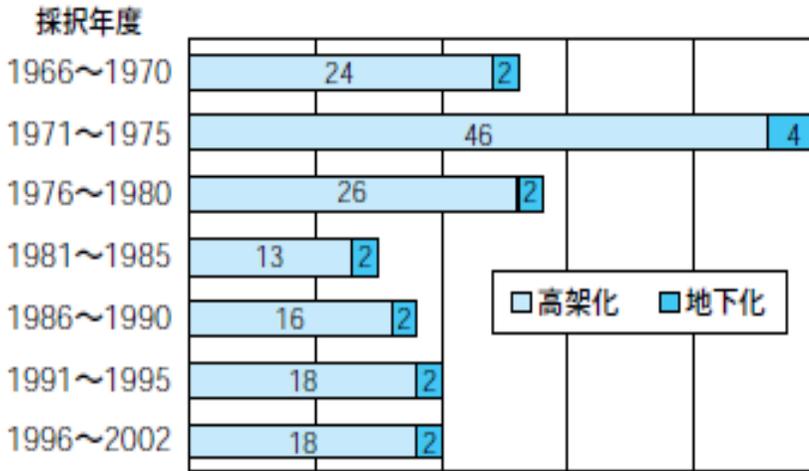


圖 13 日本推動鐵路高架化及地下化數量比較

而鐵路立體化帶來的都市變化亦為日本研究人員關注的焦點，根據山岸隆史、田村亨、榎谷有三、齊藤和夫於 1994 年發表的論文，鐵路立體化可平衡鐵路沿線兩側的地價。該論文以北海道根室本線立體化工程其中一車站一帶廣車站為例，彙整工程推案前與工程開工時的地價分布，如圖 14 所示，立體化工程推案前，前站(鐵路路線北側)地價較後站(路線南側)高，而到了工程定案並開工時，後站的地價已成長至與前站較為接近。

2003 年高知工科學的碩士論文(原拓彌，「A comparative study of the relation between the elevated railroad project and urban area development in western-part-of-Japan」，碩士論文，2003 年)比較有無立體化工程的城市對於都市縫合的影響，其以人口規模相當、車站與市中心距離類型略同、無立體化工程的城市為對照組，與有立體化工程的城市比較車站前站及後站地區的地價差距。多數有立體化工程的城市，車站前站及後站地區的地價在立體化工程後差距縮小幅度較無立體化工程的地區大，如圖 15。

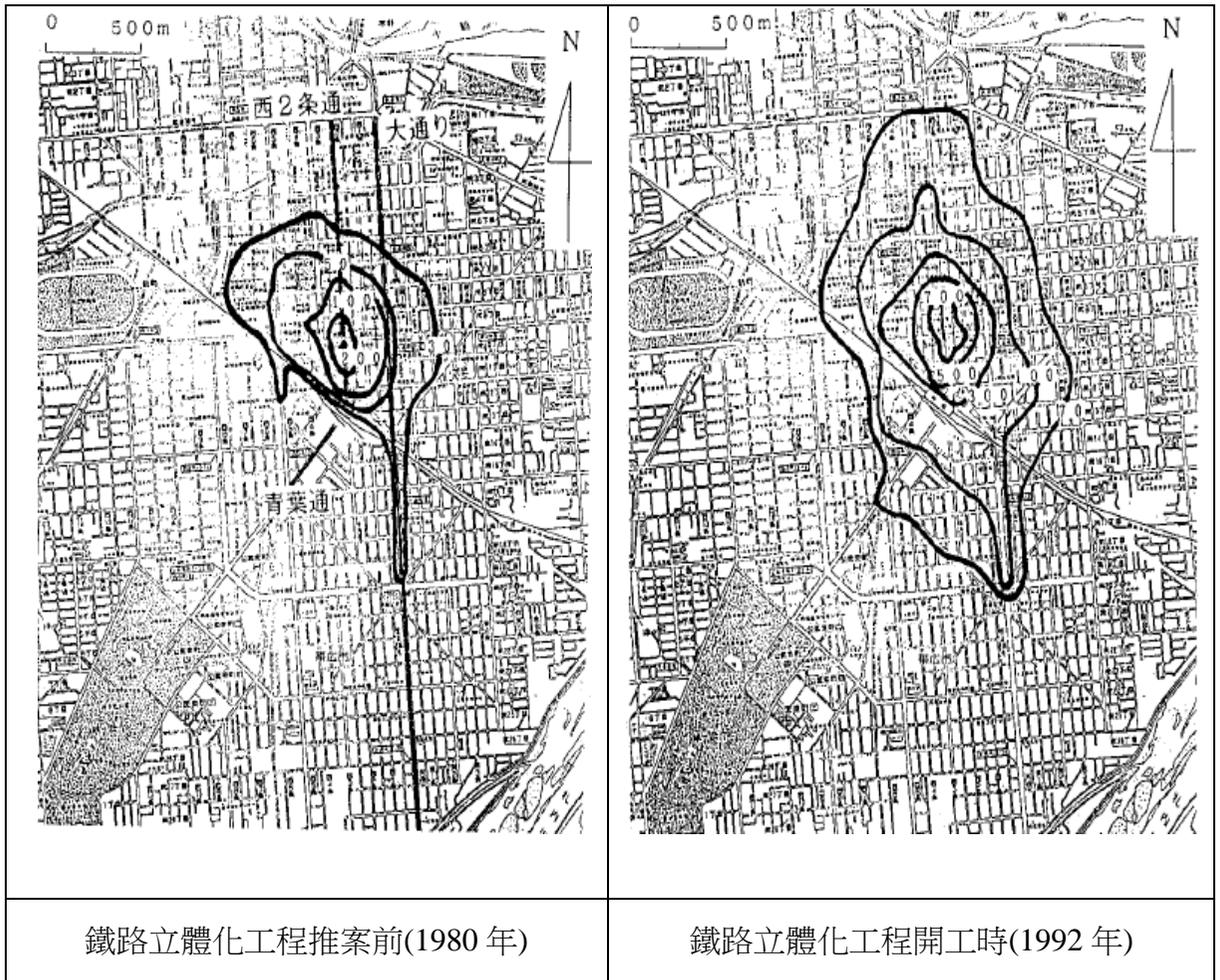
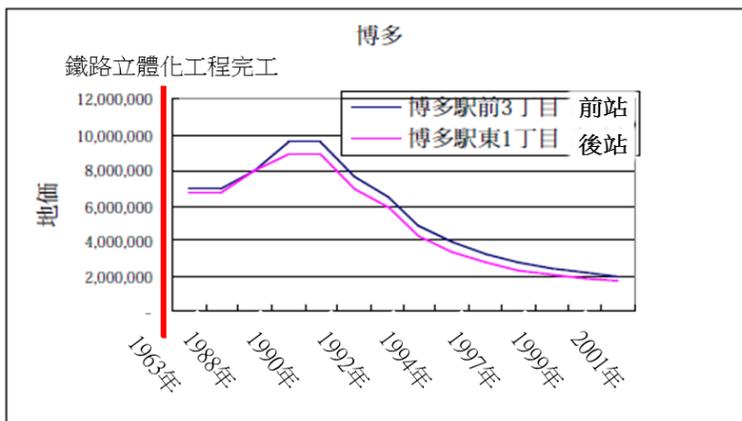
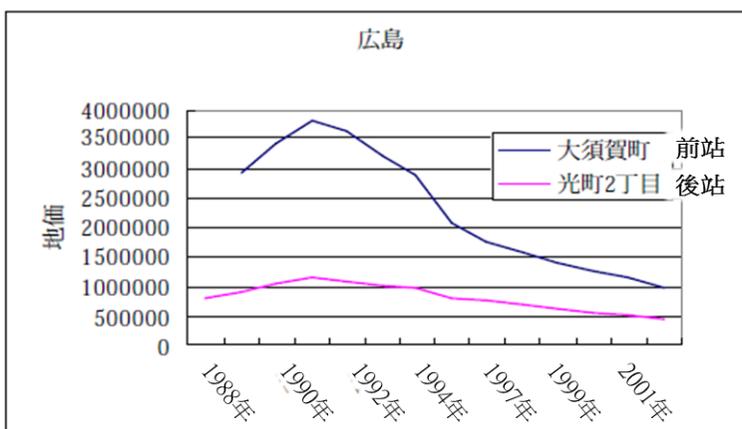


圖 14 鐵路立體化工程對周邊地價影響(日本北海道帶廣市案例)



(a) 有鐵路立體化工程



(b) 無鐵路立體化工程

圖 15 鐵路立體化工程對前後站地區地價影響

名古屋都市發展中心 2016 年報告書(名古屋都市發展中心,「以都市發展觀點檢視連續橫交路段立體化工程效益」, 研究報告書 No.123, 2016 年), 則以日本名古屋市內兩處實施連續橫交路段立體化工程的車站為研究對象, 透過統計資料及問卷調查, 比較立體化工程有無配合都市發展或更新計畫的分析兩案例都市結構變化及市民滿意度。基本上, 兩案例在市民滿意度上大多給予立體化工程正面評價, 基礎社經統計資料的趨勢也大致相同。不過, 細究兩案例之人口組成、家戶數、沿線地價變化, 有都市更新計畫之車站周邊人口及家戶數成長多, 特別是幼年及青壯年成長較多, 同時地價成長率亦較無都市更新計畫的地區高。

## 五、結論

研究分析顯示，要促進都市發展，不能單靠鐵路立體化，必須就都市計畫及交通系統進行通盤檢討，以提出未來的土地使用與開發計畫，並於執行階段積極招商引資，因此，在辦理鐵路立體化時，都市計畫部門及交通部門應積極辦理都市計畫及交通系統的通盤檢討，而非只是配合鐵路立體化辦理相關的都市計畫變更與交通動線調整。

鐵路立體化可以消除平交道，改善平交道所衍生道路交通延滯及潛在安全疑慮，並讓沿線兩側土地的穿透性提高，然而，鐵路立體化如未能搭配良好的都市發展規劃及土地開發計畫，以及公共運輸的轉乘接駁及汽機車的使用管理等配套措施的規劃，則將無法為鐵路營運公司創造新的運量，卻反而會因為立體化騰空廊帶改為道路使用，讓私人運具有更好的競爭能力。再者，鐵路平交道的改善不是只有鐵路立體化才能達成，包括智慧型平交道設施、車站大平台、連通道、公路立體化等都是可以思考的方向。

日本在都市計畫的推動，會由地方都市局為主辦機關，成立一種讀書會或討論會的工作組織，邀請跨領域的單位共同研討，並在規劃期間充分與民間溝通，直至確定都市發展方向及內容，以及公共運輸環境應如何配合，其中若需透過鐵路立體化的部分，將委請鐵路建設機關代辦，而鐵路建設機關會與鐵路營運機構簽署相關協議書來明訂工作職責，透過分工合作的方式來滿足都市發展所需之鐵路建設。

而日本中央政府為協助地方政府推動都市發展，會成立一種由各主管機關跨部會組成平臺或工作小組(包含都市、交通、教育、住宅、醫療、農業、防災等)，此平臺可協助邀請專家學者提供專業知識協助指導地方辦理「立地適正化」等相關計畫，並給予經費補助。亦給予都市在設施(醫療、教育、商業等)或公共交通上之財務及稅制補助，並制定推動程序、制度，提供指導或操作手冊，讓地方政府能夠有所依循。

從日本的成功案例可得知透過主動的車站開發，鐵路運輸事業即使因鐵路立體化或社會人口減少而虧損，附屬商業設施不僅仍能賺錢，更有助於維繫鐵路運輸服務。車站開發不僅在郊區可以抑制居住擴散，在市區更有再次活化都市功能之效，最終以凝聚高便利性的交通功能為目標，同時秉持著「把車站做

為都會區的中心」的思維，透過不同類型、不同機能的車站定位，吸引人口往鐵路運輸的軸線上居住，使鐵路串聯起民眾的共同生活圈，讓鐵路與民眾的生活相輔相成，進一步增加鐵路使用者，亦得以實現低碳社會的願景。

本研究針對日本 2004 年頒布之「都市鐵路道路及鐵路連續橫交路段立體化要綱」進行深入探討，綜整分析結果如下說明：

- 一、日本推動鐵路立體化的目的為解決平交道的交通延滯與安全問題，因此，對於鐵路立體化已訂定推動的量化門檻，例如平交道密度、平交道遮斷時間、遮斷交通量。
- 二、日本鐵路立體化為道路整備的一環，地方政府推動鐵路立體化時，必須和街道計畫、都市計畫、土地開發等進行整合，並完成都市計畫審議會後，中央才會同意補助立體化工程。
- 三、日本鐵路立體化所需經費，扣除鐵路公司負擔款 4~15% 外，其餘 96%~85% 由政府負擔，其中，地方政府必須負擔剩餘款項之 45%，中央政府則負擔剩餘款項之 55%，至於中央負擔部分由道路特定財源補助(如燃料稅、汽車稅等)。
- 四、若鐵路公司考慮未來的需求或行車效率下，需進行增設股道或改線，此部分所需經費由統路公司全額負擔；至於立體化所騰空的平面路廊，若道路需進行拓寬或新闢，則由地方及中央分攤工程經費。

綜上所述，針對文獻之回顧結果，提出日本鐵路公路相交立體化前後差異，綜整如表 2。

表 2 日本鐵路立體化前後各面向差異分析

影響面向	研究結果
運輸經濟層面	
安全(事故)	立體交岔消除因鐵公路交會所產生的事故，亦減少平交道事故所造成列車之延誤。
公路車輛延滯	鐵公路立體交叉後，可節省旅行時間(墨爾本於尖峰時刻可節省 22%)。 鐵公路立體交叉可節省旅行時間，節省量因地區特性而異。

鐵路車輛延滯	鐵路車輛延滯減少的效益不明顯。
公路車輛使用成本	公鐵路平面相交，增加公路車輛停車再開所衍生之成本。
交通量變化	鐵公路立體交叉增加該路段交通量(依墨爾本經驗，全日增加 8%，尖峰小時可增加 15%~18%)，但同時與其平行的道路交通量將減少。
可及性/連結性	鐵公路平面相交影響路網的可及性與連結性 無一定結論，視不同情境有不同結果。
平交道維運成本	鐵公路立體交叉可節省平交道維運成本。 鐵路高架化可節省軌道及電力養護成本。
立體交叉成本	視地區不同而變化，例如用地取得成本。
社會影響層面	
土地使用(價值)	鐵公路立體交叉因改善交通與噪音，故可增加周邊土地價值。
社區凝聚	鐵公路平交被認為降低社區凝聚性，立體交叉可視為解決方式之一。
噪音	採鐵路立體化方式可降低噪音，但採高架化可能比鐵公路平交之噪音問題還嚴重。 未立體化前之音源可能來自公路、鐵路(鳴笛)或平交道(警鈴)，而立體化後(高架)來自橋梁震動。
視覺舒適性	視案例內容而定。 採公路跨越視覺較負面，對視覺改善最大者為鐵路地下化。 而對鐵路乘客而言，高架化優於平面及地下。
對地區的社會意義	沒有定論，可能是正面或負面
環境影響	
空氣品質	鐵公路平面交叉對空氣品質有負面影響，但影響程度不大。

## 參考文獻

1. 交通部運輸研究所，「鐵路立體化建設對交通即都市發展之影響分析」期末初稿，106 年 12 月。
2. 交通部鐵道局，「鐵路立體化評估報告」，107 年 6 月。
3. 交通部第 1711 次部務會報，「鐵路立體化觀察與評估分析」簡報，107 年 8 月 9 日。

# 以迴歸分析推估平交道事故處理時間

## Regression Analysis on the Duration of Level-Crossing Accidents

洪偉喆 Hung, Wei-Je<sup>1</sup>

邱裕鈞 Chiou, Yu-Chiun<sup>2</sup>

聯絡地址：新北市淡水區崁頂三路 1 號

Address：No.1, Kanding 3rd Rd., Tamsui Dist., New Taipei City, Taiwan (R.O.C)

電話 (Tel)：(02)2805-9333#312

電子信箱 (E-mail)：AP9649@ntpc.gov.tw

### 摘要

平交道位於鐵公路交會處所，當發生事故時，常涉及列車與公路車輛或行人間的撞擊。而事故發生後，除事故人車救護及排除外，常須等待鐵路警察或檢察官到場蒐證後才能繼續行駛，因而造成營運長時間中斷，嚴重影響臺鐵疏運功能。然不同事故類型、發生地點及嚴重度所需的處理時間亦不同。實有必要針對平交道事故的處理時間進行推估，了解其影響因素，進而據以研擬改善策略，以及作為平交道事故發生後車站進行相關旅運公告的參考及調度員運轉整理決策上的支援。基此，本文乃蒐集民國 100 年至 106 年間臺鐵平交道事故行車事故 142 筆作為分析樣本，將事故處理時間與列車損傷、路線損傷、人員受傷、人員死亡，以及路警駐所距離等因素，進行迴歸分析。結果顯示，路線損傷所造成之處理時間最長（78 分鐘），其次為列車損傷（28 分鐘）及人員死亡（24 分鐘）。

關鍵字：平交道事故、迴歸分析、運轉整理

---

<sup>1</sup> 新北大眾捷運股份有限公司 資深工程師。

<sup>2</sup> 國立交通大學運輸與物流管理學系 教授（聯絡地址：臺北市中正區忠孝西路一段 118 號 4 樓，電話：(02)2349-4940，E-mail: ycchiou@mail.nctu.edu.tw）。

## Abstract

*Since level crossings locate at the interchanges of railway and highway, level-crossing accidents usually involve trains, vehicles and/or pedestrians. Once level-crossing accidents occur, train operation is suspended until the completion of rescue operations of persons and vehicles involved and investigation of railway police and prosecutors, which seriously affect the transportation performance of TRA. Additionally, the accident duration remarkably differs across types, location and severity levels of accidents, therefore, it is essential to identify key factors contributing to accidents duration so as to propose countermeasures for curtailing the duration, to support the decision of dispatchers for operation adjustments, and to provide accurate train delay information. Based on this, a total of 142 level-crossing accidents during 2011-2017 of TRA are collected and four variables of train damage, railway damage, injury or fatality are regressed on accident duration. The estimation results show the railway damage contributes the longest period of duration (an increase of 78 minutes), followed by train damage (28 minutes) and fatality (24 minutes).*

*Keywords: level-crossing accidents, regression analysis, operation adjustment.*

## 一、前言

軌道運輸具有專用路權，列車按照時刻表行駛於路線上，具有相當的可靠性與準確性，當有行車事故發生時，卻也因為專用路權的特性，列車無法任意改道行駛，因而產生誤點情形。此時調度員必須介入實施運轉整理，現場車站也必須進行相關緊急應變及旅客疏導措施，使事故對鐵路的整體營運影響降至最低。

目前臺鐵局全線共計有 435 處平交道<sup>3</sup>，這些平交道都是行車事故可能發生的風險處所，每當平交道事故發生後，列車總需停留於現場等候事故排除，惟平交道事故排除的過程相當複雜，除了涉及設備損壞之外，更會涉及到人員傷亡的後續處理，使得此類事故排除時程具有相當大的不確定性，使得調度員在運轉整理過程上相當棘手，也造成車站旅運公告資訊不明確，進一步衍生相當大的旅客抱怨。

根據臺鐵局統計，100 年至 106 年間共發生 180 起平交道事故，總計造成 93 人死亡及 68 人受傷（如表 1），即便臺鐵局不斷透過安全宣導與設備改善，平交道事故仍舊層出不窮，也因此對於平交道事故的處理時程上，有必要透過歷史資料、大數據等資訊，進一步用統計分析方式求取平交道事故處理時程，來提供調度員作為運轉整理、車站作為旅運資訊公布的參考依據。

表 1 民國 100 年~106 年平交道事故統計

年度	平交道事故(件)	死亡人數(人)	受傷人數(人)
100	26	22	4
101	30	16	32
102	26	12	6
103	27	10	4
104	28	11	19
105	20	7	3
106	23	15	0
合計	180	93	68

資料來源：本研究整理

本研究試從臺鐵局 100 年至 106 年間全線發生的平交道事故進行統計分析，首先探究影響平交道事故處理時間的相關因子，再經由迴歸分析方法，判斷各影響因子的顯著性，最後推估出平交道事故的列車處理時間，來做為後續實施運轉整理及旅運公告的參考依據。

<sup>3</sup> 資料查詢時間：107 年 3 月 31 日。

## 二、文獻回顧

### 2.1 平交道定義與平交道事故

平交道依據交通部統計名詞定義<sup>4</sup>稱為：「鐵路與公路交叉路段為維護列車安全通過而設置之設備。」另參閱鐵路法第 14 條：「鐵路與道路相交處，應視通過交通量之多寡，設置立體交叉或平交道。」由此可知，平交道是位於鐵路與公路相交之處所，其目的係在保護列車安全通過，避免列車與公路車輛發生碰撞之設備。而其設置之規範及種類，交通部另有頒訂「鐵路立體交叉及平交道防護設施設置標準與費用分擔規則」規範，其中第 14 條即在規範平交道之種類，分別說明如下：

1. **第一種鐵路平交道**：設遮斷器及警報裝置，並應晝夜派看柵工駐守。
2. **第二種鐵路平交道**：設遮斷器及警報裝置，並應每日在規定時間內派看柵工駐守，或僅於列車通過時以人工操作，其駐守或操作時間應視行車業務情形，由鐵路機構規定之，但特殊情形或軌距未達 1,067 公尺者得免設遮斷器。
3. **第三種鐵路平交道**：設自動警報裝置及自動遮斷器，不派看柵工駐守。但軌距未達 1,067 公尺者得免設遮斷器，必要時得臨時派工防護。
4. **第四種鐵路平交道**：僅設平交道警告標誌，不派看柵工駐守。但因特殊情事，得臨時派工防護，除專用鐵路外，不得作為公私事業機構專用之平交道。

而在實務上，鐵路機構因營運或作業上需要，另有合於規範的平交道種類別，以臺鐵局為例，其規範之平交道種類計有 8 種，現行存有之平交道種類別計有 6 種共 435 處（如表 2），分別說明如下：

---

<sup>4</sup> 交通部首頁/交通統計/交通統計名詞定義，資料查詢時間：107 年 3 月 31 日，網站：  
<https://www.motc.gov.tw/ch/home.jsp?id=61&parentpath=0%2C6&mcustomize=statistics102.jsp>

表 2 臺鐵局平交道數量種類一覽表

線別 種別	西部 幹線	東部 幹線	南迴線	一般 支線	特種 支線	港區 支線	總計
第一種	2	2				2	6
第二種		1					1
第三種(甲)	214	100	12	38		17	381
半封式	23	1		4			28
手動控制					2	9	118
專用	5					3	435
總計	244	104	12	42	2	31	435

資料來源：臺灣鐵路管理局，2018：1

1. **第一種平交道**：同上述部頒規定的第一種鐵路平交道。(目前西部幹線有 2 處；東部幹線 2 處；港區支線 2 處，共計 6 處)
2. **第二種平交道**：同上述部頒規定之第二種鐵路平交道，每日在規定時間內派看柵工駐守。(目前僅存宜蘭線蘇澳站至蘇澳港區間的中正路平交道 1 處)
3. **第三種甲平交道**：同上述部頒規定的第三種鐵路平交道。(目前西部幹線有 214 處；東部幹線 100 處；南迴線 12 處；一般支線 38 處；港區支線 17 處，共計 381 處)
4. **第三種乙平交道**：設平交道警告標誌外，並裝有自動警報裝置，但無自動遮斷器。(臺鐵局已將三乙平交道全數提升為三甲平交道，現已無此類平交道存在)
5. **第四種平交道**：同上述部頒規定之第四種鐵路平交道。(臺鐵局目前已無此類平交道)
6. **半封式平交道**：設置標準同第三種甲平交道，僅留開口 1.5 公尺寬供行人及機踏車通行。(目前西部幹線有 23 處；東部幹線 1 處；一般支線 4 處，共計 28 處)
7. **人工控制平交道**：同上述部頒規定之第二種鐵路平交道，僅於列車通過時以人工操作。(目前特種軍用支線有 2 處；港區支線 9 處，共計 11 處)
8. **專用平交道**：專供特定廠商、公司或行號使用的平交道，其看柵工及設備由

廠商自行提供。(目前西部幹線有 5 處-管理單位有東生公司、唐榮公司、臺鹽公司、永豐餘紙廠、臺中工務段；港區支線 3 處-管理單位有高雄市政府、花蓮港務分公司，共計 8 處)

而有關鐵路平交道事故定義，在鐵路行車規則第 122-2 條第 1 項明定：「列車或車輛於平交道與道路車輛或行人發生衝撞或碰撞」，此事故類別是交通部於民國 101 年 1 月 3 日以交路（一）字第 1000012626 號令所增訂，而在 101 年以前雖有平交道事故發生的事實，然在事故種類上，卻分屬於列車障礙或人員死傷事故。

自 101 年開始，鐵路行車規則將鐵路行車事故區分為三大類別，分別為重大行車事故、一般行車事故、鐵路行車異常事件，其中平交道事故屬於一般行車事故下的類別，但又因事故造成人員死傷結果的不同，造成分類上的差異。交通部於 106 年 12 月 29 日參照各鐵路營運單位之實務，認為重大死傷事故多係由民眾違法入侵鐵路平交道及站間路權範圍遭列車撞擊所致，再次修正鐵路行車規則，將死傷事故重新進行規範，因此本研究將對所有發生於平交道上的事故進行篩選，凡是造成列車停留在平交道現場處理之事故，不論造成的傷亡結果，均列為本研究的統計分析項目（如圖 1）。

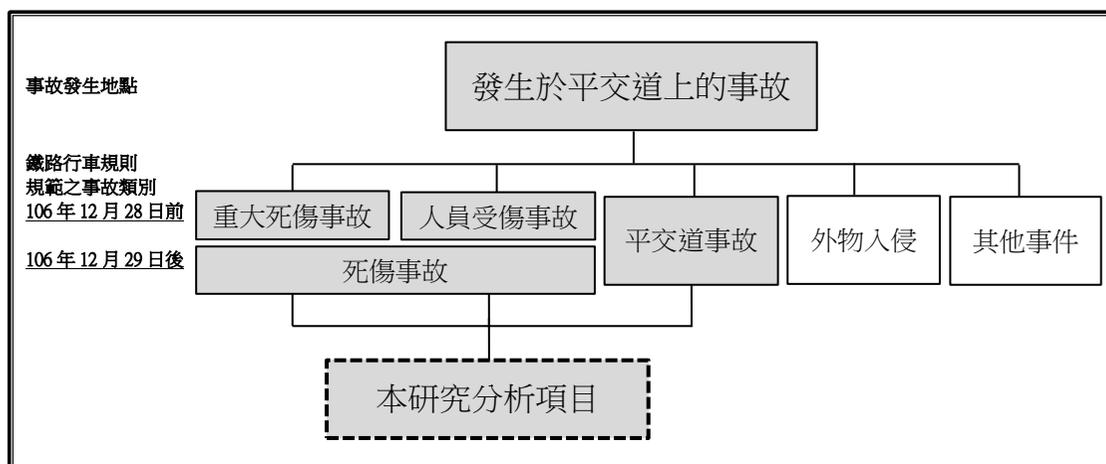


圖 1 本研究分析項目

## 2.2 鐵路平交道事故研究相關文獻

平交道事故涉及因素不外乎人、車、路三種類，這三項因素存有互動關係，單一因素失效不一定會產生平交道事故，事故發生多半是公路車輛或行人因故在平交道進行管制時滯留於平交道內方，在缺乏通報管道或是通報不及的情形下，火車司機又因為視距關係無法於有效停車距離外憑自身視覺查明平交道異狀，最後導致列車撞上平交道內方的公路車輛或是行人（黃維崧，2006：18）。也就是說平交道事故的發生，不是由鐵路營運單位主動造成，而係由外部的人或車輛侵入管制範圍所造成。

平交道對鐵路運輸來說是一個風險極大的瓶頸，駱思斌（2002）在鐵路事故嚴重程度之研究一文中以卜瓦松迴歸模式，探討影響行車事故的相關因子，迴歸結果發現平交道的自變數呈現顯著，意即發生在平交道上的行車事故影響嚴重程度，明顯高於發生在非平交道上的行車事故。原因在於平交道上事故多是列車與車輛或行人發生碰撞，需停車處理等待受損車輛或將屍體移開，並檢查軌道後才得以繼續行駛，在事故處理所花費時間及影響層度較為嚴重。

林杜寰等（2014）統計臺鐵局歷年來 398 筆平交道事故記錄，而這些平交道事故總計影響 2,692 趟次列車，一共造成列車延誤 67,111 分鐘，平均每次的交道事故影響了 6.76 次列車，也使每趟列車平均延誤 24.93 分鐘，而每發生一次平交道事故就造成了線上列車共 168.62 分鐘的延誤。林治平（2015）根據臺鐵局資料，統計平交道事故的死亡率，統計結果發現平交道事故的平均死亡率約為 37%，所造成之總列車延誤則達 320 分鐘之久。

以上有關平交道事故相關研究中，多是以統計方法來探討事故發生主要原因，來提供營運者、公務部門就該事故較顯著的發生因子進行相對應改善，或是從各種改善手段如人員執法、增加輔助系統來分析事故率下降程度，這些研究貢獻多是在於降低平交道事故的發生，鮮少探究平交道事故發生後，相關後續處理應變以及列車延誤的過程與改善。本研究試從歷史資料著手，透過各種資料變數，來推估平交道事故的處理時間，以作為調度員、車站第一線人員即時應變處置的參考依據。

### 三、歷史平交道事故統計

依據臺鐵局行車事故統計資料，自民國 100 年至 106 年間，全線共發生了 180 起平交道事故，惟因部分平交道事故，又有屬外物入侵（如車輛撞倒限高門、機踏車騎士滑倒於平交道上、車輛於停交道上熄火）、其他事件（如平交道偵測設備故障、施工不慎）等，此類沒有和列車發生撞擊之事故，雖然發生在平交道上造成列車延誤，但不會造成列車損壞、路線損壞、人員傷亡等後續影響，非屬本研究之範圍，故需予以排除。

此外，有部分事故屬列車通過平交道時，因公路車輛剎車操作不當，闖入平交道撞擊列車側方，因司機員無法察覺列車側邊被撞擊，故未停車處理，有關此類列車未停的平交道事故，因無法分析事故後的影響處理時間要素，因此亦不在本研究統計分析範圍。而民國 101 年 1 月 17 日上午，發生於埔心站南邊幸福水泥三甲平交道的行車事故，該事故造成列車車頭全毀、部分車廂出軌、路線鋼軌斷損，並造成 1 人死亡、22 人輕重傷，現場經搶修至翌日（18 日）才將路線搶通，此類需搶修至翌日才能恢復路線的行車事故，並有多趟次列車停駛，在列車調度上已無運轉整理之必要，因此將其排除於統計樣本中。

綜上所述，本研究整理臺鐵局民國 100 年至 106 年間所發生的平交道事故樣本，限縮於發生在平交道上，且列車與行人、車輛間有碰撞或衝撞之行車事故，並且造成列車停下進行事故處理，而事故的處理時間未影響至翌日正常營運，總計有 142 筆事故樣本（如表 3）。本研究將針對事故樣本進行迴歸分析，篩選出影響事故處理時間的關鍵因子，產出迴歸方程式，得到不同情境下的平交道事故處理時間。

表 3 本研究篩選樣本數【詳參附錄】

年度	平交道上之事故(件)	採用樣本(件)
100	26	25
101	30	21
102	26	18
103	27	21
104	28	23
105	20	19
106	23	15
總計	180	142

資料來源：本研究整理

## 四、事故處理時間推估模式

本研究欲探討平交道事故發生後，事故處理時間與事故發生後各種因子的影響程度，以下分別就資料庫的設計方式與後續統計分析方式進行說明：

### 4.1 自變數選取

參閱交通部公告的「鐵路行車事故報告書」<sup>5</sup>內容，在第七項事故影響情形中，包括人員傷亡情形、設備受損情形、運轉影響情形等三項目，而此三項目亦是發生事故後，影響列車停留處理時間的關鍵因素。此外，平交道事故發生後，其管轄權屬於鐵路警察，但鐵路警察分駐所並非像地方派出所一般普及，因此本研究亦將平交道事故地點與路警分駐之距離列為統計分析指標之一。綜上所述，本研究將平交道事故發生後的影響變數整理為以下五項：

- 1.列車損傷：**行車事故如造成列車損傷，輕則僅有列車外觀的損傷，對於後續行車較無太大影響；重則造成排障器損壞、軔管破裂、動力故障甚至發生車輛出軌等，這類情形無法由車上乘務員自行排除，必須由機務段另外派遣救援車輛、工具到場協助排除。有關此類無法由乘務員自行排除之損傷，本研究將其列入列車損傷項目。(列車損傷=1、無列車損傷=0)
- 2.路線損傷：**部分平交道事故會造成鐵路相關設備損傷，如遮斷桿斷裂、障礙物偵測系統損壞等，而這類的設備損傷並不會造成列車行駛之障礙。如事故造成的設備損傷是鋼軌斷裂、電力設備受損等，都將直接影響到後續列車的行駛，亦須由工務單位、電務單位配合前往搶修。而此類需人員協助搶修的事故結果，本研究將其列入路線損傷項目。(路線損傷=1、無路線損傷=0)
- 3.人員死亡：**平交道事故發生後，如造成人員之死亡，是影響事故處理時間的

---

<sup>5</sup> 交通部依據鐵路行車規則第 122-8 條第 1 項規定，於民國 101 年 1 月 19 日頒定行車事故事件通報表、行車事故報告書、行車事故事件月報表之內容、格式及填寫說明。有關行車事故報告書標題項目摘要如下：一、發生時間。二、天候。三、發生地點。四、事故種類。五、事故摘要。六、處置過程。七、事故影響情形(一)人員傷亡情形(二)設備受損情形(三)運轉影響情形。八、原因分析。九、檢討改進事項。十、附件(一)事故地點路線軌道配置圖(二)事故現場照片。

一項重要關鍵因素，當有人員死亡，即進入刑事訴訟法第 218 條規定的相驗程序，縱然在路線清理完畢後，沒有檢警單位的同意，列車仍須停留在事故現場等候放行<sup>6</sup>。本研究就此項目將人員死亡做為變數項目之一。(人員死亡=1、無人員死亡=0)

**4.人員受傷：**部分平交道事故僅造成人員受傷，在此情況下均由救護車儘速將傷者送往鄰近醫院救治，不涉及相驗程序，僅由鐵路警察進行必要之採證後，事故列車即可開車。本研究將事故後人員受傷的情形，列為統計分析項目之一。(人員受傷=1、無人員受傷=0)

**5.路警駐所距離：**本研究範圍內的平交道事故均涉及列車與車輛、行人發生碰撞，都有待鐵路警察到場調查與蒐證，因此路警分駐所位置與事故平交道距離值得列入研究範圍。目前鐵路警察局共有 4 個分局，計 35 個分駐（派出）所<sup>7</sup>，本研究將其所在地點以臺鐵里程數表示之（如表 4），以進行路警駐所距離換算依據。(路警駐所距離=駐所位置-平交道位置)

表 4 鐵路警察局轄區各分駐所里程

分局	所名	臺鐵里程數	備註
臺北分局	福隆所	八堵起點 K32+007	
	瑞芳所	八堵起點 K8+937	
	七堵所	基隆起點 K5+975	
	南港所	基隆起點 K19+78	105 年 9 月 20 日成立
	松山所	基隆起點 K21+936	
	臺北所	基隆起點 K28+294	
	板橋所	基隆起點 K35+514	
	樹林所	基隆起點 K40+922	
	桃園所	基隆起點 K57+392	
	中壢所	基隆起點 K67+281	
	新竹所	基隆起點 K106+411	

<sup>6</sup> 有關鐵路死傷事故，法務部亦曾多次發函（96 年 4 月 16 日法檢字第 0960800996 號函、103 年 12 月 3 日法檢法字第 10300229760 號函）給檢警單位，如事故該管檢察官認顯無犯罪嫌疑亦且不妨礙相驗處理者，應准列車先予放行，以減少列車滯留事故現場，影響旅客行程。

<sup>7</sup> 資料查詢時間：107 年 3 月 31 日。

臺中分局	竹南所	基隆起點 K125+357	山線管轄至 K128+200
	苗栗所	基隆起點 K140+567	
	豐原所	基隆起點 K179+075	
	臺中所	基隆起點 K193+253	海線管轄至 K221+205
	新烏日所	基隆起點 K201+271	(專責高鐵轄區)
	大甲所	基隆起點 K179+405	
	彰化所	基隆起點 K215+598(海)	基隆起點 K210+877(山)
	員林所	基隆起點 K230+336	含集集線+K17+263
	斗六所	基隆起點 K265+290	
高雄分局	嘉義所	基隆起點 K296+539	
	新營所	基隆起點 K319+385	
	太保所	-	(專責高鐵轄區)
	臺南所	基隆起點 K357+946	
	左營所	基隆起點 K395+996	(專責高鐵轄區)
	高雄所	前鎮起點 K3+673	基隆起點 K404+562
	屏東所	前鎮起點 K24+649	
	枋寮所	前鎮起點 K64+996	枋寮起點 K0+000
花蓮分局	宜蘭所	八堵起點 K71+260	
	羅東所	八堵起點 K80+120	
	和平所	蘇新起點 K39+901	
	花蓮所	蘇新起點 K79+454	花蓮起點 K0+000
	玉里所	花蓮起點 K83+125	
	臺東所	花蓮起點 K150+876	臺東起點 K0+000
	知本所	枋寮起點 K86+541	

資料來源：本研究整理

綜上，本研究將臺鐵局民國 100 年至 106 年間，所有發生於平交道上之行車事故計 180 筆樣本，輸入 Excel 成為原始資料，再從中篩選出符合本研究分析範圍之事故，總計有 142 筆樣本。最後，將事故樣本之相關條件轉換為自變數數值（如圖 2），以進行後續統計分析。

	A	B	C	D	E	F	G
1	事故編號	列車損傷	路線損傷	死亡人數	受傷人數	路警駐所距離	停留時間
2	0113-2	0	0	0	1	1.296	18
3	0117-1	1	0	1	0	0.319	65
4	0313-3	0	0	1	0	5.239	42
5	0322-3	0	0	1	0	20.315	70
6	0324-1	0	0	0	1	7.106	47
7	0407-3	0	0	1	0	3.514	40
8	0409-2	0	0	1	0	11.549	77
9	0413-1	1	0	1	0	17.561	110
10	0614-4	0	0	1	0	3.211	49
11	0703-4	0	0	1	0	2.786	45
12	0706-2	0	0	1	0	15.621	37
13	0712-4	1	1	1	0	5.759	220
14	0729-2	0	0	1	0	13.84	35

圖 2 平交道事故自變數值轉換結果

## 4.2 統計分析方式

有關複迴歸分析之目的在於探討多個自變數（或稱獨立變數）與一個依變數（或稱應變數）之間的關係。本研究進行統計分析主要是在探討事故發生後，各因素對事故處理時間的影響，因此適合使用複迴歸分析，有關複迴歸分析之模式為：

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \cdots + \beta_p X_{pi} + \varepsilon_i, \dots (1)$$

其中  $i = 1, 2, \dots, n$

在觀察樣本數方面，如樣本數相對較少時，會造成部分自變數對依變數的影響顯著，進而造成迴歸式的不穩定，陳順宇（2009）則建議，該觀察個數至少應為變數個數的 10 倍以上，本研究的觀察個數經篩選後計有 142 筆，變數個數為 5 筆，可避免迴歸式估計不穩定的情形。

## 4.3 平交道事故影響時間模式推估

本研究採用 Excel 為統計分析軟體，進行臺鐵局 100 年至 106 年平交道事故之複迴歸分析（如圖 3），Y 項為歷次平交道事故處理時間，X 項為事故後列車損傷、路線損傷、人員死亡、人員受傷與路警駐所距離。

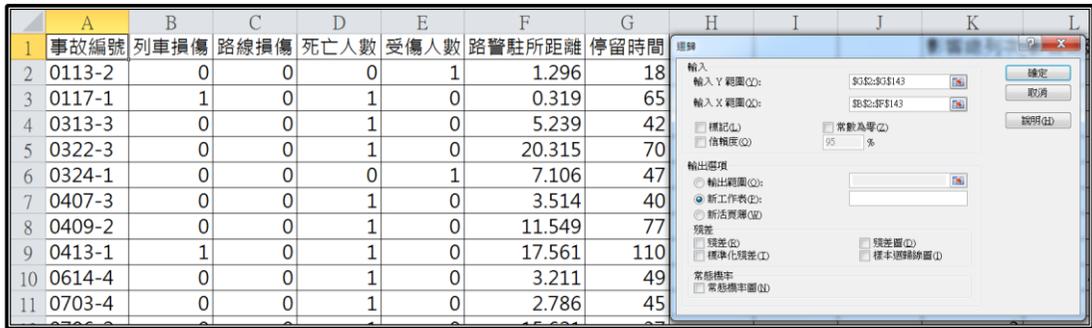


圖 3：Excel 進行迴歸分析

### 4.3.1 原始資料分析

經計算結果摘要輸出（如表 5）說明如下：

表 5 原始資料摘要輸出

摘要輸出						
<b>迴歸統計</b>						
R 的倍數	0.8195					
R 平方	0.6716					
調整的 R	0.6596					
標準誤	24.409					
觀察值個數	142					
<b>ANOVA</b>						
	自由度	SS	MS	F	顯著值	
迴歸	5	165733	33147	55.635	3E-31	
殘差	136	81026	595.78			
總和	141	246759				

	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	27.723	4.3581	6.3612	3E-09	19.104	36.341
X 變數 1	28.283	6.3789	4.4339	<b>2E-05</b>	15.669	40.898
X 變數 2	77.083	8.9337	8.6283	<b>1E-14</b>	59.416	94.75
X 變數 3	24.756	4.3844	5.6464	<b>9E-08</b>	16.086	33.427
X 變數 4	1.0927	1.6749	0.6524	0.5153	-2.22	4.405
X 變數 5	0.741	0.2428	3.0523	<b>0.0027</b>	0.2609	1.2211

資料來源：本研究整理

#### 1. 決定係數(Coefficient of determination, $R^2$ )

$R^2$ 的定義代表迴歸模式之變異值與所有 $y_i$ 變異量之比例， $R^2$ 越大，代表迴歸模式能夠解釋全體 $y_i$ 變異量的比例越大，代表此模式越有解釋能力（魏夢麗等，1999）。原始資料經迴歸統計結果，決定係數 $R^2$ 值為 0.6716，代表列車停留時間約 67.16%受到本研究選取的五項自變數變異影響。

#### 2. 迴歸式

$$y = 27.723 + 28.283x_1 + 77.083x_2 + 24.756x_3 + 1.0927x_4 + 0.741x_5$$

(6.3612) (4.4339) (8.6283) (5.6464) (0.6524) (3.0523)

$$R^2=0.6716$$

其中  $y$  = 事故處理時間  $x_1$  = 列車損傷  $x_2$  = 路線損傷

$x_3$  = 人員死亡  $x_4$  = 人員受傷  $x_5$  = 路警駐所距離

### 3. 參數估計表 P 值

另觀察參數估計表 P 值，本研究以通過 95% 信賴水準為標準下，自變數  $x_4$  為不顯著，代表平交道事故發生後，如果造成人員受傷對於事故處理時間不具有預測能力。因此以下將  $x_4$  變數移除後，再繼續進行複迴歸分析，進一步求得更精確的迴歸式。

而實務上在發生平交道事故後，如造成人員受傷情形，均由現場乘務人員通知最近車站聯繫救護單位，不論鐵路警察是否抵達現場，傷者救出後均立即送往醫院救治，以求傷者搶救時效，也不會有後續相驗問題，因此平交道事故造成人員受傷情形，對於事故處理時間的影響不具有預測能力，可將此自變數從迴歸分析中篩選出，繼續進行其餘自變數分析，以求得更精確的迴歸式。

#### 4.3.2 篩選資料分析

先將受傷人數的自變數篩選後，其餘 4 個自變數再次進行迴歸分析（如圖 4），以求取對事故處理時間有解釋能力的自變數係數，經計算結果的摘要輸出（如表 6）說明如下：

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	事故編號	列車損傷	路線損傷	死亡人數	路警駐所距離	停留時間	回歸			
2	0113-2	0	0	0	1.296	18	輸入 Y 範圍 (Y): \$B\$2:\$E\$143			
3	0117-1	1	0	1	0.319	65	輸入 X 範圍 (X): \$F\$2:\$F\$143			
4	0313-3	0	0	1	5.239	42	<input type="checkbox"/> 標記 (M) <input type="checkbox"/> 常數為零 (N) 95 % <input type="checkbox"/> 係數 (O)			
5	0322-3	0	0	1	20.315	70	輸出選項			
6	0324-1	0	0	0	7.106	47	<input checked="" type="radio"/> 輸出範圍 (P) <input checked="" type="radio"/> 新工作表 (Q) <input type="radio"/> 新活頁簿 (R)			
7	0407-3	0	0	1	3.514	40	<input type="checkbox"/> 殘差 (S) <input type="checkbox"/> 殘差圖 (T) <input type="checkbox"/> 標準化殘差 (U) <input type="checkbox"/> 標準迴歸線圖 (V)			
8	0409-2	0	0	1	11.549	77	常態機率			
9	0413-1	1	0	1	17.561	110	常態機率函數 (W)			
10	0614-4	0	0	1	3.211	40				

圖 4 Excel 進行篩選資料迴歸分析

表 6 篩選資料摘要輸出

摘要輸出						
迴歸統計						
R 的倍數	0.8189					
R 平方	0.6706					
調製的 R	0.661					
標準誤	24.357					
觀察值個數	142					
ANOVA						
	自由度	SS	MS	F	顯著值	
迴歸	4	165479	41370	69.730	4E-32	
殘差	137	81280	593.28			
總和	141	246759				

	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	28.307	4.2561	6.651	6E-10	19.891	36.723
X 變數 1	28.4	6.3631	4.4633	2E-05	15.827	40.982
X 變數 2	78.007	8.8023	8.8621	4E-15	60.601	95.413
X 變數 3	24.023	4.2291	5.6804	8E-08	15.66	32.386
X 變數 4	0.7458	0.2422	3.0799	0.0025	0.267	1.2247

資料來源：本研究整理

### 1. 決定係數(Coefficient of determination, $R^2$ )

經計算結果，決定係數 $R^2$ 值為 0.6706，代表事故處理時間約 67.06%受到本研究選取的四項自變數變異影響。

### 2. 迴歸式

$$y = 28.307 + 28.4x_1 + 78.007x_2 + 24.023x_3 + 0.7458x_4$$

(6.651)   (4.4633)   (8.8621)   (5.6804)   (3.0799)

$$R^2=0.6706$$

其中  $y$  = 事故處理時間    $x_1$  = 列車損傷    $x_2$  = 路線損傷  
 $x_3$  = 人員死亡    $x_4$  = 路警駐所距離

### 3. 參數估計表 P 值

觀察篩選資料的參數估計表 P 值，在以通過 95%信賴水準為標準下，四項自變數均為顯著，代表平交道事故發生後，這些自變數都可做為解釋列車停留時間的預測值。

#### 4.3.3 交互作用項分析

經由上述篩選後的資料進行迴歸分析，可以得到 $y = 28.307 + 28.4x_1 +$



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	事故編號	列車損傷	路線損傷	死亡人數	路警駐所距離	車損+死亡	車損+路損+死亡	停留時間					
2	0113-2	0	0	0	1.296	0	0	18					
3	0117-1	1	0	1	0.319	1	0	65					
4	0313-3	0	0	1	5.239	0	0	42					
5	0322-3	0	0	1	20.315	0	0	70					
6	0324-1	0	0	0	7.106	0	0	47					
7	0407-3	0	0	1	3.514	0	0	40					
8	0409-2	0	0	1	11.549	0	0	77					
9	0413-1	1	0	1	17.561	1	0	110					
10	0614-4	0	0	1	3.211	0	0	49					
11	0703-4	0	0	1	2.786	0	0	45					
12	0706-2	0	0	1	15.621	0	0	37					
13	0712-4	1	1	1	5.759	1	1	220					

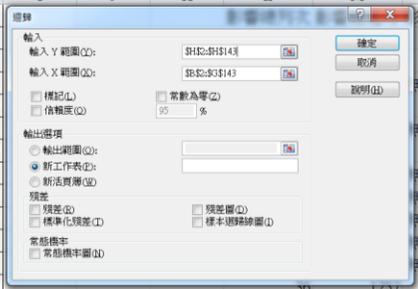


圖 5 Excel 進行交互作用迴歸分析

表 8 交互作用資料摘要輸出

摘要輸出					
迴歸統計					
R 的倍數	0.8198				
R 平方	0.6721				
調整的 R	0.6575				
標準誤	24.481				
觀察值個數	142				
ANOVA					
	自由度	SS	MS	F	顯著值
迴歸	6	165849	27641	46.12	2E-30
殘差	135	80911	599.34		
總和	141	246759			

	係數	標準誤	t 統計	P-值	下限 95%	上限 95%
截距	28.532	4.5145	6.3201	4E-09	19.604	37.46
X 變數 1	23.264	10.006	2.3251	<b>0.0216</b>	3.4758	43.052
X 變數 2	85.762	13.679	6.2697	<b>5E-09</b>	58.079	112.81
X 變數 3	23.472	4.816	4.8736	<b>3E-06</b>	13.947	32.996
X 變數 4	0.7588	0.2442	3.1072	<b>0.0023</b>	0.2758	1.2417
X 變數 5	8.6629	12.981	0.6674	0.5057	-17.01	34.335
X 變數 6	-13.29	17.954	-0.74	0.4604	-48.8	22.216

資料來源：本研究整理

### 1. 決定係數(Coefficient of determination, $R^2$ )

經計算結果，決定係數 $R^2$ 值為 0.6721，代表事故處理時間約 67.21% 受到交互作用六項自變數變異影響，決定係數較前面原始資料與篩選資料提升。

### 2. 迴歸式

$$y = 28.532 + 23.264x_1 + 85.762x_2 + 23.472x_3$$

$$+ 0.7588x_4 + 8.6629x_1x_3 - 13.29x_1x_2x_3$$

$$R^2=0.6721$$

其中  $y$  = 事故處理時間  $x_1$  = 列車損傷  $x_2$  = 路線損傷  
 $x_3$  = 人員死亡  $x_4$  = 路警駐所距離  
 $x_1x_3$  = 列車損傷 + 死亡  $x_1x_2x_3$  = 車損 + 路損 + 死亡

### 3. 參數估計表 P 值

觀察篩選資料的參數估計表 P 值，在以通過 95% 信賴水準為標準下，六項自變數僅有  $x_1 \sim x_4$  項到達顯著，其餘交互作用的自變數值未達 95% 信賴水準，代表平交道事故發生後，各事故因子產生的交互作用無法對事故處理時間做解釋，也代表平交道事故迴歸分析的結果，為篩選資料中四個變數對平交道事故處理時間產生個別影響。

#### 4.3.4 小結

本章對臺鐵局民國 100 年至 106 年計 142 筆平交道事故樣本進行迴歸分析，結果發現列車損傷、路線損傷、人員死亡與路警駐所距離等四個自變數，對於事故處理時間影響最顯著，但其相互間並無交互作用的影響，而迴歸分析所得的迴歸式為： $y = 28.307 + 28.4x_1 + 78.007x_2 + 24.023x_3 + 0.7458x_4$ ，可以整理如下表（表 9）：

表 9 平交道事故處理時間判斷

發生平交道事故	列車基本停留時間 28 分鐘	
事故影響	無	有
列車損傷	不影響	增延 28 分鐘
路線損傷	不影響	增延 78 分鐘
人員死亡	不影響	增延 24 分鐘
路警駐所距離	每公里增延 0.7 分鐘	

資料來源：本研究整理

## 五、結論與建議

臺鐵局的營運路線雖然具有專用路權，但相較於高鐵與捷運在正線營運路線上屬絕對專用路權，沒有與公路交會之平交道，因此相較於高鐵、捷運等軌道運輸，平交道事故處理是臺鐵局必須慎重面對的一大課題。以往平交道事故發生後多著重於排除及救援工作，列車運行總是處於被動之型態，應試著將此被動轉換為其他機會，以提升事故緊急應變的效率。

本研究透過臺鐵局歷史平交道事故的迴歸分析結果，可以快速在平交道事故發生後，經由事故造成的影響情形，來概估事故列車的處理延誤時間，使調度員得以透過此資訊進行後續的特開、接駁、編組折返等運轉整理作業；現場人員更可透過此資訊了解事故延遲情形，並透過旅運資訊系統告知車站、列車上之旅客事故排除及延遲的預估時間，減少旅客在資訊不明確下的焦躁感。

此外，本研究透過迴歸分析來計算平交道事故的處理時程，對於調度員及第一線人員，可以推估事故處理的概略時程，對於旅運服務上亦具有相當大的效益。有鑑於大數據在各產業的應用更加蓬勃發展，相信臺鐵局妥以善加運用，對於未來的營運服務，更能提升效益與競爭力。

## 參考文獻

1. 林杜寰、孫千山、鍾志成、李治綱、張開國、吳熙仁 (2014)，「臺鐵平交道風險處理-以裝設障礙物偵測器為例」，運輸計劃季刊，第四十三卷第一期，頁 63-88。
2. 林治平 (2015)，鐵路平交道交通事件因子與改善對策之研究，國立成功大學交通管理科學系博士論文。
3. 陳順宇 (2009)，迴歸分析 SPSS。STATISTICA 軟體操作，四版，臺北：三民書局。
4. 黃維崧 (2006)，影響臺鐵平交道事故因素之研究，國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。
5. 楊世瑩 (2016)，Excel 2016 統計分析實務--市場調查與資料分析，初版，臺

北：碁峰資訊。

6. 臺灣鐵路管理局 (2018)，平交道名稱、里程、種別數量統計表，臺北：自版。
7. 駱思斌 (2002)，鐵路事故嚴重程度之研究，國立成功大學交通管理科學系研究所碩士論文。
8. 魏夢麗、呂秀英 (1999)，「決定係數在迴歸分析中的解釋及正確使用」，科學農業，第四十七卷第十一、十二期，頁 341-345。
9. Hansen, I. A. and Pachl, J. (2008), Railway timetable and traffic : Analysis, modelling and simulation, Hamburg: Eurailpress.
10. Haris, M. (2006), Analysis and modelling of train delay data, MSc Thesis, The University of York.
11. Wang, Y. (2014), Optimal Trajectory Planning and Train Scheduling for Railway Systems, Netherlands: TRAIL Thesis Series.

【附錄】本研究採用之平交道事故樣本

事故編號	事故地點 (平交道名稱/種類)	事故 里程數	列車 損傷	路線 損傷	死亡 人數	受傷 人數	路警 管轄	路警距 離(km)	停留時 間(min)
100 年樣本計 25 件									
0113-2	屏東~九曲堂(大豐路三甲)	K23+353	無	無	0	1	屏東所	1.296	18
0117-1	後壁~新營(東山路三甲)	K319+066	有	無	1	0	新營所	0.319	65
0313-3	桃園~內壢(永豐路三甲)	K62+042	無	無	1	0	中壢所	5.239	42
0322-3	大肚~龍井(茄投路三甲)	K200+890	無	無	1	0	台中所	20.315	70
0324-1	礁溪~四城(大義路三甲)	K64+154	無	無	0	1	宜蘭所	7.106	47
0407-3	內壢~中壢(內壢南三甲)	K63+767	無	無	1	0	中壢所	3.514	40
0409-2	銅鑼~三義(樟樹村三甲)	K152+116	無	無	1	0	苗栗所	11.549	77
0413-1	斗南~大林(橋頭三甲)	K278+978	有	無	1	0	嘉義所	17.561	110
0614-4	新左營~高雄(華安街三甲)	K401+351	無	無	1	0	高雄所	3.211	49
0703-4	潭子~臺中(興進路三甲)	K190+467	無	無	1	0	台中所	2.786	45
0706-2	潮州~南州(五福路三甲)	K40+270	無	無	1	0	屏東所	15.621	37
0712-4	桃園~內壢(興仁路三甲)	K63+151	有	有	1	0	桃園所	5.759	220
0729-2	田中~二水(員集路(二)三甲)	K244+176	無	無	1	0	員林所	13.84	35
0806-1	新烏日~成功(永豐餘紙廠專用)	K203+585	有	無	1	0	台中所	10.332	76
0820-2	樹林~板橋(俊英街三甲)	K39+699	無	無	1	0	樹林所	1.223	27
0825-1	新竹~香山(客雅三甲)	K107+034	無	無	1	0	新竹所	0.623	59

0921-3	臺南~永康(實踐路三甲)	K355+974	無	無	1	0	台南所	1.972	46
1004-3	光復~富源(大全村(一)三甲)	K44+536	無	無	1	0	玉里所	38.589	89
1006-2	臺中~潭子(十甲路三甲)	K191+685	無	無	1	0	台中所	1.568	49
1010-1	香山~新竹(頂埔三甲)	K108+933	無	無	1	0	新竹所	2.522	69
1029-5	新市~永康(車行三甲)	K349+008	無	無	1	0	台南所	8.938	77
1120-1	後龍~白沙屯(過港三甲)	K151+004	無	無	1	0	竹南所	25.647	62
1204-3	潭子~豐原(陽明街三甲)	K179+862	無	無	1	0	豐原所	0.787	46
1218-7	新左營~高雄(華安街三甲)	K401+351	有	有	0	1	高雄所	3.211	138
1228-2	三義~銅鑼(樟樹村三甲)	K152+116	有	有	1	0	苗栗所	11.549	142
101 年樣本計 21 件									
0119-2	山佳~鶯歌(東鶯里三甲)	K48+790	無	無	1	0	樹林所	7.868	56
0129-2	柳營~林鳳營(柳營南方三甲)	K323+318	無	無	0	1	新營所	3.933	59
0214-3	大林~民雄(寮頂社區三甲)	K285+694	無	無	1	0	嘉義所	10.890	51
0226-7	高雄~鳳山(正義路三甲)	K7+757	無	無	1	0	高雄所	4.084	30
0229-2	高雄~新左營(明誠路三甲)	K399+576	無	無	1	0	高雄所	4.986	49
0310-3	路竹~岡山(成功路三甲)	K381+694	有	無	1	0	高雄所	22.868	72
0420-4	潭子~臺中(圓通南路三甲)	K184+712	無	無	0	0	豐原所	5.637	23
0429-3	新竹~香山(美山三甲)	K112+665	有	無	1	0	新竹所	6.254	150
0508-1	日南~大甲(鐵砧山三甲)	K177+983	無	無	0	1	大甲所	1.422	18
0517-1	彰化~花壇(南美路三甲)	K218+121	有	無	1	0	彰化所	2.523	82

0519-1	楠梓~橋頭(球場路三甲)	K388+452	無	無	1	0	高雄所	16.110	61
0718-1	員林~永靖(惠菜街三甲)	K230+780	無	無	1	0	員林所	0.444	39
0724-1	路竹~大湖(中興路 179 巷三甲)	K374+893	有	無	1	0	高雄所	29.669	178
0731-2	員林~花壇(北勢路三甲)	K228+764	無	無	0	1	員林所	1.572	23
0805-2	民雄~大林(竹巷半封)	K286+375	無	無	0	0	嘉義所	10.164	53
0809-2	大林-民雄(寮頂社區三甲)	K285+694	無	無	1	0	嘉義所	10.845	50
0902-1	橋頭~楠梓(橋燕路三甲)	K387+155	無	無	0	0	高雄所	17.407	63
1004-2	彰化~追分(泰和路三甲)	K212+631	無	無	1	0	彰化所	2.967	47
1105-1	善化~新市(民族路三甲)	K344+949	有	無	0	1	台南所	12.997	115
1123-3	羅東~冬山(羅莊路三甲)	K80+669	無	無	0	1	羅東所	0.549	27
1217-2	湖口~富岡(德興路三甲)	K89+243	無	無	1	0	新竹所	17.168	143
102 年樣本計 18 件									
0207-3	田中~二水(伍伯路三甲)	K246+755	無	無	1	0	員林所	16.419	68
0309-1	斗南~大林(茄荖腳路三甲)	K276+445	無	無	1	0	斗六所	11.155	55
0312-3	隆田~林鳳營(二鎮路三甲)	K330+667	無	無	0	1	新營所	11.282	34
0325-1	四腳亭~瑞芳(瑞芳街三甲)	K8+583	無	無	1	0	瑞芳所	0.399	60
0420-4	大肚~龍井(茄投路三甲)	K200+890	無	無	0	1	台中所	20.315	33
0424-1	嘉義~南靖(水上村半封)	K303+636	無	無	1	0	嘉義所	7.097	48
0607-1	三民~玉里(榮民醫院三甲)	K83+256	無	無	1	0	玉里所	0.131	21
0616-1	臺中~新烏日(三民路三甲)	K195+279	無	無	1	0	台中所	2.026	75

0630-1	潭子~臺中(十甲路三甲)	K191+685	無	無	1	0	台中所	1.568	71
0709-1	臺南~保安(虎山路三甲)	K364+794	無	無	0	0	台南所	6.848	29
0814-1	員林~花壇(員林外環道三甲)	K228+900	有	有	1	0	員林所	1.436	130
0828-1	嘉義~南靖(粗溪村三甲)	K302+376	無	無	0	1	嘉義所	5.837	31
1108-1	新左營~楠梓(煉油廠前三甲)	K392+408	無	無	0	0	高雄所	12.154	36
1206-4	田中~社頭(雙義路三甲)	K238+631	有	有	1	0	員林所	8.295	196
1206-6	南靖~嘉義(粗溪村三甲)	K302+376	無	無	0	1	嘉義所	5.837	22
1215-5	埔心~楊梅(瑞塘里三甲)	K74+631	無	無	1	0	中壢所	7.35	51
1217-3	橫山~竹東(東林路三甲)	K16+813	無	無	0	1	新竹所	16.813	36
1219-2	板橋~樹林(俊英街三甲)	K39+699	無	無	1	0	樹林所	1.223	61
103 年樣本計 21 件									
0111-1	枋寮~佳冬(紅花路三甲)	K61+296	無	無	1	0	枋寮所	3.400	38
0113-3	臺中~潭子(圓通南路三甲)	K184+712	有	有	1	0	豐原所	5.637	95
0221-2	湖口~新豐(信勢村三甲)	K90+962	無	無	0	0	新竹所	15.449	12
0417-2	濁水~龍泉(大石巷三甲)	K15+550	無	無	0	0	員林所	32.813	42
0428-1	新營~林鳳營(義士路三甲)	K321+176	有	有	0	0	新營所	1.791	142
0520-1	高雄~鳳山(正義路三甲)	K7+757	無	無	1	0	高雄所	4.084	79
0521-1	桃園~鶯歌(鳳鳴里三甲)	K54+933	無	無	0	1	桃園所	2.459	38
0609-2	龍泉~集集(集鹿路三甲)	K19+889	無	無	0	0	員林所	37.152	63
0617-2	林內~二水(惠民村三甲)	K248+255	無	無	1	0	員林所	17.919	40

0714-3	彰化~花壇(花秀路三甲)	K221+899	有	無	0	1	彰化所	6.301	46
0724-2	高雄~新左營(華榮路三甲)	K398+382	無	無	0	0	高雄所	6.180	40
0801-3	潭子~臺中(圓通南路三甲)	K184+712	無	無	0	0	豐原所	5.637	40
0813-1	潭子~臺中(十甲路三甲)	K191+685	無	無	0	0	台中所	1.568	27
0814-3	四腳亭~八堵(暖暖街三甲)	K1+396	無	無	1	0	瑞芳所	7.541	58
0831-1	保安~臺南(榮譽路三甲)	K360+528	無	無	0	0	台南所	2.582	14
0927-4	保安~臺南(十三甲三甲)	K363+882	無	無	1	0	台南所	5.936	73
1003-1	苑裡~日南(房裡路三甲)	K167+453	無	無	1	0	大甲所	11.952	59
1030-1	瑞芳~猴硐(明燈路三甲)	K10+281	無	無	1	0	瑞芳所	1.344	41
1108-1	斗六~斗南(保長路三甲)	K266+472	無	無	0	1	斗六所	1.182	24
1116-1	潭子~臺中(圓通南路三甲)	K184+712	無	無	1	0	豐原所	5.637	60
1117-1	吉安~花蓮(中華路三甲)	K2+248	無	無	1	0	花蓮所	2.248	57
104 年樣本計 23 件									
0108-1	龍井~沙鹿(南勢坑三甲)	K196+600	無	無	1	0	大甲所	17.195	90
0112-2	礁溪~頂埔(頂埔路二段三甲)	K58+779	無	無	1	0	宜蘭所	12.481	51
0129-1	竹南~香山(南港街三甲)	K117+375	無	無	1	0	新竹所	10.964	61
0225-2	池上~海端(中西一路半封)	K113+667	無	無	0	0	台東所	37.209	16
0410-1	佳冬~林邊(佳豐路三甲)	K57+226	無	無	0	0	枋寮所	7.77	26
0415-2	台南~保安(榮譽路三甲)	K360+528	無	無	1	0	台南所	2.582	42
0503-4	屏東~六塊厝(建民路三甲)	K24+174	無	無	0	1	屏東所	0.475	20

0603-5	鳳山~高雄(正義路三甲)	K7+757	無	無	1	0	高雄所	4.084	49
0606-3	基隆~七堵(文安里三甲)	K0+926	無	無	1	0	七堵所	5.049	46
0626-3	南靖~嘉義(鵠溪路三甲)	K299+900	有	有	0	0	嘉義所	3.361	43
0721-1	高雄~鳳山(正義路三甲)	K7+757	無	無	0	1	高雄所	4.084	51
0824-1	斗南~大林(下莊三甲)	K277+426	無	無	1	0	斗六所	12.136	54
0828-1	新豐~湖口(信勢村三甲)	K90+962	無	無	1	0	新竹所	15.449	59
0828-3	善化~新市(民族路三甲)	K344+949	無	無	1	0	台南所	12.997	72
1014-1	民雄~嘉義(木材廠三甲)	K293+972	有	無	0	1	嘉義所	2.567	42
1026-2	高雄~新左營(美術館路三甲)	K400+537	有	有	1	0	高雄所	4.025	235
1106-3	林內~二水(惠民村三甲)	K248+255	有	有	0	15	員林所	17.919	162
1111-1	竹南~香山(鹽水三甲)	K116+622	無	無	0	0	新竹所	10.211	45
1113-1	富源~光復(大全村(一)三甲)	K44+536	有	無	0	0	玉里所	38.589	83
1205-2	新竹~香山(農會前三甲)	K108+261	無	無	1	0	新竹所	1.85	40
1216-2	潭子~豐原(祥和路三甲)	K182+162	無	無	0	0	豐原所	3.087	35
1218-1	斗南~斗六(後庄(二)三甲)	K268+090	無	無	0	0	斗六所	2.8	28
1230-3	二水~田中(員集路(二)三甲)	K244+176	無	無	0	0	員林所	13.84	45
105 年樣本計 19 件									
0115-1	成功~新烏日(成功東路三甲)	K202+012	無	無	1	0	台中所	8.759	112
0125-4	後壁~南靖(上茄苳三甲)	K308+845	無	無	0	0	嘉義所	12.306	57
0130-1	高雄~新左營(華榮路三甲)	K398+382	無	無	0	0	高雄所	6.180	34

0226-2	橋頭~楠梓(糖廠路三甲)	K387+499	有	無	1	0	高雄所	17.063	121
0304-1	竹南~香山(海山三甲)	K115+949	無	無	1	0	新竹所	9.538	60
0311-2	臺南~永康(四叉巷三甲)	K353+375	有	有	1	0	台南所	4.571	150
0313-2	楊梅~富岡(統一公司三甲)	K79+084	無	無	0	0	中壢所	11.803	23
0407-2	礁溪~四城(瑪璘路(二)三甲)	K67+161	無	無	0	0	宜蘭所	4.099	25
0428-2	台南~保安(十三甲三甲)	K363+882	有	有	0	0	台南所	5.936	196
0522-1	橋頭~楠梓(橋燕路三甲)	K387+155	有	有	0	0	高雄所	17.407	182
0616-2	嘉義~南靖(溪州三甲)	K305+462	無	無	0	0	嘉義所	8.923	32
0617-2	民雄~嘉義(森永廠前三甲)	K291+697	有	無	0	0	嘉義所	4.842	35
0630-1	新竹~香山(農會前三甲)	K108+261	無	無	1	0	新竹所	1.850	73
0715-1	二水~濁水(水門三甲)	K4+342	無	無	0	0	員林所	21.605	55
0722-3	濁水~龍泉(板崙山三甲)	K12+447	無	無	0	1	員林所	29.710	59
0827-2	員林~花壇(番花路三甲)	K222+809	有	無	0	0	彰化所	7.211	59
0830-1	橋頭~楠梓(球場路三甲)	K388+452	無	無	1	0	高雄所	16.110	76
0928-1	潮州~南州(社尾路三甲)	K46+280	有	無	0	2	屏東所	21.631	54
1029-1	鶯歌~桃園(尖山埔路三甲)	K50+780	無	無	1	0	桃園所	6.612	64
106 年樣本計 15 件									
0112-3	嘉義~民雄(頭橋三甲)	K291+130	有	無	1	0	嘉義所	5.409	60
0125-1	志學~壽豐(平和三甲)	K15+100	無	無	1	0	花蓮所	15.100	20
0201-1	新竹~香山(農會前三甲)	K108+261	無	無	0	1	新竹所	1.850	50

0228-2	高雄~新左營(華安街三甲)	K401+351	無	無	1	0	高雄所	3.211	49
0303-1	內壢~桃園(玉山街三甲)	K58+733	無	無	1	0	桃園所	1.341	93
0419-1	四城站(武暖路三甲)	K67+818	無	無	1	0	宜蘭所	3.442	92
0524-1	枋寮~佳冬(復興路三甲)	K57+971	無	無	1	0	枋寮所	7.025	74
0528-1	高雄~新左營(明誠路三甲)	K399+576	無	無	0	1	高雄所	4.986	53
0528-2	嘉義~南靖(鵝溪路三甲)	K299+900	無	無	1	0	嘉義所	3.361	71
0709-1	台南~保安(大同路三甲)	K359+197	有	無	1	0	台南所	1.251	76
0718-1	鶯歌~桃園(建國東路三甲)	K56+154	無	無	1	0	桃園所	1.238	37
0724-1	內壢~中壢(自立新村三甲)	K64+225	無	無	1	0	中壢站	3.056	52
0917-1	南靖~後壁(加田村三甲)	K308+517	有	有	1	0	新營所	10.868	58
0921-1	嘉義~民雄(頭橋三甲)	K291+130	無	無	1	0	嘉義所	5.409	35
1216-1	龍泉~濁水(大石巷三甲)	K15+550	無	無	0	0	員林所	32.813	60

本研究平交道事故樣本數總計 142 件

# 鐵路鋼筋混凝土橋梁耐久性探討

## A Research on Durability of Railway Steel Concrete Bridge

梁智信 Liang, Chih-Hsin<sup>(1)</sup>

朱我帆 Chu, Wo-Fan<sup>(2)</sup>

蔡旭彥 Tsai, Hsu-Yen<sup>(3)</sup>

莊豐瑜 Juang, Feng-Yu<sup>(4)</sup>

聯絡地址：臺中市烏日區光日路 225 號

Address : No.225, Guangri Rd., Wuri Dist., Taichung City 414, Taiwan

電話(Tel) : 04-23372480

電子信箱(E-mail) : 0453933@railway.gov.tw

### 摘要

下三叉河橋於民國 79 年 12 月竣工，民國 91 年預力混凝土箱型梁梁底及橋墩陸續出現混凝土剝落、鋼筋外露銹蝕情形。本文利用部分橋墩及預力混凝土箱型梁鑽心取樣試體之混凝土中性化深度及混凝土氯離子含量檢測結果，來進行分析評估。檢測結果顯示本座橋梁混凝土無中性化疑慮，但橋墩混凝土表面氯離子含量  $C_0$  介於 6.11~31.36  $\text{kg}/\text{m}^3$ ，預力混凝土箱型梁混凝土表面氯離子含量  $C_0$  介於 3.23~11.59 $\text{kg}/\text{m}^3$ ，屬於極嚴重鹽害區域。部分試體鋼筋位置之氯離子濃度已超過臨界氯離子濃度(1.2 $\text{kg}/\text{m}^3$ )，並已產生嚴重腐蝕情形。

本文利用 P2 橋墩及 SPAN9 橋孔試體混凝土氯離子含量檢測數據迴歸分析得到之混凝土表面氯離子含量  $C_0$  及氯離子擴散係數 D，來檢

---

<sup>(1)</sup>中興工程顧問股份有限公司 計畫經理

<sup>(2)</sup>臺鐵局 臺中工務段 正工程司兼段長

<sup>(3)</sup>臺鐵局 臺中工務段 助理工務員

<sup>(4)</sup>臺鐵局 臺中工務段 助理工務員

核「鐵路橋梁規範」、鐵工局「工程設計注意事項」及 104 年修訂版「公路橋梁規範」保護層相關規定，是否能夠滿足 50 年之服務年限要求。結果顯示前述規範規定之鋼筋保護層厚度，皆無法滿足下三叉河橋 50 年服務年限之要求。SPAN9 橋孔預力混凝土箱型梁只有依據 104 年修訂版「公路橋梁設計規範」保護層厚度規定可以滿足 50 年服務年限要求。

關鍵詞：混凝土表面氯離子含量，氯離子擴散係數、臨界氯離子濃度、服務年限

## Abstract

*The construction of Xia San Cha River Bridge was completed in December, 1990. From 2002, concrete peelings and exposure of steel bar have successively appeared on the bottom of the pre-stressed concrete box girders and bridge piers. By using parts of bridge piers and pre-stressed concrete box girders, this study tries to use the examination results derived from concrete core samples' neutralization of concrete acidification and chloride ion content to analyze the evaluation. The examination results indicated that the bridge does not have any doubt on the neutralization of concrete acidification; however, the  $C_0$  of chloride ion content on the surface of bridge pier concrete is between 6.11~31.36 kg/m<sup>3</sup>; and the  $C_0$  of chloride ion content on the bottom of the pre-stressed concrete box girders is between 3.23~11.59kg/m<sup>3</sup> that can be classified as severe salt damage. The concentration on some parts of the steel bar samples exceed the critical value of chloride ion concentration (1.2kg/m<sup>3</sup>); and severe corrosion has already occurred.*

*Through testing data regression analysis by using P2 and SPAN9 specimen's content of concrete chloride ion, the content of  $C_0$  on concrete surface chloride ion and coefficient of diffusion  $D$  on chloride ion can be obtained. The result can be used to check and inspect the related rules of*

*protection layers based on “Railway Bridge Specification”, Railway Reconstruction Bureau’s “Precautions and Notifications on Construction Design” and the “Road Bridge Specification” (amended in 2015); and to determine if the protection layers can satisfy the demand of 50-year service life. The result showed that the thickness of steel bar protection layer regulated by the mentioned specifications cannot fulfill the satisfaction on the demand of 50-year service life in Xia San Cha River Bridge. Only the protection layer from SPAN9 pre-stressed concrete box girders, based on “Road Bridge Specification” (amended in 2015), can reach the demand of 50-year service life.*

*Keywords: chloride ion content on concrete surface ( $C_0$ ), coefficient of diffusion on chloride ion ( $D$ ), critical chloride ion concentration, service life*

## 一、前言

台灣四面環海，濱海地區橋梁受到鹽害，嚴重影響橋梁的耐久性，一直是橋梁管養單位重大的負擔。交通部於民國 104 年修訂「公路橋梁設計規範」<sup>1</sup>，將「海洋環境下防蝕設計」章節，修改為「耐久性設計」，並增訂部分內容，而「鐵路橋梁設計規範」<sup>2</sup>目前尚無相關規定。臺鐵下三叉河橋位於苗栗縣西湖溪出海口，距離海岸不到 50m，其橋墩及預力混凝土箱型梁梁底有嚴重的混凝土剝落、鋼筋腐蝕情形。本文利用下三叉河橋鑽心取樣試體之混凝土中性化及距離表面不同深度的氯離子含量檢測數據<sup>3</sup>，來評估其耐久性，同時檢討現有規範之混凝土保護層規定，是否能夠達到預期服務年限。

## 二、下三叉河橋現況

下三叉河橋位於苗栗縣後龍鎮龍港站~白沙屯站之間，橋中里程為縱貫線鐵路 K145+326m，跨越西湖溪，距離海岸不到 50m，如圖 1 所示。本橋橋長

297m(15@19.8m)，上部結構由 4 支長度 19.76m 預力混凝土箱型梁密接組合而成，每支預力混凝土箱型梁寬度 200cm 高度 138cm，梁上再澆置 12 公分厚之場鑄鋼筋混凝土橋面版，有關本橋上部結構標準斷面圖請參見圖 2；下部結構為單圓柱懸臂式鋼筋混凝土結構，基礎採直徑 5.5m 長度 20m 沉箱基礎，有關橋墩處斷面圖請參見圖 3。原設計為減少鹽分對濱海橋梁結構之傷害，於所有橋面版、預力梁側面及底面進行防蝕處理，防蝕材料依照指定之規格（日本 MEROC - SLURRY、日本 SANKAI OGA、日本 SHO-BOND NEO PRIMER, DUTTY, LINER 或美國 RUST - OLEUM CORPORATION 材料）分三層塗抹或噴刷，每層厚度不得小於 0.75cm。

本橋於民國 79 年 12 月完工通車，民國 91 年預力混凝土箱型梁梁底及橋墩陸續出現混凝土剝落、鋼筋外露銹蝕情形，後續於民國 92 年進行維修，但民國 96 年又出現鋼筋銹蝕情形，民國 100 年再度發包進行修補。目前預力混凝土箱型梁梁底仍有多處混凝土剝落、鋼筋外露銹蝕情形，請參見圖 4。



圖 1 臺鐵局下三叉河橋全景



### 三、下三叉河橋耐久性評估

臺中工務段於民國 105 年 3 月 14 日，針對部分橋墩及預力混凝土箱型梁進行鑽心取樣，共取得 10 個試體，寄送至日本 JRSE 公司，進行混凝土中性化深度檢測及混凝土氯離子含量檢測<sup>3</sup>，有關鑽心試體之取樣位置及說明請參見圖 5 及表 1。混凝土中性化深度檢測依據 JIS A 1152:2011 規範<sup>4</sup>來辦理，檢測結果如表 2 所示。由表 2 混凝土中性化深度檢測結果可發現，除 P2-3 及 P9-8 鑽心試體受修補材料影響外，其餘試體混凝土中性化深度相當小。顯示本座橋梁混凝土無中性化疑慮。

在濱海地區，影響鋼筋混凝土結構耐久性的主要因子為氯離子入侵引發鋼筋腐蝕，當鋼筋表面之氯離子濃度達到臨界值時，鋼筋將開始產生腐蝕，短時間內會造成混凝土開裂。若鋼筋持續腐蝕，將影響到混凝土結構安全。一般對濱海地區鋼筋混凝土結構而言，大多以鋼筋表面氯離子濃度達到臨界值之時間為目標服務年限，並據以擬定相關設計規範。氯離子侵入混凝土的過程目前多用 Fick 第二擴散定律描述(如式(1)所示)：

$$C(x,t) = C_0 \left[ 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{x}{2\sqrt{D \cdot t}} \right) \right] \quad (1)$$

式中  $C(x, t)$  是經過時間  $t$ ，氯離子侵入到距離表面深度  $x$  處的氯離子濃度( % 相對於混凝土中膠結材料重量、% 相對於混凝土重量或每立方混凝土中氯離子重量( $\text{kg}/\text{m}^3$ ))； $D$  為 Fick 第二擴散定律中的擴散係數； $t$  和  $x$  分別為時間和距離； $\operatorname{erf}$  是誤差函數。由式(1)可以得到每一時間的混凝土內部氯離子濃度分佈曲線。假設引發鋼筋去鈍化的氯離子臨界濃度為  $C_{\text{lim}}$ ，在式(1)中，令  $C(x,t)=C_{\text{lim}}$ ， $x$ =混凝土保護層厚度，則可得到鋼筋開始發生腐蝕的時間  $t$ 。

本次混凝土中氯離子含量檢測依據 JIS A 1154:2012 規範<sup>5</sup>來辦理，檢測結果如表 3 所示。由表 3 各試體之不同深度氯離子含量檢測結果可發現，越靠近混凝土表面，氯離子濃度越高；透過式(1)對表 3 各試體之不同深度氯離子濃度數據進行迴歸分析，可以得到各試體所在位置之混凝土表面氯離子含量  $C_0(\text{kg}/\text{m}^3)$ 及氯離子擴散係數  $D(\text{cm}^2/\text{sec})$ ，如表 4 所示。

由表 4 中各試體迴歸分析結果可發現，橋墩(P2、P8 及 P9)靠海側混凝土表面氯離子含量  $C_0$  介於 10.47~23.99  $\text{kg}/\text{m}^3$ ，靠山側混凝土表面氯離子含量  $C_0$  介

於 6.11~31.36 kg/m<sup>3</sup>，靠山或海側混凝土表面氯離子含量 C<sub>0</sub> 無太大差異；預力混凝土箱型梁底混凝土表面氯離子含量 C<sub>0</sub> 介於 3.23~11.59 kg/m<sup>3</sup>。本橋之混凝土表面氯離子含量與交通部公路總局(2015)「臺灣地區大氣中氯鹽與橋梁腐蝕劣化環境之研究總期末報告」<sup>6</sup>中，鹽害環境下的作用等級(如表 5 所示)極嚴重鹽害區(S)之混凝土表面氯離子濃度 C<sub>0</sub> 相近，較日本混凝土標準示方(2012)<sup>7</sup>飛沫帶混凝土表面氯離子濃度 C<sub>0</sub>=13 kg/m<sup>3</sup>(如表 6 所示)高。

P2-1、P2-2 及 P8-10 試體原設計混凝土抗壓強度 fc'=280 kgf/cm<sup>2</sup>，混凝土表面沒有修補及塗層保護，氯離子擴散係數 D 介於 1.1737E-8~2.0125E-8 cm<sup>2</sup>/sec，P9-7、P9-8 及 P8-9 氯離子擴散係數 D 介於 0.0906E-8~0.3962E-8 cm<sup>2</sup>/sec，顯示混凝土表面保護措施降低了氯離子擴散速度；P8-4、P8-6 預力混凝土箱型梁試體原設計混凝土抗壓強度 fc'=350 kgf/cm<sup>2</sup>，氯離子擴散係數 D 介於 0.41E-8~0.593E-8 cm<sup>2</sup>/sec，因塗裝提供保護，降低了氯離子擴散速度。

美國 Life-365 手冊<sup>8</sup>及日本土木學會(2001)「混凝土標準示方書〔維持管理編〕」<sup>9</sup>，對於造成混凝土內鋼筋開始產生腐蝕之臨界氯離子濃度，大多採用 1.2 kg/m<sup>3</sup>；本橋橋墩鋼筋保護層厚度 7.5cm，預力混凝土箱型梁鋼筋保護層厚度 2.5 cm，由試體回歸曲線可發現，部分試體鋼筋位置之氯離子濃度已超過上述臨界氯離子濃度(1.2 kg/m<sup>3</sup>)，並已產生嚴重腐蝕情形。

表 1 鑽心試體取樣位置說明

			
鑽心試體：P2-1	構件部位：橋墩	鑽心試體：P2-2	構件部位：橋墩
位置：海側	修補情形：無	位置：山側	修補情形：無

			
鑽心試體：P2-3	構件部位：橋墩	鑽心試體：P8-4	構件部位：箱型梁
位置：海側	修補情形：有(環氧樹脂砂漿)	位置：底面	修補情形：有(環氧樹脂塗層)
			
鑽心試體：P8-5	構件部位：箱型梁	鑽心試體：P8-6	構件部位：箱型梁
位置：底面	修補情形：有(環氧樹脂塗層)	位置：底面	修補情形：有(環氧樹脂塗層)
			
鑽心試體：P9-7	構件部位：帽梁	鑽心試體：P9-8	構件部位：帽梁
位置：底面	修補情形：有(環氧樹	位置：底面	修補情形：有(環氧

脂塗層)		樹脂塗層)	
			
鑽心試體：P8-9	構件部位：橋墩	鑽心試體：P8-10	構件部位：橋墩柱
位置：海側	修補情形：有(環氧樹脂砂漿)	位置：海側	無

表 2 混凝土中性化深度檢測結果<sup>3</sup>

鑽心試體	檢測結果(cm)				平均 (cm)	備註
	1	2	3	4		
P2-1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
P2-2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
P2-3 <sup>*1</sup>	1.2	1.1	1.3	1.1	1.1	
P8-4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
P8-5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
P8-6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
P9-7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
P9-8	2.2	2.2	2.0	2.0	2.1	
P8-9 <sup>*2</sup>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
P8-10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

\* 1 表面 0 到 1.0 cm 是樹脂砂漿切除，測量值表示距離表面 1.0 cm 的深度  
\* 2 表面 0 到 0.4 m 樹脂被切除，測量值表示距離表面 0.4 cm 的深度

表 3 混凝土中氯離子含量檢測結果<sup>3</sup>

鑽心 試體	氯離子含量						
	距表面深度(cm)	0~1.5	1.5~3.0	3.0~4.5	-	-	-
P2-1	距表面深度(cm)	0~1.5	1.5~3.0	3.0~4.5	-	-	-
	氯離子含量 (kg/m <sup>3</sup> )	9.2	7.6	5.1	-	-	-
P2-2	距表面深度(cm)	0~1.5	1.5~3.0	3.0~4.5	4.5~6.0	6.0~7.5	-
	氯離子含量 (kg/m <sup>3</sup> )	5.1	3.9	2.8	1.2	0.5	-
P2-3 <sup>*1</sup>	距表面深度(cm)	1.0~2.0	2.0~3.0	5.0~6.0	-	-	-
	氯離子含量 (kg/m <sup>3</sup> )	14.0	7.6	6.7	-	-	-
P8-4	距表面深度(cm)	0~1.0	1.0~2.0	5.0 以上	-	-	-
	氯離子含量 (kg/m <sup>3</sup> )	5.5	4.4	0.2	-	-	-
P8-5	距表面深度(cm)	0~1.0	1.0~2.0	2.0~3.0	3.0~4.0	5.0 以上	-
	氯離子含量 (kg/m <sup>3</sup> )	3.0	2.3	3.0	2.1	1.2	-
P8-6	距表面深度(cm)	0~1.0	1.0~2.0	2.0~3.0	3.0~4.0	4.0~5.0	-
	氯離子含量 (kg/m <sup>3</sup> )	9.4	7.6	2.8	2.0	1.2	-
P9-7	距表面深度(cm)	0~1.5	1.5~3.0	3.0~4.5	4.5~6.0	6.0~7.0	7.0~8.0
	氯離子含量 (kg/m <sup>3</sup> )	16.7	1.8	1.4	0.7	0.5	0.0
P9-8	距表面深度(cm)	0~1.0	1.0~2.5	2.5~4.0	4.0~5.5	5.5~6.5	6.5~7.5
	氯離子含量 (kg/m <sup>3</sup> )	18.4	15.4	1.2	1.2	0.9	0.9
P8-9 <sup>*2</sup>	距表面深度(cm)	0.4~1.9	1.9~3.4	3.4~4.9	4.9~6.4	-	-
	氯離子含量 (kg/m <sup>3</sup> )	16.6	8.5	4.1	0.7	-	-
P8-10	距表面深度(cm)	0~1.5	1.5~3.0	3.0~4.5	4.5~6.0	-	-
	氯離子含量 (kg/m <sup>3</sup> )	16.6	8.5	8.5	4.1	-	-
* 1 表面 0~1.0 cm 為樹脂砂漿及 4.0~5.0 cm 樹脂被污染因此移除。							
* 2 表面 0~0.4 cm 是樹脂移除。							

表 4 鑽心試體氯離子含量回歸分析結果

鑽心試體	表面氯離子含量 $C_0(\text{kg}/\text{m}^3)$	氯離子擴散係數 $D(\text{cm}^2/\text{sec})(\text{E-08})$	備註
P2-1	10.47	2.0125	
P2-2	6.11	1.2260	
P2-3	14.90	2.5274	
P8-4	6.54	0.5933	
P8-5	3.23	3.3517	
P8-6	11.59	0.4101	
P9-7	31.36	0.0906	
P9-8	23.60	0.3962	
P8-9	23.99	0.5267	
P8-10	18.10	1.1737	

表 5 鹽害環境下的作用等級<sup>6</sup>

作用等級	分區代號	混凝土表面氯離子濃度 $C_0$	
		$(\text{kg}/\text{m}^3)$	(%)
極嚴重鹽害區	S	20~30	0.870~1.304
嚴重鹽害區	I	10~20	0.435~0.870
中度鹽害區	II	2.3~10	0.100~0.435

表 6 混凝土表面氯離子濃度  $C_0(\text{kg}/\text{m}^3)$ <sup>7</sup>

地區	飛沫帶	離海岸距離 (km)				
		岸線附近	0.1	0.25	0.5	1.0
飛來鹽分較多地區	13	9	4.5	3.0	2.0	1.5
飛來鹽分較少地區		4.5	2.5	2.0	1.5	1.0

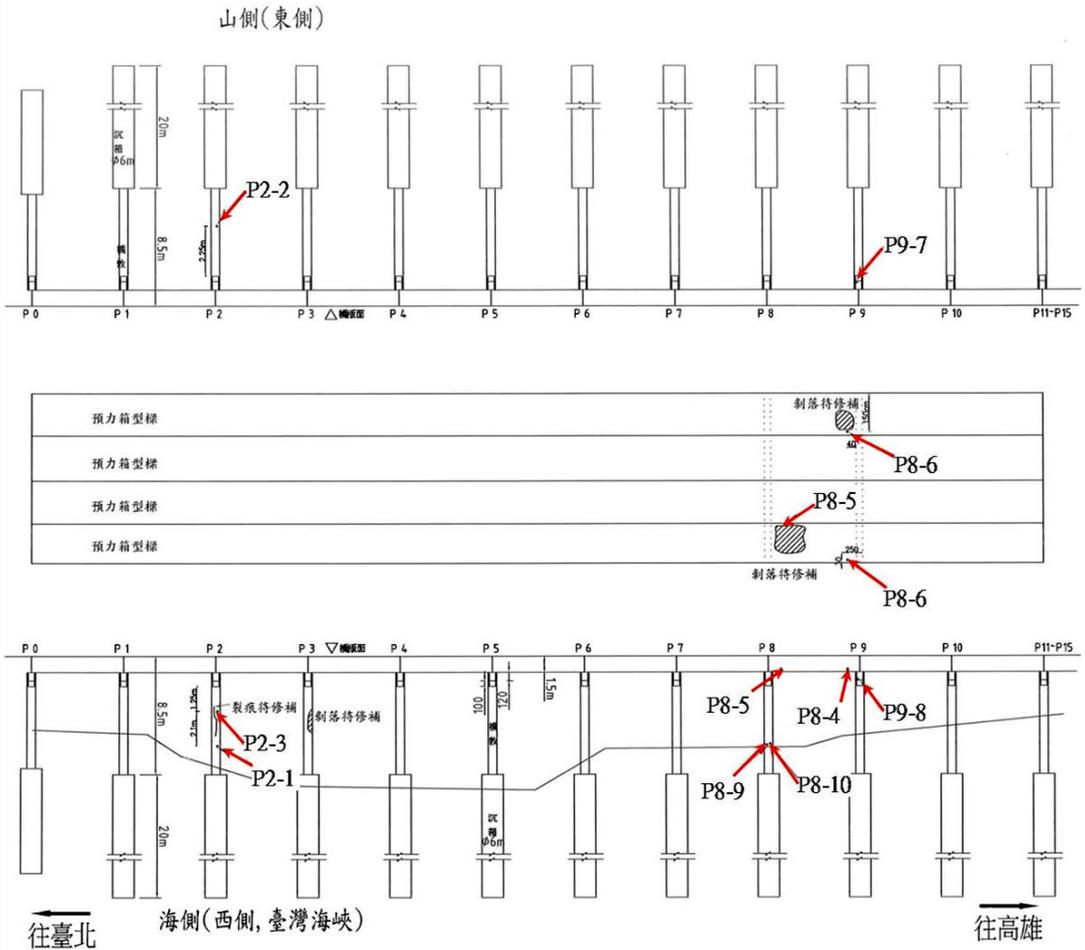
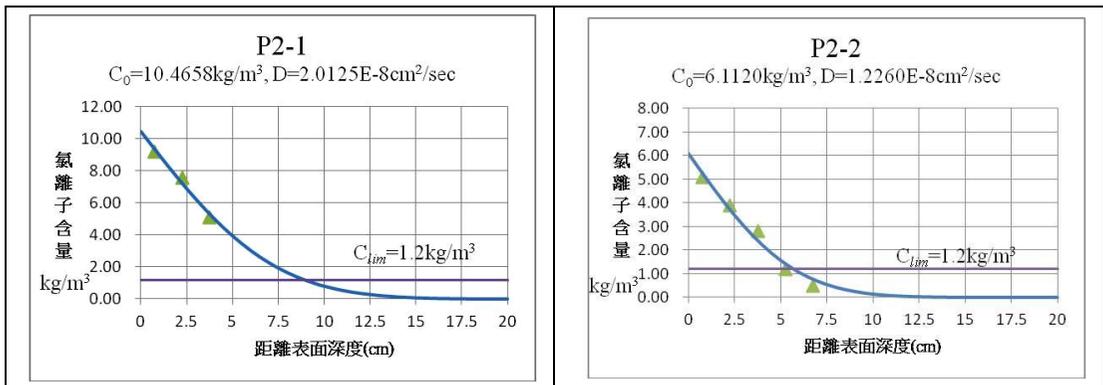


圖 5 鑽心取樣位置圖



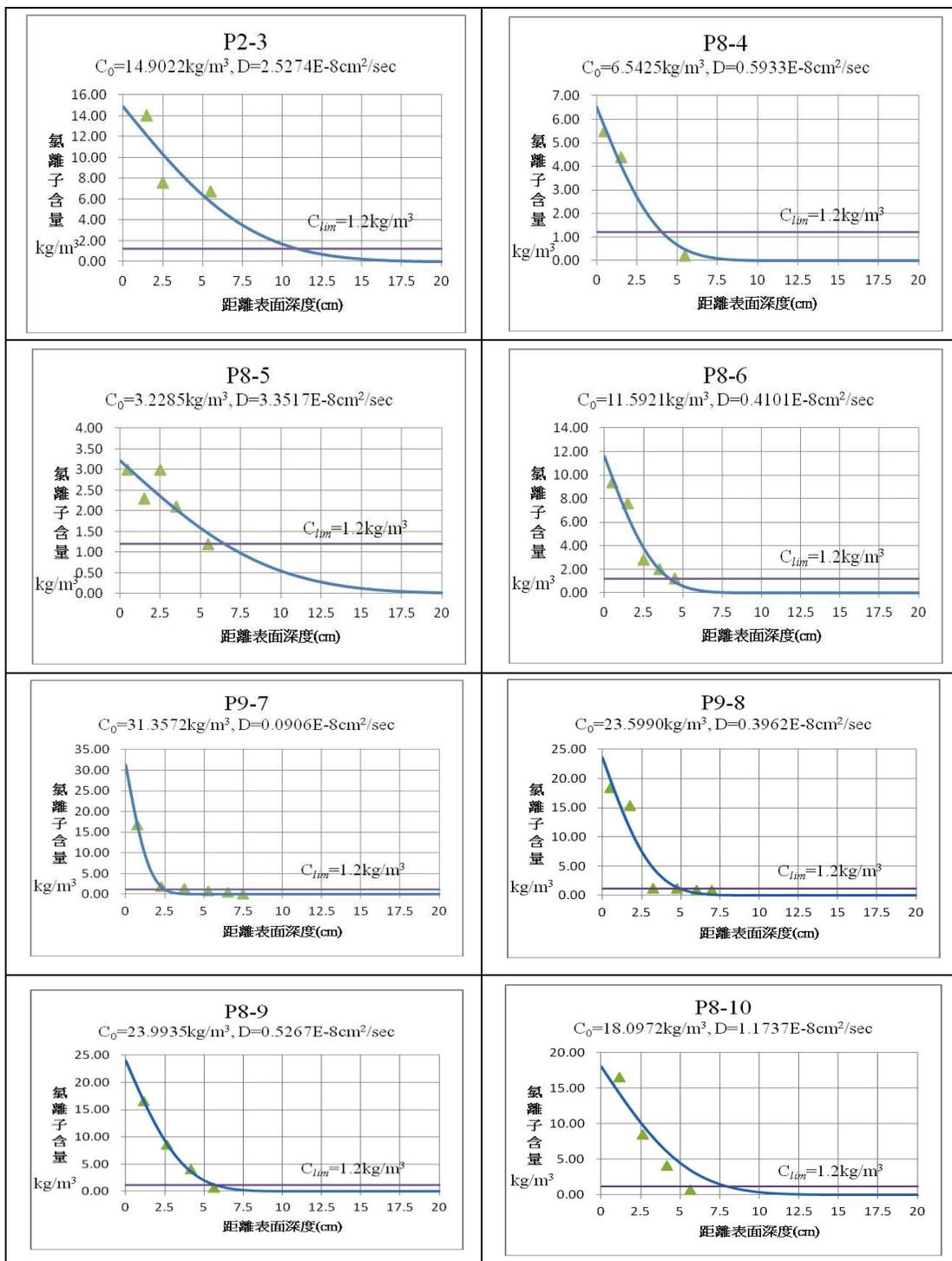


圖 6 鑽心試體氮離子含量回歸分析結果圖

## 四、設計規範探討

目前臺鐵局橋梁總數共計 1028 座，民國 70 年以後興建之橋梁計有 628 座，橋齡統計圖請參見圖 7。交通部於民國 93 年頒佈「鐵路橋梁設計規範」，民國 93 年以前竣工之鐵路橋梁大多依據日本國有鐵路構造物設計標準、日本土木學會預力混凝土標準規範及 ACI 及中國土木水利學會鋼筋混凝土設計規範進行設計，對於橋梁之耐久性大多個案處理，參考表 7 中華民國 73 年 7 月設計之第二大崙溪橋<sup>10</sup>（一般環境）及民國 76 年 7 月設計之下三叉河橋<sup>11</sup>（鹽害環境）之設計條件。目前鐵路橋梁設計主要依據「鐵路橋梁設計規範」及鐵路改建工程局「工程設計注意事項」第二章 橋梁工程設計注意事項<sup>12</sup>來辦理。民國 104 年 4 月 13 日交技(104)字第 1045004678 號函修訂「公路橋梁設計規範」(2009)，將第十二章「海洋環境下防蝕設計」修改為「耐久性設計」並增訂部分內容，包含適用範圍、設計原則、設計考量因素、混凝土橋及鋼橋等 5 節，說明有關鋼筋混凝土於中性化及鹽害環境下之耐久性設計，以及鋼結構之防蝕設計；另第七章 7.1.5 節鋼筋之混凝土保護層部分條文配合修訂。

由於目前鐵路橋梁並無耐久性相關設計規範，本文將就與耐久性（服務年限）最相關之混凝土保護層厚度來進行探討。

鐵路改建工程局「工程設計注意事項」規定鋼筋保護層應符合表 8 規定（位於腐蝕區或特殊之橋梁經本局同意後辦理修正）；「鐵路橋梁設計規範」之鋼筋混凝土橋梁鋼筋之最小混凝土保護層規定如表 9 所示，應用於預力鋼材及一般鋼筋之最小混凝土保護層規定如表 10 所示，處於亞熱帶潮濕氣候之國內鐵路橋梁，應對於防蝕有妥適之考量，以利耐久。104 年修訂版「公路橋梁設計規範」\_鹽害環境下主要構件鋼筋最小保護層厚度如表 11 所示。上述規範之比較請參見表 12。

本文利用 P2-1 及 P8-6 試體迴歸分析得到之混凝土表面氯離子含量  $C_0$  及氯離子擴散係數  $D$ ，來檢核「鐵路橋梁規範」、鐵工局「工程設計注意事項」及 104 年修訂版「公路橋梁規範」保護層相關規定，是否能夠滿足 50 年之服務年限要求。下三叉河橋達 50 年服務年限時，P2 橋墩及 SPAN9 橋孔預力混凝土箱型梁混凝土中，氯離子含量分布情形詳見圖 8 及圖 9。依據不同規範規定之鋼筋保護層厚度，在 50 年服務年限時，P2 橋墩及 SPAN9 橋孔預力混凝土箱型梁

鋼筋所處位置之氯離子含量（濃度）預測結果詳見表 13 及表 14。

由表 13 可發現 P2 橋墩依據鐵工局「工程設計注意事項」、「鐵路橋梁設計規範」及 104 年修訂版「公路橋梁設計規範」規定之鋼筋保護層厚度，無法滿足 50 年服務年限要求。由表 14 可發現 SPAN9 橋孔預力混凝土箱型梁依據鐵工局「工程設計注意事項」、「鐵路橋梁設計規範」保護層厚度之規定，無法滿足 50 年服務年限要求，104 年修訂版「公路橋梁設計規範」保護層厚度規定可以滿足 50 年服務年限要求。

表 7 第二大崙崙溪橋及下三叉河橋設計條件

第二大崙崙溪橋 <sup>10</sup> (一般環境)(73.7)	下三叉河橋 <sup>11</sup> (鹽害環境)(76.7)
<p><b>設計規範</b>            構造物設計標準 日本國有鐵路            預力混凝土標準規範 日本土木學會            鋼筋混凝土設計規範 ACI 及中國土木水利學會</p> <p><b>混凝土抗壓強度</b>            無筋混凝土 <math>f_c'=140 \text{ kgf/cm}^2</math>            人行道、橋台、橋墩、沉箱及擋土牆 <math>f_c'=210 \text{ kgf/cm}^2</math>            現場澆注橋面及預力混凝土梁 <math>f_c'=350 \text{ kgf/cm}^2</math>            場鑄基樁 <math>f_c'=240 \text{ kgf/cm}^2</math></p> <p><b>鋼筋保護層厚度</b>            預力混凝土梁、人行道、欄杆、橫隔梁 2.5cm            橋墩帽梁及橋台、擋土牆等未與土壤直接接觸者 5.0cm            橋墩柱、沉箱及其他與土壤直接接觸部分 7.0cm</p> <p><b>水泥</b>            採用 TYPE 1 水泥</p>	<p><b>設計規範</b>            構造物設計標準 日本國有鐵路            預力混凝土標準規範 日本土木學會            鋼筋混凝土設計規範 ACI 及中國土木水利學會</p> <p><b>混凝土抗壓強度</b>            無筋混凝土 <math>f_c'=140 \text{ kgf/cm}^2</math>            擋渣牆、橋台、橋墩、沉箱及擋土牆 <math>f_c'=280 \text{ kgf/cm}^2</math>            現場澆注橋面及橫隔梁 <math>f_c'=350 \text{ kgf/cm}^2</math>            預力混凝土梁 <math>f_c'=350 \text{ kgf/cm}^2</math>            排水構造物及小於 3*3 之箱涵 <math>f_c'=210 \text{ kgf/cm}^2</math></p> <p><b>鋼筋保護層厚度</b>            預力混凝土梁、擋渣牆、欄杆、橫隔梁 2.5cm            橋墩帽梁及橋台、擋土牆等未與土壤直接接觸者 7.5cm            橋墩柱、沉箱及其他與土壤直接接觸部分 10.0cm</p> <p><b>水泥</b>  <math>f_c'=280 \text{ kgf/cm}^2</math> 的混凝土採用 TYPE 2 水泥</p>

表 8 鋼筋保護層厚度<sup>12</sup>

類型	部位		保護層
上部結構	非箱形梁橋	橋面板頂面	5.0 cm
		橋面板底面	2.5 cm
		預力梁	2.5 cm
		隔梁	4.0 cm
	箱形梁橋	預力橋橋面板頂面	4.0 cm
		RC橋橋面板頂面	5.0 cm
		箱形梁外側	4.0 cm
		箱形梁內側及隔梁	2.5 cm
下部結構 與擋土牆	橋墩		4.0 cm
	空心橋墩內側		2.5 cm
	橋臺、翼牆及擋土牆		5.0 cm
	結構物基礎、沉箱		7.5 cm
	場鑄基樁		10.0 cm
雜項	橋護欄、橋隔欄		2.5 cm
	緣石		2.5 cm
	進橋板頂面及側面		5.0 cm
	進橋板底面		7.5 cm
	箱涵外側		7.5 cm
	箱涵內側		5.0 cm

表 9 鋼筋混凝土橋梁鋼筋之最小混凝土保護層規定<sup>2</sup>

分類	最小保護層(cm)
不曝露大氣中或不與土壤接觸之混凝土	
主鋼筋	4.0
肋筋、箍筋及螺箍筋	2.5
溫和氣候中之混凝土橋版	
頂層鋼筋	4.0
底層鋼筋	3.0
露置於土中或大氣中之混凝土	
主鋼筋	5.0
肋筋、箍筋及螺箍筋	4.0
露置於鹽害區且無確實防蝕保護之混凝土橋版	
頂層鋼筋	5.0

分類	最小保護層(cm)
底層鋼筋	4.0
直接澆注且永久露置於土中或水中之混凝土	7.5
直接澆注且(或)永久露置於土中之混凝土樁	7.5
處於腐蝕、海洋環境或其他嚴重曝露情況下，混凝土保護層應酌予增加，並須考慮混凝土之密實及無孔隙性，或使用其他保護方法。就其他保護方法而言，可採環氧樹脂包覆鋼筋，特殊混凝土被覆，不透水膜或由上述方法組合，惟不限制任一方式。	

表 10 預力混凝土橋梁最小保護層厚度<sup>2</sup>

預鑄混凝土	場鑄混凝土
先拉法預力鋼材 4.0 cm 後拉預力套管 4.0 cm (大於套管外徑之一半) 非預力鋼材 4.0 cm 肋筋、箍筋及螺箍筋 2.5 cm	後拉法預力套管 7.5 cm (大於套管外徑之一半) 非預力鋼材 5.0 cm 肋筋、箍筋及螺箍筋 5.0 cm 接觸土壤之混凝土 7.5 cm
若構材曝露於有除冰化學劑、鹽水、鹽性水沫或化學蒸氣中時應加厚保護層。	

表 11 鹽害環境下主要構件鋼筋最小保護層厚度<sup>1</sup>

設計年限	50 年			100 年		
	極嚴重 鹽害區	嚴重 鹽害區	中度 鹽害區	極嚴重 鹽害區	嚴重 鹽害區	中度 鹽害區
橋梁部位						
基礎、基樁	10	10	10	10	10	10
柱、牆	10	7.5	7.5	10	10	7.5
橋面版頂層筋	6.5	5.5	5	7.5	6.5	6
橋面版下層筋	6.5	5.5	5	7.5	6.5	6
箱梁底層筋	6.5	5.5	5	7.5	6.5	6
「I」「T」梁、箱梁腹版 外露面	6.5	5.5	5	7.5	6.5	6
混凝土面未直接曝露於 大氣、未與土壤或水接觸	4	4	4	4	4	4

單位：cm

表 12 相關規範鋼筋保護層厚度比較表(設計年限 50 年)

環境作用等級 橋梁部位	鐵工局工程 設計注意事 項	鐵路橋梁設計規範		104 年修訂版「公路橋 梁設計規範」 (設計年限 50 年)		
	一般環境	一般環境	具腐蝕或鹼 性環境	極嚴重 鹽害區	嚴重 鹽害區	中度 鹽害區
基樁	10	有套管 5 無套管 7.5	有套管 5 無套管 10	10	10	10
基礎	7.5	7.5	酌予增加	10	10	10
柱、牆	橋墩 4 橋台 5	主筋 5 箍筋 4	酌予增加	10	7.5	7.5
橋面版頂層筋	5	5	酌予增加	6.5	5.5	5
橋面版下層筋	2.5	4	酌予增加	6.5	5.5	5
箱梁底層筋	-	4	酌予增加	6.5	5.5	5
「I」「T」梁、箱梁 腹版外露面	4	5	酌予增加	6.5	5.5	5
混凝土面未直接曝 露於大氣、未與土壤 或水接觸	-	主筋 4 箍筋 2.5	酌予增加	4	4	4

單位：cm

表 13 P2 橋墩鋼筋位置之氯離子濃度（依據 P2-1 試體）

鋼筋保護 層厚度 (cm)	現況(25.25 年)	50 年	備註
	氯離子濃度 (kg/m <sup>3</sup> )	氯離子濃度 (kg/m <sup>3</sup> )	
4	<b>5.02(&gt;1.2) (NG)</b>	<b>6.44(&gt;1.2) (NG)</b>	鐵工局「工程設計注意事 項」、「鐵路橋梁設計規範」
7.5	<b>1.94(&gt;1.2)(NG)</b>	<b>3.63(&gt;1.2) (NG)</b>	原設計
10	0.81	<b>2.19(&gt;1.2) (NG)</b>	104 年修訂版「公路橋梁設 計規範」(設計年限 50 年)

表 14 SPAN9 橋孔預力混凝土箱型梁鋼筋位置之氯離子濃度（依據 P8-6 試體）

鋼筋保護層厚度(cm)	現況(25.25 年)	50 年	備註
	氯離子濃度 (kg/m <sup>3</sup> )	氯離子濃度 (kg/m <sup>3</sup> )	
2.5	<b>3.80(&gt;1.2)(NG)</b>	<b>5.64(&gt;1.2) (NG)</b>	原設計
4	<b>1.36(&gt;1.2) (NG)</b>	<b>3.08(&gt;1.2) (NG)</b>	鐵工局「工程設計注意事項」、「鐵路橋梁設計規範」
6.5	0.13	0.82	104 年修訂版「公路橋梁設計規範」(設計年限 50 年)

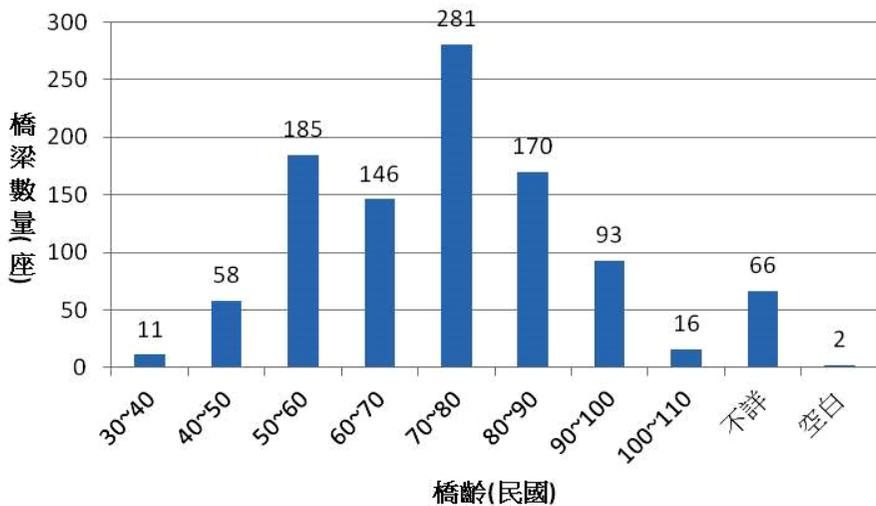


圖 7 臺鐵局橋梁橋齡統計圖(2018/04/12)

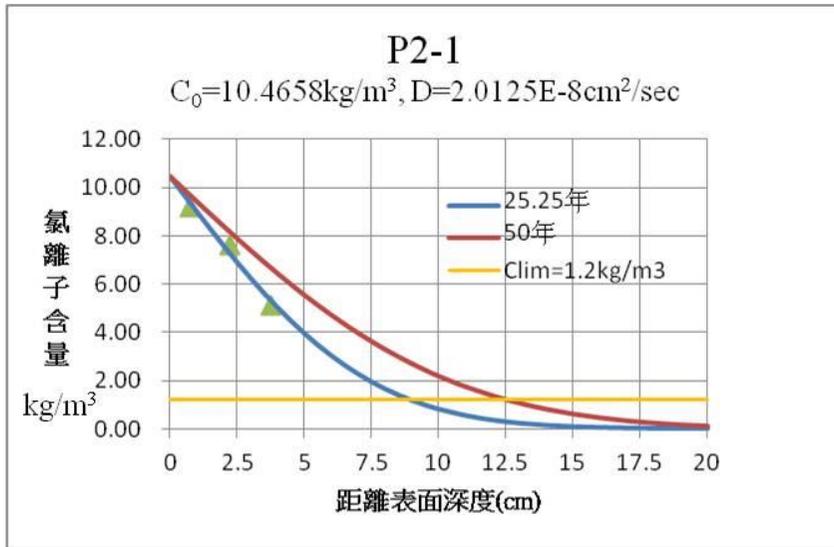


圖 8 P2 橋墩混凝土中氯離子含量分布圖（依據 P2-1 試體）

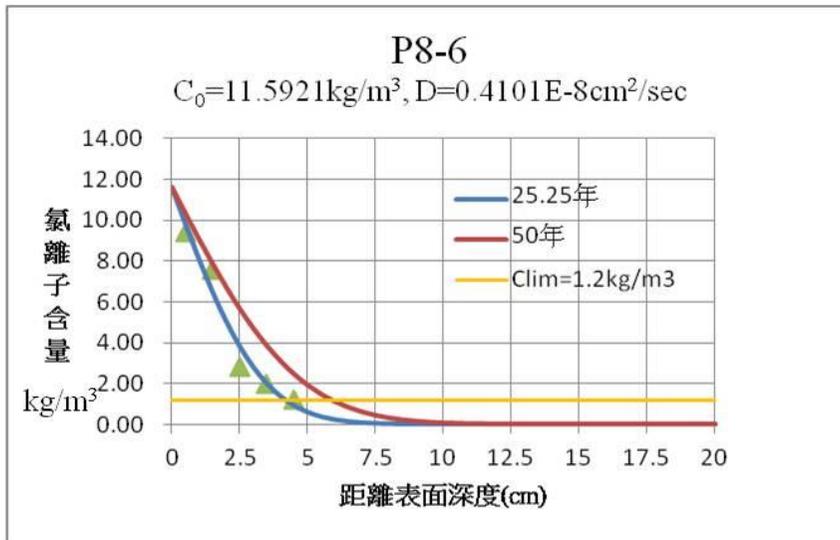


圖 9 SPAN9 橋孔預力混凝土箱型梁混凝土中氯離子含量分布圖(依據 P8-6 試體)

## 五、結論與建議

1. 下三叉河橋所處環境為極嚴重鹽害區域，早期國內並沒有大氣中氯鹽相關調查及研究，原設計預力混凝土箱型梁採 2.5cm 鋼筋保護層厚度，相較於現今規範之鋼筋保護層厚度是相當小，雖然混凝土表面有施作防蝕塗層進行保護，仍不敵嚴酷的環境。另一方面，施工時對於鋼筋保護層厚度的控制常有誤差，加上混凝土表面防蝕塗層壽命沒有辦法像混凝土耐久，需要定期維護，一旦混凝土表面防蝕塗層損傷，氯離子就容易入侵。
2. 鐵路局轄管之橋梁除下三叉河橋外，尚有距離海岸 300m 內之橋梁，且這些橋梁橋齡大多超過 20 年，需儘速進行維修，防止持續劣化。
3. 新建鐵路橋梁在耐久性設計方面，目前沒有如 104 年修訂版「公路橋梁設計規範」耐久性相關之規定，短期內可參考「公路橋梁設計規範」耐久性相關規定來辦理，但應儘速考量鐵路橋梁特性，研議鐵路橋梁耐久性相關之規範。
4. 104 年修訂版「公路橋梁設計規範」雖然對耐久性做了相關規定，但僅提供原則性規定，國內相關之環境調查及相關試驗仍不足，有待各方努力。有關公路橋梁設計規範耐久性之探討，可參考混凝土科技 Vol. 11, No.1「公路橋梁設計規範之耐久性設計規定探討」<sup>13</sup>。

## 六、參考文獻

1. 交通部(2015)，公路橋梁設計規範。
2. 交通部(2004)，鐵路橋梁設計規範。
3. 朱我帆，蔡旭彥(2017)，SSI 工法修補臺鐵混凝土橋梁鹽害之應用-與日本 JRSE 合作案例，TRJ 臺鐵資料季刊第 363 期，pp. 1-34。
4. 「JIS A 1152：2011（コンクリートの中酸化深さの測定方法）」。

5. 「JIS A 1154：2012(硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法)」。
6. 財團法人臺灣營建研究院（2015），臺灣地區大氣中氯鹽與橋梁腐蝕劣化環境之研究總期末報告，交通部公路總局。
7. 日本土木學會，コンクリート委員会，コンクリート標準示方書改訂小委員会(2012.3)，コンクリート標準示方書〔設計編〕
8. Life 365 Consortium III (2014), Manual for Life-365 Service Life Prediction Model, pp.87.
9. 日本土木學會(2001)，混凝土標準示方書〔維持管理編〕。
10. 鐵路沿線老舊橋樑重建工程下後龍溪橋及下三叉河橋設計圖，財團法人中華顧問工程司 1987.7。
11. 縱貫線第二大崙溪橋重建工程設計圖，財團法人中華顧問工程司 1984.7。
12. 交通部鐵路改建工程局，工程設計注意事項，第二章 橋梁工程設計注意事項。
13. 梁智信、楊仲家(2017)，公路橋梁設計規範之耐久性設計規定探討，混凝土科技 Vol. 11, No.1, pp.74-80。

# 臺鐵局閒置空間再利用－以隧道空間再利用為例

## Taiwan Railways Administration The Reuse of the Deserted Space—An example on Reuse of Tunnel Space

楊秋燕 Yang, Chiu-Yen<sup>1</sup>

聯絡地址：台中市烏日區光日路 255-1 號

Address：NO. 225-1, Guangryh Rd, Taichung City, Taiwan (R.O.C.)

電話 (Tel)：04-22263895

電子信箱 (E-mail)：0460522@railway.com.tw

### 摘要

臺灣鐵路建設最早可追溯自清末期首任巡撫劉銘傳(1884)迄今，留下的資產可謂包羅萬象，從有形的建築房舍、橋梁、隧道，到無形的蒸汽火車維修技術等等不勝枚舉，為了保存，部分被賦予文資身分，期望能為下一代留下一些可回顧的文化資產。

近年來社會興起了一股懷舊風潮，從老屋改造到閒置空間再利用，讓閒置廢棄的場所，重新注入新生命作為文化創意基地或是商業空間，閒置空間再利用除了延續建築物使用壽命外，被賦予更多保存與維護文化的任務。

鐵路隧道因為改線及斷面不足等因素，失去了原有的功能，同樣逃離不了被閒置的命運，鐵路因為開發建設的時間較早，雖然被閒置了，仍然具有很深的文化底蘊，為配合中央政府推動閒置空間再利用政策，各地方政府無不使出渾身解數的功夫，找出散置各地被閒置的空間，爭取經費改造活化後再利用，一時之間荒廢於山嶺間的閒置隧

---

<sup>1</sup>臺鐵局 臺中工務段 工務員

道重新被啟動，成為馳名遠近的觀光勝地例如「功維敘隧道」。

關鍵詞：閒置空間、懷舊、隧道、文化資產

## Abstract

*The construction of Taiwan's railways can be traced back to Liu, Ming-Zhuan, the first Taiwan Governor of the late Qing Dynasty; and there remains a great number of assets, from visible buildings, bridges and tunnels to invisible steam locomotive maintenance skills. For preservation purpose, these valuable cultural assets are given the cultural identities so that the next generation would have the opportunity to review these assets.*

*Recently, the reminiscent atmosphere rises up in the society, from remodeling old houses to reusing deserted spaces, new life was input to these locations so that cultural creative bases and business spaces can be established. In addition to the extension of the life-span of old buildings, the deserted spaces were given to the mission of preservation and maintenance of culture.*

*Due to track line changes and insufficient sections, some railway tunnels lost the original function and eventually became deserted spaces. However, the development of railway has a long history in Taiwan, these deserted spaces still have rich cultural deposits. In cooperation with Central Government's policy on reusing deserted spaces, local governments are trying to find out deserted spaces; and after making the effort of finding budgets and reusing, a number of tunnels deserted amongst the mountainous areas re-open. These tunnels are becoming well-known tourist attractions, such as the Gong Wei Xu Tunnel in Miaoli.*

*Keywords : deserted spaces, reminiscen atmosphere, tunnels, cultural assets*

## 一、前言

臺灣鐵路建設肇始於清朝末期，當時福建巡撫丁日昌（1875）向清朝廷奏準將吳淞鐵路的鐵軌器材移至臺灣以備修築，1884年臺灣首任巡撫劉銘傳來臺督辦防務，積極展開臺灣開發，其中鐵路建設完成了基隆~臺北間鐵路鋪設，繼任者又續完成了臺北~新竹。至中日甲午戰爭戰敗後於1895年與日本簽訂馬關條約臺灣正式步入長達50年的殖民統治，日治時期臺灣的鐵路建設主要目的是作為運送貨物需求而興建，可分成兩個建設主軸一為舊有鐵路拆除重建（即基隆至新竹）與縱貫線鐵路（基隆~臺北）的建設完成，一路走來，鐵路見證了臺灣發展的點點滴滴，也留下了許多珍貴的文化資產。

公路路形可以隨著山勢起伏蜿蜒，鐵路則受限於高程、現況等因素就沒有這種彈性，遇到山就只能開挖隧道穿過去，隧道空間屬性是線性，圓拱型斷面，內部空間多由紅磚構成，呈現早期營造工藝美學，隧道被閒置的原因有二，其一是受限於工程技術的時空背景下多為單軌隧道，隨著日益蓬勃的經濟發展，單軌隧道逐漸消化不了南來北往的交通運輸能量，進而改善改建，其二是路線線形不佳，造成行車安全疑慮因此逐漸改善改建。

近年來興起了一股懷舊風潮，搭載著這股風潮，鐵路局的部分資產因為具有歷史文化的底蘊，被相中做為活化再利用的標的，例如連結散置在各車站周邊的倉庫，重新置入藝術後成為鐵道藝術網絡，這些閒置空間經過整理，提供給民眾更多的休閒活動選項，也解決了鐵路局面對閒置資產的管理問題，可以說是一舉數得。

## 二、閒置隧道再利用發想

在臺灣閒置隧道，經常乘載著景觀優美的山野鄉道規劃為自行車道，例如位於北部的舊草嶺自行車道，位於中部利用停駛的東勢支線成為東豐自行車道及后豐自行車道。閒置隧道除了做為自行車道外，還有哪些用途可再置入活化呢？



圖 1 舊草嶺自行車道



圖 2 后豐自行車道



圖 3 東豐自行車道

本文藉由位於韓國釜山柿子酒隧道，藉酒活化隧道為發想，表列出臺中轄區內閒置之隧道及使用現況，期待隧道有更多元的使用可能性。

柿子酒隧道建立於 1896~1904 年間，結合當地盛產的柿子，利用隧道的特性，溫度終年保持 15~16°C，濕度保持在 60~70%間，隧道裡面產生大量的陰離子，成為最佳的釀酒場所，每年生產的柿子酒限量發行塑造了稀有性，只有造訪此地才可以品嚐到，稀有性加上獨特性的故事話題，讓這個柿子酒隧道聞名於世，成為韓國最具代表性地的觀光景點。



圖 4 圖片來源：翻攝至網路



圖 5 圖片來源：翻攝至網路

## 三、閒置隧道空間再利用操作手法

### 3.1 綠美化

臺鐵局依財政部訂頒「國有公用財產無償提供使用原則」，訂有「交通部臺灣鐵路管理局經管國有公用土地提供綠美化及環境維護作業要點」，本要點開宗明義即為有效管理該局經管公有土地及美化環境景觀，並配合政府機關或民間團體之需要...，鐵路局管理的龐大資產，除了使用中，應由各使用單位管理維護外，部分閒置及無法利用之公共設施用地，藉由綠美化契約的訂定，由地方政府或民間團體管理維護，受理條件為編定為公共設施用地及無商機者，在中央政策的催化下，地方政府為了塑造城鄉風貌改善環境景觀，都積極與鐵路局合作，整備閒置土地或空間，申請綠美化訂定契約，由雙方共同遵守。

### 3.2 無償使用

臺鐵局依據財政部訂頒「國有公用財產無償提供使用原則」訂定「經管國有公用財產無償提供使用作業管理要點」，前揭規定主要係因機關或學校經管之公用財產受國產法第 32 條規定，公用財產應依計畫或規定用途或事業目的使用，及同法第 33 條規定，公用財產廢止時，應變更為非公用財產移交國有財產署接管等規定限制，財政部為使管理機關經管之公用財產更有彈性，特放寬在不出具使用權同意書之前提下，得無償提供從事所列之公共、公務或公益使用，並訂定契約及規範，使用者不得收益。

### 3.3 出租使用

綠美化、無償使用契約皆是以公益性為出發點，如果有涉及營業使用，須向鐵路局申請租用繳納租金，以苗栗功維敘隧道為例，路局與地方政府簽訂綠美化契約，地方政府取得管理、使用權後，投注經費設置人行步道、植栽等設

施，再藉由宣傳手法吸引觀光客到訪，來客數多，自然產生停車需求及商業使用的空地需求，鐵路局將空地出租收取租金增加營收，地方政府也獲得觀光收益，可謂的三贏局面。



圖 6 功維敘隧道外景觀與觀光人潮

## 四、隧道現況

### 4.1 縱貫線 白沙屯 1~3 號隧道

日治時期因為山線鐵路坡度過陡行車不易，尤其是下雨天行車更不易影響運輸，於是 1917 年另外鋪設竹南至王田的海線鐵路並於 1922 年完工通車，為因應後日益成長的貨運至 1970 年縱貫線鐵路電氣化時功成身退走入歷史。

閒置的隧道所處地點偏遠管理起來並不容易，在 2009 年時曾經發生隧道內遭不明人士堆置廢棄物並起火燃燒或成為養鴨人家的畜養場所，事後工務段派員施設圍籬阻隔避免讓民眾再進入隧道內引起社會事件。

隧道坐落於龍港站~白沙屯站間，地處荒郊野外，算是人煙罕至的超級秘境，往西可眺望大海，隨著風勢，白色浪花追逐著沙灘一波波湧起又消失在沙岸上，隧道隱身在起伏的沿海山巒中，以芒草為主的地被景觀，是這個隧道群的特色，可以聽，海邊風大風與植被交織出的呼嘯聲，可以觀，植被的四時變換，隧道構造為磚石砌，紅色的磚拱在蒸汽火車的洗禮下大半都呈現紅中帶黑的顏色，這也是大多數舊鐵路隧道的共同特色。後龍鎮公所於 2009 年與鐵路局

訂有綠美化，除了整頓隧道群外又結合山頂的好望角及貝化石遺跡（塚）成為一處別具特色的觀光景點。

表 1 白沙屯 1~3 號隧道群

編號	說明	白沙屯 1~3 號隧道群
1	1 號隧道 單軌；長度約 280 公尺	
2	2 號隧道 單軌；長度約 160 公尺	
3	3 號隧道 單軌；長度約 50 公尺	

4	<p>隧道內部為紅磚拱構造</p>	
5	<p>隧道附近景觀 芒草浪</p>	
6	<p>隧道附近景觀 眺望西海岸</p>	

## 4.2 縱貫線 崎頂子母隧道

崎頂第一、二隧道興建於日治時期，於 1973 年鐵路電氣化工程時因隧道淨空不足及行車安全等因素將軌道西移，1978 年鐵路電氣化工程完工後隧道從此閒置，至 2013 年竹南鎮公所申請綠美化訂定契約，爭取經費規劃為步道，重啟了閒置隧道的新生命，提供民眾一處運動休閒的好場所。

隧道位於崎頂車站北，從月台步出車站，沿著指標行走順著人行步道拾級而下便可到達，子母隧道的名號來自於兩座隧道長度及兩座隧道相隔的距離很近因此以子母意象來命名，隧道口還留有二戰時期遭子彈射擊的痕跡，隧道牆採用灰泥磚砌成，隧道拱部分則由紅磚構成，提供雙軌使用的隧道空間多了一種恢宏的氣度。

表 2 崎頂子母隧道

編號	說明	現況照片
1	雙軌；長度為 130 公尺及 67 公尺	
2	隧道內部為紅磚拱構造	

3	隧道附近景觀 眺望西海岸	
4	隧道附近景觀 崎頂燈塔	

### 4.3 台中線 西坑尾隧道

坐落於此的三座隧道分別代表三個時期火車隧道的歷史斷面，第一代西坑尾隧道於 1903 年開通隧道南北口有「噴雲」「穿越」題字，為臺灣總督民政長官後藤新平所提，1979 年鐵路電氣化工程時新建第二代造橋隧道，由於單線軌道已不符合運輸需求又發生重大行車事故，於 1994 年鐵路山線雙軌工程時新建第三代豐富隧道。

1982 年造橋隧道北口因邊坡滑落擠壓路基浮起造成火車出軌，1990 年造橋隧道南口因土石滑動北上 30 次莒光號列車火車出軌，造成 2 名司機員罹難殉職，1991 年 11 月 15 日 134 號誌站發生自強號與莒光號邊撞造成 30 人喪生。現由苗栗縣政府申請綠美化作為自行車道及發展觀光使用。

表 3 第一代西坑尾隧道

編號	說明	現況照片
1	隧道南口 單軌；長度 192 公尺	
2	隧道內部為紅磚拱構造	
3	隧道北口 單軌；長度 192 公尺	

表 4 第二代造橋隧道

編號	說明	現況照片
1	隧道北口 單軌；長度為 358 公尺	
2	隧道內部為混凝土構造	

#### 4.4 台中線 功維敘隧道

苗栗隧道 1902 年開工隔年完工，隧道北口有臺灣總督兒玉源太郎總督題字「功維敘」隧道名稱並以此稱之，1935 年大地震受損後歷經 3 年後修復完成，1998 年因山線鐵路雙軌化工程改線而閒置，現由苗栗市公所申請綠美化。

隧道內部空間布置著美輪美奐的燈光，隨著時間呈現七彩變化，功維敘隧道便以此聞名，吸引各地觀光客造訪，觀光資源帶來觀光客產生了觀光群聚效應，人來了市集便產生了，停車需求也增加了，鐵路局也因此增加了空地出租的業外收入真可謂是雙贏。

表 5 功維敘隧道

編號	說明	現況照片
1	隧道北口 單軌；長度 440 公尺	
2	隧道內七彩燈光變化	

#### 4.5 台中線 舊銅鑼隧道

自山線鐵路開通至 1998 年因山線鐵路雙軌化工程改線而閒置，現由苗栗縣政府申請無償使用並規劃為自行車道。

表 6 舊銅鑼隧道

編號	說明	現況照片
1	隧道北口 單軌；長度 440 公尺	
2	隧道內部妝點著燈光變化	

## 五、結語

觀光資源，除了是渾然天成的自然景觀外，隨著社會的脈動，一種懷舊的浪漫思想搭載著政府的政策，各地方的閒置空間有了新的詮釋，或者成為文化創意的體現，或者是思今懷古的休閒觀光場域，鐵路隧道空間挾著構成的特殊性、獨特性，讓造訪者體驗隧道中清透的空氣，紅磚材料所構成的工藝美學更是令人讚嘆不已，在隧道中想像閒置前南來北往的火車鳴笛聲，讓它的成為最具特色的觀光景點。

閒置隧道在地方機關的經營下都小有名氣，站在管理者的角度來看自然希望能發揮使用效益同時又能達到管理維護的目的，若能增加路局營收則更是錦上添花，或許鐵路局能以閒置空間再活化為出發點搭配郵輪式列車或蒸汽火車的行駛發展實至名歸的鐵路觀光作為附屬事業。

## 參考文獻

1. 臺灣鐵道史。
2. 韓國釜山柿子酒隧道 <http://miliblog0618.pixnet.net>。
3. 全國法規資料庫 <http://law.moj.gov.tw/>。
4. 苗栗的開拓與史蹟。



## 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路相關人員踴躍投稿。
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. 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。
4. 本刊稿件將送請委員評審建議，經查核通過後，即予刊登。
5. 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。
6. 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。
7. 所有來稿(函)請逕寄「11244 臺北市北投區公館路 83 號，臺鐵資料編輯委員會」收。電話：02-28916250 轉 217；傳真：02-28919584；E-mail：[0951044@railway.gov.tw](mailto:0951044@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，置中對齊，圖之說明文字置於圖之下方，表之說明文字置於表之上方，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

以中文引述者為限，中文列於前、英文列於後，中文按姓氏筆畫，英文按姓氏字母先後排列，左右對齊，前後段距離 0.5 列，單行間距，第一行凸排 2 個字元。如：

1. 王永剛、李楠 (2007)，「機組原因導致事故徵候的預測研究」，中國民航學院學報，第廿五卷第一期，頁25-28。
2. 交通部統計處 (2006)，民用航空國內客運概況分析，擷取日期：2007年7月27日，網站：
3. 交通部臺灣鐵路管理局 (2007)，工程品質管理手冊。
4. 洪怡君、劉祐興、周榮昌、邱靜淑 (2005)，「高速鐵路接駁運具選擇行為之研究－以臺中烏日站為例」，中華民國運輸學會第二十屆學術論文研討會光碟。
5. Duckham, M. and Worboys, M. (2007), Automated Geographical Information Fusion and Ontology Alignment, In Belussi, A. et al. (Eds.), Spatial Data on the Web: Modeling and Management, New York: Springer, pp. 109-132.
6. FHWA (2006), Safety Applications of Intelligent Transportation Systems in Europe and Japan, FHWA-PL-06-001, Federal Highway Administration, Department of Transportation, Washington, D.C.

# 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。

# 臺鐵 資料

季刊 第 367 期

---

發行人	張政源
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	張政源
副主任委員	何獻霖、徐仁財、杜微
總編輯	朱來順
副總編輯	劉建良
主編	劉淑芬
編輯	劉英宗
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： <a href="http://www.railway.gov.tw">http://www.railway.gov.tw</a>
出版日期	中華民國 107 年 12 月
創刊日期	中華民國 52 年 10 月
封面圖片說明	玉里客城鐵橋 榮獲 2018 年臺鐵與日本近鐵 魅力鐵道攝影比賽 金獎
封面圖片攝影者	邱家終
印刷者	卡羅數位科技有限公司 地址：360 苗栗市和平路 138 巷 26 號 電話：037-372172
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： <a href="http://www.govbooks.com.tw">http://www.govbooks.com.tw</a> 五南文化廣場 地址：40042 臺中市中區中山路 6 號 電話：TEL：(04)22260330 網址： <a href="http://www.wunanbooks.com.tw">http://www.wunanbooks.com.tw</a>

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

---

# 臺鐵核心價值

安全

準確

服務

創新

團結

榮譽

ISSN1011-6850



9 771011 685005

ISSN1011-6850

定價:新台幣200元

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