

鐵路數位模擬系統於鐵路建設計畫決策中之應用與成效分析

Application and Effectiveness Analysis of Railway Activity Insight and Logistic Simulation System in Railway Construction Planning

運輸工程及海空運組 林育昶

研究期間：民國 114 年 1 月～12 月

摘要

我國鐵路運輸系統發展日趨複雜，傳統依賴過去數據與經驗的人工審議方式已有其侷限，在面對計畫變更時缺乏彈性。為強化決策客觀性與準確性，需引進科學化輔助工具。

本研究以「嘉義縣鐵路高架化增設頭橋站」為例，剖析傳統容量分析方法與本所開發之「鐵路數位模擬系統 (RAILS)」分析差異，並進行綜合比較，結果顯示鐵路數位模擬系統在分析「鐵路平交道與環境改善建設及周邊土地開發計畫審查作業要點」所訂之審議項目時，其分析原理及數據產出均高度貼合臺鐵現況運轉情形，可做為鐵路建設計畫規劃、審議階段之科學化決策輔助工具。

關鍵詞：

鐵路數位模擬系統、鐵路建設計畫、審議輔助工具、運轉分析

一、緣起

隨著我國鐵路運輸系統蓬勃發展，軌道建設與營運規劃所涉及的面向也愈加廣泛，涵蓋了工程技術、營運管理、環境影響及經濟效益等多重考量。在此背景下，過去依賴歷史數據、經驗與人工評估的傳統建設計畫審議方式，已逐漸顯現其侷限性。這些傳統方法不僅容易出現人為偏誤，且在面對假設條件變更時，往往也缺乏彈性。

為克服前揭挑戰，需引進科學化輔助工具以強化決策的客觀性與準確性，成為當前鐵路建設領域的共識。因此，本研究以本所開發之「鐵路數位模擬系統（RAILS）」作為分析工具，深度剖析此模擬系統如何於鐵路建設計畫中實際運用，以瞭解傳統靜態分析方法與系統動態分析方法於回應法規審議要求之差異。

二、鐵路數位模擬系統簡介

2.1 系統緣起

傳統鐵路建設計畫於審議營運指標方面多依賴過往營運經驗以及相關專業人員的人工評估來進行。此種模式雖然在過去發揮了重要作用，但面對現今高度網絡化與高密度的鐵路系統，其瓶頸也愈發明顯。傳統分析對於增設車站或調整班表後，難以捕捉其雙向前後列車間之動態交互影響，且計畫評估結果高度依賴初始假設條件，一旦外部條件（如預期運量、列車性能）發生變化，其評估過程需重新進行，缺乏調整彈性與效率。

為解決上述瓶頸，本所近十年來積極發展鐵路數位模擬系統技術，其核心目標係將鐵路的路網設施、營運班表等參數數位化，並在虛擬環境中進行高精度模擬，以評估不同方案的營運表現，提供參與鐵路建設計畫全生命週期之相關單位一種科學化、動態化的決策輔助工具。

2.2 系統功能

鐵路數位模擬系統的設計核心，是讓使用者以系統全局視角，在數位環境中依據構想情境建構模型。使用者可自行定義鐵路路網、車站及股道布設等硬體設備，並規劃包含車次、停站模式與車種屬性在內的相關營運服務。完成鐵系統數位模型建置後，系統透過其運算能力呈現該情境下未來可能的鐵路運轉狀況，並獲取各項統計數據。

由於系統分析流程係以明確分析目的開始，依序建立路網與班表進行

模擬。憑藉內建的完整資料庫與全自動化數據管理，系統作為一協作平台，確保規劃者、審議者與決策者等所有參與人員，都能在統一的資料基準上完成各自的任務。

鐵路數位模擬系統具備班表模擬、運轉分析等兩大核心功能，各功能說明如下。

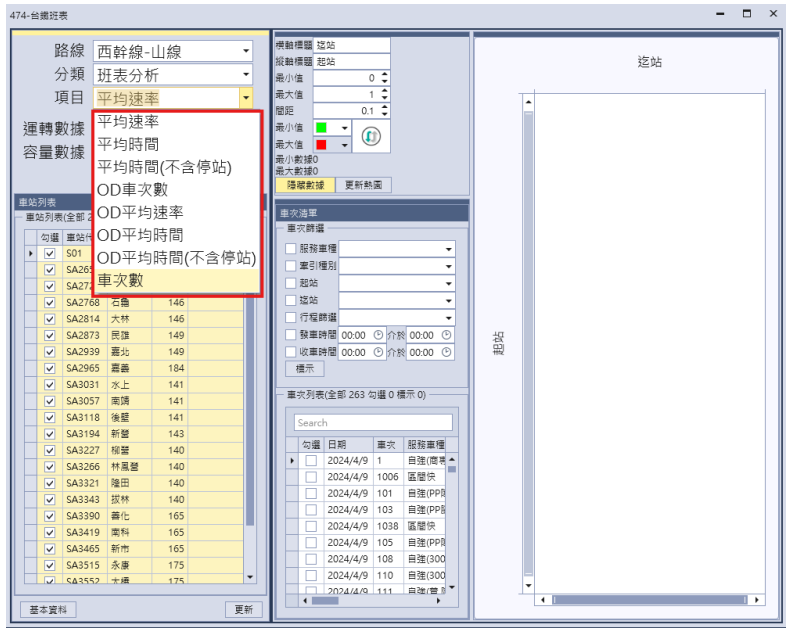
2.2.1 班表模擬功能

班表模擬功能包含班表自動解衝突及班表統計分析功能，透過輸入不同的列車班表方案，系統可自動求解最適班表，模擬列車在指定路網中的實際運行軌跡，並評估各級列車的平均運行時間、平均運行速率、準點率、車次數，分析不同班表組合對整體路網運行的影響。

應用名稱	輸入資料名稱	資料種類	版本	輸出資料名稱	資料種類	版本	建立時間	開始求解	完成求解	求解狀態	求解訊息	
Group: A-解衝突	求解測試	真實班表20240409	班表	304	求解班表	班表	305	2025/11/11 下午 05:42:44	2025/11/11 下午 05:44:36	2025/11/11 下午 05:54:59	求解結束	回合數:40 里程:0
Group: C-運轉分析												
Group: H-容量分析												
Group: T-分配裝載												

資料來源：【1】

圖 1 班表模擬功能執行介面

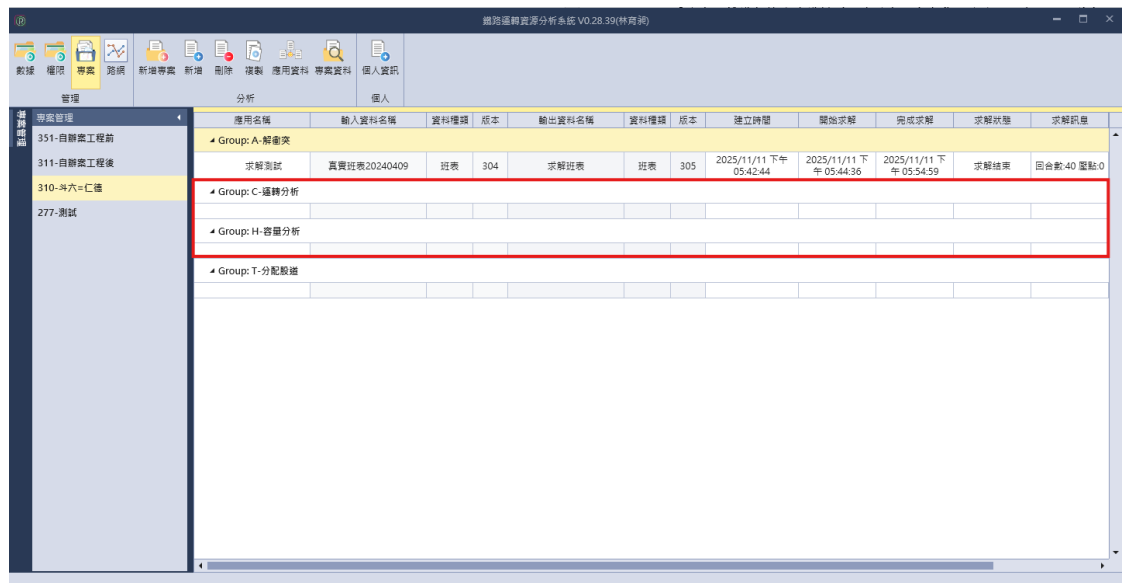


資料來源：【1】

圖 2 班表模擬分析結果查詢介面

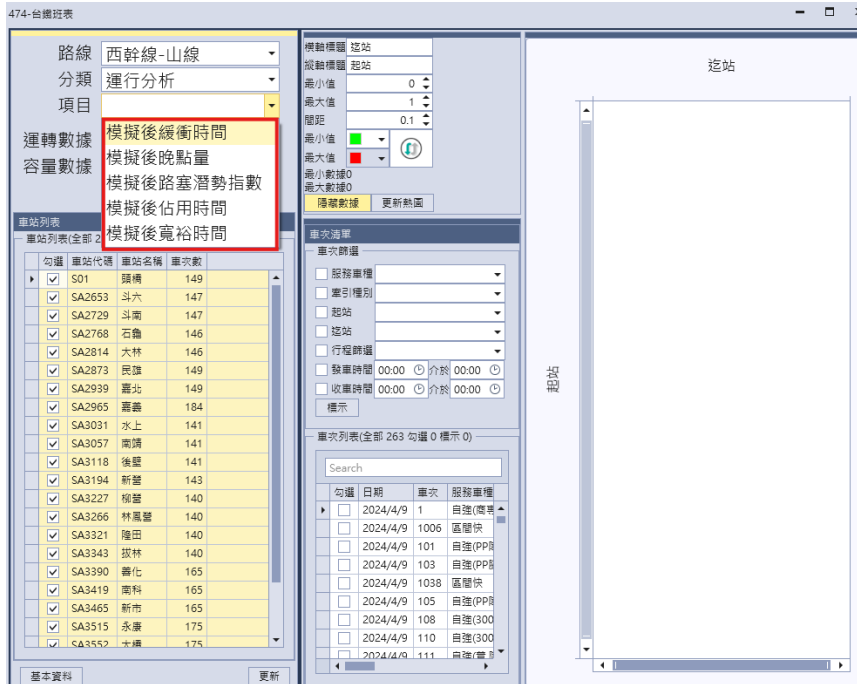
2.2.2 運轉分析功能

運轉分析功能係依據路線的號誌系統、閉塞區間長度、車站股道配置等條件，模擬在極限壓力下的列車運行情況，從而科學化地計算出特定路段或車站的最大服務能力與通過容量，以瞭解該情境對於路軌資源之利用程度。分析產出包含晚點量、佔用時間、寬裕時間、緩衝時間、路塞潛勢指數等運行分析指標以及車站容量、路線容量、利用率、最高小時車次數等容量分析指標。



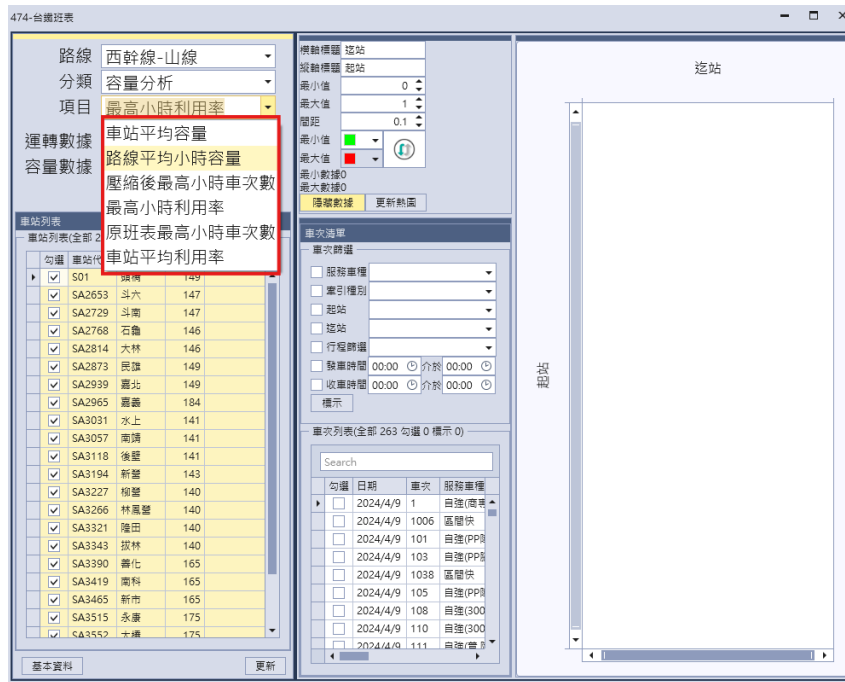
資料來源：【1】

圖 3 運轉分析功能執行介面



資料來源：【1】

圖 4 運轉分析結果查詢介面(運行分析)



資料來源：【1】

圖 5 運轉分析結果查詢介面(容量分析)

2.3 協作平台

對鐵路建設計畫而言，參與計畫全生命週期之主要單位有交通部、鐵道局、地方政府、顧問公司及臺鐵公司，而鐵路數位模擬系統設計架構使其有能力成為上述單位間之協作平台。

顧問公司可利用本系統所提供的功能，建立各種不同方案設計、情境之數位模型，並進行容量、運轉等多種分析以瞭解各方案於假設情境下之未來運轉狀況，以完成可行性研究或綜合規劃報告書撰寫，並將撰擬成果以設定權限方式分享予其他單位；地方政府參與該建設計畫人員取得顧問公司分享權限後，即可進入系統審視各方案與各情境下，其鐵路運轉功能是否符合預期；臺鐵公司營運單位亦可取得顧問公司執行之運轉分析結果，瞭解計畫方案對其系統運轉影響情形。

在鐵路數位模擬系統輔助各單位進行計畫撰擬與審議的同時亦累積相當數量的精準數據，此類數據可提供鐵道局於多項鐵路建設計畫同時推動情形下，制定整合及協調策略，健全我國鐵路系統通盤發展；交通部亦可以前揭數據為基礎，進行法規修訂、擬定國家鐵道政策等重要工作。

因系統具備共享數據環境，並結合權限限制功能，使所有參與單位都能針對同一份標準資料進行規劃或審議，成為一協作平台，避免各單位資訊不一致帶來的分析困擾，確保分析結果具備共同的比較基準，達成跨單位成果完美相容。

三、 鐵路建設計畫審議法規

本章節將彙整我國有關鐵路建設計畫之現行法規中，針對鐵路營運層面之具體評估要求。

3.1 現行法規概況

本研究經檢視「鐵路法」、「鐵路修建養護規則」、「鐵路行車規則」、「鐵路兩側禁建限建辦法」、「鐵路平交道與環境改善建設及周邊土地開發計畫審查作業要點」及「鐵路站區立體連通廊道與平台建設及毗鄰地區開發計畫審查作業要點」等我國現行鐵路相關法規，其中有關鐵路建設計畫可行性研究及綜合規劃報告書應包含之營運審議項目，僅「鐵路平交道與環境改善建設及周邊土地開發計畫審查作業要點」針對鐵路立體化改善工程訂有明確規範。

3.2 鐵路平交道與環境改善建設及周邊土地開發計畫審查作

業要點

儘管針對營運方面尚缺乏全國性的統一標準，交通部頒「鐵路平交道與環境改善建設及周邊土地開發計畫審查作業要點」(下稱審議要點)為目前相關鐵路建設計畫審議提供了唯一的審議框架。該要點特別針對「採鐵路立體化為改善方案」的計畫，明定三項核心評估事項，要求計畫報告書必須詳盡闡述。

1. 鐵路營運及行車計畫建議：此項要求計畫必須提出具體的營運規劃，內容應包含對現況及未來車輛調度模式及服務班次的分析，以及相對應的人力運用規劃。
2. 鐵路營運機構營運效率：計畫必須評估改善方案實施後，對鐵路營運機構整體效能的影響，以不降低原有路線容量、站間路線利用率及行車速率為原則，詳細標準如下。
 - (1)不降低原有路線容量。
 - (2)尖峰小時路線利用率不應高於現況或不逾70%。
 - (3)區段通勤列車平均運行速度不低於現況或45公里/小時。
 - (4)城際列車平均運行速度不低於現況或70公里/小時。
3. 基地位置、月台及股道配置：此項要求針對車站等核心基礎設施的規劃進行詳細分析，確保其配置能夠滿足未來的營運需求，例如列車的停靠、通過、待避等調度作業。

四、 案例分析

本節以「嘉義縣鐵路高架化增設臺鐵頭橋站」可行性研究報告書為基礎，針對計畫之關鍵規劃內容，將報告內採用之傳統容量分析方法與鐵路數位模擬系統分析結果進行深度對比。

案例分析重點聚焦於「鐵路平交道與環境改善建設及周邊土地開發計畫審查作業要點」中針對營運審議項目之規範，包括：不降低原有路線容量、尖峰小時路線利用率不逾現況或70%、區段通勤列車平均時速不低於現況或45km/h，以及城際列車平均時速不低於現況或70km/h等四項指標。透過檢視兩者在未來實際營運假設下的模擬結果，展現不同評估途徑於合規性驗證上的差異。

本計畫為「嘉義縣市鐵路高架化延伸計畫」之北段工程，規劃於臺鐵民雄站與嘉北站之間（約里程 290K+460 處，嘉義縣特二號道路交叉口附近）增設高架車站頭橋站，旨在服務周邊民雄及頭橋工業區、嘉義大學民雄校區等龐大通勤通學需求。

鐵路營運方面以停靠區間車為主，預測目標年（民國 140 年）每日旅次量約為 359 人次；在場站設施方面，頭橋站預計採「兩岸兩股」形式，設置兩座側式月台與兩條正線，兩股主正線均緊鄰月台以利管理，月台長度規劃為 220 公尺，車站總寬度約為 24 公尺。

4.1 傳統容量分析方法

「嘉義縣鐵路高架化增設臺鐵頭橋站」可行性研究報告書內採用「傳統暨區域鐵路系統容量分析軟體」進行分析，另為擴大檢視路線營運狀況，規劃單位於分析鐵路行車現況時，選定嘉義至大林路段進行路線容量、站間路線利用率、行車平均速率分析。

容量分析方法係由使用者依序輸入車站軌道佈設型式、站間運轉時間、停站時間、車種設定、列車交通組成等參數後，即可利用軟體求得路線容量、利用率及行車速率。

1. 現況分析

(1) 分析參數

依鐵道容量手冊定義，車站軌道佈設型式分為第 I 型(兩島式月臺四股道以上之車站)、第 II 型(一島一側式月臺三股道且無平面交叉之車站)、第 III 型(一島一側式月臺三股道且有平面交叉之車)、第 IV 型(一島或兩側式月臺兩股道之車站)等四種形式。在本計畫容量分析範圍車站中，大林車站及民雄車站屬於第 I 型配置、嘉北站屬於第 IV 型配置、嘉義站屬於第 III 型配置，如表 1 所示。

表 1 各車站軌道佈設型式

車站	大林	民雄	嘉北	嘉義
上行	I	I	IV	III
下行	I	I	IV	III

資料來源：【2】

車種設定方面，規劃單位依據容量軟體所提供的原始數值設定自強號、莒光號、區間車等三種車種。各車站停站時間係依

據臺鐵公司現行時刻表搭配鐵道容量手冊建議值予以調整。而在站間運轉時間設定方面，容量軟體設計使用者可將無法追越待避之車站(第 IV 型配置)刪除，列車於該站的停站時間則合併納入站間運轉時間進行計算，因嘉北車站屬第 IV 型配置，爰區間車於嘉北站之停站時間將併入嘉義至民雄區間運轉時間進行計算，如表 2、表 3 所示。

表 2 各車站停站時間

車站	大林	民雄	嘉北	嘉義
自強號	0	0	0	90
莒光號	60	0	0	90
區間車	60	60	30	60

資料來源：【2】

表 3 各區段站間運轉時間

上行(往大林)				下行(往嘉義)			
區段	自強號	莒光號	區間車	區段	自強號	莒光號	區間車
嘉義-民雄	360	450	540	大林-民雄	240	270	300
民雄-大林	240	270	300	民雄-嘉義	360	450	540

資料來源：【2】

依據臺鐵公司時刻表，18~19 時為嘉義站上、下行尖峰時段，每小時皆各有 5 班次列車，因此規劃單位擷取此時段作為此分析區間之交通組成設定，如表 4 所示。

表 4 尖峰小時列車交通組成

區段	方向	自強號	莒光號	區間車	小計
嘉義=大林	上行	2	0	3	5
	下行	3	0	2	5

資料來源：【2】

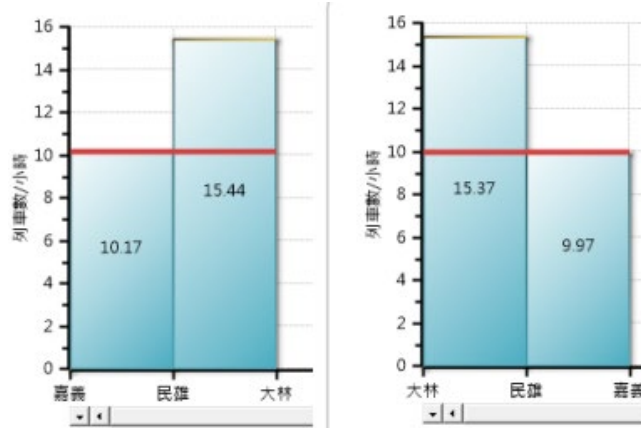
(2)分析結果

完成設定所有參數後執行軟體容量分析，結果如表 5 及圖 6 所示。上行路線容量瓶頸落在嘉義至民雄區間，每小時可容納 10.17 列次，路線利用率為 49%；下行路線容量瓶頸同樣落在民雄至嘉義區間，每小時可容納 9.97 列次，路線利用率為 50%。

表 5 路線容量及站間路線利用率

區段	上行			下行		
	路線容量 (列次/小時)	尖峰小時 班次數	站間路線 利用率	路線容量 (列次/小時)	尖峰小時 班次數	站間路線 利用率
嘉義=民雄	10.17	5	49%	9.97	5	50%
民雄=大林	15.44	5	32%	15.37	5	33%

資料來源：【2】



資料來源：【2】

圖 6 上行路段(左)及下行路段(右)容量分析結果

在行車平均速率部分，傳統容量分析方法係利用兩站間之距離除以行車時間進行計算，經軟體運算得出自強號於分析範圍之平均速率約為 90.6km/hr、莒光號約為 75.5km/hr、區間車約為 60.4km/hr。

2. 新增頭橋站分析

(1) 分析參數

為計算目標年列車交通組成，規劃單位參考運輸需求預測結果，發現目標年之最大站間運量相較現況並未有大幅成長趨勢，因此先以現況全日與尖峰小時班次數進行檢核，並因應臺鐵公司車種簡化策略，將現有莒光號班次改為自強號替駛，相關檢核結果如表 6 所示。

表 6 分析區間目標年運能檢核

方向	車種	自強號	自強號	自強號	區間車	區間車	區間車	總運能 (人)	最大站 間運量 (人)	檢核結 果
		班次數 (列)	乘位數 (人/列)	客座利 用率	班次數 (列)	乘位數 (人/列)	客座利 用率			
全日	順行	27	538	0.68	44	1759	0.61	57,089	20,880	V
	逆行	27	538	0.68	46	1759	0.61	59,235	20,691	V
尖峰 小時	順行	2	538	0.68	3	1759	0.61	3,951	3,132	V
	逆行	3	538	0.68	2	1759	0.61	3,244	3,103	V

資料來源：【2】

根據檢核結果發現，不論全日或尖峰時段，現況班次數所提供的運能皆能滿足未來之運量需求，亦即未來年不需加開班次即可維持營運，規劃單位以此做為未來列車需求的上限依據。

車站軌道佈設型式方面，嘉義車站於「嘉義市區鐵路高架化」與相關延伸計畫中將改建為第 III 型(一島一側式月臺三股道且有平面交叉)車站提供列車營運，新增設之頭橋站則係規劃以第 IV 型(一島或兩側式月臺兩股道之車站)進行配置，嘉北、民雄及大林車站則維持現況不變動，如表 7 所示。

表 7 目標年各車站軌道佈設型式

車站	大林	民雄	頭橋	嘉北	嘉義
上行	I	I	IV	IV	III
下行	I	I	IV	IV	III

資料來源：【2】

車種設定方面，規劃單位自現有自強號、莒光號、區間車等三種車種簡化為自強號及區間車兩種車種。增設頭橋站所增加之停站時間亦併入運轉時間計算，不另立容量區段進行討論，相關設定如表 8~表 10 所示。

表 8 目標年各車站停站時間

車站	大林	民雄	頭橋	嘉北	嘉義
自強號	0	0	0	0	90
區間車	60	60	30	30	60

資料來源：【2】

表 9 目標年各區段站間運轉時間

上行 (往大林)			下行 (往嘉義)		
區段	自強號	區間車	區段	自強號	區間車
嘉義-民雄	360	660	大林-民雄	240	300
民雄-大林	240	300	民雄-嘉義	360	660

資料來源：【2】

表 10 目標年尖峰小時列車交通組成

區段	方向	自強號	區間車	小計
嘉義=大林	上行	2	3	5
	下行	3	2	5

資料來源：【2】

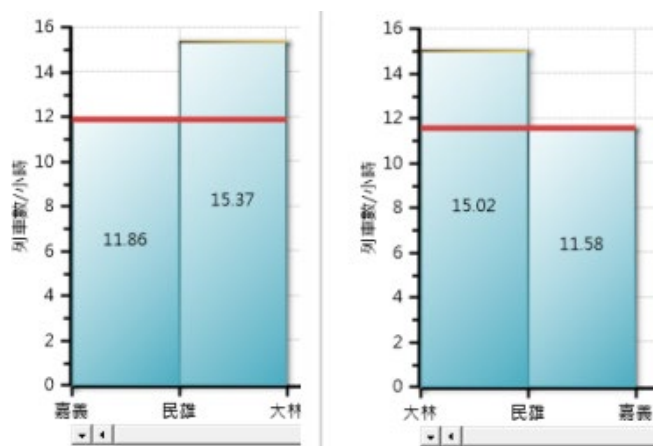
(2) 分析結果

完成設定所有參數後，利用軟體執行容量分析，結果如表 11 及圖 7 所示。根據計算結果，上行路線容量瓶頸落在嘉義至民雄區間，每小時可容納 11.86 列車，路線利用率為 42%；下行路線容量瓶頸同樣落在民雄至嘉義區間，每小時可容納 11.58 列車，路線利用率為 43%。

表 11 目標年路線容量及站間路線利用率

區段	上行			下行		
	路線容量 (列次/小時)	尖峰小時 班次數	站間路線 利用率	路線容量 (列次/小時)	尖峰小時 班次數	站間路線 利用率
嘉義=民雄	11.86	5	42%	11.58	5	43%
民雄=大林	15.37	5	33%	15.02	5	33%

資料來源：【2】



資料來源：【2】

圖 7 目標年上行路段(左)及下行路段(右)容量分析結果

嘉義車站在高架化完工後因股道增加，可提供上下行列車待避功能，增加營運調度彈性，與現況相比將大幅增加路線容量，惟增設頭橋站之後會使容量微幅下降，詳細比較結果如表 12 所示。

表 12 分析區間各階段路線容量比較表

區段	上行路線容量(列次/小時)			下行路線容量(列次/小時)		
	現況	高架完工	高架完工且增設頭橋站	現況	高架完工	高架完工且增設頭橋站
嘉義=民雄	10.17	13.39	11.86	9.97	13.16	11.58
民雄=大林	15.44	15.38	15.37	15.37	15.11	15.02

資料來源：【2】

目標年的行車平均速率經計算得出區間車預估平均速率約為 53.3km/hr，和現況相比降低 12%，但仍符合審查要點之規範、自強號之預估平均速率為 90.6km/hr，與現況一致。

4.2 鐵路數位模擬系統分析方法

為更符合未來實際運轉情形及全面審視整段路線營運情形，分析區間分別往北延伸至斗六及往南延伸至仁德，並以「鐵路數位模擬系統」進行班表模擬及運轉分析。

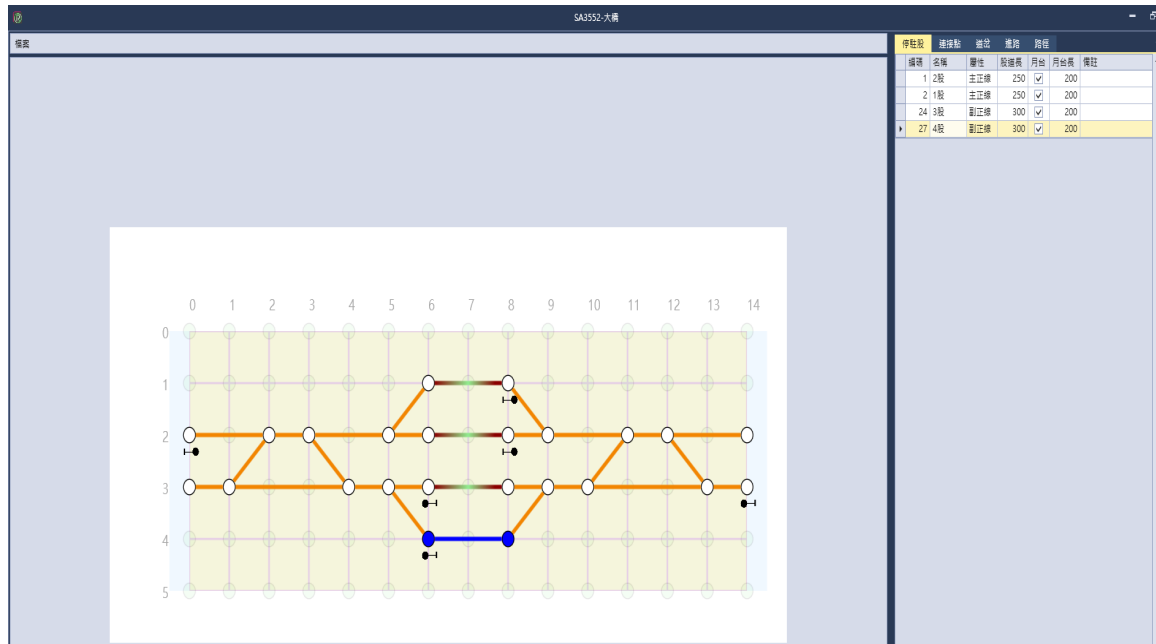
鐵路數位模擬系統係由使用者依序進行路網布設、班表模擬等參數後，即可利用系統進行班表自動解衝突、運轉分析，得到路線容量、利用率及行車速率等指標。

1. 現況分析

(1) 分析參數

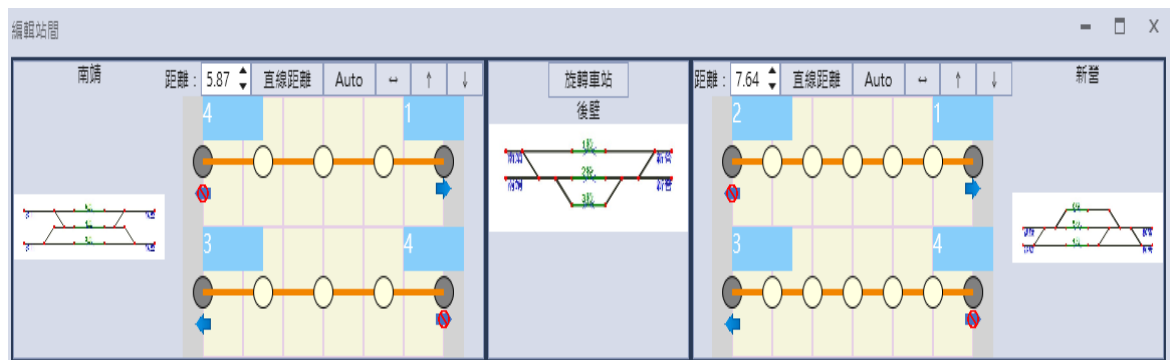
A. 路網布設

將斗六車站至仁德車站，建立與臺鐵公司現況營運路線相同之路軌模型，包含車站及站間布設，其中車站部分包含月台形式、停駐股分配、號誌機及道岔位置、進路及路徑設定等，系統介面如圖 8 所示；站間部分則包含設定站間距離及列車行駛方向，如圖 9 所示。前揭路軌布設均與現行臺鐵列車運轉環境一致。



資料來源：【1】

圖 8 車站編輯介面

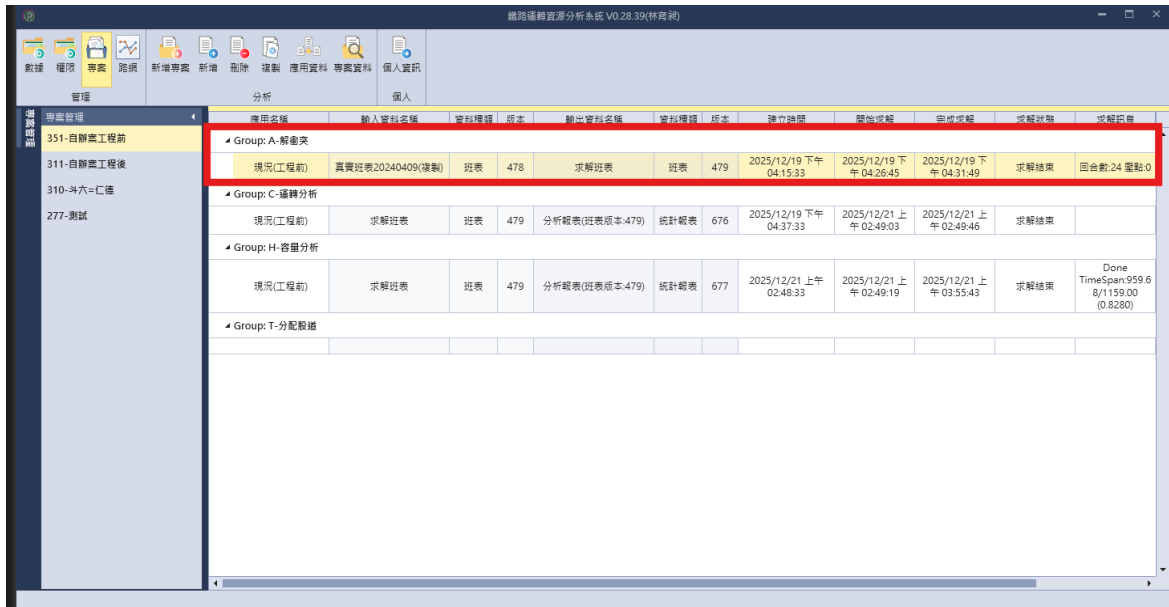


資料來源：【1】

圖 9 站間編輯介面

B. 班表模擬

鐵路數位模擬系統具備班表資料庫並持續自臺鐵公司接收營運列車班表資料，因此，使用者可自行選用臺鐵公司真實之營運班表進行模擬，以更符合實際運轉狀況，本研究隨機選用臺鐵公司 113 年 4 月 9 日之真實班表進行模擬，包含自強號、莒光號、區間塊及區間車等 4 種車種，由於自臺鐵公司接收之營運班表並未有列車進出車站股道之分配數據，爰本系統須先進行班表自動解衝突(如圖 10 所示)，以利後續執行運轉分析。



資料來源：【1】

圖 10 班表自動解衝突介面

(2) 分析結果

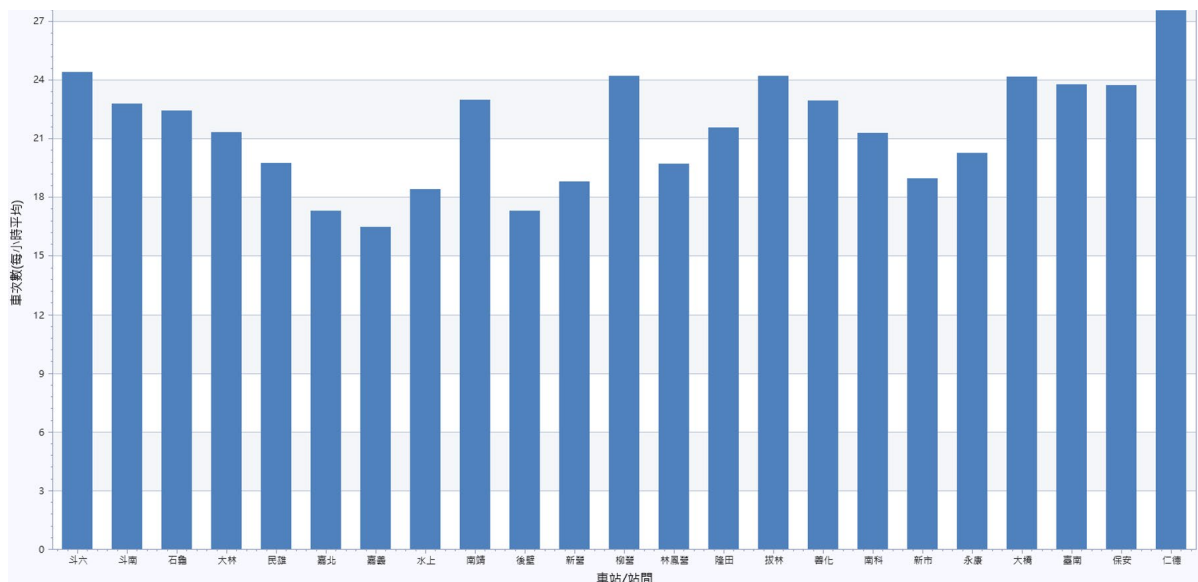
完成班表自動解衝突後，利用系統執行運轉分析，即可獲得晚點量、佔用時間、寬裕時間、緩衝時間、路塞潛勢指數等運行分析指標以及車站容量、路線容量、利用率、最高小時車次數等容量分析指標。

根據計算結果，斗六至仁德路線利用率為 82.8%，如圖 11 所示；另截取大林、民雄、嘉北及嘉義等 4 車站平均容量，分別為 21.307 列車/小時、19.729 列車/小時、17.306 列車/小時、16.458 列車/小時，其餘各站平均容量如圖 12 所示。

應用名稱	輸入資料名稱	資料種類	版本	輸出資料名稱	資料種類	版本	建立時間	開始求解	完成求解	求解狀態	求解訊息	
Group: A-靜態												
311-自辦案工程後	現況(工程前)	真實班表20240409(複製)	班表	478	求解班表	班表	479	2025/12/19 下午 04:15:33	2025/12/19 下午 04:26:45	2025/12/19 下午 04:31:49	求解結束	回合數:24 匯點:0
Group: C-邏輯分析												
310-斗六=仁德	現況(工程前)	求解班表	班表	479	分析報表(班表版本:479)	統計報表	676	2025/12/19 下午 04:37:33	2025/12/21 上午 02:49:03	2025/12/21 上午 02:49:46	求解結束	
Group: H-容量分析												
277-測試	現況(工程前)	求解班表	班表	479	分析報表(班表版本:479)	統計報表	677	2025/12/21 上午 02:48:33	2025/12/21 上午 02:49:19	2025/12/21 上午 03:55:43	求解結束	Done TimeSpan:959.6 8/1159.00 (0.8280)

資料來源：【1】

圖 11 現況路線利用率



資料來源：【1】

圖 12 現況車站平均容量

現況行車平均速率經模擬計算得出南下區間車平均速率約為 51.55km/hr、北上區間車平均速率約為 49.33km/hr，如圖 13 所示；南下自強號、莒光號、區間快等快車之平均速率為 77.69km/hr、北上自強號之預估平均速率為 77.22km/hr，如圖 14 所示。

經檢視相關速率，現況營運情形均符合審查要點所訂區間車>45km/hr、快車>70km/hr。

	斗六	斗南	石龜	大林	民雄	嘉北	嘉義	水上	南靖	後壁	新營
斗六	0	72.92	63.25	61.76	58.63	57.84	55.21	54.59	54.35	54.99	56.74
斗南	70.77	0	65.68	61.48	56.95	56.43	53.29	52.92	52.78	53.75	55.92
石龜	61.46	65.22	0	65.31	56.74	56.18	52.5	52.33	52.23	53.38	55.8
大林	60.2	60.67	64	0	70.06	61.42	55.02	55.12	54.66	55.59	58.04
民雄	57.71	56.71	56.54	70.76	0	73.31	57.34	55.85	54.9	55.25	57.43
嘉北	58.43	57.98	58.17	65.25	75.5	0	42.21	50.49	50.37	52.23	55.66
嘉義	53.26	51.45	50.42	52.34	49.87	28.92	0	73.54	64.95	60.99	62.96
水上	49.16	47.32	46.19	46.2	43.37	34.4	56.18	0	59.82	56.88	61.36
南靖	49.35	47.69	46.69	46.8	44.48	37.29	54.56	62.22	0	67.94	67.56
後壁	50.54	49.29	48.58	48.98	47.5	42.72	56.38	60.32	68.57	0	74.92
新營	52.07	51.21	50.77	51.4	50.28	47.09	58.7	61.96	65.84	73.09	0

資料來源：【1】

圖 13 現況區間車平均行車速率

	斗六	斗南	石龜	大林	民雄	嘉北	嘉義	水上	南靖	後壁	新營
斗六	0	77.08	75.73	80.39	79.39	82.04	79.15	76.94	78.25	81.5	82.96
斗南	79.61	0	88.48	91.88	85.1	87.27	82.47	78.56	80.11	83.9	85.28
石龜	77.95	93.19	0	94.99	83.89	86.99	81.34	77.11	78.96	83.29	84.89
大林	82.72	95.57	97.69	0	88.43	90.53	82.17	75.19	77.51	82.67	84.58
民雄	83.51	91.35	90.68	96	0	99.2	81.97	71.6	74.94	81.72	84.17
嘉北	85.3	91.55	91.18	93.84	100.81	0	56.19	59.4	65.71	76.45	80.79
嘉義	76.55	78.21	75.74	73.29	66.45	34.96	0	88.01	91.79	99.08	96.67
水上	71.79	71.12	68.45	64.55	58.15	44.5	69.8	0	102.75	109.75	100.7
南靖	73.1	72.77	70.45	67.11	61.85	50.82	76.22	98.76	0	113.23	100.31
後壁	75.49	75.67	73.91	71.46	67.87	60.44	82.7	96.48	95.48	0	92.22
新營	76.65	77	75.63	73.78	71.25	66.14	81.59	87.62	85.73	82.62	0

資料來源：【1】

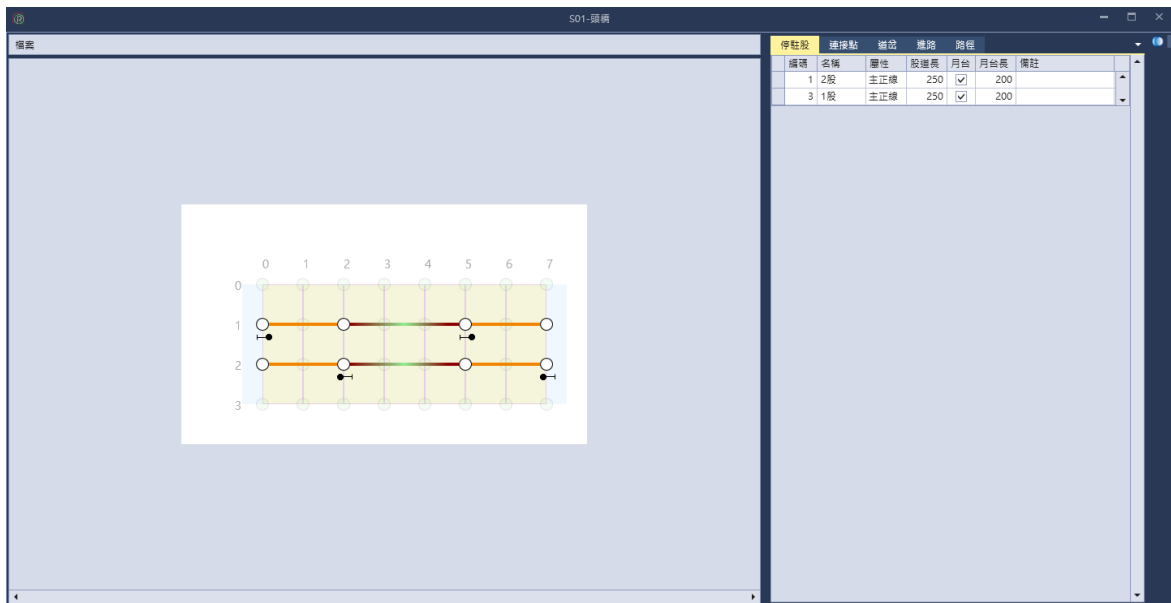
圖 14 現況快車平均行車速率

2. 新增頭橋站分析

(1) 分析參數

A. 路網布設

除自斗六車站開始建立與臺鐵公司現況營運路線相同之路軌模型至仁德車站外，亦須於嘉北站及民雄站間，按報告書內描述，採「兩岸兩股」形式，設置兩座側式月台與兩條正線之頭橋站，兩股主正線均緊鄰月台以利管理，月台長度規劃為 220 公尺，車站總寬度約為 24 公尺，系統新增車站及站間布設如圖 15、圖 16 所示。



資料來源：【1】

圖 15 新增頭橋車站編輯介面



資料來源：【1】

圖 16 頭橋與嘉北及民雄站間編輯介面

B. 班表模擬

新增頭橋站之班表模擬亦選擇臺鐵公司 113 年 4 月 9 日之真實班表進行，以保持分析來源一致性，本次班表亦包含自強號、莒光號、區間塊及區間車等 4 種車種，並以前揭增設橋頭站後之路網進行班表自動解衝突(如圖 17 所示)，以利後續執行運轉分析。

應用名稱	輸入資料名稱	資料種類	版本	輸出資料名稱	資料種類	版本	建立時間	開始求解	完成求解	求解狀態	求解訊息
* Group: A-解衝突											
TEST	真實班表20240409(樣數)	班表	311	求解班表	班表	474	2025/12/19 下午 03:02:56	2025/12/19 下午 03:09:25		求解中	回合數:19266 衝突:18125
增設橋頭站	真實班表20240409(樣數)	班表	311	求解班表	班表	466	2025/12/5 下午 03:00:05	2025/12/5 下午 04:35:15	2025/12/5 下午 04:59:46	求解結束	回合數 93 衝突 0
* Group: C-運轉分析											
增設橋頭站	求解班表	班表	466	分析報表(班表版本:466)	統計報表	675	2025/12/5 下午 04:56:02	2025/12/18 下午 03:47:57	2025/12/18 下午 03:48:14	求解結束	
* Group: H-容量分析											
增設橋頭站	求解班表	班表	466	分析報表(班表版本:466)	統計報表	673	2025/12/5 下午 04:56:07	2025/12/18 上午 10:29:27	2025/12/18 上午 11:41:18	求解結束	Done TimeSpan:890.0 0/1160.00 (0.7672)
* Group: T-分配駁船											

資料來源：【1】

圖 17 增設頭橋站班表自動解衝突介面

(2) 分析結果

經完成前揭增設頭橋站班表自動解衝突後執行系統運轉分析，即獲得車站平均容量、路線利用率、平均行車速率等分析指標。

根據計算結果，斗六至仁德路線利用率為 76.7%，如圖 18 所示；另截取大林、民雄、頭橋、嘉北及嘉義等 4 車站平均容量，分別為 22.241 列車/小時、21.333 列車/小時、24.476 列車/小時、19.082 列車/小時、16.946 列車/小時，其餘各站平均容量如圖 19 所示。

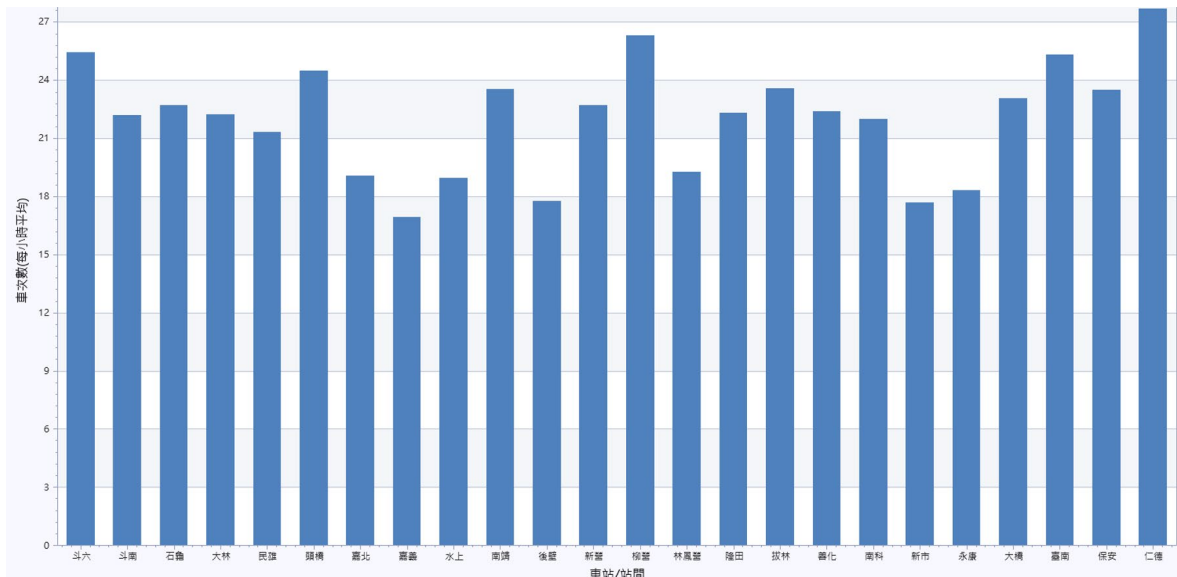
經檢視頭橋站增設後，其前後四站(大林、民雄、嘉北、嘉義)之車站平均容量均有增加，且路線利用率亦有些微下降。

鐵路運輸資源分析系統 V0.28.39(林育禎)

應用名稱	輸入資料名稱	資料種類	版本	輸出資料名稱	資料種類	版本	建立時間	開始求解	完成求解	求解狀態	求解訊息
Group: A-解衝突											
TEST	真實班表20240409(複製)	班表	311	求解班表	班表	474	2025/12/19 下午 03:02:59	2025/12/19 下午 03:09:25		求解中	回合數:19266 壓點:1.8125
增設頭橋站	真實班表20240409(複製)	班表	311	求解班表	班表	466	2025/12/5 下午 03:00:05	2025/12/5 下午 04:35:15	2025/12/5 下午 04:59:46	求解結束	回合數:93 壓點:0
Group: C-邏輯分析											
增設頭橋站	求解班表	班表	466	分析報表(班表版本:466)	統計報表	675	2025/12/5 下午 04:56:02	2025/12/18 下午 03:47:57	2025/12/18 下午 03:48:14	求解結束	
Group: H-容量分析											
增設頭橋站	求解班表	班表	466	分析報表(班表版本:466)	統計報表	673	2025/12/5 下午 04:56:07	2025/12/18 上午 10:29:27	2025/12/18 上午 11:41:18	求解結束	Done TimeSpan:890.0 0/1160.00 (0.7672)

資料來源：【1】

圖 18 增設頭橋站後路線利用率



資料來源：【1】

圖 19 增設頭橋站後車站平均容量

頭橋站增設後經模擬分析得出南下區間車平均速率約為 51.12km/hr、北上區間車平均速率約為 48.99km/hr，如圖 20 所示；南下自強號、莒光號、區間快等快車之平均速率為 77.89km/hr、北上自強號之預估平均速率為 77.25km/hr，如圖 21 所示。

前揭工程後區間車行車平均速率相較頭橋站增設前略幅降低、快車平均速率則與工程前相差不多，兩者平均行車速率均符合審查要點所訂區間車>45km/hr 及快車>70km/hr 之規定。

	斗六	斗南	石龜	大林	民雄	頭橋	嘉北	嘉義	水上	南靖	後壁	新營
斗六	0	72.92	63.25	61.44	58.01	55.59	55.37	53.16	52.72	52.68	53.54	55.42
斗南	70.46	0	65.68	60.9	56.06	53.18	53.27	50.77	50.74	50.85	52.1	54.43
石龜	61.32	65.69	0	64.09	55.52	52.05	52.37	48.59	49.89	50.09	51.58	54.19
大林	60.2	61.04	64.39	0	67.86	56.42	55.69	51.14	52.19	52.18	53.6	56.3
民雄	57.56	56.68	56.36	71.14	0	70.71	60.87	51.45	52.49	52.34	53.54	56.17
頭橋	56.81	55.79	55.31	62.94	75.24	0	74.13	51.35	52.8	52.55	53.9	56.77
嘉北	56.53	55.59	55.15	60.46	63.14	75.99	0	42.21	50.49	50.7	52.83	56.31
嘉義	51.81	49.75	48.42	49.72	45.61	41.9	28.92	0	73.54	65.36	61.53	63.5
水上	48.36	46.45	45.17	45.15	41.53	39.09	34.4	56.18	0	61.03	57.73	62.08
南靖	48.59	46.88	45.75	45.84	42.82	40.93	37.29	54.79	62.25	0	68.99	65.3
後壁	49.89	48.6	47.79	48.2	46.07	44.99	42.72	56.38	60.04	68.57	0	75.24
新營	51.48	50.6	50.06	50.71	48.99	48.44	47.02	53.7	61.8	65.84	73.4	0

資料來源：【1】

圖 20 增設頭橋站後區間車平均行車速率

	斗六	斗南	石龜	大林	民雄	頭橋	嘉北	嘉義	水上	南靖	後壁	新營
斗六	0	76.42	75.73	80.85	80.57	81.47	83.4	80.28	77.7	78.79	81.74	83.14
斗南	79.04	0	88.59	93.09	87.22	87.39	89.41	84.11	79.58	80.83	84.23	85.51
石龜	77.47	92.03	0	97.29	86.71	87.05	89.61	83.26	78.24	79.73	83.64	85.14
大林	81.86	93.82	95.4	0	92.08	90.63	93.44	84.06	76.11	78.05	82.76	84.59
民雄	82.7	90.09	89.39	94.83	0	100.74	101.5	82.96	71.8	74.73	81.04	83.56
頭橋	82.81	88.82	87.93	90.46	100.74	0	102.27	75.38	66.58	70.61	78.51	81.85
嘉北	84.65	90.68	90.38	93.32	101.54	102.35	0	55.92	59.01	64.87	75.13	79.68
嘉義	76.04	77.6	75.21	72.97	66.61	55.84	34.87	0	87.7	90.44	97.04	95.26
水上	71.09	70.35	67.74	64.02	57.87	51.96	44.11	69.67	0	98.04	105.73	98.72
南靖	72.39	71.99	69.73	66.56	61.54	56.68	50.38	75.98	98.04	0	109.61	98.85
後壁	74.9	75.05	73.35	71.06	67.71	64.35	60.16	82.57	96.35	95.61	0	91.92
新營	76.19	76.53	75.21	73.52	71.19	68.83	65.99	81.55	87.63	85.84	82.63	0

資料來源：【1】

圖 21 增設頭橋站後快車平均行車速率

五、 方案比較

為探討傳統容量分析方法及鐵路數位模擬系統分析方法對「嘉義縣鐵路高架化增設臺鐵頭橋站」未來實際運轉情形之影響，本節以「鐵路平交道與環境改善建設及周邊土地開發計畫審查作業要點」內，就鐵路高架化計畫必須提出之路線容量、路線利用率、區段通勤列車及城際列車平均運行速度等審議項目，彙整現況及增設頭橋站後之相關分析數據如表 13、14，並說明各審議項目分析差異之意涵及進行綜合比較。

表 13 審議項目分析數據比較表(現況)

指標	審議規範	臺鐵現況	傳統容量分析 (現況)	RAILS 系統分析 (現況)
路線利用率	尖峰小時路線利用率不應高於現況或不逾 70%	63%	上行：49% 下行：50%	82.8%
路線容量	不降低原有路線容量	227 列次/日	上行：10.17 列次/h 下行：9.97 列次/h	12 列次/h
通勤列車平均速率	不低於現況或 45km/h	NA	區間車：60.4km/h	上行 49.33km/h 下行 51.55km/h
城際列車平均速率	不低於現況或 70km/h	NA	自強號：90.6km/h 莒光號：75.5km/h	上行 77.22km/h 下行 77.69km/h

資料來源：本研究整理

表 14 審議項目分析數據比較表(增設頭橋站)

指標	審議規範	臺鐵現況	傳統容量分析 (增設頭橋站)	RAILS 系統分析 (增設頭橋站)
路線利用率	尖峰小時路線利用率不應高於現況或不逾 70%	63%	上行：42% 下行：43%	76.7%
路線容量	不降低原有路線容量	227 列次/日	上行：11.86 列次/h 下行：11.58 列次/h	12 列次/h
通勤列車平均速率	不低於現況或 45km/h	NA	區間車：53.3km/h	上行 48.99km/h 下行 51.12km/h
城際列車平均速率	不低於現況或 70km/h	NA	自強號：90.6km/h	上行 77.25km/h 下行 77.89km/h

資料來源：本研究整理

5.1 各審議項目分析差異意涵

1. 路線容量

臺鐵現況路線容量為 227 列次/日，以每日營運時間 19 小時(上午五時至凌晨 0 時)來計算，傳統容量分析方法得出之現況路線容量介於 189 列次/日~193 列次/日，增設頭橋站後為 220 列次/日~225 列次/日；鐵路數位模擬系統在現況及增設頭橋站後均為 228 列次/日，此兩項分析結果經對比臺鐵現況，其預估之路線容量均尚屬合理。

2. 路線利用率

臺鐵現況路線利用率為 63%；傳統容量分析方法經計算現況及增設頭橋站後之利用率在 42%~50%之間，惟其路線利用率為上、下行分別計算，且分析區間僅止於大林至嘉義；鐵路數位模擬系統經分析得出現況利用率為 82.8%，增設頭橋站後降至 76.7%，係上下行合併計算，且分析區間為斗六至仁德，較貼合現況列車營運模式。

綜上，鐵路數位模擬系統其路線利用率數值較高之原因係因其分析區間較傳統容量分析區間廣，且在頭橋站增設後可能因車站或站間容量變大，因此路線利用率微幅下降；而傳統容量分析方法計算之路線利用率相較其他兩種偏低，惟因鐵路真實負載較高，其數值可能低估。

3. 通勤列車平均速率

傳統容量分析方法經計算為現況列車平均速率為 60.4km/h，增設頭橋站後列車平均速率則降至 53.3km/h；鐵路數位模擬系統部分，因此軟體係以臺鐵現況班表進行運轉分析，爰可就上、下行列車分別計算行駛速率，經求解現況上行列車平均速率為 49.33km/h、下行列車平均速率為 51.55km/h，增設頭橋站後，上、下行列車之平均速率亦分別微幅降至 48.99km/h 及 51.12km/h。

經檢視上述兩種分析方法產出之通勤列車平均速率，其分析結果均符合審議項目所訂通勤列車平均速率不低於現況或 45km/h。

4. 城際列車平均速率






傳統容量分析方法經計算為現況自強號平均速率 90.6km/h、莒光號為 75.5km/h，增設頭橋站後自強號列車平均速率維持 90.6km/h，莒光號列車則因應臺鐵未來簡化車種而不再行駛，因此無進行分析；而在鐵路數位模擬系統部分，因此軟體係以臺鐵現況班表進行運轉分析，不僅可就上、下行列車分別計算行駛速率，亦可將不同城際列車車種合併計算行駛速率，經求解現況上行列車平均速率為 77.22km/h、下行列車平均速率為 77.69km/h，增設頭橋站後，上、下行列車之平均速率亦分別微提升至 77.25km/h 及 77.89km/h。

經檢視上述兩種分析方法產出之城際列車平均速率，因城際列車並無停靠增設之頭橋站，爰其行駛速率幾乎無變化。且此兩種分析方法產出之結果均符合審議項目所訂通勤列車平均速率不低於現況或 70km/h。

5.2 綜合比較

本節比對使用傳統容量分析方法與使用鐵路數位模擬系統針對增設頭橋站計畫之審議項目分析數據，並進行優劣比較如表 15，根據兩方案得出之分析數據，在分析範圍、路線容量、路線利用率、區段通勤列車及城際列車平均運行速度等審議項目中，使用鐵路數位模擬系統分析之結果均較傳統容量分析方法優異。

表 15 傳統容量分析與鐵路數位模擬系統分析結果綜合比較

審議項目 \ 分析方法	傳統容量分析	鐵路數位模擬系統分析
分析範圍	嘉義站—大林站(4站)	斗六站—仁德站(23站) 
路線利用率	上行：42% 下行：43%	76.70% 
路線容量	上行：11.86列車/小時 下行：11.58列車/小時	12列次/小時 
通勤列車平均速率	53.3km/小時	上行：48.99km/小時 下行：51.12km/小時 
城際列車平均速率	90.6km/小時	上行：77.25km/小時 下行：77.89km/小時 

六、 結論與建議

6.1 結論

本研究透過「嘉義縣鐵路高架化增設頭橋站」案例，證實了引進科學化輔助工具於鐵路建設計畫審議中之必要性，及為決策者提供更具韌性的評估依據。另本研究亦深度對比了傳統容量分析方法與使用鐵路數位模擬系統之應用成效，總結如下。

1. 分析數據設定之差異：

- (1) 傳統容量分析：分析基礎多建立於「假設」之上。使用者須輸入之相關參數如車站軌道型式、車種設定等均經過簡化且為制式選取，使用者無法依據實際狀況進行參數調整，例如在面對無法待避之車站時（如第 IV 型配置），需將停站時間併入站間運轉時間計算、上、下行容量需分開計算等原則，均較難捕捉真實路網間運行時複雜之交互影響。
- (2) 鐵路數位模擬系統：依據鐵路路線「實際狀況」建立高精度數位模型，使用者能根據現實世界狀況設定號誌機、道岔位置及停駐股等，且能直接匯入臺鐵真實營運班表進行動態模擬，使分析結果無論是在硬體設計或運轉模擬均更貼合實際運轉情境。

2. 綜合比較：

本研究彙整傳統容量分析方法與使用鐵路數位模擬系統針對增設頭橋站計畫之審議項目分析數據，使用鐵路數位模擬系統進行方案分析，其分析原理及數據產出均較貼合臺鐵現況營運情形。

6.2 建議

鑑於國內鐵路運輸系統日趨複雜，傳統容量軟體分析已難以完全捕捉營運現場的動態變化與瓶頸細節。為提升鐵路建設計畫審議的精準度與前瞻性，本研究建議應從「分析指標深化」與「法規審查科學化」兩大面向進行變革，並採用更精密之數位模擬技術作為決策支持，相關具體建議如下。

1. 引進精密分析指標強化決策：

傳統容量軟體僅能提供容量、利用率及平均速率等初步簡化指標，難以反映營運品質。建議未來審議應善用鐵路數位模擬系統之優勢，針對列車待避/追越次數、路塞潛勢指數、寬裕時間及股道佔用時間等精密數據進行深度分析，以提早辨識營運瓶頸並優化場站配置。

2. 「鐵路平交道與環境改善建設審查作業要點」科學化修訂：

期望交通部或鐵道局後續修訂本要點時，能參考納入鐵路數位模擬系統可分析產出之參數，如列車待避/追越次數、路塞潛勢指數等指標納入法規評估基準。同時，因已具備科學化審議工具，現行針對列車平均速率之規範應再與審酌，以建立更符合現況鐵路運轉邏輯的審議框架，確保鐵路建設計畫之決策具備客觀性與前瞻性。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所，「鐵路數位模擬系統」。
2. 台灣世曦工程顧問股份有限公司，「嘉義縣鐵路高架化增設臺鐵頭橋站」可行性研究報告書。
3. Lindner, T. and Pachl, J., "Recommendations for enhancing UIC Code 406 method to evaluate railroad infrastructure capacity", 2010.
4. UIC, 「UIC leaflet 406, Capacity」, UIC International Union of Railways, 2004.
5. UIC, 「Code 406–Capacity」, UIC International Union of Railways, 2013.