

# **B型路權輕軌容量分析實證研究—以高雄環狀輕軌後續路網為例**

## **A Case Study on Rail Capacity Analysis for Kaohsiung Light Rail Transit with Type B Right-of-Way**

運輸計畫組 劉昭榮

研究期間：民國110年3月至110年12月

### **摘 要**

鐵道系統建設成本甚鉅，無論規劃、設計或營運階段均需以容量分析結果為基礎，若過度設計會造成浪費，設計不足則易發生瓶頸延滯。整體鐵道容量分析之泛用架構一般皆以供給面做為主要的考慮範疇，而依據過去本所「運輸系統容量分析暨應用研究—軌道系統」之系列研究結果顯示，影響鐵道容量的因素可歸納成路線條件、交通條件及控制條件三大類，影響可謂錯綜複雜。

108-109 年度本所分別辦理「輕軌系統容量分析暨應用研究(1/2)—A、B 型路權容量模式構建」及「輕軌系統容量分析暨應用研究(2/2)—A、B 型路權容量及可靠度分析軟體開發」二項 A、B 型路權輕軌容量研究，已就其關鍵之容量相關議題進行深入分析研究，惟鑑於輕軌容量系列研究之完整性及後續之應用推廣，爰選定複雜程度較高、除高雄市愛河段採高架 A 型路權外其餘路段皆為 B 型路權之高雄環狀輕軌後續路網辦理容量實證分析研究，以做為規劃推動輕軌系統及後續研究之參據。

經由本研究之分析結果顯示，截至 110 年 12 月止高雄環狀輕軌已通車營運之路段為 C32 凱旋公園站-C20 美術館站，整體路線之最大運轉時隔為 4.3 分/列車、容量為 14.3 列車/小時，最大瓶頸點為末端站 C32 凱旋公園站；若以高雄輕軌目前尖、離峰之營運班距每 10、15 分鐘一列車而言，其尖峰路線利用率約 42%，預期未來尖峰仍有縮短班距至 5-6 分鐘一列車之空間。另本研究亦發現，因連續路段路線容量係由路段上瓶頸處決定，全線路線容量則需再考量兩末端站折返因素是否構成瓶頸；另連續路段容量取決於最長路口號誌之週期時間，因此透過探討路口號誌週期

時間對容量之影響，未來在輕軌系統規劃之初，若缺乏容量分析參數情況下，連續路段之容量可以最長路口號誌週期時間做為運轉時隔，亦即是每個號誌週期通過一列車，做為概估容量的參考依據。

**關鍵詞：**

B 型路權、連續路段路線容量、號誌週期時間

# **B型路權輕軌容量分析實證研究—以高雄環狀輕軌後續路網為例**

## **A Case Study on Rail Capacity Analysis for Kaohsiung Light Rail Transit with Type B Right-of-Way**

### **一、前言**

#### **1.1 研究緣起**

過去本所鐵道容量系列研究已發展傳統區域鐵統(臺鐵系統)、都會捷運系統及 A、B 型路權輕軌容量的鐵道容量分析模式與軟體，並就上述系統之容量研究編訂臺灣鐵道容量手冊，爰除部分後續容量議題需再納入研究外(如末端站、維修機廠、號誌系統提升...等對容量之影響)，已能充分考量系統之路線條件(包括站場配置)、交通條件(包括列車性能及車種組成)及控制條件(號誌系統)等參數資料，就已開發之鐵道容量分析模式分析並掌握各種鐵道系統之供給容量，並深入分析影響其容量之關鍵要素及容量提升作法。今鑑於高雄環狀輕軌及淡海輕軌已陸續完工通車，且前瞻基礎建設計畫亦將於各都會區規劃推動輕軌系統，為利後續規劃及推動中之輕軌系統皆能有效掌握其供給容量，提供最務實之系統型式選擇及軟硬體設施規劃配置決策參考，實應全面進行輕軌運輸系統容量分析，並擴大輕軌系統容量分析應用於規劃、興建及營運階段。

108-109 年度本所分別辦理「輕軌系統容量分析暨應用研究(1/2)—A、B 型路權容量模式構建」及「輕軌系統容量分析暨應用研究(2/2)—A、B 型路權容量及可靠度分析軟體開發」二項 A、B 型路權輕軌容量研究，已就其關鍵之容量議題進行深入分析研究，惟鑑於輕軌容量系列研究之完整性及後續之應用推廣，爰選定複雜程度較高、全路段皆為 B 型路權之高雄環狀輕軌後續路網辦理容量實證分析研究，以做為後續規劃推動輕軌系統及研究之參據。

#### **1.2 研究內容**

本研究之研究範圍與對象係鎖定 B 型路權之輕軌系統容量相關課題及高雄環狀輕軌第一階段及第二階段大南環(C32 凱旋公園站~C1 籬子內站及 C14 哈瑪星站~C20 美術館站)已通車路段之布設資料為範圍(如圖 1)，並以 108-109 年度 A、B 型路權輕軌容量研究之模式軟體成果為參考基礎進行應用分析，以做為後續國內各都會區「因地制宜」規劃布設各類型輕

軌系統之評估參考。本研究之內容主要包括下列三項:

1. 影響 B 型路權輕軌容量之因素分析：分析車站/路口之近、遠端設站空間幾何布設等路線因素；分析輕軌列車之車輛間運轉特性、輕軌加減速運動等交通因素；分析輕軌停站時間、路口號誌時制、優先號誌等控制因素。
2. B 型路權輕軌路線容量模式應用：包括單一空間參考點容量及瓶頸點分析模式、連續路段輕軌容量及可靠度之分析模式應用。
3. 分析參數資料蒐集：包括空間參考點相關位置、間距、末端站內參數、中間站參數、橫交路口參數、路口與號誌參數、優先號誌參數等資料蒐集。
4. 實證案例分析：就蒐集之路線條件(車站/路口幾何布設)、交通條件(車輛間運轉特性、輕軌加減速運動)、控制條件(輕軌停站時間、路口號誌時制、優先號誌)等參數資料，建置容量模式之操作環境，進行單一空間參考點容量及瓶頸點分析、連續路段輕軌容量及可靠度之分析。



閉塞號誌系統，並且在 B 型路權還有橫交口路的影響，故本模式在分析輕軌的實用容量時，將營運條件界定為：「列車在不受其先行列車的影響下順暢運行，且要考量路口號誌的影響以及運轉寬裕」，如圖 2 所示，列車運行時除了停站之外也可能因遇到紅燈而停車，但列車之間須保持足夠的距離，即便先行列車停靠車站或停等紅燈，續行列車也不得因與先行列車靠得太近而被迫減速，甚至接續在先行列車後面停車；亦即不同列車在停車點之間的運轉速度必須維持固定。

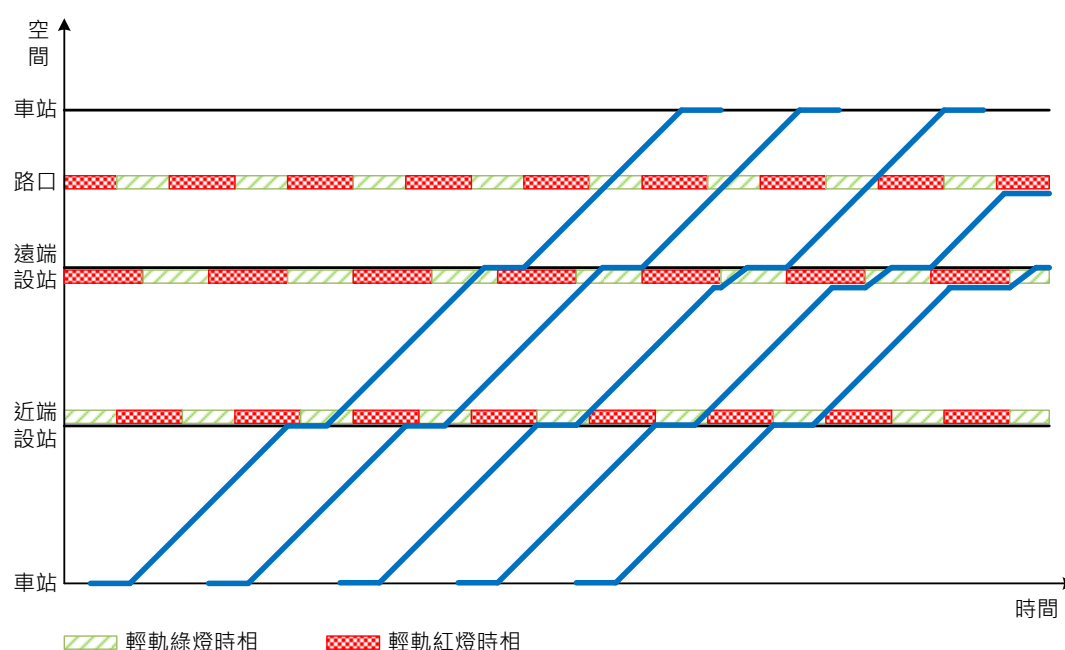


圖 2 評估輕軌容量的營運條件示意圖

為評估本案例整體路線之容量，本研究應用本所 109 年度開發完成之「A、B 型路權輕軌容量分析模式及軟體」進行相關分析，可同時分析「單一空間參考點」及「連續路段」之容量，以掌握主要之瓶頸點及整體體路線之容量限制。另為了要在符合上述條件來求取輕軌路系統連續路段的各項容量資料，本模式演算的基本概念如圖 3 所示，即在一條輕軌路線的起點不斷地密集發送列車，以離散事件導向（Discrete-Event Simulation）的系統模擬方法，依照列車運轉基本規則以及上述營運條件，將列車推進至路線終點，最後觀察列車到達終點的流量來評估此連續路段之容量。模式中共有兩種事件：進入事件與離開事件，分別代表列車進入與離開某一空間參考點，如圖 4 所示，每一事件皆包含其所屬的列車、發生時間與空間參考點等資訊，透過一連串的進入與離開事件的推演，便可描述一列車從路線起點運行至終點的過程。

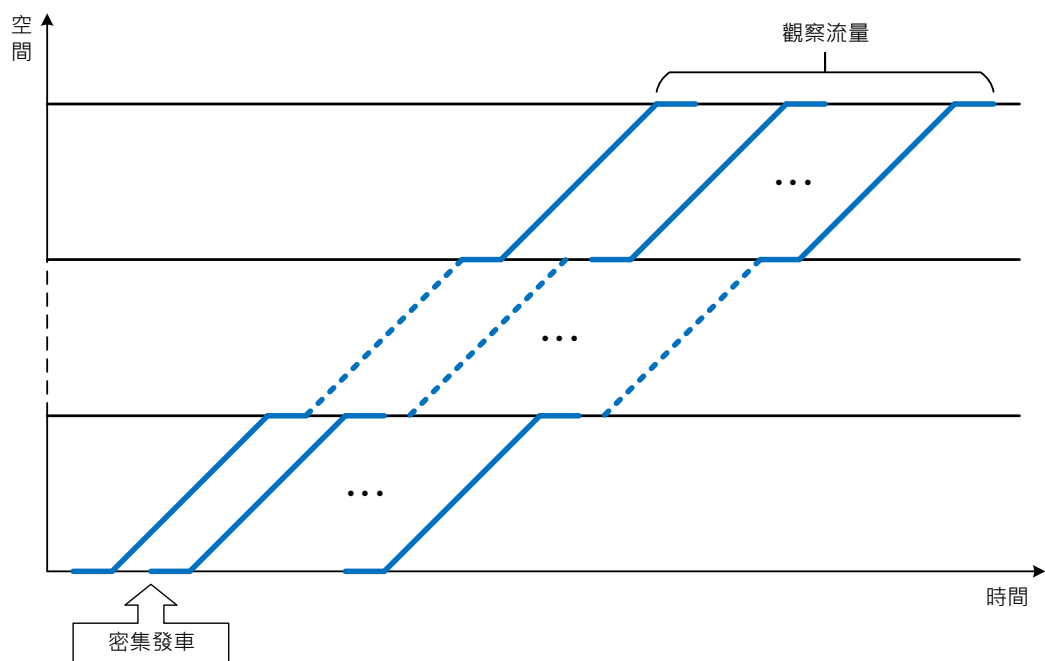


圖 3 演算概念圖

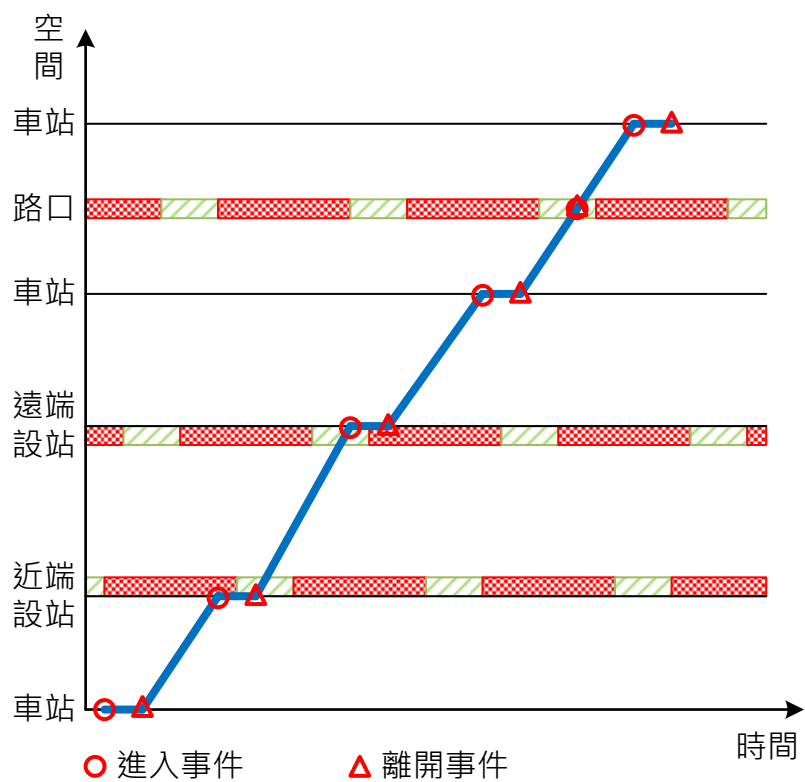


圖 4 進入事件與離開事件示意圖

## 2.2 假設條件

在模式中，列車須遵循著運轉基本規則運行，包括(1)先續行列車要保

持足夠的安全時距；(2)列車在站間運行時不能追越前車；(3)列車行經橫交路口時需根據號誌的指示通過。此外為便於發展模式，本研究針對模式做了下列假設：

1. 連續路段可為 A、B 型交互混合之路權型式，其範圍為路線中所有空間參考點，包含中間站、橫交路口以及受路口影響之中間站，如近端設站與遠端設站，但為使本模式能著重於探討連續路口號誌對輕軌容量之影響，連續路段範圍不含端末折返站。
2. 列車均行經整個連續路段，採複線運轉，亦即每一列車皆從路線的起點出發，經過中間所有的空間參考點最後到達終點，而沒有列車以中間的任何車站做為起迄點。此假設與目前國內輕軌系統的營運方式相同，即便未來在運輸需求較高的區間開行區間車，也只是代表開行區間車的部分容量利用率較高。若是分歧路線，則可從分歧點將路線切分成數個連續路段，分別進行容量分析。
3. 有關 B 型路權之橫交路口的車流影響，在本模式中均轉換成路口號誌的影響反映之，且根據目前國內實務狀況，路口號誌採用定時號誌控制（Pretimed Signal Control），若有採用優先號誌，則會維持其號誌週期不變，避免影響號誌連鎖或續進的設計。

## 2.3 模式架構

圖 5 為本模式之架構，在進行模擬時考量的因素包含停站時間、運轉時間、安全時距、路口號誌與運轉寬裕，最後再根據每列車從連續路段終點離開的時間來計算路線容量。其中安全時距受到路線、交通與控制等條件的影響，本研究參考本所（2020）針對輕軌發展的安全時距公式，並考量司機員與煞車系統反應時間，模式中採用的安全時距計算方式如表 1，相關的數學符號意義如表 2。

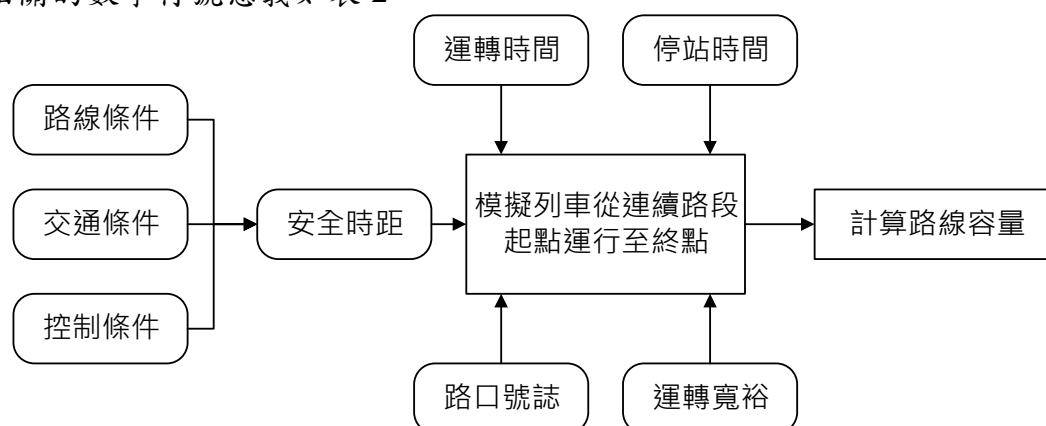


圖 5 模式架構

表 1 安全時距公式彙整表

| 時距種類                              | 公式                                                                                               |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 先行列車從靜止啟動通過路口至續行列車通過路口所須保持的最小時間間隔 | $t_{DP} = \frac{v_o}{K_a a} + t_r + \frac{v_i}{2K_b b} + \frac{L}{v_i} - \frac{v_o}{2K_a a v_i}$ |
| 兩列車連續通過路口所須保持的最小時間間隔              | $t_{PP} = t_r + \frac{v_i}{2K_b b} + \frac{L}{v_i}$                                              |
| 先行列車離開車站至續行列車到達車站所須保持的最小時間間隔      | $t_{DA} = t_r + \frac{L}{v_i} + \frac{v_i}{K_b b}$                                               |

表 2 安全時距公式數學符號意義說明

| 變數       | 說明                            | 單位                |
|----------|-------------------------------|-------------------|
| $a$      | 列車加速率                         | 公尺/秒 <sup>2</sup> |
| $b$      | 列車減速率                         | 公尺/秒 <sup>2</sup> |
| $K_a$    | 列車加速率有效因子                     | —                 |
| $K_b$    | 列車減速率有效因子                     | —                 |
| $L$      | 列車車身長度                        | 公尺                |
| $t_{DA}$ | 先行列車離開車站至續行列車到達車站所須保持的時距      | 秒                 |
| $t_{DP}$ | 先行列車從靜止啟動通過路口至續行列車通過路口所須保持的時距 | 秒                 |
| $t_{PP}$ | 兩列車連續通過路口所須保持的時距              | 秒                 |
| $t_r$    | 司機員與煞車系統反應時間                  | 秒                 |
| $v_i$    | 列車於車站或路口前的巡航速度                | 公尺/秒              |
| $v_o$    | 列車於車站或路口後的巡航速度                | 公尺/秒              |

## 2.4 整體流程

本模式的模擬流程如圖 6，基本上是逐列車進行模擬，當一列車所有事件的時間都決定後，再加入下一列車，直到所有列車都模擬完成，便能根據列車到達終點站的時間來評估容量。在決定事件時間的過程中，必須檢核是否符合列車運轉的基本規則，若沒通過檢核，則將該事件的發生時

間往後延，直到通過檢核為止。此外，若該事件為進入事件，由於計算容量時的營運條件是不讓列車靠得太近而減速，因此還需要往前找尋關鍵事件，一併調整列車離開前一站的時間，才能讓列車在維持原定行駛速率的情況下也能與先行列車保持足夠的距離。

對於整個過程中的檢核機制、所需延後時間之計算、關鍵事件及其延後時間之計算、優先號誌之考量，以及路線容量評估等流程，分別說明如下。

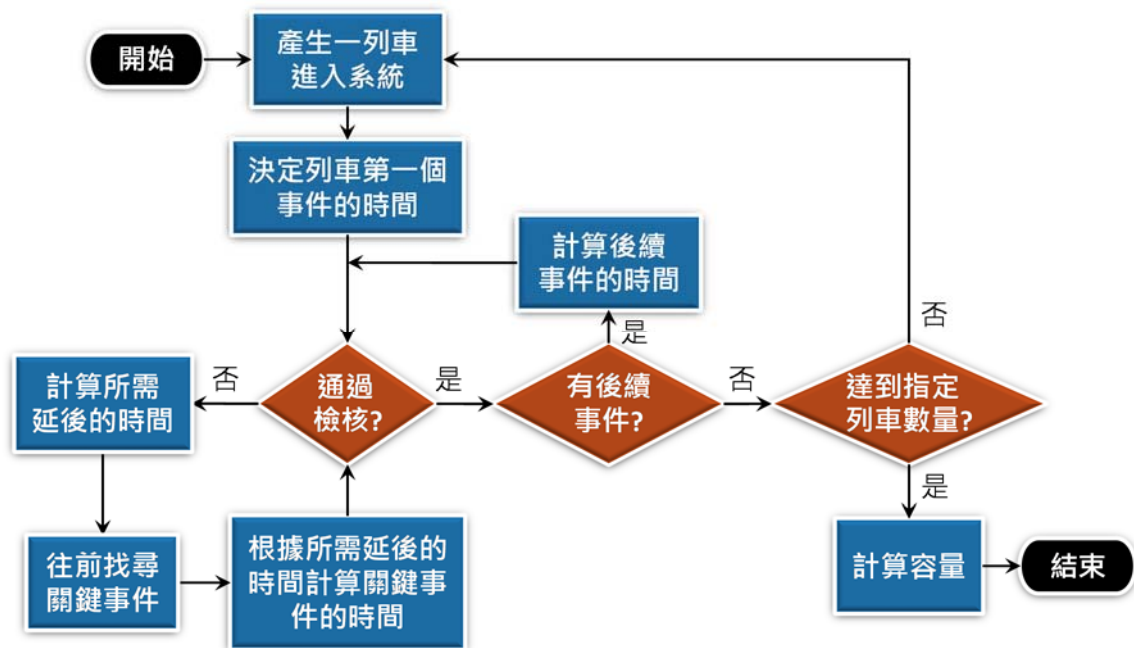


圖 6 整體流程圖

## 一、檢核機制

根據空間參考點型式與事件類型的不同，所需檢核的項目亦有所不同，如表 3 所示，各項檢核之目的為確保在模擬的過程中，各列車之間能保持足夠的安全時距、列車行經橫交路口時能根據號誌的指示通過，以及列車不會緊接在前車後面停等紅燈等規則，若檢核不通過，則透過延後該事件的發生時間來通過檢核。

表 3 空間參考點型式、事件類型與檢核項目對照表

| 空間參考點型式 | 事件類型 | 檢核項目               |
|---------|------|--------------------|
| 中間站     | 進入事件 | ● 與先行列車是否保持足夠的安全時距 |
|         | 離開事件 | ● 停站時間是否足夠         |

|      |      |                                         |
|------|------|-----------------------------------------|
| 橫交路口 | 進入事件 | ● 與先行列車是否保持足夠的安全時距                      |
|      | 離開事件 | ● 路口號誌是否為綠燈                             |
| 近端設站 | 進入事件 | ● 與先行列車是否保持足夠的安全時距                      |
|      | 離開事件 | ● 停站時間是否足夠<br>● 路口號誌是否為綠燈               |
| 遠端設站 | 進入事件 | ● 是否緊接在先行列車後面停等紅燈<br>● 與先行列車是否保持足夠的安全時距 |
|      | 離開事件 | ● 停站時間是否足夠                              |

## 二、所需延後時間之計算

為了通過檢核，須視空間參考點型式與事件類型來計算所需延後的時間量，其計算方式分別說明如下：

### 1. 中間站

當列車進入中間站與先行列車的安全時距不足時，如圖 7 所示，則該進入事件所需延後的時間量為

$$t_{e,c} = t_{D,i-1} + (1 + \beta)t_{DA} - t_{E,i} \quad (1)$$

式中：

$t_{e,c}$ ：通過檢核至少需延後的時間（秒）

$t_{D,i-1}$ ：第  $i-1$  列車離開空間參考點的時間（秒）

$\beta$ ：運轉寬裕時間係數

$t_{E,i}$ ：第  $i$  列車進入空間參考點的時間（秒）

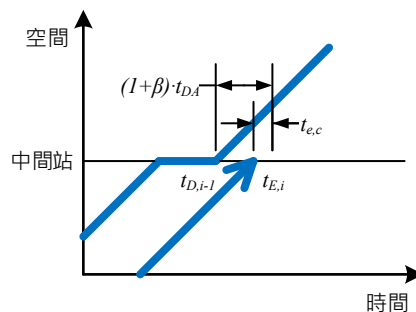


圖 7 計算中間站進入事件所需延後時間示意圖

當列車離開中間站而停站時間不足時，如圖 8 所示，則該離開事件

所需延後的時間量為

$$t_{e,c} = t_{E,i} + (1 + \beta)t_d - t_{D,i} \quad (2)$$

式中：

$t_d$ ：列車的停站時間（秒）

$t_{D,i}$ ：第*i*列車離開空間參考點的時間（秒）

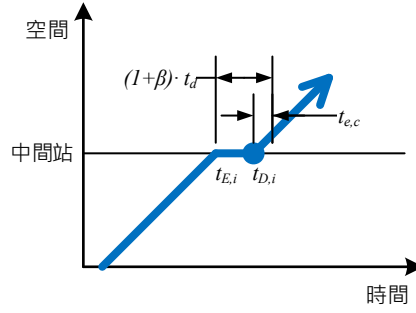


圖 8 計算中間站離開事件所需延後時間示意圖

## 2. 橫交路口

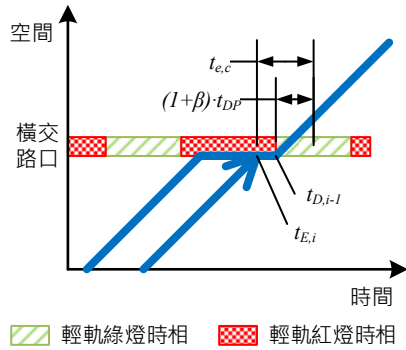
當列車進入橫交路口與先行列車的安全時距不足時，如圖 9 所示，共有兩種情況，其所需延後的時間量之計算分別為：

(1)先行列車有停等紅燈

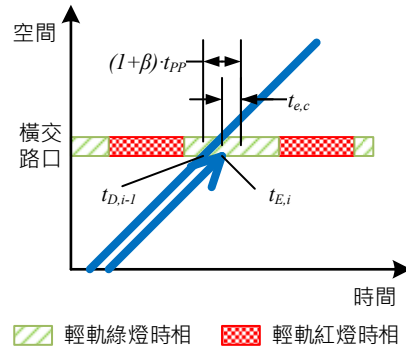
$$t_{e,c} = t_{D,i-1} + (1 + \beta)t_{DP} - t_{E,i} \quad (3)$$

(2)先行列車沒有停等紅燈，直接通過路口

$$t_{e,c} = t_{D,i-1} + (1 + \beta)t_{PP} - t_{E,i} \quad (4)$$



(a)先行列車有停等紅燈



(b)先行列車直接通過路口

圖 9 計算橫交路口進入事件所需延後時間示意圖

若列車離開橫交路口時必須停等紅燈，如圖 10 所示，則該離開事件所需延後的時間量為

$$t_{e,c} = r_w \quad (5)$$

式中：

$r_w$ ：列車到達路口時，剩餘的紅燈時間（秒）

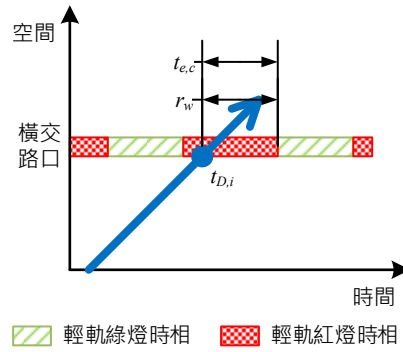


圖 10 計算橫交路口離開事件所需延後時間示意圖

### 3. 近端設站

當列車進入近端設站的車站時，若與先行列車的安全時距不足，如圖 11 所示，則該進入事件所需延後的時間量之計算如公式(1)。

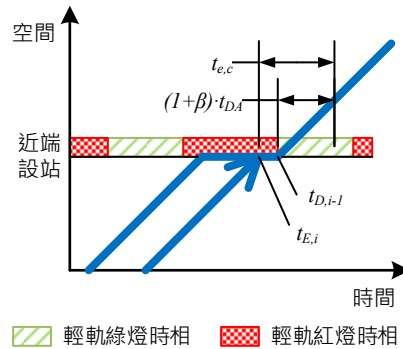
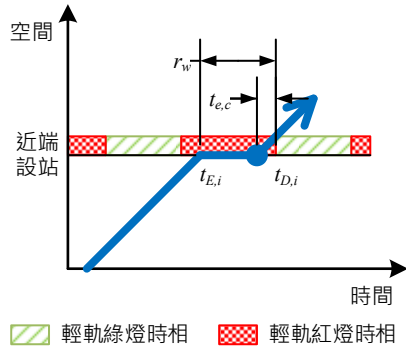


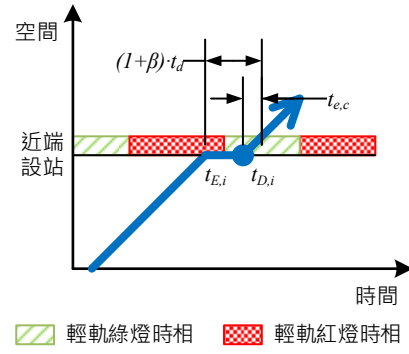
圖 11 計算近端設站進入事件所需延後時間示意圖

而當列車離開近端設站的車站時，若路口號誌為紅燈，則列車必須等到號誌轉為綠燈才可離開，同時停站時間也必須足夠，如圖 12 所示，故該離開事件所需延後的時間量為

$$t_{e,c} = t_{E,i} + \max(r_w, (1 + \beta)t_d) - t_{D,i} \quad (6)$$



(a)列車停等紅燈



(b)列車停站時間不足

圖 12 計算近端設站離開事件所需延後時間示意圖

#### 4. 遠端設站

當列車進入遠端設站的車站時，如圖 13 所示，會根據先行列車離開時路口號誌是否為紅燈，來計算進入事件所需延後的時間量：

##### (1) 先行列車離開時路口號誌為紅燈

當先行列車離開時路口號誌為紅燈，表示續行列車不會緊接在先行列車後面停等紅燈，因此續行列車可於路口停等紅燈後再進站，則進入事件所需延後的時間量為

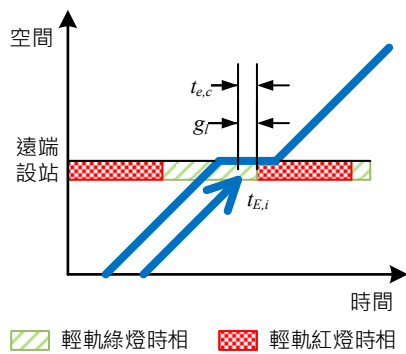
$$t_{e,c} = g_l \quad (7)$$

式中：

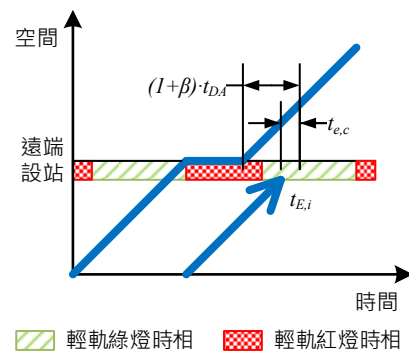
$g_l$ ：列車到達路口時，剩餘的綠燈時間（秒）

##### (2) 先行列車離開時路口號誌為綠燈

當先行列車離開時路口號誌為綠燈，表示續行列車進站必須和先行列車保持足夠的安全時距，故所需延後時間的計算如公式(1)。



(a)先行列車離開時號誌為紅燈



(b)先行列車離開時號誌為綠燈

圖 13 計算遠端設站進入事件所需延後時間示意圖

而當列車離開遠端設站的車站時，由於沒有路口號誌的影響，情況便和中間站相同，若停站時間不足，則該離開事件的發生時間至少需延後的時間計算如公式(2)。

### 三、優先號誌之考量

為了避免輕軌受路口號誌影響而產生太多額外的停等時間，實務上通常會採取相對優先號誌(Priority Signal)讓列車在抵達路口時能順利通過，因此本模式採用文獻中常見的優先號誌策略來進行模擬，包含延長綠燈、縮短紅燈和插入綠燈三種 (Smith, H. R., et al., 2005; Koonce, P., et al., 2008; Urbanik, T., et al., 2015)。此外，考量到公路交通號誌通常有續進或連鎖的設計，模式中執行優先號誌策略時，不會改變原有號誌週期長度，並且有如表之限制。

表 4 採取優先號誌策略之限制

| 優先號誌策略                    | 限制條件                                  |
|---------------------------|---------------------------------------|
| 延長綠燈<br>(Green Extension) | ● 最長輕軌綠燈時間                            |
| 縮短紅燈<br>(Red Truncation)  | ● 橫交路口最短綠燈時間                          |
| 插入綠燈<br>(Phase Insertion) | ● 橫交路口最短綠燈時間<br>● 一個號誌週期內可插入的輕軌綠燈時相數量 |

### 四、路線容量評估

完成模擬後，扣除系統暖機階段以及結束之前的時段，僅取中間模擬時間範圍內之狀況，如圖 14 所示，以下列公式計算路線容量

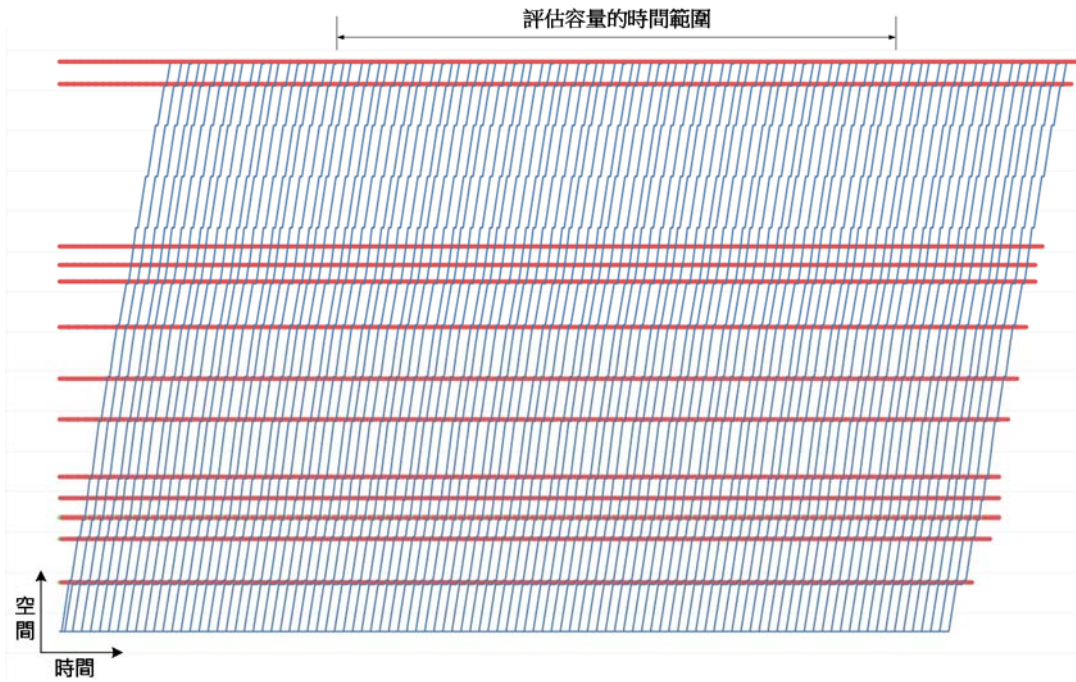


圖 14 評估容量時所使用的範圍示意圖

$$\bar{h} = \frac{t_D(N) - t_D(1)}{N - 1} \quad (8)$$

$$C_l = \frac{3600}{\bar{h}} \quad (9)$$

式中：

$\bar{h}$ ：平均運轉時隔（秒）

$t_D(N)$ ：時間範圍內最後一列車於路線終點離開的時間（秒）

$t_D(1)$ ：時間範圍內第一列車於路線終點離開的時間（秒）

$N$ ：時間範圍內從路線終點離開的列車數（秒）

$C_l$ ：路線容量（列車數/小時）

### 三、高雄環狀輕軌參數蒐集分析

#### 3.1 路線及營運路段概述

高雄環狀輕軌計畫分為二階段，第一階段為 C1 籬仔內站—C14 哈瑪星站，全長 8.7 公里，共設 14 個車站、一個機廠（輕軌前鎮機廠），路線主要係沿用或鄰近過去高雄第一臨港線路廊。第二階段為 C15 壽山公園站—C37 輕軌機廠站，全長 13.4 公里，規劃設置 24 站。高雄環狀輕軌系統全線除愛河段採高架 A 型路權外，其餘皆採平面 B 型路權，採用 1,435mm

標準軌距、複線、無架空線配置。

高雄輕軌自 104 年 10 月 16 日籬仔內站至凱旋中華站開始試營運，於 106 年 9 月 26 日完成第一階段通車，並於 106 年 11 月 1 日起開始收費，110 年 1 月 12 日接續通車營運第二階段大南環（C32 凱旋公園站～C1 籬仔內站及 C14 哈瑪星站～C17 鼓山區公所站），110 年 12 月 16 日再通車 C17 鼓山區公所站～C20 臺鐵美術館站，至於後續尚未完工之 C20 臺鐵美術館站～C32 凱旋公園站路段，將儘速於近年內通車營運。

### 3.2 高雄環狀輕軌營運路段之參數蒐集分析

為利分析高雄環狀輕軌目前已通車路段 C32 凱旋公園站～C20 臺鐵美術館站之路線容量，本研究蒐集彙整通車路段之路線、交通、控制條件等各項參數資料，茲臚列如表 5~表 13 所示，陰影部分為第二階段營運路段。

表 5 各空間參考點設置型式

| 名稱               | 類型                    |            | 名稱             | 類型             |            |
|------------------|-----------------------|------------|----------------|----------------|------------|
|                  | 往C20臺鐵美術館方向           | 往C32凱旋公園方向 |                | 往C20臺鐵美術館方向    | 往C32凱旋公園方向 |
| C32凱旋公園          | 不受路口影響之端末站—使用相同股道站前折返 |            | 旅運中心出入口        | 橫交路口           |            |
| 同慶路              | 橫交路口                  |            | C9旅運中心         | 近端設站           | 遠端設站       |
| C33衛生局           | 中間站                   |            | 永平路            | 橫交路口           |            |
| 四維二路             | 橫交路口                  |            | 苓安路            | 橫交路口           |            |
| C34五權國小(三多二路)    | 近端設站                  | 遠端設站       | C10光榮碼頭        | 中間站            |            |
| C35凱旋武昌(英祥街-武昌路) | 遠端設站                  | 近端設站       | C11真愛碼頭        | 中間站            |            |
| C36凱旋二聖(二聖路)     | 近端設站                  | 遠端設站       | C12駁二大義        | 遠端設站           | 近端設站       |
| C37輕軌機廠          | 中間站                   |            | C13駁二蓬萊        | 近端設站           | 遠端設站       |
| C1籬仔內(一心路-瑞隆路)   | 遠端設站                  | 近端設站       | 蓬萊路            | 橫交路口           |            |
| C2凱旋瑞田           | 中間站                   |            | 消防隊            | 橫交路口           |            |
| C3前鎮之星           | 遠端設站                  | 近端設站       | C14哈瑪星         | 中間站            |            |
| C4凱旋中華           | 遠端設站                  | 近端設站       | C15壽山公園站(五福四路) | 遠端設站           | 近端設站       |
| 前鎮街              | 橫交路口                  |            | 新樂街            | 橫交路口           |            |
| 成功二路             | 橫交路口                  |            | C16文武聖殿(大公路)   | 遠端設站           | 近端設站       |
| C5夢時代            | 近端設站                  | 遠端設站       | 北斗街            | 橫交路口           |            |
| 台肥               | 橫交路口                  |            | C17鼓山區公所(興隆路)  | 近端設站           | 遠端設站       |
| C6經貿園區           | 近端設站                  | 遠端設站       | C18鼓山          | 中間站            |            |
| 忠勤路              | 橫交路口                  |            | 鐵路街20巷         | 橫交路口           |            |
| C7軟體園區           | 遠端設站                  | 近端設站       | 厚生路            | 橫交路口           |            |
| 新光停車場            | 橫交路口                  |            | C19馬卡道(華安街)    | 近端設站           | 遠端設站       |
| 林森四路             | 橫交路口                  |            | C20臺鐵美術館(青海路)  | 端末站—使用相同股道站後折返 |            |
| C8高雄展覽館          | 遠端設站                  | 近端設站       |                |                |            |

資料來源：高雄市政府交通局、高雄捷運公司、本研究整理。

表 6 各空間參考點的間距參數

| 空間參考點            | 往C20臺鐵美術館方向     | 往C32凱旋公園方向      | 空間參考點          | 往C20臺鐵美術館方向     | 往C32凱旋公園方向      |
|------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|                  | 與下一空間參考點之距離(公尺) | 與上一空間參考點之距離(公尺) |                | 與下一空間參考點之距離(公尺) | 與上一空間參考點之距離(公尺) |
| C32凱旋公園          | 100             | --              | C9旅運中心         | 157.19          | 173.16          |
| 同慶路              | 478             | 100             | 永平路            | 153.00          | 203.84          |
| C33衛生局           | 92.2            | 478             | 苓安路            | 383.90          | 154.00          |
| 四維二路             | 280.8           | 92.2            | C10光榮碼頭        | 638.30          | 341.56          |
| C34五權國小(三多二路)    | 539             | 280.8           | C11真愛碼頭        | 635.40          | 630.46          |
| C35凱旋武昌(英祥街 武昌路) | 631             | 539             | C12駁二大義        | 489.32          | 637.92          |
| C36凱旋二聖(二聖路)     | 366             | 631             | C13駁二蓬萊        | 172.08          | 489.32          |
| C37輕軌機廠          | 403             | 366             | 蓬萊路            | 118.00          | 222.74          |
| C1離仔內(一心路 瑞隆路)   | 765.87          | 403             | 消防隊            | 304.62          | 109.00          |
| C2凱旋瑞田           | 636.17          | 767.39          | C14哈瑪星         | 515             | 270.82          |
| C3前鎮之星           | 540.10          | 636.85          | C15壽山公園站(五福四路) | 125.6           | 515             |
| C4凱旋中華           | 269.77          | 540.92          | 新樂街            | 412.4           | 125.6           |
| 前鎮街              | 194.00          | 300.94          | C16文武聖殿(大公路)   | 425.1           | 412.4           |
| 成功二路             | 251.69          | 370.00          | 北斗街            | 321.6           | 425.1           |
| C5夢時代            | 251.31          | 49.86           | 綠川街            | 9.3             | 321.6           |
| 台肥               | 463.36          | 314.14          | C17鼓山區公所(興隆路)  | 558             | 9.3             |
| C6經貿園區           | 333.64          | 400.53          | C18鼓山          | 80              | 558             |
| 忠勤路              | 231.21          | 365.47          | 鐵路街20巷         | 40              | 80              |
| C7軟體園區           | 50.79           | 190.38          | 厚生路            | 445             | 40              |
| 新光停車場            | 167.00          | 99.62           | C19馬卡道(華安街)    | 584             | 445             |
| 林森四路             | 428.18          | 252.00          | C20臺鐵美術館(青海路)  | --              | 584             |
| C8高雄展覽館          | 233.32          | 296.77          |                |                 |                 |
| 旅運中心出入口          | 282.31          | 345.23          |                |                 |                 |

資料來源：高雄市政府交通局、高雄捷運公司、本研究整理。

表 7 末端站\_C32 凱旋公園站參數

| 參數名稱                   | 設定       |
|------------------------|----------|
| 列車離站後的巡航速度             | 15 公里/小時 |
| 列車進站前的巡航速度             | 20 公里/小時 |
| 折返停靠時間                 | 100 秒    |
| 列車於車站停車處至橫渡線之距離        | 60 公尺    |
| 橫渡線區範圍                 | 30 公尺    |
| 列車從設定橫渡線路徑的位置至末端站的運行時間 | 62 秒     |
| 列車從設定橫渡線路徑的位置至橫渡線區之距離  | 100 公尺   |
| 直進道岔限速                 | 15 公里/小時 |
| 斜進道岔限速                 | 10 公里/小時 |

資料來源：高雄市政府交通局、高雄捷運公司、本研究整理。

表 8 末端站\_C20 臺鐵美術館站參數

| 參數名稱            | 設定       |
|-----------------|----------|
| 直進道岔限速          | 15 公里/小時 |
| 斜進道岔限速          | 10 公里/小時 |
| 尾軌停留時間          | 60 秒     |
| 列車於車站停車處至橫渡線之距離 | 30 公尺    |
| 橫渡線區範圍          | 38.4 公尺  |
| 橫渡線至尾軌列車停車處之距離  | 30 公尺    |

資料來源：高雄市政府交通局、高雄捷運公司、本研究整理。

表 9 各中間站參數

| 車站名稱                  | 往 C20 臺鐵美術館方向      |             | 往 C32 凱旋公園方向       |             |
|-----------------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|
|                       | 進站前巡航速度<br>(公里/小時) | 停站時間<br>(秒) | 進站前巡航速度<br>(公里/小時) | 停站時間<br>(秒) |
| C33 衛生局               | 43                 | 35          | 45                 | 35          |
| C34 五權國小<br>(三多二路)    | 43                 | 35          | 35                 | 35          |
| C35 凱旋武昌<br>(英祥街_武昌路) | 40                 | 35          | 50                 | 35          |
| C36 凱旋二聖<br>(二聖路)     | 42                 | 35          | 45                 | 35          |
| C37 輕軌機廠              | 42                 | 35          | 30                 | 35          |
| C1 籬仔內<br>(一心路_瑞隆路)   | 42                 | 35          | 30                 | 35          |
| C2 凱旋瑞田               | 30                 | 35          | 40                 | 35          |
| C3 前鎮之星               | 30                 | 35          | 40                 | 35          |
| C4 凱旋中華               | 20                 | 35          | 25                 | 35          |
| C5 夢時代                | 30                 | 35          | 40                 | 35          |
| C6 經貿園區               | 35                 | 35          | 30                 | 35          |
| C7 軟體園區               | 25                 | 35          | 30                 | 35          |
| C8 高雄展覽館              | 15                 | 35          | 20                 | 35          |
| C9 旅運中心               | 40                 | 35          | 30                 | 35          |
| C10 光榮碼頭              | 50                 | 35          | 25                 | 35          |
| C11 真愛碼頭              | 35                 | 35          | 25                 | 35          |
| C12 駁二大義              | 30                 | 35          | 25                 | 35          |
| C13 駁二蓬萊              | 30                 | 35          | 15                 | 35          |

|                     |    |    |    |    |
|---------------------|----|----|----|----|
| C14 哈瑪星             | 18 | 35 | 40 | 35 |
| C15 壽山公園站<br>(五福四路) | 21 | 35 | 40 | 35 |
| C16 文武聖殿<br>(大公路)   | 19 | 35 | 50 | 35 |
| C17 鼓山區公所<br>(興隆路)  | 15 | 35 | 40 | 35 |
| C18 鼓山              | 35 | 35 | 20 | 35 |
| C19 馬卡道<br>(華安街)    | 30 | 35 | 40 | 35 |

資料來源：高雄市政府交通局、高雄捷運公司、本研究整理。

表 10 各橫交路口參數

| 路口名稱     | 往 C20 臺鐵美術館方向巡<br>航速度(公里/小時) |       | 往 C32 凱旋公園方向巡航<br>速度(公里/小時) |       |
|----------|------------------------------|-------|-----------------------------|-------|
|          | 進入路口前                        | 離開路口後 | 進入路口前                       | 離開路口後 |
| 同慶路      | 15                           | 15    | 25                          | 25    |
| 四維二路     | 30                           | 25    | 30                          | 30    |
| 前鎮街      | 40                           | 35    | 40                          | 25    |
| 成功二路     | 35                           | 30    | 30                          | 40    |
| 台肥       | 30                           | 40    | 30                          | 30    |
| 忠勤路      | 30                           | 25    | 20                          | 40    |
| 新光停車場    | 20                           | 30    | 20                          | 30    |
| 林森四路     | 30                           | 30    | 20                          | 30    |
| 旅運中心出入口  | 25                           | 35    | 20                          | 30    |
| 永平路      | 20                           | 30    | 30                          | 30    |
| 苓安路      | 30                           | 30    | 20                          | 30    |
| 蓬萊路      | 15                           | 15    | 15                          | 15    |
| 消防隊      | 30                           | 30    | 25                          | 15    |
| 新樂街      | 20                           | 25    | 30                          | 25    |
| 北斗街      | 30                           | 25    | 25                          | 25    |
| 綠川街      | 15                           | 15    | 15                          | 15    |
| 鐵路街 20 巷 | 15                           | 15    | 15                          | 15    |
| 厚生路      | 15                           | 15    | 15                          | 15    |

資料來源：高雄市政府交通局、高雄捷運公司、本研究整理。

表 11 各路口與號誌參數

| 路口或車站名稱          | 路口兩端號誌機距離(公尺) | 路口至車站停車處之距離(公尺) | 號誌週期(秒) | 輕軌綠燈時相時間(秒) | 路口號誌時差(秒) | 路口或車站名稱        | 路口兩端號誌機距離(公尺) | 路口至車站停車處之距離(公尺) | 號誌週期(秒) | 輕軌綠燈時相時間(秒) | 路口號誌時差(秒) |
|------------------|---------------|-----------------|---------|-------------|-----------|----------------|---------------|-----------------|---------|-------------|-----------|
| C32凱旋公園          | 端末站           |                 |         |             |           | C9旅運中心         | 25.0          | 25.0            | 120     | 0           | 0         |
| 同慶路              | 27.8          | --              | 150     | 24          | -80       | 永平路            | 20.0          | —               | 120     | 0           | 0         |
| C33衛生局           | 中間站           |                 |         |             |           | 苓安路            | 25.0          | —               | 120     | 0           | 0         |
| 四維二路             | 28.5          | --              | 150     | 24          | -80       | C12駁二大義        | 18.0          | 25.0            | 閃光+輕軌觸動 |             |           |
| C34五權國小(三多二路)    | 40.4          | 15.0            | 150     | 25          | 7         | C13駁二蓬萊        | 15.0          | 30.2            | 120     | 0           | 0         |
| C35凱旋武昌(英祥街-武昌路) | 24.4          | 24.4            | 150     | 40          | -80       | 蓬萊路            | 15.0          | —               | 100     | 0           | 0         |
| C1驛仔內            | 61.1          | 83.0            | 150     | 32          | -30       | 消防隊            | 46.0          | —               | 100     | 0           | 0         |
| C3前鎮之星           | 106.5         | 38.3            | 150     | 37          | 0         | C14哈瑪星         | 中間站           |                 |         |             |           |
| C4凱旋中華           | 30.1          | 15.0            | 150     | 38          | -15       | C15壽山公園站(五福四路) | 30.2          | 10              | 120     | 20          | 0         |
| 前鎮街              | 58.9          | —               | 150     | 44          | -9        | 新樂街            | 25.6          | --              | 120     | 20          | 0         |
| 成功二路             | 100.0         | —               | 150     | 26          | -10       | C16(文武聖殿大公路)   | 23.9          | 10              | 120     | 20          | 0         |
| C5夢時代台肥          | 30.0          | 30.0            | 120     | 0           | 0         | 北斗街            | 32.1          | --              | 120     | 20          | 0         |
|                  | 71.0          | —               | 120     | 0           | 0         | 綠川街            | 閃光+輕軌觸動       |                 |         |             |           |
| C6經貿園區           | 30.0          | 60.0            | 120     | 0           | 0         | C17鼓山區公所(興隆路)  | 30            | 8               | 100     | 15          | 0         |
| 忠勤路              | 40.0          | —               | 120     | 0           | 0         | C18鼓山          | 中間站           |                 |         |             |           |
| C7軟體園區           | 30.0          | 15.0            | 120     | 0           | 0         | 鐵路街20巷         | 10            | --              | 100     | 15          | 0         |
| 新光停車場            | 48.0          | —               | 120     | 0           | 0         | 厚生路            | 10            | --              | 100     | 15          | 0         |
| 林森四路             | 133.0         | —               | 120     | 34          | 0         | C19馬卡道(華安街)    | 20            | 10              | 120     | 45          | -80       |
| C8高雄展覽館          | 15.0          | 57.2            | 120     | 0           | 0         | C20臺鐵美術館(青海路)  | 端末站           |                 | 120     | 45          | -80       |
| 旅運中心出入口          | 113.5         | —               | 120     | 0           | 0         |                |               |                 |         |             |           |

資料來源：高雄市政府交通局、高雄捷運公司、本研究整理。

表 12 各路口優先號誌參數

| 路口或車站名稱          | 路口各時相最小綠燈下之非輕軌綠燈總時間(秒) | 最大輕軌綠燈時相時間(秒) | 可插入綠燈時相數 | 路口或車站名稱        | 路口各時相最小綠燈下之非輕軌綠燈總時間(秒) | 最大輕軌綠燈時相時間(秒) | 可插入綠燈時相數 |
|------------------|------------------------|---------------|----------|----------------|------------------------|---------------|----------|
| 同慶路              | 113                    | 37            | 0        | 旅運中心出入口        | 56                     | --            | 2        |
| C33衛生局           | 中間站                    |               |          | C9旅運中心         | 35                     | --            | 2        |
| 四維二路             | 113                    | 37            | 0        | 永平路            | 35                     | --            | 2        |
| C34五權國小(三多二路)    | 120                    | 30            | 0        | 苓安路            | 30                     | --            | 2        |
| C35凱旋武昌(英祥街_武昌路) | 91                     | 59            | 0        | C12駁二大義        | 閃光+輕軌觸動                |               |          |
| C36凱旋二聖(二聖路)     | 92                     | 58            | 0        | C13駁二蓬萊        | 46                     | --            | 2        |
| C37輕軌機廠          | 中間站                    |               |          | 蓬萊路            | 46                     | --            | 2        |
| C1籬仔內            | 89                     | 61            | 0        | 消防隊            | 35                     | --            | 2        |
| C3前鎮之星           | 81                     | 69            | 0        | C14哈瑪星         | 中間站                    |               |          |
| C4凱旋中華           | 83                     | 67            | 0        | C15壽山公園站(五福四路) | 36                     | --            | 2        |
| 前鎮街              | 80                     | 70            | 0        | 新樂街            | 30                     | --            | 2        |
| 成功二路             | 76                     | 74            | 0        | C16文武聖殿(大公路)   | 30                     | --            | 3        |
| C5夢時代            | 36                     | --            | 3        | 北斗街            | 30                     | --            | 2        |
| 台肥               | 31                     | --            | 3        | 綠川街            | 閃光+輕軌觸動                |               |          |
| C6經貿園區           | 42                     | --            | 3        | C17鼓山區公所(興隆路)  | 20                     | --            | 1        |
| 忠勤路              | 31                     | --            | 3        | C18鼓山          | 中間站                    |               |          |
| C7軟體園區           | 41                     | --            | 3        | 鐵路街20巷         | 30                     | --            | 1        |
| 新光停車場            | 32                     | --            | 3        | 厚生路            | 30                     | --            | 1        |
| 林森四路             | 32                     | 88            | 0        | C19馬卡道(華安街)    | 65                     | 55            | 0        |
| C8高雄展覽館          | 41                     | --            | 3        | C20臺鐵美術館(青海路)  | 65                     | 55            | 0        |

- 註：1.路口各時相最小綠燈下之非輕軌綠燈總時間(秒)=「非輕軌共用時相時間」+「輕軌共用時相之非綠燈時間」
- 2.最大輕軌綠燈時相時間(秒)=「路口號誌週期時間(各時相加總)」-「路口各時相最小綠燈下之非輕軌綠燈總時間(秒)」

資料來源：高雄市政府交通局、高雄捷運公司、本研究整理。

表 13 全域參數與列車參數

| 參數名稱                      | 數值    |
|---------------------------|-------|
| 列車間乘載變異因子                 | 0.8   |
| 運轉寬裕時間係數                  | 0.25  |
| 司機員與煞車系統反應時間(秒)           | 3.0   |
| 參數名稱                      | 數值    |
| 列車車身長度(公尺)                | 33.44 |
| 座位數                       | 66    |
| 立位數                       | 184   |
| 平均行駛速度(公里/小時)             | 30.00 |
| 列車加速率(公尺/秒 <sup>2</sup> ) | 1.1   |
| 列車減速率(公尺/秒 <sup>2</sup> ) | 1.1   |
| 加速有效因子                    | 0.75  |
| 煞車有效因子                    | 0.75  |

資料來源：高雄市政府交通局、高雄捷運公司、本研究整理。

## 四、高雄環狀輕軌案例容量分析結果

本案例的分析範圍為 C32 凱旋公園站～C20 臺鐵美術館站，包含末端站 2 座、不受路口影響的中間站 7 座、受路口影響的車站有 17 座以及橫交路口 17 處。在優先號誌方面，前鎮之星、凱旋中華、前鎮街、成功二路、林森四路和駁二蓬萊、華安街、青海路等處採用了延長綠燈與縮短紅燈策略，而其餘則採用插入綠燈策略，另外值得注意之處，駁二大義站、綠川街的路口號誌採用閃光搭配輕軌觸動，其行為如傳統鐵路之平交道，所以在本案例將駁二大義站、綠川街視為不受路口影響的中間站進行分析容量。

### 4.1 單一空間參考點容量

經過輕軌系統單一空間參考點容量分析模式的計算，本案例分析範圍內的單一空間參考點瓶頸容量如表 14 所示，往 C20 臺鐵美術館站與往 C32 凱旋公園站方向的運轉時隔皆為 251.89 秒，路線容量為 14.3 列車/小時，主要之瓶頸點在 C32 凱旋公園站，次要之瓶頸點在 C20 臺鐵美術館站，運轉時隔皆為 180 秒，路線容量為 20 列車/小時，其主因皆為該 2 站僅為單股道折返，故嚴重限制其容量。至於各號誌化路口有/無優先號誌策略之各空間參考點容量分別為表 15、表 16 所示，結果顯示，在無優先號誌策略時，C34-C36、C1、C3-C4 等各站皆為潛在之瓶頸點，運轉時隔皆為 150 秒；另若有優先號誌策略時，除 2 末端站仍為主、次要瓶頸點外，僅有 C35、C3-C4 為潛在之瓶頸點，運轉時隔皆為 150 秒。

表 14 單一空間參考點瓶頸容量分析結果

| 方向          | 往 C20 臺鐵美術館站方向 | 往 C32 凱旋公園站方向 |
|-------------|----------------|---------------|
| 運轉時隔(秒)     | 251.89         | 251.89        |
| 路線容量(列車/小時) | 14.3           | 14.3          |

### 4.2 連續路段容量

經過輕軌系統連續路段容量分析模式的計算，本案例分析範圍內的連續路段容量如表 17 所示，往臺鐵美術館站和往凱旋公園站方向的運轉時隔皆為 150 秒，路線容量為每小時 24 列車，而本案例中最長的路口號誌週期時間正好為 150 秒，表示每個號誌週期可通過一列車。

將上述兩模式相比，扣除末端站，在分析單一空間參考點時，因不考量空間參考點以外之影響，因此通常可能計算出較高的容量，而連續路段容量分析模式因需考慮路線上下游因素的影響，因此其瓶頸容量會相對較

小。

表 15 各單一空間參考點容量分析結果(無優先號誌措施)

| 空間參考點    | 運轉時隔 (s) | 路線容量 (TU/h) | 設計容量 (p/h) | 可達成容量 (p/h) |
|----------|----------|-------------|------------|-------------|
| C32凱旋公園  | 251.89   | 14.29       | 3573       | 2680        |
| C33衛生局   | 68.97    | 52.20       | 13050      | 9788        |
| C34五權國小  | 150.00   | 24.00       | 6000       | 4500        |
| C35凱旋武昌  | 150.00   | 24.00       | 6000       | 4500        |
| C36凱旋二聖  | 150.00   | 24.00       | 6000       | 4500        |
| C37輕軌機廠  | 68.68    | 52.42       | 13104      | 9828        |
| C1籬仔內    | 150.00   | 24.00       | 6000       | 4500        |
| C2凱旋瑞田   | 65.73    | 54.77       | 13693      | 10270       |
| C3前鎮之星   | 150.00   | 24.00       | 6000       | 4500        |
| C4凱旋中華   | 150.00   | 24.00       | 6000       | 4500        |
| C5夢時代    | 40.00    | 90.00       | 22500      | 16875       |
| C6經貿園區   | 40.00    | 90.00       | 22500      | 16875       |
| C7軟體園區   | 40.00    | 90.00       | 22500      | 16875       |
| C8高雄展覽館  | 40.00    | 90.00       | 22500      | 16875       |
| C9旅運中心   | 60.00    | 60.00       | 15000      | 11250       |
| C10光榮碼頭  | 71.05    | 50.67       | 12667      | 9501        |
| C11真愛碼頭  | 66.83    | 53.86       | 13466      | 10100       |
| C12駁二大義  | 65.73    | 54.77       | 13693      | 10270       |
| C13駁二蓬萊  | 43.00    | 83.72       | 20930      | 15698       |
| C14哈瑪星   | 64.76    | 55.59       | 13897      | 10423       |
| C15壽山公園站 | 50.00    | 72.00       | 18000      | 13500       |
| C16文武聖殿  | 33.33    | 108.00      | 27000      | 20250       |
| C17鼓山區公所 | 85.00    | 42.35       | 10588      | 7941        |
| C18鼓山    | 66.83    | 53.86       | 13466      | 10100       |
| C19馬卡道   | 120.00   | 30.00       | 7500       | 5625        |
| C20臺鐵美術館 | 180.00   | 20.00       | 5000       | 3750        |

表 16 各單一空間參考點容量分析結果(有優先號誌措施)

| 空間參考點    | 運轉時隔 (s) | 路線容量 (TU/h) | 設計容量 (p/h) | 可達成容量 (p/h) |
|----------|----------|-------------|------------|-------------|
| C32凱旋公園  | 251.89   | 14.29       | 3573       | 2680        |
| C33衛生局   | 68.97    | 52.20       | 13050      | 9788        |
| C34五權國小  | 75.00    | 48.00       | 12000      | 9000        |
| C35凱旋武昌  | 150.00   | 24.00       | 6000       | 4500        |
| C36凱旋二聖  | 75.00    | 48.00       | 12000      | 9000        |
| C37輕軌機廠  | 68.68    | 52.42       | 13104      | 9828        |
| C1籬仔內    | 90.00    | 40.00       | 10000      | 7500        |
| C2凱旋瑞田   | 65.73    | 54.77       | 13693      | 10270       |
| C3前鎮之星   | 150.00   | 24.00       | 6000       | 4500        |
| C4凱旋中華   | 150.00   | 24.00       | 6000       | 4500        |
| C5夢時代    | 40.00    | 90.00       | 22500      | 16875       |
| C6經貿園區   | 40.00    | 90.00       | 22500      | 16875       |
| C7軟體園區   | 40.00    | 90.00       | 22500      | 16875       |
| C8高雄展覽館  | 40.00    | 90.00       | 22500      | 16875       |
| C9旅運中心   | 60.00    | 60.00       | 15000      | 11250       |
| C10光榮碼頭  | 71.05    | 50.67       | 12667      | 9501        |
| C11真愛碼頭  | 66.83    | 53.86       | 13466      | 10100       |
| C12駁二大義  | 65.73    | 54.77       | 13693      | 10270       |
| C13駁二蓬萊  | 43.00    | 83.72       | 20930      | 15698       |
| C14哈瑪星   | 64.76    | 55.59       | 13897      | 10423       |
| C15壽山公園站 | 50.00    | 72.00       | 18000      | 13500       |
| C16文武聖殿  | 33.33    | 108.00      | 27000      | 20250       |
| C17鼓山區公所 | 85.00    | 42.35       | 10588      | 7941        |
| C18鼓山    | 66.83    | 53.86       | 13466      | 10100       |
| C19馬卡道   | 120.00   | 30.00       | 7500       | 5625        |
| C20臺鐵美術館 | 180.00   | 20.00       | 5000       | 3750        |

表 17 連續路段容量分析結果

| 方向          | 往 C20 臺鐵美術館站方向 | 往 C32 凱旋公園站方向 |
|-------------|----------------|---------------|
| 運轉時隔(秒)     | 150            | 150           |
| 路線容量(列車/小時) | 24             | 24            |

## 五、結語

在探討軌道容量課題時，多數文獻皆認為整條鐵路路線的容量受限於容量最小的瓶頸處，就如整條輸水管的流量受限於其流量最小的地方。本研究分析結果不僅支持此論點，更發現若僅分析各個單一空間參考點之容量，並取其瓶頸處做為整條路線之容量，由於忽略了路線上下游的交互關係影響，可能導致有高估容量的情況，而透過本研究的連續路段容量分析模式，可以獲得更貼近實務情況的軌道容量分析結果，相關結果如下。

1. 高雄輕軌目前通車路段整體路線之運轉時隔為 251.89 秒(約 4.2 分鐘)、路線容量為 14.3 列車/小時，尖、離峰營運班距為每 10、15 分鐘一列車，尖峰路線利用率約 42%，預期未來尖峰班距仍可縮短至 5-6 分鐘。
2. 第二階段通車路段新增車站 12 座、號誌化路口 14 處，致連續路段路線容量模擬程式之計算時間約增加至 3-5 分鐘，因應後續全線通車後共計有 38 座車站、逾 50 處號誌化路口，路線容量計算之複雜程度更提高，預計連續路段路線容量分析之模擬程式計算時間將更大幅增加。
3. 本計畫最大挑戰之一仍在於各項分析參數蒐集及精確掌握，包括：空間參考點間距、末端站參數、中間站參數(停站時間、進站巡航速度)、橫交路口參數(進入離開巡航速度)、路口與號誌參數(距離、時相週期)、優先號誌參數(最大輕軌綠燈時相時間、可插入綠燈時相數)、列車參數...等，皆可能影響路線容量。
4. 根據高雄輕軌第一、二階段案例之分析結果可歸納重點如下：
  - (1) 連續路段路線容量由路線上之瓶頸點決定，全線路線容量則需再考量兩末端站折返因素是否構成瓶頸。
  - (2) 通常連續路段容量取決於最長路口號誌之週期時間，而目前高雄輕軌之連續路段容量亦即取決於號誌週期時間 150 秒的數個車站處。
  - (3) 路口號誌時差則主要影響全線行駛時間，而不會影響整體路線容量。

5. 透過探討路口號誌週期時間對容量之影響，未來在輕軌系統規劃階段，若缺乏容量分析參數情況下，連續路段之容量可以最長路口號誌週期時間做為運轉時隔，亦即以每個號誌週期通過一列車，做為概估容量的參考依據。
6. 號誌因素係本模式之輸入參數，在規劃輕軌系統時，便可評估在不調整現有路口號誌設定下之輕軌容量，除可對地方交通之衝擊最小，亦可根據期望輕軌容量提供路口號誌設定之建議，以分析公路端之號誌設定是否符合服務水準要求。

## 參考文獻

1. 交通部運輸研究所 (2020)，2019 年臺灣鐵道容量手冊。
2. 交通部運輸研究所 (2020)，輕軌系統容量分析暨應用研究 (1/2) — A、B 型路權容量模式構建。
3. 交通部運輸研究所 (2021)，輕軌系統容量分析暨應用研究(2/2)— A、B 型路權容量及可靠度分析軟體開發。
4. 李明華 (2018)，A 型路權及 B 型路權之輕軌容量模式研發，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。
5. 邱榮梧 (2006)，輕軌運輸系統與獨立號誌化路口容量之研究，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。
6. 紀尚詮 (2014)，輕軌優先號誌與平面路權對路網服務容量影響之研究，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。
7. 陳諭嫻 (2013)，整合輕軌電車優先號誌時制之模擬研究，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。
8. 鍾志成、黃笙玗、李治綱、賴勇成、蘇振維、劉昭榮 (2012)，「臺鐵連續區段軌道容量分析模式」，中華民國運輸學會 101 年學術論文國際研討會論文集。
9. Fernández, R. (2010), "Modelling Public Transport Stops by Microscopic Simulation," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 18(6), 856-868.
10. Gu, W., Li, Y., Cassidy, M. J., & Griswold, J. B. (2011), "On the Capacity of Isolated, Curbside Bus Stops," *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(4), 714-723.
11. International Union of Railways (2004), UIC leaflet 406 Capacity, UIC, France.
12. Kittelson & Associates, Inc. (2013), Transit Capacity and Quality of Service Manual 3rd Edition (TCRP Report 165), Transportation Research Board, National Research Council, U.S.A.
13. Koonce, P., et al. (2008), Traffic Signal Timing Manual (No. FHWA-HOP-08-024), Federal Roadway Administration, U.S.A.

14. Krueger, H. (1999), "Parametric Modeling in Rail Capacity Planning", Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, pp. 1194-1200.
15. Marnell, P., Paul, Z., Koonce, P., & Shaun, Q. (2017), "Evaluating Transit Priority Signal Phasing at Most Multimodal Intersection in Portland, Oregon," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2619), 44-54.
16. Mendes, L.M., Bennàssar, M.R., & Chow, Joseph Y.J. (2017), "Comparison of Light Rail Streetcar Against Shared Autonomous Vehicle Fleet for Brooklyn–Queens Connector in New York City," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2650), 142-151.