

輕軌施工對交通衝擊影響時間之探討

劉瀚聰¹、許杰儒²

摘要

由於城市道路壅塞問題愈發嚴重，改善道路基礎設施和發展便利快速軌道運輸系統為解決交通壅塞方案之一。輕軌運輸系統（Light Rail Transit, LRT）的興建可以補足部分路網轉乘/接駁缺口、增加使用者生活便利性、提高城市的觀光收益與減少城市的廢氣汙染排放量等優點。然而，輕軌運輸系統多為使用 C 型路權，運行方式需與地面交通完全混合，使得施工區域也將橫跨平面路段，故其輕軌興建過程中會造成城市負面影響。本研究將以高雄市輕軌大順路段為研究案例，大順路段為城市主要幹道之一，興建輕軌前為雙向六車道的道路配置。施工過程則將於內側車道劃分為輕軌工作區，直接導致路段容量減少，造成車流壅塞或旅行時間延誤等問題，間接引起城市居民與道路使用者之抱怨。然而，並非所有時段之車流會受到施工衝擊影響，且交通衝擊的嚴重程度可能大小不一。因此，影響車流之時間點可能為不連續性。為了方便施工期間交通管理方案之規劃，應需初步判定交通衝擊的時間點，並進一步歸納統整可能受影響的連續時段區間，並依此時段內擬定因應策略。因此，本研究採用清晨 6 時至晚間 22 時作為研究時段，使用 Mann-Whitney U 檢定（M-W U 檢定）檢核輕軌施工前與施工中的車流差異，其檢核結果將會呈現「未顯著影響、具顯著影響（正、負）」三者狀態，隨後將結果繪製為圖表，觀察其在特定時間點上的連續變化。若是在某一時間段內之檢核結果出現非長時間（連續時段兩個小時之內）的顯著影響結果，其餘時段檢核結果大多為未顯著影響的情況下，將統一視此時段為未顯著影響，反之亦然。藉由分析施工影響車流之時段連續性，研究結果可供主管機關參考，用以調整交通管制/管理策略之彈性施行時段，藉以緩解因施工引發的車流壅塞。同時，可供施工單位參考，配合工期限制，擬定合宜交維工作計畫，修定工程車進出時段與頻率，將施工影響程度降至最低。本研究預期藉由相關成果，可降低民眾對輕軌運輸施工期間的負面印象，因而提高輕軌或其他地面運輸系統建設的發展。

關鍵詞：輕軌運輸、施工、交通衝擊、連續性、大眾運輸。

¹ 國立高雄科技大學土木工程系助理教授，高雄市三民區建工路 415 號，07-3814526 分機 15232，htliou@nkust.edu.tw。

² 國立高雄科技大學土木工程系碩士班學生。

一、研究動機與研究問題

1.1 介紹

輕軌運輸系統為鐵路運輸的一種，泛指在道路上行駛的單節或多節路面電車，與捷運同屬於都市軌道運輸，其發展已被證明可有效提高城市交通轉乘性能、緩解交通壅塞以及減少汙染等優點。同時，輕軌比起一般捷運造價更低、工期較短也更好適應道路多變的環境，因此輕軌可以適時的補足捷運無法抵達的路網，使城市發展出完善的大眾運輸路網，提高市民生活的品質。高雄市除自 2008 年正式營運的紅、橘線捷運外，於 2024 年 1 月 1 日全線正式啟用的環狀輕軌線補足了過往捷運沒有行經的三民及鼓山等人口稠密的住宅區。沿路經過駁二、哈瑪星及光榮碼頭等亞灣觀光地，為高雄市帶來極大的觀光效益；此外也經過了醫院及學校等民生用地，為市民帶來更方便的通勤方式。雖輕軌建設具備上述所列之優點，然而高雄市民對於輕軌態度大多為負面居多。因為市民習性的關係，高雄市民通勤大多仍使用私人載具為主，造成「一人一車」的現象，大多市民認為輕軌大幅犧牲了他們的通勤權益，甚至譏諷輕軌為「大型路障」，於輕軌建設期間就對輕軌帶有極大的厭惡。然而實際查訪發現多數市民陸續選擇搭乘輕軌通勤，已經逐漸降低「一人一車」的現象了。因此，後續如果能針對容易造成交通壅塞的時段進行良好的交管計畫，或是提出改善方案，可以使市民更加接收輕軌建設，也使往後軌道建設的速度加速進展。

1.2 現況與問題

本研究選用高雄輕軌做為研究對象。如圖 1 所示，紅色與橘色路段為高雄捷運，為地下運行的中運量系統；綠色路段為高雄輕軌段，採用與路面共用道路的輕型運量系統。本研究選取環狀輕軌線 C25 新上國小站至 C31 聖功醫院站作為研究對象，C25 至 C31 位於高雄繁忙路段一大順路段上。在輕軌系統建設完成前，大順路的服務水準維持在 C 或 D 級，壅塞期間會下降至 E 或 F 級。輕軌施工完成後會取代掉原路線的內側車道，減少了道路容量。若在此情況下未針對交通進行有效的管理，道路壅塞情況會愈加嚴重，造成運行能力減少，行車速度下降。此外部分路口亦會實施「禁止左轉」之控管，對於部分已熟悉原行駛動線的市民也會造成負面影響。因此若無法擬定一套政策將會使民怨增大，進而影響大眾運輸發展的進度。除了建設完成後對市民通行路段有影響外，施工期間因封閉內側車道及路口、周圍道路開挖與工程車的進出都是造成路段壅塞的原因之一，也是導致市民後續反對輕軌的主因。因此需加以擬定交通管理策略，將影響降到最低進而將低市民反對聲浪。

駕駛出行時選擇的路線與行經頻率，會根據駕駛行經路段感受到的安全、壓力與駕駛舒適度有所變化 (Caviedes and Figliozzi 2018)。減少道路容量會造成許多問題如延誤增加、平均速度降低、密度增加與服務水準下降等問題 (Troal H. Vyas 2023)，因此若路段過於壅塞影響到駕駛的行駛意願，會間接地造成駕駛反對聲浪的提高，影響發展，因此缺乏交通管理也是輕軌建設須面臨的問題之一 (Fournier 2021)。

交通量的變化會限制最大交通速度，研究也指出交通影響的大小與增減通常取決於地理差異、需求差異、工作活動類型、容量減少和車道配置等 (Bharadwaj, Edara et al. 2018)。根據印度道路大會規定，車道中可接受的最大服務水準容量為“C”，而實際上真正可承受的容量為 C 值的 0.7 倍，因此在使用原路段車道改建為專用道或軌道的同時，也要確保修改過後的道路容量為合理的 (Arasan and Vedagiri 2010)。

2.3 數據分析

為了釐清市民反對輕軌建設最主要的原因—交通壅塞，過去研究採取使用每日及每週的歷史資料進行壅塞統計 (Tanzina Afrin 2020)，藉此了解單日內會受到車流影響的時段，以每日每小時平均數據進行數據判讀，由 Mann-Whitney U test 進行前後車流數據的比較，判斷特定時間點之車流數據再設置輕軌前後是否有顯著變化與影響趨勢。然而車輛的變化為動態的，無法僅依單一時段進行判讀 (Akhtar and Moridpour 2021)，因此更加一步的探討尖峰時段車流會受影響的連續時段變化。

時間序列 T 一般被定義為在連續時間段內 (年、季、月、周、日、小時…等) 中按照時間序排續的一組觀察數值 (Kovačić 1995)。時間序列可為一組 n 筆資料，表示如下： $T = \{(y_1, t_1), (y_2, t_2) \dots (y_n, t_n)\}$ ，其中 y_i 為觀測車流變數的值， t_i 為時間， $i = (1, 2, \dots, n)$ ，表示時間序中點的順序 (Lovrić 2014)。因此假設一分段 S 以一組 j 個不重疊的連續分段 S_j 組成，其中 S_j 為一定數量的 (y_i, t_i) 組成長度為 n_j 的連續時段， $j = (1, 2, \dots, k)$ ，可以根據連續時間段內具相同或類似的 y_i 推測出影響程度的時間段進行分割，加以探討。

三、研究方法

本研究旨在分析路段車流是否受輕軌施工的影響，因此採用了 Mann-Whitney U test (M-W U test) 進行試驗。M-W U test 為無母數檢定的一種，可以檢測兩樣本是否來自於同一母體，用來推測是否有顯著變化 (Mann and Whitney 1947)。此外 M-W U test 也可以在資料沒有假設的情況下進行分析，適合用來作為流量影響分析的方法。在使用 M-W U test 統計前會先對車流資料進行 Kolmogorov-Smirnov test (K-S test) 的常態分佈分析，用以調查輕軌建設前後的數據是否符合常態分佈。初步 K-S test 結果表明，並非所有施工前與施工中的時段、車道與車種的數據都符合常態分佈，為了後續方便進行 M-W U test，本研究將所有時段之數據均視為不符常態分布。

為了評估原假設，需要計算 M-W U 檢定的統計量，稱為 U 統計量，用以衡量兩個樣本資料之間的離散程度，若兩樣本不具差異，兩樣本之 U 值會相等。如

式(1)與式(2)所示， $X(t)$ 與 $Y(t)$ 分為M-W U test 想比較之時間 t 兩樣本（施工前與施工中）資料。將兩組車流資料進行混和並且產生新的「排名」，大小由1至 $|X(t)|+|Y(t)|$ 進行排序。式(1)與式(2)可以計算 $X(t)$ 與 $Y(t)$ 之 U 值。在公式中 $|X(t)|$ 與 $|Y(t)|$ 分別代表兩樣本之大小； $R[x_i(t)]$ 與 $R[y_i(t)]$ 分別為分配給兩樣本之等級； $U_x(t)$ 與 $U_y(t)$ 為兩樣本排名之總和。

$$U_x(t) = |X(t)| \times |Y(t)| + \frac{|X(t)| \times |Y(t)|}{2} - \sum_i R[x_i(t)] \quad (\text{式 1})$$

$$U_y(t) = |X(t)| \times |Y(t)| + \frac{|X(t)| \times |Y(t)|}{2} - \sum_i R[y_i(t)] \quad (\text{式 2})$$

當獲得每個排名之總和時，M-W U test 會選擇兩樣本計算 U 值之最小值作為檢定統計量，如式3所示。

$$U(t) = \min\{U_x(t), U_y(t)\} \quad (\text{式 3})$$

$U(t)$ 是透過分布相似的隨機樣本來做計算的，具備 U 值後則可以計算檢定結果 Z 值，其公式如式4所示。在公式中 $\bar{U}(t)$ 為 $U(t)$ 之期望值， $\sigma_{U(t)}$ 是 $U(t)$ 之標準差。

$$Z_u = \frac{U(t) - \bar{U}(t)}{\sigma_{U(t)}} \quad (\text{式 4})$$

若是設置輕軌工區前後兩樣本數據之排名相差甚遠，則表示兩樣本間存在顯著差異，相反若兩樣本不具顯著差異，則排名會在前後數據之間隨機混合（Dinneen and Blakesley 1973）。此外 Z 值使用95%作為臨界值，用以比較 Z_u 之檢定結果是否具有顯著變化，若是 Z_u 結果小於0.05，則代表設置輕軌工區前後具有顯著變化，反之則無。

交通衝擊時段判定中，設定 $t_i = \{t_1, t_2, \dots, t_{17}\}$ 為研究時段中時間的順序， t_1 為06:00依序至為 t_{17} 為22:00；同時，設定三元變數， $y_i = (-1, 0, 1)$ ，作為 t_i 的檢定結果，其中0代表檢定未顯著影響，+1與-1分別代表車流有正向與負向顯著影響。根據時間與車流檢定之組合 $T = \{(y_1, t_1), (y_2, t_2) \dots (y_i, t_i)\}$ ，藉由車流檢定結果相似性與時間連續性，將時間段分割為 j 個不重疊長度為 n_j 的連續時段 S_j 。其分析方式為依序審視檢定結果 y_i ，連續不同 y_i 均反應為同一變數值且時間長度 ≥ 2 時，則設為一連續時段 S_j ；中間若含有另一時間長度 ≥ 2 ，而檢定結果與前一時段 y_i 不同時，則判定為另一連續時段 S_{j+1} ，以此類推。若是檢定結果與前時段 S_j 之 y_i 不同但時間長度 $n_j \geq 2$ 時，則會修正此時段的檢測結果與前後 y_i 相同，並且納入前一連續時段 S_j 。後續研究結果則會根據連續時段 S_j 進行評估。

四、實測分析

4.1 分析地點

本研究選用高雄輕軌做為研究對象，數據為位於大順一路上的V004762感測器資料，來源由高雄市政府交通局提供每5分鐘車流資料，其位置與路段配置如圖2與圖3所示。本研究使用之數據經觀測後發現，每日之數據自23:00至次日5:55之數據已無明顯變化，其變化量也較不明顯，因此本研究選定旅運主要活動時間清晨6:00至晚間22:00為分析時段，並將車流資料調整為每小時平均資料。本研究初步設定僅以西向第1車道進行探討，因第1車道緊鄰輕軌工區，在工區設置後原行駛在內側車道之駕駛大多會改行駛於第1車道上，較能觀察到變化。

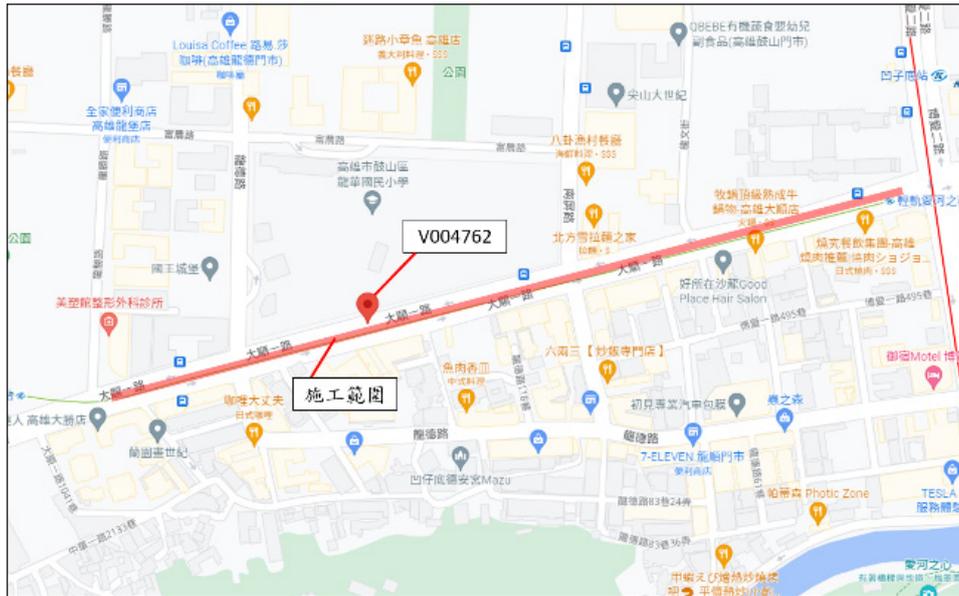


圖 2 VD 位置與工區施工範圍

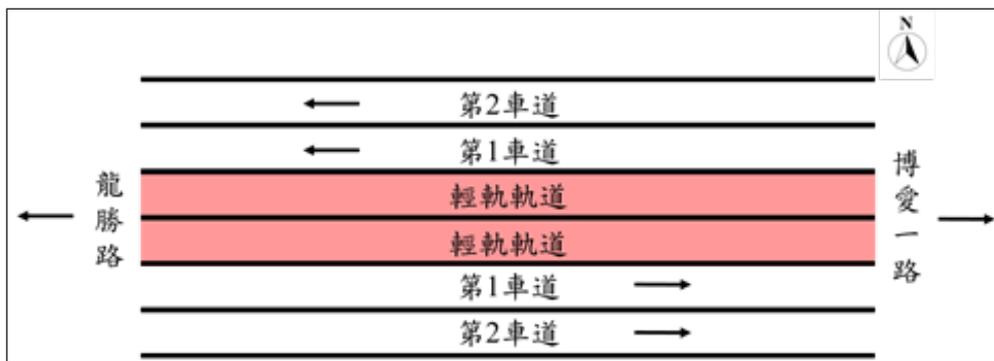


圖 3 工區車道配置圖

4.2 資料前處理

原始數據將車道選定西向第 1 車道，每五分鐘記錄一筆數據，包括大車車流與車速、小車車流與車速及平均速度等數據。於正常情況下一日內應有 288 筆資料，但有時候可能會遭遇感測器異常的狀況，會導致數值遺失或是產生異常數值，將上述兩種情況數值的筆數相加除以一日應有正常數值筆數，稱作「不良率」，在進行初步比對後會篩選出不良率小於 5% 的數值進行後續統計。由於原始數據對於統計來說太過精細，因此會將各小時內各五分鐘車流資料作合併平均；各車種之車流量會採取單一小時內 12 筆數值相加，計算出每小時內總車流量；車速採取單一小時內 12 筆數值平均，計算出每小時車流均速本研究考量交通量變化會因不同星期別之出型需求而有所變化，因此在初步篩選完合適數據後會將同一星期別之數據整合一起，進行不同時段上的 M-W U test 試驗，並判斷其趨勢為增加或減少。如圖 4 所示，紅色實線為設置工區前後時間的分界點，虛線則代表趨勢變化，若是虛線斜率為正則代表變化趨勢為增加，斜率為負則代表變化趨勢為減少。本研究後續會將 6:00~22:00 之變化趨勢結果依各車道各車種繪製成圖表，進一步進行連續時段上的分析，此步驟會在下一章節介紹。

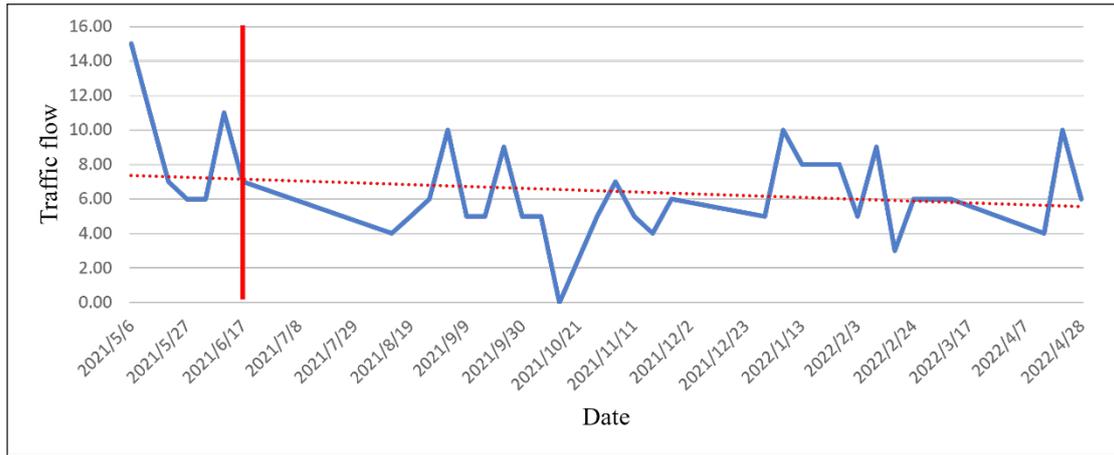


圖 4 第一車道於 16:00 設置工區前後大車流量變化

4.3 車流數值變化量

初步觀察施工前與施工中的車流數值變化，以巨觀的方式檢測車流變化量是增加或減少。

4.3.1 車流量

圖 5 與圖 6 分別代表第一車道（西向）之車流因輕軌施工的變化，並且區分為大車與小車互相做比較。從圖中可以得知，對於大車車流而言會有比較明顯的下降變化，小車車流亦有相同的下降趨勢但是較無大車明顯。此外，兩者受到明顯影響的時間著重在 9:00 至 18:00，恰好為市民出行最頻繁的時間段。

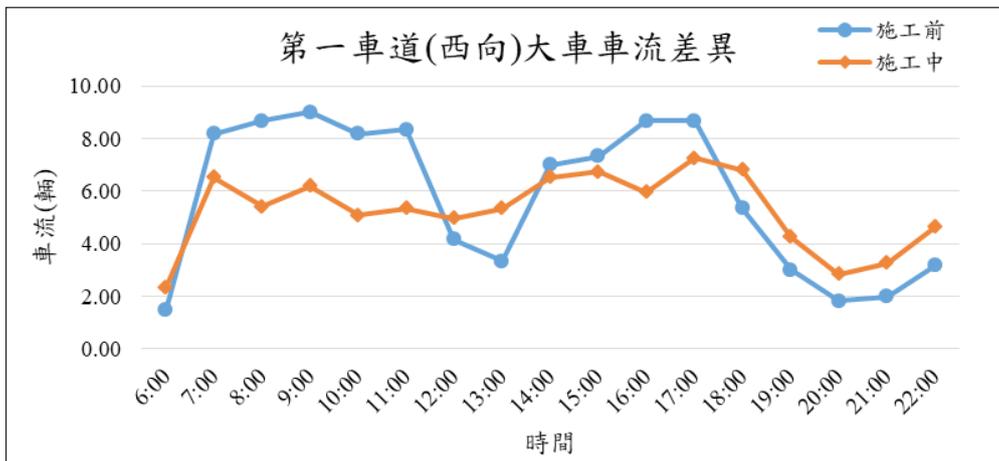


圖 5 第一車道（西向）各時段大車車流差異

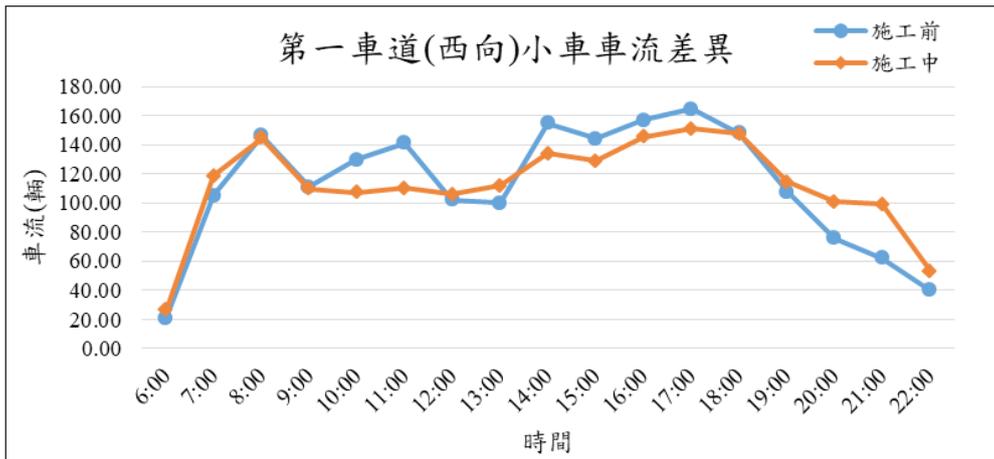


圖 6 第一車道 (西向) 各時段小車車流差異

4.3.2 車速

圖 7、圖 8 與圖 9 分別代表第一車道 (西向) 之速度因輕軌施工的變化，區分為大車、小車與車道平均速度互相做比較。從圖中可得知，車道平均速度的數值整體而言與小車速度相似，並且三者無論何者全時段都會因為施工而導致車速下降，又以大車速度的下降最為明顯。對於小車速度而言雖整體都有下降，但是在數值上的變動不大，可能是受到道路速限規範。

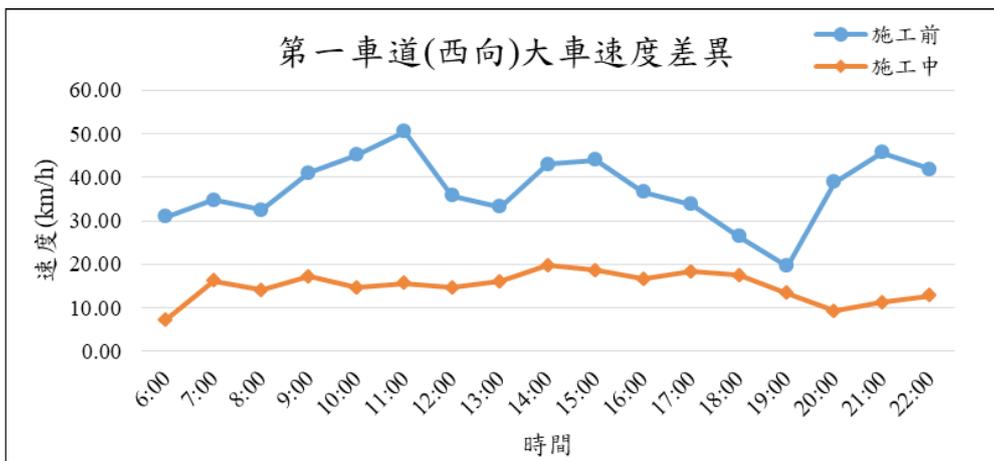


圖 7 第一車道 (西向) 各時段大車車速差異

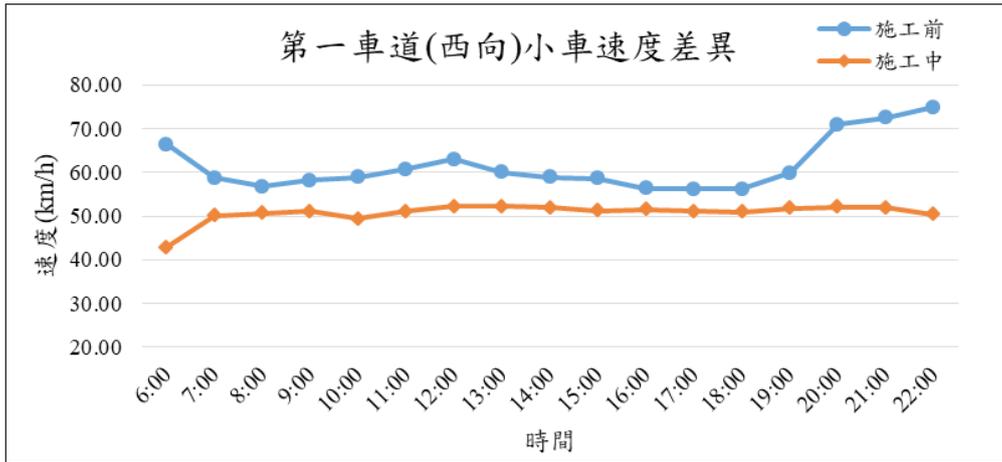


圖 8 第一車道 (西向) 各時段小車車速差異

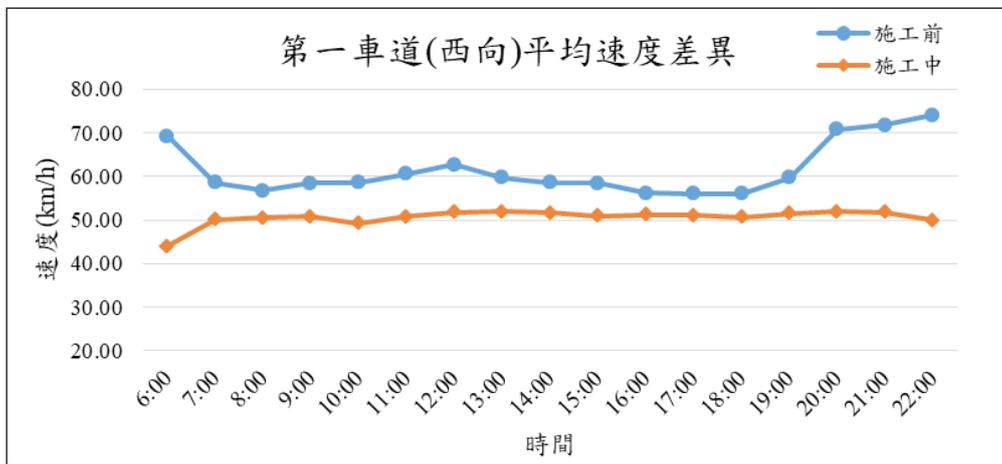


圖 9 第一車道 (西向) 各時段平均速度差異

4.4 M-W U test 檢定結果

此處則針對施工前與施工中之數值使用 M-W U test 檢定，用以檢測數值是否有有統計上顯著變化。若是 M-W U test 檢定結果為顯著變化的話，代表施工前與施工中的數值有明顯的不同，同時配合上一小結介紹到的數值趨勢變化去做正向與負向衝擊之評斷。

圖 10 代表第一車道 (西向) 大車車流經 M-W U test 之檢定結果。可以從圖中得知 8:00~10:00 及 16:00 之檢定結果小於 0.05，代表此時段的車流在施工前與施工中具有顯著差異，搭配圖 5 之說明可以得知此時段的大車車流是會有顯著下降變化。其餘時段雖然於圖 5 中顯示數值為下降的，但經檢測過後發現施工前與施工中並無顯著差異，則代表數值可能受特定日期過低而導致平均值呈現較低之狀態，並非代表在施工中的每個日期數值都為下降的。

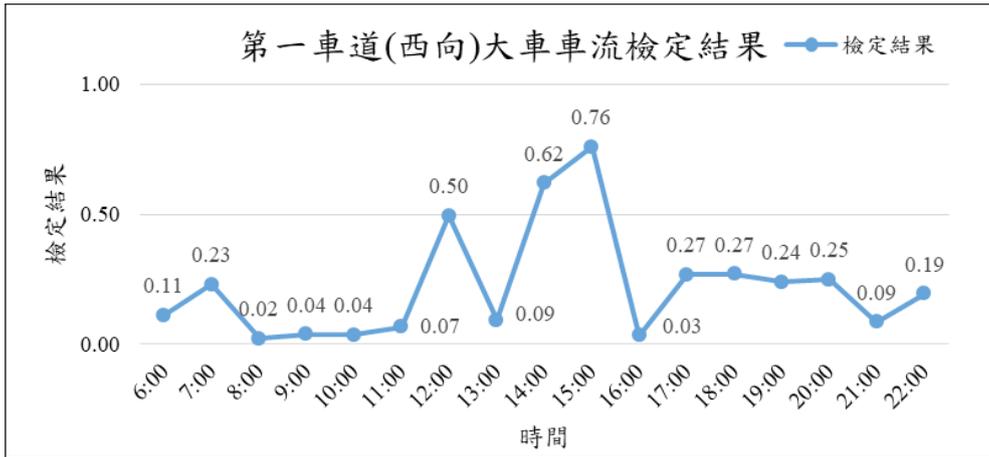


圖 10 第一車道（西向）大車車流 M-W U test 各時段檢定結果

以 17:00 大車車流為例，檢定結果為 0.27 屬於未受明顯變化之時段，但於圖 5 中顯示數值有些微下降變化。審核原始資料發現施工中第 1 四分位數為 4.5，與施工前第 1 四分位數之數值 7.0 有明顯差距。其餘中位數、第 3 四分位數於施工中分別為 7.0 與 9.0，與施工前 7.5 與 9.5 差距甚小，如圖 11 所示。由此可知施工中之數據存在部分資料過低之可能性，造成數值平均結果也會有所變化。後續車道中的小車車流、各車種速度與車道平均速度均會以相同的模式判斷數值的變化趨勢及判別是否受顯著變化。後續車道中的小車車流、各車種速度與車道平均速度均會以相同的模式判斷數值的變化趨勢及判別是否受顯著變化。

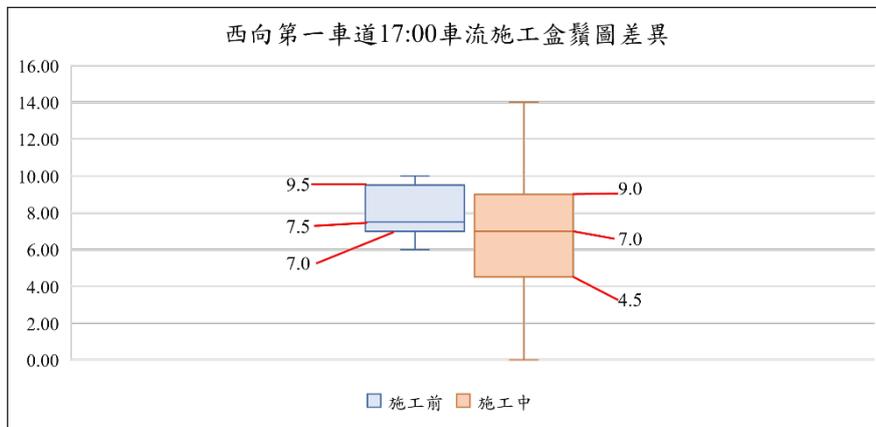


圖 11 第一車道（西向）17:00 車流施工盒鬚圖差異

4.5 連續交通衝擊時段

結合 4.3 與 4.4 節之結果，即可判斷車道確切受到衝擊影響的時段與影響趨勢。其車流檢定結果將會呈現「未顯著影響、具顯著影響（正、負）」三者狀態，隨後將結果繪製為圖表，觀察其在特定時間點上的連續變化。若是在某一時間段內之檢核結果出現非長時間（連續時段兩個小時之內）的顯著影響結果，其餘時段檢核結果大多為未顯著影響的情況下，將統一視此時段為未顯著影響，反之亦然。

圖 12 為車道於各個時段的車流檢定結果變化，如圖所示。對於大車車流而言 8:00 至 10:00 及 16:00 經檢驗後發現數據是有明顯下降變化的，意味著在輕軌

施工時於此時段行經路口感受到的擁擠感會大於其他時段。對於 8:00 至 10:00 而言，由於受影響的時段已達兩小時，因此可將它視為一「連續時段」，應特別注重此時段及前後一小時的交通管理，例如安排交警指揮或是限制工程車的進出等；對於 16:00 而言，與前後時段相比僅有此時段有所變化，並未構成「連續時段」的條件，僅需簡單的交通管理即可。

對於小車車流而言受影響的時段為 11:00 的負影響與 20:00 至 22:00 的正影響。於 11:00 時的判斷標準與上述 16:00 大車車流相同，並不構成「連續時段」，但與大車車流 8:00 至 10:00 的連續時段為相連的，因此可一併納入交通管理的考量，將連續時段統整為 8:00 至 11:00；晚間 20:00 至 22:00 為另一連續時段並且與施工前相比車流有增加的趨勢，因此也需多留意觀察是否會因車流增加而造成後續速度降低或事故增加的情形發生。

圖 13 與圖 14 分別為車道於各個時段各車種車速與車到平均速度的檢定結果變化。可以得知除 19:00 之大車車流經檢定過後未顯著影響外，其餘時段的各項目數值均為受負面影響的，因此可統一為一「連續時段」。由此可見，於輕軌施工時車速確實是會受到影響，而這也正是市民們反對的主要原因之一，因此需多加擬定策略，將影響降到最低。

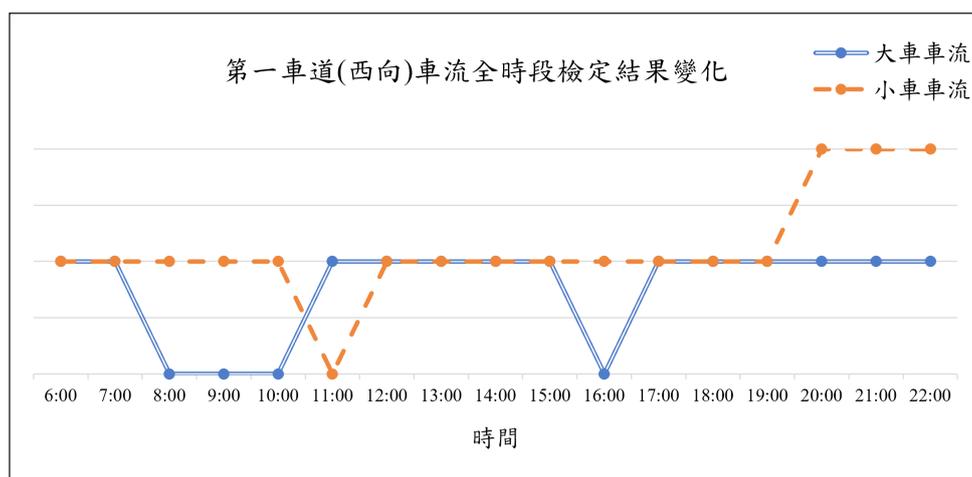


圖 12 第一車道（西向）車流全時段檢定結果變化

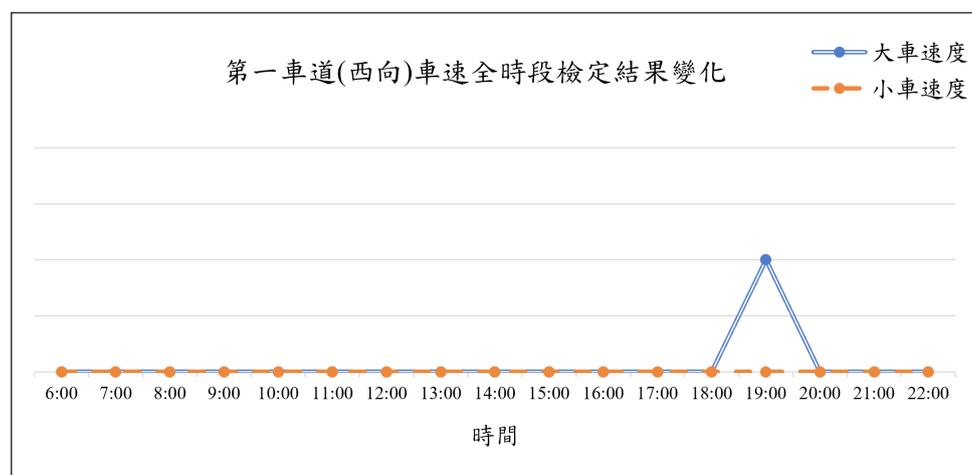


圖 13 第一車道（西向）車速全時段檢定結果變化

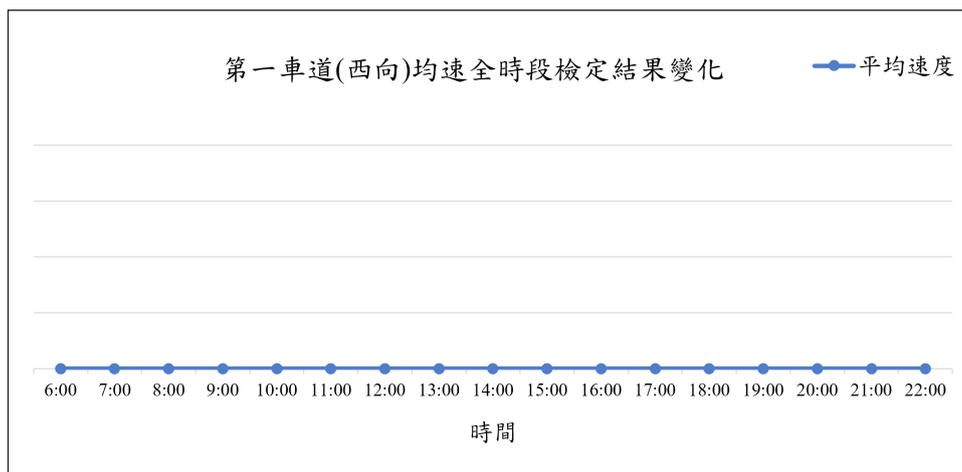


圖 14 第一車道（西向）均速全時段檢定結果變化

五、結論與建議

輕軌是一種於道路上行駛的單節或多節路面電車，其優點在於可以減少城市的污染排放量、提升市民生活品質與增加觀光收益等。輕軌與城市原有的地下鐵路運輸相輔相成，可以補足路網缺口，因此輕軌也被視為城市發展的重要指標之一。高雄輕軌於 2024 年正式成圓正式營運，其運量也是漸漸上升中，有明顯的改善市民的出行習慣與品質。但目前仍有許多市民反對輕軌建設，原因是行經路段時感受到的壅塞感，而為了降低市民的反對聲浪以促進後續鐵路發展，本研究採用 Mann-Whitney U test (M-W U test) 研究輕軌施工在主要車流運行時段（6:00~22:00）所受到的影響，並擬出受交通衝擊之「連續時段」以利後續進行管理。

經研究後發現，第一車道（西向）之大車車流於 8:00 至 10:00 均會受到顯著的下降，小車車流則是 11:00 也會有顯著下降的趨勢，可歸納 8:00 至 11:00 為因施工所受交通衝擊的連續時段，可依此情境擬定交通管理策略。如：安排交警指揮交通或是先前提醒市民於尖峰時段可以提前轉道，此外也可以限制工程車進出的時間，避免於此時段進出以免使路段壅塞情形更加惡化。

對於車速而言則是全時段都會有顯著下降的趨勢，整體平均而言仍維持在 50km/h，與施工前相比車速平均下降了約 10km/h，對於市民體感而言仍然會感受到順暢度不如以往。與施工前相比，在車流減少且車速下降，代表路段的道路服務水準已受衝擊影響。若未有效管理此交通衝擊，則市民的反對聲浪會愈發嚴重，也將嚴重影響城市的建設發展。此結果可供施工單位參考，配合工期限制，擬定合宜交維工作計畫，修定工程車進出時段與頻率，將施工影響程度降至最低。本研究也預期藉由相關成果，可降低民眾對輕軌運輸施工期間的負面印象，因而提高輕軌或其他地面運輸系統建設的發展。

參考文獻

- Aftabuzzaman, M., G. Currie and M. Sarvi (2010). "Modeling the Spatial Impacts of Public Transport on Traffic Congestion Relief in Melbourne, Australia." Transportation Research Record **2144**(1):1-10.
- Akhtar, M. and S. Moridpour (2021). "A Review of Traffic Congestion Prediction Using Artificial Intelligence." Journal of Advanced Transportation **2021**(1): 8878011.
- Anupriya, P. Bansal and D. J. Graham (2023). "Congestion in cities: Can road capacity expansions provide a solution?" Transportation Research Part A: Policy and Practice **174**: 103726.
- Arasan, V. T. and P. Vedagiri (2010). "Study of the impact of exclusive bus lane under highly heterogeneous traffic condition." Public Transport **2**(1-2): 135-155.
- Bharadwaj, N., P. Edara, C. Sun, H. Brown and Y. Chang (2018). "Traffic Flow Modeling of Diverse Work Zone Activities." Transportation Research Record: 23–34.
- Camacho, T., M. Foth, A. Rakotonirainy and M. Rittenbruch (2017). "Understanding urban rail in-vehicle activities: An activity theory approach." Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour **46**: 70-86.
- Cao, X. and J. Schoner (2014). "The influence of light rail transit on transit use: An exploration of station area residents along the Hiawatha line in Minneapolis." Transportation Research Part A: Policy and Practice **59**: 134-143.
- Caviedes, A. and M. Figliozzi (2018). "Modeling the impact of traffic conditions and bicycle facilities on cyclists' on-road stress levels." Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour **58**: 488-499.
- Dinneen, L. C. and B. C. Blakesley (1973). "A Generator for the Sampling Distribution of the Mann-Whitney U Statistic." Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics) **22**(2): 269.
- Fournier, N. (2021). "Hybrid pedestrian and transit priority zoning policies in an urban street network: Evaluating network traffic flow impacts with analytical approximation." Transportation Research Part A: Policy and Practice **152**: 254-274.
- He, S. Y. (2020). "Regional impact of rail network accessibility on residential property price: Modelling spatial heterogeneous capitalisation effects in Hong Kong." Transportation Research Part A: Policy and Practice **135**: 244-263.
- Kovačić, Z. (1995). "Time series analysis, Faculty of Economics." University of Belgrade.
- Lovrić, M. M., Marina; Stamenković (2014). "Algorithmic methods for segmentation of time series: An overview." Journal of Contemporary Economic and Business Issues: 24.
- Mann, H. B. and D. R. Whitney (1947). "On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other." The Annals of Mathematical Statistics **18**(1): 50-60, 11.

- Nguyen-Phuoc, D. Q., G. Currie, C. De Gruyter, I. Kim and W. Young (2018). "Modelling the net traffic congestion impact of bus operations in Melbourne." Transportation Research Part A: Policy and Practice **117**: 1-12.
- Shalby, A. S. (1999). "Simulating performance impacts of bus lanes and supporting measures." Journal of Transportation Engineering **125**(5): 390-397.
- Tanzina Afrin, N. Y. (2020). "A Survey of Road Traffic Congestion Measures towards a Sustainable and Resilient Transportation System." Road Traffic Engineering and Sustainable Transportation: 23.
- Troal H. Vyas, D. H. R. V. (2023). Impact Analysis of Metro Rail Construction Work Zone On Urban Road Traffic and Noise Level: A Case Study of Ahmedabad Metro Rail Project Links: 32.