

以肇事碰撞構圖法分析高雄輕軌路廊事故原因 與改善方法之研究

莊弼昌¹、李俊勇²

摘要

近年來，臺灣各城市隨著車輛自有率的增加，以及觀光產業的發展，不同的旅運需求造成了都市交通擁塞，甚至連郊區都出現了車輛回堵的情形。但交通紓解的問題除了街道的管理使用，其次，就是將旅運需求移轉至公共運輸的使用率上，來分流交通道路的使用，調節都市與郊區間的交通、停車問題，增進生活機能。現有的大眾運輸工具中，可以結合道路環境，建設上以低土建成本及不需要大量額外的土地為優勢的輕軌運輸系統，再加上其短建設工期、可及性高、對環境衝擊性小的特性，相當適合臺灣引進發展。而輕軌運輸系統也在 104 年 10 月 16 日開始在高雄營運，為高雄的大眾運輸增添了新的色彩，國內的其他縣市也陸續規劃引進使用，未來在臺灣輕軌運輸系統也會如雨後春筍般出現，進而日漸成熟扮演起市區與郊區之間重要的接駁運輸角色。但是，高雄輕軌運輸系統的凱旋四路段在營運後，周邊路廊的交通事故發生率卻不如國外城市所設置的運輸系統減少，反而有所增加。因此，為了瞭解輕軌運輸系統對於周邊道路的交通安全有何影響，本研究搜集了高雄市政府交通警察大隊於高雄輕軌凱旋四路段開始營運起至 107 年 12 月 31 日止，全般交通事故資料，並且運用肇事碰撞構圖法，深入探討交通事故發生熱區、常見事故型態及肇事因素，剖析事故原因，進而歸納出改善措施，希望能透過本研究建構更加安全的交通環境，達到有效降低交通事故發生，以及優化未來輕軌共用路口道路安全規劃設計，並且提供相關單位及後續研究參考。

關鍵字：高雄輕軌、肇事碰撞構圖

一、前言

輕軌運輸系統在國外已經運行多年，經過不斷的發展改善，累積了許多營運經驗與研究成果。近年來，隨著土地取得成本越來越高、街廓寬度有限，我國許多城市如高雄市、新北市、臺中市也陸續規劃引進使用，滿足通勤、通學、觀光、休憩、就醫等各種不同旅運需求，提升大眾運輸系統的服務品質，帶給在地居民更便利、新穎的交通運具選擇。

輕軌運輸系統在國外的營運經驗中，許多城市在設置輕軌運輸系統後都成功得解決了交通問題。例如：在 Elisa Maitre(2017)的研究報告中指出，法國馬賽輕軌運輸系統在設置前、後，受輕軌影響路段的事故發生率減少了 64%。而在國際公共交通協會(Union

1 中央警察大學交通學系暨交通管理研究所副教授(聯絡地址：桃園市龜山區大崗里樹人路 56 號，電話：03-3282321 分機 4291，E-Mail: una050@mail.cpu.edu.tw)。

2 中央警察大學交通學系暨交通管理研究所研究生。

Internationale des Transports Publics, UITP)的研究中(如圖 1),輕軌列車肇事率大約是汽車的六分之一(每百萬人公里)(UITP, 2016)。

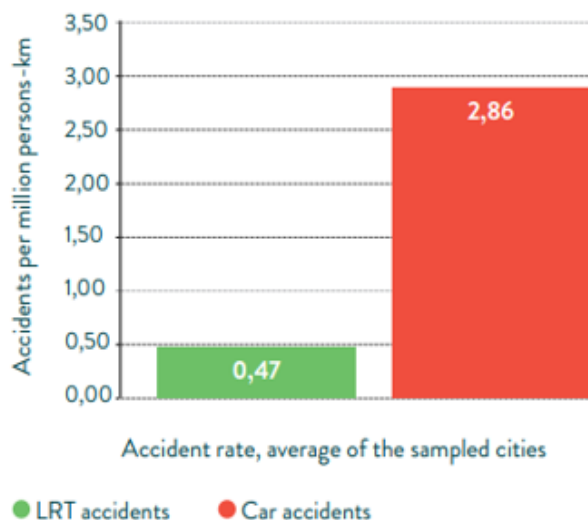


圖 1 LRT 與一般車輛肇事率比較(每百萬公里百分比)

資料來源：(UITP,2016)

然而，輕軌運輸系統對於我國民眾來說算是相當新穎的交通工具，也因此可能會造成輕軌與其他車輛駕駛在路口的互動會有許多不適應的地方，加上臺灣特有的高密度機車混合車流，不明確的車輛動線和新增衝突形態就可能使沿線事故發生率增加。在臺灣引進營運之後，以高雄輕軌運輸系統為例，在設置前、後，輕軌周邊路廊的事故年均發生率增加了 121%(如表 1)，顯見高雄輕軌不但未能像國外的輕軌運輸系統一般能降低事故發生，反而帶來了更複雜、更危險的交通環境。

本研究以最早開始通車營運的高雄輕軌凱旋四路段(C1 站至 C4 站) 沿線與輕軌相交之號誌化路口及鄰近路段為研究範圍，分別為：凱旋四路與一心一路口、凱旋四路與籬仔內路口、凱旋四路與中山三、四路口、凱旋四路與鎮興路口、凱旋四路與前鎮街口及沿線路段(如圖 2)。採用內政部警政署 100 年至 107 年道路交通事故資料庫，以及高雄市政府警察局交通警察大隊所提供之 104 年 10 月至 107 年 12 月事故資料，上述內政部警政署所提供之事故資料(包括死傷人數及事故次數)，僅含 A1 及 A2 類事故，而上述高雄市政府警察局交通警察大隊所提供之事故資料為全般事故資料。

表 1 高雄輕軌設置前後事故件數增加比率

高雄輕軌設置前後事故件數增加比率					
路廊路口	設置前件數	設置後件數	設置前年均發生件數	設置後年均發生件數	年均發生件數增加比率
凱旋/瑞隆	60	126	24.79	57.01	2.30
凱旋/班超	56	88	23.14	39.82	1.72
凱旋/中山	244	437	100.83	197.74	1.96
凱旋/鎮興	41	120	16.94	54.30	3.20
凱旋/前鎮	25	42	10.33	19.00	1.84
合計	426	813		平均發生率	2.21
經過年數	2.42	2.21			

資料來源：內政部警政署；高雄市政府警察局交通警察大隊



圖 2 研究範圍為凱旋四路段沿線中與輕軌相交之號誌化路口

圖片來源：(Google Map)

其中輕軌第一階段動工日期為 102 年 6 月 4 日；104 年 10 月 16 日開始試營運；106 年 11 月 1 日正式售票。因此，本研究將研究時程分為施工前(100 年 1 月 1 日起至 102 年 6 月 3 日止，共 882 天)、施工中(102 年 6 月 4 日起至 104 年 10 月 15 日止，共 851 天)，還有施工後(104 年 10 月 16 日起至 107 年 12 月 31 日止，共 807 天)，一共三個時期比較輕軌系統的營運對事故的發生是否有顯著影響。(如圖 3)

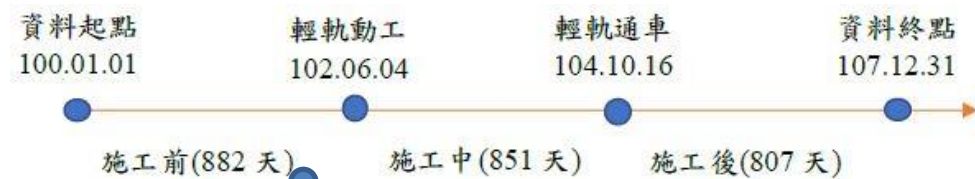


圖 3 事故研究時程示意圖

本研究希望能透過事故資料分析瞭解事故發生趨勢與變化，找出事故發生的潛在原因，釐清當前交通問題以及事故特性，並且利用分析結果，擬定改善策略。

二、文獻回顧

評估肇事地點的評估方法有很多種，常見的有肇事次數法、肇事率法、矩陣法、品管法、肇事嚴重性法、潛在風險指標法、肇事機率法、肇事嚴重程度控制法、肇事嚴重性比率法、實證貝氏法等(邱景嫻，2017)，以下蒐集國內外對輕軌系統肇事評估文獻。

陳雅琳(2017)將肇事資料用事前事後法進行交通安全評估，發現雖然肇事次數當量和加權嚴重性於輕軌營運後每年皆有下降趨勢，但是以統計檢定結果顯示，輕軌營運前後之路口安全性並無顯著差異，表示部分路口於輕軌設置後肇事件數不減反升。之後再用錄製沿線交叉口之車流狀態和文獻探討，了解違規風險和道路環境因子之相關性，初步統計顯示 91%的違規來自於左轉車，而其中又以未通過軌道占轉向車的 78%；通過軌道占轉向車的 22%，而這兩項違規正是輕軌列車和汽機車最常見的碰撞情境。最後以灰色理論中的灰關聯分析法分別對直行車和轉向車作評估，評定可能發生輕軌列車和汽機車碰撞的危險路口，再加以排序改善的順序和措施。

Elisa Maitre(2017)假設 x_1 和 x_2 分別為受輕軌影響道路的前、後期發生事故數， N_1 和 N_2 是馬賽市內未受輕軌影響道路的前、後期發生事故數，再以相對事故當量(index of

effectiveness)推估這些時期內控制事故數量是否受輕軌影響，發現受輕軌電車影響之街道在設置輕軌電車後，事故減少約 64%。影響原因可能與街道公共空間重新配置有關，但也有可能是因為交通量的減少，因為法國城市的輕軌電車往往會大幅減少汽車道空間，才導致汽車交通量和事故可能移往其他不受輕軌影響之道路。另外，街道在輕軌的加入後，使路面設置更加複雜，造成用路人時常未注意輕軌到達。

三、肇事碰撞構圖(Collision Diagram)之分析與應用

因為內政部警政署所提供的道路交通事故調查報告表(一)、表(二)事故資料對於範圍較小的路口、路段所能分析的資料過於籠統。尤其在本研究所涉及的路口路型為雙十字交岔路口，同樣的行駛方向、碰撞組合所代表的事故發生情形、雙方行駛路線會比一般的十字型交岔路口模糊且複雜，甚至有重覆的可能性無法排除，更無法確切瞭解事故樣態，和形成因素。比如，以路口交岔撞為例，就無法就道路交通事故調查報告表(一)、表(二)確認發生地點在舊凱旋四路側或是新凱旋四路側。因此，為了處理上述問題，本研究參考肇事碰撞構圖的事故診斷方式來瞭解路口事故常見的發生熱點以及事故樣態。

在交通部運輸研究所的「易肇事路段改善分析技術之應用」中有提到，肇事診斷可以集結一到三年的事故現場圖等資料加以整理，繪製成肇事碰撞構圖作為分析診斷的工具。如此一來，可以利用事故日期、時間、事故類型、事故車種、光線、天氣、當事人背景基礎資料，以及其對應的碰撞位置資訊，進行交叉比對分析，有利了解路口主要碰撞型態與對應空間位置，較能精準掌握碰撞問題的所在。

為了讓事故資料的各種性質可以呈現在具有路口、路段特性的地形圖面上，需要先設計數個不同類別的符號加以表示不同的事故資訊。以下參考該研究所設設計之圖示，將各箭標方向表示各肇事者的行駛方向，並輔以顏色或外框變化來表現不同的事故類型。(張開國，2016)

以下就高雄輕軌通車後(即 104 年 10 月 13 日起至 107 年 12 月 31 日止)，先統整各項事故次數，製作各項事故次數統計表，再依圖 4 完成前鎮區凱旋四路段各路口繪製肇事碰撞構圖並加以分析：

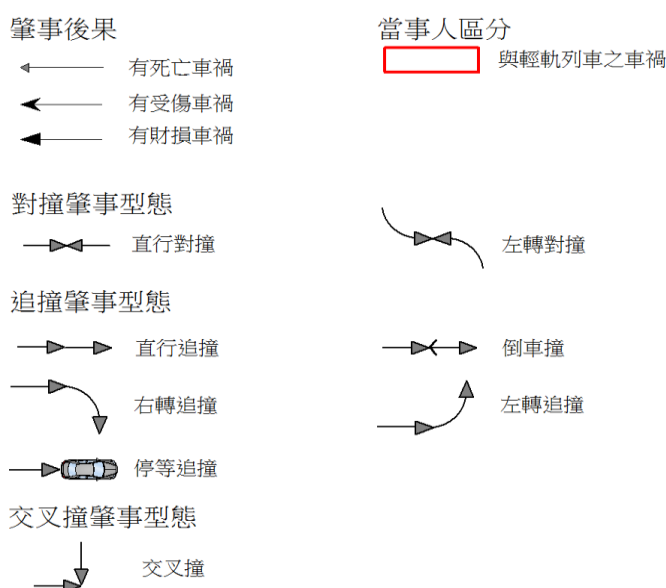
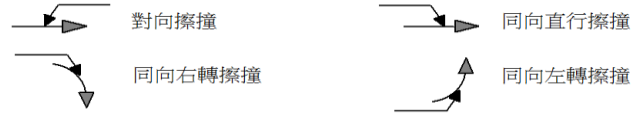


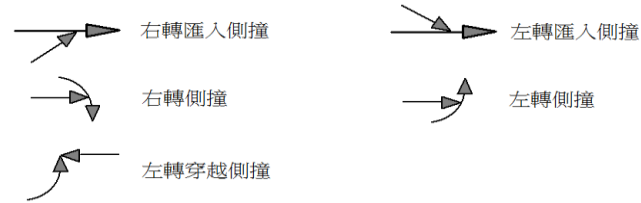
圖 4 肇事碰撞構圖圖例

以肇事碰撞構圖法分析高雄輕軌路廊事故原因與改善方法之研究

擦撞肇事型態



側撞肇事型態



失控肇事型態



圖 4 肇事碰撞構圖圖例(續)

3.1 前鎮區凱旋四路/一心一路/瑞隆路

一、各項事故次數統計表及肇事碰撞構圖

表 2 凱旋四路/瑞隆路路口各項事故次數統計表

凱旋四路/瑞隆路路口各項事故次數統計表																		
事故 類型	對撞		追撞					路 口 交 叉 撞	擦撞				側撞				失 控 肇 事	合 計
	直 行 對 撞	左 轉 對 撞	直 行 追 撞	倒 車 撞	右 轉 追 撞	左 轉 追 撞	停 等 追 撞		對 向 擦 撞	同 向 直 行 擦 撞	同 向 右 轉 擦 撞	同 向 左 轉 擦 撞	右 轉 匯 入 側 撞	左 轉 匯 入 側 撞	右 轉 側 撞	左 轉 側 撞	左 轉 穿 越 側 撞	
A2			12			1	7	25		17		2	2		16	3	19	12
A3		1	5		2		12	2		16		3	1	1		4	2	51
合計	0	1	17	0	2	1	19	27	0	33	0	5	3	1	16	7	21	167

資料來源：高雄市政府警察局交通警察大隊



圖 5 前鎮區凱旋四路/一心一路/瑞隆路路口肇事碰撞構圖

二、問題分析

由肇事碰撞構圖來看，事故熱點集中在路口東側，其次在一心一路往東的停止線附近和路口北邊路中分隔島兩側。

在路口東側主要的事故成因為新凱旋四路由南向西左轉與瑞西街由北向南的左轉穿越側撞，以及一心一路西向東直行的同向直行擦撞也常在路口東側發生事故。在一心一路往東的停止線附近則是常有一心一路西向東的直行車輛的同向直行擦撞發生。最後則是在路口北側近凱旋三路，舊凱旋四路南向北直行的車輛與瑞隆路東向西直行的車輛易有路口交叉撞的事故發生，近瑞西街處則有一心一路逆向西向東直行與瑞西街北向南直行的路口交叉撞發生。

逐件檢視新凱旋四路由南向北左轉往西與瑞西街由北向南的左轉穿越側撞可以發現，大部分的事故原因都是左轉的機車選擇不依兩段式左轉所引起的交通事故，但回顧現場在新凱旋四路與瑞隆路口東北角設有待轉區，也有設置機車兩段式左轉遵行標誌，綜合評析應是駕駛人守法觀念不高又缺少防禦駕駛的意識所導致。

而在一心一路西向東直行瑞隆路的部分，因為一心一路和瑞隆路存在有偏心問題，導致直行車輛在路口西側及東側都有同向直行擦撞的事故發生。

最後，在路口西北角則常有瑞隆路由東向西右轉往凱旋三路向北與同向直行的右轉側撞、瑞隆路由東向西直行與一心一路由西向東左轉凱旋三路向北的左轉穿越側撞，以及舊凱旋四路由南向北與瑞隆路由東向西的路口交叉撞。

由瑞隆路由東向西直行與右轉凱旋三路向北的車輛，因為路中分隔島間寬度不足，加上瑞隆路接續一心一路時需往右偏行，導致右轉車和直行車動線容易重疊，不易提前進行分流。加上路中分隔島上人行道常被誤解為道路一部分而行駛，因此從人行道再回到一般道路行駛時，會對突然出現的衝突車輛感到驚嚇(如圖 6)。

瑞隆路由東向西直行與一心一路西向東左轉凱旋三路往北的左轉穿越側撞衝突，回顧車流調查情形會發現一心一路西向東左轉凱旋三路往北的左轉車輛最多只佔一心一路全部車輛 4%，然而卻容易發生左轉事故，未來應考慮進一步管制左轉車流行進來減少事故發生。

一般而言，在輕軌時相插入時，舊凱旋四路由南向北起駛，前一個時相行駛車輛應該要在路口淨空時間結束前駛離路口，但唯有瑞隆路東向西直行的車輛容易和舊凱旋四路南向北車輛發生碰撞。推估有可能是瑞隆路東向西直行車輛在號誌變換之際仍試圖加速通過，而舊凱旋四路南向北起步車輛視野比較難發現遠端有車輛尚未通過路口。另一個可能是本研究發現不少瑞隆路駕駛人會將以分隔島隔開之右轉專用道誤認為快慢分隔島而利用右轉專用道直行，然而右轉專用道和瑞西街右轉車輛都較難觀察到近端號誌燈色變化，導致駕駛人因為未發現號誌變換而毫無警覺得通過路口，造成路口交叉撞事故一再發生。



圖 6 機車違規行駛路中分隔島上人行道示意圖

圖片來源：(Google Map)

三、改善策略

針對以上問題，本研究擬定幾個改善策略：

(一)改善路口偏心及行車動線不明問題

使一心一路及瑞隆路銜接角度減少，降低同向直行擦撞的風險。並且利用導引線區分出各方向車流行車動線使其確實分流也以減少同向直行擦撞、右轉側撞的事故風險。

(二)加強機車未依二段式左轉及行駛人行道取締

本路口各方向都存在機車未依二段式左轉的違規問題，包括新凱旋四路由南向北左轉一心一路往西；凱旋三路由北向南左轉瑞隆路往東都有機車違規左轉造成的左轉側撞事故發生。

(三)增加右轉專用道標字及路口東北側待轉區南移

在瑞隆路東向西右轉專用道在加繪標字，避免機車駕駛誤認為快慢車道而不慎造成違規，且右轉專用道沒有設置號誌燈箱也未正對路口，因此駕駛為了直行匯入一心一路而向右偏行時就容易產生事故風險。

而路口東北側待轉區往南設置於快車道前方，除了增加待轉區能見度，增加新凱旋四路南向北左轉一心一路向西機車待轉意願，也能讓待轉區前方不再是路中人行道，而誤導其行駛，或為了閃避路中分隔島而向左偏行造成同向擦撞事故。

(四)對一心一路西向東左轉凱旋三路車輛加強管制

從肇事碰撞構圖發現該方向左轉車輛容易發生左轉穿越側撞，可以考慮給予左轉早開時相、左轉保護時相，或是禁止左轉措施來分離一心一路西向東左轉凱旋三路往北車輛與瑞隆路由東向西直行車輛的衝突情形。

3.2 前鎮區凱旋四路/籬仔內路/班超路

一、各項事故次數統計表及肇事碰撞構圖

表 3 凱旋四路/班超路路口各項事故次數統計表

凱旋四路/班超路路口各項事故次數統計表																			
事故類型	對撞		追撞					路口交叉撞	擦撞				側撞					失控肇事	合計
	直行對撞	左轉對撞	直行追撞	倒車撞	右轉追撞	左轉追撞	停等追撞		對向擦撞	同向直行擦撞	同向右轉擦撞	同向左轉擦撞	右轉匯入側撞	左轉匯入側撞	右轉側撞	左轉側撞	左轉穿越側撞		
A2			6		1		12	14		8	1		4	2	11	12	8	4	83
A3			6	1			23			2		2	4	1	3	3	1		46
合計	0	0	12	1	1	0	35	14	0	10	1	2	8	3	14	15	9	4	129

資料來源：高雄市政府警察局交通警察大隊

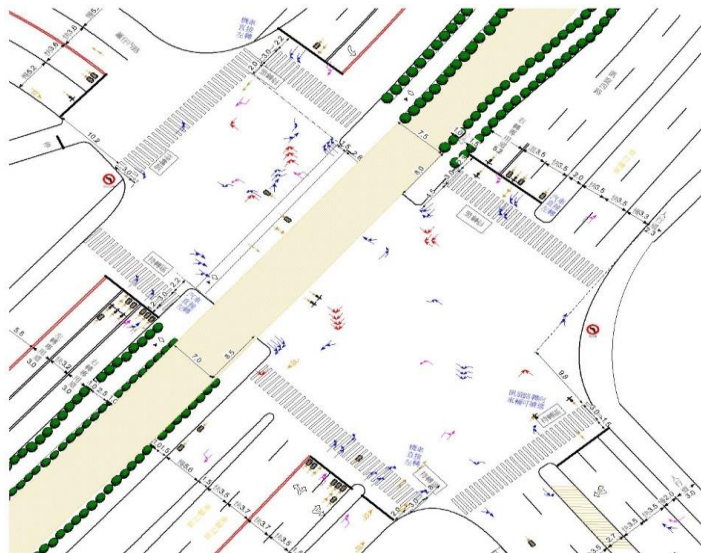


圖 7 前鎮區凱旋四路/籬仔內路/班超路路口肇事碰撞構圖

二、問題分析

從肇事碰撞構圖可以發現，在新凱旋四路雙向停止線附近、舊凱旋四路南向北停止線附近都常看到停等追撞、左轉側撞，路口內輕軌列車運行範圍兩側也有停等追撞、路口交叉撞發生頻次偏高。

分析其事故原因，本研究認為在新凱旋四路雙向和舊凱旋四路南向北的停等追撞成因略有不同，在新凱旋四路南向北因為道路寬廣筆直，車速一旦過高，見到停等車輛時就容易煞車不及造成事故；在新凱旋四路北向南，則是因為彎道視線比較不良，使得發現停等車輛的所需反應時間較長；舊凱旋四路南向北則是車道寬度不足，機車與汽車間難以期待會互相禮讓依序前進，因此在汽機車並行又無法保持適當間隔的情況下，汽機車就容易互相干擾，以致於接近路口時容易突然停止造成後方來車追撞。

在新凱旋四路由北向南的部分則是有快車道行駛的直行車輛與慢車道左轉班超路向東的左轉車輛會發生左轉側撞的情形，其中發生事故的左轉車輛車種主要是機車。回顧新凱旋四路由北向南方向並未在右前方設置待轉區，也沒有設置機車兩段式左轉的遵行標誌，可知該方向機車左轉是不需要待轉的，但機車駕駛習慣在兩個快車道一個慢車道的車道配置情形中，內側車道是禁止行駛機車的，因此要求機車駕駛進入最內側車道準備左轉可能需要額外的導引來指引機車駕駛人可以及時變換車道進入最內側車道準備左轉。另外，在新凱旋四路南向北的部分則是有快車道行駛的直行車輛與慢車道左轉籬仔內路向西的車輛容易有左轉側撞的情形，主要原因和前項不同的是，新凱旋四路由南向北的左轉機車是需要待轉的，因此事故主因多數為慢車道左轉的機車在左轉時未依規定兩段式左轉，可能潛在因素為駕駛人守法程度不高，也有可能是駕駛人不理解南北向的機車左轉管制措施有所不同而違規行駛。

在輕軌兩側則有許多事故類型，籬仔內路西向東方向有車輛停等於分隔島附近，惟路口南側並沒有設置待轉區，車輛會停等於此的原因，是因為舊凱旋四路的左、右轉車輛不清楚汽車續進措施，駕駛人會因為看到班超路號誌顯示紅燈時，誤認為新、舊凱旋四路為2個路口，不敢繼續通過路口，而停等於路中分隔島附近，不僅造成舊凱旋四路車輛回堵，突然減速停止也容易引起追撞事故。(如圖8所示)



圖8 汽車中誤判號誌而停等於路口內示意圖

圖片來源：(Google Map)

因為此種雙十字路口在高雄十分少見，而類似的雙十字路口通常會區分為兩個獨立的十字路口進行管制或單一路口但轉彎車輛需要在路中分隔島停等，不得續進，例如：前鎮區中山四路與鎮中路口、鎮中路與翠亨北路口(圖9)即為兩條雙向道路和一條橫向道路所組成的雙十字路口，但此路口因為有良好的時制計畫設計，兩路口行車動線流動順暢，分隔島間道路有足夠的空間能儲存轉彎車輛，類似於凱旋四路與中山三路的規劃設計；苓雅區的四維一路與河北路口、四維一路與河南路口(圖10)則是兩個路口使用同樣的時制計畫，並以分隔島間道路來儲存轉彎車輛；苓雅區凱旋二路與四維二路口也是將分隔島兩側以相同的時制計畫進行控制，而道路配置上就比較相近於凱旋四路與班超路口，在分隔島間都沒有設置停止線、車道線或是類似儲車空間儲存轉彎車輛，但兩個路口的差別就在轉彎車輛的續進與否。一般駕駛人可能難以理解凱旋四路與班超路口所謂「汽車可續進」的行進方式，下意識的選擇停等以避免犯錯與其他行駛方向車輛發生事故。



圖 9 前鎮區中山四路、五甲三路、鎮中路、翠亨北路空拍圖

圖片來源：(內政部國土測繪中心)

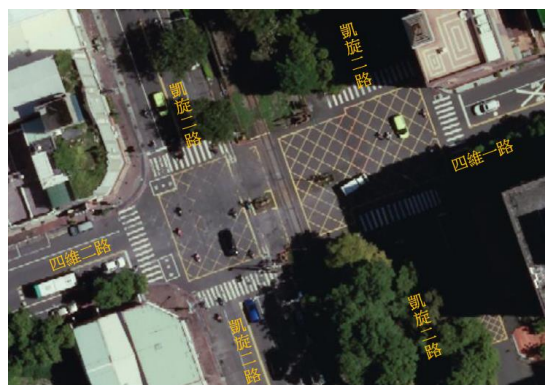


圖 10 苓雅區凱旋二路、四維一路、四維二路空拍圖

圖片來源：(高雄地圖網)

雖然在時制計畫中，新、舊凱旋四路的左、右轉車輛應該都會面臨相同的問題，但相對於對向班超路東向西方向則沒有停等追撞的事故出現，本研究認為並不是因為新凱旋四路的左、右轉車輛不會有誤解號誌燈面而停等於路中分隔島的情形發生，而是兩方向視野較易受到隆起的軌道和右轉死角阻礙的右轉車輛具有一定方向性。在每小時晨峰、昏峰、離峰中，新凱旋四路由北向南右轉向西的右轉車都不到 20 輛；反觀舊凱旋四路由南向北右轉往東的右轉車在 50 至 159 輛不等，兩者於曝光量的衝突風險有所落差才會形成停等追撞分布不均的情況出現。

最後，本路口在輕軌插入時相起駛的行駛方向，即新凱旋四路北向南直行與舊凱旋四路南向北，容易與上一個時相未能及時通過路口的車輛發生路口交叉撞的事故，而相對於舊凱旋四路南向北發生路口交叉撞的行駛方向均由路口東側而來，不論是班超路東向西直行、新凱旋四路南向北左轉向西的車輛，因此兩個相對事故方向間可能互相存有視距不足，或是紅燈淨空秒數不足的情況，導致時相變換時容易發生交通事故。

三、改善策略

以上問題，本研究嘗試提出幾個改善策略：

(一)加強新凱旋四路速度管理

有鑑於新凱旋四路南向北常有追撞事故發生，若能增加減速標線或減速設施敦促駕駛人能依其速限行駛，應能增加駕駛人反應時間，降低事故發生。

(二)增加路中號誌燈箱

在新、舊凱旋四路左右轉車輛行進時，常會有誤解燈面而停等於路中的情形發生。若能依凱旋四路與鎮興路口的路中燈箱為例，由遠端號誌來引導轉彎車輛續行離開路口，而未進入路口的橫交路段車輛則由路中號誌來阻止其進入路口應能解決此問題。

(三)加強機車未依二段式左轉取締

在肇事碰撞構圖中，路口東南側及西北側都有機車未依二段式肇事的情形發生，若能加強取締應能降低事故發生。

(四)設置右轉專用道、主線車道間的槽化島或引導機車向左行駛

在新凱旋四路北向南機車左轉班超路往東可以直接由內側快車道左轉，但由肇事碰撞構圖中，許多事故都是機車由外側車道左轉所致，因此需要以標線、標誌或是槽化島的方式引導左轉機車提前向內變換車道來減少事故發生。

3.3 前鎮區凱旋四路/中山三路/中山四路

一、各項事故次數統計表及肇事碰撞構圖

表 4 凱旋四路/中山三路路口各項事故次數統計表

凱旋四路/中山三路路口各項事故次數統計表																			
事故 類型	對撞		追撞					路 口 交 叉 撞	擦撞				側撞					失 控 肇 事	合 計
	直 行 對 撞	左 轉 對 撞	直 行 追 撞	倒 車 撞	右 轉 追 撞	左 轉 追 撞	停 等 追 撞		對 向 擦 撞	同 向 直 行 擦 撞	同 向 右 轉 擦 撞	同 向 左 轉 擦 撞	右 轉 匯 入 側 撞	左 轉 匯 入 側 撞	右 轉 側 撞	左 轉 側 撞	左 轉 穿 越 側 撞		
A2	2		55		2	3	29	71		75	1	1	4		41	36	26	44	390
A3			14	3			28	4		16	4	4	2	1	6	2	3	2	89
合計	2	0	69	3	2	3	57	75	0	91	5	5	6	1	47	38	29	46	479

資料來源：高雄市政府警察局交通警察大隊

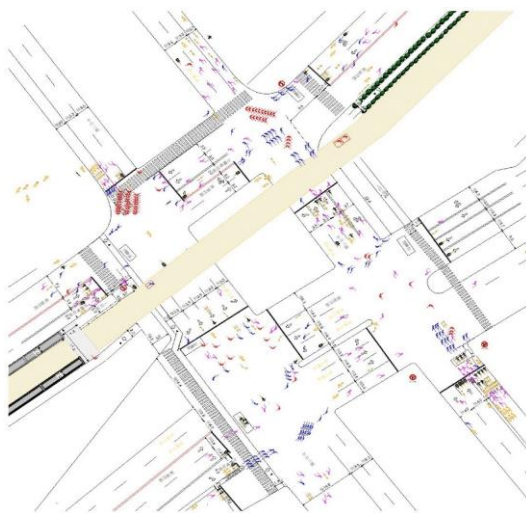


圖 111 前鎮區凱旋四路/中山三路/中山四路口肇事碰撞構圖

二、問題分析

由肇事碰撞構圖分析可知，在路口西側不論是在舊凱旋四路和中山三路西向東，或是舊凱旋四路和中山三路東向西的交通衝突點都存在大量路口交叉撞，而行駛方向則以舊凱旋四路由北向南直行車輛與中山三路東向西直行車輛、舊凱旋四路由北向南直行車輛與中山三路西向東直行車輛的組合佔大多數。

路口西北側及東南側則是存有左轉側撞、路口東南側及西南側也有快車道的右轉車輛與同向直行車輛發生的右轉側撞，以及在路口西南側會有新凱旋四路由北向南左轉中山四路往東與新凱旋四路南向北的左轉穿越側撞發生。在中山三路西向東與中山四路東向西易發生同向追撞、停等追撞、失控肇事及同向直行擦撞的事故類型。

路口西北側及東南側的左轉側撞多為機車未依二段式直接左轉所導致的事故發生，路口東南側沿新凱旋四路右轉專用道由南向北右轉中山四路往東的右轉車輛與新凱旋四路慢車道由南向北的直行車輛其實有時相管制去進行衝突分離，因此在此處發生的右轉側撞必然有一方違反號誌管制的情形發生。而路口東北側沿中山四路快車道由東向西右轉新凱旋四路往北的右轉車輛與沿中山四路慢車道由東向西的直行車輛所發生的右轉側撞，其實在進入路口前就有右轉專用道供右轉車輛右轉，因此在路口內是不允許右轉的，所以事故發生的原因即為右轉車輛未注意到此處非供右轉之路口而為之，造成事故發生。

最後，在中山三路和中山四路雙向距離上一個號誌化路口均超過 300 公尺，當車陣中速度產生落差時，就容易發生同向追撞、停等追撞及同向直行擦撞的事故。而失控肇事的發生也是與較高速度的行駛有一定的相關性，綜上事故類型可分析出該處對於速度管理有其必要性。

三、改善策略

根據以上問題，本研究研擬出幾個改善策略：

(一)加強速度管理

為均衡中山三路及中山四路的速度範圍，對超速行駛的車輛應有所限制，除了能增加減速標線或減速設施敦促駕駛人能依其速限行駛，對路段上的超速執法也應該能產生降低事故發生的效果。

(二)避免違規右轉

對於路口東南側及東北側的右轉側撞，分別加強在違反號誌及違反標誌的取締。在禁止右轉的路口也可以參考法國史特拉斯堡對於禁止轉彎的車道會在轉向方向加設禁制標誌再搭配石柱或塑膠柱使駕駛人更加了解禁制標誌所代表的意涵(如圖 12、圖 13)。

(三)加強左轉車輛管制

對於路口東南側沿新凱旋四路由北向南左轉中山四路往東的左轉車輛與新凱旋四路由南向北的直行車輛容易發生左轉穿越側撞的情形，可以考慮給予左轉早開或遲閉時相、左轉保護時相，或是禁止左轉措施來阻隔新凱旋四路由北向南左轉中山四路往東左轉車輛與新凱旋四路由南向北直行車輛的衝突情形，也可以透過改變整體行車動線的方式，例如施行單行道系統來阻斷衝突發生。



圖 12 法國史特拉斯堡以禁制標誌搭配塑膠柱



圖 13 法國史特拉斯堡以禁制標誌搭配石柱

圖片來源：(Google Map)

3.4 前鎮區凱旋四路/鎮興路

一、各項事故次數統計表及肇事碰撞構圖

表 5 凱旋四路/鎮興路路口各項事故次數統計表

凱旋四路/鎮興路路口各項事故次數統計表																			
事故類型	對撞		追撞					路口交叉撞	擦撞				側撞					失控肇事	合計
	直行對撞	左轉對撞	直行追撞	倒車撞	右轉追撞	左轉追撞	停等追撞		對向擦撞	同向直行擦撞	同向右轉擦撞	同向左轉擦撞	右轉匯入側撞	左轉匯入側撞	右轉側撞	左轉側撞	左轉穿越側撞		
A1			1					1											2
A2			11		1		12	24		11		1	5	3	15	8	5	16	112
A3			14	1	3		20	2		13	5		4	4	6			1	73
合計	0	0	26	1	4	0	32	27	0	24	5	1	9	7	21	8	5	17	187

資料來源：高雄市政府警察局交通警察大隊

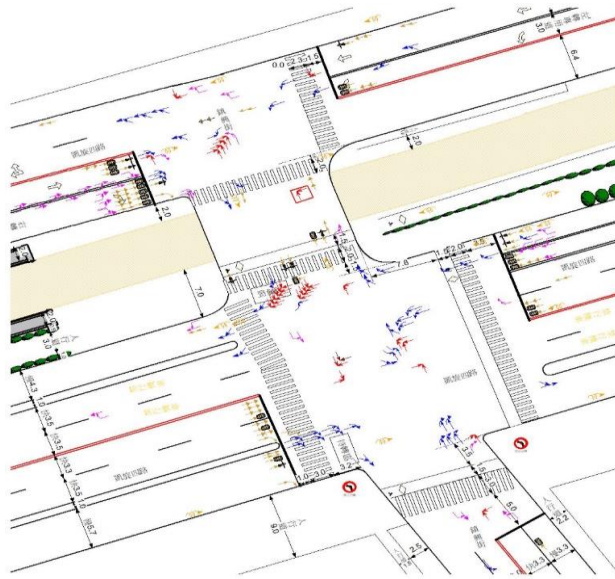


圖 14 前鎮區凱旋四路/鎮興路口肇事碰撞構圖

二、問題分析

在分析肇事碰撞構圖後可以發現，事故熱點位在舊凱旋四路西向東停止線附近、新凱旋四路雙向停止線附近、鎮興路與輕軌運行範圍南側、路口東南側。

在前述新、舊凱旋四路停止線附近的事故類型不論是舊凱旋四路由西向東，或者是新凱旋四路由西向東、新凱旋四路由東向西多數為同向追撞、停等追撞、右轉側撞，但在舊凱旋四路西向東、新凱旋四路東向西停止線附近還有部分同向直行擦撞發生。而在鎮興路沿線發生鎮興路北向南與新凱旋四路東向西、鎮興路南向北與新凱旋四路東向西路口交叉撞、右轉匯入擦撞，鎮興路由南向北左轉舊凱旋四路向西與舊凱旋四路由東向西、鎮興路南向北左轉舊凱旋四路向西與凱旋四路由西向東有發生左轉匯入擦撞、左轉穿越側撞，鎮興路南向北與新凱旋四路由西向東易發生右轉側撞等事故類型。

另外，本研究也認為舊凱旋四路由西向東雖然有三組指向線促使駕駛人提前分流，然而在車隊抵達時，指向線就容易被車隊遮蔽，使得後方車輛不易發現分流標線。而機車與汽車同時混流又在路寬僅有 3.5 至 4.0 米的情況下，汽機車容易互相干擾，不易保持安全間距與安全距離，在變換車道時就會有緊急煞車，甚至發生碰撞的情形出現。

在新凱旋四路東向西的部分，有些機車會在停等紅燈時，會未依二段式直接橫越道路左轉，即為所謂之高雄式左轉，其橫越道路時會跨越汽車右轉專用道，造成同向直行擦撞或左轉側撞發生。而也有多數事故為前方車輛因為號誌變換停等時，遭受後方車輛追撞，可能是路口淨空時間不足，又或者是駕駛人守法意識不高，厭倦停待過長的紅燈而不願意煞車停等造成停等追撞事故、路口交叉撞發生，或者是與鎮興街南向北車輛發生右轉匯入側撞。

同樣的情形也發生在新凱旋四路東向西直行、左轉車輛和鎮興路北向南、鎮興路南向北的路口交叉撞，還有舊凱旋四路西向東直行與鎮興路南向北左轉往西的路口交叉撞，以及舊凱旋四路東向西直行與鎮興路南向北左轉往西的左轉匯入側撞。在輕軌時相插入時，上一個時相行進的車輛不一定會選擇煞車停等，因此會容易與輕軌時相起駛的車輛發生碰撞。

在新凱旋四路西向東的快車道右轉鎮興街的車輛和慢車道的直行車輛也常發生在快慢分隔島附近的右轉側撞事故，由於新凱旋四路西向東快車道的右轉車輛在晨峰、昏峰、離峰都超過了 10%，甚至最高達到了 20%，但新凱旋四路路幅也不足以設置右轉專用道來配合右轉保護時相的開放，因此禁止快車道右轉或許是較低成本，也較為直接的交通管制措施。

三、改善策略

針對以上問題，本研究提出幾個改善策略：

(一)凱旋中華提前分流及增加指向標誌

由於舊凱旋四路與中華五路銜接舊凱旋四路與鎮興路間的路段僅 130 公尺，以現況而言不足以令不同流向的車流順利分流。因此，或許可以提前在中華五路上就以標字方式開始分離不同流向的車流，再以導引標線引導車輛靠左或靠右來增加可供變換車道的路段長度。另外，也增加車道預告標誌來避免指向線遭遮蔽，影響駕駛辨識。

(二)慢車道與快車道間增加恢復式導桿

在新凱旋四路由東向西的右轉專用道常有機車會侵入車道範圍造成事故發生，因此建議在右轉專用道與慢車道間加設恢復式導桿來分隔兩車道避免機車隨意侵入造成右轉車輛反應不及引起事故發生。

(三)加強違規取締

包括闖紅燈、機車未依二段式左轉彎、汽車沿鎮興路由北向南違規左轉新凱旋四路向東都是本路口易肇事的原因。

(四)加長紅燈淨空時間

在凱旋四路與中山三路口的經驗中，延長紅燈淨空時間對於路口交叉撞的降低具有顯著的效果。包含新凱旋四路東向西直行、舊凱旋四路雙向直行都是容易發生路口交叉撞的行駛路線，唯一較少發生路口交叉撞的行進路線為時相四的新凱旋四路由西向東，其銜接時相一的紅燈淨空秒數達 5 秒，或許就是較少發生路口交叉撞的背景因素。

(五)新凱旋四路西向東快車道右轉管制

新凱旋四路快車道由西向東右轉鎮興路往南的右轉車輛與新凱旋四路慢車道由西向東的直行車輛所發生的右轉側撞衝突，或許可以透過限定慢車道右轉、捨去快慢分隔島而設置右轉專用道等管制方式來達成隔離衝突的效果。

3.5 前鎮區凱旋四路/前鎮街

一、各項事故次數統計表及肇事碰撞構圖

表 6 凱旋四路/前鎮街路口各項事故次數統計表

凱旋四路/前鎮街路口各項事故次數統計表																			
事故類型	對撞		追撞					路口交叉撞	擦撞				側撞					失控肇事	合計
	直行對撞	左轉對撞	直行追撞	倒車撞	右轉追撞	左轉追撞	停等追撞		對向擦撞	同向直行擦撞	同向左右轉擦撞	同向左轉擦撞	右轉匯入側撞	左轉匯入側撞	右轉側撞	左轉側撞	左轉穿越側撞		
A2			3				3	11		3		1			5	2	7	2	37
A3							13	3		5	2		2	1	4		1		31
合計	0	0	3	0	0	0	16	14	0	8	2	1	2	1	9	2	8	2	68

資料來源：高雄市政府警察局交通警察大隊

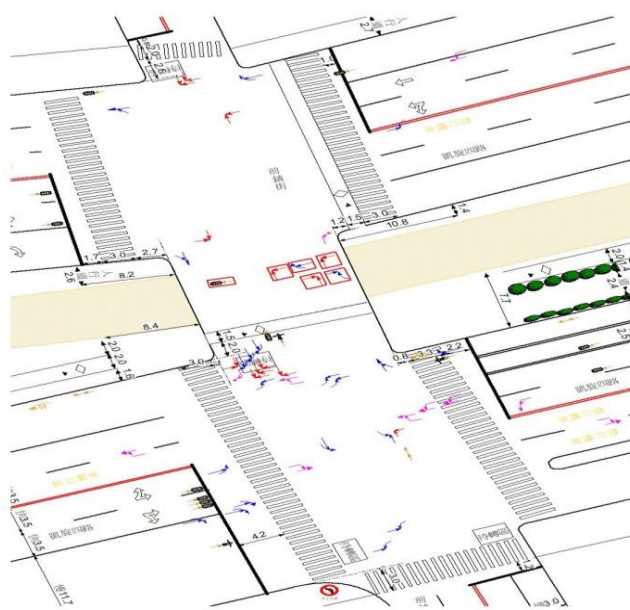


圖 15 前鎮區凱旋四路/前鎮街口肇事碰撞構圖

二、問題分析

在肇事碰撞構圖中，事故熱點以新凱旋四路為主，包含新凱旋四路東向西易發生停等追撞、同向直行擦撞，新凱旋四路西向東易發生停等追撞、右轉側撞，前鎮街北向南易發生右轉側撞，前鎮街北向南與新凱旋四路東向西、前鎮街南向北與新凱旋四路東向西易發生路口交叉撞。本路口是發生最多輕軌列車事故的路口，而相對車輛的行駛方向分別有兩件是前鎮街南向北、兩件是新凱旋四路由東向西右轉向北、一件為舊凱旋四路由西向東右轉向北、一件則是與不明行駛方向的車輛發生碰撞，但輕軌列車在本路口的事故風險相較於其他路口是明顯偏高的。分析可能事故原因，新凱旋四路東向西距離上一個路口有 300 公尺，車輛在綠燈起步後一路加速，突然在到達路口前遇到停等車輛可能會來不及煞停而造成停等追撞的事故發生。

新凱旋四路在路口東、西側有偏心的現象出現，內側快車道駕駛人如果突然或提前偏行，又或者是外側快車道的駕駛沒有發現前方有偏心的情形，未禮讓內側快車道車輛就容易發生同向直行擦撞的事故。

在前鎮街北向南右轉側撞原因的部分，研判是一方面在路中分隔島附近並沒有區分車道線，或有指向線預做行駛方向的分流，一方面是路中分隔島間街廓長度不長，導致右轉車輛無法即時變換到路口右側，但在雙十字路口會有連續 S 轉，也就是先左轉再右轉或先右轉再左轉，在第二個轉彎時很難與直行車保持較佳的交會角度也可能造成前鎮街北向南右轉側撞事故數量增加。

在前鎮街北向南與新凱旋四路東向西、前鎮街南向北與新凱旋四路東向西的路口交叉撞，本研究在分析後認為可能是紅燈淨空時間不足所導致。在易發生路口交叉撞的行駛方向皆為新凱旋四路東向西，回顧其時相表在時相三的時候會開放新凱旋四路東向西直行和左轉、舊凱旋四路西向東直行和左轉，以及輕軌上、下行綠燈。由於和新凱旋四路東向西直行車輛發生事故的車輛行駛方向並不限於時相二的舊凱旋四路東向西左轉向南的車流，故可以推知是輕軌時相插入時，新凱旋四路東向西直行車輛起步，但上一個時相車輛未即時發現時相變換，或未發現時相變換所導致。由於該路口時制週期為 150 秒，所以都會期待能在一個綠燈時間內通過。因此，若在綠燈僅開放不到 15 秒時，突然插入輕軌時相，駕駛人就有可能無法預期而需要比較長的反應時間，也有部分駕駛人會冒險搶越黃燈或是直接闖越紅燈，因而造成事故發生。

最後，關於本路口為輕軌列車發生事故次數最多的路口，究其原因，其實和前一項路口交叉撞的成因相似，本研究認為，新凱旋四路東向西右轉向北的車輛，在面臨輕軌時相突然插入時，若已位於接近路口處，就無法即時得知時相變換，而遠端號誌燈又位於其左前方，一般右轉車輛之駕駛人在準備右轉時，會去注意右側有無來車，期待其能及時發現時相變換有所難度，故新凱旋四路東向西會容易有右轉車流與輕軌列車碰撞的事故發生。

三、改善策略

(一)禁止左轉標誌不明顯

先前在關於高雄輕軌路廊安全的研究中有提到凱旋四路與前鎮街的禁止左轉標誌容易和後方店家招牌產生混淆不易被駕駛人發現，並且牌面也過小不易閱讀。

本研究也建議禁止左轉標誌可以模仿前鎮區凱旋四路與一心一路口設置於駕駛人左側，並採取三面不同角度的禁止左轉標誌於路中分隔島、路口西南角重覆設置，使駕駛人容易發現(如圖 16)。



圖 16 凱旋四路與一心一路口禁止左轉標誌重覆設置於路口左側

或者也可以參考法國南西對於禁止左轉標誌的設置位置進行規畫設計(如圖 17)。



圖 17 法國南西禁止左轉標誌的設置位置

圖片來源：(Google Map)

(二)新凱旋四路東向西右轉方向可增設號誌

在路口內的輕軌列車常會與新凱旋四路來車發生事故，因此建議在與輕軌車輛間擁有較大視野死角的右轉車輛增設號誌，使其可以即時得知號誌因為輕軌車輛到達而有所變化，需避免進入路口。例如法國巴黎會在原本的號誌燈箱下方增加一個較小的號誌燈箱供其他角度駕駛人觀看(如圖 18)。



圖 18 法國巴黎增設小號誌燈箱供不同角度用路人觀看

圖片來源：(Google Map)

(三)新凱旋四路偏心拉正

新凱旋四路的雙向內側快車道有偏心至稍微重疊的情形，造成接近路口附近常會有同向直行擦撞的事故發生，建議新凱旋四路西向東可以利用 13 米寬的慢車道讓各車道均向南移動，以避免同向直行擦撞，甚至是直行對撞的事故發生。

(四)適度避免 S 型轉彎

在高雄輕軌路廊常有遠端禁止左轉，即是在避免先右轉再左轉的 S 型連續轉彎，而先左轉再右轉的 S 型連續轉彎，宜在左轉路線上規劃分流，否則應考慮是否禁止。

四、結論與建議

經過各路口的肇事碰撞構圖分析後，本研究整理出有關高雄輕軌凱旋四路段路廊幾項重要且共通的肇事原因與相關影響因素，提供政府主管單位後續研擬改善策略之參考。

一、凱旋四路的路寬不足

在新凱旋四路側的快車道為了分離大型車和機慢車間的行駛空間會設置快慢分隔島來避免同向行駛的事故風險，而一般而言為了提升道路紓解效率或是分隔轉彎車輛和直行車輛的衝突，會考慮設置轉彎專用道提供轉彎車輛暫儲空間。但新凱旋四路礙於路寬限制只能拆除快慢分隔島來騰出轉彎專用道所需空間，所犧牲的安全性就能從凱旋四路與鎮興路由東向西常有機車侵入右轉專用道得知。此外，舊凱旋四路路寬約 15 米，為了分出雙向車道、左轉專用道、直行車道、右轉專用道，使得每個車道所能被分配到的路寬就只能在 3 米左右，而汽車與機車混合使用的情況下，難以期待汽車和機車都能依照順序行駛而不併行於車道內。依據國內文獻的研究指出，汽機車可行駛之空間受到壓縮，而密度提高，相對的碰撞事故機會也跟著增加(陳宜瑩，2008)。在車道寬度縮減之後，汽機車就容易在行駛時未保持適當間隔或未保持安全距離，此時交通事故發生的機會也就會增加。

二、不熟悉路口行進動線

新、舊凱旋四路的左、右轉車輛不瞭解汽車續進措施，誤認為新、舊凱旋四路為兩個獨立路口。當駕駛看到橫交道路號誌顯示為紅燈時，就不敢貿然通過路口，而選擇停等於路中分隔島附近，不僅造成後方舊凱旋四路車輛回堵，汽車突然地減速停止也容易引起路口內追撞事故發生。相較之下，凱旋四路與中山三路路口、凱旋四路與鎮興路路口成功的時制設計規劃經驗(如表 7、表 8)就能夠適度的避免上述的違規行為發生，但因為各路口幾何特性不同，難以套用到該路段其他路口上進行應用。

表 7 凱旋四路與中山三路口時相表

時相一	時相二	時相三
時相四	時相五	

資料來源：高雄市政府交通局

三、違規情形普遍

本次藉由肇事碰撞構圖的分析方法，統計的五個高雄輕軌凱旋四路段路廊路口都存在許多違規行為導致事故形態產生，較常見的為違反號誌管制、機車未依二段式左轉、汽車不依禁制標誌轉彎、直行車佔用轉彎專用道、轉彎車未於最內或最外側車道轉彎，駕駛人的違規行為除了要檢視交通工程上有無缺失導致違規行為一再出現外，透過交通教育對駕駛人守法觀念的整體提升也相當重要，在自由的駕駛樂趣和安全的回家方式間取得平衡，對於普遍發生的違規行為所養成的習慣，一方面以交通執法的強度來進行改善；一方面鼓勵民眾檢舉才能藉由駕駛人間相互牽制的力量根除違規行為。

表 8 凱旋四路與鎮興路口時相表

時相一	時相二
時相三	時相四

資料來源：高雄市政府交通局

四、機車左轉方向無法統一

在高雄輕軌凱旋四路段路廊路口中，其實可以看到現行所有的機車左轉方式，例如機車二段式左轉、機車直接左轉、機車左轉待轉車道，可以說每過一個路口就必須重新去適應新的機車左轉方式，若不是經常使用鄰近路口的駕駛人可能就會因此產生錯亂，不知道該如何行駛。而經常使用鄰近路口的駕駛人也可能發展出自己一套萬法不離其宗的駕駛方式來應付各種不同的路口設計，因此也能呼應前項提到的違規行為層出不窮的原因。或許每個規劃設計都有其演進的背景因素和原因，但對於駕駛人而言要一一的去理解以及遵守，以臺灣自我意識較強的駕駛風格來說可能有窒礙難行之處。

五、路口內衝突點過多，事故原因複雜

由於本次分析的五個高雄輕軌凱旋四路段路廊路口，不論是路口大小和交織路段數目都具有一定規模，因此透過肇事碰撞構圖分析出的常見肇事類型和事故原因可能不局限於單一或少數項目，就連事故發生熱點也不只集中一處。若要一次滿足多樣路口改善措施，就需要透過交通管制措施，或者是在路口內設置槽化島來分隔不同的車流衝突點，也可以試著考慮藉由簡化路口行進的方式，例如實施禁止轉向

措施、單行道管制措施等，從源頭降低路口衝突點數目，進而抑制路口衝突事故發生。

參考文獻

- 內政部國土測繪中心(2020)，國土測繪圖資服務雲，擷取日期：2020 年 4 月 15 日，網站：<https://maps.nlsc.gov.tw/>。
- 邱景嫻(2017)，郊區公路易肇事地點評定方法運用探討-以原蘇花公路宜蘭縣境內路段為例，中央警察大學交通管理研究所碩士論文。
- 高雄市政府(2020)，高雄地圖網，擷取日期：2020 年 5 月 15 日，網站：<https://gisdawn.kcg.gov.tw/KCMAP/>。
- 張開國等(2006)，輕軌與公車捷運系統納管之研析—道路工程篇，交通部運研所。
- 交通部臺灣鐵路管理局(2007)，工程品質管理手冊。
- 張開國等(2016)，易肇事路段改善分析技術之應用，交通部運研所。
- 陳宜瑩(2008)，公車專用道設置前後安全影響分析，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。
- 陳雅琳(2017)，高雄輕軌沿線交叉口安全評估之研究，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。
- 簡聖民等(2017)，「輕軌號誌系統及道路交通號誌整合探討」，中華技術，第 113 期，頁 124-134。
- Google (2020)，Google 地圖，擷取日期：2020 年 4 月 15 日，網站：<https://www.google.com.tw/maps/>。
- Maitre,E. (2017),“Safety problems and difficulties in using public spaces with modern tramways: the example of Marseilles,”8th Young Researchers’ 2017 - ECTRI-FEHRL-FERSI.
- UITP (2016), Knowledge brief Light Rail: a tool to serve customers and cities, International Association of Public Transport, Brussels, Belgium.

