

台北市橋樑周邊自行車道及牽引道評估與規劃 -以承德橋為例

王華琪 ¹Hwa-Chyi Wang, 許添本 Tien-Pen Hsu

摘要

近年來台灣一股自行車風行之熱潮，各縣市政府逐漸重視自行車行車空間，紛紛廣設自行車道，然而目前自行車道連續部分，如橋樑之處理，因受限於橋面上可用空間而確實較少進行研究與探討。就台北市內現有自行車道中，僅規劃幾處自橋面通過，但多數區內橋樑扮演民眾通勤與通學之運輸功能，故有規劃開放自行車旅次使用之必要性。另一方面，台北市區中多數橋樑跨越河川，具有坡度，往往讓自行車騎乘者感到不便，也不適宜規劃與其他車種共道而產生衝突之疑慮，且橋樑與河岸周邊多具有通勤型與休憩型自行車道整合問題，在考量自行車事故安全與使用連續性的情況，本研究將探討上述兩議題，規劃與設計橋面上自行車道設置以及相關自行車牽引道，以滿足當地之自行車道系統使用與連續之需求與功能。本研究以台北市承德橋為例，此橋樑具有坡度且坡道長，自行車騎乘不易，騎乘者常在機慢車道或右轉車道上牽引車行走，故目前常有自行車與其他機車於機慢車道上發生事故。再者基隆河兩岸河濱自行車路線未銜接，且下橋處三所學校學生有自行車通行之需求，故承德橋自行車道規劃勢必需將運輸型及休憩型自行車道路線作一整合之工作，在此應有一套系統之流程，合理評估與規劃橋樑周邊自行車道與牽引道之實際佈設形式，以達到自行車系統完整性之設計。

因此，本研究將透過系統化流程分析方式，探討自行車騎士騎乘於橋面上之能力，分析之項目涵蓋負二項肇事分析、交通工程、道路幾何特性、駕駛行為、行駛特性等，並且設計一套自行車道連續之系統評估與規劃流程，冀望找出市區橋樑周邊自行車道與牽引道最佳之佈設方式，以改善目前自行車騎乘安全及便利性，進而提供交通及警察相關單位作為改善橋樑周邊自行車易肇事地點安全或評估橋樑交通管理措施可行性之參考。

關鍵詞：橋樑、自行車道、牽引道、自行車道規劃、負二項肇事分析

¹台灣大學土木學系交通工程組博士生，台北海洋技術學院兼任講師(聯絡地址：台北市羅斯福路四段1號台灣大學土木工程館319室，電話：02-23625920 轉114，E-mail:nicle1208@yahoo.com.tw)。

一、前言

近幾年來國際上廣為重視自行車道路安全這一個嚴重的議題 (Carlin et al., 1995; Zentner et al., 1996; Li and Baker, 1996; Eilert-Petersson and Schelp, 1997; Linn et al., 1998; Aultman-Hall and Hall, 1998; Welander et al., 1999; Rosenkranz and Sheridan, 2003; Stone and Broughton, 2003), 對於自行車事故之預防相當重視。不過我國對於自行車道路安全與肇事之研究卻相當有限 (盧成皆, 1998; 林豐福, 2004; 邱弘毅, 2005; 葉純志, 2008)。可能原因為以官方統計資料來看, 我國自行車事故致死率僅占各類交通事故死亡數之 3.1% (內政部警政署, 2008), 並且缺乏登錄系統監測此類事故傷害之問題, 以致於忽視自行車事故問題。但是台灣 2009 年自行車騎士事故致死率為每十萬人口 17.5 人, 單看自行車騎士死亡率, 以 5.6% 名列全球第三, 僅次於日本和德國(2009,交通部道安委員會)。美國 2007 年自行車騎士事故致死率僅為每十萬人口 14.2 人(NHTSA, 2007), 可見我國自行車事故致死率約為美國之 1.23 倍, 統計中雖未記載自行車事故受傷率資料, 其數值必然大於致死率甚多。因此, 我國自行車使用安全是一不容忽視的課題, 致死率相對較各國高, 主要原因之一為自行車騎乘環境不友善, 特別是橋樑周邊及無人行道之路段, 自行車得與汽機車同行(交通部道安委員會, 2010), 因此本研究以探究橋樑周邊自行車事故其交通工程面向之影響因子與防制之道為主。

本研究探討自行車騎乘於橋樑道路上, 橋樑道路具有線形、路面狀況、交通工程設施條件不一等特點, 這就在本質上決定了同一條市區道路中, 行經橋樑路段對於自行車騎乘安全的影響因素是非常不同的, 橋樑及其周邊的自行車事故率及事故嚴重度明顯高於一般道路, 自行車肇事率及事故嚴重度與道路線形等交通工程設施相關性極為密切, 目前台灣仍沒有一個系統而深入的研究, 顯示究竟是哪些因素影響橋樑道路自行車交通事故發生頻率或嚴重度, 這些因素的作用方向及作用程度如何, 它們之間的相互關係如何, 透過事故模式可以掌握橋樑道路周邊自行車騎乘的安全狀況, 以便實際且有針對性地採取相互因應的對策, 有效控制各種影響因素, 以達減少自行車交通事故並增進橋樑道路安全的目的。目前我國自行車行駛於橋樑道路, 安全研究方面主要存在以下問題: 橋樑周邊自行車交通事故數據地隨機性影響了回歸模型地的建構與精確度, 由於需要大量的數據為基礎、更需要適當理論與統計方法的支持, 且目前仍缺乏成熟的事務模式, 因此相當缺乏橋樑道路自行車事故防制措施。另一方面, 橋樑自行車事故防制策略無法直接引用防制汽機車事故防治之相關研究, 因為自行車之車輛屬性與安全裝備等與汽機車存在很大差異性, 其橋樑道路之事故型態或相關因子亦可能存在相當大之差異。因此, 探討橋樑道路環境對自行車之事故嚴重程度以及其影響因子模型是一重要研究議題。故本研究欲探討橋樑周邊道路環境狀況、交通工程設施以及交通控制系統與自行車交通事故隨機現象之間的內在關係, 期望了解橋樑周邊

自行車事故特性以及可能之事故預防措施；最後以承德橋為案例，提出橋樑周邊自行車道評估與規劃流程及建議。

二、資料處理

橋樑自行車事故模式的建立是一個複雜的過程，設及一系列的工作項目，包括：數據的收集與整理、影響因素分析、路口與橋面路段的劃分以及模型的選擇。

處理過程分為三階段：第一階段為台北市 97 年-99 年 3 月年間之自行車肇事資料，主要由警政單位取得；第二階段為肇事點指認、進行大量現場調查道路環境各項特徵統計；第三階段為建構肇事路網、路口與橋面路段劃分及建立各橋樑肇事次頻統計資料，重新建立本研究所須之自行車事故資料庫，樣本包含橋面上、下及其周邊涉路口及橋面車流轉向處，統稱為橋樑周邊，最終確定 284 筆樣本做為研究對象。

2.1 數據的收集與整理

現行現地調查與收集整理全台北市97-99年3月間橋樑周邊自行車肇事資料，重新建立橋樑周邊自行車安全特徵資料庫，為橋樑道路交通安全研究提供了數據共想的平台，並且為橋樑及其周邊自行車事故特徵和建立事故模式提供了284筆有效數據。每筆數據包含括橋樑道路環境狀況、交通工程設施以及交通控制系統等三方面共44個自變項，涵蓋下列項目：

- (一) 對照橋樑周邊自行車車禍相關資料：原始資料包含各年份肇事現場圖(collision site figure)、肇事調查表(brief description of the accident)及肇事現場照片，資料由臺北市政府警察局交通警察大隊取得，整理出橋樑自行車肇事合計 284 筆肇事資料，並指認於台北市橋樑路網中。
- (二) 橋樑道路環境資料：包含肇事當時橋樑周邊所涉及之路口尺寸、道路幾何、天橋、各項分隔設施、車道寬度、人行道寬度尺寸與自行車流量，資料由官方地圖、台北市交通工程處設施科及現場實際調查取得。
- (三) 橋樑周邊偵測器資料(sensor data)及路口時相號誌資料：97-99 年資料庫及文件資料由台北市政府交通管制工程處取得。
- (四) 橋樑道路路網資料：以台北市地形圖、GIS Arc Info9.3 版之道路中心線和台北市航照圖為底圖之架構上，重新建立本研究所需之肇事路網圖，並進行橋樑周邊路口與橋面路段劃分，底圖分別由台北市都市發展局、交通部運輸研究所及農林航空測量所取得。

- (五) 橋樑道路視線干擾程度(visual noise level)，資料由本研究依據 97-99 年肇事現場照片分級取得。
- (六) 由上述可知，橋樑周邊自行車事故模式涉及大量官方及實際調查資料，以重建自行車肇事現場之整體道路環境(圖 1)，建立本研究之橋樑周邊自行車肇事資料庫以符合本研究之需求。

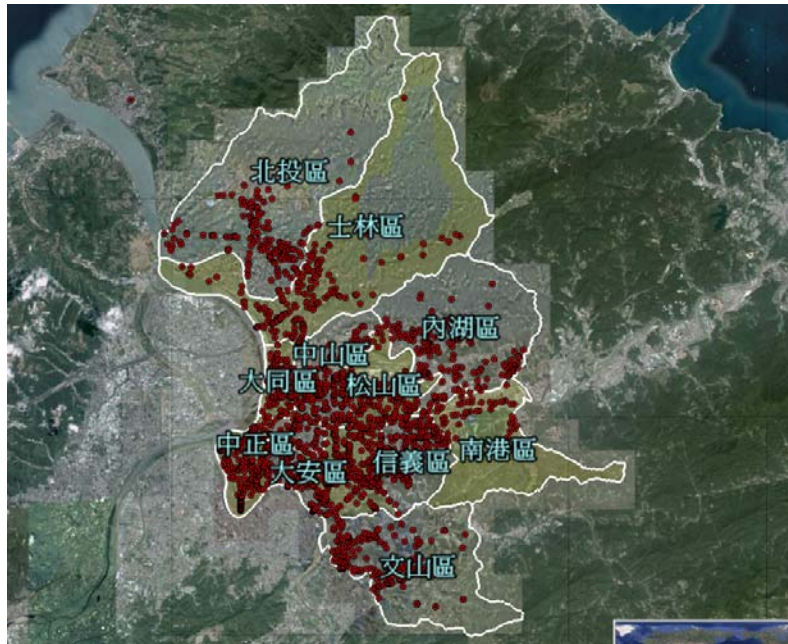


圖 1 為本研究建立之圖形化介面自行車肇事資料庫，紅點為全台北市自行車肇事地點，從肇事資料庫中指認出橋樑周邊自行車肇事型態。

2.2 影響因素分析

橋樑周邊自行車事故模式分析中，以自行車交通事故分析或鑑定作為主要風險考量因素；雖然在橋樑周邊自行車交通事故分析或鑑定結果中，人為因素多被視為交通事故發生的主要原因，且通常為唯一被考量的因素；事實上，橋樑周邊交通事故與當事人駛近事故地點時所面臨的橋樑道路環境亦有一定程度之相關性，如若橋樑所涉及路口、路段幾何設計或規劃不當而形成潛在危險因子，即容易導致自行車交通事故發生；而相較於其他交通事故點，橋面路段為最常發生自行車事故的位置而非交叉路口。因此，一味地將事故責任推至自行車用路人而不思改善道路環境，不僅不公平，而且無法避面類似事故的重演。若能瞭解橋樑周圍路口及路段之道路環境狀況、交通工程設施以及交通控制系統因子對肇事的影響程度並加以改善，或許能將橋樑肇事發生的次數與嚴重程度有效的降低。其次，此等資訊亦能提供交通及警察相關單位作為改善橋樑周邊自行車易肇事地點安全或評估橋樑交通管理措施可行性之參考。

表 1 臺北市橋樑周邊自行車交通事故(A1+A2+A3 類)統計表。

橋樑自行車事故位置		次數	百分比	有效百分比	累積百分比
有效的 樣本數	橋面下	93	32.7	32.7	32.7
	橋面上	123	43.3	43.3	76.1
	近路口處	68	23.9	23.9	100.0
	總和	284	100.0	100.0	

資料來源：本研究整理分析之。

為了幫助了解本研究所涉及的資料及因素，故將影響因素分為量化統計變數與質化虛擬變數兩部分，量化統計數據的部分為連續變數；質化虛擬變數的部分則為不連續變數出現之頻率。

理論上來說，建立橋樑周邊自行車事故預測模型考慮的因素越多越好，考慮的因素越多，模型的結果越精確，但實際上任何預測模型都不可能涵蓋所有的影響因素，並且考慮的因素越多，用來建立模型的樣本數就越少，模式精確度會大大降低；另一方面如果考慮的因素過多，就會出現模式套用性差，不利於實際應用等問題，故本研究以一般性、簡單性、實用性為原則，透過文獻回顧、數據整理分析、官方取得之肇事與路網底圖等研究相關基礎資料，建立一套資料庫提高實際應用，資料庫包含了可能影響橋樑周邊自行車事故發生的最基本和最為重要的原則，將「交通工程」分為橋樑道路環境狀況、交通工程設施與交通控制系統三方面，共44個自變項。橋樑周邊自行車肇事的發生是多種因素綜合作用的結果，而各因素對事故之影響程度亦不易界定，因此本研究以統計相關性分析先行篩減模組變數，增加變數代表性及模式可用性；相關性較高的自變項(相關係數 ≥ 0.7)無法同時進入模型，在建立模式之前進行一系列敘述性統計與相關分析，最終確定35個相互獨立地自變項。

本研究重點為探討橋樑周邊自行車事故模式應用於交通工程與管理面向，由於過去較少探討自行車事故之交通工程與道路環境因素，因此相關因素的選定多參考機動車輛事故之交通工程因素；從過去研究中(Gupta and Mann, 1975；Wang and Nihan, 2004)，指出自行車交通事故之發生雖係由人、車、路及環境四大因素共同作用所影響，且道路因素與交通事故之間有統計關係之存在。結果發現，車道個數、外側車道寬度及尖峰小時交通量之增加，均使得肇事率明顯增加；部分研究(Andrey and Yagar, 1993)考量天氣因素而不考慮下雨後所造成路面濕滑程度之情形下，發現平日事故發生機率為一定正常之機率值，一旦下雨後，同一地點發生事故的機率將比未下雨時高出70%；其次，外側車道有無鋪面及鋪面的寬度將對肇事有頗大之影響(Ogen, K. W., 1997)；有些研究中發現影響肇事之重要變數有彎曲之路段、道路寬度、交叉路口數及坡度地形(Zegeer, C. V., 1998)；此外，有研究顯示市區道路之自行車肇事風險高於非都市地區之道路肇事風險(Wang and Nihan, 2004)。

由於影響橋樑周邊自行車交通事故發生之因素繁多，諸如：人為疏失、天候因素、車輛因素與橋樑道路環境等等，交通事故的形成受到人、車、路各因素相互影響。針對影響肇事因素而言，人、車兩要素，政府除了加強教育民眾正確的交通觀念，並嚴格執法外，實無太多改善手段；路方面則不同，政府可藉由重新規劃橋面自行車行駛道路、路口槽化、時向改變、實體分隔等方式來降低肇事率。

故本研究主要將焦點放在路方面，藉由交通工程技術來針對橋梁道路環境作改善，期許有效降低市區自行車肇事率與嚴重程度，其次，亦能提供日後橋樑道路自行車道設計改良規劃之參考，評估橋梁道路交通工程與管理措施之可行性。

2.3 路口與橋面路段劃分

路口與橋面路段的劃分是建立市區橋樑周邊自行車事故預測模型的重要步驟，其劃分的好壞直接影響風險模型的精度及模型應用的有效程度。路段的劃分有兩種方法，定長法與不定長法，本文詳盡考慮橋樑道路的特性，故本研究以不定長法作為路段劃分之依據，長度則依據運研所公佈之路網線段長度而定，分段時能適當考量橋樑自行車肇事的發生頻率，把肇事頻率相近的鄰近路段劃分到同一研究樣本內，有助於精確量化影響因素的作用，而且劃分後的橋樑自行車肇事數服從附某種機率分布，有利於負二項模型的建構，該方法有很好的應用價值。橋樑周邊路口劃分為三類，近路口處、橋面上與橋面下，近路口處為鄰近橋樑路口十公尺內、易受橋樑交通號誌及轉向車流影響之處之路段。

三、橋樑周邊自行車事故預測模型

3.1 方法與模型的選擇

採用迴歸方法建立橋樑周邊自行車行駛於道路的事故預測模型，此方法是近十年研究比較多的事故模型，反映了對事故認知上的進步，認為發生事故是隨機事件，此種離散的隨機事件服從一定的分布，根據其分布來描述期發生的機率與平均等參數，目前研究較多的模型模式為卜瓦松分布（葉純志，2008；Fridstørm et al., 1995；Agresti, 1996；Johansson, 1996；Shankar et al., 1997；Shope et al., 2001；Li et al., 2001；Chang and Yeh, 2004；Wang and Nihan, 2004），卜瓦松迴歸模式係假設於給定時段內，第*i* 個體發生肇事次數*N_i* 之機率*P(N_i)* 遵循卜瓦松分配，且其期望值 μ_i 為各影響自變數*X_i* 之函數，其關係如下：

$$P(N_i) = \frac{e^{-\mu_i} \mu_i^{N_i}}{N_i!}; i = 1, 2, \dots, n$$

卜瓦松分布模型之優點在於資料存在非負數 (non-negative)、離散(Discrete)和事故隨機(random features of accidents)等特性，因此卜瓦松模型常應用於事故預測(Pitman, 1993)；由於 μ 必須為正值，故其期望值函數通常採取 $\mu = \exp(X_i \beta)$ 之指數函數型態。其中*X_i* 為第*i* 個體的解釋自變項， β 為模式中所欲校估之參數向量。但在應用卜瓦松迴歸模式時，必須檢視其資料平均數與變異數是否相等 $V(N_i) = E(N_i)$ 之假設，由於卜瓦松模式須滿足期望值等於變異數，限制較為嚴格，當肇事資料過於離散(over-dispersion)，檢定其未能符合卜瓦松模式時；則需加入一獨立誤差項

(Poch and Mannering, 1996)，誤差項滿足Gamma分布，為一段時間內同時發生多次的頻率，得到負二項式迴歸模式(Miaou,1994；Moses and Savage, 1994；Abdel-Aty and Radwan, 2000)。亦即為假設第*i*個體發生肇事次數*N_i*之機率*P(N_i)* 依循卜瓦松分布，令其變異數等於*θ_iμ_i*，*θ_i*為一隨機效果，用來表示無法觀測到之異質性。如果觀察到*θ_i*，資料即服從卜瓦松分布；若為無法觀察到*θ_i*，故將*θ_i*假設為服從參數*ε = 1/σ²*之Gamma分布，*σ²*表無法觀測部分之變異數，故將模式改寫為：

$$P(N_i | \varepsilon) = \frac{\Gamma(N_i + \varepsilon)}{\Gamma(\varepsilon)\Gamma(N_i)} \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon + \mu_i} \right)^\varepsilon \left(\frac{\mu_i}{\varepsilon + \mu_i} \right)^{N_i}; i = 1, 2, \dots, n$$

所以，此時期望值為*E(N_i) = μ_i*；變異數為*V(N_i) = μ_i + (μ_i²/ε)*，模式即可以處理資料過度離散問題，稱為負二項式迴歸模式。本研究之橋樑周邊自行車肇事次數與肇事嚴重度具有非負整數之特性，並且在固定單位時間內為獨立且隨機發生之稀少事件，初步判定符合卜瓦松分布之特性。研究將97年1月至99年3月所發生之橋樑周邊自行車肇事次數與肇事嚴重度分配情況整理，圖2、3顯示橋樑周邊自行車肇事發生次數與嚴重程度之分配型態，為用來建立模式的自行車事故次數分布圖與事故嚴重度分布圖，可以明顯看出該分布不服從常態分布，傾向於離散的卜瓦松分布和負二項分布。進一步檢視肇事次數之平均數為5.50，變異數為57.65；肇事嚴重程度之平均數為294.97，變異數為2802.95，未能滿足卜瓦松迴歸模式之基本假設，因此不適宜採用卜瓦松分配進行模式建構工作。所以，本研究採用平均數與變異數不相等之負二項式迴歸模式發展橋樑周邊自行車肇事發生頻次模式與嚴重度模式，以探究影響橋樑周邊自行車肇事次數和嚴重程度之相關因素。

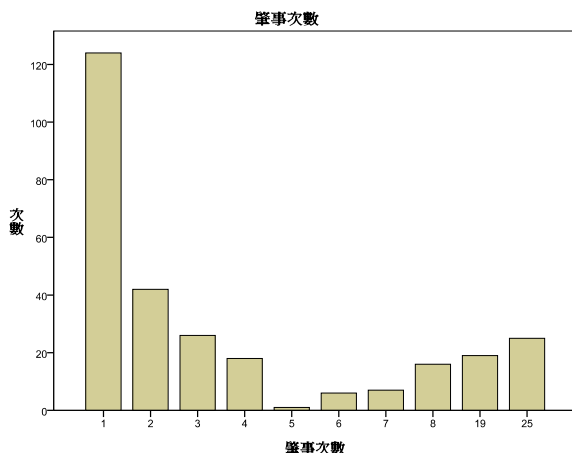


圖3 事故次數分布長條圖

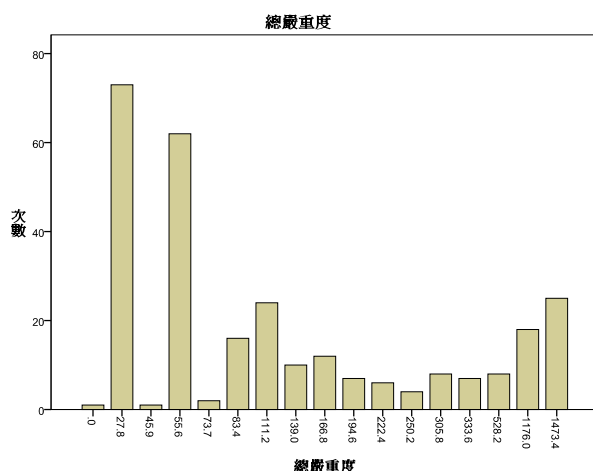


圖4 按嚴重度劃分後的事故次數分布長條圖

3.2 事故嚴重程度計算方法

每件交通事故所產生的傷亡或財物損失皆不相同，有些地點肇事次數或肇事率雖然不高，但其事故傷亡率卻可能很高，這表示此地點肇事嚴重性高，在此地點發生自行車事故其後果可能相當嚴重，若是未將肇事嚴重程度列入考慮，單看事故次數或事故率並沒有辦法有效評估橋樑周邊自行車騎乘道路之安全程度，因

此在進行橋樑周邊自行車事故預測模型時，不只單純考量事故頻率，將事故嚴重程度列入考慮，才能有效判斷橋樑周邊各路口與路段騎乘自行車的安全程度。

國內事故嚴重度分級乃是以死亡事故、受傷事故以及僅財物損失事故來判斷事故嚴重程度，國內相關研究中，交通部運輸研究所（3003）以財物損失當量EPDO作為易肇事地點之嚴重度指標，同時考慮死亡事故、受傷事故以及財損事故帶來之事故成本，並參考陳高村等人（1990）推估之台灣地區事故成本，計算出三種不同事故成本嚴重度之比值，建立其財物損失當量指標之計算公式，其公式如下：

$$EPDO=45.9 \times \text{死亡事故次數} + 27.8 \times \text{受傷事故次數} + 1 \times \text{僅財損事故次數}$$

表 2 台灣地區事故成本推估值

	死亡事故(A1)成本	受傷事故(A2)成本	僅財損事故(A3)成本
平均成本	10,526,140	6,379,439	229,314

單位：台幣（元）1999 年幣值。資料來源：交通部運輸研究所（2003）

本研究參考上述有關事故嚴重度分析之研究來建立事故嚴重度，以事故發生所帶來的成本作為事故嚴重度的評估依據，依照警政署之交通事故嚴重度分類，以及參照上面事故成本推估值，以A3類僅財物損失之事故成本之權重作為1，A2類受傷事故成本為27.8，A1類死亡事故成本為45.9，來建立事故嚴重度指標，其式子如下：

$$S = \lambda_1 + 27.8 \times \lambda_2 + 45.9 \times \lambda_3$$

其中，S：事故嚴重程度分布機率的均值， λ_1 、 λ_2 、 λ_3 ：分別為 A1、A2及A3類之事故次數分布機率的均值。

3.3 事故預測模型之建立

本研究選取的橋樑周邊自行車事故預測模式，分為肇事次數預測 N_i 模式及嚴重程度 S_i 預測模式，其模式分別如下：

$$N_i = \exp\left(\sum_{j=1}^n B_j x_{ij}\right); S_i = \exp\left(\sum_{j=1}^n B_j x_{ij}\right)$$

N_i 與 S_i 是分別表示自行車事故次數及事故嚴重程度分布機率的均值， X_{ij} 為第 i 個肇事地點的道路環境及交通工程屬性值， B_j 是獨立於事故地點的 i 地模型參數係數。在建構自行車肇事風險估計模式之際，仍需考量使用曝光量因子(exposure)之作用（林豐福，2004；葉純志2008；Carlin et al., 1995, 1998；Rodgers, 1995, 1997；Stone and Broughton, 2003）。一般常用之曝光量因子有固定時段內之總行駛里程數、總行駛時間（Carlin et al., 1998）及車流量（Wang and Nihan, 2004）；本研究係採用自行車流量作為曝光量，調查台北市橋樑周邊284個自行車肇事地點之路口與路段流量，作為曝光量變數 F_i 。假設第 i 個樣本之單位小時自行車流量為 F_i ，則期望值如下：

$$\mu_i = e^{c + \beta x_i + \delta(F_i)}; i=1,2,\dots,n \quad (1)$$

$$\mu_i = F_i(e^{c + \beta x_i}); i=1,2,\dots,n \quad (2)$$

其中c為常數項， X_i 為在第i個樣本的解釋自變量， β 為模式中所欲校估之參數向量。上式1中係將曝光量變數 F_i 視為解釋變數之一， δ 為校估之參數，該參數之正負向意味著曝光量與肇事頻次之影響關係。假設曝光量與肇事頻次關係成比例關係；如果式中 δ 校估值與0無顯著差異時，則以式2進行模式之建構較為適當。本研究建構自行車肇事頻次與嚴重程度模式係以式2為主。

本研究之說明變數，包括橋樑周邊道路環境狀況變數、交通工程設施變數、與交通控制系統變數等。其中道路環境狀況變數包括天候、照明、速限、路面狀態與自行車流量。交通工程設施變數包括橋樑道路類型、道路分叉數目、有無地下穿越道、有無高架穿越道、道路曲度、道路坡度、道路寬度、路口型態、車道類型、專用道、路緣高度、路面鋪裝、路面缺陷程度、障礙物、視距、視距阻礙程度、中央分隔情形、雙向禁止超車線、單向禁止超車線、行車分向線、有無分向設施、車道線之繪設、禁止變換車道線、快慢分隔情形、快慢分隔線繪設、路面邊緣之繪設、單向總車道數、人行道寬度、事故車道寬度與路口面積。交通控制系統變數包括有號誌設置情形、號誌動作、肇事時段、號誌週期、號誌行動狀態、與自行車行動狀態。以下分別詳述之，由於自變項目多達44項，故僅列出模式顯著之自變項、量化之自變項及曝光量自變項，其中路口面積0為橋樑路段。

- (一) 速限(X_{i31} , X_{i32} , X_{i33} , X_{i34}): 速限變數可設定為連續變數或分層變數，以連續變數納入模式時，其前提為假設速限每增加一單位為對於事故頻率之影響為固定，亦即假設數限與肇事頻率間為線性關係。此一基本假設值得商榷，也有文獻以分層方式處理機動車肇事與速限之非線性關係。因此本研究改以不同速限分層納入模式中。本研究將之分為五組層級， $X_{i31}=0$ 為無設定道路速限， $X_{i32}=1$ 為30公里以下； $X_{i33}=2$ 為大於30公里，小於等於40公里； $X_{i34}=3$ 大於40公里，小於等於50公里； $X_{i35}=4$ 為大於50公里以上者。以五個虛擬變數來表示此六個數限分層，國外研究顯示速限提升具有較高的涉入自行車肇事風險(Wang and Nihan, 2004)。
- (二) 自行車流量 (X_{i5}): 本變數為橋樑周邊第i肇事地點周圍之自行車通行量，亦即為本模式之曝光量因子，其估算方式以尖峰小時測得知自行車流量為主。根據相關研究顯示，自行車曝光量越大，其涉入自行車肇事頻率機會較高(Wang and Nihan, 2004)。
- (三) 車道類型(X_{i15}): 此變數為虛擬變數，表第i個自行車肇事地點之車道類型，此變數反映與機動車輛之混合情形， $X_{i15}=0$ 為其他車道， $X_{i15}=1$ 為快車道， $X_{i15}=2$ 為慢車道， $X_{i15}=3$ 為一般車道(未劃分快慢車道之混和車道)， $X_{i15}=4$ 為專用道。
- (四) 視距阻礙(X_{i22}): 此變數為虛擬變數，表第i個自行車肇事地點有無視距阻礙。 $X_{i22}=0$ 為無視距阻礙， $X_{i22}=1$ 為有視距阻礙。

- (五) 雙向禁止超車線(Xi25)：此變數為虛擬變數，表第 i 個自行車肇事地點有雙向禁止超車線。Xi25=0 為無雙向禁止超車線，Xi25=1 為有雙向禁止超車線但無標記，Xi25=2 為有雙向禁止超車線附標記。
- (六) 單向禁止超車線(Xi26)：此變數為虛擬變數，表第 i 個自行車肇事地點有無單向禁止超車線。Xi26=0 為無單向禁止超車線，Xi26=1 為有單向禁止超車線但無標記，Xi26=2 為有單向禁止超車線附標記。
- (七) 分向設施(Xi28)：此變數為虛擬變數，表第 i 個自行車肇事地點有無分向設施。Xi28=0 為無分向設施，Xi28=1 為有分向設施。
- (八) 禁止變換車道線(Xi30)：此變數為虛擬變數，表第 i 個自行車肇事地點有無禁止變換車道線。Xi30=0 為無禁止變換車道線，Xi30=1 為有禁止變換車道線無標記，Xi30=2 為有禁止變換車道線附標記。
- (九) 單向總車道數(Xi34)：單向總車道數變數可設定為連續變數或分層變數，表第 i 個自行車肇事地點之單向總車道數，以連續變數納入模式時，其前提為假設速限每增加一單位為對於事故頻率之影響為固定，亦即假設數限與肇事頻率間為線性關係。國際相關研究顯示車道數越多，自行車涉入肇事風險越高 (Valent et al., 2002)。
- (十) 人行道寬度(Xi35)：此變數可設定為連續變數，表橋樑周邊第 i 個自行車肇事地點之人行道寬度。配合肇事現場照片及現地調查量測人行道寬度，樣本數值介於 0-10.22 公尺，平均人行道寬度為 1.29 公尺。
- (十一) 事故位置車道寬(Xi36)：此變數可設定為連續變數，表橋樑周邊第 i 個自行車肇事地點之事故位置車道寬。配合肇事現場照片及現地調查量測事故位置車道寬，樣本數值介於 0-34.0 公尺(其中 0 為路口無車道寬度)，平均事故位置車道寬為 3.5 公尺。
- (十二) 路口面積(Xi37)：此變數可設定為連續變數，表橋樑周邊第 i 個自行車肇事地點之路口面積。配合肇事現場照片及現地調查量測路口面積，樣本數值介於 0-3976 平方公尺(其中 0 為路段無路口面積)，平均路口面積為 306.04 平方公尺。
- (十三) 號誌設置情形(Xi38)：此變數為虛擬變數，表橋樑周邊第 i 個自行車肇事地點之號誌設置情形。Xi38=0 為無號誌，Xi38=1 為閃光號誌，Xi38=2 為行車管制號誌，Xi38=3 為行車管制號誌附設行人專用號誌。
- (十四) 肇事時段(Xi40)：此變數為虛擬變數，表第 i 個自行車肇事之時間點。Xi40=0 之肇事時段為非尖峰小時，Xi40=1 之肇事時段為尖峰小時，Xi40=2 之肇事時段為假日。

表 3 調查統計資料建立模式之量化自變項

變數	平均數	標準差	最小值	最大值
速限 Xi3	52.48	9.226	20	70
自行車流量 Xi5	20	30.47	0	123
總車道數(單向) Xi34	2.9200	1.43	0	7
人行道寬度 Xi35	1.29	1.64	0	10.22
事故位置車道寬 Xi36	3.50	2.72	0	34.00
路口面積 Xi37	306.04	679.28	0	3976

表 4 調查統計資料建立模式之虛擬自變項，僅列出與顯著相關者

道路環境狀況	各變數數值與出現的次數頻率				
變數	0	1	2	3	4
速限 Xi3	19(6.7)	5(1.8)	77(27.1)	183(64.4)	0(0.0)
交通工程設施	各變數數值與出現的次數頻率				
變數	0	1	2	3	4
車道類型 Xi15	114(40.1)	6(2.1)	22(7.7)	54(19.0)	88(31.0)
視距阻礙 Xi22	264(93.0)	20(7.0)			
雙向禁止超車線 Xi25	238(83.8)	23(8.1)	23(8.1)		
單向禁止超車線 Xi26	280(98.6)	1(0.4)	3(1.4)		
分向設施 Xi28	53(18.7)	231(81.3)			
禁止變換車道線 Xi30	270(95.1)	10(3.5)	4(1.4)		
交通控制系統變數	各變數數值與出現的次數頻率				
變數	0	1	2	3	4
號誌設置情形 Xi38	203(71.5)	9(3.2)	40(14.1)	32(11.3)	
肇事時段 Xi40	873(42.7)	618(30.2)	553(27.1)		

()表示百分比率

此外，表3變數為連續變數，提供了量化統計數據；表4變數為不連續變數出現之頻率，提供了質化虛擬變量。採用負二項分布形式進行回歸預測，把全部自變量帶入模型，回歸結果表示部分變量在統計模型上是不顯著的，從P值檢驗可以看出不能拒絕其係數為零的假設，部分變量具高度相關性，即天候Xi1與路面狀態Xi4之相關達0.833；路口型態Xi14與道路分叉數Xi7及誌動作Xi39之相關係數分別達0.814、0.721；車道類型Xi15與專用道Xi16之相關達0.766；號誌設置情形Xi38與道路分叉數Xi7及號誌動作Xi39之相關係數分別達0.782、0.947；肇事時段Xi40與號誌週期Xi41之相關係數達0.869，去掉Xi4、Xi7、Xi16、Xi39、及Xi41這5項變量及不合理自變項後重新建立模型，如表5所示為limdep軟體輸出的最中結果。

表 5 負二項回歸模型的結果

橋樑周邊自行車事故模式 變數水準	事故次數模式		事故嚴重程度模式	
	校估係數	P 值	校估係數	P 值
常數	-0.3531	0.8090	5.1253	0.0000**
自行車流量(曝光量因子)	0.0711	0.0560	0.4966	0.0640
天候	0.0716	0.4745	0.0582	0.5501
照明	0.0858	0.2071	0.0623	0.3576
速限(km/hr)	-0.2031	0.0610	0.1141	0.0129 *
道路類型	0.1048	0.4751	0.1053	0.5220
有無地下穿越設施	-1.2686	1.0000	-1.8652	1.0000
有無高架穿越設施	0.0792	0.5831	0.0875	0.5572
道路曲度	0.0433	0.9384	-0.2448	0.6293
道路坡路	-0.0839	0.9500	-0.3358	0.7323
道路寬度	-0.9045	1.0000	-0.3120	1.0000
涉及之路口型態	0.2079	0.3500	0.2781	0.1492
車道類型	0.2778	0.0000**	0.3196	0.0000 **
路面鋪裝	-0.7736	0.0315	-0.7611	0.1425
路面缺陷程度	0.2493	0.8910	0.3737	0.7234
障礙物	-0.0827	0.5086	-0.0902	0.5078
視距	0.4977	0.2014	0.4438	0.0007 **
視距阻礙程度(10 度)	-0.4345	0.3531	-0.1879	0.6176
中央分隔情形	0.0409	0.6258	0.0046	0.9560
雙向禁止超車線	0.4849	0.0029 **	0.4705	0.0047**
單向禁止超車線	0.8849	0.0124 *	0.8845	0.0453*
行車分向線	0.3143	0.0954	0.2131	0.2727
有無分向設施	-0.4957	0.0402 *	-0.4757	0.0461*
車道線之繪設	0.1533	0.2025	0.2059	0.1129
禁止變換車道線	-0.6727	0.0158 *	-0.7785	0.0075**
快慢分隔情形	0.1223	0.1610	0.1703	0.0513
快慢分隔線繪設	0.1539	0.3577	0.2579	0.1484
路面邊線之繪設	-0.1405	0.5099	-0.6179	0.4527
車道數	0.3020	0.0000 **	0.3428	0.0000**
車道寬(公尺)	-0.0545	0.0137*	-0.0700	0.0010**
人行道寬(公尺)	-0.0328	0.5419	-0.0299	0.5131
路口面積(公尺)	0.0002	0.0000 **	0.0002	0.1094
橋樑事故位置	0.1130	0.3185	0.1036	0.3449
號誌設置情形	-0.2093	0.0976	-0.2868	0.0179*
肇事時段	0.1633	0.0378 *	0.1641	0.0348 *

號誌行動狀態	1.0745	0.4328	-0.6907	0.2672
自行車行動狀態(轉向)	-0.0133	0.8862	-0.0278	0.0733
Alpha	0.4396	0.0000 **	0.4729	0.0000 **

註：*表示在 0.05 信賴水準下顯著；**表示在 0.01 信賴水準下顯著。

從表5可看出：此模式中的變項對橋樑周邊自行車事故模式之貢獻程度，模式的結果顯示機車專用之車道類型、單向及雙向禁止超車線處、尖峰小時、以及車道數越多的橋樑，為橋樑自行車事故次頻及嚴重度偏高的位置；除此之外，隨著橋樑道路速限的提升、有道路彎曲、坡度過陡等視距阻礙之地點，自行車事故嚴重程度明顯隨之增加。另一方面，隨著自行車騎乘之車道寬度增加、橋面有分向設施、或是禁止變換車道線，減少了橋樑周邊自行車之事故次頻及嚴重度；而自行車管制號誌附設行人專用號誌，大幅降低了橋樑周邊自行車之事故嚴重程度。

四、橋樑周邊之自行車道及牽引道評估與規劃

3.1 評估與規劃程序

考量本研究所建立之橋樑自行車事故資料，提供一套完整之橋樑周邊之自行車道及牽引道評估與規劃，以確保自行車騎乘者的安全，評估與規劃分為道路幾何、交通特性、駕駛行為等三大構面，包含以下13點如圖5所示，並將影響橋樑周邊自行車事故次頻及嚴重程度之顯著自變項納入評估與規劃項目中(圖5之灰底色項目)；除此之外，車道坡度、安全視距、牽引道坡度、停等待轉區、轉彎半徑與橋樑自行車事故模式之「視距阻礙」顯著因子關係密切，專用道設置時機與事故模式中「機車專用道設置」顯著因子及「自行車流量」曝光量因子有關，跟車行為則與模式中「車道寬度」有所相關。

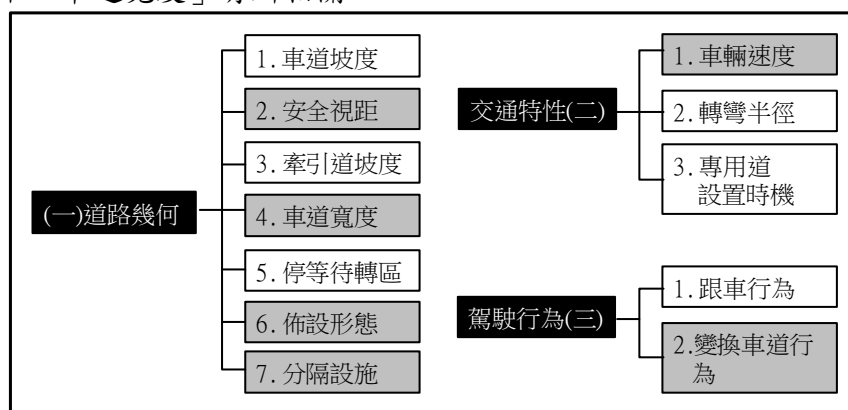


圖5 本研究建立之橋樑周邊之自行車道及牽引道評估與規劃程序

3.2 自行車道/牽引道評估與規劃設置流程

接著本研究以承德橋周邊為例，承德橋屬基隆河左岸，而基隆河左岸之自行車規劃路線僅由大直橋、百齡橋兩處橋面通過，並未規劃承德橋面通行。但由於三所學校(明倫高中、重慶國中與劍潭國小)分別位於南向承德橋與敦煌路口、北向承德橋與通河街路口交叉處，承德橋必須開放騎乘自行車以供通勤運輸旅次使用。承德橋除運輸型旅次外、河濱休憩型的自行車道規劃路線；由於承德橋僅橋面中間段才劃設人行道(上下橋處並無設計人行道)，現況無法採用人行道作為牽引道穿越橋面；此外經建會在未來將規劃「全面縮減一般車道，增設自行車專用道」之方案，藉本研究檢討承德橋是否能採行此項制度，合理評估承德橋周邊自行車規劃路線及實際佈設方式。承德橋周邊之自行車專用道研究有鑒於國內運輸型與休憩型自型車道路網銜接規劃與設計仍未詳盡，研究針對自行車專用道之設計進行研究與分析之工作，期望能提供健全之自行車行車環境，推動自行車之使用。

此外目前橋上「機慢車專用道」設置存在著了一些問題，有待本研究進一步分析。機車車流為避免與其他車流衝突(包含自行車)，而設立「機車專用」之車道。研究是否可解決目前紊亂之交通現象、保障機車族群之安全，並提高機車車流之行車效率。研究目的主要針對承德橋自行車之專用道(牽引道)設計進行研究。本研究對於專用道/牽引道設計之探討主要可分為下列三類型：(一)道路幾何：分車道坡度、安全視距、牽引道坡度、車道寬度、停等待轉區、佈設形態、分隔設施；(二)交通特性：車輛速度、轉彎半徑、專用道設置時機；(三)駕駛行為：跟車行為、變換車道行為。期望可由上述三類型之分析中，對自行車之專用道設計能有完整之檢討，並藉由實地調查作業，分析影響專用道設計之因素，在考量安全、效率與速率下，訂定自行車專用道設計之注意事項，作為橋樑規劃自行車專用道及牽引道之設計依據。

3.3 橋樑周邊之自行車道及牽引道評估與規劃要點-以承德橋為例探討

承德橋周邊自行車道依其功能之不同，可分為以下幾種類型：

- (一) 依設置目的：休憩型與運輸型。休憩型：又稱運動休閒型，以漫遊賞景與運動健身之需求為主，提供民眾於假日閒暇之餘，達到調劑身心、休閒娛樂等功能。在本研究中將統一以休憩型稱之。運輸型：又稱生活通勤通學型，此一設置是在現有交通運輸設施的基礎下，重新規劃自行車道系統，並配合適當的標誌、標線，以及相關交通設施的規劃，提供民眾進行通勤、通學，或是購物等較短程旅次之運用。本研究將統一以運輸型稱之。
- (二) 依設置模式：橋樑周邊主要分為專用與共用兩種模式，本研究之研究重點在於自行車專用道及牽引道路線之設計，專用及共用模式兩者都將作為運輸型與休憩型自行車道路線設計之參考。
- (三) 依設置位置：橋樑周邊分為共構、新設系統。共構系統：承德橋既有橋面道

路、橋下堤岸、橋中段人行道共構；新設系統：順沿高架橋下通路(迴轉道)、捷運沿線劃設自行車專用道。專用及共用模式兩者都將作為運輸型與休憩型自行車道路線設計之參考

(四) 道路幾何：

- 1.車道坡度：有關坡度要求依高度差而定，且應注意坡長，如表 9 所示。對於整條路為斜坡時，若坡度 2%之路段，其長度限制不宜超過 4 公里，而坡度 4%之路段不宜超過 2 公里。其中坡度變化最好不要超過 5%。最小的截角圓半徑宜大於 4 公尺，數據值參考市區道路工程規劃及設計規範。圖 6 中打 X 處，顯示承德橋自行車規劃設計之坡度過陡(5%)路段，為圖中高程 7.04-2.28 公尺處及視距不良路段，為圖中高程 9.28-11.57 公尺處。承德橋南向路段上橋處，橋面高程與坡度不符自行車行車特性，自行車騎乘者無法爬坡必須下車牽引。
- 2.安全視距：自行車之煞車距離隨著速度不同而有所差異。因此，考慮其最長之需求為 30 公尺左右。故安全視距之要求可設定為 30 公尺，轉彎半徑未超過 10 公尺不適宜設置自行車專用道(圖 7)。

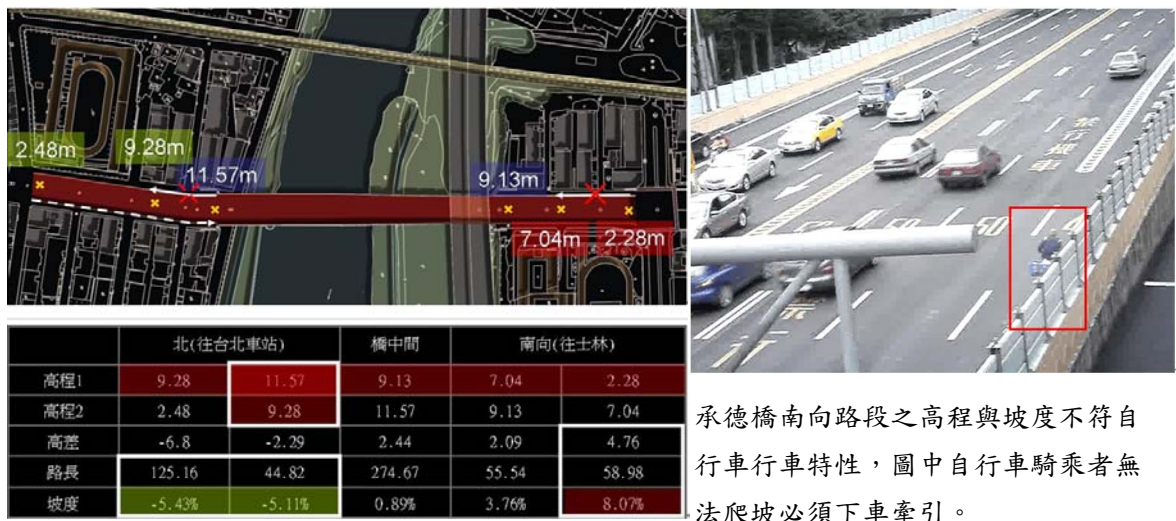


圖 6 承德橋各路段之高程與坡度(資料來源：本研究調查與繪製)。

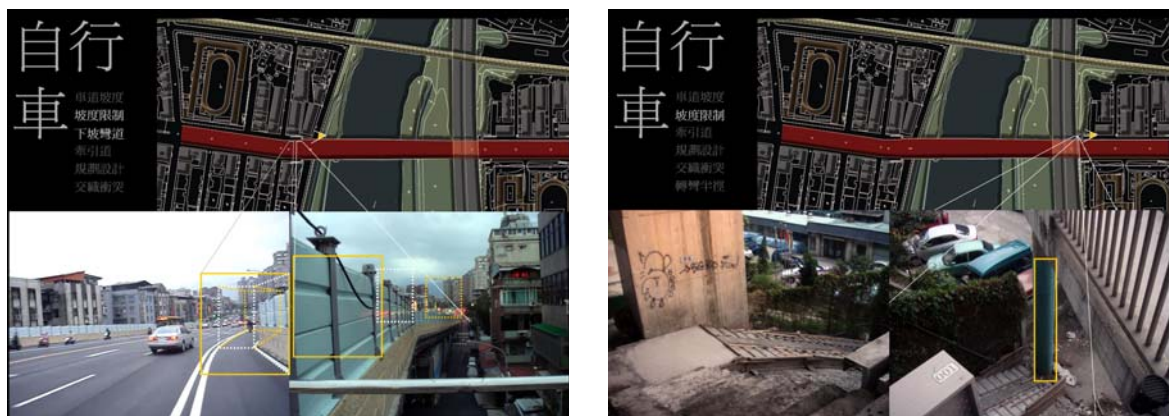


圖 7(左)承德橋北向下橋處轉彎半徑未超過 10 公尺不適宜設置自行車專用道

圖 8(右) 附設自行車牽引坡道之樓梯由於設計錯誤與柱子相撞無法竣工使用

3.牽引道坡度：台灣對於附設自行車牽引坡道之樓梯的坡度設計目前並無規範詳加規定，因此參考日本學會之規定如下：日本設計資料集成有關於自行車利用坡道、人利用樓梯的移動方面，90cm 寬度以上的樓梯配合寬約 45cm 的坡道，且坡度在 1/4 為宜。因此，往上走時每 3m 以內設置寬 2m 以上的平台。同時也供小型自行車行駛的坡度，考慮其爬坡能力，以 1/6 以下且寬 1.4m 的以上為宜。檢視目前承德橋上人行道與橋下堤頂自行車牽引道現規劃工程設計，坡度大於 1/6，未考慮自行車牽引道之爬坡能力(圖 9)，而下橋處牽引道設計錯誤與人行道柱子相撞目前工程停滯無法竣工使用(圖 8)。另外承德橋堤路自行車道原屬運輸兼遊憩型，自行車利用堤防之堤頂穿越，用地無車輛干擾，配合綠地規劃可增加趣味性，自行車道之可貴在於其動線之連續性與目的地之串連性。評估目前承德橋之堤防，延續性應不成問題，自行車道方面主要工作在於排除動線障礙，以達「連續性」與「可及性」，可規劃為景觀美質之自行車專用道。不過現況堤防道路違規停放車輛阻礙其連續性(圖 10)。

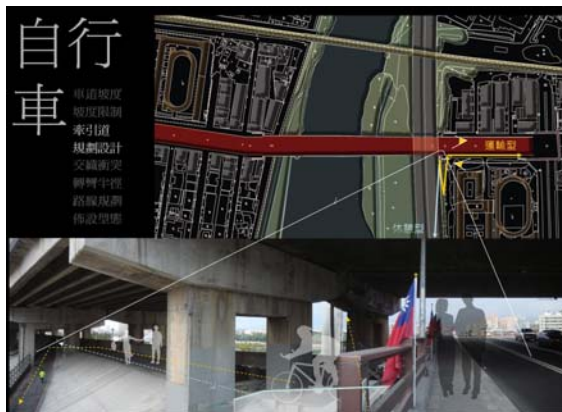


圖 9 承德橋人行道與橋下堤防間附設自行車牽引坡道，應考慮自行車牽引道之爬坡能力。

圖 10 承德橋自行車路線規劃模擬：利用現存堤坊空間銜接運輸型與休憩型車道路線。

4.車道寬度：車道寬度除了考慮其車寬及行駛淨空之基本要求外，一般考慮安全淨空，單向車道寬度採 1.25 公尺為設計標準，且寬度不宜小於 1.0 公尺。若只有單一車道，考慮偶發逆向或兩自行車並行或與行人並行時，為增加騎乘之舒適度，可以採用 1.5 公尺寬以上。在不同之自行車道型式下，一般可採用之寬度建議如下表 6，以自行車道之設計寬度 (L) = (FB 車身寬度+2BR 行駛淨空) ×ZF 自行車車道數+ 2SR 安全淨空+ Z 其它加寬考慮估算得出。

由於承德橋北向坡度大約為 5%較緩，可於橋面北向上橋至橋上人行道間路段設計單邊雙向之自行車道，故評估為雙向 1.8 公尺。另外，在《市區道路及附屬工程設計標準》中規定，自行車道寬度不得小於 1.2 公尺，若為

人行道允許自行車通行者，其設計不得有礙行人通行，而依據《市區道路及附屬工程設計標準之訂定》報告中指出，為雙向通行或兩輛自行車並行之自行車寬度不宜少於 1.8 公尺。《市區道路人行道設計手冊》中，單向單一自行車道之寬度規定以 1.5 公尺為原則，不宜少於 1.2 公尺，雙向或兩輛並行則同樣不宜少於 1.8 公尺。而在《台灣省市區道路工程設計規範》中，對於自行車道寬度規定為單一自行車行駛寬度不得少於 1.0 公尺，兩輛並行之車道寬度不得少於 1.8 公尺。

5. 停等待轉區：承德橋北向路段下橋處右轉由於轉彎半徑不足(圖 11)，右轉車輛(包含大型車、小汽車、機車與自行車)與通河街路口之停等待轉區相衝突，多數車輛會行駛過停等待轉區，建議日後將停等待轉區由承德-通河街路口往後退以避免右轉車輛與停等車輛交織。另外，最外側機慢車道轉彎半徑同樣不足，右轉車輛易肇事撞致承德橋邊欄杆，不建議在此處自行車道/牽引道。

表 6 自行車道寬度建議值(以公式計算出)

自行車道型式	車道寬度建議值 (公尺)
標線分隔型 (車道上之自行車道)	
(a) 單向自行車道	1.50
(b) 道路單邊雙向自行車專用道	≥ 1.80
分隔帶分隔型(有分隔帶介於自行車與車道間)有鋪設路面之自行車道。	≥ 1.25

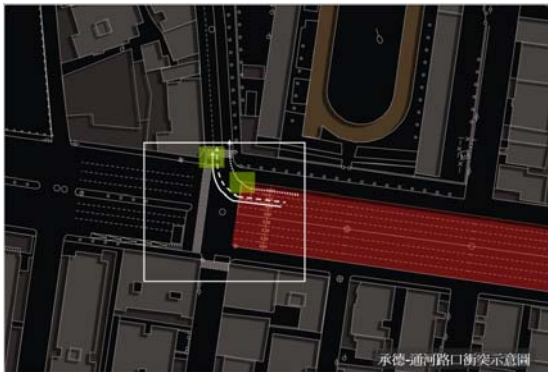


圖 11 承德橋北向承德-通河路口，右轉車輛與通河街路口停等待轉區相衝突(左上方綠色框處)；最外側機慢車道右轉轉彎半徑同樣不足易肇事撞致承德橋邊欄杆(左下方綠色框處)。資料來源：本研究繪製。

6. 佈設形態：承德橋周邊之自行車道可透過下列幾種設計方式 (1)在汽車行駛空間上劃設自行車道。(2)將原來路邊之停車帶（劃設停車位之地點）改建成為自行車道。

7. 分隔設施：承德橋周邊之自行車道佈設方式可採用以下幾點：

- (1)標線分隔：自行車道設置在一般道路上，評估承德橋周邊自行車道規劃路線符合以下情況，所以建議可採用標線分離。a 沿線有許多建築基地出入口。b 交叉口之交通量不大。c 汽車速限小於 50 公里/小時。d 路邊停車帶之干擾不大。e 只有一自行車道寬度空間，自行車偶而佔用汽車道不會造成太大危險。



圖 11 承德橋南向捷運線通往承德-敦煌路口處，模擬前(左)及模擬取消路邊之停車帶改建成為自行車道(資料來源：本研究模擬繪製)。

- (2)實體分隔：自行車道採實體分隔，透過分隔帶或防撞桿與汽車車道分隔。評估承德橋橋上路段可採行此種作法以方便與車道上的自行車道相連接，以及排除汽、機車違規行駛進入自行車專用道之動線干擾。評估承德橋橋面上自行車道規劃路線符合以下情況，所以建議適用之：a 路邊停車干擾很大，且有可能佔用自行車道時。b 在橋面上設置雙向自行車道、雙向牽引道或人與自行車共道時。c 可對於原本只是用標線劃分的自行車道進行起點或局部實體分隔時。

(五) 交通特性

- 1.車輛速度：調查與分析上下橋樑各運具之運轉速率，速率分佈曲線及累積分佈曲線經檢定非常接近常態分配曲線，低於第 15 百分位及高於第 85 百分位的曲線變化的很慢，因此本研究將第 85 百分位的速率(運轉速率)與最高的行車速限加以比較分析做檢討(表 7)。一般在非自由流的情況下(下午 5-7 點尖峰小時)會低於速限，研究檢討尖峰小時第 85 百分位的速率只有公車運轉速率等於其速限值，小汽車上橋時高於速限值 2 公里，下橋時高於速限值 6 公里；機車上橋時高於速限值 20 公里，下橋時高於速限值 16 公里明顯超速過多；另外公車及小汽車之平均行駛速率均小於速限值，但機車的平均速率圖無論在上橋或是下橋處均大於其速限值 8.57、5.80 公里，說明車輛超速造成承德-敦煌路口肇事比率高之重要因子。
- 2.轉彎半徑：「國內自行車專用規範」依據自行車之行駛速度的不同，整理所需之轉彎半徑如表 8 所示。另外彎道部份之車道可考慮加寬約 20~25 公分。北向承德-通河街路口處右轉車輛轉彎半性不足與停等區車輛交織，且最外

側機慢車道右轉轉彎半徑同樣不足易肇事撞致承德橋邊欄杆，評估不建議此處橋面設置自行車道/牽引道。

表 7 利用測速槍測得尖峰小時(下午 6-8 點)之速率，本研究調查。

尖峰時段	上橋處(承德-敦煌路口)			下橋處(承德-敦煌路口)		
運具	小汽車	機車	公車	小汽車	機車	公車
速限	50	40	40	50	40	40
85 百分位	51	60	40	56	56	40
平均速率	46.13	45.80	35.86	48.39	48.58	38.75

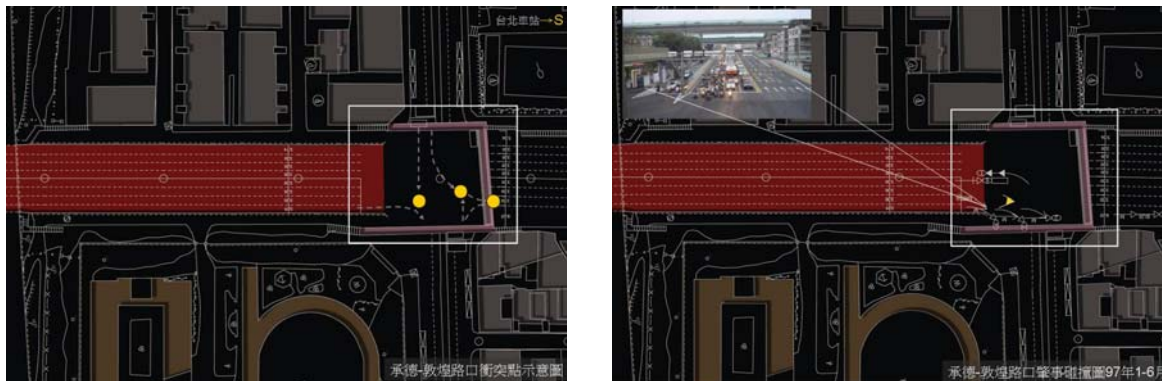


圖 12 承德-敦煌路口衝突點示意及肇事碰撞圖(資料來源：交通大隊，本研究繪製)。

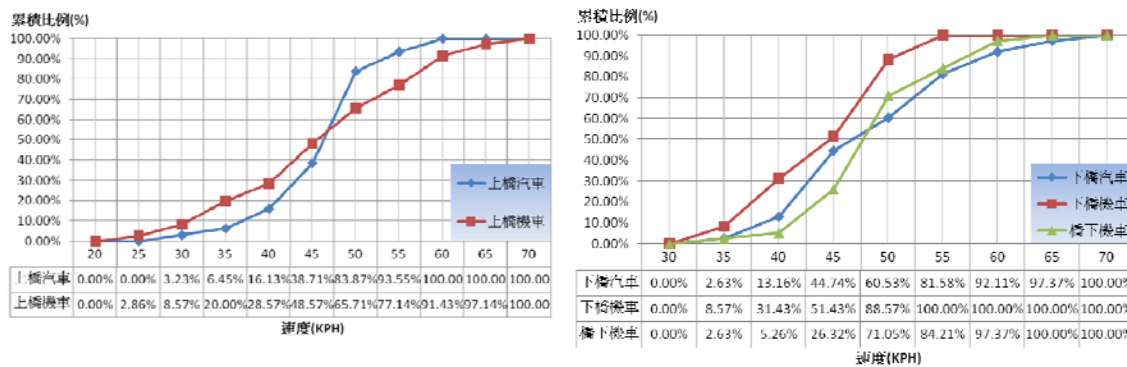


圖 13 上下橋汽車與機車第 85 百分位的行駛速率，本研究繪製。

表 8 自行車道轉彎半徑與速度之關係

轉彎半徑 (公尺)	2.5	5.0	10.0	15.0	20.0	30.0
速度 (公里/小時)	10	16	24	28	32	40

3. 專用道/牽引道設置時機：

(1)承德橋周邊自行車之交通空間設計必須充分考慮自行車行駛特性。考慮承德橋周邊自行車行駛特性包括：a 騎自行車的學生在上午交通中所佔的

比例特別的高。b 自行車之速度在 13 公里/小時到 18 公里/小時之間(以測速槍測得)。c 橋上經常發生被其它車種超越的情形。d 尖峰小時自行車偶而會併排行駛。e 自行車道與橋面人行道之高程差異會限制可行駛之空間。f 承德橋上自行車附載行李、或保持間隔及後視鏡會影響到所需寬度。g 目前承德橋自行車之交通在橋面上是雙向的，與機慢車道並用、且北向往南處並非在最外車道與右轉車道相互衝突。由於上述特性，橋樑周邊自行車交通空間的設計，應特別重視安全淨空之要求，建議應謹慎規劃及考量。

- (2)承德橋周邊自行車道設置條件：分析橋面道路具有以下幾種特性者考慮設置自行車道或牽引。
- a 沿承德橋路面自行車旅次高。
 - b 沿承德橋面坡度小處，方便騎乘可設置自行車道；橋面路坡度大處，宜設置牽引自行車道。
 - c 承德橋周邊土地使用單純，多為住宅區。
 - d 承德橋周邊經過孔廟古蹟或兒童樂園等旅次吸引點。
 - e 沿路經過劍潭國小、民倫高中、重興國中三所學校。
 - f 承德橋有足夠之寬度。

由於上述特性，承德橋周邊自行車交通空間的設計，建議規劃雙向單邊 1.8 公尺之自行車道(圖 14)、以牽引為主並可與橋下堤岸、橋中段 1.5-2.0 公尺人行道共構，並由橋下堤岸通往河濱公園與學校通勤旅次，不經南向下坡承德-敦煌路口(此路口十大易肇事路段)，並將機慢車道改為機車專用道。下橋處建議擴大 3 機車專用道之機車停等區(3.0M 至 4.8M)，以解決現況機車停等需求之不足(圖 15)。

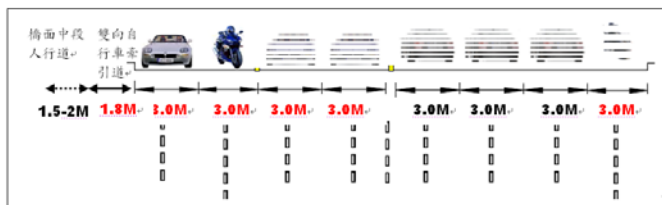


圖 14 橋面中段自行車道設後之道路橫斷面示意 圖 15 下橋處機車停等需求不足。

(六) 駕駛行為

- 1.跟車行為：經由實際調查及測速發現，橋面道路機車行駛速度越高時，其跟車橫向間距則縮減，汽車之跟車型態也與此相似。承德橋自行車道/牽引規劃設計應考量右轉小汽車與直行機車之跟車與超車隨著速度高而產生之側向間距過小，建議橋面自行車道佈設採防撞導桿實體分隔設施以免汽機車橫向間距過小影響騎乘或牽引自行車之安全。
- 2.變換車道行為：以承德橋北段為例，往台北車站方向由於最外側是右轉車道，所以往南方向三線車道，機慢車只有一線。往北方向共四線，三線禁行機車，一線機車慢車專用道，下橋前還行經一個右轉彎會讓機慢車道瞬間縮小，到了路口又會被內側要右轉的小汽車輛阻擋，而且上橋前機慢車有兩線車道可走，上橋時卻縮減至一線車道，此時兩線車道要往一線狹小的車道集中，不時出現危險變換車道行為或交通意外事故。

分析承德橋上自行車因變換車道而產生之衝突分為：

- a 橋上自行車引發汽車變換車道行為：目前部分自行車自承德橋由北往南上橋時，習慣騎乘於最外側右轉車道，造成外側右轉車道之汽車明顯出現變換車道之行為(圖 15)。
- b 橋上自行車受機車變換車道行為干擾：承德橋上之機車行駛快速，常因超車任意變換車道至禁行機車道後再回到機慢車道上，或是行駛於右轉車道，此時便會與自行車輛發生交之衝突。
- c 橋上自行車本身之變換車道行為(圖 16)：目前部分自行車自承德橋由北往南上橋時，習慣騎乘於最外側右轉車道，造成外側右轉車道之汽車明顯出現變換車道之行為(圖 17)。承德橋上車多且車速快，現況騎乘自行車上承德橋須與機車共用狹窄的機車道，或是在右轉車道上騎乘，至路口下橋處在轉為機慢車道行駛。下坡路段坡度 8%在此變換車道十分危險，易與機慢車上機車或右轉車道上之小汽車發生擦撞。



圖 15 自行車引發汽車變換車道行為分析，圖 16 橋面上自行車受機車變換車道行為干擾分析，圖 17 承德橋上自行車本身之變換車道行為分析。

五、結論與建議

以肇事角度探討台北市橋樑周邊自行車道及牽引道評估與規劃時，應先針對台北市各橋樑周邊涉及之自行車交通事故進行深入分析；雖然以往人為因素多被視為自行車交通事故發生的主要原因，事實上橋樑周邊之自行車交通事故與事故地點所面臨的橋樑道路環境有一定程度之相關性，若橋樑所涉及路口、路段幾何設計或規劃不當而形成潛在危險因子，即容易導致自行車交通事故發生；此外，相較於其他交通事故點，橋樑周邊為最常發生自行車事故的位置。因此，藉由客觀之負二項回歸肇事分析瞭解台北市橋樑周圍路口及路段之道路環境狀況、交通工程設施以及交通控制系統因子對肇事的影響程度並加以改善，或許能將橋樑周邊肇事發生的次數與嚴重程度有效的降低。其次，依序依自行車道/牽引道之設置目的、設置模式以及設置位，決定橋樑周邊自行車道/牽引道在城市中所扮演之角色；最後透過系統化流程分析方式，探討自行車騎士騎乘於橋面上之能力，分析之項目涵蓋交通工程與道路幾何特性(7 項目)、行駛特性(3 項目)及駕駛行為(2 項目)，建議出一套自行車道連續之系統評估與規劃流程，此等資訊亦能提供交通及

警察相關單位作為改善橋樑周邊自行車易肇事地點安全或評估橋樑交通管理措施可行性之參考。

參考文獻

許添本、王華琪(2010)，自行車事故預測模型與影響因素分析，中華民國運輸學會 99 年學術論文國際研討會。

葉純志(2008)，民眾使用自行車非致死肇事風險估計模式之建立與影響因子之研究，運輸學刊，第二十卷第一期，頁 71-90。

林豐福、張開國、喻世祥 (2004)，「腳踏車肇事特性分析及因應措施」，交通學報，第四卷第二期，頁 49-72

邱弘毅 (2005)，自行車事故傷害之探討與防制對策，衛生署國民健康局委託研究。

張新立、葉純志 (2003)，「酒後駕車防治措施成效之監控與評估－以臺北市為例」，運輸計劃季刊，第三十二卷第一期，頁 131-150。

Ogden, KW. (1997) "The Effects of Paved Shoulders on Accidents on Rural Highways," Accident Analysis and Prevention, Vol.29, No.3,pp.353-362.

Wang, Y. H., and Nihan, N. L. (2004), "Estimating the Risk of Collisions Between Bicycles and Motor Vehicles at Signalized Intersections," Accident Analysis and Prevention, Vol. 36, No. 3, pp. 313-321.

Warner, M., Schenker, N., Heinen, M. A., and Fingerhut, L. A. (2005), "The Effects of Recall on Reporting Injury and Poisoning Episodes in the National Health Interview Survey," Injury Prevention, Vol. 11, No. 5, pp. 282-287.

Gårder, P., Leden, L., Thedeen, T., 1994. Safety implications of bicycle paths at signalized intersections. *Accid. Anal. Prev.* 26 (4), 429-439.

Hauer, E., 1986. On the estimation of the expected number of accidents. *Accid. Anal. Prev.* 18 (1), 1-12.

Liu, X., Shen, L.D., Huang, J., 1995. Analysis of bicycle accidents and recommended countermeasures in Beijing, China. *Transport. Res. Record* 1487, 75-83.

Summala, H., Pasanen, E., Räsänen, M., Sievänen, J., 1996. Bicycle accidents and drivers' visual search at left and right turns. *Accid. Anal. Prev.* 28 (2), 147-153.

Wachtel, A., Lewiston, D., 1994. Risk factors for bicycle-motor vehicle collisions at intersections. *ITE J.* 64 (9), 30-35.

Wang, Y., Nihan, N.L., 2001. Quantitative analysis on angle-accident risk at signalized intersections. In: *Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research*, in press.