

## 機車用路人與事故特性分析 —以基隆市道路坑洞為例

曾柏興<sup>1</sup>

### 摘要

道路坑洞導致機車事故會可能衍生嚴重的用路人身體傷亡、財物損失與後續的社會成本支出（如醫療、保險、看護、個人或家庭成員身心影響等），本研究蒐集國內106~113年基隆市用路人因道路坑洞發生車禍的資料，在文獻回顧後，利用變異數分析與卡方獨立性檢定分析用路人特性與事故關聯性（如年齡、雨季等），研究發現事故發生與不同年齡層無顯著關係，性別與事故發生的季節（是否為雨季）無顯著關係，事故發生是否受傷與季節（是否為雨季）無顯著關係，根據研究發現提出道路安全改善建議供養護單位、用路人之參考，期盼協助相關單位建構更完善的道路使用環境。

關鍵詞：用路人、交通事故、坑洞。

### 一、緣起

目前國內市區公路鋪面多以瀝青混凝土鋪設，通常為緊密不透水面層，在車輛行經路面時可確保行駛的穩定性。然而基隆屬於多雨的城市，受東北季風與地形影響，每年秋天至隔年春天常有持續性下雨，對道路鋪面品質與用路人安全帶來潛在性的負面影響。根據交通部中央氣象局資料<sup>2</sup>，基隆市111年總降雨量為5,568.5毫米，相較過去五年平均值增加1,680.9毫米（43.24%），10月為雨量最高月份（1,004.5毫米），7月為雨量最低月份（31.0毫米）（如圖1）。

---

<sup>1</sup> 國立臺灣海洋大學航運管理學系副教授，基隆市中正區北寧路2號，02-24622192分機3432，phtseng@mail.ntou.edu.tw。

<sup>2</sup> 交通部中央氣象局 <https://www.cwa.gov.tw/V8/C/>

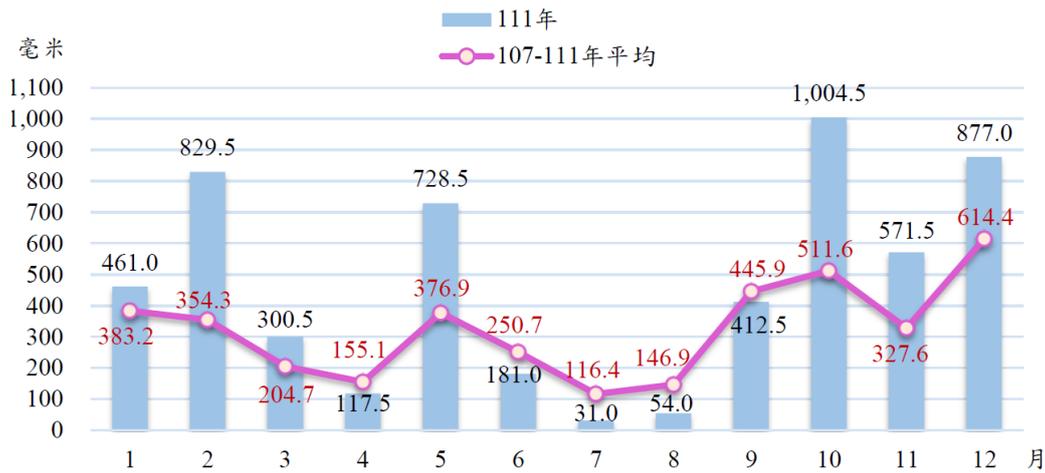


圖 1 基隆市各月份降雨量

資料來源：交通部中央氣象局 <https://www.cwa.gov.tw/V8/C/>

坑洞產生可能源自許多原因，本研究初步歸納為三點，首先，當雨量大且時間長時，可能造成瀝青與粒料間產生脫落，鋪面在大量車輛輾壓與長時間使用下，鋪面將產生規則不一的單一坑洞或連續坑洞，若不即時修補（如冷料填補或刨除重鋪）則造成坑洞逐漸擴大，對用路人（特別是機車、自行車、行人等）將造成極大的危險，若修補情形不佳，有可能再次產生坑洞。若鋪面受到重載車輛大量、高速行駛經過，其路面被破壞的情形（如粒料鬆脫、疲勞龜裂）將會快速產生（由鋪面產生的車轍痕跡可觀察出）（陳建旭等，2011）。此外，路口車輛頻繁煞車與啟動，將造成鋪面容易塌陷，若遇到重型車輛（如砂石車）超速且超載情況下車道路面易受到破壞（如圖 2）。



圖 2 道路鋪面受損情形

資料來源：作者自行拍攝

第二，道路坑洞的產生可能源自不同管線單位（如電信公司、電力公司、天然氣公司、工務與交通單位等）的開挖（如進行維修、管道、共管、人手孔作業等），若施工頻繁或鋪面修補不善將造成道路品質不佳。最後，不同路段的鋪設（含重鋪）時間不同可能造成鋪面品質產生差異<sup>3</sup>。再者，各路段重車行經流量不同，對道路的負荷程度不一，若遇到排水不佳的路段，雨水容易積留於路面，在

<sup>3</sup> 在氣溫較高時施工，鋪面易產生車微。在低溫時時供，鋪面的新舊粒料黏結性較差。鋪面施工人員的經驗（如瀝青混凝土搬運時能有效保溫、刨除回鋪的整潔性、在修部坑洞須有效清除水芬與雜物、處理較深坑洞時應分層滾壓等）與監工驗收查核工作（如現地鑽心取樣抽驗的有效性與檢驗方法）亦影響後續的鋪面品質。

車輛長期與重複輾壓情況下間接可能造成鋪面局部微壓 (shoving)，產生路面永久變形。

若道路坑洞越深、面積越大，對用路人形成的威脅更具危險性，當路面已發生坑洞且警示設施不足，容易發生用路人因坑洞摔倒，嚴重者可能發生再跌入隔壁車道，遭受車輛撞擊形成二次傷害，加劇用路人受傷程度與延長後續復健時間。此外，當坑洞出現光線昏暗處（如夜間），容易造成用路人誤判道路狀況而產生事故 (Xue et al., 2017)。當車禍發生後，後續帶來的社會成本（含金錢與時間）可能難以估計，譬如車道受阻與復原、車輛毀損、醫療與往返醫院交通成本、工作經濟損失、保險、用路人身心傷害與照顧者的成本等 (Xue et al., 2017)。張燕玲等 (2022) 指出摩托車行經不平路面時（如坑洞），因車輛的懸吊系統承受車身結構重量、騎乘者及車輛遇到路面起伏的作用力，對騎乘者之操控性與安全性產生極大負面影響，降低因道路坑洞產生事故發生，道路主管機關有必要定期進行相關單位建立坑洞防範機制以確保用路人安全。有鑑於過去關於探討交通事故與坑洞的文獻仍屬不多，本研究以基隆市為例，分析因坑洞造成交通事故發生與用路人特性的關係，利用卡方檢定說明關鍵變數的關聯性，研究成果可提供基隆市發生道路坑洞事故現況分析，並提供道路相關單位擬定道路維護相關政策之參考。

## 二、文獻回顧

瀝青鋪面常於雨季時在輪跡處產生坑洞，但受限於管理單位經費與施工時間限制，無法即時透過大型路平專案進行路面刨除養護工作 (廖敏志、謝學成，2016)。陳建旭等 (2011) 認為坑洞產生主要因為雨量與交通量負荷，其在 2010 年 4-9 月選取八條車道探討鋪面坑洞產生原因並提出坑洞防治策略（如材料提升、施工品管、維護管理）。林志棟等 (2016) 利用影像辨識技術針對坑洞進行三維模擬建立，藉此分析道路狀況。張燕玲等 (2022) 發現當摩托車連續通過多個坑洞，將會造成摩托車結構之疲勞損傷<sup>4</sup>。Jiang et al. (2013) 利用美國田納西州 (Tennessee State) 2004-2009 道路資料，運用 Bayesian 方法分析鋪面管理因素對交通車禍的影響。Jiang et al. (2013) 蒐集美國田納西州 (Tennessee State) 2004-2008 年道路資料，使用 Ordered Probit 與 Bayesian ordered probit 方法探討鋪面管理、交通工程因素對車禍嚴重性的影響。Xue et al. (2016) 利用 23 個道路坑洞（深度介於 2-10 公分、寬度介於 30-120 公分）實驗都會區坑洞對於汽車輪胎的影響並蒐集相關數據進行分析。在韓國，Yang et al. (2021) 於 2020 年 11 月利用大邱 (Daegu) 30 筆與光州 (gwangju) 65 筆小汽車資料行經不同鋪面路況（如警告、危險路面）對車輛產生影響進行實驗。Xu et al. (2023) 提出一個 Vision-IMU 路面坑洞偵測方法來模擬與判斷坑洞的特性（如寬度、長度、深度）以改善傳統方法的效率性與正確性，進而提高駕駛安全。綜上可發現過去文獻多以電腦模擬坑洞對車輛影響或者針對如何改善坑洞提出策略，關於交通事故特性與坑洞的關聯性較少探討，特別是機車事故的案例分析。為強化文獻的不足，本研究以基隆市機車因坑洞造成交通事故進行分析，期盼研究成果可對道路管理單位與用路人提供有效的防範策略與提高道路安全性。

<sup>4</sup> 譬如摩托車前輪撞擊坑洞邊緣後，前輪彈跳起來再著地時，後輪剛好撞擊到坑洞邊緣，前後輪同時受到極大反作用力易造成車架變形。

### 三、基隆市道路坑洞事故統計分析

#### 3.1 基隆市人口與道路交通概述

基隆市的地形多丘陵地，平地多數集中於基隆港沿岸、基隆河河谷與海岸線附近。根據基隆市主計處統計年報資料<sup>5</sup>，基隆市人口在113年6月361,600人（男性179,597人，女性182,003人），行政區域劃分為中正區（50,772人）、七堵區（52,639人）、暖暖區（38,441人）、仁愛區（40,897人）、中山區（45,441人）、安樂區（80,194人）、信義區（53,216人）等七區。112年的車輛登記為292,972輛，大客車227輛、大貨車2,444輛、小客車92588輛、小貨車6,727輛、特種車1,091輛，輕型機車5,648輛，重型機車184,247輛。基隆市土地面積約1萬3,052公頃，屬都市計畫範圍土地面積約6,891公頃，非都市土地約6,161公頃。以各行政區面積而言，仁愛區為面積最小行政區（4.2335平方公里），人口密度為9,660.3（=40,897/4.2335），為所有行政區中人口密度最大，其次為信義區5,080.9（=54,216/10.6706）、中正區4,971.9（=50,772/10.2118）、安樂區4,449.0（=80,194/18.0250）、中山區4,317.9（=45,441/10.5238）、暖暖區1,683.9（=38,441/22.8283）、七堵區935.5（52,639/56.2659）。

#### 3.2 基隆市道路坑洞交通事故統計資料

交通負荷過重且在梅雨與颱風多雨季節可能加速坑洞形成，基隆車流量較大的地區集中在市區。根據基隆市警察局交通警察大隊資料，106年1月-113年6月因道路坑洞發生的交通事故共計33件<sup>6</sup>，發生的年度、行政區與道路型態如表1所示。

表1 基隆市道路坑洞事故件數統計

年度	件數	行政區	道路型態
106	2	中正區、七堵區	彎曲路及附近、涵洞
107	5	中正區、信義區、中山區、暖暖區	三岔路、巷弄、涵洞
108	4	七堵區、信義區、安樂區、暖暖區	直路
109	2	中山區、暖暖區	直路、其他
110	6	中正區、仁愛區、信義區、中山區、七堵區	直路、彎曲路及附近、四岔路
111	5	七堵區、信義區	三岔路、涵洞、橋樑、彎曲路及其附近
112	6	仁愛區、中山區、七堵區、中正區	四岔路、三岔路、直路
113	3	七堵區、暖暖區、信義區	四岔路、直路
小計	33		

資料來源：基隆市警察局交通警察大隊

<sup>5</sup> 基隆市主計處，<https://www.klcc.gov.tw/tw/accounting/>。

<sup>6</sup> 未通報警察單位的坑洞交通事故資料非本研究探討範圍。

以發生地的行政區統計而言（106年1月-113年6月）（如圖3），七堵以10件為最多，其次為信義7件、中山區5件、中正區4件、暖暖區4件、仁愛區2件、安樂區1件。七堵行政區部分為山區，雖人口密度為其他行政區中最低，但用路人遇到道路坑洞造成的交通事故數為各區中最大。

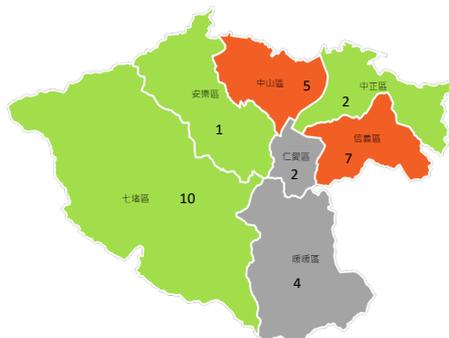


圖3 基隆市因坑洞發生交通事故分布圖

如表2所示，基隆市用路人遇坑洞造成的交通事故有93.9%（31件）會造成受傷，僅有6.1%（2件）未受傷。受傷案例中有18件屬於乾燥路面，有13件屬於濕潤路面。

表2 路面狀況與受傷情形

路面狀況	受傷	未受傷	小計
濕潤	13	0	13
乾燥	18	2	19
小計	31	2	32

資料來源：基隆市警察局交通警察大隊

如表3所示，基隆市用路人遇坑洞造成的男性有60.6%（20件），女性有39.4%（13件）。年齡層中26-35歲為最高（27.3%，9件），其次為36-45歲（24.2%，8件）與18-25歲（24.2%，8件）。若執行單因子變異數（ANOVA）分析發現車禍發生的性別與用路人平均年齡無顯著關係（ $P>0.05$ ），顯示不同年齡層的用路人發生坑洞的事故情形並無多大差異。

表3 用路人遇坑洞交通事故之年齡與性別比較

年齡(歲)	男性	女性	小計
1-25	7	4	11
26-35	7	2	9
36-45	3	5	8
46-55	1	2	3

年齡(歲)	男性	女性	小計
56-65	1	0	1
66 以上	1	0	1
小計	20	13	33

資料來源：基隆市警察局交通警察大隊

如表 4 所示，多雨季節（25 件）發生用路人遇坑洞交通事故比較高於非多雨季節（8 件），可能多雨季節路面較易發生坑洞有關。當中男性（16 件）在多雨季節遇坑洞比較高於女性（9 件），可能與男性用路人數高於女性有關（曝光量較高）。卡方獨立性檢定發現性別與季節別無顯著關係（ $P>0.05$ ）。

表 4 用路人在不同季節遇坑洞交通事故與性別比較

季節別	男性	女性	小計
非多雨季節	4	4	8
多雨季節	16	9	25
小計	20	13	33

資料來源：基隆市警察局交通警察大隊

註：依據交通部中央氣象局資料，基隆市 106~112 年期間，每年 1、2、5、9、10、11、12 月屬多雨月份<sup>7</sup>，在此定義為多雨季節，其他月份為非多雨季節。

如表 5 所示，用路人在多雨季節（21 件）受傷比較高於非多雨季節（10 件），可能因多雨季節時道路易發生坑洞導致行車事故。卡方獨立性檢定中發現用路人受傷與否與季節別無顯著關係（ $P>0.05$ ）。

表 5 用路人在不同季節遇坑洞交通事故與受傷情形比較

季節別	受傷	未受傷	小計
非多雨季節	10	1	11
多雨季節	21	1	22
小計	31	2	33

資料來源：基隆市警察局交通警察大隊。

註：依據交通部中央氣象局資料，基隆市 106~112 年期間，每年 1、2、5、9、10、11、12 月屬多雨月份，在此定義為多雨季節，其他月份為非多雨季節。

## 四、結論與建議

### 4.1 結論

本研究蒐集基隆市機車用路人遇道路坑洞發生車禍事故進行統計分析，106 年 1 月 -113 年 6 月共計發生 33 件，以七堵區發生最多件（10 件），其次為信義

<sup>7</sup>1~2 月與 9-12 月屬於秋冬多雨季，5 月為梅雨季。

區（7件）。當事故發生時會受傷的比例達93.4%，男性（20件）發生的次數高於女性（13件），單因子變異數分析發現車禍發生的性別與用路人平均年齡無顯著關係，顯示各年齡層的用路人皆須注意道路坑洞。卡方獨立性檢定發現性別與季節無顯著關係，用路人受傷與否與雨季無顯著關係，顯示不同性別用路人在不同月份發生道路坑洞事故的情形皆有可能發生，故任何年齡層與性別的機車用路人發生坑洞車禍的可能性大致相同。

## 4.2 建議

基隆市屬於多雨城市與多丘陵地，部分道路靠近海邊，路面受積水影響造成鋪面受損的情形可能高於其他城市，對政府道路管理機關（如基隆市政府工務處）而言，應加強道路維護巡檢作業（如採用定期性巡查、特別巡查（如颱風來臨前後、地震、豪雨、洪水發生後）、緊急維護（如鋪面出現嚴重損壞）、大型維護（如損壞範圍較大時），特別對於重型車輛（如砂石車、貨櫃車）行經的路段應加強道路品質巡查，整合道路通報（含用路人通報、24小時1999市民熱線、巡路員巡查等）以利坑洞修補進度與追蹤。

在發包施作道路鋪面廠商應做好品質控管，利用開口合約將潛在性道路裂縫與坑洞進行預防性修補，各管線權責單位應透過平台<sup>8</sup>進行施工整合（如新建工程時先預留水電管線位置以減少重複挖掘頻率），定期檢視道路養護相關辦法（如道路挖掘管理自治條例、處理違反市區道路事件裁罰基準），進行坑洞修補工程施作時應做好交通維持計畫措施佈設<sup>9</sup>以維用路人安全，編列足夠預算以維持道路服務品質與使用安全，最後照路照明應提供足夠的光源，若當遇到坑洞發生時，用路人始可有效充足反應時間避免坑洞障礙物。若道路管理單位對於路面坑洞未能及時修補與設置完善警告標誌時，將影響用路人通行安全，後續可能會面臨國家賠償責任問題<sup>10</sup>。對未來研究而言，受限於本研究所蒐集的基隆市坑洞交通事故的樣本數有限，仍可能有些未通報警察單位的坑洞交通事故未被納入統計，未來研究者可針對大型城市（如臺北市、臺中市、高雄市等）針對道路坑洞相關議題（如人行道坑洞、路面人孔、手孔突出物、道路障礙物等用路人安全議題）做進一步延伸探討，利用政府開放平台進行大數據分析或採用專家訪談方式進行質性研究。

## 參考文獻

- 林志棟、陳建達、薛智聖、陳韋仔、林陳儁（2016），「利用影像辨識技術建立三維模型—以坑洞破壞為例」，鋪面工程，第十四卷第三期，頁49-56。
- 陳建旭、劉韋廷、廖敏志、王慶雄、蔡益智、林和志（2011），「分析鋪面坑洞產生原因與建議維護方法」，臺灣公路工程，第三十七卷第十期，頁2-47。
- 張燕玲、紀翔如、郭昱鼎（2022），「不平路面對摩托車結構強度的影響」，營

<sup>8</sup> 基隆市道路管理資訊平台 <https://kct.klcc.gov.tw/klroad/>

<sup>9</sup> 夜間施工時應設置交通維持設施與警示燈。

<sup>10</sup> 可參考國家賠償法第三條第一項、第九條第二項之規定。

建知訊，第四十期，頁 57-68。

廖敏志、謝學成 (2016)，「瀝青鋪面坑洞生成機制與冷拌瀝青修補材料工程性質評估」，鋪面工程，第十四卷第四期，頁 79-86。

Yang, C.H., Kim, J.G., Shin, S.P. (2021), Road Hazard Assessment Using Pothole and Traffic Data in South Korea, *Journal of Advanced Transportation*, Article ID 5901203.

Jiang, X., Huang, B., Yan, X., Zaretski, R.L., Richards, S. (2013), Two-Vehicle Injury Severity Models Based on Integration of Pavement Management and Traffic Engineering Factors, *Traffic Injury Prevention*, 14, pp. 544-553.

Jiang, X., Huang, B., Zaretski, R.L., Richards, S., Yan, X. (2013), Estimating Safety Effects of Pavement Management Factors Utilizing Bayesian Random Effect Models, *Traffic Injury Prevention*, 14, pp. 766-775.

Xu, Y., Sun, T., Ding, S., Yu, J., Kong, X., Ni, J., Shi, S. (2023), VIDAR-Based Road-Surface-Pothole-Detection Method, *Sensors*, 23, 7468.

Xue, G., Zhu, H., Hu, Z., Yu, J., Zhu, Y., Luo, Y. (2017), Pothole in the Dark: Perceiving Pothole Profiles with Participatory Urban Vehicles, *IEEE Transactions On Mobile Computing*, 16(5), 1408-1419.