110-076-3498
MOTC-IOT-109-SDB010

探討道路交通標線之防滑特性

交通部運輸研究所

中華民國 110 年 7 月

110-076-3498
MOTC-IOT-109-SDB010

探討道路交通標線之防滑特性

著者：蘇育民、陳介豪、許聿廷、鄭鈞耀、張開國、
葉祖宏、賴靜慧、黃明正

交通部運輸研究所

中華民國 110 年 7 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

探討道路交通標線之防滑特性/蘇育民, 陳介豪, 許聿廷, 鄭鈞耀, 張開國, 葉祖宏, 賴靜慧, 黃明正著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民110.07
面 ; 公分
ISBN 978-986-531-319-7(平裝)

1.交通管理 2.道路安全

557.16 110011061

探討道路交通標線之防滑特性

著　　者：蘇育民、陳介豪、許聿廷、鄭鈞耀、張開國、葉祖宏、賴靜慧、黃明正
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：105004 臺北市松山區敦化北路 240 號
網　　址：www.iot.gov.tw (中文版＞數位典藏＞本所出版品)
電　　話：(02)2349-6789
出版年月：中華民國 110 年 7 月
印 刷 者：全凱數位資訊有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 75 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所網站
定　　價：480 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)2349-6789
國家書店松江門市：104472 臺北市中山區松江路 209 號・電話：(02)2518-0207
五南文化廣場：400002 臺中市中區中山路 6 號•電話：(04)2226-0330

GPN：1011000969　ISBN：978-986-531-319-7 (平裝)

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：探討道路交通標線之防滑特性</td></tr>
<tr><td>國際標準書號（或叢刊號）
ISBN 978-986-531-319-7 (平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1011000969</td><td>運輸研究所出版品編號
110-076-3498</td><td>計畫編號
109-SDB010</td></tr>
<tr><td>本所主辦單位：運輸安全組
主管：葉祖宏
計畫主持人：張開國(前主管)
研究人員：賴靜慧、黃明正
聯絡電話：02-2349-6863
傳真號碼：02-2545-0429</td><td colspan="2">合作研究單位：國立高雄科技大學
計畫主持人：蘇育民
研究人員：陳介豪、許聿廷、鄭鈞耀
地址：80778 高雄市三民區建工路 415 號
聯絡電話：07-3814526</td><td>研究期間
自 109 年 2 月
至 109 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：標線、抗滑能力、英式擺錘值</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：

本計畫旨在探討道路交通標線之防滑特性，特別針對近年來試辦抗滑能力65BPN(英式擺錘值)以上之標線進行監測及分析，以瞭解其抗滑能力衰退幅度，做為後續交通部調整標線抗滑能力規範之參考。

本計畫探討標線抗滑能力，分為現地試驗及實驗室加速磨耗試驗兩部分進行。現地試驗於109年6-10月在13個地點共101個試驗點位，進行5次追蹤試驗(共計505次試驗)，相關試驗數據則透過數值分析、分類分析、及關聯性分析等3種方式進行分析。惟可能受限現地標線劃設品質不一及環境油污落塵等因素，試驗數據無法找到良好的關聯性，建議宜以實驗室加速磨耗試驗數據做為主要分析依據。

實驗室標線加速磨耗試驗共蒐集13組共26片之標線平版試體，並參考美國佛羅里達州的試驗規範 FM5-622，在攝氏20°C控溫下運用三輪式旋轉磨耗儀進行標線加速磨耗試驗。試驗結果發現絕大多數的標線試體在1.2萬磨耗轉數以前，抗滑能力下降近8-10BPN左右，之後至15萬磨耗轉數之間則下降幅度不大；當標線表面水膜厚度為3mm時，抗滑能力最多可下降1至2成。然而不論是哪一種材料與情境下，所有在實驗室磨耗終端時的標線BPN均大於51BPN。

由相關文獻可知，車輛打滑並非由單一影響因素所決定。本計畫建議可將現行標線抗滑驗收值，由45BPN提升至50BPN，且道路主管機關除確保標線抗滑能力符合規範外，宜加強向用路人宣導安全駕駛的觀念，以維護行車安全。</td></tr>
</table>

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
110 年 7 月	414	480	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。

備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: A Study on Skid Resistance in Pavement Marking Materials

ISBN (OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN 978-986-531-319-7 (pbk.)	1011000969	110-076-3498	109-SDB010

DIVISION: Safety Division
DIVISION DIRECTOR: Tsu-Hurng Yeh
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Kai-Kuo Chang (Previous Director)
PROJECT STAFF: Ching-Huei Lai, Ming-Cheng Huang
PHONE: 886-2-2349-6863
FAX: 886-2-2545-0429

PROJECT PERIOD
From February 2020
To December 2020

RESEARCH AGENCY: National Kaohsiung University of Science and Technolgy
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yu-Min Su
PROJECT STAFF: Jie-Haur Chen, Yu-Ting Hsu, Jiun-Yao Cheng
ADDRESS: 415 Chieng-Kung Rd, Samin 80778, Kaohsiung, Taiwan, R.O.C.
PHONE:+ 886-7-381-4526

KEY WORDS: Pavement Marking Materials, Skid Resistance, British Pendulum Number

ABSTRACT:

The objective of this research was to evaluate the skid resistance of the pavement marking materials, in particular that of the recent trial with pavement marking material with 65BPN or above, to understand the range of skid resistance decline. This research is for the reference of subsequent adjustments to pavement marking material standards by the MOTC.

The research scope was divided into two parts: field and laboratory testing. In terms of field testing, there were 101 testing locations in 13 different location and tests were performed five times for each location between June and October 2020 (505 tests in total). The field testing data was analyzed using quantitative tools, including numerical analysis, classification analysis, and correlation analysis. However, the outcome of field testing was not able to find a significant relationship between the skid resistance of pavement marking materials with the designated parameters, because of factors such as nonuniformity and field pollution when any pavement marking materials were installed in the field. Hence, it is recommend that data from laboratory accelerated polishing tests is used as the main foundation for analysis.

In terms of laboratory testing, 13 sets for a total of 26 pavement marking material slabs for accelerated polishing tests were collected. The Florida Test Method FM5-622 was referenced and a three-wheel polishing device to polish pavement marking materials at 20 degrees Celsius was utilized for the accelerated polishing test. The test results showed that skid resistance of most test subjects declined significantly from 8 to 10 BPN before 12,000 polishing revolutions; between 12,000 to 150,000 polishing revolutions, the skid resistance declined only marginally. On the other hand, when there was 3mm thin film of moisture present on the surface, skid resistance dropped about 10 to 20 percent. Nevertheless, after 150,000 polishing revolutions, the BPN of all materials was greater than 51 BPN regardless of the type of materials or the circumstances.

Releveant literature shows that vehicle skidding is not determined by a single impact factor. Based on the research outcomes, it is suggested that it is feasible to raise the current standard and specification of the skid resistance of pavement marking materials from 45BPN to 50BPN. It is also vital for road agencies not only to ensure the performance of skid resistance in pavement marking materials meets the standards, but also to remind road users from time to time of road safety concerns and measures.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE
July 2021	414	480

目 錄

圖 目 錄

表 目 錄

第一章　計畫背景分析

1.1 研究背景

道路標線(Road/Pavement Marking，後稱標線)依據交通部部頒「交通工程規範」[1]第四章的要求說明，標線應依「道路交通標誌標線號誌設置規則」[2]設置，且基本要求有需要性、醒目性、易讀性及一致性。而標線的分類依功能分為警告標線、禁制標線及指示標線；依劃設方式分為縱向標線、橫向標線、輔助標線及標字；依型態分為線條、反光導標與危險標記、圖形、標字及路面標記。此外，在設計原則中清楚表示，標線必須具有反光性及抗滑性，用來正確引導交通、確保人車行車安全及有效使用道路，與道路安全的關係十分密切。

圖 1 臺北市信義區松壽路上各種形式的標線

交通部運輸研究所(以下簡稱本所)近期的研究[3]中針對道路交通安全改善方案之發展與評估方法，蒐集羅列國際已知以實際應用的交通安全改善方案，包含追蹤考核的績效指標，進行一連串的研究，包含機車安全、高齡駕駛人安全及遊覽車安全等 3 個研究範疇。其中在機車安全方面的結論，除了在提高機車騎士的教育及防禦性駕駛的觀念外，營造安全的騎乘環境為重要的策略方向。結論指出，平整的道路及安全的標線為建立良好騎乘環境的重要因素。道路的平整與否，騎士或能以防禦性騎乘來躲避不平整的道路避免打滑，然而標線的抗滑能力則無法透過肉眼的觀察進行閃躲。我國在公路上常使用的熱處理聚酯標線，在潮濕多雨的潮濕路面環境下，當標線抗滑能力不足時，可能容易產生機車打滑現象而發生意外，欲改善機車打滑之安全課題，應在加強考照駕訓及強化標線抗滑能力來著手。該研究中同時指出，國內道路標線的抗滑係數以英式擺錘儀(British Pendulum Tester, BPT)所量測之英式擺錘值(British Pendulum Number, BPN)，必須在標線劃設完成兩週內，現場實測值達 45BPN 以上做為規範。然而在驗收完成後即無相關後續檢測作業，更未有道路標線之追蹤管理系統，無法掌握抗滑能力衰減的狀況。此外，標線的抗滑能力，可能因所劃設的位置、車流狀況及車型種類等不同因素，使得標線抗滑能力有不同程度的磨耗。若不採取主動監測手法，並對標線狀況及抗滑能力進行追蹤與管理，對於道路交通安全改善方案中的機車安全範疇，將面臨無法減少因標線所造成之機車打滑事故發生機率。

本計畫之目的主要在於探討道路交通標線之防滑特性，並特別針對道路主管機關試辦的 65BPN 標線進行研究，以瞭解其抗滑能力衰退幅度，能否長期維持一定的抗滑能力，以做為未來調整抗滑能力規範之參考。在探討標線之防滑特性時，一般而言可以從兩個角度切入，其一是從道路安全的角度切入，了解標線的抗滑能力在什麼樣的標準以上可以有效降低機車打滑事故；其二是從標線材料特性的角度切入，了解現階段所使用的標線材料的抗滑性能表現狀況(如衰退幅度)。從美國運輸研究委員

會2009年的報告中可以得知，透過單一條件(例如：抗滑能力)來預測交通事故或是打滑事故幾乎無法達成[4]，由此可了解前述的第一種研究切入角度有其試驗設計與分析上的困難。因此，本計畫係採用第二種研究切入角度，瞭解目前國內所使用的標線材料之特性，從實驗室加速磨耗試驗及現地試驗監測等兩種方法，希望達到探討道路交通標線抗滑能力衰退幅度之目的。

1.2 研究目的與範圍

根據研究背景及國內外相關研究的初步探討、整理與瞭解，本計畫目的旨在評估道路標線的抗滑能力，並對於其抗滑係數衰退狀況於現地及實驗室進行監測及分析。研究目的主要分為現地試驗及實驗室試驗兩個層面，探討目前道路標線的抗滑特性，說明如下：

1. 探討65BPN標線於現地抗滑能力衰退情況監測與分析：

   在臺北市、新北市、臺中市等三都及公路總局所劃設之 65BPN 標線路段，透過現地標線抗滑能力試驗蒐集不同路段、不同標線材質及材齡之英式擺錘值試驗數據，以利追蹤並瞭解國內前瞻基礎建設「提升道路品質計畫」試辦 65BPN 標線路段之英式擺錘值，以做為後續調整標線英式擺錘值標準之參考。

2. 探討標線於實驗室加速磨耗試驗下抗滑能力衰退情況分析與評估：

   參考美國佛羅里達州FM5-622試驗方法[5]，建議可於實驗室進行標線加速磨耗試驗之標準試驗方法，並與國內標線廠商接洽蒐集各種不同的標線材料，用以進行實驗室標線加速磨耗試驗。透過定性與定量的方法，在實驗室以加速磨耗的方式持續累積磨耗轉數，瞭解標線在同樣控制條件下之實驗室試驗中，不同標線材質抗滑值之衰退情形。

研究範圍以分析 65BPN 標線在實際道路及實驗室之英式擺錘值衰退情形，為主要的工作項目，相關研究成果可做為政府部門是否修改相關規範，並推廣繪設 65BPN 標線之參考。惟針對上述之研究目的及範圍，本計畫亦有研究限制說明如下：

1. 現地標線抗滑能力監測：

   受限於研究時間之故，本案針對現地標線之抗滑能力監測僅能夠進行 5 個月，無法針對同一地點之同一標線材質進行長時間的追蹤監測，故若想取得或觀察到中、長期的現地標線抗滑能力，必須部分選擇先前已經鋪設，並提供車輛通行一段時間，且不同材齡之現地標線，以突破研究時間限制。然而，由於現地影響標線抗滑能力的因素繁多，可能會造成不同試驗地點之成果數據無法合併分析之疑慮。針對此部分，研究團隊會檢視試驗成果並進行適當的假設，或透過不同的分析方式以嘗試克服此項研究限制。

2. 實驗室標線加速磨耗試驗與抗滑能力評估：

   本計畫中研擬之實驗室加速磨耗試驗，係參考美國佛羅里達州 FM5-622 試驗方法[5]所建立，其加速磨耗方式與實際道路交通狀況(如車輛、輪胎型式)有極大的不同，因此道路交通量與磨耗狀況要如何連結，在此階段的研究中尚無辦法透過實驗設計進行模擬及對應。

1.3 研究步驟

本計畫研究步驟及主要工作項目如圖 2 所示。在確立研究目與範圍後，擬定工作計執行畫書並進行文獻回顧後，分為兩個部分進行試驗，分別為：現地標線抗滑能力及實驗室標線磨耗與抗滑能力評估，再就試驗結果及成果進行分析，最後如期提出期中及期末成果報告。本節後續內容將針對各步驟進行詳細說明。

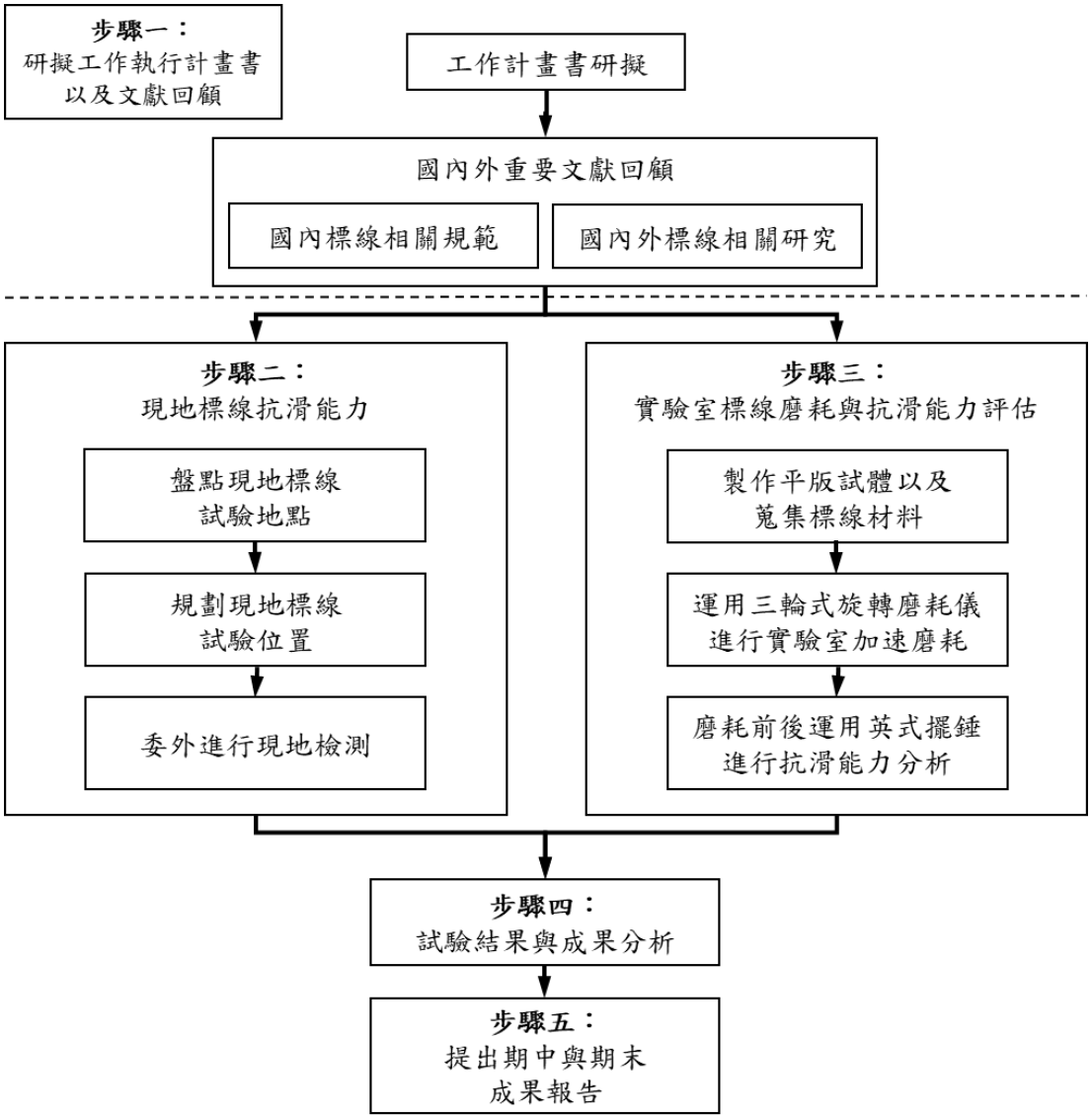


圖 2 研究步驟

1. 步驟一：研擬工作執行計畫書及文獻回顧

   - 研擬詳盡的工作計畫，分別包含針對現地標線及實驗室標線磨耗試驗與抗滑能力等兩部分試驗之工作計畫書。
   - 文獻回顧內容將針對國內外常見的防滑標線材料基本特性、施工方式、功能性、抗滑檢測試驗與標準、短中長期抗滑能力監測部分進行探討，同時彙整國內標線的相關規範，並回顧國內外與標線抗滑能力相關之研究。

2. 步驟二：現地標線抗滑能力

   - 現地檢測工作計畫將盤點臺北市、新北市、臺中市及公路總

局於 108 年以後鋪設 65BPN 標線路段，包含 65BPN 標線、骨材標線及冷塑標線的路段。

- 由前述盤點資料中，規劃現地試驗位置及試驗頻率，以滿足總試驗次數至少 500 次的標線英式擺錘值(BPN 值)之追蹤及監測。
- 基於前述規劃結果，委外發包由財團法人全國認證基金會(TAF)認證之檢測單位，進行現地標線英式擺錘試驗。

3. 步驟三：實驗室標線磨耗與抗滑能力評估

- 規劃就 65BPN 標線之標線施作廠商，蒐集至少 10 種包含 45BPN 及 65BPN 等標線材料，並研擬實驗室標線試體製作方法、建立實驗室標線試體加速磨耗程序及抗滑能力評估方法。

4. 步驟四：試驗結果與成果分析

- 蒐集及整理現地與實驗室標線抗滑能力檢測的數據，運用適當的統計檢定方法進行探討，並分析可能影響標線防滑係數之因素為何。

5. 步驟五：提出期中與期末成果報告

- 於 109 年 7 月 31 日前完成並提出期中報告、11 月 16 日前完成並提出期末報告，另製作可供展示的海報與簡報提交本所。
- 整理研究成果投稿國內外期刊、運輸計劃季刊或學術研討會。

1.4 名詞解釋

本計畫透過與三都交通局及公路總局的合作，了解各單位對其常用的標線有不同的慣用名詞，其中公路總局慣用 50BPN 或 65BPN 熱處理聚酯標線之名稱，區分不同抗滑性能標線；三都交通局則慣用第 I、II 型熱處理聚酯標線作區分。然在中華民國國家標準 CNS 15834 道路標線性能[6]中，規定之 I 型與 II 型道路定義為「II 型道路標線具有特殊性能，能增進在潮濕或下雨狀況下的回歸反射。I 型道路標線不必要具有此特殊性能。」，此與三都交通局所慣用之第 I、II 型熱處理聚酯標線等名稱易產生混淆。基於上述各項規範所使用之標線名稱，在本計畫中為方便區別及瞭解，以 65BPN 標線之外觀、功能性及材質等特性，在不與國家標準所訂定規範衝突之情形下，研究團隊在本計畫中使用的命名原則如下：

1. 抗滑係數在 45-50BPN 之熱處理聚酯標線，稱為「45/50BPN 標線」；
2. 抗滑係數在 65BPN 以上之熱處理聚酯標線，稱為「65BPN 標線」；
3. 抗滑係數在 65BPN 以上之熱處理聚酯標線，若無添加反光材料但是添加抗滑粒料(骨材)，稱為「骨材標線」；
4. 抗滑係數在 65BPN 以上之冷塑標線，稱為「冷塑標線」。

表 1 三都、公路總局規範與研究團隊使用之標線名稱比較表

<table>
<tr><th>公路總局</th><th>臺北市</th><th>臺中市</th><th>新北市</th><th>研究團隊</th></tr>
<tr><td>50BPN 熱處理聚酯標線</td><td>---</td><td colspan="2">熱處理聚酯標線第 I 型
(臺中市已無此工項)</td><td>45/50BPN 標線</td></tr>
<tr><td>65BPN 熱處理聚酯標線</td><td colspan="3">熱處理聚酯標線第 II 型</td><td>65BPN 標線</td></tr>
<tr><td>骨材標線</td><td colspan="3">骨材標線</td><td>骨材標線</td></tr>
<tr><td>---</td><td colspan="3">冷塑標線*</td><td>冷塑標線</td></tr>
<tr><td>---</td><td colspan="2">---</td><td>成型標線
熱熔噴射標線</td><td>---</td></tr>
</table>

*僅新北市標線工程施工說明書中有提及，其他單位亦使用冷塑標線做為慣用名稱，然並未訂定於規範中。

第二章　文獻回顧

本計畫之研究目的主要希望從實驗室磨耗試驗及現地試驗兩種不同的角度，來觀察標線抗滑性能的衰退情形，並嘗試整理出一個合適的方式進行分析。因此在本章節進行文獻回顧的過程中，將從本計畫主要的標的—標線的分類與基本性質進行探討，接著從標線應滿足的性能做為切入角度，探討標線防滑性能的重要性。另外，除了標線相關性能的探討外，針對標線隨時間磨耗的觀察與試驗方法也有探討之必要，從過去國內外實驗室及現地試驗觀察磨耗狀況的相關研究，可啟發本計畫在試驗的設計及分析方法上的構想。

2.1標線分類與基本性質

標線依「道路交通標誌標線號誌設置規則」[2]第 3 條規定，定義標線為「以規定之線條、圖形、標字或其他導向裝置，劃設於路面或其他設施上，用以管制道路上車輛駕駛人與行人行止之交通管制設施。」，在此定義之下，道路標線可依不同方式進行分類。本計畫以蔡鎮鴻在 2015 年研究的分類為基礎，將標線的分類方式分為：(1)依照手冊、規則分類、(2)依照標線型態分類、(3)依照標線性質分類[7]。

2.1.1依照相關規則規範分類

以蔡鎮鴻2015年的研究的分類為基礎[7]，依照手冊、規則分類主要整理自「交通工程手冊」[8] (配合交通工程規範頒布，該手冊已於 104 年廢止)、「交通工程規範」[1]與「道路交通標誌標線號誌設置規則」[2]等規則、規範及手冊，分類準則有功能性及劃設方式等 2 項，作者並將此準則製表如表 2。雖該研究整理相關文獻之時間至今已經過 5 年，然而經研究團隊檢視過該研究所引用之相關規則與規範後[1, 2, 8]，確認在標線的分類方式部分除新增「自行車路線指示線」之外，並無更動之處，故在此處仍引用該研究所整理之表格。

表 2 標線種類(依規則、手冊分類)[7]

劃設方式 功能	縱向標線	橫向標線	輔助標線	標字
警告標線	・路寬變更線 ・近障礙物線 ・近鐵路平交道線 ・調撥車道線	・減速標線	・路中障礙物體線 ・路旁障礙物體線 ・反光導標及危險標記	・慢 ・鐵路
禁制標線	・分向限制線 ・禁止超車線 ・禁止變換車道線 ・禁止停車線 ・禁止臨時停車線	・停止線	・槽化線 ・讓路線 ・網狀線 ・車種專用車道線 ・機車優先車道線 ・機車停等區線	・禁止變換車道 ・禁止停車 ・禁止臨時停車 ・越線受罰 ・車種專用車道標字 ・行車方向專用車道標字 ・停 ・禁行機車 ・速限標字
指示標線	・行車分向線 ・車道線 ・路面邊線 ・快慢車道分隔線 ・左彎待轉區線 ・自行車路線指示線	・行人穿越道線： A.枕木紋行人穿越道線 B.對角線行人穿越道線 C.斑馬紋行人穿越道線 ・公路行車安全距離辨識標線	・指向線 ・轉彎線 ・車輛停放線 ・機慢車左轉待轉區線	・左彎待轉區 ・地名、路名方向指示標字

2.1.2依照標線型態分類

以蔡鎮鴻2015年研究的分類為基礎[7]，標線型態的部分，主要分類原則依「交通工程手冊」、「交通工程規範」與「道路交通標誌標線號誌設置規則」等規則、規範及手冊之規定[1, 2, 8]，可分為線條、反光導線及危險標記、圖形、標字等，其中「交通工程手冊」、「交通工程規範」又將路面標記獨立為第 5 類[1, 8]，整理依標線型態分類之 5 種類型定義如下[1]：

(1) 線條：以實線或虛線標繪於路面或緣石上。

(2) 反光導標及危險標記：以反光或發光材質標示道路上的彎道、危險路段、路寬變化路段及路上有障礙物體。

(3) 圖形：以長方形、菱形、倒三角形、網狀線、斜紋線、X 型線、Y 型線、斑馬紋、枕木紋、箭頭或其他圖形劃設於路面上。

(4) 標字：包括文字或數字。

(5) 路面標記：代替應有之標線，或輔助原有標線、交通島、緣石或實體分隔設施界線。

2.1.3依照標線性質分類

以蔡鎮鴻2015年研究的分類為基礎[7]，道路標線以性質或材料做為分類方式，又可視為以不同的標線材料性質來分類，標線性質的分類方法可結合許多不同的相關文獻進行探討，在蔡鎮鴻的研究中，標線依性質分類可分為油漆型標線、熱拌型標線及成型標線等 3 種[7]。而對於標線的材料種類，也有許多不同研究彙整相關各種標線的材料種類，研究團隊彙整國內外的相關研究、規範及報告，整理相關標線材料分類方式如下[7, 9-17]：

表 3 相關研究、規範及報告中之標線材料種類(研究團隊整理)

文獻	標線種類
蔡鎮鴻 2015[7]	· 油漆型標線 · 熱拌型標線 · 成型標線
蔡全義、許阿明 2008[9] 蔡全義 2009[10]	· 溶劑型 · 熱熔型 · 雙組份 · 水性
新北市政府標線工程施工說明[18]	· 熱處理聚酯標線第 I、II 型 · 骨材標線 · 冷塑標線 · 成型標線 · 熱熔噴射標線
NZTA M7: 2017[13, 14]	· 溶劑型路線漆(Solvent-borne paint) · 水性路線漆(Waterborne paint) · 熱聚酯型(Thermoplastic) · 催化反應型，如冷塑(Catalysed system e.g. Cold Applied Plastic (CAP))
Carnaby, B. 2007[12]	· 水性路線漆(Waterborne Paint) · 溶劑型路線漆(Solvent Based Paint) · 熱聚酯型(Thermoplastic) · 冷塑型、雙組份(雙劑型)(Cold Applied, two component, Plastic)
華盛頓州交通廳 WDOT 2017[11]	· 漆料(Paint)： ➢ 依稀釋劑的不同可分為：溶劑或水性 · 聚酯料(Plastic)： ➢ type A: 液狀熱聚酯標線(Liquid Hot Applied Thermoplastic) ➢ type B: 預成型熱處理聚酯標線(Preformed Fused Thermoplastic) ➢ type C: 黏貼型成型標線(Cold Applied Preformed Tape) ➢ type D: 液狀 MMA(甲基丙烯酸甲酯)型冷塑標線(Liquid Cold Applied Methyl Methacrylate (MMA))

表 3 相關研究、規範及報告中之標線材料種類(研究團隊整理)

文獻	標線種類
佛羅里達州交通廳 FDOT 2020[16]	· 標準型路線漆(Standard Paint) · 持久型路線漆(Durable Paint) · 標準型熱聚酯材料(Standard Thermoplastic Material) · 預成型熱聚酯材料(Preformed Thermoplastic Material) · 持久性成型標線材料(Permanent Tape Materials) · 雙組份(雙劑型)材料(Two Reactive Component Material) ➢ 包含但不限於：環氧樹酯(epoxies), 聚酯類(polyesters)及氨酯類(urethanes) · 異型熱聚酯材料(Profiled Thermoplastic Material) · 高抗滑熱聚酯材料(High Friction Thermoplastic Material)
德州交通廳 TxDOT 2004[15]	· 熱聚酯材料(Thermoplastic) · 水性路線漆(Water-based paint) · 成型標線材料(Preformed tapes) · 環氧樹酯(Epoxy) · 聚脲類(Polyurea) · 改性氨酯類(Modified urethanes) · 甲基丙烯酸甲酯(Methyl methacrylate (MMA)) · 異型熱聚酯材料(Profiled thermoplastic) · 對比標線(Contrast markings) · 預成型熱聚酯材料(Heated-in-place thermoplastic)
Bahar, Geni, et al. 2006[17]	· 水性路線漆(Waterborne Paints) · 傳統溶劑型路線漆(Conventional Solvent Paints) · 熱聚酯型(Thermoplastic) · 成型標線(Tape) · 環氧樹酯型(Epoxy) · 甲基丙烯酸甲酯(Methyl Methacrylate, MMA) · 聚酯類(Polyester) · 聚脲類(Polyurea)

其中，在本計畫中所蒐集到的國內標線相關規範中，以新北市政府的標線工程施工說明[18]中所規範的標線種類較為多元，故在表 3 中納入比較，其餘國內標線相關施工規範則會在第 2.3 節進行說明。在新北市政府施工說明中，列出了 2 個國內標線相關規範較不常見的標線種類「成型標線」及「熱熔噴射標線」，因此在此引述該規範針對 2 個標線種類進行說明。「成型標線」在該規範中有特別說明是指「暫時性全天候反光成型標線」，其定義為「暫時性全天候反光成型標線係使用高分子材料，做成

立體突起方格狀，且使用聚氨酯(PU)塗布將乾燥及雨天會反光的顆粒珠子黏著住，以提供全天候的反光效果。」；另外，在規範中對於「熱熔噴射標線」所使用的防滑骨材及施工方式的描述，則是「…熱熔噴射標線使用防滑骨材需為硬質骨材或高溫鍛燒陶瓷骨材…熱熔噴射標線施作方式需為引擎動力噴射(灑)而成，且為能達速度一致性及有效控管噴塗厚度，施工機具應配有『厚度』自動調節且具備自動前進、後退等功能，以確保施作面完整均勻…」。

根據上述文獻之分類方式，可大致整理出 3 大類型的標線材料種類：路線漆、熱聚酯類標線及冷塑標線。其中路線漆的材料又可依稀釋劑或載體的不同分為水性及溶劑型，其中水性路線漆(Waterborne Paints)是歐美國家中最常使用的標線種類[17, 19, 20]；熱聚酯標線是一種粉末狀熱熔施工的材料，在各家廠商的原料配比不同的情況下，會有其不同性能的表現[7]，熱聚酯類型的標線材料不僅在歐美國家的使用率僅次於水性路線漆[19]，在亞洲地區更是最常被使用的標線種類[9]；冷塑標線又可稱為雙組份、雙劑型標線，由於甲基丙烯酸甲酯(Methyl Methacrylate, MMA)是最常被使用的材料，在許多國家中，冷塑標線亦會直接被視為 MMA 類型的標線，然而在美國環氧樹酯(epoxy)、聚脲類(polyurea)、氨酯類(urethanes)材料所製成之標線，通常也會被視為冷塑標線或雙劑型標線的一種，其共同的特點是會先在鋪設面上撒布抗滑粒料及玻璃珠，並將兩種以上的化學材料混合在一起，塗覆在路面上並使其產生催化效應使其固化[9]，不同的材料所需的固化時間會有所差異，依照相關文獻所述其固化時間可能從 30 秒到 40 分鐘左右不等。而這種材料最大的優勢在於其在低溫氣候下的耐久性非常優異，且其與路面的結合力也非常強，但是其造價較為昂貴，且施工需要一定的技術與機具[15, 21]。此一材料在許多國家已有相關的研究及應用規範，然而在臺灣雖然有許多標線採用冷塑材料，相關施工規範僅針對環氧樹脂砂漿標線部分有所規定[1, 22]，而相關研究也仍屬稀少。

2.2標線之性能

前一小節回顧並了解了標線的基本性質、材質及分類方式，然而不論何種形式或材質的標線，其性能才是與主管單位及用路人最密切相關。關於標線性能的規範，交通部部頒「交通工程規範」中的標線設置與設計原則提到：「標線宜具反光性及抗滑性，與其他交通工程設施配合使用時，應有相輔相成之效果。」[1]。另外，在 CNS 15834 所規範的標線性能中，則是規範了標線的反光、顏色及抗滑性能[6]。由此可見，標線的反光及抗滑性能係為標線的兩大重要性能，其中反光及顏色等兩項性能主要係為滿足「交通工程規範」中所提到的醒目性及易讀性等基本要求[1]。而標線之反光性能更是會直接反映出標線的能見度，並直接影響到標線的效能[23]，是故許多國內外的相關研究皆針對標線反光性能的提升、衰退情況、影響因素及其與道路安全之間的關聯，進行深入的研究與探討，希望藉此提升道路的安全性[17, 23-27]。

相較於極為豐富的標線反光性能相關研究及文獻，關於標線防滑性能的研究則顯得稀少許多，其原因可能在於國外用路習慣的不同。由於臺灣的機車密度，不論是以每平方公里還是每千人的機動車輛數(根據交通部統計處調查世界主要國家統計數據比較資料顯示，截至 2018 年為止，臺灣機動車登記輛數已達 2,187 萬輛，逼近臺灣人口)，都較世界上的主要國家來得高出許多[28, 29]，是故相對於世界上的主要國家，道路的防滑性能對臺灣而言是一項影響道路安全極為重要的因素。而直轄市也在近年開始積極推動標線抗滑能力的提升[30-34]，希望將道路標線的抗滑能力提升到 65BPN 以上，以改善道路安全。臺中市政府自 104 年起推動之路平專案，便將提升標線抗滑能力納入改善內容，且由內政部警政署之 97 至 108 年的機車自摔事故數，以及機車自摔事故占總事故件數比例統計資料可看出 (如圖 3、圖 4)[35]，臺中市在自摔事故的統計數據上有逐年下降的趨勢。惟臺中市政府推動之路平專案包含路面平整及標線抗滑能力提升，兩者均有可能影響機車是否發生自摔事故，然而目前並沒有進一步的數

據或研究，單就標線抗滑能力的提升對於機車自摔事故的影響程度進行探討或驗證。另外，從相關的新聞稿或新聞報導可知，其他縣市皆稍晚開始推動標線抗滑係數的提升[30-34]，仍在評估階段，故尚須一段時間觀察後續的趨勢。

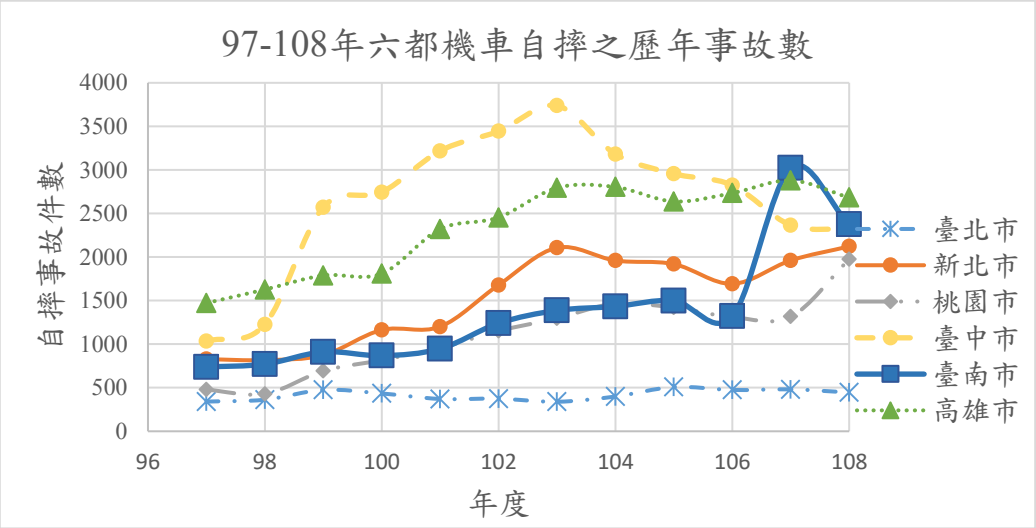


圖 3 97-107 年六都機車自摔之歷年事故數

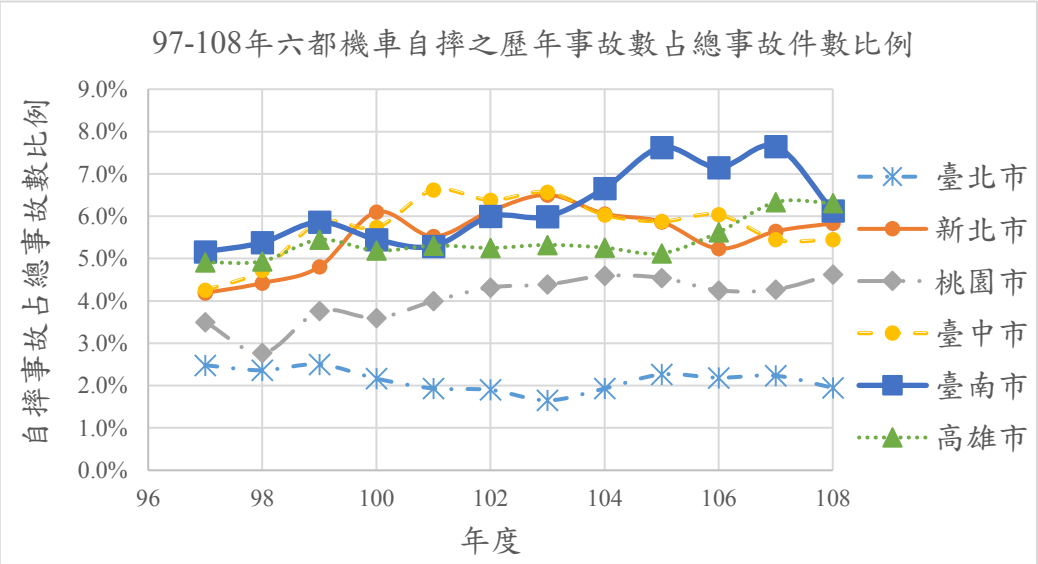


圖 4 97-108 年六都機車自摔之歷年事故數占總事故件數比例

由前述相關新聞資料可知，多數道路主管機關皆認同標線抗滑能力的提升，對於臺灣道路安全的改善具有一定的影響力，然而對於 65BPN 標線的抗滑性能可維持多久，是後續在分析採用 65BPN 之效益時需探討的

重要議題。故在本小節後續的文獻回顧中，研究團隊將著重於道路抗滑性能與道安之間的關聯，進行簡要的敘述性回顧，並針對標線抗滑的國內外相關規範及研究進行探討。

2.2.1抗滑性能之意義

摩擦力的古典定律為庫侖摩擦定律(Laws of Coulomb Friction)，又稱為庫倫摩擦(Coulomb friction)，而其表示方程式如式 1[36]。

$F = \mu \times N$ ---------- 式 1

其中，μ=摩擦係數; N=垂直作用力; F=摩擦力

現代對於輪胎和鋪面之間摩擦力的瞭解，從 Kummer[37]認為橡膠材料亦或輪胎主控著摩擦力，鋪面抗滑能力有兩個獨立的機制，分別為黏著力和遲滯力，是由車輛輪胎與鋪面之間因局部壓力，使得分子結合而產生黏著力，而在車輪滑動時這種黏著力擴展、斷裂且衰退，直至新分子黏著力產生，因此可能造成能量損失而產出黏著摩擦力；由於鋪面粒料不規則之尺寸、間距與排列方式使得輪胎紋理產生變形，當車輪壓過粗糙粒料時，輪胎接觸面係處於壓力狀態，而在離開粒料則處於解壓狀態，但是當解壓時並不是所有的能量都被恢復，將會有部分能量轉化為熱能消散，因而產生出遲滯摩擦力。黏著力與遲滯力之方程式如式 2。

$F = F_a \times F_h$ ----------式 2

其中，F_a=黏著力(Adhesion Force)；

F_h=延滯力(Hysteresis Force)；

F=摩擦力

臺灣不論在冬季或夏季的降雨，均可能提高用路人車輛的車輪在濕滑路面上產生水飄打滑(Hydroplaning)的現象。產生水飄打滑現象大概有 3 個過程[38-40]：車輪水飄打滑的現象來自於濕滑路面上的水膜，當一定速度下的車輛經過濕滑路面為正常的狀況(Normal)，因為車輪滾動具備一定的速

度讓水膜逐漸累積在車輪前(Transition)，而這些逐漸累積起來的水膜厚度會抬升輪胎使其失去與鋪面的接觸，造成失去車輪與鋪面之間的摩擦力造成打滑現象(Hydroplaning)，也使得駕駛人失去控制車輛方向的能力。學者 John C. Glennon 在研究中提到一個基本的經驗法則(rule of thumb)指出，當一般 4 輪車輛速度超過每小時 72.4 公里(每小時 45 英里)經過一個厚度高於 2.6 公釐的水膜(0.1 英吋)且長度超過 9.2 公尺(30 英尺)的路段，很有可能會產生車輪水漂打滑的現象[38]。因此濕滑路面的交通意外事故往往與車輪水漂打滑現象息息相關，車速越高、被磨損失去抗滑能力的鋪面越廣、雨量越高等等現象，均可能會提高車輛打滑的機會。雖然水漂打滑現象成因複雜，基本上與道路、環境、駕駛及車輛因素相關，包含以下幾點因素[38]：

- 道路因素(直接影響水膜厚度)：(1)車道輪跡位置之車轍深度(2)鋪面表面巨觀紋理(3)鋪面表面微觀紋理(4)鋪面橫剖面洩水坡度(5)道路等級(6)道路寬度(7)道路線型曲線設計(8)縱向沈陷。
- 環境因素(直接影響水膜厚度)：(1)雨量強度(2)降雨時間。
- 駕駛因素(與水膜厚度相關)：(1)車速(2)加速度(3)煞車(4)轉向。
- 車輛因素(與水膜厚度相關)：(1)胎紋磨耗(2)車輛荷載及胎壓(3)車輛種類。

由上述文獻資料可瞭解，影響車輛打滑的因素有許多，另外也有許多研究指出，影響道路安全或輪胎與路面間摩擦係數的因素不僅止於道路因素[41, 42]，然而營造一個安全的道路環境，包含提供良好的道路抗滑能力，仍可有效提升道路的安全性。而道路的抗滑能力也受到鋪面設計與施工因素所影響，表面排水不佳將直接影響水膜厚度，進而導致車輛因打滑而發生意外事故的機率增加，國內外也有許多相關研究指出道路抗滑能力與道路安全的關聯性，並對各種材質及紋理的鋪面，在不同的天氣狀況下的抗滑性能進行瞭解[43-49]。

在邱宜謙及江東旭的研究中曾基於接觸面特性的因素，對標線抗滑能

力相對鋪面較低的原因提出解釋，該研究指出，標線表面較為光滑且在無任何添加料之情形下，較無粗質與細質紋理可供排水，因此抗滑性能相較於鋪面而言較差[20, 50]，而在用路人騎乘機車的過程中，可能會因標線的抗滑性能較低而造成道路安全上的危害，因此標線抗滑能力對道路安全的影響是不能輕忽的一環。美國運輸研究委員會 (Transportation Research Board)在 2009 年的報告，也指出標線的抗滑能力較瀝青鋪面的抗滑能力差，並進一步說明造成道路安全危害的主因，主要在於大面積的標線造成剎車距離(skid stopping distance)的增加，以及道路標線與鋪面之間的抗滑能力兩者間有所落差[4]。另外，在該報告中也指出希望透過單一條件(例如：防滑能力)來預測交通事故或是打滑事故的這種假設，是一廂情願的想法(a wishful thinking)[4]，這也呼應了前述回顧的文獻中提及關於車輛打滑原因包含了許多因素，且在各種不同的駕駛行為或環境因素底下，車輛所需的抗滑能力也會有所差異。因此可了解雖然道路標線的防滑性能對道路安全的影響是不能輕忽的一環，但也不能將之視為單一的影響因素。

2.2.2國內標線抗滑性能相關研究

丘宜謙君[20]在 2006 年的研究中探討國內常用標線材料的抗滑特性，研究結果顯示，我國常用的熱處理聚酯標線抗滑能力在添加20%玻璃珠及外灑石英沙，在英式擺錘數 BPN 及動摩擦數有良好的正相關；在現地標線監測試驗中發現，乾燥時候標線具備良好的抗滑能力，然而在潮濕時候普遍抗滑值偏低，甚至未達 45 BPN。經過數月的監測之後發現，標線抗滑能力在劃設後 4 至 5 個月會有上升的趨勢。

彭學震君[51]在 2015 年的研究中指出，影響路面防滑能力的因素包含：速度、溫度、季節變換與道路表面污染程度等，並在研究中指出標線的防滑能力與機車安全有顯著相關。

本所[3]在2016年針對道路交通安全改善方案之發展與評估的研究中，

對於「加強道路標線防滑能力」改善方案進行分析，並建議建立道路標線管理系統以定期追蹤管理標線的各項性能，且可建立道路標線管理系統與事故資料庫之間的連結，定期交叉比對以瞭解道路標線抗滑能力與相關事故頻次之關聯。

江東旭君[50]在 2017 的研究中，探討熱處理聚酯標線同時兼具抗滑及反光性能的標線配比設計，建議在聚酯材料中加入重量比 10%高反射玻璃珠及 30%的 CNS I 型反光玻璃珠進行拌和，同時再將以 1:1 比例混合的高反射玻璃珠與石英砂，以每平方公尺 300 公克的方式均勻灑佈在仍然呈現融溶狀態下的標線表面。根據現地試驗 8 個月的性能表現指出，在初始抗滑係數為 55 BPN，而 8 個月後仍然維持在 50 BPN 左右。

洪家程君[52]在 2018 年的研究中以 3D 列印方式印製 3 種不同表面壓紋為十字形、交叉斜線型及橫線型，並將 3 種不同壓紋形式壓製在 45 BPN 熱處理聚酯標線上，同時以#100 號砂紙以反覆磨耗進行 5,600, 8,400, 10,800, 及 12,000 次的磨耗，在以砂紙磨耗完成之後進行英式擺錘試驗發現，一般標線在磨耗 12,000 次以後，英式擺錘數為 48 BPN，比較十字線、交叉斜線及橫線之 56BPN、51 BPN 及 54BPN 均相對較低，可推測增加標線表面紋路或能提高標線的抗滑能力。

交通部公路總局材料試驗所[23]於 2017 年與臺大慶齡工業中心合作，進行熱處理聚酯標線抗滑與反光度的研究，研究結果指出：標線反光性能 3 個指標(擴散照明下之輝度係數 Q_d、乾燥狀態下之回歸反射輝度係數 R_L 及潮溼狀態下之回歸反射輝度係數 R_{LW})中，建議在乾燥狀態下進行量測與分析，因為文獻中指出潮濕狀態下的標線反光度，需要特殊材料或更高單價的材料才足以達成其性能；此外在標線抗滑能力性能上，建議沿用交通工程規範中所採用的英式擺錘 BPT，並且建議採用合適的溫度校正公式來進行現地試驗數據校正，確保合理與公平性；外灑玻璃珠及抗滑粒料為影響標線初期反光及抗滑能力的主要原因，並且兩者間屬於互斥的關係，於現行規範下難以同時兼具高反光或高抗滑兩種性能。在

研究中使用的高反射玻璃珠(折射率>1.64)為最為推薦的反光材料，而抗滑粒料方面則推薦與 CNS 4342 規範中第一類粒徑大小相仿的石英砂，在抗滑表現上最為優異；在現地試驗中對於行穿線所劃設的高抗滑標線進行抗滑能力的監測，在劃設後 2 周內的抗滑係數均可達 65 BPN，然而在 2 個月後及 6 個半月後分別減至 51 及 49-BPN。研究建議若採用標線保固合約的方式，在一定期間以內(例如保固 1 年)，標線抗滑及反光保固性能建議為 45 BPN ，以及乾回歸反射輝度係數 R_L 100 mcd/m^2/lx 為宜。表 4 為該研究中針對不同地區公路標線功能性，包含抗滑與反光能力的建議驗收標準。

表 4 不同地區公路標線功能性建議驗收標準[23]

地區(註 1)	標線抗滑能力(註 4)		標線反光能力(註 4)	
	BPN_{30}(註 2)	CNS 15834 等級	R_L(註 3)	CNS 15834 等級
都會區	55	S3	150	R3
平原區	50	S2	150	R3
丘陵區	50	S2	200	R4
山嶺區	50	S2	200	R4

註 1：公路所在地區依公路總局認定，若有特殊情況可由工程主辦機關依實際狀況調整之。

註 2：此 BPN 驗收標準為依據標準溫度 30°C，其餘溫度下應依表 7-6 判斷。

註 3：若在安全評估下採用具反光性能且突起之路面標記作為標線的補充或替代時，只要從任何位置上觀看標線時，均能在視線範圍內至少可看到 3 個路面標記，即可不適用此標準。於兩輪車使用較為頻繁之處亦須注意突起標記是否對該等車輛之行駛造成安全上之影響。

註 4：標線性能驗收建議於施作完成後 2 周內完成。

交通部公路總局邱瑞昌等人[53]於 2017 年同樣對於標線功能性包括抗滑能力與反光強度進行探討。研究結果指出，標線厚度經過一年的追蹤檢測厚度隨時間增加而下降；新繪標線的初期 R_L 偏低，惟經 1 年期的追蹤檢測發現呈逐步上升趨勢，研究期間可達 R_3(150 mcd/m^2/lx)等級反光性能；在臺灣南北兩地的標線功能性試驗中指出，標線抗滑與反光性能似乎呈現此消彼長的現象，兩處標線的初期抗滑能力均達 60 BPN 以上，然而初期的乾回歸反射輝度係數 R_L 均無法達到 100 mcd/m^2/lx。抗滑能力 BPN 在一年後約下降至 50-55 BPN 左右，R_L 則在一年後均上升達到 100 mcd/m^2/lx。

2.2.3國外標線抗滑性能相關研究

美國評估道路標線性能係依據以美國聯邦公路總署(Federal Highway Administration, FHWA)所出版的 Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD, 2009)[54]，然而大多數的規範要求在於標線材料品質、夜間可視度或規範中所要求的標線反光強度，對於道路標線的抗滑能力，在該份官方手冊中並沒有特別被重視。

Anderson 等人[55, 56]在 1980 及 1982 年的研究中針對不同標線材料劃設在密級配瀝青混凝土、開放級配瀝青混凝土及水泥混凝土上，以拖式鎖輪及英式擺錘設備，嘗試評估出最低可接受的標線抗滑能力。研究成果指出，鋪設形式的熱處理聚酯標線，由於表面的紋理明顯高於注入形式的聚酯標線，因此使其提高標線的抗滑能力。研究中同時針對 4 輪車輛及 2 輪機車進行分析，並在結論提出由於車輛運動方式、轉彎模式、車輛穩定性及駕駛人行為的機制不同，使標線抗滑能力與 2 輪機車的交互作用關係，比 4 輪車輛而言較難以被量化。即使標線因為交通量的磨耗而使得抗滑能力降低，對於 4 輪車輛的影響可能會遠低於 2 輪機車，反而是道路及車道線型對於交通安全的提高可能有更大的效益。

Harlow[57]在 2005 年的研究中說明紐西蘭所使用的道路標線分為(A)TRANSIT NZ M/7 道路標線漆(Roadmarking paint)，其抗滑係數為不低於 30 BPN；(B) TRANSIT NZ M/20 長效道路標線材料(Long-life roadmarking materials)，其抗滑係數為不低於 50 且不高過 65 BPN；(C) TRANSIT NZ P/20 及 P/22 反光標線材料(Reflectorised roadmaking)，若使用的標線材料厚度低於 0.9mm(例如：標線漆(paint))，其抗滑係數不低於 45 BPN，然而若使用的標線材料厚度高於 0.9mm(例如：熱聚酯及長效道路標線材料(thermalplastic and long-life materials))，其抗滑係數不低於 50 且不高過 65 BPN(前述的紐西蘭相關規範系為 2005 年該研究彙整之規範，並非最新規範，紐西蘭最新的標線抗滑相關規範會在第 2.3.2 節進行更詳細的敘述)。結論中指出在紐西蘭，45 BPN 的標線應該適用於行人會行走

的區域、橫向標線、地面字體等交岔路口周圍的標線設施，除此之外，縱向標線維持至少抗滑能力在 40 BPN，其他精進策略應該放在標線反光強度，包括夜間潮濕道路標線的反光強度，以增進交通安全。

Rodin III, H., S. Nassiri, and M. Yekkalar[58] 在 2018 年嘗試以英式擺錘評估標線抗滑能力，具備反光玻璃珠的熱處理聚酯標線在乾燥、潮濕及冰雪狀況下，抗滑係數分別為 62 BPN、40 BPN 及 30BPN。研究結果指出，英式擺錘數 BPN 雖然無法模擬機車或自行車在煞車減速時在標線上的狀況，然而英式擺錘可為一具備提供客觀標線抗滑能力的工具，建議在標線不同乾濕情況下，評估不同標線材料的抗滑能力。

美國運輸研究委員會 (Transportation Research Board)[4]在 2009 年就路面不連續性對於道路安全的影響提出的報告中，分為數項主題進行探討。在「輪胎與鋪面間的摩擦力(Tire-Paveent Firction)」相關的結論中，提出數點主要結論：

1.透過單一條件(例如：防滑能力)來預測交通事故或是打滑事故幾乎無法達成，並說明要考量路面摩擦力是否足狗，必須在不同的駕駛情境下，例如：煞車、轉彎或加速狀況下，去考量在特定情境下車輛所需的摩擦力；

2.輪跡(wheel paths)之間的摩擦力變化，可能會造成駕駛人在煞車時更難以控制車輛，進而造成危險；

3.當駕駛人行駛在道路上時，時常會遭遇到不同抗滑性能的路面，然而駕駛能否察覺或預判即將遇到的抗滑能力落差之路面，進而調整駕駛行為是影響道路安全的關鍵，若無法感知到道路抗滑性能可能產生的落差，並因此造成可能的路況誤判或駕駛行為未做出對應調整，就有可能造成潛在危害；

4.標線的抗滑能力較瀝青鋪面的抗滑能力差，並進一步說明造成道路安全危害的主因在於大面積的標線造成剎車距離(skid stopping distance)

的增加，以及道路標線與鋪面之間的抗滑能力落差。其中，標線所造成的抗滑能力落差，可能導致 4 輪或 2 輪交通工具的輪子會行駛在抗滑能力落差極大的路面上，進而構成潛在的危害；

5. 當駕駛人無法對抗滑能力較低的路面做出反應，而造成單一車輛失控(single-vehicle loss of control)，也可能造成事故發生，當車輛行駛出路側時，駕駛人可能會對此做出過度反應，進而導致碰撞或翻車，而在這種情形下若駕駛人未繫好安全帶，可能會導致更嚴重的事故。

日本的路面標示材料協會(路面標示材協會)[59]在 2006 年曾經以 3 種試驗標線材料(內含 15%、30%的陶瓷骨材以及內含 30%的石英砂)，與現行的標線材料比較，觀察試驗標線材料是否能有效的提升標線抗滑能力。該試驗的結果採用英國交通部交通研究實驗室(Transport Road Research Laboratory, TRRL)在 1969 年，所提出的第二版「Road Note27 攜帶式防滑檢測儀使用說明(Instructions for using the portable skid-resistance tester)」進行試驗，包含以試驗面溫度為基準將 BPN 值校正到 20˚C 下的狀態[60](校正方式及詳細說明於 2.4.1 節)，以試驗面溫度為基準將 BPN 值校正到 20˚C 下的狀態。該研究僅在一處試驗地點的行穿線進行為期一年的標線抗滑能力監測，並分別在剛鋪設完成時，以及鋪設後的 1、3、6、9、12 個月後進行長期監測。從監測的結果可知剛鋪設完成時，標線的抗滑能力是最高的，3 種試驗材料的抗滑值約在 70-80BPN(為經過溫度校正轉換過後的 BPN 值，後續亦同)左右，而原先使用的標線材料則是落在 55BPN 左右。在經過了 1 個月之後，標線的抗滑能力有了顯著的下降，並在經過 6 個月過後會微幅上升。最終，在鋪設經過了 12 個月後，試驗材料的標線約可以維持在 60 至 65BPN 左右，相較於原先所使用的標線材料僅能維持在 40BPN 而言，上升了 20BPN 左右。而在 3 種不同的試驗材料中，以內含 30%骨材的標線材料表現最佳，在經過 12 個月後，相較於僅含 15%骨材的標線材料而言，BPN 值高出約 5BPN 左右。然而，在結論中該研究也提到其研究成果是基於單一試驗地點所提出，應再納入更多不同的試驗地點進行評估。

2.3標線之抗滑性能規範

2.3.1國內標線抗滑性能規範

目前國內標線抗滑性能的相關規範，主要有交通部頒布之「交通工程規範」[1]及國家標準檢驗局所訂定之「CNS 15834 道路標線使用性能」[6]兩項規範或標準得以依循。這兩項規範或標準之試驗方法分別對應美國規範 ASTM E303-93(2003)[61]與歐盟規範 EN 13036-4:2007[62]，雖然兩項規範或標準使用的是同一種儀器，但是因規範中關於正向力、滑塊材質、溫度校正等差異，兩者並無法直接轉換，交通部公路總局材料試驗所[23]及交通部公路總局邱瑞昌等人[53]皆在其研究中，針對兩項規範及標準之試驗方法有詳細的比較。然而，現行實務上多數試驗及規範多採用「交通工程規範」[1] 附錄「英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟」之試驗方法進行試驗，同時以該規範之規定為基準進行調整，即標線應於劃設完成 2 週內檢測完畢，且標線抗滑係數需在潮濕狀態下進行英式擺錘試驗 (British Pendulum Tester, BPT)所得之英式擺錘試驗值(Britich Pendulum Number, BPN) 45BPN 以上。以下引述公路總局材試所與臺大嚴慶齡工業研究中心合作提出的研究報告中整理的比較表進行簡單的比較[23]。

表 5 英式擺錘於交通工程規範與 CNS 15834 之比較表[1, 23, 62]

規範	交通工程規範	CNS 15834
抗滑指標	BPN	SRT
原理	英式擺錘利用能量損耗原理，測量橡膠塊在測試面滑過時的能量損失	模擬一台裝有花紋輪胎的車輛，在潮濕路面上，以 50km/h 煞車鎖死輪胎時之性能
擺錘質量	(1500±30) g	(1500±30)g
正向力	(2500±100) g	22.2 N(2265 g)
橡膠滑塊尺寸	75 mm×25 mm×6 mm (3 in × 1 in × 1/4 in)	76.2mm×25.4mm×6.3 mm(3 in × 1 in × 1/4 in)
橡膠滑塊性質	天然橡膠符合英國道路研究所（Road Research Laboratory）規定或合成橡膠符合ASTM E501	如下表 6
橡膠滑塊之撞擊緣磨損	寬度減少不超過 3.2mm，厚度減少不超過1.6mm。	水平 3.2 mm，垂直 1.6 mm
更換橡膠滑塊後之處理	新的橡膠滑塊預先要在60號矽碳化合布料(No. 60 grade silicon carbide cloth)(CNS 1074 之60 號砂紙)或同等級產品上於乾燥狀況下擺動十次	更換新橡膠滑塊後，先以符合CNS 1074 之P400碳化矽砂紙在乾燥狀況下重複擺試5 次，再以3μm 氧化鋁砂紙在潮濕狀況下重複擺試25次
潑水量	20cc 足夠水量	(100±20)mL
橡膠滑塊滑動長度	(125±1.6) mm	125 mm~127 mm
檢測操作	測試4 次，且計算平均值	測試5 次，差值不超過3，取5 次平均值為SRT
溫度校估	無溫度修正	溫度修正如下表 7

表 6 橡膠滑塊性質[1, 23, 62]

溫度 ℃	回彈性 % Lupke(a)	硬度 IRHD(b)
0 10 20 30 40	43~49 58~65 66~73 71~77 74~79	55±5
註(a)Lupke 回彈性試驗，依CNS 3561。 (b)國際橡膠硬度等級(International Rubber Hardness Degree)，依 CNS 3555 之規定。		

表 7 SRT 值溫度修正表[1, 23, 62]

橡膠滑塊溫度(a) °C	SRT 量測值修正值
36~40	+3
30~35	+2
23~29	+1
19~22	0
16~18	-1
11~15	-2
8~10	-3
5~7	-4
備考：路面紋路會影響SRT 修正值。 註(a) 橡膠滑塊溫度為濕橡膠滑塊量測前及量測後溫度之平均值。	

除了前述的部頒規範及國家標準外，中央及地方道路主管機關也各自有訂定施工規範，本計畫研究與三都交通局及公路總局共 4 個機關合作，彙整相關規範(詳如附錄五)並進行比較，以瞭解不同規範間的差異。惟由於規範內容繁多，故在此處不納入詳細的比較，僅針對與標線抗滑性能，以及抗滑性能相關性較大的玻璃珠含量與外觀良率等規範內容進行探討。

目前國內標線相關抗滑規範中，在中央級道路機關方面，包含交通部公路總局[63](109/06 版)、高速公路局[64](103/10 版)、行政院公共工程委員會[22](109/01 版)及內政部營建署[65](101/06 版)的標線相關規範，規範內容大多以交通工程規範或交通工程手冊(高速公路局及內政部營建署之最新相關規範更新年份分別為 103 及 101 年，在規範中仍以交通工程手冊為基礎)來制訂。其中，4 個中央級道路機關在規範中所規範的標線種類也有所不同，然而在本計畫研究中主要的研究標的為具一定抗滑能力之標線，而針對「油漆標線」及「環氧樹酯標線」等兩類標線皆沒有針對標線的抗滑性能訂定規範，故針對中央級公路機關規範之標線，僅比較其中的「熱處理聚酯標線」一類。以下分為抗滑性能、抗滑係數檢測頻率、玻璃珠含量及玻璃珠外觀良率等 4 個項目，進行敘述性的比較。

1. 抗滑性能：

在抗滑係數的規範上，公共工程委員會之施工綱要規範、高公局主管國道及營建署道路組主管市區道路的部分，在標線抗滑係數上的要求為 45BPN，而公路總局則將標線種類劃分為 50BPN 及 65BPN 兩種不同抗滑性能之標線，其對於抗滑係數的規範亦如其名稱分別為 50BPN 及 65BPN 以上。

2. 抗滑係數檢測頻率：

工程會及高公局並未針對抗滑係數檢測頻率特別訂定規範，而營建署規範中則有規定標線抗滑係數檢驗每 2000m^2 檢驗 1 組，每組隨機取 3 處地點檢測取平均值；不足 2000m^2 者，仍應檢驗 1 組取平均值。

在公路總局的規範除了一般標線抗滑檢測頻率為每 2000 m^2 隨機取 3 處檢測外，特別增加在行人穿越道標線路口增加檢測 1 處地點。

3. 玻璃珠含量：

工程會、高公局及營建署皆要求標線的玻璃珠含量，符合規範的玻璃珠內含重量比必須大於 30%，施工中標線表面尚在熔融狀態時，高公局規定須再以 160g/m^2 之玻璃珠用量均勻撒佈於其表面，工程會及營建署則規定須再於每公尺長度內，以每 10cm 寬使用 16g 以上之玻璃珠用量均勻撒布於其表面。而公路總局則因應不同抗滑能力的標線，分別要求 50BPN 標線的玻璃珠含量，符合規範的玻璃珠內含質量比必須大於 30%；65BPN 標線的玻璃珠含量，符合規範的玻璃珠內含質量比則必須大於 18%，並規定除均勻摻有原規定含量之玻璃珠外，施工中標線表面尚在熔融狀態時，50 BPN 標線須再以反光玻璃珠(用量 160g/m^2)均勻撒佈於其表面；65 BPN 標線則需再以反光玻璃珠(用量 160g/m^2)、原標線材料內防滑骨材或其他抗滑材料等均勻撒佈於其表面，完工後表面含外撒材

料之標線顏色應符合相關規定。

4. 玻璃珠外觀良率：

工程會、高公局及營建署皆沒有特別針對玻璃珠外觀良率訂定規範，公路總局則是針對 50BPN 標線的玻璃珠外觀良率訂有依據 CNS 4342 規定，檢驗玻璃珠瑕疵比率須在 20%以下之規定；而 65BPN 標線則沒有玻璃珠外觀良率的規定。

各地方政府方面除了採用過去常見的 45 BPN 熱處理聚酯標線外，也開始採用所謂防滑標線，亦即 65 BPN 的熱處理聚酯標線。在目前政府推動的前瞻基礎建設「提升道路品質計畫」，亦有補助六都試辦 65BPN 標線實際鋪設。研究團隊蒐集 6 個直轄市包含臺北市[66-68]、新北市[18]、桃園市[69]、臺中市[70, 71]、臺南市[72]及高雄市[73]的第 02898 章標線施工規範說明或特定規範，其中在本計畫中主要係與臺北市、新北市及臺中市等 3 都合作，並取得最新規範，而關於桃園市、臺南市及高雄市等 3 都之相關規範，僅能從各地方政府網站上的公開資訊搜尋相關施工規範進行比較，無法得知是否有其他關於標線的特定規範或施工說明。此外，臺北市及臺中市皆針對標線另訂有特定規範，故將以特定規範為主進行比較。在臺北市、新北市、臺中市及高雄市之相關規範中，均已經具備「熱處理聚酯標線第 II 型」(即「65 BPN 標線」)施工規範或特定規範。而在 6 都的標線相關規範中，也各自有不同的標線種類及相應的標線規範，其標線種類整理如下(使用各都規範中所使用之名稱)：

1. 臺北市(結合標線及彩色鋪面工程兩項特定規範)：熱處理聚酯標線第 II 型、油漆標線、骨材標線、彩色鋪面。
2. 新北市：熱處理聚酯標線(第 I 型及第 II 型)、骨材標線、冷塑標線、成型標線、熱熔噴射標線。
3. 桃園市：油漆標線、熱處理聚酯標線。
4. 臺中市：熱處理聚酯標線第 I 型(目前已無採用此工項)、熱處理聚

酯標線第 II 型、油漆標線、骨材標線。

5. 臺南市：熱處理聚酯標線。

6. 高雄市：熱處理聚酯標線(第 I 型及第 II 型)、油漆標線。

其中，各都相關規範所訂定之標線種類，僅有熱處理聚酯標線、骨材標線、彩色鋪面、冷塑標線、成型標線及熱熔噴射標線訂有抗滑能力之相關標準，其中除了熱處理聚酯標線與骨材標線在大多數的地方政府中有所規範外，其他類型的標線皆僅有少數的地方政府有特定規範或施工說明。故在此將以「熱處理聚酯標線」、「骨材標線」及「其他」做為標線分類基礎進行比較，其中「熱處理聚酯標線」部分又將分為「45/50 BPN 標線」與「65 BPN 標線」。基於前述的標線種類，比較的項目將涵蓋：抗滑性能、抗滑係數檢測頻率及玻璃珠含量等 3 項，因地方政府皆沒有訂定玻璃珠外觀之規範，故不進行比較。

◆ 「45/50 BPN 標線」(臺北市無此類標線，臺中市政府目前雖無採用此工項，然規範中仍保有相關規定，故還是納入比較。)

1. 使用名稱：

新北市、臺中市、高雄市：熱處理聚酯標線第 I 型。

桃園市、臺南市：熱處理聚酯標線。

2. 抗滑性能：

新北市：潮濕狀態下，劃設完 2 週內需達 45BPN(SRT)以上，抗滑檢驗每次隨機取 3 處地點現場檢驗取平均值。

桃園市、臺中市：潮濕狀態下，實測值 45BPN 以上，以檢驗繪設完成 2 週內之標線為原則，抗滑檢驗每次隨機取 3 處地點現場檢驗取平均值。

臺南市：潮濕狀態下，實測值 50BPN 以上，以檢驗繪設完成 2 週內之標線為原則，抗滑能力檢測每場則隨機抽驗 6 處地點。

高雄市：潮濕狀態下，實測值 50BPN 以上，且應於施作完成後之 2 周內檢測完畢，每批隨機取 3 處地點檢測取平均值。

3. 抗滑係數檢測頻率：

新北市：

(1) 數量不足 1,000 m^2 時，免檢驗。

(2) 數量 1,000 m^2(含)至 5,000 m^2(含)抽料送驗 1 次。

(3) 數量超過 5,000 m^2 時，每增加 5,000m^2 再抽料送驗 1 次，餘額不足 5,000 m^2 免測。

桃園市、臺中市：

(1) 數量＜1000 m^2：免檢驗。

(2) 1000 m^2≦數量≦3000 m^2：檢驗 1 次。

(3) 數量＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次。

臺南市：

(1) 工程累積派工數量在 1,000 m^2 (含)以下免抽驗。

(2) 工程數量 1,000~5,000 m^2 (含)，抗滑能力檢驗 1 場。

(3) 工程數量 5,000 m^2 以上，每 5,000 m^2 抗滑能力檢驗 1 場。

(4) 餘數未達 2,500 m^2 者，併入前 1 場檢驗，超過 2,500 m^2 為單獨 1 場檢驗。

高雄市：

(1) 標線抗滑係數檢驗每 2000m^2 檢驗 1 批，每批隨機取 3 處地點檢測取平均值。

(2) 不足 2000m^2 者，仍應檢驗 1 批，隨機取 3 處地點檢測取平均值。

4. 玻璃珠含量：

新北市：25％以上(未說明採用質量比或重量比)，或滿足「乾糙道路標線輝度係數(*Qd*)：白色標線劃設於瀝青混凝土及水泥混凝土上時需分別達 CNS 15834 表 1 中 Q2 及 Q3 等級；黃色標線需達 Q1 等級，及乾燥道路標線車輛燈頭照明下回歸反射(R_L)：白色及黃色標線需分別達 CNS 15834 表 3 中 R2 及 R1 等級。」等要求。

臺南市：30%質量比以上。

桃園市、臺中市、高雄市：30％重量比以上。

◆ 「65 BPN 標線」(桃園市、臺南市無此類標線)

1. 使用名稱：

臺北市、新北市、臺中市、高雄市：熱處理聚酯標線第 II 型。

2. 抗滑性能：

臺北市、臺中市、高雄市：潮濕狀態下，實測值 65BPN 以上，以檢驗繪設完成 2 週內之標線為原則，抗滑檢驗每次隨機取 3 處地點現場檢驗取平均值。

新北市：潮濕狀態下，劃設完 2 週內需達 65BPN(SRT)以上，2 週後至 1 年內需達 50BPN(SRT)以上，抗滑檢驗每次隨機取 3 處地點現場檢驗取平均值。

3. 抗滑係數檢測頻率：

臺北市：

(1) 累計實作數量＜1000 m^2：檢驗 1 次。

(2) 1000 m^2≦累計實作數量≦3000 m^2：再抽料送驗 1 次。

(3) 累計實作數量＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次。

新北市：

(1) 數量不足 1,000 m^2 時，得視需要檢驗 1 次。

(2) 數量 1,000 m^2(含)至 5,000 m^2(含)抽料送驗 1 次。

(3) 數量超過 5,000 m^2 時，每增加 5,000m^2 再抽料送驗 1 次，餘額不足 5,000 m^2 免測。

臺中市：

(1) 數量≦3000 m^2：檢驗 1 次。

(2) 數量＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次。

高雄市：

(1) 標線抗滑係數檢驗每 2000m^2 檢驗 1 批，每批隨機取 3 處地點檢測取平均值。

(2) 不足 2000m^2 者，仍應檢驗 1 批，隨機取 3 處地點檢測取平均值。

4. 玻璃珠含量：

臺北市、臺中市、高雄市：18%重量比以上。

新北市：18%以上(未說明採用質量比或重量比)，或滿足「乾糙道路標線輝度係數(Q_d)：白色標線劃設於瀝青混凝土及水泥混凝土上時需分別達 CNS 15834 表 1 中 Q2 及 Q3 等級；黃色標線需達 Q1 等級，及乾燥道路標線車輛燈頭照明下回歸反射(R_L)：白色及黃色標線需分別達 CNS 15834 表 3 中 R2 及 R1 等級。」等要求。

◆ 「骨材標線」(桃園市、臺南市、高雄市無此類標線)

1. 使用名稱：

臺北市、新北市、臺中市：骨材標線。

2. 抗滑性能：

臺北市、臺中市：潮濕狀態下，實測值 65BPN 以上，以檢驗繪設完成 2 週內之標線為原則，抗滑檢驗每次隨機取 3 處地點現場檢驗取平均值。

新北市：潮濕狀態下，劃設完 2 週內需達 65BPN(SRT)以上，抗滑檢驗每次隨機取 3 處地點現場檢驗取平均值。

3. 抗滑係數檢測頻率：

臺北市：

(1) 累計 實作 數量＜1000 m^2：檢驗 1 次。

(2) 1000 m^2≦累計實作數量≦3000 m^2：再抽料送驗 1 次。

(3) 累計實作數量＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次。

新北市：

(1) 數量不足 1,000 m^2 時，提出檢驗報告。

(2) 數量 1,000 m^2(含)至 5,000 m^2(含)檢驗 1 次。

(3) 數量超過 5,000 m^2 時，每增加 5,000m^2 再檢驗 1 次，餘額不足 5,000 m^2 免測。

臺中市：

(1) 累計實作數量＜1000 m^2：免檢驗。

(2) 1000 m^2≦累計實作數量≦3000 m^2：檢驗 1 次。

(3) 累計實作數量＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次。

4. 玻璃珠含量：無。

◆ 其他：(僅臺北市及新北市有相關標線)

1. 使用名稱：

臺北市：彩色鋪面。

新北市：冷塑標線、成型標線、熱熔噴射標線。

2. 抗滑性能：

臺北市彩色鋪面：潮濕狀態下，實測值 65BPN 以上，以檢驗繪設完成 2 週內之標線為原則，抗滑檢驗每次隨機取 3 處地點現場檢驗取平均值。

新北市冷塑標線：防滑係數≧65BPN(SRT)，產品施做 12 個月後須符合防滑係數≧65BPN(SRT)之要求。

新北市成型標線：乾燥狀態下，劃設完 2 週內需達 65BPN(SRT)以上，抗滑檢驗每次隨機取 3 處地點現場檢驗取平均值。

新北市熱熔噴射標線：防滑係數≧65BPN(SRT)。

3. 抗滑係數檢測頻率：

臺北市彩色鋪面：

(1) 累計實作數量<1000 m^2：檢驗 1 次。

(2) 1000 m^2≦累計實作數量≦3000 m^2：再抽料送驗 1 次。

(3) 累計實作數量＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次。

新北市冷塑標線、熱熔噴射標線：

(1) 數量不足 500 m^2 時，免檢驗。

(2) 數量 500 m^2(含)至 5,000 m^2(含)抽料送驗 5 個試體。

(3) 數量超過 5,000 m^2 時，每增加 5,000m^2 再抽料送驗 1 次，餘額不足 5,000 m^2 部分以 5 個試體計。

新北市(暫時性全天候反光)成型標線：

(1) 數量不足 1,000 m^2 時，提出檢驗報告。

(2) 數量 1,000 m^2(含)至 5,000 m^2(含)檢驗 1 次。

(3) 數量超過 5,000 m^2 時，每增加 5,000m^2 再檢驗 1 次，餘額不足 5,000 m^2 免測。

4. 玻璃珠含量(此部分雖皆沒有規範玻璃珠含量，但是新北市有規範輝度係數(Qd)及回歸反射(RL)，在此也納入比較)：

臺北市彩色鋪面、新北市冷塑標線、新北市熱熔噴射標線：無。

新北市(暫時性全天候反光)成型標線：

擴散照明下之輝度係數(Qd)：

白色初期 Q2：Qd≧100；黃色須符合 Q1：Qd≧80(單位以 mcd・m^{-2}・lx^{-1} 表示)

回歸反射(R_L)：

(1) 乾燥路面標線初期白色之 R_L 需符合暫時性 R5：R_L≧300，黃色需符合 R3：R_L≧150。

(2) 潮濕路面標線初期白色之 R_L 需符合暫時性 RW5：R_L≧300，黃色需符合 RW4：R_L≧75。(單位以 mcd・m^{-2}・lx^{-1} 表示)

以上敘述性之國內相關規範比較經過整理後，分為「45/50BPN 標線」、「65 BPN 標線」、「骨材標線」與「其他標線」等 4 類標線，分別彙整為表 8、表 9、表 10 及表 11 之比較表如後。

<table>
<tr><th colspan="7">表 8「45/50 BPN 標線」規範比較表</th></tr>
<tr><th colspan="2">道路主管機關</th><th>規範使用名稱</th><th colspan="3">標線抗滑係數</th><th>抗滑係數檢測頻率</th><th>玻璃珠含量</th></tr>
<tr><td rowspan="4">中央級</td><td>高公局</td><td rowspan="3">熱處理
聚酯標線</td><td rowspan="4">劃設完2週內達</td><td rowspan="3">潮濕
狀態
45BPN</td><td rowspan="4">每批隨機取
3 處地點檢
測取平均值</td><td rowspan="2">---</td><td rowspan="3">30%重量比以上</td></tr>
<tr><td>工程會</td></tr>
<tr><td>營建署</td><td>(1) 標線抗滑係數檢驗每 2000m^2 檢驗 1 批
(2) 不足 2000m^2 者，仍應檢驗 1 批</td></tr>
<tr><td>公路總局</td><td>50BPN 標線</td><td>潮濕
狀態
50BPN</td><td>1.一般路段：
(1) 標線抗滑係數檢驗每 2000m^2 檢驗 1 批
(2) 不足 2000m^2 者，仍應檢驗 1 批
2.行穿線路口：每路口檢測 1 批，每批檢測 1 處地點</td><td>30%質量比以上</td></tr>
<tr><td rowspan="7">地方政府</td><td>臺北市</td><td colspan="6">不採用</td></tr>
<tr><td>新北市</td><td>熱處理
聚酯標線第 I 型</td><td rowspan="6">潮濕
狀態
45BPN
(SRT)</td><td rowspan="3">每批隨機取
3 處地點檢
測取平均值</td><td>(1)<1000 m^2：免檢驗
(2) 1000-5000 m^2：檢驗 1 次
(3) >5000 m^2 ：每增加 5,000m^2 再檢驗 1 次，餘額不足 5,000 m^2 免測</td><td>25%以上(未說明是重量比或質量比)，或滿足 CNS15834 中：
白色標線劃設於瀝青混凝土、水泥混凝土之 Qd 分別達 Q2 及 Q3、黃色標線達 Q1；白色、黃色標線 R_L 分別達 R2、R1</td></tr>
<tr><td>桃園市</td><td>熱處理
聚酯標線</td><td rowspan="2">(1) <1000 m^2：免檢驗
(2) 1000-3000 m^2：檢驗 1 次
(3) >3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次</td><td rowspan="5">30%重量比以上</td></tr>
<tr><td>臺中市</td><td>熱處理
聚酯標線第 I 型</td></tr>
<tr><td>臺南市</td><td>熱處理
聚酯標線</td><td rowspan="3">潮濕
狀態
50BPN</td><td>每批隨機取
6 處地點檢
測取平均值</td><td>(1) <1000 m^2：免檢驗。
(2) 1000-5000 m^2：檢驗 1 次
(3) >5000 m^2：每 5000 m^2 檢驗 1 場，餘數未達 2500 m^2 併入前 1 場檢驗，超過 2500 m^2 為單獨 1 場檢驗</td></tr>
<tr><td>高雄市</td><td>熱處理
聚酯標線第 I 型</td><td>每批隨機取
3 處地點檢
測取平均值</td><td>(1) 標線抗滑係數檢驗每 2000m^2 檢驗 1 批
(2) 不足 2000m^2 者，仍應檢驗 1 批</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="6">表 9「65 BPN 標線」規範比較表</td></tr>
<tr><td colspan="2">道路主管機關</td><td>規範使用名稱</td><td colspan="2">標線抗滑係數</td><td>抗滑係數檢測頻率</td><td>玻璃珠含量</td></tr>
<tr><td rowspan="4">中央級</td><td>高公局</td><td colspan="5" rowspan="3">無規範</td></tr>
<tr><td>工程會</td></tr>
<tr><td>營建署</td></tr>
<tr><td>公路總局</td><td>65BPN 標線</td><td colspan="2">劃設完 2 週內，
潮濕狀態：
65BPN</td><td rowspan="7">每批隨機取 3 處地點檢測取平均值</td><td>1.一般路段：
(1) 標線抗滑係數檢驗每 2000m^2 檢驗 1 批
(2) 不足 2000m^2 者，仍應檢驗 1 批
2.行穿線路口：
每路口檢測 1 批，每批檢測 1 處地點</td><td>18%質量比以上</td></tr>
<tr><td rowspan="7">地方政府</td><td>臺北市</td><td rowspan="6">熱處理
聚酯標線第 II 型</td><td colspan="2" rowspan="2"></td><td>(1) <1000 m^2：檢驗 1 次
(2) 1000-3000 m^2：再檢驗 1 次
(3) >3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次</td><td>18%重量比以上</td></tr>
<tr><td>新北市</td><td>劃設完 2 週內，
潮濕狀態：
65BPN(SRT)
2 週-1 年，
潮濕狀態：
50BPN(SRT)</td><td>(1)<1000 m^2：得視需要檢驗 1 次
(2) 1000-5000 m^2：檢驗 1 次
(3) >5000 m^2 ：每增加 5,000m^2 再檢驗 1 次，餘額不足 5,000 m^2 免測</td><td>18%以上(未說明是重量比或質量比)，或滿足 CNS15834 中：
白色標線劃設於瀝青混凝土、水泥混凝土之 Qd 分別達 Q2 及 Q3
黃色標線達 Q1
白色、黃色標線 R_L 分別達 R2、R1</td></tr>
<tr><td>臺中市</td><td rowspan="2">劃設完 2 週內，
潮濕狀態：
65BPN</td><td>(1) ≦3000 m^2：檢驗 1 次
(3) ＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次</td><td rowspan="2">18%重量比以上</td></tr>
<tr><td>高雄市</td><td>(1) 標線抗滑係數檢驗每 2000m^2 檢驗 1 批
(2) 不足 2000m^2 者，仍應檢驗 1 批</td></tr>
<tr><td>桃園市</td><td colspan="5" rowspan="2">無規範</td></tr>
<tr><td>臺南市</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="6">表 10「骨材標線」規範比較表</td></tr>
<tr><td colspan="2">道路主管機關</td><td>規範使用名稱</td><td colspan="2">標線抗滑係數</td><td>抗滑係數檢測頻率</td><td>玻璃珠含量</td></tr>
<tr><td rowspan="4">中央級</td><td>高公局</td><td colspan="5" rowspan="4">無規範</td></tr>
<tr><td>工程會</td></tr>
<tr><td>營建署</td></tr>
<tr><td>公路總局</td></tr>
<tr><td rowspan="6">地方政府</td><td>臺北市</td><td rowspan="3">骨材標線</td><td>劃設完 2 週內，潮濕狀態：65BPN</td><td rowspan="3">每批隨機取 3 處地點檢測取平均值</td><td>(1) ＜1000 m^2：檢驗 1 次
(2) 1000-3000 m^2：再檢驗 1 次
(3) ＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次</td><td rowspan="3">無規範</td></tr>
<tr><td>新北市</td><td>劃設完 2 週內，潮濕狀態：65BPN(SRT)</td><td>(1)＜1000 m^2：免檢驗
(2) 1000-5000 m^2：檢驗 1 次
(3) >5000 m^2 ：每增加 5,000m^2 再檢驗 1 次，餘額不足 5,000 m^2 免測</td></tr>
<tr><td>臺中市</td><td>劃設完 2 週內，潮濕狀態：65BPN</td><td>(1) ＜1000 m^2：免檢驗
(2) 1000-3000 m^2：檢驗 1 次
(3) ＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次</td></tr>
<tr><td>桃園市</td><td colspan="5" rowspan="3">無規範</td></tr>
<tr><td>臺南市</td></tr>
<tr><td>高雄市</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="6">表 11「其他標線」規範比較表</td></tr>
<tr><td colspan="2">道路主管機關</td><td>規範使用名稱</td><td colspan="2">標線抗滑係數</td><td>抗滑係數檢測頻率</td><td>玻璃珠含量</td></tr>
<tr><td rowspan="4">地方政府</td><td>臺北市</td><td>彩色鋪面</td><td>劃設完 2 週內，
潮濕狀態：
65BPN</td><td>每批隨機取
3 處地點檢
測取平均值</td><td>(1) <1000 m^2：檢驗 1 次
(2) 1000-3000 m^2：再檢驗 1 次
(3) >3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次</td><td rowspan="3">無規範</td></tr>
<tr><td rowspan="3">新北市</td><td>熱熔噴射標線</td><td>劃設完 2 週內，
乾燥狀態：
65BPN</td><td rowspan="2">---</td><td rowspan="2">(1) 數量不足 500 m^2 時，免檢驗
(2) 數量 500 m^2(含)至 5,000 m^2(含)抽料送驗 5 個試體
(3) 數量超過 5,000 m^2 時，每增加 5,000m^2 再抽料送驗 1 次，餘額不足 5,000 m^2 部分以 5 個試體計</td></tr>
<tr><td>冷塑標線</td><td>防滑係數≧65BPN(SRT)
產品施做 12 個月後：
防滑係數≧65BPN(SRT)</td></tr>
<tr><td>成型標線</td><td>防滑係數≧65BPN(SRT)</td><td>每批隨機取
3 處地點檢
測取平均值</td><td>(1) 數量不足 1,000 m^2 時，提出檢驗報告
(2) 數量 1,000 m^2(含)至 5,000 m^2(含)檢驗 1 次
(3) 數量超過 5,000 m^2 時，每增加 5,000m^2 再檢驗 1 次，餘額不足 5,000 m^2 免測</td><td>擴散照明下之輝度係數(Qd)：
白色初期 Q2：Qd≧100；
黃色須符合 Q1：Qd≧80
回歸反射(R_L)：
(1)乾燥路面標線初期
白色之 R_L 需符合暫時性 R5：R_L≧300
黃色需符合 R3：R_L≧150
(2)潮濕路面標線初期
白色之 R_L 需符合暫時性 RW5：R_L≧300
黃色需符合 RW4：R_L≧75
(單位以 mcd・m^{-2}・lx^{-1} 表示)</td></tr>
</table>

在國內相關標線規範蒐集的部分，研究團隊除了蒐集各道路主管機關所使用之規範外，也與公路總局及臺北市、新北市、臺中市等三都取得各種標線材料在 109 年所發包之契約單價，以做為本計畫關於各種不同類型標線材質的背景說明之一。

表 12 各道路主管機關標線種類契約單價彙整

主管機關	公路總局	臺北市	新北市	臺中市			
	復興段			一工區	二工區	三工區	四工區
第Ⅰ型標線	215	---	300	167	161	149	162
第Ⅱ型標線	424	530	850	453	433	406	441
骨材標線	---	585	950	914	875	819	890
彩色鋪面(非骨材)(含冷塑)	---	1,650	2,100	---	---	---	---
單位：元(新台幣)/M^2							

2.3.2國外標線抗滑性能規範

除了彙整國內標線抗滑性能相關規範外，研究團隊也希望在文獻回顧中，瞭解國外針對標線抗滑性能的相關規範，以做為比較及借鏡的基礎。在先前國內外的相關文獻中，有部分文獻也有針對國外標線抗滑性能相關的規範進行比較說明，其中在國內研究的部分，交通部公路總局材料試驗所[23]於 2017 年與臺大慶齡工業中心合作提出的研究報告中，比較了中國、日本、香港、英國、紐西蘭及澳洲等國家或地區的標線抗滑性能規範，其中規範值落於 45-55BPN/SRT 之範圍。而國外文獻的部分，瑞典公路運輸研究所(Statens väg- och transportforskningsinstitut, VTI)[74]在 2001 年時提出的一份報告中也比較了北歐的瑞典、挪威及丹麥等國的規範，其規範範圍落於 45-50SRT。然而，各國的規範會隨時間的變動有所不同，因此，研究團隊以目前可以取得國外相關規範的方式，與包括美國佛羅里達州交通廳(Florida Department of Transportation, FDOT)、印第安那交通廳(Indiana Department of Transportation, INDOT)、與馬里蘭州交通廳(Maryland Department of Transportation, MDOT)負責標線規範與工程實務的工程師與研究員取得聯繫，此外也和新加坡國立大學土木與環境系王錦彬教授(Professor Raymond G.P. Ong) 負責標線規範與工程實務的工程師與研究員取得聯繫，另外也上網搜尋公開資訊，希望瞭解國外相關單位道路標線上的工程實務與規範。

然而，不同於國內相關規範彙整工作的部分，由於不同國家的規範訂定的方式不盡相同，在規範的比較上會有其困難之處，因此在本小節係以文字敘述的方式，描述各國規範中與標線抗滑性能相關的重點部分為主，並在最後針對本小節所回顧的相關規範進行簡單的評析。

1. 歐盟規範 EN 13036-4:2007+A1:2018 之附件 National Annex NA

歐盟規範 EN 13036-4:2007+A1:2018[75]中雖然係以抗滑能力分級之方式訂定抗滑能力規範，然而在其附件(National Annex NA)中仍有提供英國

大多數道路常使用的規範標準給使用者參考，該附件中提及英國多數道路所使用的抗滑性能規範，在不強調提升抗滑性能的道路及車道線上，需達 S1 等級，亦即 45SRT 以上，而針對提升抗滑性能之標線則需達 S3 等級，亦即 55SRT 以上，並註明成員國可以依國情或不同道路與標線性能需求，訂定不同的規範等級。

2. 瑞典

瑞典運輸管理局(Trafikverket)在 2010 年發布了最新的技術規範(Tekniska regelverk)中的「一般材料與施工說明」(allmän material- och arbetsbeskrivning, AMA)，有關標線規範為「TBT 道路標線」(TBT Vägmarkering)[76]。其中分為兩類標線來規範標線的防滑性能，其一是橫向標線(Tvärgående)，包含：停止線、行穿線、自行車道、減速標線等，對於該類型的標線抗滑能力規範值為 55SRT 以上。其二則是縱向標線與其他標線(Längsgående och övrig markering)，縱向標線包含：車道線、路面邊線等，而其他標線則包含：指向線、圖示、速限標線、網狀線等，該類型的標線抗滑能力規範值則為 45SRT 以上。

3. 日本

根據日本路面標示材料協會(路面標示材協會)所製作的問答集[77]中指出，並沒有地方政府針對標線的抗滑性能提出相關規範，而過去針對日本標線抗滑性能規範的回顧，皆是採用日本國營事業體「西、中、東日本高速道路(合稱 NEXCO)」共同出資的公司高速道路綜合技術研究所(NEXCO 總研)，所提出的「標線施工管理要領(レーンマーク施工管理要領)」[78]，根據該份施工管理要領，規定標線的抗滑能力規範值為 50BPN 以上[79]。

4. 紐西蘭

紐西蘭的標線規範主要是基於澳大利亞規範 AS 4049.5-2007(2018R)所訂制，並依分類方式不同而有不同的規範，其中訂有抗滑相關性能之

規範中，基於標線材料的用途目的分類的規範包含：「TNZ M/20 長效型標線材料(Long-life roadmarking materials)[80]」、「NZTA M/07 道路標線漆(Roadmarking paints)[81]」以及試辦規範「NZTA M7-2017 合格標線材料之試辦規範(Pilot specification for approved roadmarking products) [13]」，其中 2017 年的試辦規範主要目的是希望提升標線的可見度及反光度等性能。另外，從性能方面分類之規範有：「TNZ P/12 道路標線(Pavement marking)[82]」、「TNZ P/22 反光道路標線(Reflectorised pavement marking)[83]」及「NZTA P/30 高性能道路標線(High performance roadmarking)[84]」，其中 TNZ P/12 包含了無反光標線及反光標線之規範，然而該規範不建議適用於高速公路的標線，高速公路標線或反光標線則建議使用 TNZ P/22 之規定。另外，NZTA P/30 中規範的高性能道路標線，屬於選擇性適用於每日交通量> 5,000 v/day，且道路安全確定需要改善的道路上。在紐西蘭交通局的規範中仍有其他標線的相關規範(例如：凸起震動型標線等)，然其中並無關於防滑之規範，故並不在此討論。另外，必須說明的是在紐西蘭的規範中採用的抗滑試驗規範，是依據英國交通部交通研究實驗室(Transport Road Research Laboratory, TRRL)在 1969 年，所提出的第二版「Road Note27 攜帶式防滑檢測儀使用說明(Instructions for using the portable skid-resistance tester)」[60]進行試驗，並包含以溫度校正公式將 BPN 值調整至 20°C 之 BPN 值做為試驗值。TRRL Road Note27 所使用的溫度校正圖如圖 5。

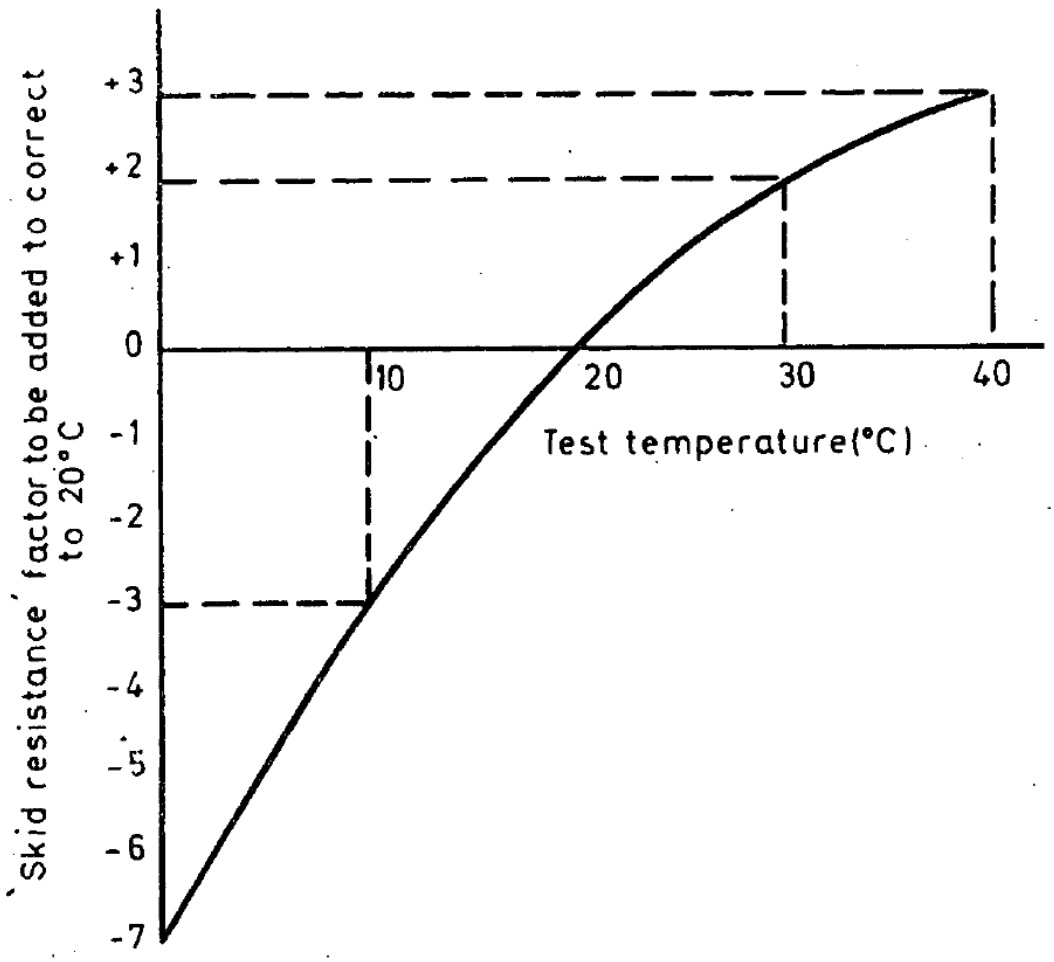


圖 5 TRRL Road Note27 所使用的溫度校正圖[60]

在現行的 TNZ M/20[80]規範中規定，長效型標線材料必須同時滿足 P/22 及 P/30 兩項規範需求，且在規範中也有明訂長效型標線材料的抗滑值，在「鋪設完成後 1 小時內及其後的防滑性能(at 1 hour after application and at anytime thereafter)」，皆必須滿足「50≤BPN≤65」的規範。而現行的 NZTA M/07[81]則是在規範中規定，在鋪設完 7 天以內，標線表面的抗滑值不得低於 45BPN。而試辦規範 NZTA M7-2017[13]則是規範厚度<0.9mm 之標線 BPN 值不得低於 45BPN，而厚度≥0.9mm 之標線 BPN 值不得低於 50BPN。

針對現行的 TNZ P/12 規範中[82]，對標線抗滑能力的要求則是在「鋪設完成後 1 小時內及其後(within 1 hour of application and thereafter)」，厚度<0.9mm 且表面無撒布玻璃珠之標線 BPN 值不得低於 30BPN，厚度

<0.9mm 且表面有撒布玻璃珠之標線 BPN 值不得低於 45BPN，而厚度≥0.9mm 之標線 BPN 值必須滿足「50≤BPN≤65」的規範。在現行的 TNZ P/22 規範中[83]，對反光標線的抗滑規範是在鋪設後 1 小時到 1 週內，厚度<0.9mm之標線(如水性標線漆)BPN值不得低於45BPN，而厚度≥0.9mm(如熱聚酯標線或長效型標線)之標線 BPN 值必須滿足「50≤BPN≤65」的規範。而在現行的 NZTA P/30 針對高性能標線的抗滑規範中則規定[84]，厚度<0.9mm之標線 BPN 值不得低於 45BPN，而厚度≥0.9mm 之標線 BPN 值不得低於 50BPN。

5. 新加坡

新加坡位於東南亞，屬於全季節熱帶氣候。新加坡陸路交通管理局(Land Transport Authority, Singapore) 在 2017 年所頒佈的土木與結構工程規範[85]，規範編號 Singapore Standard SS 589 “Specification for hot-applied thermoplastics road marking materials - Materials, performance and application” 中，規範熱塑聚酯標線抗滑能力以英式擺錘進行試驗，在表面溫度攝氏 20˚C 下不低於 45BPN。

6. 美國佛羅里達州

美國佛羅里達州位處美國東南部，氣候型態與臺灣類似。佛羅里達交通廳(Florida Department of Transportation, FDOT)每年都會頒布下一個年度的 Standard Specifications For Road And Bridge Construction，以使下一個年度的相關工程有一個標準的施工規範得以依循。2020 年頒布的規範中[16]，第 971 章(SECTION 971)就訂定了與道路標線材料相關的規範，在該規範中將標線的材料分為：標準型路線漆(Standard Paint)、持久型路線漆(Durable Paint)、標準型熱聚酯標線(Standard Thermoplastic Material)、預成型熱聚酯標線(Preformed Thermoplastic Material)、持久性成型標線(Permanent Tape Materials)、雙組份(雙劑型)標線(Two Reactive Component Material)、異型熱聚酯標線(Profiled Thermoplastic Material)及高抗滑熱聚

酯標線(High Friction Thermoplastic Material)。在前述的幾種標線材料規範中，提及抗滑性能的標線種類僅有：預成型熱聚酯標線(Preformed Thermoplastic Material)、持久性成型標線(Permanent Tape Materials)及高抗滑熱聚酯標線(High Friction Thermoplastic Material)等 3 種。

其中，預成型熱聚酯材料(Preformed Thermoplastic Material)及持久性成型標線材料(Permanent Tape Materials)的抗滑規範基本上相同，皆採用標線表面之抗滑係數不得低於 35BPN，若是自行車道或人行道所使用之標線，其抗滑係數則不得低於 55BPN。在針對 971-10 章節中指出高抗滑熱聚酯材料(High Friction Thermoplastic Material)的抗滑規範當中，則是規範標線材料中的抗滑物質重量比須達 10%以上(同時規範反光物質的重量比須達 30%以上)，而標線表面之抗滑係數則不能低於 55BPN。

7. 美國馬里蘭州

美國馬里蘭州位於美國東岸，氣候處於溫帶區域，緯度與中國大陸山東省、韓國、日本東京都相近。馬里蘭交通廳(Maryland Department of Transportation) 在 2020 Standard Specifications for Construction and Materials 規範中[86]，規範編號 951 Pavement Marking Materials 要求預成型熱聚酯標線(Performed Thermoplastic Pavement Markings)的抗滑能力要求，採用英式擺錘進行試驗，並規範最低平均抗滑能力為 50BPN。

8. 美國印第安那州

美國印第安那州位處於美國中西部，氣候處於溫帶區域，緯度與中國大陸山東省、韓國、以及日本東京都相近。印第安那交通廳(Indiana Department of Transportation)與佛羅里達交通廳作法類似，每年公告標準施工規範。於最新 2020 INDOT Standard Specifications 規範於第 808 章(Section 808)[87]中訂定對於道路標線材料相關的規範。在與印第安那交通廳的研究員聯絡時得知，在印第安那州規範的材料有多成分標線(Muiti-Component)、預成型標線(Performed Plastic)、熱聚酯標線(Thermoplastic)。

然而，INDOT 並沒有對於標線抗滑能力有所規範，值得一提的是對標線反光能力在鋪設初期以及兩年內的表現有所規範，如下表 13。

表 13 INDOT 標線反光能力鋪設初期與兩年內的成效規範

Material Type	White	Yellow	Quality Adjustment*	Retained White	Retained Yellow
Paint	≥ 250	≥ 175	1.00	n/a	n/a
Required Minimum	150 to 249	125 to 174	0.70		
Thermoplastic	≥ 300	≥ 200	1.00	see 808.09	see 808.09
Required Minimum	250 to 299	150 to 199	0.70		
Multi-Component	≥ 300	≥ 200	1.00	see 808.09	see 808.09
Required Minimum	250 to 299	150 to 199	0.70		
Preformed Plastic	≥ 650	≥ 450	1.00	see 808.09	see 808.09
Required Minimum	550 to 649	350 to 449	0.70		
* Quality Adjustments do not apply to the retained retro-reflectivity values					

Material	Year	White	Yellow
Thermoplastic	1	225	150
	2	175	125
Multi-Component	1	225	150
	2	175	125
Preformed Plastic	1	400	300
	2	300	200

綜整前述的國外標線抗滑性能相關規範後，可將相關規範彙整如表 14 所示。

表 14 國外標線抗滑性能規範彙整

國家/地區	規範名稱	抗滑性能要求
歐盟規範	EN 13036-4:2007+A1:2018 附件 National Annex NA(參考性質)	不強調提升抗滑性能之道路及車道線：SRT ≥45 針對提升抗滑性能之標線：SRT ≥55
瑞典	TBT 道路標線 (TBT Vägmarkering)	橫向標線：SRT ≥55 縱向標線與其他標線：SRT ≥45
日本	標線施工管理要領 (レーンマーク施工管理要領)	BPN≥50
紐西蘭	TNZ M/20 長效型標線材料 (Long-life roadmarking materials)	鋪設完成後 1 小時內及其後： 65≥BPN≥50
	NZTA M/07 道路標線漆 (Roadmarking paints)	鋪設完 7 天以內： BPN≥45
	NZTA M7-2017 合格標線材料試辦規範 (Pilot specification for approved roadmarking products)	厚度<0.9mm 之標線：BPN≥45 厚度≥0.9mm 之標線：BPN≥50
	TNZ P/12 道路標線 (Pavement marking)	鋪設完成後 1 小時內及其後： 厚度<0.9mm 且表面無撒布玻璃珠之標線：BPN≥30 厚度<0.9mm 且表面有撒布玻璃珠之標線：BPN≥45 厚度≥0.9mm 之標線：65≥BPN≥50
	TNZ P/22 反光道路標線 (Reflectorised pavement marking)	鋪設完成後 1 小時到 1 週內： 厚度<0.9mm 之標線：BPN≥45 厚度≥0.9mm 之標線：65≥BPN≥50
	NZTA P/30 高性能道路標線 (High performance roadmarking)	厚度<0.9mm 之標線：BPN≥45 厚度≥0.9mm 之標線：BPN≥50
新加坡	SS 589 “Specification for hot-applied thermoplastics road marking materials - Materials, performance and application”	在表面溫度攝氏 20 ˚C 下： BPN≥45
佛羅里達州	2021 Standard Specifications For Road And Bridge Construction	預成型熱聚酯材料及 持久性成型標線材料：BPN≥35
		自行車道或人行道所使用之標線： BPN≥55
		高抗滑熱聚酯材料：BPN≥55 (抗滑物質的重量比≥10%、反光物質的重量比≥30%)
馬里蘭州	2020 Standard Specifications for Construction and Materials	預成型熱聚酯標線：BPN≥50
印第安那州	2020 INDOT Standard Specifications	無

2.4道路抗滑性能衰退狀況監測相關研究

道路在經過日積月累的交通量磨耗後，其各項性能會隨著時間而有所變化，故在不同的時間點下監測道路的性能，是了解各項道路設施及相關材料性能的重要工作。然而，獲得監測數據後，對於相關數據的分析是困難的，因為影響道路性能的因子甚多，以標線為例，同一時間在同一地點由同一廠商所劃設的標線，有可能因為標線屬於非均質材料的特性，而有不同的性能表現。有鑑於此，如何透過數據分析方法的挑選及運用或實驗設計等方式，了解道路性能的衰退狀況，是相關研究的一大挑戰。基於前述原因，在文獻回顧的章節中，除了標線相關性能的探討外，針對標線隨時間磨耗的觀察與試驗方法也有探討之必要。而在本小節中，將彙整國內外道路性能衰退狀況監測的相關研究，希望從過去國內外實驗室及現地試驗觀察磨耗狀況的相關研究，可啟發本計畫在試驗的設計及分析方法上的構想。

2.4.1現地試驗監測道路抗滑性能衰退狀況

在現地試驗監測道路性能狀況的相關研究中，可分為隨機挑選現地試驗場域後，針對所蒐集的數據資料進行分析，或是挑選或打造一特殊的現地試驗場域或路段，以去除部分的影響因子來簡化分析工作，以下為國內外有關現地試驗監測道路性能衰退狀況的相關文獻彙整。

在道路抗滑性能現地試驗的相關研究中，有一個主要的研究領域是針對溫度對於抗滑性能的影響進行研究，在美國國家瀝青中心(NCAT)於2017 的研究報告中所描繪的鋪面抗滑性能曲線圖可清楚看出[88]，在鋪面上所量測到的抗滑性能表現會受到溫度效應及量測的誤差所影響，導致量測值會與長期的趨勢曲線有一定程度的差異(如圖 6)。因此，在本小節探討現地試驗監測道路抗滑性能衰退狀況時，將首先針對抗滑試驗的溫度效應相關研究進行回顧。

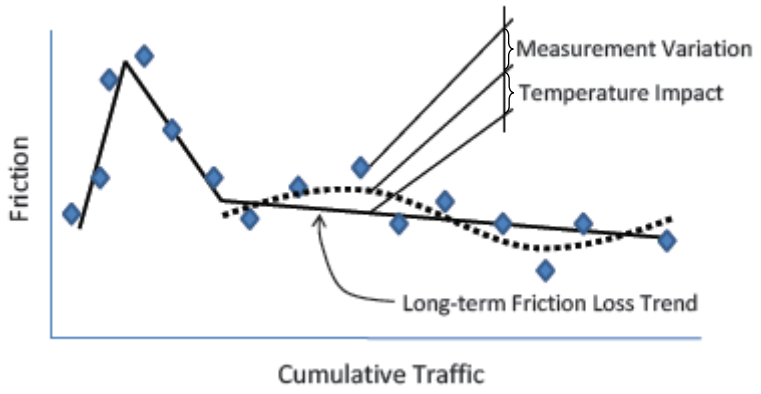


圖 6 瀝青鋪面抗滑性能曲線[88]

在本計畫案中，現地及實驗室試驗所使用之試驗方法皆為英式擺錘試驗，而根據目前國內「交通工程規範」[1]及美國規範 ASTM E303-93(2003)[61]中的英式擺錘標準試驗程序中，皆沒有訂定溫度校正的方法或公式。雖然國家標準檢驗局所訂定之「CNS 15834 道路標線使用性能」[6]，以及歐盟規範 EN 13036-4:2007+A1:2018[75]所訂定之 SRT 抗滑試驗規範中，有訂定溫度校正之表格，其試驗的規範中有許多細節諸如：正向力、橡膠滑塊性質之定義等，都與英式擺錘試驗規範有所不同，因此不能混為一談。而英國交通部交通研究實驗室(Transport Road Research Laboratory, TRRL or TRL)在 1969 年，所提出的第二版「Road Note27 攜帶式防滑檢測儀使用說明(Instructions for using the portable skid-resistance tester)」[60]進行試驗(校正方式如圖 5，該使用手冊中並未定義抗滑值單位，僅以”skid resistence”表示，後續多數研究或規範多將該手冊的抗滑值單位解釋為 BPN)，在規範中也包含以試驗面溫度為基準將 BPN 值校正到 20˚C 下的狀態，該使用說明後來發展為英國規範 BS 7976-2:2002+A1:2013，且使用的單位也變成 PTV[89]。至今仍有許多國家(例如：日本、紐西蘭)使用 TRRL Road Note27 中的校正方式將 BPN 值校正到 20˚C 下的狀態，然該規範所使用的橡膠滑塊屬於天然橡膠，仍與 ASTM 規範有所差異，而根據加州交通廳的研究，可以了解到 ASTM E303-93(2003)規範中訂定的英式擺錘

試驗所使用的滑塊材質為合成橡膠，其性質較不易受到橡膠本身溫度影響，因此在訂定規範時認為不需要進行溫度校正[90]。

在過去的相關研究中提及雖然ASTM因為使用合成橡膠做為滑塊，故沒有在規範中訂定溫度校正的方式，然而，也有許多研究針認為依照ASTM所得出的抗滑試驗值仍會受到試驗面溫度影響，並對該研究議題進行探討及提出相關公式[90]。其中，美國加州交通廳(California Department of Transportation (Caltrans))於2009年，委託加州大學戴維斯分校(UC Davis)的加州大學鋪面研究中心(University of California Pavement Research Center, UCPRC)，在加州戴維斯市進行了一系列的鋪面抗滑試驗[91]。在其成果中回顧了過去的溫度校正文獻，且發現過去研究中所涵蓋的試驗面溫度範圍，並不能適用於該研究在加州所測得之試驗面溫度。因此該研究選擇了一個最適合的公式進行迴歸，再將其迴歸的係數與過去研究所得出的係數進行加權平均後，得到了一個新的溫度校正公式(如式 3)，且在經過校正並確認過不同操作人員及儀器間的固有變異值(inherent variability)後，該研究所蒐集的現地試驗數據變異多數可降至固有變異值±3 BPN_{20}以內。

$$BPN_{20} = \frac{BPN_T}{1 - 0.0062 \times (T - 20)}$$ ----------式 3

where:

BPN_{20} = BPN number at 20°C

BPN_T = BPN number at T°C

前述 2009 年加州的溫度校正試驗結果是基於鋪面試驗所得出之結果，並適用於20-45°C之溫度區間。

公路總局材試所於 2017 年與臺大合作提出的研究報告中，以標線為標的進行了本土化標線之溫度校正的研究[50]。該研究以加州的溫度校正公式為基礎，在15-35°C之溫度區間下，以相同的模式提出BPN溫度校正

公式，將 BPN 校正至 30°C 情況下之 BPN 值。該研究提出的公式如式 4 所示(其變數意義與式 3 相同)：

$$BPN_{30} = \frac{BPN_T}{1-0.004\times(T-30)}$$ ----------式 4

然而，回顧前述溫度校正相關研究，不論是 CNS 15834、歐盟規範 EN 13036-4:2007+A1:2018、TRL Road Note27 及英國規範 BS 7976-2:2002+A1:2013 之標準規範與手冊、加州交通廳與 UC Davis 合作或公路總局材試所與臺大合作產出的研究成果，皆有其規範或研究上的限制，針對前述三項抗滑試驗溫度校正相關的規範及研究限制詳述如下：

1. CNS 15834、歐盟規範 EN 13036-4:2007+A1:2018、TRL Road Note27 及英國規範 BS 7976-2:2002+A1:2013 之標準規範與手冊：

   CNS 15834、歐盟規範 EN 13036-4:2007+A1:2018 之內容是針對 SRT 抗滑試驗所做出的規範，而 TRL Road Note27 及英國規範 BS 7976-2:2002+A1:2013 雖非使用 SRT 做為單位，然而也有相關溫度校正方式，而 CNS 15834、歐盟規範 EN 13036-4:2007+A1:2018 所提出的溫度校正表格，係針對橡膠溫度所進行的校正，TRL Road Note27 及英國規範 BS 7976-2:2002+A1:2013 則是針對試驗面溫度進行校正，前述的規範與手冊所使用的滑塊材質為天然橡膠，因此較易受到滑塊或試驗面溫度的影響而產生結果差異，而過去的文獻中也說明到 ASTM E303-93(2003)規範中訂定的英式擺錘試驗所使用的滑塊材質為合成橡膠，其性質較不易受到橡膠本身溫度影響，因此不需要進行溫度校正[90]，然而前述的幾項規範皆沒有對合成橡膠滑塊相關試驗在不同「試驗面溫度」的溫度校正提出相關規範內容。

2. 加州交通廳與 UC Davis 合作產出之研究成果

加州交通廳與 UC Davis 在 2009 年合作產出的研究成果中，係依 ASTM 所規範的英式擺錘試驗方法所進行，並基於試驗面溫度進行校正，該研究回顧過去相關文獻選擇出最適合的溫度校正公式，且結合該計畫中取得之現地試驗結果及過去研究所取得之試驗數據，提出溫度校正公式，並將溫度校正公式的適用範圍擴大至 20-45°C 之溫度區間。然而，該研究係基於鋪面上進行抗滑試驗，是否仍適用於標線上試驗數據之溫度校正，需要進一步研究驗證。

3. 公路總局材試所與臺大合作產出之研究成果

公路總局材試所與臺大在 2017 年合作產出的研究成果中，係以 ASTM 所規範的英式擺錘試驗方法及本土標線所進行的研究，並基於試驗面溫度進行校正，然而其研究成果所提出之溫度校正公式，係將試驗結果回歸到攝氏 30°C 的試驗面溫度狀況下，與多數研究皆將試驗結果回歸到攝氏 20°C 的試驗面溫度狀況下[90]較為不同，也與實驗室 20±1°C 之恆溫環境有所不同。另外，該研究所提出的校正公式具備解釋力的區間為在攝氏 15-35°C，較加州交通廳所提出的溫度校正公式之適用區間小。

在本計畫中，由於要將現地試驗與實驗室試驗之結果進行比較，需要將試驗結果校正為同一溫度情況下之 BPN 值，然而因本計畫將實驗室之溫度控制在 20±1°C 之恆溫環境，若採用臺大所提出之溫度校正公式進行校正，則必須將現地試驗與實驗室試驗之數據同時進行校正，如此一來可能造成誤差擴大，因此在現地試驗的部分，研究團隊仍預計採用加州大學所提出的公式。另外，針對實驗室的試驗結果，研究團隊則以加州大學及臺大提出的公式為基礎，將標線表面溫度轉換至 20°C、30°C、40°C 情況之下進行模擬與比較。

在針對英式擺錘試驗之溫度校正進行完文獻回顧後，在本小節中亦針對鋪面抗滑性能現地試驗分析的部分進行文獻回顧，此部分的文獻回顧

主要目的在於了解有哪些因素會影響道路抗滑性能。在絕大多數的鋪面抗滑性能相關研究中，皆是以交通量及鋪面的紋理進行抗滑性能的分析。美國州公路及運輸協會(American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO)在 2009 年出版的指引中，也敘述了鋪面各種尺度的紋理對於鋪面與輪胎之間的關係有何影響(如圖 7)[92]。

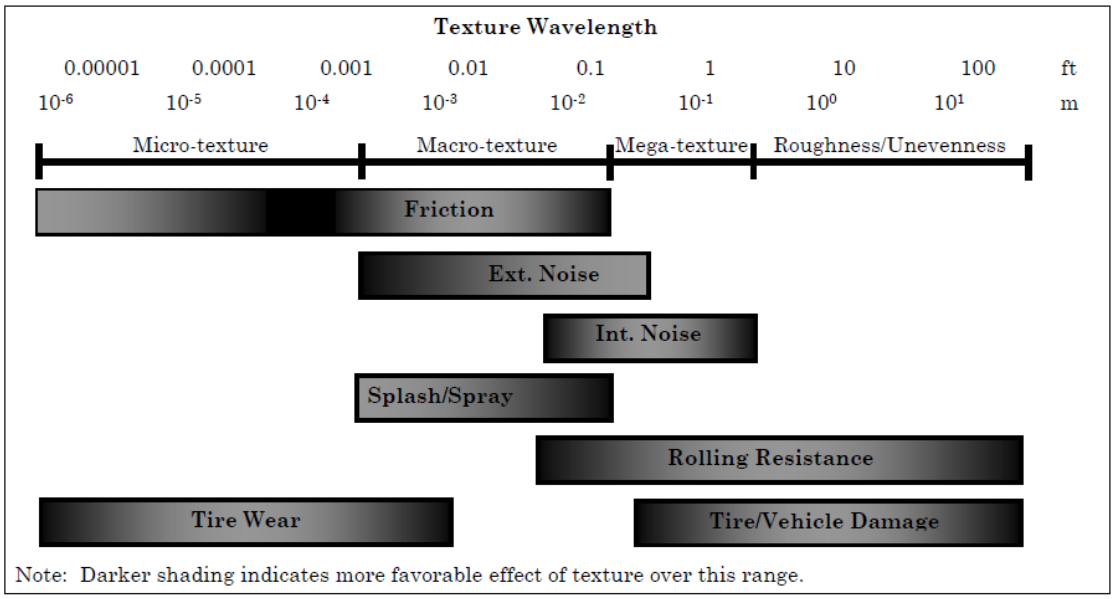


圖 7 紋理波長對路面-輪胎交互作用的影響[92]

相關研究如 Wu 與 Abadie 在 2018 年的研究中透過每日交通量(ADT)、交通成長率指數(traffic growth rate factor)及粒料的磨耗值(PSV)，提出迴歸公式用以預測鋪面的抗滑能力[93]。學者 Pérez-Acebo, H., et al.於 2020 年的研究中，在西班牙夏季現地鋪面的摩擦係數最小時進行現地試驗的數據蒐集，並建立了長期及短期模型以預測西班牙公路的最低抗滑能力，在該模型中使用了包含鋪面材料、鋪面材料的磨耗值(PSV)、年平均每日交通量(AADT)、車道數等參數進行迴歸，另外在其研究中也提出會影響鋪面摩擦力的因素包含：鋪面特性、交通載具特性、輪胎特性及環境因素等[94]，可做為本計畫之參考。除了前述的迴歸分析方法外，也有研究採用其他的方法進行分析，例如 Owusu-Ababio 及 Thomas 的研究中皆採用了類神經網路進行鋪面抗滑能力的分析，前者採用的參數包含：材齡、道

路所在區域(海岸、丘陵、河谷)、道路速限、年平均每日交通量等，而後者則加入了更多的考量因素，包含氣候及環境因素如年平均每日降雨量等等，在前述兩項研究中也皆表明其研究成果較迴歸分析的方法佳[95, 96]。另外，陳威東君在 2014 年的研究中則採用遺傳規劃法，針對交通量與氣候對國道抗滑值之影響進行分析，所考慮的變數包含：鋪面新工(養護)後的通車日數、每年每日交通量(AADT)、單軸軸重當量(ESALs)、氣溫資料及雨量資料[97]。

其中需先敘明之處，在於鋪面及標線現地抗滑性能之因素，有部分的客觀因素是對兩者的抗滑性能皆有影響的，例如：交通量、材齡、氣候資料等；然而，也有部分因素是只適用於其中一者，例如：材料的特性。在材料特性方面，標線材料不似鋪面較為穩定且好分析，除了因為各家廠商的配比不同且因涉及商業機密難以取得外，即使是同一家廠商所繪製的標線，也有可能因為施工方法的差異、標線本身為非均質材料或標線材料中的粒料因施工溫度不同而形成的沉降速率差異等因素，造成分析上的困難，也因此多數與標線現地試驗抗滑性能相關的研究多採質化分析的方式，觀察其性能的衰退狀況或比較不同標線材料之間的抗滑性能衰退情形。雖然 Lundkvist 與 U. Isacsson 在 2007 年的研究中[98]，提出可透過標線的反光度及紋理特性預測其抗滑性能，但是仍沒有針對標線現地抗滑性能的衰退程度進行分析。

在過去文獻中，另外一種針對標線現地抗滑性能的衰退程度進行分析的方法，是透過選定特定試驗場域的進行現地試驗。紐約市交通廳(NYCDOT)在 2014 年針對紐約市的 7 家廠商 9 種不同的公車專用道標線材料的耐久性能(以公車專用道標線的覆蓋率做為評估依據)及抗滑性能，進行現地及實驗室試驗研究[99]。其中提到在紐約市交通廳的經驗中，發現水性標線漆劃設在新鋪設好的瀝青路面有較好的耐久性能，相對地當標線劃設在舊有的瀝青路面或混凝土路面時，耐久性則較差；另外在公車

停靠站的位置，標線也會很快被磨耗殆盡。在現地試驗的部分，該研究以動態摩擦試驗儀(DFT)在 9 種不同的材料上進行試驗，並比較半年後的衰退狀況。在實驗室試驗的部分則是使用 1/3 比例交通荷載模擬器(third-scale model mobile load simulator, MMLS3)進行試驗。雖該研究並未將現地試驗的數據及交通量等因素做進一步的分析，但是該研究所設計的試驗方法可啟發未來在進行標線相關研究時的構想，透過在特定場域(如：公車專用道)進行試驗，較可取得精確的交通量甚至載重等資訊，且可明顯辨識重複磨耗的位置，並進一步進行分析。

在本計畫中，現地試驗的部分因並非挑選特定的場域進行試驗，故只能依賴不同的分析方法來進行分析，然而從文獻回顧中可知，標線材料在現地試驗抗滑性能衰退情形的分析上有其困難之處，然而在本計畫中除了質化分析外，亦會嘗試其他分析方式進行分析。

2.4.2實驗室磨耗試驗評估道路性能衰退狀況

有鑑於以現地試驗的方式監測道路性能衰退狀況的不確定因素過多，且耗時過長，在評估道路性能衰退狀況的相關研究中，也有許多不同研究透過實驗室方法的設計，使不同的材料在同一控制條件下進行加速磨耗。在實驗室加速磨耗試驗的過程中，可在短時間內呈現試驗標的在控制條件下，經過磨耗後所表現的性能狀況。其產出的結果是相對的，亦即透過實驗室加速試驗的方式所呈現的結果，雖無法對應至實際交通狀況，但是透過在同樣的控制條件下所進行的試驗，研究人員可了解不同材料之間性能衰退狀況的差異。

在國內外使用實驗室磨耗設備評估道路性能的相關研究繁多，且大多是針對鋪面的性能進行研究，各國許多學者也致力於研發相關的儀器以進行研究探討。在許多類型的磨耗儀器中，大致可分為以滑動磨耗(sliding friction)及滾動磨耗(rolling friction)兩種方式進行磨耗，其中滑動

磨耗方式通常是使用橡膠片進行磨耗，而滾動磨耗方式則是以滾動的輪胎進行磨耗[100]。在過去的研究中已經發現，以滾動磨耗的方式進行磨耗試驗，其磨耗過程的性能表現會較接近真實狀況[88, 100-104]，因此使用滑動磨耗方式的試驗(如：賓州往復式磨耗儀(Penn State Reciprocating Polishing Machine))，皆開始逐漸被滾動式的磨耗儀器所取代。在滾動式的磨耗儀器中，較常見的種類有：大型的全尺寸鋪面加速試驗儀器(full-scaled accelerated pavement testing machine)及其衍生機型、德國研發的 WS 磨耗儀(Wehner/Schulze polishing machine)、德國阿亨大學 Aachen 磨耗儀(Aachen polishing machine(APM))及美國國家瀝青技術中心(NCAT)所研發的三輪磨耗儀(NCAT Three Wheel Polishing Device)與其衍生機種。

其中，全尺寸鋪面加速試驗儀器或依比例縮放的鋪面加速試驗儀器(如：1/3 比例交通荷載模擬器(third-scale model mobile load simulator, MMLS3))的優勢，在於其使用的是真實的車胎加上載重可較接近實際的交通狀況，然而在過去的研究中仍表明，該儀器的試驗轉速無法對應到現地的交通量[23, 105-107]。而其缺點在於該儀器的造價與維護費用較為昂貴、磨耗效率過低導致趨勢不明顯，以及若要在該類型的儀器上進行部分試驗(如：DFT、CTM(Circular Texture Meter，環形紋理測量儀)試驗)，必須以拼接試體的方式才能進行，因此部分研究開始採用其他方式進行磨耗試驗[107]。

德國所研發的 WS 磨耗儀在歐洲較常被使用，該儀器採用 3 個滑動比(slip ratio)與輪胎相近的錐形橡膠滾輪，在一圓形的平面試體上進行磨耗，並以摻有石英砂的水輔助期進行加速磨耗[108]。許多研究指出因為其磨耗試驗的過程中採用滾動式的磨耗，故試驗結果的趨勢與現地趨勢非常相似[100, 102, 109, 110]，然而目前也沒有進一步的研究可將其磨耗的轉數對應到實際的交通量[100]。而阿亨工業大學(RWTH-Aachen University)所研發的 Aachen 磨耗儀(Aachen Polishing Machine, APM)，則是使用兩個相距 55cm

的真實汽車輪胎，在 1.5kN 的載重底下(接觸面壓力強度為 0.2MPa)進行磨耗，以彌補 WS 磨耗儀並未使用真實輪胎進行磨耗的缺陷。Aachen 磨耗儀除了以 41 RPM 的速度進行磨耗以外，乘載試體的底板也會以每分鐘 9 次的頻率進行前後的位移，使試體跟輪胎之間除了有滾動磨耗外，也會有滑動磨耗。另外，該儀器也可在磨耗表面上加入特定的雜質以模擬實際路面上雜質影響磨耗的情形[101, 111-113]。然而，該儀器雖考量到了許多模擬實際路面的層面，其相對的缺點在於因為輪胎消耗大量用水所造成的成本考量，以及在加入粗糙介質後容易造成對試驗面紋理過多的影響[101]，而對於試驗表面紋理的破壞及影響在標線的抗滑性能研究上，可能造成試驗無法如實呈現出標線隨著磨耗的過程的抗滑性能表現。

美國國家瀝青技術中心(NCAT)所研發的三輪磨耗儀(NCAT Three Wheel Polishing Device)也被稱為環狀軌跡磨耗儀(Circular Track Polishing Machines)，該磨耗儀最早出現在文獻中是 2003 年時由 McDaniel 與 Coree 在美國愛荷華交通廳的一項期末研究報告中所提及[114]，該研究希望為後續與鋪面抗滑性能的相關研究建議適合的加速磨耗試驗設備，並比較了各種不同種類的磨耗儀，研究中提及該設備是由北卡羅來納州立大學環形軌跡磨耗儀(The North Carolina State University (NCSU) Wear and Polishing Machine)改良而來，最後的結論建議採用與動態摩擦試驗儀(Dynamic Friction Tester, DFT)及環形紋理測量儀(Circular Texture Meter, CTM)相容性較高的 NCAT 三輪磨耗儀進行後續研究。而 NCAT 則是在 2006 年由 Vollor 及 Hanson 完成了一份完整詳細的報告書[115]，其中除了詳細說明試驗設備原型的研發過程中，嘗試各種轉速、輪胎類型、試體製作方法等等細節，並完整建構出一套試驗方法。在該份報告中提及該設備的原型使用 68 kg (150 lbf)的正向荷載、40 rpm 的轉速，並使用不同材質的 8 英吋(203mm)輪胎進行磨耗，在 500mm x 500mm 的平版試體上磨耗出直徑為 284mm 的圓形路徑，磨耗的範圍可滿足動態摩擦試驗儀

(Dynamic Friction Tester, DFT)及環形紋理測量儀(Circular Texture Meter, CTM)的試驗範圍，而其採用的磨耗轉數區間為 5,000、15,000、35,000、75,000 及 95,000 轉。最終的結論建議使用 50psi 的 8 英吋充氣膠輪做為磨耗用的輪胎會最接近現地的磨耗表現，且該試驗所設定的轉數雖無法對應交通量，但是確定可達到磨耗終點，因此可用以評估鋪面的抗滑性能衰退情形，然而最佳的正向荷載、輪胎胎壓、輪胎尺寸、轉數等設定仍待後續研究進行探討。此設備的原型發表後，逐漸在美國的各項研究中被採用，並嘗試用不同的胎壓、正向荷載等設定進行磨耗，且多數研究中皆提及雖此磨耗設備所設定的轉數並不能對應到交通量，但是其磨耗過程可達到磨耗的終點，並針對不同材料或材質的鋪面進行比較觀察長期磨耗的趨勢[26, 88, 104, 107, 108, 116]，目前已是美國鋪面的加速磨耗試驗研究中常用的設備之一，雖然並未被納入 ASTM 的相關規範中，但是已有數個不同的州採用該設備做為標準磨耗試驗規範的儀器[16, 117]。

在國內，研究團隊以教育部典範科技大學經費在國立高雄科技大學土木系，參考美國國家瀝青科技中心設備自行開發之三輪式旋轉磨耗儀加速磨耗儀(Wheel-Tracking Polishing Device, WTPD)，並針對密級配瀝青混凝土鋪面抗滑能力在不同載重及磨耗轉數階段，針對在不同水膜厚度下的抗滑能力及紋理特性進行研究[118]。研究成果指出，當鋪面在實驗室模擬車輪磨耗圈數及模擬表面積水使得水膜增加時，鋪面抗滑能力將大幅下降。此外，在該研究中也發現，針對 BPT 試驗而言，採用 8 英吋輪胎其磨耗範圍並無法完全涵蓋 BPT 的試驗範圍(目視約 75-80%)，建議採用更寬的輪幅來進行磨耗。

在標線磨耗試驗相關研究的部分，僅有 NCAT 三輪磨耗儀及 1/3 比例交通荷載模擬器(Third-Scale Model Mobile Load Simulator, MMLS3)被應用在相關研究上[19, 26, 116, 119, 120]。其中，採用 NCAT 三輪磨耗儀的研究皆針對不同的標線材質，在不同磨耗狀況下的反光程度進行研究，並沒有針對

抗滑能力的衰退有近一步的探討分析。而在相關試驗規範的部分，研究團隊透過與佛羅里達交通廳來往信件時，獲知佛羅里達交通廳於民國 109 年 6 月份公告了最新的試驗方法—FM 5-622: Florida Test Method for Green-Colored Pavement Markings Materials[16]，試驗目的是針對綠色彩鋪標線材料的試驗方法，在實驗室運用磨耗設備進行不同階段的磨耗，進而評估其標線材料的抗滑能力。FM5-622 試驗方法所使用之三輪磨耗儀(Three Wheel Polishing Device, TWPD)與本計畫所使用之儀器同為 NCAT 磨耗設備的衍生機型，原理及磨耗方法亦極為相似，故本計畫參考該試驗方法所使用之儀器參數設定進行先導試驗，並考量前期研究中所發現關於磨耗範圍無法涵蓋英式擺錘試驗範圍的問題，進而設定最適合本計畫之參數，以做為本計畫的標準試驗程序。

2.5 小結

從標線材料基本性質、國內道路主管機關標線規範彙整、國內外道路標線功能性相關研究中，可瞭解到以下幾點研究重點彙整：

1. 國內目前最常使用的標線類型為熱處理聚酯標線，目前各級機關常使用的 45/50BPN 標線，亦已開始推廣使用防滑標線(即 65BPN 標線)。目前國內中央或地方道路主管機關均具備前述兩種標線的相關施工規範或說明。公路總局除了一般性標線檢測外，同時增加了行人穿越線的抗滑係數檢測。此外，部分地方政府亦開始試辦不具反光性能之骨材標線及冷塑標線，用於繪設大面積之彩色鋪面，如標線型人行道。

2. 在針對國外標線抗滑性能相關規範進行回顧後可知，國內道路主管機關希望透過提升標線的抗滑能力至 65BPN 以上，做為提升道路安全的措施之一。而在國外規範中，多數國家皆將標線的抗滑性能規範在 45-50BPN/SRT 以上，針對抗滑性能較高的高性能材料，

或者是需要較高抗滑能力以提升道路安全的區域(例如：行穿線)，則會另外訂定較高的標線抗滑性能規範，將標準提升至55BPN/SRT 以上。

3. 標線材料的內含與外灑高反光玻璃珠及高抗滑材料，對於反光及抗滑能力均有提升，若能確實依據施工規範或說明書來進行施工，應可在標線劃設初期通過相關規範的要求。然而經過現地車流量的磨耗以後，標線抗滑能力能否維持，則有必要透過持續監測及實驗室磨耗模擬來共同進行評估。

4. 國內、外針對標線抗滑的研究並不多，相關研究指出標線抗滑能力可做為評估機車及自行車行駛安全的一個底限，不良的標線抗滑能力有可能會帶來交通安全上的隱患。然而，從文獻中也可以得知，車輛打滑的交通事故發生率難以從單一因素(如標線 BPN)來決定，並提及需要在不同的駕駛情境下去考量道路的抗滑性能是否足夠的問題，所以道路與車道線型設計、車輛運動方式、轉彎模式、車輛穩定性及駕駛人行為，對於道路安全同樣具有重要的影響因素。

5. 標線的抗滑能力一般而言較鋪面的抗滑能力來得差，且可以了解標線與鋪面之間的抗滑能力落差，可能會造成道路安全上的危害

6. 英式擺錘可做為量測標線抗滑能力的有效工具，然而綜觀國內外研究，僅在 80 年代由美國賓州州立大學的學者 Anderson 等人，以及日本路面標示材料協會在 2006 年曾進行長期的標線抗滑能力的監測[55, 56, 59]，在國內除了交通部公路總局材料試驗所曾經與臺大慶齡工業中心合作研究抗滑與反光度的研究以外[23]，並無充足的文獻可供參考，顯見在此一研究領域上需進行更多相關研究來瞭解標線的抗滑性能。

7. 日本路面標示材料協會在 2006 年的研究，以及交通部公路總局材料試驗所與臺大慶齡工業中心 2017 年的合作研究，皆有自行設計配比來觀察不同的標線內外摻料，是否會影響標線的抗滑性能衰退表現，其中在日本的研究中更特別說明該配比之設計目標，是希望該標線之初驗值達到 65BPN 以上並觀察其衰退狀況，前述兩項研究結果皆顯示，不同摻料配比標線的衰退表現會有所不同。

8. 在現地試驗的部分，除了針對標線的抗滑能力進行長期監測外，數據的分析工作也是極為重要的一環。然而因標線材料本身就是非均質材料，且施工的方式及現地狀況的多變亦會造成分析上的困難，而本計畫案中也並未選定特定場域(易取得交通量資料且磨耗位置重複)進行監測，預期在現地試驗數據的分析上會遭遇到一定的困難，因此除了嘗試進行不同的資料分析方法進行分析外，也會以質化的方式呈現及說明現地試驗的成果。

9. NCAT 三輪磨耗儀為國內外鋪面及標線磨耗試驗相關研究中常用的試驗設備之一，且在目前所能搜尋到唯一的標線磨耗試驗的相關標準試驗規範中，所採用的磨耗設備即為 NCAT 三輪磨耗儀，因此該設備適用於本計畫實驗室試驗部分，可進行不同標線材質之間在同樣磨耗狀況下，抗滑能力衰退情況的比較與評估。

10. 在文獻回顧章節中，研究團隊也回顧了關於英式擺錘試驗溫度校正的相關研究，並了解到試驗面溫度的差異會造成英式擺錘值的變化。因此，研究團隊在實驗室試驗的部分會將實驗室溫度控制在恆溫 20±1°C 的環境下進行，以確保試驗面溫度不會影響英式擺錘的試驗數據。而在現地試驗的部分，雖然材試所及臺大在 2017 年的研究成果中，有基於標線提出將 BPN 校正至 30°C 情況下的溫度校正公式，然而若採用該公式必須同時將現地與實驗室之數據進行轉換，如此一來可能擴大誤差，因此現地試驗部分仍將參考

加州大學戴維斯分校(UC Davis)基於鋪面試驗所提出的研究成果[91]，採用式 3 做為校正公式，將現地試驗所測得之 BPN 值轉換為 BPN_{20} 進行分析。另外，針對實驗室試驗結果則會以加州大學及臺大提出的公式為基礎，將標線表面溫度轉換至 20˚C、30˚C、40˚C 情況之下進行模擬與比較。

11. 不同的潮濕狀態對於路面標線抗滑性能有顯著的影響，參考在蘇育民近期在鋪面抗滑的相關研究成果指出[118]，當鋪面在實驗室模擬車輪磨耗圈數及表面積水使得水膜增加時，鋪面抗滑能力將大幅下降[118]。因此如何以加速磨耗的方式觀察標線性能的衰退情況，以及探討水膜厚度將會如何影響標線抗滑能力，同樣有必要進行探討。

第三章　試驗規劃

本章旨在規劃本計畫主要的兩個工作項目：現地標線抗滑能力及實驗室標線磨耗與抗滑能力評估之執行方式與內容。其中，將先針對本計畫所使用的試驗方法-英式擺錘試驗法進行說明，接著分別說明現地標線抗滑能力，以及實驗室標線磨耗與抗滑能力評估之規劃過程與內容。

3.1 英式擺錘試驗法

本計畫進行標線抗滑能力試驗，其試驗主要使用英式擺錘試驗儀量(如圖 8 所示)測試驗摩擦係數，並且分別於現地及實驗室中進行試驗。本試驗之現地試驗部分依契約規範，以外包方式委由經財團法人全國認證基金會(TAF)認證之檢測單位進行試驗，且試驗方法必須依據交通部「交通工程規範」規定，採 ASTM E303-93 規範之試驗方法。雖然在交通工程規範附錄中乃是採用 ASTM E303-93(2003)年版的試驗方法，經研究團隊透過「ASTM Standards 標準資料庫」的比對，2018 年再次修正核准的 ASTM E303-93 與 2003 年的規範相比，僅有文字及文法上的修正，並未對於試驗操作上有大幅度修正，因此本計畫於現地以及實驗室所採用的規範將為 ASTM E303-93(2018)。

至於實驗室試驗部分，則於高雄科技大學土木系附設「智慧道路資產管理與工程實驗室」進行，亦使用英式擺錘試驗儀量測試驗摩擦係數。依據規範進行英式擺錘試驗前，需先進行清潔待測表面，保持待測表面的清潔與平整，下一步再將英式擺錘試驗儀放置於待側區域上準備進行測試。將英式擺錘試驗儀定平後，進行歸零校正之動作。進行歸零校正時，使擺錘橡膠滑塊位於將要觸及卻未觸及測試表面之位置，將擺錘提升於右側水平釋放位置鎖定後再釋放，運用摩擦環調整鬆緊度，使其指針讀值歸零。後在調整擺錘之橡膠滑塊與表面接觸範圍，其接觸路徑範圍應介於 124mm(4.875.in)至 127 mm(5 in.)之間即可開始測試。測試時將

擺錘提升至右側水平鎖定後釋放，使擺錘之橡膠滑塊與受測表面接觸。擺錘擺盪時會時帶動摩擦力指針，將指針帶至左側對應之 BPN 讀數，此時指針將指出 BPN 值。

(A)正面

(Ｂ)橡膠滑塊

圖 8 英式擺錘 BPT 示意圖[118]

在交通部公路總局材料試驗所與臺大慶齡工業中心合作進行熱處理聚酯標線抗滑與反光度的深入研究中指出，使用英式擺錘試驗儀進行抗滑能力的試驗有以下六種特性[23]：

1. 體積小，攜帶方便，可用於現地及實驗室檢測。
2. 適用於小範圍定點量測。
3. 僅須改變儀器放置方向即可量測不同方向之抗滑能力。
4. 現地輸出 BPN 讀值，可立即判讀，無複雜演算程序。
5. 不需額外動力來源，操作與校估容易，施測快速。
6. 機械式設備，維護保養相對容易。

根據上述特性可知，該試驗方法符合本計畫案須進行現地及實驗室等兩個部分的試驗需求。在了解英式擺錘試驗法之試驗方法與其特性後，後續兩個小節將詳細說明現地標線抗滑能力，以及實驗室標線磨耗與抗滑能力評估等兩個工作項目之規劃及試驗細節。

3.2 現地標線抗滑能力

本工作項目針對現地標線在抗滑能力衰減進行英式擺錘試驗，以交通狀況、標線材質、標線類型、標線材齡等不同條件區分欲追蹤監測的現地標線，並透過定期追蹤來蒐集標線在繪製完成後的各個階段英式擺錘值。為完成此工作項目，需向道路主管機關協調索取標線相關資料並盤點標線試驗地點，進而規劃並透過現地勘查確認現地試驗位置，同時現地標線試驗之點位規劃結果亦須滿足契約中所規定之 500 次以上的現地試驗。最後根據規劃之結果，依契約規定發包委由經財團法人全國認證基金會(TAF)認證之檢測單位，進行現地英式擺錘試驗。

3.2.1 盤點標線試驗地點

本案於 109 年 03 月 20 日召開之研商會議結論中(見附錄一)，由本所協調三都交通局和公路總局等單位，協助提供 108 年以後已施作及預計施作 65BPN 標線之路段起迄點，並檢附該路段 65BPN 標線繪製之完工日期或預計繪製日期、標線材質、初始試驗值(後簡稱「初驗值」)，以及是否具備車輛偵測器(Vehicle Detector, VD)和路口交通流量資料等基本資訊，由研究團隊根據相關資訊規劃追蹤標線英式擺錘值之地點。

根據本案 4 月 7 日工作會議之結論，試驗地點選擇之考量因素應以：(1)鋪設完工日期；(2)鋪設地點；(3)標線材質；(4)有交通量資訊為佳等 4 項因素做為主要考量。採用以上 4 項做為考量因素的原因分述如下：

1. 鋪設完工日期：由於本案受限於時程因素，無法進行半年以上的長期追蹤，因此將鋪設完成時間距今較久的地點納入本案追蹤及監測的對象，以了解各種材質的標線在鋪設完工後短中長期的抗滑能力衰退情形。鋪設完工日期以近期鋪設、鋪設半年及鋪設一年做為區分方式，後於 4 月 24 日工作會議中將區分方式進行更明確的劃分，並修正為：鋪設 1~3 個月、鋪設 3~9 個月及鋪設 9 個月以上。

2. 鋪設地點：由於相同標線材質的抗滑能力及其衰退程度，仍可能因各家廠商的施工方式及標線配比不同而有所差異，然而各家廠商所使用之配比屬商業機密且廠商家數極多，再者在發包時若規範使用某種配比將衍生綁標問題，故以標線廠商做為標的去研究其產品之抗滑能力，並無研究上的意義。因此本計畫以鋪設地點做為區分方式，盡量涵蓋三都及公路總局試辦 65BPN 標線之所在路段，以瞭解 65BPN 標線抗滑能力之衰退情形。

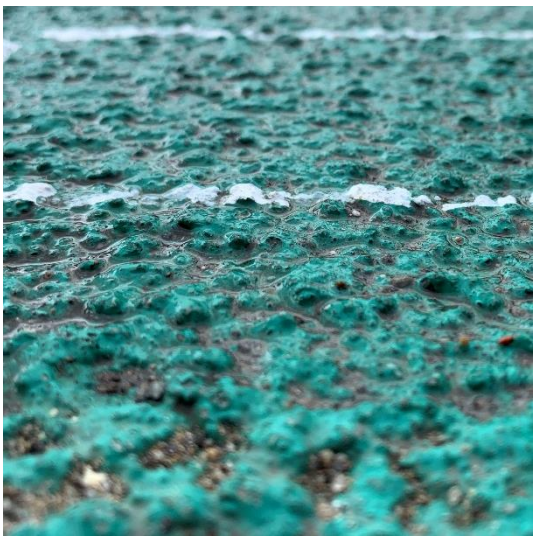
3. 標線材質：在本計畫中，標線材質可分為 45/50BPN 標線、65BPN 標線、骨材標線、冷塑標線等 4 種(如圖 9 所示)，其中除 45/50BPN 標線不在本計畫的現地試驗研究範圍中外，在選點原則上均希望涵蓋其他 3 種標線材質，並追蹤及監測各種標線材質在鋪設後，短中長期的抗滑能力及其衰退情形。

4. 有交通量資訊為佳：由於現地標線的磨耗程度與交通量有一定程度的關聯性，雖然同一路口、不同位置的標線可能也會在磨耗程度上有極大的差距(例如：路面邊線較不常被磨耗到等情形)，交通量資訊仍是一項重要的背景參考因素。然而根據三都與公路總局所提供之地點資訊，要將交通量資訊列為考量因素的必要條件實有困難(例如部分標線型人行道或行穿線彩色鋪面路段並無 VD 資料)，因此僅將此條件做為背景說明之用，而非選擇試驗地點的必要條件。

(A)65BPN 標線

(B) 65BPN 標線(彩色鋪面)

(C)骨材標線



(D)冷塑標線

圖 9 現地標線材質

經 4 月 7 日工作會議盤點三都及公路總局之 65BPN 標線繪製地點後，除以會前三都及公路總局所提供之資訊進行候選試驗地點之挑選外，亦針對 4 月 7 日所盤點之現地地點仍無法滿足研究需求的部分，於會後洽詢三都及公路總局負責窗口補充提供其他適合地點，並於 4 月 10 日額外加入 3 個正選地點，最終選定了 14 個地點進行現地勘查。

3.2.2 規劃現地試驗位置

完成候選試驗地點之盤點後，由本所、三都及公路總局承辦人員和研究團隊，訂於 4 月 14 日及 16 日分別於各個試驗地點進行第 1 次現地勘查，並於 4 月 24 日的工作會議中著手規劃現地試驗位置。

在進行現地試驗位置的規劃時，除須滿足契約中所規範總數須達 500 次試驗之條件外，亦須挑選具有代表性的位置進行試驗。考量文獻中提及由於車輛運動方式、轉彎模式、車輛穩定性及駕駛人行為的機制不同，使得標線抗滑能力對於 4 輪車輛或 2 輪機車的交互作用關係機制不盡相同[55, 56]，然而對於現地標線抗滑能力的監測與追蹤之基礎資料有其價值與意義，可做為評估交通安全調查的基礎資料外，亦可減少發生意外的隱患[58]，因此在試驗位置的規劃上皆以交岔路口(Intersection)周圍所劃設的標線為主。

另外，同一個試驗地點所包含的所有標線位置之 BPN 值可能差異極大，因此在試驗位置的規劃上，將以磨耗程度做為主要考量，希望可在同一個地點選取磨耗較多及磨耗較少的位置進行試驗，以觀察其中的差異。另外，磨耗程度的觀察除了可利用肉眼粗略判斷標線的損耗程度外，亦可觀察直行或左右轉車輪常磨耗的標線位置及煞車頻繁的位置。舉例而言，如圖 10(A)的試驗地點為直行車輛較多之道路，將選取較常及較不常被車輪磨耗的位置進行對照；又如圖 10 (B)的試驗地點中，除選取直行車輪跡較常經過的位置外，也將選取右轉車輪跡可能經過的位置進行試驗。另外，針對煞車頻繁的位置，研究團隊則是選取路口的停止線、指向線、機車停等區圖示與框線等位置，規劃做為預計進行試驗之位置。

除了考量磨耗程度選擇試驗位置外，3 月 20 日的研商會議中及 4 月 7 日、4 月 24 日的工作會議中，亦不斷強調在選點的考量上務必將交通安全列為首要考量，且在委外發包的契約中亦須載明承包廠商需同時負責交維工作，以確保試驗人員之安全性。是故在選取試驗位置的考量上，皆

盡可能從尖離峰交通差異較大或交維工作之執行較容易的位置進行選取，如圖 10 (C)之試驗地點中，由於該處道路其中一側(下坡路段)交通量極大又處上下坡路段，故將選擇車行方向為上坡路段且較靠路邊的位置進行試驗，雖然於 8 月份現地試驗時發現，原先的試驗點位因管線工程遭到破壞，而被迫將試驗點位移至對向的下坡路段，研究團隊在挑選試驗點位的過程中仍以安全為優先考量，並因此加派交維人力以確保試驗人員之安全。

(A) 直行車較多之試驗地點示意圖

(B) 直行及轉彎車輛較多之試驗地點示意圖

(C) 車流量較多且車速較快之試驗地點示意圖

圖 10 試驗位置挑選原則示意圖

基於前述的考量因素，本案於 4 月 24 日的工作會議暫定了 13 處正選地點為基礎，規劃了 101 處試驗位置，並規劃於 6 月委外招標作業完成後，偕同本所、三都及公路總局承辦人員和得標廠商進行第 2 次的現地勘查，且在 6 月底前完成第 1 次現地試驗。綜整規劃每個試驗地點以間隔 1 個月的頻率，進行為期連續 5 個月(民國 109 年 6 月至 10 月)之現地試驗，總試驗次數預計為 505 次。另須考量天候影響，預留調整檢測時間之彈性，以不影響本計畫之追蹤結果。若試辦地點已由道路管養機關完成驗收檢測或追蹤檢測者，研究團隊將與本所協調蒐集相關資料一併進行分析。同一追蹤地點之檢測位置將確實記錄量測位置，確保每個月之試驗地點儘量一致。

在初步規劃出各個試驗地點的試驗位置後，與現地英式擺錘試驗試驗得標廠商--華光工程顧問公司協調於 6 月 29 日及 30 日前往各個試驗地點進行第 2 次現地勘查暨第 1 次現地試驗。經過第 2 次現地勘查過後，現地試驗的地點及各個試驗地點的試驗位置依據現地狀況做出些微的調整，而此次的調整必須說明是基於檢測人員的安全性考量，以及因應部分試驗地點取消，而重新分配試驗位置所做出的決定，但總檢測數量仍然維持 505 次以符合契約的需要。在調整試驗位置的部分，除了基於交通影響程度與試驗人員安全之考量進行微調外，其他調整係源於前述試驗地點取消所衍生之試驗位置調整增加，最後於該次現地勘查結束後，確認共將在 101 個試驗點位以間隔 1 個月的頻率，進行為期連續 5 個月(民國 109 年 6 月至 10 月)之現地試驗，共 505 次試驗。

然而，在執行第 3 次(8 月)現地試驗的過程中，研究團隊發現在 13 個試驗地點中，有兩處試驗地點面臨到刨除重鋪及重繪的情形，為了使現地試驗的試驗點位數量可滿足契約規範之 505 次試驗，研究團隊請運研所協助協調相關單位提供另外的試驗地點以利進行後續 3 個月的現地試驗。因此研究團隊分別又於 7 月 31 日及 8 月 31 日會同相關單位進行現地勘查，並於確定更換試驗地點後，從第 3 次(8 月)現地試驗開始在新的試驗地點

進行試驗，且試驗點位及總試驗次數皆分別維持在 101 個試驗點位及 505 次試驗。505 次試驗以鋪設完成時間、鋪設地點、標線材質、標線型式等標準進行分類統計，其檢測位置數量統計分布如表 15 及表 16 所示。

表 15 現地試驗位置數量統計表(含標線型式)

編號	檢測月份	標線材質	65BPN 標線						骨材標線		冷塑標線	
		小計	行穿線(含綠底)	停止線	指向線	車道線	停等區	網狀線	人行道	行穿線(綠底)	人行道	行穿線(綠底)
109.03 後鋪設		255										
A	6-10 月	70	20	10	10	10		20				
B	6-10 月	35								35		
C	6-10 月	40								40		
D	6-10 月	30			10					20		
E	6-10 月	35		15	20							
F	6-10 月	30	30									
N	8-10 月	15									15	
108.10-109.02 鋪設		65										
G	6-7 月	12	8			4						
H	6-7 月	10									10	
O	8-10 月	18	12			6						
I	6-10 月	25							25			
108.09 前鋪設		185										
J	6-10 月	80	40	15	10		15					
K	6-10 月	20	20									
L	6-10 月	55	20	15	10		10					
M	6-10 月	30										30
合計		505	150	55	60	20	25	20	25	95	25	30

表 16 現地試驗位置數量統計表(不含標線型式)

鋪設時間	標線材質			小計
	65BPN 標線	骨材標線	冷塑標線	
109.03 後鋪設	145	95	15	255
108.10~109.02 鋪設	30	25	10	65
108.09 前鋪設	155	0	30	185
合計	330	120	55	505

除了說明各個現地試驗位置及其分布狀態以外，需說明現地試驗位置挑選的準則及各類型標線挑選位置之示例。從表 15 可看得出現地試驗的試驗位置中，標線類型包含了：(標線型)人行道、行穿線(含綠底)、停止線、車道線、指向線、停等區及網狀線，而研究團隊挑選試驗位置之準則係希望在同一試驗地點可觀察得到不同的磨耗樣態，例如：磨耗較多或較少、直行車輪跡之磨耗、轉彎車輪跡之磨耗等，另外，若先前主管單位有在標線鋪設完成後進行初驗，研究團隊會向主管單位確認是否能取得初驗位置，並在初驗位置進行試驗。以下將以部分現地試驗地點之照片示例說明試驗點位挑選的狀況(在所有示意圖中，所有的試驗點位皆為平行車流方向，標記僅為示意作用)：

1. 標線型人行道：

   由於標線型人行道部分會鋪設於住宅或店家的出入口，在這些出入口的位置偶而會有汽車或機車的輪跡經過。此外，除了巷道較窄且車流量較大的標線型人行道試驗地點，可能會常有機車車輪跡經過的狀況外，絕大多數的標線型人行道最常有車輪跡經過的地方是在路口轉彎處，因此研究團隊在挑選試驗位置時，會以上述的幾種情形為考量進行選點。實際選擇的點位示意圖如圖 11：

圖 11 標線型人行道試驗點位示意圖

2. 行穿線(含綠底)：

行穿線的部分，在選點時會維持每一條枕木取兩個點的原則，並在每個試驗地點至少選擇兩條枕木進行比對。每一個試驗地點所選擇的枕木與其對比的意義會有所不同，例如：直行車較多的路段，不同的枕木紋之對比意義在於磨耗的多寡(圖 12)；而有轉彎車流的路口則可做為轉彎車流磨耗及直行車流磨耗型態之對比(圖 13)。另外，需要特別說明的是，此處的選點原則雖然將車流磨耗型態納入考量，然而磨耗型態的差異在後續的分析中難以量化為變數，因此研究團隊在 10 月的最後一次試驗過程中，以量測試驗點位與邊線之間距離的方式，來做為區分不同試驗點位磨耗型態的變數。行穿線取點之示意圖如圖 12、圖 13：

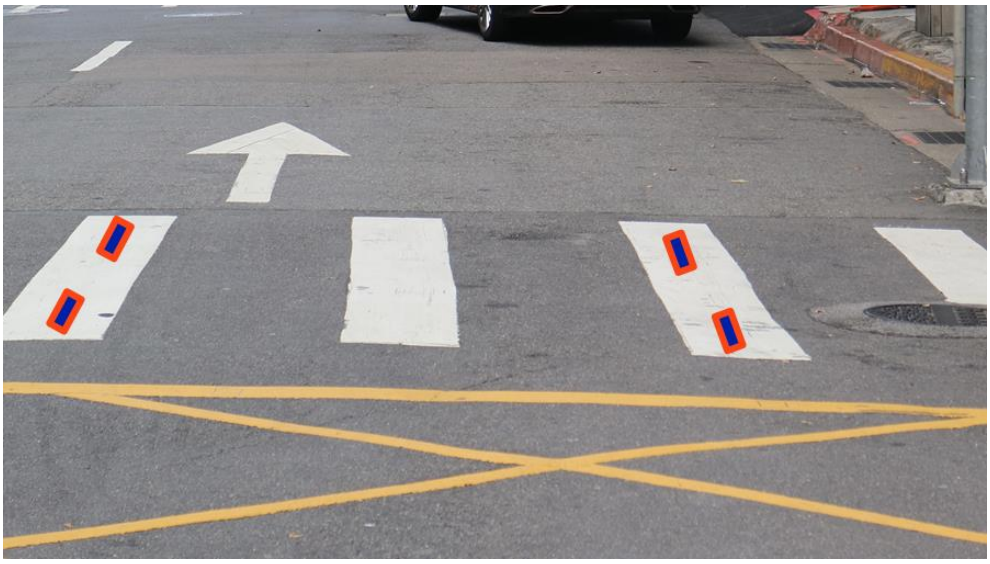


圖 12 直行車流路段之行穿線示意圖

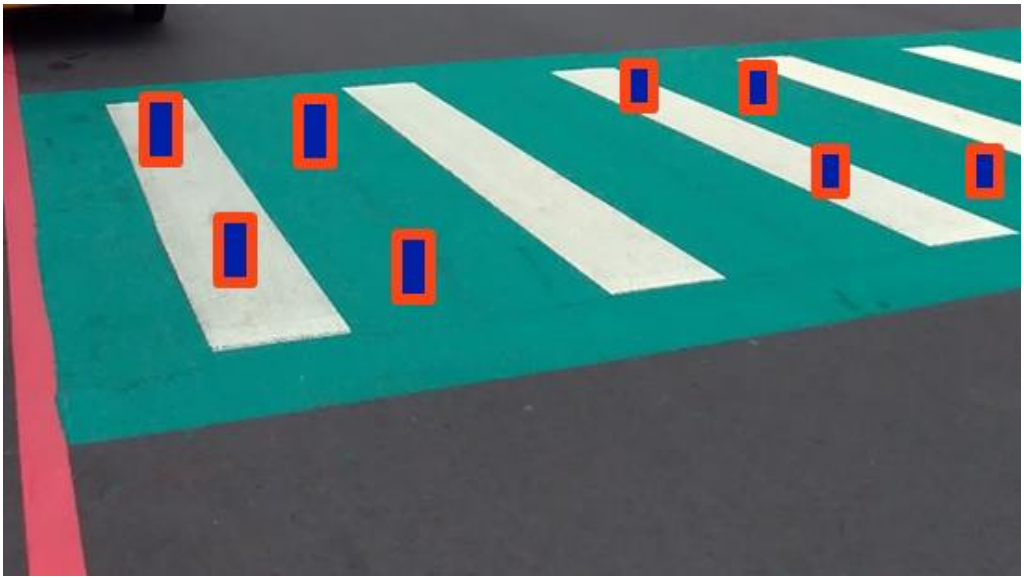


圖 13 包含直行及轉彎車流之行穿線示意圖

3. 停止線：

在停止線的部分，選點的準則則相對單純，在選點的過程中研究團隊會以安全為優先考量下，在停止線上取 2~3 個點觀察停止線上不同點位上的磨耗型態。停止線取點之示意圖如圖 14：

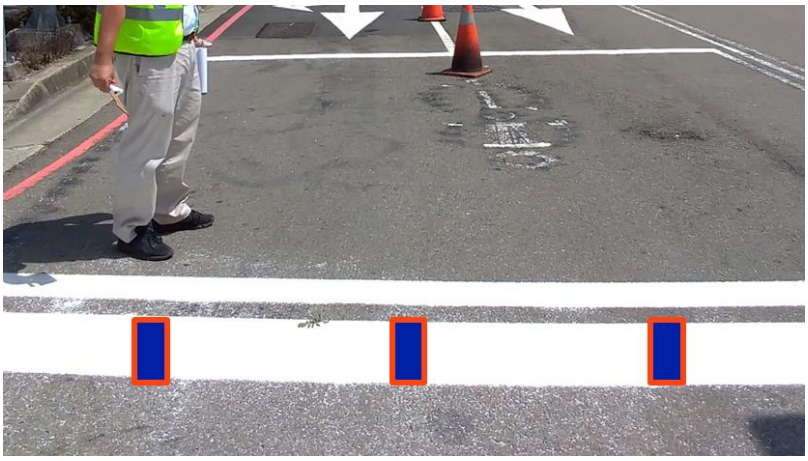


圖 14 停止線取點之示意圖

4. 車道線及路面邊線：

車道線及路面邊線的部分，由於車道線之功能主要在於車道分隔，路面邊線則標示車輛可行駛範圍，因此較少車輪跡會經過車道線及路面邊線，故研究團隊在此取的點位數量較少，僅取了 3 處共 20 個試驗點位(其中 2 處分別僅在 6-7 月及 8-10 進行試驗)，車道線及

路面邊線取點之示意圖如圖 15：

圖 15 車道線取點之示意圖

5. 指向線：

指向線在道路上皆鋪設於車道中間，係車流軌跡(尤其是兩輪交通工具)常常經過的地方，因此研究團隊在 13 處試驗地點中有劃設指向線的地點的指向線進行試驗(共 5 處)，其中每條指向線皆會在指向線上選擇 1-2 處進行試驗，指向線取點之示意圖如圖 16：

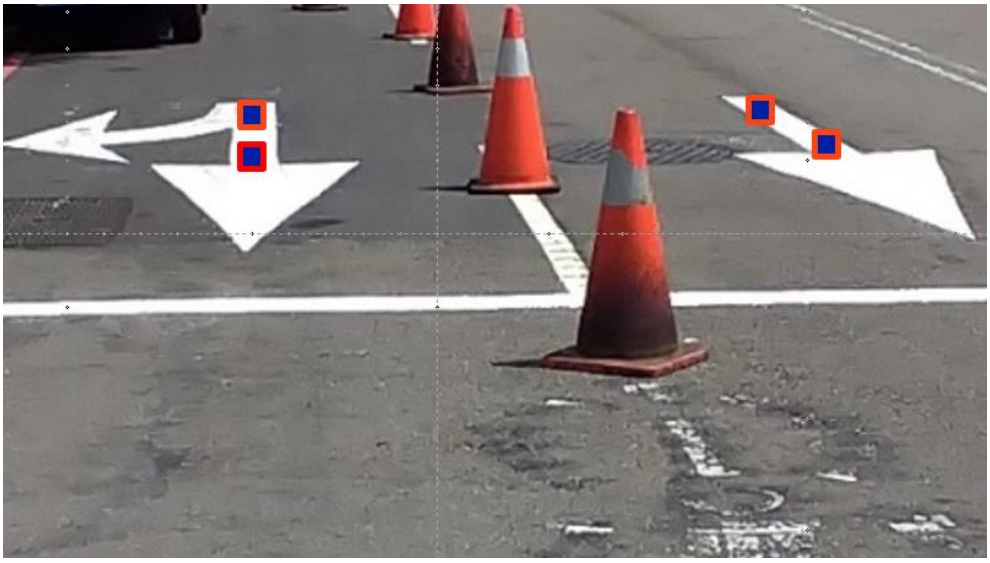


圖 16 指向線取點之示意圖

6. 停等區：

停等區是機車較常行經之處，然而本計畫中所選擇的 13 個試驗地

點中，僅有 2 處地點在第 1 次現地試驗時有繪製機車停等區 (4 月 10 日所選定之 14 個試驗地點中，有 4 處有繪製機車停等區，然而其中一處由於車流量過大，故在第 1 次現地勘查後取消該試驗地點)。另外，有一處試驗地點雖有劃設機車停等區，然而在 6 月第 1 次現地試驗時，該處的機車停等區尚未繪製，故並未選擇在該處的機車停等區進行試驗。針對 2 處試驗地點的機車停等區，研究團隊挑選在停等區之框線及圖案處進行試驗，停等區取點之示意圖如圖 17：

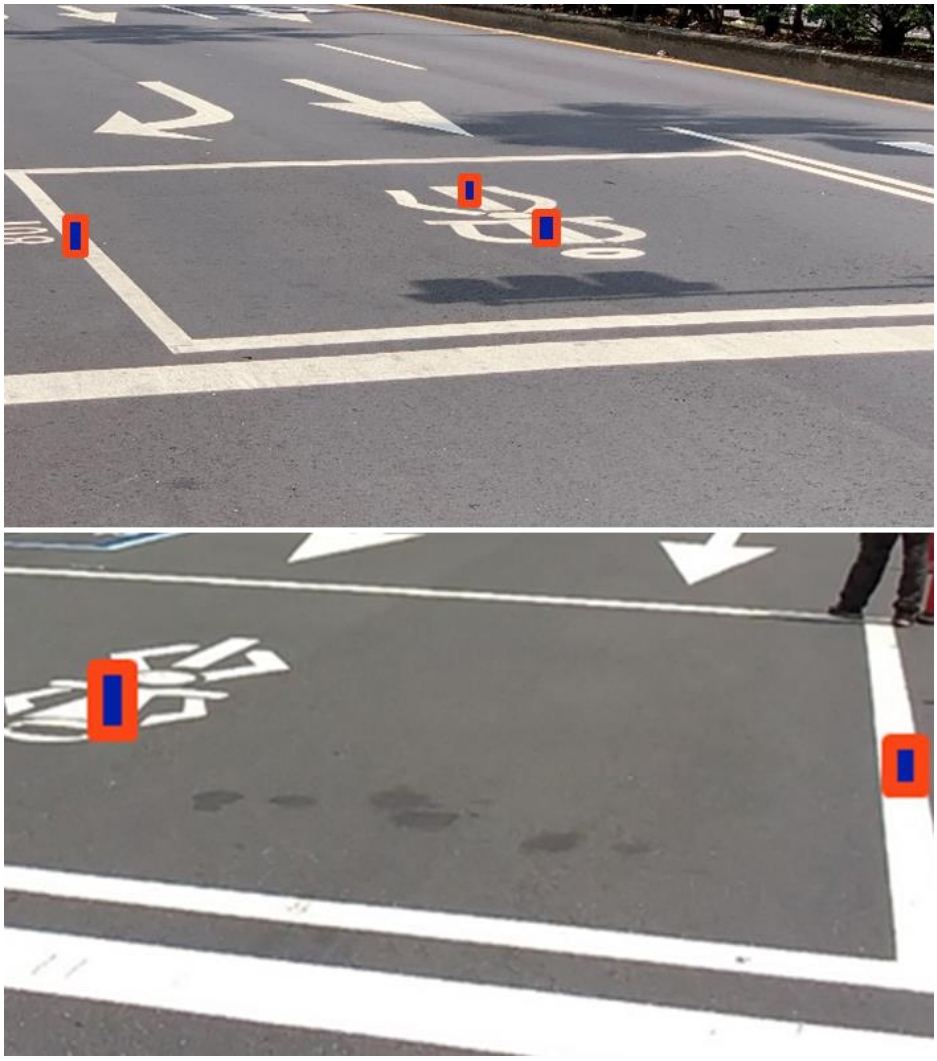


圖 17 停等區取點之示意圖

7. 網狀線：

在網狀線的部分，在 13 處試驗地點中，僅有一處試驗地點有劃設網狀線，因此僅有選取該處的網狀線進行試驗。選點的原則係希望配合前後的停止線與行穿線所選的位置，了解不同的位置的磨耗型態下的抗滑能力變化情形，網狀線取點之示意圖如圖 18：

圖 18 網狀線取點之示意圖

依據上述的選點準則，研究團隊選取了 101 處試驗地點在 6-10 月進行 5 次試驗，共 505 次試驗，並在每一處現地試驗位置以黑色或白色的油漆筆進行標記，以確保每次試驗皆在同一地點進行(標記範圍的大小滿足英式擺錘試驗受測範圍的大小，如圖 19 所示)，且在每次進行現地試驗時，會再次在同樣的試驗位置進行標記，以確保該標記不會受到車流磨耗而消失。

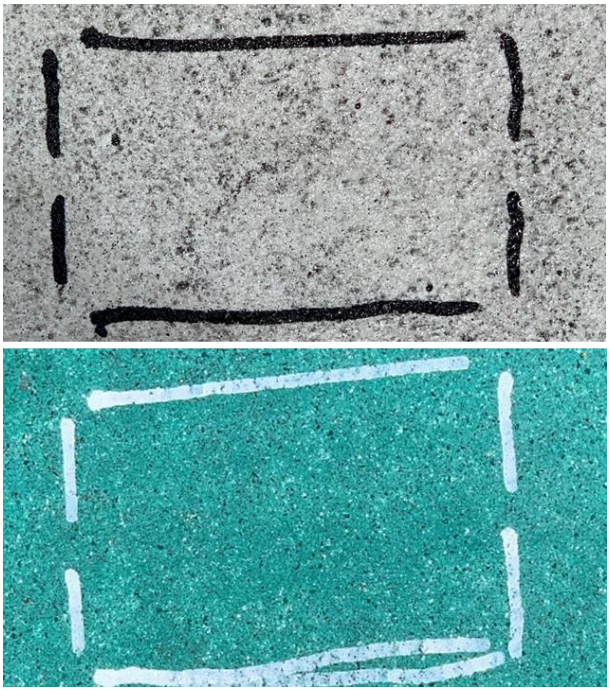


圖 19 標記試驗位置示意圖

3.2.3 委外進行現地試驗

在本計畫案的契約中，現地抗滑能力試驗部分需委外由經財團法人全國認證基金會(TAF)認證之檢測單位進行試驗，且試驗方法必須依據交通部「交通工程規範」規定，採 ASTM E303-93(2018)之試驗方法，除記錄試驗位置的 BPN 與表面溫度，試驗過程中亦以照片記錄試驗過程及試驗位置標線的現況。在委外之契約中，亦要求得標廠商確保現地試驗時的交維及試驗人員之保險等責任，交通維持部分由委外單位自行依各管養機關之規定辦理。

研究團隊於 109 年 5 月 21 日依法在政府電子採購網上實施公開招標程序，並發出第 1 次招標公告(如圖 20)。其中，標案案號名稱為「C109003587 道路防滑標線英式擺錘試驗與監測計畫」，屬勞務類採最低標方式決標。最後由得標廠商為華光工程顧問公司 (如圖 21)。

華光工程顧問公司為台灣世曦工程顧問股份有限公司之子公司，旗下共有：工務部、技術部、試驗一部、試驗二部及行政室等 5 個部門，而

負責本次計畫之現地試驗的試驗室為試驗一部下的臺北試驗室。該試驗室於財團法人全國認證基金會(TAF)之認證項目逾 90 項，其中亦包含本案的現地試驗項目-標線抗滑係數(BPN)之試驗，通過認證之試驗方法符合 ASTM E303-93(2018)、交通部交通工程規範附錄及 CNS 15834(2015)規範之試驗方法，認證有效期間至 110 年 1 月 31 日(如圖 22)，符合本案之契約規範。

2020/7/15 print

列印時間：109/07/15 15:29

公開招標公告

公告日：**109/05/21**

機關資料	機關代碼	A.9.6L
	機關名稱	國立高雄科技大學
	單位名稱	建工校區
	機關地址	807高雄市三民區建工路415號
	聯絡人	黃美玲
	聯絡電話	(07)3814526分機12655
	傳真號碼	(07)3921486
	電子郵件信箱	mihuang@nkust.edu.tw
採購資料	標案案號	C109003587
	標案名稱	道路防滑標線英式擺錘試驗與監測計畫
	標的分類	勞務類 71 - 陸地運輸服務
	財物採購性質	非屬財物之工程或勞務
	採購金額級距	公告金額以上未達查核金額
	辦理方式	自辦
	依據法條	採購法第18條、第19條
	是否適用條約或協定之採購	是否適用WTO政府採購協定(GPA)： 否 是否適用臺紐經濟合作協定(ANZTEC)： 否 是否適用臺星經濟夥伴協定(ASTEP)： 否
	本採購是否屬「具敏感性或國安(含資安)疑慮之業務範疇」採購	否
	本採購是否屬「涉及國家安全」採購	否
	預算金額	1,160,000元
	預算金額是否公開	是
	後續擴充	否

1/5

2020/7/15 print

	是否受機關補助	否
	是否含特別預算	否
招標資料	招標方式	公開招標
	決標方式	最低標
	是否依政府採購法施行細則第64條之2辦理	否
	新增公告傳輸次數	01
	招標狀態	第一次公開招標
	公告日	109/05/21
	是否複數決標	否
	是否訂有底價	是
	是否屬特殊採購	否
	是否已辦理公開閱覽	否
	是否屬統包	否
	是否屬共同供應契約採購	否
	是否屬二以上機關之聯合採購(不適用共同供應契約規定)	否
	是否應依公共工程專業技師簽證規則實施技師簽證	否
	是否採行協商措施	否
	是否適用採購法第104條或105條或招標期限標準第10條或第4條之1	否
	是否依據採購法第106條第1項第1款辦理	否
領投開標	是否提供電子領標	是 機關文件費(機關實收) 0元 系統使用費@ 20元 文件代收費@ 0元 總計 20元

2/5

圖 20 現地試驗委外招標公告

決標品項	決標品項數	1
	第1品項	
	品項名稱	道路防滑標線英式擺錘試驗與監測計畫
	是否以單價及預估需求數量之乘積決定最低標	否
	得標廠商1	
	得標廠商	華光工程顧問股份有限公司
	預估需求數量	1
	得標廠商原始投標金額	1,100,000元
	決標金額	1,100,000 元
	底價金額	1,140,000 元
	原產地國別	原產地國別：中華民國(Republic of China (Taiwan)) 原產地國別得標金額：1,100,000元 壹佰壹拾萬元

圖 21 得標廠商及金額

TAF 財團法人全國認證基金會 Taiwan Accreditation Foundation

證書編號：L2485-180125

認 證 證 書

茲證明

華光工程顧問股份有限公司

試驗一部台北試驗室

新北市中和區立言街 39 號

為本會認證之實驗室

認 證 依 據 ： ISO/IEC 17025：2005
認 證 編 號 ： 2485
初次認證日期 ： 一百年七月一日
認證有效期間 ： 一百零七年一月三十一日至一百一十年一月三十日止
認 證 範 圍 ： 土木工程測試領域，如續頁
特定服務計畫 ： 公共工程材料實驗室認證服務計畫

董事長 王聰麟

中華民國一百零七年一月二十五日

本認證證書與續頁分開使用無效 第 1 頁，共 25 頁

TAF 財團法人全國認證基金會 Taiwan Accreditation Foundation

證書編號：L2485-180125

30. 07 土木工程
瀝青及混凝土鋪面, 標線
L801 抗滑係數 (BPN)
ASTM E303-93
交通部交通工程規範附錄 (104 年版)
CNS 15834 (2015)附錄 D
(0 to 150) BPN

報告簽署人:林新偉; 施健光; 莊端峰; 賴佳宏; 謝恒基

30. 08 土木工程
透水性混凝土地磚
L506 透水性混凝土地磚試驗
CNS 14995 (2006)
(9.8 to 882) kN
(1 to 90) tf
地磚厚度 ≦ 85 mm

報告簽署人:莊端峰; 葉光輪; 謝恒基

30. 34 土木工程
鋪面標線
L433 厚度
交通部公路總局施工說明書 (技術規定) 第 02898 章 (2012) 表 02898-1 標線厚度檢驗

報告簽署人:林新偉; 施健光; 莊端峰; 賴佳宏; 謝恒基

L802 玻璃珠含量試驗
CNS 1333 (2006) & (2017)
交通部公路總局施工說明書(技術規定) 第 02898 章 (2012) 表 02898-1 玻璃珠含量檢驗

報告簽署人:林新偉; 施健光; 莊端峰; 賴佳宏; 謝恒基

30. 34 土木工程
路線漆

本認證證書與續頁分開使用無效 第 20 頁，共 25 頁

圖 22 華光工程顧問公司試驗一部臺北試驗室 TAF 認證證書

廠商得標後，研究團隊隨即偕同本所、三都及公路總局承辦人員和得標廠商，進行第 2 次現地勘查暨第 1 次現地試驗。在進行第 1 次試驗前，由本所協助以傳真告知試驗地點轄區內之交通大隊，以使現地試驗得以順利進行。在進行第 1 次現地試驗時，先由研究團隊以油漆筆及符合英式擺錘試驗儀摩擦範圍之紙板，在試驗地點標記試驗位置(如圖 23)，以利後續每個月進行現地追蹤試驗時，可確認試驗位置皆在同一個點位上。進行現地試驗時，由得標廠商負責交通維持之工作(如圖 24)，並依循確認橡膠滑塊磨損情形(如圖 25)、以清水洗淨待測表面(如圖 26)、調整儀器水平(如圖 27)、歸零校正(如圖 28)、調整滑動長度(如圖 29)、濕潤受測表面(如圖 30)、讀取指針讀數(如圖 31)、記錄連續 4 次穩定數值(首次測試值不算)、拍照記錄(如圖 32)及量測並記錄表面溫度(如圖 33)等規範步驟辦理試驗。

由於第 1 次現地試驗同時亦進行第 2 次現地勘查確認點位，故在試驗過程中，得標廠商若有問題皆會告知會勘人員，且由會勘人員討論並協調處理辦法，以確保試驗結果之準確性。且除第 1 次試驗外，後續每次試驗皆會有研究團隊之人員隨行，並協助記錄試驗過程及試驗當下之標線現況(如圖 34)。

圖 23 繪製現地位置

圖 24 試驗時由廠商負責交維作業

圖 25 確認橡膠滑塊磨損情形

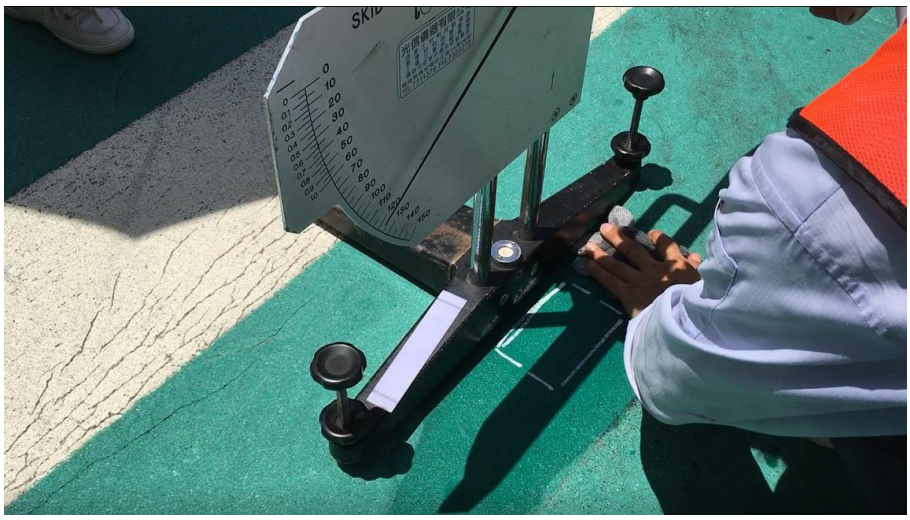


圖 26 以清水洗淨待測表面

圖 27 調整儀器水平

圖 28 歸零校正

圖 29 調整滑動長度

圖 30 濕潤受測表面

圖 31 讀取指針讀數

圖 32 記錄連續 4 次穩定數值(首次測試值不算)並拍照記錄

圖 33 量測並記錄表面溫度

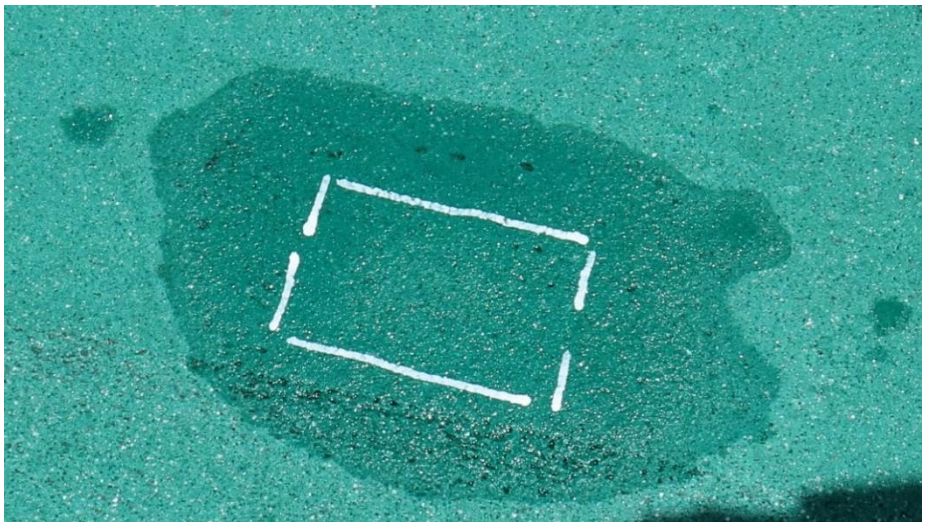


圖 34 記錄標線現況

現地試驗之試驗成果將呈現於第四章，因本小節主要目的在於呈現現地試驗之過程，故第 2 次以後現地試驗之詳情在此不多做贅述。後續之現地試驗預計皆規劃於每個月的第 3、4 週，並以第 3 週為主，若遇天候下雨導致無法進行試驗時，則會挪至第 4 週進行試驗。

3.3 實驗室標線加速磨耗與抗滑能力評估

本工作項目針對各種不同的標線(至少 10 種)，在實驗室加速磨耗試驗前後進行英式擺錘試驗，以實驗室控制一定的標準流程及影響因素(如：溫度、濕度、輪胎大小、正向力荷載等)條件下，了解各種不同標線材質抗滑能力的衰退情形。本工作項目可分為幾個步驟，首先需以密級配瀝青混凝土製作平板試體，而後規劃 10 種以上不同廠商生產或不同材質的標線，並洽詢廠商將標線劃設於平版試體上，以完成標線材料之蒐集步驟。接著，將標線繪製完成之平版試體帶回至高雄科技大學土木系附設「智慧道路資產管理與工程實驗室(LAPS)」，並運用高科大三輪式旋轉磨耗儀進行加速試驗。在進行試驗的過程中，將先進行先導試驗以確立試驗之標準程序及參數，並規劃磨耗轉數之間隔，再開始進行正式的加速磨耗試驗及英式擺錘試驗，以了解各種不同的標線在隨著轉數增加的情況下，抗滑能力的衰退或變化情形。

3.3.1 製作平版試體

此步驟之目的為先在實驗室製作以密級配瀝青混凝土之平版試體，以利後續標線試體劃設之作業得以順利進行。如計畫主持人於國立高雄科技大學土木系[118]所指導開發之實驗室平版試體製作，在本計畫中可使用最大粒徑為 19mm 的廠拌密級配瀝青混凝土，由區域的合格瀝青混凝拌合廠拌合完畢後，研究人員取回該瀝青混凝土混合料，送回實驗室再重新加熱重模製成體積為 450×450×30mm 之試體，製作試體之步驟如圖 35 所示，詳細步驟之說明如下：

- 將備妥裝有之瀝青混凝土混合料之鐵桶後，加蓋並放入溫度為攝氏 180°C 熱風循環烘箱中加熱 4 小時。
- 預備試體模具，模具需先設置於地面，且在模具之前後方向須設置與模具等高之平板便利於滾動壓製試體，再於模具之

前後左右方向設置擋塊，避免製作試體地過程中，壓路機強力的震動使得模具移動。

- 在填充熱拌混合料滾壓試體之前，需先將模具表面及小型振動鋼輪之鋼輪塗抹肥皂水，避免粒料沾黏及便利於試體之脫模，得以重複使用。
- 將加熱完成之瀝青混凝土混合料倒入至模具在中，以人工與刮刀將散料鋪平與搗實(須戴隔熱防融手套)。
- 搗實完成後，須以兩人之力運用小型振動鋼輪來回滾壓試體數次，直至試體平整均勻為止即完成試體製作，其滾壓過程中須不斷注意試體表面平整度，以及避免混合料沾黏於模具外框與鋼輪上。
- 試體製作完成後整體溫度仍過高，需養治 24 小時或隔夜才可進行後續試驗。

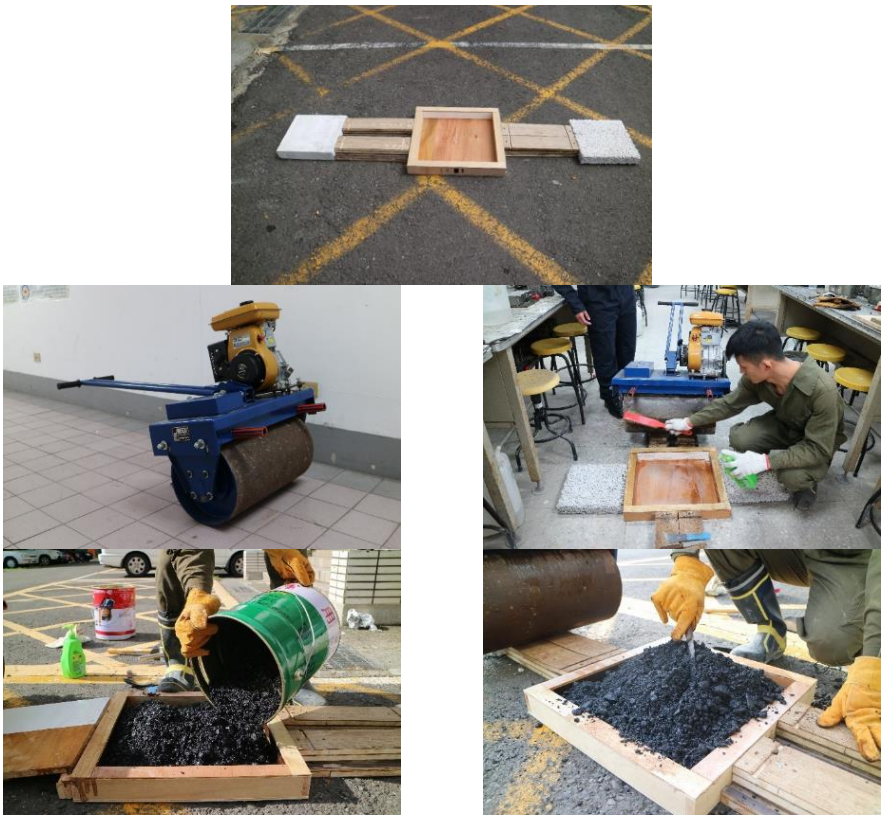


圖 35 實驗室瀝青混凝土平版試體製作流程[118]

圖 36 為製作完成之實驗室平版試體，可將本計畫中蒐集回來至少十種不同的標線材料，委託標線廠商加熱標線材料，依據規範劃設在平版試體之上，準備做為下一階段實驗室加速磨耗之用。

圖 36 製作完成之實驗室平版試體[118]

3.3.2 蒐集標線材料

在蒐集標線材料的步驟中，首先必須規劃所需要蒐集的標線材料，接著請三都及公路總局協助聯絡標線廠商，洽詢以現地取樣或至標線工廠取樣的方式進行劃設。在蒐集標線材料的工作開始之前，研究團隊亦先自行連絡高雄某標線工廠，並赴該廠先進行一次標線蒐集之程序，其目的在於確保後續正式蒐集標線時，標線可順利劃設於研究團隊所製作的平版試體上，且該次先行蒐集之標線試體亦將做為先導試驗之試體(先導試驗將於第四章進行說明)。

首先，蒐集標線材料之規劃，係依據 3 月 20 日三都及公路總局所提供之資料，了解目前三都及公路總局目前有使用的標線材料可分為以下 11 種，其中臺中市部分包含 65BPN 標線之彩鋪之試體取樣，其原因在於研究團隊原先認為臺中市所採用的 65BPN 標線(彩鋪)為骨材標線，然而經過與承辦人員的聯繫與確認後，發現該類型之標線的契約價格及採用之規範皆屬於 65BPN 標線，故又再次將該類型之標線材質歸納為 65BPN 標線：

臺北市：65BPN 標線、骨材標線、冷塑標線

新北市：45/50BPN 標線、65BPN 標線、骨材標線、冷塑標線

臺中市：65BPN 標線、65BPN 標線(彩鋪)

公路總局：45/50BPN 標線、65BPN 標線

故根據以上資料，研究團隊在標線材料蒐集之規劃工作確定後，即洽詢以上 4 個單位協助聯繫相關標線廠商，並蒐集以上 11 種標線材料，且每種標線材料皆蒐集 2 個標線試體，以做為後續實驗室標線加速磨耗及抗滑試驗之用。由於研究團隊希望能夠更完整地進行評估，因此額外取得公路總局兩種中部(65BPN)與南部(50BPN)的標線材料，因此在本計畫中最終有 13 組 26 片平版試體提供實驗室進行抗滑能力評估。

在實際進行標線材料之蒐集前，研究團隊於 5 月 29 日先洽詢並至高雄某標線工廠劃設標線樣本，在此次的標線材料蒐集過程中，研究團隊彙整以下幾點資訊，可做為正式蒐集標線材料時之參考：

- 蒐集標線材料時，需使用 40cm 的劃線機(如圖 37)，如此標線材料才能平坦地完全覆蓋磨耗儀的磨耗範圍，不必有任何接縫存在。在先導試驗的過程中，廠商先於一旁鋪設瀝青紙進行試鋪確認品質(如圖 38)，在鋪設過程中會除了鋪設人員外，會有另一位人員在一旁協助確認劃設位置是否正確(如圖 39)，前述過程係為先導試驗的配合廠商之作業流程，在後續取得其他標線廠商之標線試體時，會告知標線廠商以其在現地劃設的標準作業流程進行劃設。此外，因該劃線機與其他劃線機不同型式，故在聯繫標線廠商時，需特別提醒廠商準備該型劃線機以利標線之蒐集作業。
- 在蒐集標線時，需準備兩顆犧牲用之平版試體，放置待劃設標線的試體之前後位置，以利標線能平整劃設於中間的平版

試體(如圖 40)。

- 在蒐集標線時，需準備兩條 3 公分高的木條在待劃設標線的試體之兩側位置，供劃線機的輪子在其上移動，方可順利進行劃設(如圖 37)。

圖 37 蒐集標線所需使用之劃線機及輔助木條

圖 38 該工廠在劃設前先將標線劃設於瀝青紙上確認品質

圖 39 進行劃設時另一位人員在旁確認劃設位置正確

圖 40 取樣時需準備兩塊犧牲用之試體放在前後位置

針對蒐集標線材料的方式，可分為現地取樣或至標線工廠取樣等兩種方式。現地取樣係指由三都或公路總局承辦人員協助，了解本計畫所挑選之現地試驗地點中預計繪製標線之地點及繪製日期，並通知標線廠商及研究團隊，由研究團隊帶著平版試體前往繪製現場，並由標線廠商當場繪製標線於平版試體上。然而，因時程因素，現地取樣部分僅取得 13 個現地試驗地點中的一種 65BPN 標線及一種骨材標線，其餘皆至標線工廠進行取樣。

以 65BPN 標線現地取樣作業為例(後續於現地試驗地點劃設骨材標線試體之作業流程皆與此相同)，研究團隊於 6 月 29 日第 2 次現勘暨第 1 次現地試驗時，經由相關單位承辦人員協調過後，前往現地試驗地點進行標線材料之取樣作業。是日，研究團隊帶了兩顆預計取樣用之平版試體、兩顆犧牲用之試體及 4 顆輔助及備用之平版試體前往現場(如圖 41)，其中輔助用之 4 顆試體為替代先前在高雄某標線工廠所使用之木條，以利劃線機可在其上移動。接著由標線廠商使用預先準備好的 40cm 劃線機進行劃設，最後共取得兩個標線材料試體(如圖 43)。

圖 41 現地標線材料取樣作業準備工作

圖 42 現地標線取樣劃設作業

圖 43 取樣完成之標線材料試體

標線工廠之取樣部分，係由三都及公路總局承辦人員協助提供其合作之標線廠商聯絡方式，並由研究團隊洽詢該標線廠商並帶平版試體前往工廠取樣。經過聯繫後，研究團隊於 10 月底前已取得 13 組 26 片標線試體之樣本，而取樣之過程與現地取樣過程並無太大差異，故在此不多加贅述。另外，值得一提的部分是，冷塑標線之試體取樣作業，由於配合的廠商皆表示需要委由其他廠商進行劃設，因此在研究團隊到標線工廠進行取樣作業時，並沒有直接劃設冷塑標線之試體，而是將平版試體交給標線廠商後，請廠商劃設完成再將試體交還給研究團隊進行磨耗。

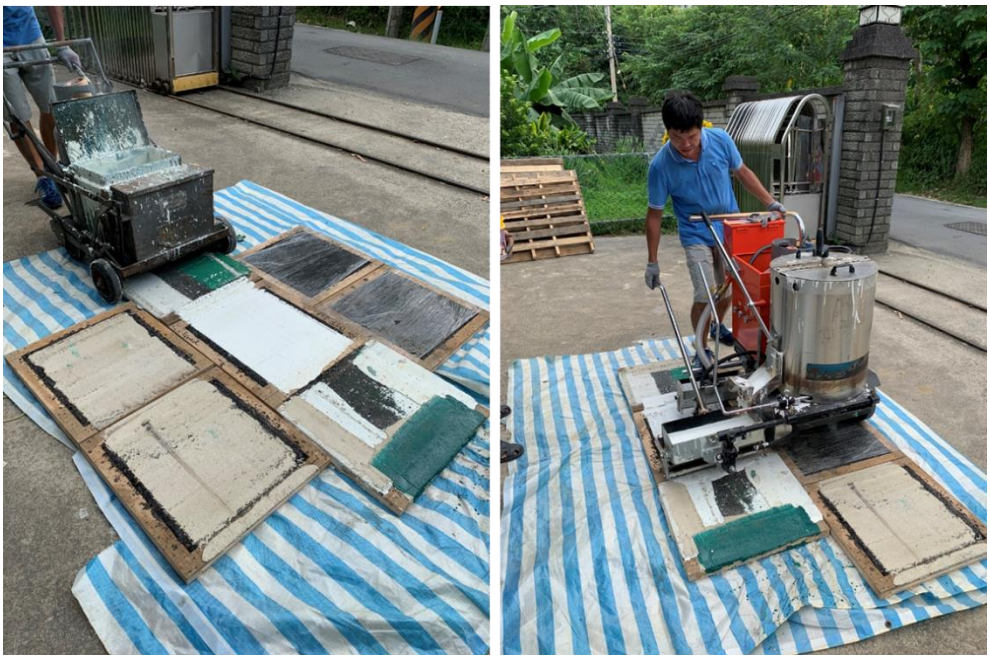


圖 44 標線工廠取樣作業示意圖

3.3.3 運用高科大三輪式旋轉磨耗儀進行加速磨耗

本試驗設備位於高雄科技大學土木系，乃參考美國國家瀝青科技中心設備自行開發之三輪式旋轉磨耗儀加速磨耗儀(Wheel-Tracking Polishing Device, WTPD)進行(如圖 45)。在前期研究中，研究團隊曾利用 WTPD 在鋪面試體上進行加速磨耗試驗，WTPD 可提供一定的正向垂直載重於試體上，並加載於 3 個胎徑為 8 英吋的充氣輪胎，以胎壓為 3.52kg/cm^2(50-psi)且在直徑為 284mm 的圓形軌道上進行旋轉磨耗(如圖 46)。然經過前期研究成果發現，使用 8 英吋的充氣膠輪，其磨耗的軌跡並無法完全包含英式擺錘試驗儀的橡膠滑塊所會經過的滑動範圍(如圖 46，白色立可白所繪製的區域為英式擺錘試驗之滑動範圍)，換句話說在進行英式擺錘試驗時，其試驗所測試之滑動範圍的磨耗情形可能並不均勻。在目前的設定下，目視大約 75-80％的範圍(每一個白框內)可被充氣膠輪磨耗。因此，在本計畫中針對此一問題進行修正，其修正方法為將 8 英吋的充氣膠輪更換為 10 英吋之充氣膠輪(如圖 47)，以使 WTPD 之磨耗範圍可更完整包含到英式擺錘試驗之滑動範圍。

另外，研究團隊蒐集相關之國外文獻與規範，與佛羅里達交通廳來往信件時，獲知佛羅里達交通廳於民國 109 年 6 月份公告了最新的試驗方法—FM 5-622: Florida Test Method for Green-Colored Pavement Markings Materials[16]，試驗目的是針對綠色彩鋪標線材料的試驗方法，在實驗室運用磨耗設備進行不同階段的磨耗，並進而評估其標線材料的抗滑能力。FM5-622 試驗方法所使用之三輪磨耗儀(Three Wheel Polishing Device, TWPD)與本計畫所使用之儀器極為相似，原理及磨耗方法亦極為相似，故本計畫參考該試驗方法所使用之儀器參數設定進行先導試驗，並設定最適合本計畫之參數做為本計畫的標準試驗程序(此部分內容將於 4.2 節呈現，並說明本計畫與該試驗方法所使用之儀器之異同)。

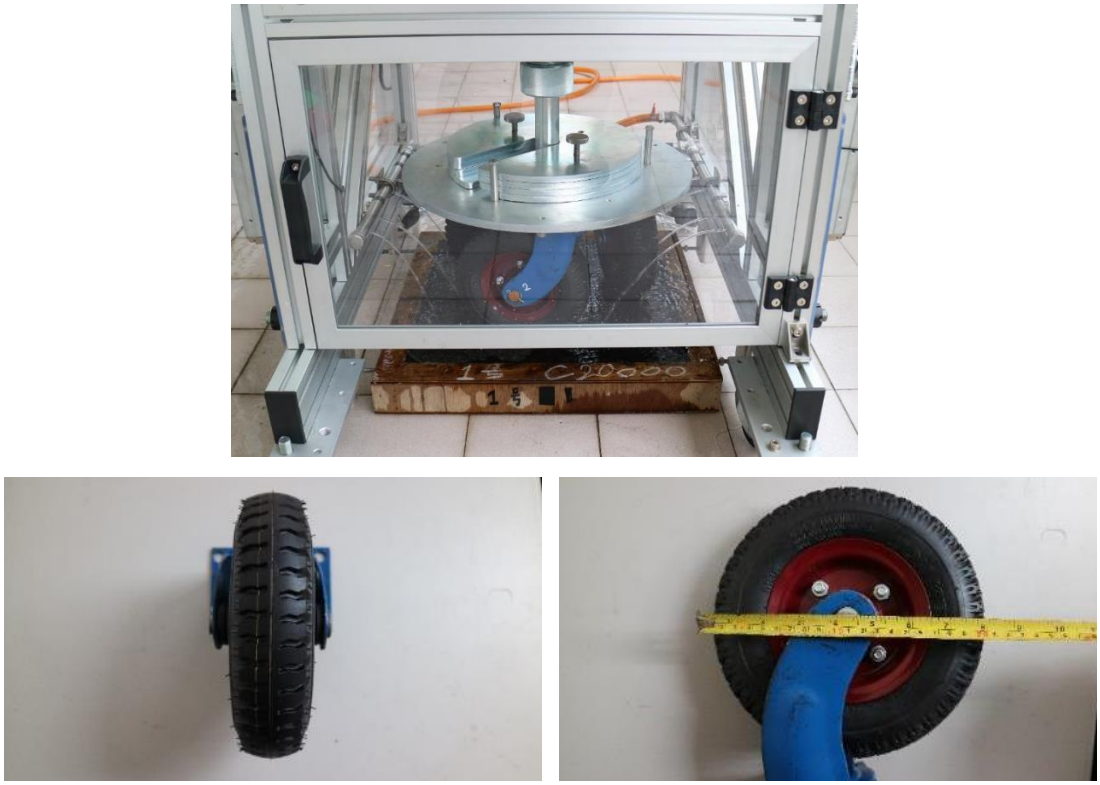


圖 45 高科大三輪式旋轉磨耗儀加速磨耗儀[118]

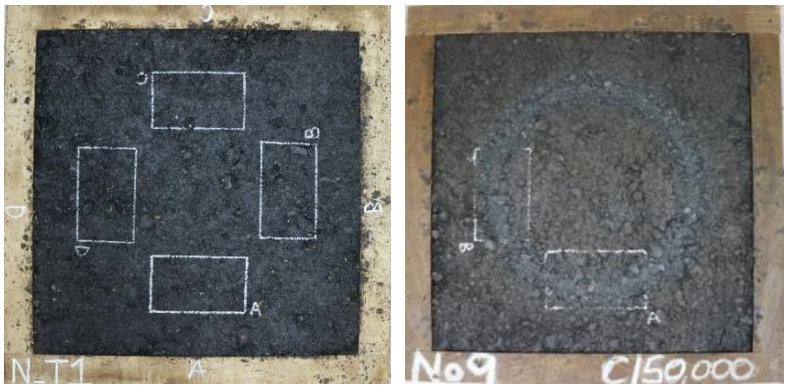


圖 46 充氣膠輪磨耗前後的平版試體俯視圖

圖 47 三輪式旋轉磨耗儀加速磨耗儀改裝作業

3.3.4 磨耗前後運用英式擺錘進行抗滑能力分析

在本案中實驗室磨耗試驗之重點，在於以英式擺錘試驗了解磨耗前後標線的抗滑能力及其衰退情形。在進行加速磨耗前，需先以立可白或油漆筆在標線表面劃出英式擺錘試驗的待測位置，該位置需設定在通過平版試體上的膠輪磨耗的範圍。而後可透過不同轉數的磨耗設定，記錄磨耗前後的 BPN 值，做為分析抗滑能力因為磨耗而衰減的重要試驗方法。磨耗轉數可先暫訂以先以較短的轉數區間並以較多轉的磨耗轉數進行先導磨耗試驗，例如：每 1,500 轉即進行抗滑能力的抗滑能力評估，待確認標線合理的磨耗區間(亦即衰減趨勢可被適當地觀測出來)之後，且大致了解磨耗轉數達到多少轉時，標線的抗滑能力會達到一個穩定值。藉此先導試驗結果即可決定實驗室試驗的標準試驗參數，並根據標準試驗程序進行實驗室標線試體的磨耗及抗滑能力的監測。

此外，本計畫將利用各種不同的水膜厚度條件來模擬不同的積水情況，並且利用 BPT 評估不同水膜厚度之抗滑能力。模擬水膜厚度條件為水膜 SOP(BPT 試驗的標準試驗表面狀態)、1、3 及 5mm 的厚度。如圖 48 為先將試體放置於木製的水槽中，以水桶或水管注水至所需之量測水膜厚度，量測方式為以游標卡尺測量試體表面至水膜表面之深度，即為水膜厚度。藉此研究成果除可了解標線在隨磨耗轉數上升時，抗滑能力的衰退情形外，亦可窺探在積水狀況下，標線的抗滑能力會有何變化情形。

(A)木製水槽

(B)試體浸泡於水槽中

(C)使用游標卡尺量測水膜厚度

(D)量測水膜厚度結果

圖 48 模擬水膜厚度

第四章　試驗成果

本章中將呈現在本計畫中研究團隊所取得之現地及實驗室試驗之數據，以敘述性統計的方式說明試驗成果，並透過適當的圖表來呈現試驗數據。其中現地試驗的部分，將從試驗點位的標線現況開始，以拍攝的照片來觀察並比較現地標線的狀況，接著以敘述性統計的方式來了解蒐集到的試驗數據分布特性；在實驗室數據的部分，則是先進行先導試驗，並透過其成果確認磨耗試驗的標準試驗程序，以及環境控制參數等設定。另外，研究團隊認為水膜厚度對於標線抗滑能力的影響，是必須被了解及關注的一項研究議題，故在先導試驗的過程中，也進行了不同水膜厚度下的英式擺錘試驗，以確認試驗程序。在先檢視過相關的數據及試驗程序後，在第五章的內容中會專注討論本計畫中蒐集到的各項數據，要如何分析及分析的結果。

4.1 現地標線試驗成果

每月進行現地試驗時，研究團隊成員皆會到場記錄，並以相機俯拍及側拍的方式記錄試驗點位的標線現況，以觀察標線表面被磨耗的狀況。另外，針對試驗成果會以敘述性統計的方式，說明現地試驗時所蒐集到的英式擺錘數據，以及試驗面溫度、材齡等相關資訊，並以適當的圖表呈現相關的數據。

4.1.1. 試驗點位標線狀況

本小節之主要目的在以照片大致說明試驗點位的現況，然而因試驗點位共有 101 個點位，若將所有相片資料放入報告中，會使報告內容失焦，再者試驗點位的相關照片在本計畫中僅做為紀錄之用途，故在本小節中僅列出研究團隊認為值得提出的現況照片進行說明。

另外，必須先說明的部分是，在現地進行拍攝時，研究團隊使用了

兩台以上的機器拍攝不同角度的現況照片，故在白平衡的調整上有其落差，導致同一點位的照片可能會有所差異，然因標線顏色及白平衡之差異並不影響標線表面之觀察，故不進行後製調整。

針對標線現況說明的部分，本次報告中分為白色 65BPN 標線及彩鋪標線兩大部分進行說明：

(1) 白色 65BPN 標線：

白色 65BPN 標線為本次現地試驗中點位最多的標線類型，白色 65BPN 標線的紋理較深且較平整，其表面的狀況可能隨鋪設時間、交通磨耗狀況、標線材料配比、鋪設方式等而有所差異，即便同一路口，不同位置的標線表面都可能會有不同的狀況，例如圖 49 中的兩處試驗位置係在同一試驗日期、同一試驗地點拍攝，標線狀況即有很大的差異。然而從研究團隊所蒐集到的照片資料中，推測隨著鋪設時間越長，因受到的外部影響因素會隨時間累積，故其不同位置的標線表面差異也會越大。

從另一方面觀察，材齡較長的標線，由於經歷過的磨耗較多，因此從標線表面的狀況也較能夠看得出底料所含的材料顆粒。

另外，從 7-10 月所拍攝的標線現況俯視照片可看出(如表 17)，該表中所呈現之標線是於 6 月所繪製的 65BPN 標線，然而從表中的 4 張照片可看出，在 4 個月內標線表面的變化情況並不明顯，肉眼也較難觀察出差異。

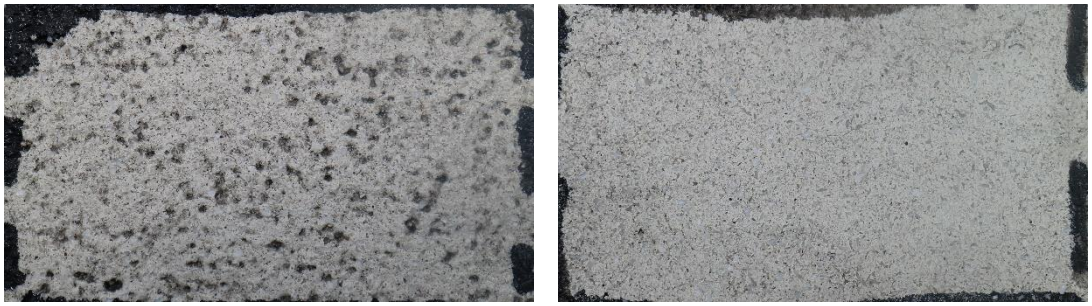


圖 49 同一日期、同一試驗地點、不同試驗點位標線狀況之差異

表 17 同一試驗點位、不同月份的標線變化情形

	
7 月	8 月
	
9 月	10 月

(2) 彩鋪標線：

彩鋪標線的材質可分為骨材標線、冷塑標線及 65BPN 標線等 3 種標線，其中骨材標線與 65BPN 標線的差異僅在於有無外灑或內含玻璃珠或玻璃碎，而根據三都及公路總局所提供的標線材質資料顯示，僅有臺中市所使用的彩鋪標線為 65BPN 標線，臺北市及新北市所使用的彩鋪標線則為骨材標線及冷塑標線。

從標線紋理及材質的角度觀察，骨材標線紋理及材質可分為：紋理較深且材質較粗糙，以及紋理較淺且材質較細緻的骨材標線。其中，紋理較淺且材質較細緻的骨材標線，在光線照射下亦有些許反光，與 65BPN 標線表現較為相似。然而，若與 65BPN 標線相比，65BPN 標線材質較為粗糙且反光能力還是較為明顯。

而冷塑骨材標線部分，其使用的材質與上述的骨材標線與 65BPN 標線完全不同，標線紋理也較深，然而研究團隊也觀察到，雖然採用冷塑標線的幾處試驗地點所使用的材質看似相同，在不同試

驗位置上仍有呈現出不同的紋理，而根據紋理的差異可將紋理分為突起顆粒小且較為密集之紋理，以及突起顆粒大且較為分散之紋理等兩種類型。其中後者經大量磨耗後極易變得非常平坦。經詢問現地試驗承包廠商之經驗後得知，造成其中差異的原因可能在於鋪設方式的不同，在鋪設時，若因顧慮交通影響之程度而提早通車，容易造成原先鋪設時形成的小而密集的突起顆粒在車輛的輾壓下變形甚至造成污染(如圖 50)，進而形成後者的紋理，並造成標線的抗滑能力大幅降低。上述各類標線之示意圖分別列於表 18。

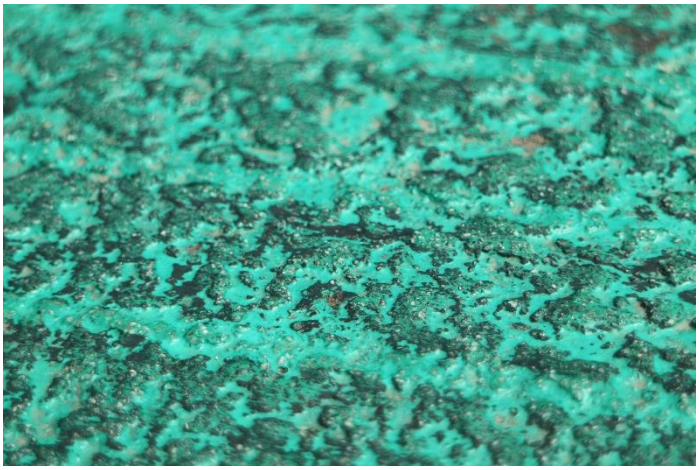
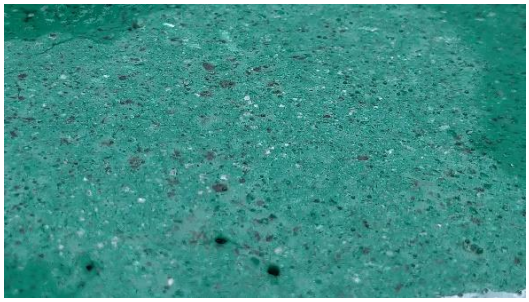


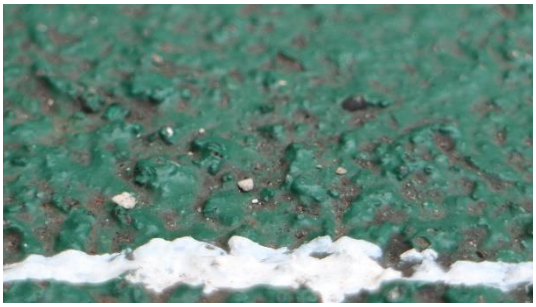
圖 50 因過早通車而造成標線表面汙染之冷塑標線

表 18 各類彩鋪標線示意圖

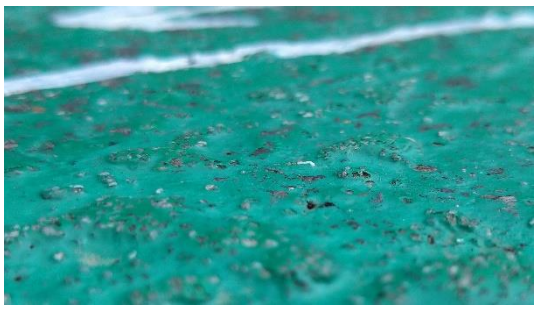
骨材標線-紋理深、材質較粗糙	
	
骨材標線-紋理淺、材質較細緻	
	
	
65BPN 標線	
	

冷塑標線-突起顆粒小而較為密集

冷塑標線-突起顆粒大而較為分散



冷塑標線-幾無紋理



4.1.2. 現地試驗數據敘述性統計

在本小節中所呈現的內容會以不同的標線材質進行區分，以敘述性統計及適當的圖表呈現研究團隊於現地試驗過程中蒐集到數據。其中，必須說明的是此處敘述性統計皆為忠實呈現在現地試驗過程中所取得的數據：試驗面溫度、材齡及 BPN 值。此外將 BPN_{20} 值納入敘述性統計分析中，其雖非在現地試驗過程中直接取得的數據，但是透過現地試驗過程中取得的試驗面溫度及 BPN 值，經過第 2.4.1 節中加州大學提出的溫度轉換公式(式 3)轉換過後便可得到 BPN_{20} 值，因此納入敘述性統計分析。

在本計畫中，研究團隊共進行了 505 次現地試驗，另外也與道路主管機關洽詢索取每個試驗地點的初驗值，因此共計蒐集了 513 個試驗數據，其中可依照標線材質將 513 個試驗數據分為：65BPN 標線、骨材標線及冷塑標線等 3 類，對應至在本計畫中所蒐集到的數據量分別為：(1)65BPN 標線：共計 335 個試驗數據；(2)骨材標線：共計 120 個試驗數據；(3)冷塑標線：共計 58 個試驗數據。以下為此 3 類標線的試驗成果相關統計分析：

1. 65BPN 標線

   本計畫中所蒐集到的 65BPN 標線試驗數據共計 335 個資料點，其中關於試驗面溫度、材齡、BPN 值、經溫度校正公式轉換過後的 BPN_{20} 值之平均值、最大值、最小值及標準差如表 19 所示。

表 19「65BPN 標線」之敘述性統計

	試驗面溫度(°C)	材齡(天)	BPN	BPN_{20}
平均值	36.29	264.06	53.13	58.92
最大值	54.50	572.00	75.75	84.97
最小值	22.50	1.00	36.75	42.89
標準差	4.55	159.55	7.88	8.47

進一步分析每個試驗點位的材齡後，將材齡天數劃分為<90 天、90-180 天、180-270 天、270-365 天及>365 天其分布狀況如表 20 及圖 51 所示。

表 20「65BPN 標線」試驗數據之材齡分布狀況

材齡天數	<90 天	90-180 天	180-270 天	270-365 天	>365 天
資料量	60	61	47	68	67
百分比	18%	18%	14%	20%	20%

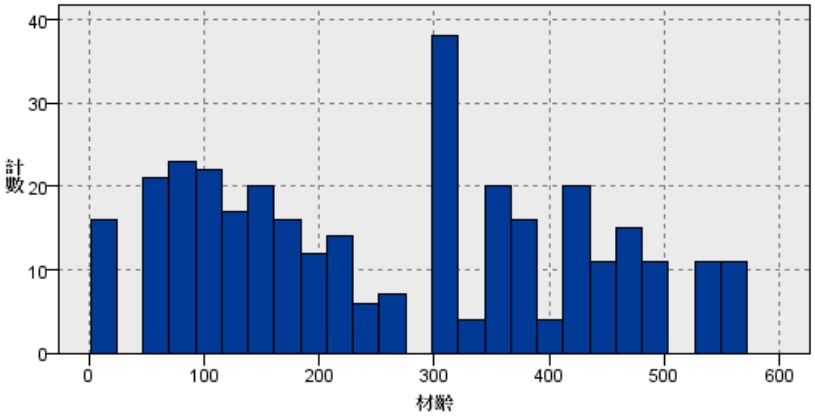
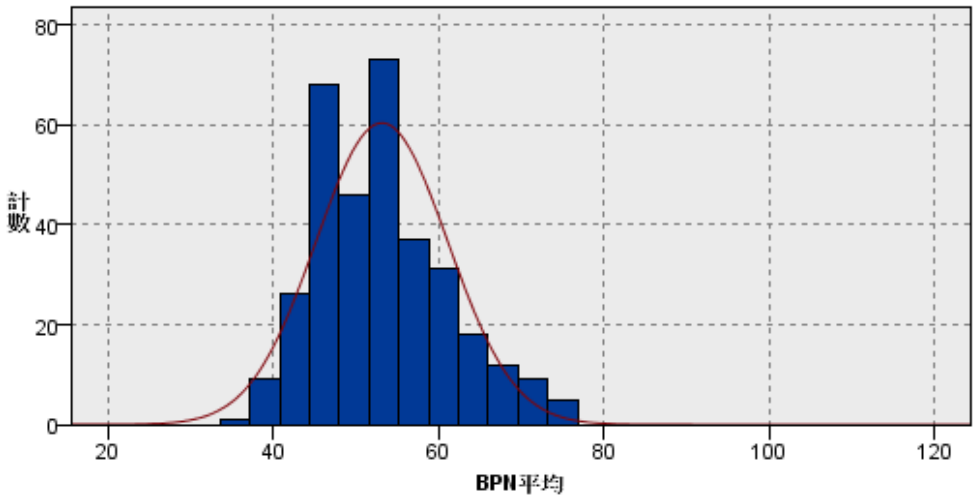


圖 51「65BPN 標線」試驗數據之材齡分布狀況

在 BPN 值及 BPN_{20} 值的部分，以 5BPN 為一個級距劃分為<45、45-50、50-55、55-60、60-65 及≥65，而 BPN_{20} 值由於經過溫度校正後數值會提升，故其級距會從 BPN_{20}<50 開始統計(如表 21 所示)，BPN 及 BPN_{20} 值的分布圖則如圖 52 所示。其中，BPN 值落於 50-55 區間的數據量是最多的，共計 98 個數據點，佔 29%，而數據量最低的區間則是 BPN≥65，僅有 33 個數據點，佔 10%，其次為 65>BPN≥60，有 37 個數據點，佔 11%。BPN_{20} 值數據量最多的依舊落於 50-55 區間，共計有 93 個數據點，佔 28%，而 BPN_{20}<50 則是 BPN_{20} 數據量最少的區間，僅有 36 個數據點，佔 11%。

表 21「65BPN 標線」試驗數據之 BPN 值及 BPN_{20} 值分布狀況

BPN						
級距	<45	45-50	50-55	55-60	60-65	≧65
百分比	12%	25%	29%	13%	11%	10%
數據量	39	83	98	45	37	33
BPN_{20}						
級距	<50		50-55	55-60	60-65	≧65
百分比	11%		28%	22%	18%	22%
數據量	36		93	73	59	74



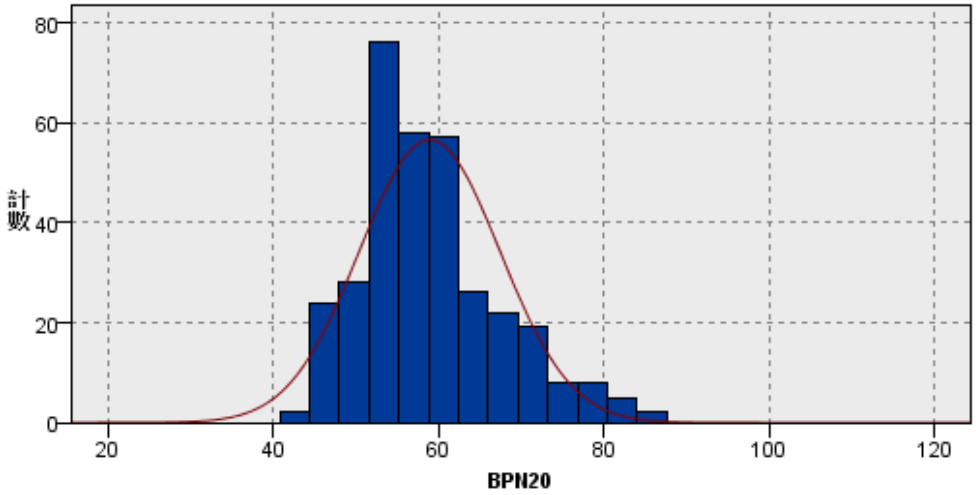


圖 52「65BPN 標線」標線試驗數據之 BPN 值及 BPN_{20} 值分布狀況

在試驗面溫度的部分，由於研究團隊進行現地試驗的日期大多是處於夏季，故從表 19 可知研究團隊所取得之試驗數據的試驗面平均溫度為 36.29°C，最高甚至有達到 50 °C 以上，其分布情況如圖 53 所示。

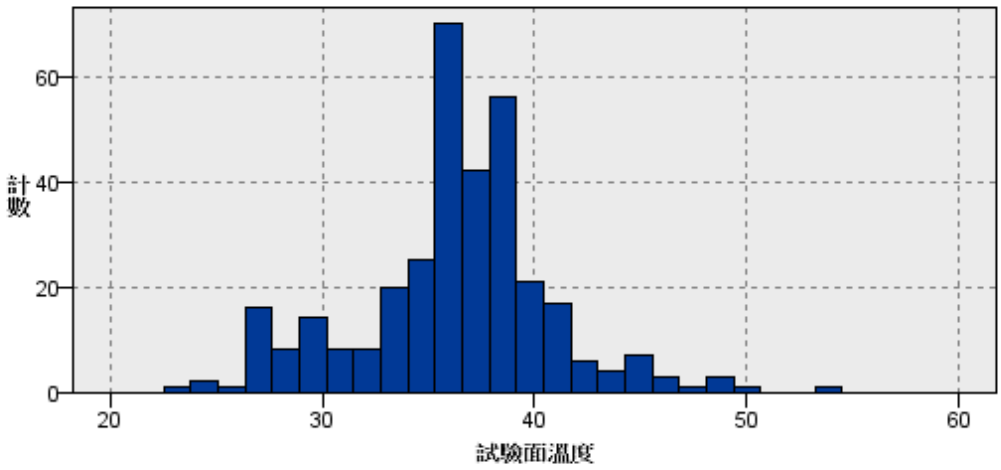


圖 53「65BPN 標線」試驗數據之試驗面溫度分布狀況

若將材齡與 BPN 值及 BPN_{20} 值之關係繪製成散佈圖，其結果如圖 54 及圖 55 所示。從兩張圖中可知即使是材齡相近的試驗點位，其試驗數據也有可能因試驗點位的不同而極為發散，就算將 BPN 值經過溫度校正後，材齡相近點位的 BPN_{20} 值仍然有極大的差異，回到數據本身檢視，更可以發現在同一天同一地點檢測的數據，不同點位之間的 BPN 差異值可能達到 21BPN，標準差最大達 8.28BPN，經溫度校正後的最大差異則可能達到 23.58BPN_{20}，標準差最大達 9.35 BPN_{20}。因此可預見在後續的分析上，必須要蒐集其他與試驗點位有關且可能會影響 BPN 值的特徵變數，來進行後續的分析。

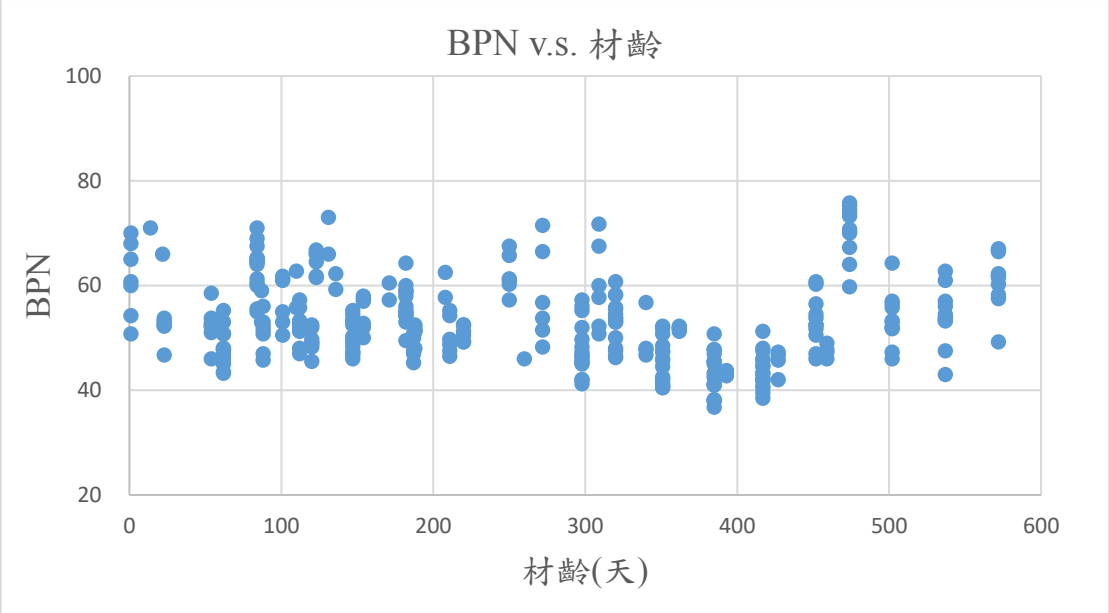


圖 54「65BPN 標線」試驗數據 BPN 值與材齡之散佈圖

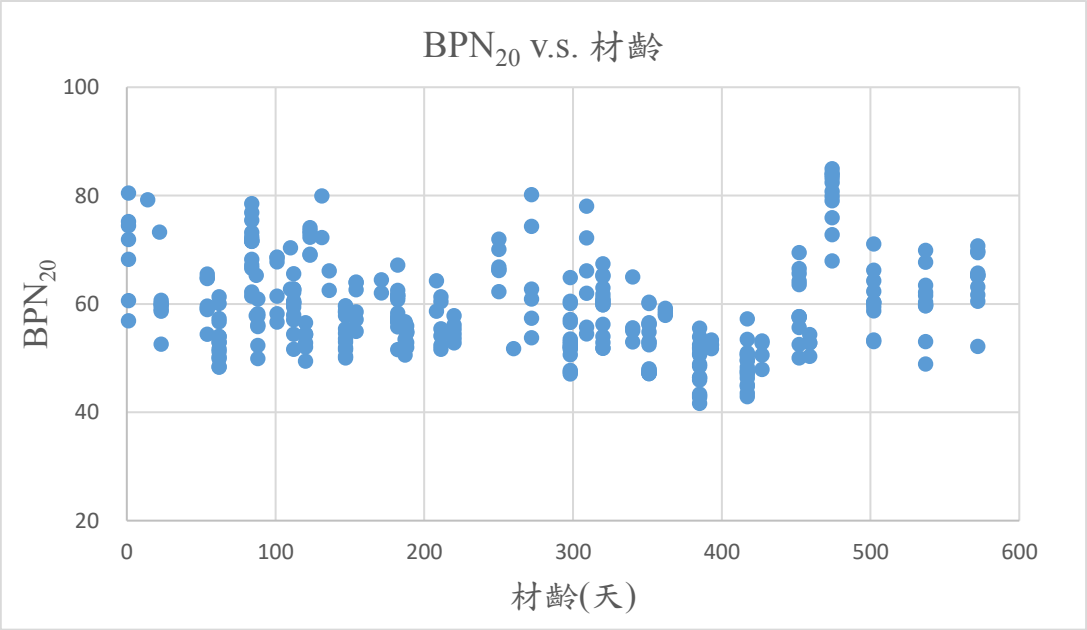


圖 55「65BPN 標線」試驗數據 BPN_{20} 值與材齡之散佈圖

2. 骨材標線

本計畫中所蒐集到的骨材標線試驗數據共計 120 個資料點，其中關於材齡、試驗面溫度、BPN 值，以及經溫度校正公式轉換過後的 BPN_{20} 值之平均值、最大值、最小值及標準差如表 22 所示。

表 22「骨材標線」之敘述性統計

	試驗面溫度(°C)	材齡(天)	BPN	BPN_{20}
平均值	31.16	157.44	61.16	65.71
最大值	44.00	341.00	95.00	100.67
最小值	22.00	65.00	43.25	47.68
標準差	5.00	75.08	10.57	11.11

而進一步分析每個試驗點位的材齡後，將材齡天數劃分為<90 天、90-180 天、180-270 天、270-365 天及>365 天其分布狀況如表 23 及圖 56 所示。

表 23「骨材標線」試驗數據之材齡分布狀況

材齡天數	<90 天	90-180 天	180-270 天	270-365 天	>365 天
資料量	27	49	29	15	0
百分比	23%	41%	24%	13%	0%

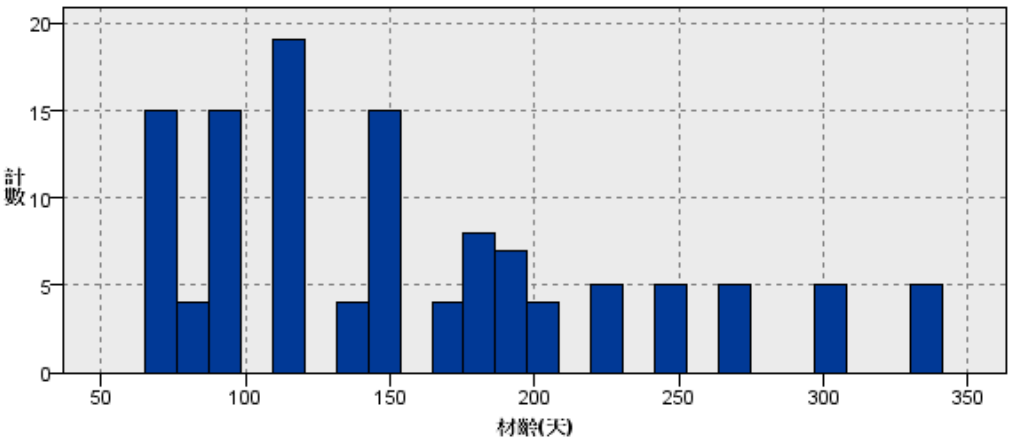


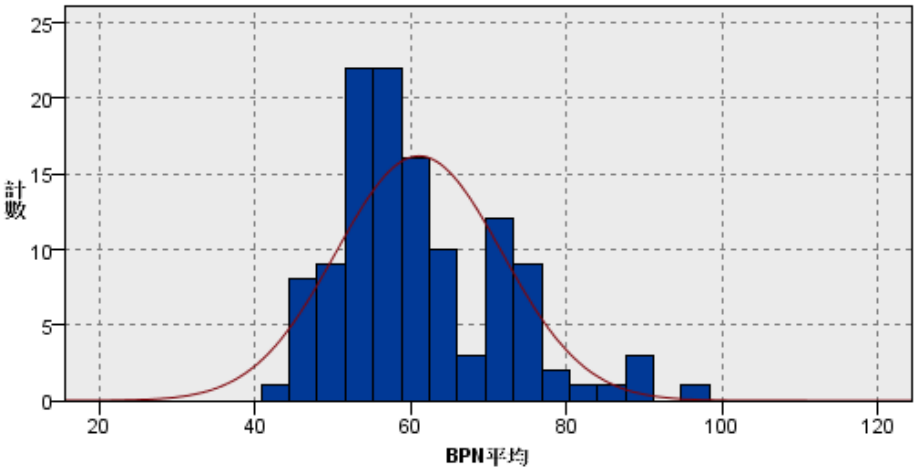
圖 56「骨材標線」試驗數據之材齡分布狀況

在 BPN 值及 BPN_{20} 值的部分，分布狀況如圖 57 所示。而以 5BPN 為級距分級後的分布狀況如表 24 所示，其中 BPN 值≥65 的數據量是最多，共計有 34 個數據點，佔 28%，其次為落於 50-55 區間的數據，共計有 28 個數據點，佔 23%，而數據量最低的區間則是

BPN<45，僅有 1 個數據點，佔 1%，其次為 45-50 區間，有 9 個數據點，佔 8%。在 BPN_{20} 值的部分，數據量最多的區間在 BPN_{20}≥65，共計有 57 個數據點，佔 48%，而 BPN_{20}<50 則是 BPN_{20} 數據量最少的區間，僅有 3 個數據點，佔 3%。

表 24「骨材標線」標線試驗數據之 BPN 值及 BPN_{20} 值分布狀況

BPN						
級距	<45	45-50	50-55	55-60	60-65	≧65
百分比	1%	8%	23%	22%	18%	28%
數據量	1	9	28	26	22	34
BPN_{20}						
級距	<50		50-55	55-60	60-65	≧65
百分比	3%		11%	27%	13%	48%
數據量	3		13	32	15	57



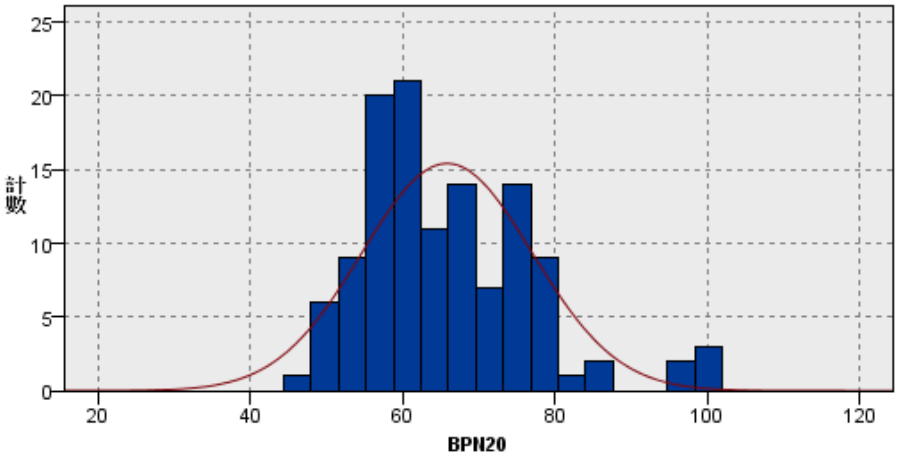


圖 57「骨材標線」標線試驗數據之 BPN 值及 BPN_{20} 值分布狀況

在試驗面溫度的部分，從表 22 可知研究團隊所取得之試驗數據的試驗面平均溫度為 31.16 ˚C，最高達 44 ˚C，雖然相較於 65BPN 標線的試驗面溫度而言有稍微低一些，但是因為季節的緣故，部分仍屬偏高，其分布情況如圖 58 所示。

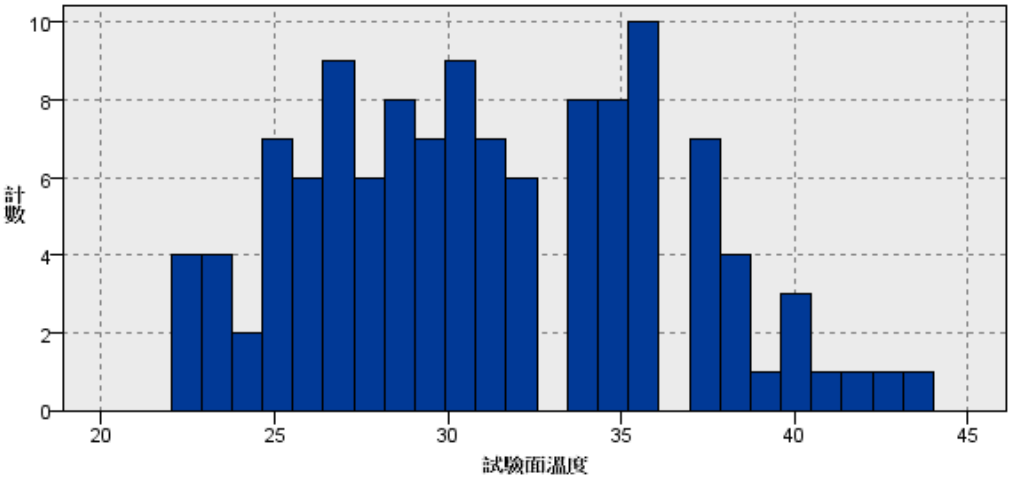


圖 58「骨材標線」標線試驗數據之試驗面溫度分布狀況

若將材齡與 BPN 值及 BPN_{20} 值之關係繪製成散佈圖，其結果如圖 59 及圖 60 所示。從兩張圖中可知相較於 65BPN 標線，骨材標線的散佈情形雖仍有一定程度的發散，但較為收斂。從兩張圖中可看出骨材標線的試驗數據在材齡較高之處的數據點，較其他數據點來得高，然而研究團隊認為不能就此斷言材齡到了一定天數後，BPN 值或 BPN_{20} 值會有升高的現像，因為前述 BPN 值較高的數據點皆來自同一試驗地點，因此該現象可能是因為前一節所述的不同骨材標線紋理所造成，或者是該試驗地點的某些特徵(例如：氣候狀況、交通情形)所造成。另外，回到數據本身檢視，更可以發現在同一天同一地點檢測的數據，不同點位之間的 BPN 差異值可能達到 24BPN，標準差最大達 7BPN，經溫度校正後的最大差異則

可能達到 24.5BPN_{20}，標準差最大達 8.53 BPN_{20}。因此也必須要蒐集其他與試驗點位有關且可能會影響 BPN 值的特徵變數，來進行後續的分析。

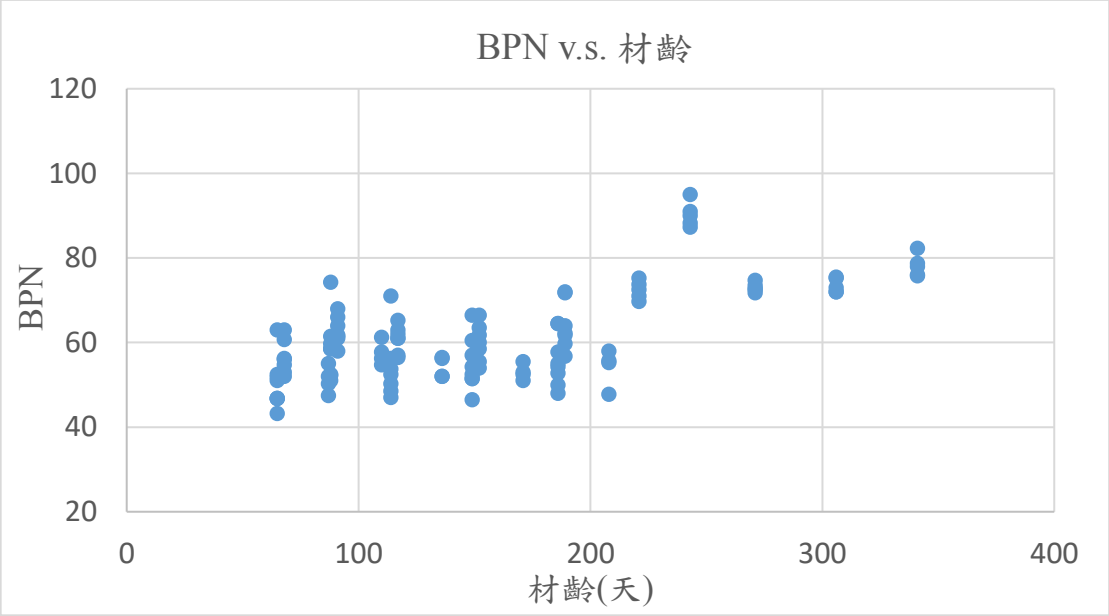


圖 59「骨材標線」試驗數據 BPN 值與材齡之散佈圖

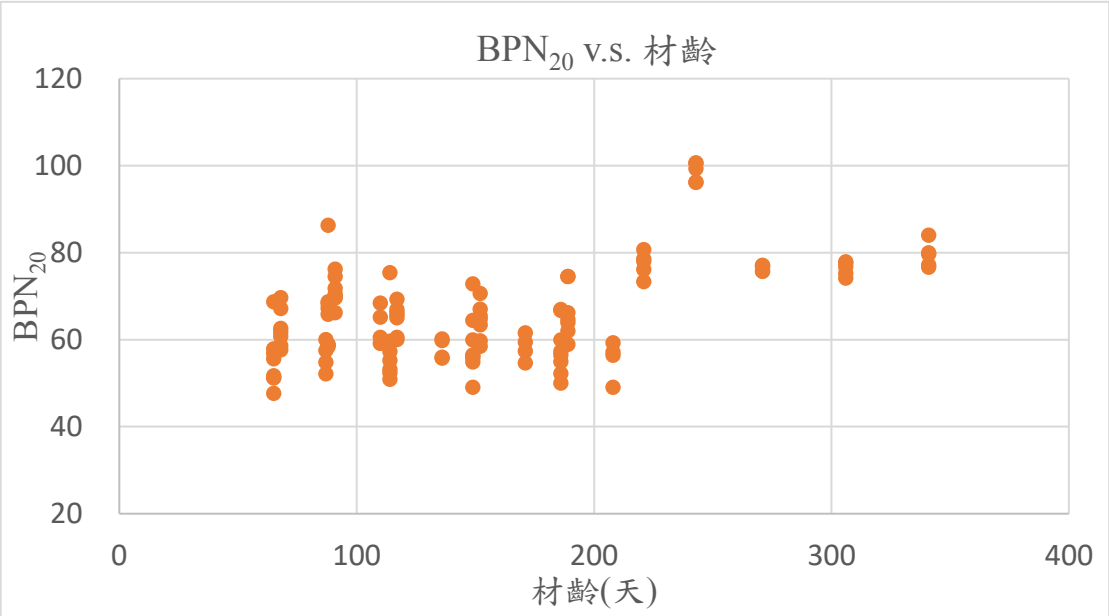


圖 60「骨材標線」試驗數據 BPN_{20} 值與材齡之散佈圖

3. 冷塑標線

本計畫中所蒐集到的冷塑標線試驗數據共計 58 個資料點，其中關於材齡、試驗面溫度、BPN 值，以及經溫度校正公式轉換過後的 BPN_{20} 值之平均值、最大值、最小值及標準差如表 25 所示。

表 25「冷塑標線」之敘述性統計

	試驗面溫度(°C)	材齡(天)	BPN	BPN_{20}
平均值	37.10	363.45	56.59	63.34
最大值	56.00	633.00	98.00	111.64
最小值	25.50	1.00	38.00	41.90
標準差	6.57	220.28	11.45	12.83

而進一步分析每個試驗點位的材齡後，將材齡天數劃分為<90 天、90-180 天、180-270 天、270-365 天及>365 天其分布狀況如表 26 及圖 61 所示。

表 26「冷塑標線」試驗數據之材齡分布狀況

材齡天數	<90 天	90-180 天	180-270 天	270-365 天	>365 天
資料量	8	10	10	0	30
百分比	14%	17%	17%	0%	52%

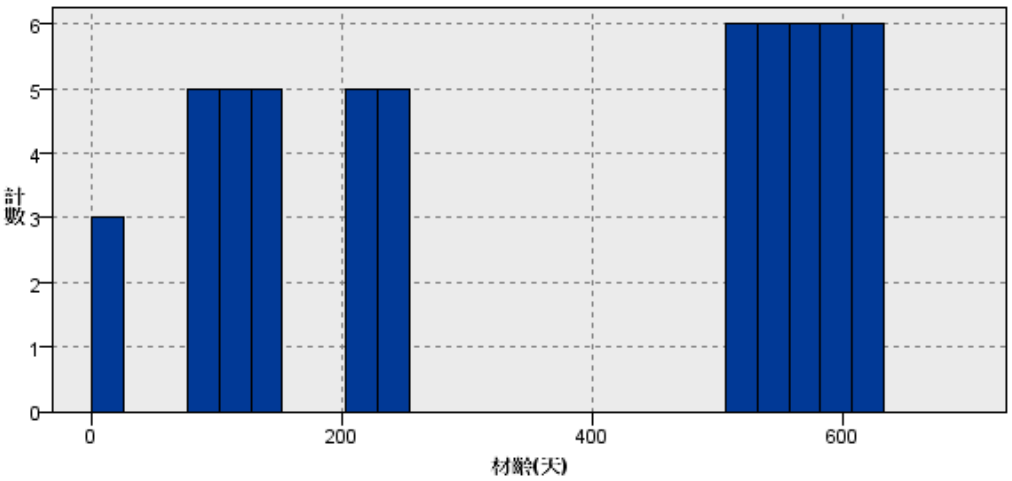


圖 61「冷塑標線」試驗數據之材齡分布狀況

在BPN值及BPN_{20}值的部分，分布狀況圖62所示。另外，以5BPN分級後如表 27 所示，其中可看出，BPN 值落於 55-60 區間的數據量是最多的，共計有 15 個數據點，佔 26%，其次為 50-55 區間，共有 14 個數據點，佔 24%，而數據量最低的區間則是 BPN<45，僅有 3 個數據點，佔 5%。在BPN_{20}值的部分，數據量最多為 60-65 以及≧65 等兩個區間，這兩個區間皆有 17 個數據點，佔 29%，而BPN_{20}<50 則是BPN_{20}數據量最少的區間，僅有 4 個數據點，佔 7%。其中，部分BPN_{20}數據出現高於 100BPN 的現象，這個狀況在現實中是不可能出現的，然而由於 BPN_{20} 值係為一模擬在 20°C 狀態下的估算值，故才會有大於 100BPN 的數據出現。

表 27「冷塑標線」試驗數據之 BPN 值及BPN_{20}值分布狀況

BPN						
級距	<45	45-50	50-55	55-60	60-65	≧65
百分比	5%	19%	24%	26%	12%	14%
數據量	3	11	14	15	7	8
BPN_{20}						
級距	<50		50-55	55-60	60-65	≧65
百分比	7%		16%	19%	29%	29%
數據量	4		9	11	17	17

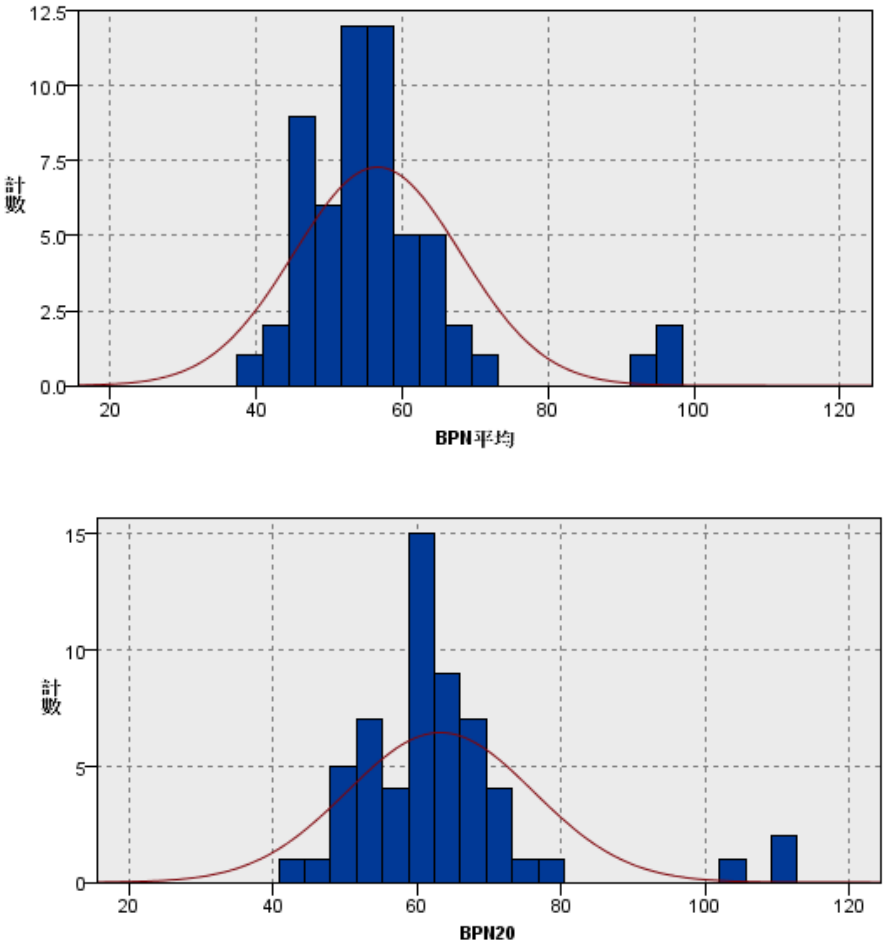


圖 62「冷塑標線」試驗數據之 BPN 值及 BPN_{20} 值分布狀況

在試驗面溫度的部分，從表 25 可知研究團隊所取得之試驗數據的試驗面平均溫度為 37.1 ˚C，最高甚至有達到 55 ˚C 以上，其分布情況如圖 63 所示。

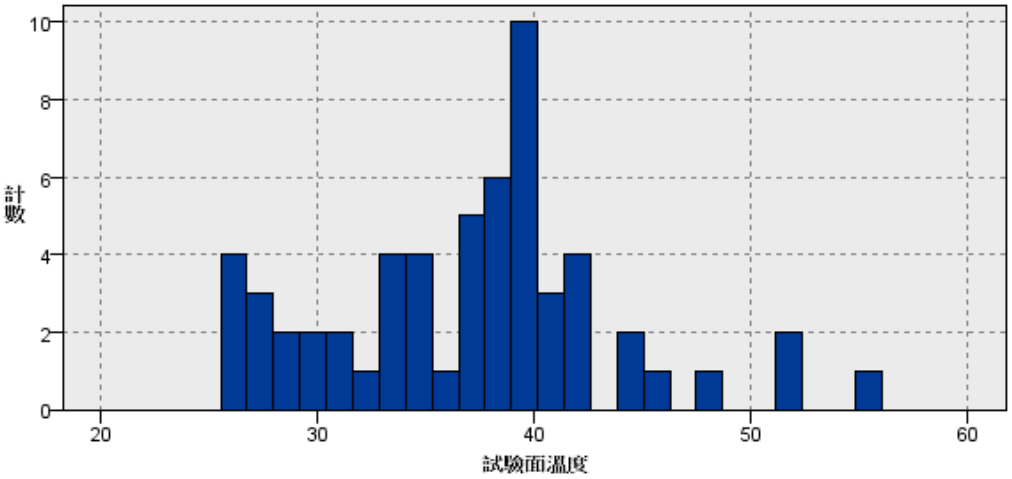


圖 63「冷塑標線」試驗數據之試驗面溫度分布狀況

若將材齡與 BPN 值及 BPN_{20} 值之關係繪製成散佈圖，其結果如圖 64 及圖 65 所示。由於冷塑標線的試驗點位僅有 58 個，因此再觀察兩張圖的時候，雖然似乎可很直接地看出趨勢，卻無法妄下定論。另外，雖然數據量不多，但是能可看出部分的試驗點位雖然材齡相近，卻仍有極大的差異，回到數據本身檢視，更可以發現在同一天同一地點檢測的數據，不同點位之間的 BPN 差異值可能達到 19BPN，標準差最大達 6.59BPN，經溫度校正後的最大差異則可能達到 22.04BPN_{20}，標準差最大達 7.1BPN_{20}。除了與試驗點位所處的地點特性可能有關外，從前一小節的觀察可推測施工方式及技術上的差異，也可能是造成 BPN 值有所差異的原因之一。雖然冷塑標線的數據量極少可能造成分析上的偏差，研究團隊在後續的分析中還是會將冷塑標線納入分析，或可做為了解冷塑標線抗滑能力之初探。

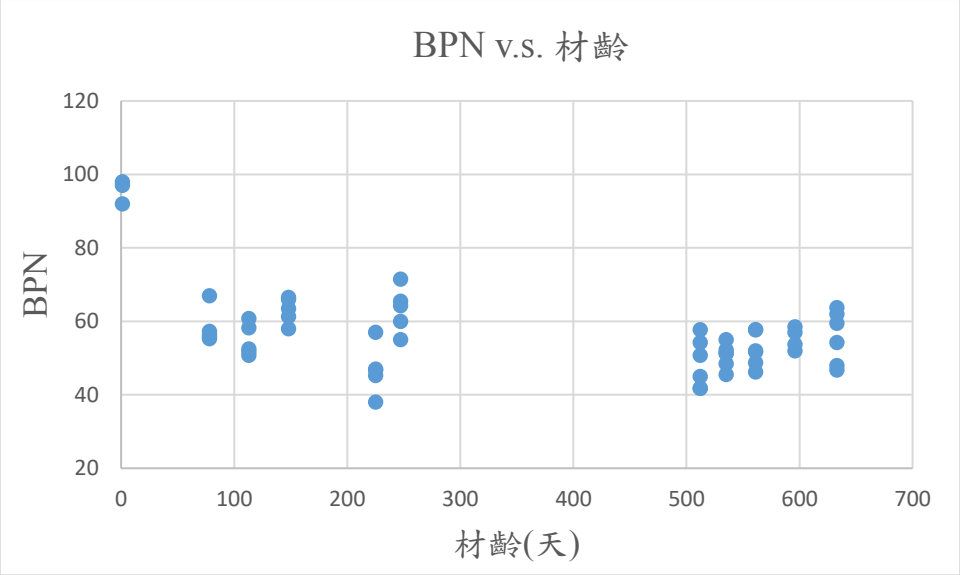


圖 64「冷塑標線」試驗數據 BPN 值與材齡之散佈圖

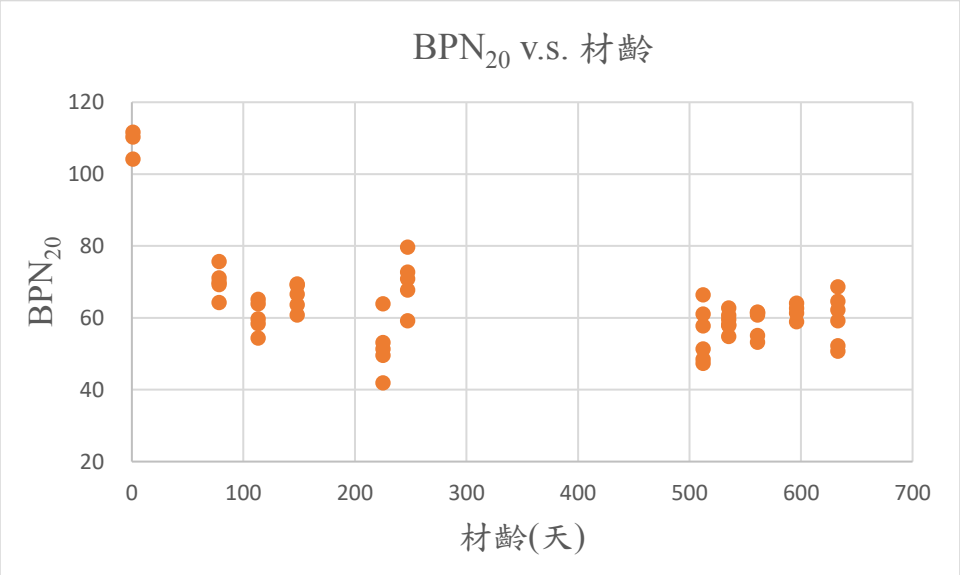


圖 65「冷塑標線」試驗數據 BPN_{20} 值與材齡之散佈圖

4.2 實驗室標線加速磨耗先導試驗成果

實驗室抗滑能力衰減分析方面，本章節呈現先導試驗評估標線材料之加速磨耗試驗參數選定、評估透過不同的磨耗次數造成的抗滑能力衰減，並在平版試體上進行 4 個方向的英式擺錘試驗、以及在磨耗轉數初始（零轉）以及終點（15 萬轉）進行不同水膜厚度之下的抗滑能力評估。本計畫完整 13 組標線樣本，則於第五章詳細說明相關數據並進行分析。

本計畫運用國立高雄科技大學建工校區土木系及智慧道路資產與工程實驗室的相關研究設備進行研究，該實驗室透過教育部典範科技大學的經費，已經建置完整的抗滑能力評估等相關設備。此外，參考美國國家瀝青科技中心 NCAT 的磨耗裝置[115]，已經自行開發完成之三輪式旋轉磨耗儀加速磨耗儀(Wheel-Tracking Polishing Device, WTPD)。WTPD 可提供 45 kg(99.2-lbs)或 60 kg (132.3-lbs)的垂直載重於試體上，旋轉平台下由 3 個直徑 25.4 公分(10 英吋)的充氣膠輪所組成，3 個輪胎之胎壓為 6.9 kPa(50psi)且在直徑為 284mm 的圓形軌道上進行旋轉磨耗。本計畫在期初參考計畫主持人先前在鋪面磨耗與抗滑能力評估的初步研究成果，原先研擬以 60kg(132.3-lbs)的垂直載重於試體上進行旋轉磨耗，但由於 FDOT 在 109 年 6 月公告提出 FM5-622 標線材料磨耗以評估抗滑能力的試驗方法[16]，因此在本計畫中的試驗參數，研擬先透過參考佛羅里達 FM5-622 規範，確認本計畫適用試驗方法與參數。表 28 為目前高科大磨耗設備與 FDOT FM5-622 試驗方法的比較，在先導試驗中，我們從原先研擬採用的 60 或 90 kg 的正向荷載，修正以 45kg，進行先導試驗的正向荷載；同時在轉數上，原先即是研擬以 0、 50,000、100,000 及 150,000 轉做為磨耗的的基礎磨耗轉數，而在 0 至 50,000 轉之間，將密集的試驗，確認短期磨耗曲線的可能的下降幅度。因此在本先導試驗中，研究團隊研擬採用 0、1,500、3,000、6,000、12,000、24000、50,000、100,000、150,000 磨耗轉數，做為初步針對標線材料磨耗及評估抗滑能力之用。

表 28 高科大磨耗設備與 FDOT FM5-622 試驗方法的比較

	高科大三輪式旋轉磨耗儀	佛羅里達交通廳規範 (FM5-622)
轉速 (rpm)	60	
輪胎材質	充氣膠輪	
胎壓 (psi)	50	
胎徑 (英吋)	10"	8"
正向力荷載	45 kg	約 45.4 kg(100 lbs)
轉數間隔	長期磨耗： 1,500、3,000、6,000、12,000、24,000、50,000、100,000、150,000 短期磨耗： 1,500、3,000、6,000、12,000、18,000、50,000	0、 50,000、 100,000、 150,000

三輪式旋轉磨耗設備可在機台上方，設定本次欲施加的磨耗轉數，在設定完成後，即可進行磨耗試驗，至該次磨耗轉數完成後，設備將自動停止。而研究人員可將試體取出進行相關磨耗前、後抗滑能力的檢測，比如以英式擺錘設備來量測英式擺錘值。此外在 0、50,000、100,000、150,000 磨耗轉數完成時，會額外在標線試體的 ABCD 四個抗滑能力量測位置中，量測平均最大的磨耗深度，用以評估標線目前平均最大已經磨耗至哪一個深度。圖 66 為充氣膠輪磨耗標線以及量測磨耗深度的示意圖。

在充氣膠輪反覆磨耗過程中，必須在試體上方各方向提供水柱，一

方面可將被磨耗下的材料沖走，包含充氣膠輪胎屑及被磨耗下來標線材料，此外可確保試體表面的溫度不會因為磨耗而升溫。此外，全數的試驗過程均在一個恆溫的抗滑磨耗實驗室中，位於高科大建工校區土二館一樓，溫度控制在攝氏 20±1 ˚C，濕度保持在 50-60%之間。由於所有英式擺錘試驗均在此控溫實驗室中進行，故確保可獲得同一個溫度區間的標準英式擺錘值。

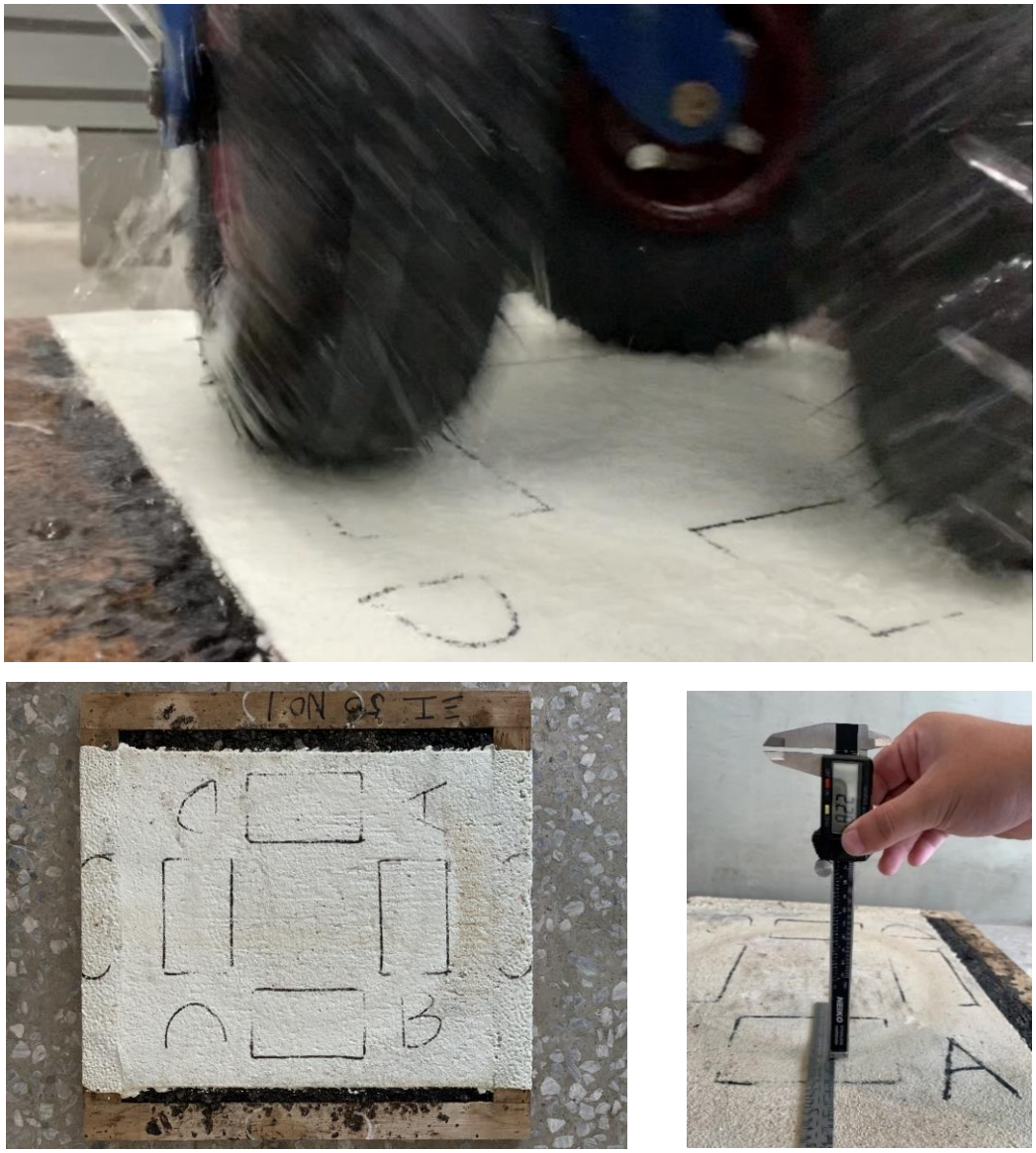


圖 66 充氣膠輪磨耗標線以及磨耗深度量測之示意圖

4.2.1. 加速磨耗先導試驗英式擺錘值

研究團隊初步以 4.2.1 節所述的磨耗方法及試驗參數，以三輪式旋轉

磨耗設備逐次磨耗先導試驗的標線試體，在攝氏 20±1 ℃ 的環境下進行試驗及量測 BPN 值，所獲得的數據如表 29 所示。

表 29 加速磨耗先導試驗英式擺錘值(45kg 載重下)

磨耗轉數	0	1500	3000	6000	12000	25000	50000	100000	150000
方向A	75	69	66	65	65	69	70	65	61
方向B	69	64	62	60	60	64	64	61	60
方向C	72	64	64	62	62	64	64	61	55
方向D	70	65	64	63	62	65	64	64	58
平均	71	65	64	63	62	65	65	63	59

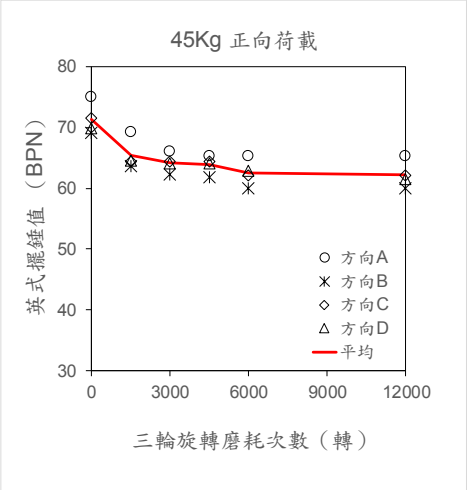
實驗室標線加速磨耗試驗初步以研究團隊原先研擬的試驗參數，並以佛羅里達州試驗規範 FM5-622 參數做為調整，進行先導試驗針對標線材料進行磨耗及抗滑能力的評估。圖 67 為以 X 軸為磨耗轉數，Y 軸為英式擺錘值，繪製隨著磨耗轉數的遞增下，逐次分階段進行磨耗及抗滑能力評估的先導試驗成果，可分為(A)磨耗轉數在 0-12,000 轉、(B)磨耗轉數在 0-50,000 轉及(C)磨耗轉數在 0-150,000 轉的的初步成果繪圖，標線抗滑能力在此次先導試驗下大致上呈現下述各階段：

1. 標線試體的初始抗滑能力之平均值為 71BPN，在第 1 個 1500 磨耗轉數完成時，抗滑能力之平均值即大幅下滑 8%至 65BPN；
   - 自 0-12000 磨耗轉數的磨耗曲線及抗滑能力的分析顯示，在這個階段的磨耗，推斷可能在於充氣膠輪將外灑材料磨耗完畢，並開始磨耗至熱處理聚酯標線的高分子材料部分，因此抗滑能力在前段大幅下降後，再轉變成緩步下降的模式。
2. 而在後續的 3000、4500、6000、至 12000 轉，抗滑能力平均值僅再度小幅下降至 62BPN；
3. 然而在下階段的磨耗轉數累積至 24000 乃至 50000 轉時，標線的抗滑能力反而上升至 66BPN。
   - 這部分「上升趨勢」，合理的推測是因為膠輪磨耗已經將熱處理聚酯標線的高分子材料部分或「上部材料」大幅清除，

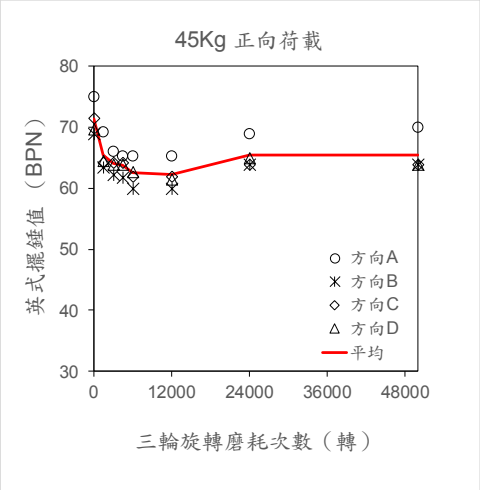
開始呈現出標線中下層材料內含抗滑粒料，其高抗滑的功能可持續支撐標線的抗滑能力。

4. 超過 50,000 乃至 100,000 與 150,000 磨耗轉數之後，標線抗滑功能持續下降，抗滑能力從 66BPN 持續降低至 59BPN。

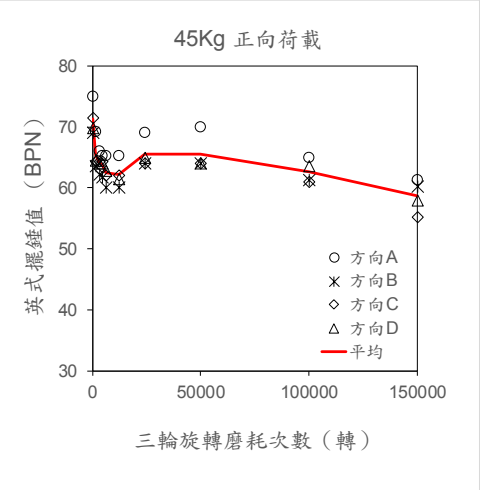
   ➢ 持續下降的抗滑能力大致上可推測出不論是熱處理聚酯材料或內含之抗滑粒料等標線材料，在此階段會隨著磨耗轉數的遞增，而不斷流失，抗滑能力持續下滑。



(A) 磨耗轉數在 0-12,000 轉



(B) 磨耗轉數在 0-50,000 轉



(C) 磨耗轉數在 0-150,000 轉

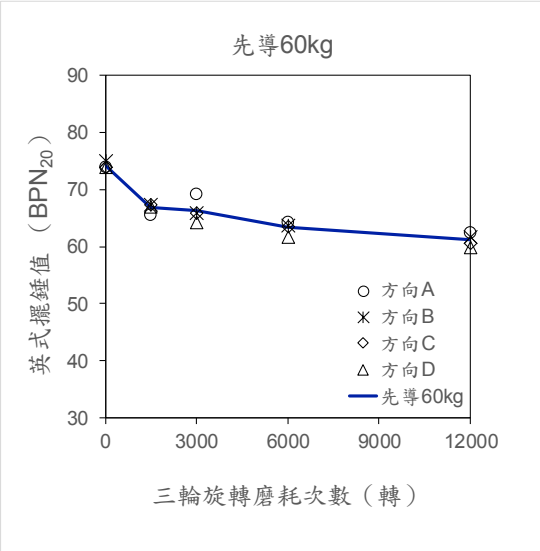
圖 67 加速磨耗先導試驗成果(正向荷載 45 Kg)

然而在磨耗終端 150,000 轉數時，對於以 45kg 正向荷載進行加速磨耗的標線試體，量測其標線平均磨耗深度發現僅為 1.7mm 深，在 A、B、C、D 等 4 個方向上均未有任何一個磨耗深度超過 2mm，因此推斷以 45kg 正向荷載在持續進行磨耗至 150,000 磨耗轉數時，並無法完整評估整體標線鋪設厚度下的抗滑能力。

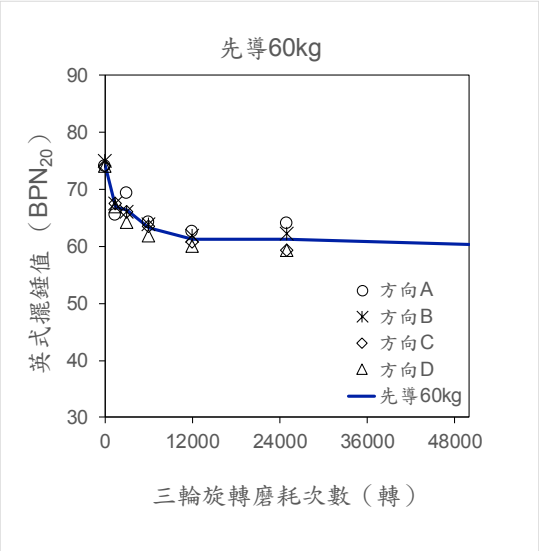
因此本計畫先導試驗之第 2 個標線試體，採取增加正向荷載至 60kg 的方式，評估加速磨耗的效率以及其抗滑能力的評估，如表 30。圖 68 為採取正向力 60kg，並以不同階段磨耗轉數，包括 0、1,500、3,000、 6,000、12,000、25000、50,000、100,000、150,000 等磨耗轉數進行階段磨耗。這兩組以 45kg 或 60kg 正向荷載的試體在 12,000 磨耗轉數前，磨耗及抗滑能力表現雷同，然而在 12,000 轉至 50,000 轉，甚至持續至後續的 100,000 以及 150,000 磨耗轉數，60kg 正向荷載的試體抗滑能力隨著磨耗轉數的增加而持續下降，至 150,000 磨耗轉數時，抗滑能力平均為 56BPN，與初始平均(74BPN)及 45kg 正向荷載在 150,000 磨耗轉數下的平均抗滑能力(59BPN)相比，下降的比例分別為 24.3%及 4%，可觀察到更高的正向力會使得磨耗加速，並能從圖形中觀察到抗滑能力下降的趨勢相近。此外，觀察在採取 60kg 正向力進行磨耗時，標線試體上 A、B、C、D 等 4 個位置的標線平均磨耗深度在 50,000、100,000、150,000 轉時，分別是 1.64、2.32 及 2.47mm 深。比較採取 45kg 正向荷載至 150,000 轉的標線平均磨耗深度之 1.7mm，考量在臺灣鋪設熱塑聚酯標線的厚度規範為大於 2mm，一般鋪設厚度為 2.2-2.4mm，因此在本計畫的加速試驗正向力的選擇上，將從美國佛羅里達州規範 FM 5-622 之 45kg 提高至 60kg，俾利在加速磨耗試驗之磨耗轉數 150,000 轉達成時，能完成超過 2mm 的標線平均磨耗深度，同時可分階段評估其抗滑能力的表現。

表 30 加速磨耗先導試驗英式擺錘值(60kg 載重下)

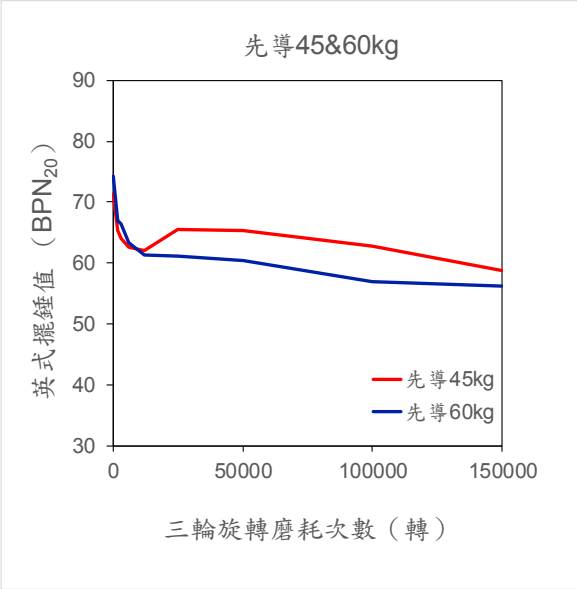
磨耗轉數	0	1500	3000	6000	12000	25000	50000	100000	150000
方向A	74	66	69	64	63	64	63	58	58
方向B	75	68	66	64	62	62	62	59	60
方向C	74	68	66	64	61	59	58	55	53
方向D	74	67	64	62	60	59	59	56	54
平均	74	67	66	63	61	61	60	57	56



(A) 磨耗轉數在 0-12,000 轉



(B) 磨耗轉數在 0-50,000 轉



（C）磨耗轉數在 0-150,000 轉

圖 68 加速磨耗先導試驗成果(正向荷載 45 以及 60 Kg)

此外，圖 69 為標線試體在磨耗轉數至 150,000 轉後的俯視圖，大致上可觀察出一個磨耗路徑的「甜甜圈」，如圖中紅色的磨耗範圍，為 150,000 轉之後所磨耗的範圍。在此範圍中特別在中線位置可在磨耗初期看到一條黑線，此為膠輪上的中間位置的橡膠材質所留下的路徑軌跡，而逐次磨耗至 150,000 轉後，該條黑線也會因為磨耗而消失，然而大致上可觀察到此磨耗範圍大致居中，且能全部包覆試驗所要量測的點位。然而在此先導試驗中於繪製 B 點與 D 點的位置時似乎有所偏移，在後續試驗中，將會藉由這個先導試驗試體，調整試體被磨耗的位置與區域，確保磨耗路徑與 BPT 量測位置的的準確性。由此同時可以發現，在每次拉出平版試體進行英式擺錘試驗後，再次放入三輪式旋轉磨耗設備時可能會讓試體位置偏移的可能性，因此如何確保試體能夠每次都置放在同樣的磨耗位置，至關重要。

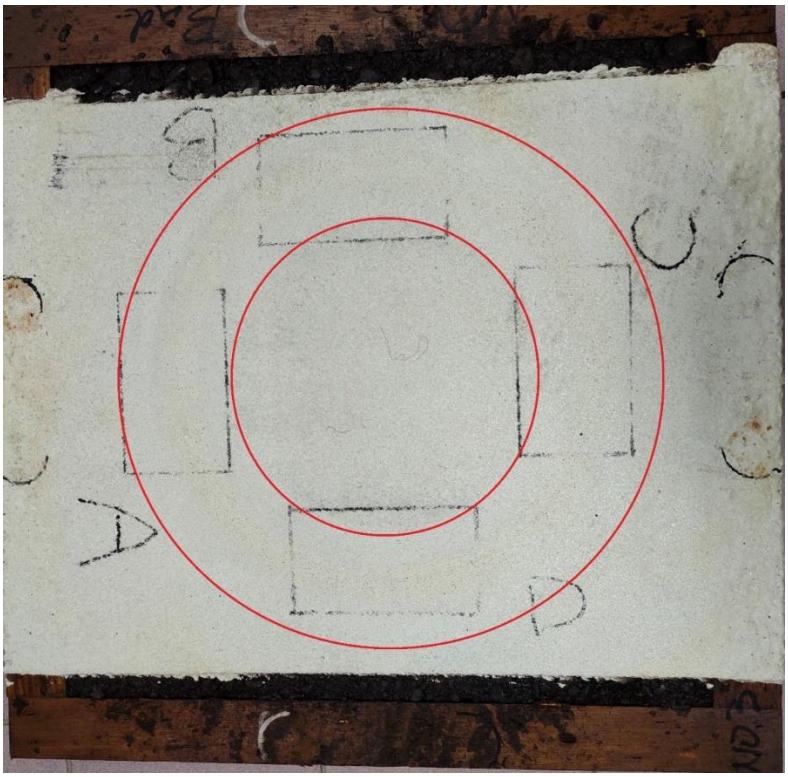


圖 69 磨耗轉數至 150,000 轉後標線試體的俯視圖(正向荷載 45 kg)

4.2.2. 不同水膜厚度之英式擺錘值

研究團隊依據 3.3.4 節所述，在實驗室進行不同水膜厚度下標線的抗滑能力評估，在 1、3 及 5mm 不同水膜厚度下進行先導試驗，評估標線材料在不同水膜厚度下的抗滑能力。本先導試驗以正向力 45kg 之同一顆試體，在初始階段(尚未磨耗前)將標線平版試體置入木製水槽中，再注入預先儲放於實驗室溫度為攝氏 20±1°C 的自來水於木製水槽中，模擬 1、3、及 5mm 等 3 種不同的水膜厚度後，再進行英式擺錘試驗於平版試體上 A、B、C、D 等 4 個試驗位置，將測得 BPN 值再求得平均值進行比較。從圖 70 中可觀察到，水膜厚度增加至 1、3、及 5mm 會使得 BPN 下降，下降比例分別為 16.9、19.7 及 16.9%。與先前本計畫團隊在鋪面抗滑與磨耗的研究成果類似，水膜高度在 3mm 時降至最低，而 5mm 時則有 BPN 回升的現象，推斷是 5mm 水膜厚度對於英式擺錘擺動向下在接觸試體表面時，增加額外的阻力。因此本計畫將對於後續取得的標線平版試體，在初始尚未磨耗前(0 轉)以及磨耗終端(150,000 轉)時，以 SOP(0mm)、1mm、3mm 及 5mm 不同水膜厚度下，進行 BPN 試驗評估其抗滑能力。

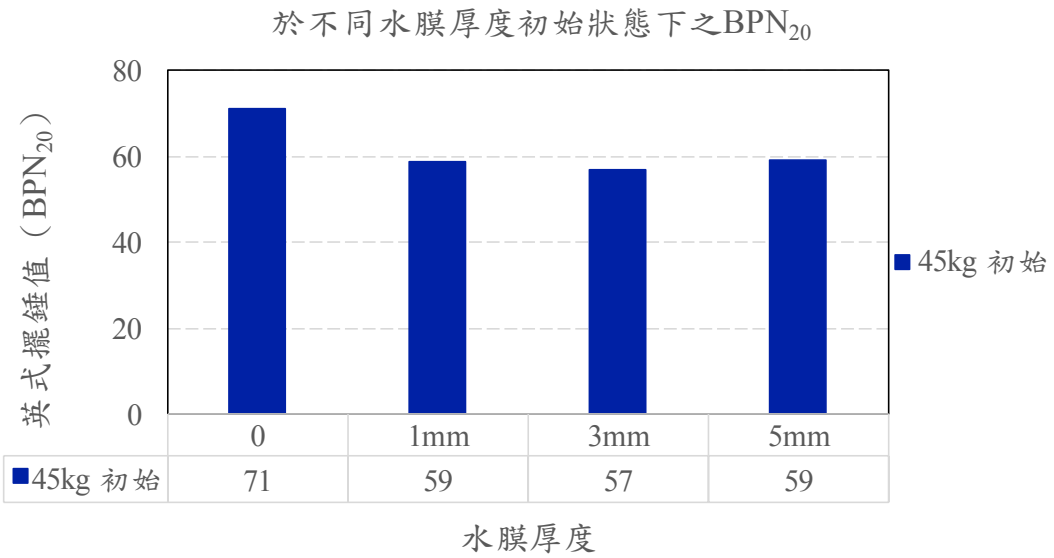


圖 70 先導試驗不同水膜厚度之英式擺錘值

第五章　試驗成果分析

5.1 現地標線試驗成果分析

在本章中就本計畫所蒐集到的數據進行分析，從 4.1 節的敘述性統計結果可知，現地試驗的 BPN 試驗值或經溫度校正過後的 BPN_{20} 值，與材齡之間關係的散佈圖相當發散，故不能單純地僅將試驗值與材齡之間進行單變數迴歸進行分析。因此在本小節中會先說明研究團隊針對各個試驗點位，蒐集可能影響標線抗滑性能的特徵變數，並進行特徵變數與試驗數據之間的分析。分析的方法區分為數值分析、分類分析及關聯性分析，並將在各個小節中簡介研究團隊所採用的各種分析方法。

5.1.1 現地試驗點位特徵變數蒐集

為了蒐集現地試驗點位的特徵變數，必須先找出有可能影響現地標線抗滑性能的因子，而從陳威東在 2014 年針對國道鋪面抗滑性能所進行的研究中可找到一些方向[97]。該研究除了針對鋪面新工(養護)後的通車日數與國道抗滑值之間進行分析外，同時也蒐集了交通量及氣候的相關數據進行分析。因此，研究團隊蒐集特徵變數的方向也會朝交通量及氣候的相關數據著手。另外，從研究團隊所蒐集到試驗數據中可知，即使是同一試驗地點，不同試驗點位的標線抗滑能力也會有所差異，因此研究團隊也試著找出能夠區別位於同一試驗地點、不同試驗點位的特徵變數。綜上所述，在本階段預期蒐集的試驗點位特徵變數可大致分為 3 類：交通量相關變數、氣候相關變數及與個別試驗點位相關變數。以下將以這 3 類區分並說明研究團隊所蒐集現地試驗點的特徵變數。

1. 交通量相關變數

在交通量相關變數蒐集的部分，研究團隊在規劃試驗地點時，希望挑選具有車輛偵測器(VD)的路口做為試驗地點，因此在研究團隊所選擇的13處試驗地點中，共有6處具有車輛偵測器。針對這6處試驗地點，研究團隊洽詢相關道路主管單位，並取得從試驗點位標線繪製完成到試驗日期間的車輛偵測器資料，主要蒐集的資料內容為每日每小時的車流量及平均車速數據，透過每日每小時車流量資料，計算從標線繪製完成到試驗日期間的累積車流量及平均每日車流量(ADT)，另外也透過每日每小時的平均車速，計算從標線繪製完成到試驗日期間的平均車速。

針對沒有 VD 數據的試驗地點，研究團隊也透過了解該試驗地點所在的行政區人口密度，以及試驗地點周遭是否有學校、捷運或景點等地區特徵，希望藉此區分每個試驗地點的交通型態。另外，同時也會記錄每個試驗地點的車道數做為分析的變數之一。

綜上所述，交通量相關的變數及資料型態如下：

(1) 平均每日車流量(針對有納入 VD 資料的試驗點位)➔連續變數

(2) 累積車流量(針對有納入 VD 資料的試驗點位)➔連續變數

(3) 平均車速(針對有納入 VD 資料的試驗點位)➔連續變數

(4) 試驗地點所在行政區之人口密度➔連續變數

(5) 試驗地點方圓 100 公尺內是否有學校(小學以上)➔布林值

(6) 試驗地點方圓 500 公尺內是否有學校(小學以上)➔布林值

(7) 試驗地點方圓 500 公尺內是否有捷運站(MRT)➔布林值

(8) 試驗地點方圓 500 公尺內是否有景點➔布林值

(9) 車道數➔連續變數

2. 氣候相關變數

氣候相關的變數相較於交通量相關變數則單純許多，主要蒐集試驗地點所在之地區的氣候相關資料，如：從試驗點位標線繪製完成到試驗日期間的累積雨量、降雨日數及平均氣溫。相關的變數及資料型態如下：

(1) 累積雨量➔連續變數

(2) 平均雨量(累積雨量/材齡)➔ 連續變數

(3) 降雨日數➔連續變數

(4) 降雨日數/材齡➔連續變數

(5) 平均氣溫➔連續變數

3. 與個別試驗點位相關變數

與個別試驗點位相關的變數較少，其中最主要的差異在於每個試驗點位在哪種型式的標線上。此外，研究團隊也量測了各個試驗點位與邊線之間的距離，來做為不同試驗點位之間的特徵變數(因標線型人行道上的點位，較難以定義其與邊線之間的距離如何量測及表示，故沒有納入此項變數)。相關的變數及資料型態如下：

(1) 標線型式➔類別變數

(2) 試驗點位與邊線之距離➔連續變數

從以上 3 個類別中，研究團隊區分出 16 個試驗點位特徵變數，再加上材齡及試驗面溫度 2 項變數，共計 18 個自變數。其中部分試驗點位可能無法針對每個變數進行蒐集(例如：部分點位並不具有 VD 相關資料，因此將針對不納入 VD 資料的數據進行分析)，研究團隊仍會以目前可蒐集到的資料進行後續分析。

5.1.2現地標線試驗數據之數值分析

在數值分析的部分，係指不針對應變數(即 BPN 值及 BPN_{20} 值)做任何資料處理，希望可透過研究團隊所蒐集到的變數建立多變數的預測或迴歸分析模型，並以判定係數 R 平方(R square)值評估模型的準確度。

1. 單變數皮爾森相關係數(Pearson correlation coefficient, R)分析

在建立多變數的預測或迴歸分析模型前，首先針對各項蒐集到的自變數與應變數之間進行單變數皮爾森相關係數分析，以了解各項自變數跟應變數間的相關性。由於 5.1.1 節所述設有 VD 的試驗地點皆為 65BPN 標線，因此僅 65BPN 標線會區分為有納入 VD 資料及無納入 VD 資料兩個部分進行分析。從表 31 及表 32 中可看出，65BPN 標線的 BPN 值及 BPN_{20} 值與各項自變數之間的相關係數絕對值皆低於 0.5，呈現低度相關，因此預期在進一步進行迴歸的效果可能會不理想。另外，經過溫度校正將現地試驗觀測到的 BPN 值轉換為 BPN_{20} 值後，表 31 及表 32 中試驗面溫度與 BPN_{20} 值之間的皮爾森相關係數皆接近 0，因此可推測研究團隊所採用的溫度校正公式適用於 65BPN 標線。

表 31「65BPN 標線」皮爾森相關係數分析(有納入 VD 資料)

自變數	R(BPN)	R(BPN_{20})
試驗點位與邊線之距離	-0.17	-0.17
車道數	0.14	0.16
人口密度	-0.32	-0.28
國小以上學校(500m)?	0.00	0.07
國小以上學校(100m)?	-0.49	-0.39
MRT(500m)?	0.31	0.33
景點(500m)?	0.00	0.07
平均氣溫	0.06	-0.01
累積雨量	0.23	0.25
降雨日數	0.22	0.23
平均雨量(累積雨量/材齡)	0.26	0.22
降雨日數/材齡	0.29	0.20
試驗面溫度	-0.20	-0.03
材齡	-0.04	0.02
平均車速	0.34	0.32
累積交通量	0.37	0.34
平均每日交通量 ADT(累積交通量/材齡)	0.35	0.30

表 32「65BPN 標線」皮爾森相關係數分析(無納入 VD 資料)

自變數	R(BPN)	R(BPN_{20})
試驗點位與邊線之距離	-0.18	-0.18
車道數	0.09	0.12
人口密度	-0.29	-0.27
國小以上學校(500m)?	-0.12	-0.07
國小以上學校(100m)?	-0.44	-0.35
MRT(500m)?	0.3	0.32
景點(500m)?	-0.07	0.01
平均氣溫	0.09	0.02
累積雨量	0.17	0.2
降雨日數	0.17	0.19
平均雨量(累積雨量/材齡)	0.29	0.25
降雨日數/材齡	0.33	0.24
試驗面溫度	-0.25	-0.07
材齡	-0.1	-0.04

在骨材標線的部分，由於骨材標線的試驗地點皆位於較小的巷道內，故皆無 VD 資料，另因骨材標線試驗地點包含有標線型人行道的標線型式，由 5.1.1 節可知標線型人行道的試驗點位與邊線之距離難以定義，故不納入分析。此外，骨材標線試驗地點的車道數皆相同、方圓 500 公尺內皆有國小以上的學校且方圓 500 公尺內皆無捷運，因此前述的自變數無法凸顯出不同試驗地點間的差異，故不納入分析。從表 33 可看出相較於 65BPN 標線的相關係數分析，許多項自變數與應變數間的皮爾森相關係數皆較高，部分自變數與應變數的相關係數絕對值甚至在 0.7 以上，在與區域特徵相關的自變數(例如：人口密度、方圓 100 公尺內是否有學校等)上尤其明顯，因此預期在進行迴歸分析時，可得到較好的結果。然而，此一現象是由於在取樣的過程中，骨材標線現地試驗地點雖然分布於 4 個地方，然而其中 3 處地點係為同一批繪製之標線並位於鄰近區域(其中 2 處位處同一行政區，剩下一處則位於相鄰行政區)，且區域特徵相近(皆位於學校門口)，因此雖然後續仍會針對目前所蒐集到的數據進行分析，然而分析的結果僅能做為對於骨材標線抗滑性能之初探。另外，可觀察到經過溫度校正將現地試驗觀測到的 BPN 值轉換為 BPN_{20} 值後，表 33 中試驗面溫度與 BPN_{20} 值之間的皮爾森相關係數接近 0，因此推測研究團隊所採用的溫度校正公式可適用於骨材標線。

表 33「骨材標線」皮爾森相關係數分析

自變數	R(BPN)	R(BPN_{20})
人口密度	-0.80	-0.75
國小以上學校(100m)?	-0.79	-0.74
景點(500m)?	0.79	0.74
平均氣溫	-0.71	-0.68
累積雨量	0.47	0.33
平均雨量(累積雨量/材齡)	0.65	0.52
降雨日數	-0.71	-0.67
降雨日數/材齡	0.06	-0.01
試驗面溫度	-0.22	-0.02
材齡	0.67	0.54

在冷塑標線的部分，由於冷塑標線的試驗地點皆位於較小的巷道內，故皆無 VD 資料，另因冷塑標線試驗地點包含標線型人行道的標線型式，由 5.1.1 節可知標線型人行道的試驗點位與邊線之距離難以定義，故不納入分析。此外，冷塑標線試驗地點的方圓 100 公尺內皆無國小以上的學校，且方圓 500 公尺內皆有國小以上的學校，因此前述的自變數無法凸顯出不同試驗地點間的差異，故不納入分析。從表 34 中可看得出來，多數自變數與應變數間的皮爾森相關係數絕對值皆在 0.4-0.5 左右，其中與降雨日數相關的自變數與應變數之間的相關係數絕對達到 0.7 以上，因此可預期在建立迴歸或預測模型時，降雨日數相關的自變數會扮演重要的角色。然而，由於本計畫中所蒐集到的冷塑標線數據有 58 個數據點，來自 3 個不同的試驗地點，故與骨材標線的相關分析一樣，分析的結果僅能做為對於冷塑標線抗滑性能之初探。另外，可觀察到經過溫度校正將現地試驗觀測到的 BPN 值轉換為 BPN_{20} 值後，表 34 中試驗面溫度與 BPN_{20} 值之間的皮爾森相關係數接近 0，因此推測研究團隊所採用的溫度校正公式可適用於冷塑標線。

表 34「冷塑標線」皮爾森相關係數分析

自變數	R(BPN)	R(BPN_{20})
車道數	-0.44	-0.38
人口密度	0.26	0.24
MRT(500m)?	0.40	0.39
景點(500m)?	-0.49	-0.49
平均氣溫	0.50	0.52
累積雨量	-0.48	-0.48
平均雨量(累積雨量/材齡)	-0.49	-0.51
降雨日數	-0.73	-0.73
降雨日數/材齡	-0.75	-0.82
試驗面溫度	-0.15	0.07
材齡	-0.48	-0.50

2. 分析方法

經過單變數相關係數分析後，本節的主要目的在於希望嘗試建立多變數的迴歸及預測模型，並比較不同模型間的 R^2 值來評估模型的優劣。在此階段的分析中，研究團隊所使用的軟體為 IBM® SPSS® Modeler，該軟體提供「自動數值」節點使用多種不同方法，來估計和比較模型以得出連續數值型範圍結果，讓使用者可在一次建模執行中嘗試多種方法[121]。而研究團隊採用的分析模型有：線性迴歸模型、廣義線性模型及類神經網路模型，並會將 65BPN 標線、骨材標線及冷塑標線的數據以 80:20 的比例，隨機區分為訓練組及測試組，最後將以測試組的判定係數 R^2 值的大小評估模型的優劣。針對線性迴歸模型、廣義線性模型以及類神經網路模型 3 種模型的簡介如下：

(1) 線性迴歸模型：

線性迴歸是一個一般統計技術，利用線性迴歸方程式的最小平方函數，對一個或多個自變數和應變數之間關係進行建模的一種迴歸分析。

(2) 廣義線性模型[121-123]：

廣義線性模型是線性迴歸模型的延伸，傳統的線性迴歸模型假設應變數與迴歸模型之間的偏差(bias)是呈現常態分佈，而廣義線性模型則允許應變數的偏差分佈有除了常態分布之外的其它分布，較常見的分佈型態有常態分佈(一般線性迴歸模型)、指數分佈、Gamma 分佈、逆高斯分佈、卜瓦松分佈、二項式分佈、多項式分佈等分佈型態。

(3) 類神經網路模型[124-126]：

類神經網路之架構是仿照人類腦部神經網路的模型而發展出來的，通常利用一組訓練資料建立系統模型，在依據該模型

進行推估、預測、診斷及決策，一個神經網路基本的網路架構可分為 3 層如圖 71，其中組成包括：輸入層(Input layer)、輸出層(Output layer)及隱藏層(Hidden layer)，上述 3 層分別代表的意義及功能如下：

- 輸入層：負責接收使用者或外界提供的資訊或自變數，以線性轉換方式處理過後再交由隱藏層處理。
- 隱藏層：以非線性轉換方式將資訊或變數進行處理，視使用者需求或設計，可分為單層或多層。
- 輸出層：將隱藏層處理後的資訊以線性轉換方式輸出給使用者。

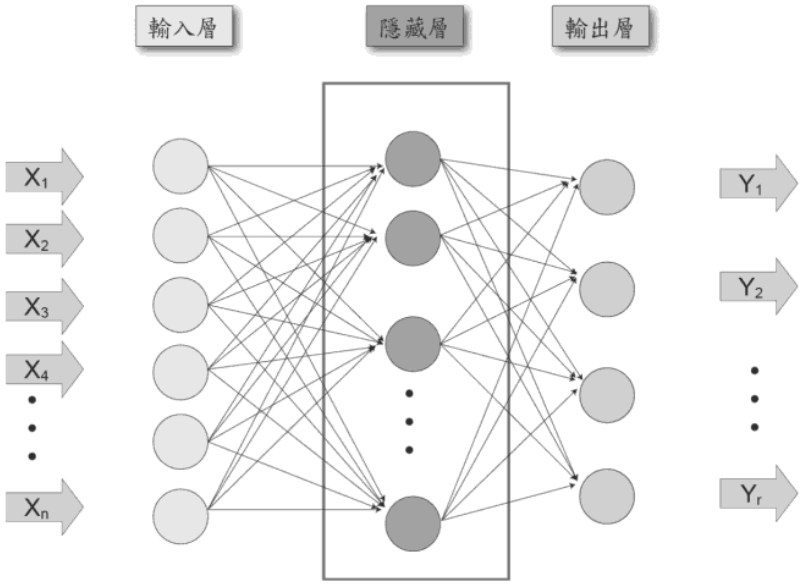


圖 71 類神經網路架構[126]

處理單元其輸出值與輸入值的關係式，一般可用輸入值的加權乘積和函數表示，如式 5 所示：

$Y_j = f(\sum_i W_{ij} \cdot x_i - \theta_i)$----------式 5

其中，

W_{ij}為模仿生物神經細胞的神經節加權值。

θ_i為模仿細胞核的偏權值(bias)，又稱為閥值。

x_i為輸入類神經網路的輸入值或變數。

Y_j為輸出類神經網路的輸出值或變數。

f 為模仿細胞核處理功能的轉換函數(Transfer function)或稱活化函數(activation function)，將處理單元輸入值的加權乘積和轉換成處理輸出值的數學公式。

而一般類神經網路依學習特性的差異，又可區分為監督式學習、非監督式學習、聯想式學習及最佳化應用網路等4類，而在本計畫中所採用的類神經網路類型皆屬於監督式學習網路，該類型的類神經網路透過使用者提供包含輸入變數(自變數)及輸出變數(應變數)的訓練集，透過範例之學習以迭代方式不斷修正神經網路中的權值，並使模型給出的預測值及實際輸出變數間的誤差最小化，再以此模型用來預測新的數據。其運作的模式如圖 72 所示(圖中的 ANN 為人工類神經網路(Artificial Nueral Network)的縮寫)。

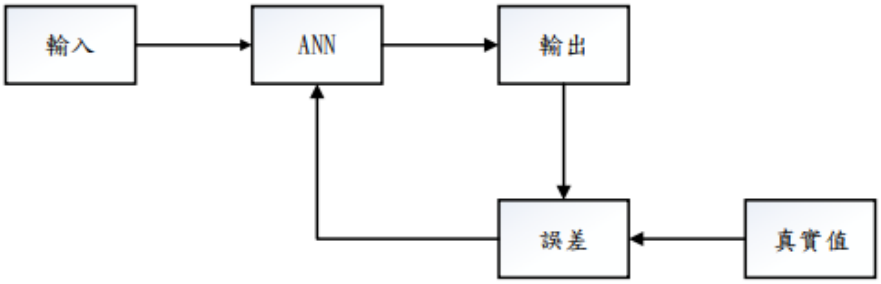


圖 72 監督式學習網路[125]

3. 分析成果

使用 IBM® SPSS® Modeler 建立了前述的 3 項分析模型後，一樣可分為：65BPN 標線(有納入 VD 資料)、65BPN 標線(無納入 VD 資料)、骨材標線及冷塑標線進行分析。分析的應變數為 BPN 值及 BPN_{20} 值，此外，在分析 BPN_{20} 值時，由於已進行溫度校正，故不會將試驗面溫度列為自變數。

其中，65BPN 標線(有納入 VD 資料)的數值分析結果如表 35 所示。從表中可看出 3 個模型在測試集的 R^2 值表現並不理想，不管是針對 BPN 值還是 BPN_{20} 值的分析，R^2 值皆落於 0.346-0.543。其中，針對 BPN 值的預測模型以類神經網路表現最佳，訓練集的 R^2 值達 0.714、測試集的 R^2 值達 0.533。而針對 BPN_{20} 值的分析則是以廣義線性模型表現最佳，訓練集的 R^2 值達 0.54、測試集的 R^2 值達 0.543。若針對 BPN 值及 BPN_{20} 值做為模型應變數之間的差異來觀察，可發現兩者之間的 R^2 值差異並不大。此外，也觀察到廣義線性模型的迴歸分析能力皆較線性迴歸模型佳。在類神經網路模型的部分，則是可觀察到在測試集與訓練集兩個數據集上的表現有所落差，有過度擬合(over fitting)的情況發生，相對而言，線性迴歸及廣義線性模型在訓練集與測試集中的表現則較為穩定。

65BPN 標線(無納入 VD 資料)的數值分析結果如表 36 所示。從表中可看出 3 個模型在測試集的 R^2 落於 0.365-0.521 左右。其中，針對 BPN 值的預測模型以類神經網路表現最佳，訓練集的 R^2 值達 0.716、測試集的 R^2 值達 0.521。而針對 BPN_{20} 值的分析則是以廣義線性模型表現最佳，訓練集的 R^2 值達 0.493、測試集的 R^2 值達 0.484。若針對 BPN 值及 BPN_{20} 值做為模型應變數之間的差異來觀察，可發現兩者最佳模型之間的 R^2 值差異並不大。此外，也觀察到廣義線性模型的迴歸分析能力皆較一般的線性迴歸模型來的好。在類神經網路模型的部分，則可觀察到在測試集與訓練集兩個數據集上的表現有所落差，有過度擬合的情況發生，相對而言，線性迴歸及廣義線性模型在訓練集與測試集中的表現則較穩定。

若將有無納入VD資料的65BPN標線數值分析結果進行比較可發現，納入 VD 資料的確有助於些微提升模型的準確度，然而提升的幅度皆小於 0.1，且 3 個模型的 R^2 值仍低於 0.6，顯示預測的效果並不佳。

表 35「65BPN 標線」(有納入 VD 資料)之數值分析結果

BPN				
	訓練		測試	
模型	R	R^2	R	R^2
廣義線性模型	0.761	0.579	0.705	0.497
線性迴歸	0.743	0.552	0.684	0.468
類神經網路	0.845	0.714	0.730	0.533
BPN_{20}				
	訓練		測試	
模型	R	R^2	R	R^2
廣義線性模型	0.735	0.540	0.737	0.543
線性迴歸	0.716	0.513	0.718	0.516
類神經網路	0.788	0.621	0.588	0.346

表 36「65BPN 標線」(無納入 VD 資料)之數值分析結果

BPN				
	訓練		測試	
模型	R	R^2	R	R^2
廣義線性模型	0.732	0.536	0.691	0.477
線性迴歸	0.713	0.508	0.666	0.444
類神經網路	0.846	0.716	0.722	0.521
BPN_{20}				
	訓練		測試	
模型	R	R^2	R	R^2
廣義線性模型	0.702	0.493	0.696	0.484
線性迴歸	0.680	0.462	0.666	0.444
類神經網路	0.733	0.537	0.604	0.365

骨材標線的數值分析結果如表 37 所示。從表中可看出 3 個模型在測試集的 R^2 值表現尚可接受，不管是針對 BPN 值還是 BPN_{20} 值的分析，R^2 值皆落於 0.692-0.757 左右。其中，針對 BPN 值的預測模型以廣義線性模

型及線性迴歸模型表現均較類神經網路模型佳，訓練集的 R^2 值達 0.706、測試集的 R^2 值達 0.757。而針對 BPN_{20} 值的分析同樣是以廣義線性模型及線性迴歸模型表現均較類神經網路模型佳，訓練集的 R^2 值達 0.643、測試集的 R^2 值達 0.679。若針對 BPN 值及 BPN_{20} 值做為模型的應變數之間的差異來觀察，可發現以 BPN 值做為應變數的 R^2 值略高一些，但是落差皆不到 0.1，因此差異並不大。在類神經網路模型的部分，則是可觀察到此階段的分析沒有過度擬合的情況發生，而線性迴歸及廣義線性模型在訓練集與測試集中的表現則一樣保持穩定。

表 37「骨材標線」之數值分析結果

BPN				
	訓練		測試	
模型	R	R^2	R	R^2
廣義線性模型	0.840	0.706	0.870	0.757
線性迴歸	0.840	0.706	0.870	0.757
類神經網路	0.825	0.681	0.832	0.692
BPN_{20}				
	訓練		測試	
模型	R	R^2	R	R^2
廣義線性模型	0.802	0.643	0.824	0.679
線性迴歸	0.802	0.643	0.824	0.679
類神經網路	0.801	0.642	0.779	0.607

冷塑標線的數值分析結果如表 38 所示。從表中可看出 3 個模型在測試集的 R^2 值表現尚可接受，綜合 BPN 值還是 BPN_{20} 值的分析結果，R^2 值的範圍落於 0.424-0.857 之間。其中，針對 BPN 值的預測模型以廣義線性模型及線性迴歸模型表現均較類神經網路模型佳，訓練集的 R^2 值達 0.885、測試集的 R^2 值達 0.781。而針對 BPN_{20} 值的分析同樣是以廣義線性模型及線性迴歸模型表現均較類神經網路模型佳，訓練集的 R^2 值達 0.88、測試集的 R^2 值達 0.857。若針對 BPN 值及 BPN_{20} 值做為模型的應變數之間的差異來觀察，可發現在目前所蒐集到的冷塑標線數據中以 BPN_{20} 值做為應變數的 R^2 值略高一些。在類神經網路模型的部分，則是可觀察到一樣有明

顯過度擬合(over fitting)的情況發生，而線性迴歸及廣義線性模型在訓練集與測試集中的表現則一樣保持穩定。

表 38「冷塑標線」之數值分析結果

BPN				
	訓練		測試	
模型	R	R^2	R	R^2
廣義線性模型	0.941	0.885	0.884	0.781
線性迴歸	0.941	0.885	0.884	0.781
類神經網路	0.913	0.834	0.701	0.491
BPN_{20}				
	訓練		測試	
模型	R	R^2	R	R^2
廣義線性模型	0.938	0.880	0.926	0.857
線性迴歸	0.938	0.880	0.926	0.857
類神經網路	0.856	0.733	0.651	0.424

經過前述的評估後，初步判斷數值分析在針對 65BPN 的結果並不理想且尚無法有顯著的結論，因此將以「分類分析」及「關聯性分析」方法在後面章節接續評估，藉以尋找出較適的分析方法。

值得特別說明的是，雖然在目前的分析中針對骨材標線及冷塑標線所建立的模型表現較佳，然而這些數據可能有取樣偏差或數據量過少的問題，因此後續仍需蒐集更多的數據以了解相關模型的準確度。不過從前述的分析結果也可看出相較於類神經網路模型，線性迴歸及廣義線性模型皆較穩定，而其中廣義線性模型的表現又較一般的線性迴歸模型佳。

5.1.3現地標線試驗數據之分類分析

除了前一小節所提到的連續數值分析外，研究團隊也針對現地試驗中所蒐集到的 BPN 值及 BPN_{20} 值等數據進行分類。分類的方式除了以 4.1.2 節敘述性統計內容中所呈現的，用等寬級距(5 BPN)將 BPN 值及 BPN_{20} 值進行多元分類外，也會以布林值的形式進行二元分類(例如：BPN 值是否小於 45)。針對 BPN 值及 BPN_{20} 值的分類方式整理如表 39 所示。

表 39 BPN 值及 BPN_{20} 值分類方式

<table>
<tr><th>分類方式</th><th colspan="2">BPN</th><th colspan="2">BPN_{20}</th></tr>
<tr><td rowspan="6">多元分類</td><td rowspan="6">BPN LV</td><td><45</td><td rowspan="6">BPN_{20} LV</td><td rowspan="2"><50</td></tr>
<tr><td>45≤BPN<50</td></tr>
<tr><td>50≤BPN<55</td><td>$50 \le BPN_{20} < 55$</td></tr>
<tr><td>55≤BPN<60</td><td>$55 \le BPN_{20} < 60$</td></tr>
<tr><td>60≤BPN<65</td><td>$60 \le BPN_{20} < 65$</td></tr>
<tr><td>BPN≧65</td><td>$BPN_{20} \geqq 65$</td></tr>
<tr><td rowspan="5">二元分類</td><td colspan="2">BPN <45?</td><td colspan="2">BPN_{20}<50?</td></tr>
<tr><td colspan="2">BPN <50?</td><td colspan="2">BPN_{20}<55?</td></tr>
<tr><td colspan="2">BPN <55?</td><td colspan="2">BPN_{20}<60?</td></tr>
<tr><td colspan="2">BPN <60?</td><td colspan="2">BPN_{20}<65?</td></tr>
<tr><td colspan="2">BPN <65?</td><td colspan="2">BPN_{20}<70?</td></tr>
</table>

此外，在本小節的分類分析中，用以評估模型優劣的指標是在模型建立後，建立混淆矩陣(confusion matrix)並計算相關指標進行分析。混淆矩陣又可稱為錯差矩陣或模糊矩陣，常被用來做為計算分類相關分析準確率相關指標的基礎，其中混淆矩陣又可區分為二元分類的混淆矩陣及多元分類的混淆矩陣。而二元分類的混淆矩陣如圖 73 所示，而圖中代號分別代表的意義如下[127]：

- True Positive (TP)「真陽性」:真實情況是「有/是」，模型說「有/是」的個數。

- True Negative(TN)「真陰性」:真實情況是「沒有/不是」，模型說「沒有/不是」的個數。
- False Positive (FP)「偽陽性」:真實情況是「沒有/不是」，模型說「有/是」的個數。
- False Negative(FN)「偽陰性」:真實情況是「有/是」，模型說「沒有/不是」的個數。

Confusion matrix

True label / Predited label	Positive	Negative
Positive	True Positive (TP)	False Positive (FP)
Negative	False Negative (FN)	True Negative (TN)

圖 73 二元分類混淆矩陣[127]

其衍生出的指標包含模型的準確度(Accuracy)、精準率(Precision)、召回率(Recall) 與 F1 score，計算的方法如下：

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \text{----------式 6}$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \text{----------式 7}$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \text{----------式 8}$$

$$\text{F1 score} = \frac{2TP}{2TP+FP+FN} = \frac{2*Precision*Recall}{Precision+Recall} \text{----------式 9}$$

在本小節中，將使用準確度(Accuracy)及 F1 score 兩項指標來評估二元分類模型的優劣，其中 F1 score 由精準率(Precision)及召回率(Recall)組成，可以加重 True Positive (TP)「真陽性」預測結果的權重，希望模型的

結果除了可以有較高的準確度外，也可以有較高的精準度，另外，針對多元分類的模型，由於無法使用 F1 score 進行評估，則將使用準確度(Accuracy)來進行評估。

1. 分析方法

在現地試驗標線分類分析的部分，使用的分析軟體一樣是 IBM® SPSS® Modeler，該軟體提供「自動分類器」節點使用多種不同的方法，來估計和比較類別(集合)或二元(是/否)目標的模型，讓使用者可在一次建模執行中嘗試多種方法並進行比較[121]。而研究團隊採用的分析模型有：線性支援向量機(Linear Support Vector Machine, 後簡稱 LSVM)模型、羅吉斯迴歸(logistic regression)模型及類神經網路模型，並會將 65BPN 標線、骨材標線及冷塑標線的數據，以 80:20 的比例隨機區分為訓練組及測試組，最後將以測試組的準確度(Accuracy)及 F1 score 兩項指標來評估模型的優劣。另外，針對多元分類的模型，則以測試組的準確度(Accuracy)來進行評估。針對 LSVM 模型、羅吉斯迴歸模型及類神經網路模型 3 種模型的簡介如下：

(1) LSVM 模型[126, 128-130]：

支援向量機 (Support Vector Machine, SVM) 是 Vapnik 等學者與 AT&T 實驗次團隊所提出的監督式學習方法 (Supervised Learning)，需事先定義出各分群的類型來做統計分類與迴歸分析等，屬於一般化線性分類器。其對於解決小樣本、非線性、高維度和局部極小點有較好的解決能力。

SVM 主要的基本原理是以給定的訓練資料為基礎，在資料的多項特徵值(又稱支援向量或維度)所形成的高維度空間中，尋找一個區分超平面(Seperarting Hyper plane)，將多維度的資料區分為 2 個或多個不同的類別。

假設存在訓練樣本(x1,y1),(x2,y2),…,(xi,yi), $x \in Rn$, $y \in \{+1,-1\}$，j為樣本數，n為輸入特徵向量的維度，並且存在一個區分超平面可將屬於+1 及-1 的兩類樣本完全分開，且該平面的公式為$\omega \cdot x + b = 0$。該平面的分類方式之示意圖如圖 74 所示，其中方形及圓形為兩個不同類別的資料點，分別標記為+1 及-1，而 SVM 的目的在於將$\omega \cdot x + b = +1$及$\omega \cdot x + b = -1$兩條超平面的界線間的間隔距離(margin)最大化，當間隔距離越大，SVM 的預測能力就越強。

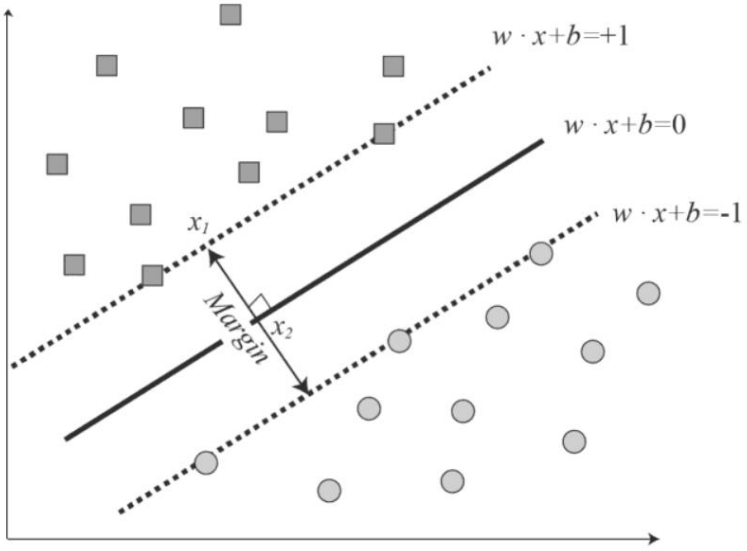


圖 74 SVM 示意圖[126]

SVM 的運作除了前述的基本原理外，另外一個重要的概念就是核心函數。藉由選取適當的核心函數，可將輸入的資料由原先的低維度空間(low dimensional)映射至高維度空間(high dimensional)的集合裡，如此一來低維空間中的線性不可分割資料便能夠轉化至高維空間中成為線性可分割資料，進而使用前述的方法找到一超平面進行分割。常見的核心函數有：線性(linear)、多項式(polynomial)、放射性函數(radial basis function, RBF)及 S 型(sigmoid)，而本節中所採用的核心函數為線性函數，因此又可稱為線性 SVM(LSVM)。

(2) 羅吉斯迴歸模型[121, 131, 132]：

羅吉斯迴歸模型是一種用於依據輸入欄位的值，對紀錄進行分類的統計技術。這種技術與線性迴歸類似，但應變數的資料型態由連續數值變成了類別或布林值。其假設發生某事件的機率可用式 9 表示。

$$P_i = \frac{1}{1+e^{-f(x)}} = \frac{e^{f(x)}}{1+e^{f(x)}}$$ ----------式 10

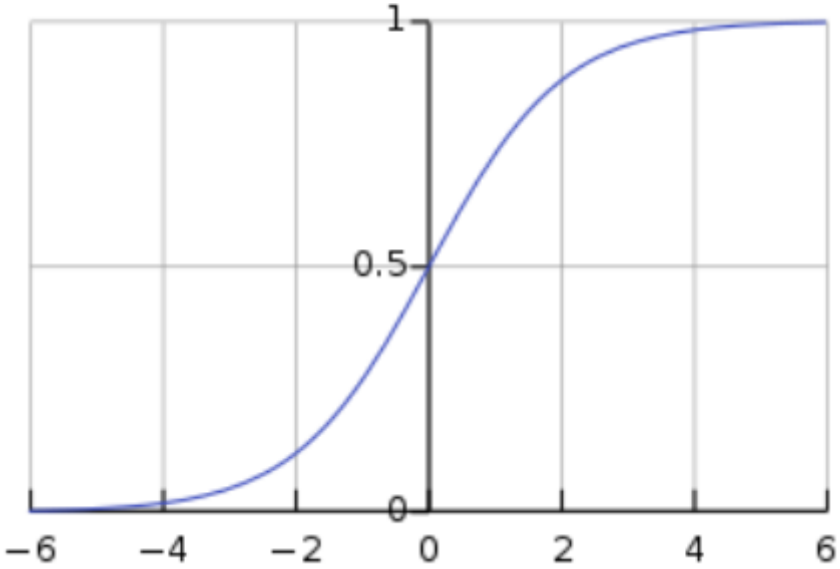


圖 75 羅吉斯迴歸曲線示意圖[131]

其中，$f(x) = \propto + \beta_1 x_2 + \beta_1 x_2 + \cdots + \beta_n x_n = \propto + \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i$，其中$\propto$為截距項，$\beta_i$為的 i 個自變數的斜率，為線性迴歸公式。

(3) 類神經網路模型

已於 5.1.2 節說明過其原理，在此不再贅述。

2. 分析結果

使用 IBM® SPSS® Modeler 建立了前述的 3 項分析模型後，一樣可分為：65BPN 標線(有納入 VD 資料)、65BPN 標線(無納入 VD 資料)、骨材標線及冷塑標線進行分析。

65BPN 標線(有納入 VD 資料)的分類分析評估如表 40 所示，表中以網底標示的部分代表 3 個模型中，針對該應變數表現最佳者。從表中可看出，

針對 BPN LV 及 BPN_{20} LV 等多元分類分析，3 個模型的準確率都極低，即使是表現最佳的羅吉斯迴歸也只有達到 50%左右的準確率。然而，針對各項二元分類的分析，除了 BPN_{20}<60 這一項分析的準確率為 79.73%以外，其餘分析的最佳模型準確率皆達 80%以上，F1 score 分析也皆有達到 75%以上，其中羅吉斯迴歸在「65BPN 標線」(有納入 VD 資料)分類上的表現最為優異，其次為 LSVM 模型。

表 40 「65BPN 標線」(有納入 VD 資料)分類分析評估表

模型	分割	類神經網路		LSVM		羅吉斯迴歸	
應變數		準確率	F1 score	準確率	F1 score	準確率	F1 score
BPN LV	訓練	46.72%	---	55.02%	---	66.81%	---
	測試	47.30%	---	48.65%	---	51.35%	---
BPN<45?	訓練	95.63%	80.77%	94.76%	78.57%	95.20%	80.70%
	測試	91.89%	50.00%	97.30%	85.71%	94.59%	75.00%
BPN<50?	訓練	80.35%	69.80%	81.66%	71.23%	83.41%	75.64%
	測試	71.62%	61.82%	75.68%	66.67%	82.43%	76.36%
BPN<55?	訓練	85.15%	88.82%	84.28%	88.00%	84.28%	88.08%
	測試	74.32%	82.24%	79.73%	86.24%	83.78%	89.09%
BPN<60?	訓練	87.34%	92.35%	89.08%	93.04%	93.45%	95.84%
	測試	81.08%	89.39%	82.43%	89.76%	86.49%	91.80%
BPN<65?	訓練	92.58%	95.98%	89.96%	94.64%	96.94%	98.31%
	測試	90.54%	94.89%	89.19%	94.20%	91.89%	95.59%
BPN_{20} LV	訓練	43.67%	---	53.28%	---	59.83%	---
	測試	37.84%	---	43.24%	---	52.70%	---
BPN_{20}<50?	訓練	94.76%	73.91%	94.32%	75.47%	92.58%	69.09%
	測試	94.59%	71.43%	97.30%	87.50%	95.95%	82.35%
BPN_{20}<55?	訓練	78.60%	68.39%	77.73%	67.92%	81.22%	74.56%
	測試	77.03%	71.19%	81.08%	75.86%	82.43%	77.97%
BPN_{20}<60?	訓練	75.11%	80.14%	80.79%	83.70%	79.91%	83.45%
	測試	63.51%	73.27%	78.38%	82.61%	79.73%	83.15%
BPN_{20}<65?	訓練	89.96%	93.66%	89.08%	92.92%	92.58%	95.24%
	測試	83.78%	90.32%	78.38%	87.10%	82.43%	89.26%
BPN_{20}<70?	訓練	91.27%	95.19%	91.27%	95.17%	97.82%	98.76%
	測試	87.84%	93.33%	86.49%	92.65%	89.19%	93.85%

65BPN 標線(無納入 VD 資料)的分類分析評估如表 41 所示，表中以網底標示的部分代表 3 個模型中，針對該應變數表現最佳者。從表中可看出，針對 BPN LV 及 BPN_{20} LV 等多元分類分析，3 個模型的準確率都極低，即使是表現最佳的羅吉斯迴歸也只有達到 50%左右的準確率。針對各項二元分類的分析，在 BPN<50、BPN<55、BPN_{20}<55 及 BPN_{20}<60 的 F1 score 皆沒有達到 80%，準確率也僅有 68.75-81.25%，推測是因為這 4 個應變數的兩個類型(是/否)之間的數據量較為接近，再加上少了 VD 資料相關的自變數，造成模型的表現較差。針對其餘應變數，分析的最佳模型準確率皆達 80%以上，F1 score 分析也皆有達到 90%以上，其中羅吉斯迴歸在「65BPN 標線」(無納入 VD 資料)分類中針對 BPN 值及 BPN_{20} 值門檻較低(例如 BPN<45)的分析較為準確，針對 BPN 值及 BPN_{20} 值門檻較高的應變數為 LSVM 模型較為準確。

將表 40 及表 41 進行比較後可明顯看出，在分類分析的部分，少了 VD 資料的相關變數，對於分析結果的準確度有一定程度的影響，例如在二元分類分析中，無納入 VD 資料的 65BPN 標線數據相較於有納入 VD 資料之 65BPN 標線數據分析結果，準確率皆有所下降，最高約降低 15%，因此也可知交通量對標線的抗滑性能有一定程度的影響。

表 41 「65BPN 標線」(無納入 VD 資料)分類分析評估表

模型	分割	類神經網路		LSVM		羅吉斯迴歸	
應變數		準確率	F1 score	準確率	F1 score	準確率	F1 score
BPN LV	訓練	40.39%	---	50.00%	---	58.82%	---
	測試	41.25%	---	48.65%	---	55.00%	---
BPN<45?	訓練	95.69%	80.70%	94.12%	72.73%	96.47%	85.25%
	測試	92.50%	57.14%	96.25%	84.21%	96.25%	84.21%
BPN<50?	訓練	80.78%	75.13%	79.22%	70.39%	80.78%	72.93%
	測試	71.25%	58.18%	71.25%	54.90%	72.50%	59.26%
BPN<55?	訓練	78.82%	83.93%	67.84%	75.74%	71.37%	77.81%
	測試	66.25%	74.77%	62.50%	73.68%	68.75%	77.88%
BPN<60?	訓練	74.51%	82.94%	79.61%	86.39%	79.22%	85.87%
	測試	72.50%	83.33%	82.50%	88.89%	80.00%	87.30%
BPN<65?	訓練	92.94%	95.79%	88.24%	92.99%	88.63%	93.21%
	測試	87.50%	92.42%	88.75%	93.23%	87.50%	92.54%
BPN_{20} LV	訓練	38.43%	---	48.24%	---	55.29%	---
	測試	41.25%	---	46.25%	---	52.50%	---
BPN_{20}<50?	訓練	94.12%	68.09%	93.33%	65.31%	93.73%	70.37%
	測試	96.25%	80.00%	96.25%	80.00%	97.50%	87.50%
BPN_{20}<55?	訓練	80.78%	73.22%	88.28%	72.13%	80.00%	71.51%
	測試	76.25%	69.84%	80.00%	75.00%	81.25%	76.19%
BPN_{20}<60?	訓練	83.53%	86.36%	72.94%	76.29%	75.69%	80.00%
	測試	72.50%	76.60%	68.75%	75.25%	71.25%	77.23%
BPN_{20}<65?	訓練	88.24%	92.54%	84.31%	90.15%	86.67%	91.46%
	測試	81.25%	88.89%	85.00%	91.43%	85.00%	91.04%
BPN_{20}<70?	訓練	86.67%	92.77%	89.41%	94.24%	90.59%	94.76%
	測試	86.25%	92.62%	87.50%	93.24%	86.25%	92.52%

骨材標線的分類分析評估如表 42 所示，表中以網底標示的部分代表 3 個模型中，針對該應變數表現最佳者。從表中可看出，針對 BPN LV 及 BPN_{20} LV 等多元分類分析，3 個模型的準確率都極低，即使是表現最佳的 LSVM 模型也只有達到 46-57%左右的準確率。針對各項二元分類的分析，在 BPN<45 及 BPN_{20}<50 的部分由於數據量太少，故不納入分析。而 BPN<50 及 BPN_{20}<55 的部分則因分析結果皆沒有預測出「是」的答案，

因此計算不出 F1 score。另外，在 BPN<60 及 BPN_{20}<60 的分析中，3 個模型的表現較差，準確率皆為 75%， F1 score 則分別為 75.86%及 66.67%。針對 BPN<55、BPN<65、BPN_{20}<65 及 BPN_{20}<70，分析的最佳模型準確率皆達 80%以上，F1 score 分析也皆有達到 70%以上。可發現骨材標線的分類分析相較於 65BPN 標線的分析而言，各類模型的表現皆較差，其原因可能在於骨材標線相關的數據量較少，且可蒐集到的自變數也相對較少，進而影響到模型的準確度。

表 42「骨材標線」分類分析評估表

模型	分割	類神經網路		LSVM		羅吉斯迴歸	
應變數		準確率	F1 score	準確率	F1 score	準確率	F1 score
BPN LV	訓練	44.57%	---	48.91%	---	53.26%	---
	測試	42.86%	---	46.43%	---	42.86%	---
BPN<50?	訓練	91.30%	---	91.30%	---	91.30%	---
	測試	92.86%	---	92.86%	---	92.86%	---
BPN<55?	訓練	71.74%	38.10%	73.91%	52.00%	72.83%	50.98%
	測試	75.00%	36.36%	82.14%	70.59%	78.57%	57.14%
BPN<60?	訓練	76.09%	80.36%	79.35%	81.90%	79.35%	81.55%
	測試	71.43%	75.00%	71.43%	75.00%	75.00%	75.86%
BPN<65?	訓練	92.39%	95.04%	92.39%	95.04%	92.39%	95.04%
	測試	92.86%	95.00%	92.86%	95.00%	92.86%	95.00%
BPN_{20} LV	訓練	55.43%	---	58.70%	---	56.52%	---
	測試	57.14%	---	57.14%	---	53.57%	---
BPN_{20}<55?	訓練	85.87%	---	85.87%	---	85.87%	---
	測試	89.29%	---	89.29%	---	89.29%	---
BPN_{20}<60?	訓練	67.39%	60.53%	67.39%	59.46%	73.91%	67.57%
	測試	71.43%	63.64%	64.29%	58.33%	75.00%	66.67%
BPN_{20}<65?	訓練	81.52%	84.96%	81.52%	84.96%	81.52%	84.96%
	測試	78.57%	80.00%	78.57%	80.00%	78.57%	80.00%
BPN_{20}<70?	訓練	91.30%	94.29%	94.57%	96.30%	94.57%	96.30%
	測試	92.86%	95.00%	85.71%	89.47%	85.71%	89.47%

冷塑標線的分類分析評估如表 43 所示，表中以網底標示的部分代表 3 個模型中，針對該應變數表現最佳者。從表中可看出，針對 BPN LV 及

BPN_{20} LV 等多元分類分析，3 個模型的準確率都極低，最佳的準確率分別僅有 42.86%及 50%。針對各項二元分類的分析，在 BPN<45 及 BPN_{20}<50 的部分由於數據量太少，故不納入分析。而 BPN<50 在以類神經網路模型進行分析時，則因分析結果皆沒有預測出「是」的答案，因此計算不出 F1 score。另外，在 BPN<50 及 BPN_{20}<55 的分析中，3 個模型的表現較差，F1 score 分別僅有 57.14%及 66.67%。其餘分析的最佳模型準確率皆達 75%以上，F1 score 分析也皆有達到 80%以上。在冷塑標線的分類分析中，羅吉斯迴歸模型的表現皆是各項分析中最為優異的，然而因冷塑標線的數據量較少，需要將更多的數據量納入分析，以確認模型是否能穩定維持優異的表現。

表 43「冷塑標線」分類分析評估表

模型	分割	類神經網路		LSVM		羅吉斯迴歸	
應變數		準確率	F1 score	準確率	F1 score	準確率	F1 score
BPN LV	訓練	56.82%	---	45.45%	---	72.73%	---
	測試	35.71%	---	14.29%	---	42.86%	---
BPN<50?	訓練	79.55%	---	79.55%	30.77%	90.91%	80.00%
	測試	64.29%	---	64.29%	28.57%	78.57%	57.14%
BPN<55?	訓練	86.36%	85.00%	68.18%	74.07%	90.91%	90.91%
	測試	92.86%	92.31%	64.29%	73.68%	92.86%	92.31%
BPN<60?	訓練	84.09%	89.55%	86.36%	90.91%	90.91%	93.94%
	測試	78.57%	86.96%	92.86%	95.24%	92.86%	95.24%
BPN<65?	訓練	90.91%	94.87%	93.18%	96.20%	93.18%	96.20%
	測試	71.43%	83.33%	85.71%	92.31%	85.71%	92.31%
BPN_{20} LV	訓練	43.18%	---	52.27%	---	59.09%	---
	測試	35.71%	---	42.86%	---	50.00%	---
BPN_{20}<55?	訓練	84.09%	46.15%	77.27%	37.50%	86.36%	62.50%
	測試	78.57%	40.00%	64.29%	28.57%	85.71%	66.67%
BPN_{20}<60?	訓練	77.27%	75.00%	70.45%	55.17%	79.55%	75.68%
	測試	71.43%	71.43%	78.57%	72.73%	85.71%	83.33%
BPN_{20}<65?	訓練	77.27%	84.85%	75.00%	82.54%	86.36%	90.63%
	測試	71.43%	80.00%	85.71%	88.89%	92.86%	94.12%
BPN_{20}<70?	訓練	95.45%	97.50%	77.27%	85.71%	95.45%	97.50%
	測試	78.57%	88.00%	71.43%	80.00%	78.57%	88.00%

從本小節的分析中可知，3 個模型在多元分類分析中，皆無法準確預測應變數的分類區間，然而，相對地，在多數的二元分析中羅吉斯迴歸可提供良好的預測能力，且資料的自變數中是否包含 VD 資料也是會明顯影響模型準確度的因子。另外，骨材及冷塑標線則可能會因數據量過少，而影響分析的結果及準確度。

然而，因使用該方法所呈現之分析成果，僅能呈現特徵變數對於目標變數是否有顯著影響，且係以線性觀點呈現，而現地特徵變數與抗滑能力間的關係往往並非單純的線性觀點可以解釋。因此，研究團隊希望進一步採用關聯性分析方法進行分析，並採用關聯性分析評估各項變數與標線抗滑能力間的關聯。

5.1.4現地標線試驗數據之關聯分析

在前面兩個小節中，針對現地試驗所蒐集到的數據分別進行了數值及分類分析，然而在實務上除了希望可透過模型來預測或評估現地標線的抗滑能力外，也希望可找出一些簡單的規則來了解可能影響標線抗滑能力的因子。再者，雖然研究團隊找了許多影響因子做為分析的自變數，仍不能斷言已將所有的因子納入分析，而關聯性分析的優勢在於演算法簡單、容易理解且資料要求度低，因此在分析的最後一個部分加入這個分析方法，有助於更加了解本計畫所蒐集之標線的抗滑性能。

在本小節的第一個部分仍需先說明關聯性分析所採用的輸入變數及目標變數為何，在輸入變數的部分，依照不同的分析對象(65BPN 標線(有/無納入 VD 資料)、骨材標線及冷塑標線)會有不同的輸入變數，各個分析對象的輸入變數同表 31-28 中的自變數，另外，針對 BPN_{20} 值的相關分析不會將試驗面溫度納入輸入變數中。而目標變數的部分，則會將連續變數、類別變數以及布林值(二元)變數納入分析，在布林值變數的部分，由於關聯性分析的目的是希望針對輸入變數與目標變數之間找出關聯規則而非單純進行分類，因此除了「BPN<門檻值」的形式外，也會納入「BPN≥門檻值」的形式做為目標變數進行關聯性分析，BPN 值及 BPN_{20} 值的目標變數如表 44 所示。

表 44 關聯性分析之目標變數

<table>
<tr><td>目標變數之資料型態</td><td colspan="2">BPN</td><td colspan="2">BPN_{20}</td></tr>
<tr><td>連續變數</td><td colspan="2">BPN 值</td><td colspan="2">BPN_{20} 值</td></tr>
<tr><td rowspan="6">類別變數</td><td rowspan="6">BPN LV</td><td><45</td><td rowspan="6">BPN_{20} LV</td><td rowspan="2"><50</td></tr>
<tr><td>45≤BPN<50</td></tr>
<tr><td>50≤BPN<55</td><td>$50 \le BPN_{20} < 55$</td></tr>
<tr><td>55≤BPN<60</td><td>$55 \le BPN_{20} < 60$</td></tr>
<tr><td>60≤BPN<65</td><td>$60 \le BPN_{20} < 65$</td></tr>
<tr><td>≥65</td><td>≥65</td></tr>
<tr><td rowspan="10">布林(二元)變數</td><td colspan="2">BPN <45</td><td colspan="2">$BPN_{20}<50$</td></tr>
<tr><td colspan="2">BPN≥45</td><td colspan="2">$BPN_{20} \ge 50$</td></tr>
<tr><td colspan="2">BPN <50</td><td colspan="2">$BPN_{20}<55$</td></tr>
<tr><td colspan="2">BPN≥50</td><td colspan="2">$BPN_{20} \ge 55$</td></tr>
<tr><td colspan="2">BPN <55</td><td colspan="2">$BPN_{20}<60$</td></tr>
<tr><td colspan="2">BPN≥55</td><td colspan="2">$BPN_{20} \ge 60$</td></tr>
<tr><td colspan="2">BPN <60</td><td colspan="2">$BPN_{20}<65$</td></tr>
<tr><td colspan="2">BPN≥60</td><td colspan="2">$BPN_{20} \ge 65$</td></tr>
<tr><td colspan="2">BPN <65</td><td colspan="2">$BPN_{20}<70$</td></tr>
<tr><td colspan="2">BPN≥65</td><td colspan="2">$BPN_{20} \ge 70$</td></tr>
</table>

1. 分析方法

在現地試驗標線分類分析的部分，使用的分析軟體一樣是 IBM® SPSS® Modeler，該軟體中提供「關聯規則」的功能讓使用者可選擇各種不同的關聯性分析演算法進行分析。研究團隊本次使用的關聯法則演算法是 Apriori 演算法。Apriori 演算法是常用於關聯性分析的演算法，主要是用「支援度(Support)」、「信賴度(Confidence) 」與「增益度(Lift) 」3 個值來建立關聯性規則(Association Rule)。以下針對該演算法進行簡單的

介紹說明：

在資料探勘的領域中，關聯規則已是一種被廣泛使用的方法，此方法是一種機率關係的應用，目的在於找出資料庫中的資料間彼此的關聯性，而其中Apriori是最為著名且廣泛運用的演算法，是由Agrawal Rakesh等人在 1994 年所提出的[126, 133]，其中心思想在於快速地尋找海量資料庫中的頻繁項集，利用支持度閾值來減少在尋找頻繁項集時，全部項所可能生成的候選項集組合個數[134]。假設在資料庫 L 中，X 及 Y 皆為 L 的子集合並且互相獨立，而 X 為條件項(或輸入變數)、Y 為預測項(或目標變數)，X、Y 之間的關聯規則可表示為：$X \rightarrow Y, X \subset L, Y \subset L \text{ and } X \cap Y \neq \emptyset$，將前述的資料庫繪製為文氏圖即如圖 76 所示。

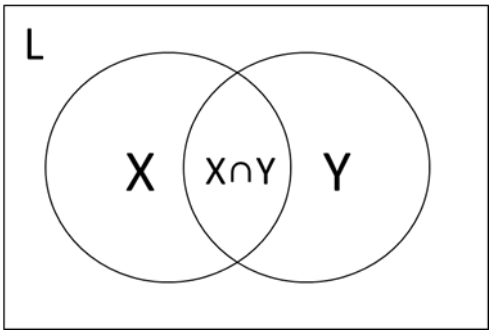


圖 76 文氏圖

「支援度(Support)」、「信賴度(Confidence) 」與「增益度(Lift) 」定義如下：

- 支援度(Support)

  支援度又可稱為支持度，其定義一個集合變數在資料庫中所出現的比例，例如在前述的例子中 X 的支援度可表示為 *Sup(X)*，定義如下面的式子所示：

$$Sup(X) = \frac{X\text{集合在資料庫}(L)\text{中出現的總次數}}{\text{資料庫中的總資料數}} = P(X)$$

  支援度越高，代表某事件在資料庫中出現的頻率及機率越高，也就越值得重視。其中，如果是某項條件(例如：條件項X)的

支援度又可進一步稱為「條件支援度」(Condition Support)，並可表示為$Sup(X) = P(X)$。另外，如果是描述某一項規則(例如：X → Y)的支援度則稱之為「規則支援度」(Rule Support)，並可表示為$Sup(X \rightarrow Y) = P(X \cap Y)$，代表 X、Y 兩個事件同時發生的機率，一般而言在許多關聯性分析的相關研究中，會直接將規則支援度直接簡稱為支援度(Support)。在關聯性分析的相關研究中，會透過設定最小規則支援度的門檻(min Support)來篩選出現頻率較高的規則，進而了解那些規則發生的機率較高並較值得重視。

- 信賴度(Confidence)

信賴度又被稱為「可靠度」或「置信度」，其定義為在某項條件項(例如：條件項 X)發生的狀況或前提下，某項預測項(例如：預測項 Y)也發生的機率，可表示為$Conf(X \rightarrow Y)$，定義如下式所示：

$$Conf(X \rightarrow Y) = \frac{Sup(X \rightarrow Y)}{Sup(X)} = P(Y|X) = \frac{P(X \cap Y)}{P(X)}$$

在關聯性分析的相關研究中，會透過設定最小信賴度的門檻(min Confidence)來判斷規則是否成立。

- 增益值(Lift)

增益值是某項規則的信賴度以及預測項支援度的比值，用以判斷條件項(X)與預測項(Y)之間的關聯性，該指標的意義可視為相對於在整個資料庫(L)中預測項(Y)發生的機率，在加入條件項(X)這項前提的情況下，預測項(Y)發生的機率會提升多少倍，其定義可表示為下式：

$$Lift = \frac{Conf(X \rightarrow Y)}{Sup(Y)}$$

若：

Lift>1，則X與Y呈現正關聯，在此條件下規則才有實用性。

Lift=1，則 X 與 Y 為獨立事件，沒有關係。

Lift<1，則 X 與 Y 呈現負關聯，比亂數取得的結果還差

由上述簡介可知，在進行關聯性分析之前，必須先定義最小規則支援度(min Support)及最小信賴度 (min Confidence) 的門檻，而通常門檻值的大小會視分析的需求訂定，因此相關研究皆會訂定不同的門檻值來篩選關聯規則，在 Lin et al.的研究中提到多數的研究會將信賴度的門檻值訂定在 75%以上[135]，參考該研究的設定，本計畫預設將信賴度的門檻值設為80%，意即信賴度在80%以上的規則才視為成立。在最小規則支援度部分則需視資料量的大小以及單一試驗地點的點位數量決定，因為若將最小規則支援的門檻訂的太高，會導致找不到關聯規則，而定的太低又可能會導致關聯規則的結果被單一試驗地點可能產生的偏差影響，因此針對不同材質的標線訂定不同的最小規則支援度門檻如下：

- 65BPN 標線

  65BPN 標線有可分為有納入 VD 資料及無納入 VD 資料，其全部的數據量分別為 303 及 335 個數據點，而包含了最多65BPN 標線試驗點位的單一試驗地點共有 16 個試驗點位。經過計算 16/303 及 16/335 四捨五入至個位數後之結果皆為 5%，故將 65BPN 標線的最小規則支援度門檻設定為 5%。

- 骨材標線

  骨材標線全部的資料量為 120 個數據點，而包含了最多骨材標線試驗點位的單一試驗地點共有 6 個試驗點位。經過計算 6/120 的結果為 5%，故將骨材標線的最小規則支援度門檻設定為 5%。

- 冷塑標線

冷塑標線全部的資料量為 58 個數據點，而單包含了最多骨材標線試驗點位的單一試驗地點共有 6 個試驗點位。經過計算 6/58 四捨五入至個位數後之結果為 10%，故將冷塑標線的最小規則支援度門檻設定為 10%。

設定完最小規則支援度及最小信賴度的門檻後，為了避免產生接近獨立事件的規則進行分析，研究團隊針對經過上述門檻設定進行關聯分析後的規則結果，進一步篩選增益值>1.5 的規則進行分析。另外，在本次的分析中，研究團隊希望關聯分析所產生之規則可單純化，因此將分析的維度設定在 2 維度關聯性分析，意即將條件項數量上限設定在 2 個條件項，藉此產出每個目標變數的關聯規則進行分析。

2. 分析結果

使用 APRIORI 演算法進行關聯性分析後，會將關聯規則資訊以統計表的方式呈現，並詳細列出有通過門檻值的關聯規則，其中詳細列出的關聯規則表中所列出的結果，是已經去除重複及條件項中不包含時間因子之規則的結果。所謂重複的規則是指由於在進行關聯分析的過程中，由於一開始的設定允許條件項中可有兩項變數集合存在，然而假設一個關聯分析的結果中存在如表 45 的結果，因條件集合 A 本身就是通過門檻的條件項且增益值為 2，當條件集合再加入 B 或 C 這一項變數時，增益值並沒有提升，因此可判斷加入 B 及 C 兩項條件變數後，並無助於增加規則的強度，因此可以是規則 222 及 333 與規則 111 重複，而規則 444 再加入條件變數 D 後，增益值有所提升，因此可判斷規則 444 的強度較規則 111 高，並可以保留。

表 45 重複規則示意表

規則 ID	條件項	預測項	增益
111	A	E	2
222	A, B		2
333	A, C		1.2
444	A, D		2.3

而所謂不包含時間因子之條件項，則表示該規則的條件項中不包含：材齡、累積交通量、累積雨量、降雨日數這 4 項變數的規則，因為若不包含這 4 項變數的規則，無助於瞭解標線的抗滑性能隨時間衰退的狀況，因此不納入關聯規則的結果中。

針對 65BPN 標線(有納入 VD 資料)的數據分析結果如表 46 所示。從表 46 中可看出有 13 個目標變數的關聯性分析有增益值>1.5 的關聯規則，因此再就這 13 個目標變數進一步列出其關聯規則如表 47 所示，該表中所列出的結果是已經去除重複以及條件項中不包含時間因子之規則的結果。

而經過整理後發現前述的 13 個目標變數的關聯規則分析中，BPN_{20}≧55 的所有規則皆不含時間因子之變數，因此在表 47 中列出其餘 12 項目標變數，從表 47 可看出不管是對於 BPN 值或 BPN_{20} 值的分析，材齡在條件項中扮演了非常重要的角色，其中部分規則如 A2-1~A2-12 皆包含了「343.600 ≤ 材齡 < 457.800」這一項變數，因此可判定這項變數的重要性也一樣很高，故雖然「343.600 ≤ 材齡 < 457.800」(規則 A2-13)的信賴度未達一開始所設定的門檻，還是將其納入規則中並以網底標示進行區別，其他在表中有以網底標示的規則也是經判斷雖沒有通過門檻，但仍值得參考規則。

進一步探究規則 A2-13 可以發現，在符合「343<材齡<457」這個條件下，有 76.3%的數據會「<50BPN」(符合該規則的數據量共有 45 個數據點，佔總數據量的 14.9%)，其增益值為 2.18(意即在此條件下，BPN<50 的機率

為一般狀況下之 2.18 倍)；另外，有 94.9%的數據會「<55BPN」(符合該規則的數據量共有 56 個數據點，佔總數據量的 18.5%)，其增益值為 1.45(意即在此條件下，BPN<55 的機率為一般狀況下之 1.45 倍)。

根據上述規則，再回頭檢視 65BPN 標線(有納入 VD 資料)「BPN v.s. 材齡」之圖表，並加上 BPN=50、BPN=55、材齡=343、材齡=457 等基準線(如圖 77 所示)。從圖中可以看出前述結果無法斷定所有(或多數)BPN<50 的標線皆為「343<材齡<457」的標線(倒果為因)，僅能解釋為在「343<材齡<457」 的條件下，抗滑能力降低的機率較其他材齡區間要高。另外，針對 BPN=50 及 BPN=55 兩條基準線，可以看出將基準線設定為 BPN=50 的情況下，較可以跟其他材齡區間做出區別(因規則的增益值較高)。

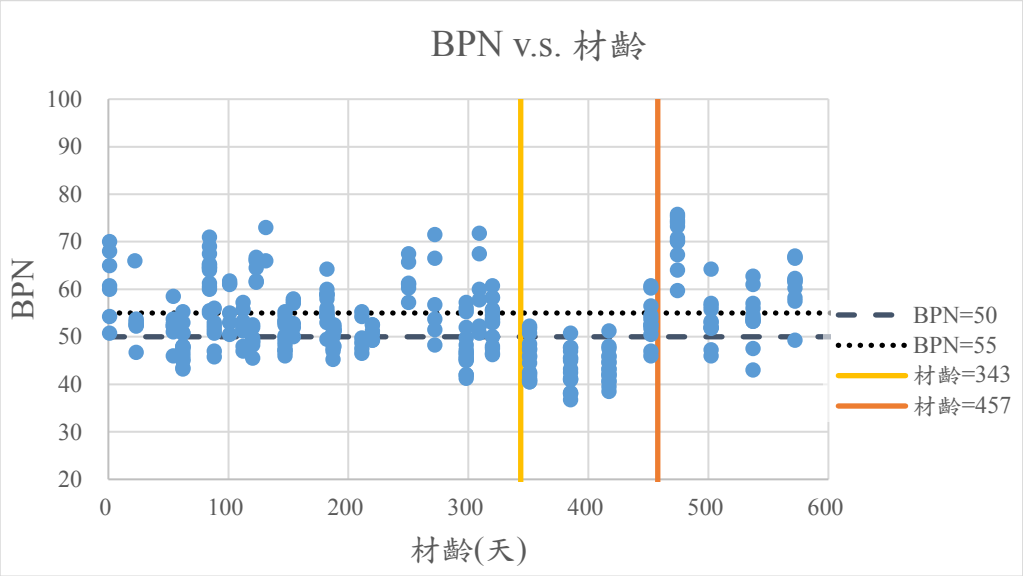


圖 77「65BPN 標線(有納入 VD 資料)」BPN v.s. 材齡 (加入基準線)

另外，可發現雖然材齡超過 343 天後，BPN 值及 BPN_{20} 值會落入較低的區間(如 BPN<50 及 BPN_{20}<60)，然而，在本計畫所蒐集到的樣本數據中，可以發現當材齡超過 457 天後，BPN 值及 BPN_{20} 值則會在特定規則下回升到較高的區間，例如規則 A6-1 就表明當「材齡＞457.800」及「5.068≤平

均雨量(累積雨量/材齡) < 6.757」兩項條件同時發生，65BPN 標線的 BPN 值會有 81.8%的機率達 60BPN 以上。

從此現象可推測，在本計畫所蒐集到的樣本數據中所得到的結果顯示，絕大多數的 65BPN 標線經過將近一年的磨耗後抗滑能力會進入較差的狀態，而在經過 15 個月的磨耗及特定的氣候(A5-1、A6-1)或交通(A11-1、A11-2、A12-1)條件下，65BPN 標線的抗滑能力會有些許回升。而進一步推測造成此現象之原因，其一是因為在經過一定程度的磨耗後，65BPN 標線底部的抗滑料漸漸來到表層，進而使 65BPN 標線的抗滑能力有些許回升，而所謂「一定程度的磨耗」不僅與標線材齡有關，應該進一步探究氣候與交通條件對標線磨耗速度的影響，因此會觀察到特定條件下，部分標線在材齡達到一定天數後抗滑能力會有回升的現象。然而，目前本計畫所蒐集到的數據僅能做出上述推測，其他進一步的分析探討須待納入其他更多數據後才可能得以證實。

表 46「65BPN 標線」(有納入 VD 資料)的關聯規則資訊統計表

預測項	規則	條件支援(Condition Support)				信賴(Confidence)				規則支援(Rule Support)				增益(Lift)				增益值>1.5?
	數量	最小值	最大值	平均值	標準差	最小值	最大值	平均值	標準差	最小值	最大值	平均值	標準差	最小值	最大值	平均值	標準差	
BPN	2	6.60	6.60	6.60	0.00	80.00	80.00	80.00	0.00	5.28	5.28	5.28	0.00	2.63	2.63	2.63	0.00	V
BPN LV	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN<45	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN≧45	566	5.28	62.71	13.21	7.99	89.02	100.00	98.11	2.82	5.28	61.72	12.89	7.66	1.00	1.13	1.11	0.03	
BPN<50	15	6.60	15.84	13.05	4.14	80.00	89.58	87.77	2.93	5.61	14.19	11.55	3.90	2.29	2.56	2.51	0.08	V
BPN≧50	264	5.28	38.61	11.37	5.83	80.00	100.00	87.96	4.73	5.28	32.67	9.92	4.92	1.23	1.54	1.35	0.07	V
BPN<55	169	5.94	40.92	17.60	9.03	80.00	100.00	89.13	5.30	5.28	34.32	15.67	7.90	1.22	1.52	1.36	0.08	V
BPN≧55	1	7.26	7.26	7.26	0.00	95.45	95.45	95.45	0.00	6.93	6.93	6.93	0.00	2.78	2.78	2.78	0.00	V
BPN<60	368	5.28	71.29	16.72	11.90	80.00	100.00	91.96	6.76	5.28	61.39	15.33	10.72	1.02	1.27	1.17	0.09	
BPN≧60	1	7.26	7.26	7.26	0.00	81.82	81.82	81.82	0.00	5.94	5.94	5.94	0.00	3.81	3.81	3.81	0.00	V
BPN<65	457	5.28	71.29	16.14	11.27	89.47	100.00	95.96	3.82	5.28	67.33	15.47	10.76	1.00	1.12	1.07	0.04	
BPN≧65	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN_{20}	3	5.28	7.92	6.71	1.33	83.33	100.00	89.68	9.01	5.28	6.60	5.94	0.66	1.99	2.39	2.14	0.22	V
BPN_{20} LV	1	7.26	7.26	7.26	0.00	81.82	81.82	81.82	0.00	5.94	5.94	5.94	0.00	3.59	3.59	3.59	0.00	V
BPN_{20}<50	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN_{20}≧50	498	5.28	62.71	13.32	8.15	88.46	100.00	97.15	3.50	5.28	60.73	12.87	7.74	1.00	1.13	1.10	0.04	
BPN_{20}<55	1	6.60	6.60	6.60	0.00	80.00	80.00	80.00	0.00	5.28	5.28	5.28	0.00	2.11	2.11	2.11	0.00	V
BPN_{20}≧55	173	5.28	26.07	10.80	4.59	80.00	100.00	87.29	3.87	5.28	21.45	9.39	3.94	1.29	1.61	1.41	0.06	V
BPN_{20}<60	89	5.28	40.92	16.69	9.70	80.00	100.00	85.55	5.58	5.28	33.33	13.99	7.67	1.35	1.68	1.44	0.09	V
BPN_{20}≧60	5	6.60	7.26	6.86	0.36	81.82	95.45	86.45	5.22	5.61	6.93	5.94	0.57	2.02	2.35	2.13	0.13	V
BPN_{20}<65	302	5.28	71.29	16.92	12.09	80.00	100.00	91.81	6.11	5.28	60.73	15.49	10.82	1.04	1.29	1.19	0.08	
BPN_{20}≧65	1	7.26	7.26	7.26	0.00	81.82	81.82	81.82	0.00	5.94	5.94	5.94	0.00	3.59	3.59	3.59	0.00	V
BPN_{20}<70	373	5.28	71.29	16.25	11.86	87.50	100.00	95.88	4.24	5.28	65.35	15.54	11.21	1.00	1.14	1.10	0.05	
BPN_{20}≧70	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	

表 47「65BPN 標線」(有納入 VD 資料)的關聯規則表

規則 ID	條件 1	條件 2	預測	增益	條件支援	信賴	規則支援
A1-1	5.068 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 6.757	44.000 ≤ 降雨日數 < 88.000	52.350 ≤ BPN < 60.150	2.63	6.6	80	5.28
A1-2		115.200 ≤ 材齡 < 229.400		2.63	6.6	80	5.28
A2-1	343.600 ≤ 材齡 < 457.800	人口密度(行政區) > 17,177.984	BPN<50	2.56	15.8	89.6	14.2
A2-2		0.157 ≤ 降雨日數/材齡 < 0.235		2.56	15.8	89.6	14.2
A2-3		21.390 ≤ 平均車速 < 32.084		2.56	15.8	89.6	14.2
A2-4		學校國小以上(100m)?		2.56	15.8	89.6	14.2
A2-5		762.800 ≤ 累積雨量 < 1,525.600		2.56	15.8	89.6	14.2
A2-6		44.000 ≤ 降雨日數 < 88.000		2.56	15.8	89.6	14.2
A2-7		累積交通量 ≤ 1,098,097.488		2.56	15.8	89.6	14.2
A2-8		平均每日交通量 ADT(累積交通量/材齡) ≤ 3,757.810		2.56	15.8	89.6	14.2
A2-9		1.689 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 3.379		2.56	15.8	89.6	14.2
A2-10		36.800 ≤ 試驗面溫度 < 42.700		2.45	9.24	85.7	7.92
A2-11		249.800 ≤ 試驗點位距離邊線 < 373.200		2.43	6.6	85	5.61
A2-12		2.800 ≤ 車道數 < 3.200		2.56	15.8	89.6	14.2
A2-13	343.600 ≤ 材齡 < 457.800			2.18	19.5	76.3	14.9
A3-1	材齡 > 457.800	標線型式 = 行穿線	BPN>=50	1.54	5.28	100	5.28

規則 ID	條件 1	條件 2	預測	增益	條件支援	信賴	規則支援
A4-1	343.600 ≤ 材齡 < 457.800	人口密度(行政區) > 17,177.984	BPN<55	1.52	15.8	100	15.8
A4-2		0.157 ≤ 降雨日數/材齡 < 0.235		1.52	15.8	100	15.8
A4-3		21.390 ≤ 平均車速 < 32.084		1.52	15.8	100	15.8
A4-4		學校國小以上(100m)?		1.52	15.8	100	15.8
A4-5		762.800 ≤ 累積雨量 < 1,525.600		1.52	15.8	100	15.8
A4-6		44.000 ≤ 降雨日數 < 88.000		1.52	15.8	100	15.8
A4-7		累積交通量 ≤ 1,098,097.488		1.52	15.8	100	15.8
A4-8		平均每日交通量 ADT(累積交通量/材齡) ≤ 3,757.810		1.52	15.8	100	15.8
A4-9		1.689 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 3.379		1.52	15.8	100	15.8
A4-10		2.800 ≤ 車道數 < 3.200		1.52	15.8	100	15.8
A4-11		249.800 ≤ 試驗點位距離邊線 < 373.200		1.52	6.6	100	6.6
A4-12	343.600 ≤ 材齡 < 457.800			1.45	19.5	94.9	18.5
A5-1	材齡 > 457.800	5.068 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 6.757	BPN>=55	2.78	7.26	95.5	6.93
A6-1	材齡 > 457.800	5.068 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 6.757	BPN>=60	3.81	7.26	81.8	5.94
A7-1	115.200 ≤ 材齡 < 229.400	平均氣溫 > 28.708	51.304 ≤ BPN_{20} < 59.720	2.04	6.93	85.7	5.94
A7-2	44.000 ≤ 降雨日數 < 88.000	3.379 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 5.068		1.99	7.92	83.3	6.6
A8-1	材齡 > 457.800	5.068 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 6.757	BPN_{20} LV = >=65	3.59	7.26	81.8	5.94

規則 ID	條件 1	條件 2	預測	增益	條件支援	信賴	規則支援
A9-1	343.600 ≤ 材齡 < 457.800	249.800 ≤ 試驗點位距離邊線 < 373.200	BPN_{20}<55	2.11	6.6	80	5.28
A9-2	材齡 > 457.800	標線型式 = 行穿線		1.61	5.28	100	5.28
A9-3		5.068 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 6.757		1.54	7.26	95.5	6.93
A9-4	3,294,292.463 ≤ 累積交通量 < 4,392,389.951	5.068 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 6.757		1.5	9.24	92.9	8.58
A9-5	1,098,097.488 ≤ 累積交通量 < 2,196,194.976	5.068 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 6.757		1.53	6.6	95	6.27
A9-6	1,098,097.488 ≤ 累積交通量 < 2,196,194.976	25.916 ≤ 平均氣溫 < 28.708		1.55	8.58	96.2	8.25
A10-1	343.600 ≤ 材齡 < 457.800	249.800 ≤ 試驗點位距離邊線 < 373.200	BPN_{20}<60	1.68	6.6	100	6.6
A10-2		人口密度(行政區) > 17,177.984		1.54	15.8	91.7	14.5
A10-3		0.157 ≤ 降雨日數/材齡 < 0.235		1.54	15.8	91.7	14.5
A10-4		21.390 ≤ 平均車速 < 32.084		1.54	15.8	91.7	14.5
A10-5		學校國小以上(100m)?		1.54	15.8	91.7	14.5
A10-6		762.800 ≤ 累積雨量 < 1,525.600		1.54	15.8	91.7	14.5
A10-7		44.000 ≤ 降雨日數 < 88.000		1.54	15.8	91.7	14.5
A10-8		累積交通量 ≤ 1,098,097.488		1.54	15.8	91.7	14.5
A10-9		平均每日交通量 ADT(累積交通量/材齡) ≤ 3,757.810		1.54	15.8	91.7	14.5
A10-10		1.689 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 3.379		1.54	15.8	91.7	14.5
A10-11		2.800 ≤ 車道數 < 3.200		1.54	15.8	91.7	14.5
A10-12	343.600 ≤ 材齡 < 457.800			1.43	19.5	84.8	16.5
A10-13	44.000 ≤ 降雨日數 < 88.000	3.379 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 5.068		1.54	7.92	91.7	7.26
A10-14		3,294,292.463 ≤ 累積交通量 < 4,392,389.951		1.5	5.94	88.9	5.28
A10-15	44.000 ≤ 降雨日數 < 88.000			1.37	40.9	81.5	33.3
A10-16	3.379 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 5.068	3,294,292.463 ≤ 累積交通量 < 4,392,389.951		1.5	5.94	88.9	5.28
A10-17	115.200 ≤ 材齡 < 229.400	3,294,292.463 ≤ 累積交通量 < 4,392,389.951		1.5	5.94	88.9	5.28
A10-18	115.200 ≤ 材齡 < 229.400	平均氣溫 > 28.708		1.68	6.93	100	6.93

規則 ID	條件 1	條件 2	預測	增益	條件支援	信賴	規則支援
A11-1	材齡 > 457.800	5.068 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 6.757	BPN_{20}>=60	2.35	7.26	95.5	6.93
A11-2		3,294,292.463 ≤ 累積交通量 < 4,392,389.951		2.02	7.26	81.8	5.94
A11-3	材齡 > 457.800			1.9	14.5	77.3	11.2
A12-1	材齡 > 457.800	5.068 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 6.757	BPN_{20}>=65	3.59	7.26	81.8	5.94

針對「65BPN 標線」(無納入 VD 資料)數據的關聯性分析，相關指標的統計表如表 48 所示，並從表中可發現共有 8 個目標變數的關聯規則增益值有達到 1.5 以上。進一步針對該 8 項目標變數的關聯規則進行整理後發現，其中有 4 個目標變數的關聯規則皆不包含時間因子的相關變數，因此在表 49 中列出其餘 4 項目標變數的規則。從表 49 中可明顯看出，少了 VD 資料的相關變數後，能夠提取出的規則減少許多，而大多數的規則皆還是著重在材齡的部分，從規則 B1-10 可以發現，在符合「343<材齡<457」這個條件下，有 74.65%的數據會「<50BPN」(符合該規則的數據量共有 53 個數據點，佔總數據量的 15.82%)，其增益值為 2.05(意即在此條件下，BPN<50 的機率為一般狀況下之 2.05 倍)；另外，有 94.9%的數據會「<55BPN」(符合該規則的數據量共有 68 個數據點，佔總數據量的 20.3%)，其增益值為 1.46(意即在此條件下，BPN<55 的機率為一般狀況下之 1.46 倍)。

根據上述規則，再回頭檢視 65BPN 標線(無納入 VD 資料)「BPN v.s. 材齡」之圖表，並加上 BPN=50、BPN=55、材齡=343、材齡=457 等基準線(如圖 78 所示)。從圖中可以看出前述結果無法斷定所有(或多數)BPN<50 的標線皆為「343<材齡<457」的標線(倒果為因)，僅能解釋為在「343<材齡<457」 的條件下，抗滑能力降低的機率較其他材齡區間要高。另外，針對 BPN=50 及 BPN=55 兩條基準線，可以看出將基準線設定為 BPN=50 的情況下，較可以跟其他材齡區間做出區別(因規則的增益值較高)。

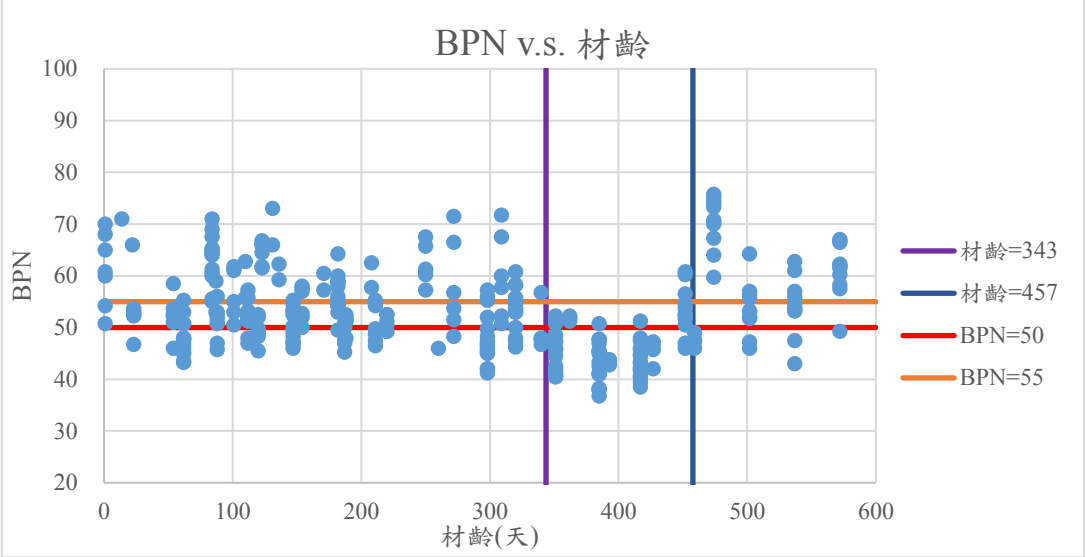


圖 78「65BPN 標線(無納入 VD 資料)」BPN v.s. 材齡 (加入基準線)

另外，規則 B4-2 僅採用「1,525.600 ≤ 累積雨量 < 2,288.400」做為條件項，在此條件下 BPN_{20}<60 的機率高達 95%，值得注意的是在此規則中的條件項並不包含材齡，由此可看出氣候因素對於標線的抗滑能力也有一定程度的影響。

表 48「65BPN 標線」(無納入 VD 資料)的關聯規則資訊統計表

預測項	規則	條件支援(Condition Support)				信賴(Confidence)				規則支援(Rule Support)				增益(Lift)				增益值>1.5?
	數量	最小值	最大值	平均值	標準差	最小值	最大值	平均值	標準差	最小值	最大值	平均值	標準差	最小值	最大值	平均值	標準差	
BPN	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN LV	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN<45	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN≧45	353	5.07	49.25	12.69	7.07	88.37	100.00	97.37	3.27	5.07	48.36	12.29	6.76	1.00	1.13	1.10	0.04	
BPN<50	10	6.87	17.91	14.12	3.92	80.77	89.58	85.94	3.40	5.67	15.22	12.18	3.45	2.22	2.46	2.36	0.09	V
BPN≧50	138	5.37	25.97	10.64	5.10	80.00	100.00	87.76	4.53	5.07	21.49	9.21	4.12	1.26	1.57	1.38	0.07	V
BPN<55	121	5.37	39.70	16.30	9.17	80.00	100.00	88.86	5.84	5.07	33.13	14.39	7.89	1.22	1.52	1.35	0.09	V
BPN≧55	1	7.46	7.46	7.46	0.00	80.00	80.00	80.00	0.00	5.97	5.97	5.97	0.00	2.33	2.33	2.33	0.00	V
BPN<60	249	5.37	83.58	18.18	13.92	80.00	100.00	91.29	6.72	5.07	69.55	16.47	12.20	1.01	1.26	1.15	0.08	
BPN≧60	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN<65	312	5.07	83.58	16.61	13.07	90.24	100.00	96.13	3.57	5.07	77.31	15.94	12.43	1.00	1.11	1.07	0.04	
BPN≧65	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN_{20}	4	5.97	6.27	6.12	0.17	80.95	85.71	84.17	2.17	5.07	5.37	5.15	0.15	1.86	1.97	1.93	0.05	V
BPN_{20} LV	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN_{20}<50	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN_{20}≧50	312	5.07	49.25	13.07	7.93	89.47	100.00	96.87	3.14	5.07	47.76	12.59	7.45	1.00	1.12	1.09	0.04	
BPN_{20}<55	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN_{20}≧55	85	5.37	25.97	10.58	4.65	80.00	100.00	86.74	3.82	5.07	21.49	9.11	3.86	1.30	1.63	1.41	0.06	V
BPN_{20}<60	66	5.37	39.70	15.03	9.51	80.00	100.00	87.64	6.44	5.07	32.54	12.83	7.61	1.33	1.66	1.45	0.11	V
BPN_{20}≧60	2	5.97	5.97	5.97	0.00	85.00	85.00	85.00	0.00	5.07	5.07	5.07	0.00	2.14	2.14	2.14	0.00	V
BPN_{20}<65	211	5.37	83.58	18.34	14.10	80.00	100.00	90.63	5.76	5.07	68.96	16.53	12.30	1.03	1.28	1.16	0.07	
BPN_{20}≧65	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN_{20}<70	260	5.07	83.58	17.51	13.43	88.24	100.00	95.63	3.96	5.07	75.22	16.69	12.58	1.00	1.14	1.09	0.05	
BPN_{20}≧70	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	

表 49「65BPN 標線」(無納入 VD 資料)的關聯規則表

規則 ID	條件 1	條件 2	預測	增益	條件支援	信賴	規則支援
B1-1	343.600 ≤ 材齡 < 457.800	0.114 ≤ 降雨日數/材齡 < 0.229	BPN<50	2.46	14.33	89.58	12.84
B1-2		762.800 ≤ 累積雨量 < 1,525.600		2.46	14.33	89.58	12.84
B1-3		2.800 ≤ 車道數 < 3.400		2.46	14.33	89.58	12.84
B1-4		2.143 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 4.286		2.46	14.33	89.58	12.84
B1-5		人口密度(行政區) > 19,437.176		2.33	17.91	85	15.22
B1-6		MRT(500m)? ≤ 0.200		2.33	17.91	85	15.22
B1-7		學校國小以上(100m)?		2.33	17.91	85	15.22
B1-8		44.000 ≤ 降雨日數 < 88.000		2.27	15.52	82.69	12.84
B1-9		249.800 ≤ 距離邊線 < 373.200		2.22	7.76	80.77	6.27
B1-10	343.600 ≤ 材齡 < 457.800			2.05	21.19	74.65	15.82
B2-1	343.600 ≤ 材齡 < 457.800	人口密度(行政區) > 19,437.176	BPN<55	1.52	17.91	100	17.91
B2-2		MRT(500m)? ≤ 0.200		1.52	17.91	100	17.91

規則 ID	條件 1	條件 2	預測	增益	條件支援	信賴	規則支援
B2-3		學校國小以上(100m)?		1.52	17.91	100	17.91
B2-4		44.000 ≤ 降雨日數 < 88.000		1.52	15.52	100	15.52
B2-5		0.114 ≤ 降雨日數/材齡 < 0.229		1.52	14.33	100	14.33
B2-6		762.800 ≤ 累積雨量 < 1,525.600		1.52	14.33	100	14.33
B2-7		2.800 ≤ 車道數 < 3.400		1.52	14.33	100	14.33
B2-8		2.143 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 4.286		1.52	14.33	100	14.33
B2-9		249.800 ≤ 距離邊線 < 373.200		1.52	7.76	100	7.76
B2-10	343.600 ≤ 材齡 < 457.800			1.46	21.19	95.77	20.3
B3-1	115.200 ≤ 材齡 < 229.400	平均氣溫 > 28.708	51.304 ≤ BPN_{20} < 59.720	1.97	6.27	85.71	5.37
B4-1	115.200 ≤ 材齡 < 229.400	平均氣溫 > 28.708	BPN_{20}<60	1.66	6.27	100	6.27
B4-2	1,525.600 ≤ 累積雨量 < 2,288.400			1.58	5.97	95	5.67
B4-3	343.600 ≤ 材齡 < 457.800	249.800 ≤ 距離邊線 < 373.200		1.66	7.76	100	7.76

規則 ID	條件 1	條件 2	預測	增益	條件支援	信賴	規則支援
B4-4		人口密度(行政區) > 19,437.176		1.55	17.91	93.33	16.72
B4-5		MRT(500m)? ≤ 0.200		1.55	17.91	93.33	16.72
B4-6		學校國小以上(100m)?		1.55	17.91	93.33	16.72
B4-7		44.000 ≤ 降雨日數 < 88.000		1.53	15.52	92.31	14.33
B4-8		0.114 ≤ 降雨日數/材齡 < 0.229		1.52	14.33	91.67	13.13
B4-9		762.800 ≤ 累積雨量 < 1,525.600		1.52	14.33	91.67	13.13
B4-10		2.800 ≤ 車道數 < 3.400		1.52	14.33	91.67	13.13
B4-11		2.143 ≤ 平均雨量(累積雨量/材齡) < 4.286		1.52	14.33	91.67	13.13
B4-12		126.400 ≤ 距離邊線 < 249.800		1.5	6.27	90.48	5.67
B4-13	343.600 ≤ 材齡 < 457.800			1.45	21.19	87.32	18.51

針對「骨材標線」數據的關聯性分析，相關指標的統計表如表 50 所示，並從表中可發現共有 13 個目標變數的關聯規則增益值有達到 1.5 以上。進一步針對該 13 項目標變數的關聯規則進行整理後，在表 51 中列出 17 項目標變數的規則。從表 51 中可看出，在大多數的規則中材齡還是扮演著重要的角色，且可發現在鋪設後半年內，在部分條件下骨材標線的 BPN 值會低於 60BPN(C6-3~C6-6)，然而當材齡來到接近 8 個月時，BPN 值會漸漸回升到較高的區間(C1-2、C4-3、C4-4 等)。

另外，值得注意的是除了材齡搭配其他變數所形成的規則外，也有許多規則是以氣候相關變數所組成。然而，在骨材標線部分的分析，因骨材標線的數據量相對較少，也因此可能會被特定的試驗地點的標線影響，若可納入更多數據分析，應可提取出更精準且單純的關聯規則。

表 50「骨材標線」的關聯規則資訊統計表

預測項	規則	條件支援(Condition Support)				信賴(Confidence)				規則支援(Rule Support)				增益(Lift)				增益值>1.5?
	數量	最小值	最大值	平均值	標準差	最小值	最大值	平均值	標準差	最小值	最大值	平均值	標準差	最小值	最大值	平均值	標準差	
BPN	17	5.00	12.50	7.84	1.79	80.00	100.00	86.70	6.22	5.00	10.00	6.72	1.20	1.92	11.85	6.44	4.18	V
BPN LV	69	5.00	20.83	9.83	3.87	88.89	100.00	99.84	1.34	5.00	20.83	9.82	3.87	3.14	3.53	3.52	0.05	V
BPN<45	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN≧45	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN<50	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN≧50	194	5.00	32.50	12.19	6.06	91.67	100.00	97.93	2.93	5.00	30.83	11.84	5.68	1.00	1.09	1.07	0.03	
BPN<55	2	6.67	10.00	8.33	2.36	83.33	87.50	85.42	2.95	5.83	8.33	7.08	1.77	2.63	2.76	2.70	0.09	V
BPN≧55	110	5.00	25.00	9.92	4.00	80.00	100.00	95.53	7.24	5.00	21.67	9.45	3.83	1.17	1.46	1.40	0.11	
BPN<60	36	5.00	20.83	11.90	4.51	80.00	100.00	89.38	6.77	5.00	17.50	10.44	3.59	1.50	1.88	1.68	0.13	V
BPN≧60	71	5.00	20.83	9.92	3.88	83.33	100.00	99.39	2.99	5.00	20.83	9.85	3.85	1.79	2.14	2.13	0.06	V
BPN<65	195	5.00	79.17	19.97	15.72	80.00	100.00	90.22	6.18	5.00	71.67	17.95	14.14	1.12	1.40	1.26	0.09	
BPN≧65	69	5.00	20.83	9.83	3.87	88.89	100.00	99.84	1.34	5.00	20.83	9.82	3.87	3.14	3.53	3.52	0.05	V
BPN_{20}	18	6.67	12.50	10.19	2.19	80.00	100.00	89.88	9.27	5.83	11.67	9.03	1.49	2.05	4.14	3.55	0.67	V
BPN_{20} LV	67	8.33	20.83	10.82	3.70	80.00	100.00	96.72	7.46	8.33	20.83	10.41	3.63	1.68	2.11	2.04	0.16	V
BPN_{20}<50	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN_{20}≧50	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN_{20}<55	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN_{20}≧55	115	5.83	25.00	11.86	5.00	86.67	100.00	96.47	5.13	5.83	23.33	11.38	4.62	1.00	1.15	1.11	0.06	
BPN_{20}<60	2	6.67	10.00	8.33	2.36	83.33	87.50	85.42	2.95	5.83	8.33	7.08	1.77	2.08	2.19	2.14	0.07	V
BPN_{20}≧60	71	5.83	20.83	10.62	3.71	80.00	100.00	96.23	7.55	5.00	20.83	10.19	3.67	1.33	1.67	1.60	0.13	V
BPN_{20}<65	29	6.67	19.17	11.95	4.65	80.00	100.00	88.30	7.96	5.83	15.83	10.32	3.58	1.52	1.90	1.68	0.15	V
BPN_{20}≧65	67	8.33	20.83	10.82	3.70	80.00	100.00	96.72	7.46	8.33	20.83	10.41	3.63	1.68	2.11	2.04	0.16	V
BPN_{20}<70	123	5.83	79.17	24.03	18.02	81.82	100.00	92.02	5.70	5.83	70.83	21.75	15.87	1.16	1.41	1.30	0.08	
BPN_{20}≧70	56	8.33	20.83	10.49	3.97	100.00	100.00	100.00	0.00	8.33	20.83	10.49	3.97	3.43	3.43	3.43	0.00	V

表 51「骨材標線」的關聯規則表

規則 ID	條件 1	條件 2	預測	增益	條件支援	信賴	規則支援
C1-1	試驗面溫度 ≤ 26.400	累積雨量 > 1,544.600	74.30 ≤ BPN < 84.65	11.67	6.67	87.5	5.83
C1-2		材齡 > 285.800		11.67	6.67	87.5	5.83
C2-1	0.330 ≤ 降雨日數/材齡 < 0.349	累積雨量 ≤ 733.400	BPN ≤ 53.600	3.28	6.67	87.5	5.83
C3-1	26.100 ≤ 平均氣溫 < 27.537	材齡 ≤ 120.200	53.60 ≤ BPN< 63.95	1.96	9.17	81.82	7.5
C3-2		6.358 ≤ 降雨日數 < 7.161		1.92	12.5	80	10
C4-1	累積雨量 > 1,544.600		BPN LV = >=65	3.53	8.33	100	8.33
C4-2	降雨日數 ≤ 4.751			3.53	8.33	100	8.33
C4-3	230.600 ≤ 材齡 < 285.800			3.53	8.33	100	8.33
C4-4	材齡 > 285.800			3.53	8.33	100	8.33
C5-1	累積雨量 ≤ 733.400	0.330 ≤ 降雨日數/材齡 < 0.349	BPN<55	2.76	6.67	87.5	5.83
C6-1	降雨日數 > 7.161		BPN<60	1.88	6.67	100	6.67
C6-2	6.358 ≤ 降雨日數 < 7.161	30.800 ≤ 試驗面溫度 < 35.200		1.64	13.33	87.5	11.67
C6-3	120.200 ≤ 材齡 < 175.400	1,003.8 ≤ 累積雨量 < 1,274.2		1.88	6.67	100	6.67

規則 ID	條件 1	條件 2	預測	增益	條件支援	信賴	規則支援
C6-4	材齡 ≤ 120.200	0.330 ≤ 降雨日數/材齡 < 0.349		1.56	10	83.33	8.33
C6-5		降雨日數/材齡 > 0.349		1.53	9.17	81.82	7.5
C6-6		30.800 ≤ 試驗面溫度 < 35.200		1.65	14.17	88.24	12.5
C6-7	累積雨量 ≤ 733.400	30.800 ≤ 試驗面溫度 < 35.200		1.72	10	91.67	9.17
C6-8		0.330 ≤ 降雨日數/材齡 < 0.349		1.64	6.67	87.5	5.83
C6-9		降雨日數/材齡 > 0.349		1.53	9.17	81.82	7.5
C6-10		6.358 ≤ 降雨日數 < 7.161		1.58	15.83	84.21	13.33
C7-1	累積雨量 > 1,544.600		BPN>=60	2.14	8.33	100	8.33
C7-2	1,003.800 ≤ 累積雨量 < 1,274.200	0.311 ≤ 降雨日數/材齡 < 0.330		1.79	10	83.33	8.33
C7-3	降雨日數 ≤ 4.751			2.14	8.33	100	8.33
C7-4	4.751 ≤ 降雨日數 < 5.555	試驗面溫度 ≤ 26.400		1.8	15.83	84.21	13.33
C7-5	230.600 ≤ 材齡 < 285.800			2.14	8.33	100	8.33
C7-6	材齡 > 285.800			2.14	8.33	100	8.33
C8-1	累積雨量 > 1,544.600		BPN>=65	3.53	8.33	100	8.33

規則 ID	條件 1	條件 2	預測	增益	條件支援	信賴	規則支援
C8-2	降雨日數 ≤ 4.751			3.53	8.33	100	8.33
C8-3	230.600 ≤ 材齡 < 285.800			3.53	8.33	100	8.33
C8-4	材齡 > 285.800			3.53	8.33	100	8.33
C9-1	4.751 ≤ 降雨日數 < 5.555	景點(500M)?	68.881 ≤ BPN_{20} < 79.479	3.31	12.5	80	10
C9-2		標線型式 = 人行道		3.31	12.5	80	10
C10-1	累積雨量 ≤ 733.400	0.330 ≤ 降雨日數/材齡 < 0.349	BPN_{20} ≤ 58.283	3.18	6.67	87.5	5.83
C11-1	材齡 ≤ 120.200	26.100 ≤ 平均氣溫 < 27.537	58.283 ≤ BPN_{20} < 68.881	2.05	9.17	81.82	7.5
C12-1	累積雨量 > 1,544.600		BPN_{20} LV = >=65	2.11	8.33	100	8.33
C12-2	降雨日數 ≤ 4.751			2.11	8.33	100	8.33
C12-3	230.600 ≤ 材齡 < 285.800			2.11	8.33	100	8.33
C12-4	材齡 > 285.800			2.11	8.33	100	8.33
C12-5	5.555 ≤ 降雨日數 < 6.358	累積雨量 ≤ 733.400		1.68	12.5	80	10
C12-6		平均雨量(累積雨量/材齡) ≤ 42.4		1.68	12.5	80	10
C12-7		材齡 ≤ 120.200		1.68	12.5	80	10

規則 ID	條件 1	條件 2	預測	增益	條件支援	信賴	規則支援
C13-1	0.330 ≤ 降雨日數/材齡 < 0.349	累積雨量 ≤ 733.400	BPN_{20}<60	2.19	6.67	87.5	5.83
C14-1	累積雨量 > 1,544.600		BPN_{20}>=60	1.67	8.33	100	8.33
C14-2	降雨日數 ≤ 4.751			1.67	8.33	100	8.33
C14-3	230.600 ≤ 材齡 < 285.800			1.67	8.33	100	8.33
C14-4	材齡 > 285.800			1.67	8.33	100	8.33
C14-5	1,003.800 ≤ 累積雨量 < 1,274.200	0.311 ≤ 降雨日數/材齡 < 0.330		1.53	10	91.67	9.17
C15-1	降雨日數 > 7.161		BPN_{20}<65	1.9	6.67	100	6.67
C15-2	1,003.800 ≤ 累積雨量 < 1,274.200	人口密度(行政區) > 20,356.884		1.52	12.5	80	10
C15-3		標線型式 = 行穿線		1.52	12.5	80	10
C15-4		學校國小以上(100m)?		1.52	12.5	80	10
C15-5	累積雨量 ≤ 733.400	0.330 ≤ 降雨日數/材齡 < 0.349		1.67	6.67	87.5	5.83
C15-6		降雨日數/材齡 > 0.349		1.56	9.17	81.82	7.5
C15-7		6.358 ≤ 降雨日數 < 7.161		1.6	15.83	84.21	13.33
C15-8	120.200 ≤ 材齡 < 175.400			1.57	19.17	82.61	15.83

規則 ID	條件 1	條件 2	預測	增益	條件支援	信賴	規則支援
C15-9	材齡 ≤ 120.200	降雨日數/材齡 > 0.349		1.56	9.17	81.82	7.5
C16-1	累積雨量 > 1,544.600		BPN_{20} >= 65	2.11	8.33	100	8.33
C16-2	降雨日數 ≤ 4.751			2.11	8.33	100	8.33
C16-3	230.600 ≤ 材齡 < 285.800			2.11	8.33	100	8.33
C16-4	材齡 > 285.800			2.11	8.33	100	8.33
C16-5	5.555 ≤ 降雨日數 < 6.358	累積雨量 ≤ 733.400		1.68	12.5	80	10
C16-6		平均雨量(累積雨量/材齡) ≤ 42.4		1.68	12.5	80	10
C16-7		材齡 ≤ 120.200		1.68	12.5	80	10
C17-1	累積雨量 > 1,544.600		BPN_{20}>=70	3.43	8.33	100	8.33
C17-2	降雨日數 ≤ 4.751			3.43	8.33	100	8.33
C17-3	230.600 ≤ 材齡 < 285.800			3.43	8.33	100	8.33
C17-4	材齡 > 285.800			3.43	8.33	100	8.33

針對「冷塑標線」數據的關聯性分析，相關指標的統計表如表 52 所示，並從表中可發現共有 6 個目標變數的關聯規則增益值有達到 1.5 以上。進一步針對該 6 項目標變數的關聯規則進行整理後，在表 53 中列出 6 項目標變數的規則。從表 53 中可看出，與前面的標線種類不同的是，試驗面溫度及車道數在冷塑標線的條件項出現的頻率極高，推測可能是因為試驗面溫度對於冷塑標線的影響相對較大，而車道數的部分則是因為標線型人行道大多繪製與巷內(車道數為 1)，跟繪製於行穿線上的冷塑標線(車道數>1)在抗滑能力上的表現會有所不同。

另外，值得注意的是在冷塑標線的關聯性規則中，有部分規則會因其中一項條件的不同而有看似矛盾的情形，例如規則 D2-2 與 D3-7 兩項規則的條件項皆有「材齡 > 506.600」，然而當另外一個條件是「37.700 ≤ 試驗面溫度 < 43.800」時，BPN 會有 86.67%的機率<55BPN，而當另外一個條件是「車道數 ≤ 1.200」時，BPN 會有 80%的機率≥55BPN。會有這樣的現象產生可能是因為冷塑標線的數據量較少，僅有 58 個數據點，因此結果容易被特定試驗地點的特徵變數影響，前述的兩種條件可能就是分別在描述不同試驗地點的試驗點位數據，因此若可納入更多數據分析，應可提取出更精準的關聯規則。

表 52「冷塑標線」的關聯規則資訊統計表

預測項	規則	條件支援(Condition Support)				信賴(Confidence)				規則支援(Rule Support)				增益(Lift)				增益值>1.5?
	數量	最小值	最大值	平均值	標準差	最小值	最大值	平均值	標準差	最小值	最大值	平均值	標準差	最小值	最大值	平均值	標準差	
BPN	11	17.24	43.10	19.59	7.80	84.00	100.00	94.91	6.09	15.52	36.21	18.34	5.99	1.48	1.76	1.67	0.11	V
BPN LV	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN<45	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN≧45	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN<50	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN≧50	73	10.34	65.52	23.78	11.18	80.00	100.00	97.42	5.78	10.34	58.62	22.77	9.42	1.05	1.32	1.28	0.08	
BPN<55	22	13.79	34.48	29.39	6.08	82.35	100.00	91.25	5.46	12.07	32.76	26.88	6.15	1.71	2.07	1.89	0.11	V
BPN≧55	24	10.34	43.10	21.05	8.28	80.00	100.00	85.92	6.99	10.34	34.48	17.82	6.48	1.55	1.93	1.66	0.14	V
BPN<60	105	10.34	77.59	36.27	16.22	80.00	100.00	92.66	5.75	10.34	63.79	33.58	14.86	1.08	1.35	1.25	0.08	
BPN≧60	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN<65	111	10.34	86.21	36.60	16.75	86.67	100.00	98.62	3.42	10.34	79.31	36.05	16.37	1.01	1.16	1.14	0.04	
BPN≧65	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN_{20}	7	17.24	43.10	20.94	9.77	84.00	100.00	96.29	6.58	15.52	36.21	19.70	7.31	1.39	1.66	1.60	0.11	V
BPN_{20} LV	6	17.24	17.24	17.24	0.00	80.00	80.00	80.00	0.00	13.79	13.79	13.79	0.00	2.73	2.73	2.73	0.00	V
BPN_{20}<50	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN_{20}≧50	99	13.79	77.59	35.37	15.86	93.33	100.00	97.14	3.29	13.79	74.14	33.87	14.22	1.00	1.07	1.04	0.04	
BPN_{20}<55	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN_{20}≧55	54	17.24	77.59	27.55	12.94	80.00	100.00	91.57	4.99	15.52	62.07	24.78	10.13	1.03	1.29	1.18	0.06	
BPN_{20}<60	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN_{20}≧60	14	17.24	43.10	24.88	8.02	80.00	90.00	85.52	4.24	15.52	36.21	21.06	6.24	1.36	1.54	1.46	0.07	V
BPN_{20}<65	80	13.79	86.21	41.16	15.11	80.00	100.00	92.40	3.24	12.07	68.97	37.95	13.49	1.13	1.41	1.31	0.05	
BPN_{20}≧65	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
BPN_{20}<70	95	13.79	86.21	39.29	16.16	86.67	100.00	98.78	3.37	13.79	81.03	38.73	15.72	1.01	1.16	1.15	0.04	
BPN_{20}≧70	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	

表 53「冷塑標線」的關聯規則表

規則 ID	條件 1	條件 2	預測	增益	條件支援	信賴	規則支援
D1-1	車道數 ≤ 1.200	累積雨量 > 2,861.200	50.000 ≤ BPN < 62.000	1.76	17.24	100	17.24
D1-2		材齡 > 506.600		1.76	17.24	100	17.24
D1-3	降雨日數 > 5.241	平均氣溫 > 28.762		1.58	17.24	90	15.52
D1-4		累積雨量 ≤ 715.300		1.58	17.24	90	15.52
D1-5		平均雨量(累積雨量/材齡) ≤ 44.200		1.58	17.24	90	15.52
D1-6		材齡 ≤ 127.400		1.58	17.24	90	15.52
D2-1	37.7 ≤ 試驗面溫度 < 43.8	累積雨量 > 2,861.200	BPN<55	1.8	25.86	86.67	22.41
D2-2		材齡 > 506.600		1.8	25.86	86.67	22.41
D2-3		降雨日數 > 5.241		1.73	31.03	83.33	25.86
D3-1	試驗面溫度 ≤ 31.600	715.300 ≤ 累積雨量 < 1,430.600	BPN>=55	1.93	10.34	100	10.34
D3-2		127.400 ≤ 材齡 < 253.800		1.93	10.34	100	10.34
D3-3	降雨日數 > 5.241	車道數 ≤ 1.200		1.55	43.1	80	34.48
D3-4		標線型式 = 人行道		1.55	25.86	80	20.69

規則 ID	條件 1	條件 2	預測	增益	條件支援	信賴	規則支援
D3-5		MRT(500m)? > 0.800		1.55	25.86	80	20.69
D3-6	車道數 ≤ 1.200	累積雨量 > 2,861.200		1.55	17.24	80	13.79
D3-7		材齡 > 506.600		1.55	17.24	80	13.79
D4-1	車道數 ≤ 1.200	累積雨量 > 2,861.200	55.844 ≤ BPN_{20} < 69.792	1.66	17.24	100	17.24
D4-2		材齡 > 506.600		1.66	17.24	100	17.24
D4-3		降雨日數 > 5.241		1.39	43.10	84	36.21
D5-1	車道數 ≤ 1.200	累積雨量 > 2,861.200	BPN_{20} LV = 60-65	2.73	17.24	80	13.79
D5-2		材齡 > 506.600		2.73	17.24	80	13.79
D6-1	車道數 ≤ 1.200	累積雨量 > 2,861.200	BPN_{20}>=60	1.54	17.24	90	15.52
D6-2		材齡 > 506.600		1.54	17.24	90	15.52

5.1.5小結

從前述的分析結果中，可以分為 3 種標線材料的種類將分析結果進行統整說明：

1. 65BPN 標線

(1) 數值分析：

首先在 65BPN 標線的部分，可以從單變數的皮爾森係數分析中可以了解到現地 65BPN 標線的抗滑性能並無法以單變數方式進行預測，因此使用線性迴歸、廣義線性迴歸及類神經網路等模型，以多變數的方式進行數值方法的比較分析。然而，從結果可以看出 3 種模型的 R^2 值約落在 0.5 左右，並不理想，故沒有針對建立的模型進一步探討各項變數的影響程度。

(2) 分類分析：

有鑑於數值分析模型沒有得到理想的結果，研究團隊進一步將現地數據的連續數值分類後，使用羅吉斯迴歸、LSVM 及類神經網路等模型進行比較分析，從分析結果中可發現多元分類分析的結果並不佳，僅有 50%的準確率左右，而若以較粗糙的二元分類方式將數據以是否「<門檻值」的方式進行分類，可以得到較佳的結果，10 項二元分類目標變數中共有 7 項準確率及 F1 score 可同時達 80%以上，並可得知 3 種模型中以羅吉斯迴歸的表現最佳。考量數據量少且隨機取樣可能造成偏差，雖在部分較粗略的二元分類分析的分析中可以得到較佳的結果，然而納入更多更廣的數據後，無法確保可以得到同樣結果。另外，雖然使用羅吉斯迴歸可以進一步評估各項變數，對於 BPN 值是否會低於某個值的影響之顯著性進行分析，然而研究團隊認為在實務上變數與抗滑能力間的關係通常不是線性觀點可以詮釋，且以規則的形式呈現各項變數對抗滑能力的影響較為直觀，因此決定採用關聯性分析評估各項變數與標線抗滑能力間的關

聯。

(3) 關聯性分析

最後，在實務上除了希望可透過模型來預測或評估現地標線的抗滑能力外，也希望可找出一些簡單的規則來了解可能影響標線抗滑能力的因子。因此使用 Apriori 演算法來進行關聯分析，並從分析結果中可得知 65BPN 標線在「343<材齡<457」這個條件下，標線的抗滑能力會落入一個較差的區間。

另外，在「65BPN 標線(無納入 VD 資料)」的關聯規則中也可看到累積雨量對抗滑能力也會有其影響，然而綜觀所有 65BPN 標線的規則，可以明顯看出材齡對於標線抗滑能力的影響仍是最大的。綜整前述 65BPN 標線關聯分析結果，可以了解 65BPN 標線在材齡落於「343<材齡<457」區間時，抗滑能力有較高的機率會落在較低的區間，另外，少了 VD 資料的相關變數後，能夠提取出的規則會減少許多，因此可以得知納入 VD 資料有助於更了解影響標線抗滑性能的關聯規則。然而，目前所取得之數據量較少(僅 300 多個點)，且非屬隨機取樣，故無法確保在納入更多數據分析後，得到的關聯規則是否本計畫結果相同及目前所得到的規則是否準確。

2. 骨材標線

(1) 數值分析

在骨材標線的部分，可以從單變數的皮爾森係數分析中可以觀察到現地骨材標線數據對於部分變數有較高的相關性，然而其中部分相關係數分析的結果並不合理。例如骨材標線材齡與 BPN 值的相關係數呈現正相關之結果與常理有違，推測其原因可能是因為骨材標線的取樣地點僅有 4 處，且其中 3 處試驗地點的同質性極高，可能因此使結果受特定區域的偏差影響。另外，在本計畫中也並未取得材齡低於 2 個月(<65 天)的數據，分布不均，因此也無法了解骨材標線繪製初期的抗滑能力變化情形。

而前述的原因容易造成分析上的偏差，因此即使在數值分析中，以骨材標線數據建立之模型的 R^2 值可達 0.7 左右，其結果仍需蒐集更多的數據進行評估。

(2) 分類分析

在分類分析中，骨材標線的多元分類分析結果並不理想，而二元分析中，8 項二元分類目標變數中也僅有 2 項準確率及 F1 score 可達 80%以上，並不理想。其原因可能在於骨材標線相關的數據量較少，且可蒐集到的自變數也相對較少，進而影響到模型的準確度。

(3) 關聯性分析

在進一步進行關聯分析後，從分析結果可以發現材齡較低(鋪設後約半年內)的骨材標線抗滑能力會較材齡較高的骨材標線低，從此結果可再次觀察到特定區域特徵偏差及材齡分布不均勻的影響。因此可以推測本計畫中所蒐集到的骨材標線現地數據，並不足以針對該類型標線在現地之抗滑能力衰退或變化情形做出有意義之推論。

3. 冷塑標線

(1) 數值分析

在冷塑標線的部分，在本計畫中所蒐集到的數據量僅有 58 個數據點，然而相對於骨材標線而言，冷塑標線的材齡分布剛好涵蓋短期(1-250 天)與長期(>500 天)，因此並未產生如骨材標線一樣有不合乎常理之情形。在冷塑標線的皮爾森相關係數分析及數值分析中，也皆可以看到較佳的結果，其中數值分析的 R^2 結果約可達到 0.8 左右。

(2) 分類分析

在分類分析的部分，多元分類的分析結果並不佳，而二元分析中，8 項二元分類目標變數中也有 5 項準確率及 F1 score 可達 80%以上。然而，本計畫所蒐集的冷塑標線僅有 3 處試驗地點，不易觀察到同樣材齡之冷塑

標線在不同地點是否會有發散的狀況，因此也尚需要更多數據以進行評估。

(3) 關聯性分析

在冷塑標線的關聯性分析中，則可發現試驗面溫度及車道數在冷塑標線的條件項出現的頻率極高，推測是因為試驗面溫度對於冷塑標線的影響相對較大，車道數的部分則是因為標線型人行道大多繪製在巷內(車道數為 1)，跟繪製於行穿線上的冷塑標線(車道數>1)在抗滑能力上的表現會有所不同。因此可推論此結果可能是受特定區域的偏差所影響，應蒐集更多的數據找出較合理的關聯規則，並可推測本計畫中所蒐集到的冷塑標線現地數據，並不足以針對該類型標線在現地之抗滑能力衰退或變化情形做出有意義之推論。

5.2實驗室標線加速磨耗試驗成果分析

本章節將詳述 13 組 26 片標線平版試體於國立高雄科技大學土木系智慧資產與鋪面工程實驗室中，進行加速磨耗試驗及評估抗滑能力的成果，主要將分為總體數據的數值分析、依據標線材質分類分析及在不同水膜厚度下之數值分析。研究團隊與運研所、公路總局及三都交通局緊密聯繫，在高科大製作完成平版試體之後，前往指定的現地或標線廠商分別取得 13 組 26 片平版試體，在期中報告時透過先導試驗確認實驗室加速磨耗的方式，以及使用英式擺錘設備評估平版試體在不同磨耗轉數下評估抗滑能力。為了提高磨耗效率，每一組標線試體取得兩片標線平版試體，並且採取兩種磨耗次數的間隔：「長期磨耗」以 1,500、3,000、6,000、12,000、25,000、50,000、100,000、150,000 磨耗轉數，「短期磨耗」則以 1,500、3,000、6,000、12,000、25,000、50,000 磨耗轉數，以三輪磨耗設備進行階段磨耗，磨耗前後均以英式擺錘在攝氏 20 ˚C 的實驗室中進行抗滑評估。在本計畫中，由於加速磨耗設備可以設定磨耗轉速值，在確認執行後設備可自行運作直到設定之磨耗轉速值時自行停止，因此一組標線平版試體包含「長期」和「短期」磨耗的磨耗轉數值，在白天進行兩次及夜間進行 1 次的設定磨耗轉數的頻率之下，1 週可在 6 天內完成 1 組兩片試體，而實驗室及設備會在週日休息 1 天，進行設備清理及保養，並預備下一週的試驗。在本計畫的進行過程中連續進行 13 週試驗，26 片試體均順利完成。

此外，每一片平版試體在磨耗「初始」(0 轉)以及「終端」(150,000 轉)時，將會額外進行不同水膜厚度的試驗，以標準試驗程序 SOP 為原點，加上 1mm、3 mm 與 5mm 共 4 個不同水膜厚度下進行抗滑能力的評估。所有試驗方法均以「交通工程規範」附錄中的英式擺錘試驗法，依據 ASTM E303-93(2018) 來進行，試驗值均為攝氏 20 ˚C 的英式擺錘試驗值 BPN_{20}。

5.2.1實驗室標線試體加速試驗數據之數值分析

表 54 為實驗室標線試體加速磨耗試驗 BPN_{20} 平均值的試驗總表：黃色部分為 45/50BPN 標線、橘色部分為 65BPN 標線、綠色部分為骨材標線、藍色部分為冷塑標線。每 1 組試體均有 2 片平版試體，契約中承諾完成的 10 組 20 片標線平版試體均已全數完成。

表 54 實驗室加速磨耗試驗 BPN_{20} 平均值

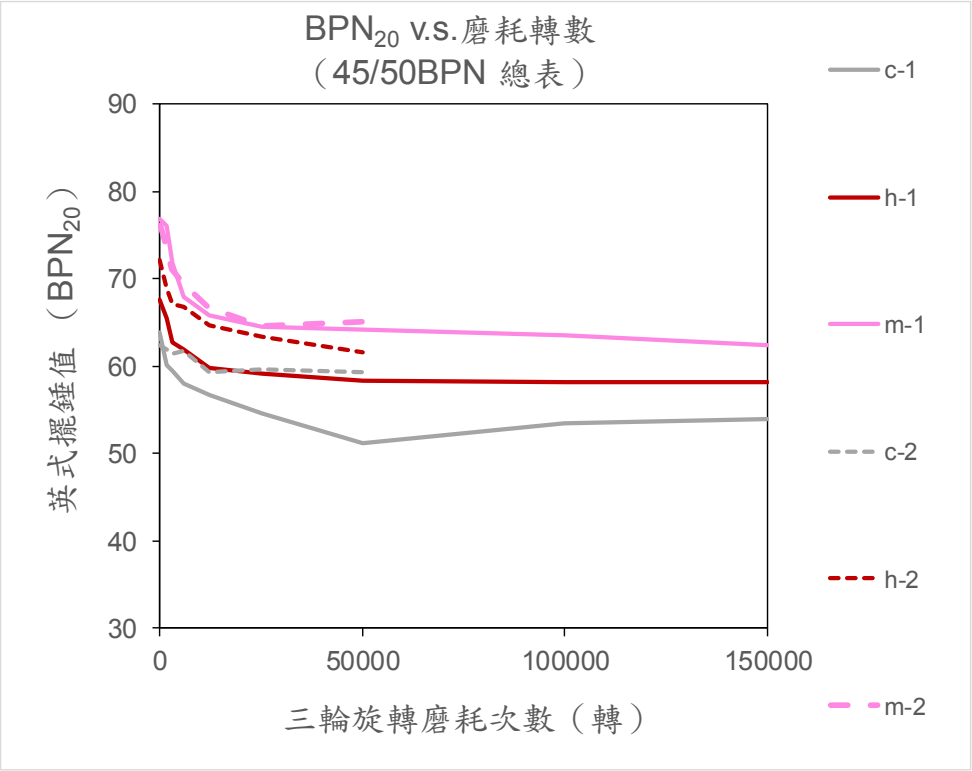
	磨耗轉數	0	1500	3000	6000	12000	25000	50000	100000	150000
a-1	No.1 平均	69	64	63	63	63	62	62	60	63
a-2	No.2 平均	73	70	68	65	64	64	62		
b-1	No.1 平均	77	77	75	73	72	70	69	65	63
b-2	No.2 平均	78	76	76	74	69	69	66		
c-1	No.1 平均	64	60	59	58	57	55	51	53	54
c-2	No.2 平均	62	62	61	62	59	60	59		
d-1	No.1 平均	67	54	54	54	53	53	54	51	52
d-2	No.2 平均	64	57	56	55	53	52	52		
e-1	No.1 平均	74	71	70	69	68	67	64	63	65
e-2	No.2 平均	73	73	72	72	68	68	67		
f-1	No.1 平均	74	70	69	67	65	65	61	61	62
f-2	No.2 平均	65	64	64	64	62	61	60		
g-1	No.1 平均	87	76	72	70	69	67	65	64	63
g-2	No.2 平均	86	76	74	73	71	67	67		
h-1	No.1 平均	68	65	63	62	60	59	58	58	58
h-2	No.2 平均	72	69	67	67	65	63	62		
i-1	No.1 平均	72	70	67	64	63	61	59	59	59
i-2	No.2 平均	70	69	68	67	65	64	63		
j-1	No.1 平均	66	63	63	63	62	59	58	58	57
j-2	No.2 平均	68	66	66	64	63	61	60		
k-1	No.1 平均	82	80	79	79	78	78	78	78	79
k-2	No.2 平均	88	87	86	85	82	80	79		
l-1	No.1 平均	71	70	69	68	66	65	64	63	62
l-2	No.2 平均	73	71	70	69	68	67	66		
m-1	No.1 平均	77	76	72	68	66	65	64	64	63
m-2	No.2 平均	76	74	71	69	67	65	65		

從表 54 中可觀察得到，磨耗初始的抗滑能力 BPN_{20} 平均值最低為 62BPN，最高為 88BPN，分別是 45/50BPN 標線及冷塑標線；而至磨耗終端時，抗滑能力抗滑能力 BPN_{20} 平均值最低為 52BPN，最高為 79BPN，分別 65BPN 標線及冷塑標線；綜合觀察得知，在實驗室加速磨耗試驗中，抗滑能力在初始到終端，BPN_{20} 大致上將因為磨耗所造成的功而使得標線表面磨耗，可能使得標線材料上部材料的磨耗及抗滑粒料的磨損，使得抗滑能力逐步降低。然而不論是哪一種標線材料，在本計畫中所有在磨耗終端時的標線 BPN_{20} 均大於 50BPN，c-1 組的 54BPN 以及 d-1 組的 52BPN 為次低與最低的終端 BPN 值。45/50BPN、65BPN、骨材及冷塑標線試驗平均值之最大值(0 磨耗轉數)以及最小值(150,000 磨耗轉數)的差值與最大值相比，其差值百分比依序則為百分之 16.7%、15.0%、12.9%及 17.0%。

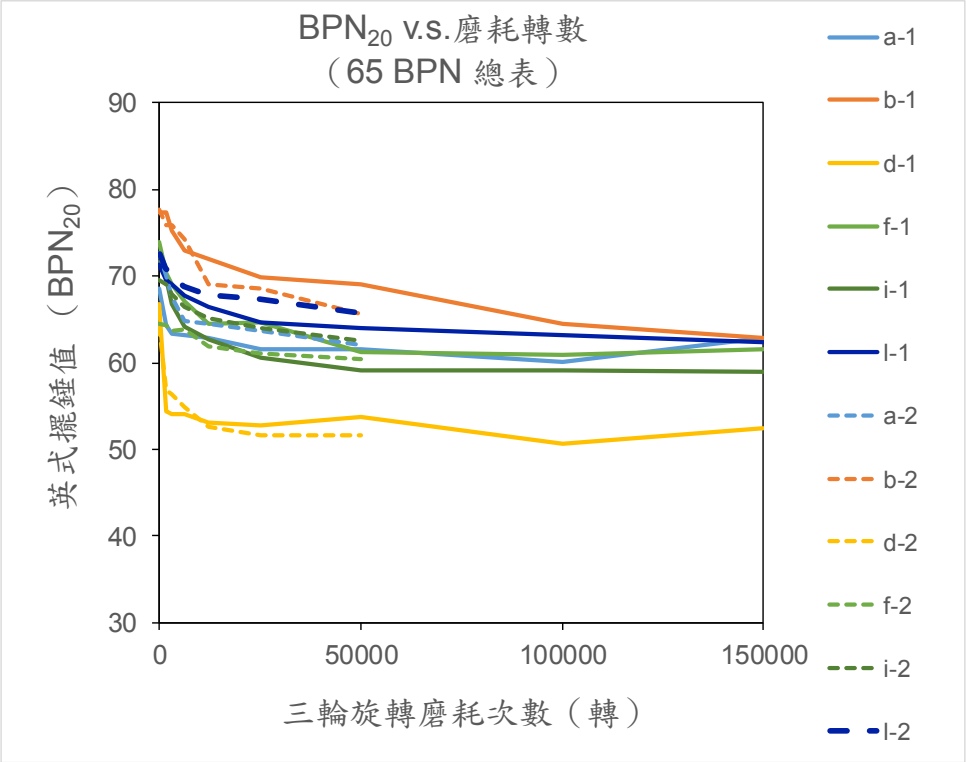
5.2.2實驗室標線試體加速試驗數據之分類分析

圖 79 為將英式擺錘值與磨耗轉數繪製成折線圖表示，並以不同標線種類分開討論，其中：磨耗至 150,000 轉之「長期磨耗」為實線，磨耗至 50,000 轉之「短期磨耗」為虛線。可從圖中觀察到，多數的短期磨耗曲線與長期磨耗曲線趨勢亦步亦趨，然而，也可觀察到某些組別標線試體兩片平版試體的差異性比較大，比如：45/50BPN 標線組別 c-1/c-2 與 h-1/h-2，以及冷塑標線組別 k-1/k-2，推測可能與相關標線材料在鋪設於平版試體的過程中材料混合不均勻有關。然而必須說明除了冷塑試體以外，全數的標線試體均由相關人員陪同研究團隊至指定工地或工廠內取樣，顯示試體樣本存在一定的不均勻性。事實上此現象也反映了現地標線性能不一定均質的現況，可能因為材料本身、施工人員的標準作業程序不同、現場材料拌和溫度的不均一或現地鋪面表面的平整程度不同，而使得即使同樣的標線材料，其在不同位置量測抗滑能力的變異程度因此而提高。此外，絕大多數的標線大致在 12,000 磨耗轉數以前，抗滑能力均大幅下

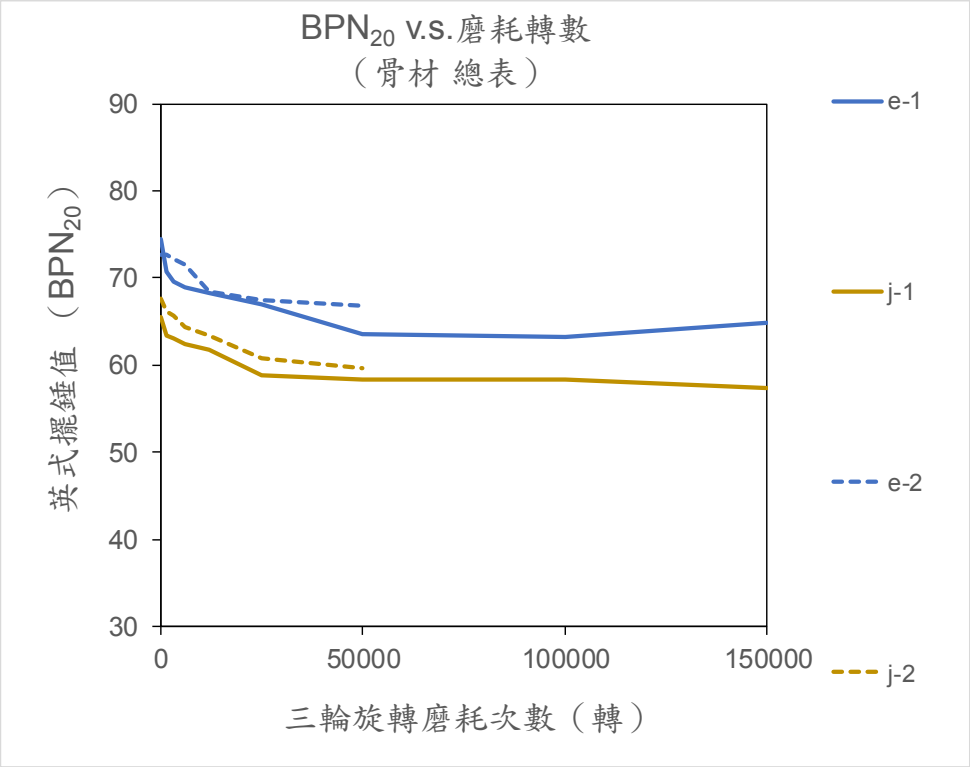
降近 8-10BPN 左右，其差值與最大值相比，45/50BPN、65BPN、骨材、以及冷塑標線的差值與最大值相比，其差值百分比依序則為百分之 10.9%、10.4%、6.6%及 12.3%，推測與外灑材料及上部標線材料被磨耗有關；而 12,000 至 50,000 磨耗轉數之間，抗滑能力則下降幅度不大，可能因標線內含的抗滑粒料紋理部分因為磨耗而開始顯露出，因此支撐標線後續的抗滑能力；而 12000 至 150000 磨耗轉數之間，其差值與最大值相比，45/50BPN、65BPN、骨材及冷塑標線的差值與最大值相比，其差值百分比依序則為百分之 5.7%、4.7%、6.3%及 4.7%。然而不論是哪一種標線材料，在本計畫中所有標線在磨耗終端時的 BPN_{20} 均大於 50BPN。


BPN20 v.s.磨耗轉數
（45/50BPN 總表）
英式擺錘值（BPN20）
三輪旋轉磨耗次數（轉）
90
80
70
60
50
40
30
0
50000
100000
150000
c-1
h-1
m-1
c-2
h-2
m-2

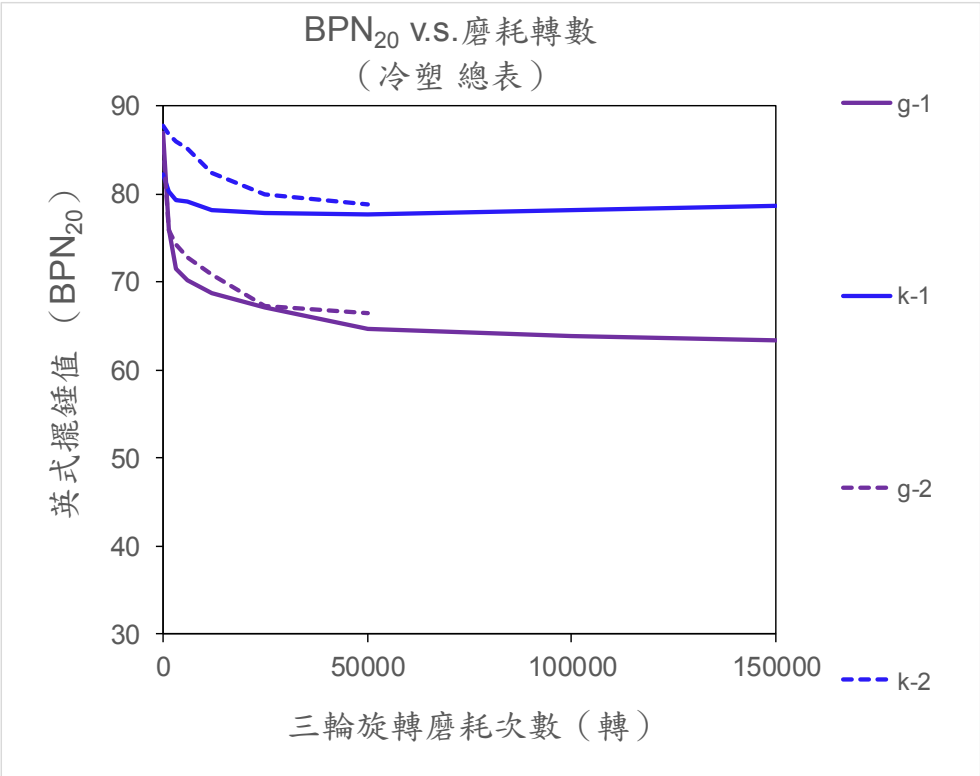
(A)


BPN20 v.s.磨耗轉數
（65 BPN 總表）
英式擺錘值（BPN20）
三輪旋轉磨耗次數（轉）
90
80
70
60
50
40
30
0
50000
100000
150000
a-1
b-1
d-1
f-1
i-1
l-1
a-2
b-2
d-2
f-2
i-2
l-2

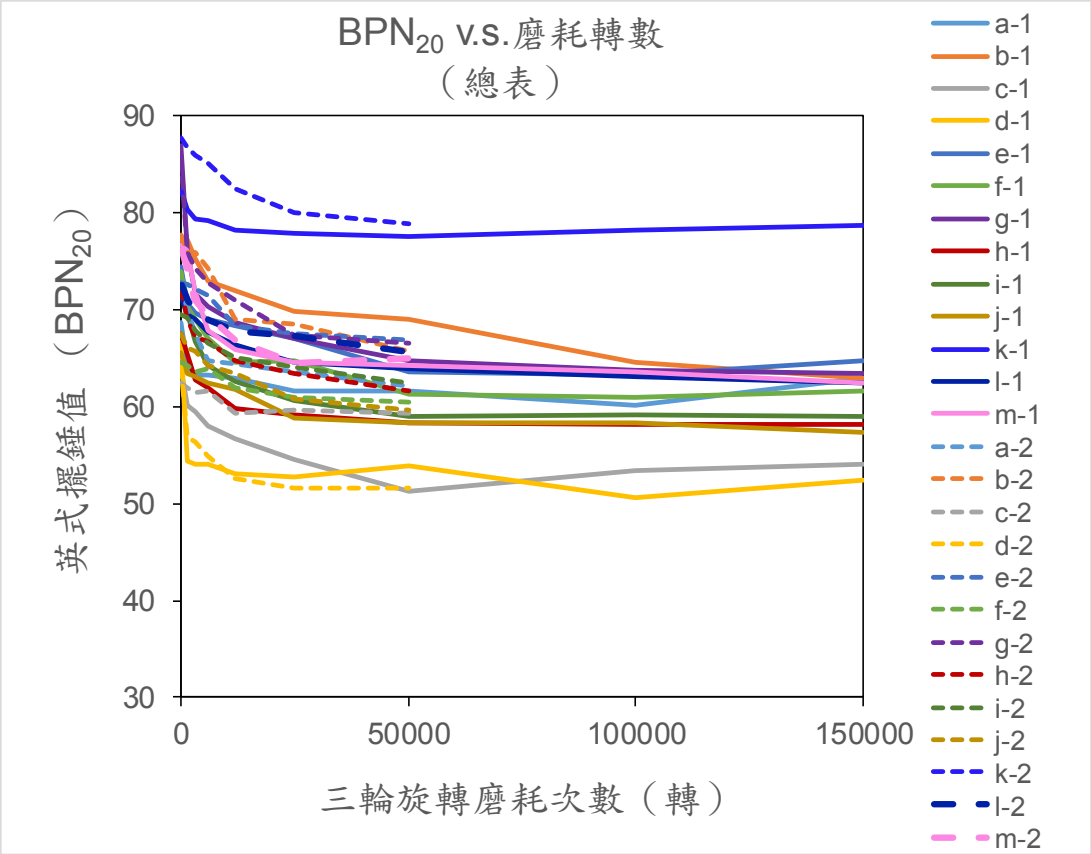
(B)


BPN20 v.s.磨耗轉數
（骨材 總表）
英式擺錘值（BPN20）
三輪旋轉磨耗次數（轉）
90
80
70
60
50
40
30
0
50000
100000
150000
e-1
j-1
e-2
j-2

(C)


BPN20 v.s.磨耗轉數
（冷塑 總表）
英式擺錘值（BPN20）
三輪旋轉磨耗次數（轉）
90
80
70
60
50
40
30
0
50000
100000
150000
g-1
k-1
g-2
k-2

(D)



(E)

圖 79 (A)(B)(C)(D)(E) 實驗室加速磨耗試驗 BPN_{20} 與不同標線種類示意圖

表 55 各類標線材質在不同磨耗轉數下之最大磨耗深度平均

標線材質	試驗試體數量(片)	不同磨耗轉數下之最大磨耗深度平均(mm)			
		0 轉	50,000 轉	100,000 轉	150,000 轉
45/50BPN	3	0.00	1.66	2.04	2.35
65BPN	6	0.00	1.93	2.20	2.46
骨材	2	0.00	1.93	2.40	2.53
冷塑	2	0.00	1.08	1.15	1.50

值得一提的是，利用游標卡尺在磨耗初始(0 轉)、50,000、100,000 及 150,000 磨耗轉數於量測區域量測平均最大磨耗深度，45/50BPN、65BPN、骨材及冷塑標線的平均值(mm)如表 55。從磨耗深度的數據中可以觀察得到，在 50,000 磨耗轉數完成時，65BPN 以及骨材標線已經接近

2mm 的標線已經被磨耗，次之為 45/50BPN 的標線、平均磨耗深度最小的為冷塑標線，僅略超過 1mm；然而在 100,000 磨耗轉數達成時，45/50BPN、65BPN、骨材標線的平均磨耗深度均超過 2mm，分別達到 2.04、2.20 及 2.40mm，而冷塑標線的平均磨耗深度仍然最小，為 1.15mm；在 150,000 磨耗轉數達成時，45/50BPN、65BPN、骨材標線的平均磨耗深度分別達到 2.35、2.46 及 2.53mm，而冷塑標線的平均磨耗深度仍然最小，為 1.50mm。必須說明，大多數的標線試體在磨耗終端 150,000 轉時，仍然保留大部分的標線材料殘留於試體表面，因此可說明本計畫的實驗室數據，均為標線完全磨耗並露出鋪面表面紋理前的 BPN 數值，推測取得之標線材料在表面外灑材料被磨耗以後，標線內含的材料及抗滑粒料在標線完全磨耗前，可提供並維持一定程度的抗滑能力。

5.2.3實驗室標線試體加速試驗數據之模擬現地溫度分析

由於實驗室加速磨耗試驗為了要求試驗在標準溫度下進行，採取將實驗室保持在攝氏 20±1 ˚C 下進行相關試驗，然而考量在現地瀝青混凝土鋪面在夏天時可能達到攝氏 60˚C，白色標線材料可能高達攝氏 40 餘˚C，因此本計畫進一步將所獲得 13 組 26 片平版試體之 BPN_{20} 試驗值，透過溫度效應校正公式的轉換，轉換成 BPN_{30} 以及 BPN_{40} 一起來探討，並模擬現地可能出現的抗滑能力數值，以期模擬不同溫度下可能呈現之標線 BPN 值。模擬現地抗滑能力溫度效應的校正公式轉換，在本計畫中採用加州交通廳與美國加州大學戴維斯分校於 2009 年的研究成果，以及公路總局及臺灣大學於 2017 年的研究成果，詳細公式已經說明在 2.4.1 章節中。加州交通廳與加州大學戴維斯分校之英式擺錘溫度效應校正公式為：$BPN_T=BPN_{20}\times[1-0.0062\times(T-20)]$，在此：$BPN_{20}$ 為實驗室攝氏 20˚C 取得的 BPN 試驗值，而 BPN_T 為模擬的現地標線攝氏溫度。因此溫度效應校正公式可推導出：

$BPN_{30}=BPN_{20}\times[1-0.0062\times(30-20)]=0.938\times BPN_{20}$（Caltrans/UC Davis）

$BPN_{40}=BPN_{20}\times[1-0.0062\times(40-20)]=0.876\times BPN_{20}$（Caltrans/UC Davis）

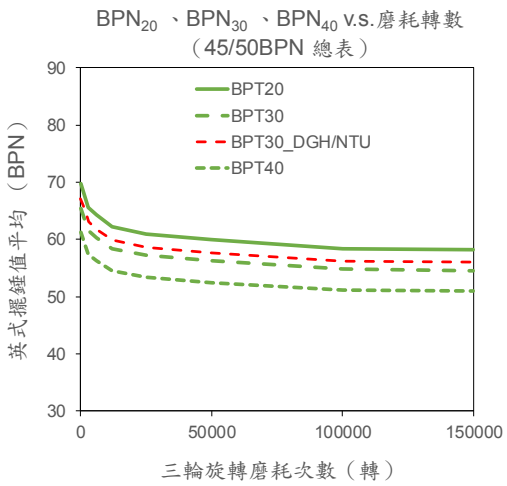
而公路總局與臺灣大學的溫度效應校正公式可推導出：

$BPN_{30}=BPN_{20}\div[1-0.004\times(20-30)]=0.961\times BPN_{20}$ （DGH/NTU）

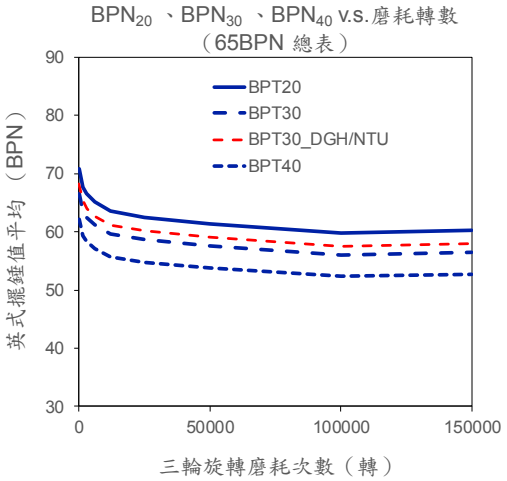
因此本計畫可進一步將 45/50BPN、65BPN、骨材、冷塑標線依據實驗室的試驗值，將長期磨耗及短期磨耗的數值進行平均，取得一 BPN_{20} 試驗值代表曲線，再透過溫度效應公式轉換成 BPN_{30} 以及 BPN_{40} 來進行討論。不同標線種類之磨耗與不同溫度下的抗滑能力如表 56 以及圖 80 中所示。從圖 80 中也可發現，不同溫度下的 BPN 平均值的的曲線有等距的折減。模擬在夏天標線溫度可能達到攝氏 40˚C 時以 BPN_{40} 做討論，45/50BPN 標線的平均值在磨耗終端時將降至 51BPN，65BPN 及骨材標線的平均值在磨耗終端時將降至 53BPN，冷塑標線的平均值在磨耗終端也將降低至 62BPN，若與尚未磨耗的 BPN_{20} 比較，差異值將達到最大，45/50BPN、65BPN、骨材及冷塑標線的最大差異值比例，經過計算分別達 27.0%、25.6%、23.7%及 27.3%。此部分的分析為本計畫嘗試以實驗室標準溫度試驗值 BPN_{20}，推估現地不同溫度之模擬情境，評估可能因為溫度效應而降低的標線抗滑能力。

表 56 模擬不同標線種類之磨耗與不同溫度下的抗滑能力

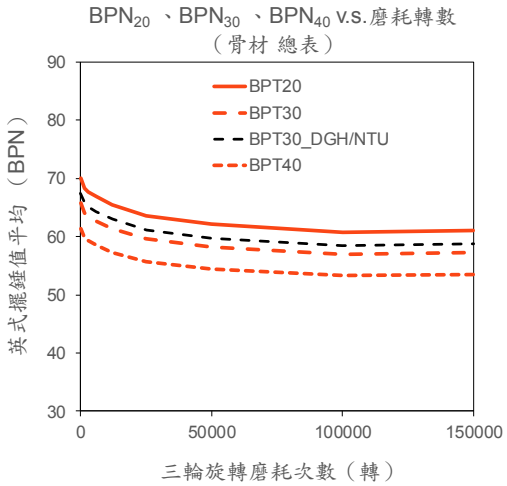
磨耗轉數	0	1500	3000	6000	12000	25000	50000	100000	150000	標線種類
BPT_{20}	70	68	66	64	62	61	60	58	58	45/50BPN
	71	68	67	65	64	63	61	60	60	65BPN
	70	68	68	67	65	64	62	61	61	骨材
	86	80	78	77	75	73	72	71	71	冷塑
BPT_{30}	66	64	62	60	58	57	56	55	55	45/50BPN
	66	64	62	61	60	59	58	56	56	65BPN
	66	64	63	63	61	60	58	57	57	骨材
	80	75	73	72	70	69	67	67	67	冷塑
BPT_{40}	61	59	57	56	54	53	53	51	51	45/50BPN
	62	59	58	57	56	55	54	52	53	65BPN
	61	60	59	59	57	56	54	53	53	骨材
	75	70	68	67	66	64	63	62	62	冷塑
$BPT_{30\_DGH/NTU}$	67	65	63	62	60	59	58	56	56	45/50BPN
	68	65	64	63	61	60	59	57	58	65BPN
	67	66	65	64	63	61	60	58	59	骨材
	82	77	75	74	72	70	69	68	68	冷塑



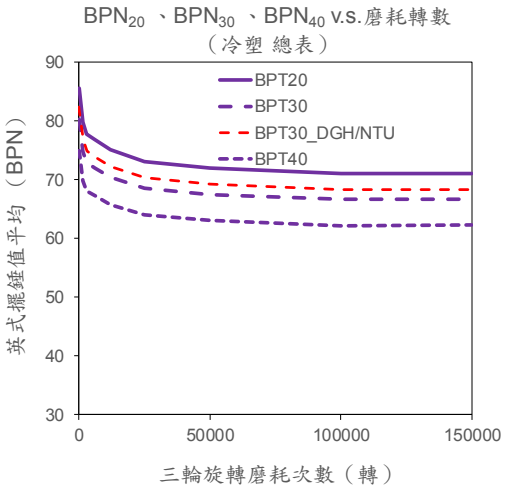
(A)



(B)



(C)



(D)

圖 80(A)(B)(C)(D) 模擬實驗室 BPN_{20} 與模擬現地溫度之 BPN_{30} 以及 BPN_{40} 抗滑能力之比較

5.2.4實驗室標線試體於不同水膜厚度下之數值分析

本章節探討利用實驗室模擬水膜厚度裝置，評估標線平版試體因為表面的水膜厚度將損失多少 BPN 抗滑能力程度。編號第 1 號試體(例如 a-1)，則是代表不同水膜厚度(SOP、1mm、3mm、5mm)，於尚未磨耗「初始」及經過 150,000 磨耗轉數之後的「終端」時，進行抗滑能力評估，主要可了解在磨耗終點加上水膜厚度之下，評估水膜厚度的增加，可再使

抗滑能力下降至哪一個程度。而編號第 2 號試體(例如 a-2)，則是代表不同水膜厚度(SOP、1mm、3mm、5mm)於尚未磨耗「初始」以及經過 50,000 磨耗轉數之後的「中途點」時。在本章節，主要以編號第 1 號磨耗至 150,000 轉下模擬不同水膜厚度，來進行抗滑能力的評估及討論。表 57 及圖 81 分別為不同水膜厚度及不同標線種類的實驗室英式擺錘值 BPN_{20}。

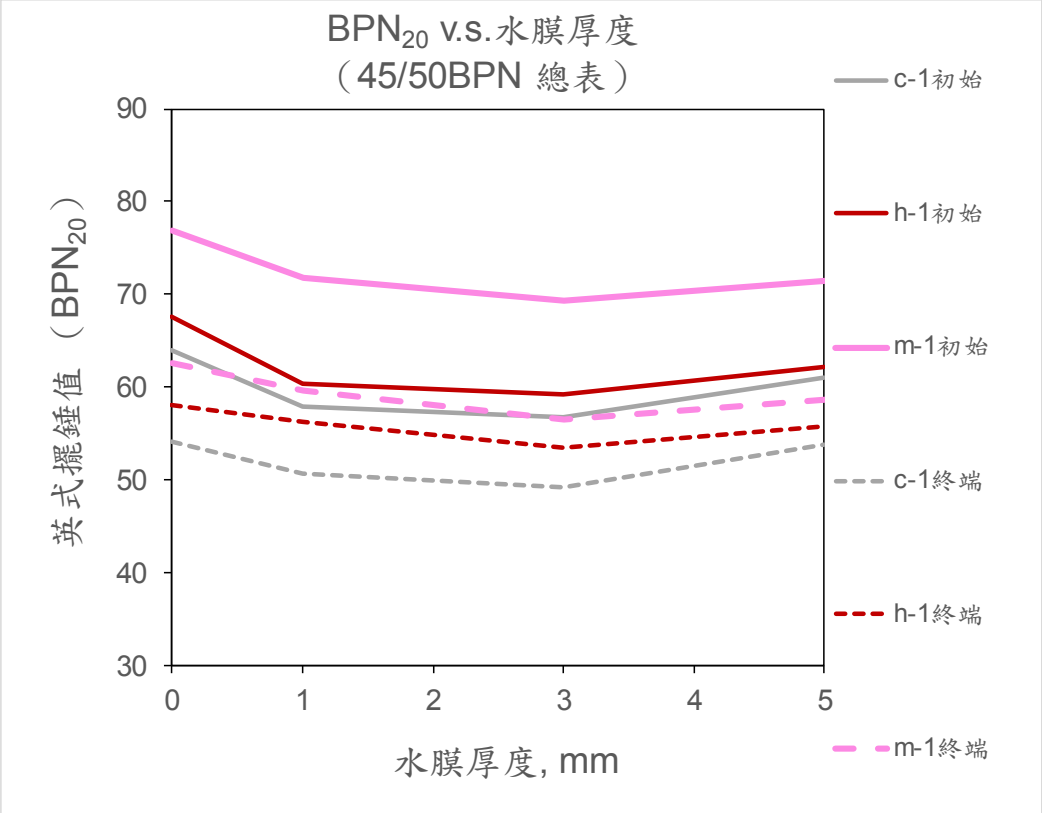
表 57 不同水膜厚度下抗滑能力評估

編號	水膜厚度 (mm)	0	1	3	5
a-1	初始 平均	69	66	66	64
	終端 平均	63	62	61	61
b-1	初始 平均	73	66	66	69
	終端 平均	62	62	61	63
c-1	初始 平均	64	58	57	61
	終端 平均	54	51	49	54
d-1	初始 平均	67	57	54	57
	終端 平均	52	49	48	53
e-1	初始 平均	74	67	65	70
	終端 平均	65	60	57	61
f-1	初始 平均	74	68	66	68
	終端 平均	62	58	56	58
g-1	初始 平均	87	75	74	76
	終端 平均	63	61	59	60
h-1	初始 平均	68	60	59	62
	終端 平均	58	56	53	56
i-1	初始 平均	72	66	64	66
	終端 平均	58	53	51	52
j-1	初始 平均	66	61	59	61
	終端 平均	57	54	51	53
k-1	初始 平均	82	78	75	77
	終端 平均	79	75	72	74
l-1	初始 平均	71	68	66	67
	終端 平均	62	58	55	56
m-1	初始 平均	77	72	69	71
	終端 平均	63	60	57	59

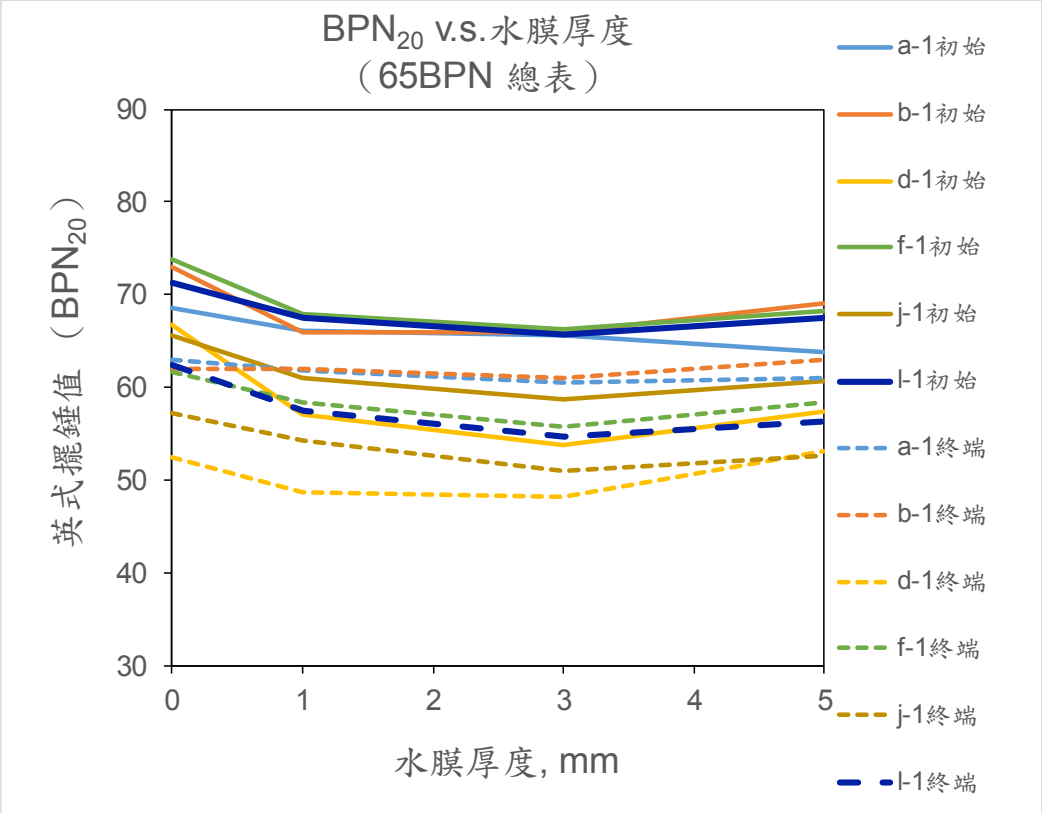
(A) 0 與 150,000 磨耗轉數

編號	水膜厚度(mm)	0	1	3	5
a-2	初始 平均	73	66	66	69
	終端 平均	62	62	61	63
b-2	初始 平均	78	77	75	79
	終端 平均	66	63	60	61
c-2	初始 平均	62	58	56	58
	終端 平均	59	53	53	57
d-2	初始 平均	64	56	53	55
	終端 平均	52	43	42	46
e-2	初始 平均	73	68	65	68
	終端 平均	67	63	61	63
f-2	初始 平均	65	62	59	63
	終端 平均	60	58	57	59
g-2	初始 平均	86	77	75	75
	終端 平均	67	64	62	63
h-2	初始 平均	72	64	63	64
	終端 平均	62	58	56	57
i-2	初始 平均	70	66	63	65
	終端 平均	63	58	54	56
j-2	初始 平均	68	63	61	63
	終端 平均	60	57	54	56
k-2	初始 平均	88	83	81	83
	終端 平均	79	75	73	75
l-2	No.1 平均	71	70	69	68
	No.2 平均	73	71	70	69
m-2	No.1 平均	77	72	69	71
	No.2 平均	63	60	57	59

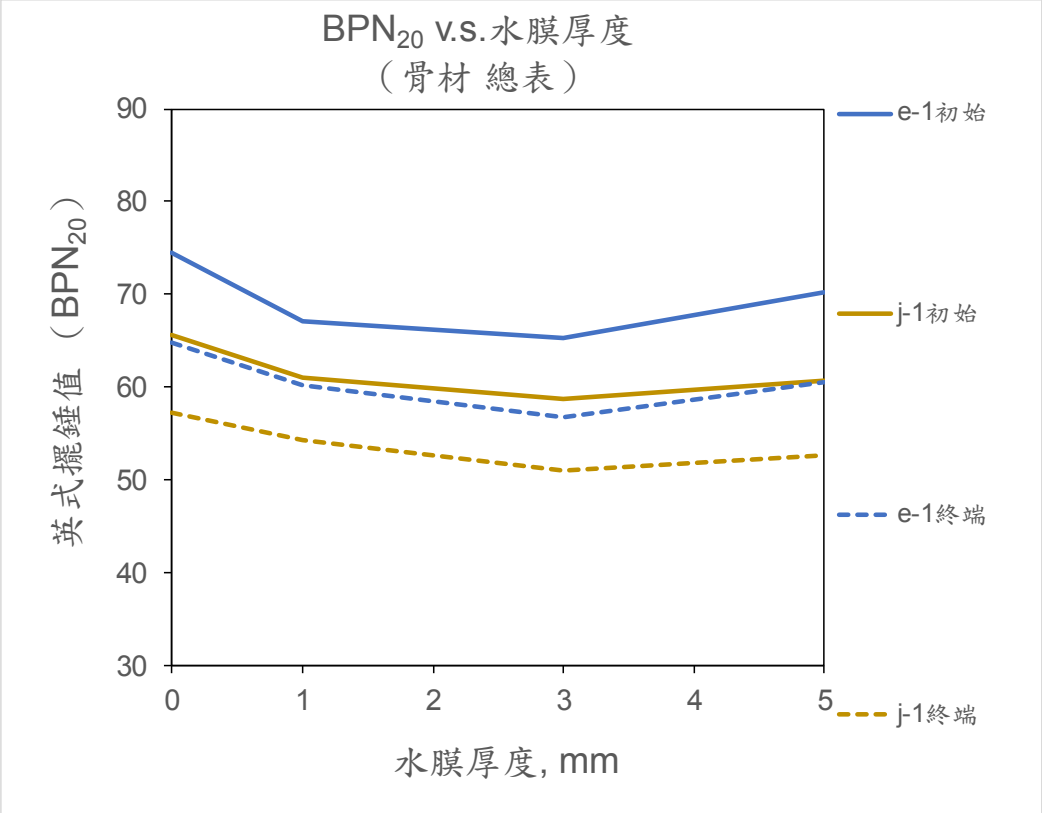
(B) 0 與 50,000 磨耗轉數


BPN20 v.s.水膜厚度
（45/50BPN 總表）
英式擺錘值（BPN20）
水膜厚度, mm
90
80
70
60
50
40
30
0
1
2
3
4
5
c-1初始
h-1初始
m-1初始
c-1終端
h-1終端
m-1終端

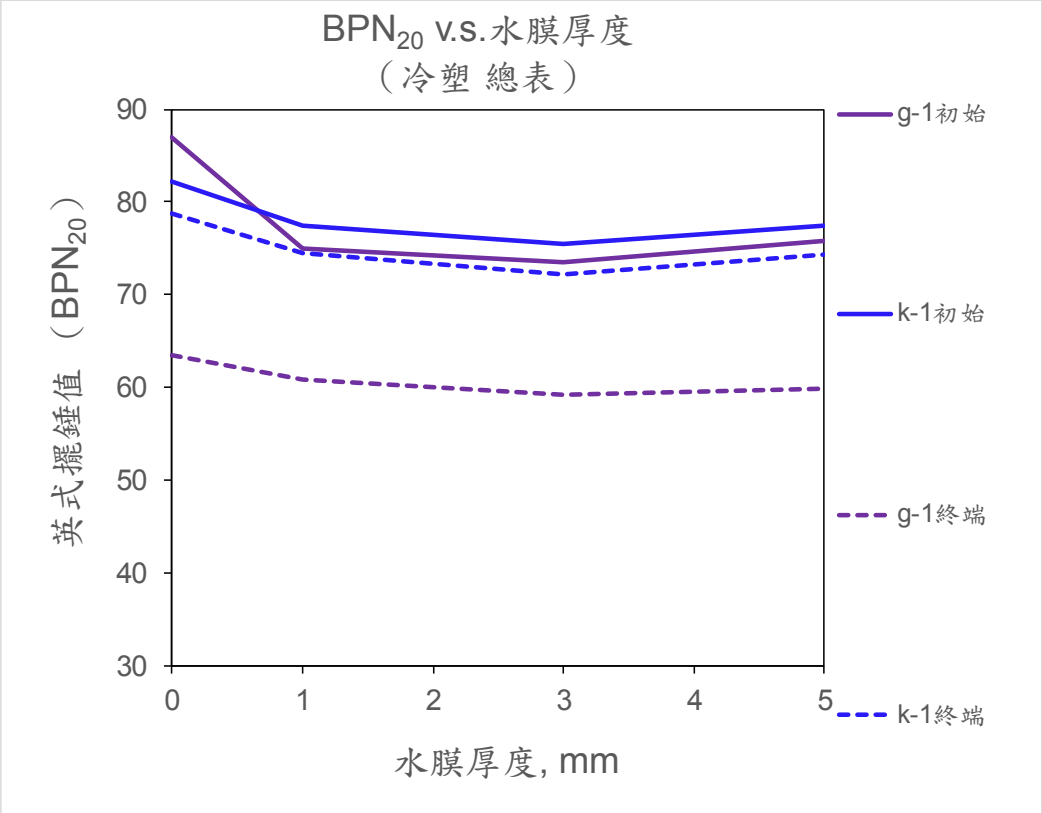
(A)


BPN20 v.s.水膜厚度
（65BPN 總表）
英式擺錘值（BPN20）
水膜厚度, mm
90
80
70
60
50
40
30
0
1
2
3
4
5
a-1初始
b-1初始
d-1初始
f-1初始
j-1初始
l-1初始
a-1終端
b-1終端
d-1終端
f-1終端
j-1終端
l-1終端

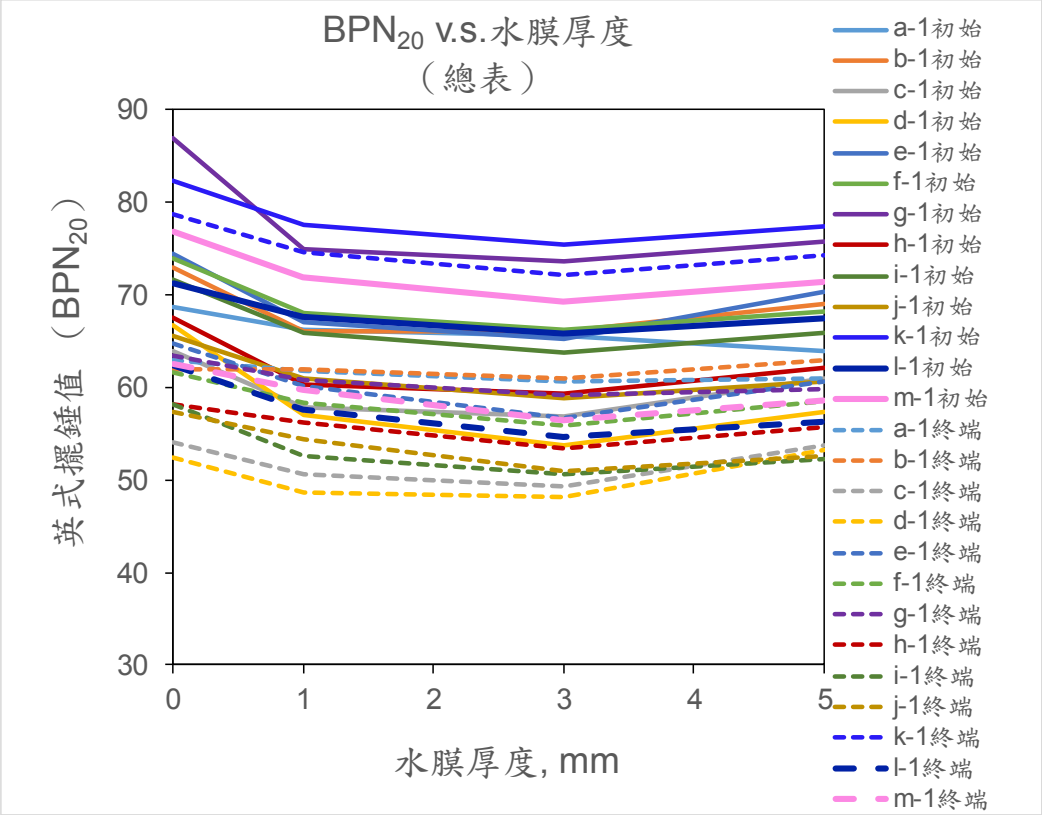
(B)


BPN20 v.s.水膜厚度
（骨材 總表）
英式擺錘值（BPN20）
90
80
70
60
50
40
30
0
1
2
3
4
5
水膜厚度, mm
e-1初始
j-1初始
e-1終端
j-1終端

(C)


BPN20 v.s.水膜厚度
（冷塑 總表）
英式擺錘值（BPN20）
90
80
70
60
50
40
30
0
1
2
3
4
5
水膜厚度, mm
g-1初始
k-1初始
g-1終端
k-1終端

(D)



(E)

圖 81(A)(B)(C)(D)(E) 不同水膜厚度與磨耗程度抗滑能力之比較

圖 81 中，實線部分為磨耗尚未開始的「初始」階段，而虛線部分為磨耗已經至 150,000 轉的「終端」。從圖中觀察可知，與標線試體先導試驗及研究團隊先前的鋪面研究結果類似，水膜厚度 3mm 為抗滑能力損失最大的水膜厚度，幾乎所有的抗滑能力試驗在水膜厚度 5mm 時會微幅上升，d-1(65BPN)組別在 3mm 水膜下損失的比例最高，可達到 19.5%。而各種不同標線種類在 3mm 水膜與標準試驗程序下的抗滑能力，45/50BPN、65BPN、骨材及冷塑標線，平均下降比例為 10.2%、8.1%、11.6%及 9.9%，事實上下降之比例相近。然而審視在 3mm 水膜之下，包括 45/50BPN、65BPN、骨材標線之最低的抗滑能力 BPN_{20} 出現在 50BPN 上下，然而冷塑組別之 k-1 則在 3mm 水膜之下，抗滑能力仍可維持在 75BPN 上下。從此部分的研究可知，若是水膜出現於標線之上，可再降低抗滑能力大約一成至兩成。

值得一提的是，實驗室的加速磨耗試驗及不同水膜厚度試驗，均在攝氏 20°C 控溫及標準作業程序下進行，標線試體表面僅有膠輪磨耗時產生的胎屑以及標線試體本身因為磨耗而掉落的材料，並沒有在真實道路標線在現地所累積到車輛的排氣、油污、落塵及其他污染物等。因此，實驗室的試驗值在考量所有的情況之下，包括磨耗的厚度、溫度效應、磨耗形式之後，可能仍然無法與現地試驗的結果直接進行比較。

然而，本計畫利用教育部典範科技大學所研發之三輪磨耗設備，與美國佛羅里達州的試驗方法相近，可做為一客觀且標準的試驗方法，除了做為標線產品的品質控制以及管制的工具外，亦可利用本計畫所發展的階段磨耗及不同水膜厚度之下，來評估標線試體之抗滑能力。

第六章　結論與建議

本計畫目的在探討道路交通標線之防滑特性，特別針對道路主管機關近年來試辦抗滑能力 65BPN 以上之標線進行監測及分析，以瞭解其抗滑能力衰退幅度且能否長期維持一定的抗滑能力，做為後續交通部調整標線抗滑能力規範，以及道路主管機關推廣繪設 65BPN 標線之參考。以下就本計畫各階段所蒐集或研究內容，綜整重點成果及結論與建議進行說明。

6.1 結論

6.1.1 文獻及規範回顧

在文獻回顧的過程中，可得到下列幾點主要結論：

一、 國內目前最常使用的標線類型為熱處理聚酯標線，目前各級機關常繪設 45/50BPN 標線，亦已開始推廣使用防滑標線(即 65BPN 標線)，目前中央或地方道路主管機關均具備前述兩種標線的相關施工規範或說明。此外，部分地方政府亦開始試辦不具反光性能之骨材標線及冷塑標線，用於繪設大面積之彩色鋪面，如標線型人行道。

二、 綜整國內外標線抗滑相關規範後可知，國內道路主管機關希望透過提升標線的抗滑能力至 65BPN 以上，做為提升道路安全的措施之一。而在國外規範中，多數國家皆以 45-50BPN/SRT 做為標線的抗滑規範，在抗滑能力要求較高的情形或區域(如行穿線、橫向標線、自行車道、人行道等)，則會將規範值提升至 55BPN/SRT 以上。

三、 國內外針對標線抗滑的研究並不多，由美國運輸研究委員會

(TRB) 2009 年的報告指出，標線的抗滑能力一般而言較鋪面的抗滑能力來得差，且標線與鋪面之間的抗滑能力落差，可能會造成道路安全上的危害。惟造成車輛打滑甚至發生事故的原因極為複雜，難以從單一因素(例如標線的摩擦力)去進行判斷或預測，必須在不同的駕駛情境下，例如：煞車、轉彎或加速狀況下，去考量在特定情境下車輛所需的摩擦力。

四、 國內外相關研究對於抗滑能力要求在 65BPN 以上的標線抗滑能力衰退狀況，亦所知甚少，國外僅有日本路面標示材料協會曾於 2006 年，使用自行設計配比之高抗滑標線，繪製於現地的行穿線上進行為期一年的監測，在一年後標線抗滑能力約可維持在 60 至 65BPN 左右，較原先使用的標線材料高出約 20BPN 的抗滑能力。惟其結論也提到，該研究成果是基於單一試驗地點，應再納入更多不同的試驗地點進行評估。而國內在交通部公路總局材料試驗所與臺大慶齡工業中心 2017 年的合作研究中，使用自行設計配比的標線材料在現地進行試驗，並進行為期一年的抗滑能力監測，其中抗滑能力最佳的標線，在劃設後 2 週內的抗滑係數均可達 65 BPN，然而在 2 個月後及 6 個半月後分別減至 51 及 49BPN。

五、 由文獻回顧可知，英式擺錘可做為量測標線抗滑能力的有效工具，惟試驗面溫度的差異，仍然可能會造成英式擺錘值(BPN)的變化。此外，國內外於實驗室多採 NCAT 三輪磨耗儀進行鋪面及標線磨耗試驗相關研究。

六、 從過去的研究中也可得知，試驗面溫度的差異會造成英式擺錘值的變化，路面或標線上的水膜對於抗滑能力亦有一定程度的影響。

故在本計畫的設計上，分為現地標線抗滑能力衰退情形之監測，以及實驗室標線加速磨耗試驗與抗滑能力評估等兩部分進行，在實驗室試驗部分，另納入不同水膜厚度下標線抗滑能力的比較與分析，並輔以不同

溫度校正公式模擬與推估現地不同溫度之模擬情境，評估可能因為溫度效應而降低的標線抗滑能力。後續就現地及實驗室部分之研究結論進行探討。

6.1.2現地標線試驗

為瞭解三都(臺北市、新北市、臺中市)及公路總局試辦65BPN標線於現地之抗滑能力變化情形，本計畫規劃於試辦地點之標線進行500次以上現地試驗，並委由經財團法人全國認證基金會(TAF)認證之檢測單位，進行現地英式擺錘試驗，以確保試驗數據之一致性及公正性。

由於本計畫實際可執行期間僅 10 個月，且經現地標線試驗之前置討論、現勘及委外試驗招標作業後，僅約半年的時間可進行追蹤試驗。為弭補研究時間之不足，且可至較多試辦地點進行試驗，經與相關單位討論後，決定挑選3種不同標線劃設時間段(3個月以內、3-9個月、9個月以上)，於109年6-10月在13個地點共101個試驗點位，進行5次追蹤試驗(共計505次試驗)，以觀察65BPN標線、骨材標線及冷塑標線之英式擺錘值(BPN)衰退情況。

本計畫除透過現地試驗獲得 505 次標線 BPN 值，並向前述各機關索取到8個地點驗收之BPN初驗值資料，共計有513個BPN數據點，包含65BPN標線共335個數據點、骨材標線共120個數據點、冷塑標線共58個數據點，其中65BPN標線有303個數據點亦獲得主管機關提供之VD交通量相關資料。除了原先已知的材齡、試驗面溫度、交通量等變數外，研究團隊也蒐集氣候及試驗點位特徵變數納入分析。綜整重要結論如下：

一、 現地 BPN 值差異大：在現地試驗中，同一時間、同一地點、不同試驗點位的抗滑值可能產生較大的差異(各道路主管機關在各自現地標線 BPN 監測中，亦發現有此情形)。例如：65BPN 標線最大差異值為 20BPN、骨材標線最大差異值為 19BPN、冷塑標

線最大差異值為24BPN。由觀察標線的現況照片，推測可能造成該現象的原因在於不論何種材質的標線，因標線材料本身的非均質特性，再結合現地諸多不可控制的變因(如磨耗、表面污損)，皆有可能造成現地標線抗滑能力差異較大的現象。

二、研究團隊分別針對 65BPN 標線、骨材標線及冷塑標線，採用數值分析、分類分析及關聯分析等 3 種方式進行分析，其中骨材及冷塑標線的試驗數據因分別僅有 120 及 58 個數據點，且試驗點位的分布非屬隨機分布，故發現前述兩種標線的分析結果，皆有受特定區域的偏差所影響，可推測本計畫中所蒐集到的骨材及冷塑標線現地數據，尚不足以針對該類型標線在現地之抗滑能力衰退或變化情形，做出有意義之推論或規則。

三、針對 65BPN 標線，研究團隊進行數值分析、分類分析及關聯分析等 3 種分析方式，嘗試透過現地試驗數據，找出標線 BPN 值與其可能影響因素間的關聯性，綜整結果如下。

(一) 數值分析：

1.單變數分析：可發現應變數(標線 BPN 值)與各自變數的相關係數都不高(例如有納入 VD 資料的 65BPN 標線 BPN 值與材齡間的相關係數僅有-0.04)，其中 65BPN 標線相關係數絕對值皆不高於 0.5，因此可知現地試驗的抗滑能力並非由單一變數所影響，此結果同時也呼應了文獻中所提到的研究成果。

2.多變數分析：嘗試線性迴歸、廣義線性及類神經網路 3 種模型，其中廣義線性模型的表現及穩定度皆較優，檢視預測值與實際值之間的 R^2 值，65BPN 標線的 R^2 值約為 0.5，結果明顯不佳。

3.由於上述兩種數值分析方式結果皆不理想，故進而嘗試

「分類分析」及「關聯分析」。

(二) 分類分析：此部分的分析將現地試驗數據進行分類後，以羅吉斯迴歸、LSVM 及類神經網路等 3 種模型進行分類的預測，並使用混淆矩陣評估結果的優劣，結果如下。

1.種模型在進行多元分類(分類方式如表 39)的預測時，表現皆不佳。

2.3 種模型在進行二元分類(分類方式如表 39)的預測時，則有較佳的結果，其中羅吉斯迴歸模型在針對許多不同的分類變數進行分析時，表現較為優異。此外，有納入 VD 資料的 65BPN 標線，相對於未納入 VD 資料而言，有較多項目準確率可達 80%以上，且數據分析結果準確率較高(最高增加 15%)，由此可了解 VD 資料對標線的抗滑性能分析準確度的提升有一定程度的影響。

3.雖然羅吉斯迴歸在二元分類分析的表現較為優異，然而其原理是以線性觀點進行分析自變數與抗滑值之間的關係，此與實務上的觀察有所違背，因此進一步採用「關聯分析」來了解自變數與抗滑值之間的關聯。

(三) 關聯性分析：

1.在絕大多數的條件項中，材齡扮演著重要的角色。在 65BPN 標線的分析結果中可看到，分別在材齡經過 343 天(約 11 個月)後抗滑能力會掉到一個較差的區間(在材齡區間為「343<材齡<457」時，有 74.65%的機率抗滑能力會<50BPN、94.9%的機率抗滑能力會<55BPN)，而在材齡達到 457 天(約 15 個月)後，抗滑能力會有回升的現象(在材齡區間為「材齡>457」，有 34.09%的機率抗滑能力會<50BPN、11.36%的機率抗滑能力會<55BPN)。

2.然而，從前述結果無法斷定所有(或多數)抗滑能力較差的標

線皆為「343<材齡<457」的標線，僅能解釋為在「343<材齡<457」 的條件下，抗滑能力降低的機率較其他材齡區間要高。

四、 綜整現地試驗的分析結果，由於現地試驗受限於標線劃設品質不一及現場環境變數過多(如油污、落塵等)影響試驗結果，致使試驗數據過於發散，整體而言無論用何種分析方法，均無法找到良好的關聯性，本計畫建議宜以實驗室試驗數據做為主要分析依據。

6.1.3實驗室標線加速磨耗試驗

研究團隊蒐集 13 組(每組兩片，共 26 片)標線平版試體，標線材質包含 45/50BPN 標線、65BPN 標線、骨材標線及冷塑標線。磨耗方法則是參考先前的研究成果及美國佛羅里達州的試驗規範 FM5-622，並運用三輪式旋轉磨耗儀進行標線加速磨耗試驗，以評估標線抗滑能力衰退情形。

一、 實驗室加速磨耗試驗方法透過三輪式旋轉磨耗儀可以有效率的進行相關加速試驗，相關的加速磨耗參數在透過先導試驗之後已經可以確定，也在本計畫所有蒐集之平版試體上進行加速磨耗試驗。

(一) 加速磨耗試驗參數設定：加速磨耗在攝氏 20°C 的實驗室中進行，並設定在每分鐘 60 轉、胎壓 50psi、正向力 60kg 之試驗參數下，採取兩種磨耗次數的間隔。「長期磨耗」間隔 為 0、1,500、3,000、6,000、12,000、25,000、50,000、100,000 及 150,000 磨耗轉數，「短期磨耗」間隔則為 0、1,500、3,000、6,000、12,000、25,000 及 50,000 磨耗轉數。必須特別說明在本計畫中，因為日夜兼程進行加速磨耗試驗，磨耗一組兩片標線平版試體，若沒有遇到任何設備上的問題，可在六天完成。

(二) 抗滑能力試驗方法：所有標線抗滑試驗方法均採「交通

工程規範」附錄中的英式擺錘試驗法(ASTM E303-93)來進行，所得到之試驗值均為攝氏 20°C 下的英式擺錘試驗值 BPN_{20}。同時，本計畫中的所使用的規範為 ASTM E303-93(2018)，比較交通工程規範附錄中之 ASTM E303-93(2003)的差別，僅為文法與語句上的修飾，而目前交通工程手冊附錄上的英式擺錘試驗法所使用的規範所標註的年份較舊，建議需要採用為最新年度批准或更新過的試驗方法。

(三) 標線不同水膜厚度及磨耗深度的量測：「長期磨耗」的平版平版試體在磨耗「初始」(0 轉)以及「終端」(15 萬轉)時，則會額外進行不同水膜厚度的試驗，以標準試驗程序(SOP)為原點，再加上 1、3、5mm 不同水膜厚度共 4 個不同水膜狀態下，進行抗滑能力的評估，以瞭解不同水膜厚度對於抗滑能力的影響。此外，亦使用游標卡尺在試驗範圍內量測標線平均磨耗深度，以瞭解標線磨耗情形。

二、 針對實驗室標線加速磨耗試驗與抗滑能力的評估，研究成果主要分為總體數據的數值分析、不同標線材質分析及不同水膜厚度之數值分析。相關研究成果綜整如下：

(一) 抗滑能力：磨耗初始的抗滑能力 BPN_{20} 平均值最低為 62BPN，最高為 88BPN，分別是 45/50BPN 標線及冷塑標線；而至磨耗終端時，BPN_{20} 平均值最低為 52BPN，最高為 79BPN，分別 65BPN 標線及冷塑標線。45/50BPN、65BPN、骨材及冷塑標線試驗平均值之最大值（0 磨耗轉數）以及最小值（150,000 磨耗轉數）的差值與最大值相比，其差值百分比

依序為 16.7%、15.0%、12.9%及 17.0%。

(二) 衰退趨勢：綜合觀察所有的標線抗滑能力下降的曲線，絕大多數的標線大致在 12,000 磨耗轉數以前，抗滑能力均大幅下降近 8-10BPN 左右，其差值與最大值相比，45/50BPN、65BPN、骨材及冷塑標線的差值百分比依序為 10.9%、10.4%、6.6%及 12.3%，推測與外灑材料及上部標線材料被磨耗有關；而 12,000 至 50,000 磨耗轉數之間，抗滑能力則下降幅度不大，可能因標線內含的抗滑粒料紋理部分因為磨耗而開始顯露出，以支撐標線後續的抗滑能力；而 12,000 至 150,000 磨耗轉數之間，其差值與最大值相比，45/50BPN、65BPN、骨材及冷塑標線的差值百分比依序為 5.7%、4.7%、6.3%及 4.7%。然而不論是哪一種標線材料，在本計畫中所有在磨耗終端時的標線 BPN_{20} 均大於 51BPN。

(三) 磨耗深度：一般標線繪設厚度要求 2mm 以上，從磨耗深度數據可觀察到，在 5 萬磨耗轉數完成時，65BPN 及骨材標線已接近 2mm 的標線被磨耗，次之為 45/50BPN 標線，平均磨耗深度最小為冷塑標線，僅略超過 1mm；然而在 10 萬磨耗轉數達成時， 45/50BPN、65BPN、骨材標線的平均磨耗深度均超過 2mm，分別達到 2.04mm、2.20mm 及 2.40mm，而冷塑標線的平均磨耗深度 1.15mm 仍為最小；在 150,000 磨耗轉數達成時，45/50BPN、65BPN、骨材標線的平均磨耗深度分別達到 2.35mm、2.46mm 及 2.53mm，而冷塑標線的平均磨耗深度 1.50mm 仍為最小。必須說明，大多數的標線試體在磨耗終端 15 萬轉時，仍然保留大部分的標線材料殘留於試體表面，因此可說明本計畫的數據均為標線開始剝落露出鋪面表面紋理前，推測取得之標線材料在磨耗至脫落前，仍可提供並維持一定程度的抗滑能力。

(四) 溫度校正：考量標線表面溫度對於 BPN 值之影響，研究團隊利用加州交通廳與加州大學戴維斯分校鋪面溫度效應公式，以及公路總局與臺灣大學 106 年研究中的標線溫度效應公式，將實驗室攝氏 20˚C 的抗滑能力值，轉換成模擬夏天標線溫度可能達到攝氏 30 及 40˚C 時之 BPN。結果發現模擬標線表面溫度為攝氏 40˚C 時，在磨耗終端 BPN 平均值下降情形分別為：45/50BPN 從 58 降至 51BPN、65BPN 及骨材標線從 60 降至 53BPN、冷塑標線從 71 降低至 62BPN；若綜合考量標線磨耗及溫度影響，BPN40 與尚未磨耗之 BPN_{20} 比較，差異值將達到最大，45/50BPN、65BPN、骨材、冷塑標線的最大差異值比例，分別達到 27.0%、25.6%、23.7%及 27.3%。

(五) 水膜厚度：水膜厚度 3mm 時的抗滑能力損失最大，幾乎所有的抗滑能力試驗在水膜厚度 5mm 時會微幅上升。審視在 3mm 水膜之下，包括 45/50BPN、65BPN、骨材標線之最低的抗滑能力 BPN_{20}，出現在 50BPN 上下，惟有一組冷塑標線抗滑能力可維持在 75BPN 上下。由此部分的研究可知，若標線上出現水膜，會降低抗滑能力大約一成至兩成。

(六) 與現地試驗比較：由於實驗室的加速磨耗試驗及不同水膜厚度試驗，均在攝氏 20˚C 控溫及標準作業程序下進行，標線試體表面僅有膠輪磨耗時產生的胎屑，以及標線試體本身因為磨耗而掉落的材料(實驗過程會不斷以水柱沖刷標線試體表面)，並無法於實驗室中模擬真實道路標線在現地所累積到車輛的排氣、油污、落塵及其他污染物等。因此，實驗室的試驗值在考量磨耗厚度、溫度效應、水磨厚度等影響因素，仍無法與現地試驗的結果直接進行比較。

(七) 本計畫利用高科大所研發之三輪磨耗設備，與美國佛羅里

達州的試驗方法相近，可做為一客觀且標準的試驗方法，除了做為標線產品的品質控管的工具外，亦可利用本計畫所發展的階段磨耗及不同水膜厚度情境，來評估標線試體之抗滑能力。

6.2建議

一、 標線抗滑規範建議值：

(一) 因本計畫並未探討標線反光性能的改變，但由相關文獻及國家標準可知，標線無法兼顧抗滑及反光兩者性能。考量標線在夜間的反光性能對於駕駛人行車導引及安全有重大影響，故強烈建議標線需要同時考量反光能力的需求，並非一味調高或強調標線的抗滑能力，忽略標線重要的反光功能性而影響行車安全。

(二) 除了反光性能外，因實驗室加速磨耗並未考量道路油污、落塵及其他污染等因素，故可於實驗室再進行深入的研究，確認更多影響標線抗滑係數之因素，做為訂定標線抗滑規範值之參考。

(三) 本計畫透過現地試驗及實驗室加速實驗，追蹤並分析標線抗滑值衰退情形，依據實驗室所完成的研究成果並透過溫度校正，標線試體最低的 BPN 值約在 51BPN。參考國外標線抗滑規範、國內相關研究及本計畫實驗室成果，建議可將標線抗滑規範值由 45BPN 提升至 50BPN，做為工程驗收時的參考，此規範值亦與公路總局材料試驗所與臺大慶齡工業中心 106 年的合作研究案建議相同。後續則可參考國外規範，在兼顧反光性能情況下就標線材質及配方進一步推動研發、試辦與評估，俾利在交通量磨耗之下，標線能夠保持並提供道路環境中足夠的功能性。

二、 未來研究方向：因本計畫受到研究期程及經費等限制，僅能就標線抗滑性能衰退議題進行探討及分析，且實驗室加速實驗部分均在標準之控制環境及作業程序下進行，與複雜的現地環境有所差異。茲整理研究過程中各界關心的議題，建議未來可進行研究課題如下。

(一) 現地標線抗滑值監測：建議道路主管機關在經費及人力無虞下，可建立標線管理系統及資料庫，蒐集每次檢測標線相關的功能性數據(如：抗滑、反光)，並挑選特定路段進行長期追蹤，俟資料量至一定規模後，便可應用大數據分析方法，嘗試分析影響標線性能之相關因素，並做為標線維護之參據。

(二) 於實驗室探討特定影響因素：考量現地試驗易受標線劃設及複雜道路環境所影響，所蒐集之標線 BPN 試驗數據易發散，也不易找出與相關影響因素之關聯性，建議可透過實驗室就特定議題進行研究，例如標線之抗滑及反光性能、溫度校正公式、油污或落塵對於標線抗滑性能之影響等，在控制的實驗環境下，評估特定影響因素對於標線功能性之影響，以做為道路主管機關養護標線之參據。

(三) 現地試驗與實驗室加速試驗之對應：三輪磨耗設備在本計畫可提供加速磨耗的功用，階段磨耗的磨耗深度以及抗滑能力的變化均能夠被記錄及分析，惟目前尚無法將實驗室的磨耗轉數及現地交通量進行關聯及比較。建議未來可規劃在具備量測車載重量及偵測交通量的場域(比如地磅站前後路段)，以簡化道路環境及車種等影響因素，就所劃設標線進行實驗室加速磨耗及現地抗滑與反光功能性的監測，以嘗試就兩者試驗數據進行關聯性分析或轉換。

三、 關於道路主管機關所關心標線何時需重繪議題，依本計畫實驗室加速試驗結果，可發現若標線尚未被完全磨耗，均可維持一定的抗滑能力。建議可由標線外觀判斷是否需重繪，只要標線磨耗情況不致影響用路人辨識或行車指引功能，則尚不需要重繪。

四、 道路主管機關如要評估標線之抗滑能力，建議可參考本計畫所進行之實驗室加速試驗標準作業程序，便可快速瞭解該標線材質在控制環境下之抗滑能力衰退情形，或可納入採購規範做為標線工程驗收之參據。

五、 由相關文獻可知，車輛打滑及發生事故並非由單一影響因素所決定。然而在國內交通事故資料調查部分，因現況不易取得完整且客觀記錄滑倒車輛當時相關確實資訊(如胎紋、車輛狀態、煞車種類及方式、駕駛方式等)，若僅從以標線抗滑功能來探討其與行車安全之間的關聯性，實屬不可能。故建議道路主管機關除善盡養護職責，確保標線抗滑能力符合規範以提供良好行車環境外，宜定期對於用路人宣導安全駕駛的觀念，包括在雨天行車時，路面會因積水使得鋪面及標線產生水膜，而使其抗滑能力降低，行車易發生車輛打滑或失控。用路人需從定期保養車輛、車胎維持一定深度胎紋、降低雨天行車之車速及正確操控車輛，來維護行車安全。

參考文獻

1. 交通部，交通工程規範，2015 年，臺北市，中華民國。
2. 交通部、內政部，道路交通標誌標線號誌設置規則，2016 年，臺北市, 中華民國。
3. 張新立、吳宗修、邱裕鈞、吳昆峰、謝志偉、林宜頡、陳聖尹、張凱喬、葉志逸、黃律雅、柯嘉彥、張開國、洪憲忠、賴靜慧，*道路交通安全改善方案之發展與評估方法之研究*，交通部運輸研究所，2016 年 。
4. McGhee, K.K. *Influence of Roadway Surface Discontinuities on Safety*. State of the Art Report. Sponsored by the Surface Properties–Vehicle Interaction Committee Transportation Research Board, Washington, DC. K.K. McGhee, Transportation Research Board. 2009.
5. Florida Department of Transportation, FM 5-622: Florida Test Method for Green-Colored Pavement Markings Materials, 2020, Gainesville, Florida, United States.
6. 中華民國國家標準 CNS 15834，道路標線使用性能，經濟部標準檢驗局，臺北市，中華民國，2015 年。
7. 蔡鎮鴻，「成型標線佈設準則與使用效果之研究」，碩士論文，逢甲大學 運輸科技與管理學系，臺中市，2015 年。Available: https://hdl.handle.net/11296/gpz287.
8. 交通部高速公路局，交通工程手冊，2020 年，臺北市, 中華民國。
9. 蔡全義、許阿明，「國內外熱拌塑膠反光標線規範之比較分析」，臺灣公路工程，第 34 卷，第 12 期，2008 年，頁 2-33。
10. 蔡全義，「國內外熱拌塑膠反光標線之發展與現況探討」，碩士論文，國立屏東科技大學 土木工程系所，中華民國，屏東縣，2009 年。Available: https://hdl.handle.net/11296/tv598u.
11. Washington State Department of Transportation, WSDOT Design Manual M 22-01.14 Chapter 1030 Delineation, 2017, Washington, United States.
12. Carnaby, B. *State of the nation: pavement marking specifications and performance in Australia*. in *NZRF/RIAA Roadmarking Conference, 2007, Bay of Islands, New Zealand*. 2007.
13. New Zealand Transport Agency, NZTA M7-2017 Pilot specification for approved roadmarking products, 2017, New Zealand.
14. New Zealand Transport Agency, NZTA M7 Notes For The Pilot specification for approved roadmarking products, 2017, New Zealand.
15. Texas Department of Transportation, Pavement Marking Handbook, 2004, Texas, United States.
16. January 2021 FDOT Standard Specifications for Road and Bridge Construction, SECTION 971 PAVEMENT MARKING MATERIALS,Florida Department of Transportation, Tallahassee, Florida, United States, 2020.
17. Bahar, G., et al. *Pavement marking materials and markers: Real-world relationship between retroreflectivity and safety over time*. 2006.
18. 新北市交通局，新北市標線工程施工說明，2020 年，新北市，中華民國。
19. Mohamed, M., et al., "Laboratory-Based Evaluation of Pavement Marking Characteristics" Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements, Vol. 146, No. 2, 2020, pp. 04020016.
20. 丘宜謙，「市區道路標線抗滑性能之研究」，碩士論文，國立臺灣大學 土木工程學研究所，臺北市，2006 年。Available: https://hdl.handle.net/11296/9fk49z.
21. Siyahi, A., A. Kavussi, and B.A. MIRZA, "Enhancing Skid Resistance

of Two-Component Road Marking Paint using Mineral and Recycled Materials" Vol., No., 2015.
22. 行政院公共工程委員會，施工綱要規範 第 02898 章 標線，2020 年，臺北市，中華民國。
23. 臺大嚴慶齡工業研究中心，*熱處理聚酯標線於不同使用環境下抗滑能力與反光強度標準之研究*，交通部公路總局材料試驗所，2017 年 。
24. Babić, D., et al., "Road Markings and Their Impact on Driver Behaviour and Road Safety: A Systematic Review of Current Findings" Journal of Advanced Transportation, Vol. 2020, No., 2020, pp. 7843743.
25. Zhang, Y., et al. *Development of field performance evaluation tools and program for pavement marking materials: technical report*. Texas Transportation Institute. 2011.
26. Hawkins, N.R., et al. *Evaluating All-Weather Pavement Markings in Illinois: Volume 1*. Illinois Center for Transportation/Illinois Department of Transportation. 2015.
27. Onyango, M.A., et al. *Verification of pavement marking degradation models using eastern tennessee pavement marking retroreflectivity data*. in *Proceedings of the 2nd Pan African International Conference on Science, Computing and Telecommunications (PACT 2014)*. 2014. IEEE.
28. 交通部統計處，「主要國家交通統計比較」， Available from: https://www.motc.gov.tw/ch/home.jsp?id=60&parentpath=0,6，2020 年。
29. 交通部統計查詢網，「機動車輛登記數」， Available from: https://stat.motc.gov.tw/mocdb/stmain.jsp?sys=100&funid=a3301&fbclid=IwAR0Lei4D9VhDV1BvWSCEgaCqLMxPJeL5-qifTs506sC0BxLU8mAw5ZSsLx0，2020 年。
30. 內政部營建署道路工程組，內政部營建署要求「道路標線」抗滑性能- 請六都優先納入提升道路品質計畫改善， Available from: https://reurl.cc/q8ry2E，2019 年。
31. 江婉儀、施鴻基、魏翊庭、魏莨伊，道路標線 新北提升防滑係數 ， Available from: https://udn.com/news/story/7323/4294666，2020。
32. 李姿慧，防機車騎士犁田！標線防滑係數提升　林佳龍：六都擴大試辦 ， Available from: https://tw.appledaily.com/life/20200521/2IHQ3NXTBYSWY4LZGCSONBQFR4/，2020。
33. 臺中市政府建設局道路養護科，中市路平提升標線抗滑係數 機車自摔案數逐年降低， Available from: https://www.taichung.gov.tw/997611/post，2017 年。
34. 臺北市交通管制工程處，提升機車行車安全，臺北市道路標線改採抗滑係數 65BPN， Available from: https://www.bote.gov.taipei/News_Content.aspx?n=512804BC5B3D57B0&sms=72544237BBE4C5F6&s=036FE1E53902C5AF，2018 年。
35. 內政部警政署，「各縣市機車自摔之歷年事故數及比例統計」，2019 年。
36. Tipler, P.A. and G. Mosca, *Physics for Scientists and Engineers, Volume 1: Mechanics, Oscillations and Waves; Thermodynamics*. Vol. 1. 2003, New York, United States: W. H. Freeman.
37. Kummer, H. *Unified theory of rubber and tire friction*. [Engineering Research Bulletin B-94]. Pennsylvania State University, College of Engineering. 1966.
38. Glennon, J.C. Roadway hydroplaning-the trouble with highway cross slope. Available from: https://reurl.cc/5q47KV. 2006.
39. Al-Ahad Ekram, P. and S. Kane. Hydroplaning Crash Study and Mitigation Strategies Phase II Technical Memorandum. Available from:

https://floridasturnpike.com/business-opportunities/design/design-reference-documents/. 2018.
40. Al-Ahad Ekram, P. Hydroplaning Crash Study and Mitigation Strategies Phase I Technical Memorandum. Available from: https://floridasturnpike.com/business-opportunities/design/design-reference-documents/. 2018.
41. 王愛禎，「市區道路佈設反光路面標記成效之探討」，碩士論文，國立中央大學 土木工程研究所，桃園縣，2006年。Available: https://hdl.handle.net/11296/xj2fje.
42. 許原誌，「影響輪胎與路面間摩擦係數因素分析」，碩士論文，南臺科技大學 機械工程系，臺南市，2014年。Available: https://hdl.handle.net/11296/cnd2zp.
43. Yan, B., et al., "Experimental Study on Wet Skid Resistance of Asphalt Pavements in Icy Conditions" Materials, Vol. 12, No. 8, 2019, pp. 1201.
44. Kuttesch, J.S., "Quantifying the relationship between skid resistance and wet weather accidents for Virginia data", Virginia Tech, 2004. Available:
45. Pardillo Mayora, J.M. and R. Jurado Piña, "An assessment of the skid resistance effect on traffic safety under wet-pavement conditions" Accident Analysis & Prevention, Vol. 41, No. 4, 2009, pp. 881-886.
46. Chou, C.-P., et al., "Using a constructive pavement texture index for skid resistance screening" International Journal of Pavement Research and Technology, Vol. 10, No. 4, 2017, pp. 360-368.
47. Crisman, B. and R. Roberti, "Tire Wet-Pavement Traction Management for Safer Roads" Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 53, No., 2012, pp. 1054-1067.
48. Najafi, S., G.W. Flintsch, and A. Medina, "Linking roadway crashes and tire–pavement friction: a case study" International Journal of Pavement Engineering, Vol. 18, No. 2, 2017, pp. 119-127.
49. Piyatrapoomi, N., et al. *Identifying Relationship between Skid Resistance and Road Crashes using Probability-based Approach*. in *Proceedings*. 2008.
50. 江東旭，「熱處理聚酯標線添加料對抗滑性能影響性研究」，碩士論文，國立臺灣大學 土木工程學研究所，臺北市，2017年。Available: https://hdl.handle.net/11296/bq8ukd.
51. 彭學震，「路面防滑與機車安全之關連性研究」，碩士論文，逢甲大學 運輸科技與管理學系，臺中市，2016年。Available: https://hdl.handle.net/11296/tqzdsb.
52. 洪家程，「熱熔型道路標線磨耗與安全性之研究」，碩士論文，國立高雄應用科技大學 模具系碩士在職專班，高雄市，2018年。Available: https://hdl.handle.net/11296/8aqf2e.
53. 邱瑞昌、朱建東、何鴻文、黃三哲，「熱處理聚酯標線反光強度之研究」，臺灣公路工程，第43卷，第12期，2017年，頁2-27。
54. Federal Highway Administration, Manual on uniform traffic control devices, 2009, Washington, D.C., United States.
55. Anderson, D. and J. Henry, "Wet-pavement friction of pavement-marking materials" Transportation research record, Vol., No. 777, 1980, pp. 58-62.
56. Anderson, D.A., J.J. Henry, and G.F. Hayhoe, "Prediction and Significance of Wet Skid Resistance of Pavement Marking Materials" Transportation Research Record, Vol., No. 893, 1982, pp. 27-32.
57. Harlow, A., *Skid resistance and pavement marking materials*, in *International Surface Friction Conference: roads and runways: improving safety through assessment and design*. 2005, Transit New Zealand, TNZ: Christchurch, New Zealand. p. 11.
58. Rodin III, H., S. Nassiri, and M. Yekkalar. *Evaluation of Motorcyclists' and Bikers' Safety on Wet Pavement Markings*. PacTrans, Pacific

Northwest Transportation Consortium, University Transportation Center for Region 10, University of Washington More Hall 112 Seattle, WA 98195-2700. 2018.
59. 路材協技術委員会，*横断歩道のすべり抵抗向上のための一試験*，路面標示材協会，路面標示材協会，2006年 。
60. Road Research Laboratory, *Road note 27: Instructions for using the portable skid-resistance tester. 2nd edition*. 1969, Crowthorne, Bracknell, United Kingdom: H.M. Stationery Office.
61. ASTM E303-93(2003), Standard test method for measuring surface frictional properties using the British pendulum tester,International, A., West Conshohocken, PA, United States, 2003.
62. BS EN 1436:2007, Road marking materials. Road marking performance for road users,European Committee for Standardization, 2007.
63. 交通部公路總局，施工規範 02898 章 標線，2020年，臺北市，中華民國。
64. 交通部高速公路局，施工技術規範 02898 章 標線，2018年，臺北市，中華民國。
65. 營建署道路工程組，道路工程（含共同性工程）施工規範 02898 章 標線，2012年，臺北市，中華民國。
66. 臺北市交通管制工程處，臺北市交通管制工程處標線工程特定規範，2019年，臺北市，中華民國。
67. 臺北市交通管制工程處，臺北市交通管制工程處彩色鋪面工程特定規範，2020年，臺北市，中華民國。
68. 臺北市政府工務局，施工規範 第 02989 章 標線，2015年，臺北市，中華民國。
69. 桃園市政府工務局，施工規範 第 02898 章 標線，2017年，桃園市，中華民國。
70. 臺中市政府交通局，臺中市政府交通局標線工程特定規範，2017年，臺中市，中華民國。
71. 臺中市政府工務局，施工規範 第 02989 章 標線，2020年，臺中市，中華民國。
72. 臺南市政府工務局，施工規範 第 02989 章 標線，2020年，臺南市，中華民國。
73. 高雄市政府工務局，施工規範 第 02989 章 標線，2018年，高雄市，中華民國。
74. Wallman, C.-G. and H. Åström, *Friction measurement methods and the correlation between road friction and traffic safety: A literature review*. 2001: Statens väg-och transportforskningsinstitut.
75. BS EN 1436:2007+A1:2018, Road marking materials. Road marking performance for road users and test method,European Committee for Standardization, 2018.
76. Trafikverket, TBT Vägmarkering, rev 1, 2010, Borlänge, Sverige.
77. 路面標示材協会，路面標示用塗料「Ｑ＆Ａ」集について，Available from: http://www.rozaikyo.com/12-fqa/fqaindex-ku.html，2019 年。
78. 高速道路総合技術研究所(NEXCO 總研), 株., *レーンマーク施工管理要領*. 2017, 株式会社 高速道路総合技術研究所(NEXCO 總研): 日本，東京.
79. 路材協技術委員会，*レーンマーク施工管理要領について*，路面標示材協会，路面標示材協会，2020年 。
80. Transit New Zealand, TNZ M/20 Long-life roadmarking materials, 2003, New Zealand.
81. New Zealand Transport Agency, NZTA M07 Roadmarking paints, 2009, New Zealand.
82. Transit New Zealand, TNZ P/12 Pavement marking, 2000, New Zealand.

83. Transit New Zealand, TNZ P/22 Reflectorised pavement marking, 2006, New Zealand.
84. New Zealand Transport Agency, NZTA P30 High performance roadmarking, 2009, New Zealand.
85. SS 589 : 2013, Specification for hot-applied thermoplastic road marking materials – Materials, performance and application,Singapore Standards Council, Singapore, 2013.
86. 2020 Standard Specifications for Construction and Materials, SECTION 951 PAVEMENT MARKING MATERIALS,Maryland Department of Transportation, Maryland, United States, 2020.
87. 2020 INDOT Standard Specifications, SECTION 808 – PAVEMENT TRAFFIC MARKINGS,Indiana Department of Transportation, Indiana, United States, 2020.
88. Heitzman, M. and J. Moore, "Evaluation of laboratory friction performance of aggregates for high friction surface treatments" National Center for Asphalt Technology, Auburn University, Auburn, Alabama. NCAT Report, Vol., No., 2017, pp. 17-01.
89. BS 7976-2:2002+A1:2013, Pendulum testers Part 2: Method of operation.,British Standards Institution, 2013.
90. Lu, Q. and B. Steven. *Friction Testing of Pavement Preservation Treatments: Literature Review.* . [No. UCPRC-TM-2006-10]. D. Spinner, UC Davis: University of California Pavement Research Center. 2006.
91. Steven, B. *Friction Testing of Pavement Preservation Treatments: Temperature Corrections and Operator/Machine Variability*. [UCPRC-TM-2008-05]. D. Spinner, UC Davis: University of California Pavement Research Center. 2009.
92. Board, T.R., E. National Academies of Sciences, and Medicine, *Guide for Pavement Friction*. 2009, Washington, DC: The National Academies Press. 0.
93. Wu, Z. and C. Abadie, "Laboratory and field evaluation of asphalt pavement surface friction resistance" Frontiers of Structural and Civil Engineering, Vol. 12, No. 3, 2018, pp. 372-381.
94. Pérez-Acebo, H., et al., "A skid resistance prediction model for an entire road network" Construction and Building Materials, Vol. 262, No., 2020, pp. 120041.
95. Owusu-Ababio, S., "Modeling skid resistance for flexible pavements: a comparison between regression and neural network models" Transportation research record, Vol., No. 1501, 1995.
96. Thomas, B., "Use of artificial neural networks for predicting skid resistance of hot mix asphalt concrete (HMAC) pavements", Texas Tech University, 2001. Available:
97. 陳威東，「交通量與氣候影響國道抗滑值與交維方案之研究」，碩士論文，國立中央大學 土木工程學系，桃園市，2014年。 Available: http://ir.lib.ncu.edu.tw:88/thesis/view_etd.asp?URN=102322049.
98. Lundkvist, S.-O. and U. Isacsson, "Prediction of road marking performance" Journal of transportation engineering, Vol. 133, No. 6, 2007, pp. 341-346.
99. Scalici, S.P., et al. *Red Bus Lane Treatment Evaluation*. in *T&DI Congress 2014*. 2014. Orlando, Florida, United States: Transportation and Development Institute of ASCE.
100. Do, M.-T., et al., "Pavement polishing—Development of a dedicated laboratory test and its correlation with road results" Wear, Vol. 263, No. 1, 2007, pp. 36-42.
101. Chen, X.-h., et al., "Polishing of Asphalt Pavements: From Macro- to

Micro-Scale" Journal of Testing and Evaluation, Vol. 44, No., 2016, pp. 20150271.
102. Dašková, J., P. Nekulova, and L. Nekula, *Implementation of EN 12697-49 standard into practice*. 2016.
103. Wu, Z. and B. King. *Development of surface friction guidelines for LADOTD*. Louisiana Transportation Research Center. 2012.
104. McDaniel, R.S., A. Shah, and K.J. Kowalski, "Development of a Friction Performance Test for Compacted Asphalt Mixtures" Vol., No., 2018.
105. Shi, J., et al., "Comparative Study on the Early Stage of Skid Resistance Development between Polyurethane-Bound Porous Mixture and Asphalt Mixture" Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 32, No. 7, 2020, pp. 04020164.
106. Rado, Z. and M. Kane, "An initial attempt to develop an empirical relation between texture and pavement friction using the HHT approach" Wear, Vol. 309, No. 1-2, 2014, pp. 233-246.
107. Masad, E., et al. *Predicting asphalt mixture skid resistance based on aggregate characteristics*. Texas. Dept. of Transportation. Research and Technology Implementation Office. 2008.
108. Kowalski, K.J., R.S. McDaniel, and J. Olek, "Identification of laboratory technique to optimize Superpave HMA surface friction characteristics" Vol., No., 2010.
109. Hofko, B., et al., "A laboratory procedure for predicting skid and polishing resistance of road surfaces" International Journal of Pavement Engineering, Vol. 20, No. 4, 2019, pp. 439-447.
110. Kane, M., M.T. Do, and J.M. Piau, "On the study of polishing of road surface under traffic load" Journal of transportation engineering, Vol. 136, No. 1, 2010, pp. 45-51.
111. Wang, D., et al. *Optimization of long-term skid resistance on asphalt concrete pavement*. in *2011 International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering*. 2011. IEEE.
112. Wang, D., et al., "Study of micro-texture and skid resistance change of granite slabs during the polishing with the Aachen Polishing Machine" Wear, Vol. 318, No. 1-2, 2014, pp. 1-11.
113. Wang, D., et al. *Wear behavior analysis and study on skid resistance on SMA pavement*. in *2011 International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering*. 2011. IEEE.
114. McDaniel, R.S. and B.J. Coree, "Identification of laboratory techniques to optimize superpave HMA surface friction characteristics" Vol., No., 2003.
115. Vollor, T.W. and D.I. Hanson, "Development of Laboratory Procedure for Measuring Friction of HMA Mixtures–Phase I" Final Report of NCAT, Vol., No. 06-06, 2006.
116. Mohamed, M., et al., "Deterioration Characteristics of Waterborne Pavement Markings Subjected to Different Operating Conditions" Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements, Vol. 145, No. 2, 2019, pp. 04019003.
117. Maryland Department of Transportation, Maryland Standard Method of Tests MSMT 215: Laboratory Method of Polishing Aggregates using the Circular Track Polishing Machine, 2012, Maryland, United States.
118. 梁憲豪，「初步探討廠拌密級配瀝青混凝土鋪面抗滑能力與水膜厚度之研究」，碩士論文，國立高雄應用科技大學 土木工程與防災科技研究所，高雄市，2018年。Available: https://hdl.handle.net/11296/r9rzvv.
119. Donnell, E.T., et al., "Exploratory analysis of accelerated wear testing to evaluate performance of pavement markings" Transportation research

record, Vol. 2107, No. 1, 2009, pp. 76-84.
120. Carry, W., et al. *Red Bus Lane Treatment Evaluation*. in *Institute of Transportation Engineers Annual Meeting and Exhibit, California*. 2012.
121. IBM. IBM SPSS Modeler V18.2.1 Document. Available from: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SS3RA7_18.2.1/modeler.kc.doc/clementine/knowledge_center/product_landing.html. 2019.
122. 維基百科，廣義線性模型，Available from: https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%BB%A3%E7%BE%A9%E7%B7%9A%E6%80%A7%E6%A8%A1%E5%9E%8B，2020 年。
123. 王超辰，廣義線性迴歸入門，Available from: https://wangcc.me/LSHTMlearningnote/intro-GLM.html，2020 年。
124. 呂景羣，「應用影像辨識技術於橋梁裂縫之研究」，碩士論文，國立中央大學 營建管理研究所，中華民國，桃園市，2014 年。Available: http://ir.lib.ncu.edu.tw:88/thesis/view_etd.asp?URN=101325008.
125. 蘇志軻，「社會弱勢族群住宅租金補貼審核標準之研究」，碩士論文，國立中央大學 營建管理研究所，中華民國，桃園市，2016 年。Available: http://ir.lib.ncu.edu.tw:88/thesis/view_etd.asp?URN=103325003.
126. 廖述賢、溫志皓, *資料探勘：人工智慧與機器學習發展以 SPSS Modeler 為範例*. 2019, 博碩文化股份有限公司.
127. 鄺世銘，「以卷積神經網路預測以 Valence & Arousal 二維情緒座標表示之音樂情緒」，碩士論文，輔仁大學 資訊工程學系碩士班，新北市，2019 年。Available: https://hdl.handle.net/11296/y9a7t9.
128. Cortes, C. and V. Vapnik, "Support-vector networks" Machine learning, Vol. 20, No. 3, 1995, pp. 273-297.
129. Alaíz, C.M. and J.A. Suykens, "Modified Frank–Wolfe algorithm for enhanced sparsity in support vector machine classifiers" Neurocomputing, Vol. 320, No., 2018, pp. 47-59.
130. 蔡爾逸，「應用支撐向量機(SVM)於都市不動產價格預測之研究」，碩士論文，國立中央大學 營建管理研究所，桃園縣，2012 年。Available: https://hdl.handle.net/11296/58hzhv.
131. 李忠祐，「運用數位影像法及羅吉斯迴歸探討鹼-骨材反應引致之裂縫行為」，碩士論文，國立中央大學 土木工程學系，中華民國，桃園市，2020 年。Available: http://ir.lib.ncu.edu.tw:88/thesis/view_etd.asp?URN=105322090.
132. 曾政興，「企業財務預警模型 – 以羅吉斯迴歸分析」，碩士論文，淡江大學 企業管理學系碩士在職專班，新北市，2018 年。Available: https://hdl.handle.net/11296/nsjzuv.
133. Agrawal, R. and R. Srikant. *Fast algorithms for mining association rules*. in *Proc. 20th int. conf. very large data bases, VLDB*. 1994.
134. 吳宗瑋，「運用關聯法則探討預鑄構件生產派工之研究」，碩士論文，國立中央大學 營建管理研究所，2017 年。Available: http://ir.lib.ncu.edu.tw:88/thesis/view_etd.asp?URN=104325004.
135. Lin, W.Y., et al., "Study on Temperature Related Factors of Asphalt Pavement Based on APRIORI" IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 758, No., 2020, pp. 012030.

附錄一　研商試驗相關事宜會議紀錄

一、時間：109 年 3 月 20 日　下午 2 時 30 分

二、地點：交通部運輸研究所 10 樓會議室

三、主席：張組長開國　　紀錄：鄭鈞耀

四、出席單位：交通部運輸研究所、交通部公路總局、交通部公路總局材料試驗所、臺北市政府交通局交通管制工程處、新北市政府交通局、臺中市政府交通局、國立臺灣大學陳博士艾懃、國立成功大學楊教授士賢、國立高雄科技大學

五、主辦單位報告：(略)

六、綜合討論：

1. 主席：請各實務單位針對現地抗滑標線劃設現況，及未來配合研究團隊檢測之選點提出意見。
2. 新北市政府交通局：

(1) 本局就目前標線檢測業務現況進行下列幾點報告：

i. 標線檢測已實行約一年多，由局內同仁使用英式擺錘進行現地檢測。

ii. 檢測標的物包含：機車左轉專用道、標線型人行道、部分匯流段之紅色彩鋪、機車常使用之橋樑及地下道、機慢車專用道及通學巷(綠色彩鋪行穿線)。

iii. 主要針對民眾陳情案件較多之大範圍彩鋪進行檢測。

iv. 經局內同仁初步歸納檢測結果，發現施工一年後，冷塑標線抗滑係數較 I 型及 II 型標線佳，皆能維持在 55BPN 以上。

v. II 型標線一年後約可維持在 50BPN 左右，I 型標線則只能維持在 40-45BPN 左右。

vi. 彩鋪在斜坡、機車使用量大等區域，抗滑係數衰退程度較快。

3. 主席：針對研究團隊簡報中所提出之現地檢測地點需求，貴局是否可以協助提供？
4. 新北市政府交通局：

(1) 幾乎每週都有進行通學巷(綠色彩鋪行穿線)之冷塑標線鋪設作業。

機車左轉專用道目前雖較少推行，然而標線型人行道仍有持續推動，亦可配合提供相關地點予研究團隊進行檢測。

5. 蘇教授育民：

(1) 貴局在 4、5 月期間是否有預計鋪設之標線路段，鋪設時是否能通知研究團隊帶瀝青試體至現場進行鋪設？

(2) 貴局未來預計鋪設標線之路段，是否有架設 VD 偵測器？

6. 新北市政府交通局：

(1) 廠商施工時，可通知研究團隊帶試體至現場進行鋪設。

(2) VD 偵測器部分需要再調資料，才能知道哪些路段有架設。

7. 本所運安組：

(1) 是否有建議的路段或標線材質，希望可以優先進行現地試驗，請研究團隊納入參考？

(2) 因冷塑標線目前缺乏一般規範，且涉及不同廠商及產品的材質，故關於冷塑標線之取樣問題，尚需後續討論。

8. 新北市政府交通局：

(1) 就材料方面，希望針對 II 型標線(彩鋪)及較新型的冷塑標線進行檢測。

(2) 就地點及路段方面，希望針對機車流量大(例如：機車左轉專用道)、通學巷(綠色彩鋪行穿線)、匯流段之紅色彩鋪及自行車道。

(3) 材料部分之採樣皆可配合，目前廠商所提供之材料，皆有符合抗滑係數達 65BPN 以上之規範。

(4) 冷塑標線鋪設完成後可達 70BPN，衰退後亦可達 55BPN 以上，然而價格較高，約為一般標線之 3.5 倍左右。

9. 臺北市交通局交通管制工程處：

(1) 本局就目前標線檢測業務現況進行下列幾點報告：

i. 臺北市之標線目前已全面改為 65BPN，且經追蹤檢測後，兩週內皆可維持 65BPN 以上，然約 4、5 個月過後會衰退至 50BPN 左右，隨後 BPN 值又會上升。

ii. 上述檢測標的物包含：公車停靠區、行穿線、網狀線、停止線、分隔島邊線及機車停等區等地點之標線進行檢測。

iii. 本市無針對行穿線鋪設彩鋪，目前彩鋪多使用於標線型人行道。

iv. 過去標線型人行道之彩鋪使用骨材進行繪設，要求抗滑係數為 65BPN 以上。然今年繪設彩鋪之廠商改採冷塑標線進行繪設，故就冷塑材料之彩鋪部分，無過去數據可提供給團隊。

v. 若研究團隊需要，仍可提供材料之採樣。

(2) 研究團隊所提出之 4、5 月預計劃設之地點，及已劃設一年至一年半等地點之需求，皆可配合辦理。

10. 蘇教授育民：由於現地試驗部分，研究團隊將委外由 TAF 實驗室進行檢測，然經詢問各家廠商後，普遍反映會有交維之問題。請各單位提供建議作法或協助，使研究團隊或廠商於實施現地檢測時(研究團隊或廠商會實施交維)，可符合規範。

11. 臺北市交通局交通管制工程處：本處可以提供公文，廠商於實施檢測時可知會警察分局。

12. 臺中市政府交通局：

(1) 本局就目前標線檢測業務現況進行下列幾點報告：

i. 107 年後皆改為 65BPN 之標線，分為 II 型及骨材標線(沒有加玻璃珠)，主要為 II 型標線居多。

ii. 因主要以熱塑標線居多，故較無法針對冷塑標線提供數據。

(2) 針對需要配合之項目，目前臺中市 VD 大多設於幹道，已請同仁確認幹道於 4、5 月是否有劃設標線之規劃，若有相關規劃會提供給貴所及研究團隊。

(3) 本局去年已有開始針對部分點位進行追蹤檢測，可提供過去檢測之點位資料，然而經確認後這些點位皆無 VD 資料。

(4) 交維部分，若要求廠商配合研究團隊至非目前施工點位實施檢測時進行交維會有困難，但是可提供公文予研究團隊做為交維依據。

(5) 本局可以配合 65BPN 之標線材料採樣，提供研究團隊進行實驗室加速試驗。

(6) 針對 45BPN 之標線，由於已無新劃設之標線，故無法配合進行現地測試，但是可以提供材料做為實驗室加速試驗之採樣。

13. 蘇教授育民：由於臺中市已無新劃設之 45BPN 標線，請教新北市及臺北市是否還有新劃設之 45BPN 標線？

14. 臺北市交通局交通管制工程處：臺北市之標線目前已全面改為

65BPN，故無新劃設之 45BPN 標線。

15. 新北市政府交通局：新北市尚有部分地區有新劃設之45BPN標線。

16. 陳博士艾懃：由於三都皆提到過去有定期自行追蹤檢測，建請各單位可提供已檢測過的資料給研究團隊進行分析。研究團隊未來在現地試驗之選點考量上，點位可不必完全與三都已檢測過的點位重疊，以節省人力並擴充樣本資料量。

17. 新北市政府交通局：因目前本局現有資料皆為同仁自行進行檢測，不確定數據之準確性，亦不清楚是否會與實驗室檢測之結果有所差異。

18. 本所運安組：基於上述考量，後續可以討論未來選點如何分配，例如有些點位可以與先前各單位所檢測之點位重疊，有些則不必重疊。

19. 新北市政府交通局：資料之提供皆沒有問題，本局於去年已陸續完成新北市內 40 多處機車左轉道之檢測，未來也會持續追蹤。若本研究案可以對本局之檢測資料準確性進行驗證，當然樂觀其成。

20. 公路總局：

(1) 去年才開始推動 65BPN 標線，故可以提供的路線及路段資料較少，但皆有資料可提供。

(2) 針對研究團隊所提出之需求，本局綜整各工程處之幾點意見如下：

i. 關於簡報第 20 頁規劃之檢測位置，外側之紅、黃標線右側位於道路邊線以外，依規定不得行駛，故建議挑選 1-2 處即可，將檢測能量移至其他點位。

ii. 關於實驗室標線材料樣本取樣，由於牽涉到合約甲乙雙方合作的問題，為了使此工作項目單純化，建議研究單位可以直接洽詢施工廠商購買，請廠商協助提供相關材料。

(3) 目前公路總局所施作的標線共有 50BPN(即為一般認知的 45BPN)及 65BPN 等兩種，故現地僅能測得這兩類數據。

(4) 在現地試驗點位之選擇上，建議找六都車流密集處進行檢測。

(5) 辦理 500 次交維有難度，建議檢測次數是否能夠分散。

21. 蘇教授育民：

(1) 各路段是否有交通量之資料可提供參考？

(2) 過去是否有實施過抗滑係數監測，能否提供相關數據參考？

22. 公路總局：

(1) 交通量資料每年七月會進行一次省道交通調查，雖非即時路況，但有其參考價值。

(2) 過去有交通量資料之監測路段僅有一筆。

23. 本所運安組：有關取得標線原料的問題，除了請廠商協助提供標線樣本外，標線原料建議由研究團隊直接向廠商洽購。

24. 蘇教授育民：關於材料取樣部分，當初的研究考量是希望能在廠商實施鋪設作業時，以相同的情境在研究團隊的試體上鋪設，以取得跟現場狀況一致之樣本。如果無法取得上述樣本，亦可由研究團隊向廠商聯絡並進行採購，取得原料相同的標線材料進行試驗。

25. 主席：材料取樣部分，在確定試驗點位後，是否由主管機關了解該點位預計劃設之時間，通知研究團隊到場取樣？

26. 公路總局：取樣部分，鋪設時可提供兩個工程處的聯絡窗口給研究團隊進行連絡。

27. 公路總局材料試驗所：

(1) 大部分路段之標線以 50BPN 為主，而市區道路在光線充足情況下，才考慮採用 65BPN。

(2) 交維問題須特別留意人員安全。

28. 蘇教授育民：委外時會特別留意，並招標時會提醒廠商需租用警示車，並須符合施工區安全規範，留意人員安全。

29. 本所運安組：

(1) 交維問題在規劃檢測點位時，可考量於一條道路檢測數個點位，以降低交維所需經費。

(2) 建請材料試驗所提供過去研究案的選點原則，供研究團隊參考。

30. 公路總局材料試驗所：

(1) 與臺大合作的研究案中，係由研究團隊進行選點的規劃，本所並無意見。

(2) 依本所過去作法，會選一路段密集的做檢測，以固定的期間、取多個固定點位進行評估，並取平均值做為代表，然而如何取得有代表性的數據，尚須研究團隊評估。

(3) 過去的研究標的為 45BPN 之標線，廠商為了達到標準，完工初期

皆會達到 65BPN 以上，即使過了一年都還是有合格，然而反光性會變差。

31. 陳博士艾懃：

(1) 交維問題一定要留意，故在選點時應考量交維難易程度，且優先考量視距優良、交通單純處。

(2) 選點時，建議可以考量交通尖離峰差異較大處，並選擇離峰時間進行檢測。

(3) 建議以新鋪路段優先選點，且在本計畫結束前，應避免有計畫性的刨鋪或臨時開挖路面等，而影響標線檢測連續性情事。

(4) 在樣本代表性部分，需在檢測多種類型的路段但各路段的樣本數較少，或相同類型之路段多做幾次檢測這兩種考量之間進行取捨。

(5) 除了考量標線類型外，廠商的施工機具(劃設車的寬度)、料源、標線顏色、施工條件等，均會影響檢測結果，建議在決定500次的檢測樣本如何分配時，考量上述因素。

(6) 檢測頻率部分，因鋪設過後兩週道路主管機關皆會進行驗收，故建議研究團隊可以不必重複檢測，驗收過後建議可以改為 2 個月測一次，以增加檢測的對象或範圍。

(7) 標線未來應走向成效規範，本研究可以做為未來成效規範之基礎。

32. 蘇教授育民：

(1) 針對檢測點的廣度及深度問題，未來在取得各單位提供之點位資料後，會與運研所進一步討論及考量。

(2) 廠商料源、施工機具、施工條件等考量條件，研究團隊亦會了解相關情況。

(3) 成效規範部分，本研究目前的研究標的著重於標線的防滑性質，然而標線尚有反光等其他特性需要考慮，故本研究目前僅就防滑特性進行完整的研究，並希望可以做為未來標線走向成效契約規範之基礎。

33. 本所運安組：

(1) 綜整各單位標線鋪設現況，常見之材質主要為 II 型、骨材(彩鋪)、冷塑，而冷塑使用量較少，故建議檢測點位之選取可採 2:2:1 或 3:3:1 方式進行

(2) 陳博士所提及選點取捨之考量及檢測頻率問題，希望後續再與各主管機關討論如何進行。

34. 楊教授士賢：

(1) 本案可提供政策基礎，了解標線的衰退程度及影響因素。

(2) 建議可以在實驗室針對各種材料進行試驗，使實驗室的變因較多樣化，以了解影響抗滑係數的變因。

(3) 建議可以集中現地試驗點進行檢測，並降低現地試驗點的差異性，以減少現地不可控制之變因所造成的影響。

(4) 在增加實驗室變因並降低現地不可控之因素的情況下，實驗室所建立之模型，較有機會與現地試驗所採取到的數據進行連結。

35. 蘇教授育民：

(1) 針對現地檢測點的廣度及深度問題，由於考量有限的時間與資源，未來在取得各單位提供之點位資料後，會與運研所進一步討論材質、地點等考量。

(2) 現地試驗與實驗室試驗數據關聯性之建立，目前尚有難度。

(3) 目前團隊會將實驗室的設備盡可能完備，並控制其穩定性。

36. 本所運安組：

(1) 本案為了解 65BPN 之衰退速度，並探討擴大採用 65BPN 之政策是否符合效益。

(2) 本案當初考量之情境，希望以現地試驗為主，以了解現地標線的防滑性能衰退情形。

(3) 現地檢測點之選點可集中，使現地狀況的變化因素降低，然本案尚難做到現地試驗與實驗室模型之間的連結及轉換。

(4) 實驗室試驗的部分，綜整目前各主管機關常用之材質後，考量的標的包含：I 型(45BPN)、II 型、骨材(彩鋪)及冷塑標線，希望各主管機關能針對有興趣進行實驗室檢測的材質提出建議，供研究團隊進行考量。

(5) 成型標線因各單位較少使用，在本案中暫不考慮。

37. 主席：

(1) 將實驗室及現地之試驗結果進行連結以現況而言尚有難度，故在本案中並未特別要求。實驗室的試驗主要目的，在於了解不同標

線材的材料特性及衰退程度。

(2) 現地試驗建議將試驗點集中於路面磨耗嚴重、交通量密集處進行試驗。

38. 楊教授士賢：

(1) 建議現地試驗地點應盡可能蒐集該路段相關變因資料(如：VD 資料)。

(2) 實驗室之試驗結果，可提供不同標線材料間抗滑係數之衰退狀況差異，供各主管機關參考。

39. 陳博士艾懃：

(1) 基於上述討論結果，普遍共識希望將現地試驗點集中於有意義的點位，故建議是否將試驗地點集中於白色標線，紅黃線可排除(原因：1. 非行車空間；2. 由於多數紅黃標線不要求反光，故成分多與白色標線不同)，以減少現地試驗之變數。

(2) 磨耗到一定程度，例如目視可看到鋪面，建議可不採取該樣本。

(3) 由於冷塑標線目前尚未有統一的規範，且不同廠商的產品差異較大，又考量冷塑標線的使用量少，依過去經驗抗滑能力較佳且不易衰退，故建議可減少冷塑標線之選點及檢測頻率。

(4) 由於彩鋪之用途多樣且材質不盡相同，建議在檢測地點的考量上，將彩鋪的類型限縮(如：限縮於彩鋪行穿線)，且在選點時亦須了解檢測點彩鋪所使用的材質。

40. 本所運安組：

(1) 檢測部分認同可以集中於白色標線，惟建議可考量將路口黃色網狀線納入檢測標的。

(2) 綜整各單位常用的材質：

i. 臺北市：II 型、骨材(彩鋪)、冷塑

ii. 新北市：I 型、II 型、骨材(彩鋪)、冷塑

iii. 臺中市：II 型、骨材(彩鋪)

iv. 公路總局：I、II 型

(3) 建議將上述 11 種標線材料做為樣本，進行實驗室試驗。

41. 蘇教授育民：實驗室部分沒問題，上述 11 種材料若 4、5 月皆有新鋪之地點，研究團隊會配合前往採樣。

42. 本所運安組：

(1) 實驗室檢測部分，若上述 11 種材料 4、5 月有新鋪之點位，即現場採樣，若無則延後取樣時間。

(2) 現場檢測部分，本案的檢測點分為新劃設、半年以一年等三個追蹤階段。半年及一年的部分，可採用劃設後主管機關之驗收報告數據，做為第 1 次的檢測資料基礎。

(3) 新劃設標線的追蹤部分，除亦蒐集主管機關驗收報告數據外，建議第 1 次開始即由研究團隊進行試驗，後續的檢測頻率則可討論設定為 1 個月或 2 個月。

43. 主席：建議請三都及公總先提供現有資料(4、5 月預計新劃設、劃設半年、劃設一年等路段及材質)，以利後續研究團隊進行現地檢測地點之規劃作業。

44. 本所運安組：建請各單位於一週內(3/27 星期五前)提供下列資料，以便本研究案辦理後續工作事項。

(1) 各單位已有之 65BPN 標線檢測資料，提供團隊後續安排實地檢測地點之參考，亦可納入研究案中分析。

(2) 65BPN 劃設路段：包含近期(4、5 月)新劃設、劃設半年、劃設一年，3 個不同時期的路段，每個時期提供 3 個以上路段，有 VD 最好，僅有年度交通量調查次佳。相關路段請協助註明起迄點、標線劃設時間、標線種類(II 型、彩鋪或冷塑)、有無 VD、有無年度交通量調查等，再請研究團隊參考各單位提供的資料，規劃實地檢測路段及地點。

(3) 各單位之標線招標、施工及驗收規範。

八、主席結論：

謝謝各與會學者及代表提供寶貴的資訊及意見，請各單位協助提供相關資料，並請研究團隊將相關意見及資料，納入本研究案後續辦理之參考。

九、散會時間：16 點 0 分

附錄二　期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫(具委託性質)

☑期中 □期末報告審查意見處理情形表

編號：MOTC-IOT-109-SDB010

計畫名稱：探討道路交通標線之防滑特性

執行單位：國立高雄科技大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
一、中華民國交通工程技師公會 廖兆奎 理事		
1. 文獻回顧中，研究團隊彙整中央部會及六個直轄市相關規範，此部分建議製表比對各單位相關規範之差異，方便讀者參閱。	遵照辦理。	同意。
2. 因在計畫案執行過程中，現地試驗之檢測位置有多次變動，建議內文提供最終版之試驗位置列表即可，以避免混淆。	遵照辦理，檢測位置變動之過程因仍屬計畫執行範圍，且須使讀者可以瞭解檢測位置產出的過程，因此仍將變動之過程移至附錄說明，本文則僅呈現最終版本，避免混淆。	同意。
3. 運研所於計畫需求書中，要求須提供試驗地點之路型、車道數、交通量及車種比例等基本資料，然部分試驗地點因沒有 VD 資料，可能無法陳述相關基本資料，此部分需在報告中清楚陳述，較不會產生履約的爭議。	遵照辦理，後續將持續與三都及公路總局承辦人員聯絡並確認可取得之資料。此部分將於期末報告中整理為一節進行說明。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
4. 報告書中 P27 表 4 現地試驗位置確認及說明，左邊所繪製的地圖範圍為標線繪製的範圍，而非檢測範圍，建議以精確說明檢測地點為主；而右側說明，亦以精準描述現地試驗位置為主即可。	遵照辦理。	同意。
5. 報告書中 P27-53 表 4 現地試驗位置確認及說明、P58-62 的第一次現地試驗過程說明、P74-94 表 7 標線現況等細節說明部分可放至附錄，主文以重點說明即可。	遵照辦理。	同意。
6. 報告書中 P99-122 現地試驗之英式擺錘值說明，於後續各月份之資料較為齊全後，須再向運研所確認資料呈現的格式及分析的方法。	團隊於計畫後續執行的過程中，會持續與運研所討論資料呈現的格式及分析的方法。	同意。
7. 報告書 P126 表 18 中所述之 ABCD 方向所代表的意義，建議於本文中詳加說明，使讀者可以清楚了解。	在進行實驗室試驗時，由於標線本身為一非均質性之材料，故在不同的位置上進行 BPT 試驗所得出之 BPN 值可能有所差異，故為取得可以代表該試體之抗滑值數據，團隊採用之方式為在一試體上挑選四個點(ABCD)進行抗滑試驗，並將四個點的抗滑值進行平均後做為代表該試	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	體抗滑性能的抗滑值。 此部分團隊會遵照委員意見，在報告內容補充說明，使讀者可以清楚了解。	
8. 實驗室中所模擬的各種狀況及設定的參數，是反映什麼實際路況，可再補充說明。	目前的實驗室加速磨耗方法係參考美國佛羅里達州 FM5-622 試驗方法，本計畫中實驗室試驗所設計之目的在於透過定性與定量的方法，在實驗室以加速磨耗的方式，持續累積磨耗轉數，了解標線在同樣控制條件下之實驗室試驗中，不同材質的標線抗滑值之衰退情形會如何表現。 道路交通量與磨耗狀況要如何連結，在此階段的研究中尚沒有辦法透過實驗的設計來模擬。且國內外相關試驗方法亦沒有相關研究提出對應的方式。 此部分之研究與試驗目的及限制，團隊將於報告中再詳加說明，以使讀者可以更清楚瞭解。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
9. 由於機車打滑的原因不僅取決於標線之抗滑能力，更可能涉及機車胎紋、胎壓等問題，建議在報告書內可以簡單說明為防止機車滑倒等事故之發生，應確保機車之胎紋、胎壓處於什麼狀況，以供政府單位了解並進行宣導。	誠如委員所述，機車打滑之原因繁多，而標線之抗滑能力為其中一項需要瞭解及探究的因素，惟探究機車滑倒之原因或研擬防止機車滑倒之對策，並非本研究之範圍，受限於研究時間及人力，無法於本研究中探討呈現，團隊會透過文獻回顧的方式嘗試回顧過去與此議題相關的研究，做為背景說明。 本計畫之研究目的在於瞭解標線之抗滑性能，研究成果則可提供相關單位瞭解標線抗滑性能之表現。	同意。
10. 可詢問相關單位是否有機車事故原因之統計數據，並了解其中打滑所造成之事故所佔比例為何，做為背景說明。	探究機車滑倒之原因或研擬防止機車滑倒之對策並非本研究之範圍。 研究團隊會嘗試以文獻回顧的方式回顧過去與此議題相關的研究，並查詢相關統計資料，做為背景說明。	同意。
二、交通大學運輸與物流管理學系 吳昆峯 副教授		
1. 現地試驗檢測點位選擇之準則為何？例如，量測標線型人行	報告內有陳述現地試驗地點盤點之過程及評選標準，主	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
道之防滑值的意義為何？請補充說明。	要的準則為以下四點：(1)鋪設完工日期；(2)鋪設地點；(3)標線材質；(4)有交通量資訊為佳。 另外也有補充試驗人員的安全性是最主要之考量因素。 而各個試驗地點的點位選擇，最主要的考量是以人員的安全為主，在安全考量之下，希望能呈現該處的各種可能的磨耗樣態，例如：直行及右轉輪跡較常經過的地方、較少被磨耗的地方等，最後一項考量因素為試驗面的平整度，以維持試驗的準確性。 至於選擇標線型人行道做為檢測地點的原因主要是考量到挑選準則的第 3 點，希望瞭解各種不同標線材質的抗滑能力，而因臺北市所提供的資料中，屬於骨材、冷塑之材質多使用於標線型人行道，並且為 BPN65 的標線材質，故選擇該點為進行試驗。 在實務上的意義來說，雖然標線型人	

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	行道之功能主要為行人所使用，然而在許多時候，機車用路人還是會壓到標線型人行道，例如：忠孝東路4段77巷該處，車流量較大，尤其是在右轉處輪胎壓到的機率很高，故在實務上也有其意義存在。 上述說明團隊亦將在報告內詳加補充。	
2. 標線廠商的施工技巧，對於標線的品質及防滑程度有很大的影像，有時會因施工技術問題造成標線表面不均勻。故請教研究團隊，在現地試驗點位選擇的考量上，是否與標線表面的均勻度有關？請補充說明。	在挑選試驗點位時，團隊有將標線表面目視的狀況納入考量，例如：標線若有不平整、破損、嚴重汙染等狀況，研究團隊若考量這些因素將影響試驗結果甚鉅，會盡量避開。 惟標線本為一複合材料，因此團隊認為要考量標線表面的均勻度來進行試驗點位的選擇，有其難度存在，也難以判斷何謂表面均勻，就算是在工廠內所鋪設的實驗室試驗樣本，在良好的施工技術之下，也幾乎無法鋪設出完全均勻的材料。因此團隊能做到的	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	只有將兩項試驗(現地試驗及實驗室試驗)的可控制因素做到相同，並去討論其他不可控制之因素影響標線抗滑能力的狀況。	
3. 從報告中 P53 可得知，部分現地試驗地點的標線已鋪設一段時間，然而本研究目的在於監測現地標線防滑性能之衰退情形，此部分是否符合研究案之需求？	因受限於研究時間之故，本案針對現地標線之抗滑能力監測僅能夠進行 5 個月，故若想取得或觀察到中長期的現地標線抗滑能力，必須選擇先前已經鋪設並提供服務一段時間，且不同齡期之現地標線，以突破研究時間限制。 此為在研究限制之下，研究團隊希望盡量蒐集更多不同的樣本及數據所採取的作法。此作法亦是與運研所討論之後所做出之決定，符合研究案之需求。	同意。
4. 因受限於研究資源之故，本案針對現地標線之抗滑能力監測僅進行 5 個月，且監測點位也不多，此為本研究之限制。	敬悉，團隊會在研究目的與限制補充說明。	同意。
5. 實驗室的結果如何轉移到實務的應用，建	目前的實驗室加速磨耗方法係參考美國佛羅里達州 FM5-	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
議團隊補充說明兩者之間的連結。	622 試驗方法，本計畫中實驗室試驗所設計之目的在於透過定性與定量的方法，在實驗室以加速磨耗的方式，持續累積磨耗轉數，了解標線在同樣控制條件下之實驗室試驗中，不同材質的標線抗滑值之衰退情形會如何表現，可對於不同標線材料提供一客觀的標準試驗方法。 在實務的應用上，就本研究實驗室部分，會建立一套標準的標線抗滑能力加速試驗程序，未來或許可做為道路管養機關於標線劃設驗收時，檢測標線抗滑能力之依據。 此外，在未來研究與相關建議部分，團隊也建議未來配合追蹤現地標線 BPN 數值及交通量等資料，可以建置一個資料庫，透過資料庫的建置蒐集大量數據，藉由大數據分析或許可找到實驗室試驗數據及實際道路之關聯性。	

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
6. 在實驗室試驗的部分，是否可以評估不同溫度及積水狀況，對標線抗滑值衰退性能的影響。	在實驗室試驗的部分，針對溫度的評估，雖然在交通工程規範附錄中的BPT 試驗法中，並未採用溫度校正方法校正試驗成果，團隊會以引用過去相關文獻的方式，考量溫度的校正。 而積水狀況的部分，則是會在每一個試體磨耗前後，在積水水膜 1、3、5mm 等狀況下進行試驗，以瞭解積水狀況對標線抗滑性能之影響。	同意。
7. 在實驗室部分，加速磨耗試驗儀的轉數是否能對應到實際上的車輛重量、磨耗方向及交通量？請補充說明。	目前的實驗室加速磨耗方法係參考美國佛羅里達州 FM5-622 試驗方法，本計畫中實驗室試驗所設計之目的在於透過定性與定量的方法，在實驗室以加速磨耗的方式，持續累積磨耗轉數，了解標線在同樣控制條件下之實驗室試驗中，不同材質的標線抗滑值之衰退情形會如何表現。 道路交通量與磨耗狀況要如何連結，在此階段的研究中尚沒有辦法透過實	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	驗的設計來模擬。且國內外相關試驗方法亦沒有相關研究提出對應的方式。 此部分之研究與試驗目的及限制，團隊將於報告中再詳加說明，以使讀者可以更清楚瞭解。 在實務的應用上，就本研究實驗室部分，會建立一套標準的標線抗滑能力加速試驗程序，未來或許可做為道路管養機關於標線劃設驗收時，檢測標線抗滑能力之依據。 此外，在未來研究與相關建議部分，團隊也建議未來配合追蹤現地標線 BPN 數值及交通量等資料，可以建置一個資料庫，透過資料庫的建置蒐集大量數據，藉由大數據分析或許可找到實驗室試驗數據及實際道路之關聯性。	
8. 根據英式擺錘試驗之規範，BPN 應為量測 5 次，然而報告中所提到的試驗僅量測了 4	本計畫之抗滑試驗方法皆依據交通部「交通工程規範」規定，採 ASTM E303-93(2018)之 試	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
次，建議團隊再進一步確認。	驗方法進行，其中關於量測次數之規定應為依「交通工程規範」之附錄「英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟」試驗步驟 5.4、5.5 規定如下： 5.4 將指針旋到垂直位置。先試驗一次，但不記錄。 5.5 立即重複試驗四次，每次試過均應在潤濕表面，分別記錄指針讀數，記錄至個位數，且計算平均值。 經研究團隊確認，總試驗次數雖為 5 次，然第一次為測試值，不予記錄，故在報告中僅記錄 4 次，而實際上之量測皆確實經過 5 次試驗。	
9. 在進行分析時，可不見得只取平均值進行計算與分析，建議可將每個觀察值列入分析標的，以增加資料量。	在分析時，各個試驗地點若有數個點位，會將每個點位視為獨立的點進行分析，而是否將每個地點相同標線材質的各個點位之抗滑值之平均做為該地點之代表值則會視試驗數據而定。然而，依據交通部	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	「交通工程規範」規定，一個點位的BPN值必須要進行5次試驗後，將後面4次的試驗值進行平均做為該點之BPN值，故不適宜將各個點位的4個觀察值獨立為一分析標的。	
10. 本報告之成果，如何回應防滑性能與交通安全之關聯？請補充說明。	研究團隊將會與運研所共同探討「就標線防滑係數與道路交通安全之關聯性，研提分析構想及合適之統計檢定方法，做為後續研究之參考。」，此部分將會實驗室與現地試驗完成後，在期末報告中提出。	同意。
11. 在本研究案的交付項目中，建議團隊是否能給予實務單位更明確的建議。例如，建議標線BPN值的規範數字？BPN值衰退至何種程度時，標線的抗滑性能就可視為不符合需求？標線劃設大約多久的時間，即建議重鋪？提出追蹤標線性能衰退情形之時間間隔與方式等建議？請補充說明。	本研究的研究內容對於現地與實驗室標線抗滑能力，以較大的規模進行監測，並在實驗室以加速磨耗試驗模擬標線抗滑能力衰減；綜觀國內外過去至今的研究，不論在標線或在鋪面，目前對於是否能夠提出標線管養的門檻值尚無定論；同時並非所有在同一路段繪製的標線，其磨耗程度	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	表現一致（比如在車道中車輪跡常經過的位置磨耗程度高、轉彎位置磨耗程度高），本研究已經依據經驗與現地觀察挑選磨耗程度可能較高的標線，在人員安全優先的條件下進行監測；標線功能性亦可能同時需要考量其反光能力。本研究的成果或許能夠反映目前繪製於現地標線的相關現況與問題，及實驗室標準試驗下的標線抗滑能力衰減初步評估。 委員所提相關意見是在標線研究上的一項相當重要的議題，也需要蒐集更多的數據及資料，建議未來可透過設計不同的試驗方法、建置資料庫等方式，於後續研究持續探討。	
12. 針對未來相關研究之建議，能否以使用機車實車進行測試，例如，了解機車在何種角度下最容易失去平衡？請補充說明。	敬悉，惟實車試驗之實驗設計、執行與分析，不論在安全的考量上或執行難易度皆有極大的門檻須待突破，而此議題並不包含於本研究的研究範圍	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	中，建議可於未來研究中探討。	
三、臺灣大學土木工程學系鋪面平坦儀驗證中心 陳艾懃 博士		
1. 研究團隊採選擇不同齡期現地標線，以突破研究時間限制之用心值得肯定，但因報告所述，各廠商間材料並非相同，材料間之差異是否會導致現地檢測結果難有良好趨勢？請補充說明。	本研究的成果或許能夠反映目前繪製於現地標線的相關現況與問題，及實驗室標準試驗下的標線抗滑能力衰減初步評估。每個現地試驗地點均由三都交通局及公路總局所共同挑選，均為鋪設 BPN 65 之合格標線，經過詢問廠商在其材料配方的說明均屬於商業機密，目前僅能就其現地鋪設以後的成效盡力進行監測及分析，以反應現況。 現地試驗對於材料間的差異雖因研究時間限制，無法針對同一地點之同一材質進行長時間的追蹤監測，故希望透過實驗室試驗結果，觀察不同標線材質之 BPN 衰退趨勢，以弭補現場試驗之不足。	同意。
2. 各型材料選點結果於齡期方面並不均勻（例如 II 型彩鋪僅有 9 個月以上樣本），除	由於各型材料的選點結果係經三都及公路總局提供相關資料後，由研究團	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
因選點不易外，是否有其他因素導致（例如現在是否不採用此種材料）？建議補充說明。	隊進行篩選出符合研究需求之點位，故在許多現地試驗標線材質的選擇上，研究團隊雖已盡量希望在結果上可以呈現各種材質皆有不同齡期的分布，然受限於資源因素，無法完全符合原先之期望。 臺中市彩色鋪面原設定為無反光骨材標線，後來才得知實為彩色之 II 型標線，致使兩類的標線齡期有所缺漏。	
3. 各地點檢測點位之定位方式為何，如何確定每次皆在同樣位置上進行試驗？檢測方向為何，是否皆與車行方向平行？	團隊於每一處檢測點位皆有使用油漆筆繪製出一塊與英式擺錘試驗儀之試驗位置相同大小的長方形區域，以確定每次皆在同樣的位置上進行試驗。 檢測方向皆與車行方向平行。委員反應之問題係因團隊在撰寫報告時，現場照片上標示的檢測位置方塊，有部分標示與行車方向垂直，團隊會檢視相關圖片標示方式，並進行修正。	同意。
4. II 型彩鋪選擇多處綠色標線部分，是否擬探討顏色差異？若	現場試驗係挑選三都及公路總局試驗 65BPN 之不同標線	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
是，建議於同一地點併同選擇白色與綠色樣本；若否，建議各型材料都選擇白色樣本以降低解釋上之困難。	材質(BPN 衰退情形)，並非要探討標線顏色的 BPN 差異。 II 型彩鋪、無反光骨材及無反光冷塑標線皆為綠色形式的標線，且因為其主要為行人穿越道及標線型人行道的材料，故皆選其上進行試驗。	
5. 目前報告尚未說明後續數據分析工作計畫為何，建議補充。	由於計畫執行至期中審查為止，仍在試驗規劃及數據蒐集的階段，待數據之蒐集較為完備後(取得 8 月份之現地試驗數據後)，於隨後的工作會議將會開始與運研所討論後續的分析工作如何進行。	同意。
6. VD 資料如何運用？例如為每日交通量、AADT 或其他指標？請補充說明。	此部分數據之運用須待與主管單位取得相關數據後，於隨後的工作會議將會開始與運研所討論後續的分析工作如何進行。	同意。
7. 就應用而言，採相同材料合併分析方式較為合理，但目前報告中係以路權主管機關區分，請問於計畫後期擬如何進行分析？請補充說明。	感謝委員意見，研究團隊會與運研所討論後，考慮將以材料種類或以路權主管機關來進行分析。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
8. 現地檢測與實驗室加速磨耗試驗二者結果如何整合？未來實驗室試體將與現地相同，日後是否擬比較二者結果？	目前的實驗室加速磨耗方法係參考美國佛羅里達州 FM5-622 試驗方法，本計畫中實驗室試驗所設計之目的在於透過定性與定量的方法，在實驗室以加速磨耗的方式，持續累積磨耗轉數，了解標線在同樣控制條件下之實驗室試驗中，不同材質的標線抗滑值之衰退情形會如何表現。 道路交通量與磨耗狀況要如何連結，在此階段的研究中尚沒有辦法透過實驗的設計來模擬。且國內外相關試驗方法亦沒有相關研究提出對應的方式。 此部分之研究與試驗目的及限制，團隊將於報告中再詳加說明，以使讀者可以更清楚瞭解。	同意。
9. 若二者結果無法整合，則各自應有其研究目的與擬解答之問題，應予以釐清。	感謝委員意見，對於研究與試驗目的及限制，團隊後續將於報告中再詳加說明，以釐清兩個試驗各自之研究目的及其對應之問題。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
10. 正向荷載 45 或 60 公斤相當於什麼樣的車型？請補充說明。	目前的實驗室加速磨耗方法係參考美國佛羅里達州 FM5-622 試驗方法，本計畫中實驗室試驗所設計之目的在於透過定性與定量的方法，在實驗室以加速磨耗的方式，持續累積磨耗轉數，了解標線在同樣控制條件下之實驗室試驗中，不同材質的標線抗滑值之衰退情形會如何表現。佛羅里達州的試驗方法中採用了 100 英鎊（約 45kg）的正向載重，然而我們在先導試驗中發現其在 15 萬轉的磨耗轉數下，尚未磨耗至 2mm 的鋪設厚度，因此為了提高磨耗效率，提高正向載重至 60kg。此正向荷載乃實驗室加速試驗的參數，並未對應任何實際車型與載重。	同意。
11. 初期推測因油膜磨除後導致抗滑值升高，於現地觀察此油膜約 1~2 週（驗收前）即揮發，與團隊所推測 12,000~50,000 轉所稱之情況不同。	研究團隊中所提的「油膜」指的為推測在標線鋪設時，可能由於內含物因比重比較高而下沈至標線底部，使得標線的上部可能有	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	一層熱塑材料其內含物比例可能比較低。這部分的說明將在報告中進行修正成「標線上層材料」，以避免誤解。	
12. 磨耗試驗若擬探討外撒與內摻材料的影響，建議除類型名稱（如 II 型標線、無反光彩鋪標線）外，亦可一併向廠商了解所採用之外撒與內摻材料種類與比例。	目前與相關廠商的接觸與瞭解，均得知其配方為商業機密，目前僅能就其現地鋪設以後的成效盡力進行監測及分析，以反映現況。	同意。
13. 研究目的與範圍，建議補充進行兩類實驗的目的。	感謝委員意見，對於研究與試驗目的及限制，團隊後續將於報告中再詳加說明，以釐清兩個試驗各自之研究目的及其對應之問題。	同意。
14. 建議於說明 BPT 的章節，說明 BPT 較無法反映動摩擦力。	感謝委員意見，研究團隊後續將於報告中詳加說明。	同意。
15. 本報告較偏重於執行過程（例如選點、委外、檢測數據等），相對較未呈現研究上之進展，期待於期末報告中可見更多研究進展，執行過程建議以報告附錄方式呈現。	敬悉，未來於期末報告中將遵照委員意見辦理。	同意。
16. P1「…如圖 1 所示」，但圖 1 為研究	感謝委員意見，研究團隊後續將於報	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
團隊所拍攝之道路標線照片，與前文無法完全對應，建議修改此句敘述方式。	告中詳加說明。	
17. P16，所提出三項規範依據（交通工程規範、ASTM E303-93(2018)與 ASTM E303-93(2003）並不完全相同，建議釐清所採用之規範。	遵照辦理，本計畫所採用之規範為「交通工程規範」所訂定之規範，為 ASTM E303 於 1993 年制訂的規範。根據 ASTM 規範網站上的年度規範比對，2003 與 2018 年度的規範僅文字修辭上的修正，並未影響其 1993 年制訂的規範核心部分；同時 TAF 實驗室必須遵循最新的試驗規範，因此我們對於現地試驗所採用的試驗方法為 ASTM E303-93 (2018)的版本。此部分團隊後續也會在報告中補充說明。	同意。
18. 文獻回顧 2.2~2.4 節標題，建議刪除「標線」或增加「抗滑」，以釐清此三節並非針對標線所有層面問題。	遵照辦理。	同意。
19. 2.5 節第 1 點，「公路總局除了標線檢測外，同時增加了行人穿越線的抗滑係數檢測。」行人穿越道線原本即為標線的一	遵照辦理。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
種，此句意義不明，建議調整。		
20. 建議補充美國 NCAT 與佛羅里達州 FM5-622 規範回顧，並說明引用此兩規範於本研究實驗之適用性。	由於取得相關規範資料之時間較晚，故在期中報告內尚未能將相關規範之回顧完整納入報告中，將於期末報告中遵照委員意見辦理。	同意。
21. 第四章表 7 目視觀察建議加上比例尺，並儘可能採相同角度、範圍拍攝。	遵照委員意見，已於 8 月份現地試驗開始調整。	同意。
四、臺北市交通管制工程處 劉嘉祐 總工程司		
1. 依照過去經驗，標線剛劃設時皆可以達到 45BPN 以上的抗滑性能，而過了 2~3 年後，在標線皆已磨耗到可以看到骨材及石英砂等材料時，抗滑值甚至可達到 65BPN 以上。	敬悉。	同意。
2. 將標線的防滑係數提升到 65BPN 是否就不會滑？團隊能否找出造成標線會滑的關鍵因素為何？請補充說明。	此議題不在本計畫之研究範圍，團隊於期末報告之後續研究建議一節，會建議相關單位或學術研究機關朝此方向進行後續的研究。	同意。
3. 道路標線在鋪面上的影響因素極多，在標線剛劃設完成時，因施工廠商會在標線表面撒上外撒材料以提	目前各交通局與總局試辦 65BPN 的標線相關規範中，均指出在於規定驗收期間內，必須達到	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
升標線的抗滑值，且在規定的驗收期間，皆可以達到 65BPN 以上。然而從報告中初步結果來看，現地標線的抗滑值皆無法達 65BPN，其中的原因為何？是否因外撒層被磨耗掉之後，標線的本體材料就是無法達到 65BPN 以上？若以目前的結果來看，將報告公布之後會造成外界一片譁然，且各道路主管機關將面臨如何向民眾解釋，標線是否會滑的問題。建議團隊能否說明清楚，標線在何情況下會滑？請補充說明。	65 BPN 的試驗值；然而現行的各項規範中，並未指出其關於耐久性，也就是鋪設以後的抗滑值能夠維持在哪個範圍內，這部分建議在未來需要更進一步地產官學研究界多方合作，確認可行的方案。 標線是否會「滑」在目前所蒐集到的文獻中指出有眾多可能的因素，標線抗滑能力不足可能為其中一個因素，然而並非唯一的因素。然而研究團隊會嘗試透過文獻回顧的方式回顧過去與此議題相關的研究，做為背景說明。	
4. 報告中研究團隊將標線型人行道放入檢測的標的，然而營建署針對步行狀況下的人行道防滑有相關規定，應符合 CNS 3299-12(穿鞋 C.S.R.)中防滑係數達 0.55 以上之規範，亦即國內針對行車空間及步行空間的防滑標準有兩套不同的規定，可否找出兩者之關聯？請補充說明。	CNS 3299-12 所針對之規範係針對騎樓之人行道，其標的及對應的對象為行人。而本計畫之防滑試驗為交通工程規範中採用英式擺錘試驗，主要針對的標的是行車空間內之標線，有所不同。 而兩套規範因試驗方法、標的及模擬的狀態有所不同，	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	亦非本研究計畫預定之研究範圍。	
5. 除了標線表面的水膜厚度外，標線表面之紋理與標線抗滑能力是否有關聯性？是否可以找一家合作廠商，提供不同紋理表面的標線，來觀察標線表面之紋理與抗滑能力之間的關聯？請補充說明。	而本計畫之防滑試驗為交通工程規範中採用英式擺錘試驗，惟該試驗方法並不包含標線紋理之分析。標線紋理可能與標線抗滑能力有相關，建議可做為未來研究的方向，目前並不在本計畫預定之研究範圍。	同意。
6. 標線防滑除本身磨耗因素外，亦會受到車輛之油煙、油膜、灰塵等汙染，若下雨更會造成標線表面形成一層水膜，而使得抗滑係數降低，此為過去實務上觀察到的經驗，與團隊分享。	敬悉。	同意。
7. 目前所檢測的不同標線，例如玻璃珠含量18%與30%之II型標線，對防滑係數似乎無太大差異？如何在防滑與反光之間做取捨，或兼顧兩個功能性的需求？請補充說明。	本研究目前並未在本研究中考慮反光能力的衰減，僅考慮抗滑能力在現地及實驗室的監測與加速磨耗。反光能力及抗滑能力的確為標線功能性上很難做到兩全的部分，建議可做為未來研究的方向，目前並不在本計畫預定之研究範圍。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
8. 針對標線之分類部分，建議可針對施工工法(例如：不同寬度的標線車斗)與防滑係數之關聯進行分析。	本研究現地試驗選點為路口處不同形式鋪築的標線，而實驗室標線平版試體均是以 40 公分的料斗以一次鋪築方式鋪設於平版試體上。不同的施工方式對於抗滑能力的關聯性，目前不在本研究預定的研究範圍內。	同意。
9. 實驗室在標線磨耗到最後仍有達到 60BPN 以上，與現地試驗之數據有所差距，建議研究團隊可多做說明。	由於前導試驗所取得之標線試體，研究團隊並未特別要求廠商須按照現地試驗之施工規範施作，故有標線過厚的現象，亦可能是造成此差距的主要原因。後續研究團隊在進行其他標線取樣的過程中，會提醒廠商必須按照現地施工的規範及方式實施鋪設，以確保試體的狀態接近現地剛鋪設完成的標線狀態。	同意。
五、交通部公路總局 李忠璋 副總工程司		
1. 報告中提及部分試驗點位，因交通量高的緣故而調整試驗點位，研究團隊可否針對調整試驗點位之原因多做說明？請補充說明。	研究團隊於現地試驗地點規劃初期，的確希望以交通量高的地點做為試驗地點，然經過第一次現地勘查後發現交通量高的地點，	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	伴隨的是安全疑慮將大幅提升，因此後續在地點與點位之選擇上，將人員的安全做為優先考量，因而進行相關地點之調整。此部分原因在報告 p26 已有相關說明。	
2. 有許多試驗點位挑選在行穿線上，其選點的原則為何？路面轉角之紅(黃)線及邊線似乎容易造成機車打滑，但在選點上並未考量此種標線，請團隊針對選點的考量因素多做說明。	現地試驗多為路口各種形式的標線及標線型人行道，主要以轉彎處及車輪輪跡常通過，亦即磨耗量高的位置進行監測。紅黃邊線與運研所討論之後，由於其並非 65BPN 標線，因此並未納入本研究預定的研究範圍。	同意。
3. 磨耗試驗儀所設定的轉數與交通量之關係是否能相互對應？以提供主管機關了解交通量與磨耗之關係，及何時應重新劃設。	目前的實驗室加速磨耗方法係參考美國佛羅里達州 FM5-622 試驗方法，本計畫中實驗室試驗所設計之目的在於透過定性與定量的方法，在實驗室以加速磨耗的方式，持續累積磨耗轉數，了解標線在同樣控制條件下之實驗室試驗中，不同材質的標線抗滑值之衰退情形會如何表現。 道路交通量與磨耗	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	狀況要如何連結，在此階段的研究中尚沒有辦法透過實驗的設計來模擬。且國內外相關試驗方法亦沒有相關研究提出對應的方式。 此部分之研究與試驗目的及限制，團隊將於報告中再詳加說明，以使讀者可以更清楚瞭解。	
4. 摩擦之類型可分為滾動摩擦與滑動摩擦等兩種，於實務上機車煞車時之摩擦類型為滾動加上滑動，然而實驗室中加速磨耗試驗儀所呈現的摩擦類型一直都處於滾動狀態，是否會與實務上的狀況有所差異？請補充說明。	本研究之磨耗試驗的目的係在於加速標線磨耗，而非呈現或模擬任何特定之摩擦樣態。目前的實驗室加速磨耗方法係參考美國佛羅里達州 FM5-622 試驗方法，為目前所知唯一進入州規範的加速磨耗試驗方法（於 109 年 6 月中公告），透過此定性定量的加速磨耗方式，搭配英式擺錘試驗，或能提供一個標準試驗方法瞭解標線材料在加速磨耗試驗下的客觀表現。	同意。
5. 標線在剛劃設完畢所檢測到的初驗值，與後續經磨耗後的曲線變化之表現是否相	初驗值與後續經過磨耗後的試驗結果，目前仍在進行當中，研究團隊將在後續與運研所共	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
關，是否初驗值越高就越好？	同討論與分析現地與實驗室試驗結果。	
6. 針對實驗室先導試驗結果，研究團隊在報告內容中有針對各個現象提出相應之解釋，例如：45kg 的正向荷載下，抗滑值曲線會呈現先下降再上升後趨於平穩的現象，而研究團隊也提出了相應的說明，能否以鑽心的方式觀察標線剖面的材質分布情況，以支持研究團隊基於實驗結果所提出的論述，並證明這樣的實驗結果是合理的？請補充說明。	目前因為計畫研究時間限制，已經透過先導試驗的研究成果，決定採用加速磨耗效率比較高的正向力 60kg 荷載來進行加速磨耗。在調整過後也將持續觀察是否每個試體皆會有抗滑值曲線會呈現先下降再上升後趨於平穩的現象。 至於針對標線鑽心試體部分之建議，因標線厚度不大，在鑽心的過程中，可能會將剖面結構破壞，故亦不建議針對標線進行鑽心。	同意。
7. 實驗室部分磨耗試驗儀所使用之輪胎類型與汽機車輪胎不同，其磨耗型式與情形如何進行比較？建議研究團隊可以將磨耗儀的輪胎胎壓降低，使其與試體間的接觸面積更大一些，來與汽車輪胎在道路接觸面呈現扁平的形狀較為接近。	目前的實驗室加速磨耗方法係參考美國佛羅里達州 FM5-622 試驗方法，為目前所知唯一進入州試驗規範的加速磨耗試驗方法，其中的試驗參數在胎壓部分為 50psi，因此本研究先採取此胎壓來進行試驗。目前所知， FM5-622 同樣與本研究中採用類似的推車輪來	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	進行加速磨耗試驗。未來可以建議採取不同的胎壓對於標線磨耗效率的相關研究。	
六、交通部公路總局		
1. 在研究背景中提及標線的抗滑能力，可能因所劃設的位置、車流狀況及車型種類等不同因素，使得標線抗滑能力有不同程度的磨耗。就目前研究案而言，初步結論為何？請補充說明。	由於並非所有的檢測路段皆有配置車輛偵測器 VD，目前我們僅將交通流量做為背景資料參考用。未來建議可在經過縝密實驗設計的試驗路段中，例如進出地磅站的路段，搭配車輛偵測器、動態地磅及不同感測器進行更進一步的研究。	同意。
2. 研究案已蒐集「I 型標線」、「II 型標線」、「無反光骨材標線」、「II 型彩鋪標線」與「無反光冷塑標線」，相關標線之樣本，可否瞭解標線材料成份對標線抗滑值與耐久性之貢獻度為何？請補充說明。	經過與廠商聯絡，相關配方部分均是廠商的商業機密，因此目前尚無法取得相關配比資料。	同意。
3. 磨耗試驗可推估磨耗轉數與標線抗滑值下降之關係，可否轉換為概估磨耗轉數與交通量之關係，俾利實務操作應用。	目前的實驗室加速磨耗方法係參考美國佛羅里達州 FM5-622 試驗方法，本計畫中實驗室試驗所設計之目的在於透過定性與定量的方法，在實驗室以加	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	速磨耗的方式，持續累積磨耗轉數，了解標線在同樣控制條件下之實驗室試驗中，不同材質的標線抗滑值之衰退情形會如何表現。 道路交通量與磨耗狀況要如何連結，在此階段的研究中尚沒有辦法透過實驗的設計來模擬。且國內外相關試驗方法亦沒有相關研究提出對應的方式。 此部分之研究與試驗目的及限制，團隊將於報告中再詳加說明，以使讀者可以更清楚瞭解。	
七、交通部公路總局材料試驗所		
1. 報告中 P9 提到了路面漆相關規範部分，本部分為參考交通工程規範之規定，但與最新的國家標準 CNS 1333 有所差異，建議參考進行調整。	遵照辦理。	同意。
2. 研究團隊於本研究案中，針對不同標線種類進行名詞的定義，其中使用 I、II 型標線等名稱，然而 CNS 15834 針對 I、II 型標線已有其定義，且與	遵照辦理，於後續計畫執行過程中，會與運研所討論名詞之使用及定義。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
研究團隊使用的定義有所不同，故建議在名詞部分再進行調整。		
3. 針對實驗室所使用的 3 輪磨耗試驗儀，美國 NCAT 對於磨耗儀之輪胎性質及胎紋是否有相關規定？若有相關規定，建議團隊在報告中詳加敘述，俾利後續相關研究有參考的標準。	遵照辦理，於後續計畫執行過程中，會持續詢問國外相關單位，並取得相關規定資訊進行補充。	同意。
八、臺北市交通管制工程處		
1. 忠孝東路四段 77 巷之標線型人行道，由於近期將進行補繪，建議研究團隊選擇其他地點進行檢測。	敬悉。針對更改試驗地點的部分，團隊已邀集貴處、運研所及試驗廠商進行會勘，並確定將忠孝東路四段 77 巷之試驗地點更改為松江路 69 巷一處之標線型人行道。	同意。
2. 針對實驗室磨耗儀的部分，建議研究單位針對同一試體在經過相同的磨耗狀況下，探討方向 ABCD 之防滑係數有所差異的可能原因。	在進行實驗室試驗時，由於標線本身為一非均質性之材料，故在不同的位置上進行 BPT 試驗所得出之 BPN 值可能有所差異，故為取得可以代表該試體之抗滑值數據，團隊採用之方式為在一試體上挑選四個點(ABCD)進行抗滑試驗，並將四個點的抗滑值進行平	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	均後做為代表該試體抗滑性能的抗滑值。 此部分團隊會遵照所提意見，在報告內容補充說明，使讀者可以清楚了解。	
3. 杭州南路的網狀線標線材質目前使用的是 II 型標線，而非骨材標線，請研究團隊進行修正。	遵照辦理。	同意。
4. 報告書中 P26 中，研究團隊提及臺北市交通管制工程處之單位名稱有誤，請協助修正。	遵照辦理。	同意。
5. 研究報告中，部分內容在敘述到網狀線之標線型式時，使用的名稱為黃網線，建議修正為網狀線。	遵照辦理。	同意。
6. 針對報告書 P7 的文獻回顧最後一段提到，「一個基本的經驗法則(rule of thumb)指出，一般車輛速度超過…很有可能會產生車輪水漂打滑的現象。」，此處所述的一般車輛是否有區分汽車或機車，或什麼車種？	此部分的說明從文獻上為說明四輪車輛，然而在高速下，兩輪車輛同樣可能會發生車輪水漂現象（Hydroplaning），造成打滑失控的現象。	同意。
九、臺中市政府交通局		
1. 報告書中 P45，益豐路四段右轉指向線最後一次補繪日期確認為 6 月 29 日，請研究團隊進行修正。	遵照辦理。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
2. 報告書中 P125，研究團隊將實驗室溫度控制在攝氏 20 度上下，其原因及考量因素為何？	雖然國內交通工程規範中並未將 BPN 如國外相關研究中經過溫度校正調至攝氏 20 度之 BPN_{20}，本研究為了確保相關研究成果的準確性，相關磨耗及英式擺錘試驗，均在攝氏 20 度上下具有溫度控制的實驗室中進行。研究團隊會以引用過去相關文獻的方式，考量溫度的校正。	同意。
3. 由於在進行現地試驗的過程中，皆會量測試體表面的溫度，建議研究團隊將實驗室與現地試驗的試體表面溫度，一併呈現於報告中。	遵照辦理。	同意。
十、成功大學土木工程學系 楊士賢 教授 (書面意見)		
1. 圖與其標題應在同一頁，如圖 25、圖 28、圖 33。	遵照辦理。	同意。
2. p.14，第二段，(A)、(B)、(C)各點間建議加上分號方便閱讀。	遵照辦理。	同意。
3. p.13，圖 4，是表而非圖。	遵照辦理。	同意。
4. p.7 第二章文獻回顧中，關於黏著力與遲滯力之說明部分，建議文字進一步修飾使其更清楚閱讀。	遵照辦理。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
5. p.7 倒數第四行，「…造成失去車輪與鋪面間的摩擦力(Hydroplaning)，…」，摩擦力後方括號中之 Hydroplaning 是何意？	摩擦力後方的括號（Hydroplaning）為贅字需要移除，謝謝委員建議。	同意。
6. p.7 倒數第三行，45 英里不是＝72km 嗎？0.1”=2.54mm，為何進位至 2.6？	原文為文獻中的數字翻譯，此部分可以修正為「每小時 72 公里(每小時 45 英里)」，謝謝委員建議。	同意。
7. p.8 第一行，車速約高，是指車速「越」高？「…被磨損失去抗滑能力的鋪面越廣…」，是指鋪面面積越廣？	遵照辦理，調整相關文字。	同意。
8. p.8 第二行，「…雨量越高…車輛打滑的機會…」，建議改為機「率」？	遵照辦理，調整相關文字。	同意。
9. p.8 倒數第六行，「…由於鋪設後會標線材料自然壓實，…」文字請再修飾，自然壓實是指 Self-Compacting 嗎？若是建議可採用「自充填」。	應該為「經交通量而自然壓實」，謝謝委員建議。	同意。
10. p.9 最後一行，ASTM 應為美國材料與試驗協會。	遵照辦理，調整相關文字。	同意。
11. p.18，VD 能否抓到機車交通量呢？又或機車通過相較於汽車通過對磨耗衰退之差距可否評估？又鋪設完工日期是	團隊於後續計畫執行過程中，會持續與相關單位聯絡，取得相關資料已瞭解可以取得的資料	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
否能取得完工後至研究團隊量測時間過程之交通量呢？	類型。至於針對機車通過相較於汽車通過對磨耗衰退之差距，在本研究中無法進行評估，建議於未來相關研究中可以針對此議題設計不同的試驗，來探討這個議題。	
12. p.124，研究團隊選取正向力之理由為何？又是否量測輪胎鋪面接觸壓力？此參數設定有計畫模擬一般車輛輪胎對路面之接觸壓力嗎？一般大卡車的輪胎接觸壓力約在 690kPa，研究中是否考慮於實驗室試驗中研討不同正向力(輪胎-鋪面接觸壓力)對磨耗之影響？	目前的實驗室加速磨耗方法係參考美國佛羅里達州 FM5-622 試驗方法，本計畫中實驗室試驗所設計之目的在於透過定性與定量的方法，在實驗室以加速磨耗的方式，持續累積磨耗轉數，了解標線在同樣控制條件下之實驗室試驗中，不同材質的標線抗滑值之衰退情形會如何表現。 佛羅里達州選取 100 英鎊約 45Kg 的正向力，做為磨耗設備的參數，而我們在此研究中為了提高磨耗效率，將 45Kg 提高至 60Kg，俾利在十五萬轉的磨耗轉數完成時，能夠磨耗超過 2mm 的標線厚度。 此部分之研究與試驗目的及限制，團	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	隊將於報告中再詳加說明，以使讀者可以更清楚瞭解。	
13. p.125, 試驗控制在溫度 20 度，然實際路面溫度於夏日 10-12 點一般可升高至 50-65 度間，標線材料為高分子黏彈性材料，是否可能導致材料磨耗速度增加。以 Archard 力學磨耗模型為例，材料磨耗與正向力(Normal load)、磨耗距離(Sliding Distance)及材料硬度(Hardness)，其中鋪面溫度是否對標線材料硬度有影響，建議研究團隊可以分析一下。	雖然國內交通工程規範中，並未將 BPN 如國外相關研究中經過溫度校正調至攝氏 20 度之 BPN_{20}，本研究為了確保相關研究成果的準確性，相關磨耗及英式擺錘試驗均在攝氏 20 度上下具有溫度控制的實驗室中進行。 至於現地標線試驗面溫度對於 BPN 值的影響，研究團隊預計引述國外相關研究成果進行溫度校正，以補足針對溫度影響部分之考量。而標線材料之硬度在本研究中則尚無法進行分析。	同意。
14. p.126，由表 18 可見，標線 BPN 數字在 15 萬 pass 後掉了約 17%，若於高胎壓與高溫下，劣化速度勢必會更快。	溫度效應部分在本研究中並未納入研究範圍，然而可納入本研究的建議內容之一。	同意。
15. 在施作現地量測時，是否可能加測標線旁之鋪面抗滑值，做為日後數據分析時之背景參考？	由於合約要求需要超過 500 次的標線試驗值，因時間與經費限制下，目前無法進行加測。	同意。
16. 在研究團隊於各處現地量測之標線及實驗室量測之標線，建議是否同	相關標線材料初驗及材料報告，正在與三都交通局及公	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
步取得該標線之相應材料試驗報告？	路總局取得當中。	
十一、新北市政府交通局 (書面意見)		
1. 本次檢測地點繪設完成時間如下： (1)榮富國小：109/04/24繪設完成 (2)新泰國小：109/04/27繪設完成 (3)溪洲國小：109/04/05繪設完成	敬悉。	同意。
2. 有關實驗室加速測試，本局會協調通學巷廠商提供標線樣本供貴團隊檢測。	敬悉。	同意。
十二、本所運安組(書面意見)		
1. 第一章：「交通工程規範」應為 104 年頒布及修正，請修改。	遵照辦理。	同意。
2. 第一章：第 1.4 節名詞解釋提到 5 種標線材質，建議於本報告適當章節說明各標線所包含材質，以利瞭解其組成及特性。	遵照辦理，將於後續撰擬期末報告時針對該部分進行補充。	同意。
3. 第二章：p9 提到「交通工程規範」的附錄中，有詳細英式擺錘試驗法(BPT)試驗抗滑能力的試驗步驟及方法，基本上是參考美國國家材料試驗規範 ASTM E303-93(2003)編訂，惟 3.1 節提到 BPT 係採 ASTM E303-93(2018)規範之試驗方法，請釐清	遵照辦理，本計畫所採用之規範為「交通工程規範」所訂定之規範，會在報告中釐清所採用之規範。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
應係採 2003 年或 2018 年版試驗方法。		
4. 第二章：p18 之 Vehicle Detector(VD)中文名稱，請修正為車輛偵測器。	遵照辦理。	同意。
5. 第三章：表 1、2、4、5、6 所彙整試驗地點，部分初驗值及完工日期不全，請研究團隊再洽管理機關取得相關資料。	遵照辦理。	同意。
6. 第三章：p65、66 有關至高雄某標線工廠取得標線試體說明，部分內容似有重複，請再檢視修正。	遵照辦理。	同意。
7. 第四章：p94 第一段說明文字，建議移至 p73 表 7 之前，以利讀者瞭解表 7 之照片編排方式。	遵照辦理。	同意。
8. 第四章：有關實驗室加速磨耗，研究團隊於簡報說明 11 種標線材質中，第 1 批將採 15 萬轉，第 2 批則採 5 萬轉，除請研究團隊補充說明外，亦請掌握作業時程，以確保能如期完成相關實驗室加速磨耗作業。	遵照辦理，團隊會注意後續之相關時程。	同意。
9. 第五章：請於後續工作會議中，儘快確認採何種數值模型與方法來進行現地試驗數據分析。	遵照辦理，將在取得 8 月份現地數據後，與運研所討論後續分析事宜。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
10. 有關報告中錯字或排版部分，請於會後洽本組修正。	遵照辦理。	同意。
十二、主席結論		
1. 在執行研究案的過程中，務必將相關人員的安全問題視為第一要務，其中各項防護措施及人員的保險等工作一定要做好。	遵照辦理。	同意。
2. 針對現地試驗的 101 個試驗點位，後續試驗結果分析需把握相關時程，針對 65BPN 標線的抗滑能力衰退情形及影響因素之分析，除定量分析外，亦可以定性說明的方式來做補充。	遵照辦理，團隊會注意後續計畫進行之進度，並於後續計畫執行過程中補充定性說明之分析。	同意。
3. 關於本案研究報告的機敏性部分，請本所承辦人員考量報告內容進行相關處理。	敬悉。	同意。
4. 針對標線的名稱與名詞解釋部分，I、II 型標線在 CNS 標準中已有相關定義，建議研究團隊再進行調整，避免與國家標準中已使用的相關名詞重複。	遵照辦理，於後續計畫執行過程中，會與運研所討論名詞之使用及定義。	同意。
5. 報告撰寫的架構部分，建議第一部分先提及標線功能，而後引述到標線的材料，接著提及反光、防滑為兩項標線重要的功能，並說明本報告之研究範圍主要針對防滑，以使讀者清楚瞭	遵照辦理，將於期末報告中遵照主席意見調整架構。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
解本研究的範圍及目的。		
6. 公路總局材料試驗所於106年針對標線出版之研究報告，應在本報告的文獻回顧中加以引述，並清楚說明本研究主軸與核心，與該研究之差異性及相關研究貢獻。	遵照辦理，將於期末報告中將補充說明本研究主軸與核心，與公路總局材料試驗所106年研究之差異性及相關研究貢獻。	同意。
7. 研究團隊提出之期中報告審查通過。謝謝各與會專家學者及代表提供寶貴的資訊及意見，請研究團隊針對相關意見製作回應表並詳細說明，並將相關意見及資訊納入本研究案後續辦理之參考。	遵照辦理。 團隊將針對相關意見製作回應表並詳細說明。	同意。

附錄三　期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫(具委託性質)

☐期中 ☑期末報告審查意見處理情形表

編號：MOTC-IOT-109-SDB010

計畫名稱：探討道路交通標線之防滑特性

執行單位：國立高雄科技大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
一、成功大學土木工程學系 楊士賢 教授		
1. 研究團隊所採用的加州交通廳溫度校正公式為經驗公式，該研究的前提是以 20°C 下的抗滑性能做為參考溫度，進而建立溫度校正公式。建議再考量是否適合直接以此公式，將標線 BPN 值轉換為 30°C 或 40°C 之 BPN 值。	研究團隊以加州交通廳的研究成果，就不同溫度下標線材料可能表現出的 BPN 抗滑能力進行模擬。研究報告中將加入公路總局前期研究所推導出的溫度校正公式一起做為比較。建議未來研究可以朝標線試驗溫度校正的本土化公式，進行研究與驗證。	同意。
2. 報告第 91 頁之圖 49 說明該處標線遭受污染，請舉例說明標線遭受污染是何情況，以及其對抗滑之可能影響。	該處標線之材質是冷塑標線，遭受汙染的情況推測是由於冷塑標線繪設完畢後，過早通車所造成，因此標線上會有車輪跡。其對於抗滑能力的影響，在於冷塑標線的骨材突起顆粒在尚未固化前，就被車輪壓過，因此造成標線紋理被破壞，進而降低標線的抗滑能力。	同意。
3. 報告第 112 頁中提及，實驗室先導試驗的過程中有量測標線的磨耗深度，請搭配照片說明標線磨耗深度量測的位置及進行方式，並對相關量測結果製表說明。	遵照辦理，已於第 4.1.3 節中補充說明。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
4. 未來在訂定標線抗滑相關規範時，因涉及安全議題，不論抗滑數值訂為多少，都應明確說明該初驗值僅做為驗收標準，而非任何時候均要達到規範值以上，亦建議於報告明確說明此點。	遵照辦理，已於第六章中補充說明。	同意。
5. 在訂定 BPN 或相關抗滑規範時，如能精確地針對輪胎與鋪面或輪胎與標線的交互摩擦狀況(tire-pavement interaction friction)建立一個模型，並以此模型為基礎，去了解機車在極端狀況下需要多少的摩擦力才能夠煞得住，是訂定規範最理想的方式。惟建模需時，以本次計畫的時程而言，並無法完成此工作項目。	敬悉。由於此類試驗之設計與本次計畫中設計之試驗目的及研究範圍並不相同，建議未來研究可以朝此方向進行實驗設計並進行研究。	同意。
6. 從實驗室的結果可了解，在標線的標準施工程序及控制環境之下，抗滑可達到 50BPN，若在實際道路依規定繪設標線，推測標線抗滑均可達到 50BPN。另外，建議在報告中可將相關的控制狀況進行說明，並在建議章節說明在未來可針對較極端的狀況(如標線表面有砂、油等)進行實驗室模擬，以了解極端狀況下的標線抗滑能力衰退狀況，並再次討論以目前所能取得的標線材料，以	誠如委員所說，實驗室除了是採用標準施工流程下繪設的標線外，也是在控制環境下進行的試驗，因此考量現地道路試驗面溫度及污染等種種不確定因素，並不能直接推斷在實際道路依規定繪設標線，標線抗滑均可達到 50BPN。建議未來研究可以朝此方向進行實驗設計並進行研究。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
50BPN 做為抗滑規範的標準能否達到。		
二、臺北市交通管制工程處 劉嘉祐 總工程司		
1. 實務單位對於本研究之成果，希望能了解標線 BPN 值要多少以上才不會造成機車打滑，建議釐清後再修正相關規範較好。	探討機車在 BPN 值多少以上的標線才不會打滑，為探討標線抗滑能力相關研究上的另外一個面向，本研究之設計主要著重的面向，在於探討現有標線材料抗滑能力的衰退情況，並了解標線的抗滑性能。針對委員所述的研究面向，在美國運輸研究委員會 2009 年的研究報告中提到，希望以單一因子(如標線抗滑能力)去預測打滑事故發生之機率，是極為困難的。	同意。
2. 造成機車在標線上打滑有許多不同的原因，然而實務單位在面臨國賠爭議時，最後還是回到標線抗滑值是否大於 45BPN。因此也呼應楊教授所提，在交通工程規範中訂定標線抗滑值標準之用意為何，是否為了避免機車在標線上打滑？故標線的抗滑能力係每年都要維持在一定程度以上的標準(例如 50BPN 以	目前國內所訂定之規範用意標線鋪設完成後兩週內驗收之材料標準，此部分會於報告的結論中說明清楚。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
上)，或只是在驗收階段的標準，應在規範中說明清楚。		
3. 報告第 15 頁所引用臺中市政府之資料，研究團隊將機車自摔事故數據的下降，完全歸功於 65BPN 標線抗滑能力，建議相關敘述應更保守。因從同一張圖表中可看出，臺北市不論採何種標線，機車自摔事故數據之起伏皆沒那麼明顯，由此可了解造成機車自摔事故的原因，並非僅有標線抗滑能力此單一因素。	研究團隊會再與運研所討論，該處的論述應該以何種方式呈現或說明較為恰當，以避免誤解。	同意。
4. 在本計畫中要求須蒐集國內外標線防滑的相關資料，針對國外的資料部分，能否補充佛羅里達州的標線抗滑規範中所訂定的防滑係數。此外，亦建議研究團隊進一步蒐集並了解日本標線抗滑能力的標準及規範。	遵照辦理，研究團隊原先提送之報告中，已有說明佛羅里達州針對各類材質標線抗滑規範的防滑係數，並會繼續搜尋其他國家標線抗滑相關規範，在期末報告定稿中第 2.3.2 節，新增其他國家之標線抗滑相關規範。	同意。
5. 前面提及應了解標線的抗滑能力要達到多少以上，機車才不會打滑，並在找到這樣的理論值之後，再進一步以此為基礎輔導相關產業升級。而若要進行產業升級，建議引進與本國地理位置鄰近，且廠商之間往來較為密切的日本	關於引進他國先進之標線材料或相關技術，並非本研究所探討之範圍。研究團隊會在文獻回顧中，盡力蒐集關於國外標線材料抗滑性能提升之相關研究進行補充。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
相關技術，來提升國內廠商的技術水準。		
6. 在現地試驗的資料分析上，似乎找不出一定的脈絡。因不同道路主管機關或不同標線廠商之間的差異性很大，若將全部的資料放在一起討論分析時，會造成很大的差異。建議針對同一廠商或同一地點不同時間的現地標線數據進行差值分析，嘗試找到一致性的趨勢或結論。	本研究在進行現地試驗設計時，考量到現地監測之時程僅有 5 個月，並不足以進行長期之間測，僅用單一地點或廠商，恐無法觀察到標線抗滑能力明顯的變化趨勢，因此基於不同地點之不同材齡標線數據可以放在一起分析的假設基礎上，規劃了 505 次的現地試驗，進行整體標線抗滑能力衰退趨勢的觀察及分析。此外，研究團隊亦透過實驗室加速磨耗，來觀察標線抗滑能力之長期衰退趨勢，以彌補現地試驗時程過短之情形。 後續建議各道路管養機關可參考本研究方法，持續長時間追蹤單一地點之標線抗滑能力衰退情形。	同意。
7. 肯定研究團隊針對標線水膜進行的分析，從實驗室的試驗結果可看出，只要有水膜(即使只有 1mm)，就會造成標線抗滑能力大幅下降，因此可了解只要有下雨或者是標線微濕的狀況，就應小心駕駛以避免打滑。	敬悉，謝謝委員的肯定。	同意。
8. 以往在國內的相關規範中皆直接採用 BPN 試驗值，而研究團隊在本計畫中則進一步	研究團隊以加州交通廳的研究成果，就不同溫度下標線材料可能表現出的 BPN 抗滑能力進	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
考量溫度差異，採用了溫度校正後的 BPN_{20} 進行分析。若國外規範有採用相關的溫度校正，建議未來在規範的修訂上，也可採用相關的溫度校正做法，以剔除溫度差異此項影響因素。	行模擬。研究報告中將加入公路總局前期研究所推導出的溫度校正公式一起做為比較。 建議未來研究可以朝標線試驗溫度校正的本土化公式，進行研究與驗證。	
9. 在報告第 91 頁提到，冷塑標線因過早通車造成數據有異常情況，是否在後續分析中將相關異常的試驗數據剔除？因前述標線已非正常的標線，建議將異常的標線剔除後再進行分析。	委員所述之標線雖因過早通車，而有遭受污染之情形，然因該標線亦為中長期使用下的標線，因此研究團隊認為不宜剔除後再進行分析。研究團隊會再與運研所討論該處的論述，應該以何種方式呈現或說明較為恰當。	同意。
三、交通大學運輸與物流管理學系 吳昆峯 副教授		
1. 最根本的課題是什麼樣的標線才能讓機車不會打滑，甚至是應該多久鋪設一次。雖然在本研究中無法得到結論，但是建議未來可針對前述議題進一步探討。	敬悉。探討機車在 BPN 值多少以上的標線才不會打滑，為探討標線抗滑能力相關研究上的另外一個面向，本研究之設計主要著重的面向，在於探討現有標線材料抗滑能力的衰退情況，並了解標線的抗滑性能。針對委員所述的研究面向，在美國運輸研究委員會 2009 年的研究報告中提到，希望以單一因子(如標線抗滑能力)去預測打滑事故發生之機率，是極為困難的。	同意。
2. 研究團隊呈現出來的結論，似乎說明標線 BPN 到了 50BPN 之後就不會再往下降，如	在實驗室試驗中呈現的結果顯示目前研究團隊所取得之標線材料在經過磨耗之後，多數可以	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
果機車在 50BPN 的狀況下就不會打滑，問題好像也解決了，但似乎不是如此，所以還有蠻多問題待進一步釐清。	維持在攝氏二十度的實驗室中保持 50BPN 之抗滑能力之上，然而由於現地場域中諸如落塵、油污、溫度效應等種種的因素，可能造成實驗室標線試體與現地標線之抗滑能力差異較大，因此可看到仍有部分現地標線抗滑能力是低於 50BPN 的。另外，從美國運輸研究委員會 2009 年所提出之報告結論中，也可了解到希望單純透過抗滑能力推測打滑事故是否會發生，係極為困難。故誠如委員意見所說，針對標線抗滑性能之研究領域，仍有許多問題待後續研究進一步釐清。	
3. 在文獻的蒐集上，國外規範或針對機車打滑的研究或許較少，能否找到國外針對自行車或電動自行車的標線防滑設計相關研究？	敬悉，經研究團隊進一步搜尋後，國外針對自行車或電動自行車的標線防滑設計相關研究，亦較為匱乏。在先前所蒐集之文獻中，已有回顧華盛頓大學針對機車及自行車騎士安全與標線抗滑能力之關係，並說明英式擺錘數 BPN 雖然無法模擬機車或自行車在煞車減速時在標線上的狀況，然而英式擺錘可為一具備提供客觀標線抗滑能力的工具，建議在標線不同乾濕情況下，評估不同標線材料的抗滑能力。	同意。
4. 現地標線的分析，因不同縣市施工廠商技	本研究在進行現地試驗設計時，考量到現地監	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
巧有所差異，造成在分析的過程中有許多混淆因子摻雜其中。建議可將地區及標線型態(例如：行穿線)分開進行分析，較有機會觀察到一些脈絡。	測之時程僅有 5 個月，並不足以進行長期之間測，僅用單一地點或廠商，恐無法觀察到標線抗滑能力明顯的變化趨勢，因此基於不同地點之不同材齡標線數據可以放在一起分析的假設基礎上，規劃了 505 次的現地試驗，進行整體標線抗滑能力衰退趨勢的觀察及分析。此外，研究團隊亦透過實驗室加速磨耗，來觀察標線抗滑能力之長期衰退趨勢，以彌補現地試驗時程過短之情形。 後續建議各道路管養機關可參考本研究方法，持續長時間追蹤單一地點之標線抗滑能力衰退情形。	
5. 針對同一個地點 BPN 的變化(variation)程度，能否進一步說明。如同一地點的 BPN 變化很大，或許應先輔導國內的施工廠商，確保繪製標線的施工品質後，再進一步提升 BPN 值。	針對同一個地點 BPN 的變化(variation)程度，研究團隊在 4.1.2 節現地試驗數據敘述性統計中，針對各類材質標線單一地點在同一次現地試驗中，不同點位間的試驗值最大差異及標準差，並可了解同一地點的 BPN 值變化確實很大。標線本身即為非均質材料，且在實際道路中，同一地點不同點位之現地標線所遭遇到的落塵、油污、通行車輛等狀況並不盡相同，因此並不能完全將不同點位 BPN 之差異，歸因於施工品質之不穩定性。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
6. 研究團隊在本計畫中做了許多的分析，建議能與過去其他研究成果進行比對，並說明差異。	誠如陳艾懃委員第 11 點意見，臺大與材試所先前合作之研究案中，所使用的標線材料為實驗材料，故較不適合與本研究案之成果進行比較。	同意。
7. 當現地標線表面在雨天有水膜時，機車要如何煞車(例如什麼樣的減速度下)才能維持平衡，可做為未來研究課題。同理也可針對標線表面有落塵或油污的狀況下，探討 BPN 值的變化。	敬悉。委員的建議可做為未來研究方向，並朝此方向進行實驗設計及研究。	同意。
8. 研究團隊在報告第 28-34 頁進行了六都的規範比較說明，建議可以表格方式呈現，以快速進行六都的差異比較。	感謝委員意見，針對六都的差異比較表格，已於原提送報告中的表 5 至表 8 中呈現。	同意。
9. 考量我國特有的汽(機)車混流環境，是否需要新的指標來定義標線的抗滑能力？	感謝委員意見，然而關於汽機車混合車流環境下是否需要新的指標來定義標線抗滑能力，並非為本研究的研究範圍。	同意。
四、臺灣大學土木工程學系鋪面平坦儀驗證中心 陳艾懃 博士		
1. 本研究對於兩項研究工作，即標線於現地與實驗室之抗滑能力衰退情形，均已妥善規劃並執行完成，且數據整理與分析詳盡，亦參考大量文獻，值得肯定。	敬悉，謝謝委員肯定。	同意。
2. 結論的呈現上，研究團隊似乎沒有提出相關影響變因的貢獻，	感謝委員意見，針對結論之呈現與論述，研究團隊會再進行調整，並	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
建議針對結果較好的組別，進一步提出衰退因素或衰退趨勢的說明及分析，以更明確的提出研究結論。	提出更明確之研究結論。	
3. 實驗室數據中，45/50BPN 標線初始值的數字很高，此現象與現地觀察到的情形有所差異，是否過高？且在現地進行 45/50 BPN 標線抗滑試驗時可觀察到，剛劃設完成時，由於標線表層會使標線的抗滑能力降低，一開始並沒有辦法達到 45BPN，因此實驗室數據呈現出來的數值又更令人疑惑。建議研究團隊仍可保留該組實驗數據，惟需再向廠商進一步確認該組標線材質，是否確實為 45/50BPN 標線。	研究團隊在進行實驗室標線試體取樣之過程中，皆有向廠商再三確認標線之材質，且相關道路主管機關之承辦人員皆有在現場陪同，在 45/50 BPN 標線材質部分，是確認無誤的，因此研究團隊仍傾向忠實呈現原先的試驗結果。	同意。
4. 實驗室加速磨耗的部分，由於標線試體的材質有所差異，造成初始值也有所差異。建議研究團隊增加各項標線衰退百分比或衰退程度的差值分析，藉此可排除初始值的差異。	研究團隊在進行實驗室標線試體取樣之過程中，皆有向廠商再三確認標線之材質，且相關道路主管機關之承辦人員皆有在現場陪同，在標線材質部分是確認無誤的。因此研究團隊仍傾向忠實呈現原先的試驗結果，隨後會在數據整理修正上，加入差值分析的內容。	同意。
5. 從實驗室分析結果中，可看到 BPN 的磨耗終值皆停在	研究團隊認為造成此差異現象的因子有非常多，因為研究團隊在實	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
50BPN，此現象與現地所觀察到的狀況(有將近 4 成的標線小於 50BPN)有所差異，請問研究團隊針對這個現象的判斷或解讀為何？	驗室試驗中，是在控制環境進行磨耗，然而現地場域中不同試驗地點，甚至同一試驗地點不同試驗點位所遭遇到的狀況並不盡相同，且與實驗室的控制環境有極大差異，主要差異例如：落塵、油污、溫度、氣候差異、交通磨耗等因素，皆有可能造成實驗室與現地標線狀況有所差異。	
6. 在實驗室的結果中可觀察到，在 10,000 轉以內標線抗滑能力的衰退情況較為明顯，建議針對不同材質的標線樣本在前段衰退情形上的比較，做進一步的分析及討論。	謝謝委員意見，研究團隊會針對磨耗轉數 0-12000 轉區間的部分數據，再次進行檢視與分析。	同意。
7. 在報告及簡報中皆不斷提及，現地的骨材及冷塑標線因樣本數不足，分析可能會產生誤差，是否會使人聯想當初的規劃考量不夠完善？惟 500 多點的數據量已不算少，故建議可調整敘述，避免將分析結果不佳歸因於數據量不夠多。另外針對現地試驗的數據而言，R^2 在 0.7、0.8 係屬不錯的相關性，應可提出建議的方向。	因在現地試驗分析中，將 505 點的數據量拆分為 65BPN、冷塑及骨材標線進行分析，且在試驗規劃時，由於冷塑及骨材標線在現地使用的量並不多，且須配合各道路主管單位提供適當之試驗地點，因此造成冷塑標線僅有 3 處試驗地點共 58 個試驗數據點，骨材標線僅有 4 處試驗地點(其中 3 處同質性極高)共 120 個試驗數據點，且材齡分布不均。因此，針對上述 2 種材質之標線數據量並不足以做出初步結論。而針對 65BPN 標線，雖然涵蓋了 335 個點位，	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
	且材齡分布較為均勻，但是若要使用大數據技術，找出可適用於絕大多數標線的規則，仍嫌不足。故針對 65BPN 現地標線部分，雖然研究團隊有針對現有之數據提出部分初步結果，仍會在結論及建議中，提出希望納入更多數據以驗證目前分析結果。	
8. 報告的建議中，研究團隊提出未來在標線生命週期中的抗滑數值，建議應要維持在 50BPN 以上。建議可參照實驗室磨耗試驗的結果及轉數，提出一個建議追蹤檢測的時間點或是頻率，在後續若要納入規範中會較有參考價值。	目前實驗室磨耗試驗之設計是在控制環境下進行，與實際道路狀況不同，故無法參照實驗室磨耗試驗的結果及轉數，提出建議追蹤檢測的時間點或是頻率。委員的建議則可做為未來研究方向，並朝此方向進行實驗設計及研究。	同意。
9. 報告中的第四、五章建議調整架構，將試驗結果及分析成果合併為一個章節呈現，或說明為何要切分為兩個章呈現。	遵照辦理，研究團隊會在第四章中新增章節說明，以避免使讀者產生疑惑。	同意。
10. 臺大過去與公路總局材試所的研究成果為本土化的公式，且在臺灣的標線上進行實驗，當初並未採用加州交通廳校正公式的原因，在於加州溫度校正公式有其限制，其一是該公式僅適用於柔性鋪面上，再者該研究所提出公式的最高溫度僅適用於 45°C 以下。臺大在進行	研究團隊以加州交通廳的研究成果，就不同溫度下標線材料可能表現出的 BPN 抗滑能力進行模擬。研究報告中將加入公路總局前期研究所推導出的溫度校正公式一起做為比較。 建議未來研究可以朝標線試驗溫度校正的本土化公式，進行研究與驗證。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
先前研究時，認為標線及柔性鋪面在溫度的影響下，還是會有一些差異，故在本土的標線上進行試驗，並提出一個本土化的溫度校正公式，於此說明澄清。		
11. 回應吳昆峰委員第 6 點意見，因臺大與材試所先前合作之研究案中，所使用的標線材料為實驗材料，故較不適合與本研究案之成果進行比較。	謝謝委員協助釐清。	同意。
五、中華民國交通工程技師公會 廖兆奎 理事		
1. 由報告第 97 頁的圖 53 可看出，部分材齡較短的現地標線 BPN 較低，能否確定其原因？	目前推測前期 BPN 降低的原因，與實驗室的磨耗結果觀察相近，推測為標線表層外灑材料的磨耗所造成。	同意。
2. 報告中統計分析結果的說明，建議可更白話一點，尤其在結論中能以更清楚具體的方式呈現，使讀者能更快速了解研究成果。	遵照辦理，研究團隊將在報告第 5.1 節中新增小結說明分析結果，並調整結論之論述。	同意。
3. 在實驗室試驗的部分，65BPN 標線大多數在 10-15 萬轉的長期磨耗狀況下，還可維持在 50BPN 左右，其中 15 萬轉的磨耗深度可達 2mm 左右，基本上標線已被磨耗完了。建議以物理的角度觀察，對應到實際標線大概經過多少	有鑑於實際道路上的標線會經歷的車流及磨耗型態皆有所不同，目前尚無法以標線磨耗深度對於實際標線之材齡或累積交通量。建議未來研究可以挑選車輪跡經過位置較固定的場域(例如：地磅站)，進行監測，較有機會了解實驗室磨耗與現地磨耗之對應狀況。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
時間，會磨耗到相同的程度。		
4. 建議後續研究可透過試驗的設計，了解在實驗室控制相關的環境變因下，理論上機車在標線多少 BPN 的狀況下不會打滑。	探討機車在 BPN 值多少以上的標線才不會打滑，為探討標線抗滑能力相關研究上的另外一個面向，本研究之設計主要著重的面向，在於探討現有標線材料抗滑能力的衰退情況，並了解標線的抗滑性能。針對委員所述的研究面向，在美國運輸研究委員會 2009 年的研究報告中提到，希望以單一因子(如標線抗滑能力)去預測打滑事故發生之機率，是極為困難的。	同意。
5. 建議後續研究可深入探討，標線到何時需重鋪。	關於標線應該多久鋪設一次，尚需考量到其他標線的重要性能(例如：反光性、可辨識度等)，進行通盤性的研究，並不在本研究之研究範圍內。惟本研究針對標線抗滑性能衰退情形探討之研究成果，可做為後續相關研究之基礎。	同意。
六、內政部營建署		
1. 由報告可看出將規範提升到 50BPN 是達得到的，惟 65BPN 初期衰減較大。建議能宣導研究成果，讓大眾了解 65BPN 標線的效益，以及標線並非唯一影響機車打滑的因素。	敬悉。	同意。
2. 公路總局的施工規範是否會以本研究案之成果	敬悉。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
為基礎進行修正？若有修正，希望知會營建署以便一同進行修正。		
七、交通部公路總局材料試驗所		
1. 報告的溫度校正是針對鋪面所訂定的公式，然而瀝青鋪面跟標線的軟化點不同，瀝青鋪面的軟化點約在 40-50°C 上下，而標線的軟化點較高(約 100°C)，以現地試驗所觀察到的標線試驗面溫度而言，最高約在 40-50°C 左右，理論上應不會造成標線紋理上的變化或差異。另外，CNS 15834 規範針對橡膠滑塊有進行溫度校正，因在 BPT 試驗中，對於試驗結果影響最大的因素就是橡膠滑塊，然而 CNS 15834 的規範中最大的修正級距只有 3，而報告所進行的溫度校正可能高達 10BPN 以上，建議可針對溫度校正部分再進一步釐清。	研究團隊以加州交通廳的研究成果，就不同溫度下標線材料可能表現出的 BPN 抗滑能力進行模擬。研究報告中將加入公路總局前期研究所推導出的溫度校正公式一起做為比較。 建議未來研究可以朝標線試驗溫度校正的本土化公式，進行研究與驗證。	同意。
2. 在現地試驗中，研究團隊所蒐集的試驗地點涵蓋新鋪設標線及既有標線，在分析上研究團隊將所有的試驗數據全部統整在一起進行分析，其中疑似有重複分析某些數據資料(例如表 17 的敘述性統計)，建議針	報告中所進行之統整分析應無重複分析之狀況。本研究在進行現地試驗設計時，考量到現地監測之時程僅有 5 個月，並不足以進行長期之間測，因此基於不同地點不同材齡標線之數據可以放在一起分析的假設基礎上，規劃了 505 次的現地試驗。若	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
對個別的試驗地點進行分析。	將不同試驗地點之數據拆分開來分析，因僅有進行 5 個月的監測，期程過短並無太大意義。因此，本研究亦透過實驗室加速磨耗，來觀察標線抗滑能力之長期衰退趨勢，以彌補現地試驗時程過短之情形。 就另一層面而言，研究團隊希望從所蒐集到的全部數據嘗試找出一體適用之規則。若以同一廠商或同一地點不同時間的現地標線數據進行分析，研究結果並無法適用於其他廠商或試驗地點，亦無太大意義。	
3. 加速磨耗試驗的磨耗輪跡仍略小於 BPN 試驗面積，建議在報告中說明澄清，以避免誤導讀者，將試驗結果解讀為在現地標線中也可觀察到同樣的結果。	遵照辦理，已於第 4.1.4 節補充說明。	同意。
4. 實驗室取樣的部分若在現地進行取樣，能否將現地試驗結果與實驗室試驗結果進行比較？	研究團隊認為造成此差異現象的因子有非常多，因為研究團隊在實驗室試驗中，是在控制環境進行磨耗，然而現地場域中不同試驗地點，甚至同一試驗地點不同試驗點位所遭遇到的狀況並不盡相同，且與實驗室的控制環境有極大差異，主要差異例如：落塵、油污、溫度、氣候差異、交通磨耗等因素，皆有可能造成實驗室與現地標線狀	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	況有所差異。	
5. 實驗室試驗中，研究團隊進行不同水膜狀況下標線的抗滑能力比較，其中該試驗分別在標線試體經加速磨耗試驗前後，進行水膜及 BPN 的量測，惟在標線試體經加速磨耗後，磨耗的輪跡處的標線厚度會減少。依研究團隊的試驗流程中，用來模擬水膜厚度的方法是將試體浸泡於水槽中，再以尺規量測試體表面至水膜表面的深度，在此量測方式下，是否會造成水膜厚度加深？	經研究團隊與實驗室試驗人員確認後，確定在磨耗後進行的水膜量測，皆是取磨耗軌跡最深處進行量測，因此不會有造成水磨加深的狀況。此部分將在報告中補充說明。	同意。
6. 在材試所進行的 50BPN 標線之防滑相關試驗中，亦觀察到不同廠商所劃設的標線，BPN 值會有所差異的現象。	謝謝補充說明。	同意。
7. 使用 65BPN 標線，能否真的降低機車打滑的風險？使用 45/50 BPN 及 65BPN 標線在一定期間後，若衰退到一致的防滑性能，則使用 65BPN 標線是否有其效益？	探討機車在 BPN 值多少以上的標線才不會打滑係為在探討標線抗滑能力相關研究上的另外一個面向，本研究之設計主要著重的面向在於希望探討現有標線材料抗滑能力的衰退情況，並了解標線的抗滑性能。針對委員所述的研究面向，在美國運輸研究委員會 2009 年提出的研究報告中提到，希望以單一因子(如標線抗滑能力)去預測打滑事故	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
	發生之機率是極為困難的。至於使用 65BPN 標線是否有其效益，以實驗室的成果來觀察，65BPN 的標線大部分在磨耗與抗滑能力衰退表現上，略高於 45/50 BPN 標線，然而也有發現兩群各有比預期好以及比遜於預期表現的組別。由於標線現地鋪設的地點與功能性不盡相同，可能需要反光與抗滑兼具，也可能僅考量抗滑能力，亦建議從材料成本上來做綜合考量。本研究就實驗室以及現地目前常用的 45/50 以及 65BPN 標線進行相關研究，可以對於大趨勢進行觀察做出結論，然而由於影響現地標線的因素複雜，可能尚且無法對於是否有其效益做出結論。	
8. 65BPN 標線所使用的抗滑骨材，是否也會影響到其性能衰退的狀況？	根據材試所與臺大 2017 合作之研究，以及日本道路標示材料協會在 2006 年進行之研究顯示，標線內摻不同的抗滑骨材的確會影響抗滑性能的衰退狀況，此部分將在文獻回顧小結中補充說明。	同意。
八、交通部公路總局		
1. 報告第 14 頁引用 CNS 1333(2017 年)之相關內容，經檢視多有差異，請再確認前開內容之正確性。	該部分內容為引述「交通工程規範」之內容，內文中說明其為引用 CNS 1333(2017 年)之相關內容，係為誤植，將於報告中進行修正。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
2. 報告第 137 頁所述「VD 所蒐集的交通量資料對標線的抗滑性有一定程度的影響」，請補充說明影響程度為何？	在二元分類分析中，無納入 VD 資料的 65BPN 標線數據相較於有納入 VD 資料之 65BPN 標線數據分析結果，準確率皆有所下降，最高約降低 15%，已補充於報告第 5.1.3 節中。	同意。
3. 使用英式擺錘測出抗滑係數(BPN)，依據 ASTM 規範無須辦理溫度修正，請補充說明研究案內抗滑係數採溫度修正之妥適性。	ASTM 規範中的確並無採用溫度修正，然而在加州交通廳與公路總局的前期研究中均提出溫度效應的存在，因此本研究嘗試採用相關公式進行不同溫度情境下，標線抗滑能力的增減之模擬，做為分析參考依據。	同意。
4. 各類型標線雖無法取得其配比，建議列出其主要成份俾利實務單位參考。	各類型標線主要成分皆符合各道路主管機關之施工規範，建議參考各道路主管機關之施工規範內容。	同意。
九、臺中市政府交通局		
1. 報告第 122 頁提到「…基本上位於相同區域…」，該說明所提及相同區域是指位於同一個縣市，還是位於鄰近地點，建議補充說明。	該處提及之「相同區域」皆位於同一行政區或相鄰行政區，且皆位於學校門口，並屬於同一批劃設之標線，故同質性高，將在報告中修正論述。	同意。
2. 報告第 146 頁提到 65BPN 標線分為有/無 VD，其點位數量分別為 303、335 點，此數據量跟第 94 頁中所述 65BPN 標線的數據量共有 335 點似有所矛盾，建議再說明清楚。	該處內容應為有/無「納入」VD 資料之試驗點為，將在報告中修正論述方式，避免誤解。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
3. 以實務單位的角度，本局亦希望可了解標線的補繪時間。	關於標線應該多久鋪設一次，尚需考量到其他標線的重要性能(例如：反光性、可辨識度等)，進行通盤性的研究，並不在本研究之研究範圍內。惟本研究針對標線抗滑性能衰退情形探討之研究成果，可做為後續相關研究之基礎。	同意。
十、新北市政府交通局 (書面意見)		
標線抗滑係數提升案，待營建署道路施工規範標線增修完成後，再納入本局 111 年度標誌標線維護及改善工程合約辦理。	敬悉。	
十一、本所運安組(書面意見)		
1. 第二章： (1) p9 表 2 請於指示標線之縱向標線，增加「自行車路線指示線」。	遵照辦理	同意。
(2) 第 2.3.1 節 p23，提及「交通工程規範」與「CNS 15834 道路標線使用性能」，雖本研究不針對兩項規範及標準之差異進行比較，建議可引用公路總局邱瑞昌等人之研究文獻資料，讓讀者能快速瞭解兩者的差異。	遵照辦理。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
(3) 第 2.3.2 節國外規範除了美國佛州之外，請補充其他蒐集之國外規範以供參考，並進行簡單的評析。	遵照辦理。	同意。
(4) p43 提及採用加州大學戴維斯分校加州大學鋪面研究中心之溫度校正公式，請補充說明該溫度校正公式係用於鋪面，本研究因何原因引用此公式來調整本研究標線在不同溫度下的 BPN 數值。	研究團隊以加州交通廳的研究成果，就不同溫度下標線材料可能表現出的 BPN 抗滑能力進行模擬。研究報告中將加入公路總局前期研究所推導出的溫度校正公式一起做為比較。 建議未來研究可以朝標線試驗溫度校正的本土化公式，進行研究與驗證。	同意。
2. 第三章： (1) p63 說明會選取不同磨耗的枕木紋進行試驗，後續數據分析時是否納入分析？請補充說明。	因不同磨耗型態之認定難以量化為分析變數，故研究團隊採用試驗點位與路面邊線之距離，以區分不同枕木紋上試驗點位的差異。	同意。
(2) p79、80 未說明圖 37、38 之步驟，p84 亦未說明圖 46 改裝作業，請補充說明。	遵照辦理。	同意。
(3) 建議搭配照片說明如何量測實驗室之標線磨耗深度，並於第四章試驗成果中呈現相關量測數據，以了解磨耗深度與標線 BPN 值變化之關係。	遵照辦理。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
(4) 建議研究團隊就實驗室加速磨耗部分，整理進行標線取樣及加速磨耗所需器材、儀器、設定參數及操作內容，並納入報告之附錄，以提供後續實務或研究單位進行實驗室加速磨耗之參考。	遵照辦理。	同意。
3. 第四章 (1) p95 有關表 16 之說明，部分內容有誤(如數據量次低者應為 BPN 60-65 區間)，另 p99 對於表 19 之說明，部分內容亦有誤(如數據量最多者應為 BPN 65 以上區間)，請修正。	遵照辦理。	同意。
(2) p104 之圖 61，因調整後之標線 BPN 值超過 100，實務不會發生此情形，請補充說明原因。	遵照辦理。	同意。
(3) 第 4.2.2 節請補充說明先導試驗，15 萬轉及 5 萬轉各需多少實驗時間，以利各單位瞭解。	遵照辦理。	同意。
(4) p116 兩段說明文字係說明期中報告之辦理情形，建議刪除。	遵照辦理。	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
4. 第五章：p122 及 p123 說明骨材標線及冷塑標線時，請補充說明兩者皆無 VD 交通量等資料。	遵照辦理。	同意。
5. 第六章： (1) 第 6.1 節結論部分，請綜整各章重要執行方法、過程及發現，並分點說明，以利讀者瞭解本研究相關內容。	遵照辦理。	同意。
(2) 請於每一點結論與建議新增標題，以利讀者快速查找相關內容。	遵照辦理。	同意。
(3) p182 建議第 6 點，納入因為標線抗滑功能性而導致的交通意外事故，詳加紀錄其成因一節，建議宜評估實務作業能否達成。另交通事故相關資料係由內政部警政署彙整，交通部「道安資訊查詢網」(其名稱應為「道安資訊平台」)僅為查詢介面，請修正相關說明	遵照辦理。	同意。
6. 有關報告中錯字或排版部分，請於會後洽本組修正。	遵照辦理。	同意。
十二、主席結論		

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
1. 感謝研究團隊投入了許多心力執行本計畫，也謝謝各與會專家學者及代表提供寶貴的資訊及意見，請研究團隊針對相關意見製作回應表且詳細說明，做為修正期末報告之依據，並將相關意見及資訊納入本研究案後續辦理之參考。	遵照辦理。	同意。
2. 本研究計畫結果中，現地試驗的部分受限於許多限制，目前尚無法提出一個明確的結論或建議，但仍請研究團隊參照委員的意見，並嘗試從現有數據中，以小規模或特定區域為基礎，尋找可能的分析方向。	遵照辦理，研究團隊會再參照委員意見嘗試不同分析方法，若有所限制之處亦會在研究中進行說明。另外，在結論與建議部分也將調整論述，以更明確呈現研究結果。	同意。
3. 實驗室部分的結果，看起來有較明顯的趨勢，可預期從實務單位的觀點，會希望能進一步與現地的情況做連結，或將實驗室的相關結論應用於現地。然而，要將實驗室的試驗過程及結果應用於現地標線的管理，或與現地的狀況做連結，還有許多的限制，因此推導出的結論或基於實驗室成果所做出的建議，在敘述上必須更謹慎，且針對最後做出的結論與建議內容，須清楚說明該項結論與建議是基於何研究成果所提出，以及其所代表的意涵為何。	遵照辦理，針對研究之限制會在研究中詳細說明，另外也會以謹慎的態度，基於現有的條件、限制及證據呈現及敘述研究成果。在結論與建議部分也將調整論述，以更明確呈現研究結果。	同意。
4. 針對本研究案，各位委員與實務單位皆有許多	遵照辦理，針對相關實務限制會在報告中詳細	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
不同的期待，例如是否將管養的觀念納入標線的相關規範中等，但在實務上仍有許多的限制，包含施工品質、環境因素、車流特性等。請研究團隊就相關現實面因素與狀況，在報告中忠實呈現及說明。	說明。	
5. 研究團隊所提之期末報告初稿，經本次會議審查通過，請研究團隊於 109 年 12 月 18 日前完成定稿並函送本所。	遵照辦理。	同意。

附錄四　三都及公路總局標線相關規範

公路總局施工說明書〈技術規定〉
(101 年 10 月版) (10906 修訂)

「第 02898 章 標線」

第02898章
標線

1. 通則

1.1 本章概要

說明路面標線標繪有關工作之材料、施工及檢驗等相關規定。

1.2 工作範圍

包括路面清理、熱處理聚酯標線、油漆標線標繪等相關工作。

1.3 相關章節

第01330章--資料送審

第01556章--交通維持

1.4 相關準則

1.4.1 中華民國國家標準（CNS）

(1) CNS 1333 K2031 道路標線塗料

(2) CNS 4342 R2095 交通反光標誌用玻璃珠

(3) CNS 15931 K2251 塗料一般安全規範

1.4.2 交通部及內政部會銜頒布「道路交通標誌標線號誌設置規則」

1.4.3 交通部頒布「交通工程規範」第四章標線及附錄「英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟」

1.5 資料送審

1.5.1 品質計畫

1.5.2 施工計畫

1.5.3 廠商資料

(1) 施工機具設備及施工方法

(2) 熱處理聚酯標線、油漆標線

A. 若為進口貨應提送進口證明文件

B. 原製造廠商之出貨證明

C. 試驗合格證明文件

D. 熱處理聚酯標線與油漆標線之「有害重金屬總含量」，需檢具符合CNS 1333規定之廠商品質保證書。

E. 熱處理聚酯標線之「加速耐侯性試驗」，需檢具符合 CNS 1333規定之廠商品質保證書及最近1年內合格測試報告資料。

F. 反光玻璃珠之「砷、鉛、銻含量」，需檢具符合『CNS 4342表1之1級規定』之廠商品質保證書。

1.5.4　各項材料承包商應提送樣品2份。

2.　產品

2.1　材料

2.1.1　熱處理聚酯標線

(1)熱處理聚酯標線材料須為合成樹脂粉末、顏料、填充材料，預拌以反光玻璃珠等路面標線材料，當以適當之熱處理標線機加熱熔融，鋪設於經清理整潔之水泥或瀝青混凝土鋪面上時，熱處理聚酯熔融物須能即刻乾固而黏固於路面，形成不受輪胎黏脫且具有反光特性、防滑能力，且能承受輾壓、衝擊而不變形之標線。

(2) 標線標繪後之顏色除設計圖另有規定外，須符合交通部與內政部合頒之「道路交通標誌標線號誌設置規則」最新規定之標準。

(3) 熱處理聚酯標線除設計圖另有規定外，應符合表02898-1規定品質，並依CNS 1333檢驗：

表02898-1 熱處理聚酯標線品質規定

項目	品質
密度(23℃)(g/cm^3)	2.3以下
軟化點(℃)	80以上
塗膜外觀	顏色均勻，且無龜裂及皺紋
輪胎附著性	標繪3分鐘後塗膜無附著於輪胎上
顏色之色度座標	**白色應符合CNS 1333表4規定的範圍** **黃色應符合CNS 1333表4中Y2規定的範圍**
輝度率(β)	白色≧0.70；黃色≧0.40
耐磨耗性(以100轉計)(mg)	磨損質量200以下
壓縮強度(23℃)(kN/cm^2)	0.802 以上
耐鹼性	泡在$Ca(OH)_2$飽和溶液中18小時，塗膜無龜裂且變色程度不大
玻璃珠含量	**50BPN標線：**熱處理聚酯反光標線材料中應預拌玻璃珠(需符合表02898-2之規定)，其含量應達30%質量比以上 **65BPN標線：熱處理聚酯反光標線材料中應預拌玻璃珠(需符合表02898-2之規**

	定)，其含量應達18%質量比以上
加速耐候性	顏色之色度座標，白色應符合CNS1333表4規定的範圍，黃色應符合CNS1333表4中Y1規定的範圍，輝度率變化應不大於0.05
有害重金屬總含量(mg/kg)	應符合CNS15931之表3規定

(4)玻璃珠之品質須符合表02898-2之規定，並依CNS 4342檢驗，未達規定要求則不得採用。

表02898-2 玻璃珠品質規定

項目	品質	
比重	2.4~4.5	
粒度	試驗篩標稱孔寬(μm)	質量百分比(%)
	>850	0
	850~600	5~30
	600~300	30~80
	300~106	10~40
	<106	0~5
外觀	外觀應為透明圓球狀，如有橢圓、銳角、不透明、珠粒融結及摻含異物，均視為瑕疵，瑕疵比率以個數計，須在20%以下。	
折射率	RI ≧1.50	
耐水性	玻璃珠表面不得呈現霧面現象，且所使用0.01N氫氯酸(HCl)之滴定消耗量≦10.0 mL	
砷、鉛、銻含量(註)	個別為200mg/kg以下	

註：若使用折射率RI ≧1.90玻璃珠，並經提出折射率合格試驗報告證明者，可免除砷、鉛、銻含量限制。

(5) 承包商應提出熱處理聚酯標線原製造廠商之品質合格證明書及試驗合格證明文件。

2.1.2 油漆標線

(1) 使用於公路及其附屬工程等之交通標線，應為具有適當反射作用之反光標線漆。

(2) 標線漆其品質應符合 CNS 1333氯化橡膠系之規定。漆料應為未開封之合格廠牌產品，標有製造廠商及成份字樣。並於每批漆料上標示出品貨號與日期。漆料出廠後超過1年者，不准採用。

A. 漆料應質料均勻，並適於撒佈成均勻一致之光滑面。

B. 漆料不得產生塊狀（Cake）、濃縮（Thickness）、凝結（Curdle）、膠化（Gel）、沈澱（Settle Badly）或其他不當之變質，同時應保持易於調配符合使用要求之品質。易生浮皮（Skin）之漆料應予拒絕使用。

C. 白漆於乾固後應為純白色，不得帶有污泥及其他色彩。白漆與黃漆顏色之色度座標應符合CNS 1333表2與表4之規定。其餘顏色之漆料於乾固後應符合「道路交通標誌標線號誌設置規則」規定之色樣。

D. 漆料之組成及品質應能作為玻璃珠之適當黏合物，使在交通上能產生完善之反光效果。標繪前應選用一小段路面進行試漆，以試驗是否適用。

E. 油漆在乾固後應為具有彈性及黏著妥善之漆層，在陽光下不得有褪色及黏胎等情事。

(3) 玻璃珠

A. 每公升標線漆所含玻璃珠不得少於510g，亦不得多於590g。

B. 玻璃珠之品質須符合表02898-2之規定，並依CNS 4342檢驗，未達規定要求則不得採用。

3. 施工

3.1 施工方法

3.1.1 一般要求

(1) 標繪標線前，應佈設安全防護設施，以保護人員及標線，並防止標線未乾固前遭通行車輛損害。

(2) 標線應按設計圖說之位置、顏色、寬度及樣式標繪。

(3) 標線區在標繪標線之前須完全處理乾淨，始得進行標線標繪工作。

A. 柏油、油脂或其他材料污染之大面積區，應以噴砂、蒸氣清潔機或動力掃除機澈底處理乾淨。

B. 水泥混凝土鋪面之殘餘路面養護劑應澈底清除後，始可進行標繪工作。

(4) 標線應避免直接標繪於縱向接縫或縱向施工縫上。

(5) 承包商應先測定標線控制點及放樣，始可進行標線標繪工作，所有沿縱向之標線工作必須以控制點引導標線機器。

(6) 凡天候不良或地面潮濕時，均不得標繪標線。

A.標繪標線時，路面表面最低溫度不得低於10℃。

B.標繪標線時，路面表面最高溫度不得高於40℃。

(7) 劃設前之通知：劃設標線應於24小時前通知工程司，底層劑、安全防護設施、機具設備等經工程司檢查符合規定後始可劃設標線。若未通過檢查，承包商應即時進行改善並延後劃設時間，經再次申請檢查獲得工程司同意，方得劃設標線。

3.1.2 熱處理聚酯標線施工

(1) 承包商應依照經工程司認可之機具設備及方法施工，工程司得指示承包商提送完整之標線施工方法與機具設備送審。

(2) 施工前應先將路面清除乾淨且須乾燥。

A.路面上如有油脂應澈底清除，惟不得損壞路面。

B.水泥混凝土鋪面之殘餘路面養護劑應澈底清除。

(3) 標繪施工用之熱拌爐、標線車等機具，承包商須於施工前自行做性能試驗。熱拌爐、標線車中均應有自動或手動之攪拌設備，以使熔融標線內之玻璃珠均勻、無下沉現象。

(4) 標繪前應先以用量為0.14kg/m^2之底層劑（Primer）均勻塗於路面上標線位置作為黏結之用。底層劑為乙烯合成樹脂液與芳香碳化氫溶劑之混合物；標線若標繪於新鋪之瀝青路面時，得不施作黏層劑。

(5) 標繪量與進行之速度應適當，事前應選用一小段路面做試驗，並應由熟練操作員或技術人員控制操作機械，使標繪之標線表膜及厚度均一，並須同時注意調節加熱溫度，使熱處理聚酯材料之黏性、流動性等能適於標繪。

(6) 材料之快乾性與附著性亦應於施工前選一小段路面試驗，俾決定其最合適之加熱溫度。噴出之熱處理聚酯標線材料，其溫度應在160℃~200℃之間，標好後之標線應在4分鐘內充分硬化，俾開放通行。

(7) 在熱處理聚酯標線材料內，除均勻摻有**原規定含量**之玻璃珠外，施工中標線表面尚在熔融狀態時：

A.50 BPN 標線：再以反光玻璃珠（用量160g/m^2）均勻撒佈

於其表面。

B.65 BPN 標線：再以反光玻璃珠（用量160g/m²）、原標線材料內防滑骨材或其他抗滑材料等均勻撒佈於其表面，完工後表面含外撒材料之標線顏色應符合第2.1.1(2)節之規定。

(8) 經熱熔標線機調合及適當舖設之標線，必須為反光且形成均勻、連續之厚膜，並密切黏著於水泥或瀝青混凝土舖面上。在鄰近重疊標線上可允許因表面煙燻而引起之些微臨時性失色，經開放交通後由於車輪之磨擦應逐漸恢復標線顏色。當標線舖設於已整修完妥之瀝青舖面上時，不得有漆漿過多現象。

(9) 標線施工後，標線表面溫度在80℃以下，不得有軟化、流動或有塵埃附著等現象。

(10)完工後之熱處理聚酯標線，無論在夜間投光或白天，均應有顯明且符合規定之色彩。標線寬度、厚度應符合規定，並須均勻，不得有凹凸、龜裂、彎曲等缺陷。

(11)標線完工後檢驗之鑽心取樣處，路面應予復原。

(12)除另有規定外，熱處理聚酯標線材料鋪設最小厚度為2mm。

(13)現場因疊繪或漏液現象造成之突起、不平順處，承包商應予以改善。

3.1.3 油漆標線施工

(1) 油漆標線施工：油漆標線應以工程司認可之自動噴灑式劃線機作業。標線完工後應具有清晰之邊緣、正確而平滑之線型及厚度均一之薄層。在乾固前該薄層之厚度應為0.5mm，其允許誤差為±0.05mm。

(2) 未乾漆層厚度之測定，應以薄鋁片固定於試驗線上，將劃線機沿該線施工，標繪後30秒內，比較鋁片上之油漆淨重與每公升扣除玻璃珠之油漆重，而求得其厚度。

(3) 如經工程司之同意，承包商可秤用玻璃珠均勻撒在路面標線之濕油漆上，每公升油漆至少灑上550g 之玻璃珠，並應以特為撒佈玻璃珠設計之撒佈機撒佈，玻璃珠撒佈機應裝置於油漆噴灑機之後60cm 以內作業。

(4) 標繪油漆標線時之氣溫不得低於5℃。

3.2 許可差

3.2.1 標線長度：每一縱向4m 標線之許可差為±5cm。

3.2.2　標線寬度：標線寬度之許可差為±6mm。

3.2.3　標線之線型：標線之橫向位置與設計圖說規定位置，其許可差為±5cm。

3.3　檢驗

3.3.1　除契約另有規定外，各項材料及施工之檢驗項目如表02898-3。

表02898-3　標線檢驗

<table>
<tr><th>名稱</th><th>檢驗項目</th><th>檢驗方法</th><th>規範要求</th><th>頻　　率</th></tr>
<tr><td rowspan="2">標線施工前材料檢驗</td><td>漆料品質及顏色</td><td>CNS 1333</td><td>1.表02898-1
2.第2.1.2(2)與2.1.2(3)節
3.「道路交通標誌標線號誌設置規則」規定之色樣</td><td rowspan="2">1.標線數量未達500m^2，提出自簽約日起1年內合格試驗報告。
2.標線數量500~3000m^2，檢驗1批。
3.標線數量超過3000m^2，每3000m^{2}檢驗1批，餘數未達1,500m^{2}得併入前1批檢驗，超過1,500m^{2}時單獨為1批。
4.熱處理聚酯標線與油漆標線之「有害重金屬總含量」:檢具廠商品質保證書者免檢驗。
5.熱處理聚酯標線之「加速耐侯性試驗」:檢具廠商品質保證書及最近1年內合格測試報告者免檢驗。
6.反光玻璃珠之「砷、鉛、銻含量」:檢具廠商證明書者免檢驗。</td></tr>
<tr><td>玻璃珠品質</td><td>CNS 4342</td><td>表02898-2</td></tr>
</table>

名稱	檢驗項目	檢驗方法	規範要求	頻　　率
50BPN標線施工後檢驗（熱處理聚酯標線）	標線厚度	1.以游標卡尺量測鑽心試體圓周8個等分點之標線厚度，取其平均值代表單一試體之標線厚度。 2.將3個鑽心試體標線厚度，取其平均值，代表該批標線厚度之試驗結果。	符合契約標線厚度要求	1.不同顏色標線數量未滿2000m^{2}檢驗1批，標線數量2,000m^{2}以上者，每2,000m^{2}試驗1批，分批餘數未滿1,000m^{2}得併入前1批試驗，超過1,000m^{2}以上時單獨為1批。 2.單色100m^{2}以下時，僅辦理厚度檢驗。 3.每批隨機鑽取3個試體。
	玻璃珠含量	將3個鑽心試體表面之標線漆加熱軟化取樣後，依照CNS 1333檢驗。	30％質量比以上	
	玻璃珠外觀形狀	由玻璃珠含量試驗後之樣品取樣後，依照CNS 4342檢驗。	依據CNS 4342規定檢驗玻璃珠瑕疵比率須在20%以下。	

名稱	檢驗項目	檢驗方法	規範要求	頻　　率
	標線抗滑係數（BPN）	交通部頒「交通工程規範」附錄「英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟」，且應於施作完成後之2周內檢測完畢。	潮溼狀態下，實測值50以上。	1.一般路段：標線抗滑係數檢驗每2000m^{2}檢驗1批，每批隨機取3處地點檢測取平均值；不足2000m^{2}者，仍應檢驗1批，隨機取3處地點檢測取平均值。 2.行穿線路口：每路口檢測1批，每批檢測1處地點。
65BPN標線施工後檢驗（熱處理聚酯標線）	標線厚度	1.以游標卡尺量測鑽心試體圓周8個等分點之標線厚度，取其平均值代表單一試體之標線厚度。 2.將3個鑽心試體標線厚度，取其平均值，代表該批標線厚度之試驗結果。	符合契約標線厚度要求	1.不同顏色標線數量未滿2000m^{2}檢驗1批，標線數量2,000m^{2}以上者，每2,000m^{2}試驗1批，分批餘數未滿1,000m^{2}得併入前1批試驗，超過1,000m^{2}以上時單獨為1批。 2.單色100m^{2}以下時，僅辦理厚度檢驗。 3.每批隨機鑽取3個試體。
	玻璃珠含量	將3個鑽心試體表面之標線漆加熱軟化取樣後，依照 CNS 1333檢驗。	18%質量比以上	

名稱	檢驗項目	檢驗方法	規範要求	頻　　率
	玻璃珠折射率	由玻璃珠含量試驗後之樣品取樣後，依照CNS 4342 檢驗。	依據CNS 4342規定檢驗玻璃珠折射率RI≧1.50。	
	標線抗滑係數（BPN）	交通部頒「交通工程規範」附錄「英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟」，且應於施作完成後之2周內檢測完畢。	潮溼狀態下，實測值65以上。	1.一般路段：標線抗滑係數檢驗每2000m^{2}檢驗1批，每批隨機取3處地點檢測取平均值；不足2000m^{2}者，仍應檢驗1批，隨機取3處地點檢測取平均值。 2.行穿線路口：每路口檢測1批，每批檢測1處地點。

3.3.2　**標線劃設完成後之檢驗，承包商至遲應於完成後30日內提出檢驗。**

3.3.3　工程司或承包商對施工後成品檢驗結果有懷疑時，得要求辦理複驗。施工後成品複驗以1次為限，就懷疑批之原代表範圍內，以重新隨機選點方法加倍取樣重新檢驗，以其平均值作為複驗結果，並以複驗結果取代原懷疑值計算。檢驗所需費用由要求複驗單位負擔。施工前標線材料檢驗不合格，應換料後再重新檢驗。

3.3.4　檢驗值不符合規範要求時，視為不合格，應將該不合格標線磨除及重繪完畢。重繪後之標線，仍應依表02898-3辦理各項檢驗。

4.　計量與計價

4.1　計量

本章工作依「平方公尺」計量。

4.2　計價

4.2.1　本章工作依契約詳細價目表所列項目單價計價，　該項單價已包括所需之一切人工、材料、工具、機具、設備、運輸及其

他為完成本項工作所必需之費用在內。

4.2.2　本章工作項目名稱及計價單位如下。

工作項目名稱	計價單位
熱處理聚酯標線	平方公尺
油漆標線	平方公尺

〈本章結束〉

臺北市交通管制工程處標線工程特定規範

711 臺北市交通管制工程處標線工程特定規範

108年11月07日修正

1 通則

1.1 本章概要

說明標線標繪於道路路面及緣石之相關工作，包括熱處理聚酯標線、油漆標線與骨材標線之材料、施工及檢驗等相關規定。

1.2 工作範圍及分類

1.2.1 道路路面及緣石清理

1.2.2 標線產品(材料)分類

(1) 熱處理聚酯標線第Ⅱ型[1]

(2) 油漆標線

(3) 骨材標線

1.3 相關章節

下列章節參照「臺北市工程施工規範」

第 01330 章－資料送審

第 01450 章－品質管理

第 02742 章－瀝青混凝土鋪面

第 02751 章－水泥混凝土鋪面

1.4 相關準則

1.4.1 中華民國國家標準(CNS)

(1) CNS 1333　道路標線塗料

(2) CNS 4342　交通反光標誌用玻璃珠

1.4.2 相關法規

(1) 道路交通標誌標線號誌設置規則

(2) 交通工程規範

1.5 資料送審

1.5.1 品質計畫

1.5.2 施工計畫

2 產品(材料)

2.1 熱處理聚酯標線第Ⅱ型

2.1.1 材料應為合成樹脂粉末、顏料、填充材料，並與反光玻璃珠等路面標線材料預拌，以適當之機具加熱熔融，鋪設於經清理潔淨之水泥或瀝青混凝土鋪面上時，應具不受輪胎黏脫，且能承受輾壓、衝擊而不會變形。

2.1.2 標繪後之顏色，除契約圖說另有規定外，應符合「道路交通標誌標線號誌設置規則」最新色樣規定。

2.1.3 品質除契約圖說另有規定外，應符合 CNS 1333(採用表 3 第 3 種第 1 號的品質)及以下規定：

檢驗項目	檢驗標準
壓縮強度(23°C)(kN/cm²)	0.802 以上

[1] 本規範熱處理聚酯標線第 II 型與國家標準 CNS15834 內容 3.7 I 型與 II 型道路標線(type I and type II road markings)所訂類型不同。

玻璃珠含量(質量分率)(%)	熱處理聚酯標線材料中應預拌玻璃珠，其含量應達總重量之 18 以上
抗滑係數(BPN)	65 以上

2.1.4 玻璃珠之品質應符合 CNS 4342(類號 R2095)之第 1 類玻璃珠之規定。

2.1.5 黏層劑(底漆)：標繪前應先以其專用之黏層劑均勻塗於路面、上作為黏結之用，黏層劑為乙烯合成樹脂液與芳香碳化氫溶劑之混合物。

2.2 油漆標線

2.2.1 應符合 CNS 1333 第 1 種之種類 B 規定(不含玻璃珠附著性及固著率)。

2.2.2 油漆應為未開封之合格廠牌產品，標有製造廠商及成份字樣，且每批漆料上標示出品貨號與日期。

2.2.3 油漆出廠後超過 1 年者，不准採用。

(1) 漆料應為質料均勻，適於撒佈成均勻一致之光滑面。

(2) 油漆不得產生塊狀、濃縮、凝結、膠化、沉澱或其他不良之變質，同時應保持易於調配符合使用要求之品質，另易生浮皮之油漆應予拒絕使用。

(3) 顏色除契約圖說另有規定外，應符合「道路交通標誌標線號誌設置規則」最新色樣規定。

(4) 油漆應先於鋪面上試漆，以試驗是否適用。

2.2.4 得標廠商應於第 1 次施工通知後 7 日內繳交製造廠商出具之符合 CNS 標準出貨證明(證明書上應註明購貨日期、購貨承商及出貨製造商等)。

2.3 骨材標線

2.3.1 使用防滑骨材材質，若依設計需求為天然彩色硬質骨材或高溫鍛燒陶瓷骨材，應為本體色，廠商若自行使用符合上述骨材之同等品，應提供與施作鋪面同色系之骨材本體色。

2.3.2 標繪後之顏色，應符合契約圖說及「台灣區塗料工業同業公會塗料色版」規定之色樣。

2.3.3 黏層劑(底漆)：標繪前應先以其專用之黏層劑均勻塗於路面、上作為黏結之用，黏層劑為乙烯合成樹脂液與芳香碳化氫溶劑之混合物。

3 施工及材料檢驗規定

3.1 施工方法

3.1.1 一般要求

(1) 標繪標線前，廠商應依照核定之交維計畫，佈設安全防護設施，以保護人員及標線，並防標線未乾涸前遭通行車輛損害。

(2) 標線應按契約圖說所示及機關指派之監造單位/工程司核可之位置、顏色、寬度及樣式標繪之。

(3) 標線不得直接標繪於縱向接縫或縱向施工縫上。

(4) 廠商應先測定標線控制點，除有明顯可見之分隔如縱向之施工縫外，所有沿縱向之標線工作必須以控制點引導標線

機器。

(5) 標線區在標繪標線之前須完全處理乾淨，柏油、油脂或其他材料污染之大面積區，應徹底處理乾淨。倘針對既有標線進行補繪時，亦需辦理既有道路破損(碎)標線之清理。標繪標線在未獲得機關指派之監造單位/工程司之批准前不得工作。

(6) 水泥混凝土鋪面之殘留路面養護劑應徹底清除後，始可進行標繪工作。

(7) 凡天候不良或地面潮濕時，均不得標繪標線(監造單位/工程司指示除外)；施作時，應注意路面面層溫度不得低於10℃及不得高於60℃。

(8) 施工時應選定不影響交通阻塞及避免導致交通事故之時間施工為原則，並避免對行人穿越造成不便。

(9) 標繪時應留意不可沾污人行道或路面。

(10) 對路邊有停放車輛之處理：施工前3天應於標繪範圍內汽車擋風玻璃上、機車座椅(或明顯處)及路燈桿、牆壁等明顯處張貼「標線施工前通告」(表 711-1)；並於禁停標線劃設後，針對劃設前即停放於劃設路段之車輛擋風玻璃上放置「通告」(表 711-2)、抄錄「新設禁停標線路段已停放車輛車牌登錄表」(表 711-3)及提供足以辨識車牌之存證照片，並將所抄錄之車輛車牌等相關資料於當日(或次日)提供予監造單位/工程司留存。若無確實執行並提供相關資料時，視同違反「臺北市政府公共工程施工品質管理作業要點」第23點第8項，每次罰扣懲罰性違約金新臺幣100元。

3.1.2 熱處理聚酯標線第Ⅱ型

(1) 廠商應依照經監造單位/工程司認可之機具設備及方法施工。關於材料加熱融解及配料拌合均應依照本規定辦理。

(2) 線條標線不得劃於人手孔蓋上；圖形標線與標字應避開人手孔蓋劃設。

(3) 施工前應先將路面清除乾淨且須乾燥。

A. 路面上如有油脂應徹底清除，惟不得損壞路面。

B. 水泥混凝土鋪面之殘餘路面養護劑應徹底清除。

(4) 標繪施工用之機具，廠商應於施工前自行做性能試驗。並於工程車上備滅火器。

(5) 標繪前應先以用量為 0.14 kg/m^2 黏層劑(Primer)均勻塗於路面上標線位置作為黏結之用。

(6) 標繪前應選用1小段路面做試驗，並由熟練技工或技術人員控制操作機械，使標線表膜及厚度均一，且應同時注意調節加熱溫度使熱拌塑膠漆之粘性、流動性等適合施工條件後，才能正式施工。

(7) 材料之快乾性與附著性，亦應於施工前選1小段路面試驗，俾決定其最合適之加熱溫度。另噴出之熱處理標線材料，其溫度應在180℃至220℃之間，標繪好後之標線應在3分鐘內充分硬化，即可通行車輛及行人。

(8) 材料內除原均勻摻有重量比 18%以上之玻璃珠外，施工中標線表面尚在熔融狀態時，再以 160 g/m^2 玻璃珠用量、原防滑骨材或其他抗滑材料均勻撒佈於其表面，使玻璃珠總含量達 18%以上，並不得影響本體色。

(9) 標線施工後，抗滑能力 BPN 值於潮濕狀態須達 65 以上，標線表面溫度在 80℃以下，不得有軟化、流動或有塵埃附著等現象。

(10) 完工後之熱處理聚酯標線第Ⅱ型，無論在夜間投光或白天，均應有顯明且符合規定之色彩。

(11) 標線寬度、厚度應符合規定，並應均勻，不得有凹凸、龜裂、彎曲等缺陷。

3.1.3 油漆標線

(1) 應以自動噴灑式劃線機或人工滾刷進行作業，並應具有清晰之邊緣、正確而平滑之線型及厚度均一之薄層，且繪設表面應密實。

(2) 劃設時，應留意不可沾污人行道、路面及車輛。

3.1.4 骨材標線

(1) 廠商應依照經監造單位/工程司認可之機具設備及方法施工。

(2) 線條標線不得劃於人手孔蓋上；圖形標線與標字應避開人手孔蓋劃設。標線型人行道綠色鋪面劃設時如遇格柵蓋板或孔洞時應以物品遮蓋保護，避免標線塗料掉入水溝內或劃設至格柵溝蓋板上。

(3) 施工前應先將路面清除乾淨且須乾燥。

A. 路面上如有油脂或其他材料污染之大面積區應徹底清除，惟不得損壞路面。

B. 水泥混凝土鋪面之殘餘路面養護劑應徹底清除。

C. 針對既有標線進行重繪時，亦需辦理既有道路標線破損(碎)之清理。

(4) 標繪施工用之機具，廠商應於施工前自行做性能試驗。並於工程車上備滅火器。

(5) 標繪前應先以用量為 0.14 kg/m^2 黏層劑(Primer)均勻塗於路面上標線位置作為黏結之用。

(6) 標繪前應選用 1 小段路面做試驗，並由熟練技工或技術人員控制操作機械，使標線表膜及厚度均一，且應同時注意調節加熱溫度使熱拌塑膠漆之粘性、流動性等適合施工條件後，才能正式施工。

(7) 材料之快乾性與附著性，亦應於施工前選 1 小段路面試驗，俾決定其最合適之加熱溫度。另噴出之熱處理標線材料，其溫度應在 180℃至 220℃之間，繪設好之標線應在 3 分鐘內充分硬化，即可通行車輛及行人。

(8) 施工中標線表面尚在熔融狀態時，再以原防滑骨材或其他抗滑材料均勻撒佈於其表面，並不得影響本體色。

(9) 施工後骨材標線抗滑能力 BPN 值於潮濕狀態須達 65 以上，鋪面表面溫度在 90℃以下，不得有軟化、流動等現象。

(10) 施工鋪面寬度得採數條合併方式施作，惟應將接縫平順處理，各條標線不得重疊繪設。

3.1.5 標線磨除(刨除)

(1) 舊有標線之磨除(刨除)，請備妥磨除(刨除)機予以磨除(刨除)。

(2) 標線磨(刨)除及其修復方式如下：

A. 磨(刨)除深度：以舊有標線磨除(刨除)乾淨至 AC 面層為原則，並與原有道路 AC 平順銜接，並視磨(刨)後之道路狀況以乳化瀝青(封層材料)或黑色骨材辦理修復，前述修復方式以現場工程司判定為準。

B. 磨(刨)除面積：行人穿越道線、標線型人行道、槽化線等之磨(刨)除，因涉及大面積之標線磨(刨)除，考量日後整體觀感，視情況以乳化瀝青(封層材料)或黑色骨材辦理修復。

~~(3) 磨除(刨除)之厚度，以舊有標線磨除(刨除)乾淨至 AC 面層為原則，並與原有道路 AC 平順銜接，或視施工現況得以黑色熱處理聚酯標線第 II 型處理之。~~

(3) 磨除(刨除)之殘留廢渣，應全數清理乾淨。

3.2 檢驗

3.2.1 除契約另有約定外，各類標線施工之檢驗項目如下：

名稱	檢驗項目	檢驗方法	規範之要求	檢驗次數	備註
油漆標線(非黑色)	CNS 1333，表 2 第 1 種的路線漆各項目	CNS 1333	符合 CNS 1333 (表 2 第 1 種的品質)	累計實作數量≧1000 m^2：採 1 次抽料送驗；每增加 1000 m^2 再抽料送驗 1 次。	(1) 施工現場取樣抽料 2 份，各 1 公升。 (2) 取樣抽料 1 份送公認機關檢驗，另 1 份由機關留存備用，並採隨機式抽料。
玻璃珠	玻璃珠比重	CNS 4342	符合 CNS 4342 第 1 類玻璃珠之規定	(1) 累計實作數量＜1000 m^2：抽料送驗 1 次。 (2) 1000 m^2 ≦ 累	玻璃珠採隨機式抽料。

名稱	檢驗項目	檢驗方法	規範之要求	檢驗次數	備註
	玻璃珠 粒度		符合 CNS 4342 第 1 類玻璃珠 之規定	計實作數量≦3000 m^2；再抽料送驗 1 次。 (3) 累計實作數量＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再抽料送驗 1 次。	
	玻璃珠 外觀形狀		符合 CNS 4342 第 1 類玻璃珠 之規定		
	玻璃珠 耐水性		符合 CNS 4342 第 1 類玻璃珠 之規定		
熱處理聚酯標線第Ⅱ型	厚度檢驗	詳 3.2.2	2 mm 以上	(1) 累計實作數量 ＜ 1000 m^2：抽料送驗 1 次。 (2) 1000 m^2≦累計實作數量≦3000 m^2：再抽料送驗 1 次。 (3) 累計實作數量＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再抽料送驗 1 次。	(1) 鑽心試驗每組隨機取 10 個鑽心試體。先送 5 個鑽心試體送檢驗，若檢測值未達規範要求時，再送另 5 個鑽心試體複驗，仍不符合標準值時，詳 3.2.3。 (2) 玻璃珠折射率試驗由玻璃珠含量試驗後之樣品取樣。 (3) 黑色標線僅檢驗厚度。
	玻璃珠 含量	CNS 1333	18%以上		
	玻璃珠 折射率	CNS 4342	1.50≦RI		

名稱	檢驗項目	檢驗方法	規範之要求	檢驗次數	備註
	抗滑係數	交通部頒「交通工程規範」附錄「英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟」檢驗方式	潮濕狀態下，實測值 65 BPN 以上	(1) 累計實作數量 ＜ 1000 m^2：檢驗 1 次。 (2) 1000 m^2≦累計實作數量≦3000 m^2：再抽料送驗 1 次。 (3) 累計實作數量 ＞ 3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次。	(1) 以檢驗繪設完成 2 週內之標線為原則。 (2) 每次抗滑檢驗隨機取 3 處地點，現場檢驗取平均值。 (3) 若檢驗值未達規範要求時，應立即於現場重測，以 1 次為限；仍不符合標準值時，應刨除重繪。
骨材標線	厚度檢驗	詳 3.2.2	2mm 以上	(1) 累計實作數量＜1000 m^2：抽料送驗 1 次。 (2) 1000 m^2≦累計實作數量≦3000 m^2：再抽料送驗 1 次。 (3) 累計實作數量＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再抽料送驗 1 次。	鑽心試驗每組隨機取 10 個鑽心試體。先送 5 個鑽心試體送檢驗，若檢測值未達規範要求時，再送另 5 個鑽心試體複驗，仍不符合標準值時，詳 3.2.3。

名稱	檢驗項目	檢驗方法	規範之要求	檢驗次數	備註
	抗滑係數	交通部頒「交通工程規範」附錄「英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟」檢驗方式	潮濕狀態下，實測值 65BPN 以上	(1) 累計實作數量＜1000 m^2：檢驗 1 次。 (2) 1000 m^2≦累計實作數量≦3000 m^2：再抽料送驗 1 次。 (3) 累計實作數量＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次。	(1) 以檢驗繪設完成 2 週內之標線為原則。 (2) 每次抗滑檢驗隨機取 3 處地點，現場檢驗取平均值。 (3) 若檢驗值未達規範要求時，應立即於現場重測，以 1 次為限；仍不符合標準值時，應刨除重繪。

3.2.2 標線取樣及厚度試驗方法

(1) 取樣

以隨機取樣方式，用 AC 鑽模機取樣(直徑約 10 公分)，一組 10 個，並註明樣品之工程名稱、取樣日期及路段地點。取樣時所需之工人、工具及回填鑽孔等，概由廠商供給之。

(2) 試驗方法

A. 將鑽取之圓柱形試體表面，畫分為 8 等份。

B. 以游標卡尺，目視量測每一均分線外緣 AC 界面上，厚度共 8 點(如遇有多層標線重疊，取最上層)，每點量測至 0.1 mm，取平均值為其厚度。

3.2.3 檢驗不合格及檢驗工期計算之處理

(1) 檢驗不合格之處理

A. 熱處理聚酯標線第Ⅱ型＜65 BPN；骨材標線抗滑係數檢驗未達 65 BPN：可於現場重測，惟以 1 次為限，仍不符合標準值時，應刨除重繪。

B. 玻璃珠檢驗不合格：該批次繪設者全部重劃(黑色標線除外)，廠商不得再請求複驗。

C. 熱處理聚酯標線第Ⅱ型厚度檢驗平均值＜1.5 mm 或

玻璃珠試驗含量＜15%；骨材標線厚度檢驗平均值＜1.5 mm：該抽驗批次劃設數量不合格不予計價，廠商應刨除後重新劃設及負責依規定重新送檢驗，其檢驗費由廠商負擔。

D. 1.5 mm≦熱處理聚酯標線第Ⅱ型厚度檢驗平均值＜2 mm，15%≦熱處理聚酯標線第Ⅱ型玻璃珠試驗含量＜18%；1.5 mm≦骨材標線厚度檢驗平均值＜2 mm：視為不合格，並以不合格項目單一工料所佔比例之方式減價收受並依採購契約第 4 條處以扣減額 5 倍之違約金，惟不須重新劃設。

(2) 設施檢驗工期計算

工程材料檢驗，如有不合格需重新按規定送檢驗，其準備材料及重作所費之時間，亦應一併計算工期(準備材料時間為機關接獲不合格檢驗報告後，以機關書面通知廠商之次日起至廠商以書面通知準備材料日完成止)。

(3) 複驗檢驗費用由廠商負擔。

4 計量與計價

4.1 計量

4.1.1 標線應依契約圖說之標線長度、寬度標繪，以平方公尺計量。

4.1.2 非契約圖說所示或監造單位/工程司核可之標線，不予計量。

4.2 計價

4.2.1 本工程標線均應依標準圖及設計圖劃設，依實作數量結算，如標準圖與設計圖有矛盾之處廠商應依監造單位/工程司指示辦理，否則若有施工錯誤，廠商應負責無償刨除錯誤標線暨重劃。

4.2.2 施工時施工圖與現況不符、圖示不明或現地無法施工等情形，廠商應即與監造單位/工程司確認後，始得施作。

4.2.3 廠商於辦理估驗或竣工計價時，應檢具每處所拍攝同一地點、角度施工前後(須含有黏層劑塗抹過程)之照片 1 式 2 份，且照片上需顯示日期，並繳交彩色照片紙本及電子檔，由機關指派監造單位/工程司辦理估驗付款事宜。

4.2.4 施工期間廠商應於每日上午 10 時前，以傳真、Email 或其他電子方式主動向監造單位/工程司連絡有關前一日及當日預定施作地點及項目。

4.2.5 因道路施工，致使施工所繪設之標線遭破壞或覆蓋時，廠商如有相關證據(如照片、光碟片或錄影像等)或經由道路主管機關、施工單位佐證時，其材料並經檢驗合格者(無需檢驗者除外)，機關同意予以計價及驗收。前項情形如於完工前，機關得通知廠商重新繪設並拍照，並予以重新計價(以本項工程經費尚有餘額為同意之先決條件)。

4.2.6 廠商應按圖施工，如於工地遇市民額外建議增設交管設施，廠商應立即向機關反映，非經機關同意不得擅自應市民要求增設任何交管設施。

表 711-1

標線施工前通告

臺北市　　區　　路　段　巷　弄　號

(自　　路　段　巷　弄　號

至　　路　段　巷　弄　號)

預計於民國　　年　月　日　時劃設禁停標線，請於劃設前將車輛駛離，造成不便之處請多包涵。

施工單位：臺北市交通管制工程處

聯絡電話：02-27599741 轉

中 華 民 國　　年　　月　　日

表 711-2

通　　告

本路段因交通管制需要，業於　　年　　月　　日　　時　　分劃設禁止停車標線，依交通法令，即生效管制停車。

查車號　　—　　於本處劃設禁止停車標線前即已停放於　　路　　段　　巷　　弄　　號前。

前項管制措施調整,倘造成不便,尚請見諒，亦請配合，以免遭取締告發。

臺北市交通管制工程處　　敬啟

中 華 民 國　　年　　月　　日

表 711-3

新設禁停標線路段已停放車輛車牌登錄表

日期：　　年　　月　　日，時間：　　時　　分，登錄人員(承商名稱)：

路段	車號	路段	車號

臺北市交通管制工程處彩色鋪面工程特定規範

臺北市交通管制工程處彩色鋪面工程特定規範

109年2月21日修正

1 通則

1.1 本章概要

說明本市標線型人行道鋪面鋪(噴)於道路路面(含側溝)之相關工作及標線標繪於道路路面及緣石等相關工作，材料、施工及檢驗等相關規定。

1.2 工作範圍

1.2.1 道路路面及緣石清理

1.2.2 標線產品(材料)分類

(1) 熱處理聚酯標線第 II 型[1]

(2) 油漆標線

(3) 彩色鋪面

1.3 相關章節

下列章節參照「臺北市工程施工規範」

第 01330 章－資料送審

第 01450 章－品質管理

第 02742 章－瀝青混凝土鋪面

第 02751 章－水泥混凝土鋪面

1.4 相關準則

1.4.1 中華民國國家標準(CNS)

(1) CNS 1333	道路標線塗料
(2) CNS 4342	交通反光標誌用玻璃珠
(3) CNS 15080	建築用塗料之揮發性有機化合物(VOC)最大限量值
(4) CNS 15931	塗料一般安全規範

1.4.2 相關法規

(1)道路交通標誌標線號誌設置規則

(2)交通工程規範

1.4.3 相關規範

(1) ASTM E303	英式擺錘量測表面摩擦特性法
(2)ASTM D3910	稀漿封層設計試驗施工標準
(3)ASTM G154-16	耐候性
(4)JIS K 5600-7-7	耐氣候性

1.5 資料送審

1.5.1 品質計畫

1.5.2 施工計畫

---

[1] 本規範熱處理聚酯標線第 II 型與國家標準 CNS15834 內容 3.7 I 型與 II 型道路標線(type I and type II road markings)所訂類型不同。

1.5.3 廠商資料

(1) 提送所採用材料及產品材質、性能符合規定之試驗證明文件。

(2) 證明文件：由生產材料之製造廠商提列出國內或國外獨立試驗單位之試驗報告，證明其產品符合規定，若為國外製品，承包商須提出進口證明及原廠檢驗合格證明書。

2 產品(材料)

2.1 熱處理聚酯標線第Ⅱ型

2.1.1 材料應為合成樹脂粉末、顏料、填充材料，並與反光玻璃珠等路面標線材料預拌，以適當之機具加熱熔融，鋪設於經清理潔淨之水泥或瀝青混凝土鋪面上時，應具不受輪胎黏脫，且能承受輾壓、衝擊而不會變形。

2.1.2 標繪後之顏色，除契約圖說另有規定外，應符合「道路交通標誌標線號誌設置規則」最新色樣規定。

2.1.3 品質除契約圖說另有規定外，應符合 CNS 1333(採用表 3 第 3 種第 1 號的品質)及以下規定：

檢驗項目	檢驗標準
壓縮強度(23°C)(kN/cm²)	0.802 以上
玻璃珠含量(質量分率)(%)	熱處理聚酯標線材料中應預拌玻璃珠，其含量應達總重量之 18 以上
抗滑係數(BPN)	65 以上

2.1.4 玻璃珠之品質應符合 CNS 4342 之第 1 類玻璃珠之規定。

2.1.5 黏層劑(底漆)：標繪前應先以其專用之黏層劑均勻塗於路面、上作為黏結之用，黏層劑為乙烯合成樹脂液與芳香碳化氫溶劑之混合物。

2.2 油漆標線

2.2.1 應符合 CNS 1333 第 1 種之種類 B 規定(不含玻璃珠附著性及固著率)。

2.2.2 油漆應為未開封之合格廠牌產品，標有製造廠商及成份字樣，且每批漆料上標示出品貨號與日期。

2.2.3 油漆出廠後超過 1 年者，不准採用。

(1) 漆料應為質料均勻，適於撒佈成均勻一致之光滑面。

(2) 油漆不得產生塊狀、濃縮、凝結、膠化、沉澱或其他不良之變質，同時應保持易於調配符合使用要求之品質，另易生浮皮之油漆應予拒絕使用。

(3) 顏色除契約圖說另有規定外，應符合「道路交通標誌標線號誌設置規則」最新色樣規定。

(4) 油漆應先於鋪面上試漆，以試驗是否適用。

2.2.4 得標廠商應於第 1 次施工通知後 7 日內繳交製造廠商出具之符合 CNS 標準出貨證明(證明書上應註明購貨日期、購貨承商及出貨製造商等)。

2.3 彩色鋪面

2.3.1 鋪(噴)後之顏色應符合契約圖說及「台灣區塗料工業同業公會

塗料色版」規定之色樣。

2.3.2 除契約另有約定外，材料須符合下列規定：

鋪(噴)式材料材質規定

試驗項目	試驗方法	規範要求
抗滑試驗 (濕抗滑值)	● ASTM E303 ● 養護時間:1 小時	≧65
濕磨耗試驗	● 磨耗試驗儀及試體尺寸，依 ASTM D3910 6.4 節 ● 試體養護 1 小時稱重 W1，浸水磨耗 30 分鐘，於 60°C 烘乾 30 分鐘稱重 W2，兩者重量差= W1-W2	≦50 公克
耐候性 或 耐氣候性	● ASTM G154-16 或 ● JIS K 5600-7-7	目視外觀無龜裂、剝離、起泡、膨脹及變色現象
有害重金屬總含量(ppm)	● CNS 15931	鉛(Pb)600ppm 以下 鎘(Cd)100ppm 以下 汞(Hg)100ppm 以下 六價鉻(Cr^{6+})300ppm 以下
建築用塗料之揮發性有機化合物(VOC)最大限量值	● 符合 CNS 15080 規定	建築用塗料之揮發性有機化合物(VOC)最大限量值

3 施工及材料檢驗規定

3.1 施工方法

3.1.1 一般要求

(1) 標繪標線或鋪(噴)前，廠商應依照核定之交維計畫，佈設安全防護設施，以保護人員及鋪面，並防鋪面未乾涸前遭通行車輛損害。

(2) 標線及鋪面應按契約圖說所示及機關指派之監造單位/工程司核可之位置、顏色、寬度及樣式標繪或鋪(噴)之。

(3) 標線不得直接標繪於縱向接縫或縱向施工縫上。

(4) 廠商應先測定標線控制點，除有明顯可見之分隔如縱向之施工縫外，所有沿縱向之標線工作必須以控制點引導標線機器。

(5) 繪設區在標繪標線或鋪(噴)之前須完全處理乾淨，柏油、油脂或其他材料污染之大面積區，應徹底處理乾淨。倘針對既有標線進行補繪時，亦需辦理既有道路破損(碎)標線

之清理。標繪標線或鋪(噴)在未獲得機關指派之監造單位/工程司之批准前不得工作。

(6) 水泥混凝土鋪面之殘留路面養護劑應徹底清除後，始可進行標繪或鋪(噴)工作。

(7) 凡天候不良或地面潮濕時，均不得標繪或鋪(噴)標線(監造單位/工程司指示除外)；施作時，應注意路面面層溫度不得低於 10℃及不得高於 60℃。

(8) 施工時應選定不影響交通阻塞及避免導致交通事故之時間施工為原則，並避免對行人穿越造成不便。

(9) 標繪或鋪(噴)時應留意不可沾污人行道或路面。

(10) 對路邊有停放車輛之處理：施工前 3 天應於標繪或鋪(噴)範圍內汽車擋風玻璃上、機車座椅(或明顯處)及路燈桿、牆壁等明顯處張貼「標線施工前通告」(表 1)；並於禁停標線劃設後，針對劃設前即停放於劃設路段之車輛擋風玻璃上放置「通告」(表 2)、抄錄「新設禁停標線路段已停放車輛車牌登錄表」(表 3)及提供足以辨識車牌之存證照片，並將所抄錄之車輛車牌等相關資料於當日(或次日)提供予本處監造人員/工程司留存。若無確實執行並提供相關資料時，視同違反「臺北市政府公共工程施工品質管理作業要點」第 23 點第 8 項，每次罰扣懲罰性違約金新臺幣 100 元。

3.1.2 熱處理聚酯標線第Ⅱ型

(1) 廠商應依照經監造單位/工程司認可之機具設備及方法施工。關於材料加熱融解及配料拌合均應依照本規定辦理。

(2) 線條標線不得劃於人手孔蓋上；圖形標線與標字應避開人手孔蓋劃設。

(3) 施工前應先將路面清除乾淨且須乾燥。

A. 路面上如有油脂應徹底清除，惟不得損壞路面。

B. 水泥混凝土鋪面之殘餘路面養護劑應徹底清除。

(4) 標繪施工用之機具，廠商應於施工前自行做性能試驗。並於工程車上備滅火器。

(5) 標繪前應先以用量為 0.14 kg/m^2 黏層劑(Primer)均勻塗於路面上標線位置作為黏結之用。

(6) 標繪前應選用 1 小段路面做試驗，並由熟練技工或技術人員控制操作機械，使標線表膜及厚度均一，且應同時注意調節加熱溫度使熱拌塑膠漆之粘性、流動性等適合施工條件後，才能正式施工。

(7) 材料之快乾性與附著性，亦應於施工前選 1 小段路面試驗，俾決定其最合適之加熱溫度。另噴出之熱處理標線材料，其溫度應在 180℃至 220℃之間，標繪好後之標線應在 3 分鐘內充分硬化，即可通行車輛及行人。

(8) 材料內除原均勻摻有重量比 18%以上之玻璃珠外，施工中標線表面尚在熔融狀態時，再以 160 g/m^2 玻璃珠用量、原防滑骨材或其他抗滑材料均勻撒佈於其表面，使玻璃珠總含量達 18%以上，並不得影響本體色。

(9) 標線施工後，抗滑能力 BPN 值於潮濕狀態須達 65 以上，標線表面溫度在 80℃以下，不得有軟化、流動或有塵埃附著等現象。

(10) 完工後之熱處理聚酯標線第Ⅱ型，無論在夜間投光或白天，均應有顯明且符合規定之色彩。

(11) 標線寬度、厚度應符合規定，並應均勻，不得有凹凸、龜裂、彎曲等缺陷。

3.1.3 油漆標線

(1) 應以自動噴灑式劃線機或人工滾刷進行作業，並應具有清晰之邊緣、正確而平滑之線型及厚度均一之薄層，且繪設表面應密實。

(2) 劃設時，應留意不可沾污人行道、路面及車輛。

3.1.4 彩色鋪面

(1) 廠商應依照經監造單位/工程司認可之機具設備及方法施工。

(2) 鋪面不得劃於人手孔蓋上；圖形標線與標字應避開人手孔蓋劃設。

(3) 施工前應先將路面清除乾淨且須乾燥。

A. 路面上如有油脂應徹底清除，惟不得損壞路面。

B. 水泥混凝土鋪面之殘餘路面養護劑應徹底清除。

(4) 鋪(噴)施工用之機具，廠商應於施工前自行做性能試驗。並於工程車上備滅火器。

(5) 鋪(噴)前應選用 1 小段路面做試驗，並由熟練技工或技術人員控制操作機械，使鋪面表膜及厚度均一，才能正式施工。

(6) 鋪面施作後，確認抗滑能力 BPN 值於潮濕狀態達 65 以上後，開放通車。

(7) 鋪面施作後應平整無接縫。

3.1.5 標線磨除(刨除)

(1) 舊有標線之磨除(刨除)，請備妥磨除(刨除)機予以磨除(刨除)。

(2) 標線磨(刨)除及其修復方式如下：

A. 磨(刨)除深度：以舊有標線磨除(刨除)乾淨至 AC 面層為原則，並與原有道路 AC 平順銜接，並視磨(刨)後之道路狀況以乳化瀝青(封層材料)或黑色骨材辦理修復，前述修復方式以現場工程司判定為準。

B. 磨(刨)除面積：行人穿越道線、標線型人行道、槽化線等之磨(刨)除，因涉及大面積之標線磨(刨)除，考量日後整體觀感，視情況以乳化瀝青(封層材料)或黑色骨材辦理修復。

(3) 磨除(刨除)之殘留廢渣，應全數清理乾淨。

3.2 檢驗

3.2.1 除契約另有約定外，標線及彩鋪類施工之檢驗項目如下：

名稱	檢驗項目	檢驗方法	規範之要求	檢驗次數	備註
油漆標線(非黑色)	CNS 1333，表 2 第 1 種的路線漆各項目	CNS 1333	符合 CNS 1333 (表 2 第 1 種的品質)	累計實作數量≧1000 m^2：採 1 次抽料送驗；每增加 1000 m^2 再抽料送驗 1 次。	(1) 施工現場取樣抽料 2 份，各 1 公升。 (2) 取樣抽料 1 份送公認機關檢驗，另 1 份由機關留存備用，並採隨機式抽料。
玻璃珠	玻璃珠比重	CNS 4342	符合 CNS 4342 第 1 類玻璃珠之規定	(1) 累計實作數量＜1000 m^2：抽料送驗 1 次。 (2) 1000 m^2 ≦ 累計實作數量≦3000 m^2；再抽料送驗 1 次。 (3) 累計實作數量＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再抽料送驗 1 次。	玻璃珠採隨機式抽料。
	玻璃珠粒度		符合 CNS 4342 第 1 類玻璃珠之規定		
	玻璃珠外觀形狀		符合 CNS 4342 第 1 類玻璃珠之規定		
	玻璃珠耐水性		符合 CNS 4342 第 1 類玻璃珠之規定		
熱處理聚酯標線	厚度檢驗	詳 3.3	2 mm 以上	(1) 累計實作數量 ＜ 1000 m^2：抽料送驗 1 次。 (2) 1000 m^2≦累計實作數量≦3000 m^2：	(1) 鑽心試驗每組隨機取 10 個鑽心試體。先送 5 個鑽心試體送檢驗，若檢測值未達規範要求時，再送另 5 個鑽心試體複驗，仍不符合標準值

名稱	檢驗項目	檢驗方法	規範之要求	檢驗次數	備註
第Ⅱ型	玻璃珠含量	CNS 1333	18%以上	再抽料送驗1次。 (3) 累計實作數量＞3000 m^2：每增加3000 m^2再抽料送驗1次。	時，詳3.3。 (2) 玻璃珠折射率試驗由玻璃珠含量試驗後之樣品取樣。 (3) 黑色標線僅檢驗厚度。
	玻璃珠折射率	CNS 4342	1.50≦RI		
	抗滑係數	交通部頒「交通工程規範」附錄「英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟」檢驗方式	潮濕狀態下，實測值65 BPN以上	(1) 累計實作數量 ＜ 1000 m^2：檢驗1次。 (2) 1000 m^2≦累計實作數量≦3000 m^2：再抽料送驗1次。 (3) 累計實作數量 ＞ 3000 m^2：每增加3000 m^2再檢驗1次。	(1) 以檢驗繪設完成2週內之標線為原則。 (2) 每次抗滑檢驗隨機取3處地點，現場檢驗取平均值。 (3) 若檢驗值未達規範要求時，應立即於現場重測，以1次為限；仍不符合標準值時，應刨除重繪。

<table>
<tr><th>名稱</th><th>檢驗項目</th><th>檢驗方法</th><th>規範之要求</th><th>檢驗次數</th><th>備註</th></tr>
<tr><td rowspan="2">彩色鋪面</td><td>抗滑試驗</td><td>交通部頒「交通工程規範」附錄「英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟」檢驗方式</td><td>潮濕狀態下，實測值
65 BPN 以上</td><td rowspan="2">(1) 累計實作數量 ＜ 1000 m^2：檢驗 1 次。
(2) 1000 m^2≦累計實作數量≦3000 m^2：再抽料送驗 1 次。
(3) 累計實作數量 ＞ 3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次。</td><td>(1) 以檢驗繪設完成 2 週內之標線為原則。
(2) 每次抗滑檢驗隨機取 3 處地點，現場檢驗取平均值。
(3) 若檢驗值未達規範要求時，應立即於現場重測，以 1 次為限；仍不符合標準值時，應刨除重繪。</td></tr>
<tr><td>厚度檢驗</td><td>詳 3.3</td><td>1 mm 以上</td><td>鑽心試驗每組隨機取 10 個鑽心試體。先送 5 個鑽心試體送檢驗，若檢測值未達規範要求時，再送另 5 個鑽心試體複驗，仍不符合標準值時，詳 3.3。</td></tr>
</table>

3.3 標線及鋪面取樣及厚度試驗方法

3.3.1 取樣

以隨機取樣方式，用 AC 鑽模機取樣(直徑約 10 公分)，一組 10 個，並註明樣品之工程名稱、取樣日期及路段地點。取樣時所需之工人、工具及回填鑽孔等，概由廠商供給之。

3.3.2 試驗方法

(1) 將鑽取之圓柱形試體表面，畫分為 8 等份。

(2) 以游標卡尺，目視量測每一均分線外緣 AC 界面上，厚度共 8 點(如遇有多層標線重疊，取最上層)，每點量測至 0.1 mm，取平均值為其厚度。

3.4 檢驗不合格及檢驗工期計算之處理

3.4.1 檢驗不合格之處理：

(1) 抗滑係數檢驗未達65 BPN：可於現場重測，惟以1次為限，仍不符合標準值時，應重繪。

(2) 玻璃珠檢驗不合格：該批次繪設者全部重劃(黑色標線除外)，廠商不得再請求複驗。

(3) 熱處理聚酯標線第Ⅱ型厚度檢驗平均值＜1.5 mm 或玻璃珠試驗含量＜15%：該抽驗批次劃設數量不合格不予計價，廠商應刨除後重新劃設及負責依規定重新送檢驗，其檢驗費由廠商負擔。

(4) 1.5 mm≦熱處理聚酯標線第Ⅱ型厚度檢驗平均值＜2 mm，15%≦熱處理聚酯標線第Ⅱ型玻璃珠試驗含量＜18%：視為不合格，並以不合格項目單一工料所佔比例之方式減價收受並依採購契約第4條處以扣減額5倍之違約金，惟不須重新劃設。

(5) 彩鋪厚度檢驗不合格，廠商應重新劃設及負責依規定重新送檢驗，其檢驗費由廠商負擔。

3.4.2 設施檢驗工期計算

工程材料檢驗，如有不合格需重新按規定送檢驗，其準備材料及重作所費之時間，亦應一併計算工期(準備材料時間為機關接獲不合格檢驗報告後，以機關書面通知廠商之次日起至廠商以書面通知準備材料日完成止)。

3.4.3 複驗檢驗費用由廠商負擔。

4 計量與計價

4.1 計量

4.1.1 鋪面應依契約圖說之標線長度、寬度鋪(噴)，以平方公尺計量。

4.1.2 非契約圖說所示或監造單位/工程司核可之鋪面，不予計量。

4.2 計價

4.2.1 本工程均應依標準圖及設計圖劃設，如標準圖與設計圖有矛盾之處廠商應依監造單位/工程司指示辦理，否則若有施工錯誤，廠商應負責無償清除錯誤部分暨重劃。

4.2.2 施工時施工圖與現況不符、圖示不明或現地無法施工等情形，廠商應即與監造單位/工程司確認後，始得施作。

4.2.3 廠商於辦理估驗或竣工計價時，應檢具每處所拍攝同一地點、角度施工前後之照片1式2份，且照片上需顯示日期，並繳交彩色照片紙本及電子檔，由機關指派監造單位/工程司辦理估驗付款事宜。

4.2.4 施工期間廠商應於每日上午10時前，以傳真、Email或其他電子方式主動向監造單位/工程司連絡有關前一日及當日預定施作地點及項目。

4.2.5 因道路施工，致使施工所繪設之鋪面遭破壞或覆蓋時，廠商如有相關證據(如照片、光碟片或錄影像等)或經由道路主管機關、施工單位佐證時，其材料並經檢驗合格者(無需檢驗者除

外)，機關同意予以計價及驗收。前項情形如於完工前，機關得通知廠商重新繪設並拍照，並予以重新計價(以本項工程經費尚有餘額為同意之先決條件)。

4.2.6 廠商應按圖施工，如於工地遇市民額外建議增設交管設施，廠商應立即向機關反映，非經機關同意不得擅自應市民要求增設任何交管設施。

5 保固事項

5.1 保固期

本工程自全部竣工經機關正式驗收合格或部分驗收日起，除不可抗力之特殊氣候、車輛輪胎造成之自然損耗等因素外，彩色鋪面之保固期為 3 年、熱處理聚酯標線第Ⅱ型保固 1 年，乙方應負保固及維護責任，其餘依本工程採購契約第 17 條規定辦理。

5.2 保固期維護事項

保固期間內，彩色鋪面破損或脫落等，廠商應於接獲機關通知後 5 日內修護。

5.3 乙方應負責上述巡查，且維護工資、材料費用等均含於契約相關工作項目內，不另給付。

表 1

標線施工前通告

臺北市　　區　　路　段　巷　弄　號

（自　　路　段　巷　弄　號

至　　路　段　巷　弄　號）

預計於民國　　年　月　日　時劃設禁停標線，請於劃設前將車輛駛離，造成不便之處請多包涵。

施工單位：臺北市交通管制工程處

聯絡電話：02-27599741 轉

中 華 民 國　　年　　月　　日

表 2

通　　告

本路段因交通管制需要，業於　　年　　月　　日　　時　　分劃設禁止停車標線，依交通法令，即生效管制停車。

查車號　　—　　於本處劃設禁止停車標線前即已停放於　　路　　段　　巷　　弄　　號前。

前項管制措施調整,倘造成不便,尚請見諒，亦請配合，以免遭取締告發。

臺北市交通管制工程處　　敬啟

中 華 民 國　　年　　月　　日

表 3

新設禁停標線路段已停放車輛車牌登錄表

日期：　　年　　月　　日，時間：　　時　　分，登錄人員(承商名稱)：

路段	車號	路段	車號

新北市標線工程施工說明

陸、 標線工程施工說明

● 熱處理聚酯標線(第Ⅰ型及第Ⅱ型)及骨材標線

一、 說明：

標線之線條、圖形、標字、厚度、寬度等除本施工說明書及工程設計圖說另有規定者外，均應依現行交通部與內政部合頒之「道路交通標誌、標線、號誌設置規則」規定辦理。

二、 材料規格

(一)熱處理聚酯標線(第Ⅰ型及第Ⅱ型)

1. 熱處理聚酯標線材料應為合成樹脂粉末、顏料、填充材料，與反光玻璃珠等路面標線材料預拌，以適當之熱熔標線機加熱熔融，鋪設於經清理潔淨之水泥或瀝青混凝土鋪面上時，熱塑性塑膠熔融物應具不受輪胎黏脫，且能承受輾壓、衝擊而不會變形。
2. 標線標繪後之顏色除設計圖另有規定外，須符合「道路交通標誌標線號誌設置規則」最新色樣規定。
3. 熱處理聚酯標線之品質除設計圖另有規定外，須符合 CNS 1333(表 3 第 3 種 3 號的品質，除玻璃珠含量另訂外) 規定及以下規定：

項目	規格
密度(23℃)g/cm3	2.3 以下
軟化點（℃）	80 以上
不黏著乾燥性	標繪三分鐘後不黏車胎
塗膜外觀	均勻且無皺波、起泡、裂痕、剝離等現象
黃色度（限白色）	色澤偏差率在 0.1 以下
0°~45°擴散反射率（%）（限白色）	75 以上
耐磨耗性（試 100 次）	磨損 200mg 以下
壓縮強度（kgf/cm2）	81.78 以上
耐鹼性	泡在 Ca(OH)2 飽和溶液 18 小時不生裂縫、不變色
顏色（限黃色）	台灣區塗料公會編號第 18 號（純黃色）
抗滑 BPN(SRT)值	潮濕狀態下 1.第Ⅰ型:劃設完 2 週內需達 45 以上 2.第Ⅱ型:劃設完 2 週內需達 65 以上，2 週至

項目	規格
	1 年內需達 50 以上
玻璃珠含量	第 I 型 25%以上；第 II 型標線 18%以上（註：其成分及規格應合乎反光用玻璃珠規範之規定）
乾燥道路標線擴散照明輝度係數(Qd)	白色標線劃設於瀝青混凝土及水泥混凝土上時需分別達 CNS15834 表 1 中 Q2 及 Q3 等級；黃色標線需達 Q1 等級
乾燥道路標線車輛燈頭照明下回歸反射(RL)	白色及黃色標線需分別達 CNS15834 表 3 中 R2 及 R1 等級

註：白色及黃色標線得擇 A.玻璃珠含量與玻璃珠折射率及 B.乾燥道路標線輝度係數(Qd)與乾燥道路標線車輛燈頭照明下回歸反射(RL)兩者(A 或 B)其一檢測

4. 黏層劑（底漆）：黏層劑為乙烯合成樹脂液與芳香碳化氫溶劑之混合物，黏層劑施用前應先經工程司核可。
5. 玻璃珠之品質須符合 CNS4342(類號 R2095)之第 1 類玻璃珠之規定。

項目	玻璃珠規格	
比重	2.4~4.5	
粒子篩分析	留存於試驗篩 0.850mm 者	0%(註一)
	通過試驗篩 0.850mm 且留存於試驗篩 0.6mm 者	5-30%
	通過試驗篩 0.6mm 且留存於試驗篩 0.3mm 者	30-80%
	通過試驗篩 0.3mm 且留存於試驗篩 0.106mm 者	10-40%

(註一：指質量百分比)

(二)骨材標線

1. 使用防滑骨材材質，依設計需求若為天然彩色硬質骨材或高溫鍛燒陶瓷骨材，須為本體色，廠商若自行使用符合上述骨材之同等品，須提供與施作鋪面同色系之骨材本體色。
2. 標線標繪後之顏色除設計圖另有規定外，須符合「道路交通標誌標線號誌設置規則」規定。

三、 施工規範

(一)熱處理聚脂標線(第Ⅰ型及第Ⅱ型)

1. 標繪標線前，應依照監造工程司之指示，佈設安全防護設施，以保護人員及標線，並防標線未乾涸前遭通行車輛損害。
2. 標線應按契約圖說所示及監造工程司核可之位置、顏色、寬度及樣式標繪之。
3. 標線不得直接標繪於縱向接縫或縱向施工縫上；線條標線不得劃於人手孔蓋上；圖形標線與標字應避開人手孔蓋劃設。
4. 廠商應先測定標線控制點，除有明顯可見之分隔如縱向之施工縫外，所有沿縱向之標線工作必須以控制點引導標線機器。
5. 標線區在標繪標線之前須完全處理乾淨。柏油、油脂或其他材料污染之大面積區，應徹底處理乾淨。標繪標線在未獲得監造工程司之批准前不得工作。
6. 水泥混凝土鋪面之殘留路面養護劑應徹底清除後，始可進行標繪工作。
7. 施工時應選定不影響交通阻塞及避免導致交通事故之時間施工為原則，並避免對行人穿越造成不便。
8. 劃設時應留意不可沾污及人行道或路面。
9. 施工前應在不損原有路面之原則下，先將原有路面清掃，如有油脂要徹底清除。
10. 潮濕之路面不得施工。(由監造工程司認定)，凡天候不良或地面潮濕時，均不得標繪標線；施作時，應注意路面面層溫度不得低於 10℃及不得高於 60℃。
11. 標繪前應選用一小段路面做試驗並應有熟練技工或技術人員控制操作機械，使標線表膜及厚度均一，並須同時注意調節加熱溫度使熱拌塑膠漆之粘性、流動性等適合施工條件，經監造工程司認可，才能正式施工。
12. 噴出之熱拌塑膠漆，其溫度應在 180℃~220℃之間；無論路面為柏油或混凝土，在任何氣候之溫度下，標繪後之標線在 3 分鐘以後，即可通行車輛及行人。
13. 標繪前須先以粘層劑(Primer)0.14kg/m2 之用量均勻塗於擬繪標線

下之路面上（本項目得免檢驗）。

14. 標線施工後，標線表面溫度在 80℃以下，不得有軟化、流動或有塵埃附著等現象。
15. 黏層劑（底漆）：熱塑性塑膠標線標繪前，應先以其專用之黏層劑均勻塗於路面上作為黏結之用。黏層劑施用前應先經監造工程司核可。
16. 完工後之熱塑性塑膠標線，無論在夜間投光或白天，均應有顯明且符合規定之色彩。標線寬度、厚度應符合規定，並須均勻，不得有凹凸、龜裂、彎曲或線條不平順等缺陷。
17. 舊有標線之磨除，請備妥磨除機予以磨除。
18. 舊有標線須磨除至 AC 面層為原則，並與原有道路 AC 平順銜接，磨除範圍不得以路線漆覆蓋之，除非機關特別指定之，磨除之殘留廢渣應全數清理乾淨。

(二)骨材標線

1. 廠商應依照經監造單位認可之機具設備及方法施工。
2. 線條標線不得劃於人手孔蓋上；圖形標線與標字應避開人手孔蓋劃設。
3. 施工前應先將路面清除乾淨且須乾燥。
   (1) 路面上如有油脂應徹底清除，惟不得損壞路面。
   (2) 水泥混凝土舖面之殘餘路面養護劑應徹底清除。
4. 標繪施工用之機具，廠商須於施工前自行做性能試驗。並於工程車上備滅火器。
5. 標繪前應先以用量為 0.14kg/m2 之黏層劑 （Primer）均勻塗於路面上標線位置作為黏結之用。
6. 標繪前應選用一小段路面做試驗並應有熟練技工或技術人員控制操作機械，使標線表膜及厚度均一，並須同時注意調節加熱溫度使熱拌塑膠漆之粘性、流動性等適合施工條件，經機關指派之工程司認可，才能正式施工。
7. 材料之快乾性與附著性亦應於施工前選一小段路面試驗，俾決定其最合適之加熱溫度。噴出之熱處理標線材料，其溫度應在 180℃～220℃之間，繪設好之標線應在 3 分鐘內充分硬化，標繪後之標線在 3 分鐘以後即可通行車輛及行人。
8. 施工中標線表面尚在熔融狀態時，再以防滑陶瓷骨材量均勻撒佈於

其表面或其他抗滑材料不得影響本體色。

9. 施工後，防滑彩色標線其抗滑能力 BPN(SRT)值於潮濕狀態須達 65 以上，鋪面表面溫度在 90℃以下，不得有軟化、流動等現象。
10. 施工鋪面寬度若大於 40 公分以上，可採數條合併方式施作，並應將接縫平順處理。

四、 材料檢驗與保證責任

除契約另有約定外，各項材料送審資料及施工之檢驗項目如下：

<table>
<tr><th>材料名稱</th><th>檢驗項目</th><th colspan="2">檢驗標準</th><th>檢驗頻率</th></tr>
<tr><td rowspan="7">熱處理聚酯標線(第Ⅰ型及第Ⅱ型)</td><td>合格廠商</td><td colspan="2">符合契約供貨廠商資格，文件加印公司大小章</td><td rowspan="7">● 厚度及折射率試驗試驗頻率
1. 數量不足 1,000 m2，得抽料送驗 1 次。
2. 數量 1,000 m2(含)至 5,000 m2（含）抽料送驗 1 次。
3. 數量超過 5,000 m2 時，每增加 5,000 m2 再抽料送驗 1 次，餘額不足 5,000 m2 免測。
4. 其餘詳備註。
● 抗滑係數試驗頻率
1. 數量不足 1,000 m2，第Ⅰ型免檢驗，
2. 第Ⅱ型得視需要檢驗 1 次。
3. 數量 1,000 m2(含)至 5,000 m2（含）抽料送驗 1 次。
4. 數量超過 5,000 m2 時，每增加 5,000 m2 再抽料送驗 1 次，餘額不足 5,000 m2 免測。
5. 第Ⅰ型以檢驗繪設完成 2 週內標線為原則。
6. 抗滑檢驗每次隨機取 3 處地點現場檢驗取平均值。</td></tr>
<tr><td>厚度檢驗</td><td>游標卡尺量測
詳細方式詳註備註 1</td><td>第Ⅰ型 2mm 以上
第Ⅱ型 2mm 以上</td></tr>
<tr><td>玻璃珠含量</td><td>CNS1333</td><td>第Ⅰ型 25%以上
第Ⅱ型 18%以上</td></tr>
<tr><td>玻璃珠折射率</td><td>CNS4342</td><td>1.50-1.70</td></tr>
<tr><td>乾燥道路標線輝度係數(Qd)</td><td>CNS 15834</td><td>白色標線劃設於瀝青混凝土及水泥混凝土上時需分別達到 CNS15834 表 1 中 Q2 及 Q3 等級；黃色標線需達 Q1 等級</td></tr>
<tr><td>乾燥道路標線車輛燈頭照明下回歸反射(RL)</td><td>CNS 15834</td><td>白色及黃色標線需分別達 CNS15834 表 3 中 R2 及 R1 等級</td></tr>
<tr><td>抗滑係數
(檢驗方式得擇甲或乙其一辦理)</td><td>甲.交通部頒「交通工程規範」附錄「英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟」檢驗方式
乙.CNS15834 抗滑性檢測方式(SRT)</td><td>潮濕狀態下，
1.第Ⅰ型:劃設完 2 週內需達 45 BPN(SRT)以上
2.第Ⅱ型:劃設完 2 週內需達 65 BPN(SRT)以上，2 週至 1 年內需達 50 以上</td></tr>
</table>

備註 1：鑽心試驗每組隨機取 10 個鑽心試體。先行送 5 個鑽心試體送檢驗，若檢測值未達規範要求時，再行送另 5 個鑽心試體複驗，仍不符合標準值時，詳契約施工說明書陸、五檢驗不合格之處理。

備註 2：玻璃珠折射率試驗由玻璃珠含量試驗後之樣品取樣。

備註 3：黑色熱處理聚酯標線僅檢驗厚度。

備註 4：白色及黃線標線得自 A 或 B 如擇一檢測如下：

A. 玻璃珠含量與玻璃珠折射率

B. 乾燥道路標線輝度係數(Qd)與乾燥道路標線車輛燈頭照明下回歸反射(RL)

材料名稱	檢驗項目	檢驗標準		檢驗頻率
骨材標線	合格廠商	符合契約供貨廠商資格，文件加印公司大小章		● 材料試驗頻率 1. 數量不足 1,000 m2 時，提出檢驗報告。 2. 數量 1,000 m2（含）至 5,000 m2（含）抽料送驗 1 次。 3. 數量超過 5,000 m2 時，每增加 5,000 m2 再抽料送驗 1 次餘額不足 5,000 m2 免測。 4. 若檢驗值未達規範要求時，應以複驗 1 次為限；仍不符合標準值時，詳契約施工說明書陸、五檢驗不合格之處理。 ● 厚度驗試驗頻率 1. 數量不足 1,000 m2 時，提出檢驗報告。 2. 數量 1,000 m2（含）至 5,000 m2（含）抽料送驗 1 次。 3. 數量超過 5,000 m2 時，每增加 5,000 m2 再抽料送驗 1 次餘額不足 5,000 m2 免測。 4. 鑽心試驗每組隨機取 5 個鑽心試體，若檢測值未達規範要求時，應磨除重繪。 ● 抗滑係數試驗頻率 1. 數量不足 1,000 m2 時，提出檢驗報告。 2. 數量 1,000 m2（含）至 5,000 m2（含）檢驗 1 次。 3. 數量超過 5,000 m2 時，每增加 5,000 m2 再檢驗 1 次，餘額不足 5,000 m2 免測。 4. 以檢驗繪設完成 2 週內之標線為原則。 5. 抗滑檢驗每次隨機取 3 處地點現場檢驗取平均值。
	密度（g/cm³）	CNS1333	1.8 至 2.5	
	軟化點℃		90 以上	
	輪胎附著性		塗布 3 分鐘後塗膜不附著於輪胎上	
	耐磨耗性（以 100 轉計）（mg）		50 以下	
	壓縮強度 kN/ cm²（23℃）{kgf/ cm²}		150 以上	
	厚度檢驗	游標卡尺量測 詳細方式詳註備註 1	2mm 以上	
	抗滑係數(檢驗方式得擇甲或乙其一辦理)	甲. 交通部頒「交通工程規範」附錄「英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟」檢驗方式 乙. CNS15834 抗滑性檢測方式(SRT)	潮濕狀態下，劃設完 2 週內需達 65 BPN(SRT)以上	

備註：於得標後如骨材標線材料已全部備妥，即可要求檢驗，若在施工前即已得知骨材標線材料檢驗不合格，廠商應重新備料檢驗，原抽骨材標線材料不得使用於機關工程。

(一)標線取樣(破壞性)及試驗方法

1. 取樣，下列方式由甲方以隨機取樣方式進行：
用 AC 鑽模機取樣（直徑約 10 公分），鑽心試驗每組隨機取 5 個鑽心試體並註明樣品之工程名稱、取樣日期及路段地點。取樣時所需之工人、工具及回填鑽孔等，概由廠商供給之。
2. 試驗方法(白色及黃色標線得擇 A.玻璃珠含量與玻璃珠折射率及 B.乾燥道路標線輝度係數(Qd)與乾燥道路標線車輛燈頭照明下回歸反射(RL)兩者(A 或 B)其一檢測)
(1) 厚度檢驗
A. 將鑽取之圓柱形試體表面，畫分為 8 等份。
B. 以游標卡尺，目視量測每一均分線外緣 AC 界面上，厚度共 8 點(如遇有多層標線重疊，取最上層)，每點量測至 0.1mm，取平均值為其厚度。
(2) 玻璃珠含量試驗（參照 CNS1333 辦理）

五、 設施檢驗工期計算及檢驗不合格之處理

(一)I 型標線抗滑係數檢驗未達標準時，應立即於現場重測，以 1 次為限；仍不符合標準值時，應磨除重繪。II 型標線抗滑係數檢驗未達標準時，應立即於現場重測，以 1 次為限；仍不符合標準值時，應磨除重繪，若磨除有困難且抗滑檢驗符合 I 型標線規定，經業主同意後，得採 I 型標線計價。

(二)玻璃珠折射率檢驗不合格，則該批次檢驗所代表數量全部重劃（黑色熱處理聚酯標線除外），廠商不得再請求複驗。

(三)第 I 型熱處理聚酯標線厚度檢驗平均值未達 1.5mm 或玻璃珠含量試驗玻璃珠含量未達 23%(或白色標線於瀝青混凝土、水泥混凝土上 Qd 分別未達 CNS15834 表 1 中 Q2、Q3 等級 90%及 RL 未達表 3 中 R2 等級 90%；黃色標線 Qd 及 RL 分別未達表 1 中 Q1 等級 90%、表 3 中 R1 等級 90%)，第 II 型熱處理聚酯標線厚度檢驗平均值未達 1.5mm 或玻璃珠含量試驗玻璃珠含量未達 15%(或白色標線於瀝青混凝土、水泥混凝土上 Qd 分別未達 CNS15834 表 1 中 Q2、Q3 等級 90%及 RL 未達表 3 中 R2 等級 90%；黃色標線 Qd 及 RL 分別未達表 1 中 Q1 等級 90%、表 3 中 R1 等級 90%)，骨材標線超過厚度檢驗平均值未達 1.5mm，即該抽驗批次所代表劃設數量不合格不予計價，廠商並須磨除後重新劃設及負責依規定重新送檢驗，其檢驗費由廠商負擔。

(四)第Ⅰ型熱處理聚酯標線厚度檢驗平均值超過 1.5mm（含）未達 2mm，玻璃珠含量試驗玻璃珠含量超過 23%（含）未達 25%(或白色標線於瀝青混凝土、水泥混凝土上 Qd 分別超過 CNS15834 表 1 中 Q2、Q3 等級 90%及 RL 超過表 3 中 R2 等級 90%；黃色標線 Qd 及 RL 分別超過表 1 中 Q1 等級 90%、表 3 中 R1 等級 90%；以上 CNS15834 標準均含各等級 90%)，第Ⅱ型熱處理聚酯標線厚度檢驗平均值超過 1.5mm(含)未達 2mm，玻璃珠含量試驗玻璃珠含量超過 15%（含）未達 18%(或白色標線於瀝青混凝土、水泥混凝土上 Qd 分別超過 CNS15834 表 1 中 Q2、Q3 等級 90%及 RL 超過表 3 中 R2 等級 90%；黃色標線 Qd 及 RL 分別超過表 1 中 Q1 等級 90%、表 3 中 R1 等級 90%；以上 CNS15834 標準均含各等級 90%)，或骨材標線厚度檢驗平均值超過 1.5mm（含）未達 2mm，即視為抽驗當日至前一次抽驗日後之全部劃設數量不合格，皆不予計價，惟不須重新劃設。

(五)第一次抽驗工程數量之認定：開工第一日起至第一次抽驗當日之全部施工數量。

(六)第二次以後抽檢驗工程數量之認定：以第一次抽驗日後起至第二次抽驗當日之施工數量為第二次抽驗工程數量，餘類推。(最後一次抽驗工程數量應含最後一次抽驗至竣工日間之工作數量。)

(七)設施檢驗工期計算：工程材料檢驗，如有不合格需重新按規定送檢驗，其準備材料及重作所費之時間，亦應一併計算工期(準備材料時間為機關接獲不合格檢驗報告後，以機關書面通知廠商之次日起至廠商以書面通知準備材料日完成止)。

(八)複驗檢驗費用由廠商負擔。

六、 一般規定

(一)本案標線均應依標準圖及設計圖劃設，依實做數量結算，如標準圖與設計圖有矛盾之處廠商應依機關指示辦理，否則若有施工錯誤，廠商應負責無償磨除錯誤標線暨重劃。

(二)施工時如圖與現況不符、圖示不明或現地無法施工等情形，廠商應即與監造單位會勘處理。

(三)對路邊有停放車輛之處理：施工前三天應於劃設範圍內車輛擋風玻璃上及適當地點明顯處張貼「標線施工前通告」(表 1)；並於禁停標線劃設後，針對劃設前即停放於劃設路段之車輛上放置「通告」(表 2)、抄錄

「新設禁停標線路段已停放車輛車牌登錄表」（表 3）及提供足以辨識車牌之存證照片或影片，有關張貼「標線施工前通告」數量及地點由甲方指定之。

(四)倘未依前項規定辦理，導致車主因新設標線遭開罰單無據申訴，造成車主損失之相關費用應由廠商負責。

● 成型標線

一、 說明

本規格包括暫時性全天候反光成型標線之材料說明與標繪工法，除依照下列之各項規定外，其餘悉應以本單位的設置圖及相關補充規定辦理。

二、 材料規格

(一)暫時性全天候反光成型標線由鮮明耐候的色料，其顏色符合「道路交通標誌標線號誌設置規則」之標準，主要為改道暫時性應用，待改道完成再撕除。標線可提供立即與持續性的回歸反射功能，使晝夜顏色一致。

(二)標繪字體或箭頭指向線時，其式樣及尺度仍須以「道路交通標誌標線號誌設置規則」為依據。標繪方式得以併接方式，但材料不得重疊。另反光成型標線表層有顆粒處理以增加防滑性。

(三)暫時性全天候反光成型標線係使用耐候的高分子材料，做成立體突起方格狀，且使用聚氨酯(PU)塗布將乾燥及雨天會反光的顆粒珠子黏著住，以提供全天候的反光效果。反光珠子同時填充在標線內，以提供持續性的反光效果。底部有塗布一層感壓性膠，僅施加壓力即能與瀝青混凝土或波特蘭水泥混凝土路面貼合，待改道完成再撕除。若路面狀況或天候狀況差須加塗助黏劑以增加黏性。標繪完工後可立即開放通車，不另等候乾涸時間。

(四)擴散照明下之輝度係數(Qd)：依據 CNS 15834 第 4.2.2 節，初期白色需符合 Q2 Qd≧100，黃色需符合 Q1 Qd≧80。單位以 mcd・m-2・lx-1 表示。可依據 ASTM E1710 使用攜帶式測試儀檢測性能。

(五)輝度率(β)：依據 CNS 15834 第 4.2.3 節，初期白色乾燥道路標線之輝度率(β)需符合 B2 β≧0.30，黃色需符合 B1 β≧0.20。可使用攜帶式測試儀檢測性能。

(六)車輛頭燈照明下的回歸反射：依據 CNS 15834 第 4.3 節，於實驗室距離為十五公尺或十五公尺以上條件測試，單位以 mcd・m-2・lx-1 表示。或依據 ASTM E1710，可使用攜帶式反射亮度測試儀檢測性能。

1. 乾燥道路標線初期白色之 RL 需符合暫時性 R5 RL≧300，黃色需符合 R3 RL≧150，單位以 mcd・m-2・lx-1 表示。

2. 潮濕道路標線初期白色之 RL 需符合 RW5 RL≧100，黃色需符合 RW4 RL≧75，單位以 mcd・m-2・lx-1 表示。

(七)顏色：依據 CNS 15834 第 4.4 節，初期白色乾燥道路標線需符合 x, y 色度座標，黃色需符合 Y2 暫時性色度座標。可使用攜帶式測試儀檢測性能。

(八)防滑性：依據 CNS 15834 第 4.5 節，初期白色及黃色標線需符合 S1 SRT≧45。另外初期白色及黃色乾燥道路標線防滑性初始值為 60 SRT 以上。可使用攜帶式防滑性測試儀檢測性能。

(九)補綴性：反光成型標線於標繪完工後，應能以相同之材料併接修補已磨耗處或遭人為破壞處。而不得以重疊粘合方式修補，以求標線面之平整。

三、 施工規範

(一)施工表面必須為乾燥路面，路面溫度應在 50°F（10℃）以上。且確定標繪施工前 24 小時內及標繪施工後 24 小時沒有下雨。

(二)以空氣壓縮機或尼龍掃把將路面塵土徹底清除。

(三)路面打線標示出標繪位置。

(四)一般可撕除式暫時性全天候反光成型標線不需要塗佈助黏劑。若有特殊狀況及需求，如路面狀況不好或天候狀況差，可塗佈一層助黏劑。如塗佈助黏劑，須待助黏劑乾燥不黏手後才可黏貼標線。

(五)以手工或機器貼合標線材料於路面上。

(六)以滾壓機承載 90 公斤以上，平壓標線材料面來回至少三趟，或以汽車車輪慢速行駛於成型標線面至少 2 次，以求牢貼。

四、 材料檢驗與保證責任

除契約另有約定外，各項材料送審資料及施工之檢驗項目如下：

<table>
<tr><th>材料名稱</th><th>檢驗項目</th><th colspan="2">檢驗標準</th><th>檢驗頻率</th></tr>
<tr><td rowspan="6">成型標線</td><td>合格廠商</td><td colspan="2">符合契約供貨廠商資格，文件加印公司大小章</td><td rowspan="6">● 材料試驗頻率
1. 數量不足 1,000 m2 時，提出檢驗報告。
2. 數量 1,000 m2（含）至 5,000 m2（含）抽料送驗 1 次。
3. 數量超過 5,000 m2 時，每增加 5,000 m2 再抽料送驗 1 次餘額不足 5,000 m2 免測。
4. 若檢驗值未達規範要求時，應以複驗 1 次為限；仍不符合標準值時，詳契約施工說明書陸、五檢驗不合格之處理。
● 厚度驗試驗頻率
1. 數量不足 1,000 m2 時，提出檢驗報告。
2. 數量 1,000 m2（含）至 5,000 m2（含）抽料送驗 1 次。
3. 數量超過 5,000 m2 時，每增加 5,000 m2 再抽料送驗 1 次餘額不足 5,000 m2 免測。
4. 鑽心試驗每組隨機取 5 個鑽心試體，若檢測值未達規範要求時，應磨除重繪。
● 抗滑係數試驗頻率
1. 數量不足 1,000 m2 時，提出檢驗報告。
2. 數量 1,000 m2（含）至 5,000 m2（含）檢驗 1 次。
3. 數量超過 5,000 m2 時，每增加 5,000 m2 再檢驗 1 次，餘額不足 5,000 m2 免測。
4. 以檢驗繪設完成 2 週內之標線為原則。
5. 抗滑檢驗每次隨機取 3 處地點現場檢驗取平均值。</td></tr>
<tr><td>擴散照明下之輝度係數(Qd)</td><td rowspan="5">CNS 15834</td><td>白色初期 Q2 Qd≧100 黃色需符合 Q1 Qd≧80
(單位以 mcd、m-2、lx-1 表示)</td></tr>
<tr><td>輝度率(β)</td><td>乾燥道路標線之輝度率(β)需符合 B2 β≧0.30，黃色需符合 B1 β≧0.20</td></tr>
<tr><td>回歸反射</td><td>1. 乾燥道路標線初期白色之 RL 需符合暫時性 R5 RL≧300，黃色需符合 R3 RL≧150。
2. 潮濕道路標線初期白色之 RL 需符合 RW5 RL≧100，黃色需符合 RW4 RL≧75。
(單位以 mcd・m-2・lx-1 表示。)</td></tr>
<tr><td>顏色</td><td>初期白色乾燥道路標線需符合 x, y 色度座標，黃色需符合 Y2 暫時性色度座標</td></tr>
<tr><td>防滑性</td><td>乾燥道路狀態下，劃設完 2 週內需達 60BPN(SRT)以上</td></tr>
</table>

五、 設施檢驗工期計算及檢驗不合格之處理

(一)成型標線抗滑係數檢驗未達標準時，應立即於現場重測，以 1 次為限；仍不符合標準值時，應磨除重繪。

(二)第一次抽驗工程數量之認定：開工第一日起至第一次抽驗當日之全部施工數量。

(三)第二次以後抽檢驗工程數量之認定：以第一次抽驗日後起至第二次抽驗當日之施工數量為第二次抽驗工程數量，餘類推。(最後一次抽驗工程數量應含最後一次抽驗至竣工日間之工作數量。)

(四)設施檢驗工期計算：工程材料檢驗，如有不合格需重新按規定送檢驗，其準備材料及重作所費之時間，亦應一併計算工期(準備材料時間為機關接獲不合格檢驗報告後，以機關書面通知廠商之次日起至廠商以書面通知準備材料日完成止)。

(五)複驗檢驗費用由廠商負擔。

六、 一般規定

(一)本案標線均應依標準圖及設計圖劃設，依實做數量結算，如標準圖與設計圖有矛盾之處廠商應依機關指示辦理，否則若有施工錯誤，廠商應負責無償磨除錯誤標線暨重劃。

(二)施工時如圖與現況不符、圖示不明或現地無法施工等情形，廠商應即與監造單位會勘處理。

● 冷塑標線

一、 說明

1. 本工程冷塑標線是由抗壓耐磨骨材和(甲基)丙烯酸聚合物構成，在瀝青或水泥路面塗佈 1mm 以上之厚度，塗料表面需具有高止滑度、耐候性、耐久性，適用於高交通流量之道路。
2. 冷塑標線應至少有黑色、藍色、綠色、黃色、紅色、及白色等六種以上色系，廠商需於施作前提供產品色板，經機關核可後，方可進場施作。
3. 本工程冷塑標線需具備耐久、耐候及止滑之特質。惟為證明所選用之塗料符合要求，廠商必須提出符合 EN1436(歐洲道路標記性能規範)及 EN1824（歐洲道路實測規範）或同等國際認可規範之相關檢測合格報告，試驗要求詳見審查。
4. 冷塑標線施作後，應為平整性鋪面，不得有明顯接縫痕跡。
5. 新鋪設之瀝青混凝土，因含油量較高，易造成脫落之情形，需於路面鋪設後 4 週後，方可進場施作。

二、 材料規格

1. 廠商應於總案開工之日起 15 日內提出產品色板及符合檢測規定之材料試驗報告及相關文件資料，如逾期或送審資料不符契約規定者，依施工補充條款罰則辦理。送審資料如下：
   (1) 符合規定之產品色板。
   (2) 符合規定之材料試驗報告文件及相關文件。要求詳下：

試驗項目	試驗規範	試驗標準
密度（g/cm^3）	歐盟或國際認可實驗單位認證	1.8±0.4
鉛含量	歐盟或國際認可實驗單位認證	＜0.25Ma-%
苯含量	歐盟或國際認可實驗單位認證	＜0.1Ma-%
芳香烴含量	歐盟或國際認可實驗單位認證	＜1Ma-%
鹵化碳氫化合物含量	歐盟或國際認可實驗單位認證	＜0.05Ma-%
耐鹼性	歐盟或國際認可實驗單位認證	於鹼液中無變化
防滑係數	依據 EN 1436 道路標記性能規範或 ASTM-E303-93 或同等國際認可規範	防滑係數 SRT≧65 或 BPN≧65（使用英式擺捶抗滑試驗儀之檢驗方式）
耐久、耐候表	EN 1436 道路標記性能規範或	產品施作 12 個月後，需符合下列要

試驗項目	試驗規範	試驗標準
現	ASTM-E303-93、EN 1824 道路實測規範，或同等國際認可規範	求： 防滑係數 SRT≧65(或 BPN≧65)
密度（g/cm^3）	歐盟或國際認可實驗單位認證	1.8±0.4

2. 施工前，廠商應於總案開工之日起 15 日內提出產品來源證明文件（如係進口產品應提供進口證明）、原廠保證書、相關檢測合格報告(詳表一)、色板、實績照片、型錄等，以供查核方可施作，未經審核通過而進場施作，不予驗收。

三、 施工規範

1. 依送審核可之分割圖進行放樣。
2. 施工前欲鋪設塗料之區域需完全清理乾淨，需去除舊有瀝青之熱融道路標線、環氧樹脂黏合劑，方得進行施工。柏油、油脂或其他材料汙染之大面積區，應以噴砂或蒸氣清潔機或動力掃除機徹底清除後，方可進行鋪設工作。
3. 本塗料之施作方法，需一次性以滾筒或刮刀平均塗抹於施工表面，厚度不得小於 1mm。
4. 施作完成後需於 30 分鐘內完成表面硬化，1.5 小時後可開放使用。

四、 材料檢驗與保證責任

<table>
<tr><th>材料名稱</th><th>檢驗項目</th><th colspan="2">檢驗標準</th><th>檢驗頻率</th></tr>
<tr><td rowspan="10">冷塑標線</td><td>合格廠商</td><td colspan="2">符合契約供貨廠商資格，產品來源證明文件(如係進口產品應提供進口證明)、原廠保證書、實績照片、型錄，文件加印公司大小章</td><td rowspan="10">● 厚度及抗滑係數試驗頻率
1. 數量不足 500 m2，免檢驗。
2. 數量 500 m2（含）至 5,000 m2（含）抽料送驗 5 個試體。
3. 數量超過 5,000 m2 時，每增加 5,000 m2 再抽料送驗 1 次，餘額不足 5,000 m2 部分，以 5 個試體計。</td></tr>
<tr><td>顏色</td><td colspan="2">產品色板(決標之次日 15 日內提出)</td></tr>
<tr><td>密度(g/cm3)</td><td rowspan="5">歐盟或國際認可實驗單位認證</td><td>1.8±0.4</td></tr>
<tr><td>鉛含量</td><td>＜0.25Ma-%</td></tr>
<tr><td>苯含量</td><td>＜0.1Ma-%</td></tr>
<tr><td>芳香烴含量</td><td>＜1Ma-%</td></tr>
<tr><td>鹵化碳氫化合物含量</td><td>＜0.05Ma-%</td></tr>
<tr><td>耐久、耐候表現</td><td>EN 1436 道路標記性能規範或 ASTM-E303-93、EN 1824 道路實測規範，或同等國際認可規範</td><td>產品施作 12 個月後，需符合下列要求：
防滑係數 SRT≧65(或 BPN≧65)</td></tr>
<tr><td>厚度檢驗</td><td>游標卡尺量測
詳細方式詳註備註 1</td><td>1mm 以上</td></tr>
<tr><td>防滑係數</td><td>依據 EN 1436 道路標記性能規範或 ASTM-E303-93 或同等國際認可規範</td><td>防滑係數 SRT≧65 或 BPN≧65（使用英式擺捶抗滑試驗儀之檢驗方式）</td></tr>
</table>

備註 1：厚度：施工後於每一施工區段以直徑 100mm 鑽孔機取一圓柱試體，厚度檢驗方法將鑽取之圓柱形試體表面，畫分為八等份以游標卡尺，目視量測每一均分線外緣 AC 界面上厚度共 8 點，每點量測至 0.1mm，量測鑽心試體圓周八分點之厚度取其平均為圓柱試體之厚度，厚度需達 1mm 以上。
防滑係數試驗：依英式擺錘抗滑試驗儀之檢驗方式[參考 ASTM-E303-93(2003)、EN1436 道路標記性能規範]實測值 SRT≧65 或 BPN≧65，其試驗方式詳附錄。

五、 設施檢驗工期計算及檢驗不合格之處理

(一)檢驗不合格之處理

1. 每次檢驗其厚度檢驗平均值未達 1.0mm，即視為抽驗當日至前一次

抽驗日後之全部劃設數量不合格，不予計價，廠商須進行改善。

2. 每次檢驗其厚度檢驗平均值超過 0.5mm(含)未達 1.0mm，即視為抽驗當日至前一次抽驗日後之全部劃設數量不合格，僅依據單價分析表內工料名稱：技工、小工、工具損耗、燃料費、機具費等項目單價予以計價，其餘項目皆不予計價，惟不須重新劃設。

3. 當次檢驗其路口(段)之平均防滑係數未達 SRT≧65 或 BPN≧65 者，即視為抽驗當日至前一次抽驗日後之同一處路口(段)劃設數量檢驗不合格，廠商須進行改善，其改善之工作項目及內容不予計價。但當次派工檢驗若有超過一半以上數量之路口（段）檢驗不合格，即視為抽驗當日至前一次抽驗日後之全部劃設數量檢驗不合格，廠商須無償進行改善並重新劃設。

4. 第一次抽驗工程數量之認定：開工第一日起至第一次抽驗當日之全部施工數量。

5. 第二次以後抽檢驗工程數量之認定：以第一次抽驗日後起至第二次抽驗當日之施工數量為第二次抽驗工程數量，餘類推。(最後一次抽驗工程數量應含最後一次抽驗至竣工日間之工作數量。)

6. 檢驗不符合規範需進行複驗，其檢驗費用由廠商負擔。

六、 其他相關規定

1. 本案標線均應依標準圖及設計圖劃設，依實做數量結算，如標準圖與設計圖有矛盾之處廠商應請機關指示辦理，否則若有施工錯誤，廠商應負責無償刨除錯誤標線暨改善。
2. 施工時如圖與現況不符、圖示不明或現地無法施工等情形，廠商應立即與機關會勘處理。
3. 每條道路施工前、中、後以同角度照相存證，並各一式三份(所需費用已含工程費內)送機關。
4. 廠商應於施工期間依機關指定時間，主動聯絡有關當日施工事宜。
5. 因道路加封致道路冷塑標線被鋪蓋，而有拍照存證或經相關單位佐證，其材料並經檢驗合格者(無需檢驗者除外)，機關同意予以計價，如機關同意廠商再予以補繪並拍照，仍同意另予計價(以本項工程經費尚有餘額為同意之先決條件)。

● 熱熔噴射標線

一、 施工

1. 熱熔噴射標線使用防滑骨材材質需為硬質骨材或高溫煅燒陶瓷骨材，得標廠商可自行選用符合上述規定之同等產品並於施作前提供施作鋪面同色系防滑彩色塗裝樣品及引擎動力式噴射塗裝機具設備型錄，進行送審程序，經監造或業主審核同意後，方可進場施作。
2. 熱熔噴射標線施作方式需為引擎動力噴射(灑)而成，且為能達施作速度一致性及有效控管噴塗厚度，施工機具應配有「厚度」自動調節且具備自動前進、後退等功能，以確保施作面完整均勻，承包商應依照經監造或業主認可之機具設備及方法施工。
3. 施工前應先將路面清除乾淨且須乾燥。
   (1) 路面上如有油脂應澈底清除，惟不得損壞路面。
   (2) 水泥混凝土鋪面之殘餘路面養護劑應澈底清除。
4. 施工用之熱拌爐、噴射塗裝機等機具，承包商須於施工前自行做性能試驗。
5. 施作前應先以用量為 0.14kg/m2 之底層劑（Primer）均勻塗於鋪設路面上作為黏結之用。
6. 鋪設量與進行之速度應適當，事前應選用一小段路面做試驗，並應由熟練操作員或技術人員控制操作機械，使鋪面表膜及厚度均一，並須同時注意調節加熱溫度，使熱處理聚酯材料之黏性、流動性等能適於施作。
7. 材料之快乾性與附著性亦應於施工前選一小段路面試驗，俾決定其最合適之加熱溫度。噴出之熱處理聚酯標線材料，其溫度應在 190℃～210℃之間，鋪好後之鋪面應在 3 分鐘內充分硬化，俾開放通行。
8. 在熱處理聚酯鋪面材料，施工中鋪面表面尚在熔融狀態時，再以 650g/m2 之防滑硬質骨材量均勻撒佈於其表面。
9. 施工後，防滑彩色鋪面其抗滑能力 BPN 值於潮濕狀態須大於等於 65 以上，鋪面表面溫度在 90℃以下，不得有軟化、流動等現象。
10. 施工鋪面寬度若大於 40 公分以上，方可採數條併接方式施作，最小施作寬度不得低於 40 公分，但收邊或受機具限制現場無法施工經監造或業主同意許可之特殊路段不在此限。

二、 材料規格

施工前材料檢驗項目(檢驗方法：CNS1333)

項次	試驗項目	規範
1	密度(g/cm^3)	2.3 以下
2	軟化點(℃)	80 以上
3	塗膜外觀	應正常
4	輪胎附著性	塗布 3 分鐘後塗膜不附著於輪胎上
5	耐磨耗性(mg)	45 mg 以下(試 100 轉)
6	壓縮強度(23℃) (kgf/cm^2)	150 以上
7	耐鹼性	浸酸鹼應無異狀

三、 材料檢驗與保證責任

材料名稱	檢驗項目	檢驗標準		檢驗頻率
熱熔噴射標線	合格廠商	符合契約供貨廠商資格，施作鋪面同色系防滑彩色塗裝樣品及引擎動力式噴射塗裝機具設備型錄，文件加印公司大小章		● 厚度及抗滑係數驗試驗頻率 1. 數量不足 500 m2，免檢驗。 2. 數量 500 m2（含）至 5,000 m2（含）抽料送驗 5 個試體。 3. 數量超過 5,000 m2 時，每增加 5,000 m2 再抽料送驗 1 次，餘額不足 5,000 m2 部分，以 5 個試體計。
	密度(g/cm^3)	CNS1333	2.3 以下	
	軟化點(℃)		80 以上	
	塗膜外觀		應正常	
	輪胎附著性		塗布 3 分鐘後塗膜不附著於輪胎上	
	耐磨耗性（以 100 轉計）(mg)		45 mg 以下	
	壓縮強度 (23℃) (kgf/cm^2)		150 以上	
	耐鹼性		浸酸鹼應無異狀	
	厚度檢驗	游標卡尺量測 詳細方式詳註備註 1	2mm 以上	
	防滑係數	依據 EN 1436 道路標記性能規範或 ASTM-E303-93 或同等國際認可規範	防滑係數 SRT≧65 或 BPN≧65（使用英式擺捶抗滑試驗儀之檢驗方式）	

計量：本章工作依「平方公尺」計量。

臺中市政府交通局標線工程特定規範

臺中市政府交通局標線工程特定規範

104年12月14日訂定

1 通則

1.1 本章概要

說明標線標繪於路面及緣石之相關工作，包括熱處理聚酯標線、油漆標線與骨材標線之材料、施工及檢驗等相關規定。

1.2 工作範圍及分類

1.2.1 路面及緣石清理

1.2.2 標線產品(材料)分類

(1) 熱處理聚酯標線第Ⅰ型

(2) 熱處理聚酯標線第Ⅱ型

(3) 油漆標線

(4) 骨材標線

1.3 相關準則

1.3.1 中華民國國家標準(CNS)

(1) CNS 1333 路線漆

(2) CNS 4342 交通反光標誌塗料用玻璃珠

1.3.2 相關法規

(1) 道路交通標誌標線號誌設置規則

(2) 交通工程手冊

1.4 資料送審

1.4.1 品質計畫

1.4.2 施工計畫

1.4.3 廠商資料

熱處理聚酯標線第Ⅰ型、熱處理聚酯標線第Ⅱ型、油漆標線、骨材標線

A. 若為進口，應提送進口證明文件

B. 原製造廠商之出貨證明

C. 試驗合格證明文件

D. 提送材料樣品 2 份

2 產品(材料)

2.1 熱處理聚酯標線第Ⅰ型

2.1.1 材料應為合成樹脂粉末、顏料、填充材料，並與反光玻璃珠等路面標線材料預拌，以適當之熱熔標線機加熱熔融，鋪設於經清理潔淨之水泥或瀝青混凝土鋪面上時，熱處理聚酯熔融物應具不受輪胎黏脫，且能承受輾壓、衝擊而不會變形。

2.1.2 標繪後之顏色，除契約圖說另有規定外，應符合「道路交通標誌標線號誌設置規則」最新色樣規定。

2.1.3 品質除契約圖說另有規定外，應符合 CNS 1333(採用表 3 第 3 種 3 號的品質)及以下規定：

檢驗項目	檢驗標準

壓縮強度	81.78 kgf/cm^2 以上
玻璃珠含量	熱處理聚酯標線材料中應預拌玻璃珠，其含量應達總重量之 30%以上
抗滑係數	45 BPN 以上

2.1.4 玻璃珠之品質應符合 CNS 4342(類號 R2095)之第 1 類玻璃珠之規定。

2.1.5 黏層劑(底漆)：標繪前應先以其專用之黏層劑均勻塗於路面上作為黏結之用，黏層劑為乙烯合成樹脂液與芳香碳化氫溶劑之混合物。

2.2 熱處理聚酯標線第Ⅱ型

2.2.1 材料應為合成樹脂粉末、顏料、填充材料，並與反光玻璃珠等路面標線材料預拌，以適當之機具加熱熔融，鋪設於經清理潔淨之水泥或瀝青混凝土鋪面上時，應具不受輪胎黏脫，且能承受輾壓、衝擊而不會變形。

2.2.2 標繪後之顏色，除契約圖說另有規定外，應符合「道路交通標誌標線號誌設置規則」最新色樣規定。

2.2.3 品質除契約圖說另有規定外，應符合 CNS 1333(採用表 3 第 3 種 2 號的品質)及以下規定：

檢驗項目	檢驗標準
壓縮強度	81.78 kgf/cm^2 以上
玻璃珠含量	材料中應預拌玻璃珠，其含量應達總重量之 18%以上
抗滑係數	65 BPN 以上

2.2.4 玻璃珠之品質應符合 CNS 4342(類號 R2095)之第 1 類玻璃珠之規定。

2.2.5 黏層劑(底漆)：標繪前應先以其專用之黏層劑均勻塗於路面上作為黏結之用，黏層劑為乙烯合成樹脂液與芳香碳化氫溶劑之混合物。

2.3 油漆標線

2.3.1 應符合 CNS 1333 第 1 種氯化橡膠系 1 號之規定(不含玻璃珠附著性及固著率)。

2.3.2 油漆應為未開封之合格廠牌產品，標有製造廠商及成份字樣，且每批漆料上標示出品貨號與日期。

2.3.3 油漆出廠後超過 1 年者，不准採用。

(1) 漆料應為質料均勻，適於撒佈成均勻一致之光滑面。

(2) 油漆不得產生塊狀、濃縮、凝結、膠化、沉澱或其他不良之變質，同時應保持易於調配符合使用要求之品質，另易生浮皮之油漆應予拒絕使用。

(3) 顏色除契約圖說另有規定外，應符合「道路交通標誌標線號誌設置規則」最新色樣規定。

(4) 油漆應先於鋪面上試漆，以試驗是否適用。

2.3.4 得標廠商應於第 1 次施工通知後 7 日內繳交製造廠商出具之符

合 CNS 標準出貨證明(證明書上應註明購貨日期、購貨承商及出貨製造商等)。

2.4 骨材標線

2.4.1 使用防滑骨材材質，若依設計需求為天然彩色硬質骨材或高溫鍛燒陶瓷骨材，應為本體色，廠商若自行使用符合上述骨材之同等品，應提供與施作鋪面同色系之骨材本體色。

2.4.2 標繪後之顏色，應符合契約圖說及「台灣區塗料工業同業公會塗料色版」規定之色樣。

3 施工及材料檢驗規定

3.1 施工方法

3.1.1 一般要求

(1) 標繪標線前，應依照監造單位/工程司之指示，佈設安全防護設施，以保護人員及標線，並防標線未乾涸前遭通行車輛損害。

(2) 標線應按契約圖說所示及機關指派之監造單位/工程司核可之位置、顏色、寬度及樣式標繪之。

(3) 標線不得直接標繪於縱向接縫或縱向施工縫上。

(4) 廠商應先測定標線控制點，除有明顯可見之分隔如縱向之施工縫外，所有沿縱向之標線工作必須以控制點引導標線機器。

(5) 標線區在標繪標線之前須完全處理乾淨。柏油、油脂或其他材料污染之大面積區，應徹底處理乾淨。標繪標線在未獲得機關指派之監造單位/工程司之批准前不得工作。

(6) 水泥混凝土鋪面之殘留路面養護劑應徹底清除後，始可進行標繪工作。

(7) 凡天候不良或地面潮濕時，均不得標繪標線(監造單位/工程司指示除外)；施作時，應注意路面面層溫度不得低於 10℃及不得高於 60℃。

(8) 施工時應選定不影響交通阻塞及避免導致交通事故之時間施工為原則，並避免對行人穿越造成不便。

(9) 標繪時應留意不可沾污及人行道或路面。

3.1.2 熱處理聚酯標線第Ⅰ型

(1) 廠商應依照經監造單位/工程司認可之機具設備及方法施工。關於材料加熱融解及配料拌合均應依照本規定辦理。

(2) 施工前應先將路面清除乾淨且須乾燥。

A. 路面上如有油脂應徹底清除，惟不得損壞路面。

B. 水泥混凝土鋪面之殘餘路面養護劑應徹底清除。

(3) 標繪施工用之熱拌爐、標線車等機具，廠商應於施工前自行做性能試驗。並於工程車上備滅火器。

(4) 標繪前應先以用量為 0.14 kg/m^2 黏層劑(Primer)均勻塗於路面上標線位置作為黏結之用。

(5) 標繪前應選用 1 小段路面做試驗，並由熟練技工或技術人員控制操作機械，使標線表膜及厚度均一，且應同時注意調節加熱溫度使熱拌塑膠漆之粘性、流動性等適合施工條件後，才能正式施工。

(6) 材料之快乾性與附著性，亦應於施工前選 1 小段路面試驗，俾決定其最合適之加熱溫度。另噴出之熱處理標線材料，其溫度應在 180℃至 220℃之間，標繪好後之標線應在 3 分鐘內充分硬化，即可通行車輛及行人。

(7) 材料內除原均勻摻有重量比 30%以上之玻璃珠外，施工中標線表面尚在熔融狀態時，再以 160 g/m^2 之玻璃珠用量均勻撒佈於其表面，並使玻璃珠總含量達 30%以上。

(8) 標線施工後，標線表面溫度在 80℃以下，不得有軟化、流動或有塵埃附著等現象。

(9) 完工後之熱處理聚酯標線第Ⅰ型，無論在夜間投光或白天，均應有顯明且符合規定之色彩。

(10) 標線寬度、厚度應符合規定，並應均勻，不得有凹凸、龜裂、彎曲等缺陷。

3.1.3 熱處理聚酯標線第Ⅱ型

(1) 廠商應依照經監造單位/工程司認可之機具設備及方法施工。關於材料加熱融解及配料拌合均應依照本規定辦理。

(2) 線條標線不得劃於人手孔蓋上；圖形標線與標字應避開人手孔蓋劃設。

(3) 施工前應先將路面清除乾淨且須乾燥。

A. 路面上如有油脂應徹底清除，惟不得損壞路面。

B. 水泥混凝土鋪面之殘餘路面養護劑應徹底清除。

(4) 標繪施工用之機具，廠商應於施工前自行做性能試驗。並於工程車上備滅火器。

(5) 標繪前應先以用量為 0.14 kg/m^2 黏層劑(Primer)均勻塗於路面上標線位置作為黏結之用。

(6) 標繪前應選用 1 小段路面做試驗，並由熟練技工或技術人員控制操作機械，使標線表膜及厚度均一，且應同時注意調節加熱溫度使熱拌塑膠漆之粘性、流動性等適合施工條件後，才能正式施工。

(7) 材料之快乾性與附著性，亦應於施工前選 1 小段路面試驗，俾決定其最合適之加熱溫度。另噴出之熱處理標線材料，其溫度應在 180℃至 220℃之間，標繪好後之標線應在 3 分鐘內充分硬化，即可通行車輛及行人。

(8) 材料內除原均勻摻有重量比 18%以上之玻璃珠外，施工中標線表面尚在熔融狀態時，再以 160 g/m^2 玻璃珠用量、原防滑骨材或其他抗滑材料均勻撒佈於其表面，使玻璃珠總含量達 18%以上及不得影響本體色。

(9) 標線施工後，抗滑能力 BPN 值於潮濕狀態須達 65 以上，標線表面溫度在 80℃以下，不得有軟化、流動或有塵埃附著等現象。

(10) 完工後之熱處理聚酯標線第Ⅱ型，無論在夜間投光或白天，均應有顯明且符合規定之色彩。

(11) 標線寬度、厚度應符合規定，並應均勻，不得有凹凸、龜裂、彎曲等缺陷。

3.1.4 油漆標線

(1) 應以自動噴灑式劃線機或人工滾刷進行作業，並應具有清晰之邊緣、正確而平滑之線型及厚度均一之薄層，且繪設表面應密實。

(2) 劃設時，應留意不可沾污人行道、路面及車輛。

3.1.5 骨材標線

(1) 廠商應依照經監造單位/工程司認可之機具設備及方法施工。

(2) 線條標線不得劃於人手孔蓋上；圖形標線與標字應避開人手孔蓋劃設。

(3) 施工前應先將路面清除乾淨且須乾燥。

A. 路面上如有油脂應徹底清除，惟不得損壞路面。

B. 水泥混凝土鋪面之殘餘路面養護劑應徹底清除。

(4) 標繪施工用之機具，廠商應於施工前自行做性能試驗。並於工程車上備滅火器。

(5) 標繪前應先以用量為 0.14 kg/m^2 黏層劑(Primer)均勻塗於路面上標線位置作為黏結之用。

(6) 標繪前應選用 1 小段路面做試驗，並由熟練技工或技術人員控制操作機械，使標線表膜及厚度均一，且應同時注意調節加熱溫度使熱拌塑膠漆之粘性、流動性等適合施工條件後，才能正式施工。

(7) 材料之快乾性與附著性，亦應於施工前選 1 小段路面試驗，俾決定其最合適之加熱溫度。另噴出之熱處理標線材料，其溫度應在 180℃至 220℃之間，繪設好之標線應在 3 分鐘內充分硬化，即可通行車輛及行人。

(8) 施工中標線表面尚在熔融狀態時，再以原防滑骨材或其他抗滑材料均勻撒佈於其表面，並不得影響本體色。

(9) 施工後骨材標線抗滑能力 BPN 值於潮濕狀態須達 65 以上，鋪面表面溫度在 90℃以下，不得有軟化、流動等現象。

(10) 施工鋪面寬度得採數條合併方式施作，惟應將接縫平順處理。

3.1.6 標線磨除(刨除)

(1) 舊有標線之磨除(刨除)，請備妥磨除(刨除)機予以磨除(刨除)。

(2) 磨除(刨除)之厚度，以舊有標線磨除(刨除)乾淨至 AC 面

層為原則，並與原有道路AC平順銜接，或視施工現況得以黑色熱處理聚酯標線第Ⅰ型處理之。

(3) 磨除(刨除)之殘留廢渣，應全數清理乾淨。

3.2 檢驗

3.2.1 除契約另有約定外，各類標線施工之檢驗項目如下：

標線分類	檢驗項目	檢驗方法	規範之要求	檢驗次數	備註
油漆標線(非黑色)	CNS 1333，表 2 第 1 種的路線漆各項目	CNS 1333	符合 CNS 1333 (表 2 第 1 種的品質)	(1) 數量＜1000 m^2：免檢驗。 (2) 1000 m^2≦數量：採 1 次抽料送驗為原則。	(1) 施工現場取樣抽料 2 份，各 1 公升。 (2) 取樣抽料 1 份送公認機關檢驗，另 1 份由機關留存備用，並採隨機式抽料。
玻璃珠	玻璃珠比重	CNS 4342	符合 CNS 4342 第 1 類玻璃珠之規定	(1) 數量＜1000 m^2：免檢驗。 (2) 1000 m^2≦數量≦3000 m^2：抽料送驗 1 次。 (3) 數量＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再抽料送驗 1 次。	玻璃珠採隨機式抽料。
	玻璃珠粒度	CNS 4342	符合 CNS 4342 第 1 類玻璃珠之規定		
	玻璃珠外觀形狀		符合 CNS 4342 第 1 類玻璃珠之規定		
	玻璃珠耐水性		符合 CNS 4342 第 1 類玻璃珠之規定		

標線分類	檢驗項目	檢驗方法	規範之要求	檢驗次數	備註
熱處理聚酯標線第Ⅰ型	厚度檢驗	詳 3.2.2	2 mm 以上	(1) 數量 < 1000 m^2：免檢驗。 (2) 1000 m^2≦數量≦3000 m^2：抽料送驗 1 次。 (3) 數量 > 3000 m^2：每增加 3000 m^2 再抽料送驗 1 次。	(1) 鑽心試驗每組隨機取 10 個鑽心試體。先行送 5 個鑽心試體送檢驗，若檢測值未達規範要求時，再行送另 5 個鑽心試體複驗，仍不符合標準值時，詳 3.2.3。 (2) 玻璃珠折射率試驗由玻璃珠含量試驗後之樣品取樣。 (3) 黑色標線僅檢驗厚度。
	玻璃珠含量	CNS 1333	30%以上		
	玻璃珠折射率	CNS 4342	1.50-1.64		
	抗滑係數	交通部頒「交通工程手冊」附錄「英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟」檢驗方式	潮濕狀態下，實測值 45 BPN 以上	(1) 數量 < 1000 m^2：免檢驗。 (2) 1000 m^2≦數量≦3000 m^2：檢驗 1 次。 (3) 數量 > 3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次。	(1) 以檢驗繪設完成 2 週內之標線為原則。 (2) 每次抗滑檢驗隨機取 3 處地點，現場檢驗取平均值。 (3) 若檢驗值未達規範要求時，應立即於現場重測，以 1 次為限；仍不符合標準值時，應刨除重繪。

標線分類	檢驗項目	檢驗方法	規範之要求	檢驗次數	備註
熱處理聚酯標線第Ⅱ型	厚度檢驗	詳 3.2.2	2 mm 以上	(1) 數量≦3000 m^2：抽料送驗 1 次。 (2) 數量＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再抽料送驗 1 次。	(1) 得標後，若熱處理聚酯標線第Ⅱ型材料已全部備妥，即可要求檢驗；若在施工前已得知檢驗不合格，廠商應重新備料檢驗，原抽料不應使用於機關工程。 (2) 若檢驗值未達規範要求時，應以複驗 1 次為限；仍不符合標準值時，應刨除重繪。 (3) 鑽心試驗每組隨機取 10 個鑽心試體。先送 5 個鑽心試體送檢驗，若檢測值未達規範要求時，再送另 5 個鑽心試體複驗，仍不符合標準值時，詳 3.2.3。 (4) 玻璃珠折射率試驗由玻璃珠含量試驗後之樣品取樣。 (5) 黑色標線僅檢驗厚度。
	玻璃珠含量	CNS 1333	18%以上		
	玻璃珠折射率	CNS 4342	1.50-1.64		
	抗滑係數	交通部頒「交通工程手冊」附錄「英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟」檢驗方式	潮濕狀態下，實測值 65 BPN 以上	(1) 數量≦3000 m^2：檢驗 1 次。 (2) 數量＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次。	(1) 以檢驗繪設完成 2 週內之標線為原則。 (2) 每次抗滑檢驗隨機取 3 處地點，現場檢驗取平均值。 (3) 若檢驗值未達規範要求時，應立即於現場重測，以 1 次為限；仍不符合標準值時，應刨除重繪。

<table>
<tr><th>標線分類</th><th>檢驗項目</th><th>檢驗方法</th><th>規範之要求</th><th>檢驗次數</th><th>備註</th></tr>
<tr><td rowspan="6">骨材標線</td><td>密度(g/cm^3)</td><td rowspan="5">CNS1333</td><td>1.8 至 2.5</td><td rowspan="6">(1) 數量＜1000 m^2：提出檢驗報告。
(2) 1000 m^2≦數量≦3000 m^2：抽料送驗 1 次。
(3) 數量＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再抽料送驗 1 次。</td><td rowspan="6">(1) 於得標後，若骨材標線材料已全部備妥，即可要求檢驗；若在施工前已得知檢驗不合格，廠商應重新備料檢驗，原抽料不應使用於機關工程。
(2) 若檢驗值未達規範要求時，應以複驗 1 次為限；仍不符合標準值時，應刨除重繪。
(3) 鑽心試驗每組隨機取 10 個鑽心試體。先送 5 個鑽心試體送檢驗，若檢測值未達規範要求時，再送另 5 個鑽心試體複驗，仍不符合標準值時，詳 3.2.3。</td></tr>
<tr><td>軟化點</td><td>90℃以上</td></tr>
<tr><td>輪胎
附著性</td><td>塗布 3 分鐘後塗膜不附著於輪胎上</td></tr>
<tr><td>耐磨耗性
(以 100 轉計)(mg)</td><td>50 以下</td></tr>
<tr><td>壓縮強度
kgf/cm^2 (23℃)</td><td>150 以上</td></tr>
<tr><td>厚度檢驗</td><td>詳 3.2.2</td><td>2mm 以上</td></tr>
</table>

標線分類	檢驗項目	檢驗方法	規範之要求	檢驗次數	備註
	抗滑係數	交通部頒「交通工程手冊」附錄「英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟」檢驗方式	潮濕狀態下，實測值 65BPN 以上	(1) 數量＜1000 m^2：免檢驗。 (2) 1000 m^2≦數量≦3000 m^2：檢驗 1 次。 (3) 數量＞3000 m^2：每增加 3000 m^2 再檢驗 1 次。	(1) 以檢驗繪設完成 2 週內之標線為原則。 (2) 每次抗滑檢驗隨機取 3 處地點，現場檢驗取平均值。 (3) 若檢驗值未達規範要求時，應立即於現場重測，以 1 次為限；仍不符合標準值時，應刨除重繪。

3.2.2 標線取樣及試驗方法

(1) 取樣

以隨機取樣方式，用 AC 鑽模機取樣(直徑約 10 公分)，一組 10 個，並註明樣品之工程名稱、取樣日期及路段地點。取樣時所需之工人、工具及回填鑽孔等，概由廠商供給之。

(2) 試驗方法

A. 厚度檢驗

I. 將鑽取之圓柱形試體表面，畫分為 8 等份。

II. 以游標卡尺，目視量測每一均分線外緣 AC 界面上，厚度共 8 點(如遇有多層標線重疊，取最上層)，每點量測至 0.1 mm，取平均值為其厚度。

B. 玻璃珠含量試驗(參照 CNS 1333 辦理)

3.2.3 檢驗不合格及檢驗工期計算之處理

(1) 檢驗不合格之處理

A. 熱處理聚酯標線第 I 型抗滑係數檢驗＜45 BPN；熱處理聚酯標線第 II 型＜65 BPN；骨材標線抗滑係數檢驗未達 65 BPN：可於現場重測，惟以 1 次為限，

仍不符合標準值時，應刨除重繪。

B. 玻璃珠檢驗不合格：該批次繪設者全部重劃(黑色標線除外)，廠商不得再請求複驗。

C. 熱處理聚酯標線第Ⅰ型厚度檢驗平均值＜1.5 mm 或玻璃珠試驗含量＜23%；熱處理聚酯標線第Ⅱ型厚度檢驗平均值＜1.5 mm 或玻璃珠試驗含量＜15%；骨材標線厚度檢驗平均值＜1.5 mm：該抽驗批次劃設數量不合格不予計價，廠商應刨除後重新劃設及負責依規定重新送檢驗，其檢驗費由廠商負擔。

D. 1.5 mm≦熱處理聚酯標線第Ⅰ型厚度檢驗平均值＜2 mm， 23%≦熱處理聚酯標線第Ⅰ型玻璃珠試驗含量＜30%；1.5 mm≦熱處理聚酯標線第Ⅱ型厚度檢驗平均值＜2 mm，15%≦熱處理聚酯標線第Ⅱ型玻璃珠試驗含量＜18%；1.5 mm≦骨材標線厚度檢驗平均值＜2 mm：視為不合格，並以不合格項目單一工料所佔比例之方式減價收受並依採購契約第4條處以扣減額5倍之違約金，惟不須重新劃設。

(2) 設施檢驗工期計算

工程材料檢驗，如有不合格需重新按規定送檢驗，其準備材料及重作所費之時間，亦應一併計算工期(準備材料時間為機關接獲不合格檢驗報告後，以機關書面通知廠商之次日起至廠商以書面通知準備材料日完成止)。

(3) 複驗檢驗費用由廠商負擔。

4 計量與計價

4.1 計量

4.1.1 標線應依契約圖說之標線長度、寬度標繪，以平方公尺計量。

4.1.2 非契約圖說所示或監造單位/工程司核可之標線，不予計量。

4.2 計價

4.2.1 本工程標線均應依標準圖及設計圖劃設，依實作數量結算，如標準圖與設計圖有矛盾之處廠商應依監造單位/工程司指示辦理，否則若有施工錯誤，廠商應負責無償刨除錯誤標線暨重劃。

4.2.2 施工時施工圖與現況不符、圖示不明或現地無法施工等情形，廠商應即與監造單位/工程司確認後，始得施作。

4.2.3 廠商於辦理估驗或竣工計價時，每處應拍攝同一地點、角度施工前後之照片 1 式 2 份，且照片上需顯示日期，粘貼註記清楚(格式依機關規定)，交監造單位/工程司辦理估驗付款事宜；如以數位相機拍攝，普通紙列印，廠商應繳交簽章後之電子檔。上述所需表格及拍洗整理費用、數位相機用紙及光碟片費用均已含於工程費內，不另計價。

4.2.4 廠商應於施工期間依監造單位/工程司指定時間，主動聯絡有關當日施工事宜，另每日上午10時前將當日施工地點知會監

造單位/工程司。

4.2.5 因道路施工，致使施工所繪設之標線遭破壞或覆蓋時，廠商如有相關證據(如照片、光碟片或錄影像等)或經由道路主管機關、施工單位佐證時，其材料並經檢驗合格者(無需檢驗者除外)，機關同意予以計價及驗收。前項情形如於完工前，機關得通知廠商重新繪設並拍照，並予以重新計價(以本項工程經費尚有餘額為同意之先決條件)。

4.2.6 廠商應按圖施工，如於工地遇市民額外建議增設交管設施，廠商應立即向機關反映，非經機關同意不得擅自應市民要求增設任何交管設施。

臺中市政府建設局施工規範

「第 02898 章 標線」

第 02898 章
標線

1. 通則

1.1 本章概要

說明路面標線標繪有關工作之材料、施工及檢驗等相關規定。

1.2 工作範圍

包括路面清理、熱處理聚酯標線標繪等相關工作。

1.3 相關章節

第 01556 章--交通維持

第 02764 章--標記

1.4 相關準則

1.4.1 國家標準（CNS）

(1) CNS 1333 K2031　路線漆

(2) CNS 1334 K6143　路線漆檢驗法

(3) CNS 4342 R2095　交通反光標誌塗料用玻璃珠

(4) CNS 4343 R3080　交通反光標誌塗料用玻璃珠檢驗法

1.4.2 交通部及內政部會銜頒布「道路交通標誌標線號誌設置規則」

1.5 資料送審

1.5.1 品質計畫

1.5.2 施工計畫

1.5.3 廠商資料

(1) 施工機具型錄及施工方法

(2) 熱處理聚酯標線(提升抗滑能力)

A. 若為進口貨應提送進口證明文件

B. 原製造廠商之出貨證明

C. 試驗合格證明文件

2. 產品

2.1 材料

2.1.1 ~~熱處理聚酯標線(本案施作)~~

~~(1) 熱處理聚酯標線材料須為合成樹脂粉末、顏料、填充材料、預拌以反光玻璃珠等路面標線材料，當以適當之熱處理標線機加熱溶融，鋪設於經清理整潔之水泥或瀝青混凝土鋪面上時，熱處理聚酯熔融物須能即刻乾固而黏固於路面，形成不受輪胎黏脫且具有~~

~~反光特性。~~

~~(2) 標線標繪後之顏色除設計圖另有規定外，須符合「道路交通標誌標線號誌設置規則」最新規定之色樣標準。~~

~~(3) 熱處理聚酯標線之品質除設計圖另有規定外，須符合 CNS 1333 及以下規定：~~

~~A. 黃色標線之 45 度 0 度擴散反射率應達 45%以上。~~

~~B. 玻璃珠含量：熱處理聚酯標線材料中應預拌玻璃珠，其含量應達總重量之 30~40%。~~

~~(4) 玻璃珠之品質須符合 CNS 4342 之第 1 類玻璃珠之規定。~~

~~(5) 承包商應提出熱處理聚酯反光標線原製造廠商之品質合格證明書及試驗合格證明文件。~~

2.1.2 熱處理聚酯標線(提升抗滑能力)

(1) 熱處理聚酯標線材料須為合成樹脂粉末、顏料、不規則粗粒料之填充材料，預拌以反光玻璃珠等路面標線材料，當以適當之熱處理標線機加熱溶融，鋪設於經清理整潔之水泥或瀝青混凝土鋪面上時，熱處理聚酯熔融物須能即刻乾固而黏固於路面，形成不受輪胎黏脫且具有反光特性、防滑效果。

(2) 標線標繪後之顏色除設計圖另有規定外，須符合「道路交通標誌標線號誌設置規則」最新規定之色樣標準。

(3) 玻璃珠之品質須符合 CNS 4342 之第 1 類玻璃珠之規定。

(4) 承包商應提出熱處理聚酯反光標線(提升抗滑能力)原製造廠商之品質合格證明書及試驗合格證明文件。

3. 施工

3.1 施工方法

3.1.1 一般要求

(1) 標繪標線前，應佈設安全防護設施，以保護人員及標線，並防止標線未乾固前遭通行車輛損害。

(2) 標線應按設計圖說之位置、顏色、寬度及樣式標繪。

(3) 標線區在標繪標線之前須完全處理乾淨，始得進行標線標繪工作。

A. 柏油、油脂或其他材料污染之大面積區，應以噴砂、蒸氣清潔機或動力掃除機澈底處理乾淨。

B. 水泥混凝土鋪面之殘餘路面養護劑應澈底清除後，始可進行標繪工作。

(4) 標線應避免直接標繪於縱向接縫或縱向施工縫上。

(5) 承包商應先測定標線控制點及放樣，始可進行標線標繪工作，所有沿縱向之標線工作必須以控制點引導標線機器。

(6) 凡天候不良或地面潮濕時，均不得標繪標線。

A. 標繪標線時，路面表面最低溫度不得低於 10℃。

B. 標繪標線時，路面表面最高溫度不得高於 40℃

3.1.2 熱處理聚酯標線施工(提升抗滑能力)

(1) 承包商應依照經工程司認可之機具設備及方法施工。

(2) 施工前應先將路面清除乾淨且須乾燥。

A. 路面上如有油脂應澈底清除，惟不得損壞路面。

B. 水泥混凝土鋪面之殘餘路面養護劑應澈底清除。

(3) 標繪施工用之熱拌爐、標線車等機具，承包商須於施工前自行做性能試驗。

(4) 標繪量與進行之速度應適當，事前應選用一小段路面做試驗，並應由熟練操作員或技術人員控制操作機械，使標繪之標線表膜及厚度均一，並須同時注意調節加熱溫度，使熱處理聚酯材料之黏性、流動性等能適於標繪。

(5) 材料之快乾性與附著性亦應於施工前選一小段路面試驗，俾決定其最合適之加熱溫度。噴出之熱處理聚酯標線材料，其溫度應在 180℃～200℃之間，標好後之標線應在 3 分鐘內充分硬化，俾開放通行。

(6) 在熱處理聚酯標線材料內，除原均勻摻有玻璃珠外，施工中標線表面尚在熔融狀態時，再以 160g/m^2 之玻璃珠用量均勻撒佈於其表面，並使玻璃珠總含量達 18%以上。

(7) 經熱熔標線機調合及適當鋪設之標線，必須為反光且形成均勻光滑、連續之厚膜，並密切黏著於水泥或瀝青混凝土鋪面上。在鄰近重疊標線上可允許因表面煙燻而引起之些微臨時性失色，經開放交通後由於車輪之磨擦應逐漸恢復標線顏色。當標線鋪設於已整修完妥之瀝青鋪面上時，不得有漆漿過多現象。

(8) 標線施工後，標線表面溫度在 80℃以下，不得有軟化、流動或有塵埃附著等現象。

(9) 完工後之熱處理聚酯標線，無論在夜間投光或白天，均應有顯明且符合規定之色彩。標線寬度、厚度應符合規定，並須均勻，不得有凹凸、龜裂、彎曲等缺陷。

(10)標線完工後檢驗之鑽心取樣處，路面應予復原。

3.2 許可差

3.2.1 標線長度：每一縱向 4m 標線之許可差為±5cm。

3.2.2　標線寬度：標線寬度之許可差為±6mm。

3.2.3　標線之線型：標線之橫向位置與設計圖說規定位置，其許可差為±5cm。

3.3　檢驗

除契約另有規定外，各項材料及施工之檢驗項目如表 02898-1。

名稱	檢驗項目	檢驗方法	規範之要求	頻　率
標線施工前材料檢驗	路線漆(第一種氯化橡膠系)	CNS 1333	CNS 1333	提出檢驗試驗報告，不必抽驗
	玻璃珠	CNS 4343	CNS 4342 第 1 類	
	熱處理聚酯標線	CNS 1333	依規範設計圖之要求	
標線施工後檢驗	標線厚度	量測鑽心試體圓周八分點之標線厚度取平均為單一試體之厚度，以三個鑽心試體之平均厚度代表該 2000m^{2}之標線厚度試驗結果。	符合契約標線厚度要求(2mm)	1. 不同顏色每 2000m^{2}檢驗 1 組，每組隨機取 3 個鑽心試體。 2. 各色標線數量不足 2000m^{2}者，應分別檢驗組。
	玻璃珠含量標線(提升抗滑能力)	將三個鑽心試體表面之標線漆加熱軟化取樣後，依照 CNS 1334 檢驗。	18%以上	
	玻璃珠外觀形狀	由玻璃珠含量試驗後之樣品取樣後，依照 CNS 4343 檢驗。	CNS 4342	

	標線抗滑係數(BPN)(提升抗滑能力)	交通部頒「交通工程手冊」附錄「英式擺錘抗滑試驗儀及試驗步驟」檢驗方式	在潮濕狀態下，實測值為 65 以上	1. 以檢驗繪設完成 2 週內之標線為原則。 2. 每次抗滑檢驗隨機取 3 處地點，現場檢驗取平均值。 3. 若檢驗值未達規範要求時，應立即於現場重測，以 1 次為限；仍不符合標準值時，應刨除重繪。

表 02898-1　標線檢驗

4.　計量與計價

4.1　計量

本章工作依「平方公尺」計量。

4.2　計價

本章工作依契約詳細價目表所列項目單價計價，　該項單價已包括所需之一切人工、材料、工具、機具、設備、運輸及其他為完成本項工作所必需之費用在內。

〈本章結束〉

附錄五　實驗室標線試體加速磨耗試驗方法

一、 試驗目的及簡介

本試驗目的係透過一實驗室加速磨耗試驗方法，針對現地取得或實驗室準備的標線材料，評估其在不同累積磨耗轉數之加速磨耗下，標線抗滑能力之衰減情況。

實驗室加速磨耗試驗使用的設備，乃參考美國國家瀝青科技中心設備開發之三輪式旋轉磨耗儀(Wheel-Tracking Polishing Device, WTPD，如圖 1)。WTPD 可提供一定的正向垂直載重於試體上，並加載於 3 個充氣橡膠輪胎，胎壓為 3.52kg/cm^2(50-psi)，且在直徑為 284mm 的圓形軌道上進行旋轉磨耗。

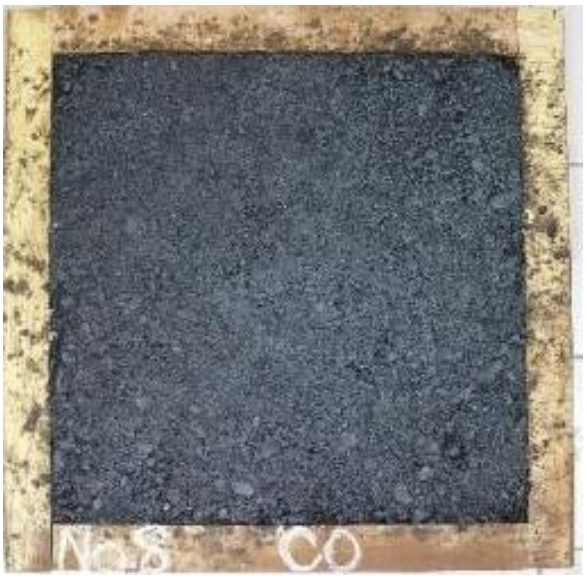
本試驗方法以交通工程規範附錄中符合 ASTM E303-93 之英式擺錘試驗方法，透過不同磨耗轉數的設定，記錄標線磨耗前、後的英式擺錘值（British Pendulum Number, BPN），以分析標線因磨耗而衰減的抗滑能力。

附錄圖 1 三輪式旋轉磨耗儀(WTPD)

二、 製作及準備標線試體

此步驟之目的為先在實驗室製作密級配瀝青混凝土之平版試體，以利後續標線試體之劃設作業。可使用實驗室拌合或是廠拌密級配瀝青混凝土，在實驗室重新製成體積為450×450×30mm之平版試體，製作試體之步驟如圖2所示，詳細步驟之說明如下：

- 備妥裝有瀝青混凝土混合料之鐵桶後，加蓋並放入溫度為攝氏180°C熱風循環烘箱中加熱4小時。
- 預備試體模具，模具需先設置於地面，且在模具之前後方向須設置與模具等高之平板，便利後續以滾動壓製試體，再於模具之前後左右方向設置擋塊，避免製作試體地過程中，壓路機強力的震動使得模具移動。
- 在填充熱拌混合料滾壓試體之前，需先將模具表面及小型振動鋼輪之鋼輪塗抹肥皂水，避免粒料沾黏於振動鋼輪上及便利試體之脫模。
- 將加熱完成之瀝青混凝土混合料倒入模具中，須戴隔熱防融手套，以人工與刮刀將散料鋪平與搗實。
- 搗實完成後，須以兩人之力運用小型振動鋼輪來回滾壓試體數次，直至試體平整均勻為止即完成試體製作。其滾壓過程中須不斷注意試體表面平整度，以及避免混合料沾黏於模具外框與鋼輪上。
- 試體製作完成後整體溫度仍過高，需養治24小時或隔夜確保試體平整之後，再進行後續標線試體劃設。



附錄圖 2 製作實驗室平版試體

製作完成的瀝青平版試體，可帶往標線材料廠或標線鋪設現地，繼續取得標線材料鋪設於其上，以完成標線試體的取樣。以下要點可做為蒐集標線材料及準備標線平版試體的方法：

- 蒐集標線材料時，需使用 40cm 寬的行穿線劃線機，如此標線材料才能平坦地完全覆蓋磨耗儀的磨耗範圍，且不會有任何接縫存在(如圖 3)。此外，因該劃線機與其他劃線機之型式不同，故在聯繫標線廠商時，需特別提醒廠商準備該型劃線機以利標線之蒐集作業。
- 在蒐集標線時，需準備兩條 3 公分高的木條在待劃設標線的試體之兩側位置，供劃線機的輪子在其上移動，方可順利進行劃設。
- 待劃設的平版試體前後可以個別放上一塊試體或是木板做為標線劃設的起點以及終點。
- 完成標線材料劃設在平版試體之上，可在冷卻後以保鮮膜包覆試體表面，以避免於運輸時污損標線表面，而影響實驗室加速磨耗結果。

附錄圖 3 於平版試體劃設標線

三、 實驗室標線試體加速磨耗試驗方法與設定

在上述第二節的平版試體及標線材料鋪設準備完成以後，可將標線試體帶回實驗室，進行標線加速磨耗試驗，相關設定如下：

1. 轉速：每分鐘 60 轉（60rpm）
2. 輪胎材質：充氣推車膠輪（Pnumatic Rubber Tire）
3. 輪胎胎壓：3.52kg/cm^2(50-psi)
4. 輪胎尺寸：直徑 25.4cm（10-inch）
5. 正向力荷載： 60kg
6. 建議磨耗轉數設定：0（磨耗初始）、1,500、3,000、6,000、12,000、24,000、50,000、100,000、150,000（磨耗終點）轉
7. 磨耗範圍：直徑 28.4cm
8. 試驗環境參數：溫度控制在攝氏 20±1 ˚C，濕度保持在 50-60%之間

開始加速磨耗前，先以立可白或油漆筆在標線試體表面劃出英式擺錘試驗的待測位置，該位置需設定在通過平版試體上的充氣膠輪磨耗的範圍，並以代號(如 A、B、C、D)標註 4 處試驗位置(如圖 4 之範例)，以利後續記錄不同試驗位置之試驗數值。

附錄圖 4 標線平版試體量測抗滑能力位置示意圖

三輪式旋轉磨耗設備可在機台上設定本次欲施加的磨耗轉數，設定完成後即可進行磨耗試驗，至該次磨耗轉數完成後，設備將自動停止，操作人員可將標線試體取出抗滑能力試驗。

在充氣膠輪反覆磨耗過程中，必須在試體上方兩側提供水柱，一方面可將被磨耗下的材料沖走，包含充氣膠輪胎屑及被磨耗下來標線材料，亦可確保試體表面的溫度不會因為磨耗而升溫，如圖 5 所示。此外，因試驗全程均在一個恆溫的加速磨耗實驗室中，溫度控制在攝氏 20±1 ℃，濕度保持在 50-60%之間，在此控制環境進行所有英式擺錘試驗，可確保獲得同一個溫度區間的標準英式擺錘值(BPN_{20})。

附錄圖 5 試體上方兩側提供水柱沖走被磨耗下來的材料

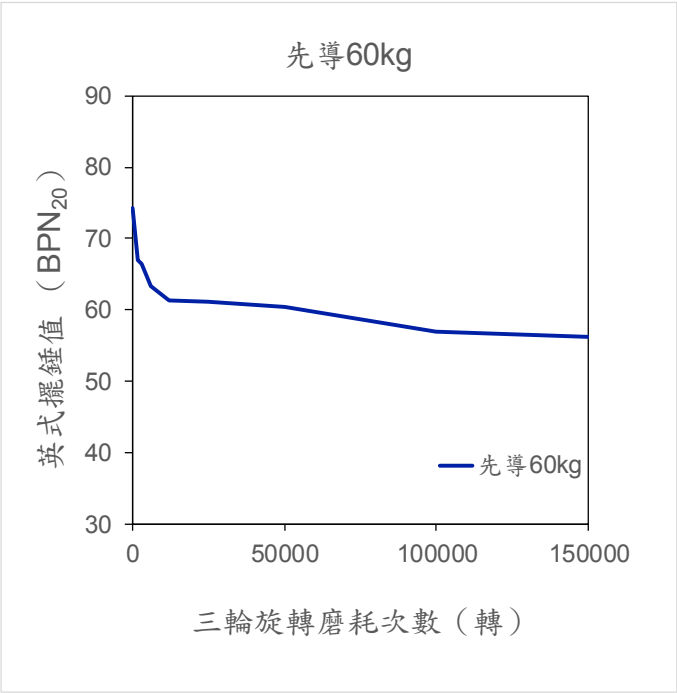
試體取出後，在標線試體 4 個標註位置進行英式擺錘試驗。抗滑能力試驗設備與方法，係採用符合交通工程規範附錄之英式擺錘設備（British Pendulum Tester, BPT，如圖 6），並依該附錄內容進行試驗。。每次標線試驗以表格記錄試驗數值(如表 1 之範例)，最後可將不同磨耗轉數及英式擺錘值繪製折線圖以進行分析(如圖 7 之範例)。

(A)正面　　(B)橡膠滑塊

附錄圖 6 英式擺錘設備示意圖

附錄表 1 實驗室標線試體加速磨耗試驗英式擺錘值(範例)

磨耗轉數	0	1500	3000	6000	12000	24000	50000	100000	150000
方向A	74	66	69	64	63	64	63	58	58
方向B	75	68	66	64	62	62	62	59	60
方向C	74	68	66	64	61	59	58	55	53
方向D	74	67	64	62	60	59	59	56	54
先導60kg	74	67	66	63	61	61	60	57	56



附錄圖 7 實驗室標線試體加速磨耗試驗抗滑能力折線圖(範例)

附錄六　期末審查簡報投影片

交通部運輸研究所

Institute of Transportation,
Ministry of Transportation and Communication, R.O.C.（Taiwan）

期末簡報 Final Report

研究計畫：探討道路交通標線之防滑特性

計畫編號：MOTC-IOT-109-SDB010

報告人: 蘇育民博士 (yuminsu@nkust.edu.tw)
協同主持人：陳介豪博士、許聿廷博士
專任研究助理：鄭鈞耀

Page 1　研究計畫：探討道路交通標線之防滑特性期末報告會議，報告人：高科大土木系蘇育民博士　April 1, 2021

簡報大綱 Outline

- 研究目的與範圍
- 現地防滑標線抗滑能力監測與檢測
- 實驗室標線磨耗與抗滑能力評估
- 結論與建議

蘇育民老師拍攝及整理

Page 2　研究計畫：探討道路交通標線之防滑特性期末報告會議，報告人：高科大土木系蘇育民博士　April 1, 2021

研究目的與範圍

- 本研究目的旨在評估道路防滑標線的抗滑能力並對於其抗滑係數衰退狀況於現地以及實驗室進行監測及分析。
- 本研究主要的研究範圍如下：
  - 探討三都與公路總局防滑標線的路段於現地抗滑能力評估與分析；
    - 完成臺北市、新北市、臺中市等三都及公路總局所劃設之65BPN標線路段，挑選現地標線抗滑能力試驗不同路段、不同標線材質及材齡進行英式擺錘試驗之現地試驗規劃。
    - 基於前述規劃結果，委外發包由財團法人全國認證基金會(TAF)認證之檢測單位，進行現地英式擺錘試驗。
    - 現地檢測工作計畫，共完成5個月共505次的標線英式擺錘值BPN之追蹤及監測。

Page 3　研究計畫：探討道路交通標線之防滑特性期末報告會議，報告人：高科大土木系蘇育民博士　April 1, 2021

研究目的與範圍

- 本研究主要的研究範圍如下（續）：
  - 探討防滑標線在實驗室加速磨耗與抗滑能力評估與分析
    - 完成蒐集13種包含45/50BPN及65BPN等標線材料，透過實驗室標線試體製作方法、26片平版試體取樣。
    - 參考美國佛羅里達州FM5-622試驗方法建立實驗室標線加速磨耗試驗之標準試驗方法，並與國內標線廠商接洽蒐集各種不同的標線材料，用以進行實驗室標線加速磨耗試驗。透過定性與定量的方法，在實驗室以加速磨耗的方式持續累積磨耗轉數，瞭解標線在同樣控制條件下之實驗室試驗中，不同標線材質抗滑值之衰退情形。
    - 完成13種26片平版試體不同地點取得之標線材料於實驗室加速磨耗試驗，且對於其磨耗前後以及不同水膜厚度下之抗滑能力的評估。

Page 4　研究計畫：探討道路交通標線之防滑特性期末報告會議，報告人：高科大土木系蘇育民博士　April 1, 2021

研究目的與範圍

蘇育民老師拍攝

- 主要試驗方法：
  - 本研究主要使用英式擺錘摩擦係數量測試驗，並且分別於現地及實驗室進行試驗。
    - 本試驗之現地試驗部份將依契約規範，以外包方式委由由財團法人全國認證基金會(TAF)認證之檢測單位進行試驗，且試驗方法必須依據交通部「交通工程規範」規定，採ASTM E303-93(2003)規範之試驗方法。
    - 經過研究團隊透過「ASTM Standards標準資料庫」的比對，2018年再次修正核准的ASTM E303-93與2003年的規範相比，僅有文字以及文法上的修正，並未對於試驗操作上有大幅度修正，因此本研究於現地以及實驗室所採用的規範將為 ASTM E303-93(2018)；

Page 5　研究計畫：探討道路交通標線之防滑特性期末報告會議，報告人：高科大土木系蘇育民博士　April 1, 2021

研究目的與範圍

- 主要試驗方法（續）：
  - BPN 溫度效應校正
    - 現地標線以BPT試驗進行抗滑能力評估時，均把不同溫度的BPN試驗值透過加州交通廳與加州大學戴維斯分校在鋪面上研究所導出的溫度校正公式，進行溫度校正至攝氏20度呈現為 BPN_{20} 的試驗值：

$$BPN_{20} = \frac{BPN_T}{1 - 0.0062 \times (T - 20)}$$

where:

BPN_{20} = BPN number at 20°C

BPN_T = BPN number at T°C

- 因此可推導出：

$$BPN_{30} = BPN_{20} \times 1 - 0.0062 \times (30 - 20) = 0.938 \times BPN_{20}$$

$$BPN_{40} = BPN_{20} \times 1 - 0.0062 \times (40 - 20) = 0.876 \times BPN_{20}$$

April 2009
Technical Memorandum: UCPRC-TM-2008-05

Friction Testing of Pavement Preservation Treatments: Temperature Corrections and Operator/Machine Variability

Author:
Bruce Steven

Work Conducted Under the Program Friction Testing of Pavement Preservation Treatments, as part of Maintenance Task Order FTW017

PREPARED FOR:
California Department of Transportation (Caltrans)
Division of Research and Innovation and Division of Maintenance

PREPARED BY:
University of California
Pavement Research Center
Davis and Berkeley

Steven, B. University of California (System), University of California, Berkeley, & University of California, Davis. (2008) *Friction testing of pavement preservation treatments: Temperature corrections and operator/machine variability*. Berkeley, Calif: University of California Pavement Research Center.

Page 6　研究計畫：探討道路交通標線之防滑特性期末報告會議，報告人：高科大土木系蘇育民博士　April 1, 2021

研究目的與範圍

- 名詞解釋：
  - 在本研究中為方便區別及瞭解，以65BPN標線之外觀、功能性及材質等特性，在不與國家標準所訂定規範衝突之情形下，研究團隊建議命名原則。
    - 抗滑係數在45-50BPN之熱處理聚酯標線，研究團隊使用的名稱為「45/50BPN標線」；
    - 抗滑係數在65BPN以上之熱處理聚酯標線，研究團隊使用的名稱為「65BPN標線」；
    - 抗滑係數在65BPN以上之熱處理聚酯標線，若無添加反光材料但是添加抗滑粒料，研究團隊使用的名稱為「骨材標線」；
    - 抗滑係數在65BPN以上之冷塑標線，研究團隊使用的名稱為「冷塑標線」。

簡報大綱 Outline

- 研究目的與範圍
- 現地防滑標線抗滑能力監測與檢測
- 實驗室標線磨耗與抗滑能力評估
- 結論與建議

蘇育民老師拍攝及整理

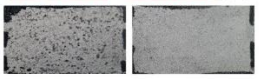
現地防滑標線抗滑能力監測與檢測

- 現地試驗位置數量統計表：

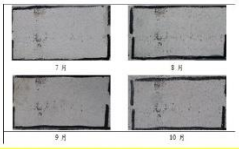
編號	檢測月份	標線材質	骨材標線		冷塑標線		65BPN標線					
		小計	人行道	行車線	人行道	行車線	行車線	停止線	斑馬線	車道線	停等區	測試線
109-03 施工前		255										
A	6-10月	70					20	10	10	10		20
B	6-10月	35		35								
C	6-10月	40		40								
D	6-10月	30		20					10			
E	6-10月	35						15	20			
F	6-10月	30					30					
N	8-10月	15			15							
108.10~109.02 施工中		65										
G	6-7月	12					8			4		
H	6-7月	10			10							
O	8-10月	18					12			6		
I	6-10月	25	25									
108-09 施工後		185										
J	6-10月	80					40	15	10		15	
K	6-10月	20					20					
L	6-10月	55					20	15	10		10	
M	6-10月	30				30						
合計		305	25	95	25	30	150	55	60	20	25	20

現地防滑標線抗滑能力監測與檢測

- 白色65BPN標線：
  - 同一日期、同一試驗地點、不同試驗點位標線磨耗程度之差異



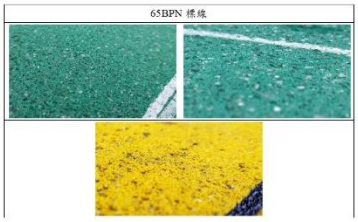
  - 同一試驗點位、不同月份的標線變化情形



現地防滑標線抗滑能力監測與檢測

- 彩色65BPN標線：

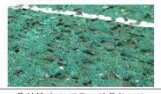
65BPN 標線



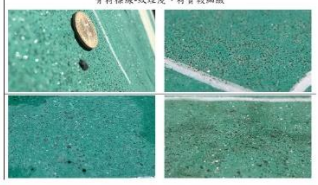
現地防滑標線抗滑能力監測與檢測

- 骨材標線

骨材標線-紋理深、材質較粗糙

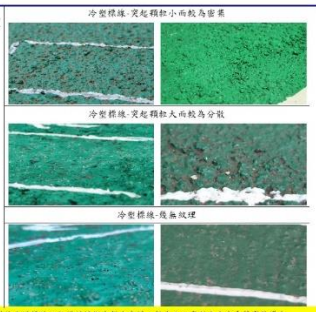


骨材標線-紋理淺、材質較細緻



現地防滑標線抗滑能力監測與檢測

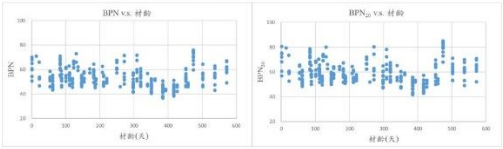
- 冷塑標線：



現地防滑標線抗滑能力監測與檢測

- 研究成果：

BPN/BPN_{20} v.s. 材齡（以65BPN標線為例）

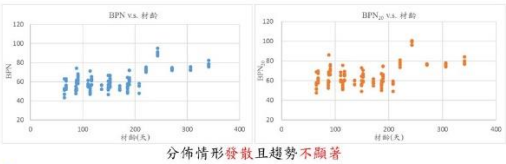


分佈情形發散且趨勢不顯著

現地防滑標線抗滑能力監測與檢測

- 研究成果-敘述性統計：

BPN/BPN_{20} v.s. 材齡（以骨材標線為例）

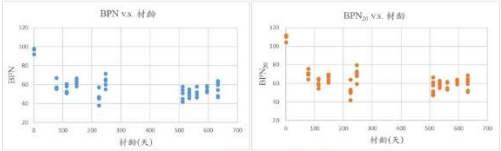


分佈情形發散且趨勢不顯著

現地防滑標線抗滑能力監測與檢測

- 研究成果-敘述性統計：

BPN/BPN_{20} v.s. 材齡（以冷塑標線為例）



分佈情形發散且趨勢不顯著

現地防滑標線抗滑能力監測與檢測

- 研究方法說明：
  - 數值分析
    - 線性迴歸
    - 廣義線性模型
    - 類神經網路
  - 分類分析
    - 羅吉斯迴歸(Logistic Regression)
    - 線性支援向量機(LSVM)
    - 類神經網路
  - 關聯性分析
    - 先驗演算法(Apriori Algorithm)

現地防滑標線抗滑能力監測與檢測

- 研究成果-數值分析：
  - 以線性迴歸、廣義線性迴歸及類神經網路進行比較分析
    - 廣義線性模型的表現及穩定性皆較高
    - 65BPN標線的R^2值約在0.5左右，迴歸的效果並不佳
    - 骨材及冷塑標線的R^2值分別約在0.7及0.8左右
    - 目前所蒐集的數據量較少(尤其是骨材及冷塑標線)，仍需更多數據來進行評估
    - 可以明顯觀察到現地試驗數據發散的狀況造成分析上有很大的困難

現地防滑標線抗滑能力監測與檢測

- 研究成果-分類分析：
  - 以羅吉斯迴歸、LSVM及類神經網路進行比較分析
    - 多元分類的分析的分析結果皆較差，僅有50%的準確率左右
    - 由於現地試驗所蒐集到的數據極為發散，因此在數值分析及多元分類分析的部份結果並不佳
    - 在有限的現地試驗數據下，以65BPN標線(有納入VD資料)是否會「<45BPN」作為目標變數可以達到97.3%的準確率
    - 考量數據量少且非隨機取樣可能造成偏差，雖在部份較粗略的二元分類分析的分析中可以得到較佳的結果，然而納入更多更廣的數據後，無法確保可以得到同樣結果

現地防滑標線抗滑能力監測與檢測

- 研究成果-關聯性分析（續）：
  - 以先驗演算法(Apriori Algorithm)進行比較分析（65BPN標線）
    - 材齡（天數）扮演著重要的角色，分別在鋪設經過一年後(343天)抗滑能力會掉到一個較差的區間(BPN<50)，而約再經過3個月後(457天)，抗滑能力會有回升的現象
    - 然而，從前述結果無法斷定所有(或多數)BPN<50的標線皆為「343<材齡<457」的標線，僅能解釋為在「343<材齡<457」的條件下，抗滑能力降低的機率較其他材齡區間要高

現地防滑標線抗滑能力監測與檢測

- 研究成果-關聯性分析（續）：
  - 以先驗演算法(Apriori Algorithm)進行比較分析（骨材標線）
    - 材齡較低時，抗滑能力落在較低的區間，材齡較高時，抗滑能力反而回升，此結果可能受特定區域的偏差影響
    - 研究團隊並未取得材齡小於2個月的現地數據，因此沒有觀察到初期抗滑能力急遽降低的區間

現地防滑標線抗滑能力監測與檢測

- 研究成果-關聯性分析（續）：
  - 以先驗演算法(Apriori Algorithm)進行比較分析（冷塑標線）
    - 試驗面溫度及車道數在冷塑標線的條件項出現的頻率極高，推測是因試驗面溫度對於冷塑標線的影響相對較大，車道數的部份則是因為標線型人行道大多繪製在巷內(車道數為1)，跟行穿線上的冷塑標線(車道數>1)在抗滑能力上的表現會有所不同
    - 因此也可初步判斷，前述規則可能受特定區域的偏差影響
  - 目前所取得之數據量較少，故無法確保在納入更多數據分析後，得到的關聯規則是否本研究結果相同需要進一步驗證。

簡報大綱 Outline

- 研究目的與範圍
- 現地防滑標線抗滑能力監測與檢測
- 實驗室標線磨耗與抗滑能力評估
- 結論與建議

蘇育民老師拍攝及整理

實驗室標線磨耗與抗滑能力評估

- 實驗室防滑標線抗滑能力監測與檢測
  - 協調現地鋪設的時間與標線鋪設廠商的鋪設時間，並準備好平版試體前往取樣，共取得13種標線材料鋪設於26個平版試體上。

實驗室標線磨耗與抗滑能力評估

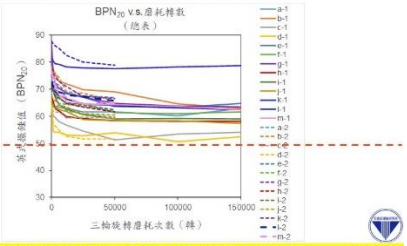
- 實驗室防滑標線抗滑能力監測與檢測（續）
  - 國立高雄科技大學運用教育部典範科技大學經費，製作三輪旋轉磨耗設備 Wheel-Tracking Polishing Device, WTPD

實驗室標線磨耗與抗滑能力評估

- 實驗室防滑標線抗滑能力監測與檢測（續）
  - 參考FDOT FM5-622以及先導試驗結果採用之加速磨耗參數設定：
    - 正向力荷載採用60kg做為加速磨耗的參數。
    - 磨耗次數的間隔：長期磨耗以1500, 3000, 6000, 12000, 25000, 50000, 100000, 150000，短期磨耗以1500, 3000, 6000, 12000, 25000, 50000累積磨耗轉數，磨耗前後均以英式擺錘在攝氏20±1度的控溫實驗室中進行抗滑能力評估。
    - 試體磨耗前不同水膜厚度之BPT試驗：將以標準作業程序SOP、1、3、5-mm取得抗滑能力與不同水膜厚度的原點值，後續將挑選不同磨耗次數與水膜厚度對於BPT抗滑能力評估的影響。

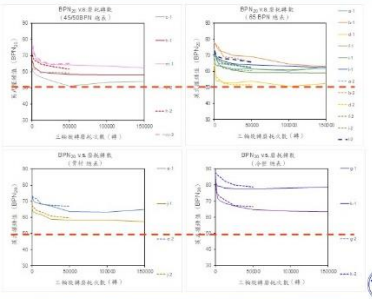
實驗室標線磨耗與抗滑能力評估

- 實驗室加速磨耗與抗滑能力整體評估與分析（續）
  - 完成13組26片標線平版試體的磨耗與抗滑試驗



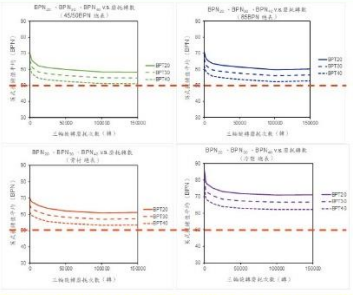
實驗室標線磨耗與抗滑能力評估

- 實驗室加速磨耗與抗滑能力整體評估與分析（續）



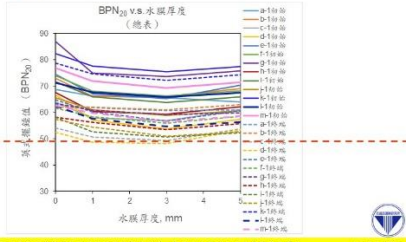
實驗室標線磨耗與抗滑能力評估

- 實驗室加速磨耗與抗滑能力整體評估與分析（續）



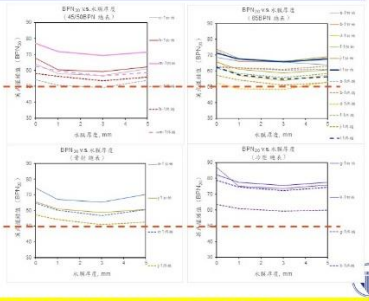
實驗室標線磨耗與抗滑能力評估

- 實驗室加速磨耗與抗滑能力整體評估與分析（續）
  - 完成13組26片標線平版試體的不同水膜厚度與抗滑試驗



實驗室標線磨耗與抗滑能力評估

- 實驗室加速磨耗與抗滑能力整體評估與分析（續）



簡報大綱 Outline

- 研究目的與範圍
- 現地防滑標線抗滑能力監測與檢測
- 實驗室標線磨耗與抗滑能力評估
- 結論與建議

蘇育民老師拍攝及整理

結論

- 現地標線抗滑能力整體評估與分析：
  - 完成505次的現地標線英式擺錘試驗
  - 從標線紋理的角度觀察，冷塑標線較65BPN標線及骨材標線表面紋理較深。
  - 數值分析及多元分類分析之結果並不佳，二元分類分析部份結果較佳。然而，考量到數據量少且隨機取樣可能造成偏差，雖在部份較粗略的二元分類分析的分析中可以得到較佳的結果，然而在納入更多更廣的數據後，結果需要進一步進行驗證。

結論

- 現地標線抗滑能力整體評估與分析：
  - 關聯性分析以先驗演算法(Apriori Algorithm)進行分析，從65BPN標線的關聯規則中，可以發現在鋪設接近一年 (11個月)後抗滑能力有高機率會掉到一個較差的區間(<50 BPN)，而約再經過3個月後，抗滑能力會有回升的現象
  - 冷塑及骨材標線因數據量較少，因此在分析結果中更可以明顯觀察到被特定試驗地點的特徵偏差影響的現象
  - 綜整現地試驗的分析結果，由於現地試驗受限於選點、標線劃設品質不一及現場過多變數影響試驗結果，致使實驗數據過於發散。整體而言，無論用何種分析方法，均無法找到良好的關聯性，建議宜以實驗室試驗數據為主要分析依據。

結論

- 實驗室加速標線磨耗與抗滑能力整體評估與分析：
  - 研究團隊參考美國佛羅里達州的試驗規範 FM5-622以及先導試驗結果，研擬出針對標線平版試體的實驗室加速磨耗試驗方法，以三輪磨耗設備，在每分鐘60轉、胎壓50psi、正向力60kg之試驗參數下，階段磨耗次數的間隔：0、1,500、3,000、6,000、12,000、25,000、50,000、100,000、150,000磨耗轉數。
  - 此外，每一片平版試體在磨耗「初始」(0轉)以及「終端」(15萬轉)時，將會額外進行以標準試驗程序SOP為原點、不同水膜厚度1、3、與5mm共四個不同水膜狀態下進行抗滑能力的評估。
- 抗滑能力評估均以英式擺錘試驗法，依據 ASTM E303-93(2018) 來進行，試驗值均為攝氏20度下的英式擺錘試驗值BPN_{20}

結論

- 實驗室加速標線磨耗與抗滑能力整體評估與分析：
  - 觀察所有的標線抗滑能力下降的曲線，絕大多數的標線不論種類大致在12,000磨耗轉數以前，抗滑能力均有大幅下降近8-10BPN左右，而12,000至50,000磨耗轉數之間，若不是抗滑能力持續下降，就是抗滑能力一直至磨耗終端15萬轉前改變不大。
  - 此現象與先導試驗中的觀察類似，從磨耗開始至12,000轉的抗滑能力大幅下降，推測與外灑材料以及上部標線材料被磨耗有關，而12,000轉以後可能因為內含的抗滑粒料紋理部分因為磨耗而突出，藉此支撐了標線後續的抗滑能力。
  - 不論是哪一種標線材料，在本研究中所有在磨耗終端時的標線BPN_{20}均大於50BPN。

結論

- 實驗室加速標線磨耗與抗滑能力整體評估與分析：
  - 利用鋪面溫度效應公式，將實驗室攝氏20度的抗滑能力值，轉換成模擬在夏天標線溫度可能達到攝氏40度時以BPN_{40}的做討論發現，以現地不同溫度之模擬情境，評估可能因為溫度效應而降低的標線抗滑能力。
  - 若模擬攝氏40度的標線在磨耗終端的比上攝氏20度的標線在磨耗初始之比較：45/50BPN、65BPN、骨材、冷塑標線的最大差異值比例，經過計算最大達27.0%、25.6%、23.7%、以及27.3%。

結論

- 實驗室加速標線磨耗與抗滑能力整體評估與分析：
  - 與標線試體先導試驗以及研究團隊先前的鋪面研究結果類似，水膜厚度3mm為抗滑能力損失最大的水膜厚度，幾乎所有的抗滑能力試驗結果在水膜厚度5mm時會微幅上升。
  - 審視在3mm水膜之下，包括45/50BPN、65BPN、骨材標線之最低的抗滑能力BPN_{20}出現在50BPN上下，然而冷塑組別之k-1在3mm水膜之下，抗滑能力可以維持在75BPN上下。
  - 因此可以從此部分的研究可以得知，若是水膜出現於標線之上，可以降低抗滑能力大約一成至兩成。

結論

- 實驗室加速標線磨耗與抗滑能力整體評估與分析：
  - 值得一提的是，實驗室的加速磨耗試驗時，標線試體表面僅有膠輪磨耗時產生的胎屑以及標線試體本身因為磨耗而掉落的材料，並無法在實驗室中模擬真實道路標線在現地所累積到車輛的排氣、油污、落塵、以及其他污染物等。
  - 因此，實驗室的試驗值可能在考量所有的情況之下，包括磨耗的厚度、溫度效應、磨耗形式之後，仍然無法與現地試驗的結果直接進行比較，僅做為觀察標線加速磨耗後之BPN變化趨勢。

建議

- 本研究「探討道路交通標線之防滑特性」之建議如下：
  - 本研究主要以三輪磨耗設備來評估標線的抗滑能力，然而因為磨耗設備的限制，目前無法同時評估抗滑且同時評估標線反光強度兩個最重要的標線功能，若考量目前多數交通主管機關對於標線的功能性需求，抗滑與反光度的平衡來討論，兩者之間互斥的關係有必要再進一步地釐清。
  - 目前交通工程規範附錄中，所使用的建議規範為ASTM E303-93（2003），建議修正至最新規範 ASTM E303-93（2018），或是未來更新年度修訂之 ASTM E303-93 規範。

建議

- 本研究「探討道路交通標線之防滑特性」之建議如下：
  - 多數高抗滑能力的標線材料，能夠在鋪設完成兩週內可以達成高BPN值完成驗收。然而根據本研究不論在實驗室或是現地的成果，在標線的生命週期中中長期能夠提供持久且穩定的抗滑能力，乃為真正實務上所需。
  - 若依據本研究完成的研究成果來推測，65BPN各型標線在實驗室加速磨耗均能在磨耗終端保持50BPN。推測可做為現地標線以績效考量上之較適門檻值，建議可將規範驗收標準由45BPN提高至50BPN。
    - 此建議同時呼應公路總局材試所以及臺大慶齡工業研究中心前期的研究成果以及新北市以一年內保固必須保持在50BPN（SRT）的相關規定。
    - 同時必須說明此建議值並未考量道路油污、落塵、以及其他空氣污染等因素，因此有必要再進行深入的研究，確認更多影響標線防滑係數之因素

建議

- 本研究「探討道路交通標線之防滑特性」之建議如下：
  - 雖然本研究已經進行13組26片標線平版試體的實驗室加速磨耗以及抗滑能力評估，同時在現地有101個試驗點位，連續進行了5個月的現地抗滑能力監測。然而有鑑於監測時間短暫以及在實驗室進行加速磨耗的標線試體量有限，建議可以在未來持續對於所使用的標線材料進行實驗室定期檢測以及現地標線功能性的監測。
  - 目前本研究使用加州交通廳的BPN溫度校正公式，未來建議進行不同標線材料在不同溫度試驗下進行BPT試驗，建立本土化的針對標線材料之BPN溫度校正公式。

建議

- 本研究「探討道路交通標線之防滑特性」之建議如下：
  - 三輪磨耗設備在本研究提供加速磨耗的功用，階段磨耗的磨耗深度以及抗滑能力的變化均能夠被紀錄以及分析，然而目前無法對於實驗室的磨耗轉數以及現地交通量進行關聯以及比較。
  - 建議未來可以在具備車載重量以及交通量均具備的場域，比如地磅站，前後劃設標線並進行實驗室加速磨耗以及現地抗滑與反光功能性的監測，應該可以提供更進一步的資訊進行關聯性分析。

建議

- 本研究「探討道路交通標線之防滑特性」之建議如下：
  - 針對現地標線的抗滑能力部份，由於短期或計畫性質的監測難以蒐集到大量的現地試驗數據進行分析，且在本計畫中雖已盡可能選取多材齡及地區分佈多元的標線點位進行監測，卻仍難以確保沒有偏差。而數據量過少也造成了分析上困難，由此可見每一次的現地試驗所獲取的數據皆是彌足珍貴的。
  - 故建議可以建立完善的標線管理系統及資料庫，在每次檢測標線相關的性能數據(如：抗滑、反光)後，納入資料庫，以利追蹤分析標線的相關性能，並改善道路安全。