

98-121-2128
MOTC-IOT-97-EDB016

鋪面養護資料檢測與管理 標準化之研究

著者：曾志煌、陳茂南、胡智超、蕭良豪、林志棟、
董基良、黃維信、許峻嘉、陳建達、林志勇、
李明德

交通部運輸研究所

中華民國 98 年 12 月

鋪面養護資料檢測與管理標準化之研究 / 曾志煌等著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民98.12
面 ; 公分
參考書目:面
ISBN 978-986-02-1021-7(平裝)

1. 鋪面工程 2. 道路養護 3. 影像處理

557.33029

98022015

鋪面養護資料檢測與管理標準化之研究

著者：曾志煌、陳茂南、胡智超、蕭良豪、林志棟、董基良、黃維信、許峻嘉、陳建達、林志勇、李明德

出版機關：交通部運輸研究所

地址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網址：www.iot.gov.tw (中文版>圖書服務>本所出版品)

電話：(02)23496789

出版年月：中華民國 98 年 12 月

印刷者：和範股份有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 90 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：100 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號・電話：(02)25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

GPN：1009803335 ISBN：978-986-02-1021-7 (平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：鋪面養護資料檢測與管理標準化之研究			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-02-1021-7(平裝)	政府出版品統一編號 1009803335	運輸研究所出版品編號 98-121-2128	計畫編號 97-EDB016
本所主辦單位：運輸工程組 主管：曾志煌 計畫主持人：曾志煌 研究人員：陳茂南、胡智超 聯絡電話：02-23496821 傳真號碼：02-25450427	合作研究單位：社團法人中華鋪面工程學會 計畫主持人：蕭良豪、林志棟 協同主持人：林志勇、許峻嘉、黃維信 研究人員：董基良、陳建達、李明德、林玉章、楊政錕、洪毓麟 地址：320 桃園縣中壢市中大路 300 號 聯絡電話：03-4227151-34080		研究期間 自 97 年 04 月 至 97 年 12 月
關鍵詞：鋪面維護管理、鋪面檢測、影像處理			
摘要： 本計畫是以租用（或借用）車輛之方式，重新組裝鋪面平坦度與裂縫檢測車，俾研究強化檢測之精確度，並研擬檢測之標準作業程序，以及相關設備之檢驗認證制度，提供相關公路管養單位參考利用。本計畫研究內容包括現有鋪面平坦度量測設備成效之檢討，鋪面平坦度與裂縫檢測車之組裝，相關設備包括：影像攝錄設備、GPS 定位系統、平坦度量測設備與相關之電源、支架等設備，且量測儀器之精度與穩定度必須達到一定程度之上，器材組裝之品質與外觀宜具有商業化之水準，俾利於廣泛推廣應用。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
98 年 11 月	264	100	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。
機密等級： <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 （解密條件： <input type="checkbox"/> 年 月 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 普通			
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: Study on standardization of detection and management for pavement			
ISBN(OR ISSN) ISBN 978-986-02-1021-7(pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009803335	IOT SERIAL NUMBER 98-121-2128	PROJECT NUMBER 97-EDB016
DIVISION: Engineering Division DIVISION DIRECTOR: James C.H. Tseng PRINCIPAL INVESTIGATOR: James C.H. Tseng PROJECT STAFF: Mile-N. Chen and C.C. Hu PHONE: 02-23496821 FAX: DIVISION: 02-25450427			PROJECT PERIOD FROM April 2008 TO December 2008
RESEARCH AGENCY: CHINESE SOCIETY OF PAVEMENT ENGINEERING PRINCIPAL INVESTIGATOR: Shiau Liang Hau. Lin Chih Tung ASSOCIATE PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lin Chih Yung. Hsu Chun Chia. Huang Wei Shin. PROJECT STAFF: Tung Chi Liang. Chen Chien Da. Li Ming De. Lin Yu Chang. Yang Cheng Chi. Hung Yu Lin. ADDRESS: No.300, Zhongda Rd., Zhongli City, Taoyuan County 320, Taiwan R.O.C. PHONE:03-4227151-34080			
KEY WORDS: pavement maintenance management, pavement survey, image processing			
ABSTRACT: <p style="margin-top: 10px;">This project uses rented (or borrowed) car to fabricate the pavement roughness instrument, the automated pavement distress measurement vehicle and enhance the accuracy of measurement. Moreover, this study proposes the standard procedure of measurements and the examination system of equipments to corresponding administrations for reference. The contents of this study include discussing the roughness measurement equipment effects and fabricating the inertial profiler and the automated pavement distress measurement vehicle. Related equipments include the video logging system, GPS navigation system, the roughness measurement and relevant power sources, braces, etc. Furthermore the precision and stability of these instruments must become certain. The quality and appearance of the assembled apparatus should have commercialized levels, in order to do benefit popularization and extensive application.</p>			
DATE OF PUBLICATION December 2009	NUMBER OF PAGES 264	PRICE 100	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目錄

表目錄.....	VI
圖目錄.....	VIII
第一章 緒論.....	1
1.1 計畫背景分析.....	1
1.2 研究內容與工作項目.....	1
第二章 文獻回顧.....	3
2.1 鋪面維護管理系統與道路檢測設備.....	3
2.1.1 美國鋪面維護管理現況與檢測系統【1】【2】【3】.....	3
2.1.2 日本鋪面維護管理現況與檢測系統【4】.....	10
2.1.3 中國大陸鋪面維護管理現況與檢測系統【5】.....	15
2.2 平坦度系統檢測文獻回顧【6】【7】.....	18
2.2.1 平坦度指標發展歷程.....	18
2.2.2 計算與檢測原理【7】.....	21
2.3 鋪面影像擷取辨識系統文獻回顧【7】【8】【9】.....	27
2.3.1 鋪面影像擷取與品質規範【9】.....	27
2.4 道路影像實錄系統文獻回顧.....	32
2.4.1 國外道路影像實錄技術發展演進.....	32
2.4.2 國內道路影像實錄應用比較.....	38
第三章 平坦度檢測系統模組建構.....	43
3.1 平坦度硬體設備要求與系統架構【7】.....	43
3.1.1 高程測距儀.....	44
3.1.2 加速度規.....	49
3.1.3 測距儀.....	51
3.1.4 訊號擷取卡.....	53
3.2 平坦度設備驗證.....	54
3.2.1 高程測距儀驗證.....	54
3.2.2 加速度規驗證.....	55
3.2.3 距離量測系統驗證.....	56
3.3 軟體規劃與設計.....	57
第四章 鋪面影像檢測系統模組建構.....	61
4.1 鋪面影像檢測設備與系統架構【7】【8】.....	61
4.1.1 線掃瞄照相機與廣角鏡頭.....	61
4.2 照明光源設備選用【2】.....	70
4.3 影像擷取軟體設計.....	75
4.4 鋪面影像辨識軟體設計.....	77

4.4.1 影像分析原理與方法	77
4.4.2 影像分析流程	79
4.4.3 分析結果	81
第五章 道路實錄影像系統模組建構	83
5.1 影像實錄檢測原理	83
5.2 道路影像檢測硬體設備與架構	83
5.3 道路影像檢測硬體設備與架構	86
第六章 系統硬體設備整體設計	91
6.1 硬體設備整合簡介	91
6.2 雷射、加速度規、LED 燈架	92
6.3 LineScan Camera	97
6.4 車內置放架	99
6.5 里程計	101
6.6 數位攝影機及操作介面	103
第七章 實際檢測與系統測試	105
7.1 系統驗證	105
7.1.1 ARRB 與水準儀比對	106
7.1.2 檢測車與 ARRB 比對	107
7.2 實際檢測數據	110
7.2.1 平坦度檢測數據及分析	110
7.2.2 LineScan 數據分析	114
7.2.3 Vediologging 測試畫面	118
第八章 檢測認證中心申請	121
8.1 測試實驗室與檢驗機構的差異性	121
8.2 平坦度量測檢驗機構申請認證作業	123
8.2.1 定義	123
8.3 申請認證文件	129
8.3.1 品質手冊	129
8.3.2 技術手冊	131
8.3.3 操作手冊	131
8.3.4 查核手冊	132
第九章 結論與建議	133
9.1 結論	133
9.2 建議	134
參考文獻	137

附錄 1 平坦度驗證表格

附錄 2 標準作業程序

附錄 3 期中、期末報告審查意見及辦理情形

附錄 4 期末簡報資料

表目錄

表 2.1 規格說明	12
表 2.2 速度變化對 IRI 值的影響	27
表 2.3 信賴區間	30
表 2.4 試驗報告範例	30
表 3.1 雷射規格表	48
表 3.2 加速度規規格	51
表 3.3 5802 ENCODER 規格	53
表 3.4 PCI6236 規格	54
表 3.5 雷射測距儀校正結果	55
表 3.6 慣性式平坦度儀等級與高程差解析度	55
表 3.7 距離量測系統驗證結果	57
表 3.8 平坦度檢測軟體參數設定	58
表 4.1 各國鋪面影像擷取設備與本研究比較整理表【17】	67
表 4.2 擷取影像擷取速度計算	67
表 4.3 有無破壞之影像辨識結果	81
表 6.1 檢測車相關設備表	99
表 7.1 ARRB IRI 值（青商路）	107
表 7.2 靜態試驗結果	108
表 7.3 實地試驗檢測結果與平均數檢定	110
表 7.4 IRI 檢測平均值一覽表(M/KM)	110
表 7.4 IRI 檢測平均值一覽表(M/KM)(續)	111
表 7.5 預測 IRI 發展趨勢(M/KM)	112
表 7.6 SVM 自動辨識率	115
表 7.7 影像中有無人手孔之影像辨識結果	115
表 7.8 影像中有無人手孔之影像辨識結果	116
表 8.1 測試實驗室與檢驗機構的差異性	121
表 8.2 檢驗機構認證人員基本要求	123
表 8.3 文件與人員權責表	127

表 8.4 工作職掌表	128
-------------------	-----

圖目錄

圖 2.1 德州 VCRECK 檢測車	7
圖 2.2 第三代 DHDV	8
圖 2.3 2004 年亞特蘭大機場檢測影像	8
圖 2.4 WISECRAX 處理結果	10
圖 2.5 系統表面配置	11
圖 2.6 車輛的組成要素	11
圖 2.7 MITSUBISHI ROAD SURFACE SURVEY SYSTEM	13
圖 2.8 R-TEC 調查車	13
圖 2.9 路面檢測的 3D 畫面	15
圖 2.10 CICS 路面快速檢測系統	16
圖 2.11 鋪面影像檢測系統	18
圖 2.12 CIAS 鋪面影像辨識系統	18
圖 2.13 柔性鋪面國際糙度指標評估圖	21
圖 2.14 黃金車模型	22
圖 2.15 IRI 波譜分布	22
圖 2.16 煞車對剖面資料的影響	26
圖 2.17 加速對剖面資料的影響	26
圖 2.18 量測車道的剖面圖顯示了輪跡處，並且定義輪跡處間的面積	29
圖 2.19 美國奧勒崗州 VIDEO LOG 線上查詢系統查詢結果畫面(一般民眾)	33
圖 2.20 美國奧勒崗州 VIDEO LOG 線上查詢所提供之單張照片	34
圖 2.21 美國賓州線上 VIDEO LOG 查詢結果顯示(高速網路環境)	35
圖 2.22 開啟新視窗顯示查詢結果	35
圖 2.23 美國佛羅里達州 VIDEO LOG 系統查詢結果顯示畫面	37
圖 2.24 ARAN(AUTOMATIC ROAD ANALYZER) PHOTO LOG 系統	38
圖 2.25 道路攝影機架設	39
圖 2.26 解碼盒	39
圖 2.27 道路實錄系統展示畫面	39
圖 2.28 本所公路基本資料庫	41

圖 2.29 內業資料處理軟體畫面	42
圖 2.30 3 臺數位攝影機改架設於車頂拍攝測試結果	42
圖 3.1 四分車模型	43
圖 3.2 檢測設備建構圖	44
圖 3.3 雷射感應器的操作原理	45
圖 3.4 雷射高程感測器構造圖	47
圖 3.5 雷射高程感測器量測原理示意圖	49
圖 3.6 立體三度空間	49
圖 3.7 加速度規外觀	50
圖 3.8 5802 ENCODER	52
圖 3.9 PCI 6236	53
圖 3.10 雷射感應器校正軟體	55
圖 3.11 慣性參考儀器驗證結果	56
圖 3.12 平坦度檢測參數設定頁面	58
圖 3.13 檢測資料設定頁面	58
圖 3.14 設備測試軟體畫面	59
圖 3.15 平坦度檢測軟體畫面	59
圖 4.1 單輸出光電二極體示意圖	62
圖 4.2 雙輸出(奇偶)光電二極體示意圖	62
圖 4.3 雙輸出(前後)光電二極體示意圖	63
圖 4.4 FREE RUN-EDGE-CONTROLLED 曝光模式示意圖	63
圖 4.5 FREE RUN PROGRAMMABLE 曝光模式示意圖	64
圖 4.6 EDGE-CONTROLLED 觸發模式示意圖	64
圖 4.7 LEVEL-CONTROLLED 觸發模式示意圖	65
圖 4.8 PROGRAMMABLE 觸發模式示意圖	65
圖 4.9 光線充足之影像耀光現象	68
圖 4.10 光線不足之影像陰影現象	68
圖 4.11 CCD 取像位置示意圖	68
圖 4.12 4000×4000PIXELS 之鋪面影像	69
圖 4.13 3000×3000PIXELS 之鋪面影像	69

圖 4.14 2000×2000PIXELS 之鋪面影像	69
圖 4.15 鋪面反射於鏡頭示意圖	70
圖 4.16 聚光鏡設計圖	74
圖 4.17 LED 設計圖	74
圖 4.18 整體聚光設計圖	75
圖 4.19 LED 配合國內設計之聚光鏡效果	75
圖 4.20 鋪面擷取系統	76
圖 4.21 資料流示意圖	76
圖 4.22 影像擷取與 VEDIO 整合畫面	77
圖 4.23 SVM 分類示意圖	78
圖 4.24 輕微鱷魚狀	80
圖 4.25 中級鱷魚狀	80
圖 4.26 塊狀裂縫	80
圖 4.27 人手孔周圍有鱷魚狀裂縫	80
圖 4.28 人手孔周圍有裂縫	80
圖 4.29 人手孔及裂縫	80
圖 4.30 影像辨識流程圖	81
圖 4.31 其餘破壞辨識方式	82
圖 5.1 數位攝影機	84
圖 5.2 VRS 網路操作【41】	86
圖 5.3 數位影像裝置流程圖	86
圖 5.4 道路影像即時操作畫面	87
圖 5.5 純地圖模式	88
圖 5.6 中央大學衛星圖	88
圖 6.1 智慧型自動化檢測車主要功能架構圖	91
圖 6.2 智慧型檢測車 LED 光源模組放置處	93
圖 6.3 LED 燈源照射示意圖	93
圖 6.4 LED 燈源照射示意圖	94
圖 6.5 短 LED 光槍架固定軸組合	94
圖 6.6 綜合結構體	94

圖 6.7 LED 燈架置於保險桿示意圖	95
圖 6.8 公路總局 ARRN 檢測車	95
圖 6.9 雷射盒防水示意圖	96
圖 6.10 下部工業設計示意圖	96
圖 6.11 原有相機架設示意圖	97
圖 6.12 機盒移動示意圖	97
圖 6.13 線性制動器移動相機示意圖	98
圖 6.14 線性滑軌與螺桿定位示意圖	98
圖 6.15 檢測車相關儀器設備圖	100
圖 6.16 置放架示意圖	101
圖 6.17 撓性連軸器	102
圖 6.18 里程計結構示意圖	102
圖 6.19 壁掛式雙螢幕支架	103
圖 6.20 支架調整樞紐	103
圖 6.21 上部工業整合示意圖	104
圖 6.22 下部工業整合示意圖	104
圖 6.23 工業整合完成檢測系統圖	104
圖 7.1 水準儀與 ARRB 累積高程差圖	106
圖 7.2 水準儀與 ARRB 高程差相關圖	106
圖 7.3 檢測車相對點位與 ARRB 相對點位比較圖	109
圖 7.4 順樁預測模式	112
圖 7.5 逆樁預測模式	113
圖 7.6 IRI 分布圖	113
圖 7.7 輕微鱷魚狀	116
圖 7.8 中級鱷魚狀	116
圖 7.9 塊狀裂縫	116
圖 7.10 人手孔周圍鱷魚狀裂縫	116
圖 7.11 人手孔周圍有裂縫	116
圖 7.12 人手孔及裂縫	116
圖 7.13 坑洞	117

圖 7.14 人手孔及補綻	117
圖 7.15 縱向裂縫	118
圖 7.16 日間於高架橋下拍攝畫面	118
圖 7.17 夜間拍攝畫面	119
圖 7.18 夜間於收費站拍攝畫面	119
圖 7.19 於郊區測試畫面	120
圖 8.1 檢驗機構組織圖	126
圖 8.2 認證程序	129

第一章 緒論

1.1 計畫背景分析

臺灣地區公路系統，包括高速公路、省、縣、鄉道、市區道路等，呈現出層級清楚、功能完備的路網系統，在路網日趨完備之下，目前國內之鋪面工程已漸漸由新工轉向為維護管理為主，而在政府機關方面，亦由新工驗收變成道路的狀況調查，以利及時控管道路的各類破壞及狀況，讓道路恢復至良好的服務水準，提供高品質的服務水準來服務大眾。

養護單位除了由鋪面平坦度之評估指標——國際糙度指標（International Roughness Index, IRI）去判斷鋪面狀況優劣之外，也由鋪面狀況調查獲得路面的狀況，本所在公路基本資料調查相關研究中開發出公路影像實錄的技術，將公路沿途資料記錄下來，更提供工程師一個快速且客觀的鋪面狀況結果，且對於鋪面狀況資料之蒐集也是一大助益。

上述這些技術運用至其他單位的成效相當良好，但是各單位各自發展的儀器設備，因為國內尚無針對這些設備的相關規範，各單位之間的設備量測結果可能差異甚大。為此，本研究計畫研擬檢測之標準作業程序，及相關設備之檢驗認證制度，提供各相關單位參考。

1.2 研究內容與工作項目

本研究內容包括現有鋪面平坦度量測設備成效之檢討，鋪面平坦度與裂縫檢測車之組裝，主要工作項目如下：

1. 現有鋪面平坦度量測設備成效之檢討。
2. 鋪面平坦度與裂縫檢測車功能與規格規劃。
3. 鋪面平坦度與裂縫檢測車組裝。
4. 鋪面平坦度與裂縫檢測車功能測試。
5. 建立鋪面平坦度量測與影像攝錄標準作業程序書。
6. 研擬建立鋪面平坦度量測車之調校、驗證與認證制度。

第二章 文獻回顧

2.1 鋪面維護管理系統與道路檢測設備

2.1.1 美國鋪面維護管理現況與檢測系統【1】 【2】 【3】

路面管理系統之發展以美加地區最為蓬勃，另歐洲地區之路面管理系統則以西歐與北歐較為普遍，其中荷蘭最為積極。茲分別就其特色介紹如下：

1. 美國維護管理系統

(1) 德州柔性路面管理系統 (Texas Flexible Pavement System, TFPS)

美國德州柔性路面管理系統，系統架構可分 a.定義參數；b.檢查合格的預防維護措施；c.產生密度/服務分類；d.找出預防維護策略；e.決定自主性策略；f.優先順序策略；g.計算成本；h.輸出結果評估方法為 PCI，依上列流程決定損壞密度極限，在判斷路面維修應採用何種措施。

(2) 加州鋪面管理系統

加州鋪面管理系統，將系統架構依加州鋪面發展經驗分為柔性及剛性兩者分別建立。柔性鋪面管理系統 (FPMS) 強調之目標為決定現有道路系統鋪面現況及提供路面重建或修復之維修決策。系統僅考慮六種破壞項目依照評分次系統分別給予評分，界定為嚴重破壞、輕微破壞與無破壞三等級，另配合駕駛舒適性及日交通量 (ADT) 排定維修優先順序建議維修策略。系統包含破壞評分系統 (Condition Rating System)、鋪面狀況調查系統 (Pavement Condition Survey)、鋪面評估系統 (Pavement Evaluation System) 等三個次系統。剛性鋪面管理系統 (RPMS) 與柔性鋪面管理系統 (FPMS) 僅在破壞項目、破壞等級與維修策略等有所不同。

(3) 內華達州卡森市鋪面管理系統

卡森市鋪面管理系統 (Carson City PMS) 係以 FORTRAN 程式語言依原早期大型電腦程式功能改寫為適用於個人電腦的套裝軟體。系統發展依使用地區路網特性，以瀝青混凝土鋪面及薄封層為主，其系統採用多重門檻值，鑑定參數包括年平均日交通量與交通指數、加鋪厚度、表面處理之養護修復歷史資料、以撓度值代表路面結構能力、路面服務能

力，系統包含 a.破壞調查輸入：考慮龜裂、鬆散與縱/橫向裂縫等破壞項目，以行駛評分為主，將各項破壞嚴重性分為輕（Slight，以“S”表示）、中（Moderate，以“M”表示）、重（Severe，以“V”表示）三個等級；b.鋪面狀況指標（Condition Score）計算：以一百分為滿分，根據破壞等級之不同破壞百分比及嚴重程度所查得之扣減分數扣減；c.養護優先次序：以每車一英哩為單位，依計算所得之益本比決定優先順序；d.報表輸出：包括路段資料輸出查詢、鋪面歷史維修資料查詢、鋪面調查資料查詢、鋪面破壞狀況排序結果查詢輸出、維修路段及維修方法輸出查詢。

(4) 加州長堤市鋪面管理系統

長堤市鋪面管理系統主要目的為提高地方政府利用 PMS 執行道路維修的能力。其於長堤市區八百多英哩的道路中，選擇 35 英哩主要公路及幹道為研究路段，系統乃著重於網路層級的管理。執行流程分為 a.組織路網：建立街道網路並予以分段，先針對特殊路段做預先劃分及實地調查；b.戶外（現地）破壞調查：以二人一組至路網各分段進行目視之破壞調查；c.室內資料整理：將戶外破壞調查結果輸入系統程式中以取得鋪面評分、建議改善方式、相關之各項成本三項結果；d.決定維修策略：輸入實地破壞調查、過去道路維修之歷史、道路維修人員之經驗三項輸入資料，以輔助維修策略之決定。

(5) 美國 Cash Western Resreve 大學 PMSC 路面管理系統

美國 Cash Western Resreve 大學 PMSC（Pavement Management System for Small Communities），系統架構可分 a.調查；b.破壞檢視；c.養護/整修；d.單價分析；e.惡化速率；f.優先順序及目標等，評估方法 PCI，可作為決策者之輔助工具。

(6) 美國陸軍及空軍 M&R 路面管理系統

美國陸軍及空軍 M&R（Maintenance and Repair），系統架構可分 a.路面檢視及打分數；b.路面狀況評估及維修決定；c.M&R 維修之優先順序；d.年限成本分析；e.資料整理及報告，評估方法 PCI，執行方式與 TFPS 相似。

(7) 美國堪薩斯州 PMS 路面管理系統

美國堪薩斯州 PMS（Pavement Maintenance System），系統架構可

分 a.路面惡化狀況，粗糙度及交通資料；b.系統績效需求；c.經常性維修需求；d.預算維修需求；e.單一路及網路最佳化系統；f.輸出結果與執行以達到「設計、建造和保養路面」之主要目的。

(8) 美國伊利諾州路面管理系統

- a. 美國伊利諾州 WSPMS (Washington State Pavement Maintenance System)，系統架構可分 a.檔案建立；b.儲存；c.取用；d.設計；e.分析；f.材料；g.交通；h.狀況評估；i.績效資料；j.維修程序及方式。
- b. 伊利諾州鋪面管理系統 (ILLINET) 係為 1966 年美國公路官員協會 (AASHO) 在 NCHRP (Nation Cooperative Highway Research Program) 計畫支持下於 AASHO 道路試驗 (ROAD TEST) 獲得新突破。ILLINET 發展至今已有相當長的一段時間，「視窗版 ILLINET」鋪面管理系統，乃是基於伊利諾州運輸部 (ILLINOIS Deartment Of Transportation, IDOT) 的需求，由伊利諾大學香檳校區 (University of Illinois, Urbana-Champaign) 土木工程研究所在 Darter 教授所領導下的工作小組所發展出來的。本系統可以利用靜態和動態影像之方式，在彩色螢幕上表示過去和現在的鋪面狀況，鋪面評估結果和維修的各種假設方案。本系統以 C⁺⁺ 語言編譯，並在 WINDOWS 環境下執行。支援本系統之資料庫則為 IDOT 所擁有的 Illinois Pavement Feedback System (First created in 1985)。本系統具有以繪圖方式表現出所有資料庫中的資料和預估的鋪面狀況、提供 34 個決策方案 (Decision Making Options)、交談式的決策方案，可依使用者實際需要予以調整；既若所使用之參數，可依狀況改變、操作簡單、方便、易學易懂等特性。

(9) 美國 (華盛頓州) WSPMS 路面管理系統

美國華盛頓州 WSPMS (Washington State Pavement Maintenance System)，系統架構可分 a.檔案建立：包括地理資訊資料及道路維護資料；b.執行程式包括現況績效之判斷；c.方案排序；d.最佳化選擇等。

(10) MicroPAVER Version 4.0 路面管理系統

MicroPAVER Version 4.0 - Pavement Management System 於 1979 年時為 APWA 所採用，自始歷經多次系統更新與改變，該軟體的使用者

遍及美國與加拿大，系統支援英制與公制單位，分析中包含未鋪設之道路，4.0 以後的版本已允許服務力與抗滑力的分析，當使用者輸入一個新路段時，系統會顯示一個資料輸入的對話框，詳細指示應該輸入的資料，依據初次調查的結果，系統可於不同時間分析路網狀況，使用 F1 鍵可啟動線上協助功能。

2. 檢測設備【2】【3】

(1) 美國德州 VCreck (如圖 2.1)

德州交通運輸部門(TxDOT)在過去幾年的研究計畫中完成及實現鋪面狀況檢測車之開發，目前現行有九部在實際操作使用中，在 7-4975 研究報告中成功研發可 100%掃描鋪面破壞並且可在 5-70 mile/h(8-112 km/h)下進行檢測，並可做即時處理進行破壞項目及等級判定。

系統在自然光源狀況下進行檢測雖可得到鋪面影像，但影像之品質受到照明限制(多雲或晴朗)，第二個需進行開發外在人工光源的原因在於同一個裂縫在不同照明條件下識別度並不一致，而與原本開發系統之目標有所背離；再者外部物體的陰影(穿過車輛、樹木、電纜線等)皆會照成影像分析中造成問題，而人工光源為解決這些問題的最後辦法。而德州在這項研究進行中最大的成果與目標在於開發低功率之照明設備。

而由於使用之擷取設備為線掃描式電子照相機，所以光源聚光後之光源寬度應為 0.25 英吋-1 英吋之間(0.635 公分-2.54 公分)，光度應該給予夜間檢測足夠之照明能量，而滿足低能量之要求不須指定額外之電源，並且光源應符合小型、適合長期使用等要求。

研究之成果為採用 LED 燈源，並以每 40 個 LED 一組透過柱狀聚光鏡，使在離地距離 1.5 英呎(約 45.72 公分)形成一條光柱，每一單元能形成之工作寬度為 16 英吋(40.64 公分)，將各單元組合為一體後，能達成 10 英呎之工作寬度(304.79 公分)。

鹵素燈與雷射與此研發設備比較，雖然前述之兩者能包覆之掃描寬度較寬，但鹵素燈消耗非常高之能量(每單位 300 瓦特)，而雷射放射器對眼睛有安全之疑慮，並且雷射線調整相當困難；反觀德州開發之 LED 照明設備每單元耗能 30 瓦特，整體耗能不到 250 瓦特並且聚光

寬度較寬較適合線掃瞄照相機進行擷取成像。



圖 2.1 德州 VCreck 檢測車

(2) Digital Highway Data Vehicle (DHDV) 【3】(如圖 2.2)

於 90 年代由阿肯色大學研究人員開始開發，DHDV 由多個檢測模組組合而成，期硬體設備包含 GPS、DMI、電源供應器、陀螺儀、工業電腦與多功資訊傳輸設備在檢測時可進行計算及數據庫產生，可進行量測鋪面之平坦度、表面紋理、車轍、可擷取 13 英尺寬之鋪面影像，目前已發展至第三代檢測車，可檢測 >1 mm 橡塑之縱橫向裂縫而檢測時速最快可達 100 km/h(60 mile/h)，其照明方式利用雷射照明，可針對夜間及日間不同天候進行檢測(除雨天)。

在第一代檢測車使用為 AreaScan(區域掃描式)照相機，而第二代使用為線掃瞄照相機，前兩代使用之光源皆為可見光系統，第三代使用雷射道路成像系統(LRIS)即線掃瞄配合雷射照明，可提供更好之圖像品質。



圖 2.2 第三代 DHDV

在 LRIS 中影像擷取品質可達到 4096 pixels/line 至 28000 lines/second (如圖 2.3)，解析度可達 1 mm 而擷取速度最快可達 100 km/h(60 mile/h)，第三代系統使用兩臺高解析度及高速擷取之線掃瞄照相機同時擷取，並在同一平面上對稱取樣，雷射之波長在 800nm~580nm 之間。LRIS 與其他影像擷取技術比較下，在結構重量較輕上僅 20 公斤，耗能約 250W，能消除陰影太陽光不同角度的影響。

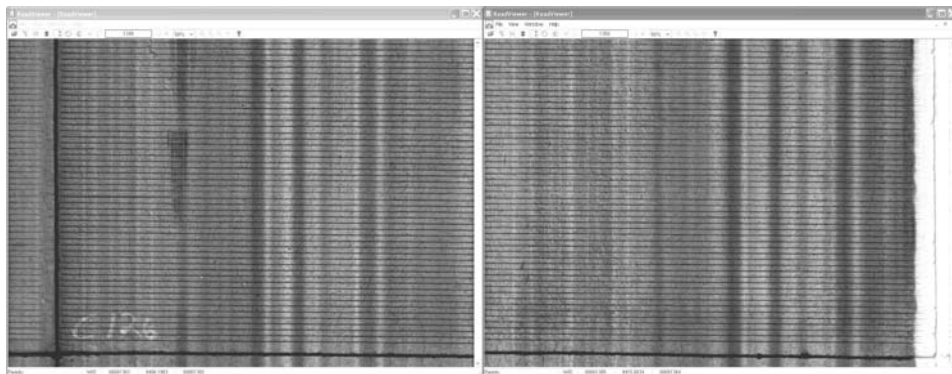


圖 2.3 2004 年亞特蘭大機場檢測影像

(3) ARAN/WiseCrax 【2】

ARAN 由 Roadware 研發並發展一套路面裂縫自動評價方式，而它的效率與實用性也得要驗證，目前 WiseCrax 以在全球 15 個國家使用並通過英國 TRL 驗證，每年使用此套軟體進行檢測之路面圖像已超過 16 萬公里。這套系統包含三模組，(a)路面影像擷取(b)快速裂縫分析(c)品質控制程式三者。

當 ARAN 以高速行駛時，系統將擷取目前影像適當部分並將重疊之影像刪除，而此系統採用高強度之閃光燈以克服太陽光之陰影，並選擇適當照射角度以凸顯路面裂縫。Roadware 工程部應用最先進技術改善影像之品質，使用類比到數位之電子照相機，也由面掃描改良至線掃描並持續開發更新之成像系統。在成像系統中使用一套 MTF (Modulation Transfer Function)，保證最佳的圖像品質。

在這套驗證模式中能夠精確的評價照相鏡頭之解析度、失真度與運動模糊度都能以定量方式量測。在選擇鏡頭時並須根據鏡頭之靈敏度與品質參數進行初步評估，之後再進行定量之測試，以不同之照相機與鏡頭進行組合，分別測試其感光度與道路表面解析度，並從中選取最佳組合。為取得最小之幾何失真，Roadware 設計一套特殊之測試圖案進行測試。

在外在人工照明部分，主要目的：(1)防止太陽光引起的陰影；(2)增強裂縫信號，其角度與照度經過測試，與設計特別對於面掃描照相機而言，照明之均勻度也是重要考量之一。

由於照相機之高度固定，所以所覆蓋擷取面積也是固定的，並依據檢測行駛之速度不一，並非所有之像素皆可採用，在相鄰兩圖像之存在之重疊部分可以依行駛速度計算須消除部分，而為了消除重疊部分與節省儲存空間與後處理時間，開發了即時拼接演算法，將不重疊部分直接壓縮儲存至硬碟。而最常使用之影像尺寸為 10 m、0.01 mile、50 inch 三種，而壓縮格式為標準之 JPEG 格式。

WiseCrax (如圖 2.4) 可自動檢測 85%~90%之路面裂縫，並使用影像處理技術以保證硬體可快速進行分析，實現高精確度與高品質需求。若以 3 mm 之解析度進行分析處理速度約在 48 km/h，目前可處理之最高之解析度為 1.8mm 之圖像並保持相同處理速度。目前裂縫檢測使用兩種方式，一為裂縫分析，一為單格子分析。第一種方式可分析路面上單個裂縫，包含其長度、寬度、形狀，辨識後使用者可進行總結評估路面狀況，Roadware 認為此分析方式較為彈性，故主張以此方式進行分析；第二種方式之模型 Roadware 認為在後期處理時較不彈性，並且大多數之標準要求格子大小可改變，改變格子大小後所有圖

像需重新進行分析計算。評估標準分為破壞大小、尺寸、程度並分別儲存，最後整合成一專案輸出。在評估時使用這可自行改變破壞之標準界定。

ARAN 上有兩臺向下之照相機，再使用前並須進行校正，而兩臺照相機之重疊部分必須被消除以保證在路面中心之直線可完整顯示，另外需保證照相鏡頭指向照明區域之中心，若沒有適當之照明影像會呈現不均勻之背景。

影像品質必須進行以下之驗證，(a)對比度(b)閃光燈同步性(c)影像拼接精準度，並進行照相機頭自轉、角度、聚焦及左右交疊之校正。

所有 ARAN 之影像集資料檔案須經由 WiseCrax 部門的操作員簽字、領出處理，所以資料將被驗證並將驗證結果記錄於日誌中。

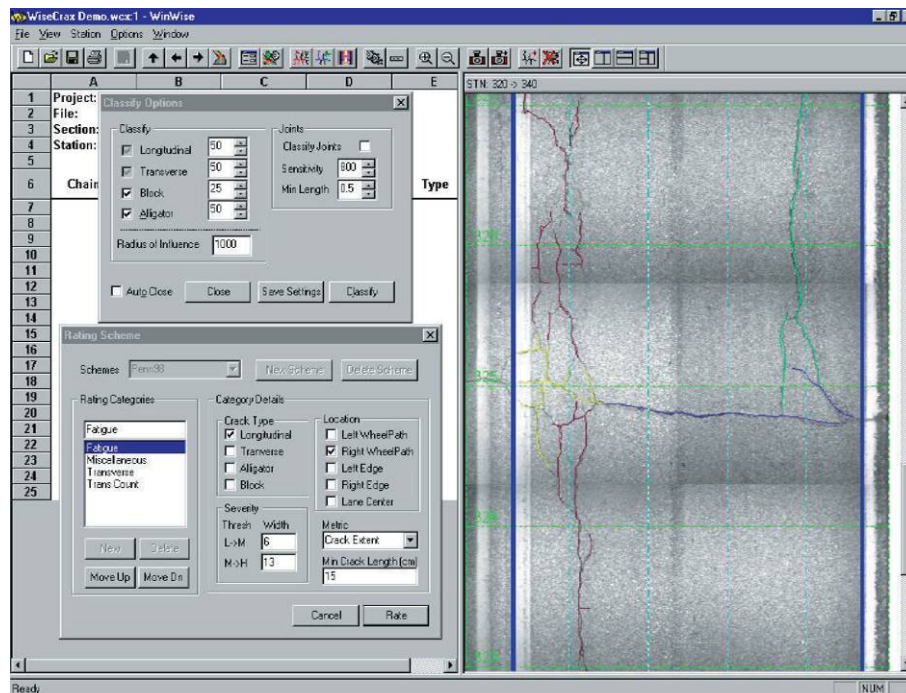


圖 2.4 WiseCrax 處理結果

2.1.2 日本鋪面維護管理現況與檢測系統【4】

1. 日本維護管理系統

日本 Maintaining and Managing the Metropolitan Expressway 之路面管理系統，主要對於高架快速道路之結構、鋪面狀況進行檢查，建立維修之程序系統：

(1)建立短期維修之破壞等級；(2)建立長期維修之破壞等級；(3)維修材料及技術

之改進；(4)道路結構資料庫的建立。

2. 道路檢測車

(1) Mitsubishi Road Surface Survey System 路面檢測系統

近年來，道路養護和修補的工作，在道路工程中漸漸增加。因此，在養護和修補工作進行之前，量測車轍深度、縱向剖面、裂縫等是必要的。在交通量愈趨繁重的當下，幾乎所有的量測，都使用基本的設備和人力去執行。因此，在維護安全且紓解交通阻塞的同時，我們需要一套能夠簡單且自動量測路面的系統。三菱重工業開發了一套路面量測系統，它包括了一輛裝載量測儀器的檢測車，以及在實驗室中安裝的資料分析裝置。組成設備與系統配置如圖 2.5 與圖 2.6 所示。

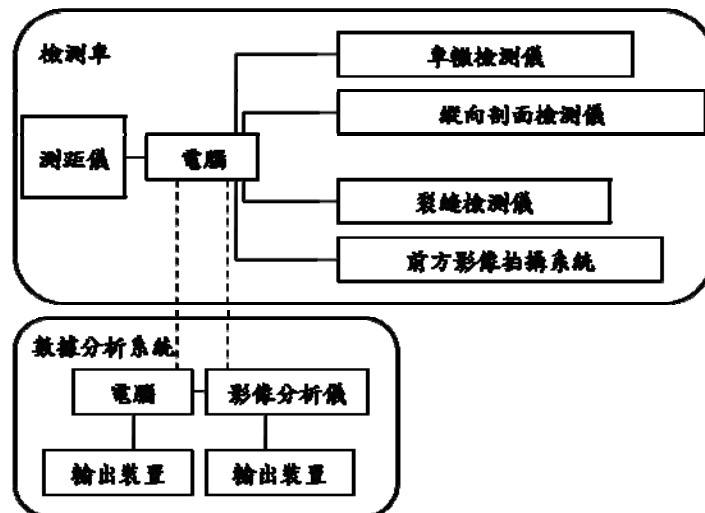


圖 2.5 系統表面配置

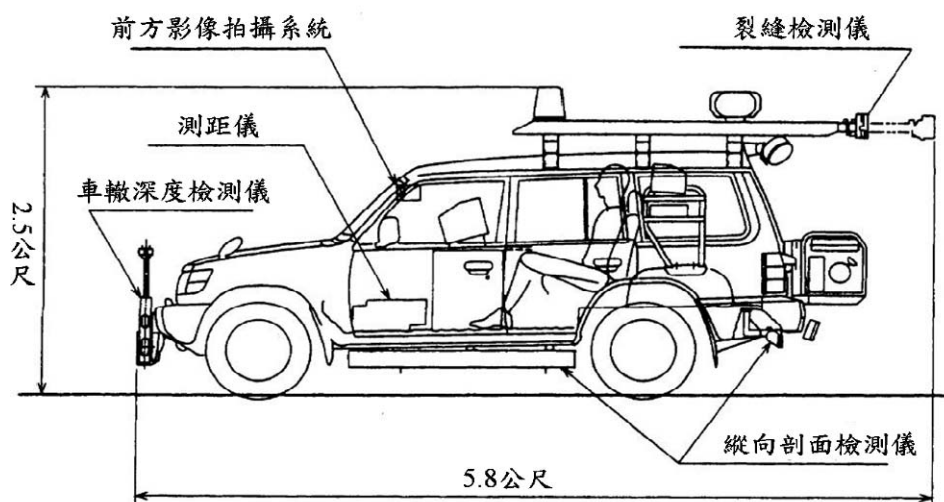


圖 2.6 車輛的組成要素

其功能與特色

a. 小巧且機動性高

量測車轍深度、縱向剖面、裂縫和拍攝前方影像的儀器，都裝載在這輛檢測車上。圖 2.7 所顯示的檢測車是非常小巧的，它是由三菱汽車股份有限公司根據 PAJERO 而製作的。另外，因為所有的量測都由同一輛車執行，所以，它有非常高的機動性。

b. 工作上省時又省力

因為量測儀器是連接在測距儀和拍攝前方影像的儀器上，因此，在同一時間自動地量測車轍深度、縱向剖面和裂縫就變得可能。所得到的大量數據可由一臺專用電腦分析及輸出。因此，與由人工進行的檢測及分析比較起來，勞力和時間的節省便可實現。

c. 安全的改善

由這套檢測系統所完成的道路量測工作，不僅改善了安全，也減少了交通阻塞。

設備規格與檢測項目如表 2.1 所示。

表 2.1 規格說明

檢測項目	規格
車轍深度 量測儀器 範圍 (寬度) 量測間隔 量測速率 準確度	3.5m 0.25~10m 0~80km/h ±3mm (與剖面儀相比)
縱向剖面 量測儀器 量測間隔 量測速率 準確度	1.5m 0~80km/h ±30% 或小於標準差 (與縱向剖面儀相比)
裂縫 量測儀器 範圍 (寬度) 量測速率 準確度	CCD 攝影機 3.5m 0~40km/h 大於 1mm 可以刪除
前方影像 量測儀器 量測速率	CCD 攝影機 0~80km/h



圖 2.7 Mitsubishi Road Surface Survey System

(2) 鋪面狀況調查車 R-TEC

鋪面狀況調查車在同一時間調查鋪面的三破壞要素（裂縫、車轍、平坦度），進行高速且高準確度的自動量測，以及提供長期路面管理系統計劃。R-TEC 檢測車設備如圖 2.8 所示。

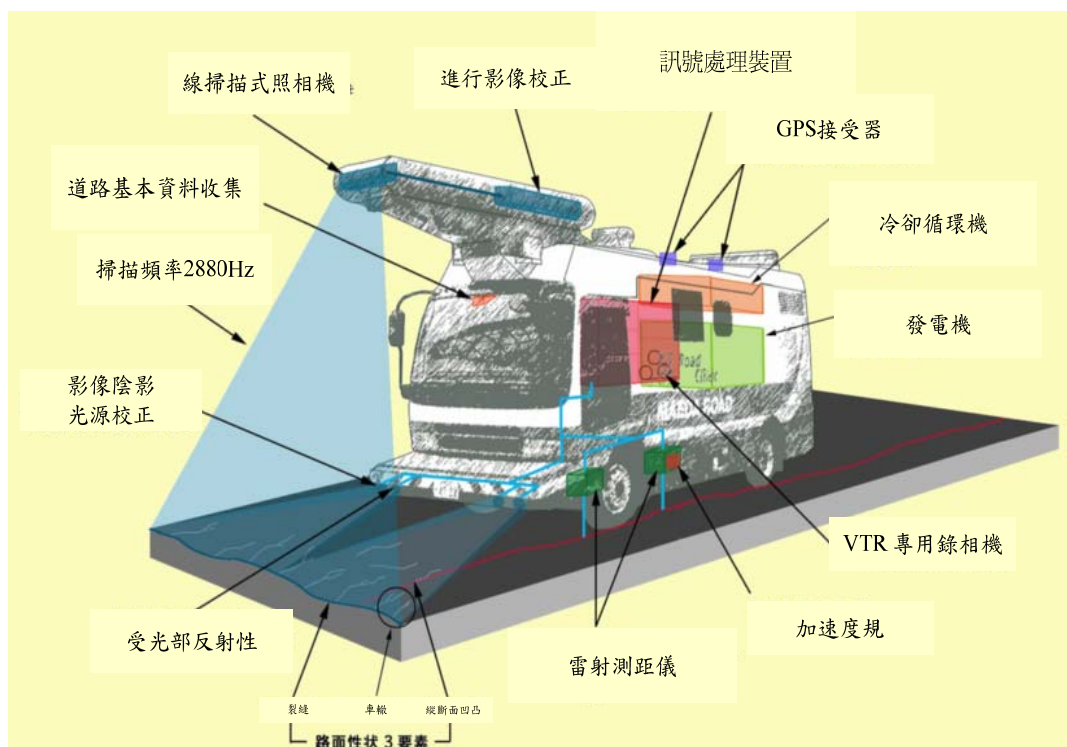


圖 2.8 R-TEC 調查車

a. 裂縫量測

在一般道路公路行駛速率下，紀錄 1mm 以上的裂縫，藉由雷射擷取路面斷面的方式，自動量測、記錄與整合道路狀況資料，其針對橫向路面量測、路面毀損等並藉由 GPS 定位系統，確認檢測路段相關位置資料，以方便後續的調查使用。量測方法：雷射掃描法，量測結果如圖 2.9 所示。

b. 車轍量測

垂直照射表面氬激光，光所造成的顛簸的道路（第線）拍攝從某角度看，拍攝的影像再轉換成實際形狀高差。此外，調查測量水平的交叉形狀和結合測量數據的數量可用於切割。量測方法：光截面法。

c. 平坦度量測

鋪面平坦度，為路面頂層縱向及橫向之表面特徵，會直接影響鋪面服務能力，其組成大致可區分為縱向變量(longitudinal variations)及橫向變量(transverse variations)。縱向為沿行車方向高低起伏之變化，縱向變量會產生車輛在垂直方向的上下振動，車輛行駛於路面所產生不舒適之主要因素為縱向變量，故平坦度調查以量測縱向變量為主，次者為量測橫向變量。以用路者觀點看行車品質，表層不規則是引起不舒服且危及車輛的潛在因素，因此粗糙的路面意謂不舒適、須降低車速、有潛在車輛損壞、增加行車成本，及降低鋪面使用年限、增加維護費用之機會。

使用檢測車上裝置的 3 個雷射位移量測儀，以 1.5m 的間隔量測外輪跡處路面的高低差，並利用路面高低差的數據，計算出路面的平坦度。量測方法：雷射位移法。

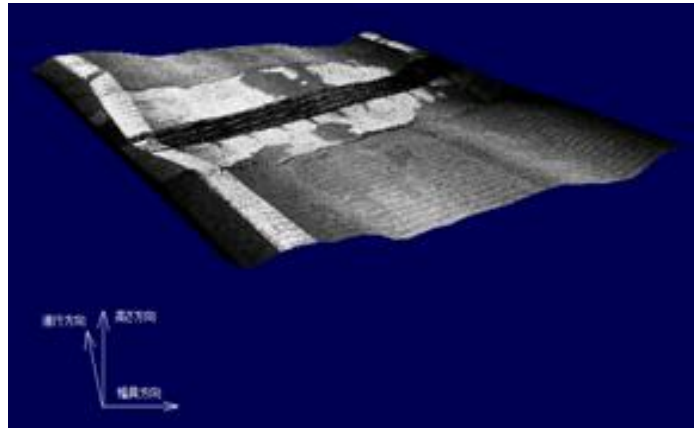


圖 2.9 路面檢測的 3D 畫面

2.1.3 中國大陸鋪面維護管理現況與檢測系統【5】

1. 中國大陸維護管理系統

(1) 中國北京 SOGER (第二個衛星所建立之道路資料庫系統)，系統架構可分：(1)路面結構資料；(2)維修方法；(3)工作項目編碼化；(4)工作項目單位價格化；(5)計算工作項目經費之平均值及變異數；(6)建立成本—效益矩陣，決定出成本最小，效益最大之維修方式。

(2) 中國大陸路面管理系統之研究起於 1984 年，1985 年首先在遼寧營口地區施行英國的瀝青路面養護管理系統，而後在北京、廣東、河北、山東、河南和江西等省市的公路部門，相繼建立省市級或地區級瀝青路面管理系統；上海、天津和北京等市的市政部門亦開始這方面的研究，目前許多其它省市和地區的公路市政部門則積極展開該領域之研究工作，預期 5~10 年內在路面管理系統方面將取得較大的進展。

2. 道路檢測車 (CICS 路況快速檢測系統)

從 2003 年開始，大陸交通部公路科學研究院公路養護管理研究中心將創新的理念融入西部科技專案開發行動中，根據科技資源富集及功能定位，立足西部，著眼全國，旨在提高行業服務能力，把加強自主創新作為經濟社會全面、協調和可持續發展的首要推動力量，激發創新活力，為路面養護技術的全面發展帶來不竭動力。

“瀝青路面快速檢測與養護技術的研究”是 2003 至 2006 年度西部交通建設科技專案，養護管理中心的科技人員在深入分析公路養護管理現狀、快速增長

的養護需求和未來管理發展趨勢的基礎上，依靠嚴謹的理論分析和大量的實驗驗證，研發了中國大陸第一臺具有完全自主智慧財產權和國際最先進技術水準的“路況快速檢測系統（CICS）”裝備及配套“路面損壞識別系統（CIAS）”自動識別軟體技術。專案研究成果共申請了 5 項國家專利，已經取得了兩項專利權證書和 3 項軟體著作權證書。此項成果的推廣應用，將顯著提高路況快速檢測的裝備水準和公路管理的技術含量，推進公路養護管理的現代化、規範化和科學化建設”CICS 路況快速檢測系統”。

路況快速檢測技術及裝備：路況快速檢測系統包括集成指標（路面損壞、道路平整度、路面車轍、紋理深度、前方圖像）的快速（0~100km/h）檢測裝備和配套的高科技路面損壞自動識別（CIAS）軟體。路況快速檢測系統（CICS）與早期開發的路面自動撓度儀（ABB）和路面抗滑性能檢測車（RICS），共同組成了一個完整的路面快速檢測裝備體系，成為公路養護快速檢測的三大主力裝備。CICS 檢測系統如圖 2.10、2.11、2.12 所示。



圖 2.10 CICS 路面快速檢測系統

(1) CICS 資料採集系統可分為以下幾種主要功能：

- a. 路面損壞資料獲取，解析度：小於 1mm，檢測寬度：2~3.6m，檢測速度：0~100km/h。
- b. 景觀圖像（前方）採集圖像品質：1600×1200 pixels，檢測頻率：100f/km。
- c. 道路平整度資料獲取（選配），感測器：雷射斷面儀（Laser Profiler）/

縱向加速度計，檢測單位：IRI（國際平整度指數）。

(2) 路面損壞識別系統（CIAS）軟體的技術指標：

- a. 路面損壞識別處理（裂縫、坑洞等）。
- b. 識別裂縫： $> 1.0 \text{ mm}$ 。
- c. 檢測速度： $0\sim 100\text{km/h}$ （取決於伺服器速度和檢測寬度）。
- d. 識別品質：參數控制。
- e. 檢測效率：提高 16 倍以上（與傳統檢測相比）。
- f. 檢測精度：達到 95 %以上（與傳統檢測相比）。

(3) 景觀圖像管理系統（RDView）軟體的技術指標

- a. 景觀圖像管理。
- b. 圖像管理： $> 20000 \text{ km}$ 。
- c. 圖像流覽：正常、高速。
- d. 定位查詢：線性座標（上、下行）。
- e. 關聯資料：路線、路基、路面（決策資訊等）、橋涵結構物、綠化。

CICS 的系統設計充分吸取了英國和歐洲的標準和規範。CICS 與早期開發的自動撓度、SCRIM（抗滑性能）和道路平整度自動檢測設備，構成了高速公路綜合養護管理系統（CPMS,XP）和主要公路路面管理系統（CPMS,NH）常態之資料快速檢測的成套裝備體系。CICS 的推廣應用將促進公路路面養護品質快速檢測技術的發展和滿足公路養護管理現代化、規範化和科學化建設的需要。



圖 2.11 鋪面影像檢測系統

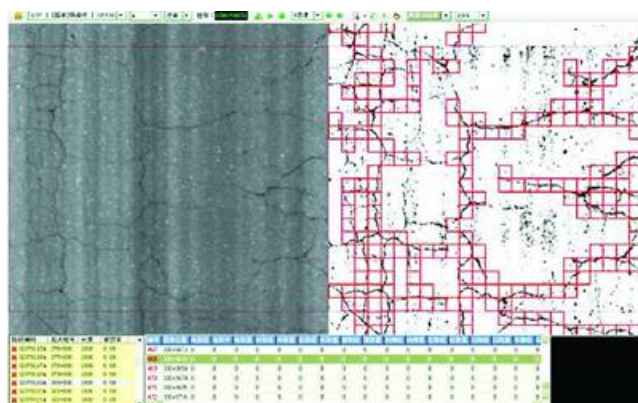


圖 2.12 CIAS 鋪面影像辨識系統

根據研發工作的需要，養管中心將路面養護專家系統的委託工程選擇在寧夏和四川兩個省區，路面快速檢測技術及裝備的委託工程選在山東、浙江和河北三個省。基於快速檢測技術的路面養護分析示範工程，此項工程裝配自動撓度儀（ABB）、抗滑性能檢測車（RICS）及路況快速檢測系統（CICS），讓這三大路面快速檢測裝備應用於示範工程；另對於快速檢測裝備，尤其是路況快速檢測系統及配套的路面損壞識別系統技術有了客觀的評估資料，讓探索了路面養護可以科學化、規範化和制度化的建設方法。

2.2 平坦度系統檢測文獻回顧【6】【7】

2.2.1 平坦度指標發展歷程

鋪面的平坦度是影響道路服務水準與維護成本之主要因素。因此平坦度指標是一項值得探討的課題，綜合各國際慣用之平坦度指標，整理如下：

1. 平坦度標準差 (Roughness Standard Deviation) 使用斷面式平坦儀所得之平坦度評估指標，適用於新工完成之道路，且因為使用儀器大部分均需以人步行速度來進行檢測，計算平坦度標準差須根據儀器所繪出之縱剖面輪廓以人工方式計算平坦度標準差，因此較費時耗力。
2. 國際糙度指標 (International Roughness Index, IRI) (ASTM E950-98) 具有客觀顯示鋪面狀況，不受人為因素干擾的優點，是第一個可廣泛使用於不同類型鋪面平坦儀的平坦度指標，同時有一套程式軟體輔助進行 IRI 值的計算，且美國材料標準試驗協會 (ASTM) 亦將其納入規範，因此比其它平坦度評估指標更具效率、實用與公正性。
3. 騎乘指數 (Ride Number, RN) (ASTM E1489-98) 是延續鋪面現況服務力指標的觀念，於進行平坦度小組評分之同時，同時以慣性式平坦儀量測檢測路段的高低起伏，再利用數學模式將慣性剖面式平坦儀測得的數據轉換成行駛指數 RN 值。但因為 RN 不是一個線性尺度，在互相比較時不可以任意取平均。
4. 輪廓指數 (Profiler Index, PI) (ASTM E-1274) 與平坦度標準差同樣為使用斷面式平坦儀所得之平坦度評估指標，適用於剛完工之道路，但因為使用儀器需以人工步行來進行檢測，且計算輪廓指數須以人工方式根據儀器所繪出之縱剖面輪廓計算 PI 值，因此較費時耗力。

其中，國際糙度指標 (IRI) 將來會是各國普遍採用於評估平坦度優劣的通用指標，且因為 IRI 具有線性的關係，所以可用來進行不同平坦度值之比較，可客觀地進行鋪面平坦度之檢測。而且進行平坦度檢測時搭配自動化檢測儀器及檢測軟體，使得檢測過程更有效率。因此本研究計畫研擬以國際糙度指標 (IRI) 進行柔性鋪面平坦度驗收標準值之研擬。

由於國際間陸續研發出多種平坦度量測儀器，但不同之儀器便輸出不同之平坦度指標，當指標間不易互相轉換，或指標本身穩定性不足時，便造成鋪面養護管理應用上之困難。

有鑑於此，世界銀行 (World Bank) 於 1982 年在巴西進行國際鋪面糙度試驗 (International Road Roughness Experiment, IRRE)，其研究單位包括巴西運

輸規劃局、巴西公路研究所、英國運輸與道路研究實驗室、美國密西根大學運輸研究所及比利時道路研究中心，目的為嘗試導出一個國際性共通之糙度指標，同時與其他平坦度指標有良好的相關關係。該研究總計有 49 處試驗路段，包含瀝青混凝土、表面處理、礫石與泥土等四種鋪面，分別使用不同型式之儀器與方法，包括：人工操作斷面平坦儀、慣性式平坦儀、反應式平坦儀、主觀評分。鋪面平坦度量測經過分析選擇，並推導出國際糙度指標，其特性如下：

- a. 國際糙度指標不因時間之變化而改變其量測特性。
- b. 國際間使用之平坦度量測儀器，均可直接或間接方式計算得到國際糙度指標。
- c. 可應用於各種型式鋪面，且 IRI 值之範圍涵蓋所有等級之鋪面。
- d. 可客觀顯示鋪面狀況，不受人為因素干擾，瞭解鋪面狀況對於維護成本、行駛品質及安全性所造成之影響。

由於 IRI 為一能夠廣泛應用於各種儀器之糙度指標，因此，美國聯邦公路總署於 1987 年選擇 IRI 為公路績效監測系統（HPMS）之標準糙度指標，之後美國 ASTM 亦將其納入規範。

國際糙度指標已成為世界上最多國家公認採用之糙度指標。IRI 之定義為參考平均修正坡度（Reference Average Rectified Slope, RARS80），它是代表以數值模擬時速 80 公里之四分車（quarter-car）行駛過試驗路段剖面單一輪跡之累積高程差與試驗路段長度之比率，其單位為公尺/公里（m/km）、公釐/公尺（mm/m）或坡度 $\times 1000$ （slope $\times 1000$ ）。

IRI 是第一個用於分析方法非常廣泛的剖面指標，它的定義其性質與真實剖面相同，因此可用於任何的真實剖面量測。該分析方程式已經發展完成與進行測試一些像是樣本區間等量屬性的最小影響。電腦程式範例已由世界銀行公佈並已經用於剖面量測，其他試驗新軟體也都用 IRI 計算。且經測試發現，即

使使用不同平坦度儀器量測，經計算後亦有幾乎相等的 IRI 值。其量測值與實際感受可由圖 2.13 對照得知。

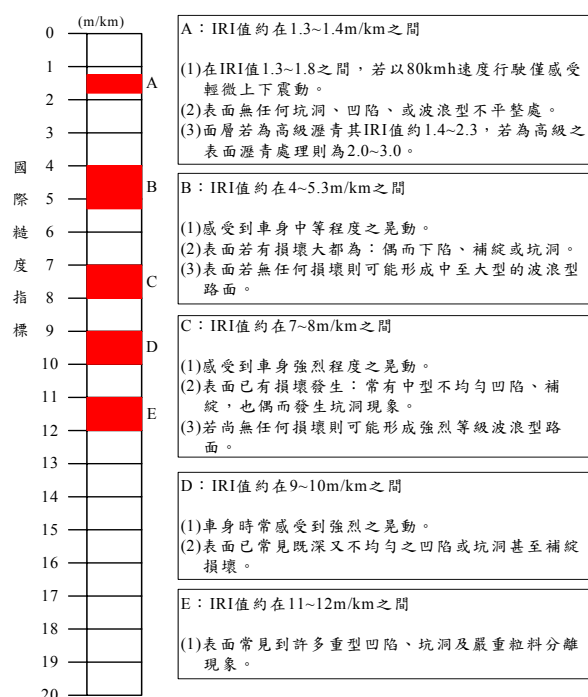


圖 2.13 柔性鋪面國際糙度指標評估圖

2.2.2 計算與檢測原理【7】

IRI 是以四分車 (quarter car) 模型計算而得，在美國國家合作公路研究計畫 (National Cooperative Highway Research Program, NCHRP) 第 228 號報告中，又稱黃金車 (Golden Car)，如圖 2.14 所示。四分車指一輛車子四個輪子的某一輪子裝有特殊機械系統以模擬乘車反應，其中包括垂直彈簧 (vertical spring) 表示輪胎、車軸質量 (axle mass)、懸吊系統 (suspension spring)、阻尼 (damper) 及由輪胎懸吊系統支撐著車體重量 (body mass)。

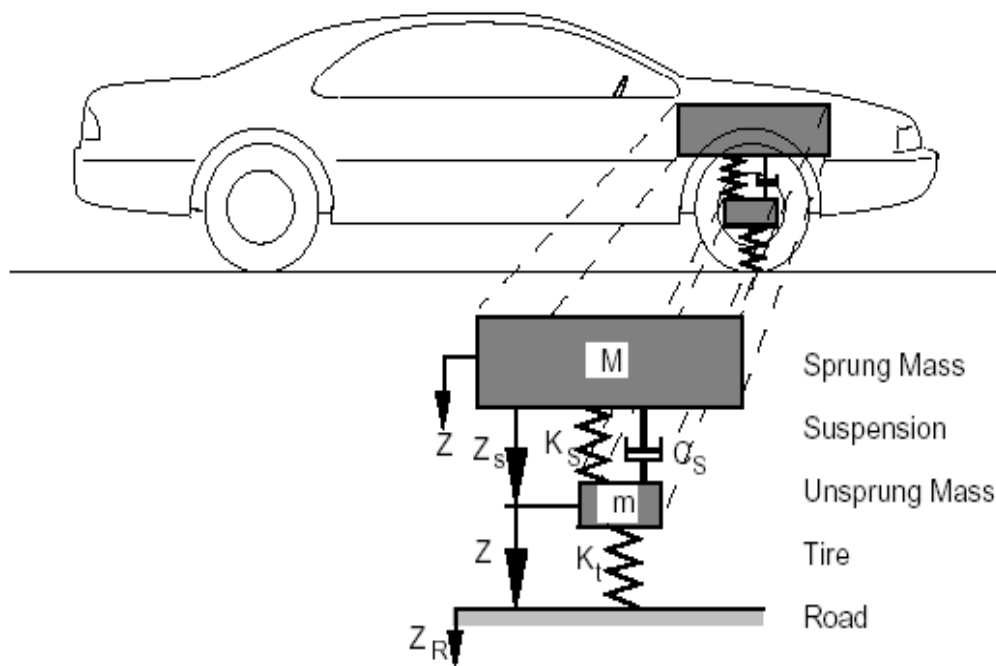


圖 2.14 黃金車模型

經過 IRI 四分車過濾反應的波數如圖 2.15 所示。正弦波輸出值的增幅是因為輸入值的增幅結果，其結果如圖形中的多重“獲益”顯示。該獲益在圖形中是顯示出維度的損失。然而，假如輸入值是一個坡度增幅的正弦波，產生的輸出值亦被增幅且其值表現在尖峰點上。

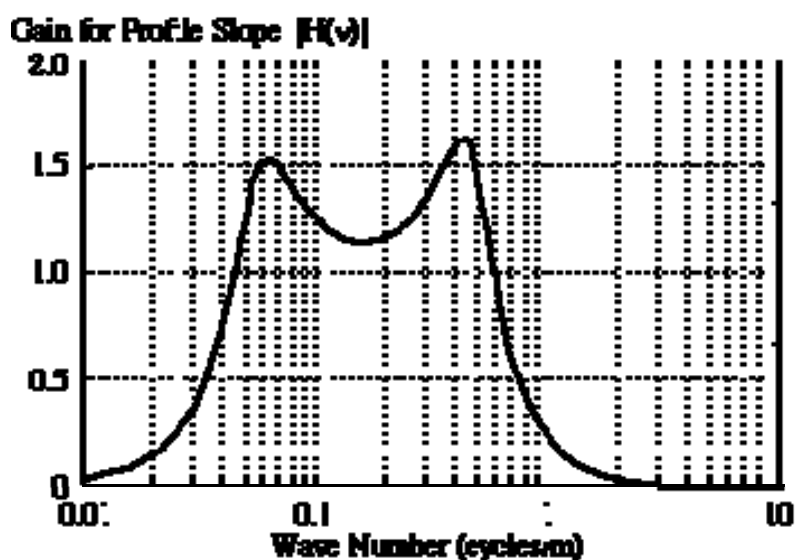


圖 2.15 IRI 波譜分布

IRI 對於坡度變化的敏感性為波數 0.065 cycle/m(波長大約為 15.4m)與 0.45

cycle/m (波長大約 2.4m)。敏感性降到 0.5 時波數為 0.033 與 0.82 cycle/m 相對於波長 30.5 m 與 1.2 m。然而，還有一些波長反應在此範圍之外。另外 IRI 對平坦度量測是為線性比例關係的，如將其量測的高程差倍增，其 IRI 值也會隨著倍增。當 IRI 值為 0 時，代表路面平坦度相當完美，當 IRI 值到超過 8 時，代表若無減速便行駛困難。

1. IRI 計算公式

IRI 即是將試驗路段總長縱向剖面修正坡度變化加以平均，其計算原理是利用四個變數之量測剖面方程式，這四個變數是模擬參考車輛行駛過量測剖面之動態反應，方程式的四個變數由每一個量測點之高程代入求解而得，起始變數即前 11 公尺（時速 80 公里行駛 0.5 秒之距離）之平均坡度，由下列方程式解得：

$$Z1' = Z3' = (Ya - Y1)/11 \quad (\text{式 } 2-1)$$

$$Z2' = Z4' = 0 \quad (\text{式 } 2-2)$$

$$a = 11/dx + 1 \quad (\text{式 } 2-3)$$

其中 Y_a 為第 a 次量測之剖面高程點， Y_1 為起始點， dx 為量測間隔。再將每一個量測之高程點代入下列四個方程式可得其解，其中 a 為 2~ n (n 為高程點量測之數目)：

$$Z1 = S11 * Z1' + S12 * Z2' + S13 * Z3' + S14 * Z4' + P1 Y' \quad (\text{式 } 2-4)$$

$$Z2 = S21 * Z1' + S22 * Z2' + S23 * Z3' + S24 * Z4' + P2 Y' \quad (\text{式 } 2-5)$$

$$Z3 = S31 * Z1' + S32 * Z2' + S33 * Z3' + S34 * Z4' + P3 Y' \quad (\text{式 } 2-6)$$

$$Z4 = S41 * Z1' + S42 * Z2' + S43 * Z3' + S44 * Z4' + P4 Y' \quad (\text{式 } 2-7)$$

其中：

$$Y' = (Y_i - Y_{i-1})/dx = \text{輸入坡度}$$

$$Zj' = Zj\text{-之前一點位置}, j=1,2,3,4$$

係數 Sij 、 Pj 則隨著量測間隔 dx 而變，因此，由方程式 2-4~2-7 可以解得沿著輪跡之每一點位置，當完成一點後，方程式 2-7 可以設定下一點位置之 $Z1$ 、 $Z2$ 、 $Z3$ 與 $Z4$ 的值。而對每一點位置之剖面修正坡度 (RS) 可以計算如

下：

$$RS_i = |Z_3 - Z_1| \quad (\text{式 2-8})$$

IRI 之統計是將試驗路段總長之剖面修正坡度變化加以平均，因此，當上述方程式將全部剖面點求解完成後，IRI 可以計算如下：

$$IRI = \frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n RS_i \quad (\text{式 2-9})$$

在上述的程序中，點與點之間隔 dx 可選定 $0.25\text{m} \sim 0.61\text{m}$ ，本程式選定 $dx=0.25\text{m}$ ，而根據 NCHRP 228，當 $dx=0.25\text{m}$ 時， S_{ij} 及 P_j 係數值如下：

$$dx=250, dt=0.01125\text{sec}$$

$S_{ij} \Rightarrow$

$S_{11}=0.1966071$	$S_{12}=1.091514\text{E-}02$	$S_{13}=-2.083274\text{E-}03$	$S_{14}=3.190145\text{E-}04$
$S_{21}=-0.5563044$	$S_{22}=0.9438768$	$S_{23}=0.8324718$	$S_{24}=5.064701\text{E-}02$
$S_{31}=2.153176\text{E-}02$	$S_{32}=2.126763\text{E-}03$	$S_{33}=0.7508714$	$S_{34}=8.221888\text{E-}03$
$S_{41}=3.335013$	$S_{42}=0.3376467$	$S_{43}=-39.12762$	$S_{44}=0.4347564$

$P_j \Rightarrow$

$P_1=5.476107\text{E-}03$	$P_2=1.388776$	$P_3=0.2275968$	$P_4=35.79262$
---------------------------	----------------	-----------------	----------------

2. 剖面計算

慣性是平坦儀藉由雷射測距儀、加速度規與里程系統之輸出計算出真實高程，垂直加速度規經由兩次積分計算參考高程，而雷射測距儀須架設在與加速度規相同位置處並直接量測與鋪面表面之高程，雷射所得之高程與加速度規所計算之參考高程進行疊加成為真實高程。連結每一點所得之高程成為連續之縱向高程測量。此計算高程之方法由 Elson Spangler 與 William Kelly 所發明，由以下數學式所表示：

$$Z(x) = H(x) + \iint_x A_t(s)/V^2 ds ds \quad \dots\dots\dots (\text{式 2-10})$$

X 表示該測點之位置， $Z(x)$ 為計算出之高程， $H(x)$ 為雷射測距儀所量測之高程，而積分項內為加速度規值 $A_t(s)$ 與行駛速度 V 所導出之參考高程。加速度除以行使速度的平方轉變為空間加速度，其單位為長度的倒數。雷射測距儀

量測為車體到地面之距離且應為負的值。

所有的慣性式平坦儀皆是使用上述之方程式來計算高程，以下將介紹

FHWA ProRut profiler 所使用之計算高程過程：

Step1：計算並去除加速度規內之偏差值，此步驟將會使以下積分過程發生最小錯誤。

Step2：將時間軸(A_t)轉換成空間軸(A_s)：

$$A_s(i) = A_t(i)/V^2 \dots\dots\dots (\text{式 } 2-11)$$

Step3：將空間加速度進行一次積分獲得斜率，形成遞迴方程式：

$$S_a(i) = C \cdot S_a(i-1) + \Delta \cdot A_s(i) \dots\dots\dots (\text{式 } 2-12)$$

註： Δ 為取樣區間而 S_a 為加速度規量測之斜率高程之分量，第一項包含除去因子， $C=\Delta/L$ ， L 表示為感興趣之最長波長之三倍。

Step4：將雷射測距儀量測訊號(H)進行微分得到斜率：

$$S_h(i) = \frac{CH(i+1)-H(i)}{\Delta} \dots\dots\dots (\text{式 } 2-13)$$

其中 S_h 表示雷射測距儀量測之高程分量。

Step5：將雷射測距儀與加速規所量測訊號之斜率進行疊加，獲得路面高程(S)之斜率：

$$S(i) = S_a(i) + S_h(i) \dots\dots\dots (\text{式 } 2-14)$$

Step6：將上述之高程斜率進行積分獲得高程。此積分過程中消除掉斜率高程計算中的延遲部份，在次方程式中，「 i 」應為最後一筆倒第一筆資料。

$$Z(i) = C \cdot Z(i+1) + \Delta \cdot S(i) \dots\dots\dots (\text{式 } 2-15)$$

3. IRI 與檢測速度關係

平坦度量測期間的速度變化發生在平坦儀運作期間車輛加速或減速。

NCHRP Project 10-47 研究顯示，平坦儀運作時的加減速會影響剖面資料。加速或減速都會使加速度規傾斜影響加速度規的讀數，這包含了平坦儀量測到的波長誤差。在收集平坦度資料時，平坦儀必須在開始量測該區段之前達到其設備最低允許檢測速度，並且在量測該區域平坦度期間維持速度。下列範例顯示了

加速及減速時對平坦儀收集資料時的影響。圖 2.16 顯示緩慢煞車對剖面資料的影響。這個圖表顯示高速平坦儀在固定速度 80km/h(50mi/h)進行五次數據收集，其中一次運轉中以緩慢煞車使速度從 80km/h(50mi/h)降到 48km/h(30mi/h)。

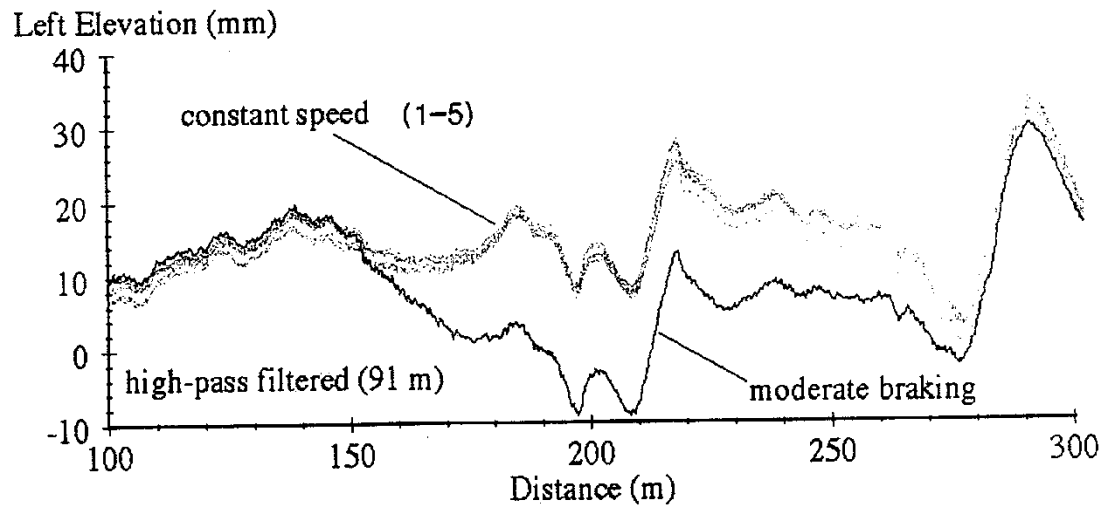


圖 2.16 煞車對剖面資料的影響

圖 2.17 顯示高速平坦儀收集剖面資料時受到急速加速的影響。這個圖表顯示高速平坦儀在固定速度 80km/h(50mi/h)的五次收集，其中一次運轉中急速加速使速度從 48km/h(30mi/h)上升到 80km/h(50mi/h)。

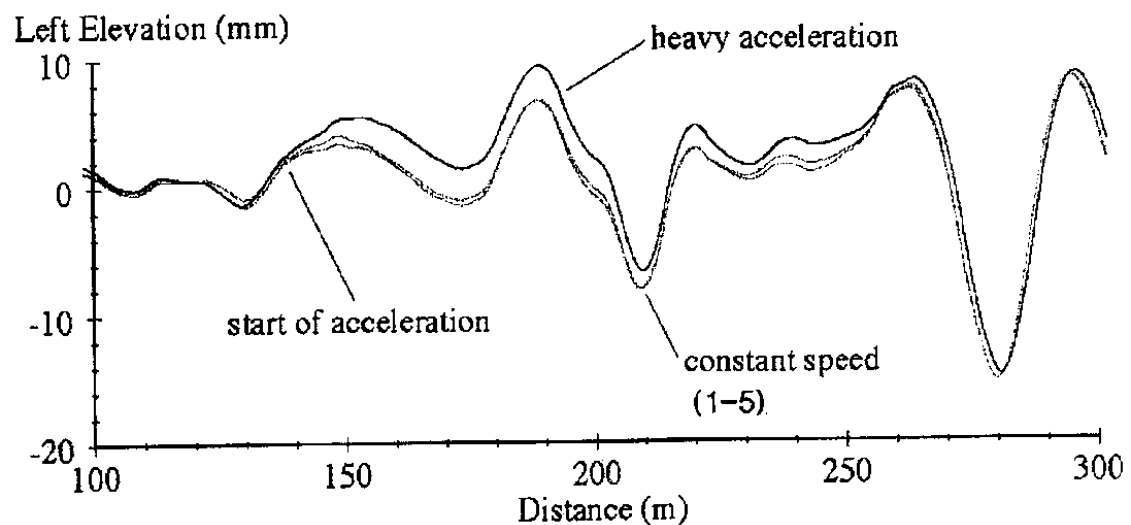


圖 2.17 加速對剖面資料的影響

在 NCHRP Project 10-47 中，他們使用五個平坦儀來研究一連串速度變化對剖面資料的影響。這些測試使用一段長 450m(1475ft)的區域，而這些測試指出平坦儀運作時，加速及減速對剖面資料的波長所造成的影響。然而，速度變化對 IRI 值的影響通常很小。這是因為影響 IRI 值的波長小於 30m(100ft)。表 2.2 綜合了實驗中各種不同速度的測試，並且呈現其中一個雷射平坦儀在 150m(495ft)到 300m(980ft)這一小段區域中的 IRI 值。

表 2.2 速度變化對 IRI 值的影響

測試狀態	狀況描述	IRI	
		左	右
維持穩速進行	時速 80km/h	1.03	1.49
急踩剎車	由時速 80km/h 行駛 135 公尺後，急降至 48km/h，並維持這個速度直至檢測結束	1.01	1.55
緩慢加速	由 48km/h 行駛 135 公尺後緩慢加速至 80km/h 至檢測結束	1.00	1.50
急速加速	由 48km/h 行駛 135 公尺後急速加速至 80km/h 至檢測結束	1.00	1.53
此檢測結果為五次平均所得之 IRI 值			

注意這些測試的影響會因不同平坦儀有不同結果，有些平坦儀對速度變化的靈敏度會比表 2.1 的平坦儀來的更大。K.J. Law 輕型平坦儀的一連串實驗顯示，雖然剖面圖受到平坦儀運作時的加速及減速影響，對 IRI 值的影響仍然很小。但速度變化對平滑率確實有影響，就新工的品質測試來說，這些影響可能代表鋪面區域可以被接受與否。因此，平坦儀運作時，保持固定運轉速度還是非常重要。

2.3 鋪面影像擷取辨識系統文獻回顧【7】【8】【9】

2.3.1 鋪面影像擷取與品質規範【9】

美國聯邦公路總署（ FHWA ）馬里蘭州運輸部議定 AASHTO PP44”量化

瀝青路面”作為收集及處理鋪面狀況數據之標準，並報告執行情況數據，給予一級管理單位做為網路層級管理之用。此項規範包含了瀝青鋪面表面輪跡處與非輪跡處之裂縫量化的程序。但此規範並不規範量測的配備或是儀器之規格及效能，規範中提到只要能夠將鋪面影像依規範準確量化鋪面破壞，皆可考慮使用。而將鋪面管理標準化並定義出資料狀態，使用者便可蒐集各種裂縫資料，此規範原本是為自動化檢測設備使用者而制定的，但為了某些使用者需求，也制定了手動量測之規範。

1. 鋪面取樣量測

- (1) 自動化的量測—使用一輛車以近似高速公路的行車速度行駛，並搜集整條道路的資料（擷取鋪面 100%樣本）。
- (2) 手動的量測—在車道量測時，觀察缺失並記錄統計上可靠樣本的資料。每個路段的信賴程度在結果上需要大於 85%。美國運輸部認為連續的影片或磁帶可視為手動的量測。

2. 車道量測方式

- (1) 量測車道兩種方式，一為量測兩輪軸間寬度約 2.5 公尺（8 英尺），另一選擇為量測 3.6 公尺（12 英尺）完全的車道寬度。
- (2) 未用標線區隔之道路僅量測單一方向，雙車道以上則量測外側車道。
- (3) 每次量測建議均檢測相同方向及相同車道。

3. 裂縫的定義及形式

- (1) 裂縫是在鋪面表面上最少寬 1 公釐（1/25 英吋）、長 25 公釐（1 英吋）的面積。裂縫的型式可包含縱向裂縫、橫向裂縫及交錯裂縫，而這項規範的目的，是要量化並區分有負重承載（疲勞）和無負重承載（環境，反射性，等...）間鋪面裂化及連接的差別。
- (2) 無負重承載的裂化，是先量測非輪跡區域的裂化，再將其量化而得。
- (3) 密集的裂縫是無法被手動的量測量化的。自動化的量測配備無法量化任何間斷性大於 25 公釐（1 英吋）的寬度。

- (4) 規範中強調輪跡處劣化的比重，並將其與非輪跡區域比較，是假定量化成因承載造成之劣化。
- (5) 輪跡處的裂縫—輪跡處的裂縫如圖 2.18 所示，是由內、外側輪跡處所決定的。
- (6) 評斷輪跡處之間的裂縫—非輪跡處的裂化如圖 2.18 所示，是由輪跡處間的區域所決定。

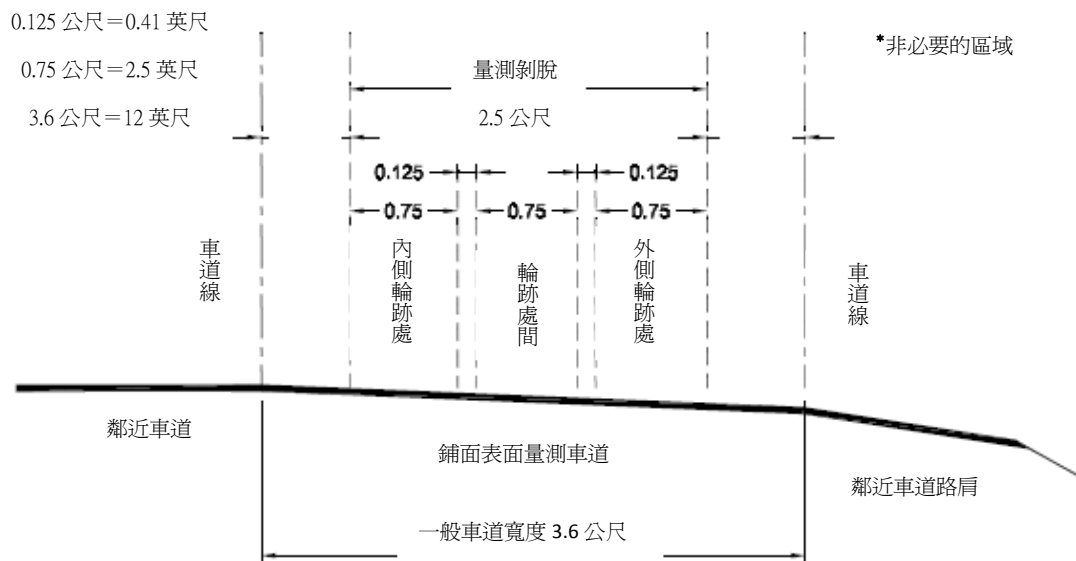


圖 2.18—量測車道的剖面圖顯示了輪跡處，並且定義輪跡處間的面積

- (7) 測定剩餘車道中，不一定需要蒐集任何額外的非輪跡處裂縫資料，是否有此需求將交由主管機關來定義。
- (8) 等級一—裂縫 < 3 公釐 ($< 1/8$ 英吋)。
- (9) 等級二— 3 公釐 ($< 1/8$ 英吋) $<$ 裂縫寬度 < 6 公釐 ($< 1/4$ 英吋)。
- (10) 等級三—裂縫寬度 > 6 公釐 ($< 1/4$ 英吋)。
- (11) 裂縫強度量化，每個等級都依每單位面積 (公尺/公尺²) 裂化總長的剝脫面積量測區分。
4. 資料數據的記錄
- (1) 自動化的量測—鋪面的總長將會被量測 (100% 樣本)。簡易的資料間隔

要在 0.1 公里（0.062 英里）。

(2) 手動的量測—同性質區域的樣本數量是由信任的等級和樣本的變異性決定的。平均需大於 85%信賴區間，每個區域至少要有 4 個樣本。在裂縫量測範圍內，所有裂縫總長的精確等級將會被加在一起。表 2.3 顯示了取樣間距之樣本數。

(3) 樣本大小應在 0.03 公里（0.02 英里）到 1.0 公里（0.62 英里）之間，降低變異性，樣本大小可由主管單位決定。

表 2.3 信賴區間

信賴區間		
取樣數	85 信賴區間	95 信賴區間
5	1.034s	1.802s
10	0.691s	1.204s
20	0.476s	0.829s

註：此處的 s 指的是樣本的標準差

5. 報告範例

表 2.4 為一標準的報告數據範例，標準報告之內容應還包含以下需求：

- (1) 分界的鑑定—為了資料搜集的分級，行政機關將會列出所有需要的資訊，並且使用他們現行參考的系統去設置分級區域。
- (2) 資料搜集的長度分級，公里（英里）。
- (3) 樣本長度公尺（英尺）。（若取樣未達百分之一百）
- (4) 樣本區域—樣本開始的地點。
- (5) 輪跡處裂縫樣本長度公尺（英尺）的精確分級。
- (6) 非輪跡處裂縫樣本長度公尺（英尺）的精確分級。
- (7) 資料搜集的日期（月/日/年）。

表 2.4 試驗報告範例

Severity Level	Outside Wheelpath,m/m ²	Inside Wheelpath,m/m ²	Between Wheelpath,m/m ²	Optional Areas and Distress		
				Edge Cracking	Joint	Transverse Cracking
1	12	19	5	User defined	User defined	User defined

2	25	10	2	User defined	User defined	User defined
3	10	12	4	User defined	User defined	User defined

2.3.2 影像辨識過程與應用

影像辨識如今已廣泛發展與應用於各領域，如手寫辨識、特徵辨識、人臉辨識、指紋辨識、醫學影像辨識、生物檢測、自動控制檢測、交通工程等。在交通工程的領域，車牌辨識與鋪面破損影像辨識為主要的應用方向。

近年來，國內外單位致力於針對鋪面破壞如裂縫、坑洞辨識等，皆逐步採用自動化方式進行檢測與分析。以美國與加拿大為例，皆發展出能結合檢測車的自動化鋪面裂縫與坑洞檢測系統，由於載具具有能高速移動的特性，故如何迅速且準確的進行鋪面檢測是當前的研究發展目標，亦是本研究所考量的研究課題。

在國外自動化檢測技術發展的刺激下，國內學者亦著手進行自動化檢測技術的研發，以期能發展出符合國內道路狀況需求的演算方法與流程。2002 年李釗(Chau Lee)等學者【10】針對機場鋪面進行自動化影像蒐集系統之研究，該研究運用汽車做為載具行進攝影，並整合全球定位系統 (Global Positioning System, GPS) 及地理資訊系統 (Geographic Information Systems, GIS)，發展機場鋪面自動化影像蒐集系統。2005 年，林志勇【11】等學者進行鋪面破壞影像辨識系統研究，探討鋪面檢測車之檢測與影像處理原理與設備，並針對鋪面損壞程度與種類進一步的實驗與驗證，此研究亦加入鋪面狀況指標(Pavement Condition Index, PCI) 評比道路品質。同年九月，許峻榕(C. J. Hsu)【12】等學者，利用車載 CCD 攝影機垂直於地面擷取影像，透過電腦即時擷取資料，並使用差分全球定位系統(DGPS) 與車輪計數器(odometer) 設備結合卡爾曼濾波(Kalman Filter) 影像擷取，來改善因車行速度過快或過慢造成的影像資料重複記錄或無法連續等問題。在裂縫偵測上，使用二次多項式配合最小二乘法來補償光源反射不均問題，然後以區段法(Segmentation) 之模糊熵(Fuzzy Entropy) 原理找出裂縫與背景之門檻值進行二元化處理，最後使用物件標示法將鋪面裂縫影

像中的裂縫物件化，由影像的物件形狀來辨別裂縫種類與大小。

2.4 道路影像實錄系統文獻回顧

2.4.1 國外道路影像實錄技術發展演進

美國奧勒崗州運輸部門（Oregon Department of Transportation, Oregon DOT）在 2005 年接受美國 FHWA 委託，針對美國各州目前進行公路養護監控所使用之自動資料收集設備進行調查，其間並透過問卷調查方式收集 16 個州對於「錄影實錄」的使用情形。問卷調查結果顯示，16 個州均採用自動資料收集設備進行調查，其中有 13 個州是運輸部門所提供之設備，影像儲存方式包括整數位影像與 Super VHS，且多數州均採用每年調查一次的方式進行，惟 16 個州當中，有超過半數在每年調查時並未作全面清查，而是採用局部調查方式進行。

此外目前美國已有部分州政府建置 VIDEO LOG 線上查詢系統，如奧勒崗州、賓州以及佛羅里達州等，另外也有部分州政府採用 PHOTO LOG，如康乃狄克州與紐約州等。以下僅就奧勒崗州、賓州以及佛羅里達州 VIDEO LOG 線上查詢系統之發展現況作一整理回顧。

1. 美國奧勒崗州 Video Log 【13】

拍攝角度係採用駕駛人視野，道路影像拍攝資料除了提供奧勒崗州運輸部門使用之外，並提供其他公部門或私人單位透過網路瀏覽與資料申請作業。美國奧勒崗州 Video Log 現存的連續影像資料年期為 1986 年迄今，2001 年起開始提供單張照片(JPEG)。惟所有道路之影像資料更新時間不一，但美國奧勒崗州 Video Log 已提供所轄公路之現存道路影像資料年期供申請人參考。申請人申請美國奧勒崗州 Video Log 資料時，須提供下列資訊。

- a. 公路名稱/編號。
- b. 區域說明(里程或交叉點)。
- c. 旅行方向。
- d. 資料年期。
- e. 資料種類(連續影像或單張照片)。
- f. 資料交付方式(VHS/DVD/CD/FTP Site)。

美國奧勒崗州 Video Log 資料提供，除奧勒崗州運輸部門以及與奧勒崗州運輸部門有合約之單位，不予以收費之外，其他公部門或私人單位均須付費，計價方式為第 1 片(VHS/DVD/CD)為 50 美元，第 2 片之後，每片 6.9 美元。

美國奧勒崗州 Video Log 除了提供連續影像及單張照片資料申請作業之外，並另行設立一線上查詢網站，供美國奧勒崗州運輸部門與一般民眾上網查詢，其中供美國奧勒崗州運輸部門查詢之網站，係針對美國奧勒崗州運輸部門員工，並未開放給一般民眾使用。操作過程僅須依據畫面上所提示之 6 項步驟：(1)公路名稱、(2)道路型態、(3)里程類別、(4)資料年期、(5)起迄點以及(6)旅行方向(順逆樁)，即可進行查詢。圖為完成上述 6 項步驟後的查詢結果顯示，目前美國奧勒崗州 Video Log 線上查詢可提供前方與右前方之單張照片(640x480x24bpp)，照片與照片之距離間隔為 0.005mi(約為 8 公尺)，此外並提供連續照片之播放，如圖 2.19 與圖 2.20 所示。

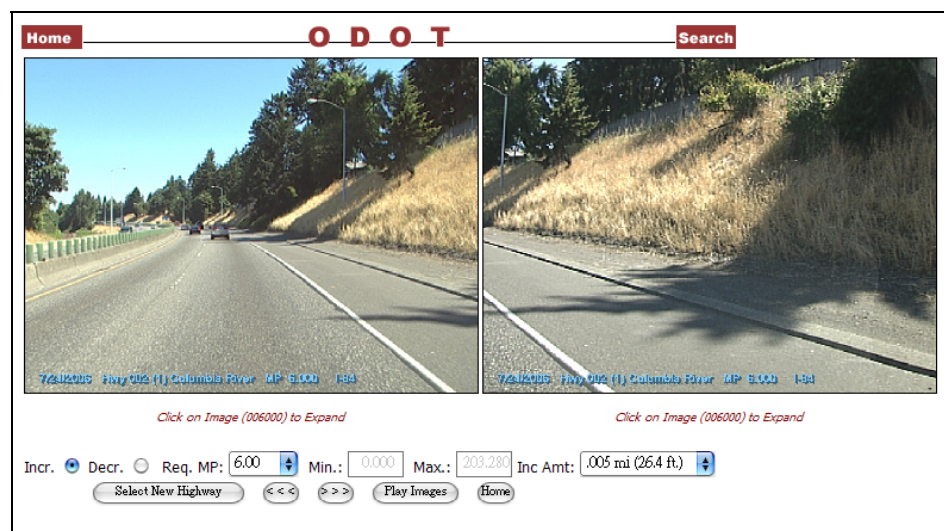


圖 2.19 美國奧勒崗州 Video Log 線上查詢系統查詢結果畫面(一般民眾)



圖 2.20 美國奧勒岡州 Video Log 線上查詢所提供之單張照片

2.美國賓州 Video Log 【14】

賓州運輸部門有鑑於 2001 年前所開發之 Video Log，僅能提供單一方向之道路影像，因此在 2002 年委外進行系統更新作業，更新後之線上 Video Log 查詢系統已整合賓州道路管理系統(Roadway Management System, RMS)、GPS 及電子地圖顯示介面(Generic Mapping Interface, GMI)，可依據網路連線速度，提供單一照片或 3 張照片同步顯示之功能，如圖 2.21、2.22 所示。

賓州運輸部每 2 年會針對美國賓州線上 Video Log 查詢系統中既存之數位影像資料，進行更新作業。使用者在登入美國賓州線上 Video Log 查詢系統後，第 1 步必須依據所使用之網路環境，選擇連線速度。第 2 步驟則是選擇查詢方式，美國賓州線上 Video Log 查詢系統共提供 6 種查詢方式。以「PennDOT Route」為例，使用者在完成欲查詢之道路點選之後，美國賓州線上 Video Log 查詢系統會以電子地圖方式顯示查詢位置，供使用者確認是否為查詢目標。第 3 步驟為使用者確認查詢目標後，美國賓州線上 Video Log 查詢系統即依據查詢條件，開啟新視窗顯示查詢結果，若連線速度為高速，則可同步顯示包括左前方、前方以及右前方等 3 張照片，此外還包括該地點之電子地圖。

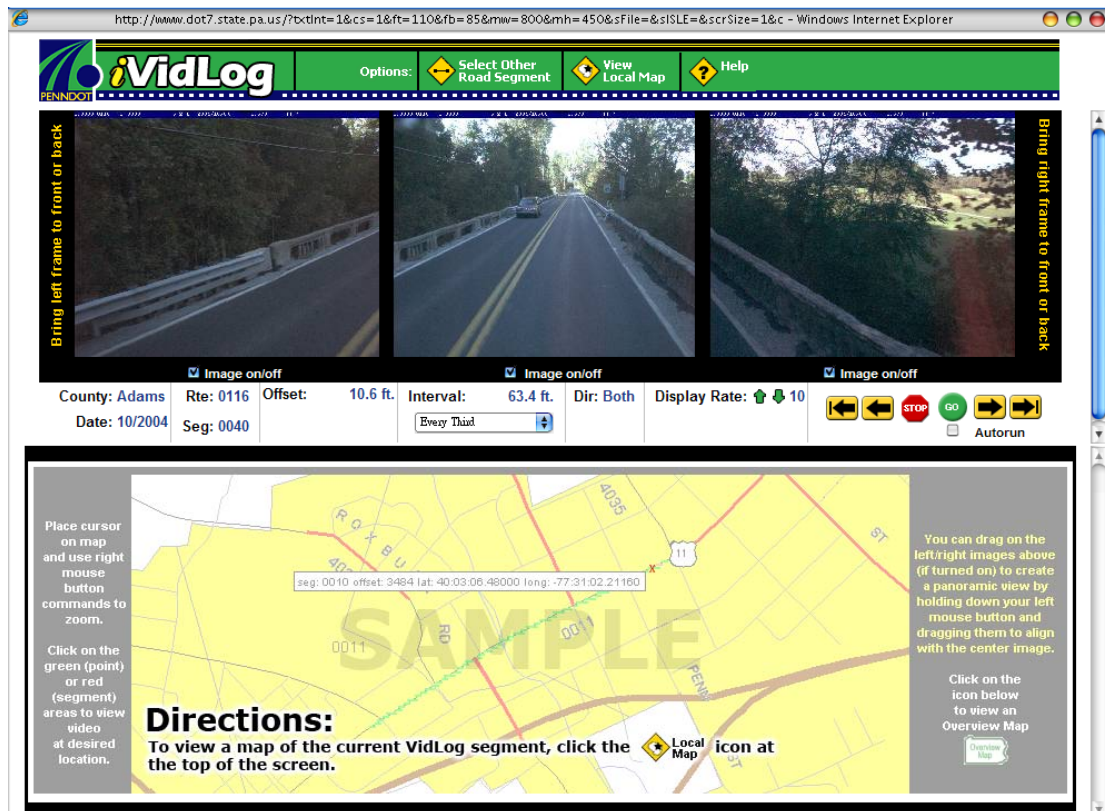


圖 2.21 美國賓州線上 Video Log 查詢結果顯示(高速網路環境)

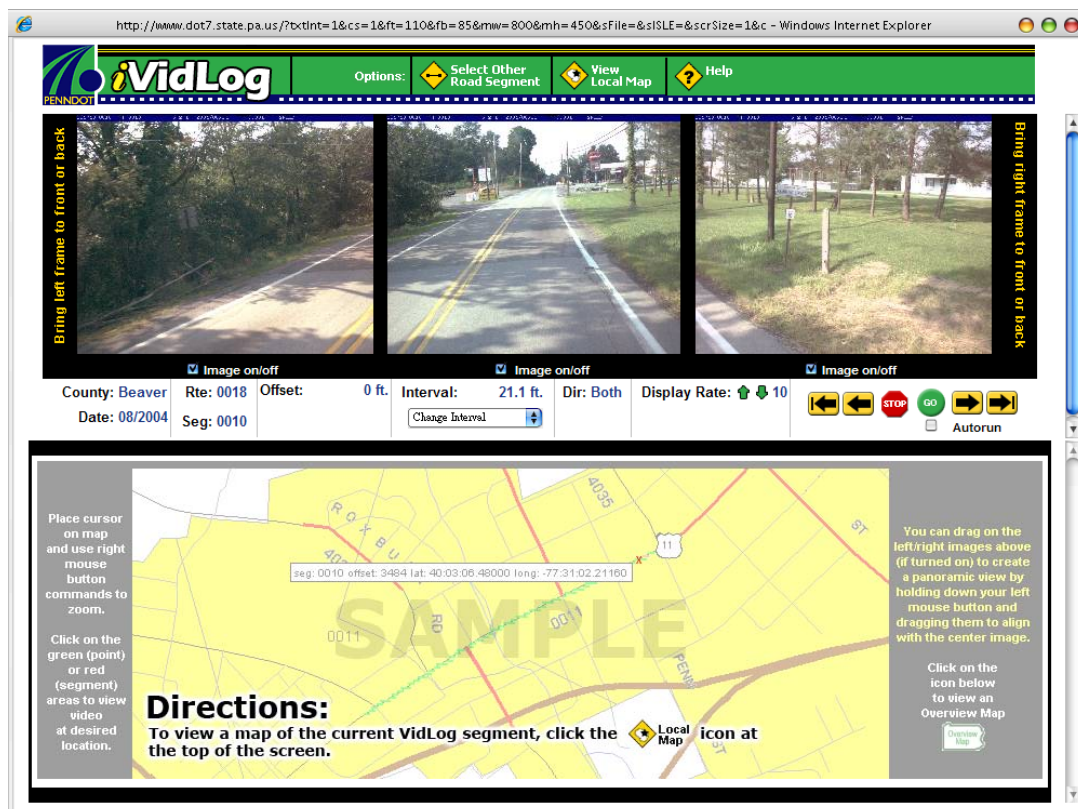


圖 2.22 開啟新視窗顯示查詢結果

3.美國佛羅里達州 Video Log 系統【15】

美國佛羅里達州 Video Log 系統係屬美國佛羅里達州運輸部道路設施管理系統(Roadway Characteristics Inventory (RCI) system)中的一部分，並未開放給外界使用，僅供美國佛羅里達州運輸部使用。佛羅里達州 Video Log 系統的資料收集方式係採用距離量測儀(Distance Measuring Instrument, DMI)、2 臺數位攝影機(Video camera)以及 GPS，以 2 年為一個調查週期，針對佛羅里達州 12,000 車道英哩公路(雙向 24,000 車道英哩)進行外業調查工作，拍攝後之數位影像經過內業處理，均轉為單張 JPEG 照片格式，以方便儲存與網路傳送。單張照片之影像間距約為 8 公尺(26.4feet)或每英哩 200 張照片，惟因調查年期不同，故有部分單張照片之影像間距約為 16 公尺(52.8feet)。美國佛羅里達州 Video Log 系統主要用於協助 RCI 系統的設施資料更新，但不適用於設施里程精確定位之應用。

由於美國佛羅里達州 Video Log 系統，並未開放給外界使用，僅供美國佛羅里達州運輸部使用，因此必須先利用帳號密碼登入 RCI 系統，完成登入動作之後，點選「VIDEO LOG」之連結，即可進入美國佛羅里達州 Video Log 系統查詢畫面。進入查詢畫面之後，使用者可透過簡易搜尋、進階搜尋以及電子地圖搜尋等 3 種方式，進行 Video Log 數位影像資料查詢。方式 1 簡易搜尋，使用者直接鍵入欲查詢之道路代碼，即可直接查詢；方式 2 進階搜尋，使用者點選操作畫面中之「Search」按鈕後，Video Log 系統會跳出新對話視窗，使用者透過下拉選單方式建立搜尋條件，系統即依據搜尋條件顯示查詢結果，如圖 2.23 所示。方式 3 電子地圖搜尋。此外，由於佛羅里達州 Video Log 系統係利用 2 臺數位攝影機(Video camera)進行拍攝(前方與右前方)，因此查詢結果顯示可依據使用者需求，選擇顯示前方或右前方之道路影像。

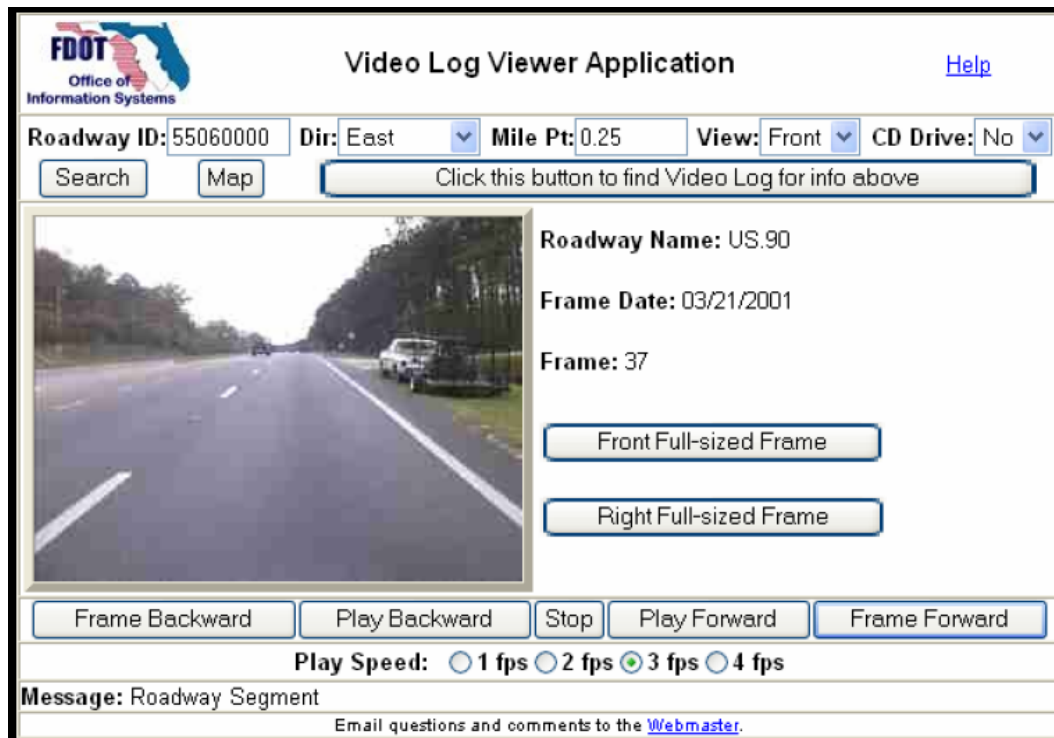


圖 2.23 美國佛羅里達州 Video Log 系統查詢結果顯示畫面

4. 美國康乃狄克州 Photo Log 系統【16】

美國康乃狄克州運輸部每年利用所屬 2 臺 ARAN(Automatic Road Analyzer) Photo Log 系統，如圖 2.24 所示，針對州內 6,155 公里車道(雙向 12,300 公里)進行外業調查作業，該系統配屬 2 臺數位相機，分別拍攝前方與右前方之道路影像，拍攝間隔由 4、5、10 公尺不等，視實際操作情形而定。此外，在進行 Photo Log 影像記錄作業過程當中，ARAN 系統也同時記錄 GPS、車轍、鋪面影像、…等等其他資料。美國康乃狄克州 Photo Log 系統並未提供網際網路線上查詢功能，而是必須透過其所發展之 DigitalHIWAY 系統，該系統包括 3 個模組功能，分別為 DigitalHIWAY Incremental Index and Editor (IIE)、DigitalHIWAY ImageServer (DH ImageServer)以及 DigitalHIWAY Client (DH Client)。其中 DigitalHIWAY Incremental Index and Editor (IIE)模組功能主要在於內業資料處理；DigitalHIWAY ImageServer (DH ImageServer)則是負責儲存 DigitalHIWAY Incremental Index and Editor (IIE)模組處理完畢後之資料，並作為後續道路影像瀏覽之伺服器；DigitalHIWAY Client (DH Client)模組功能主要在於提供道路影像瀏覽介面。

目前美國康乃狄克州 Photo Log 系統已對外提供付費資料申請服務，資料年

期為 2002~2006 年，不同年期所提供之數位影像資料之格式亦不盡相同。



圖 2.24 ARAN(Automatic Road Analyzer) Photo Log 系統

2.4.2 國內道路影像實錄應用比較

1. 中央大學【17】

中央大學參考了 ARAN 的方式設計整套鋪面狀況指標檢測系統並予以改良，以數位攝影機來進行整體路段之路面影像收集，並以數位影像取代了 ARAN 以錄影帶儲存影像；另採用數位化音頻調變資料儲存系統來讓影像與 GPS 達到完全同步，並以 GPS 來提供位置座標，如此可直接套入 GIS 系統，而不是採用 ARAN 所使用的 DMI 紀錄方式。該系統以按鍵方式來提供現場評級並於內業自動抓取路面破壞影像、計算 PCI 值，由於提供 GPS 座標，可讓調查人員於外業調查時一同進行路面破壞影像的收集並評級之，減輕調查人員於內業作業時的負擔，亦可讓調查人員於內業作業時對路面狀況來加以評級，減輕調查人員於外業作業時的負擔，且於影像資料中直接與 GPS 同步並套入 GIS 系統，讓使用者可更加了解路面於何處破壞。在角架方面考量了各型檢測車的不同，採用了吸盤加上雲臺來架設數位攝影機，如此在架設攝影機時不僅可適用於各車型，更可調整攝影機角度來搜集不同的目標物，以便應用於如 Photologging 上便可搜集沿線路況、交管設施等等。架設方式與設備如圖 2.25~2.27 所示。



圖 2.25 道路攝影機架設



圖 2.26 解碼盒

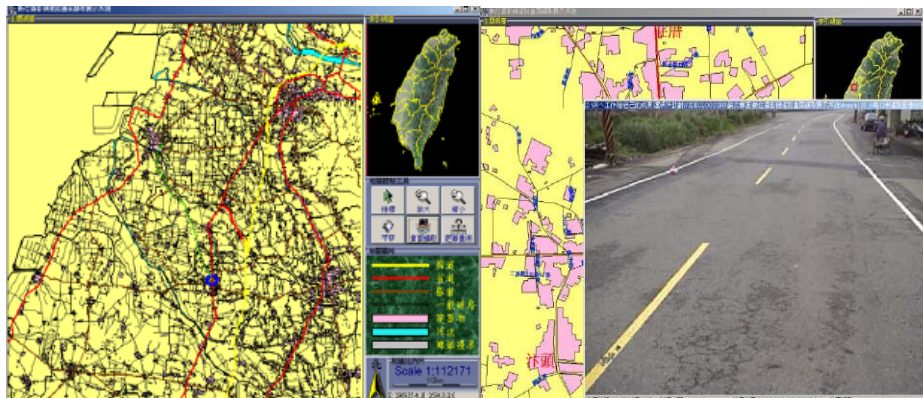


圖 2.27 道路實錄系統展示畫面

2.中央大學機械系【18】【19】【20】【21】【22】

本所自 89 年開始發展至今共進行過八個相關計畫進行全省公路基本資料庫建置，調查範圍已包含省道及縣道（除離島、尚未開通及調查時正進行整修之道路），總計約 8,700 公里，資料內容可謂相當的豐富完整。公路基本資料庫調查系統主要是結合了「地理資訊系統」、「衛星定位系統」與「影像實錄」(Photologging)等技術的公路基本資料調查系統，將公路實地拍攝之照片，配合公路基本資料整合儲存於電腦中，以供資料的管理、查詢、修改及使用。

除本所進行的公路基本資料調查外，公路總局則是依規定每十年進行一次全國省縣公路大普查，由委外的調查單位依「公路設施基本資料清查規範」進行調查，並將調查資料填入公路總局所設計的資料表中。在目前所使用的記錄表中，共包含路基資料、路面資料、橋梁資料...等 15 項調查項目。目前公路總局的調查資料已整合至本所發展的「公路基本資料管理系統」中。

在公路基本資料內容的部份，主要可區分為「路基路面」、「交管設施」及「公路基本設施」三大類。其中「路基路面」影像資料是紀錄實地拍攝所取得之道路影像；「交管設施」則是紀錄『指示標誌』、『速限』、『限高』、『轉向限制』及『里程碑』；「公路基本設施」則是依公路總局所提供之資料（即俗稱『臺帳』），依標準拍攝方式進行資料調查。

在「路基路面」影像資料調查的部份，由於外業調查技術的突破，已改用數位攝影機取代原有的數位相機，可將外業調查速度由 25kph，大幅提昇至 80kph 以上，大大縮短了外業調查時間，而且透過連續影像的拍攝，更可完整記錄道路周遭之影像。外業調查時透過「調查系統同步化控制程式」，可同時整合 GPS 訊號、里程計之資料，及控制硬碟式錄放影機之儲存，並確保儀器設備訊號與拍攝之影像時間同步。對於拍攝後之大量影像，透過「影像自動化輸出程式」可自動依設定的影像間距，輸出所需的單張影像，也大幅縮小了以往影像轉檔及單張影像輸出的處理時間。

目前該管理系統因為影像資料量龐大，原本僅能提供單機查詢使用，但今年配合使用 AJAX（Asynchronous JavaScript And XML）技術開發公路基本資料庫的線上查詢版本，除具備單機原有的查詢功能外，亦新增道路交通設施統計報表功能，如圖 2.28 所示。



圖 2.28 本所公路基本資料庫

(1) 外業調查軟硬體設備

外業調查系統所採用之硬體設備，包括有數位攝影機、差分衛星定位儀 (DGPS)、里程計、資料擷取卡、電腦、腳架雲臺、電源以及調查車輛等。外業調查所使用之電腦為日前由 Intel 所發布的 Intel Core 2 Duo 處理器，大幅提昇運算速度，配合高速晶片組運作，可提供清晰銳利的視訊並加速影像多媒體處理效果，除可提高外業調查作業之穩定性之外，同時也能有效改善內業資料處理之效率，另在內業資料處理方面，也採用 Intel Core 2 Duo 處理器並擴充記憶體至 4G，以加速資料處理速度。

(2) 內業處理作業

道路影像資料處理利用美商國家儀器 (NI) 圖型化虛擬儀控程式語言 LabVIEW，進行拍攝後影像處理程式的開發，軟體畫面如圖 2.29 所示。主要功能包括有：

- AVI 影像檔輸出等間距靜態 JPEG 照片。
- AVI 影像檔轉換等間距動態 WMV 檔。
- 拍攝年月日自動寫入。

第三章 平坦度檢測系統模組建構

3.1 平坦度硬體設備要求與系統架構【7】

路面剖面量測系統，主要為能擷取鋪面高程數據，並將訊號加以處理描繪路面縱向波段與波形，一般而言，國內目前將擷取之數據與訊號經處理後換算成 IRI 指標，以用來表達鋪面之舒適程度，並判斷鋪面服務力品質，因此，在鋪面維護管理的思維中，將 IRI 視為養護門檻的重要指標之一。而 IRI 是以四分車模型計算而得，四分車顧名思義意指模擬一車輛四個輪子中的單一車輪之機械系統裝置以模擬乘車反應，該裝置包含，垂直彈簧表示輪胎、以輪胎支撐車軸質量、懸吊彈簧與阻尼，以及由輪胎懸吊系統支撐著車體質量(body mass)見圖 3.1 所示。

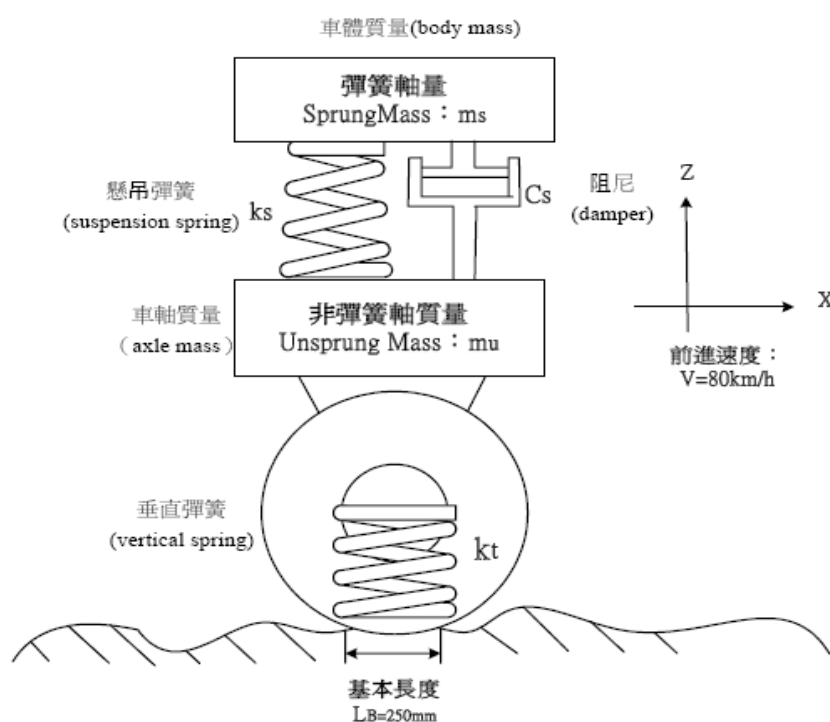


圖 3.1 四分車模型

四分車主要是以理論說明反應式平坦度量測系統，隨車輛特性的調整讓這些輸出值可獲得最大的相關性。四分車所使用的參數是用來模擬車輛在公路上行駛受震動之反應特性，而其中一項例外是四分車的阻尼比一般的車輛高，藉以消除某些波長並增進與其他車輛間的相關性，並由反應者式系統梅氏儀(MRM)之檢測資料與 IRI 散布圖中發現兩者之相關程度 $R^2 = 0.965$ ，表示 MRM 與 IRI 有高度相關。

IRI 是以車輛行駛時的振動來表示路面之平坦度，當 IRI 關係圖出現正弦曲

線時，意指這些資料非常相似於一般車輛行駛於公路時的真實情況，主要原因為這些資料與行駛中車輛的反應相當吻合。而由研究顯示，IRI 與輕型車輛和重型車輛間亦有良好的相關性。IRI 成為一般公眾所認定的平坦度指標原因為其對於大部分車型受震動時之反應變數有很大的相關性，尤其下列三種車輛反應變數更具有與 IRI 高度相關性：

1. 路錶（Road Meter）反應(針對具歷史資料連貫性)。
2. 乘客的垂直加速度感受(針對行駛品質)。
3. 輪荷重(針對車輛的可控制性與安全性)。

IRI 並非對於所有車輛反應變數具有相關性，例如與各種乘客的身分或輪軸加速度並無相關性。

鋪面剖面量測系統，其主要目的為描繪路面輪廓以供各總指標進行運算，而其採用之設備分別為高程量測設備，慣性座標建立設備及距離量測設備。

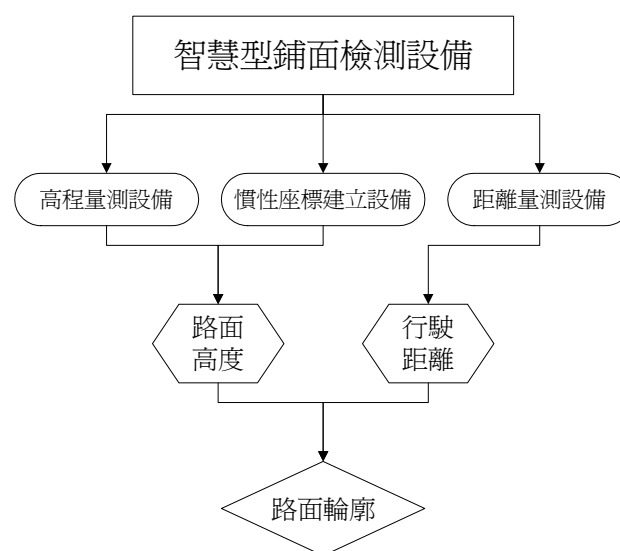


圖 3.2 檢測設備建構圖

3.1.1 高程測距儀

1. 紅外線測距儀

其操作原則跟雷射相同，但只是用紅外線並非雷射光束。K.J.Law 的平坦儀就是用紅外線感測器。由五個有 6 公釐的軌跡組成其寬是 37 公釐，也是不可見光。紅外線感測儀可以計算出 1.5 到 3 公釐的辨識度。雖然在極粗糙與平滑的路

面量測成效並不佳，此設備標準已可計算出 IRI 數值，而遺憾的是無法計算出 RN 指標。

2. 超音波測距儀

超音波感應器藉由發出一種波來量測距離，聲波傳道鋪面表面再回傳，藉由這樣來量測距離。這在八零到九零年代非常流行，但是卻會有非常多元的問題，比如說資料的正確性等...，如聲波傳到縫裡，其重複性較差，目前現在高工局已將原本之超音波測距儀改為雷射測距儀。

3. 雷射測距儀

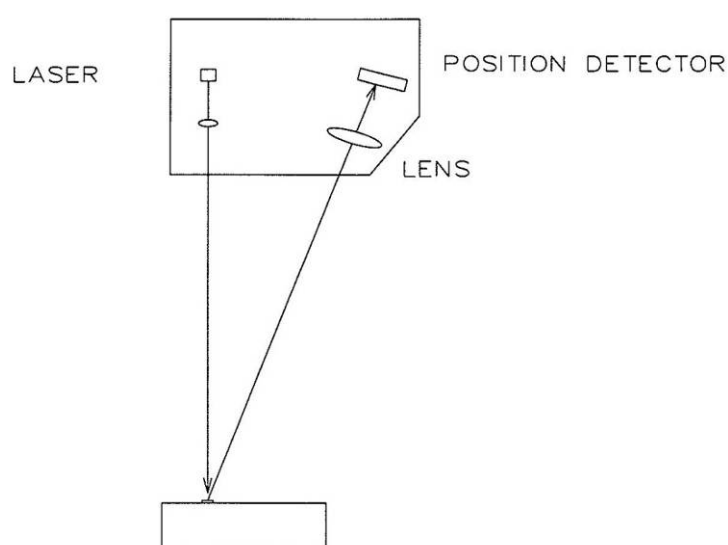


圖 3.3 雷射感應器的操作原理

雷射測距儀為一種不可見光投射在路的表面，其雷射光束的尺寸跟其軌跡有關，一般標準尺寸是直徑 1 到 5 公釐，但雷射測距儀所要求的即是解析度，其為高度感應器能量所測距離的最小單位。研究顯示，高度感應器需要至少 0.5 公釐的解析度才能計算正確的 IRI 值和騎乘指數。

在 NHI 131100 手冊內 K.J.Law 表示其紅外線感應器可以達到靜態 0.025 公釐與動態 0.5 公釐的解析度。而桃園縣政府目前使用之 Selcom 雷射測距儀其解析度的範圍在 150 公釐中則可以達到 0.025% 之內的誤差，大約是 0.04 公釐。雷射、紅外線與光學感應器皆有相當好的解析度來計算 IRI 與 RN。

在考慮垂直方向測距儀須考慮以下幾點因素：

1. 取樣頻率(sample rate)

在 IRI 的量測中，所重視之最短波長約為 0.3 m。因此在 100km 的時速下，檢測車必須每 0.005 s 取樣一次，以測得此時的波長。然而，這樣仍不足夠，一輛精確的檢測設備，其取樣頻率應使用濾波器，使其足以移除訊號混疊錯誤。雷射、光學及紅外線高程感應器皆操作在足夠大的取樣頻率，故可在沒有混疊錯誤情況下，量測到大於 0.3m 的波長。

超音波感應器讀數中的聲波，從檢測車到地面再回傳，僅需要花 0.002 s。然而，聲波的多重反射需 0.01s 才會逐漸消失。這項因素嚴重地限制了超音波感應器在高速時的取樣頻率，因此，超音波感應器不適宜應用於量測短於 3m 的波長。

目前設計之平坦度檢測設備為每 2cm 取樣一點剖面高程，若時速高達 120 km/hr 時每秒鐘可擷取 1667 個取樣點，故選擇之雷射設備需符合此取樣頻率，而本計畫中挑選使用之雷射測距儀為 Selcom 設備，其設備發射頻率為 16K Hz 遠大於目前之取樣頻率約 10 倍，因此選擇此類雷射符合規範標準。

2. 解析度(resolution)

高程感應器的解析度為距離的最小單位，且可被精確地量測。當 IRI 第一次被提出時，Sayers 提出，精確地量測 IRI 所需要的最終路面輪廓解析度為一糙度的函數。在其研究中記載，在 IRI 小於 3.0 m/km 的路面，1 mm 的解析度和小於等於 500 mm 的取樣區間為必要。在較 5 m/km 粗糙的地面，2.5 mm 的解析度是可行的。高程感應器所需要的解析度大約和振幅相當。目前通用的雷射廠商 Selcom，其所製造出的雷射設備在最好狀況下可提供 0.004mm 的解析度，最差情況下解析度也能達到 0.01mm，這數值代表了每一筆讀數的解析度。這兩種感應器皆需要夠快的讀數以確保抗混疊濾波器的操作，當高程感應器訊號的解析度經電腦處理過後，訊號品質已顯著提升，其緣由於隨機誤差和量化誤差已被除去。若訊號經適當的處理，即使路面只有 1 m/km 的糙度，雷射、紅外線和光學高程感應器皆有足夠的解析度以量測 IRI 及 RN。

然而超音波檢測設備之解析度約有 1.5 到 3mm。此等級的解析度對於平坦的路面的糙度量測而言，並不足夠，但對粗糙路面來說十分合適，因為解析度不佳的另一層意義即為將數值模糊化，亦為另一形式之濾波。

雷射高程感測器主要是提供一參考高程，其感應器利用三角測量量測距

離，藉由少許的不可見光照射在鋪面上，透過架在某一角度上的鏡片反射回來，照射在感光位移感應器(light-sensitive displacement)上，得到該高程資料，如圖 3.4，並以電流方式輸出訊號值到擷取盒部分，透過擷取再交由電腦運算及記錄，而雷射光點的尺寸即為足點(sensor footprint)，通常使用直徑大小為 1 to 5 mm 的足點。

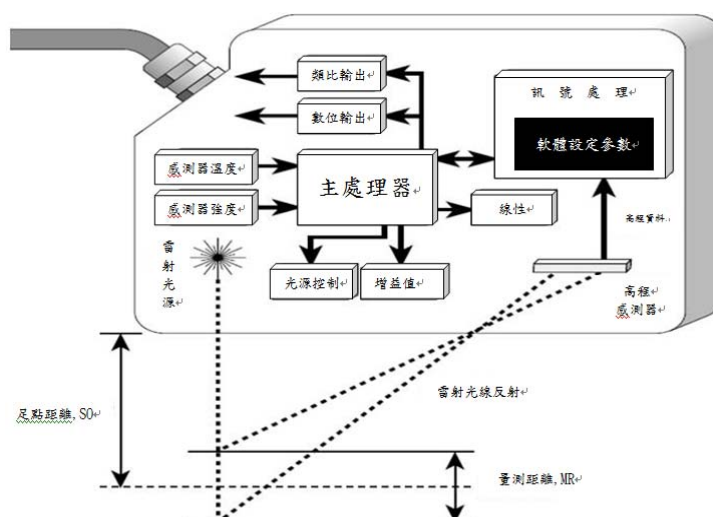


圖 3.4 雷射高程感測器構造圖

然而，道路上通常還是會有細微的紋路以及許多細小裂縫，不論是新鋪道路或者是使用年限許久之鋪面，其路面多多少少都有些許破壞，例如鋪面上常出現的各種裂縫、粒料剝脫等，因此以雷射感應器為量測設備進行鋪面輪廓測量時，因其具有較之小量測點，故易受到鋪面紋理的影響，故在高程感應訊號上適當的運用抗混疊濾波器(anti-aliasing)，將可以避免由鋪面糙度的造成的檢測錯誤，而另一種方式則是在選購雷射測距儀的同時能夠選擇足夠的取樣頻率儀器，配合軟體做擷取上的運用，理論上將可以達到抗混疊的效果。

以下為選擇高程測距儀之判斷因素，建議未來欲添購新型設備除符合 ASTM 及 AASHTO 規範外應額外考量以下特點：

1. 訊號為數位或類比輸出。
2. 是否可量測表面紋理。
3. 內部處理器可否由軟體控制應用。
4. 操作溫度是否符合長時間道路檢測。
5. 操作使用年限。

因此本研究選購自 LMI Selcom 雷射測距儀，其規格如表 3.1。

表 3.1 雷射規格表

雷射測距儀	項目	單位	數值
雷射光源	雷射安全等級		2,3B,3R(IEC) II,IIIa,IIIb(FDA)
	波長		可見光(趨近 1R)
	預期壽命	小時	100,000
環境	防水開關箱		IP-65/NEMA 4
	操作溫度	攝氏溫度	0-50
	溼度	%	<95
電子	電源	V, DC	+18~+32
	電流	mA	<350
	取樣頻率		
	感測型態		PSD
實體	體積	mm	135*105*51
	重量	kg	1.1
	線材長度	m	2
輸出介面	數位/類比介面	mA	4~20
	資料更新頻率	kHz	16
	最大線材長度	m	100

量測距離(SO)如圖 3.5 所述，距離為 300mm，量測範圍(MR)取 -100mm~+100mm，選購量測範圍較大的儀器，緣由在於期望能夠量測出鋪面上因各種不同的破壞造成之影響，時常在工業區道路可看到嚴重的裂縫深度，而重車交通量大的一般鄉道中，裂縫和坑洞深度可達 8 公分，甚至超過，對此而言希望雷射測距儀所描繪之路面高程剖面圖能夠盡量貼近於真實路面剖面圖，此外，臺灣本地最大的特色在於人手孔數量很多，施工品質的優劣影響道路的品質甚大，施工差劣之人手孔其孔蓋高程差可達 6~7 公分，考量將這些項目列入平坦度影響，故選擇此雷射高程感測器做為平坦度檢測運用。

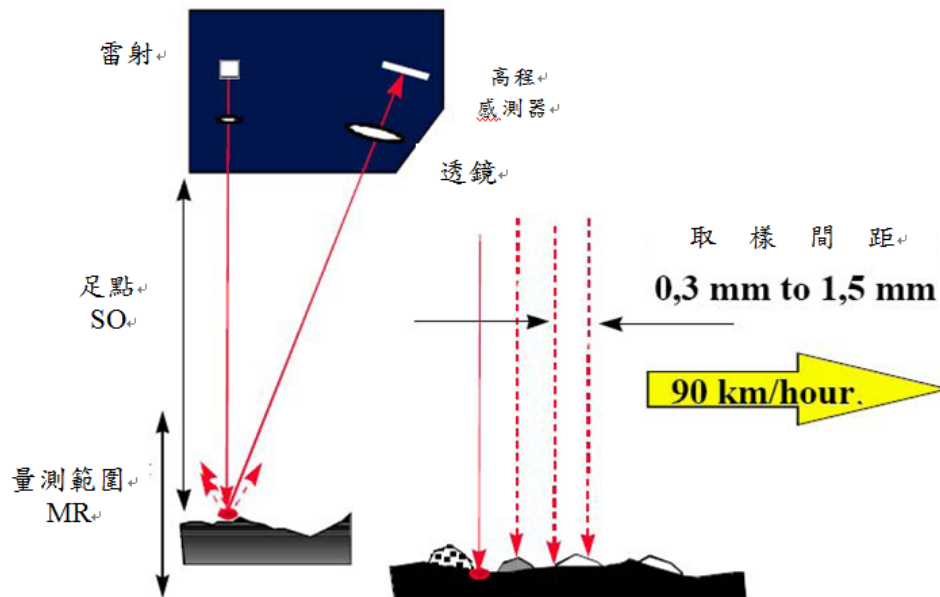


圖 3.5 雷射高程感測器量測原理示意圖

3.1.2 加速度規

高速檢測設備中所使用的加速度規用來建立慣性參考平面(inertial reference)，以執行相對高程的量測。檢測車車身的垂直加速度將以積分兩次以獲得高程距離值。這將被用來作為移動參考高程，而高程感應量測值減去此數值即為鋪面的高程。 加速度規的選定將會嚴重影響鋪面輪廓擷取的結果，一般而言，在空間中物體以三軸的空間存在，如圖 3.6。

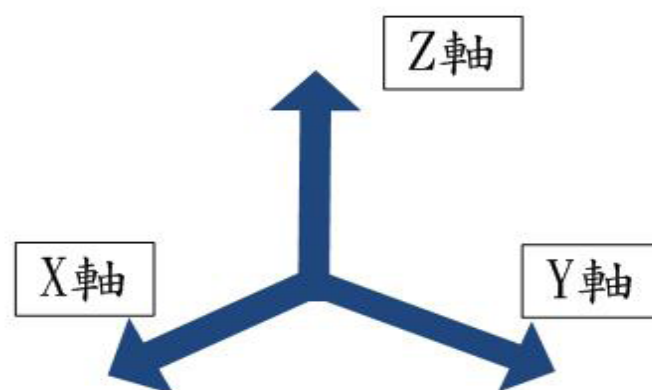


圖 3.6 立體三度空間

故加速度的種類就可區分成單軸(Z)量測、及三軸(X、Y、Z)量測，即為電壓式加速度規或電容式加速度規，然而鋪面高程檢測為單軸行為，故取用單軸加速

度規為合宜，但當撞擊造成車體晃動時，將會產生第二(X 或 Y)軸向的加速度值，當兩軸向之加速度值合併計算時，將會產生錯的加速度值讀取，故在選定加速度值須考量其對於橫向變化的敏感性；而加速度規的量測的範圍須要求適用於鋪面狀況的檢測，過大的量測範圍將會降低加速度規本身的解析度，而加速度規選定的量測頻率倘若過大亦會造成精密度不足。故在選定加速度規前，須了解碰撞時產生的力道已選定在適用之量測範圍，並了解檢測鋪面的頻率來選定。

1. ASTM 規範：ASTM E-950 的規範中已明確表示所使用之加速度規須適用於路面狀況檢測，且建議加速度值的量測範圍為 1g。然加速度量測值之大小將會受到路面平坦度及檢測速度之不同而有不同之結果；故在選定加速度規範為時，須先針對設備欲進行之檢測能力進行探討，因為適用於快速道路的加速度規與一般道路的加速度規其量測範圍絕對不同。
 2. AASHTO 規範：在 AASHTO PP-49 的規範中明確定義出加速度規適用之條件，其條件為通過衝擊測試(bounce test)，而獲得之 IRI 值須小於 6 in/mile；而在其他相關的檢測設備規格上亦有備註在靜態測試時 IRI 值須小於 5in/mile。故加速度規選定方式可藉由上述之條件挑選。
- 因此，在考量以上因素後，本研究選購 KITSLER8330A 加速度規（如圖 3.7）做為檢測車加速度規使用，此為一種電容式的加速度規，做為電容式的加速度規，其具有三軸的感應系統，對於空間上的加速度值有著不同的電壓變化。



圖 3.7 加速度規外觀

表 3.2 加速度規規格

項目	單位	數值
加速度範圍	gpk	±3
加速度限制	gpk	±3.5
反應頻率	Hz	6600
敏感度±10%	mV/g	1200
噪訊密度	μgrms/√Hz	0.4
解析度	μgrms	<1.3
振幅	%FSO	±0.1
錯位	degree	0.25
操作溫度	°C	-40~125
儲存溫度	°C	-55~125
供電電壓	VDC	±6~±15
供電電流	mA	8.5
感測基礎		微機電動作感測系統
封裝		環氧樹脂
接頭		4-Pin
接地絕緣	MΩ	
重量	g	28.5

表 3.2 大致列出加速度規的幾項重點規格，選購 3G 為最大加速度值的儀器為最大考量，其由於前述選購重點所述，因此對於該選購之加速度規其解析度應可達普通路面之要求，本研究尚有 100G 之加速度規，可做為檢驗之用，亦或判斷出特殊路面狀況，如剛性、橋梁之伸縮縫、人手孔...等，是否適用該情況。

3.1.3 測距儀

目前通用之距離量測設備皆以計數器的方式來進行量測，以同心圓的方式架設於車輪上，配合車輪之轉動換算出車體行駛之距離；倘若計數器每轉一圈將輸出 100pulse，則 150pulse 代表了車行一圈半的車輪距離。計算每 pulse 所代表之距離運算公式如下：

$$D = \frac{2\pi r}{NP} \dots\dots\dots (式 3.1)$$

D＝每 pulse 所代表之距離

NP＝讀取的 pulse 數，r＝輪胎半徑

距離量測設備需高精密度要求，以避免長距離檢測時，累積誤差之產生；距離誤差的發生來源除了設備本身外，車胎胎壓及車輪表面之損耗亦會影響。而若要能精密的校正距離量測儀器，必須得搭配初始觸發設備(photocell)，以固定初始點位及終點。

市面上對於有許多相關的旋轉式驛碼器，有中空軸心式、米輪式及軸心型，對於本研究而言，該測距儀需安裝在輪軸上，根據車體的行駛，對於在經過每一次的脈波訊號的產生，進而計算出行走的距離，再供給平坦度檢測系統、線掃瞄照相機以及道路影像實錄使用，成為各項系統的觸發來源，因此，應選購能以裝在輪胎車軸上，並能夠和車軸同步旋轉，並且考量在戶外惡劣的檢測環境下此譯碼器除了要能防水、防風、抗震，再者其觸發訊號之脈衝數須符合 ASTM-E950 之規範，故本研究團隊選擇 Kuebler 公司的 5802 Encoder，圖 3.8 做為此一系統的使用儀器，下表 3.3 為 5802 Encoder 之規格。

以平坦度檢測系統而言，依據橫向距離量測之規定如美國材料暨測試協會所公佈的規範 E950-98 中提到，利用距離量測系統所量測出之距離與實際路段距離，允許誤差率不得大於 0.1%，超過該數值是不被接受的；另外，依據日本土木研究中心「路面性狀測定車」的性能確認方法與判定基準，鋪面檢測車於驗證區間之測定值與人工實測距離之誤差範圍在 $\pm 1\%$ 以內，檢測精度視為合格。NCHRP 報告中亦提到，有關距離量測系統之誤差不得大於由精密測距儀或已知鋼尺長度之 0.05%，故配合操作車輛之輪距大小而選擇適合之 Encoder 可有效降低系統量測誤差，而在檢測操作速度上也不可超出 Encoder 最大轉速，以本研究之檢測車為例，車輪圓周約 2m 在檢測速度 120km/hr 狀況下，經換算每秒 Encoder 約旋轉 17 圈，遠小於設備之最大轉速，因此設備符合需求。



圖 3.8 5802 Encoder

表 3.3 5802 Encoder 規格

項目	說明
輸出電路	RS-422
轉速	最大 12000
重量	0.4 公斤
軸心	不鏽鋼
輸入電壓	0~5V
脈衝頻率	300kHz
觸發脈衝	2000HZ

3.1.4 訊號擷取卡

任何訊號在工業上除了普遍使用之 RS-232、RS-422 之類的傳輸方式，推回未處理的訊號，都是在電壓值或電流值內，簡單來講訊號與電壓/電流是一體兩面的，因此，需要有介面提供電腦的讀取，利用訊號擷取卡的功能，將各類訊號統一擷取，形成與電腦溝通的語言。

訊號擷取卡的選擇重點在於其可接受之量測範圍及量測之數值為電壓亦或電流值，目前採用之設備為雷射測距儀之輸出為電流，並且必須配合 Ecoder 觸發擷取資料，因此本研究選購利用 NI(National Instrument)公司之 PCI 6236(圖 3.9)，可以擷取到雷射高程感測器以及 Ecoder 之訊號，而量測範圍之輸入電流在 -20mA~+20mA 之間，亦符合雷射高程感測器輸出所需電流值範圍，下表 3.4 為其規格。

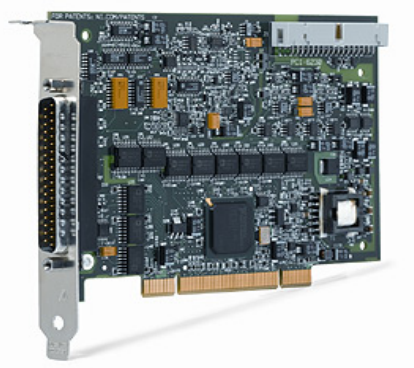


圖 3.9 PCI 6236

表 3.4 PCI6236 規格

項目	說明
輸出頻道	電流 4channels
類比輸入解析度	16bits
取樣頻率	0S/s~250KS/s
時間準確率	50ppm
輸入電壓形式	直流電
輸入電流	±20mA
資料傳輸	直接記憶體存取

3.2 平坦度設備驗證

3.2.1 高程測距儀驗證

目前針對研究中選用之 LMI Selcom 雷射測距儀設備進行校正，校正軟體如下圖 3.10 所示；將設備擺設置離地約 100 mm 高之距離並利用塊規進行其校正，檢測結果如表 3.5 所示。校正後確認雷射測距儀之準確度在 ASTM E950 之要求範圍內屬於 Class 1 之標準(參考表 3.6)

校正步驟如下：

1. 將雷射測距儀擺設置一平坦之地面上並量測得 10cm 高之位置並固定。
2. 將 0.25cm 之塊規至於雷射測距儀下方再次量測距離。
3. 將 0.50cm 之塊規取代 0.25cm 之塊規再次進行量測。
4. 將 1.00cm 之塊規取代 0.50cm 之塊規進行量測。
5. 將 2.00cm 之塊規取代 1.00cm 進行量測。
6. 最後在將 2.00cm 塊規移除後，再進行一次量測 10cm 之高程。

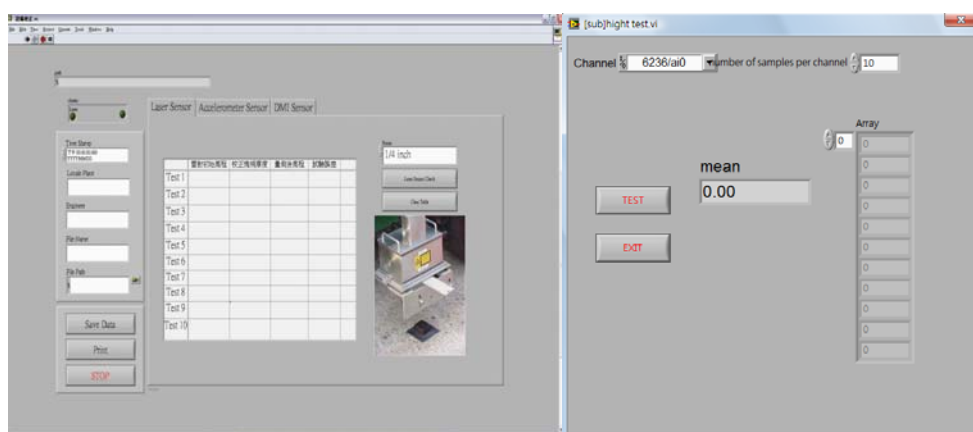


圖 3.10 雷射感應器校正軟體

表 3.5 雷射測距儀校正結果

次數	放置 0.25cm 塊規	放置 0.50cm 塊規	放置 1.00cm 塊規	放置 2.00cm 塊規
1	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	8.00 cm
2	9.75 cm	9.51 cm	9.00 cm	8.00 cm
3	9.75 cm	9.49 cm	9.00 cm	8.00 cm
4	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	8.01 cm
5	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	8.00 cm
6	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	8.00 cm
7	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	8.00 cm
8	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	8.01 cm
9	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	7.99 cm
10	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	8.00 cm
平均	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	8.00 cm

表 3.6 慣性式平坦度儀等級與高程差解析度

儀器等級	高程差解析度
一級 (Class 1)	小於或等於 0.1 mm
二級 (Class 2)	大於 0.1mm，小於或等於 0.2mm
三級 (Class 3)	大於 0.2mm，小於或等於 0.5mm
四級 (Class 4)	大於 0.5mm

3.2.2 加速度規驗證

此試驗主要目的為驗證加速度規所得之加速度值經過軟體積分器積分後，所得之補償值是否正確，驗證方式如下：

1. 將所有設備架設於車輛當中，將系統啟動並暖機五分鐘。
2. 選定一路段為實驗路段，並標示起點與終點，需標示清楚以便實驗中行駛於相同路徑上。

3. 開啟檢測程式，並於此路段進行實驗，紀錄該路段高低起伏變化。
4. 在實驗路段中擺設一五公分高墊塊，並與檢測過程中使車輛通過此墊塊，並紀錄擺設墊塊後之路面高低起伏。
5. 比較未擺設墊塊與擺設後之高程變化量，便可知由加速度規所補償的高程是否正確。
6. 利用程式將原始高程劃出未擺設墊塊之原始高程、擺設墊塊後雷射所量出的高程與加速度規補償的高程。如下圖 3.11 所示。

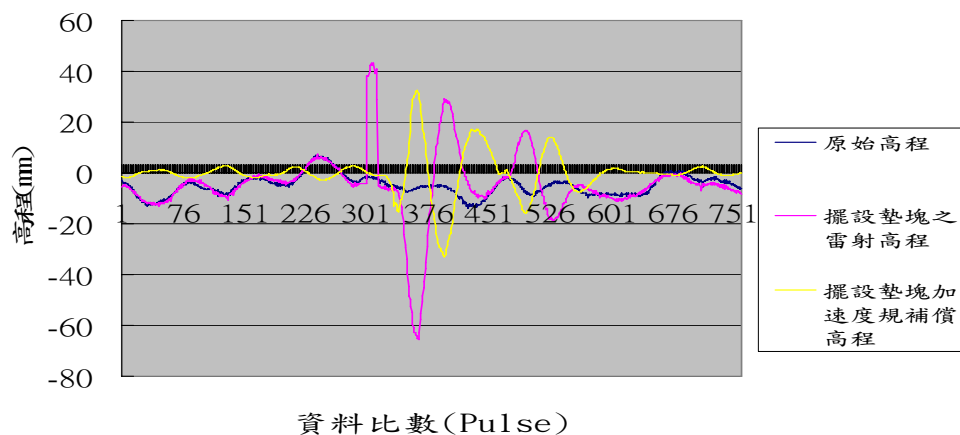


圖 3.11 慣性參考儀器驗證結果

由上圖中擺設墊塊之雷射高程中可發現車輛在尚未接觸墊塊時，會先量測到墊塊的五公分高程，在前輪胎剛開始接觸到墊塊時，車輛會因此而被抬升起，這抬升的高度便由加速度規及積分器補償回來，圖中可以發現加速度積分後的補償結果也接近五公分，符合實際狀況，由以上結果發現本參考慣性儀器的補償結果良好。

3.2.3 距離量測系統驗證

距離量測系統係是以在固定胎壓、固定載重下，於一段已知長度之直線路段進行校正程序，並驗證距離量測系統與實際路長是否相等或是否在誤差範圍之內，以確定本系統之正確性與對時間之重現性。本研究依照 ASTM E950-98 規範中敘述，試驗路段為中大路，以人工鋼尺量測 320 公尺，另有 150 公尺加

速路段，標示起點與終點，進行驗證程序如下。

1. 將所有設備架設於車輛當中，將系統啟動並暖機五分鐘。
2. 確認車輛四個輪胎之胎壓（本車為 45psi），及檢測人員之體重進行校正程序（人員若有變更須重新校正）。
3. 首先必須讓輪胎於操作速度下暖胎 20~30 分鐘，再進行校正程序，於相同路段重複 10 次，並得校正後之平均脈衝數，為校正參數。
4. 開啟檢測程式，並設定校正參數。
5. 進行 10 次驗證行車距離試驗，並記錄驗證之量測距離。
6. 檢核驗證距離是否與實際路長相等或於可誤差範圍內。若已超過誤差範圍，則重新進行校正程序，重複 2~5 之步驟。

量測結果如表 3.7 所示，驗證結果符合 ASTM E950 之要求。

表 3.7 距離量測系統驗證結果

編號	長 度 (m)	誤差率 (%)
1	320.04	0.0125
2	320.06	0.0188
3	319.96	-0.0125
4	320.02	0.0063
5	319.94	-0.0188
6	320.04	0.0125
7	320.00	0
8	319.94	-0.0188
9	320.06	0.0188
10	320.08	0.0250
平均值	320.014	0.0044

3.3 軟體規劃與設計

平坦度檢測程式軟體設計過程，需考量為整體軟體未來擴充性以及適用性，若將來繼續添購 2~4 臺雷射或者變更不同解析度之量測儀器，而不至於要將整體程式重新改寫，僅需調整部分參數即可進行檢測，亦或架設儀器之車輛進行改變，也僅需在參數上做設定而不需再重新撰寫程式。

目前依據檢測系統可能未來會改變設備進行參數選擇，如下表 3.8，圖 3.12、3.13 所示。在檢測前除需設定檢測程式之參數，依據 ASTM 規定也須將所有當

時檢測之日期、天氣狀況、風速、溫度、路線名稱皆紀錄下來以確保資料之可回溯性。

表 3.8 平坦度檢測軟體參數設定

參數	預設值	單位
輪距	32	cm
取樣頻率	10	mm
Ecoder Pulse	2000	次/圈
IRI 計算間距	100	m
最小/大速限	25/120	km/hr

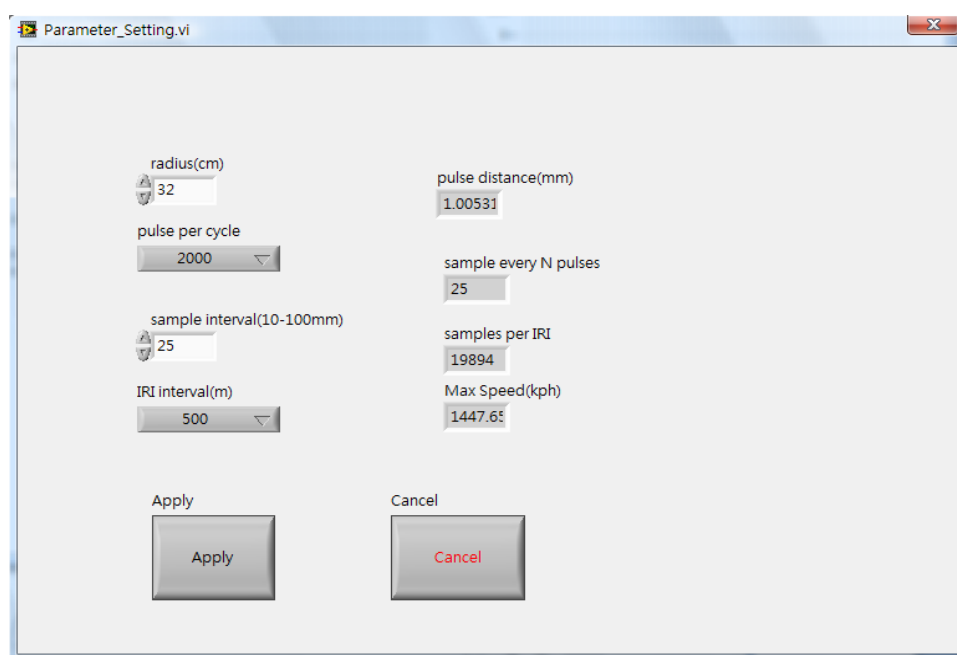


圖 3.12 平坦度檢測參數設定頁面

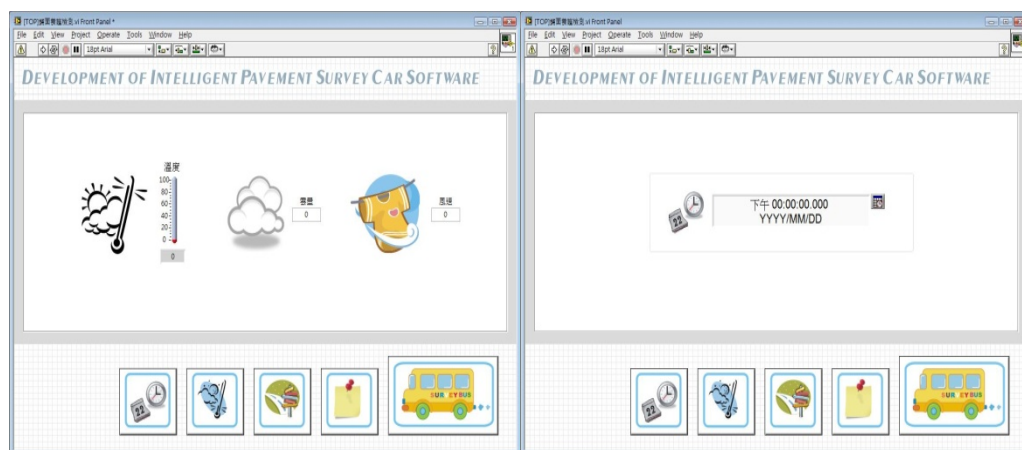


圖 3.13 檢測資料設定頁面

在檢測過程前須確認所有設備皆是正常狀況可進行檢測，因設計一測試頁面確認訊號無疑，該軟體會自動將 10 次結果換算得到平均值（如圖 3.14），若該值在合理範圍即可進行檢測，以目前之檢測設備其架設位置在 300 mm，故在平坦之道面上測試數據在 290mm~310mm 皆為測試值之合理範圍。

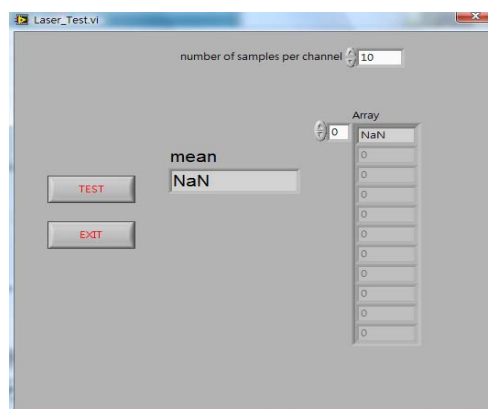


圖 3.14 設備測試軟體畫面

實際檢測資料擷取過程中為保留原始資料之可追溯性，建議將每筆雷射電流值與加速度之電壓值皆記錄下來，確保將來資料分析可以再對檢測資料之正確性進行判斷，而程式在檢測過程中會依據使用者之預設設定每 100m 進行即時運算 IRI 值，操作者可於檢測過程中即判斷指標與實際檢測感受是否相同，檢測過程中雷射高程、加速度規高程與實際鋪面檢測之剖面值皆會展示在檢測畫面上，使用者可即時觀察鋪面實際量測狀況（如圖 3.15）。

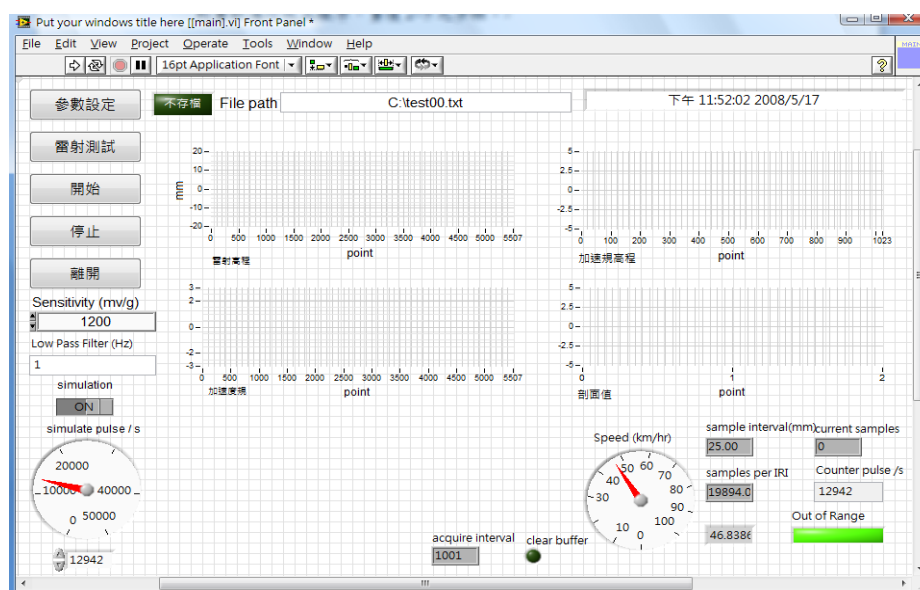


圖 3.15 平坦度檢測軟體畫面

第四章 鋪面影像檢測系統模組建構

4.1 鋪面影像檢測設備與系統架構【7】【8】

4.1.1 線掃瞄照相機與廣角鏡頭

國內外鋪面影像擷取設備為符合 AASHTO PP44-01 規範，鋪面影像擷取之要求在高速移動可擷取 100%之路面資料，參考德州 Vcrack 檢測車採用線掃瞄照相機（line scan CCD camera），此類型鏡頭具有高解析度，目前應用在許多工業用途包含薄膜製造、食品、醫藥等生產線，利用尺寸量測及位置檢測，一標準之線掃瞄照相機包含電荷耦合器元件、透鏡和驅動控制電路，目的為將光源訊號轉換成視頻脈衝信號然後輸出。

在選擇照相機之考量因素有幾大要點，1.擷取頻率：此影響實際檢測可執行之速率，擷取頻率愈高，則實際執行鋪面影像擷取速度愈快；2.輸出模式：分為單輸出、雙輸出、三輸出、四輸出、八輸出等；3.解析度：影響後續影像分析處理之效果，解析度愈高分析結果愈準確。

1. Line-scan Camera 的資料輸出形式

目前的 Line-scan Camera 撇開解析度不談，通常 Line-scan Camera 本身的資料產生頻率都不會大於 60MHz，但有的機種可以到 80MHz，160MHz 甚至是 320MHz。其主要的原理是利用多重輸出的方式去加速取像速度，而目前市面上一般的 Line-scan Camera 輸出方式有單輸出（Single Tap），雙輸出（Dual Taps），三輸出（Triple Taps），四輸出（Quad Taps）及八輸出（Octal Taps）這幾種。

(1)單輸出（Single Tap）

通常是在低解析或低速的 Line-scan Camera 上的設計，它的特性是整個線性 CCD 的每個光電二極體在感光後，即將光轉成電荷訊號透過單一輸出將資料傳遞出去（如圖 4.1）。

$$\text{Line Rate} = \text{Camera Data Clock} / \text{Camera Pixels}$$

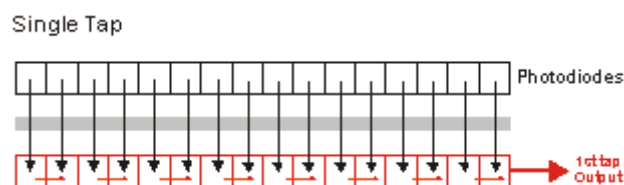


圖 4.1 單輸出光電二極體示意圖

(2)雙輸出 (Dual Taps) - 奇偶輸出

通常是在高解析或為了提高 Line-scan Camera 傳輸速度的設計，它的特性是整個線性 CCD 的每個光電二極體在感光後，分成奇數及偶數將光轉成電荷訊號分成兩組將資料傳遞出去。

$$\text{Line Rate} = (\text{Camera Data Clock} / \text{Camera Pixels}) \times 2$$

要是不小心設定成單輸出時的影像，就會如同右下圖 4.2 所示影像會有垂直的空隙，影像在放大時便會發現 pixel 跟 pixel 中間的黑色影像其實資料都是空的。

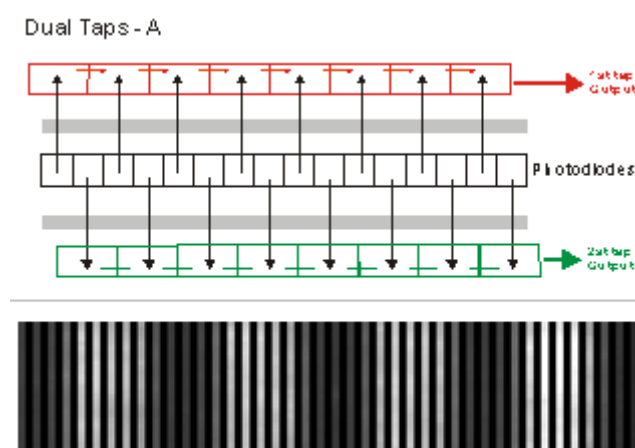


圖 4.2 雙輸出(奇偶)光電二極體示意圖

(3)雙輸出 (Dual Taps) - 前後段輸出

設計目的與上面的雙輸出是大致相同的，主要的差異在於它是將整個線性 CCD 的每個光電二極體在感光後，分成前半段及後半段，將光轉成電荷訊號分成兩組將資料傳遞出去。

$$\text{Line Rate} = (\text{Camera Data Clock} / \text{Camera Pixels}) \times 2$$

要是不小心設定成單輸出時的影像，就會如同右下圖 4.3 所示影像只有一半，另一半變成是黑色資料都是空的。

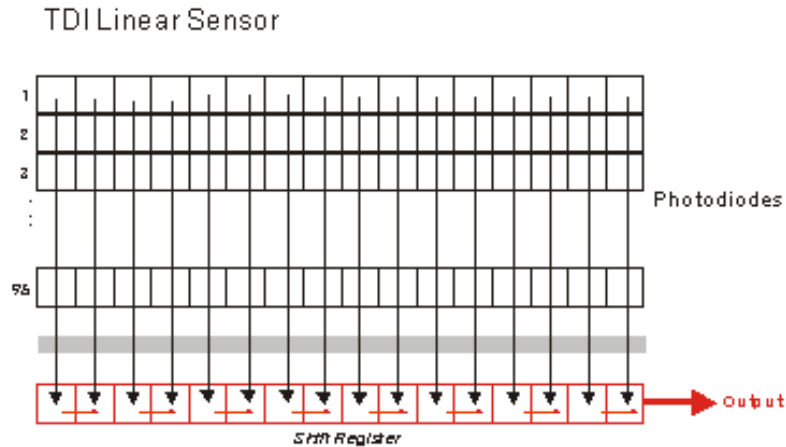


圖 4.3 雙輸出(前後)光電二極體示意圖

本研究所採用之 Linescan CCD 即為奇偶雙輸出之設備，在設定相機時須確認設定值無誤方可進行檢測，預防擷取資料有空值產生。

2. Line-scan Camera 的同步及曝光模式

目前 Line-scan Camera 具備了下列內同步及外同步的取像模式：

(1) Free Run Mode：

通常又稱內同步(Synchronization Mode)模式，攝影機廠商在出廠時都會設定為此模式，因此又有人稱之為 Factory Mode，這種同步模式是依照 Camera 本身內部產生的時序去作曝光取像，在這種同步模式運作下，影像卡無法主導 Camera 取像的時間點，因此影像卡是處於被動接收資料的角色。而內同步模式取像的曝光模式又可以分為 Edge-controlled Mode 及 Programmable Mode。

a. Free Run-Edge-controlled Mode

曝光時間與線週期時間相等，由一組內部控制訊號產生一個上昇方波作為開始曝光取像訊號，直到下一條線週期的上昇方波訊號進來時便將影像送出（如圖 4.4）。

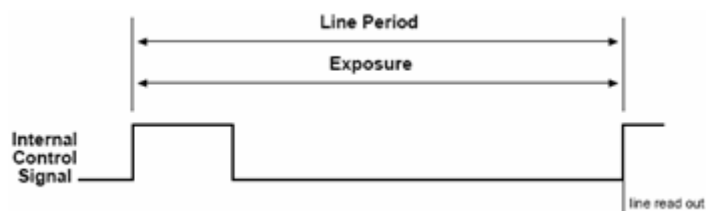


圖 4.4 Free Run-Edge-controlled 曝光模式示意圖

b. Free Run-Programmable Mode

在內部控制訊號產生一個方波，當方波下降時即開始作曝光取像，此為縮短曝光時間的模式(一般可以透過 Camera 設定工具達成)，但是線週期時間還是維持不變（如圖 4.5）。

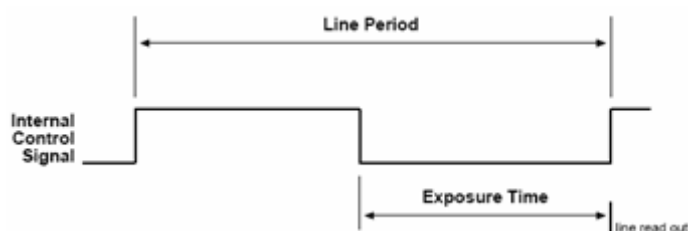


圖 4.5 Free Run Programmable 曝光模式示意圖

(2) ExSync. Mode

即是所謂的外同步(External Synchronization Mode)模式，Camera 本身並不會主動產生時序去作曝光取像，而是透過影像卡傳送 Reset 訊號去通知 Camera 作曝光取像，外同步模式取像的曝光模式又可分為 Edge-controlled Mode、Level-controlled Mode 及 Programmable Mode。

a. ExSync.-Edge-controlled Mode

由外部送來的訊號作為同步觸發訊號，主要是取上昇方波作為開始曝光取像訊號，由外同步訊號的週期時間決定曝光取像時間及線週期(如圖 4.6)。

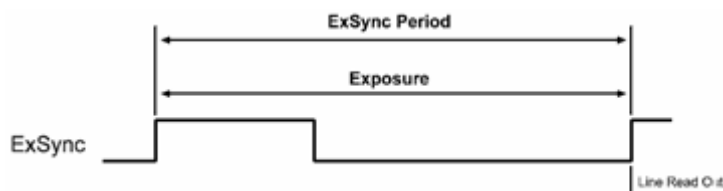


圖 4.6 Edge-controlled 觸發模式示意圖

b. ExSync.- Level-controlled Mode

由外部送來的訊號作為同步觸發訊號，主要是取方波下降時作為開始曝光取像，但整個線週期時間還是由外同步訊號週期時間決定（如圖

4.7)。

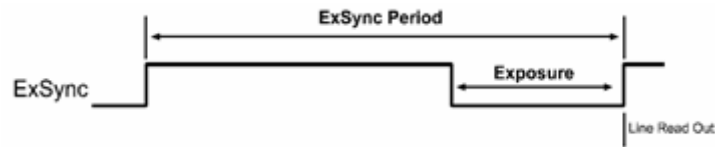


圖 4.7 Level-controlled 觸發模式示意圖

c. ExSync.-Programmable Mode

由外部送來的訊號作為同步觸發訊號，但此上昇方波僅作為開始曝光的決定訊號，曝光時間長短可由使用者設定，同時此設定的曝光時間也決定線週期時間（如圖 4.8）。

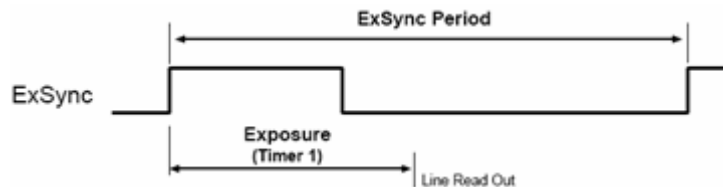


圖 4.8 Programmable 觸發模式示意圖

(3) Line-scan Camera 的掃描頻率計算方式

Line-scan Camera 的掃描頻率的計算方式如下，主要是 Camera 的資料產生頻率(Data Clock)及解析度的對應關係。

掃描頻率(Line Rate) = Camera 資料產生頻率 / Camera 解析度

Ex. Line Rate = 40MHz / 8192 pixels \div 4.8KHz (有時廠商訂的規格數據會比計算量低，但還是需以廠商訂定為準)，也就是說這臺 Camera 最高速度可以每秒取得大約 4800 條 8192 pixels 的線性影像資料。

線週期(Line Period) = 1 / Line Rate，也就是上述規格的攝影機每掃描一條線至少需要花費 208us 左右。

(4)計算線性掃描(Line-scan)攝影機的可視範圍

可視範圍(FOV) = Pixel cell size x 多少個 pixels x 工作距離 / 鏡頭焦距
(Focal Length)

Ex. $FOV = 10\mu m \times 2048\text{pixels} \times 160\text{mm} / 55\text{mm} = 59.578\text{mm}$.

Line-scan Camera 由於 CCD sensor 的製程不一樣或解析度不一樣，因此每顆 CCD 上的光電二極體(Photodiode) pixel 的尺寸大小不一定相同，也就是說就算是同樣選擇 2048 pixels 的 Line-scan Camera，假若 A 公司用的 CCD Sensor 的 Pixel cell 的尺寸為 10 μm ，但 B 公司用的 CCD Sensor 的 pixel cell 為 7 μm ，那麼就算是同樣的工作距離及同樣的 Focal Length 條件下，兩家公司的 Camera FOV 仍然是不相等。而本研究選擇以 Delsa P2-2x40285 之線掃瞄照相機，其具備下列幾項優點：

- a. 相對高解析度的影像處理應用，線掃瞄照相機成本效益好。
- b. 比較其它取像方法，線掃瞄所擷取之影像，具備高動態範圍(higher dynamic range)。
- c. 100%填充係數(fill-factor)，感光度高。
- d. 當擷取高速移動中之待測物件時，不需要額外裝置，例如其它機械式快門或瞬間照明，亦可得到高畫質影像，不會造成模糊不清現象(smear-free)，本研究所使用的線掃瞄照相機之取像速度為 18000 條/每秒。
- e. 對於拍攝狀態可以由程式控制。

以本研究所採取之鏡頭與 Linscan CCD 進行鋪面影像擷取，若欲拍攝 4 m 寬之路面架設距離之計算如下式：

$$\frac{FOV}{WD} = \frac{\text{Sensor's Length}}{\text{Image Distance}} \dots\dots\dots(4.1)$$

FOV：為欲成像之大小

WD：解析度*像素點

Sneser's Length：成像距離

Image Distance：鏡頭與 CCD 之距離

經計算後本擷取設備之架設位置應為離地 195.3 cm 即可得到 4m 寬之鋪面影像，而驗算可行駛之檢測速度，利用相機內建模組 mode 6 進行計算，其結果如表 4.2 所示，另各國鋪面影像擷取設備與本研究比較整理表如表 4.1 所示。

表 4.1 各國鋪面影像擷取設備與本研究比較整理表【17】

系統	相機	影像處理	解析度	檢測範圍	檢測速度	照明設備
Wisecrax	Dual video cameras 640×480	後處理 WiseCrax	3.125 mm	13.1 ft 4 meters 100%	90 km/h	高密度閃光燈
Digital Highway Data Vehicle	Area scan 1300×1024	即時處理速度 30-50 km/hr image Dual processor	3.28 mm	14 ft 4.26 m 100%	100 km/h	閃光燈(夜間及陰天)
uniAMS	Progressive area scan 758×580	後處理 uniANALYZE	4.8 mm	12×9.2 ft 100%	96 km/h	人工照明
RoadCrack	4 set of imaging units	100MHz, 600,000 FPGA 即時處理	1 mm	2.46 ft 0.75 m 10-100%	104 km/h	人工照明
PaveCrack	Line scan 1024×2048 2048×2048	即時處理	1.78 mm	12 ft 3.66 m	112 km/h	自然照明
本研究發展系統	Line scan 4096×4096	後處理	1 mm	4m,100%	120km/h	人工照明

表 4.2 擷取影像擷取速度計算

車速(km/hr)	Trigger Number(pulse/s)	影像長度(m/s)	每秒影像張數(fps)
120	33333	33.333	1.333
80	22222	22.222	0.888
40	11111	11.111	0.444

3. 鏡頭選用

為拍攝 100%之鋪面影像，本研究所採取之鏡頭為視角 114.2°的超廣角鏡頭，由於其涵蓋的視角範圍極為廣闊，於拍攝時，在光線極為光亮時，若曝光時間沒有控制適當，則會比一般鏡頭較易出現耀光現象，以及影像的兩邊明顯呈現較暗之現象，如圖 4.9 所示，在於光線不足時，則在於影像之兩邊出現類似陰影之情況會更加嚴重，如圖 4.10 所示

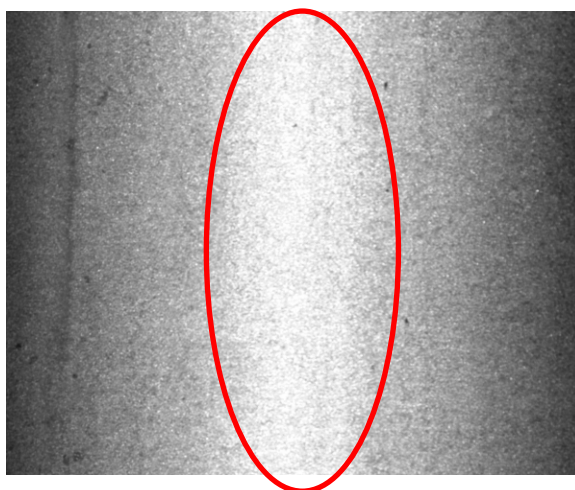


圖 4.9 光線充足之影像耀光現象

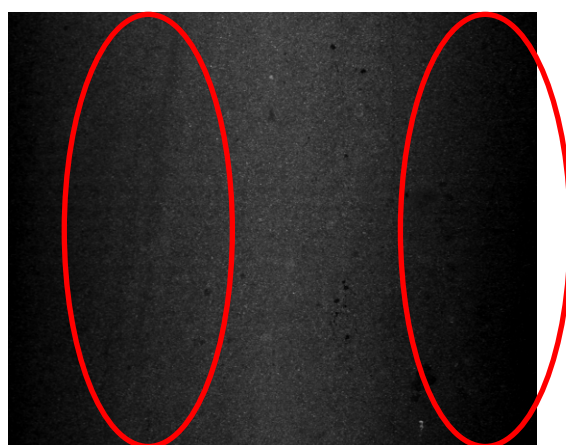


圖 4.10 光線不足之影像陰影現象

本研究嘗試在 CCD 不同位置上進行拍攝，分別為 2000pixels、3000 pixels 以及 4000pixels，其示意圖如圖 4.11 所示。

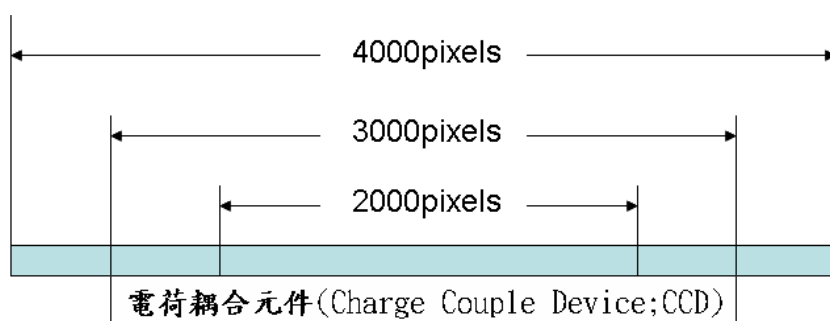


圖 4.11 CCD 取像位置示意圖

以三種不同的 CCD 取像方法，其拍攝結果個別如圖 4.12、圖 4.13 及圖 4.14 所示，比較這三張影像發現 2000×2000pixels 鋪面影像之均勻性為 2000pixels > 3000pixels > 4000pixels，這樣的結果影響因素主要在於廣角鏡頭。

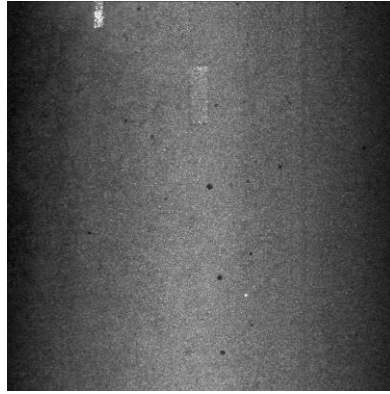


圖 4.12 4000×4000pixels 之鋪面影像

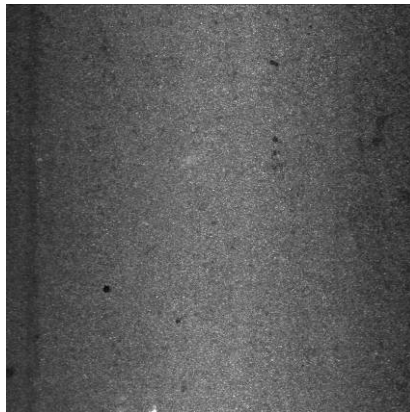


圖 4.13 3000×3000pixels 之鋪面影像

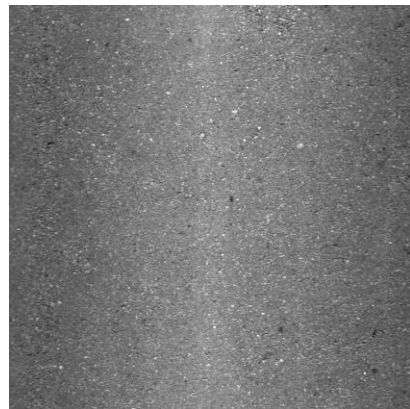


圖 4.14 2000×2000pixels 之鋪面影像

電荷耦合元件（charge Couple Device，CCD）所擷取之鋪面影像為陽光（光源）照射鋪面後的反射，投射進入廣角鏡頭，將影像寫入電荷耦合元件(CCD)中。

光通量($d\Phi'$)：光源(陽光)在單位時間內所輻射出的光量

$$d\Phi' = Id\Omega = \frac{IdS' \cos \theta}{r^2} \dots\dots\dots(4.2)$$

因為光源一樣，因此鋪面所接收之光量是一樣的，且由同一個鋪面反射光量亦會相同。此處對於 CCD 而言，鋪面的反射變成光源，但因陽光照射鋪面是均勻的，因此 CCD 感受之照度強弱則與光源產生的照度有關。

照度：電荷耦合元件(CCD)每單位面積上所受到的光通量

$$E = \frac{d\Phi'}{dS'} = \frac{I \cos \theta'}{r^2} \dots\dots\dots(4.3)$$

也就是常見的平方反比定律，離開光源愈遠，光源(鋪面)產生的照度愈弱，因此電荷耦合元件(CCD)所接收到的照度則產生不均之情況，造成鋪面影像兩邊偏暗之情況，如圖 4.15 所示，其鋪面之反射光源投射至鏡頭的距離為 $R1 < R2 < R3$ ，所以照度大小為 $E1 > E2 > E3$ ，因此 CCD 所接收之照度不均，且本研究所使用之鏡頭為超廣角鏡頭，其成像最邊的影像比一般鏡頭容易造成失真，且 CCD 感光的範圍大於一般鏡頭之最佳投射範圍，造成影像呈現亮暗之情況。

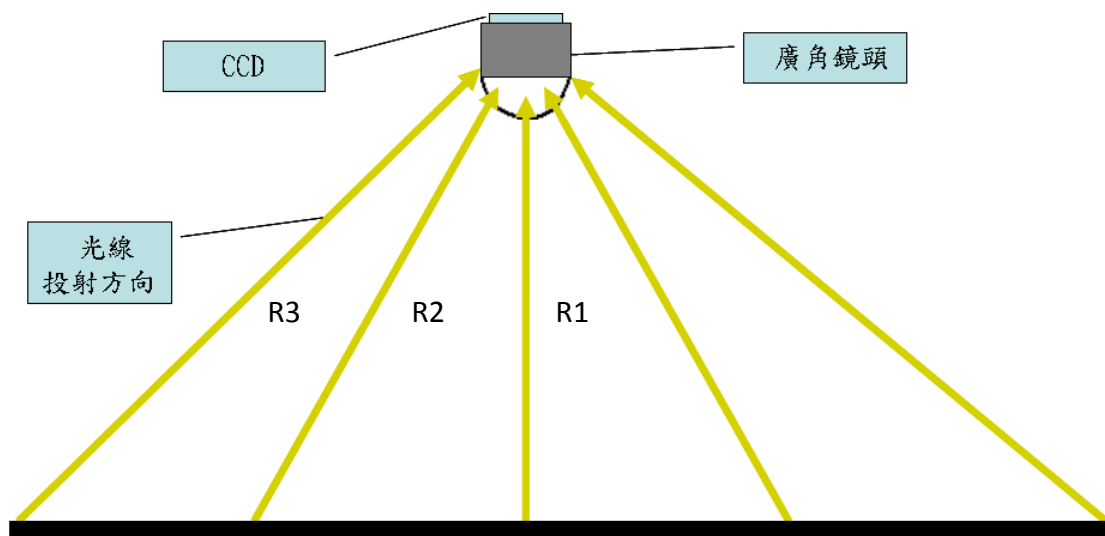


圖 4.15 鋪面反射於鏡頭示意圖

4.2 照明光源設備選用【2】

在光源選擇時，配合目前使用之線掃瞄電子照相機，能夠使用之燈源為鹵素燈、複金屬燈、HID 燈、LED 燈。

1. 鹵素燈

鹵素燈泡因為價格、用途、世代演進等因素產生許多種規格，主要的有單燈

絲的 H1, H2, H3, H7 及雙燈絲的 H4，還有"H1+30", "H4+30"分別是 H1, H4 的改良版，有較細的燈絲及不同的填充氣體可承受較高的運作溫度。鹵素燈在使用上有下列注意事項：

- (1) 絕對不要用手觸碰燈泡玻璃表層，指紋會在燈泡溫度升高時對燈泡造成傷害。
- (2) 鹵素燈泡的鎢絲燈芯會隨使用時間逐漸老化，一般來說使用三年以上的鹵素燈泡亮度便有明顯衰竭。
- (3) 100W 以上的鹵素燈泡所產生的高熱會加速老化燈內部的反射面，所以使用一段時間後亮度會有相當程度的減弱。

2. 複金屬燈

而採用複金屬燈較不耗能，是由於其發光原理為加壓燈中之氣體，以發出光弧進而發光照明；複金屬燈之發光管是由石英玻璃所製成，燈管兩側各有一鎢質電極，此電極藉由厚度約數十微米的鈹箔與外電極連接，燈管內側填充有數種元素的氣體。一般而言，氣體放電時，燈的發光會有三個過程，第一，當電場施加到燈管的兩端時，自由電子會被此一外加電場加速；第二，當被加速的電子與氣體原子碰撞後，此原子因吸收了電子的動能而呈激發狀態；第三，當此受激原子返回基態時，所吸收的能量以輻射發光的形式釋放出來。

複金屬燈(Metal Halide Lamps, MHL)以具有高演色性(Color Rendering Index, CRI)、高發光效率及壽命長等優點，被大量使用在投影機，汽車頭燈等高附加價值的產品上，尤其當使用於投影機時，更被要求必須符合輕、薄、短、小及高穩定度，高信賴度等特性。為了達到上述之條件，電子式安定器廣泛地使用，以穩定發光效果，不致造成閃爍之情況。

3. HID 燈

HID 氣體放電燈與傳統鹵素燈發光原理不同，所以一般車用上之 12 伏特用在刺激氣體放電燈中的氙氣發光，是絕對不夠的，真正的 HID 氣體放電燈像日光燈組一樣必須要有一顆電壓安定器，在剛開啟電源時的瞬間，將車上的 12V 電壓升壓到 23000V，強烈刺激氙氣迅速達到高亮度，接著再將電壓轉成 8000V，穩定持續供應氙氣燈泡發光。

- (1) 三倍亮度輸出：通常在計算亮度的單位稱之為「流明度(Lumen)」， PHILIPS 的氙氣大燈可以輸出高達 3200Lumen 的亮度，而一般鹵素燈泡最多也只能產生 1000Lumen 上下的亮度；HID 高出傳統鹵素燈三倍的亮度效率。
- (2) 較高的色溫度：氙氣大燈可以製造出 4000K 左右的色溫光，而一般人有一種錯誤觀念，認為 K 值越高就一定比較亮；其實，所謂的色溫只是在解釋何種溫度下所產生的光色，溫度越低，色溫會偏紅，反之則偏藍，而在 4000K 左右的光色正好是最白且略微開始轉藍的色溫，也最接近正午日光的顏色，而人眼的接受度及舒適度也是最高，並可用在車輛的夜間照明上。
- (3) 五倍產品壽命：鹵素燈容易產生鎢絲燒斷的情形，因為鹵素燈的發光原理是用鎢絲髮熱所致，而鎢絲在長久的高熱下，難保不燒斷損壞；而氙氣燈是利用電流刺激氣體發光，基本上不會產生過高溫度，所以只要其中的氙氣還沒用完，它就可以一直正常發光，不易損壞。另外品質再高的鹵素燈泡，最多也只能連續使用 400 小時；而利用氣體發光的氙氣燈泡，最少都有 2500 小時的使用壽命。
- (4) 約 1/2 的電力消耗：一般車輛原廠的鹵素大燈大都需要耗費 60W 上下的電力，而 PHILIPS 的這組 HID 氣體放電大燈組在安定器的穩定運作下，平均只需要 35W 的電力來供應氙氣燈泡發光。

4. LED 燈

LED 是利用電能直接轉化為光能的原理，在半導體內正負極 2 個端子施加電壓，當電流通過，使電子與電洞相結合時，剩餘能量便以光的形式釋放，依其使用的材料的不同，其能階高低使光子能量產生不同波長的光。

LED 較傳統光源的照明優勢為有許多小型且不同尺寸可供設計選擇，對於需要特別訂做的時候很方便，且可承受較高的衝擊力，功率的損失也比其他燈源低，此外亮度衰減較緩慢，對於在氣候狀況不良的使用情況下較為適當。LED 的使用壽命平均約 5 萬至 10 萬小時，比一般光源壽命較長，低耗電量也是 LED 的優勢之一，而且目前全系列發光顏色皆有生產(由藍色 460nm 至暗紅色 660nm)。

LED 具有體積小、省電、低消耗功率、壽命長、可全彩發光(含不可見光)、環保、反應速度快只需要 1 微秒無須暖燈時間、此外 LED 為冷光，發熱度低不會損壞燈座、安全性高、容易配合應用上的需要製成極小或陣列式的元件等優點，許多檢測系統採用此種光源做為照明系統。

LED 可改善鎢絲燈泡容易因為行駛震動而損壞的缺點，耗電量也比較低，而且 LED 燈具的造型非常有彈性。依據文獻記載每單元須達 3W，放射角度為 120°，但 LED 並無向傳統車用燈具有聚光功能，須加以裝設聚光鏡進行聚光，國外 TxDOT 則使用兩種 Cylindrical lens(柱狀鏡)進行聚光，一種為壓克力，一種為玻璃，而玻璃太過笨重為檢測便利性而言，壓克力為較佳之方案，但玻璃聚光效果較壓克力佳。

5. 雷射

雷射 Laser 之名稱的由來，系由其裝置之原理(light amplification by stimulated emission of radiation) 五個英文字取其字首結合而成。1954 年由美國哥倫比亞大學的湯恩斯 (Townes) 將此觀念實現，藉由 NH₃ 氣體分子做成放大裝置。發展至今，雷射的應用已伸展至各種領域，醫學、通訊、資訊儲存、雷射加工、精密量測.....等等。1960 年並由 T.H.Mainman 及 A.Javan 產生世上第一部紅寶石脈衝雷射。雷射光束具有高度準直性、方向性、同調性之特點，因此在許多方面獲得了廣泛的應用，如雷射掃描、雷射雷達、雷射位移計、雷射干涉儀；另雷射可分為三部分：(1)活性介質(2)共振腔(3)激勵元件。

雷射由激勵系統提供能量給活性工作介質以產生光子，這些光子在雷射共振腔內來回振盪數十次至數百次，最後穿出雷射共振腔，形成雷射光束。雷射光與其他的光源相比較，有四個特點：

- (1) 高亮度 (Brightness)
- (2) 高方向性 (Directionality)
- (3) 單色性 (Monochromatity)
- (4) 高相干性 (Coherence)

本研究再經過幾項光源測試，起初 LED 在初期檢測時，先以 1W 燈源進行檢測裝設，以 30 顆為一單位總長約 15 公分之設計，配合國內廠商設計之聚光鏡進行測試，初期測試結果並非非常良好，在一般 PC 路面可以產生光源補強之效

果，但於 AC 路面則無法產生相同效果。第二次測試改為 3W 燈源進行測試，效果有明顯改善，目前之缺點在於國內廠商於聚光焦距無自行設計之能力，僅能使用標準品進行聚焦，多次檢測發現 LED 使用國內之聚光鏡（如圖 4.19），僅能於離地 10 公分獲得最佳之聚光效果，並且在多次檢測測試中發現其照度需達 900 lux 以上才能於一般 AC 路面產生良好成效。第三次測試日本聚光鏡之標準品，並以 LED 作為發光體也僅能聚光於 8 公分位置，故並未能達成預期之效果。

經與美國德州公路局聯繫過後，購買該設備之聚光鏡進行測試，並由公路局之工程師代為購買切割，經過後續研究測試後，發現效果良好，其照度值可達中午太陽光照度以上，因此本研究選定以 LED 燈做為檢測車使用，一方面可達需求，另一方面 LED 為目前趨勢，並且具有許多優點，成本亦可降低，使其市場性更增加不少。LED 與聚光鏡設計如圖 4.16~4.18 所示。

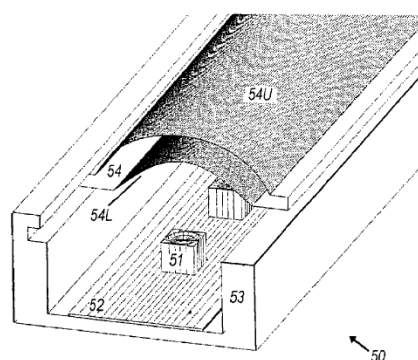


圖 4.16 聚光鏡設計圖

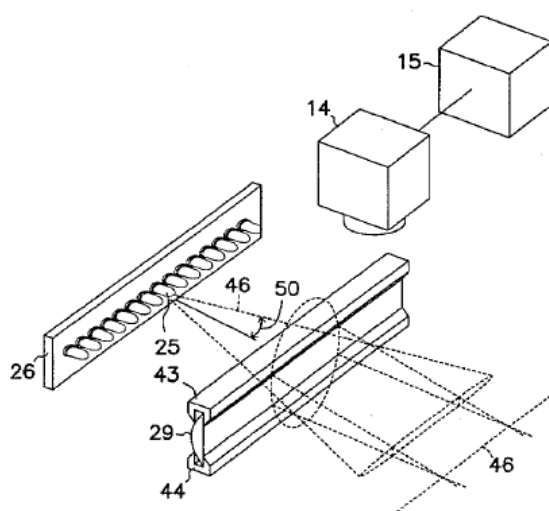


圖 4.17 LED 設計圖

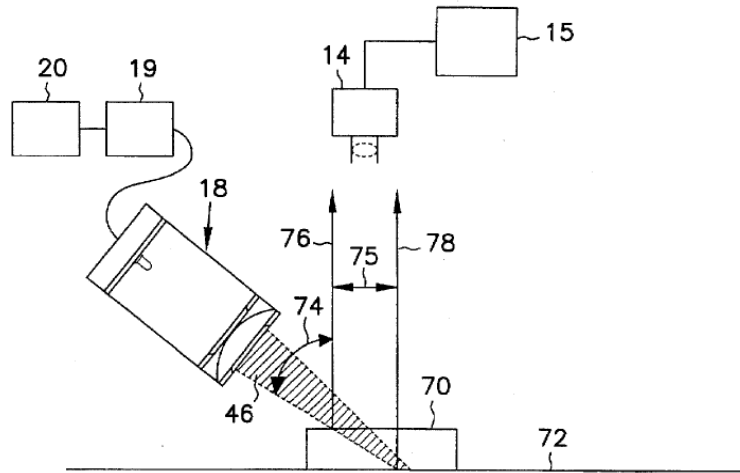


圖 4.18 整體聚光設計圖

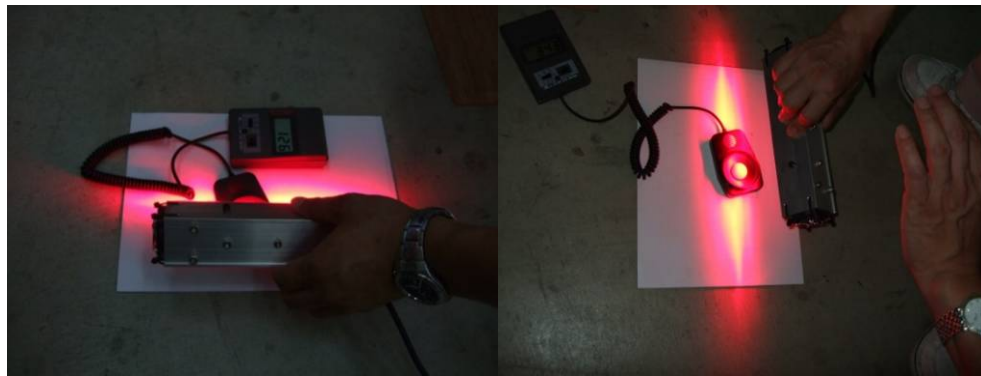


圖 4.19 LED 配合國內設計之聚光鏡效果

4.3 影像擷取軟體設計

擷取系統要求在於能夠完整將鋪面影像忠實記錄下來，擷取軟體設計應包含 LineScan 設備之(1)曝光時間設定(2)擷取量測範圍設定(3)敏感度設定，並應即時顯示拍攝畫面狀況，依 AASHTO PP44-01 規，每次取樣大小應於 30m~100m 之間並考量系統處理速度，在本研究則設計影像擷取每次擷取 50 m 影像，並於擷取後合併為 100 m 之鋪面影像以供後續鋪面辨識系統使用。鋪面擷取系統畫面如圖 4.20 所示，整體資料流程如圖 4.21 所示。另因影像擷取需要與 GPS、VedioLogging 結合整合畫面如圖 4.22 所示。

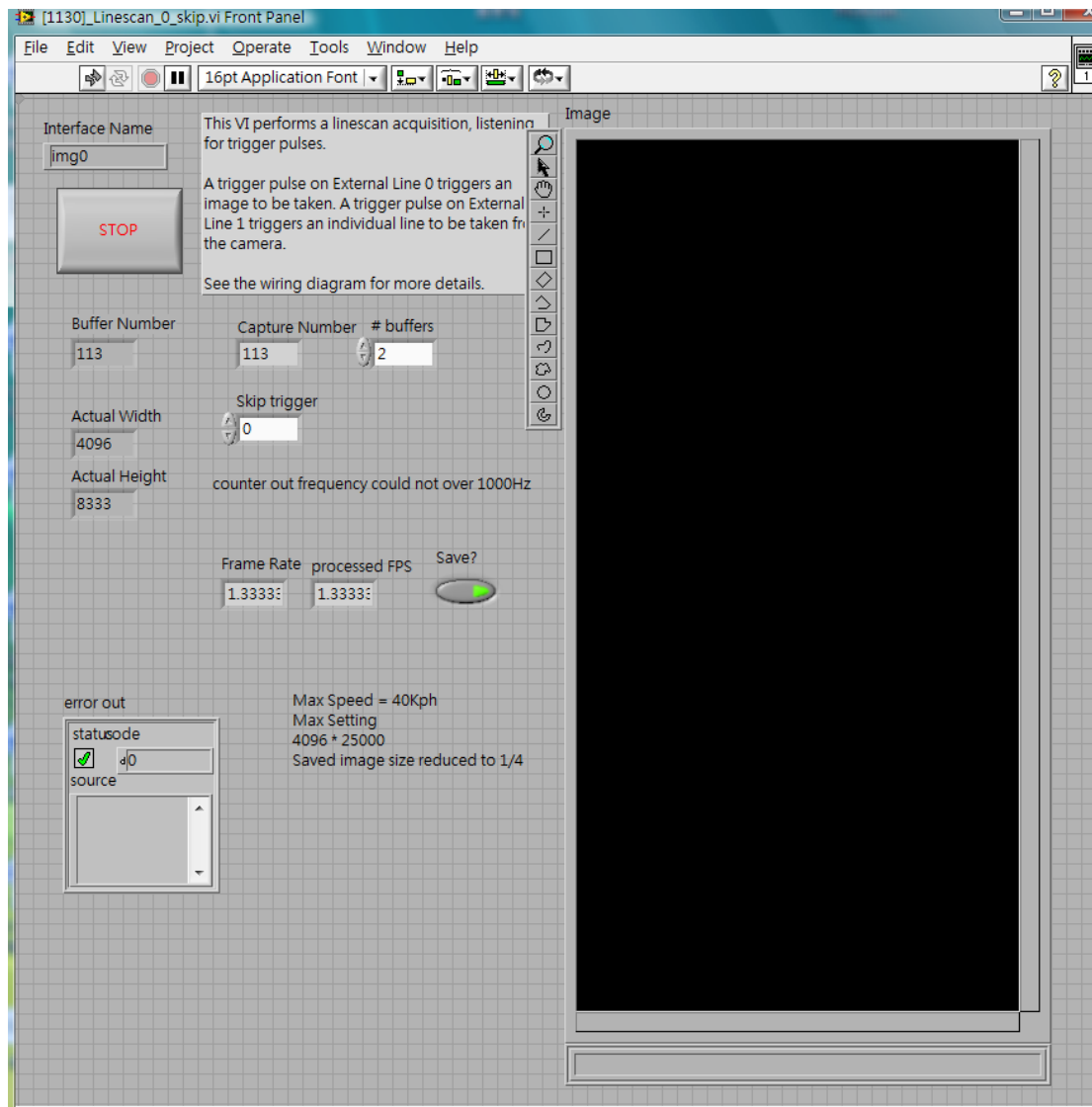


圖 4.20 鋪面擷取系統

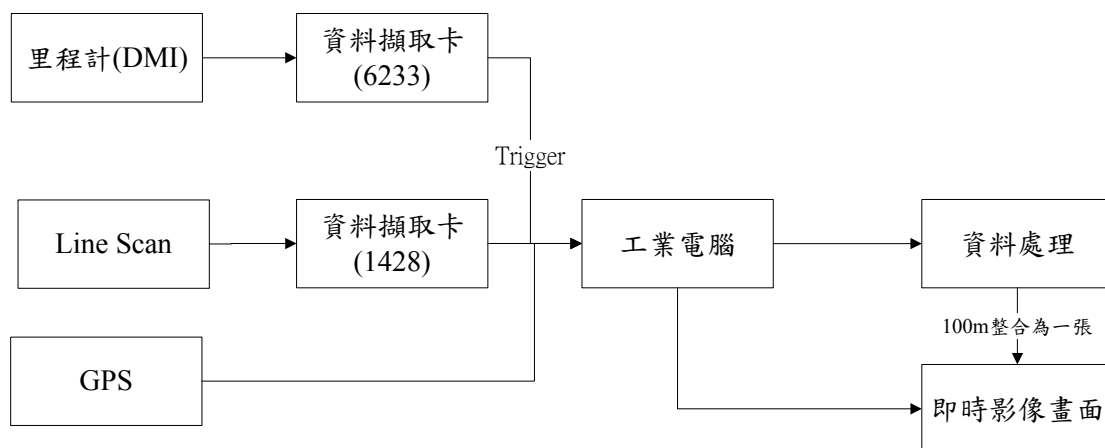


圖 4.21 資料流示意圖

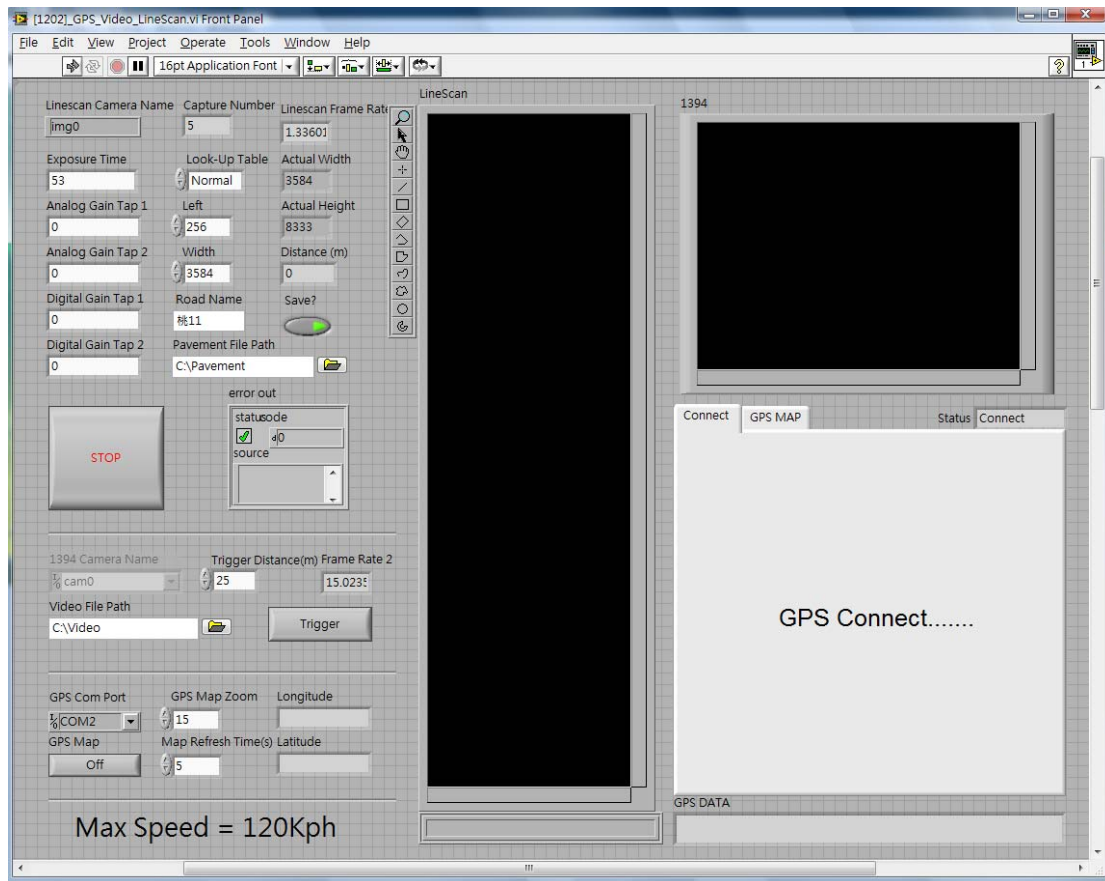


圖 4.22 影像擷取與 Vedio 整合畫面

4.4 鋪面影像辨識軟體設計

4.4.1 影像分析原理與方法

對於鋪面工程的影像破損辨識，大致上的流程可分為幾個步驟：（1）影像處理，如影像濾波、光源補償、圖像灰階或二值化等等；（2）特徵值擷取，利用第一步驟所取得的次影像進行特徵值（如邊界判定資訊等）的擷取，做為影像分類的依據；（3）利用特徵值建立分類器，並將之用於系統辨識。

本研究以上述方法為基礎，對鋪面檢測車所取得一百公尺鋪面資料進行破損辨識、標示，並以此為基礎進行道路鋪面狀況的評估。

SVM 的使用理論，為找出一個超平面(hyperplane)，使之將兩個不同的集合分開。該超平面屬於高維度的資料，對於一群在高維度空間的資料，能夠在該空間中找出一超平面，將這群資料切成兩群，同群組資料均位於超平面的同側，如下圖 4.23 所示：

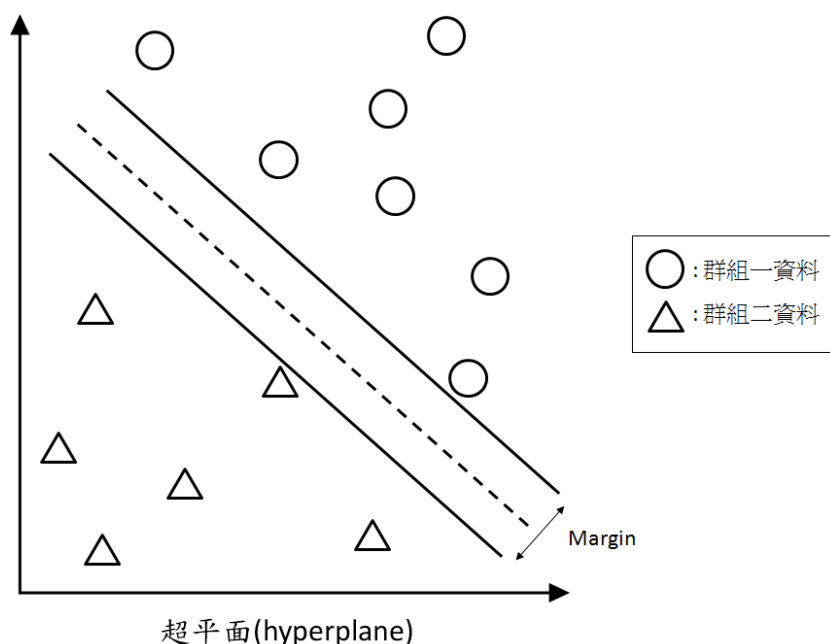


圖 4.23 SVM 分類示意圖

對應於上圖，超平面中兩組資料 Margin 越大，表示兩群資料點區分度越高，該超平面亦被認為是較佳的超平面。SVM 應用於多種辨識系統，如手寫體識別、三維目標識別、人臉識別、文本圖像分類等，均表現出良好的學習能力。在解決小樣本、非線性及高維模式識別問題中，SVM 表現出許多特有的優勢，對於有限訓練樣本的資料，能得到較小的誤差。

本研究使用相位疊合(Phase Congruency) 法對鋪面影像進行邊角判定(Edge and corner detection)，並以此資料做為對於鋪面影像特徵值，進行使用 SVM 的影像分類流程。邊角判定有許多方法，其中包括有 Moravec 【24】，Harris and Stephens 【25】，Beaudet 【26】，Kitchen and Rosenfeld 【27】，Cooper et al.【28】，Rosenthaler et al. 【29】，Robbins and Owens 【30】，Smith and Brady 【31】 等等。上述方法使用時大多會產生多變的影像對比，不便於閾值設定。同時，由於上述許多方法利用高斯平滑(Gaussian smoothing) 去除影像雜訊，有時亦造成邊角位置判定資訊錯誤等狀況。為了解決上述的問題，相位疊合邊角判定法被廣泛使用與發展，它提供一不變的影像對比度資訊，故允許大量、直接的使用來決定邊角訊號的強度。下列為根據 Kovesi 【32, 33】所得公式：

$$PC(x) = \frac{\sum_n W(x) [A_n(x) (\cos(\theta_n(x) - \bar{\theta}(x)) - |\sin(\theta_n(x) - \bar{\theta}(x))|) - T]}{\sum_n A_n(x) + \epsilon} \dots\dots\dots(4.4)$$

其中， $W(x)$ 是頻率傳播的權重(多量頻率疊合比在少量頻率疊合更具影響力)； ε 為避免分母為零所添加的常數值； T 為雜訊的影響估計值，只在當能量值超越其值時才被計入結果中。根據 Classical moment analysis equations 【34】，我們將之應用在影像上的任意點：

$$a = \sum (PC(\theta) \cos(\theta))^2 \dots\dots\dots (4.5)$$

$$b = \sum (PC(\theta) \cos(\theta)) \cdot (PC(\theta) \sin(\theta)) \dots\dots\dots (4.6)$$

$$c = \sum (PC(\theta) \sin(\theta))^2 \dots\dots\dots (4.7)$$

$PC(\theta)$ 為在方位 θ 時計算出的相位疊合，而其累加符號則代表該式為不連續方位的累加(typically six)。在主座標(principal axis) 的角度 Φ 則由下列公式提供：

$$\Phi = \frac{1}{2} \text{atan2} \left(\frac{b}{\sqrt{b^2 + (a-c)^2}}, \frac{a-c}{\sqrt{b^2 + (a-c)^2}} \right) \dots\dots\dots (4.8)$$

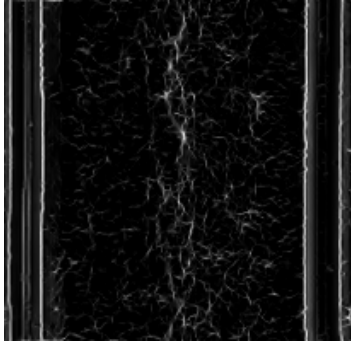
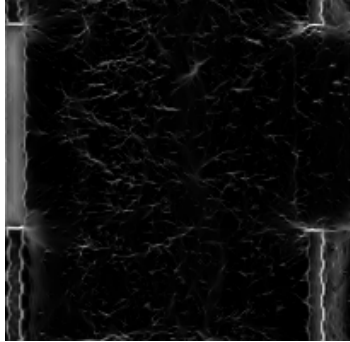
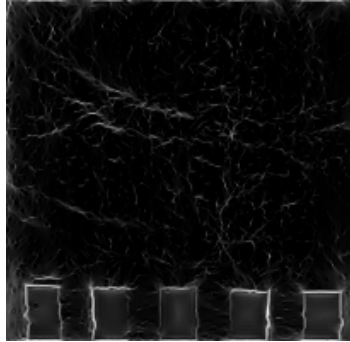
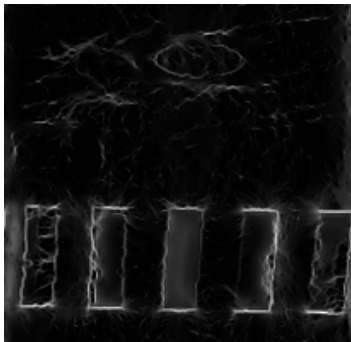
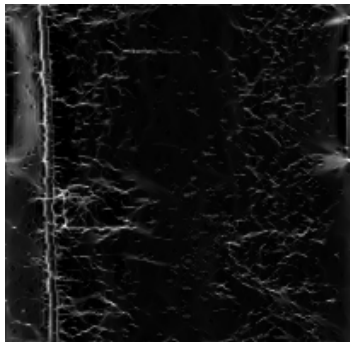

最後，可計算出最大及最小力矩(maximum and minimum moments) M 與 N ：

$$M = \frac{1}{2} (c + a + \sqrt{b^2 + (a-c)^2}) \dots\dots\dots (4.9)$$

$$m = \frac{1}{2} (c + a - \sqrt{b^2 + (a-c)^2}) \dots\dots\dots (4.10)$$

4.4.2 影像分析流程

本研究利用 Support vector machine (SVM) 做為分類器，將鋪面影像分為疑似破損狀態與正常狀態(分別代表 Positive 與 Negative 群組)。SVM 是一種分類(Classification)演算法，由 Vapnik 等提出的一種機器學習法。與 Nearest Neighbor、類神經網路(Neural Networks)、Decision Tree 等機器學習方式相比，SVM 的優勢在於使用上較為容易。下列圖 4.24~4.29 為根據上述之相位疊合法處理後的鋪面影像。

		
圖 4.24 輕微鱷魚狀	圖 4.25 中級鱷魚狀	圖 4.26 塊狀裂縫
		
圖 4.27 人手孔周圍有鱷魚狀裂縫	圖 4.28 人手孔周圍有裂縫	圖 4.29 人手孔及裂縫

根據 SVM 的分類器架構，本實驗將鋪面影像資料分為兩大群組：一為疑似破損影像，定義為 Positive 資料群；另一為正常狀態鋪面影像，定義為 Negative 資料群。接著，利用各向異性擴散濾波(Anisotropic Diffusion Filter) 進行影像濾波處理，並將濾波後的影像利用相位疊合法擷取影像邊角資訊做為特徵值。接下來，將資料群組放入 SVM 進行學習並完成分類器模組架構。經由訓練好的分類器，可以將影像輸入進行判定，取得預測資訊。影像分析流程圖下圖 4.30 所示：

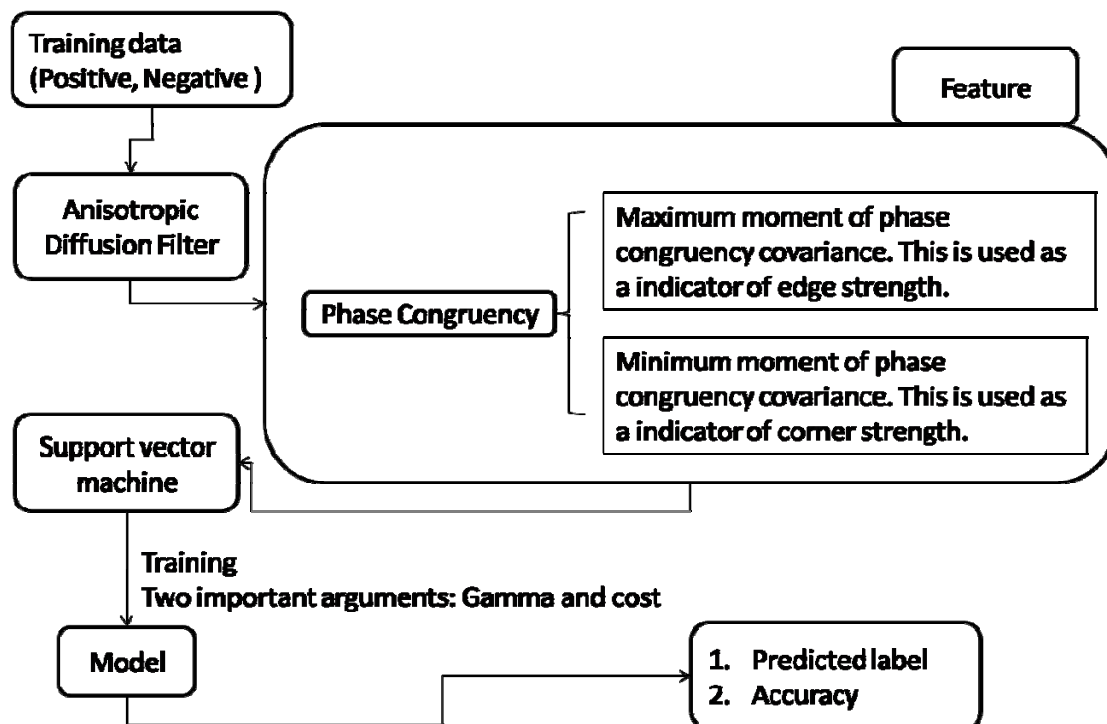


圖 4.30 影像辨識流程圖

4.4.3 分析結果

本研究使用鋪面檢測車所取得的 87 張鋪面影像做為測試資料，並使用 4.3.1 所述方法與 4.3.2 流程進行分類器的建置與資料分類測試。下表 4.3 為目前測試的結果：

表 4.3 有無破壞之影像辨識結果

	Positive	Negative	(real)
Positive	46.51%	15.91%	
Negative	53.49%	84.09%	

(predict)

由表 4.3 所示，正常狀態影像(Negative 群組) 可達到八成的濾過效果，有效減少第二步驟之計算資料量。目前於疑似破損(Positive 群組) 目前有五成的資料被歸類錯誤，成果雖未達預期的標準（在預期中，此部分規類錯誤的資料量應當趨近於零），但此部分為未來首要的加強目標項，對於後續辨識系統第二部分架構，將同樣使用 SVM 作為分類器。

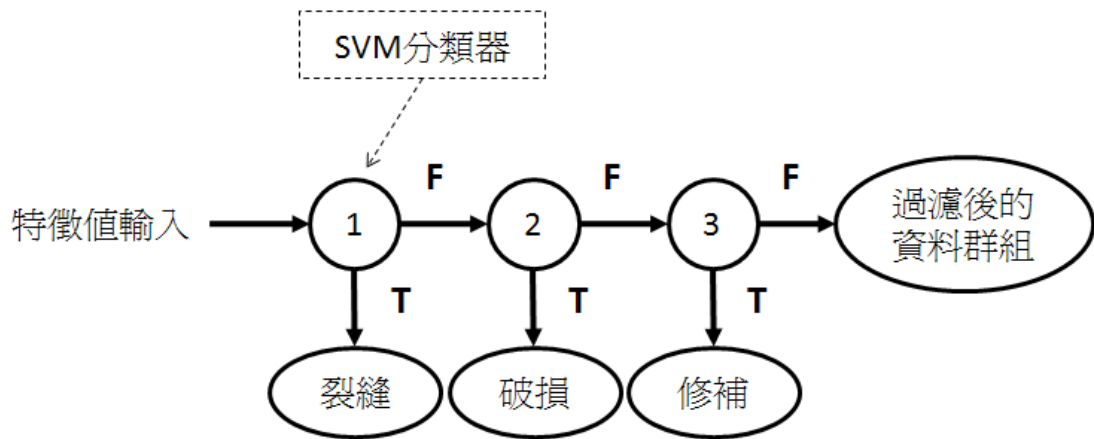


圖 4.31 其餘破壞辨識方式

如上圖 4.31 所示，經處理後的特徵值輸入分類器中，經由分類器判斷，取出屬於裂縫群組的資料，所剩之資料則繼續往下通過數層分類器進行分類，最後，將所有資料分類。在特徵值方面，將加入加伯轉換器(Gabor filter) 進行邊界判定特徵值篩選【35】。加伯轉換器於分析紋理影像效果表現突出，適合使用在擷取裂縫資料特徵資料。

第五章 道路實錄影像系統模組建構

5.1 影像實錄檢測原理

本研究採用數位攝影機，配合一般消費型全球衛星定位系統(Global Positioning System, GPS)，提供 GPS 座標來進行道路附屬設施的檢測，如此便可在獲得路面狀況資料的同時獲得附屬設施影像，經由軟體程式的設計，將影像迅速地儲存於電腦中，並且自動儲存該條道路每固定長度之影像圖片與其對應之 GPS 點位，進而將獲得之資訊匯入鋪面維護管理系統中，建立相關之道路資訊，提供養護單位使用。

選擇數位攝影機最主要的原因，為其在高速檢測下亦可完整收集沿線影像而不失真的特性，且一併提供週遭狀況予使用者了解，如此一來，一方面可提供數位影像來讓使用者了解路面狀況及道路附屬設施，另一方面亦可用連續影像來加強路面狀況調查，更可讓使用者不需親身至現場便可清楚得知週遭的情形，最後亦考量後續可繼續進行影像處理。

5.2 道路影像檢測硬體設備與架構

目前本研究所採用之硬體設備，包括數位攝影機、衛星定位儀、里程計、資料擷取卡、工業電腦、行動網路裝置、攝影機腳架雲臺等。數位攝影機與 GPS 接收之訊號藉由資料擷取卡進入電腦，配合行動網路裝置及時上網取得 GOOGLE MAP 資料，以進行資料及時處理擷取。此研發不需內業資料整合處理，可節省大量的人力與時間。

1. 數位攝影機：

本研究所使用之數位攝影機為 Imaging Source5 之產品 DFK 31AF03.AS，其特色為高分辨率，快速刷新率且可高速顯示彩色圖像。核心配件為 SONY 生產之 ICX204AK 彩色 CCD 芯片，其規格為 1/3"，分辨率為 1024 x 768 畫素。即使長時間曝光，所產生的干擾仍十分小，並且使用快速 FireWire 數據傳輸資料，將影像資料傳輸到資料擷取卡中(IEEE 1394)，本研究採用之 CCD 如圖 5.1 所示。



圖 5.1 數位攝影機

2. 資料擷取卡

1394 可以把數位攝錄影機連接至個人電腦平臺，以便下載、編輯和儲存數位視訊內容；由於具備高速和雙向傳輸優點，無論要對視訊內容進行即時編輯，或是要將編輯結果存回攝錄影機的錄影帶，1394 都是最理想的連線。

1394 的特色包括：

- 對等作業 (Peer to peer operation) 。
- 使用簡單，方便的即插即用能力 。
- 支援 IP 資料傳輸 。
- 非同步和等時作業模式 (適合網路連接和音訊／視訊資料傳輸) 。
- 頻寬足以支援多種標準和高畫質視訊位元流 。
- 支援更高品質的音訊標準，例如 DVD-A 和 SACD 。
- 單一匯流排最多連接 63 部裝置，並可透過橋接器連接其它網路 。
- 透過加密功能保護傳輸內容的安全 。
- 為音訊和視訊傳輸提供網路連線品質 (QoS) 服務。

3. 行動網路裝置

本研究使用為 3.5G 行動上網裝置，跟目前 NB 普遍內建的 WiFi 相比，3.5G 技術可以不受 AP 傳輸範圍的限制，且在高速移動時依然可進行連線，因此當檢測車進行影像實錄時，依然可以進行上網。其又有廣泛的 3G、GPRS 訊號涵蓋範圍，不須為了上網到處找熱點 AP。它的連線速度比 WiFi 更快，甚至還能超越一般的 ADSL 有線上網。

4. GPS

隨著科技的進步以及應用技術層面的提升，全球衛星定位系統(GPS)已廣泛使用於各行業，舉凡工程測量、地圖測製、精密大地測量、航太發展、航海與汽

車導航等，使用者僅需透過 GPS 接收儀接收衛星發射之訊號，經電腦加以計算後即可顯示調查點之座標位置，使用上相當方便，相較於傳統測量座標位置的方式，可節省不少人力與時間。利用 GPS 可簡易獲得一般路面狀況影像拍攝點與路面破壞位置兩者之空間資料，然限於各種主客觀因素，目前商業化之 GPS 接收儀仍有 10 至 15 公尺的誤差，未能完全符合系統之要求，必須加以差分訊號 (Differential Global Positioning System, DGPS) 技術加以校正。可行之 DGPS 校正方式包括：

- 以無線電進行即時差分處理：於固定地點(基地站)自行架設無線電臺，同步接收衛星訊號，經過處理後自行傳送差分訊號供外業調查使用。
- 以副載波進行即時差分處理：以調頻副載波傳送差分訊號，外業調查單位只要取得授權即可自行接收訊號進行差分修正。
- 以後處理方式辦理：即於外業調查完畢後，再利用基地站所接收之衛星訊號以批次進行差分修正。

GPS 即時動態定位 (Real-Time Kinematic, RTK) 技術在許多需要高精確性的 GPS 應用上變得越來越重要，例如包括測量、營建、農業測量和高準確度的地理資訊系統 (GIS) 建置等領域。一般而言，使用接收者的工作站要在 10km 內來確保公分等級之精準度。近來，許多國家以克服對 RTK 系統之限制並安裝多個工作站網。虛擬參考站 (VRS) 是網路即時動態定位 (RTK) 用戶解決傳遞網路校正資訊的可行方法之一。

目前全球衛星定位系統之 RTK 定位能達到高準確(公分等級)且是最廣泛使用的測量技術之一。但 RTK 也有存在其缺點，例如對流層及電離層之影響會導致原始數據系統誤差，以及為了能更有效率，在移動物及接收站之間的距離必須小於 10km。此外在市區會有無線電波通訊易受干擾之問題發生。近來，使用 VRS (即網路 RTK) 的概念已經被很多研究人員推薦為網路 RTK 使用者的一種解決傳遞網路校正資訊的可行方法【36-40】，並且於前幾年已經證實高準確全球衛星定位系統為有效率的技術。此方法不需要實際上的工作站。相反的，它允許使用者使用虛擬工作站的數據，在網狀系統內任一地點，即時修正系統誤差來提供可能性的錯誤減少。VRS 網路操作顯示於圖 5.2【41】。

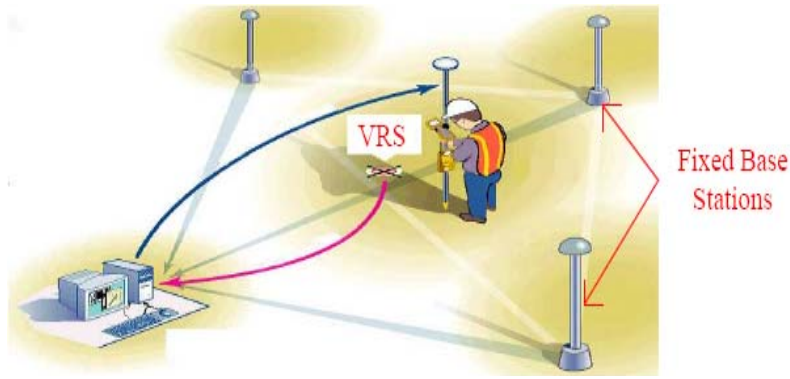


圖 5.2 VRS 網路操作【41】

5.3 道路影像檢測硬體設備與架構

本研究為加速內業資料處理之效率，利用美商國家儀器（NI）圖型化虛擬儀控程式語言 LabVIEW，進行拍攝後影像處理程式的開發，軟體畫面如圖 5.4 所示。主要功能包括有：

- (1)調整數位攝影機參數介面與即時展示影像介面(Real Time Video)
- (2)配合 GOOGLE MAP 即時線上地圖功能
- (3)展示 Line Scan 鋪面影像介面
- (4)設定自動擷取圖片與及時擷取圖片功能

藉由 DMI 當作里程計數器，觸發電網接收影像訊號與 GPS 點位，配合上網下載及時 GOOGLE MAP，便可從使用介面中看到即時影像與 GPS 點位與行動地圖，以利檢測人員做即時性的掌握。流程圖如圖 5.3。

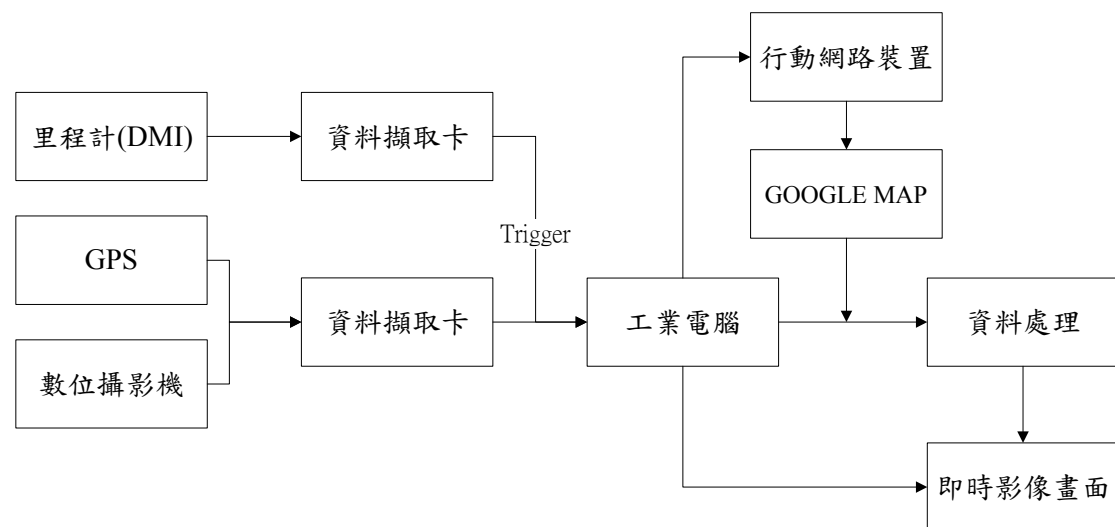


圖 5.3 數位影像裝置流程圖

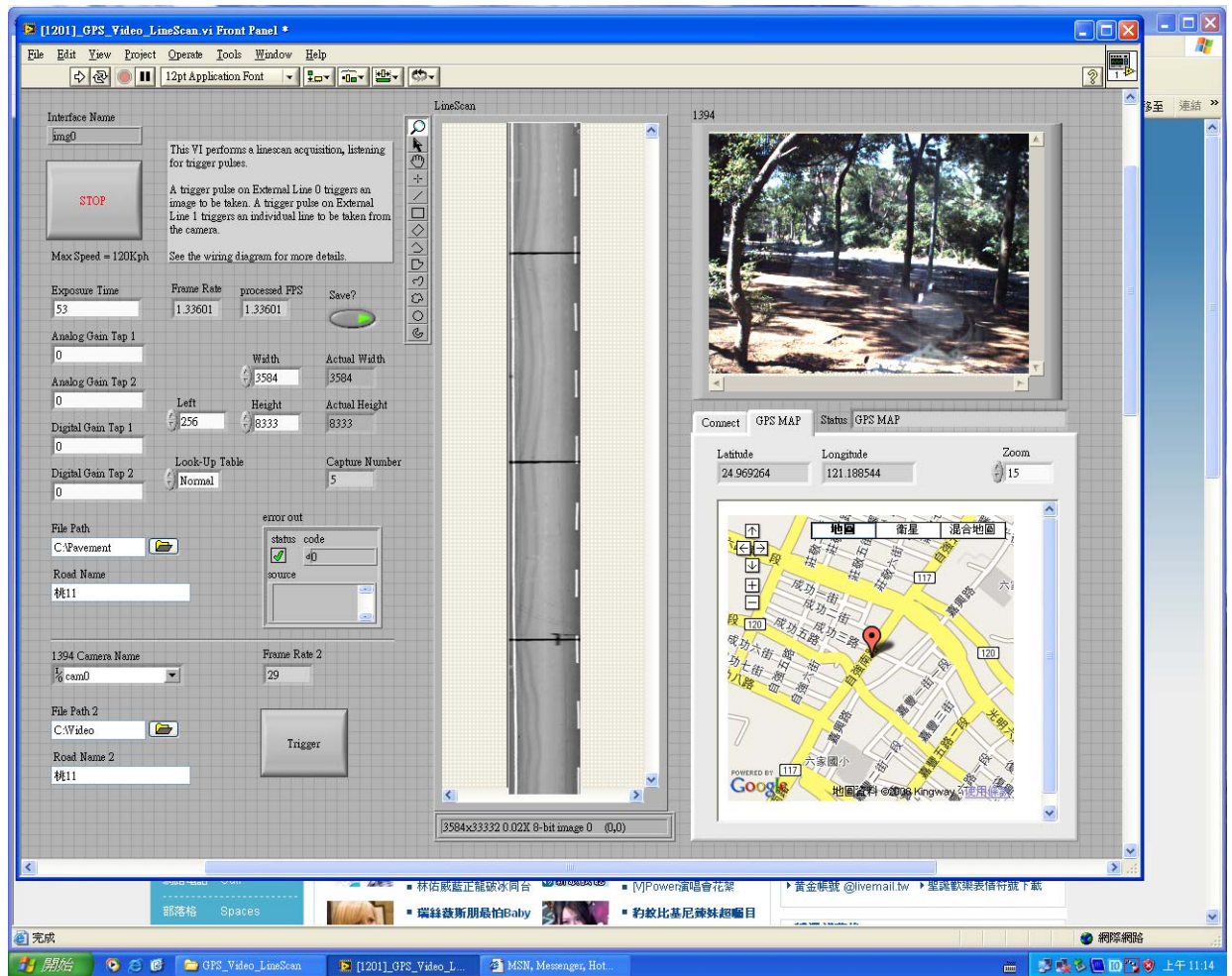


圖 5.4 道路影像即時操作畫面

(1)調整數位攝影機參數介面與即時展示影像介面(Real Time Video)

在外業調查的過程中，可藉由數位攝影機拍攝即時影像介面讓檢測人員了解當下數位攝影機之拍攝畫面，另為了方便使用，將調整攝影機之各參數設定寫入操作畫面，在即時傳送之影像中進行設定微調，以達影像最佳化。

(2)配合 GOOGLE MAP 即時線上地圖功能

GOOGLE MAP 主要的服務有以下幾種：

a. 地圖查詢：

你可以在 Google Map 查到詳細地圖，若資料詳細的地方（歐、美、日等"先進"國家），還有商家名稱和電話等資訊可以查詢。

b. 地圖查詢結合衛星實圖(疊合顯示 Google Earth)，地圖的右上角按鈕可

以切換地圖模式，(1) MAP: 純地圖模式如圖 5.5，(2) SATELLITE:

衛星圖 (google earth)如圖 5.6，(3) HYBRID:用衛星圖為基底來顯示地圖。

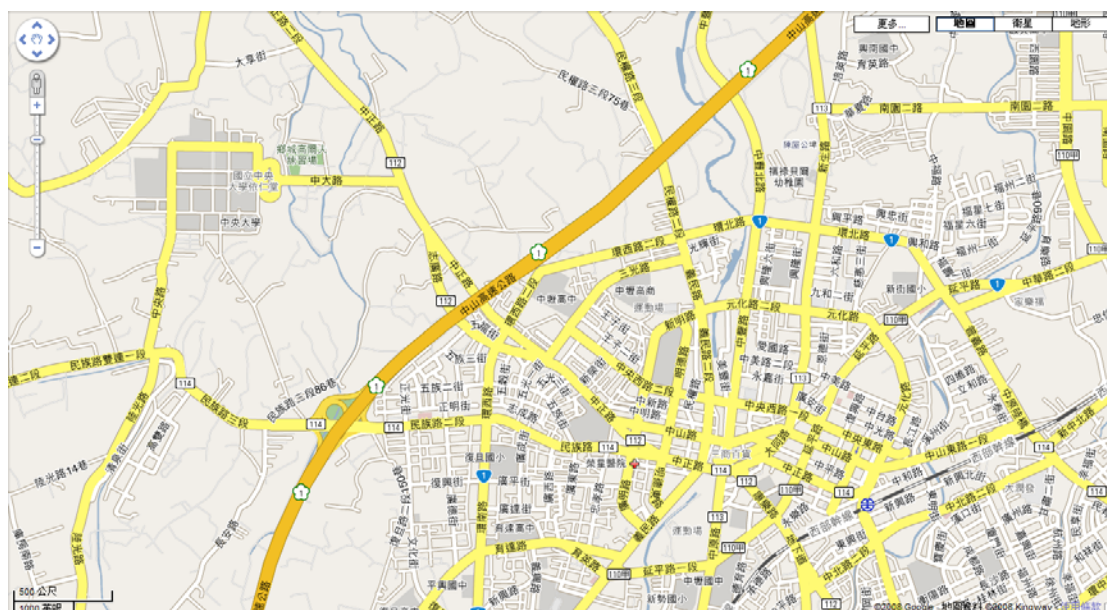


圖 5.5 純地圖模式

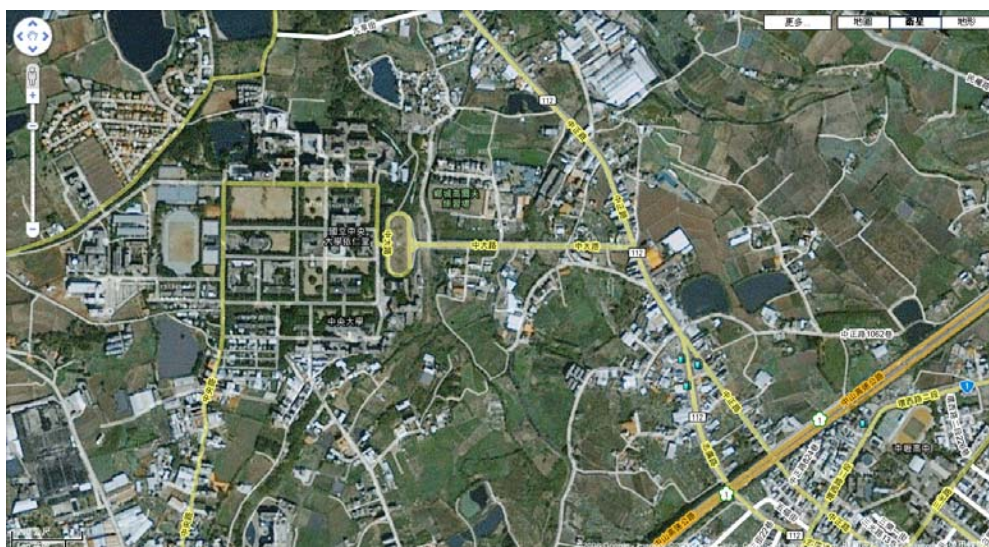


圖 5.6 中央大學衛星圖

c. 旅行路徑規劃 Google Transit(特定城市)

這個功能十分奇特且具有便利性，等同於我們平常使用的 PAPAGO 軟體，只要設定出發地和目的地，就會直接輔助規畫旅行路線。

這三項強大的功能大幅度的降低執行外業調查時道路尋找的困難度，從以往經驗中，由於經費預算的關係，各縣市的鄉道附屬設施並未十分完善，因此，公路基本資料的調查亦越顯困難；但配合 GOOGLE MAP 的衛星空照圖後，可以直接查詢道路路名以及鄰近地區道路狀況，對於外業調查的路線規劃，不論是哪一套檢測系統，皆可使鋪面檢測車駕駛方便參照，以選定最佳化之檢測流程。

(3)展示 Line Scan 鋪面影像介面

以往，工程師須親身至現地執行路面損壞狀況調查，此項功能可使工程師在車上直接看到鋪面影像，利用 Line scan 的高速掃描並成像，工程師可於軟體上選擇輸出影像的大小以及掃描成像寬度，並且工程師可用即時拍攝的影像與肉眼直視前方道路，再加上身為乘客的感受狀況，可當下判定該影像是否符合實際狀況。因此，工程師打開軟體操作後，並非完全交由電腦控制及計算，而是從以往路巡制度轉換成監控螢幕，並能隨時注意道路狀況做為現場自我比對之用，利用高速成像減少路巡時間及人力使用。

(4)設定自動擷取圖片與即時擷取圖片功能

在軟體設計中，除了可自動擷取圖片外，本研究亦加入了即時擷取圖片的功能，此功能在 Line scan 以及道路實錄上，扮演著舉足輕重的角色，其緣由於工程師可設定固定距離輸出影像照片，如每 100 公尺成像一張 4 公尺*4 公尺的影像圖片，但標準化的擷取道路資訊，也會造成某些破壞狀況被切割成 2 張圖片，即使有些破壞狀況是工程師會想要有完整的狀況以供後續使用；因此，利用即時擷取的功能，工程師在執行道路檢測的過程中，若有感興趣的道路影像或需特別註記的圖片，則可即時擷取，以避免自動化擷取造成使用上的不便，使此功能使用上更為廣泛。

第六章 系統硬體設備整體設計

6.1 硬體設備整合簡介

本計劃團隊所研發之多功能智慧型自動化檢測車主要功能為鋪面平坦度檢測、鋪面裂縫檢測、Vedio Logging 三種，依上述檢測需求選購相關檢測儀器，以客製化的方式結合於檢測車體，並依照本團隊歷年的檢測經驗，改良既有設備使用上的缺陷（例如結構防水設計、結構穩定度設計），量身訂做出符合檢驗標準之最佳化設計，智慧型鋪面檢測車硬體設備整合包含以下五大主要模組，分為影像擷取模組、人機控制模組、平坦度檢驗模組、資料管理模組、電源供應模組，如圖 6.1 智慧型自動化檢測車主要功能架構圖，分述如下：

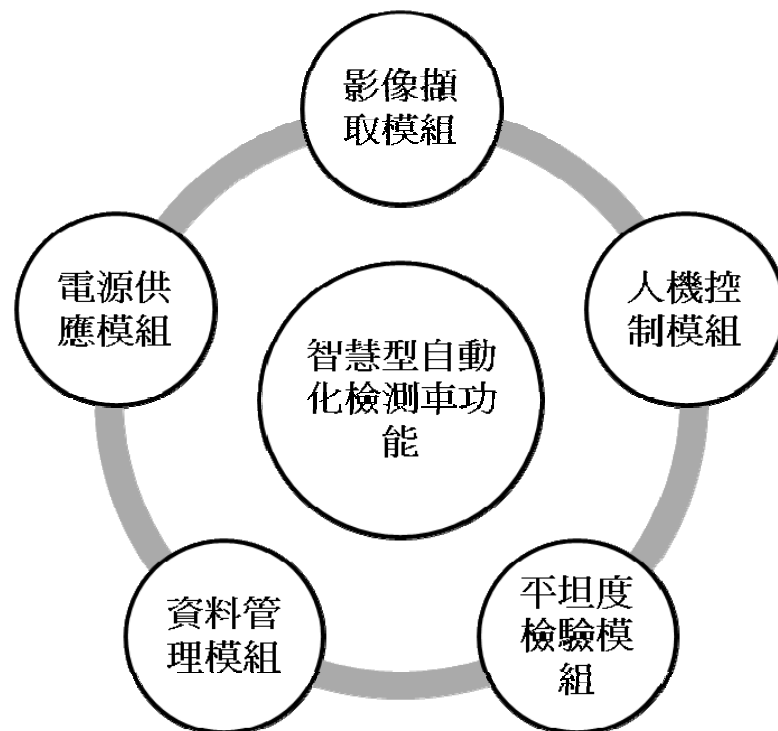


圖 6.1 智慧型自動化檢測車主要功能架構圖

1. 影像擷取模組：此模組為上部 LineScan Camera 與下部 LED 光源整合，藉以檢測鋪面是否發生缺陷。
2. 人機控制模組：此模組為上部 LineScan Camera 與軸進伸縮平臺之組合，透過人機介面做寸動與微調的控制。在本質安全防護上，本系統於人機操作介面設置緊急停止開關，預防遇緊急狀況時之配套措施；另外，在軸進伸縮平臺機構內部亦有裝設安全極限開關，藉由兩層保護機

制避免人為操作之風險。

3. 平坦度檢驗模組：此模組為雷射與加速規組成，主要功能為平坦度的量測。
4. 資料管理模組：將上述經檢測後所獲得之資料，透過軟體及計算，轉換成所需要的資料，並歸檔管理。
5. 電源供應模組：將車電轉換為一般儀器常用的一百一十伏特的電源，並透過整流器及 UPS 不斷電系統，保障電源供應的穩定性。

智慧型檢測車主要機件、儀器分列如下：

- (1) 雷射、加速度規、LED 燈架。
- (2) LineScan Camera。
- (3) 車內置放架。
- (4) 里程計(DMI)。
- (5) 數位攝影機及操作介面（電腦螢幕、鍵盤、滑鼠）。

本研究將整合智慧型檢測車之硬體設備並透過客製化與人性化設計，預期將有效提高檢測人員於檢測時之便利性，並提高檢測效率；此外，在進行維修時也較容易針對某部分檢查錯誤，對鋪面檢測車之開發將有莫大的幫助。以下將針對上述幾項構造說明功能、特色、穩定性與安全性評估。

6.2 雷射、加速度規、LED 燈架

由於本團隊選用的影像擷取儀器為線掃描式照相機(LineScan Camera)，此規格之相機，在使用上必須有足夠的光源，方能達到預期之擷取效能，如遇到光源不足的情況，則會影響到相機的拍攝效果，即便是在強烈太陽光之情況下，仍會因陰影問題而降低影像擷取的效率。為能使影像擷取最佳化，本研究將檢測車外加 LED 光源模組，藉以 LED 光源模組提供穩定的光源輸出，解決影像擷取效能的問題。為了使光源亮度照射於地面能有最大亮度，且照射寬度能涵蓋於整個鋪面寬度(預計為 4 公尺)，考慮將燈源架設於檢測車車後保險桿部分，如圖 6.2，並且於 LED 燈源上設計轉軸機構，以調整光源照射角度，控制 LED 光源模組照射於鋪面最合適之位置。



圖 6.2 智慧型檢測車 LED 光源模組放置處

為了達到光源照射於鋪面之工作長度能達 4m，目前與國外訂購 LED 燈架 2 長 2 短共 4 組(191cm*12cm*6.5cm 與 38cm*12cm*6.5cm)，預計 4 組燈架將架設於同一直線，兩組長燈架置於中間，其總長度大約為車寬長，兩組短燈架分別置於長燈架兩側並在連接處設計旋轉軸承，以調整照射角度，使光源照射總長度能夠達到 4m，如圖 6.3。為達到旋轉效果，加設旋轉軸承上有細小卡榫，可進行微小角度之調整，但在設計上因未考慮同軸性，再者選轉角度不易控制，故在檢測時未能達成預期效果，而原架設之效果如圖 6.4 所示，故本研究進行第二次設計，組合方式如圖 6.5 所示，增加每 5°一刻度可進行角度調整，整體組件也改為同軸機構，將實際檢測所遇到的問題回饋於設計端，進行本質的機構改善。



圖 6.3 LED 燈源照射示意圖



圖 6.4 LED 燈源照射示意圖

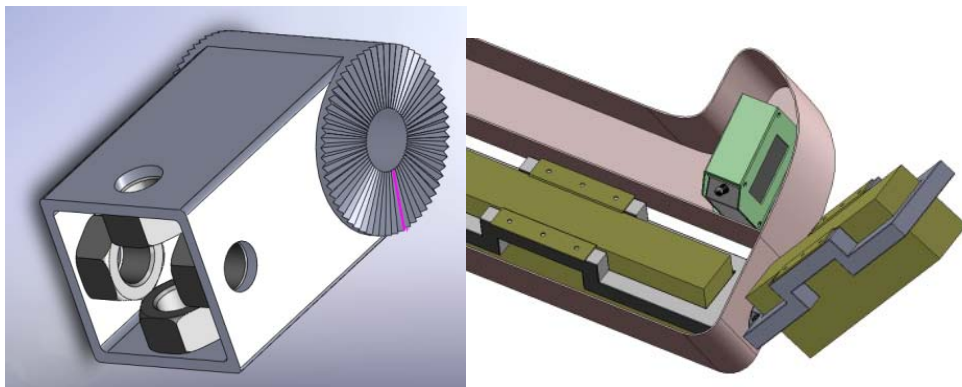


圖 6.5 短 LED 光槍架固定軸組合

平坦度檢測儀器設備當中之雷射測距儀與加速度規依照規範，須置放於輪跡處，以表達輪胎之雷射高程剖面與加速度規剖面，且雷射測距儀須置放於離地 30cm 處，考量儀器架設方便性與車體整體美觀性，本設計將雷射測距儀、加速度規與 LED 燈架三種儀器合併為一綜合模組（LED 光源模組），如圖 6.6，一併置於車後保險桿部分，如圖 6.7。

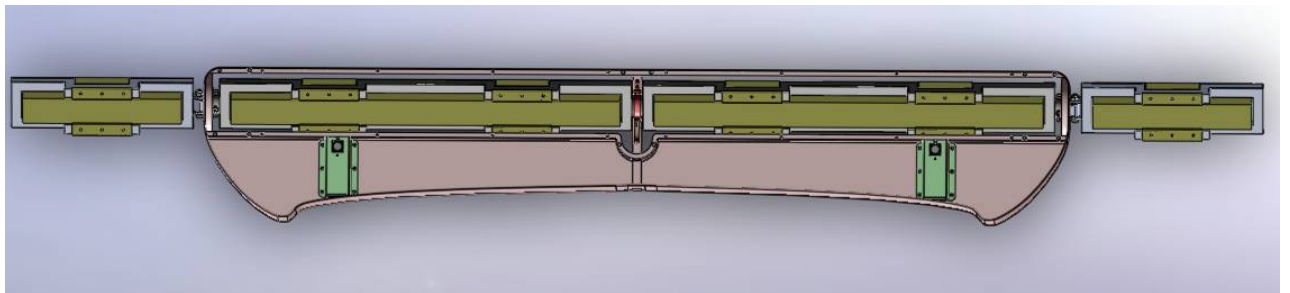


圖 6.6 綜合結構體

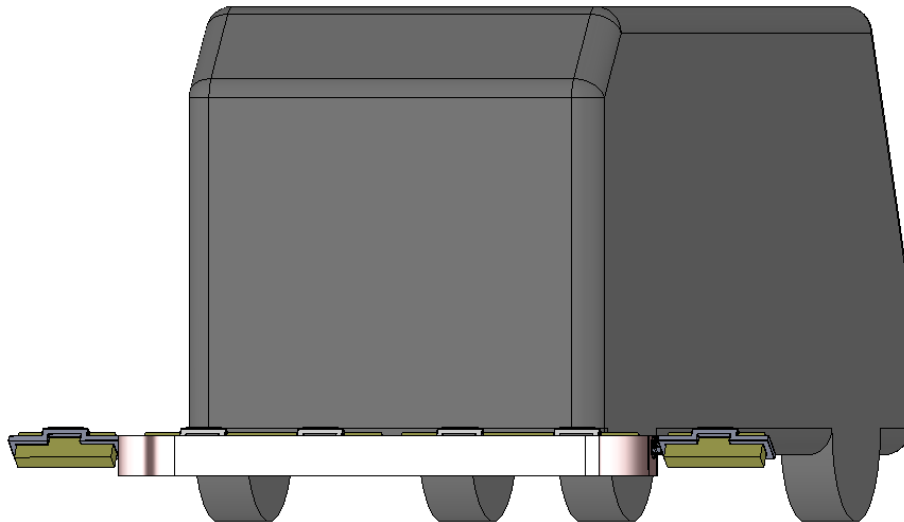


圖 6.7 LED 燈架置於保險桿示意圖

因安全性考量，本設計為避免儀器裸露於戶外空間，參考公路總局 ARRN 之鋪面檢測車，如圖 6.8，設計類似機箱盒之模組，將 LED 燈架、雷射測距儀與加速度規包覆於其中，並考量防水機能，如圖 6.9，以避免因雨天檢測時造成的線路短路等問題；此外，並於 LED 光源模組兩側，加裝警示燈，以避免發生碰撞等危險。在方便性考量上，在此 LED 光源模組（箱）中設計收納之空間，在非檢測作業時，可將兩側短燈架拆卸下置放於其中，使車後燈架組不至於過長，以利駕駛人方便駕駛，避免危險，如圖 6.10。



圖 6.8 公路總局 ARRN 檢測車

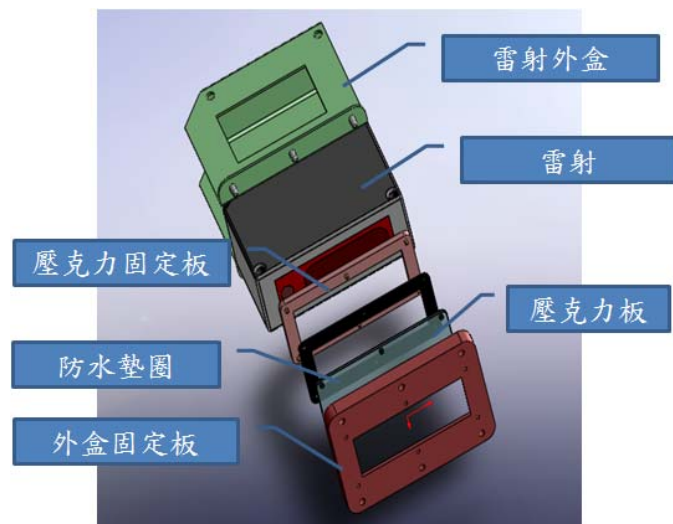


圖 6.9 雷射盒防水示意圖

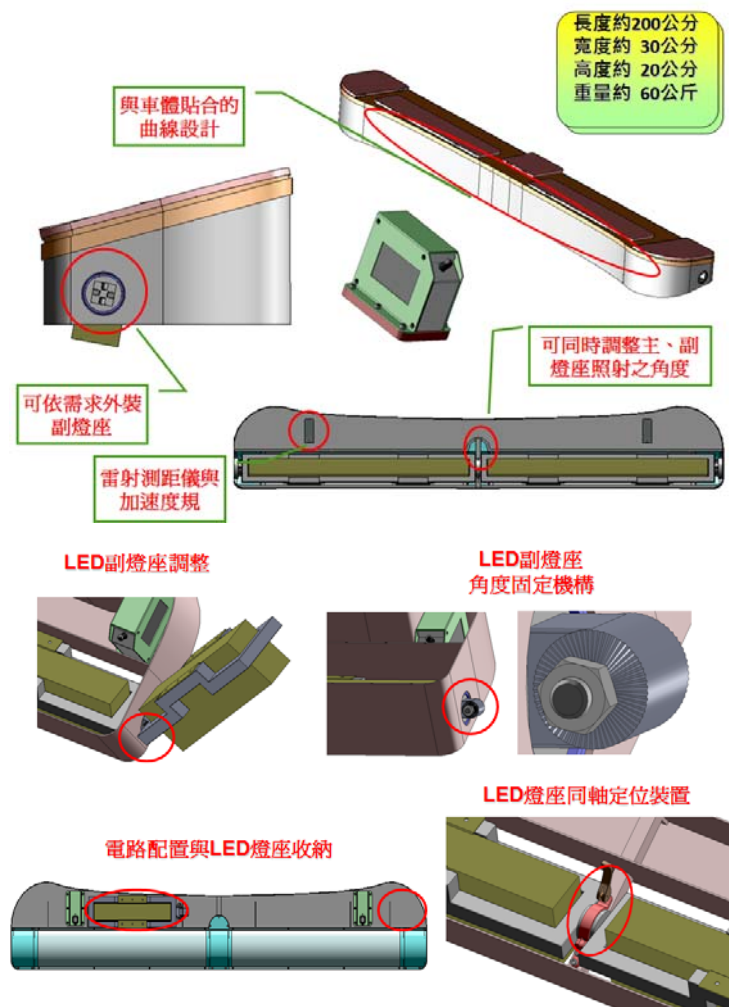


圖 6.10 下部工業設計示意圖

6.3 LineScan Camera

為了使照相機拍攝鋪面寬度達 4m，架設高度需達 193cm，本研究於之前檢測車的影像擷取模組上中將照相機架設於車後，以 Hinge（絞接）方式固定，轉動相機至定點位置，但此機構為固定位置(高度、伸長量)，無法依照需求做出前後移動之調整，如圖 6.11。今考慮光源問題，車後保險桿位置將放置 LED 光源並以一斜角照射於鋪面上，形成一條約 4m 之光帶，為了使 LineScan Camera 能位於光帶正上方以利拍攝，需設計可調整照相機前後位置之設備（影像擷取軸進模組）。



圖 6.11 原有相機架設示意圖

上置系統之架設必須建立在穩定的基座上，因車體上部板金較為薄弱，不適於機構之架設。為要求機構之穩固，必須以車體支架為基礎，方能達到機構所要求之穩定性，因此參考一般休旅箱型車上方之車頂架與行李箱概念，將影像擷取系統置於行李箱內部，並搭配滑軌移動機盒伸長距離，如圖 6.12。但評估機盒重量後，其支撐部分可能無法承受整體重量，且在行車時可能出現大幅搖晃之現象，影響拍攝效果。

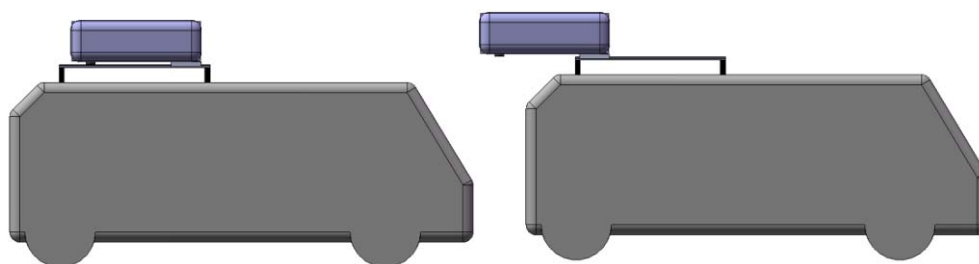


圖 6.12 機盒移動示意圖

進一步考慮使用線性制動器，單純將相機藉由線性制動器伸出機箱盒，以解決重量問題，如圖 6.13。但制動器導程需長達八十公分以上方能與車體結構及下置 LED 燈座配合；但目前並無制式規格，且滑軌定位裝置尚未選擇，制動器伸縮方式以定點為主，無法達到微調，可能使相機無法準確位於光帶正上方。

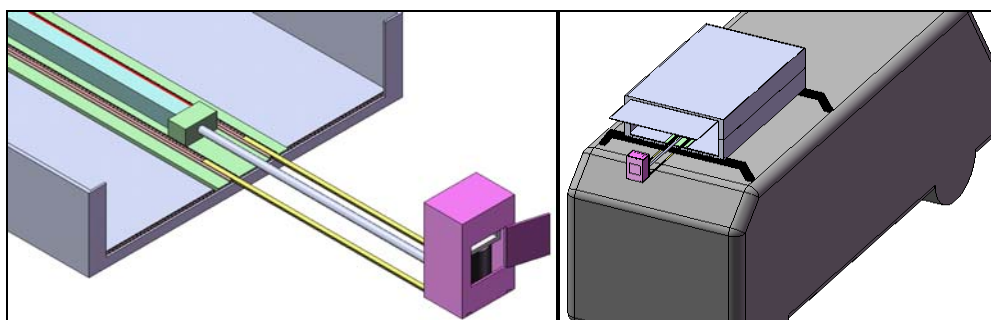


圖 6.13 線性制動器移動相機示意圖

在考量機構穩定性及使相機可調性，本研究最後採取線性滑軌機構與螺桿機構的結合，並搭配人機介面及 PLC 控制，以達到影像擷取裝置的寸動功能及微調功能。另外，為了不使相機因行車晃動造成拍攝品質下降，於車後原有相機支架上架設輔助肋臂支撐，藉此穩定相機架整體結構，提高結構穩定度及檢測安全性，如圖 6.14。



圖 6.14 線性滑軌與螺桿定位示意圖

6.4 車內置放架

智慧型檢測車將具備多功能項目之檢測能力，因此車內必須 Layout 足夠的空間，以配合各類檢測設備之放置，針對空間規劃及動線規劃做妥善的配置，避免造成操作人員在使用上的不便，且因檢測儀器多為精密設備，在線路配置及穩定性上，必須到達一定的要求，以避免儀器損壞機率。

本檢測車內之相關檢測設備包括：訊號擷取盒、LED 光源控制盒、車電轉換器、UPS 系統、電腦主機、工具箱等，如表 6.1，其儀器規格如圖 6.15，此中多為精密儀器，為了避免在車行走的情況下產生搖晃震動，本案將車內部分舊有座椅拆除，並於檢測車內部設置儀器置放架，將儀器鎖固於架上，藉此增加儀器的穩固，避免因車體顫動時，儀器掉落及損壞。

表 6.1 檢測車相關設備表







		
LED 光源控制盒	訊號擷取盒	車電轉換器
		
UPS 系統	工具箱	電腦主機



圖 6.15 檢測車相關儀器設備圖

置放架上多為精密檢測設備，並鎖固在架上，故檢測車行徑中倘若遇到起伏較大的路面或是坑洞及人手孔，較不易使設備有多次搖晃震動之現象，減低儀器的耗損率。置放架置放原則除了考量操作動線的最適性，將檢測時使用頻率較高的儀器放置於最利操作人員操控的位置，在儀器置放上以「重往下擺、輕往上擺」之原則，藉此穩定置放架的重心，增加整體置放架機構的結構穩定性，如圖 6.16。

置放架規劃得當，有助於檢測人員儀器操控上的便利性，檢測人員於檢測前只需對儀器做基本之設定，將儀器集中擺設將加快預備工作與調整儀器參數之時間。若儀器發生損壞故障，其線路檢查維修時也較方便。

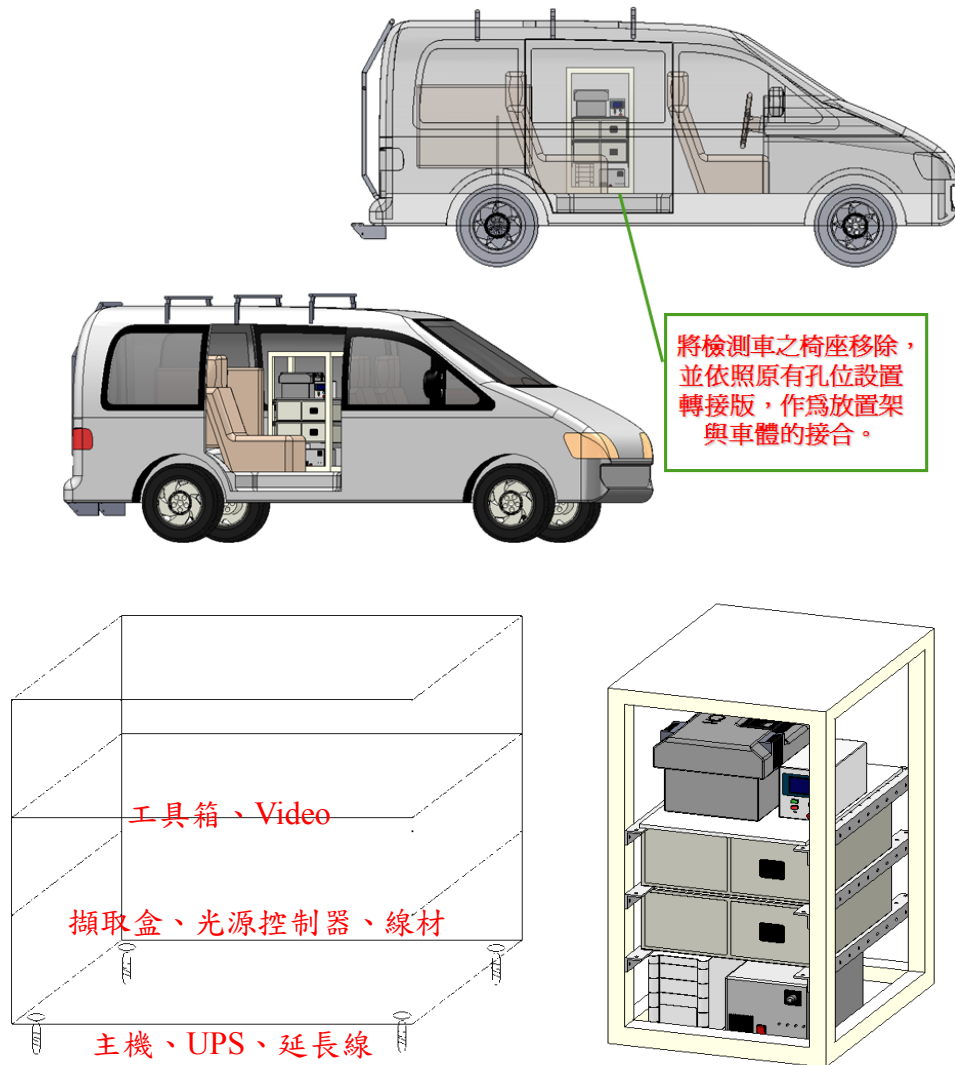


圖 6.16 置放架示意圖

6.5 里程計

目前里程計結構需架設於輪胎上，目的是為了與輪胎同心旋轉以量測檢測車行駛距離。為了使里程計與輪胎進行同軸旋轉，本里程計機構係利用五個套筒鎖住檢測車輪胎上的五個螺絲頭，再於套筒頂端鎖上一圓盤，圓盤的圓心裝置聯軸器，與里程計做連結，故當輪胎旋轉時圓盤也進行同步的旋轉，間接帶動里程計計算。

若將里程計與圓盤直接結合，其里程計之圓心和輪胎的圓心必定會有些許誤差，而其誤差短時間內或許肉眼無法觀察，影響不大，但時間一久兩邊的轉軸就容易因機械疲勞而產生破壞，軸承也因偏向負載而可能發熱磨損，造成儀器損壞；為了解決此問題，初步選用可容許某些軸心誤差的撓性聯軸器，如圖 6.17，

可容忍較大徑向及角度誤差($5^{\circ} \sim 7^{\circ}$)，即使里程計與圓盤無完全同軸的情況下，聯軸器可彌補其些許的誤差，仍能完成兩邊同軸轉動的動作。

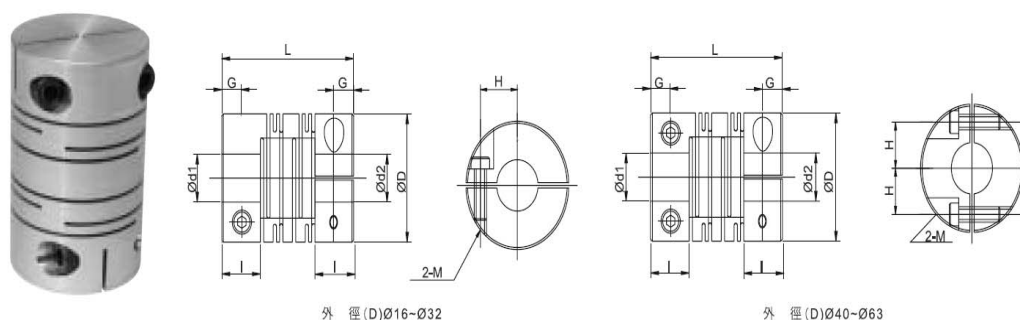


圖 6.17 撓性連軸器

雖然使用之里程計為軍規制，但其線路及儀器皆裸露在外，雨水及烈日容易造成儀器的損壞及線路的短路及老化。

為了避免雨水直接影響里程計內部儀器與線路，預計設計一覆蓋盒將里程計包覆保護於中，並於覆蓋盒頂端連接鐵桿，再於輪胎上方車身側邊延伸一圈套住鐵桿，此作用是為了固定里程計，當輪胎轉動時就能帶動里程計內部的 counter，整體設計圖如圖 6.18。

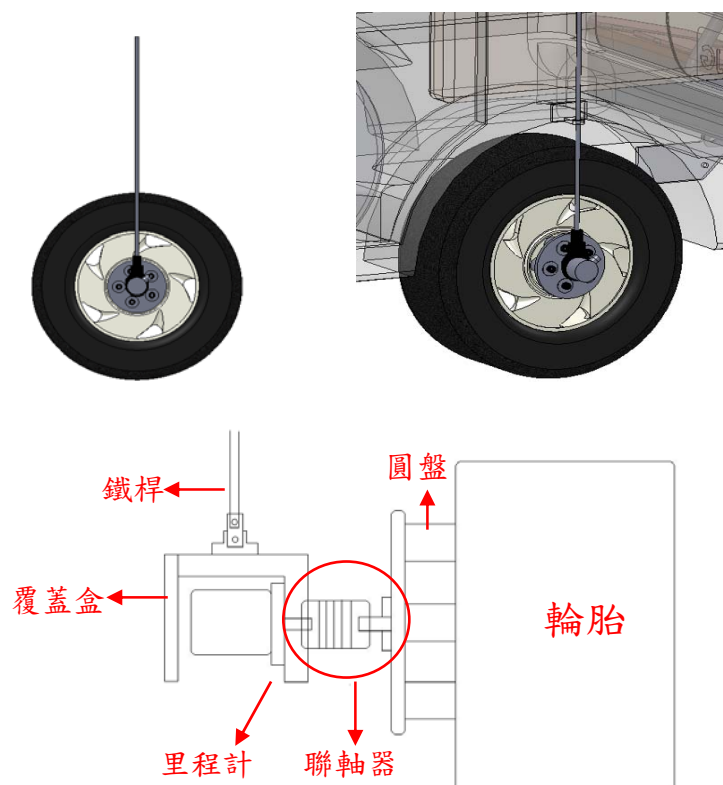


圖 6.18 里程計結構示意圖

6.6 數位攝影機及操作介面

為使檢測人員於檢測時能隨時監控檢測資料，規劃將電腦螢幕、鍵盤、滑鼠等操控介面置於副駕駛座處，此目的為使檢測人員能一方面監控鋪面檢測情況，另一方面進行檢測儀器之操作。因 Vedio Loggingg 使用之攝影機需拍攝整體路面狀況與周遭設施，也必須架設於車體前方，所以考慮使用壁掛式雙螢幕支架，將固定端鎖在副駕駛座上方天花板遮陽板處，支架一端架設電腦螢幕，一端則架設 Vedio，如圖 6.19。



圖 6.19 壁掛式雙螢幕支架

壁掛式雙螢幕支架有許多優點，其多功能的擴充性能使機構僅使用一個支架便可同時架設螢幕與攝影機，非檢測作業時，亦可收納於檢測車車頂端，以節省空間。此外，壁掛式雙螢幕支架上方設置有多方向之調整樞紐，如圖 6.20，不僅可固定螢幕與攝影機的位置，更可依照使用者的需求，調整水平傾角(左、右各 180 度)與垂直仰角(上、下各 90 度)至最舒適的位置，達到人體工學設計之概念。其相關工業整合部分詳圖 6.21~6.23。



圖 6.20 支架調整樞紐

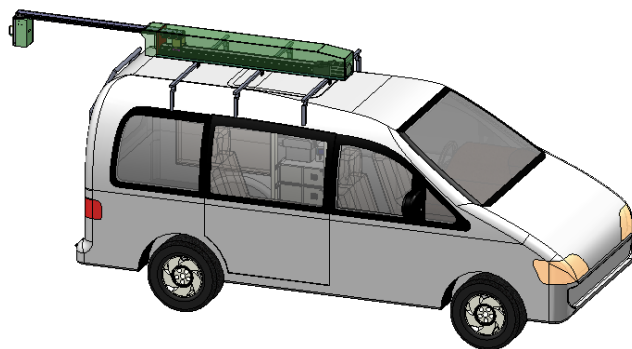


圖 6.21 上部工業整合示意圖

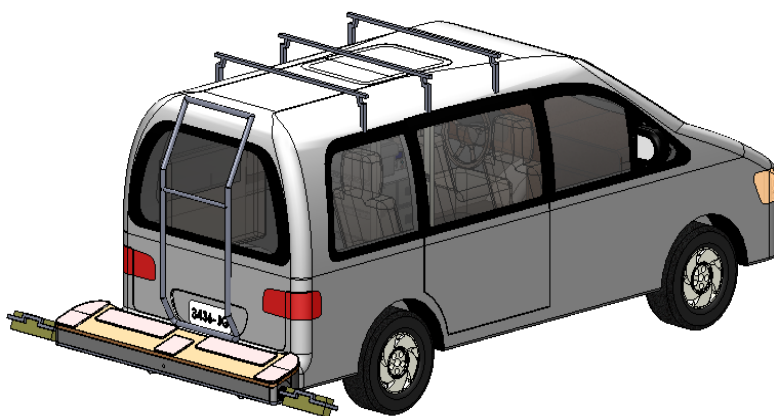


圖 6.22 下部工業整合示意圖



圖 6.23 工業整合完成檢測系統圖

第七章 實際檢測與系統測試

7.1 系統驗證

平坦儀從一開始的斷面式平坦儀、反應式平坦儀到現在的慣性式平坦儀，其發展各有緣由，但要如何確定我們現在使用的儀器的正確性，讓使用者對於檢測結果具有信心，是需要完整的驗證程序；例如本研究所使用的檢測車，它是經由擷取訊號來紀錄計算 IRI 值的，電子訊號本身就會有雜訊；在檢測過程中，電腦會誠實的紀錄檢測時的情況，但是其中有些訊號是不需要的，如何消除這些不必要的雜訊，就是一項重大的課題。水準儀從以前就是拿來測定道路高程的一項儀器，它是經由人工讀數、計算的，相對的準確性較高，但水準儀的缺點就是檢測速度緩慢，本研究為了要確認檢測車的準確性，擬定將與水準儀進行比對，但因水準儀的花費時間多，而行走式平坦儀的花費時間相對較少，且行走式平坦儀的重複性高、精確性也高，故先進行行走式平坦儀與水準儀做比對。

1. 水準儀量測

本研究主要量測道路剖面的相對高程，必須知道鋪面的真實高程，在進行實驗時，將第一點高程視為 0，去計算其他點位的相對高程。

- (1) 在驗證道路上標點（30 公分為一點）。
- (2) 架設三腳架。
- (3) 放置水準儀：拿水準儀須一手托住底座一手輔助，放置到基座上鎖緊，並檢查腳螺旋是否置中。
- (4) 定平：使圓形氣泡居中。
- (5) 讀數：上視、中視、下視。
- (6) 計算：本實驗僅需要得到路面的相對高程，所以將前後點位相減，即可得到。

2. 行走式平坦儀（ARRB）

行走式平坦儀在進行測試前須先進行實驗室校正與現地校正，方能進行試驗。

- (1) 清理驗證道路上會影響檢測數據之垃圾、石子。
- (2) 打開行走式平坦儀，開啟電腦，暖機 15 分鐘，待系統穩定。
- (3) 進行檢測，速度不宜過快或過慢，適宜速度為 800 公尺／小時。
- (4) 計算 IRI 值、開啟記錄檔計算各點位高程差。
- (5) 由於行走式平坦儀行進一步的距離為 24.13 公分，所以在計算點位高程差時，需進行內插得到 30 公分點位之高程。

7.1.1 ARRB 與水準儀比對

水準儀與 ARRB 累積高程差圖，由圖 7.1 可知，行走式平坦儀與水準儀的累積高程差近似相同，帶入 IRI 計算程式內兩者皆為 2.4。

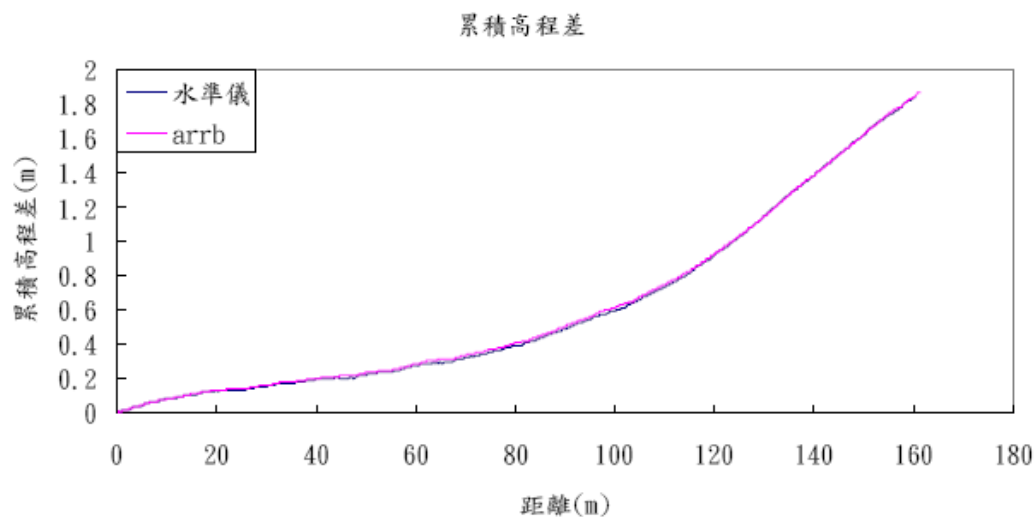


圖 7.1 水準儀與 ARRB 累積高程差圖

圖 7.2 顯示兩種儀器的相關性也都相當高，相關係數為 0.782。

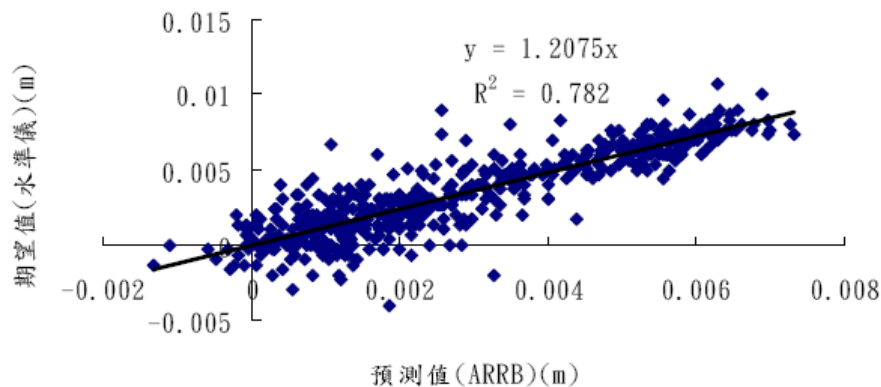


圖 7.2 水準儀與 ARRB 高程差相關圖

而 ARRB 本身的精確度是非常高的，由表 7.1 所示，ARRB 的標準差為 0.006，變異係數為 0.24%，也顯示了 ARRB 的穩定性。故使用 ARRB 來驗證檢測車是被接受的。

表 7.1 ARRB IRI 值（青商路）

路名	IRI值 (m/km)	統計	IRI值 (m/km)
青商路 1	2.42	平均	2.43
青商路 2	2.41		
青商路 3	2.41		
青商路 4	2.44	標準差	0.006
青商路 5	2.46		
青商路 6	2.44		
青商路 7	2.46	變異係數%	0.24
青商路 8	2.42		
青商路 9	2.43	重複性%	2.06
青商路 10	2.41		

7.1.2 檢測車與 ARRB 比對

1. 靜態試驗

將檢測車未發動在原地進行資料擷取，理論上檢測結果應為 0m/km，但考量儀器會有干擾存在，因此在 AASHTO PP49 規範則定為 0.0794 m/km(5 in/mile)以內。另採用常態分配結果，小於 0.0794 m/km 的機率為 97%，即靜態試驗結果在誤差範圍內。故靜態試驗發現本研究研發之檢測車符合該規範要求，如表 7.2，意即整體研究設備在靜止不動的情況下，其雜訊影響尚在規範要求之內。

表 7.2 靜態試驗結果

試驗代號	試驗結果(m/km)	試驗代號	試驗結果(m/km)
Test 01	0.0772	Test 06	0.0720
Test 02	0.0765	Test 07	0.0707
Test 03	0.0738	Test 08	0.0645
Test 04	0.0727	Test 09	0.0685
Test 05	0.0741	Test 10	0.0676
平均：0.0717 m/km			

2. 動態試驗

將檢測車發動 20 分鐘後，在檢測車中心位置施加力量讓車輛上下晃動以模擬檢測鋪面之情形，由於其檢測位置不變，因此量測結果應為同一數值，同樣考慮干擾情況，因此在 AASHTO PP49 規範定為 0.095m/km(6 in/mile)。經由 10 次試驗結果發現其平均值高於規範值，故撞擊試驗結果並未符合規範要求，其原因可能為施加力量並未處於車輛中心位置，讓車輛晃動為垂直震動；另一原因為加速度規反應位移量或有時間延遲效應，經過重新調校並將外力施於正確位置再一次進行試驗後，試驗進行程序如下。

- (1) 試驗開始前須暖機 15 分鐘以上。
- (2) 測試前需檢附儀器相關規格文件。
- (3) 執行測試時需發動試驗車引擎。
- (4) 測試地點須於現地執行。
- (5) 執行測試時切不可觸碰車體。
- (6) 執行測試時垂直擺幅不宜超過加速度規所能承受之範圍。
- (7) 試驗時需注意風勢大小以避免造成量測誤差。
- (8) 內部程式輸出 528 ft(160m)距離。
- (9) 在相關的加速度規校驗限制上，動態的 IRI 值建議以 0.09 m/km 為一基準。

AASHTO PP49 提到 IRI 設備的檢定試驗須在一平坦或中度平坦區域，每一測試的區域必須至少 160 m (528 ft) 長重複 10 次試驗。在平坦的路面調查剖面

的平坦度須在 0.47 至 1.18 m/km (30-75 in/mile) 間，在中度平坦的路面調查剖面的平坦度須在 1.5 至 2.13 m/km (95-135in/mile) 間。然依照臺灣的狀況，要找到道路平坦度在 0.47 至 1.18 m/km 及 1.5 至 2.13 m/km 是有困難的，本研究認為驗證道路選定平坦度在 2 至 3m/km 間之路段，對國內來說也比較容易接受。

圖 7.3 為本檢測設備所量測五次鋪面輪廓圖並將其前後點相減，由圖中可發現其重複性及再現性相當好；而另一條鋪面輪廓線為比對之鋪面輪廓，其量測機具為 ARRB 行走式平坦儀。

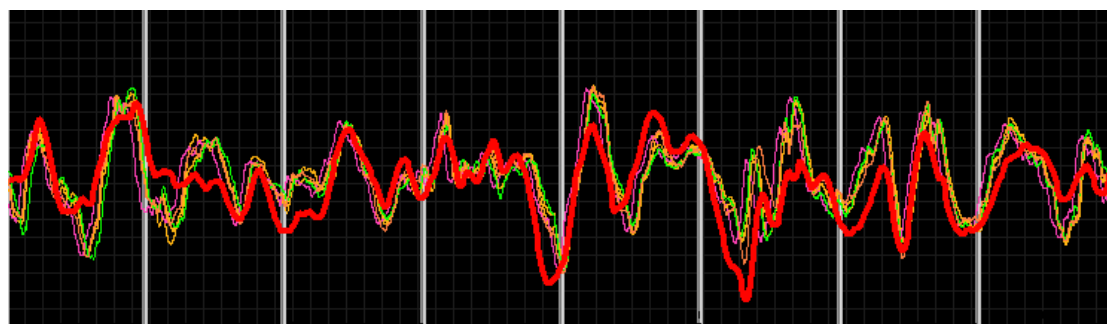


圖 7.3 檢測車相對點位與 ARRB 相對點位比較圖

將 ARRB 行走式平坦儀所量測之 IRI 值與自行開發之檢測車進行比對，由於各檢測儀器的處理方式不同，則其 IRI 值將會產生誤差。在試驗路段長達 200 公尺之路段以每 100 公尺輸出一筆 IRI 值後，如表 7，其對於平均值之誤差在兩個區段均小於賓州規範 2% 以內。顯示在該試驗區內，本研究開發之檢測車可有效檢測出其道路的平坦度。

表 7.3 實地試驗檢測結果與平均數檢定

第一區段			
	ARRB 行走式平坦儀	檢測車	檢測誤差(%)
檢測值 (m/km)	2.50	2.57	2.80
	2.51	2.52	0.39
	2.53	2.49	1.58
	2.49	2.54	2.00
	2.50	2.55	2.00
平均值	2.506	2.534	1.754
第二區段			
	ARRB 行走式平坦儀	檢測車	檢測誤差(%)
檢測值 (m/km)	2.55	2.57	0.78
	2.56	2.59	1.17
	2.56	2.56	0.00
	2.55	2.59	1.56
	2.57	2.58	0.38
平均值	2.558	2.578	0.778

7.2 實際檢測數據

7.2.1 平坦度檢測數據及分析

本次檢測範圍為桃園縣鄉道約 620 公里範圍，並於提出檢測結果，本次 IRI 檢測結果由每條鄉道順逆向之平均值作展示，而路段檢測之平均值結果如表 7.4 所示。

表 7.4 IRI 檢測平均值一覽表(m/km)

公路編號	里程(km)	順樁 IRI	逆樁 IRI	公路編號	里程(km)	順樁 IRI	逆樁 IRI
桃 1	3.162	6.40	6.82	桃 63	1.424	5.85	6.10
桃 1-1	0.866	11.42	11.05	桃 64	6.976	6.78	6.31
桃 2	7.670	6.36	6.52	桃 65	5.082	4.38	4.67
桃 2-1	2.972	6.82	6.92	桃 66	2.278	4.58	4.76
桃 3	7.548	6.33	5.17	桃 66-1	2.620	5.37	5.10
桃 4	2.318	6.92	5.79	桃 67	13.305	6.37	6.22
桃 4-1	1.996	6.61	6.83	桃 68	1.693	5.77	5.23
桃 5	6.720	6.01	6.12	桃 68-1	0.720	6.02	5.99
桃 6	12.395	5.42	5.22	桃 69	4.859	6.32	6.31
桃 7	7.382	6.23	5.72	桃 71	2.627	5.97	5.46
桃 8	4.621	6.52	6.88	桃 72	12.624	6.20	5.83

表 7.4 IRI 檢測平均值一覽表(m/km)(續)

公路編號	里程(km)	順樁 IRI	逆樁 IRI	公路編號	里程(km)	順樁 IRI	逆樁 IRI
桃 9	1.763	6.02	6.35	桃 58	3.970	5.21	4.83
桃 9-1	0.300	7.02	6.89	桃 59	3.029	3.29	3.42
桃 10	1.795	5.51	5.53	桃 59-1	0.976	5.12	4.31
桃 11	13.628	5.52	5.63	桃 60	7.058	5.92	5.41
桃 12	1.596	5.89	5.76	桃 73	6.764	5.17	5.46
桃 13	9.121	5.21	5.33	桃 73-1	1.939	6.31	5.89
桃 14	4.751	5.61	5.77	桃 74	1.795	4.69	5.21
桃 15	6.829	4.53	5.01	桃 75	4.598	5.23	5.12
桃 16	1.689	6.32	6.59	桃 76	2.286	5.37	4.88
桃 17	6.803	6.52	6.12	桃 77	1.821	5.38	5.64
桃 18	2.415	7.12	6.03	桃 78	3.421	5.21	5.37
桃 19	5.692	4.01	4.11	桃 79	5.919	5.32	5.33
桃 20	5.910	5.59	5.62	桃 80	2.298	5.64	5.55
桃 21	1.231	5.61	4.89	桃 81	3.370	4.82	4.96
桃 22	3.672	6.64	4.13	桃 82	4.112	4.83	4.93
桃 23	1.563	5.63	5.55	桃 83	8.032	4.82	4.03
桃 24	5.451	5.51	5.13	桃 84	4.617	4.83	4.53
桃 25	2.610	6.35	6.29	桃 85	4.257	4.80	4.70
桃 26	4.731	5.88	6.32	桃 87	6.351	5.13	5.11
桃 27	2.235	5.22	5.12	桃 89	8.961	5.03	5.63
桃 28	1.913	5.68	5.64	桃 90	5.910	5.09	4.89
桃 29	1.610	5.88	5.34	桃 91	6.442	5.91	5.55
桃 30	8.370	6.31	6.88	桃 92	7.050	4.87	4.98
桃 31	4.891	5.33	5.06	桃 93	6.736	4.43	4.44
桃 31-1	2.095	6.24	6.28	桃 93-1	1.468	5.99	6.68
桃 32	7.221	5.44	5.73	桃 94	3.276	5.23	5.49
桃 33	3.190	6.22	4.13	桃 95	2.408	5.55	5.97
桃 34	2.576	5.87	6.22	桃 96	4.393	6.43	6.49
桃 35	7.276	5.02	5.13	桃 97	8.325	4.29	4.26
桃 35-1	6.219	5.52	6.13	桃 99	2.934	4.12	3.52
桃 36	1.539	3.74	4.20	桃 100	7.021	4.66	5.12
桃 37	6.134	4.25	4.64	桃 102	10.043	5.02	4.44
桃 38	3.905	4.89	5.20	桃 103	1.406	5.67	5.88
桃 39	2.458	6.79	6.44	桃 104	10.682	4.73	4.63
桃 40	4.980	3.73	3.29	桃 106	12.514	5.01	5.51
桃 40-1	2.129	5.41	5.19	桃 107	2.663	5.70	5.25
桃 42	8.931	4.68	6.68	桃 109	7.932	5.88	5.62
桃 43	9.190	6.35	6.38	桃 110	9.057	6.01	5.87
桃 43-1	8.258	5.68	5.24	桃 111	4.095	5.38	5.73
桃 44	2.252	5.98	5.49	桃 112	2.480	7.20	6.53
桃 45	11.860	6.37	6.02	桃 113	8.187	道路施工	道路施工
桃 46	6.365	6.01	5.93	桃 114	3.003	6.92	6.86
桃 47	9.117	6.22	6.53	桃 115	3.700	6.65	5.91
桃 48	6.935	6.12	5.83	桃 116	10.900	7.45	15.32
桃 49	6.647	6.24	6.38	桃 117	1.380	10.33	11.15
桃 50	1.767	4.85	5.32	桃 118	3.260	未找到	未找到
桃 51	7.890	4.68	4.98	桃 118-1	1.528	5.78	5.81
桃 52	0.936	5.67	5.66	桃 119	10.124	5.54	5.79

表 7.4 IRI 檢測平均值一覽表(m/km)(續)

公路編號	里程(km)	順樁 IRI	逆樁 IRI	公路編號	里程(km)	順樁 IRI	逆樁 IRI
桃 53	13.700	4.44	6.12	桃 55	2.861	5.37	5.27
桃 53-1	4.800	5.31	4.58	桃 56	2.352	5.76	6.27
桃 54	2.021	4.68	5.63	桃 57	3.268	5.67	5.69

因過去三年曾配合桃園縣政府進行相關平坦度檢測試驗，故此次選擇三條歷年皆有檢測之路段進行 IRI 劣化分析，藉以了解桃園縣鄉道之 IRI 劣化趨勢以預測未來桃園縣鄉道 IRI 發展狀況，以簡單回歸觀察其發展趨勢。

表 7.5 預測 IRI 發展趨勢(m/km)

路段名稱	93 年		95 年		97 年		預測 99 年	
桃 67	5.93	5.62	6.05	5.83	6.37	6.22	6.43	6.49
桃 72	5.41	5.22	5.93	5.38	6.20	5.83	6.73	6.09
桃 73	5.61	5.93	5.76	6.41	5.17	5.46	5.13	5.36

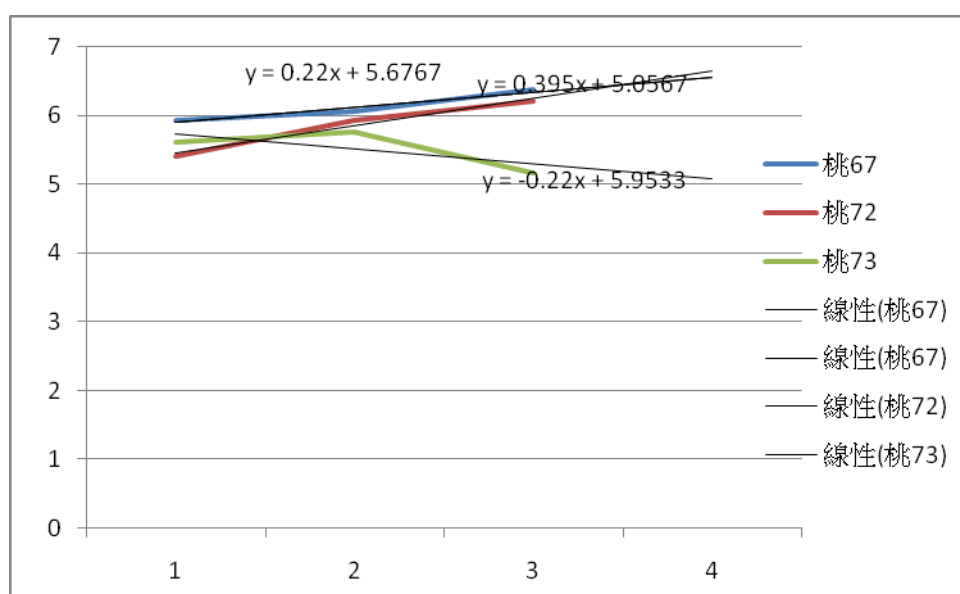


圖 7.4 順樁預測模式

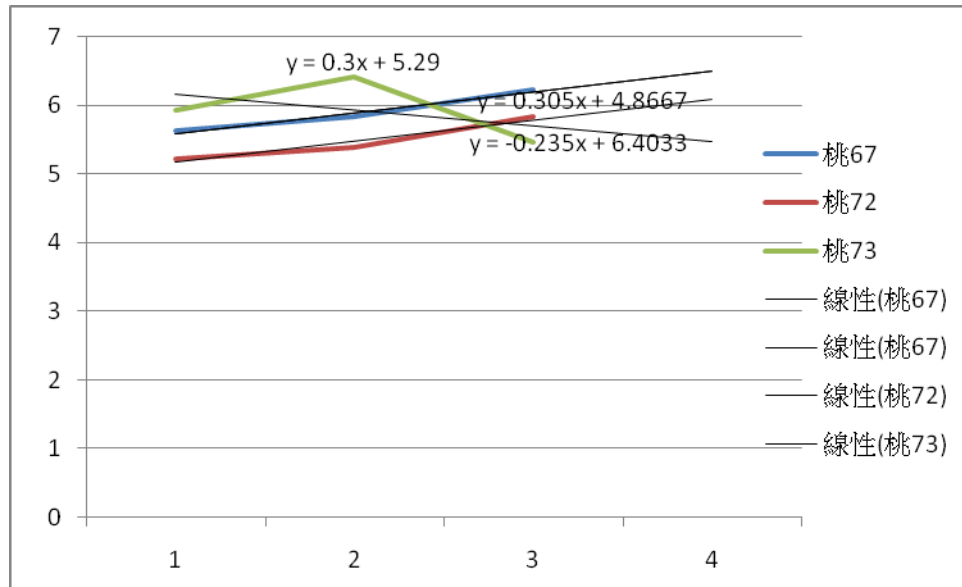


圖 7.5 逆樁預測模式

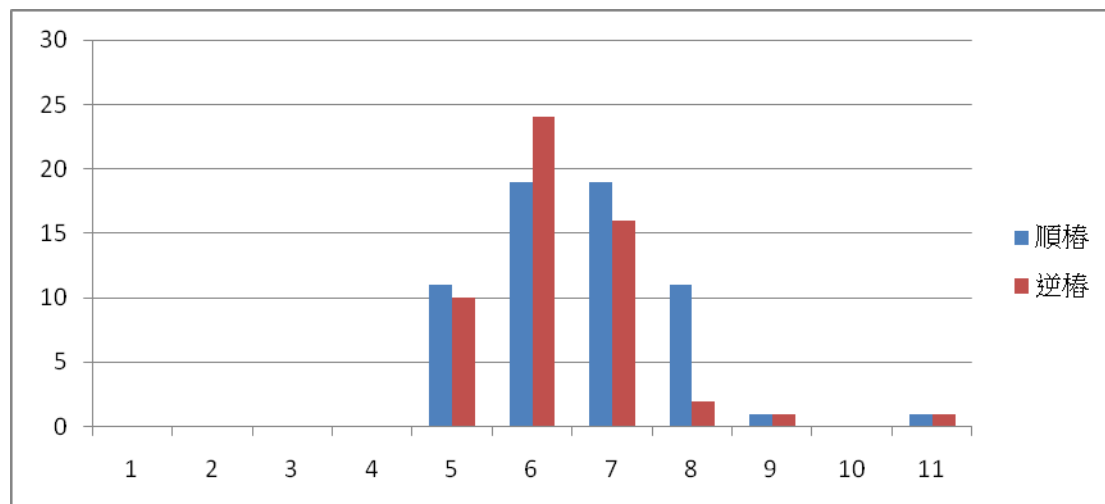


圖 7.6 IRI 分布圖

由目前檢測之資料值發現目前桃園縣之路段其分部主要在 5m/km~7m/km 之間，尤以 6m/km 所占比例最告，可建議未來桃園縣政府養護策略可針對應 6m/km 與 7m/km 之路段優先進行維修，可大幅提升桃園縣整體道路行駛品質，針對 IRI 不良部分進行分析，觀察其與交通量或鄉鎮區有相關關聯性，並衡量大部分之不良路段分布之行政區範圍，給予縣政府交通處進行相關維護參考。

7.2.2 LineScan 數據分析

本研究採用 SVM 方式進行影像內破壞有無之分類處理步驟如下：

1. Canny Edge Detection：尋找邊緣特徵，這步驟對於後續處理有很重要的影像，此方法找出影像中灰階急速發生變化的區域(強度反差)，這個方式可以過濾掉許多影像中無用的資訊，並保留影像中的型態。

在有無破壞辨識中，利用 3×3 遮罩尋找邊緣強度特徵的區域， G_x 、 G_y 尋找 X 軸與 Y 軸上之破壞邊緣特徵， G 為兩者之絕對值相加決定最後影像灰階。

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad G_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (4-31)$$

$$|G| = |G_x| + |G_y| \quad (4-32)$$

2. 確定灰階變化角度，方法如下(式 4-33)，但這方法必須小心在 G_x 為零的時候會發生錯誤，所以還必須在程式碼中加入一些限制避免錯誤發生。

$$\theta = \tan^{-1}(G_y / G_x) \quad (4-33)$$

3. 確認灰階角度後，利用 5×5 遮罩將線狀的邊緣特徵作強化。再判定影像角度為何，本研究將最後結果分類為 0°(水平方向)、45°(正對角線)、90°(垂直方向)以及 135°(副對角線)，方向角為 3°則判定為 0°區域(水平方向)。

利用 Support vector machine (SVM) 做為分類器，將鋪面影像分為疑似破損狀態與正常狀態(分別代表 Positive 與 Negative 群組)，下表 7.6 為有無破壞自動辨識之辨識率。

表 7.6 SVM 自動辨識率

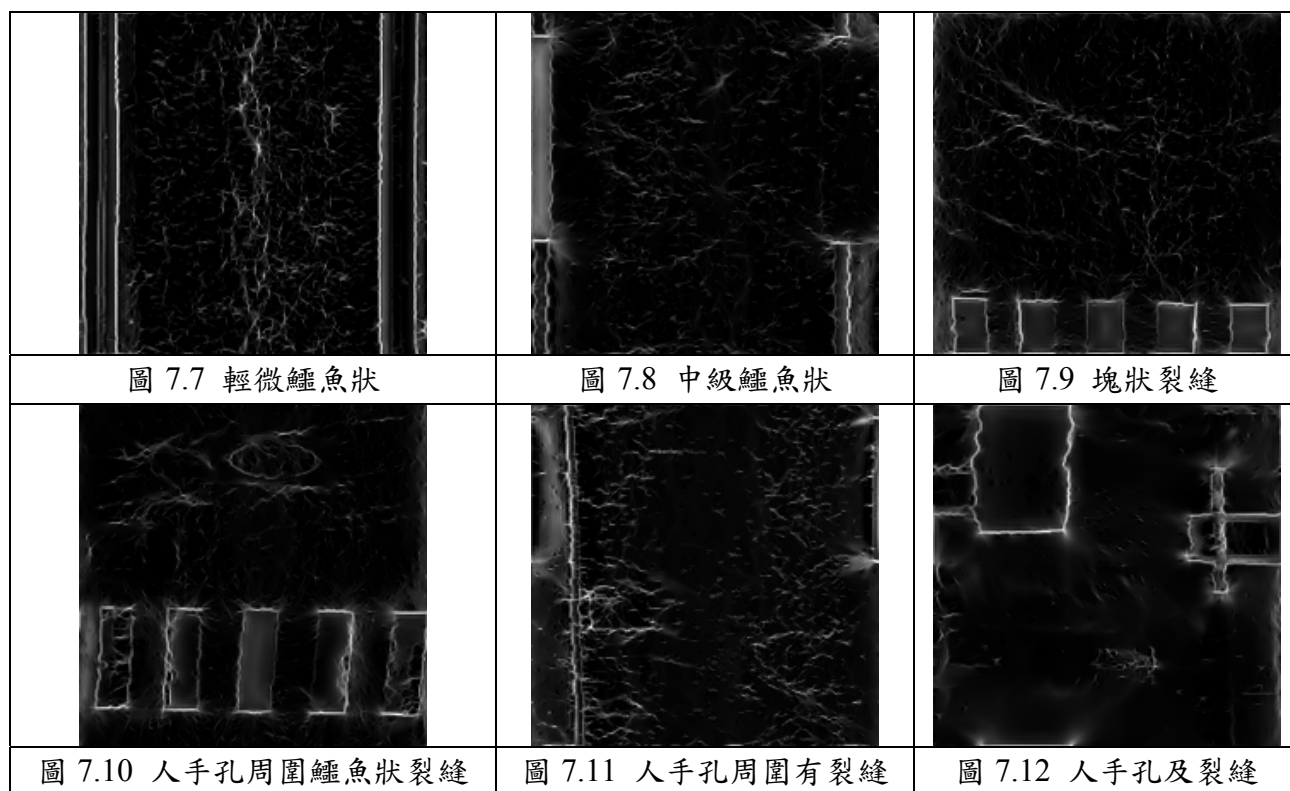
Index	Performance
Accuracy	93.33%
Sensitivity	82.27%
Specificity	99.6%
PPV	99.15%
NPV	90.84%
正確濾 = $(TP+TN) / (TP+TN+FP+FN)$	
敏感度 = $TP / (TP+FN)$	
變異性 = $TN / (TN+FP)$	
通過預測值 = $TP / (TP+FP)$ Positive Predictive Value	
拒絕預測值 = $TN / (TN+FN)$ Negative Predictive Value	

將使用鋪面檢測車所取得的 391 張鋪面影像做為測試資料，並使用分類器的建置與資料分類測試。下表 7.7 為本研究測試的結果：

表 7.7 影像中有無人手孔之影像辨識結果

	Positive	Negative	
Positive	55	10	
Negative	87	239	
total	142	249	391
	Positive	Negative	(real)
Positive	38.73%	4.02%	
Negative	61.27%	95.98%	
(predict)			

由表 7.7 所示，正常狀態影像(Negative 群組)可達到八成的濾過效果，可將人手孔做有效分離，目前於疑似人手孔(Positive 群組)中有五成的資料被歸類錯誤，所以成果未達預期的標準（在預期中，此部分規類錯誤的資料量應當趨近於零）。在未來的研究中，此部分為首要的加強目標項。下圖為分類後之二值化影像圖 7.7~7.12。



本研究以桃園縣鄉道路段 510 公里進行演算，並以每 100 公尺作為一樣本，進行有無破壞辨識，下表 7.8 為辨識結果。

表 7.8 影像中有無人手孔之影像辨識結果

	分類為有破壞	分類為無破壞	總樣本數量
影像有破壞	2050	524	5,100
影像無破壞	1287	1239	
total	3337	1763	
	Positive	Negative	(real)
Positive	61.43%	29.72%	(predict)
Negative	38.57%	70.28%	

另本研究嘗試以時速 40km/h、80km/h、120km/h 進行鋪面影像擷取測試，了解系統是否可於高速下進行鋪面影像資料蒐集並不發生影像遺漏現象，下圖 7.13、圖 7.14、圖 7.15 分別為時數 40km/h、80km/h、120km/h 拍攝畫面，其影像效果在不同時速下並無顯著差異。



圖 7.13 坑洞



圖 7.14 人手孔及補綻



圖 7.15 縱向裂縫

7.2.3 VedioLogging 測試畫面

範圍以臺 66 及國道一號進行測試，嘗試以 CCD、GPS 配合 DMI 進行每 50 公尺進行自動化面擷取，判斷照片品質及系統擷取狀況是否良好，並於不同時段日間與夜間進行拍攝判斷相機是否維持良好影像品質，拍攝畫面如圖 7.16~7.18 所示，拍攝結果畫面清晰且里程樁號與拍攝照片結果相同。並於郊區進行 GoogleMAP 與 Vedio、LineScan 等設備整合測試，測試畫面如圖 7.19 所示。



圖 7.16 日間於高架橋下拍攝畫面



圖 7.17 夜間拍攝畫面



圖 7.18 夜間於收費站拍攝畫面

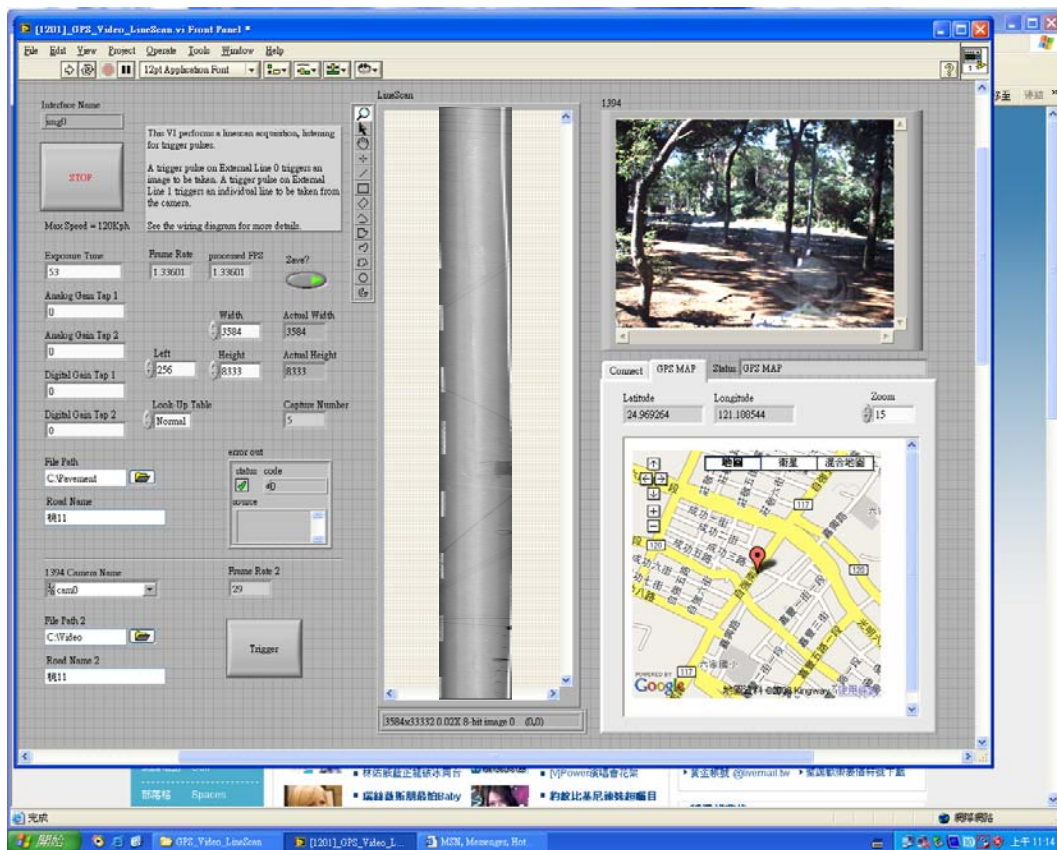


圖 7.19 於郊區測試畫面

第八章 檢測認證中心申請

智慧型鋪面檢測車在國外早已行之有年，並且諸如德州、賓州....等美國地區皆以交通部門為主體，設立相關檢驗認證機構，以便統一管理州內各類量測平坦度之檢測儀器，其中對於慣性鋪面檢測儀器，更是建立一套十分完善的機制，於檢驗中心內部設立試驗道路，並準備各類檢驗儀器且妥善管理，而機構本身在交通部門大架構下，人事分工亦非常清楚。

8.1 測試實驗室與檢驗機構的差異性

本研究以較為完善的檢驗機構為範例，並參考國際規範如 ASTM、AASHTO，成立道路鋪面平坦儀檢驗中心，該中心參考 ISO 17020 以及 ISO 17025 建立完善的驗證機制，表 8.1 為 ISO 17020 及 ISO 17025 兩者間成立機構的差異比較。

表 8.1 測試實驗室與檢驗機構的差異性

差異性	測試實驗室	檢驗機構
檢驗結果	僅對樣品負責	符合性判定
機構類型	第一、二、三者	Type A、B、C
檢驗領域	按照程序決定一至多項特徵	至設施、設備或作業現場執行執行特定目的之檢查判定符合性
保險	非強制性	專業保險
獨立會計稽核	非強制性	強制性
抽樣計畫	選擇性	強制性
專業證照	部分限制性	部分強制性

檢驗機構有三種型式，與實驗室之第一者、第二者、第三者分類不同，須明確區分與定義。

1. 型式 A

- (1) 獨立之第三者檢驗機構。
- (2) 不從事可能影響檢驗判斷的獨立及公正性之活動。
- (3) 提供利益相關者接觸之管道且無差別待遇。(例如學術及研究機構、非營利財團法人、公證檢驗公司)。

2. 型式 B

- (1) 為隸屬組織之一個獨立部份。
- (2) 人員不直接參與檢驗產品之設計、製造、供應、安裝、使用或維護。
- (3) 僅對隸屬組織提供檢驗服務。(例如：產品製造廠品保或檢驗部門)。

3. 型式 C

- (1) 不須為隸屬組織之獨立的一部份。
- (2) 人員參與檢驗產品之設計、製造、供應、安裝、使用或維護。
- (3) 除隸屬組織外亦可對其他組織提供檢驗服務。(例如產品供應商或代理商提供內外服務)。

經過與 TAF 討論過後，預計成立之中心擬以形式 A 作為預申請的目標，其緣由於本中心業務界定為檢驗慣性鋪面檢測車各項儀器之檢驗是否符合規範，如雷射測距儀、加速度規以及輪距儀，並且承接道路鋪面平坦度之檢測，由一套完善的機制，判定該檢測儀器以及鋪面是否符合，也因此，在機構本身的人員要求便需有一定的門檻值，表 8.2 為 TAF 檢驗機構認證人員基本要求。

表 8.2 檢驗機構認證人員基本要求

	技術主管	檢驗人員	報告簽署人
工廠檢查		具相關檢驗項目之知識及判讀能力。	1.大專以上理工科系畢。 2.相關測試工作三年以上經驗。
計量儀器	1.大專以上理工科系畢。 2.相關測試工作三年以上經驗。	1.大專以上學校畢業，從事相關工作一年以上。 2.高中（職）以上學校畢業從事相關工作三年以上經驗。	1.大專以上理工科系畢。 2.相關測試工作三年以上經驗。
非破壞檢驗	1.自然科學或工程背景專科以上學歷。 2.受過非破壞檢驗專業訓練。 3.中級檢測師以上資格。	1.持有中華民國/美國非破壞檢測協會或經評鑑技術委員認可機構核發之各級有效證書。 2.其他APLAC/ MRA簽署組織認可之有效證書。 3.具相關檢驗項目之知識及判讀能力。	中級檢測師以上資格。
安全檢驗		具相關檢驗項目之知識及判讀能力。	

8.2 平坦度量測檢驗機構申請認證作業

根據 ISO 17020 以及 ISO 17025，檢驗機構代表私人客戶、所屬組織及主管機構執行評鑑，其目的具有對這些單位提供符合法規、標準或規格的相關資訊。檢驗的參數得包含數量、品質、安全、適用，以及運作中工廠或系統之持續符合安全等事務。為了使其服務被客戶及業務督導機構所接受，這些機構被要求符合的一般準則需要予以調合，因此檢驗機構涵蓋了機構的功能，其工作得包含對物料、產品、安裝、工廠、過程、工作程序或服務之檢查，及決定其對要求之符合性，以及對這些活動結果向客戶報告，並於需要時向業務督導機構提報。對產品、安裝或工廠所做的檢驗，得關注到這些品項在生命期限內之所有階段。

8.2.1 定義

產品設計、產品、服務、過程或工廠檢查、以及對其特定要求，或基於專業判斷之一般要求，做符合性決定。

1. 過程檢驗包括人員、設施、技術及方法。

2. 檢驗結果得用於支持驗證。

形式 B 檢驗機構應符合下列準則：

1. 對檢驗人員與其他功能所雇用人員的責任之明確區分，應在母組織內，藉由檢驗機構組織鑑別與報告方法與以建立。
2. 檢驗機構與其人員，不應從事任何活動，他們可能衝突到判斷的獨立性與檢驗活動的公正性。特別是他們不應變為直接參予所檢驗品項或類似競爭品項之設計、製造、供應、安裝、使用或維護。
3. 應僅對檢驗機構所屬之組織提供檢驗服務。

針對 ISO 以及 CNS 所列項目，撰寫相關文件，以符合規範，以下為成立

檢 8.2.2 驗機構所需項目

1. 獨立性、公平性及正直性

檢驗機構之人員應免於任何商業的、財務的及其他可能會影響其判斷的壓力。應實施各種程序，以確保檢驗機構以外人員或組織不能影響其執行檢驗之結果。

2. 保密性

檢驗機構應確保對其在執行檢驗活動過程中所獲得的資訊保守秘密，對所有權應予以保護。

3. 組織與管理

檢驗機構應有一個組織，使其能夠維持來滿意地執行其技術功能之能力。

4. 品質系統

檢驗機構的管理階層應對品質政策與目標加以界定與文件化，並承諾且應確保此政策為組織的各階層所了解、實施及維持。

5. 人員

檢驗機構應有足夠數量常任專業範圍的人員，以執行其正常功能。

6. 設施與設備

檢驗機構應能獲取適當予足夠的設施和設備，以使所有與檢驗服務相關的活動可予以執行。

7. 檢驗方法與程序

檢驗機構應使用在要求中所界定的檢驗方法與程序，並據以決定其符合性。

8. 檢驗樣本與品項之處理

檢驗機構應確保受檢驗之樣本與品項均經有獨特地識別，以避免任何時間對此等品項的識別有所混淆。

9. 紀錄

檢驗機構應維持紀錄系統，以適合其特殊的環境與符合適用的法規。

10. 檢驗報告與檢驗證明

檢驗機構所執行的工作應涵蓋於可追溯的檢驗報告及檢驗證明中。

11. 分包

檢驗機構分包任何部分檢驗事宜時，均應確保與能夠證明其分包者可勝任執行所委任的服務，檢驗機構應將所預分包之任何檢驗部分告知其客戶，分包者應能為客戶所接受。

12. 抱怨與申訴

檢驗機構應有文件化程序，藉以處理來自客戶或其他團體關於檢驗機構活動之抱怨。

13. 合作

期望檢驗機構參與和其他檢驗機構間的經驗交流，以及適當時參與標準化的過程。因此，本研究為認證制度備有一套完善的流程，成立檢驗機構，並撰寫符合以上各類項目所述之品質手冊以及檢驗機構組織圖，如表 8.3 及圖 8.1：

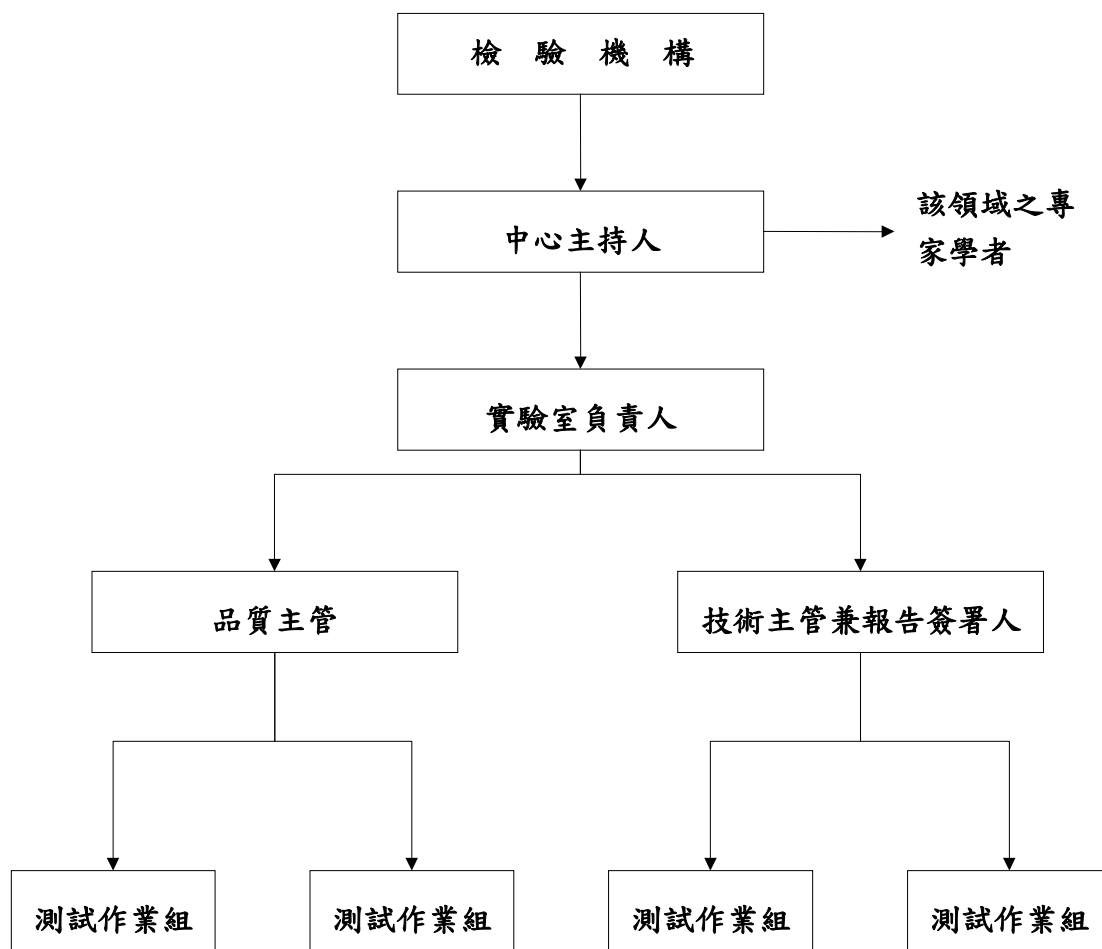


圖 8.1 檢驗機構組織圖

表 8.3 文件與人員權責表

ISO條文 \ 組織單位	文件編號	檢驗機構負責人	品質主管	技術主管	技術員	行政文書	教育訓練
品質文件	QM	◎	◎	◎	○	○	○
組織與管理作業	MP-01	◎	◎	○			
文件管制作業	MP-02	◎	○	○			
要求、標單與合約審查作業	MP-03	◎	◎	○			
試驗與校正之外包作業	MP-04			◎		○	
服務與供應品之採購作業	MP-05			○	◎	◎	○
客戶服務作業	MP-06			○	◎		
客戶抱怨處理作業	MP-07	◎		◎			
不符合測試與校正工作管制作業	MP-08	◎		◎			
矯正錯施作業	MP-09	◎		◎			
預防措施作業	MP-10	◎		◎	○	○	
紀錄管制作業	MP-11	◎		◎	◎		
內部稽核作業	MP-12	◎		◎	○		
管理審查作業	MP-13	◎		◎	◎	◎	
人員進用與訓練作業	TP-01	◎		◎			
設施與環境條件作業	TP-02	◎		◎			
試驗與校正方法確認作業	TP-03			◎			
量測不確定度評估作業	TP-04			◎			
設備管制作業程序	TP-05			◎			
量測標準追溯性作業	TP-06			◎	○		
抽樣作業	TP-07			○	◎		
試驗件收發作業	TP-08			◎			
試驗與校正結果品質保證作業	TP-09			◎			
結果報告作業	TP-10			◎			

而檢驗機構的人員應有其相符的工作項目，如表 8.4 所示。

表 8.4 工作職掌表

職稱 (相當CNLA職稱)	工 作 職 掌 與 權 責
校編制技術員 (檢驗機構負責人) (報告簽署人)	<ol style="list-style-type: none"> 綜理檢驗機構業務。 為檢驗機構之最高管理者，負責實驗試運作之決策。 品質政策、品質文件之核定及頒布。 檢驗機構資源之統籌調配。 品質系統之檢討及核定。 試驗報告之核定、簽署及審查。 督導試驗作業。 客戶抱怨、不符合事項、矯正及預防措施之管制。
資深技術員 (記術主管) (報告簽署人)	<ol style="list-style-type: none"> 協助檢驗機構負責人綜理業務。 試驗報告之核定、簽署及審查。 相關測試工作之執行監督、計畫推展及執行。 程序書及標準書製作、修定之分派與審查。 試驗業務分派、督導試驗作業、試驗資料分析。 試驗儀器之標準追溯。 試驗技術之建立及資料蒐集。 客戶抱怨、不符合事項、矯正及預防措施之處理。
資深專任助理 (品質主管)	<ol style="list-style-type: none"> 協助檢驗機構負責人綜理業務。 督導試驗作業。 品質系統之建立、維持、修訂。 品質文件之審核。 品質文件、測試標準維持最新版本。 人員教育訓練。 內部稽核之執行與管制。 品質制度之規畫與檢討。
各試驗室教授與負責技術員 (設備保管人員)	<ol style="list-style-type: none"> 設備保管，設備履歷簿建立及更新，定定設備校正、查核、保養計畫。 儀器設備採購規格擬訂。
技術員 (測試技術員)	<ol style="list-style-type: none"> 試驗收件之查核。 試驗作業及製作報告初稿。 設備之保養、維護、校正及查核。 試驗、設備查核程序之擬訂。 設備異常之處理、回報。
專任助理包含文書、出納、收發工作 (行政文書管理員)	<ol style="list-style-type: none"> 協助品質主管，負責品質文件之建檔、保存、更新。 委託試驗收件、登記、計費、收費。 試驗報告之列印、檔案管理。 各訓練活動檔案管理。
專任助理 (教育訓練人員)	<ol style="list-style-type: none"> 各研討會、研習會、訓練班的推動。 各訓練活動的收件、登記、收費。 各訓練活動檔案管理。

在檢驗機構的完善組織架構下，進行各類檢驗事宜，認證作業如圖 8.2 所示。

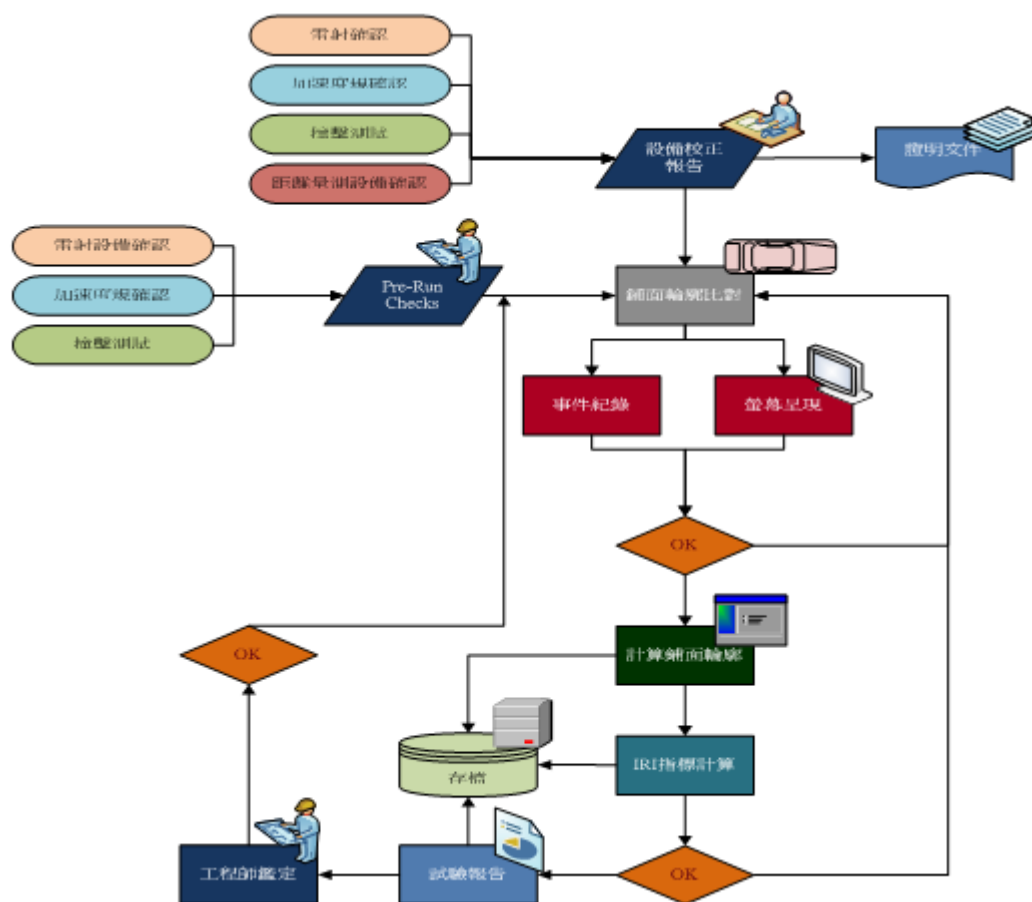


圖 8.2 認證程序

8.3 申請認證文件

將所有動作文件化，因此撰寫出 4 份檢驗機構所需之手冊，分為品質手冊、技術手冊、操作手冊以及查核手冊。

8.3.1 品質手冊

組織的品質管理文件必須是一個有組織的方案，顯示出我們了解自己在做什麼，以有效之程序作有效之運作並能提供管制證據，以發現過失及早作預防及矯正措施，且能持續改善運作管理程序。

品質系統應包括政策、系統、計畫、作業程序，應將其明定於品質手冊或其附屬文件。

品質政策聲明應由機構負責人或指定督導主管簽署發布。

(1) 品質政策聲明應包括；

- (a) 優良專業之操作與檢驗品質，遵循相關規範法令以提供客戶檢驗服務。
- (b) 機構服務標準之聲明。
- (c) 品質系統之目標。
- (d) 要求檢驗人員應熟悉及符合管理手冊之規定。

此外應宣示管理手冊為書面化與制度化之品質管理系統文件並保持管理手冊為最新版本，確保實際作業均能符合檢驗機構管理辦法。檢驗機構應建立試用其執行業務範圍之品質系統，並遵循實施。

(2) 品質系統應包括品質規劃、執行、稽核、矯正，以確保品質系統持續有效地被執行。

- (a) 凡屬品質系統的一部份之所有文件，於發行使用前均應由被授權人員審查與核准。
- (b) 應建立現行品質系統使用文件總覽表與文件管制程序，以防止誤用過時文件。
- (c) 品質管理手冊每年至少應審查一次，視需要加以修訂以持續適用並符合實際需求。
- (d) 品質系統文件應有明確的識別方式，此識別方式包括文件名稱、機構名稱、發行日期或增修訂日期、版次、章節、頁碼、總頁數及該文件核准人。
- (e) 檢驗機構應建立程序，以執行管制電腦化系統中的文件變更。
- (f) 當品質系統或稽核文件作業不符合要求時，應調查其潛在來源，並採取預防措施以減少此類不符合情況發生。
- (g) 檢驗機構每年至少一次依據預定的時程與程序，對其活動進行內部

稽核，以查證其作業持續符合品質系統與規範之要求。

- (h) 內部稽核計畫應涵蓋品質系統的全部要項由受過訓練或有經驗之人員負責執行。於資源允許下該等人員能獨立於稽核活動之外。
- (i) 品質系統或檢驗效能發現有偏離時，應有書面化的回饋處理與矯正措施程序。

檢驗機構管理階層應依預定時程與程序召開管理審查會議，對機構的品質系統與檢驗活動進行檢討審查，以確保其持續的適切性與有效性，並導入必須的修正或改進。

(3) 管理審查內容應包括：

- (a) 監督與管理人員之報告。
- (b) 內部品質稽核。
- (c) 外部評鑑結果。
- (d) 顧客抱怨。
- (e) 品質系統必要的變更。
- (f) 人力與設備資源。
- (g) 未來的計畫與新工作的評估。
- (h) 新人與員工的在職訓練計畫。

8.3.2 技術手冊

智慧型鋪面檢測車平坦度測試操作書為智慧型鋪面檢測車重要的一份技術文件，包含了檢測車儀器的名詞解釋、儀器驗證、擷取道路剖面，以及分析等。

8.3.3 操作手冊

本研究將智慧型鋪面檢測車的操作部分分成兩大部分，分別為儀器的整體操作及軟體的操作。

1. 智慧型慣性鋪面檢測車之標準操作書

儀器的操作應包含參考文件、測試前的準備工作、訊號是否已連接至電腦，

以及之後的測試動作及注意事項。

2. 平坦度軟體計算標準操作書

在軟體的操作方面同儀器的操作，僅在操作完畢後要進行平坦度的計算。還包含報告的格式及注意事項。

8.3.4 查核手冊

在儀器的查驗手冊則分成四部分，為雷射高程感測器、加速度規、測距儀及平坦度計算軟體的查驗手冊。

1. 雷射高程感測器標準查驗操作書

雷射高程感測器查驗需包含操作範圍、參考文件、作業程序，及儀器需達到的精度範圍。

2. 加速度規查驗標準操作程序書

加速度規由於其操作原理，目前無法自校，需送至工研院做校正。另外，在 AASHTO PP-49 裡有提到，加速度規要經過靜態試驗以及撞擊試驗。

3. 測距儀之標準查驗操作書

測距儀的查驗則是選定一等於或是大於 300 公尺的道路，且此道路須為破壞少、無明顯坡度且無人手孔之道路，在進行試驗之前道路必須要淨空、檢查輪胎之胎壓，胎壓需符合出場規格，再進行量測。三次絕對誤差之平均必須小於或等於 0.1%。

4. 檢測車 IRI 計算軟體查驗標準操作程序書

目前針對平坦度的驗證，主要分為兩種，一種是點對點的驗證，另一種是平坦度值的驗證，本研究使用平坦度值來作為驗證的依據。計算軟體的查驗要先與步進式平坦儀進行比較，依據德州規範，德州規定驗證道路須為 160 公尺，在重現性方面，標準差要小於基準 IRI 值之 $\pm 3\%$ ；在準確性方面，平均值小於基準 IRI 值之 $\pm 5\%$ 。

第九章 結論與建議

臺灣地區公路系統日趨完備之下，目前國內之鋪面工程已漸漸由新工轉向為維護管理為主，而在政府機關方面，亦由新工驗收變成道路的狀況調查，以利及時控管道路的各類破壞及狀況，讓道路恢復至良好的服務水準，提供高品質的服務水準來服務大眾。養護單位除了由鋪面平坦度之評估指標——國際糙度指標（International Roughness Index, IRI）去判斷鋪面狀況優劣之外，也由鋪面狀況調查獲得路面的狀況，本所在公路基本資料調查相關研究中開發出公路影像實錄的技術，將公路沿途資料記錄下來，並藉由平坦度及裂縫檢測技術，更可提供工程師一個快速且客觀的鋪面狀況結果，且對於鋪面狀況資料之蒐集也是一大助益，因此上述這些技術運用至相關公路管養單位後，將可節省大量的人力資源。

9.1 結論

1. 國內逐漸將平整度納入驗收及養護規範，因此已有許多慣性式鋪面檢測系統，然而各種類型的檢測車品質良莠不齊，故需有第3者認證機構作客觀性的判斷，以利平坦度量測品質。
2. 各項儀器設備皆已通過國際所認可的標準，然而為使各項儀器能夠完全發揮其功能性，需配置適當的硬體設計以及貯存設備，本研究研發之智慧型鋪面檢測車配有各項硬體設備，奠下檢測系統的穩定基礎。
3. 道路實錄系統由於臺灣地區道路圖層取得不易或價格昂貴，因此本研究使用GOOGLE MAP作為系統運作之用，並配合手機上網的功能可以達到在低成本下，完善使用網路地圖的功能。
4. 道路剖面系統使用之加速度規，其反應加速度值於規範中並無訂立，因此選購加速度規時應確保其加速度值能夠反應出道路的起伏狀況，例如車身晃動1G時，3G和100G加速度規皆能確實反應，而當車身晃動0.1G時，100G加速度規則不一定有良好的解析度顯示。
5. 鋪面裂縫檢測系統藉由影像辨識技術以及類似類神經網路的方式，已能成功辨識出道路的各项破壞，藉由資料驗證數量遂可使系統更臻完美。
6. 3項系統在經過系統的整合，如電源配置、硬體擺放、線路走向...等，已能完善同時運作，在同一趟檢測中能同時進行3項獨立的試驗，確實可減少人

力使用。

7. 道路剖面系統與步進式平坦儀，兩者檢測所繪製之剖面圖經比對過後，其剖面圖趨勢已十分相符，IRI 值亦差異不大。
8. 利用裂縫檢測系統所擷取之路面破壞照片與聘請3年以上從事PCI工作經驗之工程師進行破壞程度的比對，經試驗後，本系統判別之種類與準確率已達8成以上。
9. 申請 TAF 驗證作業已送件，待審查過後，便可將整套平整度檢測系統予以標準化。
10. 道路實錄系統已能完善拍攝道路附屬設施並能記錄里程與 GPS 點位，另里程數藉由照片上之公路里程路標，作為比對之用，顯示誤差極小。

9.2 建議

1. 平整度量測系統的規範，如 CNS、ASTM、AASHTO...等，皆是以英制單位作為規範中度量衡單位，在符合國情下，應以公制單位作為量測道路平整度使用。
2. 智慧型鋪面檢測車於 25~120km/h 車速下檢測數值皆無顯著差異，為了未來檢測便利性，建議以該道路的行車速限做為檢測車速，並記錄於檢測報告上，以利未來資料驗證使用。
3. 由於影像辨識上一直無法突破技術性上的難題，建議持續研發以增加辨識度，另道路裂縫檢測系統建議以 UCI 作為指標之用，原公路總局常使用之 PCI 與 UCI 相關性良好，因此亦可表現出鋪面損壞程度。
4. 智慧型鋪面檢測車屬於非破壞性檢測類別，因此在檢測報告中應詳細敘述檢測現地狀況，建議應依據國內外規範如 CNS、AASHTO...等，或參考本研究中研訂之檢驗機構報告格式紀錄。另各項儀器皆有其操作手冊及出廠報告，除了依照這 2 項文件進行內部校驗，建議應送予國家認可的檢驗實驗室，如工研院之度量衡檢驗中心。
5. 由於檢測車車速可達 100km/h，車速快亦導致變因也會變多，如經過突起物時車身有飛起的疑慮，因此在檢測過程中應盡量避免影響因子所衍生之誤差。

6. 智慧型鋪面檢測車造價不菲，多數儀器皆從國外購置，建議以公共工程養護及驗收單位為使用對象。

參考文獻

1. 張家瑞，「建立臺灣瀝青路面網級養護管理系統—以公路局中壢工務段為例」，博士論文，中央大學土木工程研究所，2001
2. 臺灣地區路面管理系統暨智慧型道路檢測系統-影像與電源整合之研究，臺灣世曦股份有限公司，2007
3. FHWA/TX-03/4204-1," DEVELOPMENT OF CERTIFICATION EQUIPMENT FOR TXDOT AUTOMATED PAVEMENT DISTRESS EQUIPMENT" , John E. Ragsdale Research Associate Texas Transportation Institute,2003
4. http://www.r-tecconsultant.co.jp/romen/gijutu_jairo.files/frame.html
5. 楊江虹，「瀝青路面快速檢測與養護技術的研究」，大陸交通部西部交通建設科技專案管理中心，2007。
6. 臺灣地區路面管理系統暨智慧型道路檢測系統開發之研究，財團法人中華顧問工程司，2006
7. 陳建達，「智慧型鋪面檢測車系統改良與整合」，碩士論文，中央大學土木工程研究所，2004
8. 李長青，「線掃描式照相機應用於鋪面破壞影像調查之研究」，碩士論文，中央大學土木工程研究所，2003
9. " Quantifying Cracks in Asphalt Pavement Surface" AASHTO Designation PP 44-01 (2003)
10. 李釗(Chau Lee);陳繼藩(C. F. Chen);黃書猛(Shu-Meng Huang);許峻榕(Chun-Jung Hsu);許書王(Shu-Wang Sheu)，「機場鋪面自動化影像蒐集系統之研究」，Journal of Marine Science and Technology，10 卷 1 期，(2002/06) 1-7。
11. 林志勇;吳健碩，「鋪面破壞影像辨識系統之研究」，鋪面工程，3 卷 1 期，(2005/03) 65-78。
12. 許峻榕(C. J. Hsu);陳繼藩(C. F. Chen)，「利用卡爾曼濾波與區段技術擷取與偵測鋪面裂縫」，航測及遙測學刊，10 卷 3 期，(2005/09) 255-264。
13. Oregon Department of Transportation (ODOT), Automated Data Collection Equipment for Monitoring Highway Conditions, FHWA-OR-RD-05-10, June 2005.
14. Oregon State Highway Video Log Web Site :
<https://keiko.odot.state.or.us/whalecome324431c3ee61b8fa2602f107a5be6eff7c305ad0fffb1654e/whalecom0/cf/dvl/>
15. Pennsylvania State Highway Video Inventory Web Site :
http://www.dot7.state.pa.us/ividlog/video_locate.asp
16. FDOT RCI Office Handbook Web Site :

<http://www.dot.state.fl.us/planning/statistics/rci/officehandbook/>

17. 宋柏勳，「柔性鋪面狀況指標檢測之研究」，碩士論文中央大學土木工程研究所，2004。
18. 交通部運輸研究所，應用 Photologging 技術輔助公路基本資料調查之研究，民國 90 年。
19. 交通部運輸研究所，公路基本資料管理系統整合規劃，民國 91 年。
20. 交通部運輸研究所，公路基本資料庫構建計畫（一），民國 92 年。
21. 交通部運輸研究所，公路養護管理績效監測技術之研究（一）-公路基本資料庫構建計畫及公路基本資料調查技術與設備改良計畫，民國 93 年。
22. 交通部運輸研究所，公路基本資料庫構建計畫（二），民國 93 年。
23. 交通部運輸研究所，公路基本資料庫構建計畫（三），民國 96 年。
24. Moravec, H.P.: Robot rover visual navigation. UMI Research Press (1981)
25. Harris, C., Stephens, M.: A combined corner and edge detector. In: Proceedings, 4th Alvey Vision Conference. (1988) 147-151 Manchester.
26. Beaudet, P.R.: Rotationally invariant image operators. In: International Joint Conference on Artificial Intelligence. (1987) 579-583
27. Kitchen, L., Rosenfeld, A.: Grey-level corner detection. Pattern Recognition Letters (1982) 95-102
28. Cooper, J., Venkatesh, S., Kitchen, L.: Early jump-out corner detectors. PAMI 15(1993) 823-828
29. Rosenthaler, L., Heitger, F., Kubler, O., Heydt, R.v.: Detection of general edges and keypoints. In: ECCV92, Springer-Verlag Lecture Notes in Computer Science. Volume 588., Springer-Verlag (1992) 78{86 Santa Margherita Ligure, Italy.
30. Robbins, B., Owens, R.: 2D feature detection via local energy. Image and Vision Computing 15 (1997) 353-368
31. Smith, S.M., Brady, J.M.: SUSAN - a new approach to low level image processing. International Journal of Computer Vision 23 (1997) 45-78
32. Kovesi, P.D.: Invariant Measures of Image Features From Phase Information. PhD thesis, The University of Western Australia (1996)
33. Kovesi, P.D.: Image features from phase congruency. Videre: Journal of Computer Vision Research 1 (1999) 1{26
<http://mitpress.mit.edu/e-journals/Videre/>.
34. Horn, B.K.P.: Robot Vision. McGraw-Hill (1986) New York.
35. R Mehrotra, KR Namuduri, N Ranganathan - Pattern Recognition, 1992 - Elsevier
36. Wanninger, L. (1997) Real-time differential GPS-error modelling in regional reference station networks, Proc. of the IAG Scientific Assembly, Rio de

- Janeiro, September, IAG-Symposia 118, Springer Verlag, 86-92
37. Marel, H. (1998) Virtual GPS reference stations in the Netherlands, Proc. 11th Int. Tech. Meeting of the Satellite Division of the U.S. Inst. of Navigation, ION GPS-98, Nashville, TN, September 15-18, 49-58.
 38. Vollath, U., Buecherl, A., Landau, H., Pagels, C., & Wager, B. (2000) Multi-base RTK positioning using virtual reference stations, Proc. 13th Int. Tech. Meeting of the Satellite Division of the U.S. Inst. of Navigation, ION GPS-2000, Salt Lake City, September 19-22, 123-131.
 39. Cannon, M.E., Lachapelle, G., Fortes, L.P., Alves, P., & Townsend, B. (2001) The use of multiple reference station VRS for precise kinematic positioning, Proc. of the Japan Institute of Navigation, GPS Symposium 2001, Tokyo, November 14-16, 29-37.
 40. Euler, H.J., Keenan, C.R., Zebhauser, B.E., & Wübbena, G. (2001) Study of a simplified approach in utilizing information from permanent reference station arrays, Proc. 14th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, Salt Lake City, USA, ION GPS-2001, September 11-14, 379-391.
 41. Trimble Virtual Reference Station (VRSTM) System (2005), Versatile RTK positioning infrastructure for local and regional applications, Retrieved March 10, 2008, from http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-11465/VRS_Spec_Sheet.pdf

附錄 1 平坦度驗證表格

檢 驗 機 構 名 稱
智慧型慣性檢測車平坦度試驗試驗報告

工程名稱：		報告編號：	
承 包 商：		收件編號：	
委託單位：		頁 次：	第 頁 共 頁
送驗人員：		收件日期：	
取樣人員：		試驗日期：	
		報告日期：	
		試驗方法：	
試驗路段		鋪面描述	
車型方向		行駛次數	
檢測車編號		車道數	
濾波類型		試驗結果	
雲量		風速	
		風向	
		氣溫	

里程	IRI(m/km)	狀況描述	里程	IRI(m/km)	狀況描述

註：1.本件由委託單位自行取樣所列記錄僅對樣品負責。
2.本件未蓋有本系鋼印者無效，本試驗報告保存三年。
3.本報告客戶5份，本中心存檔1份。

中 心
主持人：

報 告
簽署人：

試驗者：

檢 驗 機 構 名 稱

智慧型慣性鋪面檢測車使用紀錄表

編號：		機型：		保管人：		放置點：	
日期	使用時間	使用狀況	操作者	清潔	查核		

檢 驗 機 構 名 稱			
測距儀之查驗紀錄表			
機型		查驗日期	
查驗者		負責人	
次數	測距儀量測距離 A(m)	皮尺量測距離 B(m)	絕對誤差(%) (A-B)/B*100%
1			
2			
3			
平均			
誤差查核			(須小於 0.1%)
備註：			
1. 委外校驗為每年進行			
2. 自行查驗為每 6 個月一次及有抱怨回饋時隨即處理			

試驗者：1. _____、2. _____

檢 驗 機 構 名 稱					
雷射高程感測器查驗紀錄表					
機型			查驗日期		
查驗者			負責人		
次數	基準平臺	量測值 (塊規 1)	量測值 (塊規2)	量測值 (塊規3)	量測值 (塊規4)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
平均					
誤差查核					
備註：					
3. 委外校驗需每年進行一次。					
4. 自行查驗為每 6 個月一次及有抱怨回饋時隨即處理。					

試驗者：1. _____、2. _____

檢 驗 機 構 名 稱			
靜態試驗紀錄表			
機型		查驗日期	
查驗者		負責人	
查驗地點		天氣描述	
次數	報告區間(m)		IRI 值(m/km)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
平均			

試驗者：1. _____、2. _____

檢 驗 機 構 名 稱			
動態試驗紀錄表			
機型		查驗日期	
查驗者		負責人	
查驗地點		天氣描述	
次數	報告區間(m)		IRI 值(m/km)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
平均			

試驗者：1. _____、2. _____

附錄 2 標準作業程序

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	智慧型慣性鋪面檢測車平整度測試標準操作書	編 號	CGS-SIP01
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版 次	1.0 版
		頁 次	第 1 頁共 2 頁

1. 目的

本標準測試操作書，在於使測試人員有所依據，並將程序標準化，使測試數據能達到穩定而精確。

2. 範圍

本標準測試操作書適用於智慧型鋪面檢測車平整度測試，凡測試人員皆須遵守此標準測試程序。

3. 參考文件

- 3.1 AASHTO PP49 [Certification of Inertial Profiling Systems] (2005)
- 3.2 AASHTO PP37M [Quantifying Roughness of Pavements] (2005)
- 3.3 AASHTO PP50 [Operating Inertial Profilers and Evaluating Pavement Profiles] (2005)
- 3.4 AASHTO PP51 [Pavement Ride Quality When Measured Using Inertial Profiling Systems] (2005)
- 3.5 CNS 15046 [慣性剖面儀量測鋪面縱向剖面試驗法] (2006)

4. 定義

- 4.1 加速度規：提供加速度的變化差異。
- 4.2 濾波：為一種從有雜訊的訊號中取出正確訊號的程序。數位濾波為一種計算程序，其可能用計算或轉換雜訊的方式，例如平順化為一種濾波方式。
- 4.3 雷射感測器：為一種非接觸式轉換器，其輸出和路面距離成比例，當檢測車在靜止時，其架設只是一種參考高程。
- 4.4 平整度：根據 ASTM E867(Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems)，乃是與道路真實平面的偏差值，其影響著乘車品質及動力。

5. 作業程序

- 5.1 試驗前儀器及設備準備，各項儀器需先行自我查核。以下各項操作詳見其標準操作書及查核文件。
 - 5.1.1. 雷射高程感測器(詳見雷射高程感測器查驗標準操作書 CGS-SVP01)。
 - 5.1.2. 測距儀(詳見測距儀查驗標準操作書 CGS-SVP02)。

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	智慧型慣性鋪面檢測車平整度測試標準操作書	編 號	CGS-SIP01
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 2 頁共 2 頁

5.1.3. 加速度規(詳見加速度規查驗標準操作書 CGS-SVP03)。

5.1.4. 電腦及軟體(詳見電腦軟體查驗標準操作書 CGS-SVP04)。

5.2 儀器架設

5.2.1. 將雷射感測器及加速度規架於車後機箱中，雷射感測器及加速度規須於同一水平高度上。

5.2.2. 將測距儀鎖於左後輪胎鋼圈。

5.2.3. 將雷射感測器、加速度規及測距儀的線路接於積分盒及擷取盒。

5.2.4. 將不斷電系統電源接於可提供正弦波的電力系統。

5.2.5. 將電腦以及車後機箱電源接於不斷電系統。

5.2.6. 將電腦設備放置於車體中並與車後機箱線路連接。

5.3 測試

5.3.1. 打開電腦及不斷電系統電源。

5.3.2. 至現地暖機及暖胎 15 分鐘，並量測胎壓值。

5.3.3. 打開軟體程式，打開加速度規頻道及雷射感測器頻道，測試訊號是否進入電腦，並搖動車身觀看訊號變化狀況，詳細步驟請參閱「智慧型慣性鋪面檢測車標準操作書 CGS-SOP01」。

5.3.4. 上述工作項目完成後始進行檢測。

5.4 擷取

5.4.1. 打開電腦平整度擷取程式，註明檔案名稱，紀錄當時路面狀況，如是否積水等。

5.4.2. 進行檢測，固定車速並保持輪跡線離車道邊緣 1m 左右。

5.4.3. 擷取之詳細步驟請參閱「智慧型慣性鋪面檢測車標準操作書 CGS-SOP01」。

5.5 計算，

5.5.1. 打開電腦上平整度計算程式，讀取需計算之檔案，計算平整度值。

5.5.2. 擷取之詳細步驟請參閱「平整度軟體計算標準操作書 CGS-SOP02」。

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	智慧型慣性鋪面檢測車標準操作書	編 號	CGS-SOP01
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 1 頁共 8 頁

1. 目的：

使操作人員有所依據，程序標準化，並熟悉操作步驟，了解智慧型慣性鋪面檢測車各項功能與用途，以減少人為誤差以及安全疑慮。

2. 範圍：

標準程序適用於智慧型慣性鋪面檢測車操作，操作人員應熟悉此程序。

3. 參考文件：

- 3.1. AASHTO PP49 [Certification of Inertial Profiling Systems] (2005)
- 3.2. AASHTO PP37M [Quantifying Roughness of Pavements] (2005)
- 3.3. AASHTO PP50 [Operating Inertial Profilers and Evaluating Pavement Profiles] (2005)
- 3.4. AASHTO PP51 [Pavement Ride Quality When Measured Using Inertial Profiling Systems] (2005)
- 3.5. CNS 15046 [慣性剖面儀量測鋪面縱向剖面試驗法] (2006)
- 3.6. 雷射高程感測器標準查驗操作書(CGS-SVP01)
- 3.7. 測距儀標準查驗操作書(CGS-SVP02)
- 3.8. 加速度規標準查驗操作書(CGS-SVP03)
- 3.9. 電腦軟體查驗標準操作書(CGS-SVP04)

4. 定義：無。

5. 作業程序：

5.1 儀器：

- 5.1.1. 雷射感測器
- 5.1.2. 訊號擷取機箱
- 5.1.3. 不斷電系統
- 5.1.4. 測距儀
- 5.1.5. 接線盒

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	智慧型慣性鋪面檢測車標準操作書	編 號	CGS-SOP01
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 2 頁共 8 頁

5.1.6. 電腦設備

5.1.7. 胎壓計

5.1.8. 扭力把手

5.2 操作程序：

5.2.1. 測距儀

1. 檢視機器是否在校正有效期內，方可從事操作。
2. 從置物盒中取出測距儀。
3. 從工具箱內取出裝置測距儀所需器具。
4. 將所需工具取出後，著手進行裝設。
5. 將測距儀上垂直桿穿入左後輪上方、車體外殼上之孔位，以確保其垂直於地面。
6. 將測距儀鎖於左後輪鋁圈部分，並稍微晃動測距儀本身，確定已鎖緊。

5.2.2. 雷射高程感測器

1. 檢視機器是否在校正有效期內，方可從事操作。
2. 從置物盒中取出雷射感測器。
3. 從工具箱內取出裝置雷射感測器所需器具。
4. 將所需工具取出後，著手進行裝設。
5. 將雷射感測器置於車後訊號擷取機箱內雷射固定架，放置時留意雷射感測器鏡面切勿刮傷影響檢測準確性，雷射感測器置入口形固定架後，先將機箱底部鏡面擦拭乾淨，再將口形固定架置於鏡面上方，對準螺絲孔位，最後鎖上。
6. 搖晃固定架本身，以確保完成安裝程序。
7. 雷射感測器架設應垂直於地面，使雷射發射點及接收點角度呈現為 50 度，如圖 1 所示。
8. 使用皮尺量測雷射架設位置，其架設高度應離地面 280~320mm。
9. 若架設兩個雷射高程感測器，其距離應為 1.47m~1.80m。

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	智慧型慣性鋪面檢測車標準操作書	編 號	CGS-SOP01
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 3 頁共 8 頁

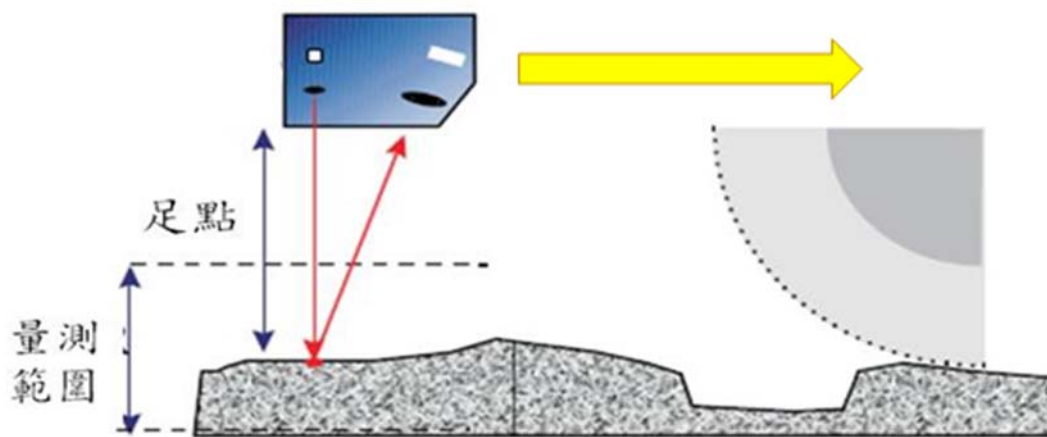


圖1 雷射點位示意圖

5.2.3. 加速度規

1. 檢視機器是否在校正有效期內，方可從事操作。
2. 從置物盒中取出加速度規。
3. 取出裝設加速度規所需之各種工具及訊號線，並著手進行裝設
4. 使用扭力把手將加速度規鎖於雷射高程感測器之固定架，其扭力值應依照製造手冊上所描述。
5. 將加速度規擺放不同位置(正、側、反)，使加速度規因不同加速度值，輸出不同電壓值，此步驟應依循製造商操作手冊及加速度規查驗標準操作書(CGS-SVP03)。

5.2.4. 接線盒

1. 檢視機器是否在校正有效期內，方可從事操作。
2. 從置物盒中取出加速度規。
3. 取出裝設加速度規所需之各種工具及訊號線，並著手進行裝設。
4. 接線盒固定架於車後機箱右側，根據固定架卡榫將接線盒垂直置入，完成接線盒安裝程序。

5.2.5. 上述儀器裝設步驟確認完成後，進行線路連結。

5.2.6. 將雷射感測器及加速度規電源線接上電源供應器。

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	智慧型慣性鋪面檢測車標準操作書	編 號	CGS-SOP01
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 4 頁共 8 頁

5.2.7. 將測距儀訊號線則由車體左後方穿入車內，再藉由集線位置進入車後機箱內。

5.2.8. 將測距儀訊號線連接上雷射高程感測器訊號線，以利進行觸發動作，而雷射感測器另一訊號線則連結至接線盒，對應軟體上設定之頻道，將訊號線依頻道連結上，軟體頻道與對應硬體頻道依接線盒操作手冊設定。

5.2.9. 將加速度規訊號線連結至USB-9233動態訊號分析器，依照軟體所需頻道編號連上硬體頻道編號，再藉由USB線連結上電腦。

5.2.10. 將兩顆小的電源供應器連結一起，總電源線由訊號擷取機箱底下線孔穿入車內，再連接上車內不斷電系統。

5.2.11. 將接線盒整合線路連結至電腦設備，並且將電腦設備線路連接完成。

5.2.12. 電源皆由不斷電系統提供，不斷電系統平時需注意充電完成與否，檢測期間整套儀器設備電源供應為檢測車電源系統，因此不斷電系統應接上檢測車電源系統。

5.2.13. 確認所有儀器設備線路連結無誤後，依序啟動檢測車→檢測車電源系統→不斷電系統→電腦。

5.2.14. 暖機至少15分鐘以上，並確認雷射點位是否出現在雷射高程感測器之下，雷射點位應盡可能小於鋪面材料，才能量測出裂縫等破壞，在地面上為0.2mm圓點。

5.2.15. 於現地道路上暖胎15~20分鐘後，使用胎壓計量測胎壓值，其值應介於220kpa~250kpa，可參照製造商使用手冊，量測輪胎直徑以方便設定軟體輪胎半徑值。

5.2.16. 暖機後進行訊號測試，從電腦桌面上點選訊號擷取卡軟體(measurement & automation)進入該程式。打開後於畫面左方點選device and interface再點選NI-DAQmx Device如圖2~5。

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	智慧型慣性鋪面檢測車標準操作書	編 號	CGS-SOP01
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 5 頁共 8 頁



圖2 點選 measurement & automation

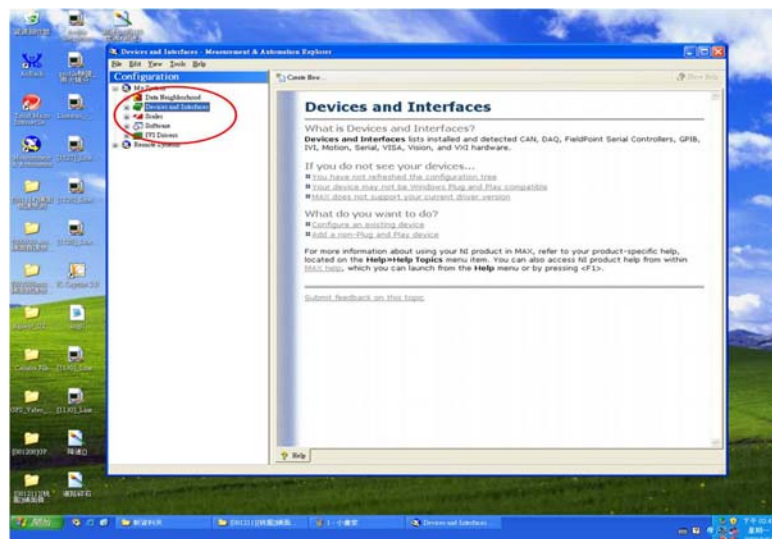


圖3 點選device and interface

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題

智慧型慣性鋪面檢測車標準操作書

編 號 CGS-SOP01

修訂發行 09 年 03 月 16 日

版次 1.0 版

頁 次 第 6 頁共 8 頁

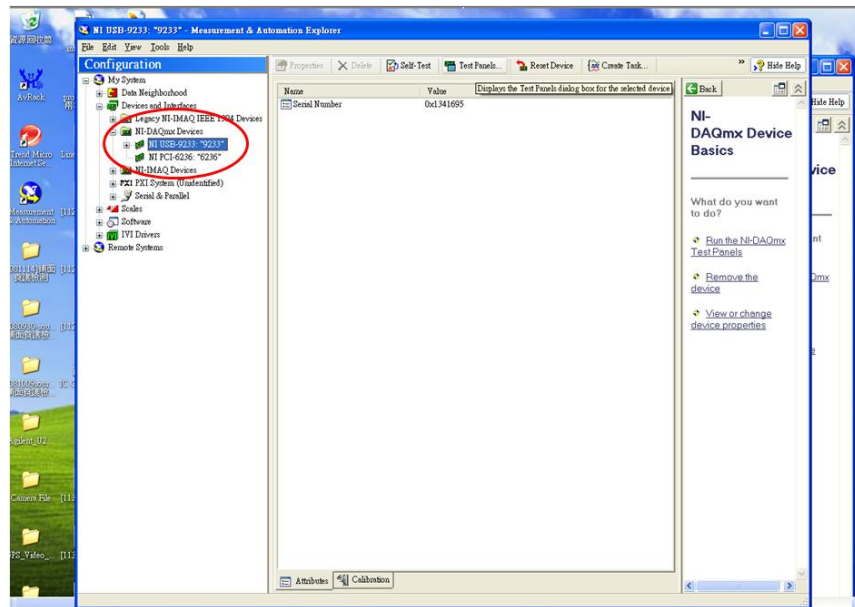


圖 4 點選加速度規資料截取卡

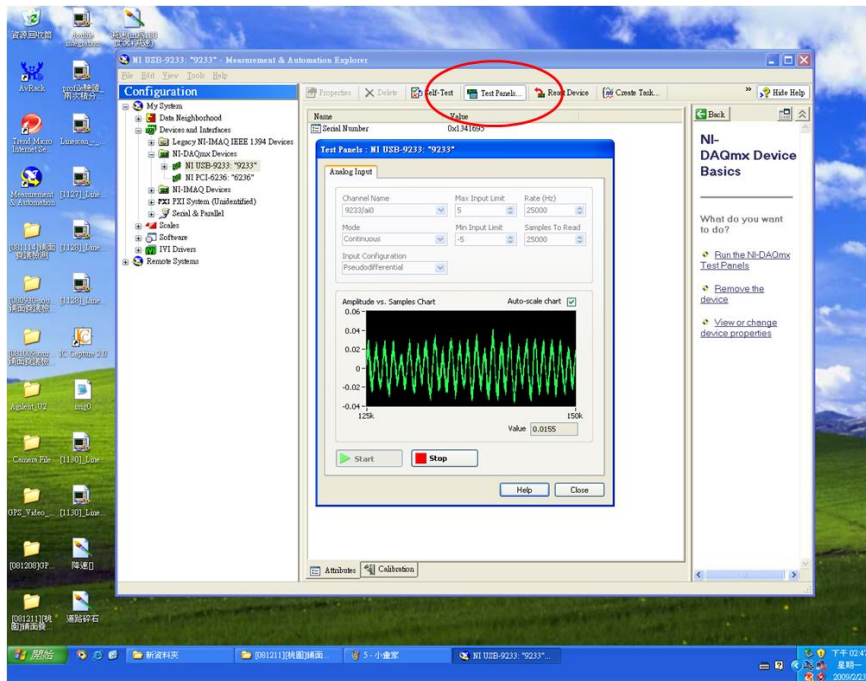


圖 5 點選 Test panels

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	智慧型慣性鋪面檢測車標準操作書	編 號	CGS-SOP01
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 7 頁共 8 頁

5.2.17. 檢查測距儀是否有擷取到測距儀訊號，檢測過程中應留意測距儀里程數是否和道路里程數相符，可參照測距儀查驗標準操作書(CGS-SVP02)。

5.2.18. 若未先執行各項儀器訊號測試，則不可進行平整度軟體標準操作書(CGS-SVP02)。

5.2.19. 操作人員須在軟體上或手簿記錄當時路面狀況及各種特殊情形，如是否積水或碎石路等。

5.2.20. 進行檢測中須固定車速並保持輪跡線離車道邊緣1m。

5.2.21. 檢測完畢，應依序關閉電源，電腦設備→訊號擷取盒→不斷電系統→檢測車上電源系統。

5.2.22. 輸出報告應包含以下各項：

1. 試驗編號。
2. 操作者。
3. 天候狀況。
4. 日期與時間。
5. 檢測速度。
6. 檢測方向。
7. 車道數。
8. 檢測道路位置及描述。
9. 路面描述：鋪面種類和狀況。
10. 縱剖面資料。
11. 濾波類型、濾波程式及用來量測準確性的程式」。

5.3 設備操作者之資格

使用慣性式鋪面檢測車來執行道路平整度測試之人員必須通過檢驗機構訓練合格：

1. 儀器擁有者要能描述鋪面的平整度。
2. 慣性剖面儀之操作方法。
3. 資料收集。
4. 評估資料的品質和計算IRI值。

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	智慧型慣性鋪面檢測車標準操作書	編 號	CGS-SOP01
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 8 頁共 8 頁

5.4 驗證測試

5.4.1 驗證試驗必須在平坦或中度平坦的鋪面上進行，而試驗區間長度至少160m和一定之安全停車距離，平坦測試道路的IRI值必需介於0.471到1.1775m/km之間，中度平坦測試道路的IRI值必需介於1.4915到2.1195m/km之間。

5.4.2 在同樣的實驗環境下，實驗必需重複十次。最大水平量測區間不能超過12cm，最小垂直解析度不能大於0.0254cm。。

5.4.3 在動態認證實驗中，十次試驗結果，其任3個IRI的平均值不得超過標準道路平整度數值3.3%。

5.4.4 測試資料分析

i. 重複性

為了評估重複性，在同樣的實驗情況下必須重複試驗執行10次，以獲得標準差數據。所有高程資料之單位以公尺來表達（0.001m）。在不同的報告區間內決定標準差的平均值。因此對於單一的慣性剖面感應器，必須得到兩個平均值，一個用在平坦區間，另一個從用在中度平坦區間。至於兩組慣性剖面感應器，則必須得到四個平均標準差，二個用在平坦區間，另二個從用在中度平坦區間。為了通過重複性試驗，平均標準差不能超過0.0471m/km。

ii. 精確性

每一個測試區間的基準點或參考剖面必須建立在使用靜態方法如水準儀、Dipstick任何適合的儀器。最小的參考高程不能大於12cm。利用和結合不同的儀器可建立出基準的數據圖表，然而，由這些測量儀器所測出的數據還是必須經過水準儀在兩倍距離區間測試的數據來校正。

6. 注意事項

6.1 操作人員應需先經過認證機構的訓練課程，才可進行此一操作。

6.2 電腦軟體使用及修改應該遵循製造商操作手冊。

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	平整度軟體計算標準操作書	編 號	CGS-SOP02
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 1 頁共 4 頁

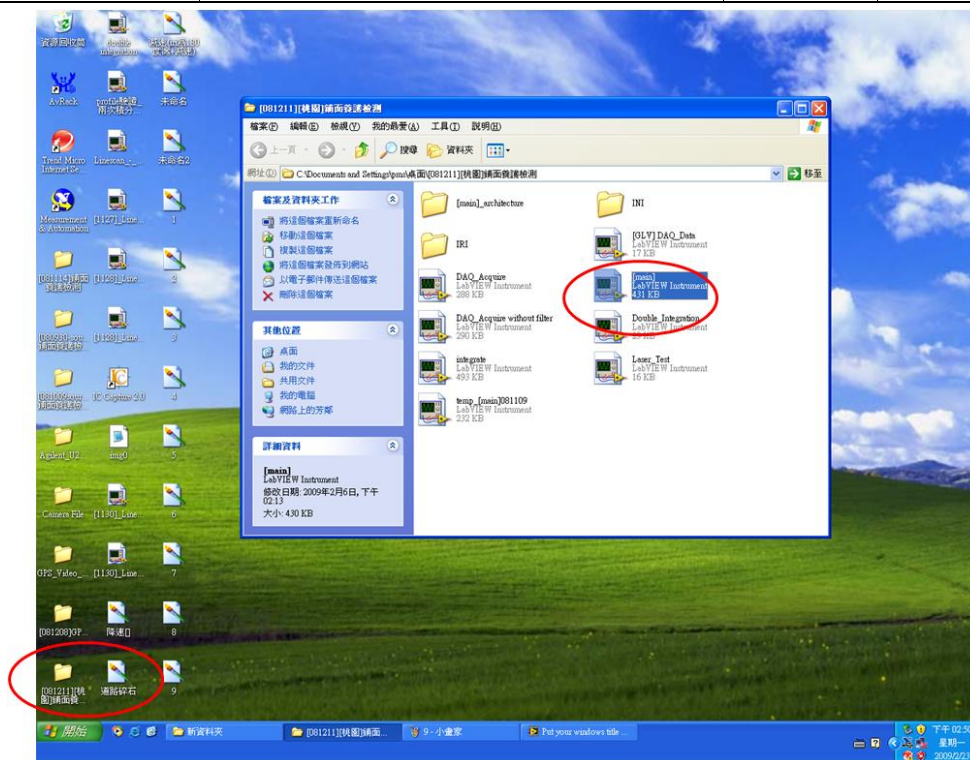


圖 1 點選 MAIN 程式

- 5.2.1. 執行該程式前，請先確保電腦已安裝 Labview 軟體，安裝方式請參照廠商操作手冊。
- 5.2.2. 點選 MAIN 程式如圖 1 所示，打開程式進入檢測畫面如圖 2 所示，於畫面左上箭頭點擊滑鼠左鍵一次，始開始執行程式，然後，點擊 simulation 選項成 on，開始進行檢測前測試。
- 5.2.3. 使用滑鼠點擊【雷射測試選項】進入雷射測試畫面，如圖 3，每點擊一次【TEST】選項，就會顯示出當時雷射所擷取之高程，確定其十筆數值是否在 200~300mm 之間，以免超出容許範圍。
- 5.2.4. 雷射測試完畢後，點擊【EXIT】選項，離開雷射測試畫面，並回到擷取程式主畫面。
- 5.2.5. 於車身靜止不動情況下，點擊【開始】選項，進行靜態試驗，進行試驗期間操作人員不可碰觸車身及任何儀器，並確保車身及任何儀器未受其他外力影響，點擊【停止】選項則可結束試驗。

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題

平整度軟體計算標準操作書

編 號 CGS-SOP02

修訂發行 09 年 03 月 16 日

版次 1.0 版

頁 次 第 2 頁共 4 頁

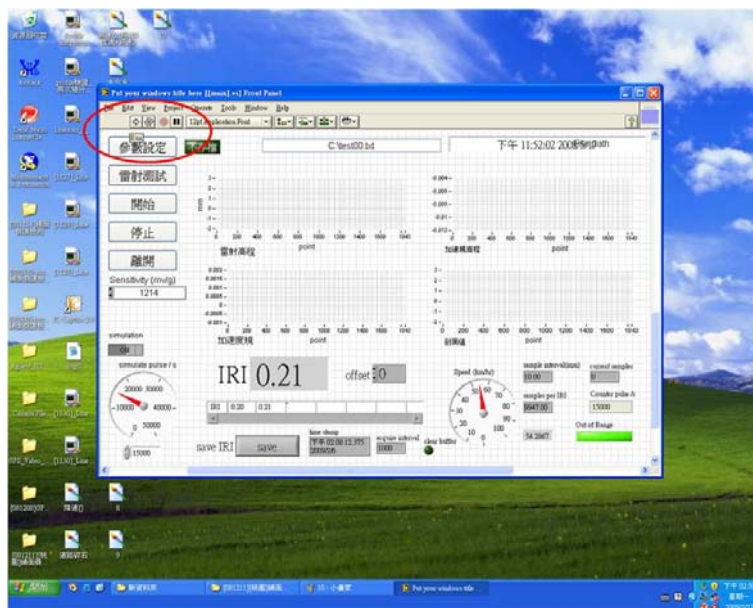


圖2 程式畫面

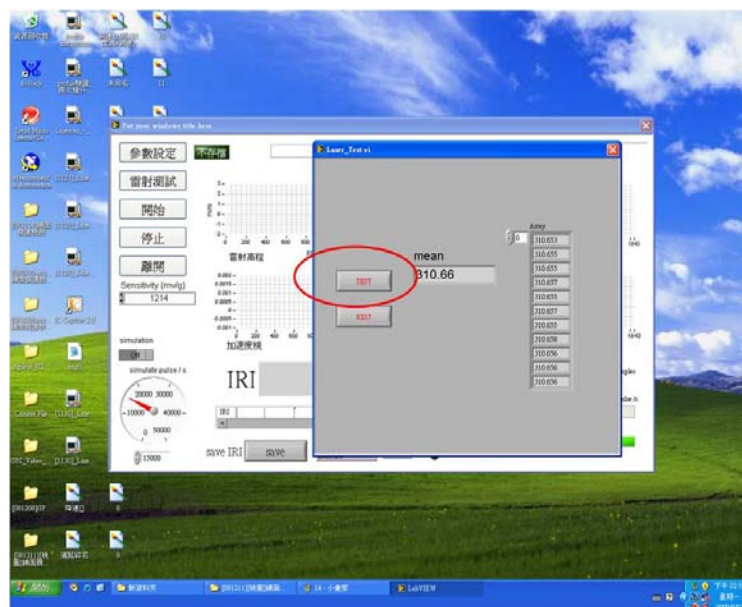


圖3 雷射測試畫面

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	平整度軟體計算標準操作書	編 號	CGS-SOP02
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 3 頁共 4 頁

- 5.2.6. 將檢測車未發動在原地進行資料擷取，理論上檢測結果應為 0m/km，但考量儀器會有干擾存在，因此在 AASHTO PP49 規範則定為 0.0794 m/km(5 in/mile)以內。另採用常態分配結果，小於 0.0794 m/km 的機率為 97%，即靜態試驗結果需在誤差範圍內。
- 5.2.7. 執行 5.2.5~5.2.9 步驟確保無誤後，方可進行下一步驟，若未達容許範圍，則重複 5.2.1~5.2.4 步驟，若非為軟體問題，則需重新檢視硬體安裝，請依智慧型慣性鋪面檢測車之標準操作手冊(CGS-SOP02)依序檢視。
- 5.2.8. 測試通過後，回到主畫面點擊 simulation 選項成 off，並點擊畫面上方【不存檔】選項，變成【存檔】，並輸入存檔路徑及檔名，如圖 4。
- 5.2.9. 進入檢測道路時，點擊滑鼠左鍵按下【開始】選項，即開始進行檢測。
- 5.2.10. 檢測過程中，操作員應注意波形變化與 IRI 數值是否合理。

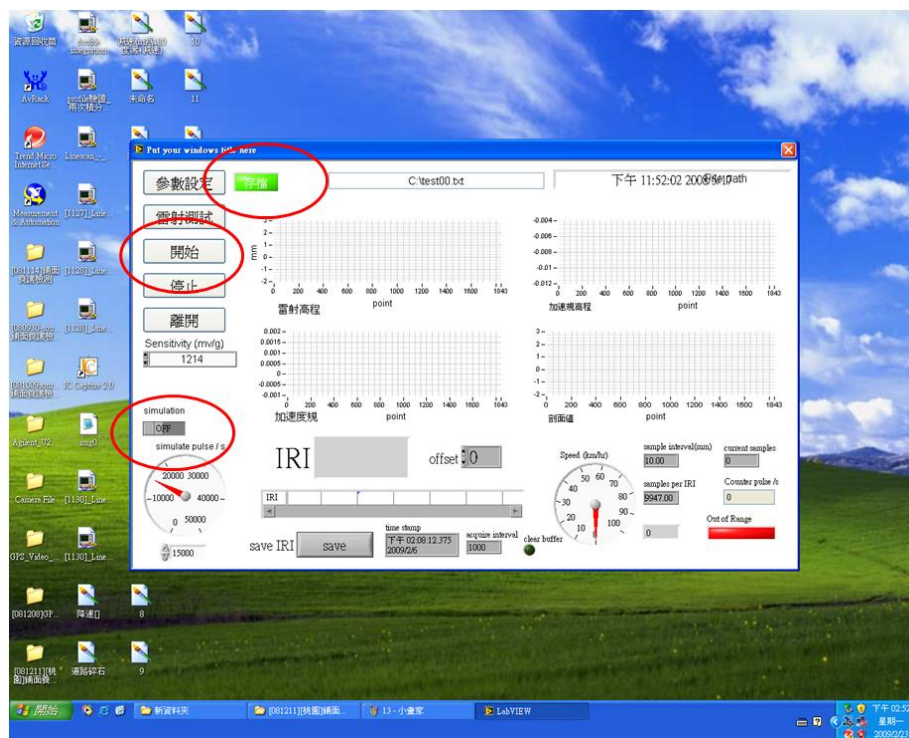


圖 4 測試通過點選畫面

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	平整度軟體計算標準操作書	編 號	CGS-SOP02
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 4 頁共 4 頁

5.2.11. 檢測結束後，點擊滑鼠左鍵按下【結束】選項，結束檢測，確定該趟檢測數值無誤後，點擊滑鼠左鍵按下【SAVE】選項，即於存檔路徑寫入一 IRI 值的.TXT 檔

5.2.12. 打開存檔路徑之資料夾，確保該路徑下存有一高程資料(.TXT 檔)及 IRI 值(.TXT 檔)，方可再輸入下一檢測道路檔名。

5.2.13. 檢測完成後，操作人員應依照規範規定格式輸出檢測報告，可參照智慧型慣性鋪面檢測車技術手冊(CGS-SIP01)。

5.2.14. 鋪面剖面圖資料應儲存電子檔，並保存三年。

5.2.15. 檢測完畢，應依序關閉電源，電腦設備→不斷電系統→檢測車上電源系統→引擎熄火。

5.2.16. 輸出報告應包含以下各項：

1. 試驗編號。
2. 操作者。
3. 天候狀況。
4. 日期與時間。
5. 檢測速度。
6. 檢測方向。
7. 車道數。
8. 檢測道路位置及描述。
9. 路面描述：鋪面種類和狀況。
10. 縱剖面資料。
11. 濾波類型、濾波程式及用來量測準確性的程式。

5.3 注意事項

5.3.1 操作人員應需先經過相關訓練課程，才可進行此一操作。

5.3.2 電腦軟體使用及修改應該遵循製造商所給予的操作手冊。

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	雷射高程感測器查驗標準操作書	編 號	CGS-SVP01
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 1 頁共 2 頁

1. 目的：

使雷射高程感測器量測結果達到規定的精確度。

2. 範圍：

- 2.1. 適用於雷射頭距離225mm~375mm之範圍。
- 2.2. 本標準操作書適用於本中心之智慧型慣性鋪面檢測車，操作人員均應熟悉此操作標準。

3. 參考文件：

- 3.1AASHTO PP49〔Certification of Inertial Profiling Systems〕 (2005)
- 3.2AASHTO PP37M〔Quantifying Roughness of Pavements〕 (2005)
- 3.3AASHTO PP50〔Operating Inertial Profilers and Evaluating Pavement Profiles〕 (2005)
- 3.4AASHTO PP51〔Pavement Ride Quality When Measured Using Inertial Profiling Systems〕 (2005)

4. 定義：

絕對誤差：| 量測值-真值 |。

5. 作業程序：

5.1儀器：

- 5.1.1. 雷射感測器
- 5.1.2. 平檯
- 5.1.3. 塊規
- 5.1.4. 游標卡尺

5.2操作程序：

- 5.2.1. 打開電腦設備，暖機 15 分鐘以上。
- 5.2.2. 開啟軟體，檢查是否一切正常運作。

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	雷射高程感測器查驗標準操作書	編 號	CGS-SVP01
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 2 頁共 2 頁

5.2.3. 準備一平臺，在使用前需進行校正，請參照 CGS-SVP-06 金屬平臺查驗標準操作書，使用水準氣泡在平臺上三個不同位置進行定平動作。

5.2.4. 放置平臺在雷射高程感測器下方，量測 10 個高度值，並記錄下來。

5.2.5. 放置一 5mm 塊規在平板上方，感應器下方，量測 10 個高度值，並記錄下來。

5.2.6. 將塊規小心取下，放置 10mm 塊規量測 10 個高度值，並記錄。

5.2.7. 將塊規小心取下，放置 25mm 塊規量測 10 個高度值，並記錄。

5.2.8. 將塊規小心取下，放置 50mm 塊規量測 10 個高度值，並記錄。

5.2.9. 對於任一塊規之絕對誤差的平均必須小於或等於 0.254mm。

5.2.10. 塊規本身亦需進行校正，應使用游標卡尺量測塊規三個方向的厚度值，以確保塊規準確性，每一塊規之精度須達至 $\pm 0.0254\text{mm}$ ，游標卡尺的校正則需每 6 個月送往外校。

5.3 注意事項

5.3.1 校正進行中，不能使金屬平臺傾斜或移動，若有風的情況下可能必須在室內執行此實驗。

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	測距儀查驗標準操作書	編 號	CGS-SVP02
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 1 頁共 2 頁

1. 目的：

使測距儀量測距離結果合乎標準，以達到規定之準確度。

2. 範圍：

本標準操作書適用於本中心之智慧型慣性鋪面檢測車，操作人員均應熟悉此操作標準。

3. 參考文件：

3.1AASHTO PP49 [Certification of Inertial Profiling Systems] (2005)

3.2AASHTO PP37M [Quantifying Roughness of Pavements] (2005)

3.3AASHTO PP50 [Operating Inertial Profilers and Evaluating Pavement Profiles] (2005)

3.4AASHTO PP51 [Pavement Ride Quality When Measured Using Inertial Profiling Systems] (2005)

3.5CNS 15046 [慣性剖面儀量測鋪面縱向剖面試驗法] (2006)

4. 定義：

絕對誤差：| 量測值-真值 |。

5. 作業程序：

5.1 儀器：

5.1.1. 智慧型慣性鋪面檢測車

5.1.2. 測距儀

5.1.3. 電腦設備

5.1.4. 雷射高程感測器

5.1.5. 胎壓計

5.2 操作程序：

5.2.1. 在鄰近本中心道路，選定破壞少、無明顯坡度且無人手孔之道路，其道路長度應大於或等於300m。

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	測距儀查驗標準操作書	編 號	CGS-SVP02
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 2 頁共 2 頁

- 5.2.2. 於試驗道路上打開電腦設備，並暖機15分鐘以上，使胎壓及軟硬體設備達到穩定。
 - 5.2.3. 開啟軟體，檢查是否一切正常運作。
 - 5.2.4. 於現地道路上暖胎15~20分鐘後，使用胎壓計量測胎壓值，其值應介於220kpa~250kpa，可參照製造商使用手冊。
 - 5.2.5. 清除試驗道路上一切雜物，如垃圾、碎石礫。
 - 5.2.6. 在試驗道路上標明起始點，並將車體行駛至起始點位並利用雷射感測器之雷射點作定位動作。
 - 5.2.7. 於試驗道路上進行3次量測，紀錄每次量測結果。
 - 5.2.8. 為求檢測車行走路徑一致，檢測車車速應放慢，故切換至N檔，並由檢驗員推行，另一檢驗員於駕駛座操控方向。
 - 5.2.9. 試驗完成後計算測距儀之絕對誤差。
 - 5.2.10. 三次絕對誤差之平均必須小於或等於0.1%。
- 5.3 注意事項
- 5.3.1. 其值應取至小數下二位，如 300.00m。

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	加速度規查驗標準操作書	編 號	CGS-SVP03
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 1 頁共 1 頁

1. 目的：

本標準程序在於使加速度規量測結果達到規定的精確度。

2. 範圍：

3. 參考文件：

3.1 AASHTO PP-49(美國道路及運輸官員協會) (2005)

3.2 CNS 15046(中國國家標準) (2006)

4. 定義：無。

5. 內容：

加速度規本身所需查驗項目為其感受之重力加速度值以及所對應輸出之電壓值，本中心尚無可量測此兩項儀器之精密設備，因此，建議以每年委外校驗一次做為本中心加速度規儀器之校正週期。

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	電腦軟體查驗標準操作書	編 號	CGS-SVP04
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 1 頁共 2 頁

1. 目的：

使智慧型慣性鋪面檢測車軟體量測結果達到規定的精確度。

2. 範圍：

本標準操作書適用於本中研究之智慧型慣性鋪面檢測車，操作人員均應熟悉此操作標準。

3. 參考文件：

3.1AASHTO PP49 [Certification of Inertial Profiling Systems] (2005)

3.2AASHTO PP37M [Quantifying Roughness of Pavements] (2005)

3.3AASHTO PP50 [Operating Inertial Profilers and Evaluating Pavement Profiles] (2005)

3.4AASHTO PP51 [Pavement Ride Quality When Measured Using Inertial Profiling Systems] (2005)

3.5CNS 15046 [慣性剖面儀量測鋪面縱向剖面試驗法] (2006)

4. 定義：無。

5. 作業程序：

5.1 儀器：

5.1.1. 電腦設備

5.1.2. 訊號擷取卡

5.1.3. 檢測車各項儀器

5.2 操作程序：

5.2.1. 參照【智慧型慣性鋪面檢測車操作手冊】CGS-SOP-01 完成各項儀器之架設。

5.2.2. 打開各項儀器設備電源及電腦設備並暖機至少 15 分鐘以上。

鋪面平坦度量測標準作業程序

主 題	電腦軟體查驗標準操作書	編 號	CGS-SVP04
		修訂發行	09 年 03 月 16 日
		版次	1.0 版
		頁 次	第 2 頁共 2 頁

- 5.2.3. 執行靜態試驗，其步驟為車體於靜置不動時，其可能由於車體本身的震動或者電壓不穩所引起之雜訊，引起電壓值的跳動，故於車體靜止時量測其 IRI 值，該值容許範圍須小於 0.08m/km。
- 5.2.4. 於現地執行動態試驗，先行發動車身，待車身以及引擎達一穩定狀態後（通常為暖車時間 5 分鐘），檢驗員應用手瞬間施加垂直外力於檢測車角落，基本上為右後方輪胎，造成上下之移動來量測 IRI 值，理論之 IRI 值應為 0，但由於系統的雜訊，IRI 最大容許範圍為 0.09m/km。
- 5.2.5. 靜態試驗及動態試驗均應量測至少 10 筆 IRI 值，並儲存成電子檔及文字檔以作為日後執行每日操作校正。
- 5.2.6. 每筆 IRI 值應以 100m 為計算里程。
- 5.2.7. 若室外天候狀況不佳，或者受風力影響試驗結果之情形下，該試驗應移至室內無風狀態下進行。

5.1 注意事項

- 5.3.1. 經由軟體計算路面剖面圖並計算國際糙度指標 IRI 值，其值應取至小數點下二位，如 3.81m/km。
- 5.3.2. 試驗期間，應注意車體勿受其他外力所影響。

影像攝錄標準作業程序

1. 道路影像檢測硬體設備與架構

目前本研究所採用之硬體設備，包括數位攝影機、衛星定位儀、里程計、資料擷取卡、工業電腦、行動網路裝置、攝影機腳架雲臺等。數位攝影機與 GPS 接收之訊號藉由資料擷取卡進入電腦，配合行動網路裝置及時上網取得 GOOGLE MAP 資料，以進行資料及時處理擷取。此研發不需內業資料整合處理，可節省大量的人力與時間。

1. 數位攝影機：

本研究所使用之數位攝影機為 Imaging Source5 之產品 DFK 31AF03.AS，其特色為高分辨率，快速刷新率且可高速顯示彩色圖像。核心配件為 SONY 生產之 ICX204AK 彩色 CCD 芯片，其規格為 1/3"，分辨率為 1024 x 768 畫素。即使長時間曝光，所產生的干擾仍十分小，並且使用快速 FireWire 數據傳輸資料，將影像資料傳輸到資料擷取卡中(IEEE 1394)，本研究採用之 CCD 如圖 1 所示。



圖 1 數位攝影機

2. 資料擷取卡

1394 可以把數位攝錄影機連接至個人電腦平臺，以便下載、編輯和儲存數位視訊內容；由於具備高速和雙向傳輸優點，無論要對視訊內容進行即時編輯，或是要將編輯結果存回攝錄影機的錄影帶，1394 都是最理想的連線。

1394 的特色包括：

- 對等作業 (Peer to peer operation) 。
- 使用簡單，方便的即插即用能力 。
- 支援 IP 資料傳輸 。
- 非同步和等時作業模式 (適合網路連接和音訊／視訊資料傳輸) 。
- 頻寬足以支援多種標準和高畫質視訊位元流 。

- 支援更高品質的音訊標準，例如 DVD-A 和 SACD 。
- 單一匯流排最多連接 63 部裝置，並可透過橋接器連接其它網路。
- 透過加密功能保護傳輸內容的安全。
- 為音訊和視訊傳輸提供網路連線品質 (QoS)服務。

3.行動網路裝置

本研究使用為 3.5G 行動上網裝置，跟目前 NB 普遍內建的 WiFi 相比，3.5G 技術可以不受 AP 傳輸範圍的限制，且在高速移動時依然可進行連線，因此當檢測車進行影像實錄時，依然可以進行上網。其又有廣泛的 3G、GPRS 訊號涵蓋範圍，不須為了上網到處找熱點 AP。它的連線速度比 WiFi 更快，甚至還能超越一般的 ADSL 有線上網。

4.GPS

隨著科技的進步以及應用技術層面的提升，全球衛星定位系統(GPS)已廣泛使用於各行業，舉凡工程測量、地圖測製、精密大地測量、航太發展、航海與汽車導航等，使用者僅需透過 GPS 接收儀接收衛星發射之訊號，經電腦加以計算後即可顯示調查點之座標位置，使用上相當方便，相較於傳統測量座標位置的方式，可節省不少人力與時間。利用 GPS 可簡易獲得一般路面狀況影像拍攝點與路面破壞位置兩者之空間資料，然限於各種主客觀因素，目前商業化之 GPS 接收儀仍有 10 至 15 公尺的誤差，未能完全符合系統之要求，必須加以差分訊號 (Differential Global Positioning System, DGPS)技術加以校正。

2.道路影像檢測軟體

本研究為加速內業資料處理之效率，利用美商國家儀器 (NI) 圖型化虛擬儀控程式語言 LabVIEW，進行拍攝後影像處理程式的開發，軟體畫面如圖 2 所示。主要功能包括有：

- (1)調整數位攝影機參數介面與即時展示影像介面(Real Time Video)
- (2)配合 GOOGLE MAP 即時線上地圖功能
- (3)展示 Line Scan 鋪面影像介面
- (4)設定自動擷取圖片與及時擷取圖片功能

藉由 DMI 當作里程計數器，觸發電腦接收影像訊號與 GPS 點位，配合上網下載及時 GOOGLE MAP，便可從使用介面中看到即時影像與 GPS 點位與行動

地圖，以利檢測人員做即時性的掌握。流程圖如圖 3。

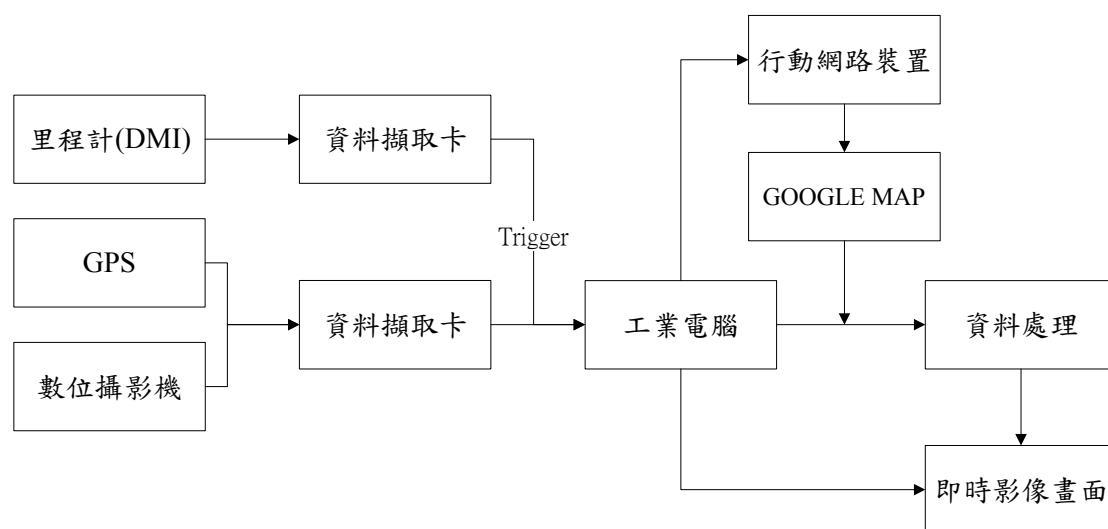


圖 3 數位影像裝置流程圖

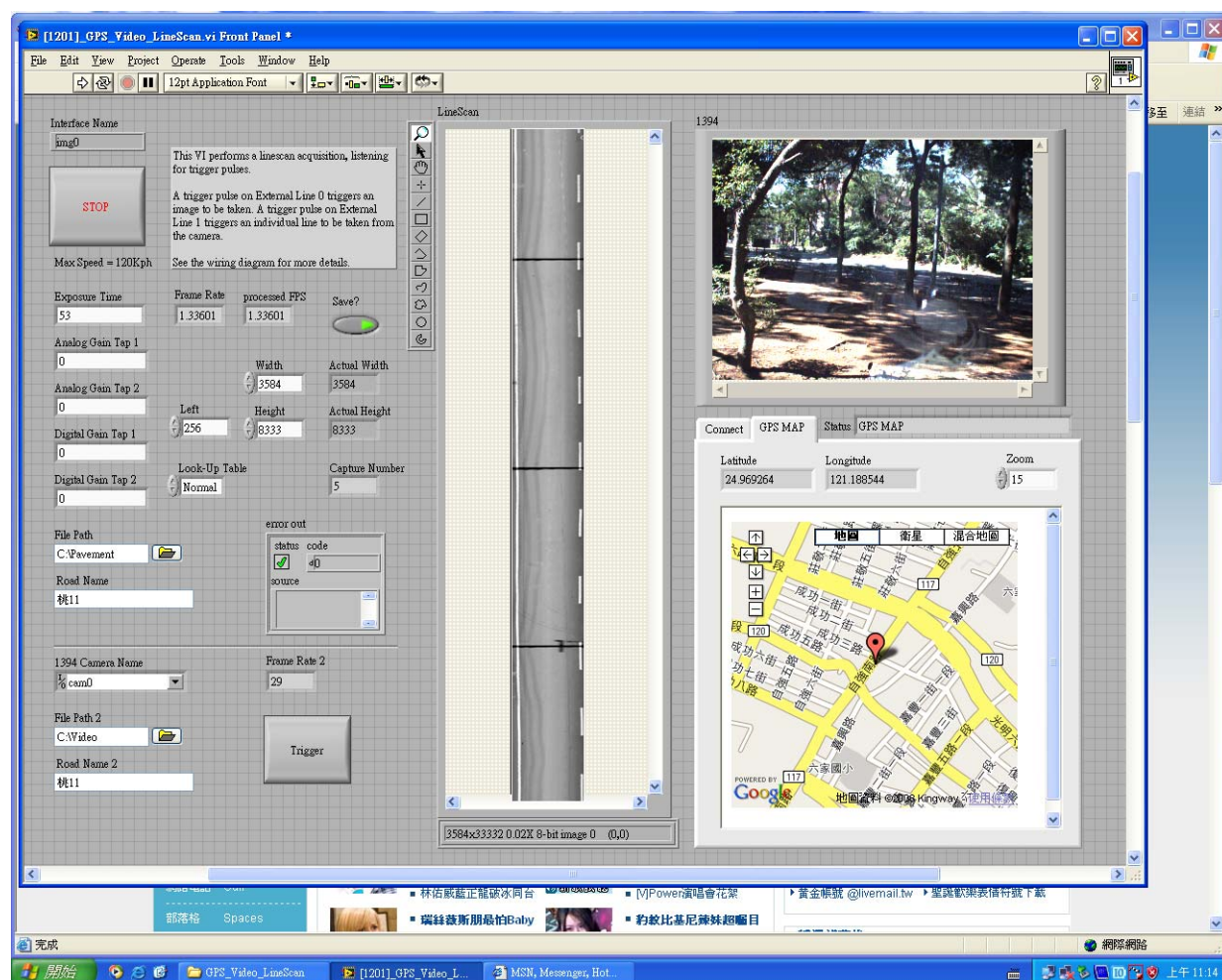


圖 2 道路影像即時操作畫面

(1)調整數位攝影機參數介面與即時展示影像介面(Real Time Video)

在外業調查的過程中，可藉由數位攝影機拍攝即時影像介面讓檢測人員了解當下數位攝影機之拍攝畫面，另為了方便使用，將調整攝影機之各參數設定寫入操作畫面，在即時傳送之影像中進行設定微調，以達影像最佳化。

(2)配合 GOOGLE MAP 即時線上地圖功能

GOOGLE MAP 主要的服務有以下幾種：

d. 地圖查詢：

你可以在 Google Map 查到詳細地圖，若資料詳細的地方 (歐,美,日等"先進"國家)，還有商家名稱和電話等資訊可以查詢。

e. 地圖查詢結合衛星實圖(疊合顯示 Google Earth)，地圖的右上角按鈕可

以切換地圖模式，(1) MAP: 純地圖模式如圖 4，(2) SATELLITE:

衛星圖 (google earth)如圖 5，(3) HYBRID:用衛星圖為基底來顯示地圖。

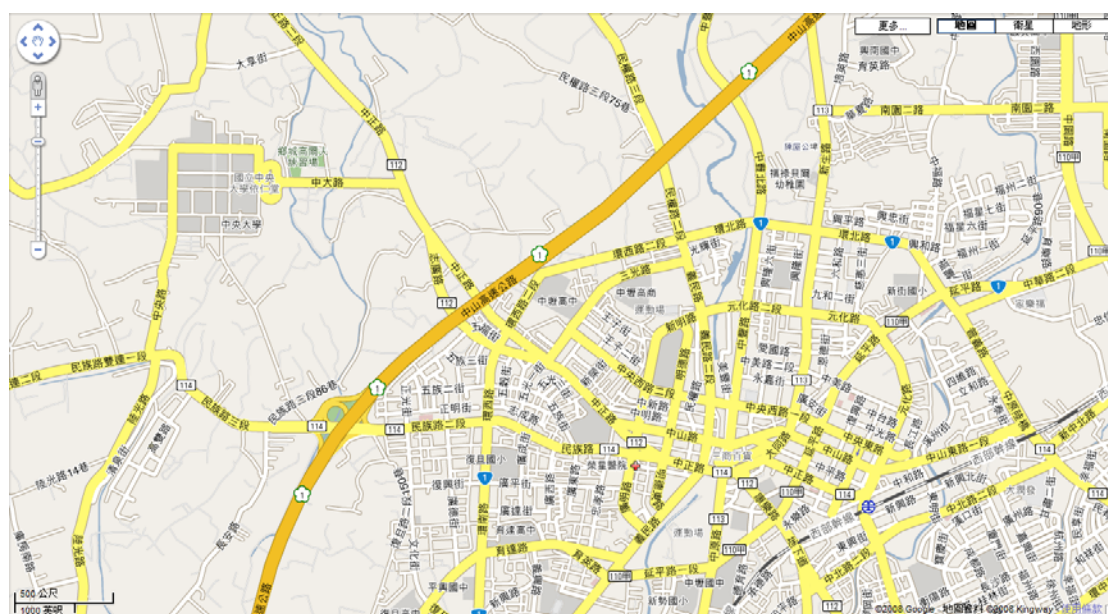


圖 4 純地圖模式

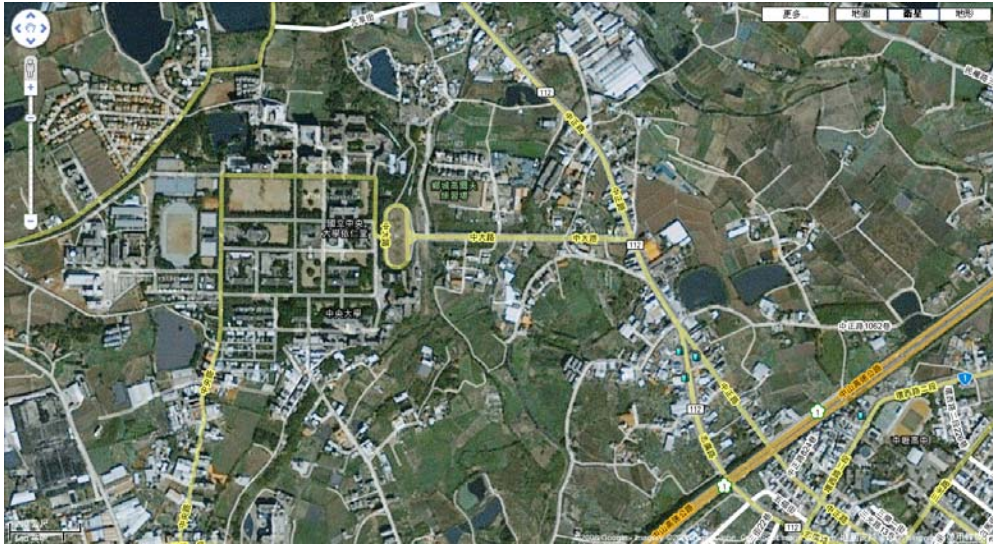


圖 5 中央大學衛星圖

f. 旅行路徑規劃 Google Transit(特定城市)

這個功能十分奇特且具有便利性，等同於我們平常使用的 PAPAGO 軟體，只要設定出發地和目的地，就會直接輔助規畫旅行路線。

(3)展示 Line Scan 鋪面影像介面

以往，工程師須親身至現地執行路面損壞狀況調查，此項功能可使工程師在車上直接看到鋪面影像，利用 Line scan 的高速掃描並成像，工程師可於軟體上選擇輸出影像的大小以及掃描成像寬度，並且工程師可用即時拍攝的影像與肉眼直視前方道路，再加上身為乘客的感受狀況，可當下判定該影像是否符合實際狀況。因此，工程師打開軟體操作後，並非完全交由電腦控制及計算，而是從以往路巡制度轉換成監控螢幕，並能隨時注意道路狀況做為現場自我比對之用，利用高速成像減少路巡時間及人力使用。

(4)設定自動擷取圖片與即時擷取圖片功能

在軟體設計中，除了可自動擷取圖片外，本研究亦加入了即時擷取圖片的功能，此功能在 Line scan 以及道路實錄上，扮演著舉足輕重的角色，其緣由於工程師可設定固定距離輸出影像照片，如每 100 公尺成像一張 4 公尺*4 公尺的影像圖片，但標準化的擷取道路資訊，也會造成某些破壞狀況被切割成 2 張圖片，即使有些破壞狀況是工程師會想要有完整的狀況以供後續使用；因此，利用即時擷取的功能，工程師在執行道路檢測的過程中，若有感興趣的道路影像或需特別

註記的圖片，則可即時擷取，以避免自動化擷取造成使用上的不便，使此功能使用上更為廣泛。

附錄 3 期中、期末報告審查意見及辦理情形

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

計畫名稱：鋪面養護資料檢測與管理標準化之研究

執行單位：中華鋪面工程學會

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
交通部公路總局		
1. 本局目前已委託材料試驗所之檢測車檢測全省道路，且已完成省道 9500 公里、代養縣道 6200 公里，合計共 15700 公里之檢測，主要檢測項目為平坦度 IRI 值、車轍狀況及路況攝影資料，並提供給本局各養護單位作參考；本次報告中所提之裂縫檢測功能應是本局比較需要的。	謝謝委員對於團隊之肯定，本團隊將盡力提供裂縫檢測車之檢測數據資料與公路總局進行比較。	同意辦理。
2. 研究團隊能否提供裂縫檢測車與人員現地調查兩者間的係數或加權值的參考。	目前已選定路段進行人工 PCI 現地檢測並與裂縫檢測車檢測之結果進行比對。	同意辦理。
交通部臺灣區國道高速公路局		
1. 國一、國三柔性鋪面表層為開放級配，且常有車輛事故造成刮槽，裂縫檢測車是否會判別正確或將其判斷成裂縫？	裂縫檢測車可能會將車輛事故造成之刮槽判斷為裂縫，因此需要特別進行人工校正。	同意辦理。
2. 車道縱向施工接縫是否會誤判斷成裂縫？	進行影像處理可能將縱向施工接縫判斷為裂縫。	同意辦理。
3. 剛性路面的板塊接縫跟橫向鋸縫的辨識度如何？	因剛性路面與柔性路面判讀的思考邏輯是相反的，剛性路面拍攝結果是白色，而裂縫是黑色；柔性路面拍攝結果是黑色，而裂縫顏色更黑，所以在檢測前要先輸入鋪面種類。	同意辦理。
4. 裂縫檢測車是否能加入人工判讀功能。	分析時有原始的照片跟分析後的照片可以做比對，如	同意辦理。

	果認為電腦判斷的結果是不正確的可以做人工的校正。	
5. 希望研究團隊能將資料收集完整後能提供統計數據作為後續研究參考之用。	在報告結束後會將檢測出來的結果、實際驗證、人工檢測及雷射拍攝的資料，和 500 公里的檢測數據作統整。	同意辦理。
臺北市府		
1. 臺北市府目前委託專業的檢測廠商檢測道路 IRI 值當作道路現況參考，但 IRI 反映出來的數據是平均值，無法反映局部路段的高低落差或路面狀況，報告中所提及之路面劣化攝影，可節省人力，本人也樂觀其成。	縱向可轉換成單點的高低差，計算跳躍的程度，局部路段的部分可參考鋪面影像的部分。	同意辦理。
內政部營建署		
1. 標準化應該是要訂定什麼樣的標準作為重鋪的依據？或新建工程驗收要定出何種標準？ 定出的標準如何能讓地方政府接受？	IRI 可略粗為五級，A 級指在 1.3 至 1.4m/km，感受輕微上下震動；B 級指 4 至 5.3m/km，感受到車身中等程度晃動；C 級指 7 至 8m/km，感受到車身強烈晃動，道路表面已有損害，常有中型不均勻凹陷破綻；D 級指 IRI 值在 9 至 10m/km，受到車身強烈晃動，表面已產生深又不均勻的凹陷；E 級指 IRI 值在 11 至 12m/km，表面常見重型凹洞、坑洞及嚴重粒料分離現象。道路重鋪標準可依據該縣市之養護能量來訂定，以桃園縣之養護能量而言約 22%，所以建議是 6.7 以上之道路皆須進行維修，所以	同意辦理。

	可依實際情況作修正。	
2. 檢測後是否由電腦系統判讀還是須加入人工輔助判讀？	可由影像辨識軟體進行判讀，若要進行人工判讀可調出特定路段資料。	同意辦理。
夏委員明勝		
1. 報告中 P4 第一段引言似乎與後面內容無關，相關圖片及參考文獻應該要註明出處。	針對參考文獻部分會進行修改訂正。	同意辦理。
2. 第二章文獻回顧中有關 CICS 路況快速檢測系統為大陸方面採用之系統，請研究單位引用時，文字內容需加以修正，避免讓人誤解為本國系統；另第二章文獻回顧在內容及編排上，請重新修正及充實。	針對用語部分將進行修改，並於文獻回顧的內容進行重新編排。	同意辦理。
3. P17 中表格內容文字型式與前後表格內容不一，建議重繪並避免以掃描方式輸入，另出處請一併標註。	將對表格進行修改並重新編排。	同意辦理。
4. P18 文中提到圖 2，但報告中並無圖 2 之標示；另圖 2.15、圖 2.16 及圖 2.17 文中並未敘述，請重新修正。	將會針對圖文敘述進行重新修改。	同意辦理。
5. 第三章相關設備選用上，如雷射測距儀等在報告中均無詳細說明選用之理由，請研究團隊於期末報告中詳細補充說明，並詳列各家廠牌功能介紹及規格，以利瞭解選用之依據。	謝謝委員指正，本團隊將於期末告附上。	

<p>6. 報告 P25 中提及加速度規 ASTM 規範是 1g，但研究團隊選用為 3g，另規範說範圍太大會有影響，請說明選用該儀器之理由為何？</p>	<p>國外 ASTM 規範中針對加速度規選用範圍為 1g，且一句帶過並無多加說明。而本團隊曾選用 3 種形式之加速度規，並與 ARRB 數據進行比對，發現選用範圍為 3g 之加速度規與 ARRB 數據最為符合，因此選用此款加速度規。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>7. 報告 P35 中提及線掃瞄照相機相關優點的文字敘述，但未有其他廠牌數據相對比較，成本效益上無法得知好處為何；另 P36 廣角鏡頭在設備選取上請一併補充相關資料。</p>	<p>本研究所使用之線掃瞄照相機型號為 Piranha2 P2-2x-04k40 (7μm)，此相機之訊號傳輸速度為 18KHz，此相機配合廣角鏡頭可於時速 80km/h 取得 4m 寬之鋪面影像，相機選取重點在於解析度以及擷取速度，再視實際使用上需求進行選購，其餘相機與鏡頭之相關資料將於期末報告中詳敘。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>8. P37 文中提及廣角鏡頭的選擇比較了三張影像，但於報告中並未附其圖，請補充之。</p>	<p>謝謝委員指正，將於期末報告補充樣像圖片並說明。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>9. P40 文中提及選用 LED 當作光源並作光源測試，但文中並未敘明光源測試過程的資料，請研究團隊補充之。</p>	<p>本團隊尋求光源已有三年，三年來經過不少的硬體改良，以及儀器(HID、鹵素…等)損耗，這些資料當年並無保留，在此稍感抱歉，因此皆由研究人員歷年來之經驗，做為主要選擇依據。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>10. 工程施工完成後的品質驗收，如可使用裂縫檢測車檢測應是很方便的。</p>	<p>謝謝委員肯定。</p>	<p>同意辦理。</p>

11. 整套設備成品與不同型式車輛的結合性如何？	平整度量測設備須架設在左輪或右輪處，裝設方式須依照量測設備儀器限制，在規範中並無限制裝設車輛之要求，故裝設後之檢測系統符合驗證規範即可使用。	同意辦理。
鄧委員文廣		
1. 什麼東西要標準化應在報告中要定義清楚。	標準化是依據 SOP 之概念，希望透過此研究案與工程師建立良好的溝通。	同意辦理。
2. 對儀器的選用應要列出購置標準化程序及原因，因購買儀器是很容易，但每一家儀器都是獨家的，所以後續軟體及設備整合是很重要的。	本團隊於儀器之選購皆依據 AASHTO、ASTM 及 CNS 等規範，並針對量測頻率、加速度規適用範圍等重點加以考量，並整合軟硬體，以符合檢測車需要。	同意辦理。
3. 使用 Googlemap 在實際上是有很大的誤差，要如何與里程配合？	GPS 是使用差分的 DGPS，誤差在 1~2 公尺，為軍用規格，而使用 Googlemap 只是於介面中展示用，以利檢測人員判讀所在位置，對檢測數據沒有影響。	同意辦理。
4. .Line Scan 的行車速度是否與檢測 IRI 時相同？	影像擷取速度與 IRI 檢測速度皆是相同，但 IRI 檢測有其最低限制，建議不可低於時速 20km/h，避免長波影響 IRI 準確性。	同意辦理。
5. 第二章文獻回顧內容請重新修正；第三章選用加速度規的考量應加以說明，另影像輸出設備選用的考量應一併敘明。.	謝謝委員指正，文獻回顧部分將會整體修改編排；儀器選購部分將會增加說明考量原因。	同意辦理。
6. P48 圖 4-7 的車是公路總局的，不是國工局，另 ARRN 拼字錯誤應為 ARAN。	謝謝委員指正，筆誤部分將會加以訂正修改。	同意辦理。
7. 本研究儀器設備放於車後的原因為何？因國外大部分設備均安裝在車前，避免	本團隊原本將雷射設計於車前，但經過整體整合考量，考慮將雷射與加速度規	同意辦理。

後車撞擊，研究團隊可否說明裝置車後之原因。	一併與光源系統整合置於車後。而國外檢測車之雷射部分置於車前車後者皆有，本團隊考量若將裂縫檢測設備與光源系統與雷射系統置於車前，可能影響駕駛員行車視線，因此考慮將其設置於車後。	
8. 在 P68 報告中，建議研究團隊研究適合國內之規範，而非直接採用國外之數據。	謝謝委員建議。	同意辦理。
9. 請說明為何選桃園縣當作實測 500 公里之例子。	因本團隊為中央大學土木系，為便利檢測，加上本團隊皆持續針對桃園縣路網進行調查，有好幾年檢測數據資料，可進行比對校正。	同意辦理。
張委員弘義		
1. 第四章標題「工業化設計」建議改為「系統硬體設備整體設計」。	謝謝委員建議，第四章會依據委員意見修改。	同意辦理。
2. 驗證及校正工作是非常重要的，建議增加新一章節為「驗證、校正」並排為第六章。	謝謝委員建議，第六章針對檢測設備的維護及人員訓練，將來預期會作相關手冊。	同意辦理。
3. 報告 P45 中光源是非常重要的，光源亮度需要多少燭光才能滿足檢測之要求，請說明之。	須達到到 3 萬燭光，且頻率需達到 Linescan 相機需求。	同意辦理。
4. 請問電源是使用車子的電或者是使用電池，如使用電池，何時需更換？	電源部分有加附兩顆蓄電池，根據使用頻率可用 2~4 小時。	同意辦理。
5. 本研究已達到自動化檢測系統，整個驗證、校正建議要詳細敘明。	謝謝委員建議，將會於報告中加入。	同意辦理。
陳委員松堂		
1. 簡報內容較報告詳細，且對相關研究議題、國內外資料及儀器設備規格亦詳述歸	依據委員建議修正。	同意辦理。

納，建議納入期末報告。		
2. 本研究採用之儀器設備在使用上有無限制或注意事項，建議補述。如已考慮其防水問題，則可否於雨中進行檢測；或於高溫中進行檢測時有無影響儀器精度或溫度限制等，建議考量說明。	儀器的等級可依據路面的等級修改。另下雨天尚未試過，要等儀器組裝完，而夜間檢測照出的照片與白天相同。我們會在鏡頭加裝紅外線遮蔽膜，讓鏡頭只吃紅色光源，維持照相品質，所以不管白天夜間都須開燈以維持品質。另我們都有作散熱維持儀器的溫度的標準，相機散熱的部分會再作修正。	同意辦理。
3. 本研究整合儀器對國際糙度指數（IRI）檢測值，除與其他現有儀器檢測值（如公路總局）作相對比較外，有無其他方式作實際驗證，建議考量。	水準儀測出來的結果與ARRB是非常符合，因此之後的數據都使用ARRB作比對。	同意辦理。
4. IRI值係指路面平坦度及用路人駕駛舒適程度，應非作為路面刨除加封之必要條件，而裂縫產生將影響路基結構強度，應及時修補或進行刨除加封，故本研究以影像攝取判讀裂縫情形仍屬重要項目，其判讀後如何呈現成果（如裂縫寬度、長度、深度或所佔路面面積等）及有無建立作為路面維修之決策參據之標準，建議納入期末報告敘述。	呈現方式會輸出EXCEL，包含破壞的型式、種類、等級和位置。	同意辦理。
5. 本研究選用之各項儀器之最低規格為何？是否可各自獨立或有其關連性，建議敘明。	謝謝委員建議，將會於報告中加入。	同意辦理。
6. P8圖2.5圖面不清晰，建議改善。	依據委員建議修正。	同意辦理。

7. P63 圖 6.3 與圖 6.4 表示有誤，建議修正。	依據委員建議修正。	同意辦理。
陳委員茂南		
1. 本計畫當初構想是想重整設備，希望重整出來的這些設備在精確度、可複製性及效率上都是比較好的，但是實際上檢測車在檢測上還是有些問題存在，本計畫屬於創新之計畫，雖然部分已做過，但本研究標準也提高了。後續應用的程度要看設備能達到什麼樣的精確度，也希望藉由本計畫針對市區道路可研發新指標(像是騎乘指標)等，另外 Line Scan 可作記錄，作為為何要刨除加鋪的依據，可以當作道路管理診斷之依據。	謝謝委員指教。	同意辦理。

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

計畫名稱：鋪面養護資料檢測與管理標準化之研究

執行單位：中華鋪面工程學會

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
鄧委員文廣		
1. 文獻回顧部分的格式寫法請改進，標註不要列在標題之後(如 2.1.1)，從何處引述標註直接加在後方，並加入自己的意見。	會依照委員意見進行修正。	同意辦理。
2. 對於選購 3g 規格的原因請再說明清楚。文中 P.53 提到 100g 的加速度規可做剛性路面，這樣的寫法有疑問。	規範並未明確定義加速度規的選用，只要符合車子行駛的加速度就可選用，但在以往檢測經驗中發現，車子在劇烈震盪情況下，加速度有可能會超過 1g，因此為了要涵蓋其檢測過程，本想選用 2g 加速度規，但國內之 2g 加速度規之靈敏度、解析度及反應率並未達到要求，最後選用 3g 是因為它能符合要求，未來各單位加速度規之選用只要符合測試就可使用，並非一定要選用 3g。	同意辦理。
3. 4.4.2 影像分析流程中，如何證明在高速移動的情況下，影像分析可很快的抓取路面裂縫。	目前所收集的資料及辨識過程使用 SVM 的分類器作處理。	同意辦理。
4. 第五章道路實錄部分，如何在時速快的情形下擷取影像，請詳加說明。	及時處理的辨識速度可從軟體著手，但目前應從準確性及辨識時間的縮短進行改良。	同意辦理。
5. P.94 第 6.2 節未與標題符合，以實用的角度來看，通常都是白天做檢測，有無裝設 LED 燈其實影響不大。	LED 燈架設的原因是因為拍攝時會受樹蔭等陰影的影響，而陰影對影像辨識的過程影響很大，會讓軟體以為是補綻，因此參考國外使用光源做輔助，也建議對光源做補強，使其不會受到震盪的影響。	同意辦理。
6. P.87 圖 6.8 應為公路局而非“國工局”。	會依照委員意見進行修正。	同意辦理。

7. 第七章以 ARRB 和水準儀比對後，為何 ARRB 就可用來做比對之用？	最高比對儀器為水準儀，因此利用追溯性原則，水準儀比對 ARRB，ARRB 比對檢測車，如此可說明水準儀與檢測車之比對。	同意辦理。
8. 表 7.1 表示的不清楚，是分次的統計還是 10 次的統計？	表 7.1 為經過 10 次的驗證，觀察其重複性及穩定性，證明與國外進口的 ARRB 比較下，平坦度幾乎是沒有差異的。	同意辦理。
9. P.113 動態測試讓人不是很清楚，為何用此種方式驗證？	因為靜態試驗大部分沒有問題，但引擎發動後，訊號會有改變，因此進行動態測試做修正。	同意辦理。
10. P.115 依照個人經驗，IRI 在同一條路上不見得是測同一個地方，所以應無預測性？	根據以往的經驗與現今做比對，可以進行鋪面劣化模式的分析。	同意辦理。
11. P.117 於時速 40km/h、80km/h、120km/h 的拍攝畫面其影像效果在不同時速下並顯著差異，那麼差異是在何處？	會於報告中將坑洞的圖做更詳盡的說明。	同意辦理。
12. TAF 只是國家的認證機構代表，並不表示其正確性。P.112 檢驗機構是否不應繼續檢測？文中並無描述檢驗的設備儀器。	臺灣目前各單位輸出的資料都不一致，因此需要一個單位做確認，若能有一套標準作業程序，業主會較有信心，大家的結果也會較一致。另會依照委員意見進行修正。	同意辦理。
13. 結論與建議與報告內文並不契合，應重新修改。	會依照委員意見進行修正。	同意辦理。
張委員弘義		
1. 結論與建議請重新寫好。	會依照委員意見進行修正。	同意辦理。
2. 報告中描述的山區道路、坡度或彎度過大的路段，是否對於 IRI 有影響。	針對山區道路、坡度或彎度過大的路段有做過驗證，確實 IRI 值會有偏高的現象，國外有建議針對這些路段，不進行檢測，因此會將委員的建議放入將來的報告中，建議將來的 IRI 檢測將這些路段排除。	同意辦理。
3. 路面過於骯髒或是老化問	粒料剝脫確實會影響檢測	同意辦理。

題嚴重造成粒料剝脫，是否影響檢測成果。	成果。而目前檢測約為半年或一年一次，若有粒料剝脫等問題，公路機關會幫忙處理。	
4. LED 光源有照度衰減問題，應在車上備有照度計的檢驗，應列入報告中。	會依照委員意見將照度計放到流程中，若 LED 光源有衰減會進行更換。	同意辦理。
夏委員明勝		
1. 在各個規格下所建立之系統，應在報告上附上方法以供後續研究之用。	目前在報告中有提到一些規範，只要能達到一樣的範圍及辨識度，便認可為完整的，而內文會將特殊規格部分做建議。	同意辦理。
2. VIDEO 為何不置放於車外，故能完善拍攝鋪面狀況，因為 LINE SCAN 做出來的影像辨識率可能只有 70%，實際操作者可能不太信任，若能經過比對，信任度會提升。	目前影像辨識並無標準，只有建議的鋪面截取實錄範圍、長度及取樣的樣本數等，因此只能跟人工作比對，但人工判斷會受到經驗的影響，所以這部分會依委員建議放到後續建議。	同意辦理。
3. 未來的發展性-應從穩定性以及操作的便利性下去著手，使道路系統可更為完善，及時處理可省去。	會依照委員意見進行修正。	同意辦理。
4. 依據契約內容，應將標準程序書附上。	會依照委員意見將標準程序書附上。	同意辦理。
5. 第八章似乎與一~七章無太大相關性，因此應修改完整。	會依照委員意見進行修正。	同意辦理。
6. 附錄請改成與此報告書做相關性的連結。	會依照委員意見進行修正。	同意辦理。
內政部營建署(書面意見)		
1. P.25 計算高程方法之公	多謝委員意見，這部分為檔	同意辦理。

式 2-10 並沒有寫出來。	案印刷錯誤，本團隊將於修正後補上。	
2. P. 47 提到 NHI131100 手冊，K. J. Law 紅外線感應器動態解析度應為 0.25mm。	NHI 131100 手冊內 K. J. Law 表示其紅外線的感應器可以達到靜態 0.025 公釐與動態 0.5 公釐的解析度，委員提及之 0.25 mm 應為其最小之取樣間距距離為 0.25mm。	同意辦理。
3. P. 52 AASHTO 規範中，車輛靜止狀態下，計算所檢測之 IRI 值，其值小於 0.05 m/km (3 in/mile)；接著，施加垂直外力於車輛保險桿上，使車輛在垂直方向之位移約為 5cm，此時 IRI 值應小於 0.13 m/km (8 in/mile)，彈跳測試目的在於系統穩定性之測試。	經本研究團隊查證，AASHTO 靜態測試並無規範最小 IRI 範圍，僅於相關文獻 MT422 提及靜態測試應小於 0.5in/mile 換算後為 0.08m/km，而 AASHTO 中規範之動態測試應小於 6 in/mile 換算後為 0.09m/km。	同意辦理。
4. P. 58 DMI 校正距離於 ASTM 只有規範足夠距離，於 CNS 規範 160 公尺，而 AASHTO 規範 160 公尺以上，皆沒有規定 320 公尺；不需要進行十次校正，求其平均值，而是反覆收斂至誤差範圍內。	驗證距離建議為 320 公尺之原因為，為使驗證過程中車身已達穩定需於檢測區外提供加速區，而加速區建議與檢測區同等長度，故建議校正距離為 320 公尺。	同意辦理。
5. P. 109、P. 110 水準儀與 ARRB 累積高程差近似相同，相關係數 0.782，但高程差相關圖之預測值與期望值關係式為 $y=1.2075x$ ，意即使用 ARRB 量測所求得之高程差都只有 1/1.2075 倍的水準儀高程差，且只用 IRI 值判定 ARRB 重現性，	本研究於檢測車驗證過程前使用 ARRB 與水準儀進行比對，不僅使用 IRI 值對 ARRB 之重現性與穩定性進行驗證，也對於剖面圖進行比對，剖面驗證結果良好，重複性之數據取得為使用 ARRB 在同路段重複量測 10 次，並將 10 次數據進行統計分析所求得。	同意辦理。

<p>由此即說明 ARRB 為穩定，是否合理？表中，重複性為 2.06%，如何求得？何謂重複性？</p>		
<p>6. P. 113 採用賓州規範中校正參考 IRI 值之標準套用於比對檢測車 IRI 值與參考 IRI 值之誤差，似乎為錯誤之比對方式。賓州規範中有提到重現性及準確性請參考 AASHTO 規範。</p>	<p>期末報告文中所提之賓州之驗證中心之規範為 ARRB 與檢測車驗證之絕對誤差應小於 3%，而 2%為明尼蘇達州之規範，未來建議可納入重現性標準差小於基準 IRI 值之$\pm 3\%$與準確性試驗平均值小於基準 IRI 值之$\pm 5\%$之規定。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>7. P. 132 測距儀之標準查驗操作書中，校正測距儀之次數變為 3 次，取 3 次絕對誤差之平均小於等於 0.1%，與 P. 59 之作法又不相同。</p>	<p>謝謝委員意見，比對三次為本研究建議驗證比對次數，p59 頁為 ASTM 規定之驗證次數，接受委員意見修改調整為 10 次。</p>	<p>同意辦理。</p>
<p>8. 檢測車 IRI 計算軟體查驗標準操作程序書針對平坦度值驗證，但依據規定變為德州規範，與 P. 113 不一致。</p>	<p>謝謝委員意見，目前本研究所採用規範以 AASHTO 為主，而不足部分僅以其餘各州之規定作為參考。</p>	<p>同意辦理。</p>

附錄 4 期末簡報資料



鋪面養護資料檢測與管理標準化之研究

期末報告審查

計畫主持人：蕭良豪

協同主持人：林志棟

協同主持人：林志勇

協同主持人：黃維信

協同主持人：許俊嘉

社團法人中華鋪面工程學會

中華民國九十七年十二月十七日



簡報大綱

- 1 前言
- 2 文獻回顧
- 3 系統模組建構
- 4 工業化設計
- 5 系統驗證
- 6 認證中心申請
- 7 結論與建議



- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議




1.1 計畫背景分析


- ❖ 目前國內之鋪面工程已漸漸由新工轉向為**維護管理**為主，而在政府機關方面，亦由新工驗收變成道路的**狀況調查**，讓道路恢復至良好的服務水準。
- ❖ 養護單位除了由**鋪面平坦度**之評估指標去判斷鋪面狀況優劣之外，也由**鋪面狀況調查**獲得路面的狀況，交通部運輸研究所也在相關研究中開發出**公路影像實錄**的技術，提供工程師一個快速且客觀的鋪面狀況結果。
- ❖ 因國內尚無針對這些檢測設備的相關規範，各單位之間的設備量測結果可能差異甚大。本研究計畫將研擬檢測之**標準作業程序**，及相關設備之**檢驗認證制度**，提供各相關單位參考。



3

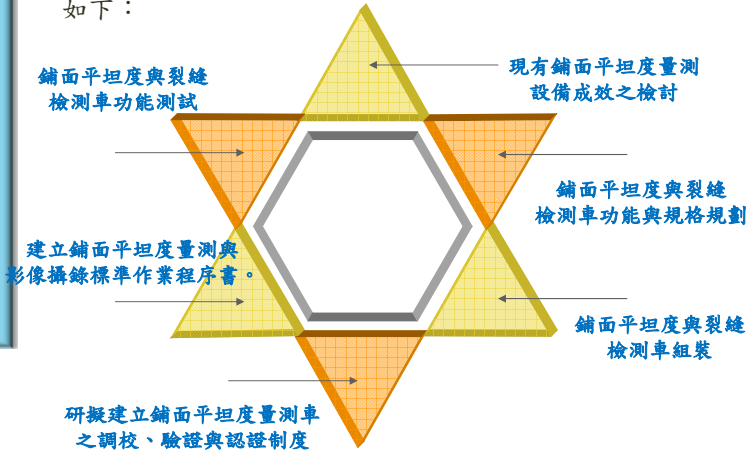


- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議

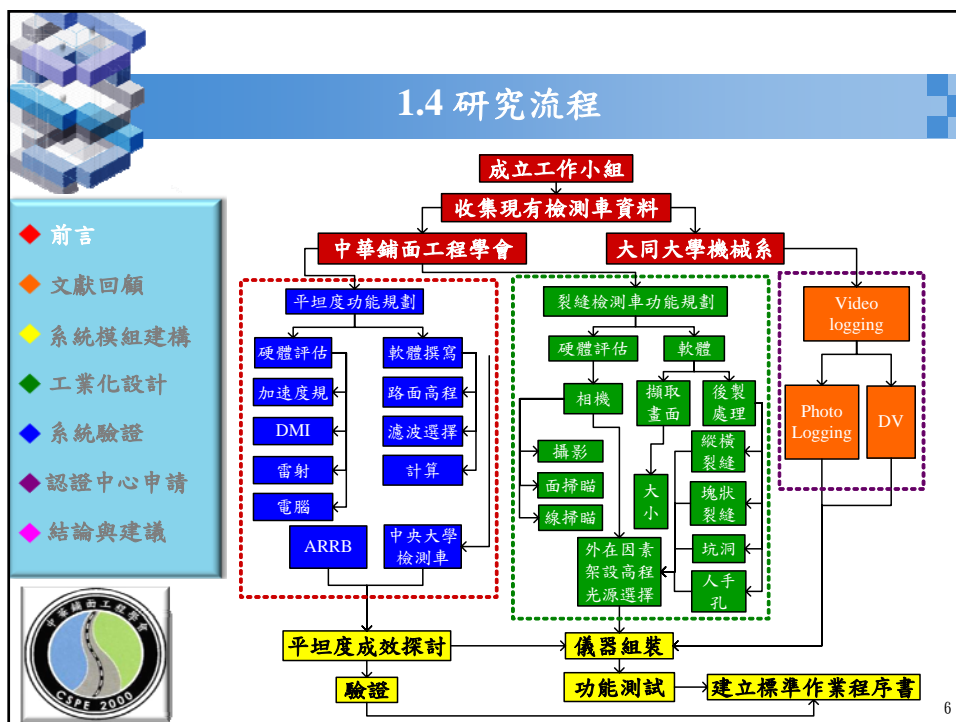


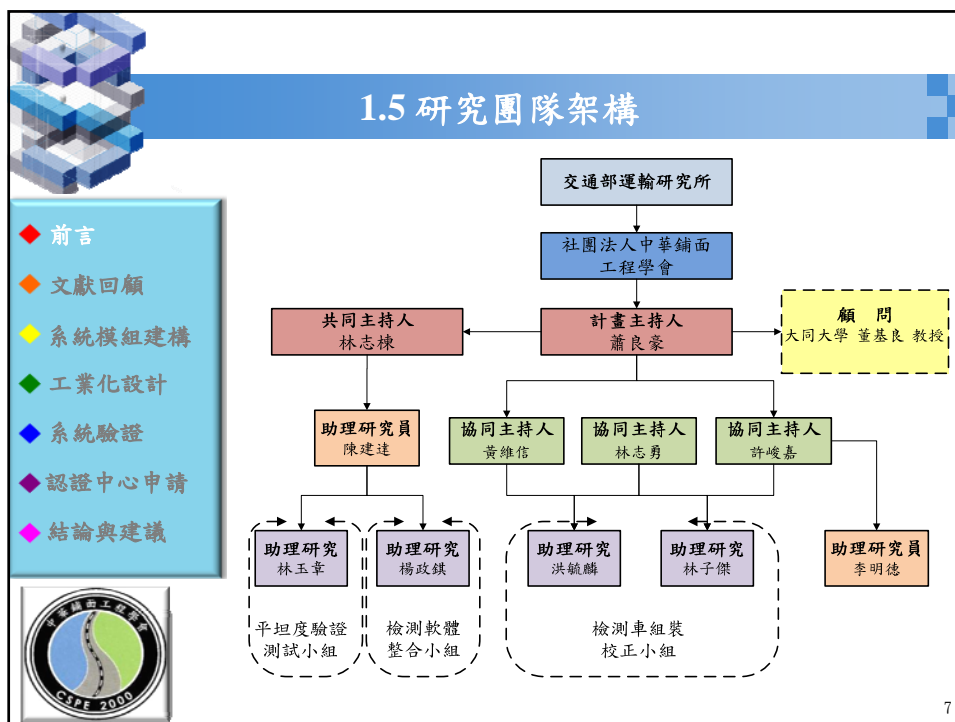
1.2 研究內容與工作項目

- ❖ 本研究內容包括現有鋪面平坦度量測設備成效之檢討，鋪面平坦度與裂縫檢測車之組裝，主要工作項目如下：



4






2.1 鋪面維護管理系統與檢測設備(美國)

- ❖ 德州柔性路面管理系統 (Texas Flexible Pavement System, TFPS)
 - 系統架構可分a.定義參數；b.檢查合格的預防維護措施；c.產生密度/服務分類；d.找出預防維護策略；e.決定自主性策略；f.優先順序策略；g.計算成本；h.輸出結果評估方法為PCI，依上列流程決定損壞密度極限，再判斷路面維修應採用何種措施。
- ❖ 加州鋪面管理系統
 - 系統包含破壞評分系統 (Condition Rating System)、鋪面狀況調查系統 (Pavement Condition Survey)、鋪面評估系統 (Pavement Evaluation System) 等三個次系統。
- ❖ 內華達州卡森市鋪面管理系統
 - 系統採用多重門檻值，鑑定參數包括年平均日交通量與交通指數、加鋪厚度、表面處理之養護修復歷史資料、以撓度值代表路面結構能力、路面服務能力。

◆ 前言
 ◆ 文獻回顧
 ◆ 系統模組建構
 ◆ 工業化設計
 ◆ 系統驗證
 ◆ 認證中心申請
 ◆ 結論與建議

CSPE 2000



2.1 鋪面維護管理系統與檢測設備(美國)

◆ 前言

◆ 文獻回顧

◆ 系統模組建構


◆ 工業化設計


◆ 系統驗證

◆ 認證中心申請

◆ 結論與建議

- ❖ **加州長堤市鋪面管理系統**
 - 系統乃著重於網路層級的管理。執行流程分為a.組織路網、b.戶外（現地）破壞調查、c.室內資料整理、d.決定維修策略。
- ❖ **美國Cash Western Resreve大學PMSC路面管理系統**
 - 系統架構可分a.調查；b.破壞檢視；c.養護/整修；d.單價分析；e.惡化速率；f.優先順序及目標等，評估方法PCI，可作為決策者之輔助工具。
- ❖ **美國陸軍及空軍M&R路面管理系統**
 - 系統架構可分a.路面檢視及打分數；b.路面狀況評估及維修決定；c.M&R維修之優先順序；d.年限成本分析；e.資料整理及報告，評估方法PCI，執行方式與TFPS相似。
- ❖ **美國（華盛頓州）WSPMS路面管理系統**
 - 系統架構可分a.檔案建立：包括地理資訊資料及道路維護資料；b.執行程式包括現況績效之判斷；c.方案排序；d.最佳化選擇等。


9



2.1 鋪面維護管理系統與檢測設備(美國)

◆ 前言

◆ 文獻回顧

◆ 系統模組建構


◆ 工業化設計

◆ 系統驗證

◆ 認證中心申請

◆ 結論與建議

- ❖ **美國伊利諾州路面管理系統**
 - 美國伊利諾州WSPMS（Washington State Pavement Maintenance System），系統架構可分a.檔案建立；b.儲存；c.取用；d.設計；e.分析；f.材料；g.交通；h.狀況評估；i.績效資料；j.維修程序及方式。
 - 伊利諾州鋪面管理系統（ILLINET），此系統可以利用靜態和動態影像之方式，在彩色螢幕上表示過去和現在的鋪面狀況，鋪面評估結果和維修的各種假設方案。
- ❖ **MicroPAVER Version 4.0路面管理系統**
 - 系統支援英制與公制單位，分析中包含未鋪設之道路，4.0以後的版本已允許服務力與抗滑力的分析，當使用者輸入一個新路段時，系統會顯示一個資料輸入的對話框，詳細指示應該輸入的資料，依據初次調查的結果，系統可於不同時間分析路網狀況。


10

2.1 鋪面維護管理系統與檢測設備(美國)

檢測技術	特性與適用範圍	儀器
VCreck	可100%掃描鋪面破壞並且可在5-70 mile/h (8-112 km/h)下進行檢測，並可做即時處理進行破壞項目及等級判定。	
DHDV	硬體設備包含GPS、DMI、電源供應器、陀螺儀、工業電腦與多功資訊傳輸設備在檢測時可進行計算及數據庫產生，可進行量測鋪面之平坦度、表面紋理、車轍、可擷取13英尺寬之鋪面影像。	
ARAN	可於高速下施測，收集並測定道路狀況、表面粗糙度、裂縫、坑洞、車轍深度、道路曲線半徑、縱斷剖面、橫斷剖面、表面摩擦係數、全球衛星定位、路權攝影、標線反光度等各種數據。	

◆ 前言

◆ 文獻回顧

◆ 系統模組建構

◆ 工業化設計

◆ 系統驗證

◆ 認證中心申請

◆ 結論與建議



11

2.1 鋪面維護管理系統與檢測設備(日本)

❖ 日本Maintaining and Managing the Metropolitan Expressway之路面管理系統

- 主要對於高架快速道路之結構、鋪面狀況進行檢查，建立維修之程序系統：
 - (1)建立短期維修之破壞等級
 - (2)建立長期維修之破壞等級
 - (3)維修材料及技術之改進
 - (4)道路結構資料庫的建立。

檢測技術	特性與適用範圍	儀器
Mitsubishi Road Surface Survey System	量測車轍深度、縱向剖面、裂縫和拍攝前方影像的儀器，都裝載在這輛檢測車上，因為所有的量測都由同一輛車執行，所以，它有很高的機動性。而且所得到的大量數據，也可由一台專用電腦分析及輸出。	
日本鋪面調查車 R-TEC	具量測鋪面裂縫、車轍與平坦度之功能，裂縫先以條紋高速攝影機 (streak camera) 攝取影像，再透過底片投影之方式讀取；車轍以影像處理加以分辨；平坦度則用非接觸型變位計予以量測。	

◆ 前言

◆ 文獻回顧

◆ 系統模組建構

◆ 工業化設計


◆ 系統驗證

◆ 認證中心申請

◆ 結論與建議



12




- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議

2.1 鋪面維護管理系統與檢測設備(大陸)


❖ 中國北京SOGER

- 系統架構可分：(1)路面結構資料；(2)維修方法；(3)工作項目編碼化；(4)工作項目單位價格化；(5)計算工作項目經費之平均值及變異數；(6)建立成本—效益矩陣，決定出成本最小，效益最大之維修方式。

❖ 中國大陸於1985年首先在遼寧營口地區施行英國的瀝青路面養護管理系統，而後，北京、廣東、河北、山東、河南和江西等省市的公路部門相繼建立省市級或地區級瀝青路面管理系統；上海、天津和北京等市的市政部門亦開始這方面的研究，目前許多其它省市和地區的公路市政部門則積極展開該領域之研究工作。

檢測技術	特性與適用範圍	儀器
CICS	路況快速檢測系統包括集成指標（路面損壞、道路平整度、路面車轍、紋理深度、前方圖像）的快速（0~100km/h）檢測裝備和配套的高科技路面損壞自動識別（CiAS）軟體。	

13




- 國內PMS相關碩博士論文從民國68年迄今已有122篇
- 政府單位從民國72年開始
- 交通部國道公路局高速公路路面養護管理系統
- 交通部公路總局路面管理決策支援系統
- 交通部運研所市區道路鋪面養護管理系統
- 台北市政府道路系統養護管理
- 桃園縣政府路面維護管理系統

2.1 鋪面維護管理系統與檢測設備(國內)

台灣地區鋪面管理系統發展

	機場	國道	省道	鄉道	市區道路
70年代		交通部高公局 運輸中心 台灣區公路公路路面養護管理系統	交通部運研所 台灣大學 台灣地區一般公路路面養護管理系統建立之研究		台北市 台灣大學 市區道路鋪面養護管理系統建立之研究
80年代	中正機場 台灣大學 建置中正機場跑、滑道及停機坪板塊專家系統	交通部高公局 運輸中心 中山南路公路路面養護管理系統電腦資料庫建置	交通部公路總局 台北、台大、交大 路面管理決策支援系統之研究		交通部運研所 台灣大學 台北市道路鋪面養護管理資料庫系統電腦程式建立之研究
90年代		交通部高公局 台灣大學 國道三號道路路面工程生命週期及維護管理制度探討之研究計畫	交通部公路總局 台灣大學 省道公路公共工程(含隧道、橋梁)養護管理制度之研究	桃園縣政府 中央大學 桃園縣路面管理系統之研究	內政部營建署 中國生產力中心 市區道路管理維護與技術規範手冊研究 內政部營建署 中國生產力中心 市區道路管理維護系統之推廣推廣



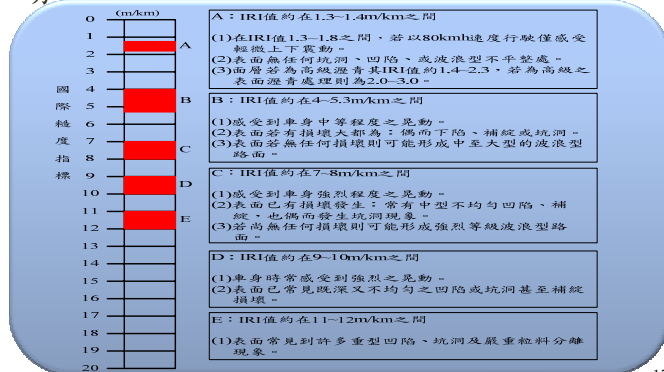
附4-7



2.2 平坦度系統檢測文獻回顧(平坦度指標)

❖ 平坦度標準差 (Roughness Standard Deviation)

- 使用斷面式平坦儀所得之平坦度評估指標，適用於新工完成之道路，且因為使用儀器大部分均需以人步行速度來進行檢測，計算平坦度標準差須根據儀器所繪出之縱剖面輪廓以人工方式計算平坦度標準差，因此較費時耗力。



15

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議



2.2 平坦度系統檢測文獻回顧(平坦度指標)

❖ 國際糙度指標 (International Roughness Index, IRI)

- 是第一個可廣泛使用於不同類型鋪面平坦儀的平坦度指標，同時輔有一套程式軟體進行IRI值的計算，且美國材料標準試驗協會 (ASTM) 亦將其納入規範，因此比其它平坦度評估指標更具效率、實用與公正性。

❖ 騎乘指數 (Ride Number, RN)

- 延續鋪面現況服務力指標的觀念，於進行平坦度小組評分之同時，同時以慣性式平坦儀量測檢測路段的高低起伏，再利用數學模式將慣性剖面式平坦儀測得的數據轉換成行駛指數RN值。

❖ 輪廓指數 (Profiler Index, PI)

- 與平坦度標準差同樣為使用斷面式平坦儀所得之平坦度評估指標，適用於剛完工之道路，但因使用儀器需以人工步行來進行檢測，且計算輪廓指數須以人工方式根據儀器所繪出之縱剖面輪廓計算PI值，因此較費時耗力。

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議



16



2.2 平坦度系統檢測文獻回顧(計算與檢測原理)

- ❖ IRI是以四分車 (quarter car) 模型計算而得，在美國國家合作公路研究計畫 (National Cooperative Highway Research Program, NCHRP) 第228號報告中，又稱黃金車 (Golden Car)，如下圖所示。
- ❖ 四分車指一輛車子四個輪子的某一輪子裝有特殊機械系統以模擬乘車反應，其中包括垂直彈簧 (vertical spring) 表示輪胎、車軸質量 (axle mass)、懸吊系統 (suspension spring)、阻尼 (damper) 及由輪胎懸吊系統支撐著車體重量 (body mass)。



17

◆ 前言

◆ 文獻回顧


◆ 系統模組建構

◆ 工業化設計

◆ 系統驗證

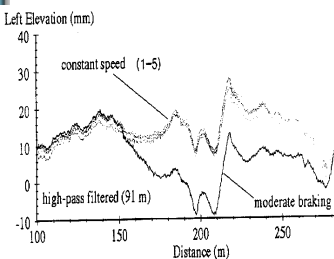
◆ 認證中心申請

◆ 結論與建議

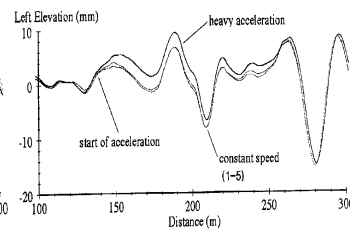


2.2 平坦度系統檢測文獻回顧(計算與檢測原理)

- ❖ 平坦度量測期間的速度變化發生在平坦儀運作期間車輛加速或減速。**NCHRP Project 10-47**研究顯示，平坦儀運作時的加減速會影響剖面資料。加速或減速都會使加速度規傾斜影響加速度規的讀數，這包含了平坦儀量測到的波長誤差。
- ❖ 在收集平坦度資料時，平坦儀必須在開始量測該區段之前達到其設備最低允許檢測速度，並且在量測該區域平坦度期間維持速度。



➤ 煞車對剖面資料的影響



➤ 加速對剖面資料的影響

18

◆ 前言

◆ 文獻回顧

◆ 系統模組建構

◆ 工業化設計

◆ 系統驗證

◆ 認證中心申請

◆ 結論與建議

2.3 鋪面影像擷取辨識系統文獻回顧(國內)

❖ 李釗 (2000)

- 機場鋪面自動化影像蒐集系統



❖ 宋宗勳 (2004)

- 結合GPS
- 外業PCI評級和內業PCI評級



❖ 李長青 (2005)

- 線掃描照相機並結合DMI
- 使用半自動辨識

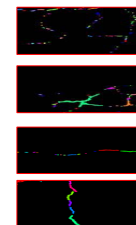
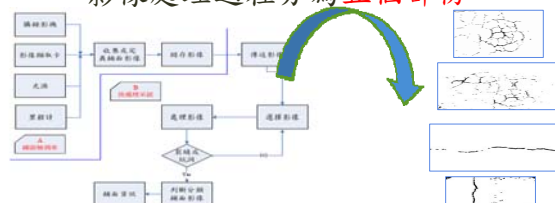


21

2.3 鋪面影像擷取辨識系統文獻回顧(國內)

❖ 吳健碩, 林志勇(2005)

- 鋪面破壞影像辨識系統
- 使用熵 (Entropy) 辨識鋪面破壞
- 影像處理過程分為五個部份



鋪面破壞影像	龜裂及塊狀裂縫檢測代號	龜裂及塊狀裂縫寬度: Pixels	龜裂及塊狀裂縫平均寬度: cm	龜裂及塊狀裂縫件定破壞等級	龜裂及塊狀裂縫面積: Pixels
IMG_6800	001	4723	17.364	重度	8678
IMG_6801	002	5239	19.335	重度	8594
IMG_6941	003	1041	4.506	中度	4883
IMG_6942	004	1600	23.520	重度	4028
IMG_6947	005	2935	22.368	重度	5292
IMG_6948	006	2913	21.902	重度	5227
IMG_6921	007	3095	27.389	重度	5278
IMG_6820	008	3005	21.014	重度	5261
IMG_6917	009	2524	17.528	重度	5206

22



2.3 鋪面影像擷取辨識系統文獻回顧(國內)

◆ 前言

◆ 文獻回顧

◆ 系統模組建構

◆ 工業化設計

◆ 系統驗證

◆ 認證中心申請

◆ 結論與建議

❖ 李長青

改寫系統使其更臻完美

系統主畫面

自動破壞分類

選取破壞影像



23



2.4 道路影像實錄系統文獻回顧(國外)

❖ 美國奧勒崗州Video Log

- 操作過程僅須依據畫面上所提示之6項步驟：(1)公路名稱、(2)道路型態、(3)里程類別、(4)資料年期、(5)起迄點以及(6)旅行方向(順逆樁)，即可進行查詢。



❖ 美國賓州Video Log

- 整合賓州道路管理系統(Roadway Management System, RMS)、GPS及電子地圖顯示介面(Generic Mapping Interface, GMI)，可依據網路連線速度，提供單一照片或3張照片同步顯示之功能。



24

附4-12




2.4道路影像實錄系統文獻回顧(國外)

❖ 美國佛羅里達州Video Log系統

- 使用者可透過簡易搜尋、進階搜尋以及電子地圖搜尋等3種方式，進行Video Log數位影像資料查詢。



❖ 美國康乃狄克州Photo Log系統

- 美國康乃狄克州運輸部每年利用所屬2台ARAN(Automatic Road Analyzer) Photo Log系統，進行外業調查作業，ARAN系統也同時記錄GPS、車轍、鋪面影像、...等等其他資料。



25




2.4道路影像實錄系統文獻回顧(國內)

❖ 中央大學土木系

- 以數位攝影機進行路面之影像收集，採用數位化音頻調變資料儲存系統來讓影像與GPS 達到完全同步，並以GPS 來提供位置座標；以按鍵方式來提供現場評級並於內業自動抓取路面破壞影像、計算PCI 值，可讓調查人員於外業調查時一同進行路面破壞影像的收集並評級之，且於影像資料中直接與GPS 同步並套入GIS 系統，讓使用者可更加了解路面於何處破壞。





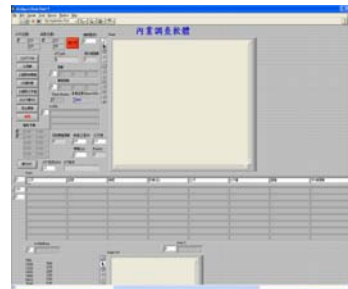
26

附4-13

2.4道路影像實錄系統文獻回顧(國內)

❖ 中央大學機械系

- 公路基本資料庫調查系統主要是結合了「地理資訊系統」、「衛星定位系統」與「影像實錄」(Photologging)等技術的公路基本資料調查系統，將公路實地拍攝之照片，配合公路基本資料整合儲存於電腦中，以供資料的管理、查詢、修改及使用。



27

3.1 系統模組建構

鋪面影像擷取系統

訊號擷取卡

線掃瞄照像機

光源系統

平坦度檢測系統

道路影像實錄系統

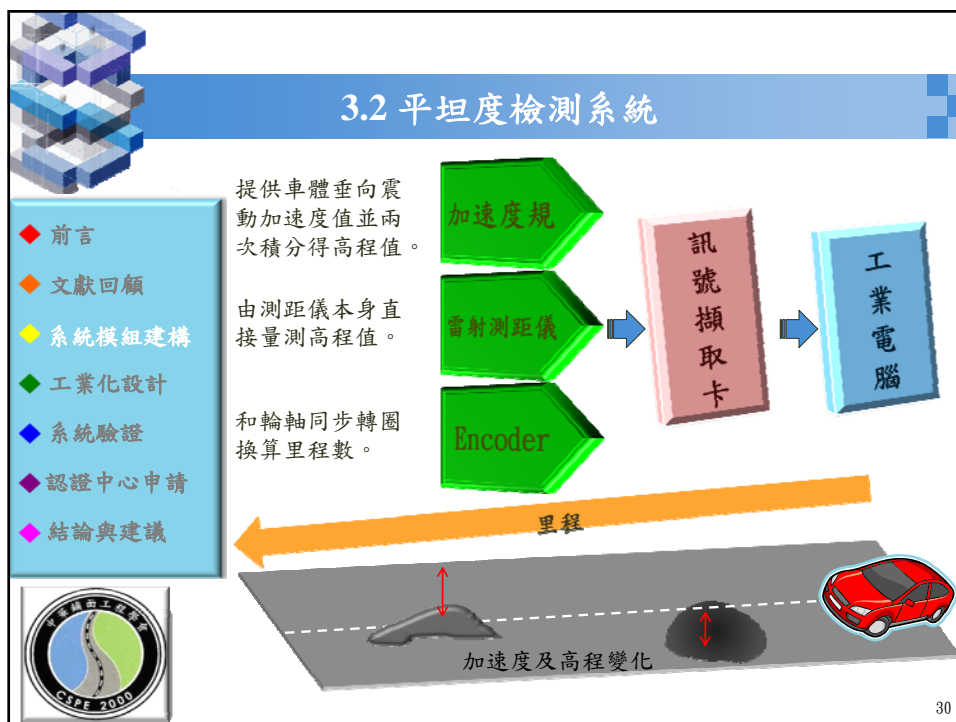
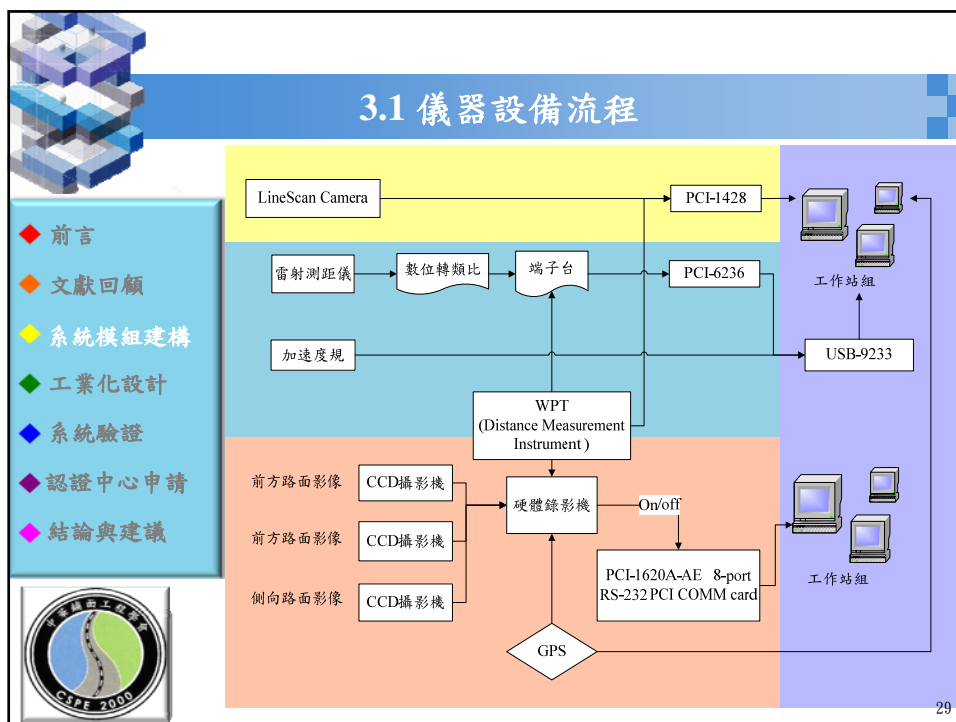
雷射測距儀
加速度規
Encoder
訊號擷取卡



數位攝影機
差分衛星定位儀
資料擷取卡

整合電源系統

28



3.2 平坦度檢測系統

◆硬體設備

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議



擷取盒



工作站



加速度規、位移感測器



不斷電系統(UPS)



距離量測系統

31

3.2 平坦度檢測系統-雷射測距儀

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議

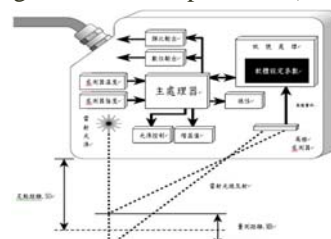
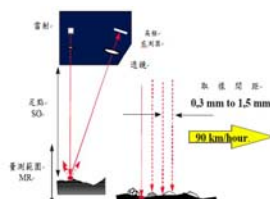


❖ 依照AASHTO規範應額外考量以下特點：

1. 訊號為數位或類比輸出
2. 是否可量測表面紋理
3. 內部處理器可否由軟體控制應用
4. 操作溫度是否符合長時間道路檢測
5. 操作使用年限



❖ 雷射高程感測器主要是提供一參考高程，其感應器利用三角測量量測距離，藉由不可見光照射在鋪面上，再反射至感光位移感應器(light-sensitive displacement)上，得到該高程資料。



32

3.2 平坦度檢測系統-雷射測距儀

❖ 雷射測距儀規格表

雷射測距儀	項目	單位	數值
雷射光源	雷射安全等級		2,3B,3R(IEC) II,IIIa,IIIb(FDA)
	波長		可見光(趨近1R)
	預期壽命	小時	100,000
環境	防水開關箱		IP-65/NEMA 4
	操作溫度	攝氏溫度	0-50
	溼度	%	<95
電子	電源	V, DC	+18~+32
	電流	mA	<350
	取樣頻率		
實體	感測型態		PSD
	體積	mm	135*105*51
	重量	kg	1.1
輸出介面	線材長度	m	2
	數位/類比介面	mA	4~20
	資料更新頻率	kHz	16
	最大線材長度	m	100

33

3.2 平坦度檢測系統-加速度規

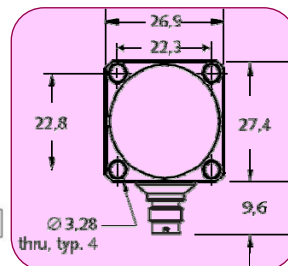
❖ 加速度規

□ 功能

1. 建立慣性參考平面。
2. 測車車身的垂直加速度。
3. 與高程測距儀疊加得鋪面高程。

□ 選購要點

1. 單軸或三軸量測，即為電壓式加速度規或電容式加速度規。
2. 橫向變化的敏感性。
3. 量測範圍適用與否。
4. 量測頻率。



34

3.2 平坦度檢測系統-加速度規

❖ 加速度規規格表

項目	單位	數值
加速度範圍	gpk	±3
加速度限制	gpk	±3.5
反應頻率	Hz	6600
敏感度±10%	mV/g	1200
噪訊密度	µgrms/√Hz	0.4
解析度	µgrms	<1.3
振幅	%FSO	±0.1
錯位	degree	0.25
操作溫度	°C	-40~125
儲存溫度	°C	-55~125
供電電壓	VDC	±6~±15
供電電流	mA	8.5
感測基礎		微機電動作感測系統
封裝		環氧樹脂
接頭		4-Pin
接地絕緣	MΩ	
重量	g	28.5

35

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議



3.2 平坦度檢測系統-測距儀

❖ 測距儀

原理

- 同心圓的方式架設於車輪，配合車輪之轉動換算出車體行駛之距離。
- 計算每pulse所代表之距離運算公式：

$$D = 2\pi r / NP$$

每pulse所代表之距離

輪胎半徑

讀取的pulse數

選購要點

1. 車軸同步旋轉
2. 觸發訊號之脈衝數須符合ASTM-E950之規範
3. 檢測操作速度上也不可超出Encoder最大轉速
4. 誤差範圍在±1%以內



36

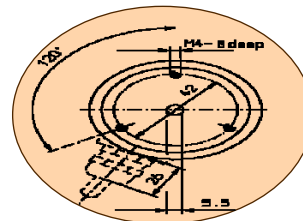
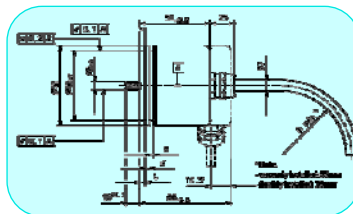
- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議



3.2 平坦度檢測系統-測距儀

❖ 測距儀規格表

項目	說明
輸出電路	RS-422
轉速	最大12000
重量	0.4公斤
軸心	不鏽鋼
輸入電壓	0~5V
脈衝頻率	300kHz
觸發脈衝	2000HZ



37

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議



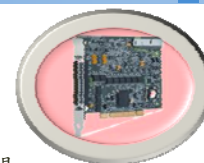
3.2 平坦度檢測系統-訊號擷取卡

❖ 訊號擷取卡

1. 各類訊號統一擷取
2. 須配合Ecoder觸發擷取資料
3. 量測範圍之輸入電流在-20mA~+20mA之間

❖ 規格表

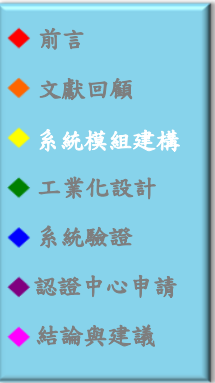

項目	說明
輸出頻道	電流4channels
類比輸入解析度	16bits
取樣頻率	0S/s~250KS/s
時間準確率	50ppm
輸入電壓形式	直流電
輸入電流	±20mA
資料傳輸	直接記憶體存取



38

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議



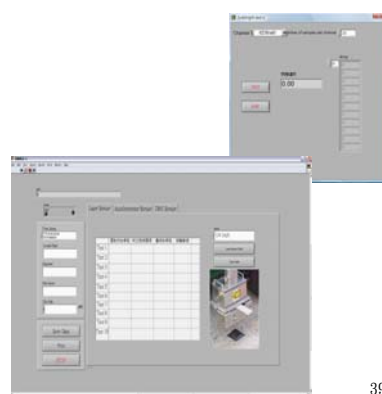



3.2 平坦度檢測系統-儀器驗證

❖ 雷射校正：

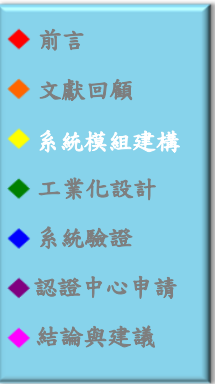

1. 需備妥一銅板
2. 需備妥一組四塊塊規
3. 塊規尺寸分別為 **1/4"、1/2"、1"、2"**

儀器等級種類	解析度要求(mm)
等級一	<0.1
等級二	0.1~0.2
等級三	0.2~0.5
等級四	>0.5



儀器等級種類	量測間距要求(mm)
等級一	<25
等級二	25~150
等級三	150~300
等級四	>300



39

3.2 平坦度檢測系統-儀器驗證

❖ 雷射校正結果

次數	放置 0.25cm 塊規	放置 0.50cm 塊規	放置 1.00cm 塊規	放置 2.00cm 塊規
1	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	8.00 cm
2	9.75 cm	9.51 cm	9.00 cm	8.00 cm
3	9.75 cm	9.49 cm	9.00 cm	8.00 cm
4	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	8.01 cm
5	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	8.00 cm
6	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	8.00 cm
7	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	8.00 cm
8	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	8.01 cm
9	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	7.99 cm
10	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	8.00 cm
平均	9.75 cm	9.50 cm	9.00 cm	8.00 cm

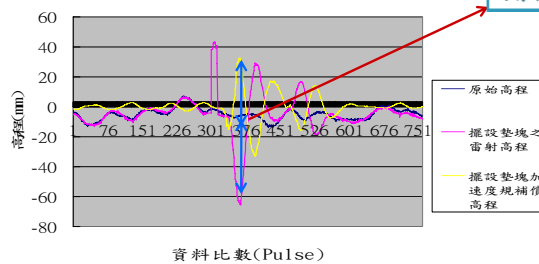



40

3.2 平坦度檢測系統-儀器驗證

❖ 加速度規校正

1. 選定一路段為實驗路段。
2. 紀錄該路段高低起伏變化。
3. 擺設一五公分高墊塊，並紀錄擺設墊塊後之路面高低起伏。
4. 比較未擺設墊塊與擺設後之高程變化量。



41

3.2 平坦度檢測系統-儀器驗證

❖ 測距儀校正

量測誤差要求： $< 0.1\%$
量測距離： $> 160\text{ m}$

1. 固定胎壓、固定載重。
2. 人工鋼尺量測320公尺試驗路段。
3. 暖胎20~30分鐘，重複10次試驗。
4. 檢核驗證距離是否與實際路長相等或在可誤差範圍內。

編號	長度 (m)	誤差率 (%)
1	320.04	0.0125
2	320.06	0.0188
3	319.96	-0.0125
4	320.02	0.0063
5	319.94	-0.0188
6	320.04	0.0125
7	320.00	0
8	319.94	-0.0188
9	320.06	0.0188
10	320.08	0.0250
平均值	320.014	0.0044



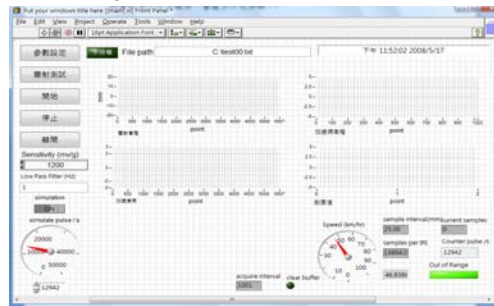
42

3.2 平坦度檢測系統-軟體設計

❖ 參數設定

參數	預設值	單位
輪距	32	cm
取樣頻率	10	mm
Ecoder Pulse	2000	次/圈
IRI 計算間距	100	m
最小/大速限	25/120	km/hr

❖ 檢測畫面



43

3.3 鋪面影像擷取系統

使用線掃描方式
成像照片，可清
楚描繪裂縫特質。

線掃描照相機

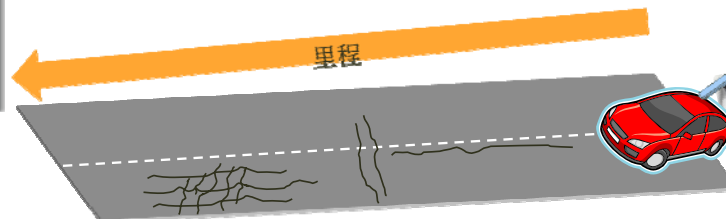
Encoder

訊號擷取卡

工業電腦

和輪軸同步轉圈
換算里程數，以
辨別相片位置。

里程



44

3.3 鋪面影像擷取系統-線掃描照相機

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議

35mm類比連續影片

- 類比訊號會因傳輸過程累積雜訊
- 數位化訊號還可以「壓縮」，使傳送資訊量加大



Area scan camera

- 拍攝非垂直產生影像扭曲
- 影像重疊問題



三維雷射成像

- 價格昂貴
- 技術問題
- 成像解析度不高



採用線掃描式照相機


45

3.3 鋪面影像擷取系統-廣角鏡頭

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議

❖ 廣角鏡頭

1. 視角114.2°的超廣角鏡頭。
2. 曝光時間沒有控制適當，則會比一般鏡頭較易出現耀光現象。
3. 均勻性：2000pixels > 3000pixels > 4000pixels，這樣的結果影響因素主要在於廣角鏡頭。



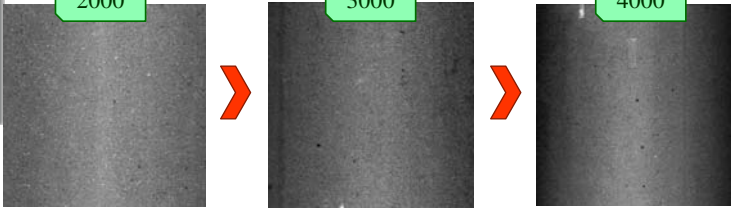
2000

➤

3000

➤

4000



46

3.3 鋪面影像擷取系統-光源

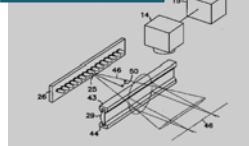
❖ LED

1. CCD感受之照度強弱則與光源產生的照度有關
2. 購買聚光鏡進行測試，其照度值可達中午太陽光照度以上

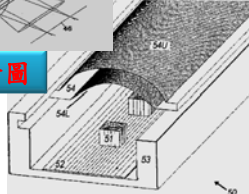
整體聚光設計圖

LED聚光設備

LED設計圖



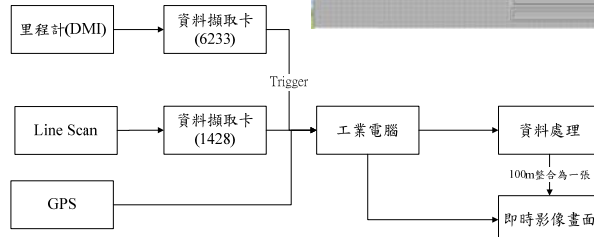
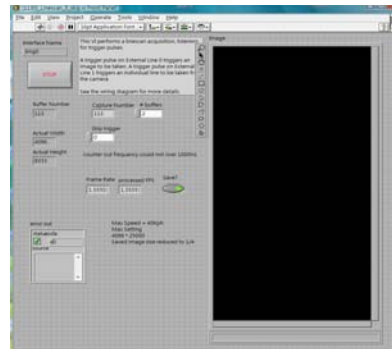
聚光鏡設計圖



47

3.3 鋪面影像擷取系統-擷取軟體設計

- ❖ AASHTO PP44-01規定每次取樣大小應於30m~100之間並考量系統處理速度，則設計影像擷取每次擷取50 m影像，並於擷取後合併為100 m之鋪面影像以供後續鋪面辨識系統使用。



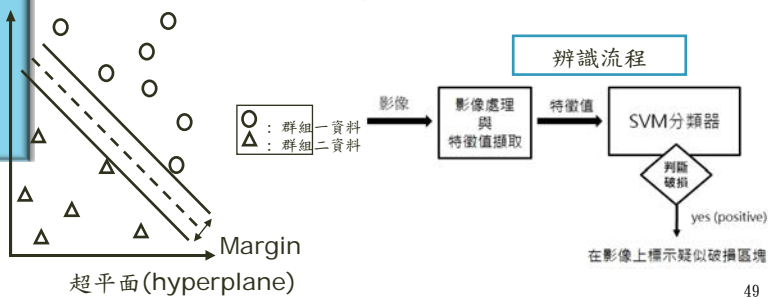
48

3.3 鋪面影像擷取系統-辨識軟體設計

❖ 影像破損辨識

1. 影像處理，如影像濾波、光源補償、圖像灰階或二值化...等。
2. 特徵值擷取，如邊界判定資訊等的擷取，做為影像分類的依據。
3. 利用特徵值建立分類器，並將之用於系統辨識。
4. 利用SVM分類器，作破壞判識。

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議

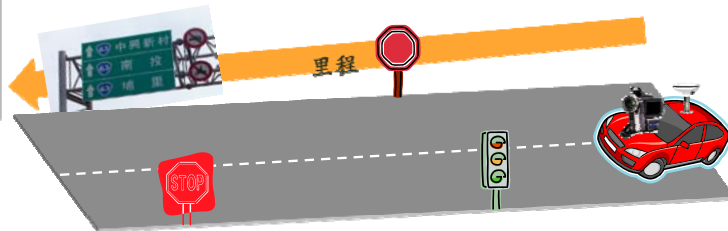
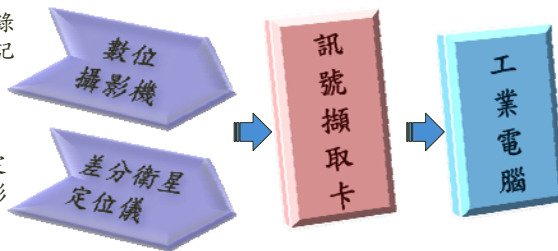


49

3.4 道路影像實錄系統

使用攝影機攝錄路面上路標、記號、限速...等道路設備。

提供影像衛星定位並記錄以得影像位置。



50



3.4 道路影像實錄系統-硬體設備

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議

❖ Imaging Source5 之產品DFK 31AF03.AS

1. 高分辨率
2. 核心配件為ICX204AK 彩色CCD芯片
3. 1024 x 768畫素
4. 長時間曝光產生之干擾仍十分小
5. 快速FireWire數據傳輸資料

❖ IEEE 1394

1. 將數位攝錄影機連接至個人電腦平台
2. 具備高速和雙向傳輸優點
3. 對等作業 (Peer to peer operation)
4. 頻寬足以支援多種標準和高畫質視訊位元流
5. 為音訊和視訊傳輸提供網路連線品質 (QoS)服務



51



3.4 道路影像實錄系統-軟體設計

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議

➢ 調整數位攝影機參數介面與即時展示影像介面(Real Time Video)

➢ 配合GOOGLE MAP 即時線上地圖功能

➢ 展示Line Scan鋪面影像介面

➢ 設定自動擷取圖片與及時擷取圖片功能







```

graph LR
    DMI[里程計(DMI)] --> DCU1[資料擷取卡]
    GPS[GPS] --> DCU2[資料擷取卡]
    DCU1 -- Trigger --> DCU2
    DCU2 --> IC[工業電腦]
    IC --> AN[行動網路裝置]
    IC --> GM[GOOGLE MAP]
    IC --> PH[資料處理]
    PH --> RTV[即時影像畫面]
    AN --> GM
    GM --> PH
    
```

52

附4-26

3.5 各項儀器重點規格				
儀器	規格	說明	圖片	
雷射測距儀	LMI Selcom	> 檢測距離：300mm > 量測範圍：±100mm > 電流輸出：4~20mA		
加速度規	KITSLER 5330A	> 量測範圍：±3g > 感測基礎：MEMS > 敏感度：1200mV/g		
測距儀	Kuebler 5802 Encoder	> 輸出電壓：0~5V > 觸發脈波：2000pulse		
線掃瞄照像機	DALSA P2-2206K40	> 解析度：4096 > 資料格式：8/10bit > 輸入電源：12~15V		53

3.5 各項儀器重點規格				
儀器	規格	說明	圖片	
訊號擷取卡 (平坦度)	PCI 6236	> 輸入電流：±20mA > 輸出頻道：電流 4 channels > 類比輸入解析度：16bits > 資料傳輸：直接記憶體存取		
訊號擷取卡 (CCD)	PCI-1428	> 像素擷取頻率：20~50MHz > 輸入電壓：±12V > 執行速率：133MB/s		
電源轉換器	MEAN WELL TS series	> 提供正弦波(THD<3%) > 功率輸出：700W/1000W		
長效型 外接電池	飛瑞 C-1500	> 負載標準：1500VA/1050W > 輸入電壓：100/110/115/120±10% > 輸出電壓：100/110/115/120		54

4.1 硬體設備整合

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議




❖ 硬體分類：



55

4.2 雷射、LED燈架結構

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議

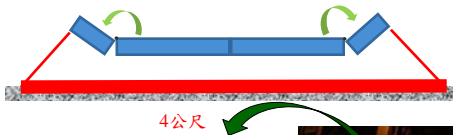



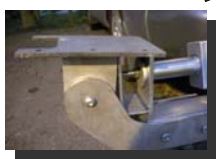

❖ 將燈源架設於車後保險桿部分，並且於LED燈源上設計轉軸，使其能調整光源照射角度，以找尋光源照射於鋪面最合適之位置。

❖ 目前與國外訂購LED燈架2長2短共4組(191cm*12cm*6.5cm與38cm*12cm*6.5cm)

❖ 設計1：

兩組長燈架置於中間，其總長度大約為車寬長，兩組短燈架分別置於長燈架兩側並在連接處設計旋轉軸承，以調整照射角度。但在設計上因未考慮同軸性，再者選轉角度不易控制，故再故在檢測時未能達成預期效果。

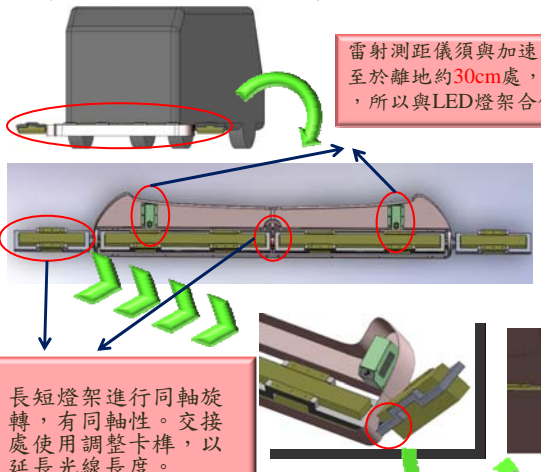



56


4.2雷射、LED燈架結構

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議

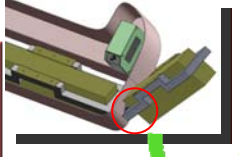
❖ 設計2：將長燈架與短燈架進行同軸設計，並於交接處設計卡榫，卡榫處可每5度進行調整，並設計防水功能。



雷射測距儀須與加速度規：至於離地約30cm處，因其需置於輪跡處，所以與LED燈架合併設計。



長短燈架進行同軸旋轉，有同軸性。交接處使用調整卡榫，以延長光線長度。



LED副燈座
角度固定機構

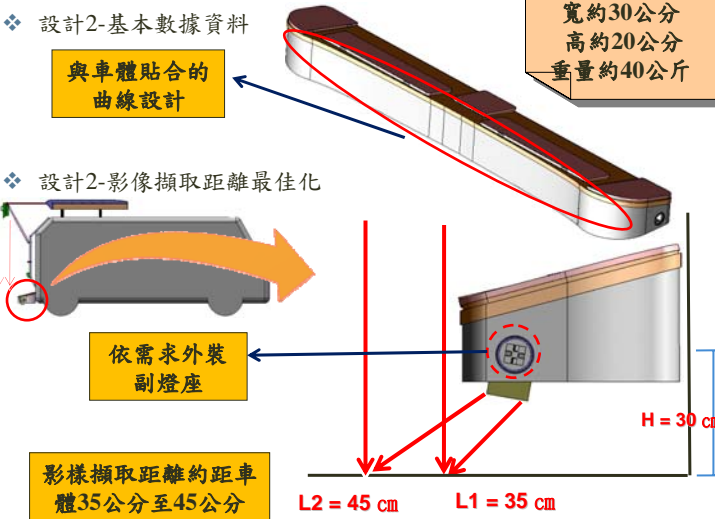
4.2雷射、LED燈架結構

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議

❖ 設計2-基本數據資料

長約200公分
寬約30公分
高約20公分
重量約40公斤

❖ 設計2-影像擷取距離最佳化



與車體貼合的曲線設計

依需求外裝副燈座

影像擷取距離約距車體35公分至45公分

H = 30 cm

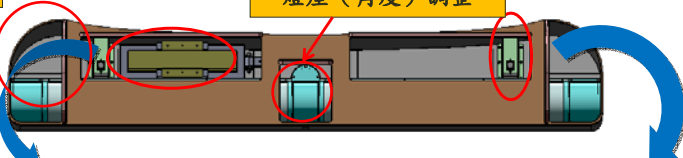
L2 = 45 cm L1 = 35 cm

4.2 雷射、LED燈架結構

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議

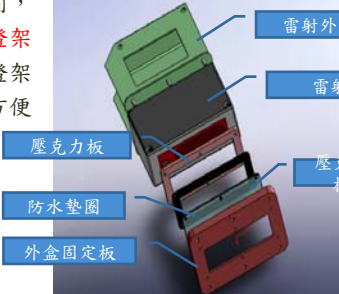
❖ 設計2-收納考量與防水設施：

電路版配置



燈座（角度）調整

在此機箱盒中設計收納之空間，在平時無檢測時可將**兩側短燈架**拆卸下置放於其中，使車後燈架組不至於過長，以利駕駛人方便駕駛，**避免危險**。



雷射外盒

雷射

壓克力板

防水墊圈

外盒固定板

壓克力板

59

4.3 LineScan Camera結構

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議

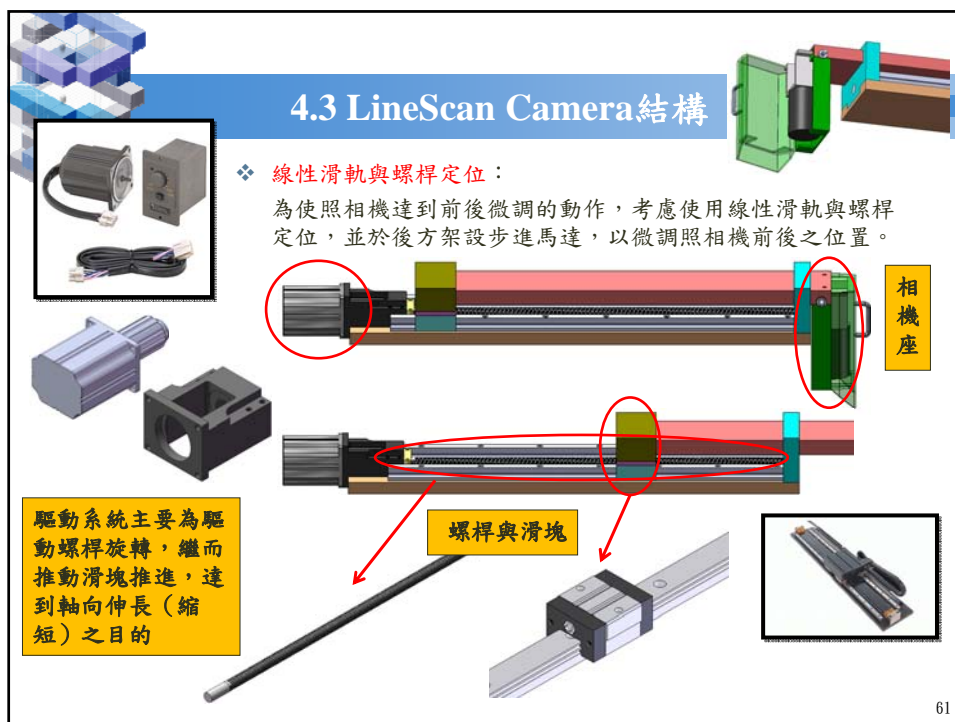
❖ 原本檢測車照相機構以**固定位置**，無法做前後位置之調整

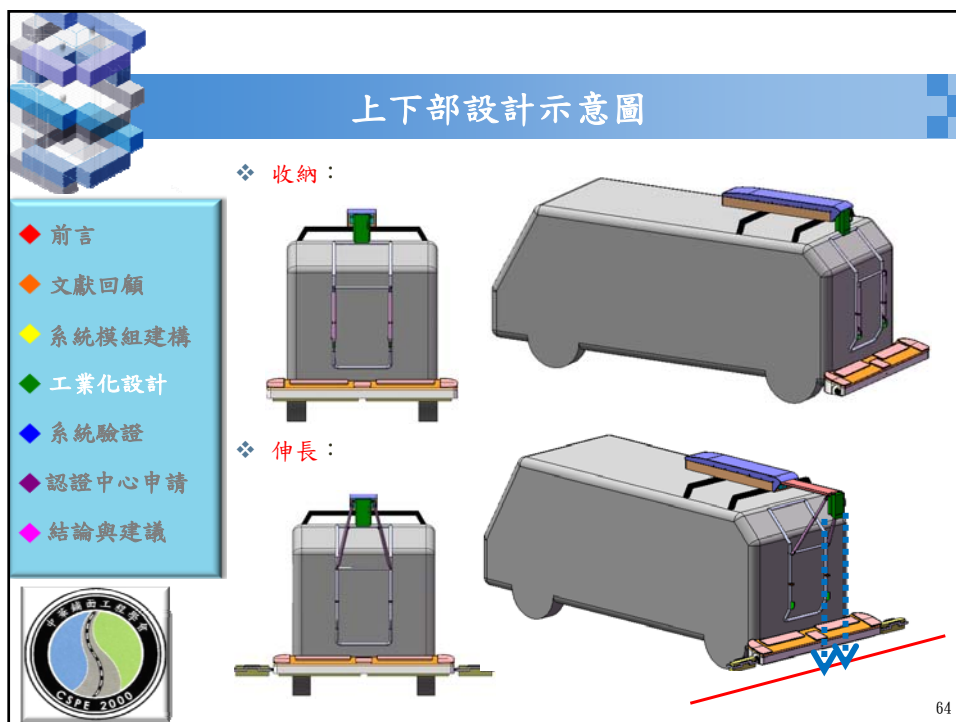
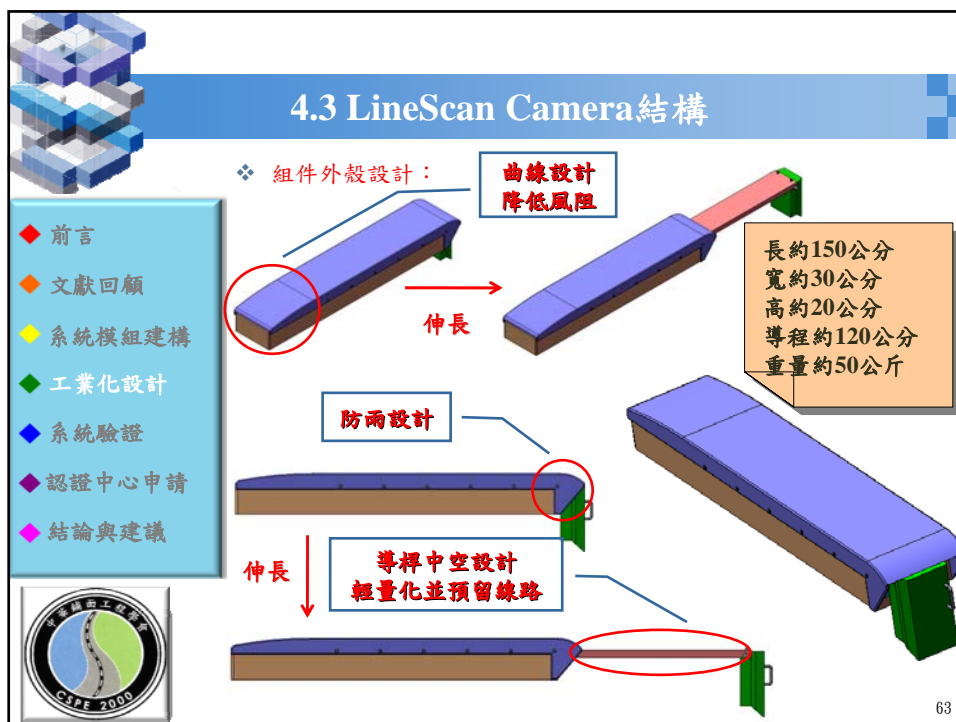
❖ **車頂架與行李箱概念：**
參考一般休旅箱型車上方之車頂架與行李箱概念，將相機至於行李箱內部，使用**滑軌**移動機盒伸長距離。

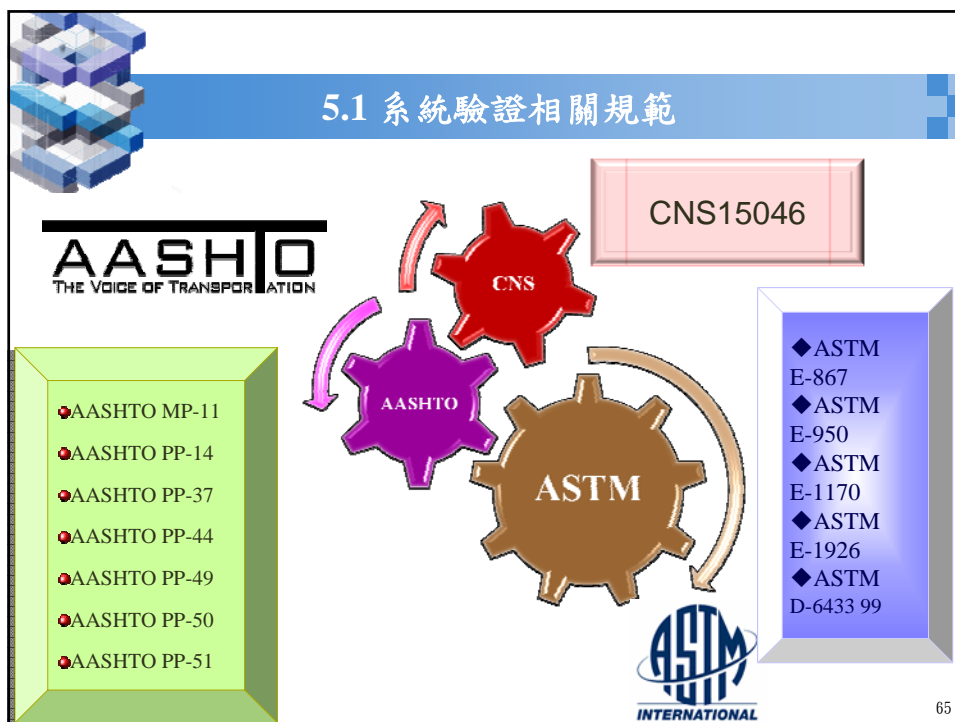



評估機盒重量後，其支撐部分可能無法承受**整體重量**，且在行車時可能出現**大幅搖晃**之現象，影響拍攝效果。

60







65

5.1 系統驗證相關規範

設備校正項目		
高程測距儀	ASTM E-950 CNS15046	區分成四等級，各設備需依據其等級要求其解析度及誤差
縱向水平距離量測儀	ASTM E-950 CNS15046 AASHTO PP49	誤差小於以知量測距離之0.1%
加速度規	AASHTO PP49	撞擊測試時其IRI值小於0.09 m/km
系統整體驗證		
加速區長度	ASTM E-950 AASHTO PP49	加速區距離為150 m
測試區長度	依國情設定	測試區距離至少為100 m
測試次數	RITS	提送五次報告
誤差		
比對項目	RITS	IRI
精確度	RITS	IRI小於3 %
偏差	RITS	IRI平均值小於5 %基準值
比對設備	AASHTO PP49	ARRB或Dipstick
比對設備校正	AASHTO PP49	水準尺

66

5.1 系統驗證相關規範

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議



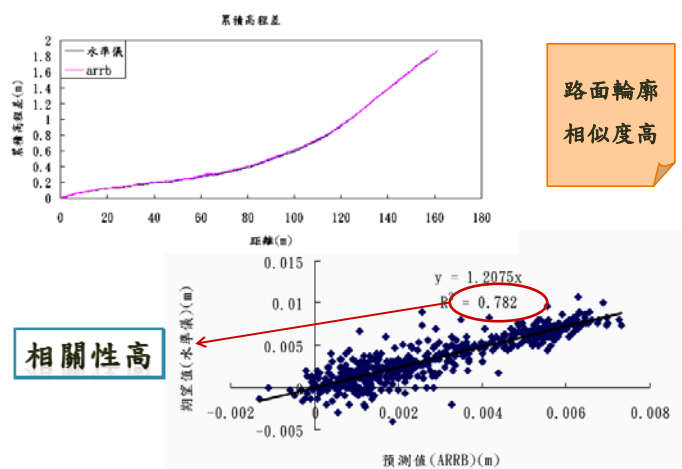
比較項目			賓州	德州	紐約
執行單位			賓州運輸部	德州運輸研究所	紐約洲運輸部
認證測試道路量測儀器			行走式平坦儀	橫桿水準量測、Dipstick，或行走式平坦儀	rod and level profile
認證測試道路數量			一	二	一
測試趟數			至多八次，提送五次結果	十次	無
平坦儀	測試道路高程	重現性	無	標準差小於35 mils	IRI值介於0.55~1.10cm/km
		準確性	無	平均絕對高程差值小於±20 mils (0.5mm) 平均相對高程差值則小於±60 mils (1.5mm)	十次標準差≤1.0
	測試道路IRI	重現性	標準差小於基準IRI值之±3%	IRI標準差小於3.0 英寸/英里 (4.76公分/公里)	≤0.05cm/km
		準確性	平均值小於基準IRI值之±5%	與基準高程計算得IRI差值小於/英里 (19cm/km)	≤0.1cm/km
操作人員	進行時機		與儀器測試同時進行	獨立進行	無
	筆試		無	德州平坦度規範70分以上可參加實測	無
	認證通過與否		由儀器認證測試結果判定	依人員操作表現判定	無
表格			PTM#428	無	BR5s
Reporting Interval			無	≤6in.(15.24cm)	0.05m
電子檔格式			ERD	ERD	ERD

67

5.1 系統驗證

◆ 水準儀與步進式平坦儀(ARRB)比對

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議



路面輪廓
相似度高

相關性高

68

5.1 系統驗證

❖ 步進式平坦儀(ARRB)

穩定性極優

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議

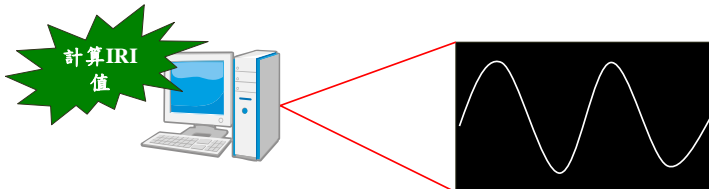


路名	IRI值 (m/km)	統計	IRI值 (m/km)
青商路 1	2.42	平均	2.43
青商路 2	2.41		
青商路 3	2.41		
青商路 4	2.44	標準差	0.006
青商路 5	2.46		
青商路 6	2.44		
青商路 7	2.46	變異係數%	0.24
青商路 8	2.42		
青商路 9	2.43	重複性%	2.06
青商路 10	2.41		

69

5.1 系統驗證

- ❖ 執行靜態試驗，其步驟為車體於靜置不動時，其可能由於車體本身的震動或者電壓不穩所引起之雜訊，引起電壓值的跳動，故於車體靜止時量測其IRI值，該值容許範圍須小於 **0.08m/km**。



試驗代號	試驗結果 (m/km)	試驗代號	試驗結果 (m/km)
Test 01	0.0772	Test 06	0.0720
Test 02	0.0765	Test 07	0.0707
Test 03	0.0738	Test 08	0.0645
Test 04	0.0727	Test 09	0.0685
Test 05	0.0741	Test 10	0.0676

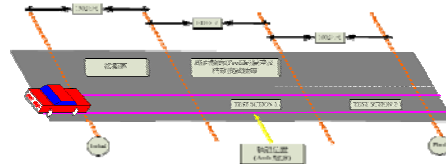
平均：0.0717 m/km

70

5.1 系統驗證

❖ 驗證道路

❖ 驗證資料

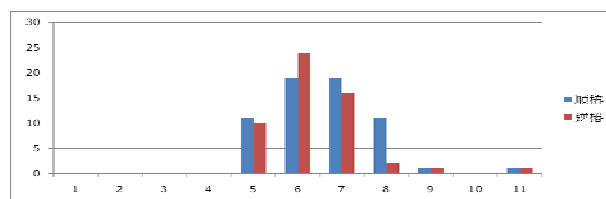


第一區段			
ARRB 行走式平	坦儀	檢測車	檢測誤差 (%)
2.50	2.51	2.57	2.80
2.53	2.52	2.52	0.39
2.49	2.53	2.49	1.58
2.50	2.54	2.54	2.00
2.50	2.55	2.55	2.00
平均值	2.506	2.534	1.754
第二區段			
ARRB 行走式平	坦儀	檢測車	檢測誤差 (%)
2.55	2.55	2.57	0.78
2.56	2.56	2.59	1.17
2.56	2.55	2.56	0.00
2.55	2.55	2.59	1.56
2.57	2.57	2.58	0.38
平均值	2.558	2.578	0.778

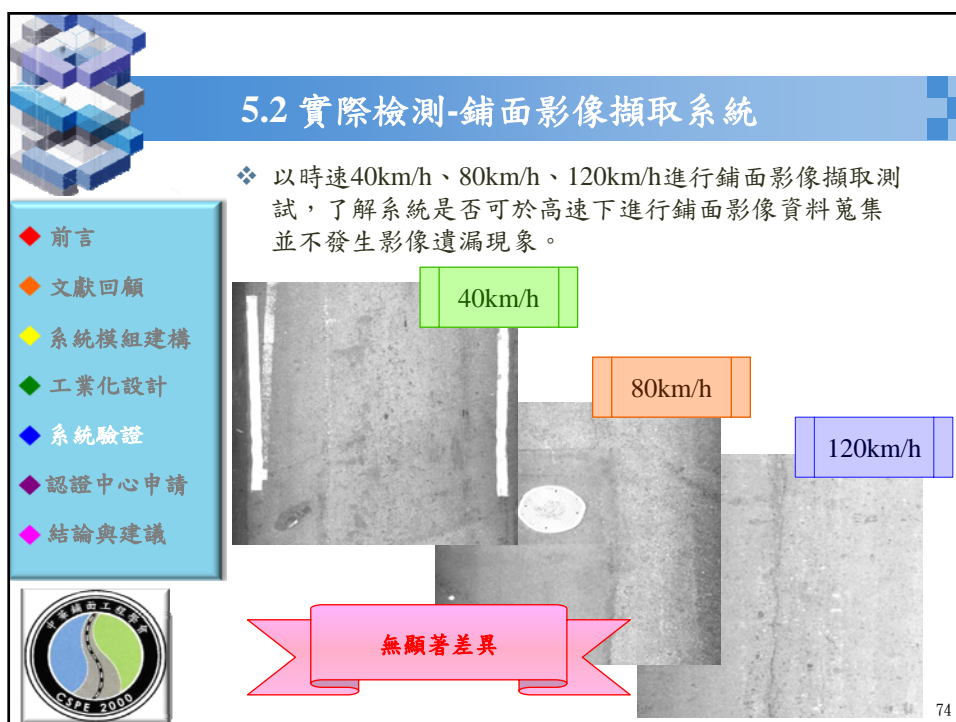
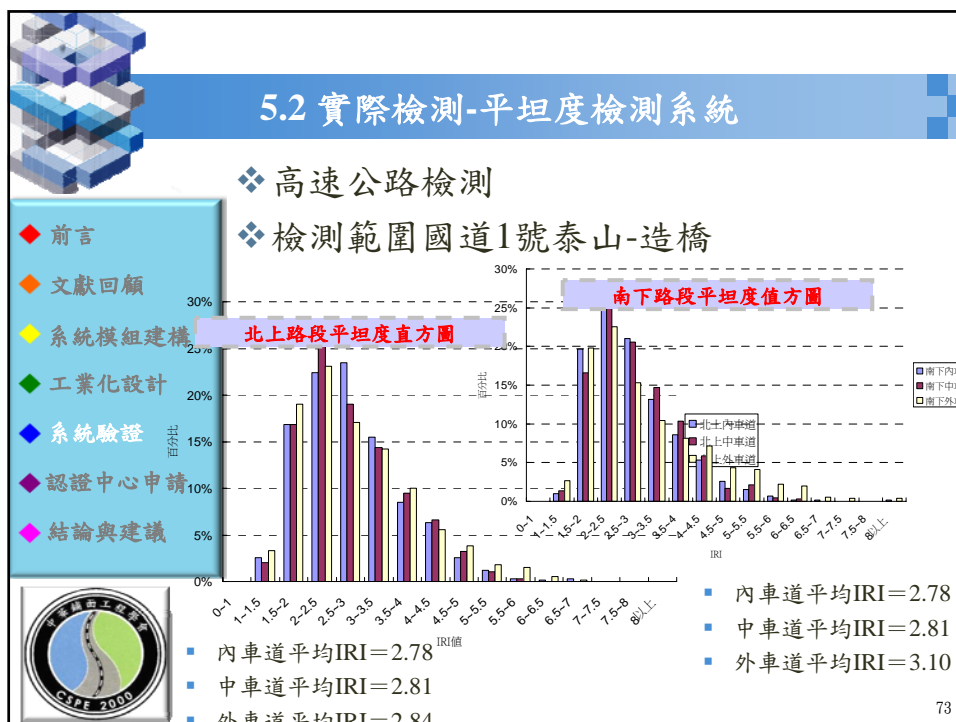
71


5.2 實際檢測-平坦度檢測系統

- ❖ 檢測範圍為桃園縣鄉道約315公里鄉道
- ❖ 目前桃園縣之路段IRI分部主要在 **5m/km~7m/km**之間，尤以6m/km占最高比例
- ❖ 建議未來桃園縣應針對6m/km與7m/km路段進修優先維修可大幅提升桃園縣整體道路行駛品質，未來預計將所有路段檢測完畢後，針對IRI不良部分進行分析。




72







- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議




5.2 實際檢測-鋪面影像擷取系統

❖ 夜間光源測試結果


- 燈源照明均勻性不佳，需再進行改良

75

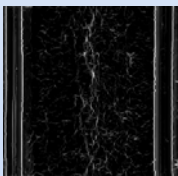
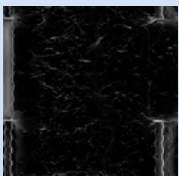
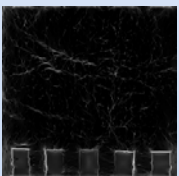
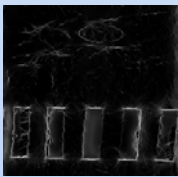
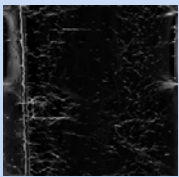
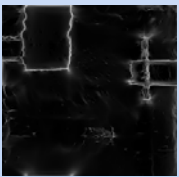


- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議




5.2 實際檢測-鋪面影像擷取系統辨識結果

❖ 辨識結果

		
輕微鱗魚狀	中級鱗魚狀	塊狀裂縫
		
人手孔周圍有鱗魚狀裂縫	人手孔周圍有裂縫	人手孔及裂縫

76



◆ 前言

◆ 文獻回顧


◆ 系統模組建構

◆ 工業化設計

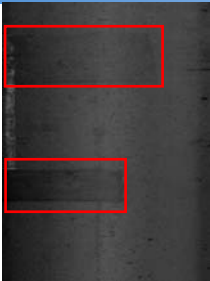
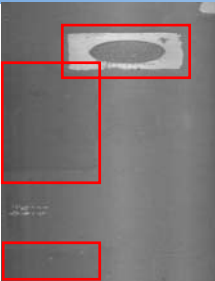
◆ 系統驗證

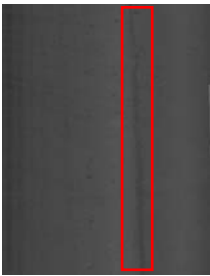

◆ 認證中心申請

◆ 結論與建議




5.2 實際檢測-鋪面影像擷取系統辨識結果

77



◆ 前言

◆ 文獻回顧


◆ 系統模組建構

◆ 工業化設計

◆ 系統驗證

◆ 認證中心申請

◆ 結論與建議



5.2 實際檢測-鋪面影像擷取系統辨識結果


◆ 分類正確率: 75.19%

	Positive	Negative	
Positive	55	10	
Negative	87	239	
total	142	249	391

	Positive	Negative	
Positive	38.73%	4.02%	(real)
Negative	61.27%	95.98%	

(predict)

78



5.2 實際檢測-鋪面影像擷取系統辨識結果

◆ 前言

◆ 文獻回顧

◆ 系統模組建構


◆ 工業化設計

◆ 系統驗證

◆ 認證中心申請

◆ 結論與建議

- ❖ 誤判原因
 - 填補的地方太小，無法有效辨識
- ❖ 裂縫判斷不佳原因
 - 照片品質尚待加強
 - 裂縫破壞大小區域不明顯
- ❖ 未來會考慮邊緣的分布，並從分錯的影像群中，挑選具有道路問題的區域來探討；同時，達到道路路段區塊的標示。



79



5.2 實際檢測-道路影像實錄系統

◆ 前言

◆ 文獻回顧

◆ 系統模組建構

◆ 工業化設計

◆ 系統驗證

◆ 認證中心申請

◆ 結論與建議

❖ 以CCD、GPS配合DMI進行每50公尺進行自動化面擷取，判斷照片品質及系統擷取狀況是否良好。








80



6.1 認證中心申請

◆ 前言

◆ 文獻回顧

◆ 系統模組建構

◆ 工業化設計

◆ 系統驗證

◆ 認證中心申請

◆ 結論與建議

❖ 測試實驗室與檢驗機構的差異性

差異性	測試實驗室	檢驗機構
檢驗結果	僅對樣品負責	符合性判定
機構類型	第一、二、三者	Type A、B、C
檢驗領域	按照程序決定一至多項特徵	至設施、設備或作業現場執行執行特定目的之檢查判定符合性
保險	非強制性	專業保險
獨立會計稽核	非強制性	強制性
抽樣計畫	選擇性	強制性
專業證照	部分限制性	部分強制性

81



6.1 認證中心申請

◆ 前言

◆ 文獻回顧

◆ 系統模組建構

◆ 工業化設計

◆ 系統驗證

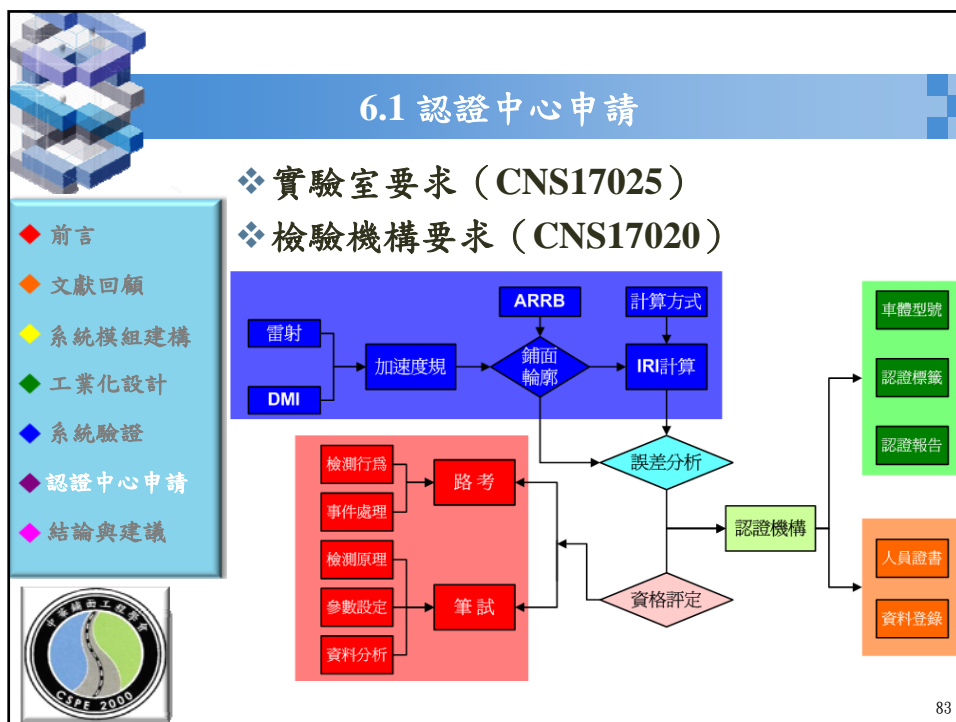
◆ 認證中心申請

◆ 結論與建議

❖ 檢驗機構認證人員基本要求

	技術主管	檢驗人員	報告簽署人
工廠檢查		具相關檢驗項目之知識及判讀能力。	1.大專以上理工科系畢。 2.相關測試工作三年以上經驗。
計量儀器	1.大專以上理工科系畢。 2.相關測試工作三年以上經驗。	1.大專以上學校畢業，從事相關工作一年以上。 2.高中（職）以上學校畢業從事相關工作三年以上經驗。	1.大專以上理工科系畢。 2.相關測試工作三年以上經驗。
非破壞檢驗	1.自然科學或工程背景專科以上學歷。 2.受過非破壞檢驗專業訓練。 3.中級檢測師以上資格。	1.持有中華民國/美國非破壞檢測協會或經評鑑技術委員認可機構核發之各級有效證書。 2.其他APLAC/MRA簽署組織認可之有效證書。 3.具相關檢驗項目之知識及判讀能力。	中級檢測師以上資格。
安全檢驗		具相關檢驗項目之知識及判讀能力。	

82



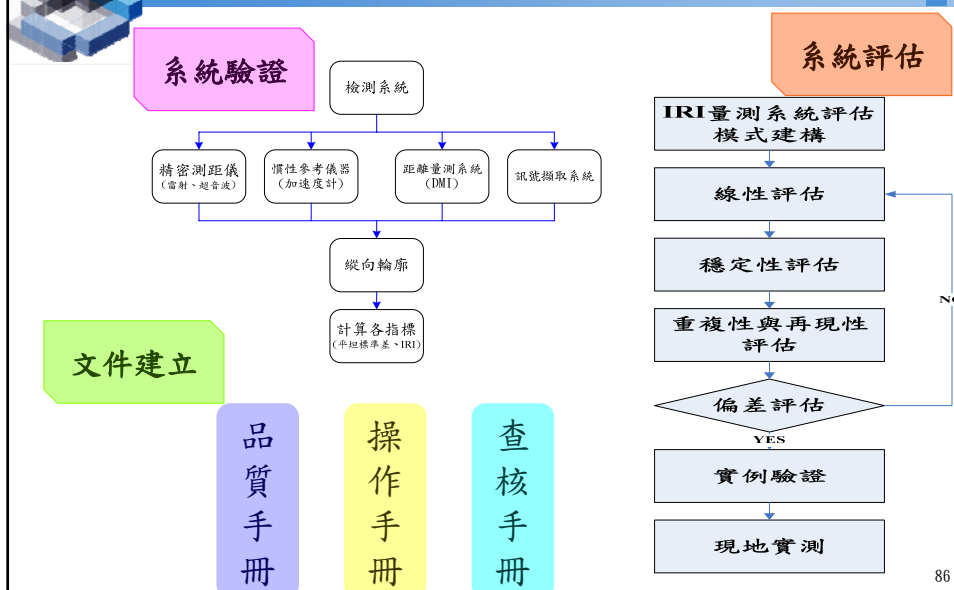
6.2 認證中心申請作業

人員職掌表

職稱 (相當CNLA職稱)	工作職掌與權責		
校編制技術員 (檢驗機構負責人) (報告簽署人)	<ol style="list-style-type: none"> 綜理檢驗機構業務。 為檢驗機構之最高管理者，負責實驗試運作之決策。 品質政策、品質文件之核定及頒布。 檢驗機構資源之統籌調配。 品質系統之檢討及核定。 試驗報告之核定、簽署及審查。 督導試驗作業。 客戶抱怨、不符合事項、矯正及預防措施之管制。 	資深專任助理 (品質主管)	<ol style="list-style-type: none"> 協助檢驗機構負責人綜理業務。 督導試驗作業。 品質系統之建立、維持、修訂。 品質文件之審核。 品質文件、測試標準維持最新版本。 人員教育訓練。 內部稽核之執行與管制。 品質制度之規畫與檢討。
資深技術員 (記術主管) (報告簽署人)	<ol style="list-style-type: none"> 協助檢驗機構負責人綜理業務。 試驗報告之核定、簽署及審查。 相關測試工作之執行監督、計畫推展及執行。 程序書及標準書製作、修定之分派與審查。 試驗業務分派、督導試驗作業、試驗資料分析。 試驗儀器之標準追溯。 試驗技術之建立及資料蒐集。 客戶抱怨、不符合事項、矯正及預防措施之處理。 	各試驗室教授 與負責技術員 (設備保管人員)	<ol style="list-style-type: none"> 設備保管，設備履歷簿建立及更新，定定設備校正、查核、保養計畫。 儀器設備採購規格擬訂。
		技術員 (測試技術員)	<ol style="list-style-type: none"> 試驗收件之查核。 試驗作業及製作報告初稿。 設備之保養、維護、校正及查核。 試驗、設備查核程序之擬訂。 設備異常之處理、回報。
		專任助理包含 文書、出納、 收發工作 (行政文書管 理員)	<ol style="list-style-type: none"> 協助品質主管，負責品質文件之建檔、保存、更新。 委託試驗收件、登記、計費、收費。 試驗報告之列印、檔案管理。 各訓練活動檔案管理。
		專任助理 (教育訓練人 員)	<ol style="list-style-type: none"> 各研討會、研習會、訓練班的推動。 各訓練活動的收件、登記、收費。 各訓練活動檔案管理。

85

6.2 認證中心申請作業

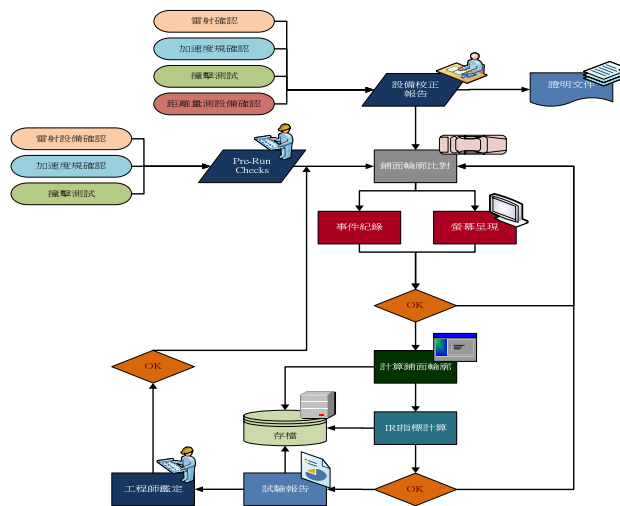


86

6.2 認證中心申請作業

◆ 認證程序

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議



87

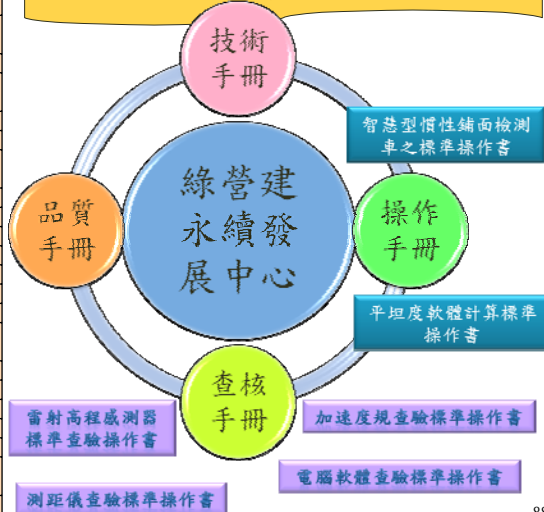
6.3 申請認證文件

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議

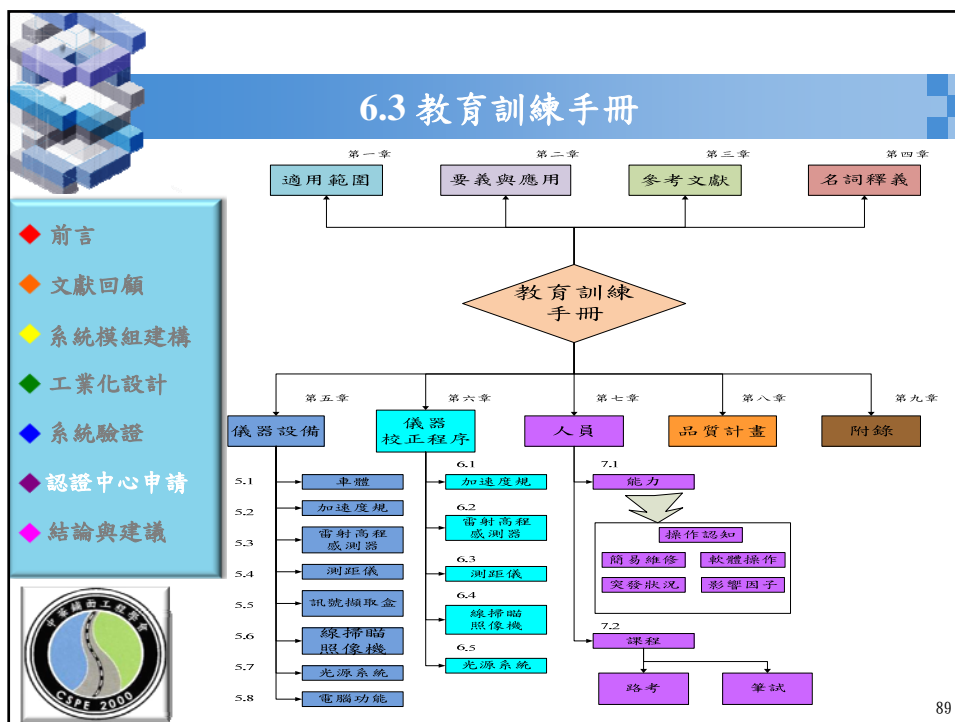


品質文件
組織與管理作業
文件管制作業
要求、標準與合約審查作業
試驗與校正之外包作業
服務與供應品之採購作業
客戶服務作業
客戶抱怨處理作業
不符合測試與校正工作管制作業
矯正措施作業
預防措施作業
紀錄管制作業
內部稽核作業
管理審查作業
人員進用與訓練作業
設施與環境條件作業
試驗與校正方法確認作業
量測不確定度評估作業
設備管制作業程序
量測標準追溯性作業
抽樣作業
試驗件收發作業
試驗與校正結果品質保證作業
結果報告作業

智慧型慣性鋪面檢測車平坦度測試標準操作書



88



7.1 結論

- ❖ 國內逐漸將平整度納入驗收及養護規範，因此已有許多慣性是鋪面檢測系統，然而各種類型的檢測車品質良莠不齊，故需有第三者認證機構作客觀性的判斷，以利平坦度量測品質。
- ❖ 各項儀器設備皆已通過國際所認可的標準，然而為使各項儀器能夠完全發揮其功能性，需配置適當的硬體設計以及貯存設備，中大團隊自行研發之智慧型鋪面檢測車配有各項硬體設備，定下檢測系統的穩定基礎。
- ❖ 道路實錄系統由於台灣地區道路圖層取得不易或價格昂貴，因此本研究使用GOOGLE MAP作為系統運作之用，並配合手機上網的功能可以達到在低成本下，完善使用網路地圖的功能。
- ❖ 道路剖面系統使用之加速度規，其反應加速度值於規範中並無訂立，因此選購加速度規時應確保其加速度值能夠反應出道路的起伏狀況，例如車身晃動1G時，3G和100G加速度規皆能確實反應，而當車身晃動0.1G時，100G加速度規則不一定有良好的解析度顯示。
- ❖ 影像處理及辨識效果，有無破壞之辨識率已可達八成，其餘破壞辨識項目以人手孔最佳可達75%。



7.1 結論

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議



- ❖ 鋪面裂縫檢測系統藉由影像辨識技術以及類似類神經網路的方式，已能成功辨識出道路的各项破壞，藉由資料驗證數量逐可使系統更臻完美。
- ❖ 三項系統在經過系統的整合，如電源配置、硬體擺放、線路走向...等，已能完善同時運作，在同一趟檢測中能同時進行三項獨立的試驗，確實的減少人力使用。
- ❖ 道路剖面系統與步進式平坦儀，兩者檢測所繪製之剖面圖經比對過後，其剖面圖趨勢已十分相符，IRI值亦差異不大。
- ❖ 利用裂縫檢測系統所擷取之路面破壞照片與聘請三年以上從事PCI工作經驗之工程師進行破壞程度的比對，經試驗後，本系統判別之種類與準確率已達八成以上。
- ❖ 申請TAF驗證作業已送件，待審查過後，便可將整套平整度檢測系統予以標準化。
- ❖ 道路實錄系統已能完善拍攝道路附屬設施並能記錄里程與GPS點位，里程數藉由照片上之公路里程路標，作為比對之用，顯示誤差極小。

91



7.2 建議

- ◆ 前言
- ◆ 文獻回顧
- ◆ 系統模組建構
- ◆ 工業化設計
- ◆ 系統驗證
- ◆ 認證中心申請
- ◆ 結論與建議



- ❖ 平整度量測系統的規範，如CNS、ASTM、AASHTO...等，皆是以英制單位作為規範中度量衡單位，在符合國情下，應以公制單位作為量測道路平整度使用。
- ❖ 智慧型鋪面檢測車於25~120km/h車速下檢測數值皆無顯著差異，為了未來檢測便利性，建議以該道路的行車速限做為檢測車速，並記錄於檢測報告上，以利未來資料驗證使用。
- ❖ 由於影像辨識上一直無法突破技術性上的難題，建議後續研究可針對鋪面影像品質穩定性加強，並針對各破壞研擬分類器蒐集破壞特徵值進行判斷。
- ❖ 智慧型鋪面檢測車為非破壞性檢測類，因此在報告中應詳細敘述檢測現地狀況，建議應依據國內外規範如CNS、AASHTO...等，或參考本團隊預成立之檢驗機構報告格式。
- ❖ 各項儀器皆有其操作手冊及出廠報告，除了依照這兩項文件進行內部校驗，建議應送予國家認可的檢驗實驗室，如工研院之度量衡檢驗中心。
- ❖ 智慧型鋪面檢測車造價不菲，多數儀器皆從國外購置，建議以公共工程養護及驗收單位為使用對象。

92



簡報結束 多謝指教

