

剛性鋪面維護及補強技術之 研究(1/2)



執行單位：社團法人中華鋪面工程學會

委託機關：交通部

中華民國 98 年 01 月

本報告為研究案並不代表交通部意見

MOTC-STAO-97-02

剛性鋪面維護及補強技術之 研究(1/2)

著者：李英豪、李 釗、陳世晃

執行單位：社團法人中華鋪面工程學會

委託機關：交 通 部

中華民國 98 年 01 月

國家圖書館出版品預行編目資料

剛性鋪面維護及補強技術之研究 (1/2) / 李英豪等著.

--初版.-- 臺北市：交通部，民 98.01

面； 公分

參考書目：面

ISBN 978-986-01-6951-5(平裝)

1. 鋪面工程

442.2

97024583

剛性鋪面維護及補強技術之研究 (1/2)

著 者：李英豪、李 釗、陳世晃

出版機關：交通部

地 址：10052 台北市仁愛路 1 段 50 號

網 址：<http://www.motc.gov.tw/mocwebGIP/wSite/lp?ctNode=314&mp=1>

電 話：(02)23492900

出版年月：中華民國 98 年 01 月

印 刷 者：欣德複印社

版(刷)次冊數：初版一刷 120 冊

定 價：420 元

本書同時登載於交通部網站

展售處：五南文化廣場 40042 台中市中山路 6 號

電話：(04) 2226-0330

國家書店松江門市 10485 台北市松江路 209 號 1 樓

電話：(02) 2518-0207

國家網路書店：<http://www.govbooks.com.tw>

GPN：1009800045 (平裝)

ISBN：978-986-01-6951-5

著作財產權人：交通部

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求著作財產權人書面同意或授權。

交通部科技顧問室委託研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：剛性鋪面維護及補強技術之研究（1/2）			
國際標準書號(或叢刊書)	政府出版品統一編號	計畫編號	
978-986-01-6951-5	1009800045	MOTC-STAO-97-02	
主管：卓訓榮 聯絡電話：02-23492860 傳真號碼：02-23122476 e-mail：hj_cho@motc.gov.tw 承辦人：許書王 聯絡電話：02-23492861 傳真號碼：02-23122476 e-mail：sy_hsu@motc.gov.tw	研究單位：社團法人中華鋪面工程學會	其他參與合作之研究團隊	
	計畫主持人：李英豪		
	聯絡電話：02-26215656#2671 傳真號碼：02-26232408 e-mail：yinghaur@mail.tku.edu.tw	研究期間	
	協同主持人：李釗、陳世晃	民國 97 年 01 月 10 日至民國 97 年 12 月 24 日	
	研究人員：劉耀斌、陳建達、岳巧珺、何明杰、洪毓麟、林恩德、李彥志、黃思齊、林鉅樟	研究經費	
	通信地址：中壢市中大路 300 號 聯絡電話：03-4269271	NT\$ 1,900,000	
關鍵詞：剛性鋪面、維修補強、維修技術			
摘要： 剛性鋪面由於比柔性鋪面有較佳的承載力、較低的維修頻率及較長的使用壽命等優點，我國機場以及高速公路收費站附近鋪面多以剛性鋪面為主。但剛性鋪面經長期使用，發生破損導致鋪面服務績效降低，因此如何即時、有效的修復鋪面，已是目前機場鋪面維護主要的議題。國內對於剛性鋪面損壞的維修與評估，大多依賴維修專家的經驗或採納維修廠商建議進行維修，尚無一套完整實用的評估準測，以及剛性鋪面維修技術手冊可供遵循，提供維修工程作業指導。因此本研究將依國內施工、環境、氣候及使用特性，研擬適用於國內剛性鋪面工程之鋪面維修技術、施工技術以及評估與維護機制，以提昇國內剛性鋪面的維修成效。以期未來可提供主管機關以及施工單位，進行路面養護管理維修工法決策參考之依據。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
98 年 1 月	363	NT\$ 420	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，由本部依業務性質函送參考，其他需要者可函洽本部免費贈閱，或逕進入 www.motc.gov.tw 之科技研究項下下載。
機密等級： <input type="checkbox"/> 限閱 <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 (解密【限】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

SCIENCE & TECHNOLOGY ADVISORS OFFICE

MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE : Study of Maintenance and Repairs Technology for Rigid Pavement (1/2)			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	PROJECT NUMBER	
978-986-01-6951-5	1009800045	MOTC-STAO-97-02	
DIRECTOR GENERAL: Cho, Hsun-Jung PHONE : 02-23492860 FAX : 02-23122476 E-MAIL : hj_cho@motc.gov.tw SPONSOR STAFF : Hseu, Shu-Wang PHONE : 02-23492861 FAX : 02-23122476 E-MAIL : sy_hsu@motc.gov.tw	RESEARCH AGENCY : Chinese Society of Pavement Engineering, Taiwan, Republic of China PRINCIPAL INVESTIGATOR : Lee, Ying-Haur PHONE : 02-26215656 # 2671 FAX : 02-26232408 E-MAIL : yinghaur@mail.tku.edu.tw CO-PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lee, Chau; Chen, Shih-Huang PROJECT STAFF : Liu, Yao-Bin; Chen, Jian-Da; Yue, Ciao-Jyun; He, Ming-Chieh; Hung, Yu-Lin; Lin, En-De; Lee, Yen-Chih; Huang, Sz-Chi; Lin, chu-wei ADDRESS : No.300, Jhongda Rd., Jhongli City, Taoyuan County 32001, Taiwan (R.O.C.) PHONE : 03-4269271		
PROJECT PERIOD	From: January 2008 To: December 2008	PROJECT BUDGET	NT\$ 1,900,000
KEY WORDS : rigid pavement, maintenance and repair, rehabilitation technique			
ABSTRACT : Since rigid pavements have the advantages of better load capacity, lower maintenance frequency, and longer service life than flexible pavements, our airports and highway toll stations have been primarily constructed as rigid pavements. However, these pavements still deteriorated over years and how to effectively repair the pavements become very important. The current practices in repairing deteriorated concrete pavements highly depend on experienced engineers and experts and the suggestions of repair material manufacturers. No practical standard procedures for concrete pavement maintenance and rehabilitation techniques have been well documented in Taiwan. Thus, this research study focuses on the proper assessment of pavement damage, selection of maintenance and rehabilitation mechanisms, and development of rehabilitation procedures for our rigid pavements based on domestic climatic and construction considerations. The successful accomplishment of this study will hopefully provide suitable, objective, and effective guidelines for maintenance and rehabilitations of domestic rigid pavements.			
DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
2009.1	363	NT\$ 420	<input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications			

目錄

目錄.....	1
圖目錄.....	IX
表目錄.....	XV
第一章 緒論	1
1.1 研究緣起	1
1.2 研究內容	1
1.3 研究流程	2
1.4 研究組織與架構	4
第二章 文獻回顧	5
2.1 剛性鋪面簡介	5
2.2 剛性鋪面常見破壞原因分析	6
2.3 剛性鋪面面層損壞調查	7
2.4 國內現行剛性鋪面養護方法	14
2.4.1 緊急養護	14
2.4.2 一般養護	15
2.4.2.1 填封	15
2.4.2.2 部分厚度修補(Pot Patching, Partial Depth Patching)	16
2.4.2.3 全厚度修補(Full-Depth Patching)	18
2.4.2.4 底層灌注	20
2.4.2.5 底緣排水	22
2.4.2.6 表面處理	23
2.4.2.7 局部打除重作	24
2.4.3 大型養護	24
2.4.3.1 加鋪瀝青混凝土	24
2.4.3.2 翻修(全面版更新)	26
2.5 國內外剛性鋪面維修技術手冊發展現況	27

2.5.1 美國聯邦航空總署.....	27
2.5.2 美國聯邦公路局.....	27
2.5.3 美國公路策略研究計畫.....	27
2.5.4 交通部技術標準規範.....	28
2.5.5 交通部台灣區國道新建工程局施工技術規範.....	29
2.5.6 台灣省交通處公路局公路工程施工說明書.....	29
2.6 綜合討論.....	29
第三章 國內剛性鋪面維護及補強遭遇問題之探討	31
3.1 接縫式混凝土鋪面損壞型態與成因	31
3.1.1 縱向裂縫(Longitudinal Cracking).....	33
3.1.2 橫向裂縫(Transverse Cracking).....	34
3.1.3 角隅斷裂(Corner Breaks).....	35
3.1.4 接縫碎裂(Joints Spalling)	37
3.1.5 接縫填縫料破壞(Joint Seal Damage).....	38
3.1.6 剝落(Scaling).....	39
3.1.7 圖狀裂縫(Map Cracking).....	40
3.1.8 粒料磨光(Polished Aggregate).....	40
3.1.9 車道-路肩分離(Lane-to-Shoulder Separation)	41
3.1.10 唧水或噴泥現象(Water Bleeding or Pumping)	42
3.1.11 擠破(Blowups).....	43
3.1.12 接縫高差 (Joint Faulting).....	44
3.1.13 修補/修補損壞(Patching / Patch Deterioration)	45
3.1.14 其他破壞形式.....	46
3.2 現地訪談與專家座談.....	47
3.2.1 桃園機場訪談(97.02.21).....	47
3.2.2 二高南投名間工務段剛性鋪面現地訪談(97.02.26).....	53
3.2.2.1 二高南投名間工務段剛性鋪面現地訪談紀錄.....	53
3.2.2.2 二高南投名間段剛性鋪面非破壞檢測評估與探討.....	56
3.2.3 中山高楊梅收費站現地訪談(97.07.31).....	61

3.2.4 中壢工務段彩色排水防滑路面塗裝試範工程訪談(97.08.05).....	63
3.2.5 台北縣三芝鄉鄉道以剛性鋪面修補案例參訪(97.10.23).....	67
3.3 國內剛性鋪面維護遭遇之問題.....	70
3.3.1 氣候環境因素.....	70
3.3.2 機具設備不良.....	70
3.3.3 維修材料品質.....	70
3.4 國內剛性鋪面維修材料之探討.....	71
3.5 剛性鋪面檢測方法之探討.....	73
3.5.1 功能性評估.....	73
3.5.2 安全性評估.....	76
3.5.3 耐久性評估.....	79
3.6 綜合討論.....	81
第四章 剛性鋪面維護補強技術	83
4.1 填縫工法.....	84
4.1.1 說明.....	84
4.1.2 定義.....	84
4.1.3 目的及適用情形.....	86
4.1.4 使用限制及績效.....	87
4.1.5 設計因素.....	87
4.1.6 施工步驟.....	90
4.1.7 機具設備.....	96
4.2 減壓接縫工法.....	98
4.2.1 說明.....	98
4.2.2 定義.....	98
4.2.3 目的及適用情形.....	100
4.2.4 使用限制及績效.....	103
4.2.5 設計因素.....	104
4.2.6 施工步驟.....	105
4.2.7 機具設備.....	106

4.3 部分厚度修補工法	107
4.3.1 說明.....	107
4.3.2 定義.....	107
4.3.3 目的及適用情形.....	107
4.3.4 使用限制及績效.....	108
4.3.5 設計因素.....	108
4.3.6 施工步驟.....	111
4.4 全厚度修補工法	118
4.4.1 說明.....	118
4.4.2 定義.....	118
4.4.3 目的及適用情形.....	118
4.4.4 使用限制和績效.....	119
4.4.5 設計考慮.....	119
4.4.6 施工步驟.....	127
4.5 版塊穩定和版塊頂起工法	134
4.5.1 說明.....	134
4.5.2 定義.....	134
4.5.3 目的及適用情形.....	134
4.5.4 使用限制及績效.....	135
4.5.5 設計因素.....	136
4.5.6 施工步驟.....	138
4.5.7 機具設備.....	144
4.6 表面刨磨及刮槽工法	145
4.6.1 說明.....	145
4.6.2 定義.....	145
4.6.3 目的及適用情形.....	145
4.6.4 使用限制及績效.....	146
4.6.5 設計因素.....	147
4.6.6 施工步驟.....	149

4.6.7 機具設備.....	151
4.7 荷重傳遞修復工法.....	152
4.7.1 說明.....	152
4.7.2 定義.....	152
4.7.3 目的及適用情形.....	154
4.7.4 使用限制及績效.....	155
4.7.5 設計因素.....	156
4.7.6 施工步驟.....	158
4.7.7 機具設備.....	161
4.8 增設邊緣排水系統.....	162
4.8.1 說明.....	162
4.8.2 定義.....	162
4.8.3 目的及適用情形.....	163
4.8.4 使用限制及績效.....	163
4.8.5 設計因素.....	164
4.8.6 施工步驟.....	167
4.9 快速剛性鋪面鋪築技術.....	172
4.9.1 說明.....	172
4.9.2 定義.....	172
4.9.3 材料選擇.....	174
4.9.4 適宜的建造技術.....	176
4.9.5 提前開放通車.....	179
4.10 再生混凝土鋪面.....	181
4.10.1 說明.....	181
4.10.2 定義.....	181
4.10.3 目的和適用情形.....	182
4.10.4 使用限制和績效.....	182
4.10.5 再生利用處理.....	183
4.10.6 配比設計因素.....	189

4.10.7 剛性鋪面使用再生骨材設計因素.....	193
4.10.8 再生骨材剛性鋪面建造因素.....	194
4.11 水泥混凝土加鋪鋪面	195
4.11.1 說明.....	195
4.11.2 定義.....	195
4.11.3 目的和適用情形.....	199
4.11.4 使用限制和績效.....	200
4.11.5 混凝土加鋪鋪面選擇因素.....	202
4.11.6 混凝土加鋪鋪面設計原則.....	205
4.11.7 加鋪前處理和修補.....	208
4.12 瀝青混凝土加鋪鋪面	210
4.12.1 說明.....	210
4.12.2 定義.....	210
4.12.3 目的和適用情形.....	211
4.12.4 熱拌瀝青混凝土加鋪.....	211
4.12.5 加鋪選擇的因素.....	212
4.12.6 加鋪前的處理和修補.....	215
4.12.7 剛性鋪面加鋪熱拌瀝青混凝土設計.....	217
4.12.8 影響裂縫擴展的因素.....	218
4.12.9 反射裂縫相關的設計課題.....	220
4.12.10 降低反射裂縫嚴重程度的方法.....	220
第五章 現行「公路養護手冊」之修訂建議	231
5.1 修訂之基本架構與內容.....	231
5.2 鋪面損壞型態及調查之修訂建議.....	233
5.3 鋪面面層損壞資料調查之修訂建議.....	234
5.4 剛性鋪面一般養護方法之修訂建議.....	241
5.4.1 填縫工法對照表.....	242
5.4.2 部分厚度修補對照表.....	249
5.4.3 全厚度修補對照表.....	255

5.4.4 版塊穩定和版塊頂起對照表.....	261
5.4.5 表面刨磨及刮槽工法對照表.....	266
5.4.6 增設邊緣排水系統對照表.....	271
5.5 剛性鋪面大型養護方法之修訂建議.....	277
第六章 剛性鋪面維護及補強查驗制度之建立	279
6.1 工法自主檢查表與相關規範整理	279
6.2 剛性鋪面養護與維修流程架構之建立	291
第七章 結論與建議	293
7.1 結論	293
7.2 建議	294
7.3 後續工作項目	295
參考文獻.....	297
附錄一 專有名詞中英對照表	301
附錄二 期中報告評審委員意見回覆表	315
附錄三 期末報告評審委員意見回覆表	319
附錄四 相關會議記錄	323
附錄五 期末報告修正對照表	347

圖目錄

圖 1.3.1 研究流程圖	3
圖 2.4.1 填封方式	16
圖 2.4.2 抬平鋪面版	20
圖 2.4.3 灌注孔之位置	21
圖 2.4.4 瀝青灌注用噴嘴	22
圖 2.4.5 鋪面刮槽或研磨表面處理斷面圖	23
圖 2.4.6 鋪設工程不織布	25
圖 2.4.7 水泥混凝土鋪面版與結構物間設置隔離材料	26
圖 3.1.1 縱向裂縫	33
圖 3.1.2 橫向裂縫	34
圖 3.1.3 角隅斷裂	36
圖 3.1.4 角隅剝落	36
圖 3.1.5 接縫碎裂	37
圖 3.1.6 接縫填縫料破壞	38
圖 3.1.7 剝落	39
圖 3.1.8 圖狀裂縫	40
圖 3.1.9 車道-路肩分離	41
圖 3.1.10 唧水現象	42
圖 3.1.11 擠破	43
圖 3.1.12 高差	44
圖 3.1.13 修補	45
圖 3.2.1 (左)橫向裂縫(跑道 05 端)，(右)角隅裂縫(跑道 05 端)	47
圖 3.2.2 修補後破壞(跑道 05 端)	47
圖 3.2.3 唧水現象(跑道 05 端)	47
圖 3.2.4 AC 修補，(左)新鋪，(右)修補一年	48
圖 3.2.5 AC 修補破壞	48
圖 3.2.6 填縫料：(左)AB 膠+矽砂(跑道 05 端)，(右)606 膠(跑道 05 端)	48
圖 3.2.7 鋸縫、填縫施工流程圖	49

圖 3.2.8 全厚度修補	50
圖 3.2.9 全厚度修補後破壞情形	50
圖 3.2.10 縱向裂縫	50
圖 3.2.11 裂縫 AC 修補	51
圖 3.2.12 無收縮超早強混凝土	51
圖 3.2.13 嚴重破壞之坑洞	51
圖 3.2.14 裂縫修補不實	52
圖 3.2.15 二高南投名間段縱向裂縫破壞情形	53
圖 3.2.16 二高南投名間段角隅裂縫破壞情形	53
圖 3.2.17 二高南投名間段修補後再破壞之情形	54
圖 3.2.18 二高南投名間段北上 232K+500 鋪面版裂縫修補後再破壞	54
圖 3.2.19 二高南投名間段北上 232K+500 鋪面版修補後再破壞	54
圖 3.2.20 二高南投名間段北上 235K+700 裂縫修補後再破壞	54
圖 3.2.21 二高南投名間段北上 235K+600 裂縫修補後再破壞	55
圖 3.2.22 北上裂縫破損情形	55
圖 3.2.23 北上 237+400 鋪面破壞後修補情形	55
圖 3.2.24 二高南投名間段剛性鋪面破壞示意圖	58
圖 3.2.25 ISM 衝擊勁度指數評估結果圖	58
圖 3.2.26 路基反力模數評估結果圖	59
圖 3.2.27 二高南投名間段北上剛性鋪面孔隙評估結果	59
圖 3.2.28 二高南投名間段北上剛性鋪面耐久性評估結果	60
圖 3.2.29 北上外車道橫向裂縫	61
圖 3.2.30 南下車道路面風化侵蝕	61
圖 3.2.31 南下車道版塊沉陷	61
圖 3.2.32 北上車道版塊沉陷	62
圖 3.2.33 車道角隅裂縫	62
圖 3.2.34 (左)AC 暫時性修補 (右)矽砂材料做半永久式修補	62
圖 3.2.35 道路放樣	63
圖 3.2.36 自走式鋪劃機	63

圖 3.2.37 道路表面塗抹底油	64
圖 3.2.38 塗裝道路一旁設置試繪區	64
圖 3.2.39 道路彩色塗裝鋪設	64
圖 3.2.40 完成道路表面清掃	65
圖 3.2.41 傳統道路抗滑值量測試驗	65
圖 3.2.42 彩色塗裝道路抗滑值量測試驗	65
圖 3.2.43 橫向裂縫	67
圖 3.2.44 角隅裂縫	67
圖 3.2.45 角隅裂縫與唧水現象	68
圖 3.2.46 鋼筋裸露情形	68
圖 3.2.47 接縫處使用保麗龍情形	68
圖 3.2.48 連接處平坦度不佳	69
圖 3.2.49 鋪面表面處理不當	69
圖 3.5.1 鋪面國際糙度指標評估圖	74
圖 3.5.2 ARRB MLP	75
圖 3.5.3 ARAN 智慧型鋪面檢測車	76
圖 3.5.4 英式擺錘試驗儀	77
圖 3.5.5 鋪砂法示意圖	78
圖 3.5.6 選定測點及放置標準砂	78
圖 3.5.7 將固定體積之鋪成圓面及量測其直徑	78
圖 3.5.8 標準鎖輪式抗滑檢測儀	78
圖 3.5.9 GRIPTESTER 抗滑儀器	79
圖 3.5.10 MU-METER 抗滑儀	79
圖 4.1.1 剛性鋪面接縫架構圖	89
圖 4.1.2 填縫方式	91
圖 4.1.3 填縫工法基本流程圖	95
圖 4.2.1 標準窄減壓接縫橫斷面	99
圖 4.2.2 寬減壓接縫橫斷面	99
圖 4.2.3 全厚度修補之減壓接縫示意圖	100

圖 4.2.4 減壓接縫工法基本流程圖	106
圖 4.3.1 部份厚度修補施工步驟	112
圖 4.3.2 襯縫材料放置位置	114
圖 4.3.3 部份厚度工法流程圖	117
圖 4.4.1 版塊內部損壞的情形	120
圖 4.4.2 JPCP 的修補建議	121
圖 4.4.3 JRCP 的修補建議	121
圖 4.4.5 建議綴縫筋設置形式	127
圖 4.4.6 JCP 全厚度修補的鋸切位置	128
圖 4.4.7 綴縫筋在版塊面的錨定	130
圖 4.4.8 全厚度工法流程圖	133
圖 4.5.1 JRCP 之典型灌注孔設置型式	139
圖 4.5.2 灌注孔位置依鋪面缺失之位置而異	141
圖 4.5.3 灌注孔位置及改善沈陷的砂漿灌注順序	142
圖 4.5.4 版塊穩定和版塊頂起工法流程圖	143
圖 4.6.1 刨磨及刮槽作業的標準尺寸	147
圖 4.6.2 表面刨磨及刮槽工法流程圖	150
圖 4.7.1 綴縫筋荷重傳遞	153
圖 4.7.2 每個輪跡安裝 3 或 4 支綴縫筋標準	157
圖 4.7.3 補強綴縫筋安裝施工程序	159
圖 4.7.4 荷重傳遞修復工法流程圖	161
圖 4.8.1 增設邊緣排水系統流程圖	171
圖 4.10.1 混凝土再生工廠作業結構概要說明	186
圖 4.11.1 黏結性混凝土加鋪鋪面	196
圖 4.11.2 非黏結性混凝土加鋪鋪面	198
圖 4.11.3 柔性鋪面的混凝土加鋪鋪面 (混凝土加鋪鋪面)	199
圖 4.11.4 鋪面修補方案的各種工法	202
圖 4.12.1 選擇維修方案的概念關係	212
圖 4.12.2 加鋪鋪面因低溫引起的應力	219

圖 4.12.3 由於移動荷重造成熱拌瀝青混凝土內的剪應力及彎曲應力	219
圖 4.12.4 土工織物的正確設置	222
圖 4.12.5 應力吸收膜層的設置說明	223
圖 4.12.6 標準裂縫阻止層的橫斷面	224
圖 4.12.7 鋪面的碎裂穩定說明	225
圖 4.12.8 熱拌瀝青混凝土加鋪的接縫鋸切和填縫說明	228
圖 6.2.1 剛性鋪面養護與維修流程架構圖	292

表目錄

表 2.3.1 剛性鋪面損壞調查表(範例 I).....	8
表 2.3.2 剛性鋪面損壞調查表(範例 II).....	9
表 2.3.3 剛性鋪面損壞型態、原因、程度與養護措施(1/4).....	10
表 2.3.3 剛性鋪面損壞型態、原因、程度與養護措施(2/4).....	11
表 2.3.3 剛性鋪面損壞型態、原因、程度與養護措施(3/4).....	12
表 2.3.3 剛性鋪面損壞型態、原因、程度與養護措施(4/4).....	13
表 2.4.1 綴縫筋尺寸及間距與鋪面版厚度相關表.....	18
表 3.2.1 二高南投名間段鋪面評估結果表.....	60
表 3.2.2 抗滑量測數據.....	66
表 3.4.1 各種維修材料種類之使用功能(張維銘，2003).....	72
表 3.5.1 國內現有平坦度量測設備.....	74
表 3.5.2 常見撓度儀器比較表.....	80
表 3.5.3 動態非破壞性試驗之適用性.....	80
表 4.3.1 不同損壞位置之最小修補尺寸規定.....	112
表 4.4.1 移除混凝土方法的優缺點比較.....	129
表 4.10.1 混凝土鋪面碎石的污染物.....	188
表 4.10.2 標準未經使用的骨材與再生骨材的性質比較.....	189
表 4.11.1 剛性鋪面加鋪類型摘要.....	196
表 4.11.2 混凝土加鋪類型的特性比較.....	203
表 4.12.1 熱拌瀝青混凝土加鋪的特性比較.....	213
表 5.1.1 公路養護手冊第四章鋪面之章節內容.....	231
表 5.2.1 剛性鋪面損壞型態名稱建議修訂之對照表.....	234
表 5.3.1 剛性鋪面損壞型態與原因(1/4).....	235
表 5.3.1 剛性鋪面損壞型態與原因(2/4).....	236
表 5.3.1 剛性鋪面損壞型態與原因(3/4).....	237
表 5.3.1 剛性鋪面損壞型態與原因(4/4).....	238
表 5.3.2 剛性鋪面養護措施名稱之建議修正對照表.....	239
表 5.3.3 各種維修補強工法與剛性鋪面損壞型態之關係.....	240

表 6.1.1 填縫工法自主檢查表	280
表 6.1.2 部份厚度修補工法自主檢查表	281
表 6.1.3 全厚度修補工法自主檢查表	282
表 6.1.4 版塊穩定和版塊頂起工法自主檢查表	283
表 6.1.5 表面刨磨及刮槽工法自主檢查表	284
表 6.1.6 荷重傳遞修復工法自主檢查表	285
表 6.1.7 增設邊緣排水系統自主檢查表	286
表 6.1.8 填縫工法規範整理	287
表 6.1.9 部分厚度修補工法規範整理	288
表 6.1.10 全厚度修補工法規範整理	289
表 6.1.11 版塊穩定和版塊頂起工法規範整理	290

第一章 緒論

1.1 研究緣起

剛性鋪面可為提供車輛行駛或航機、起降、滑行之路徑，其養護首重維持鋪面系統之服務品質、鋪面結構之完整性與安全確保。對剛性鋪面而言，其因具有相當剛性與高彈性係數，故其廣泛應用於機場跑滑道、停機坪、高速公路收費站或一般道路之交叉路口等易受車輛起步或煞車頻繁之地點，近年來更用於台北市政府公車專用道上，以解決其過度損壞而造成服務績效不佳之負面評價。由於剛性鋪面以混凝土取代瀝青作為鋪面之面層材料，雖增強其強度，但卻造成其維修時不若瀝青混凝土維修快速之缺點，國內雖有許多與此設施有關之研究或規範，但針對既有鋪面設施進行維護施工作業探討之研究則較為缺乏。且由於公路養護與新建工程有所差異，故如何正確的施工與施工材料的選定以確保施工成效與品質為本研究之首要目的。

據上所述，為確保施工品質實有賴於正確的施工方法來達成，國內目前雖有部頒之『公路養護手冊』作為依循方向，但其僅提供其面層損壞及養護之說明，對於是否足供施工規範之使用亦值探討，若破壞進一步發生在基底層，則無法有效因應，故有必要對其進行增訂。且若為基底層之問題，已非由目視方式所能判定，此需藉由檢測技術之輔助，以確認其造成損壞之真正原因方能採取正確的維護方法。而維護階段之施工品質確保與施工方法有關，由於養護階段有別於新建階段，故對於人力機具調派、材料選擇、交通維持措施、原有設施之保護等需一套有別於新建工程之考量方式。此外在查驗機制上，亦有別於一般新建工程，由於其分為一般養護、緊急養護與大型養護，故需分別針對各養護方式考量其不同查驗方式以供驗收時之依循。

1.2 研究內容

本委託計畫預定執行期程為兩年，目前規劃第一年度(97 年度)之工作項目如下：

1. 國內外剛性鋪面維護技術文獻彙整：收集國內外有關剛性鋪面維護技術之工法特性、適用情形與成效等文獻(包含與本研究相關之規範)。
2. 國內剛性鋪面維護問題分析與探討：探討目前國內剛性鋪面所發生之問題，並提出改善方法。
3. 剛性鋪面檢測技術適用性評估與檢測資料之分析：探討檢測技術對各劣化現象之檢測成效，以評估檢測方法之適用性。

4. 剛性鋪面維修及補強工法施工技術之探討：探討剛性鋪面施工時在人員機具調派、材料選用、交通維持與既有設施保護及介面處理等事項並予驗證。
5. 剛性鋪面維修及補強工法成效查驗制度之研擬：研擬不同養護方式之查驗方式，並建立制度。

並規劃第二年度(98 年度)預期工作項目為：

1. 剛性鋪面施工技術手冊草案之研擬：研擬剛性鋪面施工時之技術手冊，藉以做為工程師參循之用。
2. 剛性鋪面維護事例集之編撰及驗證：編撰事例集並現地驗證，提供工程師在施工時之參考。
3. 手冊應用之推廣教育訓練至少 3 場：針對剛性鋪面施工技術手冊與其所蒐集之事例集對現場工程人員進行解說。
4. 完成草案初審。

1.3 研究流程

剛性鋪面之評估方法以及維修工法之研發，一直以來為國內外機場以及公路鋪面相關單位所重視，因此如何得到一個最具代表性之鋪面評估結果，如何在最佳的時刻選擇最好的維修養護工法，皆為國內外研究人員所致力之課題。然而僅僅只有好的評估流程以及最佳的維修工法，若無一正確的施工程序以及技術手冊可供施工廠商以及工程人員遵循，不能完全解決現有剛性鋪面維修後發生破壞之問題。本研究有鑑於此後續將針對檢測技術、剛性鋪面維修補強技術、剛性鋪面施工、實例之蒐集與驗證進行相關手冊之建立，並且於進行實務之試行以期讓學術研究與實務相結合，以真正解決現有剛性鋪面維護之問題，其研究項目與規劃分述如下。整體之研究流程如下圖 1.3.1 所示。

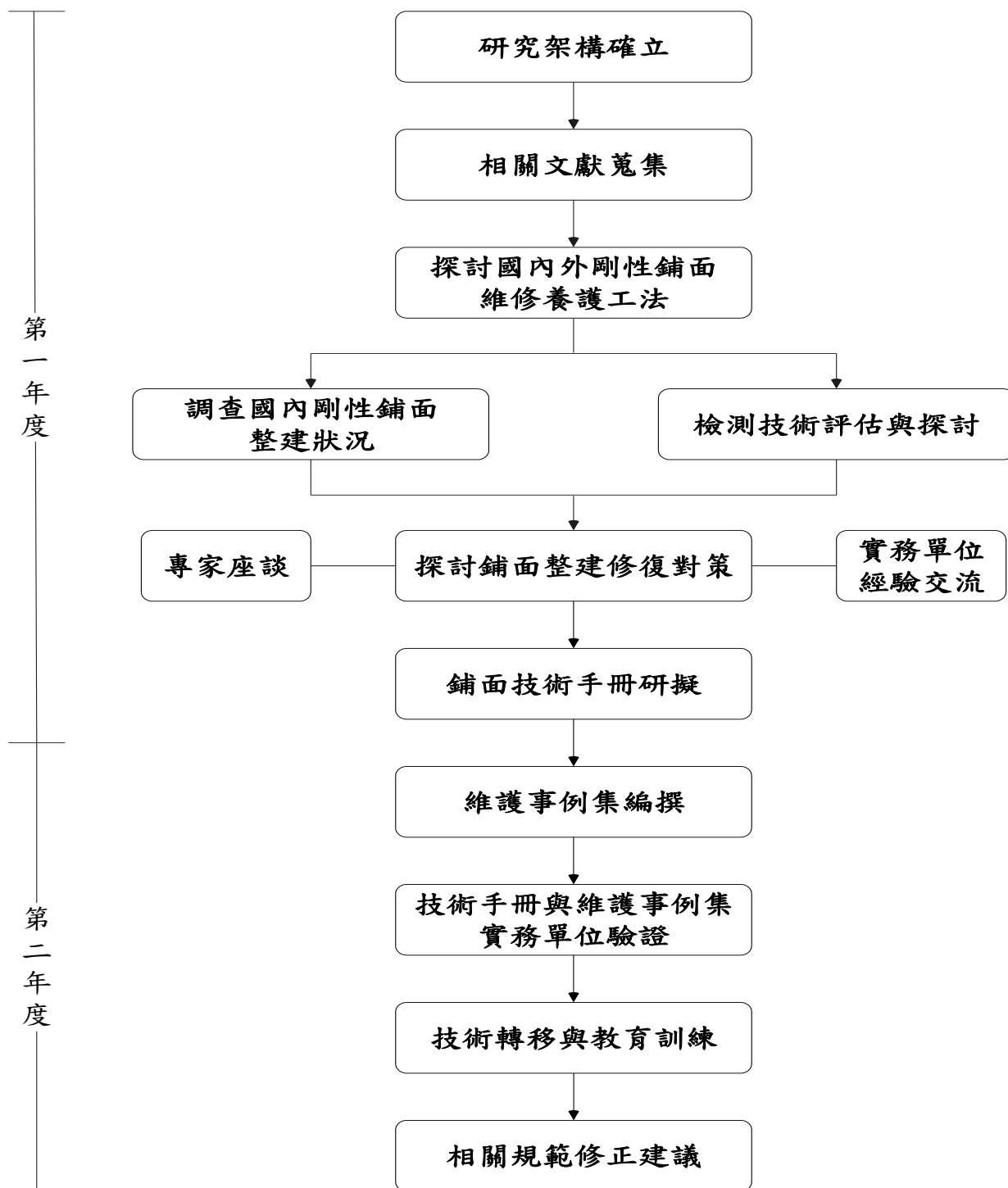


圖 1.3.1 研究流程圖

1.4 研究組織與架構

第一章：問題描述、研究主題與研究方法。

第二章：針對國內外相關養護補強技術手冊回顧與探討。

第三章：進行國內相關單位進行訪談，並針對國內剛性鋪面維護問題進行探討。

第四章：鋪面維修及補強手冊之建立，建議維修養護評估流程，以供工程師使用。

第五章：根據國內外相關文獻，進行剛性鋪面相關養護工法之建議，並提出公路養護手冊之修正建議。

第六章：鋪面查驗制度之建立，並初步建立相關工法之自主檢查表，包含填縫工法、部份厚度修補工法、全厚度修補工法、版塊穩定和版塊頂起工法、表面刨磨及刮槽工法、荷重傳遞修復工法及增設邊緣排水系統等相關工法自主檢查表，並整理填縫工法、部分厚度修補工法、全厚度修補工法、版塊穩定和版塊頂起工法等相關規範對照表。

第七章：針對期末報告成果作結論並且提出後續研究方向。

第二章 文獻回顧

2.1 剛性鋪面簡介

剛性鋪面因為使用波特蘭混凝土為面層材料，因此通稱為水泥混凝土鋪面。就剛性鋪面而言，由於波特蘭水泥所具有之高剛性及高彈性模數，因此可將所承載之車輪荷重傳遞至廣大面積之路基土壤上，而由面層之混凝土版結構強度承受鋪面荷重，若路基強度之變化不大，對鋪面之結構強度不致有太大之影響。由於混凝土(或剛性)鋪面具有結構性強之高剛性及特強之承載能力、經濟與高服務績效等優點，對於高交通量與高載重之交通路段而言，剛性鋪面為最佳之鋪築方式。近年來，我國在公路鋪面之建造與設計上採用混凝土鋪面亦逐漸增加。目前在國道中山高速公路收費站附近、新建的北部第二高速公路龍潭收費站附近之剛性路面試驗路段，和木柵福德隧道之剛性鋪面等特定區域，均先後採用接縫式混凝土鋪面，以因應國內急遽成長之道路交通乘載量。

本研究將以剛性鋪面為主要研究重點。一般而言，剛性鋪面主要可分成接縫式無筋混凝土鋪面(JPCP)、接縫式鋼筋混凝土鋪面(JRCP)、連續式鋼筋混凝土鋪面(CRCP)、與預力混凝土鋪面(Prestressed Concrete Pavement)等四種。

(1)接縫式無筋混凝土鋪面(JPCP)

混凝土鋪面中不加鋼筋，但期望能控制混凝土因溫差及乾縮而產生之不規則裂縫，故於固定間距設置橫向裂縫。裂縫間距一般為 4 公尺至 6 公尺。縮縫內可不加綴縫筋或加設綴縫筋，使鋪面具有更佳之荷重傳遞功能。

(2)接縫式鋼筋混凝土鋪面(JRCP)

此鋪面同樣具有橫向裂縫，與 JPCP 鋪面不同之處，為在混凝土鋪面中加入鋼筋或鐵絲網，以使因溫差及乾縮所產生之裂縫密和。由於鋼筋具有將裂縫拉近密合之功用，縮縫之間距因而明顯加大，而間距須視鋼筋之使用量而定，有時可達 30 公尺。因此接縫式鋼筋混凝土鋪面較接縫式混凝土鋪面具有較少之縮縫，但接縫式鋼筋混凝土鋪面之表面會產生不規則之細裂縫，尤其在下雨過後，裂縫處會有明顯之水紋。但只要裂縫不大，此種裂縫在設計上是許可的，裂縫之大小與鋼筋量有關，採用此種鋪面時，需注意鋼筋不得貫穿橫向裂縫。

(3)連續式鋼筋混凝土鋪面(CRCP)

在混凝土鋪面中加入數量相當之連續鋼筋，鋼筋之功能為使因溫差及乾縮所產生之裂縫密合。由於使用大量鋼筋，混凝土鋪面中因乾縮所形成之裂縫便以細微之形式出現，而非不規則之大裂縫。理論上連續式鋼筋混凝土鋪面不需設置任何工作縫，此乃使用連續式鋼筋混凝土鋪面之優點。由於連續式鋼筋混凝土鋪面實際上會產生裂縫，因此部分公路單位對採用此種鋪面仍持保留態度，尤其在降雨量大及有嚴重侵蝕問題之地區。

(4)預力混凝土鋪面(Prestressed Concrete Pavement)

使用先拉式或後拉式工法施工，以增加鋪面之抗拉及抗彎力。但由於造價高及需要特殊之施工技術，故未被普遍採用。

2.2 剛性鋪面常見破壞原因分析

在民國 92 年 3 月部頒之公路養護手冊中指出，剛性鋪面之面層損壞型態，可區分為裂縫、接縫損壞、表面缺陷、及其他等四類，各類損壞型態的內容及項目如下(FHWA, 2003；夏桂華，2000；林昭斌，2004)：

1. 裂縫：裂縫損壞係因交通量、施工不佳、基礎掏空，及自然環境等因素造成。損壞型態有縱向裂縫、蜿蜒裂縫、橫向裂縫及角隅裂縫等四項。
2. 接縫損壞：接縫損壞係因異物進入接縫內造成混凝土剝離，或是接縫填縫料損壞，或底基層、路基等細微材料被帶至表面的現象。損壞型態有接縫剝離、唧水、填縫料散失、拱起斷裂及段差等五項。
3. 表面損壞：表面損壞係因鋪面發生粒料分解、表面受到化學侵蝕、受外力作用產生坑洞等所造成之鋪面損壞。損壞型態有磨光、粗粒料散失、坑洞、剝落、鬆散及修補或修補變壞等六項。
4. 其他：剛性鋪面損壞型態除上述三種型態之外者。損壞型態有縱向分離、輪跡磨耗及車道路肩分離等三項。

2.3 剛性鋪面面層損壞調查

鋪面面層損壞調查可分成兩類：第一類為人工調查法，調查員在現地觀察與記錄。第二類為自動化調查法，利用儀器在現地錄製鋪面影像，在室內進行自動化或人工之鋪面損壞分析。由於國內的鋪面損壞調查皆以人工為主，並輔以簡易量測工具，而採自動化調查法則需要另添購儀器，故現階段的損壞調查以採人工調查法較為適用；但公路管理單位亦可發展或使用自動化調查技術進行鋪面損壞調查。

若採人工調查方式，調查人員乃依車行方向調查鋪面損壞為原則，觀察調查路段之鋪面損壞並記錄之。依調查方式分成：

1. 人工填表法：調查員依其所觀察到的損壞種類、數量及嚴重程度填寫於既定鋪面損壞調查表格。此種方式的優點是可以詳細記錄損壞所需資料，並確保資料的精確性。
2. 儀器記錄法：調查員將其所觀察到的損壞種類、數量及嚴重程度輸入簡易資料儲存設備，回到辦公室將資料整理或儲存。此種方式的優點是調查速度較填表法節省現場時間，缺點是初置成本較高且人員訓練要求較高。

此項調查每年或必要時進行一次，有關調查內容、調查程序、調查資料記錄，以及調查注意事項等列述於後。表 2.3.1 及表 2.3.2 為示範性之剛性鋪面損壞調查表。在進行完調查後需再由工程師作進一步之整體性分析判斷，並可參考表 2.3.3 以決定適當養護措施。

表 2.3.1 剛性鋪面損壞調查表(範例 I)

[illegible]

註：

1. 欄(1)需填上破壞種類及嚴重程度，如 4L 即代表輕級破壞之橫向裂縫。
2. 欄(2)填上該破壞之數量。
3. 欄(3)填上該破壞之累計數量，即累加欄(2)中之數字。
4. 欄(4)依據欄(3)之數據，除以取樣單位之總版塊數，得到該樣本單位之密度百分比。
5. 依據 ASTM D6433(Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Survey)規範中附錄所附之折減曲線圖，可依破壞型式、嚴重程度及密度查出對應之折減值。

表 2.3.2 剛性鋪面損壞調查表(範例 II)

公路編號：

日期： 年 月 日 天氣狀況(晴/陰/雨)：

調 查 單 位					起 迄 樁 號	
資料單元代碼					路 段 長 度	公尺
車 道 位 置					車 道 寬 度	
損壞 種類	損壞型態	損 壞 程 度			損壞 範圍	備 註
		輕級(L)	中級(M)	重級(H)		
裂 縫	縱向裂縫				長度	
	蜿蜒裂縫				長度	
	角隅裂縫、 角隅斷裂				長度	
	橫向裂縫				長度	
接 縫 損 壞	接縫剝落				長度	
	唧水				面積	
	填縫料散失				長度	
	拱起斷裂				面積	
	段差				落差	
表 面 損 壞	磨光				面積	
	粗粒料散失				面積	
	坑洞				面積	深度與面積
	剝落				面積	
	鬆散				面積	
	修補或修補變壞				面積	
其 他	縱向分離				長度	
	輪跡磨耗				長度	
	車道—路肩分離				長度	
單位主管：		調查人員：				

表 2.3.3 剛性鋪面損壞型態、原因、程度與養護措施(1/4)

損壞型態		損壞現象	主要原因	損壞程度		養護措施
裂 縫	縱向裂縫	鋪面版發生幾近與鋪面中心線平行的裂縫	1.側向收縮、彎曲或扭曲 2.路基沉陷、滑動或承载力不足	L 級	平行於車行方向之髮裂，無剝落或斷裂	可暫不處理，裂縫寬度大於 3mm 時，填封裂縫
				M 級	少量剝落，斷裂少於 13 公厘	密封裂縫
				H 級	裂縫寬度大於 25 公厘或有明顯剝落，或斷裂大於 13 公厘	密封裂縫、全厚度修補或版塊更新
	蜿蜒裂縫	鋪面版呈現類似蛇形越過車道之裂縫	1.溫濕度變化，混凝土伸縮 2.底層承载力不足 3.鋸縫過遲	L 級	兩側距接縫 30 公分寬度內有縱橫向裂縫，無接縫剝落	可暫不處理
				M 級	兩側距接縫 30 公分寬度以外有裂縫，少量剝落，臨時性修補蜿蜒裂縫	全厚度修補或接縫重修
				H 級	距接縫處有明顯之剝落裂縫，接縫處已全部形成此類型之裂縫	全厚度修補、接縫重修或版塊更新
	角隅裂縫 角隅斷裂	鋪面版呈現與縱向接縫或邊緣及橫向接縫或其他裂縫形成三角形之斜向裂縫	1.底層承载力不足 2.壓縮壓力過大，行車荷重損壞	L 級	髮裂尚固緊，可封住裂縫，未剝落及斷裂	可暫不處理，裂縫大於 3mm 時填封裂縫
				M 級	斷裂或裂縫小於 13 公厘，少量剝落	密封裂縫、全厚度修補
				H 級	斷裂大於 13 公厘寬；剝落多於兩塊以上者	全厚度修補
	橫向裂縫	鋪面版呈現與鋪面中心線垂直之裂縫	1.溫、濕度影響 2.施工材料品質不良 3.施工方法不妥 4.接縫間距過大	L 級	垂直於車行方向之髮裂，無剝落、斷裂現象，長度小於 1.8 公尺	可暫不處理，裂縫大於 3mm 時填封裂縫
				M 級	工作裂縫含有少量剝落或斷裂小於 13 公厘	密封裂縫
				H 級	裂縫大於 25 公厘，明顯剝落或斷裂大於 13 公厘	密封裂縫、全厚度修補或版塊更新

表 2.3.3 剛性鋪面損壞型態、原因、程度與養護措施(2/4)

損壞型態		損壞現象	主要原因	損壞程度		養護措施
接縫損壞	接縫剝落	接縫兩側鋪面版端緣呈破裂或缺口之現象者	接縫間隙因外物侵入而使鋪面版之伸張受到拘束	L 級	剝落或沿邊未超過 7.5 公分 (在接縫每邊上無修補過)	可暫不處理
				M 級	剝落或沿邊超過 7.5 公分, 有些鬆散, 惟剝落處未全部損害, 有些臨時性之修補	部分厚度修補
				H 級	接縫已嚴重剝落或沿邊已全部損害或安全已有危險存在	部分厚度修補或接縫重修
	唧水	水和細粒料在輪荷重之下壓力作用下被帶出, 常造成版底空洞而失去支承力, 導致裂縫進一步斷裂情形	1. 裂縫滲水或版塊表面破洞進水 2. 接縫填縫料毀損進水	L 級	當汽車駛過時水從接縫、裂縫、路肩/車道縱向縫出來	可暫不處理或灌漿
				M 級	在接縫或裂縫上有些噴出材料, 版底可能存在空洞	接縫及裂縫填封或全厚度修補
				H 級	在鋪面上層、車道、路肩或裂縫上有噴出材料	接縫及裂縫填封或全厚度修補
	填縫料散失	接縫填縫料被擠出或行車黏脫而散失	1. 行車影響 2. 接縫縫隙縮減而擠出	L 級	散失之填縫劑佔 10% 以下	填封
				M 級	散失之填縫劑佔 10%~50% 間	填封
				H 級	填縫劑超過 50% 之散失	填封
	拱起斷裂	於鋪面最脆弱的鋪面版接縫附近, 鋪面版產生斷裂而呈不平整現象	1. 鋪面版伸展受到限制, 使鋪面版內壓應力過高 2. 鋪面版端承載情況不良, 使鋪面版之變形過大	L 級	些許跳躍造成行駛不舒適	可暫不處理
				M 級	明顯跳躍造成行駛不適坦	全版寬全厚度修補
				H 級	嚴重跳躍造成實際之不適坦且危險, 或車輛損壞需要降低速度才安全	全鋪面版更新
	段差	同一接縫兩側鋪面版呈現高低不平現象	1. 鋪面版底之細粒料被水帶走 2. 底層因水膨脹 3. 底層承載強度不均勻	L 級	落差 ≤ 6 公厘	灌漿頂起鋪面版
M 級				6 公厘 < 落差 ≤ 20 公厘	表面處理或底緣排水處理	
H 級				落差 > 20 公厘	全鋪面版更新	

表 2.3.3 剛性鋪面損壞型態、原因、程度與養護措施(3/4)

損壞型態		損壞現象	主要原因	損壞程度					養護措施
表 面 破 壞	磨光	鋪面版表面層的粗粒料被磨光形成光滑的外觀	輪荷重之磨光作用	1.記載磨光面積 2.未規定級別					表面處理
	粗粒料散失	鋪面版之粗粒料散失，形成許多小洞	1.施工不良 2.混凝土品質不佳 3.輪荷重與環境因素影響	L 級	表面狀況良好，只有粗粒料些許散失				瀝青混凝土填補
				M 級	粗粒料散失面積＜15%				部分厚度修補
				H 級	粗粒料散失面積＞15%				全厚度修補或全鋪面版更新
	坑洞	片脫或裂縫的持續惡化形成鋪面版局部較深的材料散失	1.水泥混凝土品質不佳 2.施工不良 3.輪荷重與環境因素影響	等級與面積、深度有關：					L:瀝青混凝土填補 M:部分厚度修補或全厚度修補 H:全鋪面版更新
				面積(平方公尺)：					
				＜1/3		1/3~1		＞1	
				深度	＜25	L	L	M	
				(公厘)：	25 50	M	M	H	
	＞50	M	H		H				
	剝落	鋪面版發生片脫形成鱗片狀現象	1.水泥混凝土品質不佳 2.施工不良	L 級	版塊上有網狀裂縫存在，表面仍然是良好狀況，只有一些次要剝落。				瀝青混凝土填補
				M 級	版塊受到剝落影響之面積少於 15%。				部分厚度修補或全厚度修補
				H 級	版塊受到剝落影響之面積大於 15%。				全鋪面版更新
	鬆散	鋪面版混凝土內細粒料散失呈現連續性鬆散現象	1.水泥混凝土品質不佳 2.施工不良 3.行車作用之影響	L 級	表面狀況良好，只些許細粒料散失。				瀝青混凝土填補
M 級				細粒料散失面積＜15%。				部分厚度修補或全厚度修補	
H 級				細粒料散失面積＞15%。				全鋪面版更新	

表 2.3.3 剛性鋪面損壞型態、原因、程度與養護措施(4/4)

損壞型態		損壞現象	主要原因	損壞程度		養護措施
表 面 破 壞	修補或修補變化	修補區域出欠、剝落、裂縫或與四周銜接之高低差等現象	原來之鋪面曾經移開並更換新的材料，而又發生損壞現象	L 級	修補狀況良好，績效滿意，斷裂長度小於 6 公厘	可暫不處理
				M 級	(1)斷裂達 6-20 公厘 (2)有 L 級裂縫或沿邊 M 級之剝落 (3)臨時性修補	填封裂縫或重新修補
				H 級	修補區域已變壞，亟需再行修補	重新修補
其 他	縱向分離	與行車垂直方向之相鄰兩面版於縱向接縫處呈開裂現象	1.行車影響 2.底層承载力不足 3.版塊滑動	L 級	輕微開裂或斷裂	可暫不處理
				M 級	開裂寬度 ≤ 25 公厘	填封
				H 級	開裂寬度 > 25 公厘	全面版更新
	輪跡磨耗	鋪面版於車輪行走處呈兩道轍槽現象	行車影響	L 級	高低差 6~13 公厘	表面處理
				M 級	高低差 13~25 公厘	表面處理
				H 級	高低差大於 25 公厘	表面處理
	車道－路肩分離	車道與路肩之間的接縫加寬，路肩自車道向外產生側向移動	車道與路肩之差異沉陷	L 級	落差 ≤ 6 公厘	穩定路基並填封
				M 級	6 公厘 $<$ 落差 ≤ 20 公厘	穩定路基並填封
				H 級	落差 > 20 公厘	穩定路基並填封

2.4 國內現行剛性鋪面養護方法

在民國 92 年 3 月部頒之公路養護手冊中指出，我國現行之剛性鋪面養護方法主要包括緊急養護、一般養護、與大型養護等三大類，茲簡述如下：

2.4.1 緊急養護

鋪面損壞若其損壞程度較嚴重或出現位置可能危及行車安全時，應於檢查或查報後儘速進行養護，當水泥混凝土鋪面面版發生局部損壞或斷裂需等待正規維修時，可用瀝青混凝土填補工法作為暫時性應急補救措施，以暫時維持行車品質並防雨水等滲入而造成鋪面結構之急速破壞。本工法之材料用量一般都很少而且零星，若情況緊急且熱拌料不易獲得時，可用冷拌料為之。惟事後於正常養護改善時，應先將全部填補之瀝青混凝土料挖除後重新辦理改善作業(交通部，2003；交通部民用航空局，1998)。

1. 施工方法

(1) 熱拌混合料填補法

A. 材料：以最大粒徑 13 公厘以下之熱拌密級配瀝青混凝土為宜。

B. 施工方法

- a. 將損壞部分及其周圍之不良部分，用混凝土切割機切割(形狀為方形或長方形)後挖除，挖除面應垂直。
- b. 將內部或周圍鬆散粒料及雜物清除。
- c. 底部及周圍均勻塗抹一層黏層(可採用乳化瀝青)。
- d. 將熱拌混合料倒入並耙平，填補高度約高出原鋪面 2~3 公厘(或以上)。
- e. 以壓路機或搗固機壓實。
- f. 經必要之養治即可開放通車。

(2) 常溫混合料填補法

若連續下雨數日，導致鋪面出現大坑洞，在坑洞潮濕情況下，可採用常溫混合料填補法做為緊急填補措施，惟其穩定性較不確定。

A. 材料：一般為瀝青系常溫型冷拌混合料，市面以袋裝商品供應，養護單位平日需準備購置存放以應急需。

B. 施工方法

- a. 清除坑洞內雜物、積水及碎料。
- b. 倒入冷拌混合料，敲擊鬆散，並使其高出鋪面約 2~3 公厘(或以上)。
- c. 用夯實機夯實後即可開放通車。

2. 注意事項

- (1) 損壞待養護區域若有鬆散粒料或異物時，需先行清理並加塗黏層以確修補材料與原有鋪面之黏結。
- (2) 若損壞區域與周邊鋪面存在有高差，需先修正其高差之後再行修補。
- (3) 若養護時間、經費與環境條件許可，對於坑洞與沈陷可進行效果較佳之永久性修補。對於坑洞損壞之養護，需先行將洞口四周與基底層表面裸露材料清除後，再依上述熱拌混合料填補法進行養護；對於沈陷之養護，則需先以刨除方式修正路段高差，再依上述熱拌混合料填補法進行養護。

2.4.2 一般養護

剛性鋪面主要之一般養護方法包括裂縫填封、部分厚度修補、全厚度修補、底層灌注、底緣排水、表面處理，以及局部打除重做等七種(交通部，2003；高公局，2003；張維銘，2004)，其施工方法分別說明如下。

2.4.2.1 填封

填封工法係因鋪面版發生裂縫、縱向分離或鋪面接縫填縫料散失(AASHTO, 1985; 1990; FHWA, 1998)，但尚未進一步損壞前，以填縫料填封改善之施工法。填封之目的有二：(1)防止鋪面水滲入鋪面版底產生唧水現象而導致鋪面版損壞；(2)防止不可壓縮物體進入接縫而導致鋪面版端緣碎裂等損壞。填封可以現場澆(灌)注填縫料或裝置成型填縫條等方式辦理。採用成型填縫條應特別注意，在冬季當接縫寬度開至最大間隙時，裝置之填縫條仍能維持壓縮狀態。

填封前，應先清除原有之接縫，或以鑽石鋸片鋸割寬 1 公分、深 3 公分的 U 型新接縫，並以高壓空氣吹除乾淨，待表面乾燥後，再灌注填縫料。又裂縫之填封應先以小型鋸片順著裂縫形狀鋸割成寬 1 公分、深 3 公分之 U 型縫隙，再按填封要領作業。接縫以壓縮空氣吹淨後，接縫底部置放薄塑膠片或成型填縫條，再灌注填縫料，如圖 2.4.1 所示。填縫料下緣與接縫底水泥混凝土面務需分離，使填縫料兩側與鋪面版兩端接縫垂直面密接，以免鋪面版收縮時，填縫料下緣受到侷限而使填充料喪失側面之黏著力。

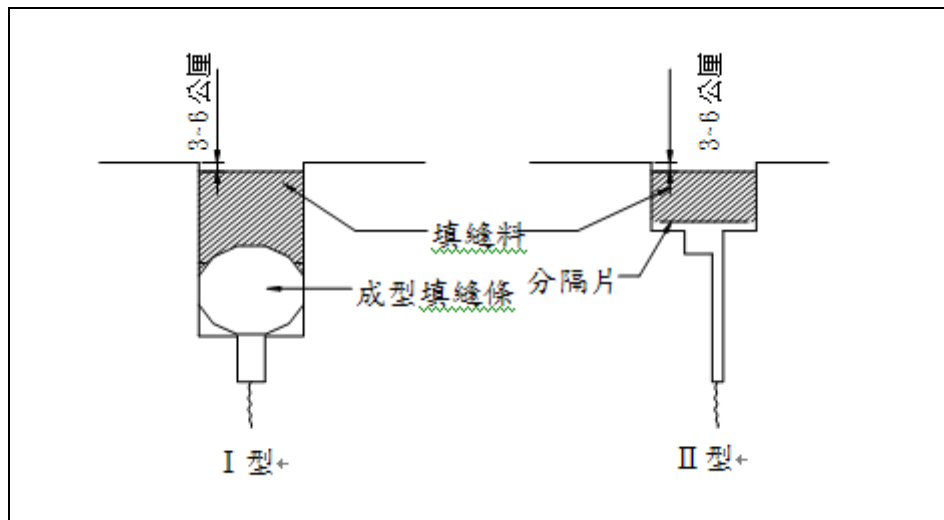


圖 2.4.1 填封方式

填封工作每年需固定實施一次或兩次調查及維護，將散失部分再填封，而當填縫料散失達 40% 以上或已使用相當年限後(呈老化現象)，則需將原有填縫料全面清除後再重新填注填縫料以維持完整。

2.4.2.2 部分厚度修補(Pot Patching, Partial Depth Patching)

當鋪面版上半部如發生接縫剝落、坑洞、表面剝落等損壞，而深度未達版厚之半時，可採用部分厚度修補工法，修補材料可分為水泥系及樹脂系兩種，而依所用粒料尺寸可分為砂漿及水泥混凝土兩類。(AASHTO, 1985; 1990; FHWA, 1990)

(1) 以水泥系材料修補

水泥系材料具有容易作業、並可獲得所需強度之優點，但有養治時間較長之缺點。

- A. 材料：依據交通條件選用適當水泥系材料，如普通水泥、早強水泥及超早強水泥等。若修補厚度較小並以水泥混凝土修補時，粗粒料最大尺寸不宜超出施工厚度之 1/3。其拌和不宜使用高水泥量，且需採用坍度較小者。
- B. 施工：一般依下列順序辦理。
 - a. 打除損壞部分，接合面應為良好無損之水泥混凝土面，清除碎碴。打除時不得切斷鋼筋或鋼筋網，如有斷損應予接回。
 - b. 接合面塗布環氧樹脂後，應即澆置預先拌好之水泥砂漿或水泥混凝土。
 - c. 鋪築後應予搗實，並加以鎚平。
 - d. 鎚平至所需之高度後，以軟掃帚順一定方向掃成規則之紋痕。
 - e. 視所用之水泥種類決定養治時間及開放通車時間。

(2) 以環氧樹脂材料修補

其養治時間較水泥系材料短、強度高，但費用也較高。

A. 材料：包括環氧樹脂及多元酯等多種，一般以使用環氧樹脂砂漿較多，其方法係以環氧樹脂(以主劑與硬化劑混合)為結合料，再以乾燥砂砂或適當級配之硬質粒料混合而成，其配合比一般為樹脂：粒料為 1:4 至 1:10 之間。硬化時間因溫度而異，通常可供施工之時間為 10~30 分鐘，養治時間約 2~8 小時。在氣溫低時硬化反應較慢，故氣溫在 5℃ 以下時不宜施工，而氣溫高時會發生急速硬化現象，故夏季最好在氣溫較低之上午施工。

B. 施工：一般按下列順序辦理。

- a. 打除損壞部分以鋼刷等刷除油污、塵土等，再以空氣壓縮機吹除碎碴、土粉等，使接合面保持乾淨。
- b. 接合面乾燥時即可均勻塗刷黏層，其用量為 $0.3\sim0.5\text{ kg/m}^2$ 或經工程司認可之使用量。
- c. 黏層未乾之前，敷設環氧樹脂砂漿，並充分夯實。
- d. 養治期間及硬化以前應嚴防雨淋。若需承受應力部分更應慎重予以養治。

(3) 一般注意事項

- A. 修補厚度不宜太薄，並以 10 公分為原則，但不得大於原鋪面版版厚之一半。
- B. 打除部分之底面勿需太平整，但以整個底面有向內稍為傾斜者為佳。又修補區切割線切割深度在 5 公分以下時，需以手工具打除，其垂直面亦勿需太平整。
- C. 雜物、灰塵及已鬆動之部分，應徹底清除乾淨。
- D. 塗抹環氧樹脂黏層應完全均布並要有適當之厚度。
- E. 水泥混凝土料應儘量均勻鋪設並予以搗實，以避免震動過度致使粒料析離。
- F. 一個修補區之修補作業應為連貫作業，即由損壞部分之切割、打除，至噴灑養治劑為止，應為一貫作業完成。

2.4.2.3 全厚度修補(Full-Depth Patching)

全厚度修補工法為鋪面版發生斷裂、嚴重裂縫或有較大面積之損壞，而其損壞深度達 10 公分，或鋪面版版厚之一半以上時之鋪面版維修工法。

(1) 施工步驟

- A. 確定損壞範圍。其修補範圍，橫向以全版寬為原則，縱向長度至少應有 1.8 公尺以上。惟所剩餘原有鋪面版之縱向長度亦不得小於 1.8 公尺。
- B. 鋸割並清除損壞部分之鋪面版。鋸割線應與橫向接縫平行，損壞版塊最好以吊除方式辦理，以避免底層受到擾動。
- C. 修補範圍之底層應加予整平夯實。
- D. 於原鋪面版橫向垂直面中央鑽設綴縫筋孔，最外側綴縫筋孔應距版緣 20 公分，其他孔與孔之間距為 30 公分(鋪面版厚 15~32 公分時)或 38 公分(鋪面版厚 33~42 公分時)。
- E. 綴縫筋(尺寸資料詳表 2.4.1)固定端以環氧樹脂充分固結，活動端以塑帶包紮並塗油脂，其兩端點與水平面及垂直面間最大偏差均不得大於 10 公厘。如兩側皆為新築水泥混凝土面時，綴縫筋應固定於一體之金屬支架上，該支架應固定於路基上，澆置水泥混凝土時不得產生位移或傾斜。

表 2.4.1 綴縫筋尺寸及間距與鋪面版厚度相關表

鋪面版厚度 (公分)	鋼筋直徑 (公厘)	鋼筋長度 (公分)	鋼筋間距 (公分)
15 - 20	20	46	31
21 - 32	25	46	31
33 - 42	30	51	38

- F. 水泥混凝土澆置、搗實並整平後，在水泥混凝土仍具塑性、且有足夠硬度時進行掃紋作業，掃紋利用金屬針梳沿橫向拖曳而成，金屬針梳由 2.4 公厘寬、12~15 公分長，約 1.27 公分間距之金屬薄片組成。
- G. 掃紋過後隨即以養治劑噴洒養治。
- H. 鋸縫
 - a. 原有接縫鋸縫：原有接縫寬度不足 1 公分者，應重新鋸縫，完成新縫尺寸為：寬 1 公分、深 3 公分。

b. 新設接縫鋸縫

(a). 第一次鋸縫

- 接縫位置、深度及寬度均需依照設計圖說規定施工。
- 橫向接縫需沿縱縫筋組合中心線切鋸，中心線之位置，在未澆置水泥混凝土前即應預留記號標定。鋸縫前應依標記繪線後，再據以施工。
- 鋸縫作業應在水泥混凝土充分硬化，而又不至於在鋸切時產生大量剝落時儘快進行，一般為水泥混凝土澆置後 4~24 小時之間，在天氣炎熱及日夜溫差大時，儘可能在 4~8 小時內即需進行鋸縫。
- 鋸縫作業應不論氣候狀況採日以繼夜方式進行。
- 鋸縫時若角隅剝落很多且寬度在 0.5 公分以上時，則鋸縫時機需予以延緩；輕微的剝落屬正常現象，若鋸縫頂部邊緣完整無剝落，可能時機已晚，不規則裂縫亦可能已經產生。
- 鋸縫深度及寬度應以鋼尺經常量測，第一次鋸縫之深度應至少為面版厚度之 1/4，第一次鋸縫寬度為 3.2 公厘。
- 水泥混凝土澆置前，即應預先檢查並確認切割機組件是否能正常運作，同時需有備份切割機及鋸片備用，以免延誤切割時機而發生裂縫，若切割機組件故障，不得澆置水泥混凝土。
- 鋸縫時若發現已有裂縫產生，應採跳越切鋸方式施工，以減少不規則裂縫繼續產生。
- 切鋸完成之鋪面應以高壓水柱沖刷乾淨，以免碎雜物嵌入鋸縫口，並應防止車輛經過時壓毀鋸縫邊緣。

(b). 第二次鋸縫

- 第二道鋸縫之深度及寬度均應如設計圖所示，依序完成，鋸縫作業完成後，應立刻以高壓水沖洗接縫，以除去鋸縫凹槽中之碎屑。
- 第二道鋸縫應在水泥混凝土達到足夠抗壓強度(240 kg/cm^2 以上)時施工，以防止切鋸時剝落。

(2) 一般注意事項

- A. 為防止過分擾動底層，最好採用全厚度鋸割吊除方式辦理。
- B. 修補縱向長度最少為 1.8 公尺。
- C. 底層應予整平夯實。

- D. 原接縫應確實保留。
- E. 復原後之接縫應確實填封完全。
- F. 原有鋪面版若無綴縫筋，維修時應一律加設綴縫筋。
- G. 損壞部分吊除後應即著手鋪設水泥混凝土，以免底層受氣候影響。
- H. 鋪設之水泥混凝土應避免採用高水灰比及高水泥含量之水泥混凝土，以減低發生乾縮裂縫之機率。
- I. 應充分養治後才能開放行車。

2.4.2.4 底層灌注

底層灌注係在填充水泥混凝土鋪面版與底層之空隙，或將沉陷之水泥混凝土鋪面版抬高，使其恢復原狀，以達到穩定鋪面版或使已受到滲入水損害之鋪面結構獲得改善 (AASHTO, 1998；FHWA, 1982；FHWA, 1998)。灌注用材料有水泥及瀝青兩系列，近年來已有多種新灌注材料及工法開發成功或試用中。

(1) 水泥灌注法

此法可分為填充鋪面版與底層之空隙及將沉陷之鋪面版抬平兩種。此法養治時間較長，若不予養治而開放通車，則水分會發生唧水作用反而導致鋪面版之損壞。一般養治約需三天以上。灌注材料以水泥漿為主，亦可加細砂、飛灰、矽砂及石膏等材料，混合漿之配比需以稠度是否適當來調整配比，通常係採用稠度錐來測試並在 10 至 16 秒內流完為度。

施工之順序與(2)瀝青材料灌注法大致相同。抬平鋪面版時其鑽孔之位置如圖。灌注壓力約為 $3\sim5\text{ kg/cm}^2$ 。應由沉陷最大處之鑽孔先行灌注，依圖 2.4.2 之順序，先以少量灌注，再繼續灌注至鋪面版平整為止。

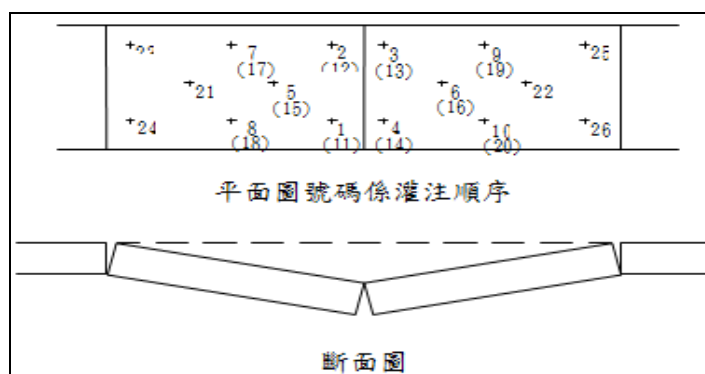


圖 2.4.2 抬平鋪面版

(2) 瀝青材料灌注法

直徑為 50~60 公厘。灌注孔之排列方式影響其成效甚鉅，灌注材料採用針入度 10~40 之吹製地瀝青，其施工順序如下：

- A. 於水泥混凝土鋪面版鑽孔，圖 2.4.3 係灌注孔之鑽孔例。孔之排列應依下列因素考慮後決定。
- 水泥混凝土鋪面版之大小、沉陷量、裂縫之情況。
 - 灌注機械、壓力及所用之瀝青材料。

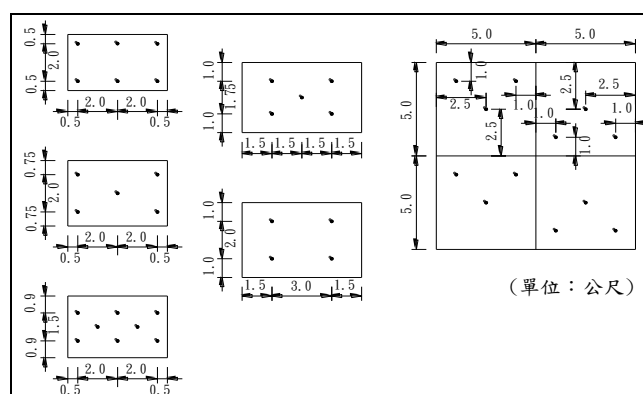


圖 2.4.3 灌注孔之位置

- B. 鑽孔後以小口徑之空壓管清除孔之周圍雜物及塵土，並於孔下吹成小空洞，再以灌注管嘴泵送空氣清除版下之砂土及水分，使版與底層有良好通道。擬灌注瀝青材料之鋪面版上最好塗刷一層石粉水，以便瀝青材料溢出或滴落而污染鋪面時，易於清除。
- C. 瀝青材料加熱至 210°C 以上，以 $2\sim4\text{ kg/cm}^2$ 壓力用圖 2.4.4 之噴嘴灌注。灌注量依水泥混凝土鋪面版及底層之情況而異，約在 $2\sim6\text{ kg/cm}^2$ 之間。本項作業在高溫下進行，除應注意防火及灼傷外，並應注意下列各項：
- 操作灌注嘴之作業員必須戴口罩及手套。
 - 孔內若有水分，將產生蒸氣壓力，會使瀝青噴出。
 - 作業時瀝青會由灌入孔、其他孔洞、裂縫、接縫及路肩等處噴出，應予注意。
 - 抽出灌注嘴時，慎防瀝青倒流。

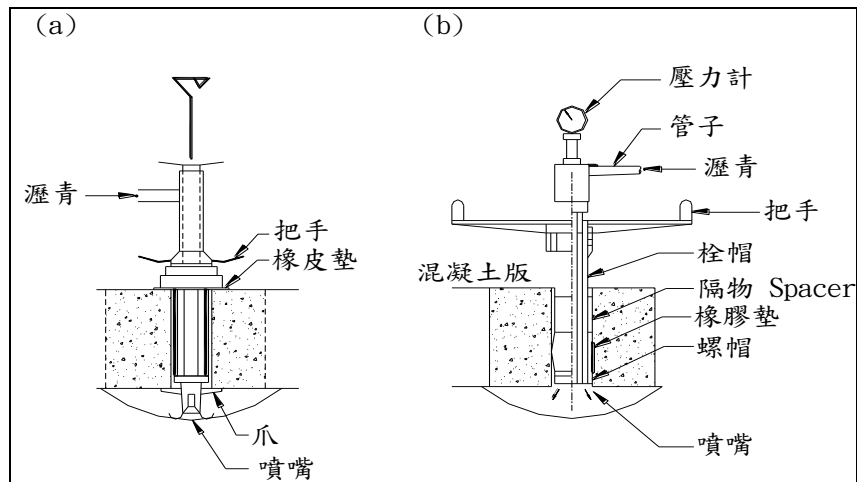


圖 2.4.4 瀝青灌注用噴嘴

- D. 灌注完成後，等待約 30 秒，再將灌注嘴管抽出，並立即將木塞打入孔口。
- E. 俟瀝青材料之溫度降低及凝固後再將木塞拔出，並以水泥砂漿或瀝青砂漿灌入孔內以填平灌注孔。通常灌注後約 30 分鐘至 1 小時即可開放通車。

2.4.2.5 底緣排水

底緣排水亦即鋪面版下或車道邊緣鋪面版底層排水，係指設置於車道鋪面版下或車道外側路肩下之排水暗溝，其功用係將經由接縫或裂縫滲入鋪面版下的水儘速排除，以避免久留而導致唧水、錯離或鋪面版折斷等現象之工法 (AASHTO, 1985; 1990；交通部，2003)。當水泥混凝土鋪面版甚寬時，在鋪面版維修同時可在鋪面版下加作橫向或縱向之暗溝排水，但應特別注意一定要有排水口。一般情形為邊緣排水設置於車道外側路肩下較易引水排洩，該暗溝可於鋪面版維修同時加作，亦可單獨施作以利改善。其施工順序如下：

- (1) 鋸割暗溝，寬度大於 15 公分，深度需視底層材料而定。若底層為不透水層，其排水暗管(即透水管)頂面需比鋪面版底面深 5 公分。若底層為透水材料時，其排水暗管頂面需平於或低於底層底面為宜。
- (2) 暗溝開挖，較長之縱向暗溝需每隔 10 至 15 公尺加設一橫向暗溝連接路邊之排水系統，將水導引排除，其坡度應達 5 % 以上。
- (3) 鋪設透水性工程不織布。
- (4) 安置透水管於暗溝中央。通常透水管直徑為 5 公分，同一斷面需有三個開孔，相鄰兩孔所對應之圓心角為 120° ，孔徑為 0.13 公分，且每 30 公分長度之開口總面積應大於 13 平方公分以上。

(5) 回填透水性材料。

(6) 鋪設面層。

橫向暗溝之排水口位置應注意：(1)出口處不易產生沖刷情況(2)易於維護。

2.4.2.6 表面處理

表面處理工法是使用機械將鋪面版表面刮除一薄層，或以樹脂瀝青砂漿等特殊材料於鋪面版上鋪設一薄層，以改善水泥混凝土鋪面版表面缺陷之工法(交通部，2003；陳順興，2004)。表面處理的方式有二：

- (1) 鋪面刮槽或研磨：本工法是以刮槽機或研磨機將水泥混凝土鋪面版表面刮成溝槽，或刮除一薄層來增強鋪面版表面之抗滑性能，其處理斷面可參考圖 2.4.5。處理完後必定損傷原完整之接縫填封，故需伴隨接縫的再填封作業。另為消除段差損壞，必須處理使之平整，刮槽或研磨工法僅限用於水泥混凝土鋪面版結構尚稱完整，即鋪面版裂縫或斷裂情形極少的情形，或雖已發生裂縫或斷裂但已經修補處理完竣之水泥混凝土鋪面版，其功用為可提高鋪面抗滑性能和行車品質。

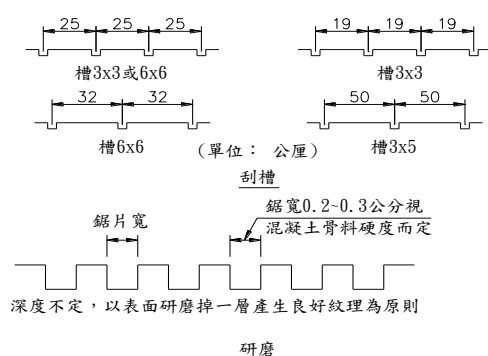


圖 2.4.5 鋪面刮槽或研磨表面處理斷面圖

- (2) 薄層：本工法係以特殊的樹脂瀝青膠泥砂漿，或瀝青混凝土等材料於水泥混凝土鋪面版上加鋪 1.5 公分厚以下之薄層，以改善鋪面版表面抗滑性能或鋪面版平整度。本工法可應用於暫時性的局部改善，或較正規的全面改善。施工時均應注意將薄層區域原鋪面版表面於施工前清洗乾淨，同時黏層材料應能確實與原鋪面版黏結良好。又暫時性的局部改善時，薄層區域需為平行四邊形，且其中一邊應與行車方向平行。而全面改善時，原有水泥混凝土鋪面版需先整修完竣後始予辦理。另採用本工法時反射裂縫之發生在所難免，此點在採用本工法前應先予充分之了解。

2.4.2.7 局部打除重作

當鋪面版裂縫已達重級裂縫以上時，宜採用部分鋪面版局部打除重作工法改善。本工法是將部分鋪面版移除後在現場澆置水泥混凝土予以更新。其施工順序如下：

- (1) 鋸割鋪面版與路肩之接縫或鋪面版之縱向接縫及橫向接縫。
- (2) 移除原有損壞之鋪面版與不良之底層材料。
- (3) 重新夯壓基層及底層，必要時需增加鋪面版厚度。
- (4) 設置縱縫筋、水泥混凝土澆置、掃紋、鋸縫及填封等作業。

2.4.3 大型養護

當路段中損壞類型較為複雜、損壞範圍較大時，考量養護作業之施工效果、經濟效益與對用路人之衝擊，經審慎評估後可採行大型養護方法，於單次養護作業中修復多數損壞。大型養護方法係計畫性養護工作，即基於前述鋪面調查作業後，依據鋪面養護需求，排定一至二年期程之養護工作 (AASHTO, 1985; 1990; FHWA, 1998; 交通部, 2003; 國工局, 2003)。因其涉及範圍較大且施工時間較長，當決定採行大型養護時，應針對該路段再行確認鋪面狀況，依據評估結果研擬應採行之方法，並針對未來鋪面結構需求進行設計。

2.4.3.1 加鋪瀝青混凝土

水泥混凝土鋪面版發生裂縫且有擴大趨勢或鋪面版表面嚴重磨損及剝裂時，以瀝青混凝土混合料加鋪藉以延長水泥混凝土鋪面版使用年限。

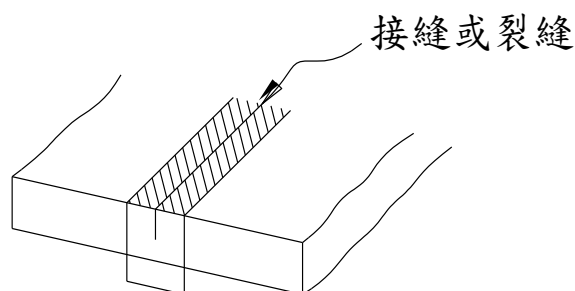
(1) 厚度設計

請參考相關之鋪面加鋪設計方法(如 AASHTO; PCA 鋪面結構設計法)辦理。但厚度不宜小於 8 公分。若加鋪厚度在 10 公分以上時可分兩層鋪築，加鋪前於接、裂縫處鋪設工程不織布等材料，可延緩反射性裂縫之發生。

(2) 施工

- A. 加鋪厚度較大時，應配合將緣石、L 形及 U 形邊溝等構造物提高。
- B. 接縫及裂縫應先予填補，3 公分以上之高差、深 3 公分以上之壓損部分及縱向之凹凸等，應先予修補整平，缺角處亦應修補。
- C. 鋪黏層前應將鋪面版上塵土掃清。黏層材料用量應儘量減少。

- D. 加鋪瀝青混凝土施工方法，依一般熱拌瀝青混合料面層施工說明書辦理。至於已有裂縫之水泥混凝土鋪面版加鋪瀝青混凝土面層若厚度太薄，則鋪面版上之裂縫將會影響已加鋪之瀝青混凝土面層而產生反射裂縫，目前雖難有效防止其發生，但可用適當方法抑制或延緩其擴大，其方法為在水泥混凝土鋪面版與瀝青混凝土間鋪設工程不織布。鋪設工程不織布之目的係將水泥混凝土鋪面版與瀝青混合料間所發生之變位予以吸收，工程不織布應使用特製高拉力纖維織布、兩面加塗吹製瀝青材料。施工時需特別注意將其確實密貼於原水泥混凝土鋪面版，否則滾壓加鋪層時，將因而發生裂縫。施工順序如下：
- a. 清除接縫或裂縫之塵土。
 - b. 接縫或裂縫處以乾砂與 MS-1 或 SS-1 乳化瀝青(重量之 10~15%)混合料填補，並予夯實。若裂縫寬度超過 10 公厘以上時，填補用混合料應添加粒徑 2.5~5 公厘碎石。
 - c. 較大之不平整或沉陷、高差等之修補所用瀝青混合料之最大尺寸，不得大於加鋪厚度之 1/2。
 - d. 鋪面版上預定鋪設工程不織布之範圍，以刷子均勻塗刷乳化瀝青，用量約為 0.8 l/m^2 ，如圖 2.4.6，再鋪設工程不織布加以滾壓，務需密貼於鋪面版上。冬天施工時，因乳化瀝青之凝固較慢，應於施工前加熱。工程不織布接縫處至少應有 5~8 公分之重疊。
 - e. 滾壓後之不織布，應開放通車一天以上，俟工程不織布確實密貼於水泥混凝土鋪面版後再行鋪築瀝青混凝土加鋪層。



墊布鋪設寬

圖 2.4.6 鋪設工程不織布

2.4.3.2 翻修(全面版更新)

若混凝土鋪面版損壞甚劇，加鋪 AC 層亦無法維持鋪面之正常功能時應即翻修。翻修方法應依翻修之面積、路基、基底層及交通量等因素予以考量，以決定採用水泥混凝土面層或瀝青混凝土面層。

- (1) 翻修厚度之設計，依各種常用或規定之方法設計。
- (2) 施工時應注意下列事項：
 - A. 打除水泥混凝土鋪面版，原則上應以一整塊版為最小單位。
 - B. 挖除路基之基底層時應注意不可擾動鄰近土壤。如用機械開挖時，距開挖線處應改由人工開挖。
 - C. 基底層應確實壓實，角隅或邊緣處應以夯壓機或搗固機等壓實。
 - D. 重新澆置水泥混凝土鋪面版時，其接縫間隔依規定設計，若只翻修一邊車道時，接縫位置及結構應按原有水泥混凝土鋪面版辦理。與原有水泥混凝土鋪面版接觸之縱向接縫處可放置綴縫筋。
 - E. 澆置水泥混凝土時與原有路邊結構物之縱向縫隙間應以瀝青接縫版等加以隔離如圖 2.4.7。
 - F. 水泥混凝土之品質要求，按相關之施工規範辦理。

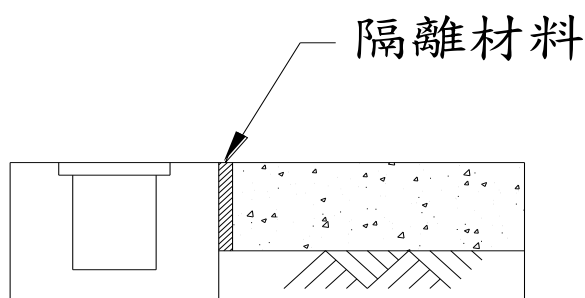


圖 2.4.7 水泥混凝土鋪面版與結構物間設置隔離材料

2.5 國內外剛性鋪面維修技術手冊發展現況

2.5.1 美國聯邦航空總署

美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration, FAA) 針對機場剛性與柔性鋪面提出機場鋪面維修方針及程序指導-建議公告，主要針對機場鋪面結構與功能、損壞類型、鋪面調查方式與維修方法等說明(FAA, 1982)，其中對於機場剛性及柔性鋪面結構之設計與基層受承受輪荷重、氣候因素變化版塊受力情形有清楚的介紹，剛性鋪面主要由版塊直接承受荷重，而柔性鋪面則將輪荷重傳遞至基層與底層。另針對機場鋪面破壞類型則引用 1980 年公佈之機場狀況調查程序，定義各種鋪面破壞類型與程度，並有詳細的照片及文字說明，其中對損壞等級，按跑道與快速滑行道、滑行道與停機坪等不同使用狀況，分別明確規定說明。但僅針對裂縫維修與填縫、角隅斷裂、D 型裂縫、接縫填縫料損壞、裂縫剝落、接縫及角隅剝落等損壞類型之維修步驟與原則概述說明。

2.5.2 美國聯邦公路局

美國聯邦公路局(Federal Highway Administration, FHWA) 自 1980 年起即針對維護單位進行鋪面維修技術訓練，內容強調適時維修對鋪面長期成效的重要性，並依據鋪面相關單位之研究成果與實際施工環境，彙編訓練課程，並於 1993 年出版鋪面維修技術手冊內容包括有鋪面調查與評估計畫、鋪面修復方法、資源回收利用、鋪面整修、最佳維修方案之選擇及成本分析等單元。並分別針對接縫式混凝土鋪面(JCP)與連續鋼筋混凝土鋪面(CRCP)維修方法之介紹，說明全深維修、瀝青材料修補坑洞、部份深破損維修、底部灌漿及灌漿頂起、表面處理、接縫與裂縫封填、底緣排水設計等，不同工法適用之破壞類型、維修注意事項、維修材料及施工步驟等，有詳細的描述，將各維修方法適用之損壞類型與程度列表詳細說明 (FHWA, 1993; 1998; 1999a ~ 1999c)。

2.5.3 美國公路策略研究計畫

美國公路策略研究計畫(Strategic Highway Research Program, SHRP)發表之有關的混凝土鋪面維修施工說明書(Concrete Pavement Repair Manuals of Practice)，主要提供公路養護單位及承包商，針對剛性鋪面部份深損壞維修及接縫填縫料維修二種維修方法，建議正確的維修程序、維修材料種類及基本試驗、施工機具等，其內容包含適用範圍、鋪面損壞的調查與評估、維修設計及規劃、成本分析、維修材料種類及性質、施工機具設備種類與規格以及施工人員需求等，均有相當詳細的說明。其中填縫料換修單元，建

議當填縫料損壞達總數 25%~50%時，應採取全面重新填縫的措施，至於如何判斷填縫料的損壞，則以填縫料現況值(Sealant Condition Number, SCN)評估，其評估值為 0~6，當 SCN 值大於 2 時及表示填縫料損壞應換修填縫料。維修材料方面則提供選擇適當襯縫條(Backer Rod)、黏結劑(Primer Materials)、及填縫料(Sealant)之方法，並建議填縫料厚度與接縫縫槽寬度適當的形狀因子。在施工方面則從清除舊有填縫料、接縫修整、安裝襯縫條、灌注填縫料以及養護、開放交通等均有詳細的說明。另外對於部份深破損快速維修部份針對維修斷面尺寸、範圍有明確的規定，另有關維修斷面的處理方式，亦針對不同維修狀況適用之處理，列舉鋸切-修補(Saw and Patch)、鑿除-修補(Chip and Patch)、刨除-修補(Mill and Patch)、清潔-修補(Clean and Patch)等不同方式，有關維修材料部份也針對水泥系、高分子系、環氧系等各類速凝材料之適用性、澆置溫度、開放交通時間、施工溼度條件等均有詳細說明，並分別針對各維修材料詳細說明施工步驟與注意事項 (FHWA, 1990；ACPA, 1993；徐志忠，2001)。

2.5.4 交通部技術標準規範

1. 公路工程部公路養護手冊

公路工程部公路養護手冊係由交通部針對民國 49 年頒訂之「公路排水養護規範」多年執行經驗與成效，因應環境變遷、科技進步、交通量大增、公路結構改變、新材料的使用，參酌台灣地區公路工程實際情況於民國 77 年編撰完成，並於民國 92 年再度完成修訂(交通部，2003)，主要提供實際作業之方法與數據，以供維修工程人員參考。其內容主要為公路及橋樑等相關道路設施養護方法與技術，其中在混凝土路面損壞調查，將路面損壞區分為路面形態之損壞與結構之損壞兩大類，並依公路等級定義維修需求策略。以高速公路而言，當車轍深度達 25 mm、版差達 10mm、抗滑係數低於 0.25、縱向平坦度以 3 m 平坦儀量測有 3.5 mm 以上高差、裂縫到版底的裂縫率達 20 cm/m²時，需要進行適當的維護。並說明如何選擇維修方法，對於接、裂縫封填、補綴、表面處理、部份深破損維修等維修方法多採簡要原則性介紹。

2. 機場工程施工技術規範

係由交通部民航局針對機場建設之需求於民國 75 年 3 月訂定頒佈「機場工程施工技術規範」(交通部，1996；2006；趙創慶，2006)，主要針對機場各項建設項目工程訂定之標準施工技術規範，依據各項工程分別規範施工細則、材料性質、配比及試驗標準及施工機具設備要求，並說明機場和一般公路鋪面在接縫施工的不同要求，特別是填縫

料性質要求，依據美國聯邦航空署 FAA 相關規定，採用符合美國聯邦規範 SS-S-200E Type M 機拌、速凝、耐高溫及燃油侵蝕規格之填縫料。

2.5.5 交通部台灣區國道新建工程局施工技術規範

「交通部台灣區國道新建工程局施工技術規範」係交通部台灣區國道新建工程局於民國 80 年 5 月制定頒佈(國工局，1980)，主要針對國道新建各工程項目工程構造、施工技術、工程材料、施工要求等有詳細說明，並針對道路工程施工步驟撰寫技術標準規範。其中有關鋪面厚度之檢核採每 300 m 車道長度量度一次，不足 300m 部份亦應量度一次，以 10 cm 直徑鑽心取樣並根據 CNS 1241「混凝土鑽心試體長度之測定法」檢驗測定，其任一抽樣厚度為超過 10 mm 且平均值小於 5 mm 時視為合格。有關鋪面接縫填縫施工部份未有相關說明與規範。

2.5.6 台灣省交通處公路局公路工程施工說明書

台灣省交通處公路局(現為交通部公路總局)於民國 82 年編訂「台灣省交通處公路局公路工程施工說明書」(公路局，1993)公佈實施作為該單位各項工程合約之一部份，主要編訂公路、橋樑、隧道等各項新建工程施工所需材料、機具、施工方法、施工注意事項、檢驗標準等規範，其中有關路面厚度依檢驗以每 4000m² 為一批(視路段狀況適當選擇，工程總量未達 4000 m²者亦應以一批計)，每批分 5 小段，每段檢驗 1 點，以 5 點之平均值代表該路段之平均厚度，平均厚度小於設計厚度 2.5 cm 以上時，應拆除重作，平均厚度差在 3 mm 以內為合格。

2.6 綜合討論

為維持良好鋪面品質，應適時維修避免鋪面損壞情形加劇產生嚴重破損，減少鋪面使用壽命。因此適時適性選用維修工法與材料，特別是良好的預防養護方法，是確保鋪面品質最佳的方式。本研究以交通部公路養護手冊為本，以國外相關文獻及養護手冊為輔，進行內容修正與補強。

剛性鋪面維修工程應包含評估、設計及施工三大程序。混凝土鋪面損壞維修主要內容為：(1)鋪面狀況評估、(2)確認可行的鋪面維修或預防損壞惡化的方法、(3)選擇符合成本效益的方法、(4)針對鋪面各別損壞情形，詳細設計維修及預防養護工法、(5)施工時應確實遵照施工計畫與規範。

第三章 國內剛性鋪面維護及補強遭遇問題之探討

3.1 接縫式混凝土鋪面損壞型態與成因

接縫式無筋混凝土(JPCP)鋪面與接縫式鋼筋混凝土(JRCP)鋪面之損壞種類相近似，而目前台灣本土所鋪築之剛性鋪面，以接縫式無筋混凝土(JPCP)鋪面為主。一般所謂之接縫式混凝土鋪面(jointed concrete pavements, JCP)係為 JPCP 與 JRCP 二種鋪面之通稱。由於國內尚未採用 CRCP，因此本研究係以 JCP 為主要探討對象。接縫式混凝土鋪面損壞型態可分為裂縫、接縫損壞、表面損壞、及其他等類型，主要損壞型態如下 [FHWA, 1989；SHRP, 1993；李英豪、李英明，1995；張建彥，1996；張貴祿，1999；FHWA, 2003]：

1. 裂縫：包含角隅斷裂、縱向裂縫、橫向裂縫、與耐久性("D"型)裂縫。
2. 接縫損壞：包含接縫填充料損壞、縱向接縫碎裂與橫向接縫碎裂。
3. 表面損壞：包含龜裂、表面剝落與鬆散、粒料磨損與脫落。
4. 其他：包含擠破、高差、車道與路肩高差、車道與路肩分離、修補/修補損壞與唧水(或噴泥)現象等。

剛性鋪面，由於受到各種外在因素或施工不良、材料不當等因素之影響，及累積車輛載重所造成之疲勞破壞或因嚴重超載所引起鋪面之一次破壞，和其他如自然環境因素、設計不當、排水不良及粒料性質和粒料間的連鎖作用等因素，亦會引起各種不同型式之破壞。影響鋪面版破壞主要關鍵大致可歸納如下：

(1)交通載重

鋪面在受到重覆之交通載重下，隨載具總重、輪軸載重組合、胎壓與行駛速率等相關因素之變化下，會造成鋪面不同破壞速率，交通載重為造成鋪面破壞的最主要原因之一，不同載重對鋪面的破壞可以達到其軸重比的四次方。然公路系統之載重限制通常會在公路法規中加以限制，另外在鋪面設計時，因交通調查不當可能使鋪面使用年限無法達成設計之需，鋪面加速破壞，目前國內高速公路局曾對各種通行車輛進行交通量調查之資料，則可作為預估交通量之參考。如果高估交通之需求，而造成版之設計厚度變大，雖可增加荷重減少橫向裂縫發生，但所增加之成本卻可能更多。

(2)環境因素

因台灣地區地處熱帶與亞熱帶交接處，因此無論在平地或盆地丘陵區並無降雪之可能性，對於凍融循環作用產生之鋪面破壞，本研究並不加以深入探討。由於一年四季氣溫不同，因溫度高低造成版塊上下緣的溫差，而使鋪面版上拱或下凹，而使鋪面版變形，加上自重或交通載重下版便產生破壞，因溫度之高低對鋪面之接縫及輕微裂縫亦會造成不同程度之影響。根據國外研究報告指出，剛性鋪面版中，在乾縮與溫度聯合作用下所產生之應力，有時可達混凝土張力強度之 70~80%，而因環境因素所產生之應力，有可能高於輪荷重之應力。至於濕度之影響與溫度之影響可視為類似之效應，因皆會引起鋪面版體積之變化，一般而言，濕度變化對鋪面版產生影響較小。

(3)基底層的影響

AASHO 剛性鋪面設計可將剛性鋪面版直接鋪築於路基層上或逾期中加鋪基層。但因基底層的支承狀況對版中應力的產生有極大之影響，在基底層量測時若未對填土加以壓實，可能使基底層之土壤產生可壓縮性或膨脹性，這些基底層因支承力不足，皆可能會造成鋪面破壞。若在鋪築材料上使用不同性質之基底層材料，對鋪面版所形成之破壞狀況亦有很大之差異。

(4)施工不良或材料不當

施工過程中，因各項疏忽或偷料之因素，使混凝土配比不當、使用之粒料級配過差不符合原鋪面設計之需求，或接縫寬度不足、鋸縫時間過晚等，皆會造成鋪面之破壞。因此，施工過程除需有專業之土木工程師外，對施工品質之要求亦須相當嚴格。

在瞭解鋪面各項破壞種類、破壞原因後，建立一完整之鋪面調查方法，除可對鋪面破壞種類、破壞原因加以記錄外，最後則需加入鋪面各項破壞之程度作統一之規範。綜言之，造成鋪面損壞之原因不外乎：重載交通荷重重覆作用、材料品質不良、鋪面結構強度不足、溫度環境的影響、與施工不良及物品之傷害等因素之影響。在此除將採用已為各國認定採用之標準規範外，如美國的長期鋪面績效研究(LTPP)「鋪面調查手冊」[SHRP, 1993; FHWA, 2003]，並將國內相關規定加以彙整，以提供日後可提供道路主管單位做為各項維修之參考標準。茲將主要鋪面損壞型態與成因簡述如下[張貴祿, 1999]：

3.1.1 縱向裂縫(Longitudinal Cracking)

縱向裂縫型態大部份與鋪面版中心線幾近平行或與行車方向呈平行之裂縫，如(圖 3.1.1)所示。可能產生原因如下：

1. 伸縮縫位置不妥。
2. 縱向接縫建造不良所造成，或鋸縫施工不當如鋸縫時間太晚或縫槽深度不足造成。
3. 重載交通荷重重覆作用結合基層承载力喪失，支承力不足。
4. 版中溫、濕度應力及水分之變化所引起版之收縮或翹曲。
5. 鋪面版厚度不足，路基不均勻沈陷或混凝土品質不良所造成。
6. 施工時養治不良或天氣乾燥、酷熱、強風等引起。

量測方式：縱向裂縫量測的方式是記錄在鋪面損壞下之縱向裂縫長度(公尺)，並記錄各裂縫破壞等級，或產生裂縫後經填補修復完整的縱向裂縫長度(公尺)。

破壞等級：

1. 輕度破壞等級(L)：裂縫寬度在 0.3 公分以下，裂縫型態尚未發生剝落或無可量測之斷層、高差現象；雖有裂縫但填充良好者亦屬之。
2. 中度破壞等級(M)：裂縫寬度範圍大於或等於 0.3 公分、小於 1.3 公分，裂縫有輕微剝落現象，剝落小於 7.5 公分，或斷層、高差現象小於 1.3 公分以下者屬之。
3. 重度破壞等級(H)：裂縫寬度大於等於 1.3 公分，有嚴重剝落現象，剝落大於等於 7.5 公分或斷層、高差現象大於等於 1.3 公分以下者屬之。

對於縱向裂縫而言，將剛性鋪面版分割為 2~3 塊者，通常是由於交通荷重、溫度應力與收縮應力而起；而輕度的裂縫破壞一般是由於版內含水量變化或摩擦因素而起，輕度之裂縫損壞並不被認定為主要的結構破壞；但中度與重度裂縫損壞則認定為主要的結構破壞。



圖 3.1.1 縱向裂縫

3.1.2 橫向裂縫(Transverse Cracking)

橫向裂縫大部份與鋪面版中心線幾近垂直或與行車方向呈垂直之裂縫，如(圖 3.1.2)所示。可能產生原因如下：

1. 橫向接縫建造不良所造成，或鋸縫施工不當。若裂縫發生在距離接縫處 0.6 公尺範圍以內，可能為鋸縫時間太晚或縫槽深度不足造成。
2. 重載交通荷重重覆作用結合基層承载力喪失。若發生在距接縫處 2-3 公尺以內之位置，則可能為路基支承力不足所致。
3. 版中溫、濕度的改變所產生之應力或水分之變化所引起版之收縮、翹曲加上荷重之作用而產生之版塊移動所致。
4. 鋪面版厚度不足。路基不均勻沈陷或混凝土品質不良所造成。
5. 施工時養治不良或天氣乾燥、酷熱、強風等引起。

量測方式：記錄在鋪面損壞下之橫向裂縫數量與長度(公尺)，並記錄各裂縫破壞等級或產生裂縫後經填補修復至少 90% 以上的橫向裂縫長度(公尺)。長度小於 1.9 公尺之髮絲狀裂縫(hairline cracks)無須記錄。

破壞等級：

1. 輕度破壞等級(L)：裂縫寬度在 0.3 公分以下，裂縫型態尚未發生剝落或無可量測之斷層、高差現象；有裂縫但填充良好者亦屬之。
2. 中度破壞等級(M)：裂縫寬度範圍大於或等於 0.3 公分、小於 0.6 公分，裂縫有輕微剝落現象，剝落小於 7.5 公分或斷層、高差現象小於 0.6 公分以下者屬之。
3. 重度破壞等級(H)：裂縫寬度大於等於 0.6 公分，有嚴重剝落現象，剝落大於等於 7.5 公分或斷層、高差現象大於等於 0.6 公分以上者屬之。



圖 3.1.2 橫向裂縫

3.1.3 角隅斷裂(Corner Breaks)

角隅斷裂為剛性鋪面版在角隅部份產生了貫穿鄰近橫向與縱向接縫的斷裂，此斷裂與行車方向約呈 45 度的交角，角隅斷裂在角隅兩邊的長度一般從 0.3 公尺至版寬的一半，可能發生在版的任一角隅(如圖 3.1.3 所示)。角隅斷裂若不及時維修，會因交通載重重覆作用而產生鬆散，水分亦會經裂縫滲入鋪面基底層而使損害範圍擴大。而角隅斷裂與角隅碎裂(corner spalling)是兩種不同的破壞型態，其主要的差異在於角隅斷裂的破壞垂直貫穿整個剛性鋪面版，而角隅剝落則是因為鄰近接縫邊緣部份的鋪面混凝土分離而引起，如(圖 3.1.4)所示。而其可能產生原因如下：

1. 接縫結構不全，鋪面版厚度不足。
2. 縱向接縫或橫向接縫施工不良造成，或鋸縫施工不當如鋸縫時間太晚或縫槽深度不足造成。
3. 重載交通重覆荷重結合接縫處路基支承力不足或版塊下基礎掏空所致。
4. 鋪面版承载力不佳或相鄰版塊間之力傳遞不良所致。
5. 溫度應力而引起版之收縮或翹曲造成。
6. 施工時養治不良或天氣乾燥、酷熱、強風等引起。

量測方式：紀錄各破壞等級下的角隅裂縫數量。

破壞等級：

1. 輕度破壞等級(L)：裂縫寬度在 0.3 公分以下，或斷裂發生剝落的長度在裂縫長度的 10% 以下；裂縫型態尚未發生剝落或無可量測之斷層、高差現象；且角隅未斷裂為兩塊或兩塊以上，有裂縫但填充良好者亦屬之。
2. 中度破壞等級(M)：裂縫寬度範圍大於或等於 0.3 公分、小於 1.3 公釐，或斷裂發生剝落的長度在裂縫長度的 10% 以上；裂縫有輕微剝落現象，剝落小於 7.5 公分或斷層、高差現象小於 13 公分以下，且角隅未斷裂為兩塊或兩塊以上者屬之。
3. 重度破壞等級(H)：裂縫寬度大於等於 1.3 公分，或斷裂發生剝落的長度在裂縫長度的 10% 以上；有嚴重剝落現象，剝落大於等於 7.5 公分或斷層、高差現象大於等於 1.3 公分以上，且角隅斷裂為兩塊或兩塊以上者屬之。



圖 3.1.3 角隅斷裂



圖 3.1.4 角隅剝落

3.1.4 接縫碎裂(Joints Spalling)

接縫碎裂是指接縫兩側鋪面版端源呈破裂或缺口，在距接縫 60 公分內之鋪面版產生裂縫、斷裂或碎裂成小塊狀之情況，如(圖 3.1.5) 所示通常不會垂直貫穿整個鋪面版。又可分成縱向接縫碎裂與橫向接縫碎裂二種。而其可能產生原因如下：

1. 混凝土養治不當或配比設計不良及粒料反應所造成。
2. 接縫處混凝土因施工不良或工作過度使得混凝土強度降低，在結合交通載重作用下引起碎裂。
3. 由於接縫或裂縫間隙處因為填塞不可壓縮之雜物(如：石子等)使鋪面版伸縮時產生超額應力結合交通載重作用而造成版邊緣接縫之碎裂現象。
4. 使用品質不良之填縫劑，加速水的滲透率或接縫間無法壓縮造成接縫之碎裂。
5. 接縫間距過長所引起接縫間太大的活動造成接縫碎裂。

量測方式：記錄接縫碎裂在各種破壞等級下，接縫碎裂的長度。

破壞等級：

1. 輕度破壞等級(L)：屬於低程度的裂縫。碎裂區域無粒料散失其碎裂寬度距離接縫 7.5 公分以內，且未曾修補者。
2. 中度破壞等級(M)：裂縫產生輕微的碎裂現象。碎裂區域的寬度距離接縫在 7.5 公分至 15 公分以內，其鋪面材質有散失情況。
3. 重度破壞等級(H)：在輪跡處產生大塊的片狀碎裂現象，版塊內之粒料以明顯可見。碎裂區域的寬度距離接縫在 15 公分以上，其鋪面材質有散失情況。



圖 3.1.5 接縫碎裂

3.1.5 接縫填縫料破壞(Joint Seal Damage)

指不可壓縮物質(如：石子、土壤)或水可直接從表面滲入接縫之中，或接縫黏著劑完全剝離或部分析離。破壞通常可由接縫處有無外物堆積或接縫處雜草叢生來判斷。而縱向接縫填縫料破壞與橫向接縫填縫料破壞。常見的接縫填充料破壞之類型為：填縫料被擠出接縫、填縫料硬化、斷裂、分離，或接縫填縫料完全喪失等，如(圖 3.1.6)所示。而可能產生原因如下：

1. 行車造成的影響。
2. 由於填縫料品質產生缺陷(如：材料老化、硬化)產生黏著力或內聚力喪失。
3. 因溫度之變化，接縫縫隙縮減而將填縫料擠出。
4. 雖然顯示填縫料品質處於良好狀況，但由於填縫料置於一不佳之填縫槽寬度，或處於一個不良之填縫槽形狀皆會造成橫向接縫填縫缺陷。
5. 接縫版老化，填縫料灌注溢出或脫落。

量測方式如下：

1. 橫向接縫填縫料破壞的破壞是判斷橫向接縫是否曾用填縫料填充。若曾經使用填縫料填充，則記錄其各破壞等級下橫向接縫填縫料破壞的數量。
2. 縱向接縫填縫料破壞不分破壞等級，而是記錄曾使用填縫料填充之縱向裂縫中發生縱向接縫填充料破壞的總長度並加以描述其狀況。若縱向接縫填充料破壞長度在 1 公尺以上時需另外記錄。

破壞等級：

1. 輕度破壞等級(L)：填縫型態有破裂現象，填縫料被擠出的填縫長度小於 10% 或 30 公分以下之接縫長度產生的破壞。
2. 中度破壞等級(M)：填縫型態有破裂現象，填縫料被擠出的填縫長度範圍在 10~50% 之接縫長度產生的破壞。
3. 重度破壞等級(H)：填縫型態有破裂現象，填縫料被擠出的填縫長度大於 50% 之接縫長度產生的破壞。



圖 3.1.6 接縫填縫料破壞

3.1.6 剝落(Scaling)

指混凝土鋪面表面產生片狀或鱗狀剝落現象，而版塊內之粒料已明顯可見，如(圖 3.1.7)所示。面層損壞通常產生於 0.3 公分至 1.3 公分深的面層，而在版的各處皆可能產生剝落現象。其可能產生原因如下：

1. 混凝土品質不佳。
2. 龜裂可能進而引起剝落。
3. 建造施工不良、級配不當或凍融作用。
4. 冬季鋪面撒鹽，鹽水結冰後融解。

量測方式：量測時不需判斷其破壞等級，記錄發生在剝落區域面積(公尺²)之數量即可。



圖 3.1.7 剝落

3.1.7 圖狀裂縫(Map Cracking)

為在鋪面版表面產生縱向與橫向或任意開裂之淺而細如毛髮狀、網狀的連續性裂縫，而且這些裂縫只在鋪面版表面開裂，如(圖 3.1.8)所示。而可能產生原因為：

1. 鋪面版表面整飾過度。
2. 溫度應力而引起版之收縮或翹曲造成。
3. 載重過度、支承力不足或路基之不均勻沈陷。
4. 接縫切割方式不當。
5. 鋪面版厚度不足，混凝土品質不良。

量測方式：量測時不需判定其破壞程度，記錄發生在圖狀裂縫區域面積(公尺²)之數量即可。



圖 3.1.8 圖狀裂縫

3.1.8 粒料磨光(Polished Aggregate)

鋪面版表面結構紋路被磨損使得粗粒料暴露，而被磨成光滑的外表。表面磨光也反應了表面摩擦力與鋪面間抗滑力的降低。其可能產生原因為：

1. 輪荷重之磨光作用。
2. 使用軟質粒料。
3. 施工不良或壓實度不足等影響。

量測方式：量測時不需判定其破壞程度，記錄發生在表面剝落區域面積(公尺²)之數量即可。

3.1.9 車道-路肩分離(Lane-to-Shoulder Separation)

車道與路肩之間的接縫間距加寬而產生分離的現象，或路肩自車道向外移動加寬，如(圖 3.1.9) 所示。可能產生原因為：

1. 車道與路肩之基礎產生差異沈陷所致。
2. 在施工時，未對基礎作量測或土壤壓實不良。
3. 土壤中含水量過高，或排水不良。

量測方式：量測時不需判定其破壞程度，量測的位置為版與路肩之接縫處，每隔 15 公尺量測一次，記錄接縫分離的寬度(公釐)，並標註每個接縫處是否曾經填充過。



圖 3.1.9 車道-路肩分離

3.1.10 唧水或噴泥現象(Water Bleeding or Pumping)

為版在交通重載重之壓力作用下產生變形，使基底層中水份挾帶細粒料經由接縫或裂縫噴出，而累積在鋪面表面，如(圖 3.1.10)所示。導致裂縫進一步斷裂，而造成版底空洞而失去支承能力，可由鋪面接縫或裂縫附近所累積細粒料得知是否發生唧水或噴泥現象，鋪面在產生唧水或噴泥現象後路基承载力會喪失，若不進行修補，在結合交通載重的重複作用下會使鋪面版加速損壞。可能產生原因如下：

1. 基底層因土壤膨脹或細粒土壤流失導致。
2. 接縫或裂縫滲水或版塊表面破洞進水引起。
3. 接縫填充不良或排水不良引起。

量測方式：量測時不需判定其破壞程度，記錄其發生的數量與長度(公尺)即可。

破壞等級：

1. 輕度破壞等級(L)：當車輛行駛過裂縫或接縫處，可看見水花濺出，但無粒料被水帶出，故鋪面表面無細粒料殘留。
2. 中度破壞等級(M)：當車輛行駛過裂縫或接縫處，可看見少量細粒料噴出，鋪面表面有少量之細粒料殘留。
3. 重度破壞等級(H)：沿路表面裂縫或接縫附近，可見散布明顯且大量之細粒料。



圖 3.1.10 唧水現象

3.1.11 擠破(Blowups)

鋪面版在接縫或裂縫附近產生局部性向上的翹曲，鋪面版產生斷裂而呈現不平整現象，在擠破的區域一般皆會伴隨著混凝土碎塊發生，如(圖 3.1.11) 所示。通常在公用管線切割後修補處或排水、入水口處較容易發生。可能產生原因如下：

1. 鋪面版伸展受限，橫向接縫或橫向裂縫處，因為石子或土壤等物質填積，而使鋪面版沒有足夠的空間擴張，於是因內應力產生了翹曲現象，通常發生在接縫或裂縫附近。
2. 路基承载力不足或不均勻沈陷引起。

量測方式：量測時不需判定其破壞程度，記錄擠破的數量即可。(隆起的程度可由行車舒適性與安全性來定義)



圖 3.1.11 擠破

3.1.12 接縫高差 (Joint Faulting)

橫向接縫高差為接縫或裂縫兩側鋪面版產生不同高程的現象，即同一接縫兩側鋪面呈現高低不平情況。而車道與路肩高差為版的邊緣與路肩產生不同高程的現象，如(圖 3.1.12)所示。可能產生原因如下：

1. 唧水作用，產生版底細料被水帶走。
2. 底層受水膨脹或底層承载力不佳。
3. 路基及底層之壓實度不足。
4. 路基之不均勻沈陷，接縫不良。

量測方式分為：

1. 橫向接縫斷層：量測時不需判定其破壞程度，記錄的位置由版外側邊緣算起各 0.3 與 0.75 公尺處記錄時以公釐為單位。接縫斷層高差大於 1~2 公釐時，即可察覺因車胎衝擊所產生的噪音，大於 3 公釐時行車所產生的震動便會使乘車者感覺不適。
2. 車道與路肩高差：量測時不需判定其破壞程度，記錄的位置為版與路肩之接縫處，每隔 15 公尺量測一次，以公釐為單位。



圖 3.1.12 高差

3.1.13 修補/修補損壞(Patching / Patch Deterioration)

修補即是將原始之混凝土移除、置換，並以新的材料填補，而其面積大於 0.1 平方公尺者，如(圖 3.1.13)所示。而修補損壞是修補發生如剝落、裂縫、龜裂等破壞。可能產生原因為因鋪面版破壞導致不堪使用或行駛之舒適性不佳。

量測方式：依修補的材料分別計錄其各破壞程度下修補或修補損壞的數量、面積或修補方式。

破壞等級：

1. 輕度破壞等級(L)：修補輕微的破壞，沒有斷層或沈陷。
2. 中度破壞等級(M)：修補中度的破壞，斷層或陷落小於 6 公釐。
3. 重度破壞等級(H)：修補重度的破壞，斷層或陷落大於等於 6 公釐。



圖 3.1.13 修補

3.1.14 其他破壞形式

1. 耐久性裂縫(Durability or "D" Cracking)：

耐久性裂縫一般與接縫或裂縫呈平行。可能產生此形式裂縫原因為某一類粒料在潮濕之情況與水泥內之鹼性成分產生鹼粒料作用所致，或由於鋪面混凝土版無法承受環境因素(如：凍融作用)的反覆作用，而由角隅開始向接縫處或裂縫處延伸形成密集的新月形細微裂縫。通常在裂縫周圍附近顏色較深。而台灣本土地區因氣候因素，並不會產生凍融循環作用而造成鋪面版之耐久性裂縫。因此，若鋪面出現疑似耐久性裂縫之損壞，本研究並不將其視為耐久性裂縫，而將其歸納於角隅裂縫、角隅斷裂或接縫碎裂等破壞型態。

2. 脫落(Popouts)：

脫落產生之原因可能為凍融循環作用與粒料的膨脹，而使鋪面表面破碎成小碎塊而鬆脫，形成許多小洞。脫出的小碎塊大小一般從 2.5~10 公分，發生的深度一般為 1.3~5 公分。但因台灣本土地區氣候，並不會產生凍融循環作用而發生脫落現象。

3. 鬆散(Raveling)：

鬆散為細粒料自混凝土結構中流失，與表面剝落是不同的破壞形式。其分辨的方法是表面剝落一般為片狀，而鬆散則發生於連續受影響的鋪面上，在輪跡位置最為嚴重。可能產生原因為：

1. 行車影響或混凝土養治不當或配比設計不良引起。
2. 細粒料、混凝土品質不良或粗粒料與水泥砂漿間結合不良。

3.2 現地訪談與專家座談

3.2.1 桃園機場訪談(97.02.21)

此次訪談對象為桃園機場跑道 05 端目前鋪面情形。目前桃園機場主要破壞種類為橫向裂縫、角隅裂縫、修補後裂以及唧水現象等，而鋪面破壞區域分佈範圍，大多集中分佈於飛機起降區(如圖 3.2.1 ~ 圖 3.2.3)。



圖 3.2.1 (左)橫向裂縫(跑道 05 端)，(右)角隅裂縫(跑道 05 端)



圖 3.2.2 修補後破壞(跑道 05 端)

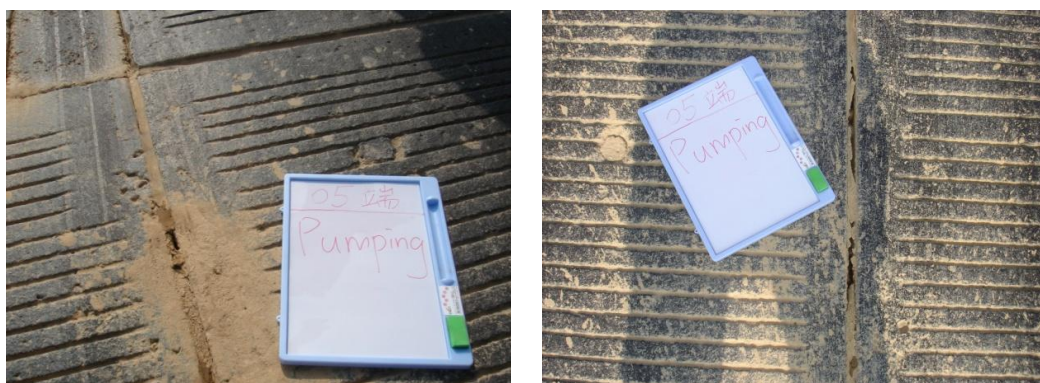


圖 3.2.3 唧水現象(跑道 05 端)

在輕微坑洞破壞處，目前多使用瀝青混凝土(AC)做修補，據當日訪談工程師說明，使用 AC 修補後的成效頗佳，相較新修補鋪面及修補後經過一年之上之鋪面，並無太大之差異，且坑洞似無加大趨勢，由此可見其成效，但在邊角地方仍舊有破壞發生。

由圖 3.2.4、圖 3.2.5 可看出，使用 AC 修補材料仍無法阻止邊角破壞的產生，無論修補過程或成效好與不好，破壞的發生通常都由角落開始，在施工的過程中，是否有完全參照手冊上既定的程序進行施工，也是決定修補成效之一種驗收。



圖 3.2.4 AC 修補，(左)新鋪，(右)修補一年



圖 3.2.5 AC 修補破壞

目前桃園機場在修補填縫料方面，採用兩種修補填縫料，一為 A、B 膠+矽砂，完成後較為堅硬無彈性；一為 606 膠，完成後較有彈性，其延展性較佳。



圖 3.2.6 填縫料：(左)AB 膠+矽砂(跑道 05 端)，(右)606 膠(跑道 05 端)

根據修補填縫料之施工步驟及流程圖所標示(交通部民用航空局，1996；交通部民用航空局，1996)，對於填縫之施工流程應先清除養護劑及外來之雜物，鋪設黏著劑，再灌注填縫劑。但就當天所觀察施工情形，似乎已省略以上所有步驟，直接灌注填縫劑。此方法雖可加快施工速度，增加修補範圍，但縫內雜物若不清除乾淨，所殘留之水分或粒料，都容易加速破壞的發生。在施工過程中省略的每一項，對未來品質都將造成不小的損害。

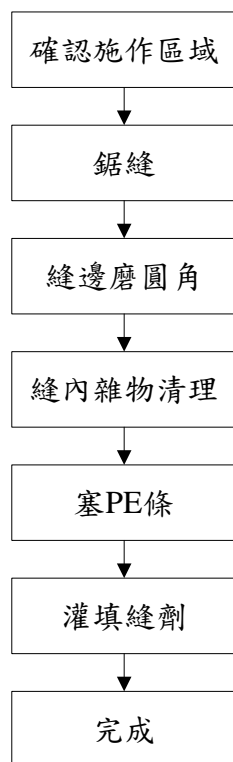


圖 3.2.7 鋸縫、填縫施工流程圖

當角隅破壞嚴重時，會根據角隅破壞之範圍進行全厚度修補(交通部民用航空局，1998)，如圖 3.2.8 所示。但可看出即使經過全厚度修補，其破壞仍會繼續發生，如圖 3.2.9 所示。其破壞從全厚度修補後之角落發生，並形成更大之角隅破壞，而在經過全厚度修補後之路面，亦會從修補邊緣產生破壞。這些情形均是值得深入探討的現象，是否修補後並無法抑制破壞的產生，而會造成另一種破壞之延續。



圖 3.2.8 全厚度修補



圖 3.2.9 全厚度修補後破壞情形

桃園機場最常出現之破壞種類-角隅破壞，由訪談及實際現地觀察可知，當兩版塊之角隅破壞越亦嚴重時，會從角隅破壞之裂縫產生縱向破壞，如圖 3.2.10 所示，此縱向裂縫通常是很破碎，且從版塊縫隙裂開。由圖 3.2.11 可以明確看出，對於角隅裂縫除了做全厚度修補外，也常對裂縫使用 AC 修補材料進行部分簡易修補(交通部民用航空局，1998)。



圖 3.2.10 縱向裂縫



圖 3.2.11 裂縫 AC 修補

除了以上橫向裂縫、角隅裂縫、填縫修補外，機場亦有一些坑洞或裂縫補綻。補綻使用的材料除了瀝青混凝土外，並包括環氧樹脂砂漿與無收縮超早強混凝土。根據訪談工程師所述，無收縮早強混凝土其成效很不錯，如圖 3.2.12 所示。此次的超早強混凝土約在 1 月底完工，雖然還沒驗收，但據訪談工程師瞭解其成效大致不錯。



圖 3.2.12 無收縮超早強混凝土

雖然經過補綻，仍可在鋪面上發現一些嚴重破壞之坑洞或裂縫，其修補過程可能較為粗糙，導致修補成效不理想，或填縫料鬆脫。

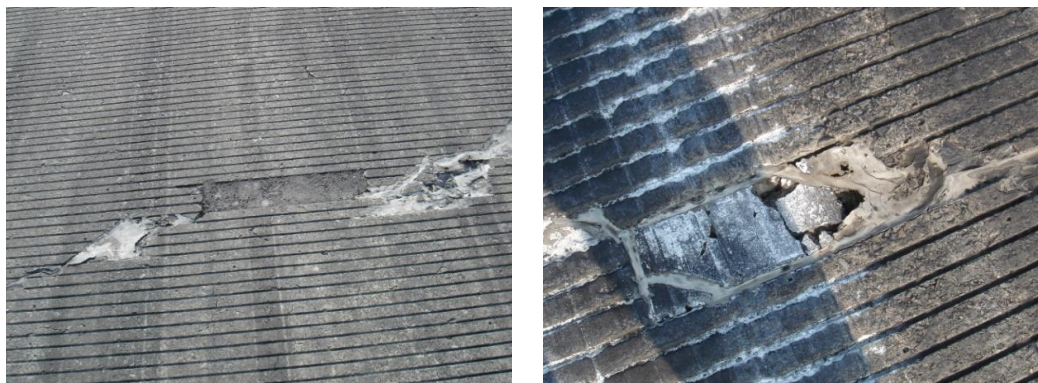


圖 3.2.13 嚴重破壞之坑洞



圖 3.2.14 裂縫修補不實

3.2.2 二高南投名間工務段剛性鋪面現地訪談(97.02.26)

3.2.2.1 二高南投名間工務段剛性鋪面現地訪談紀錄

本研究團隊主要針對二高南投名間工務段剛性鋪面進行訪談，其範圍在南下及北上皆為 232k+500~238K+600，其混凝土版尺寸長約為 6 m，寬約為 3.7 m。在進行現地訪談之過程中可發現，其破壞形式以縱向裂縫以及修補後再破壞為多數，並且含有少數的角隅裂縫。圖 3.2.15 為現地縱向裂縫破壞之照片摘錄；圖 3.2.16 即為角隅裂縫照片之摘錄；圖 3.2.17 即為現地修補後再破壞之破壞狀況照片摘錄。觀察其現地鋪面破壞結果可發現，其縱向裂縫之發生處多數位於靠近縱向接縫處，並且在經由修補後仍有破壞之形況產生，如圖 3.2.18 至圖 3.2.23 所示。

根據現地破壞之狀況可發現，雖然工務段有針對各鋪面損壞進行維修及修補，但有許多修補後再破壞之情形。針對鋪面裂縫修補皆為直接利用瀝青或是環氧樹脂砂漿進行修補，並未探討其發生原因，並且其施工時是否有考量到裂縫中之異物清除、黏結劑之塗抹以及其裂縫深度之確定皆未清楚說明(交通部，2003)。若再遇上雨季，水份將會依鋪面原有之裂縫或是修補後再破壞之裂縫入侵路基，即會再造成其它更嚴重之破壞，再者其修補時應可多加考量到其它不同的工法，例如部份厚度修亦或是全厚度修補，而非僅針對裂縫進行封填。



圖 3.2.15 二高南投名間段縱向裂縫破壞情形



圖 3.2.16 二高南投名間段角隅裂縫破壞情形



圖 3.2.17 二高南投名間段修補後再破壞之情形



圖 3.2.18 二高南投名間段北上 232k+500 鋪面版裂縫修補後再破壞



圖 3.2.19 二高南投名間段北上 232k+500 鋪面版修補後再破壞

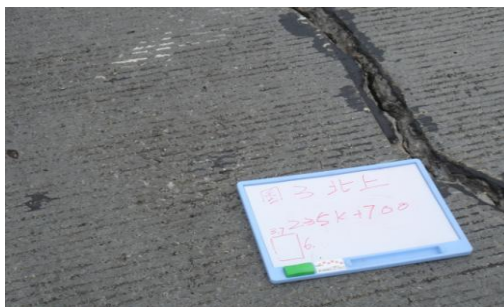


圖 3.2.20 二高南投名間段北上 235k+700 裂縫修補後再破壞



圖 3.2.21 二高南投名間段北上 235k+600 裂縫修補後再破壞



圖 3.2.22 北上裂縫破損情形



圖 3.2.23 北上 237+400 鋪面破壞後修補情形

3.2.2.2 二高南投名間段剛性鋪面非破壞檢測評估與探討

本研究團隊經由上述目視調查後，發現其剛性鋪面之破壞嚴重，其示意圖如圖 3.2.24 所示。有鑑於此採用落重式撓度儀，針對其鋪面結構進行撓度檢測。於資料之判讀與分析主要採用 FAA 150/5370-11A 中之建議，以非破壞檢測方法評估鋪面強度。在 FAA AC 150/5370-11A 中提到可利用衝擊勁度模數(Impulse Stiffness Modulus, ISM)進行版塊之評估其公式如式 1 所示。其中 ISM 表衝擊勁度模數； L 表荷重(kips)； D_0 =第一點撓度值(in)。而在技術指引中亦建議角隅荷重位置所得之撓度值進行耐久性評估，評估主要利用下列公式 2，其中 ISM_{ratio} ：衝擊勁度模數比； ISM_{slab_center} ：版中央荷重衝擊勁度模數； ISM_{slab_corner} ：版角隅荷重衝擊勁度模數； ISM_{slab_joint} ：版接縫荷重衝擊勁度模數。當其 ISM_{ratio} (衝擊勁度模數比)大於 3 時，其版塊可能有耐久性之問題，若介於 1.5 至 3 時其版塊之耐久性尚可，當其小於 1.5 時則表示耐久性佳。而在鋪面孔隙評估方面，亦建議可採用高低兩不同荷重於同一點位進行施測，爾後進行其兩點間之斜率計算，若超過 3 則表示其鋪面底層與基層可能含有鋪面空隙之現象，需特別注意其路基之支承與強度。此二方法即為簡單、快速，可使工程師迅速評估剛性鋪面之狀況，且在進行鋪面結構更細部評估可快速進行分區與評估。

在鋪面路基土壤強度評估方面，亦採用 FAA 150/5370-11A 之建議回算評估方式，此一方法在 AASHTO 1993 Design Guide 中所提出之剛性鋪面回算與評估方法相同，因此本研究選擇此一評估流程進行探討，其評估公式如式 3 所示。其中 K ：動態路基反力模數(pci)； P ：荷重(lb)； a ：荷重面積(in²)； ℓ_k ：相對勁度半徑(in)如公式(4)； $AREA$ ：撓度盤面積(in²)如公式 5； d_0 ：荷重中心之撓度值(in)； d_{12} 、 d_{24} 、 d_{36} ：距荷重中心 12、24、36in 處之所量測之撓度值(in)。由於此為動態荷重分析之結果，若欲將其轉換為實驗室之靜態路基反力模數，AASHTO 建議在剛性鋪面時可將其乘上 0.5 之係數，柔性鋪面則需乘上 0.33 之折減係數。

$$ISM = \left(\frac{L}{d_0} \right) \quad (1)$$

$$ISM_{ratio} = \left(\frac{ISM_{slab_center}}{ISM_{slab_corner}} \right) \quad or \quad \left(\frac{ISM_{slab_center}}{ISM_{slab_joint}} \right) \quad (2)$$

$$K = \frac{P}{8d_0\ell_k^2} \left\{ 1 + \frac{1}{2\pi} \left[\ln\left(\frac{a}{2\ell_k}\right) + \gamma - 1.25 \right] \left(\frac{a}{\ell_k}\right)^2 \right\} \quad (3)$$

$$\ell_k = \left[\frac{\ln\left(\frac{36 - AREA}{1812.279133}\right)}{-2.559340} \right]^{4.387009} \quad (4)$$

$$AREA = 6 \times \left[1 + 2\left(\frac{d_{12}}{d_0}\right) + 2\left(\frac{d_{24}}{d_0}\right) + \left(\frac{d_{36}}{d_0}\right) \right] \quad (5)$$

本研究團隊於此次評估由於交通維持以及安全問題，在施測南下路段施測里程數為 232K+500~238K+600，共施測 31 點。其中包含中央荷重 24 個點位以及角隅荷重 7 個點位；而於北上路段施測里程則為 232K+500~238K+600 共施測 45 點，其中包含中央荷重包含 23 個點位以及角隅荷重 22 個點位。在施測荷重，分別採用 16000 lb 以及 24000 lb 之荷重加以施測。其 ISM 衝擊勁度指數評估結果如同圖 3.2.25 所示，動態路基反力模數回算結果如圖 3.2.26 所示。

根據其分析結果以及前現地目視調查結果可發現，南下路段之鋪面評估結果優於北上之路段，並且在動態路基反力模數之評估結果，經由檢定後其南下路段確實與北上路段有顯著差異($t = -3.72834 < t_{\alpha/2,66} = -1.997$, $p = 0.000372 < \alpha = 0.05$)。根據其評估可得知南下路段優於北上路段(南下動態路基反力模數 95% C.I. = 336 ± 51.6 pci; 北上動態路基反力模數 95% C.I. = 217 ± 35.5 pci)。本研究團隊由於交通維持以及安全性之考量，於後將主要針對北上路段進行其鋪面孔隙以及耐久性之評估。其北上路段鋪面孔隙評估結果如圖 3.2.27 所示。鋪面耐久性評估結果如圖 3.2.28 所示。其綜合評估表如表 3.2.1 所示。

根據其結果發現，不論是耐久性評估亦或孔隙評估其在 232k+500、236k+500、238k+200、238k+600 此四處皆有孔隙以及耐久性之問題存在。觀察其路基動態反力模數可發現，此四測點之動態路基反力模數回算結果皆較低(132~186 pci)，因此判斷其為路基土壤強度不足因此造成破壞產生，後續若欲進行維修及補強，建議可從此四點位優先進行。並且可參考本研究團隊所建立之剛性鋪面維護及補強技術手冊。在有限的經費下，進行相關工法之選取，以達到最有利的鋪面維修及養護策略之研擬。

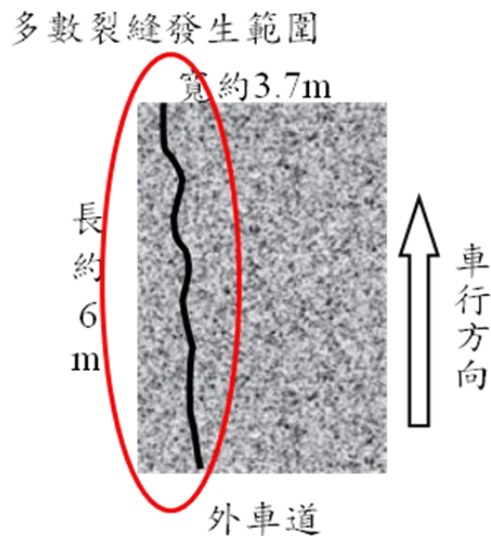


圖 3.2.24 二高南投名間段剛性鋪面破壞示意圖

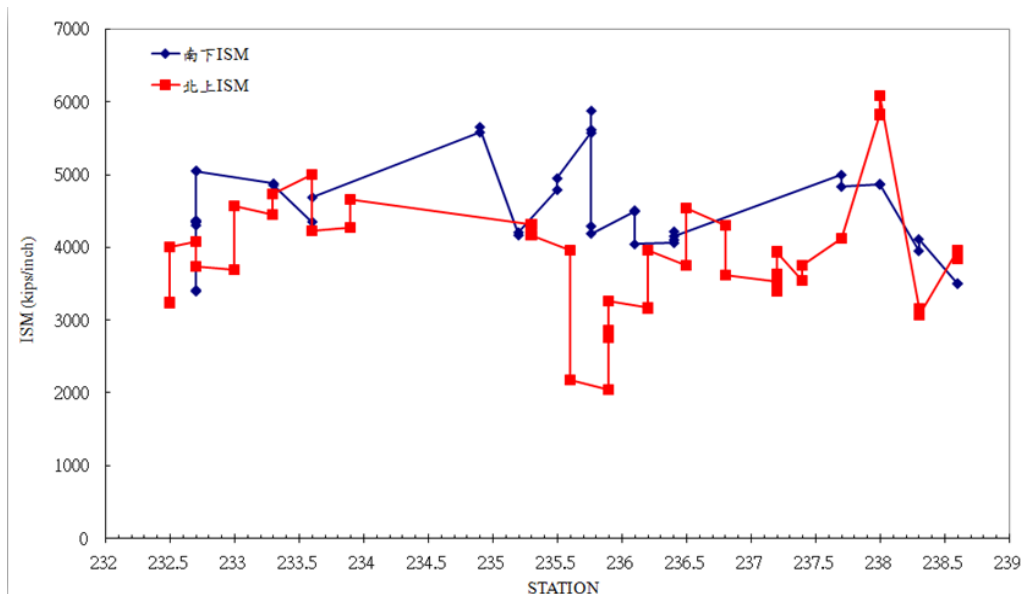


圖 3.2.25 ISM 衝擊勁度指數評估結果圖

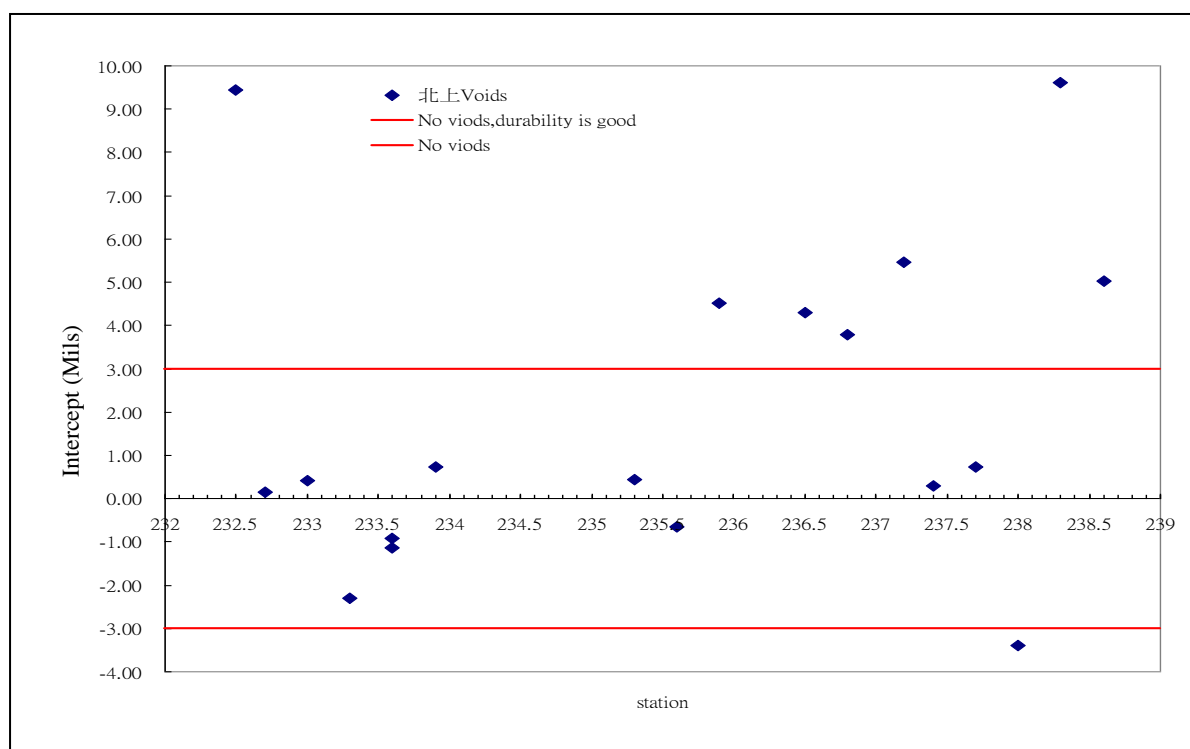
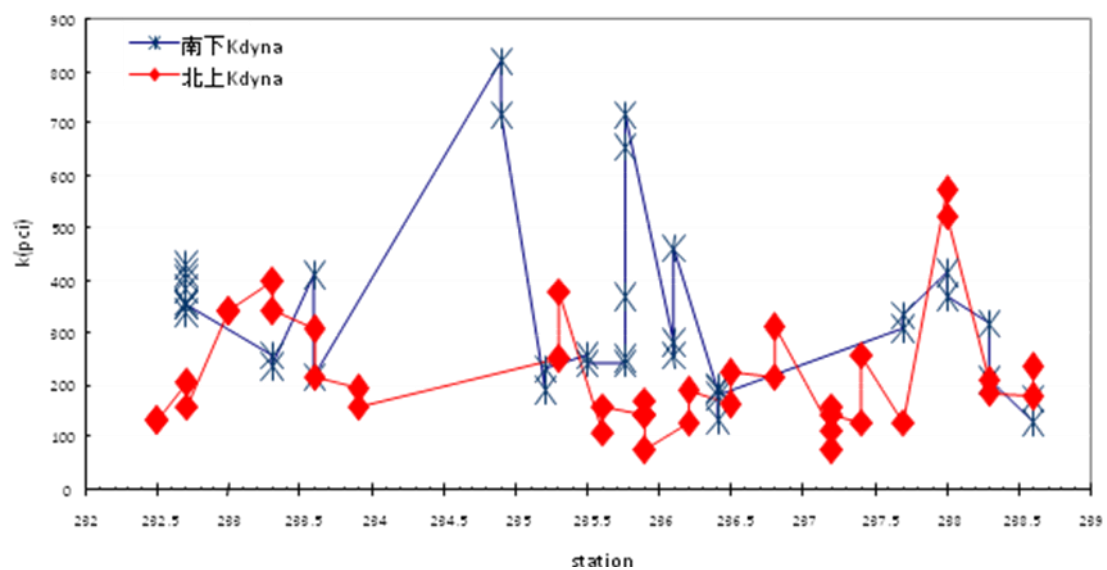


圖 3.2.26 路基反力模數評估結果圖

圖 3.2.27 二高南投名間段北上剛性鋪面孔隙評估結果

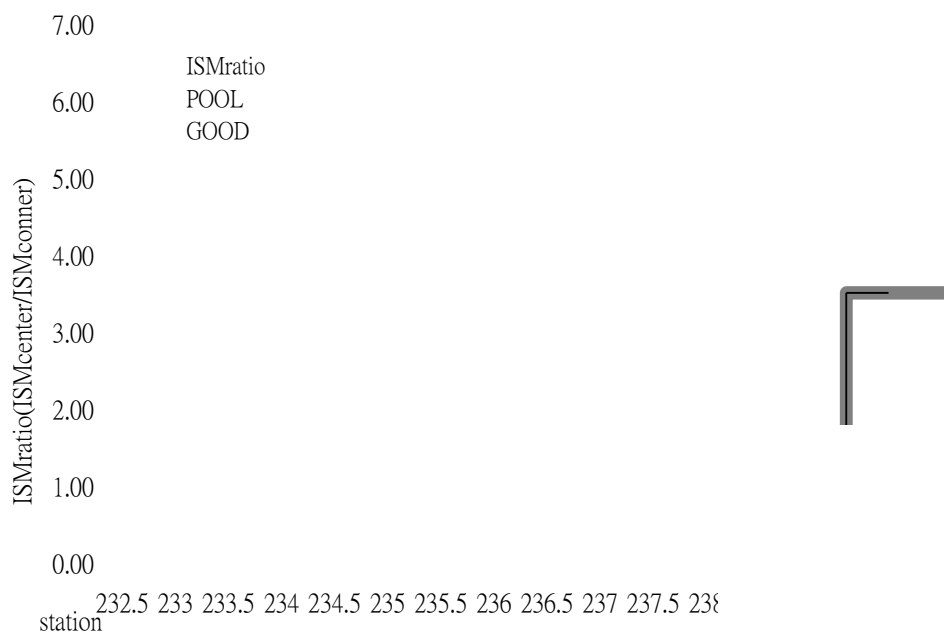


圖 3.2.28 二高南投名間段北上剛性鋪面耐久性評估結果

表 3.2.1 二高南投名間段鋪面評估結果表

評估項目	北上剛性鋪面存在問題點位
鋪面耐久性評估 (ISM ratio)	232k+500 、236k+200、 236k+500 、 238k+200 、 238k+600
鋪面孔隙評估 (Deflection Intercept)	232k+500 、235k+900、 236k+500 、236k+800、 237k+200、238k+000、 238k+200 、 238k+600

3.2.3 中山高楊梅收費站現地訪談(97.07.31)

此次訪談對象為國道一號楊梅收費站目前剛性鋪面情形。目前楊梅收費站主要破壞種類為橫向裂縫、路面風化、版塊沉陷、角隅裂縫、修補後破壞等，而鋪面破壞區域大多集中分布於重車流量大的外側車道，如圖 3.2.29～圖 3.2.34。



圖 3.2.29 北上外車道橫向裂縫



圖 3.2.30 南下車道路面風化侵蝕

風化原因根據專家說明，主要因為建造廠商所採用之粒料中，可能含有海砂等不良粒料，故造成路面容易遭風化而侵蝕撥脫，現地觀察發現此情形只出現於某些版塊，如專家所述與施用材料有關。



圖 3.2.31 南下車道版塊沉陷

版塊沉陷是此次參觀訪談最常發現的破壞之一，主要也是集中於重車流量極大的外側車道，主因是重型車輛長期且大量反覆對版塊施壓，以致版塊下基礎部份被掏空造成下陷，而兩版塊間有落差產生。



圖 3.2.32 北上車道版塊沉陷



圖 3.2.33 車道角隅裂縫

邊角破壞產生時，雖然有修補處理，但在重車流的影響下還是從修補部分延生出新的破壞。專家說明，在他們作業範圍，如有嚴重破壞產生，會及時以瀝青混凝土做短暫性的修補，如圖 3.2.34(左)，作為緊急安全性處理，等至一定數量破壞累積，發包於廠商，以矽砂材料做半永久式修補，如圖 3.2.34(右)。



圖 3.2.34 (左)AC 暫時性修補 (右)矽砂材料做半永久式修補

3.2.4 中壢工務段彩色排水防滑路面塗裝試範工程訪談(97.08.05)

此訪談對象為煜盛公司在中壢工務段的熱熔式彩色排水防滑路面塗裝示範工程。據表示彩色防滑路面具有提高面層摩擦力，達到良好防滑效果，給於交通安全上醒目的標記，避免惡性交通事件……等好處。

以下為當天示範工程之施工步驟。

在預備塗裝的道路上先進行放樣，如圖 3.2.35。



圖 3.2.35 道路放樣

將塗裝材料以高溫熔料，置入自走式鋪劃機，如圖 3.2.36。

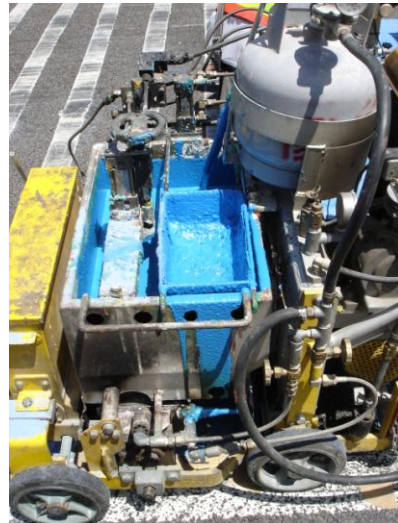


圖 3.2.36 自走式鋪劃機

將預備塗裝的道路表面打上底油(黏結劑)，如圖 3.2.37。

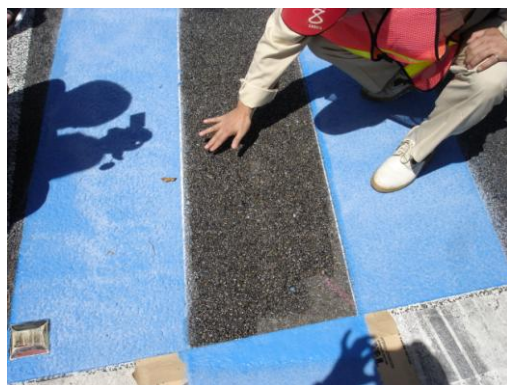


圖 3.2.37 道路表面塗抹底油

於一旁預先試繪，檢查塗料顏色是否符合需求以及儀器測試，如圖 3.2.38。



圖 3.2.38 塗裝道路一旁設置試繪區

一切準備就需，道路塗裝作業開始，如圖 3.2.39。



圖 3.2.39 道路彩色塗裝鋪設

清掃道路表面，工作結束，如圖 3.2.40。



圖 3.2.40 完成道路表面清掃

當天示範工程結束後，馬上於現地以抗滑儀分別對傳統路面與塗裝完成路面做試驗，如圖 3.2.41、圖 3.2.42。

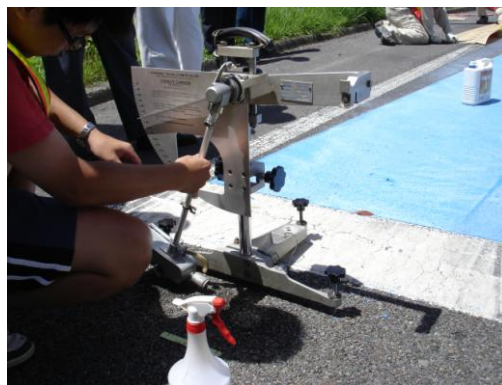


圖 3.2.41 傳統道路抗滑值量測試



圖 3.2.42 彩色塗裝道路抗滑值量測試

當天量測數據如表 3.2.2 顯示，可看出彩色塗裝有提升路面抗滑的效用，但是其耐久度、顏色持久性、反光度則是另外需探討的問題，以及未來使用時，如何驗收工程成效，其規範定義亦是目前應該研究的範圍。

表 3.2.2 抗滑量測數據

	溫度 (°C)	抗滑值 (BPN)	平均抗滑值 (BPN)
傳統路面	41.6	55	58.33
	43.2	60	
	48.6	60	
彩色塗裝道路	49.2	70	72.33
	46.8	80	
	46.2	67	

3.2.5 台北縣三芝鄉鄉道以剛性鋪面修補案例參訪(97.10.23)

此次訪談為檢視台北縣三芝鄉北 25 線以剛性鋪面形式修補柔性路面情形。但修補情形不良，出現多破壞與施工不良之狀況，甚至有鋼筋裸露的情況。

主要破壞種類為橫向裂縫(圖 3.2.43)、角隅裂縫(圖 3.2.44)、修補後裂縫、及唧水現象(圖 3.2.45)等，嚴重更有剛性鋪面水泥塊剝脫分離與鋼筋裸露(圖 3.2.46)等。

施工不良方面包括：發現接縫處使用保麗龍分隔，並無使用填縫料等填縫材料(圖 3.2.47)；修補部分與原有鋪面連結處無適當處理，造成連結處平坦度不佳(圖 3.2.48)；修補表面過於粗糙，明顯顯示無適當之抹平與掃紋處理(圖 3.2.49)。



圖 3.2.43 橫向裂縫



圖 3.2.44 角隅裂縫



圖 3.2.45 角隅裂縫與唧水現象



圖 3.2.46 鋼筋裸露情形



圖 3.2.47 接縫處使用保麗龍情形



圖 3.2.48 連接處平坦度不佳



圖 3.2.49 鋪面表面處理不當

3.3 國內剛性鋪面維護遭遇之問題

為使剛性鋪面維持服務水準，由維修單位自行規劃設計發包施工。維護單位須在有限時間內進行維修工作，故多未能針對損壞進行充分調查與研析，即必須逕行設計發包施工，且無法針對維修工程特性訂定技術規範，鋪面維修在沒有可供依循的標準的情形下，未能有效掌控維修品質與成效，導致發生維修後相同損壞情形機率偏高。

3.3.1 氣候環境因素

台灣地區屬於高溫、潮濕、多雨的氣候環境，於進行鋪面維修工程時，應針對維修時機及季節氣候特性規劃維修方法及維修材料之選擇，例如填縫料的換修作業，考慮混凝土版塊受溫度熱脹冷縮影響接縫寬度，並為符合美國聯邦航空 FAA 規範 SS-S-200E Type M 填縫料最佳作業溫度 $16^{\circ}\text{C} \sim 38^{\circ}\text{C}$ 之規定，應於春、秋季節接縫寬度最大、氣溫符合規範要求時施工，另需注意風大的季節亦可能影響填縫品質。然由於維修人員不察或維修經驗不足，經常對於氣候的影響因素考量不甚周全(許書王，1994)。

3.3.2 機具設備不良

由於機場鋪面維修工程為配合機場營運特性，於發生局部小型損壞時即需進行維修，故多屬小型維修工程(江筱嵐，2000；趙創慶，2006)。對承包商而言，小型工程成本效益較低，維修工程之機具設備多半以現有設施因應，而有不適當使用狀況，造成施工不良等情形。

3.3.3 維修材料品質

國內機場目前係由交通部民航局依機場等級，交各級單位進行管理維護，鋪面維修工程之發包需符合相關採購規定，為避免指定廠商或專賣產品，目前針對維修材料僅能規範一般性質，以致在維修材料之應用趨於保守，據實地調查訪談發現，以剛性鋪面部份深破損快速維修而言，僅第三型卜特蘭水泥及高分子聚合物附加劑可供選用(張維銘，2003；夏桂華，2000)。科技進步相關材料技術革新改良，國外鋪面相關研究單位亦已針對多種維修材料性質進行鋪面維修長期成效評估研究，而有不錯之成果。由於國內剛性鋪面為數不多，加以維修市場較小，國內廠商研發意願不高，目前採用之速凝早強高分子附加劑仍以進口為主，然而國外材料係針對該地區使用、氣候、施工等特性研發，故引用於國內進行維修時，應針對使用區域、氣候條件、環境因素等進行相關測試，經驗證可行後實施，以降低維修失敗的機率。

3.4 國內剛性鋪面維修材料之探討

剛性鋪面之維修材料，依其成份可區分為水泥系維修材料及聚合物系維修材料，一般用於維修之種類及定義如下，材料使用功能如表 3.4.1。

1. 普通混凝土(Type I)：為一般工程普遍採用之混凝土材料，因 Type I 類型水泥之組成成份沒有特別限制，故稱為普通混凝土。此類混凝土在無添加其他摻料情況下其水泥之發熱速率較平緩，初凝時間在 120 分鐘以上，在剛性鋪面維修工程上因考量其強度發展較遲緩，施工後養治期間需至少 7 天以上之時間用以封閉車道及管制交通，目前受限交通流量大已較少使用於鋪面之維修，適合新建路段之鋪設及在共同管道新建施做時使用。
2. 早強混凝土(Type III)：其主要特性為水泥成份中之矽酸三鈣含量較高，並藉增加水泥的細度，以加速水泥發熱速率，提高早期強度，故稱為早強混凝土。因其水泥發熱速率較快，適合須要縮短養護時間或早期得到高強度之結構物，此類混凝土使用量較大時須事前向水泥製造廠訂購，一般工程因使用需求量較少，材料普遍性不高且因少量故其單價相較為高。
3. 超速硬混凝土：為特殊混凝土之一種，是強度發展極速的水泥，係屬特殊水泥，其與適當的粒料及水拌合經澆置後 3 小時內可有 $210\sim 280\text{ kgf/cm}^2$ 之抗壓強度，故稱為超速硬混凝土。其混凝土硬化後之收縮性極小，與鋼筋的握裹及原有舊混凝土面之接著性極為良好，超速硬混凝土為早凝材料，施工作業時間較短需採工地現場拌合，特別須注意各項流程，並加速灌漿、澆置、表面處理等動作，拌合時應採用低水灰比，若水灰比過大將影響混凝土硬化時間，降低其早期之強度，而溫度之高低亦會影響水泥混凝土的凝結與硬化強度，當溫度超過 25°C 時，會加快凝結速度縮短可操作時間時，則可採用冷(冰)水拌合，因完成澆置後之混凝土短時間內即釋放大水化熱，故須對所維修之鋪面採取適當的養護，此類混凝土因具強度發展快，特別適用於隧道內、機場跑道、停機坪和一些需要維修後即須開放交通的鋪面，以增加道路容量及減低因封閉車道所造成之無形社會成本等，達到即時恢復通行使用之功能，其材料多屬國外進口其單價相對偏高。

4. 高性能混凝土(High Performance Concrete、HPC)：與普通混凝土的組成成份(水泥、水、粒料)大致相同，主要不同在於使用強塑劑及卜作嵐摻料(pozzlan，飛灰、爐石及矽灰)，強調的是高強度(560 kgf/cm²)、高流動性(泵送高度最高可達 450 m)、高耐久性等特性，故稱為高性能混凝土，由於其具高強度且高流動性較適合用於須減少構材斷面、增大跨距及減少結構自重之高樓層建築或長跨度橋樑，在剛性鋪面方面目前並未普遍使用。
5. 聚合物混凝土(Polymer Concrete，簡稱 PC)：利用液體樹脂作為黏結材，並取代混凝土中的水泥及水，主要材料有環氧樹脂及甲基丙烯酸，可使用於各種混凝土之維修工程。
6. 瀝青混凝土：也常被用於緊急性、臨時性的維修，因此，可視當時之設備、人員及材料取得等條件，折衷採用合適之瀝青系材料，以瀝青系材料進行修補之成效必需足以維持到下一次維修之時刻，且以瀝青系材料維修時，其維修完畢之高度須略高於鄰近之版面，以供日後交通之壓實。

表 3.4.1 各種維修材料種類之使用功能(張維銘，2003)

維修材料	使用材料與需求	適用地點
普通混凝土	<ul style="list-style-type: none"> ●一般水泥 ●無特殊需求 	一般混凝土工程 共同管道
早強混凝土	<ul style="list-style-type: none"> ●早強水泥 ●須要縮短養護時間或早期得到高強度之結構物 	<ul style="list-style-type: none"> ●剛性鋪面 ●機場停基坪 ●人、手孔蓋周圍
超速硬混凝土	<ul style="list-style-type: none"> ●特殊水泥 ●於短時間(數小時)內維修後即須開放使用之結構物 	<ul style="list-style-type: none"> ●隧道、剛性鋪面 ●橋樑伸縮縫兩側
高性能混凝土	<ul style="list-style-type: none"> ●一般水泥 ●卜作嵐與強塑劑 	<ul style="list-style-type: none"> ●高雄國際廣場大廈
聚合物混凝土	<ul style="list-style-type: none"> ●環氧樹脂及甲基丙烯酸 ●利用液體樹脂作為黏結材，取代混凝土中的水泥及水 	<ul style="list-style-type: none"> ●剛性鋪面角隅 ●公車專用道 ●人、手孔蓋周圍
瀝青混凝土	<ul style="list-style-type: none"> ●地瀝青 ●以地瀝青作為黏結材，取代混凝土中的水泥及水 	<ul style="list-style-type: none"> ●一般瀝青混凝土路面
鋼纖維混凝土 無收縮混凝土	<ul style="list-style-type: none"> ●鋼纖維 ●膨脹水泥 	<ul style="list-style-type: none"> ●剛性鋪面、橋面版 ●橋樑伸縮縫兩側

3.5 剛性鋪面檢測方法之探討

3.5.1 功能性評估

功能性主要以 IRI 做為主要依據，目前國際上慣用之平坦度評估指標包括：平坦度標準差(Roughness Standard Deviation)、國際糙度指標(International Roughness Index, IRI)、輪廓指數(Profiler Index, PI)、騎乘指數(Ride Number, RN)。鋪面的平坦度是影響道路服務水準與使用者成本之主要因素。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(如圖 3.5.1)。鋪面平坦度量測經過分析選擇，結果推導出國際糙度指標，其特性如下：

1. 國際糙度指標不因時間之變化而改變其量測特性。
2. 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。
3. 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。
4. 可客觀顯示鋪面狀況，不受人為因素干擾，瞭解鋪面狀況對於使用者成本、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)，它是代表以數值模擬時速 80 公里之四分車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 $\times 1000$)。

目前國內外開發量測平坦度儀器已經相當成熟，依據量測發展原理及調查方式大致分成下列三種：斷面式平坦儀、反應式平坦儀、與慣性式平坦儀三種。表 3.5.1 為國內現有平坦度量測儀器及所有單位整理表。以下就各類不同儀器加以介紹。

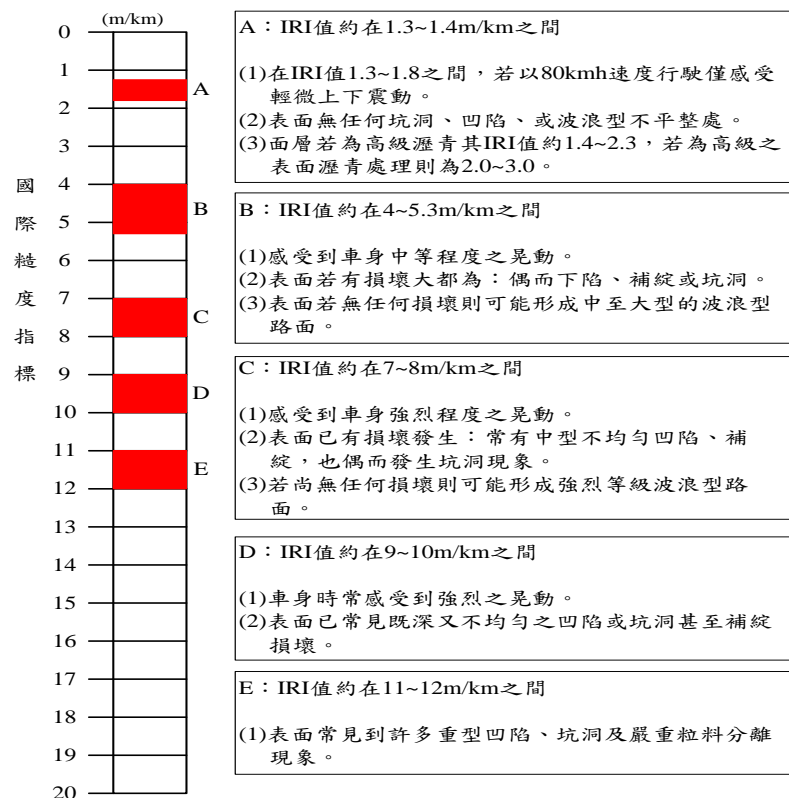


圖 3.5.1 鋪面國際糙度指標評估圖

表 3.5.1 國內現有平坦度量測設備

儀器名稱	分類方式	所有單位
三米直規、高低平坦儀	斷面式平坦儀	各工程單位普遍擁有
California Profilograph	斷面式平坦儀	公路總局
Rainhart Profilograph	斷面式平坦儀	國工局
ARRB Walking Profiler	斷面式平坦儀	台大、中大
梅氏糙度儀	反應式平坦儀	台大、高公局
Law Model 8300	慣性式平坦儀	高公局
ARRB MLP	慣性式平坦儀	台科大
ARAN	慣性式平坦儀	公路總局
自行研發鋪面檢測車	慣性式平坦儀	台大、中大

1. 斷面式平坦儀

斷面式平坦儀之發展源自於三米直規，具有三種形式，分別為三米直規、直規型高低平坦儀及多輪式路面平坦儀，以上儀器大都為人工操作與計算。近年來，已發展由電腦量測與計算之儀器，為傾斜度量測儀，傾斜度量測儀構造為一長度固定之橫桿，橫桿中間有一垂直於橫桿之傾斜桿，量測時將橫桿置於鋪面，以傾斜桿的傾斜角度及水平基長計算橫桿頭尾之高程，其代表為 ARRB Walking Profiler，目前國內為台大與中大擁有。

2. 反應式平坦儀

反應式糙度檢測儀大致分為兩種，第一種是在車身與輪軸間裝設量測相對變位的儀器，隨著路面起伏，相對間的機械式位移可被量測，為機械式。另一種則是在車身或車軸裝設加速度規，量測隨路面起伏而產生的垂向加速度變化，為加速度式。這兩種都是量測車輛對路面輪廓變化的反應，而不是直接對路面輪廓進行量測，因此稱為反應式糙度檢測系統。

反應式平坦儀有三種形式，(1)梅氏糙度儀、(2)BPR 平坦儀、(3)路錶。反應式平坦儀之優點為價格低廉、操作簡便且可大範圍量測。不過，這類儀器都只是對路面進行間接量測，並且大都與車輛本身的動態反應況狀(例如車輛特性、胎壓等等)有關，亦即測定結果隨測試車輛機械系統的震動特性與車輛行駛的速度而變化。

3. 慣性式平坦儀

近年來，為了改良反應式平坦儀的缺點，慣性式平坦儀已經成為目前平坦度儀器發展的重點。慣性式平坦度儀乃以慣性原理加裝非接觸式的精密光學測距儀器，且直接針對路面輪廓進行量測。這類平坦儀必須具備四大構件：非接觸式測距儀、精密距離量測系統、慣性參考儀器、電腦記錄系統

(1)ARRB MLP (Multiple Laser Profiler)

多重雷射平坦儀可裝設於車輛前方或後方保險桿上，可依照不同需求裝設一至多套雷射檢測設備，裝載三套雷射裝備便可進行車轍檢測，檢測速度由 29 ~120 km，適合進行大範圍檢測。如圖 3.5.2 所示。



圖 3.5.2 ARRB MLP

(2) ARAN 智慧型鋪面檢測車

ARAN 智慧型鋪面檢測車為加拿大 Roadware 發展，功能相當多樣。平坦度檢測模組中，縱向部分，車輛前保險桿左右各裝載一套雷射檢測系統，可記錄路面縱向剖面資料；橫向部份，安裝有 13 個超音波接收器，可量測車徹等橫向剖面資料。由公路總局委託中央大學引進。如圖 3.5.3 所示。



圖 3.5.3 ARAN 智慧型鋪面檢測車

慣性式平坦度儀適合蒐集大量的鋪面平坦度資料而運用於網級鋪面管理系統，大大改善了斷面式平坦度檢測儀的缺點，但保有其量測原理上的優點，在量測原理上，是對鋪面實際輪廓進行量測，改善了反應式糙度檢測系統的弊病，準確性明顯較反應式糙度檢測儀器高，但保有其快速檢測的優點。因此，即使這類儀器較為昂貴，但仍有逐漸成為主流的趨勢。

3.5.2 安全性評估

安全性評估以抗滑為主，尤其以機場更重視之(李世大，2006)。而國際抗滑指標為其評估之指標，由於不同的抗滑檢測儀器的構造與檢測原理各異，因此每種抗滑檢測儀所量測而得之道面抗滑值無法一併使用，為使檢測人員在使用不同檢測儀器的同時，仍能具統一之比較基礎，故需透過國際抗滑指標(International Friction Index, IFI)進行轉換，其最主要目的在使實務操作上更加健全，解決檢測作業應用上的限制。IFI 計算過程與轉換公式如下：

$$Sp = a + b * TX$$

$$FR60 = FRS * EXP[(S - 60) / Sp]$$

$$F60 = A + B * FR60 + C * TX$$

$$IFI : FS = F60 * EXP[(60 - S) / Sp]$$

其中， Sp = 抗滑值之速度梯度

TX = 紋理深度

$FR60$ = 該抗滑檢測儀於 60KPH 之抗滑值

FRS = 速度為 S 時之抗滑值

S = 任一特定速度

$F60$ = 轉換後之 60KPH 抗滑值

FS = 轉換後之任一速度抗滑值

a 、 b 、 A 、 B 、 C 為模式係數

由上式可知，IFI 主要使用的原始資料為受檢測鋪面之紋理深度和該抗滑檢測儀器於某一特定速度下之抗滑值，利用這些原始資料推估該儀器之 60 KPH 抗滑值後，再配合迴歸模式轉換為可互相比較且同為 60 KPH 之抗滑值，最後再推導任一速度下之轉換抗滑值，亦即 IFI。IFI 於實務上的運用，在於協調不同檢測儀器所檢測之抗滑值，除此之外，由於其在不同的檢測速度下仍可進行轉換，故可解決抗滑檢測儀器因外在環境而無法以正常速度檢測的問題。

鋪面抗滑能力之檢測方法有許多種，但其基本原理可概分為兩大類，第一類為量測車輛運行至某特定速度下鎖死輪胎（軸）所需力量，若此力量愈大表示摩擦力越大，顯示輪胎與鋪面表面越不易產生滑行現象，即表示該鋪面之抗滑能力越佳；第二類為使車輛運行至某特定速度下鎖死輪胎（軸），量測車輛自煞車開始動作至車輛完全煞停間所滑行距離，以計算鋪面表面與輪胎間之摩擦係數。鋪面抗滑值是車輛行駛於道路操控安全之重要特性，目前在抗滑值檢驗方式有：

(1) 英國擺式(British Pendulum)

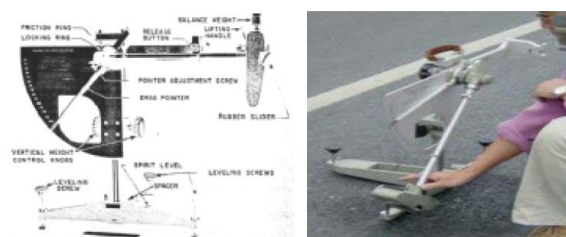


圖 3.5.4 英式擺錘試驗儀

(2) 鋪沙試驗法

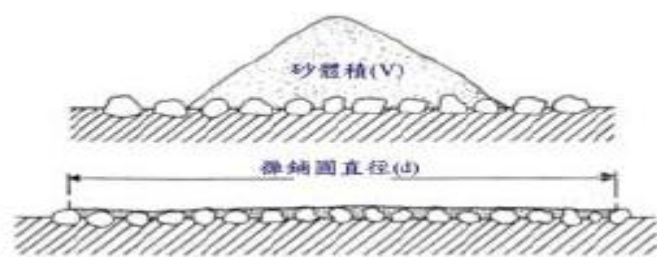


圖 3.5.5 鋪砂法示意圖



圖 3.5.6 選定測點及放置標準砂



圖 3.5.7 將固定體積之鋪成圓面及量測其直徑

- (3) 日本動態摩擦測試法
- (4) 雷射以及抗滑拖車(Skid Trailer)
- 鎖輪式 (locked-wheel mode)



圖 3.5.8 標準鎖輪式抗滑檢測儀

- 滑溜式 (slip mode)



圖 3.5.9 GripTester 抗滑儀器

- 偏搖式 (yaw mode)



圖 3.5.10 Mu-Meter 抗滑儀

目前抗滑值量測技術的發展，是以雷射檢測技術之發展為主流，由於 Sand Patch 法與英國擺式法在檢測時須封閉道路以保護檢測者及儀器安全，其於實際路網階層之資料蒐集並不實用。抗滑拖車可在正常車行速度進行量測，是目前最主要採用於路網階層之量測儀器。抗滑測試時需要於鋪面灑水，並鎖死測試輪以量測輪胎之應變或應力。

3.5.3 耐久性評估

耐久性評估多利用非破壞性檢測所量測而得之撓度值，目前針對現場測得之路面撓度值，採用的判讀分析法概括可分為：(1)撓度指標法；(2)應力分析法。前者是依據經驗公式及統計理論等方式所進行的定性研判；後者則是建立在力學分析與數學模式的定量分析(FHWA, 1998)。

鋪面強度評估上顧及鋪面結構完整性與施測迅速等特點，以撓度推測現地材料力學性質與鋪面結構強度行為，已成為鋪面調查的主流方式。因此，各類型撓度量測儀器發展成功且廣為應用，然而依量測時荷重施加方式之不同，可分為靜力撓度試驗、穩態撓度試驗、衝擊式撓度試驗、波傳遞試驗四大類。

表 3.5.2 常見撓度儀器比較表

荷重施加方式	類型	優點	缺點	國內外使用狀況
靜力撓度	彭科曼樑 (Benkelman Bean)	1.設備簡便、價格低 2.分析理論完備	1.移動性差(人工搬運) 2.施測參考點難定，準確性較不穩定 3.人工測試，試驗緩慢 4.無法獲得撓度曲線	國內外使用長久有經驗
	道路評審儀 (Road Rater)	1.施測不需參考點 2.移動性良好 3.準度及重現性佳 4.操作簡單迅速 5.可得撓度曲線	1.部分機型有荷重上限 2.低荷重頻率之準度差 3.荷重形狀不均勻 4.某些頻率會有共振問題 5.無法量測塑性變形	
穩態撓度	動力撓度儀 (Dynalect)	1.施測不需參考點 2.移動性良好(拖車搬運) 3.準度及重現性佳 4.操作簡單迅速 5.得撓度曲線	1.某頻率與荷重和現實不符 2.低荷重頻率之準度差 3.荷重形狀不均勻 4.某些頻率會有共振問題 5.無法量測塑性變形	國外使用普遍，國內已引進使用
	衝擊式撓度 (落錘式撓度儀 FWD)	1.模擬移動荷重 2.荷重範圍大 3.適用範圍大 4.試驗重現性佳	1.低頻之準度不佳 2.無法量測塑性變形	
波傳遞式撓度	表面波頻譜法 (SASW)	1.可直接測知各層勁度	1.資料解讀分析不易	國外發展中 國內未引進

表 3.5.3 動態非破壞性試驗之適用性

試驗儀器	特性與適用範圍
動力撓度儀 (Dynalect)	1.單一振頻(8Hz)易造成明顯共振現象。 2.若共振現象不明顯，該法可適用於剛性、柔性路面(剛性路面較優)。 3.預估值(材料勁度)之誤差在容許範圍內。 4.不致產生非線性材料影響
落錘式撓度儀 (FWD)	1.代表重車對道路之影響，模擬路面材料在於臨界力作用下之性質。 2.非線性材料行為會干擾近震源(<3 ft)之地表撓度。 3.力量集中於 0~60 Hz，故路面層產生之動態影響較動力撓度儀為大。 4.當岩盤接近地表時(<15 ft)，由高振頻所形成的動態擴大效應(共振現象)使得預估值產生誤差。 5.若岩盤深度大於 15 ft 時，該法較適用在柔性路面，其預估值趨於偏高。而在剛性路面時，所形成的預估值(材料勁度)遠高於實際值，此差異性勝於 Dynalect 試驗。
道路評審儀 (Road Rater)	1.同 Dynalect 法屬穩態試驗。因其可改變頻率，故可以避免共振現象對試驗數據(撓度值)造成影響，而利於反算。 2.除適用於柔性、剛性路面的評估外，亦可作為探勘岩盤深度之用。 3.可改變輸入之力，作為現場材料對力-振頻的行為研究之用。
表面波頻譜法 (SASW)	1.不產生非線性材料現象。 2.適用於勘測地表面層的材料勁度，準確度高。 3.當成層間勁度差異(變化)增加時，散射曲線之震盪現象擴大，面層厚度之判定不易。 4.採衝擊力方式，實驗時，由於振頻範圍偏高，不易探測具地表較深的材質。 5.實驗操作與數據收集尚未完全全自動化。 6.現場接收器位置需變化以獲得完整的實驗散射曲線。

3.6 綜合討論

國內目前對於剛性鋪面損壞維修，尚無廣被接受的規範可供遵循，僅依賴國內外累積的經驗，或是經由材料廠商提供適合其材料的施工方法，然而造成鋪面破壞的原因有其複雜性，並不一定能有效維修所有的損壞模式。因此，國內可以先行引進國外相關之維修技術。

在維修策略方面，因進行鋪面維修的工作時有多種的維修方法可被採用，而維修工法的選擇則需仰賴工程師的經驗、工法的適用性、機具的取得、國內施工技術與能力、以及考量維修至開放通車所需時間、提供交通控制設施以減少交通衝擊、經費與維修成本等相關因素來決定。慎選最適當的維修工法則能妥善的對資源與時間得到最佳化的調配，如此將可得到經濟而有效的結果。

第四章 剛性鋪面維護補強技術

本研究詳細參酌國內、外相關文獻、研究報告資料，並透過訪談鋪面維修專家所得經驗與知識，綜合研析彙整剛性鋪面維護補強工法及其相關流程。一般而言，剛性鋪面包括接縫式無筋混凝土鋪面(jointed plain concrete pavements, JPCP)、接縫式鋼筋混凝土鋪面(jointed reinforced concrete pavements, JRCP)、與連續式鋼筋混凝土鋪面(continuously reinforced concrete pavement, CRCP)等三種基本型式。一般所謂之接縫式混凝土鋪面(jointed concrete pavements, JCP)係為 JPCP 與 JRCP 二種鋪面之通稱。由於國內尚未採用 CRCP，因此本研究係以 JCP 之維護補強技術為主要探討對象。

剛性鋪面維護補強技術主要的工法包括填縫工法(sealing)、減壓接縫工法(pressure relief joints)、部份厚度修補工法(partial-depth repairs)、全厚度修補工法(full-depth repairs)、版塊穩定和版塊頂起工法(slab stabilization and slab jacking)、表面刨磨及刮槽工法(diamond grinding and grooving)、荷重傳遞修復工法(load transfer restoration)、增設邊緣排水系統(retrofitted edge drains)、快速剛性鋪面鋪築技術(accelerated rigid paving techniques)、再生混凝土鋪面(recycling concrete pavements)、混凝土加鋪鋪面(PCC overlays)、以及瀝青混凝土加鋪鋪面(AC overlays)等技術。

茲將各工法之說明、定義、目的及適用情形、與使用限制及績效簡要說明如下。此外，剛性鋪面維護補強技術手冊亦將介紹各工法之設計因素、施工步驟、機具設備、提前開放通車等說明，以及加鋪選擇因素、加鋪設計原則、加鋪前處理和修補、與反射裂縫控制等相關課題。附錄一並包括專有名詞中英文對照表。

4.1 填縫工法

4.1.1 說明

剛性鋪面因接縫填縫料散失或產生裂縫時，在鋪面尚未受到進一步損壞前，常以填縫的方式來改善鋪面現況。剛性鋪面填縫(sealing)與再填縫(resealing)之主要目的在防止鋪面水滲入鋪面版底產生唧水現象而導致鋪面版損壞，以及防止不可壓縮物進入接縫而導致鋪面接縫邊緣碎裂等損壞。根據現場施工經驗，填縫料施作後因交通及環境因素就會漸漸失效。然而，改善填縫料、正確地設計填縫槽(reservoir)、和接縫的有效處理，均可能增加填縫後之預期壽命。對公路主管機構而言，接縫填縫為主要的養護工作之一。

4.1.2 定義

填縫包括接縫填縫(joint sealing)與裂縫填縫(crack sealing)等二大類。接縫填縫包括橫向接縫與縱向接縫(車道與路肩或車道與車道間)，以防止裂縫擴大劣化。一般而言，接縫填縫比裂縫填縫來得重要，因為更周全的準備和高品質的填縫料可以確保有令人滿意的績效。常用的填縫材料有很多種，一般可依材料之特性區分為：熱塑性材料(分為熱拌式及冷拌式)、熱凝性材料(分為化學固結型及溶劑釋放型)、與預鑄壓力填縫材等三大類。

(1)熱塑性材料(Thermoplastic Materials)

熱塑性填縫料為瀝青基材料，此種材料會隨加熱而有軟化變形乃至於流動現象，隨溫度下降則有固化變硬的情形，為可逆過程，而化學組成不改變。填縫料的彈性及溫度性質較不穩定，在某程度上是受到天氣所影響。大部分的熱塑性填縫料會在加熱後的狀況下使用，但有些是加以稀釋不用加熱就可使用。

- A. 熱拌式：熱拌熱塑性填縫料有瀝青(asphalt cement)、橡膠瀝青(asphalt rubber)、改質瀝青、和聚氯乙烯柏油(polyvinyl chloride coal tar)。
 - a. 以瀝青作為填縫材料固然可以提高經濟性，但是由於它缺乏彈性且成效不彰，因此不建議使用。

- b. 橡膠瀝青填縫料被廣泛地用於高速公路、機場和市區街道，這些填縫料為瀝青摻和不溶解的橡膠拌合而成，產品改善彈性、加強凝聚力及增加軟化點，瀝青橡膠品質依組成的橡膠品質而定。
 - c. 改質瀝青已變成填縫料業界的標準，這類型的瀝青填縫料是結合不同型式及數量的高分子聚合物(polymers)及溶解橡膠而成，在低溫能延展、抵抗高溫軟化及輪跡等。
 - d. 在瀝青中加入聚酯(polyester)、聚丙烯(polypropylene)及聚氨酯(polyurethanes)纖維可加強填縫料績效，由於纖維可改善材料張力和強度特性，在伸展及軟化抵抗方面有輕微改善，但與原有瀝青黏結力卻降低。
 - e. 許多施工單位曾使用聚氯乙烯做為填縫料，因具有抵抗燃油和飛機噴射氣流，且具有較高的軟化點及與混凝土黏結成效良好，填縫時需精確地控制溫度，亦需注意添加新填縫料時或連續加熱時的限制。由於在使用時潛在變化因素很多並且可能對人體有害，因此並不被廣泛地做為填縫材料。
- B. 冷拌式：冷拌式的油溶瀝青與乳化瀝青也曾被用做為接縫填縫之材料。油溶瀝青的組成為一層輕石油溶劑，瀝青養治時為溶劑蒸發，如同其他瀝青填縫料可減少加熱需要。由於差的績效及環境受限，實質降低油溶瀝青的使用。乳化瀝青是由小顆粒瀝青拌合水及乳化劑而成，使用時可加熱或不加熱，且接縫為濕或乾燥情況下皆可使用，但易受溫度影響及容易產生輪跡。利用此種材料作為填縫料時因受限太多且效果並不顯著，因此不建議使用。

(2)熱凝性材料(Thermosetting Materials)

熱凝性填縫料為典型的一劑或二劑材料，材料凝結為溶劑釋放或化學固結。熱凝性材料不會如熱塑性材料般受熱軟化，若溫度過高則會發生裂解。這些填縫料顯示潛在的好績效，但材料成本遠較橡膠瀝青為高，然因填注熱凝性填縫料時可以較薄，因此或許可以有較低的人工及設備成本。

- A. 化學固結型：化學固結填縫料是熱凝性材料的主流，在高速公路常使用此類型的材料，包括高分子硫化物(polysulfides)、聚氨酯(polyurethanes)、矽質填縫劑(silicones)及環氧樹脂(epoxies)。材料的優點有材料耐久性、掌控容易及在使用期間不用加熱；缺點則為成本較高於熱塑性材料。高分子硫化物及聚氨酯填縫料的績效較不穩定，此種材料能維持彈性，但在黏結力方面就有問

題，此外這類型材料多為二劑材料，在填縫作業需要增加拌合工作，因而增加填縫作業時間及其他錯誤來源。矽質填縫料是冷拌式的單劑或雙劑材料，它具有良好的延展性且抵抗風化和溫度的變化，可結合低模數和具有良好的黏結強度，在灌注後會自充填不須再鏟平這項特性。雖然熱凝材料在單價上比橡膠瀝青高出甚多倍，不過施作於同一特定範圍內花費的成本可能比橡膠瀝青來得低。

B. 溶劑釋放型：由於這類型之熱凝性填縫料的養治，是透過溶劑釋放來完成，其材料的伸長與壓縮範圍不超過 $\pm 7\%$ ，無法滿足規範要求，因此不建議使用。

(3)預鑄壓力填縫材

安裝預鑄壓力填縫材於剛性鋪面時為壓力狀態，在設計這類型的材料壓縮量為未壓縮時寬度的 20~50%，寬度為 25mm 的填縫料必須維持 13~20mm 的接縫間隙。假如填縫料太窄或接縫間隙太大時，會造成填縫料在未受壓狀況下，填縫料會因此進入接縫內或因車輛碾過而帶出。假如填縫料壓縮量大於 50% 時，在伸展期間的填縫料為壓縮材，當此情況發生後，預鑄壓力填縫料的寬度不再隨接縫間隙恢復，同時也失去效用。預鑄壓力填縫材使用於新鋪築的剛性鋪面成效不錯，但因重新填縫之接縫間隙不均勻、形狀因子不同及需要垂直側面等理由，因此不建議使用在鋪面維修計畫上。

4.1.3 目的及適用情形

當水進入接縫後在版底累積，會對剛性鋪面造成唧水現象(pumping)、基礎掏空(loss of support)、高差(faulting)及角隅斷裂(corner breaks)等損壞。此外，不可壓縮物進入剛性鋪面較差的接縫中，而干擾接縫正常的張開及閉合移動，使鋪面版產生壓應力及增加潛在的碎裂(spalling)。當壓應力超過鋪面的抗壓強度，則發生隆起或彎曲。如未發生隆起時，而不可壓縮物持續進入接縫，影響鄰近橋台或其他鋪面結構強迫移動，在一段時間後產生嚴重破壞則此時就需要大型維修。當既有填縫料的損壞情況，為不可壓縮物進入接縫及水滲入鋪面結構時，剛性鋪面接縫需要再填縫。接縫重新填縫是配合全厚度修補、部分厚度修補、版塊穩定及表面刨磨進行，則鋪面不是嚴重損壞情況下的重新填縫最大效益是可期待的。

4.1.4 使用限制及績效

當既有填縫料不再具應有的功能時，例如填縫料遺失、現有填縫料不能與接縫面結合、接縫有不可壓縮物等現象時，則需進行接縫填縫作業。在有效的填縫後，鋪面的整體損壞及裂縫損壞將會減少。許多填縫料失敗是由於不當的準備程序及不佳的材料所影響，正確地準備程序可確保填縫料與接縫面能有效地結合，假如在接縫面內留有水泥漿、灰塵、水或其他碎片時，就可能使填縫成效不彰。填縫料加熱不足將導致不良的黏結，填縫料過度加熱將破壞延展性及增加材料老化。因此，可以使用輔助溫度監視設施對填縫料溫度作密切的觀測。使用新型填縫料時，應經工程司認可，並特別注意其適用溫度、材料受熱、及施工氣溫的影響等因素。

4.1.5 設計因素

在尚未實際執行填縫作業時，須在設計過程中做最仔細的考量，使其施工成效達到最好，而影響混凝土鋪面填縫料績效的因子，包括接縫移動、接縫槽形狀因子及填縫料本身性質等。

1. 橫向接縫移動

在剛性鋪面上收縮縫較施工接縫及縱向接縫有更多的移動，而該類型的移動則會發生在橫向收縮縫中包括不同撓度所導致的垂直移動、不同高差所導致的垂直移動、與鋪面溫度及含水量改變所引起的水平及垂直移動。當車輪荷重通過彎曲接縫及支撐差的鋪面時產生不同的垂直撓度，在高垂直撓度情況下，任何重新填縫作業之前，需先完成荷重傳遞及基礎支撐改善。因唧水現象而導致基礎材料淘空，造成永久沈陷或高差，在高垂直撓度鋪面的情況下，其高差需在填縫前使用刨磨工法改正，以改善鋪面長期績效。在設計時若排除垂直移動，而僅考量到水平移動時，接縫間距、基層和版的摩擦係數、混凝土熱膨脹、乾縮係數與鋪面承受溫度範圍等函數，接縫位移量可用下列的公式來估算。

$$\Delta L = C \times L \times (\alpha \times \Delta T + e) \quad (1)$$

其中， ΔL 為接縫位移量(mm)； α 為水泥混凝土熱膨脹係數 $9\sim 11 \times 10^{-6} \text{ mm/mm/}^{\circ}\text{C}$ ； e 為水泥混凝土乾縮係數 $0.00127\sim 0.00635 \text{ mm/mm}$ ； L 為接縫間距(mm)； ΔT 為溫度變化($^{\circ}\text{C}$)； C 為基層和版的摩擦係數(穩定基層為 0.65、級配基層為 0.80、路基土壤為 1.0)。因鋪面材料性質及摩擦限制情況不同，每個接縫位移量未必都會一樣。當溫差大且接縫間距增大時，接縫移動量將會增加。在計算接縫移動中，可知鋪面建造於較硬的基礎材料時，由於鋪面版與基礎間摩擦力的增加而導致接縫位移量變小。垂直移動的主要設計考量，為剛性鋪面車道和柔性鋪面路肩。在面層有 80% 水進入鋪面結構，其接縫特別困難進行填縫，由於兩材料間性質及橫斷面之結構不同，路肩的沈陷或隆起會沿著接縫產生，此時需要較寬的接縫槽來抵抗垂直移動。

2. 形狀因子

(1) 填縫料應力：熱塑性及熱凝性填縫料的績效是依據填縫料所施展的應力，已知

填縫料的應力是根據填縫料灌注時的形狀函數。當填縫料伸長時，而材料想維持體積不變，卻因受到接縫槽面黏結力的限制，會在較深處的填縫料產生頸化現象(necking down effect)和較大的應力。

形狀因子的概念是來自於填縫料材尺寸以寬/深(W/D)比例來表示。為了有好的鋪面績效，則必須防止養治未完全的填縫料流到接縫槽底部，此時襯墊條就扮演極為重要的角色，通常襯墊條為聚乙烯材料。

接縫鋸切深度受到包括填縫材料、襯墊條及填縫下凹空間等因素之影響，鋸切時應儘量避免鋸切過深，以免工作耗時、費用多、且減少骨材互鎖之荷重傳遞效用。若鋪面版建造在穩定基礎之上，對於新建造的接縫就要鋸切比較深，基本上是為了要防止不規則裂縫的產生。

- (2)建議的形狀因子：在設計接縫槽時(決定寬度與深度)需考慮到填縫料的應變或變形量。現今在市面上銷售的熱塑性材料大部分都可以承受 25%到 35%的應變量，而熱凝性的矽質填縫料則可以承受 50~100%的應變量。當接縫寬度為 13mm 時，熱塑性材料在應變超過 25%前可抵抗 3.25mm 的位移量；而矽質填縫則可抵抗 6.5mm 的位移量。由於應變和應力的限制下，熱塑材料填縫料的形狀因子(W/D)建議為 1：1 至 1：2，矽質填縫料的形狀因子為 2：1。
- (3)填縫料之配置：剛性鋪面接縫的標準填縫如圖 4.1.1 所示的配置，建議熱塑性填縫料高度應低於鋪面面層頂 3.2~6.4mm，因為填縫料能更有延展性，可抵抗車輛碾過的作用，減少在接縫處堆積砂及石頭。

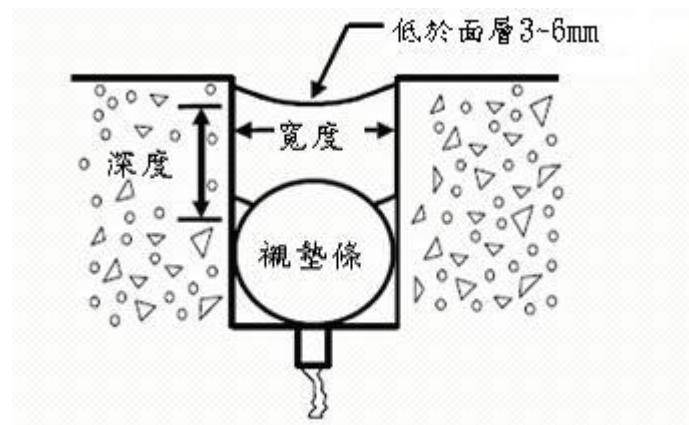


圖 4.1.1 剛性鋪面接縫架構圖

- (4)填縫料性質：影響填縫料績效的關鍵為填縫料性質，包括耐久性、延展性、彈性、黏結力、凝聚力。耐久性是指可以長期抵抗交通、水份、太陽及氣候變動的能力。若填縫料無耐久性時，在短時間內將會起泡、硬化及龜裂，而在高溫下會軟化，且在車輛碾過後產生磨損。填縫料的延展性為控制填縫料變形而不破裂的能力。在較低的內部應力情況下，更具伸展的填縫料或在側邊介面引起破裂。填縫料的延展性在冷天裡顯得更為重要，因最大接縫間隙通常會發生在較冷月份。較軟及較低模數的填縫料具有更好的延展性，但在熱天裡抵抗不可壓縮物進入方面就較為不理想。
- 填縫料的彈性為從變形能恢復原狀形及抵抗石頭進入的能力，熱塑性材料填

縫料為犧牲彈性這項特性來換取延展性。當接縫內的填縫材料伸長，此時會有較高的應力，可使填縫料與填縫槽面分離或材料本身破裂。黏結力為其重要性質之一，通常接縫側面的乾淨度可以決定填縫料黏結能力。接縫填縫作業比裂縫填縫作業需要較高品質的填縫料，接縫承受短暫移動或近期將進行其他整修時，使用較低品質填縫料能有更多的成本效益。

4.1.6 施工步驟

在選定適合的填縫材料後，再來就是接縫處理，而施工步驟和細節上的處理就必須仔細，許多填縫績效成效不彰，是由於不正確或不適當的施作程序。

1. 橫向接縫重新填縫

橫向接縫重新填縫的步驟：舊填縫料移除、接縫槽面重建、接縫槽清理、襯墊條安裝、新填縫料填充。

(1) 填縫料移除：在接縫槽重建之前，可採用方形接縫犁挖器或鋸縫機，以不傷害接縫的方式將舊有的填縫料完全移除。其中，尤以鋸縫機來移除填縫料的方式最為方便，因此種方式不僅能有效地移除硬化或不溶解的矽質填縫料及熱塑性填縫料，亦可同時完成槽面重建之重要步驟。假如接縫槽要求的深度不及既有填縫料，舊填縫料無須全深度的移除。但接縫有不可壓縮物進入時，則舊填縫料須完全移除，以確保接縫清乾淨及自由移動。此外，亦有以高壓水噴洗的方式來移除填縫料，但因可能將使接縫灌入過量之水份、造成接縫破壞、或導致填縫成效不佳等狀況，因此已不建議採用。

(2) 接縫槽面重建：槽面重建為既有接縫面經鋸縫機建立特定的接縫寬度，假如使用鋸縫機移除填縫料，也能同時完成槽面重建；若使用犁挖或其他方式移除，則槽面重建就需另外進行。槽面重建作業的目的為提供新填縫料有乾淨表面能結合，並建立接縫槽正確尺寸及產生所需的形狀因子。槽面重建可使用 26~46kw 水冷式鑽石鋸片，使用單一全寬度刀片於接縫時，則容易造成邊緣磨損，降低鋸縫成效；使用兩葉片刀片藉由葉片間隔鋸切需要的接縫寬，為了避免刀片進入接縫，這些刀片的軸心直徑至少為 4.8mm，若每刀片厚為 1.6mm，則接縫加寬為 3.2mm。刀片會過熱及彎曲是因為使用薄刀片所導致的結果。跨刨器亦用於接縫槽面重建，但工作效率較鋸縫機慢，並且會留下不規則或碎裂的接縫側面，而弄髒填縫槽。

(3)接縫清理：能有效地清理填縫料側面固為重要，但過與不及都不好；即使設計了最好填縫料及填縫槽，都會因為骯髒、未清理乾淨的接縫或側面裂縫，降低了填縫績效。以下為會对接縫面產生污染常見的幾種因素，包括：舊有填縫料留在接縫或裂縫側面、由鋸縫作業產生的灰塵(水泥漿)、從壓縮機氣流所引出的油及水、清理作業期間的灰塵及污物未移除、在清理後填縫前進入接縫的碎片、與其他可能影響黏結工作的因素如水分凝結等。

在接縫槽重建後，立即使用噴砂機清理接縫，噴砂機可有效移除水泥漿及任何遺留在接縫面的殘渣等，經過兩回的噴砂可清理乾淨接縫面，噴砂空壓機需裝有水及油管以防止弄髒接縫結合面。經由噴砂作業後，接縫可露出乾淨的混凝土表面，而緊密觀察能確保清理能具有一致性，在噴砂作業期間的作業人員需使用適當安全設備作為防護。

在襯墊條及填縫料施作前，接縫需使用高壓(620kPa)噴氣作業一次，利用乾風移除砂、灰塵及其他留在接縫內的不可壓縮物，在噴氣於接縫及周圍面層時方向需一致，以免弄髒先前清理乾淨的接縫；背式噴氣機因無法產生足夠壓力，因此不可用於最後清理作業。電動刷不可用於剛性鋪面移除舊填縫料和清理接縫，因為它會弄髒混凝土側面，且建立的新側面無法和填縫料有效地黏結。

(4)襯墊條安裝：在接縫噴氣作業完成後，應立即安裝襯墊條，通常直徑比接縫寬度大 25%，材質為柔軟與填縫料相容。襯墊條安裝於正確位置，以確保襯墊條之間沒有空隙，並且避免拉伸而產生乾縮或空隙。

(5)填縫料填充：襯墊條安裝後立即進行填縫料填充，避免襯墊條壓縮及接縫槽堆積碎片等問題，接縫再灌注填縫料，如圖 4.1.2 所示。

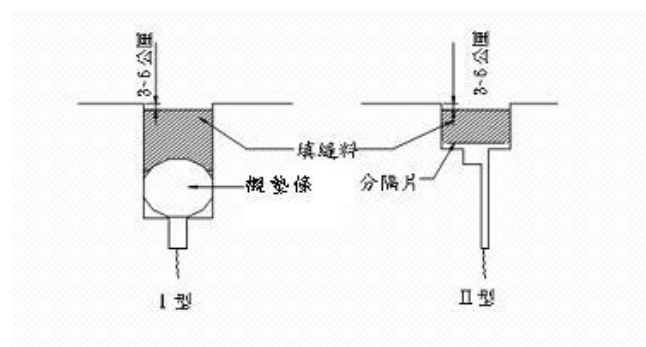


圖 4.1.2 填縫方式

- A. 熱注式熱塑性填縫材料：以均勻方式灌注熱注式熱塑性填縫材料，且氣溫至少為 8℃ 以上，由接縫槽底開始灌注以避免任何氣泡的產生，填縫作業時填縫料不可過滿，須比面層凹下 3~6mm，以作為夏季接縫閉合伸張的空間，以及避免因車輛碾過帶出。灌注熱注式熱塑性填縫材料後一般約需 30 分鐘至 1 小時內的養治時間。

填縫料最高溫度、灌注溫度及任何延長加熱限制等因素都很重要，因為許多高分子及橡膠化填縫料的失敗，都發生在高於建議溫度之下。延長加熱可能引起某些填縫料與加熱桶膠結，且根據經驗可知，材料的彈性也會明顯有所改變。溶解器、塗抹器內部及表面受熱，都會使填縫料過度加熱，因此與新填縫料拌合時，就會降低填縫績效。

- B. 低模數矽質填縫料：矽質材料分為自充填(self-leveling)及非自充填(nonself-leveling)。非自充填矽質填縫料需用工具，迫使填縫料圍繞襯墊條及接縫面，使用較大的襯墊條或水管做為工具，使填縫料面下凹低於面層 6mm，進而成功完成填縫作業。在灌注自充填矽質填縫料不需工具輔助，但在填縫料完成養治前，容易流滿襯墊條周遭，因此須多加注意。當接縫有不正常封閉時，填縫料也會從接縫端流出。雖然填縫作業不需使用工具，但目前已有填縫工具，可以用來加強鋪面與填縫料間的結合。以均勻方式灌注矽質填縫料，灌注時氣溫不得低於 4℃，由接縫槽底填滿及避免任何氣泡產生，低模數矽質填縫料具有形狀因子為 2.0 或稍高的性質，因此不建議填縫比接縫寬一半還薄，最小厚度為 6mm。在灌注矽質填縫料後一般約需 1 小時內的養治時間。

當矽質及熱塑性填縫料同時灌注時，橫向接縫為灌注矽質填縫料，而縱向接縫則灌注熱注式熱塑性填縫材料；矽質填縫料應先灌注，降低縱向接縫填縫作業弄髒橫向接縫的可能。

- C. 其他熱凝性填縫料：其他熱凝性填縫料需在養治作業時就獲得所需的強度及彈性，例如高分子硫化物及聚氨酯。這些填縫料需用特定工具灌注，及小心控制灌注設備，品質控制包括適當養治後的填縫料測試，待表面乾後才能開放通車，以減少小碎石塊進入的可能。
- D. 壓力填縫材：使用預鑄壓力填縫材在接縫填縫時，須特別注意接縫的額外準備，接縫面需垂直且寬度均勻。在安裝壓力填縫材前須修好接縫頂部的碎裂，因為接縫的碎裂，會使壓力填縫材脫離接縫，導致填縫失敗。壓力填縫材使用在新填縫作業的績效非常顯著。一般設計壓力填縫材的壓擠量，為未壓擠寬的 20~50%，當鋪面接縫寬度有較大的變動時，則需要許多不同尺寸的壓力填縫材。在安裝壓力填縫材前，接縫面需要塗潤滑劑或膠結劑，材料容易置放於接縫內。接縫施作完成後，需低於鋪面面層頂 6mm。另外，需特別注意，填縫材避免扭轉或伸張。假如伸張 2~3%，施作完成後可能會導致壓力填縫條破裂及收縮。

2.縱向接縫填縫

針對重新填縫作業剛性鋪面有兩種縱向接縫，水泥混凝土版相鄰的縱向接縫及剛性鋪面車道及柔性鋪面路肩的縱向接縫。而作業程序與橫向接縫重新填縫相同，除此需特別注意額外的考量。

(1)水泥混凝土版間接縫：水泥混凝土版相鄰的縱向接縫位於相鄰車道間或剛性鋪面的車道和水泥混凝土路肩。這些接縫由繫筋連結在一起，只要不過量的移動則接縫填縫即可進行。由於縱向接縫的移動量有限，因此通常採熱注式熱塑性材料。假如橫向接縫用矽質填縫劑時，則縱向接縫需在最後才進行填縫，以避免熱塑性材料污染了橫向接縫。

(2)剛性鋪面車道與柔性鋪面路肩接縫：剛性鋪面車道與柔性鋪面路肩的縱向接縫填縫作業，是一項困難的工程，因材料、熱性質及橫斷面的不同，導致結構垂直移動的差異。不像相鄰的水泥混凝土車道，水泥混凝土車道與柔性鋪面的路肩無法繫在一起時，則水平移動伴隨垂直移動而發生分離，此時水分就容易從這類型的接縫滲入鋪面結構，因此需以填縫來減少水的滲入。車道路

肩的填縫步驟與橫向接縫作業相同，然而，有足夠寬度的接縫槽，能減少現有柔性鋪面路肩垂直移動。根據國外經驗，建議最小接縫槽寬度為 25mm，深度為 25mm，假如預期有較大的垂直移動時，則需要較寬的接縫槽，而接縫槽可由跨刨器及鋸縫機來建立。接縫槽在填充填縫材料前需清理乾淨，假如在建立接縫槽時能正確控制深度，則此時就不需使用襯墊條。車道與路肩間的接縫，雖然有較新的矽質填縫可使用，但大多單位還是使用熱注式熱塑性材料作為填縫料。

3.開放通車

在開放通車前的重點，在於施工場所是否清理完畢，填縫材料需達到足夠強度，以及修補區地交通維持設施的撤離。然而，為了關閉最少的車道及確保結構完整性，允許在修補材料達交通荷重最小強度要求時開放通車，影響最低交通荷重的因子，包括側向限制及修補的深淺。一般而言，開放通車之標準可依材料說明書或施工前之試驗結果而定。若有必要提前開放通車時，則須應經工程司認可並採取必要之配套措施。

4. 流程圖

本填縫工法之一般簡要施工步驟如圖 4.1.3 所示。

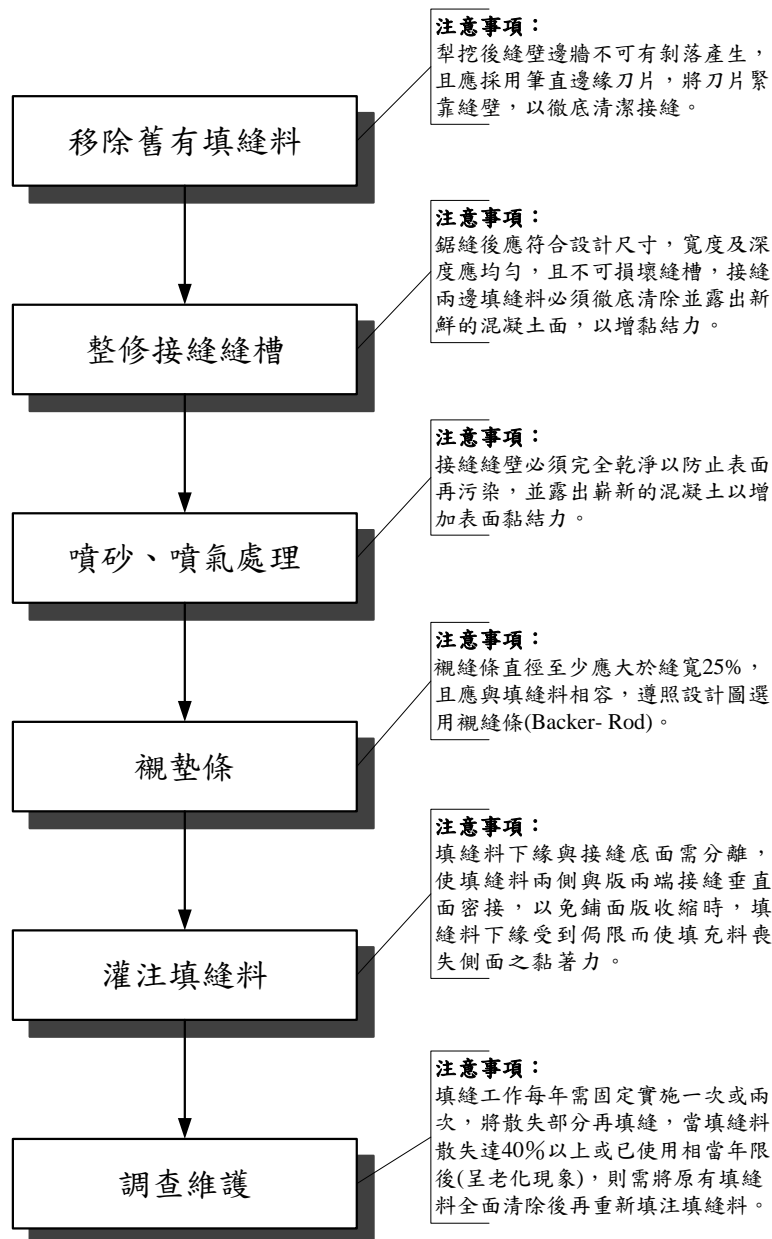


圖 4.1.3 填縫工法基本流程圖

4.1.7 機具設備

執行填縫移除、接縫清理及填縫料填充等養護活動，接縫填縫作業有不同設備需要，使用的機具說明如後。

1. 縫填縫移除及接縫面重建的設備

(1) 接縫犁挖器(joint plow)：接縫犁挖器為方形刀片，裝在牽引機的基座或鏟斗上，

犁挖器可在接縫自由活動，一般是沿著接縫邊緣移動，可將填縫料刮除乾淨，但不可使用 V 型刀片，以避免使接縫側面產生碎裂。因接縫寬度通常都不均勻，所以需準備不同寬度的刀片，以便施工。

(2) 鋸縫機(diamond-bladed saw)：鋸縫機通常使用 26~45kw 水冷式鑽石鋸片較不易

磨損，使用單一全寬度刀片的目的是在於統一接縫寬度，但因邊緣易磨損，而降低了鋸縫的成效，兩同軸刀片用間隔方式來製造所需的接縫寬。

(3) 跨刨器(routers)：雖然跨刨器經常使用於剛性鋪面上，特別是裂縫填縫及車道路

肩接縫，但還是較常用於柔性鋪面上。最普遍的跨刨器是垂直細長及旋轉衝擊，垂直細長的跨刨器由一組鋸切頭組成，依據需要的深及寬垂直移動及旋轉移除混凝土，在使用時需要專業人員，以維持跨刨器在裂縫位置。當裂縫中有舊有的填縫料存在時，此時使用此作業方式將會污染裂縫面。旋轉衝擊跨刨器由多個鋸切頭組成，依圓鋸切頭作水平分隔，依據鋸切頭主要水平位置作旋轉，鋸切頭經歷圓形及轉換的運動。旋轉衝擊跨刨器並不建議使用在混凝土裂縫槽面重建，因為這樣的方式會使接縫槽邊緣產生碎裂。

2. 接縫清除設備

在填縫前需要乾淨及乾的側面，清理作業的設備包括：

(1) 噴砂設備(sandblasting equipment)：噴砂機是由空壓機、噴砂組件、軟管及噴嘴

等組成，噴砂作業最主要部分為供應壓縮空氣。提供的壓力至少為 620kPa，無油及水的空氣為 4.3m³/min，噴嘴依變流裝置修正，此外，直接對接縫側面作業能更有效清理。

(2)噴氣設備(airblasting equipment)：噴氣設備由高壓空壓機、軟管及桿子等組成，高壓空壓機能有效的移除接縫內的灰塵及碎片，但移除水泥漿卻不如噴砂機有效，壓縮空氣的壓力至少為 690kPa，吹風量為 $4.3\text{m}^3/\text{min}$ 。

3.接縫填縫料填充設備

(1)熱熔器(melters)：熱注式熱塑性材料的加熱及拌合為間接加熱的鼓動熱熔器，這些機械燃燒丙烷或柴油，用此方法來傳遞熱，使油雙層環繞熱熔器桶裝內的填縫材料，此間接加熱方式較安全，且更能控制及均勻加熱。

(2)矽質灌注設備(silicone pump)：矽質材料儲存於容器中，利用幫浦來灌注，灌注速率至少 $1.5\ell/\text{min}$ ，桿需裝有噴嘴以便由接縫底部灌注。

(3)塗抹器(applicators)：大部分的填縫塗抹器為壓力桿系統，設備通常與熱熔器設備相連。塗抹器由幫浦、軟管及塗抹桿等組成，填縫料經熱熔器系統，利用幫浦方式進入接縫。另灌注填縫料方式，為手持的羊角灌注罐，但此方法不常用；使用圓錐罐將不加熱或部分加熱的乳膠灌入接縫。

4.2 減壓接縫工法

4.2.1 說明

剛性鋪面因橫向接縫累積不可壓縮物以及在關鍵的溫度和溼度情況下，膨脹性壓力會隨著時間而持續增加。這些內部的膨脹性壓力會導致鋪面產生嚴重破壞並使績效降低，甚至可能會危及道路的安全。當這些膨脹性壓力繼續增加時，可能會造成的破壞包括接縫碎裂(joint spalling)、擠破(blowups)、鄰近橋或人孔結構、安全島及緣石等道路附屬設備的損壞。為了降低這些膨脹性壓力並減少相關的鋪面損壞，在現有的剛性鋪面上裝設減壓接縫(Pressure Relief Joints, PRJ)乃不失為一個有效的剛性鋪面修復方法。這些減壓接縫係以裝設全深度與寬度的橫向接縫，來提供版塊伸縮空間並釋放內部膨脹性壓力。由於減壓接縫常對剛性鋪面的其他特性有不良的影響，因此只有在鋪面出現與壓力相關的嚴重破壞時才會使用。

4.2.2 定義

減壓接縫是在鋪面建造後所另外裝設的橫向接縫，以釋放鋪面的膨脹性應力，避免產生接縫碎裂、擠破、或橋樑擠壓等破壞。減壓接縫是以全寬度和深度橫穿過鋪面，通常寬度為 25~50mm，接縫以聚苯乙烯泡沫塑膠(styrofoam)或海綿橡膠(sponge rubber)等可壓縮的填充料，有時亦會以瀝青混凝土和大型預鑄壓縮接縫做為填充料，來防止不可壓縮物進入。減壓接縫的類型分為窄減壓接縫、寬減壓接縫、及全厚度修補減壓接縫等三種。

(1) 窄減壓接縫

窄減壓接縫的接縫寬度通常都小於 100mm，施作時採用鑽石鋸片鋸切兩次或厚碳化刀輪鋸鋸切一次。在將鋸切過的舊有材料移除後，再填充適當之填充料，以防止不可壓縮物進入。在填充料施作完成後，填縫料稍微低於鋪面而形成一個凹面，以確保填充料在接縫內，標準窄減壓接縫的橫斷面如圖 4.2.1 所示。

(2) 寬減壓接縫

剛性鋪面可使用全厚度熱拌瀝青混凝土修補來當做寬減壓接縫用，寬減壓接縫橫斷面如圖 4.2.2 所示。這種修補通常是為全車道寬，接縫長度為 0.9~1.2m，且使

用於需要全厚度混凝土修補的損壞範圍，鋪面移除和施工方法與使用正常的瀝青修補作業相似。

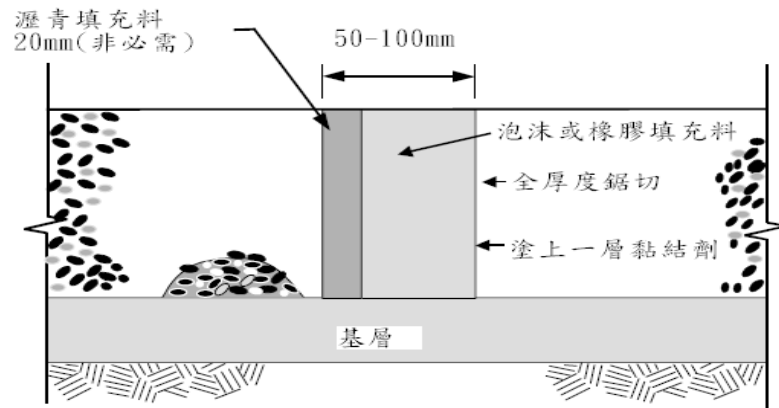


圖 4.2.1 標準窄減壓接縫橫斷面

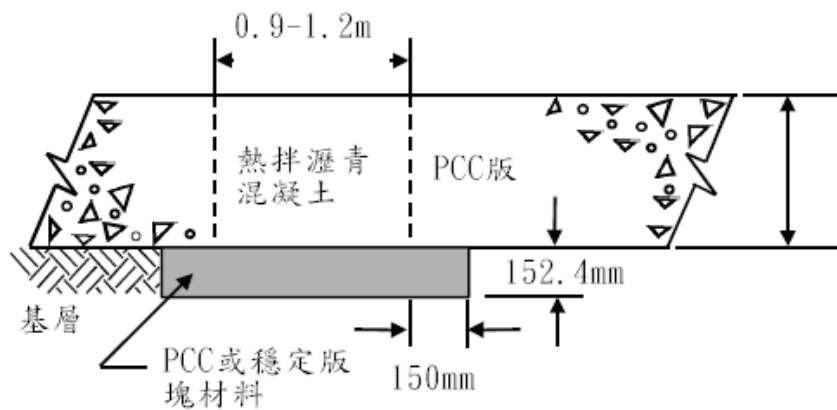


圖 4.2.2 寬減壓接縫橫斷面

(3)全厚度修補的減壓接縫

減壓接縫可為全厚度修補的一部份，通常係設置在全厚度修補的單邊、兩邊、或中央，接縫寬度通常為 25~50mm。如果接縫沒有設置綴縫筋時，鋪面可能因不良的荷重傳遞，經常產生晃動、提早產生裂縫或修補破壞。圖 4.2.3 所示為在重交通量下所設置之減壓接縫橫斷面(特別是以瀝青混凝土加鋪鋪面的路段)，減壓接縫設置在全厚度修補版塊的中央，此修補與原始的版塊連接在一起，其接縫係採用綴縫筋來達到荷重傳遞。減壓接縫係採用包括綴縫筋、基座和纖維填充料的預鑄組件，至於綴縫筋的處理方式則與新建時相似。

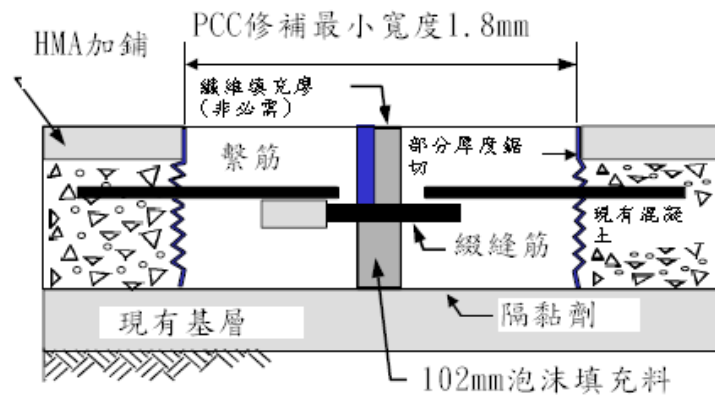


圖 4.2.3 全厚度修補之減壓接縫示意圖

4.2.3 目的及適用情形

減壓接縫主要目的在釋放剛性鋪面內部持續增加的膨脹性壓力，如果這些膨脹性壓力超過混凝土抗壓強度時，則會導致鋪面的接縫碎裂、縱向壓縮斷裂和擠破。剛性鋪面增加的膨脹性壓力，同時會影響到橋樑和其他鄰近的結構，在短及長接縫間距鋪面發生的橋台和橋面板版碎裂事件，是由於橋台被膨脹性壓力所推離結果。鋪面膨脹也會對次要的結構造成損壞，包括鋪面的人孔、其他排水及出入結構，這些設施被鋪面移動時，可能會被壓壞、崩解或者失去功能。當緣石和安全島周圍的鋪面膨脹時，也同樣受到粉碎、分解、隆起和破壞。

(1) 鋪面膨脹的起因

剛性鋪面持續增加的膨脹性壓力，可能由下列數個因素所造成：不可壓縮物進入接縫和裂縫、在水泥混凝土有活性骨材的膨脹、極高的鋪面溫度和溼度的狀態。不可壓縮物(如砂或底層材料)會累積在不良的橫向接縫或裂縫裡，特別在冷冬月份，接縫和裂縫間隙最寬時。當噴出的底層材料累積於接縫或裂縫處，滲透可能在版塊下面發生。這些不可壓縮物的存在會阻止鋪面在夏天月份的膨脹，版塊持續增加膨脹性壓力的結果，可會變的比關鍵的熱或水分情況還大，如果這些壓力超過混凝土抗壓強度，則可能會發生接縫碎裂或擠破。

鋪面膨脹的起因也包括水泥-骨材間的作用，例如鹼-矽反應(ASR)或鹼-碳反應(ACR)。鹼骨材反應是由於水泥漿的鹼與骨材的矽酸鹽或碳酸鹽成份所產生，反應物質為膠體吸水後膨脹，使水泥漿體產生碎裂。如有額外水份，膠體會流入裂縫及

繼續膨脹，引起漸進式膨脹及碎裂。如果膨脹沒有受到限制時，在混凝土裡會引起明顯的體積增加，因此橫向接縫閉合且推擠橋樑結構。如果膨脹受到限制時，在接縫的混凝土的縱向裂縫、碎裂或粉碎持續發生。骨材反應損壞的出現，整個版塊產生細的縱向裂縫，可能從緊緊閉合接縫散發出。

另一個使鋪面膨脹的原因，是鋪面溫度增加超過中性溫度(neutral temperature)，中性溫度是指鋪面在軸向力量等於零時的溫度，新鋪築鋪面的中性溫度大約是混凝土變硬時的溫度。在鋪面溫度增加高於中性溫度發生壓力損壞的理論已建立，故剛性鋪面在較高溫下澆置可以降低發生擠破的可能性，同時擠破較常發生在混凝土澆置有較高含水份，則降低混凝土含水量可以降低發生擠破的可能性。當混凝土在養治時會收縮，則接縫在養治不久後產生間隙，提供某些膨脹的空間，除非有不可壓縮物滲入。混凝土在養治期間、季節變化期間或空氣相對濕度變化等情況下，均可能導致混凝土含水量的變化，甚至亦因此造成顯著的鋪面膨脹。不管鋪面膨脹的原因為何，混凝土的熱膨脹係數亦是影響鋪面膨脹性壓力大小的主要因素之一，此係數因粗粒料、細粒料的類型、和水泥特性不同而異。

(2)擠破的機制

當版塊的膨脹性壓力在某已知點超過混凝土的抗壓強度時，版塊會產生碎裂、粉碎或擠破。在接近接縫的碎裂會降低接縫勁度，使版塊的軸向力產生偏心，使得它們更易受到彎曲或離地的擠破。接縫碎裂也會增加粉碎版塊擠破的可能性，由於在接縫的版塊膨脹性壓力是由接縫較小的混凝土橫斷面積抵抗，由於鄰近結構(例如橋墩)的限制可能同時提供擠破的發展。

根據剛性鋪面之擠破現象，一般認為鋪面第一階段失敗發生在實際擠破之前；在版塊的壓力大到足以破碎面層下部的混凝土，破碎的混凝土在未損壞的混凝土下部形成一個斜面，當壓力持續增加時，任一版塊沿著斜面移動且有足夠的力切斷鄰近版的邊緣，所觀察到的可以說明一版塊位於另一版塊上的擠破特性。版塊底部損壞部分(由於耐久性裂縫)同樣將壓力作用點由版塊中間移動到某較高點，結果在接縫處發展有效力偶，造成傳統的或離地的擠破。在鋪面允許安全溫度的增加超過中

性溫度所發展之預測分析程序，在進行分析時需考慮鋪面厚度、版塊和基層間的滑動摩擦力、鋪面有效的彎曲勁度、熱膨脹係數及接縫和裂縫的旋轉和軸向的勁度。

一般在有壓力損壞或擠破記錄的較長的 JCP 才會建議使用減壓接縫。適當的維修和定期的接縫重新填縫，是降低剛性鋪面產生膨脹性壓力最有效的預防措施。除了在橋樑使用外，無綴縫筋的 JPCP 幾乎不適合使用減壓接縫。因為對於這些鋪面類型，減壓接縫會讓鄰近接縫間隙擴大，而使骨材互鎖荷重傳遞失去效用，導致接縫產生唧水現象和高差；鄰近接縫的間隙也會讓水份進入鋪面結構，使版塊晃動、基層劣化及唧水現象。如果在橋樑使用無綴縫筋鋪面時，建議在靠減壓接縫的 6~10 個縮縫重新建造荷重傳遞。

在評估減壓接縫需要時，必須考慮既有接縫填縫的釋放壓力效果，因為減壓接縫會引起鄰近縮縫間隙，這些鄰近接縫的填縫料會超過應力及喪失接縫面的黏結，特別是壓力填縫料。一旦填縫料失敗，水和不可壓縮物能滲入接縫，使得接縫不能閉合且使鋪面產生額外的壓力。因此，裝置減壓接縫之前，必須先確認它將不損害鄰近橫向接縫填縫料的效用。

最後，在預期裝置減壓接縫時需考慮其它減壓特徵的存用。例如橋樑進橋伸縮縫需提供足夠 150m 壓力釋放，其餘的減壓接縫就不需要此距離。鋪面持續最近的全寬度擠破，則在 150m 內的擠破可不需要裝置減壓接縫，尤其是擠破的部份是使用瀝青材料修補，在擠破區域有大接縫間隙時就不需減壓裝置。另外，若最近計畫採用全厚度修補者，則可能不需要減壓接縫，主要是因為在鋪面增加的壓力可由全厚度修補作業而釋放之。

4.2.4 使用限制及績效

減壓接縫一般並不會設置荷重傳遞設施，因此影響這些接縫績效的主要問題在不良的荷重傳遞。減壓接縫通常不設荷重傳遞，故只使用在出現嚴重擠破或橋樑擠壓問題的鋪面。減壓接縫可能會隨著時間的增加而持續完全閉合(或失去效用)，使鋪面可能再次易受擠破和橋樑擠壓的影響。若無法阻止不可壓縮物進入接縫或鹼骨材反應膨脹繼續時，則減壓接縫的施作僅提供暫時的解決辦法，當失去效用時則需要設置新的減壓接縫。

減壓接縫的閉合速率受既有鋪面的膨脹壓力大小的影響。在曾經歷相當大膨脹壓力的鋪面設置減壓接縫時，接縫閉合的現象幾乎會同時開始。在無綴縫筋版塊使用減壓接縫時，將導致在鄰近接縫的荷重傳遞喪失、甚至使不可壓縮物進入、接縫或裂縫擴大、版塊產生高差、以及加速整體鋪面劣化。在減壓接縫處因沒有荷重傳遞設施，造成其撓度值較高，因此在此重申僅有在路段發生主要擠破或其它明顯與壓力有關的損壞時，才會建議設置減壓接縫。

若使用瀝青混凝土來填滿減壓接縫時，常因剛性鋪面膨脹到修補範圍而導致鋪面隆起(humping)。而隆起、荷重傳遞能力喪失、鄰近版塊的晃動、及瀝青混凝土修補區的沈陷或隆起等均將使鋪面糙度增加並降低鋪面的服務能力。這種設計亦允許大量的版塊移動並可能使鄰近鋪面的劣化增加。當以熱拌瀝青混凝土(hot-mix asphalt concrete, HMA)加鋪在這種接縫上時，將會使鋪面出現反射裂縫且加速劣化，因此不建議使用瀝青減壓接縫修補。

4.2.5 設計因素

減壓接縫的績效變動性極大，有時在某些情況的效果很好，但是在其他狀況下經常又會是主要問題的所在。一般而言，減壓接縫僅被建議施作在因較溫暖氣候或骨材反應而使版塊壓應力大大地增加的區域、在曾經發生擠破的區域、或在加鋪前過去曾經有壓力增加問題的鋪面，而且通常僅有長接縫的鋪面才會考慮設置減壓接縫。適當的減壓接縫或其與其他減壓設施間之間距約為 305m。新減壓接縫的寬度一般應限制在 25~50mm 間，以降低鋪面過度釋放的可能性。然而，有骨材反應的鋪面可能需要較寬的減壓接縫，但可能使鄰近接縫和裂縫更加擴大。建議各種鋪面型態均可繼續使用減壓接縫，以保護橋樑和其他次要結構。減壓接縫作業應與改進現有排水設施一併考量，因排水設施的改善將會降低唧水現象和高差，並改善減壓接縫的績效。

在進行鋪面調查時，應該注意與壓力有關的損壞型式如：擠破、碎裂、壓縮裂縫、與橋台裂縫等，並且應檢查既有接縫填縫料的狀態以及注意不可壓縮物的存在。當出現鹼-矽反應(ASR)或耐久性裂縫現象時表示鋪面可能存在膨脹性壓力，因此有施作減壓接縫的必要。施作減壓接縫的最佳時機雖然尚未確知，但根據經驗顯示許多剛性鋪面在使用 6 到 12 年後會發生擠破現象，然而亦有很多鋪面使用超過 30 年後仍然不會發生這種破壞。減壓接縫通常可將接縫任一邊 150m 內的應力釋放，因此，減壓接縫施作的間距多數情況約在 150~300m 間。減壓接縫通常係設置在靠近版塊中間處，以避免因綴縫筋或其他荷重傳遞設施很難鋸切，以及在靠近舊接縫處可能會遇到不穩定基層的問題。當只有橋樑推擠的問題時，減壓接縫的位置應靠近橋樑的進橋版(approach slab)處。

4.2.6 施工步驟

1.施工作業

減壓接縫可設置在版塊中間或既有橫向接縫位置，而版塊中間位置較好，由於壓力釋放是配合擠破，在擠破任何一邊的 150~305mm 內不需要減壓接縫。一般而言，減壓接縫施作鋸縫時，使用碳化刀輪鋸(carbide-tipped wheel saw)或鑽石鋸片(diamond-bladed saw)鋸切，輪鋸一次能切出接縫所需的寬度（通常在 25~100mm 間），而鑽石鋸片則需要兩次鋸切。鋸切間的區域可藉由手提鑽移除，鑽石鋸片比起輪鋸更能切出光滑的接縫面，且後者可能會使版塊的表面產生接縫碎裂。在接縫鋸切完成後，必須清除接縫並置放可壓縮的填充料，一般填充料是可壓縮材料，有時也使用預鑄壓力填縫材。這些可壓縮填充料通常會塗一層潤滑膠黏劑，使填充料容易施作及能保持在安裝的位置。特別是使用油壓設備(hydraulic equipment)來壓縮並安裝填充料時，安裝後應再加蓋填縫料以減少水份的進入。

2.減壓接縫和多車道的鋪面

減壓接縫通常裝設在多車道的鋪面，因此有時不可能在一天內將所有車道之減壓接縫裝設完畢。當僅提供一車道減壓時，其它車道可能會受到較高的壓力導致擠破或切斷繫筋。因此，必須儘快將全部相鄰車道的減壓接縫裝設完畢。通常在每日溫度變化小的期間施作接縫時，若鄰近車道的減壓接縫能在 48 小時內施作完畢時，將不會使鄰近車道產生擠破的現象。此外，在沒有設置減壓接縫且混凝土品質良好之車道上，曾發現車道間的拘束力將使減壓接縫的功能失效，以致接縫填充料未能緊緊固定在位置上，並且可能在大雨期間湧出。為避免此情況發生，強烈建議減壓接縫應在 48 小時內全寬度裝設完畢。

3.在熱天施作時應注意事項

在一年最溫暖的期間或是有反應性骨材的鋪面，鋪面可能產生足夠的壓力將鋸切片夾住。此外，溫暖的天氣亦將使鄰近車道間產生壓力不等的問題加重。因此，建議適合裝設減壓接縫的溫度約在 4°C 到 21 °C 間。國外某些單位在熱天裝設減壓接縫時，為避免高溫產生之問題，因此建議在夜晚或清晨時進行鋸切工作。

4. 流程圖

本減壓接縫工法之一般簡要施工步驟如圖 4.2.4 所示。

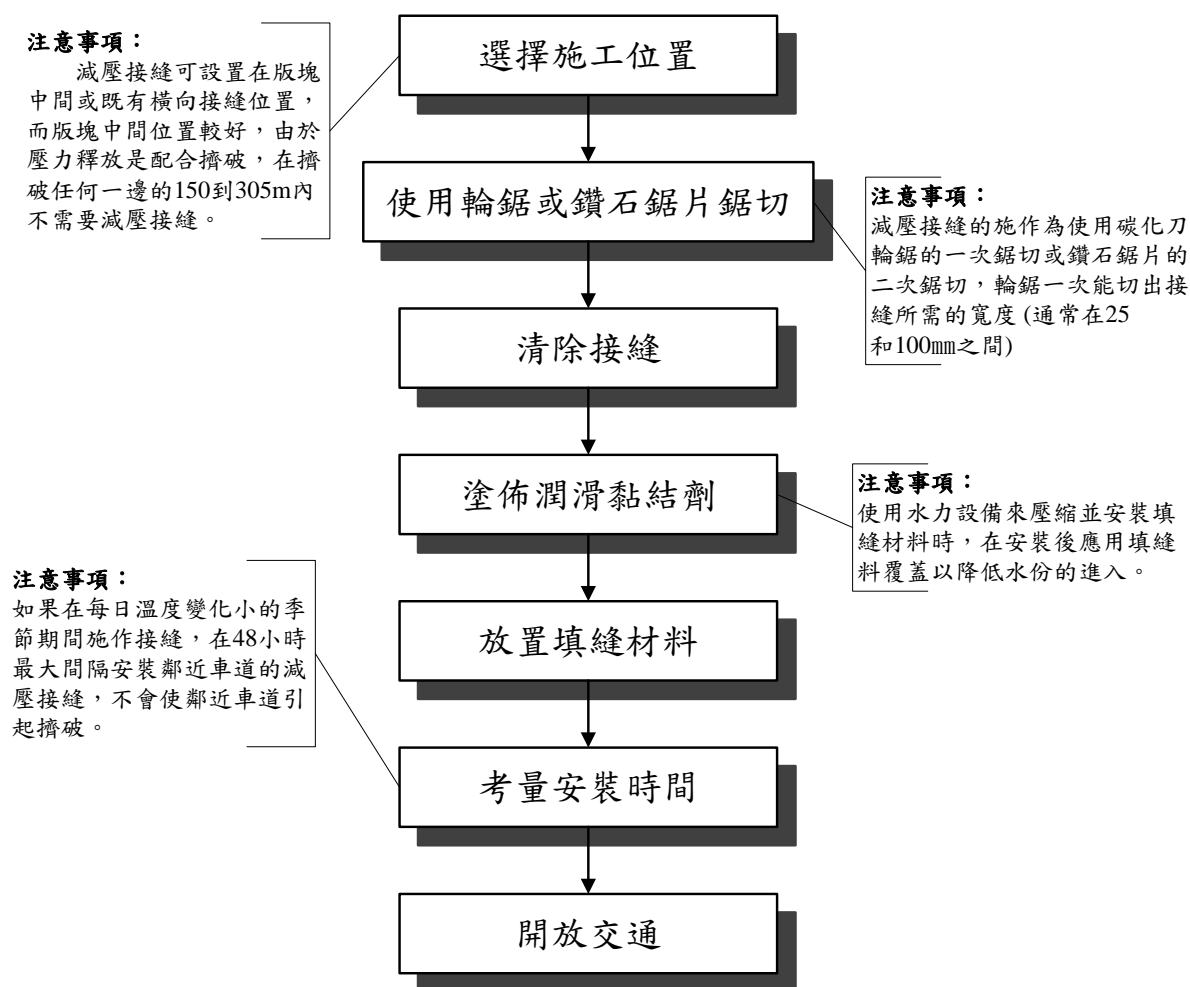


圖 4.2.4 減壓接縫工法基本流程圖

4.2.7 機具設備

雖然各單位所採用的施工程序可能不同，窄減壓接縫的施作通常有兩種方法。當使用鑽石鋸片(diamond-bladed saw)鋸切出切縫時，在切縫之間的材料可使用輕型手提鑽移除。清除接縫面和安裝填充料，一定得在較冷溫度施作，因為這可以防止鋸片黏在切縫裡。當使用碳化刀輪鋸(carbide-tipped wheel saw)一次鋸切出規定的寬度時，在鋸切後須清理接縫面，然後安裝填充料。使用這些鋸縫機時應謹慎小心，因為在鋪面表面可能會沿著減壓接縫產生大量碎裂。

4.3 部分厚度修補工法

4.3.1 說明

部分厚度修補工法(partial depth repairs)可修復碎裂(spalling)及接縫損壞的剛性鋪面，改善行車品質及延長鋪面壽命。在接縫重新填縫前提供均勻的接縫槽(sealant reservoir)，接縫碎裂區則採用部分厚度修補可得到良好的維修效果，正確使用耐久材料及結合性良好的填縫重造計劃，這些修補方式可維持長期良好的鋪面結構。部分厚度修補是全厚度修補的一種替代方案，當鋪面版上半部發生接縫剝落、坑洞、表面剝落等損壞，而深度未達版厚三分之一且仍具荷重傳遞之功能時，可採用部分厚度修補工法，若運用得當則較全厚度修補具有成本效益。部分厚度修補成本是依修補尺寸、數量、修補區位置及材料使用而定，車道封閉時間及交通量同樣影響工作效率及成本。

4.3.2 定義

混凝土區域碎裂留下不平整的表面或邊緣，碎裂可能在接縫或版塊內部產生，而版塊內部的碎裂是混凝土用到較差的材料所導致。部分厚度修補是混凝土鋪面修補作業，係針對面層缺失及淺的接縫碎裂，通常修補深度小於版塊厚的三分之一。部分厚度修補不應用於深的碎裂(大於版塊厚的三分之一)或是活動裂縫的碎裂，出現在接縫、版塊內部或裂縫處的碎裂，當碎裂深度超過版塊厚的三分之一時需採全厚度修補。

4.3.3 目的及適用情形

部分厚度修補是移除小及淺的損壞混凝土及灌注適宜的修補材料，最重要的關鍵是修補材料與既有的鋪面版混凝土在強度與體積穩定不僅能相互配合，且能與混凝土完全結合成為鋪面版整體的一部份。當接縫計畫重新填縫時，應該評估部分厚度修補的需要，而有效的接縫重新填縫需要對鄰近損壞作修補。在綜合鋪面修復計畫中，若有其它維修工法一併施作時，部分厚度修補須在底層灌漿(undersealing)與版塊頂起(slab jacking)作業後，或刨磨工法(diamond-grinding)與接縫填縫(joint sealing)作業前進行。

4.3.4 使用限制及績效

部分厚度修補僅置換部分混凝土，因此僅適用於修復鋪面版頂部某些損壞型式，但不能解決接縫及活動裂縫的移動、荷重傳遞設施或材料損害等問題。採用部分厚度修補可以成功改善的損壞包括：使用接縫插入物引起的碎裂、不可壓縮物侵入接縫(與長接縫間距版塊)引起的碎裂、局部片離與弱混凝土及黏土塊等引起的碎裂等。無法以部分厚度修補成功改善之損壞包括：長接縫鋪面集結的壓應力造成接縫碎裂或裂縫、綴縫筋的不當線形或鎖住引起的碎裂、不正確接縫施工技術引起的橫向及縱向裂縫(鋸縫過遲、不適當的鋸縫深度或插入物在不適宜的深度位置)、收縮、疲勞或基礎移動等所引起的工作橫向及縱向裂縫、與反應性骨材及耐久性裂縫引起的碎裂等損壞。

混凝土鋪面接縫碎裂的起因包括：不良的接縫養護實務、在建造期間使用金屬或塑膠插入物形成接縫之初、材料耐久性問題、不適當的混凝土空氣孔隙系統、荷重傳遞設施或繫筋不正確施作等問題。如果碎裂損壞是版塊頂部三分之一及由前述任何因素造成的，部分厚度修補可能是理想的修補方法。部分厚度修補會失敗的原因常為不當使用修補方法(版塊損壞太深)、凝聚力缺乏、修補的壓力失敗、修補材料效用變動、修補材料不正確使用、搗固不實、原有版塊與修補材料的熱膨脹不相容等問題。部分厚度修補亦常因不正確的施工、較不嚴格的督導及品質控制、與灌注技術問題，而非僅因材料缺失而導致失敗。

4.3.5 設計因素

1. 修補位置及尺寸

部分厚度修補一般沿著橫向接縫施作，及可以沿著縱向接縫或版塊任何位置施作。鋪面養護計畫考慮部分厚度修補作業時，必須調查損壞混凝土的深度，及評估部分厚度修補作業的適合性。假如接縫有許多處碎裂，通常修補整段接縫較修補各別碎裂更為經濟，面積小於長 15cm 及寬 1.4cm 者通常不予於修補，但須填縫(除非使用預鑄壓力填縫材)。假如是採預鑄壓力填縫條需修補所有碎裂，提供形狀一致的接縫槽，防止填縫料跑出接縫。

2.修補材料(repair materials)

部分厚度修補可使用許多種材料，一般修補材料可區分為水泥系(cementitious)、高分子聚合物(polymeric)、及瀝青系(bituminous)材料等三大類，材料的選擇是依據養治時間、天氣溫度、成本與修補的大小及深度等而定，各類的修補不可能只選定一種修補材料。特別在大交通量區的修補作業，考量駕駛者的時間成本及作業安全，需在完成後短時間內開放通車。正確的材料選擇包括材料性質評估，依據已知時間的材料強度，另短期及長期的修補績效亦扮演重要角色。修補材料兩個更重要的因素，是材料收縮特性及熱膨脹係數。大多數修補材料的乾縮遠大於混凝土，在變形受限時的張力強度高達 70kgf/cm^2 ，材料的乾縮可由延續養治降低，而修補材料與周遭混凝土間有不同的伸縮是不利的。

(1)水泥系材料

水泥系材料包括水泥基產品、石膏基產品、高鋁混凝土等。

- A. 水泥混凝土：剛性鋪面修補最相容的材料為高品質水泥混凝土，標準的拌合料為 I、II 及 III 型水泥，配合修補最小厚度一半的粗骨材粒徑，水灰比不超過 0.44 之低坍度混凝土。假如混凝土修補需快速通車時，採用 III 型波特蘭水泥或 I 型水泥添加速凝劑。I 型水泥廣泛使用於混凝土修補，具有比其他材料便宜、方便及容易使用等特性。在熱天可快速獲得材料強度，冷天要快速開放通車材料強度增長慢，則必須覆蓋隔離材，確保水化熱及降低養治時間。
- B. 石膏基混凝土(gypsum-based concrete)：石膏基修補材料能快速獲得材料強度，可使用於任何冰凍溫度以上。石膏混凝土暴露於水分及冰凍環境下，材料顯示的績效不佳。標準石膏混和物的自由硫酸鹽(sulfates)，會促使鋪面內的鋼材腐蝕。
- C. 高鋁混凝土(high alumina concrete)：高鋁混凝土料能快速獲得材料強度，有良好的結合性及低收縮的材料特性。由於高鋁混凝土的化學轉變，在高溫下養護超時容易造成強度損失。

(2)聚合物基混凝土(polymeric based concrete)

聚合物基混凝土是由高分子聚合物樹脂、骨材及引發劑等組成，添加骨材可提升高分子材料與混凝土之間的相容性，並提供經濟的磨耗層(wearing surface)，其優點為較水泥系更快速凝結，但成本也相對較高。用於修補鋪面的高分子材料包括環氧樹脂混凝土(epoxy concrete)、甲基丙烯酸甲酯混凝土(methyl methacrylate concrete)、聚酯混凝土(polyester-styrene concrete)、及聚胺酯混凝土(polyurethane concrete)等多種。

- A. 環氧樹脂混凝土(epoxy concrete)：環氧樹脂為防滲及黏結力良好的材料，在凝結時間、使用溫度、強度及結合狀況等皆有寬裕的施工條件。修補材料與混凝土間的熱膨脹係數的差異可能引起修補失敗，較厚的環氧樹脂修補需分層鋪築，每層材料需控制水化熱的發展。
- B. 甲基丙烯酸甲酯混凝土(methyl methacrylate concrete)：甲基丙烯酸甲酯混凝土具有長的工作時間、高壓力強度及良好的黏結力，但長期暴露於甲基丙烯酸甲酯煙下對身體有害。
- C. 聚酯混凝土(polyester-styrene concrete)：聚酯高分子聚合物材料強度獲得速率較慢，在快速修補材料有限使用外，其與甲基丙烯酸甲酯混凝土有許多相同的性質，且成本較低及使用廣。
- D. 聚胺酯混凝土(polyurethane concrete)：聚胺酯修補材料是由兩劑聚胺酯拌合骨材而成，聚胺酯很快速凝結(90 秒)，作為很快速修補。某些聚胺酯聲稱與水分相容，可塗在濕底物無反效果。

(3)瀝青系材料

瀝青系材料具有低成本、施工便利與養治時間短的優點，因此被廣泛地用於柔性鋪面與剛性鋪面修補。雖然瀝青系材料一般僅被視為剛性鋪面的臨時修補材料，有時卻被保留在現地多年。由於採用此種材料修補時，並無法重建接縫，因此不建議做為剛性鋪面的永久修補材料。

(4)膠結劑(bonding agents)

以水泥混凝土做為修補材料時，一般需要加塗一層膠結劑，以增加現有鋪面與修補材料之黏結性，不是所有修補材料都需要膠結劑，而特殊修補材料如何規定，則依其規定辦理。常用的膠結劑包括水泥砂漿(sand cement grouts)、環氧樹脂、與其他特殊材料。以水泥砂漿做為膠結劑時，一般以體積為基準，水泥與砂的配比採一比一的比例再加入適當的水分拌合而成，修補後通常需要再經 24~72 小時的養護，才可開放通車。以環氧樹脂做為膠結劑時，管制時間則可降至 6 小時或更短。

4.3.6 施工步驟

部分厚度修補工法首先須將已劣化之混凝土移除，再填補性能穩定與現有鋪面搭配的修補材料，使鋪面恢復原有的強度，圖 4.3.1 為其主要施工步驟之示意圖。

1.修補範圍

版塊弱面是最容易形成碎裂的位置，由於初期並無法從面層明顯的察覺損壞存在，故剛性鋪面的損壞真實範圍較表面可見區大。鋪面的損壞範圍可由聲響探測來判斷，用鋼棒或榔頭敲擊混凝土，依據鋪面所傳回的聲響來判斷優劣程度，輕脆聲響表示為可接受的優良鋪面版，沉緩聲響即表示此處混凝土已劣化，應予以敲除。

部分厚度修補要有所成效，則脆弱及損壞混凝土範圍要確認及移除，通常損壞敲除範圍的界線須向外擴張 5~10cm，確保劣化混凝土清除乾淨。建議最小修補長度為 25cm 和寬度 10cm，深度範圍 2.5~10cm，不同損壞位置的修補尺寸依表 4.3.1 所示。

2.損壞混凝土移除

損壞混凝土的部分深移除，最通常為使用鑽石鋸片(diamond-bladed saw)鋸切修補外圍界，再以輕型手提破碎機(light jackhammers)將修補區混凝土鑿除。混凝土鋸切最少需要 5cm 深，鋸切邊界需為直線，切割線間之交角必須垂直型成方形角，修補範圍應為良好無損之水泥混凝土面。

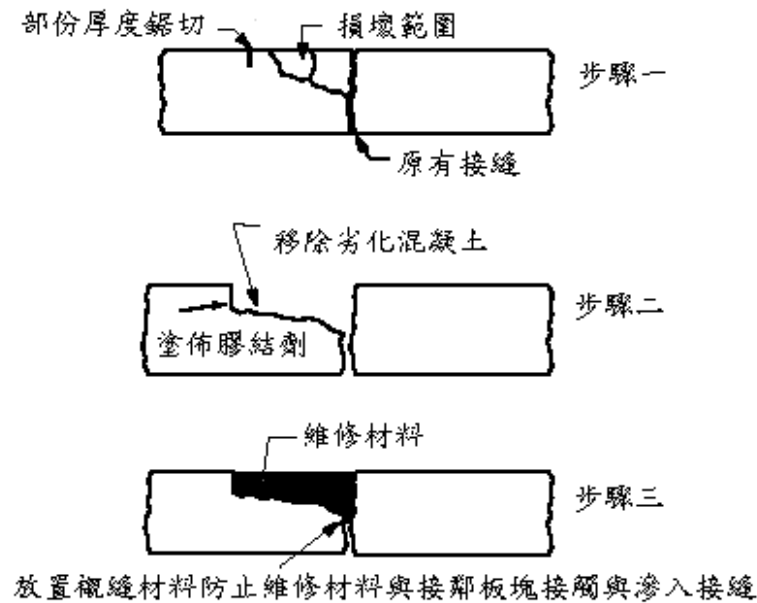


圖 4.3.1 部份厚度修補施工步驟

表 4.3.1 不同損壞位置之最小修補尺寸規定

破壞位置	最小修補尺寸		
	深度(mm)	長度(mm)	寬度(mm)
緊鄰單邊接縫	50	破壞區域長度+100	破壞區域寬度+100
緊鄰雙邊接縫	50	破壞區域長度+ 50	破壞區域寬度+ 50
遠離接縫	50	破壞區域長度+100	破壞區域寬度+100

維修區混凝土鑿除需打毛，使用手提破碎機損壞混凝土移除，剛開始可使用重量低於 13.6kg 的手提破碎機，由損壞敲除區中心向修補的邊界施作，在敲除過程要避免損傷到完整的混凝土。操作重量為 4.5~6.8kg 的輕型手提破碎機來敲除損壞的混凝土，破碎機操作角度應小於垂直面 45 度角，儘量避免損傷下層完整的混凝土。

在大修補的鋪面標示移除區採淺十字形或格子的方式，使劣化混凝土容易敲除，寬車道修補時採用碳化鋸切頭為 300~450mm 的標準刨除機(milling machine)較具有經濟效益。刨除作業產生盤狀的凹洞，則需額外使用手提破碎機敲除以產生粗糙的不規則面，使現有版塊與修補材料間有較高的骨材互鎖效應。部分厚度修補應限制損壞在

版塊頂的三分之一深度內時才能使用，混凝土移除的標準深度約為 25~100mm，且挖除深度不及縱縫筋之深度。在混凝土移除及清理後，需由聲響探測確定是否所有的損壞混凝土皆已被移除，若是無法達到品質良好的混凝土時，則可考慮是否需要採用全厚度修補工法。

3.接縫準備

部分厚度修補的接縫及活動裂縫，常因版塊熱漲產生的壓應力壓碎接縫而導致修補失敗，此時接縫處的材料會掉入接縫底部，而阻礙接縫或裂縫的移動，這些損害的應力會沿縱向接縫方向或車道間接縫發展。為降低部分厚度修補失敗，在維修處與鄰近版塊間之接縫設置聚乙烯條(polyethylene)、聚苯乙烯(polystyrene)與瀝青纖維板(asphalt-impregnated fiberboard)等材料，防止修補材料落入接縫底部。如果修補發生失敗，則壓應力發生在接縫上方部分厚度修補造成損傷。為使襯縫材料抵抗交通變形及損壞，應超出修補範圍 75mm，深入修補面層底下 25mm，圖 4.3.2 為襯縫材料在施工期間所放置位置。

某些部分厚度修補的橫向接縫不施作襯縫材料，在接縫修補材料獲得足夠強度時，將修補材料鋸成需要的接縫深度，本作業的成功重點在於修補材料鋸縫的時間點。為避免裂縫發生，在接縫及裂縫的襯縫材料採用可吸收壓力材料。在車道中心線接縫進行部分厚度修補，此碎裂為經常接觸相鄰車道之彎曲應力所造成。在灌注修補材料前，沿車道中心線接縫加設聚乙烯條(polyethylene)或其他薄的結合隔離材料，以防止修補材料掉入接縫內。假如修補是沿車道外側，則接縫襯縫材料需沿著車道路肩接縫設置。

4.修補區清潔

混凝土移除後的修補表面需清理乾淨，用乾掃、噴砂及高壓噴氣等方式提供足夠的清理。建議用噴砂機來清理面層或清除灰塵、碎渣及水泥漿較為有效。空壓機(compressed airblasting)是使用在最後清理且需避免有油漬落在鋪面表面，因油污染物會造成既有版塊與修補材料間的結合不佳。任何清理方法，在灌注新材料之前需檢查表面，任何污染物皆會降低既有版塊與修補材料間的結合效果。工作人員以手指直接碰觸修補表面檢

查，如有沾黏任何鬆脫材料時，則需再清理表面。在清理後若因灌注材料延遲時，則表面需再清理。此外，亦有以高壓水槍噴洗的方式來清理污染物，但因可能將使接縫灌入過量之水份、造成接縫破壞、或導致部份厚度修補成效不佳等狀況，因此較不建議採用。

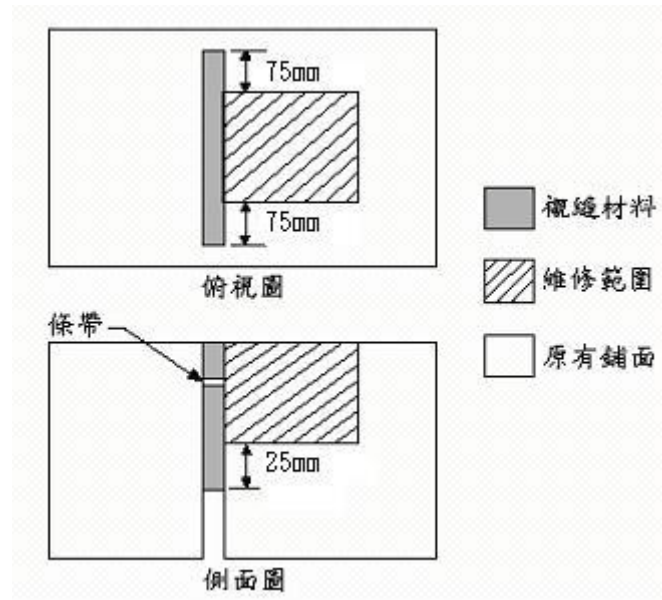


圖 4.3.2 襯縫材料放置位置

5. 膠結劑的使用

部分厚度修補作業使用的膠結劑，分為水泥混凝土修補材料及特殊快凝修補材料。在既有混凝土表面已清理，要灌注修補材料之前，需在周遭混凝土塗上膠結劑，確保修補材料的結合。膠結劑的型式，視開放通車時間的結合發展需求決定。

(1) 水泥混凝土修補材料：在水泥混凝土灌注前，既有表面須保持面乾內飽和的狀態。若使用環氧樹脂或其他特殊製造的砂漿，則應以工程司認可之步驟辦理。基本上，膠結劑是塗在修補區的底部及側面上，可將砂漿塗刷在混凝土上，在大修補區使用適當工具灑佈，多餘的砂漿或環氧樹脂不再收集於桶內。修補材料灌注前，砂漿需快速塗佈，在膠結劑凝結前已完成灌注修補材料。若在灌注前膠結劑已凝結，則用高壓水槍或噴砂機清除。

(2) 特殊快凝修補材料：使用特殊修補材料時應經工程司認可，許多特殊修補材料亦可能不需要使用膠結劑。

6. 修補材料拌合

部分厚度修補需要較少的材料體積，通常是在 $0.014\sim 0.056\text{m}^3$ 。預拌車或其它大型設備不能有效生產如此少數量，在規定的溫度下容易超過最大拌合時間，將浪費材料。以試拌為基準，經常使用容量達 0.056m^3 的小鼓式拌合機、槳式拌合機或連續添加材料拌合機都經常被使用，每盤的修補材料採重量或包處理，使拌合作業容易。在事前準備好材料可減少拌合所需時間，有充裕時間進行灌注及整平作業。由於材料為快速凝結性質，則必須小心注意預先裝袋的快速凝結材料水量及拌合時間。

7. 材料的灌注及搗實

當氣溫或鋪面溫度小於 4°C 時不應灌注任何修補材料，當溫度小於 13°C 時需要額外的程序，例如使用溫水、隔熱覆蓋、及較長養治時間。某些聚合物混凝土及瀝青混凝土在低溫潮濕的環境下澆置，且能成功獲得足夠的強度，但在更有利的環境下澆置可獲得更佳的績效。某些環氧樹脂混凝土因水化熱，每次灌注不能超過 5cm ，在灌注其它層期間，環氧樹脂混凝土溫度不得超過 60°C 。

幾乎所有修補材料在灌注期間皆須搗實，不正確搗實混凝土的結果，會使修補耐久性差、碎裂及快速損壞。搗實將新鮮混凝土的空氣釋放，提供修補的完整績效，搗實的方法包括使用小頭的內部震動器、震動刮板、鏟刀或其他手工具搗實。在三種方法中內部震動器是最常使用的工具，內部震動器及震動刮板可獲得最一致的結果。在修補材料填入修補區即開始搗實程序，在期間允許體積減少，震動器與垂直面維持小角度($15\sim 30$ 度)及在修補區來回移動及震動，震動器不能用來移動修補材料，如此會導致材料析離。在材料停止沈陷時，為達到最適搗實，氣泡不再浮現，水泥漿出現光滑表面。在小區修補使用鏟刀或其他手具有較好效果。

8.刮平及整平

部分厚度修補通常小到用硬版來刮平表面，將修補材料填滿既有鋪面的修補區，與既有鋪面建立接觸及增加凝聚力，需至少刮平兩次以確保光滑表面。修補表面剩餘次要的不規則形狀可用鋤刀移除，接鄰的橫向接縫修補處需提供好的接縫槽，用鋤刀將多餘的水泥混凝土移至附近的修補區。部分厚度修補僅涵蓋鋪面的少部分區域，對鋪面抗滑力影響甚小，在修補表面掃紋儘可能配合周圍路面紋路，以增加鋪面抗滑力。

9.養治

部分厚度修補因修補面積通常較體積為大，材料的水分可能快速蒸發，因此部分厚度修補與全厚度修補同樣需要養治，不適當的養治將使修補區產生收縮裂縫，提早破壞。

(1)水泥混凝土修補材料：在熱天最有效的養治程序，為在修補表面有水分蒸發前，立即均勻噴灑白色液膜養護劑進行養護，可反射輻射熱及使水化熱散失，提供數天的保護。濕毛毯及聚乙烯版等亦可使用，需在開放通車前移除。在冷天情況，提供快速養治及提早開放通車，需使用隔熱毯。在修補後可以開放通車，依據養治方法及時間規定獲得材料的需求強度。部分厚度修補的養治方法需在專案計畫及規範說明。

(2)特殊修補材料：環氧樹脂及特殊修補材料的養治，應經工程司認可之方式辦理。

10.接縫填縫

部分厚度修補程序最後步驟為接縫修復，依據新形狀因子鋸接縫，使用噴砂機及空壓機清理接縫面，安裝填縫條及灌注填縫料，更詳細資訊請參閱填縫工法。

11.開放通車

在開放通車前的重點，在於部分厚度修補需達到足夠強度，一般要求鋪面壓力強度達 210kgf/cm^2 。然而，在關閉最少車道及確保結構完整性之前提下，可考量影響交通荷重(如側向限制)最少的方式與修補的深淺，允許在修補材料達交通荷重最小強度要求時開放通車。

12. 流程圖

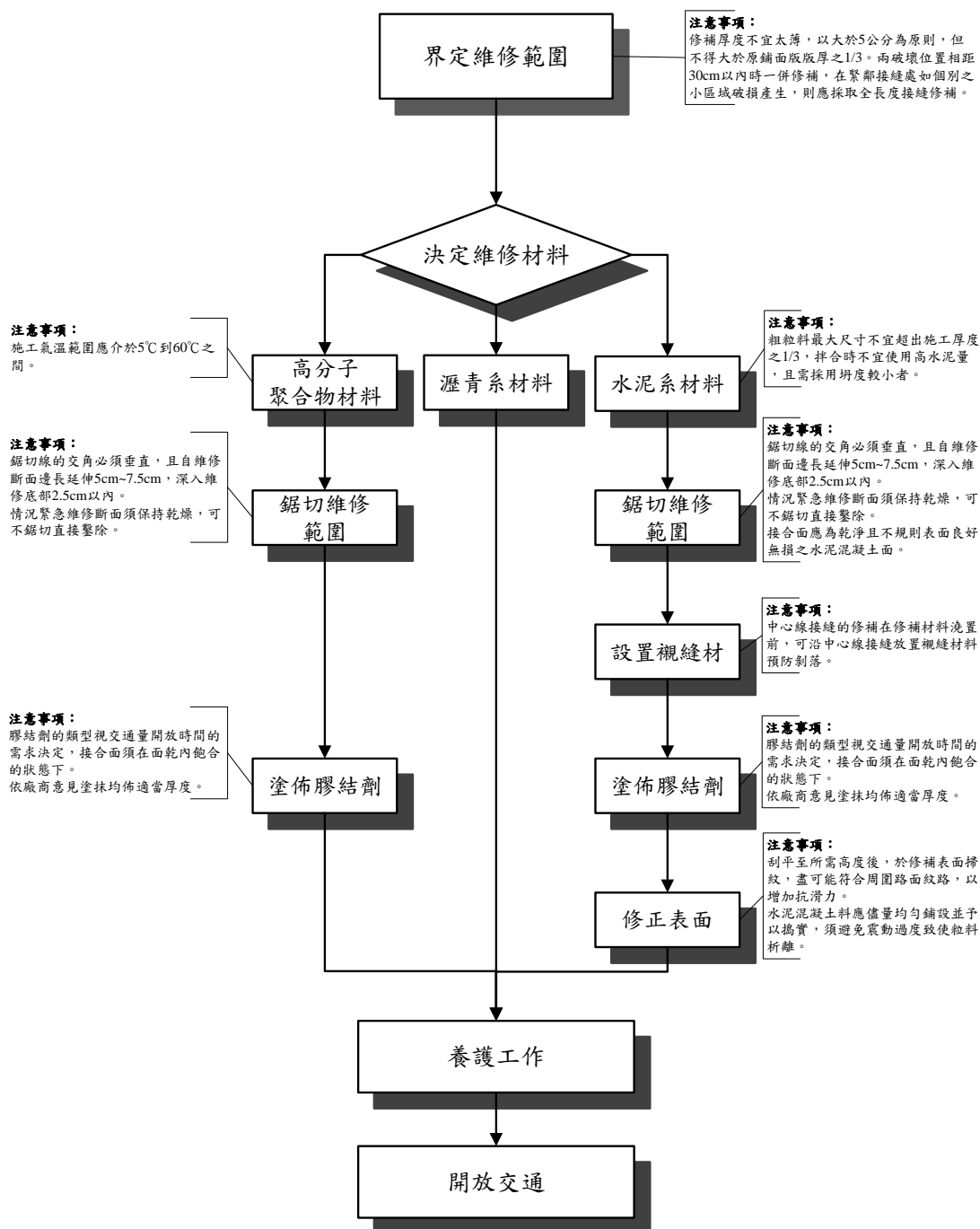


圖 4.3.3 部份厚度工法流程圖

4.4 全厚度修補工法

4.4.1 說明

當混凝土鋪面出現線性裂縫(linear cracking)、角隅斷裂(corner breaks)或某些與接縫相關的損壞時，可以採用全厚度修補工法(full depth repairs)。全厚度修補不僅在出現損壞範圍實施，是回復既有混凝土鋪面行車品質及結構完整的有效方式，且能延長鋪面的使用壽命。全厚度修補同樣可以有效地為已損壞剛性鋪面接受結構性加鋪前作準備。

4.4.2 定義

全厚度修補範圍是既有版塊的全厚度，修補作業是在現場澆置混凝土。在剛性鋪面已損壞的接縫和裂縫實施全厚度修補，可恢復鋪面的行車品質、防止損壞區進一步的劣化、或為鋪面接受加鋪前作準備。標準全厚度修補的最短長度為1.8m、寬度為整個車道寬，雖然有時替換整個版塊可能比進行一系列較短的全厚度修補更具成本效益。

4.4.3 目的及適用情形

當既有剛性鋪面出現橫向裂縫、縱向裂縫、擠破、與接縫碎裂等損壞時，可使用全厚度修補來有效地修復鋪面。當 JPCP 產生中度和重度的橫向裂縫時，此橫向裂縫如為活動裂縫(working cracks)經歷移動後可能呈現出現碎裂、唧水現象和高差等問題，建議使用全厚度修補。當鋪面產生中度和重度縱向裂縫時，此時的縱向裂縫已擴大及可能出現碎裂或高差，建議採用全厚度修補。在 JCP 產生擠破時，不論何種程度均可能對整體性鋪面有局部破裂及潛在安全危害，因此建議採用全厚度修補。當面層損壞超過版頂三分之一厚時，中度和重度接縫碎裂時，採用全厚度修補。若面層損壞未超過版頂三分之一厚時，則建議改採部分厚度修補工法。由於某些接縫碎裂可能是因混凝土耐久性裂縫或活性骨材所引起，建議必要時需做鑽心取樣，以決定鋪面下層之損壞範圍與情況。

在決定需要全厚度修補時，考量重點為損壞的範圍。當混凝土鋪面的損壞只在接縫或裂縫處且損壞未遍及整個路段時，可考慮使用全厚度修補工法。但是，當整個鋪面路段產生嚴重的結構損壞時，應可考慮適當的結構性加鋪或重新建造此鋪面。當鋪面的損

壞不是很嚴重時，亦可考慮採用荷重傳遞修復工法之適用性。在一般剛性鋪面維修計畫中，全厚度修補所需經費相當高，而現場調查與實際施行修補的延滯期間亦可能會使修補數量增加，造成有些單位可能因沒有足夠的經費將所有的損壞修補完畢，導致損壞區繼續劣化。因此，建議在施工前應作最後調查，以確認必要修補之損壞區範圍與數量。

4.4.4 使用限制和績效

適當的全厚度修補設計及施作可以提供良好的長期鋪面績效，然而許多現場鋪面經修補後的績效並不一致。不當的荷重傳遞設計及不佳的施工品質，常是全厚度修補提早損壞的主要原因。此外，有時會因修補時的鋪面損壞過於嚴重，使有些全厚度修補的成效受限。全厚度修補的成效與在適當的時機進行修補、正確的設計、及荷重傳遞系統的施作等息息相關。因此，建議應小心檢查鋪面的整體情況及損壞範圍，以確保全厚度修補作業能達到預期之成效。再者，由於瀝青混凝土修補材料會允許版塊過度的水平位移、且無法提供穿過橫向接縫的荷重傳遞，因此不建議使用於剛性鋪面的永久性修補。

依據最初損壞調查資料作損壞區需要修補的判定及修補邊界的決定，結構測試（撓度測試及鑽心）對損壞區的損壞範圍提供有價值的資料，修補邊界需足夠大包含所有版塊及基礎損壞，但不可過大而增加不需要的修補成本。全厚度修補的周圍混凝土及基礎損壞將導致修補嚴重的損壞，全厚度修補實際施工需依據規範及好的督導來謹慎控制。

4.4.5 設計考慮

1. 修補位置和邊界的選擇

實施全厚度修補的第一個步驟是選擇修補的邊界，因此必須以受過訓練的工程師來完成車道上全部路段的狀況調查，找到並標示損壞範圍，必要時對於大範圍的損壞建議可考慮置換整個版塊。由於實際施工時預期可能會較前次鋪面調查產生額外的損壞，因此建議在施工前應進行最後狀況調查，以確定需要修補的數量。通常接縫式混凝土鋪面(JCP)在接縫處比在接縫間需要更多的修補。然而，某些鋪面在重交通反覆載重下會產生中間裂縫(intermediate cracks)，若是接縫中之綴縫筋被鎖死或無法活動時將迫使中間裂縫的間隙加大，很快喪失骨材互鎖(aggregate interlock)並加速裂縫損

壞。有些路段除了在每個版塊間產生一個或多個中間裂縫外，很少產生接縫損壞，這些中間裂縫的間隙可能較大，其基本作用與接縫相似。

2.修補尺寸

在需要修補區確定後，工程師通常在施工前或施工時必須決定每個修補區的邊界。選擇適當的修補範圍可以移除版塊及其下層與路基所有的重大損壞，對於未來修補績效界相當重要。工程師可利用鑽心及撓度試驗獲得版塊下的損壞範圍資訊，在面層底部的損壞有時甚至可能超出可見表面損壞的邊界外 1m 或更遠處，如圖 4.4.1 所示。

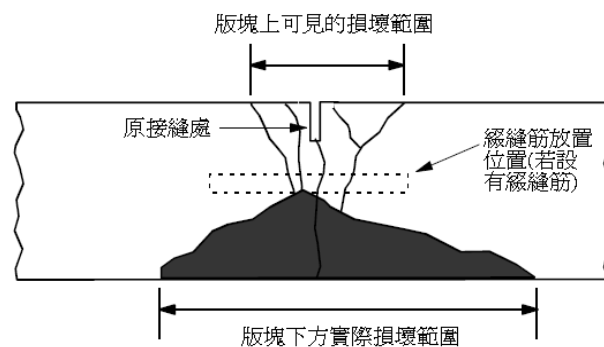


圖 4.4.1 版塊內部損壞的情形

當採用綴縫筋或繫筋修補時，建議修補全車道寬度且最短修補長度為 1.8m，以使鋪面的晃動、唧水現象、及版塊斷裂等狀況減到最小。當未採用綴縫筋或繫筋修補時，建議在低交通量下之最短修補長度為 1.8m，在中到高交通量下之最短修補長度為 2.4~3.0m，以減少可能產生過早的修補失敗。由於部分車道寬度修補之修補成效相對不穩定，因此一般並不建議採用之。特別是在出現數種損壞的區域，修補範圍的選擇有賴於工程師的判斷。一般而言，JCP 修補範圍選擇的基本原則如下：

- (1) 因長的修補有在版塊中間產生裂縫的傾向，所以當修補長度超過 3~4m 時，需要施作中間接縫以防止產生裂縫、或加設鋼筋以當裂縫發生時拉緊裂縫。
- (2) 修補範圍不應該太靠近橫向裂縫或接縫，否則將使接鄰版塊發生損壞。建議全厚度修補與最近的橫向裂縫或接縫之最小距離為 1.8m。

- (3)當在有綴縫筋之橫向接縫上只有一側損壞時，則修補範圍應向外延伸 0.3m 以涵蓋既有接縫。甚至當綴縫筋正確排列且無腐蝕的問題時，企圖保留既有的綴縫筋系統通常其成效不佳，主要原因是在混凝土破碎及清理期間將使綴縫筋及鄰接版塊受損。若是在無綴縫筋的接縫上只有一側損壞時，則接縫處可做為修補之邊界。
- (4)可以個別修補與接縫距離超過 3m 以上之裂縫，假如損壞極為嚴重時則可考慮置換整個版塊。

JPCP 的修補建議如圖 4.4.2 所示，JRCF 的修補建議如圖 4.4.3 所示。

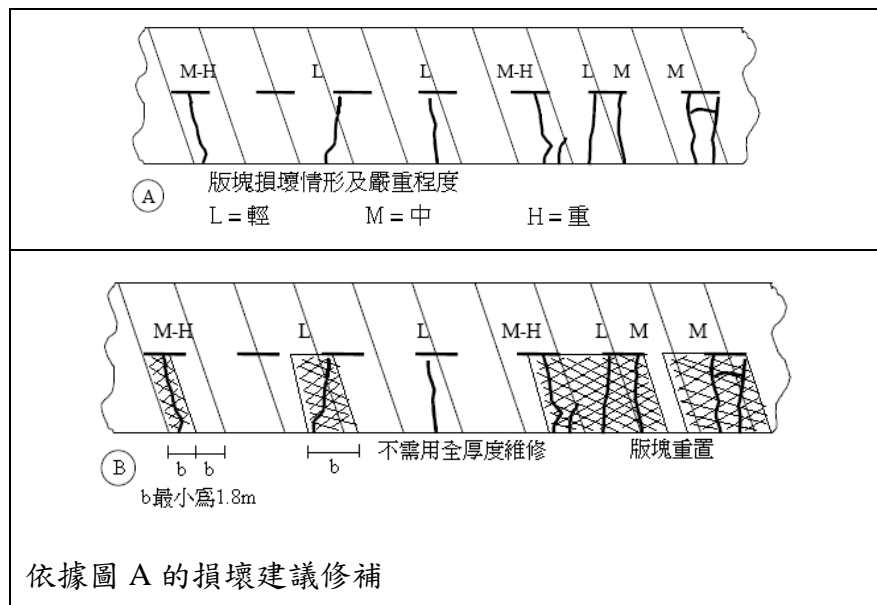


圖 4.4.2 JPCP 的修補建議

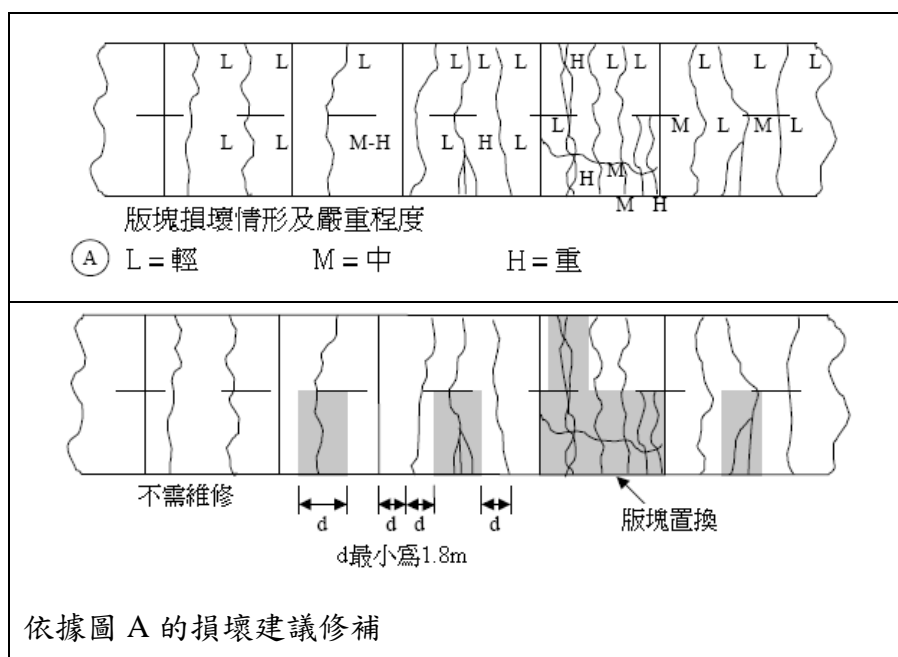


圖 4.4.3 JRCF 的修補建議

3. 鋸切

全厚度修補所使用的鋸切橫向接縫，分為粗糙面和平滑面兩種，茲簡敘如下：

(1)粗糙面：鋸切深度小於 30% 的版塊深度，使用手提鑽破碎及移除損壞的版塊，

產生粗糙面以提供某程度的骨材互鎖，如圖 4.4.4(a)所示。

(2)光滑面：接縫鋸切達版塊全厚度，產生光滑鋸面並沒有骨材互鎖，如圖 4.4.4(b)

所示。

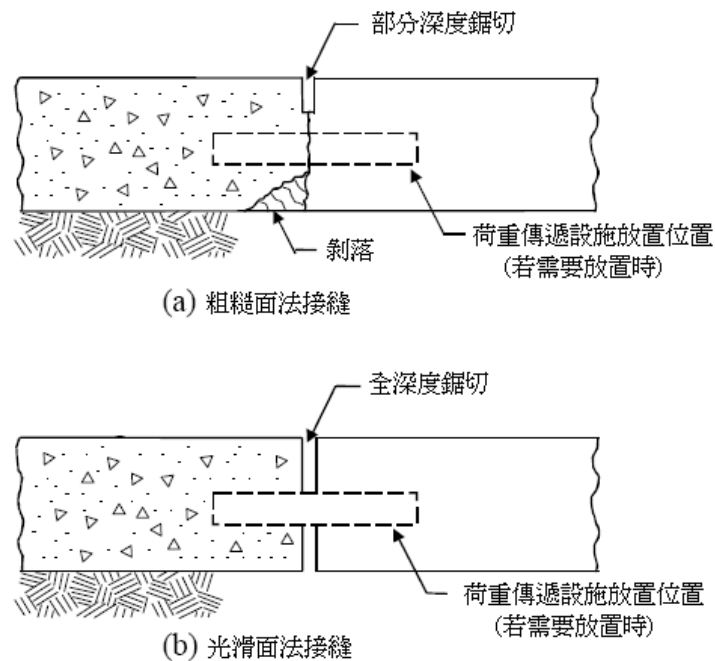


圖 4.4.4 鋸切的方法:(a)粗糙面(b)光滑面

通常建議使用光滑面之接縫，主要因為其容易施作及需較少人工移除之特性。此外，粗糙面之接縫因鋸切深度減少，在混凝土移除期間版塊底部有可能產生碎裂，若使用光滑面接縫時則無此問題。尤其是在設置光滑面接縫時，建議應採用綴縫筋。

在 JRCP 上施作全厚度修補時，必須額外考量鋼筋的問題。建議以全深度切割版塊並採用光滑面接縫，以加快混凝土的移除。在此法中，因全厚度修補不需與既有鋪面連在一起，因此並不需要保留裸露鋼筋。事實上，大多數修補並不需加設鋼筋，唯有當修補範圍大於 3m 長且預期會產生裂縫時，才需在修補區內加設鋼筋。

4.大面積移除與置換

當既有損壞相當多時，若是要在很短的距離內修補所有的損壞區域，將使所需費用變高且不符實際需求。此時，可以移除並置換較大面積的混凝土的方式或 JCP 之版塊置換(slab replacement)，來降低修補成本。由於大面積置換修補型式之單位成本明顯較許多小的修補為低，因此必須建立有別於一般修補的另外付款項目。

5.多車道修補

在多車道公路上，損壞可能出現在單車道或跨越兩個或多個車道。如果只有一車道有損壞存在時，則不需修補其他車道。當兩個或多個鄰接車道有損壞時，通常一次僅修補一個車道，以保持車流順暢。不過，這作業可能導致在鄰接未修補車道上產生擠破。在修補 JCP 鋪面時，通常只需要注意應符合最小長度、包含所有損壞在內、與必須沿著縱向接縫設置隔離纖維版(fiberboard)等要求即可，修補車道與鄰接車道之接縫並不需要對接(match joints)。若兩車道的損壞區域相似且計畫一起進行修補時，建議應將修補界線對齊，以避免小的偏離並維持車道的連貫性。如果在修補一個車道期間發生擠破現象時，可能須在鋪面設置間距約為 180~370m 之減壓接縫，或是將修補作業延到較冷的天氣時再施作。

6.混凝土修補材料

混凝土混合料的選擇應依可用的車道封閉時間而定。在開放通車前，可用的時間越短，混凝土的養治必須更快速，同時混凝土修補材料也變得更昂貴。若可接受混凝土養治數天後才通車時，則允許使用傳統混凝土混合料。假如需要提早開放通車時間至 4~24 小時內時，則必須使用高早強混凝土。一般標準的修補作業使用之混凝土混合料每立方公尺含有約 5~7 袋($360\sim460\text{kg/m}^3$)的第 I 型(有時為第 III 型)水泥，並添加有速凝劑，以允許在 1~3 天開放通車，甚至有時可將開放通車時間降至 4~6 小時以內。必要時須採用第 III 型水泥、高水泥含量($385\sim530\text{kg/m}^3$)、及化學速凝劑，以使開放通車時間在 4~6 小時內。使用特殊混凝土混合料時，開放通車時間甚至可能降到 2 小時。因特殊混凝土修補材料之花費相當高，僅在特殊情況下經工程司認可後才考慮使用。

為確保修補的耐久性，混凝土混合料之含氣量一般應該在 4.5~7.5% 間，並應依粗骨材標稱最大尺寸和當地氣候不同而異。而混凝土之坍度應介於 50~100mm 之間，以符合整體工作度及整飾性之要求。由於修補材料的其他性質，包括乾縮、熱膨脹係數及彈性模數等，同樣會影響修補之績效，建議應一併評估。同時亦應考慮既有鋪面的狀況來慎選修補材料，以使既有鋪面和修補材料的預估服務壽年大致相容。

7. 養治和開放通車

在養治期間的水分保持和溫度是混凝土達到最終強度的關鍵。當混凝土因水份喪失產生張應力時，若混凝土尚未達到足夠的張力強度時，則修補表面可能產生表面收縮裂縫。在添加速凝劑時，正確的養治更為重要。在修補完成後，噴灑白色液膜養治劑是最普遍採用的混凝土養治方式，養治劑有保持混凝土水分的功用，因此促進額外的水化作用。在極早開放通車計畫中(4~6 小時)，有時需使用隔熱毯(insulation blankets)，以保持混凝土的內部溫度及加速水化作用的速率，以期在可用時間內快速獲得所需之強度。通常在炎熱夏天時不需要使用隔熱毯，事實上夏天使用隔熱毯反而可能增加裂縫的產生。可開放通車前所需之養治時間取決於包括混凝土混合料的型式和周遭養治情況等因素，一般開放通車的標準可依下列方式來決定：

(1)最低強度：管理單位可以規定在開放通車前修補必須達到的最低強度。通常建議最小強度要求：抗壓強度為 13.8MPa；破裂模數為 2.1MPa(中央載重試驗)、或 1.7MPa(三點載重試驗)。

(2)最短開放通車時間：管理單位可以規定拌合設計及養治程序，然後依澆置混凝土的周遭溫度及版塊厚度來設定最短開放通車時間。

特別在需要極早開放通車的修補作業時，最好可以先測得混凝土修補之實際強度，再允許開放通車。

8.減壓接縫(pressure relief joints)

當鋪面有擠破問題時才會考慮在長的 JCP 鋪面上使用減壓接縫。但在全厚度修補作業時，因在其施作過程中已將版塊壓力釋放，因此通常不需要使用減壓接縫。必要時減壓接縫應設置在全厚度修補的一端且其接縫應有綴縫筋、或是在版塊的中間；而減壓接縫之寬度應該限制在 50mm 或更小。

9.橫向接縫設計/荷重傳遞

橫向接縫設計是影響全厚度修補績效的主要因素之一。在選定某一特定路段之接縫設計時，建議應參考在相似交通荷重下之各種接縫設計之實際績效。鋪面荷重傳遞代表有穿過接縫或裂縫來傳遞輪載重(與撓度、應力和應變相關)的能力。不良的荷重傳遞將允許版塊荷重時產生差異移動，而造成嚴重的碎裂、晃動、唧水及高差等損壞，甚至使鄰接版塊或修補本身產生破碎。因此，必須在通過修補的橫向接縫上，提供好的荷重傳遞，以獲得好的修補績效。剛性鋪面達到荷重傳遞的方式如下：

(1)達到荷重傳遞的方法

通過橫向修補接縫以達到荷重傳遞的四種常用的技術包括：

- A.綴縫筋(dowel bars)：將光面鋼筋錨定在既有版塊上，在接縫處允許自由水平移動，通常會塗上環氧樹脂以防腐蝕，這是提供荷重傳遞的最可靠方法。
- B.繫筋(tie bars)：以大直徑(標準的25mm)的竹節鋼筋錨定在既有版塊上，在接縫處不允許自由水平移動。繫筋不是被設計用來傳遞荷重，而是在維持鄰接接縫面適當的接觸，而達到骨材互鎖傳遞荷重的效用。
- C.骨材互鎖(aggregate interlock)：使用部分深鋸切提供粗糙面接縫，在短接縫間距混凝土鋪面達到骨材互鎖。當接縫間隙超過1mm時將喪失骨材互鎖。這種荷重傳遞方法並不一定可靠，尤其在較長版塊或者氣候寒冷時。除了在短接縫間距鋪面及低交通除外，通常不建議使用此種方法。

D.倒T型切除(undercutting)：藉由挖掘既有版塊下基礎及挖掘區填滿混凝土來達成，此方法只在進入修補側設置荷重傳遞，荷重傳遞不適當是因挖掘區混凝土差的夯實所致。在易受凍融作用區，在修補和既有版塊間會有差異隆起並造成嚴重的糙度。因此，通常已不建議使用此種方法。

(2)需要荷重傳遞的決定

每個單位必須依已知的特定氣候區域、交通水準、和基礎型式，來決定荷重傳遞需求，以防止全厚度修補產生嚴重高差或晃動。因力學荷重傳遞設施(mechanical load transfer devices)比其他荷重傳遞方式能提供較好的績效，如較少的高差、晃動、及其他與接縫相關的損壞，因此強烈建議應使用在大多數的全厚度修補上。一般橫向接縫荷重傳遞的建議如下：

A. JPCP：如果既有版塊的橫向接縫設有綴縫筋，則修補須使用綴縫筋。若既有版塊不設綴縫筋，建議工程師應視需要來決定荷重傳遞的需求。

B. JRCP：由於JRCP有較長的接縫間距，接縫需容納更多的移動，因此在修補的兩側接縫建議設置綴縫筋，修補接縫的設計應與新鋪面接縫相同。

在重交通量下，建議的綴縫筋設置範例如圖4.4.5所示。為提供有效荷重傳遞，在輪跡位置通常至少要有4~5支綴縫筋，重交通荷載時建議使用直徑38mm的綴縫筋。在輕交通量且鋪面小於250mm厚度的情況下，則可使用直徑為32mm之綴縫筋。從過去經驗得知，直徑25mm之綴縫筋不足以抵抗修補接縫處之承載應力。一般而言，在修補接縫處使用光面綴縫筋，以允許自由的水平位移，此種作法在JRCP尤其重要。如果要使用繫筋接縫時，由於重輪推擠修補向後之作用，使接縫傾向於非常緊密，因此繫筋應安置於進接縫(approach joint)處。對於JRCP鋪面而言，因預期JRCP有較大的版塊移動，因此不建議使用繫筋接縫。

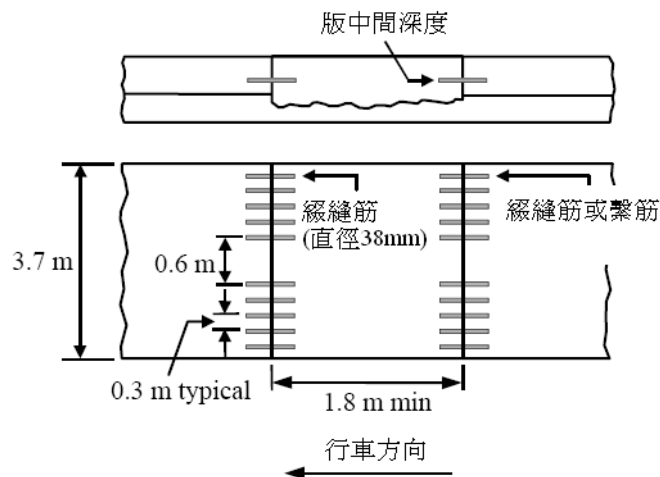


圖 4.4.5 建議綴縫筋設置形式

4.4.6 施工步驟

茲將全厚度修補的基本施工步驟簡要說明如下：

1. 確定修補範圍

如何確定全厚度修補範圍及其真實位置，對工程師來說是較為困難的工作之一。通常修補範圍之決定可參考最初調查的資料，再做現場調查來決定。此項現場調查作業亦應儘可能與合約進度接近，並須檢查每個破壞區且將修補範圍標示在版塊上，並包括從最初調查後所產生的額外損壞。

2. 混凝土鋸切

混凝土鋸切作業上，通常建議以鑽石刀鋸切(diamond saw blades)全深度之修補範圍，有時亦可採用部分深度之鋸切配合手提鑽敲除混凝土之作業方式。在熱天時，有時必須先利用碳化刀輪鋸(carbide-tipped wheel saw)在修補範圍產生一條寬的減壓鋸切(pressure relief cut)，之後才可能以鑽石刀鋸切出所需要的修補範圍。使用碳化刀輪鋸鋸切時應同時注意：除非鄰接車道有預定要修補，否則不可鋸切到鄰接車道。因輪鋸鋸切使邊緣不平整，可能使沿接縫處產生過度的碎裂(spalling)，因此使用輪鋸鋸切後，鑽石刀鋸切要在輪鋸鋸切外邊的460mm。為了防止對基層的傷害，輪鋸不能鋸切深入基層超過13mm。此外，對於縱向接縫與混凝土路肩應採用全深度之鋸切方式。

圖4.4.6是在說明JCP之鋸切型態，而圖示的斜切是減壓鋸切，以防止移除混凝土作業期間鄰接混凝土碎裂。由於鋸切接縫在熱天時會閉合，因此在混凝土可以被移除前需採用此減壓鋸切。承包商亦可選擇於夜間溫度較低時再鋸切。全厚度鋸切出平滑接縫面是無荷重傳遞能力，因此須使用力學荷重傳遞設施確保接縫績效。在鋸切與移除混凝土期間，必須採取限制交通載重之措施，以避免版塊下面唧水現象和侵蝕。在鋸切至移除混凝土程序開始前，一般建議不得允許承受超過2天的交通量。當有瀝青混凝土路肩時，通常必須沿著修補範圍，刨除路肩面層約150mm厚，以提供外側邊模的空間，同時亦可防止當混凝土移除時對路肩過度的損害。在全厚度修補完成後，路肩應再以瀝青混凝土來修補。

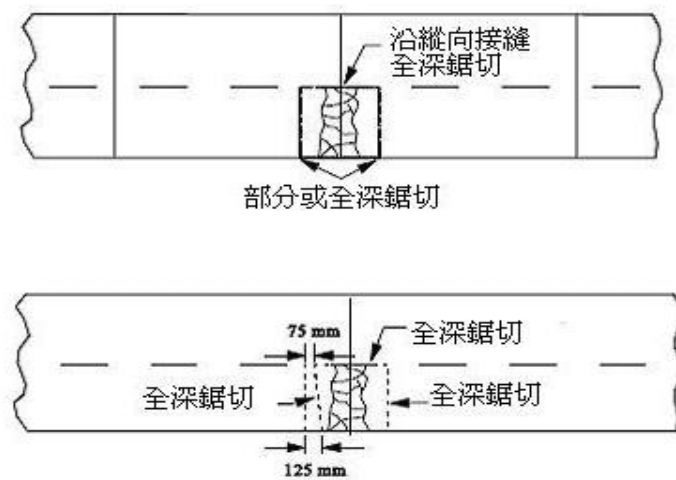


圖 4.4.6 JCP 全厚度修補的鋸切位置

3. 移除混凝土

茲將常用的損壞混凝土移除方法簡述如下，其優缺點比較如表 4.4.1 所示。

(1) 破碎清除法：在鋸切修補範圍後，使用手提鑽、落錘、或水力夯錘將混凝土打碎，然後用鏟斗清除機及手持工具移除混凝土。建議不可使用重型落錘，在靠近鋸切接縫處亦不可使用重型破碎機，以防止損壞鄰接之混凝土。進行破碎作業時應從修補區中心開始，而不是從鋸切處開始。

(2)吊離法：在鋸切修補範圍後，在損壞版塊鑽孔並安置吊栓，用鏈條勾在起重機或其他可以將版塊垂直吊離之設備上，然後將一片或分多片之損壞版塊吊離。吊離法可以使對底層的擾動降到最低，並產生良好的成效。此種方式通常可以相同或較低的成本，提供最好的結果與最高的生產率，並對底層的擾動最少。

無論使用何種方法和設備，移除損壞混凝土時應避免損壞鄰接混凝土及既有基層。若是在移除過程中有損壞到鄰接既有混凝土時，則需在修補範圍外重新鋸切並移除額外的混凝土，所增加之費用必須由承包商自付。

表 4.4.1 移除混凝土方法的優缺點比較

	優點	缺點
破碎清除法	鋪面破碎機能有效的破碎混凝土，鏟斗清除機能快速移除破碎混凝土及由卡車載運。	此法通常對基層/路基的擾動很大，須更換路基材料或回填混凝土，同時有些潛在損害鄰接版塊。
吊離法	吊離法較不擾動基層及不損害鄰接版塊，比破碎清除法容許更快速移除。	大塊混凝土的處理造成問題，大塊混凝土須使用重型機具吊離，或鋸切成較小的版塊再用小型機具吊離。

4.修補區準備

進行修補前，必須將所有被擾動過或是鬆散的基層與路基材料移除、並重新置換相似材料或混凝土。若在修補區存在過多水分時，修補區在鋪設新材料前須乾燥處理，必要時亦可考慮設置橫向排水。此時，必須挖掘穿過路肩的溝槽，並鋪設橫向排水管或開放級配之碎石料。在受限的修補區要將粒料完全夯實是相當困難的工作。手提式震動機通常無法產生足夠的夯實，以預防修補之沈陷。因此，以混凝土來置換被擾動基層的破壞部分是一個不錯的可行替代方案。

5.荷重傳遞之規定

對於接縫式混凝土鋪面(JCP)，可用綴縫筋和繫筋作為穿過修補接縫的荷重傳遞設施。在既有版塊側面中間深度處鑽孔並設置綴縫筋，鑽孔之間距為 305mm。使用牽引基座套鑽(tractor-mounted gang drills)可以保持水平和垂直的位置，快速地同時鑽好數個鑽孔。將鑽孔之水平與垂直位置對齊，可以避免修補提早產生損壞，因使用手提鑽(hand-held drill)可能會有無法對齊(misalignment)之問題，因此不建議使用。

鑽孔之孔徑須略大於綴縫筋直徑，以提供錨定材料的空間。使用水泥漿時，孔徑通常須比綴縫筋直徑大 6mm，以利較硬水泥漿使用。相較於液體混合物，塑性水泥漿混合物可提供綴縫筋較好的支撐。如果使用環氧樹脂砂漿(epoxy mortar)，由於這類材料通常會透過小空隙滲出，因此孔徑最多只容許比綴縫筋直徑大 2mm。因環氧樹脂材料比所支撐的混凝土更有彈性，一般建議採用薄薄的一層即可，以降低綴縫筋的撓度變形及環氧樹脂砂漿的變形。將綴縫筋錨定在既有版塊中是主要的施工步驟之一。不當的綴縫筋錨定程序通常會因綴縫筋的移動造成碎裂和高差，使修補效果不彰。綴縫筋錨定的一般建議程序如下：

- (1)利用空氣將綴縫筋孔內的碎片和灰塵吹出，當孔內潮濕時亦可在綴縫筋安裝前達到乾燥處理。
- (2)澆置速凝無收縮水泥漿或環氧樹脂在綴縫筋孔底部，水泥漿可使用長鼻軟管將材料澆置於孔底，環氧系材料可用噴嘴盒將材料散佈於孔深處。
- (3)放置一個薄漿圓盤於綴縫筋上及對著版塊面如圖 4.4.7 所示，預防錨定材料從孔內流出，幫助綴縫筋孔的入口產生有效面。
- (4)用輕微轉動將綴縫筋插入孔內，可將孔底材料擠出及環繞綴縫筋周圍，確保錨定材料均勻的包裹。

綴縫筋設置後，其突出的末端應塗些潤滑油幫助移動。如果修補包括鋼筋時，鋼筋的混凝土保護層最少為 75mm，距離邊緣淨空最少為 65mm。

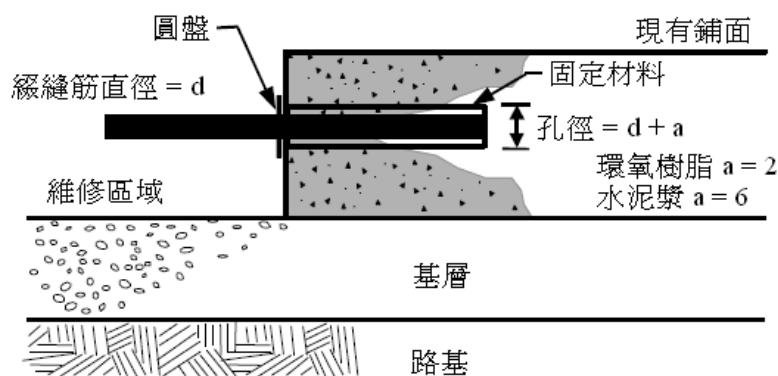


圖 4.4.7 綴縫筋在版塊面的錨定

6.縱向接縫考量

在混凝土澆置前，需沿著既有縱向接縫設置隔離材料(bond-breaking material)(例如纖維版)，以確保車道各自作用。鄰接混凝土車道與修補的縱向接縫通常不會以繫筋連結在一起，以允許這些修補的接縫自由移動。

7.混凝土的澆置和終飾

混凝土澆置和終飾方面，必須注意要達到適度的搗實與周圍混凝土的平整終飾。確保修補邊緣的混凝土受到充分的震動，混凝土沒有被過度終飾，亦是須特別注意的重點。在工地應避免為了達到最大工作度，而將額外水加入混凝土預拌車，因為如此作業將降低水泥混凝土的強度和增加收縮。混凝土須橫向攤平2~3次，以確保與鄰接混凝土表面相互吻合，使用震動刮版可獲得最好的混凝土攤平效果。在混凝土澆置及攤平之後，儘可能配合周遭混凝土紋路進行掃紋。

需要依據氣候及鋪面狀況限制午後的混凝土澆置時間，某些計畫在早上澆置混凝土，下午鄰接版塊膨脹導致修補的混凝土擠破，且裂縫延伸至所有車道。當在較長的修補需要設置中間接縫時，必須注意其鋸切的時間。一般接縫應儘可能在不傷害混凝土時鋸切，太早鋸切可能沿鋸切處碎裂或骨材粒移動，太晚鋸切可能導致修補材料有不規則裂縫。

8.養治

儘可能在掃紋後，將混凝土噴灑白色液膜養護劑或覆蓋濕麻布以防止水分散失，一般使用白色液膜養護劑即可獲得良好的養治結果。這些動作主要功能是防止在養治期間的混凝土水分散失，而導致乾縮裂縫。針對提早開放通車需求時，有時需使用隔熱毯加速水化作用及提供較高的早期強度。在修補24~72小時後開放通車可用傳統混凝土混合物，如要再提早開放時間則混凝土混合物的修正為增加水泥量、降低水量、使用速凝劑及使用隔熱毯。此外，可用特殊水泥系修補材料，則開放通車時間在混凝土澆置後2~4小時。

9.接縫填縫

正確養治將確保修補在開放通車前達到需要的強度，適度的養治與及時的鋸切接縫及填縫同等重要，有效的鋸切接縫及填縫將確保全厚度修補的使用績效。依據施工經驗得知，在混凝土澆置後，橫向及縱向接縫須適時鋸切成形，並儘可能進行填縫，將降低新舊版塊間混凝土碎裂及水滲入的可能性。接縫面的建立及填縫的形狀因子請參照前述填縫工法之內容。

10. 流程圖

全厚度修補工法之簡要施工步驟如圖 4.4.8 所示。

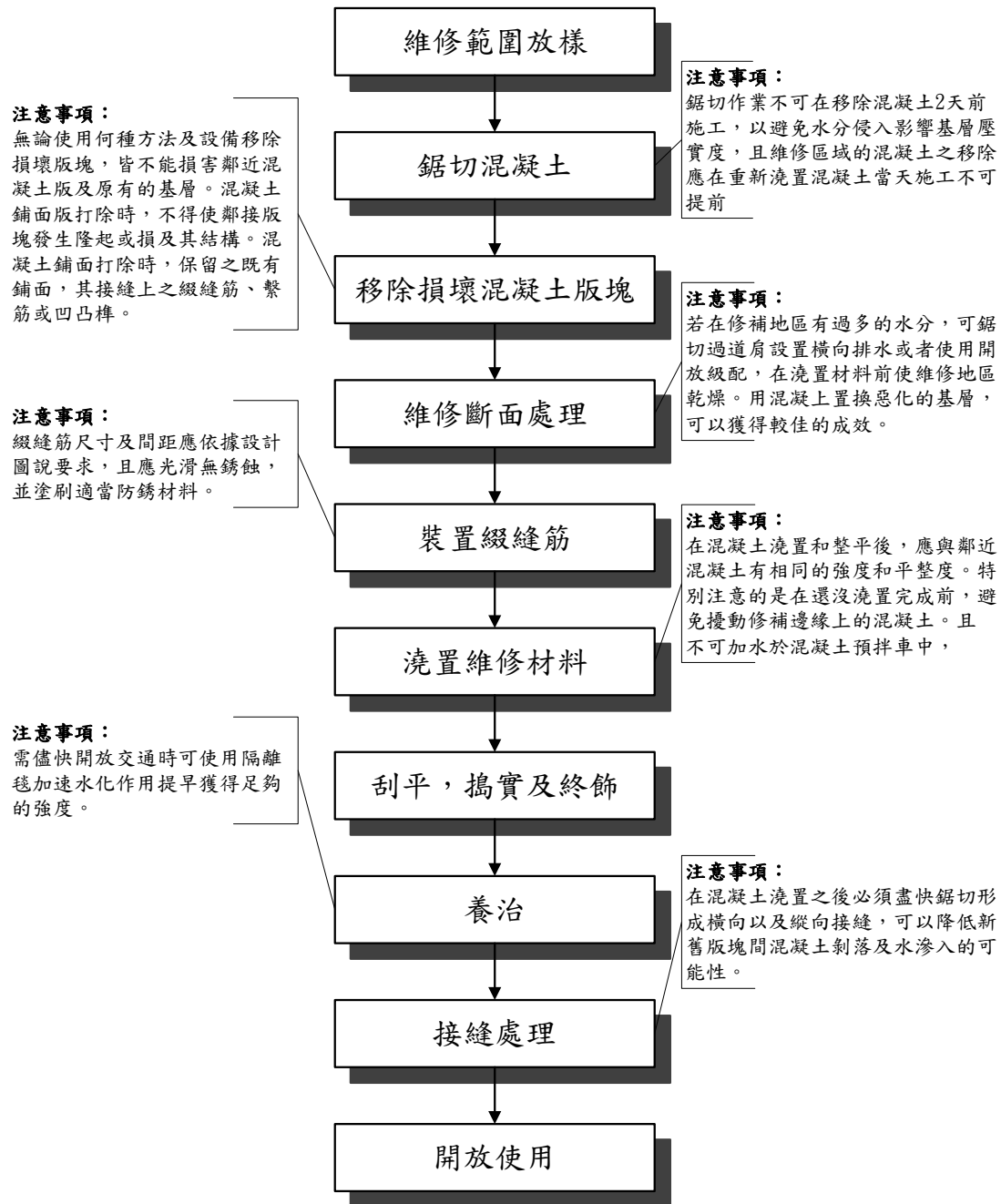


圖 4.4.8 全厚度工法流程圖

4.5 版塊穩定和版塊頂起工法

4.5.1 說明

剛性鋪面版底喪失支承是加速鋪面劣化的主要原因之一。例如，當唧水現象已發生和版塊支承喪失時，則可能有更明顯的損壞如接縫高差和角隅斷裂產生。若將熱拌瀝青混凝土(hot-mix asphalt concrete, HMA)直接加鋪在劣化的鋪面上，在接縫處將發生大的撓度而導致產生嚴重的反射裂縫(reflection cracks)。版塊穩定(slab stabilization)常以底層灌注(undersealing)的方式，以改善鋪面喪失支承之問題，並延長剛性鋪面使用壽命。版塊沉陷(settlement)有時會發生在剛性鋪面支承不良的區域上，利用版塊頂起(slab jacking)工法可使鋪面回到原始高程，改善因沉陷造成行車不舒適之問題，亦可避免因版塊產生大應力而導致破裂。

4.5.2 定義

版塊穩定是用壓力將材料注入版塊底或穩定基層，這些材料填補版塊底的空隙及提供一薄層，可以降低撓度且抵抗唧水現象，一般常以壓力灌漿(pressure grouting)、底層灌注(undersealing)、或版底灌注(subsealing)稱之。版塊穩定的重點在於填滿鋪面底既有空隙，而非頂起版塊。水泥混凝土版真正的提高動作稱之為版塊頂起，使混凝土鋪面的局部下凹或沈陷區域，恢復鋪面行車品質，但版塊頂起不適用於高差(faulting)之修正。

4.5.3 目的及適用情形

1.版塊穩定

版塊穩定僅在接縫及活動裂縫已確定喪失支承時施作，在未喪失支承時施作版塊穩定不僅浪費成本，甚至會對鋪面績效會有傷害。版塊穩定的施作重點，在鋪面因喪失支撐的損害開始前修復是最有效的。剛性鋪面是否有發生喪失支承之問題，可由以下方式來決定：

- (1)目視損壞資料：當橫向接縫及裂縫的高差、唧水現象及角隅斷裂等全表示喪失支承已經發生。版塊穩定的理想施作時機是在版底空隙形成後，且在版塊發生過度的高差及裂縫前。

(2)撓度資料：利用撓度試驗之資料不僅可以決定是否已發生喪失支承之問題，且能協助估算需要填滿空隙的灌漿材料數量。

(3)其他非破壞試驗：可使用其他非破壞試驗方法包括：透地雷達、及紅外線熱影像分析來偵測空隙。過去經驗顯示，利用透地雷達可以有效地偵測出剛性鋪面底之空隙。

當施作版塊穩定作業時必須同時考慮下列維修作業：提供確實的底層排水以增強結構斷面的排水性、密封所有既有接縫及裂縫減少水份滲入結構物、設置荷重傳遞設施以改善不良的橫向接縫並降低角隅撓度、與施作刨磨工法(diamond grinding)以恢復行車品質等。

2.版塊頂起

版塊頂起的作業包括用壓力在版塊或基層下方灌注水泥漿，以緩慢地提高版塊高程，直到使版塊縱面平順為止。此項作業僅有當鋪面因喪失支承而沈陷時才有施作之必要。鋪面可能在任何地方發生沉陷，但以填土區、涵管上方、以及在橋樑進橋版等處較常發生局部沉陷之問題。鋪面出現局部沉陷問題時，可考慮以版塊頂起工法來解決。然而，當鋪面出現高差時，建議使用表面刨磨工法，可能較版塊頂起工法更能有效地解決問題。

4.5.4 使用限制及績效

1.版塊穩定

版塊穩定可藉由監控鋪面後續績效來決定其成效。在版塊穩定作業後，建議應重新量測版塊之撓度，並決定撓度是否已降低至可使版塊獲得全面支撐，以儘早得知版塊穩定之初期效果。由灌漿前後進行落重撓度儀(falling weight deflectometer, FWD)試驗所得之撓度曲線變化圖，可查驗出版塊角隅是否已恢復原有的支撐。若在80kN單軸軸重作用下的撓度仍然超過0.6mm，即可視為空隙沒完全填滿，版塊應重新灌漿，唯此步驟只可重複一次。另有部分單位使用不同撓度量測方法並允許最多重新灌漿兩次，之後再將版塊或斷面移除或置換。

版塊穩定可以有效地將鋪面內的空隙填充，在鋪面加鋪前完成版塊穩定作業，在降低撓度及後續的反射裂縫是有效的，而版塊穩定的不正確及無保證使用，將導致版塊龜裂及接縫不壓縮。有些單位不喜歡使用版塊穩定的理由包括：版塊底空隙定位的困難、填滿全部空隙的難題、過度灌漿可能導致的鋪面損害、依靠承包商在底層灌注的經驗和技術、與不易估算出版塊穩定的成本效益。

2.版塊頂起

有效的版塊頂起作業有賴於緊密地監測任何位置所頂起的高度，版塊每次頂起不可超於6mm，以防止版塊產生過度的應力。唯有透過謹慎的監控作業，才可有效地使凹下區之版塊頂起並恢復水平。

4.5.5 設計因素

1.鋪面調查(確定版塊底的空隙)

撓度測試是目前估計空隙大小及位置最常使用的方法。但因接縫與接縫的荷重傳遞會變動而造成角隅撓度的變化，因此角隅撓度通常無法成為合理評估空隙存在的唯一依據。使用固定荷重對版塊角隅處作撓度試驗，並測繪撓度的剖面圖，可用來判定空隙是否存在。當空隙首先在離開角隅處(leave corner)形成後，在一般情況下會發現進角隅處(approach corner)之撓度較離開角隅處之撓度為小，如果差異很大時即表示可能有空隙存在。採用此法時，必須要使用與決定空隙位置與評定穩定作業效果等最初評估時相同的設備和載重。

另一種方法是以量測三個不同標準荷重下的角隅撓度來偵測空隙。每個測試位置通常採用27、40及63kN等標準荷重，再依據測試結果繪製荷重與撓度之關係圖。若發現在穩定前離開版塊處(leave slab)的荷重與撓度關係圖不通過原點，即表示可能有空隙存在角隅的跡象。荷重與撓度關係圖通過或接近原點，代表無喪失支承的跡象。此空隙偵測方法可與穩定作業同時操作，提供空隙偵測及穩定作業間的密切結合。然而由於荷重傳遞的變動，此法無法用來決定空隙的尺寸。

2.版塊穩定的材料

傳統版塊穩定作業最常使用的材料是瀝青膠泥(asphalt cement)與水泥漿(cement grouts)，而其他可被使用的材料包括：石灰石粉水泥漿(limestone dust cement grouts)、聚氨酯(polyurethane)、和發泡矽橡膠 (silicone rubber foam)。版塊穩定的材料必須能進入很薄的空隙、抵抗交通量、水份及溫度等產生的壓力、與足夠之強度及耐久性。版塊穩定作業中，過去雖較常使用瀝青膠泥作為版塊穩定的材料，但現在已大部分被卜作嵐水泥漿(pozzolanic-cement grouts)取代，不過國外還是有持續使用瀝青膠泥且效用良好的案例。

(1)瀝青膠泥

通常用於版塊穩定的瀝青膠泥類型須為低穿透(例如15~30)和高軟化點(例如82℃~93℃)，當加溫達204℃~232℃間須有適合灌注的黏稠性，使用規定鋪築等級的瀝青膠泥會從接縫大量滲出到鋪面表面。

(2)水泥漿混合物(cement grout mixtures)

版塊穩定使用許多不同的水泥漿混合物，包含卜作嵐水泥漿(pozzolanic-cement grout)和石灰石水泥漿(limestone-cement grout)，根據最近的調查，公路管理單位現在使用最受歡迎的材料為卜作嵐水泥漿，組成水泥漿混合物的材料對混合物的稠度、強度及耐久性等影響很大，因此對灌漿穩定作業的成功是大衝擊。版塊穩定所使用的水泥漿混合物須為液態且足夠流入很小的空隙，發展足夠的強度和耐久性去抵抗載重以及氣候效應。在流度錐標準時間要求為9~16秒(與水在流動錐的時間為8秒比較)，由於卜作嵐材料(或飛灰)顆粒為球狀，能提供最好流動性來填補細小的空隙，研究證明飛灰水泥漿較石灰石水泥漿能提供更多的流動性及產生較強的材料。

3.版塊頂起修補材料

版塊頂起工法幾乎全部以水泥漿(cement grout)來施作，由於所用材料比版塊穩定程序使用的水泥漿稍微硬，水泥漿之流度通常在16~26秒之間。

4.5.6 施工步驟

成功的版塊穩定作業有賴於承包商的經驗與施工技術，一般標準的施工步驟如下：

1. 瀝青膠泥的版塊穩定

(1) 灌注孔設置型式

在確定需要版塊穩定的位置後，需選擇適當的灌注孔設置型式，在不同的情況有不同的灌注孔設置型式。針對撓度較大的外側車道時，一般採用兩列及交錯間隔為1.2m的灌注孔設置型式，然而經實際施工後發現「由於瀝青膠泥沿著版塊底流動及流出灌注孔，因此只須在車道中心線右側設置一列及間隔2.4m的灌注孔」。此灌注孔設置型式，使外車道版塊底產生3~9mm的連續薄層。瀝青膠泥的版塊穩定，在於使近似連續的瀝青膠泥薄層沿著版塊邊緣，不經常強迫覆蓋鄰近的交錯灌注孔，在最低的重疊是良好覆蓋跡象。其他灌注孔設置型式為沿著車道中心線縱向間隔為2~4m的灌注孔，在兩個相鄰車道間提供兩列交錯灌注孔的縱向間距為1.2~1.8m，灌注孔需距離既有接縫或活動裂縫處在1m以上。為穩定版塊角隅，灌注孔應距離接縫側1m，及最靠近角隅的版塊邊緣約1m。

(2) 穩定作業

在灌注瀝青前，需要用近似480kPa的空壓吹灌注孔15到60秒，將存在版塊底的水分吹出。版塊底過多水份快速冷卻瀝青膠泥，導致空隙填充不適當。若無法適度清乾版塊底的水份，須延遲底層灌注作業，或使用較高溫的瀝青膠泥及較大的壓力灌注，整個施工作業必須快速進行。標準的瀝青穩定的作業流程如下：

- A. 在灌注作業開始前將瀝青加熱到需要的溫度(204°C~232°C之間)，因為這溫度接近及可能或超過某些瀝青膠泥的閃火點，訓練時須非常小心確保瀝青膠泥不與無控制的火焰接觸。在灌注瀝青前保持瀝青循環流動，使循環軟管加溫及瀝青自由流動。
- B. 灌注前在灌注孔周圍灑水、石灰水或者砂，防止瀝青膠泥由灌入鋪面的噴嘴周圍滲漏時粘黏到周遭鋪面。在底層灌注完成前若瀝青從接縫或裂縫處滲出，將停止灌注直到壓出的瀝青膠凝結，使用冷水噴灑滲出的瀝青，將加速瀝青硬化過程。

C. 灌注孔中止灌注及瀝青噴嘴穩固插入孔內，瀝青膠泥灌注的壓力在170~620kPa間，直到版塊底及所有孔洞填滿，當路肩出現鋪面邊緣裂開或鋪面開始提高時。當鋪面在頂起6.3mm或是灌注時間超過15秒時，JCP應停止灌注瀝青膠泥。

D. 灌注作業完成後，噴嘴移開灌注孔和臨時用圓柱塞堵住。

E. 當瀝青硬化時移除臨時孔塞，將灌注孔灌入水泥漿。在鋪面表面的瀝青或任何其他材料須全部除去。

F. 當大氣溫度在2°C以下時，或當基礎材料冰凍時，瀝青膠泥無法正常灌注。

2. 水泥漿版塊穩定

(1) 灌注孔設置型式

在位置確定後才可開始灌漿作業。首先根據混凝土鋪面的類型和設計，選擇適合的灌注孔設置型式和深度。典型的JCP灌注孔設置型式為在外側車道依圖4.5.1所示鑽孔，但其設置型式需要依據施工期間所得結果進行調整。在JRCP中，若有中高程度的中間裂縫時而無安排全厚度修補時，則依據接縫方式處理。當版塊底為粒狀基層時，鑽孔需超出版塊底以下，若基層為穩定材料時則鑽至基層底以下。若空隙經常存在穩定基層底下，則須將這些空隙填滿。若使用風鑽(氣鑽)對版塊鑽孔，其壓力不可過大或是造成版塊底部嚴重碎裂。將水注入孔內，以快速檢查灌注孔是否須灌漿，若水份未流失則表示底下無空隙，因此不需要灌漿，將該孔塞住後繼續施作下一個灌注孔。

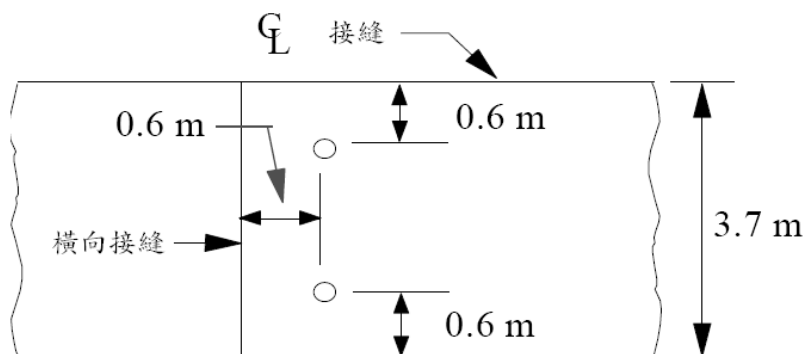


圖 4.5.1 JRCP 之典型灌注孔設置型式

(2)配合設計

版塊穩定使用的卜作嵐水泥漿，建議配合設計如下：一份波蘭特水泥I型或II型計量(需要早強時可採第III型)、三份卜作嵐材料(pozzolan)(天然或人造)、並加入適當之水量(以體積計量)，以達到所需之流動性。添加物、強塑劑、減水劑、和流化劑(fluidifiers)等依需要而添加，若擬在空氣溫度10°C以下使用速凝劑時，建議須經工程司認可後才可施作。

實驗室分析顯示不同來源的卜作嵐材料對相同的添加劑反應十分不同，在使用前須證明水泥與卜作嵐材料之間的相容性。利用添加物可增加水泥漿的流動性，例如粉狀氮磺酸木質素(ammonium lignin sulphonate)在沒有添加水時將增加水泥漿的流動性。因此，強度及密度較高的水泥漿在未增加水泥含量時就可以獲得，強塑劑加入飛灰水泥漿同樣產生及達到高流動率的混合物。在任何版塊穩定作業前，為確保砂漿的適用性須制定一套完善的測試規定。

(3)穩定作業

在鑽孔後，將連接壓力灌漿邦浦的伸縮噴嘴(packer)插入灌注孔內，噴嘴的排料端不需深入混凝土版塊的面層底部。版塊穩定作業的目的是填滿既有空隙而不是將版塊頂起。在穩定作業施作期間承包商和監造單位須嚴密監控，因版塊頂起可能產生額外的空隙甚至引導版塊斷裂，導致許多疲勞及沈陷的版塊。任何已知版塊角隅的版塊頂起總數不允許超過3.2mm，最大允許持續幫送壓力在690kPa以內，開始幫送的最大衝擊壓力容許為1390kPa。通常版塊提高或砂漿從鄰近的灌注孔、接縫或者版塊的邊緣流出等跡象，足夠證明在灌注孔範圍內的所有孔洞或空隙已經填滿，則灌注孔應停止幫送。

其他停止灌注的因素為當水泥漿從鄰近的孔、接縫或裂縫處出現，從版塊底排水，及灌注時間不應超過合理的時間(在2分鐘左右)。當靠近相鄰車道灌漿時，其灌注時間特別重要，水泥漿有時會經由外側車道到路肩內側導致版塊破裂。灌漿完成後，立即收回噴嘴和將灌注孔塞入臨時孔塞，在足夠允許水泥漿凝結的時間過後，灌注孔移去臨時孔塞及灌注可接受的修補材料填封，例如黏稠的水泥漿或核准

的混凝土混合物。當周遭氣溫在4°C以下時不可進行版塊穩定作業，在版塊穩定灌漿後須有足夠的養治時間，則施作車道應禁止通行至少3小時。

3.版塊頂起

孔洞設置的最佳位置有賴於有經驗的工程師來判定。設置孔洞位置的一般標準應與放置液壓千斤頂的位置相同。如要頂起鋪面時，孔洞間隔距離橫向接縫或版塊邊緣至少為305mm，且不可超過460mm。另外，孔洞間隔應在1.8m或兩孔中心距離更小，這樣單孔灌漿提高版塊少於 $2.32\sim 2.78\text{m}^2$ 。如果版塊是裂開的，則需要更多的孔洞。

適當的灌注孔位置係依鋪面缺失之位置來決定。如圖4.5.2所示，當接縫有唧水現象但未發生高差時，至少可以設置兩個灌注孔。當接縫有唧水現象及版塊一個角隅有高差時，灌注孔設於低角隅的後面，以避免提高鄰近版塊，如圖4.5.1所示。可能需要額外的洞，以確保填充版塊底所有的空隙。如果版塊的兩個角隅已沈陷，則內側的灌注孔需照著重新定位。當鋪面已沈陷時，在版中央處(距接縫約1m處)設置單一個灌注孔即足夠。

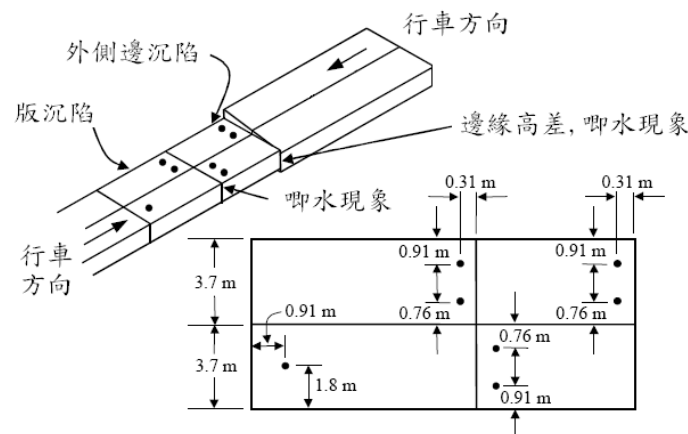


圖 4.5.2 灌注孔位置依鋪面缺失之位置而異

圖4.5.3所示三角形方式排列灌注洞位置以改善車道沈陷，因砂漿傾向於以圓狀型式從每個灌注孔流入，灌注孔間隔應等距離且儘可能接近。鄰近版塊的灌注孔配合安排，在版塊尾端需稍微移動灌注孔以符合配置型式直到版塊邊緣。

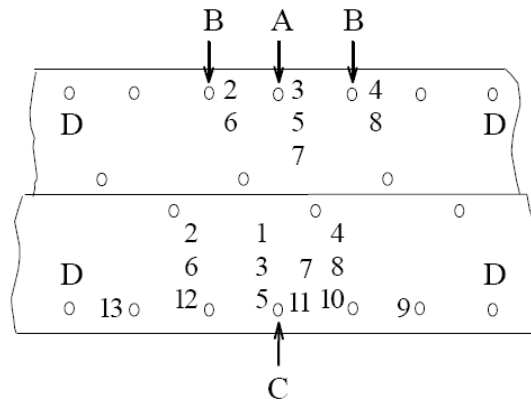


圖 4.5.3 灌注孔位置及改善沈陷的砂漿灌注順序

不同的單位可能採取不同的版塊頂起技術，典型的版塊頂起作業包括下列步驟：

- (1) 在所有初步工作完成後(鑽孔或是視情況設置減壓接縫)，鋪面才準備被頂起。每個洞每次頂起版塊僅非常小的高度，通常在灌注任何洞所頂起版塊高度應不超過6mm，版塊任何部位(或鄰近版塊)的高差在任何時間皆不可比6mm還高。在全部維修版塊與所有鄰近版塊須保持相同平面，維持在6mm使整個施工作業避免斷裂，整個路段應該用相同方式作業，則在任何部位無大應變發展。
- (2) 若從沉陷的任一端開始灌漿，在面層頂的張力會增加，則版塊毫無疑問地將斷裂。然而，如果灌注在中間部分開始且張力在較低面層，頂起版塊有降低張力傾向，及版塊在不具任何損壞頂起適當數量。當路段回到原有縱面，則灌注擴大更遠及更遠到另一側，直到整個沈陷恢復至要求的高度。
- (3) 版塊中間不平坦須謹慎處理，將使版塊引起嚴重的彎曲及產生斷裂，中間部分自然比沈陷端較快頂起，但應使用避免嚴重彎曲的頂起作業。
- (4) 版塊頂起之灌注順序須配合已知計畫的特定需求做適度之修正，一般之範例如下：
 - a. 版塊沉陷的俯視圖如圖4.5.3所示，砂漿灌注應在沉陷的中間開始，如圖4.5.3的A點。由於版塊沉陷的形狀，在開頭灌注的洞將會比任何一邊的洞灌注更多的砂漿。灌漿通常是從外側洞開始灌注，然後才灌注內側列的孔洞。

- b. 在B點灌注砂漿釋放可能在A點頂起版塊所導致的應變，灌漿的第三個洞將由A點再一次，然後依據圖4.5.3的步驟4至步驟8灌注材料，依照這樣的灌注步驟中間A點將灌漿四次，兩側的B點將灌漿兩次。如果每次都灌入相同的量，且從灌注孔移動相等的距離，版塊在中間點的提高量將為其他兩個點的兩倍。
- c. 鋪面中間灌注孔是在外側孔灌漿後用相同順序施作，若版塊兩側的高度大致相同，下一個灌漿孔將會是鄰接版塊外側的C點，以相同的順序灌漿作業，而額外的灌漿進一步從沈陷中心開始，依照圖4.5.3的9、10、11、12及13等灌注順序。灌漿作業持續依據這樣順序施作，直到版塊頂起到需要的高度。
- d. 灌漿作業不是沿著一系列孔來回的橫越版塊，反而作業經常隨著版塊長度處理以避免破裂，混凝土版塊能夠抵抗扭轉比橫向彎曲為多。
- e. 在下陷處尾端的最後灌注孔如圖4.5.3所示的D點，須在版塊達到要求的高度後才可施作。應使用與版塊穩定相似的很薄砂漿，確保完全填滿沈陷區產生薄楔形間隙。

4.版塊頂起

版塊穩定和版塊頂起工法之簡要施工步驟如圖4.5.4所示。

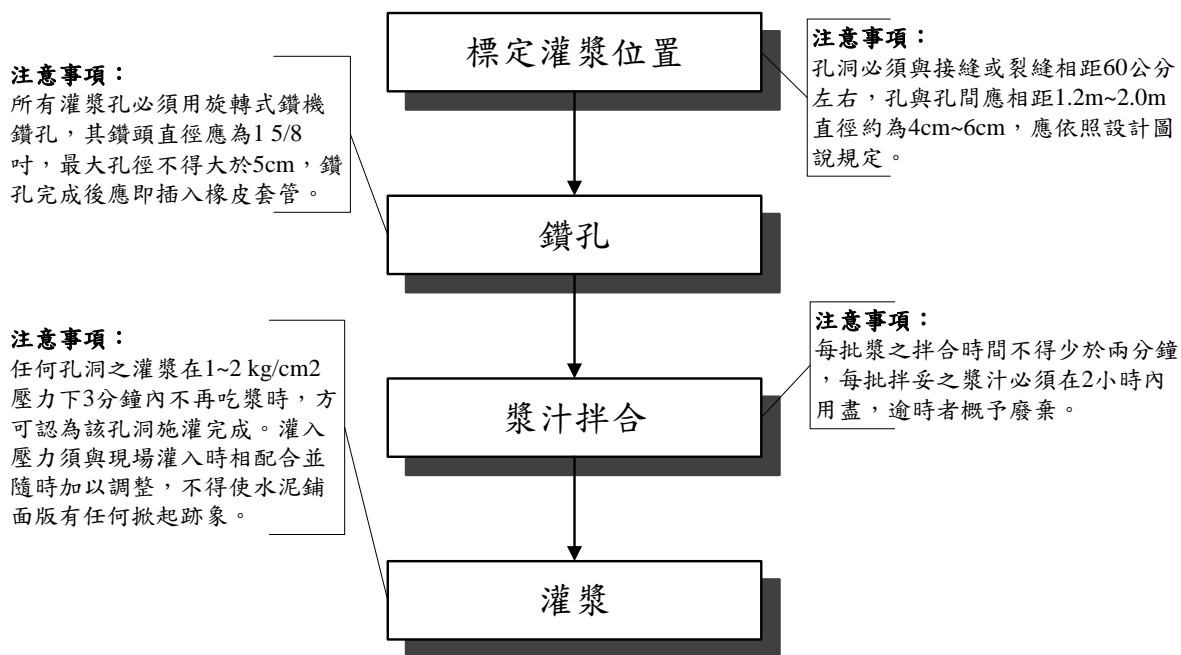


圖 4.5.4 版塊穩定和版塊頂起工法流程圖

4.5.7 機具設備

1. 瀝青膠版塊穩定設備

使用瀝青膠泥施作底層灌注的典型設備包括壓力撒佈機(pressure distributor)、空壓機(air compressors)、氣壓鑽(air hammers with drills)、瀝青膠及空氣噴嘴、塞子、撓度量測儀和其他各種設備。隔熱的壓力撒佈機或者油罐車必須將瀝青加熱至要求的溫度且加熱過程期間要循環。瀝青膠灌注設備要能達到620kPa的能力，壓力撒佈機應裝設準確的壓力量測計。空壓機需要能將空氣吹進灌注孔及推動氣壓錘鑽頭的能力，鑽頭要能穿過版塊和鋼筋鑽出直徑為40~50mm的均勻孔，噴瀝青和空氣的噴嘴需要能插入孔內，在鋪面底將空氣吹入及灌注熱瀝青。在將噴嘴穩固地插入灌注孔後，通常用組合腳架及盾狀物固定噴嘴，操作者站在腳架擋版保持噴嘴位置。木塞通常作為臨時塞子直到瀝青冷卻，木塞通常為0.9m長及一端為尖細狀方便放入及移除。當瀝青在鋪面底灌注時，需藉用敏感的版塊頂起偵測設施來偵測版塊隆起。由於極熱瀝青在壓力灌注的潛在危險，在填縫作業鄰近的人員須要正確的安全衣服及面罩，在灌注孔與鄰近車道間放置大約1.2x1.2m²的防護盾。

2. 水泥漿版塊穩定設備

使用水泥漿的版塊穩定作業須要下列設備：

- (1) 空壓機是驅動氣動錘(pneumatic hammers)及灌漿前將灰塵吹出灌注孔。
- (2) 氣動錘鑽頭或其他鑽頭需穿過混凝土版與鋼筋鑽出40到65mm的灌注孔，鑽頭不可造成版底的過度碎裂。
- (3) 不論用體積或重量計量不同材料組成的砂漿，砂漿拌合設備要能準確量測、配比及拌合。拌合設備需包含位置移動設備，水泥漿灌注幫浦要達到1720kPa排出量，飛灰水泥漿需要膠體混合磨碎機。
- (4) 漿灌噴嘴能插入灌注孔，當砂漿灌注後密封孔洞。砂漿回送管應規定為水泥漿的循環，防止水泥漿在軟管裡硬化。
- (5) 流度錐及其他必要要組件是決定混合物稠度的必要設備。
- (6) 版塊頂起偵測設施量測版塊隆起，量規應有偵測0.025mm頂起之移動。
- (7) 在灌注後使用木塞或其他核准的塞子，能塞住孔洞直到水泥漿凝結。

4.6 表面刨磨及刮槽工法

4.6.1 說明

表面刨磨(grinding)及刮槽(grooving)是面層復原的兩種不同類型，在剛性鋪面各種損壞的維修作業使用，每個技術係針對特定鋪面缺點，或者結合其他鋪面恢復技術，成為綜合鋪面恢復計畫的一部份。

4.6.2 定義

刨磨工法使用緊密裝在轉軸上的鑽石鋸刀，以移除硬化水泥混凝土表面。刨磨主要目的為改善面層的不平整，及提供平滑的行車面層。刮槽工法在硬化波特蘭水泥混凝土進行刮槽作業，鑽石刀片的心至心間隔為 19mm 或更大的間隔。刮槽主要目的在於降低水滑作用影響，避免濕天氣引發交通意外。

4.6.3 目的及適用情形

1.表面刨磨

表面刨磨主要目的在減少重要的高差，恢復鋪面地行車品質及面層抗滑。在剛性鋪面使用表面刨磨的理由包括：移除橫向接縫及裂縫高差、移除由釘輪磨損所造成的輪跡車轍、移除在接縫的永久版塊翹曲、在出現不適當巨觀紋理的磨光混凝土面層刻紋、與改善表面排水的橫向坡改善。

表面刨磨最常用於經接縫及裂縫高差(joint and crack faulting)刨磨來改善鋪面的行車品質。當鋪面服務能力降低時，需對引起鋪面服務能力喪失的因素進行評估，在鎖定任何結構缺失後，要恢復鋪面服務到高水準，則可用表面刨磨作業。在高差達到臨界標準前，鋪面會進行表面刨磨作業。一般而言，較短的接縫間距所容許的高差較少，除了接縫間距外，仍有許多因素會影響高差的臨界標準。依據鋪面狀況及糙度資料的蒐集及分析，並藉由對鋪面資料的整體評估來決定表面刨磨計畫的成本效益。

雖然接縫無筋混凝土鋪面(JPCP)或接縫鋼筋混凝土鋪面(JRCP)採用表面刨磨作業，提供在行車品質的戲劇性改善。鋪面如存在嚴重排水及侵蝕問題，且有明顯的高差或唧水現象時，在施行表面刨磨前應改善前述問題。高差損壞與混凝土耐久性有關時，例如耐久性裂縫、活性骨材則表面刨磨為不適當的恢復技術。故鋪面如出現嚴重結構與材料問題時，則表面刨磨將不被考慮，因表面刨磨無法改善結構損壞及鋪面狀況，且表面刨磨完成後，將面臨鋪面的持續損壞。

2. 刮槽

可以利用刮槽來降低公路及機場剛性鋪面潛在濕天氣水滑之交通意外。刮槽分為橫向及縱向，橫向刮槽的優點，不僅提供鋪面排水的直接孔道，亦提供面層合理的煞車。橫向刮槽雖常使用於跑道及橋樑版，但很少使用於公路鋪面，主要為施工時在相鄰車道的交通維持困難，以及產生過度的噪音。縱向刮槽通用於公路，特別沿著曲線路段。雖然縱向刮槽無法與橫向刮槽一樣改善鋪面排水特性，亦提供排水孔道及產生軌跡效果，能幫助車輛沿著平面曲線遠離水滑。當曲線路段及交流道存在濕天氣交通意外問題時，可採刮槽作適度處理，如濕天氣交通意外多時，則整個計畫路段需作刮槽，此項維修符合鋪面的結構及功能，對降低濕天氣交通意外有非常好的效果。

4.6.4 使用限制及績效

1. 刨磨

在刨磨後的糙度值可能較新築鋪面要好，刨磨的立即效果為提供很平滑鋪面。刨磨作業在粗糙的效果很清楚，而對摩擦數的效果更重要。在鋪面採用刨磨前需將鋪面高差改善，如未改善則刨磨將會再出現高差現象。鋪面表面的粗糙是由高差、全厚度及部分厚修補的情況所影響，而摩擦數是由面層紋理所影響。而鋪面下陷部分要由刨磨處理是無成本效用的，因此重大的鋪面凹陷部分在刨磨作業前，需要先進行版塊頂起(slab jacking)作業。

2.刮槽

鋪面刮槽是恢復面層摩擦的有效方式，降低水滑作用及伴隨的交通意外。橫向刮槽是增加鋪面巨觀紋理，提供許多短距離的排水孔道，更有效由面層排除水，減少潛在水滑作用，提供合理的煞車摩擦，而不規則的橫向刮槽可降低輪胎噪音。縱向刮槽的優點，係輪胎貫入刮槽內，確保車輛明顯沿著路幅線形，幫助車輛沿著曲線行車。

4.6.5 設計因素

1.刨磨

刨磨後的面層特性與刀片間隔高度相關，也與骨材硬度高度相關，容易磨光的骨材摩擦阻力可藉增加刀片間隔來改善，每個維修計畫要選擇最好刀片數組合如圖 4.6.1 所示。軟骨材的面層最小凸面寬為 2mm，平均凸面寬接近 2.5mm，每公尺需要 164~177 刀片；硬骨材的面層最小凸面寬為 1.7mm，平均凸面寬接近 2mm，每公尺需要 174~187 刀片。

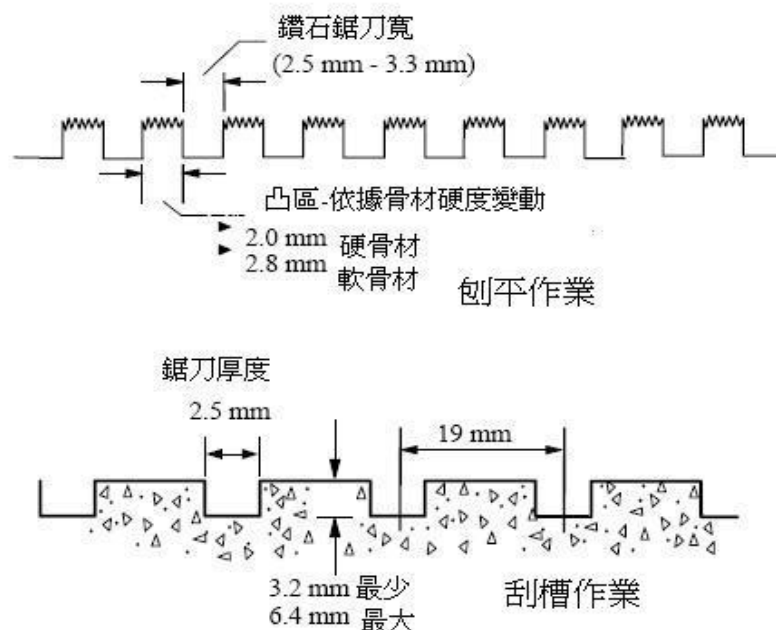


圖 4.6.1 刨磨及刮槽作業的標準尺寸

(1)評估產生的面層縱坡

刨磨後的面層品質可藉由量測沿著車道之鋪面糙度來評估，鋪面糙度是鋪面高低起伏最好的指標。刨磨鋪面與新築鋪面同樣的行車品質標準可由作業前與作業後的縱面軌跡作比較，來決定及紀錄行車品質的改善。在做行車品質評估時，在維修前開始評估及維修後的量測，需要使用同種的量測儀器，以及相同的評估標準。縱面軌跡量測儀器有數種，最常用的量測儀器為加州縱面儀，現已成為刨磨作業接受測試使用的儀器。其面層縱面標準接受值為：0.16km 增量的最大為 0.19m/km，1.6km 增量的最大為 0.11m/km，1.6km 增量的平均為 0.19m/km。橫向坡度為 2%，在 3.7m 車道寬為高 74mm。

(2)抗滑

鋪面抗滑改善由橫向坡度恢復及增加面層巨觀紋理，正確坡度使橫向排水容易，降低由車轍造成的潛在水滑作用，特別是由釘輪磨損所造成的車轍。增加巨觀紋理可提供高抗滑數，則容易磨光骨材的鋪面抗滑，可藉由選擇正確刀片間隔增加凸面寬來補償。假如鋪面含有容易磨光骨材時，則鋪面抗滑改善可能為暫時性，而骨材較硬的鋪面比骨材較軟的鋪面維持較長的適宜抗滑值。

2.刮槽

刮槽的鑽石刀片組裝與刨磨設備相同，鑽石刀片間隔依軟骨材及硬骨材而不同，下列刀片組裝在公路為最有效用的。軟骨材的面層最小凸面寬為 2mm，平均凸面寬接近 2.5mm，每公尺需要 164~177 刀片；硬骨材的面層最小凸面寬為 1.7mm，平均凸面寬接近 2mm，每公尺需要 174~187 刀片。整車道的刮槽允許小區域沒有刮到，因面層縱面高低不規則。車道經過刮槽作業，交通事故明顯降低。而車道採縱向刮槽後，將造成車輛控制較困難的缺點。

4.6.6 施工步驟

1. 準備作業

表面刨磨作業是依據鋪面狀況及粗糙資料而決定，在表面刨磨作業前，對唧水現象、路基淘空、角隅裂縫、活動的橫向裂縫及破碎版塊等需先行維修，不然接縫及裂縫的高差在短時間又會出現。在進行刨磨作業需特別考量的因素如下：

- (1) 假如有嚴重排水及侵蝕問題存在，如明顯的高差(大於 3mm)及唧水現象，在進行表面刨磨作業前需使問題緩和。
- (2) 鋪面出現結構缺失，如漸進的橫向裂縫及角隅裂縫，在表面刨磨作業完成後，版塊龜裂及裂縫高差會繼續發展，減少恢復計畫的壽年。
- (3) 骨材硬度與表面刨磨作業成本直接相關，表面刨磨極硬骨材較軟骨材需較多時間及工作，極硬骨材由於高成本使刨磨作業成為不可行。
- (4) 混凝土的耐久問題，如耐久性裂縫、活性骨材，不能用刨磨作業來改善。
- (5) 重大的版塊置換及維修是連續漸進結構損壞的指標，刨磨作業不能補救此損壞。

2. 刨磨作業

刨磨作業連續沿著車道前進為最好結果，刨磨方向對鋪面平滑或縱面無明顯的影響，刨磨作業的開始及結束始終垂直於鋪面中心線。一個車道要刨磨需來回多次，有時會採用多組的刨磨設備來作業，前次與後次的刨磨重疊區為 5 公分。刨磨作業需要水來降低刀片溫度，使磨碎混凝土的產生水泥漿，水泥漿由濕的真空設備收集，並由貨車裝載及運棄。

刨磨設備應有長的參考桿作為既有鋪面的參考基準，面層頂參雜高低起伏，只需移除最少深度即可獲得極佳的行車品質。在刨磨作業規範必須定義面層頂低點及計算，任何 1m 寬、30m 長的測試面積 最少要 95% 符合要求。如果較低位置需要刨磨，則面積小 0.2m^2 的單獨低點可以不要刨磨。

3.刮槽

刮槽作業是沿著鋪面縱向進行，且只對局部範圍(曲線段)作刮槽。由面層摩擦及濕天氣交通事故的資料，來決定刮槽作業的區域。刮槽作業連續沿著車道前進為最好結果，刮槽方向對鋪面凹凸間隔有些影響。刮槽作業產生磨碎混凝土，使用真空系統收集刮槽所生的磨碎混凝土。

3.流程圖

表面刨磨及刮槽工法之簡要施工步驟如圖 4.6.2 所示。

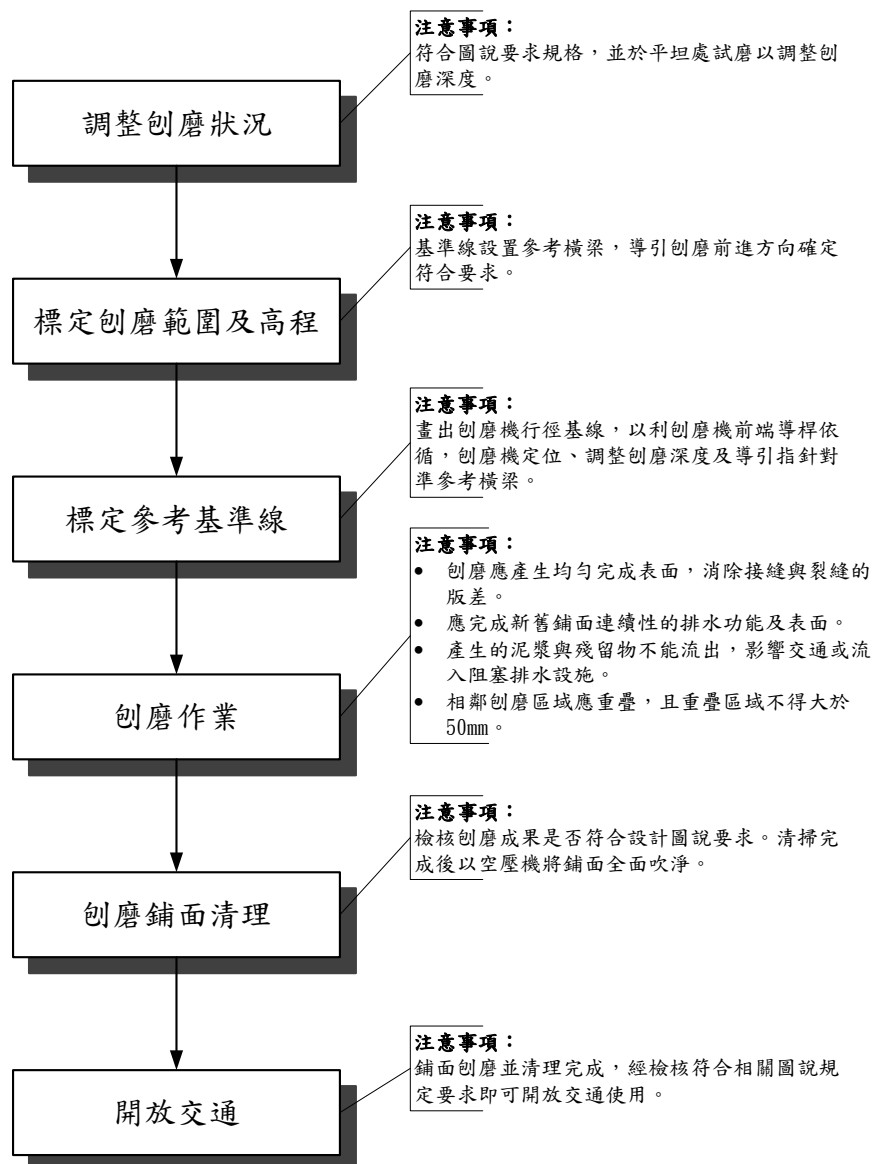


圖 4.6.2 表面刨磨及刮槽工法流程圖

4.6.7 機具設備

1.表面刨磨

刨磨設備為由鑽石刀裝成一系列的鋸切頭，設備前輪通過凸起或高差後，由中間的鋸切頭將高差切成薄片，後輪跟隨通過平滑的切割結果。標準鋸切頭寬為 910~970mm，刨磨產生的紋理為每公尺 164~194 刀片數所組成，新改善的刨磨機器增加縱面能力，在使用後可提供較平滑的縱面。

2.刮槽

鋪面刮槽設備是特別設計的，鋸切頭需要較少的鑽石刀，鋸切頭寬較刨磨設備為大，可用的設備為 1.5m 或更寬，使用真空系統收集刮槽所生的水泥漿。

縱向刮槽的鑽石刀間隔為 19mm，刮槽寬為 2.5~3.2mm，刮槽深為 3.2~6.4mm。德國研究發現刮槽寬超過 4.5mm，會產生不能接受的輪胎噪音，建議刮槽寬為 4.1mm，刮槽間隔為 20~25mm。橫向刮槽的不規則間隔為 10~40mm，刮槽寬為 3mm，來降低輪胎噪音。

4.7 荷重傳遞修復工法

4.7.1 說明

在許多無綴縫筋的 JPCP 上，版塊在縮縫的荷重傳遞是仰賴骨材互鎖效應。此接縫設計型式在某些情況工作滿意，特別是在貨車交通量低、鋪面結構排水良好、路基無淘空及氣候溫和等環境，而年雨量很低同樣能提供此設計好的績效。

不幸地，極多數的此類設計不經歷前述有益的情況，某些剛性鋪面發生唧水現象、高差、角隅裂縫及其他裂縫等結果，而標準維修方法為採用一種或多種適宜的剛性鋪面修補方式，例如版塊穩定、全厚度修補、地下排水補強及刨磨等。

在鋪面維修計畫適宜的時程，在既有 JCP 的接縫及橫向裂縫實施荷重傳遞修復，可替代其他更花費的維修技術需要。在槽孔安裝橫過接縫或裂縫的綴縫筋為荷重傳遞修復的最有效方式。大多數接縫式剛性鋪面不是因疲勞而失敗，而是與接縫相關的損壞所導致，故降低鋪面的唧水現象、高差、接縫的角隅裂縫及版塊中間的橫向裂縫等損壞，期待荷重傳遞修復增加鋪面績效。

4.7.2 定義

荷重傳遞修復是安裝在接縫或裂縫的力學設施，作為版塊間的荷重傳遞及降低撓曲。荷重傳遞修復在既有鋪面的使用，當接縫無荷重傳遞或該設施無作用時提供補強，緩和鋪面由於唧水現象、高差、碎裂及隨後裂縫等的進一步損壞，亦用於預防 JRCP 版塊中間裂縫的損壞。

荷重傳遞是由接縫或裂縫的一邊傳到另一邊，在接縫或裂縫的荷重傳遞能力是以荷重傳遞效率(load transfer efficiency, LTE)為基準，好的傳遞效率是鋪面結構績效的主要因子。荷重傳遞效率分為撓度荷重傳遞及應力荷重傳遞等兩類，撓度荷重傳遞的通常定義，為量測接縫未載重側與載重側的撓度比例，假設為完美的荷重傳遞存在，則其比例為 100%；若無荷重傳遞存在，則其比例為 0%。某些機構在決定荷重傳遞效率採用載重及未載重版的撓度差值而不是比例，在於減少撓度值大小的影響。應力荷重傳遞的定義，為接縫未載重側與載重側的應力比例。應力荷重傳遞及撓度荷重傳遞不是線性比例關係，真實關係與混凝土性質(厚度、彈性模數及柏松比)、路基支撐情況及撓度測試的荷重盤半徑等有關。

1. 荷重傳遞設施的型式

既有鋪面用於橫越接縫及裂縫的荷重傳遞修復，已有許多不同型式的荷重傳遞設施被使用。曾使用過的荷重傳遞設施有 I 梁、雙 V 型、大頭釘及綴縫筋等，而最常用及最有效的設施是在槽孔內設置綴縫筋如圖 4.7.1 所示，將綴縫筋安裝於鋪面接縫所鋸的小槽孔是荷重傳遞修復的有效方法。

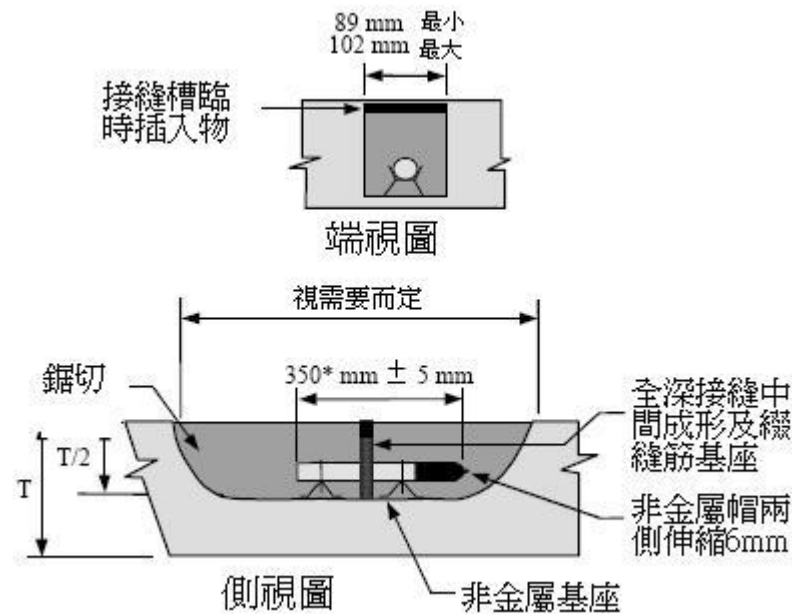


圖 4.7.1 綴縫筋荷重傳遞

2. 修補材料

荷重傳遞系統的成功或失敗，係依據荷重傳遞設施及修補材料的績效，而槽孔面的準備確保與修補材料有好的結合。修補材料需要的性質包括少許或無收縮、與周圍混凝土的熱相容、與既有混凝土(濕或乾)有好結合強度，快速發展足夠強度來承載荷重的能力，且在合理的時間內允許版塊開放通車。修補材料需提供綴縫筋設施與修補材料間足夠結合，修補材料與既有混凝土間亦同樣需足夠結合。在部分厚度修補使用滿意的材料，其使用在荷重傳遞修復有同樣效果。

(1)特殊材料(proprietary materials)

荷重傳遞修復的填充料有許多特殊材料可使用，這類型材料的主要優點是快凝，允許較早開放通車。例如 Set 45(鎂磷酸鹽基材料)、Horn 240(鎂磷酸鹽基材料)road patch(玻璃纖維水泥基材料)等特殊材料，對溫度、水份及施作程序很敏感。另外，Set 45 在補強綴縫筋的填充料有好績效表現，由於修補材料與綴縫筋表面間喪失結合是引起設施失敗的主要原因。在現場使用特殊材料前，建議應先在試驗室測試是否可達到符合需要的績效。

(2)聚合物混凝土(polymer concrete)

聚合物混凝土同樣可作為填充料，通常為甲基丙烯酸甲酯之材料。聚合物混凝土是由液體樹脂、填充粉及細骨材等組成，通常混合物(mortar)在 4~38 °C 的溫度下，材料強度在 45 分鐘~2 小時間達到 80%。

(3)水泥混凝土

水泥混凝土被用在荷重傳遞修復，與既有混凝土無熱相容問題，且為特殊材料的三分之一成本。混合物是砂及最大粒徑為 9.5mm 骨材所拌合，最常拌合材料為第三型水泥、氯化鈣(如有在潛在侵蝕問題，建議用無氯速凝劑)及鋁粉等改善凝結時間及降低收縮，而特殊的水泥混凝土也同樣使用。

(4)環氧樹脂黏著劑(epoxy-resin adhesives)

環氧樹脂黏著劑可用來改善既有混凝土與修補材料間的結合。

4.7.3 目的及適用情形

接縫荷重傳遞設施的預期目標，在接縫或裂縫的荷重傳遞效率減少時恢復荷重傳遞能力，在接縫或裂縫無荷重傳遞時改善荷重傳遞能力。在很多的不良荷重傳遞實例中，唧水現象及高差可由安裝接縫荷重傳遞設施來改正。在嚴重的高差情況下，可以安裝荷重傳遞設施後配合刨磨工法來恢復行車品質，更嚴重時有時採全厚度接縫修補或版塊置換作業並安裝荷重傳遞設施可能更適宜。

橫向接縫的綴縫筋應是接縫式剛性鋪面抵抗重型荷重的設計項目之一，然而有些接縫式剛性鋪面建造時無綴縫筋，這些鋪面開始出現因不良荷重傳遞導致的損壞時，應該考慮荷重傳遞修復。假如接縫式剛性鋪面的裂縫很均勻且無擴大及高差，則橫向裂縫採用荷重傳遞修復亦可能為適宜的修復技術。當荷重傳遞修復正確地在適當路段安裝時，可以改善在接縫或裂縫的不良荷重傳遞，將使與不良荷重傳相關的鋪面損壞減少。不良荷重傳遞引起的損壞，包括高差、唧水現象、裂縫、碎裂及其他損壞。

4.7.4 使用限制及績效

在無設置荷重傳遞設施的接縫，其荷重傳遞減少或改善功能時，則荷重傳遞設施可預期在接縫及裂縫恢復荷重傳遞能力，接縫式混凝土鋪面(JCP)的不良荷重傳遞起因有許多因素，包括：缺少荷重傳遞設施、不能運作的荷重傳遞(例如侵蝕引起)、接縫間隙超過及骨材互鎖喪失、與不良鋪面排水(鋪面下支撐軟化)。在較早的上午或較冷天氣量測所所有高差橫向接縫或裂縫時，顯示有撓度荷重傳遞(荷重傳遞效率低於 70%)不良之問題時，則荷重傳遞修復可為一個適當的維修技術。

1. 荷重傳遞績效

許多荷重傳遞設施恢復後的績效總和，綴縫筋顯示最少量的高差，在高差老化及交通荷重呈現的平均值平均高出其他設施。橫向接縫的綴縫筋在於抵抗重的荷載，在鋪面接縫採用適宜尺寸及防蝕處理的綴縫筋，此接縫通常可維持適度的撓度荷重傳遞(70~100%)。故 JCP 進行的荷重傳遞修復，綴縫筋與修補材料的效用極為關鍵，其服務期間有良好的績效。許多 JPCP 接縫無設置綴縫筋，橫向接縫的荷重傳遞是靠相鄰接縫面的骨材互鎖，在鋪面施工後，當版塊在溫度較高期間伸長，則骨材互鎖提供適當的荷重傳遞。因溫度變動引起的接縫間隙，則骨材互鎖喪失及荷重傳遞大量減少，則依據骨材大小及型式(碎石對圓石)，當接縫間隙達 0.25mm 時荷重傳遞效率開始降低。正確安裝荷重傳遞修復後可改善接縫或裂縫的荷重傳遞，最好績效的荷重傳遞修復，綴縫筋使用 38mm 直徑及 45cm 長，鋼筋塗裝環氧樹脂，現場安裝平行縱向接縫。

2.修補材料績效

荷重傳遞修復需要的材料有鋪面修補材料、綴縫筋及環氧樹脂黏著劑等項。而影響荷重傳遞修復績效是好壞的原因，在於修補材料灌注槽孔後與周遭既有混凝土結合及材料特性是否相容。因此，選擇已使用過且其績效良好的適當修補材料相當重要。

4.7.5 設計因素

荷重傳遞恢復設計相關的主要課題，包括計畫選擇、荷重傳遞設施選擇及裝置配置決定，次要課題包括設施安裝方法及黏結劑類型等。

1.計畫選擇

在 JCP 的橫向裂縫，好的荷重傳遞同樣仰賴骨材互鎖，而骨材互鎖不能維持則出現不良荷重傳遞。鋪面有重載重、版塊厚大於 200mm 且接縫無設置荷重傳遞設施，版塊未出現主要損壞及無漸進式結構損壞的徵兆時，需要考慮使用荷重傳遞修復作業。此外，接縫式剛性鋪面的荷重傳遞設施不運作，或者綴縫筋直徑過小，以及版塊中間產生緊密裂縫及無顯示結構損壞等情況，亦需考量荷重傳遞修復。荷重傳遞恢復可能為影響既有鋪面狀況長期績效的主要因素，當鋪面是在整體好或尚可的狀況時，荷重傳遞恢復是有成本效益。

當鋪面接縫剛開始有損壞徵兆，例如唧水現象或高差的開始，是使用荷重傳遞恢復的最佳時機，此時機最佳的判斷是有真實及定期監視資料可用時。依據施工經驗強調鋪面狀況的重要性，當鋪面情況在好至優等階段及未喪失結構整體性時，修補採用荷重傳遞恢復是適宜的。由於 JCP 的鋪面數量增加，建議將版中裂縫高差與橫向接縫高差分開監視幫助補強荷重傳遞的適宜時機，如版塊在好的狀況早期的修補作業，將幫助行車品質的改善、降低修補的整體成本、延長鋪面服務壽年。

2. 荷重傳遞設施選擇

荷重傳遞設施有許多型式，補強綴縫筋在主要功能（荷重傳遞及高差控制）比剪力設施提供更大改善，鋪面接縫在安裝補強綴縫筋後的撓度量降低，且較大直徑（38mm）綴縫筋比較小直徑（25mm）綴縫筋更好的績效，可以說明綴縫筋具有好的長期績效，故綴縫筋持續的使用及有滿意效果且為使用最廣的材料。接縫式剛性鋪面綴縫筋的使用趨勢，在接縫使用光面圓形綴縫筋，在無活動裂縫使用竹節鋼筋或光面綴縫筋。繫筋用於無綴縫筋的 JPCP，恢復荷重橫越非活動裂縫。設置綴縫筋的 JPCP 或 JRCP，裂縫的荷重傳遞修復建議採用光面鋼筋。

3. 荷重傳遞配置

荷重傳遞設施的配置，主要課題在於確認每個輪跡安裝多少綴縫筋。許多組成的試驗在於獲得成本效益的設計，在於設置足夠設施獲得需要的結果與設置過多造成施工慢且成本高間作選擇。綴縫筋荷重傳遞設施的配置，可在每個輪跡安裝 3 至 4 支綴縫筋(如圖 4.7.2 所示)，經過補強綴縫筋的適宜配置判斷及依實際績效而言，每個輪跡僅設置 3 支綴縫筋較為經濟。

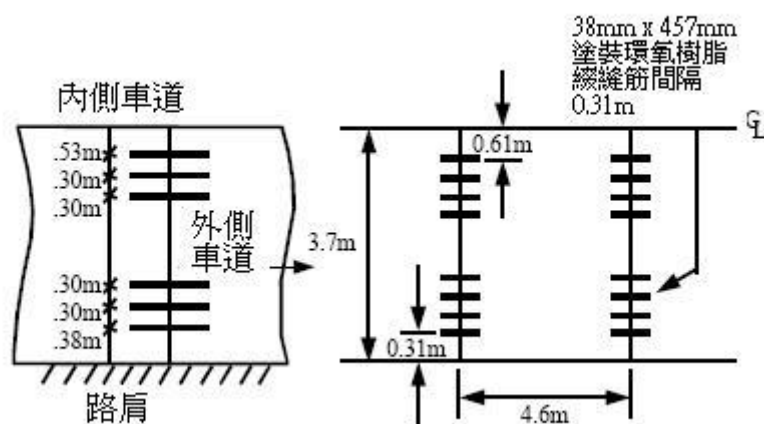


圖 4.7.2 每個輪跡安裝 3 或 4 支綴縫筋標準

4.7.6 施工步驟

荷重傳遞設施安裝是一個相對簡單的程序，然而工作同樣花費人力及費用，在於鋸切處理及槽孔準備的時間消耗。荷重傳遞設施的施作程序如圖 4.7.3 所示，施工步驟如下：步驟一：每個綴縫筋槽孔鋸切；步驟二：混凝土移除形成切口及用水沖洗；步驟三：槽孔噴砂及真空清理；步驟四：接縫及裂縫封口，槽孔三邊塗佈黏著劑；步驟五：安裝及對準綴縫筋，填充接縫填充料；步驟六：灌注修補材料等。

1. 建立槽孔

綴縫筋槽孔的施作有傳統及革新方法，最常用的方法為鑽石刀鋸多次切割，然後用輕打碎機分解混凝土。現在可用的設備，為每個輪跡可同時切割三個槽孔，三個槽孔為平行，且與縱向接縫平行，在施工前需小心標示鋸切位置，每個綴縫筋需要 65~100mm 槽孔寬，建議槽孔寬較綴縫筋直徑大 20mm。

在施工區前後需交通管制，以降低交通中斷及引起危險。一般交通限制約 2 天至 3 天，某些情況因施工性問題，則交通限制需達一週。要提供 450mm 長的槽孔，通常在鋪面切割 900mm，槽孔隨切割直徑及版塊厚度變化。槽孔深為足夠綴縫筋中心線位於版塊深的一半，允許綴縫筋下有近似 13mm 供安置基座(chair)，槽孔底需平整及均勻橫越接縫。

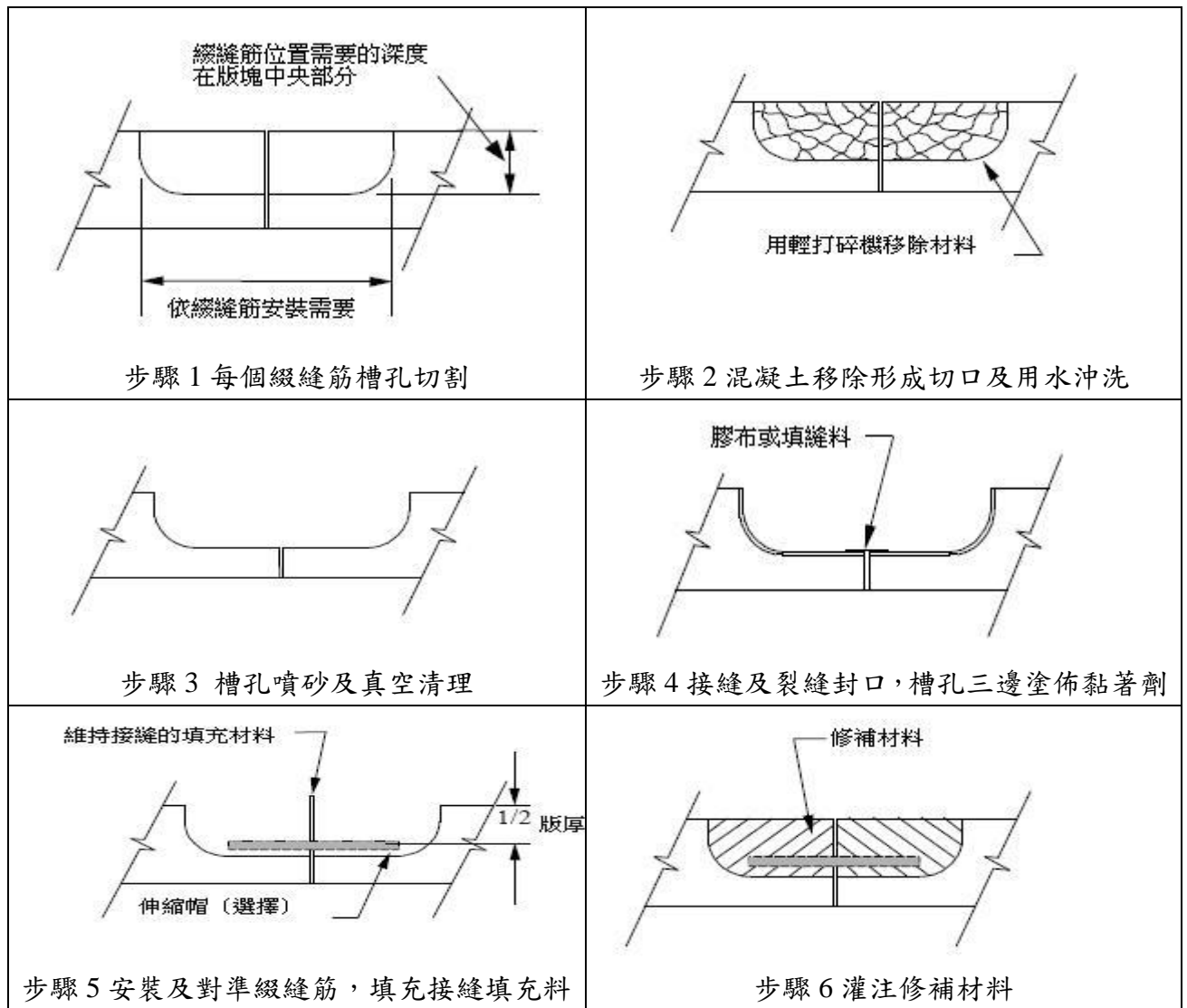


圖 4.7.3 補強縱縫筋安裝施工程序

每個槽孔在鋸切後，使用輕打碎機(小於 14kg)及手工具移除混凝土，在混凝土碎塊清除後，槽孔經噴砂設備清除灰塵及鋸切的水泥漿，提供既有混凝土與修補材料好的結合面。在縱縫筋及修補材料施作前，用吹風設備作清理，對槽孔的清潔作最後檢查。

2. 準備槽孔

在縱縫筋及修補材料施作前，槽孔內的接縫或裂縫需要填隙，防止任何修補材料進入而引起壓力失敗。假如使用黏著劑，沿著槽孔邊及底部塗佈，回填材料嚴禁滲入裂縫底或接縫邊。

3. 安裝綴縫筋

綴縫筋需整支塗抹油脂使接縫移動容易，允許綴縫筋安裝的任何接縫能閉合。綴縫筋線形是確保好績效的重要部分，使用夾具固定綴縫筋線形。綴縫筋安裝於支撐基座(support chairs)，在槽孔的位置為保持水平，且位於版塊一半深處與鋪面中心線平行。在 JRCP 橫向裂縫上裝設竹節鋼筋(deformed reinforcing steel)時，採用與綴縫筋同樣之安裝方式，但不建議在接縫處使用此種維修法。在綴縫筋中點安裝填充料，以維持接縫或裂縫的完整，防止修補材料滲入及阻礙移動，在槽孔灌注修補材料，為使作業滿意則大多數修補材料需要擣實。車道在修補材料養治數小時後才開放通車，時間點依據修補材料及版塊溫度而定。在接縫重新填縫作業期間，需將接縫插入物(joint insert)移除。

4. 最後考慮因素

荷重傳遞修復是鋪面維修的一部份工作，其他的維修技術包括版底灌漿、鑽石刀刨平及接縫重新填縫，正確的鋪面維修作業程序以版底灌漿為首，然後為荷重傳遞修復作業，第三為鑽石刀刨平，最後才是接縫重新填縫。荷重傳遞修復在車道及交通轉為超車車道路段使用，則超車車道可能造成損壞，在此情況應先對超車車道進行維修。

成功的綴縫筋安裝在接縫或裂縫鄰近需要完好的混凝土，假如在接縫或裂縫鄰近有混凝土損壞，必須先作全厚度維修，然後再做裂縫的補強綴縫筋安裝。在補強綴縫筋安裝後，在養治數天後需進行荷重傳遞修復撓曲測試，測試結果需書面記錄荷重傳遞效率的變化，則荷重傳遞效率應增加為 90~100%。在往後使用期間需作定期監測，用目視調查及撓曲測試來評估荷重傳遞修復的長期績效。

5. 流程圖

荷重傳遞修復工法之簡要施工步驟如圖 4.7.4 所示。

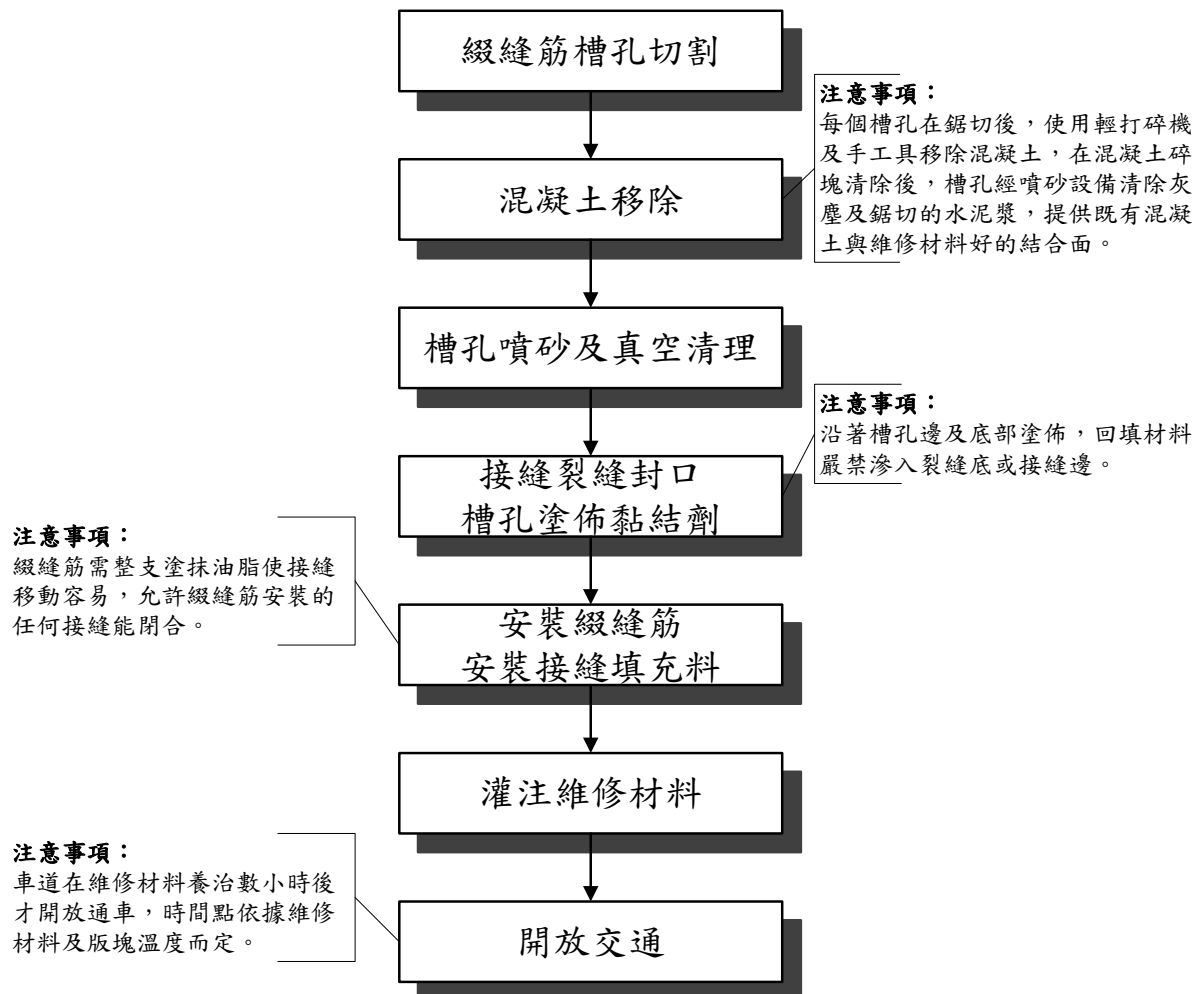


圖 4.7.4 荷重傳遞修復工法流程圖

4.7.7 機具設備

在既有鋪面鋸切槽孔有兩種新的設備：一種設備採用雙刀鋸切割且同時鋸切 6 個槽孔的能力，每 12 小時可施作 80~100 處的接縫，此作業程序需要打碎機碎裂混凝土，移除槽孔內的混凝土。另一種改良碾磨設備可以在每次作業時磨出 3 個槽孔，此種作業方式如有好的長期績效，可以加快作業速度及更進一步降低荷重傳遞修復的成本，則無碎裂槽孔混凝土的額外工作。碾磨作業提供槽孔面較粗糙，減少槽孔準備工作，促進既有混凝土及修補材料較好的結合。此作業處理需要更確實的縱縫筋線形控制，及蒐集磨碎混凝土真空系統，對花崗石骨材碾磨失敗，促使碾磨刀頭重新設計。

4.8 增設邊緣排水系統

4.8.1 說明

長久以來眾所知的，鋪面損壞主要起因為水。鋪面具備有效及耐久的地下排水設施(subdrainage)，則排水效果較傳統鋪面設計增加約 15~25%，因此鋪面處理排水問題的最佳時機是在建造期間。在某些情況，舊鋪面為增進整體排水情況，卻無有效的排水設施可以設置。由於排水普遍與水份損壞相關且對鋪面績效有重要的貢獻，所以每個維修計畫需考慮鋪面地下排水改進的需求。鋪面內水的主要來源是經無填縫接縫及裂縫流入，雖然填縫總是不能使所有水分不進入鋪面，但是降低進入鋪面的數量。地下排水系統是在排除滲入鋪面系統內多餘水份，故鋪面壽年期間要增加績效時需增設邊緣排水，如要保證在既有鋪面設計地下排水系統是可行的，則需要鋪面水潛在來源的知識，瞭解地下排水材料與水間的互動及地下排水設計的基本原理。

4.8.2 定義

鋪面結構的排水系統有許多不同型式，而最常使用的是縱向邊緣排水。縱向排水可在建造時設置或在既有鋪面增設，為沿著鋪面結構縱向外側，安裝穿孔排水管加透水層或矩形地工複合物層(geocomposite membranes)，設置固定間隔排水口將水排至邊溝或其他排水結構。縱向排水是新建鋪面的工作之一，亦是既有鋪面地下排水補強措施的項目。橫向排水橫越鋪面設置，如埋在橫向接縫下方，主要在收集及排除橫向接縫的滲入鋪面底多餘水份。橫向排水是新建鋪面的工作之一，但鋪面維修作業不常用，有時會在全厚度修補路段進行安裝作業。新鋪築鋪面提供另一真實排水方式為透水底層，底層位於水泥混凝土版底，則多餘水份經底層及鄰近邊緣排水而快速排除。在透水底層的粒料為開放級配，是鋪面整修或重建的選項之一。影響透水底層的重要因素為滲透性，而滲透性是材料在已知水力坡降下的排水能力。

4.8.3 目的及適用情形

鋪面排水系統的目的，在於排除滲入鋪面結構的多餘水份。既有鋪面是否需要排水系統，第一步是現場調查及評估排水狀況，而鋪面存在因水份所導致的損壞是改善排水需求的指標。在整修路段的大多數即有鋪面都有不透水層，而累積在版塊與底層間水份的快速及有效排除方法，為增設縱向邊緣排水系統。如何判斷鋪面是否需要增設地下排水系統，除了需考慮可能是水份引起的鋪面損壞問題外，尚需評估其他因素：例如版塊有嚴重裂縫或斷裂時可能不適用增設邊緣排水，而整體狀況相當好的鋪面則適宜地下排水整修，像外側車道需要全厚度修補路段不超過 5%。另底層材料含有超過 15~20% 的細料時不易滲透，因此需要增設有效的地下排水。

4.8.4 使用限制及績效

增設邊緣排水主要相關事項為判斷邊緣排水設施是否適宜及成本效益，為使增設邊緣排水具有成本效益及效用，在於使鋪面降低唧水現象、降低損壞及增加壽年。增設邊緣排水系統需要地下集水及排水設施，包括透水層、連續集水管及排水口，透水底層位於鋪面版塊下方，可快速將地下水及鋪面滲入的水流往低處並進入穿孔排水管，是鋪面最廣的地下排水設施。因此滲入鋪面系統的多餘水份要迅速排除，是透過鋪面結構的透水底層及鄰近外側排水設施，則鋪面底下任何水份的排除，需要鋪面的地下排水系統。

鋪面增設邊緣排水可有效的減緩及阻止水份，要降低鋪面唧水現象的有效邊緣排水，需配合不沖蝕材料。傳統的地下排水設施是採穿孔排水管加透水層。惟現今已漸有使用地工複合物來增設鋪面邊緣排水的趨勢，其主要優點為施作容易及成本較低，但缺點為在回填土夯實時較容易受損。邊緣排水採用比傳統管路較窄的挖溝，可以連續施作及減少開挖成本及時間。許多失敗的地下排水系統，都因不良設計及施工作業不適當所造成的。如要需要地下排水來改善鋪面績效，則需要適當的設計及正確的施作。

4.8.5 設計因素

1.地下排水系統組成

鋪面結構的排水系統型式，分為縱向排水、透水底層及橫向排水，而提供鋪面真實排水有縱向排水(排水管或地工複合物排水系統)及透水底層。縱向排水一般埋設在車道邊及平行路幅中心線，採用地工複合物及穿孔的排水管，是排除滲入鋪面下底層及基層內水份最有效的排水型式。

透水底層是由高滲透材料所組成，正常鋪設在整體鋪面底下，僅在新鋪面鋪築或重建時採用。透水底層可迅速排除地下水及滲入鋪面的水，而透水底層要發揮有效的排水功能需與縱向邊緣排水結合。

橫向排水埋設位置為沿垂直鋪面，通常與道路中心線垂直，經常配合排水毯截斷平行鋪面的地下水，將車道內側鋪面下大量多餘水份排除。在過去有個別埋設於有唧水現象的接縫作為排水，但此類施作方式的效果不佳，且鋪面整修時通常不採用橫向排水。

鋪面縱向外側排水設施採用地工複合物或穿孔排水管，而不建議溝槽僅佈設地工織物及回填骨材。補強外側排水材料分為地工複合物及排水管，地工複合物為透水材料外包地工織物，排水管為圓形塑膠管外包濾層，排水設施的濾層為透水材料及地工織物等所組成的。

2.地下排水設計基本原理

(1)水的來源

瞭解水的潛在來源是決定增設邊緣排水及設計排水系統的基礎，鋪面水的五個來源如後說明。

A.高地的滲流：此類水的重要來源是在挖方路段的淺側溝，由於該區域排水不良使水積留於側溝。

B.鋪面底的地水位升高：水位明顯的升降(雨季)可能是水的重要來源。

C.面層的滲透水：此為鋪面水很重要的部分，在正常下雨情況有三分之一以上的雨經面層滲入鋪面，真實進入鋪面的雨量，是依據鋪面積水及排水的能力而定。

D.水的毛細管移動：水因表面張力及毛細管作用越過水位，使路基飽和將水滲入鋪面結構。毛細管作用的標準高度，在砂質土壤為 1.2~2.4m，在粉質土壤為 3~6m，在黏質土壤超過 6m，水的此類移動方法是霜凍隆起損壞的原因。

E.水的蒸發移動：溫度變化使水蒸發進入空隙及凝結，一般水蒸發不是地下排水設計重要因子故忽略。

一般使用淺的鋪面地工複合物及邊緣排水管只考慮面層滲入的水份，增設邊緣排水在於排除由接縫及裂縫滲入的水份。在特殊位置的其他水份來源是大地工程問題，一般採深的盲溝(underdrain)設施排除為佳。

(2)有效降低水份的方法

鋪面降低水份一般有三種方法可用，能方便鋪面排水及降低的潛在損壞效果。

A.使水不進入鋪面：此方法與鋪面面層填縫相關，設置排水截斷設施切斷地下水，使用不透水薄膜防止水份入侵。

B.鋪面不蓄水(desensitize)：此方法使鋪面結構使用穩定材料，與水份相對較不敏感，亦是降低鋪面撓度大小的方法。

C.鋪面排水：在水份導致明顯的損壞前，可以用地下排水及排水材料將鋪面水排除。

由於任何一種方法不能完全順利控制水份導致的損壞，所以在水泥混凝土鋪面整修時每個方法皆須考量，最佳設計與由多個方法組成有關，例如填縫工法加增設邊緣排水。

(3)地下排水系統設計

在鋪面完全重建時，地下排水設計與新鋪面相同，設計者可以選擇鋪面所有的排水系統。鋪面整修時，鋪面層已固定且改進各層的排水能力有限，所以改善地下排水縮短排水路徑是唯一合理的方式。而要改進鋪面排水容量的措施，是在既有橫斷面設計與施築縱向排水。地下排水系統設計項目及內容如下：

A.排水調查及評估：鋪面在設計地下排水設施前，應評估改善排水的需求，決定排水系統設在既有橫斷面何處。

B.地工織物邊緣排水：地下排水(subdrainage)的最近發展是採用地工複合物，因其可用較傳統排水管窄的溝槽。地工複合物是地工織物(geotexttile)及結構塑膠(structure plastic)所組成，其濾層是塑膠支撐骨架外由濾層纖維包裹而成。地工複合物是由數個排水濾層組成，整個排水濾層約 2.5cm 厚，在工廠製造成條狀物。地工織物是一種具有透水性之織物，織物材質為聚乙烯纖維、聚丙烯纖維或聚酯纖維等。

由於地工複合物內部無法清理，則回填材料為透水粒料且細料含量不超過 15%。地工複合物地下排水系統在下雨後的 48 小時內，較排水管系統快開始排水，而造成地工複合物損壞的原因，是由於回填土壤的不當夯實結果。

C.縱向排水管徑、坡度及出水口間隔：排水管管徑的選擇，依據預期的流量、排水坡度及排水間隔等而定，建議使用較大尺寸則管內部容易清理及維護。地下排水設施補強之排水管為圓形溝槽管，管徑規格為 4~20cm，較常使用的管徑為 10cm。地下排水管需穿孔，管外包覆一層不織布作濾層；管內壁分為光滑排水管及波狀排水管，排水管一般採用光滑管壁為主。

縱向排水管埋設在鋪面底，則縱向坡度與鋪面相同，為確保水能流經排水管，建議光滑排水管(smooth pipe)的最小坡度為 1%，波狀排水管(corrugated pipe)的最小坡度為 2%。在縱坡較緩路段，此用光滑排水管及減少出水口間隔。出水口設置位置依據現場地形及公路幾何線形而定，為使排水管內部可以清理，出水口間隔不超過 75~90m，出水口處需保持水流通暢。

D.集水管深度：集水管設計深度需配合出水口高程，為收集排除鋪面底的多餘水份，集水管頂低於基層與路基介面 50mm。

E.開挖溝寬度：溝槽所需的寬度是施工需求、排水需求及回填料滲透等組成的函數，溝槽寬度及材料滲透需等於或大於排水設計標準，為正確設置排水管及夯實回填料，一般溝槽寬度為 200~250mm。

F.透水管定位：為能降低因管沈澱及及潛在靜水位等流量減少，集水管的入水孔及穿孔面設置位置需與水流方向垂直。

- G.排水管出口：確保系統排水正常是排水管口的水流需暢通，而排水口常因水侵蝕，在出水處堆積粉土或生長植物而堵塞水流，需考量出水口損壞的防止措施。
- H.回填材料：回填材料是圍繞排水管或沿著地工複合物，提供由鋪面至排水設施間的排水媒介；材料作為濾層系統，防止細料流入及堵塞排水管；材料作為支撐及限制排水管或地工複合物，在建造及服務期間提供保護；以及穩定排水溝槽側土壤。
- I.其他因素：任何設計評估標準與預期長期績效、維護性及成本等相關，在增設邊緣排水系統時，不論採用排水管或地工織物，不能擾動既有鋪面支撐，鋪面底的多餘水能迅速排除，排水設施內部可以清理，以利鋪面績效的維持。

4.8.6 施工步驟

縱向邊緣排水系統的安裝作業，在底層灌漿(undersealing)及表面刨磨(grinding)作業完成後，降低受水泥漿及混凝土碎片等污染的機會。

1.埋設位置及坡度

縱向邊緣排水系統在溝槽開挖前，必須先確定排水設施是否埋在鋪面下固定深度，需開挖溝槽的正確寬度、深度及坡度，以及現場確實位置，以避免開挖錯誤而損及鋪面結構。另排水口位置、深度及坡度及現場確實位置，亦需於施工前確定。

溝槽所需的寬度，是依據施工需要、排水需要及材料透水性等而定，排水設施如為排水管，則溝槽寬度為 20~25cm；如為地工複合物，則溝槽寬度為 10~15cm。

溝槽深度是依據鋪面透水結構厚度及位置而定，如排水位於鋪面下方，則溝槽深度在基層/路基介面下 5cm。在邊溝段的集水管溝槽深度，則溝槽深度在邊溝回水線上方 15cm。在暴雨排水系統，則溝槽深度位於 10 年洪水頻率高程上方 15cm。

因溝槽深度位於基層/路基介面下 5cm，且面層及基層等組成厚度固定，溝槽坡度大多數配合鋪面坡度。如路面排水系統的流水方向未配合鋪面坡度，加上路幅兩側地形複雜時，溝槽坡度才依據排水需要不配合鋪面坡度。

2.溝槽開挖及清理

剛性鋪面結構如為瀝青混凝土路肩則縱向排水補強位於路肩區內，如為水泥混凝土路肩則縱向排水補強位於路肩外側。溝槽是沿著鋪面縱向及採機械開挖，而溝槽的正確寬度、深度及坡度，在開挖前中後皆須檢查，確認溝槽形狀是否符合設計要求。

當溝槽形狀已依設計形狀開挖完成，在排水設備安裝前，必須進行溝槽清理及準備，除將溝槽內的鬆土或其他多餘材料移除外，溝槽底應先回填夯實，提供平整穩定的溝槽施工空間。

3.透水材料鋪設

在縱向邊緣排水系統設施安裝前，圍繞排水管或沿著地工複合物的透水材料，提供由鋪面結構至排水設施間的排水媒介。由於包裹濾層的排水管或地工複合物清理不易，為確保排水設施在施工過程中不受污染，在排水設施安裝於溝槽前，溝槽底需先鋪設一層透水材料，其餘的透水材料在排水設施安裝完成後補齊。

4.排水設施安裝

縱向邊緣排水系統設施分為地工複合物及縱向排水管，由於兩者的構造及形狀不同，則材料製造、外觀及現場施作皆有差異。

(1)地工複合物(geocomposite)

地工複合物排水設施所製造的形狀，大多為方形地工複合物層(geocomposite membranes)，為順利排水鋪面結構內的水分，埋設於車道外側與透水底層相鄰。地工複合物層底部位於基層/路基介面下 5cm，頂部與版塊底部平齊，則排水坡度平行基層/路基介面縱向坡度。排水設施排水口間隔，依據排水坡度的不同為 60~140m 間。

(2)縱向排水管(Longitudinal pipe)

縱向排水管設施形狀為圓形，光滑排水管的坡度最少為 1%，波狀排水管的坡度最少為 2%。排水管底部位於基層/路基介面下 5cm，則排水坡度平行基層/路基介面縱向坡度。排水設施排水口間隔，依據排水坡度的不同為 75~90m 間。

(3)集水管

縱向排水管補強設施需要設置收集管，為能夠排除鋪面下多餘的水，其埋設深度位於排水高程下方，則管頂是在基層/路基介面下 5cm。

(4)排水口

自由流的排水口需排水系統正確，在邊溝段，排水口管底為邊溝深，一般排水口管底為邊溝回水線上方 15cm。在暴雨排水系統，排水口管底位於 10 年洪水頻率高程上方 15cm。

5.回填材料鋪設及夯實

在縱向邊緣排水系統設施安裝完成，以及透水材料已依設計需求鋪設，尚須將剩餘空間作材料回填，以符合設計尺寸。透水材料的鋪設範圍，必須使透水性符合設計要求。回填材料的鋪設範圍，必須符合設計要求。

透水材料夯實作業要特別注意，因過度夯實會損害排水設施，且使透水材料降低透水率。回填材料夯實作業，除使回填材料之密度達到讀 90% 外，需注意夯實過程是否損及透水材料及排水設施。在回填材料施作過程，如發現排水設施受污染及損壞時，應立即進行抽換及改善作業。

6.鋪面修補

剛性鋪面結構如為瀝青混凝土路肩則縱向邊緣排水系統位於路肩區內，如為水泥混凝土路肩則縱向邊緣排水系統位於路肩外側。

(1)瀝青混凝土路肩

排水設施在回填材料夯實後，為確保瀝青混凝土路肩的完整性，在進行瀝青混凝土修補前，需先對排水設施作檢查，分析檢查結果是否符合設計要求，及提供完整的施工平台。而瀝青混凝土路肩的修補作業請參考相關工法，水泥混凝土面層之修補作業請參考全厚度或部分厚度修補工法。

(2)水泥混凝土路肩

排水設施在回填材料夯實後，為確保水泥混凝土路肩的完整性，在進行水泥混凝土修補前，需先對排水設施作檢查，分析檢查結果是否符合設計要求，及提供完整的施工平台。水泥混凝土面層之修補作業請參考全厚度或部分厚度修補工法。

7.接縫填縫

縱向邊緣排水系統程序最後步驟為：接縫修復、依據新形狀因子鋸接縫、使用噴砂機及空壓機清理接縫面、安裝填縫條、及灌注填縫料。更詳細資訊請參閱填縫工法之說明。

8.開放通車

在開放通車前的重點，在於施工場所是否清理完畢部分；全厚度或部分厚度修補需達到足夠強度，一般要求鋪面壓力強度達 20.7MPa；以及修補區地交通維持設施的撤離。然而，為了關閉最少的車道及確保結構完整性，允許在修補材料達交通荷重最小強度要求時開放通車，影響最低交通荷重的因子，包括側向限制及修補的深淺。

9. 流程圖

增設邊緣排水系統之簡要施工步驟如圖 4.8.1 所示。

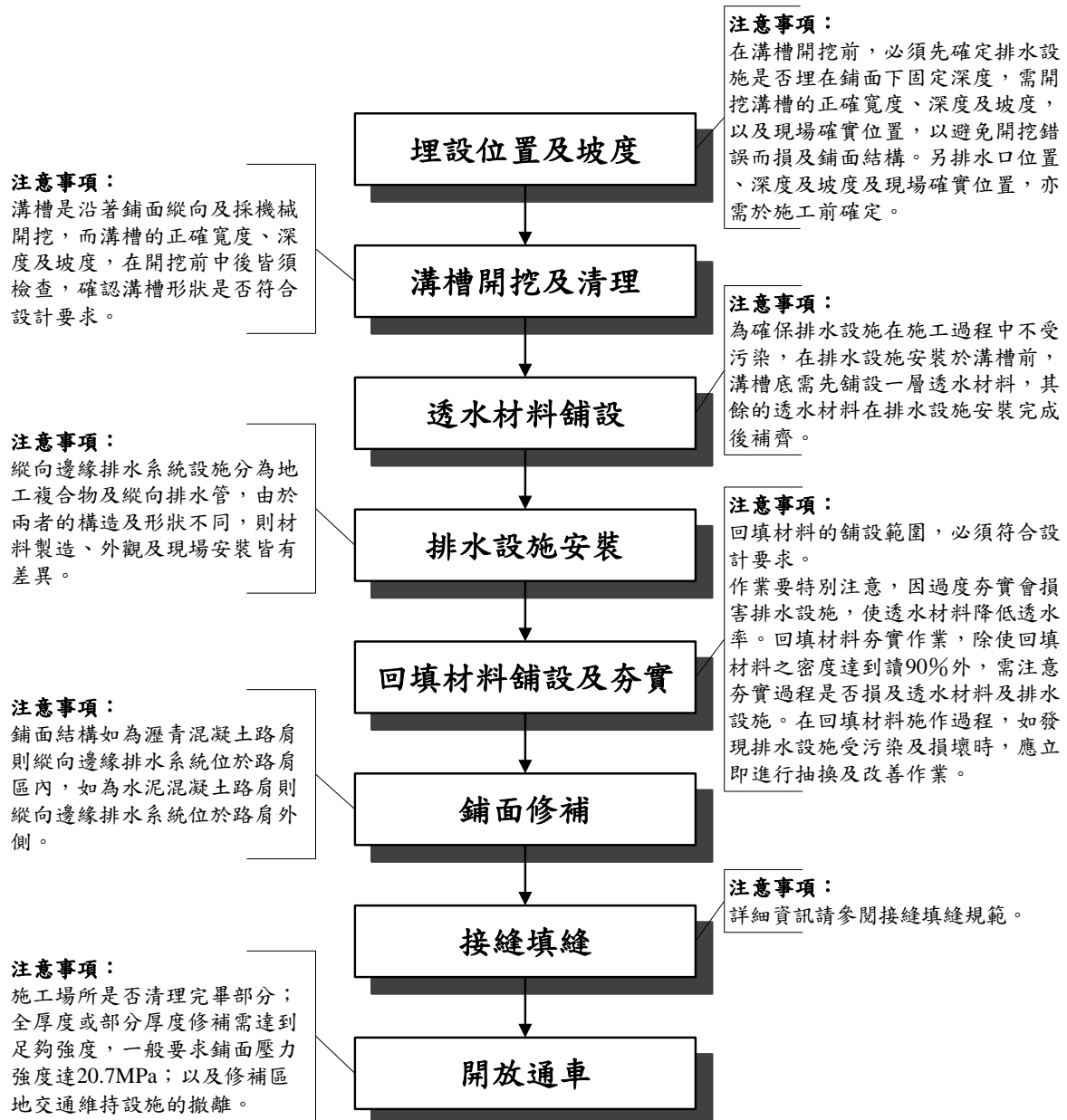


圖 4.8.1 增設邊緣排水系統流程圖

4.9 快速剛性鋪面鋪築技術

4.9.1 說明

現在多數鋪築團體皆具備快速剛性鋪面鋪築技術(accelerated rigid paving techniques)的觀念(如已知的快速鋪築(fast track paving))，是由適宜的配合設計及鋪築技術組成，降低水泥混凝土澆注及剛性鋪面開放通車間的時間，由 5~14 天縮短為 24 小時或更少。快速鋪築應用於需要強壯及耐久面層的建造路段，卻因交通控制的約束及混凝土澆置可用的封閉時間受到嚴格限制。快速鋪築技術發展及開發的重點，為水泥混凝土修補作業的主要限制，就是材料需要的養治時間。

快速剛性鋪面鋪築為加快傳統混凝土鋪築的任何技術，以及降低下列任何項目：車道封閉時間、封閉車道數及、與公眾交通的整體延遲時間等。快速鋪築技術不集中於技術觀念，例如配合設計，著重於交通流量及間接使用者的延遲。快速鋪築技術被廣泛地應用在所有水泥混凝土鋪築且有很大的成功，包括部分厚度修補、全厚度修補、重鋪及加鋪鋪面。許多公路管理單位需要全厚度修補或部分厚度修補及開放通車為同一天，將快速鋪築技術作為標準作法。在較大修補路段採用快速鋪築技術會有稍多的限制，例如鋪面重鋪或加鋪鋪面，但經常應用於時間易受影響的路段。

4.9.2 定義

快速剛性鋪面鋪築技術使用特殊的水泥混凝土和創新的建造程序等組成，提供在快速開放通車需求時的剛性鋪面維修方案。並非所有剛性鋪面修補工作皆適合快速鋪築技術，而適合的工作只需用於部分路段。在重鋪路段需要關閉車道數天之案例，僅在最後一或兩天澆置水泥混凝土路段，才需要快速鋪築技術，由於較早澆置水泥混凝土路段在開放通車前有足夠養治時間。快速鋪築為水泥混凝土鋪築成功的數種方法中的一種，不過這樣的觀念已延伸到其他剛性鋪面的維修程序。一般而言，除非修補路段需隨每天工作進度開放通車(通常為版塊修補或置換)，而其他補修作業採用快速鋪築技術無優點可言。在採用快速鋪築技術而導致某些方式的節省，例如直接降低管理單位成本或使用者延遲成本，快速鋪築技術才是適宜的修補方法。

由於材料與設備連帶高成本，或是有時不同承包商有相同技術，使用快速鋪築技術比傳統方案有較高的初期成本。由於這些增加的成本，在特殊路段認為適宜使用快速鋪築技術前，應小心評估對整個路段的適用性。下列建議的某些指導原則在考量後，可以協助決定何時提早通車。

- (1)市區交叉路口：由於交通擁擠的問題，要長時間封閉市區主要交叉路口常常是不可行的。因此，交叉路口修補需要最少封閉時間，則經常規定採用何種修補方法，而不是甚麼需要被完成。市區交叉路口重鋪使用水泥混凝土，允許採用快速鋪築技術，整個交叉路口可在封閉的短時間修補(整個週末或一個夜晚)，或者在通行車輛情況，只修補四分之一的交叉路口。
- (2)商業區：商業區或工業區的停車場、卸貨區、進出通道，商家希望進出通道在維修時能維持暢通。在鋪面結構需要好的長期績效時，快速鋪築技術提供因道路作業引起中斷最少時間的解決方法。
- (3)單一聯外道路：住宅區或郊區道路的修補作業，公眾進出可能是決定可行方法的主要因素。在這些修補作業，修補道路僅提供進出，或者郊區道路情況需繞道非常遠。在這些環境的最短的封閉時間(24 小時或更少)，快速鋪築技術使剛性鋪面修補作業成為可行的。
- (4)市區公路：市區公路的重鋪有許多方式來完成，包括一車道一車道進行(某些車道保留開放通車)，封閉路段在兩交叉路口間繞道，及單向車道雙向通行(適宜單向車道封閉)。在市區公路引起最少交通中斷的修補，因這些方法都有高成本及安全問題，與車道封閉、降低車流及中斷交通型態等相關，最常令人滿意及最快速完成的方法是有爭論的，可經由採用快速鋪築技術而大幅度降低。

在某些案例，尤其應用在大面積鋪築作業時，像是停車場、卸貨區、機場鋪面，快速鋪築技術需要使建造處理容易。除非使用無淨空鋪築機，否則無法立即鋪築鄰近新鋪築版塊，需等到版塊達到足夠強度支撐鋪築設備。作業開始在選擇的車道使用高早強混合物的優點，可以降低或減少鄰近車道可以鋪築的養治時間。快速鋪築技術使用的同樣情況，是在一天鋪築結束後，使隔次日的鋪築容易開始。

在可利用時間進行修補的作業概念需特別考量路段，藉由路段位置基準及延遲的不利影響判斷作業是否適合。當快速完成的作業絕對無利益可得時，需要儘快完成作業經常是無優點的。先前提到的較快作業經常與成本增加相關，假如作業不需快速則無理由要增加施工成本。相反地，許多作業或部分作業在最少交通中斷時間完成是最好的。

4.9.3 材料選擇

在快速剛性鋪面鋪築作業的材料選擇規則，使用最少外來(最傳統)材料將會符合作業需求。不論使用傳統水泥混凝土或特殊材料的剛性鋪面修補材料的發展，事際上在於符合任何開放通車時間要求(從少於 1 小時到 24 小時或更多)。然而，工作範圍、作業場所情況、可使用設備及成本等項目，皆限制某些選擇的可行性。

一般而言，較速凝材料混合物有較高的反應成本及特殊操作需求。由於短的工作時間可使用(15~30 分鐘)，在熱天可能更短，很速凝材料混合物可能需要移動式拌合機。在周遭溫度超過 32°C，由於材料快速硬化，使得有些很速凝材料很難澆注。雖然某些速凝材料可用緩凝劑來提供較長的工作時間，而使用凝結材料較緩的凝結可能是較好的解決方法。

水泥混凝土要求達到高早期強度步驟經常產生高的水化熱，故在快速鋪築作業選擇材料的考量，區域氣候狀況是重要因子。在熱天及冷天皆有施工問題，在夏季熱的太陽輻射能明顯提高版塊表面的溫度及增加溫度梯度，高溫度梯度可能因移除隔熱材或太陽下山後周遭溫度快速下降及冷卻，而混凝土無正確的養治將產生裂縫。在熱的夏日減少裂縫的可能，就是不應使用很熱的混合物及考量夜間施工。假如預期溫度有大的下降，則應使用速凝混合物及當天應儘早澆置混凝土，確保在預期溫度下降前達到適宜的強度。在新澆置的剛性鋪面評估潛在的裂縫是複雜的，與環境變數作用、鋪面結構設計因子、鋪面拌合設計性質及鋪面施工因子等有關。

1.水泥材料的種類

現今剛性鋪面維修及快速鋪築最常採用的材料就是水泥混凝土混合物，不過其他水泥和特殊的材料也成功的使用。很多特殊修補材料的強度發展能力，可在 1 小時或更少達到，但是價格非常昂貴。由於高成本，這些材料通常只用在部分厚度修補，需要的材料數量相對小，可以在幾乎不影響交通流完成作業。

快速鋪築需要的高早期強度水泥混凝土混合物，可藉提高水泥量及降低水灰比來達成，混合物如加入高性能減水劑可以減少水量需求及不喪失工作度。許多快速剛性鋪面混合物使用第Ⅲ型水泥，不過第Ⅰ型和第Ⅱ型水泥亦成功的使用於快速剛性鋪面混合物，假如兩袋同型水泥有不同來源，會有戲劇性不同強度發展特性，故須知道水泥規範規定的產品不能保證均勻績效。在規定水泥使用前，試驗室要完成區域可用水泥性質的評估測試。

2.速凝混凝土的設計

水泥混凝土達到高早期強度除增加水泥量及減少降低水灰比外，速凝混合物經常使用第Ⅲ型水泥，在第Ⅰ型和第Ⅱ型水泥則使用速凝劑，而水泥混凝土混合物的拌合量變動直接影響強度發展特性，其他變動影響混合物的工作度及耐久性，在傳統混凝土混合物添加輸氣劑和飛灰來改善則耐久性和工作度。

速凝混合物的配比須把重點放在工作度，因為速凝混凝土需要的水灰比(0.42 ± 0.05)遠比一般水泥混凝土來的低。在低水灰比的情況下仍然可以添加減水劑或強塑劑來維持合理的工作度。骨材級配對工作度也有影響，均勻級配比跳躍級配擁有較好的密度及工作度。

速凝混合物通常添加飛灰來增加混凝土的極限強度和耐久性，C 型飛灰常以替代部分水泥或者添加物用於速凝混凝土，F 型飛灰材料較好但只能當成添加物。飛灰在混凝土發展穩定的空隙系統增加耐久性，混合物含有飛灰時需要很大的輸氣劑(大於 5%)才能產生相同空氣含量。在塑性混凝土，飛灰有增加工作度的效果，同時也減緩早期強度的獲得，典型的飛灰與水泥置換以重量為基準，比例為 1.5：1。

依據水泥種類及周遭溫度速凝混合物可能使用速凝劑，第Ⅲ型水泥混合物在很快速開放通車時需要速凝劑。一般而言，富配比的第Ⅲ型水泥混合物與 2% 的氯化鈣(依水泥重量)拌合，可提供 4 小時開放通車所需要的強度。用 535kg/m^3 第Ⅰ型水泥的速凝混合物配合氯化物速凝劑及養治毯，在 4 小時可達到開放通車最小強度(破裂模數為 2.8MPa)。建議工程司應依據區域材料特性發展配合設計，製造合適之速凝混合物，確保在開放通車前獲得足夠強度。

4.9.4 適宜的建造技術

快速鋪築作業需要壓縮施工時程及提早開放通車，是藉由細心規劃、創新使用技術、所有活動密切協調等來達成。由於作業需儘可能快速完成，快速鋪築作業需較一般施工活動需更緊密的協調。快速鋪築有許多技術的細緻化則需要更進一步的研究，現今有健全的資訊可利用，某些快速鋪築工法技術可以成功的用於剛性鋪面修補作業，當越來越多長期績效資料可使用，這些技術應受到更廣泛的接受及使用。

在短工作時間的其他複雜因子是由速凝混合物所致，故瞭解修補作業是重要的，在灌注新材料前必須移除既有材料(加鋪除外)，在開放通車前允許修補材料較長的養治時間，需建立交通控制，舊材料移除及新材料澆置則儘可能快。這些作業經常在夜間或交通離峰時間實施，除非作業是小心規劃，不然有延遲開放通車或大量廢棄材料等結果，速凝混凝土維修計畫能成功在於整個修補處理的如何協調好。

1. 混凝土的移除

部分厚度修補、全厚度修補、版塊置換和重鋪都需要移除原有的劣質混凝土，部分厚度修補可以用鋸切及鑿除工法或冷刨工法等來移除受損的混凝土，在大面積快速移除的劣質混凝土是個有效的方式。水刀(hydroblasting)可用在部分厚度劣質混凝土的移除，由於施工後修補區潮濕，不適合許多修補材料使用。

使用鋸切及鑿除工法可以預先鋸切，在開放通車時使鋸切的版塊留在原地，使修補處理容易。預先鋸切允許修補作業小組在交通封閉區，儘快開始移除混凝土及澆置修補材料，無須等待鋸切，且避免因鋸切使修補區過於潮濕的問題。使修補作業佈滿可用時間，利用封閉的最後時間，清理要開放通車的區域，而鋸切作業可以繼續進行直到所有修補範圍皆已鋸切。

速凝全厚度修補或版塊置換作業，混凝土移除較好方法是以吊離法，舊混凝土以一或多片吊離。全厚度鋸切在修補範圍用鑽石鋸片鋸切，在修補範圍內的混凝土鋸切成可用吊離設備吊離的尺寸。此移除方法可以減少底層及周圍鋪面/路肩的損壞，降低額外需求的準備，特別是底層重鋪可能所需的時間。

在修補區容易移除混凝土方式之一，就是預先鋸切修補範圍，在鋸切邊界作業不影響交通，直到材料移除及置換。如此方式，允許一小組繼續鋸切邊界，另一小組移除及置換版塊。在移除舊版塊後及放置臨時結構承載交通直到隔天作業，臨時結構可為木材或預鑄混凝土，在澆置修補材料時可以快速移除。此程序允許修補小組在修補區封閉交通後，可以立即開始澆置新混凝土。使用此技術置換版塊或大面積地重鋪作業，都是在離峰時間作業。此程序明顯降低時間間隔，直到在工作期間的第一個版塊澆置開始。

混凝土移除地有效程序也適用於剛性鋪面重鋪，現在最常使用此方法結合剛性鋪面再生利用程序，用重錘將損壞混凝土碎裂成可以搬運的小塊，將混凝土碎塊運走及進行廢物處理或再生利用，許多速凝重鋪作業與再生利用有關。

2.水泥灌注設備

在全厚度修補/版塊置換作業，在很短的工作時間處理很速凝的混合物，允許使用移動式混凝土拌和機。多孔鑽孔器具有正確的水平及垂直線形，則使用架構基座鑽孔器對混凝土鑽孔，可使綴縫筋和繫筋的施工處理更容易完成。

混凝土重鋪或加鋪作業最近有許多設備發展，使某些新施工作業可行的工具，例如無淨空鋪築機和綴縫筋插入器。當鄰近車道或路肩有車輛通行時，允許單一車道重鋪及鋪築表面，在鋪築剛性鋪面時採用無淨空鋪築機，直接靠在鄰近車道只有很小的侵入。綴縫筋插入器允許綴縫筋直接插入剛性鋪面接縫，不需要綴縫筋籃，而綴縫筋插入器的插入正確性較傳統綴縫筋籃為好或較好。這不僅可以降低手工工人的數量，而需保持綴縫筋籃與路床的淨空，允許施工車道作為搬運道路，保持施工車輛不使用鄰近車道。在一個車道進行鋪面重鋪或鋪築表面，且鄰近車道維持通行，需要特別注意及確保通行車道的駕駛者安全。

3. 養護

養護速凝混凝土施工的兩主要因素：為水分和熱的保持度。在大多數情況，保持適當水分可用白色養護劑來達成，為正常用量的 1.5~2 倍。養護劑會產生一層密封層來防止拌合水蒸發及促進更多的水化作用，此作法對於防止收縮裂縫和其他與養護相關問題是有效用的。保持熱量通常與使用隔熱型式有關，隔熱層的使用與否取決於氣候狀況。在炎熱的天氣裡，不用隔熱層就可以達到滿意的強度。事實上，僅在冷天澆置混凝土時建議使用隔熱層，當預期時間的強度未能達到階段需求，或者可能經歷嚴重溫度下降的熱衝擊。假如需要隔熱層，建議用養治毯、塑膠片與聚苯乙烯封閉空間組成膜。

4. 接縫的鋸切和填縫

速凝混凝土鋪築無施工設備的限制，但是鋸切和填縫時程須修改與混凝土的速凝率及開放通車等一致。接縫的鋸切通常在混凝土澆置後 3~4 小時，為防止不能控制裂縫的產生應該越快越好。不過影響接縫鋸切的最適宜時間的因素很多，包括配比設計、周遭溫度、與粗骨材種類(形狀及硬度)等，建議不同骨材性質可以開始鋸切的抗壓強度亦略有不同。在接縫鋸切作業後，在填縫前可能須等待一段時間。現今使用的填縫料大部分只適用於乾燥的接縫槽側面，某些填縫料在以前作業有滿意的效果，包括低模數聚合物及矽膠填縫料。預鑄壓力填縫料雖不適用於速凝混凝土鋪築作業，預鑄壓力填縫材對接縫面的灰塵和水氣沒有高的敏感性，但用於速凝混凝土鋪築作業是個好的想法。

4.9.5 提前開放通車

為了可以提前開放通車，有些單位以改善現場修補材料的強度監控的作業方式，來取代過去以養治時間做為開放通車之標準。由於混凝土強度的發展受當地情況(如周遭溫度和濕度)極為敏感，開放通車的基準最好是以真正的現場混凝土修補強度，而不是以養治時間來決定。現在有許多非破壞檢測試驗可以用來決定水泥混凝土現場的強度。有些技術則藉由提供熱發展與養治效果的評估，以做為品質控制的依據。對於任何非破壞檢測方法，建議應發展適當的非破壞試驗結果與混凝土強度之關係曲線。

此外，亦可利用溫度配合養治(temperature-matched curing) 的方法，來監測現場混凝土強度。此方法將所澆注之混凝土圓柱試體與現場混凝土保持相同溫度，以更合理地估計現場混凝土的真實強度。由於修補區有保熱之效果，因此現場修補材料之強度會明顯地高於一般標準養治的圓柱試體強度。為了達到早期強度，可將圓柱試體置於隔熱盒內養治，以得到不錯的現場混凝土強度估計。

1.強度監測

茲將可合理估計現場混凝土強度最常使用的成熟度法和脈衝速率法簡述如下：

(1)成熟度法

依據使用成熟度法，試驗室測試是需要真實現場混凝土的抗壓強度與溫度因子間的發展關係，成為評估現場混凝土強度校正曲線。故配比設計以任何方式變化，就需要發展新的校正曲線。現場混凝土溫度監視使用埋入鋪面的溫度探針或熱電偶，連接資料接受器或成熟計，固定間隔讀取溫度及用成熟度曲線估計混凝土強度。當由資料接受器或成熟計組成的時間及溫度達到指定的成熟度或強度時，就可以開放通車。

(2)脈衝速率法

脈衝速率法使用短脈衝聲波經過塑性混凝土來決定現場的材料強度，是利用聲波傳遞經過水及骨材的速率來計算強度。用一個特殊設施及轉換器產生聲波，由在固定距離的接收器來接收訊號，在混凝土的波傳遞速率與混凝土強度相關。

2.開放通車所需強度

混凝土修補要保證適當的長期績效，在開放通車前需要的材料強度現在無明確一致的標準，一般作法是依據版塊厚度為基準，在 180mm 厚版塊的最小抗彎強度為 2.6MPa，而 25mm 厚版塊的抗彎強度為 1.4MPa 範圍。水泥混凝土修補實務的抗彎強度要求為 2.1~2.4MPa 間，最新研究全厚度修補的提早開放交通，建議最小抗彎強度應達到 1.7MPa。

4.10 再生混凝土鋪面

4.10.1 說明

既有剛性鋪面在接近設計年限時，大多數已有相當程度的損壞，此時重建鋪面比表面處理及修復更具有成本效益，既有剛性鋪面顯示需要重建的狀態包括：

- 1.大範圍的版塊斷裂表示結構壽命已無剩餘。
- 2.基礎移動(土壤膨脹或霜凍融起所引起)造成大規模版塊沉陷、隆起或者斷裂。
- 3.大規模的接縫損壞(特別是短接縫鋪面，且需全厚度修補置換大部分混凝土表面)。
4. 混凝土耐久性不良(耐久性裂縫或反應性骨材等問題)引起大範圍損壞。
- 5.過時的幾何設計標準(車道寬、橋梁底淨高、曲線超高)。

公路最外車道的承載卡車數量最多，通常比內車道容易損壞而無法修復，此時應該考慮僅重建外車道。雖然每車道重建的初期成本高於表面修復處理，但能提供更長的使用年限和較低的整體生命週期成本。剛性鋪面再生利用技術有相當的進展，例如能有效打除混凝土的破碎設備、減少人工的鋼筋移除方式、可移除鋼筋的破碎設備，使再生利用成為更經濟可行的修補方案。

4.10.2 定義

再生混凝土鋪面(recycling concrete pavements)是將既有的舊鋪面打散後裝運至碎石場，經加工處理生產符合規定尺寸的再生骨材(recycled concrete aggregate, RCA)，可用於鋪面結構的任何部份替代未使用的骨材。通常再生粗骨材比細骨材(通過 3/8 in 號篩)的使用效果較佳，主要因再生細骨材的不規則面和高吸水量對拌合物的工作性影響較大。在多數鋪面重建案件中證明，既有混凝土再生利用可降低重建成本。剛性鋪面再生利用是將不堪使用的既有剛性路面加工產生成為新鋪面的骨材來源，但再生骨料的物理及力學性質與未經使用材料略有不同，而這些性質在重建工程的配比設計及鋪面設計階段必須加以確認及考量。

4.10.3 目的和適用情形

選擇剛性鋪面再生利用產生的骨材重建鋪面，雖然可能會增加再生利用的處理成本，但因可同時考量到缺乏新的優良骨材、材料的保存、減少垃圾填埋空間、減少廢棄物的處理成本等因素，可能使整體的重建作業費用更節省。這些因素在市區重建環境更為明顯，如處理拆除的水泥混凝土材料為例，在市區可能會面臨在擁擠交通的長距離搬運至鄰近的廢棄物處理廠，使用高品質的未經使用骨材也需要長距離的搬運。在鋪面結構的任何部份可使用再生骨材為骨材來源包括下列各項：未處理的密級配骨材底層、水泥和瀝青穩定底層、低強度混凝土底層、水泥混凝土面層、瀝青混凝土面層、填充料、濾層材料、排水層或邊緣排水等。

剛性鋪面再生利用可在任何剛性鋪面類型上進行。許多早期剛性鋪面再生利用作業的生產率及效率受內部的鋼筋所阻礙，現場使用革新的設備，已可減少鋼筋存在所帶來的問題。例如，可利用剛性鋪面的粉碎設備(pulverizing equipment)有效地破壞JRCP之鋼筋網，再使用彎尖頭鋼扒將鋼筋從混凝土塊中移除。剛性鋪面的再生利用不僅限於骨材健全的鋪面，亦有含反應性骨材的再生鋪面，在新混凝土使用飛灰來控制反應性骨材的膨脹。依據實際作業經驗，一般反應性骨材的混凝土表現不錯，僅少數有反應性骨材有復發的可能性。耐久性裂縫(durability cracking)鋪面的再生利用亦用於新剛性鋪面。不過，一般建議嚴重的耐久性裂縫骨材不可做為再生利用的鋪築材料。許多單位在使用這類型的骨材時會規定再生骨材的標稱最大尺寸(通常為19mm)，並使用飛灰增加其耐久性，以降低重複產生同樣損壞的機率。

4.10.4 使用限制和績效

剛性鋪面再生可以有效的節省鋪面重建成本，特別在都市內重新建造鋪面時，可以大大的節省托運及廢棄物處理等大部分成本。任何剛性鋪面是否應再生利用取決於許多因素，包括再生利用的鋪面適用性、可用的未經使用材料及成本、舊鋪面的材料處理費用、再生利用的近似成本、施工單位再生利用政策及承包商的經驗及能力。再生骨材(RCA)與未經使用的骨材微有不同物理特性，必須在水泥混凝土配比設計加以參酌。以

使用再生細骨材完全替代未經使用的細骨材為例，由於再生料的不規則面和高吸水力會導致混合物非常粗糙。另外在相同水灰比下，再生骨材混合物的混凝土強度通常比傳統混凝土較低5~10%。含再生骨材的混凝土有較高的收縮和較大的熱膨脹特性，對於某些鋪面產生超過版塊中間裂縫的主因。

剛性鋪面使用再生骨材施工與傳統剛性鋪面有不同的力學特性，特別是發生在橫向裂縫的荷重傳遞能力，由於再生骨材需要較多的柔軟砂漿，對於磨損抵抗力較低，裂縫面在重複荷重下磨損更為敏感。混凝土含再生骨材經常沿著舊砂漿與骨材的界面破裂。這些因素綜合下產生光滑裂縫面及不良荷重傳遞能力，在交通載重下產生過量的撓曲變形，導致鋼筋失效及損壞裂縫。依據實務經驗，橫向裂縫的荷重傳遞能力與裂縫面紋理關係密切，裂縫表面、骨材類型，尺寸、以及粗糙混凝土數量皆會影響再生混凝土的功能。再生骨材鋪面為無綴縫筋接縫時，皆發生不良荷重傳遞和顯著的接縫高差，但在混合物添加未經使用的骨材即可改善鋪面績效。以短接縫的JRCP再生利用為例，新鋪面建造使用60%的再生骨材和40%的未經使用的骨材，顯示在長使用年限後還有好的績效。

在剛性鋪面上之瀝青混凝土加鋪鋪面(AC/PCC)也可再生利用，但一般建議兩層材料分別再生。當瀝青混凝土使用水泥混凝土的再生骨材，則瀝青膠泥嚴禁空氣摻入混凝土混合物，但再生混凝土如加入10%瀝青拌和並沒有外表損傷結果。再生熱拌瀝青混凝土可用瀝青混合物的再生骨材，由於骨材孔隙增加，必須增加瀝青使用量。

4.10.5 再生利用處理

剛性鋪面再生處理作業的概要，是將已不勘用的既有鋪面打散及敲碎，運載至處理場後經過鋼筋移除、過篩等步驟後使骨材再生利用。

1. 敲碎和移除

鋪面在敲碎前，既有鋪面上任何瀝青混凝土修補必須去除。也應考慮移除接縫填縫料，雖然某些施工單位選擇在敲碎期間才清除接縫填縫料。如先前所提，一般建議瀝青混凝土加鋪鋪面與剛性鋪面須分別再生利用，採用冷刨(cold milling)有效移除瀝青混凝土加鋪鋪面。在初步處理後開始敲碎既有鋪面，水泥混凝土材料需碎成片狀，

各邊約為460~600mm以便於卡車裝載。水泥混凝土敲碎設備類型包括下列項目：

- A. 鎚球(drop ball)：起重機舉起重達1.8~6.3公噸的鋼球以破壞鋪面，由於會將鋪面破碎太小使材料利用大幅減少，因此不建議使用這項設備。
- B. 重力落錘(gravity drop hammers)：此設備是利用機械或油壓舉起重物，衝擊力會傳至鋪面底部。
- C. 油壓或空壓錘(hydraulic or pneumatic hammer)：這類設備廣泛地使用在鋪面的局部移除，這些鐵錘有不同尺寸通常安裝在反鏟基座上，以每分鐘200~600衝擊次數，衝擊範圍約在0.61~2.7kJ之間。
- D. 拖車裝柴油鐵錘(trailer-mounted diesel hammers)：這是目前在大重建工程打碎鋪面使用最廣泛的設備，柴油鐵錘的操作在50~90次/分鐘及衝擊範圍在24.4~40.7kJ之間。鐵錘的高衝擊完全毀壞混凝土和鋼筋間的結合，使鋼筋更容易移除且成本低廉，此設備對地下設施或者涵管有潛在的損壞。柴油鐵錘的主要優點依據碎石尺寸可容易控制每次衝擊間距和行進的速度，這型設備在203mm厚鋪面使用典型457mm的衝擊間距，其生產率可達到為每小時840~1000m²。
- E. 彈性臂落錘(spring-arm whiphammers)：落錘使用葉狀彈性臂增加工具速度及隔離機械的反衝擊。依據既有情況，作業產量有相當大的變化，在229~254mm厚的JRCP其生產率每小時可達200~400m²。
- F. 振動梁破碎機(vibrating-beam breaker)：亦稱之為共振破碎機，這類設備使用動力傳送通過163*450mm到3.7m鍛造鋼梁破碎混凝土，鋼梁用的共振頻率是傳送高頻率及低幅度衝擊力到在鋼梁尾端裝置的305mm方形破碎器。這設備在不擾動地下設施及低噪音的情況下，產生小尺寸的碎石(90%的碎石約為200mm或更小的直徑)，在225mm厚的鋪面其生產率每小時達到670m²，特別適合在市區區域使用。
- G. 高壓水注(high-pressure water jets)：此設備使用水壓69~103MPa，可用於橋樑版上去除劣化的混凝土而不損壞其他區域，其主要優勢是可選擇擬移除之混凝土，但並未被廣泛地使在鋪面敲碎和移除工作上。

耕鋤機或前端裝料機加裝彎尖頭鋼扒處理混凝土鋪面的鋼筋是有效方式，當鋪面存在連續鋼筋，僅需要些許人工的將鋼筋鋸切處理，鋼扒則可以從混凝土碎石中輕易地將鋼筋鉤拉出。當遭遇鋼絲網時，碎裂作業足夠切斷鋼絲網，彎尖頭鋼扒可以從小混凝土塊堆中將鋼絲網挑出，對於主要破碎機來說任何太大的碎片也可經由彎尖頭鋼扒碎裂。綴縫筋和繫筋一般是在破碎期間才去除，在混凝土破碎期間這些鋼筋大多數可能因為混凝土破碎而顯露出來。

鋪面碎石用前端裝料機裝載於傾倒卡車，搬運至碎裂廠進行再生骨材處理作業。在過程中不是所有混凝土都會再生利用，承包商通常不回收小於152mm的碎片，降低拾起鋪面碎石的灰塵量或其他污染物。施工單位使用現場再生車(recycling train)來再生損壞的剛性鋪面，再生列車打碎剛性鋪面後將碎石放入岩石破碎機，然後將材料碎裂成兩種尺寸，將較大尺寸(名義尺寸為19mm)放回現場，將較小尺寸放在路肩，較大尺寸的再生骨材作為重建鋪面的粒料底層。

2.骨材處理作業

骨材處理作業時可以使用附近的碎石廠，或者是在鄰近作業現場處設立一個移動處理廠，在市區內可以設立在作業路段的首蓓葉交流道的一個環道中心，將破碎過之混凝土處理成再生骨材。傳統的破碎場像在採石場一樣使用增加電磁體來移除鋼筋，在混凝土再生是個適宜措施。再生混凝土鋪面再生處理廠的作業順序概要如圖4.10.1所示，骨材處理作業由破碎、移除鋼筋及篩分類(sizing)等組成。

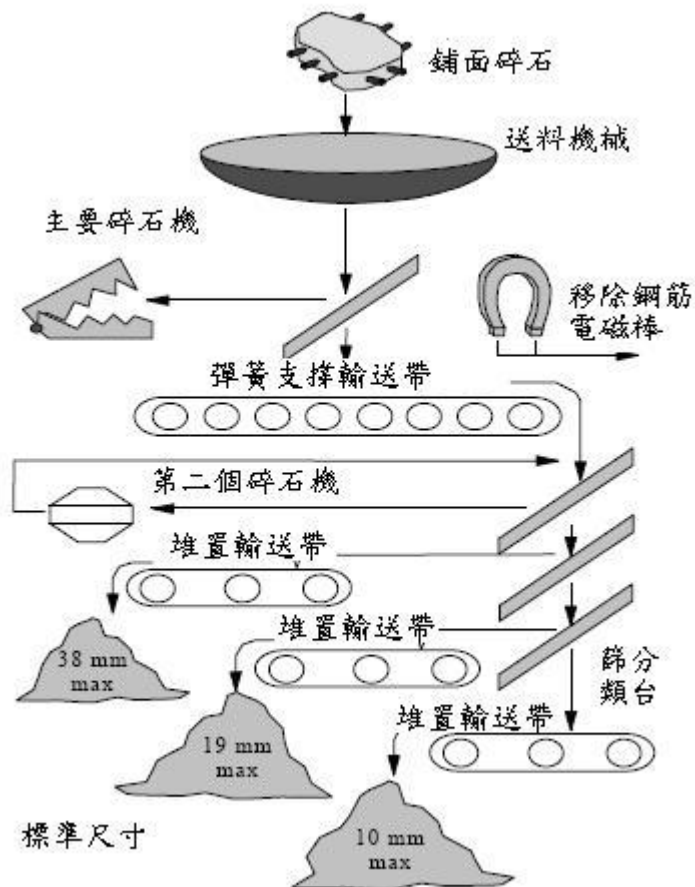


圖 4.10.1 混凝土再生工廠作業結構概要說明

(1) 破碎

前端裝料機將混凝土碎石裝進送料斗，使碎石規則流進不同尺寸的篩中分類，碎片大於102mm須送至主要破碎機，將混凝土與鋼筋分離及碎成小於152mm的碎石，之後再利用電磁體將混凝土與鋼筋有效地分離。重型破碎機為主要破碎作業，是用週期壓力碎破混凝土；而衝擊型破碎機有生產過多細骨材的傾向。材料主要是先經過破碎機處理，將材料由運送帶運至過篩台，長的鋼筋有時會卡在料斗口與輸送裝置之間，使破碎機的材料輸送速率降低，甚至造成傳送裝置破損。為了減少此種問題，輸送裝置應該在料斗口下0.6~0.9m處，而輸送裝置可由彈簧支承。

(2) 移除鋼筋

移除鋼筋為骨材處理作業中最重要的一環，這項工作對於過去混凝土再生是一個主要障礙，現在於傳送裝置上方安置一個電磁體可移除所有鋼筋，但仍須手動確保篩分類時無鋼筋進入。

(3) 篩分類

碎裂混凝土經過篩分類以區別不同尺寸材料，較大尺寸的碎塊需要經過第二錐形破碎機，直到所有材料尺寸通過大小尺寸篩分類。通常碎裂骨材依據預期材料的使用方式分為兩種尺寸：

A. 粒料底層：第一個尺寸為38~76mm間，第二個尺寸為小於38mm。

B. 混凝土鋪面：第一個尺寸為9~38mm間，第二個尺寸為4.75~9mm間。

C. 瀝青混凝土：第一個尺寸為4.75~25mm間，第二個尺寸為小於4.75mm。

當再生剛性鋪面時，應使粗骨材再生利用率最大化。再生細骨材(小於#4篩)通常作為混凝土混合物，因於不規則面和高吸水量(約7%)，不規則面使混合物粗糙及整飾困難，高吸水量使水量控制很困難。

3. 骨材生產量

再生生產的粗骨材更為有用，一般嘗試恢復粗骨材為最多的數量。更多粗骨材經碎裂可由較大的標稱尺寸來再生，在3/4in號篩的標稱尺寸可再生55~60%，在1 1/2 in. 號篩的標稱尺寸可再生80%或更多。

4. 污染物

混凝土鋪面碎石附有各式各樣的污染物，表4.10.1列舉各種污染物和含再生骨材的水泥混凝土造成潛在問題，如果再生骨材在水泥混凝土混合物外使用，則任何污染物的影響不認為有害。

表 4.10.1 混凝土鋪面碎石的污染物

污 染 物	移 除 方 式	再 生 骨 材 混 凝 土 的 影 響
鋼 筋	1.現場(on grade) 2.破碎作業期間的電磁體	無影響(鋼筋有效移除)
綴縫筋	1.現場(on grade) 2.破碎作業期間的電磁體	無影響(鋼筋有效移除)
化學添加物	不移除	1.原始混凝土空氣含量規定較再生骨 材混凝土多 2.其他影響未知
防凍裝置(鹽)	不移除	未知
油	不移除	小數量認為無影響
填縫料	某些損壞先移除，剩餘不移除	小數量認為無影響
土壤/基層材料	1.裝載操作者的謹慎 2.主要碎石機前裝清除篩台	混合物可能參入黏土粒降低水泥混 凝土強度

骨材碎裂作業期間可以電磁體輕易移除鋼筋和綴縫筋。多餘的土壤和底層材料可在裝載期間清除之，但一般有經驗的承包商可以避免此處理程序，必要時亦可在主要破碎機前裝置額外清除篩台，以移除多餘的土壤及底層材料。鋪面的表面通常會沾上油污，但少許的油污量對於碎石的總數量而言並不嚴重。接縫填縫料數量也是相當的少，但有些施工單位會在再生之前移除。氯化物與硫酸鹽是最不受歡迎的污染物，氯化物會加速鋼筋的腐蝕，硫酸鹽會引起膨脹的損害，對混凝土耐久性有潛在的反效果。曾有研究顯示當原有表面的細骨材發現過量的氯化鈉，但是在再生混凝土發現某種程度的氯化物並不顯著危害其績效。在再生骨材的粗骨材部分(大於4.75mm)平均氯化物約為 1.2kg/m^3 ，比對未經使用骨材的平均氯含量約為 0.6kg/m^3 。在高鋼筋混凝土的標準限制近似為 2.4kg/m^3 ，為大多數的再生骨材是在可接受的限值內。

對再生骨材將使用在水泥混凝土拌和物的某些污染物事物作建議。如果再生骨材為供不同應用位置(例如底層)，污染物的影響效果並不大。在任何情況，為確保水泥混凝土混合物結合再生骨材的適用性，須經準備試拌、工作度、強度與耐久性等測試。

當再生骨材用於未穩定透水底層，雖然不是真實污染物，對排水設施及排水系統纖維濾層的堵塞出現某些關連。這些堵塞的發生，在再生骨材破碎期間灰塵黏附在較大粗骨材顆粒，然後洗滌時的水流經透水底層，而使用穩定透水底層防止此問題的一個方式。

4.10.6 配比設計因素

從實驗室和現地試驗獲得許多再生骨材在水泥混凝土與瀝青混凝土拌合物的性能，考量含再生骨材試拌準備及試驗確保拌合物之適用性為基準。

1.再生骨材的特性

再生骨材的典型特性與未經使用材料比較於表4.10.2，顯示再生骨材有不同的特性，必須在有效的配比設計發展加以考慮。

(1)粒料形狀及紋理

粗細的再生骨材粒料都具有高不規則面及粗糙表面，過去不知道再生粗骨材的不規則面和紋理是重要問題，使用再生細骨材(比用天然砂作細骨材的標準有更多的不規則面)更增加拌合物的粗糙並且可能使得作業困難。因此，許多單位不使用或者嚴格限制再生細骨材可被使用於再生水泥混凝土的數量。

(2)吸水量

再生骨材比未經使用的材料有較高的吸水量，主要是粒料的多孔隙結構所導致。高吸水量可導致降低工作性，而限制澆置混凝土可使用的時間。實驗室作業發現再生骨材粒料尺寸與吸水量成反比，推測為較小的粒料表面積增加所引起。

表 4.10.2 標準未經使用的骨材與再生骨材的性質比較

性質	未經使用的骨材	再生骨材
粒料形狀及紋理	卵石很圓滑、碎石不規則面及粗糙	不規則面及粗糙表面
吸水量	0.8~3.7%	3.7~8.7%
比重	2.4~2.9	2.1~2.4
磨損試驗	15~30%	20~45%
硫酸鈉健性試驗	7~21%	18~59%
硫酸鎂健性試驗	4~7%	1~9%
氣含量	0~1.2kg/m ³	0.6~7.1kg/m ³

(3)比重

比重是骨材密度相對於水密度的標準，再生骨材粒料通常比未經使用的材料有較低的比重，歸因於再生骨材含碎裂砂漿，而碎裂砂漿為多孔隙及含空氣結構比未經使用的骨材密度較少，據觀察粒料比重隨尺寸減少而減少。

(4)磨損和健性

幾項試驗經常作為評估骨材的耐磨損及健性或抵抗風化的依據。通常，再生骨材的耐磨損和健性結果比未經使用骨材為較高，主因為再生骨材粒料存在軟砂漿體。多數的再生骨材通過洛杉磯磨損試驗(磨損的損失低於50%的上限)，但再生骨材在硫酸鹽鈉和硫酸鹽鎂的健性測試失敗率低，因此許多施工單位不施作這些試驗。

2.水泥混凝土配比設計

再生骨材混凝土的拌合物配比是重要關鍵，需要謹慎考量下列主要的設計因素：新混凝土中允許使用再生細骨材的數量、使用飛灰、化學添加劑的類型和數量(例如輸氣劑及減水劑)、在原始鋪面所用骨材的類型、與最大骨材的尺寸。

(1)配比設計

再生骨材混凝土配合設計遵循傳統的步驟，不過再生混凝土拌合物的特性不易預測，為使拌合物獲得好的工作性、強度及耐久性，拌合物配比應依據試拌。

一般在新拌拌合物僅使用再生粗骨材，配合設計不需要明顯的改變，及工作性應不受影響。不過若使用再生細骨材(<4.75mm)，由於再生細骨材不規則構造，最後的拌合物可能十分粗糙。再生細骨材有高吸水量，需要較多水而產生更多孔隙，若不依比例增加水泥量則會降低水泥漿強度，但卻因此而失去經濟性。

要生產工作性佳的再生骨材拌合物，必須將全部或大部分的再生細骨材替換為天然砂。一般作法是使用全部再生粗骨材及用未經使用的細骨材替換全部或大部分的細骨材體(例如，天然砂)，若使用再生細骨材，通常限制不超過整體細骨材的30%。

(2)工作性

再生細骨材是影響工作性的重要因素，必須限定在再生骨材拌合物的再生細骨材數量，其他能改善工作性的方法，是加入減水劑或添加飛灰替換部分水泥。在新拌混凝土，飛灰作用像強塑劑般改善工作性不需添加水量，而達到15%的波蘭特水泥可以替換20%的飛灰，在再生骨材拌合物經常添加飛灰來改進耐久性。

(3)級配

典型的再生混凝土大約使用50~60%的再生粗骨材。一般採用之材料標稱最大尺寸小於25mm，為了加強骨材互鎖效果(特別是鋼筋鋪面)，可能大部分的再生骨材需替換成未經使用的粗骨材。

(4)含氣量

由於再生骨材孔隙較多及原始砂漿含空氣，所以再生混凝土比傳統混凝土有較高含氣量及較大變動量，因此再生混凝土的空氣總含量一定比傳統混凝土較高。

(5)鹼骨材反應

在新鋪面有再生鹼骨材反應骨材時，使用卜作嵐添加物(飛灰)控制再生骨材的膨脹。飛灰是具有高反應性及塑性可消耗水泥過量的鹼，如此可降低鹼骨材反應。F級飛灰比C型飛灰更可有效控制鹼骨材反應的問題，對於新拌混凝土的工作性與極限強度有良好的效果。

飛灰試驗步驟上，使用再生骨材或未經使用骨材兩者的鹼骨材反應並無不同，但再生骨材有較少鹼骨材反應傾向，因此再生骨材將較為有利。若再生剛性鋪面含反應性骨材，則混凝土配比設計隨下列項目修改：再生混凝土使用低鹼的第II型水泥、再生骨材與優良未經使用骨材混合、與使用F級飛灰。

(6)減緩耐久性裂縫

許多施工單位再生耐久性縫鋪面，一般作法上將粗骨材標稱最大尺寸降低到19mm或更小。不過，剛性鋪面由小的標稱最大尺寸骨材鋪築，在裂縫及接縫處經骨材互鎖的荷重傳遞效果十分的差。為避免在裂縫及接縫處有高差與破碎的問題，只在無筋的短接縫鋪面的鋪築使用這類的骨材，在高交通量的橫向接縫應該設置綴縫筋。或者，再生骨材可以補充以更大尺寸的未經使用骨材。

研究發現以20%的飛灰替代15%的水泥能有效的降低潛在的耐久性裂縫，因飛灰能改善混凝土工作性而增加耐久性，由於允許使用較少的拌合水及製造低滲透的拌合物，所以使用飛灰替代部分水泥能有效的降低潛在的耐久性裂縫。

(7)硬固混凝土特性

研究比較硬固再生骨材與未經使用骨材的混凝土特性，再生骨材與未經使用骨材的標準硬固混凝土特性如下列總結：

A.在相同的水灰比，再生骨材混凝土抗壓強度為傳統混凝土的60~100%，或者再生骨材混凝土的強度比傳統混凝土較低10%。強度削減的原因如下：

- a.再生骨材原本較弱的結構(由於是水泥漿與骨材結構)。
- b. 由於存在多孔隙水泥漿體，故再生骨材混凝土有較大孔隙。
- c.再生骨材混凝土較多結合介面，包括天然骨材和砂漿間的接觸面積(新舊)以及新舊砂漿間。
- d.再生骨材混凝土對力學作用抵抗較低。

在維持工作性的條件下使再生混凝土達到足夠強度方式之一，在相同水泥量下添加減水劑。

B.在相同水灰比下再生混凝土的靜態彈性模數比傳統混凝土較低20~40%，這降低歸因於再生骨材的有效彈性模數較低。

C.在相同的水灰比，再生混凝土的抗彎強度比傳統混凝土約低8%。如使用再生細骨材，會有更大程度的降低。

D.再生骨材混凝土抗凍融能力通常比再生前的混凝土較高，但結果可能會隨再生前的骨材品質變動。先前提到的耐久性裂縫敏感骨材的再生骨材混凝土，可藉限制骨材的標稱最大尺寸以實質增加其耐久性。

E.再生骨材混凝土比傳統混凝土較高度的乾縮，約增加14~95%之間。乾縮增加可能由於骨材有效模數較低，高砂漿體數量和增加水使用數量。當拌合物使用再生細骨材時，須注意乾縮的最高程度。

再生骨材混凝土除了可使用於面層外，再生骨材使用在低強度混凝土底層一樣有好的效果。事實上，再生骨材在被用於面層前，即已被用在低強度混凝土底層之工作上。

3.瀝青混凝土配比設計

再生骨材也使用在瀝青混凝土拌合物，由於再生骨材的多孔隙和較高吸水量，比傳統骨材會吸收更多的瀝青膠泥，在配比設計和經濟性必須仔細考慮清楚。即使再生骨材的可能成本遠少於未經使用骨材，但瀝青膠泥使用量的需求增加而成本費用也相對的提高，使得再生骨材喪失原有的經濟優勢。在瀝青混凝土拌合物使用再生骨材還有一項優勢，是因於再生骨材中存在水泥砂漿而降低瀝青剝脫(stripping)的發生，當水泥有時添加到瀝青拌合物可減少瀝青膠泥與骨材的剝脫現象。

4.10.7 剛性鋪面使用再生骨材設計因素

再生骨材混凝土剛性鋪面的設計步驟可依照傳統的剛性鋪面設計步驟進行，但再生骨材的低抗磨性和較小的標稱最大尺寸在無綴縫筋接縫或橫向裂縫處，可能產生不良的荷重傳遞而導致唧水、高差及鋼筋斷裂等問題發生。許多使用再生骨材的JRCP，其橫向裂縫與劣化發展迅速。雖然JRCP預期在版塊中間產生裂縫，包含鋼筋將裂縫緊緊鎖住，以達到好的骨材互鎖的荷重傳遞，但使用標稱最大尺寸(19mm)的再生骨材會產生較為光滑的裂縫面。

經由各種材料和結構設計參數的研究計畫，透過大型試驗儀器，40kN輪載重運轉可以模擬橫越混凝土版塊的裂縫或接縫。版塊裝置量測接縫或裂縫的寬度改變與橫越裂縫或接縫的相對垂直撓度變化。研究發現水泥混凝土版塊用再生骨材比未經使用骨材有較低的荷重傳遞耐力。水泥混凝土版塊有較大的基礎勁度比較低的基礎勁度有增加荷重傳遞的耐力。水泥混凝土版塊放置較高鋼筋量比較低鋼筋量有較大荷重傳遞的耐力，竹節鋼絲網比光滑鋼絲網的效果明顯較好。

依據試驗及現地績效結果，建議JRCP的設計需仔細考量使用較高鋼筋量、更高基礎勁度和較大標稱最大尺寸骨材等。於再生骨材與大的新骨材混合，以及使用短接縫間距以降低裂縫間隙。此外，所有橫向接縫均應設置綴縫筋。

4.10.8 再生骨材剛性鋪面建造因素

再生骨材剛性鋪面的建造並不需要特別的技術或鋪築設備，依據正常鋪築及整飾實務使用傳統拌合設備和鋪築設備。由於最近發展的兩層次的混凝土鋪築機，著重於兩層的混凝土鋪面鋪築；薄的水泥混凝土表層含耐久未使用骨材和較厚的水泥混凝土下層含再生骨材。此兩層同時用濕的處理作業鋪築，確保材料間好的黏結力。

4.11 水泥混凝土加鋪鋪面

4.11.1 說明

加鋪鋪面(overlays)是修復劣化鋪面最受歡迎的對策之一。在過去，最常使用熱拌瀝青混凝土(hot-mix asphalt concrete, HMA)加鋪於現有鋪面上，但近幾年來，使用水泥混凝土(Portland cement concrete, PCC)加鋪於既有剛性與柔性鋪面上，皆有明顯的增加。水泥混凝土加鋪鋪面(PCC overlays)(或混凝土加鋪鋪面)使用增加的主要因素包括：更有效的鋪面評估程序、水泥混凝土鋪面材料(特別是高早強材料)之改進、以及剛性鋪面快速鋪築技術的進步。此外，因混凝土加鋪鋪面的壽命長和維護需求低，因此許多單位會選擇此修復方法。如同新剛性鋪面施工，混凝土加鋪鋪面施工時，使用傳統鋪築設備和材料，而特別的鋪築設備和材料也可適用於某些作業(例如：無淨空鋪築機和速凝混合物)。對於混凝土加鋪鋪面的特別設計因素，包括鋪面下層的基礎狀況、既有鋪面和新混凝土加鋪鋪面間的黏結要求，以及和新鋪面的接縫要求。

4.11.2 定義

各種混凝土加鋪鋪面用於既有鋪面，主要是依據既有鋪面類型和混凝土加鋪鋪面於既有鋪面間所建議的黏結狀態，這些不同混凝土加鋪鋪面類型與特性，如表4.11.1所示：

1. 混凝土加鋪鋪面於既有剛性鋪面上

新混凝土加鋪鋪面和既有剛性鋪面間的黏結狀態，為主要設計考量因素，黏結狀態一般基於既有剛性鋪面狀態來做選擇，可能為下列任一個項目：

(1)黏結性加鋪

黏結性加鋪必須特別注意如何確保「黏結」，以提高加鋪面和現有版塊之間的黏結力，這通常包括既有剛性鋪面大面積的表面準備，且經常在既有剛性鋪面的鋪築機前方澆置水泥漿。隨著加鋪鋪面在既有鋪面黏結的目的，獲得鋪面系統整體的表現如圖4.11.1所示。

表 4.11.1 剛性鋪面加鋪類型摘要

加鋪類型	黏結情況	情況如何完成	即有鋪面的類型及狀況	加鋪前修補	關鍵設計考量	加鋪鋪面類型
剛性鋪面的混凝土加鋪鋪面	黏結	1.面層準備(例如噴砂) 2.黏結劑	所有剛性鋪面類型在相當好的情況	最多損壞裂縫、接縫及穿裂	1.黏結 2.配合接縫	JPCP、JRCP、CRCP
	部分黏結性	無特別準備	所有剛性鋪面類型在中等情況	有限修補及面層清洗	配合接縫	JPCP、JRCP
	非黏結性	分離層	所有剛性鋪面類型在損壞情況	有限修補損壞裂縫、接縫及穿裂	1.完成層分離 2.不配合接縫	JPCP、JRCP、CRCP
柔性鋪面的混凝土加鋪鋪面	部分黏結性	無特別準備 (除薄層加鋪需要水泥混凝土與熱拌瀝青混凝土間黏結)	所有柔性鋪面在損壞情況	有限修補不適宜支撐及可能冷刨恢復縱橫斷面	均勻支撐	JPCP、JRCP、CRCP

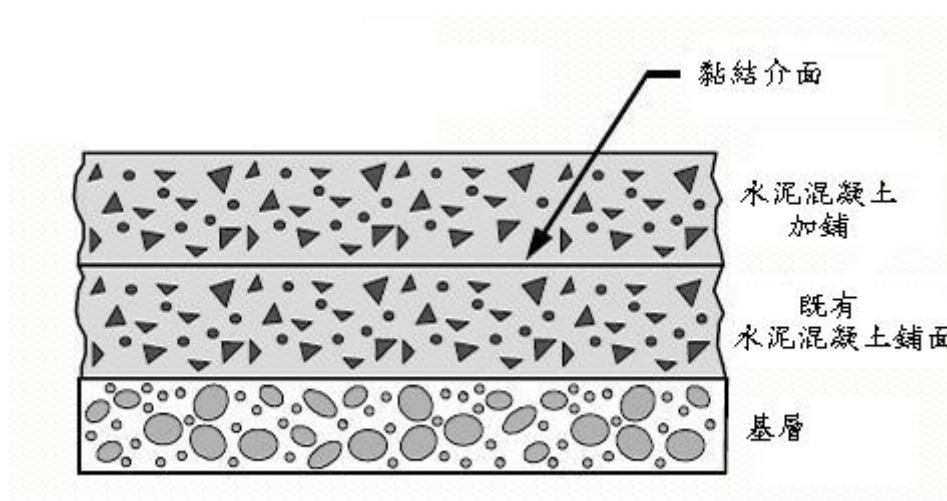


圖 4.11.1 黏結性混凝土加鋪鋪面

當鋪面基礎有相當好的情況時，使用黏結性加鋪可增加鋪面的結構能力，或者改善整體行車品質。如損壞鋪面在加鋪前沒有確實修補，則因為新舊兩層間的黏結，反射裂縫將發生在新加鋪的面層上，一般標準的黏結性加鋪厚度範圍為75~150mm。

黏結性加鋪是否需要使用膠結劑，可能因鋪面情況不同而異。在某些情況下，已顯示出膠結劑會影響黏結狀況，這是因為在實際鋪築前膠結劑已乾燥，因此施工單位須依據地區狀況決定膠結劑，以發揮應有的功效。

(2) 部份黏結性加鋪

部分黏結是指在混凝土加鋪鋪面和既有剛性版塊間提高或防止黏結發生，此黏結狀態雖有使用在機場，但在公路領域使並不廣泛，因此不再進一步討論。

(3) 非黏結性加鋪

非黏結是指在混凝土加鋪鋪面和既有剛性鋪面間防止黏結所採取的特別行動，且有效地分開新舊鋪面以致移動能相互獨立（參閱圖4.11.2）。許多材料可以作為隔黏劑，一般最常使用為，在既有的熱拌瀝青混凝土中間澆置一層養治化合物（25~50mm）。

當既有鋪面損壞程度在加鋪鋪面前未能有效改善時，則使用非黏結性加鋪，在加鋪前鋪上一層隔離層，以防止反射裂縫產生於加鋪面上。加鋪前少量的修補是必需的，一般建議加鋪鋪面之接縫和既有剛性鋪面之接縫可以錯開(mismatch)。在某些情況，剛性鋪面的裂縫/破碎及穩定需在非黏結性加鋪澆置前完成。根據狀況，標準的非黏結性加鋪厚度範圍約為150~300mm。

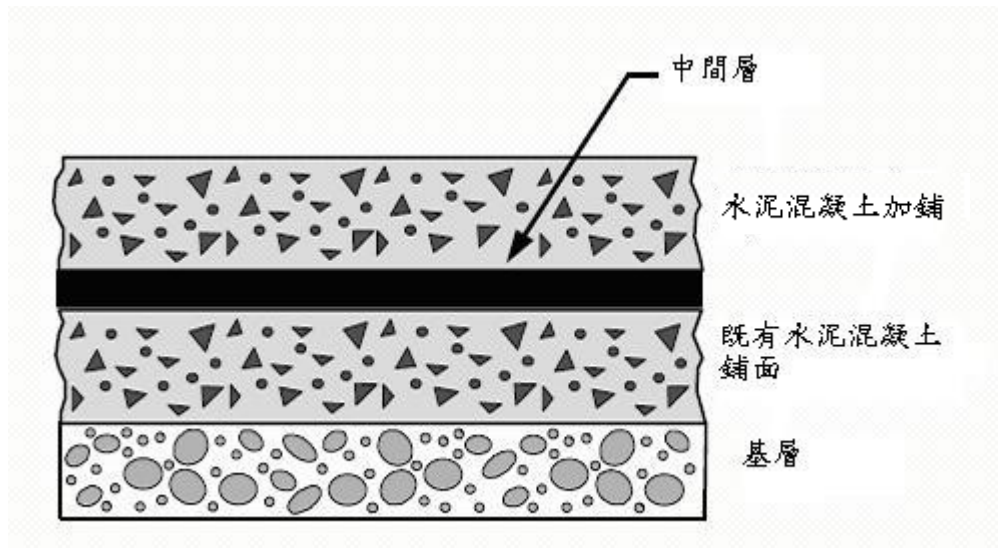


圖 4.11.2 非黏結性混凝土加鋪鋪面

既有剛性鋪面的混凝土加鋪鋪面類型包括JPCP、JRCP、或CRCP。第一種加鋪JPCP是最普遍的加鋪鋪面類型，可以是黏結或非黏結狀況。第二種加鋪JRCP包括在新版塊佈設鋼筋，可以用黏結或非黏結，而大部分使用非黏結狀況。第三種加鋪CRCP包含重鋼筋(通常為橫斷面積的0.7~0.8%)且設置為非黏結狀況。此外，另一種混凝土加鋪鋪面類型為纖維水泥混凝土加鋪鋪面，包含鋼或合成纖維分佈在水泥混凝土中。

2.於既有柔性鋪面上加鋪混凝土加鋪鋪面(混凝土加鋪鋪面, whitetopping)

於既有柔性鋪面上加鋪混凝土加鋪鋪面，也稱為混凝土加鋪鋪面。對於某些施工單位來說，這是一項最普遍的修補方法。它可修復劣化的柔性鋪面，如：車轍、推擠和鱷魚皮裂紋，因此混凝土加鋪鋪面被視為一種理想的解決方法。在加鋪前的有限數量修補是需要的，使用冷刨除柔性面層的車轍或不平整表面。另一方面，某些施工單位直接在既有柔性鋪面施作混凝土加鋪，且不做任何處理。混凝土加鋪鋪面的標準橫斷面如圖4.11.3所示。

混凝土加鋪鋪面的大多數設計程序，通常假設為非黏結狀況，將既有柔性鋪面視為底層，且作為版塊厚度的依據。然而，在混凝土加鋪鋪面的設計過程中，藉由柔性鋪面撓度測試提供適宜的支撐特性，並可成功地完成加鋪JPCP、JRCP、或CRCP。

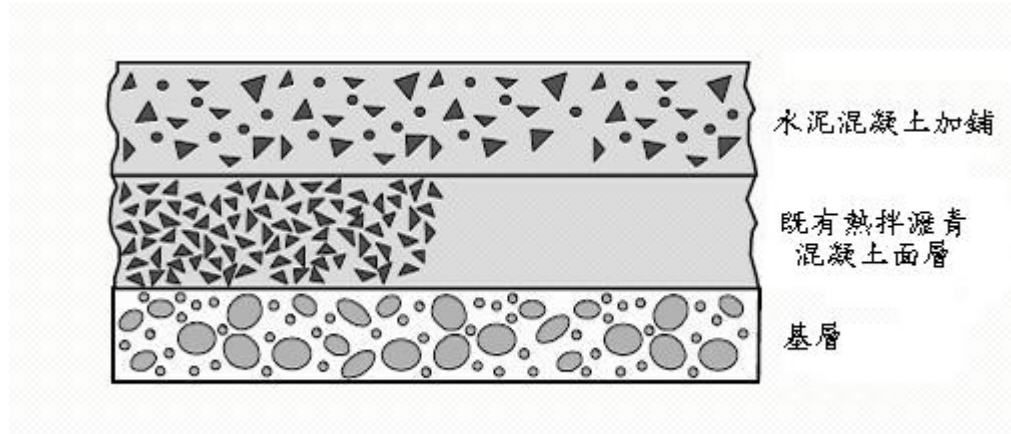


圖 4.11.3 柔性鋪面的混凝土加鋪鋪面（混凝土加鋪鋪面）

超薄混凝土加鋪鋪面(ultra thin whitetopping, UTW)是以一層薄而強度高的水泥混凝土加鋪於既有柔性鋪面，適合用於停車場、住宅區街道和低流量道路(設計交通量小於100萬ESALs)，通常超薄混凝土加鋪鋪面版塊厚小於100mm且標準接縫間距小於2m或更少，在水泥混凝土經常含鋼或合成纖維。超薄混凝土加鋪鋪面的績效成果為何，取決於下層的瀝青混凝土狀態和兩材料間的黏結狀況。

4.11.3 目的和適用情形

各種混凝土加鋪鋪面適宜的修補技術取決於既有鋪面的類型和狀態。一般來說，黏結性混凝土加鋪鋪面最適合於狀況良好的既有剛性鋪面。當既有剛性鋪面因現在或預計的交通荷重需要改善結構時，則加鋪是非常合適的，在既有鋪面用黏結性混凝土加鋪鋪面，可增加整體結構的荷重承載能力。非黏結性混凝土加鋪鋪面最適合於嚴重劣化情況的既有剛性鋪面。在既有鋪面和加鋪鋪面分開，使兩塊版塊能獨自活動，且混凝土加鋪鋪面不會影響下層鋪面的作用及活動。

混凝土加鋪鋪面(混凝土加鋪鋪面於柔性鋪面)對於損壞嚴重的柔性鋪面來說是一項很好的修補選擇，替代移除柔性鋪面及重建的處理作業，都將既有柔性鋪面作為新剛性鋪面的底層。某些加鋪前修補是不能省略的，特別是局部支撐損壞的區域或發生嚴重車轍或推擠的地方。另一方面，某些施工單位在混凝土加鋪作業前不做任何修補，反而假設任何車轍或者低窪地區將填滿混凝土，此時需要在輪跡區提供額外鋪面厚度。

超薄混凝土加鋪鋪面最適合用於易產生嚴重車轍、推擠和坑洞問題的地區道路、十字路口或停車場的柔性鋪面。超薄混凝土加鋪鋪面的鋪築將提供更耐久面層，抵抗造成這些損壞的無形力量。經由刨除和清掃柔性表面，使新混凝土加鋪鋪面和既有熱拌瀝青混凝土鋪面間達到適宜的黏結，讓使超薄混凝土加鋪鋪面發揮應有的績效。雖然瀝青混凝土加鋪鋪面為上述任一情況可以考量的修補方法，但混凝土加鋪鋪面能提供更長服務年限、較少維修和降低未來交通中斷的發生的優點。

4.11.4 使用限制和績效

1.黏結性加鋪

許多黏結性加鋪作業提供好的長期績效，有一些在建造後最初幾年就發生損壞，而這些損壞常以反射裂縫和角隅斷裂為特徵。然而，大多數的損壞歸因於在鋪面過度劣化時才作黏結性加鋪，其它則歸因於加鋪前不適或無效的修補。因此須強調黏結性混凝土加鋪鋪面一定要在鋪面還是好的情況進行，但不是需要額外結構情況。在兩水泥混凝土層間建立有效的黏結，也是黏結性加鋪績效的關鍵，噴風和噴砂是最常使用，噴風能更有效產生紋理面。在某些作業使用冷刨除，但某些工程師認為會在既有剛性鋪面造成微裂縫。

混凝土加鋪鋪面的黏結性主要受建造當時氣候情況很大影響，例如周遭溫度、濕度和風速。如水泥混凝土澆置後的72個小時期間，應力不斷增長，加鋪鋪面與下層鋪面間的分離就有可能發生。國外目前已發展出可預測界面黏結應力和強度的關係，以作為評估加鋪鋪面提早失敗的可能性之參考依據。加鋪時是否需要膠結劑則仍是急待研究之課題。若使用膠結劑時(例如：水泥漿材料)，在鋪築機前澆置膠結劑，且在混凝土加鋪前，因材料膠結劑尚未變乾，可能是其主要問題所在。

2.非黏結性加鋪

一般非黏結性混凝土加鋪鋪面提供好的績效，對於這類型的加鋪，加鋪的績效和功效較少受下層鋪面影響，反而會因加鋪厚度設計而有所影響。某些非黏結性加鋪提供30年或更長的績效。非黏結性剛性鋪面的績效不彰，判斷加鋪績效的不良影響的因素包括：隔離層的厚度不適當、在界面無預期的黏結、支承狀況不一致、荷重傳遞不適當、與不良的排水等因素。

目前的作法是用較厚的隔離層(例如25~50mm熱拌瀝青混凝土)，以確保兩塊版塊能獨自活動。在許多非黏結性加鋪作業時，會有不規則裂縫產生，此通常歸因於使用過大的接縫間距。關於JPCP設計，目前建議在非黏結性混凝土加鋪鋪面最大接縫間距，應限制在版塊厚度的21倍，如下計算公式： $S_{\max} = 21 * t$ ， S_{\max} = 最大的接縫間距(mm)， t = 版塊厚度(mm)。以非黏結性加鋪厚度250mm為例，則接縫間距至少應限制在 $21 * 250 = 5,250\text{mm}$ (5.25m)。JRC非黏結性加鋪的接縫間距，可以與傳統JRC建造相同，但是接縫需錯接。

3.混凝土加鋪(whitetopping)

在損壞的柔性鋪面上使用混凝土加鋪鋪面，國外已有相當多的成功經驗且加鋪數量逐年增加。雖然許多作業太新以致尚無法評估混凝土加鋪鋪面的長期功效，但從使用幾年後之經驗發現都有不錯的績效，此設計的成功歸因於下層的柔性鋪面提供均勻支撐及黏結。超薄混凝土加鋪鋪面(UTW)的績效在國外亦已有相當多成功的經驗。根據國外之經驗顯示，裂縫往往會產生在超薄混凝土加鋪鋪面的起點及終點處，可能是因為黏結不良和車輛衝擊載重所造成。國外已經成功地開發超薄混凝土加鋪設計的基本步驟，其主要的設計考量在決定超薄混凝土加鋪鋪面之角隅頂處和下層的熱拌瀝青混凝土的拉應力。

4.11.5 混凝土加鋪鋪面選擇因素

決定既有鋪面是否適合混凝土加鋪鋪面，必須進行鋪面的詳細評估，藉由鋪面狀況調查，主要分為損壞嚴重程度、範圍和類型。當我們懷疑結構不足時，需透過撓度測試和面層鑽孔試驗，獲得既有鋪面的整體結構和下層狀況等額外資訊。

在選擇混凝土加鋪修補方案前，需徹底檢查鋪面缺失和劣化的原因。在鋪面劣化的範圍，有時選擇重建會比加鋪作業來得更具有成本效益。例如：不良排水、底層或基層支撐為例，不能透過混凝土加鋪作業來改正。同時，當既有混凝土出現嚴重耐久性問題時，重建也可改善此問題。鋪面狀態和最佳修補時間的概念關係如圖4.11.4所示，此圖顯示黏結性加鋪的最多應用在鋪面仍處於好的情況，而非黏結性加鋪則適用於劣化的鋪面。雖然這張圖是在說明剛性鋪面的修補，但此概念同樣也能應用於柔性鋪面。

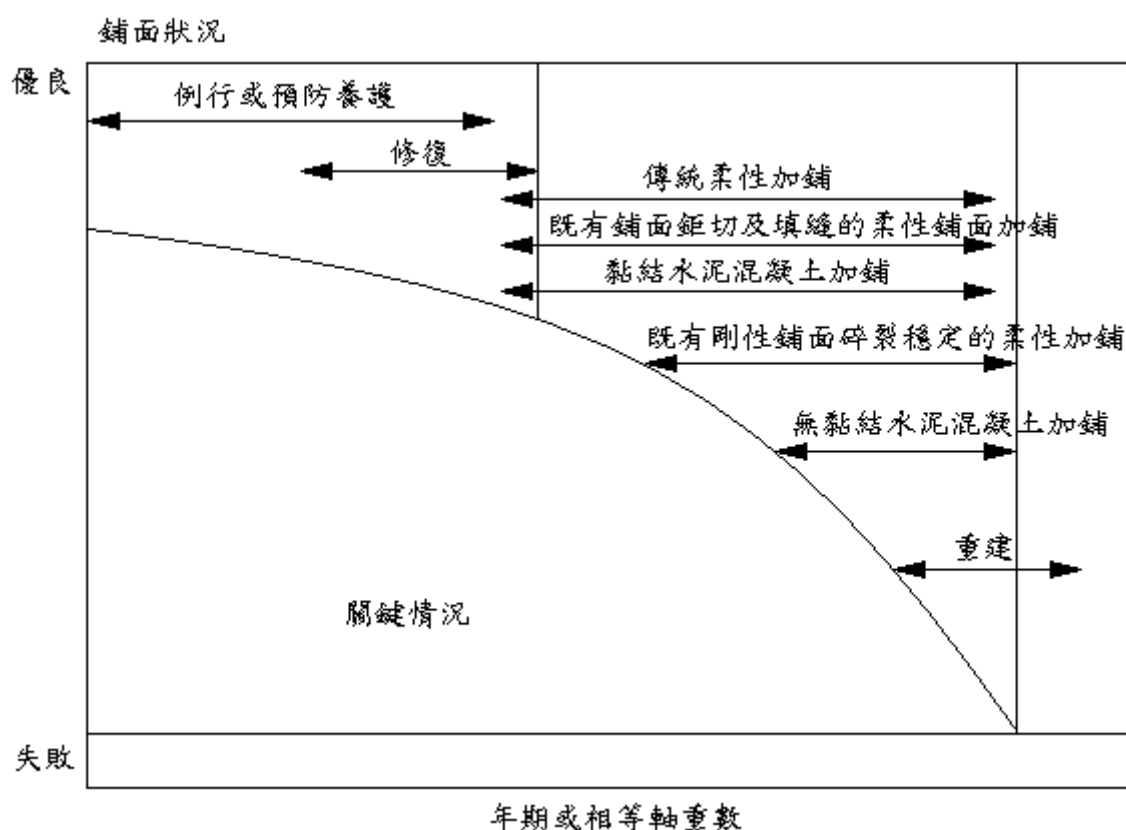


圖 4.11.4 鋪面修補方案的各種工法

假如特殊作業已選擇混凝土加鋪為方案，那麼整體性可行性的評估就顯得重要。決定的關鍵在於建造的可行性、所需的績效期間和可用的資金為基準，這些特性比較如表 4.11.2 所示。

表 4.11.2 混凝土加鋪類型的特性比較

工程項目	評估項目	黏結性加鋪	非黏結性加鋪	柔性鋪面之混凝土加鋪鋪面
施工性	垂直淨空	通常不是問題	可能常常是問題	可能是問題
	交通控制	交通下施工有些困難	交通下施工有些困難	交通下施工有些困難
	施工	1. 需要有訓練的人員 2. 需要特別淨空設備 3. 黏結關鍵的完成 4. 施工經驗限制	不需要特別設備	不需要特別設備
績效週期	既有情況	無耐久性裂縫或大範圍裂縫	可以應用在很損壞的剛性鋪面	可以應用在很損壞的柔性鋪面
	修補範圍	需修補損壞裂縫及接縫	需要很少修補，可以考慮碎裂/破碎穩定	需要很少修補
	結構適宜性	厚度增加提供結構適宜性	實際厚度需提供結構適宜性	實際厚度可能需要結構適宜性
	未來交通	使用於任何交通水準	使用於任何交通水準	使用於任何交通水準
	可靠度	平平的到差（反射裂縫可能是問題）	很好	很好
成本效益	啟始成本	1. 通常相對的高 2. 依據加鋪前修補	較傳統瀝青混凝土加鋪鋪面高	較傳統瀝青混凝土加鋪鋪面高
	壽年成本	有競爭，如未來壽命是真實的	有競爭	有競爭

1.建造的可行性

判斷任何一種修復方案是否可行的第一步在於決定其可建造性。茲將決定建造可行性的主要因素說明如下：

(1)交通管制

一般來說，混凝土加鋪鋪面需有效的交通管制，使用快速鋪築、無淨空鋪築機及獨特的交通管制計劃等，大大提高混凝土加鋪鋪面建設的可行性。此外，當混凝土加鋪鋪面所增加的壽命，可以預料未來交通延遲且或繞路的數量會減少。

(2)可建造性

在黏結性混凝土加鋪鋪面的準備及澆置期間需特別注意，以確保能有好的長期績效。非黏結性混凝土加鋪鋪面和混凝土加鋪鋪面(whitetopping)使用與傳統剛性鋪面鋪築相同之設備和程序。

(3)上部結構垂直淨空和其他表面高程改變之問題

在面層增加額外厚度的所有剛性加鋪類型都有減少上部結構垂直淨空的缺點。然而，為改正相同的缺失，採用不同的加鋪型式可能需要不同厚度。當可能有淨空問題時，則必須在最初設計階段中考量以提供足夠的淨空。可能採取的方式包括：在結構下使用較薄的加鋪鋪面(較不受歡迎)、重建鋪面的加鋪斷面每邊厚度逐漸變少、或既有柔性鋪面刨除額外厚度(混凝土加鋪鋪面)。實際上，很少會有案例將結構物提高，又同時有更高的成本效益的情況。假如沿路上存在有許多高架橋時，增加額外的加鋪厚度可能導致費用過高，使方案無法順利執行。

加鋪車道時同時也需加鋪路肩，然而當路肩狀況良好時就不需要加鋪。加鋪也需要提高護欄和灌注額外的填充材料於鄰近路肩；加鋪也會減少路緣石高度且可能擾亂排水型態。水泥混凝土鑲嵌為一種嶄新的方法，可用於此狀況，刨除或移除既有鋪面且在既有路肩間鋪築新混凝土加鋪鋪面。

2. 績效期間

修補績效期間為開始修復至鋪面將再次要求修補的時間總數。由於困難、危險和成本與關閉車道相關，建議修補需達到某些最小壽命。修補方案的壽命取決於很多因素：既有鋪面的類型和設計、既有鋪面的狀態、適當的結構以承載未來的交通、鋪面結構內的材料劣化、氣候(溫度、水分和凍融循環)、地下排水的適當、膨脹的土壤或凍融的隆脹、與修補作業範圍。

加鋪前修補作業的範圍為可影響加鋪績效的重要因素之一；另一個可能影響加鋪鋪面績效的因素為反射裂縫的產生，由於既有鋪面下層的裂縫和接縫產生水平和垂直位移，而在加鋪面產生反射裂縫，在黏結性混凝土加鋪鋪面會是個嚴重的問題，但通常在非黏結性混凝土加鋪鋪面並不是一個問題。目前防止或控制反射裂縫的方法，將在瀝青混凝土加鋪鋪面中詳細討論。對於混凝土加鋪鋪面來說，控制反射裂縫最好的方式為，選擇加鋪類型和接縫；另外，也可在既有鋪面的接縫和裂縫裝置荷重傳遞設施，因而減少加鋪鋪面下層的垂直位移。

3. 資金

如果預測的績效期間和可靠性是可被接受時，需從加鋪鋪面最初建設開始估計費用，以確保加鋪作業有足夠的資金可使用。若是如此，需比較所有可行方案的生命週期成本，以找出最好的成本效益方案。

4.11.6 混凝土加鋪鋪面設計原則

1. 版塊厚度設計

對於混凝土加鋪設計程序目前尚未被普遍地接受，茲將常見的加鋪設計方法簡要描述如下。加鋪厚度設計程序，無論是假設加鋪前有足夠的修補、控制反射裂縫，或考慮允許不同程度的修補。如果加鋪前和控制反射裂縫處理不適當時，則加鋪鋪面將可能提早失敗且無法提供需要的結構服務。施工單位在校驗或修改設計步驟需視當地狀況而定。

(1)工程判別法

許多施工單位信賴工程師經驗和判斷來決定所需的加鋪厚度和黏結狀況。某些施工單位會監視先前加鋪的績效，且能判斷如何選擇加鋪類型。但此方法會有明顯的缺失，因為很少工程師有足夠經驗，在已知的交通和設計年限來判定需要加鋪的厚度。

(2)結構的不足

在結構不足的地方加鋪設計為，需要的加鋪厚度須等於新鋪面的結構能力和既有鋪面結構能力間的差距。有差距代表理論的結構不足，需用加鋪來符合要求。如果兩鋪面結構都是混凝土構成，那麼差距則是混凝土的厚度。如果不是，須使用等值因子將既有熱拌瀝青混凝土厚度轉換成水泥混凝土的等值厚度。到目前為止加鋪設計最常見的方法，可以用下列數學式表示：

$SC_{OL} = SC_f - SC_{eff}$ ， SC_{OL} =混凝土加鋪需要的結構能力。 SC_f =新剛性鋪面的結構能力。 SC_{eff} =既有鋪面的有效結構能力。假設既有剛性鋪面設計黏結性混凝土加鋪鋪面為例，當既有混凝土鋪面的有效結構為175mm，新建造剛性鋪面交通承載力為275mm，則需要混凝土加鋪鋪面厚度為 $(275 - 175) = 100\text{mm}$ 。

(3)力學疲勞損害的方法

加鋪設計中的力學疲勞損害方法基本概念，需要加鋪厚度為加鋪時將限制疲勞損害或者既有鋪面在整個設計期間為可接受程度。既有鋪面和加鋪鋪面可用版塊理論模式或有限元素分析來模擬。加鋪鋪面預期的疲勞損害數量，主要取決於試用的加鋪厚度和預期荷重重複的數量而定。既有鋪面預期總疲勞損害，不僅取決於這些因素，且包括加鋪前所累積的過去疲勞損害。不管疲勞損害在加鋪鋪面上或是在現有鋪面內，設計時應取決於加鋪類型和現有鋪面的類型。在混凝土加鋪設計的力學疲勞損害方法，目前為止使用有限，並沒有現場績效數據的可廣泛驗證，其主要的限制在於它只考慮一種損壞類型(疲勞裂縫)。

2.其他設計考量

在混凝土加鋪設計，除考慮版塊厚度外，還有很多其他因素，包括黏結狀態、排水、鋼筋和接縫設計。簡短討論如後所述：

(1)黏結狀態

在混凝土加鋪鋪面和下層鋪面間的黏結狀態對績效影響極大。黏結性加鋪係依據兩層間有很強的黏結而表現出的整體行為之假設來設計，如果無法達成這樣的黏結時將使鋪面產生裂縫。根據過去經驗，噴砂作業(sandblasting)可以為黏結性混凝土加鋪鋪面，提供非常有效的表面紋理。

雖然混凝土加鋪鋪面一般設計假設為非黏結狀況，在混凝土加鋪鋪面和柔性鋪面間產生某些黏結，有助於加鋪的績效，特別是對於超薄混凝土加鋪鋪面而言。在非黏結性混凝土加鋪鋪面時，為了防止產生反射裂縫，需要在兩層之間鋪上隔離層。

(2)排水

對於任何鋪面結構而言，排水系統是很重要，以確保混凝土加鋪鋪面能達到設計壽命。如果不良排水狀況會加速既有鋪面的劣化，直接加鋪將無法有效改善此問題。大多數的加鋪設計程序都假設既有鋪面有好的排水。

在評估鋪面的部分過程，必須適時進行徹底的排水調查，以分辨與排水有關的損壞，在加鋪設計過程中針對這些損壞找出解決方案。當有限制條件時，在鋪面上可考慮增設邊緣排水系統，並建立適當的排水溝渠，做為加鋪工程上改善排水的方法。關於非黏結性混凝土加鋪鋪面，有些施工單位在中間層鋪上開放級配，作為排水效果。

(3)鋼筋

縱向佈設鋼筋是置放在JRCP及CRCP加鋪鋪面上，此設計目的在於幫助控制橫向裂縫。這些加鋪類型的鋼筋設計與傳統鋼筋設計相同，JRCP及CRCP建議最小鋼筋含量為0.1%和0.6%。JRCP的鋼筋含量在0.1~0.25%範圍，CRCP為0.65~0.85%間。另外，應提供足夠的版塊厚度，以確保最小鋼筋保護層為75mm。

(4)接縫設計

對於混凝土加鋪鋪面來說，接縫位置有助於黏結的功能；在黏結性混凝土加鋪鋪面，為了防止產生反射裂縫，加鋪鋪面的接縫必須與下層剛性鋪面相容。建議鋸切深度需穿過黏結性加鋪鋪面的整個厚度，以防止壓應力的增加及產生任何二次裂縫。在非黏結性混凝土加鋪鋪面的接縫通常以大約0.6~0.9m錯接，為了提供混凝土加鋪鋪面接縫下面局部支撐區域。一般建議加鋪鋪面上的接縫位置宜靠近現有鋪面的接縫，以避免唧水現象的產生。如先前討論，JPCP的最大接縫間距，應少於版塊厚度的21倍。混凝土加鋪鋪面的接縫間距與一般水泥混凝土的接縫間距相同。就超薄混凝土加鋪鋪面而言，目前建議接縫最大間距為1.2m*1.2m。除了低流量車道外，在多數的混凝土加鋪鋪面，一般推薦力學荷重傳遞設施(綴縫筋)。在黏結性加鋪設計時，若根據版塊厚度來決定綴縫筋之使用，通常較不符實際。若荷重傳遞相當重要時，建議可在既有剛性鋪面的裂縫和接縫設置補強的荷重傳遞設施。

3.建造

雖然傳統水泥混凝土鋪築方法用於多數的混凝土加鋪鋪面，但每個加鋪鋪面都有獨特的施工要求，而混凝土加鋪的適當設計和建設指南應可以諮詢額外資訊。

4.11.7 加鋪前處理和修補

在加鋪混凝土鋪面前，鋪面修補和處理數量可能為影響加鋪鋪面未來績效的主要因素，特別是對於黏結性混凝土加鋪鋪面而言。在既有鋪面需謹慎決定需要加鋪前修復的數量和類型，考量下列因素：

- a.加鋪的類型。
- b.適合既有鋪面的結構。
- c.既有鋪面出現的損壞類型。
- d.未來的交通荷重。
- e.實質限制，例如交通管制。
- f.整體成本(加鋪前修補和加鋪鋪面)。

根據混凝土加鋪類型，加鋪前處理和修補的數量，也需一併列入加鋪設計部分。然而，對於特定的應用，有關加鋪前修補的數量必須加以評估，以確保過度的修補而無法執行。例如，如果仔細考慮黏結性混凝土加鋪鋪面，在加鋪前修補的有效數量需達到可接受的程度時，則既有鋪面可能較適合於非黏結性混凝土加鋪鋪面。下列為各種混凝土加鋪類型：

1.黏結性混凝土加鋪

- a.全厚度修補劣化嚴重的接縫。
- b.荷重傳遞修復或者全厚度修補於活動裂縫(緊閉裂縫不管)
- c.刨磨次要的接縫高差和可能版塊穩定。
- d.縱向裂縫的橫向連結(如果為活動裂縫)。

2.非黏結性混凝土加鋪

- a.全厚度修補劣化嚴重的接縫和裂縫。
- b.刨除接縫高差大於6mm。
- c.穿裂的全厚度修補。
- d.既有剛性鋪面的裂縫/破碎穩定工法，以提供更多均勻支撐。

3.混凝土加鋪

- a.修補局部失敗的區域。
- b.冷刨除修復縱坡且移除車轍/推擠。
- c.整平鋪面為鋪築作業產生均勻表面。

黏結性混凝土加鋪鋪面的主要設計關鍵和控制反射裂縫的訊息在瀝青混凝土加鋪鋪面中詳細介紹。

4.12 瀝青混凝土加鋪鋪面

4.12.1 說明

以加鋪鋪面(overlays)來改善鋪面既有之缺失，並同時增加鋪面結構能力，常是最受歡迎且符合成本效益的維修補強方法之一。雖然，以熱拌瀝青混凝土(hot-mix asphalt concrete, HMA)來加鋪現有鋪面(asphalt concrete overlays)常是最受歡迎且符合成本效益的維修補強方法之一。然而，熱拌瀝青混凝土(hot-mix asphalt concrete, HMA)加鋪鋪面不能提供績效和服務年限需要的標準，主要因素包括：不正確選擇熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面作為適宜修補方法、選擇錯誤的加鋪類型、不適當的加鋪厚度設計、拌合設計及接縫設計、劣化區加鋪前的修補不足、與缺少控制反射裂縫的考慮。

在選擇最適當的表面處理方案，為既有鋪面作加鋪準備決定加鋪前需要的修補類型，既有鋪面狀況的實際評估是關鍵，正確地判別加鋪需要是重要的。在特殊問題應用最小加鋪厚度，像是輪跡的磨損或磨光，加鋪設計也是很重要的。在想要用表面處理增加既有鋪面的結構能力，需要更詳細的厚度設計程序。在柔性鋪面的熱拌瀝青混凝土加鋪設計工法的探討，建議工程師應將鋪面調查和評估結果使用在加鋪設計作業中。

4.12.2 定義

熱拌瀝青混凝土加鋪與既有剛性鋪面的功能或結構改善需鋪築熱拌瀝青混合物相關。熱拌瀝青混凝土的使用，表示在設備生產的高品質瀝青拌合物，經配比、混和、粒料和瀝青加熱等生產符合作業需要的材料。其他瀝青拌合物(例如片密封)的使用在符合於某些功能不足，但熱拌瀝青混凝土材料是較多方面適用的，所選擇的材料是滿足結構不足。

剛性鋪面的功能或結構不足的發展，是考量熱拌瀝青混凝土加鋪的理由。為了定義用途，鋪面的功能不足與無能力提供旅行大眾的安全及舒適行車有關，既有剛性鋪面的功能不足範例包括：輪跡表面的磨光導致鋪面摩擦力減少、與荷重無關導致的損壞如接縫碎裂、不適當的橫向坡度導致差的表面排水、與因鋪面紋理導致超過噪音標準。結構不足與鋪面不適當承擔現在及未來交通荷重有關，剛性鋪面結構不足(損壞)範例包括：反射裂縫劣化、角隅斷裂、橫向活動裂縫、版塊嚴重破損、及損壞修補等。

4.12.3 目的和適用情形

熱拌瀝青混凝土加鋪能用來提升鋪面功能性和結構性的績效，許多功能性不足可用部份及全部非結構性加鋪來改正，像是薄層熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面，使用表面處理以滿足剛性鋪面的功能性不足之問題。選擇適當的修補方案通常須區分其為結構性或非結構性加鋪。薄層加鋪可以成功用於修補鋪面出現上述列舉的功能不足，然而鋪面是結構不足則不應考量薄層加鋪。

如鋪面歷經結構損壞是結構不足，當非破壞檢測指出存在結構不足，或者當預測未來交通荷重超過設計標準。存在明顯數量的結構損壞存在，表示鋪面已達到或超過結構能力。改正鋪面結構不足所作的加鋪，須滿足鋪面結構劣化的起因，及能夠提供足夠強度抵抗未來交通和環境荷重所產生的進一步劣化。當大規模損壞存在時，就應該進行鋪面結構評估來決定結構不足的範圍。

4.12.4 熱拌瀝青混凝土加鋪

儘管黏結層或面層的混合物類型因管理單位不同而異，加鋪最普遍的類型是鋪築密級配熱拌瀝青混凝土。根據既有鋪面的問題和加鋪目的，熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面厚度可以變動相當多。以熱拌瀝青混凝土加鋪改善功能不足為例，用代表性的最小厚度加鋪；也就是說，鋪築最小厚度實際是已知設備的限制、粗骨材尺寸及計畫交通荷重等項，一般最小加鋪厚度範圍約為25~100mm。

熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面用於滿足結構不足比代表性的功能性加鋪為厚，但根據既有鋪面狀況和計畫交通量而變動。結構性熱拌瀝青加鋪厚度是最多加鋪設計法的主要成果，最多公路應用的加鋪厚度範圍約為75~200mm。

4.12.5 加鋪選擇的因素

在選擇加鋪為有資格的修補方案前，須進行鋪面缺失和劣化起因的徹底檢查。當鋪面劣化範圍能用重鋪比進行厚加鋪更有成本效益是個要點，以排水不佳和不良基層或底層支承不能藉由進行單獨加鋪來改善為例，同樣地當混凝土有嚴重耐久性問題時，重鋪可能是需要的方案，鋪面狀況與最佳修補需要間的概念關係如圖4.12.1所示。一般而言，熱拌瀝青混凝土是位於選擇的中間範圍，在採用鋪面修復技術後及非黏結性混凝土加鋪及重鋪前，曾成功地使用熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面於已破碎或碎化的最劣化剛性鋪面上。

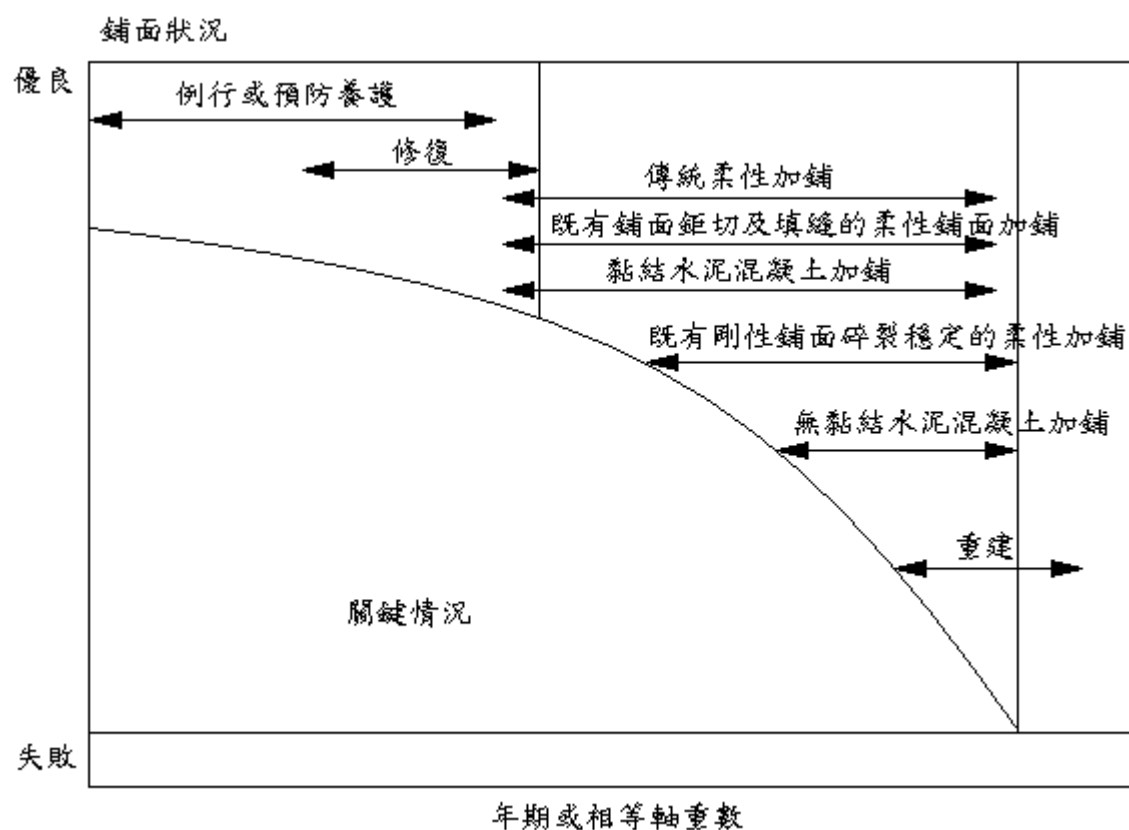


圖 4.12.1 選擇維修方案的概念關係

當選定加鋪為可行的方案後，須再比較各種加鋪類型包括在特殊情況下之建造可行性、績效週期、及成本效益等之特性，如表4.12.1所示。

1.建造可行性

表 4.12.1 熱拌瀝青混凝土加鋪的特性比較

工程項目	評估項目	熱拌瀝青混凝土加鋪於水泥混凝土	熱拌瀝青混凝土加鋪於碎化水泥混凝土	熱拌瀝青混凝土加鋪於破碎穩定水泥混凝土	熱拌瀝青混凝土加鋪於鋸縫及填縫的水泥混凝土
施工性	垂直淨空	需要厚度可能出現問題	需要厚度通常是問題	需要厚度通常是問題	需要厚度可能出現問題
	交通控制	1.交通下施工無困難 2.可以快速開放通車	1.交通下施工無困難 2.可以快速開放通車 3.破碎作業需要額外時間	1.交通下施工無困難 2.可以快速開放通車 3.破碎作業需要額外時間	1.交通下施工無困難 2.可以快速開放通車 3.接縫鋸切需要額外時間
	施工	1.一般維修程序 2.熱拌瀝青混凝土設計及密度標準	1.碎化建議用特殊設備 2.熱拌瀝青混凝土設計及密度標準	1.充分地破碎既有版塊有些困難 2.熱拌瀝青混凝土設計及密度標準	1.接縫需鋸切很正確，除接縫以外一般維修程序 2.熱拌瀝青混凝土設計及密度標準
績效週期	既有情況	更多損壞呈現，已知績效週期需較厚加鋪	可以應用於更多損壞水泥混凝土鋪面	可以應用於更多損壞水泥混凝土鋪面	更多損壞呈現，已知績效週期需較厚加鋪
	修補範圍	需修補損壞裂縫及接縫與恢復荷重傳遞	需要很少修補	需修補嚴重損壞裂縫及接縫(用熱拌瀝青混凝土)	需修補損壞裂縫及接縫與恢復荷重傳遞
	結構適宜性	提供結構適宜性厚度可以增加，然而可能是重要的	厚度可能是重要的，事實上由於在粒料底層重建熱拌瀝青混凝土的	1.結構整體性降低由輕微至嚴重 2.提供結構適宜性厚度可以增加	提供結構適宜性厚度可以增加，然而可能是重要的
	未來交通	高交通水準可能導致永久變形	高交通水準可能導致永久變形	高交通水準可能導致永久變形	高交通水準可能導致永久變形
	可靠度	平平(反射裂縫及永久變形可能是問題)	平平到好(永久變形可能是問題)	平平到差(反射裂縫及永久變形可能是問題)	好(永久變形可能是問題)
成本效益	起始成本	大大地依據加鋪前修補	比熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面高，由於碎化及較厚加鋪需要	比熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面高，由於碎裂穩定及較厚加鋪需要	1.比熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面高，由於接縫鋸切 2.大大地依據加鋪前修補
	壽年成本	有競爭，如未來壽命是真實的	無競爭，除非加鋪前成本降低抵銷碎化及較厚加鋪成本	無競爭，除非加鋪前成本降低抵銷碎裂穩定及較厚加鋪成本	有競爭，如未來壽命是真實的比傳統熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面大

(1)交通控制

熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面建造的交通控制延遲比多數其他修補較短，因為每次加鋪能輕易的在一個車道建造，作業能比水泥混凝土加鋪或其他修補較快開放通車。在高交通量的道路，有最少封閉及作業分解轉換成合理成本節省和降低使用者延遲的能力。然而，方案設計間的比較應以生命週期成本為基準，雖然已知方案可能有較低初期成本和較少封閉時間，當所有成本和延遲經過分析週期的考量，不可能一直為最佳方案。

(2)可建造性

傳統熱拌瀝青混凝土加鋪是個普通的修補步驟，因此不需特別的建造考慮。可建造性主要討論課題在於不同反射裂縫的控制。

(3)高架垂直淨空和其他面層高程改變問題

任何加鋪會因面層增加厚度而減少高架淨空的效果，當可能為淨空問題時，在最初設計期間應該考慮及各階段要做到提供適當的淨空。在結構下使用較薄的加鋪厚度(不受歡迎)，或者直接在結構下重鋪重疊路段每側使用漸變厚度，可以達到目的。提高結構可能較有成本效益，是少見的實例。如許多高架橋沿著作業路段存在，厚加鋪可能導致過高的高成本。

加鋪車道同樣需加鋪路肩，路肩在好的狀況就不需要加鋪。加鋪可能同樣需要提高護欄和鄰近路肩灌注額外的填充材料。加鋪也會減少路緣石高度且可能擾亂排水型態。一種革新方法用於此狀況就是鑲嵌，刨除或移除既有鋪面(但不是路肩)且在路肩間鋪築新熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面。

2.績效週期

根據美國州公路暨運輸官員協會指引定義修補績效週期，為一個修復將持續至鋪面將再次要求某種類型修補的時間總數。由於困難、危險和成本與關閉車道相關，建議的修補需達到某些最小壽年。熱拌瀝青混凝土加鋪的壽年取決於很多因素：下層剛性鋪面的狀況、結構的適當、鋪面結構內的材料劣化、氣候(氣溫、水份、凍融循環)、地下排水的適當、與膨脹土壤的存在。

影響既有剛性鋪面的熱拌瀝青混凝土加鋪績效最主要因素是反射裂縫，當反射裂縫不是問題時，績效將由永久變形和老化等控制。試圖規定熱拌瀝青混凝土加鋪的標準績效週期是無此要點，由於依據許多因素而定。即使管理單位的鋪面管理系統有這樣資訊可利用，任何作業績效應該以實際或者預期的現場情況為基準，而不是某些平均結果。

(1)永久變形

永久變形或車轍可能發生在熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面，有時會在加鋪鋪面建造的最初幾年內產生。當以較厚之熱拌瀝青混凝土加鋪時，由於軸重、交通量及胎壓增加等因素，使增加車轍可能變成主要的問題。為減少車轍改進拌合設計和建造是必需的，考量降低車轍的關鍵因素，尤其包括粗細骨材的不規則形狀、抵抗車轍的拌合設計、被提議的現場夯實效果、瀝青含量、級配和容積特性等項。

石膠泥瀝青混凝土的實驗結果，由於拌合物有較大百分比優良粗骨材，確保骨材間的接觸，聲稱可提高車轍抵抗。石膠泥瀝青混凝土拌合物有較高比例的瀝青、礦物填充料、細骨材及穩定劑，以防止瀝青混凝土排水。此外，石膠泥瀝青混凝土提供高抗磨損和好的耐久性風評。

4.12.6 加鋪前的處理和修補

加鋪前處理和修補的確定數量，應該當作熱拌瀝青混凝土結構性加鋪設計的一部份來進行，在既有剛性鋪面修補損壞和衰弱區，否則為加鋪提早失敗的起因。

加鋪前處理數量和加鋪需要的結構厚度(及從此時起成本)兩者間存在取捨關係。也就是說，當進行較多加鋪前的處理，則加鋪厚度就降低。然而，在加鋪前修補的每個處理達到某些程度後，則加鋪厚度降低普遍趨於緩和。另一方面，因為增加成本和厚加鋪的相關問題(例如橋樑淨空及潛在的車轍)，鋪築較厚的熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面不作任何加鋪前修補/處理是普遍不可行。

可用於既有剛性鋪面的加鋪前技術，包括全厚度修補、底層灌漿、荷重傳遞修復及增設地下排水，加鋪前處理的適用性描述於后。

1.剛性鋪面底面支承的修復

當剛性鋪面版的角隅或接縫下層存在喪失支承時，角隅撓度將比正常情況較高。喪失支承通常與超額水量及侵蝕問題有關，這會引導熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面的快速變形和反射裂縫的形成。當鋪面出現喪失支承時，應該考慮用鋪面排水移除水份和經由版塊穩定修復支承，加鋪結構稍微滿足喪失支承的問題。

2.穿越橫向接縫和裂縫的荷重傳遞修復

許多橫向接縫和裂縫從接縫一邊或裂縫間失去傳遞荷重的能力，這是接縫和裂縫兩側間有大差異撓度所導致的結果，以致於只有小部分作用荷重可以傳遞至另一側。在既有鋪面喪失荷重傳遞將導致熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面或非黏結性混凝土加鋪鋪面的裂縫劣化。這個問題有兩個解決方法，一個是接縫或裂縫的全厚度修補及橫向接縫設置縱縫筋規定，另一個是用傳遞荷重修復恢復荷重傳遞穿越接縫或裂縫。

3.排水修改

不管是面層或地下層，有一因素應該一直滿足加鋪設計就是排水。如既有鋪面的劣化歸因於不良排水狀況所貢獻，增加加鋪不會改正此問題。多數加鋪設計程序都假設既有鋪面有好的排水，因此一直建議進行徹底排水調查，以分辨與排水有關的損壞及提出滿足這些損壞的解決方案，是加鋪設計作業的一部份。改善不良地下排水對加鋪績效會是有利的效果，從鋪面橫斷面排除多餘水，將降低路基和底層的侵蝕及增加強度，連帶會減少撓度。此外，熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面的剝落和下層剛性鋪面的耐久性裂縫因鋪面改善排水而可能遲緩。

4.12.7 剛性鋪面加鋪熱拌瀝青混凝土設計

加鋪設計程序不普遍被接受，但三個加鋪設計的主要方法討論於后。加鋪厚度設計程序不是假設適當的加鋪前修補和反射裂縫控制作業已進行，就是允許考慮不同程度的修補，剛性鋪面在差的狀況同樣可以利用碎裂版塊技術。如加鋪前及反射裂縫控制處理不適當時，則加鋪很可能會提早失敗，且無法提供所需要的結構服務。

1. 工程判別

許多管理單位信賴工程師經驗和判斷來決定需要的加鋪厚度。某些管理單位會監視先前加鋪的績效，且獲得近似估計如何選擇可執行的標準加鋪，在剛性鋪面的熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面特別真實。工程判別應用範例是標準加鋪規範，例如某等級道路用50mm熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面，其他等級用76mm熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面等等。這些加鋪可以應用在某些時期或當特殊損壞開始出現時，此方法有明顯的缺失，因為在已知交通量和設計年限，極少數工程師有足夠經驗來決定所需要的加鋪厚度。強烈建議加鋪設計程序的發展依分量考慮重要設計因素，然而工程判別經常使用在改善功能不足的設計加鋪。

2. 結構性缺失

結構不足加鋪設計方法的基本概念，就是加鋪的需要等於新鋪面以先前情況設計的結構能力和既有鋪面結構能力間的差距，結構的差異代表理論結構不足，需由加鋪來提供。如既有鋪面和加鋪鋪面是由相同材料構成，結構能力差異直接代表混凝土或瀝青需要的厚度。然而，熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面等值因子須用以轉換不同材料成為一種材料，或鋪面的結構數(structural number)。結構不足方法顯然是加鋪設計最普遍的方法，這個程序與評估既有鋪面或鋪面有效結構能力(使用目視和材料試驗、非破壞檢測或殘餘壽年程序)和減去新鋪面需要的結構能力有關，設計可靠度以正確決定既有鋪面有效結構能力的專門技能為基準。

3.力學疲勞損害方法

加鋪設計的力學疲勞損害的方法基本概念，設計加鋪厚度是限制加鋪的疲勞損害或既有鋪面在設計週期的可接受程度之一。既有鋪面或加鋪鋪面依適當鋪面類型或加鋪類型，可以用彈性層理論、版理論或有限元素分析來模擬。加鋪鋪面預期的疲勞損害數量，主要依據試用的加鋪厚度和預期荷重重複的數量而定。既有鋪面預期總疲勞損害不只依據這些因素，但同樣要加鋪前所累積過去的疲勞損害。無論是加鋪鋪面或既有鋪面的疲勞損害，控制設計應該依據加鋪類型及既有鋪面類型而定。

加鋪設計的疲勞損害程序已發展，然而，當與主要荷重有關的失敗不是車轍就是反射裂縫，這些程序不廣泛應用在剛性鋪面的熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面。開發力學基準方法需考量因為水平和垂直不同移動所發展的潛在反射裂縫，熱拌瀝青混凝土的累積疲勞損害可能因同樣多的環境荷重及車輛引起垂直移動，這個力學方法類型是剛性鋪面的熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面所需要的。

4.12.8 影響裂縫擴展的因素

反射裂縫出現在加鋪面層位於下層鋪面接縫或裂縫上方。反射裂縫幾乎出現在所有加鋪類型，但在柔性鋪面有熱裂縫的熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面和剛性鋪面的熱拌瀝青混凝土加鋪鋪面是最經常的問題。雖然嘗試發展綜合設計程序來改善反射裂縫問題，確定無程序受到廣泛接受。

反射裂縫是下層鋪面在接縫及裂縫的及水平和垂直移動使加鋪產生高應力集中的結果，在接縫及裂縫這些移動的起因包括低溫及交通荷重。低溫造成下層鋪面收縮，增大接縫和裂縫的間隙，在基部鋪面的水平移動使加鋪產生張應力。此外，當加鋪材料在低溫的反應同樣是收縮，則加鋪易受進一步張應力的支配，如圖4.12.2所示。

交通荷重產生完全不一樣的移動類型如圖4.12.3所示。車輛通過接縫或活動裂縫在加鋪產生剪力及彎曲應力造成不同垂直撓度。由移動輪荷重產生三個明顯的荷重跳動：當輪荷重靠近裂縫，位於裂縫上的加鋪剪應力會達到最大值如同A點。當輪直接位於裂縫上，會發生最大彎曲應力如同B點說明。當車輪通過裂縫，反方向的第二最大剪力會

發生如同C點說明。交通荷重產生的應力比溫度應力更常發生，除不良荷重傳遞存在外，代表性的應力值非常較小。在較差的荷重傳遞較多裂縫會立即穿過加鋪反射，及會變成較嚴重的劣化。加鋪前後評估預期撓度是關鍵，因為最多成本效益的修補和重鋪方法可能被採用。

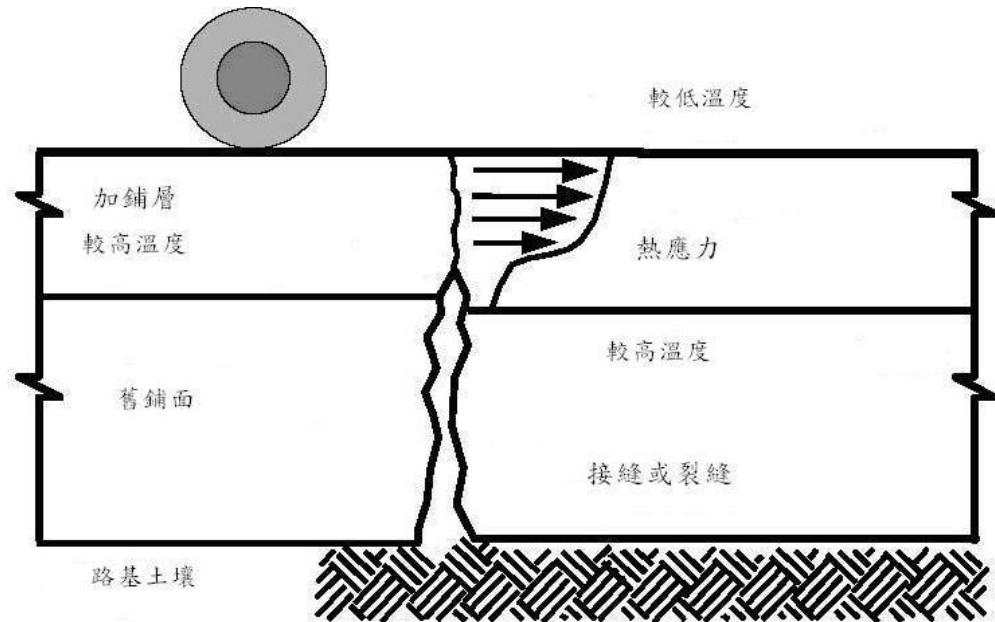


圖 4.12.2 加鋪鋪面因低溫引起的應力

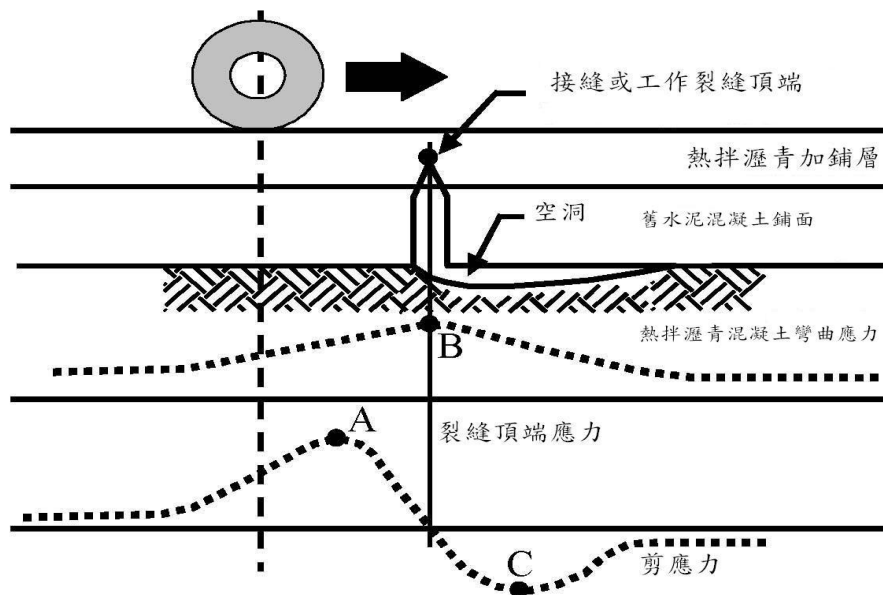


圖 4.12.3 由於移動荷重造成熱拌瀝青混凝土內的剪應力及彎曲應力

由溫度和荷重兩者引起的反射裂縫，初期裂縫通常從加鋪鋪面底部開始。每個溫度週期和交通荷重引起損害的貢獻，進一步使加鋪鋪面的反射裂縫擴展。不同類型的水平和垂直移動對裂縫擴展不相等，而移動數量在預測反射裂縫比率不是關鍵。對於每種荷重損害的影響需要進一步研究，許多現今已經知道資料可以應用在這個問題。消除反射裂縫的關鍵，就是消除加鋪鋪面在既有接縫和裂縫產生的變形和應力。然而至今要完全消除這些變形和應力是很不可能，最多可以達到就是降低反射裂縫出現比例和嚴重程度，這就是鼓勵加鋪前修補及使用不同加鋪處理的主要理由。

4.12.9 反射裂縫相關的設計課題

反射裂縫引導面層水增加滲入鋪面系統，隨著使支撐層變弱。反射裂縫會同時劣化及碎裂，降低鋪面的服務能力。關於反射裂縫的設計課題考量下列因素：穿越加鋪鋪面的反射裂縫比率、裂縫發生後的裂縫劣化數量和比率、與經裂縫可以滲入的水量。

同時上述每個因素是重要的，第二因素是滿足最多的成本效益。如裂縫嚴重程度可以限制，裂縫填縫是較容易且裂縫劣化產生的粗糙和坑洞就大大降低。

4.12.10 降低反射裂縫嚴重程度的方法

為了降低反射裂縫比率或嚴重程度已試用一些技術，可以聚集成下列種類：地工織物、應力釋放層、裂縫阻止層、加鋪前處理、版塊修補和置換、反射裂縫嚴重程度控制、與增加加鋪厚度。這些處理的成功某種程度在於方法績效如何量測，有些人認為只要裂縫根本不出現，則任何企圖減緩反射裂縫是成功的。以其他方式看這類處理不在於允許裂縫出現，但同樣是：這些處理可以阻止反射裂縫的發生？當裂縫發生，這些處理可以控制裂縫嚴重程度？這些處理可以提供其他優勢，像是減少加鋪厚度或增加鋪面防水能力？

後者是較少收斂性的規定，或許應作為量測降低反應裂縫嚴重程度方法的效用，提供這樣量測可以同時顯示成本效益。

1.地工織物

織布或不織布以聚丙烯、聚酯、玻璃纖維、尼龍或這些材料組成等製成的織布或不織布，已用於熱拌瀝青混凝土加鋪的加勁層。這些織物的目的就是完全地抵抗加鋪的裂縫形成和下層鋪面裂縫及接縫的間隙。多數代表性織物處理是直接安置於鋪面，在既有鋪面面層依照黏層的應用。在織物滾壓或推入黏層後，加鋪鋪築於織物頂上。然而，當織物安置於加鋪內時達到最好結果，最小加鋪厚度約76mm，需要熱拌瀝青混凝土的二次鋪築，此概念如圖4.12.4所示。整平層表面須是無污染的，降低潛在的織物起皺摺。黏層的少量施用應該用於整平層和當織物等兩者安置時，面層應直接鋪設在織物上及壓實。

織物的專門技能依預防反射裂縫而變動，雖然某些反射裂縫降低的普遍風評是在初期開始，當在接縫或裂縫出現真實水平或不同垂直移動，則處理的成本效益還是問題。織物能提供反射裂縫控制，等於近似30.5mm厚的額外熱拌瀝青混凝土(或少於1年的延遲)，但不能預防反射裂縫發生。在溫暖及溫和氣候及較小水平移動情況，織物防止縱向接縫的反射裂縫更有效。

當既有接縫或裂縫經歷大的水平或垂直移動，裂縫易於透過織物反射，抵消織物效果。如織物沒有破裂，雖然加鋪有裂縫會提供某些程度的防水作用，然而長期績效沒有證實。當熱拌瀝青混凝土層使用織物的其他考量，由於織物的存在未來再生作業可能不實用。當作業含有織物開始需要修補時，再生瀝青鋪面內的織物影響是需要進一步研究的區域。

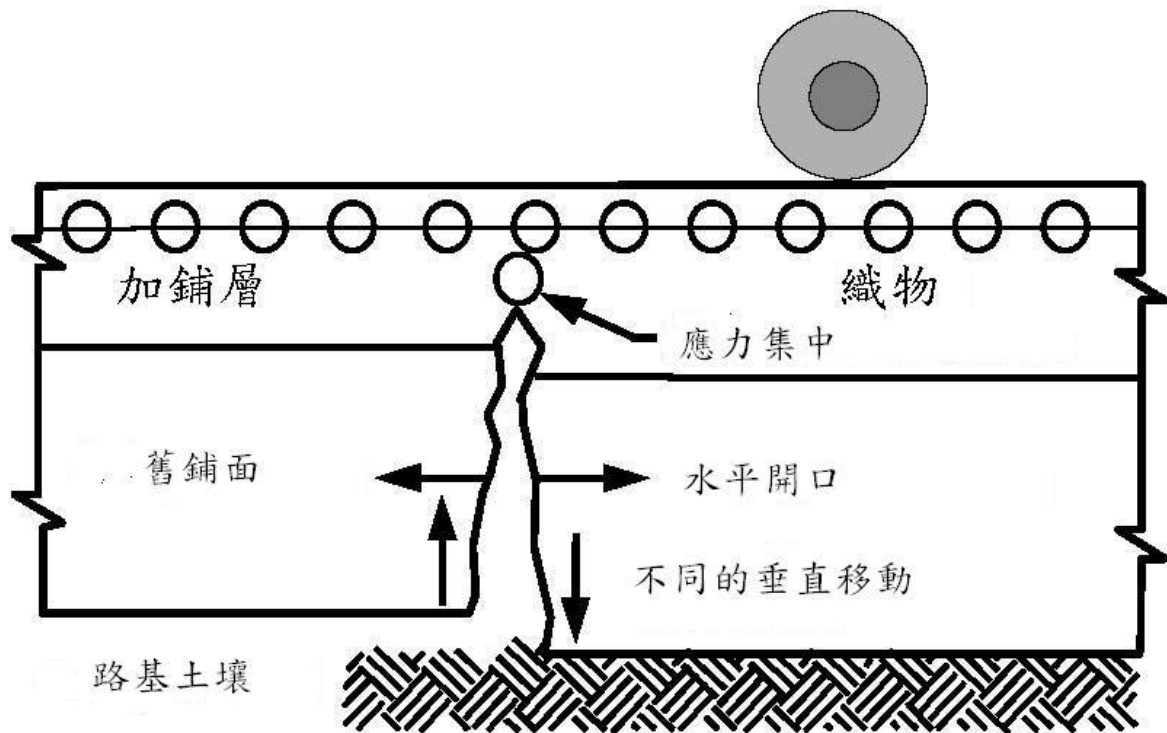


圖 4.12.4 土工織物的正確設置

2. 應力釋放層(stress-relieving interlayer)

在加鋪鋪面產生應力前，應力釋放層消除在接縫或裂縫發展的移動和應力。這些裝置普遍包含橡膠或聚合物改質瀝青作為應力釋放材料，且可以直接在原始鋪面面層上建造，或透過特殊材料的使用起作用。建造應力釋放層與在既有接縫和裂縫噴灑橡膠瀝青作業有關，隨後進行骨材碎片配置及穩定。這類型處理通常是依據應力吸收膜層(stress-absorbing membrane interlayer, SAMI)，其厚度可能達到13mm，說明如圖4.12.5所示。在國外加鋪熱拌瀝青混凝土案例中，採用SAMI可能有效地降低反射裂縫速率和嚴重程度以及疲勞裂縫。然而，當某些剛性鋪面有活動裂縫或因車道加寬產生很大移動時，則無效用。

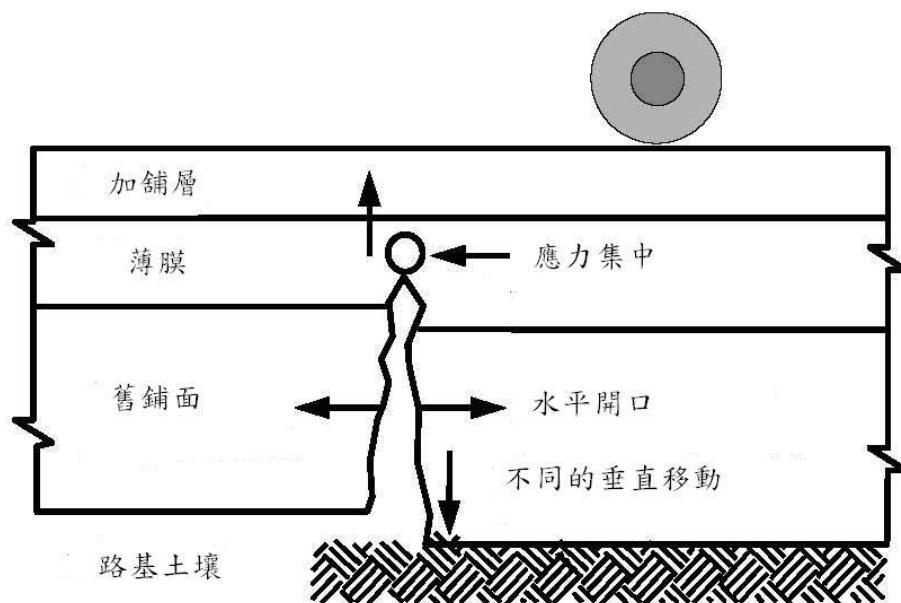


圖 4.12.5 應力吸收膜層的設置說明

可用的特殊應力釋放層，是由一或二層織物和改質瀝青膠泥層構成，某些這種產品使用密膠泥瀝青來吸收應力。以特殊應力釋放層為例，已顯示降低反射裂縫比例有希望，多數這種產品是補綴處理，直接應用在接縫或裂縫上，不是用在整個鋪面表面。應力釋放層包含橡膠瀝青膜是非常有效的防水裝置，在有穩定基礎的剛性鋪面運用最好，在鋪面加寬所導致的反射裂縫，安置玻璃纖維有降低反射裂縫的效用。應力吸收層不是普遍採用預防反射裂縫的解決方法，主要是因為其成本高且可提供之績效改善則仍待證實。

3. 裂縫阻止層(crack arresting interlayers)

裂縫阻止層是粒料層，提供大空隙空間使裂縫擴展有效的趨緩，阻止反射裂縫的發展，說明如圖4.12.6所示。標準粒料底層為低細骨材含量和大骨材為此目的使用，瀝青穩定底層使用大骨材(90mm標稱尺寸)及空隙高達25%。依據工程經驗建議中間層使用兩不同骨材級配，一個最大骨材尺寸為75mm，另一個最大骨材尺寸為50mm。因為使用單一尺寸骨材特殊的建造須要觀察，砂/瀝青層的試用是有限的成功。

有效的裂縫阻止層取決於正確的施作，由於混合物的組合不穩定及後續車轍的問題，如不正確建造則效果是微小的。裂縫阻止層通常的最小厚度為90mm，由於骨材最大標稱尺寸，導致總加鋪厚度為125~230mm。當無遇到橋樑淨空及路肩高程問題區，使用此類型傳統作業受到限制。

4.加鋪前的處理

修補的任何形式或降低有效版塊尺寸，減少接縫和裂縫的移可以潛在的減少反射裂縫，在加鋪前使用一些技術以減少此移動。

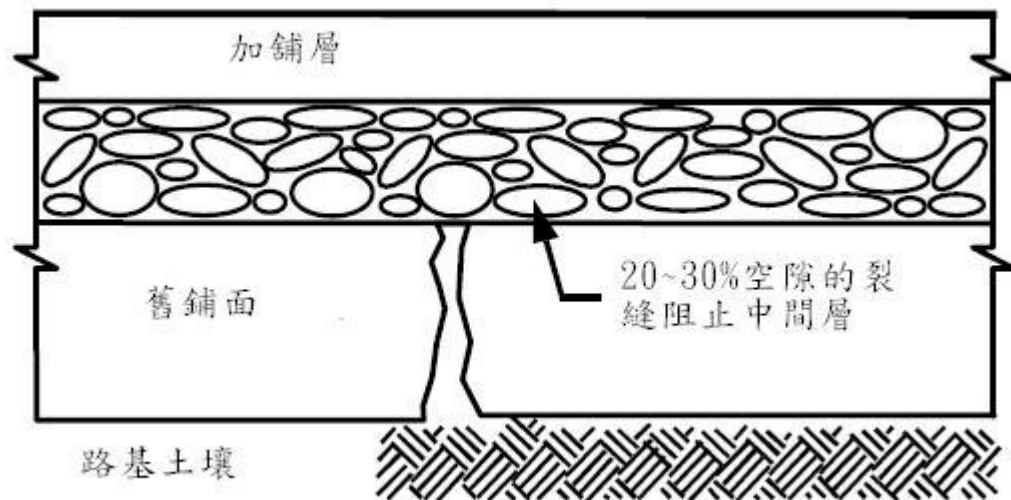


圖 4.12.6 標準裂縫阻止層的橫斷面

(1)版塊穩定(slab stabilization)

版塊穩定用於填補可能存在版塊角隅下的空隙。如此結果，穿越接縫和裂縫的垂直撓度降低，進一步減少反射裂縫的漸進劣化。灌漿作業需謹慎以確保減少撓度，如不依照正確建造程序，版塊因灌漿過多可能被抬起，如此會使版塊在別處產生空隙和引導撓度增大。如發生這樣的事，反射裂縫會比不作任何事更劣化。

(2)版塊破裂技術(fractured slab rehabilitation techniques)

一般而言，版塊破裂技術包括碎裂穩定(cracking and seating, C&S)、破碎穩定(breaking and seating, B&S)、及碎化(rubblizing)等三種特殊技術，在過去其名稱甚至常被混用。然而，一般認定的定義為：在接縫式無筋混凝土鋪面(JPCP)執行碎裂穩定(C&S)，以降低有效版長和版塊移動。在接縫式鋼筋混凝土鋪面(JRCP)實施破碎穩定(B&S)，但同時需要更大的衝擊能量以破壞版塊內的鋼筋，並縮短版塊長度及降低版塊移動。碎化則是針對嚴重損壞或僅有極少剩餘結構壽年的剛性鋪面，將版塊斷裂成很小碎塊。

多數使用版塊破裂技術案例，有時亦須考量邊緣排水的必要性。使用碎裂、破碎、或碎化方法將使剛性層產生很多裂縫，並允許水能更自由地流入下層鋪面。因此，在採用版塊破裂技術時，亦應考慮是否需要使用邊緣排水，以使鋪面有效地排水。然而，應該在版塊碎裂後才可設置邊緣排水，以防止淤塞；而且當邊緣排水之功能一直良好時，可能不適合採用版塊破裂技術。

a. 碎裂穩定(cracking and seating)

碎裂穩定降低接縫和裂縫的移動，是透過減少有效版長及穩定碎裂混凝土塊成為支撐層。JPCP版塊在加鋪前碎裂成小塊如圖4.12.7所示。碎裂穩定的目的就是製造混凝土碎塊，小到足夠減少因低溫熱應力及週期、日溫度應力而導致的移動，同時要大到足夠維持結構穩定。在路基和版塊間重新建立穩固的支承，因此限制交通下的不同垂直移動，在碎裂後的破裂版塊穩定認為是需要的。

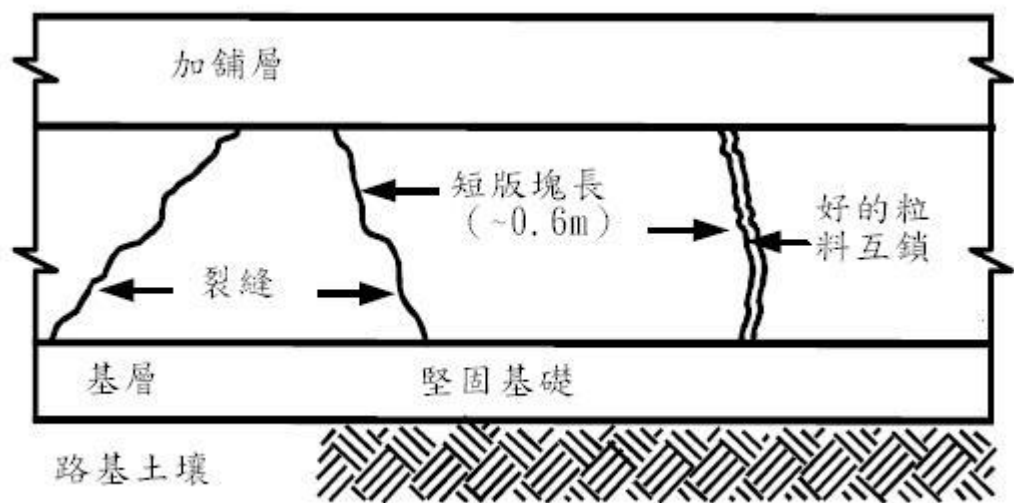


圖 4.12.7 鋪面的碎裂穩定說明

路基材料的品質是規劃碎裂穩定作業的一個重要考量因素。若是鋪面下層的支承力很弱或有疑問時，應判斷破裂後之版塊是否會有適當的支承，或是其碎塊僅會浮在軟弱的路基上，若未妥善處理時將導致未來得到更差之服務績效。當JPCP發生橫向接縫和裂縫有嚴重的高差、許多橫向活動裂縫存在、版塊的搖動由於空隙存在、許多縱向活動裂縫存在、修補處之劣化、車道分離、因耐久性裂縫產生之接縫

破壞、因反應性骨材產生之版塊劣化、版塊不均勻沈陷、與角隅斷裂等損壞型態時，可以考慮採用混凝土版的碎裂穩定。很多的設備包括修正的打樁機、敲槌錘、鞭擊錘、及撞擊錘，均可用來將JPCP碎裂。碎裂的生產率主要依作業率、使用的設備類型、和鋪面厚度而不同。

鋪面劣化的嚴重程度可以做為是否決定將版塊碎裂穩定的依據。工程師可以經由比較大面積的加鋪前修補費用與碎裂穩定成本及增加的加鋪成本之潛在經費節省，來判別碎裂穩定的成本效益。碎裂穩定作業會降低混凝土鋪面之結構完整性，需要較厚、較多的加鋪費用、並可能限制未來的維修選擇。

b. 破裂穩定(breaking and seating)

破裂穩定只適用於既有的JRCF，破裂穩定必須要破壞鋼筋或使混凝土與鋼筋分離，以達到減少水平移動的效用。由於既有的水泥混凝土比JPCP需要被破碎成更小的碎塊，因此本項作業可能使鋪面的結構能力較大地降低。當破裂穩定作業沒有足夠地破壞鋼筋時，因尚未達到全厚度破裂且鋼筋持續與破裂碎片連在一起，使版塊能繼續像一個單元運作。當大的接縫水平移動繼續產生時，如果破裂穩定沒有做好將會使鋪面產生反射裂縫，導致績效變差。如果鋼筋被有效地破壞，破裂穩定路段的績效應與碎裂穩定路段無多大差異。

c. 碎化(rubblization)

碎化是剛性鋪面版塊破裂技術中，近期被持續增加使用的方法。這個方法採用共鳴鋪面破碎器(resonant pavement breaker)將既有版塊破碎成尺寸在砂顆粒到150mm間的小碎塊。鋪面經過碎化後，要用89kN重的震動滾壓機壓實至少2次。碎化比傳統破裂穩定的優點就是在碎化過程中將使混凝土與鋼筋完全分離，因此只需要在加鋪前先將曝露於表面的鋼筋移除，不需另外破壞鋼筋。碎化另一個優點就是衝擊荷重的作用是相對小，因此對支承材料、地下排水結構及公用管線的影響最小。正常情況下，碎化作業期間可以噴水來壓制粉塵。

當既有鋪面的劣化數量很大，可能使正常的碎裂穩定或破裂穩定方法沒有效果時，通常會考慮採用此碎化作業。在氣候溫暖區，碎化亦經常是被優先採用的方法。由於碎化將剛性鋪面降低至骨材尺寸顆粒，使鋪面的結構能力急遽降低，因此需要使用較厚的加鋪厚度。因碎化方法之相對生產率較低和加鋪成本較高，所以只有在沒有其他較符合成本效益的替代方案下才會被考慮使用。

5.版塊修補與置換

在劣化的橫向接縫與裂縫處，可能因不同的垂直移動引起反射裂縫劣化，因此建議以全厚度混凝土修補來處理。這個方法允許在基礎的重新作業和嚴重裂縫區域的修補，同時透過綴縫筋的增加來改善荷重傳遞。採用荷重傳遞修復工法來恢復接縫和活動裂縫的荷重傳遞，則是另一個可行之替代方案。

6. 使用鋸切和填縫來控制瀝青混凝土加鋪鋪面之反射裂縫

在接縫式混凝土鋪面(JCP)上加鋪熱拌瀝青混凝土(hot-mix asphalt concrete, HMA)或柔性鋪面(flexible pavement)時，使用鋸切和填縫之績效可以是相當不錯的。相較於前述採用某些可以降低反射裂縫產生速率的處理方式，有些單位坦承反射裂縫既然一定會發生，乾脆藉由在加鋪鋪面上作鋸切和填縫，以控制反射裂縫的嚴重程度和產生的速率。鋸切和填縫主要的步驟包括：加鋪前在既有鋪面標示接縫和裂縫、加鋪熱拌瀝青混凝土、在接縫或裂縫位置正上方作鋸切、與新接縫槽處理及填縫等工作，如圖4.12.8所示。

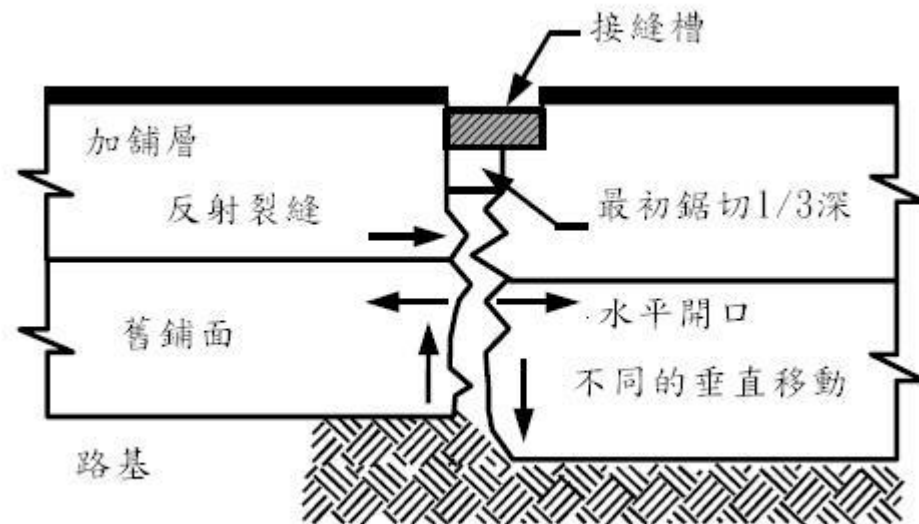


圖 4.12.8 熱拌瀝青混凝土加鋪的接縫鋸切和填縫說明

正確地施作鋸切和填縫將導致在鋸切的弱面處產生反射裂縫，除了可以減少裂縫的剝落、並且可以提供易於維護和美觀可接受的反射裂縫。其成功之絕對關鍵在於必須在既有的接縫或裂縫的正上方鋸切，經驗顯示當只有25mm位置偏差時，即有可能因在鋸切接縫旁形成第二個裂縫而導致破碎(spalling)。

一般會在較長的JRC(大於12公尺)使用這種方法，因長版塊在接縫經歷許多移動比接縫間距較短的JPCP較容易產生反射裂縫。本鋸切和填縫方法只有在既有鋪面有好的接縫時才會考慮，若鋪面有過度破碎和碎裂版塊存在時則不應考慮採用。當鋪面有寬接縫(比19mm更大)、或許多的全厚度和部分厚度修補、接縫錯接的版塊、及版塊有中央裂縫時，則較不適用這種方法。在熱拌瀝青混凝土加鋪上，藉由鋸切接縫、裂縫筆直的產生、且填縫幫助緩和水份滲透或不可壓縮物進入鋪面結構，只要鋸切在正確的位置上，這個技術有相當高的成功率。

7.增加加鋪厚度

增加加鋪厚度有時亦被視為可以降低反射裂縫產生速率和嚴重程度的方法之一。一般經驗法則是反射裂縫一年約反射25mm厚度，亦即4年後就可反射穿越100mm之加鋪厚度、或8年可反射穿越200mm之加鋪厚度。事實上，有些人甚至認為加鋪厚度大於200mm時，將不會有反射裂縫的問題，或許可以由增加厚度的隔離效果來解釋部份現象。然而，此法之成本效益應與先前所提過的其他可能替代方案之成本關係相比較。過去經驗顯示，增加加鋪厚度無法顯著地改善鋪面績效，但卻大大地增加建造成本。較厚的HMA加鋪層還是很有可能會因熱裂縫、老化、車轍、及鬆散等其他因素而失敗。

第五章 現行「公路養護手冊」之修訂建議

5.1 修訂之基本架構與內容

有效的鋪面養護工作有賴於良好的鋪面調查與評估。國內現行之「公路養護手冊」(民國九十二年三月交通部頒布)涵蓋的內容相當廣泛，而其第四章鋪面之內容僅佔該手冊之一小部分。由表 5.1 所示之章節內容可知，該手冊因篇幅限制，僅就鋪面說明、鋪面功能、種類及養護作業原則、鋪面損壞型態及調查、鋪面面層損壞資料調查、柔性鋪面養護、剛性鋪面養護、人造石彩色鋪面養護、路肩養護、人行道養護、路容整潔等內容做原則性之介紹。一般鋪面調查與績效評估之工作包括面層狀況(損壞調查)、結構強度(損壞或非破壞檢測)、行車品質(糙度值)、與安全(抗滑力)等項目，亦已於該手冊中簡要說明。

表 5.1.1 公路養護手冊第四章鋪面之章節內容

章節(第四章 鋪面)	小節內容	頁碼
4.1 說明		4-1
4.2 鋪面功能、種類及養護作業原則	鋪面功能及種類、鋪面養護作業原則	4-1 ~ 4-3
4.3 鋪面損壞型態及調查	鋪面之損壞型態、鋪面之調查概要	4-3 ~ 4-5
4.4 鋪面面層損壞資料調查	調查內容、調查程序、調查注意事項	4-5 ~ 4-19
4.5 柔性鋪面養護	養護方法分類及適用原則、緊急養護方法、一般養護方法、大型養護方法、柔性鋪面養護注意事項	4-19 ~ 4-26
4.6 剛性鋪面養護	養護方法分類及適用原則、緊急養護方法、一般養護方法、大型養護方法、剛性鋪面養護注意事項	4-26 ~ 4-45
4.7 人造石彩色鋪面養護		4-45
4.8 路肩養護	一般注意事項、柔性路肩養護、剛性路肩養護、土壤粒料路肩養護、表面處理路肩之養護	4-45 ~ 4-48
4.9 人行道養護	一般注意事項、柔性鋪面人行道養護、剛性鋪面人行道養護、磚石塊人行道養護、彩色處理人行道養護	4-48 ~ 4-51
4.10 路容整潔	一般注意事項、記錄報表	4-51 ~ 4-54

鑒於鋪面調查、評估、與養護(或維修補強)的工作相當專業，為確實提供較詳盡的鋪面養護技術給工程師參考，世界各國均針對不同之課題，分別訂定各項鋪面調查、評估、與維修技術之手冊。以鋪面調查為例，美國長程鋪面績效研究(LTPP)之損壞調查手冊(FHWA, 2003)內容有 154 頁，美國材料試驗協會(ASTM)之機場鋪面狀況指標(Pavement Condition Index, PCI)之規範內容有 51 頁(ASTM, 1998)，而其道路與停車場之 PCI 規範內容亦有 47 頁(ASTM, 1999)。

此外，國外分別針對鋪面現況調查、糙度調查、抗滑調查、鋪面評估、非破壞撓度試驗、填縫工法、部份厚度修補工法、版塊穩定和版塊頂起工法、表面刨磨及刮槽工法、荷重傳遞修復工法、瀝青混凝土加鋪鋪面、以及剛性鋪面維護等技術分別建立特別之維修技術手冊之部分參考文獻如下：

1. US Army, 1980, Report No. FAA-RD-80-55, *Procedures for Condition Survey of Civil Airports*, U.S. Army Engineer Waterways Experimental Station, Vicksburg, MS.
2. Boeing, 2002, Document No. D6-81746, *Runway Roughness Measurement, Quantification, and Application—The Boeing Method*, Boeing Commercial Airplane Group—Airport Technology Organization, Seattle, Washington.
3. FAA, 2007, AC 150/5320-12, *Measurement, Construction, and Maintenance of Skid Resistant Airport Pavement Surfaces (with changes)*, Federal Aviation Administration.
4. FAA, 2004, AC 150/5320-6, *Airport Pavement Design and Evaluation*, Federal Aviation Administration.
5. FAA, 2004, AC 150/5370-11A, *Use of Nondestructive Testing Devices in the Evaluation of Airport Pavements*, Federal Aviation Administration.
6. PCA, 1976, *Maintenance of Joints and Cracks in Concrete Pavement*, IS188.01P, Portland Cement Association, Skokie, Illinois 60077.
7. ACPA, 1993, *Joint and Crack Sealing and Repair for Concrete Pavements*, TB012P, American Concrete Pavement Association, Skokie, IL.
8. ACPA, 2001, *Stitching Concrete Pavement Cracks and Joints*, SR903P, American Concrete Pavement Association, Skokie, IL.
9. TRB 1980, *Sealing Joints and Cracks, Thin Resurfacing, and Locating Voids Under Concrete Slabs*, Transportation Research Record 752, Transportation Research Board, Washington, DC, 1980.

10. SHRP, 1993a, *SHRP H 349 Concrete Pavement Repair Manuals of Practice, Materials and Procedures for the Repair of Joint Seals in Concrete Pavements, Materials and Procedures for Rapid Repair of Partial-Depth Spalls in Concrete Pavements*, Strategic Highway Research Program—National Research Council, Washington, DC.
11. ACPA, 2003, *Concrete Crack and Partial-Depth Spall Repair Manual*, JP003P, American Concrete Pavement Association, Skokie, IL.
12. ACPA, 2000, *Diamond Grinding and Concrete Pavement Restoration*, TB008P, American Concrete Pavement Association, Skokie, IL.
13. ACPA 1994, *Slab Stabilization Guidelines for Concrete Pavements*, TB018P, American Concrete Pavement Association, Skokie, IL.
14. ACPA 1998, *Concrete Pavement Rehabilitation, Guide for Load Transfer Restoration*, JP001P, American Concrete Pavement Association, Skokie, IL.
15. AI, 2000, *Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation*, MS-17, Third Edition, The Asphalt Institute, Lexington, KY 40512, 2000.
16. ACPA, 1998, *The Concrete Pavement Restoration Guide*, TB020P, American Concrete Pavement Association, Skokie, IL.
17. ACPA, 2003, *Concrete Pavement Repair Manual*, JP002P, American Concrete Pavement Association, Skokie, IL.
18. *Maintenance and Repair of Surface Areas*, TM 5-624, MO-1 02, AFR 85-8, Departments of the Army, Navy, and Air Force, Washington, DC, 1977.

有鑑於此，本研究茲針對國內現行之「公路養護手冊」第四章鋪面之內容中，有關鋪面損壞型態及調查、鋪面面層損壞資料調查、與剛性鋪面養護等內容，提出修訂建議的基本內容如下：

5.2 鋪面損壞型態及調查之修訂建議

本研究經詳細參考我國之「英漢鋪面工程名詞彙編」(社團法人中華鋪面工程學會，2004)及美國長程鋪面績效研究(LTPP)之損壞調查手冊(FHWA, 2003)後，建議修訂剛性鋪面損壞型態名稱之對照表如表5.2.1所示。

表 5.2.1 剛性鋪面損壞型態名稱建議修訂之對照表

鋪面損壞型態名稱	原文	建議修正後之損壞型態名稱
蜿蜒裂縫	linear cracking	縱向裂縫(建議將此損壞型態併入縱向裂縫之定義)
角隅裂縫	corner cracking	併入角隅斷裂
角隅裂縫、角隅斷裂	corner breaks	角隅斷裂
拱起斷裂	blowups	擠破
段差	faulting	高差
接縫剝落	joint spalling	接縫碎裂
修補或修補變壞、修補或修補變化	patch/patch deterioration	修補損壞
填縫料散失	joint seal damage	接縫填縫料破壞
縱向分離		(刪除)
輪跡磨耗		(刪除)
粗粒料散失		(刪除)(建議將此損壞型態併入坑洞之定義)

5.3 鋪面面層損壞資料調查之修訂建議

鑒於國內對於鋪面損壞型態、程度、與原因之定義不盡相同，美國材料試驗協會 (ASTM) 所採用之鋪面狀況指標 (Pavement Condition Index, PCI) 與美國長程鋪面績效研究 (LTPP) 對於鋪面損壞之定義亦不見得完全一致。建議國人可參考國際間已廣為採用之美國長程鋪面績效研究，另行訂定標準的鋪面損壞調查手冊，以供國內鋪面調查與評估之依據。本研究亦建議在原「公路養護手冊」中，對於鋪面損壞調查方面之內容宜以原則性之介紹即可。如表 2.3.1 及表 2.3.2 所示之剛性鋪面損壞調查表係以 ASTM 之 PCI 調查為依據，因受篇幅限制，其相關之內容與定義不詳，反易造成工程師之困擾，因此建議可以刪除之，或是僅保留依表 5.2.1 所建議適度修正後之表 2.3.2。

此外，在原「公路養護手冊」中有關國內常見之剛性鋪面損壞型態與原因較為簡略 (表 2.3.3)，因此建議依第三章第一節之內容做適度之修正，修正後之結果如表 5.3.1 所示。另有關各種鋪面損壞型態嚴重程度與量測方式，亦可參考該節之內容一併修正之。該節內容中亦已參照美國長程鋪面績效研究的鋪面損壞調查手冊之建議，不需紀錄剝落、車道-路肩分離、擠破、與高差等損壞型式之嚴重程度。

表 5.3.1 剛性鋪面損壞型態與原因(1/4)

損壞型態	損壞現象	主要原因
縱向裂縫	縱向裂縫型態大部份與鋪面版中心線幾近平行或與行車方向呈平行之裂縫。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 伸縮縫位置不妥。 2. 縱向接縫建造不良所造成，或鋸縫施工不當如鋸縫時間太晚或縫槽深度不足造成。 3. 重載交通荷重重覆作用結合基層承载力喪失，支承力不足。 4. 版中溫、濕度應力及水分之變化所引起版之收縮或翹曲。 5. 鋪面版厚度不足，路基不均勻沈陷或混凝土品質不良所造成。 6. 施工時養治不良或天氣乾燥、酷熱、強風等引起。
角隅斷裂	角隅斷裂為剛性鋪面版在角隅部份產生了貫穿鄰近橫向與縱向接縫的斷裂，此斷裂與行車方向約呈 45 度的交角，角隅斷裂在角隅兩邊的長度一般從 0.3 公尺至版寬的一半，可能發生在版的任一角隅。角隅斷裂若不及時維修，會因交通載重重覆作用而產生鬆散，水分亦會經裂縫滲入鋪面基底層而使損害範圍擴大。而角隅斷裂與角隅碎裂(corner spalling)是兩種不同的破壞型態，其主要的差異在於角隅斷裂的破壞垂直貫穿整個剛性鋪面版，而角隅剝落則是因為鄰近接縫邊緣部份的鋪面混凝土分離而引起。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接縫結構不全，鋪面版厚度不足。 2. 縱向接縫或橫向接縫施工不良造成，或鋸縫施工不當如鋸縫時間太晚或縫槽深度不足造成。 3. 重載交通重覆荷重結合接縫處路基支承力不足或版塊下基礎掏空所致。 4. 鋪面版承载力不佳或相鄰版塊間之力傳遞不良所致。 5. 溫度應力而引起版之收縮或翹曲造成。 6. 施工時養治不良或天氣乾燥、酷熱、強風等引起。

表 5.3.1 剛性鋪面損壞型態與原因(2/4)

損壞型態	損壞現象	主要原因
橫向裂縫	橫向裂縫大部份與鋪面版中心線幾近垂直或與行車方向呈垂直之裂縫。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 橫向接縫建造不良所造成，或鋸縫施工不當。若裂縫發生在距離接縫處 0.6 公尺範圍以內，可能為鋸縫時間太晚或縫槽深度不足造成。 2. 重載交通荷重重覆作用結合基層承载力喪失。若發生在距接縫處 2-3 公尺以內之位置，則可能為路基支承力不足所致。 3. 版中溫、濕度的改變所產生之應力或水分之變化所引起版之收縮、翹曲加上荷重之作用而產生之版塊移動所致。 4. 鋪面版厚度不足。路基不均勻沈陷或混凝土品質不良所造成。 5. 施工時養治不良或天氣乾燥、酷熱、強風等引起。
接縫碎裂	接縫碎裂是指接縫兩側鋪面版端源呈破裂或缺口，在距接縫 60 公分內之鋪面版產生裂縫、斷裂或碎裂成小塊狀之情況，通常不會垂直貫穿整個鋪面版。又可分成縱向接縫碎裂與橫向接縫碎裂二種。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 混凝土養治不當或配比設計不良及粒料反應所造成。 2. 接縫處混凝土因施工不良或工作過度使得混凝土強度降低，在結合交通載重作用下引起碎裂。 3. 由於接縫或裂縫間隙處因為填塞不可壓縮之雜物(如：石子等)使鋪面版伸縮時產生超額應力結合交通載重作用而造成版邊緣接縫之碎裂現象。 4. 使用品質不良之填縫劑，加速水的滲透率或接縫間無法壓縮造成接縫之碎裂。 5. 接縫間距過長所引起接縫間太大的活動造成接縫碎裂。

表 5.3.1 剛性鋪面損壞型態與原因(3/4)

損壞型態	損壞現象	主要原因
唧水	為版在交通重載重之壓力作用下產生變形，使基底層中水份挾帶細粒料經由接縫或裂縫噴出，而累積在鋪面表面。導致裂縫進一步斷裂，而造成版底空洞而失去支承能力，可由鋪面接縫或裂縫附近所累積細粒料得知是否發生唧水或噴泥現象，鋪面在產生唧水或噴泥現象後路基承载力會喪失，若不進行修補，在結合交通載重的重複作用下會使鋪面版加速損壞。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 基底層因土壤膨脹或細粒土壤流失導致。 2. 接縫或裂縫滲水或版塊表面破洞進水引起。 3. 接縫填充不良或排水不良引起。
接縫填縫料破壞	指不可壓縮物質(如：石子、土壤)或水可直接從表面滲入接縫之中，或接縫黏著劑完全剝離或部分析離。破壞通常可由接縫處有無外物堆積或接縫處雜草叢生來判斷。而縱向接縫填縫料破壞與橫向接縫填縫料破壞。常見的接縫填充料破壞之類型為：填縫料被擠出接縫、填縫料硬化、斷裂、分離，或接縫填縫料完全喪失等。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 行車造成的影響。 2. 由於填縫料品質產生缺陷(如：材料老化、硬化)產生黏著力或內聚力喪失。 3. 因溫度之變化，接縫縫隙縮減而將填縫料擠出。 4. 雖然顯示填縫料品質處於良好狀況，但由於填縫料置於一不佳之填縫槽寬度，或處於一個不良之填縫槽形狀皆會造成橫向接縫填縫缺陷。 5. 接縫版老化，填縫料灌注溢出或脫落。
擠破	鋪面版在接縫或裂縫附近產生局部性向上的翹曲，鋪面版產生斷裂而呈現不平整現象，在擠破的區域一般皆會伴隨著混凝土碎塊發生。通常在公用管線切割後修補處或排水、入水口處較容易發生。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 鋪面版伸展受限，橫向接縫或橫向裂縫處，因為石子或土壤等物質填積，而使鋪面版沒有足夠的空間擴張，於是因內應力產生了翹曲現象，通常發生在接縫或裂縫附近。 2. 路基承载力不足或不均勻沈陷引起。
高差	橫向接縫高差為接縫或裂縫兩側鋪面版產生不同高程的現象，即同一接縫兩側鋪面呈現高低不平情況。而車道與路肩高差為版的邊緣與路肩產生不同高程的現象。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 唧水作用，產生版底細料被水帶走。 2. 底層受水膨脹或底層承载力不佳。 3. 路基及底層之壓實度不足。 4. 路基之不均勻沈陷，接縫不良。

表 5.3.1 剛性鋪面損壞型態與原因(4/4)

損壞型態	損壞現象	主要原因
坑洞 (脫落)	脫落產生之原因可能為凍融循環作用與粒料的膨脹，而使鋪面表面破碎成小碎塊而鬆脫，形成許多小洞。脫出的小碎塊大小一般從 2.5~10 公分，發生的深度一般為 1.3~5 公分。	但因台灣本土地區氣候，並不會產生凍融循環作用而發生脫落現象。
剝落	指混凝土鋪面表面產生片狀或鱗狀剝落現象，而版塊內之粒料已明顯可見，如(圖 3.1.7)所示。面層損壞通常產生於 0.3 公分至 1.3 公分深的面層，而在版的各處皆可能產生剝落現象。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 混凝土品質不佳。 2. 龜裂可能進而引起剝落。 3. 建造施工不良、級配不當或凍融作用。 4. 冬季鋪面撒鹽，鹽水結冰後融解。
鬆散	鬆散為細粒料自混凝土結構中流失，與表面剝落是不同的破壞形式。其分辨的方法是表面剝落一般為片狀，而鬆散則發生於連續受影響的鋪面上，在輪跡位置最為嚴重。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 行車影響或混凝土養治不當或配比設計不良引起。 2. 細粒料、混凝土品質不良或粗粒料與水泥砂漿間結合不良。
修補損壞	修補即是將原始之混凝土移除、置換，並以新的材料填補，而其面積大於 0.1 平方公尺者。而修補損壞是修補發生如剝落、裂縫、龜裂等破壞。	因鋪面版破壞導致不堪使用或行駛之舒適性不佳。
車道-路肩分離	車道與路肩之間的接縫間距加寬而產生分離的現象，或路肩自車道向外移動加寬。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 車道與路肩之基礎產生差異沈陷所致。 2. 在施工時，未對基礎作量測或土壤壓實不良。 3. 土壤中含水量過高，或排水不良。

再者，於原「公路養護手冊」中有關剛性鋪面養護措施名稱，其對應之修訂建議對照表如表 5.3.2 所示。

表 5.3.2 剛性鋪面養護措施名稱之建議修正對照表

鋪面養護措施名稱	原文	建議修正後之養護措施名稱
密封裂縫、填封裂縫	sealing	填縫
接縫重修		填縫或荷重傳遞修復
全厚度修補或版塊更新、全面版更新	full depth repairs	全厚度修補
填封	sealing	填縫
灌漿	slab stabilization	版塊穩定
灌漿頂起鋪面版	slab jacking	版塊頂起
表面處理	grinding and grooving	表面刨磨或刮槽
底緣排水處理		增設邊緣排水系統
瀝青混凝土填補		(僅建議列入緊急養護方法，在一般養護方法中並不建議使用)
重新修補		全厚度修補或部分厚度修補
穩定路基並填封	slab stabilization and sealing	版塊穩定和填縫

此外，在原「公路養護手冊」中亦建議，在進行完調查後需再由工程師作進一步之整體性分析判斷，並可參考表 2.3.3 以決定適當養護措施。雖然其原立意甚佳，但在實務應用上卻可能有窒礙難行之處。蓋因既有鋪面常存有多種不同型態、嚴重程度、與數量之損壞，如何慎選適當的養護措施，除了參考表 2.3.3 針對個別損壞之養護建議外，亦須仰賴工程師之經驗、工程經費、與預算限制等因素而異。我國交通部台灣區國道高速公路局曾經建議於其鋪面養護管理系統中採用之「相容性養護策略」，或許可以作為參考之依據，但是其考量似乎仍不夠周全。

有鑑於此，本研究於編寫第四章剛性鋪面維護補強技術時，係採用美國國家公路協會(National Highway Institute)之鋪面維修技術手冊(FHWA, 1998)之建議，將各種鋪面養護補強工法，以由弱而強的順序逐一說明之。在各種養護補強工法之內容中，亦已簡述可以改善之鋪面損壞型態，但並不以其嚴重程度與數量限制工法之採用。鋪面工程師可參考各種工法之內容、過去經驗、與經費限制，依所須維護補強之強弱程度，來決定適當的養護措施。表 5.3.3 顯示採用各種維修補強工法可有效解決之剛性鋪面損壞型態。

表 5.3.3 各種維修補強工法與剛性鋪面損壞型態之關係

損壞型態	維修補強工法												
	0. 暫不處理	1. 填縫工法	2. 減壓接縫工法	3. 部分厚度修補工法	4. 全厚度修補工法	5. 版塊穩定和版塊頂起工法	6. 表面刨磨及刮槽工法	7. 荷重傳遞修復工法	8. 增設邊緣排水系統	9. 快速剛性鋪面鋪築技術	10. 再生混凝土鋪面	11. 水泥混凝土加鋪鋪面	12. 瀝青混凝土加鋪鋪面
縱向裂縫	◎	◎			◎					◎	◎	◎	◎
角隅斷裂	◎	◎			◎					◎	◎	◎	◎
橫向裂縫	◎	◎			◎					◎	◎	◎	◎
接縫碎裂	◎			◎									
唧水	◎	◎			◎	◎		◎	◎				
接縫填縫料破壞		◎											
擠破			◎		◎					◎	◎	◎	◎
高差						◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
坑洞(脫落)				◎	◎					◎	◎	◎	◎
剝落				◎	◎					◎	◎	◎	◎
鬆散				◎	◎					◎	◎	◎	◎
修補損壞	◎	◎		◎	◎								
車道-路肩分離		◎				◎							

5.4 剛性鋪面一般養護方法之修訂建議

在民國 92 年 3 月部頒之原公路養護手冊中列出剛性鋪面一般養護之主要方法包括裂縫填封、部分厚度修補、全厚度修補、底層灌注、底緣排水、表面處理，以及局部打除重做等七種。其中，局部打除重做方法主要是針對縱向接縫的車道修補，其與全厚度修補工法中之多車道修補相似，因此，在此僅列出本研究第四章剛性鋪面維護補強技術中之填縫工法、部分厚度修補、全厚度修補、版塊穩定和版塊頂起、表面刨磨及刮槽工法、與增設邊緣排水系統等六種修補工法之修正建議對照表，茲簡要說明如下。此外，因原公路養護手冊中並無與本研究新增之減壓接縫工法與荷重傳遞修復工法之對應內容，因此並無其對應之修正建議對照表。

5.4.1 填縫工法對照表

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
4.1 填縫工法	填封	修改名稱
4.1.1 說明		
剛性鋪面因接縫填縫料散失或產生裂縫時，在鋪面尚未受到進一步損壞前，常以填縫的方式來改善鋪面現況。根據現場施工經驗，填縫料在安裝後因交通及環境因素就會漸漸失效。然而，改善填縫料、正確地設計填縫槽(reservoir)、和接縫的有效處理，均可能增加填縫後之預期壽命。...	剛性鋪面因接縫填縫料散失或產生裂縫時，在鋪面尚未受到進一步損壞前，常以填縫的方式來改善鋪面現況。剛性鋪面填縫(sealing)與再填縫(resealing)之主要目的在防止鋪面水滲入鋪面版底產生唧水現象而導致鋪面版損壞，以及防止不可壓縮物進入接縫而導致鋪面接縫邊緣碎裂等損壞。.....	文字編修
4.1.2 定義		
填縫包括接縫填縫(joint sealing)與裂縫填縫(crack sealing)等二大類。接縫填縫包括橫向接縫與縱向接縫(車道與路肩或車道與車道間)，以防止裂縫擴大劣化。...	(無)	新增文字
(1)熱塑性材料(Thermoplastic Materials) 熱塑性填縫料為瀝青基材料，此種材料會隨加熱而有軟化變形乃至於流動現象，隨溫度下降則有固化變硬的情形，為可逆過程，而化學組成不改變。填縫料的...	(無)	增加使用材料說明
A. 熱拌式：熱拌熱塑性填縫料有瀝青(asphalt cement)、橡膠瀝青(asphalt rubber)、改質瀝青、和聚氯乙烯柏油(polyvinyl chloride coal tar)。....	(無)	增加使用材料說明
B. 冷拌式：冷拌式的油溶瀝青與乳化瀝青也曾被用做為接縫填縫之材料。油溶瀝青的組成為一層輕石油溶劑，瀝青養治時為溶劑蒸發...	(無)	增加使用材料說明

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
(2)熱凝性材料(Thermosetting Materials) 熱凝性填縫料為典型的一劑或二劑材料，材料凝結為溶劑釋放或化學固結。熱凝性材料不會如熱塑性材料般受熱軟化，若溫度過高則會發生裂解。...	(無)	增加使用材料說明
A. 化學固結型：化學固結填縫料是熱凝性材料的主流，在高速公路常使用此類型的材料，包括高分子硫化物(polysulfides)、聚氨酯(polyurethanes)、矽質填縫劑(silicones)及環氧樹脂...	(無)	增加使用材料說明
B. 溶劑釋放型：由於這類型之熱凝性填縫料的養治，是透過溶劑釋放來完成，其材料的伸長與壓縮範圍不超過±7%，無法滿足規範要求，因此不建議使用。	(無)	增加使用材料說明
(3)預鑄壓力填縫材 預鑄壓力填縫材安裝於剛性鋪面時為壓力狀態，在設計這類型的材料壓縮量為未壓縮時寬度的20~50%，寬度為25mm的填縫料必須維持13~20mm的接縫間隙。假如填縫料太窄或接縫間隙...	填封可以現場澆(灌)注填縫料或裝置成型填縫條等方式辦理。採用成型填縫條應特別注意，在冬季當接縫寬度開至最大間隙時，裝置之填縫條仍能維持壓縮狀態。	文字編修
4.1.3 目的及適用情形		
當水進入接縫後在版底累積，會對剛性鋪面造成唧水現象(pumping)、基礎掏空、高差(faulting)及角隅斷裂(corner breaks)等損壞。...	(無)	增加章節
4.1.4 使用限制及績效		
當既有填縫料不再具應有的功能時，例如填縫料遺失、現有填縫料不能與接縫面結合、接縫有不可壓縮物等現象時，則需進行接縫填縫作業。在有效的填縫後...	填封工作每年需固定實施一次或兩次調查及維護，將散失部分再填封，而當填縫料散失達40%以上或已使用相當年限後(呈老化現象)，則需將原有填縫料全面清除後再重新填注填縫料以維持完整。	文字編修

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
4.1.5 設計因素		增加章節
在尚未實際執行填縫作業時，須在設計過程中做最仔細的考量，使其施工成效達到最好，而影響混凝土鋪面填縫料績效的因子，包括接縫移動、接縫槽形狀因子及填縫料本身性質等。...	(無)	新增文字
1.橫向接縫移動 在剛性鋪面上收縮縫較施工接縫及縱向接縫有更多的移動，而該類型的移動則會發生在橫向收縮縫中包括不同撓度所導致的垂直移動、不同高差所導致的垂...	(無)	新增文字
2.形狀因子 (1)填縫料應力：熱塑性及熱凝性填縫料的績效是依據填縫料所施展的應力，已知填縫料的應力是根據填縫料灌注時的形狀函數。當填縫料伸長時，而材料想維持...	(無)	新增文字
(2)建議的形狀因子：在設計接縫槽時(決定寬度與深度)需考慮到填縫料的應變或變形量。現今在市面上銷售的熱塑性材料大部分都可以承受 25%到 35%的應變量，...	(無)	新增文字
(3)填縫料之配置：剛性鋪面接縫的標準填縫如圖 4.4.1 所示的配置，建議熱塑性填縫料高度應低於鋪面面層 3.2~6.4mm，因為填縫料能更有延展性，可抵抗車輛...	(無)	新增文字
(4)填縫料性質：影響填縫料績效的關鍵為填縫料性質，包括耐久性、延展性、彈性、黏結力、凝聚力。耐久性是指可以長期抵抗交通、水份、太陽及氣候變動的能力。若填縫料無耐久性時，...	(無)	新增文字
4.1.6 施工步驟		
在選定適合的填縫材料後，再來就是接縫處理，而施工步驟和細節上的處理就必須仔細，許多填縫績效成效不彰，是由於不正確或不適當的施作程序。	(無)	新增文字

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
1.橫向接縫重新填縫 橫向接縫重新填縫的步驟：舊填縫料移除、接縫槽面重建、接縫槽清理、襯墊條安裝、新填縫料填充。	(無)	增列維修步驟
(1)填縫料移除：在接縫槽重建之前，可採用方形接縫犁挖器或鋸縫機，以不傷害接縫的方式將舊有的填縫料完全移除。其中，尤以鋸縫機來移除填縫料的方式最為方便，因此種方式不僅能有效...	填封前，應先清除原有之接縫，	文字編修
(2)接縫槽面重建：槽面重建為既有接縫面經鋸縫機建立特定的接縫寬度，假如使用鋸縫機移除填縫料，也能同時完成槽面重建；若使用犁挖或其他方式移除，則槽面重建就需另外進行。...槽面重建可使用 26~46kw 水冷式鑽石鋸片，...	或以鑽石鋸片鋸割寬 1 公分、深 3 公分的 U 型新接縫	文字編修
(3)接縫清理：能有效地清理填縫料側面固為重要，但過與不及都不好；即使設計了最好填縫料及填縫槽，都會因為骯髒、未清理乾淨的接縫或側面裂縫，降低了填縫績效。...在襯墊條及填縫料安裝前，接縫需使用高壓(620kPa)噴氣作業一次，利用乾風移除砂、灰塵...	並以高壓空氣吹除乾淨	文字編修
(4)襯墊條安裝：在接縫噴氣作業完成後，應立即安裝襯墊條，通常直徑比接縫寬度大 25%，材質為柔軟與填縫料相容。襯墊條安裝於正確位置，以確保襯墊條之間...	(無)	文字編修
(5)填縫料填充：襯墊條安裝後立即進行填縫料安裝，避免襯墊條壓縮及接縫槽堆積碎片等問題，接縫再灌注填縫料，如圖 4.4.2 所示。...	待表面乾燥後，再灌注填縫料	文字編修
A. 熱注式熱塑性填縫材料：以均勻方式灌注熱注式熱塑性填縫材料，且溫度至少為 8℃ 以上，由接縫槽底開始灌注以避免任何氣泡的產生，填縫作業時...	(無)	新增材料說明

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
B. 低模數矽質填縫料：矽質材料分為自充填(self-leveling)及非自充填(nonsel-leveling)。非自充填矽質填縫料需用工具，迫使填縫料圍繞襯墊條及接縫面，使用...	(無)	新增材料說明
C. 其他熱凝性填縫料：其他熱凝性填縫料需在養治作業時就獲得所需的強度及彈性，例如高分子硫化物及聚氨酯。這些填縫...	(無)	新增材料說明
D. 壓力填縫材：使用預鑄壓力填縫材在接縫填縫時，須特別注意接縫的額外準備，接縫面需垂直且寬度均勻。在安裝前...	(無)	新增材料說明
2.縱向接縫填縫 針對重新填縫作業剛性鋪面有兩種縱向接縫，水泥混凝土版相鄰的縱向接縫及剛性鋪面車道及柔性鋪面路肩的縱向接縫。...	(無)	增列維修步驟
(1)水泥混凝土版間接縫：水泥混凝土版相鄰的縱向接縫位於相鄰車道間或剛性鋪面的車道和水泥混凝土路肩。這些接縫...	(無)	新增文字
(2)剛性鋪面車道與柔性鋪面路肩接縫：剛性鋪面車道與柔性鋪面路肩的縱向接縫填縫作業，是一項困難的工程，因材料、熱性質及橫斷面的不同，導致結構垂直移動的差異。不像相鄰的水泥...	(無)	新增文字
3.開放通車 在開放通車前的重點，在於施工場所是否清理完畢，填縫材料需達到足夠強度，以及修補區地交通維持設施的撤離。...	(無)	新增文字
4.流程圖 本填縫工法之一般簡要施工步驟如圖 4.4.3 所示。	(無)	新增流程圖
4.1.7 機具設備		
執行填縫移除、接縫清理及填縫安裝等養護活動，接縫填縫作業有不同設備需要，使用的機具說明如後。	(無)	新增章節

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
1.縫填縫移除及接縫面重建的設備 (1)接縫犁挖器(joint plow)：接縫犁挖器為方形刀片，裝在牽引機的基座或鏟斗上，犁挖器可在接縫自由活動，一般是沿著接縫邊緣移動，可將填縫料刮除乾淨，...	(無)	新增機具說明
(2)鋸縫機(diamond-bladed saw)：鋸縫機通常使用 26~45kw 水冷式鑽石鋸片較不易磨損，使用單一全寬度刀片的目的是在於統一接縫寬度，但因邊緣易磨損...	(無)	新增機具說明
(3)跨刨器(routers)：雖然跨刨器經常使用於剛性鋪面上，特別是裂縫填縫及車道路肩接縫，但還是較常用於柔性鋪面上。...	(無)	新增機具說明
2.接縫清除設備 在填縫前需要乾淨及乾的側面，清理作業的設備包括：	(無)	新增機具說明
(1)噴砂設備(sandblasting equipment)：噴砂機是由空壓機、噴砂組件、軟管及噴嘴等組成，噴砂作業最主要部分為供應壓縮空氣。提供的壓力至少為 620kPa，...	(無)	新增機具說明
(2)噴氣設備(airblasting equipment)：噴氣設備由高壓空壓機、軟管及桿子等組成，高壓空壓機能有效的移除接縫內的灰塵及碎片，但移除水泥漿卻不如...	(無)	新增機具說明
3.接縫填縫料安裝設備 (1)熱熔器(melters)：熱注式熱塑性材料的加熱及拌合為間接加熱的鼓動熱熔器，這些機械燃燒丙烷或柴油，用此方法來傳遞...	(無)	新增機具說明
(2)矽質灌注設備(silicone pump)：矽質材料儲存於容器中，利用幫浦來灌注，灌注速率至少 1.5 ℓ/min，桿需裝有噴嘴以便由接縫底部灌注。	(無)	新增機具說明

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
(3)塗抹器(applicators):大部分的填縫塗抹器為壓力桿系統,設備通常與熱熔器設備相連。塗抹器由幫浦、軟管及塗抹桿等組成,填縫料經熱熔器系統,利用幫浦方式進入接縫。另灌注填縫料方式...	(無)	新增機具說明

5.4.2 部分厚度修補對照表

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
4.3 部分厚度修補工法	部分厚度修補(Pot Patching, Partial Depth Patching)	
4.3.1 說明		
部分厚度修補工法(partial depth repairs)可修復碎裂(spalling)及接縫損壞的剛性鋪面，改善行車品質及延長鋪面壽命...當鋪面版上半部發生接縫剝落、坑洞、表面剝落等損壞，而深度未達版厚三分之一且仍具荷重傳遞之功能時，可採用部分厚度修補工法，若運用得當則較全厚度修補具有成本益...	當鋪面版上半部如發生接縫剝落、坑洞、表面剝落等損壞，而深度未達版厚之一半時，可採用部分厚度修補工法，修補材料可分為水泥系及樹脂系兩種，而依所用粒料尺寸可分為砂漿及水泥混凝土兩類。	1.文字編修 2.修補定義變更 3.部分厚度修補英文名稱修改
4.3.2 定義		
混凝土區域碎裂留下不平整的表面或邊緣，碎裂可能在接縫或版塊內部產生，而版塊內部的碎裂是混凝土用到較差的材料所導致。部分厚度修補是混凝土鋪面修補作業，係針對面層缺失及淺的接縫碎裂，通常修補深度小於版塊厚的三分之一...	修補厚度不宜太薄，並以 10 公分為原則，但不得大於原鋪面版版厚之一半。	修補定義變更
4.3.3 目的及適用情形		
部分厚度修補是移除小及淺的損壞混凝土及灌注適宜的修補材料，最重要的關鍵是修補材料與既有的鋪面版混凝土在強度與體積穩定不僅能相互配合...	(無)	新增章節
4.3.4 使用限制及績效		
部分厚度修補僅置換部分混凝土，因此僅適用於修復鋪面版頂部某些損壞型式，但不能解決接縫及活動裂縫的移動、荷重傳遞設施或材料損害等問題。...	(無)	新增章節
混凝土鋪面接縫碎裂的起因包括：不良的接縫養護實務、在建造期間使用金屬或塑膠插入物形成接縫之初、材料耐久性問題、不適當的混凝土空氣孔隙系統、荷重傳遞設施或繫筋不正確...	(無)	新增章節

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
4.3.5 設計因素		
1.修補位置及尺寸 部分厚度修補一般沿著橫向接縫施作，及可以沿著縱向接縫或版塊任何位置施作。鋪面養護計畫考慮部分厚度修補作業時，必須調查損壞混凝土的深度...	(無)	新增文字
2.修補材料(repair materials) 部分厚度修補可使用許多種材料，一般修補材料可區分為水泥系(cementitious)、高分子聚合物(polymeric)、及瀝青系(bituminous)材料等三大類，材料的...	(無)	新增文字
(1)水泥系材料 水泥系材料包括水泥基產品、石膏基產品、高鋁混凝土等。 A. 水泥混凝土：剛性鋪面修補最相容的材料為高品質水泥混凝土，標準的拌合料為 I、II 及 III 型水泥，配合修補最小厚度一半的粗骨材粒徑，水灰比不超過 0.44 之低坍度混凝土。... B. 石膏基混凝土(gypsum-based concrete)：石膏基修補材料能快速獲得材料強度，可使用於任何冰凍溫度以上。... C. 高鋁混凝土(high alumina concrete)：高鋁混凝土料能快速獲得材料強度，有良好的結合性及低收縮的材料特性。...	(1)以水泥系材料修補 水泥系材料具有容易作業、並可獲得所需強度之優點，但有養治時間較長之缺點。材料：依據交通條件選用適當水泥系材料，如普通水泥、早強水泥及超早強水泥等。若修補厚度較小並以水泥混凝土修補時，粗粒料最大尺寸不宜超出施工厚度之 1/3。其拌和不宜使用高水泥量，且需採用坍度較小者。	1.文字編修 2.新增材料項目

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
<p>(2)聚合物基混凝土(polymeric based concrete)</p> <p>聚合物基混凝土是由高分子聚合物樹脂、骨材及引發劑等組成，添加骨材可提升高分子材料與混凝土之間的相容性，並提供經濟的磨耗層(wearing surface)，其優點為較水泥系更快速凝結，但成本也相對較高。用於修補鋪面的高分子材料包括環氧樹脂混凝土(epoxy concrete)、甲基丙烯酸甲酯混凝土(methyl methacrylate concrete)、聚酯混凝土(polyester-styrene concrete)、及聚胺酯混凝土(polyurethane concrete)等多種。</p> <p>A. 環氧樹脂混凝土(epoxy concrete)：環氧樹脂為防滲及黏結力良好的材料，在凝結時間、使用溫度、強度及結合狀況等皆有寬裕的施工條件...</p> <p>B. 甲基丙烯酸甲酯混凝土(methyl methacrylate concrete)：甲基丙烯酸甲酯混凝土具有長的工作時間、高壓力強度及良好的黏結力...</p>	<p>(2)以環氧樹脂材料修補其養治時間較水泥系材料短、強度高，但費用也較高。材料：包括環氧樹脂及多元酯等多種，一般以使用環氧樹脂砂漿較多，其方法係以環氧樹脂(以主劑與硬化劑混合)為結合料，再以乾燥砂或適當級配之硬質粒料混合而成，其配合比一般為樹脂：粒料為 1:4 至 1:10 之間。硬化時間因溫度而異，通常可供施工之時間為 10~30 分鐘，養治時間約 2~8 小時。在氣溫低時硬化反應較慢，故氣溫在 5℃ 以下時不宜施工，而氣溫高時會發生急速硬化現象，故夏季最好在氣溫較低之上午施工。</p>	<p>1.文字編修</p> <p>2.新增材料項目</p> <p>3.修補材料名詞修改</p>
<p>(3)瀝青系材料</p> <p>瀝青系材料具有低成本、施工便利與養治時間短的優點，因此被廣泛地用於柔性鋪面與剛性鋪面修補...</p>	(無)	新增修補材料
<p>(4)膠結劑(bonding agents)</p> <p>以水泥混凝土做為修補材料時，一般需要加塗一層膠結劑，以增加現有鋪面與修補材料之黏結性，不是所有修補材料...</p>	(無)	新增修補材料
4.3.6 施工步驟		
<p>部分厚度修補工法首先須將已劣化之混凝土移除，再填補性能穩定與現有鋪面搭配的修補材料，使鋪面恢復原有的強度，圖 4.4.7 為其主要施工步驟之示意圖。</p>	(無)	新增文字

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
1.修補範圍 版塊弱面是最容易形成碎裂的位置，由於初期並無法從面層明顯的察覺損壞存在，故剛性鋪面的損壞真實範圍較表面可見區大...	(無)	增列維修步驟
部分厚度修補要有所成效，則脆弱及損壞混凝土範圍要確認及移除，通常損壞敲除範圍的界線須向外擴張 5~10cm，確保劣化混凝土清除乾淨...	(無)	新增文字
2.損壞混凝土移除 損壞混凝土的部分深移除，最通常為使用鑽石鋸片(diamond-bladed saw)鋸切修補外圍界，再以輕型手提破碎機(light jackhammers)將修補區混凝土鑿除。混凝土鋸切最少需要 5cm 深，鋸切邊界需為直線，切割線間的交角必須垂直型成方形角，修補範圍應為良好無損之水泥混凝土面。	打除損壞部分，接合面應為良好無損之水泥混凝土面，清除碎渣。打除時不得切斷鋼筋或鋼筋網，如有斷損應予接回。 打除部分之底面勿需太平整，但以整個底面有向內稍為傾斜者為佳。又修補區切割線切割深度在 5 公分以下時，需以手工具打除，其垂直面亦勿需太平整。 一個修補區之修補作業應為連貫作業，即由損壞部分之切割、打除，至噴灑養治劑為止，應為一貫作業完成。	1.文字編修 2.鋸切範圍界定 3.提供參考機具
維修區混凝土鑿除需打毛，使用手提破碎機損壞混凝土移除，剛開始可使用重量低於 13.6kg 的手提破碎機，由損壞敲除區中心向修補的邊界施作...	(無)	新增文字
在大修補的鋪面標示移除區採淺十字形或格子的方式，使劣化混凝土容易敲除，寬車道修補時採用碳化鋸切頭為 300~450mm 的標準刨除機(milling machine)較具有經濟效益。刨除作業產生盤狀...	(無)	新增文字

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
<p>3.接縫準備</p> <p>部分厚度修補的接縫及活動裂縫，常因版塊熱漲產生的壓應力壓碎接縫而導致修補失敗，此時接縫處的材料會掉入接縫底部，而阻礙接縫或裂縫的移動，這些損害的應力會沿縱向接縫方向或車道間接縫發展...</p>	(無)	增列維修步驟
<p>某些部分厚度修補的橫向接縫不施作襯縫材料，在接縫修補材料獲得足夠強度時，將修補材料鋸成需要的接縫深度，本作業的成功重點在於修補材料鋸縫的時間點。...</p>	(無)	新增文字
<p>4.修補區清潔</p> <p>混凝土移除後的修補表面需清理乾淨，用乾掃、噴砂及高壓噴氣等方式提供足夠的清理。建議用噴砂機來清理面層或清除灰塵、碎碴及水泥漿較為有效。空壓機 (compressed airblasting) 是使用在最後清理且需避免有油漬落在鋪面表面...</p>	<p>打除損壞部分以鋼刷等刷除油污、塵土等，再以空氣壓縮機吹除碎碴、土粉等，使接合面保持乾淨。</p> <p>雜物、灰塵及已鬆動之部分，應徹底清除乾淨。</p>	<p>1.文字編修</p> <p>2.提供可參考機具及清理方式</p>
<p>5.膠結劑的使用</p> <p>部分厚度修補作業使用的膠結劑，分為水泥混凝土修補材料及特殊快凝修補材料。在既有混凝土表面已清理，要灌注修補材料之前，需在周遭混凝土塗上膠結劑...</p>	(無)	增列維修步驟
<p>6. 修補材料拌合</p> <p>部分厚度修補需要較少的材料體積，通常是在 $0.014\sim0.056\text{m}^3$。預拌車或其它大型設備不能有效生產如此少數量，在規定的溫度下容易超過最大拌合時間，將浪費材料。以試拌為基準，經常使用容量達 0.056m^3 的小鼓式拌合機、槳式拌合機或連續添加材料拌合機都經常被使用，每盤的修補材料採重量或包處理，使拌合作業容易。在事前準備好材料可減少拌合所需時間，有充裕時間進行灌注...</p>	<p>接合面塗布環氧樹脂後，應即澆置預先拌好之水泥砂漿或水泥混凝土。</p> <p>接合面乾燥時即可均勻塗刷黏層，其用量為 $0.3\sim0.5\text{kg}/\text{m}^2$ 或經工程司認可之使用量。</p> <p>黏層未乾之前，敷設環氧樹脂砂漿，並充分夯實。</p> <p>塗抹環氧樹脂黏層應完全均布並要有適當之厚度。</p>	文字編修

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
7.材料的灌注及搗實 當氣溫或鋪面溫度小於 4℃ 時不應灌注任何修補材料，當溫度小於 13℃ 時需要額外的程序，例如使用溫水、隔熱覆蓋、及較長養治時間。某些聚合物混凝土及瀝青混凝土在低溫潮濕的環境...	鋪築後應予搗實，並加以鏟平。 水泥混凝土料應儘量均勻鋪設並予以搗實，以避免震動過度致使粒料析離。	1.文字編修 2.灌注條件增設
幾乎所有修補材料在灌注期間皆須搗實，不正確搗實混凝土的結果會使修補耐久性差、碎裂及快速損壞。搗實將新鮮混凝土的空氣釋放，提供修補的完整績效，搗實...	(無)	新增文字
8.刮平及整平 部分厚度修補通常小到用硬版來刮平表面，將修補材料填滿既有鋪面的修補區，與既有鋪面建立接觸及增加凝聚力，需至少刮平兩次以確保光滑表面。可用鏟刀移除修補表面剩餘次要的不規則形狀...	鏟平至所需之高度後，以軟掃帚順一定方向掃成規則之紋痕。	文字編修
9.養治 部分厚度修補因修補面積通常較體積為大，材料的水分可能快速蒸發，因此部分厚度修補與全厚度修補同樣需要養治，不適當的養治將使修補區產生收縮裂縫...	養治期間及硬化以前應嚴防雨淋。若需承受應力部分更應慎重予以養治。	文字編修
10.接縫填縫 部分厚度修補程序最後步驟為接縫修復，依據新形狀因子鋸接縫，使用噴砂機及空壓機清理接縫面，安裝填縫條及灌注填縫料...	(無)	增列維修步驟
11.開放通車 在開放通車前的重點，在於部分厚度修補需達到足夠強度，一般要求鋪面壓力強度達 210kgf/cm ² 。然而，在關閉最少車道及確保結構完整性之前提下...	視所用之水泥種類決定養治時間及開放通車時間。	1.文字編修 2.開放交通條件修改

5.4.3 全厚度修補對照表

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
4.4 全厚度修補工法	全厚度修補(Full-Depth Patching)	
4.4.1 說明		
當混凝土鋪面出現線性裂縫(linear cracking)、角隅斷裂(corner breaks)或某些與接縫相關的損壞時，可以採用全厚度修補工法(full depth repairs)。全厚度修補不僅在出現損壞範圍實施...	全厚度修補工法為鋪面版發生斷裂、嚴重裂縫或有較大面積之損壞，而其損壞深度達 10 公分，或鋪面版版厚之一半以上時之鋪面版維修工法。	1.文字編修 2.維修條件更新 3.全厚度修補英文名稱修改
4.4.2 定義		
全厚度修補範圍是既有版塊的全厚度，修補作業是在現場澆置混凝土。在剛性鋪面已損壞的接縫和裂縫實施全厚度修補，可恢復鋪面的行車品質、防止損壞區...	(無)	新增章節
4.4.3 目的及適用情形		
當既有剛性鋪面出現橫向裂縫、縱向裂縫、擠破、與接縫碎裂等損壞時，可使用全厚度修補來有效地修復鋪面。當 JPCP 產生中度和重度的橫向裂縫時，此橫...	(無)	新增章節
在決定需要全厚度修補時，考量重點為損壞的範圍。當混凝土鋪面的損壞只在接縫或裂縫處且損壞未遍及整個路段時，可考慮使用全厚度修補工法。但是，當...	(無)	新增章節
4.4.4 使用限制和績效		
適當的全厚度修補設計及施作可以提供良好的長期鋪面績效，然而許多現場鋪面經修補後的績效並不一致。不當的荷重傳遞設計及不佳的施工品質，常是...	(無)	新增章節

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
4.4.5 設計考慮		
1.修補位置和邊界的選擇 實施全厚度修補的第一個步驟是選擇修補的邊界，因此必須以受過訓練的工程師來完成車道上全部路段的狀況調查，找到並標示損壞範圍，必要時對於大範圍...	(無)	新增文字
2.修補尺寸 在需要修補區確定後，工程師通常在施工前或施工時必須決定每個修補區的邊界。選擇適當的修補範圍可以移除版塊及其下層與路基所有的重大損壞，對於...	(無)	新增文字
當採用綴縫筋或繫筋修補時，建議修補全車道寬度且最短修補長度為 1.8m，以使鋪面的晃動、唧水現象、及版塊斷裂等狀況減到最小。當未採用綴縫筋或繫筋修補時，建議在低交通量下之最短修補長度為 1.8m，在中到高交通量下之最短修補長度為 2.4~3.0m，以減少可能產生過早...	確定損壞範圍。其修補範圍，橫向以全版寬為原則，縱向長度至少應有 1.8 公尺以上。惟所剩餘原有鋪面版之縱向長度亦不得小於 1.8 公尺。 修補縱向長度最少為 1.8 公尺。	1.修改文字 2.增列修補界線
3.鋸切 全厚度修補所使用的鋸切橫向接縫，分為粗糙面和平滑面兩種，茲簡敘如下： (1)粗糙面：鋸切深度小於 30%的版塊深度，使用手提鑽破碎及...	(無)	增列版塊鋸切方式
在 JRCP 上施作全厚度修補時，必須額外考量鋼筋的問題。建議以全深度切割版塊並採用光滑面接縫，以加快混凝土的移除。在此法中，因全厚度修補不需...	(無)	新增文字
4.大面積移除與置換 當既有損壞相當多時，若是要在很短的距離內修補所有的損壞區域，將使所需費用變高且不符實際需求。此時，可以移除並...	(無)	增列依損壞情形可參考移除方式

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
<p>5.多車道修補</p> <p>在多車道公路上，損壞可能出現在單車道或跨越兩個或多個車道。如果只有一車道有損壞存在時，則不需修補其他車道。當兩個或多個鄰接車道有損壞時，通常...</p>	(無)	增列多車道可參考維修方式
<p>6.混凝土修補材料</p> <p>混凝土混合料的選擇應依可用的車道封閉時間而定。在開放通車前，可用的時間越短，混凝土的養治必須更快速，同時混凝土...</p>	鋪設之水泥混凝土應避免採用高水灰比及高水泥含量之水泥混凝土，以減低發生乾縮裂縫之機率。	<p>1.文字修改</p> <p>2.條件修訂</p>
為確修補的耐久性，混凝土混合料之含氣量一般應該在 4.5~7.5% 間，並應依粗骨材標稱最大尺寸和當地氣候不同而異。而混凝土之坍度應介於 50~100mm...	(無)	1.新增文字
<p>7.養治和開放通車</p> <p>在養治期間的水分保持和溫度是混凝土達到最終強度的關鍵。當混凝土因水份喪失產生張應力時，若混凝土尚未達到足夠...</p>	(無)	<p>1.增列開放交通須注意事項</p> <p>2.新增開放交通之標準</p>
<p>8.減壓接縫(pressure relief joints)</p> <p>當鋪面有擠破問題時才會考慮在長的 JCP 鋪面上使用減壓接縫。但在全厚度修補作業時，因在其施作過程中已將版塊壓力...</p>	(無)	增列鋪面設置減壓接縫之要求
<p>9.橫向接縫設計/荷重傳遞</p> <p>橫向接縫設計是影響全厚度修補績效的主要因素之一。在選定某一特定路段之接縫設計時，建議應參考在相似交通荷重下之...</p>	<p>原接縫應確實保留。</p> <p>原有鋪面版若無綴縫筋，維修時應一律加設綴縫筋。</p>	文字編修
<p>(1)達到荷重傳遞的方法</p> <p>通過橫向修補接縫以達到荷重傳遞的四種常用的技術包括：</p> <p>A.綴縫筋(dowel bars)：將光面鋼筋錨定在既有版塊上，在接縫處允許自由水平移動，通常會塗上環氧...</p>	(無)	新增文字

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
(2)需要荷重傳遞的決定 每個單位必須依已知的特定氣候區域、交通水準、和基礎型式，來決定荷重傳遞需求，以防止全厚度修補產生嚴重高差或晃動。因力學荷重傳遞設施...	(無)	新增文字
在重交通量下，建議的綴縫筋設置範例如圖 4.4.14 所示。為提供有效荷重傳遞，在輪跡位置通常至少要有 4~5 支綴縫筋，重交通荷載時建議使用直徑 38mm 的綴縫筋。在輕交通量且鋪面小於...	(無)	新增文字
4.4.6 施工步驟		
茲將全厚度修補的基本施工步驟簡要說明如下：	(無)	新增文字
1.確定修補範圍 如何確定全厚度修補範圍及其真實位置，對工程師來說是較為困難的工作之一。通常修補範圍之決定可參考最初調查的資料，再做現場調查來決定。此項現場調查...	(無)	增列維修步驟
2.混凝土鋸切 混凝土鋸切作業上，通常建議以鑽石刀鋸切(diamond saw blades)全深度之修補範圍，有時亦可採用部分深度之鋸切配合手提鑽敲除混凝土之作業方式...	鋸割並清除損壞部分之鋪面版。鋸割線應與橫向接縫平行，損壞版塊最好以吊除方式辦理，以避免底層受到擾動。	1.文字編修 2.增列鋸切方式
圖 4.4.15 是在說明 JCP 之鋸切型態，而圖示的斜切是減壓鋸切，以防止移除混凝土作業期間鄰接混凝土碎裂。由於鋸切接縫在熱天時會閉合，因此在混凝土可以...	(無)	新增文字
3.移除混凝土 茲將常用的損壞混凝土移除方法簡述如下，其優缺點比較如表 4.2 所示。 (1)破碎清除法：在鋸切修補範圍後，使用手提鑽、落錘、或水力夯錘將混凝土打碎，然後用鏟斗清除機及手持工具移除混凝土...	為防止過分擾動底層，最好採用全厚度鋸割吊除方式辦理。 損壞部分吊除後應即著手鋪設水泥混凝土，以免底層受氣候影響。	1.文字編修 2.增列移除方式

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
無論使用何種方法和設備，移除損壞混凝土時應避免損壞鄰接混凝土及既有基層。若是在移除過程中有損壞到鄰接既有混凝土時，則需在修補範圍外重新...	(無)	新增文字
4.修補區準備 進行修補前，必須將所有被擾動過或是鬆散的基層與路基材料移除、並重新置換相似材料或混凝土。若在修補區存在過多水分時，須在鋪設新材料前將修...	底層應予整平夯實。	文字編修
5.荷重傳遞之規定 對於接縫式混凝土鋪面(JCP)，可用綴縫筋和繫筋作為穿過修補接縫的荷重傳遞設施。在既有版塊側面中間深度處鑽孔並設置綴縫筋，鑽孔之間距...	(無)	新增文字
鑽孔之孔徑須略大於綴縫筋直徑，以提供錨定材料的空間。使用水泥漿時，孔徑通常須比綴縫筋直徑大 6mm，以利較硬水泥漿使用。相較於液體混合物，塑性水泥漿混合物可提供綴縫筋較好的支撐。如果使用環氧樹脂砂漿(epoxy mortar)，由於這類材料通常會透過小空隙滲出，因此孔徑最多只容許比綴縫筋直徑大 2mm。因環氧樹脂材料比所支撐的混凝土更有彈性，一般建議採用薄薄的一層即可，以降低綴縫筋的撓度變形及環氧樹脂砂漿的變形。將綴縫筋錨定在既有版塊中是主要的施工步驟之一。不當的綴縫筋錨定程序通常會因綴縫筋的移動造成碎裂和高差，使修補效果不彰...	於原鋪面版橫向垂直面中央鑽設綴縫筋孔，最外側綴縫筋孔應距版緣 20 公分，其他孔與孔之間距為 30 公分(鋪面版厚 15~32 公分時)或 38 公分(鋪面版厚 33~42 公分時)。 綴縫筋(尺寸資料詳表 4-7)固定端以環氧樹脂充分固結，活動端以塑膠帶包紮並塗油脂，其兩端點與水平面及垂直面間最大偏差均不得大於 10 公厘。如兩側皆為新築水泥混凝土面時，綴縫筋應固定於一體之金屬支架上，該支架應固定於路基上，澆置水泥混凝土時不得產生位移或傾斜。	1.文字編修 2.綴縫筋孔徑施作 要求修改
6.縱向接縫考量 在混凝土澆置前，需沿著既有縱向接縫設置隔離材料(bond-breaking material)(例如纖維版)，以確保車道各自作用。鄰接混凝土車道與修補的縱向接...	(無)	新增文字

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
<p>7.混凝土的澆置和終飾</p> <p>在混凝土澆置和終飾方面，必須注意要達到適度的搗實與周圍混凝土的平整終飾。確必修補邊緣的混凝土受到充分的震動，混凝土沒有被過度終飾，亦是須特別注意的重點。在工地應避免為了達到最大工作度，而將額外水加入混凝土預拌車，因為如此作業將降低水泥混凝土的強度和增加收縮。混凝土須橫向攤平 2~3 次，以確保與鄰接混凝土表面相互吻合...</p>	<p>水泥混凝土澆置、搗實並整平後，在水泥混凝土仍具塑性、且有足夠硬度時進行掃紋作業，掃紋利用金屬針梳沿橫向拖曳而成，金屬針梳由 2.4 公厘寬、12~15 公分長，約 1.27 公分間距之金屬薄片組成。</p> <p>掃紋過後隨即以養治劑噴洒養治。</p>	文字編修
<p>需要依據氣候及鋪面狀況限制午後的混凝土澆置時間，某些計畫在早上澆置混凝土，下午鄰接版塊膨脹導致修補的混凝土擠破，且失敗延伸至所有車道。當在較長的修補需要設置中間接縫時，必須注意其鋸切的時間。一般接縫應儘可能在不傷害混凝土時鋸切，太早鋸切可能沿鋸切處碎裂或骨材粒移動，太晚鋸切可能導致修補材料有不規則裂縫。</p>	<p>原有接縫鋸縫</p> <p>原有接縫寬度不足 1 公分者，應重新鋸縫，完成新縫尺寸為：寬 1 公分、深 3 公分。</p> <p>新設接縫鋸縫</p> <p>(a)第一次鋸縫</p> <ul style="list-style-type: none"> • 接縫位置、深度及寬度均需依照設計圖說規定施工... <p>第二次鋸縫</p> <ul style="list-style-type: none"> • 第二道鋸縫之深度及寬度均應如設計圖所示，依序完成，鋸縫作業完成後，應立刻以高壓水沖洗接縫... 	<p>1.文字編修</p> <p>2.接縫成型作業修改</p>
<p>8.養治</p> <p>儘可能在掃紋後，將混凝土噴灑白色液膜養護劑或覆蓋濕麻布以防止水分散失，一般使用白色液膜養護劑即可獲得良好的養治結果...</p>	<p>應充分養治後才能開放行車。</p>	文字編修
<p>9.接縫填縫</p> <p>依據經驗得知，在混凝土澆置後，橫向及縱向接縫須鋸切及成形，儘可能進行填縫，將降低新舊版塊間混凝土碎裂及水滲入的可能性...</p>	<p>(無)</p>	新增文字

5.4.4 版塊穩定和版塊頂起對照表

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
4.5 版塊穩定和版塊頂起工法	底層灌注	工法名稱編修
4.5.1 說明		
剛性鋪面版底喪失支承是加速鋪面劣化的主要原因之一。例如，當唧水現象已發生和版塊支承喪失時，則可能有更明顯的損壞如接縫高差和角隅斷裂產生。若將熱拌瀝青混凝土(hot-mix asphalt concrete, HMA)直接加鋪在劣化的鋪面上，在接縫處將發生大的撓度而導致產生嚴重的反射裂縫(reflection cracks)...	底層灌注係在填充水泥混凝土鋪面版與底層之空隙，或將沉陷之水泥混凝土鋪面版抬高，使其恢復原狀，以達到穩定鋪面版或使已受到滲入水損害之鋪面結構獲得改善。灌注用材料有水泥及瀝青兩系列，近年來已有多種新灌注材料及工法開發成功或試用中。	1.文字編修 2.將工法細分為 版塊穩定和版塊頂起
4.5.2 定義		
版塊穩定是用壓力將材料注入版塊底或穩定基層，這些材料填補版塊底之空隙及提供一薄層，可以降低撓度且抵抗唧水現象，一般常以壓力灌漿(pressure grouting)、底層灌注(undersealing)、或版底灌注(subsealing)稱之。版塊穩定的重...	此法可分為填充鋪面版與底層之空隙及將沉陷之鋪面版抬平兩種。此法養治時間較長，若不予養治而開放通車，則水分會發生唧水作用反而導致鋪面版之損壞。	1.文字編修 2.版塊維修定義 修訂
4.5.3 目的及適用情形		
1.版塊穩定 版塊穩定僅在接縫及活動裂縫已確定喪失支承時施作，在未喪失支承時施作版塊穩定不僅浪費成本，甚至會對鋪面績效會有...	(無)	新增章節
2.版塊頂起 版塊頂起的作業包括用壓力在版塊或基層下方灌注水泥漿，以緩慢地提高版塊高程，直到使版塊縱面平順為止。此項作業僅有...	(無)	新增章節
4.5.4 使用限制及績效		
1.版塊穩定 版塊穩定可藉由監控鋪面後續績效來決定其成效。在版塊穩定作業後，建議應重新量測版塊之撓度，並決定撓度是否已降低至...	(無)	新增章節

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
版塊穩定可以有效地將鋪面內的空隙填充，在鋪面加鋪前完成版塊穩定作業，在降低撓度及後續的反射裂縫是有效的，而版塊穩定的不正確及無保證使用，將導致...	(無)	新增文字
2.版塊頂起 有效的版塊頂起作業有賴於必須緊密地監測任何位置所頂起的高度，版塊每次頂起不可超於 6mm，以防止版塊產生過度的...	(無)	新增章節
4.5.5 設計因素		
1.鋪面調查(確定版塊底的空隙) 撓度測試是目前估計空隙大小及位置最常使用的方法。但因接縫與接縫的荷重傳遞會變動而造成角隅撓度的變化，因此角隅撓度...	(無)	新增章節
另一種方法是以量測三個不同標準荷重下的角隅撓度來偵測空隙。每個測試位置通常採用 27、40 及 63kN 等標準荷重，再依據測試結果繪製荷重與撓度之關係圖...	(無)	新增文字
2.版塊穩定的材料 傳統版塊穩定作業最常使用的材料是瀝青膠泥(asphalt cement)與水泥漿(cement grouts)，而其他... (1)瀝青膠泥 通常用於版塊穩定的瀝青膠泥類型須為低穿透(例如 15~30)和... (2)水泥漿混合物(cement grout mixtures) 版塊穩定使用許多不同的水泥漿混合物，包含卜作嵐水泥漿...	一般養治約需三天以上。灌注材料以水泥漿為主，亦可加細砂、飛灰、矽砂及石膏等材料，混合漿之配比需以稠度是否適當來調整配比，通常係採用稠度錐來測試並在 10 至 16 秒內流完為度。	1.文字編修 2.修補材料要求修訂
3.版塊頂起修補材料 版塊頂起工法幾乎全部以水泥漿(cement grout)來施作，由於所用材料比版塊穩定程序使用的水泥漿稍微硬，流度時間通常在 16~26 秒之間。	(無)	新增文字
4.5.6 施工步驟		
成功的版塊穩定作業有賴於承包商的經驗與施工技術，一般標準的施工步驟如下：	(無)	新增文字

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
<p>1.瀝青膠泥的版塊穩定</p> <p>(1)灌注孔設置型式</p> <p>在確定需要版塊穩定的位置後，需選擇適當的灌注孔設置型式，在不同的情況有不同的灌注孔設置型式。在高撓度外側車道的灌注孔設置為兩列及交錯間隔為 1.2m，經過實際施工後的結論，如此情況只在其右側車道的中心線設置一列及間隔 2.4m 的灌注孔，使瀝青膠泥沿著版塊底流動及流出灌注孔。此灌注孔設置型式，使外車道版塊底產生 3~9mm 的連續薄層...</p>	<p>直徑為 50~60 公厘。灌注孔之排列方式影響其成效甚鉅，灌注材料採用針入度 10~40 之吹製地瀝青，其施工順序如下：</p> <p>於水泥混凝土鋪面版鑽孔，圖 4-3 係灌注孔之鑽孔例。孔之排列應依下列因素考慮後決定。</p> <p>水泥混凝土鋪面版之大小、沉陷量、裂縫之情況。</p>	<p>1.文字編修</p> <p>2.灌注孔設置形式修改</p>
<p>(2)穩定作業</p> <p>再灌注瀝青前，需要用近似 480kPa 的空壓吹灌注孔 15 到 60 秒，將存在版塊底的水分吹出。版塊底過多水份快速冷卻瀝青膠泥，導致空隙填充不適當。若無法適度清乾版塊底的水份，須延遲底層灌注作業，或使用較高溫的瀝青膠泥及較大的壓力灌注，整個施工作業必須快速進行。標準的瀝青穩定的作業流程如下結果：</p> <p>A.在灌注作業開始前將瀝青加熱到需要的溫度(204℃~232℃之間)，因為這溫度接近及可能或超過瀝青膠泥的閃火點，訓練時須非常小心確保瀝青膠泥不與無控制的火焰接觸。在灌注瀝青前保持瀝青循環流動，使循環軟管加溫及瀝青自由流動。</p> <p>B.灌注前在灌注孔周圍灑水、石灰水或者砂，防止瀝青膠泥由灌入鋪面的噴嘴周圍滲漏時粘黏到周遭鋪面。在底層灌注完成前若瀝青從接縫或裂縫處滲出，將停止灌注直到壓出的瀝青膠凝結，使用冷水噴灑滲出的瀝青，將加速瀝青硬化過程。</p> <p>C.灌注孔中止灌注及瀝青噴嘴穩固插入孔內，瀝青膠泥灌注的壓力在 170~620kPa 間，直到版塊底及所有孔洞填滿，當路肩出現鋪面邊緣裂開或鋪面開始提高時。JCP 停止灌注瀝青</p>	<p>瀝青材料加熱至 210℃ 以上，以 2~4kg/cm² 壓力用圖 4-4 之噴嘴灌注。灌注量依水泥混凝土鋪面版及底層之情況而異，約在 2~6kg/cm² 之間。本項作業在高溫下進行，除應注意防火及灼傷外，並應注意下列各項：</p> <p>操作灌注嘴之作業員必須戴口罩及手套。</p> <p>孔內若有水分，將產生蒸氣壓力，會使瀝青噴出。</p> <p>作業時瀝青會由灌入孔、其他孔洞、裂縫、接縫及路肩等處噴出，應予注意。</p> <p>抽出灌注嘴時，慎防瀝青倒流。灌注完成後，等待約 30 秒，再將灌注嘴管抽出，並立即將木塞打入孔口。</p> <p>灌注機械、壓力及所用之瀝青材料。</p> <p>鑽孔後以小口徑之空壓管清除孔之周圍雜物及塵土，並於孔下吹成小空洞，再以灌注管嘴泵送空氣清除版下之砂土及水分，使版與底層有良好通道。擬灌注瀝青材料之鋪面版上最好塗刷一層石粉水，以便瀝青材料溢出或滴落而污染鋪面時，易於清除。</p> <p>俟瀝青材料之溫度降低及凝固</p>	<p>1.文字編修</p> <p>2.瀝青材料施作要求修改</p> <p>3.增列作業注意事項</p>

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
<p>膠泥，當鋪面在頂起 6.3mm 或是灌注時間超過 15 秒時。</p> <p>D. 灌注作業完成後，噴嘴移開灌注孔和臨時用圓柱塞堵住。</p> <p>E. 當瀝青硬化時移除臨時孔塞，將灌注孔灌入水泥漿。在鋪面表面的瀝青或任何其他材料須...</p>	<p>後再將木塞拔出，並以水泥砂漿或瀝青砂漿灌入孔內以填平灌注孔。通常灌注後約 30 分鐘至 1 小時即可開放通車。</p>	
<p>2. 水泥漿版塊穩定</p> <p>(1) 灌注孔設置型式</p> <p>在位置確定後才可開始灌漿作業。首先根據混凝土鋪面的類型和設計，選擇適合的灌注孔設置型式和深度。典型的 JCP 灌注孔設置型式為在外側車道依圖 4.4.18 所示鑽孔，但其設置型式需要依據施工...</p>	<p>施工之順序與瀝青材料灌注法大致相同。抬平鋪面版時其鑽孔之位置如圖 4-2。灌注壓力約為 3~5kg/cm²。應由沉陷最大處之鑽孔先行灌注，依圖 4-2 之順序，先以少量灌注，再繼續灌注至鋪面版平整為止。</p>	<p>1. 文字編修</p> <p>2. 灌注孔設置形式修改</p>
<p>(2) 配合設計</p> <p>版塊穩定使用的卜作嵐水泥漿，建議配合設計如下：一份波蘭特水泥 I 型或 II 型計量(需要早強時可採第 III 型)、三份卜作嵐材料(天然或人造)、並加入適當之水量(以體...</p>	(無)	新增文字
<p>(3) 穩定作業</p> <p>在鑽孔後，將連接壓力灌漿邦浦的伸縮噴嘴(packer)插入灌注孔內，噴嘴的排料端不需深入混凝土版塊的面層底部。版塊穩定作業的目的是填滿既有空隙而不是將...</p>	(無)	新增文字
<p>其他停止灌注的因素為當水泥漿從鄰近的孔、接縫或裂縫處出現，從版塊底排出水，及灌注時間不應超過合理的時間(在 2 分鐘左右)。當靠近鄰近的車道灌漿時...</p>	(無)	新增文字
<p>3. 版塊頂起</p> <p>孔洞設置的最佳位置有賴於有經驗的工程師來判定。設置孔洞位置的一般標準應與放置液壓千斤頂的位置相同，假如要抬起鋪面...</p>	(無)	新增文字
<p>適當的灌注孔位置係依鋪面缺失之位置來決定。如圖 4.4.19 所示，當接縫有唧水現象但未發生高差時，至少可以設置兩個灌注孔...</p>	(無)	新增文字

修改後內容	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
圖 4.4.20 所示三角形方式排列灌注洞位置，改善車道沈陷，灌注孔間隔等距離及儘可能接近，每個灌注孔砂漿趨向於流成圓狀...	(無)	新增文字
不同的單位可能採取不同的版塊頂起技術，典型的版塊頂起作業包括下列步驟： (1)在所有初步工作完成後(鑽孔或是視情況設置減壓接縫)...	(無)	新增文字
4.5.7 機具設備		
1.瀝青膠版塊穩定設備 使用瀝青膠泥施作底層灌注的典型設備包括壓力撒佈機(pressure distributor)、空壓機(air compressors)、氣壓鑽(air hammers with drills)、瀝青膠及空氣噴嘴...	(無)	新增章節
2.水泥漿版塊穩定設備 使用水泥漿的版塊穩定作業須要下列設備： (1)空壓機是驅動氣動錘(pneumatic hammers)及灌漿前將灰塵吹出灌注孔。 (2)氣動錘鑽頭或其他鑽頭需穿過混凝土版與鋼筋鑽出 40 到 65mm 的灌注孔，鑽孔的重量不...	(無)	新增章節

5.4.5 表面刨磨及刮槽工法對照表

修改後條文	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
4.6 表面刨磨及刮槽工法	表面處理	修改名稱
4.6.1 說明		
表面刨磨(grinding)及刮槽(grooving)是面層復原的兩種不同類型，在剛性鋪面各種損壞的維修作業使用，每個技術係針對特定鋪面缺點，或者結合其他鋪面恢復技術，成為綜合鋪面恢復計畫的一部份。	(無)	新增文字
4.6.2 定義		
刨磨工法使用緊密裝在轉軸上的鑽石鋸刀，以移除硬化水泥混凝土表面。刨磨主要目的為改善面層的不平整，及提供平滑的行車面層。刮槽工法在硬化波特蘭水泥混凝土進行刮槽作業，鑽石刀片的心至心間隔為 19mm 或更大的間隔。刮槽主要目的在於降低水滑作用影響，而水滑作用會引起濕天氣的交通意外。	表面處理工法是使用機械將鋪面版表面刮除一薄層，或以樹脂瀝青砂漿等特殊材料於鋪面版上鋪設一薄層，以改善水泥混凝土鋪面版表面缺陷之工法。	文字編修
4.6.3 目的及適用情形		
1.表面刨磨 表面刨磨主要目的在減少重要的高差，恢復鋪面地行車品質及面層抗滑。在剛性鋪面使用表面刨磨的理由包括：移除橫向接縫及裂縫高差、移除由釘輪磨損...	(無)	新增文字

修改後條文	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
<p>表面刨磨最常用於經接縫及裂縫高差(joint and crack faulting)刨磨來改善鋪面的行車品質。當鋪面服務能力降低時，需對引起鋪面服務能力喪失的因素進行評估，在鎖定任何結構缺失後，要恢復鋪面服務到高水準，則可用表面刨磨作業。在高差達到臨界標準前，鋪面會進行表面刨磨作業。而高差的臨界標準有許多因素，不僅有接縫間距，而較短的接縫間距所容許的高差較少。表面刨磨計畫的需求，依據鋪面狀況及糙度資料的蒐集及分析，而維修策略的成本效益是由鋪面狀況分析來決定。</p>	<p>(1)鋪面刮槽或研磨：本工法是以刮槽機或研磨機將水泥混凝土鋪面版表面刮成溝槽，或刮除一薄層來增強鋪面版表面之抗滑性能，其處理斷面可參考圖4-5。處理完後必定損傷原完整之接縫填封，故需伴隨接縫的再填封作業。另為消除段差損壞，必須處理使之平整，刮槽或研磨工法僅限用於水泥混凝土鋪面版結構尚稱完整，即鋪面版裂縫或斷裂情形極少的情形，或雖已發生裂縫或斷裂但已經修補處理完竣之水泥混凝土鋪面版，其功用為可提高鋪面抗滑性能和行車品質。</p>	文字編修
<p>雖然接縫無筋混凝土鋪面(JPCP)或接縫鋼筋混凝土鋪面(JRCP)採用表面刨磨作業，提供在行車品質的戲劇性改善。鋪面如存在嚴重排水及侵蝕問題，且有明顯的高差或唧水現象時，...</p>	(無)	新增文字
<p>2.刮槽 可以利用刮槽來降低公路及機場剛性鋪面潛在濕天氣打滑之交通意外。刮槽分為橫向及縱向，橫向刮槽的優點，不僅提供鋪面排水的直接孔道，亦提供面層合理的煞車。橫向刮槽雖常使用於...</p>	(無)	新增文字
<p>4.6.4 使用限制及績效</p>		
<p>1.刨磨 在刨磨後的糙度值可能較新築鋪面要好，刨磨的立即效果為提供很平滑鋪面。刨磨作業在粗糙的效果很清楚，而對摩擦數的效果更重要。在鋪面採用刨磨前需將鋪面高差改善，如未改善則刨磨...</p>	(無)	增加章節
<p>2.刮槽 鋪面刮槽是恢復面層摩擦的有效方式，降低水滑作用及伴隨的交通意外。橫向刮槽是增加鋪面巨觀紋理，提供許多短距離的排水孔道，更有效由面層排除水，...</p>	(無)	新增文字

修改後條文	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
4.6.5 設計因素		
1.刨磨 刨磨後的面層特性與刀片間隔高度相關，也與骨材硬度高度相關，容易磨光的骨材摩擦阻力可藉增加刀片間隔來改善，每個維修計畫要選擇最好刀片數組合如...	(無)	新增文字
(1)面層縱坡評估結果 刨磨後的面層品質可藉由量測沿著車道之鋪面糙度來評估，鋪面糙度是鋪面高低起伏最好的指標。刨磨鋪面與新築鋪面同樣的行車品質標準可由作業前與作業後的縱面軌跡作比較，來決定...	(無)	新增文字
(2)抗滑 鋪面抗滑改善由橫向坡度恢復及增加面層巨觀紋理，正確坡度使橫向排水容易，降低由車轍造成的潛在水滑作用，特別是由釘輪磨損所造成的車轍。增加巨觀...	(無)	新增文字
2.刮槽 刮槽的鑽石刀片組裝與刨磨設備相同，鑽石刀片間隔依軟骨材及硬骨材而不同，下列刀片組裝在公路為最有效用的。軟骨材的面層最小凸面寬為 2mm，平均凸面寬接近 2.5mm，每公尺需要...	(無)	新增文字
4.6.6 施工步驟		
1.準備作業 表面刨磨作業是依據鋪面狀況及粗糙資料而決定，在表面刨磨作業前，對唧水現象、路基淘空、角隅裂縫、活動的橫向裂縫及破碎版塊等需先行維修，不然接縫...	(無)	增列維修步驟
(1)假如有嚴重排水及侵蝕問題存在，如明顯的高差(大於 3mm)及唧水現象，在進行表面刨磨作業前需使問題緩和。	(無)	新增文字

修改後條文	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
(2)鋪面出現結構缺失，如漸進的橫向裂縫及角隅裂縫，在表面刨磨作業完成後，版塊龜裂及裂縫高差會繼續發展，減少恢復鋪面的壽年。	(無)	新增文字
(3)骨材硬度與表面刨磨作業成本直接相關，表面刨磨極硬骨材較軟骨材需較多時間及工作，極硬骨材由於高成本使刨磨作業成為不可行。	(無)	新增文字
(4)混凝土的耐久問題如 D 裂縫、活性骨材，不能用刨磨作業來改善。	(無)	新增文字
(5)重大的版塊置換及維修是連續漸進結構損壞的指標，刨磨作業不能補救此損壞。	(無)	新增文字
2.刨磨作業 刨磨作業連續沿著車道前進為最好結果，刨磨方向對鋪面平滑或縱面無明顯的影響，刨磨作業的開始及結束始終垂直於鋪面中心線。一個車道要刨磨需...	(無)	新增文字
刨磨設備應有長的參考桿作為既有鋪面的參考基準，面層頂參雜高低起伏，只需移除最少深度即可獲得極佳的行車品質。在刨磨作業規範必須定義面層頂...	(無)	新增文字
3.刮槽 刮槽作業是沿著鋪面縱向進行，且只對局部範圍(曲線段)作刮槽。由面層摩擦及濕天氣交通事故的資料，來決定刮槽作業的區域。刮槽作業連續沿著車道...	(無)	新增文字
4.6.7 機具設備		
1.表面刨磨 刨磨設備為由鑽石刀裝成一系列的鋸切頭，設備前輪通過凸起或高差後，由中間的鋸切頭將高差切成薄片，後輪跟隨通過平滑的切割結果。標準鋸切頭寬為...	(無)	增加章節

修改後條文	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
2.刮槽 鋪面刮槽設備是特別設計的，鋸切頭需要較少的鑽石刀，鋸切頭寬較刨磨設備為大，可用的設備為 1.5m 或更寬，使用真空系統收集刮槽所生的水泥漿。	(無)	新增機具說明
縱向刮槽的鑽石刀間隔為 19mm，刮槽寬為 2.5~3.2mm，刮槽深為 3.2~6.4mm。德國研究發現刮槽寬超過 4.5mm，會產生不能接受的輪胎噪音，建議刮槽寬為...	(無)	新增機具說明
	修改後條文未提及部份	
	(2)薄層：本工法係以特殊的樹脂瀝青膠泥砂漿，或瀝青混凝土等材料於水泥混凝土鋪面版上加鋪 1.5 公分厚以下之薄層，以改善鋪面版表面抗滑性能或鋪面版平整度。本工法可應用 ...	NHI 手冊未提及部份

5.4.6 增設邊緣排水系統對照表

修改後條文	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
4.8 增設邊緣排水系統	底緣排水	名稱修改
4.8.1 說明		
長久以來眾所知的，鋪面損壞主要起因為水。鋪面存在有效及耐久的地下排水設施(subdrainage)，則排水效果較傳統鋪面設計增加約 15~25%，因此鋪面處理排水問題的最佳時機是在建造期間。...地下排水系統是在排除滲入鋪面系統內多餘水份，故鋪面壽年期間要增加績效時需增設邊緣排水，如要保證在既有鋪面設計地下排水系統是可行的，則需要鋪面水潛在來源的知識，瞭解地下排水材料與水間的互動及地下排水設計的基本原理。	底緣排水亦即鋪面版下或車道邊緣鋪面版底層排水，係指設置於車道鋪面版下或車道外側路肩下之排水暗溝，其功用係將經由接縫或裂縫滲入鋪面版下的水儘速排除，以避免久留而導致唧水、錯離或鋪面版折斷等現象之工法。	文字編修
4.8.2 定義		
鋪面結構的排水系統有許多不同型式，而最常使用的是縱向邊緣排水。縱向排水可在建造時安裝或在既有鋪面作增設，為沿著鋪面結構縱向外側，安裝穿孔排水管加透水層或矩形地工複合物層...縱向排水是新建鋪面的工作之一，亦是既有鋪面地下排水補強措施的項目。橫向排水橫越鋪面設置，如埋在橫向接縫下方，主要在收集及排除橫向接縫的滲入鋪面底多餘水份。橫向排水是新建鋪面的工作之一，但鋪面維修作業不常用...	當水泥混凝土鋪面版甚寬時，在鋪面版維修同時可在鋪面版下加作橫向或縱向之暗溝排水，但應特別注意一定要有排水口。一般情形為邊緣排水設置於車道外側路肩下較易引水排洩，該暗溝可於鋪面版維修同時加作，亦可單獨施作以利改善。	文字編修
4.8.3 目的及適用情形		
鋪面排水系統的目的，在於排除滲入鋪面結構的多餘水份。既有鋪面是否需要排水系統，第一步是現場調查及評估排水狀況，而鋪面存在因水份所導致的損壞是改善排水需求的指標。在整修路段...	(無)	新增章節

修改後條文	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
4.8.4 使用限制及績效		
鋪面內水的主要來源是經無填縫的接縫及裂縫滲入，而填縫作業不能將所有水份排除在外，但可以降低進入鋪面的數量。透水底層位於鋪面版塊下方，可快速將地下水及鋪面滲入的水排除，...	(無)	新增章節
鋪面增設邊緣排水可有效的減緩及阻止水份，要降低鋪面唧水現象的有效邊緣排水，需配合不沖蝕材料。傳統的地下排水設施是採穿孔排水管加透水層，現鋪面增設邊緣排水有使用地工複合物...	(無)	新增文字
4.8.5 設計因素		
1.地下排水系統組成 鋪面結構的排水系統型式，分為縱向排水、透水底層及橫向排水，而提供鋪面真實排水有縱向排水(排水管或地工複合物排水系統)及透水底層。縱向排水一般埋設在車道邊及平行路幅中心線，採用地工複合物及穿孔的排水管...	(無)	新增章節
透水底層是由高滲透材料所組成，正常鋪設在整體鋪面底下，僅在新鋪面鋪築或重建時採用。透水底層可迅速排除地下水及滲入鋪面的水，而透水底層要發揮...	(無)	新增文字
橫向排水埋設位置為沿垂直鋪面，通常與道路中心線垂直，經常配合排水毯截斷平行鋪面的地下水，將車道內側鋪面下大量多餘水份排除。在過去有個別埋設...	(無)	新增文字
鋪面縱向外側排水設施採用地工複合物或穿孔排水管，而不建議溝槽僅佈設地工織物及回填骨材。補強外側排水材料分為地工複合物及排水管，地工複合物為...	(無)	新增文字

修改後條文	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
<p>2.地下排水設計基本原理</p> <p>(1)水的來源</p> <p>瞭解水的潛在來源是決定增設邊緣排水及設計排水系統的基礎，鋪面水的五個來源如後說明。</p> <p>A.高地的滲流：此類水的重要來源是在挖方路段的淺側溝，...</p>	(無)	新增文字
<p>一般使用淺的鋪面地工複合物及邊緣排水管只考慮面層滲入的水份，增設邊緣排水在於排除由接縫及裂縫滲入的水份。在特殊位置的其他水份來源是大地工程...</p>	(無)	新增文字
<p>(2)有效降低水份的方法</p> <p>鋪面降低水份一般有三種方法可用，能方便鋪面排水及降低的潛在損壞效果。</p> <p>A.使水不進入鋪面：此方法與鋪面面層填縫相關，設置排水...</p>	(無)	新增文字
<p>由於任何一種方法不能完全順利控制水份導致的損壞，所以在水泥混凝土鋪面整修時每個方法皆須考量，最佳設計與由多個方法組成有關，例如填縫工法加增設邊緣排水。</p>	(無)	新增文字
<p>(3)地下排水系統設計</p> <p>在鋪面完全重建時，地下排水設計與新鋪面相同，設計者可以選擇鋪面所有的排水系統。鋪面整修時，鋪面層已固定且改進各層的排水能力有限，所以改善地下排水縮短排水路徑是唯一合理的方式。...</p>	(無)	新增文字
4.8.6 施工步驟		
<p>縱向邊緣排水系統的安裝作業，在底層灌漿(undersealing)及表面刨磨(grinding)作業完成後，降低受水泥漿及混凝土碎片等污染的機會。</p>	(無)	新增文字

修改後條文	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
1.埋設位置及坡度 縱向邊緣排水系統在溝槽開挖前，必須先確定排水設施是否埋在鋪面下固定深度，需開挖溝槽的正確寬度、深度及坡度，以及現場確實位置，以避免開挖錯誤而損及鋪面結構。另排水口位置、深度及坡度及現場確實位置，亦需於施工前確定。	橫向暗溝之排水口位置應注意：(1)出口處不易產生沖刷情況(2)易於維護。	文字編修
溝槽所需的寬度，是依據施工需要、排水需要及材料透水性等而定，排水設施如為排水管，則溝槽寬度為 20~25cm；如為地工複合物，則溝槽寬度為 10~15cm。	(無)	新增文字
溝槽深度是依據鋪面透水結構厚度及位置而定，如排水位於鋪面下方，則溝槽深度在基層/路基介面下 5cm。在邊溝段的集水管溝槽深度，則溝槽深度在邊溝回水線上方 15cm。在暴雨排水系統，則溝槽深度位於 10 年洪水頻率高程上方 15cm。	(1)鋸割暗溝，寬度大於 15 公分，深度需視底層材料而定。若底層為不透水層，其排水暗管(即透水管)頂面需比鋪面版底面深 5 公分。若底層為透水材料時，其排水暗管頂面需平於或低於底層底面為宜。	文字編修
因溝槽深度位於基層/路基介面下 5cm，且面層及基層等組成厚度固定，溝槽坡度大多數配合鋪面坡度。如路面排水系統的流水方向未配合鋪面坡度，加上路幅兩側地形複雜時，溝槽坡度才依據排水需要不配合鋪面坡度。	(無)	新增文字
2.溝槽開挖及清理 剛性鋪面結構如為瀝青混凝土路肩則縱向排水補強位於路肩區內，如為水泥混凝土路肩則縱向排水補強位於路肩外側。溝槽是沿著鋪面縱向及採機械開挖，而溝槽的正確寬度、深度及坡度，在開挖前中後皆須檢查，確認溝槽形狀是否符合設計要求。	(2)暗溝開挖，較長之縱向暗溝需每隔 10 至 15 公尺加設一橫向暗溝連接路邊之排水系統，將水導引排除，其坡度應達 5% 以上。	文字編修

修改後條文	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
當溝槽形狀已依設計形狀開挖完成，在進行排水設備安裝前，必須進行溝槽清理及準備，除將溝槽內的鬆土或其他多餘材料移除外，溝槽底應先回填夯實，提供平整穩定的溝槽施工空間。	(無)	新增文字
3.透水材料鋪設 在進行縱向邊緣排水系統設施安裝前，圍繞排水管或沿著地工複合物的透水材料，提供由鋪面結構至排水設施間的排水媒介。由於包裹濾層的排水管...	(3)鋪設透水性工程不織布	文字編修
4.排水設施安裝 縱向邊緣排水系統設施分為地工複合物及縱向排水管，由於兩者的構造及形狀不同，則材料製造、外觀及現場安裝皆有差異。	(無)	新增文字
(1)地工複合物(geocomposite) 地工複合物排水設施所製造的形狀，大多為方形地工複合物層(geocomposite membranes)，為順利排水鋪面結構內的水分，埋設於車道外側與透水底層相鄰。...	(無)	新增文字
(3)集水管 縱向排水管補強設施需要設置收集管，為能夠排除鋪面下多餘的水，其埋設深度位於排水高程下方，則管頂是在基層/路基介面下 5cm。	(無)	新增文字
(4)排水口 自由流的排水口需排水系統正確，在邊溝段，排水口管底為邊溝深，一般排水口管底為邊溝回水線上方 15cm。在暴雨排水系統，排水口管底位於 10 年洪水頻率高程上方 15cm。	(無)	新增文字

修改後條文	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
<p>5.回填材料鋪設及夯實</p> <p>在縱向邊緣排水系統設施安裝完成，以及透水材料已依設計需求鋪設，尚須將剩餘空間作材料回填，以符合設計尺寸。透水材料的鋪設範圍，必須使透水性符合設計要求。回填材料的鋪設範圍，必須符合設計要求。</p>	(5) 回填透水性材料。	文字編修
<p>透水材料夯實作業要特別注意，因過度夯實會損害排水設施，且使透水材料降低透水率。回填材料夯實作業，除使回填材料之密度達到讀 90% 外，需注意夯實過程是否損及透水材料及排水設施。...</p>	(無)	新增文字
<p>6.鋪面修補</p> <p>剛性鋪面結構如為瀝青混凝土路肩則縱向邊緣排水系統位於路肩區內，如為水泥混凝土路肩則縱向邊緣排水系統位於路肩外側。</p>	(6) 鋪設面層。	文字編修
<p>(1) 瀝青混凝土路肩</p> <p>排水設施在回填材料夯實後，為確保瀝青混凝土路肩的完整性，在進行瀝青混凝土修補前，需先對排水設施作檢查，分析檢查結果是否符合設計要求，及提供完整的施工平台。而瀝青混凝土...</p>	(無)	新增文字
<p>(2) 水泥混凝土路肩</p> <p>排水設施在回填材料夯實後，為確保水泥混凝土路肩的完整性，在進行水泥混凝土修補前，需先對排水設施作檢查，分析檢查結果是否符合設計要求，及提供完整的施工平台。水泥混凝土面層之修補作業請參考全厚度或部分厚度修補規範。</p>	(無)	新增文字
<p>7.接縫填縫</p> <p>縱向邊緣排水系統程序最後步驟為接縫修復，依據新形狀因子鋸接縫，使用噴砂機及空壓機清理接縫面，安裝填縫條及灌注填縫料，更詳細資訊請參閱接縫填縫規範。</p>	(無)	新增文字

修改後條文	現行條文 (公路養護手冊 92 年 3 月)	備註
<p>8.開放通車</p> <p>在開放通車前的重點，在於施工場所是否清理完畢部分；全厚度或部分厚度修補需達到足夠強度，一般要求鋪面壓力強度達 20.7MPa；以及修補區地交通維持設施的撤離。然而，為了關閉最少的車道及確保結構完整性，...</p>	(無)	新增文字

5.5 剛性鋪面大型養護方法之修訂建議

因原公路養護手冊中列出之剛性鋪面大型養護方法僅包括加鋪瀝青混凝土與翻修(全面版更新)等二種工法，詳細之內容請參閱 2.4.3 節之說明。由於其內容較少且與本研究新增之快速剛性鋪面鋪築技術、再生混凝土鋪面、水泥混凝土加鋪鋪面、與瀝青混凝土加鋪鋪面等工法之內容較無對應。因此，針對剛性鋪面大型養護方法之修訂建議，請參閱本研究第四章第 4.9 節至第 4.12 節之詳細內容，在此不在贅述。

第六章 剛性鋪面維護及補強查驗制度之建立

現行國內公路養護維修作業係依照公路系統之不同而分別由不同的單位負責。目前國內負責公路養護維修單位有交通部台灣區國道高速公路局、交通部公路局、台北市政府工務局養護工程處、高雄市政府工務局養護工程處及各縣市政府建設局，故以下即針對這些單位，分別說明其養護決策制訂方式、養護作業安排與養護預算編列等現況，並探討鋪面養護管理系統於國內實際施行情形。在國內機場方面為確保機場航機作業安全，應隨時掌握鋪面狀況並及時維修，然機場目前的檢查作業模式僅針對已產生破損的鋪面予以查報維修，無法於鋪面發生損壞初期即採取適當之一般性養護工作，未能於鋪面損壞尚輕時先予養護修繕，當發現鋪面損壞時多已產生嚴重損壞而需予以緊急搶修，其所需維修費用相對提高，另該破損已產生，故對機場將造成立即性飛航安全問題。

為使機場鋪面維持服務水準，通常於發生破損即需進行維修，無法累積損壞數量，故經常皆為小型工程，多由維修單位自行規劃設計發包工程。由於機場鋪面維修工程有時效性的要求，維護單位必須在有限時間內進行維修工作，故多未能針對損壞進行充分調查與研析，及必須進行設計發包施工，且無法針對維修工程特性訂定技術規範，而仍沿用機場工程施工規範進行施工，鋪面維修在沒有可供依循的標準情形下，未能有效掌握維修品質與成效，導致發生維修後相同損壞情形機率偏高。

6.1 工法自主檢查表與相關規範整理

國內剛性鋪面多採用於機場或是高速公路收費站等處，其維護時需考量時效因素，因此多為開口合約或是緊急搶修等狀況。並且其完工後待工程師驗收時，多為利用目視之方式進行現地驗收，無法完整掌握其施工之成效，因此容易造成修補後再破壞狀況發生。並且各工法於施作時，並無一可供參考之標準，本研究有鑑於此，於第四章已針對剛性鋪面維護及補強各工法，進行相關之修正建議。而於本章將根據已建立之工法流程與細節，建立各相關之主自檢查表，以供施工單位施作時可進行勾選以及填寫。並建議可將其納入驗收之表單中，並配合相關現地工程師簽名，藉以證明其施工之成效以及品質。其已建立之各工法自主檢查表如下表 6.1.1~表 6.1.7 所示。另外本研究亦整理出工法相關規範表，供工程師參考，如下表 6.1.8~表 6.1.11 所示。

表 6.1.1 填縫工法自主檢查表

工程名稱				編號		
工程項目				日期		
施工位置						
類別	步驟	檢驗項目	檢驗標準	檢驗結果		
				初驗	複查	
施工前	移除 舊有填縫料	清除後接縫	縫壁邊牆是否有剝落產生			
			接縫是否有不可壓縮物進入			
施工中	整修接縫縫槽	鋸切後斷面	是否符合設計尺寸且徹底清除並露出新鮮的混凝土面			
	噴砂 噴氣處理	接縫縫壁	是否完全清除乾淨			
	裝置襯縫條	襯縫條	依設計圖使用			
		襯縫條直徑	> 縫寬 25% 且與填縫料相容			
	灌注填縫料		填縫料下緣與接縫底面是否呈分離狀態且與版兩端接縫垂直面密接			
			<input type="checkbox"/> 熱注式熱塑性填縫材料 灌注後是否養治 30 分鐘至 1 小時			
			<input type="checkbox"/> 矽質填縫料 灌注後是否養治 1 小時			
			<input type="checkbox"/> 壓力填縫材 填縫材是否產生扭轉或伸張			
施工後	開放通車	抗壓強度	修補材料是否達交通荷重最小強度要求			
	調查維護	檢查頻率	> 1 次/年			
承包商		工程師	複查	監工單位	工程師	複查

表 6.1.2 部份厚度修補工法自主檢查表

工程名稱				編號		
工程項目				日期		
施工位置						
類別	步驟	檢驗項目		檢驗標準	檢驗結果	
					初驗	複查
施工前	界定維修範圍	修補厚度		> 5.0 cm < 原版厚度之 1/3		
施工中	□ 水泥系材料	最大粒徑		< 施工厚度之 1/3		
		鋸切維修範圍	鋸切線交角	是否相互垂直		
			鋸切長度	> 維修邊界 5.0 cm < 維修邊界 7.5 cm		
			鋸切深度	< 維修深度 2.5 cm		
			鋸切斷面	是否為乾淨、不規則且良好無損		
			設置襯縫材料		依各襯縫材料規定使用	
		塗佈膠結劑	膠結劑類型	依交通量開放時間的需求		
			接合面	是否為面乾內飽合狀態		
			塗抹厚度	依材料廠商建議		
		修整表面		是否確實搗實 是否符合周圍路面紋路		
	□ 高分子聚合物材料	樹脂與粒料配合比例		1:4 ~ 1:10		
		施工氣溫範圍		5°C ~ 60°C		
		鋸切維修範圍	鋸切線交角	是否相互垂直		
			長度	> 維修邊界 5.0 cm < 維修邊界 7.5 cm		
			深度	< 維修深度 2.5 cm		
			斷面	是否為乾淨、不規則且良好無損		
		塗佈膠結劑	類型	依交通量開放時間的需求		
			接合面	是否為面乾內飽合狀態		
			塗抹厚度	依材料廠商建議		
		修整表面		是否確實夯實		
施工後	養護		是否均勻噴灑白色液膜養護劑			
	開放交通		依圓柱體或抗彎梁試體試驗強度			
承包商		工程師	複查	監工單位	工程師	複查

表 6.1.3 全厚度修補工法自主檢查表

工程名稱				編號		
工程項目				日期		
施工位置						
類別	步驟	檢驗項目	檢驗標準	檢驗結果		
				初驗	複查	
施工前	確定修補範圍	確定全厚度修補的位置及邊界	檢查是否每個破壞範圍在修補邊界的版塊表面標記，初步調查之後額外發生的破壞也必須包含在內			
	混凝土鋸切	鋸切修補邊界	輪鋸是否不影響鄰近的車道			
			鋸片鋸切要在輪鋸外邊>460 mm			
			輪鋸時不得超出基層<13 mm			
		鋸切後混泥土塊疑除	鋸切後是否在兩天內移除混凝土版塊			
施工中	荷重傳遞設施	綴縫筋放置	孔徑空間是否大於綴縫筋直徑			
			是否於版塊深度 305 mm 處鑽孔設置綴縫筋			
			設置間距至少 75 mm，距離邊緣間距最少 65 mm			
	縱向接縫處理		澆置完成前沿著現有的縱向接縫放置隔黏劑的材料，確保車道之間獨立			
	混凝土的澆置和整平	修補表面	是否整平至與鄰近鋪面版相互吻合			
施工後	養治		是否塗佈白色液膜養護劑			
			是否置放濕的麻布袋或聚乙烯褥單布於混凝土上可以防止水分流失			
	開放交通		確認鋪面強度是否已達設計			
承包商		工程師	複查	監工單位	工程師	複查

表 6.1.4 版塊穩定和版塊頂起工法自主檢查表

工程名稱				編號		
工程項目				日期		
施工位置						
類別	步驟	檢驗項目	檢驗標準	檢驗結果		
				初驗	複查	
施 工 前	標定灌漿位置	決定鑽孔位置	孔洞必須與接縫或裂縫相距 60 公分左右			
			孔與孔間應相距 1.2m~2.0m			
			孔洞直徑約為 4cm~6cm			
			深度依版底空隙位置及設計圖說相關規定			
			10~15 平方公尺範圍佈置一孔為原則			
	鑽孔	旋轉式鑽機鑽孔	鑽頭直徑應為 1 5/8 吋，最大孔徑需<5cm			
			鑽孔完成後應即插入橡皮套管			
	漿汁拌合	拌合時間	拌合時間>2min			
拌妥之漿汁須 2 小時內用盡						
施 工 中	灌漿	灌漿方法	由下往上分段施灌			
		灌漿之深度	水泥版下 40 公分			
		灌漿壓力	在 1~2 kg/cm ² 壓力下 3 分鐘內不再吃漿時，該孔洞施灌完成			
		灌漿前	將版面下部之水分、泥漿及鬆土吹出清淨			
		灌漿時版塊檢察	以三米直規置於鋪面量測，版塊隆起或升高情形，版塊隆起應<3mm			
施 工 後	開放交通		以抗壓強度 4000psi 之水泥混凝土澆注封填，依據設計圖說等規定進行養護			
			水泥混凝土達齡期強度完成鋪面表面清理			
承包商	工程師	複查	監工單位	工程師	複查	

表 6.1.5 表面刨磨及刮槽工法自主檢查表

工程名稱				編號		
工程項目				日期		
施工位置						
類別	步驟	檢驗項目	檢驗標準	檢驗結果		
				初驗	複查	
施工前	調整刨磨狀況	調整刨磨機具之刀片及套管	調整試磨之刨磨深度是否符合設計圖說			
施工中	標定刨磨範圍及高程	依基準線設置參考橫梁	刨磨前進方向確定是否符合要求			
	刨磨作業	刨磨方向	是否以定速依基線方向緩緩前進			
		刨磨成效	是否有人員隨機器後檢查			
			開始和結束是否均保持在中心線位置			
		相鄰刨磨區域	重疊區域不得<50mm			
施工後	刨磨鋪面清理	鋪面是否潔淨	是否以溼式真空吸塵器或掃地機清掃，並以空壓機吹淨			
	刨磨後鋪面功能	泥漿與殘留物	是否流出影響交通或阻塞排水設施			
		均勻完成的表面	是否消除接縫與裂縫的版差			
		新舊鋪面連續性的排水功能	排水功能是否正常			
承包商		工程師	複查	監工單位	工程師	複查

表 6.1.6 荷重傳遞修復工法自主檢查表

工程名稱				編號			
工程項目				日期			
施工位置							
類別	步驟	檢驗項目	檢驗標準	檢驗結果			
				初驗	複查		
施 工 前	綴縫筋槽孔 切割	槽孔尺寸	是否為 65~100 mm 槽孔 寬				
			槽孔底是否平整及均勻 橫越接縫				
		槽孔噴砂真空清理	槽孔是否經噴砂設備清 除灰塵及鋸切的水泥漿				
			是否提供既有混凝土與 維修材料好的結合面				
			在綴縫筋及補綻材料安 裝前，是否用吹風設備對 槽孔作最後檢查清理				
施 工 中	塗佈黏結劑		沿著槽孔邊及底部塗 佈，回填材料嚴禁滲入裂 縫底或接縫邊				
	安裝綴縫筋		是否塗抹油脂使接縫移 動容易，允許綴縫筋安裝 的任何接縫能閉合				
施 工 後	養治		養治數天後進行荷重傳 遞修復撓曲測試，測試結 果荷重傳遞效率是否增 加為 90~100 %。				
	開放交通		養治數小時後才開放通 車，時間點依據維修材料 及版塊溫度而定				
承包商		工程師	複查	監工單位	工程師	複查	

表 6.1.7 增設邊緣排水系統自主檢查表

工程名稱				編號		
工程項目				日期		
施工位置						
類別	步驟	檢驗項目	檢驗標準	檢驗結果		
				初驗	複查	
施工前	埋設位置及坡度	溝槽寬度	排水設施為： ● 排水管，溝槽寬度為 20~25 cm ● 地工複合物，溝槽寬度為 10~15 cm			
		溝槽深度	● 排水位於鋪面下方，溝槽深度在基層/路基介面下 5 cm ● 排水位於邊溝段，溝槽深度在邊溝回水線上方 15 cm ● 暴雨排水系統，溝槽深度位於 10 年洪水頻率高程上方 15 cm			
	溝槽開挖及清理	確認溝槽形狀	是否符合設計要求			
		清理及準備	溝槽內的鬆土或其他多餘材料是否移除			
			溝槽底是否先回填夯實			
			是否提供平整穩定的溝槽施工空間			
施工中	透水材料鋪設	預先鋪設	排水設施安裝於溝槽前，溝槽底是否先鋪設一層透水材料，其餘透水材料於設施安裝完成後補齊			
	排水設施安裝	地工複合物	● 是否位於基層/路基介面下 5 cm ● 頂部與版塊底部平齊 ● 排水坡度平行基層/路基介面縱向坡度			
			排水設施排水口間隔，依據排水坡度的不同為 60~140 m 間			
		縱向排水管	光滑排水管的坡度最少為 1 % 波狀排水管的坡度最少為 2 %			
			排水管底部位於基層/路基介面下 5 cm，則排水坡度平行基層/路基介面縱向坡度			
			排水設施排水口間隔，依據排水坡度的不同為 75~90 m 間			
施工後	回填材料鋪設及夯實		鋪設範圍是否符合設計要求			
			回填材料之密度是否達到讀 90 %			
			夯實過程是否無損及透水材料及排水設施			
	開放通車		修補區地交通是否維持設施的撤離			
承包商	工程師	複查	監工單位	工程師	複查	

表 6.1.8 填縫工法規範整理

	項目	國內規範	國外規範
材 料	襯縫材料		NCHRP、ACPA、SHRP 必須柔軟、可壓縮、無收縮性、無反應性、無吸收性的封閉蜂巢聚 乙烯條 襯縫條直徑應大於接縫寬度 25%
	黏結劑		AASHTO M235
	填縫料		美國聯邦規範 SS-S-200E TYPE M ACPA 熱拌型合成橡膠(Hot poured, elastomeric-type) , ASTM D3406、AASHTO M282 聚氯丁二烯合成橡膠填縫料(polychloroprene elastomeric seals) ASTM D2628、AASHTO M220 低彈性模數矽質填縫料(low modulus silicone sealant) 喬治亞洲交通部(Georgia Department of Transportation)規範
工 程 施 作	接縫縫槽 尺寸	公路養護手冊 新接縫寬 1 公分、 深 3 公分	FHWA 填縫料寬厚度比為 1:1~1:2 填縫料高度應低於鋪面表面 3.2~6.4mm
			ACPA 填縫料寬厚比為 1:1 填縫料高度應低於鋪面表面 6~10mm

表 6.1.9 部分厚度修補工法規範整理

	項目	國內規範	國外規範
水泥系材料	細粒料	CNS 1240-混凝土粒料	ASTM C-33
	粗粒料	CNS 1240-混凝土粒料	ASTM C-33
		CNS 490-粗粒料(38mm 以下)磨損試驗法	ASTM C-131
		CNS 3408-粗粒料(粒徑 19mm 以上)磨損試驗法	ASTM C-535
	水泥	CNS 61-卜特蘭水泥	ASTM C-150
	拌合用水	CNS 13961-混凝土拌合用水	
瀝青系材料			AI MS-14
輔助材料	養護劑	CNS 2178-混凝土用液膜養護劑	ASTM C-309 TYPE 2
	黏結劑		AASHTO M235
工程施作	最小維修尺寸	公路養護手冊 修補厚度以 10 公分為原則，小於原版厚一半	FHWA 移除區域有缺陷區域外側的 2~6in，建議最小修補長 10in 與寬度 4in
			SHRP 維修斷面最小深度 5cm 維修斷面為破損範圍長、寬方向各延伸 5cm~15cm 最小維修斷面尺寸不得小於 10cm×20cm
開放交通	開放強度要求		NCHRP 混凝土梁或圓柱試體達到平均破裂模數為 抗彎梁中間點載重 300psi 抗彎梁三分點載重 250psi 抗壓強度 1000psi
			FHWA 一般要求 3000psi 的抗壓強度，允許交通荷重在修補材料達最小要求強度時，開放交通以確保結構完整性。

表 6.1.10 全厚度修補工法規範整理

	項目	國內規範	國外規範
材料	細粒料	CNS 1240-混凝土粒料	ASTM C-33
	粗粒料	CNS 1240-混凝土粒料	ASTM C-33
		CNS 490-粗粒料(38mm 以下)磨損試驗法	ASTM C-131
		CNS 3408-粗粒料(粒徑 19mm 以上)磨損試驗法	ASTM C-535
	水泥	CNS 61-卜特蘭水泥	ASTM C-150
	拌合用水	CNS 13961-混凝土拌合用水	
	綴縫筋 (光面鋼筋)	CNS 560-鋼筋混凝土用鋼筋	
	繫筋 (竹節鋼筋)	CNS 560-鋼筋混凝土用鋼筋	
	養護劑	CNS 2178-混凝土用液膜養護劑	ASTM C-309 TYPE 2
工程 施 作	添加劑 (強塑劑、速凝劑、緩凝劑)	CNS 12283-混凝土用化學摻料	
	配比	CNS 1231-工地混凝土試體之製作及養護法	ASTM C-31
		CNS 1233-混凝土抗彎強度試驗法	ASTM C-78
			ASTM M-148
	拌合	CNS 3090-預拌混凝土	
	最小維修斷面尺寸	公路養護手冊 橫向為全版寬、縱向長度至少 1.8 公尺以上	FHWA 有綴縫筋或繫筋的維修： 全車道寬及最小維修長度 1.8 公尺 無繫筋或綴縫筋的維修： 低交通量地區最小維修長度 1.8 公尺 中、高交通量地區最小維修長度 2.4~3.0 公尺
	鋸切混凝土		FHWA 粗糙面法： 鋸切版厚的 30% 以下，產生粗糙的表面以提供粒料連結 平滑面法： 鋸切版塊全厚，獲得平滑的表面不具有粒料連結的能力
開 放 交 通	鋸縫	公路養護手冊 新縫尺寸為：寬 1 公分、深 3 公分	ACPA 縱向接縫寬最小 1/4in、填縫高度 1/8in、縫槽深度最小 1/2in 橫向接縫填縫高度 1/4in，縫槽深度最小 2in
	開放強度要求		NCHRP 混凝土梁或圓柱試體達到平均破裂模數為 抗彎梁中間點載重 300psi 抗彎梁三分點載重 250psi 抗壓強度 1000psi
			FHWA 一般要求 3000psi 的抗壓強度，允許交通荷重在修補材料達最小要求強度時，開放交通以確保結構完整性。

表 6.1.11 版塊穩定和版塊頂起工法規範整理

	項目	國內規範	國外規範
材料	細粒料	CNS 1240-混凝土粒料	ASTM C-33
	粗粒料	CNS 1240-混凝土粒料	ASTM C-33
		CNS 490-粗粒料(38mm 以下)磨損試驗法	ASTM C-131
		CNS 3408-粗粒料(粒徑 19mm 以上)磨損試驗法	ASTM C-535
	水泥	CNS 61-卜特蘭水泥	ASTM C-150 FHWA 卜特蘭水泥(type I、II 或 III)與卜乍嵐(pozzolan)體積比 1:3 催化劑(Accelerator)： 若周遭溫度低於 10°C 時，須經承辦單位批准使用 國內機場規範 ASTM-150 第一類卜特蘭水泥 細度須 96% 以上通過美國標準篩 200 號
	拌合用水	CNS 13961-混凝土拌合用水	FHWA 應可提供足夠的流動性
機具	鑽孔機	國內機場規範 旋轉式鑽機施鑽 鑽頭直徑應為 15/8in 最大孔徑不得大於 2in	FHWA 應可切 38mm~64mm 的洞，穿過混凝土版及鋼筋 不可在鑽孔底部造成過度剝落
	灌漿機	國內機場規範 雙程往復式輸漿壓力 0~20kg/cm ² 送漿速率 15~40 公升/min 以上	FHWA 具有能力準確的量測、依一定比例拌合不同的灌漿材料 水泥漿灌入幫送能達 250psi 的排出量
工程施作	孔洞部署	國內機場規範 灌漿孔位以 10~15 平方公尺範圍佈置一孔為原則	FHWA 在寬 12 ft 的車道，距離版塊接縫邊緣 2ft 處鑽孔
	拌合時間	國內機場規範 每批漿拌合時間不得少於兩分鐘 每批拌妥漿須在 2 小時內用盡，逾時者概予廢棄之	
		國內機場規範 採雙重管灌注方式，由下往上分段施灌 灌漿深度由水泥版下 40 公分，水泥版下孔隙應能填滿漿汁 任何孔洞之灌漿在 1~2 kg/cm ² 壓力下 3 分鐘內不再吃漿時，方施灌完成	FHWA 依據撓度試驗決定灌漿位置及數量。 用適當的儀器量測版塊，不可過分舉起超過 3mm 最大的持續幫浦壓力為 100psi，應使砂漿流出橫向或邊緣接縫 在灌漿完成後，立即將孔洞塞住 溫度低於 4°C 時不能進行
開放交通		國內機場規範 鋪面鑽孔內之水泥漿尚未硬化前須即予清除潔淨，清除之深度與鋪面厚度相同，並以 4000psi 水泥混凝土封填，依設計進行養護	FHWA 灌漿後至少 3 小時後開放，以供足夠養護時間

6.2 剛性鋪面養護與維修流程架構之建立

國內目前的鋪面維修計畫，主要仰賴工程師以人工作業的方式來執行，在實際應用上有時效性過慢與客觀性不足等問題。此外，有經驗的工程師亦無法有效地將其長年累積的知識與經驗，傳承給新進的工程師。故輔以檢測儀器之應用，根據功能性、安全性、耐久性三方面評估，針對問題做出正確的判斷以及解決的方法。依據鋪面現況評估結果與建議之維修策略，工程師可選擇兼具經濟效益與修正鋪面缺失之適當維修技術與策略。並期望能以此建立之流程架構使我國公路的每一路段均能得到最佳的維修養護。

鋪面調查資料之適用性，有賴於當時調查之記載是否完整，唯有記錄完整之資料於分析時，才可有效說明鋪面之現況。鋪面之情況由於受到各種外在因素之影響，當在做鋪面之評估及績效分析時，每一項績效各有其影響變數，如何決定足夠之影響變數，在平日調查中，收集所需之資料是主要工作。主要區分為儀器評估資料及工程師現地調查兩大類，其詳細內容如下列所示：

1. 儀器評估資料

(1) 功能性：IRI

(2) 安全性：國際抗滑指標

(3) 耐久性：撓度值

2. 現地調查資料：

(1) 損壞資料：裂縫調查資料(縱向裂縫、橫向裂縫、角隅裂縫、橫向裂縫修補方式、縱向及橫向裂深度)、接縫破壞資料(接縫填縫料破壞數量、接縫破壞長度、縱向及橫向接縫碎裂)粒料反應

(2) 材料資料：路基土壤分類資料(A1~A7)、底層材料資料(細級配、密級配、開放級配與處理底層)、填縫型態資料(瀝青填縫、矽膠填縫與預留縫)、路肩種類、橫向接縫間距、接縫填縫寬度及深度

(3) 其他資料：邊緣排水、唧水現象、隆起斷裂、總高差

其後，根據所得資料選擇出適用之養護修補工法，再根據單位成本考量做出最佳工法的判斷。完整之剛性鋪面養護與維修架構流程圖，如圖 6.2.1 所示。

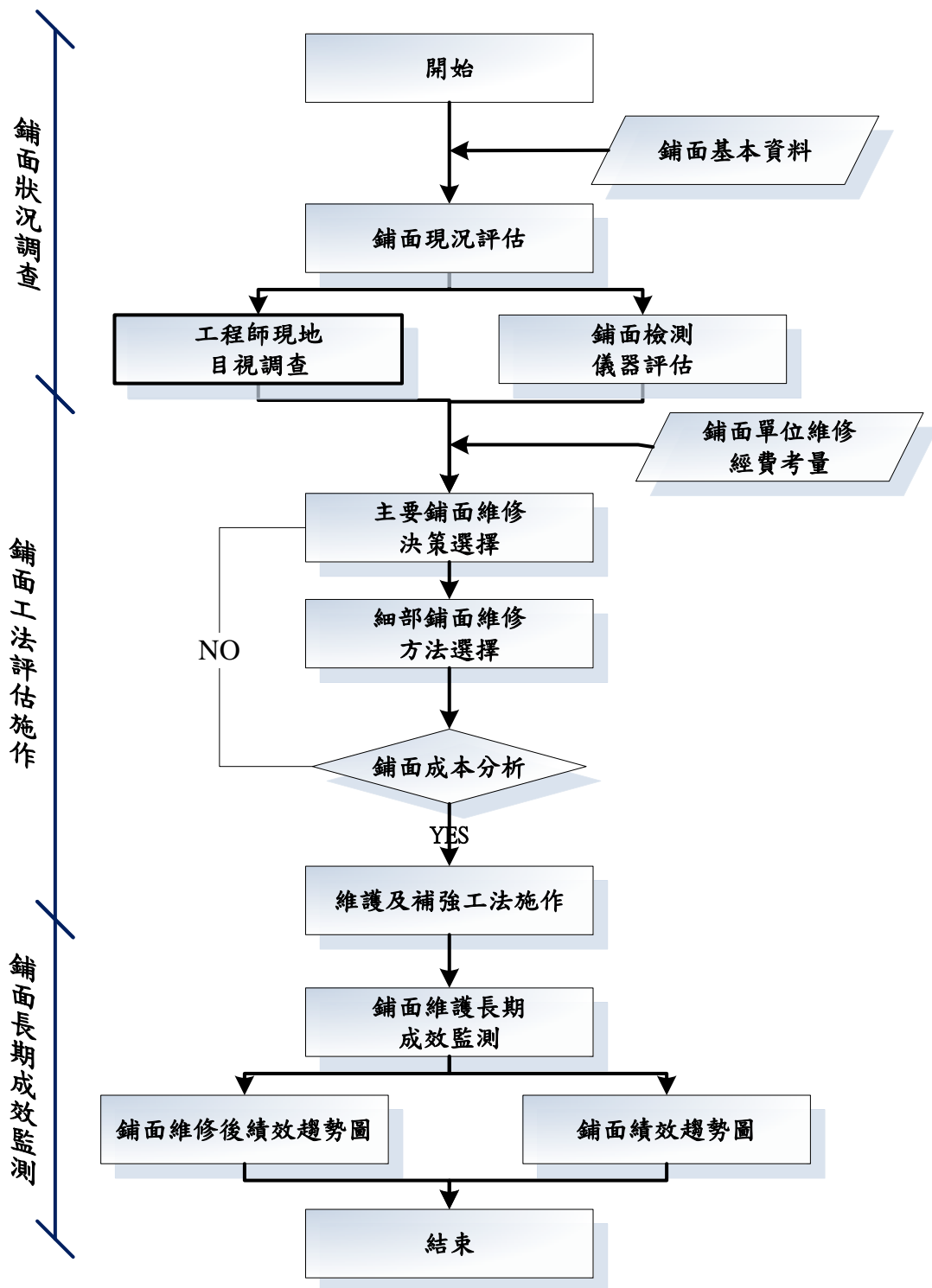


圖 6.2.1 剛性鋪面養護與維修流程架構圖

第七章 結論與建議

7.1 結論

1. 目前國內尚無一套詳盡完善之剛性鋪面維修技術手冊，經實際訪查相關鋪面維護單位顯示，確有導致維修品質較難控制，造成維修成效不佳的情事，所以研擬一套適合國內剛性鋪面維修之技術手冊，有其必要性與實際性。
2. 本研究所研擬之剛性鋪面維修技術手冊係參酌國內、外相關文獻、研究報告資料等，並透過訪談鋪面維修專家所得經驗、知識，綜合研析彙整擬定，已因應鋪面維修工程設計學術理論與施工技術之進步，初步應可提供鋪面維護單位於進行剛性鋪面維修工程參考試行。
3. 本研究於查驗制度方面以建立相關工法自主檢查表以及各工法規範對照表，以供相關單位採用。將可確保工程施作之正確性，並提供現地工程師參照依循之標準。
4. 本研究於剛性鋪面維護及補強工法建立，針對原公路養護手冊之剛性鋪面部分既有七項工法(填封、部分厚度修補、全厚度修補、底層灌注、表面處理、底緣排水、局部打除重作)進行大幅修改為：填縫工法、部份厚度修補工法、全厚度修補工法、版塊穩定和版塊頂起工法、表面刨磨及刮槽工法、增設邊緣排水系統。並針對其中相關專有名詞以及施作步驟詳細定義，以供相關單位採用。
5. 本研究於剛性鋪面維護及補強工法建立，對原公路養護手冊之剛性鋪面不足部分，新增六項工法：減壓接縫工法、荷重傳遞修復工法、快速剛性鋪面鋪築技術、再生混凝土鋪面、混凝土加鋪鋪面、瀝青混凝土加鋪鋪面。並針對其中相關專有名詞以及施作步驟詳細定義，以供相關單位採用。
6. 其第四章鋪面之內容僅佔該手冊之一小部分。該手冊因篇幅限制，僅就鋪面說明、鋪面功能、種類及養護作業原則、鋪面損壞型態及調查、鋪面面層損壞資料調查……等內容做原則性之介紹。一般鋪面調查與績效評估之工作包括面層狀況(損壞調查)、結構強度(損壞或非破壞檢測)、行車品質(糙度值)、與安全(抗滑力)等項目，已於手冊中簡要說明。

7.2 建議

1. 本研究所研擬之剛性鋪面各種損壞之維修技術手冊，初步已涵蓋國內剛性鋪面維修之需求，建議先行提供鋪面維護單位於進行剛性鋪面維修工程參考試行，並依實際執行結果，持續適當修正，以利能與實務契合，提供國內剛性鋪面維修工程遵循依據，以提昇維修成效。
2. 本研究所研擬之剛性鋪面維修技術手冊，係針對剛性鋪面特性研訂，其適用範圍侷限國內剛性鋪面。為擴大其適用範圍，增加應用價值，未來可以本研究手冊為基礎，針對一般道路剛性鋪面特性適當修訂，擴充研擬為剛性鋪面維修技術規範，以提供國內進行剛性鋪面維修時遵循依據，滿足國內剛性鋪面維修需求，對國內剛性鋪面維修作業將有莫大的助益。
3. 剛性鋪面維修技術手冊之研析，主要目的為提供鋪面維護單位，於進行剛性鋪面維修工程時，明確具體要求承包商完成其意願與構想之鋪面維修作業，因此鋪面維修技術手冊必須依照鋪面設計方法之原則及相關規定等，並衡量國內環境、氣候及施工技術等條件予以研擬訂定，以落實研究成果之本土化，並切合實際。
4. 研究結果發現，由於各項維修材料之特性不盡相同，國外使用成效優良之維修材料，國內因環境、氣候及施工技術之差異，並未必完全適用。因此施工時宜確實掌握材料性質，並依相關規定抽樣試驗及施工，以確保維修品質。影響施工品質的因素除材料、機具、施工技術外，尚包括氣候環境等條件，所以在決定維修策略、選擇維修工法、維修材料及施工機具等時，應考量季節變化、日夜溫差及乾濕差異等條件，以確保維修成效。
5. 為確實提供較詳盡的鋪面養護技術給工程師參考，可參照世界各國均針對不同之課題，分別訂定各項鋪面調查、評估、與維修技術之手冊。

7.3 後續工作項目

1. 技術手冊之建立與專家審查：本研究於期末報告已先行針對各工法進行初步修正之建議，後續將繼續針對國內外相關文獻，並針對公路及機場不同之特性進行工法與交通管制措施之修正建議，以及進行各工法於國內適用性之探討。並且邀請專家及顧問顧行初稿之審查，以期更符合實用性。
2. 查驗制度之建立與專家審查：本研究於期末報告中已建立各工法相關查驗表格，後續將尋找實務單位試行，並根據現況進行修改，以供相關單位採用。
3. 現地調查與專家訪談：本研究於期末報告已針對桃園國際機場 05-23 跑道、國道三號南投名間段剛性鋪面、中壢工務段示範工程參訪、中山高楊梅收費站剛性鋪面、台北縣鄉道剛性修補進行調查，並探討其發生破壞之類型以及原因。後續將再針對國內各剛性鋪面相關單位進行訪談，並邀請專家學者進行座談，以了解國內剛性鋪面之養護維修問題，並擬定其對策。
4. 建立剛性鋪面維護事例集：持續蒐集國內外剛性鋪面維修補強技術相關文獻，並進行國內外鋪面維護整建案例之探討，以提出維護事例集之編撰，並與現地施作進行相互驗證，以求事例集之完善。
5. 針對研擬之剛性鋪面維護修補技術手冊與維護事例集，進行相關維護技術的轉移並辦理北、中、南區之教育訓練，以達推廣之成效。
6. 將研擬之剛性鋪面維護修補技術手冊與維護事例集與國內現有相關規範進行相互比較檢討，挑舉出目前國內規範癥結問題之處，並進行整體討論規劃提出修正建議。

參考文獻

1. AASHTO, 1985, "AASHTO Guidelines on Pavement Management," AASHTO, Washington, D.C.
2. AASHTO, 1990, "AASHTO Guidelines for Pavement Management Systems," AASHTO, Washington, D.C.
3. AASHTO, 1998, "AASHTO Guide For Design of Pavement Structures," Washington, D.C.
4. ACPA, 1993, "Joint and Crack Sealing and Repair for Concrete Pavements," Concrete Paving Technology, American Concrete Pavement Association.
5. ASTM, 1998, "Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys," American Society for Testing and Materials, ASTM D 5340-98.
6. ASTM, 1999, "Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys," American Society for Testing and Materials, ASTM D 6433-99.
7. FAA, 1982, "Guidelines and Procedures for Maintenance of Airport Pavements- Advisory Circular," AC 150/5830-6.
8. FHWA, 1989, "Rehabilitation of Concrete Pavements," Volume III: Concrete Pavement Evaluation and system Rehabilitation, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
9. FHWA, 1993, "Techniques for Pavement Rehabilitation - A Training Course, Fifth Edition," Federal Highway Administration, FHWA-HI-93-056.
10. FHWA, 1998, "Techniques For Pavement Rehabilitation, A Training Course," Final Edition, Federal Highway Administration.
11. FHWA, 1999a, "LTPP Pavement Maintenance Materials: SHRP Crack Treatment Experiment," Final Report, Federal Highway Administration, FHWA-RD-99-143.
12. FHWA, 1999b, "LTPP Pavement Maintenance Materials: SHRP Joint Reseal Experiment," Final Report, Federal Highway Administration, FHWA-RD-99-142.
13. FHWA, 1999c, "LTPP Pavement Maintenance Materials: PCC Partial-Depth Spall Repair Experiment," Final Report, Federal Highway Administration, FHWA-RD-99-153.
14. FHWA, 2003, "Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Project," Federal Highway Administration, Washington, D.C.

15. SHRP,1993, "Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Project, "SHRP-P-338, Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, D.C.
16. 公路局，1993，「公路工程施工說明書」，台灣省交通處公路總局。
17. 江筱嵐，2000，「剛性鋪面邊、角裂損最佳維修斷面之分析研究」，碩士論文，國立中央大學土木工程研究所。
18. 交通部，2003，「交通技術標準規範公路類公路工程-公路養護手冊」，幼獅出版社。
19. 交通部，2006，「交通部民用航空局民用機場設計暨運作規範」，交通部民用航空局。
20. 交通部，1996，「跑滑道停機坪及一般道路損壞檢修-施工規範」，交通部民用航空局。
21. 交通部，1998，「中正國際機場跑滑道機坪及四周道路面破損等零星維護合約-中正國際航空站跑滑道停機坪及一般道路損壞檢修-施工規範」，中正國際航空站。
22. 交通部，1998.7，「中正國際機場跑道胎屑清除及標線重劃施工說明」，中正國際航空站。
23. 交通部，1998.9，「中正國際航空站跑滑道、機坪道面破損零星修繕維護合約」，中正國際航空站。
24. 高公局，2003，「高速公路局養護作業手冊」，交通部台灣區國道高速公路局。
25. 國工局，1980，「北二高剛性路面建造講習」，交通部台灣區國道新建工程局。
26. 李釗，2001.4，「剛性鋪面邊、角裂損補強式維修工法之研發與現地試作」，期中報告，交通部台灣區國道高速公路局。
27. 李世大，2007「跑道抗滑係數檢測及分析之研究—以臺灣桃園國際機場為例」，碩士論文，國立中央大學土木工程研究所。
28. 林昭斌，2004，「剛性鋪面邊、角破損部分深度 維修斷面尺寸分析」，碩士論文，國立中央大學土木工程研究所。
29. 徐志忠，2001，「剛性鋪面養護與維修技術智慧型諮詢系統雛形之建立」，碩士論文，淡江大學土木工程研究所。
30. 陳治中，2001，「智慧型機場剛性鋪面維修專家系統之應用」，碩士論文，國立中央大學土木工程研究所。

31. 陳順興，2002，「剛性鋪面刨磨工法之研究」，碩士論文，國立中央大學土木工程研究所。
32. 夏桂華，2000，「機場剛性鋪面維修技術手冊研析」，碩士論文，國立中央大學土木工程研究所。
33. 許書王，1994，「剛性道面溫度/應變關係與破損維修研究」，碩士論文，國立中央大學土木工程系。
34. 張貴祿，1999，「剛性鋪面評估與維修智慧型諮詢系統之研究—評估系統雛形之建立」，碩士論文，淡江大學土木工程研究所。
35. 張維銘，2003，「快凝混凝土應用於剛性鋪面維修之研究」，國立中央大學土木工程系碩士論文。
36. 黃心華，2004，「剛性鋪面邊、角破損部分深維修時材料與斷面之研究及補強式維修工法之研發」，國立中央大學土木工程系博士論文。
37. 趙創慶，2006，「剛性鋪面部份深度維修現場施作之材料與工法研究」，碩士論文，國立中央大學土木工程研究所。
38. 張建彥，1996，"剛性鋪面破壞整修管理系統建立之研究"，台灣大學土木工程研究所博士論文，民國85年12月。
39. 李英豪、李英明，1995，"剛性路面損壞與維修：損壞型態與原因、損壞維修道路工程設計與維修實務班講義"，台灣省建築師工會建築研修中心，民國84年1月14日。
40. 社團法人中華鋪面工程學會(2004)。「英漢鋪面工程名詞彙編」(English-Chinese Terms on Pavement Engineering) (初稿)，民國九十三年九月。

附錄一 專有名詞中英對照表

英文	中文	建議修改或新增
A		
absorption	吸水(率)	
AC		瀝青混凝土
alkali-carbonate reaction (ACR)		鹼-碳反應
AC overlays		瀝青混凝土加鋪鋪面
accelerated rigid paving techniques		快速剛性鋪面鋪築技術
acceleration	加速(速凝)作用	
accelerator	加速(速凝)劑	
across transverse repair joint		穿過修補的橫向接縫
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	美國州公路暨運輸官員協會	
American Concrete Institute (ACI)	美國混凝土協會	
American Concrete Pavement Association (ACPA)	美國混凝土鋪面協會	
American Society for Testing and Materials (ASTM)	美國試驗與材料學會	
adhesiveness		黏結力
adhesives	黏著劑	
admixture		添加劑或摻料
adsorption	吸附	
aggregate	粒料(骨材)	
aggregate interlock	粒料(骨材)互鎖	
aggregare interlock	粒料(骨材)互鎖	
aggregate, fine	細粒料	
airblasting equipment		噴氣設備、空壓機
air compressors		空壓機
air hammers with drills		氣壓鑽
ammonium lignin sulphonate		粉狀氫磺酸木質素

英文	中文	建議修改或新增
anchoring		錨定
angularity		不規則面
applicators		塗抹器
approach corner		進角隅
approach joint		進接縫
approach slab		進橋版
asphalt cement (AC)	瀝青膠泥	瀝青
asphalt concrete, AC		瀝青混凝土
asphalt concrete overlays		熱拌瀝青混凝土 來加鋪現有鋪 面、瀝青混凝土 加鋪鋪面
asphalt concrete pavement		瀝青混凝土鋪面
asphalt-impregnated fiberboard		瀝青纖維板
asphalt rubber (AR)	橡膠瀝青	
alkali-silica reaction (ASR)		鹼-矽反應
B		
backer-rod	填縫條	襯墊條
back fill material		回填材料
bag (of cement)	袋(水泥)	
bar	加勁條(鋼筋)	
bar chair (bar support)	鋼筋支架	
base (course)	底層	
bituminous		瀝青系
binder	黏結劑	
blended cement	摻配水泥	
blowups	擠破	
bond	黏結	
bonding agents	膠結劑	
bond breaker	隔黏劑	
bond-breaker material		結合隔離材料、 隔離材料
bond strength	黏結強度	
breaking and seating, B&S		破碎穩定
breakup and cleanout method		破碎清除法
bump		凸起

英文	中文	建議修改或新增
burlap	粗麻布	
C		
California bearing ratio (CBR)	加州承載比	
California profilograph	加州平坦儀(縱面儀)	
carbide-tipped milling machine		碳化刀刨除機
carbide-tipped wheel saw		碳化刀輪鋸
cement grouts		水泥漿
cement grout mixtures		水泥漿混合物
cementitious materials	膠結材料	水泥系材料
cementitious		水泥系
chair	鋼筋支架	
chemically cured		化學處理
circular slotted pipe		圓形溝槽管
coal tar		柏油
coarse aggregate	粗骨材	
coefficient of thermal expansion	熱膨脹係數	
cohesiveness	凝聚力	
cold-applied		冷拌
cold milling		冷刨
compaction	夯實	
compressed airblasting		空壓機
compression strength	抗壓強度	
concrete pavement, continuously reinforced (CRCP)	連續式鋼筋混凝土鋪面	
concrete pavement, jointed (JCP)	接縫式混凝土鋪面	
concrete pavement, jointed plain (JPCP)	接縫式無筋混凝土鋪面	
concrete pavement, jointed reinforced (JRCP)	接縫式鋼筋混凝土鋪面	
concrete pavement restoration (CPR)	混凝土鋪面修復	
corner break	角隅斷裂	
contaminant		污染物
conveyor belt		輸送帶
cosolidation	搗實	
corner breaks		角隅斷裂

英文	中文	建議修改或新增
corrosion resistant		防蝕處理
corrugated pipe		波狀排水管
cover	保護層	
crack (cracking)	裂縫	
crack arresting interlayers		裂縫阻止層
cracking and seating, C&S		碎裂穩定
crack sealing		裂縫填縫
critical level		臨界標準
curing	養治(護)	
curing blanket	養治(護)被覆層	
curing compound	養治(護)劑	
curling stress		彎曲應力
cutting head		鋸切頭
D		
D-cracking		耐久性裂縫
deflection	撓度	
deflection load transfer		撓度荷重傳遞
deformed reinforcing steel		竹節鋼筋
department of transportation (DOT)		運輸部
depression		下陷
desensitize		鋪面不蓄水
design life		設計壽年(年限)
deteriorated concrete		損壞混凝土
deterioration	劣化(損壞)	
diamond grinding	鑽石磨削	表面刨磨、刨磨工法
diamond bladed saw		鋸縫機、鑽石鋸片
distress	破壞	
distressed joints		損壞的接縫
dowel (dowel bars)	接縫鋼筋(綴縫筋)	
drop hammer	落錘	
dry shrinkage	乾縮	
dry sweeping		乾掃
durability	耐久性	
durability cracking		耐久性裂縫

英文	中文	建議修改或新增
E		
early strength		早期強度
edge drain		外側排水
edge form	邊模	外側排水
epoxy		環氧樹脂
epoxy concrete		環氧樹脂混凝土
epoxy mortar		環氧樹脂砂漿
epoxy-resin adhesives		環氧樹脂黏著劑
existing pavement		既有鋪面
expansion	膨脹	
expansion	伸縫(膨脹縫)	
extensibility		延展性
F		
falling weight deflectometer (FWD)		落重撓度儀
fast track paving		快速鋪築
fault (faulting)	高差	
faulting index	高差指標	
fiberboard	纖維版	
fiberized asphalt		纖維化瀝青
filler material		填充料
filter		濾層
finish (finishing)	整平(完成面)	終飾
flexible pavement	柔性鋪面	
flexible shoulder joint		柔性鋪面路肩接縫
flexible strength	抗彎強度	
flexibility	柔性	
form	模版	
force movement		強迫移動
foundation type		基礎類型
fractured slab rehabilitation techniques		版塊破裂技術
free-movement		自由移動
friction number		摩擦數
full depth repairs (patching)	全厚度修補	
G		
geocomposite		土工複合物

英文	中文	建議修改或新增
geocomposite membranes		土工複合物層
geotexttile		土工織物
granular material		粒料
granular bases		粒料底層
gravity drop hammers		重力落錘
grinding	磨削	刨磨、表面刨磨
grinding head	磨削頭	
grooving	刮槽處理	刮槽
ground concrete		磨碎混凝土
grout	水泥漿	
grout-retention disk	泥漿保持圓盤	
gypsum-based concrete		石膏基混凝土
H		
hand-held drill		手提鑽
heavy loads		重型荷重
heavy trucks	重型貨車	
high alumina concrete		高鋁混凝土
high-pressure water jets		高壓水注
horizontal movement		水平移動
hot-applied		熱拌式
hot-mix asphalt concrete, HMA		熱拌瀝青混凝土
hot-mix asphalt concrete pavement		熱拌瀝青混凝土鋪面
humping		隆起
hydration	水化作用	
hydraulic		油壓
hydraulic equipment		油壓設備
hydroblasting		水刀
hydroplaning	水滑作用	
I		
IGGA		國際刮槽暨刨磨協會
impermeable		不透水
impermeability	不透水性	
incompressibles	不可壓縮物質	
incompressible materials		不可壓縮物

英文	中文	建議修改或新增
interlayer		中間層
insulation blankets		隔熱毯
intermediate cracks		中間裂縫
irregularities		不平整
isolation joint	隔離接縫	
installation		安裝、實施
J		
joint	接縫	
joint and crack faulting		裂縫高差
joint depth	接縫深度	
joint deterioration	接縫破壞	
joint filler	接縫壓條	
joint insert		接縫插入物
joint opening		接縫間隙
jointed plain concrete pavement (JPCP)	接縫式無筋混凝土鋪面	
joint plow		接縫犁挖器
jointed reinforced concrete pavement (JRCP)	接縫式鋼筋混凝土鋪面	
joint sealant	接縫填縫劑(料)	
joint sealing		接縫填縫
joint shape factor	接縫形狀因子	
joint spalling		接縫碎裂
K		
kerf		切口
L		
leave corner		離開角隅
leave slab		離開版塊
lift	鋪築厚度	
lift out method		吊離法
light jackhammers		輕型手提破碎機
limestone-cement grout		石灰石水泥漿
limestone dust cement grouts		石灰石粉水泥漿
linear cracking		線性裂縫
load transfer	荷重傳遞	
load transfer device	荷重傳遞設施	

英文	中文	建議修改或新增
load transfer efficiency, LTE	荷重傳遞效率	
load transfer restoration		荷重傳遞修復
longitudinal crack	縱向裂縫	
longitudinal drains		縱向排水
longitudinal joint	縱向接縫	
longitudinal pipe		縱向排水管
long reference beam		長的參考桿
loss of support		基礎掏空
M		
macrotexture		巨觀紋理
magnitude		大小
maintenance	養護	
major rehabilitation		大型維修
match joints		對接
material damage		材料損害
maturity meters		成熟計
mechanical load transfer devices		力學荷重傳遞設施
melting		熱熔器
methyl methacrylate concrete		甲基丙烯酸甲酯 混凝土
mid panel cracks		版塊中間裂縫
milling machine		標準刨除機
misalignment		無法對齊
mismatch		錯開
mix	拌合、混合料	拌合物
mix design	配合設計	
mixture	混合料	拌合物
modulus of rupture	破裂模數	
moisture content		含水量
moisture-related distresses		與水份相關的損壞
mortar	砂漿	
N		
necking down effect		頸化現象
neutral temperature		中性溫度
nonself-leveling		非自充填

英文	中文	建議修改或新增
non working cracking		無活動裂縫
O		
on grade		現場
open graded		開放級配
opening traffic		開放通車
overlay	加鋪	加鋪、加鋪鋪面
P		
partial depth repairs (patching)	部分厚度修補	
partially bonded		部分黏結
pavement	鋪面	
PCA	美國波特蘭水泥協會	
PCC overlays		水泥混凝土加鋪 鋪面、混凝土加 鋪鋪面
performance	成效(績效)	
performance life		成效壽年（績效 年限）
permeable base		透水底層
placement	澆置	
placement temperature		澆置溫度
plain bar	光面鋼筋	
plastic	塑性的	
pneumatic hammers		氣動錘、空壓錘
polished aggregate	粒料(骨材)磨光	
polyester		聚酯
polyester-styrene concrete		聚酯混凝土
polyethylene		聚乙烯條
polyethylene sheeting		聚乙烯褥單布
polymers		高分子聚合物
polymeric		聚合物
polymeric based concrete		聚合物基混凝土
polymer concrete		聚合物混凝土
polypropylene		聚丙烯
polystyrene		聚苯乙烯
polysulfides		高分子硫化物
polyurethanes		聚氨酯

英文	中文	建議修改或新增
polyurethane concrete		聚胺酯混凝土
polyvinyl chloride coal tar		聚氯乙烯柏油
pozzolanic-cement grouts		卜作嵐水泥漿
portland cement concrete, PCC	波特蘭水泥混凝土	
power-driven wire brusher		電動鋼刷
preformed compression seal	預鑄壓力填縫材	
premature failure		過早失敗
preoverlay		加鋪前
pressure distributor		壓力撒佈機
pressure grouting		壓力灌漿
pressure-related distresses		與壓力相關的損壞
pressure relief	壓力解除	
pressure relief cut		減壓鋸切
pressure relief joints		減壓接縫
prolonged heating limitations		延長加熱限制
proprietary materials		特殊材料
proprietary repair materials		專利修補材料
pulverizing equipment		粉碎設備
pumping	唧水現象	
purported benefits		潛在利益
punchout	穿裂	
Q		
quick setting		快凝
R		
random cracking	隨機裂縫	不規則裂縫
rapid-setting		快凝
reactive aggregate	活性粒料 (骨材)	活性粒料(骨材) (或反應性骨材)
rebar	鋼筋	
recycling		再生利用
recycling concrete aggregate, RCA		再生骨材
recycling concrete pavements		再生混凝土鋪面
recycling fines		再生細骨材
recycling train		再生車
refacing		面重建

英文	中文	建議修改或新增
reflection cracks		反射裂縫
regularly spaced outlets		固定間隔排水口
rehabilitation	維修	
remediated		補救
repair	修補	
repair materials		修補材料
resealing		再填縫
reservoir	填縫槽	
resilience		彈性
resonant pavement breaker		共鳴鋪面破碎器
restoration	修復	
resurfacing	表面翻修	
retrofitted edge drainage		增設邊緣排水系統
ride quality		行車品質
riding surface		行車面層
rigid mainline		剛性鋪面主線
rigid pavement	剛性鋪面	
rocking		晃動
rough faced		粗糙面
roughness value		粗糙值
rotary impact router		旋轉衝擊跨刨器
router		跨刨器
rubberized asphalt		橡膠化瀝青
rubblizing		碎化
rule of thumb		經驗法則
rutting	車轍	
S		
sandblasting		噴砂作業
sandblasting equipment		噴砂設備
sand cement grouts		水泥砂漿
saw blade, diamond	鑽石鋸片	
sawcutting (saw cut)	鋸切	
sawed joint	鋸縫	
sawing	鋸	
screed	刮板(燙板)	
screeding and finishing	刮平及整平	

英文	中文	建議修改或新增
sealant reservoir	接縫槽	
sealant stresses		填縫料應力
sealant	填縫劑(料)	
sealing	填縫	
self-leveling		自充填
separation layer		分離層
set(setting)	凝結	
settlement	沈降	沉陷
shape factors		形狀因子
shot-blasting		噴砂
shrinkage	收縮	
shrinkage characteristics		收縮特性
silicones	矽質材料	
silicone pump		矽質灌注設備
silicone rubber foam		發泡矽橡膠
silicone sealant	矽質填縫劑(料)	
sizing		篩分析、篩分類
sizing screen		篩
skidding off		遠離打滑
skid resistance	抗滑度	
slab jacking	版塊頂起	
slab stabilization		版塊穩定
slab replacement		版塊置換
slot		槽孔
slump	坍度	
semi-bonded		半黏結
smooth faced		光滑面
smoothness	平坦度	
smooth pipe		光滑排水管
solvent Release		溶劑釋放
sounding	聲測法	
spalling	碎裂	
sponge rubber		海綿橡膠
spring-arm whiphammers		彈性臂落錘
stability	穩定性	
stabilized bases		穩定底層

英文	中文	建議修改或新增
strength	強度	
stress	應力	
stress-absorbing membrane interlayer, SAMI		應力吸收膜層
stress load transfer		應力荷重傳遞
stress-relieving interlayer		應力釋放層
stripping		剝脫
structural number		結構數
structural overlay	結構性加鋪	
styrofoam		聚苯乙烯泡沫塑膠
subbase	基層	
subdrainage		地下排水、地下排水設施
subgrade	路基	
subsealing		版底灌注
sulfates		硫酸鹽
support chairs		支撐基座
surface moisture	表面水份	
swelling	膨脹	
T		
temperature-matched curing		溫度配合養治
texture		紋理
texturing	掃紋	
thermoplastic materials		熱塑性材料
thermosetting materials		熱凝性材料
tie bar	繫筋	
top size		標稱最大尺寸
tractor-mounted		牽引基座
tractor-mounted gang drills		牽引基座套鑽
trailer-mounted diesel hammers		拖車裝柴油鐵錘
transverse crack	橫向裂縫	
transverse drains		橫向排水
transverse joint	橫向接縫	
U		
ultra-thin whitetopping, UTW		薄層加鋪、超薄

英文	中文	建議修改或新增
		混凝土加鋪鋪面
unbonded		無黏結
underdrain		盲溝
undercutting		倒 T 型切除
undersealing		底層灌漿、底層 灌注
V		
vertical movements		垂直移動
vibrating-beam breaker		振動梁破碎機
vibrating screeds		震動刮板
virgin material		未經使用之材料
volume stability		體積穩定
W		
waffle pattern		格式型態
warping		翹曲
wearing surface		磨耗層
wet burlap		濕麻布
wheelpath		輪跡
wheel path rutting		輪跡車轍
white-pigmented curing compound		白色液膜養護劑
whitetopping		柔性鋪面加鋪水 泥混凝土鋪面、 混凝土加鋪鋪面
vibrators,internal	內部振動	內部振動器
workability	工作度	
working cracks	工作裂縫	活動裂縫
X		
Y		
Z		

附錄二 期中報告評審委員意見回覆表

委員	審查意見	回覆
海洋大學 黃然 教授	<ol style="list-style-type: none"> 1. 期中報告關於工作項目「檢測資料之數值分析」部分著墨較少。 2. 「中英對照表」部分需增設名詞說明。 3. 手冊部分需增設總則、鋪面類型介紹、鋪面損壞型態定義...等，使手冊更加完善。 4. 建議分別探討機場跑道鋪面、汽車道路鋪面、收費站鋪面之維修方式或策略 	<ol style="list-style-type: none"> 1、謝謝委員指正，由於本研究主要將各工法之修訂，做為本研究之主要項目，因此在檢測資料之數值分析部份相對較少。本計畫於後續研究過程中會將其補完。 2、謝謝委員指正，本計畫遵造辦理。 3、謝謝委員指正，本計畫於後續手冊建立時，會遵造委員指示辦理，以求手冊之完整性。 4、本研究於後續，將會針對適用於不同地區之剛性鋪面維護工法進行建議。
中原大學 林炳昌 教授	<ol style="list-style-type: none"> 1. 期中報告內所提到之強度單位 kg/cm^2 建議改為 kgf/cm^2。 2. Page 15 倒數第 5 行「$0.8/\text{m}^2$」之單位，請修正。 3. Page 8 顯示綴縫筋為鋼筋 & Page 86 倒數第二行「綴縫筋為光面鋼筋」相牴觸，是否筆誤？ 4. Page 88 圖 4.13 當中「綴縫筋(直徑 38mm)」& Page 88 文字敘述中並非是要求所有綴縫筋一定為 38mm，建議修正。 5. Page 92 圖 4.15 當中的“a=6”&“a=2”請補上單位。 6. 請註明綴縫筋材料為特殊鋼棒或是一般鋼筋？其材質為何？以及埋設深度？ 7. 建議手冊中所應用之單位應配合國內通用材料、定義尺寸(例：15in = 38cm)。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、謝謝委員指正，本計畫已針對其筆誤之處進行修正。 2、謝謝委員指正，本計畫後續將會對報告中之名詞進行統一，以免造成使用者之不便。 3、謝謝委員指正，本計畫於後續將會針對綴縫筋之各材料特性以及其施作時之注意事項進行定義，以利工程師使用。 4、謝謝委員指正，本計畫於後續將會參考工程會所定訂之材料規範，使技術手冊更適用於國內。

委員	審查意見	回覆
朝陽大學 李明君 副教授	<ol style="list-style-type: none"> 1. 報告內容大略完整，約已完成 60% 進度。 2. 簡報內容圖文並茂，建議技術手冊可再加強，達容易閱讀參考之目的。 3. 期中報告較少提及「補強」的部份，是否符合計畫題目？ 4. 建議手冊除說明各工法外，應加入介紹、材料選擇、剛性鋪面組成與性質行為。 5. 結論 4 與 4.7.3.1 專利材料使用建議相互衝突矛盾。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、謝謝委員指正，本計畫於後續手冊建立時，將會增加更多圖片以及流程圖，使工程師能更容易使用。 2、謝謝委員指正，由於本計畫之主要目的為手冊之建立以及規範之修訂，因此於期初報告先行針對各維修工法進行整理與探討， 3、本計畫內容包括之「維護及補強技術」主要是以各種常用之 restoration 技術為範疇。委員所提有關 resurfacing (加鋪) 或甚至 reconstruction (重建) 的方式來「補強」，並不在本計畫研究範圍內。 4、謝謝委員指正，本計畫於後續建立技術手冊時，將會根據委員之建議。進行鋪面的介紹、材料選擇以及其性質行為等進行介紹，以期更加符合工程師所需。 5、謝謝委員指正，結論 4 與第 4.7.3.1 節之衝突，為報告中之筆誤，已進行修正。
高公局 葉韓生 組長	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建議補強之定義及範疇明確訂立規範，以利道路運用。 2. 建議增列剛性鋪面類型及國內道路斷面型式，並與損壞案例分析整合，以利養護單位參考運用。 3. Page 34 第 3.4 節之檢測方法於國內採用條件可於探討後納入建議考量。 4. 鋪面版塊之編碼及維修紀錄建檔，對管理工作有所助益，是否考量給予建議。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、謝謝委員指正，本計畫遵造辦理。 2、謝謝委員指正，本計畫於第二年度計畫將建立維護事例集，此時會參考委員之建議。 3、謝謝委員指正，本計於後續將針對各不同檢測方法對於國內養護單位檢測與評估進行探討。 4、由於版塊編碼以及維修紀錄建檔等工作，實屬為鋪面管理之部份。而本研究為建立鋪面維修及補強技術，因此編碼以及維修紀錄之建檔，非屬本計畫之主要工作項目。

委員	審查意見	回覆
運研所運工組 曾志煌 組長	<ol style="list-style-type: none"> 1. 資料收集相當完整豐富，值得肯定。 2. 建議各工法的說明方式要有一致性，使用者才能系統性的了解。 3. 高速公路、公車專用道與、機場鋪面有何不同之處。 4. 建議本計劃要針對未來的實務性考量，務求實用性。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、謝謝委員指正。 2、謝謝委員指正，本計畫於後續相關工法流程擬定時，將會遵照委員指示辦理。 3、高速公路以及機場鋪面，就維修工法而言，其鋪面維修方法大致相同，最大差異在於機場為避免影響飛安以及航運，因此在進行機場鋪面維護時有時效的限制。而台北市之公車專用道其設計並非一般剛性鋪面之設計方法(利用雙層鋼筋，設計理念類似於"RC 之樑/柱/版")，因此未來若有必要維修時，是否仍須修復成相同之設計斷面，則有待進一步探討。 4、謝謝委員指正，本計畫主要為建立技術手冊以及規範。而為了其實用性，本研究於後續將會針對更多的現地工程師、實務單位以及相關營造廠，以期研究成果更加適用於現地。
營建署 程聰賢 先生	<ol style="list-style-type: none"> 1. 表 2.1，建議定義長度是否參考國內尺寸，且盡量接近整數。 2. 人行道、機場停車坪是否考慮納入手冊？ 3. Page 35 表 3.2 公路總局使用之儀器 ARAN 已損壞不再使用，請更改。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、謝謝委員指正，本計畫於後續將遵辦理。 2、謝謝委員指正，人行道、機場與停車坪若為剛性鋪面，其維修方法大多相同，因此本研究於期初先針對各工法進行建立，後續將會針對不同區域所需注意事項進行探討，以更符合工程師之應用。 3、謝謝委員指正，本計畫後續將會針對國內各單位所擁有之儀器現況，再度進行調查，以了解國內現況。

委員	審查意見	回覆
國工局 高均約 工程師	<ol style="list-style-type: none"> 1. 手冊內容需表格化且附加圖片。 2. 刨磨工法部分有缺漏。 3. Page 20 2.3.5 為 2002 版本，為現有新版本，請參考。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、謝謝委員指正，本計畫遵造辦理。 2、謝謝委員指正，由於期中報告之內容為初稿，後續將會邀請各專家學者進行審查。在審查過程中會將刨磨工法等相關技術缺漏部份進行補齊。 3、謝謝委員指正，本計畫於後續將參考與收集更新之版本。
主席 王慶一 副總工程司	<ol style="list-style-type: none"> 1. Page 7 A 點末段「坍度較小者」，此用詞是否過於模擬兩可。 2. Page 21 2.3.6 交通部公路總局施工說明書過舊，可參考更新著作。 3. 期中報告第三章部分已針對機場與高速公路做過訪談，是否增加關於收費站部分。 4. 台灣國道收費站情況較為嚴重，是否與底層基層有關係。 5. 「填縫於安裝後的 1~4 年即失去效用」此話原因為何？又建議相關單位於何時維修？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1、謝謝委員指正，本研究後續於 page 7 已經行修正。 2、謝謝委員指正，本計畫於後續將會更新各參考文獻。 3、謝謝委員指正，本計畫於期中報告初期先行針對機場以及高速公路進行訪談，後續亦將進行收費站以及其餘剛性鋪面所在進行訪談，以了解國內損壞之情況與原因。 4、國道收費站附近之剛性鋪面因已超過其績效年限，建議未來在維修補強工法之選擇方面，除了可以考慮局部破壞維護及補強外，亦應透過各種鋪面檢測技術瞭解基、底層之狀況，並考量整體維修策略。 5、公路主管單位必須正視填縫料之績效問題，根據國外之經驗，填縫料安裝 1~4 年後即有可能失去效用。當填縫料失去效用時，若不及時做適當之處置，將加速鋪面劣化之速率，降低鋪面服務績效。本研究於此已進行相關的文字修正。

附錄三 期末報告評審委員意見回覆表

委員	審查意見	回覆
海洋大學 黃然 教授	<ol style="list-style-type: none"> 1. 試釐清維修後、補強、置換的時機與策略。 2. 檢測及判斷，建議針對鋪面使用的功能性、安全性及耐久性分項敘述。 3. 建議就國內剛性鋪面使用現況、劣化原因及修補方式具體敘述。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、謝謝委員指正，本研究已於第四章、第五章補強改進。 2、謝謝委員指正，本研究將參考委員的意見，進行第 3.5 節之文字編修改進。 3、謝謝委員指正，本研究已於新增之第五章第 5.3 節補充說明。
公路總局 總工程司 王慶一	<ol style="list-style-type: none"> 1. 表 2.3 之蜿蜒裂縫之原因中，何謂溫濕度變化？ 2. Page16 建議 (1)水泥系材料修補其材料應以不收縮性水泥為主，才合理避免新鋪混凝土之接合面發生乾縮裂縫。 3. Page17 (2)以環氧樹脂材料修補之塗佈黏結層，其材料未說明清楚。 4. Page18 建議全厚度修補一併考量基層及底層之結構。 5. 手冊中 2.4 底層灌注之抬平鋪面版工法，似未檢討其下彎折之原因。 6. Page38 之公路總局說明書所提的應是 AC 鋪面，建議不宜納入研究中。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、謝謝委員指正，本研究此一部份為引用原公路養護手冊，鑑於原公路養護手冊說明過於簡略不詳盡，故本研究進行補強修訂。 2、謝謝委員指正，本研究已於 page 109 參考修正。 3、謝謝委員指正，本研究已於 page 110 有做說明。 4、謝謝委員指正，本研究已於 4.4.5 節有做說明。惟全厚度修補對於基底層之處理方式與一般工法相同，因此不於贅述。 5、謝謝委員指正，本研究將後續於 4.5.3 節參考修正。 6、謝謝委員指正，本研究將於後續計畫中持續進行文字之編修工作。
高公局 朱長君 工程師	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建議各工法能配合事例集。 2. 手冊中所提到相關公式、案例，如需要計算，建議放入計算用之相關圖表。 3. 建議放入材料查驗標準、抽驗頻率、時機、不合格之處置。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、謝謝委員指正，本研究將於第二年度編修維修事例集，屆時以期能與維修手冊相輔相成，提供實務上更完善的參考依據。 2、謝謝委員指正，本研究已將手冊內容併入其報告之第四章，並參考委員的意見進行編修。 3、謝謝委員指正，本計畫將於後續研究訂定有關自主檢查表與查驗制度時參考辦理。


委員	審查意見	回覆
	<ol style="list-style-type: none"> 建議增加路基改善工法，才能有效對於國內情況改善。 建議研究中寫入修補最小厚度。 	<ol style="list-style-type: none"> 謝謝委員指正，剛性鋪面因已超過其績效年限，建議未來在維修補強工法之選擇方面，除了可以考慮局部破壞維護及補強外，亦應透過各種鋪面檢測技術瞭解基、底層之狀況，並考量整體維修策略。 謝謝委員指正，惟一般型養護方法之修補厚度，通常係以回復原鋪面結構為主，因此不需增列修補最小厚度。
朝陽大學 李明君 副教授	<ol style="list-style-type: none"> 在時間與人力物力限制之下，本計畫能執行置此程度值得肯定。 建議剛性鋪面維護及補強技術手冊內容應加入鋪面維護及補強技術或策略之選擇，以協助使用者判斷與抉擇。 建議第二年或後續可再研究加入 Whitetopping 與透水混凝土等新技術之鋪面維護及補強訊息。 	<ol style="list-style-type: none"> 謝謝委員的肯定。 謝謝委員指正，本研究已於本研究報告 5.2、5.3 節有做說明，因此不於贅述。 謝謝委員指正，本研究已於本研究報告 4.10 節有提及，因此不於贅述。
運研所運工組 曾志煌 組長	<ol style="list-style-type: none"> 資料蒐集豐富，內容完整。 建議補增六種工法在技術手冊內之寫法應盡量與原七種工法寫法一致。 本研究進行諸多國內相關單位的現地訪查，是否曾針對國內常出現之問題進行分析(如氣候、交通量...等環境因素)與調整？以對應補強工法之建議。 建議新建工法在國內目前使用情形可再詳細說明。 建議與原公路養護手冊對照，未來可否考量增補新建之六大工法。 	<ol style="list-style-type: none"> 謝謝委員的肯定。 謝謝委員指正，本研究已儘可能將各章節架構格式統一。但因限於新增大型養護工法部分，其施作重點、注意事項、著重因素不同，因此略作調整。 謝謝委員指正，本研究後續將持續改進第 3.3 節與第 3.4 節內容，以供後續維修事例集編撰之用。 謝謝委員指正，本研究所新設之工法，將於後續維修事例集收集國內相關使用情形，以作國內施工參考依據。 謝謝委員指正，本研究已於期末報告中新增第五章。請參閱第 5.4 節與第 5.5 節之說明。

委員	審查意見	回覆
	6. 建議多增加圖、表於報告中。	6、謝謝委員指正，本計畫已於第四章中增加更多圖片以及流程圖，使工程師能更容易使用。
國工局 高均約 工程師	1. 鑒於高速公路隧道內多鋪設剛性路面，如未來維修時採加鋪 AC 時，將可能產生兩種問題。 (1). 反射裂縫問題：已有詳盡之相關研究報告。 (2). 加鋪厚度問題：因隧道淨空限制，如加鋪不足，此點如何強，請研究單位說明。 2. Page58 59 圖 3.40、3.41 閱讀不易，請全面檢核、改善其可讀性。	1、謝謝委員指正，有關反射裂縫控制之問題，請參閱第 4.12 節之說明。因加鋪厚度設計方法眾多，各工程單位得視需要，選用不同之加鋪設計法。惟加鋪厚度設計並未在本計畫之研究範疇。 2、謝謝委員指正，本研究將持續進行文字圖表之編修工作。
路政司 姚長安 先生	1. 其手冊設計定位，主要服務的對象為經驗豐富或是無經驗之工程師？ 2. 手冊使用的時機？如何可以從外來的形式、預算、維修的急迫性來決定採用哪個方法？	1、謝謝委員指正，對象當然非一般工程師，這裡針對的是專業工程師比較細微的部分。 2、謝謝委員指正，本研究已於第四章中，提及工法的適用時機、及其先後次序。
營建署 譚世龍 先生	1. 就整個問題來看，是在談既有剛性鋪面的維修跟補強技術，而非探討新鋪剛性鋪面的設計問題，應是釐清舊有的、現有的、該如何補修與維修，而非討論設計的強度足夠與否。 2. 第十章再生混凝土鋪面，內容被非所期望的新式工法，而是偏向就有瀝青作業程序，此一章節是否與標題符合？ 3. 章節 1-8 部分的第二行，”熱塑性的填充材料”，溫度在 8℃ 以上即足夠？ 4. 建議維修工法、路邊排水應是一起施作，並非單一項即可以獲得改善效果。	1、謝謝委員指正，本研究確是針對既有鋪面作探討，而非新鋪剛性路面設計。 2、謝謝委員指正，本計畫已於第四章第 10 節補強改進。 3、謝謝委員指正，本研究此一部分所指之溫度。並非材料的溫度，而是指氣溫。 4、謝謝委員指正，本研究將會於第二年後續研究參考委員提供之意見作為建議與修正。
高公局 朱長君 先生	1. 關於民間工程訪談與調查結果資料，其中提及板塊的尺寸為 3.7m × 6m，但此與事實不符，請確認資料進而修正。 2. 建議方案，國工局曾針對瀝青修補造成裂縫產生的缺失提出改善方法：鉅切寬約 5cm，深約 2cm 之縫，填補名為彈性水泥之材料，加入金剛砂或細砂，其成果應變率較大。	1、謝謝委員指正，本研究將會確認資料正確性，並行修正。 2、本研究將會於第二年後續研究以委員提供之意見作為編修參考。

委員	審查意見	回覆
	<p>3. 期末報告第 18 頁，鋼筋鋪面下，ISM 資料有產生變異的地方，根據當初調查時，有產生大規模橫向裂縫跟不均勻斷差，主要為其下共有九層結構，斷裂的原因該是與路基有關。確認第 18 頁所述是否為此一結構，才造成的變異，如無，需個別提出。</p> <p>4. 針對技術手冊這個部分，提供一些建議。</p> <p>(1). 紀錄手冊部分，可提出參數或是計算方式。</p> <p>(2). 提出各工法，施工時間需要注意的事項，方便監造同仁施工。</p> <p>(3). 有關材質部分，可以提供些檢查標準、抽驗頻率。</p> <p>(4). 可以提一些檢點表，方便大家使用。</p> <p>(5). 增加路基改善的工法，鋼筋鋪面損壞原因，可能是路基所造成的。</p>	<p>3、謝謝委員指正，本研究將會確認資料正確性，並行修正。</p> <p>4、本研究將會於第二年後續研究以委員提供之意見作為編修參考。關於路基的補強，本研究將會針對某些輕微問題像(如下陷)，作出建議。</p>

附錄四 相關會議記錄

「剛性鋪面維護及補強技術之研究(1/2)」	
月份工作小組會議	
開會時間：97 年 1 月 30 日（星期三）下午 1 時 30 分	
開會地點：中央大學土木系館 中庭會議室	
主持人：	
出席人員	簽名處
趙創慶	
李世大	李世大
黃心華	
陳順興	陳順興
張維銘	張維銘
夏耘晴	
劉耀斌	劉耀斌
陳建達	陳建達
岳巧瑤	岳巧瑤
何明杰	何明杰
林恩德	
洪毓麟	洪毓麟
	林云章
	林云保
	蔡瑋倫
	周士剛
	許銘文
	楊政錫
	陳少倫
	莊英東

剛性鋪面維護及補強技術之研究 (1/2) 會議記錄		
一、時間：中華民國 97 年 1 月 30 日 星期三 下午 1:30		
二、地點：系館中庭		
三、主持人：林志棟		
四、出席人員：林志棟教授、李世大、陳順興、張維銘、劉耀斌、陳建達、岳巧琚、何明杰、洪毓麟、林玉章、林子傑、蔡瑋倫、周士勛、許耀文、楊政鎰、陳正倫、莊英棠		
五、記錄：何明杰、洪毓麟		頁數：
<p>六、會議內容：</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 開會時間：顧問 1 次/月，星期六；團隊 1 次/二個禮拜，星期六。 ➤ 收集國內碩博士相關文獻(相關計畫)，校內請學長姐提供 PPT，修改後報告。 ➤ 下星期完成初稿(大綱、負責人員、討論、事例輯、修正事項、相關規範)。 ➤ 每一季成果發表論壇：北-中央、中-中興、南-高雄市政府 6F。 ➤ 起始 → 計畫 → 執行 → 考核 → 結果 (工作 Meeting) (季論壇) (期中期末結案) ➤ 工作計畫書必須先訂立出來。 ➤ 資料收集方向：中央論文(江、徐、黃)、陳文雄教授、高公局(收費站)、民航局(桃園、松山)、世曦(與台大合作案)、亞新、陸航。 ➤ 事例輯：七堵收費站-剛性路面滑動、張維銘-隧道、中區南投段-剛性刨磨。 ➤ 桃園機場養護維修手冊(改用工程會) ➤ 希望可以隨廠商維修流程(跟拍)，進而探討國內問題。 ➤ 鋪面破壞現象 <ul style="list-style-type: none"> →原因【例行、預防、局部、全範圍】 →材料、配合設備【Original、New】 →工法→施工說明書 →配比設計理念、(力學)結構設計理念 ➤ 剛性、PCI 調查：蔣子平 Mirco pave 及手冊 ➤ 淡江：剛性鋪面維修工法、專家系統 		



「剛性鋪面維護及補強技術之研究(1/2)」

—月份 工作小組會議

開會時間：97年2月16日（星期六）上午8時30分


開會地點：中央大學土木系館 E117

主持人：

出席人員	簽名處
李英豪	李英豪
李釗	
陳世晃	陳世晃
趙創慶	
李世大	李世大
黃心華	
陳順興	陳順興
張維銘	張維銘
夏耘晴	
劉耀斌	劉耀斌
陳建達	陳建達
岳巧璐	岳巧璐
何明杰	何明杰
林思德	林思德
洪毓麟	洪毓麟
林鉅樟	林鉅樟
李彥志	李彥志

林世泰

林世泰

剛性鋪面維護及補強技術之研究 (1/2) 會議記錄		
一、時	間：中華民國 97 年 2 月 16 日 星期六 上午 8:30	
二、地	點：E-117 會議室	
三、主 持 人：	李英豪 教授	
四、出席人員：	林志棟教授、李英豪教授、陳世晃教授、林世泰、李世大、陳順興、張維銘、劉耀斌、陳建達、岳巧瑤、何明杰、林恩德、洪毓麟、林鉅樟、李彥志	
五、記 錄：	何明杰、洪毓麟	頁數：
六、會議內容： (一) 劉耀斌-工作計畫書報書之專家建議： 1. 針對養護單位訪談部分可增設“高公局南投工務段”，林世泰專家表示可向他拿取此資料。 2. 針對剛性鋪面維護問題除了使用訪談方式之外，建議可增設問卷調查部分。 3. 確認契約書制定手冊部分的範圍需向承辦人確定清楚。(新工 or 維護補強 or 重建 or 拓寬加鋪) 4. 規範手冊內容撰寫部分，文字需精煉清楚。 5. 針對剛性鋪面，機場、公路各有所不同，是否加以區分章節。(如 FAA 有清楚之區分) (二) 何明杰-維修工法資料收集整理、FTP 建立： 1. 先取得國內外最新規範手冊，作探討比較。 (三) 岳巧瑤-查驗制度： 1. 建議比較國外相關規範及論文資料後，針對國內查驗制度之問題做深入研究。 (四) 洪毓麟-儀器評估與檢測頻率： 1. 第 13 頁，高“公”局而非高“工”局。 2. 第 15 頁，與高公局目前執行內容有異：抗滑、撓度、糙度皆每年檢測一次。(可向黃偉慶老師取得資料) 3. 第 9 頁資料過於老舊，中正機場已更名為桃園國際機場；抗滑檢測儀器已由 ASFT 改為 RFT；高雄並非無抗滑檢測。 4. 可從民航局網站“為民服務”下載設計運作規範與飛機班次資料。 5. 台大有機場 PCI 的檢測資料。		

「剛性鋪面維護及補強技術之研究(1/2)」

2 月份 工作小組會議

開會時間：97 年 2 月 21 日（星期四）上午 9 時 0 分

開會地點：交通部

主持人：

出席人員	簽名處
許書王	許書王
李英豪	李英豪
劉耀斌	劉耀斌
岳巧瑤	岳巧瑤
何明杰	何明杰
洪毓麟	洪毓麟
林鉅幃	林鉅幃
李彥志	李彥志
黃忠齊	黃忠齊

剛性鋪面維護及補強技術之研究 (1/2) 會議記錄



一、時間：中華民國 97 年 2 月 21 日 星期四 上午 9:00

二、地點：交通部 科技顧問室

三、主持人：許書王

四、出席人員：許書王、李英豪、劉耀斌、岳巧珺、何明杰、洪毓麟、林鉅幃、李彥志、黃思齊

五、記錄：何明杰、洪毓麟

頁數：2

六、會議內容：

許書王技正：

1. 專家訪談之事宜，事前需先確認清楚訪談內容，問卷格式需更成熟，並進行沙盤推演。在訪談前 2~3 天通知許書王技正。
2. 若訪談單位許可，可利用訪談之時機到現場實地拍攝鋪面損壞情形與修補施工之影片。若已有擬定之規範可和專家討論，可嘗試用此規範實地現場試做。
3. 下次要去木柵段前，須先弄清楚此段剛性鋪面之範圍，訪談前要將所有事情確定好。
4. 下述二者，前為垂直轉換，後為平面轉換，須弄清楚如何定義其剛柔性。
 - A. 台北市政府之公車專用道(剛、柔性鋪面水平轉換)：

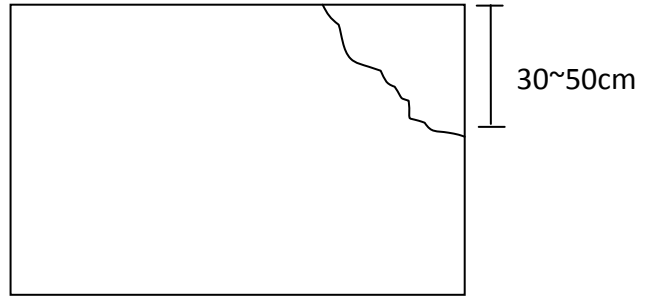
大部分之公車專用道已由柔性路面轉為剛性路面，可針對剛、柔性鋪面相接處之破壞情形與其維修方式向台北市政府進行訪談。有哪些破壞?維修成本又如何?如何修復?程序工法? (FAA 有標準可參考)
 - B. 松山機場(剛、柔性鋪面垂直轉換)：

目前松山機場之剛性鋪面部分有鋪上柔性鋪面，可進行訪談了解有哪些破壞?維修成本又如何?如何修復?程序工法?
5. 目前高速公路收費站前後之剛性路面已有幾處在其上層鋪築柔性路面，針對此現象可去探討其破壞與維修成本多寡。

6. 訪談內容舉例：

一版塊出現邊角裂縫時

- A. 該如何維修
- B. 程序為何，是否有誤
- C. 如何驗收
- D. 材料選擇



7. 機場訪談建議：

- A. 是否有各機場 93~97 年維修規範、合約書(包括施工圖、破壞模式等等)? 用了哪些規範?其中出了些麼問題?
- B. 跑道清洗胎屑之驗收標準為何?
- C. 補綻、修換伸縮縫程序為何?
- D. 溫度、濕度對填縫料之影響為何?

8. 根據許書王技正表示，其實國內外環境上的差異，如氣溫、濕度，皆對維修工程的品質造成差異性。

9. 公路與機場維修其工法材料都一樣，但於驗收標準、時機可能不大相同，要確定清楚。

10. 手冊之材料的選擇若確定，是否對新材料有所打壓(新材料是否有法規依循)，此點需探討。

11. 下次會議討論兩項破壞：(共 12 種，6 次)

- A. 部分厚度修補
- B. 填縫

李英豪老師：

- 1. 確定計畫所包含的範圍為剛性鋪面之維修，不包含剛性鋪新工部分或是拓寬車道或是 overlay design。
- 2. 確定計畫所編撰之規範為通用全國所有剛性路面，而非針對地方政府。
- 3. 剛性鋪面公路與機場部分，其工法、材料等大部分一樣，但維修時機、驗收標準與交通維持器具可能不一樣，在編撰規範時會根據工法狀況做適時性的分篇介紹。

「剛性鋪面維護及補強技術之研究(1/2)」

二月份工作小組會議

開會時間：97 年 2 月 25 日（星期二）上午 9 時 00 分

開會地點：交通部科技顧問室

主持人：

出席人員	簽名處
------	-----

許書王	許書王
-----	-----

劉耀斌	劉耀斌
-----	-----

洪範麟	洪範麟

[illegible]

--	--

--	--

330

剛性鋪面維護及補強技術之研究 (1/2) 會議記錄



一、時間：中華民國 97 年 2 月 25 日 星期二 上午 9:00

二、地點：交通部 科技顧問室

三、主持人：許書王

四、出席人員：許書王、劉耀斌、洪毓麟

五、記錄：洪毓麟

頁數：1

六、會議內容：

◆ 許書王技正：

1. 訪談內容應針對各修復工法之細項進行重點詢問。
2. 機場剛性鋪面坑洞修補若使用 AC 修補，限制為其坑洞範圍不能大於鼻輪或翼輪之 1/3。
3. 目前應以單純破壞來探討典型破壞之修補方式內容，因為複合型破壞就是因為典型破壞修補不佳造成之後果。
4. OVERLAYER 的施工要寫入規範
5. 在撓度檢測部分，應注意
 - 路的使用情形、氣候
 - 路的原始資料
6. 建議相關規範：
 - 交通工程手冊
 - 交通部技監室部頒規範
 - SS-S210 填縫料規範、材料之相關規定、施工的規範

◆ 討論第二年審查意見回覆表內容之確定(如下)

◆ KPI 表填寫之確定

「剛性鋪面維護及補強技術之研究(1/2)」


三月份工作小組會議

開會時間：97 年 3 月 8 日（星期六）上午 11 時 00 分

開會地點：土木系館 E-115

主持人：

出席人員	簽名處
劉耀斌	劉耀斌
岳巧珺	岳巧珺
何明杰	何明杰
洪毓麟	洪毓麟
周士勛	周士勛
林子傑	林子傑

剛性鋪面維護及補強技術之研究（1/2）會議記錄		
一、時	間：中華民國 97 年 3 月 8 日 星期六 上午 11:00	
二、地	點：土木系館 E-115	
三、主 持 人：	劉耀斌	
四、出席人員：	劉耀斌、岳巧琄、洪毓麟、周士勛、林子傑	
五、記 錄：	何明杰、洪毓麟	頁數：1
六、會議內容：	<p>12. 許書王技正希望計畫的方向為將工法標準化。</p> <p>13. 對於文獻收集及探討，建議將國內規範及國外規範及養護手冊做比對。較容易找出國內較缺乏之部分。</p> <p>14. 工法探討部分，對國內養護手冊缺失部分，可加註頁數，</p> <p>15. 對於查驗制度，收集資料應傾向驗收之流程，而非工法施作。可探討若使用錯誤工法，導致越修補破壞越嚴重時，應如何挽救。</p> <p>16. 由於國內無一套標準驗收流程，因此可傾向過程驗收。在施工過程設置查核點，於查核點時，施工單位須拍照，並輔以相關資料及證明，作為完工後之驗收標準。</p> <p>17. 對於施作材料之選擇，建議可對廠商做訪談。</p>	

「剛性鋪面維護及補強技術之研究(1/2)」

三月份工作小組會議

開會時間：97 年 3 月 15 日（星期六）下午 2 時 00 分

開會地點：土木系館 E-115

主持人：

出席人員	簽名處
李英豪	李英豪
李世大	李世大
張維銘	張維銘
夏耘晴	夏耘晴
劉耀斌	劉耀斌
岳巧琄	岳巧琄
何明杰	何明杰
洪毓麟	洪毓麟
李彥志	李彥志
林鉅幃	林鉅幃
黃思齊	黃思齊

剛性鋪面維護及補強技術之研究 (1/2) 會議記錄



一、時間：中華民國 97 年 3 月 15 日 星期六 下午 2:00

二、地點：土木系館 E-115

三、主持人：李英豪 教授

四、出席人員：林志棟教授、李世大、張維銘、夏耘晴、劉耀斌、岳巧珺、洪毓麟、林彥志、林鉅幃、黃思齊

五、記錄：洪毓麟

頁數：1/2

六、會議內容：

劉耀斌

1. 3/21 於淡江大學開工作會議，許書王技正會參與。
2. 問卷內容會與李英豪老師再做討論。
3. 因為問卷須於專家訪談時詢問專家，因此目前問卷設計較為急迫。
4. 對於查驗制度，目前傾向提出工法重要之查核點作過程查核之依據，預計期中報告後開始執行。

李英豪 教授

1. 文獻資料繁多，若專注於文獻收集容易花費太多時間且易模糊焦點，導致報告撰寫因時間不足而不夠精煉。
2. 對於專家訪談，以及現地訪談時的紀錄，要以文字報告的方式呈現，按照維護事例集的方式撰寫，閱讀較容易，日後也較好整理。
3. 所有的報告(事例集、訪談紀錄)文字都須精煉，搭配圖文解釋。有附圖的地方，文字以解釋圖片為主，最好可以寫出照片中不對的地方，及不合規範的地方，並可提出解決對策。
4. 對於檢測技術的部分，根據各種破壞須使用哪些方式檢測，使用何種儀器檢測為主。提出與破壞有相關的技術。
5. 維護事例集，隨每一種破壞之修補方式，根據“養護手冊”下去比較。
6. 為避免內容重複，下次工法淡江、中央各做一種，亦可減輕工作量。
7. 參考國外資料時，若不確定其中文翻譯，為避免誤解，可放上中英對照。
8. 規範比較可採用現有規範，與建議改善內容對相互之比較。

林志棟 教授

1. 交通部無機場規範，只有公路養護手冊。建議先以公路主做，再做機場(可參考 FAA、ICAO)。
2. 關於機場規範：ASTM D-5340。
3. 根據破壞現象，配合材料、工法、設備去做。
4. 機場可收集過去幾年設計監造單位發包合約的施工計畫書、品質計畫書。以及顧問公司及承包商的送審書、過程中試驗、檢驗資料。
5. 公路鋪面：張維銘副段長-木柵、內湖、七堵；陳順興段長-中壢、關西；以及楊梅、泰山各工務段的施工計畫及送審報告。
6. 將技術手冊轉成綱要規範的方式。

「剛性鋪面維護及補強技術之研究(1/2)」

三月份工作小組會議

開會時間：97 年 3 月 21 日（星期五）上午 10 時 00 分

開會地點：淡江大學

主持人：

出席人員	簽名處
李英豪	李英豪
許書王	許書王
劉耀斌	劉耀斌
洪毓麟	洪毓麟
李彥志	李彥志
林鉅幃	林鉅幃
黃思齊	黃思齊

剛性鋪面維護及補強技術之研究 (1/2) 會議記錄



一、時間：中華民國 97 年 3 月 21 日 星期五 上午 10:00

二、地點：淡江大學

三、主持人：李英豪

四、出席人員：李英豪、許書王、劉耀斌、洪毓麟、林鉅樟、李彥志、黃思齊

五、記錄：洪毓麟

頁數: 1

六、會議內容：

◆ 李英豪教授：

- 本身有在淡江大學有開一門「鋪面評估與維修」之課程，並架有課程網站，可供手冊之編寫作參考。
- 目前手冊之編寫之方式為一對一對照模式，並且一字一句仔細修改。
- 針對各專有名詞之翻譯以中華鋪面工程學會所編撰之「英漢鋪面工程名詞」為主。
- 根據計劃書上甘特圖之進度表示目前進度稍微落後，希望各位同學能加緊腳步快速進入狀況。

◆ 許書王技正：

- 針對維修方式須定義維修屬性(一般、緊急、預防)。
- 針對專有名詞之翻譯可詢問相關材料廠商，並順便了解其使用方式。
- 建議實地進行參訪現場維修情形，並進行拍照與拍攝情況。這對於同學有相當程度的幫忙，因為現場看過維修情形將有助於編寫手冊時能夠使文句更加明確清楚。
- 瀝青系材料若位於飛機 touch down 位置，有可能產生破損，須注意修補之位置(在跑道需特別注意)。
- 再次強調訪談部分須問到細節，之後再與擬定之手冊進行對照。
- 可將擬定之手冊與顧問討論，再進行修改。
- 針對機場施工規範可在民航局相關網站下載。
- 需大量閱覽國內相關規範進行比較，不要只侷限於公路養護手冊。

「剛性鋪面維護及補強技術之研究(1/2)」

六月份工作小組會議

開會時間：97 年 6 月 20 日（星期五）上午 10 時 00 分

開會地點：中央大學

主持人：李英豪 教授

出席人員	簽名處
李英豪	李英豪
許書王	許書王
劉耀斌	劉耀斌
何明杰	何明杰
李彥志	李彥志
林鉅樟	林鉅樟
黃思齊	黃思齊

剛性鋪面維護及補強技術之研究 (1/2) 會議記錄



一、時間：中華民國 97 年 6 月 20 日 星期五 上午 10:00

二、地點：中央大學

三、主持人：李英豪

四、出席人員：李英豪、許書王、劉耀斌、何明杰、林鉅樟、李彥志、黃思齊

五、記錄：黃思齊

頁數: 1

六、會議內容：

◆ 劉耀斌：

1. 6/23 會將填縫和部分厚度修補工法全文寄給顧問審查。
2. 6/28 開顧問會議，討論填縫和部份後度修補工法是否有須改進的部份。
3. 11/15 繳交期末報告。

◆ 李英豪 教授：

- 交通維持的部分須參照台灣區高速公路施工之交通管制設施。
- 期中報告字句修改使其文意暢通，修改部分用紅字標明。
- 手冊內專有名詞統一，並修改部分名詞，如角隅破裂改為角隅斷裂。

◆ 許書王 技正：

- 建議是否增加預鑄混凝土吊塊工法。
- 針對維修方式須定義維修屬性(一般、緊急、預防)，目前手冊以一般性維修為主。
- 建議實地進行參訪現場維修情形，並進行拍照與拍攝情況。對於手冊編修有相當程度幫助。
- 強調訪談時須問到細節，如維修後是否有考量耐久性評估等問題。
- 手冊可放置照片，增加使用者的易讀性。
- 請款單文字修改並前後一致，文內必需填寫入請款金額以便核對。
- 期末請款單請於 12/15 前寄出。

「刚性鋪面維護及補強技術之研究(1/2)」

六月份工作小組會議

開會時間：97 年 6 月 27 日（星期五）下午 2 時 00 分

開會地點：中央大學土木系 中庭會議室

主持人：李英豪 教授

出席人員	簽名處
李英豪	李英豪
許書王	許書王
陳世晃	陳世晃
陳順興	陳順興
夏耘晴	夏耘晴
林世泰	林世泰
張維銘	張維銘
劉耀斌	劉耀斌
何明杰	何明杰

剛性鋪面維護及補強技術之研究 (1/2) 會議記錄



一、時間：中華民國 97 年 6 月 27 日 星期五 下午 2:00

二、地點：中央大學土木系 中庭會議室

三、主持人：李英豪

四、出席人員：李英豪、許書王、陳世晃、陳順興、夏耘晴、林世泰、張維銘、劉耀斌、何明杰

五、記錄：何明杰

頁數: 1

六、會議內容：

◆ 李英豪：

1. 裂縫填縫是否該列於維修工法內，或是將其額外列為暫時修補性的一種？
2. 高壓水清洗是否該從手冊移除？(因國外手冊並沒有詳細提及)
3. 僅材料、工法名稱、機具設備、鋪面破壞類型附有中英翻譯對照表。
4. 專利材料一詞是否該從手冊移除？
5. 有關於手冊內文的章節架構、錯別字將會再做調整，以方便閱讀。
6. 將維修材料更名修補材料；黏結劑、黏結材料更名為膠結劑。

◆ 許書王：

1. 開會的重點在於該使用何種工法，並不是工法的優劣，有必要加註施工時所產生的後續影響、注意事項，其他由工程師依現地環境條件決定。
2. Page 48 倒數第 13 行最後一句「春季與秋季的溫度範圍為填縫接縫最佳時機」，是否代表夏冬兩季無法使用？建議可以將適用溫度範圍定義出來，而非如此模擬兩可。

◆ 陳世晃：

1. Page 136 第二欄之「建議修改」中，「矽質填縫料是一劑及冷拌的材料」此句是否有誤？

◆ 陳順興：

1. 建議將裂縫填縫列為緊急維修。
2. 建議高壓水清洗部分能夠不列入，因考慮道路旁車輛的安全性以及鋪面的損害(水可能會入侵鋪面底部)。
3. 希望能依循「交通部公路養護手冊」之格式，將破壞分為輕中重，因在實際作業上較常針對嚴重危險性的部分處理。

◆ 夏耘晴：

1. 在鋸切接縫時，建議需加以考慮已經鋸切次數，不應讓縫隙過於寬大。
2. 建議在各項工法後面加註後續可能產生之影響，供工程師選擇參考，以設置各相關安全措施。
3. 建議定義廣泛功能性的名詞「黏層」以取代狹隘定義性產品「膠結劑」。

◆ 林世泰：

1. 工法步驟寫法採功能性方式，如各工程單位有個別所需，此手冊供其參考延伸擴寫。
2. 縫隙的濕度目前無儀器可以量測，故縫隙的乾燥程度只能靠經驗判斷。

「刚性鋪面維護及補強技術之研究(1/2)」

七月份工作小組會議

開會時間：97 年 7 月 7 日（星期五）上午 9 時 00 分

開會地點：中央大學

主持人：李英豪 教授

出席人員	簽名處
李英豪	李英豪
李釗	李釗
黃心華	黃心華
陳順興	陳順興
張維銘	張維銘
林世泰	林世泰
劉耀斌	劉耀斌
何明杰	何明杰
李彥志	李彥志

剛性鋪面維護及補強技術之研究 (1/2) 會議記錄



一、時間：中華民國 97 年 7 月 7 日 星期五 上午 9:00

二、地點：中央大學

三、主持人：李英豪

四、出席人員：李英豪、李釗、黃心華、陳順興、張維銘、林世泰、劉耀斌、李彥志

五、記錄：何明杰

頁數：1

六、會議內容：

◆ 李英豪 教授：

- 剛性鋪面損壞型名稱之修正。
- 剛性鋪面養護措施名稱之修正。
- 期中報告修正方式，以公路養護手冊編寫方式精簡章節。
- 編修時避免與公路養護手冊的名稱、名詞有格格不入之現象。
- 襯墊調、墊片及襯縫材料等相似名詞修改。
- 專利材料需依工程司許可使用。
- 開放交通必須有替代方案，以確保需提前開放交通不影響維修品質，開放時間需在工程司許可的條件下，以承包商於施工計畫書內所提出的材料特性為主要依據。
- 國外氣候與環境因素與台灣不盡相同，因此不適用的條件及語句應加以修正。
- 維修工法內容精練，重複字句須簡化以利使用者閱覽。

◆ 李釗 教授

- 關於開放通車之時間，因涉及材料、工法、交通因素……等，因為過於籠統，在此可以略過不需提及，以一句“符合通車標準”帶過，給予現地工程師有彈性空間作決定。
- 施工步驟不一定是須完全按照順序施作，建議流程圖部分可刪除。
(施工步驟並非制式，承包商在工程司許可下做施作順序的調整以利工程。)

◆ 林世泰 顧問

- 灌漿頂起鋪面原修改版塊穩定與版塊頂起，建議修改為版塊頂起。
- 手冊如有提及時間、溫度要素，建議給予寬裕的範圍，以切合、涵蓋各種材料不同特性。
- 建議不要在規範放置流程圖，會給予廠商硬性制式的步驟。
(因為後續有提及驗收標準制度以及自主檢查部分，是故會做保留，留待討論。)

◆ 黃心華 顧問

- 填縫料移除部份是否加入噴砂法？
(於後續的接縫清理有提出這項方法以供使用。)

「剛性鋪面維護及補強技術之研究(1/2)」

八月份工作小組會議

開會時間：97 年 8 月 20 日（星期三）上午 9 時 00 分

開會地點：中央大學

主持人：許書王

出席人員	簽名處
------	-----

許書王	許書王
-----	-----

劉耀斌	劉耀斌
-----	-----

何明杰	何明杰
-----	-----

344

剛性鋪面維護及補強技術之研究 (1/2) 會議記錄



一、時間：中華民國 97 年 8 月 20 日 星期三 上午 9:00

二、地點：中央大學

三、主持人：許書王

四、出席人員：許書王、劉耀斌、何明杰

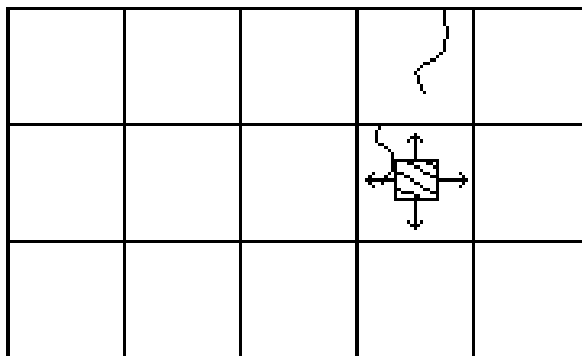
五、記錄：何明杰

頁數: 1

六、會議內容：

◆ 徐書王 技正：

- 期末報告的日期即將到來，對於成果方面，研究單位須加緊腳步，需詳讀合約要求以及邀標書，以求成果合乎要求，切勿拖延第二期計畫的時間。
- 第一期計畫之要求「工法驗證」項目，需在 97 年度前達到。
- 關於規範部分，研究單位須註明參考了哪些交通部部頒規範，而提出修正補強。
- 每次會議的簽到單與會議記錄十分重要，希望能夠整理成冊，亦希望規範手冊的修改能夠在後面加註會議時間。
- 再生再利用部分由於不是本計劃研究主軸，故點到即可，詳細參考資料可以雨林宏偉拿取。
- 有鑑部頒規範的格式，希望研究單位可以在手冊加設各種破壞的定義與詳細圖片。
- 建議能在規範內寫入「施作版塊盡量長寬尺寸接近 1:1」。
- 如下圖所示，發生破壞之時，先挖掘圖中斜線方塊部份，如果版塊內 dowel bar 部分因挖角而毀損，是否有辦法可以彌補或是有法子可以預防，請研究單位協助研究。



- 有關自主檢查表部分，建議可以設置要求廠商提供照片的欄位；建議加入施工後機具與人員的安全遷離。
- 關於手冊審核委員，研究單位需提供委員名單於委託單位參考決定。

附錄五 期末報告修正對照表

頁數	位置	原文	更正/補充說明
封面	日期	中 華 民 國 九 十 七 年 十 一 月 十 日	中 華 民 國 九 十 八 年 一 月
	第四章	「剛性鋪面維修及補強技術手冊」全文內容	刪除「剛性鋪面維修及補強技術手冊」，並將其全文內容併入期末報告中。
	第五章	原第 4.2 節「現行公路養護手冊」之修訂建議	移至第五章，並擴充說明之。
	第五章	原「剛性鋪面維修及補強技術手冊」附錄一 維修及補強工法修正對照表	將其併入新增之期末報告第五章內容。
	附錄一	原「剛性鋪面維修及補強技術手冊」附錄二 專有名詞中英對照表	刪除其最後欄位(建議刪除*)，並將其併為期 末報告之附錄一。
全文		骨材	以粒料為統一名稱
全文		() 全形括弧	() 半形括弧
VI	倒數第 6 行	圖 3.44 南下車道板塊沉陷	圖 3.44 南下車道版塊沉陷
34	倒數第 14 行	荷重之作用而產生之板塊移動所致。	荷重之作用而產生之版塊移動所致。
41	倒數第 2 行	接縫或裂縫滲水或板塊表面破洞	接縫或裂縫滲水或版塊表面破洞
60	倒數第 1 行	某些板塊，如專家所述	某些版塊，如專家所述
61	圖 3.44	圖 3.44 南下車道板塊沉陷	圖 3.44 南下車道版塊沉陷
61	倒數第 2 行	重型車輛長期且大量反覆對板塊施壓	重型車輛長期且大量反覆對版塊施壓
70	倒數第 16 行	矽酸三鈣(C3S)	矽酸三鈣
70-71	六種材料之 簡介	1.普通混凝土(Type I) - 2.早強混凝土(Type III) - 3.超速硬混凝土 - 4.高性能混凝土(High Performance Concrete、HPC) - 5.聚合物混凝土(Polymer Concrete，簡稱 PC) - 6.瀝青混凝土 -	1.普通混凝土(Type I) : 2.早強混凝土(Type III) : 3.超速硬混凝土 : 4.高性能混凝土(High Performance Concrete、HPC) : 5.聚合物混凝土(Polymer Concrete，簡稱 PC) : 6.瀝青混凝土 :
86	倒數第 10 行	反應性骨材	活性骨材
87	倒數第 2 行	反應性骨材	活性骨材
98	倒數第 7 行	反應性骨材	活性骨材
100	倒數第 5 行	以含再生骨材的混凝土鋪面為例，所有含再 生骨材鋪面	以摻配再生骨材的混凝土鋪面為例，所有摻 配再生骨材鋪面
115	表格	灌漿時板塊檢察	灌漿時版塊檢察
132	表格	鋪面板塊之編碼及維修紀錄建檔	鋪面版塊之編碼及維修紀錄建檔