

內政部營建署

市區道路及其附屬設施技術研發計畫

期末報告書

委託單位：內政部營建署

執行單位：國立台北科技大學

中華民國 98 年 12 月

內政部營建署

市區道路及其附屬設施技術研發計畫

期末報告書

委託單位：內政部營建署

執行單位：國立台北科技大學

中華民國 98 年 12 月

市區道路及其附屬設施技術研發計畫

計畫主持人 李有豐 台北科技大學土木系教授

協同主持人 林鎮洋 台北科技大學土木系教授

協同主持人 張寬勇 台北科技大學土木系副教授

協同主持人 鄭光炎 台北科技大學土木系副教授

研究助理 李俊德 台北科技大學土木與防災所碩士

目錄

一、緒論	1
1.1 計畫緣起.....	1
1.2 計畫範圍.....	2
1.3 計畫目的.....	13
1.4 98 年度工作內容	14
1.4.1 緊急運送道路相關工作內容	14
1.4.2 市區道路相關工作內容	15
1.4.3 市區橋梁相關工作內容	17
1.4.4 研究計畫研討會成效	20
二、提昇既有市區道路品質研究.....	23
2.1 前言	23
2.2 文獻回顧與國內外案例.....	24
2.2.1 市區道路及其附屬設施之國內外文獻探討	24
2.2.2 自行車道之國內外文獻探討及案例研析	52
2.3 研擬市區道路(透水性鋪面)與附屬設施養護工法.....	73
2.3.1 透水性鋪面之現況發展	73
2.3.2 透水性鋪面遭遇之問題	77
2.3.3 透水性鋪面養護工法	79
2.4 研擬自行車路線規劃及設計之原則	86
2.4.1 安全性規劃設計原則	89

2.4.2 便利性規劃設計原則	107
2.4.3 環境友善規劃設計原則	112
2.5 小結	116
三、提昇既有市區橋梁品質研究	118
3.1 前言	118
3.2 研究方法與文獻回顧	120
3.2.1 研究方法與架構	120
3.2.2 文獻回顧	121
3.2.2.1 國外橋梁檢測現況	121
3.2.2.2 國內橋梁檢測制度	126
3.3 市區橋梁檢測制度之研擬	131
3.3.1 橋梁檢測之重要性	131
3.3.2 橋梁檢測概述	131
3.3.3 營建署所轄縣市政府橋梁檢測作業要點(草案)	133
3.4 市區橋梁風險評估之介紹	139
3.4.1 風險評估基本流程	140
3.4.2 市區橋梁風險評估方法之擬定	143
3.4.2.1 市區橋梁受地震災害風險評估方式	144
3.4.2.2 市區橋梁受洪水災害風險評估方式	152
3.4.2.3 市區橋梁受土石流災害風險評估方式	156
3.5 市區橋梁監測技術之研擬	162
3.5.1 市區橋梁監測項目之選定	164

3.5.2 市區橋梁監測儀器之選定	165
3.5.3 市區橋梁監測系統設置流程	172
3.5.3.1 市區橋梁監測系統前處理作業	172
3.5.3.2 市區橋梁監測系統後處理作業	173
3.6 市區橋梁應用 FRP 材料補強標準作業流程與檢核機制之研擬	177
3.6.1 針對橋梁柱構材以 FRP 貼片補強標準作業流程與檢核機制之研擬	178
3.6.1.1 工法概述.....	178
3.6.1.2 材料使用要求	180
3.6.1.3 FRP 貼片補強設計方法	185
3.6.1.4 FRP 貼片補強施工方法	194
3.6.1.5 FRP 貼片補強的品質管理	199
3.6.2 針對橋梁梁構材以 FRP 棒補強	203
3.6.2.1 工法概述.....	203
3.6.2.2 材料使用要求	203
3.6.2.3 FRP 棒補強設計方法	204
3.6.2.4 FRP 棒施工方法	214
3.6.3 針對橋梁版構材以 FRP 格網補強	214
3.6.3.1 工法概述.....	214
3.6.3.2 材料使用要求	216
3.6.3.3 FRP 格網補強設計方法	220
3.6.3.4 FRP 格網補強施工方法	224

3.6.3.5 FRP 格網補強包覆工法的品質管理	226
3.7 小結	229
四、緊急運送道路維護管理研究	230
4.1 前言	230
4.2 日本緊急運送道路規劃與整備	231
4.2.1 緊急運送道路路網計畫內容	232
4.2.2 緊急運送道路沿線防災安全檢查	234
4.2.3 緊急運送路沿線建築物耐震化	236
4.2.4 橋梁耐震補強	238
4.2.5 道路防災事業	239
4.2.6 災害時的緊急代替運輸支援系統	241
4.3 緊急運送道路及其附屬設施規劃與評估準則	244
4.3.1 現地調查	247
4.3.2 天然災害潛勢調查	248
4.3.3 調查各救災據點與避難據點	248
4.3.4 劃設緊急運送道路	249
4.3.5 檢核緊急運送道路	250
4.3.6 繪製緊急運送道路圖	257
4.4 板橋市緊急運送道路規畫案例	257
4.5 桃園縣復興鄉緊急運送道路規畫案例	278
4.6 八八水災案例---以屏東縣林邊鄉緊急運送道路規畫為探討	298
4.7 緊急運送道路查詢系統	314

4.8 小結	323
五、結論與建議	324
5.1 結論	324
5.2 建議	326
參考文獻	329
附錄(一) 緊急運送道路檢核表問卷之統計資料	
附錄(二) 高雄縣道路受創情形	
附錄(三) 98 年評選會議審查意見回覆表	
附錄(四) 98 年期中審查會議意見回覆表	
附錄(五) 98 年期末審查會議意見回覆表	
附錄(六) 98 年度摘要說明書審查意見及回覆辦理情形	
附錄(七) 98 年度綱要計畫書審查意見及回覆辦理情形	
附錄(八) 98 年度座談會會議記錄	

表目錄

表 1.1 產、官、學界參與研討會人數統計.....	22
表 2.1 破壞修補工法決策表.....	31
表 2.2 破壞類型與發生原因及建議維修方式.....	32
表 2.3 裂縫損壞及養護對策.....	38
表 2.4 路面變形損壞及養護對策.....	39
表 2.5 路面變形損壞及養護對策(續).....	39
表 2.6 路面變形損壞及養護對策(續).....	40
表 2.7 路面變形損壞及養護對策(續).....	39
表 2.8 其他路面損壞及養護對策.....	40
表 2.9 瀝青鋪面破壞種類、原因及修復方法.....	41
表 2.10 柔性鋪面養護策略.....	42
表 2.11 透水性鋪面養護時機.....	45
表 2.12 自行車道之容量標準.....	66
表 2.13 透水性鋪面之力學性質.....	76
表 2.14 透水性鋪面施工方式及優缺點.....	78
表 2.15 不同型式透水性鋪面養護工法.....	80
表 2.16 各用路人對於自行車道建構之路權影響.....	89
表 2.17 車道服務水準.....	92
表 2.18 行人交通服務水準.....	92
表 2.19 行人交通服務水準等級說明.....	93

表 2.20 各類型自行車道寬度建議值.....	95
表 2.21 自行車道平曲線最小半徑.....	96
表 2.22 自行車道縱坡度與縱坡長度限制.....	97
表 2.23 自行車道於路口交叉之處理方式.....	105
表 3.1 日本檢測頻率與方法.....	125
表 3.2 檢測作業班編成人員.....	126
表 3.3 縣/市政府橋梁特別檢測評估表.....	138
表 3.4 公路橋梁安全初步評估表(耐震能力)－落橋評估.....	146
表 3.5 公路橋梁安全初步評估表(耐震能力)－強度韌性評估.....	149
表 3.6 公路橋梁安全初步評估表(耐震能力)－穩定性評估.....	150
表 3.7 公路橋梁安全初步評估表(耐洪能力).....	155
表 3.8 土石流橋梁橋梁安全初步調查表.....	160
表 3.9 各種 FRP 產品比較表.....	177
表 3.10 纏繞碳纖維測試項目及標準.....	180
表 3.11 碳纖維貼片測試項目及標準.....	180
表 3.12 玻璃纖維貼片測試項目及標準.....	181
表 3.13 大氣中樹脂測試項目及標準.....	181
表 3.14 水中樹脂測試項目及標準.....	182
表 3.15 纏繞樹脂測試項目及標準.....	182
表 3.16 底漆測試項目及標準.....	183
表 3.17 補土測試項目及標準.....	183

表 3.18 複合材料積層板測試項目及標準.....	184
表 3.19 複合材料耐久性測試項目及標準.....	184
表 3.20 FRP 完工後之缺陷與其處置方法.....	202
表 3.21 孔洞、氣泡處置方式.....	202
表 3.22 環境影響因素折減係數表.....	207
表 3.23 各材料平衡鋼筋比.....	209
表 3.24 低彈性型 PCM 之品質要求.....	218
表 3.25 高強度型 PCM 之品質要求.....	219
表 3.26 Epoxy 樹脂之品質要求.....	220
表 3.27 PCM 的必要物理性質(橋面版等).....	227
表 3.28 PCM 的必要物理性質(斷面修復等).....	227
表 3.29 PCM 成品管理基準.....	228
表 3.30 環氧樹脂成品管理基準.....	228
表 4.1 防救災據點調查表.....	249
表 4.2 緊急運送道路分類表.....	250
表 4.3 緊急運送道路機能檢核表.....	253
表 4.4 板橋市 98 年 11 月人口統計資料表.....	258
表 4.5 避難與救災據點調查表.....	266
表 4.6 板橋市緊急運送道路檢核表.....	273
表 4.7 復興鄉 98 年 9 月人口統計資料表.....	278
表 4.8 防救災據點調查表.....	282

表 4.9 桃園縣復興鄉參訪照片	283
表 4.10 復興鄉緊急運送道路檢核表	293
表 4.11 屏東縣累積雨量統計資料	301
表 4.12 緊急運送道路分類表	304
表 4.13 林邊鄉緊急運送道路規畫檢核表	305

圖目錄

圖 1.1 計畫相關研究項目	4
圖 1.2 研究目標與分工	5
圖 1.3 96-99 年度各分年工作課題架構圖	8
圖 1.4 「既有橋梁風險管理暨對策探討應用」	20
圖 1.5 「緊急運送道路規劃應用教育訓練」	21
圖 1.6 「市區道路自行車道規劃設計暨透水性鋪面維護管理」	21
圖 1.7 「98 年度成果發表會」	21
圖 2.1 標定維修區域	45
圖 2.2 接縫砂之清除	46
圖 2.3 首塊透水磚之移除	46
圖 2.4 大範圍之透水專移除機具	47
圖 2.5 T 型斷面示意圖	48
圖 2.6 黏結層回填砂鏟平方法示意圖	48
圖 2.7 透水磚鋪面接縫調整	49
圖 2.8 透水磚鋪面面層夯實	49
圖 2.9 透水係數與使用年限之關係圖	50
圖 2.10 鋪面清潔機	50
圖 2.11 排水性鋪面機能回復車	51
圖 2.12 高壓水柱沖洗	52

圖 2.13 單向自行車道.....	53
圖 2.14 雙向自行車道.....	53
圖 2.15 丁字路口設置型式.....	54
圖 2.16 丁字路口設置型式(續).....	54
圖 2.17 十字路口警告標誌.....	54
圖 2.18 停車格設置自行車道型式.....	55
圖 2.19 美國自行車標線.....	55
圖 2.20 荷蘭自行車道.....	58
圖 2.21 荷蘭自行車專用綠燈.....	58
圖 2.22 丹麥自行車標誌.....	59
圖 2.23 丹麥公共自行車.....	60
圖 2.24 德國自行車專用道.....	61
圖 2.25 德國自行車單行道.....	61
圖 2.26 德國自行車專用號誌.....	61
圖 2.27 德國自行車停車設施.....	62
圖 2.28 慕斯特城開放式停車場.....	62
圖 2.29 慕斯特城地下立體自行車專用停車場.....	63
圖 2.30 自行車停車型式.....	63
圖 2.31 自行車專用道.....	64
圖 2.32 建築物內設置停車場.....	65
圖 2.33 曼谷市綠色單車.....	66

圖 2.34 曼谷市自行車道.....	67
圖 2.35 穿越道採用綠色 AC 鋪面	68
圖 2.36 自行車專用號誌.....	69
圖 2.37 自行車使用空間.....	69
圖 2.38 自行車租賃系統及停車空間.....	70
圖 2.39 敦化北路之自行車專用道.....	70
圖 2.40 北安路之自行車專用道.....	70
圖 2.41 自行車道路線標示不清及遮蔽物.....	71
圖 2.42 自行車道坡度.....	72
圖 2.43 自行車道鋪面.....	72
圖 2.44 自行車停車空間.....	72
圖 2.45 國內常用之透水鋪面種類.....	74
圖 2.46 石牌國中透水混凝土.....	75
圖 2.47 北安路之透水鋪面型式.....	75
圖 2.48 中華西路透水鋪面型式.....	76
圖 2.49 板橋雙十路透水鋪面型式.....	77
圖 2.50 透水鋪面損壞現象及改善示意圖.....	79
圖 2.51 透水性鋪面面磚損壞情形.....	79
圖 2.52 透水性鋪面結構示意圖.....	81
圖 2.53 高壓透水磚結構斷面圖.....	83
圖 2.54 植草磚結構斷面圖.....	84

圖 2.55 透水性瀝青混凝土結構斷面圖	84
圖 2.56 透水性水泥混凝土結構斷面圖	85
圖 2.57 現地透水試驗	85
圖 2.58 自行車道路線規劃設計原則	88
圖 2.59 自行車專用車道(一)	90
圖 2.60 自行車專用車道(二)	90
圖 2.61 自行車專用道路	91
圖 2.62 自行車與行人共用道	91
圖 2.63 自行車與行人共用道路示意圖	91
圖 2.64 單人及雙人自行車騎乘空間示意圖	94
圖 3.65 車道調整	95
圖 2.66 瀝青與水泥鋪面	97
圖 2.67 木棧、磚材與人造鋪面	98
圖 2.68 排水設施設置於腳踏車的行進動線之外	98
圖 2.69 護欄	99
圖 2.70 實體分隔型式	100
圖 2.71 交通標線分隔型式	100
圖 2.72 牽引道型式	101
圖 2.73 標誌	103
圖 2.74 採不同顏色鋪面及警告標誌示意圖(一)	105
圖 2.75 採不同顏色鋪面及警告標誌示意圖(二)	106

圖 2.76 採不同顏色鋪面.....	106
圖 2.77 觸動式按鈕.....	106
圖 2.78 台中市自行車導覽牌.....	108
圖 2.79 停車設施離出入口近.....	109
圖 2.80 自行車基本停車空間.....	110
圖 2.81 自行車並排停車空間.....	110
圖 2.82 自行車斜角停車空間.....	111
圖 2.83 停車架.....	111
圖 2.84 雙層停車架.....	112
圖 2.85 自行車停車場.....	112
圖 2.86 自行車道與公園綠地結合.....	113
圖 2.87 電力系統遷移退縮.....	114
圖 2.88 重新安排道路使用空間.....	114
圖 2.89 低衝擊開發設施於市區道路示意圖.....	116
圖 3.1 四年期提昇既有市區橋梁品質技術研究面向.....	120
圖 3.2 日本橋梁檢測作業的流程.....	124
圖 3.3 風險圖像分析.....	141
圖 3.4 風險管理流程圖.....	143
圖 3.5 雙軸向傾斜儀.....	167
圖 3.6 相對沉陷計.....	168
圖 3.7 加速度計.....	169

圖 3.8 風速風向儀.....	169
圖 3.9 應變計.....	170
圖 3.10 橋柱 FRP 剪力補強設計流程.....	187
圖 3.11 FRP 棒取代鋼筋.....	203
圖 3.12 混凝土的應力-應變關係數值模式圖.....	205
圖 3.13 鋼筋應力-應變關係圖.....	205
圖 3.14 碳纖維應力-應變關係圖.....	206
圖 3.15 混凝土壓壞模式.....	208
圖 3.16 平衡破壞模式.....	208
圖 3.17 纖維斷裂模式.....	208
圖 3.18 CFRP 棒與鋼筋混合梁斷面應力應變圖.....	210
圖 3.19 CFRP 棒與鋼筋混合梁破壞模式分析與雙筋梁計算流程.....	213
圖 3.20 FRP 格網.....	215
圖 3.21 版結構標準補強斷面示意圖(使用 PCM 噴凝土).....	215
圖 3.22 增厚部分詳細示意圖.....	216
圖 3.23 設計斷面.....	222
圖 3.24 搭接方式示意圖.....	223
圖 4.1 路網的檢討次序.....	233
圖 4.2 圍牆檢視圖例.....	235
圖 4.3 自動販賣機檢視圖例.....	236
圖 4.4 緊急輸送道路橋梁耐震補強地圖.....	238

圖 4.5 受災狀況.....	239
圖 4.6 坡面對策案例.....	239
圖 4.7 橋梁受災及對策案列.....	240
圖 4.8 隧道災例及對策案列.....	240
圖 4.9 東京都直下型地震災損模擬(中央防災會議).....	241
圖 4.10 物資運輸體制的模式圖.....	242
圖 4.11 緊急替代運輸支援系統.....	243
圖 4.12 運輸系統受災模擬結果.....	243
圖 4.13 緊急運送道路規劃流程圖.....	247
圖 4.14 往台 64 線方向.....	261
圖 4.15 台 3 線.....	261
圖 4.16 板橋市周圍斷層分布(中央地質調查所斷層資料).....	263
圖 4.17 板橋市周圍斷層分布(台灣活斷層查詢系統).....	263
圖 4.18 板橋市地質災害敏感地.....	264
圖 4.19 台北縣市淹水潛勢資料.....	265
圖 4.20 板橋市洪水平原敏感地.....	265
圖 4.21 板橋市緊急聯外道路圖.....	268
圖 4.22 板橋市輸送救援道路圖.....	269
圖 4.23 板橋市緊急避難道路圖.....	269
圖 4.24 板橋市緊急運送道路圖.....	270
圖 4.25 板橋市臨時避難據點.....	271

圖 4.26 板橋市臨時收容據點	271
圖 4.27 板橋市中長期收容據點	272
圖 4.28 復興鄉土石流潛勢溪流	279
圖 4.29 復興鄉周圍斷層分布(中央地質調查所斷層資料)	280
圖 4.30 板橋市周圍斷層分布(台灣活斷層查詢系統)	280
圖 4.31 台北縣市淹水潛勢資料	281
圖 4.32 復興鄉疏散避難圖	291
圖 4.33 復興鄉澤仁村疏散避難圖	292
圖 4.34 林邊鄉行政區域圖	299
圖 4.35 屏東縣市淹水潛勢資料	300
圖 4.36 屏東縣行政區域災情分布圖	301
圖 4.37 屏東縣淹水情形	303
圖 4.38 避難救災據點與道路圖層套疊	304
圖 4.39 緊急運送道路查詢系統登入畫面	314
圖 4.40 緊急運送道路查詢系統主畫面	315
圖 4.41 緊急運送道路介紹頁面	315
圖 4.42 歷年表單下載頁面	316
圖 4.43 98 年度檢核表畫面	317
圖 4.44 示範區資料顯示頁面	317
圖 4.45 緊急運送道路規劃與檢核手冊下載	318
圖 4.46 各縣市緊急運送道路圖上傳頁面	319

圖 4.47 成功上傳頁面	319
圖 4.48 要圖上傳結果顯示頁面	320
圖 4.49 帳號管理維護作業	320
圖 4.50 外部連結	321
圖 4.51 內政部營建署網頁	321
圖 4.52 國立台北科技大學網頁	322

一、緒論

1.1 計畫緣起

自 1987 年聯合國布倫特蘭委員會(Brundtland Commission)提出「永續發展」的觀念開始，國際間便開始在各種領域中進行人與環境的省思，調整當前人類科技與經濟發展的方向。二十一世紀是一個全球化、數位化的世紀，台灣正處於劇烈的國際競爭模式，其中三股主要的力量：全球資訊流通、新科技發展與綠色環保，更是當前國內永續發展所必須直接面對的議題。

為符合挑戰 2008：國家發展重點計畫之總體目標，即秉持綠色矽島規劃的基本理念，體現以人為本、永續發展的核心價值，發揮國家有限資源最大的效益，維繫世代國民的生存與福祉之目的。是以國內在各種營建技術研究發展的過程中，應在永續發展之長期考量下，藉由技術研發及有效融入產官學研四界的優點，建立合作互動的機制、人員訓練與技術的轉移，達到成果管理及應用推廣的最終目標，以營造優質、便捷、安全及永續發展的生活環境。

在配合國家發展計畫之下，公共工程範圍涵蓋建築、道路、鐵路、橋梁、隧道、捷運、機場、海岸港灣、水庫、水力發電場、自來水、河川整治、下水道、土方資源場、掩埋場、山坡地開發、工業區開發、科學園區開發、治山防洪等十九類工程，其工作項目則分屬內政部、交通部、經濟部、農委會等四大部會。其中，都市計畫範圍內之道路、橋梁及公有建築物係屬於內政部營建署之業務範圍。在都市計畫區內道路及其附屬設施(包含市區道路、市區橋梁及緊急運送道路系統)乃扮演了人、事、物交流、溝通與運輸，及緊急救災任務的重要角色，並且為暢通社經的動脈，良好之市區道路運輸系統對於經濟發展之關係極大。

內政部營建署有鑑於整個大環境之未來趨勢，亦未雨綢繆，自 96 年起將廣續提出為期 4 年的市區道路及其附屬設施技術研發計畫，期透過市區道路養

護技術、橋梁延壽技術與管理及緊急運送道路規劃等研發成果之有效整合，達到低環境衝擊、低資源耗費、延長生命週期及追求人車共存，構築優質化、便捷與安全之都市交通網脈，營造永續發展的生活環境。

近年來因人口成長及經濟起飛等因素，造就高密度及極多樣化之公共建設需求，在過去，大家均只對於新建公共工程與施工技術較為重視，而對維護與管理技術較為忽視。直到近年來，於道路橋梁發生之公共安全危害及人員傷亡事件，造成嚴重的災害與損失，才逐漸喚起大家對現有道路及橋梁安全維護的觀念。以及道路以道路橋梁為例，國道高速公路局於民國 88、89 年間已經花費至少新台幣 4.1 億元於橋梁及隧道之維修；類似之狀況亦發生於省道公路，其每年花費於老舊橋梁維護整修費高達新台幣 3.5 億元以上，且逐年增加中，以路面維修僅臺北市政府工務局水利處(原養工處)即每年費用達新台幣 3.5 億元。相關既有結構物之維護管理技術應予以持續的研究發展與有效整合，進而達到公共建設維護低環境衝擊、低資源耗費、延長生命週期及追求人車共存，構築優質化、便捷與安全之都市交通網脈。

1.2 計畫範圍

為營造優質、便捷、安全及永續發展之市區道路系統，相關政府單位乃藉由永續發展、環境生態及人本考量三個考量層面，依生命週期考量、提升都市防、救災、綠營建、生態工程、建立都市綠廊帶、交通環境、綠色交通系統等實質面向，並對節能減碳之議題進行相關研究，故本團隊針對計畫規劃之相關研究項目如圖 1.1 所示。本研究藉由相關技術研發提昇市區道路及其附屬設施之品質，並將研究項目依「道路優質」、「綠色材料」及「橋梁延壽」三項主軸，藉由考量市區道路及其附屬設施生命週期內，自規劃、設計、施工、監測乃至於維護管理，及資源永續利用，並且提昇都市防救災能力，規劃相關研究項目，進行多面向的研究與實務推廣應用。以達到永續市區道路之目的。

國立台北科技大學土木系與水環境研究中心(以下簡稱本研究團隊)於 92

至 95 年期間，執行營建署之委託研究計畫案，即已針對人行道之透水性鋪面、保水性鋪面、滲透性雨水下水道合理化評估與市區道路平坦度等工程技術應用與推廣，進行研究與探討；並針對公有建築物補強技術推廣與後續延壽技術規劃、市區道路之檢測與評估系統之研究、市區橋梁承載能力、耐震能力評估系統之技術研發與探討，並訂定優質化橋梁檢測作業手冊，提供外界參採。

本研究團隊秉持多年來從事道路與橋梁等方面研發技術之經驗，為發揮市區道路及其附屬設施應有的營運及服務功能，並有效降低市區道路及其附屬設施重建工程對於自然環境衝擊與負荷。既有的市區道路及其附屬設施中，為有效延長使用年限，將引入資源永續利用及環保再生材料之使用。藉由市區道路、橋梁研究成果之整合，進而建立優質化之市區交通系統，及建構都市計畫區內完整之緊急防、救災維生系統，以營造優質、便捷、安全及永續發展的生活環境。

此外本年度計畫亦配合 98 年全國能源會議永續發展與能源安全核心議題分組結論中，子議題二：部門效率提升因應對策之運輸部門部份，第二項「建立友善之自行車交通環境」；及第八次全國科技會議所作之策略中「發展公共設施監測、安全管理與營運評估決策支援系統」與「建立關鍵基礎設施災害風險評估與安全管理機制」等各項重要決議，進行本年度計畫內容修正，使四年期之長期計畫可與社會脈動接續。

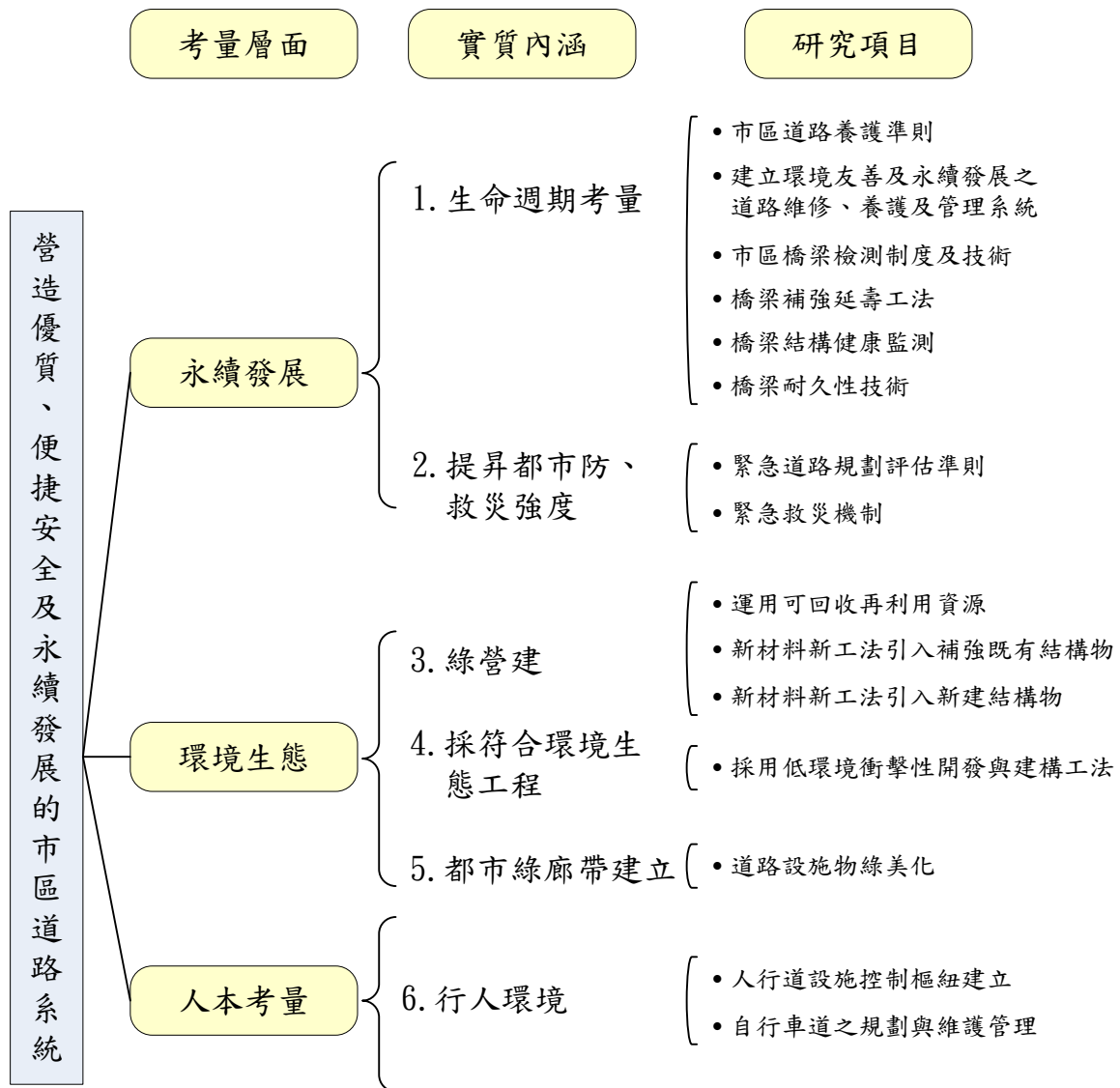


圖 1.1 計畫相關研究項目

依據營建署公告上網招標計畫內容，將市區道路及其附屬設施研究計畫分成緊急運送道路、市區道路及市區橋梁等三個課題進行研究，並以「道路優質」、「綠色材料」及「橋梁延壽」作為研究目標。「道路優質」包含安全、舒適及環境之友善，藉由緊急運送道路與市區道路研究團隊進行相關研究之成果，達到安全與舒適的「道路優質」目標，並由緊急運送道路規劃後的需求與市區橋梁相關研究結合，達到符合經濟、快速之維護補強與修復的「橋梁延壽」目標，在「綠色材料」面上，則是藉由市區道路與市區橋梁在新材料與新工法

的相關研究上，達成替代性營建材料、廢棄物再生利用與降低環境污染的目的。最後在「道路優質」、「橋梁延壽」及「綠色材料」三個主軸下達到「永續道路」的遠景，如圖 1.2 所示。

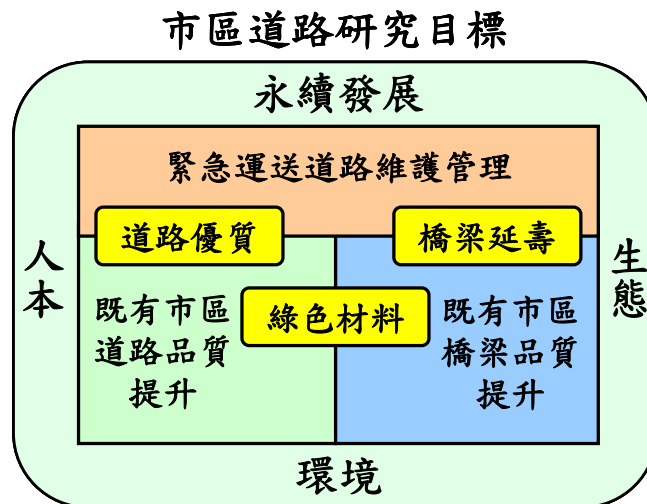


圖 1.2 研究目標與分工

整理 96-99 年度各分年工作課題架構圖表示如圖 1.3，各年度之工作內容重點詳下述之說明。本研究團隊將配合內政部營建署之政策，共同提昇市區道路及其附屬設施技術品質，以期發揮學術研究單位應有之功能，將研究發展成果透過教育訓練提供研發成果給政府與業界，並協助政府訂定良好公共工程政策與提升公共工程品質。

96 年度

- 一、四年期市區道路及其附屬設施技術研發整體績效指標之建立。
- 二、蒐集及彙整國內外緊急運送道路相關文獻。
- 三、建立緊急運送道路之檢核項目與機制(包含緊急運送道路危險度因子建立，以及緊急運送道路危險度分析網頁(PDA 版)規劃)。
- 四、調查及彙整分析國內 25 縣市政府現行緊急運送道路規劃情況,並建立天然災害(水災、土石流、震災) 緊急運送道路可行性檢核模式。

- 五、營建資源再生利用於市區道路之可行性評估。
- 六、高性能材料使用於市區道路之效益評估。
- 七、市區橋梁劣化現象與原因之關聯性機制研究。
- 八、市區橋梁安全性能評估快速診斷方法之研擬。
- 九、市區橋梁系統運用功能性支承與防落裝置之可行性研究。
- 十、辦理宣導推廣、教育訓練活動。

97 年度

- 一、建立市區道路及其附屬設施緊急救災機制。
- 二、建構緊急運送道路規劃與評估準則之規劃與探討。
- 三、建構緊急運送道路查詢系統。
- 四、市區道路低衝擊式開發(LID, Low-Impact Development)研究。
- 五、人行道設施控制樞紐改善與都市綠廊道建立之研究。
- 六、引入替代性營建材料運用於市區橋梁系統之可行性研究。
- 七、市區橋梁維修補強系統與工法研擬。
- 八、市區橋梁補強材料耐久性能之研究。
- 九、辦理宣導推廣、教育訓練活動。

98 年度

- 一、示範案例(I)試行之結果，修正緊急運送道路規劃準則與評估準則(草案)。
- 二、建置緊急運送道路及其附屬設施規劃及查詢系統。
- 三、彙整分析國內外市區道路(含透排水鋪面)與附屬設施養護工法。
- 四、研擬市區道路(含透排水鋪面)與附屬設施維修系統與養護工法。
- 五、研擬自行車道路線規劃及設計之研究。
- 六、市區橋梁檢測制度之研擬。
- 七、市區橋梁風險評估方式之研究。
- 八、市區橋梁監測技術之研擬。
- 九、市區橋梁補強標準作業流程與檢核機制之研擬。

十、透過示範案例之建立，逐步將已完成之市區橋梁、評估與補強制度，推廣於各地方政府之主管機關。

十一、辦理宣導推廣、教育訓練活動。

99 年度

一、緊急運送道路及其附屬設施維護管理系統之建立。

二、配合實務，建立完整之緊急運送道路規劃與評估制度。

三、彙整分析國內外市區道路維護管理系統。

四、研擬結合永續性發展、環境友善性之市區道路新建及維護管理系統。

五、研擬市區道路相關法規之修訂。

六、建立市區道路永續發展及友善環境示範案例。

七、綜整與歸納示範案例推行成效及研究成果，建立完整之補強、維護管理準則。

八、建立市區橋梁檢測、評估與延壽工法之準則。

九、透過示範案例，確實將已完成之市區橋梁、評估與補強制度，推廣並落實於各地方政府之主管機關。

十、辦理宣導推廣、教育訓練活動。

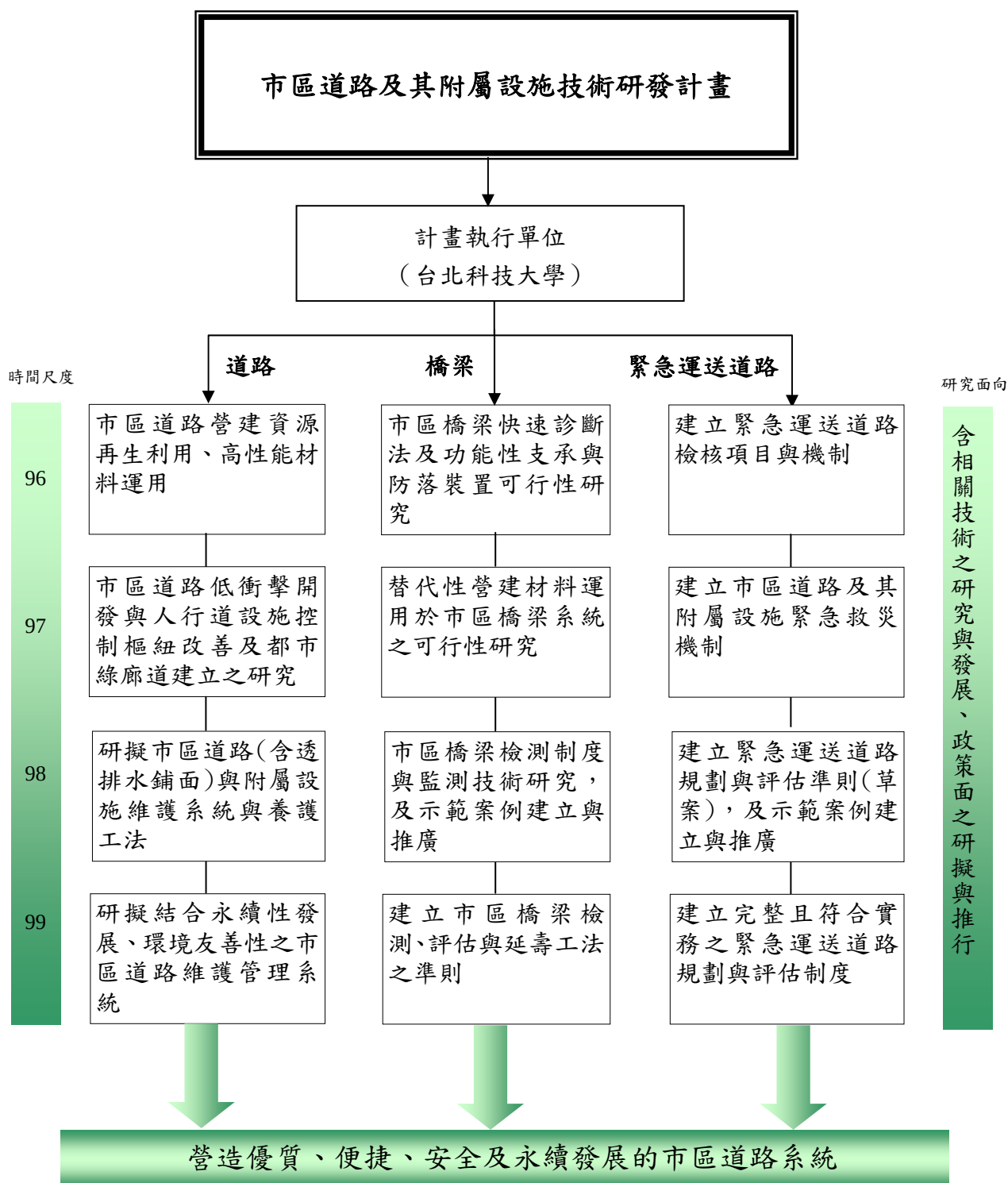


圖 1.3 96-99 年度各分年工作課題架構圖

整理整體計畫過去之具體研究成果如下：

96 年度具體成果：

1. 藉由問卷調查，了解目前各縣市避難路徑缺乏完善的規劃與評核指標，並欠缺法定計畫項目應具備之項目與準則。道路周邊被佔用情形嚴重，不僅喪失避難有效寬度，其佔用物亦可能於災害發生時造成對人命威脅。
2. 藉由研究發現目前國內緊急運送道路無明確標示，防災道路、避難道路，平時無宣導，路口又無標示，災時無法產生功能。
3. 建立緊急運送道路之檢核項目。在共通性要求方面，包括聯接避難場、聯接醫療、替代道路、跨區域路網、平常檢查整備制度、路寬等六個項目。本研究在特殊要求方面，可以分為地震、水災及其它災害(土石流、地層下陷)三個部分。
4. 建立緊急運送道路之檢核機制，主要包含檢核流程建立、檢核目的、檢核原則、檢核週期、檢核對象、檢核類別劃分、檢核方法、檢核組織、檢核構面、檢核指標、檢核指標權重、成績計算、結果呈現等事項。茲針對自防災道路檢核方法、檢核組織、檢核時機、檢核指標及配分、成績計算、結果呈現等事項。
5. 營建資源再生材料導入透排水鋪面，於添加廢玻璃及廢陶瓷等再生材料，經抗壓強度試驗及透水係數試驗，顯示資源化材料再利用於透水性組合是可行的，具有減廢、減少環境破壞及國土資源維護等多項優點。此外添加焚化爐底渣比例愈低時，透水性混凝土之透水性能及抗壓強度愈高，結果顯示在添加至 40 %時(孔隙率為 10.36%、透水率 4.22×10^{-2} cm/sec 及抗壓強度為 175 kg/cm^2)，符合透水性鋪面之規範，亦符合綠建材標章。
6. 高性能材料應用市區道路，其洪峰量減緩與地下水挹注進行成效分析，結果發現透水性鋪面對尖峰逕流發生時間的遞延、尖峰逕流發生的減緩與地下水挹注具有良好的功效；溫度效益與水泥路面相比相差 15°C 以上，此外持續降溫能力在陽光照射下可達三天之久，且在氣溫 30°C 時，與水

泥路面溫度可差 9°C；其抗滑效益，因抗滑性能主要來自表面紋理，表面紋理愈粗造，抗滑性愈佳，人行道之 BPN 均達 40 以上。

7. 人手孔導致鋪面不平整的主因可歸類為鋪面高程差異與人手孔周邊材料的破壞，以台北市忠孝東路為例，平均每公里每增加一個人手孔蓋 IRI 值便增加 0.07 m/km，因此改善之道以減少車道上之人手孔蓋數為最佳方針。
8. 本研究研擬市區道路品質改善績效指標，包含平坦度、透水與降溫、抗滑及資源再利用等四項，以此探討道路優質化，初步成果為可行，且有效增加對用路人之安全舒適、環境友善及減低國土資源。
9. 藉人工智慧類神經網路建立橋梁構件劣化因子及其相對重要性分析，找出市區橋梁劣化現象與原因之關聯性機制。提出橋梁快速診斷法，未來只須將可預知之劣化原因(如橋齡)輸入類神經網路，即可快速預測橋梁劣化現象，並正確掌握市區橋梁安全性能，建立市區橋梁補強順序，利於後續市區橋梁維護、管理與補強作業，使政府預算做最適切之運用。
10. 提出功能性支承之應用，藉由市區橋梁一般使用之橡膠支承墊支承系統與防落裝置做介紹，並使用業界慣用之結構分析軟體進行數值分析，利用實驗與分析結果相互驗證，找出合理之分析模式，並驗證其可行性，可提供工程師進行橋梁動力分析時，獲得更接近於結構特性之耐震行為。
11. 本研究蒐集業界常用之橡膠支承墊更換工法，及各項防落裝置施工之工期及費用，並比較各項工法之優缺點，提供工程單位選擇最適切之補強方式。
12. 已完成三場研討會及一場成果發表會，總人數超過 300 人。

97 年度具體成果：

1. 建立市區緊急運送道路緊急救災機制、規劃評估準則與資訊平台及示範案例(台北縣石碇鄉)。提出規劃防災道路時應注意事項，並以示範案例作為輔助參考。說明市區道路及其附屬設施之災前整備、災後應變及復建。
2. 調查國內 25 縣市的市區緊急運送道路規劃現況，彙整相關緊急運送道路

之路網資料。藉由 25 縣市市區緊急運送道路規劃現況，及所整理之路網資料，提供各縣市相關主管機關參考，並作為市區緊急運送道路規劃準則(草案)之依據。

3. 建立緊急運送道路查詢資訊平台(單機測試版)，完成後可供各縣市政府上傳與下載緊急運送道路相關資料，並做為縣市政府及相關防災單位緊急運送道路之資訊，方便救災人員迅速查詢及災害搶救時之參考。
4. 響應目前國內積極推動綠建築、綠營建之推廣及參酌國外低衝擊開發(LID)技術，提供九項效益顯著且較適合國內市區道路環境之 LID 措施，並探討其效益。LID 設施應用於市區道路，可減少地表逕流排入道路側溝，並縮減側溝斷面尺寸 1/5，經推算可節省市區道路側溝成本每公里達新台幣 90,000 元(以台北市為例)，依照公共工程價格設施帶緣石以全高介於 10 cm~15 cm 減少施作 100 m，可節省成本約新台幣 33,700 元（全省統一價格）。
5. LID 設計原則以「場址分類」、「交通動線設計」、「基礎設施和自然資源設計」此三大面互補互助，國內可採用「都市計畫法」、「市區道路及附屬工程設計標準」與「下水道用戶排水設備標準」配合地方政府法令進行 LID 規劃與設計。
6. 各地方政府於推行市區綠廊道之實質規劃目前缺乏實務經驗與理論，而綠廊道之評估指標尚處於因子擬定及驗證過程中，期透過本研究整合評估因子以提供後續之指標驗證研究參考。
7. 藉由自行車道之現況分析與效益評估結果，得知市區道路規劃以通勤為主之自行車交通路網，應首重提供安全之交通環境，及便捷且舒適之騎乘空間，並做為 98 年度擬訂自行車道規劃及設計之重點考量。本研究認為應重新審視市區道路斷面規劃單元，並配合綠廊道規劃，經由斷面單元之重新安排以提高自行車道之品質及專用路權；此外本研究對二氧化碳排放量進行推估，若於台灣地區以自行車替代國內短程運旅之載具 1%，約可節

省化石能源 86,880 公秉油當量，經車用汽油熱值(Heating Value)為 7,800 千卡/公升及油當量 LOE(9,000 千卡/公升)，轉換約為 100,242,298 公升；而二氧化碳排放量則可降低 354,690 公噸。

8. 電力系統、電信通訊控制箱基座設置地下化為目前各縣市主管機關最為積極提倡改善人行道步行空間方式，適當採用配套措施增加誘因，如補助款項或是相關法律規範，增進業者遷移意願；設計規劃過程應適時舉辦說明會與民眾意見進行溝通，以便貼切民眾之需求。
9. 藉由了解國內市區橋梁承載能力及耐震能力不足之主因，搜集目前業界常用之各項適用於市區橋梁特性之補強工法並介紹施工步驟，使橋梁管理單位及工程師對各項補強工法有更深的認識。
10. 藉由瞭解市區橋梁之特性，對各項補強工法進行經濟面、施工時間、技術面與環境影響等相關因素之優、缺點比較，提出纖維複合材料(FRP)貼覆補強工法為最適用於市區橋梁補強之施工方式，其優點包括：經濟、快速、不影響交通、日後維護簡便等，且目前學術界對其分析與設計上已有成熟之研究，是一值得推廣於實務面之新技術。
11. 在災後之緊急修復時，首先必須考量補強方式是否簡便且不需大型機具。纖維複合材料(FRP)貼覆補強工法即可滿足此需求，另外亦介紹於 921 地震後實際運用於建築物補強案例中，得到非常好的成效之鋼纜線圍束緊急修復補強柱體工法。
12. 藉由 FRP 複合材料之適用性研究，發現以 FRP 複合材料作為興建、替換或是補強，皆可達到國內第三代橋梁輕量化、耐久性及景觀性之需求，且在考量長久之維護管理費用及興建時交通維持費用之成本考量，已比傳統工法更具競爭性，為提升國內橋梁技術之方向。
13. 藉由國內各項耐久性試驗所得數據成果，提出將來國內以 FRP 棒進行設計時，在耐久性考量上需乘上各環境因素所造成之折減係數，以供工程師參考使用。

14.提出『LID 設計原則及案例彙編參考手冊』、『市區緊急運送道路緊急救災手冊』、『市區緊急運送道路規劃手冊』及『國內外橋梁補強維修案例彙編』四本手冊。

15.已完成三場研討會及一場成果發表會，參加總人數超過 300 人，其中產業界參與人數約佔 12.6%，政府部門參與人數約佔 51.4%，學術界參與人數約佔 36.0%。

各年度子計畫皆以人本、環境及生態之考量下進行研究，除於 96 年即已訂定之各項研究項目外，於過去 2 年間國內所面臨之相關問題，亦於每年度計畫開始前，就營建署舉行之計畫評審會議中各專家所提出之意見進行修正，現已將研究範圍延伸至目前國內所需之自行車道問題及市區橋梁檢測制度等相關研究項目，以期本計畫最終可切合國內實際需求，並達到市區道路及其附屬設施永續發展之研究目標。

1.3 計畫目的

依營建署公告上網邀標計畫內容，以下分別就市區道路、市區橋梁及緊急運送道路三面向之研究課題，將計畫目的敘述如下：

◎ 緊急運送道路維護管理研究

調查及彙整分析全國各縣市政府與國外先進國家現行緊急運送道路規劃情況，進而建立市區緊急運送道路緊急救災機制、可行性檢核模式、規劃評估準則與維護管理系統，以結合市區街道之緊急運送道路系統，提供災害應變時迅速便捷之救災、避難路徑，提供都會區民眾安全的生活環境。

◎ 提昇既有市區道路品質研究

進行廢棄物資源再生利用，及多元性材料之技術研究與推廣，並加強市區道路設施對環境友善性及低衝擊性研究，進而回饋至路面養護管理作業改善、規劃、設計與施工方法調整，使市區道路設施兼顧生態環境，達到環境共生與優質化生活品質目標。

◎ 提昇既有市區橋梁品質研究

研發市區橋梁檢測、評估、補強、監測、維護管理與延壽之材料、技術及工法。減少市區橋梁重建的規劃、設計、施工與對自然環境衝擊，使既有市區橋梁設施能達到應有的營運及服務功能，延長其使用壽命，進而能達到資源永續利用之目標。

1.4 98 年度工作內容

依據營建署公告上網邀標計畫內容，分別就本研究計畫 98 年度緊急運送道路、市區道路與市區橋梁各工作項目及實施方法逐一說明。

1.4.1 緊急運送道路相關工作內容

本團隊於 96 年度對於緊急運送道路相關研究方面，已針對天然災害危險度進行探討，包含對土石流、水災及地震等災害，根據天然災害潛勢資料，加上諸如人口分布、土地利用等人為因素進行相關研究；此外並探討其功能檢核機制，評估緊急運送道路之地區適用性。另外針對緊急運送道路之避難救援動線體系做探討及進行緊急運送道路之其它附屬設施考量，最後進行緊急運送道路系統檢核。

97 年度中，探討市區道路及其附屬設施緊急救災機制，內容針對整備、應變及復建三階段進行論述，並初步探討緊急運送道路規劃與評估之內容，檢討規劃時應注意之事項並敘述實際進行緊急運送道路規劃之應有步驟，最後以石碇鄉作為規劃案例，進行實際操演並確認提出之規劃內容的可行性。

道路系統在災害發生後肩負避難與救災之基本機能，道路系統能否於災後發揮防災功能，直接影響避難與救災成效亦直接影響災害所造成之傷亡程度。再者道路系統與其他防災空間系統息息相關，各防災空間系統的發揮皆須仰賴道路的正常運作方可達成，因此緊急運送道路在整體的防災規劃作業上，扮演極具重要之關鍵角色。因此本年度將修正 97 年度之緊急運送道路規劃與評估

準則，使其更加完備，以利將來針對緊急運送道路之規劃能更加具系統性，以下為本年度之相關工作內容：

1. 示範案例(石碇鄉)試行之結果，修正緊急運送道路規劃與評估準則(草案)：

依據 96 年度之調查及 97 年度規劃與評估之研擬，進行規劃流程的探討，並透過實際的規劃運作進行修正，使得緊急運送道路規劃與評估準則(草案)能更加符合實際上的需求，增加準則(草案)之可行性及可操作性。

2. 建置緊急運送道路及其附屬設施規劃及查詢系統：

透過緊急運送道路查詢系統之建立，平時除可供社會大眾瞭解緊急運送道路之重要性外，並可供各鄉鎮防災單位將各縣市規劃之緊急運送道路系統資料進行上傳，於災害發生時，提供搶救災單位進行緊急運送道路之查詢。

本計畫於 97 年度已初步擬定緊急運送道路規劃與評估準則，於準則的實際操作面上，以台北縣石碇鄉進行規劃範例來試行，已確認所擬之準則具一定程度之可行性與可操作性，然為使緊急運送道路規劃與評估準則更為完善，因此本計畫於本年度(98)中，主要工作為修正緊急運送道路規劃與評估準則，使其更加完備，並試行兩鄉鎮市(板橋市、桃園市)並向各縣市鄉鎮進行宣導並召開研習會，使各縣市防災業務之承辦人員了解如何規劃緊急運送道路，並製作緊急運送道路圖。

1.4.2 市區道路相關工作內容

台灣地區多雨，路面排水機能相當重要。進行暴雨管理時，需兼顧生態系統與水文功能，故市區道路雨水管理將成為一種新趨勢。本團隊於 96 年度「市區道路及其附屬設施技術研發計畫」之市區道路透水性鋪面，即為有效的評估市區道路品質進而達到優質化之一，藉由材料應用以提昇道路品質並作為績效評估基準。對於市區道路建設品質技術之研究，建立完整再生材料、高性能材料之設計準則，並經由實務面、技術面與經濟面合理化評估優質化技術適用

性，達到提供人車行的舒適度與安全性，並降低使用者成本、減少對自然環境衝擊之目的。

然近年來由於環境意識覺醒與永續發展議題的熱絡，使得民眾對於道路已逐漸由「量」的需求轉為「質」的提昇。惟目前道路規劃設計均以機動車輛的使用效率及安全性為主，較少納入永續之綠色理念。97 年度計畫中即蒐集國內外低衝擊開發應用於都市道路資料，評估實際應用於市區道路之效益，結合整體設計規劃。針對現有都市綠廊道空間進行評估分析，作為未來結合低衝擊開發以控制暴雨逕流、淨化水質之可行性參考依據。另外，調查及分析人行道控制樞紐之現況，改善人行道步行空間方式，適當採用配套措施，建立良好都市步行環境。並分析自行車道在市區道路之效益評估，提供縣市政府在規劃設計自行車道之參考依循。

為銜接廢棄物資源再生利用及多元性材料之技術研究與推廣，並加強市區道路設施如透水鋪面、生態滯留池及草溝等對環境友善性及低衝擊性研究，對後續建立市區道路與附屬設施系統的新建和維管等工法，藉由實驗路段驗證和宣導成果，進而推動市區道路相關法規之修訂，使市區道路設施兼顧生態環境，達到環境共生與優質化生活品質目標。以下為今年度計畫相關內容：

1. 彙整分析國內外市區道路(透水鋪面)與附屬設施養護工法：

目前傳統市區道路對於行車安全及舒適性之問題，如路面不平、路面損壞及路面坑洞等，若能定期全面檢討與維修，將可達到優質化道路，使既有的市區道路能達到應有的營運及服務功能，延長其使用年限。但由於台灣各面向環境之影響與交通之衝擊等因素，造成鋪面損壞之情形甚為頻繁，使得修復次數過於頻繁，造成交通之不便、使用舒適性之降低、材料資源耗費與浪費公帑等問題。為確保施工品質實有賴於正確的施工來達成，依據市區道路鋪面養護作業手冊，現有鋪面養護措施分為經常性及重大等兩類。鋪面養護的原則是在鋪面破壞之前，平時需對鋪面觀察、量測調查及分析的工作，當鋪面服務能力衰減以後，必須在適當的時機從事養護作業。

2. 研擬市區道路(透水鋪面)與附屬設施維修系統與養護工法：

國內鋪面缺失及損壞原因可包含鋪面自然損壞、施工因素造成損壞、道路挖掘造成損壞及使用或管理不當造成損壞等，然鋪面損壞問題牽涉範圍過廣，因此考量台灣氣候特性如梅雨季、颱風暴雨及降雨不均，及文化特質如對周遭環境冷漠、部分大型車行駛於禁行之市區道路及工程頻繁等，研擬市區道路與透水性鋪面附屬設施維修系統，需考慮上述因素，以提供施工單位工法之準則，日後做為維修系統與養護工法本土化之依據。

3. 研擬自行車道路線規劃及設計之研究：

自行車道除可達成環保且便捷之運旅需求外，更可提供民眾滿足體健及休閒娛樂之適意生活。完善的自行車道規劃不僅為都市重要生態廊道之一，更是連結都市綠廊之重要環節，為配合政府「永續能源政策綱領-節能減碳行動方案」落實節能減碳之目的，依行政院體育委員會「自行車道設施設計準則彙編」(2007)、交通部運輸研究所「腳踏車專用道之規劃研究」(1999)及內政部營建署「市區道路工程規範及設計原則」提出自行車道規劃設計原則，希冀藉由自行車道之建設鼓勵民眾使用自行車等綠色運具，改善能源消耗及空氣污染問題。

1.4.3 市區橋梁相關工作內容

本團隊於 96 年度市區橋梁相關工作中已完成市區橋梁劣化現象與原因關聯性機制及快速診斷法之研究；此外在功能性支承與防止落橋裝置應用於市區橋梁上，藉由實驗與分析及補強工法之可行性、經濟性的比較，建議國內既有市區橋梁可利用功能性支承與防止落橋裝置進行補強，以降低龐大之補強費用。

惟橋梁耐震補強工法種類繁多，功能性支承與防止落橋裝置只是其中一種概念不同之補強方式，並非所有橋梁均適用。97 年度計畫中即藉由市區橋梁劣化現象與原因關聯性機制，對市區橋梁維修補強系統與工法研擬進行探討，針

對橋梁承載能力(上部結構)及耐震能力(下部結構)，及不同之補強材料與工法，完整規劃一套市區橋梁補強作業程序與維護管理制度。此外亦對替代性營建材料運用於市區橋梁之可行性、經濟性及耐久性問題進行研究，導入高分子纖維複合材料應用於市區橋梁之新建與補強作業，利用 FRP 輕量化的特性，減少作用於上部與下部結構之作用力，材料搬運與安裝方便，可縮短建造工期及增加經濟性，並且亦可提高對土壤條件或地形條件的適應性。另外，利用其優越之耐蝕性可提高結構之耐久性，大為減低維護管理所需的經常維修費用，且延長使用壽命。並對國內可自行生產之碳纖維棒(CFRP 棒)與玻璃纖維棒(GFRP 棒)進行耐久性試驗，並提出耐久性折減係數公式與握裹力公式，研究成果可供工程界參採使用。

鑒於民國 97 年 9 月辛樂克颱風襲台造成國內 6 座橋梁斷裂，其中以后豐大橋最為嚴重，足以顯示國內橋梁所處環境受人為外力及天然災害頻繁(如地震、颱風及洪水等)，加上橋梁管理單位人力不足，政府與立法單位編列維護補強之預算與經費有限，使得國內的橋梁劣化情況日趨嚴重。

為面對以上問題，研究團隊認為必須先對現有橋梁進行完整之檢測，根據橋梁之受損現況進行安全性之評估；據以擬定橋梁進一步之處理方案(如維修與補強等)。故將完善之市區橋梁檢測制度此橋梁養護之重要課題，納入本年度研究面向。以下為本年度工作內容：

1.市區橋梁檢測制度之研擬。

完善之市區橋梁檢測制度可對現有橋梁(含市區人行陸橋)進行完整之檢測，並根據橋梁之受損現況進行安全性之評估；據以擬定橋梁進一步之處理方案(如維修與補強等)，故為橋梁養護之重要課題。「檢測制度」，旨在詳細規範橋梁管理單位：(1) 檢測單位之組織架構、(2) 檢測方式(包括檢測種類、檢測時機、與檢測頻率等)、及(3) 檢測人員之資格與職責。檢測制度涉及各橋梁管理單位既有之組織規程及管理文化，故各橋梁管理單位之檢測制度多有不同。國內目前並無針對市區橋梁訂定適用之橋梁檢測制

度，故本年度將參考國內外之橋梁檢測制度，並針對營建署所轄之縣市政府橋梁，擬定合適之檢測制度草案。

2.市區橋梁風險評估方式之研究。

本年度計畫配合第八次全國科技會議之策略六中第 4 項「建立關鍵基礎設施災害風險評估與安全管理機制」，研究團隊會將於報告中導入市區橋梁風險管理之概念，風險管理包含風險識別、分析、評估、處理等各個過程，市區橋梁所受之天然災害(如地震等)及人為災害(如車輛撞擊)，對橋梁各構件所造成的危害程度及機率各有不同，如何決定在使用的期間內，因各項危害因子可能發生的機率進行最適切的降低分險處理，為橋梁管理單位對所轄橋梁進行安全管理機制必須進行之工作項目，本研究將針對市區橋梁所受災害對各構件造成之危害度進行研究並進行一完整範例解說，讓未來各縣市政府可依本計畫成果對所轄橋梁進行適切之風險管理機制。

3.市區橋梁監測技術之研擬。

本年度計畫配合第八次全國科技會議之策略六中第 21 項「發展公共設施監測、安全管理與營運評估決策支援系統」，將對橋梁結構物提出針對各種監測項目所需規劃建置之監測系統，以配合策略中「評估各項公共設施，釐訂監測項目之優先順序，規劃建置監測系統，並建立公共設施監測資料共享平台，研訂資料開放機制，建立監測技術標準流程並統一監測資料格式，加強決策所須之分析模式之建立，發展公共設施安全管理與營運評估決策支援系統。」之先前技術研究。本研究對國內外之橋梁監測技術進行技術性研究，包含儀器設備、安裝維護等。並對回饋分析方法進行探討，以期降低監測技術之成本，達到橋梁延壽之目的。

4.市區橋梁補強標準作業流程與檢核機制之研擬。

既有市區橋梁補強利用纖維高分子複合材料(FRP)包覆補強工法具有極高的經濟性與快速簡便及交通環境影響小之多項優點，此技術於國外已是普遍之橋梁補強技術，惟在國內之補強案例卻不普及，其原因在於國內

無一套標準施工規範以及驗收規範，以致橋梁管理者對施工者之信心不足。本團隊將整合過去之研究成果，並擷取國內外研究之成果，擬訂一套符合實務運用，且適合本國之纖維高分子複合材料(FRP)包覆補強標準作業流程與檢核機制，乃至於補強作業之設計準則、材料規格、施工規範、檢驗標準等，研訂一套完整之市區橋梁補強作業程序與維護管理制度、具體提昇補強施工作業之品質評估與控制能力。供業主與監造人明瞭施工內容及要求重點，並藉以監督、控制工程品質；亦可供承造人瞭解施工及材料要求標準及管理要項，以提昇施工技術水準及品質，建立本土化之資料與技術，提供國內業界參採使用，達成節省公帑、有效維護橋梁功能與安全之目標，此外亦對 FRP 棒及格網材料進行相關施工手冊之草擬，使國內工程於補強設計及施工上，有更多種材料可供採用。

1.4.4 研究計畫研討會成效

本團隊於 98 年度 10 月底前完成 3 場次研討會，並於 12 月 18 日辦理成果發表會以廣納各界先進對本研究案成果之相關意見，如圖 1.4~1.7。研討會議題包含「既有橋梁風險管理暨對策探討應用」、「緊急運送道路規劃應用教育訓練」及「市區道路自行車道規劃設計暨透水性鋪面維護管理」。表 1.1 為產、官、學界參與各研討會人數之統計數字。



圖 1.4 「既有橋梁風險管理暨對策探討應用」



圖 1.5 「緊急運送道路規劃應用教育訓練」



圖 1.6 「市區道路自行車道規劃設計暨透水性鋪面維護管理」



圖 1.7 「98 年度成果發表會」

表 1.1 產、官、學界參與研討會人數統計

場次	產業界		政府部門		學術界		總計	
	人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比
既有橋梁風險管理 暨對策探討應用	16	18.4%	38	43.7%	33	37.9%	87	100%
緊急運送道路規劃 應用教育訓練	26	33.3%	25	32.1%	27	34.6%	78	100%
市區道路自行車道 規劃設計暨透水性 鋪面維護管理	19	25.7%	21	28.4%	34	45.9%	74	100%
98 年度成果發表會	12	18.5%	30	46.1%	23	35.4%	65	100%
總計	73	24%	114	37.5%	117	38.5%	304	100%

二、提昇既有市區道路品質研究

2.1 前言

現代工商社會中，交通運輸扮演舉足輕重之角色，故道路品質便為一國家進步重要指標。良好之市區道路系統，對於暢通社經動脈關係極大，為維持市區系統運作與物資運送，往往需藉助完善道路路網系統來串聯市區人、事、物。另應強化步行及自行車道的無障礙使用環境、道路空間設施優先服務綠色運具，並結合綠廊道，完善綠色環狀交通網絡，進而提供市區道路具悠閒、安全的空間，強化都市環境特色。

台灣地狹人稠，交通量龐大，因此對市區道路負荷龐大，且地處亞熱帶海島型區域，環境多雨潮濕，對路面損耗及壽命均造成莫大威脅，都市眾多維生管線(電力、自來水、瓦斯、有線電視及污水管...等)、人手孔密佈(台北市即有29萬個左右)，並且道路修鋪後管線挖埋不斷，重新鋪築後鋪面往往和舊有鋪面不等高，影響道路平坦度，致使道路服務水準下降，造成行車品質下降。

國內對市區道路養護管理之技術及作業程序已有相當基礎，如營建署 91 年出版「市區道路管理維護與技術規範手冊研究」，著重傳統鋪面及使用者安全機能，惟台灣地區多雨、砂石缺乏，另國內正推動排、透水鋪面，因此，依據本計畫 96 年及 97 年研究成果，98 年度之主要課題：在有限預算及相關法規或技術基礎下，探討除對使用者安全顧慮外，亦能涉及水資源、砂石資源及生態環境友善之效率性維護管理研究。

另能源危機及地球暖化日漸嚴重，為人類社會的共同議題，「節能減碳」更是全球城市治理不可迴避之重要課題，綠色交通尤為關鍵。自行車具有健康、安靜、無污染、節約能源及停車方便等優點，是全球永續發展城市大力提倡的「綠色」交通工具；惟國內政府各級交通主管機關長久以機動車輛為主的發展思維下，各種道路設施之規劃、設計與營運管理皆無自行車之使用空間，

自行車於都市中所扮演之角色低微，逐漸淪為民眾休閒遊憩的交通工具。

市區自行車道規劃及設計涉及交通、公共建設與城市經營等面向。自行車發展，非僅自行車專用道之路網建設，亦應營造一個友善、安全的自行車騎乘都市環境，創造所有都市居民與交通工具使用者安全、友善之生活空間。有鑑於此，如何改變過去的思維與作法，整合交通、都市發展，有賴集合工務建設等部門之力量，制訂符合國內可行之規劃設計，方能提供安全舒適之騎乘環境。

2.2 文獻回顧與國內外案例

綜合彙整國內外相關文獻及案例，期使市區道路回歸人本、安全、資源再利用及生態環境等面向，以提升市區道路品質之目的。

2.2.1 市區道路及其附屬設施之國內外文獻探討

目前傳統市區道路對於行車安全及舒適性之問題，如路面不平、路面損壞及路面坑洞等，若能定期全面檢討與維修，將可達到優質化道路，使既有的市區道路達到應有之營運及服務功能，延長使用年限。

依據市區道路鋪面養護作業手冊之瀝青鋪面修護，現有鋪面養護措施分為經常性及重大等兩類。鋪面養護原則，在於鋪面破壞前，平時即需對鋪面觀察、量測調查及分析。當鋪面服務能力衰減後，應適時從事養護作業。

◎ 剛性路面

美國

美國聯邦公路局(Federal Highway Administration, FHWA) 自 1980 年即針對維護單位進行鋪面維修技術訓練，強調適時維修對鋪面長期成效之重要性，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。並分別介紹接縫式混凝土鋪面(JCP)與連續鋼筋混凝土鋪面(CRCP)維修方法，說明全深維修、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，並將各維修方法適用之損壞類型與程度列表詳細說明。

美國公路策略研究計畫(Strategic Highway Research Program, SHRP)發表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，建議正確維修程序、維修材料種類及基本試驗、施工機具等，其內容包括適用範圍、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，均詳細說明。其中填縫料換修單元，建議當填縫料損壞達總數 25%~50%時，應全面重新填縫，至於如何判斷填縫料損壞，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 即表示填縫料損壞，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槽寬度適當的形狀因子。在施工方面則從清除舊有填縫料並更新填縫料、接縫修整、安裝襯縫條、灌注填縫料以及養護、開放交通等更詳細說明。另對於部份深破損快速維修部份，針對維修斷面尺寸、範圍更明確予以規定。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，亦針對水泥系、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，詳細說明。另並針對各維修材料詳細說明施工步驟與注意事項。

美國研究學會 TRB 發表之卜特蘭水泥混凝土鋪面接縫維修方法(Joint Repair Methods for Portland Cement Concrete Pavements)，提出接縫式混凝土鋪面常見的問題，並介紹先進的鋪面分析模式、及美國各州政府相關單位、施工與材料廠商之專業經驗(主要針對維修方法規劃與施工步驟)，包括鋪面全深維修、部份深維修、底部灌漿、接縫或裂縫的荷重傳遞裝置維修、版差研磨處理、

接(裂)縫重新填縫、版塊邊緣支承改善等 7 種維修方法，惟修方法內容包括鋪面狀況的評估、適當維修方法的選擇、設計與施工指導、維修方法的應用、設計與施工規範。另針對各種維修方法之適用性、耐用年限、維修可靠度、成本效益，均有所評估說明。另亦針對交通量、氣候因素等不同狀況，建議適當之維修策略與耐用年限，不同損壞模式所需之修復與預防策略分別建議維修方法。

美國混凝土鋪面協會 ACPA 混凝土鋪面技術(Concrete Pavement Technology)研究報告，發表有關全深維修、部份斷面維修、面差研磨、縫填與維修、接縫之荷重傳遞裝置維修等維修方法之維修範圍、調查方式、維修注意事項、維修成效等有詳細的說明。並詳細描述各種維修方法之施工步驟與注意事項，重要施工步驟輔以機具及操作照片說明。有關接縫填縫形式，規定橫向接縫之縫槽深度應大於 2 英吋，縱向接縫之填縫寬度應大於 1/4 英吋、深度應大於 1/2 英吋，異於與一般設計。另針對各類橫向與縱向接縫之損壞程度、裂縫寬度，建議裂縫寬度以 12.7 mm、版差高度以 63 mm 為維修與否為主要分野。

中國

中國交通部公路管理司召集公路養護專家於 1993 年編寫「公路養護與管理手冊」，內容介紹公路養護與管理工作常用之方法、技術、材料、機械以及試驗方法等，供路面管理之工程技術人員及管理人員執行養護工作之依據。有關路面之養護，分別敘述路面檢測與評定、瀝青路面養護、水泥混凝土路面養護、路面基層改善等。其中水泥混凝土路面在鋪面檢測方面，依影響路面性能及結構性能區分，針對其損壞類型與主要原因加以說明；另在鋪面養護方面，損壞區域分為接縫破壞、版邊破損、路面裂縫、孔洞等加以討論，另依路面狀況綜合考慮各項評估指標，包括：車轍、版差、裂縫程度、摩擦係數、平整度等之檢測結果，有相關養護需求標準值參考表。

中國交通部公路管理司，針對其 1986 年公佈施行之「公路養護技術規範」

依據十年的施行成效評估，並為配合快速的公路工程技術發展及改變，進行規範之修訂。修訂過程廣泛徵求意見並進行調查與研究，彙整公路養護經驗並於 1996 年修訂完成公告施行。該規範內容涵蓋公路工程所有養護工作，對路面調查頻率依調查項目有不同之規定，一般規定為 1~3 年。有關混凝土路面裂縫損壞分級為：裂縫寬度小於 3 mm 為輕度；13 mm 以上之版差及 25 mm 以上之裂縫為重度；其餘為中度損壞。有關養護策略方面，定義路面綜合評級指標 (SI) 在 5% 以下為優良；5%~15% 應進行養護維修；15%~50% 應規劃中大型維修。

國內

交通部之公路養護手冊，係由交通部針對民國 49 年訂頒之「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。內容主要為公路及橋梁等相關道路設施養護方法與技術。混凝土路面損壞調查部分，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 10 mm、抗滑係數低於 0.25、縱向平坦度以 3 m 平坦儀量測 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。

「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 91 年 9 月修訂(國工局，2002)，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、施工要求等更詳細說明，並針對道路工程施工步驟撰寫技術標準規範。其中鋪面厚度之檢核採每 300 m 車道長度量度一次，不足 300 m 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。鋪面接縫填縫施工部份未有相關說明與規範。

◎ 柔性路面

美國

美國聯邦公路局，自 1980 年即針對維護單位之養護人員進行鋪面維修技術訓練，並依據鋪面相關研究成果與實際施工環境彙編訓練課程，於 1993 年出版鋪面修復訓練課程，內容包括：鋪面修復方法、最佳維修方案之選擇及成本分析單元等，並於 1998 年 7 月進行再版修訂。手冊中提到的內容分為專案級之路網調查與評估、柔性鋪面維護修復技術、剛性鋪面維護修復技術及最佳修復方式選擇與決策等。在柔性鋪面維護修復技術，將維修工法分為接縫與裂縫修補、補綻、冷刨、表面再生技術、冷拌現地再生、熱拌現地再生、熱拌廠再生及選擇工法方式等 8 項。關於柔性鋪面維護工法如下：

一、裂縫修補工法：

1. 裂縫修補是柔性鋪面修復較常使用的工法，主要在減少水滲入鋪面結構，減少因水造成的剝離或疲勞崩裂：美國有 70% 的州在使用裂縫維護工法後，可延長鋪面服務水準達三年以上。
2. 裂縫修補材料，必須承受交通、濕氣、陽光、和氣候變異。手冊中建議修補材料應具備耐久性、延伸性、韌性、黏著性、凝聚力等，尤其是黏著性，須確保修補材料和原路面能緊密接合。
3. 裂縫修補，FHWA 建議裂縫在 3~25 mm 適合進行修復工作，防止裂縫擴大危及整體鋪面結構。過寬裂縫，應以其他工法進行修復。裂縫修補最重要的步驟在於清潔裂縫，尤其裂縫側壁，必須確保乾淨無沙土，使修補材料與裂縫側壁緊密接合。

二、補綻工法：

1. 補綻材料，依照冷拌瀝青混凝土與熱拌瀝青混凝土規範進行補綻。
2. 坑洞成因：坑洞在柔性鋪面產生主要原因，為部分基、底層因水分影響或其他原因，造成基、底層較周圍軟弱，造成承载力下降，加上反覆載重，產生疲勞裂縫及凍融循環加速，水分透過縱橫向裂縫滲透，加速基、

底層軟化開裂，最終產生坑洞。

- 3.修補材料設計：穩定性、耐久性、膠結性、抗剝脫能力，但常溫瀝青混凝土尚需考量材料工作性及儲藏性；熱拌瀝青修補材料應符合馬歇爾配合試驗之相關規範，而常溫瀝青修補材料須有其他特殊試驗。
- 4.坑洞修補，可選擇局部(面層修復再填入瀝青混合料)或全斷面修復(須刨除基、底層)。若採臨時修補，周圍路面破壞將持續發生，除非修補時採取全斷面修補方式。鋪面破壞情況非常嚴重時，應更廣泛的修復或重建，而非採用臨時修補。
- 5.重複修補，為非常不經濟的修補方式。若為大範圍修補，建議使用加鋪或其他修復方式補錠。
- 6.採用此工法，在夏日時容易發生冒油現象。此工法通常使用冷拌瀝青材料，將修補材料填入坑洞後開放交通讓車輛進行壓密作業，雖然施工快速，但坑洞可能很快再度發生，當破壞較為嚴重時不適合使用此種工法。在緊急維修時即使坑洞內有水，仍允許採用此工法。賓州使用此工法並分析其生命週期成本後，發現養護成本約為半永久性修補三倍以上。

三、冷刨工法：

- 1.冷銑刨設備，為一硬質合金鑽頭安裝在一個旋轉鼓上，目的為去除及破碎鋪面表面材料。刨平品質重點，須注意冷刨設備維護品質以確保能提供一致性的平坦度。
- 2.冷刨可用於大規模的面層翻修，也可用於再生工法或置換面層，修復調整車轍或剝脫之鋪面平整度；小刨機，使用目前大部分為局部深維修使用，其切割寬度為 0.3~0.9 公尺，作為柔性鋪面面層材料移除及剛性鋪面深入維修等目的。

四、熱拌現地再生工法：

熱拌現地再生，是藉由加熱軟化現有表面，用機械鬆脫鋪面表層，且不將剷除之瀝青從路面移除，必要時添加混合再生劑、骨材或熱拌瀝青，

取代鋪面鬆脫的材料，改正瀝青鋪面表面破損的過程。

五、冷拌現地再生工法：

- 1.部分深維修使用現地冷拌再生工法時，須重複再生使用現地瀝青材料，而一般循環再造深度約為 5~10 公分；通常此工法也在低或中等交通量路段使用，避免交通壅塞。
- 2.此工法產生之瀝青回收料，通常可使用在基底層材料。

六、廠拌再生工法：

- 1.於 1915 年開始實行回收瀝青材料送至處理廠拌合方式，當時並未進行相關實驗控制品質，直至 1974 年因應瀝青及成本增加，開始建構其他設備，進行回收瀝青材料品質控制。
- 2.與現地冷拌與現地熱拌再生比較而言，廠拌再生有幾個優點：可控制與改善瀝青添加物或改質劑品質，可依比例添加新的與再生骨材，混合均勻性佳及可修復所有類型柔性鋪面包括高乘載量之道路。

七、養護工法選擇決策最佳化：

先進國家為使工程師進行養護工法選擇時有所依據，會蒐集大量的養護資料，如鋪面損壞狀況、問題、工法優勢、鋪面撓度等進行分析並做成決策樹或決策表給予參考，如表 2.1 所示。

表 2.1 破壞修補工法決策表

破壞類型	可能狀況	修補工法
車轍	熱拌瀝青混凝土設計結構強度不足、鋪面各層不穩定、鋪面各層壓密不足	冷刨包含鋪面輪廓重建配合加鋪或不加鋪使用熱拌再生進行置換鋪面表層
剝脫	低瀝青含量，瀝青混凝土中過多孔隙會造成硬化瀝青遇水波脫降低耐久性	使用乳化瀝青或用霧狀噴灑封層再與粒料稀漿封層加鋪
冒油	高瀝青含量造成瀝青混凝土孔隙過低，經交通碾壓及高溫影響下造成過多瀝青由穩定層冒出	1.加鋪一層開放級配 2.封層(良好的設計與施工) 3.冷刨加鋪或封層 4.加熱刨除再予以加鋪或封層，加熱面層可灑上一層砂石級配進行滾壓
鱷魚狀裂縫	鋪面結構性缺陷，過多孔隙造成粒料剝離現象，初期建置時骨材結構強度不足	1.封層 2.全厚度刨除加鋪 3.加鋪 4.現地再生或廠拌再生工法進行重建
縱向裂縫	鋪面結構性缺陷，過多孔隙造成粒料剝離現象，初期建置時骨材結構強度不，非結構承載原因，體積潛變或鋪面交接面不連續性造成	1.裂縫填補 2.全厚度刨除加鋪重建 3.加鋪薄薄一層面層將裂縫作填補 4.橡膠瀝青薄膜與級配進行填補 5.加熱刨除後進行加鋪
反射裂縫	基底層與底層因材料溫感性不同造成之裂縫	1.補縫 2.特殊方式進行加鋪減少反射裂縫 3.橡膠瀝青薄膜與級配進行加鋪 4.加熱刨除後進行加鋪
粗糙	現有物理性破壞(裂縫、車轍、坑洞、老化)不均勻的體積變化	1.加封 2.冷刨或冷刨加封 3.熱刨加封 4.再生(廠拌或現地)

資料來源：FHWA，1998

美國瀝青學會 1983 年發行的瀝青鋪面維修手冊「公路之瀝青加鋪和街道修補(MS-16)」中，介紹鋪面破壞的可能原因、破壞種類、維修方式等，對於瀝青鋪面的維修保養，從全厚度(full-depth)到表面處理(surface treatment)等，以及瀝青鋪面常見的瑕疵、破壞類型與發生原因及建議的維修方式如表 2.2。

表 2.2 破壞類型與發生原因及建議維修方式

破壞類型		發生原因	維修方式
裂縫	鱷魚狀裂縫	路面承载力不足	長效型修補工法
	邊緣裂縫	缺乏側向力或與材料處理、變形有關	採用瀝青砂漿填入
	邊緣接縫裂縫	路肩高於路面所導致排水不良或路面邊緣有坑洞積水	若水為主要原因，則加強排水後進行修補，參考反射裂縫
	反射裂縫	因鋪面下方水平及垂直坑洞受交通荷重和隨溫溼度變化膨脹收縮	≤3mm 寬之裂縫很難填補 3mm~19mm 寬之裂縫使用密封膠修補 >19mm 寬之裂縫使用乳化瀝青填滿
	乾縮裂縫	可能是基底層或基底層與面層之體積變化造成	可用空氣噴槍移除鬆脫部份，用水濕潤後，噴灑乳化瀝青作黏層，在噴灑瀝青混核料於裂縫
	滑動裂縫	因表層與下層間之鍵結不足	移除破壞裂縫表面，再填入瀝青料
變形	車轍	可能因為新建之瀝青面層夯實量不足	使用熱拌混凝土填補使其平整
	局部沉陷	路面承受比設計交通量重之負荷或路面結構不良	使用熱拌瀝青混凝土填補並夯壓與附近路面齊平
崩裂		因瀝青面層過薄或路面排水不良	坑洞出現時需緊急修補。暫時性修補包含清理坑洞與坑洞填滿。永久性修補則須先切割坑洞並置換新的基底層及瀝青面層
鬆散		夯實不足，路面結構承載不足、粉塵或灰塵造成立料不潔、瀝青含量太少	視破壞及現場情形而定，將所有鬆脫粒料或灰塵清除，塗上乳化瀝青，最後鋪上熱拌瀝青
冒油		通常發生在氣候炎熱時，表面含過多瀝青，受熱膨脹填滿孔隙，而溢出表層	情況輕微時，只需鋪上粒料即可，或以熱拌瀝青混凝土加鋪
表面處理		如覆蓋粒料流失	受損處用些熱拌瀝青混凝土修補並滾壓

資料來源：AI，1983

美國公路策略研究計劃(SHRP)計劃中，研究路面養護工法及維修材料、機具設備、成本效益等方面，並將成果彙集，於 1993 年出版「鋪面調查手冊」，

目前最新版本於 1997 年出版，其成果有下列幾點：坑洞修補評估、修補材料、修復技術及流程、成本效益計算。「鋪面調查手冊」提到，柔性鋪面在坑洞修補的維修技術，美國公路策略研究及長期鋪面績效研究計畫中建議有下列幾種方式：

1. 投擲與滾動方式(Throw-and-roll)

不同於傳統投擲與移動(Throw-and-go)方式，其部分的作業在用以夯壓修補處。夯壓能夠提供較緊密的維修，避免填補材料鬆弛脫落。

2. 半永久的修補方式(Semi-permanent)

半永久的修補方式，將修補區域的邊緣整修為與路面垂直後進行填補修補材料作業。在維修程序中，將視破壞情況進行少量的基底層移除與置換，是較佳的一種坑洞修補方式，

3. 噴注方式(Spray injection)

先將坑洞中積水及雜物砂土等清除乾淨後，在坑洞底部以及周圍噴灑黏層，可以托車牽引裝載粒料的卡車的方式，再將瀝青修補材料填注於坑洞中。

4. 邊緣填封(Edge seal)

邊緣填封與前述修補方式相似，惟夯壓後需確認修補邊緣有延伸如冠狀的出現，可為快速處理節省時間的方式。

美國州公路和官員協會(American Association of State Highway and Transportation Officials)於 2007 年所出版之鋪面養護手冊中提到部分關於柔性鋪面養護技術之種類與其相對應之注意事項如下：

1. 道路表面維修保養方法

手冊對於柔性鋪面養護有兩種方式：預防性養護及鋪面維修。預防性養護維修策略源自於路面維修策略，因此，預防性養護有許多可選擇的方式和施行步驟。及早執行預防性養護，將比維修鋪面節省更多費用，亦可延長柔性鋪面的生命週期。以下介紹預防性養護種類：

(1) 稀漿封層：是粒料、乳化瀝青與加水的瀝青混合料聚合而成。此等成

份在混合過程中十分混雜，將瀝青混合料鋪築於路面上並夯實。混合料應均勻。表面處理包括：消除路面面層冒油和路面剝脫的鋪面。稀漿封層之粒料需謹慎分級，粒料大小範圍，從細小顆粒到 9 mm(3/8 吋)。速凝稀漿封層之配比，經精確計算之礦物填料可在一小時內開放交通，惟一般稀漿封層，平均需 2 至 12 小時才能開放交通。稀漿封層超過 6 mm 厚時，壓路機夯實時，瀝青混合料可能會出現裂縫。對於預防性養護而言，微表面處理(使用乳化聚合物之稀漿封層)為最有效方法，因拌合時間短，因此微表面處理應用在鋪面各種狀況下，其多樣性的應用包括道路表面不規則破壞與車轍。

- (2) 噴霧封層：是被稀釋之乳化瀝青的一種應用性養護工法，沒有粒料覆蓋，通常使用於恢復原有性能之瀝青路面，並防止鬆散。乳化瀝青使用量：每平方碼 0.02 到 0.07 加侖，估計稀釋之乳化瀝青配比为 1:1 到 7:1(乳化瀝青所需加的水)。
- (3) 細石封層：根據表面條件和使用聚集體種類，瀝青使用量為每平方碼 0.1 到 0.5 加侖。

2. 針對手冊中鋪面維修養護部分如下：

- (1) 清掃和清洗：與季節性相關，如在氣候乾燥時減少塵土和在下雨天清理阻塞排水系統之樹葉及其他材料。或在行車路面之特殊事件，如交通量大之高速公路的定時清掃。
- (2) 熱天鋪砂：當氣候炎熱時，瀝青路面瀝青較易變軟而不黏密。熱天鋪砂建議為處理瀝青剩餘污漬的方法。一般認為此法可不斷重覆應用，並有效將問題減到最小的臨時措施。審慎噴灑黏油或將用量控制在 13-19 mm(1/2-3/4 吋) 的細石覆蓋於路面，將使這個方法更為有效。
- (3) 瀝青回鋪：為使老化瀝青材料回覆其原有性能，事前應評估瀝青材料對路面的影響，以及路面受交通荷重可能產生之變化。通常，實驗室經過試驗確定使用何種材料，可節省整體養護成本及評估路面生命周

期之延長效益。

- (4) 黏層和基底層：黏層是瀝青修補工作最重要之開始步驟。填入補錠或修補材料前之塗抹黏層，旨在促進老舊和新的表面瀝青材料融合。在塗抹黏層前，表面應先塵土及外圍清掃乾淨，必要時將雜物和已受破壞之堅硬路面清除乾淨。使用瀝青材料之用量應為每平方碼 0.05 到 0.15 加侖。
- (5) 填補和覆蓋：在瀝青面層表面周圍所形成的溝渠或坑洞，應使用瀝青熱拌料。坑洞區域應使用直尺標記，且老舊表面需徹底清潔，鬆散部分應使用碎石密封及壓實。若可利用切割機，應削減約 6 mm 左右的周圍區域(切割面須垂直於路面)。使用冷拌的瀝青混合料，應塗抹一層黏層，並使用最佳的壓實設備，將填入修補材料壓實至適當之平整度。在施工區域，以直規檢查是否達適當平整度後，應以細砂封層排除濕氣。交通量高道路，必要時應使用熱拌瀝青混合料。若使用現地攪拌修補法，首應將修補材料均勻分佈在整個修補區域，並予壓實。較小坑洞應，填滿修補粒料，隆起的過量填充材料應予移除。

日本

日本道路協會所發行之鋪裝養護手冊，瀝青鋪面補修工法分成構造性之對策與機能性之對策。構造性對策，主要應用於鋪面全層之修補工法，機能性對策主要應用於鋪面面層為修補工法之範圍。此外機能性對策中還包括預防維護性補修與緊急性修補。日本鋪裝養護手冊中提及修補工法之種類如下：

1. 打換工法：為將既設鋪面之路盤或部分路盤打掉並更換之工法。必要亦需路床替換，或進行路床及路盤之安定處理。
2. 局部打換工法：當局部原有鋪面之破損嚴重，無法以其他工法修補時，從基底層、面層或者底層局部進行打換工法。通常在進行面層、基底層打換工法或覆蓋工法時，局部性破損嚴重時，會同時使用之工法。
3. 線狀打換工法：沿線狀之裂痕進行鋪面之打換，通常只置換加熱瀝青混合

物層(包括至瀝青安定處理層)。

4. 現地再生路盤工法：將原有之瀝青混合物層，在原位置以刨除破碎混合機打碎，同時將水泥或瀝青乳劑等添加材料與既設路盤材混合，並進行滾壓。
5. 面層、基底層打換工法：打換至既設鋪面之面層或基底層之工法。其中使用切削技術將既設瀝青混合物去除之工法，特稱為切削覆蓋工法。
6. 覆蓋工法(加鋪工法)：在既設鋪面上鋪設 3 公分厚之加熱瀝青混合物層之工法。若原有鋪面包含局部性之損壞嚴重處，需進行局部打換工法後再進行覆蓋工法。
7. 現地表層再生工法：在原來位置，將原有瀝青混合物面層，刨除打碎後加熱並攪拌，依必要加入新拌瀝青混合料或再生用添加劑，邊拌合邊鋪設，滾壓後形成再生表層之工法。
8. 薄層覆蓋工法：在既設鋪面上，鋪設未滿 3 公分厚之加熱瀝青混合物層之工法，亦可用於預防性維護工法。
9. 車轍覆蓋工法：只在既有車轍部分上鋪設加熱瀝青混合物之工法。主要以修補因磨損造成之損壞。因反覆載重而造成之車轍則不適用。
10. 切削工法：將路面凸起部分切除，消除段差之工法。亦為覆蓋工法或表面處理工法之前置處理工法。
11. 黏合材料注入工法：於較廣泛裂縫處注入黏合材料，亦可應用於預防性維護工法。根據裂縫之深度與範圍，有許多不同之注入材料可選擇。
12. 表面處理工法：在既設鋪面上，鋪設未滿 3 公分之加熱瀝青混合物以外之材料，亦可做為預防性維護工法。
13. 填補與段差抹平工法：為將小坑洞、凹洞或段差臨時緊急填充之工法，材料有加熱瀝青混合物、樹脂系或瀝青系材料。

國內

交通部國道高速公路局施工技術規範高速公路養護手冊(民國 91 年 9 月)提出之高速公路鋪面破壞，較一般省縣道路網單純。高速公路局手冊中養護決

策方式，是先將破壞進行分類，再依不同破壞進行評估後修補。主要維修方式為坑洞填補、填縫、封層、刨除加鋪、封層加鋪幾種方式，然養護修補之時機未明確說明，因高速公路進行養護修補注重時效，盡量以不影響交通為主，故僅坑洞填補屬於緊急性修補，其餘維護修補方式或需大範圍刨除加鋪，均須夜間進行施工。柔性路面養護施工方法：

1. 填封

填封工法，是路面發生線狀裂縫而尚未導致其他損壞前，以填封料填封來改善之施工法，應於路面乾燥情況。

2. 修補

修補工法，為以路面鋪築材料直接填補坑洞或凹陷及局部龜裂處之臨時性簡單迅速的養護方法。使用材料儘可能採用與原路面相同之鋪築材料。袋裝預拌鋪築材料亦可使用，惟應注意其有效貯存時間與使用要領。

3. 表面處理

服務區無高速行車之路面，如有局部裂縫、磨損及破損時，可加鋪一層厚 2.5 公分以下之乳化瀝青膠泥封層(Asphalt Emulsion Slurry Seal)，將慢乾乳化瀝青、細粒料及石粉拌合成具流動性之膠泥，以薄層鋪於路面上，保持路面平坦，並防止雨水滲透。

4. 刨除回鋪

刨除回鋪係將路面面層、基底層或底層等損壞部分挖除，重新鋪設原路面相同材料之養護方法。刨除損壞路面之前應就損壞狀態，破損原因等深入調查研判後決定刨除深度。

5. 加鋪

加鋪，係於原路面面層或經修補後之面層上加鋪一層瀝青混凝土，以防止路面繼續老化或增加路面結構強度來延長路面使用年限及提高服務水準之較長久性徹底的路面整修方式。通常就其厚度不同，可分為薄層加層(厚度在 1.5~2.0 公分間)和結構加層(厚度在 4 公分以上，即骨材最大粒徑之 1.5

倍以上)兩類。薄層加層材料為開放級配瀝青混凝土，而結構加層為密級配瀝青混凝土。高速公路結構加層上，應再鋪設開放級配瀝青混凝土層。結構加層之厚度設計，應按一般路面結構設計辦理。瀝青混凝土材料之配合，應針對原路面之損壞形態與原因，作適當的選擇，以增加路面整體之穩定性。另針對特殊項目之養護對策，詳細說明如裂縫、車轍、段差、及其他常出現破壞如表 2.3~2.8 所示。

表 2.3 裂縫損壞及養護對策

裂縫					
線狀裂縫			龜裂		
損壞情形	原因	養護對策	損壞情形	原因	養護對策
裂縫主要走向略與行車方向平行或垂直，裂縫型態為線狀，分叉情形尚未達到全面龜裂情形	1. 施工不良 2. 填挖路段不均勻沉陷 3. 路基或基底層裂縫所產生之反射裂縫 4. 拓寬車道舊路面銜接處產生縱向接縫裂縫	1. 填封 2. 表面處理 3. 刨除回補	路面普遍成龜殼花紋狀小多邊形裂縫	1. 不適合瀝青混凝土、路基及路床材料 2. 軸重、軸次超過設計 3. 地下水影響	1. 加鋪加層 2. 刨除回鋪

資料來源：高速公路局，2002

表 2.4 路面變形損壞及養護對策

變形					
車轍			表層滑動		
損壞情形	原因	養護對策	損壞情形	原因	養護對策
路面在車輪反覆輾壓所產生之縱向凹陷，通常在下過雨後較為明顯，青為車轍在輪跡處有光亮，嚴重可觀察到縱向槽形凹陷	1.重載交通量車壓、磨耗 2.瀝青混凝土品質不良	1.刨除凹部 2.刨除凹部後加鋪加層 3.刨除回鋪(改質瀝青回鋪或再加鋪加層)	路面表層在輪胎之摩擦力作用下，前後滑動，嚴重時會產生新月型開裂	1.黏層施工不良 2.瀝青混合料品質不良 3.含油量不當	刨除回鋪

資料來源：高速公路局，2002

表 2.5 路面變形損壞及養護對策(續)

變形					
波浪紋			隆起		
損壞情形	原因	養護對策	損壞情形	原因	養護對策
行車縱向呈規則週期性起伏波浪現象	1.路基路床成載力不均 2.瀝青混凝土品質不良 3.黏層施工不良	1.加鋪加層 2.刨除回鋪	路面局部側擠呈高出原鋪高現象	1.路基路床成載力不均 2.瀝青混凝土品質不良 3.黏層施工不良	1.刨除凹部 2.局部翻修

資料來源：高速公路局，2002

表 2.6 路面變形損壞及養護對策(續)

變形		
凹陷		
損壞情形	原因	養護對策
路面局部呈低陷現象	1.路面下層材料流失 2.施工時局部性壓實不足	1.修補 2.局部翻修

資料來源：高速公路局，2002

表 2.7 路面變形損壞及養護對策(續)

變形					
坑洞			冒油		
損壞情形	原因	養護對策	損壞情形	原因	養護對策
局部性、大小不等之不規則凹洞，通常源於嚴重之裂縫及表面粒料流失	1.滾壓不足 2.瀝青混合料品質不良 3.局部龜裂加速	1.修補 2.刨除回鋪	路面有瀝青油膜滲出，史路面光滑，多發生在較熱天氣	1.含油量不當 2.瀝青混合料品質不良 3.黏層施工不良	刨除回鋪

資料來源：高速公路局，2002

表 2.8 其他路面損壞及養護對策

變形					
薄層剝離			段差		
損壞情形	原因	養護對策	損壞情形	原因	養護對策
原有鋪面加鋪之薄封層呈荷葉片狀大小的淺層剝落現象	1.黏層施工不良 2.瀝青混凝土品質不良	1.修補 2.刨除回鋪	路面於結構物兩端發生縱坡不順	1.路基或基底層、面層之滾壓不足 2.地盤不均勻沉陷	1.修補 2.端部刨除、全段鋪築

資料來源：高速公路局，2002

內政部營建署之市區道路鋪面養護作業手冊，提到柔性鋪面本身不能承受彎曲應力，故面層下任何一層發生變形，面層亦隨即發生變形。在鋪面結構設計階段的目標，是使鋪面結構產生損壞的因素降低，並將鋪面損壞的嚴重程度限制在預定值內。大部份鋪面設計方法，均假設鋪面結構於使用年限內，鋪面均能得到妥善的例行性及周期性養護，且當鋪面結構到達設計年限時，鋪面只要加強剩餘壽命(加鋪作業)即可。

市區道路以柔性鋪面為主，瀝青混凝土鋪面具有許多優點，惟影響鋪面破壞原因很多，諸如交通量、氣候及地形等外在因素，鋪面結構及材料、路基等

內在因素，稍有不慎即使鋪築鋪面未達設計年限，即發生裂縫、變形、破裂及缺陷等不良情形，嚴重影響行車安全及浪費國家資源。市區道路瀝青混凝土鋪面破壞種類，有裂縫、變形、破裂及缺陷等四類，其破壞原因及修復改善方法如表 2.9 所示。

表 2.9 瀝青鋪面破壞種類、原因及修復方法

破壞種類	破壞型式	發生原因	改善措施
裂縫	鱷魚裂縫	1.底層粒料塑性高、含水量過高、面層撓度過大 2.設計厚度不足 3.交通量超載	翻修
	反射裂縫	1.舊有 AC 鋪面裂縫深 2.交通量超載 3.新舊鋪面發生不同之沉陷、撓度變化	刨除加鋪
	縱向裂縫	1.底層沉陷、承载力不足 2.橫向支撐力不足 3.基層排水不足	翻修
	橫向裂縫	1.受天候變化、發生冷縮熱脹 2.瀝青材料針入度低 3.基層及底層之收縮	加鋪
變形	車轍	1.交通量超載 2.基層及底層之壓密， 3.AC 混合料穩定值較差	刨除加鋪
	波浪擠壓	1.含油量過多 2.受輪重反復煞車及起步 3.AC 混合料穩定值較差及滾壓不當	刨除加鋪
	凹陷	1.未確實分層滾壓而發生壓密沉陷， 2.回填材料不良且不均勻 3.埋設地下管線夯實不確實	翻修
	隆起	1.基底層材料塑性大且含水量過高 2.交通量超載 3.設計厚度不足	翻修
破裂	坑洞	1.鋪面下水管破裂漏水 2.AC 混合料穩定值較差 3.AC 面層太薄、不能承受輪重	翻修
	鬆散分離	1.AC 拌合料過熱黏結力差 2.AC 拌合料淋雨溫度過低 3.粒料含泥過多、穩定值差異具親水性	刨除加鋪
	月型裂縫	1.AC 上下層黏結不良 2.黏層或透層用量不均 3.底層不穩定	翻修
缺陷	冒油	1.含油量過多 2.黏層或透層用量過多 3.交通量超載	刨除加鋪
	磨光	1.粒料磨損性較差 2.交通荷重經常輾壓， 3.AC 含油量偏低	加鋪

資料來源：內政部營建署，2002

柔性鋪面的養護策略，分為緊急維修、預防性養護、例行性養護及大型整修等四者。實際養護作業所使用方法如表 2.10 所示。緊急維修方法，有補綻、刨平及修補等三者。在預防性養護之維修方法，有裂縫接縫填縫、加薄封層、改善排水設施及刮抗滑小槽等四者。例行性養護之維修方法，有修補、刨平、冒油改善及局部翻修等四者。大型整修之維修方法，有加封瀝青混凝土面層、刨除加鋪或大型翻修等三者。

表 2.10 柔性鋪面養護策略

養護策略	緊急維修	預防性養護	例行性養護	大型整修
養護方法	補綻	裂縫接縫填補	修補	加封瀝青混凝土面層
	刨平	加薄封層	刨平	刨除加鋪
	修補	改善排水設施	冒油改善	大型翻修
	---	刮抗滑小槽	局部翻修	---

資料來源：內政部營建署，2002

鋪面應急修復施工所用方法，有熱拌混合料填補法、常溫混合料填補法及灌入式修補法等三種，以熱拌混合料填補法為最佳。原鋪面若有坑洞或破碎時，應加予清掃加塗黏層後，以瀝青混凝土材料填平夯實。若鋪面變形凸起或凹陷，亦應先加予修正，以保持平整之橫或縱斷面。原有瀝青鋪面在鋪築瀝青前，應對原有鋪面缺陷先加以修正，如孔洞、龜裂、破碎及不平等項，然後再進行主要修補作業。修補作業程序如下：

- 1.將損壞及周圍不良部份，用混凝土切割機切割後，切面應垂直。
- 2.將損壞區內或周圍鬆塊及雜物予以清除。
- 3.損壞區如為潮濕時應以火烘乾。
- 4.損壞區底部及周圍均勻塗抹黏層(可採用乳化瀝青)。
- 5.將瀝青混合料倒入並耙平，修補高應比現有鋪面略高。若深度超過 7 公分以上時，應分兩層鋪築。
- 6.以壓路機或搗固機壓實，由於隅角不易壓實，故以加熱鐵鎚先予壓實。

7.瀝青混合料溫度降至可用手摸之程度即可開放交通。

市區道路之鋪面結構需要例行養護作業，係當鋪面開裂或材料分離等損壞，已達到結構或功能上的缺陷情況，此為鋪面結構改正作業。當鋪面產生龜裂或坑洞後，若不適當適時養護當雨水滲透結構層，因雨日多及雨量大造成損壞加深，或因連續性降雨無法修補或勉強修補，品質亦差由一小洞變成大坑洞，而加速服務能力的降低。例行養護作業之修補方法有：1.裂縫及接縫等修補，2.加薄封層及 3.局部翻修。

1.裂縫及接縫等修補

鋪面較寬裂縫及接縫，有影響行車平穩者應以瀝青混凝土混合料填補，在填補前應將縫內雜物清除、周圍鬆散部份打除、潮濕處先以火烘乾，方可填補瀝青混合料，有瀝青砂漿、乳化瀝青膠泥、接縫材料及吹氣瀝青等。

2.加薄封層

鋪面如有局部裂縫、磨損及破損時，可加鋪一層厚 2.5 公分以下薄封層，以保持鋪面平坦並防止雨水滲透入鋪面裂縫內。鋪薄封層之前應將鋪面上局部損壞嚴重部份先予修補。加鋪薄封層有下列方法：

- a.表面處理封層。
- b.熱拌混合料封層—封層厚度不超過 2.5 公分。
- c.乳化瀝青膠泥封層—將慢乾乳化瀝青、細粒料及石粉拌合成具有流動性之膠泥，以薄層鋪於鋪面上。
- d.樹脂系表面處理—先將環氧樹脂塗抹或撒佈於鋪面上，再撒佈硬質粒料使其黏固，以達到防滑效果。

3.局部翻修

鋪面損壞達面層厚度時應局部予以翻修，應先對鋪面損壞情況及原因詳加研討以決定翻修方案。在執行整修作業時，須檢視周圍環境及排水狀況，是否鋪面積水軟化路基，使瀝青與粒料黏結降低造成鬆散。

鋪面預防性養護不是改正鋪面缺失的措施，是延遲鋪面破壞及增強鋪面結構，大多在氣候或道路等環境有顯著的改變前進行。以台灣地區而言，因屬海洋性氣候且水份對柔性鋪面有剝脫作用，故在春雨、梅雨或颱風等季節來臨前，對鋪面所進行預防性養護作業，以噴霧封層或砂瀝青表面處理來填補細縫及防止粒料鬆散等，對鋪面結構及功能之保持有良好績效。

1. 噴霧封層

噴霧封層係封閉鋪面細裂縫或空隙之一種封層，將乳化瀝青加水稀釋後，噴灑於有細裂縫之鋪面，以填補細縫及防止粒料鬆散擴大。乳化瀝青採用慢乾(slow setting)級，先加適量之水予以稀釋後噴灑於鋪面，噴灑數量為 $0.5 \sim 1.0 \text{ l/m}^2$ ，視鋪面之乾燥度及粗糙度而定。

2. 瀝青砂漿封層

瀝青砂漿封層係將瀝青材料及細粒料混合，均勻鋪築於原有瀝青面層上者，其厚度通常小 2.5 公分以下，以填補細縫及防止粒料鬆散擴大，包括單程、雙層及三層處理。

鋪面大型整修是改正鋪面缺失的養護，此作業內容有刨除加鋪、加鋪及重建等三類。道路需進行大型整修之路段選擇，須進行鋪面結構及功能等狀況評估，當鋪面結構及功能等衰退且低於門檻值時，則選擇為年度大型整修路段。

◎ 透水性路面

美國

美國加州暴雨最佳管理手冊(California Stormwater BMP)提及透水性鋪面設計時，先討論維護基準。其基準應包含：使用年限、孔隙率、當地環境情形及排水問題，表 2.11 為透水性鋪面維護之基準。

表 2.11 透水性鋪面養護時機

維護基準	維護時間
細砂阻塞 預防砂土阻塞鋪面	不定時
使用真空吸塵機清掃鋪面，其使用時機： 冬季過後(四月) 夏季中間(七、八月) 秋季落葉掉落(11月)	每四個月
檢查排水口(排水性鋪面)	每年
日常清掃無法使透水性能恢復時 鋪面因水壓力導致鋪面上舉而破壞 面層因重車關係破壞、變形	大型維護(15-20 年)

資料來源：California Stormwater BMP Handbook New Development and Redevelopment，2003

美國連鎖磚鋪面協會及 InterPave 設計手冊，針對透水性鋪面建議維修方法程序如下：

1. 維修區域之劃分

透水磚鋪面維修前，需先針對維修區域進行劃分。範圍可分為：預計挖除區域以及挖除延伸區域。由於挖除時，恐影響其餘支撐良好之透水磚區域，因此挖除時，需向外延伸 2 個磚塊長度之區域，如此可保護其餘區域之砂床 (bedding sand) 以及基底層。其示意圖如圖 2.1 所示。

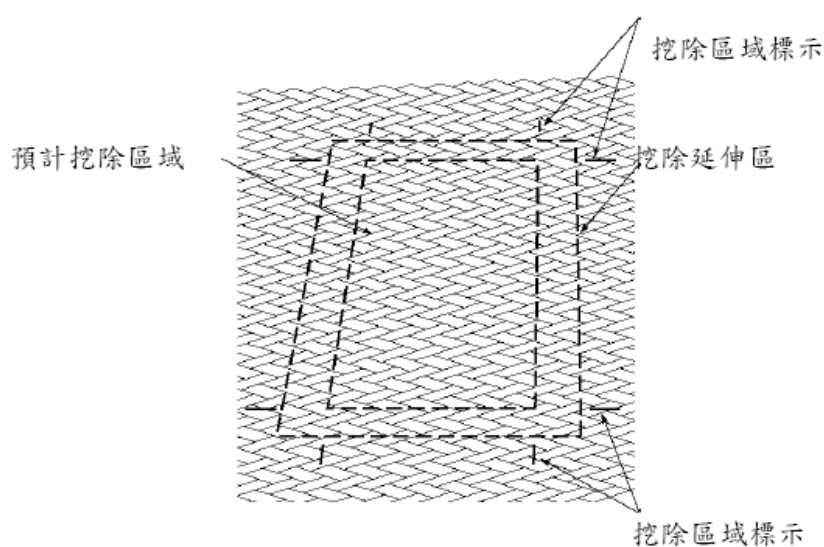


圖 2.1 標定維修區域

2. 首塊透水磚移除

劃分確定維修區域後，即可將首塊透水磚移除。移除方法：先利用小螺絲起子或是刮刀，清除第一塊移除透水磚之接縫砂(joint sand)如圖 2.2 所示。接縫砂清除後，利用大螺絲起子將首塊透水磚移除，其移除方法如圖 2.3 所示。

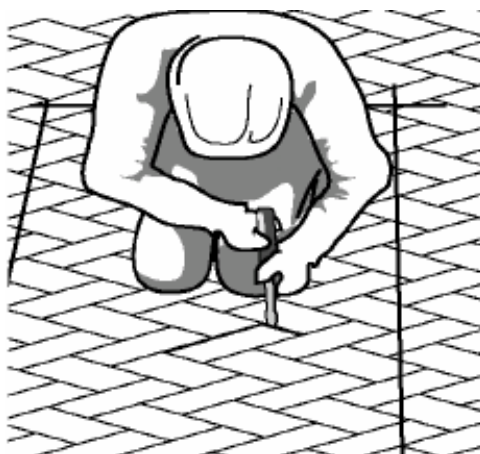


圖 2.2 接縫砂之清除

資料來源：葉銘欽，2006

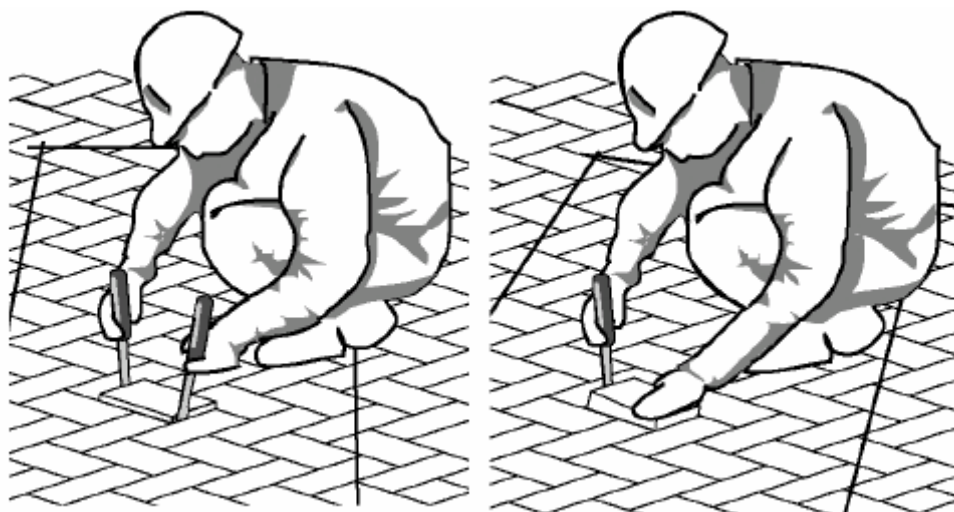


圖 2.3 首塊透水磚之移除

資料來源：葉銘欽，2006

3. 其餘透水磚移除

首塊透水磚移除後，其餘透水磚因喪失旁邊之支撐能力，可輕易移除。為快速移除透水磚，可利用振動方式使旁邊之透水磚之互鎖(interlock)效應降低。若為大範圍之透水磚鋪面移除，亦有專用之移除機械(圖 2.4)可供使用，一次移除 1 m^2 的面積，加速移除維修之透水磚。



圖 2.4 大範圍之透水磚移除機具

資料來源：葉銘欽，2006

4. 砂結層、基底層材料之移除

透水磚移除完畢後，下一層即為砂床。移除前需先將其砂床的砂耙鬆，才可移除。移除的砂可再使用，惟應注意砂中有混合到其餘材料，則不可再使用。移除的砂再使用時，應先將其完全耙鬆方可再使用。挖除砂床時，應注意挖除範圍需距離良好透水鋪面最少 15~30 cm，以確保其餘透水鋪面之砂床保持不被擾動且穩定之狀態。

若底層之材料亦需要進行移除，可利用挖土機或是人工方式進行挖除，其挖除範圍亦如同砂床砂之範圍，最少需距良好透水磚鋪面最少 15~30 cm。當砂床與底層完全移除後，形成一 T 型斷面，示意圖如圖 2.5 所示。

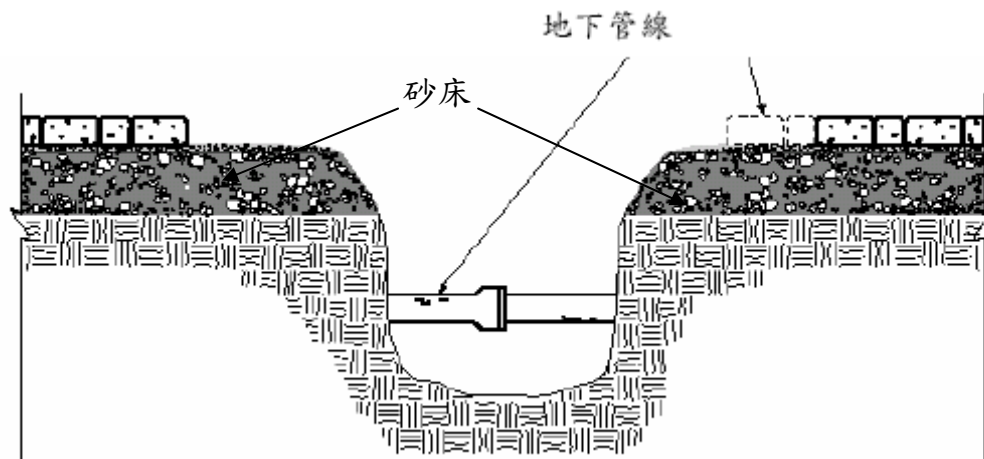


圖 2.5 T 型斷面示意圖

資料來源：葉銘欽，2006

5. 基底層材料回填

可利用低強度高控制性材料進行填補。

6. 黏結層回填

黏結層回填時，材料應為乾淨、未混合其餘材料的砂。回填時應先以木板對鋪設的砂進行鏟平，其填補處邊緣最低高度應高於原先路床最少 7 mm，中央高度最少應高於原先路床 13 mm。鏟平過後即可對路床進行夯實，在夯實過後填補處邊緣最低高度應高於原先路床最少 2 mm，中央高度最少應高於原先路床 5 mm。如此可確保透水磚填補後不至因為砂床厚度不足而產生磚塊翹起、鬆動，導致次破壞之情況發生。圖 2.6 黏結層回填砂鏟平方法示意圖。



圖 2.6 黏結層回填砂鏟平方法示意圖

資料來源：葉銘欽，2006

7. 透水磚填補與接縫砂回填

砂床回填後，即可進行透水磚的填補。依原來透水磚之排列方式，逐一填補。填補完成後，在接縫處回填接縫砂(joint sand)，確定其接縫亦保持原始設計間距相同(圖 2.7)，並且利用夯實機以最小 5000 lbf(22 KN)之力量進行震動夯實，(圖 2.8)，確保透水磚以及接縫砂可牢固於砂床之上，與相接之透水磚產生互鎖效應。透水磚鋪設完成後，以三米直規量測其與原始透水磚鋪面之高低差，確保其平整度。如此即可完成透水磚鋪面維修。



圖 2.7 透水磚鋪面接縫調整

資料來源：葉銘欽，2006



圖 2.8 透水磚鋪面面層夯實

資料來源：葉銘欽，2006

英國

根據英國 Inter Pave 研究顯示，透水性鋪面滲透係數隨時間減少並逐漸緩和。圖 2.9 所示為透水鋪面滲透係數經過 7 年已呈現緩和狀態，原因為因空氣中塵埃及砂阻塞孔隙，導致滲透係數下降，此時需要進行維護工作，恢復透水鋪面性能。維護方式，若為大型鋪面區域可採用清潔機，將面磚上之砂土及其他粒料或粉狀物料清掃，以維護透水鋪面之透水效益(如圖 2.10)。

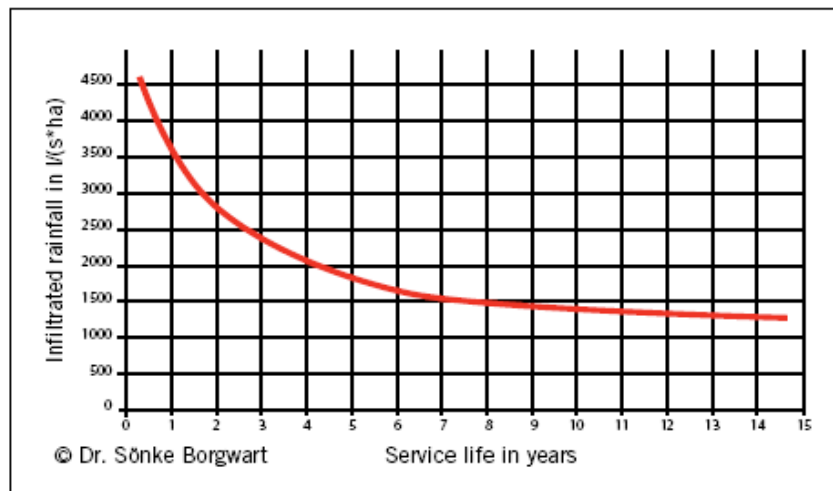


圖 2.9 透水係數與使用年限之關係圖

資料來源: InterPave, 2008



圖 2.10 鋪面清潔機

資料來源: InterPave, 2008

日本

透水性鋪面，隨使用時間增長而透水機能逐年減弱，灰塵阻塞孔隙。日本東京有樂町現地試驗結果，施工後的透水係數為 2×10^{-2} cm/s，3 年後因為孔隙阻塞，降低透水係數為 2×10^{-3} cm/s，而相對於新工時的透水率，降低 60%，因此，要去除表面孔隙之阻塞物，採用高壓水噴射去除沙土等阻塞物，水壓為 $30\text{--}40 \text{ kg/cm}^2$ ，以維護透水鋪面之透水效益(如圖 2.11~12)。

透水性鋪面之養護工法，以多孔隙瀝青混凝土為例，日本道路協會建議方法有：高壓水柱沖洗、壓縮空氣清除、真空壓力吸除灰塵、高壓水及壓縮空氣同時清除灰塵、及利用自然力清除孔隙。在台灣水資源珍貴，故不推薦強力水柱沖洗，建議以收集雨水再利用方式。恢復排水性路面機能之工法如下：

- 1.加鋪：確實恢復機能，但因路面變高，必須調整排水設施及交通安全設施的高度。
- 2.刨除加鋪：確實恢復機能，路面高度保持不變。刨除面下層如為排水性瀝青混凝土路面，可能因刨除而產生的破碎粉末，而引起塞孔現象。另外，由於其為開放級配混合料，刨除面下方之粗粒料容易鬆散，而對路面體之耐久性產生不良影響，很難保證排水基面維持同樣的排水坡度。
- 3.路面表層再生工法：係將原有路面加熱並攪開混合料，攪開面下層的粗粒料比較不會鬆散，路面高度也幾乎保持不變。但因事先調查及配合設計相當繁雜，且改質瀝青是否能再生也是未解決問題。

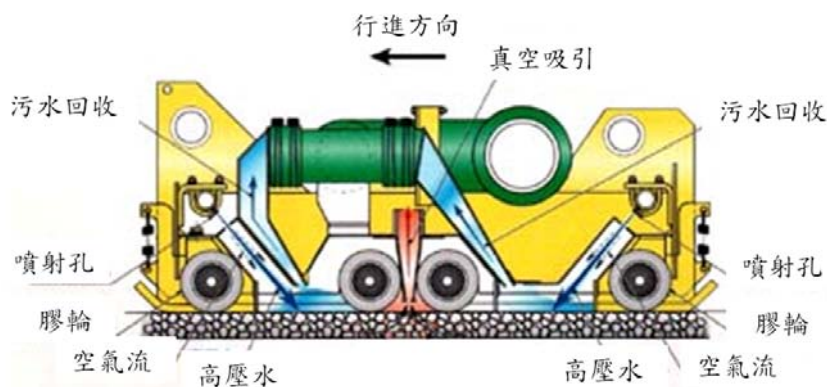


圖 2.11 排水性鋪面機能回復車

資料來源：透水性鋪裝指南，2007



圖 2.12 高壓水柱沖洗

資料來源：透水性鋪裝指南，2007

國內

行政院公共工程委員會之施工綱要第 02794 章透水性鋪面，針對透水鋪面管理維護如下：

- 1.鋪面完工後四個月，每月檢視一次透水性能，往後每年檢視四次。
- 2.大雨後即刻檢視表面是否積水，若發現鋪面嚴重阻塞，需翻修。
- 3.透水鋪面強度較弱，應設置告示牌禁止重型車進入，避免不當使用造成結構破壞。
- 4.鋪面應避免堆置砂土及其它粒料或粉狀物料和含泥砂之車輪進入，以免破壞鋪面透水性。
- 5.鋪面周圍地面應種植草皮，避免裸露地之砂土進入。
- 6.鋪面若接受臨近地區排水，應視需要設置前處理設施，以去除漂浮物及沉渣，延長鋪面使用壽命。
- 7.鋪面應於每年雨季來臨前檢測透水性，透水性降低至一定程度，應即進行清洗。
- 8.鋪面每年清理四次，使用吸塵及高壓水柱沖洗兩道程序。

2.2.2 自行車道之國內外文獻探討及案例研析

各地方政府正積極建構自行車路網，並規劃串聯各區域之綠廊，提供國人

完善之自行車道系統，期可達到「節能省碳」及「環境永續」之目標，故本研究先回顧國內外自行車道規劃設計之現況發展，研擬自行車道之規劃設計原則，以供政府機關規劃設計參考。

美國

舊金山過去十年大力推行自行車專用道路計畫，鼓勵騎車、改善安全，尤其既有道路之十字路口安全提出相關方法，政府單位亦提出設計標準範(如公路設計手冊、自行車道設計標準)解決舊金山市區道路汽機車停車問題。

自行車計畫補充設計準則(Bicycle Plan Supplemental Design Guidelines)提及，自行車道設計應考量設計寬度(單向單行至少 5 ft、雙向至少 6 ft)，如圖 2.13~14 所示。

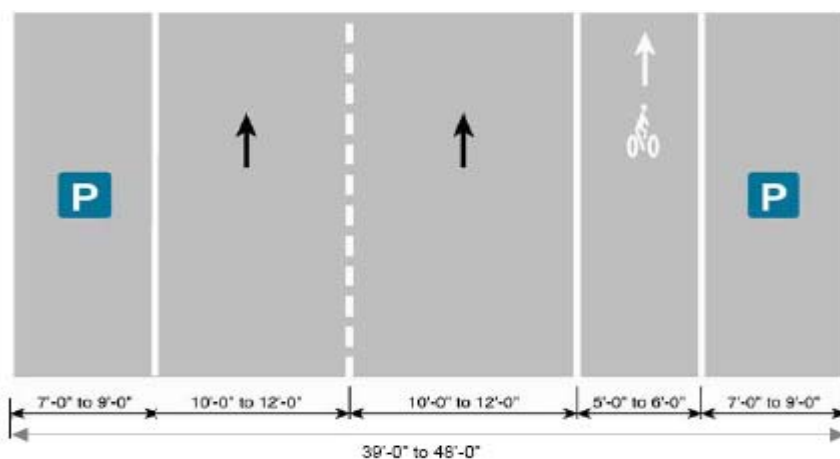


圖 2.13 單向自行車道

資料來源：Supplemental Design Guidelines，2003

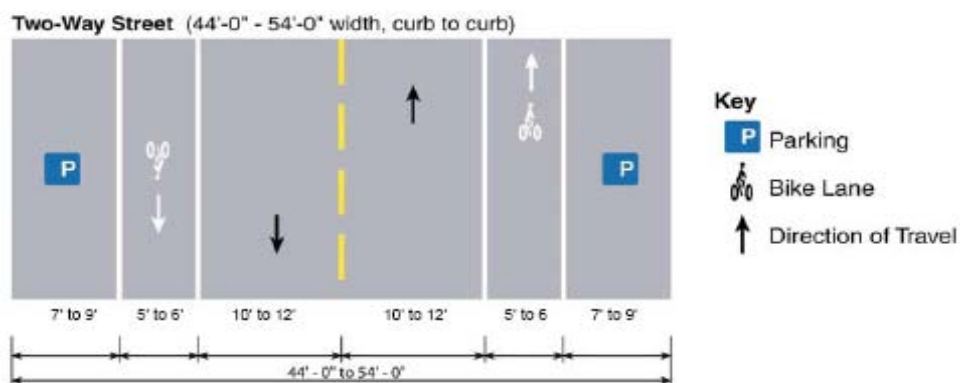


圖 2.14 雙向自行車道

資料來源：Supplemental Design Guidelines，2003

自行車穿越路口時，設置警告標誌，且在車道上鋪築不同顏色之鋪面，提醒汽車駕駛人小心自行車騎士，如圖 2.15~17 所示。

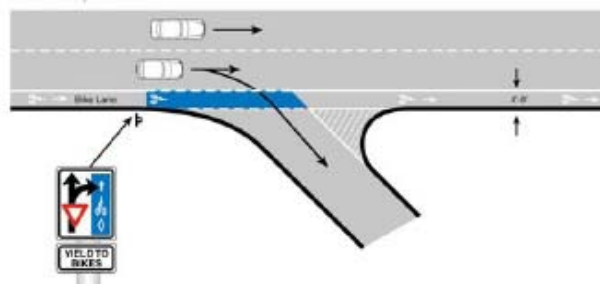


圖 2.15 丁字路口設置型式

資料來源：Supplemental Design Guidelines，2003

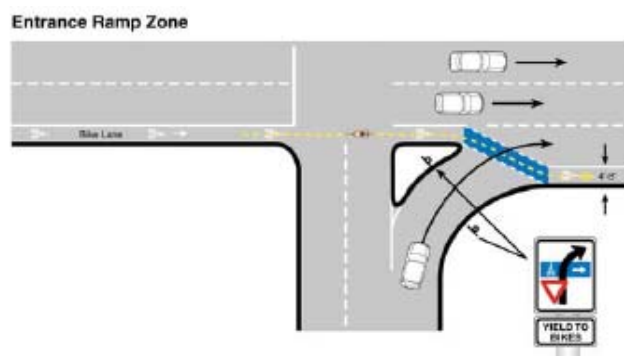


圖 2.16 丁字路口設置型式(續)

資料來源：Supplemental Design Guidelines，2003

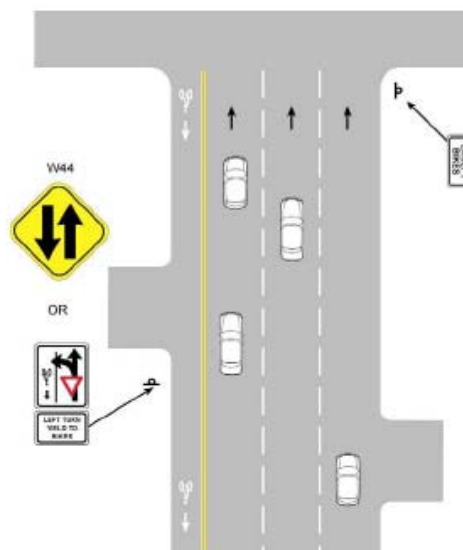


圖 2.17 十字路口警告標誌

資料來源：Supplemental Design Guidelines，2003

自行車與路邊停車一同分享道路，在尖峰時段自行車優先行駛，待離峰時間汽車方可停放，如圖 2.18 所示。

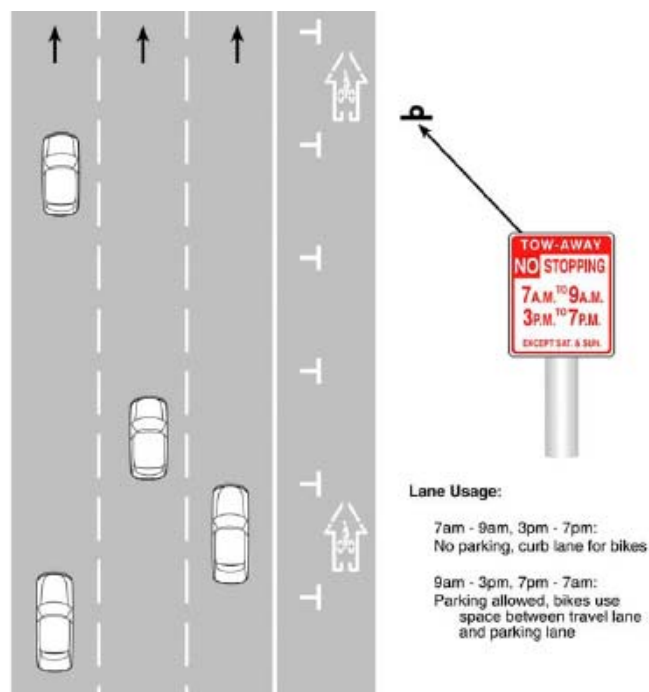


圖 2.18 停車格設置自行車道型式

資料來源：Supplemental Design Guidelines，2003

費城南方 Kensington Avenue 區域，原擬設置自行車專用車道，惟巷道寬度不足，該計畫提出「SHARROW」作為替選方案，即在路面以標誌標示自行車行駛空間，如圖 2.19 所示。SHARROW—共用道路自行車標線，為無法設置自行車專用道的街道提供額外引導，讓開車者注意車道上的自行車騎士。



圖 2.19 美國自行車標線

未來，費城將改變道路規劃，使自行車與汽車皆能方便地使用道路，建構一個自行車友善系統。其自行車路網系統包含：

- 1.設置 15 呎寬的自行車專用車道和與汽車道的共享自行車友善環境：目前已劃定超過 60 英哩的自行車專用道，未來將再劃定 250 英哩自行車專用道和自行車友善環境。
2. 行人與自行車共用道：已興建 40 英哩的多元使用者共用車道，新增的共用道系統將在未來五年內提出。
- 3.自行車架。
- 4.自行車標誌。

大費城自行車聯盟(BCGP)，針對費城主要目的地和道路自行車停車進行評估結果顯示，尚需努力者為確定自行車停車空間的數量和品質。該研究主要建議包括：

- 1.費城市政府應建立自行車停車空間標準規範和指導原則。
- 2.都市區域劃分法規應修正，要求新建築物除提供汽車停車空間外，亦須提供自行車停車空間，其數量須 $\geq 5\%$ 的汽車停車空間；並在旁設置臨時性及長時間之停車空間。
- 3.鼓勵設置標誌，指示哪裡有可利用之自行車停車空間。
- 4.費城停車管理局(PPA)要增加室內和室外之自行車停車空間，其數量須 $\geq 5\%$ 的汽車停車空間。
- 5.車站和停靠站應設置自行車停車棚，服務自行車通勤者。
- 6.鼓勵現有建築物和車庫之資產管理者，設置全天候的自行車停車設施。
- 7.超過三千人使用之文化場館和體育設施，應提供適當的自行車停車空間。設置比率每一百個人應有一個自行車停車空間。
- 8.購物中心之自行車停車空間，應等於 5%的汽車停車空間。
- 9.吸引超過五千人以上之特殊活動，須提供安全臨時自行車停車空間。
- 10.評估街道上自行車停車設施，應在街道上自行車停車空間增設自行車

欄(Bike Corral)。

為實現自行車通勤佔更大比例的城市交通模式，首要重點即是提高騎乘自行車的安全性與便利性，以增加自行車通勤，並減少使用汽車通勤的便利性。安全問題為自行車使用比例無法提升的原因，此可藉提供自行車道或是較寬路肩，改善其便利性和安全性。

美國環保署研究調查(An Environmental Protection Agency study, 1979)顯示，安全問題乃無法增加自行車通勤的主要因素，擔心發生意外(汽車與自行車的事故)讓人們對使用自行車感到卻步。此外，一項針對費城城市旅行調查發現，35%的受訪者需要自行車專用道，作為一個騎自行車通勤的必要條件(費城都市計畫委員會，1990)。

荷蘭

1988 年的全國交通計劃中，荷蘭將永續性(sustainability)作為一個重要的政策指標。並在 1991 年的自行車總綱中，提出以下幾項重要指標，包含汽車、自行車及公共交通改變、安全騎自行車、自行車停車場和防盜及資訊交流等。

荷蘭阿姆斯特丹每條道路皆設有自行車專用道，如無使用道路設施區隔，亦標示白色虛線且不與路邊停車有所衝突。有些路段是自行車專用雙向道，通常這些專用道路面會鋪設成紅色，若該道路附近路面為高壓磚，則採取紅色高壓磚作為自行車道鋪面(如圖 2.20)。自行車騎士必須遵守單行道限制，如標示行人專用區道路或廣場，自行車騎士必須下車牽行，且不得在人行道上騎乘。此外，許多電車與汽車通過較頻繁的路口，都設置自行車專用綠燈按鍵(如圖 2.21)，可促使號誌燈提早變化以便騎士安全通行。



圖 2.20 荷蘭自行車道(田秋堃攝)



圖 2.21 荷蘭自行車專用綠燈(田秋堃攝)

荷蘭政府已提出相關措施，包含嚴格取締汽車違規停車及提高路邊停車費，變更原提供停車空間為自行車專用道或是自行車停車彎、並設置標誌、標線提高交叉路口或巷道口對自行車使用者安全性，及結合公共交通使騎乘自行車更舒適方便等。

丹麥

丹麥自行車交通量，大約占有所有交通量的 20-30%。目前哥本哈根現在總共有 332 公里的自行車道，在未來幾年內會再增設 50 公里，並將建造連接公園和海灘的綠色自行車道網路，長達 100 公里。依哥本哈根道路建設法規定，城市中主要幹道皆應建立自行車專用道，路面 2 公尺寬且為雙向車道，汽車亦必須禮讓自行車先行。而在過去的幾年，為讓使用自行車的市民更加體會到使用自行車的好處和樂趣，市政府在建造自行車道時，甚至為民眾考慮到背風和

迎風的方向，以鼓勵使用自行車，並使汽車減量目標。

自行車並可攜上捷運或電車之專用車廂，對於使用者極為便利。為維護自行車騎士安全，自行車道多建構於人行道與停車格之間，使自行車與汽機車間有停車車輛的保護和緩衝，另外自行車道亦設有專用號誌燈，賦予自行車與車輛等同的交通地位，如圖 2.22 所示。



圖 2.22 丹麥自行車標誌

資料來源：西雅圖凹凸鏡

哥本哈根市自行車普及的另一個重要關鍵，係自行車易於與其他大眾交通工具結合。市民選擇騎自行車轉搭火車或地鐵，原因是火車站與地鐵站皆提供安全且足夠自行車停車場。亦有市民帶著自行車一起上火車或其他大眾車廂。

市政府提供「公共自行車」服務，在全市 125 個不同的地點放置 1300 台自行車供民眾免費使用。這些自行車全由私人商家捐贈，商家得在自行車體上提供廣告，故 City Bike 幾乎不需花納稅人錢的雙贏策略。City Bike 最適合在城市的旅行者使用，只要在 City Bike 的停車格投入 20 克朗(Kroner)的保證金(約台幣 120 元)，即可使用，若要結束行程，只要停放於任何一個 City Bike 的停車格，上鎖後即可取回保證金，手續非常簡單，如圖 2.23 所示。



圖 2.23 丹麥公共自行車

資料來源：台北市自行車政策之研究，2008

丹麥的道路部門，以自行車使用者之觀點考慮，詳細說明每種道路環境下應考量之影響因素，視情況給予自行車使用者優先權，並建議適合的標線、鋪面材料等。丹麥自行車道之設置型式，可分為混合車流(Mixed traffic)、自行車專用道、經鋪面處理之路肩、立體區隔之無干擾自行車道及不屬於道路，偏休閒功能之自行車專用道。

由於丹麥自行車意外事故多發生於交叉路口，因此設置準則建議：注意交叉路口之設計及處理，可考慮使用圓環或以機動車輛之停止線退縮 5 公尺之方式佈設，減少衝突。

德國

德國自行車道規劃完善，境內自行車道種類多樣，有與汽車分道之獨立自行車道、行人道上獨立自行車道及與行人共用之自行車道等。德國自郊區往城市中心有自行車道道路可選擇，沿途車道上可常見有三種指標，分別為汽車道、自行車道及人行道，路線規劃、配置及相關號誌、標誌及標線等皆明確且清晰。

不來梅為德國城市中自行車高使用率地區，其自行車交通設施建設內容主要包括：

- 1.自行車專用道皆沿著主要道路(如圖 2.24)；

- 2.路網上，自行車專用道與其他道路分開；
- 3.設立自行車專屬街道(Fahrradstraße)；
- 4.建立自行車單行道(如圖 2.25)；
- 5.在主要道路設置自行車標誌、標線與專用號誌(如圖 2.26)；
- 6.設立與大眾接駁之停車設施（B+R）以及服務站(如圖 2.27)。



圖 2.24 德國自行車專用道

資料來源：台北市自行車政策之研究，2008



圖 2.25 德國自行車單行道

資料來源：台北市自行車政策之研究，2008



圖 2.26 德國自行車專用號誌

資料來源：台北市自行車政策之研究，2008



圖 2.27 德國自行車停車設施

資料來源：台北市自行車政策之研究，2008

慕斯特城擁有健全的自行車道系統，使城市回歸到以徒步及自行車代步為主軸交通工具之通勤模式。政府執行自行車道計畫時，將自行車的可及性調整為所有交通運具的第一順位，落實以行人為優先的規劃理念並增加自行車便利性及教育性。

執行計畫初期遭遇許多困難，如小客車已成為主流等，為有效導正使用行為，在實質空間上，政府利用街道重整與縮減道路寬度、廢除道路分線、實施無障礙空間等措施，將街道設定為約 8-12 m，為中量行人及自行車使用者可同時聚集的尺度(約 250-300 人)，以營造出悠閒、健康的生活氣氛。

1996 年慕斯特城三角形站前廣場為興建平面開放式的停車場，至 2000 年時改建為地下立體自行車專用停車場，如圖 2.28~30 所示。



圖 2.28 慕斯特城開放式停車場

資料來源：台灣地區既有市區道路景觀與綠美化改善計畫，2008



圖 2.29 慕斯特城地下立體自行車專用停車場

資料來源：台灣地區既有市區道路景觀與綠美化改善計畫，2008



圖 2.30 自行車停車型式

資料來源：台灣地區既有市區道路景觀與綠美化改善計畫，2008

「德國道路橫斷面設計規範-1996 年版」提出以汽車及自行車之交通量作為自行車專用道及行人自行車混合車道設計門檻值之依據；當汽車交通量大於 10000 輛/24 小時的，最好設置自行車道；在 2500~10000 輛/24 小時，若平均車速超過 50 km/hr 或大型車之交通組成大於 10%，則可設分隔式之自行車道。

日本

日本道路審議會環境部會檢討現行道路規劃，研擬減緩地球暖化的道路政策，推動以自行車做為都市日常生活的綠色工具，移動距離在 5 km 內盡量使用自行車代替汽車，並逐步建立安全舒適的自行車道路網。

據日本自行車產業振興協會統計，日本現有自行車總數約 8700 萬輛，比汽車多 1200 萬輛，可見日本人使用自行車作為日常交通工具之普遍。自行車既不排放廢氣亦不產生噪音，對環境、健康、交通等方面具有相當助益。惟民眾仍以動力車輛(汽機車)做為都市中的交通工具，且移動距離多屬於中短程，如果短距離的移動(5 km 以下)能以自行車代步，將可有效改善都市交通擁擠、停車位不足等問題。

日本國土交通省、警視廳於東京都江東區龜戶地區設置自行車道，於一般車道左側設置 2 公尺寬的自行車道，將行人、自行車、汽車的通行空間分離，自行車道與一般車道的中間使用柵欄、緣石線等作隔離，增加自行車的行車安全。施行前，自行車應行駛於一般車道，惟車道車輛較多，自行車缺乏安全的通行空間，故自行車經常騎在人行道上，發生行人和自行車的交通事故；施行後，人行道上不再有自行車，行人可安全、舒適的走在人行道上，自行車有安全的通行空間，發生交通事故的機率也大幅減低(如圖 2.31)。



圖 2.31 自行車專用道

資料來源:日本交通省

為提高自行車騎士的安全性，日本政府研擬許多自行車行駛環境設施之設置規範，提供各地方政府參考應用。依據與一般車輛、行人共用、專用的程度不同，自行車車道可分為：

- 1.自行車專用道路及自行車行人專用道路：專供自行車及自行車與行人通行之一般道路或道路之部分。自行車專用道路路寬 ≥ 3 m(不得以之情況則為 2.5 m)；自行車行人專用道路之路寬 ≥ 4 m。
- 2.自行車道：在一般車道上以緣石線、柵欄等設施把道路劃分出自行車專用的通行空間，將自行車、汽車、行人的通行空間完全分離(實體分隔)，或於道路外側劃設專供自行車行駛之車輛通行帶，並設置標誌明確指示自行車通行空間(標線分隔)。
- 3.自行車人行道：自行車人行道之自行車及行人通行道分離，使用道路標誌、標線標示，並以不同材質或顏色鋪設路面，明確劃分出自行車空間。
- 4.人車混合道路：道路管理人於車道上設置減速彎道、減速丘、減速標誌標線，或縮減部分路段車道寬，透過減緩動力車輛速度及通行量以確保自行車通行安全。

此外，為改善自行車隨意停放問題，於車站及市中心設置收費或免費停車區域，配合土地利用方式，於地下室或建築物內設置停車場，如圖 2.32 所示。



圖 2.32 建築物內設置停車場

資料來源：台北市自行車政策之研究，2008

日本道路協會出版之「自行車道設計基準解說」提到將自行車道分為兩種形式，A 型自行車道為 B 型以外之自行車道，B 型自行車道指以戶外休憩為主要設置目的之自行車道。A 型腳踏車道之設計速率為 15 公里/小時，B 型

自行車道則為 30 公里/小時，但若受限於地形及其他條件無法配合時，此兩種形式自行車道之設計速率可為 10 公里/小時；同時規範自行車道之容量(如表 2.12)、線形、視距及交叉路口之相關設計。

表 2.12 自行車道之容量標準

型式	車道數	容量(輛/小時)
A 型自行車道 (設計速率 15 km/hr)	2	1600
	3	2400
B 型自行車道 (設計速率 30 km/hr)	2	1300
	3	2000
	4	2600

資料來源：自行車道設計準則解說，1974

泰國

曼谷市政府 2008 年推行「叻達納哥信島觀光自行車計畫」，計畫初期提供 300 輛自行車(稱為綠色單車)服務給民眾及觀光客使用，並設置 8 個景點，如：皇家田廣場(大皇宮對面)、國家博物館、曼谷市觀光辦事處、和平勝利公園、市民廣場、僧王寺、13 洋行路、莎蘭隆公園及塔滇碼頭等，期望能減少市區車輛及空氣污染，達到節能減碳之目的，圖 2.33 為曼谷市綠色單車。



圖 2.33 曼谷市綠色單車

資料來源：泰國世界日報新聞網

曼谷市 2008 年規劃 30 條自行車道，共 117 公里，預計今年規劃 15 條，共 96 公里的市區自行車道。根據調查，市區自行車道之使用類型以生活通勤為主，如學生、家庭主婦及上班族等，其餘是觀光客，圖 2.34 為曼谷市自行車道。



圖 2.34 曼谷市自行車道

資料來源：泰國世界日報新聞網

國內

國內設計自行車道路網系統，主要依據交通部運輸研究所「腳踏車專用道之規劃研究」、內政部營建署「市區道路及附屬工程設計規範」及行政院體育委員會「自行車道設施設計準則彙編」為藍圖，提供各縣市參考，市區道路之自行車道系統規劃以台北市、台中市較為完善，以下說明其自行車現系統之現況：

台北市自行車之重新發展，始於民國 80 年建造敦化南北路的自行車道。自行車道構築於快慢車分隔島上，車道寬約 2 公尺，89 年完成「台北市自行車路網整體規劃」。91 年完成「台北市信義區腳踏車道路網規劃設計」等研究，並陸續建設相關設施。總計全市於 97 年底已完成 20 公里自行車專用道及人車共用道 91.6 公里。

台北市自行車推動計畫之路網建置計畫，以區域型之路網建設，以信義計畫區自行車道較為完善。

信義計畫區之自行車道路網，主要是配合自行車租賃店之營運，目的在串連既有自行車道路網，提供民眾在信義區休憩，並在路口設置自行車專用號誌，提高自行車騎士安全。相關設施包含自行車穿越道之彩色 AC 鋪面、自行車專用號誌、人行徒步區自行車空間及停車空間，其相關設施說明如下：

一、自行車穿越道之 AC 鋪面

信義區的自行車穿越道鋪面，採熱融噴設式滲水防滑綠色 AC，其設置彩色鋪面為考量該路段車流量大，不同顏色鋪面，可區別車輛、行人及自行車的通行區域，並提醒用路人注意(如圖 2.35)。



圖 2.35 穿越道採用綠色 AC 鋪面

二、自行車專用道號誌

配合自行車道穿越號誌路口規劃，除設置自行車穿越道線外，亦配合設置自行車專用道號誌。目前信義計畫區之自行車專用號誌設置於松智松壽路口及松智松高路口。其型式包含圓形燈箱之自行車專用號誌及與結合現有行人號誌之自行車專用號誌 2 種(如圖 2.36)。



圖 2.36 自行車專用號誌

三、自行車行駛空間

信義計畫區的人行徒步區配合自行車道系統檢討，將部分徒步區以虛線方式或實體分隔方式劃設自行車專用道範圍，將整個人行徒步區以「人車共道」方式保障人行及騎士雙方使用路權上的安全(如圖 2.37)。



圖 2.37 自行車使用空間

四、自行車租賃系統及停車

信義計畫區目前推動自行車租賃系統，包含設置 13 處公共自行車租借店，採自動化取還車，可降低停車空間，並提供停車架，供車主將自行車鎖於停車架上(如圖 2.38)。



圖 2.38 自行車租賃系統及停車空間

另外，台北市政府於敦化北路及北安路兩處興建雙向自行車專用道，目前為施工階段，期能提高自行車騎士安全性及便利性(如圖 2.39 及 40 所示)。兩者差別為敦化北路是利用路邊停車及側溝空間設置自行車專用道，並採用剛性鋪面使道路平整；北安路是將車道寬從 3.4 m 縮減為 3 m，車道數不變，自行車道與人行道同高。



圖 2.39 敦化北路之自行車專用道



圖 2.40 北安路之自行車專用道

台中市為配合行政院挑戰 2008 國家重點發展計畫之「全國自行車道系統」及「觀光客倍增計畫」建設，自民國 92 年起透過分期分區方式，進行自行車道路網細部設計與施工，以落實自行車道設置，希望建立良好的自行車專用道系統，提供安全而舒適的自行車騎乘空間，吸引更多的汽機車族轉而使用自行車作為交通工具，改善空氣污染及交通壅塞。

台中市目前規劃以既有鐵道、綠園道、河川藍帶作為自行車道路網建置，以觀光、休閒為主，通勤為輔之自行車道系統，目前已完成 32 公里之自行車專用道，台中市自行車道現況說明如下：

一、自行車標誌、標線

台中市自行車道設計，是將公園廊道或主題館(美術館、科博館)串聯成休閒車道，但因某些區域與區域間之串聯車道標記不清或有遮蔽物，導致自行車騎士方向無所適從與發生危險，如圖 2.41 所示。



圖 2.41 自行車道路線標示不清及遮蔽物

二、車道坡度

據文獻顯示自行車道坡度應盡量維持在 5% 以內，因上坡坡度大，易使自行車騎士感到辛苦、費力；下坡坡度大則易使自行車車速過快，造成危險，如圖 2.42 所示。



圖 2.42 自行車道坡度

三、車道鋪面

車道鋪面不平整，亦造成自行車騎士不舒適感及危險。美國加州公部門建議鋪面高差小於 10 mm，如圖 2.43 所示。



圖 2.43 自行車道鋪面

四、停車空間

自行車道缺乏完整的停放設備，會影響車流、造成行人的不便、影響市容等，亦使得民眾的使用意願大為降低，如圖 2.44 所示。



圖 2.44 自行車停車空間

2.3 研擬市區道路(透水性鋪面)與附屬設施養護工法

透水性鋪面，亦分為剛性鋪面(連鎖磚、透水性混凝土)及柔性鋪面(瀝青混凝土)，惟透水鋪面具有透水、保水及減低噪音等效益，故維護標準除依據剛性鋪面之規範，亦須針對其重要性能進行維護。目前國內透水鋪面養護工法，主要依據行政院公共工程委員會施工綱要所訂定。本研究除參考市區道路管理維護與技術規範手冊研究及公路養護手冊內容外，另參考國內外透水性鋪面養護相關資料，並針對臺灣地區特殊氣候、人文、地理等條件，研擬適用於國內之透水性鋪面養護工法。

2.3.1 透水性鋪面之現況發展

透水性鋪面，指鋪面由面層至基底層均有良好的透水性能。面層採用孔隙率高且抗壓強度足夠之材料，並以透水性良好之骨材粒料為底層，降雨可由面層入滲至地表之下，使得降於鋪面之雨水可藉由具連續性之孔隙迅速排除，而形成良好的透水性能。排水性鋪面，係利用多孔隙瀝青混凝土之特性，鋪設具有側向排水功能之面層或「面層+底層」。至於排水功能層以下之層次，則需設置水份無法滲透之「不透水層」，防止路床或路基土壤因浸水而減少承載強度。其適用範圍，須考量當地之土壤滲透係數、地下水位高低及自行車道設置位置等。一般建議透水性鋪面使用在低承載道路及人行道上；排水性鋪面則建議使用在高速公路、快速道路等主要道路。

國內目前相關透水鋪面設計，有強調排水的多孔隙瀝青混凝土鋪面工法、應用於中低承載之透水混凝土鋪面工法、運用在人行道或公園廣場塊狀或鏤空鋪面及國人自行研發之透水鋪面工法等，如圖 2.45 所示。國內也有不少施作案例，介紹如下：



透水瀝青混凝土



透水性混凝土



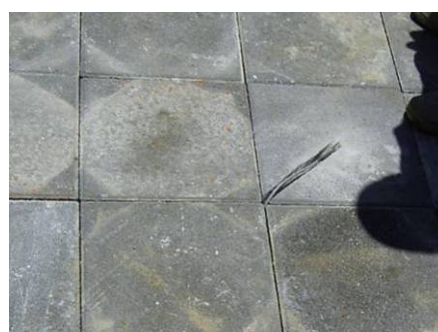
非連續拼接鋪面



鏤空鋪面



環保透水透氣混凝土鋪面



高壓預鑄透水磚

圖 2.45 國內常用之透水鋪面種類

1. 台北市石牌國中旁之人行道，施作長270 m、寬為3.6 m之透水性混凝土，人行道鋪面結構之規畫設計，除無細粒料混凝土抗壓強度需達規定強度 175 kgf/cm^2 以上外，透水係數亦需達 $1 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ 以上。面層材質上層為石英砂3cm，透水係數約為 $9.78 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$ ；面層材質下層為無細粒料混凝土17 cm，抗壓強度約為 350 kgf/cm^2 ，透水係數約為 $7.8 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ ，如圖2.46所示。



圖 2.46 石牌國中透水混凝土

資料來源：台北市石牌國中東側人行道透水性鋪面報告，2004

2. 台北市北安路之透水性鋪面人行道總長約為1 km，寬約為3.6 m，預計設計為四種透水性鋪面形式(如圖2.47所示)，包括三種不同透水性之預鑄透水磚鋪面，其鋪面與底層共厚20.5 cm及另種混凝土透水鋪面，其鋪面與底層共厚27 cm，其抗壓強度及透水性如表2.13所示。



圖 2.47 北安路之透水鋪面型式

資料來源：台北市北安路人行道透水性鋪面報告，2005

表 2.13 透水性鋪面之力學性質

類型	抗壓強度 (kg/cm^2)	透水係數 (cm/sec)
預鑄透水磚A型	≥ 240	1.0×10^{-1}
預鑄透水磚B型	≥ 360	1.0×10^{-2}
預鑄透水磚C型	≥ 430	2.22×10^{-4}
混凝土透水鋪面D型	≥ 360	透水性高

資料來源：台北市石牌國中東側人行道透水性鋪面報告，2004

3. 台南市中華西路一段新興國中旁人行道及中華西路一段與新興路旁人行道，鋪設之兩種不同鋪面形式(如圖2.48)，包括兩種透水性之陶瓷回收透水磚抗壓強度為 $650 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ ，滲透係數為 $6.81 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$ (A型鋪面)，及一般環保透水磚鋪面抗壓強度為 $310 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ ，滲透係數為 $1.25 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$ (B型鋪面)。



圖 2.48 中華西路透水鋪面型式

資料來源：台南市中華西路人行道透水性鋪面報告，2004

4. 台北縣板橋市雙十路，採用國人自行研發之環保透水透氣混凝土鋪面工法，該工法採用類似煙囪狀之透氣空調結構，取代傳統鋪面工法之鋼筋綁紮或點焊鋼絲網結構，利用導管以強制對流方式，讓降雨能有效排入集水透水層，且該工法可澆鑄3000 psi以上之混凝土，材料之強度較一般透水混凝土高，可運用於高承載需求之鋪面設計(如圖2.49)。

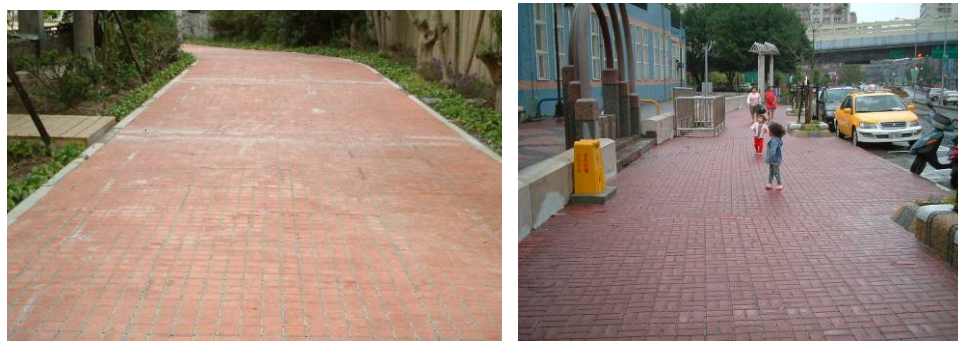


圖 2.49 板橋雙十路透水鋪面型式

資料來源：台北縣雙十路人行道透水性鋪面報告，2004

2.3.2 透水性鋪面遭遇之問題

由文獻得知，透水鋪面應用在剛、柔性鋪面時，所顯示的缺失及損害原因，包含鋪面自然的損壞、設計施工因素所造成的損壞、挖路造成的損壞、重大公共工程及公私建築所造成的服務水準降低、及因使用或管理因素所造成的損壞等五項，可知國內道路之缺失情況及存在之若干問題，然鋪面損害問題牽涉範圍甚廣，包括路面養護管理作業、施工材料、施工技術及自然環境等，以下針對透水鋪面常見破壞原因進行探討：

- 1.氣候因素：台灣地處亞熱帶地區，無降雪之可能性，對於凍融循環作用產生之鋪面破壞，本研究並不探討。由於每年有颱風、沙塵暴季等因素可能造成鋪面之孔隙阻塞，建議在事件發生後，進行沖洗、清掃鋪面。
- 2.鋪面自然損壞：透水鋪面具有多孔隙，易因灰塵、落葉或砂土等因素造成阻塞，降低滲透能力。阻塞情形可分為兩種，一種是表面阻塞，表面阻塞只要將路面加以洗淨；另一種為孔隙阻塞，則須進行部份鋪面更換修補。
- 3.修補材料：目前國內之常溫瀝青修補材料並無相關規定及檢驗規範，故在使用問題上，除造成常溫瀝青修補材料之品質不穩定外，對於修補後成效不佳可能需進行二次、三次甚至多次的修補。
- 4.材料不當：因配比關係，漿體過濕、初凝時間過短、或因各項疏忽或偷

料因素，使配比不當、使用粒料級配差，不符原鋪面設計之需求等，造成鋪面之破壞。故施工過程除須有專業土木工程師外，施工品質要求亦須嚴格。

5.施工技術：透水性鋪面大部分使用在人行道，一般施工方法分為：軟底(乾式)、硬底(濕式)及硬底軟面等三種方式(如表 2.14 所述)。軟底工法滲水及排水性佳，雨後較無積水問題，成本低且易維修，一般地區人行道均採用軟底作為施工方法，但因底土、級配層與砂墊夯實不足，形成人行道表面下陷或高低不平之現象。反之，硬底鋪面工法雖成本高及鋪設時間長外，黏結層具能穩固磚面與透水混凝土，鋪面與底層之承载力足以負荷於中低交通車量。透水鋪面設計大都採用軟底施作(如圖 2.50~51)且鋪面上常有汽機車停放或行駛，造成面磚斷裂、高差、位移、沉陷及積水等現象。

表 2.14 透水性鋪面施工方式及優缺點

	施作方式	優點	缺點
軟底	鋪面單元(厚 6cm 以上) + 砂(厚 5cm) + 不織布層 + 級配(厚 12cm)(90% 夯實) + 底土夯實(85% 夯實)	1. 滲水及排水性佳，雨後較無積水問題 2. 維修簡易，維修費低 3. 鋪材可重覆使用	1. 底土夯實不足易形成人行道表面下陷或高低不平之現象 2. 不適合管線埋設深度不足之環境 3. 基層為黏土，則滲水率不佳
硬底	鋪面單元(厚 6cm 以上) + 1:3 水泥砂漿(厚 3~4cm) + 3000psi 混凝土或瀝青(厚 10~15cm) + 級配(厚 12cm)(90% 夯實) + 底土夯實(85% 夯實)	1. 表面平整 2. 較適合管線埋設深度不足之現況 3. 適用街俱多或有基座之地上突出物多的設施帶，因其安裝需要堅硬的地面	1. 黏結材料強度不足，鋪材容易破損掉落 2. 透排水性較差 3. 不易維修，費用較高，耗時長 4. 鋪材在修挖後大多無法重覆使用 5. 連續式鋪面必需設伸縮縫、切割縫
硬底軟面	鋪面單元(厚 6cm 以上) + 砂層(厚 3~4cm) + 3000psi 混凝土或瀝青(厚 10~15cm) + 級配(厚 12cm)(90% 夯實) + 底土夯實(85% 夯實)	1. 兼具軟底及硬底鋪作之優點，具部份排水性、鋪材可重覆、表面平整、適合管線埋設深度不足環境 2. 維修時底部雖需鑽開或鋸開，但因上層為軟鋪，復原後表面仍可調整恢復平整美感 3. 無需伸縮縫、切割縫	成本較高

資料來源：人行道設計手冊，2003

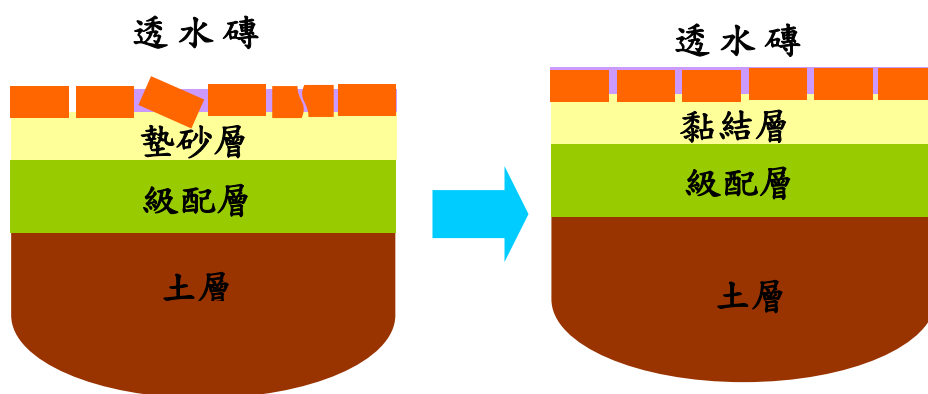


圖 2.50 透水鋪面損壞現象及改善示意圖



圖 2.51 透水性鋪面面磚損壞情形

2.3.3 透水性鋪面養護工法

透水性鋪面在完工及開放使用後，歷經交通載重負荷，加以氣候因素及周圍環境影響，造成鋪面各結構層損壞，使鋪面服務績效隨時間遞減，惟若適時執行養護作業，可使鋪面維持一定服務水準且能延長使用壽命。

鋪面養護之目的，係以維護鋪面整體結構(包括路基)，使其儘量維持原設計標準並讓使用者感到舒適及安全為主。然而，市區道路常見之透水性鋪面繁多(見圖 2.45)，故本研究針對不同型式透水性鋪面及破壞種類提出養護工法，並於最後提出現地透水性能檢測方法。

表 2.15 為不同型式透水性鋪面養護工法。以下為不同透水性鋪面養護工法進行說明。

表 2.15 不同型式透水性鋪面養護工法

透水性鋪面 型式	植草磚	透水磚	瀝青 混凝土	水泥 混凝土
發生問題	斷裂、沉陷、 隆起、鬆動	斷裂、沉陷、隆 起、翹曲、鬆動 、孔隙阻塞	孔隙阻塞、粒 料剝脫、車轍	孔隙阻塞、 粒料剝脫
養護方式	挖除、置換	挖除、置換、水 柱沖洗	刨除加鋪、水 柱沖洗	切割重新鋪築 、水柱沖洗

透水性鋪面養護重點為期望透水性鋪面能經由簡易之養護，維持其服務水準，達到透水性鋪面永續性，本研究參考行政院公共工程委員會之施工綱要第 02794 章透水性鋪面，其主要原則如下：

- 1.鋪面完工後，前四個月，每月檢視一次，往後每年檢視四次。
- 2.大雨後，即刻檢視表面是否積水，若發現鋪面嚴重阻塞，需翻修。
- 3.透水性鋪面強度較弱，應設置告示牌禁止重型車進入，避免不當使用造成結構破壞。
- 4.鋪面應避免堆置砂土及其它粒料或粉狀物料和含泥砂之車輪進入，以免降低鋪面透水性。
- 5.鋪面周圍地面應種植草皮，避免裸露地之砂土進入。
- 6.鋪面若接受臨近地區排水，應視需要設置前處理設施，以去除漂浮物及沉渣，延長鋪面使用壽命。

7.鋪面應於每年雨季來臨前檢測透水性，透水性降低至一定程度，應即進行清洗。

8.鋪面每年清理四次，使用吸塵及高壓水柱沖洗兩道程序。

◎透水鋪面結構分類

透水性鋪面破壞種類，可由透水性鋪面結構說明，如圖 2.52 所示。透水性鋪面面層破壞(輕微孔隙阻塞、面磚破碎、車轍)、墊砂層或黏結層破壞(沉陷、隆起、中度孔隙阻塞)及基底層破壞(嚴重孔隙阻塞、土壤上舉)等，養護方式如下：

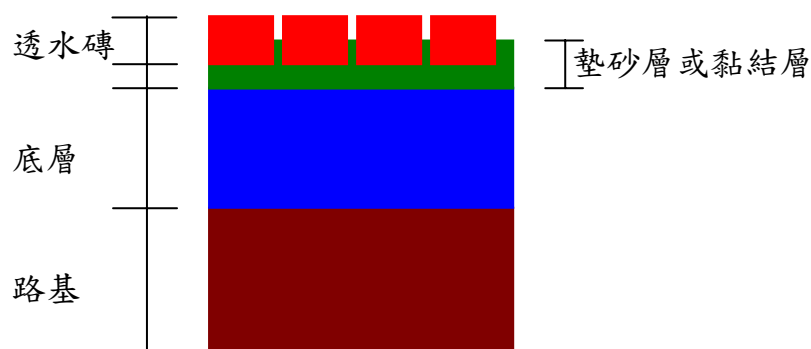


圖 2.52 透水性鋪面結構示意圖

- 1.面層：一般而言，面磚破壞情形較易得知，其破壞情形可分為孔隙阻塞、面層破碎及車轍等。若為表面塵埃、落葉可用掃具或是鋪面清潔車進行清掃動作；孔隙阻塞，可採用真空吸引機、水柱沖洗或是排水鋪面機能回復車進行沖洗。但由於台灣水資源較為缺乏，因此本研究不建議採用上述方法，可改自然降雨方式，進行沖洗。若因車輛行走導致車轍，建議採加鋪方式修補，若鋪面嚴重劇烈，建議挖除重鋪。
- 2.墊砂層：墊砂層主要破壞原因為承載力不足或孔隙阻塞，使透水性能降低。當墊砂層承載力不足時，則需進行部分更換；孔隙阻塞亦可採用柱沖洗或排水鋪面機能回復車進行沖洗，或改硬底工法(如透水性黏結層

材料，經本研究試驗得知，面磚與黏結層拉拔強度可達 2 kgf/cm^2 以上，透水係數達 0.02 cm/sec 。

- 3.黏結層：為透水性鋪面採硬底施作，其材料為透水砂漿，主要功能為黏結透水面磚與底層透水性混凝土，為解決軟底施作方式缺點(承载力不足)，其主要問題仍為孔隙阻塞，可採用水柱沖洗或是排水鋪面機能回復車進行沖洗。
- 4.基底層：底層採透水性混凝土施作，底層破壞的情形較少，主要問題為材料劣化或是土壤隆起。發生此情形，應挖除重新鋪築，並確實夯實土壤(土壤夯實密度須符合規範)。

◎透水鋪面形式分類

植草磚與透水磚

植草磚與透水磚鋪面開放交通後，經長時間的交通載重後，若發生大範圍嚴重之磚塊破損、鬆動及翹起等現象，即可利用維修方法使其恢復原有之服務水準，其結構斷面如圖 2.53 及 54 所示。其維修步驟如下：

- (1) 維修植草磚與透水磚鋪面前，須先對欲維修之區域進行劃設，其劃設範圍可分為預計挖除及延伸挖除等區域。
- (2) 進行挖除時，需向外延伸 2 個磚塊長度之區域，因恐影響其餘支撐良好之區域，如此可保護其餘區域之砂床及基底層。
- (3) 劃設預維修後，移除首塊磚。先利用小螺絲起子或刮刀，清除第一塊移除透水磚之接縫砂。
- (4) 經除接縫砂後，利用大螺絲起子進行首塊植草磚或透水磚移除。
- (5) 首塊磚移除後，其餘磚喪失旁邊之支撐能力，可利用振動方式使其旁邊磚間互鎖效應降低。若為大範圍之透水性磚鋪面之移除，亦有專用之機械。
- (6) 移除砂床前，先將砂耙鬆，方可進行移除。

- (7) 挖除砂床時，其挖除範圍需距離良好透水性磚鋪面至少 15-30 公分，確保其餘透水性磚鋪面之砂床保持不被擾動且穩定之狀態。
- (8) 若要移除底層材料，可利用挖土機或人工方式進行挖除，其挖除範圍如同砂床砂之範圍。
- (9) 採與原先基底層相同級配進行填補，回填時應以每層厚度 5-10 公分回填並逐層夯實，應達到 95% 之壓實度，確保基底層之強度。
- (10) 砂床回填之材料，應為乾淨、未混其餘材料之砂。回填時應先以木板對鋪灑砂進行鏟平，填補處邊緣最低高度應高於原先路床至少 0.7 公分，中央高度最少應高於原先路床 1.3 公分。
- (11) 鏟平後即可對路床進行夯實，其夯實過後填補處邊緣最低高度應高於原先路床最少 0.2 公分，中央高度最少應高於圓心路床 0.5 公分。
- (12) 砂床回填後即可進行透水性磚之填補，依原先排列方式，逐一進行填補。
- (13) 填補後在透水性磚接縫處回填接縫砂，確定其接縫保持原始設計間距，若為植草磚，則於中空處回填土砂。

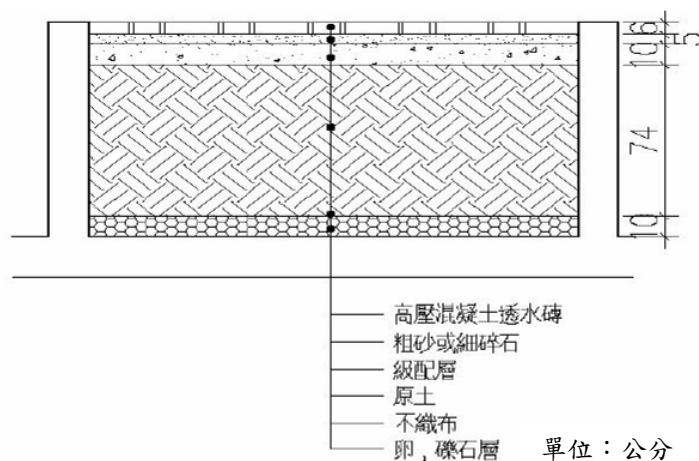


圖 2.53 高壓透水磚結構斷面圖

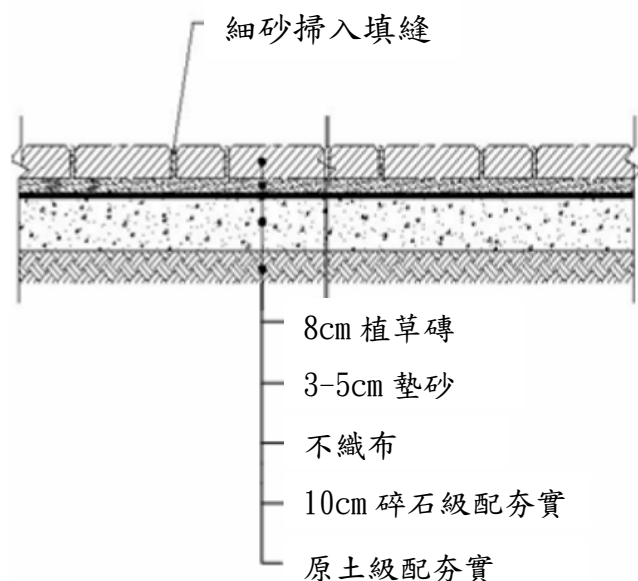


圖 2.54 植草磚結構斷面圖

透水性瀝青混凝土

圖 2.55 為透水瀝青混凝土鋪面結構斷面強度低於傳統瀝青或水泥鋪面，因此適用於輕中交通量及低承載路面，如人行道、停車場或廣場等，此外，為考量透水成效，避免孔隙阻塞，鋪面應避免設於滲透係數低之土層(如粘土層)地區。透水瀝青混凝土面層因表面老化、車轍、龜裂、鬆散、磨耗、變形無法以高壓水柱清洗恢復透水性能時，應進行刨除加鋪養護，在加鋪新面層前，進行表面刨除作業。刨除後，加鋪透水瀝青混凝土之配比，採原設計配比。

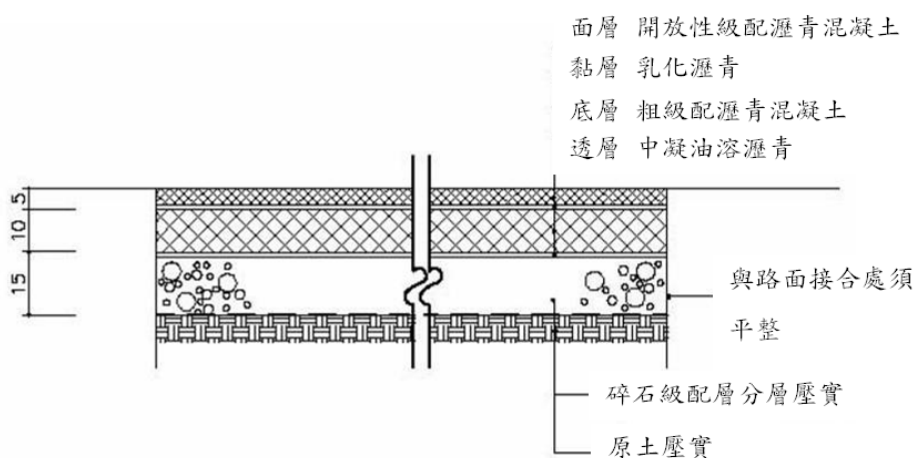


圖 2.55 透水性瀝青混凝土結構斷面圖

透水性水泥混凝土

透水性水泥混凝土又稱無細粒料混凝土，定義為由均勻級配之粗粒料、微量或無細粒料、且無足量之水泥砂漿之混凝土材料。其藉由粗粒料表面的水泥砂漿體，使粒料表面接觸互相固結而發揮強度，同時形成多孔隙的結構體，提供透水功能。透水性水泥混凝土為增加透水性而犧牲強度，因此無法承受太大的載重，一般適合使用於載重較小區域，如人行道、停車場或行人廣場等，其結構斷面如圖 2.56 所示。其養護原則及方式可參考公路養護手冊。

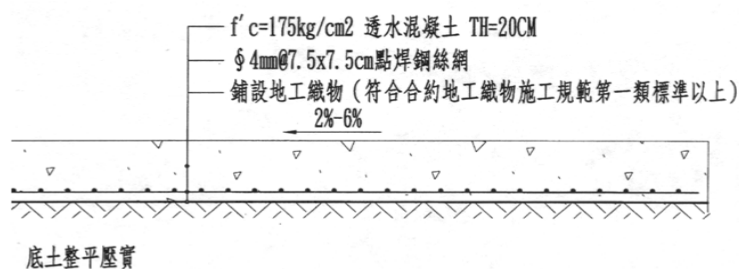


圖 2.56 透水性水泥混凝土結構斷面圖

◎現地透水性能檢測

透水性鋪面養護工作完成後需進行檢測，現場評估透水能力，從鋪面上 177 cm^2 左右之表面積測定鋪面體內 400 ml 水流下之時間，換算成 15 秒流下的水量為透水量(ml/15sec)，如圖 2.57 所示，依照日本研究報告顯示，透水性鋪面進行適當養護工作，透水性能可達六年以上，故本研究建議，養護工作完成後，其透水性鋪面之透水量應達到 400 ml/15sec。



圖 2.57 現地透水試驗

2.4 研擬自行車路線規劃及設計之原則

近年，由於生活品質提升與永續發展議題熱絡，綠色交通觀念逐漸受到重視，各國無不積極推動「以人為本」、「永續」觀念，以行人、自行車結合大眾運輸組成都市交通網絡，期能對都市交通擁塞及污染問題提供解決之道。而國內近年因環保意識覺醒及油價上漲等因素，使得自行車蓬勃發展，許多民間團體提出市區道路提供自行車安全、便捷且舒適之騎乘空間等訴求，同時節能減碳亦是政府目前相當重要政策之一，本研究建議行人與自行車搭配大眾運輸逐步改善汽機車所造成能源消耗、污染排放等問題，邁向永續城市。

市區道路規劃自行車交通路網，不僅以運動休憩或生活通勤為考量，應以全面性、系統性思考打造自行車城市，進而成為永續都市。而建構自行車道應考量自行車騎士之基本寬度及行駛時擺動所需之活動空間，另因市區車潮眾多且自行車道缺乏安全設施，導致自行車與機動車輛肇事事事件層出不窮，此外亦須考量舒適性、便利性及交通特性如天候因素、公共服務及交通量等。自行車道設置市區道路，其規劃設計原則如下：

1. 自行車道應設置在次要道路及服務道路，並參考行車速率設置分隔措施；若設置在主要道路，則須加以考量安全性，必要時，採用實體區隔。
2. 自行車道應設置於D級以上之交通服務水準。
3. 應從需求面及供給面考量，如拓寬人行道、縮減車道、增加公共服務、結合公共運輸等
4. 路線規劃設計應從點、線、面展開，如學校、捷運、商辦區及景點等。
5. 自行車道路線設計，依行車速率不同，可劃分2~3種形式之路線。
6. 自行車道路線設計，應考量安全視距，於交叉路口建議採交通管制措施。
7. 自行車道之設置，應考量自行車使用者之特性，此外鋪面選擇應考量抗滑及平整等。
8. 自行車道設計，應考量舒適性，如天候、隔音及景觀等。
9. 自行車停車管理，應考量安全性、設置位置及型式等。

10. 自行車道路線設計應考量幾何設計，包含寬度、坡度、彎度等。
11. 自行車道完工後，應建立一套改善評估指標，確保自行車道之完善。
12. 自行車道規劃應考量與排水設施配合，避免造成車道積水、打滑等現象。
13. 自行車道之鋪面工程，可採用合格之再生材料(如再生瀝青刨除料，Reclaimed Aggregate Pavement, RAP)或高性能材料(如透水鋪面)及施工廠商。
14. 道路植栽之設計考慮因素，除美觀及綠蔭外，應考量對安全的影響，如避免影響交叉口視距。同時可作為行人與自行車之分隔。
15. 自行車道路線規劃設計，應針對既有自行車道加以整合並配合相關建設計畫等，使得自行車道路網相輔相成。
16. 自行車道規劃設計，應考量未來營運及維護之工作。

本研究將上述原則經與專家學者討論後，並參考國內外自行車道規劃設計規範、手冊及研究報告重新擬定五項規劃設計原則(安全性、便利性、舒適性及其他，如圖 2.58 所示)，並於各節說明。

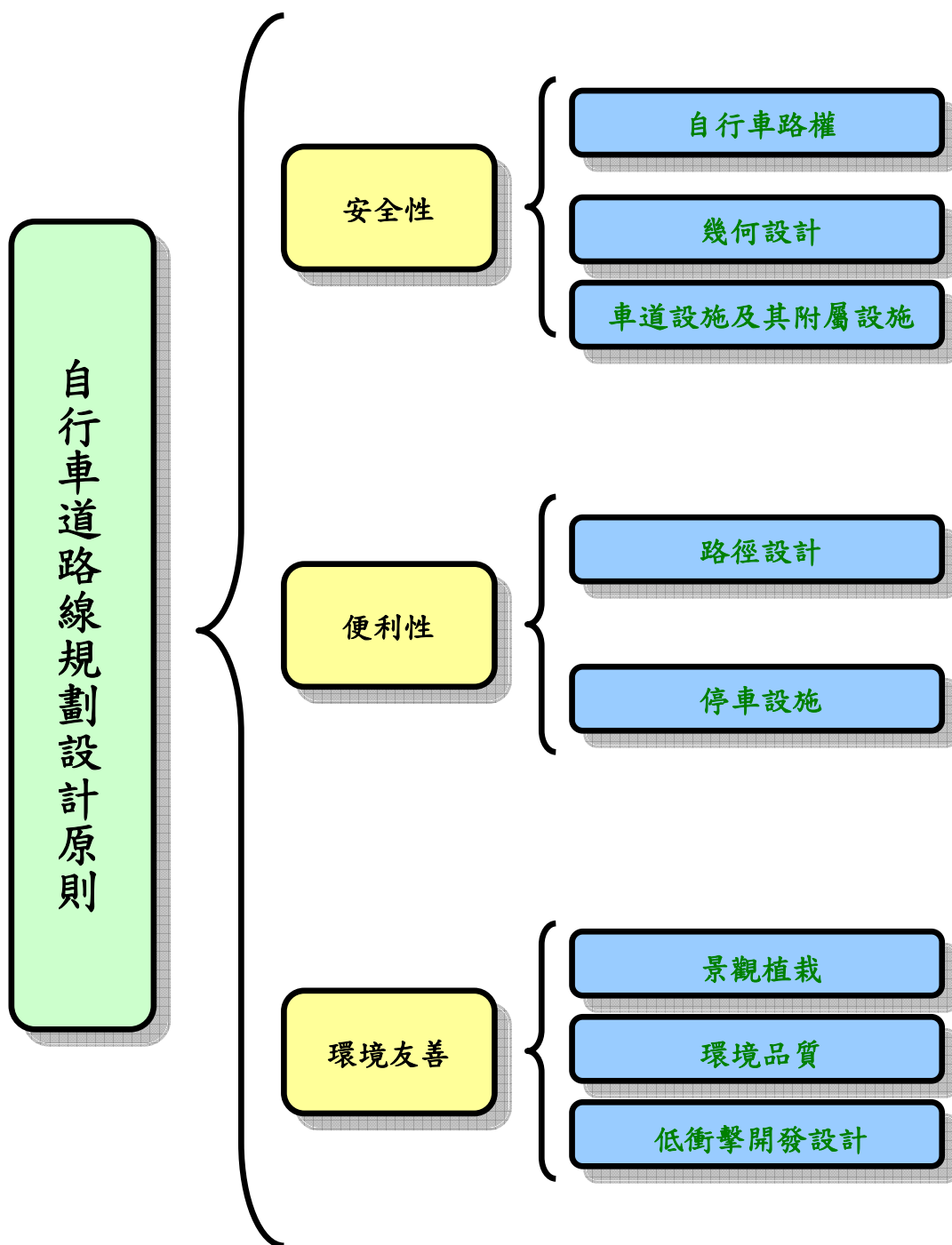


圖 2.58 自行車道路線規劃設計原則

2.4.1 安全性規劃設計原則

市區道路規劃自行車道，首重安全性，其中安全性包含路權、幾何設計與交通設施及附屬設施等，說明如下：

◎ 自行車道路權

市區道路建構自行車道不僅可使路權明顯劃分，並可提高自行車騎士之安全性，惟自行車道之設立並非對所有用路人皆有正面之安全性與方便性，故針對各用路人對於自行車道建構之路權影響，歸納如表 2.16。

表 2.16 各用路人對於自行車道建構之路權影響

類別	路權敘述	方便性	安全性
自行車騎士	因建構自行車道而產生絕對路權	提升	提升
機動車輛	因車道寬度縮減但可避免動線衝突	降低	提升
行人	因人行道寬度縮減但可避免人車爭道	降低	提升
路邊停車車輛	因停車格寬度縮減兩側均增加擦撞可能性	降低	降低

綜合上述規劃原則，自行車通行空間係指提供自行車使用或自行車與行人共用車道或道路，包含獨立路權(汽機車分離)、與行人共用路權、與汽機車共用路權及單側雙向佈設等四大類(如圖 2.59~63 所示)：

1.獨立路權：

- (1)自行車專用車道：於道路用地範圍內劃設特定空間，僅供自行車使用，其他車種不得佔用行駛。
- (2)自行車專用道路：獨立設置特定行駛空間，僅供自行車使用，其他車種不得佔用行駛。

2.與行人共用路權：

- (1)自行車與行人共用道：於道路用地範圍內劃設特定空間，供自行車與行人共用，應合乎自行車道與人行道相關規定，其間可設置分隔措施。

(2)自行車與行人共用道路：獨立設置特定行駛空間，提供自行車與行人共用，應合乎自行車道與人行道相關規定。

3.與汽機車共用路權：

自行車與汽機車共用車道：自行車與汽機車在同一斷面，提供自行車與汽機車共用，其間可設置分隔措施。

設計自行車道，應考量原服務水準，建議道路服務水準為D級時，以增闢自行車道或拓寬人行道設置自行車道(表3.17)；原有行人服務水準優於C級時，人行道寬度許可下設置自行車道或採共用方式(表3.18及3.19)；。低於服務水準，建議將車道劃設服務道路(巷道)，減少對市區交通衝擊。



圖 2.59 自行車專用車道 (一)



圖 2.60 自行車專用車道 (二)



圖 2.61 自行車專用道路



圖 2.62 自行車與行人共用道



圖 2.63 自行車與行人共用道路示意圖

資料來源：市區道路及附屬工程設計規範

表 2.17 車道服務水準

道路等級	I	II	III
自由車流速率(kph)	55	45	40
服務水準	平均旅行速率 (kph)	平均旅行速率 (kph)	平均旅行速率 (kph)
A	~51	~43	~33
B	51~39	43~32	33~25
C	39~34	32~27	25~20
D	34~29	27~23	20~16
E	29~21	23~17	16~10
F	21~	17~	10~

資料來源：台灣地區公路容量手冊

表 2.18 行人交通服務水準

服務水準			行人平均 佔有面積 (平方公尺/人)	流率 (人/分·公尺)	平均密度(D) (人/平方公尺)	平均速率 (公尺/分)
A	水 平 步 道	商業區	≥3.13	≤22	≤0.32	67
		通勤區	≥3.13	≤23	≤0.32	>72
B		商業區	2.08-3.12	23-31	0.33-0.48	63-67
		通勤區	2.08-3.12	24-33	0.33-0.48	69-72
C		商業區	1.28-2.07	30-48	0.49-0.78	58-63
		通勤區	1.28-2.07	34-49	0.49-0.78	63-69
D		商業區	0.85-1.27	49-59	0.79-1.18	50-58
		通勤區	0.85-1.27	50-66	0.79-1.18	56-63
E		商業區	0.84-0.84	60-72	1.19-2.10	35-50
		通勤區	0.84-0.84	67-80	1.19-2.10	38-56
F		商業區	<0.48	<72	>2.10	<35
		通勤區	<0.48	<80	>2.10	<38

資料來源：台灣地區公路容量手冊

表 2.19 行人交通服務水準等級說明

服務水準	等級說明
A	可自由地選擇步行的速率，可穿越慢行的人，且不會產生衝突，可任意改變方向
B	尚可選擇自由的步行速率，穿越時會產生輕微的衝突，可以超越前方的行人但會產生干擾。
C	選擇自由的步行速率的能力受到限制，穿越時有較高的衝突可能性，略有可能超越前方行人。
D	正常的步行速率受到限制，穿越或超越他人的可能性低，改變方向困難。
E	行人接著前方的人群移動，步行速率受限於他人，穿越或超越他人的行動很困難，無法避免與他人產生衝突。
F	行人的步行狀態為拖者腳走，穿越或超越他人的行動很不可能，與他人產生身體的接觸，反向行走很不可能

資料來源：台灣地區公路容量手冊

◎ 幾何設計

車道淨寬

自行車道之設置須考量車道寬度於其行駛時擺動所需活動空間、路面之坡度、與路旁排水設施、邊坡及其他障礙物等寬距可能影響自行車騎乘安全性之因素，故於規劃過程應就其路段之特性，考慮車道之基本寬幅，方能提供具高度適意性之騎乘路徑。

惟市區道路於交通尖峰時間常有過度擁塞之現象，且路幅寬度有限，為避免因建構自行車道導致交通尖峰時間遲滯，故於市區道路規劃自行車道應採最小值設計較為適切。自行車騎士之基本寬度約為 0.6 公尺，單人騎乘時兩側活動空間可設計為 0.3 公尺；而雙人騎乘則兩車間距為 0.4 公尺，側邊活動空間則為 0.2 公尺，如圖 2.64。另路面標線部份，無論係單向雙行或雙向單行之自行車道，其行進方向皆應清楚標示，以避免因騎乘動線不明產生車道阻滯之情形。

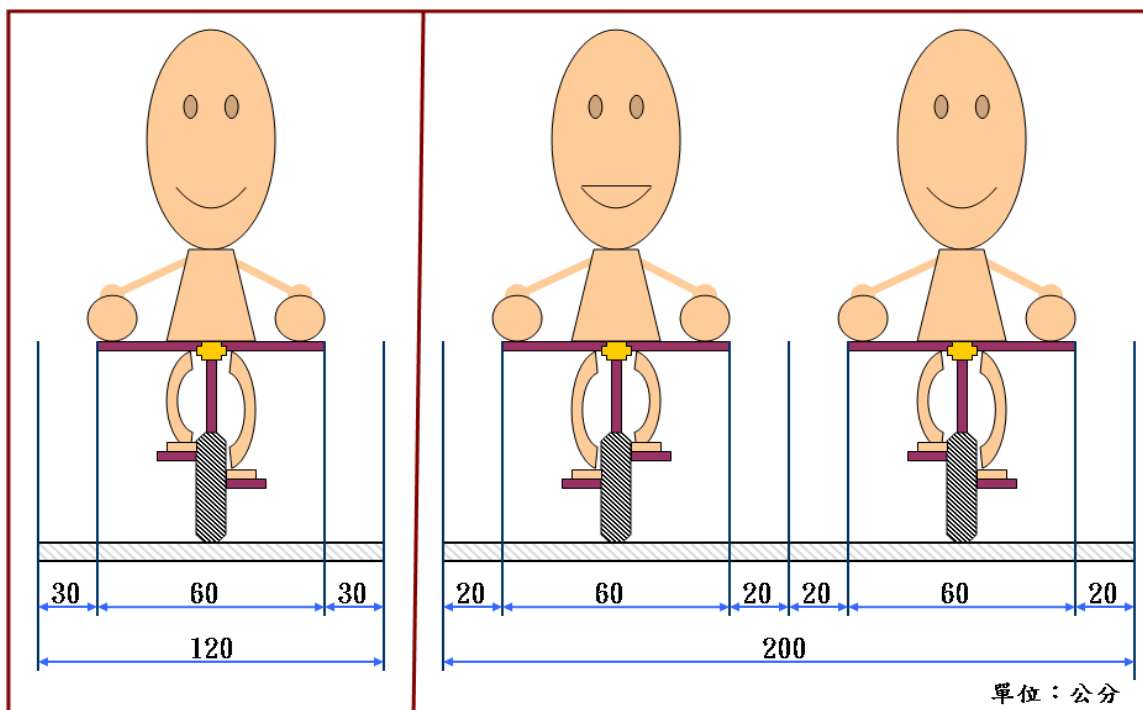


圖 2.64 單人及雙人自行車騎乘空間示意圖

自行車道設置參照「市區道路及附屬工程設計規範」、「公路路線設計規範」及「自行車道系統規劃設計參考手冊」寬度規定，各類型自行車道寬度建議如表 2.20，說明如下：

- (1) 單一自行車專用車道，以 1.5 m 以上為宜，最小 1.2 m。
- (2) 雙向通行或並行之自行車專用車道，以 2.5 m 以上為宜，最小 2.0 m。
- (3) 單一自行車專用道路，以 2.0 m 以上為宜，最小 1.2 m。
- (4) 雙向通行或並行之自行車專用道路，以 3.0 m 以上為宜，最小 2.0 m。
- (5) 自行車與行人共用道，以 2.5 m 以上為宜，最小 2.0 m，其設計不得妨礙行人通行，並提供足夠人行淨寬。
- (6) 自行車與行人共用道路，以 4.0m 以上為宜，最小 3.0 m，其設計不得妨礙行人通行，並提供足夠人行淨寬。
- (7) 自行車與汽機車共用車道，與機車混合，以 2.0 m 以上為宜(標線)或以 2.5 m 以上為宜(實體分隔)；與汽車混合，以 3.5~4.5 m 為宜。

(8) 考量汽車佔用自行車道(路邊停車)，建議專用車道採用 1.7 m 即可，並視需要增設實體區隔或加強取締，如圖 3.65。

(9)

表 2.20 各類型自行車道寬度建議值

自行車道類型	方向	淨寬度(m)
自行車專用車道	單向	$\geq 1.5\text{m}$ ，最小 1.2m
	雙向/並行	$\geq 2.5\text{m}$ ，最小 2.0m
自行車專用道路	單向	$\geq 2.0\text{m}$ ，最小 1.2m
	雙向/並行	$\geq 3.0\text{m}$ ，最小 2.0m
自行車/行人共用道		$\geq 2.5\text{m}$ ，最小 2.0m
自行車/行人共用道路		$\geq 4.0\text{m}$ ，最小 3.0m



圖 3.65 車道調整

側向安全淨寬與淨高

1. 側向安全淨寬

- (1) 自行車道間安全淨寬至少 0.5 m。
- (2) 與路燈、植栽或建物之間安全淨寬至少 0.25 m。
- (3) 在停車位旁之安全淨寬至少 0.75 m。
- (4) 與汽車道間之淨寬依汽機車行駛速度而異，由於車輛行駛前會產生一股側向風力，當車速超過 60 kph 時，側向風力將對自行車行駛產生顯著影響。因此宜相距 1.5 m 以上，但不得低於 1.0 m，以確保自行車專用道路的安全。

2. 安全淨高

(1) 騎乘自行車淨高約為 1.8~2 m。

(2) 騎駛時與路燈、植栽或建物之間之緩衝高度為 0.25 m。

自行車道線形

依附於道路斷面之自行車專用車道及自行車與行人共用道，其線形與道路相同；獨立設置之自行車專用道路及自行車與行人共用道路，其線形規定如下：

1. 設計速率：得依路段特性調整，分為 10~30 km/hr。
2. 平曲線最小半徑：按自行車行駛設計速率不同，所需平曲線最小半徑，如表 2.21 所示。
3. 橫坡度：以 2% 為宜，最小 0.5%。
4. 超高率：最小超高率($e_{\min}$)依橫坡度規定，最大超高率($e_{\max}$)以 2% 為宜，最大 3%。
5. 最大縱坡度：以 5% 以下為宜，如為橋梁、立體交叉處且受地形或其他特殊限制者不得大於 8%。
6. 縱坡限制長：縱坡度與縱坡長度限制參考表 2.22 所示。
7. 連續性：經過橋梁、排水構造物與鐵道等銜接處，應考慮自行車道之連接，須特別注意接縫、鋪面平整與坡度、寬度連續性。

表 2.21 自行車道平曲線最小半徑

設計速率 Vd (km/hr)	平曲線最小半徑 Rmin (m)
10	3
20	15
30	30

資料來源：市區道路及附屬工程設計規範

表 2.22 自行車道縱坡度與縱坡長度限制

縱坡度 G (%)	縱坡限制長 Li (m)
<3	—
3	500
4	200
5	100
6	65
7	40
8	35

資料來源：市區道路及附屬工程設計規範

◎ 車道設施及附屬設施

鋪面

自行車道最主要之設施項目，攸關騎乘者之安全性、舒適性及路線引導性，而不同材質的鋪面更可營造或強化不同的環境感受。規劃原則如下：

1. 自行車道鋪面宜堅實平順，表面平整防滑。
2. 自行車專用車道之鋪面宜與車道、人行道採用不同種類之材質、顏色區隔。
3. 鋪面種類可考量後續維護難易及兼顧環境永續性(如透排水鋪面、資源化鋪面)，並避免過度平滑之鋪面材質(如磨光大理石)或孔隙過大、過度尖銳粗糙之鋪面。
4. 國內常用自行車道鋪面，包含瀝青鋪面、水泥混凝土鋪面、木棧鋪面、磚材鋪面及人造石鋪面等五種，如圖 2.66 及 2.67 所示。



圖 2.66 瀝青與水泥鋪面



圖 2.67 木棧、磚材與人造鋪面

排水

為防止路面積水造成騎士滑倒、道路損壞，影響騎乘者行車安全及環境品質，因此應設置排水設施，原則如下：

1. 車道設置排水設施，應以使積水不侵入車道、不妨礙行車安全及易於清理維護為原則。
2. 應儘量讓排水設施，設置於腳踏車的行進動線之外(如圖 2.68 所示)。
3. 車道排水設計採自然排水方式，其排水坡度建議至少 1%。
4. 自行車道應避免設置排水溝蓋或格柵，無法避免時，排水溝蓋型式應採行進方向垂直且應與道路平面吻合，避免輪胎陷入排水溝蓋細縫及路面顛陡；柵格長邊應與行進方向垂直，間距宜小於 1.3 cm。



圖 2.68 排水設施設置於腳踏車的行進動線之外

護欄

護欄設置目的為區隔騎乘空間、防止危險及動線引導，原則如下：

1. 道路護欄設置應依交通部頒布「交通工程手冊」辦理，橋梁欄杆設置應依照交通部頒布「公路橋梁設計規範」辦理。
2. 設置於路側、路外及牽引道之自行車道，應考量騎乘安全設置護欄。
3. 護欄型式應兼具通視及景觀，以鏤空方式設置，高度以 1.2~1.4 m 為宜，如圖 2.69 所示。
4. 行經橋樑時，採 1.4 m 以上，量至自行車之行駛面至欄杆頂部。



圖 2.69 護欄

分隔措施

為獨立自行車行駛空間以區隔汽機車及行人，可採分隔方式區隔一般車道與行人道，避免發生危險，其分隔設施可分為：

1. 實體分隔：包含緣石、護欄、欄杆、植槽；綠籬等方式，如圖 2.70 所示)。
2. 非實體區隔：包含標線、標字輔以交通安全措施，其設置原則與規定應依交通部暨內政部合訂頒布「道路交通標誌標線號誌設置規則」辦理，如圖 2.71 所示。



圖 2.70 實體分隔型式



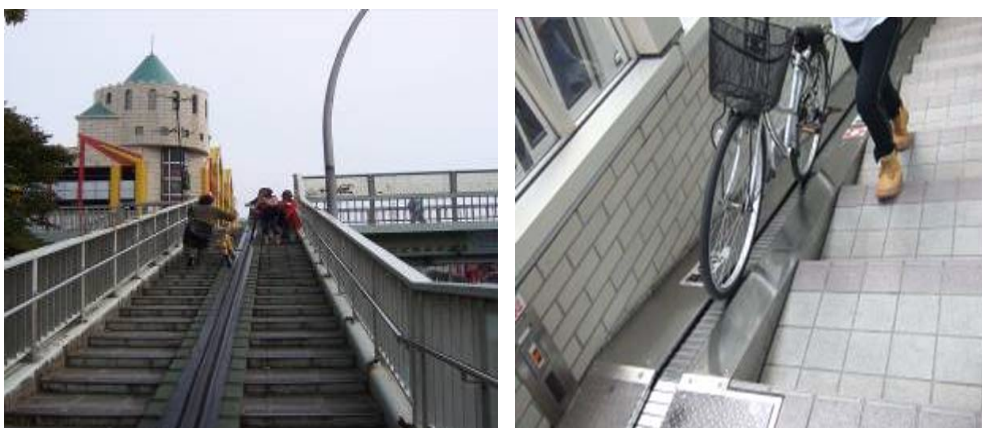
圖 2.71 交通標線分隔型式

自行車牽引道

自行車行經天橋、地下道、鐵路高架車站月台、隧道或跨越堤防時，因坡度過陡，導致無法騎乘，可設置自行車牽引道、斜坡道(如圖 2.72 所示)，供自行車牽引，設置原則如下：

1. 與連接動線採用相同寬度，維持動線整體性。
2. 配合地形，減少對環境改變及破壞，並結合當地環境、地方特色及氣候選擇適當之造型、材質及顏色等。
3. 跨越橋梁之寬度應大於 120 cm，其坡度應小於 8%，若有特殊高差需克服，最大應小於 12%。

4. 跨越月台或人行立體穿越設施，其坡度不宜超過 25%。
5. 牽引道之坡道與兩旁牆或障礙物保持間距 0.4 m，方便自行車之踏板及把手。接近上、下坡道之路面須採漸變段處理。
6. 牽引道設置於立體穿越設施時，中間需有平台設施，供民眾短暫歇息
7. 既有立體穿越設施，牽引道宜配合既有陸橋、地下道坡度設置。
8. 其設置方式有二，既有人行階梯中間設置溝槽及兩旁間設置斜坡道。



資料來源：台北市腳踏車設計手冊第一版

圖 2.72 牽引道型式

照明設備

自行車道與人行道共用及設置於市區道路其照明請參照內政部營建署之「市區道路及附屬工程設計規範」第十九章道路照明。自行車道與一般公路共用其照明請參照交通部之「交通工程手冊」第七章道路照明。其設置原則如下：

1. 設置位置

- (1) 自行車騎乘空間之照明應採高度及密度配合，提供自行車使用者安全乘騎環境。
- (2) 應注意照明之路段，包含：交叉路口、隧道、涵洞及橋梁下(含人行地下道)、危險或易肇事路段、豎曲線與平曲線有變化及有陡坡地方或特殊自行車設備處(如樓梯、停車棚)等。

2. 照明設計：

- (1) 同一路段之照明設施力求一致性。
- (2) 重視照明效率、使用壽命及對當地氣候條件之適用性。
- (3) 照明高度，在人行道上應有 3.5 m 以上，在車道上應有 4.7 m 以上。
- (4) 照明配置應考量亮度、分布、眩光、閃爍及現況(如植栽、圍籬等物體)，為用路人安全著想。
- (5) 照明配置應考慮周圍環境所產生相對變化影響，燈具宜選擇最適合之光束分配，俾能平均分配於所照區域，不致產生黑暗或特亮等現象，而影響用路人之視覺。
- (6) 可考慮採用庭園燈。

標誌、號誌及標線

「道路交通標誌標線號誌設置規則」係所有用路人(包括自行車使用者)均需遵循的規則，而交通、道路及警政主管機關更必需瞭解設置規則中的所有規定內容，才能擬定合理的交通管理措施及設置合理的交通設施來達到管理目的。本研究參考「道路交通標誌標線號誌設置規則」，研擬設置原則如下：

1. 標誌

包含意象標誌、指引標誌、公告標誌三類；其功能主要在引導使用者可以輕易地明瞭並遵循管理單位之資源規劃及正確之路線行徑。其設置原則為考量整體解說服務系統之協調以作最合理之分配，其全線之標誌應系統化如內容清晰、色彩醒目、大小適中且文字簡單明確，並避免不必要之差異性(如圖 2.73)；另外，應留意其與參觀動線及遊客觀賞位置之關係，並因應國際旅遊之風潮，應儘量採用中英對照設計。



圖 2.73 標誌

2. 自行車專用號誌

自行車專用號誌之理想設置地點為重要之交通節點處，及車流量大之路口穿越處，其型式可分為定時號誌、感應式號誌兩種，定時號誌適用於自行車流量大之道路，如通勤往返必經途徑可視需要增設；而感應式號誌是在自行車行進路線上埋設偵測器，以推估綠燈時間。適用於自行車之偵測器主要有四重迴圈、對角四重迴圈以及標準迴圈三種。交通號誌須使路口有充足的淨空時間，在時速 6 公里狀況下需 2.5 秒反應與煞車時間，為適當基準。

3. 標線

標線具有路線之辨識、管制及提升線形連續性之功用，其為配合標誌、號誌之主要輔助設施，以達到自行車道線形流暢度之提升。其設置原則為劃設於路口穿越處，其標線之位置、內容應考量騎乘者之反應時間；另外，於自行車車流量高、視距受限或能見度不佳之地區，應劃設分隔線以提升自行車騎士之安全性，本研究建議可採用透水、抗滑標線，減少雨天路滑現象。

交叉口

1. 自行車道在交叉口或路段中之穿越方式(如表 2.23)，宜配合行人穿越道設置。

(1) 自行車專用車道穿越交叉口時，宜與行人穿越道區隔。

(2)自行車與行人共用道穿越交叉口時，應與行人穿越道共用。

2.自行車穿越道之劃設可為標線或採不同顏色、材質之鋪面，如圖

2.74~2.76 所示。

3.穿越鐵路平交道時，可透過提高路面及警告標誌告知自行車騎士。

4.自行車若經過較大之車流量路口，建議以改道或繞道方式穿越。

5.應減少橫越路口的數量並降低轉向機動車輛的速度，提供自行車專用號誌、確定路口淨空是否適用於自行車橫越的速度。

6.路口較大時，可設置槽化島、中央分隔島或庇護島分 2 至 3 段安全穿越馬路。槽化島，除引導導車輛進入適當之動線，並供自行車於穿越道路時，臨時暫停庇護之用。

7.巷道口，人行道鋪面採連續鋪面性鋪設，且高於車道，可提醒駕駛人注意行人，更可迫使車輛減速。

8.設置觸動式按鈕，利於自行車通行。

表 2.23 自行車道於路口交叉之處理方式

類別		說明
路口交叉形式	一般式交叉	平面交會設計，適用於尖峰小時交通量小於 300 輛及行車速率小於 30 公里之路口。
	路拱式交叉	提高各方向用路人注意，降低行車速率、增加路口交會安全。
	安全島式交叉	採行分段通過道路方式之設計，提高自行車穿越道路之安全性。此種型式較適用於路幅較寬、交通量高，且自行車優先通行之路口。
	圓環式交叉	各方向車流於路口處互不衝突；保持交通順暢，但具左轉車輛車行距離較遠之缺點。
	立體交叉	分為陸橋及隧道兩種方式；於穿越交通量較大之路口及路段可採此方式設計。
號誌處理	自行車專用綠燈	因自行車行駛速率較慢，時速約 16 公里，考慮反應時間約 2.5 秒，可藉此檢核清道時間是否足夠，適用於自行車較多之路口。
	觸動式按鈕	設置觸動式按鈕，可便於自行車不需久候紅燈即可快速通行。
	紅燈允許自行車右轉	適用於各種型式之交叉路口，惟設計時需優先考量行人安全條件，再劃設自行車道。
	自行車優先通行	於綠燈時相採自行車優先通行措施，以確保左轉自行車之安全，並可配合於路口車輛等候區與號誌之間，設置一寬廣的自行車待行區，供自行車等候穿越路口之用。
	二段式左轉	適用於大型交叉路口；需在各方向之前留設較大的待轉區，以供自行車紅燈待轉之用。

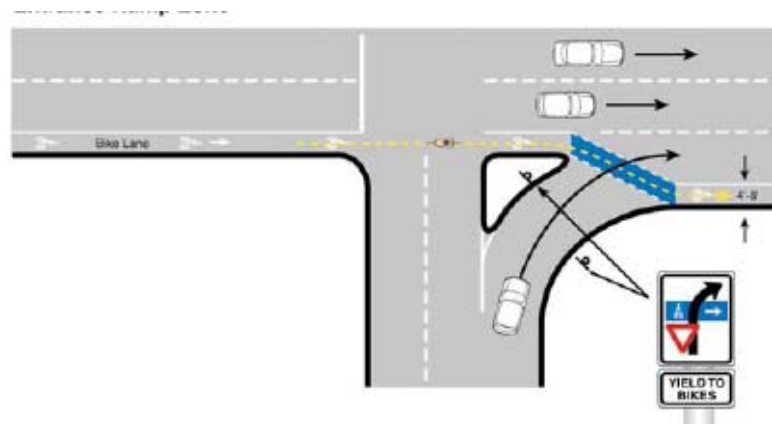


圖 2.74 採不同顏色鋪面及警告標誌示意圖(一)

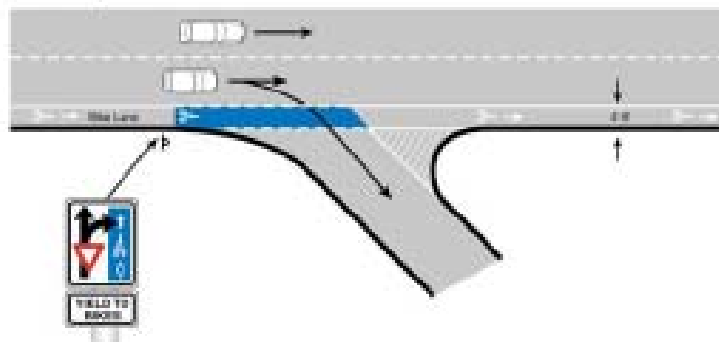


圖 2.75 採不同顏色鋪面及警告標誌示意圖(二)



圖 2.76 採不同顏色鋪面



田秋堃攝

圖 2.77 觸動式按鈕

2.4.2 便利性規劃設計原則

自行車道路網並非全面性興闢專用道路或專用車道，應檢視及改善市區道路對自行車通行之友善，提高使用性。在有限市區道路空間推動自行車系統，初期不免對現有汽機車及行人產生衝擊，為能避開不必要阻力，推動初期不宜抑制汽機車作為訴求，而以營造自行車友善環境方式，結合大眾運輸系統提供經濟、效率、便利服務，吸引汽機車使用者加入，漸進達成重新分配道路空間之效益。

◎ 路徑設計

自行車專用道以連續的串連，可提高使用率，亦讓更多民眾移動地點選擇性更高。連續性提高，對於整個社區連接而言，有助於社區交集。此外，對於移動的地點可直接連結(串連生活主要重心)，如捷運站、學校、公園、市場等，提高民眾意願選擇自行車道的方法之一。本研究參考交通部「自行車道系統規劃設計參考手冊」，提出三項重點，說明如下：

1. 路段友善性

市區道路交通條件較為嚴苛，故在規劃上應更為謹慎，以達到人本交通、綠色交通目標，其原則如下：

(1) 自行車道建置初期採漸進方式，與行人共用道路，並採實體區隔方式，以吸引汽機車駕駛人改變生活模式及轉移運具，逐漸減少汽機車使用空間，轉而提供自行車與行人使用。

(2) 檢討汽機車道車道數及車道寬，提供較寬裕且界線明確之自行車道。

2. 串聯友善性

(1) 自行車路徑應考量地方區域路網或服務重大據點之串聯，透過點、線、面方式，由住宅端為出發點，建構「生活化的自行車路網」。

(2) 自行車路徑規劃應結合大眾運輸系統及運輸場站之串聯與配套措施(如安全停放保管設施或攜車同行)。

3. 指示有善性

路徑完成後，應考慮將各種相關資訊清楚提供自行車騎士。一般道路上標誌、標線及號誌設置目的為提供用路人有關路況之警告、禁止及指示等資訊，以提高安全。自行車系統係由各種道路組成，為便於自行車騎士辨識，可統一標誌及號誌。

導覽牌

自行車道規劃為遊憩型，則應建立導覽牌，說明自行車道之動線與相關週邊景點資訊，提供正確詳細之動線圖、相對位置圖、景點標示及圖例等，供使用者自導式遊覽(如圖 2.78)，其原則如下：

1. 應於大眾運輸接駁處、自行車租賃處、自行車道起迄點、重要交叉路口設置。
2. 全區之牌誌(含輔助設施單元)應力求系統化、一致性，考量整體環境景觀之協調性，提供完善解說功能。
3. 位置選定，應考量自行車道線及騎乘者觀賞位置。



圖 2.78 台中市自行車導覽牌

◎ 停車設施

停車對一般民眾在交通上問題通常是不便利的，尤其對於大型交通工具愈是困難，但對自行車而言，缺少停車空間，造成都市空間的混亂及助長交通秩序紊亂，再者自行車失竊率攀升(據彰化縣警察局統計，96 年全縣自行車竊案

130 件，97 年增加至 236 件)，使得自行車使用者不願停放，因此應提供友善停車空間，供民眾使用，其管理原則如下：

1.區域規劃設計原則：

- (1)將自行車停車設施與汽機車停車區域分隔，減少對自行車使用者潛在危險。
- (2)高密度人口區域，如商業區、學校等，宜設置停車場(塔)，建議提供 5%汽車停車空間，作為自行車停車區。
- (3)停車區域應設於可見度高處，於過往行人注意下，有效降低停車失竊風險。
- (4)停車設施應設置於接近建物出入口及交通轉運、旅程起迄點，建議設置於建築物 100 m 內，最遠不超過 250 m，提升可及性及使用意願(如圖 2.79 所示)。
- (5)停放場所應考量設置地點之停車需求及停車設備類型。
- (6)應有適當指示標誌，引導使用者。



圖 2.79 停車設施離出入口近

2.停車設備設置考量：

- (1)停車設施須安全且方便提供車輪與車身上鎖，而不損壞車輛結構。
- (2)自行車停車設備須充分與汽車或機車停車場分離，避免汽機車破壞自

行車停車設施，必要時適當佈設分隔設施，如緣石分隔、高低差分隔、車阻、欄杆等相關設施。

(3)自行車停車場宜設置硬質鋪面上，走道寬度需求以移動時，避免搬動其他車輛為基本考量。

(4)停放場所應視需要提供照明設施，提升安全性。

(5)停車設備應結合都市景觀、地方特色及氣候選擇適當之造型、材質及顏色之設備。

3. 基本停車空間歸納：

(1)尺寸需求：單排停車空間長 1.85 m，寬 0.6 m(如圖 2.80)。

(2)並排停車空間：並排停車空間長 1.85 m，兩車中心間距 0.4 m(如圖 2.81)。

(3)斜角停車空間：停車場狹窄時，可為斜角停放(如圖 2.82)。

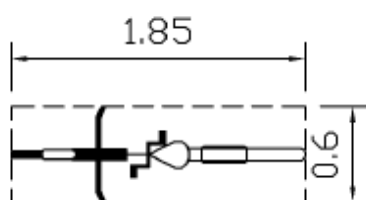


圖 2.80 自行車基本停車空間 (單位：m)

資料來源：市區道路及附屬工程設計規範

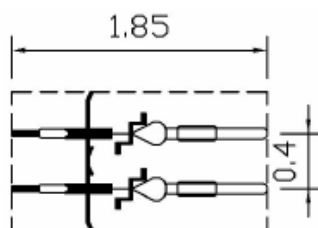


圖 2.81 自行車並排停車空間(單位：m)

資料來源：市區道路及附屬工程設計規範

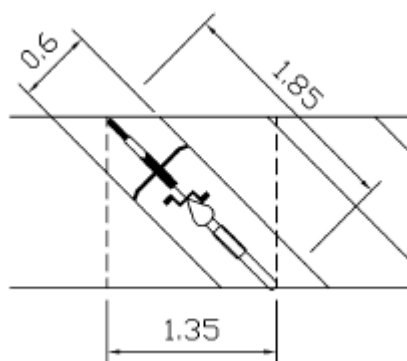


圖 2.82 自行車斜角停車空間(單位：m)

資料來源：市區道路及附屬工程設計規範

4.停車設施：

- (1)自行車收納櫃：安全性較高，適合長時間停放，如於火車站附近等。
但因收納櫃之量體較大，需考量整體環境景觀，如色彩、位置等之適宜性。
- (2)自行車停車棚：為半開放式之停車空間，適合用於車站、辦公地點、學校等處，主要提供遮風避雨之功能。
- (3)自行車停車架：目前為最普遍形式，其成本低、佔地小、裝配容易，適合短時間停放需求。自行車停車架一般以金屬構件為基本材料，少數以木材為主，應有防腐、防鏽之處理及考量，如圖 2.83 及 2.84 所示。
- (4)自行車停車場：於汽機車停車場內，劃設一區塊，供自行車停放，如圖 2.85 所示。



圖 2.83 停車架



圖 2.84 雙層停車架



資料來源：奇摩新聞

圖 2.85 自行車停車場

2.4.3 環境友善規劃設計原則

都市永續發展須考量都市生態系之環境關係，主要強調都市對生態循環過程中控制與影響，亦是都市自然生態復甦工程重要一環，因此公園綠地、綠廊道、河道等所連結而成的網路，儼然成為建構都市生態環境重要發展手段。

而都市建構自行車道，正可作為都市永續發展策略之一。隨著「人本交通」觀念萌芽，創造舒適、人性化之自行車使用空間，除可增加自行車使用，更能提升都市永續經營。

◎ 景觀設計

1. 植栽：

(1) 植栽配置不得妨礙行車視線及行車安全。

(2) 植栽選種宜考量耐候、耐污染、耐風、抗病蟲及易維護管理等適地性

之原生樹種。

- (3)植栽參考區域性植被植物；縣市政府象徵植栽，具景觀美質且抗污染、防噪音等適宜都市道路環境之植栽種植，強化地方綠化景觀特色。
- (4)道路綠地與環境綠地結合，包括學校、公園、水岸等處，建議可移除公園綠地、廣場與人行道間之隔絕設施。
- (5)景觀美化包括植栽綠化，附屬設施之色彩、質感、造型等互相搭配協調及與環境融合等，以塑造自然景觀及當地景觀特色。人文景觀營造則宜納入在地居民參與，如圖 2.86 所示。



圖 2.86 自行車道與公園綠地結合

2.街道傢俱：

- (1)選擇符合視覺協調並具地區特色之適當街道傢俱，創造因地制宜之都市意象，並供自行車使用者休息。
- (2)整合街道傢俱設計，彰顯地區特色，並簡化道路設施設置(如電力系統之地下化、遷移退縮)，使道路空間簡約且整齊，如圖 2.87。



圖 2.87 電力系統遷移退縮

◎ 環境品質

環境品質好壞，直接影響自行車使用者是否願意騎乘。因此提升環境品質不僅可增加自行車使用率，亦可達到都市永續發展，本研究建議可從軟硬體措施執行，其原則如下：

- 1.市區道路縮減，採漸進方式，重新安排道路使用空間，如圖 2.88 所示。
- 2.增加綠蔭比例，減少陽光直接照射。
- 3.鋪面採用透排水性鋪面，除可透水、亦可降低噪音
- 4.考量自行車動線之迎風及背風面，提升自行車使用者之舒適性。



圖 2.88 重新安排道路使用空間

◎ 低衝擊開發設計

本研究採 97 年研究成果中，提出低衝擊開發(Low Impact Development, LID)應用至自行車道，如圖 2.89 所示。其規劃設計原則如下：

- 1.施作區域：施作區域，為限制最少開發限度，如環境敏感區特徵、維護管理限制和區域分散處多寡。場址可施作區域，應分散各小區域施作 LID 設施，而非集中施作在大區域內。分散各小區域施作 LID 設施除可保護敏感區，亦可減少街道的基礎設施成本。設計窄小的街道寬度，可增加公共空間，減少土地的開發和降低開發成本。
- 2.交通動線設計：良好的設計，繫乎行人和車輛的交通動線成功與否。在停車場、交通動線處，盡量減少不透水鋪面。社區道路或街道易發生車禍處，可將筆直道路改為彎曲道路，除減緩車輛速度，增加行駛人安全，亦可增添景觀趣味。
- 3.排水設施：宜與周邊地形景觀融合，在不影響路基承载力及人行道品質之原則下，儘量採當地材料構築土溝、草溝、卵石溝等，增加透水性。
- 4.照明設施：路燈與標誌、號誌同時設置於路口時，可考量採共構式設計，以減少視覺衝擊，並考量路燈數量、照明光源之選擇、配置位置及燈具等，以減少對周遭生態之光害。

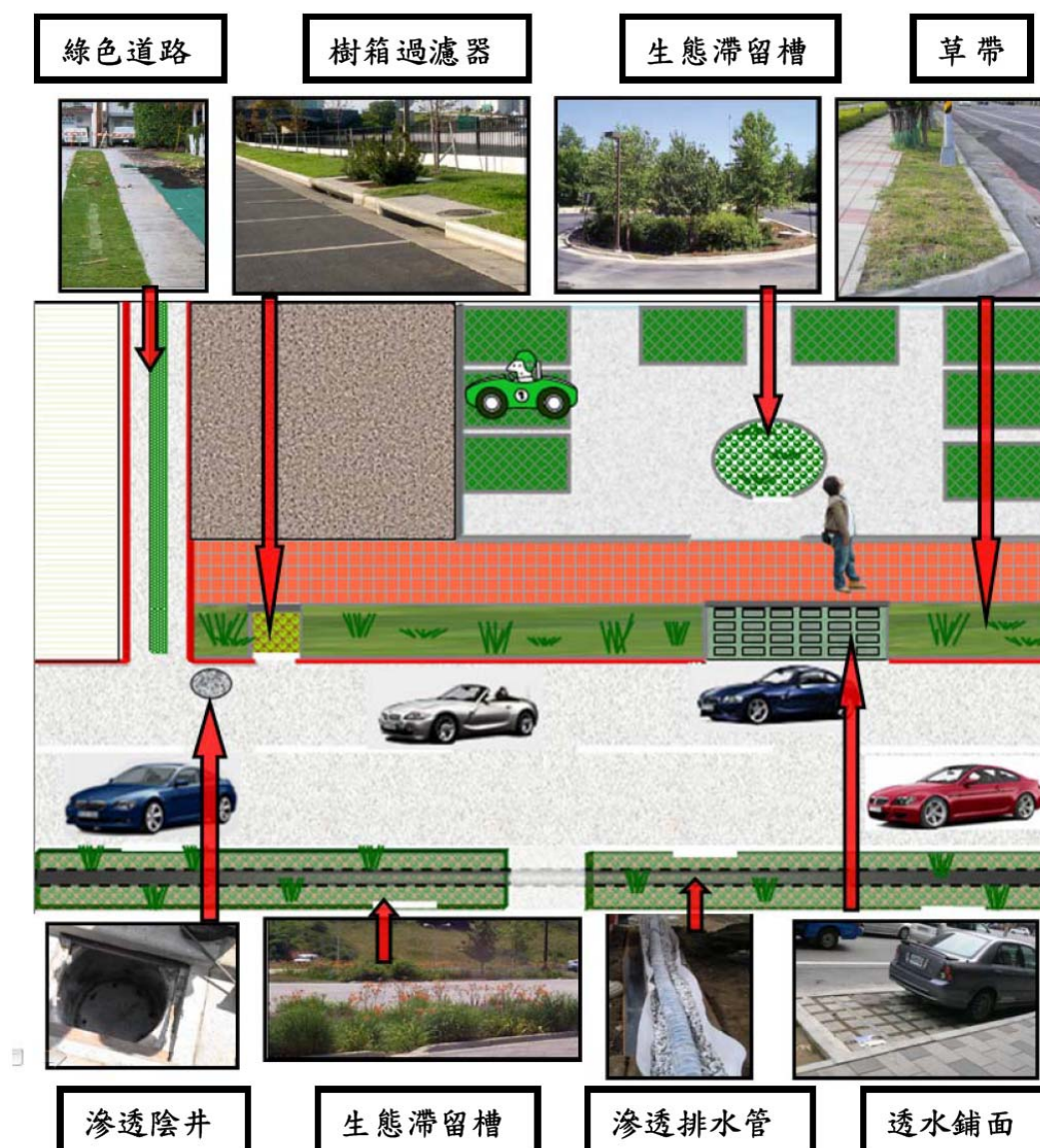


圖 2.89 低衝擊開發設施於市區道路示意圖

2.5 小結

國內透水性鋪面發展，已邁入維護管理階段。適當養護方式，可延長鋪面使用年限。本研究針對目前透水性鋪面遭遇的問題，逐一提出養護工法，期能有效延長鋪面壽命，如透水鋪面施工方式若採軟底施作，雖可減少成本，但易造成面磚破壞，故應採硬底施作。本研究進行透水黏結層材料試驗，結果發現效果較傳統黏結層材料佳，透水係數可達 0.02 cm/sec ，而拉拔強度達 2 kgf/cm^2

以上。

市區自行車道目的以生活通勤為主，應滿足上班、通學、洽公、購物的需求，在市區建構「生活化的自行車路網」，由住宅端(Home-based)為出發點，規劃到市場、學校、捷運站、辦公室等目的地。在台北都會區捷運系統陸續完工通車下，自行車除可作為短途通勤使用外，大眾運輸與自行車的結合更可達到長距離與迅速便捷的目的。

經研究和現況探討得知，自行車道規劃設計，應優先提供安全之運旅環境，其次是便利性，故規劃自行車道應須擬訂完整而綜合性之措施，使自行車騎士有安全、便捷且舒適之騎乘空間。故應重新審視市區道路斷面規劃單元，並配合市區交通整體規劃，重新設計斷面單元，以提高自行車道之品質及專用路權，結合週遭環境採低衝擊開發設計，不僅能改善都市空氣品質、道路逕流水質，並響應日前「全國能源會議」提出建立民眾低碳生活方式，實現低碳生活網路與環境，進行城市與道路全面綠化，建構都會綠色廊道，並營造自行車友善環境，建構自行車專用道，於交通法規明訂自行車優先路權，政府提供誘導措施，鼓勵企業補貼以自行車代步之上班族及勞工，逐漸吸引汽機車使用者轉移使用自行車，達到節能減碳目的。

三、提昇既有市區橋梁品質研究

3.1 前言

市區道路系統，往往需藉橋梁跨越地形之阻礙(如貫穿市區之河流)，或節省土地使用空間，或利交通之順利運轉。台灣經濟起飛，重車數量增加，為節省時間與成本，常有超重車行駛市區道路，造成道路與橋梁之破壞，有必要採取合理有效的評估方法，進行橋梁承載能力評估，篩選承載能力不足橋梁，並採取必要之承載力補強手段。另外，台灣位處環太平洋地震帶，地震發生頻繁，對國內為數眾多既有橋梁的安全造成嚴重威脅，如能採取合理有效方法，進行耐震能力評估，篩選耐震能力不足橋梁，並採取必要之耐震維修與補強手段，將可提昇耐震能力，有效降低地震災害。

1989 年後，美國加州公路局(Caltrans)即進行大規模之既有橋梁檢測、評估、篩選、排序及補強。1994 年北嶺地震，經補強之橋梁於經歷地震後並無明顯損壞，證明橋梁補強可提高橋梁耐震能力。1995 年日本阪神地震，因橋梁耐震(韌性)能力不足產生破壞，其後進行相關橋梁結構補強亦見良好成效。由此可見，橋梁透過檢測、評估與補強，將可有效降低受載重或地震之破壞，且可延長使用壽命。此外 2007 年美國明尼蘇達州 35 號州際公路橫跨密西西比河段橋梁突然坍塌，令人對於橋梁檢測作業、維護補強更加重視。

台灣為海島國家，天候溼熱多雨，鋼筋腐蝕嚴重，加上四面環海，海風中含有大量鹽分，更加速鋼筋腐蝕造成結構物劣化，此現象於臨近海域之結構物頗為常見。國內既有橋梁多為鋼筋混凝土橋，在生命週期考量下，為有效降低維護所需之人力與物力，並達防治鋼筋鏽蝕問題，使用替代性之營建材料，應用於土木新建結構物中，為國內外先進國家目前皆在研究之課題。

採用纖維強化高分子複合材料(Fiber Reinforced Plastic, FRP)即為一良好選擇；除 FRP 複合材料取代傳統鋼筋，防止鋼筋混凝土結構物腐蝕機理發生，及採用新興之 FRP 組裝接合技術取代鋼筋混凝土之橫向箍筋，並可運用於版

構件，用以取代傳統 RC 版結構。另因 FRP 材料抗電化學性、抗腐蝕及質輕、強度高等優點，為一絕佳之結構補強材料。

本團隊過去執行營建署計畫，已針對國內市區橋梁之種類、結構特性及劣化狀況作一完整之調查，並建立人工智慧類神經網路系統及「優質橋梁檢測作業手冊」，藉由客觀之檢測標準，進行實地檢測與調查，以分析與預測市區橋梁老劣化原因與趨勢；並建立橋梁承載、耐震能力詳細評估方法與分析實例。

96 年經實驗與分析相互驗證，提出功能性支承與防止落橋裝置之補強方式，諸多研究，均可為進行後續維護補強作業，達到充份運用有限資源，提昇橋梁安全性能之具體實效。97 年度針對橋梁承載能力(上部結構)及耐震能力(下部結構)，及不同之補強材料與工法進行研析，並提出一套運用高分子纖維複合材料(FRP)於市區橋梁維修補強之新工程理念供工程界參採，期提升國內橋梁維修補強工程技術，並使用路人可以享受安全、美觀且延長使用壽命長之優質化橋梁。

98 年度計畫之方向，為市區橋梁監測技術之研究。完善的橋梁監測技術可提供橋梁安全性之依據資料，經由回饋分析方法處理相關數據，可提供橋梁管理者全天候橋梁之使用狀況，並適時規劃檢測及維修補強，維持橋梁安全使用狀況。因此如何選用有效之監測技術，建立橋梁之監測資料庫，集中管理監測資料亦為橋梁防災之必要一環；此外由 97 年計畫成果可知市區橋梁可適用纖維高分子複合材料(FRP)進行補強作業，98 年將研擬市區橋梁以 FRP 材料補強之標準作業流程與檢核機制，藉由完善之標準作業流程與檢核機制，提升國內補強技術，確保補強後之橋梁達到延壽目的。另鑒於 97 年辛樂克颱風襲台造成國內 6 座橋梁斷裂，顯示國內橋梁所處環境受人為外力及天然災害頻繁(如地震、颱風及洪水等)，加上橋梁管理單位人力不足，政府與立法單位編列維護補強之預算有限，尤以市區橋梁之管理單位人力與所轄橋梁數量比例不相稱，更應對橋梁特性，擬定合適之橋梁檢測制度以期達到有效且完整之市區橋梁檢測工作，特於本年度工作項目中加入市區橋梁檢測制度之研擬。並導入市

區橋梁風險管理之概念，使檢測結果透過風險管理中之風險識別、分析、評估、處理等各個過程，對橋梁受災害時各構件之危害程度及發生機率進行合理之判斷，並進行最適切的降低分險處理，使政府單位編列橋梁維護補強預算時，可做最合理的使用。藉由滾動式修正本四年期計畫內容，將本計劃對市區橋梁部份之研究面向以圖 3.1 表示。

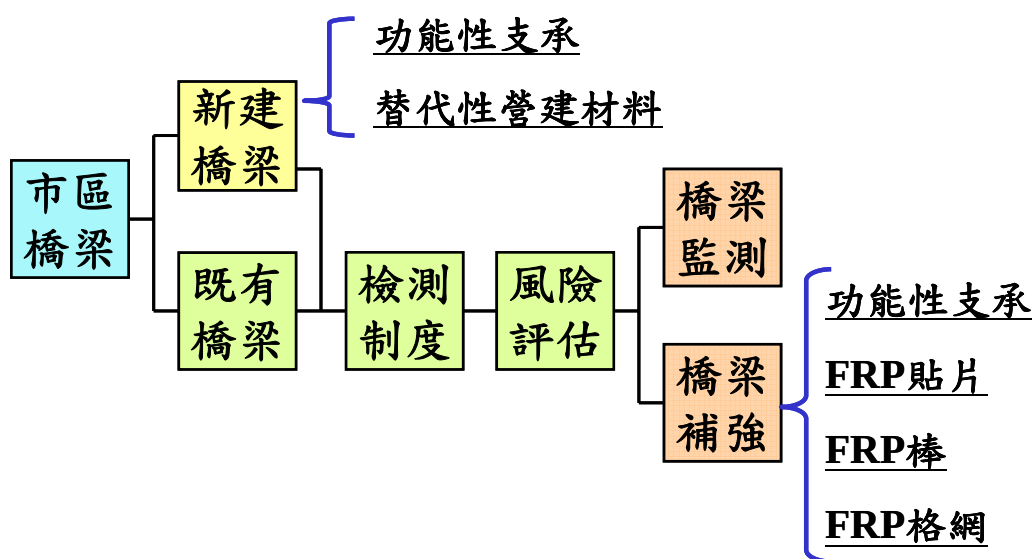


圖 3.1 四年期提昇既有市區橋梁品質技術研究面向

3.2 研究方法與文獻回顧

本章節介紹 98 年度「提昇既有市區橋梁品質研究」計畫之研究方法與文獻回顧。

3.2.1 研究方法與架構

本年度「提昇既有市區橋梁品質研究」課題中，有四項重點工作，分別為：(1)市區橋梁檢測制度之研擬、(2)市區橋梁風險評估之介紹、(3)市區橋梁監測技術之研擬與、(4)市區橋梁應用 FRP 材料補強標準作業流程與檢核機制之研擬。

市區橋梁檢測制度之研擬工作，研究團隊藉由國內外橋梁檢測制度現況，

並考量國內市區橋梁管理單位人力、經費等環境因素，研擬營建署所轄縣市政府橋梁檢測作業要點(草案)，並將藉由問卷調查、專家座談等方式進行修正，以期訂定之營建署所轄縣市政府橋梁檢測作業要點(草案)可實際推行於各縣市政府市區橋梁管理單位。市區橋梁風險評估之研究中，國內多只在規劃及施工中進行相關風險管理評估，對使用中橋梁則較少此部分研究，團隊針對風險管理應用於使用中橋梁擬進行介紹，並以案例說明。市區橋梁監測技術，係風險管理中風險控制的一種手段，本研究對國內常用之市區橋梁監測項目、儀器選擇、施作及監測結果應用進行探討，做為規劃設計橋梁監測時之參考依據；市區橋梁應用 FRP 材料補強標準作業流程與檢核機制之研擬係對 FRP 貼片、FRP 棒及 FRP 格網進行探討，藉由國內外設計及施工規範以及實際案例經驗，擬訂一套符合國內之補強標準作業流程與檢核機制。

3.2.2 文獻回顧

3.2.2.1 國外橋梁檢測現況

◎ 美國

美國聯邦標準規範(Code of Federal Regulations, CFR)公路篇(Highway)，列有國家橋梁調查標準(National Bridge Inspection Standards, NBIS)一節，該規範近幾年均曾陸續做修訂，一直為美國遵行之規範。該規範中對公路的興建、維護、檢查、管理等，均有詳細規定。

在第 650 篇(part 650)橋梁、結構與水利設施的第 C 小篇(Subpart C)，即為國家橋梁調查標準(National Bridge Inspection Standards)小節，內容包含橋梁調查程序、頻率、人員資格、調查報告、登錄等。CFR 自 1994 年起之歷次修訂中，國家橋梁調查標準(NBIS)部份均未受影響，一直維持相同的內容，顯示國家橋梁調查標準(NBIS)部份已成為穩定可行之作業標準(李有豐，2002)。

橋梁檢測人員之資格與認證，在美國(如 Kansas)為政府主管單位與民間單位合作，採用「Bridge Inspector's Training Manual 90」為教材之基礎，進行為

期兩週的訓練課程。課程乃依據 NBIS 手冊所設計，以滿足 NBIS 綜合訓練課程的要求。課程最後一天，舉辦參訓者綜合測驗。綜合測驗時，政府主管單位派員監督，以便授予橋梁檢查人員資格。參訓者在訓練完成通過測驗後，配合工作經驗的累積，即可獲得擔任橋梁檢測小組負責人的資格。

◎ 日本

茲分別依檢測類別，檢測對象，檢測流程，檢測頻率與方法，檢測人員編制等予以說明。

一、檢測類別

(1) 平常檢測：

為早期發現損傷，原則上在進行道路的日常巡迴檢查時，可一併實施之橋梁的目視檢測。

(2) 定期檢測：

為保持橋梁安全所進行之定期檢測工作，主要以目視及使用簡易檢測機械、器具來進行之檢測。

(3) 異常檢測：

地震、颱風、豪雨等災害發生或有發生之虞時，用以發現橋梁異常情況，主要係針對橋梁的安全性，所進行之檢測。

(4) 追蹤調查：

有必要掌握損傷之狀況時，以目視及簡易檢測機械、器具，所進行的持續性調查。

(5) 詳細調查：

為判斷需修復、補強時，主要使用檢測機械、器具所實施之調查。

二、檢測的對象

(1) 全部橋梁均為平常檢測之檢測對象。

(2) 定期檢測

原則上，長 15 公尺以上之全部橋梁為對象，其他橋梁則視需要列入

檢測對象。

(3) 異常檢測

地震、颱風、豪雨等異常狀況時，判斷有檢測必要之橋梁為檢測對象。

(4) 追蹤調查

根據平常、定期與異常檢測結果，判定具有追蹤調查之必要橋梁構材為檢測對象。

(5) 詳細調查

根據平常、定期與異常檢測結果，判定具有詳細調查必要橋梁構材為檢測對象。

三、檢測的流程

日本之檢測流程如圖 3.2 所示。

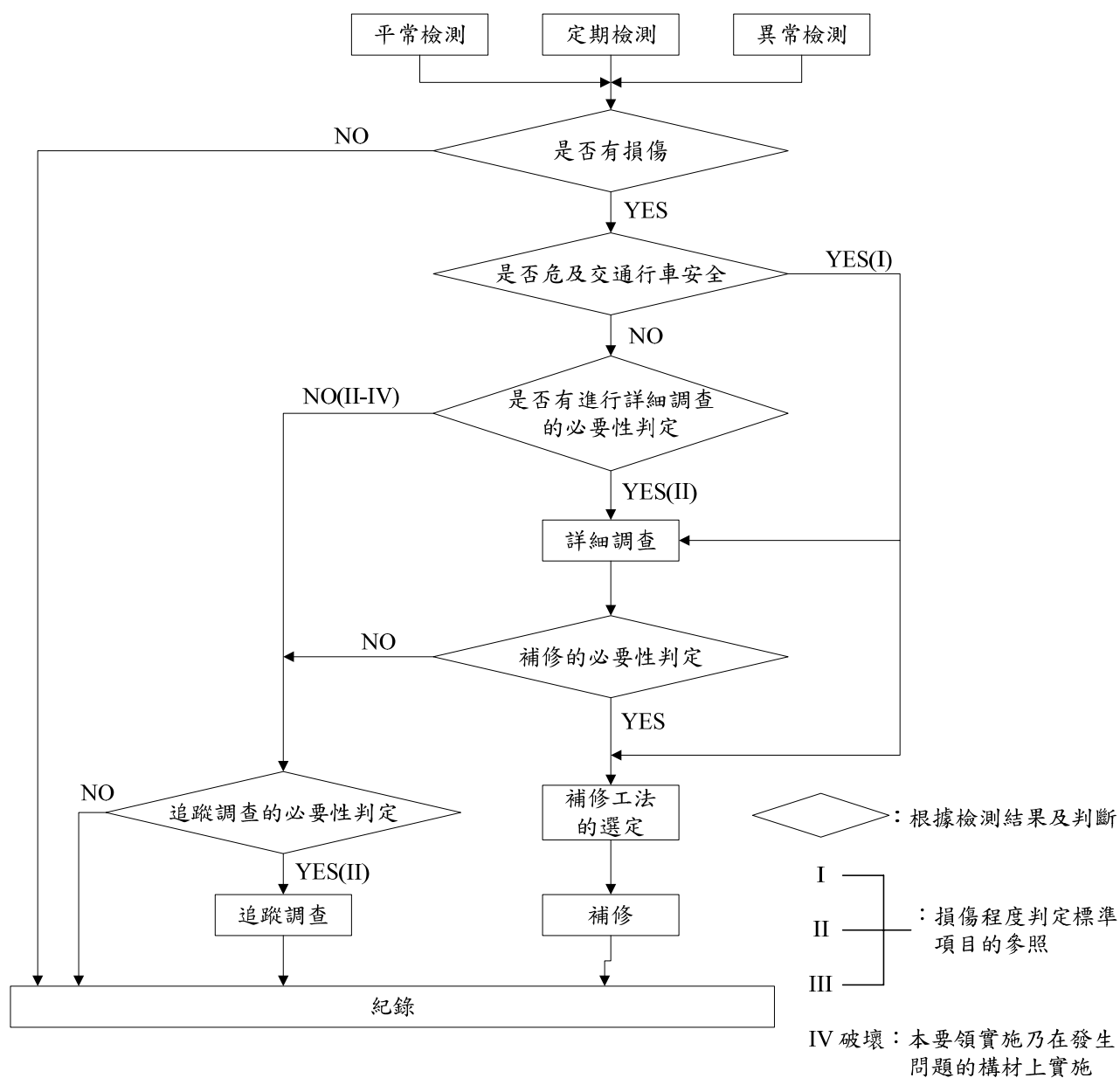


圖 3.2 日本橋梁檢測作業的流程

四、日本檢測頻率與方法，如下表 3.1。

表 3.1 日本檢測頻率與方法

		平常檢測		定期檢測		異常檢測
		橋面上	橋下	遙望	近距離	
檢測方法		必要時採 徒步行走	徒步為原 則	徒步為原 則，必要 時用儀器 檢測	原則上使 用檢測車 或工作架 ，必要時 以船隻等 進行	視目的而定
頻率		道路巡迴要領(案)		1 次/2 年	1 次/10 年	視必要而定
對 象 構 件	上部結構	○	○	○	○	視目的而定
	下部結構	—	○	○	○	
	支承	—	—	○	○	
	柵欄	○	—	○	○	
	保護工	○	—	○	○	
	緣石	○	—	○	○	
	中央分隔帶	○	—	○	○	
	鋪面	○	—	○	○	
	伸縮裝置	○	—	○	○	
	排水設施	○	○	○	○	
	防止落橋裝置	—	—	○	○	
	檢測設施	—	—	○	○	
	遮音設施	○	—	—	○	
	照明設施	○	—	—	○	
	標示	○	—	—	○	
	擋土牆	—	○	○	○	
	附屬物	—	—	—	○	

註：表中記錄：

○ 表示進行必要的檢測。

— 表示在檢測可能的場合來進行。

五、橋梁檢測人員之編制

每一座橋與每一台橋梁檢測車之檢測作業班人員，表 3.2 可供參考。

表 3.2 檢測作業班編成人員

	橋梁檢測車	其他的設施
檢測員	1 人 ^(註 1)	1 人 ^(註 2)
檢測補助員	2 人 ^(註 1)	2 人 ^(註 2)
檢測車司機	1 人	—
交通指揮員	^(註 3)	—

^(註 1) 橋梁檢測車：檢測必要之作業範圍與交通狀況等，需充分考量各橋梁及各檢測使用機種，來決定編成人員。

^(註 2) 其他的設施：若有檢查車、梯子、舟，塗裝時利用之工作架等場合，需考量現地條件與檢測方法(項目、器具等)決定編成人員。

^(註 3) 交通指揮員：交通指揮員，需根據道路工程保全設施設置基準(案)，橋梁之交通條件，來決定編成人員。

六、檢測員資格

橋梁定期檢測，根據業務委託進行場合，配置一名以上合乎下列規定之檢測員：

- (1) 大學畢業，具 5 年以上實務經驗者。
- (2) 二專或專科畢業，具 8 年以上實務經驗者。
- (3) 高中職學校畢業，具 11 年以上實務經驗者。
- (4) 不符前項資格，惟具同等以上之能力者。

3.2.2.2 國內橋梁檢測制度

「檢測制度」，旨在詳細規範橋梁管理單位，其內容包括下列三項：

- (1) 檢測單位之組織架構
- (2) 檢測方式(包括檢測種類、檢測時機、與檢測頻率等)
- (3) 檢測人員之職責。

檢測制度涉及各橋梁管理單位既有之組織規程及管理文化，故各橋梁管理單位之檢測制度多有不同。以下茲舉交通部所轄橋梁管理單位為例，簡述橋梁檢測制度，包括檢測之組織架構、檢測方式及檢測人員。

◎ 高速公路局橋梁檢測組織架構

依該局「橋梁檢測維護小組」設置要點，小組由總工程司擔任召集人，綜理及督導橋梁檢測評估作業。小組設督導分組及作業分組。分組之任務分工如下（國道高速公路局，2001）：

(1) 督導分組：

負責策劃並督導橋梁檢測、評估、建檔及維修作業之推動。由局本部之技術組及工務組組成。技術組負責專業技術，工務組負責策劃及行政。

(2) 作業分組：

執行轄區橋梁檢測、評估、建檔及維護作業。由區工程處及所屬工務段組成。

另「橋梁檢測維護小組」，每半年定期舉開工作檢討會報一次，由「督導分組」及「作業分組」全體成員參加，檢討會報由總工程司主持。

◎ 高速公路局橋梁檢測方式

國道 1 號於 1979 年全線完工通車時，該局即於當年 3 月訂頒「養護暫行要點」，供全局各區工程處及各工務段據以執行巡察、養護橋梁、路面及其他各項設施。

2001 年 5 月，該局為落實高速公路之橋梁檢測、評估、維修與補強工作，增訂「交通部台灣區國道高速公路局橋梁檢測作業要點」，詳細規範橋梁檢測項目、檢測類別、檢測頻率、檢測方式等，俾確實掌握橋梁現況，早期發現構件劣化及研析劣化原因，適時辦理維修與補強，以維持橋梁安全。

按該橋梁檢測作業要點，檢測項目、檢測種類、檢測頻率、及檢測人員職責，略陳如下：

1. 檢測項目(即檢測之橋梁構件)可分為：

(1) 影響橋梁結構安全(計 9 項)

橋墩保護設施、橋墩基礎、橋墩墩體、支承墊、止震塊及防震拉桿、伸縮縫、主構件(大梁)、副構件(橫隔梁)、橋面版或鉸接版。

(2) 影響交通安全(計 11 項)

引道路堤、引道護欄、河道、引道路堤之保護設施、橋台基礎、橋台、翼牆或擋土牆、摩擦層、排水設施、緣石及人行道、護欄。

2. 橋梁檢測種類及檢測頻率

該局辦理之橋梁檢測種類，計有：(1)經常檢測、(2)定期檢測、及(3)特別檢測。定期檢測因需對所有橋梁構件全面檢測，需大量人力，故多委外由專業檢測公司辦理。經常檢測及特別檢測，均由工務段工程司或橋梁檢測員辦理。各種檢測之檢測頻率、檢測方式、檢測重點及檢測項目簡述如下：

(1) 經常檢測又分為：日檢測、半年檢測。

日 檢 測：併工務段每日一般養護巡查辦理。由工務段養護巡查人員，以慢速行車目視為之。以橋面以上構件及引道為檢測重點。檢測項目計有：伸縮縫、引道路堤、引道護欄、摩擦層、護欄計 5 項。

半年檢測：每年 4 月(防汛期前)，11 月(防汛期後)辦理，共二次。

由橋梁檢測員以步行目視或以簡單之量測器具，逐座檢測轄區所有橋梁。以橋面以上構件、引道，及橋下之河道挖取砂石、墩基裸露、橋台為檢測重點。檢測項目，除如日檢測之伸縮縫、引道路堤、引道護欄、摩擦層、護欄 5 項外，並增加橋面版、主構件(含大梁有無遭撞損或火害)、橋墩保護設施(含防沖刷設施有無沖失、橋墩基礎是否裸露)、河道(含橋梁附近護岸有無沖毀、目視所及橋梁上、下游規定禁止採砂範圍內有無挖取砂石)、引道路堤之保護設施(含護坡有無沖毀淘空)、橋台基礎、橋台、翼牆或擋土牆、排水設施(含橋面進水口有無淤砂或雜物)等 9 項，合計 14 項。

(2) 定期檢測

檢測頻率視橋齡、交通特性、維護狀況及橋址環境等因素而定，由工務段負責評估。每座橋梁每二年至少應檢測一次，惟橋梁跨徑超過 150 公尺或特殊類型橋梁，如斜張橋、 π 型橋或鋼拱橋等，每年應檢測一次。橋梁之檢測間隔超過二年，應提出詳細計劃及資料，送經工程處「橋梁檢測維護小組」核准，惟最長檢測間隔不得超過四年。以接近橋梁構件，以目視或簡單之量測器具為原則，並依該局「公路橋梁一般目視檢測手冊」進行檢測。由工程處委請技術服務廠商辦理。定期檢測係對橋梁所有構件全面檢測，故檢測項目，包括(1)影響橋梁結構安全，計 9 項，及(2)影響交通安全，計 11 項，合計檢測項目 20 項。

(3) 特別檢測

颱風、豪雨、地震等天災，或火災、車撞等人為事故後為之。天災或人為事故後，由橋梁檢測人員(必要時應增加人員協助)以目視或簡單之量測器具進行檢測。橋梁檢測員應於天災或人為事故後，能安全到達現場作業二天內完成檢測及製作檢測報告。檢測項目視天災或人為事故造成橋梁構件劣化情形，或其他臨時需要檢測目的而定。檢測結果應填列於「交通部台灣區國道高速公路局橋梁臨時檢測評估表」。

◎ 高速公路橋梁檢測人員

1. 專人專責

工務段應指派專人至少一人為橋梁檢測專責人員，並得指派協辦人員若干員，專責辦理轄內橋梁之檢測相關事宜。

2. 橋梁檢測員任務

- (1) 辦理「經常檢測」之「半年檢測」，及「特別檢測」，並依現場檢測結果，記錄製作檢測報告。
- (2) 依「橋梁管理系統」優選排列結果，研擬工務段轄內橋梁定期檢測年度計畫、編列檢測預算及檢測時程，提報工程處核定辦理。
- (3) 督導、考核委外辦理之「定期檢測」工作。

(4) 督導、考核轄區橋梁維修、補強業務。

◎ 公路總局

公路總局為台灣地區管理橋梁數量最多、橋梁分佈最廣之橋梁管理機關。公路總局於局本部下設五個養護工程處，工程處下設工務段。橋梁檢查與維護作業上，均遵照局本部所制定的「公路橋梁安全檢查手冊」進行。工務段負責實際執行橋梁之檢查作業，檢查結果匯集至所屬工程處並提報總局。

近年來颱風、地震、濫採、超載等事件頻傳，故公路總局橋梁檢查方式由民國 86 年度起變更為：

- (1)定期檢查：不再區分損壞及現況檢查，所有橋梁每年一律作現況調查，並填妥橋梁安全檢查報告表，於每年 12 月 15 日前報局。
- (2)特殊檢查：凡颱風、洪水、地震等災害後，應主動檢查轄內受損橋梁，並填妥橋梁安全檢查報告表報局。

另民國 92 年度起將橋梁定期檢查完成日期，由每年十一月底前完成變更為每年四月三十日前完成，並於五月十五日前將檢查結果報局，此外因橋梁檢查項目中，河道、橋台、橋台基礎、橋墩保護措施、橋墩基礎及橋墩墩體等 6 項較易受颱洪影響，故於每年 11 月 15 日前需再辦理該 6 項之檢查，並於 12 月 1 日前將檢查結果報局。另在颱風、洪水或地震災後視受災情況辦理特殊檢查，汛期間所有橋梁檢測車待命。

3.3 市區橋梁檢測制度之研擬

國內橋梁受人為及天然災害(如地震、颱風及洪水)等外力破壞，加上橋梁管理單位人力不足，政府維修補強預算有限，使得國內橋梁劣化情況較國外橋梁嚴重。面對以上問題，必須先對現有橋梁進行完整之檢測，根據橋梁之受損現況進行安全性之評估，再據以擬定橋梁進一步之處理方案(如維修與補強等措施)。故完善之橋梁檢測制度為橋梁養護之重要課題。

3.3.1 橋梁檢測之重要性

橋梁檢測之重要性，在於確保橋梁使用安全之功能，及橋梁是否需進行養護維修補強之依據。定期且完整的檢測，可使橋梁在未受到嚴重的損傷時，即可進行最適當修復，有效延長橋梁使用年限，亦可降低橋梁發生重大災害的風險，保障人民生命財產安全。

國內道路運輸系統，可分為公路系統與非公路系統。公路系統包含國道、省、縣道及鄉道，並於公路修建養護管理規則(92.10.24)第 10 條：橋梁檢測之制度、方法、頻率及檢測人員之資格與培訓、簽證制度要點，由中央公路主管機關統一訂定。顯見公路系統橋梁已有橋梁檢測制度之規定。惟市區道路橋梁係屬非公路系統，依市區道路條例(93.01.07)第 32 條：直轄市或縣(市)政府所轄市區道路分工權責、設施維護、使用管制、障礙清理等管理事項之規定，由直轄市或縣(市)政府分別定之，並報內政部備查。故市區橋梁之檢測制度尚待訂定，以期市區橋梁管理單位有所依據進行橋梁檢測作業。

3.3.2 橋梁檢測概述

橋梁檢測，除可適時檢測發現橋梁現況是否降低結構或服務功能外，並可獲得下列效益：

- (1) 提供橋梁狀況資訊。橋梁狀況若有危及公共安全時，可即時採取限速限重通行甚或封閉交通等管制措施。

- (2) 提供劣化狀況資訊，如劣化原因與劣化對橋梁構件之影響程度。
- (3) 使橋梁具有完整之時序狀況記錄。橋梁歷史紀錄可供研析橋梁結構之變化。
- (4) 適時之檢測橋梁結構劣化，可使橋梁維護計畫更具效率，並降低維修成本。
- (5) 及時維修，消除危害橋梁狀況，提高公共安全保障。
- (6) 有助於擬定更新橋梁結構計畫。

橋梁檢測作業，依檢測詳細度、檢測時機、檢測方法之不同，而有各種不同分類，如下所述。

◎ 依檢測詳細度

- (1) 一般檢測：僅以目測或以簡單之量測器具為之。
- (2) 詳細檢測：一般檢測結果，無法充分評估橋梁構件之劣化，必須進行更詳細之檢測，需特殊儀器及專業人員。

◎ 依檢測時機

- (1) 經常巡查：平時實施之橋梁異狀、損傷檢測。以對用路人造成影響，需緊急維修之異狀、損傷為檢測重點。
- (2) 定期檢測：定時對橋梁所有構件實施之全面檢測，及確認經常檢測記錄之橋梁異狀、損傷。
- (3) 特別檢測：發生天災(如颱風、豪雨、地震造成之水災及震災)或人禍(如火災或人為破壞)後，可能損傷橋梁結構所做之不定期檢測。

◎ 依檢測方法

- (1) 非破壞性檢測：檢測時，不造成橋梁結構體損壞之檢測方法。一般以目測或藉由聲、光、電、磁等媒介進行間接之檢測。
- (2) 破壞性檢測：對橋體結構進行局部之破壞，以獲取必要之檢測資料，如鑽心取樣等。

3.3.3 營建署所轄縣市政府橋梁檢測作業要點(草案)

完善之市區橋梁檢測制度可對現有橋梁(含市區人行陸橋)進行完整之檢測，並根據橋梁之受損現況進行安全性之評估，據以擬訂橋梁進一步之處理方案(如維修與補強等)，故為橋梁養護之重要課題。

「檢測制度」，旨在詳細規範橋梁管理單位：(1)檢測單位之組織架構、(2)檢測方式(包括檢測種類、檢測時機、與檢測頻率等)、及(3)檢測人員之資格與職責。檢測制度涉及各橋梁管理單位既有之組織規程、管理文化、人力及經費問題，故各橋梁管理單位之檢測制度多有不同。國內目前並無針對市區橋梁訂定橋梁檢測制度，故參考國內外之橋梁檢測制度，並針對營建署所轄之縣市政府橋梁，擬定合適之檢測制度草案，內容如下：

營建署所轄縣市政府橋梁檢測作業要點(草案)

一、前言

為落實橋梁檢測、評估、維修與補強工作，茲訂定本要點，俾確實掌握橋梁現況，早期發現構件劣化及研析劣化原因，適時辦理維修與補強，以維持橋梁安全。

二、橋梁檢測之項目

橋梁檢測之項目如下：

橋墩保護設施、橋墩基礎、橋墩墩體、支承墊、止震塊及防震拉桿、伸縮縫、主構件(大梁)、副構件(橫隔梁)、橋面版或鉸接版、引道路堤、引道護欄、河道、引道路堤之保護設施、橋台基礎、橋台、翼牆或擋土牆、摩擦層、排水設施、緣石及人行道、護欄等。

三、橋梁檢測類別

橋梁檢測可分為經常、定期檢測及特別檢測三種。

四、經常巡查

係平時實施之橋梁異狀、損傷檢測。

(一) 巡查重點

對用路人造成影響，需緊急維修之橋梁異狀與損傷。

(二) 巡查頻率

分為「週巡查」及「半年巡查」二種。

(三) 巡查方式

1. 週巡查

快速道路橋梁每週巡查至少兩次，其他道路橋梁每週巡查至少一次。

併道路養護巡查辦理。

由道路養護巡查人員，以慢速行車目視為之。

2. 半年巡查

過河橋梁基礎有沖刷裸露之虞者，由橋梁工程司於每年四月(防汛期前)及十一月(防汛期後)，以步行目視或以簡單之量測器具進行巡查。人力不足時，得委請技術服務廠商辦理。

巡查當月，該橋適辦理「定期檢測」時，則該期「半年巡查」免辦，以該「定期檢測」替代。

(四) 檢測項目

1. 週巡查

伸縮縫、引道路堤、引道護欄、摩擦層、護欄。

2. 半年巡查

除上述伸縮縫、引道路堤、引道護欄、摩擦層、護欄外，應包括橋面版(每年至少一次)、主構件(大梁有無遭撞損或火害)、橋墩保護設施(防沖刷設施有無沖失、橋墩基礎是否裸露)、河道(橋梁附近護岸有無沖毀、橋梁上、下游規定禁止範圍內有無挖取砂石)、引道路堤之保護設施(護坡有無沖毀淘空)、橋台基礎、橋台、翼牆或擋土牆、排水設施(橋面進水口有無淤砂或雜物)。

(五) 巡查報告

1. 週巡查

巡查結果發現橋梁構件劣化時，填列於養護巡查報告表。

2. 半年巡查

巡查結果，輸入於「台灣地區橋梁管理系統」。

五、定期檢測

係定期對橋梁所有構件實施之全面檢測，及確認經常檢測記錄之橋梁異狀、損傷。

(一) 檢測重點

在掌握橋梁結構安全，早期發現構件劣化並評估劣化造成橋梁功能損傷及其原因。

(二) 檢測頻率

檢測頻率視橋齡、交通特性、維護狀況及橋址環境等因素而定，由橋梁管理單位負責評估。

每座橋梁每二年至少應檢測一次，惟橋梁跨距超過一百五十公尺或特殊類型橋梁，如斜張橋、 π 型橋或鋼拱橋等，每年應檢測一次。

橋梁管理單位如計畫某些橋梁之檢測間隔超過二年，則應提出詳細計劃及資料奉府核准，惟最長檢測間隔不得超過四年。

(三) 檢測方式

以接近橋梁構件，以目視或簡單之量測器具為原則，並依交通部頒布之「公路養護手冊」進行檢測。人力不足時，得委請技術服務廠商辦理。

(四) 檢測項目

橋墩保護設施、橋墩基礎、橋墩墩體、支承墊、止震塊及防震拉桿、伸縮縫、主構件(大梁)、副構件(橫隔梁)、橋面版或絞接版、引道路堤、引道護欄、河道、引道路堤之保護設施、橋台基礎、橋台、翼

牆或擋土牆、摩擦層、排水設施、緣石及人行道、護欄。

(五) 檢測報告

檢測結果應輸入於「台灣地區橋梁管理系統」。

六、特別檢測

於颱風、豪雨、地震等災害後，或火災、車撞等人為破壞後，可能損傷橋梁結構安全或行車安全，或其他臨時需要所做之不定期檢測。

(一) 檢測重點

針對災後或事故後或其他目的，探討是否造成橋梁功能損傷，是否需維修、補強及決定維修、補強方法。

(二) 檢測時機

颱風、豪雨、地震等天災，或火災、車撞等人為事故後為之。

(三) 檢測方式

天災或人為事故後，由橋梁工程司(必要時應增加人員協助)以目視或簡單之量測器具進行檢測。

橋梁工程司應於天災或人為事故後，能安全到達現場作業二天內完成檢測及製作檢測報告。

(四) 檢測項目

視天災或人為事故造成橋梁構件劣化情形，或其他臨時需要檢測目的而定。

(五) 檢測報告

檢測結果應填列特別檢測評估表。特別檢測評估表如附表 3.3「縣/市政府橋梁特別檢測評估表」。

七、橋梁檢測結果發現構件劣化，惟無法判斷劣化損壞原因，或無法確定是否危及橋梁安全時，應即報相關單位協助辦理，或專案委請技術服務廠商辦理詳細檢測，研判劣化原因及評估對橋梁安全功能之影響。若影響橋梁安全功能時，並應研提維修或補強方案，供適時辦理維修補強。

八、橋梁工程司

橋梁管理單位應指派至少一人為橋梁工程司，並得指派協辦人員若干員，負責辦理轄內橋梁之檢測相關事宜。

九、橋梁工程司任務

橋梁工程司任務如下：

- (一)辦理「經常巡查」之「半年檢測」，及「特別檢測」，並依現場檢測結果，記錄製作檢測報告。
- (二)依「台灣地區橋梁管理系統」優選排列結果，研擬轄內橋梁定期檢測年度計畫、編列檢測預算及檢測時程。
- (三)督導、考核委外辦理之「定期檢測」工作。
- (四)督導、考核轄區橋梁維修、補強業務。

十、橋梁檢測人員之安全預防措施

- (一)檢測時，至少應有二人以上，以便互相照應。
- (二)檢測時，應穿著適當服裝、工作鞋、安全帽、手套、反光背心及攜帶通訊設備。
- (三)進入如箱型梁內部之密閉空間，應視需要預備通風及照明設備，進入前應先確認箱型梁內部無有害氣體，以免發生危險。
- (五)水上作業時，應備救生安全設備。
- (六)高空作業時，應繫安全帶(索)等安全設備。

十一、橋梁檢測維修作業

橋梁檢測結果，構件劣化有危及用路人或橋梁結構安全時，應即辦理維修。並視情況施以緊急搶修或必要時設置監控措施或其他適當處置。

橋梁檢測結果，構件劣化無立即危及用路人或橋梁結構安全時，參考「台灣地區橋梁管理系統」優選排列順序，編列年度預算，適時辦理維修。

表 3.3 縣/市政府橋梁特別檢測評估表

縣/市政府橋梁特別檢測評估表

橋名：_____

跨度位置：_____

評估日期：_____年_____月_____日

項目	損壞狀況	評估等級/損壞程度			備註
		安全	須補強	危險	
整體穩定性	☐ 結構傾斜 ☐ 沉陷 ☐ 土壤液化	☐ I	☐ II	☐ III	
上部結構(RC、PC)	☐ 大梁破壞 ☐ 橋面版下陷 ☐ 大梁位移有落橋	☐ I	☐ II	☐ III	
上部結構(鋼構)	☐ 主構件受損 ☐ 副構件受損 ☐ 橋面版下陷 ☐ 大梁位移	☐ I	☐ II	☐ III	
橋墩(RC、PC)	☐ 傾斜沉陷 ☐ 墩柱破壞 ☐ 帽梁破壞	☐ I	☐ II	☐ III	
橋墩(鋼構)	☐ 傾斜沉陷 ☐ 鋼板凹陷鼓脹 ☐ 鋼柱破壞 ☐ 帽梁破壞	☐ I	☐ II	☐ III	
橋台	☐ 翼牆損壞 ☐ 橋台護坡坍塌 ☐ 橋台傾斜位移	☐ I	☐ II	☐ III	
基礎	☐ 基礎傾斜 ☐ 基礎沈陷 ☐ 基礎殘餘水平變位	☐ I	☐ II	☐ III	
引道擋土牆	☐ 擋土牆牆身損壞 ☐ 擋土牆傾斜	☐ I	☐ II	☐ III	
橋台(引道)	☐ 傾斜位移 ☐ 結構受損 ☐ 引道下陷	☐ I	☐ II	☐ III	
支承	☐ 裝置受損 ☐ 傾斜滑動 ☐ RC座破損 ☐ 防落裝置受損	☐ I	☐ II	☐ III	
伸縮縫	☐ 縱向開離 ☐ 左右錯離 ☐ 上下落差 ☐ 擠壓破壞	☐ I	☐ II	☐ III	
附屬設施	☐ 設施受損倒塌 ☐ 管線受損 ☐ 欄杆受損 ☐ 胸牆受損 ☐ 其他	☐ I	☐ II	☐ III	

評估過程附記事項：_____

評估結果：☐安全可通車 ☐緊急補強後可通行 ☐危險禁止通行

已採行措施：

審核：

檢測人員：

3.4 市區橋梁風險評估之介紹

目前國內橋梁維護管理手段均屬事後補救，此乃採危機處理之方式；而事先的預防措施方屬風險管理。本研究旨在如何將風險評估應用於橋梁使用階段所遇到之自然災害進行介紹，提供橋梁管理單位作為降低橋梁災害之管理方式之另一選擇。

廣義的風險定義，為現實狀況與預設狀況之間的差異。在此定義下，舉凡生活上各項事務均存在風險概念。故橋梁生命週期內承受各種不同的潛在風險威脅。

在橋梁規劃階段，橋梁的結構形式、橋址的選定、橋高及橋梁跨距等，均為後續使用、維修及地方發展帶來極大的不確定性。本階段風險係最具不確定性，造成之損失亦最多的，且多由整個社會承擔這些損失。

橋梁設計階段，風險存在於設計理論、計算與分析模型之能力、工程師素質及責任感等。尤其新型式橋梁、長跨距與結構創新之橋梁，設計風險越明顯。最廣為人知之案例為美國華盛頓州於 1940 年之 Tacoma Narrow bridge 巨型吊橋，其風險於當時橋梁設計理論及技術上皆缺乏對氣體動力理論影響橋梁振動頻率之基礎知識，最終造成之事故恐須由橋梁業主與設計單位承擔。

橋梁施工階段，風險存在於施工技術、意外事故、自然災害與人為災害等。該階段風險為國內最熟悉的風險事態，風險損失主要由施工單位、業主等承擔，該階段多數風險皆能透過嚴格管理、周詳施工計畫及系統性風險管理方案獲致有效降低，為橋梁風險評估與風險管理最常應用之領域。

橋梁使用階段，風險存在於意外事故、自然災害與人為破壞等。此外在橋梁規劃、設計及施工階段所有潛在風險，最終亦將於此階段發生並造成損失，風險損失多由橋梁管理單位與社會共同負擔。因此如何透過有效的風險評估和風險管理，降低橋梁使用階段之各項風險，將是縣市政府有效提升橋梁使用壽命最需注重之階段。

橋梁拆除階段，顯性風險在於拆除時可能造成之風險事態，惟隱性風險

則來自環境影響、交通影響等社會損失。本階段風險若能於規劃與設計階段就一併考量，即可使本階段風險降至最低。

由以上所述，國內於工程風險管理應用上，普遍僅於設計及施工階段進行，於橋梁使用階段風險管理應用則較少見，故本年度計畫提出針對橋梁使用階段，因自然災害(地震、洪水、土石流)造成之風險進行評估方式的建議。

3.4.1 風險評估基本流程

風險管理基本流程包含風險交流、風險定義、風險識別、風險估計、風險評價及風險控制六項，其中前五項皆為風險評估作業流程，各項流程說明如下：

一、風險交流

風險交流係在各流程中皆須進行之作業，其基本工作目的係透過研究者與相關人員(包含專家、學者或其他領域專家)進行深入及廣泛之交流，以確定他項基本流程中待定義之事項，簡言之就是透過腦力激盪及專家經驗，使整個風險管理更為完善，並降低因未考慮周詳導致之風險。

二、風險定義

風險定義係藉由風險交流，明確定義風險評估之對象及風險評估之目的、範圍，並確認風險量測形式與收集相關資料供後續工作使用。風險定義係風險評估工作的開始，並影響後續工作目標之重要步驟。

三、風險辨識

風險辨識係根據確定之研究對象與研究目標，研究和發現潛在的風險事態及明確的分析重點。若對於較簡單的研究對象及目標，風險識別較為簡單，例如針對土石流對橋梁之風險評估，其風險源即為土石流的發生與橋梁結構的互關係。

四、風險估計

風險估計為風險評估之主要工作，包含風險機率估計、風險損失估計等。風險機率估計係對於風險事態出現機率的估計，對於橋梁工程領域，可視為各項自然災害及人為災害等之發生機率；風險損失估計則為估計各種風險事件對

管理者造成之損失，可分為直接費用與間接費用，直接費用包括人員傷亡、機具損失及結構損傷之維修費等，間接費用則包含交通之延宕、社會經濟交流之損失、管理單位之名譽等難以估計之費用。

五、風險評價

風險評價係基於風險估計結果，考慮風險承擔者對於風險的態度和承受能力對風險程度形成具體的評價結果，同時給予合理之風險對策，供決策者做出正確的決定。常用之評價方式係採風險圖像分析，如圖如 3.3 所示，圖中假定發生機率為 1~4 分，其中 1 分為幾乎不可能發生、2 分為可能發生、3 分為常常發生、4 分為確定會發生，嚴重度分為 1~5 分，其中 1 分為極輕微、2 分為輕微、3 分為中等、4 分為嚴重、5 分為極嚴重。之後定義風險判斷基準將總分分為四等級並定義處理之急迫性，其中 E(12~20 分)為極度危險的風險(extreme risk)，需立即採取行動；H(6~11 分)為高度風險(high risk)，管理階層需督導所屬研擬計畫並提供資源；M(3~10 分)為中度風險(moderate risk)，必須明定管理階層的責任範圍；L(1~2 分)為低度風險(low risk)，以一般步驟處理。

發生 機 率	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5

嚴重度 1~5 分

圖 3.3 風險圖像分析

六、風險控制

風險控制係根據風險評價結果，對風險事態進行事前處理及過程中的控制，包括風險決策與風險監控兩部分。風險決策為因應風險評價結果，從各種風險對策中選定最合適的對策處理風險，一般因應風險之策略有下列四種：

規避：即改變執行計畫以消除風險，例如：縮小範疇避免高風險作業。

移轉：尋求第三者(如保險公司)共同承擔。

減輕：降低負面事件的發生機率或/及其衝擊程度。

承擔：發展應變計畫。

風險監控則係對潛在風險事態進行檢、監測，並適時啟動相關風險控制措施。

整理以上流程如圖 3.4 所示。

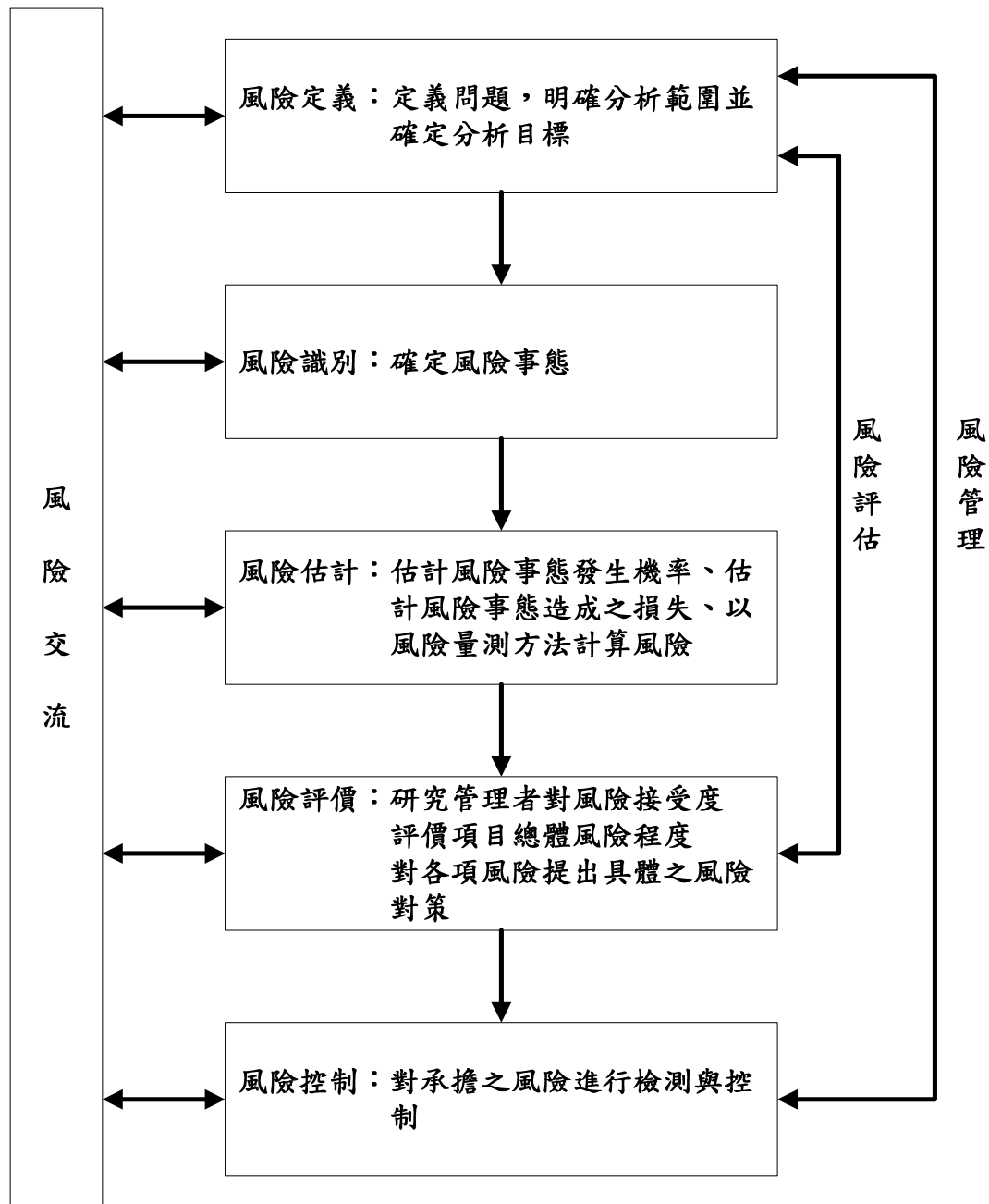


圖 3.4 風險管理流程圖

3.4.2 市區橋梁風險評估方法之擬定

市區橋梁在使用階段最常遇到之自然災害，主要為地震災害、洪水災害及土石流災害(風險定義)。本研究將橋梁受自然災害之風險評估方式分為橋梁結構設計使用之自身風險及外在環境產生的風險。為減少縣市政府橋梁管理單位

之負擔，建議可利用目前已使用之各種公路橋梁安全初步評估表做為橋梁結構設計使用上之自身風險評估依據，可省略風險辨識、風險估計之部分工作，其中檢測項目即可做為風險因子，評估內容可視為嚴重度，外在環境產生的風險則可利用各種氣象資料、事故發生統計資料等做為風險發生機率的假設依據。

惟風險發生機率須由各管理單位及專家經由經驗判斷去定義，將嚴重度與風險發生機率相乘後即可得到風險圖像。得到風險評估結果後，藉由可行之風險對策降低風險嚴重度，並降低該風險因子落於風險圖像分析之分部位置，即可有效於災害未發生時降低風險。

以下對因自然災害(地震、洪水、土石流)造成之風險進行建議之評估方式。

3.4.2.1 市區橋梁受地震災害風險評估方式

地震中橋梁破壞情況大致可分為：「落橋破壞」、「強度及韌性用盡之破壞」、以及「不穩定破壞」三類，並依據各類公路橋梁安全初步評估表各項說明如下(交通部科技顧問室，1998)：

◎ 落橋破壞

強烈地震後橋梁之破壞，以落橋現象最為常見，其評估主要項目(如表 3.4)及說明如下：

1. 設計年度：以了解設計地震力之差異。
2. 地盤種類：地盤越軟弱，橋梁在地震中引起落橋可能性會增加。
3. 液化潛能：地震時如產生液化，基礎會產生平移或傾斜，致使橋墩頂部有極大的水平位移，易於造成落橋。
4. 同一振動單位土層變化：如同一振動單位土層變化很大，則各橋墩輸入之地表位移振幅與加在墩底的土壤彈簧皆會不同，造成相鄰兩橋墩頂部的相對位移增加，將增加落橋的可能性。
5. 基礎裸露深度與容許沖刷深度比值 R_H ：基礎裸露深度若很長，地震時橋墩之基礎會因承载力不足產生平移或傾斜，致橋墩頂部有較大的水平位移，易於造成落橋。此外，橋墩增長，勁度變小，也會使墩頂的位移增加。容

許沖刷深度 H_{SA} ，如原設計有規定，按原設計值。如無規定，樁基礎取樁帽加樁長的 $1/5$ ，沈箱基礎取沈箱長度的 $1/5$ 。 R_h 值沒有小於或等於 1.0 的限制，其值可超過 1.0 。

6. 有無內連接：橋梁如有支承不在帽梁上，而是將梁懸挑後，再讓另一懸臂梁來承放。此種情形之支承長度通常不會很長，易造成落橋。
7. 防落長度 N_e ：足夠的防落長度，是防止落橋最有效的辦法。公式中 N_e 為橋梁有效支承長度，應考慮溫度膨脹，收縮效應後之最短距離。帽梁外緣混凝土保護層部份及上部主梁端部外緣混凝土保護層部份之長度不可計算在內。 N 為依八十四年元月交通部頒布規範計算所得之所需防落長度。
8. 防落裝置：如止震塊、防震拉桿等，為防止落橋之第二道防域。但如其功能不良，則防止落橋的作用也會受到影響。
9. 縱坡坡度 S (%)：主梁縱坡坡度太陡時，當鉸支承破壞後，主梁會往低的方向滑動，易於造成落橋。縱坡坡度是以斜坡的垂直邊與水平邊的商乘以 100 而得；若大於 6% 以 6% 計。
10. 橋址震區：規範中計算防落長度 N 時，並未計及震區的因素。橋梁若位於地震-甲區，產生的地震自然比地震乙區所產生者為大，因此造成的位移較大，也較易造成落橋。用本項目的式子計算時，地震-甲區所獲的權數為 1.0 ，地震乙區所獲的權數為 0.33 。
11. 具伸縮縫橋墩或橋台之歪斜角度 θ° ： θ 是橋墩垂直方向與主梁間的夾角。正常情況下為零度，如夾角過大，表示橋梁很不對稱，地震時會引發橋梁的扭轉振動，故需增長梁端防落長度。
12. 橋台及橋墩之基礎型式：具深基礎之橋梁，因承载力有問題而引起的基礎位移，傾斜機會較少，因此柱頂位移不會很大，較不會產生落橋。
13. 其他影響落橋之異常現象：評估者可據現象給予適當之分數。

表 3.4 公路橋梁安全初步評估表(耐震能力)-落橋評估

橋梁名稱：

橋梁編號：

振動單位：

項 目	配分	評 估 內 容	權數	危險度評分
設計年度	2	☐ 民國 49 年以前(1.0) ☐ 民國 49-76 年(0.5) ☐ 民國 76 年以後(0.2)		
地盤種類	3	☐ 台北盆地(1.0) ☐ 第三類(0.9) ☐ 第二類(0.6) ☐ 第一類(0.4)		
液化潛能	8	☐ 高(1.0) ☐ 中(0.5) ☐ 低(0.25) ☐ 無(0)		
同一振動單位土層變化	3	☐ 大(1.0) ☐ 中(0.5) ☐ 小(0)		
基礎裸露深度與容許沖刷深度比值 R_H	8	$R_H = \frac{H_S}{H_{SA}}$; H_S : 裸露深度, H_{SA} : 容許深度或 $H_{SA} = \frac{1}{5} H_P$; H_P : 基樁(沉箱)長度		
有無內連接	6	☐ 有(1.0) ☐ 無(0)		
防落長度 N_e	25	$\frac{N - N_e}{N/2} \leq 1.0$; $N - N_e \geq 0$; 其中 N : 規範規定防落長度 ; N_e : 實際防落長度		
防落裝置	15	☐ 無(1.0) ☐ 功能不良(0.5) ☐ 功能尚可(0.25) ☐ 功能良好(0)		
縱向坡度 $S(\%)$	5	$\frac{S}{6} \leq 1.0$		
橋址震區	5	$\frac{Z - 0.18}{0.15} \leq 1.0$; 其中 Z : 震區加速度係數		
具伸縮縫橋墩或橋台之歪斜角度 θ°	8	$S_K = \frac{\theta^\circ}{45^\circ} \leq 1.0$		
橋台及橋墩之基礎型式	4	☐ 具淺基礎(1.0) ☐ 具深基礎(0)		
其他影響落橋之異常現象	8	橋柱垂直度、支承狀況、支承座至支承混凝土面之異常狀況等		
分數總計	100			
評 估 者			評 估 日 期	

◎ 強度、韌性評估

橋梁耐震能力與其結構之強度和韌性有極密切之關係，對強度與韌性之評估主要項目(如表 3.5)及說明如下，並初步建議可行之風險對策：

1. 設計年度：同落橋評估。
2. 地盤種類：一般而言，地盤越軟弱，以往之設計地震力有低估的可能，較易造成強度或韌性之破壞。
3. 液化潛能：液化發生後，橋梁因地震的內力分佈可能異於原設計，故構件降伏位置可能改變，影響強度或韌性破壞發生過程。
4. 同一振動單位土層變化：如同一振動單位土層變位大，則加在柱底的基礎土壤互制彈簧有很大的差異，使地震時的內力分配異於原設計而影響強度、韌性發展的過程，並降低耐震能力。
5. 基礎裸露深度與容許沖刷深度比值 R_H ：如基礎有裸露，則地震時內力的分佈可能異於原分析者，會影響強度、韌性發展的過程，致使其耐震能力降低。
6. 橋墩高寬比 R ：當橋墩高寬比大於 4.0，大致不會產生剪力破壞，因此韌性較佳。當高寬比小於 2.0，則可能會產生剪力破壞，不具韌性。若介於兩者間，則採內插計算得分。
7. 橋墩箍筋細部：橋柱產生彎矩破壞時，欲使橋梁具有優良的韌性，則極限塑鉸轉角要夠大，此時須有足夠的圍束箍筋。此處所稱耐震規定是指圍束箍筋量達到八十四年度規範標準。
8. 振動單位中橋墩最高與最低之比值：同一振動單位中，若橋墩高低差異大，其內力分佈以動力分析較好。以往大都採靜力分析，可能低估短柱（勁度較大）承受的地震力，易先行破壞。
9. 柱主筋斷點單位長度之箍筋量 A_{sh} ：柱底的箍筋通常較斷點處為多，但事實上，柱的地震剪力幾乎整根柱都一樣。因此，斷點的塑鉸可能比柱底還早發生，致使柱的韌性無從發揮。
10. 橋墩高度 H (m)：橋梁高度越高，柱頂水平位移越大， $P-\Delta$ 效應益形顯著，致使柱底彎矩增加，提早其降伏的時機。而降伏後由於 $P-\Delta$ 效應，亦將降低韌性對耐震的效用。

- 11.橋墩及基礎裂損程度：橋墩及基礎如已裂損，表示其強度已經折減，而鋼筋也可能銹蝕，直接影響橋柱的強度及韌性。
- 12.靜不定度：單柱式橋墩只在柱底產生塑鉸，惟多柱式構架不但靜不定度高，且柱頂也會產生塑鉸，韌性自然較佳。
- 13.歪斜角度 θ° ：歪斜角度大的橋梁，具有高度的不規則性，其地震內力的分配以往設計多採用靜力分析，因此塑鉸發生位置及韌性發展過程，較無法達到理想情況。
- 14.橋台及橋墩之基礎型式：具深基礎的橋梁，基礎較不易發生承载力不足的情況，橋柱的強度與韌性較易充分發揮。
- 15.其他會影響強度、韌性之異常現象：若有其他異常現象，如柱與群樁的相關位置異常，評估者可自行研判給予適當的分數。

表 3.5 公路橋梁安全初步評估表(耐震能力)-強度韌性評估

橋梁名稱：

橋梁編號：

振動單位：

項 目	配分	評 估 內 容	權數	危險度評分
設計年度	4	☐ 民國 49 年以前(1.0) ☐ 民國 49-76 年(0.5) ☐ 民國 76 年以後(0.2)		
地盤種類	8	☐ 台北盆地(1.0) ☐ 第三類(0.9) ☐ 第二類(0.6) ☐ 第一類(0.4)		
液化潛能	4	☐ 高(1.0) ☐ 中(0.5) ☐ 低(0.25) ☐ 無(0)		
同一振動單位土層變化	4	☐ 大(1.0) ☐ 中(0.5) ☐ 小(0)		
基礎裸露深度與容許沖刷深度比值 R_H	8	$R_H = \frac{H_S}{H_{SA}}$; H_S : 裸露深度, H_{SA} : 容許深度 或 $H_{SA} = \frac{1}{5} H_P$; H_P : 基樁(沉箱)長度		
橋墩高寬比 R	10	$\frac{4-R}{2} \leq 1.0$; $4-R \geq 1.0$		
橋墩箍筋細部	10	☐ 不符合耐震規定(1.0) ☐ 部分符合耐震規定(0.5) ☐ 符合規定(0)		
振動單位中橋墩最高與最低之比值	6	☐ 大於 1.5(1.0) ☐ 1.5 - 1.1(0.5) ☐ 小於 1.1(0)		
柱主筋斷點單位長度之箍筋量 A_{sh}	6	$1.0 \geq \frac{A_{shb} - A_{sh}}{0.75A_{sh}} \geq 0$; 負者取 0 , 大於 1 者取 1 ; 其中 A_{shb} : 柱底單位長度配置箍筋量		
橋墩高度 $H(m)$	4	$\frac{H}{15} \leq 1.0$		
橋墩及基礎裂損程度	12	☐ 嚴重裂損(1.0) ☐ 裂損(0.5) ☐ 微裂損(0.25) ☐ 無裂損(0)		
靜不定度	6	☐ 兩向均單柱式(1.0) ☐ 一向具多柱式(0.5) ☐ 兩向均多柱式(0)		
歪斜角度 θ°	6	$S_K = \frac{\theta^\circ}{45^\circ} \leq 1.0$		
橋台及橋墩之基礎型式	4	☐ 具淺基礎(1.0) ☐ 具深基礎(0)		
其他影響強度韌性之異常現象	8	橋柱不直、跨度差異大、曲線橋、橋墩型式不同		
分數總計	100			
評 估 者			評 估 日 期	

◎ 穩定性評估

橋梁之穩定與否，視其結構系統之穩定性而定，穩定性主要評估項目(如表 3.6)及說明如下，並初步建議可行之風險對策：

1. 液化潛能：地震時產生液化，可能導致基礎產生位移及傾斜，並使上、下部結構產生穩定性問題。
2. 基礎裸露深度與容許沖刷深度比值 R_H ：如基礎有裸露，則地震時可能產生承载力不足，使基礎平移或旋轉而造成穩定性問題。
3. 橋台及橋墩之基礎型式：具深基礎之橋梁，若液化或沖刷不是很嚴重，尚不致造成承载力不足而產生穩定性問題。
4. 其他會影響穩定性之異常現象：若有其他異常現象，評估者可自行研判給予適當之分數，若沒有任何異常現象，得分可為零。

表 3.6 公路橋梁安全初步評估表(耐震能力)-穩定性評估

橋梁名稱：

橋梁編號：

振動單位：

項 目	配分	評 估 內 容	權數	危 險 度 評 分
液化潛能	30	☐ 高(1.0) ☐ 中(0.5) ☐ 低(0.25) ☐ 無(0)		
基礎裸露深度與容許沖刷深度比值 R_H	30	$R_H = \frac{H_S}{H_{SA}}$; H_S : 裸露深度, H_{SA} : 容許深度或 $H_{SA} = \frac{1}{5} H_P$; H_P : 基樁(沉箱)長度		
橋台及橋墩之基礎型式	30	☐ 具淺基礎(1.0) ☐ 具深基礎(0)		
其他影響穩定性之異常現象	10	橋柱垂直度異常等		
分數總計	100			
評 估 者			評 估 日 期	

◎ 地震風險發生機率

地震風險發生機率之不確定性極大，故僅可依統計學及風險計算等方式進行發生機率的推估。

在橋梁設計上，係以工址回歸期 475 年之地表加速度進行設計，惟橋梁在使用期間會經歷無數次大小之地震，每次地震對橋梁所造成的損傷皆不同，故對使用中橋梁進行風險評估時，地震發生機率為一段時間中，橋址發生各種地震規模之次數。

因採統計方式推估地震發生機率，故需進行大量之資料蒐集。對橋梁受地震災害之風險分析上，可藉由中央氣象局於受分析橋梁之橋址附近所設置之地震測站進行資料蒐集(包含地震規模、離橋址距離等)，以及該橋過去受相對應所蒐集之地震資料後之受損資料、檢測資料等各種可供參考之參數，並依據統計方式評估當地發生各種地震規模的發生機率。取得之資料越多元越完整，評估所得之地震發生機率越可確定。

◎ 地震風險估計

就地震風險估計，本研究建議可採各項公路橋梁安全初步評估表所得之危險度評分做為橋梁結構本身之危險度，另可應用 96 年研究成果報告 3.4 節中，道路危險因子與危險度分析所得之地震災害危險度評估表做為橋梁所在區域之危險度評分，以簡化作業。將危險度評分與地震風險發生機率製作為風險象圖，依照風險承擔者之能力進行評價並做出適當的風險對策，如此即完成地震風險估計工作。

以橋梁結構本身之危險度進行地震風險估計為例，可針對各項公路橋梁安全初步評估表 0~100 分所得之分數，對應圖 3.3 之風險圖像，每 20 分提高危險度 1 分，將危險度分為 5 分，再將地震發生機率由 0~100%，每 25%分為提高發生機率 1 分。由橋梁管理單位評估該橋梁在風險圖像相乘後之得分應對應何種處理方式，即完成地震對橋梁結構本身風險估計工作。

本研究團隊藉過去研究成果，建議亦可應用類神經網路軟體(96 年報告中已有介紹)對所蒐集之各項資料，透過訓練及學習取得各資料間之關連性，並進行預測工作。簡言之，於類神經網路之輸入受評估橋梁之各種評估表中所評之各分險因子之危險度評分，再輸入進行評估前該橋梁橋址附近地震測站所得地震資料，藉由震後橋梁檢測資料告知類神經網路該橋在此危險度評分及地震資料下實際受災狀況為何。當輸入足夠之資料，可使類神經網路有完整之訓練及學習過程，未來即可藉輸入最近一次之橋梁檢測資料及所推估之地震發生機率，準確預測該橋梁可能之受損狀況。

除對橋梁結構本身外之其他地震風險評估中，亦可參考台灣地震損失評估系統(簡稱 TELES, Taiwan Earthquake Loss Estimation System, 國家地震中心近年開發之「震災境況模擬軟體」)，有效評估地震潛在危險程度與可能引致之災難和損失，應用在政府防救災業務和民間企業風險評估與管理上。

於獲致預測橋梁受損狀況時，即可對各風險承擔者(如橋梁使用者、橋梁管理單位、縣市政府等)進行各種風險圖像分析，例如橋梁在可正常使用、限制使用、需封橋或是斷橋等不同橋梁受損狀況下，對橋梁使用者之安全性、繞路所需時間及損失之費用進行風險評估，並進行風險圖像分析；橋梁管理單位可對所預測之不同橋梁受損狀況，進行補強順序及經費風險評估，並進行風險圖像分析；縣市政府則可對社會觀感、可能造成人民死傷人數進行風險評估並進行風險圖像分析。

藉由風險圖像分析成果，可供各風險承擔者依過去經驗判斷自身可承擔之風險強度，以進行各種風險控制之手段。

3.4.2.2 市區橋梁受洪水災害風險評估方式

影響橋梁耐洪能力之安全因素大致可分為兩類，一為河道所造成之沖刷影響，另一為橋梁構造之耐洪影響。因此，橋梁耐洪能力初步評估表乃綜合此等因素進行評估。其初步評估各項說明如下(交通部科技顧問室，1998)：

1. 主河道變遷：如主河道有變遷表示河床是屬易移動構造，且其水理因素有造成河床變動之可能。
 - (1) 嚴重變遷—主河道在 5 年內如有變遷超過 1 橋孔或每次洪水通過後之主河道變遷超過半橋孔。
 - (2) 輕微變遷—主河道有變遷但小於上述值。
 - (3) 無—主河道無明顯變遷。
2. 河川整治辦理情形：河川經過整治將使河道較無沖刷可能。
3. 河川沖刷潛能：此處是綜合水文、河質、河川特性與歷年河床變動趨勢以評估未來河床可能的沖刷情形。
4. 鄰近有無採砂：採砂為造成台灣地區河床降低及主流改變之重要影響因素。雖然部份河川或河段目前仍然允許在橋梁上下游 1000 公尺以上範圍可以採砂，但資料顯示如此之距離採砂仍會造成河床之降低。
5. 上游攔河堰：如橋梁之上游有攔河堰會攔阻河川的輸砂量，而阻絕攔河堰下游之淤沙量。即減少橋梁附近之淤沙來源，使河床減少淤高可能，相對將較易沖刷。
6. 上游橋梁：如上游另有橋梁且距離不遠，其橋墩所造成的局部沖刷與迴水將會影響橋梁橋墩附近之河床變動，增加沖刷可能。
7. 基礎型式：由於深基礎穩定性較高，如有沖刷亦較不易造成立即危險，因此較不易為河床沖刷所影響；反之，淺基礎則易受河川沖刷影響，而造成不穩定。
8. 橋墩型式：多柱式橋墩型式由於靜不定度高、韌性較佳，其耐洪能力將亦較強。
9. 支承現況：主梁之支承構造如有損壞或不良，若橋墩受洪水沖刷而有些微傾斜，則易造成落橋之危險。
 - (1) 良好—支承構造能符合設計與規範要求。
 - (2) 尚可—橡膠支承墊超過混凝土支承塊邊緣但沒開裂，或支承構造

有移位但尚不減小支承面積且無損害現象時。

(3) 劣一支承構造有破裂、腐蝕、材料變質或移位而使支承面積減小等情形。

- 10.基礎裸露深度與容許沖刷深度比值 R_H ：如基礎有裸露，將明顯降低橋梁的耐洪能力。
- 11.本河川附近其他橋梁有無沖刷問題；會影響河川長期沖刷的因素可能不止上述的項目，可參考附近其他橋梁之受沖刷情形與其他相關異常現象，而給予適當之參考研判。
- 12.梁底高程：橋梁上部結構應在計畫洪水位或堤頂高程之上，且應有足夠之出水高度，以避免洪流、壅高、水浪與漂流物之衝擊。如梁底高程不足，則洪水之衝擊，對橋梁之安全會有相當之影響。
- 13.阻水面積比 R_A (%)：橋梁之墩柱之阻水面積越大，造成的沖刷也越大， R_A 為橋墩構造在計畫洪水位以下之擋水面積與河道斷面之百分比。
- 14.橋墩方向與河川流向角度：橋墩方向如與河川主要流向平行，則阻水最小，局部沖刷影響最低。
- 15.橋墩形狀：橋墩斷面也會影響阻水性，斷面越為流線形，阻水越小。
- 16.基礎保護設施：保護設施可防止沖刷影響，良好的保護設施常為防範沖刷損害之重要構造。
- 17.其他會影響橋梁沖刷穩定之異常現象：若有其他異常現象，譬如橋台、基礎及墩柱有破裂、損害、沖蝕、傾斜等，可就其程度研判其對橋梁安全之影響。

表 3.7 公路橋梁安全初步評估表(耐洪能力)

橋梁名稱：

橋梁編號：

振動單位：

項 目	配 分	評 估 內 容	權 數	危險度 評分
主河道變遷	4	☐ 嚴重變遷(1.0) ☐ 輕微變遷(0.5) ☐ 無(0)		
河川整治辦理情形	4	☐ 尚未辦理(1.0) ☐ 1000 公尺以內完成，其他未辦理(0.5) ☐ 已完成(0)		
河川冲刷潛能	5	☐ 高(1.0) ☐ 中(0.5) ☐ 低(0.25) ☐ 無(0)		
鄰近有無採砂	10	☐ 1000 公尺以內(1.0) ☐ 1000 公尺以上(0.5) ☐ 無(0)		
上游攔河堰	5	☐ 1000 公尺以內(1.0) ☐ 1000 公尺以上(0.5) ☐ 無(0)		
上游橋梁	3	☐ 1000 公尺以內(1.0) ☐ 1000 公尺以上(0.5) ☐ 無(0)		
基礎型式	5	☐ 具淺基礎(1.0) ☐ 具深基礎(0)		
橋墩型式	4	☐ 單柱橋墩(1.0) ☐ 雙柱橋墩(0.5) ☐ 多柱或壁式橋墩(0)		
支承現況	4	☐ 劣(1.0) ☐ 尚可(0.5) ☐ 良好(0)		
基礎裸露深度與容許冲刷深度比值	15	$R_H = \frac{H_S}{H_{SA}}$; HS : 裸露深度, HSA : 容許深度 或 $H_{SA} = \frac{1}{5} H_P$; HP : 基樁(沉箱)長度		
本河川附近其他橋梁有無冲刷問題	5	☐ 嚴重(1.0) ☐ 中等(0.5) ☐ 無(0)		
梁底高程	10	$1.0 \geq 1 - \frac{(\text{梁底高程} - \text{計畫洪水位})}{2.0 \text{公尺}} \geq 0$ 或 $1.0 \geq 1 - \frac{(\text{梁底高程} - \text{堤頂高程})}{1.5 \text{公尺}} \geq 0$		
阻水面積比 $R_A(\%)$	8	$(R_A - 5)/5 \leq 1.0$		
橋墩方向與河川流向夾角(ϕ°)	4	$1.0 \geq \frac{\phi^\circ - 5^\circ}{25^\circ} \geq 0$		
橋墩形狀	4	☐ 平頭墩(1.0) ☐ 圓頭墩(0.5) ☐ 尖頭墩(0)		
基礎保護設施	5	☐ 不良(1.0) ☐ 中等(0.5) ☐ 良好或無須保護(0)		
其他影響耐洪能力之異常現象	5	橋墩及基礎變位傾斜、橋梁靠近河床陡峭之山區、下部結構被撞擊損害等		
分數總計	100			
評 估 者			評 估 日 期	

◎ 洪水風險發生機率

因採統計方式推估洪水發生機率，故需進行大量之資料蒐集。對市區橋梁受洪水災害之風險分析上，可藉由中央氣象局於受分析橋梁之橋址附近所設置之降雨量測站進行資料蒐集(包含降雨量、測站離橋址距離、梅雨、颱風等)，以及該橋過去受相對應所蒐集資料之受損資料、檢測資料等各種可供參考之參數，並依據統計方式評估當地發生各種降雨量之發生機率。取得之資料越多元越完整，評估所得之洪水發生機率即越準確。

◎ 洪水風險估計

在洪水風險估計上，本研究建議可採公路橋梁安全初步評估表所得之危險度評分做為橋梁結構本身之危險度，另可應用 96 年研究成果報告 3.4 節中，道路危險因子與危險度分析所得之水災危害度表，做為橋梁所在區域之危險度評分，以簡化作業。將危險度評分與洪水風險發生機率相乘，可推估橋梁損害狀況，在對應橋梁受洪水損害之各種損失估計，即完成洪水風險估計工作。洪水風險評估之方法可參照地震風險評估所提之方法。

3.4.2.3 市區橋梁受土石流災害風險評估方式

土石流橋梁安全初步調查表，係橋梁受土石流衝擊影響之主要項目，故僅有跨越土石流潛勢溪流的橋梁才需進行此項調查評估。

調查表劃分為十大項，調查對象包括橋梁幾何結構、河川整治情形、與土石流歷史紀錄等資料。各調查項目依其對橋梁安全的影響程度給予不同的權重，合計為 100 分，各項權重乘以各項分數即為加權得分。危險度評分為 100 分減所得總分。其初步評估各項說明如下(施邦築，1999)：

1. 土石流發生歷史

不考慮土石流發生時間的間隔長短，歷史資料中有記載即列入計算。分為未曾發生與曾經發生兩種，其得分依序為 1 及 0 分。

2. 河床堆積礫石之最大礫徑 $D(m)$ (長軸)

由橋梁處向上算約 50 公尺之河床上的堆積物礫徑與數量，可判定此溪流洪水或土石流之規模與過去歷史。最大礫徑計算方式以河道中堆積的最大的礫石長軸的長度為其礫徑，單位為公尺。參數計算範圍為 0~2.5 m，計算公式為：最大礫徑為 0 公尺時，礫石對橋梁結構無影響，得分為 1；礫徑大於 2.5 m 時，礫石會造成橋梁結構損壞，得分為零；若礫徑介於 0~2.5 m 之間，則採內插法計算得分。

3. 河川整治工程

河川整治工程能增加跨河橋梁之安全性，將河川整治工程區分為下列四項，代表典型的河川整治工程狀況：

- (1) 上游及橋旁有整治工程
- (2) 上游有整治工程
- (3) 橋梁處有整治工程
- (4) 未設有整治工程

得分依序為 1、0.6、0.3 及 0 分。

4. 整治成效與防護成效

河川整治工程有一定的使用年限，所以部分河川整治工程可能已經老化或失效了，為了顯示這類的缺陷，將就有河川整治工程目前的功能發揮與否分類為四個選項，依序為：

- (1) 設施完善功能正常
- (2) 防護設施老舊
- (3) 防護設施功能失效
- (4) 無防護措施

其得分依序為 1、0.6、0.3 及 0 分。

5. 是否有橋墩

橋墩是洪水或土石流損壞橋梁最常見的災害項目，但對土石流而言，依先

前災情資料來看，即使於橋墩加裝鋼板來防撞，也僅有極少數具橋墩結構的橋梁能抵抗土石流之衝擊。在此將橋墩與土石流造成危險之間的關係簡化，河道中具有橋墩之橋梁，其得分為 0，無橋墩之橋梁其得分為 1。

6. 橋梁跨距 S (m)

橋梁跨距，定義為橋梁結構跨越河床之最短距離；未有橋墩結構之橋梁如拱橋，其跨距即為兩橋台間之距離；若有橋墩坐落於河床上，則其跨距定義為橋墩與橋墩或橋墩與橋台間(即兩支撐結構之間)之最短距離。橋梁跨距與淨空的乘積為土石流通過橋梁處可通行的斷面積，而跨距越低也代表橋梁越小或河床中有更多的橋墩等阻水物；所以依以往的災害紀錄，將跨距低於 5 m 的橋梁視為危險，其得分為 0 分，跨距大於 25 m 的橋梁視為安全，得分為 1；介於 5~25 m 者其得分以內插法計算。

7. 橋梁淨空 H (m)

橋梁淨空定義為橋梁大梁梁底與河床之距離。依災害調查資料，一般土石流流深(含淤積區)最大約為 3~5 m；故將橋梁淨空小於 3 公尺者列為危險，其得分為 0；橋梁淨空大於 10 m 者視為安全，得分為 1；介於 3~10 m 者依內插法計算。

8. 橋梁斜曲角度 α (度)

橋梁斜曲角度以河水流向與橋墩之夾角來計算，斜曲角度大於 25° 則極可能對橋墩造成危害故其得分為 0，而橋墩斜曲角度為 0° 時為最理想狀況，得分為 1；若斜曲角度介於兩者之間，則得分以內插法計算(若無橋墩，則以橋台與河水流向之夾角來計算)。

9. 橋梁附近河道縱向坡度 θ (度)

對橋梁而言，河床坡度小於 6° 時，土石流易於河床上淤積，坡度過大時又會形成沖刷，所以設定以 6° 為基準(最安全)得分為 1，當河床坡度為 0° 或大於 12° 時視為危險得分為 0，若坡度介於 $0^\circ \sim 6^\circ$ 之間或 $6^\circ \sim 12^\circ$ 之間，其得分依內插法計算獲得。

10. 直接基礎覆土深度 L' (m)

一般小型市區橋梁使用的淺基礎，其埋入深度相較於樁基礎之深度而言並不算深，所以對淺基礎而言，輕微的沖刷或淘空就可危及橋梁之安全；在此將淺基礎橋梁的安全限度訂為其有效覆土的深度，若有效覆土的深度大於 3 m 時為安全，得分為 1；有效覆土深度為 0 時即為危險，得分為 0；中間之值以內插法計算(設計圖配合目視檢測可定有效覆土之深度，目視檢測僅能推測得沖刷程度)。

11. 樁基礎裸露深度 L (m)

一般橋梁所使用的樁基礎其深度約在 15 m 上下，少數沖刷嚴重或大型橋梁採用的樁基礎深度才會大於 30 m；在此假設樁基礎功能是否發揮，在於其所裸露的深度是否超出臨界值，此臨界值在設計上均會考量，一般橋梁而言大約設計為 5 m。所以假設樁基礎裸露深度極限為 5 m，裸露深度若大於 5 m 則對橋梁安全有危害，裸露深度為 0 m 或未有裸露(如遭覆蓋)，對橋梁無害。其餘值以內插法計算得分。

表 3.8 土石流橋梁橋梁安全初步調查表

土石流危險溪流之橋梁安全初步調查表								
橋梁名稱			評分者			填寫日期		
			橋梁路線別			橋梁編號		
橋梁名稱	評分分數							
	權重	1		0.6	0.3	0	得分(0-1)	加權得分
土石流發生歷史	8	未曾發生				曾經發生		
河床堆積礫石最大礫徑 D(m)(長軸)	9	D=		$\frac{2.5-D}{2.5} \geq 0$; (最大 1)				
河川整治工程	6	上游及橋旁有整治工程		上游有整治工程	橋梁處有整治工程	未設整治工程		
整治成效與防護成效	12	設施完善功能正常		防護設施老舊	防護設施功能失效	無防護設施		
是否有橋墩	12	無橋墩				有橋墩		
橋梁跨距 S(m)	12	S=		$\frac{S-5}{20} \geq 0$; (最大 1)				
橋梁淨空 H(m)	16	H=		$\frac{H-2}{8} \geq 0$; (最大 1)				
橋梁斜曲角度 α (度)	8	α =		$\frac{25-\alpha}{25} \geq 0$; (最大 1)				
橋梁附近坡度 θ (度)	9	θ =		$1 - \left \frac{\theta-6}{6} \right $; (最大 1)				
直接基礎覆土深度 L'(m)	8	L'=		$\frac{L'}{3} \geq 0$; (最大 1)				
樁基礎裸露深度 L(m)		L=		$\frac{5-L}{5} \geq 0$; (最大 1)				
							加權總分	

註一：橋梁附近坡度以量測橋梁上游 50 公尺至橋梁平均坡度為原則。

◎ 土石流風險發生機率

因採統計方式推估土石流發生機率，故需蒐集大量資料。對市區橋梁受土石流災害之風險分析上，可藉由中央氣象局於受分析橋梁之橋址附近之地震資料、降雨量資料，並調查附近土石開採資料等，以及該橋過去受相對應所蒐集

到之資料後之受損資料、檢測資料等各種可供參考之參數，並依據統計方式評估當地發生土石流發生機率。

◎ 土石流風險估計

在土石流風險估計上，本研究建議可採土石流橋梁安全初步調查表所得之危險度評分做為橋梁結構本身之危險度，另可應用 96 年研究成果報告 3.4 節，道路危險因子與危險度分析所得之土石流危害度表做為橋梁所在區域之危險度評分，以簡化作業。將危險度評分與土石流風險發生機率相乘，推估橋梁損害狀況，在對應橋梁受土石流損害之各種損失估計，即完成土石流風險估計工作。土石流風險評估之方法可參照地震風險評估所提之方法。

以上為常見橋梁受損之三種自然災害，惟檢視莫拉克颱風造成橋梁受損情形發現，橋梁亦可能因巨石、漂流木等之撞擊受損，或因水位過高使橋面版上浮致使橋面版被洪水側推造成落橋，此等過去少見橋梁破壞模式，皆可透過風險交流過程，利用相關資料收集與彙整，做為日後進行橋梁風險評估之風險因子。

風險管理係一門須集思廣益之學科，並無一套標準答案可供依循，本研究所提之風險對策，僅就橋梁補強及橋梁監測兩項方式，以降低可能之風險嚴重性。補強方式已於過去研究成果中敘述，監測之技術則於後面章節進行介紹。此外，本研究團隊將於 99 年度計畫中選擇合適之橋梁進行災害風險評估之示範案例以供參考。

3.5 市區橋梁監測技術之研擬

橋梁完工通車後，由於橋齡增加與車輛超載、地震颱洪破壞等外在環境影響，極可能於使用年限內即喪失服務功能，造成橋梁重大傷害。為確保用路人生命 safety 及連繫維生與救災系統運作正常，於橋梁維護管理工作中，除定期辦理橋梁檢測評估作業外，應同時對主要防災規劃橋梁、橋型複雜之特殊結構，或檢測後針對易損性較高且安全有疑慮之橋梁進行監測預警工程。此外縣市政府橋梁維護經費不足，未能及時辦理維修補強之情況下，經由檢測結果較差之橋梁進行風險評估後，亦可將橋梁監測做為風險對策之一種選擇。

橋梁自動監測預警系統，係於橋體適當位置安裝各類型感測儀器，有效量測橋梁結構受外加载重作用後之反應及環境資料，將實際的結構物理行為轉換為數位訊號或類比電壓值，自動且連續傳回資料庫並進行安全評估，即時掌握橋梁使用狀況，達到預警處理及維護橋梁正常功能及保障用路人使用安全。

橋梁自動監測預警系統，係由現地量測系統、中央處理系統、警報發佈系統及遠端監控系統等四大架構所組成。自動化監測預警系統主要功能，乃綜合橋梁結構之力學特性、設計考量及劣化潛勢等因素，將選定之各類型感測器依需要安裝於現地橋梁上，藉以擷取結構反應及環境資料，透過設計之資料傳輸架構將監測資料傳遞至中央處理系統，進行資料結構化、分類儲存、分析及評估等工作，並由警報發佈系統執行特定之事件觸發警報程序，即時反應結構物之異常狀況，並將此一狀況以最快之時間傳達到相關單位或人員。遠端監控系統則可透過監控程式或監測網站了解事件過程與現況，達到即時監控預警功能。

橋梁健全性監測之資訊技術及數據管理，已逐漸成為橋梁監測領域的一項新技術。監測資料的管理重點，為安全性以及完整性。資訊安全為管理之重要工作，需確保資料不被外在人為因素竄改或刪除，更須將資料分級處理並建立分級管理之制度，以達到安全之資料管理流程。而完整的橋梁監測資料不僅可提供評估系統評估橋梁安全性之資料依據，更可經由統計及數據處理歸納橋梁

之使用壽命情況，適當的規劃檢測及補強經費，維持橋梁安全使用狀況。因此，對於橋梁監測系統，建立橋梁之監測資料庫集中管理監測資料為橋梁防災之必要的一環。

預警系統，係將監測集錄之資料加以分析評估，並建立結構體危險等級評估系統，提供橋梁管理單位進行危機處理及維修之依據。評估系統，旨在建立預警標準，如警戒值及行動值之擬訂。當監測值超出警戒值時，表示儀器功能或結構物出現異於常態現象，惟尚未達危險狀態。行動值指結構物容許之最大極限值，當監測值超過行動值時，表示結構物已處於緊急之狀態，必須立即採取緊急應變之各項措施。警戒值與行動值之擬訂不易，不同感測器有不同之特性，不同裝置位置亦有不同之結果，且擬訂後仍須藉監測數據反覆驗證其合理性與適用性。

緊急應變行動計畫，為橋梁安全處於緊急狀態時，所應依循執行之標準作業程序。監測預警系統之緊急應變行動計畫完備與否，影響橋梁預警系統功能可否完整發揮，亦考驗相關工程與救災人員之應變措施與能力。緊急應變行動計畫可以概分為：(1)緊急應變安全檢查措施，及(2)緊急應變處理措施兩部分。其基本要素則包括：緊急應變處理流程圖；緊急狀況的評估、判定與複核，以決定適當的行動；明確的負責人或單位，與其負責工作的範圍及標準作業程序；重要預備工作，以應付即將發生的緊急狀況；橋梁交通管制影響評估及替代方案等。綜言之，橋梁自動監測預警系統，應同時配合工程管理、工程救災、交通管理及相關法規研擬等配套措施，以利進行交通管制、警示告示、通報疏散及搶救防災等預警佈置運作流程規劃。

本年度計畫配合第八次全國科技會議之策略六第 21 項「發展公共設施監測、安全管理與營運評估決策支援系統」，將對橋梁結構物提出各種監測項目所需規劃建置之監測系統，以配合策略中「評估各項公共設施，釐訂監測項目之優先順序，規劃建置監測系統，並建立公共設施監測資料共享平台，研訂資料開放機制，建立監測技術標準流程並統一監測資料格式，加強決策所須之「分

析模式」之建立，發展公共設施安全管理與營運評估決策支援系統。」之先前技術研究。

3.5.1 市區橋梁監測項目之選定

橋梁監測目的，著重於橋梁構件外在環境之作用下，監測並記錄各橋梁構件之反應，適時提供預警，以保障行車安全。對於市區橋梁監測項目之選定建議如下：

1. 橋梁基礎受洪水沖刷淘空監測
2. 橋梁整體的沈陷及傾斜監測
3. 超重車對結構體的影響監測
4. 橋梁接縫變化及溫度變化監測
5. 地震對結構體影響監測
6. 混凝土潛變對長時間撓度之影響監測

以下就上述前三項監測項目介紹：

1. 沖刷淘空監測系統

台灣地形特殊，南北長，東西短，中部有許多高山，故台灣河流長度短且流速急，常造成許多橋梁基礎嚴重的沖刷淘空，危及橋梁安全。復以超採砂石，橋墩基礎沖刷更形嚴重。目前常用的沖刷淘空監測系統有下列兩類：

(1) 埋入型

每套埋入型橋墩沖刷淘空監測系統所含之組件包括：(a)感應器及電纜，(b)防水之資料匯集盒，(c)手持顯示器，及(d)自動充電數據記錄器。埋入型感應器設置方式，係垂直排列架設於指定橋墩之側面。

(2) 表面型

表面型之監測儀器，其原理係利用重力式之探頭來記錄河床之高程，進而了解沖刷深度。

此種儀器應配合交通監測及管制系統運作，以利災變發生時做好意外事故發生的事後應變措施。

2. 沈陷、傾斜、溫度及接縫監測系統

目前監測資料傳送均以數位方式進行，數位系統則是將感應器輸出之類比訊號，先經過自動資料處理機內之類比/數位轉換器轉換成數位訊號，由內藏之記憶裝置記錄並儲存於電腦硬碟中，再利用記錄資料進行各種報表製作及分析。

3. 超重車監測

車輛超載情況嚴重地區，有必要監測超重車。量測方式係採用埋入式壓線感應器或活動地磅，當訊號超過某一預設值時，配合照相攝影或錄影，可作為取締超載的依據

橋梁除上述監測系統外，對於跨越土石流潛勢溪流之橋梁，只要淨空(Clearance)、撞擊(Collision)、沖刷(Erosion)及淤積(Deposit)，任何一項致災因子未符合土石流活動需求，即有導致災害發生的可能，故在該等地區橋梁，有必要建立土石流預警系統。

3.5.2 市區橋梁監測儀器之選定

監測系統之成敗，繫乎感測器之選用及佈置。首應掌握結構系統之特性，作適當之結構分析，以選定監測項目，並清楚瞭解感測器應佈設位置之所在，在有限經費下作最佳之規劃，用最少之費用作最多之量測。

基本上對於監測儀器設備之運用有以下幾項重點：

1. 可信度：感測計的讀數所反應的物理量必須正確，以免因讀測錯誤而無法提供適當之預警。因此儀器的靈敏度(Sensibility)及精確度(Accuracy)就必須作適當之選用。

2. 工作性：感測計在長期連續量測或反覆檢測時都可維持一定的準確性。
3. 耐候性：外置式儀器系統，需考量對風、雨、溫濕、腐蝕侵襲有某一程度之抵抗能力，或對擬檢測的物理量(如溫度)有修正之功能。
4. 量測範圍：每一種測計或儀器均有一定之量測範圍(Full Scale Range, FS)。大範圍的測計若用來作小範圍物理量之量測，其精度會相對降低。
5. 資料擷取(Data Acquisition)系統的功能：

理想的資料擷取系統應具備在高速掃瞄時，可完整且不失真捕捉感測計之輸出信號，再進行研判、過濾、預警之處理動作。讀數的顯示、傳輸、儲存和列印的功能，可以隨時設定監測頻道，隨時顯示測計讀數，以控制資料擷取時機，或結構異常前的預警。此外對感測計所輸出之數據，可作適當之儲存及輸出。可和電腦連線以程式控制操作，由電腦下令掃瞄、運算、顯示並儲存各測點之讀數，如此可減少大量人力及人為疏失。在選擇廠家產品時，連線界面程式是否簡易使用及維護，對於未來監測系統之正常運作具重大之影響。對於失效之感測計有自動偵測及顯示功能，以利及時維修或更換。

以下彙整國內橋梁監測案例中常使用之監測儀器，並說明安裝步驟及規格選定，提供工程師選用監測儀器時之參考。

◎ 雙軸向傾斜儀

雙軸向傾斜儀(如圖 3.5 所示)，主要在量測橋梁受災時或災後之整體傾斜或橋墩、橋塔傾斜狀況，利用電漿水準氣泡方式，量測傾角變化時之電漿電壓改變量，由於電漿之重力作用，可消除長期監測時電子儀器零點飄移之現象，故可提供較高之精準度。建議採用高黏滯之電漿感應器，可減少一般電子感應式傾斜計之雜訊。

雙軸向傾斜儀安裝方法，係於待測橋梁之橋墩、橋塔等指定位置安裝，由於電漿易受溫度影響，須適當隔絕日照，以維持數據穩定，再以固定架或膨脹螺絲固定雙軸傾斜計，依照施工圖說指定方向調整傾斜計安裝方位、並記錄量測初始值，於橋塔及橋面配置電纜及 PVC 保護管至記錄器端子箱，最後設定量測頻率後即可進行自動化量測。

建議在訂定雙軸向傾斜儀器之規格時，可對量測範圍、解析度及重覆性 (Repeatability) 進行規定，其中重覆性係指在短時間內，同一個人用相同方法，在相同位置用相同的儀器，測量同一物件的同一特性多次，並比較測量後所得之變異值稱之。量測範圍一般可規定在 ± 10 度內，解析度為 0.005 度，重覆性為 0.01 度。



圖 3.5 雙軸向傾斜儀

◎ 相對沉陷計

相對沉陷計(如圖 3.6 所示)，目的在量測橋墩沉陷量。目前國內最常用為利用連通管原理之相對沉陷計，即於各受測點約略等高處安裝小型水槽及水壓計，並以水管相連接成液體相通之系統，當其中某測點處發生沉陷時，該處水槽之水位增高導致水壓上升，即可換算為相對沉陷量。

相對沉陷計安裝方法，係於現場橋墩及堤防外指定位置及高程安裝固定基座和基準水槽，將沉陷計固定於基座上，並連接連通管、氣壓平衡管及量測電纜，最後設定量測頻率及啟動裝置進行自動監測。

建議在訂定相對沉陷計之規格時，可對量測範圍、精度及工作溫度進行規定。量測範圍一般可規定在 ± 700 mm，精度度為 $\pm 1\%$ F.S.；工作溫度為 $-20^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。



圖 3.6 相對沉陷計

◎ 加速度計

加速度計(如圖 3.7 所示)常見的有三軸向加速度計及雙軸向加速度計。三軸向加速度計係用來量測橋址地表加速度、橋梁受地震力之反應量測、橋梁微振量測、橋體受顫振監測(上下振動與扭動)等，雙軸向加速度計常用來量測斜張橋之鋼纜振動，建議採用以壓電晶片感應方式量測橋體及地表振動值，且具長距離傳輸訊號不易衰減特性之加速度計。

一般加速度計安裝方式，係先依據不同安裝位置製作不鏽鋼安裝治具，將加速度計固定於治具上，並套以不鏽鋼保護蓋，連接量測電纜並以 PVC 管保護至中央動態集錄系統，最後設定量測頻率及啟動裝置進行自動監測。

建議在訂定加速度計之規格時，可對量測範圍、量測頻率及 Non-linearity 進行規定。量測範圍一般可規定在 $\pm 2g/\pm 10$ g；量測頻率為 0-150 Hz；Non-linearity 為 $< 0.5\%$ F.S.。



圖 3.7 加速度計

◎ 風速風向儀

風速風向儀(如圖 3.8 所示)係用來量測風力與風向，在斜張橋結構，一般會考慮在風力作用下對橋體產生之頻率是否接近共振頻率之問題，藉由量測橋體之風向風速將可進一步對此問題釐清。風速風向儀係以磁環計數感測原理，由感應器量測定量轉速，再除以量測時間以算其風速、風向。儀器本體需可抗強風及腐蝕。

風向風速儀之安裝方式，係先於橋塔頂上端安裝固定基座，將風向風速儀安裝於不鏽鋼管上，再固定於固定基座，將量測電纜以 PVC 管保護，匯集至中央集錄系統進行量測作業，最後設定量測頻率及啟動裝置進行自動監測。

建議在訂定風向風速儀之規格時，可對量測風速範圍度及量測風向範圍進行規定。量測風速範圍一般可規定在 0-60，精度 ± 0.3 m/s；量測風向範圍為 0-360，精度 ± 3 度。



圖 3.8 風速風向儀

◎ 應變計

應變計(如圖 3.9 所示)主要目的在量測重要結構桿件受應力之應變增量，並換算成應力增量。應變計主要原理為利用電子式應變規量測應變，因量測部位受力變形，應變規也跟隨改變阻抗，依惠斯登橋原理測得之阻抗，即可求得應變。目前國內採用之某些高精度應變計(如圖 3.9 所示)亦具備溫度量測功能。

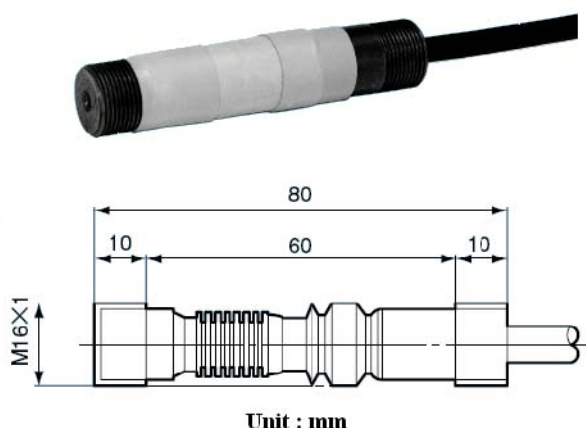


圖 3.9 應變計

應變計之安裝方式，係先標定感測器安裝位置，磨去鋼構造上之油漆、鐵鏽等髒污，將安裝應變計的位置處理平整，再用酒精擦拭乾淨後，標示中心線，再將應變計置於中心線上，再以應變計專用點焊機，由應變計中心往外點焊，用兩片固定片，點焊固定於應變計上。應變感測器固定後，以防鏽漆及防水膠塗敷於感應器四週，以防雨水滲漏鏽蝕，影響讀值。

建議在訂定應變計之規格時，可對量測範圍及 Non-linearity 進行規定。量測範圍一般可規定在 $\pm 1000 \times 10^{-6}$ strain； Non-linearity 為 $\pm 2\%$ F.S.。

◎ 監視器

監視器旨在橋梁之即時監控，當後端橋梁監測系統發生警訊時，可於第一時間藉監視器傳回即時畫面，了解災情或儀器遭破壞產生之誤判。被規劃為緊急運送道路之橋梁於災害發生時，亦可藉監視器所得資訊了解該橋梁是否正常

運作，可做為規劃緊急救災路線之依據。

監視器需安裝於可觀看全橋之制高點上，既有市區橋梁可裝設於路燈或交通號誌上，部分市區立體交叉橋梁亦可安裝於上方另一座橋梁上。

建議在訂定監視器規格時，可對最低照度及解析度進行規定。最低照度一般可規定在 0.5 Lux/F1.2；解析度須超過 320 條。此外為夜間低亮度下仍可運作，亦可規畫具備全自動光圈、焦距對準、逆光補償、增益平衡彩色顯像之機型。

◎ 其他相關系統模組

整體橋梁現地監測控制模組，在硬體上須包括可耐高低溫差、高低溫溼度變化、灰塵風沙等惡劣環境之工業級電腦主機，搭配各式感測元件之信號調整處理單元、儲存設備、專線數據機及不斷電系統等。其功能包含命令各感測元件進行量測、感測器取回之信號進行調整處理(signal conditioning)、暫時儲存資料、定期傳送資料至監控主機、判斷結構所處狀況、或進而發佈各階段警訊等，其成果藉由軟體介面程式呈現在監視器中。

資料擷取系統，係採用自動集錄器負責記錄各項工作之執行狀況，如同飛機的飛行記錄器一般，其內容可詳盡列出人員進入系統時間及存取動作狀況、內部電力不足記錄、系統記錄時間等，以利做為日後判定之依據。

電源供應模組係確保橋梁監測系統於現地受災時，無外來電源供應時自身有足夠的儲存電力。可採不斷電系統經過變壓與直交流變換後，將連續維持全系統正常運作所需電量儲存於系統之蓄電池中，再分別輸出適當電壓之直交流電供應監測系統各部份使用。此外，電源供應系統具有穩壓功能，可調整供應交流電壓及頻率。

野外經常發生雷擊之狀況，故需考量系統耐雷功能。由於系統各元件均由電路相連接，一旦其中任一部份遭受雷擊，即有可能造成全系統受損，故耐雷功能絕不可輕忽。

所有相關系統與模組於現場應統一放置於一監測站中，監測站需設計為具

有防水、防風沙及防止人獸侵入破壞之阻隔設施。

3.5.3 市區橋梁監測系統設置流程

國內目前已有多數橋梁進行監測系統之裝設，本節彙整相關監測案例提出一適合市區橋梁監測系統設置流程，以供市區橋梁管理單位參考。

市區橋梁監測系統可概分為前處理及後處理兩大部分，前處理主要係在監測硬體之選用及安裝，後處理則為資料擷取後之判斷及緊急應變處理。

3.5.3.1 市區橋梁監測系統前處理作業

前處理作業往往是決定監測系統成敗的第一要素，成功的前處理作業可使橋梁管理單位以最少的費用得到最有效的監測規劃及量測結果，前處理作業步驟如下：

1. 瞭解橋梁主體結構及破壞潛勢評估

在選用監測儀器前必須先瞭解所要監測的項目，因此必須完整掌握橋梁結構系統的特性及橋梁可能受到的破壞潛勢以選擇適當的監測項目。

2. 監測項目及儀器佈設規劃

透過結構分析可瞭解各橋梁構件受到不同災害破壞可能受到的影響，依據分析結果選擇監測項目及儀器佈設位置，並於此階段決定最佳之監測儀器裝設數量，已達到以最少費用得到最多監測結果。

3. 監測儀器選定及安裝

藉由前兩步驟所得之監測目標選擇適當的儀器，選定儀器時需掌握儀器功能、精度需求及正確之安裝方式，可參考 3.5.2 節之說明。儀器於安裝前、中、後，皆須對其進行相關測試。安裝前之測試主要係為確保儀器規格是否與需求相符，可以抽驗方式進行；施工中測試主要係確保儀器本身可正常運作，因為部分儀器可能是裝設於較不容易施作之處，本動作可避免儀器重新裝設之損失；安裝後之測試係當監測系統架設完成後，各項儀器設備所量測之物理量皆可由資料擷取系統取得，接收之數值若出現重大誤差或是錯誤時，可判定為儀

器或是線路故障，一般而言，各項物理量均會呈現於一穩定區間內變動，一段時間過後之穩定起始值，稱為初始值，初始值的確認亦是本階段之重要步驟。

4. 資料擷取測試

儀器裝設完成後，需進行下列連線測試：

(1) 儀器量測測試

現場監控主機須具有自動偵測並顯示損壞的感測計之功能，以利及時作維修或更換。且於此時進行載重實驗及微震動試驗等作為量測測試，並取得各感測計之初始值及初步驗證儀器的精確度與穩定度。

(2) 資料擷取系統測試

主要係對資料擷取主機之控制功能進行測試，例如儀器訊號轉換為數位訊號、讀數的顯示、控制、傳輸、儲存及控制資料擷取的時機等功能，另對結構異常前的預警進行測試。

(3) 網路連線操作測試

主要係對操作程式下達各項指令，如掃描、運算、顯示及儲存各測點讀數等，透過遠端電腦連結至現地或由現地將結果回傳至遠端電腦進行測試。

3.5.3.2 市區橋梁監測系統後處理作業

後處理作業即為監測系統運作之管理，包含：

1. 資料擷取紀錄處理

本步驟包含監測信號的紀錄、保存與分析工作，對監測資料管理而言，首要工作即為確保監測資料的完整性及安全性。完整的橋梁監測資料提供評估系統對橋梁安全性之資訊依據，更可藉統計及歸納方式去瞭解及預測橋梁使用壽命及狀態，以提出適當的檢測及補強規劃，維持橋梁正常使用。監測資料的安全性亦為資訊管理的重要工作，須確保所得資料於傳送或儲存過程中不被外在人為因素竄改或刪除，並將資料分級並建立分級管理之制度。

透過監測系統所收錄之數據有時會到類似雜訊等變異性資料，因此監測信

號的分析需仰賴統計評估與可靠度分析等作業以確保評估結果的正確性。此外因橋梁構件與所受外力影響眾多，故往往無法只由單一監測項目反應橋梁結構之受力反應，須依據多項監測儀器數據相互參照並分析判讀，才可針對某項監測項目提出穩定且正確之判斷。

2. 警戒值及行動值之擬定

自動化橋梁監測預警系統，對不同監測項目之感測儀器所量測到之訊號，藉全自動蒐集、分類、整理及計算分析，當危急達到警戒值或行動值時能自動發出警訊，並可以節省管理人力、有效達到預警功能。因此警戒值及行動值之擬定關係到後續緊急應變行動做動時機。

預警系統是將監測系統集錄到資料庫加以分析評估，並建立一結構體危險等級評估系統，提供管理系統進行危機處理及維修之依據。而此一評估系統最重要的是在於建立預警標準。以下將對警戒值與行動值之建立進行說明：

(1) 何謂警戒值與行動值：

警戒值係指監測儀器之監測值在結構物運轉狀態下所設定之上限。當監測值超出警戒值時，除非是儀器誤判或是其他特殊原因，則表示儀器功能或結構物出現異於常態的現象，但是尚未達危險狀態。而行動值係指結構物容許之最大極限值，當監測值超過行動值時，表示結構物已處於緊急之狀態，必須立即採取緊急應變之各項措施。

(2) 警戒值與行動值設定：

橋梁預警值的建立，乃依監測值參數的變化、監測值所繪歷時曲線之變化規律、特性與趨勢及因果相關性之改變等方面加以評估而建立，因此不同橋梁會因所在地不同而有不同之預警值，無法定義一個通用的預警值。預警值的建立一般係利用定性與定量兩種評析方法，此兩種方法可視結構類型、時機與實際需要分別使用或合併使用。定性評析方法主要係依據各項監測值所繪歷時曲線之穩定性、相關性、合理性、一致性、突變性及對稱性加以研判及評估。另外，定量分析

主要的依據係將監測值用理論分析法、統計分析法或是經驗法等方式所求得之值，用以評估結構物屬正常運作、異常或是進入危險狀態。

(3)預警值訂立原則及方式

- (a)根據長期觀測資料之上下限之範圍，估算出其臨界值之變異範圍，當作設定警戒值與行動值之參考。
- (b)利用結構工程分析，計算出監測因子之臨界條件，當作設定警戒值與行動值之參考。
- (c)在儀器系統架設完成，開始進行以上二項的分析工作後，根據前兩項之分析資料，邀請學術界、工程界、儀器廠商與業主進行研討會議，決定最終之警戒值與行動值。

3. 擬定緊急應變行動計畫

橋梁監測系統設置目的為掌握橋梁營運期間之即時動態及靜態行為，以便橋梁管理單位可立即做出有效之預防處理及危機處理，因此需搭配完備的安全緊急應變行動計畫(Emergency Action Plan, EAP)，以達到維護橋梁正常功能並保障用路人之安全。緊急應變行動計畫(Emergency Action Plan, EAP)為橋梁安全處於緊急狀態下，所應依循執行的標準作業程序(Standard Operation Procedure, SOP)；緊急應變行動計畫可以概分為兩部分措施：

(1) 緊急應變安全檢查措施：

當橋梁安全監測預警系統監測值出現警戒值狀況時，先經由安全檢查措施或人工複核動作，確定其是否屬於緊急狀況。

(2) 緊急應變處理措施：

若經由複核後確認為緊急狀態，則應立即採行緊急處理措施，並經由警報系統發佈或廣播危險情況，並通報相關單位處理。緊急應變處理措施之 SOP 則包括以下各要項：

- (a)相關人員立即赴現場進行必要之監視、攝影及搶修。
- (b)依情況通知當地交通管理、警察單位，以協助救災、管制或車流疏

導之工作。

(c)利用蜂鳴器或柵欄方式向民眾作出警示警報，以避免二次傷害或嚴重交通癱瘓情況。另考量災害發生時恐造成電力中斷，蜂鳴器建議亦可採用電線與電池通用之型式或以太陽能等可自行儲電之型式。

(d) 向上級機關報告緊急情況，並由主管機關延派專業人員協助救災。

緊急應變行動計畫中之緊急安全檢查措施及緊急處理措施兩項主要工作，包括以下幾個基本要素：(1)緊急應變處理流程圖，俾可及時聯絡負責不同行動的人員或單位，以進行必要之標準作業程序；(2)緊急狀況的評估、判定與複核，以決定適當的行動；(3)明確的負責人或單位，與其負責工作的範圍及標準作業程序(包括救災、通知、管制、研判、搶修及後續追蹤緊急狀況等)；(4)重要預備工作，以應付即將發生的緊急狀況；(5)橋梁交通運輸管制影響評估及替代方案，可預為評估若橋梁交通管制或中斷對該地區的影響衝擊，及研擬相關交通運輸替代方案，以降低因橋梁封閉或部分管制對交通所造成之影響；(6)其他，包括橋梁封閉對交通流量的影響評估，EAP 訓練、演習(包括緊急應變安全檢查措施與緊急應變處理措施)，EAP 更新，緊急應變處理流程圖更新與公佈，以及核准 EAP 的相關文件等五種資料，以作為前述 1.至 5.項基本 EAP 的補充資料。

4. 系統儀器保養校驗

監測系統於建置完成後，建議每個月及重大災害發生後，需進行系統儀器之檢查與維護，並詳細紀錄故障原因及維護說明，方便後續管理人員對整體系統的了解。

綜言之，橋梁安全監測預警控制自動化系統，應同時配合工程管理、工程救災、交通管理及相關法規研擬等配套措施，以利於進行交通管制、警示告示、通報疏散及搶救防災等預警佈置運作流程規劃，由於考量層面極廣，建議市區道路管理單位可選擇委由有經驗之工程顧問公司辦理。

3.6 市區橋梁應用 FRP 材料補強標準作業流程與檢核機制之研擬

既有市區橋梁補強利用纖維高分子複合材料(FRP)包覆補強工法，具極高之經濟性與快速簡便及交通環境影響小之多項優點，此技術於國外已是普遍之橋梁補強技術，惟國內之補強案例卻不普及，其原因在於國內無一套標準施工規範以及驗收規範，致橋梁管理者對施工者之信心不足。本團隊整合過去之研究成果，並擷取國內外研究之成果，擬訂一套符合實務運用，且適合本國之纖維高分子複合材料(FRP)包覆補強標準作業流程與檢核機制，乃至於補強作業之設計準則、材料規格、施工規範、檢驗標準等，研訂一套完整之市區橋梁補強作業程序與維護管理制度、具體提昇補強施工作業之品質評估與控制能力。供業主與監造人明瞭施工內容及要求重點，並藉以監督、控制工程品質；亦可供承造人瞭解施工及材料要求標準及管理要項，以提昇施工技術水準及品質，建立本土化之資料與技術，提供國內業界參採使用，達成節省公帑、有效維護橋梁功能與安全之目標。此外亦對 FRP 棒及格網材料進行相關施作手冊之擬定，使國內工程於設計施工上，有更多種材料可供採用，以符合耐久性需求。

對於 FRP 之貼片、棒、格網等各項產品在市區橋梁應用範圍整理，依適用性、適用結構範圍進行建議如表 3.9，提供國內工程人員未來設計使用上的選擇。

表 3.9 各種 FRP 產品比較表

FRP 產品	適用性	適用結構範圍
FRP 貼片	補強	柱、梁
FRP 棒	新建、補強	梁、版
FRP 格網	補強	版

3.6.1 針對橋梁柱構材以 FRP 貼片補強標準作業流程與檢核機制之研擬

本節針對 FRP 貼片補強工法應用於橋柱補強之設計、施工及驗收方式進行說明。

3.6.1.1 工法概述

為改良鋼鈑包覆工法施工之不便性及後續之維護工作，因此引進纖維強化高分子複合材料(FRP)貼片補強技術，其中以碳纖維最適合橋柱補強。其優點在於材料輕，只需人工即可作業、不影響橋梁自重、不會腐蝕，補強後維護簡易、補強後可做造型設計，增加都市美觀等。

施工時先將柱表面以砂輪機磨平，並將角端修成弧狀(圓弧半徑約大於 3 cm)，若表面有缺損部分應進行適當處理，使其與施工面平整，之後塗上底膠漆(Primer)，將表面凹洞補平之後塗上樹脂，依設計層數貼上碳纖維貼片，再上一層表面樹脂，最後以抗紫外線(UV)或防火塗料作面層處理。常見之外觀美化，除以油漆塗刷外，亦可使用洗石子等方式。

國內業界目前採用之 CFRP 補強施工準則，乃依照國外成功案例之施工準則，配合國內已實施成功案例之施工經驗所歸納出來的規範，為一套符合國情，且技術成熟的施工準則。

常用之專有用語解釋如下：

1. 碳纖維貼片：將碳纖維以單向或雙向配列成為片狀補強材料，而有單向碳纖維交片(Cross Sheet)、雙向碳纖維交片及單向碳纖維片等。
2. 含浸接著樹脂：於混凝土面層與補強複合材料上塗佈，使補強複合材料與結構物緊密接合之用，讓補強複合材料含浸形成 FRP 所用之樹脂材料。
3. 底漆：浸透於混凝土表層，除了補強混凝土表面並提昇與 FRP 間接合性所用之樹脂。

4. FRP：將含浸接著樹脂含浸於補強複合材料，硬化成複合材料板。
5. FRP 材料單位面積重：以碳纖維貼片每平公尺所含補強複合材料重量表示。
6. 底層處理工作：以砂輪等將混凝土表面的髒污、浮渣等去除之整平工作。
7. 斷面修復工作：將混凝土因剝落等造成之斷面缺損以樹脂砂漿修補之整平工作。
8. 不平整面調整工作：將模板誤差等比較輕微之凹凸用環氧樹脂補土使之平順之工作。
9. 裂縫注入工作：將混凝土龜裂處灌注環氧樹脂之工作。
10. 底漆工作：在混凝土表面，於補強複合材料膠合前塗佈底漆之工作。
11. FRP 膠合工作：塗佈含浸接著樹脂、黏貼補強複合材料，再將含浸接著樹脂含浸接著於結構體之工作。
12. 修飾工作(復原工程)：以保護或美化橋墩為目的，在補強複合材料外側予以塗裝、粉刷及防護等工作。
13. 維修：為確保耐久性或保持現存承載力須實施之對策。
14. 補修：為提升現有之承載力所實施之對策。
15. 纖度：纖維每 1000 m 長之質量
16. 開纖：從每束纖維群中挑出單根纖維
17. 搖變度：以黏度計測定黏度時，測定 6 rpm 時之黏度與 60 rpm 時之黏度比值稱之，搖變度愈大愈不容易垂流。
18. 玻璃轉移溫度：塑膠材料依力學性質、溫度、應變速度等，可區分為玻璃狀、黏彈性狀及橡膠狀等三種狀態。由黏彈性狀變化至玻璃狀之溫度稱為玻璃轉移溫度(T_g)。玻璃轉移溫度不僅與力學性質有關，比容、熱容量、折射率等均會變化。

3.6.1.2 材料使用要求

FRP 補強橋墩所需之材料如纖維加勁材系統、樹脂系統，底漆系統、補土系統及複合材料積層板之測試項目及國內外相關測試標準詳列如下。

◎ 纖維加勁材系統(Fiber Sheet System)測試標準

本節介紹纖維加勁材料如纏繞碳纖維、碳纖維貼片及玻璃纖維布等材料之測試標準，並以表列如下。

1. 碳纖維原材料(纏繞碳纖維用)

表 3.10 纏繞碳纖維測試項目及標準

測試項目	CNS 標準	ASTM 標準	JIS 標準
抗張強度	CNS 13553	ASTM D3379	JIS R7601
抗張係數	CNS 13553	ASTM D3379	JIS R7601
伸長率	CNS 13553	ASTM D3379	JIS R7601
單位長度之質量	CNS 13553 6.1	—	JIS R7601
表面處理劑含量 (漿料含量)	CNS 13553 6.8.1	—	JIS R7601

2. 碳纖維貼片

表 3.11 碳纖維貼片測試項目及標準

測試項目	CNS 標準	ASTM 標準	JIS 標準
單位面積重量	CNS 13062	ASTM D3776	JIS K7071
抗張強度	CNS 13555	ASTM D3039	JIS K7073
抗張係數	CNS 13555	ASTM D3039	JIS K7073
伸長率	CNS 13555	ASTM D3039	JIS K7073
彎曲強度	CNS 13556	ASTM D790	JIS K7074

註：碳纖維複合材料貼片之抗張強度、抗張係數與彎曲強度係將纖維含浸接著樹脂硬化後之碳纖維複合材料積層板進行測試所得，積層板層數限定為 4 層。

3. 玻璃纖維貼片(單一方向)

表 3.12 玻璃纖維貼片測試項目及標準

測試項目	CNS 標準	ASTM 標準	JIS 標準
單位面積重量	CNS 7397	ASTM D3776	—
彎曲強度	CNS 12780	ASTM D790	JIS K7055
抗張強度	CNS 12779	ASTM D3039	JIS K7054
抗張係數	CNS 12779	ASTM D3039	JIS K7054
伸長率	CNS 12779	ASTM D3039	JIS K7054

◎ 樹脂系統(積層樹脂)測試標準

大氣，水中與纏繞用含浸接著室溫硬化樹脂之測試標準，分別如表 3.13、表 3.14 與表 3.15 所示。

表 3.13 大氣中樹脂測試項目及標準

測試項目	CNS 標準	ASTM 標準	JIS 標準
不揮發成份	CNS 13069	註一	JIS K7235
可操作時間	CNS 13065	ASTM D2471	參考： 溫度上升方法
黏 度	CNS 13065	ASTM D2393	JIS K6833
搖變度(註二)	CNS 13065	ASTM D2393	JIS K6833
玻璃轉移溫度	註三	ASTM D3418	註三
抗張強度	CNS 4396	ASTM D638	JIS K7113
抗張係數	CNS 4396	ASTM D638	JIS K7113
彎曲強度	CNS 4392	ASTM D790	JIS K7203
抗張剪切強度	CNS 5606	ASTM D1002	JIS K6850

註一：不揮發成份：揮發成份對人體有害，揮發成份愈高，毒性愈強，故必須限制其含量。

註二：搖變度：搖變度的大小會影響樹脂的黏滯度和垂流效果進而影響纖維的含浸效果以及操作性，因此搖變度要適當的控制。

註三：玻璃轉移溫度， T_g ：複合材料在受力或溫度的影響下會有軟化之現象，如果溫度高於玻璃轉移溫度以上，材料的性質會變差，因此材料的使用環境必須加以限制。

表 3.14 水中樹脂測試項目及標準

測試項目	CNS 標準	ASTM 標準	JIS 標準
黏滯度	CNS 13065	ASTM D2393	JIS K6833
可操作時間	CNS 13065	ASTM D2471	參考： 溫度上升方法
抗張強度	CNS 4396	ASTM D638	JIS K7113
抗張係數	CNS 4396	ASTM D638	JIS K7113
彎曲強度	CNS 4392	ASTM D790	JIS K7203
抗張剪切強度	CNS 5606	ASTM D1002	JIS K6850
玻璃轉移溫度	註三	ASTM D3418	註三
混凝土 接著強度	CNS 11053	ASTM D4541	JIS K5400

註三同表 3.13。

表 3.15 纏繞樹脂測試項目及標準

測試項目	CNS 標準	ASTM 標準	JIS 標準
不揮發份	CNS 13069	註一	JIS K7235
可操作時間	CNS 13065	ASTM D2471	參考： 溫度上升方法
黏滯度	CNS 13065	ASTM D2393	JIS K6833
搖變度	CNS 13065	ASTM D2393	JIS K6833
玻璃轉移溫度	註三	ASTM D3418	註三
抗張強度	CNS 4396	ASTM D638	JIS K7113
抗張係數	CNS 4396	ASTM D638	JIS K7113
彎曲強度	CNS 4392	ASTM D790	JIS K7203
抗張剪切強度	CNS 5606	ASTM D1002	JIS K6850

註一與註三同表 3.13。

◎ 底漆系統(Primer System)測試標準

FRP 與混凝土表面接著用之底漆系統測試標準，如表 3.16 與表 3.17 所示。

表 3.16 底漆測試項目及標準

測試項目	CNS 標準	ASTM 標準	JIS 標準
黏滯度	CNS 13065	ASTM D2393	JIS K6833
可操作時間	CNS 13065	ASTM D2471	參考： 溫度上升方法
混凝土 拉拔強度	CNS 11053	ASTM D4541	JIS K5400
剝離強度	註四	註四	註四

註四：剝離強度測試是一種輔助接著強度的試驗法，它的試驗方法簡單，祇用一般的彈簧秤和夾子夾住積層在混凝土上的貼片，即可測出其剝離強度。

表 3.17 補土測試項目及標準

測試項目	CNS 標準	ASTM 標準	JIS 標準
可操作時間	CNS 13065	ASTM D2471	參考： 溫度上升方法
硬度	CNS 12628	ASTM D2240	JIS K7215
抗壓強度	CNS 12781	ASTM D695	JIS K7208
抗壓係數	CNS 12781	ASTM D695	JIS K7208
混凝土 拉拔強度	CNS 11053	ASTM D4541	JIS K5400
黏滯度	CNS 13065	ASTM D2393	JIS K6833
抗張強度	CNS 4396	ASTM D638	JIS K7113

◎ 複合材料積層板測試標準

複合材料積層板測試標準，如表 3.18 所示。

表 3.18 複合材料積層板測試項目及標準

測試項目		CNS 標準	ASTM 標準	JIS 標準
碳纖維複材	抗張強度	CNS 13555	ASTM D3039	JIS K7073
	抗張係數	CNS 13555	ASTM D3039	JIS K7073
	伸長率	CNS 13555	ASTM D3039	JIS K7073
	彎曲強度	CNS 13556	ASTM D790	JIS K7074
	彎曲係數	CNS 13556	ASTM D790	JIS K7074
玻璃纖維複材	抗張強度	CNS 12779	ASTM D3039	JIS K7054
	抗張係數	CNS 12779	ASTM D3039	JIS K7054
	伸長率	CNS 12779	ASTM D3039	JIS K7054
	彎曲強度	CNS 12780	ASTM D790	JIS K7055
	彎曲係數	CNS 12780	ASTM D790	JIS K7055
玻璃轉移溫度		註三	ASTM D3418	註三
層間剪切強度		CNS 13559	ASTM D2344	JIS K7057
氣泡含量		CNS 13557	ASTM D2734	--

註三同表 3.13。

◎ 複合材料耐久性實驗

一般而言，補強複合材料貼片在積層時均使用黏著性強之接著樹脂，惟樹脂將隨時間和環境而老化，為確保材料使用年限，必須針對複合材料耐久性加以考慮。複合材料耐久性環境測試種類有(1)抗水性；(2)抗紫外線；(3)抗鹽水性；及(4)抗鹼性等四種。

表 3.19 複合材料耐久性測試項目及標準

測試項目	CNS 標準	ASTM 標準	JIS 標準
抗張強度	CNS 13555	ASTM D3039	JIS K7073
抗張係數	CNS 13555	ASTM D3039	JIS K7073
伸長率	CNS 13555	ASTM D3039	JIS K7073
抗張剪切強度	CNS 5606	ASTM D3165	JIS K6850
玻璃轉移溫度	註三	ASTM D3418	註三
層間剪切強度	CNS 13559	ASTM D2344	JIS K7057
硬度	CNS 12628	ASTM D2240	JIS K7215

註三同表 3.13。

3.6.1.3 FRP 貼片補強設計方法

實際上橋柱同時受到軸力、剪力及彎矩共同作用，故在補強設計時，須先分析橋柱在此共同作用下，何種能力不足再做設計，橋柱補強設計主要分為剪力補強設計與韌性補強設計為主。

◎ 橋柱剪力補強設計

橋柱剪力補強設計原理

若橋柱之剪力強度不足以承擔產生塑鉸所須之剪力時，則可藉由 FRP 補強來增加其抗剪強度。而外包材料補強所須提供的剪力強度可由下式計算：

$$V_j = \frac{V^0}{\phi_s} - V_n \quad \dots\dots\dots(3.1)$$

式中， V_j 為外包材料補強所提供的剪力強度， V^0 為橋柱產生塑鉸所須之橋柱的剪力強度， ϕ_s 為剪力強度折減因子可取為剪力強度折減因子可取 0.85， V_n 為橋柱之剪力容量。

橋柱 FRP 剪力補強

橋柱外包 FRP 補強可視為橫向鋼筋處理，其補強之剪力強度 V_j 計算如下：

1. 圓形橋柱

$$V_j = \frac{\pi}{2} t_j f_{jd} D \cot \theta \quad \dots\dots\dots(3.2)$$

2. 矩形橋柱

$$V_j = 2 t_j f_{jd} D \cot \theta \quad \dots\dots\dots(3.3)$$

式中， t_j 為橋柱 FRP 補強之厚度， D 為圓形橋柱之直徑或矩形橋柱在受力方向之尺寸， θ 為剪力裂縫與縱向鋼筋之夾角，設計時可採用 $\theta = 35^\circ$ ， f_{jd} 為 CFRP 之設計應力，因為環向之設計應變 (Hoop

Strain) $\varepsilon_{jd} = 0.004$ ，所以 $f_{jd} = E_j \varepsilon_{jd} = 0.004E_j$ ， E_j 為 FRP 材料之彈性模數。

故由式(3.1)、式(3.2)和式(3.3)可得 FRP 補強之最小厚度 t_j 計算如下：

1. 圓形橋柱：

$$t_j \geq \frac{\frac{V^o}{\phi_s} - V_n}{\frac{\pi}{2} f_{jd} D \cot \theta} \dots\dots\dots(3.4)$$

2. 矩形橋柱：

$$t_j \geq \frac{\frac{V^o}{\phi_s} - V_n}{2 f_{jd} D \cot \theta} \dots\dots\dots(3.5)$$

補強後剪力容量 V_n (3.6) 考量了混凝土的剪力容量 V_c 改為式(3.9)與箍筋的剪力容量 V_s (3.8) 及 CFRP 的剪力容量 V_f (3.7)

$$V_n = V_c + V_s + V_f \dots\dots\dots(3.6)$$

$$V_f = \frac{\pi}{2} t \cdot f_{jd} \cdot D \cdot \cot \theta \dots\dots\dots(3.7)$$

$$V_s = \frac{\pi}{2} \left(\frac{A_{sh} \cdot f_{yh} \cdot D'}{S_t} \right) \cot \theta \dots\dots\dots(3.8)$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_{cc}} A_g \dots\dots\dots(3.9)$$

圓形橋柱 FRP 剪力補強設計流程如下(圖 3.10)

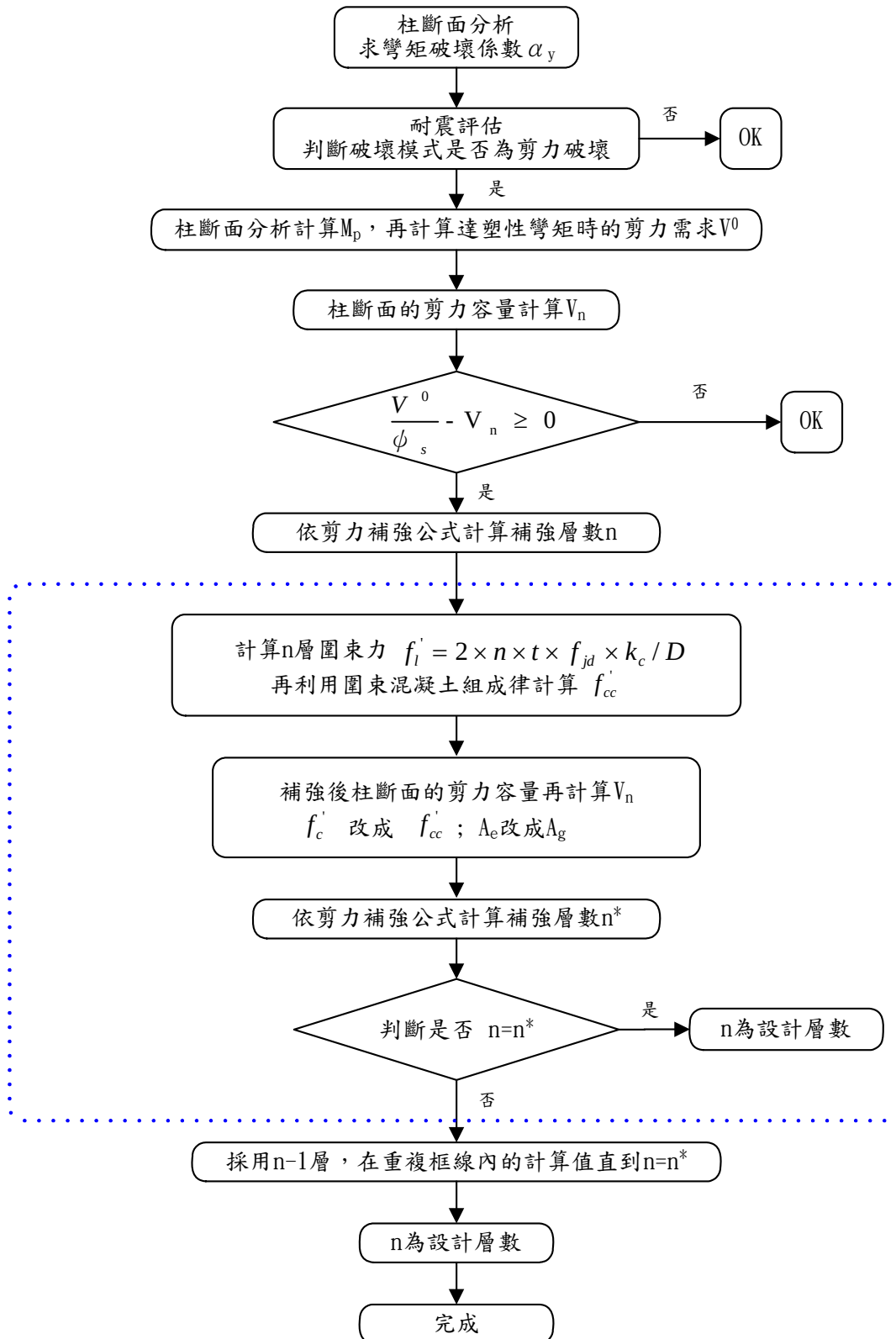


圖 3.10 橋柱 FRP 剪力補強設計流程(Li and Sung, 2004)

◎ 橋柱韌性補強設計

橋柱韌性補強設計原理

以下介紹各規範之最小橫向鋼筋比之規定：

1. ATC-32 規範(ATC-32, 1996)

(1) 圓形橋柱：最小橫向鋼筋量比之規定如下所示。

$$\rho_s = \frac{0.16 f'_{ce}}{f_{ye}} \left[0.5 + 1.25 \frac{p}{f'_{ce} A_g} \right] + 0.13 (\rho_l - 0.01) \dots\dots\dots (3.10)$$

(2) 矩形橋柱：最小橫向鋼筋量之規定如下所示。

$$A_{sh} = 0.12 s_t h_c \frac{f'_{ce}}{f_{ye}} \left[0.5 + 1.25 \frac{p}{f'_{ce} A_g} \right] + 0.13 s_t h_c (\rho_l - 0.01) \dots\dots\dots (3.11)$$

式中， $f'_{ce} = 1.3 f'_c$ ； $f_{ye} = 1.1 f_{yh}$ ； h_c 為圍束混凝土之平面尺寸； $\rho_l = \frac{A_{st}}{A_g}$

為縱向鋼筋量比； A_{st} 為縱向鋼筋之總斷面積； ρ_s 為塑鉸區所需之最小橫向鋼筋量比。

2. Caltrans 規範(Caltrans, 1986)

(1) 圓形橋柱：最小橫向鋼筋量比之規定如下所示。

當 $D \leq 1m$ 時

$$\rho_s = 0.45 \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[0.5 + 1.25 \frac{p}{f'_c A_g} \right] \dots\dots\dots (3.12)$$

當 $D > 1m$ 時

$$\rho_s = 0.12 \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[0.5 + 1.25 \frac{p}{f'_c A_g} \right] \dots\dots\dots (3.13)$$

式中 $A_c = \frac{\pi D^2}{4}$ 為圍束區之段面積(包含縱向鋼筋總段面積)，但在塑鉸

區時，式(4.12)與式(4.13)不能小於下式所計算之值。

$$\rho_s = 0.45 \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] \frac{f'_c}{f_{yh}} \dots\dots\dots (3.14)$$

(2) 矩形橋柱：

矩形橋柱之最小橫向鋼筋量之規定如下式所計算，並取大者。

$$A_{sh} = 0.30s_t h_c \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] \dots\dots\dots(3.15)$$

$$A_{sh} = 0.12s_t h_c \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[0.5 + 1.25 \frac{P}{f'_c A_g} \right] \dots\dots\dots(3.16)$$

3. 圍束混凝土之理論極限應變

圍束混凝土斷面的極限應變 ε_{cu} 與橫向鋼筋量比的關係(Priestley 等人, 1994)可依下式所計算。

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4\rho_s f_{yh} \varepsilon_{su}}{f'_{cc}} \dots\dots\dots(3.17)$$

式中， ε_{su} 為橫向鋼筋之極限應變， f'_{cc} 為圍束混凝土之抗壓強度(Mander 等人, 1988)。

$$\phi_u = \frac{\varepsilon_{cu}}{c_u} \dots\dots\dots(3.18)$$

$$\mu_\phi = \frac{\phi_u}{\phi_y} \dots\dots\dots(3.19)$$

$$L_p = 0.08L + 0.0022 f_y d_b \text{ (FHWA, 1994.) (建議評估時用) } \dots\dots(3.20)$$

$$\text{或 } L_p = g + 2xd_b \text{ (Mander 等人, 1988) (建議補強時用) } \dots\dots(3.21)$$

$$\mu_\Delta = 1 + 3(\mu_\phi - 1) \frac{L_p}{L} \left[1 - 0.5 \frac{L_p}{L} \right] \dots\dots\dots(3.22)$$

式中， c_u 為中性軸與壓力緣外側之距離， d_b 為主筋直徑， f_y 為縱向鋼筋之降伏強度， g 為補強斷面與基礎或帽梁之距離，當 $f_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$ 時， $x=6$ ；當 $f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ 時， $x=9$ ， ϕ_y 、 ϕ_u 各為斷面降伏與極限曲率， μ_ϕ 為斷面之曲率延展性， μ_Δ 橋柱之位移韌性， L_p 為理論之塑鉸長度。

◎ 橋柱 CFRP 韌性補強

使用外包材料補強增加橋柱塑鉸區之的韌性，原則上可視為連續性之橫向

鋼筋，用以增加對混凝土的圍束應力並改善其極限強度與應變，進而達到斷面曲率韌性、極限塑鉸轉角及整體橋梁韌性容量之需求。

1. 圓形橋柱

未補強橋柱之橫向鋼筋量比的計算如下所示：

$$\rho_s = \frac{4A_{sh}}{D's_t} \dots\dots\dots(3.23)$$

將上式之 A_{sh} 取 t_j ， s_t 取 1， D' 取 D 即可求得圓形橋柱 FRP 包覆補強之等效橫向鋼筋量比，其計算如下所示：

$$\rho_j = \frac{4t_j}{D} \dots\dots\dots(3.24)$$

式中， t_j 為外包 FRP 補強之厚度。

2. 矩形橋柱

未補強橋柱之橫向鋼筋量比的計算如下所示：

$$\rho_s = \frac{2A_{sh}(B' + D')}{s_t B' D'} \dots\dots\dots(3.25)$$

將上式之 A_{sh} 取 t_j ， s_t 取 1， B' 與 D' 各取 B 、 D 即可求得矩形橋柱 FRP 包覆補強之等效橫向鋼筋量比，其計算如下所示：

$$\rho_j = 2t_j \left(\frac{B + D}{BD} \right) \dots\dots\dots(3.26)$$

式中， D' 、 B' 為橫向鋼筋之圍束長與寬， D 、 B 為矩形斷面之長與寬。

在瞭解上述之設計原理後，當採用 CFRP 補強橋柱時，可以下列方式進行補強設計。

1. ATC-32 規範

(1) 圓形橋柱：

橋柱外包 FRP 可視為連續性之橫向鋼筋，故由式(3.10)和式(3.24)可得 FRP 補強之最小厚度 t_j 計算如下：

$$t_j = \frac{D}{4} \left\{ \frac{k_j f'_{ce}}{f_{ju}} \left[0.5 + 1.25 \frac{P}{f'_{ce} A_g} \right] + 0.13(\rho_l - 0.01) \right\} \dots\dots\dots(3.27)$$

式中， f_{ju} 為 CFRP 之極限應力， $k_j = 0.16$ 。

基於考量材料之長期耐久性，在碳纖維補強時，採用 0.9 之強度折減因子。補強後之橋柱韌性，需檢核其是否達到規範之要求，其檢核公式如式(3.2)，另外韌性計算如下所示：

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + \frac{2 \times 1.4 \rho_j f_{ju} \varepsilon_{ju}}{f'_{cc}} \dots\dots\dots(3.28)$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + \frac{2.5 \rho_j f_{ju} \varepsilon_{ju}}{f'_{cc}} \text{ (圓形 Priestley 建議)} \dots\dots\dots(3.29)$$

$$\phi_u = \frac{\varepsilon_{cu}}{c_u} \dots\dots\dots(3.30)$$

$$\mu_\phi = \frac{\phi_u}{\phi_y} \dots\dots\dots(3.31)$$

$$L_p = g + 2x d_b \dots\dots\dots(3.32)$$

$$\mu_\Delta = 1 + 3(\mu_\phi - 1) \frac{L_p}{L} \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L} \right) \dots\dots\dots(3.33)$$

式中， ε_{cu} 為補強後圍束混凝土斷面之極限應變， f'_{cc} 為圍束混凝土之 28 天抗壓強度， ε_{ju} 為 FRP 之極限應變， c_u 為中性軸與混凝土壓力緣外側之距離， μ_ϕ 為曲率韌性， ϕ_y 、 ϕ_u 各為橋柱斷面採用彎矩曲率分析之降伏曲率與極限曲率， L_p 為塑鉸之長度， g 為補強斷面與基礎或帽梁之距離，一般可採用 5 cm， d_b 、 f_y 各為縱向鋼筋之直徑與降伏強度，當 $f_y = 2800 \text{ kgf/cm}^2$ 時， $x = 6$ ，當 $f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ 時， $x = 9$ ， μ_Δ 為位移韌性， L 為橋柱之高度。

另一方面，如果給定橋柱之位移韌性 μ_Δ ，則由式(3.24)及式(3.28)~式(3.33)可得 FRP 補強之最小厚度 t_j 計算如下：

碳纖維補強：

$$t_j = 0.09 \frac{D(\varepsilon_{cu} - 0.004)f'_{cc}}{f_{ju}\varepsilon_{ju}} \dots\dots\dots(3.34)$$

$$t_j = 0.1 \frac{D(\varepsilon_{cu} - 0.004)f'_{cc}}{f_{ju}\varepsilon_{ju}} \text{ (考慮材料耐久性)} \dots\dots\dots(3.35)$$

(2) 矩形橋柱：

由式(3.11)、式(3.25)與式(3.26)可求得

$$t_j = \left\{ 0.12s_l h_c \frac{f'_{ce}}{f_{ju}} \left[0.5 + 1.25 \frac{P}{f'_{ce} A_g} \right] + 0.13s_l h_c (\rho_l - 0.01) \right\} \frac{1}{2(B+D)} \dots\dots(3.36)$$

2. Caltrans 規範

(1) 圓形橋柱：

橋柱外包 FRP 可視為連續性之橫向鋼筋，基於能量平衡之考量及補強後混凝土有較高之應變，因此可將其係數提高 5 倍。故由式(3.13)和式(3.24)可得 FRP 補強之最小厚度 t_j 計算如下：

$$t_j = \frac{D}{4} \left\{ 0.6 \frac{f'_c}{f_{ju}} \left[0.5 + 1.25 \frac{P}{f'_c A_g} \right] \right\} \dots\dots\dots(3.37)$$

基於考量材料之長期耐久性，在碳纖維補強時，採用 0.9 之強度折減因子，而在玻璃纖維補強時，採用 0.6 之強度折減因子，則 FRP 補強之最小厚度 t_j 計算如下：

碳纖維補強：

$$t_j = \frac{D}{6} \frac{f'_c}{f_{ju}} \left[0.5 + 1.25 \frac{P}{f'_c A_g} \right] \dots\dots\dots(3.38)$$

(2) 矩形橋柱：

對於矩形橋柱之補強，採用與 ATC-32 規範建議之相同方法。

3. 圍束混凝土之理論極限應變

(1) 圓形橋柱：

由式(3.24)、式(3.28)可推求得其圓形橋柱之補強最小 FRP 厚度需求，

其計算如下所示：

$$t_j = \frac{0.09 \times D(\varepsilon_{cu} - 0.004)f'_{cc}}{f_{ju}\varepsilon_{ju}} \dots\dots\dots(3.38)$$

上式中， ε_{ju} 為 FRP 之極限應變。其中上式中之 ε_{cu} 值求法如下所示：

步驟 1：假設對原始橋柱補強之位移韌性比需求為 μ_Δ 。

步驟 2：將設計需求之 μ_Δ 代入式(3.22)即可推求得橋柱斷面之曲率韌性比 μ_ϕ 值，其計算如下所示。

$$\mu_\phi = 1 + \frac{(\mu_\Delta - 1)}{3(\frac{L_p}{L})(1 - 0.5\frac{L_p}{L})} \dots\dots\dots(3.40)$$

步驟 3：由式(3.40)可推算得橋柱斷面之極限曲率，其計算如下所示。

$$\phi_u = \phi_y \mu_\phi = \frac{\varepsilon_{cu}}{c_u} \dots\dots\dots(3.41)$$

由式(3.40)即可推得圍束混凝土極限應變 ε_{cu} 值，其計算如下所示；

$$\varepsilon_{cu} = c_u \phi_y \mu_\phi \dots\dots\dots(3.42)$$

(2) 矩形橋柱：

矩形柱外包 FRP 補強，其增加之剪力強度 V_{sj} 之計算方式(Seible 等人, 1995)與橫向鋼筋同，惟若欲增加韌性，有時必須配置成橢圓形，其計算如下所示：

$$a = kb \dots\dots\dots(3.43)$$

$$b = \sqrt{\left(\frac{D}{2k}\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2} \dots\dots\dots(3.44)$$

$$k = \left(\frac{D}{B}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(3.45)$$

$$R_1 = \frac{b^2}{a}, \quad R_3 = \frac{a^2}{b} \dots\dots\dots(3.46)$$

$$D_{equ} = R_1 + R_3 = \frac{b^3 + a^3}{ab} \dots\dots\dots(3.47)$$

將式(3.47)之 D_{equ} 取代式(3.39)之 D 值由此可得 FRP 補強之厚。

補強所增加之剪力強度計算近似於圓形橋柱，其強軸與弱軸方向之剪力強度計算如下所示：

(a) 在強軸方向：

$$V_j = 2t_j a f_{yj} \left[1 - \left(1 - \frac{\pi}{4} \right) \frac{b}{a} \right] \cot \theta \dots\dots\dots(3.48)$$

(b) 在弱軸方向：

$$V_j = 2t_j b f_{yj} \left[1 - \left(1 - \frac{\pi}{4} \right) \frac{a}{b} \right] \cot \theta \dots\dots\dots(3.49)$$

式中， a 、 b 為補強後橢圓之長軸、短軸， D_{equ} 為等效之柱直徑。

◎ CFRP 補強設計厚度之選擇

依據補強需求，分別求出所需之補強厚度，再由其中選擇補強厚度 t_j 最大值者，有 t_j 之後，可以選擇不同厚度規格的 CFRP 貼片，一層層貼附至厚度總合大於 t_j 即可，用以減低成本。例如 $t_j=0.44$ mm 時，可用 4 層 0.11 mm 或是 2 層 0.165 mm 加一層 0.11 mm 的 CFRP 貼片。本計畫之補強方式僅考慮地震力部分與耐久性(折減係數中考慮)，至於環境或其他外力等問題則應另外考慮。

3.6.1.4 FRP 貼片補強施工方法

本 FRP 貼片補強施工方法，乃參考國外之補強工法、經驗以及國內成功案例之經驗所歸納出之規範，為業界從事複合材料補強施工之重要遵循原則。

◎ FRP 貼片補強施工順序

FRP 貼片補強施工順序依序為準備工程、混凝土表面處理工程、塗刷底層樹脂工程、不平整表面之再檢修、劃線定位工程、FRP 補強貼附工程、養護工程及表面防護或裝修工程等大項。

◎ FRP 貼片補強準備工程

施工前，應先調查補強結構物之設計圖、竣工圖，規格書，並調查尺寸、配筋，使用材料等資料，做為補強設計時之參考資料，並評估結構物損傷和破壞模式(變形、沈陷、龜裂、腐蝕或老化等)，以決定補強方式，以便製作補強計畫及施工計畫。藉由備有品質證明書或測試報告之施工材料，來判斷材料性能是否合乎補強工程之品質要求，施工材料必須儲存於通風良好，溫度控制在材料規格溫度範圍內之儲藏所，重要施工過程必須重點拍照或攝影存檔，以做為施工品質優劣之判定依據。

◎ 混凝土表面處理工程

FRP 貼片補強需將材料直接附於結構混凝土上，以確保達到有效強度，另因施工環境相對濕度達 90% 以上時，不利樹脂之硬化，且無法獲得良好的粘接強度，故須清除補強構件表面疏鬆、剝落及風化等劣化混凝土，露出混凝土結構層，並將其表面清理乾淨並保持乾燥。表面處理工程包含底層處理工程、裂縫灌注工程、斷面復舊工程。

底層處理工程，係使用砂輪機將混凝土表面的劣化層(風化、游離石灰、脫模劑、剝離之砂漿、粉刷層或污物等)除去並研磨至出現粗骨材為止，研磨完後以毛刷或高壓空氣鎗將粉塵及已鬆動的物質去除掉，然後以水或丙酮洗淨，並要確保充分乾燥且表面平整無灰塵。若補強施工之構件為具有銳利隅角時，須將隅角磨成圓弧 R 角，以免圍束時造成應力集中而降低補強效果，惟補強位置僅為單面時可不需磨成 R 角。對矩形梁、柱而言使用 CFRP 補強結構物時圓弧 R 角之半徑為 3 公分以上。若補強施工標的屬於凹角部位時，則需使用環氧樹脂砂漿或補平材料修整，使其凹面成曲線平滑化(內 R 角，半徑亦為 3 公分)，以利 CFRP 貼片貼附。

裂縫灌注工程，係當裂縫寬度大於 5 mm 以上 1 cm 以下時，則可以樹脂砂漿(大於混凝土設計強度以上)填入並留孔洞，然後抹平結構物表面，再以低壓樹脂砂漿灌注。若無法以水泥砂漿填注處，則以封塞劑先將裂縫處堵住，再

以低壓樹脂注入法將灌注用樹脂注入裂縫中，等確認注入材硬化後再將多餘封塞劑和突出物除去，再以補平材料補平，使表面平坦化，維持局部表面高程差在 1 mm 以內。

斷面復舊工程係將斷面面層上有剝落、孔隙、蜂窩的部位，以研磨方式去掉，再使用與混凝土具同強度以上的高分子砂漿(環氧樹脂砂漿或壓克力樹脂砂漿)進行修復。對於大區域凹洞之修補，則以無收縮水泥砂漿進行修補。另對於混凝土的接頭、模版之段差、表面是否有塗料殘存的小突出物，皆需分別作復舊與修整處理。鋼筋露出部位亦需做防銹處理，如銹蝕嚴重，須採更換新鋼筋或其他措施以確保安全。修復完工後的局部表面高度差應在 1 mm 以內，或調整成斜坡度 1：10 以下之斜面。

◎ 塗刷底層樹脂工程

將底層樹脂之主劑和硬化劑依規定的配比稱重，然後置於攪拌槽中以電動攪拌器充分且均勻攪拌，一次的攪拌量為在可使用時間之施工量，超過可使用時間的材料不可再使用。施工面以滾筒毛刷含浸底漆均勻塗佈，塗佈量隨施工面的狀況不同而異(標準塗佈量約 0.3 kg/m^2)，要斟酌使用，塗佈次數依現場狀況決定是否塗佈第二道，塗佈第二道時須等第一道初乾後再進行。底層樹脂之指觸乾燥時間約 3~12 小時。施工前宜充分了解施工環境，混凝土表面會結露或會接觸水的地方不得施工，因為濕氣太高會導致樹脂與水氣產生作用而干擾了膠化過程。如果迫於工期或其他因素不得不施工時，可藉有保溫和除濕設備以降低濕度，或選用濕潤面專用的底層樹脂施工，以確保施工品質。施工現場嚴禁火源，施工人員必須使用保護工具(如保護面罩、保護眼鏡和塑膠手套等)。

◎ 不平整表面之再檢修

本施工步驟，係貼附 CFRP 工程前對混凝土表面再做檢查，並對較小區域之凹洞或凸出部分做填補或磨平之工作。需將補平材料之主劑和硬化劑依所規定之配比稱重，然後置於攪拌器中攪拌，一次的攪拌量為在可使用時間之施工量，超過可使用時間的材料不可再使用。混凝土表面凹陷之部位利用補平材料

填補平整，於轉角處應用補平材料修復成光滑的圓弧，其半徑不小於 3 cm。當底層樹脂乾燥後，將補平材料塗抹於上述之缺陷上，塗抹後施工面必須使用適當工具加以修整，使整個施工面平整光滑。待補平材料表面指觸乾燥後方可進行下一步之補強施工。

◎ 劃線定位工程

黏貼碳纖維布前，應按照補強設計之部位劃線定位。依設計圖示，畫好貼附位置以確保材料之補強效果，貼歪、貼錯位置均會影響材料之特性與補強效果，貼覆碳纖維布之纖維方向與箍筋方向相同。

◎ FRP 補強貼附工程

FRP 補強貼附工程，宜注意施工環境及施工過程，若施工環境於混凝土表面會結露或會接觸水的地方不得施工。如果迫於工期或其他因素，不得不施工時，則施工現場必須有除濕設備控制溫濕度在材料規定之範圍內，以確保底層樹脂表面或貼片表面沒有水氣存在。施工過程需注意施工場所需通風良好，若無法達到，現場需裝設通風設備，並應注意下列各項要點：

- 1.塗佈接著樹脂前，必須先確認底層樹脂狀況為指觸乾燥。
- 2.碳纖維布預先以剪刀或刀片依所設計的尺寸大小裁好，裁剪數量只裁當日所需用的數量，且為防止施工的不連續性，在還未黏貼前就須把所有的貼片裁好且標上記號以利黏貼。
- 3.將環氧樹脂的主劑和硬化劑依所規定的配比稱重並攪拌，一次的攪拌量為在可使用時間之施工量，超過可使用時間的材料不可再使用。
- 4.施工面以滾筒毛刷含浸接著樹脂均勻的塗佈，其使用量隨混凝土表面的狀況不同而斟酌使用。惟需避免樹脂過量導致纖維滑移或扭曲，或樹脂不足導致纖維含浸不足而影響補強功效。
- 5.將纖維貼片平順的貼合在含浸樹脂的塗佈面，並用刮刀沿著纖維方向用力刮平以除去氣泡和貼平貼片，然後小心移除離形紙。
- 6.利用 FRP 用脫滾輪或塑膠具凹槽型式塑膠滾輪沿著纖維方向來回滾壓以充

- 分含浸樹脂和除去氣泡，拱起部位和角落容易產生氣泡，必須小心除泡。
- 7.在貼上 FRP 貼片的上面，再度以含浸樹脂的滾筒毛刷將樹脂均勻的塗佈在上面，然後再重覆 6.的步驟，務必使其含浸完全。纖維貼片貼附 30 分鐘後才能進行上層樹脂塗抹，並注意貼片是否有浮起，錯位現象，若有則以滾輪或刮刀壓平修正。
 - 8.二層以上的積層，重覆 4.~7.的步驟，但以相隔一天的效果最好，若迫於工時，則至少要間隔 1 小時以上。若氣溫在 $10^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ 之間施工以一日一層施工為原則，因品質最好。
 - 9.纖維貼片貼附需要搭接時，貼片纖維方向交接處，搭接長度必須在 10 cm 以上。
 - 10.施工中若有發生結露現象，則必須擦乾和保持乾燥才可施工，同時在貼附後要考慮施工環境對貼附的影響(如風壓效應，端部的固定等)。
 - 11.施工完後要目視去確認層數，同時貼附處有不平地方均需將貼片拉平。
 - 12.施工人員一定要穿著保護工具(如面罩、眼鏡、手套等)。

◎ 養護工程

戶外之 FRP 施工後，要用塑膠布等覆蓋布遮蔽 24 小時以上，以防雨淋或風砂，灰塵之污染。注意覆蓋布不能碰觸施工面。室內則視需要而定。溫度 20°C 以上時須養護 1 週，溫度 10°C 以下時須養護 2 週，溫度 $10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ 時，則養護 1~2 週。

◎ 表面防護或裝修工程

橋墩等以 FRP 補強後，為緩和車輛等衝撞 FRP 貼片表面，於 FRP 貼附硬化後於其表面噴塗砂漿等防護層，必要時可用掛網方式，使防護層和 FRP 獲得良好之附著強度。另因樹脂抗紫外線能力較差，易老化，於日光直接照射處，或為美觀，可於 FRP 表面噴塗耐候性塗料或表面裝飾材料。必要時可依設計，噴塗耐火材料於 CFRP 表面。

◎ 施工記錄(工程日報表)

施工必須做記錄，記錄內容至少必須包括：施工名稱及單位、天候(溫度、濕度)、施工項目、材料使用量、施工人員類別與出工人數、施工概要等。

◎ FRP 補強施工過程中之安全管理

本補強施工方法所使用材料有底漆、含浸接著樹脂、碳纖維貼片，細部修補材等多種材料。施工時要注意安全，同時亦需熟悉各種材料特徵，施工條件，作業環境等，並遵守下列施工安全注意事項：

1. 充份確認材料的使用方法，保管及管理方法後才可施工。
2. 安排整理好通道，施工架等作業環境，同時施工人員必備的口罩、面具、護目鏡、橡皮手套、安全罩等必須嚴格要求穿戴。
3. 使用有機溶劑或密閉場所，必須注意通風問題，要有抽、送風機風管等設備以強制換氣，同時要避免吸入過多有機溶劑。
4. 底漆、環氧樹脂、塗料等，若不小心沾到皮膚，應以肥皂水洗淨，如碰到眼睛，應即以大量清水沖洗，並緊急送醫作適當處理。
5. 碳纖維貼片具導電性，飛散之碳纖維會造成電動機械的短路，因此在有機器開關部位，宜用塑膠布包封絕緣。
6. 世界各國研究機構調查報告，尚未能證明飛散碳纖維是否危害人體。惟為安全起見，作業需帶防塵口罩。
7. 提取碳纖維貼片時，可能造成皮膚過敏，故須帶保護手套提存。
8. 碳纖維貼片之廢棄物，要以產業廢棄物處理方法處理。
9. 注意火源應遠離工作場所，並配備滅火器具及設備。

3.6.1.5 FRP 貼片補強的品質管理

FRP 貼片補強之品質管理，包括清點數量與材料性質檢測。清點數量以實際到貨量計算。碳纖維材料性質檢測，承商應會同業主及監造單位於現場取樣製作試片。每 1000 m²(每批)至少 3 片以上，以本節材料測試項目及其相關測試標準進行試驗。

完工驗收，應包含施工期間工程日報表及碳纖維貼覆完成後，進行之檢測，以確定補強品質。其步驟為：以目視檢測纖維貼片有無缺脂皺折等外表異常處；再持螺絲起子之塑膠柄輕劃過完工表面或以啄木鳥敲擊器，以聲音判斷是否有空孔存在；最後用硬度測試計測試其硬度。若硬度不足，則需視情形挑選局部區域切開。

由於施工過程中很多因素會影響施工品質，因此除施工前必須由材料製造商提出使用材料試驗報告等相關品質證明書外，施工過程中必須實施補強品質檢驗，才能控制施工品質，補強品質檢驗項目主要為現場接著強度試驗，測試要點和注意事項描述如下。

施工現場為判斷 FRP 與混凝土表面的接著性能好壞以及判斷 FRP 層是否均勻而進行接著強度試驗。試驗的區域可在施工範圍內、施工範圍外或另外製作與施工體等同強度的混凝土面上製作同式樣貼片進行試驗，以判斷當時施工品質。但在施工範圍內製作試片，則必須在做完測試後，恢復補強前之舊觀(樹脂配方，施工方式均與現場施工情況相同)。複合材料補強施工時，須確保補強材料系統及補強施工過程之品質管理，只要能掌控施工前和施工中的品質管理即可做好補強工作，惟整個補強工事品質好壞，並不能單憑目視或經驗來判斷，必須有一套合理的驗收標準加以衡量。

◎ 施工前品質管理

補強材料品質影響施工後品質和補強效果，故施工前必須針對補強材料性質作品質檢查，以確保材料品質。

FRP 補強材料系統主要有四項：(1)纖維系統；(2)樹脂系統；(3)底漆系統；與(4)補土系統。這些材料在使用前必須測試的項目列於 4.6.1.2 節，這些測試報告應由材料供應廠商提供，經設計單位確認合乎補強材料規格後方可進場施工。為確保材料品質，施工承攬廠商應會同監造單位於現場取樣，交由經認證之試驗機構進行材料確認測試。

1. 試驗項目：包含 FRP 纖維板的抗拉強度及係數試驗(CNS 13555)、樹脂固

成份 99%以上(CNS 13069)及樹脂之配合實驗：黏滯度(CNS 13065)和可使用時間(CNS 13065)。

2. 檢驗次數

- a. 每次施工，樹脂的檢驗項目至少需做一組試驗。
- b. 施工之 FRP 量超過 2000 m² 時，每 2000 m² 的纖維板需測試一組，施工量不足 2000 m² 時，纖維板測試亦做至少一組試驗。

以上檢查標準須符合材料強度規格值和樹脂性質。

◎ FRP 施工完工後的品質管理

1. 檢測項目及順序

a. 目視檢測

使用時機：完工後。

檢查標準：不能有間隙，缺脂區、皺紋、脫層、空孔及氣泡等缺陷。

b. 金屬槌測試

使用時機：完工後 3 天，目視檢測有疑問之大區域檢測。

檢測標準：完工後 3 天，以金屬槌輕敲整個修補區域，不能有空隙，脫層分離現象。

c. Durometer shore D (或 Durometer JIS D)硬度測試(CNS 12628)

使用時機：完工後 3 天，金屬錘檢測無缺陷部位之檢測。

檢測標準：完工後 3 天，硬度值需達 80 以上視為合格。若未達 80 則完工後 7 天重測，硬度值必須達 80 以上方為合格。

d. 接著強度測試(拉拔實驗)

使用時機：完工後 3 天，目視檢測、金屬錘測試、硬度測試均無疑問之部位。

檢測標準：

- (1) 若碳纖維貼片與混凝土黏結在一起剝落則為合格。
- (2) 若碳纖維貼片與混凝土發生界面剝離現象，則接著強度必須大於

20 kgf/cm² 始為合格。

(3) 若碳纖維貼片產生層間剝離現象時為不合格。

FRP 完工後，若發現缺陷，可參照表 3.20 及表 3.21 建議方法進行處置。

表 3.20 FRP 完工後之缺陷與其處置方法

缺 陷	處置方法
間隙 (Gaps)、缺脂區 (Starved Areas)	加補樹脂
皺紋 (Wrinkles)	磨平再上樹脂
脫層(Delamination)	拆除、重新貼附
孔洞 (Holes)、起泡 (Blister)	如表 4.17 所示

表 3.21 孔洞、氣泡處置方式

氣泡長度	對 象	集中程度	處置方式	方 法
≥3 cm	全部氣泡	—	補修	凸出 3 cm 以上拆去再貼付 凹陷 3 cm 以上樹脂注入
≥1cm 且 <3cm	7~10 個/m ² 以上，面積率 0.2% 程度以上	分散(*1)	補修	樹脂注入
	7~10 個/m ² 以上，面積率 0.2% 程度以上	密集(*1)	補修	再施工(拆去，再貼附)
	7 個/m ² 未滿，最大直徑 2cm 以上	分散(*1)	合格	—
	7 個/m ² 未滿，最大直徑 2cm 以下	分散(*1)	合格	—
	7 個/m ² 未滿	密集(*1)	補修	樹脂注入(*3)再施工(拆去再貼附)(*4)
<1 cm	—	分散(*2)	合格	—
	—	密集(*2)	補修	再施工(拆去再貼附)

*1：對象面積在 20 cm×20 cm 中有佔 80%(5~8 個)以上為密集，若 80%以下則為分散。

*2：對象面積在 5 cm×5 cm 中有 5 個以上為密集，若 5 個以下則為分散。

*3：氣泡直徑未滿 2 cm 的處理方式。

*4：直徑大於 2 cm 的處理方式。

3.6.2 針對橋梁梁構材以 FRP 棒補強

3.6.2.1 工法概述

為解決國內海島型氣候橋梁鹽害問題，及國內高氯離子含量結構物修復問題，故引進纖維強化高分子複合材料(FRP)棒補強技術(如圖 3.11 所示)。其中以碳纖維最適合橋面版與梁之修復補強。其優點在於材料輕，施工快速、不影響橋梁自重、不會腐蝕，補強後維護簡易等。施工時與一般鋼筋施作相同，惟需注意本材料係以纖維與樹脂組成，側向抗磨損能力較差，故施工、存放或搬運時須避免摩擦。材料不可焊接，因此搭接及綁紮方式以續接器為主或以塑膠束帶固定即可。



圖 3.11 FRP 棒取代鋼筋

3.6.2.2 材料使用要求

抗拉強度、抗拉應力與應變、抗拉模數等試驗值之測定，碳纖維棒可採用 CNS 13555 碳纖維強化塑膠抗拉性能試驗法進行試驗，玻璃纖維棒可採用 CNS 12779 玻璃維強化塑膠抗拉性能試驗法進行試驗。

3.6.2.3 FRP 棒補強設計方法

一般對 FRP 材料相較於鋼筋材料之認知，FRP 不如鋼筋材料具延展性，無法提供足夠之預警及韌性，惟 FRP 材料具有較高之強度與較低之彈性模數，故設計時應使用工作應力法設計，並以混凝土破壞為主要之破壞模式，及採較高之安全係數防止 FRP 棒突然斷裂，故藉設計適當的 FRP 鋼筋量及控制構件之破壞模式，亦可使結構於破壞前提供足夠之預警作用。

◎ FRP 棒梁理論分析

根據 ACI 440.1R-03 碳纖維，基於下列原因，其分析與傳統 RC 略有不同：

1. 高強度，可達 $21,100 \text{ kgf/cm}^2$ (鋼筋為 4220 kgf/cm^2)
2. 低楊氏係數， $1.12 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ (鋼筋為 $2.04 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$)
3. 高變形，約1.3% (鋼筋 $\epsilon_y = 0.002$)

梁分析之基本觀念在可用強度法或工作應力法，常用之作法為依強度法設計並檢核工作狀態下是否滿足相關需求。

◎ 基本假設

RC 構件之分析，通常會作下列四項基本假設：

1. 彎曲前之平面斷面於彎曲後仍保持平面。
2. 鋼筋之應力-應變曲線已知，假設為彈塑性。
3. 混凝土張力強度可忽略不計。
4. 混凝土之應力-應變曲線為已知。

而對於用 CFRP 棒於 RC 構件之撓曲行為則增加以下假設：

5. CFRP棒與混凝土完全握裹且不產生相對滑動。
6. CFRP之應力-應變曲線為已知。

◎ 鋼筋混凝土與 CFRP 材料應力-應變關係

(一)混凝土的應力-應變關係數值模式最常為人使用模式如圖 3.12 所示：

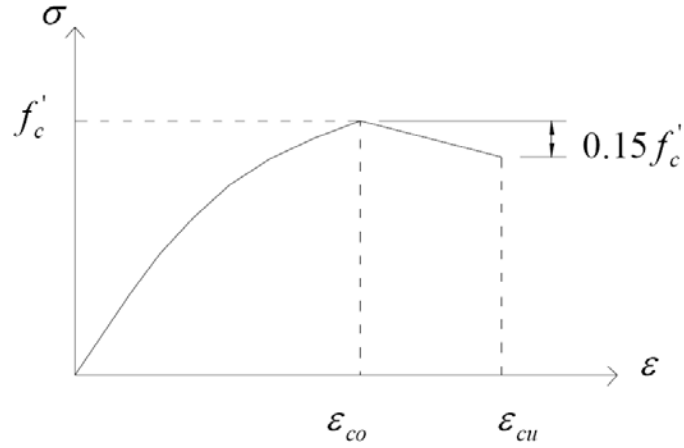


圖 3.12 混凝土的應力-應變關係數值模式圖

(1) 當 $\varepsilon_c \leq \varepsilon_{co}$ 時，

$$f_c = f'_c \left[2 \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} \right)^2 \right] \quad (4.33)$$

(2) 當 $\varepsilon_c \geq \varepsilon_{co}$ 時，

$$f_c = f'_c \left[1 - 0.15 \left(\frac{\varepsilon_c - \varepsilon_{co}}{\varepsilon_{cu} - \varepsilon_{co}} \right) \right] \quad (4.34)$$

其中， f'_c 為混凝土極限應力； ε_{co} 為相對最大應力之應變； ε_{cu} 為混凝土極限應變。

(二) 鋼筋應力-應變關係以一彈塑性行為描述如圖 3.13 所示(Hognested, 1951)：

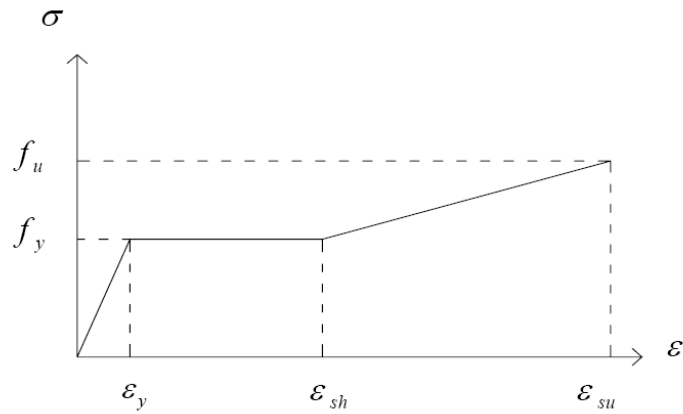


圖 3.13 鋼筋應力-應變關係圖

(1) 當 $\varepsilon_s \leq \varepsilon_y$ 時，

$$f_s = E_s \cdot \varepsilon_s \quad (4.35)$$

(2) 當 $\varepsilon_y < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh}$ 時，

$$f_s = f_y \quad (4.36)$$

(3) 當 $\varepsilon_{sh} < \varepsilon_s < \varepsilon_{su}$ 時，

$$f_s = f_y + E_{sh} \cdot (\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh}) \quad (4.37)$$

其中， f_y 為鋼筋降伏應力； f_u 為鋼筋極限應力； E_s 為鋼筋彈性楊氏模數； E_{sh} 為應變硬化區域比例數； ε_y 為鋼筋降伏應變； ε_{sh} 為鋼筋應變硬化應變； ε_{su} 為鋼筋極限應變。

(三) 碳纖維應力-應變關係為一線彈性模式，如圖 3.14 所示：

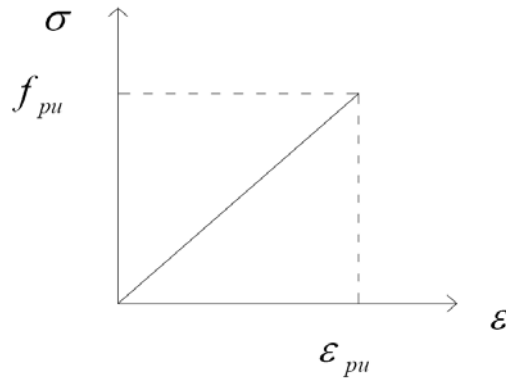


圖 3.14 碳纖維應力-應變關係圖

(1) $\varepsilon_{sp} \leq \varepsilon_{pu}$

$$f_{sp} = E_{sp} \cdot \varepsilon_{sp} \quad (4.38)$$

其中， f_{pu} 為極限應力、 ε_{pu} 為極限應變

(四) 根據 ACI 440.1R-03，FRP 棒之設計張力強度 f_{fu}

$$f_{fu} = C_E \cdot f_{fu}^* \quad (4.39)$$

其中， C_E 為環境折減因素，如下表 3.21； f_{fu}^* 為 FRP 棒出廠保證強度。

表 3.22 環境影響因素折減係數表

暴露情況	纖維種類	環境折減因素 C_E
混凝土無暴露在環境中	Carbon	1.0
	Glass	0.8
	Aramid	0.9
混凝土有暴露在環境中	Carbon	0.9
	Glass	0.7
	Aramid	0.8

◎ 撓曲破壞模式

為了解 CFRP 梁之成效彎矩，預測 CFRP 梁之撓曲強度分析方式，這些分析方法均以基本 RC 之撓曲強度分析理論延伸而來，以下將對分析方法作一探討。

一般梁所受載重作用產生的應力，主要考慮有撓曲與剪力，但通常剪力造成影響較彎矩造成的小，因此大部份梁設計都先考慮撓曲，爾後再檢核剪力是否符合需求。就傳統 RC 梁彎矩破壞而言，發生破壞之型態有以下三種(徐耀賜，2001)：

1. 平衡式破壞：拉力筋降伏與混凝土壓碎同時發生，此即所謂平衡筋梁(Balanced Reinforced Beam)。
2. 拉力筋降伏破壞：拉力筋降伏時，受壓區混凝土仍未達壓碎(Crushing)之階段，此即所謂低筋梁(Under-Reinforced Beam)。
3. 混凝土受壓碎破壞：於拉力筋降伏之前，受壓區混凝土即受壓碎破壞，此乃所謂過筋梁(Over-Reinforced Beam)。此種破壞模式屬瞬間發生之脆性破壞，發生時毫無預警可言，故在設計時須絕對避免。

一般系統 RC 梁均為補強不足以確保破壞係由鋼筋降伏，方可提供足夠之預警及韌性，但 CFRP 基本上為材料行為屬線彈性，無法提供降伏之功能，故設計係採高安全係數。依照 ACI 440.1R-03，CFRP 梁之設計可採 CFRP 斷裂或混凝土壓碎之理念，只要強度及使用性均符合需求。一般而言，對 CFRP 棒之混凝土梁而言，混凝土壓碎之破壞模式較 CFRP 棒斷裂之破壞模式展現更好

之韌性。

◎ 不同破壞模式之應力應變關係

由於 ACI 440.1R-03 為 CFRP 單筋梁規範，如下圖 3.15、圖 3.16、圖 3.17，分別為(a)混凝土壓壞模式，(b)平衡破壞模式，及(c)纖維斷裂模式。

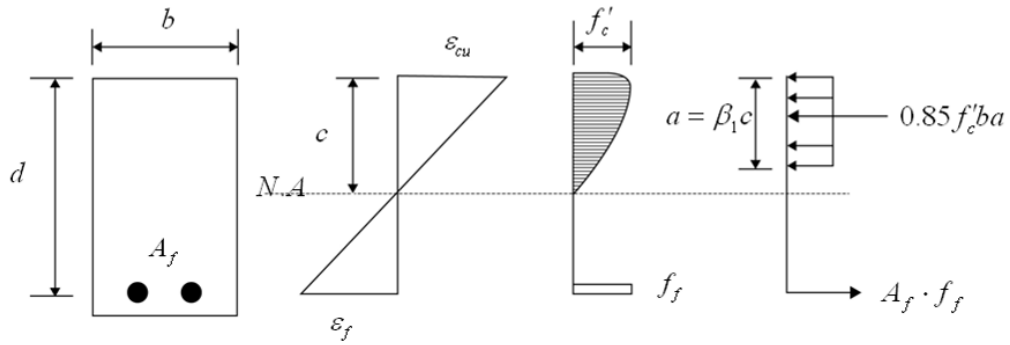


圖 3.15 混凝土壓壞模式

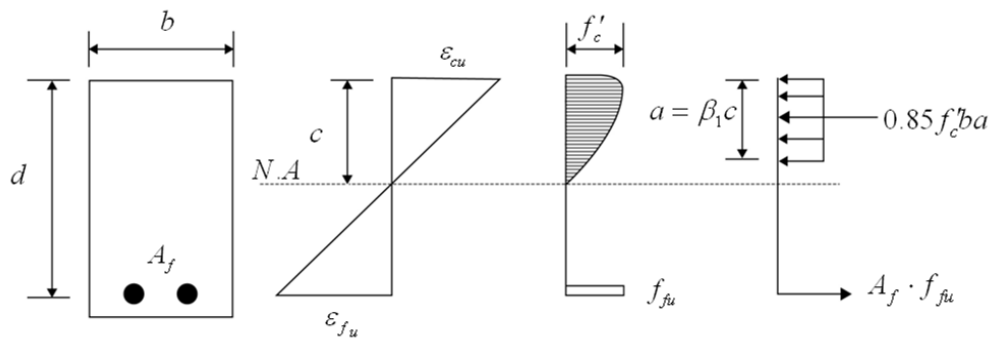


圖 3.16 平衡破壞模式

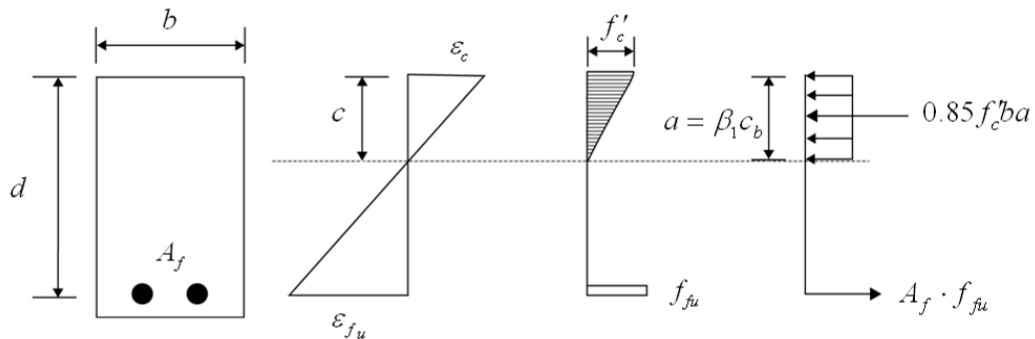


圖 3.17 纖維斷裂模式

◎ 撓曲強度計算

根據 ACI 440.1R-03，纖維之強度高於鋼筋，故依平衡關係所得之平衡比較低，如下表 3.23。

$$\text{複材比 } \rho_f = \frac{A_f}{bd} \quad (3.40)$$

$$\text{平衡複材比 } \rho_{fb} = 0.85\beta_1 \frac{f'_c}{f_{fu}} \frac{E_f \cdot \varepsilon_{cu}}{E_f \cdot \varepsilon_{cu} + f_{fu}} \quad (3.41)$$

表 3.23 各材料平衡鋼筋比(5,000 psi)

種類	抗張強度, f_y or f_{fu} (kgf/cm ²)	彈性模數 (kgf/cm ²)	ρ_b or ρ_{fb}
鋼	4,220	2.04×10^6	0.0335
GFRP	5,627	4.22×10^5	0.0078
AFRP	11,947	8.44×10^5	0.0035
CFRP	21,100	1.55×10^6	0.0020

(1) $\rho_f > 1.4\rho_{fb}$ 當為混凝土壓碎破壞模式

$$M_n = A_f \cdot f_f \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (3.42)$$

$$a = \frac{A_f \cdot f_f}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} \quad (3.43)$$

$$f_f = E_f \cdot \varepsilon_{cu} \left(\frac{d-c}{c} \right) \quad (3.44)$$

(2) $\rho_f < \rho_{fb}$ ，則為 CFRP 筋先破壞之模式，其計算式如下

$$M_n = A_f \cdot f_{fu} \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (3.45)$$

◎ 修正 ACI 440 雙筋梁規範與破壞模式分析理論

規範 ACI 440 (2003)，僅提供 FRP 梁之單筋梁理論與設計，但為使用於雙筋梁，因此將規範 ACI 318 與規範 ACI 440 比較後，發現公式並無不同，僅有

材料參數之改變(如 $A_s \rightarrow A_f$ 、 $f_y \rightarrow f_{fu}$ 、 $f_s \rightarrow f_f$ 、 $E_s \rightarrow E_f$)，因此利用規範 ACI 318 雙筋梁理論將材料參數修改為 FRP 梁雙筋梁理論是可行的。在 FRP 梁雙筋梁分析中，其基本假設與單筋梁相同(洪明中，2008)。

◎ CFRP 棒與鋼筋混合梁破壞模式分析與雙筋梁公式推導

目前規範 ACI 318 或 ACI 440 中，單筋梁或雙筋梁分析時，破壞模式是由鋼筋比(纖維比)與平衡鋼筋比(平衡纖維比)來判斷，而研究中 FRP 梁雙筋梁理論是以斷面分析藉由應變增量觀察壓力區混凝土或拉力區 CFRP 棒何者先達極限應變判斷其破壞模式。

以下為 CFRP 雙筋梁理論公式推導，圖 3.18 為 CFRP 棒與鋼筋混合梁斷面應力應變圖。

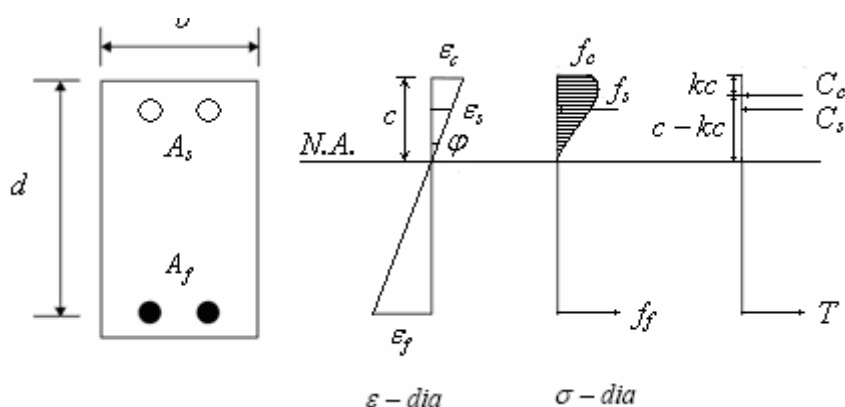


圖 3.18 CFRP 棒與鋼筋混合梁斷面應力應變圖

◎ 材料特性

$$f_c = E_c \times \varepsilon_c \quad (3.46)$$

$$f_s = E_s \times \varepsilon_s \quad (\text{當 } 0 \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_y \text{ 時}) \quad (3.47)$$

$$f_s = f_y \quad (\text{當 } \varepsilon_s \geq \varepsilon_y \text{ 時}) \quad (3.48)$$

$$f_f = E_f \times \varepsilon_f \quad (3.49)$$

式(3.46)~(3.49)中， f_c 為混凝土強度； E_c 為混凝土之彈性模數； ε_c 為混凝土之應變； f_s 為鋼筋之應力； E_s 為鋼筋之彈性模數； ε_s 為壓力區鋼筋之

應變； f_y 為鋼筋降伏強度； f_f 為 CFRP 棒之應力； E_f 為 CFRP 棒之彈性模數； ε_f 為拉力區 CFRP 棒之應變。

◎ 平衡條件

$$C_c = \int f_c dA = \int_0^c f_c (b dx) \quad (3.50)$$

$$C_s = A_s \times f_s \quad (3.51)$$

$$T = A_f \times f_f \quad (3.52)$$

$$T = C_c + C_s \quad (3.53)$$

式(3.50)~(3.53)中， C_c 為受壓混凝土之合力； C_s 為受壓鋼筋之合力； A_s 為受壓鋼筋之斷面積； b 為斷面寬度； T 為斷面受拉之合力； A_f 為受拉 CFRP 棒之斷面積。

變形諧和：

$$\frac{\varepsilon_c}{c} = \frac{\varepsilon_f}{d - c} = \varphi \quad (3.54)$$

$$\varepsilon = \varphi \cdot x \quad (3.55)$$

$$x = \frac{d\varepsilon}{\varphi} \quad (3.56)$$

式(3.54)~式(3.56)中， c 為中性軸到斷面頂部之距離； d 為受拉鋼筋深度； φ 為斷面曲率； ε 為距中性軸距離 x 處之應變； $d\varepsilon$ 為微小增量應變。

由式(3.56)帶入式(3.47)

$$C_c = \frac{b}{\varphi} \int_0^{\varepsilon_c} f_c d\varepsilon \quad (3.57)$$

由式(3.54)代入式(3.57)

$$C_c = \frac{bc}{\varepsilon_c} \int_0^{\varepsilon_c} f_c d\varepsilon \quad (3.58)$$

由 C_c 對中性軸取力矩

$$k = 1 - \frac{1}{\varepsilon_c} \frac{\int_0^{\varepsilon_c} f_c d\varepsilon}{\int_0^{\varepsilon_c} f_c d\varepsilon} \quad (3.59)$$

由式(3.53)

$$\frac{bc}{\varepsilon_c} \int_0^{\varepsilon_c} f_c d\varepsilon = T - C_s \quad (3.60)$$

$$c = \frac{\varepsilon_c (T - C_s)}{b \times \int_0^{\varepsilon_c} f_c d\varepsilon} \quad (3.61)$$

$$M = C_c (d - kc) + C_s (d - d') \quad (3.62)$$

由試體梁彎矩分布圖中，可知力與彎矩的關係為

$$M = \frac{L}{2} \cdot \frac{P}{2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{L'}{2} \cdot \frac{P}{2} \quad (3.63)$$

式(3.64)中， L 為下支承間距離； L' 為上支承間距離，代入後得

$$P = \frac{M}{23.75} \quad (3.64)$$

式(3.59)~式(3.62)中， k 為強度係數； M 為斷面彎矩； d' 為壓力鋼筋深度。由式(3.54)可知，拉力區 CFRP 棒應變 ε_f 與混凝土應變 ε_c 關係成正比，利用數值分析方式來進行運算，可先給一定值之混凝土最外圍應變 ε_c ，利用混凝土材料性質可得到混凝土合力及位置，再假定任意中性軸之位置 c ，依變形諧和關係求得拉力區 CFRP 棒應力應變，以合力平衡找出一恰當中性軸位置 c ，所得之中性軸位置可計算彎矩，再另給定一增量 $d\varepsilon$ 於混凝土最外圍應變 ε_c ，重複上述步驟，直到壓力區混凝土達到破壞應變 ε_{cu} 或拉力區 CFRP 棒達到破壞應變 ε_{fu} 停止運算，即可得知其破壞模式為混凝土壓力破壞或 CFRP 棒拉力破壞。

純 CFRP 梁計算方式為將壓力鋼筋參數均改為 CFRP 棒(即 $E_s \rightarrow E_f$ 與 $\varepsilon_s \rightarrow \varepsilon_f$)再進行計算。將 CFRP 棒與鋼筋混合梁破壞模式分析與雙筋梁計算流程整理如圖 3.19。

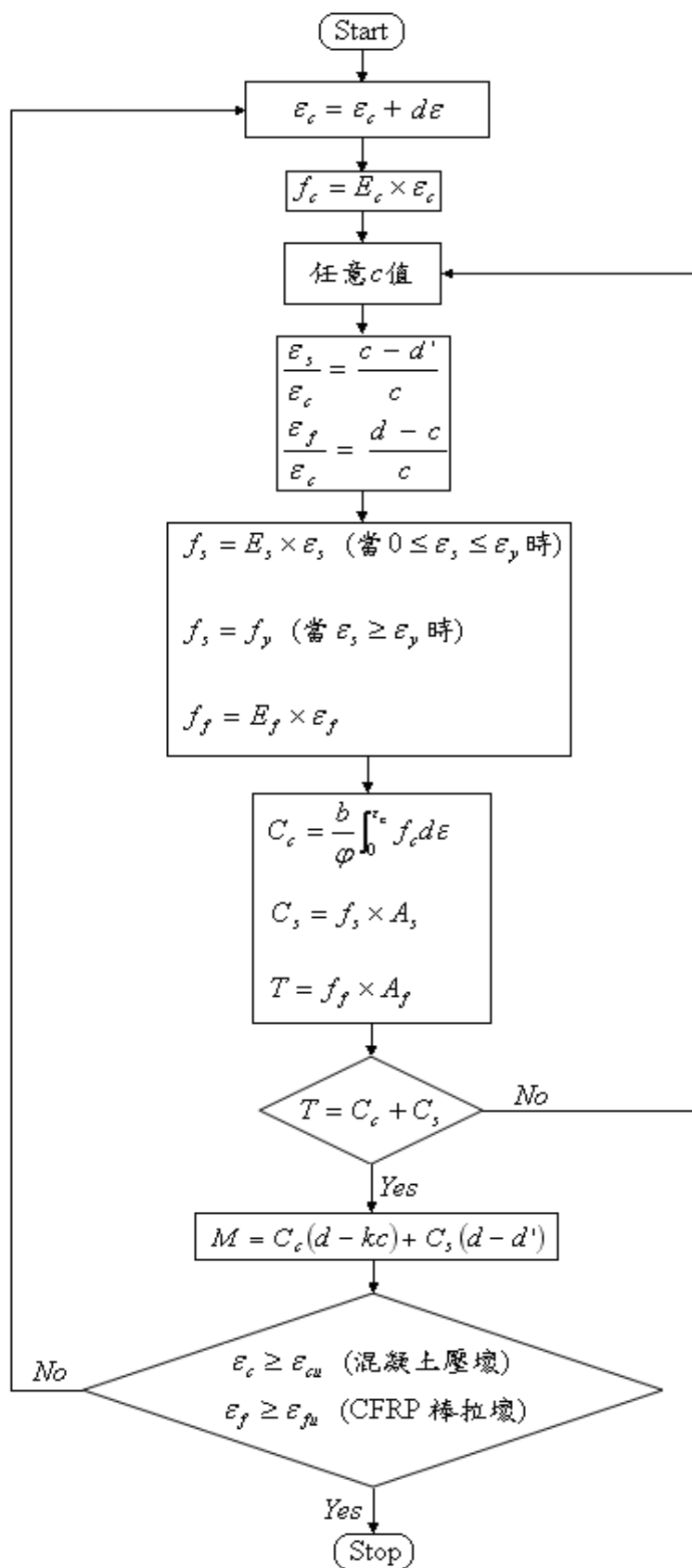


圖 3.19 CFRP 棒與鋼筋混合梁破壞模式分析與雙筋梁計算流程

3.6.2.4 FRP 棒施工方法

FRP 棒係用於特殊環境下取代傳統鋼筋之材料，故於施工方式上皆與鋼筋相似，惟須注意存放、搬運及施工過程中，不可對表面過度的摩擦，因材料係以纖維與樹脂組成，側向抗磨損能力較差，若嚴重摩擦恐使纖維斷裂而降低強度。材料不可焊接，因此搭接及綁紮方式以續接器為主或以塑膠束帶固定即可。

3.6.3 針對橋梁版構材以 FRP 格網補強

經參考日本 FRP グリッド工法研究會所編撰之“FRP グリッド増厚・巻立て工法によるコンクリート構造物の補修補強設計・施工マニュアル(案)”(FRP グリッド工法研究會，2007)進行相關探討，本計畫將介紹此工法之相關材料、設計、施工及驗收方式。

3.6.3.1 工法概述

本工法係高分子纖維複合材料編織成格網型式作為補強材料(如圖 3.20 所示)，應用增厚材，如特殊聚合物噴凝土(PCM)、特殊樹脂砂漿、無收縮水泥砂漿等，使 FRP 格網與結構物連結成一體。本工法應用範圍為橋梁橋面版、混凝土梁、RC 橋墩之修復補強等，其他如混凝土隧道包覆或混凝土構造物亦適用。可有效增加既有結構物之承載能力及耐久性。本工法優點在於：

1. FRP 格網具有交叉格子部份，在補強材料與既有結構物一體化時，藉由增厚材料填充至格子中，使具較高的強度。
2. 以道路橋梁橋面版為例，可藉由 FRP 格網補強既有鋼筋因承載量提高或鋼筋鏽蝕等致拉力強度不足處，提升橋梁承載能力，並提升疲勞耐久性。
3. 本工法亦適用於隧道包覆混凝土之補強及海洋混凝土結構物受鹽害侵蝕之補強等，可有效抵抗腐蝕環境。
4. 因 FRP 材料強度高，在補強後之厚度可較傳統補強方式之厚度為小，影響結構物自重甚小。



圖 3.20 FRP 格網

FRP 補強包覆工法，可利用噴凝土、徒手塗裝、環氧樹脂(Epoxy)灌入等增厚補強。本工法運用於版結構的標準補強斷面示意圖如圖 3.21 所示，增厚部分詳細示意圖如圖 3.22 所示

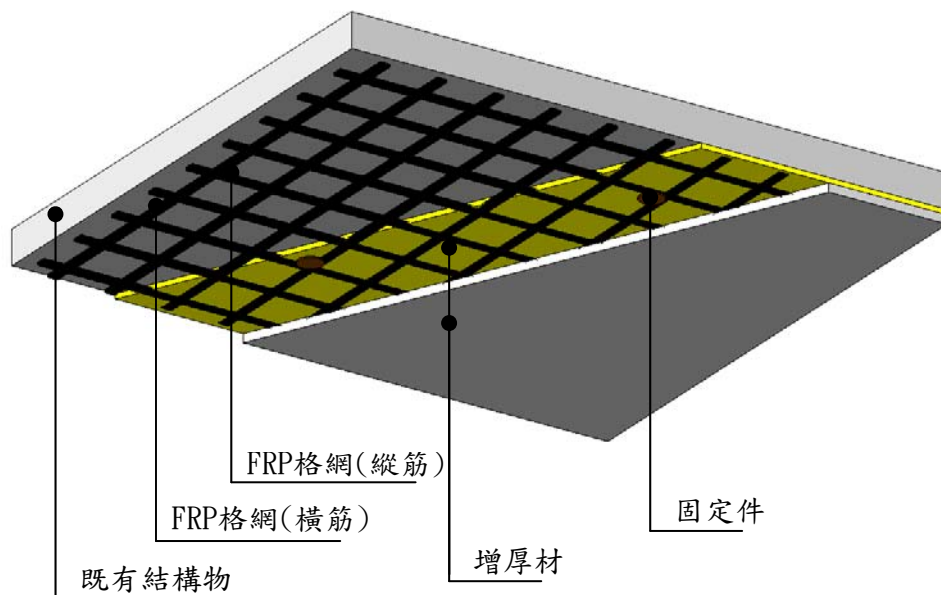


圖 3.21 版結構標準補強斷面示意圖(使用 PCM 噴凝土)

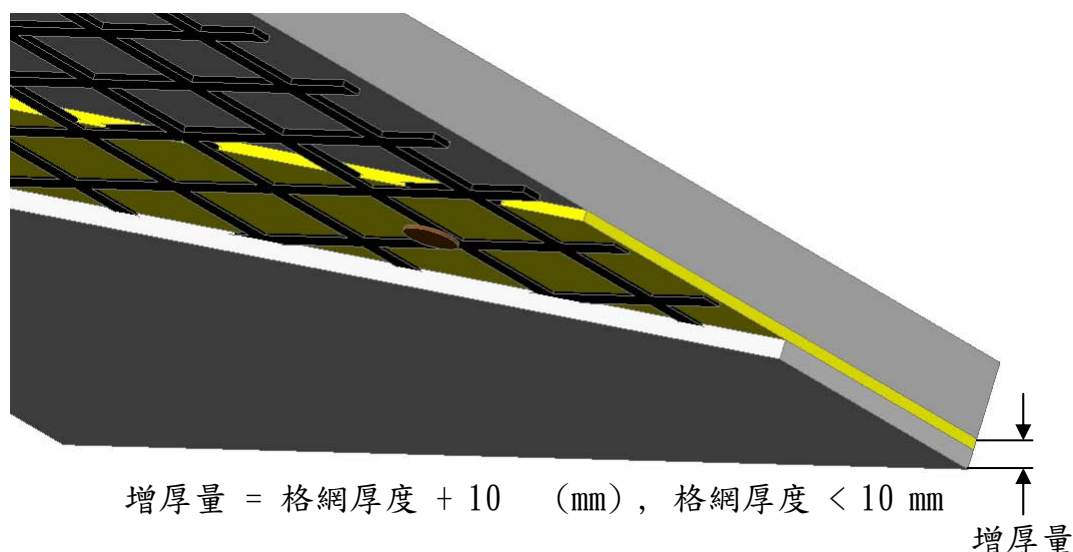


圖 3.22 增厚部分詳細示意圖

3.6.3.2 材料使用要求

本工法使用上須考量之主要使用材料為：FRP 格網、增厚材、環氧樹脂及既有混凝土結構物材料，敘述如下。

◎ FRP 格網(grid)

(一) FRP 格網之品質要求

FRP 格網之品質要求須考量於補強結構物時，是否可發揮足夠的強度以及補強後之耐久性，此外在格網交接處之品質亦須特別注意。

FRP 格網品質，須滿足拉力、楊氏係數、拉力剛性(EA)、標稱斷面積、格網間距等各項品質需求。FRP 格網係利用具高性能連續之高分子纖維絲，經由含浸耐化性(紫外線、酸、鹼、鹽等)性能優異之樹脂材料製成之一體成型網格狀製品，故樹脂對材料之耐久性及使複合材料硬化性質具有較大的影響。為確保補強結構物之耐久性，必須確保 FRP 格網補強材料長期的耐久性。FRP 格網是由連續纖維及樹脂材料所結合之複合材料，故必須同時確保兩者之耐久性能後才可使用。

建議材料在出廠時應提出之 FRP 格網材料規格須包含纖維種類、經實驗驗證之對應鋼筋號數型號、標稱斷面積、拉力強度、楊氏係數、

格網間距等，並具相關測試報告。

(二) FRP 格網之設計用值說明

(1) FRP 格網之設計面積以標稱斷面積表示，厚度以設計厚度表示。

FRP 格網係利用擠壓成型(Open-mold)製造，在連續纖維斷面積中，樹脂之含量對 FRP 格網之拉力強度及剛度影響甚小，因此格網之拉力強度及剛度是由連續纖維量控制。因此若斷面中可固定纖維量即可固定格網之拉力強度及剛度，故在設計斷面時可使用標稱斷面積表示，若設計上以厚度考量時，則以設計厚度表示。

(2) FRP 格網之拉力，原則上以拉力試驗之實驗值表示。

FRP 格網是由連續纖維及基材(纖維結合材-樹脂材料)所形成之複合材料，因此 FRP 格網之耐力(極限荷重)須以全斷面之耐力(極限荷重)表示。材料製造者藉由充分之試驗結果保證材料之耐力(極限荷重)及強度，以確保產品品質。

(3) FRP 格網之拉力強度為拉力除以標稱斷面積。

FRP 格網之拉力強度如下式所示。

$$f_{gu} = P_{max} / A_g \quad (3.65)$$

其中， f_{gu} 為 FRP 格網之拉力強度； P_{max} 為拉力試驗之最大荷重； A_g 為 FRP 格網之標稱斷面積。

(4) FRP 格網之壓力強度於設計上不需考慮。

FRP 格網之壓力剛性或剪力剛性，較混凝土之壓力剛性及剪力剛性甚小，因此對整體受壓斷面之壓力剛性影響甚小，一般在受壓強度及剪力強度部份，在設計上可不考慮。

(5) FRP 格網之楊氏係數，原則上以拉力試驗之實驗值表示。拉力試驗依 JSCE-E531 規範進行。

FRP 格網之楊氏係數如下式所示。

$$E_g = S_g / A_g \quad (3.66)$$

其中， E_g 為 FRP 格網之楊氏係數； S_g 為 FRP 格網之拉力剛性； A_g 為 FRP 格網之標稱斷面積。

材料製造者若藉由試驗方式訂定楊氏係數時，即可採用製造者所提
供之值。

◎ 增厚材

聚合物水泥砂漿(PCM)

聚合物水泥砂漿(PCM)係做為結合 FRP 格網與既有混凝土結構之結合材料，故結合材與既有混凝土之附著強度應有所要求，在溼潤之混凝土表面，其附著效果亦必須符合要求。對 PCM 施工性要求，因 PCM 可用時間及黏度受環境溫度影響很大，故必須在良好的施工環境下才可發揮其施工性。對 PCM 之品質要求，使用於橋面版需符合表 3.24 之各項要求，並採用低彈性型之 PCM 增厚工法，以符合疲勞載重之需求。使用於隧道及一般靜態結構物(不受反覆載重)則需符合表 3.25 之各項要求，並採用高強度型之 PCM 增厚工法，以符合疲勞載重之需求。FRP 格網搭接部份，為使結構物一體化時不產生弱點部份，必須確認此部份的接著強度。

本增厚工法，對承受疲勞載重之構件如橋面版等，亦可利用輪荷載重試驗確保疲勞耐久性。

表 3.24 低彈性型 PCM 之品質要求

試 驗 名 稱	標 準 值	試 驗 方 法
附 著 試 驗	1.7 N/mm ² 以上	建研式拉拔試驗
壓 縮 試 驗	27.0 N/mm ² 以上	JIS R 5201
彎 曲 試 驗	6.0 N/mm ² 以上	JIS R 5201
靜 彈 性 試 驗	1.5×10 ⁴ N/mm ² 以下	ASTM C 469

表 3.25 高強度型 PCM 之品質要求

試 驗 名 稱		標 準 值	試 驗 方 法
拉力接著 性試驗	養護完成時	1.5 N/mm ² 以上	JHERI 416
	乾溼循環試驗後	1.3 N/mm ² 以上	JHERI 416
裂縫抵抗性試驗		不可發生有害裂縫	JHERI 416
對鋼筋背側填充性試驗		不可發生 10 mm 以上之空隙，空隙長度合計不得超過 50 mm	JHERI 416
壓 縮 試 驗		30.0 N/mm ² 以上	JIS R 5201
彎 曲 試 驗		6.0 N/mm ² 以上	JIS R 5201
拉 力 試 驗		2.5 N/mm ² 以上	JIS A 1113
硬 化 收 縮 率		0.05 % 以下	JHS416
熱 膨 脹 係 數		2.0×10 ⁻⁵ /°C 以下	JHS416

◎ 環氧樹脂(Epoxy)

FRP 格網補強包覆工法之品質，是藉由接著環氧樹脂硬化後進行判斷。因此選擇可使補強材料與結構物一體化之環氧樹脂是必要的，亦必須確認環氧樹脂與砂漿結合後接著強度之要求。接著環氧樹脂可使 FRP 格網與既有混凝土一體化，並達到應力傳遞之效果。為達到一體化之效果，須確保施工方法、適當的黏度及適當的可工作時間。黏度會受施工環境的溫度影響，確認施工環境的溫度範圍才可有良好的作業性。另外，施工量需以可使用時間進行選擇(一次施工量去調配所需之樹脂量)。採用環氧樹脂(Epoxy)時，必須確保材料品質及耐久性。當 FRP 格網進行搭接時，亦必須確保搭接部份之環氧樹脂(Epoxy)品質。

某些特殊環氧樹脂在水中或濕潤之混凝土表面，皆可發揮優異之附著性能，故不須在乾燥之混凝土表面下方可施工，則可適用於河川、湖泊及港灣等混凝土結構物之修復補強。

環氧樹脂(Epoxy)之品質要求，需符合表 3.26 之各項要求。

表 3.26 Epoxy 樹脂之品質要求

項目	測試標準	標準值	備註
結著試驗	CNS 11053 ASTM D4541	2.0 N/mm ² 以上	20℃×7 日 建研式拉拔試驗
彎曲試驗	CNS 4392 ASTM D790	49.0 N/mm ²	20℃×7 日
拉力試驗	CNS 4396 ASTM D638	32.0 N/mm ²	20℃×7 日

◎ 既有混凝土結構物材料

既有混凝土結構物材料的設計強度，在有顯著劣化狀態下，可藉由採樣並進行適當試驗查證。若無試驗時，則採用新建時的設計值。若修復補強之既有結構物混凝土有顯著劣化時，混凝土的強度可能降低，或鋼筋由於腐蝕將使斷面積減少，此時可採用現場儀器測試得知混凝土強度並測定鋼筋直徑，進而得知既有混凝土結構物的劣化狀況。構造物的實際混凝土強度若能達到當初設計的混凝土強度以上時，在修復補強設計時，混凝土強度可以當初的設計強度進行設計。

3.6.3.3 FRP 格網補強設計方法

本節概述 FRP 格網補強包覆工法應用於修復補強之設計方式，進行修復補強前應對既有混凝土結構物的性能進行評估，以確保於修復補強後之結構物可有效提升結構物之安全性、疲勞耐久性、使用性及環境耐久性等。

修復補強之結構物，應對各構件、材料與施工方法進行評估且皆需符合審查要求。對既有結構物補強之評估，除需對補強部分外，亦須對無補強部份進行整體性之評估。

◎ 載重

對於設計計算，載重及載重組合是以擬修復補強之結構物的構造及使用狀況進行判斷，原則上依各種結構物之相關設計規範進行設計載重及載重組合定義，構造之形式與使用狀況則以混凝土規範定義。

◎ 容許應力值

FRP 格網降伏後為一脆性破壞現象，故須以容許應力值表示降伏值，並以容許應力法設計之。FRP 格網之容許拉應力在設計載重作用時，以拉力強度的 1/3 設計之。FRP 格網之容許拉應力在極限載重作用時，以拉力強度的 2/3 設計之。鋼筋混凝土的容許應力原則上已現行規範定義。

◎ 受彎構件斷面之應力值的計算與評估

補強前之永久載重可以由補強前之既有斷面計算，活載重及補強後之永久載重則由補強後斷面進行計算，此等載重是應用合成應力值計算。對於混凝土斷面，鋼筋及 FRP 格網之應力值由下列方式計算。

1. FRP 格網應變由距中性軸比例計算。
2. 受拉側混凝土和沙漿增厚部份不計拉力強度。
3. 鋼筋及混凝土之楊氏係數比為 15。
4. FRP 格網及混凝土之楊氏係數比依式(3.66)計算。

FRP 格網補強包覆工法，係以補強前結構物所受之永久載重造成變形後進行施工，故無法承受補強前之永久載重。補強前所受之永久載重由補強前之既有斷面承受，補強後之永久載重及活載重則由補強後的斷面承受，如此即可以計算各載重之合成應力值。惟對於呆載重不影響的情況下，永久載重和活載重可用補強後的斷面承受。

FRP 格網與既有混凝土斷面一體化的合成斷面，混凝土斷面與鋼材及 FRP 格網的應力值，可由下列算式計算。

$$n_g = E_g / E_s \times n = 15 \times E_g / E_s \quad (3.67)$$

其中， n_g 為 FRP 格網與混凝土之楊氏係數比； E_g 為 FRP 格網之楊氏係數 (N/mm^2)； E_s 為鋼筋之楊氏係數 (N/mm^2)； n 為鋼筋與混凝土之楊氏係數比。

以下為受彎斷面補強後之應力值計算方式

(i) 計算斷面

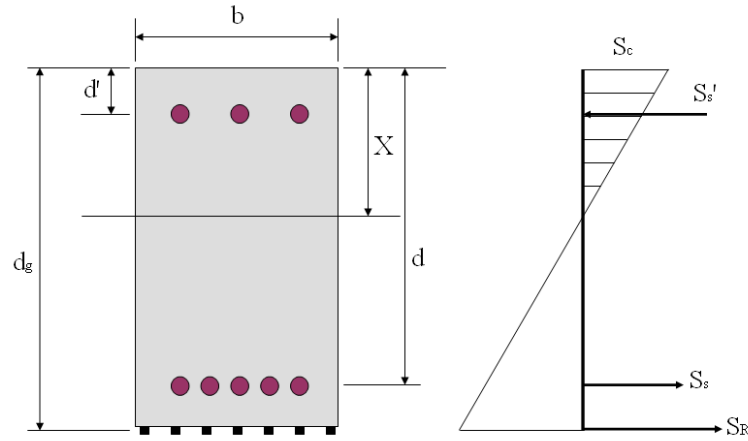


圖 3.23 設計斷面

其中， X 為受壓頂緣至中性軸之距離 (mm)； b 為斷面寬 (mm)； d 為拉力鋼筋有效深度 (mm)； d' 為壓力鋼筋有效深度 (mm)； d_g 為 FRP 格網有效深度 (mm)； A_s 為拉力鋼筋斷面積 (mm^2)； A_s' 為壓力鋼筋斷面積 (mm^2)； A_g 為 FRP 格網斷面積 (mm^2)。

由斷面轉換計算中性軸距後，帶入式(3.68)計算斷面二次彎矩。

$$\begin{aligned} I &= I_c + n \times I_s + n_g \times I_g \\ &= (b \cdot X^3)/3 + n \cdot A_s \cdot (d - X)^2 + n \cdot A_s' \cdot (d' - X)^2 + n_g \cdot A_g \cdot (d_g - X)^2 \end{aligned} \quad (3.68)$$

(ii) 計算應力值

混凝土應力

$$\sigma_c = M \cdot X / I \quad (\text{N/mm}^2) \quad (3.69)$$

拉力筋應力

$$\sigma_s = n \cdot M \cdot (d - X) / I \quad (\text{N/mm}^2) \quad (3.70)$$

壓力筋應力

$$\sigma_s' = n \cdot M \cdot (X - d') / I \quad (\text{N/mm}^2) \quad (3.71)$$

FRP 格網應力

$$\sigma_g = n_g \cdot M \cdot (d_g - X) / I \quad (\text{N/mm}^2) \quad (3.72)$$

其中， M 為設計彎矩 (N-m)。

◎ 受損傷之構件修復

為確保劣化損傷之混凝土構件經補強後的耐久性，須確認其劣化原因與損壞狀況，將劣化混凝土敲除後，對已銹蝕之鋼筋進行有效的除銹、防銹處理後，才可進行 FRP 格網補強包覆工作。

◎ 增厚量

增厚的厚度是為確保格網及增厚材的穩固，根據實驗顯示，由 FRP 格網設計厚度加上 10 mm 以上，或是 FRP 格網設計厚度的兩倍。原則上當格網設計厚度在 10 mm 以下時，增厚量為格網設計厚度加上 10 mm，當格網設計厚度在 10 mm 以上時，增厚量為格網設計厚度的兩倍才可得到補強效果。另外，修復受鹽害的結構物時，FRP 格網補強包覆之厚度應確保可防止鋼筋腐蝕。

◎ 搭接

FRP 格網之搭接原則上以重複搭接為原則，並以相疊之配置方式，標稱斷面積 150 mm^2 以下之搭接長，應於應力方向有 3 個交叉點。標稱斷面積 150 mm^2 以上之必要搭接長，則需透過實驗進行確認。圖 3.24 所示，相同形式之格網需 3 個交叉點(圖 3.24a)，不相同的形式則需各 3 個(圖 3.24b)。

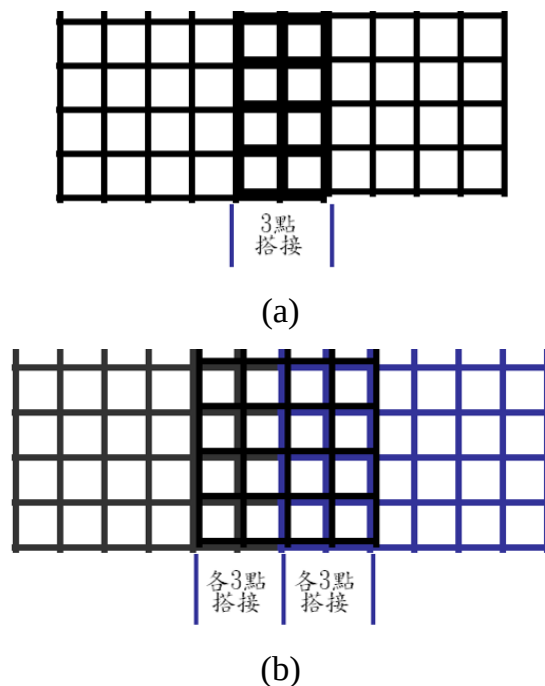


圖 3.24 搭接方式示意圖

3.6.3.4 FRP 格網補強施工方法

本節概述 FRP 格網補強包覆工法應用於修復補強之施工方式。

◎ 施工一般事項

以 FRP 格網補強包覆工法來進行施工，須對欲補強之結構物進行充分之調查，以確保施工後結構物修復補強後的安全性、疲勞耐久性、使用性，以及對各種環境的耐久性。另外亦需確實的保管施工紀錄。

◎ 事前調查

以 FRP 格網補強包覆工法施工實施前，須先對所要補修補強的既有水泥建造物的損害狀況，進行詳細調查，並有十足把握。調查事項包含建築物設計書，水泥強度與鋼筋配置需充份掌握，若無法取得原始設計書，可考慮以別的方法進行調查，必要的話，亦須進行非破壞性檢查。此外可由構造物外觀是否有龜裂、游離石灰和銹水、鋼筋腐蝕等狀況來做判斷。漏水和積水都會降低建物耐久性，也是補強後的再劣化的原因，亦必須考量排水溝和除水裝置。藉由完整的事前調查結果，所擬出之補強計劃可有效率地進行施工，並提升施工準確度及有效性。

◎ 表面處理

為了達到所訂定之附著強度，FRP 格網補強包覆工法施工前，既有水泥表面上的脆弱層或油脂等不乾淨處，須徹底的進行表面處理。表面處理方式可利用水刀、鋼刷或高壓氣槍等工法去除混凝土表面雜質及鋼筋銹蝕部份。樹脂類增厚材在為確保接著強度的情形下，可利用打磨機方式進行粗造面處理。

◎ FRP 格網設置

為將 FRP 格網固定於既有的混凝土上，可利用高強度之錨釘或以植入鋼筋彎鉤等方式將格網確實固定於既有混凝土上，避免在噴塗增厚材時，格網產生移動，造成補強失敗。在設置 FRP 格網時，須注意不可磨傷到 FRP 格網。

◎ 聚合物水泥砂漿(PCM)增厚包覆增強

依據作業環境及所使用的 PCM 種類，進行適當的表面處理並選定適合的

施工方法和材料。適當的混凝土表面處理工程是為了確保增厚 PCM 與既有混凝土間具有足夠之附著力，除表面潔淨及具足夠粗糙面外，亦須注意表面的乾濕狀況，並依所選用之 PCM 來選定底漆材料進行塗抹。

選用 PCM 進行 FRP 格網補強包覆工法時，PCM 在攪拌混合時，必須按照一定的準則，例如攪拌混合需配合材料、適當比例、材料投入順序、攪拌器能力、攪拌混合的時間等。以達到所需之流動性、噴塗狀、強度需求等。

若使用噴凝土方式施工，須先依噴凝土規範確認流動性、附著性及強度等。PCM 的噴塗施工，需選用經驗豐富的塗裝工進行施工。第一次噴塗的建議厚度：天花板為 20~30 mm，壁面為 30~50 mm 又 FRP 格網的格子部份空隙，若 FRP 格網斷面積有 CR6 以上，則需以鏟刀整平後再噴塗一次 PCM。並依施工場所的溫、濕度進行溫、溼度管理，遵循材料及施工規範所訂之可施工溫、濕度進行施工。冬季或有風的施工場所，或有陽光直射的工地，灰漿表面容易乾燥，PCM 易產生龜裂造成裂縫，所以必須有相應養護對策。

若以鏟刀塗附方式施工，注意事項與使用噴凝土方式施工相同。

◎ 環氧樹脂施工

於接著樹脂的攪拌混合為了使接著樹脂的調配能達到所期望的強度，需視材料進行調配。此外攪拌機和攪拌混合時間都會影響到作業性、可使用時間、強度展現等。須確實按照一定的攪拌方法來實行，如攪拌混合機特性或攪拌混合的時間及環境溫、濕度。

採用樹脂注入工法需確實地計劃與設置模板及支撐工，使樹脂注入時不變形及外漏，特別在底部、接合處、固定處等處，要特別注意不使其漏出，待樹脂硬化後，才可撤去模板。

樹脂注入需確實地以幫浦壓送等方法注入，避免板模內充填不良，此外樹脂粘度過高，注入速度變化太大，皆可能會引起充填不良。

除事前確認無漏出情形再進行注入，施工中也需持續監視充填狀況，若發生樹脂外漏，不僅僅因為損失量引起使用量增加，也可能對自然環境有不良影

響。

環氧樹脂施工，必須遵守注入工法來實行。然而小規模施工，施工時間有控制或有障礙物時，注入工法可能不適用，得考量其他方法進行施工。

◎ 補土塗抹

為確保 FRP 格網貼附後之表面平整，可以手塗或補土刀於不平整面上進行補土抹平作業，把 FRP 格網確實包覆並貼緊壓平。完成品務必均一平坦，並留意有無空隙，以免引起強度下降。

3.6.3.5 FRP 格網補強包覆工法的品質管理

本節概述 FRP 格網材料及增厚材之品質管理。

◎ FRP 格網之品質管理

FRP 材料需經由製造過程中的品質記錄來確認品質。FRP 格網，因鑄型製造工法、軸筋的截面長度不同、樹脂與纖維含量比等，使實際的截面積會有所不同。故 FRP 格網的品質管理並非依照格網的形狀或面積，而是依其彈性模量或彈性剛性來進行確認。

◎ 增厚材材料的品質管理

1. PCM 的品質管理

PCM 品質，可由攪拌混合方式、材料調配、與灰漿的配合、流動性、幫浦壓送性、附著性及強度等進行品質管理。建議於每施做 200 m² 實施一次壓縮、抗彎、附著強度及抗壓等試驗。各項試驗名稱及基準可依表 3.27 及 3.28 建議施行。壓縮及抗彎試驗用試體大小為 4 cm × 4 cm × 16 cm 之立方體塊。壓縮試驗實行時，依下列規定進行強度判別：1. 第一次試驗結果為指定基準值的 85% 以上。2. 三次試驗結果的平均值為指定基準值以上。靜彈性試驗的樣品為直徑 5 cm × 高度 10 cm 或直徑 10 cm × 高度 20 cm 的圓柱體。

表 3.27 PCM 的必要物理性質(橋面版等)

試驗項目	試驗標準	基準值(4 週強度)
附著試驗	建研式	1.7 N/mm ² 以上
壓縮試驗	JIS R 5201	27.0 N/mm ² 以上
彎曲試驗	JIS R 5201	6.0 N/mm ² 以上
靜彈性試驗	ASTM C 469	1.5×10 ⁴ N/mm ² 以上

表 3.28 PCM 的必要物理性質(斷面修復等)

試驗項目	試驗標準	基準值(4 週強度)
附著力試驗	建研式	1.5 N/mm ² 以上
壓縮試驗	JIS R 5201	原有構造物的設計基本強度或 24.0 N/mm ² 以上。
彎曲試驗	JIS R 5201	6.0 N/mm ² 以上
靜彈性試驗	ASTM C 469	與原有水泥同程度

2. 環氧樹脂的品質管理

接著樹脂的品質，係由製造公司的工廠製造過程的品質記錄來確定。接著樹脂依制定之調配，及實行適當的攪拌混合方法，可得到良好的施工性以及強度。建議進行一次以上的附著力試驗，來進行強度管理。最好能在所施工之混凝土構造物部分進行測定，若有困難，在相當的環境下製作試驗品來測定亦可。

◎ 增厚材的成品檢驗管理

1. PCM 的成品檢驗管理

成品檢驗管理能確認施工量，因 FRP 格網為不會腐蝕之材料，所以成品可以總厚度來管理。成品管理是以計算面積和厚度進行，建議每 100 m² 設置檢測孔。

表 3.29 PCM 成品管理基準

管理內容	規格值	測定方法
施工面積	設計面積以上	測定縱向與橫向的長度來計算。
施工厚度	設計厚度以上	每塊設一檢測釘，每 100 m ² 設一檢測孔。

2. 環氧樹脂的尺寸檢驗管理

尺寸檢驗係確認施工數量管理方式。具體而言，各塊施工面積和厚度皆有合適之測量方法。厚度可由檢測孔所量測的樹脂厚度來進行，若使用板模場合，則在已設置板模的填縫材料事先測定厚度。

表 3.30 環氧樹脂成品管理基準

管理內容	規格值	測定方法
施工面積	設計面積以上	縱、橫方向的長度測量並計算。若填縫材料等微少部份，並未對整體補修性能有所影響，則也包括在施工面積內。
施工厚度	設計厚度的 90% 以上	約每 100 m ² 設置一檢測孔並量測其厚度。

3.7 小結

本年度計畫方向，包含市區橋梁檢測制度之研擬、市區橋梁風險評估之介紹、市區橋梁監測技術之研擬、及市區橋梁應用 FRP 材料補強標準作業流程與檢核機制之研擬。

研究團隊藉由匯整國內外橋梁檢測制度並透過專家座談會，已草擬營建署所轄縣市政府橋梁檢測作業要點(草案)，並於莫拉克颱風後以電話連絡基隆市、新竹縣、苗栗縣、高雄市及屏東縣等五個縣市承辦橋梁檢測人員，以問卷方式了解本草案於實際推行上之困難處並加以修正，期本草案可實際且有效落實推行。

國內目前鮮少對使用中橋梁進行風險評估作業，惟對橋梁管理者及使用者而言，此階段往往造成最嚴重之災害，研究團隊藉目前使用之各項橋梁安全初步評估表，作為風險危害度評分方式，並建議一套風險評估流程以供參考。

橋梁監測及預警系統旨在災害發生前，即通報橋梁管理單位並警示使用者，係一有效降低災害發生之系統，惟所牽涉之儀器與技術繁多，研究團隊研擬市區橋梁常見之監測項目，並介紹各項監測儀器之功能、規格及施作方式，並介紹整個監測及預警系統之架構，使橋梁管理者可快速選用最經濟之方式獲致最大之橋梁監測及預警效益。

最後延續過去已執行之計畫，對各項 FRP 應用於橋梁補強上之材料，包含 FRP 貼片、FRP 棒及 FRP 格網，研擬一套包括設計及施工之補強標準作業流程與檢核機制，期提升國內土木工程技術。

四、緊急運送道路維護管理研究

4.1 前言

災害發生時，道路系統為第一個開始運作的防災空間系統，人民的自發性避難及救災單位進行救援行動皆仰賴於道路。然而目前我國在緊急運送道路規劃上及定義上並無進行相當明確規定，實際上緊急運送道路系統僅為道路機能中的其中一項。有鑑於我國天然災害頻繁，行政院災害防救委員會相當重視道路防災機能之規劃，於是在災害防救基本計畫中明定，各項災害第一章災害預防第二節整備裡，於緊急運送，皆有明訂地方政府應協同有關機關建立緊急運送路網，規劃運送設施(道路、港灣、機場等)、運送據點(車站、市場等)、運送工具(火車、汽車、飛機及船舶等)並研定替代方案，且應考量運送系統之安全性；交通管理機關應強化交通號誌、資訊看板等道路設施於災害中之安全，並規劃災時道路交通管制措施；於食物、飲用水及生活必需品調度、供應之整備，並明訂地方政府平時應掌握地區人口狀況、交通路線、相關民生物資供應業者等資料，推估大規模災害時，所需食物、飲用水與生活必需品之種類、數量，並訂定調度與供應計畫；計畫中應考慮儲備地點適當性、儲備方式完善性、儲備建築物安全性等因素；而在各項災害第二章緊急應變第六節，有明訂緊急運送應考量災害情形、緊急程度、重要性等因素，實施局部或區域性交通管制措施，並緊急修復毀損之交通設施，以利緊急運送以及為確保緊急運送，地方警察機關得採取交通管制，禁止一般車輛通行；並得在相鄰縣市警察機關或義交的協助下，實施全面性之交通管制。

緊急運送道路規劃的主要對象為救災物資之緊急運送，包含人員的避難、救災資源的運送及救災人員、機具之進駐等。緊急運送道路除進行事先規劃外，於平時需針對緊急運送道路進行管理維護，確保緊急運送道路能於災時發揮避難、救災之功能。規劃緊急運送道路須注意地區間之連

接，從各鄉鎮的相互連接到各縣市的相互連接，建構出一完整的緊急運送道路網。緊急運送道路於平時做為一般道路使用，只有在災害發生後才會啟動，啟動後緊急運送道路須進行相關的交通管制，依不同緊急運送道路層級，禁止一般車輛通行或禁止一般民眾通行，使各層級緊急運送道路發揮災時應有之救災、避難功能。本計畫架構出緊急運送道路之規劃方法，規劃不同層級之緊急運送道路，然規劃為緊急運送道路之路線，可能通過道路橋梁，因此規劃為緊急運送用之橋梁應定期進行檢測，防止於災害發生後橋梁中斷緊急運送無法順利通行的情形。關於緊急運送道路之規劃上，去年計畫中選擇石碇鄉做為規劃案例，今年將再規劃兩鄉鎮市緊急運送道路，確認計畫擬定之緊急運送道路規劃方法之可行性，並將研究成果進行推廣，以使各縣市能依本計畫之方法規劃出緊急運送道路。

4.2 日本緊急運送道路規劃與整備

道路設施以及緊急運送道路路網的耐震性確保，是災害對策基本法制訂之災害預防中相當重要的一環。道路的震災預防計畫，是使地震對道路設施所造成之傷害最小化的狀態，以確保道路路網之機能為目的。於此，確保道路設施之耐震性、新建之結構物以合適之耐震標準為原則進行設計施工，對已存在之構造物需定期的進行耐震檢測，對於耐震強度不足之構造物，須實施耐震補強對策進行補強。還有各道路設施及道路區間，須有合適之耐震對策進行配合，確保道路路網之耐震性。緊急輸送道路是受災地區進行活動的主要對象，受災地區的道路中斷對全國的經濟活動亦會造成相當的影響，特別是在交通機能集中的地區，其發展前道路必須有較高的多重性、代替性。

4.2.1 緊急運送道路路網計畫內容

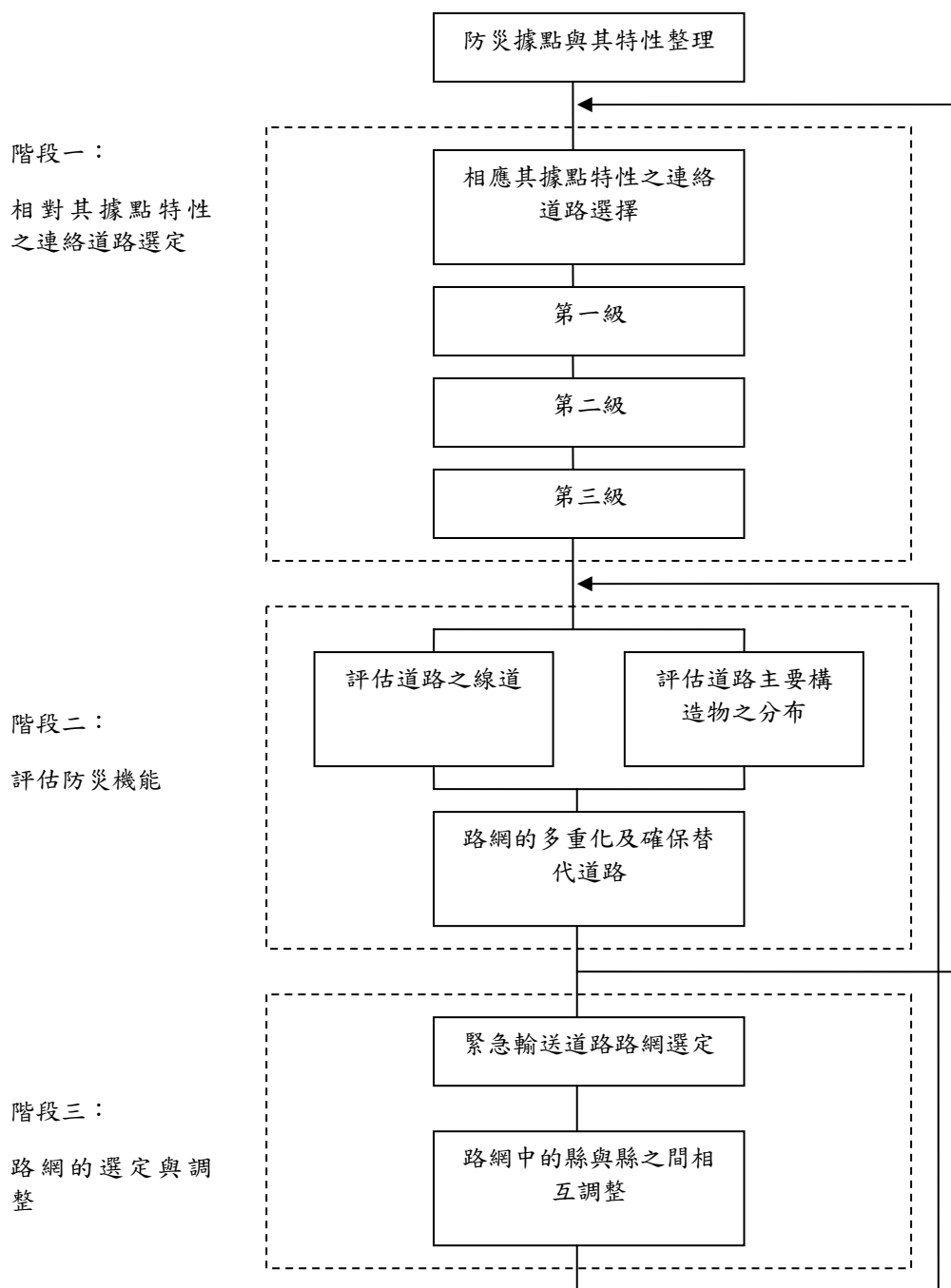
阪神・淡路大地震，是超過預想規模的地震，當時受災地區受傷者的救援及救災物資的輸送情形相當混亂，整個救援行動都因交通機能麻痺，而造成救災行動無法順利進行。然緊急輸送道路計畫是依據災害對策基本法中的地區防災計畫、防災業務基本法配合地震防災對策特別措施法中地震緊急事業五年計畫規定所建置的計畫。緊急輸送道路是為了在地震發生時，能夠順利的進行緊急輸送所規劃之必要道路，規劃之道路必須確保其耐震性，因在地震發生時，完整輸送的路網機能是具相當重要性的。各都道府縣以及政令指定之單位需制定，目標地區為都道府縣等全區。各都道府縣需注意其邊界，必須與鄰近區域進行協調安排，使兩者計畫能夠整合。設定好之道路基本須為今後約五年內能夠使用之道路。河川管理用通道、臨港道路等，道路法以外之道路也需包含於計畫內容中。路網計畫是根據「地震防災對策特別措施法第3條第1項為基礎主務大臣制定之基準」(以下以基準稱之)所訂。地震後的路網依利用特性，將之區分為以下三項。

第一級緊急輸送道路：縣廳所在地、地方中心都市以及重要港灣、空港等連絡用道路。

第二級緊急輸送道路：第一次緊急輸送道路與市鎮村辦事處、主要防災據點(行政機關、公共機關、主要車站、港灣、直升機起降點、災害醫療據點、自衛隊等)連絡用道路。

第三級緊急輸送道路路網：其他用途道路

第一級、第二級緊急輸送道路路網，致力於確保其多重化、替代性(迂迴道路和其交通工具)。關於脆弱段(限制段、狹隘段、防災對策之對策地點等)須特別列入考量。在路網計畫籌劃制定時，可參考圖 4.1 路網的檢討順序。



資料來源：道路震災對策便覽

圖 4.1 路網的檢討次序

階段一：相對其據點特性之連絡道路選定，各防災據點(指定據點和依照規範開設之據點)以及道路與聯絡道路的選定。為確保震後的緊急輸送，

縣廳與地方生活圈中心都市的連絡是使用第一級緊急輸送道路，第一級與市鎮村辦公室、主要據點的連絡為第二級緊急輸送道路，其他為防災與輸送的據點的安排為第三次緊急輸送道路，將各路網區分進行檢討。

階段二：評估防災機能，評估道路網的防災機能，基於過去施行的震災防災檢查「道路路網的耐震性診斷」來進行，但於此，經過阪神・淡路大地震的教訓，造成道路交通產生障礙的要素，概括而言包含市街地沿路的設施、長橋與大範圍隧道的倒塌毀壞。在第一級、第二級緊急輸送道路的考量，原則上，須確保兩車道以上，而在 DID 地區(Densely Inhabited District, 人口集中區)、長橋、大範圍的隧道、兩車道以下的道路等，有必要特別考量道路的多重化及替代性。

階段三：道路的選定與調整，原則上依據各縣市的災害潛勢情況來做選定與調整，若該區人口明顯增加，或是規劃大規模的園區或經貿特區時，也要隨時調整緊急運送道路的路網，因此未來各縣市的路網規劃主要還是因地、因災害別制宜。

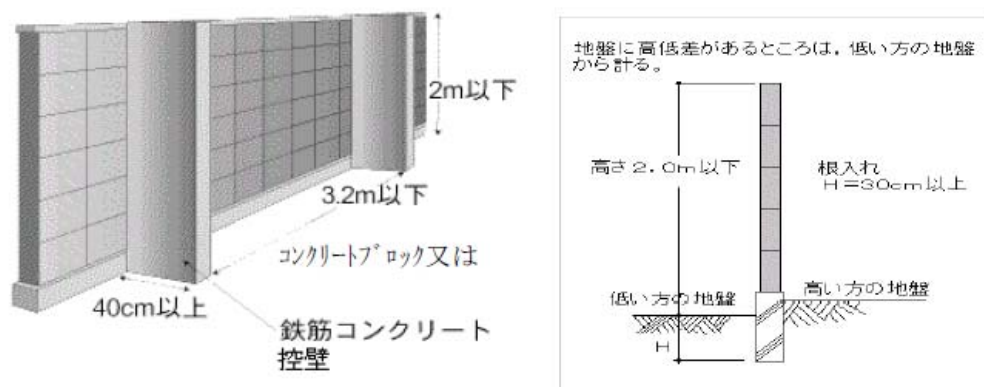
4.2.2 緊急運送道路沿線防災安全檢查

規劃為災害時緊急輸送用之道路，須確保災害時不會因災害而造成無法通行，因此需針對沿道設施進行檢查，下述為琦玉縣針對緊急輸送道路沿道設施調查之內容。

緊急輸送道路為大規模災害發生時，進行避難、救助、物資供應以及各項設施復舊等救災行為所使用之應變對策，此道路為縣府所規劃。但大規模地震發生時，圍牆、看板、自動販賣機倒下毀壞，使得道路受損，可能會成為人員、消防車、救護車以及緊急車輛無法通行的因素。因此根據「琦玉縣震災預防條例」針對危險之圍牆、看板等，以目視檢視的方式進行安全檢查(外觀調查、拍照)。檢查的項目如下：

1. 圍牆檢視，主要有三個要點：

- (1) 牆高是否在 2.2 公尺以下。
- (2) 固定牆面桿件是否每 3.4 公尺(約 8 塊壁磚)一根。
- (3) 是否傾斜或具有危險之裂縫。



※控壁は、コンクリートブロックの場合が多い。
控壁の間隔は、基準では3.4m以下だがブロック1枚の幅が40cmなので、ブロック8枚(3.2m)ごとにあるか確認してください。

圖 4.2 圍牆檢視圖例

資料來源：「緊急輸送道路沿道の防災安全点検」にご協力をお願いします

2. 看板檢視，主要有二個要點：

- (1) 看板支撐處(外壁等)，是否具裂縫或有腐蝕現象。
- (2) 看板是否有明顯腐蝕或破損。

3. 自動販賣機檢視，主要有三個要點：

- (1) 根據放置地點固定自動販賣機，固定時須有兩個固定點。
- (2) 如果固定處為混凝土時，則須有四個固定點。
- (3) 如裝設在鋼板上，須確認是否持平。

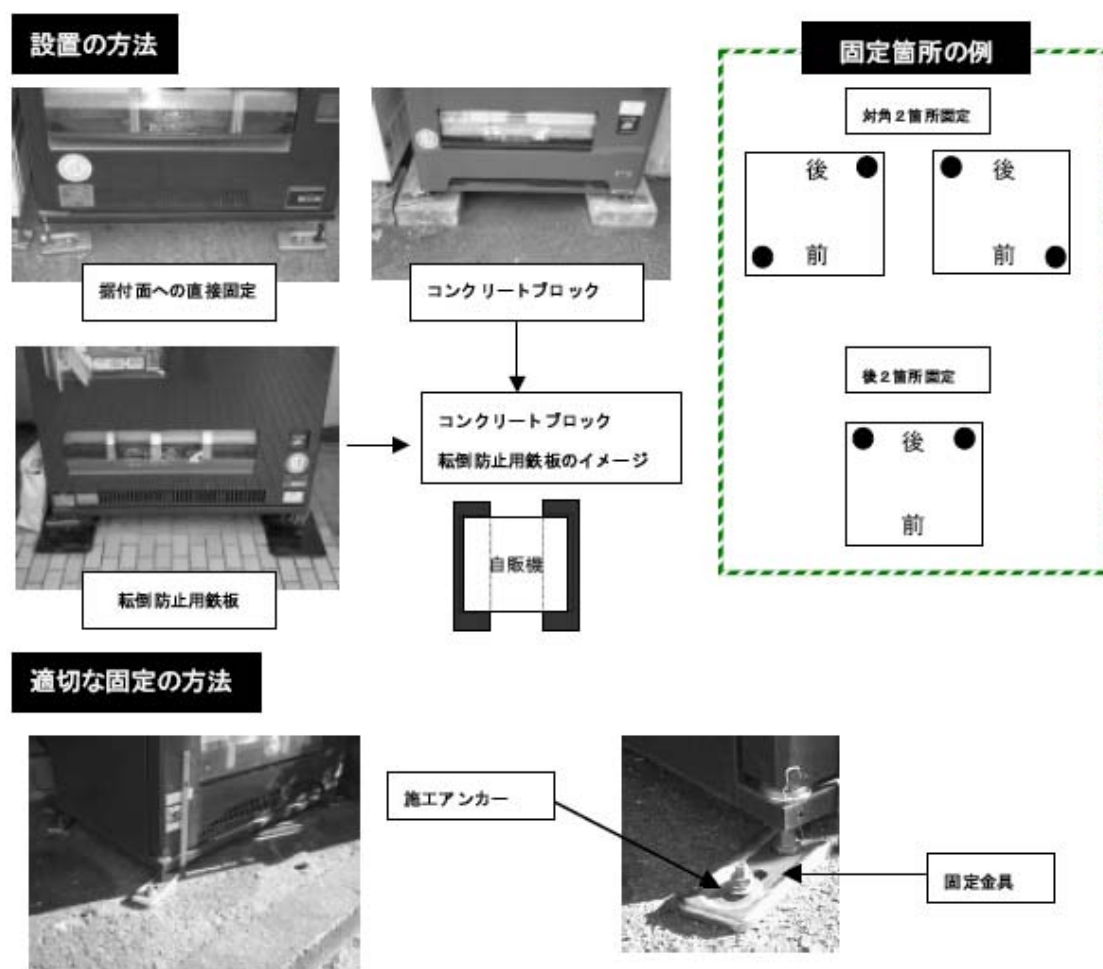


圖 4.3 自動販賣機檢視圖例

資料來源：「緊急輸送道路沿道の防災安全点検」にご協力をお願いします

4.2.3 緊急運送路沿線建築物耐震化

地震發生時防災用之重要道路，如相鄰之建築物倒塌破壞，道路將受到堵塞，將會造成避難、救災困難，使得受害範圍擴大，以及造成地震發生後，緊急物資等輸送、復舊之困難，因此須確保地震發生時之通行用道路，以下稱(緊急輸送道路)，避免道路堵塞，應增加周遭建築物的耐震性。

1. 指定緊急輸送道路

依耐震改修促進法第五條第三項第一號之規定指定緊急輸送道

路。

2. 避免緊急輸送道路堵塞、增加建築物的耐震化

緊急輸送道路相連之建築物，依耐震改修促進法第六條第一項第三號之規定對建築物進行重點之耐震補強增加耐震性。政府對該建物所有人應以文書之方式，以耐震改修促進法為基礎，協助增加建築物之耐震性。耐震診斷、耐震改修的指導方式如下：

指導協助的方法：發送文書予該建築物之所有人，針對建築物所有人舉行耐震診斷及耐震改修之說明會。

指導方式：以書面的方式，具體載明實施事項。

公布方法：刊登公報以及網上公告。

日本宮城縣仙台市，為確保地震時緊急輸送道路、避難及救助據點之機能，針對緊急輸送道路延到建築物進行耐震診斷，並在預算內提撥金額進行補助，補助依仙台市補助金等交付規則(昭和 55 年仙台市規則第 30 號)規定之內容進行補助款項之提撥，補助之對象建築物包括：

1. 依昭和 56 年 5 月 31 日以前之建築基準法(昭和 25 年法律 201 號)第 6 條第 1 項建築之建築物。
2. 與耐震化促進路線用地相連之沿道建築物，或於地震發生可能倒塌妨礙該路線通行，使得大多數人員難以順利避難之建築物。
3. 樓地板面積達 1000 平方公尺以上和 3 樓以上之耐火建築物和準耐火建築物。
4. 過去符合補助標準但未受補助之建築物。

關於仙台市對緊急輸送道路沿道建築物耐震補助辦法詳見附件一「仙台市緊急輸送路沿道建築物耐震化促進事業補助金交付要綱」。

4.2.4 橋梁耐震補強

緊急輸送道路擔任大規模地震發生時救助、救援活動以及緊急物資輸送等的重要任務。為使緊急輸送道路能於大規模地震發生時發揮其應有之機能，防止橋梁倒塌、損壞、落橋發生，實在有必要針對橋梁進行耐震補強。關於緊急運輸道路的橋梁的耐震補強，從平成 7 年的兵庫縣南部地震等的橋樑的受災實際狀態，發現須針對昭和 55 年更早的耐震基準的橋梁，特別優先實施耐震補強，並與國家都道府 3 年計畫(平成 17~19 年度)為基礎，進行重點補強。

為了清楚知悉緊急運輸道路的橋梁耐震加強的配合狀況，針對高速公路及直轄國道和都道府縣管理道路的緊急運輸道路橋梁耐震加強，建立一資訊平台圖 4.4，並將實際成果(平成 17 年 3 月/平成 18 年 3 月/平成 18 年 9 月/平成 19 年 3 月)以及平成 20 年 3 月的進展預測，於地圖上清楚標示。再者今後橋梁的耐震加強的進展狀況須定期更新。



圖 4.4 緊急輸送道路橋梁耐震補強地圖

資料來源：緊急輸送道路の橋梁耐震補強マップ(<http://www.mlit.go.jp/road/bosai/taisin/taisin.html>)

4.2.5 道路防災事業

愛媛縣的道路防災事業，為了確保災害發生時安全性、可靠性高的道路網，優先針對互相聯絡各地域中心城市間和防災上重要設施的道路(緊急輸送道路)進行綜合性、重點性推進坡面對策和橋梁耐震對策，隧道保全對策等的防災、震災對策。

1. 坡面對策

針對豪雨發生之道路危險場所(坡面崩壞、落石產生危險性高之場所)進行落石防制對策工法。



圖 4.5 受災狀況

資料來源：<http://www.pref.ehime.jp/070doboku/080dourokensets/00005744041124/bosai/index.htm>



圖 4.6 坡面對策案例

資料來源：<http://www.pref.ehime.jp/070doboku/080dourokensets/00005744041124/bosai/index.htm>

2. 橋梁耐震對策

根據地震損壞的危險性高的橋樑進行耐震對策(防止落橋裝置、橋墩補強等)，針對地震發生時，危害性高之道路橋梁整備。



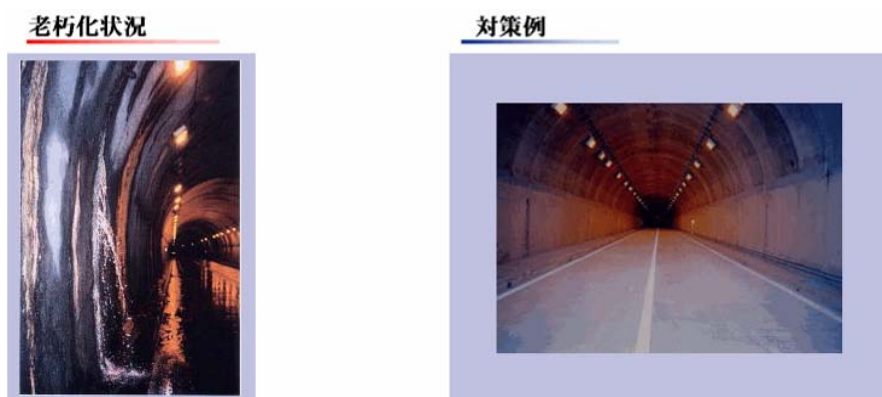
資料來源：災害にそなえる道路整備

(<http://www.pref.ehime.jp/070doboku/080dourokensets/00005744041124/bosai/index.htm>)

圖 4.7 橋梁受災及對策案列

3. 隧道保全對策

針對道路通過之隧道，進行老化的隧道的覆工混凝土剝落防止和漏水對策等，增加隧道自身的穩定。



資料來源：災害にそなえる道路整備

(<http://www.pref.ehime.jp/070doboku/080dourokensets/00005744041124/bosai/index.htm>)

圖 4.8 隧道災例及對策案列

4.2.6 災害時的緊急代替運輸支援系統

1. 源起

近幾年，由於大規模地震災害經常發生。而在新瀉縣所發生的中越地震中，部分的交通工具損毀，在有限運輸能力的考量下，實施替代運輸工具的運作(包含道路)，因此，替代道路之規劃成為重要課題之一。中央防災會議根據東京都近幾年直下型地震減災整備工作做比較，並以地震時無法返家之災民做為損害假設為基礎，進而規劃防災計畫對策，如圖 4.9。

海上技術安全研究所從平成 18 年度開始受國土交通省綜合政策局的委託，假設分析大區域之大規模災害必要運輸道路的受災情形以及災時的運輸需求，並同時實施相關機關的災時聯合運輸能力的增強計畫和偶發災害必要的一些防災訓練。

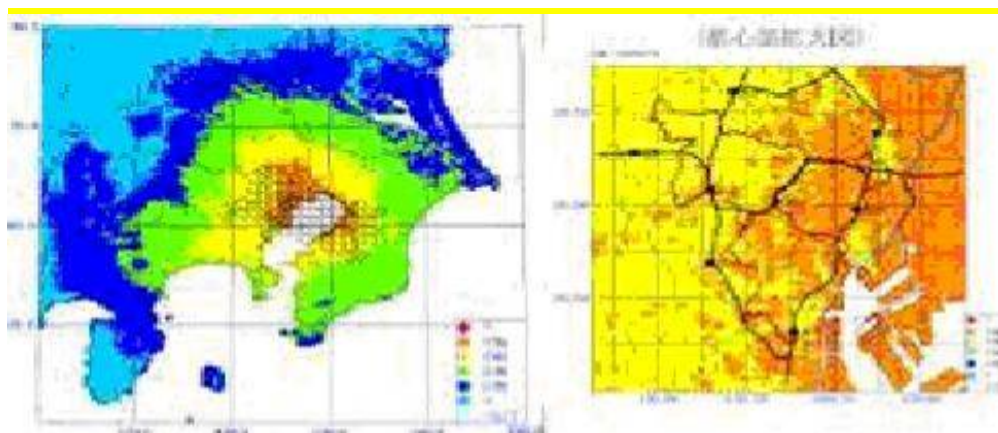


圖 4.9 東京都直下型地震災損模擬(中央防災會議)

資料來源：緊急・代替輸送支援システム開発委員会

2. 災時運輸功能機制現況調查

以過去地震災害時運輸道路損壞之相關文獻調查，以及民間公司調查之結果，進行對此系統之必要功能研討分析。災害時的運輸問題在於

受災狀況的掌握。物資運輸的體制如圖 4.10 的階層運輸管理。

目前在相關受災資訊共享的系統正在發展階段，目的是要取得準確的災時的運輸現況以及道路受災訊息，因此開發定量的評估系統和支援工具的重要性更受日本重視。

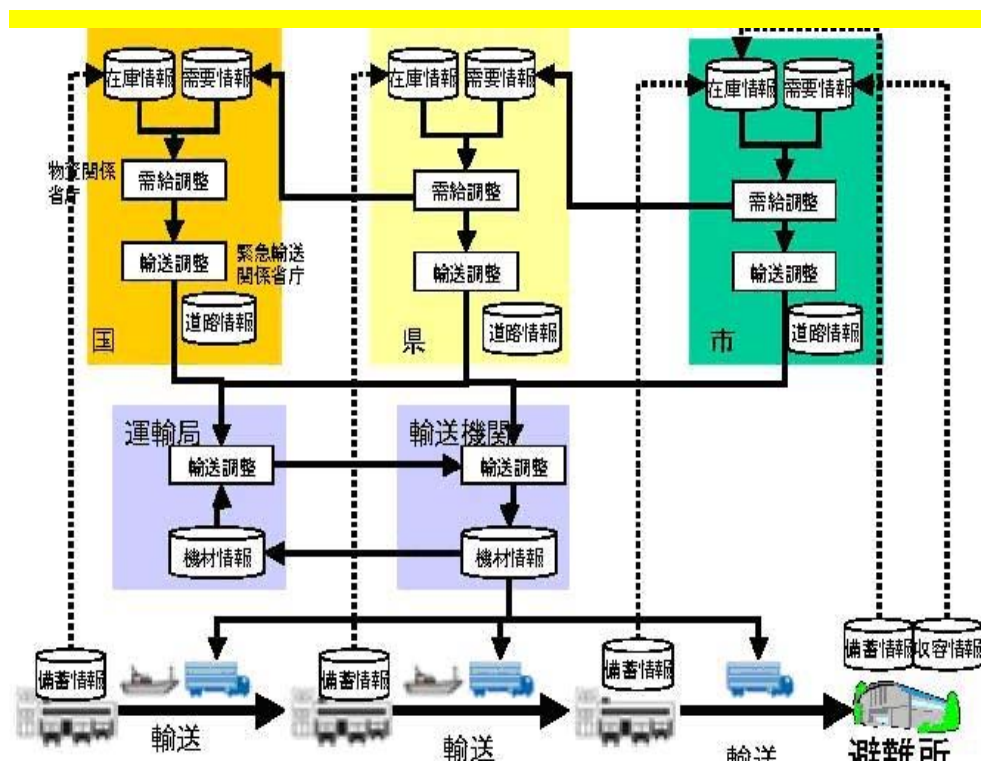


圖 4.10 物資運輸體制的模式圖

資料來源：緊急・代替輸送支援システム開発委員会

3. 緊急替代運輸支援系統

以災害時運輸對應型 GIS(地理資訊系統)作為基礎，各系統資料庫的編輯和分析結果的顯示功能，主要針對使用者可實行之操作界面，如下圖 4.11。而這些編輯工作，作為 GIS 的特徵的地圖表示功能。

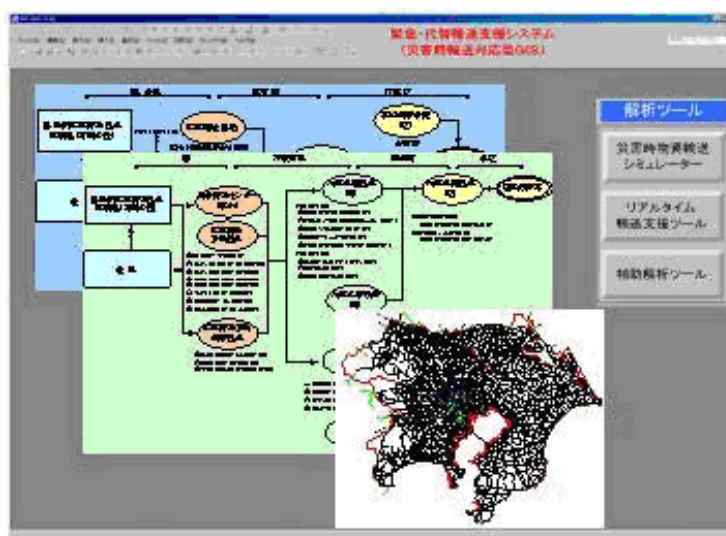


圖 4.11 緊急替代運輸支援系統

資料來源：緊急・代替輸送支援システム開発委員会

4. 災害時物資運輸模擬

主要用於防災計畫制定時之依據，主要輸入項目為輸送網路和運輸據點、運輸機械的材料等等。以及向各種救災要求之運輸量時序排列的先後順序。皆以定量產出數據做為探討依據。如圖 4.12 為受災模擬之結果。

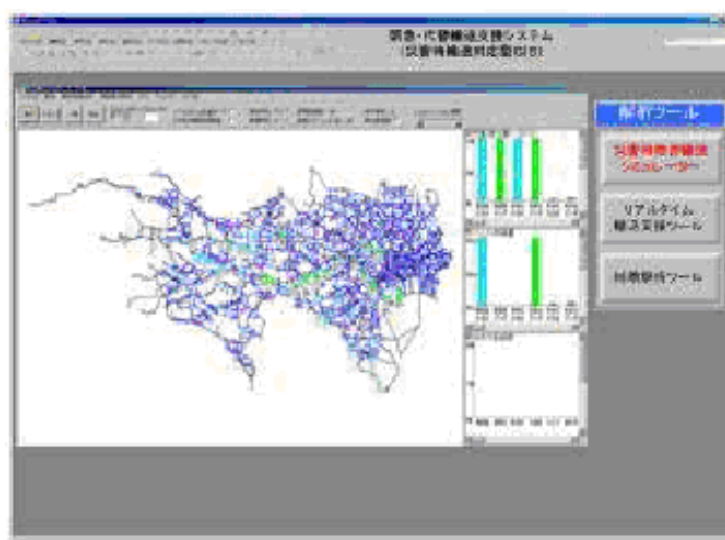


圖 4.12 運輸系統受災模擬結果

資料來源：緊急・代替輸送支援システム開発委員会

4.3 緊急運送道路及其附屬設施規劃與評估準則

雖然我國已有針對緊急運送道路進行初步規劃，但國內尚無法源對緊急運送道路做相關的名詞界定。本研究依行政院災害防救委員會調查各縣市緊急運送道路之分類方式，將緊急運送道路律定為輸送救援道路、緊急聯外道路、消防避難道路、緊急避難道路以及替代道路五種，各種緊急運送道路分述如下：

- 一、輸送救援道路：輸送救援道路同時擔負各防災據點之物資運送、運送救災物資、器材及人員及避難人員移往收容所的路徑，並配合各種緊急運送道路架構成完整的救災路網。輸送救援道路原則上儘量維持救援車輛行駛有效道路寬度或 15 公尺以上寬度。
- 二、緊急聯外道路：在重大災害發生後，必須確保能聯絡災區與非災區，並得以連通各防災分區之道路。緊急聯外道路在災害發生後必須保持通暢，並能直接聯通其他行政轄區，確保連絡災區與非災區必要時更需採行交通管制，以利救災行動進行。緊急聯外道路原則上儘量維持救援車輛行駛有效道路寬度或 20 公尺以上寬度。
- 三、消防避難道路：針對災害衍生之火災需提供足夠道路寬度，消防車輛通行及消防機具之操作空間。
- 四、緊急避難道路：於災害發生時災區內人員可經由緊急避難道路抵達緊急避難場所，且任一街廓皆需包含兩條以上的避難通道，以預防其中一條避難道路受災阻斷而妨礙避難。
- 五、替代道路：主要以消防避難道路及緊急避難道路未劃入之道路，依都市危險據點位置，供災害發生時避難與救災之代替性道路。

規劃緊急運送道路規劃時需考慮的因素不少，如需劃設替代道路、避免集中規劃、緊急運送道路得經過重要據點等等，茲將各項因素說明如下：

一、緊急運送道路系統需包含替代道路

由於緊急運送道路本來就集中於狹小的都會地區，再加上與震源(地震帶)或相關天然災害潛勢區相近，往往會導致災害程度的擴大，此時若沒於災前規劃出其它替代道路，那麼災時整個緊急運送道路將中斷，各項搶救工作亦會因此停頓。

二、緊急運送道路規劃避免過度集中

在規劃緊急運送道路時，除了因地形、地物之限制之外，除非不得已時，應使路網分散，避免緊急運送道路路網過度的集中。

三、緊急運送道路一定需經過重要據點(收容所、醫院、消防局等)

在規劃緊急運送道路時，應使緊急運送道路通過該區域之重要據點，如收容所、醫院、政府機關、消防局、警察局等等。

四、緊急運送道路需避開壅塞路段

在規劃緊急運送道路時，須避開車潮多，且容易造成壅塞之路段，以免失去緊急運送道路之功能。

五、緊急運送道路附屬設施規劃需考量修復時間

道路附屬設施與各種緊急運送道路之損害，以混凝土或鋼結構物破壞最為嚴重，修復的時間也因此需較長之時間，亦使得各項災害復原較久，因此於規劃附屬設施時，不僅需考慮經濟性尚需考慮使用之材料及修復時間，使附屬設施於災時能維持功能，或是受損後亦能於短時間修復，回復其機能。

六、緊急運送道路系統需考量周邊建築物的強度及高度

都會區之高層建築物，如果倒塌將會使道路機能造成損害，因此於規劃緊急運送道路時，需考慮緊急運送道路周邊建築物的結構強度

以及高度，周遭建築物應符合現今建築之耐震規範。

七、緊急運送道路規劃之橋梁部分視情形需進行補強

市區橋梁於平時便須進行檢測，評估是否有落橋之危險或有橋墩破壞之情形，尤其是規劃為緊急避難路線之橋梁，若橋梁於災時無法發揮功能，則可能造成整體路網之癱瘓。當檢測時發現強度不足時，便需針對可能破壞之方式進行補強作業，倘若一地區需補強之橋梁過多，而限於地方政府資金不足時，需就緊急運送道路之層級進行考量，由重要路線之橋梁先進行相關之補強作業。

八、於災時劃設緊急運送道路時必須考量廣告看板及建築用之臨時設施

民眾在進行工程建設及架設宣傳用看板前須先報予主管單位知情，以便於災時將建設用之臨時設施及 T 壩架設之道路進行可能毀損之考量，在規劃搶救車輛通行前能進行事先之確認，以免將車輛導引至損壞之道路上。

九、鄉鎮僅存在一條主要道路對外聯絡時需配合實施交通管制

山地鄉鎮常存在僅有一條主要對外聯絡道路，將此條道路列為輸送救援道路後，其餘道路列為避難輸散道路，需配合實施交通管制措施，以免人車擁塞。

緊急運送道路規劃可參考下圖 4.13 之流程進行。規劃前必先調查當地情形，其中包含人文、水文、天然災害潛勢及當地防災相關文獻等，如此所進行之規劃才能滿足當地需求，當這些前置作業完成後，便可進行緊急運送道路規劃，規劃之內容包含有避難據點及救災據點的選定，進而劃設緊急運送道路網。當路網劃設完成，接著需針對此路網進行檢核，評量此路網能否連接避難據點、救災據點及評估能否順暢通往其他鄉鎮，若有缺失則必須重新檢討並劃設路網，若無缺失便完成緊急運送道路之規劃作業。

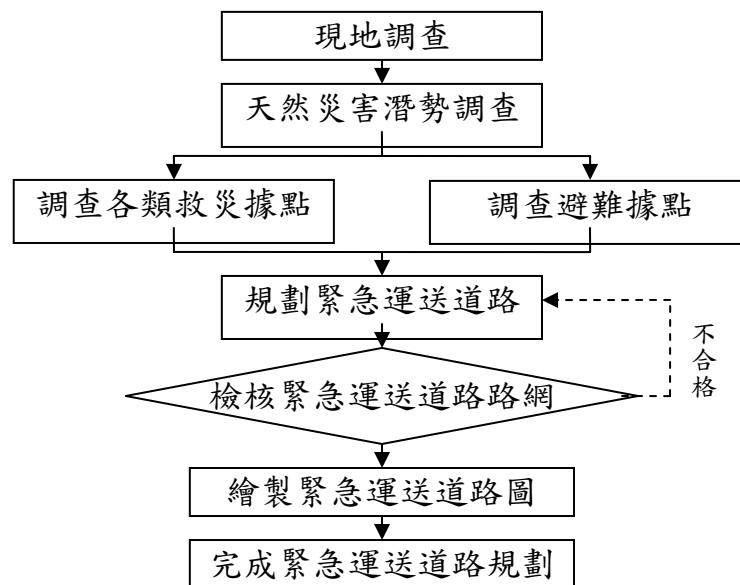


圖 4.13 緊急運送道路規劃流程圖

4.3.1 現地調查

1. 調查方式

第一次現地調查之主要目的為進行規劃區域的實地考察，廣泛蒐集計畫區相關資料，以供進行規劃之指標與依據。預計進行之方式如下：

- (1) 防災相關資料蒐集(如防災計畫或過去災害歷史等)。
- (2) 現地勘察，拍攝數位照片或影像等。
- (3) 與相關承辦人員或相關人士進行訪談。

2. 調查內容

現地調查之目的主要為初步整理防災相關資料及現地狀況，進而做為緊急運送道路系統之依據，並從規劃考慮因素中，進行汰選。因此本階段主要調查之內容如下：

- (1) 規劃區之地形、人口分佈等。
- (2) 社經資料。
- (3) 道路使用狀況。

4.3.2 天然災害潛勢調查

所謂「災害潛勢」，是指在氣象、水文等的外在條件下，分析模擬區域內各處發生災害的機率或規模，並劃分成不同等級，如高、中、低潛勢等，再利用地理空間方式呈現模擬地區的潛勢分布。由於災害潛勢分析所需之資料量相當龐大，無法以進行即時模擬分析，必須預先進行各種條件之模擬。

有鑑於災害潛勢資料的重要性，國科會自民國 86 年 11 月成立「防災國家型科技計畫辦公室」，主要任務之一就是完成淹水、土石流災害等潛勢分析工作，成果將提供給相關單位應用。再者 92 年 5 月 26 日第六次中央災害防救會報決定，「地區災害防救計畫」為地方政府執行災害防救工作之重要依據，中央有責任提供地方政府技術經驗與部分資源，協助擬定完整、周全之計畫。行政院災害防救委員會委由國家災害防救科技中心擬定三年中程計畫，以達成健全計畫制度、提升人力素質及精進防救災技術之目標，因此各縣市均有委請協力機構針對災害潛勢區進行調查，於此便可利用現有資料瞭解災害潛勢現況，並套疊其災害潛勢區域範圍進行分析。

4.3.3 調查各救災據點與避難據點

災害防救體系另一重點配置為防救災據點，依功能上之差異可區分為救災據點及避難據點。救災據點具提供區域內居民正確的資訊、獨立消防活動、醫療救護等機能，主要進行災害搶救之行動，包含有縣市政府機關、警察局、消防局、醫院、直升機起降場等處；而避難據點為提供避難場所、收容災民、物資運輸中繼基地、糧食飲水集中配發、貯備藥物、生活必需品及物資、作為防災教育基地等機能，在避難場所選擇上可考慮公園、學校、活動中心等地。

依據下表針對欲規劃地區之各救災據點與避難據點，可利用該地區的地區災害防救計畫內之據點以及現地調查方式進行調查。

表 4.1 防救災據點調查表

分類	名稱	位置(地址或鄰近道路)
縣市政府或鄉鎮市公所(應變中心)		
醫療據點		
警察局		
消防局		
避難及收容場所 (學校、公園以及活動中心等)		
直升機起降場		

4.3.4 劃設緊急運送道路

道路劃設之順序是須將道路系統中之輸送救援道路及緊急聯外道路先行劃設，且此兩種道路須連接至各避難據點及救災據點，爾後再行規劃消防避難道路與緊急避難道路，若原規劃之道路中有因災害而無法通行之情形，需再行劃設替代道路以架構一完整之路網，規劃之緊急運送道路可依下表 4.2 進行撰寫。

表 4.2 緊急運送道路分類表

道路分類	道路名稱	連接之救災與避難據點
輸送救援道路		
緊急聯外道路		
消防避難道路		
緊急避難道路		

4.3.5 檢核緊急運送道路

道路系統在震災後之避難與救災行動上，有基本機能，而道路系統能否在災後發揮必要的防災功能，直接影響了避難與救災的成效，也直接影響災害傷亡的可能程度。道路系統在對應災害發生的時序上，是第一個開始運作的防災空間系統，其中災民自發性避難行為亦藉由道路完成。再者，道路系統與其他的防災空間系統也是息息相關，各空間系統功能的發揮，都需要藉助道路的正常運作，方可達成，防災道路在整體的防災規劃作業上，扮演了最關鍵性的角色。

防災道路建設乃各先進國家改善緊急救災與促進國家永續發展的重點建設項目之一，更是現代化都市發展之必然趨勢，因此防災道路之規劃及維護實為中央及地方政府刻不容緩之課題。

本研究針對緊急運送道路規劃之內容，擬定檢核表藉此評估所劃設之緊急運送道路是否於災時能發揮救災及避難之功能。在檢核表上主要評估項目有連接避難場所、連接醫療院所、連接救災據點、路燈維護、信號燈耐災規劃、電線杆維護、廣告看板管理、路樹管理、保持道路原有寬度、平時整備制度、避開地震斷層或設計採用防災工程、橋梁耐震評估與補強或災時緊急應變對策、四周建築物結構、避開淹水潛勢或設計採用防災工

程、避開土石流潛勢溪流或設計採用防災工程以及避開坡地災害等 16 項。

而各主要項目中茲將評定之項目再行細分，針對連接避難場所上，須檢核道路是否緊臨或連接政府所規劃之避難場所，而避難場所又細分為緊急避難場所、臨時避難場所、臨時收容場所以及中、長期收容場所等四種避難場所；連接醫療院所，為檢核道路是否緊臨或連接醫療院所，但若當地醫療資源本是缺乏，則規劃之緊急聯外道路有連接至外縣市之醫院亦可；連接救災據點，檢核道路是否緊臨或連接救災據點，而應當連接之救災據點包含縣市政府應變中心、鄉鎮市公所應變中心、警察單位、消防單位、直升機起降場等五種；路燈維護，檢核路燈是否妨礙交通之順暢；信號燈耐災規劃，檢核信號燈能否於災時發揮其機能；電線杆維護，檢查電線杆是否妨礙交通之順暢；廣告看板管理，檢查廣告看板是否會掉落倒塌妨礙交通；路樹管理，檢查路樹是否會傾塌妨礙交通；保持道路原有寬度，檢核道路是否失去原有之寬度妨礙避難行為以及搶救災作業；平時整備制度，檢核是否有規劃災前災後之整備、應變及復舊之行動，規劃災時之搶救機制、救災用之機具及裝備整備及維護及人員整備、簽訂開口契約、針對救災人員進行防災教育、針對防災計畫進行定期之防災演練等；避開地震斷層或設計採用防災工程，利用經濟部中央地質調查所所開發之「地質資料整合系統」檢視所規劃之緊急運送道路至地震斷層之最短垂直距離，是否遠離活斷層帶；橋梁耐震評估與補強或災時緊急應變對策，檢核橋梁是否劣化、有無規劃補強修復措施及緊急應變對策；四周建築物結構，檢視建築物之結構類型，不同結構有不同之耐震能力，然不同時期建造之建築亦有不同之耐震規範，緊急運送道路周遭之建築耐震規範均應符合最新之耐震規範，如有不合應有相關之補強措施；避開淹水潛勢或設計採用防災工程，利用國家災害防救科技中心之淹水潛勢圖，檢視規劃之道路是否為淹水範圍內；避開土石流潛勢溪流或設計採用防災工程，利用水土保持

局所公佈之土石流潛勢分佈圖，檢視是否規劃之緊急運送道路是否在潛勢溪流範圍內；避開坡地災害檢視是否可能產生坡地災害，坡地災害的產生會危及道路之暢通。

在評分上各主要項目中有分列配分之項目，依照評分表之配分方式進行計算，滿分為 100 分，評分後之分數在 80 分以上，則此地區之緊急運送道路規劃良好，分數在 60 分到 79 分之間則規劃尚可，而分數在 40 分到 59 分的區間內，則需重新檢視所規劃之緊急運送道路，進行修正改善，倘若分數在 39 分以下，則此地區需重新進行緊急運送道路之規劃。

期中報告過後，針對委員意見重新檢討檢核表，並發出問卷 15 份，將回收的問卷，分析整理，修改過後之檢核表如下表 4.3 所示。

表 4.3 緊急運送道路機能檢核表

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無:0分)	備註
				項目	配分		
共通性	1.連接避難場所	檢核道路是否緊臨或連接政府所規劃之避難場所(緊急避難場所、臨時避難場所、臨時收容場所、中長期收容場所)。	7 (7%)	1.緊急避難場所。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				2.臨時避難場所。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				3.臨時收容場所。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				4.中、長期收容場所。	1 分		
	2.連接醫療院所	檢核道路是否緊臨或連接醫療院所(醫學中心、區域醫院、地區醫院)。	7 (7%)	1.醫學中心。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				2.區域醫院。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				3.地區醫院。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				4.緊急聯外道路有連接至外縣市之醫院。	1 分		
	3.連接救災據點	檢核道路是否緊臨或連接救災據點。	7 (7%)	1.縣市政府應變中心。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				2.鄉鎮市公所應變中心。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				3.警察單位。	1 分		
				4.消防單位。	1 分		
				5.直升機起降場。	1 分		
	4.保持道路原有寬度	道路是否失去原有之寬度妨礙避難行為以及搶救災作業。	6 (6%)	1.路旁避免停放過多車輛妨礙通行。	3 分		
				2.道路兩旁無堆放障礙物。	3 分		
	5.平時整備制度	檢核是否有規劃災前災後之整備、應變及復舊之行動。	7 (7%)	1.規劃災時之搶救機制。	2 分		
				2.救災用機具及裝備及維護及人員整備。	2 分		
				3.簽訂開口契約。	1 分		
				4.針對救災人員進行防災教育。	1 分		
				5.針對防災計畫進行定期之防災演練。	1 分		
	6.路燈維護	路燈是否妨礙交通之順暢。	5 (5%)	1.路燈基座避免遭受破壞而不穩。	1 分		

	7.路樹管理	路樹是否會傾塌妨礙交通。	5 (5%)	2.燈桿避免傾斜或變形。	2 分		
				3.路燈避免倒塌妨礙交通。	2 分		
				1.樹枝不會掉落妨礙通行。	2 分		
				2.路樹確實扎根於土壤中。	2 分		
				3.不因過高而攔腰折斷。	1 分		
				4.路段無路樹。	5 分		
成績計算							

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無:0 分)	備註
				項目	配分		
地震災害	1.信號燈耐災規劃	信號燈能否於災時發揮其機能。	5 (5%)	1.燈號正常。	1 分		
				2.具獨立之供電系統。	1 分		
				3.基座避免遭受破壞而不穩。	1 分		
				4.燈桿避免傾斜或變形。	1 分		
				5.信號燈避免倒塌妨礙交通。	1 分		
	2.電線杆維護	電線杆是否妨礙交通之順暢。	6 (6%)	1.電纜正常配置。	1 分		
				2.纜箱避免破損或掉落。	1 分		
				3.電線杆避免劣化或遭人為損壞。	1 分		
				4.電線桿基座無劣化、鏽蝕或遭人為破壞。	2 分		
				5.電線杆避免倒塌妨礙交通。	1 分		
				6.路網無電線桿	6 分		
	3.廣告看板管理(公車亭、路標)	廣告看板是否會掉落倒塌妨礙交通。	5 (5%)	1.鐵桿無鏽蝕。	1 分		
				2.廣告看板穩固不搖。	1 分		
				3.基座確實固定、無鏽蝕。	1 分		
				4.規劃地區無廣告看板。	2 分		
				5.路段無廣告看板。	5 分		

	4. 避開地震斷層或設計採用防災工程	利用經濟部中央地質調查所所開發之「地質資料整合系統」檢視所規劃之緊急運送道路至地震斷層之最短垂直距離。	7 (7%)	1.大於 500 公尺。	2 分或為一般地區		
				2.介於 100-500 公尺。	1 分		
				3.設計採用防災工程。	5 分		
	5. 橋梁耐震評估與補強或災時變緊急應變對策	檢核橋梁是否劣化、有無規劃補強修復措施及緊急應變對策。	7 (7%)	1.定期進行橋梁巡查	1 分		
				2.建立橋梁監測系統。	1 分		
				3.進行耐震評估。	1 分		
				4.針對評估後結果進行補強。	2 分		
				5.災時橋梁緊急修復措施。	1 分		
				6.規劃臨時便橋等替代措施。	1 分		
	6. 四周建築物結構	檢視建築物之結構類型，不同結構有不同之耐震能力。	7 (7%)	1.磚結構。	1 分		
				2.鋼筋混凝土結構。	2 分		
				3.鋼骨結構。	3 分		
				4.鋼骨鋼筋混凝土結構。	4 分		
				5.建築符合現今之耐震規範。	5 分		
成績計算							

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	註備
				項目	配分		
坡地災害	1.避開土石流潛勢溪流或設計採用防災工程	利用水土保持局公佈土石流潛勢分佈圖，檢視規劃緊急運送道路是否在潛勢溪流範圍內。	7 (7%)	1.避開土石流潛勢區。	2 分		
				2.設計採用防災工程。	5 分		
	2.避開坡地災害	檢視是否可能產生坡地災害，坡地災害的產生會危及道路之暢通。	7 (7%)	1.非順向坡地形。	1 分		
				2.地表植被無遭受破壞。	1 分		
				3.岩層無破碎。	1 分		
				4.擋土設施不具裂縫。	1 分		

				5.擋土設施無傾斜。	1 分		
				6.擋土牆之排水孔正常出水。	1 分		
				7.排水孔排出之水清澈。	1 分		
				8.地錨錨頭無開裂、鏽蝕。	1 分		
				9.路網無坡地區	7 分		
成績計算							

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	備註
				項目	配分		
水災災害	1.避開淹水潛勢或設計採用防災工程	利用國家災害防救科技中心之淹水潛勢圖，檢視規劃之道路為非淹水範圍內。	5 (5%)	1.避開 600 公釐降雨造成 50 公分以上淹水區域。	1 分或為一般地區		
				2.設計採用防災工程。	4 分		
成績計算							

總成績		
評估情形	☐ 規劃良好(80 分)	☐ 規劃尚可(60-79 分)
	☐ 有待加強(40-59 分)	☐ 重新規劃(39 分以下)
附註		

4.3.6 繪製緊急運送道路圖

逐步完成上述之檢核作業後，便可依據規劃內容進行緊急運送道路圖之繪製，進行緊急運送道路圖之繪製時，可運用地理資訊系統進行操作，製作完畢之緊急運送道路圖，將可供民眾與人員搶救災時之參考。進行繪製緊急運送道路圖時，須注意圖中至少須包含指北針、比例尺及圖例等，且應該針對不同層級之道路，以不同粗細、顏色之線條進行繪製，如此繪製之道路圖將能更加清楚。

4.4 板橋市緊急運送道路規畫案例

一、現地調查

板橋為台北縣下的一個縣轄市，並為台北縣政府所在地。總面積約 23.14 平方公里，河域面積即廣達 685.68 公頃，在人口分佈方面，根據下表 4.4 板橋市戶政事務所 98 年 11 月之人口統計資料顯示，板橋市劃分為 126 里 2464 鄰，總人口數為 552384 人，人口密度約為 23,843 人/平方公里。其中以忠翠、崑崙、溪福等里人口較多，皆萬人以上之人口。

河川主要為大漢溪與新店溪。大漢溪為淡水河主流之上游，亦為板橋市最大河川，流經浮洲地區後，以弓狀形成本市西北邊界，東北端江子翠地區與新店溪相會。

新店溪：

以經台北縣新店市而得名，流域面積約 909.54 平方公里。流經烏來、龜山、屈尺、直潭、新店、景美，至江子翠與大漢溪交會，全長約 82 公里。

大漢溪：

大漢溪原名大嵙崁溪，河流長度約為 135 公里，流域面積達 1163 平方公里，為淡水河之上游。流經新竹縣之尖石鄉，桃園縣之復興鄉、龍潭鄉、龜山鄉、大溪鎮及台北縣之三峽鎮、鶯歌鎮、樹林鎮、土城市、板橋市、新莊市、三重市，在江子翠匯入淡水河。

板橋市周圍以溪流為界，故與鄰接鄉鎮交通免不了經過橋梁，板橋市連接其它鄉鎮市主要有華江大橋、萬板大橋、華翠大橋、光復橋、大漢橋、新海橋以及浮洲橋等七座橋梁，板橋市內主要道路包含台三線、台 64 線、縣道 106 號、縣道 114 號、縣道 116 號以及縣道 106 甲等。如下圖 4.14、圖 4.15 所示。

表 4.4 板橋市 98 年 11 月人口統計資料表

里數	里別	鄰數	戶數	男	女	總人口數
1	九如里	16	1040	1588	1629	3217
2	大安里	24	1483	2296	2280	4576
3	大豐里	22	1756	2527	2619	5146
4	大觀里	14	1189	1874	1909	3783
5	中山里	32	1425	2054	1938	3992
6	中正里	27	1633	2475	2409	4884
7	五權里	19	1504	2347	2321	4668
8	仁愛里	20	1154	1724	1707	3431
9	仁翠里	16	1080	1676	1673	3349
10	介壽里	17	1206	1663	1804	3467
11	公館里	21	1408	2133	2192	4325
12	文化里	17	1125	1612	1636	3248
13	文聖里	17	1384	2092	2075	4167
14	文翠里	19	1562	2185	2196	4381
15	文德里	12	1145	1698	1670	3368
16	正泰里	16	1064	1642	1728	3370
17	民生里	14	774	1045	1168	2213
18	民安里	19	826	1127	1241	2368
19	民族里	20	1489	2322	2435	4757
20	民權里	24	1064	1446	1501	2947
21	永安里	17	1277	1794	1874	3668
22	玉光里	21	2048	2766	3031	5797
23	光仁里	15	1019	1638	1695	3333
24	光復里	25	1221	1741	1670	3411
25	光華里	20	1057	1447	1420	2867

26	光榮里	20	972	1387	1392	2779
27	吉翠里	16	1314	2024	1993	4017
28	成和里	21	2061	3123	3073	6196
29	江翠里	20	1777	2657	2704	5361
30	百壽里	17	975	1361	1467	2828
31	自立里	20	1026	1478	1525	3003
32	自強里	35	1976	2753	2777	5530
33	西安里	14	1051	1491	1564	3055
34	宏翠里	16	1997	2433	2564	4997
35	赤松里	8	308	436	439	875
36	和平里	16	1187	1368	1465	2833
37	居仁里	16	1029	1668	1721	3389
38	幸福里	19	1452	2168	2198	4366
39	忠誠里	15	1525	2009	2077	4086
40	忠翠里	28	3914	5025	5413	10438
41	明翠里	22	1898	2635	2738	5373
42	東丘里	20	1622	2508	2606	5114
43	東安里	11	897	1442	1471	2913
44	松柏里	12	803	1183	1171	2354
45	松翠里	18	1403	1939	2013	3952
46	社後里	28	3772	4501	3827	8328
47	金華里	23	1412	2166	2181	4347
48	長安里	19	1664	2446	2554	5000
49	長壽里	11	957	1486	1499	2985
50	青翠里	15	1119	1683	1573	3256
51	信義里	21	1570	2219	2223	4442
52	建國里	31	1373	2008	1961	3969
53	後埔里	17	1537	1991	1979	3970
54	柏翠里	18	1484	2003	2048	4051
55	流芳里	10	596	742	793	1535
56	重慶里	38	3189	4576	4835	9411
57	香丘里	14	1452	2109	2194	4303
58	香社里	21	1529	2392	2286	4678
59	香雅里	11	947	1420	1417	2837
60	埔墘里	23	2399	3105	3255	6360
61	振義里	17	1570	2254	2217	4471
62	振興里	17	1594	2354	2299	4653
63	海山里	23	2712	4243	4598	8841
64	浮洲里	25	1359	2365	2046	4411
65	留侯里	10	649	851	875	1726
66	純翠里	15	1941	2800	2826	5626
67	國光里	20	1531	2020	2043	4063
68	國泰里	15	1400	1881	1988	3869
69	埤墘里	17	1547	2113	2224	4337
70	堂春里	19	1452	2338	2331	4669
71	崑崙里	36	3425	5092	5028	10120
72	深丘里	20	2801	3672	3930	7602
73	莒光里	17	1156	1599	1623	3222

74	莊敬里	14	1548	2178	2254	4432
75	富貴里	10	822	1202	1225	2427
76	嵐翠里	12	929	1367	1375	2742
77	復興里	8	350	1363	485	1848
78	景星里	24	1419	1747	1868	3615
79	朝陽里	16	1211	1823	1874	3697
80	港尾里	15	1004	1425	1547	2972
81	港嘴里	25	2222	3228	3138	6366
82	港德里	29	1749	2532	2616	5148
83	華中里	20	1794	2893	2832	5725
84	華江里	26	2109	2929	3173	6102
85	華東里	32	2434	3216	3328	6544
86	華貴里	19	983	1452	1546	2998
87	華福里	13	733	1138	1185	2323
88	華翠里	19	1317	1885	2006	3891
89	華德里	31	2543	3434	3594	7028
90	華興里	18	1505	2145	2238	4383
91	鄉雲里	21	1368	1790	1911	3701
92	陽明里	17	982	1486	1534	3020
93	黃石里	10	464	658	656	1314
94	新民里	26	1720	2398	2463	4861
95	新生里	24	1495	2414	2352	4766
96	新埔里	13	892	1182	1236	2418
97	新海里	21	1211	2011	1937	3948
98	新翠里	29	2938	4097	4477	8574
99	新興里	17	1327	1660	1673	3333
100	溪北里	18	1219	1890	1861	3751
101	溪洲里	21	2070	3161	3261	6422
102	溪福里	44	4509	7041	7127	14168
103	溪頭里	25	2246	3134	3163	6297
104	僑中里	16	1305	2203	2110	4313
105	漢生里	22	1739	2453	2516	4969
106	滿翠里	20	1115	1635	1714	3349
107	福丘里	14	1413	1546	1740	3286
108	福安里	17	965	1407	1363	2770
109	福星里	20	1240	1791	1921	3712
110	福祿里	19	1574	2070	2324	4394
111	福壽里	16	1212	1807	1743	3550
112	福翠里	16	545	806	777	1583
113	福德里	28	1893	2888	2780	5668
114	聚安里	28	1914	2981	2832	5813
115	廣新里	24	1232	1959	1943	3902
116	廣福里	12	1558	2238	2222	4460
117	廣德里	25	2231	3341	3411	6752
118	德翠里	26	2431	3690	3773	7463
119	龍安里	20	1007	1511	1509	3020
120	龍翠里	20	1917	2690	2777	5467
121	聯翠里	17	1618	1858	2089	3947

122	雙玉里	18	1467	2149	2171	4320
123	懷翠里	26	2139	3247	3264	6511
124	歡園里	8	428	720	683	1403
125	挹秀里	13	739	980	1016	1996
126	涌興里	23	2170	2790	2858	5648
	總計	2464	190222	274068	278316	552384

資料來源：板橋市戶政事務所



圖 4.14 往台 64 線方向



圖 4.15 台 3 線

二、天然災害潛勢調查

水保局公佈之土石流潛勢溪流，係指溪床坡度大於十度以上且該點之集水面積大於三公頃者，則視為土石流潛在地點，另如溪流下游出口或溢流點處有住戶三戶以上或有重要橋梁、道路需保護者，亦需列入調查範圍，調查時應依現地各項特徵，將危險度區分為「高」、「中」、「低」、「持續觀察」等四個等級。然板橋市境內並無坡地高山，因此，該區無土石流潛勢溪流。

依台北縣地區災害防救計畫中所述，大台北地區主要活斷層有金山斷層、嵌腳斷層、台北斷層、新店斷層等四條活斷層，但板橋市並無通過且境內亦無斷層，斷層分布情形可經由中央地質調查所查得，如下圖 4.16。亦可由國立中央大學應用地質研究所工程地質與防災科技研究室所發展之台灣活斷層查詢系統進行查詢，如下圖 4.17。再以營建署之區域計畫地理資訊查詢系統檢視板橋市之地質災害敏感地，板橋市境內約 99.8% 為無潛在災害區，僅有 0.2% 為潛在災害不嚴重地區，如下圖 4.18。所謂地質災害之分析包括地震災害與坡地穩定度兩種主要項目，北部區域在有關地震災害之分佈以斷層帶為其潛在地震災害區，而坡地穩定度則綜合考慮地質、地形與土壤等三種因素，以規則組合法分析之。



圖 4.16 板橋市周圍斷層分布(中央地質調查所斷層資料)

資料來源：經濟部中央地質調查所

台灣活斷層分布圖

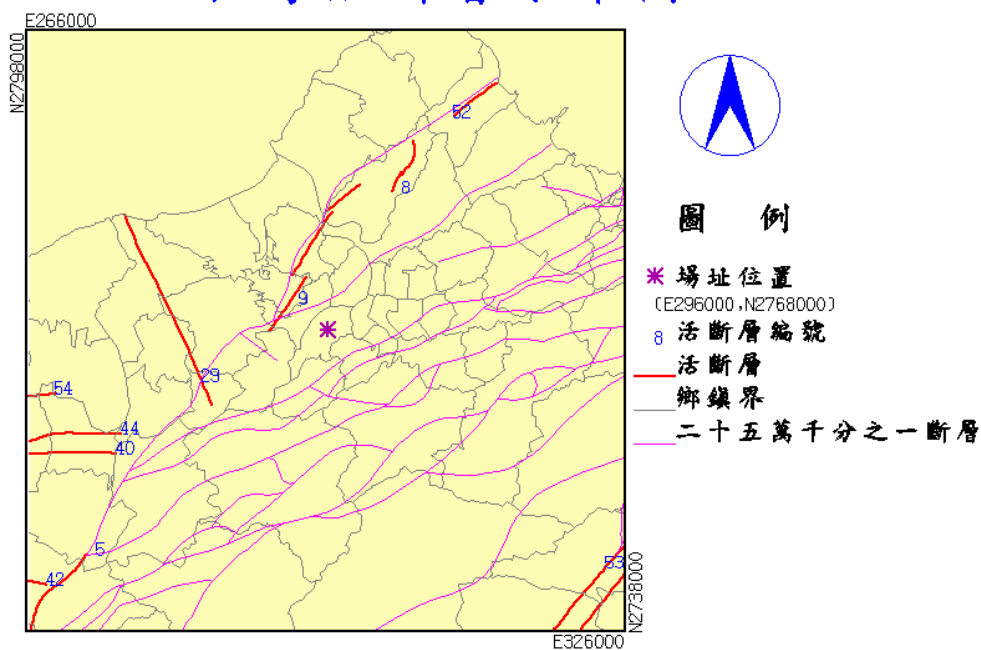


圖 4.17 板橋市周圍斷層分布(台灣活斷層查詢系統)

資料來源：<http://gis.geo.ncu.edu.tw/act/actq.htm>

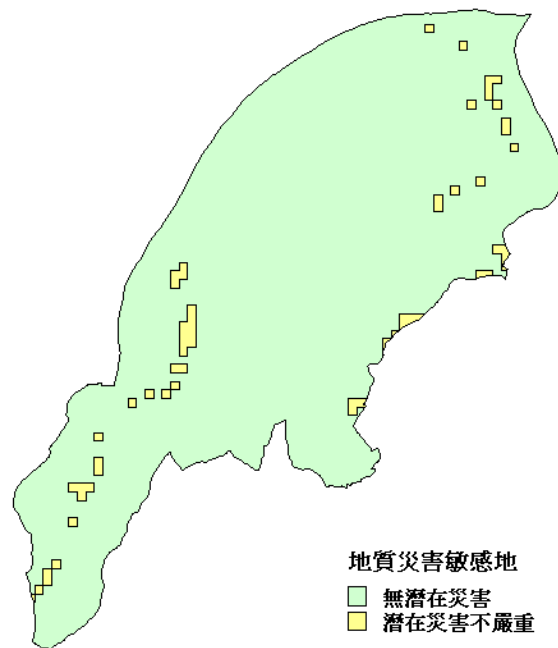


圖 4.18 板橋市地質災害敏感地

資料來源：區域計畫地理資訊查詢系統

利用國家災害防救科技中心提供之淹水潛勢資料，查得台北縣市單日降雨量達 600 毫米淹水深度圖，如下圖 4.19 可發現板橋市地區即可能有淹水災害之發生，由過去的災害歷史中，板橋市曾發生好幾次淹水災害。再以營建署之區域計畫地理資訊查詢系統檢視板橋市之洪水平原敏感地，查得板橋市洪水平原敏感地區範圍相當接近 100%，如下圖 4.20。所謂洪水平原應具有兩種意義：其一為由河流沖刷泥砂於下游地區沈積而成洪水沖積平原；其二為遭受洪害之平原，其範圍主要以洪水頻率年產生之洪水所淹沒之地區，其範圍隨洪水頻率年之不同而異。北、南部區域之洪水平原劃設限於人力、經費及時間，僅能以洪水沖積平原為劃設對象，並採用行政院經濟建設委員會「環境敏感地區土地規劃與管理之研究」中界定之洪水沖積平原劃設準則，即：

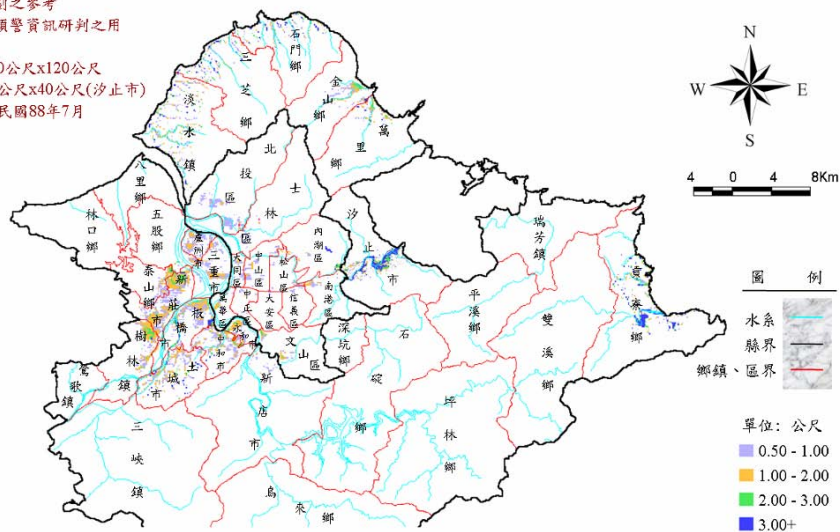
- 1.地質層屬全新世沖積層。
- 2.土壤屬沖積土性質，且坡度小於 15%。

用途：

- 1.擬訂地區防災基本計畫及業務計畫之參考
- 2.國土或城鄉規劃之參考
- 3.颱洪期間淹水預警資訊研判之用

資料解析度：120公尺x120公尺
40公尺x40公尺(汐止市)

資料製作時間：民國88年7月



台北縣市淹水潛勢總圖(600毫米/日)

國家災害防救科技中心 製作

圖 4.19 台北縣市淹水潛勢資料

資料來源：國家災害防救科技中心

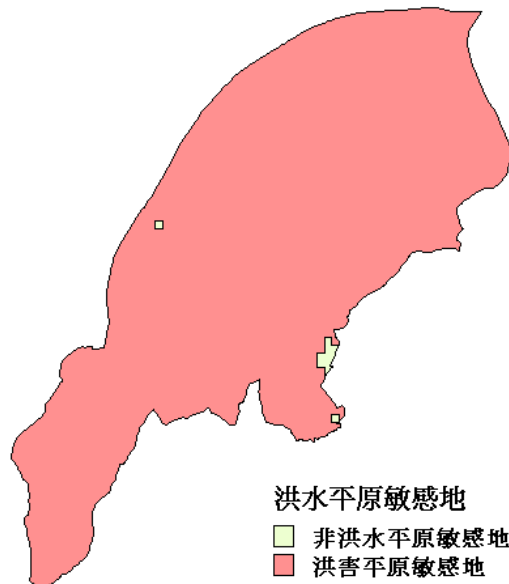


圖 4.20 板橋市洪水平原敏感地

資料來源：區域計畫地理資訊查詢系統

三、調查各類救災據點與避難據點

在救災避難據點的開設上主要以台北縣地區災害防救計畫所明訂的據點為主，據點主要區分為救災據點及避難據點兩類，救災據點又包括鄉公所應變中心、醫療據點、警察局以及消防局等。板橋市內有許多學校及公園，將可做為臨時避難地點，板橋市避難救災據點如下表 4.5 所示。

表 4.5 避難與救災據點調查表

分類	名稱	位置(地址或鄰近道路)
縣市政府或鄉鎮市公所(應變中心)	臺北縣政府	板橋市中山路 1 段 161 號
	板橋市公所(緊急收容所總站)	板橋市府中路 30 號
醫療據點	台北縣衛生局	板橋市英士路 192 號
	板橋市衛生所	板橋市英士路 196 號
	台北縣立醫院板橋院區	板橋市英士路 198 號
	亞東醫院	板橋市南雅南路二段 21 號
	板橋中興醫院	板橋市忠孝路 15 號
	中英醫院	板橋市文化路一段 196 號
警察局	臺北縣警察局	台北縣板橋市府中路 32 號
	刑警隊	台北縣板橋市府中路 32 號
	板橋分局	板橋市文化路一段 52 號
	板橋派出所	板橋市文化路一段 52 號
	沙崙派出所	板橋市溪北路 111 號
	後埔派出所	板橋市成都街 22 號
	信義派出所	板橋市廣權路 28 號
	大觀派出所	板橋市大觀路二段 127 號
	板橋交通分隊	板橋市區運路 1 號
	海山分局	板橋市漢生東路 195 號 3 樓
	海山派出所	板橋市漢生東路 195 號 1 樓
	埔墘派出所	板橋市中山路二段 286 號
	新海派出所	板橋市英士路 151 號
	江翠派出所	板橋市大同街 14 號

	海山交通分隊	板橋市漢生東路 195 號 6 樓
消防局	台北縣消防局	板橋市民族路 57 號
	大隊部	板橋市莒光路 161 號
	莒光消防分隊	板橋市莒光路 161 號
	板橋消防分隊	板橋市民族路 57 號
	大觀消防分隊	板橋市大觀路一段 38 巷臨 1-3 號
	海山消防分隊	板橋市英士路 151 號
	民生消防分隊	板橋市民生路二段臨 56-2 號
	溪崑消防分隊	板橋市篤行路二段 135 號
避難及收容場所	板橋國小(緊急收容所第一分站)	板橋市文化路一段 23 號
	緊急收容所第二分站	板橋市中正路 275 巷 96 號
	新埔國中(緊急收容所第三分站)	板橋市新海路 181 號
	新埔國小(緊急收容所第四分站)	板橋市陽明街 206 號
	江翠國小(緊急收容所第五分站)	板橋市文化路二段 413 號
	文聖國小(緊急收容所第六分站)	板橋市文聖街 86 號
	莒光國小(緊急收容所第七分站)	板橋市莒光路 163 號
	埔墘國小(緊急收容所第八分站)	板橋市成功路 54 號
	海山國小(緊急收容所第九分站)	板橋市漢生東路 280 號
	實踐國小(緊急收容所第十分站)	板橋市實踐路 93 巷 51 號
	後埔國小(緊急收容所第十一分站)	板橋市重慶路 157 號
	緊急收容所第十二分站	板橋市四川路二段 245 巷 56 號
	中山國小(緊急收容所第十三分站)	板橋市大觀路二段 59 巷 31 號
	緊急收容所第十四分站	板橋市溪崑一街 47 巷 2 號
	緊急收容所第十五分站	板橋市篤行路二段 161 巷 32 號
	大觀國小(緊急收容所第十六分站)	板橋市大觀路一段 30 號

資料來源：96 年台北縣地區災害防救計畫

四、緊急運送道路之規劃

板橋市之緊急運送道路台北縣已有進行規劃，並於 97 年度修正地區災害防救計畫中對緊急運送道路進行相關之檢核作業，輸送救援道路、緊急聯外道路、緊急避難道路以及消防避難道路等四層級之道路。

如下圖 4.21、圖 4.22、圖 4.23、圖 4.24 則為台北縣消防局提供板橋市最新之緊急運送道路圖。因各縣市地區災害防救計畫撰寫不一，台北縣板橋市之緊急運送道路為輸送救援道路、緊急道路、疏散避難道路分別對應本計畫之道路名依序為輸送救援道路、緊急聯外道路以及緊急避難道路。

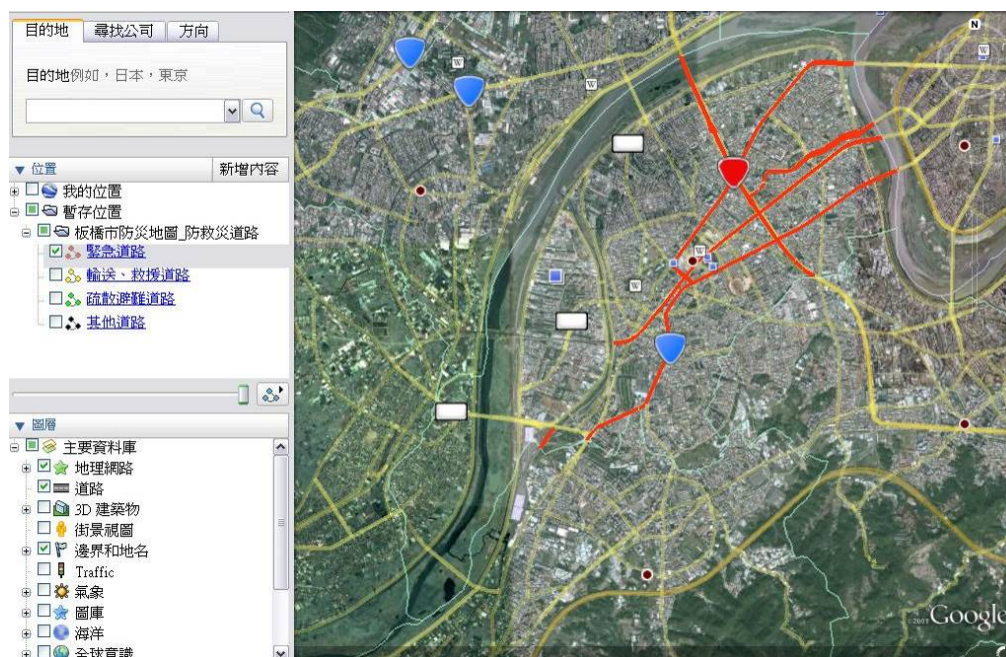


圖 4.21 板橋市緊急聯外道路圖

資料來源：台北縣消防局

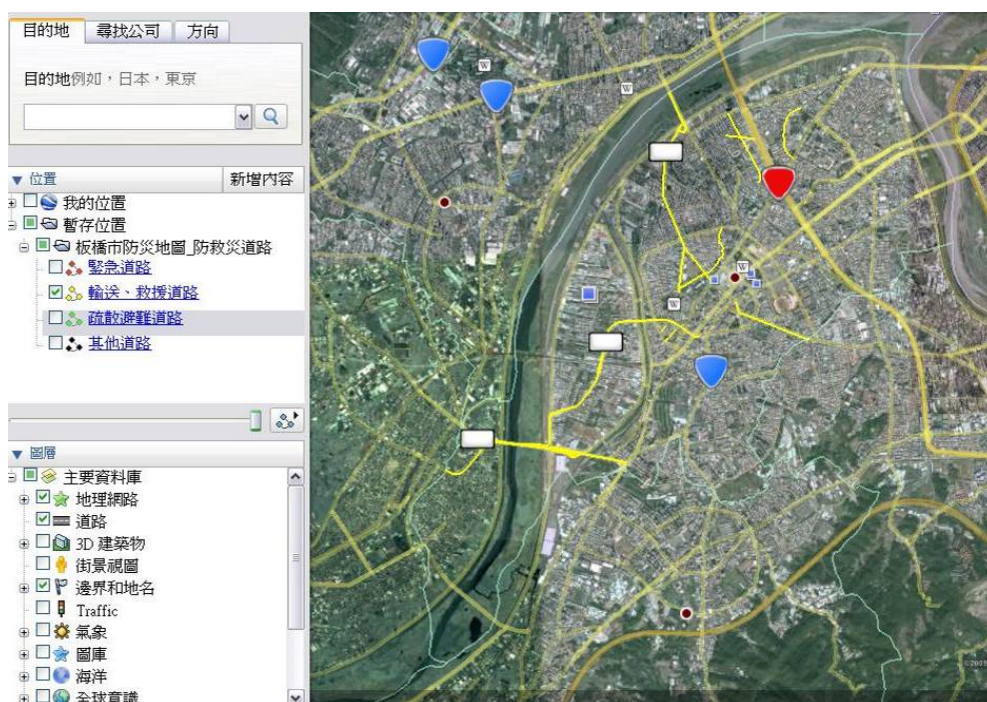


圖 4.22 板橋市輸送救援道路圖

資料來源：台北縣消防局

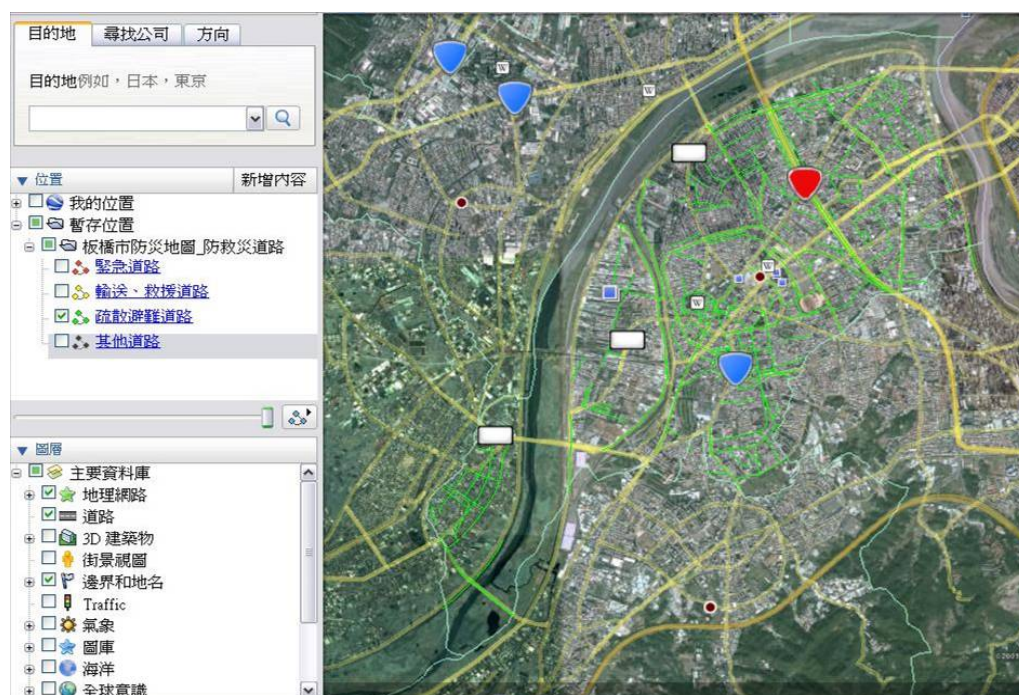


圖 4.23 板橋市緊急避難道路圖

資料來源：台北縣消防局

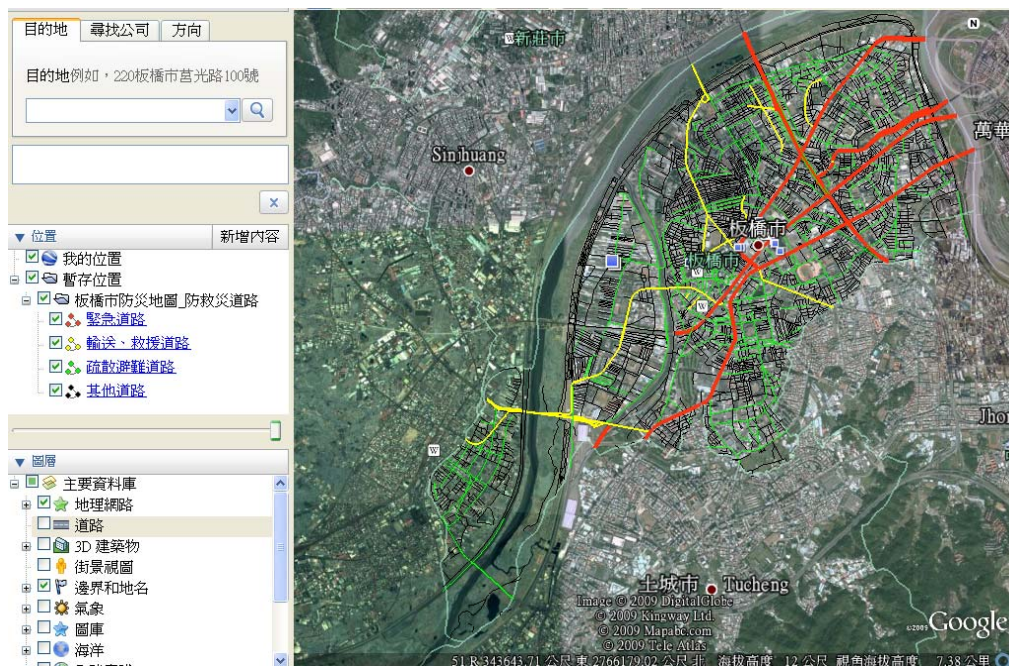


圖 4.24 板橋市緊急運送道路圖

資料來源：台北縣消防局

五、檢核緊急運送道路

在 97 年度修定地區災害防救計畫中，已針對該地區規劃之緊急運送道路連接之各據點進行檢核，基本上緊急運送道路路網均有連接到各個臨時避難據點及中長期避難場所等，檢核結果如下圖 4.25 至圖 4.27，板橋市無土石潛勢溪流且並無斷層經過，但板橋市接近 100% 位於洪水平原敏感地極有可能會有淹水情形產生，不過台北縣政府已用相關工程手法進行改善，根據本計畫擬定之檢核表對板橋市擬定之緊急運送道路檢核如下表 4.6，分數為 84 屬規劃良好。

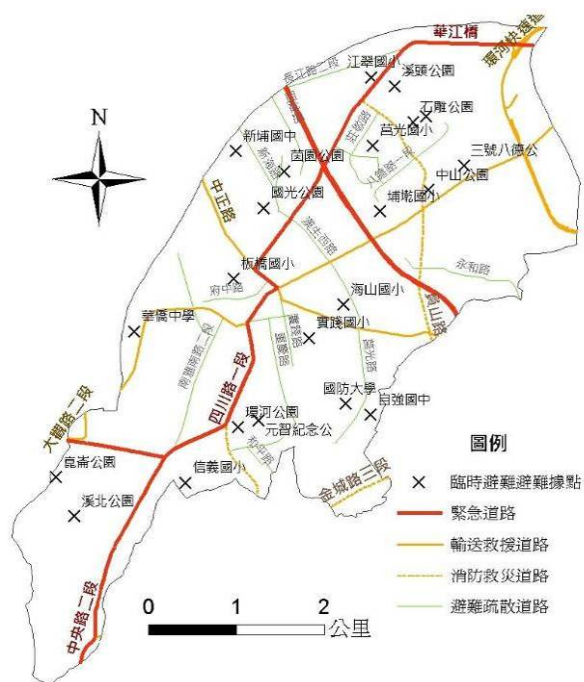


圖 4.25 板橋市臨時避難據點

資料來源：修定地區災害防救計畫

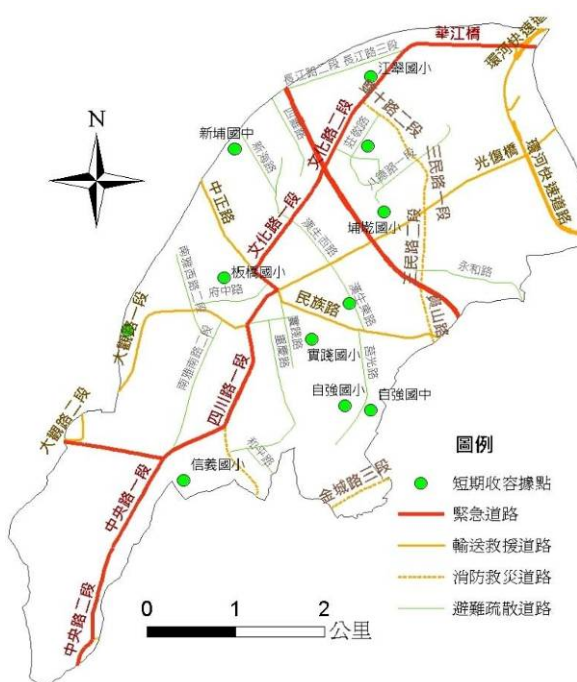


圖 4.26 板橋市臨時收容據點

資料來源：修定地區災害防救計畫

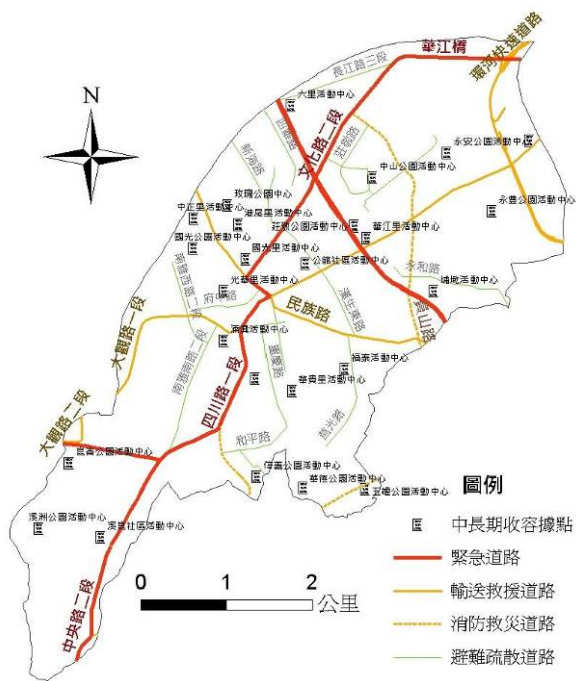


圖 4.27 板橋市中長期收容據點

資料來源：修定地區災害防救計畫

表 4.6 板橋市緊急運送道路檢核表

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	備註
				項目	配分		
共通性	1.連接避難場所	檢核道路是否緊臨或連接政府所規劃之避難場所(緊急避難場所、臨時避難場所、臨時收容場所、中長期收容場所)。	7 (7%)	1.緊急避難場所。	緊鄰 2 分連接 1 分	6	
				2.臨時避難場所。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				3.臨時收容場所。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				4.中、長期收容場所。	1 分		
	2.連接醫療院所	檢核道路是否緊臨或連接醫療院所(醫學中心、區域醫院、地區醫院)。	7 (7%)	1.醫學中心。	緊鄰 2 分連接 1 分	7	
				2.區域醫院。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				3.地區醫院。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				4.緊急聯外道路有連接至外縣市之醫院。	1 分		
	3.連接救災據點	檢核道路是否緊臨或連接救災據點。	7 (7%)	1.縣市政府應變中心。	緊鄰 2 分連接 1 分	7	
				2.鄉鎮市公所應變中心。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				3.警察單位。	1 分		
				4.消防單位。	1 分		
				5.直升機起降場。	1 分		
	4.保持道路原有寬度	道路是否失去原有之寬度妨礙避難行為以及搶救災作業。	6 (6%)	1.路旁避免停放過多車輛妨礙通行。	3 分	3	
				2.道路兩旁無堆放障礙物。	3 分		
	5.平時整備制度	檢核是否有規劃災前	7	1.規劃災時之搶救機制。	2 分	6	

		災後之整備、應變及復舊之行動。	(7%)	2.救災用機具及裝備及維護及人員整備。	2 分		
				3.簽訂開口契約。	1 分		
				4.針對救災人員進行防災教育。	1 分		
				5.針對防災計畫進行定期之防災演練。	1 分		
	6.路燈維護	路燈是否妨礙交通之順暢。	5 (5%)	1.路燈基座避免遭受破壞而不穩。	1 分	3	
				2.燈桿避免傾斜或變形。	2 分		
				3.路燈避免倒塌妨礙交通。	2 分		
	7.路樹管理	路樹是否會傾塌妨礙交通。	5 (5%)	1.樹枝不會掉落妨礙通行。	2 分	4	
				2.路樹確實扎根於土壤中。	2 分		
				3.不因過高而攔腰折斷。	1 分		
				4.路段無路樹。	5 分		
成績計算				36			

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	備註
				項目	配分		
地震災害	1. 信號燈耐災規劃	信號燈能否於災時發揮其機能。	5 (5%)	1.燈號正常。	1 分	4	
				2.具獨立之供電系統。	1 分		
				3.基座避免遭受破壞而不穩。	1 分		
				4.燈桿避免傾斜或變形。	1 分		
				5.信號燈避免倒塌妨礙交通。	1 分		
	2. 電線杆維護	電線杆是否妨礙交通之順暢。	6 (6%)	1.電纜正常配置。	1 分	6	
				2.纜箱避免破損或掉落。	1 分		
				3.電線杆避免劣化或遭人為損壞。	1 分		
				4.電線杆基座無劣化、鏽蝕或遭人為破壞。	2 分		
				5.電線杆避免倒塌妨礙交通。	1 分		
				6.路網無電線杆	6 分		
	3. 廣告看板管理(公車站、路標)	廣告看板是否會掉落倒塌妨礙交通。	5 (5%)	1.鐵桿無鏽蝕。	1 分	4	
				2.廣告看板穩固不搖。	1 分		
				3.基座確實固定、無鏽蝕。	1 分		
				4.規劃地區無廣告看板。	2 分		
				5.路段無廣告看板。	5 分		
	4. 避開地震斷層或設計採用防災工程	利用經濟部中央地質調查所開發之「地質資料整合系統」檢視所規劃之	7 (7%)	1.大於 500 公尺。	2 分或為一般地區	7	
				2.介於 100-500 公尺。	1 分		

		檢視所規劃之緊急運送道路至地震斷層之最短垂直距離。		3.設計採用防災工程。	5 分		
	5. 橋 梁 耐 震 評 估 與 補 強 或 災 時 緊 急 應 變 對 策	檢核橋梁是否劣化、有無規劃補強修復措施及緊急應變對策。	7 (7%)	1.定期進行橋梁巡查	1 分	5	
				2.建立橋梁監測系統。	1 分		
				3.進行耐震評估。	1 分		
				4.針對評估後結果進行補強。	2 分		
				5.災時橋梁緊急修復措施。	1 分		
				6.規劃臨時便橋等替代措施。	1 分		
	6. 四 周 建 築 物 結 構	檢視建築物之結構類型，不同結構有不同之耐震能力。	7 (7%)	1.磚結構。	1 分	4	
				2.鋼筋混凝土結構。	2 分		
				3.鋼骨結構。	3 分		
				4.鋼骨鋼筋混凝土結構。	4 分		
5.建築符合現今之耐震規範。				5 分			
成績計算				30			

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	備註
				項目	配分		
水 災 害	1.避開淹水潛勢 或設計採用 防災工程	利用國家災害防救科技中 心之淹水潛勢圖，檢視規劃 之道路為非淹水範圍內。	5 (5%)	1.避開 600 公釐降雨造成 50 公分以上淹水區域。	1 分或為 一般地區	4	
				2.設計採用防災工程。	4 分		
成績計算				4			

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無:0分)	備註
				項目	配分		
坡地災害	1.避開土石流潛勢溪流或設計採用防災工程	利用水土保持局公佈土石流潛勢分佈圖，檢視規劃緊急運送道路是否在潛勢溪流範圍內。	7 (7%)	1.避開土石流潛勢區。	2分	7	
				2.設計採用防災工程。	5分		
	2.避開坡地災害	檢視是否可能產生坡地災害，坡地災害的產生會危及道路之暢通。	7 (7%)	1.非順向坡地形。	1分	7	
				2.地表植被無遭受破壞。	1分		
				3.岩層無破碎。	1分		
				4.擋土設施不具裂縫。	1分		
				5.擋土設施無傾斜。	1分		
				6.擋土牆之排水孔正常出水。	1分		
				7.排水孔排出之水清澈。	1分		
				8.地錨錨頭無開裂、鏽蝕。	1分		
			9.路網無坡地區	7分			
成績計算				14			

總成績	84	
評估情形	■ 規劃良好(80分)	□ 規劃尚可(60-79分)
	□ 有待加強(40-59分)	□ 重新規劃(39分以下)
附註		

4.5 桃園縣復興鄉緊急運送道路規畫案例

一、現地調查

復興鄉隸屬於桃園縣，總面積約為 350.7775 平方公里。復興鄉地理位置處於桃園縣的東南方，西南接新竹縣關西鎮、尖石鄉，北接台北縣烏來鄉、三峽鎮以及本縣的大溪鎮，東南與宜蘭縣的大同鄉毗鄰。全鄉主要由大溪貫穿全境，地勢走向由東北往西南傾斜，境內高山峻嶺，海拔約在 380 至 2000 餘公尺之間，是石門水庫上游重要的集水區。

復興鄉一共 10 個村分別為三民村、澤仁村、霞雲村、義盛村、羅浮村、奎輝村、長興村、高義村、三光村、華陵村。在人口分佈方面，根據下表 4.7 復興鄉戶政事務所 98 年 9 月之人口統計資料顯示，復興鄉劃分為 10 村 130 鄰，總人口數為 10511 人，其中又以澤仁、羅浮、華陵等村人口最多。

在道路使用上，復興鄉內道路主要為台七線、桃 118 縣道，俗稱為羅馬公路，以及桃 112 鄉道和桃 113 鄉道。

表 4.7 復興鄉 98 年 9 月人口統計資料表

村別	鄰數	戶數	男數	女數	合計
三民村	19	762	1229	967	2196
澤仁村	20	517	823	674	1497
霞雲村	11	224	366	282	648
義盛村	11	252	432	322	754
羅浮村	8	418	619	546	1165
奎輝村	9	219	387	321	708
長興村	17	229	379	297	676
高義村	12	278	497	374	871
三光村	12	219	384	259	643
華陵村	11	524	789	564	1353
總計	130	3642	5905	4606	10511

資料來源：復興鄉戶政事務所

二、天然災害潛勢調查

水保局公布之土石流潛勢溪流，係指溪床坡度大於十度以上且該點之集水面積大於三公頃者，則視為土石流潛在地點，另如溪流下游出口或溢流點處有住戶三戶以上或有重要橋梁、道路需保護者，亦需列入調查範圍，調查時應依現地各項特徵，將危險度區分為「高」、「中」、「低」、「持續觀察」等四個等級。如圖 4.28，由行政院農委會水土保持局土石流防災資訊網查詢可得知，在復興鄉內共有 30 條土石流潛勢溪流。



圖 4.28 復興鄉土石流潛勢溪流

資料來源：行政院農委會水土保持局土石流防災資訊網

依桃園縣地區災害防救計畫中所述，桃園縣有南崁、雙連坡、湖口等三處地震斷層帶，但復興鄉並無通過且境內亦無斷層，斷層分布

利用國家災害防救科技中心提供之淹水潛勢資料，查得桃園縣單日降雨量達 600 毫米淹水深度圖，如下圖 4.31 可發現復興鄉並無淹水災害之可能發生。

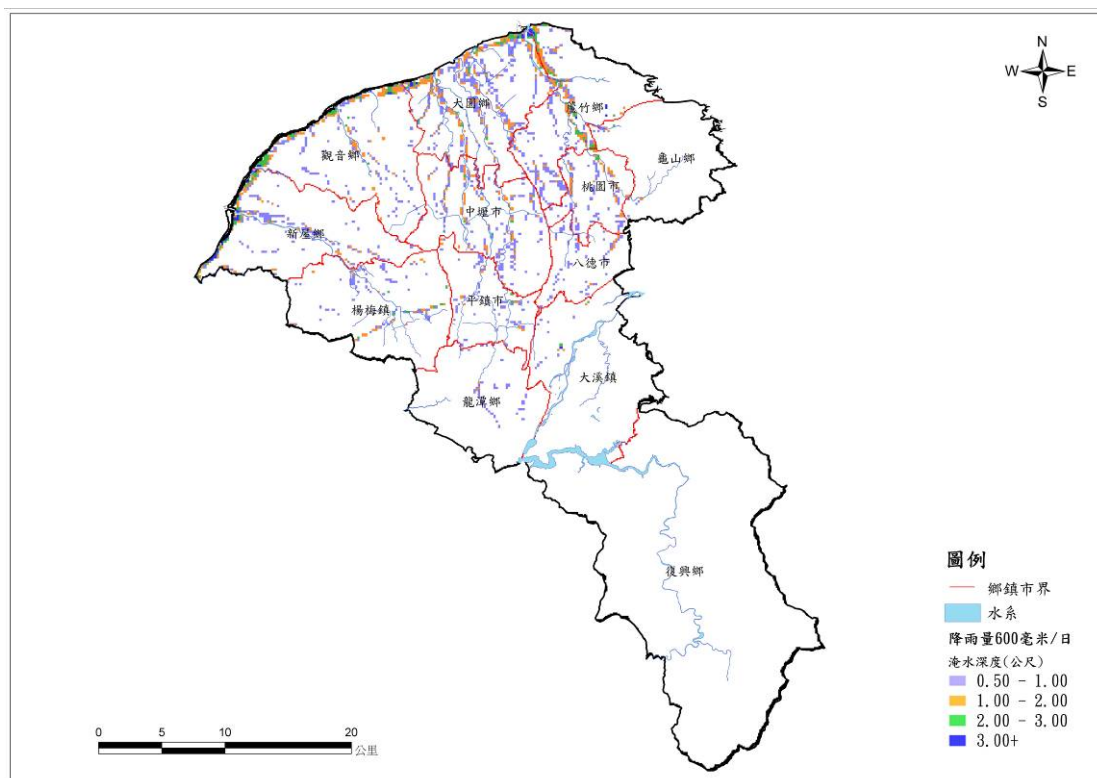


圖 4.31 台北縣市淹水潛勢資料

資料來源：國家災害防救科技中心

三、調查各類救災據點與避難據點

在救災避難據點的開設上主要以台北縣地區災害防救計畫所明訂的據點為主，據點主要區分為救災據點及避難據點兩類，救災據點又包括鄉公所應變中心、醫療據點、警察局以及消防局等。板橋市內有許多學校及公園，將可做為臨時避難地點，板橋市避難救災據點如下表 4.8 所示。

表 4.8 防救災據點調查表

分類	名稱	位置(地址或鄰近道路)
縣市政府或鄉鎮市公所(應變中心)	桃園縣災害應變中心	桃園縣桃園市三民路 3 段 26 號
	桃園縣政府	桃園縣桃園市縣府路 1 號
	桃園縣復興鄉公所	桃園縣復興鄉中正路 20 號
醫療據點	復興鄉衛生所	桃園縣復興鄉澤仁村中正路 25 號
	桃園醫院	桃園縣桃園市中山路 1492 號
警察局	復興分駐所	復興鄉澤仁村中正路 2 號
	三民派出所	復興鄉三民村水流東 43 號
	霞雲派出所	復興鄉霞雲村 6 鄰霞雲 21 號
	溪內派出所	復興鄉羅浮村合流 51 之 2 號
	羅浮派出所	復興鄉羅浮村 3 鄰羅浮 3 號
	奎輝派出所	復興鄉奎輝村 4 鄰 37 號
	長興派出所	復興鄉長興村 16 鄰頭角 29 號
	榮華派出所	復興鄉高義村 11 鄰榮華 2 號
	三光派出所	復興鄉三光村武道能敢 7 鄰 33 號
	光華派出所	復興鄉華陵村 4 鄰 12 號
	巴陵派出所	復興鄉華陵村 9 鄰 44 號
消防局	巴陵分隊	桃園縣復興鄉華陵村 10 鄰 112 號
	復興分隊	桃園縣復興鄉澤仁村中山路 2 號
避難及收容場所 (學校、公園以及活動中心等)	介壽國小	桃園縣復興鄉澤仁村中正路 33 號
	義盛國小	桃園縣復興鄉義盛村 1 鄰 11 號
	奎輝國小	桃園縣復興鄉奎輝村 3 鄰 25 號
	長興國小	桃園縣復興鄉長興村 16 鄰 43 號
	三民國小	桃園縣復興鄉三民村 57 號
	霞雲國小	桃園縣復興鄉霞雲村六鄰 14 號
	光華國小	桃園縣復興鄉華陵村 4 鄰 12 號
	高坡國小	桃園縣復興鄉高坡路 27 號
	巴陵國小	桃園縣復興鄉華陵村 9 鄰 75 號
	角板山公園	桃園縣復興鄉澤仁村
	救國團復興活動中心	桃園縣復興鄉中山路 1 號

因此，本計畫團隊針對上述桃園縣復興鄉緊急避難道路所連接之重要行政、醫療與管理據點、應變中心、警消派駐所、避難及收容場所等地點，採實地參訪方式以瞭解規劃之合理性，並將參訪之過程說

明如下表 4.9:

表 4.9 桃園縣復興鄉參訪照片

圖片一	圖片二
	
說明：桃園縣大溪鎮通往復興鄉之唯一道路所屬河橋，橋下溪流水勢湍急。	
圖片三	圖片四
	
說明：桃園縣復興鄉介壽國中可做為物資集送地與避難收容所。	說明：桃園縣復興鄉戶政事務所為所屬行政機關。

圖片五



說明：桃園縣復興鄉介壽國小可做為物資集送地與避難收容所。

圖片六



說明：桃園縣復興鄉衛生所為重要醫療機關暨醫療據點。

圖片七



說明：桃園縣復興鄉公所亦設為復興鄉災害應變中心，現為桃園縣復興鄉極重要之防救災指揮據點暨所屬地方行政機關。

圖片八



圖片九



說明：桃園縣復興鄉境內除衛生所外無大型醫療設施，因此位於市中心的角板山聯合診所即為縣民重要的醫療據點。

圖片十



說明：桃園縣復興鄉林務局復興分站為所屬行政機關。

圖片十一



說明：桃園縣復興鄉桃園縣警察局復興分駐所與消防局復興分隊比鄰而立，為復興鄉市區內主要災害防救之人員機具動員派駐單位。

圖片十二



圖片十三



說明：市區主要道路上仍發現些許塌陷問題。

圖片十四



說明：復興鄉公所、復興、巴陵消防分隊所設置之防災標語。

圖片十五



圖片十六



說明：復興鄉公所、復興、巴陵消防分隊所設置之防災標語。

圖片十七



圖片十八



說明：高坡國小設立於山坡地上，所屬校園空間可作為鄰近山區部落之物資集散地與人員收容所。

圖片十九



圖片二十



說明：桃園縣警察局大溪分局榮華派出所位於 45 度之山坡道路頂端，一般車輛不易進入及發現，主要作用為鄰近產業道路之人員安全巡視。

圖片二十一	圖片二十二
	
說明：桃園縣復興鄉巴陵境內主要道路旁設有土石流防治工程，圖為梳子壩。	說明：主要道路旁雖設有落石防護工程，但已發現問題缺口，亟需儘快處理。
圖片二十三	圖片二十四
	
說明：桃園縣復興鄉巴陵境內山壁崩落之巨石對主要道路及所經人車造成重大威脅。	說明：巴陵大橋為復興市區連接上、下巴陵地區的唯一橋梁，跨徑達 185 公尺，亦為大漢溪流域跨徑最大之橋梁。
圖片二十五	圖片二十六



說明：桃園縣復興鄉巴陵境內主要道路旁設有土石流防治工程，圖為攔砂壩。

圖片二十七



說明：桃園縣復興鄉下巴陵境內之光華派出所為最遠的分駐所。

圖片二十八



說明：光華派出所旁之光華國小可做為下巴陵境內鄰近山區部落之物資集散地與人員收容所。

圖片二十九



圖片三十



說明：位於上巴陵境內之桃園縣警察局大溪分局巴陵派出所與桃園縣消防局巴陵分對比鄰而立，主要作為拉拉山觀光區之治安維護及災害防救人力物資派遣之動員派駐單位。

四、緊急運送道路之規劃

復興鄉之緊急運送道路由中央大學協助規畫，本計畫並對此緊急運送道路進行相關之檢核作業，包含輸送救援道路、緊急聯外道路、緊急避難道路以及消防避難道路等四層級之道路。下圖 4.32

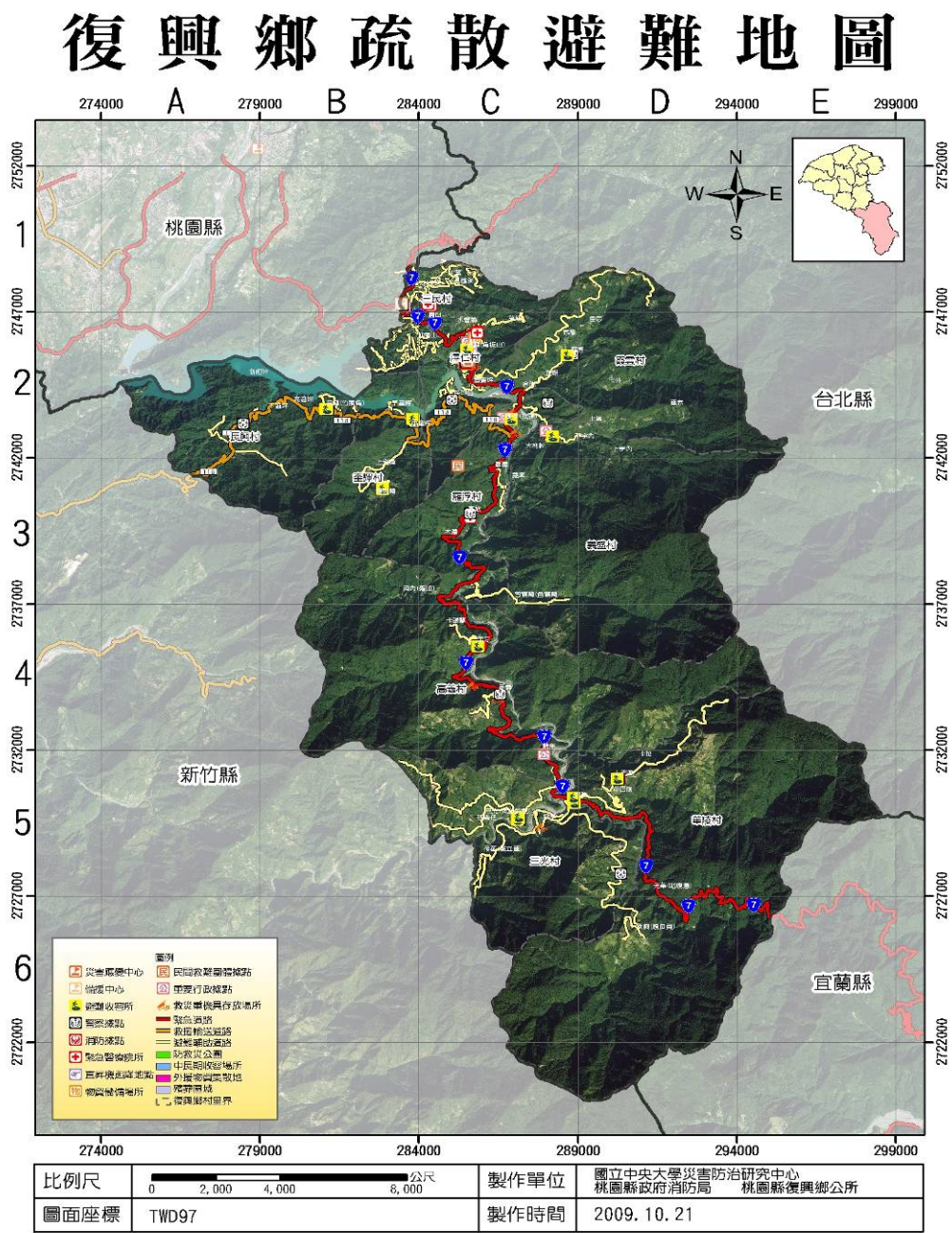


圖 4.32 復興鄉疏散避難圖

資料來源：國立中央大學災害防治研究中心

五、檢核緊急運送道路

復興鄉緊急運送道路檢核結果，根據本計畫擬定之檢核表對復興

鄉擬定之緊急運送道路檢核如下表 4.10，分數為 66 屬規劃尚可。下圖 4.33 為復興鄉人口最多的澤仁村，也是復興鄉相關政府機關密度最高之地區，由此圖可得知，基本上緊急運送道路路網均有連接到各個避難據點。

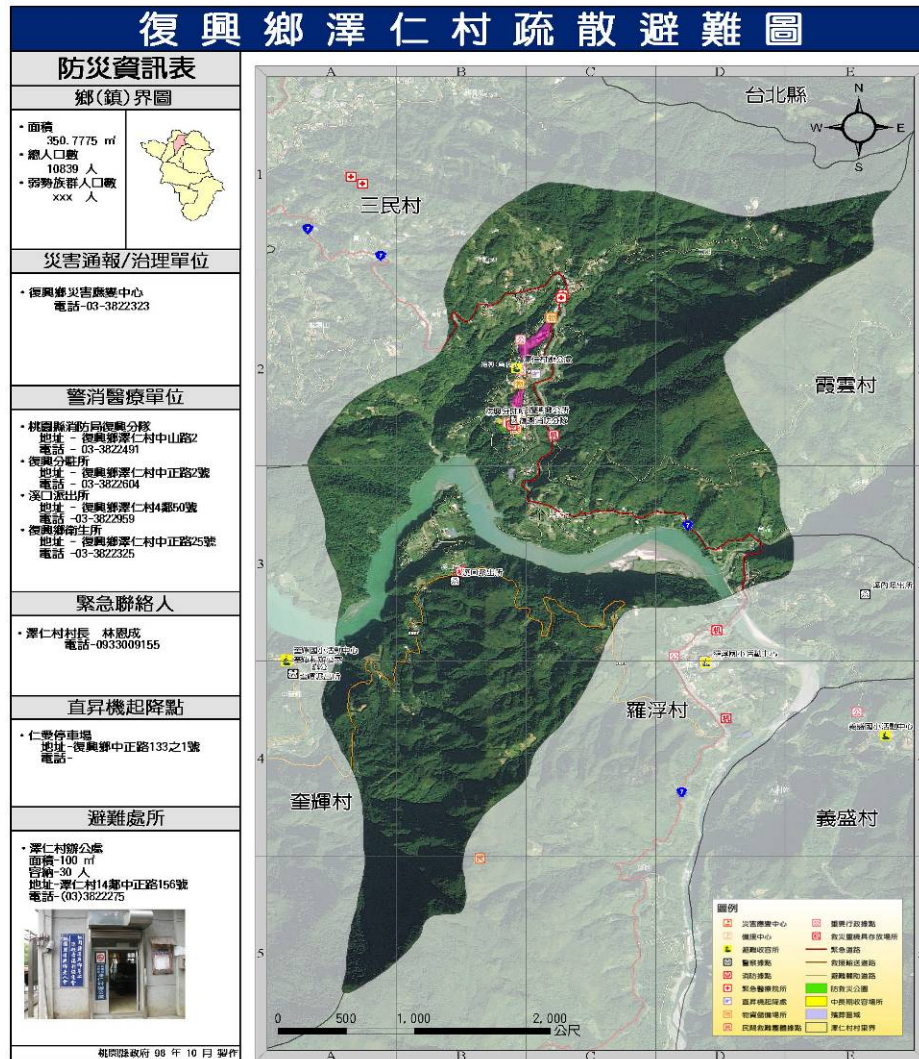


圖 4.33 復興鄉澤仁村疏散避難圖

資料來源：國立中央大學災害防治研究中心

表 4.10 復興鄉緊急運送道路檢核表

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	備註
				項目	配分		
共通性	1.連接避難場所	檢核道路是否緊臨或連接政府所規劃之避難場所(緊急避難場所、臨時避難場所、臨時收容場所、中長期收容場所)。	7 (7%)	1.緊急避難場所。	緊鄰 2 分連接 1 分	5	
				2.臨時避難場所。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				3.臨時收容場所。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				4.中、長期收容場所。	1 分		
	2.連接醫療院所	檢核道路是否緊臨或連接醫療院所(醫學中心、區域醫院、地區醫院)。	7 (7%)	1.醫學中心。	緊鄰 2 分連接 1 分	1	
				2.區域醫院。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				3.地區醫院。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				4.緊急聯外道路有連接至外縣市之醫院。	1 分		
	3.連接救災據點	檢核道路是否緊臨或連接救災據點。	7 (7%)	1.縣市政府應變中心。	緊鄰 2 分連接 1 分	6	
				2.鄉鎮市公所應變中心。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				3.警察單位。	1 分		
				4.消防單位。	1 分		
				5.直升機起降場。	1 分		
	4.保持道路原有寬度	道路是否失去原有之寬度妨礙避難行為以及搶救災作業。	6 (6%)	1.路旁避免停放過多車輛妨礙通行。	3 分	3	
				2.道路兩旁無堆放障礙物。	3 分		
	5.平時整備制度	檢核是否有規劃災前	7	1.規劃災時之搶救機制。	2 分	5	

		災後之整備、應變及復舊之行動。	(7%)	2.救災用機具及裝備及維護及人員整備。	2 分		
				3.簽訂開口契約。	1 分		
				4.針對救災人員進行防災教育。	1 分		
				5.針對防災計畫進行定期之防災演練。	1 分		
	6.路燈維護	路燈是否妨礙交通之順暢。	5 (5%)	1.路燈基座避免遭受破壞而不穩。	1 分	3	
				2.燈桿避免傾斜或變形。	2 分		
				3.路燈避免倒塌妨礙交通。	2 分		
	7.路樹管理	路樹是否會傾塌妨礙交通。	5 (5%)	1.樹枝不會掉落妨礙通行。	2 分	4	
				2.路樹確實扎根於土壤中。	2 分		
				3.不因過高而攔腰折斷。	1 分		
				4.路段無路樹。	5 分		
	成績計算				27		

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	備註
				項目	配分		
地震災害	1. 信號燈耐災規劃	信號燈能否於災時發揮其機能。	5 (5%)	1.燈號正常。	1 分	4	
				2.具獨立之供電系統。	1 分		
				3.基座避免遭受破壞而不穩。	1 分		
				4.燈桿避免傾斜或變形。	1 分		
				5.信號燈避免倒塌妨礙交通。	1 分		
	2. 電線杆維護	電線杆是否妨礙交通之順暢。	6 (6%)	1.電纜正常配置。	1 分	4	
				2.纜箱避免破損或掉落。	1 分		
				3.電線杆避免劣化或遭人為損壞。	1 分		
				4.電線桿基座無劣化、鏽蝕或遭人為破壞。	2 分		
				5.電線杆避免倒塌妨礙交通。	1 分		
				6.路網無電線桿	6 分		
	3. 廣告看板管理(公車站、路標)	廣告看板是否會掉落倒塌妨礙交通。	5 (5%)	1.鐵桿無鏽蝕。	1 分	3	
				2.廣告看板穩固不搖。	1 分		
				3.基座確實固定、無鏽蝕。	1 分		
				4.規劃地區無廣告看板。	2 分		
				5.路段無廣告看板。	5 分		
	4. 避開地震斷層或設計採用防災工程	利用經濟部中央地質調查所開發之「地質資料整合系統」檢視所規劃之	7 (7%)	1.大於 500 公尺。	2 分或為一般地區	7	
				2.介於 100-500 公尺。	1 分		

		檢視所規劃之緊急運送道路至地震斷層之最短垂直距離。		3.設計採用防災工程。	5 分		
5. 橋梁耐震評估與補強或災時緊急應變對策	檢核橋梁是否劣化、有無規劃補強修復措施及緊急應變對策。	7 (7%)	1.定期進行橋梁巡查	1 分	5		
			2.建立橋梁監測系統。	1 分			
			3.進行耐震評估。	1 分			
			4.針對評估後結果進行補強。	2 分			
			5.災時橋梁緊急修復措施。	1 分			
			6.規劃臨時便橋等替代措施。	1 分			
6. 四周建築物結構	檢視建築物之結構類型，不同結構有不同之耐震能力。	7 (7%)	1.磚結構。	1 分	4		
			2.鋼筋混凝土結構。	2 分			
			3.鋼骨結構。	3 分			
			4.鋼骨鋼筋混凝土結構。	4 分			
			5.建築符合現今之耐震規範。	5 分			
成績計算			27				

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	備註
				項目	配分		
水災 害	1.避開淹水潛勢 或設計採用 防災工程	利用國家災害防救科技中 心之淹水潛勢圖，檢視規劃 之道路為非淹水範圍內。	5 (5%)	1.避開 600 公釐降雨造成 50 公分以上淹水區域。	1 分或為 一般地區	5	
				2.設計採用防災工程。	4 分		
成績計算				5			

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無:0分)	備註
				項目	配分		
坡地災害	1.避開土石流潛勢溪流或設計採用防災工程	利用水土保持局公佈土石流潛勢分佈圖，檢視規劃緊急運送道路是否在潛勢溪流範圍內。	7 (7%)	1.避開土石流潛勢區。	2分	4	
				2.設計採用防災工程。	5分		
	2.避開坡地災害	檢視是否可能產生坡地災害，坡地災害的產生會危及道路之暢通。	7 (7%)	1.非順向坡地形。	1分	3	
				2.地表植被無遭受破壞。	1分		
				3.岩層無破碎。	1分		
				4.擋土設施不具裂縫。	1分		
				5.擋土設施無傾斜。	1分		
				6.擋土牆之排水孔正常出水。	1分		
				7.排水孔排出之水清澈。	1分		
				8.地錨錨頭無開裂、鏽蝕。	1分		
9.路網無坡地區				7分			
成績計算				7			

總成績	66	
評估情形	☐ 規劃良好(80分)	☒ 規劃尚可(60-79分)
	☐ 有待加強(40-59分)	☐ 重新規劃(39分以下)
附註	*由於復興鄉無淹水災害之可能發生，故水災災害檢核項目全給分	

4.6 八八水災案例---以屏東縣林邊鄉緊急運送道路規畫為探討

八八水災重創台灣，造成全台道路坍方高達 254 處，而南台灣之高雄地區尤其嚴重，高雄縣詳細道路受創情形，如附錄(二)所示。本節以屏東縣林邊鄉作為案例進行緊急運送道路之探討。

一、林邊鄉簡介

林邊鄉位於屏東縣西南沿海地區，以林邊溪與佳冬鄉為界，西接東港鎮，南臨台灣海峽，北與南州鄉、新埤鄉相連接。全鄉總面積為 15.6233 平方公里，目前林邊鄉內行政區域劃分為竹林、鎮安、田厝、崎峰、水利、永樂、林邊、仁和、中林、光林等 10 個村，共 180 鄰，如圖 4.34。

在道路使用上，聯外道路分別為福爾摩沙高速公路(三高)，以及台十七線省道(沿海公路)。福爾摩沙高速公路(三高)是目前林邊鄉通往北部交通最為迅速方便之交通要道，而台十七線省道，則由西北到東南貫穿林邊鄉，北可通達高雄，南至枋寮與屏鵝公路銜接。而通往佳冬鄉之主要橋梁則為林邊大橋，須確保此橋梁之穩固。

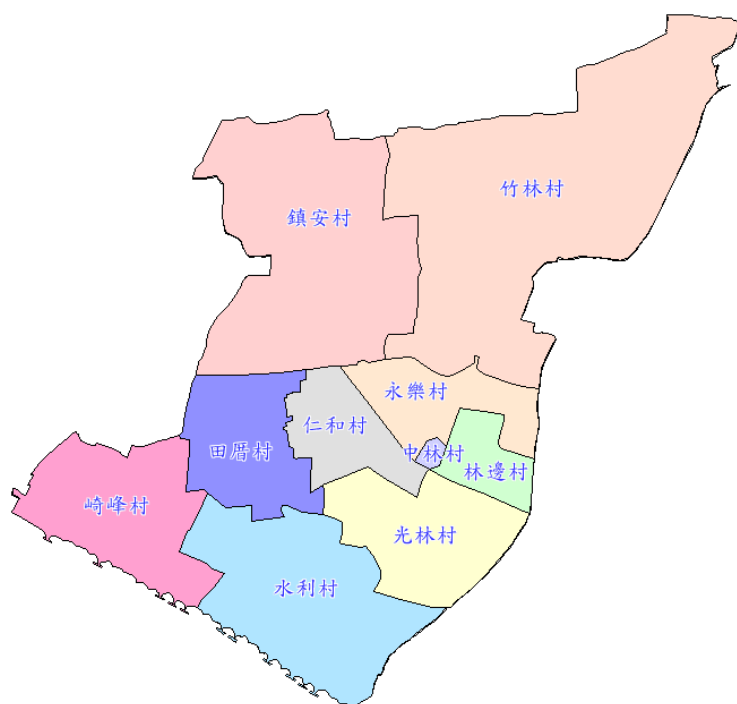


圖 4.34 林邊鄉行政區域圖

圖片來源：自行整理

二、天然災害潛勢調查

利用國家災害防救科技中心提供之淹水潛勢資料，如下圖 4.35。
查得屏東縣市單日降雨量達 600 毫米淹水深度圖，可發現林邊鄉地區
極有可能有淹水災害之發生。

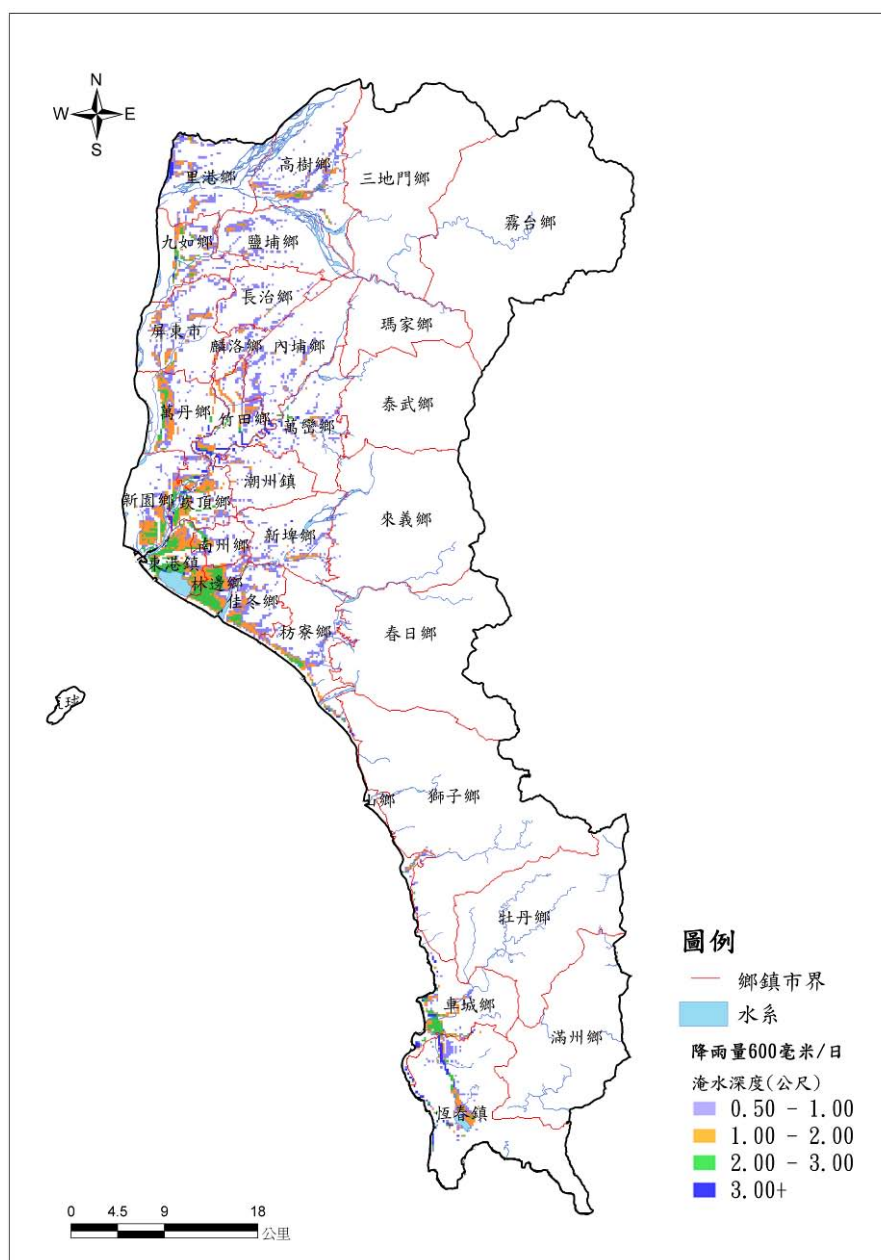


圖 4.35 屏東縣市淹水潛勢資料

資料來源：國家災害防救科技中心

三、莫拉克颱風林邊鄉淹水情況

由國家災害科技中心提供之屏東縣行政區域災情分布圖，如下圖 4.36 可發現屏東縣林邊鄉地區淹水區域涵蓋整鄉，下圖 4.37 即為屏東縣淹水情形。利用行政院災害防救委員會提供之莫拉克颱風災害應變

處置報告之累積雨量資料，如下表 4.11。為計算林邊鄉之累積雨量，將 8 月 6 日至 8 月 14 日之累積雨量資料總和平均後約為 641.6 毫米，由此可得知，林邊鄉累積雨量高達 600 毫米以上。

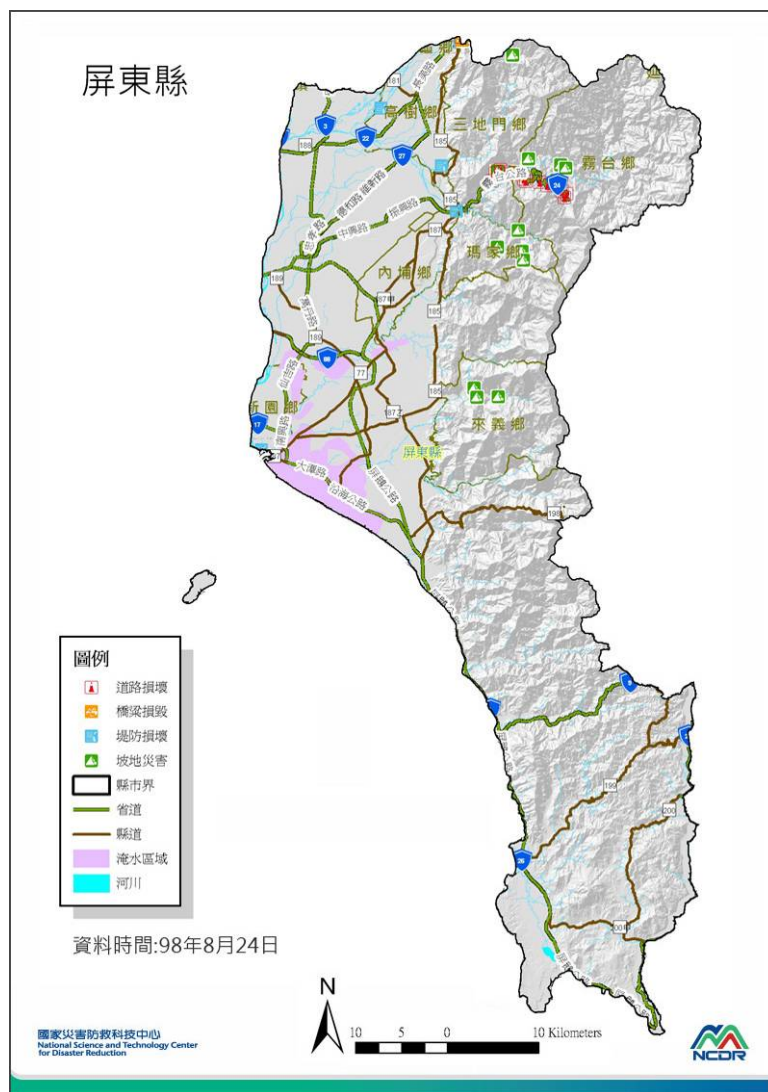


圖 4.36 屏東縣行政區域災情分布圖

資料來源：國家災害科技中心

表 4.11 屏東縣累積雨量統計資料

地 區	統 計 時 間	累積雨量(毫米)
屏東縣三地門鄉上德文	6 日 0 時至 7 日 17 時	624
	6 日 0 時至 7 日 19 時	745
	6 日 0 時至 7 日 23 時	983.5

	6 日 0 時至 8 日 6 時	1255
	6 日 0 時至 8 日 15 時	1775
	6 日 0 時至 10 日 12 時	2259
	6 日 0 時至 10 日 14 時	2262
屏東縣三地門鄉尾寮山	6 日 0 時至 8 日 15 時	1746
	6 日 0 時至 8 日 20 時	2004
	6 日 0 時至 9 日 5 時	2319
	6 日 0 時至 9 日 8 時	2421
	6 日 0 時至 9 日 12 時	2459
	6 日 0 時至 9 日 19 時	2548
	6 日 0 時至 10 日 07 時	2698
	6 日 0 時至 10 日 12 時	2748
	6 日 0 時至 10 日 14 時	2827
	6 日 0 時至 10 日 20 時	2896
	6 日 0 時至 11 日 06 時	2941.5
	6 日 0 時至 11 日 10 時	2958.5
	6 日 0 時至 11 日 15 時	2969.5
	27 日 0 時至 27 日 17 時 30 分	113
屏東縣屏東市屏東	12 日 0 時至 12 日 06 時	35
	12 日 0 時至 12 日 11 時	35.5
屏東縣里港鄉里港	12 日 0 時至 12 日 06 時	28
	12 日 0 時至 12 日 11 時	32.0
屏東縣恆春鎮墾丁	13 日 0 時至 13 日 06 時	1.0
屏東縣恆春鎮貓鼻頭	14 日 0 時至 14 日 15 時	6
屏東縣春日鄉力里	14 日 0 時至 14 日 21 時	21.0
	22 日 0 時至 22 日 16 時	41.0
	22 日 0 時至 22 日 22 時	41.0
屏東縣牡丹鄉壽卡	15 日 0 時至 15 日 8 時	4.0
屏東縣枋山鄉楓港	16 日 0 時至 16 日 5 時	37
	16 日 0 時至 16 日 13 時	37
屏東縣恆春鎮恆春	16 日 0 時至 16 日 5 時	30.5
	16 日 0 時至 16 日 13 時	30.5
屏東縣牡丹鄉旭海	16 日 0 時至 16 日 13 時	24.5
屏東縣牡丹鄉牡丹池山	18 日 0 時至 18 日 08 時 30 分	0.5
	18 日 0 時至 18 日 12 時 00 分	0.5
	21 日 0 時至 21 日 07 時	0.5
	21 日 0 時至 21 日 12 時 46 分	0.5
	25 日 0 時至 25 日 12 時	5.0
屏東縣三地門鄉古夏	18 日 0 時至 18 日 16 時	46.0

	19 日 0 時至 19 日 21 時	9.0
	19 日 0 時至 20 日 06 時	9.0
	19 日 0 時至 20 日 12 時	9.0
	21 日 0 時至 21 日 22 時	22.0
屏東縣萬巒鄉赤山	19 日 0 時至 20 日 16 時	22.5
	22 日 0 時至 22 日 16 時	35.0
	22 日 0 時至 22 日 22 時	47.0
	25 日 0 時至 25 日 17 時	58.5
屏東縣萬巒鄉來義	22 日 0 時至 22 日 16 時	49.5
	22 日 0 時至 22 日 22 時	50.0
	26 日 0 時至 26 日 17 時	44.5
	27 日 0 時至 27 日 17 時 30 分	141
屏東縣內埔鄉(內埔農工) 三地門	21 日 0 時至 21 日 22 時	8.5
屏東縣鹽埔鄉新園	24 日 0 時至 24 日 18 時	62.5
屏東縣內埔鄉龍泉	26 日 0 時至 26 日 17 時	36.0
屏東縣瑪家鄉瑪家	27 日 0 時至 27 日 17 時 30 分	74.5
屏東縣麟洛鄉麟洛	30 日 0 時至 30 日 17 時 00 分	107.5

資料來源：行政院災害防救委員會之莫拉克颱風災害應變處置報告再整理



圖 4.37 屏東縣淹水情形

圖片來源：http://album.udn.com/community/img/PSN_PHOTO/fhshgeo01/f_3895760_1.jpg

四、緊急運送道路之規畫

在規畫上劃設出輸送救援道路、緊急聯外道路、緊急避難道路

等道路，如表 4.12。下圖 4.38 為林邊鄉地區避難救災據點與道路圖層進行套疊後之完成圖，如此可立即判斷出所規畫的道路是否通過重要據點。

表 4.12 緊急運送道路分類表

分類	路名
輸送救援道路	屏 189 號縣道(中林路)、屏 73 號 (中正路)、屏 124 線、屏 128 線、屏 128-1 線
緊急聯外道路	國道 3 號(福爾摩莎高速公路)、台十七線省道(沿海公路)
消防避難道路	---
緊急避難道路	除輸送救援道路及緊急聯外道路以外之道路。
替代道路	---

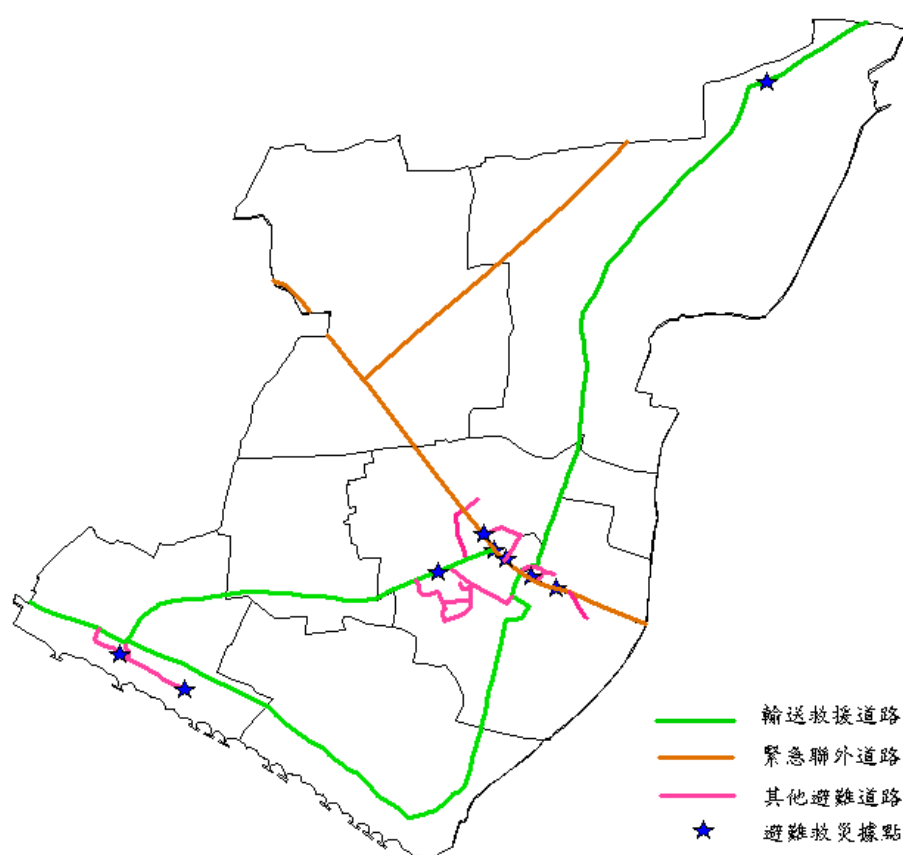


圖 4.38 避難救災據點與道路圖層套疊

五、檢核緊急運送道路

根據本計畫擬定之檢核表對林邊鄉地區擬定之緊急運送道路檢核如下表 4.13 所示。

表 4.13 林邊鄉緊急運送道路規畫檢核表

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	備註
				項目	配分		
共通性	1.連接避難場所	檢核道路是否緊臨或連接政府所規劃之避難場所(緊急避難場所、臨時避難場所、臨時收容場所、中長期收容場所)。	7 (7%)	1.緊急避難場所。	緊鄰 2 分連接 1 分	4	
				2.臨時避難場所。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				3.臨時收容場所。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				4.中、長期收容場所。	1 分		
	2.連接醫療院所	檢核道路是否緊臨或連接醫療院所(醫學中心、區域醫院、地區醫院)。	7 (7%)	1.醫學中心。	緊鄰 2 分連接 1 分	3	
				2.區域醫院。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				3.地區醫院。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				4.緊急聯外道路有連接至外縣市之醫院。	1 分		
	3.連接救災據	檢核道路是否緊臨	7	1.縣市政府應變中心。	緊鄰 2 分連接 1 分	3	

	點	或連接救災據點。	(7%)	2.鄉鎮市公所應變中心。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				3.警察單位。	1 分		
				4.消防單位。	1 分		
				5.直升機起降場。	1 分		
	4.保持道路原有寬度	道路是否失去原有之寬度妨礙避難行為以及搶救災作業。	6 (6%)	1.路旁避免停放過多車輛妨礙通行。	3 分	3	
				2.道路兩旁無堆放障礙物。	3 分		
	5.平時整備制度	檢核是否有規劃災前災後之整備、應變及復舊之行動。	7 (7%)	1.規劃災時之搶救機制。	2 分	2	
				2.救災用機具及裝備及維護及人員整備。	2 分		
				3.簽訂開口契約。	1 分		
				4.針對救災人員進行防災教育。	1 分		
				5.針對防災計畫進行定期之防災演練。	1 分		

	6.路燈維護	路燈是否妨礙交通之順暢。	5 (5%)	1.路燈基座避免遭受破壞而不穩。	1 分	3	
				2.燈桿避免傾斜或變形。	2 分		
				3.路燈避免倒塌妨礙交通。	2 分		
	7.路樹管理	路樹是否會傾塌妨礙交通。	5 (5%)	1.樹枝不會掉落妨礙通行。	2 分	2	
				2.路樹確實扎根於土壤中。	2 分		
				3.不因過高而攔腰折斷。	1 分		
				4.路段無路樹。	5 分		
成績計算				20			

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	備註
				項目	配分		
地震災害	1. 信號燈耐災規劃	信號燈能否於災時發揮其機能。	5 (5%)	1.燈號正常。	1 分	3	
				2.具獨立之供電系統。	1 分		
				3.基座避免遭受破壞而不穩。	1 分		
				4.燈桿避免傾斜或變形。	1 分		
				5.信號燈避免倒塌妨礙交通。	1 分		
	2. 電線杆維護	電線杆是否妨礙交通之順暢。	6 (6%)	1.電纜正常配置。	1 分	4	
				2.纜箱避免破損或掉落。	1 分		
				3.電線杆避免劣化或遭人為損壞。	1 分		
				4.電線桿基座無劣化、鏽蝕或遭人為破壞。	2 分		
				5.電線杆避免倒塌妨礙交通。	1 分		
				6.路網無電線桿	6 分		
	3.廣告看板	廣告看板是否安全	5	1.鐵桿無鏽蝕。	1 分	3	

	管理(公車亭、路標)	否會掉落倒塌妨礙交通。	(5%)	2.廣告看板穩固不搖。	1 分		
				3.基座確實固定、無鏽蝕。	1 分		
				4.規劃地區無廣告看板。	2 分		
				5.路段無廣告看板。	5 分		
	4.避開地震斷層或設計採用防災工程	利用經濟部中央地質調查所所開發之「地質資料整合系統」檢視所規劃之緊急運送道路至地震斷層之最短垂直距離。	7 (7%)	1.大於 500 公尺。	2 分或為一般地區	2	
				2.介於 100-500 公尺。	1 分		
				3.設計採用防災工程。	5 分		
	5.橋梁耐震評估與補強或災時緊急應變對策	檢核橋梁是否劣化、有無規劃補強修復措施及緊急應變對策。	7 (7%)	1.定期進行橋梁巡查	1 分	3	
				2.建立橋梁監測系統。	1 分		
				3.進行耐震評估。	1 分		
				4.針對評估後結果進行補強。	2 分		
				5.災時橋梁緊急修復措施。	1 分		
				6.規劃臨時便橋等替代措施。	1 分		

	6. 四周建築物結構	檢視建築物之結構類型，不同結構有不同之耐震能力。	7 (7%)	1.磚結構。	1 分	4	
				2.鋼筋混凝土結構。	2 分		
				3.鋼骨結構。	3 分		
				4.鋼骨鋼筋混凝土結構。	4 分		
				5.建築符合現今之耐震規範。	5 分		
成績計算				19			

災害 項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	備註
				項目	配分		
水災災害	1.避開淹水潛勢或設計採用防災工程	利用國家災害防救科技中心之淹水潛勢圖，檢視規劃之道路為非淹水範圍內。	5 (5%)	1.避開 600 公釐降雨造成 50 公分以上淹水區域。	1 分或為一般地區	0	
				2.設計採用防災工程。	4 分		
成績計算				0			

災害 項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	備註
				項目	配分		
坡地災害	1. 避開土石流潛勢溪流或設計採用防災工程	利用水土保持局公佈土石流潛勢分佈圖，檢視規劃緊急運送道路是否在潛勢溪流範圍內。	7 (7%)	1.避開土石流潛勢區。	2 分	7	
				2.設計採用防災工程。	5 分		
	2. 避開坡地災害	檢視是否可能產生坡地災害，坡地災害的產生會危及道路之暢通。	7 (7%)	1.非順向坡地形。	1 分	7	
				2.地表植被無遭受破壞。	1 分		
				3.岩層無破碎。	1 分		
				4.擋土設施不具裂縫。	1 分		
				5.擋土設施無傾斜。	1 分		
				6.擋土牆之排水孔正常出水。	1 分		
				7.排水孔排出之水清澈。	1 分		

				8.地錨錨頭無開裂、鏽蝕。	1 分		
				9.路網無坡地區	7 分		
成績計算				14			

總成績	53	
評估情形	☐ 規劃良好(80 分)	☐ 規劃尚可(60-79 分)
	☒ 有待加強(40-59 分)	☐ 重新規劃(39 分以下)
附註	*無坡地災害，則全部給分 *林邊鄉位處於高淹水潛勢區，故水災災害未給分	

六、改善建議

由本研究之緊急運送道路檢核表評分後，結果顯示所規畫之緊急運送道路為 53 分，由於林邊鄉為高淹水潛勢區，故可增加直升機平台，以利救災。並應備有防災倉庫，倉庫內需有便橋以及食物等救災物資。

4.7 緊急運送道路查詢系統

本年度之緊急運送道路查詢系統(以下簡稱本系統)，除本年度(98 年)之成果外，亦包含 96、97 年度之研究成果。本系統主要之用途為各縣市將所規劃之緊急運送道路進行上傳，以提供災時之搶救災參考。進入本系統時即會出現一個登入畫面，登入畫面如圖 4.39 所示，當帳號密碼均正確時即可進入主畫面。

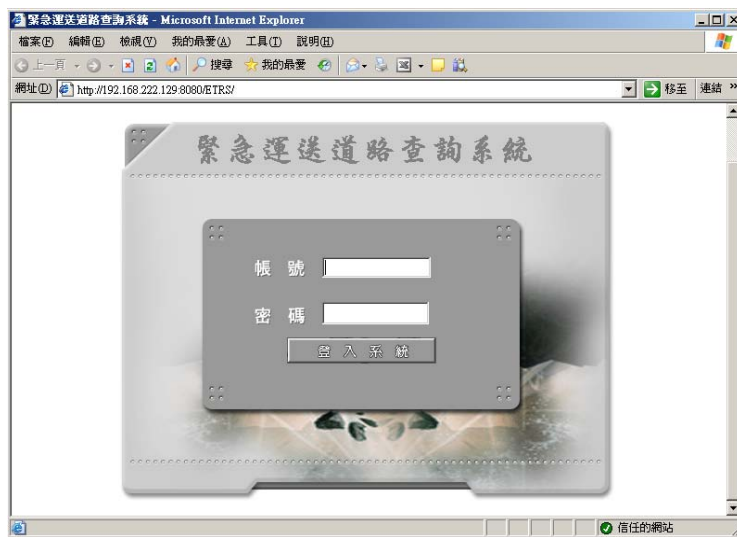


圖 4.39 緊急運送道路查詢系統登入畫面

當進入本系統後，如圖 4.40 所示，本系統共提供九個選項供使用者點選，例如：緊急運送道路介紹、歷年表單下載、示範區資料下載。而點選項目中，除緊急運送道路之基本介紹、各式表單、規劃與檢核手冊、相關連結外，最重要的項目為緊急運送道路之上傳選項。茲將各個項目介紹如下。

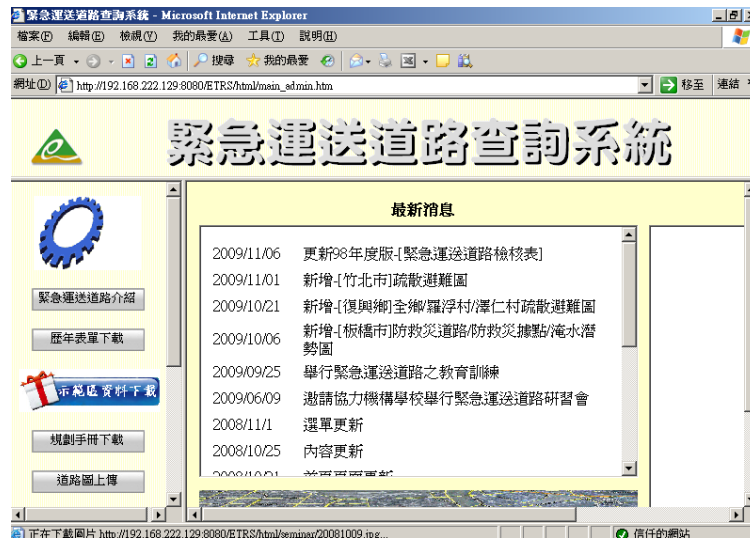


圖 4.40 緊急運送道路查詢系統主畫面

「緊急運送道路介紹」：包含前言、國內外緊急運送道路比較、道路規劃、緊急運送道路網要點及台灣緊急運送道路需求等五個項目進行說明，如下圖 4.41 所示。「前言」介紹緊急運送道路概要；「國內外緊急運送道路比較」比較我國和日本之差異；「道路規劃」在簡述道路規劃之重要性；「緊急運送道路網要點」，在說明規劃時應注意事項；「台灣緊急運送道路需求」，旨在說明台灣需進行規劃之原由。

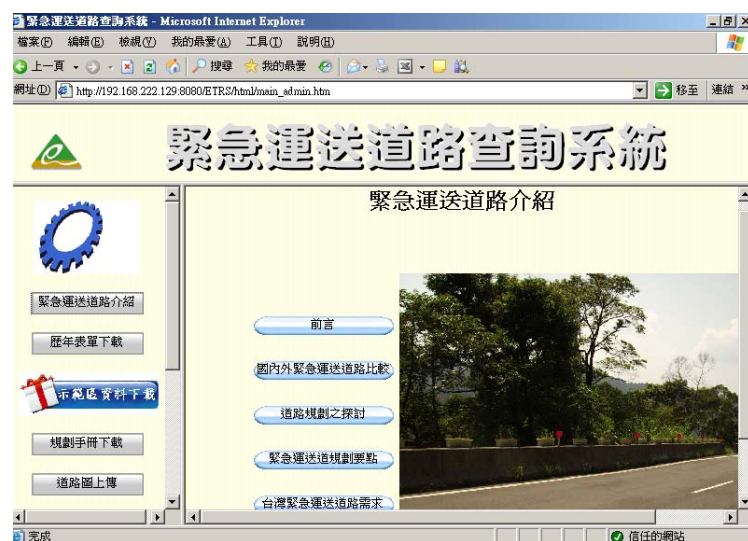


圖 4.41 緊急運送道路介紹頁面

點選「歷年表單下載」，其中包含 96 年度、97 年度以及 98 年度之檢核表。
透過緊急運送道路檢核表檢核所規畫之道路是否達到標準。

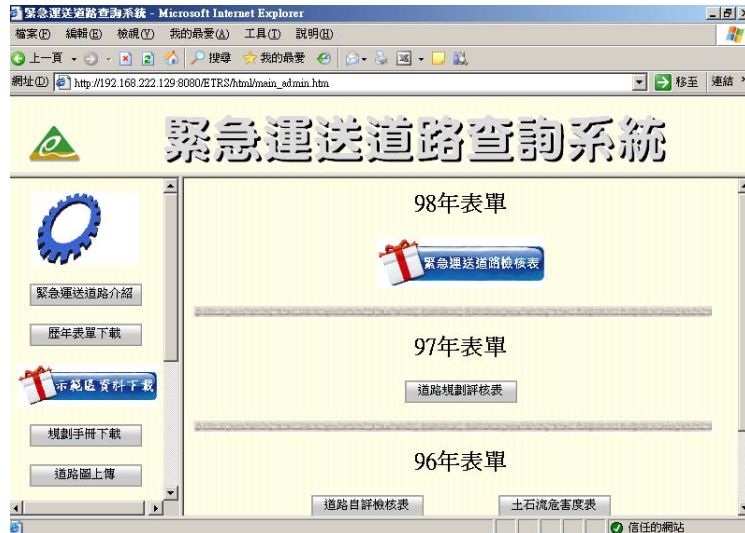


圖 4.42 歷年表單下載頁面

98 年度檢核表在評分上，各主要項目中有分列配分之項目，依照評分表之配分方式進行計算，滿分為 100 分，評分後之分數在 80 分以上，則此地區之緊急運送道路規劃良好，分數在 60 分到 79 分之間則規劃尚可，而分數在 40 分到 59 分的區間內，則需重新檢視所規劃之緊急運送道路，進行修正改善，倘若分數在 39 分以下，則此地區需重新進行緊運送道路之規劃。

圖 4.43 98 年度檢核表畫面

將 98 年度所規劃之示範鄉鎮，板橋市以及桃園縣復興鄉資料置於「示範區資料下載」中，藉由示範區所示資料，可得知其緊急運送道路規劃之情形，有利於其他鄉鎮進行緊急運送道路規劃。



圖 4.44 示範區資料顯示頁面

緊急運送道路規劃與檢核手冊，提供規劃緊急運送道路時之參考，規劃時可依照手冊之規劃流程進行規劃，並以檢核表檢核規劃之緊急運送道路是否符合標準。手冊為 PDF 格式，可於網路上瀏覽，亦可下載至單機瀏覽。

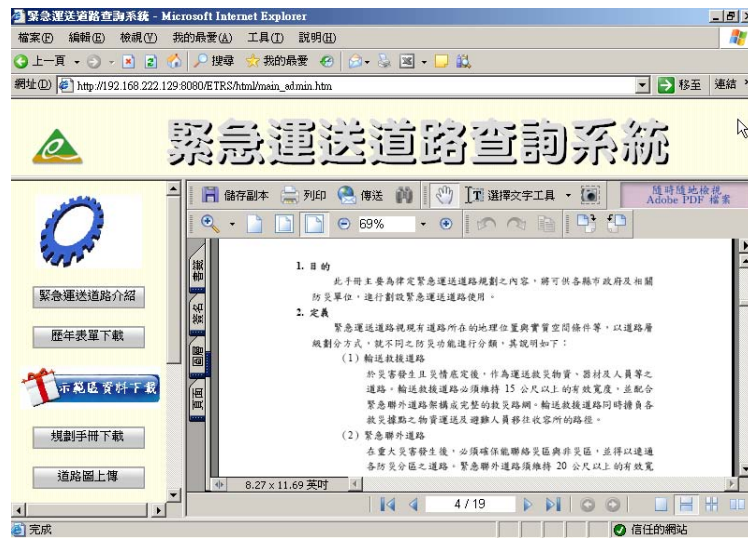


圖 4.45 緊急運送道路規劃與檢核手冊下載

緊急運送道路上傳頁面，為此系統最重要的部分，期望各縣市能將規劃之緊急運送道路圖上傳至系統中，以利災時救災之參考。上傳之內容主要分為三種，其一為所製作之道路圖，其二為道路圖中之路名，最後則為所規劃之避難救災據點清冊。所傳之檔案格式文字檔需為 MS-WORD 格式，圖片之格式為 BMP、GIF 或 JPG，檔案上傳成功後顯示如圖 4.47。

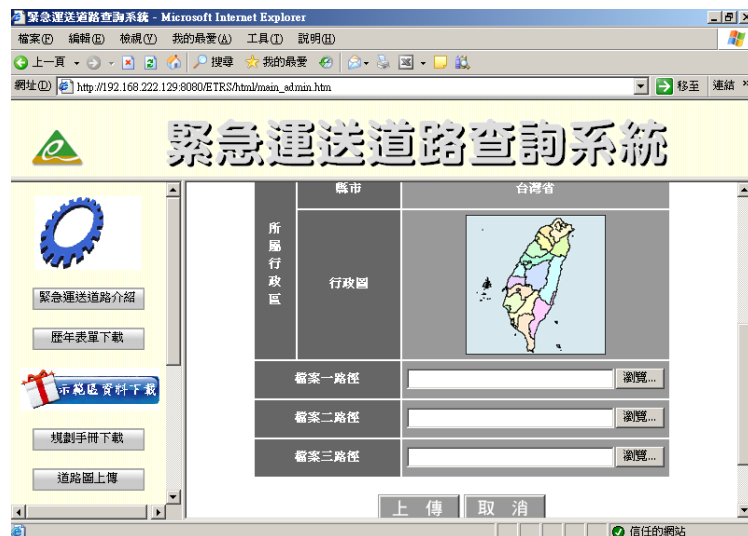


圖 4.46 各縣市緊急運送道路圖上傳頁面

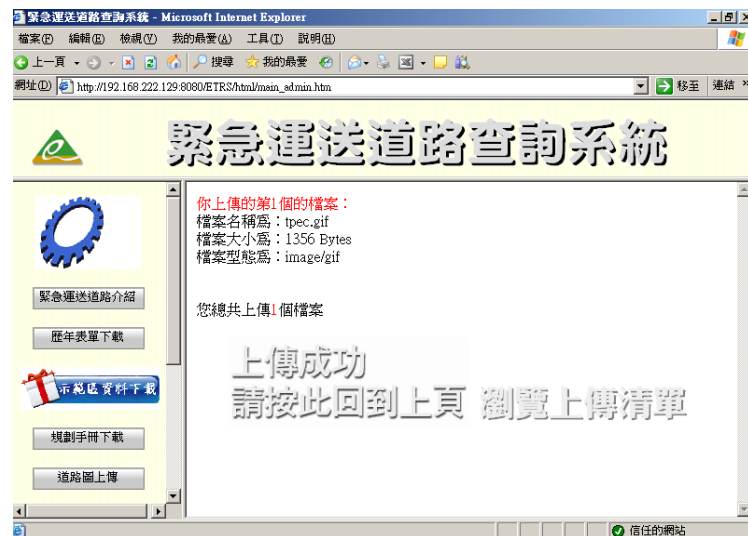


圖 4.47 成功上傳頁面

從「瀏覽清單上傳」之功能，可瀏覽其他縣市所上傳之圖片資料，有利於縣市間彼此之交流。且可透過此功能搜尋前人所上傳之歷史圖檔，避免重複作業。

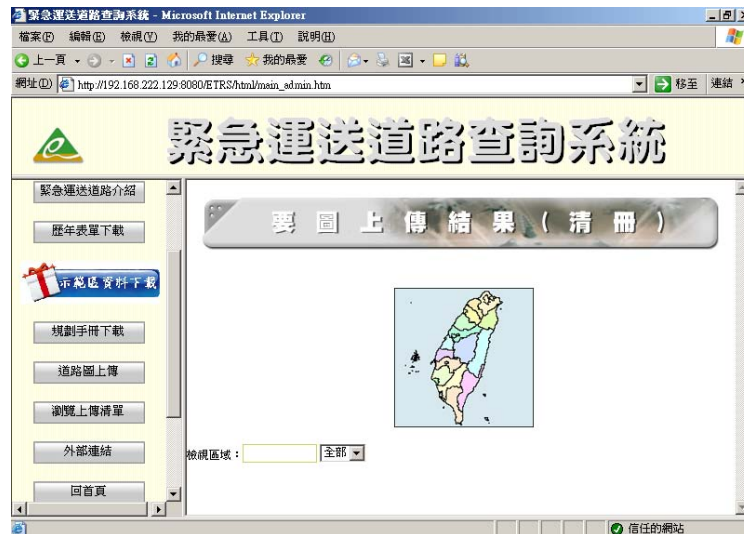


圖 4.48 要圖上傳結果顯示頁面

為有效管理查詢系統之作業，新增「帳號管理」之功能，此功能在於統一管理使用者帳戶且針對使用者做分級，透過權限分級，方便各級單位使用。

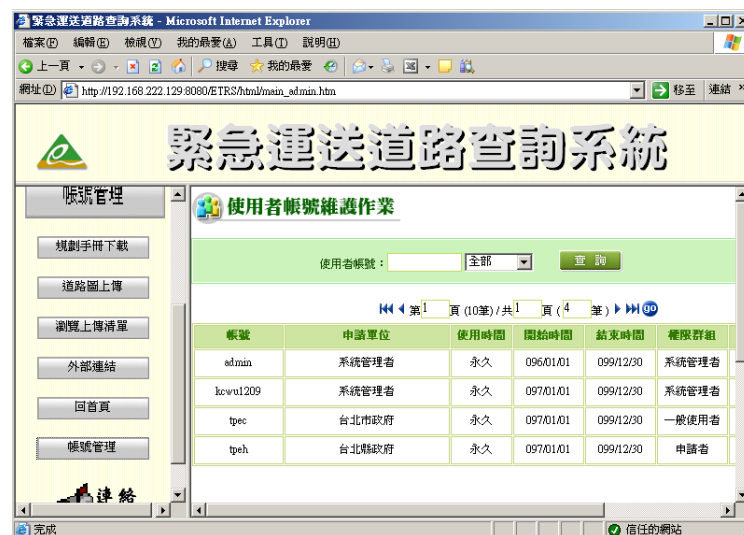


圖 4.49 帳號管理維護作業

此項目內有許多相關資料的網站可供連結查看，使用者可由此頁連接到相關的網頁進行更多樣化學習，以了解各種災害的可怕以及緊急運送道路之重要性。

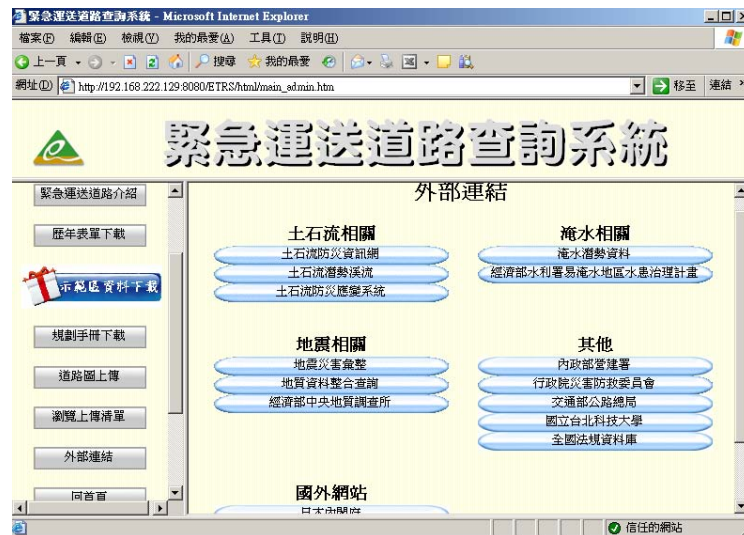


圖 4.50 外部連結

連結至內政部營建署全球資訊網站，可獲取營建署所提供的各種資訊。



圖 4.51 內政部營建署網頁

連結至國立台北科技大學之網站首頁，為本研究團隊之學校介紹。



圖 4.52 國立台北科技大學網頁

4.8 小結

規劃緊急運送道路有其必要性；緊急運送道路周圍之建築物應進行檢視補強，確保災時不因倒塌而造成交通中斷。平時應進行相關防災準備，並針對可能損壞之道路、橋梁進行相關維修補強作業；災害發生時及時迅速執行應變作業，運送所需物資，減少人員傷亡。

今(98)年度以板橋市以及桃園縣復興鄉為示範案例，再將八八水災之屏東縣林邊鄉災區做為案例探討。各鄉鎮市皆需備有防災倉庫，倉庫內可放置便橋(臂力橋)以及食物，以利災時搶救；而偏遠山區亦須規劃直升機平台，以作為災時及緊急醫療使用。

明(99)年度將再擇一八八水災受災鄉鎮進行緊急運送道路之規劃，以規劃出適合之緊急運送道路。

五、結論與建議

5.1 結論

◎ 緊急運送道路維護管理研究部分

- 一、利用新式緊急運送道路檢核表針對板橋市重新檢核，檢核分數為 84 分，檢核結果為規劃良好。
- 二、桃園縣復興鄉緊急運送道路檢核後，檢核分數為 66 分，檢核結果為規劃尚可。復興鄉為山區部落型之鄉鎮市，在豪大雨或颱風過後，常會造成道路坍方，再者下巴陵地區有 100 多戶人家，但離最近之醫療院所，為衛生所所附設之診所，所需時程約 40 分鐘，若天氣不佳或晚上視線不良時，時間會更長。當地唯一的救災單位為派出所，離最近之消防分隊也需 30 分鐘左右，由於直升機平台不足，故分數較低，須在每個村落規劃直升機平台，以便於在災時或緊急醫療時使用。
- 三、將八八水災受災鄉鎮之林邊鄉進行緊急運送道路規劃，並檢核。其檢核分數為 53 分。林邊鄉為易淹水地區，當有豪大雨來臨時，時常淹水，故在緊急運送道路上可規劃直升機平台，以及防災倉庫，倉庫內放置便橋(臂力橋)，在災時可以第一時間搶通。
- 四、明(99)年度會找八八水災之受災鄉鎮市，進行緊急運送道路規劃，強化該地區之防災能力。

◎ 提昇既有市區道路品質研究部分

- 一、目前國內尚無透水性鋪面養護工法之相關手冊，經實地訪查各地透水鋪面使用現況，對於維護品質及成效較難控制，造成維護成效不佳，故研擬透水性鋪面養護策略及工法，有其必要性及實際性。
- 二、本研究參考國內外有關透水性鋪面養護之文獻、研究及案例，針對不同透

- 水性鋪面形式及破壞種類提出維護建議，並研擬符合本土化透水性鋪面養護工法，初步可提供鋪面維護單位進行透水性鋪面維修工程參考試行。
- 三、本研究試驗結果得知，採用透水黏結層材料(硬底工法)，其拉拔強度可達到 2 kgf/cm^2 以上，透水係數達 0.02 cm/sec 以上，並可降低建造成本，延長透水性鋪面使用壽命。
- 四、本研究研擬自行車路線規劃及設計原則，包含安全性、便利性及環境友善。其中安全性應包含自行車路權、幾何設計、及交通設施及附屬設施等。便利性應包含路徑設計、公共服務及停車空間等。環境友善應包含景觀植栽、環境品質及低衝擊開發設計，並結合公部門力量、修訂相關法規及教育宣導，提升自行車使用效益，吸引機動車輛使用者加入，漸進營造並達成重新分配道路空間之正向循環，達到「人本交通」及之「節能減碳」目的。
- 五、於市區道路新建自行車道可採用不同過往之鋪面型式，茲以提升用路人之安全性及舒適性，根據本研究試驗結果得知自行車道採用資源化之透水鋪面，實用上亦可比照一般車道之承載能力。
- 六、考慮自行車道設置時，應有評估機制，如人行道主要是以行人為主，須顧及行人之權益，應達 C 級以上行人服務水準之基本要求。而在佈設自行車道後，亦應考量自行專用道設置後，行人服務水準是否仍達 C 級。
- 七、市區道路建置自行車道，採低衝擊開發設計，不僅可作為暴雨管理系統與水質改善，降低都市熱島效應，並益於土壤內微生物的活動，進而改善土壤之有機品質，同時提升週遭景觀及增進舒適友善環境，達到市區道路之永續發展。

◎ 提昇既有市區橋梁品質研究部分

- 一、本研究研擬之營建署所轄縣市政府橋梁檢測作業要點(草案)，係以交通部頒「公路養護手冊」之相關橋梁檢測要點為本，並透過專家座談會及問卷

方式訪查各縣市政府了解現況，考量市區橋梁管理單位檢測人力不足等現象，加以修改，以期本草案可實際落實應用。

二、風險管理在工程應用上多用於設計與施工階段，惟橋梁整體生命週期除拆除階段之風險不會反應在使用階段外，其它階段之風險皆有可能發生於使用階段，本階段所造成之風險損失多由橋梁管理單位及使用者承受。本計畫以現有之橋梁安全評估表所擬項目做為自然災害之風險因子，並介紹風險評估之概要，提出一套風險評估流程，使橋梁管理單位易於接受風險管理概念，亦能舉一反三，將風險觀念應用於橋梁管理，在災前即可做出做適切之處理，降低災害所產生之損失。

三、橋梁監測技術亦為風險對策之一項選擇，本研究針對市區橋梁特性，擬訂監測項目，及對應之監測儀器之選用、規格、安裝及維護等事項進行研究說明，並蒐集國內相關案例介紹市區橋梁監測預警系統建立流程，提供縣市政府瞭解監測預警系統之功能及做法。

四、延續本案先前研究，藉參考國內外規範及施作經驗，對 FRP 之各項材料進行設計與施工手冊之研擬，包含 FRP 貼片、FRP 棒及 FRP 格網，期提升國內工程技術。

5.2 建議

◎ 緊急運送道路維護管理研究部分

- 一、各鄉鎮市可設置防災倉庫以及便橋(臂力橋)，以利於災時之搶救。
- 二、偏遠山區之鄉鎮縣市，因此此類型之鄉鎮市，須在每個村落規劃直升機平台，以便於在災時或緊急醫療時使用，當做替代道路之用，降低孤島效應發生之可能性。
- 三、山區鄉鎮市易坍方地區之緊急運送道路，可利用工程手段，如護坡等相關工程，降低坍方機率。

◎ 提昇既有市區道路品質研究部分

- 一、本研究所研擬之透水性鋪面維護工法，係針對透水性鋪面特性研訂，其適用範圍侷限國內人行道透水性鋪面。為擴大其適用範圍，增加應用價值，未來可以本工法為基礎，針對一般道路透水性鋪面特性適當修訂，擴充研擬為透水性鋪面維護技術規範，提供國內進行透水性鋪面維護時依據，滿足國內透水性鋪面維護需求，對國內透水性鋪面維修作業將更莫大的助益。
- 二、透水性鋪面維護工法之研擬，主要目的為提供鋪面維護單位，於進行透水性鋪面維護工程時，明確具體要求承包商完成其意願與構想之鋪面維護作業，因此鋪面維護工法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。
- 三、後續設置市區自行車道在路網連續性方面，可透過點、線、面方式，由住宅端為出發點，建構「生活化之自行車路網」，並於道路沿線設置指引標誌指引自行車騎乘路線，逐步擴大自行車道路網。以台北市為例，在捷運系統陸續完工通車下，自行車除可作為短途通勤使用外，與大眾運輸系統結合，更可達到長距離與迅速便捷之目的。
- 四、政府積極興建自行車道，然設計規劃應以其安全性為首要考量，方可引導國人積極使用自行車作為短程運輸工具，另為使自行車道更具環保與生態效益，如自行車道擬採透水鋪面，不僅可提升車道之抗滑能力，另因自行車載重較輕可避免透水鋪面因過度壓實而喪失其透水能力，若於鋪築後，建議可監測其透水效益相較於一般道路是否更具長效性。
- 五、建議相關單位於規劃、營建都市自行車道路網系統時，除參考相關準則及國外案例外，亦可參考本研究研擬之自行車道設計規劃原則，使規劃、營建前將自行車道應重視之要項納入優先考量，作為參考之依據。

◎ 提昇既有市區橋梁品質研究部分

- 一、訪查縣市政府橋梁檢測現況，多僅一人職掌橋梁檢測作業，且亦須兼辦其他業務，並考量人員流動率及專業性，建議委由技術服務廠商進行橋梁檢測作業。
- 二、橋梁監測及預警系統所涉專業繁多，建議委由技術服務廠商辦理，並於日後業務移交時，須完成各項儀器與軟體操作使用說明，防止系統介面不符之錯誤。
- 三、若委由技術服務廠商辦理橋梁檢、監測作業，應依委託規模配合採購法規定施行。另委由技術服務廠商辦理時，應考量檢、監測之長期性、連續性及專一性辦理採購。
- 四、以八八水災後橋梁受損情形，可發現橋梁有其他破壞模式，應於風險評估上做其他破壞模式之考量。
- 五、莫拉克颱風造成救災道路橋梁阻斷，增加救災困難性並降低救災速度，國外 FRP 複合材料生產技術優良，應可應用於緊急救災便橋上，建議可以此方向進行研究，以提升國人災害發生後之救災能力。
- 四、橋面版之鋼筋腐蝕導致混凝土劣化剝落，係國內常見之橋梁劣化模式，FRP 格網為一快速簡便之補強方式，建議可優先推行此工法應用於橋梁之補強作業。
- 五、若營建署補助各縣市政府經費進行橋梁維修補強作業，建議地方政府參考本計劃之研究成果進行補強設計，以達到成果之推廣。
- 六、新材料新技術之應用，可邀請材料、技術廠商辦理說明會，邀集各級地方政府與業界參加，讓地方政府及業界對新材料新技術應用於橋梁之維修補強有更深切之認知與信心。

參考文獻

1. AASHTO, AASHTO Maintenance Manual for Roadways and Bridges, (2007).
2. AASHTO, AASHTO Guide For Design of Pavement Structures, Washington, D.C., (1998).
3. AASHTO, AASHTO Maintenance Manual for Roadways and Bridges, (2003).
4. ACPA, Joint and Crack Sealing and Repair for Concrete Pavements, Concrete Paving Technology, American Concrete Pavement Association, (1993).
5. American Concrete Institute (ACI), "Guide for the Design and Construction of Concrete Reinforced with FRP Bars," 440.1R, (2006).
6. American Concrete Institute (ACI), "Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures," 440.2R, (2002).
7. American Concrete Institute (ACI), "Guide Test Methods for Fiber-Reinforced Polymers (FRPs) for Reinforcing or Strengthening Concrete Structures," 440.3R, (2004).
8. American Concrete Institute (ACI), "Prestressing Concrete Structures with FRP Tendons," 440.4R, (2004).
9. American Concrete Institute (ACI), "Report on Fiber Reinforced Plastic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures," 440R, (1996).
10. Applied Technology Council, Improved Seismic Design Criteria for California Bridges: Provisional Recommendations, ATC-32, Redwood City California, (1996).
11. Arockiasamy, M., Chidambaram, S., Amer, A., and Shahawy, M., "Time-Dependent Deformations of Concrete Beams Reinforced with CFRP Bars," Composites Part B: Engineering, Vol. 31, No. 6, pp. 577-592, (2000).
12. ASTM D5340-98, Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys, ASTM, (1998).
13. ASTM, Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys, American Society for Testing and Materials, ASTM D 6433-99,

-
-
- (1999).
14. Bicycle Parking Guidelines, the Association of Pedestrian and Bicycle Professionals, (2002).
 15. Bike Lane Design Guide, production and design by LEJ Graphics, (2002).
 16. Braestrup, M. W., "Footbridge Constructed from Glass-Fiber-Reinforced Profiles, Denmark," Structural Engineering International, Vol. 9, No. 4, pp. 256-258, (1999).
 17. Bruce Wulkan, Steve Tilley, Toni Droscher, "Natural Approaches to Stormwater Management," Low Impact Development in Puget Sound, (2003).
 18. California Department of Transportation (Caltrans), "Using Composite in Seismic Retrofit Applications," ART-2005(7796)-2, (2005).
 19. California Department of Transportation (Caltrans), "The Application of Qualification Testing, Field Testing, and Accelerated Testing for estimating long-term Durability of Composite Materials for Caltrans Applications," ADA433125, (2005).
 20. California Department of Transportation (Caltrans), "Bridge Design Specification," (1986).
 21. Canadian Standards Association "Design and Construction of Building Components with Fibre-Reinforced Polymers," CAN/CSA-S806-02, (2002).
 22. Christoffersen, J., L. Hauge, and J. Bjerrum, "Footbridge with Carbon-Fiber-Reinforced Polymers, Denmark," Structural Engineering International, Vol. 9, No. 4, pp. 254-256, (1999).
 23. City of Pittsburgh Bicycle Facility Guidelines and Policies, Trans Associates Engineering Consultants, (2005).
 24. City of San Francisco Bicycle Plan Update Supplemental Design Guidelines, Institute of Transportation Engineer, (2003).
 25. Collection of cycle concepts , Road Directorate, (2000). AASHTO, Guide for the Development of Bicycle Facilities, AASHTO, (1999).
 26. CRC Construction Innovation, "User Friendly Guide for Rehabilitation or Strengthening of Bridge Structures Using Fiber Reinforced Polymer
-
-

-
- Composites,” Report 2002-005-c-04, (2002).
27. Curtis Hinman, “Low Impact Development :Technical Guidance Manual For Puget Sound,” (2005).
 28. FAA, Guidelines and Procedures for Maintenance of Airport Pavements- Advisory Circular, AC 150/5830-6, (1982).
 29. Fabos, J.G., “Introduction and overview: the greenway movement, uses and potentials of greenways,” Landscape Urban Planning, (1995).
 30. FHWA, Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Project, Federal Highway Administration, Washington, D.C, (2003).
 31. FHWA, Materials and Procedures for Sealing and Filling Cracks in Asphalt-Surfaced Pavements, (1997).
 32. Forschungsgesellschaft fuer Strassen-und Verkehrswesen,(FGSV) Empfehlungen fuer die Anlage von Hauptverkehrsstrassen-EAHV 93, Ausgabe, (1993).
 33. Guadagnini, M., K. Pilakoutas, and P. Waldron, “Shear Resistance of FRP RC Beams: Experimental Study,” Journal of Composites for Construction, Vol. 10, No. 6, pp. 464-473, (2006).
 34. Harik, I. E., P. J. Szak, B. N. Robson, T. H. Hopwood, D. Withcer, and B. Brailsford, “Hybrid Composite I-Girder Pedestrian Bridge.” Technology Transfer in Global Community, The 28th International SAMPLE Technical Conference, SAMPLE, Covina, CA, pp. 1270-1277, (1996).
 35. Hognestad, E., “A Study of Combined Bending and Axial Load in Reinforced Concrete Members,” University of Illinois Engineering Experimental Station, Bullectin Series, No. 399, pp. 128, (1951).
 36. Li, Y.-F., and Sung, Y.-Y., “A Study on the Shear-Failure Circular Sectioned Bridge Column Retrofitted by Using CFRP Jacketing,” Journal of Reinforced Plastic and Composites, Vol. 23, No. 8, pp. 811-830, (2004).
 37. Li, Y.-F., and T.-S. Fang, “A Constitutive Model for Concrete Confined by Steel Reinforcement and Carbon Fiber Reinforced Plastic Sheet,” Structural Engineering and Mechanics, Vol. 18, No. 1, pp. 21-40, (2004).
-

38. Mander, J.B., Priestley, M.J.N., and Park, R., "Theoretical Stress-Strain Model of Confined Concrete," ASCE, Journal of Structural Division, Vol. 114, No. 8, pp.1804-1826, (1988a).
39. Mander, J.B., Priestley, M.J.N., and Park, R., "Observed Stress-Strain Behavior of Confined Concrete," ASCE, Journal of Structural Division, Vol. 114, No. 8, pp.1827-1849, (1988b).
40. Priestley, M. J. N., Seible, F., "Seismic Assessment of Existing Bridges," 2, Queenstown, New Zealand, pp. 46-70, (1994).
41. Priestley, M. J. N., Seible, F., Xiao, Y., and Verma, R., "Steel Jacket Retrofitting of Reinforced Concrete Bridge Columns for Enhanced Shear Strength, Part I: Theoretical Considerations and Test Design," ACI Structural Journal, 91(4), pp. 394-405, (1994).
42. Priestley, M. J. N., Seible, F., Xiao, Y., and Verma, R., "Steel Jacket Retrofitting of Reinforced Concrete Bridge Columns for Enhanced Shear Strength, Part II: Test Results and Comparison with Theory," ACI Structural Journal, 91(5), pp. 537-551, (1994).
43. Priestley, M.J.N., Verma, R., and Xiao, Y., "Seismic Shear Strength of Reinforced Concrete Columns," ASCE, Journal of Structural Engineering, Vol. 120, No. 8, pp. 2310-2329, (1994).
44. Priestley, M. J. N., Seible, F., and Uang, C. M., "The Northridge Warthquake of January 17, 1994-Damage Analysis of Selected Freeway Bridges," Report No. SSRP-94/06, Structural Systems Research Project, Department of Applied Mechanics and Engineering Sciences, University of California, San Diego, (1994).
45. Rockville Bikeway Master Plan, Plan Update Adopted By City of Rockville Mayor and Council Date, (2003).
46. Seible, F., Hegemier, G.A., Priestley, M.J.N., Ho, F., and Innamorato, D., Rectangular Carbon Jacket Retrofit of flexural Column with 5% Continuous reinforcement, Advanced Composites Technology Transfer Consortium Report No. ACTT-95/03, UCSD, (1995).

47. Seismic Retrofitting Manual for Highway Bridges, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Report No. FHWA-RD-94-052, (1994).
48. SHRP, Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Project, "SHRP-P-338, Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, D.C, (1993).
49. SHRP, Materials and Procedures for Repair of Potholes in Asphalt-Surfaced Pavements, (1997).
50. The Asphalt Institute, Asphalt in pavement Maintenance for Asphalt Concrete, Manual Series, No. 16, (1983).
51. University of Connecticut Cooperative Extension Forestry website, American Forests, (2001).
52. CNS 4392 (ASTM D790) (JIS K7203), 硬質塑膠之撓曲性能測定法(Method of Test for Flexural Properties of Rigid Plastics.)
53. CNS 4396 (ASTM D638) (JIS K7113), 塑膠之抗拉性能試驗法(Method of Test for Tensile Properties of Plastic.)
54. CNS 5606 (ASTM D1002) (JIS K6850), 黏著劑之抗剪強度測定法(拉力負荷法)(Methods of Test for Strength Properties of Adhesive in Shear by Tension Loading.)
55. CNS 11053 (JIS K5400), 粗糙水泥飾面噴髹材料檢驗法(Method of Test for Cement Stucco-like Coating.)
56. CNS 12628 (ASTM D2240) (JIS K7215), 塑膠硬度(Durometer)測試定法 (Method of Test for Durometer Hardness of Plastics.)
57. CNS 13062 (ASTM D3776) (JIS K7071), 碳纖維及環氧樹脂預浸材料檢驗法 (Methods of Test for Prepreg of Carbon Fiber and Epoxy Resins.)
58. CNS 13063, 環氧樹脂及硬化劑試驗法總則(General Rules for Methods of Test for Epoxy Resins and Hardeners.)
59. CNS 13064 (ASTM D792) (JIS K 6883, K7112), 環氧樹脂及硬化劑比重測

- 定法(Methods of Test for Specific Gravity of Epoxy Resins and Hardeners.)
- 60.CNS 13065 (ASTM D2471) (JIS K 6833)，環氧樹脂及硬化劑黏度測定法
(Methods of Test for Viscosity of Epoxy Resins and Hardeners.)
- 61.CNS 13069 (JIS K7235)，溶劑稀釋型環氧樹脂不揮發成份試驗法(Methods
of Test for Non-volatile Matter in Solvent-diluted Epoxy Resins.)
- 62.CNS 13553 (JIS K7601)，碳纖維試驗法(Method of Test for Carbon Fibers.)
- 63.CNS 13554 (JIS K7602)，碳纖維織物試驗法(Method of Test for Carbon Fiber
Woven Fabrics.)
- 64.CNS 13555 (ASTM D3039) (JIS K7073)，碳纖維強化塑膠抗拉性能試驗法
(Method of Test for Tensile Properties of Carbon Fiber Reinforced Plastics.)
- 65.CNS 13556 (ASTM D790) (JIS K7074)，碳纖維強化塑膠抗彎性能試驗法
(Methods of Test for Flexural Properties of Carbon Fiber Reinforced Plastics.)
- 66.CNS 12779 (ASTM D3039) (JIS K7054)，玻璃纖維強化塑膠之抗拉性能測定
法(Method of Test for Tensile Properties of Glass Fiber Reinforced Plastics.)
- 67.CNS 12780 (ASTM D790) (JIS K7055)，玻璃纖維強化塑膠之抗彎性能測定
法(Method of Test for Flexural Properties of Glass Fiber Reinforced Plastics.)
- 68.CNS 7397 (ASTM D3776)，玻璃纖維製品檢驗(Method of Test for Fiber Glass
Products.)
- 69.ASTM D3418，高分子聚合物轉移溫度熱分析法(Tg)(Test Method for
Transition Temperature of Polymer By Thermal Analysis.)
- 70.CNS 13557 (ASTM D2734)，碳纖維強化塑膠之纖維含量及空孔率試驗法
(Methods of Test for Fiber Content and Void Content of Carbon Fiber
Reinforced Plastics.)
- 71.CNS 13559 (ASTM D2344)，碳纖維強化塑膠層間剪斷強度試驗法(Method
of Test for Apparent Interlaminar Shear Strength of Carbon Fiber Reinforced
Plastics.)
- 72.FRP グリッド増厚・巻立て工法によるコンクリート構造物の補修補強設

- 計・施工マニュアル(案)，FRP グリッド工法研究會，(2007)。
73. 中華民國景觀學會，自行車道設施設計準則彙編，行政會體育委員會，(2004)。
74. 中華民國景觀學會，台灣地區自行車道規劃與設置，行政會體育委員會，(2002)。
75. 中華鋪面工程學會，柔性鋪面維護及補強技術之研究(1/2)期末報告，交通部運輸研究所，(2009)。
76. 中華鋪面工程學會，剛性鋪面維護及補強技術之研究(1/2)期末報告，交通部運輸研究所，(2009)。
77. 內政部營建署，台灣地區既有市區道路景觀與綠美化改善計畫，內政部營建署，(2004)。
78. 內政部營建署，市區道路工程規劃及設計規範之研究，內政部營建署，(2008)。
79. 內政部營建署，市區道路人行道設計手冊，內政部營建署，(2003)。
80. 內政部營建署，市區道路管理維護與技術規範手冊研究，內政部營建署，(2004)。
81. 內政部營建署，市區道路鋪面養護管理作業手冊，內政部營建署，(2009)。
82. 內政部營建署，市區道路鋪面養護作業手冊，內政部營建署，(2008)。
83. 內政部建築研究所，綠建築解說與評估手冊，：內政部建築研究所，(2003)。
84. 王建智，透水性鋪面入滲成效評估之研究，碩士論文，國立台北科技大學土木與防災研究所，(2003)。
85. 公共工程委員會，公共工程施工綱要，公共工程委員會，(2007)。
86. 台北市都市發展局，都市發展政策白皮書，台北市政府，(2002)。
87. 台北市研究發展考核委員會，台北市自行車政策之研究，台北市政府，(2008)。
88. 交通部公路養護手冊，(2003)。

89. 交通部高速公路養護作業手冊，(2003)。
90. 交通部運輸研究所，永續的道路規劃與設計規範之研究，亞聯工程顧問公司，(2004)。
91. 交通部科技顧問室，建立公路橋樑安全檢測評估子系統軟體研究計畫，交通部科技顧問室，(1998)。
92. 「防災基本計畫」，中央防災會議，(2008)。
93. 「道路震災對策便覽(震前對策編)」，日本道路協會，(2002)。
94. 「道路震災對策便覽(震災復舊編)」，日本道路協會，(2002)。
95. 臺北縣地區災害防救計畫，臺北縣政府，(2007)。
96. 修定地區災害防救計畫，(2009)。
97. 朱國棟、盧廷鉅、邱佑宗、林英民，“複合材料補強 RC 構造物之發展與實例應用”，結構物檢測評估補強加固研討會論文集，第 69~100 頁，(1998)。
98. 李孟勳，「壁式橋墩以碳纖維補強之研究」，碩士論文，私立逢甲大學土木工程及水利工程研究所碩士論文，(2000)。
99. 李有豐、林安彥，「橋樑檢測評估與補強」，全華出版社，(2000)。
100. 林至聰，「碳纖維貼片補強鋼筋混凝土構件之研究」，博士論文，國立中央大學土木工程學系，(1999)。
101. 林草英、洪建銘，「碳纖維 CFC 在鋼筋混凝土梁構件之應用」，中華民國第四屆結構工程研討會論文集，第 2101-2108 頁，(1998)。
102. 林昭名，應用層級分析法於都會區既有自行車道改善評估之研究，碩士論文，私立逢甲大學交通工程與管理學系碩士班，(2008)。
103. 洪明中，「CFRP 棒應用於高強度混凝土梁之力學行為探討與耐久性之研究」，碩士論文，國立台北科技大學土木與防災技術研究所，(2008)。
104. 施邦築、李有豐、鄭光炎、陳怡智，“土石流溪流橋樑安全評估之研究”，第二屆土石流研討會論文集，第 94~109 頁，(1999)。
105. 衍生工程顧問公司，台北市自行車道路網整體規劃，台北市政府，(2000)。

-
- 106.高木秀敏，“碳纖維布對混凝土構造物之耐震補強工法、設計”，結構物檢測評估補強加固研討會論文集，第 51~68 頁，(1998)。
 - 107.柴村常喜，“碳纖維耐震補強工法之施工方法、注意事項及環氧樹脂的應用”，結構物檢測評估補強加固研討會論文集，第 127~149 頁，(1998)。
 - 108.徐耀賜，「以複合材料碳纖維貼片補強鋼筋混凝土樑彎矩之設計原理」，土木工程技術，第五卷，第一期，第 17-48 頁，(2001)。
 - 109.國道高速公路局，「交通部臺灣區國道高速公路局橋梁檢測作業要點」，國道高速公路局，(2001)。
 - 110.陳清泉、蔡益超、田堯彰、謝尚賢、李有豐，「建立公路橋梁安全檢測評估子系統軟體研究計畫」，交通部科技顧問室，(1998)。
 - 111.陳曄亭，建築物附設自行車停車位供給標準之研究~以台北市信義區為例，碩士論文，國立台灣大學土木研究所，(2008)。
 - 112.郭苗宜，「RC 橋柱之剪力與主筋搭接耐震補強」，碩士論文，國立台灣科技大學營建工程學系碩士論文，(2000)。
 - 113.黃瑞東，「碳纖貼片於混凝土結構物補強作業之應用」，碩士論文，臺灣工業技術學院，(1995)。
 - 114.鄭光炎，營建生態工法及防災技術群（2/4）-透水性鋪面實例推動及推廣手冊研擬，內政部營建署，(2003)。
 - 115.鄭光炎，市區道路及其附屬設施技術研發計畫期末報告(3/4)，內政部營建署，(2008)。
 - 116.廖士煒，透水鋪面之效益評估-以北安路為例，碩士論文，國立台北科技大學土木與防災研究所，(2005)。
 - 117.廖朝軒，都市生態貯留水循環技術之研究，內政部建築研究所，(2002)。
 - 118.葉銘欽，透水性鋪面專家諮詢系統建置之研究，碩士論文，國立中央大學土木研究所，(2006)。
 - 119.張馨文，應用分析層級程序法評估機場鋪面管理系統之關鍵因子，碩士論
-

- 文，國立成功大學土木工程研究所，(2007)。
- 120.張忠興，都市永續自行車道可行性探討-以台北市捷運芝山至北投站為例，碩士論文，私立淡江大學建築學系碩士班，(2004)。
- 121.鋪裝施工便覽，社團法人日本道路協會，(2004)。
- 122.鋪裝設計施工指針，社團法人日本道路協會，(2006)。
- 123.FHWA, Restriping Existing Roads With Bike Lanes,
http://safety.fhwa.dot.gov/ped_bike/univcourse/swtoc.htm.
- 124.THE PRECAST CONCRETE PAVING AND KERB ASSOCIATION ,
<http://www.paving.org.uk/>.
- 125.John S. Allen, ABOUT BICYCLE SIDEPATHS, JOHN S. ALLEN'S BICYCLE FACILITIES, LAWS AND PROGRAMS PAGES,2001, 2002,
<http://www.bikexpert.com/bikepol/facil/sidepath/index.htm>.
- 126.西雅圖凹凸鏡：<http://blog.yam.com/kueihshienl/article/2622895>.
- 127.美國 Indianapolis，<http://trailsurvey.urbancenter.iupui.edu/>.
- 128.泰國世界日報新聞網，<http://www.udnbkk.com/index.html/>.
- 129.內閣府防災情報網，<http://www.bousai.go.jp/>
- 130.防災系統研究所，<http://www.bo-sai.co.jp/>
- 131.東京國道事務所，<http://www.ktr.mlit.go.jp/toukoku/index.htm>
- 132.國土交通省道路局，<http://www.mlit.go.jp/road/index.html>
- 133.內政部消防署，<http://www.nfa.gov.tw/>
- 134.行政院災害防救委員會，<http://www.ndppc.nat.gov.tw/>
- 135.行政院農業委員會，<http://www.swcb.gov.tw//default.asp>
- 136.經濟部水利署，<http://www.wra.gov.tw/>
- 137.中央地質調查所全球資訊網，www.moeacgs.gov.tw/
- 138.緊急輸送ルート選定の考え方について，
http://www.cbr.mlit.go.jp/kikaku/daikibo_saigai/pdf/01.pdf
- 139.緊急輸送道路の橋梁耐震補強3箇年プログラム，

- <http://www.hokuhoku.ne.jp/rmec/21pdf/10-12.pdf>
140. 橋梁耐震補強マップ，<http://www.mlit.go.jp/road/bosai/taisin/taisin.html>
141. 埼玉県／緊急輸送道路沿道の震災予防安全点検，
<http://www.pref.saitama.lg.jp/A08/B100/podfe/tenken.html>
142. 災害にそなえる道路整備，
<http://www.pref.ehime.jp/070doboku/080dourokensets/00005744041124/bosai/index.htm>
143. 兵庫県／都市施設の整備に関する計画，
http://web.pref.hyogo.jp/wd21/wd21_000000012.html
144. 仙台市緊急輸送路沿道建築物耐震化促進事業補助金交付要綱，平成 18 年 10 月 20 日
145. 神栖市建築物耐震改修促進計画の概要，
http://www.city.kamisui.ibaraki.jp/07_government/_hisho_koutyou/doc/pubukome_taishinkaishuukeikaku02.pdf

附錄(一) 緊急運送道路檢核表問卷之統計資料

說明：為確認緊急運送道路檢核表之檢核項目之重要性以及項目與配分之各細項是否合適，透過 AHP 方式進行問卷調查。

原始之檢核表如下：

檢核項目	權重(嚴重程度)							項目與配分		是否合適	
	極重要	重要	尚重要	普通	不重要	極不重要	可忽略	項目	配分	是	否
	7	6	5	4	3	2	1				
1.連接避難場所								1.緊急避難場所。	緊鄰 2 分連接 1 分		
								2.臨時避難場所。	緊鄰 2 分連接 1 分		
								3.臨時收容場所。	緊鄰 2 分連接 1 分		
								4.中、長期收容場所。	緊鄰 2 分連接 1 分		
2.連接醫療院所								1.醫學中心。	緊鄰 2 分連接 1 分		
								2.區域醫院。	緊鄰 2 分連接 1 分		
								3.地區醫院。	緊鄰 2 分連接 1 分		
								4.緊急聯外道路有連接至外縣市之醫院。	1 分		
3.連接救災據點								1.縣市政府應變中心。	緊鄰 2 分連接 1 分		
								2.鄉鎮市公所應變中心。	緊鄰 2 分連接 1 分		
								3.警察單位。	緊鄰 2 分連接 1 分		
								4.消防單位。	緊鄰 2 分連接 1 分		
								5.直升機起降場。	緊鄰 2 分連接 1 分		
4.路燈維護								1.路燈基座避免遭受破壞而不穩。	1 分		
								2.燈桿避免傾斜或變形。	1 分		

								3.路燈避免倒塌妨礙交通。	1 分		
5.信號燈耐災規劃								1.燈號正常。	1 分		
								2.具獨立之供電系統。	1 分		
								3.基座避免遭受破壞而不穩。	1 分		
								4.燈桿避免傾斜或變形。	1 分		
								5.信號燈避免倒塌妨礙交通。	1 分		
6.電線杆維護								1.電纜正常配置。	1 分		
								2.纜箱避免破損或掉落。	1 分		
								3.電線杆避免劣化或遭人為損壞。	1 分		
								4.電線桿基座無劣化、鏽蝕或遭人為破壞。	1 分		
								5.電線杆避免倒塌妨礙交通。	1 分		
								6.路段無電線桿。	5 分		
7.廣告看板管理(公車亭、路標)								1.鐵桿無鏽蝕。	1 分		
								2.廣告看板穩固不搖。	1 分		
								3.基座確實固定、無鏽蝕。	1 分		
								4.規劃地區無廣告看板。	1 分		
								5.路段無廣告看板。	4 分		
8.路樹管理								1.樹枝不會掉落妨礙通行。	1 分		
								2.路樹確實扎根於土壤中。	1 分		

							3.不因過高而攔腰折斷。	1 分		
							4.路段無路樹。	3 分		
9.保持道路原有寬度							1.路旁避免停放過多車輛妨礙通行。	1 分		
							2.道路兩旁無堆放障礙物。	1 分		
10.平時整備制度							1.規劃災時之搶救機制。	1 分		
							2.救災用機具及裝備及維護及人員整備。	1 分		
							3.簽訂開口契約。	1 分		
							4.針對救災人員進行防災教育。	1 分)		
							5.針對防災計畫進行定期之防災演練。	1 分		
11.避開地震斷層或設計採用防災工程							1.大於 500 公尺。	3 分或為一般地區		
							2.介於 100-500 公尺。	1 分		
							3.設計採用防災工程。	5 分		
12.橋梁耐震評估與補強或災時緊急應變對策							1.定期進行橋梁巡查。	1 分		
							2.建立橋樑監測系統。	1 分		
							3.進行耐震評估。	1 分		
							4.針對評估後結果進行補強。	2 分		
							5.災時橋梁緊急修復措施。	1 分		
							6.規劃臨時便橋等替代措施。	1 分		
13.四周建築物結構							1.磚結構。	1 分		

								2.鋼筋混凝土結構。	2 分		
								3.鋼骨結構。	3 分		
								4.鋼骨鋼筋混凝土結構。	4 分		
								5.建築符合現今之耐震規範	5 分		
14.避開淹水潛勢或設計採用防災工程								1.避開600公釐降雨造成50公分以上淹水區域。	3分或為一般地區		
								2.設計採用防災工程。	5 分		
15.避開土石流潛勢溪流或設計採用防災工程								1.避開土石流潛勢區。	3分或為一般地區		
								2.設計採用防災工程。	5 分		
16.避開坡地災害								1.非順向坡地形。	1 分		
								2.地表植被無遭受破壞。	1 分		
								3.岩層無破碎。	1 分		
								4.擋土設施不具裂縫。	1 分		
								5.擋土設施無傾斜。	1 分		
								6.擋土牆之排水孔正常出水。	1 分		
								7.排水孔排出之水清澈。	1 分		
								8.地錨錨頭無開裂、鏽蝕。	1 分		
								9.路網無坡地區。	8 分		

修改檢核表後之問卷內容：

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0分)	備註
				項目	配分		
共通性	1.連接避難場所	檢核道路是否緊臨或連接政府所規劃之避難場所(緊急避難場所、臨時避難場所、臨時收容場所、中長期收容場所)。	7 (7%)	1.緊急避難場所。	緊鄰2分連接1分		
				2.臨時避難場所。	緊鄰2分連接1分		
				3.臨時收容場所。	緊鄰2分連接1分		
				4.中、長期收容場所。	1分		
	2.連接醫療院所	檢核道路是否緊臨或連接醫療院所(醫學中心、區域醫院、地區醫院)。	7 (7%)	1.醫學中心。	緊鄰2分連接1分		
				2.區域醫院。	緊鄰2分連接1分		
				3.地區醫院。	緊鄰2分連接1分		
				4.緊急聯外道路有連接至外縣市之醫院。	1分		
	3.連接救災據點	檢核道路是否緊臨或連接救災據點。	7 (7%)	1.縣市政府應變中心。	緊鄰2分連接1分		
				2.鄉鎮市公所應變中心。	緊鄰2分連接1分		
				3.警察單位。	1分		
				4.消防單位。	1分		
				5.直升機起降場。	1分		
	4.保持道路原有寬度	道路是否失去原有之寬度妨礙避難行為以及搶救災作業。	6 (6%)	1.路旁避免停放過多車輛妨礙通行。	3分		
				2.道路兩旁無堆放障礙物。	3分		
	5.平時整備制度	檢核是否有規劃災	7	1.規劃災時之搶救機制。	2分		

		前災後之整備、應變及復舊之行動。	(7%)	2.救災用機具及裝備及維護及人員整備。	2 分		
				3.簽訂開口契約。	1 分		
				4.針對救災人員進行防災教育。	1 分		
				5.針對防災計畫進行定期之防災演練。	1 分		
	6.路燈維護	路燈是否妨礙交通之順暢。	5 (5%)	1.路燈基座避免遭受破壞而不穩。	1 分		
				2.燈桿避免傾斜或變形。	2 分		
				3.路燈避免倒塌妨礙交通。	2 分		
	7.路樹管理	路樹是否會傾塌妨礙交通。	5 (5%)	1.樹枝不會掉落妨礙通行。	2 分		
				2.路樹確實扎根於土壤中。	2 分		
				3.不因過高而攔腰折斷。	1 分		
				4.路段無路樹。	5 分		
成績計算							

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0分)	備註
				項目	配分		
地震災害	1. 信號燈耐災規劃	信號燈能否於災時發揮其機能。	5 (5%)	1.燈號正常。	1分		
				2.具獨立之供電系統。	1分		
				3.基座避免遭受破壞而不穩。	1分		
				4.燈桿避免傾斜或變形。	1分		
				5.信號燈避免倒塌妨礙交通。	1分		
	2. 電線杆維護	電線杆是否妨礙交通之順暢。	6 (6%)	1.電纜正常配置。	1分		
				2.纜箱避免破損或掉落。	1分		
				3.電線杆避免劣化或遭人為損壞。	1分		
				4.電線杆基座無劣化、鏽蝕或遭人為破壞。	2分		
				5.電線杆避免倒塌妨礙交通。	1分		
				6.路網無電線杆	6分		
	3. 廣告看板管理(公車亭、路標)	廣告看板是否會掉落倒塌妨礙交通。	5 (5%)	1.鐵桿無鏽蝕。	1分		
				2.廣告看板穩固不搖。	1分		
				3.基座確實固定、無鏽蝕。	1分		
				4.規劃地區無廣告看板。	2分		
				5.路段無廣告看板。	5分		
	4. 避開地震斷層或設計採用防	利用經濟部中央地質調查所開發之「地質	7 (7%)	1.大於 500 公尺。	2分或為一般地區		
				2.介於 100-500 公尺。	1分		

	災工程	資料整合系統」 檢視所規劃之 緊急運送道路 至地震斷層之 最短垂直距離。		3.設計採用防災工程。	5 分		
	5. 橋梁耐震 評估與補 強或災時 緊急應變 對策	檢核橋梁是否 劣化、有無規劃 補強修復措施 及緊急應變對 策。	7 (7%)	1.定期進行橋梁巡查	1 分		
				2.建立橋梁監測系統。	1 分		
				3.進行耐震評估。	1 分		
				4.針對評估後結果進行補強。	2 分		
				5.災時橋梁緊急修復措施。	1 分		
				6.規劃臨時便橋等替代措施。	1 分		
	6. 四周建築 物結構	檢視建築物之 結構類型，不同 結構有不同之 耐震能力。	7 (7%)	1.磚結構。	1 分		
				2.鋼筋混凝土結構。	2 分		
				3.鋼骨結構。	3 分		
				4.鋼骨鋼筋混凝土結構。	4 分		
				5.建築符合現今之耐震規範。	5 分		
成績計算							

災害 項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	備註
				項目	配分		
水 災 災	1.避開淹水潛 勢或設計採 用防災工程	利用國家災害防救科技中 心之淹水潛勢圖，檢視規劃 之道路為非淹水範圍內。	5 (5%)	1.避開 600 公釐降雨造成 50 公分以上淹水區域。	1 分或為一 般地區		
				2.設計採用防災工程。	4 分		
成績計算							

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	備註
				項目	配分		
坡地災害	1. 避開土石流潛勢溪流或設計採用防災工程	利用水土保持局公佈土石流潛勢分佈圖，檢視規劃緊急運送道路是否在潛勢溪流範圍內。	7 (7%)	1.避開土石流潛勢區。	2 分		
				2.設計採用防災工程。	5 分		
	2.避開坡地災害	檢視是否可能產生坡地災害，坡地災害的產生會危及道路之暢通。	7 (7%)	1.非順向坡地形。	1 分		
				2.地表植被無遭受破壞。	1 分		
				3.岩層無破碎。	1 分		
				4.擋土設施不具裂縫。	1 分		
				5.擋土設施無傾斜。	1 分		
				6.擋土牆之排水孔正常出水。	1 分		
				7.排水孔排出之水清澈。	1 分		
				8.地錨錨頭無開裂、鏽蝕。	1 分		
9.路網無坡地區	7 分						
成績計算							

總成績		
評估情形	☐ 規劃良好(80 分)	☐ 規劃尚可(60-79 分)
	☐ 有待加強(40-59 分)	☐ 重新規劃(39 分以下)
附註		

問卷對象：

單	位	產	官	學
份	數	5	6	4
總	計	15		

統計資料：

災害 項目	檢核項目	檢核要點	平均權重	項目與配分	平均
				項目	
共通性	1.連接避難場所	檢核道路是否緊臨或連接政府所規劃之避難場所(緊急避難場所、臨時避難場所、臨時收容場所、中長期收容場所)。	6.08	1.緊急避難場所。	1
				2.臨時避難場所。	0.75
				3.臨時收容場所。	0.75
				4.中、長期收容場所。	0.58
	2.連接醫療院所	檢核道路是否緊臨或連接醫療院所(醫學中心、區域醫院、地區醫院)。	6.08	1.醫學中心。	0.83
				2.區域醫院。	1
				3.地區醫院。	0.83
				4.緊急聯外道路有連接至外縣市之醫院。	0.92
	3.連接救災據點	檢核道路是否緊臨或連接救災據點。	6.33	1.縣市政府應變中心。	0.92
				2.鄉鎮市公所應變中心。	0.83
				3.警察單位。	0.75
				4.消防單位。	1

				5.直升機起降場。	0.58
	4.保持道路原有寬度	道路是否失去原有之寬度妨礙避難行為以及搶救災作業。	5.25	1.路旁避免停放過多車輛妨礙通行。	1
				2.道路兩旁無堆放障礙物。	0.92
	5.平時整備制度	檢核是否有規劃災前災後之整備、應變及復舊之行動。	5.83	1.規劃災時之搶救機制。	1
				2.救災用機具及裝備及維護及人員整備。	0.83
				3.簽訂開口契約。	0.75
				4.針對救災人員進行防災教育。	0.83
				5.針對防災計畫進行定期之防災演練。	0.83
	6.路燈維護	路燈是否妨礙交通之順暢。	4.83	1.路燈基座避免遭受破壞而不穩。	0.92
				2.燈桿避免傾斜或變形。	0.67
				3.路燈避免倒塌妨礙交通。	0.92
	7.路樹管理	路樹是否會傾塌妨礙交通。	4.58	1.樹枝不會掉落妨礙通行。	1
				2.路樹確實扎根於土壤中。	0.75
				3.不因過高而攔腰折斷。	0.92
				4.路段無路樹。	0.58
成績計算					

災害項目	檢核項目	檢核要點	平均權重	項目與配分	平均
				項目	
地震災害	1.信號燈耐災規劃	信號燈能否於災時發揮其機能。	4.67	1.燈號正常。	0.83
				2.具獨立之供電系統。	0.58
				3.基座避免遭受破壞而不穩。	1
				4.燈桿避免傾斜或變形。	0.83
				5.信號燈避免倒塌妨礙交通。	0.92
	2.電線杆維護	電線杆是否妨礙交通之順暢。	5.08	1.電纜正常配置。	0.92
				2.纜箱避免破損或掉落。	1
				3.電線杆避免劣化或遭人為損壞。	0.75
				4.電線桿基座無劣化、鏽蝕或遭人為破壞。	0.75
				5.電線杆避免倒塌妨礙交通。	1
				6.路段無電線桿。	0.83
	3.廣告看板管理（公車亭、路標）	廣告看板是否會掉落倒塌妨礙交通。	4.08	1.鐵桿無鏽蝕。	0.92
				2.廣告看板穩固不搖。	0.83
				3.基座確實固定、無鏽蝕。	0.92
				4.規劃地區無廣告看板。	0.75
				5.路段無廣告看板。	0.67
	4.避開地震斷層或設計採用防災工程	利用經濟部中央地質調查所開發之「地質資料整合系統」檢視所規劃之緊急運送道路	6.25	1.大於 500 公尺。	1
				2.介於 100-500 公尺。	0.75
				3.設計採用防災工程。	0.92

		至地震斷層之最短垂直距離。			
	5.橋梁耐震評估與補強或災時緊急應變對策	檢核橋梁是否劣化、有無規劃補強修復措施及緊急應變對策。	6.17	1.定期進行橋梁巡查	0.92
				2.建立橋梁監測系統。	1
				3.進行耐震評估。	1
				4.針對評估後結果進行補強。	1
				5.災時橋梁緊急修復措施。	1
				6.規劃臨時便橋等替代措施。	0.92
	6.四周建築物結構	檢視建築物之結構類型，不同結構有不同之耐震能力。	5.42	1.磚結構。	0.83
				2.鋼筋混凝土結構。	0.92
				3.鋼骨結構。	0.92
				4.鋼骨鋼筋混凝土結構。	0.92
				5.建築符合現今之耐震規範。	0.92
	成績計算				

災害項目	檢核項目	檢核要點	平均 權重	項目與配分	平均
				項目	
水 災 害	1.避開淹水潛勢 或設計採用 防災工程	利用國家災害防救科技中心 之淹水潛勢圖，檢視規劃之 道路為非淹水範圍內。	5.67	1.避開 600 公釐降雨造成 50 公分以上淹水區域。	1
				2.設計採用防災工程。(5 分)	0.83
成績計算					

災害 項目	檢核項目	檢核要點	平均權重	項目與配分	平均
				項目	
坡地災害	1.避開土石流潛勢溪流或設計採用防災工程	利用水土保持局公佈土石流潛勢分佈圖，檢視規劃緊急運送道路是否在潛勢溪流範圍內。	6.33	1.避開土石流潛勢區。	1
				2.設計採用防災工程。	0.92
	2.避開坡地災害	檢視是否可能產生坡地災害，坡地災害的產生會危及道路之暢通。	6.17	1.非順向坡地形。	1
				2.地表植被無遭受破壞。	0.75
				3.岩層無破碎。	1
				4.擋土設施不具裂縫。	1
				5.擋土設施無傾斜。	0.92
				6.擋土牆之排水孔正常出水。	1
				7.排水孔排出之水清澈。	0.75
				8.地錨錨頭無開裂、鏽蝕。	1
				9.路網無坡地區。	0.75
成績計算					

由此問卷之統計資料得知，各檢核項目及項目與配分之各細項均達平均值，故檢核表項目不予以修正。

而最終之緊急運送道路規畫檢核表如下：

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	備註
				項目	配分		
共通性	1. 連接避難場所	檢核道路是否緊臨或連接政府所規劃之避難場所(緊急避難場所、臨時避難場所、臨時收容場所、中長期收容場所)。	7 (7%)	1.緊急避難場所。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				2.臨時避難場所。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				3.臨時收容場所。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				4.中、長期收容場所。	1 分		
	2. 連接醫療院所	檢核道路是否緊臨或連接醫療院所 (醫學中心、區域醫院、地區醫院) 。	7 (7%)	1.醫學中心。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				2.區域醫院。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				3.地區醫院。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				4.緊急聯外道路有連接至外縣市之醫院。	1 分		
	3. 連接救災據點	檢核道路是否緊臨或連接救災據點。	7 (7%)	1.縣市政府應變中心。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				2.鄉鎮市公所應變中心。	緊鄰 2 分連接 1 分		
				3.警察單位。	1 分		
				4.消防單位。	1 分		
				5.直升機起降場。	1 分		
	4. 保持道路原有寬度	道路是否失去原有之寬度妨礙避難行為以及搶救災作業。	6 (6%)	1.路旁避免停放過多車輛妨礙通行。	3 分		
				2.道路兩旁無堆放障礙物。	3 分		
	5. 平時整備	檢核是否有規劃災前災	7	1.規劃災時之搶救機制。	2 分		

	制度	後之整備、應變及復舊之行動。	(7%)	2.救災用機具及裝備及維護及人員整備。	2 分		
				3.簽訂開口契約。	1 分		
				4.針對救災人員進行防災教育。	1 分		
				5.針對防災計畫進行定期之防災演練。	1 分		
	6.路燈維護	路燈是否妨礙交通之順暢。	5 (5%)	1.路燈基座避免遭受破壞而不穩。	1 分		
				2.燈桿避免傾斜或變形。	2 分		
				3.路燈避免倒塌妨礙交通。	2 分		
	7.路樹管理	路樹是否會傾塌妨礙交通。	5 (5%)	1.樹枝不會掉落妨礙通行。	2 分		
2.路樹確實扎根於土壤中。				2 分			
3.不因過高而攔腰折斷。				1 分			
4.路段無路樹。				5 分			
成績計算							

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	備註
				項目	配分		
地震災害	1. 信號燈耐災規劃	信號燈能否於災時發揮其機能。	5 (5%)	1.燈號正常。	1 分		
				2.具獨立之供電系統。	1 分		
				3.基座避免遭受破壞而不穩。	1 分		
				4.燈桿避免傾斜或變形。	1 分		
				5.信號燈避免倒塌妨礙交通。	1 分		
	2. 電線杆維護	電線杆是否妨礙交通之順暢。	6 (6%)	1.電纜正常配置。	1 分		
				2.纜箱避免破損或掉落。	1 分		
				3.電線杆避免劣化或遭人為損壞。	1 分		
				4.電線桿基座無劣化、鏽蝕或遭人為破壞。	2 分		
				5.電線杆避免倒塌妨礙交通。	1 分		
				6.路網無電線桿	6 分		
	3. 廣告看板管理(公車亭、路標)	廣告看板是否會掉落倒塌妨礙交通。	5 (5%)	1.鐵桿無鏽蝕。	1 分		
				2.廣告看板穩固不搖。	1 分		
				3.基座確實固定、無鏽蝕。	1 分		
				4.規劃地區無廣告看板。	2 分		
				5.路段無廣告看板。	5 分		
	4. 避開地震斷層或設計採用防災工程	利用經濟部中央地質調查所開發之「地質資料整合系統」檢視所規劃之	7 (7%)	1.大於 500 公尺。	2 分或為一般地區		
				2.介於 100-500 公尺。	1 分		

		檢視所規劃之緊急運送道路至地震斷層之最短垂直距離。		3.設計採用防災工程。	5 分		
	5. 橋梁耐震評估與補強或災時緊急應變對策	檢核橋梁是否劣化、有無規劃補強修復措施及緊急應變對策。	7 (7%)	1.定期進行橋梁巡查	1 分		
				2.建立橋梁監測系統。	1 分		
				3.進行耐震評估。	1 分		
				4.針對評估後結果進行補強。	2 分		
				5.災時橋梁緊急修復措施。	1 分		
				6.規劃臨時便橋等替代措施。	1 分		
	6. 四周建築物結構	檢視建築物之結構類型，不同結構有不同之耐震能力。	7 (7%)	1.磚結構。	1 分		
				2.鋼筋混凝土結構。	2 分		
				3.鋼骨結構。	3 分		
				4.鋼骨鋼筋混凝土結構。	4 分		
				5.建築符合現今之耐震規範。	5 分		
成績計算							

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	備註
				項目	配分		
水 災 害	1.避開淹水潛勢 或設計採用 防災工程	利用國家災害防救科技中 心之淹水潛勢圖，檢視規劃 之道路為非淹水範圍內。	5 (5%)	1.避開 600 公釐降雨造成 50 公分以上淹水區域。	1 分或為 一般地區		
				2.設計採用防災工程。	4 分		
成績計算							

災害項目	檢核項目	檢核要點	分數 (配比)	項目與配分		得分 (無：0 分)	備註
				項目	配分		
坡地災害	1.避開土石流潛勢溪流或設計採用防災工程	利用水土保持局公佈土石流潛勢分佈圖，檢視規劃緊急運送道路是否在潛勢溪流範圍內。	7 (7%)	1.避開土石流潛勢區。	2 分		
				2.設計採用防災工程。	5 分		
	2.避開坡地災害	檢視是否可能產生坡地災害，坡地災害的產生會危及道路之暢通。	7 (7%)	1.非順向坡地形。	1 分		
				2.地表植被無遭受破壞。	1 分		
				3.岩層無破碎。	1 分		
				4.擋土設施不具裂縫。	1 分		
				5.擋土設施無傾斜。	1 分		
				6.擋土牆之排水孔正常出水。	1 分		
				7.排水孔排出之水清澈。	1 分		
				8.地錨錨頭無開裂、鏽蝕。	1 分		
9.路網無坡地區	7 分						
成績計算							

總成績		
評估情形	☐ 規劃良好(80 分)	☐ 規劃尚可(60-79 分)
	☐ 有待加強(40-59 分)	☐ 重新規劃(39 分以下)
附註		

附錄(二) 高雄縣道路受創情形

一、莫拉克颱風背景介紹

莫拉克颱風於菲律賓東北方海面形成，2009 年 8 月 5 日 20 時 30 分中央氣象局開始發布颱風警報，並將莫拉克升格為中度颱風。在 8 月 6 日 14 時 00 分，已經形成颱風眼，並持續增強。中央氣象局並在當日發布颱風紅色警報，這也是 2009 年的首個颱風紅色警報。莫拉克颱風於 8 月 7 日由台灣花蓮縣登陸，近中心最大風速達 40.0(公尺/秒)，在 8 月 8 日 14 時由桃園縣出海。中央氣象局在 8 月 10 日 05 時 30 分，解除颱風警報並持續發布豪雨特報，而中央氣象局發布警報次數高達 36 次之多。在莫拉克颱風侵台兩天兩夜所下之豪大雨，致使台灣南部與東部縣市嚴重水患。



圖 1 莫拉克風災受災情形

圖片來源：<http://www.flickr.com/photos/travelmate2021>

二、全台道路災情

莫拉克風災颱風為南台灣帶來超大雨量，並使得許多山區道路嚴重毀損，對外交通中斷，由中央災害應變中心所提供的莫拉克颱風災害應變處置報告，可得知全台的道路災情統計資料，如表 1。

表 1 全台道路災情統計表

	災害總數 (處)	已搶通 (處)	未搶通 (處)	備註
國 道	3	3	0	
省 道	69	63	6	
代養縣道	49	45	4	
自養縣道	0	0	0	主管機關為地方政府
鄉 道	17	17	0	主管機關為地方政府
市區道路 (由營建署提 供)	6	6	0	市區道路主管機關係內 政部(營建署)
農 路 (由農委會提 供)	100	100	0	農路主管機關係農業委 員會
原住民部落道 路 (由原民會提 供)	10	10	0	原住民部落道路主管機 關係原住民族委員會
合 計	254	244	10	

資料來源：中央災害應變中心莫拉克颱風災害應變處置報告第 74 報

三、高雄縣道路受災情形

莫拉克帶來的豐沛雨量，使得高雄縣溪流水位上漲，造成台 21 線、台 20 線、台 27 線省道中斷，從表 2 即可得知高雄縣道路受損的情形，共有 37 條道路受損，主要導致受災的原因，即是土石流阻斷所造成，但目前所有道路已全面通車。

表 2 高雄縣道路受損資料

編號	路線 樁號	縣市鄉 鎮	附近 地名	災害類別及受損情形	阻斷 時間	預計 搶通 時間	通車 狀態
1	台 20 線 92K+80 0	高雄縣 桃源鄉	桃 源 鄉 桃 源 村	道路，土石流阻斷。 邊坡持續坍方長 70 公尺寬 7 公尺高 2 公 尺	2009 8/8 16:30	2009 10/20 18:00	已全 面 通車
2	台 27 線 21K+20 0	高 雄 縣 六龜鄉	六 龜 鄉 大 津 村	道路，土石流阻斷。 邊坡持續坍方長 60 公尺寬 6 公尺高 1.5 公尺	2009 8/8 16:00	2009 10/20 18:00	已全 面 通車
3	台 27 線 17K+20 0	高 雄 縣 六龜鄉	六 龜 鄉 興 龍 村	道路，土石流阻斷。 邊坡持續坍方長 40 公尺寬 5 公尺高 1.5 公尺	2009 8/8 15:40	2009 10/20 18:00	已全 面 通車
4	台 27 線 8K+500	高 雄 縣 六龜鄉		道路，土石流阻斷。 邊坡持續坍方長 50 公尺寬 9 公尺高 1 公 尺	2009 8/8 09:00	2009 10/20 18:00	已全 面 通車
8	台 21 線 228K+5 00	高 雄 縣 甲仙鄉	甲 仙 鄉	道路，土石流阻斷。 路基路面下陷長 70 公尺寬 7 公尺深 0.5 公尺	2009 8/8 21:40	2009 10/20 18:00	已全 面 通車
9	台 21 線 231K+5 00	高 雄 縣 甲仙鄉	甲 仙 鄉 關 山 村	道路，土石流阻斷。 路基路面下陷長 30 公尺寬 6 公尺深 0.5 公尺	2009 8/8 11:30	2009 10/20 18:00	已全 面 通車
10	台 20 線 85K+0	高 雄 縣 桃源鄉	桃 源 鄉 高 中 村	道路，土石流阻斷。 邊坡持續坍方長 60 公尺寬 7 公尺高 1.5 公尺	2009 8/8 12:00	2009 10/20 18:00	已全 面 通車

11	台 20 線 80K+50 0	高雄縣 桃源鄉	桃源 鄉高 中村	道路，土石流阻斷。 邊坡持續坍方長 60 公尺寬 6 公尺高 2 公 尺	2009 8/8 21:00	2009 10/20 17:00	已全 面 通車
12	高 132 0K+320	高雄縣 茂林鄉		道路，土石流阻斷。 道路坍方，路基流 失。	2009 8/8 21:38	2009 8/31 17:00	已全 面 通車
14	高 133 0K+0	高雄縣 六龜鄉		道路，其他。填報錯 誤。	2009 8/8 22:00	2009 8/31 17:00	已全 面 通車
15	高 129 17K+55 0	高雄縣 杉林鄉	杉 林 大橋	道路，土石流阻斷。 杉林大橋，橋梁，達 警戒水位，封閉橋 梁，南側引道基座已 沖毀。	2009 8/8 17:00	2009 9/8 17:00	已全 面 通車
16	台 21 線 279K+1 00	高雄縣 旗山鎮	里 嶺 大橋 口嶺 至口 流道 間路 段	道路，土石流阻斷。 道路路基流失交通阻 斷。	2009 8/8 19:00	2009 8/19 00:00	已全 面 通車
17	台 20 線 66K+50 0	高雄縣 六龜鄉	六 龜 鄉老 濃村	道路，土石流阻斷。 邊坡持續坍方長 50 公尺寬 6 公尺高 2 公 尺	2009 8/8 14:00	2009 10/20 17:00	已全 面 通車
20	高 41 0K+400	高雄縣 旗山鎮		道路，土石流阻斷。 中寮里，道路中斷， 落石。	2009 8/8 13:00	2009 8/14 17:00	已全 面 通車
21	高 113 0K+500	高雄縣 杉林鄉		道路，土石流阻斷。 竹寮巷，道路中斷， 落石。	2009 8/8 13:00	2009 8/14 17:00	已全 面 通車
22	高 128 3K+0	高雄縣 甲仙鄉		道路，土石流阻斷。 滴水橋引道，橋梁、 引道沖毀中斷，封閉 橋梁。	2009/8 /8 21:00	2009 9/8 21:00	已全 面 通車
24	台 21 線 249K+3 00	高雄縣 杉林鄉	小 份 尾	道路，土石流阻斷。 目前土石流阻斷約 200M	2009 8/9 02:00	2009 8/12 17:00	已全 面 通車
26	高 129 4K+500	高雄縣 杉林鄉	木 梓 村	道路，土石流阻斷。 木梓村，道路坍方， 道路中斷。	2009 8/8 13:00	2009 8/14 17:00	已全 面 通車
28	高 139 0K+0	高雄縣 田寮鄉		道路，其他。崇德橋， 達警戒水位，封閉橋	2009 8/8	2009 8/14	已全 面 通車

				梁。	07:00	17:00	
29	高 138 0K+0	高雄縣 田寮鄉		道路，淹水。西德村， 淹水。	2009 8/8 07:00	2009 8/14 17:00	已全面 通車
30	高 113 4K+500	高雄縣 杉林鄉	旗尾 橋旁	道路，土石流阻斷。 路基流失，道路中 斷。	2009 8/10 10:00	2009 8/17 10:00	已全面 通車
31	高 30 0K+0	高雄縣 橋頭鄉	中崙 路	道路，其他。長潤橋， 橋梁，達警戒水位， 封閉橋梁。	2009 8/8 14:00	2009 8/17 14:00	已全面 通車
32	高 36 0K+0	高雄縣 橋頭鄉		道路，其他。筆秀橋， 橋梁，達警戒水位， 封閉橋梁。	2009 8/8 10:00	2009 8/14 17:00	已全面 通車
36	國道 10 號 13K+37 9	高雄縣 鳳山市		道路，土石流阻斷。 平面道路(台 22)積 水，車輛無法通行應 地方警察要求於 17:00 撤除封閉	2009 8/8 13:00	2009 8/8 18:00	已全面 通車
37	台 20 線 91K+60 0	高雄縣 桃源鄉	桃源 鄉 桃 源村	道路，土石流阻斷。 邊坡土石持續坍方長 100 公尺寬 7 公尺高 2 公尺	2009 8/7 18:00	2009 8/8 08:00	已全面 通車

資料來源：公路防救災資訊系統

四、高雄縣橋梁受損情形

受到莫拉克豪雨影響，多座橋梁陸續封橋，查詢公路救災資訊系統之莫拉克颱風橋樑中斷一覽表，可得知高雄縣共有 23 座橋梁遭受沖毀損壞，如下表三。

表三 高雄縣橋梁受損一欄表

路線	樁號	縣市鄉鎮	橋梁名稱	災情現況
台 21 線	204K+94	高雄縣三民鄉	達卡努娃橋	橋梁，橋梁沖毀。達卡努娃橋遭沖毀流失,阻斷交通
台 21 線	205K+127	高雄縣三民鄉	民生大橋	橋梁，橋梁沖毀。民生大橋遭沖毀流失,阻斷交通
台 21 線	206K+990	高雄縣三民鄉	自強橋	橋梁，橋梁沖毀。自強橋遭沖毀流失,阻斷交通
台 21 線	209K+400	高雄縣三民鄉	月兒橋	橋梁，橋梁沖毀。月兒橋遭沖毀流失,阻斷交通
台 21 線	210K+680	高雄縣三民鄉	民族橋	橋梁，橋梁沖毀。民族橋遭沖毀流失,阻斷交通.
台 21 線	212K+677	高雄縣三民鄉	公園橋	橋梁，橋梁沖毀。
台 21 線	213K+970	高雄縣三民鄉	第十五號橋	橋梁，橋梁沖毀。第十五號橋遭沖毀流失,阻斷交通
台 21 線	214K+150	高雄縣三民鄉	第十四號橋	橋梁，橋梁沖毀。第十四號橋遭沖毀流失,阻斷交通.
台 21 線	217K+917	高雄縣三民鄉	第十二號橋	橋梁，橋梁沖毀。第十二號橋遭沖毀流失,阻斷交通
台 27 甲線	1K+420	高雄縣六龜鄉	六龜大橋	橋梁，橋梁沖毀。六龜大橋 P2 及 S1S2 橋面版遭沖毀流失,阻斷交通.
台 27 線	25K+15	高雄縣六龜鄉	大津橋	橋梁，橋梁沖毀。大津橋原舊橋 P6~P9 鋼便橋 P12~P20 遭沖毀流失,阻斷交通.。
台 21 線	218K+612	高雄縣甲仙鄉	第十一號橋	橋梁，橋梁沖毀。第十一號橋遭沖毀流失,阻斷交通
台 21 線	219K+100	高雄縣甲仙鄉	民治橋	橋梁，橋梁沖毀。民治橋遭沖毀流失,阻斷交通
台 21 線	220K+485	高雄縣甲	慈林橋	橋梁，橋梁沖毀。慈林橋遭沖毀

		仙鄉		流失,阻斷交通
台 21 線	222K+721	高雄縣甲 仙鄉	第十號 橋	橋梁，橋梁沖毀。第十號橋遭沖 毀流失交通阻斷
台 21 線	224K+50	高雄縣甲 仙鄉	第九號 橋	橋梁，橋梁沖毀。小林村整村淹？ 交通阻斷
台 21 線	224K+860	高雄縣甲 仙鄉	第八號 橋	橋梁，橋梁沖毀。小林村整村淹？ 交通阻斷
台 17 線	248K+500	高雄縣林 園鄉	雙園大 橋	橋梁，橋梁沖毀。高雄縣林園端 P1 橋墩起至 P16 橋墩間計 459 公 尺長橋面版及橋墩遭洪水沖毀， 雙向交通管制封閉。
台 20 線	103K+852	高雄縣桃 源鄉	復興橋	橋梁，橋梁沖毀。復興橋遭沖毀 流失,阻斷交通
台 20 線	109K+561	高雄縣桃 源鄉	榮光一 橋	橋梁，橋梁沖毀。榮光一橋遭沖 毀流失,阻斷交通
台 20 線	109K+688	高雄縣桃 源鄉	榮光二 橋	橋梁，橋梁沖毀。榮光二橋遭沖 毀流失,阻斷交通
台 20 線	137K+700	高雄縣桃 源鄉	武雄橋	橋梁，橋梁沖毀。武雄橋遭沖毀 流失,阻斷交通
台 20 線	83K+863	高雄縣桃 源鄉	綠茂橋	橋梁，橋梁沖毀。綠茂橋遭沖毀 流失,交通便道已完成。
高 92	1K+308	高雄縣旗 山鎮	大洲大 橋	橋梁，橋梁沖毀。大洲大橋，橋 梁，橋梁中斷

資料來源：公路防救災資訊系統

附錄(三) 98 年評選會議審查意見回覆表

審 查 意 見	回 覆 意 見
曾組長志煌	
1.緊急運送道路規劃與評估準則於 97 年度計畫中建立，98 年度為何需修正 97 年度之成果。	1.本計畫採用 PDCA 管理理念，97 年研擬緊急運送道路規劃與評估準則草案，並選定台北縣石碇鄉進行試行規劃，並於 98 年再進行修正緊急運送道路規劃與評估準則。
2.緊急運送道路查詢系統之維護與更新，考慮縣市單位之人力，是否結合現有之系統。	2.98-103 年行政院災防會推動地區災害防救計畫深耕計畫，各縣市皆由協力機構進行推動，緊急運送道路查詢系統將提供各協力機構參考，將藉由研習會建議納入防災資訊系統整合更新項目中，以節省維護人力。
3.請檢討市區道路之透排水鋪面與公路之透排水鋪面之差異。	3.本研究於期末報告第 2.3.1 節及 96 年期末報告說明。
4.自行車道路線之規劃，對於路口之部分需特別進行考量。	4.路口處理為民眾使用自行車與否之重要因素，本研究蒐集國內外案例，提出路口之規劃，並於期末報告 2.4.1 節中說明。
5.橋梁監測部分，難確定其可靠性及穩定性，是否能探討國外對於橋梁監測是如何進行。	5.本研究目的在使市區橋梁管理單位在設計橋梁監測系統時，具備基本監測儀器選擇、使用、維護等能力。
6.橋梁資料完整性難以掌握，尤以市區橋梁之資料檢測難以完整，此計畫是否能使市區中橋梁資料更為完整。	6.可於計畫中利用制度的建立，健全市區橋梁資料的完整性。亦可在委外發包檢測橋梁時使市區中橋梁資料更為完整。
許教授添本	
1.推動節能減碳在觀念上自行車應屬交通工具之一，其車道亦為交通設施，自行車路線規劃設計，建議由發包、施工及設計規範等多面向進行考量。	1.謝謝委員對國內自行車道推動深入建議，本計畫已採納委員意見，但主要研討對象為路線規劃設計。
2.應對現行相關研究及問題了解，專案研究解決問題為目標，如自行車安全及停車問題進行相關研究。	2.本計畫主要探討路線規劃設計會涵蓋委員高見，專案研究則視後續是否另提出計畫而訂。

3.緊急運送道路的使用是否災時具不同之使用功能。	3.依行政院災害防救委員會調查各縣市緊急運送道路之分類方式，本計畫將緊急運送道路律定為輸送救援道路、緊急聯外道路、消防避難道路、緊急避難道路以及替代道路五種，以滿足災時不同之使用功能。
4.建議從整個路網來考量緊急運送道路之規劃，包含跨鄉鎮之問題及道路兩旁建築物耐震係數之檢討等。	4.本計畫使用者以鄉鎮公所為主，現行鄉鎮層級地區災害防救計畫進行緊急運送道路之規劃後，報縣市政府災害防救會議核定，故跨鄉鎮之整合由縣市政府於防災會議解決。 日本緊急運送道路之規劃後，制定道路兩旁建築物耐震補強補助辦法，本計畫將此理念放於建議中。
5.災害階段分為減災、整備、應變及復原重建，緊急運送道路是屬哪一階段之作為。	5.災害防救基本計畫中明定，各項災害第一章災害預防第二節整備裡，於緊急運送，皆有明訂地方政府應協同有關機關建立緊急運送路網，規劃運送設施(道路、港灣、機場等)、運送據點(車站、市場等)、運送工具(火車、汽車、飛機及船舶等)並研定替代方案，故緊急運送道路之規劃屬於整備階段。
6.L.I.D 之研究成果相當不錯，今年度計畫是否具延續性，宜將過去成果納入考量。	6.感謝委員意見，本研究將在自行車道規劃設計上考量 97 年度成果，以達到自行車安全、舒適及友善環境之目的。
7.透排水鋪面較常使用在人行道，但車道也是可以探討，建請檢討市區道路透排水建置之時機，台灣是否適合施作及如何施工等。	7.本研究已於 96 年期末報告說明。
黃教授榮堯	
1.建請釐清緊急運送道路查詢系統之使用者，並於計畫書中詳述其功能。	1.緊急運送道路查詢系統使用者為鄉鎮公所承辦單位，本年系統更新增列敘明其功能。
2.建議今年針對 L.I.D 中幾種方法能舉出斷面圖，並找示範案例。	2.本研究將於 99 年度建立市區道路永續發展及友善環境示範案例，並考量 LID，

	以提升市區道路品質。
3.透水鋪面實務上維護困難，常有耐久性疑慮，建議對透水之施作原則進行探討，是否所有地區均適合施作。	3.對於土壤滲透係數低、地下水位高或等地區不適合施作透水鋪面，建議可採用排水鋪面。
4.車道施工均為分段進行，自行車道銜接之界面問題，必須考量，現計畫中探討之自行車道是針對何機能(休閒、上班)進行探討。	4.市區自行車道以生活通勤為主，休閒遊憩為輔，故本研究係針對不同使用類型進行探討。
5.請檢討市區橋梁與公路橋梁是否有差異，或可結合原有之制度。	5.國內縣市政府橋梁管理者所管理之橋梁除營建署所轄之市區橋梁，亦有交通部所轄之公路橋梁，若有兩套不同之管理制度，將使管理者面臨使用上的困擾，本研究係以交通部橋梁檢測制度為基礎，針對縣市政府所面臨之問題，擬定一套可符合實際使用之橋梁檢測制度。
6.橋梁之補強上，是否可探討補強工法之成本，俾供公務單位參考。	6.已於 96 年與 97 年度報告中對常用之補強工法成本進行探討。
張教授奇偉	
1.請檢討緊急運送道路查詢系統與舊有之系統結合之可行性。	1.98-103 年行政院災防會推動地區災害防救計畫深耕計畫，各縣市皆由協力機構進行推動，緊急運送道路查詢系統將提供各協力機構參考，將藉由研習會建議協力機構納入防災資訊系統整合更新項目中，以節省維護人力。
2.自行車道是否探討規劃設計之內容，如何讓地方政府能理解使用，相關之附屬設施是否能納入考量。	2.本研究將參考國外規劃設計原則及案例，結合國內相關規範及案例進行探討，供地方政府參考。
3.橋梁之監測，建議能對目前進行之案例進行探討。國內驗收、材料測試之內容能否進行探討。教育訓練對國內橋梁檢測之人員相當重要，是否可進行教育訓練之規劃。	3.橋梁監測將對國內目前進行之案例進行探討。FRP 補強之國內驗收,材料測試等規範則以國內 CNS 規範為主。
鄧副所長文廣	
1.緊急運送道路之規劃上，鄉鎮的類型均有所不同，建議在規劃方式應有不	1.緊急運送道路規劃與評估準則除有原則性之規劃文字外，並提供緊急運送道路

同之內容。	機能檢核表，不同鄉鎮特性依檢核表項目即有不同之區別。
2.緊急運送道路查詢系統，民眾與防災人員使用上之差別，於計畫書中能有清楚之敘述。	2.緊急運送道路查詢系統使用者僅限為鄉鎮公所承辦單位，本年系統更新增列敘明其功能。
3.規劃考量之因素第五點及第八點之內容是否考慮修正。天然災害潛勢項目繁多，團隊進行撰寫災害潛勢內容，是否會有所困難。	3.第五點[緊急運送道路附屬設施規劃需考量修復時間]保留，第八點[緊急運送道路橋梁部分若無法進行補強需架設便橋或開設替代道路]則予以刪除。 天然災害潛勢儘量採用政府現有之資料如水利署公佈之易淹水地區，水保局公佈之土石流潛勢溪流，地調所公佈之斷層圖及公路總局易落石地區等資訊，為避免鄉鎮公所規畫人員執行不易，相關潛勢網址列於系統中供使用人員參考。
4.透排水鋪面之適用範圍須清楚，一般道路或自行車道，透水鋪面或排水鋪面。	4.依道路系統、地質、地下水及自行車道位置進行劃分適用範圍，本研究已於 96 年之成果中說明。
5.請將再生瀝青的使用參考，納入計畫中辦理。	5.感謝委員意見，本研究將 96 年成果納入今年度自行車道規劃設計。
6.市區橋梁與公路橋梁會有所差異，延壽上之作法是否做區別。	6.市區橋梁與公路橋梁主要差異在於管理人力及維修經費，因此於補強上建議以施工快速且耐久性優良之工法，補強經費以生命周期考量，以減輕管理上之負擔。
高雄市政府	
1.建議能否將 98 年度之維護管理內容納入 99 年中探討。	1.本研究今年將提出透水鋪面之養護工法，並回饋至地方政府，藉由明年示範案例之成果進行修正，建立完善之維護管理系統。
2.建議能了解透水鋪面現今較少使用的因素。	2.本研究於期末報告 2.3.2 節中說明。
交通部公路總局	
1.建議在橋梁監測機制研究中能帶入各項儀器之成本效益分析，俾其他公	1.本研究僅能協助查詢儀器成本，惟安裝成本及假設工程則因橋梁所在位置不同

務機關預算編列及可行性探討。	而有安裝難易度之不同，因此並無法估計儀器之成本效益。
2.對於市區跨河段橋梁希望能建立監測之警戒值及行動值(如水位)，俾供其他公務機關管理之參考。	2.不同河流與不同河段之特性均有不同，故有不同之警戒值及行動值，此部分須參考歷年該段水位變化，建議委由專業顧問工程進行相關建議值。
台北縣政府	
1.台北縣有些區段路寬並無 15 公尺，緊急運送道路之劃設可能有所困難，是否調整報告內容。	1.修正文字為輸送救援道路原則上儘量維持 15 公尺以上或有效道路寬度。
2.建議橋梁檢測部分能辦理教育訓練，俾橋梁檢測協辦單位能清楚監測內容。	2.交通部運研所每年皆會辦理橋梁檢測教育訓練，且此部份不屬於本年度之研究範圍。本計畫會於所辦理之研討會及成果發表會中，說明橋梁檢、監測之研究成果。
台北市政府	
1.對於鋪面的養護工法能否進行探討。	1.本研究參考國內外透水鋪面規範及案例，並考量國內使用情形進行探討，擬定符合國內之透水鋪面之養護工法，供地方政府使用。
營建署公共工程組	
1.本計畫係延續性之計畫，歷年的成果應彙整在報告書。	1.已將歷年成果彙整於第一章 P.9~P.13 中。
2.本年度計畫績效指標在技術面、社會面及經濟面、請在加強具體可量化的指標。	2.已修正於 98 年度工作計畫書內。
3.市區道路相關課題對民生生活品質提升至關重要，明(99)年為計畫期程最後一年，重點工作規劃請於下次會議提出。	3.99 年度重點工作規劃，將於期末報告審查中一併提出。

附錄(四) 98 年期中審查會議意見回覆表

審 查 意 見	回 覆 意 見
曾組長志煌	
1.緊急運送道路部分，除了耐震外，對洪水、土石流及颱風請加強說明。另外如果利用 96、97 年成果對此次風災重創之鄉鎮市進行規劃分析並加強檢討，相信對成果的可行性具有相當的幫助，並可使計畫的推動更務實。	1.研究團隊，已於期中報告後，重新針對檢核表內的項目重新劃分並考慮不同災害之影響，重新將檢核表之權重，進行專家問卷，並於期末報告中呈現。針對受風災重創之鄉鎮市之規劃分析，將於明年推廣案例中放入。
2.自行車部分除了規劃原則外，建議可以做到手冊。路線規劃應考慮需求量的掌握、既有路權的衝突，並將安全性作為第一優先考量。	2.感謝委員指導，本計劃將提出一份『自行車道路線規劃及設計之原則手冊』，將安全性納為第一考量之重點，並於期末報告第 2.4.1 節說明。
3.使用 FRP 材料補強，須掌握材料特性才可做安全的設計，對此材料脆性破壞特性上，僅以工作應力法作為設計考量是否足夠，請於報告中加強說明，以提升使用者信心。	3.感謝委員意見，對於材料特性可做之安全設計已於期末報告 3.6.2.3 節中詳述，以提升使用者信心。
鄧副所長文廣	
1.國內各鄉鎮市規模不一，特性亦不同，不宜以同一規則進行緊急運送道路之規劃。建議劃分等級（如人口數、面積、所在區域等）再進行規劃。	1.本研究團隊之緊急避難道路規劃準則，本身為共通性的準則，各鄉鎮市須因地、因特性、因災害別制宜。
2.第 33 頁，以路寬劃分在實際執行上具有困難度。	2.路寬之規劃，係依內政部建築研究所於相關成果報告中所提之建議，如無法達成建議路寬則須維持有效道路寬度。
3.緊急運送道路機能檢核表中分數配比如何定義，請加強說明。有些項目評分不易，例如第 13 項四周建築結構，若包含多種結構形式者，該如何給分，另外廣告招牌(T 壩)、路燈等亦難以評分。	3.研究團隊，已於期中報告後，重新針對檢核表內的項目重新劃分並考慮不同災害之影響，重新將檢核表之權重，進行專家問卷，並於期末報告中呈現。。

4.請研究單位說明透水性鋪面係應用於一般道路或是自行車道？透水性鋪面與排水性鋪面不同，目前國內規範透水性鋪面應該不能用於一般道路，請研究團隊釐清。	4.透水性鋪面目前能屬於低承載路面，本研究建議透水性鋪面可應用於自行車專用道。
5.透水性鋪面阻塞方式不同會影響維護方式，建議研究團隊對不同阻塞方式之維護方法加強說明。	5.感謝委員指導，本研究將針對不同阻塞方式，提出適宜養護方式，並於期末報告第 2.3.3 節說明。
6.自行車部分於進行設計規範編撰時，建議先確定方向，否則範圍太廣將有困難。	6.本研究規劃自行車道型式，是以市區通勤型為主，遊憩型為輔，故在規劃設計自行車道時，將考量通勤型特性。
7.有關橋梁風險管理之研究，請說明保險如何與檢測結合。	7.本年度橋梁風險管理部分研究範圍僅於橋梁風險評估部分，對於應用保險等分險轉嫁對策則非在本研究範圍中。
8.請於期末報告說明橋梁監測後處理部分及 FRP 格網的施工方式（如搭接方式等）。	8.感謝委員寶貴意見，將於期末報告中詳述。
交通部公路總局	
1.橋梁檢測週巡查，建議加入每月一次的夜間巡查（參照交通部頒公路養護手冊）。	1.夜間巡視係檢查燈光照明設備等之損害及故障狀況，與本草案第二大項之檢測項目無關，故不建議加入。
2.第 143 頁檢測方式係依照交通部頒「橋梁一般目視檢測手冊」，交通部現行機制係參照公路養護手冊辦理。	2.感謝委員寶貴意見，並已修正於報告 P.135 中。
3.第 154 頁落橋評估項目說明，其中第 10 項橋址震區現已修改為二區，請配合修正。	3.感謝委員寶貴意見，並已修正於報告 P.145 中。
4.高公局、公路總局目前擬試辦位於不同河系、不同地質段橋梁施設不同沖刷監測系統以了解成效，建議期末報告提供國內外不同沖刷監測系統成效及適用性資料，俾供公務機關參考。	4.本研究團隊將針對高公局、公路總局所擬辦之監測系統進行相關資料之搜集，並於期末報告中提供所彙整支國內橋梁監測案例，供公務機關參考。
台北市政府新建工程處	

1.請說明對不同自行車使用者，於車道設計及車道設置實體分隔之考量為何？	1.從安全性考量，速度較快或車道數多之道路，易發生危險，應採取實體區隔；而速度慢或車道數少之道路，可採用標線分隔，並於鄰近路口前，做終止處理，並於期末報告第 2.4.1 節說明。
2.建議納入國內外橋梁監測預警技術及傳輸技術之案例說明。	2.將針對橋梁監測預警技術及傳輸技術進行案例彙整。
3.期末報告請說明透水磚的後續養護方式。	3.透水性鋪面維護是以恢復透水功能，其次針對磚損壞、沉陷等，進行範圍性更換，本研究已於期末報告第 2.3.3 節說明透水磚後續養護方式。
高雄市政府	
1.建議緊急運送道路路網建置應儘快建立，另緊急運送道路路網查詢系統應開放給一般民眾及救災團體使用。	1.緊急運送道路路網系統主要是讓各縣市上傳或下載緊急運送道路規劃成果，無查詢之功能。
2.緊急運送道路立即修復的機制及程序，建議建立一套可行的標準作業程序。	2.緊急運送道路的搶修機制及程序應依照各縣市地區災害防救計畫之規定。
3.建議訂定 FRP 材料施工、檢驗規範等以利推行。	3.本年度已研擬 FRP 材料設計、施工及檢驗相關手冊(草案)，並於 99 年計畫中執行相關準則之建立。
台北縣政府	
1.緊急運送道路之檢核表建議依鄉鎮市的不同特性而有所彈性，部份檢核項目是否有其必要性，請研究團隊釐清。	1.研究團隊，已在期中報告後，重新針對檢核表內的項目重新劃分並考慮不同災害之影響，重新將檢核表之權重，進行專家問卷，會於期末報告中呈現。
本署道路工程組	
1.第 107 頁第 3.2.2 節，請加強探討國內外自行車道相關文獻及案例，有關市區道路自行車設計準則於本部 98 年 4 月 29 日發布之「市區道路及其附屬工程設計規範」已有專章規定，建議將相關設計規定予以納入。	1.感謝委員指導，本研究將持續收集、彙整國內外自行車相關文獻、案例及研究報告，並已於期末報告提出，同時將「市區道路及其附屬工程設計規範」納入規劃設計原則之參考依據。

附錄(五) 98 年期末審查會議意見回覆表

審 查 意 見	回 覆 意 見
曾組長志煌	
1.橋梁檢測制度訂定後，應儘速落實。	1.感謝委員意見，並將儘速落實。
2.FRP 材料應用於補強是一優良的材料，但在新建工程部分，因係脆性材料，是否可滿足設計上之韌性需求。	2.感謝委員意見，對於材料特性可做之安全設計已於期末報告 3.6.2.3 節中詳述，以提升使用者信心。
3.監測部分最困難之處在於預測之準確性及預警系統的執行，研究單位是否可考量進行實際示範案例。	3.預警之準確性關係到橋梁之結構設計、橋梁所在之地理環境條件、儀器的選擇、最重要的是在須有長期間的監測資料，才可有效訂定預警值，惟在本計劃有限的經費與時間內，恐無法進行實際案例，但以彙整國內案例進行橋梁監測系統說明。
4.自行車道應有檢核機制，以作為需求掌控及車道設施改善依循。	4.感謝委員意見，檢核機制應屬於維護管理階段，建議後續研究可朝此方向進行，以提昇自行車道品質。
5.考量服務水準，D 級以上可設置自行車專用道，D 級以下服務水準應有替代方案，如改道，或是改走巷道。	5.感謝委員意見，已於期末報告 2.4.1 節詳述，作為地方政府機關參考依循。
6.鋪面部份，應考量人孔蓋，如那些人孔蓋須調降。	6.關於人孔蓋部分，請參閱 96 年度成果報告書。
7.林邊鄉緊急運送道路規劃為自行規劃，並自行評分，易造成爭議，請說明是否有更為客觀之作法。	7.關於此部分，明年度將選擇一個災區縣市當作示範區域。
8.報告書最後所提的建議部分，意見應更為細緻，建議能有更具體的建議。例如：規劃直升機平台即是很好的建議。	8.感謝委員意見。

9.請釐清緊急運送道路查詢系統之使用者為何？該如何宣導此系統為佳？	9.基本上使用者為防救災相關業務之人員，研究團隊每年都會舉辦教育訓練課程，教導縣市政府使用。
鄧副所長文廣	
1.請說明緊急運送道路檢核表之問卷內容採用何種方式？建議將相關資料置於附件。	1.透過 AHP 問卷的方式來進行，已將相關資料放入附錄(一)。
2.請說明緊急運送道路檢核表中，配比與配分之分數如何得知？例如：緊鄰與連接之定義為何？	2.透過 96.97.98 年的報告不斷的修正而來，並透過 AHP 權重分析法得到分數。緊鄰與連接的定義，位於緊急運送道路 200 公尺內之避難據點就屬於緊鄰或連接。
3.如何評估緊急運送道路檢核表中之路樹、鐵桿鏽蝕等項目，建議應有明確定義，各項名稱可再做修正。	3.本研究團隊會於明年報告書內做修正。
4.透水性鋪面中，JW 工法屬於專利產品，是否檢討刪除。	4.改謝委員指導，JW 工法因涉及專利問題，故刪除。
5.自行車專用道即使調整至 1.7 m，仍會遭到汽車佔用，建議設置實體區隔設施。	5.感謝委員意見，本團隊已於期末報告 2.4.1 節補充說明，自行車專用道先以調整寬度，其次才設置實體區隔，以保障自行車者路權。
6.有關高速公路養護手冊提到剛性鋪面維護工法是否適宜。	6.本團隊引用剛性鋪面維護工法作為透水性鋪面養護工法參考依循，並加以修正，以符合透水性鋪面養護工法之一。
7.有關橋梁風險評估部分，計畫內容係以目前業使用中之各項災害評分表作為風險因子的定義，但實際使用上可能存在許多無法做到的選項部分，另外災害是否要分開評估或是統一評估，也是一項值得研究的課題，建議以示範案例的方式再進一步研究。	7.今年選用使用中之各項災害評分表作為風險因子的定義，目的在於簡化實際作業人員之工作量，使用上亦可能發生無法做到的選項部分，故將於明年度計畫進行示範案例，以修正研究成果。另亦將對災害是否要分開評估或是統一評估進行研究探討。
交通部公路總局	
1.計畫中橋梁風險評估，採現行災害評分表初評結果加上風險機率，但因橋	1.計畫中橋梁風險評估，採現行災害評分表初評結果加上風險機率，將於明年度

梁所在地理位置及條件都不一樣，因此所做出的風險評估結果，是否可確實反應真實情況，希望可以在明年度的示範案例結果中看到。	進行示範案例，以了解於不同地理位置及條件之橋梁所做出的風險評估結果，是否可確實反應真實情況。
2.建議橋梁監測部分加入預警系統，如蜂鳴器、柵欄等，使監測系統更為完整。	2.已於 3.5.3.2 節緊急應變處理措施中加入相關文字敘述，並考量災害發生時恐造成電力中斷，蜂鳴器建議可採用電線與電池通用之型式或以太陽能等可自行儲電之型式。
高雄市政府	
1.地方政府於執行時，FRP 材料的使用需有明確的設計、施工及驗收規範，建議研究團隊在後續研究中研擬各項規範。	1.感謝委員意見，本年度已對 FRP 材料的設計、施工及驗收訂定相關手冊，並將於明年度計畫中進行各項規範之研擬。
2.緊急運送道路檢核表之評估項目範圍是否過大，而造成林邊鄉緊急運送道路檢核結果比想像中還低。	2.基本上本表主要在檢核市區道路內緊急運送道路，因此，就算他聯外道路多，但沒有連接到避難據點，而災害潛勢危險度也高，因此造成分數不高。
3.目前國人自行車使用狀況，大都以小折為主，因而失竊情形頻傳，該如何改善？	3.建議可設置停車場或採用收納櫃方式提供自行車停放。或建議民眾多使用公共單車。
台北市政府	
1.建議牽引道設置，中間需有平台設施，供民眾短暫歇息。	1.感謝委員意見，本團隊已於期末報告 2.4.1 節補充說明，建議牽引道新設於人行立體穿越設施，中間須有平台設施，供民眾短暫歇息。
2.應考量既有立體穿越設施(人行陸橋、地下道)坡度，設置牽引道。	2.感謝委員意見，本團隊已於期末報告 2.4.1 節補充說明，針對既有立體穿越設施，牽引道宜配合既有陸橋、地下道坡度設置。
本署道路工程組	
1.本專案全程為 96 年至 99 年為期四年，有關簡報資料 99 年度工作項目，依本計畫委託專業服務邀標書陸、計畫管考六、「本署得依業務之	1. 99 年工作項目及績效指標規劃，將配合國內現況需求並與營建署協調以修正研究項目，針對推動市區道路節能減碳機制、建立橋梁安全管理機制及緊急運送

需求，調整工作計畫項目時程」。爰建議執行單位與作業單位儘速協調，針對推動市區道路節能減碳機制、建立橋梁安全管理機制及緊急運送道路示範案例等整合以提升整體效益（outcome），為規劃 99 年工作項目及績效指標。	道路示範案例等整合以提升整體效益。
主席結論	
1.本計畫執行面爾後請研究單位思考如何將研發成果配合地方政府加強落實於待改善之市區道路及其附屬設施、工法推廣、教育訓練等，以達到計畫在實務應用上之成效。	1.研究單位明年度除持續辦理研討會、專家座談會及成果發表會外，亦將建立依資訊平台，將研究成果藉由此資訊平台展現，並設立一討論空間，提供地方政府對計畫成果之相關意見答覆。

附錄(六) 98 年度摘要說明書審查意見及回覆辦理情形

政府科技計畫審查意見回覆

審議編號 98-0801-02-05-02

計畫名稱 市區道路及其附屬設施技術發展中程綱要計畫(3/4)

申請機關 內政部營建署

計畫群組 環境科技

審查意見	部會署說明
本計畫所植基的策依據主要為:全國科學技術會議國家科學技術發展計畫遠景與重要措施第五項促進科技民生應用，強化社會互動發展之(二)環境科技與永續發展，包括環境品質之提升、全球環境變遷之因應、防災科技之研發與應用推廣、知識型水利產業之發展、能源科技應用發展等政策需求。所依據之政策基本上是行政部門提列之「營建科技政策與措施」。而本計畫內容其實也是政策依據中的「重要措施」，對於政策願景的落實並不明顯，亦即未能積極回應政策目標。	感謝專家委員提供寶貴意見。 本案為四年期之技術研發計畫，基於全國科學技術會議國家科學技術發展計畫遠景與重要措施第五項促進科技民生應用，強化社會互動發展之(二)環境科技與永續發展，本計畫擬加強研究營建廢棄物資源再利用及新材料新工法，3 年內將市區道路鋪面提升符合環保材質達四分之一，在橋梁補強上應用，亦可減輕資源的浪費，藉以提昇環境之品質。另對於防災科技之研發與應用推廣，本計畫將針對 25 縣市的防災道路規劃情形進行檢核及研究，98 年度將建立防災道路規劃與評估檢核系統，並進一步完成防災道路及其附屬設施維護管理系統，最終目標為降低各種災害所發生的損失。
1.本計畫為提升市區道路及其附屬設施規劃、設計、施工、維護管理及監測技術，並融入低環境衝擊，進而達到公共工程優質化與永續發展之目標。98 年度係市區道路及其附屬設施技術研發計畫之第三年度計畫，除持續強化前兩年度之研究成果與應用，且持續進行市區道路、橋梁之技術研究，並結合相關研究成果，建立防災道路規劃準則與評估準則。建議應加強整合運用各地區之經驗，提高計畫實際效益。 2.計畫之實際內容大都屬一般之工程技	感謝專家委員提供寶貴意見。 1.本計畫為達到公共工程優質化與永續發展之目標，將於 98 年度積極強化前兩年度之研究成果與應用，利用研究成果，建立防災道路規劃與評估準則。於計畫執行期間，將邀集各縣市政府道路管理主辦單位，定期召開工作會議交換意見，期透過工作會議，確實掌握各地方政府執行相關工作之困難及需求面，藉以修正未來計畫研究方向，俾達到整合並運用各地方政府之經驗，使計畫成果可以順利落實及運

術及材料（除了都市綠廊道及再生資源外），且新材料由摘要看來屬建築物並非市區道路之建材。就執行內容言，本計畫在「市區道路及其附屬設施」之營建管理層面佔較高比重，建議本計畫劃歸科技服務群組審查比較合適。不過，由因政策依據及發展應用來看，仍屬環境科技群組，因此，本計畫應加強新材料的應用與研發，以及廢棄物再生利用技術之研發。

用，提高計畫實際效益。

2. 本計畫進行廢棄物資源再生利用，多元性材料之技術研究與推廣，並應用於市區道路及橋梁之維護補強，使之延長使用壽命並降低對自然環境之衝擊，達到資源永續利用之目標。為達成此目標，除了在材料面上之應用研究外，亦須要配合適當之維修系統與養護工法，並利用適當監測技術與回饋分析方法，了解實際應用上之成效，後續才可建立準則及法規，本四年期之計畫於 97 年度完成材料面上之應用研究，98 年度將進行維修系統、養護工法及監測技術與回饋分析方法之研究，以達成計畫總目標。

附錄(七) 98 年度綱要計畫書審查意見及回覆辦理情形

政府科技計畫審查意見回覆

審議編號 98-0801-02-05-02

計畫名稱 市區道路及其附屬設施技術發展中程綱要計畫(3/4)

申請機關 內政部營建署

計畫群組 環境科技

審查意見	部會署說明
一、計畫內容是否已對摘要審階段之審查意見作合理回復並反映於計畫書內？	
關於: (1)本計畫應建立「防災道路規劃準則與評估準則」，並加強整合運用各地區之經驗，以提高計畫實際效益； (2)本計畫應加強新材料的應用與研發，以及廢棄物再生利用技術之研發。等兩項較明確之審察意見，仍未獲正面回應，如上述意見超出計畫之研究與預算範圍，而無法執行時，亦請執行單位如實答覆。	(1)建立之防災道路規劃與評估準則，已調整工作項目時程於 97 年辦理，98 年將藉由與地方政府防災道路規劃實際運作進行修正，提高計畫效益。 (2)有關新材料與新技術的應用與研發，已於 97 年度引進低衝擊開發之技術以纖維高分子複合材料應用於市區橋梁之興建與補強，98 年度工作重點為對上述技術與材料進行維修系統與養護工法研究，98 年將針對過去廢棄物再生利用應用於透水性鋪面之技術，研擬養護工法。
二、評述計畫架構與內容之合理性與可行性	
(一)計畫目標與內容分成三部分，(1)提升既有市區道路品質，(2)提升既有市區橋梁品質及(3)防災道路維護管理，此三部分彼此有關係，對於彼此的關係則未能加以聯結。(二)計畫的每年項目很多，若只當成單一計畫委託，恐很難有單一單位可以承接，但因經費皆只五百萬上下，是否要分成子計畫，則應加以審視。(三)有關提升市區道路品質分項計畫，在提升都市透水及保水環境方面，本計畫並未探討綠廊帶規劃、都市植栽、道路排水設計與生態工法之結合方式，建議應與相關計畫進行整合。至於人本觀念方面，除	綠廊帶規劃、都市植栽、道路排水設計與生態工法之結合方式已於本(97)年度工作計畫進行中考量 98 年納入整合綠運輸之相關研究成果，以進行自行車道與交通靜穩區之路面設計與評估分析。

應考量人行道設施外，應整合綠運輸之相關研究成果，以進行自行車道與交通靜穩區之路面設計與評估分析。	
三、本計畫內容如與其他計畫有重複，重複之處為何？修正之建議	
(一)本計畫雖與其他計畫無實質重複，但研究重點過於集中於路面材料與鋪面工程技術，對於政策目標所揭示之防災、永續與人本等方面之觀點著墨太少，建議應參酌相關計畫之成果，將研究範圍擴大，以期符合政策目標。(二)跟本計畫相關之研究，過去在工程會、災防會與國科會有些相關的研究，可納入參考。(三)計畫所敘內容應明列是否為本期之計畫重點？例如應用環保材料、人行道法規、彙整國內外道路養護工法及道路維護管理、現有的檢測系統、補強技術、防災道路規劃與評估等，皆有與過去重覆之嫌，最好能具體區分各年之內容，以免重覆。	將再對相關計畫進一步蒐集彙整，併納入參考。 本計畫 98 年研究重點則對養護、監測之方法進行研究。防災道路方面 98 年計畫重點係藉由過去研究及示範案例落實並驗證成果，使市區防災道路規劃、評估制度更加完善，雖與過去計畫皆有相關，但應無重覆。
四、本計畫應與其他計畫作上、中、下游整合或橫向連結之建議	
(一)本計畫內部之三項子計畫之間應加以整合。(二)對於國家防災體系與分項計畫--防災道路之管理--之關係應納入考慮。(三)與都市道路及橋梁的興建與擴建等相關實施計畫之關係應加以連結。	(一)本計畫研究成果相互為用，達到安全、舒適及友善環境之「優質道路」。 (二)配合災防會相關計畫已於本(97)年度建立防災道路的應變機制，使該應變機制，納入現有之防救災體系。 (三)將配合道路主管機關，完成道路與橋梁相關研究成果之示範案例，使計畫成果可實際推行於實務上。
五、評估本計畫可達成的預期效益與績效，並請說明是否合理	
(一)依研究報告內容所述，本計畫之預期成果包含：(1)防災道路規劃與評估準則；(2)市區道路與附屬設施維修系統與養護工法之研擬；(3)市區橋梁補強標準作業流程與檢核機制之研擬；以及(4)促進地方政府推動市區道路及其附屬設施對防災觀念及環境保護與橋梁延壽之相關工作及技術。惟有關永續與人本等方面之政策目標，均無落實作法，建議整合相關計畫之成果，並納入修正計畫書	(一)對永續與人本方面之政策目標，將整合相關計畫之成果，並納入修正計畫書中。 (二)應可於計畫時程內完成，惟實際應用之效益需較長時間之觀察，才可得知效益。

中。(二)相關績效及說明很完整，但內政部之研究應屬應用研究，對於新材料部分及新技術部分，是否來得及在三年內完成，並達成應用的效益應予審度。	
六、本計畫若有前期或相關計畫，請評述過去之執行績效，並建議有效評估本計畫之主要績效指標（KPI）	
(一)過去兩年的績效描述相當完整。若研究過程中，能就可能影響的道路系統及橋梁與防災道路提出量化的評估資料，應會更具體。過去已有些調查資料可用來界定本次研究的範圍及影響所及。(二)本計畫所列舉之直接效益，諸如「符合永續發展、環境友善性之道路維護管理系統」，「提升人民的生活品質同時改善都市景觀以及提升都市之防災整備力」，以及間接效益，如(1)節省旅行時間及成本；(2)提昇旅行可靠度；(3)提昇市區道路環境品質；(4)增進運輸安全；(5)促進經濟繁榮；(6)均衡區域發展；(7)提高土地價值；(8)民眾安心安全上路；(9)增加都市災害防救之強度；(10)增加民眾對都市的認同等，應考慮如何加以量化，並進行評估。	(一)本研究過去已掌握許多調查資料，此部分資料可用來界定本次研究的範圍及其影響所及。 (二)本計畫所列舉之預期效益部分是屬於定性化之效益，例如增加民眾對都市的認同、民眾安心安全上路等，係屬民眾心理層面上之體認。本研究將進一步思考如何加以量化，並進行評估。
七、對計畫執行之建議及綜合意見	
(一)研究重點過於集中於路面材料與鋪面工程技術，對於政策目標所揭示之防災、永續與人本等方面之觀點著墨太少，建議應參酌相關計畫之成果，將研究範圍擴大，以期符合政策目標。(二)為了能夠具體發揮作用，應考慮中央與地方之合作及示範計畫執行機制，將之納入研究過程，且可以包含地方說明會及技術講習會。(三)本計畫所列舉之直接與間接效益，應考慮如何加以量化，並進行評估。	(一)在永續考量上，藉由市區道路與市區橋梁於維修、養護及材料面之研究，延長市區道路及其附屬設施之生命週期，並運用綠色材料等使資源永續化。在人本考量上，則由防災道路、市區道路與市區橋梁整體計畫成果，建構用路人安心、安全且舒適之市區道路系統。 (二)本計畫將配合地方政府，進行相關研究成果之示範案例建立，並舉辦多場研討會與成果發表會，使計畫成果可實際推行於實務面上，發揮具體作用。 (三)本研究將對所列舉之直接與間接效益，進一步思考如何加以量化，以利後續評估。

八、評述本計畫資源投入之合理性	
(一)本計畫應將部分資源投入與政策目標相關之研究，舉例如下：(1)生態工法之綠廊帶規劃、都市植栽，與道路排水設計；(2)人行道設施、自行車道與交通靜穩區之路面設計。(二)應考慮是否有實驗之需要，對於檢測及實驗設備是否包含在計畫之中，將影響計畫的可行性及經費。	(一)生態工法之綠廊帶規劃、都市植栽，與道路排水設計已於本(97)年計畫執行中；自行車道與交通靜穩區之路面設計未來將於計畫中予以考量。 (二)本計畫目前尚無實驗之規劃，惟示範案例之推行可能會需要相關之檢測及實驗設備，但不影響計畫的可行性及經費。
可暫緩執行或不執行之項目及建議刪減經費理由說明	

附錄(八) 98 年度座談會會議記錄

一、邀請協力機構學校緊急運送道路研習會

時間：中華民國 98 年 6 月 9 日

地點：台北科技大學 4 樓會議室

主持人：張寬勇

研習議程：

時 間	議 程
9:30-9:45	計畫簡介
9:45-10:15	緊急運送道路規劃與評估準則介紹
10:15-10:45	台北縣石碇鄉緊急運送道路規劃案
10:45-11:15	綜合討論

本次緊急運送道路研習會主要發文予各縣市政府及其協力機構，主要研習內容為輔導如何規劃緊急運送道路。



二、自行車道路線規劃設計之專家座談會

時間：中華民國 98 年 6 月 4 日晚上 6 點 30 分

地點：台北科技大學土木館四樓會議室

主席：鄭教授光炎

紀錄：高傳楷

出席人員：吳科長冰、陳副局長文瑞、趙編審啟宏、許教授添本、張教授勝雄、鄭教授光炎、高傳楷、梁硯翔、吳維斌、曾士倫

議題：市區道路自行車道路線規劃設計之探討



三、市區橋梁檢測制度(草案)研擬專家座談會

時間：中華民國 98 年 6 月 22 日下午 3 點 30 分

地點：台北科技大學工程學院二樓研討室

主席：李教授有豐

紀錄：李俊德

出席人員：吳科長冰、趙編審啟宏、陳教授清泉、高教授健章、何副組長鴻文、賴
副理順政、李教授有豐、林組長安彥、李俊德

議題：市區橋梁檢測制度(草案)之研擬

專家意見(節錄)

- 1.市區橋梁檢測人力不足可否考量結合土木學子，以短期工讀方式，先由資深工程師上課，配合實習培養在校生工程能力。
- 2.國內橋梁檢測人員資格取得與上課內容、時數之制度不一，是否該藉由相關單位進行課程之規劃研究，並建議採回訓制度精進檢測能力。
- 3.縣市政府管理市區橋梁檢測人員流動性高，難以有效掌握該區橋梁狀況，建議委由專業顧問公司進行檢測，惟檢測人員之專業資格需有相關認證。
- 4.目前自行檢測依然存在檢測品質結果不一致之問題，可朝抽驗複查方式去檢討自行檢測之水準。
- 5.特別檢測是否因地制宜，如在地震達一定程度或雨量達到某種程度之區域橋梁，予以進行特別檢測，以減少人力及物力。
- 6.縣市政府橋梁管理包含交通部所屬之市區橋梁及內政部所屬之市區橋梁，檢測人員也很難判定，且檢測制度亦不相同，應予以統一。
- 7.建議未來可發展系統化檢測制度，藉由劣化現象可快速對應適當之補強方式。
- 8.報告中應將市區道路所遇到之問題寫入，對 2 種不同系統之橋梁，是否可先釐清。
- 9.建議後續研究以問卷調查方式，使所提出之草案可實際應用。

四、提昇既有市區橋梁品質研究專家座談會

時間：中華民國 98 年 11 月 12 日下午 4 點

地點：台北科技大學工程學院二樓研討室

主席：李教授有豐

紀錄：李俊德

出席人員：科長冰、陳教授清泉、高教授健章、廖組長肇昌、何副組長鴻文、李教授有豐、李俊德

議題：市研究成果專家座談

專家意見(節錄)

- 1.市區橋梁檢測制度草案中，橋梁工程司建議改為橋梁工程師。
- 2.市區橋梁檢測制度草案中橋梁工程司人力配置標準是否須建議，如以橋梁總數、總長度、密度或距離等。
- 3.橋梁檢測設備是否需要標準化，或由中央統一採購分配給各管理單位。
- 4.洪水及土石流之監測設備必須具備堅固性及耐用性，可否考慮採用遠距監測技術，於豪大雨及颱風警報發佈時啟動監測。因此在安全監測制度上，是否考慮擬出在此一期間的監測作業流程及辦法。
- 5.FRP 棒的設計與應注意事項是否能訂入橋梁設計規範中，至少使其可使用於特殊環境或可先部份取代鋼筋。
- 6.以八八水災後橋梁受損情形，可發現橋梁有其他破壞模式，應於風險評估上做其他破壞模式之考量。
- 7.橋梁檢、監測作業可委由技術服務廠商辦理，惟宜依其委託規模配合採購法之規定施行之。另委由技術服務廠商辦理時，應考量檢、監測之長期性、連續性及專一性進行發包。

五、自行車道路線規劃設計手冊之專家座談會

時間：中華民國 98 年 11 月 26 日下午 2 點 30 分

地點：台北科技大學土木館二樓會議室

主席：鄭教授光炎

紀錄：高傳楷

出席人員：吳科長冰、曾組長志煌、陳副局長文瑞、謝總工程司銘鴻、許科長文彬、

鄭分隊長惠心、蔡教授仁惠、鄭教授光炎、高傳楷

議題：市區道路自行車道路線規劃設計手冊之探討

專家意見(節錄)

- 1.自行車道設置，在安全上考量應著重在以標誌、標線及號誌方式，提供車輛、自行車及行人有關道路路況資訊，以便利行旅及促進安全為目標。
- 2.自行車道寬度建議，目前各國尚無定論，多以自行車寬度加操作間距估計，以敦南自行車道為例，其寬度設計是否可避免汽車駛入。
- 3.側向安全淨寬第四項，機動車輛行駛產生側向風力之影響是指車道上設置自行車道，而非自行車專用道路。
- 4.援引公路橋樑設計規範於市區道路之適用性？如橋梁規定保護其腳踏車者欄杆之最小高度應為 1.4m，量自腳踏車之行駛面至欄杆頂部與手冊建議 1.2 至 1.4m 不同。
- 5.手冊中部份名詞(自行車、腳踏車)宜離清統一，目前國內分類，自行車包括腳踏自行車、電動腳踏車、電動輔助自行車。若稱腳踏車係指腳踏自行車。
- 6.自行車租賃服務及公部門整合、法規修訂及教育宣導屬於推動策略，不宜納入規劃設計手冊。
- 7.同路段之照明設備應統一，並採用庭園燈即可提供足夠使用。