

內政部營建署

市區道路及其附屬設施技術研發計畫

成果報告書

委託單位：內政部營建署

執行單位：國立臺北科技大學

中華民國 99 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

成果報告書

委託單位：內政部營建署

執行單位：國立臺北科技大學

中華民國 99 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 臺北科技大學土木系教授

協同主持人 林鎮洋 臺北科技大學土木系教授

協同主持人 張寬勇 臺北科技大學土木系副教授

協同主持人 鄭光炎 臺北科技大學土木系副教授

研究助理 李俊德 臺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.....	15
1.4 99 年度工作內容	16
1.4.1 市區道路相關工作內容.....	16
1.4.2 市區橋梁相關工作內容.....	18
1.4.3 緊急運送道路相關工作內容.....	20
1.4.4 研究計畫研討會成效.....	21
二、提昇既有市區道路品質研究.....	22
2.1 前言.....	22
2.2 研究方法與文獻回顧	22
2.3 市區道路維護管理系統	23
2.3.1 再生材料之應用於道路之維護與管理.....	25
2.3.2 透水性鋪面系統維護管理.....	37
2.3.2.1 透水性鋪面種類	38
2.3.2.2 透水性鋪面養護工法	39
2.4 永續環境與發展之市區道路新建及維護管理系統之研擬	44
2.4.1 低衝擊開發設施設計原則	47
2.4.2 自行車道系統規畫設計.....	83
2.4.2.1 依安全性規劃設計原則設計	85
2.4.2.2 依便利性規劃設計原則設計	98
2.4.2.3 依環境友善規劃設計原則設計	106
2.4.2.4 自行車道之國內外文獻探討及案例研析	110
2.4.2.5 建議	135

2.5 市區道路相關法規之探討與建議	137
2.6 小結	144
三、提昇既有市區橋梁品質研究	145
3.1 前言	145
3.2 研究方法與文獻回顧	147
3.2.1 研究方法與架構	147
3.2.2 文獻回顧	149
3.3 建立市區橋梁檢測、評估與延壽之準則	152
3.3.1 市區橋梁檢測制度	152
3.3.2 市區橋梁承载力能力與耐震評估	159
3.3.2.1 橋梁結構承载力評估	159
3.3.2.2 橋梁結構耐震能力評估	166
3.3.3 市區橋梁應用 FRP 材料補強之準則	177
3.3.3.1 FRP 貼片補強橋柱之準則擬定	178
3.3.3.2 FRP 貼片補強梁構材之準則擬定	196
3.3.3.3 FRP 格網補強版構材之準則擬定	207
3.4 市區橋梁受水災風險評估	217
3.4.1 風險評估基本流程	217
3.4.2 橋梁耐洪風險評估案例探討	220
3.5 FRP 材料應用於緊急救災便橋構想	246
3.6 小結	250
四、緊急運送道路規劃之研究	252
4.1 前言	252
4.2 成果回顧與文獻回顧	253
4.2.1 成果回顧	253
4.2.2 文獻回顧	255
4.3 緊急救災機制	259

4.3.1 緊急救災機制規劃依據.....	259
4.3.2 緊急救災機制規劃目的.....	259
4.3.3 啟動時機.....	259
4.3.4 緊急救災機制流程.....	260
4.3.5 災前對策.....	264
4.3.6 緊急應變對策.....	288
4.3.7 災後復建.....	292
4.4 緊急運送道路及其附屬設施規劃與評估準則.....	293
4.4.1 現地調查.....	297
4.4.2 天然災害潛勢調查.....	298
4.4.3 調查各救災據點與避難據點.....	298
4.4.4 劃設緊急運送道路.....	299
4.4.5 檢核緊急運送道路.....	300
4.5 蘆洲市緊急運送道路規畫案例.....	307
4.6 高雄市三民區緊急運送道路規畫案例.....	332
4.7 緊急運送道路及其附屬設施維護管理系統.....	355
4.8 小結.....	364
五、結論與建議.....	365
參考文獻.....	370
附錄(一) 橋梁耐洪能力影響因子權重問卷之統計資料.....	I
附錄(二) 橋梁耐洪風險評估示範案例.....	I
附錄(三) 工作計畫書研商會議審查意見回覆表.....	I
附錄(四) 期中報告審查意見回覆表.....	I
附錄(五) 期末報告審查意見回覆表.....	I

表目錄

表 1.1 產、官、學界參與研討會人數統計.....	21
表 2.1 底渣、廢紅磚和廢混凝土塊工程性質與天然砂石比較.....	25
表 2.2 再生材料應用於道路工程.....	26
表 2.3 目前常用廢棄物再生材料之特性分析.....	26
表 2.4 各項試驗相關作業.....	33
表 2.5 現地試驗之工作項目表.....	35
表 2.6 現地鋪設各階段成效評估表.....	35
表 2.7 透水性鋪面養護時機.....	40
表 2.8 透水性鋪面養護工法.....	41
表 2.9 表透水性鋪面結構剖面圖.....	61
表 2.10 圓形與水管渠設計規範.....	75
表 2.11 各類型自行車道寬度建議值.....	87
表 2.12 車道服務水準.....	87
表 2.13 行人交通服務水準.....	88
表 2.14 自行車道平曲線最小半徑.....	89
表 2.15 自行車道縱坡度與縱坡長度限制.....	90
表 2.16 自行車道於路口交叉之處理方式.....	98
表 2.17 自行車道之容量標準.....	124
表 2.18 自行車於現行法規之主要規範內容.....	137
表 2.19 市區道路及附屬工程設計標準.....	138
表 2.20 臺北市市區道路管理規則.....	140
表 2.21 臺中市道路管理規則.....	141
表 2.22 高雄市市區道路工程設計自治條例.....	141
表 2.23 相關法規探討及修訂建議.....	143
表 3.1 縣/市政府橋梁特別檢測評估表.....	158

表 3.2 LRFR 之極限狀態分類(AASHTO, 2003).....	161
表 3.3 各種 FRP 產品比較表.....	178
表 3.4 FRP 完工後之缺陷與其處置方法.....	195
表 3.5 孔洞、氣泡處置方式.....	195
表 3.6 環境影響因素折減係數表.....	199
表 3.7 耐久性折減係數值.....	200
表 3.8 各材料平衡鋼筋比(5,000 psi)	202
表 3.9 PCM 的必要物理性質(橋面版等).....	215
表 3.10 PCM 的必要物理性質(斷面修復等).....	215
表 3.11 PCM 成品管理基準.....	216
表 3.12 環氧樹脂成品管理基準.....	216
表 3.13 橋梁環境影響程度指標各項目意義說明.....	223
表 3.14 橋梁耐洪能力危害度指標各項目意義說明.....	224
表 3.15 橋梁環境影響程度評估指標各項目之權重表.....	225
表 3.16 橋梁耐洪能力評估指標各項目之權重表.....	225
表 3.17 橋梁環境影響程度評估指標.....	226
表 3.18 橋梁耐洪能力危害度評估指標.....	227
表 3.19 橋梁環境影響程度等級分數.....	228
表 3.20 橋梁耐洪能力危害度等級分數.....	229
表 3.21 淡水河流域橋梁耐洪風險評估表.....	234
表 3.22 大安溪、大甲溪、濁水溪流域橋梁耐洪風險評估表.....	239
表 3.23 北港溪、朴子溪、八掌溪流域橋梁風險評估結果表.....	244
表 3.24 淡水河流域橋梁風險評估排序與專家排序比較.....	245
表 3.25 大安溪、大甲溪及濁水溪流域橋梁風險評估排序與專家排序比較.....	245
表 3.26 北港溪、朴子溪、八掌溪流域橋梁風險評估排序與專家排序比較.....	246
表 4.1 緊急輸送路網的分類表(東京都地域防災計畫).....	258
表 4.2 市區道路檢查表.....	264

表 4.3 公路橋梁安全初步評估表(耐震能力)-落橋評估	267
表 4.4 公路橋梁安全初步評估表(耐震能力)-強度韌性評估	270
表 4.5 公路橋梁安全初步評估表(耐震能力)-穩定性評估	271
表 4.6 公路橋梁安全初步評估表(耐洪能力)	276
表 4.7 土石流橋梁橋梁安全初步調查表	281
表 4.8 市區道路附屬設施檢查表	283
表 4.9 災害通報表	284
表 4.10 裝備管理表	285
表 4.11 機具維護表	286
表 4.12 人力資源表	287
表 4.13 協力廠商表	287
表 4.14 緊急運送道路機能調查表	289
表 4.15 交通管制類型	291
表 4.16 受災程度判斷表	292
表 4.17 重建調查表	293
表 4.18 防救災據點調查表	299
表 4.19 緊急運送道路分類表	299
表 4.20 緊急運送道路機能檢核表	302
表 4.21 蘆洲市 99 年 9 月人口統計資料表	308
表 4.22 民國 52 年至 61 年間蘆洲地區的水患	311
表 4.23 蘆洲市近 3 年重大淹水地區表	311
表 4.24 大臺北防洪計畫防洪工程構造物一覽表	312
表 4.25 疏洪建設年表	312
表 4.26 避難與救災據點調查表	319
表 4.27 臺北縣蘆洲市參訪照片	321
表 4.28 蘆洲市緊急運送道路檢核表	327
表 4.29 高雄市三民區 99 年 9 月人口統計資料表	333

表 4.30 防救災據點調查表.....	342
表 4.31 高雄市三民區參訪照片	344
表 4.32 三民區緊急運送道路檢核表	350

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 2.1 鋪面維護時機	24
圖 2.2 再生材料應用道路工程之評估流程	30
圖 2.3 廢棄物再生材料應用於市區道路之設計原則	31
圖 2.4 審查機制預期功能示意圖	36
圖 2.5 透水性鋪面與不透水性鋪面之水循環比較	38
圖 2.6 國內常用之透水性鋪面種類	39
圖 2.7 低衝擊開發場址設計	46
圖 2.8 生態滯留槽剖面構造示意圖	48
圖 2.9 生態滯留槽於賓州大學道路旁	49
圖 2.10 滯留池	50
圖 2.11 生態滯留槽於西雅圖停車場內	51
圖 2.12 文修公園生態溝渠	52
圖 2.13 本和里莊敬公園滯洪池	54
圖 2.14 西雅圖郊區旁草溝排水系統	55
圖 2.15 滲透淺溝表面植草	56
圖 2.16 草帶於西雅圖道路旁	57
圖 2.17 高雄市博愛路人行道旁	58
圖 2.18 民生二路與市中一路交叉口之綠帶	58
圖 2.19 高雄女中旁之綠帶	59
圖 2.20 日本昭島市試鋪透水性鋪面之結果	62
圖 2.21 日本京都市區透水性人行道施工中與施工完成	63

圖 2.22 日本東京都(杉並區)透水性鋪面試驗車道	63
圖 2.23 排水性鋪面對日本高速道路交通事故降低之成效	64
圖 2.24 排水性鋪面對噪音的抑制	64
圖 2.25 無細骨材混凝土鋪面停車場	66
圖 2.26 石牌國小旁人行道透水混凝土鋪面使用狀況	70
圖 2.27 石牌國小杜鵑颱風觀測結果	71
圖 2.28 北安路四種透水性鋪面形式上差異	72
圖 2.29 北安路四種透水性鋪面使用狀況	72
圖 2.31 Villanova 大學之滲透排水管	75
圖 2.32 滲透陰井構造示意圖	76
圖 2.33 東京滲透性排水系統水入滲情形	77
圖 2.34 滲透側溝構造示意圖	78
圖 2.35 道路旁施作滲透側溝	79
圖 2.36 樹箱過濾器設計概念圖	80
圖 2.37 樹箱過濾器於 Pentagon	80
圖 2.38 西雅圖道路旁的樹箱過濾器	81
圖 2.39 社區道路設置綠色道路	82
圖 2.40 臺北科技大學校園內之綠色道路	83
圖 2.41 自行車道路線規劃設計原則圖	84
圖 2.42 自行車專用道路(一)	85
圖 2.43 自行車與行人共用道(一)	86
圖 2.44 自行車專用車道(二)	86
圖 2.45 水泥混凝土鋪面	91
圖 2.46 瀝青混凝土鋪面	92
圖 2.47 護欄	93
圖 2.48 實體分隔型式	93

圖 2.49 交通標線分隔型式.....	93
圖 2.50 牽引道型式.....	94
圖 2.51 透水抗滑標線.....	96
圖 2.52 採不同顏色鋪面示意圖.....	97
圖 2.53 高雄捷運生態園區站&自行車租借系統.....	100
圖 2.54 台北市捷運結合自行車.....	101
圖 2.55 高雄市公車結合自行車.....	101
圖 2.56 台中市自行車導覽牌.....	102
圖 2.57 停車設施離出入口近.....	103
圖 2.58 自行車基本停車空間(單位：m).....	104
圖 2.59 停車架.....	105
圖 2.60 雙層停車架圖.....	105
圖 2.61 自行車停車場.....	106
圖 2.62 自行車道與公園綠地結合.....	107
圖 2.63 電力系統遷移退縮.....	107
圖 2.64 重新安排道路使用空間.....	108
圖 2.65 單向自行車道.....	110
圖 2.66 雙向自行車道.....	111
圖 2.67 丁字路口設置型式.....	111
圖 2.68 丁字路口設置型式(續).....	111
圖 2.69 十字路口警告標誌.....	112
圖 2.70 停車格設置自行車道型式.....	112
圖 2.71 美國自行車標線.....	113
圖 2.72 荷蘭自行車道.....	115
圖 2.73 荷蘭自行車專用綠燈.....	116
圖 2.74 丹麥自行車標誌.....	117

圖 2.75 丹麥公共自行車.....	118
圖 2.76 德國自行車專用道.....	119
圖 2.77 德國自行車單行道.....	119
圖 2.78 德國自行車專用號誌.....	120
圖 2.79 德國自行車停車設施.....	120
圖 2.80 慕斯特城開放式停車場.....	121
圖 2.81 慕斯特城地下立體自行車專用停車場.....	121
圖 2.82 自行車停車型式.....	121
圖 2.83 自行車專用道.....	123
圖 2.84 建築物內設置停車場.....	124
圖 2.85 曼谷市綠色單車.....	125
圖 2.86 曼谷市自行車道.....	125
圖 2.87 信義區松高路上自行車道.....	127
圖 2.88 信義區松仁路上自行車道.....	127
圖 2.89 自行車專用道行人自由穿梭.....	128
圖 2.90 穿越道採用綠色 AC 鋪面(左：日，右：夜).....	128
圖 2.91 敦化北自行車專用道.....	129
圖 2.92 敦化北自行車專用道.....	130
圖 2.93 自行車通行空間.....	130
圖 2.94 行人優先.....	130
圖 2.95 大安森林公園旁自行車道施工改善前.....	131
圖 2.96 大安森林公園旁自行車道.....	132
圖 2.97 大安森林公園旁自行車道.....	132
圖 2.98 新生南路和平東路口斜坡道.....	132
圖 2.99 中央公園捷運站外之自行車道及自行車租借系統.....	133
圖 2.100 高雄中正二路之自行車道.....	133

圖 2.101 自動化自行車租用站	134
圖 2.102 自行車道之地上標誌及車道劃分不明確	134
圖 2.103 阻車檔與綠園區易使自行車騎士行之阻礙	135
圖 2.104 五福三路之自行車租用站	135
圖 3.1 四年期程提昇既有市區橋梁品質技術研究面向	147
圖 3.2 計畫橋梁承載能力分析評估流程圖	161
圖 3.3 車道與貨車載重對簡支橋梁產生之最大彎矩圖	163
圖 3.4 車道與貨車載重對簡支橋梁產生之最大剪力圖	163
圖 3.5 HS20-44 與 HL-93 設計活載重對簡支橋梁產生之最大控制彎矩圖	164
圖 3.6 HS20-44 與 HL-93 設計活載重對簡支橋梁產生之最大控制剪力圖	165
圖 3.7 HS20-44 與 HL-93 設計活載重對簡支橋梁 1/4 跨度處產生之控制剪力圖	165
圖 3.8 ATC-40 結構性能耐震能力評估法分析流程圖	167
圖 3.9 本計畫橋梁耐震性能評估法(側推分析)流程圖(以 RC 橋墩為例)	169
圖 3.10 柱體之分析模型	171
圖 3.11 柱之塑性鉸曲率產生順序示意圖	172
圖 3.12 建議之撓曲塑性鉸設定方式	172
圖 3.13 塑鉸區剪力強度隨韌性變化關係圖	174
圖 3.14 塑鉸區柱斷面剪力強度對應的撓曲強度與塑鉸轉角關係	174
圖 3.15 柱斷面彎矩破壞模式塑鉸之設定	175
圖 3.16 柱斷面撓曲-剪力破壞模式塑鉸之設定	176
圖 3.17 柱斷面剪力破壞模式塑鉸之設定	176
圖 3.18 橋柱 FRP 剪力補強設計流程	181
圖 3.19 混凝土的應力-應變關係數值模式圖	197
圖 3.20 鋼筋應力-應變關係圖	198
圖 3.21 碳纖維應力-應變關係圖	198

圖 3.22 混凝土壓壞模式.....	201
圖 3.23 平衡破壞模式.....	201
圖 3.24 纖維斷裂模式.....	201
圖 3.25 CFRP 棒與鋼筋混合梁斷面應力應變圖.....	203
圖 3.26 CFRP 棒與鋼筋混合梁破壞模式分析與雙筋梁計算流程.....	206
圖 3.27 設計斷面.....	209
圖 3.28 搭接方式示意圖.....	211
圖 3.29 版結構標準補強斷面示意圖(使用 PCM 噴凝土).....	214
圖 3.30 增厚部分詳細示意圖.....	214
圖 3.31 風險管理流程圖.....	219
圖 3.32 層級分析法操作步驟流程圖.....	221
圖 3.33 橋梁環境影響程度評估指標層級結構.....	222
圖 3.34 橋梁耐洪能力危害度評估指標層級結構.....	222
圖 3.35 橋梁耐洪風險評估矩陣圖.....	229
圖 3.36 橋梁耐洪風險評估流程圖.....	230
圖 3.37 淡水河流域分析橋梁位置圖.....	232
圖 3.38 淡水河流域橋梁耐洪風險評估結果.....	232
圖 3.39 大安溪流域分析橋梁位置圖.....	235
圖 3.40 大甲溪流域分析橋梁位置圖.....	236
圖 3.41 濁水溪流域分析橋梁位置圖.....	237
圖 3.42 大安溪、大甲溪及濁水溪流域橋梁耐洪風險評估結果.....	238
圖 3.43 北港溪流域分析橋梁位置圖.....	240
圖 3.44 朴子溪流域分析橋梁位置圖.....	241
圖 3.45 八掌溪流域分析橋梁位置圖.....	242
圖 3.46 北港溪、朴子溪、八掌溪流域橋梁耐洪風險評估結果.....	243
圖 3.47 FRP 緊急救災便橋概念圖.....	249

圖 4.1 東京都緊急輸送道路圖	258
圖 4.2 市區道路及其附屬設施之緊急救災機制流程圖(地震)	261
圖 4.3 市區道路及其附屬設施之緊急救災機制流程圖(水災)	262
圖 4.4 市區道路及其附屬設施之緊急救災機制流程圖(土石流)	263
圖 4.5 防救災資源資料庫	285
圖 4.6 公路防救災管理系統	290
圖 4.7 交通管制流程圖	291
圖 4.8 緊急運送道路規劃流程圖	297
圖 4.9 臺北地區防洪實施計畫	311
圖 4.10 堤防工程	311
圖 4.11 排水工程	311
圖 4.12 鴨母港抽水站	314
圖 4.13 蘆洲抽水站外貌	314
圖 4.14 抽水站運作情形	314
圖 4.15 蘆洲市周圍斷層分布(中央地質調查所斷層資料)	315
圖 4.16 蘆洲市周圍斷層分布(台灣活斷層查詢系統)	316
圖 4.17 蘆洲市地質災害敏感地	316
圖 4.18 台北縣市淹水潛勢資料	317
圖 4.19 蘆洲市淹水潛勢圖	318
圖 4.20 蘆洲市緊急運送道路圖	325
圖 4.21 高雄市三民區周圍斷層分布(中央地質調查所斷層資料)	338
圖 4.22 三民區地質災害敏感地	338
圖 4.23 高雄市淹水潛勢資料	340
圖 4.24 高雄市淹水示意圖	341
圖 4.25 三民區緊急運送道路圖	348
圖 4.26 緊急運送道路及其附屬設施維護管理系統首頁	355

圖 4.27 緊急運送道路及其附屬設施維護管理系統之主畫面.....	356
圖 4.28 計畫介紹	356
圖 4.29 提升既有市區橋梁品質研究之主畫面.....	357
圖 4.30 緊急運送道路查詢系統主畫面	358
圖 4.31 緊急運送道路介紹頁面	358
圖 4.32 歷年表單下載頁面	359
圖 4.33 檢核表畫面	359
圖 4.34 示範區資料顯示頁面	360
圖 4.35 緊急運送道路規劃與檢核手冊下載.....	360
圖 4.36 各縣市緊急運送道路圖上傳頁面	361
圖 4.37 要圖上傳結果顯示頁面	361
圖 4.38 帳號管理維護作業	362
圖 4.39 外部連結	362
圖 4.40 內政部營建署網頁	363
圖 4.41 國立臺北科技大學網頁	363

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。

國立臺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「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。

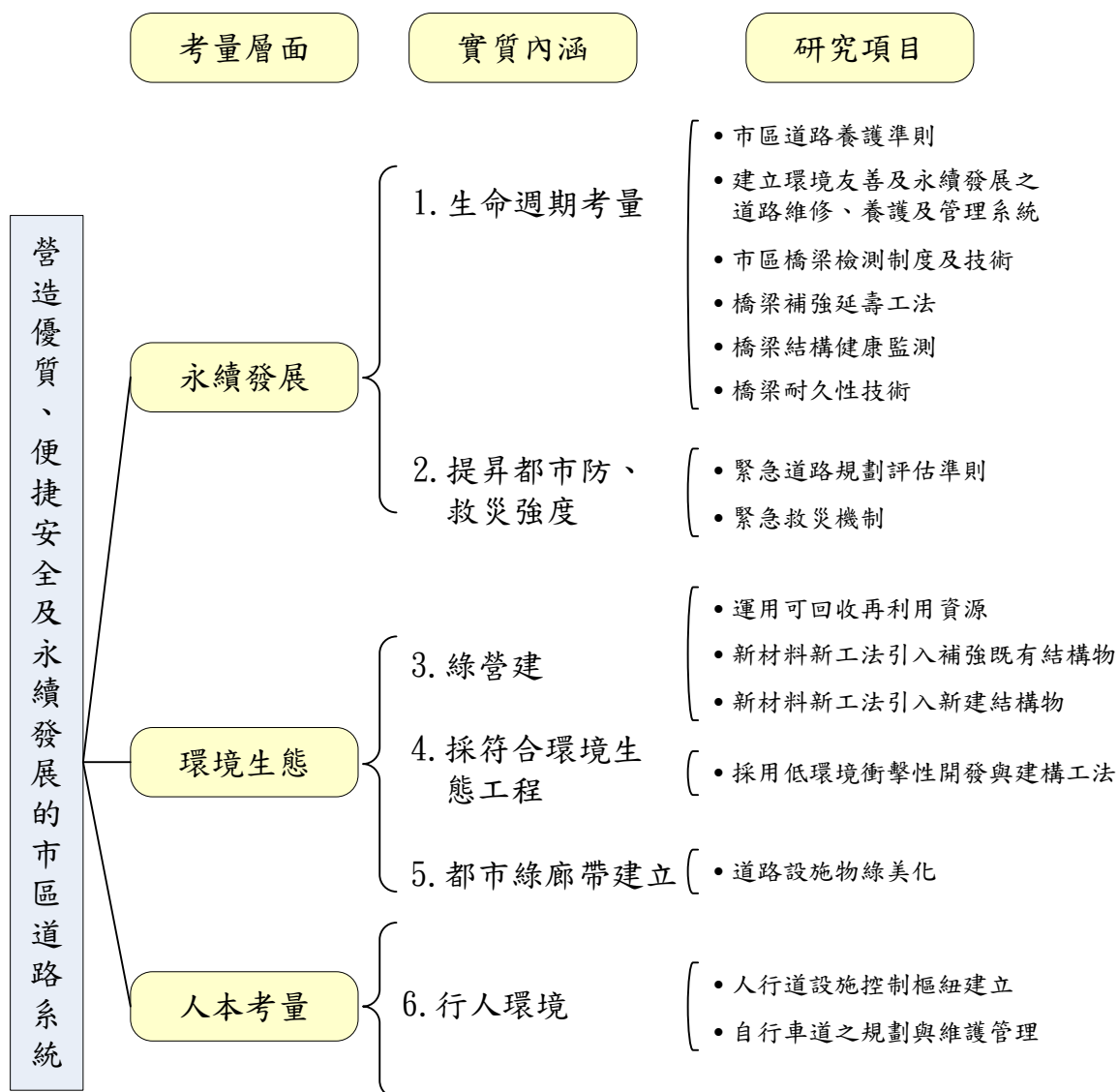


圖 1.1 計畫相關研究項目

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。

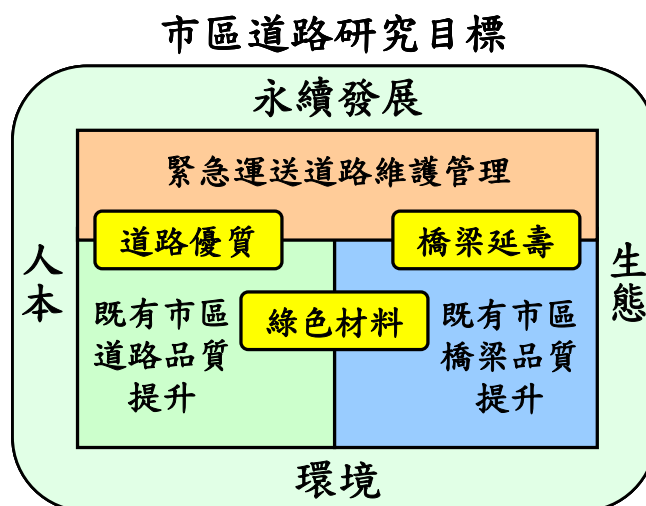


圖 1.2 研究目標與分工

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。

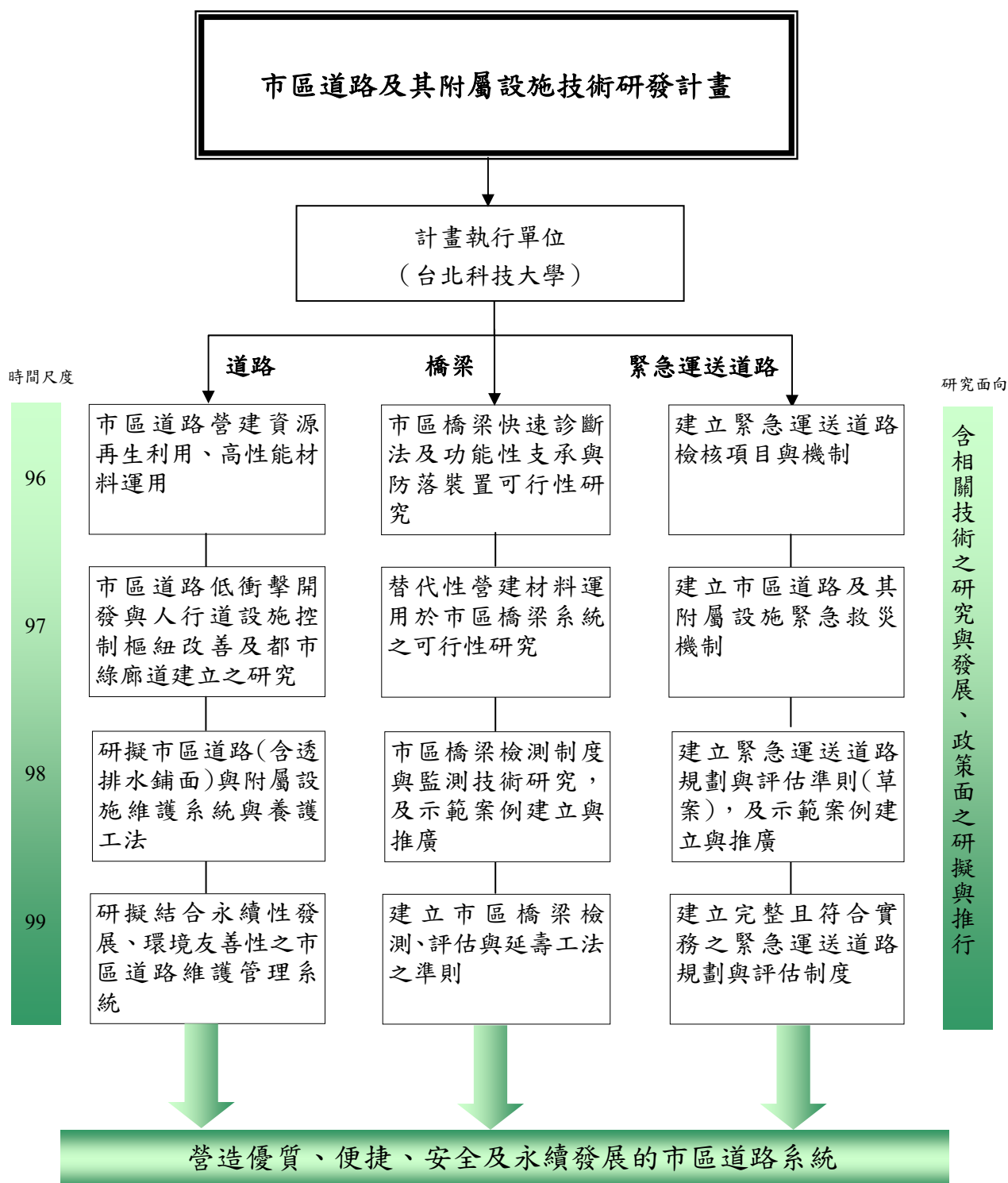


圖 1.3 96-99 年度各分年工作課題架構圖

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%。

98 年度具體成果：

1. 利用新式緊急運送道路檢核表重新檢核並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(台北縣板橋市及桃園縣復興鄉)。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. 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。
3. 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，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。
4. 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。
5. 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。
6. 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。
 7. 研擬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，加以修改以符合現況所需。
 8. 風險管理在工程應用上多用於設計與施工階段，惟國內缺乏使用階段之風險管理研究，使用階段之風險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。
 9. 橋梁監測技術係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。
 10. 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。
 11. 提出『自行車路線規劃設計之原則參考手冊』、『透水性鋪面養護工法手

冊』、『緊急運送道路規劃手冊』及『市區橋梁應用 FRP 補強手冊』四本手冊。

12. 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 24%，政府部門參與人數約佔 37.5%，學術界參與人數約佔 38.5%。

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 3 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 99 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 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。

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。98 年度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。另延續 97 年對自行車議題進行後續研究，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。期結合公部門力量、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。

為結合永續性發展、環境友善之市區道路新建及維護管理系統，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：

一、彙整分析國內外市區道路維護管理系統

本研究蒐集國內外市區道路維護管理系統，因應國內之特性分析檢測技術、維修技術及施工技術，並針對各種工法、材料、技術進行整體效益之評估。

二、研擬結合永續性發展、環境友善之市區道路新建及維護管理系統

為彌補既有維修系統與養護工法之不足，考量台灣特性，結合對環境友善之低衝擊開發設計及使用再生材料，提升市區道路之品質而研擬市區道路新建及維護管理系統。

三、研擬市區道路相關法規之修訂

蒐集國內外市區道路相關法規，進行分析探討，並參考 98 年度之成果，研擬對於市區道路相關法規之修訂，如透水性鋪面之養護規範

要項、再生材料應用市區道路之相關規範要項等，提供各縣市政府參考依據。

四、建立市區道路永續發展及友善環境案例

根據 96 年之再生材料應用市區道路及 97 年度之低衝擊開發設計，結合 98 年度成果，建立示範案例，透由案例進行修正所研擬之市區道路維護管理系統及相關規範要項，以符合市區道路永續發展之目的。

1.4.2 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。97 年度計畫中針對橋梁承載能力(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。並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，材料搬運與安裝方便，可縮短建造工期及增加經濟性，其優越之耐蝕性更提高結構之耐久性，大為減低維護管理所需的經常維修費用，且延長使用壽命。

98 年度鑒於民國 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。並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」，研究團隊導入使用中市區橋梁風險管理之概念，以目前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，建議一套風險評估流程，使橋梁管理單位易於接受風險管理概念，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。另於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」，本研究對國內外之橋梁監測技術進行技術性研究，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，包含儀器設備、安裝維護等。最後延續前期研究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。

本年度綜整過去已完成計畫成效，將對下列工作內容進行研究：

一、綜整與歸納示範案例推行成效及研究成果，建立有效之補強、維護管理準則：

綜整與歸納過去與國內中大型工程顧問機構配合，針對國內市區橋梁進行評估補強作業之案例，回饋於研究成果，建立有效之補強、維護管理準則，提供各地方政府之主管機關做為參考依據。

二、建立市區橋梁檢測、評估與延壽之準則：

彙整過去計畫成果，將對國內外有關橋梁檢測、評估與延壽等規範、工法及管理系統進行研究，針對國內市區橋梁之特性，規劃建立一套符合於國內市區橋梁檢測、評估與延壽之準則。可有效的降低市區橋梁發生意外的機率並有效延長市區橋梁使用壽命。

三、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：

依據 97 年度之補強材料及 98 年度補強標準作業化之成果，應用在市區橋梁並建立有效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。

1.4.3 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。

98 年度中，藉由前一年度之示範案例進行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。

本年度綜整過去已完成計畫成效，將對下列工作內容進行研究：

一、緊急運送道路及其附屬設施維護管理機制之建立

依據前 3 年之計劃成果與示範案例回饋分析，建立緊急運送道路及其附屬設施維護管理準則，以因應災時物資、人員之安全，未來可供各縣市參考，建構出符合各縣市需求之緊急運送道路，提高安全效

益。

二、配合實務，建立緊急運送道路規劃與評估準則

透過實地勘查及示範案例，並根據 96 及 97 年度之成果建立緊急運送道路規劃與評估準則，及 97 及 98 年度所試行 4 個鄉鎮緊急運送道路規劃與評估之示範案例，提供各縣市進行規劃上考量及提高緊急運送道路之完整性，於災害發生時，將可供搶救災單位快速抵達，減少救災遲疑之時間，增加人命救助之效率。

1.4.4 研究計畫研討會成效

本團隊於 99 年度 10 月底前完成 3 場次研討會，並於 12 月 17 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。研討會議題包含「國內橋梁檢測、評估與補強技術實務」、「緊急運送道路之現況研析與規劃應用」及「提升市區道路環境友善之探討-自行車道建置、再生材料及 LID 之應用」。表 1.1 為產、官、學界參與各研討會人數之統計數字。

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
國內橋梁檢測、評估與補強技術實務	16	18.4%	49	56.3%	22	25.3%	87	100%
緊急運送道路之現況研析與規劃應用	12	15.8%	32	42.1%	32	42.1%	76	100%
提升市區道路環境友善之探討-自行車道建置、再生材料及 LID 之應用	21	32.8%	13	20.3%	30	46.9%	64	100%
99 年度成果發表會	19	24.4%	27	34.6%	32	41.0%	78	100%
總計	68	22.3%	121	39.7%	116	38.0%	305	100%

二、提昇既有市區道路品質研究

2.1 前言

台灣地區早年經濟及人口成長，致使道路亦隨之成長，至今有部分道路因重車、管線頻挖埋及氣候等因素影響，促使路面劣化。道路與人相同，生養均需重視。配合減少溫室氣體排放而減緩地球暖化，降低汽、機車之行駛，響應「綠色運輸工具」，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。

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，如營建署於 91 年出版「市區道路管理維護與技術規範手冊研究」，均著重傳統鋪面及使用者安全機能，但於台灣地區多雨、砂石缺乏等因素，再者國內正欲推動人本、環境及生態永續等目標，因此，依據 96、97 年及 98 年之研究成果，用於 99 年度計畫，今年主要課題為彌補既有維修系統與養護工法之不足，考量台灣特性，結合對環境友善之低衝擊開發設計及使用再生材料，提升市區道路品質之研究。

2.2 研究方法與文獻回顧

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，故市區道路及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相關研究，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，進

而減少對自然環境衝擊之目的。

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，後續建立透水性鋪面維護工法，藉由實驗路段之驗證和宣導成果，並研擬市區建立自行車道路線規劃與設計原則，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。

2.3 市區道路維護管理系統

路面之功能旨在提供用路者良好舒適性與高安全性之服務品質。在路面初設時具有較高的服務品質，之後隨著時間及累積交通量之增加而降低，當路面服務性能下降到某一程度時，即須進行養護及維修作業，使路面服務性能得以恢復近似初設時之服務性能，然而路面雖經養護維修後，亦會因使用年數之增加再度降低其服務品質之水準，須再行養護維修工作，促使路面服務品質再提昇，確保路面服務性能，故路面養護維修作業係路面管理系統中最為重要之部分。

路面設計與養護採系統化觀念管理，始於 1966 年美國州際公路官員協會 (American Association of State Highways Officials, AASHO) 所進行之國家公路合作研究計劃 (National Cooperative Highway Research Program, NCHRP)，使鋪面工程有突破性發展，且逐漸應用於各道路之相關單位。鋪面管理系統是利用各種系統化與協調性方法、程序用以處理道路鋪面，使得道路鋪面能提供使用者良好之服務能力與行駛品質。鋪面管理以整體與整合的處理方式服務不同管理階層，且為動態及結合先前養護績效回饋資訊等之決策程序，依據不同鋪面狀況屬性、服務績效規格及限制，提供最佳化的鋪面管理作業程序，故鋪面養護策略是鋪面養護管理系統的具體表現。當鋪面損壞型式已確定且明瞭其肇因時，即應適時建立鋪面養護計畫，據以付諸實施，事後並檢討執行成果，以供鋪面管理決策之參考及決策一致性。

路面管理系統是針對用路者，提供直接的鋪面服務，必須在適當的時機施以妥切之路面維護作業，確保路面能持續地提供服務品質，因此路面管理系統不僅是對於路面維護改善，亦是整合所有相關路面之全部，為具有整體協調性之組合，內容包括從事路面活動之規劃、設計、施工、維護、評估及研究等。路面管理者亦可藉此路面管理系統的功能，訂出道路鋪面生命週期，並在最適當之時機予以維護，使路面維持高服務品質，以期達到以最小之成本發揮最大經濟效益之目的。

根據鋪面惡化情形得知(如圖 2.1)，適時進行鋪面維護可延長使用壽命，而不需花費巨額維護成本，若鋪面發生惡化情形時則需進行基底層之修護工作。部分道路管理機關受限於有限預算下，若能正確評估鋪面，決定何種情形下須採何種維護方式，並適時配合現地交通環境、氣候特性，則可最低成本，管理鋪面，在其使用年限內隨時處於良好情況，提供最佳服務能力，即為鋪面維護管理系統之最終目標。

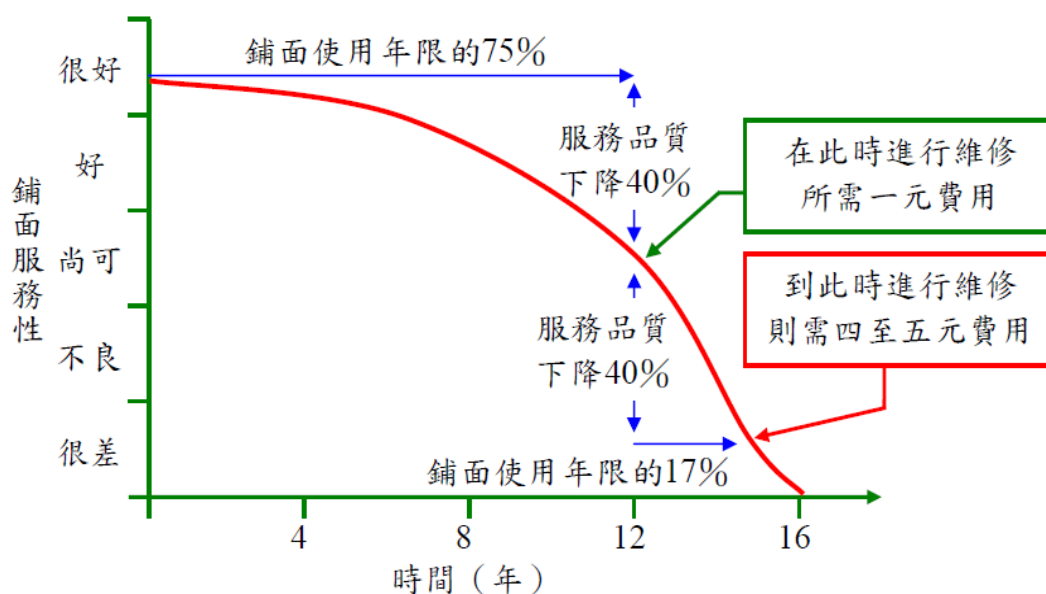


圖 2.1 鋪面維護時機

(資料來源：邱垂德，2002)

2.3.1 再生材料之應用於道路之維護與管理

市區道路應用之再生廢棄物，如廢棄混凝土、廢玻璃、廢紅磚、焚化爐底渣等，其選用需依照規範之相關規定，其中須針對工程性質進行試驗，以確定其符合相關規範需求，本團隊彙整過去國內對於再生鋪面材料之相關研究及成果並結合工程經驗，針對其吸水率、比重、洛杉磯磨損實驗等基本物性與天然砂石做比較，結果如表 2.1 所示。一般而言再生材料吸水率較天然砂石大，比重較天然砂石小，而洛杉磯磨損試驗亦不如天然砂石，其中底渣受所焚化之垃圾不同，其性質有較大差異，採用底渣材料時建議廠商附上出場試驗報告；底渣及廢紅磚吸水率大易脹縮，尤其應注意底渣係由焚化後排出之殘留物含有害物質易造成地下水污染，所以底渣使用前還需經 TCLP(廢棄物毒性特性溶出程序)檢測。國內對於道路基底層材料採用之相關規範中，洛杉磯磨損試驗在物性試驗中扮演重要之角色，CNS 規定洛杉磯磨損實驗不得高於 50%。底渣在洛杉磯磨損試驗之表現往往介於規範規定值之間，由於再生材料僅替代部分天然砂石，其工程表現會因此提升，混合料於採用時需注意性質是否合乎要求。整體而言底渣、廢混凝土塊之工程性質雖不如天然砂石，但合於市區道路之基本要求。

表 2.1 底渣、廢紅磚和廢混凝土塊工程性質與天然砂石比較

項目	吸水率	比重	洛杉磯磨損實驗
底渣	10~15%	1.8~2.6	40~55%
廢混凝土塊	5~10%	2.2~2.5	15~30%
廢紅磚	10~20%	1.4~1.6	30%~50%
廢玻璃	0.3~0.4%	1.3~1.4	-----
天然砂石	1~2%	2.6~2.8	<20%

廢棄物再生材料應用於道路工程的範圍主要可分為六項，包含水泥混凝土、瀝青混凝土、級配粒料基底層、築堤或回填、路基土壤固化處理及自充填材料等。而目前國內積極推動再生材料應用於道路工程的有再生瀝青混凝土、

廢玻璃、焚化爐底渣、廢輪胎、水庫污泥、廢陶瓷、高爐石、廢混凝土塊等。由上述材料及六種應用於道路工程項目中交叉分析可得表 2.2，單種材料亦同時適用於多種用途，但須經過特別配合設計才能符合用途之需求。

表 2.2 再生材料應用於道路工程

項目		廢棄物再生材料
水泥混凝土	骨材 替代材料	廢混凝土 飛灰、爐石
瀝青混凝土	骨材(熱拌) 黏結材料 表面處理	飛灰、爐石、廢玻璃、刨除料 廢輪胎 爐渣
級配粒料底層	級配料	飛灰、爐石、廢玻璃、刨除料、廢輪胎、 廢玻璃、廢陶瓷
築堤或回填	級配料	飛灰、爐石、廢混凝土、廢輪胎
路基土壤固化處理	粒料 替代骨材	底灰 飛灰
自充填材料	粒料 替代骨材	飛灰、玻璃砂 飛灰

表 2.3 目前常用廢棄物再生材料之特性分析

廢棄材料	來源	特性及應注意事項	適用
爐石(轉爐煉鋼爐石、電弧爐煉鋼爐石及平爐煉鋼爐石)	生產鋼鐵過程中鐵礦原料與添加料在高溫熔爐中反應所產生的熔渣。	因產製過程之故，其比重 大、粒形圓正且親油基甚 佳，應用於瀝青混凝土材料 時，相較於一般的砂石粒 料，可明顯降低瀝青膠泥的 建議用量且工作性佳、易於 滾壓夯實、穩定值高，材料 性質本屬優異，惟粒形圓正 及親油基甚佳的特性，在實 際施工鋪設經滾壓與開放交 通後，易產生瀝青混凝土表	利於道路工程之應用，其中 以轉爐石材料應用於瀝青 混凝土鋪面，鋪設案例繁 多，級配種類包含傳統密級 配(DG)、排水性(PAC)等。 適用道路：次要社區道路。

		面外觀冒油現象、使摩擦係數降低，影響行車安全，且孔隙不足、不利於耐久性的疑慮。「轉爐石」係鋼鐵煉製生產過程中的主要副產品，材料性質優於電弧爐石	
再生瀝青混凝土粒料 (RAP)	既有路面之瀝青混凝土材料經挖（刨）除運回拌和廠打碎，依顆粒大小區分後再與新粒料等加熱，然後與再生劑或較高針入度之瀝青膠泥等按配合設計所定配比拌和均勻後形成。	唯目前國內業者均未按照規定將所刨除之再生粒料進行分堆放置，且對所刨除之再生粒料來源、品質無法確實掌控，再生瀝青混凝土粒料回收再利用的次數直接影響其粒徑分佈、所含瀝青膠泥品質、老化程度及耐久性。	再生瀝青(RAP)為目前國內鋪面使用的再生資源中，普及率最高且技術最純熟的材料；一般道路已大量採用再生瀝青混凝土為鋪築材料，部份路段所使用的瀝青混凝土，甚至已經第二次或第三次再生，多次再生，刨除料的品質變異亦逐漸加大；且已有施工綱要可依循。 適用道路：主、次要幹道、市區道路及社區道路。
底渣(爐渣)	底渣係焚化後由爐床尾端排出之殘餘物，主要含有燃燒後之灰分及不完全燃燒之殘餘物（例如：鐵絲、玻璃、水泥塊等）。	底渣的物理性及化學特性隨採樣時間及爐型而異，爐渣其吸油率高經濟效益低，剛性不足；一般底渣成份約為 SiO_2 35~40%、 CaO 10~20%、 Fe_2O_3 5~10%、 MgO 、 Na_2O 、 K_2O 及少量 Zn 、 Cu 、 Pb 、 Cr 等金屬及鹽類，屬於一種非均質性的混	目前國內鋪面應用多為一般鋪面中取代部份細粒料使用，該材料雖為目前國內常應用於鋪面磚的再生資源之一。 適用道路：人行道。

		合物其物理成份包含熔渣、鐵質及非鐵質、陶瓷、玻璃、不可燃物質、未完全燃燒之有機物質；因底渣產生後會經過調濕淬火，故其含水量高，成灰黑色，具異味；故於使用前需經 TCLP 檢測符合試驗標準及水洗去異味。	
玻璃砂	將回收之平板玻璃或容器玻璃經去除雜質、破碎及去除銳角後，顆粒通過 4 號篩的玻璃砂。 廢玻璃砂來源要求：1.應為無毒性且能符合環保署之規定。2.經毒性溶出試驗(TCLP)應符合環保署毒性事業廢棄物溶出試驗標準之要求。	廢玻璃砂之物化性質與砂石極為接近，為目前行政院公共工程委員會及環保署推動資源回收材質中最適合取代砂石而用於土木營建之景觀石材。	玻璃瀝青混凝土係指以適當比例之廢玻璃砂取代部分細粒料(一般為 10%)，再與符合規範之粒料、填縫料、瀝青膠泥；再生玻璃瀝青混凝土 (Glass Asphalt Concrete, GAC)：係指以適當比例之再生玻璃取代部分粒料與合乎規定品質之粗、細粒料、填充料、瀝青膠泥及視需要而摻入之添加劑(如防剝劑、石灰等)經加熱拌和而成。其級配應符合公共工程施工綱要規範第 02742 章「瀝青混凝土鋪面」之規定。 適用道路：主、次要道路、社區道路及人行道。

經研究團隊整理，2010

以往決定是否應用廢棄再生材料於道路工程及其使用量時，常以再生材料使用成本與天然材料進行比較。再生材料在成本效益上優於天然材料，利於推廣；若以法規或指標限制再生材料之最小量或提供補助款等優惠策略，則使得再生材料成本更較低於天然材料，此為增加使用者選擇再生材料的原因之一。廢棄物再生材料應用於道路工程之過程中，檢驗工作甚為重要，亦需考量整體成本效益。由於再生材料的性質較有爭議，為增加使用者信心，通常工程主辦機關均會在使用再生材料前附加但書，要求通過各項應有的檢驗規範，以確保其性質對工程無害。

一般再生廢棄物(如：廢棄混凝土、廢玻璃、廢紅磚及焚化爐底渣)應用於市區道路等公共工程，通常需考量到添加廢玻璃、焚化底渣等非傳統材料後之工程特性、安全方面、回收性及經濟性等一般性議題及對週遭環境產生之影響變化等，美國評估非傳統骨材再利用須考慮下列六項主要步驟，其基本架構流程如圖 2.2 所示，並針對各詳細步驟說明如下：

1. 確認材料和計劃用途之工程技術、環境、職業安全與衛生、回收性與經濟性等議題。
2. 訂定材料與產品之測試及評估程序標準。
3. 測試並評估材料之使用結果，以確認符合制定之程序標準。
4. 未能通過評估標準時，則考慮變更材料或產品性質。
5. 訂定計劃實行時之管制議題。
6. 決定是否需要現場實證以補充評估之試驗及標準。

由於不同之再生廢棄物具有不同之性質，在配合設計過程中所遭遇之問題亦有所不同，因此需針對該特定再生材料進行獨自的考核流程，此六項主要步驟屬設計原則。

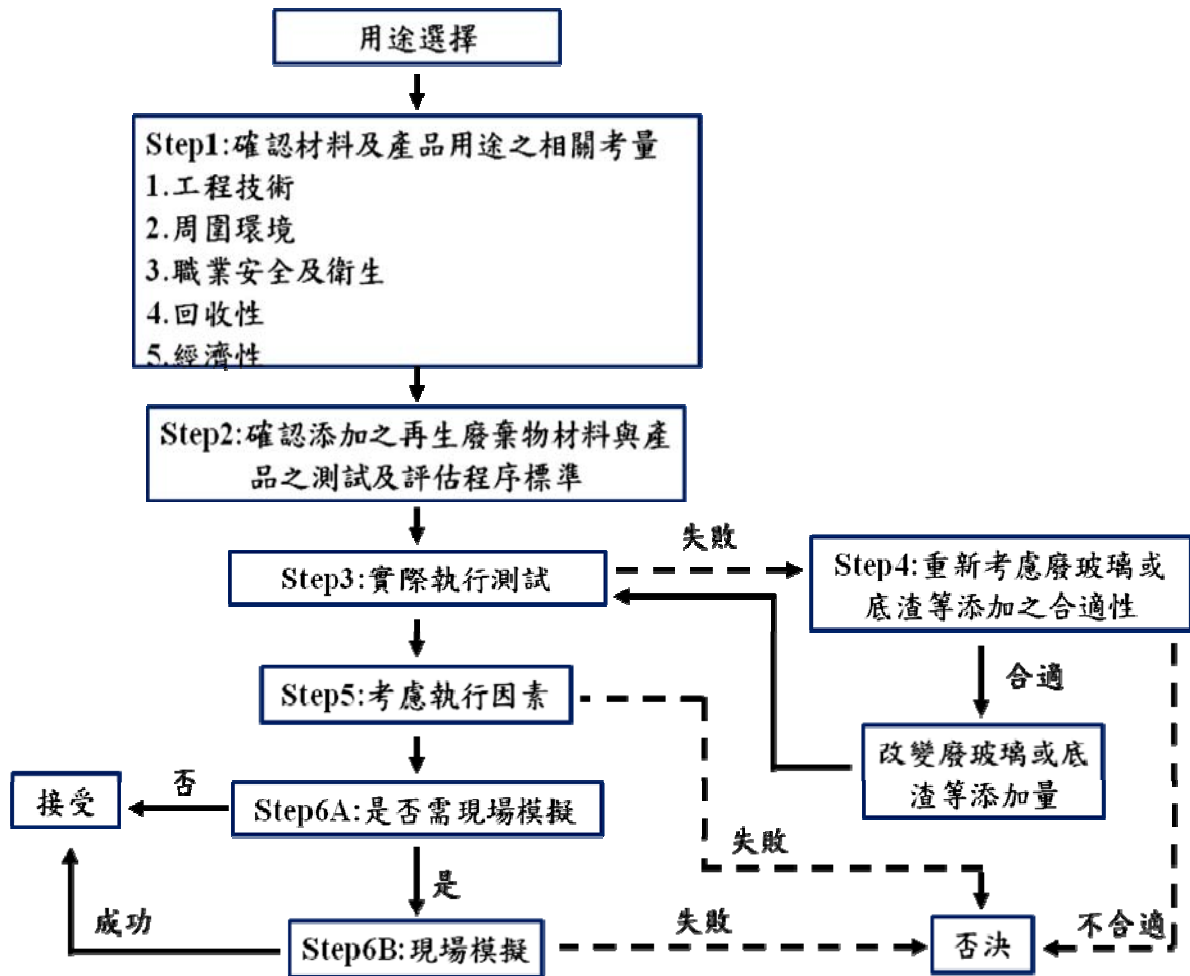


圖 2.2 再生材料應用道路工程之評估流程

Step 1：確認材料與產品用途相關之考量面

市區道路應用再生廢棄物添加於工程之一般性議題評估，所應考慮之問題如圖 2.3 所示，其中包括工程特性方面、環境方面、職業安全與衛生方面、回收性、經濟性等。

在整個計畫階段強調對相關數據資料之重整及評估，包括過去實驗測試及實地示範紀錄等，整合現有之資料，可有效避免再生廢棄物利用於工程之技術問題及成果重複性發生。

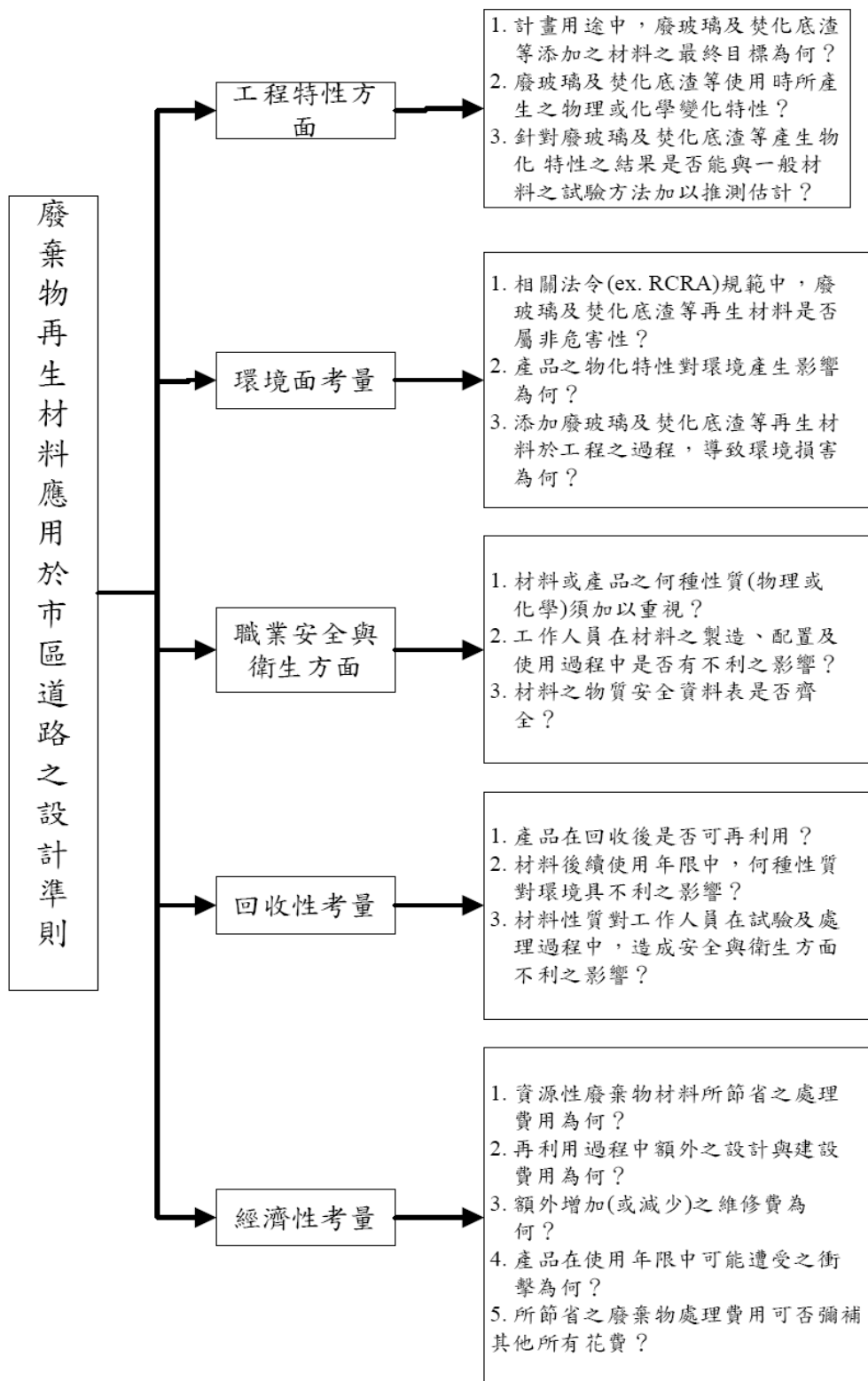


圖 2.3 廢棄物再生材料應用於市區道路之設計原則

Step 2：建立測試及評估程序之準則

目前缺乏針對非傳統材料應用於公共工程之工程技術、環境面、職業安全與衛生、回收性等考量面之普遍被認同之檢測方法及準則，但儘管缺乏標準評估之檢測及程序，非傳統材料仍被以可接受之方式進行利用。

成品材料試驗與標準之訂定，於美國材料試驗標準(ASTM)皆已訂定相關之標準，國內亦有(CNS)相關標準。應用非傳統材料須建立下列之每一技術面檢驗及準則：

1. 工程評估程序：

- (1)建立可用於評估材料及可接受的選擇準則之試驗規範。
- (2)在發展設計過程中，明訂修正測試之步驟或績效量測方法，以確保發展過程之可行性並達到設計發展所需之目標。
- (3)考量未來之相關領域評估需補充的實驗測試內容。

2. 環境評估議題：

- (1)確認評估準則與材料及產品之最大可接受汙染物限值。
- (2)確認從材料及產品所釋放(逸散或溶出)最大可接受汙染物限值。
- (3)確認實驗室測試及評估方法，以使最大汙染物限值量化。

3. 職業安全與衛生議題：

確認暴露於粉塵、煙、尖銳的角及腐蝕溶液等作業環境，作業人員安全及健康之可承受標準界限。

4. 回收性議題：

建立實驗室及實地之測試與評估程序，可得知回收再生廢棄物是否將對工程技術面、環境面及職業安全與衛生造成不利之影響。

Step 3：執行測試

進行判定應用之再生廢棄物，是否符合所需落實之試驗及評估程序，本研究建議各項試驗相關作業如表 2.4 所示。

表 2.4 各項試驗相關作業

步驟	內容
基本物化性分析	級配、粒徑、扁平率、組成、健性、磨損率等。
基本力學試驗	抗彎、抗壓、抗拉、乾搗單位重、回彈性模數、CBR、三軸、灌入、潛變等。
毒性檢測	檢測廢棄物再生材料所含污染物之最大值，常見的有溶出物檢測及 TCLP 試驗。
基本安定試驗	觀察材料本身是否已穩定，一般以膨脹試驗來檢測材料的體積穩定情形。
配比設計	水泥與瀝青混凝土在生產前，均需依照設計要求進行配合設計，可預測未來材料的用量與強度發展等成效。
工作性試驗	瞭解材料未來施工的便利性，常用的有坍度、黏度、壓實度等。
成效評估	檢測道路的結構強度、服務效能、安全度、耐久性、環境影響等參數，通常會與原有鋪面做比較。常見的檢測有：撓度試驗、平坦度試驗、車轍試驗、抗滑試驗、透水試驗等。

Step 4：變更材料添加量或修正產品

若應用之材料無法達到已建立之材料及產品準則，應考量材料之添加量並進行有效之材料或產品修正，已達成預期之結果。

Step 5：執行考量之因素

即使再生廢棄物及高性能材料於再利用之工程技術、安全方面、回收及經濟考量等議題皆能符合要求，但依然有不可預測、非技術性之問題將導致計畫無法進行，其中包括：學術接受度、政策接受度、公眾接受度等，分述如下：

1. 學術接受度

學術接受度為再生廢棄物及高性能材料，可被接受並進而採用之重要因素。其中包括最初試驗和適用性之證明。依據產品本身及其計劃用途，再決定其測試時間以及被接受之程度。例如，一個具有潛在反應之材料，如波特蘭水泥中之骨材，需要長期實地測試以決定最適合之用途，若實地測試之結果無法達到令人滿意之要求，一般皆不會

勉強使用，而再生廢棄物及高性能材料之再利用亦是如此。

2. 政策接受程度

政策接受度包括使決策者接受進而支持使用計畫材料，其支持與否影響一般大眾可否在計畫材料使用時，能夠了解材料益處。

3. 公眾接受度

在任何程序中，公眾接受度為絕對必須考量之重要因素。從過去經驗顯示，當民眾對計畫材料之用途產生抗拒時，必然會對學術與政策支持度造成影響。尤其此回收廢棄物再利用存在之風險更需謹慎評估，將可獲得民眾更多支持。舉例而言，將廢棄物及其副產品材料使用在交通路面工程之鋪設上，技術面或許是可行，但若應用於劣質地之改善工程或路緣工程，則較符合普遍大眾之期望。

Step 6：現場模擬

實地測試通常可試圖解決技術方面之問題，但於實驗室環境進行則無法完全滿足需求。而其可提供相關之數據資料給民眾，證明應用再生廢棄物於公共工程中，不會造成路面不安全及環境問題。完整的計畫之關鍵點在於達成一個成功的實地測試，以確認所有監測設備、建築物及品管程序等皆適當，本研究建議現地試驗應包含如表 2.5 及 2.6 所示。

表 2.5 現地試驗之工作項目表

步驟	內容
平坦度	鋪面服務能力評估方法之一。其中平坦度之代表指標為國際糙度指標 IRI (International Roughness Index)，國際糙度指標為一項標準化的平坦度指標，類似於反應式平坦度測定系統，採用數學模型模擬 1/4 車，以規定速度行駛在鋪面斷面上，分析行駛距離內由於動態反應懸吊系統的累積豎向位移量。目前國內大多採用 3m 直規或高低平坦儀器進行檢測。
撓度試驗	鋪面結構能力評估方法之一。撓度評估係利用結構強度指標 SSI 進行評估，主要利用本研究團隊先前之研究所建立之鋪面強度評估模式進行道路整體結構能力之分析。結構強度綜合指標 SSI 之模式，主要以鋪面整體強度與路基強度作為其建構變數，故可以進行水泥或瀝青混凝土層與路基土壤結構能力之分析，以評估再生材料鋪面之整體能力。
透水試驗	排水能力評估方法。鋪面排水能力主要藉由透水係數進行評估，良好的排水能力可確保雨天行車的安全性及路基土壤保水能力。
抗滑試驗	道路安全能力評估方法之一。抗滑能力主要藉由相關英氏摩擦儀器進行鋪面抗滑度 R 與摩擦係數 μ 之測定，藉由此兩指標評估鋪面之抗滑能力。
噪音量測	利用音量計進行量測，以分貝為評估指標，量測鋪面反射交通噪音對周遭環境之影響。
鋪面各層厚度分析	與設計值比較，並提供評估鋪面結構能力之參數。
鑽心試驗	現場鑽心試體可提供實驗室進行回彈模數以及潛變試驗使用，回彈模數試驗可藉由儀器設備量測現地取回鑽心試體之回彈模數，評估不同材料間相對的品質以及溫度、荷重大小、作用速率、加壓時間等對於材料特性之影響。

表 2.6 現地鋪設各階段成效評估表

項目	施工前	施工中	施工後	長期觀測
平坦度試驗	◆		◆	◆
撓度試驗	◆	◆	◆	◆
透水試驗	◆	◆	◆	◆
抗滑試驗	◆		◆	◆
噪音量測	◆			◆
鋪面各層厚度分析	◆	◆	◆	
鑽心試驗	◆	◆	◆	◆

目前國內使用再生材料主要有兩種方式，一種是向主辦機關(如國工局、北市捷運局)推銷而提供產品施工手冊與相關標準，經機關審查後修訂成施工規範；其二是向經濟部標準檢驗局提議修(或增)訂 CNS 標準或向整合中心提議修(或增)訂施工綱要規範，經審查及公告程序後各機關參考引用。

未來若能建立優良技術、工法及產品(包含新技術、新材料)審查機制後，將形成第三種方式，如圖 2.4 所示，這項方式可分成下列幾個階段：

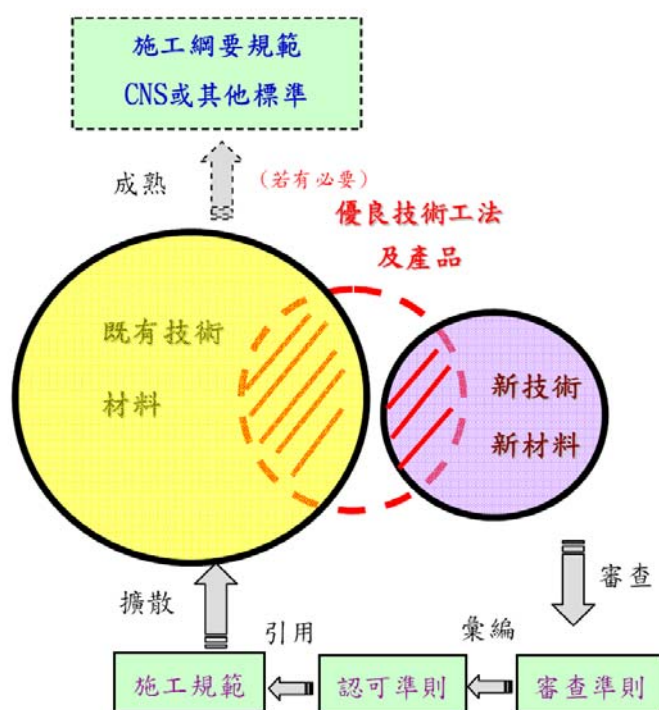


圖 2.4 審查機制預期功能示意圖

1. 新技術材料施工手冊(或指南、指引等)～審查準則

廠商自行研訂之產品施工手冊(或指南、指引等)經過審查機構之審查、修正而訂定成審查準則。此乃此機制之首要工作。

2. 審查準則～認可準則

審查準則經過整合中心準則審查會議之公開討論程序彙整、修編及核准成為認可準則，並登錄公告於資料庫網站。

3.認可準則～施工規範

主辦機關引用認可準則且據以修訂為適當之施工規範，並於招標文件中規定允許提出同等品、替代方案或採用統包模式，讓得標廠商依約辦理。或者以試辦工程加以引用，期能訂定成「功能規範」，作為後續採購作業之用。無論為何，主辦機關皆應將相關資訊回饋至資料庫。

4.施工規範～施工綱要規範、CNS 或其他標準

整合中心或標檢局於接到主辦機關或廠商增刪修撰施工綱要規範或 CNS 標準之提議後，召開審查會議檢視其必要性，若優良技術、工法及產品(包含新技術、新材料)已漸擴散應用而有必要修訂相關規範標準協助推廣，或接近成熟階段予以修編而合乎採購法規定，則得以納入之。

2.3.2 透水性鋪面系統維護管理

透水性鋪面係將透水性良好、孔隙率高之材料運用於面層與基底層，使雨水通過人工鋪築之多孔性鋪面，直接滲入路基土壤，而具有讓水還原於地下之性能。當鋪面鋪設不透水層，則入滲、截流與窪蓄將直接轉為逕流量，暴雨發生時地表逕流迅速匯集造成較大之尖峰逕流量。台灣都會區高比例不透水性鋪面現象至為明顯，為恢復都市水環境之水文循環，需改善都市鋪面狀況，使鋪面「透水化」、「保水化」。其降雨與透水和不透水鋪面的關係可以從圖 2.5 可知，透水性鋪面具有下列各方面效益：

- 改善植物、生物地下生長狀態，維持生態系成長；
- 減少地表逕流，降低都市河川洪患；
- 減輕排水管負擔，減少採用路面排水設施；
- 涵養地下水，有助水資源永續經營；
- 增加路面摩擦力，增加行車安全；
- 減輕因日光漫射造成的目眩。

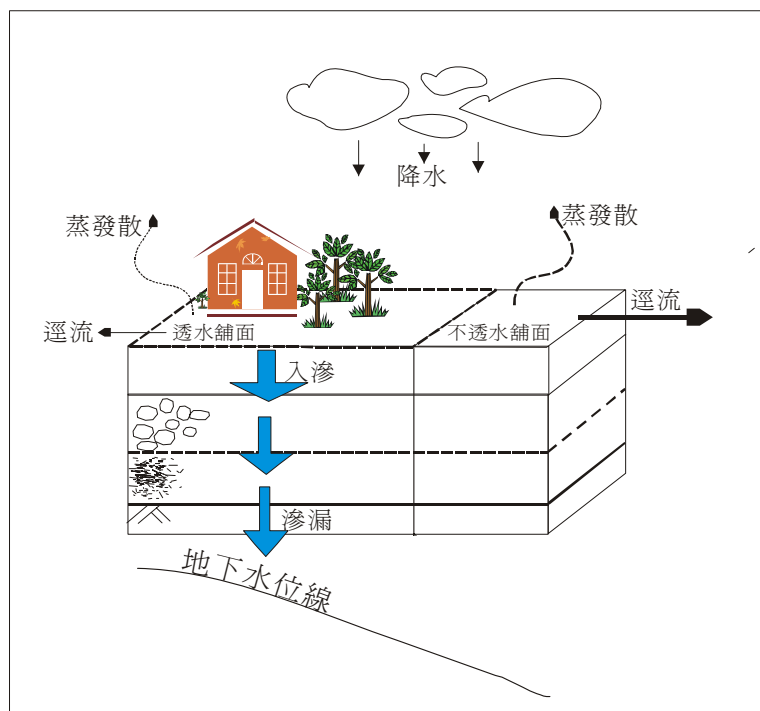


圖 2.5 透水性鋪面與不透水性鋪面之水循環比較

2.3.2.1 透水性鋪面種類

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，國內常用之透水性鋪面種類如圖 2.6 所示。



(a) 透水性瀝青混凝土



(b) 透水性混凝土



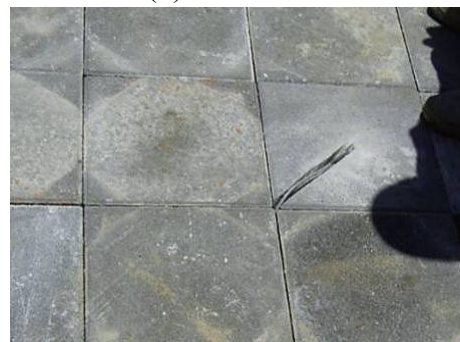
(c) 非連續拼接鋪面



(d) 鏤空鋪面



(e) 環保透水透氣混凝土鋪面



(f) 高壓預鑄透水磚

圖 2.6 國內常用之透水性鋪面種類

2.3.2.2 透水性鋪面養護工法

透水性鋪面在完工及開放使用後，經歷交通載重負荷，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，此雖屬正常情況，但若適時實行養護作業，不僅鋪面可維持一定服務水準且能延長使用壽命。

本研究參考美國加州暴雨最佳管理手冊(California Stormwater BMP)及公

共工程會施工網要第 02794 章透水性鋪面之維護基準，研擬透水性鋪面維護時機，如表 2.7 所示。其時機應包含：使用年限、孔隙率、當地環境情形及排水問題，其養護工法如表 2.8 所示。

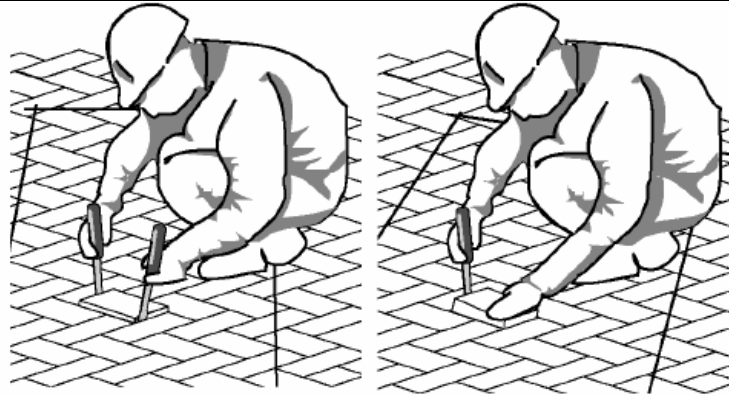
表 2.7 透水性鋪面養護時機

維護時機	維護時間
細砂阻塞 預防砂土阻塞鋪面 與寄來臨時，檢查透水性	不定時
使用真空吸塵機清掃鋪面，其使用時機： 冬季過後(4 月) 夏季中間(7、8 月)	每四個月
秋季落葉掉落(11 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

表 2.8 透水性鋪面養護工法

型式	植草磚與透水磚
介紹	此類型磚類在台灣應用最廣，屬非連續拼接鋪面，在鋪面與鋪面間有間隙(接縫寬度範圍約 20~25 mm)可填入砂，此型式鋪面可承受較大載重，可用於中承載。而植草磚則直接提供植被生長環境，使人車行走於磚上，而不至於造成植被壞死。
養護工法	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。 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)。接縫砂清除後，即可利用大螺絲起子將首塊透水磚移除。 接縫砂之清除



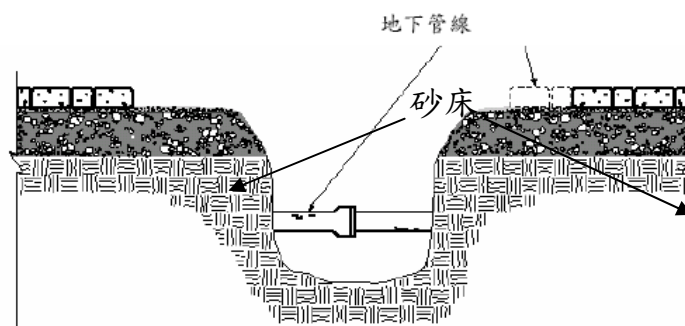
首塊透水磚之移除

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可供使用，一次移除 1 m^2 面積，加速移除維修之透水磚。

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 $15\sim 30 \text{ cm}$ ，以確保其餘透水鋪面之砂床保持不被擾動且穩定之狀態。若底層材料需進行移除，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，最少須距良好透水磚鋪面最少 $15\sim 30 \text{ cm}$ 。當砂床與底層完全移除後，形成 T 型斷面。



T 型斷面示意圖

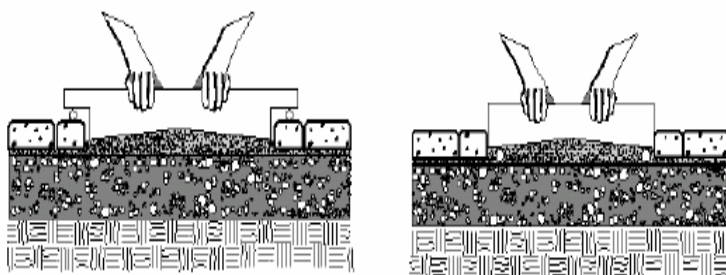
5. 基底層材料回填

可利用透水性混凝土或粒石級配料進行填補。

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。



黏結層回填砂鏟平方法示意圖

7. 透水磚填補與接縫砂回填

砂床回填後，即可進行透水磚填補。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，且利用夯實機以最小 5000 lbf (22 kN) 之力量進行震動夯實，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。



透水磚鋪面接縫調整



透水磚鋪面層夯實

參考規範

維修步驟採用美國連鎖磚鋪面協會及 InterPave 設計手冊。

2.4 永續環境與發展之市區道路新建及維護管理系統之研擬

LID 在國外推廣有 20 年之久，針對都市、社區、交通運輸可採用植栽、透水材料、滲透設施、貯留設施，讓雨水保留於土體內，間接補助地下水，台灣市區道路不透水面積過度密集，以致每當颱風、大雨造成低窪地區排水系統之雨水下水道堵塞。因此，以保水、滲透、滯留加上自然排水的概念納入低衝擊開發設施於市區道路，必能降低都市排水系統的負擔。

目前國內仍在使用傳統雨水下水道，而歐美地區已採用 LID 之概念，規劃與設計自然排水系統，因此，為響應目前國內推動「綠建築九大指標」及公共工程委員會之研究報告提及綠營建考量之面向均有保水、水資源再利用等指標，於國外 LID 繁多設施是否均適合於國內市區道路環境，則可配合市區道路之運用。

傳統道路新建工法及維護管理系統已行之多年，隨著新材料、新工法及新技術之創新，傳統方式無法符合現今之所需，加上全球氣候變遷、溫室效益導致台灣地區之極端氣候事件發生機率提高，如梅雨季、颱風暴雨及降雨不均等，為研擬結合永續發展、環境友善之市區道路新建及維護管理系統，需考量上述因素，以強化材料使用壽命及道路服務品質，並且須符合下列幾項基本原則，作為新建及維修管理系統之參考。

1. 建立指標項目

如平坦度、透水與降溫、抗滑及資源再利用，作為都市道路品質改善績效，兼具美觀、環保，以期提升用路人之安全舒適及友善都市環境。

2. 市區道路綠美化

須依據植物特性以及周圍的環境予以搭配，考量生物多樣性之棲地再造及應因地方區域特色給予不同的植栽搭配，以強化各地方之入口意象，故綠廊道之設計，應須配合都市計劃及道路發展計畫，並以交通安全為主

要考量，尋求空間上之連貫性。

3. 依據市區道路之適用性

針對空間大小、植栽選定、不適合施作場址、適用範圍、共同管道與污水下水道之配合，經可行性及適用性評估後認為植栽型濾帶設施的「生態滯留槽」、「草帶」、「樹箱過濾器」與入滲型設施的「透水鋪面」、「滲透排水管」、「滲透陰井」，適合設置在都會地區如：停車場、圓環道路中心的交通島、公共設施帶。

4. 考量自行車道規劃設計

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，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，改善都市空氣品質、道路逕流水質，實現低碳生活網路與環境。經過評估，將美國低衝擊開發之植栽行濾帶設施搭配日本雨水貯留滲透設施，提供九項較適合國內市區道路之設施或技術列表，提供施工單位施作之參考依循。

5. 場址設計原則

通常都市住宅區與道路的規劃較少考慮環境敏感區與自然特徵低衝擊開發場址設計，土地開發項目各不同，很難顧慮到每塊土地開發的設計，設計者因顧慮該場址設計因素和變因，低衝擊開發場址的設計原則分為三個層面，然而，設計與開發者應依照開發場址的特性建立詳細的項目，如圖 2.7 所示。

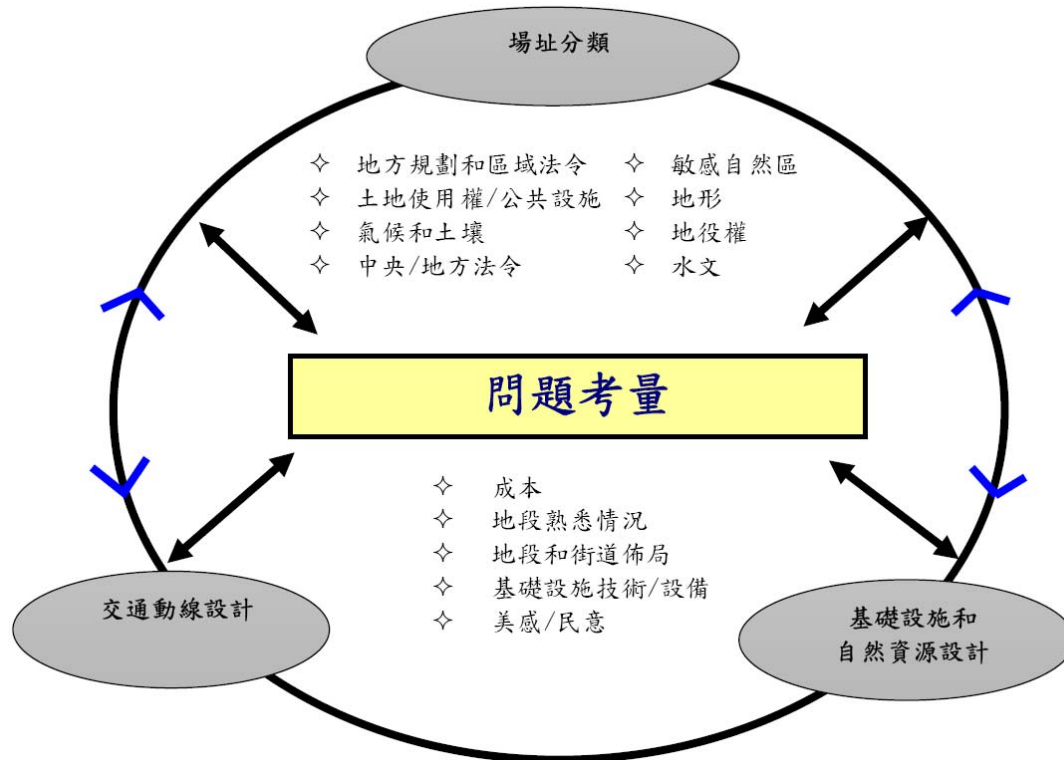


圖 2.7 低衝擊開發場址設計

(譯自 The Practice of Low Impact Development, 2003)

A. 場址分類

1. 可施作區域

可施作區域是限制最少的開發限度，如環境敏感區的特徵、維護管理的限制和區域分散處的多寡、而場址的可施作區域，應該要分散各小區域來施作 LID 設施，而不是集中施作在大區域內，分散各小區域來施作 LID 設施亦可保護敏感區，能減少街道的基礎設施成本，提供增加開挖施工費用，設計窄小的街道寬度以增加公共空間，減少土地的開發和降低開發成本。

2. 不可施作區域

不可施作區域為地區不易維護管理和環境敏感區，不允許開發。

B. 交通動線設計

良好的設計於行人和車輛的交通動線是一個成功的發展項目，在土地

開發之基礎設施項目中以道路建設費用最多，設計方面盡量減少路面寬度，開放空間可提供公共設施帶，在停車場、交通動線處盡量減少施作不透水鋪面，道路應設在地形高處或者遵循自然地形、地貌與地質，社區道路或街道容易發生車禍的地方，可將筆直道路改成彎曲道路，除了減緩車輛速度增加行駛人安全，亦可增添景觀趣味。

C. 基礎設施和自然資源設計

基礎設施和自然資源的結合，先決條件，需要徹底了解場址之地形的特性，且 LID 的設施與技術必須配合場址的規劃與設計，因設計減少道路寬度所提供的開放空間，可以採用自然資源設計的理念施作小型的污水處理系統來替代原傳統污水處理系統。

2.4.1 低衝擊開發設施設計原則

一、生態滯留槽

生態滯留槽(Bioretention Cells)，可以小面積、小區塊形式設計為滯留槽，設置於停車場分隔島或道路分隔島，小型暫時貯留型式。滯洪池將暴雨截留並過濾污染源如：重金屬磷、總凱氏氮(TKN)、氨和硝酸鹽等，最後雨水入滲至地表底下。道路交通系統中，較寬闊道路多設有分隔島，大型分隔島可供休憩步道和自行車道，市區道路可利用分隔島，作為小型貯留兼具滲透。若能有效運用分隔島或停車場的剩餘空間，將減少道路之排水系統的負荷，分隔島若較道路鋪面低，則可提供小型蓄水，惟須設置雨水入流口與溢流口，植栽部份以能吸附污染物、高耐水性植物為佳，並且定期清除淤泥，注意溢流口之清潔以避免阻塞，停車場採種植喬木或灌木，分隔島種植草類。設計原則有下列：

1. 生態滯留槽寬度，可依照「市區道路交通島設計手冊」分隔島寬度若欲栽種植栽，其寬度至少應在 1.2 m 以上；分隔帶寬度小於 1.5 m 者，以栽植灌木、地被植物為主，避免栽植喬木，其建構方式可參考圖 2.8。
2. 建議積水深度小於 22 cm。

- 3.表土層挖掘深度界於 60~120 cm，灌木或樹木挖掘深度為 90 cm；分隔島植草挖掘深度為 60cm。表土層：85%~88%（水洗砂）+8%~2%（泥沙+黏土）+3%~5%（有機土）。
- 4.水洗砂層 5~10 cm，可供過濾。
- 5.底層鋪設 57 號篩水洗石深度 15~20 cm，並設置排水管供礫石層排水。
- 6.清潔管連接排水管(管內直徑 15 cm 以上)，以便定期清理管內阻塞物，排水管連至雨水下水道。
- 7.底層至少高於地下水位 0.3 到 0.6 m。
- 8.入流口可依照「市區道路交通島設計手冊」柵欄式緣石之高度(花臺高度)約 15~20 cm，入流口開孔規定緣石進水口之開孔長度不得小於 50 cm，高度不得小於 8 cm。

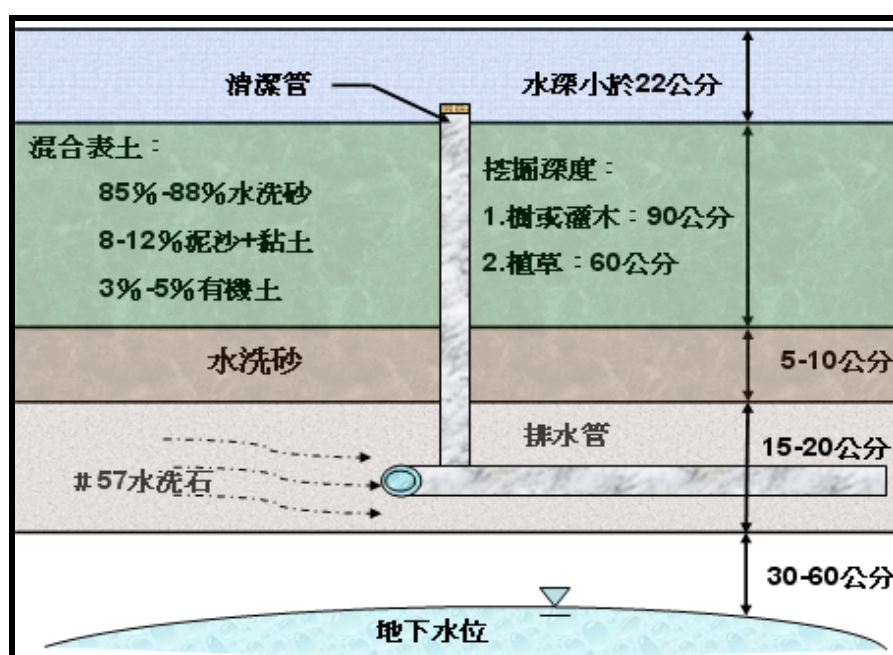


圖 2.8 生態滯留槽剖面構造示意圖

◎ 注意事項

- (一) 定期修剪植被及灌木，依照「市區道路人行道設計手冊」灌木高度應在 1.0m 以下，以避免過分之阻隔性。
- (二) 分隔島若較道路鋪面低，則可提供小型蓄水，惟須設置雨水入流口與溢流口，植栽部份以能吸附污染物、高耐水性植物為佳，並且定期清除淤泥，注意溢流口之清潔以避免阻塞。
- (三) 停車場採種植喬木或灌木，分隔島考量視線的阻隔性不適合喬木或灌木宜種植草類。

◎ 國外案例

(一) 美國賓夕法尼亞州立大學

美國賓夕法尼亞州立大學在道路旁的開放空間設置生態滯留池，可減低不透水面積、改善道路逕流水質，並且以生態手法從事設計都市景觀，增加道路空間配置的美感，如圖 2.9 所示。



圖 2.9 生態滯留槽於賓州大學道路旁

(Stormwater Best Management Practices Manual, 2007)

(二) 美國馬里蘭州

美國馬里蘭州是低衝擊開發策略發展的起源地，擁有較多的實驗室 LID 模場及現地規劃設計的案例。在 Inglewood Plaza 停車場中的實驗案例，案例區面積為 50 ft²，在區域內設置生態滯留池，並規劃地下排水系統，採用模擬的暴雨事件，降雨強度 1.6 in/hr，降雨延時為 6 小時，在出水口處每 30 分鐘監測一次。根據採樣結果分析，發現經過滯留池作用的水體污染有明顯的削減，尤其是總磷的部分，污染削減量可達到近 90% 之多，各類重金屬污染的平均削減比例也超過 50%，而硝酸鹽的削減效果較低(約為 15%) (Davis and Minami, 1999)。

馬里蘭州喬治王子縣利用 LID 概念使用具滲透性生態滯留池 (Bioretention Cell)，範圍約 1,000 平方公尺，節省建造傳統滯留池經費約 30 萬美金，故外在條件如降雨強度、用地等允許的情況下，宜使用替代性工法，如草溝、滲透管溝等達到與傳統工法相近之效果，如圖 2.10 所示。

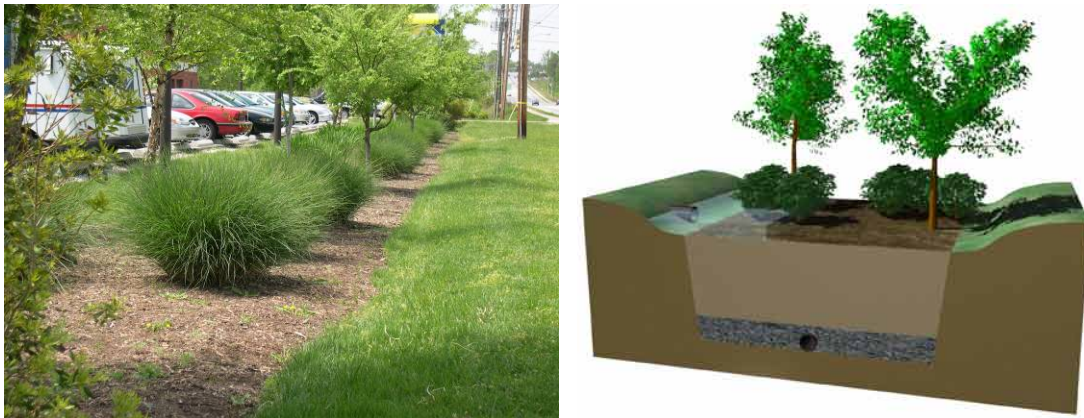


圖 2.10 滯留池

(Low Impact Development Center, 2003)

(三) 美國西雅圖

西雅圖位於美國西北邊，隨著都市開發、人口增加與不透水面積的增加，使得冬季洪水氾濫，夏季河溪乾枯，加上雨水沖刷道路，污水排放至河溪造成污染而間接影響鮭魚繁殖，為了解決這長久的問題，西雅圖公共設施局採用「自然排水系統」，具體目標包含：

- (1) 減少逕流洪峰流量
- (2) 減少不透水面積
- (3) 改善水質
- (4) 選擇維修成本較低的設施
- (5) 設計集水區和友善街道
- (6) 改變傳統的觀點，即減少設置緣石、排水溝和人行道。圖 2.11 為生態滯留池於停車場，可將停車場逕流收集經由植物吸附與過濾污水。



圖 2.11 生態滯留槽於西雅圖停車場內

(Low Impact Development Technical Guidance Manual For Puget Sound, 2005)

● 國內案例

(一) 文修公園

台中市西屯區 12 期重劃區內的「文修公園」，幅員相當遼闊，以節能、減碳、生態為闢建主題，整座公園採生態工法施作，除公園基本綠美化設施(如廣場、步道、花架)，還運用節能設備(風力、太陽能等綠色能源)及水資源回收循環再利用等工程技術，保持公園生生不息的永續生態。園區兩個生態滯留池分上池(寬 30 公尺)及下池(寬 60 公尺)，及貫穿全園的生態溝渠，作為水循環及公園表面排水集水道功能，溝渠及池岸採用拋石工法完成，有利於雨水從地表快速滲透。由於要確保滯洪池為乾淨的活水，兩個生態滯洪池各設置一個濾水設備，成為獨特景觀，如圖 2.12 所示。



(a) 文修公園之生態滯留池-上池



(b) 文修公園之生態滯留池-下池



(c) 抽水入濾水機房，處理後再排入池中

圖 2.12 文修公園生態溝渠

資料來源：HERETIC BLOG

文修生態公園的啟用，讓忙碌生活的民眾，能更容易沉浸在大自然的懷抱。昔日人們總認為公園只要多種樹就好，但是現在除了種樹，還要著重污染防治、滯洪效果以及教育功能，闢建成本相對提高許多。台中市政府規劃推廣自然生態公園，同時讓各公園兼具休閒、娛樂、健康等功能，藉以提升生活品質，礙於市府經費有限，希望開放企業認養公園，讓城市的自然生態能永續發展。

(二) 本和里莊敬公園

高雄市三民區本和里滯洪池是國內第一座都會型滯洪池，水工處動用約 1 億 6 仟萬元興建，不僅讓當地居民擺脫時常淹水之惡夢，同時擁有一座生態盎然的濕地公園。

本和里活動廣場過去是本館埤，經過都市重劃，埤塘已被填平充作為公園及學校用地，相對地勢低窪，逢颱風豪大雨就有水患之虞，民國 90 年 7 月 11 日「潭美颱風」肆虐淹水，災情慘重，鑑此水工處經檢討評估設置滯洪池，並專案向謝長廷市長簡報同意辦理。

本和里滯洪池區域總面積 3.14 公頃，可蓄水 10 萬立方公尺，平時蓄水約 60 公分，當大雨來臨，而鄰接之明誠路排水幹線如將近滿水位，則讓洪水導入滯洪池，不致漫流造成積水，等雨歇或明誠路排水幹線水位逐漸降低時，再用抽水機將水抽排入排水系統。

滯洪池之沉砂池平時為籃球場，四週有看臺座椅，提供居民打籃球運動場地，為了讓滯洪池平日呈現自然景觀，環繞四週之步道由碎石鋪築，三座生態水池則以卵石堆砌護坡，並在石縫填塞沃土，池中有水草繁植，並種植水芙蓉及布袋蓮等，吸引昆蟲、青蛙、鳥類等前來棲息，更重要的是池中的植栽及設施並不怕被水淹沒，大水退去，一切又恢復正常，如圖 2.13 所示。



圖 2.13 本和里莊敬公園滯洪池

資料來源：高雄市本和里災害自救會 BLOG

● 可參考國內法規如下：

水土保持技術規範

第 57 條 植生方法係以水土資源保育為前提，環境綠化為目的所採取之工法。植生之作業程序包括前期作業、植生導入及必要之維護管理工作。

二、草溝

草溝係自然排水系統的一項技術，既是排水系統並兼具滲透功用；利用樹木及草類等植生來控制雨水之逕流速率，為自然且經濟之方式。廣義草溝涵蓋：綠地、被覆地或草溝，將相關設施結合環境之綠美化，不但具有滲透效能，

亦可增加景觀價值，多恐係土壤可用來施作乾式草溝，而排水力較差的土壤以施作濕式草溝，適用範圍可設置於市郊道路側面，其設計原則如下：

1. 坡地不陡於 4：1(橫：直)，最好是 6：1(橫：直)。
2. 水流連續不斷或流速超過 1.5m/sec 或鬆軟土質時，宜採用乾式草溝。
3. 排水、截水溝渠之斷面要符合排洪需要，並採重現期距 25 年以上之降與強度設計之。
4. 至少高於地下水位 0.3 到 0.6 m。
5. 窪地應有覆草和攔水壩以控制溢流和流速。
6. 深度不應大於 0.3 至 0.9 m。

● 注意事項：

草溝的排水口應該施行出口保護，以避免侵蝕。建構後前半年應該多做幾次檢視以確保植被生長，植被高度超過 15cm 應修剪，剪下的草屑應立即收集清除。

● 國外案例

(一) 美國西雅圖

在 110th 的道路兩旁施作階梯式草溝，如圖 2.14 所示，根據監測 110th 的街道三個月的成果，階梯式草溝持續的保留 48% 所有入流量。



圖 2.14 西雅圖郊區旁草溝排水系統

(Low Impact Development Technical Guidance Manual For Puget Sound, 2005)

(二) 德國柏林

位於德國的生態園區內沿著排水道建有滲透淺溝如圖 2.15 所示，表面植有草皮，供雨水流過時入滲。超過滲透能力之雨水則排放至雨水池或人工濕地，作為水景或繼續入滲。



圖 2.15 滲透淺溝表面植草

(Stormwater water source control measures in urban drainage, 2005)

● 可參考國內法規如下：

水土保持技術規範 第 57 條 植生方法係以水土資源保育為前提，環境綠化為目的所採取之工法。植生之作業程序包括前期作業、植生導入及必要之維護管理工作。

三、草帶

綠地及被覆地可謂草帶(或稱為過濾帶、緩衝帶)，將不透水之地表匯集之逕流，藉滲透導入土層中，增加滲透量以達到保水之功效，並可在草地上形成薄膜流，經由植被之過濾與吸附去除粒狀及部分溶解態之污染物，污染物移除機制包含沈澱、過濾、入滲，和吸附，污染物移除機制取決於過濾帶之寬度、坡度、土壤滲透度、集水區大小和流速，適用於小區域或不透水區域之四周，其設計原則如下：

在市區道路旁可依照「市區道路人行道設計手冊」，公共設施帶之寬度取決於人行道寬度，設計公共設施之花圃寬度 1.5 m，設置在人行道上。

- **注意事項**

需定期割草，避免草漫地長，有礙市容觀瞻。

- **國外案例**

- (一) 美國西雅圖

美國西雅圖道路旁開放空間施作草帶並無設置緣石，如圖 2.16 所示，可供地表逕流流入。



圖 2.16 草帶於西雅圖道路旁

(Seattle Public Utilities Non-point Source Pollution Programs, 2007)

- **國內案例**

- (一) 高雄市博愛路三段

國內公共設施帶施作草帶可減少人行道地表逕流降低雨水下水道的負擔，如圖 2.17 所示。



圖 2.17 高雄市博愛路人行道旁

(二) 高雄民生二路與市中一路交叉口

此區市區道路綠美化非常好，增加街道景觀，降低市區道路之熱島效應，吸收車輛排放二氧化碳，如圖 2.18 所示。人行道之地表逕流排入靠路緣之草帶，充分顯現工程規劃設計之細心，為市區道路提供 LID 設計之應用。



圖 2.18 民生二路與市中一路交叉口之綠帶

(三) 高雄女中旁之人行道

將人行道之地表逕流排入草帶，除達雨水再利用、提升人行道美觀，是可作為市區道路 LID 範例，如圖 2.19 所示。



圖 2.19 高雄女中旁之綠帶

● 可參考國內法規如下：

依照人行道橫坡設計，建議橫坡坡度以 2%為原則，最小 0.5%，最大 4%，可提供雨天人行道之逕流導入草帶。

總言，台灣地區汽機車數量過多，因汽機車排放之廢氣中會有汙染之細小顆粒，經過沉降作用後累積於道路上，經過大雨產生之地表逕流沖刷後，帶重金屬汙染之地表逕流，若未經處理加以排放，將對周邊環境造成了嚴重的衝擊。綠帶、草溝本身對於道路產生之非點源汙染的控制具相當大的消減能力，暴雨過後地表逕流經鋪面排入綠帶，經綠帶、草溝，削減後之地表逕流，因重力作用最後滲入地底下。綠地及被覆地可謂草帶、草溝(或稱為過濾帶、緩衝帶)，將不透水之地表匯集之逕流，藉滲透導入土層中，增加滲透量以達到保水之功效，並可在草地上形成薄膜流，經由植被之過濾與吸附去除粒狀及部分溶解態之污染物，污染物移除機制包含沈澱、過濾、入滲，和吸附，污染物移除機制取決於過濾帶之寬度、坡度、土壤滲透度、集水區大小和流速，以上案例施做之方式大致相同，也符合上述所提，對於減低環

境衝擊有相當大的效益。

四、透水鋪面

透水性路面因具有將雨水滲透至地下，故不會導致土壤中缺氧等現象，植物之地下生長狀態良好。另一方面，工業發達區域工業用水一部份由地下水供給，過度利用地下水，除引起地面下沉，更招致城市、河流、湖泊的枯竭，進而導致海水入侵，若鋪築透水性鋪面，將可利用其保水功能。

隨著台灣地區垃圾量日益漸增，許多廢棄物經些許處理後可回收再運用於營建材料，營建資源回收材料來源經大致分類為(1)廢混凝土、廢磚瓦；(2)廢玻璃、廢陶瓷；(3)爐石、飛灰燃煤電廠鍋爐煤渣；(4)水庫底泥及(5)焚化爐底渣。以上五大類資源再生材料受其工程性質不同，有其最佳使用層面，可替代天然骨材拌製為透水混凝土或透水地磚。如：輕質骨材可填加瀝青做為透水瀝青鋪面，取代天然粗粒料含量應低於 15%，廢玻璃填加多孔隙瀝青混凝土鋪面取代砂與石量約 10%~15%，其設計原則如下：

- 1.車道鋪面：考慮交通量、CBR 值、保水量及降雨強度等，以能承受交通荷重應有厚度及透水功能之鋪面。
- 2.人行道鋪面：鋪面面層不積水為主，提供人舒適性之透水鋪面，其各種類之構造圖可見表 2.9。透水性鋪面基本構造由上而下依序為面層、底層、過濾層及基層構成。面層不採用一般鋪面之瀝青透層及黏層，以免阻礙雨水滲透；底層具有承受面層之承載壓力，並具有儲水之能力，人行道承載設計較低，底層一般為單一層次，車行道之承載較高，底層分為上層底層及下層基層；過濾層在雨水滲透時，具有過濾作用，且能防止路基土壤侵入底層。鋪面各層厚度之建議值視材質車流量及保水功能而有所調整。

表 2.9 表透水性鋪面結構剖面圖

透水性面層 透水性底層 過濾層 3~4cm 透水性瀝青混合物 10cm 碎石級配 5~10cm 砂 路基
(a) 步道及腳踏車道鋪面構造
透水性面層 透水性底層 過濾層 3~4cm 透水性瀝青混合物 15cm 碎石級配 5~15cm 砂 路基
(b) 停車場鋪面構造
透水性面層 上層底層 下層底層 過濾層 3~4cm 透水性瀝青混合物 7~12cm 碎石級配 (5~6cm透水性瀝青混合配料) 7cm 碎石級配 10~15cm 砂 路基
(c) 低中承載鋪面構造
6cm 連鎖磚 3cm 砂 10cm 碎石級配
(d) 連鎖磚鋪面構造

● 國外案例

(一) 日本東京

日本自 1973 年採用之透水性瀝青混凝土鋪面至今已近三十年。當時東京都建設局為改善行道樹之生長環境，進行人行道透水性鋪面規劃、設計、施工及後續追蹤調查之研究，於 1973 至 1995 年共築 220 萬平方公尺，並以政策性及階段性的推行，於 1989~1995 年以 10~20 萬平方公尺/年速度成長，到達 2000 年已完成 270 萬平方公尺，且尚有有 40% 之人行道在進行中，2007 遂以出版車道透水性鋪裝之手冊。東京都透水性鋪面之推動成果，在日本具有指標性意義如圖 2.20 所示，促使日本全國進行透水性鋪面之鋪設；如圖 2.21 所示，京都府東山區之鋪築透水性人行道，至 1999 年，全國已累積了 1,000 萬平方公尺以上的施工實績。圖 2.22 為日本東京都(杉並區)透水性鋪面試驗車道。

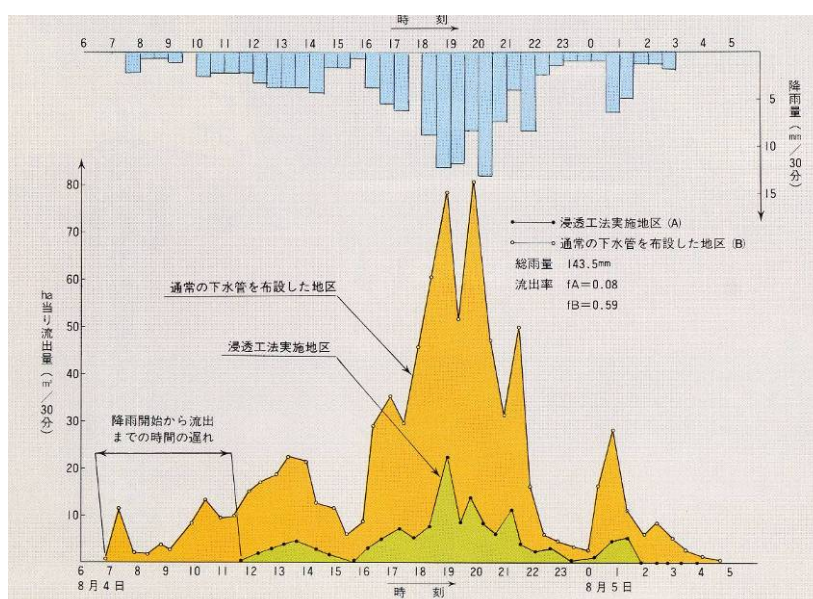


圖 2.20 日本昭島市試鋪透水性鋪面之結果

資料來源：Katsuyoshi, et al, 2003



圖 2.21 日本京都市區透水性人行道施工中與施工完成



圖 2.22 日本東京都(杉並區)透水性鋪面試驗車道

透水性鋪面在透水級配層上擺設多孔隙瀝青混凝土，進而使落在鋪面上之雨水能完全入滲地表土壤，所以在多孔隙瀝青混凝土下設置透水層，避免採用不透水的黏層，降低其入滲效益。因雨水通過鋪面直接滲入路基，理論上會使路基土層含水量增大而變軟失去其原有力學性質。但據日本東京建設局長期追蹤調查發現，施設透水性鋪面後道路路基土壤並沒有因為其含水量增高而有變軟的傾向，主要係此種鋪面均鋪築於人行道停車場及交通較少之車道，可相當於國內五、六級路之縣鄉專用道路及社區道路，集水區內之道路一般車流量不高，故採用透水性鋪面，應可承受交通荷重。

於降雨氣候條件下，具排水性質之路面設施可利用其面層的孔隙使落於鋪面上之雨水迅速排除，防止雨水造成之路面濕滑，減少水珠飛濺，增加車輛於行駛之安全；減少水分子造成之漫射而有利於夜間、雨天時候之視線辨識；圖 2.23 所示，為日本 2000 年於高速道路施設排水性鋪面為期後其交通行駛事故大幅降低 5~10 倍。並且面層之孔隙亦可達到音波的折射削弱而降低對於車輛高速行進間所產生之風切聲、輪胎與路面間的摩擦所造成之聲響。圖 2.24 所示為排水性鋪面施設後降低噪音音貝 3~5dB。

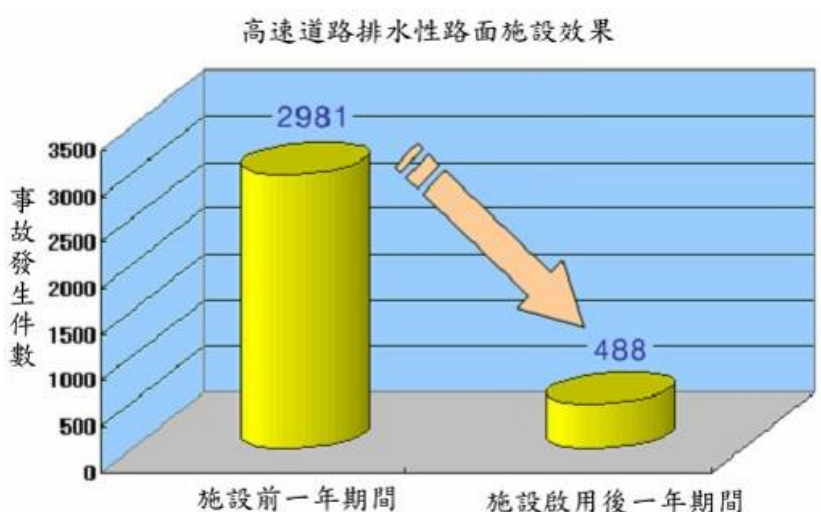


圖 2.23 排水性鋪面對日本高速道路交通事故降低之成效

本研究譯自：日本道路公団

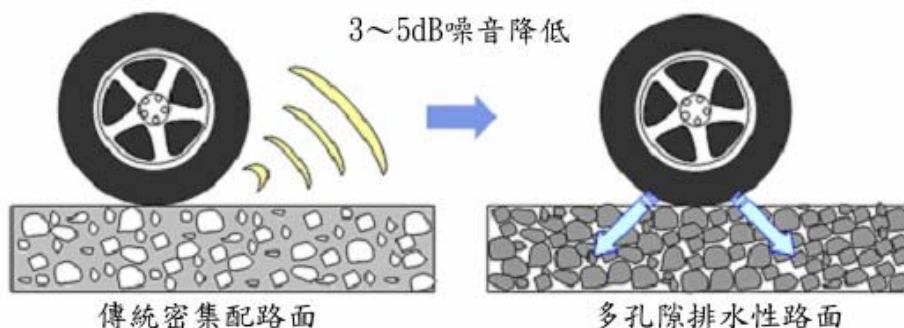


圖 2.24 排水性鋪面對噪音的抑制

本研究譯自：株式會社ガイアート T・K

(二) 美國

早期美國應用多孔性鋪面目的是為了改善雨天道路之打滑現象(Hydroplaning)，在 1947 年應用開放式級配混合料(Open-Graded)路面於 99 號州際高速公路(United States Highway 99)，在 1966 年森林保護局開始使用透水性材料於林業道路路面，至 1970 年代美國各州已積極推行透水性鋪面之應用。透水性鋪面於萌芽之初有眾多不同名詞如開放式級配料混合料(Open-Graded Mix)、間斷式級配混合料(Gap-Graded Mix)及多孔性摩擦路面層(Porous Friction Course)等名詞，這些鋪面的共通性是具有透水功能。目前美國實務界則將透水性鋪面依其形式區分多孔性瀝青混凝土(Porous Asphalt)、透水性混凝土(Pervious Concrete)、連鎖磚(Open-Celled Stones)及礫石鋪面(Gravel Pave)等。

喬治亞州在 1970 年代左右以採用透水性瀝青混凝土，但卻因濕氣導至瀝青混凝土剝落，於 1982 年即停止使用，直至發現採用石灰當防剝劑可降低剝落的問題後才續使用。亞利桑那州現廣泛地在州際公路路面層鋪設透水性瀝青混凝土，其鋪設厚度雖只有 16 mm，但皆於內中摻入添加劑以提升鋪面成效。

奧立岡州所使用之透水性瀝青混凝土在物理性質方面與歐州大部份國家類同，如鋪設厚度皆為 38~50 mm，標稱最大粒徑為 25 mm 等，兩者只在混合料孔隙率值上有明顯區別，此州所採用的孔隙率值遠低於歐州偏愛之值，約在 10%左右。

而在各州極力施做、鋪設透水性瀝青混凝土的同時，美國佛羅里達州亦於同一時期（1970 年）首先推廣無細骨材混凝土於此州，而佛羅里達混凝土協會（Florida Concrete & Products Association）在此扮演重要推動角色。此種鋪面因具有良好之耐久性及透水性，初期廣泛被使用在停車場及中低承載鋪面，如佛羅里達水資源管理單位，為增加暴雨逕流入滲量，減少未處理地表逕流非點源污染直接排入水體等效益，於 1990 年推

動暴雨逕流復育計畫 (Stormwater Rehabilitation Project)，使用無細骨材混凝土於 Bath Club Concourse 鋪設二座停車場，如圖 2.25 所示，面積 848 m²，厚度 20.32 cm，並具有 20%孔隙率。



圖 2.25 無細骨材混凝土鋪面停車場

資料來源：內政部營建署，市區道路及其附屬設施技術研發計畫，2006

以下為美國環保署 EPA 針對透水性鋪面設施之注意事項如下(EPA, 1999)：

- 一、大部分鋪面工程師及營造廠商缺乏專業技術
- 二、在不良之鋪設或維護，透水性鋪面有阻塞問題
- 三、尚有污染地下水風險
- 四、交通工具滲漏的石化燃料及瀝青所釋放出之有毒化學物質，
- 五、透水性鋪面無處理能力
- 六、鋪面下土壤若排水不良將造成厭氧狀態(Anaerobic condition)，不利微生物分解條件

(三) 歐洲

歐洲大部份國家，開始採用透水性鋪面之主因，是為改善剎車性質及車輛通過所產生之噪音。於英國相關報導指出透水性鋪面在乾燥的情況下

可以減少 4 dB 的噪音量，相當於減少一半交通流量所產生之噪音量，而法國研究者亦發現透水性鋪面可使噪音生產和傳播減少 3~5 dB。但各國國家卻於採用後，卻有其共識認為透水性鋪面除可用於交通工程外，亦對環境、都市、建築等工程皆有效用，以下將針對歐洲各國分別介紹之。

(四) 德國

透水性瀝青還沒有普遍適用於德國，然而因為透水性瀝青強調可減少噪音，所以透水性瀝青可能會漸漸普遍。德國道路官員強烈認為減少噪音得如增加安全那般好。他們盼望不僅減少由胎環和行人穿越道的相互作用產生的噪音，而且使從所有來源而引起的交通噪音減輕。

如同瑞典，德國使用透水性瀝青混凝土是用來減少交通噪音和排水。但在德國透水性瀝青混凝土(卻尚未有標準之規格，設計上主要分 8 mm 及 11 mm 兩種名義粒料尺寸)，而孔隙率含量約 15~25%，瀝青與纖維素含量分別約瀝青混合物 5%、0.5%，礦物填充量約總粒料 5%。

德國透水性瀝青混凝土費用雖比傳統鋪面多一倍左右，卻較降低噪音所需添購之隔音牆及為防止鋪面結冰所購買之化學藥劑花費低。

(五) 法國

在法國，透水性鋪面除用於減低噪音及單純排水外，亦多與雨水貯留系統做結合，如 Nantes 與 Bauge 城(Raimbault, 1990)。

法國公共工程研究所(LCPC, French Public Works Laboratory)於 1988 年，在法國西部之 Nantes 城，重建一條 700 m 長之透水性瀝青混凝土街道，並配合街道兩邊之排水溝、排水管與集水井、沉砂井等進行工程佈置。此鋪面可暫時貯蓄街道與鄰近地區之雨水，提供蓄水空間 800m³，而蓄積之雨水一部分滲入地下，一部分經由排水管排放至雨水下水道系統。

另一法國城市 Bauge 亦興建一處厚度 48 cm、面積約 10,000 m²之透水性瀝青混凝土停車場，鋪面內中並與雨水下水道系統連結，可提供 1,000 m³之蓄水空間。

(六) 英國

最早為 1940 年英國皇家空軍(British Royal Air Force)為快速排除雨水所興建之，但經過若干研究後，現在透水性鋪面，大都是為貯留雨水而建構。

英國 Pratt 等人研究發現在降雨期間，採用透水性鋪面之地表逕流體積可減為降雨體積之 30%~50%，且在透水性鋪面區降雨 4~6 mm 時所產生之逕流量，約相當於不透水性鋪面區降雨 1 mm 時所產生之逕流量。另外 Pratt 研究團隊亦估計此種鋪面可在一般狀況下，使用超過 15 年，不需維修換新，尚能保持透水性。

根據試驗結果，持續降雨 50 分鐘，經由入滲作用，壤質砂土層可滯流 60%之雨水，礫石層可滯流 55%之雨水；再降雨 50 分鐘後，砂土層與礫石層尚可滯流 36%及 29%之雨水。

● 國內案例

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，其鋪面施設目的皆以安全耐用、保護地下工程設施為考量因素，大都屬不透水性鋪面，間接導至近年台灣都會區水災頻傳、都市高溫的問題，令相關管理單位開始正視鋪面透水之議題。國內也有不少施作案例，介紹如下：

(一) 石牌國小

本示範區由台北市政府養護工程處與臺北科技大學合作於西安路東側(石牌國小旁)之人行步道施作長 270 m、平均寬為 3.67 m 之透水性混凝土，。因考慮試驗區場址路基層材質為影響透水性能重要因素之一，故先行對現場之土層資料進行分析與研判，經由鑽探報告結果顯示地層主要為火山碎屑岩堆積層，及凝灰角礫岩為主。地表面至深度約 3.6 m 處，係由

表層回填砂土或黏質土所組成；深度 3.6 m 至 5.1 m 主要由棕紫色安山岩岩塊夾中細砂或黏土所組成，地下水位位於地表下 2.5 m 處，現場透水試驗求得之滲透係數 K 約為 1.195×10^{-2} cm/s，符合鋪設透水性鋪面之標準，因此北投區西安街二段石牌國中旁之人行道可作為鋪設透水性鋪面之試驗區。

確定選擇場址適合鋪築透水性鋪面後，進行鋪面結構之規劃與設計，因人行道寬度較窄，且工期短，又需較高平整度與堅固耐用，故以透水性混凝土搭配鋼筋網作為鋪面材，但混凝土抗壓強度需大於 175 kgf/cm^2 。厚度設計則是以承載力與降雨強度評估，經推算求得其厚度為 20 cm；此外為避免路基土壤因水入滲堵塞混凝土孔隙，於鋪面與路基界面鋪設一層土工織物。

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，其透水係數亦需達 1×10^{-2} cm/s 以上。面層材質上層為石英砂 3 cm，其透水係數約為 9.78×10^{-1} cm/s；面層材質下層為無細粒料混凝土 17cm，其抗壓強度約為 350 kgf/cm^2 ，透水係數約為 7.8×10^{-2} cm/s。試驗區現場由施工前至使用至今情況如圖 2.26 所示。

試驗區觀測結果顯示當最大降雨強度在 13 mm/hr 時，入滲效果可高達為 61.1%，而降雨與滲透尖峰可延遲 1 小時，如圖 2.27 所示。



(a) 人行道鋪面未改善前



(b) 整地中



(c) 透水混凝土擺設(下方白色為不織布)



(d) 擺設完成 2003.08



(e) 透水性混凝土表面車轍情況



(f) 透水性混凝土剝落

圖 2.26 石牌國小旁人行道透水混凝土鋪面使用狀況

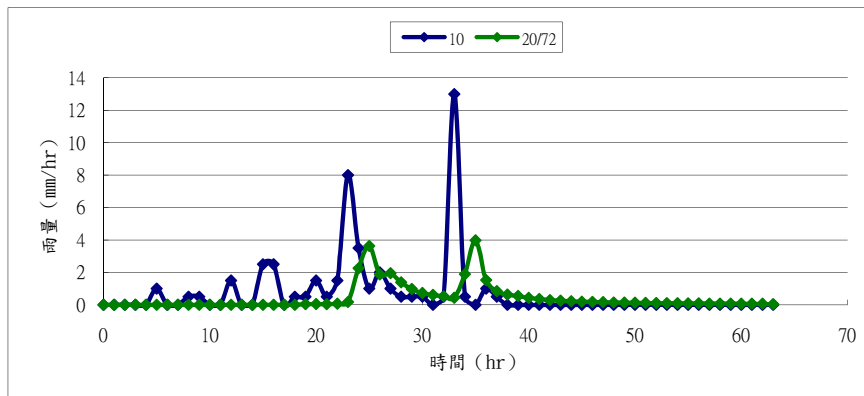


圖 2.27 石牌國小杜鵑颱風觀測結果

(二) 士林區北安路

本示範地點位於台北市士林區北安路東側人行道，本示範地點為有效評估透水性鋪面之入滲效益，設計了四種透水性鋪面形式以比較成效上差異，如下圖 2.28 所示。

觀測收支之數據以地表溫度與入滲雨量為本試驗區主要分析參數：於地表溫度降低之效能上透水性鋪面可將儲存於鋪面內之水份，用於隔日降低溫度效益上，最多可達 8°C ；由水文效益試驗結果可知，透水性鋪面對於暴雨逕流量抑制、地下水挹注具有相當成效，尤其當降雨量小於設計降雨量 30 mm 時，入滲效益皆可達至 80% 以上。

鋪面施工使用至今約六年，磚體表面皆有細微裂縫產生，推測由於人行道上常有當地民眾以自行車、滑板、機車代步，並受天候變化所致，而 C 型鋪面又因為高溫窯燒所製，硬度高但較脆，故最為嚴重，如下圖 2.29 所示。



A 型：透水高壓磚擺設完成



B 型：陶瓷燒結擺設完成



C 型：廢陶瓷窯燒擺設完成



D 型：JW 工法擺設完成

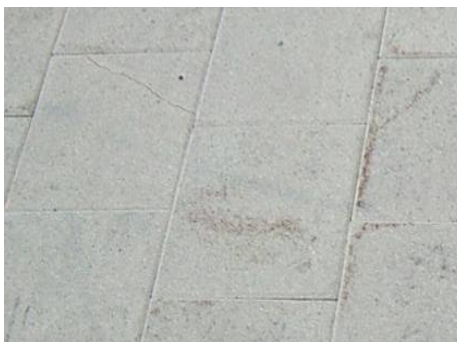
圖 2.28 北安路四種透水性鋪面形式上差異



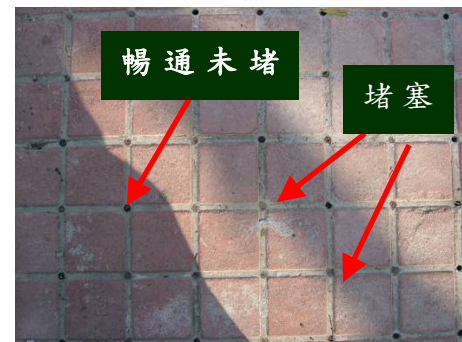
A 型透水鋪面堵塞狀況



B 型透水鋪面龜裂狀況



C 型透水鋪面龜裂狀況



D 型 JW 工法鋪面堵塞狀況

圖 2.29 北安路四種透水性鋪面使用狀況

五、滲透排水管

基地內無法自然排除之地表雨水逕流匯集於管中，利用滲透排水管介面之透水性，以達到降低雨水流量之效果。透水管材料已經從早期之陶、瓦管、多孔混凝土管及有孔塑膠管，演進至蜂巢管、網式滲透管、尼龍紗管，而現今多使用不織布透水管來當成質材，在降雨時可以利用毛細現象將土壤中之水引導入管中，緩緩地將收集之雨水排除；而在降雨停止後，則可利用其介面之透水性，將先前管中所收集之雨水再行排放至周遭土層中，藉由蒸發散降低入滲於土壤中之雨水逕流量，亦可降低都市之熱島效應，其外層之材料需具有足夠之抗壓強度，亦需具有降低泥沙阻塞淤積之機率。依照內政部建研所建議之滲透排水管構造示意圖(圖 2.30)。排水管鋪設順序如下：

- 1.整理後土層先鋪透水性不織布，防止土壤阻塞滲透排水管構造之孔隙，降低滲透排水管構造入滲水份之能力，再鋪設級配層。
- 2.過濾砂層鋪設寬為 60 cm，厚為 10 cm，填入粒徑約為 0.001 cm 之粗砂。
- 3.內徑 φ 為 20 cm 之軟式透水管，採用無紡布內襯過濾，被覆層材質為高強力特多龍紗及合成纖維。
- 4.管之上半圈鋪級配層，而級配層之全寬及厚度均為 60 cm，填入粒徑約為 3 cm 之礫石。
- 5.覆土層厚度為 10cm。

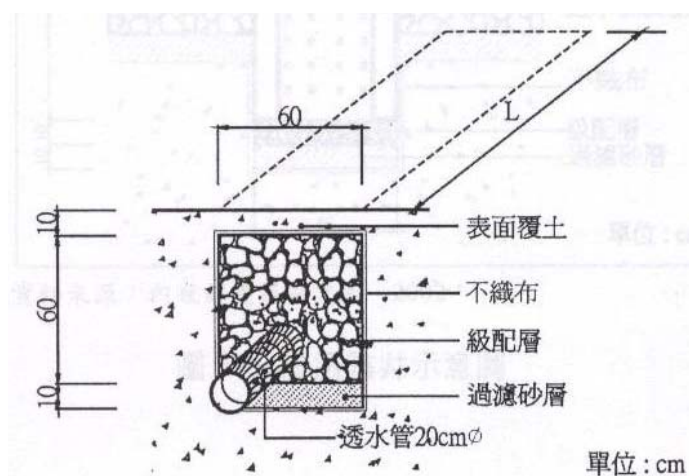


圖 2.30 滲透排水管構造示意圖（內政部建築研究所，2003）

● 注意事項

(1) 自然條件

地質：砂土質之土層較佳。

地下水位：位於滲透管溝之底部 1.5m 以上為佳(儲留雨量及埋設儀器之考量)。

(2) 人為條件

區位：適用於市區之公園、社區、學校、人行道旁(但應避免設於地下水供作飲用水之地區及坡地陡區)。

阻塞物：不適用於高落塵量、大量鬆散砂土區，及落葉、花果量高之地區，若採用則需常清洗維護。

地下狀況：以無八大管線及地下結構物為佳(考量施工便利性)。

污染源：以遠離污染源較佳，如：加油站、掩埋場及土壤受污染等地區。

● 國外案例

(一) 美國維拉諾瓦大學

美國 Villanova 大學除設置透水性混凝土外，亦設一滲透排水管，如圖 2.31，位於校園內之車庫旁，雨水由車庫屋頂經落水管連接流至滲透排水管，整個管溝開挖體積大約為 10 英尺×13 英尺以及 6 英尺深，且內部填滿清洗過之級配礫石，當滲透排水管安置完成後，於表面鋪加透水性鋪面。最近這場地被納 Villanova BMP 研究調查，且被列為各學術參觀之展址。



圖 2.31 Villanova 大學之滲透排水管

(www.engineering.villanova.edu)

● 注意事項

1. 下水道用戶排水設備標準可參考國內下水道用戶排水設備標準：

第 4 條 污水管渠及雨水管渠應分開設置，不得混接。

第 8 條 不同管材管渠間之接合，應採用特殊接頭或以陰井連接之。

第 35 條 用戶應設置用戶排水設備，將雨水以重力流方式排入雨水排水區域內距建築基地最近之雨水下水道。

第 36 條 雨水管渠採用 U 型渠或 LU 型渠，依計畫逕流量設計其斷面；採用圓形管者，其設計規定如表 2.10：

表 2.10 圓形與水管渠設計規範

排水面積(平方公尺)	六百以下	六百零一至一千
雨水管渠管徑(毫公尺)	一百五十以上	二百以上

前項雨水管渠排水面積超過一千平方公尺者，應依排水區域之計畫逕流量計算管徑；管渠非圓形者，以相當斷面積計算。

第 37 條 雨水管渠之流速採計畫逕流量核計時，應符合下列各款之一：

(1) 最小流速每秒零點八公尺，最大流速每秒三點零公尺。

(2) 埋設坡度百分之一以上。

第 38 條 雨水管渠坡度偏大，造成流速過大時，應以階梯跌落，以垂直跌

降三十公分、水平六十公分配置之。

2. 依市區道路及附屬工程設計標準

市區道路排水設計規定如下：

- (1) 市區道路新築或拓寬時，已有雨水下水道系統規劃地區，參照其規劃為之。無雨水下水道系統規劃地區，依據道路集水面積範圍內所需容納之排水量，設計適當排水設施。
- (2) 採重力式排水。但受地形高程限制者，得依需要設置抽水設備。

六、滲透陰井

滲透陰井，與先前所介紹之滲透排水管之原理類似，皆為利用內部之透水性在降雨時容納土壤中所飽和之水量；待降雨過後，周遭土層之含水量逐漸降低時，再緩緩將原先收集之雨水排放至土層中。依照內政部建研所滲透陰井構造示意圖(圖 2.32)。滲透陰井順序如下：

1. 整理後土層先鋪透水性不織布，底層鋪設過濾砂層約 10 cm，再鋪礫石層 10 cm。
2. 裝上陰井設備並連接滲透排水管，中間礫石層施作方式參照滲透排水管。

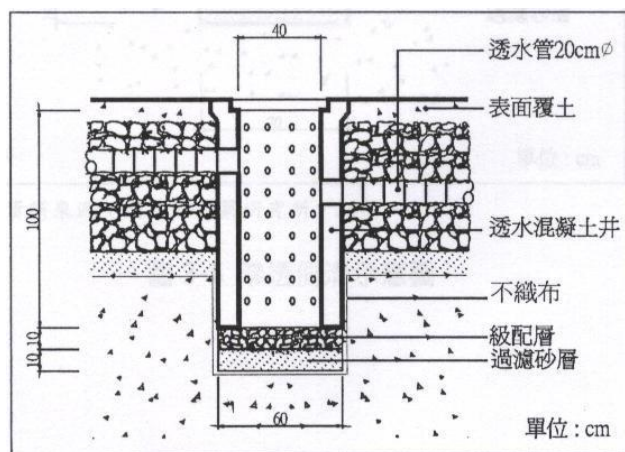


圖 2.32 滲透陰井構造示意圖

(內政部建築研究所，2003)

● 注意事項

在陰井之底部或連接管處設置易於拆裝之網罩或清理裝置，以利日後之清理及維護。

● 國外案例

(一) 日本東京

日本滲透工法應用於各縣市之案例，為滲透陰井與滲透排水管鋪設範圍最廣，一般道路旁之排水設施使用滲透陰井之情形，如圖 2.33 所示。



圖 2.33 東京滲透性排水系統水入滲情形

● 可參考國內法規如下：

下水道用戶排水設備標準

第 12 條 陰井應確保各種匯流管順暢接入，不得造成流水逆流或阻塞，並具有易於清理之設計。

七、滲透側溝

收集經由滲透排水管及滲透陰井所排放出之雨水，利用設置於底部及側面之透水性混凝土材與填充碎石，將雨水經由其滲透性介面排出。因此，滲透側溝之管涵斷面積也較滲透排水管大，以收集較大之雨水流量。可以搭配滲透排水管與滲透陰井，組成一功能完整之滲透排水系統，亦可單獨使用於較大面積之市區道路兩側，容納所匯集之雨水逕流量。管涵之設計可以利用多孔隙之透

水混凝土作為材料，或採用將混凝土管涵設計為具有穿孔之型式，以利所收集之雨水滲透至周遭土層。滲透側溝為一透水材料構造，以碎石填充周邊之排水溝，使其除具排水功能外並能使雨水從側面及底部滲入土壤。滲透側溝由格柵板、不織布、透水材料、碎石級配及過濾砂層等所構成，如圖 2.34 所示，其設計步驟如下：

1. 整理土層後先鋪設透水性不織布，底層鋪設過濾砂層約 10 m，再鋪上礫石層高度 55 cm。
2. 礫石層放置管涵採用透水性混凝土，管涵外側填上 10 m 覆土。

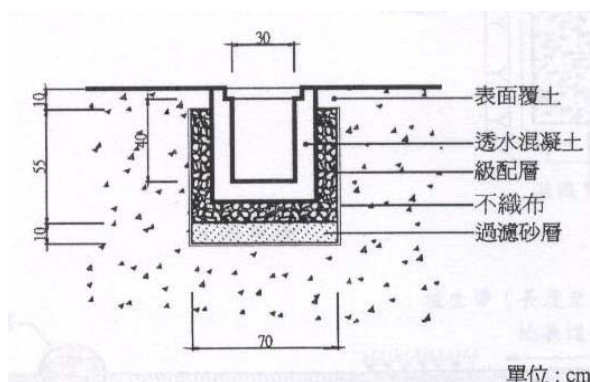


圖 2.34 滲透側溝構造示意圖

（內政部建築研究所，2003）

● 注意事項

入水口所設之攔污網罩，遇暴雨過後，事後須維護及清理，掃除落葉及碎石，而落塵則可採用吸塵器清掃，以防孔隙因泥砂等阻塞而降低其滲透效能。

● 國外案例

（一）日本北海道小樽市

近年來日本各都會地區面臨地下水位過低，因此，於道路、公園與住宅都發展地下滲透工法，如小樽市採用滲透側溝，側溝底層與側邊可供雨水滲透，如圖 2.35 所示。



圖 2.35 道路旁施作滲透側溝

(<http://www.pref.hokkaido.jp/>)

● 可參考國內法規如下：

下水道用戶排水設備標準

第 14 條道路側溝設置規定如下：

- 1.U 型側溝設置於道路二側，溝頂鋪以預鑄溝蓋板，底槽為半圓形，溝底縱坡應使流速符合第七條之規定。
- 2.進水口間距為四公尺至十公尺。
- 3.道路 L 型側溝橫坡最緩為十分之一，最陡為五分之一。

八、樹箱過濾器

樹箱過濾器是由「生態滯留槽和雨花園」兩項技術加以改良之設備，可應用於市區道路，提高污染物之去除率，降低維修成本，並提昇美觀。樹箱過濾器是由預鑄混凝土箱裝滿土體，植栽可由一般標準的人行道樹、灌木、觀賞草、樹和鮮花，可視為一座小型生態滯洪池槽，如圖 2.36 所示。

樹箱過濾器標準尺寸長 180 cm×寬 180 cm，水沖刷道路的地表逕流，可由入口設施進入，或是從人行道旁流入樹箱，箱內深度依照生態滯留槽的施作方式，表土厚度採用並覆蓋 8 公分有機土壤或枯草，最後於表土面設置清潔孔，植栽則採用耐道路污染源(如：重金屬、懸浮固體)的灌木或喬木。

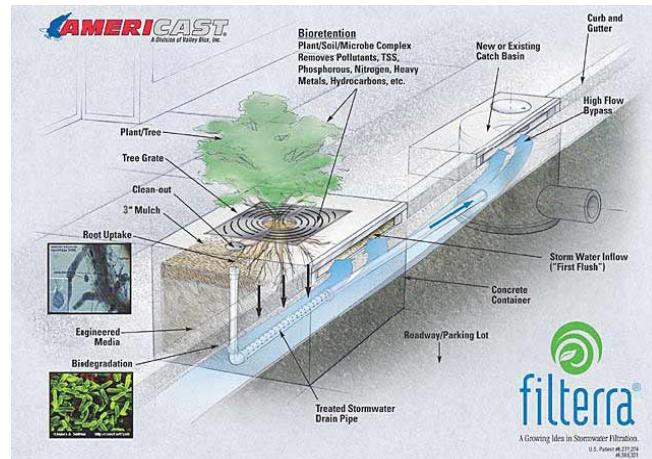


圖 2.36 樹箱過濾器設計概念圖

(LOW IMPACT DEVELOPMENT for BIG BOX RETAILERS, 2005)

● 注意事項

1. 定期修剪植披及灌木，依照「市區道路人行道設計手冊」灌木高度應在 1.0m 以下，以避免過分之阻隔性。
2. 注意溢流口之清潔以避免阻塞。

● 國外案例

(一) 美國 Pentagon

停車場內施作樹箱可將逕流夾帶路面之污染源如油污、懸浮微粒帶入箱中內進行植吸附、過濾，如圖 2.37 所示。



圖 2.37 樹箱過濾器於 Pentagon

(LID CENTER, 2000)

(二) 美國西雅圖

位於西雅圖市區道路旁，雨水流進斜坡排入樹箱內由植物吸附、過濾，如圖 2.38 所示。



圖 2.38 西雅圖道路旁的樹箱過濾器

(Low Impact Development Technical Guidance Manual For Puget Sound , 2005)

● 可參考國內法規如下：

下水道用戶排水設備標準

第 43 條 雨水管渠進水口應以五至十公尺設置一處進水口或格柵進水口，並以坡度向進水口處微降，以利雨水流入。

九、綠色道路

綠色道路(Green Road)可設置在道路小巷、停車場、郊區道路，交通運輸量低最適合，植被可提供吸附汽車殘留的油漬，亦能提供雨水滲透至地表土壤，對於車轍處也可採用高強度之透水瀝青混凝土，以減少地表逕流量，減緩暴雨造成排水系統之負擔，塑膠格網底下的路基，鋪設沙土混合材料，70%級配粒料（礫石 19 mm）與 30%沙土，以便雨水快速滲透土體，有助於草地生長。鋪設土壤厚度約 12~15 cm 以提供植草，車轍處鋪設鋼筋混凝土，亦可鋪設透水瀝青混凝土。

● 注意事項

定期割草，避免草漫地長，有礙市容觀瞻。

● 國外案例

(一) 加拿大溫哥華市

溫哥華某鄉村道路與小巷車庫前，車道設計採用「綠色道路」，除可提供逕流入滲於車道上，草地可處理車道上的油污或懸浮微粒。此設計替代瀝青道路，可用在小巷道路、社區道路，如圖 2.39 所示。



圖 2.39 社區道路設置綠色道路(<http://www.cityfarmer.org/lanes.html>)

● 國內案例

(一) 臺北科技大學

臺北科技大學一入校門的大廊道，鋪面採用『綠色道路』設計，可以作為人行道、車輛道路或是停車場等用途；適合在像校園裡低交通流量的區域，採用透水性鋪面取代傳統完全不透水的鋪面，既不影響鋪面的功能，又可以達到暴雨逕流管理的目標。目前透水性鋪面的概念及應用較為廣泛，不僅是在國外或是台灣，許多公共停車場均採用類似的透水性鋪面取代瀝青柏油的不透水鋪面，圖 2.40 即為臺北科技大學校園內綠色道路的實例。



圖 2.40 臺北科技大學校園內之綠色道路

2.4.2 自行車道系統規畫設計

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。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。

● 自行車路線規劃設計之原則

本研究參考國內外自行車道規劃設計規範、手冊及研究報告研擬五項規劃設計原則(安全性、便利性、舒適性及其他)，如下圖 2.41 說明之。

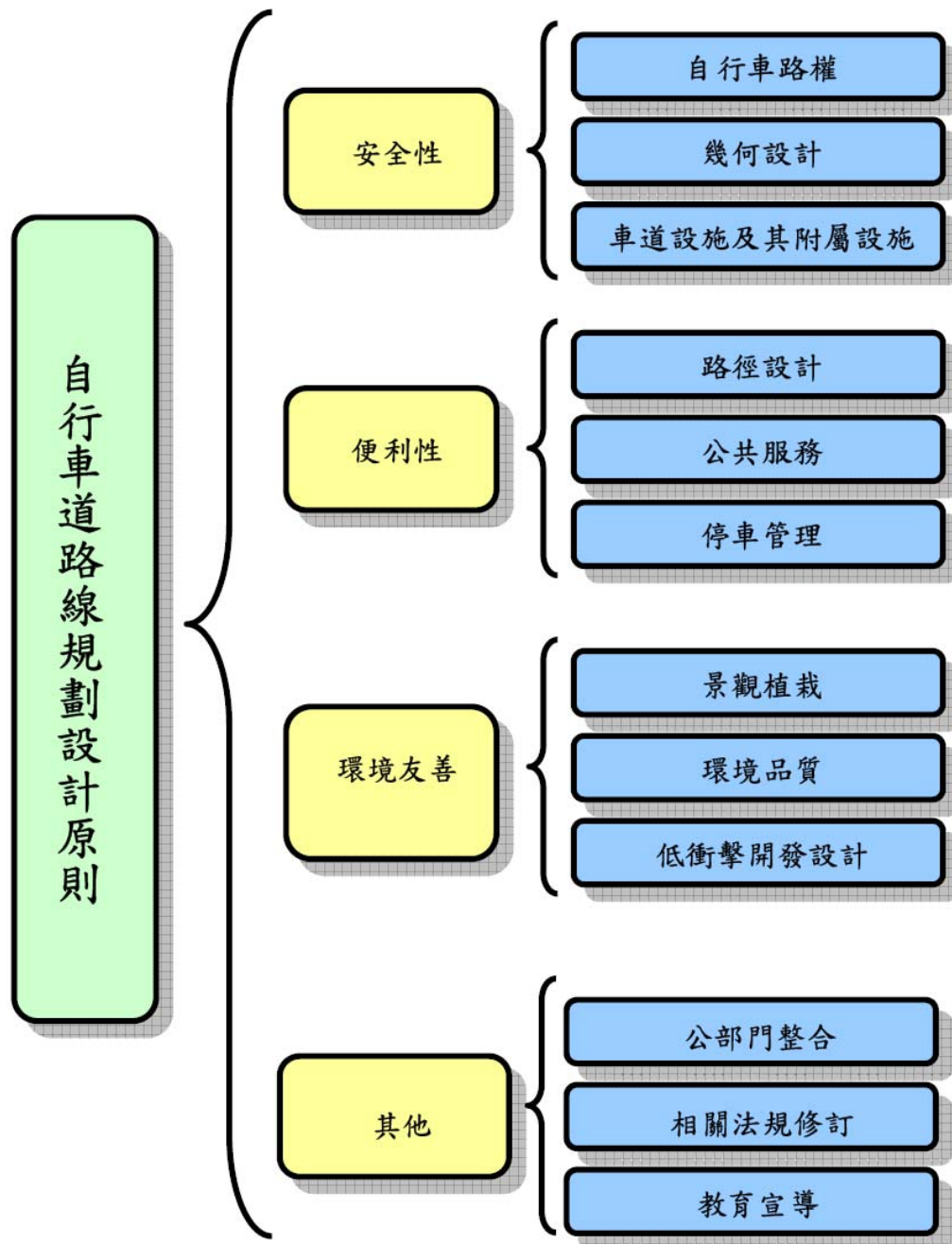


圖 2.41 自行車道路線規劃設計原則圖

2.4.2.1 依安全性規劃設計原則設計

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：

(一) 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。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：

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，如圖 2.42 所示。



圖 2.42 自行車專用道路(一)

1. 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，如圖 2.43 所示。



圖 2.43 自行車與行人共用道(一)

(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，如圖 2.44 所示。



圖 2.44 自行車專用車道(二)

2. 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。

3. 單側雙向佈設：

(1) 自行車單側雙向與汽機車道共用車道之專用車道：自行車與汽機車道共用車道之分隔專用車道，其自行車設為單側雙向(雙向間未設置分隔設施)。

(2) 自行車單側雙向與人行道共用道：自行車與人行道共用道之分隔專用道，其自行車設為單側雙向(雙向間未設置分隔設施)。

(二) 依幾何設計

自行車道寬度必須考量行駛時擺動所需之活動空間、路面之坡度、與路旁之排水設施、邊坡及其他障礙物之寬距等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。各類型自行車道寬度建議如表 2.11~表 2.13 所示。

表 2.3 各類型自行車道寬度建議值

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

表 2.4 車道服務水準

服務水準	密度(D) (小客車/公里/車道)	平均速率 (公里/小時)
A	$0 \leq D < 14$	≥ 90
B	$14 \leq D < 18$	≥ 85
C	$18 \leq D < 23$	≥ 80
D	$23 \leq D < 29$	≥ 70
E	$29 \leq D < 35$	≥ 60
F	$D > 35$	或 < 60

資料來源：台灣地區公路容量手冊

表 2.5 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

各類型自行車道寬度建議如下：

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 4.0 m 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)、以 2.5 m 以上為宜(實體分隔)；與汽車混合，以 3.5 m 以上為宜，最大 4.5 m。
8. 本研究建議自行車設置在車道上應有 D 級以上服務水準；設置在人行

道上應建置在 C 級以上服務水準。

(三) 依側向安全淨寬與淨高

為保有自行車騎士能有足夠安全空間騎乘，規定其安全淨寬及淨高，其規劃設計原則如下：

1. 側向安全淨寬

- (1) 自行車道間的安全淨寬至少 0.5 m。
- (2) 與路燈、植栽或建物之間的安全淨寬至少 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 60kph 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。
- (3) 自行車專用道之垂直淨空至少 2.5 m。

(四) 自行車道線形設計

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。其規劃設計原則如表 2.14 及表 2.15 所示。

表 2.6 自行車道平曲線最小半徑

設計速率 V_d (km/hr)	平曲線最小半徑 R_{min} (m)
10	3
20	15
30	30

資料來源：營建署市區道路及附屬工程設計規範

表 2.7 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：營建署市區道路及附屬工程設計規範

規劃設計原則如下：

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。
3. 橫坡度：以 2% 為宜，最小 0.5%。
4. 超高率：超高率(emax)以勿超過 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。
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。

(五) 鋪面與排水之設計

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。此外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。其規劃設計原則如下：鋪面種類於圖 2.45、圖 2.46 所示。

- 鋪面

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，包含彩色塗料、彩色瀝青混凝土、彩色磁石瀝青混凝土鋪面。

- 排水

1. 車道設置排水設施，應以不使積水侵入車道、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。
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. 鋪面設計以透排水性鋪面為優先考量。
5. 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 2.45 水泥混凝土鋪面



圖 2.46 瀝青混凝土鋪面

(六) 護欄與分隔措施設計

護欄與分隔措施設置目的為區隔騎乘空間、防止危險及動線引導，規劃設計原則如下：護欄種類於圖 2.47~圖 2.49 所示。

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。

● 分隔措施

1. 實體分隔：包含緣石、護欄、欄杆、植槽；綠籬等方式。
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。



圖 2.47 護欄



圖 2.48 實體分隔型式



圖 2.49 交通標線分隔型式

(七) 自行車牽引道設計

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，供自行車牽引，規劃設計原則如下：牽引道型式於圖 2.50 所示。

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。



圖 2.50 牽引道型式

(八) 自行車道照明設備之設計

照明設備充足，除可有效提升自行車使用者安全，且減少自行車偷竊問題，規劃設計原則如下：

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 3.5m 以上，在車道上應有 4.7m 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) 可考慮採用太陽能發電之照明設備。

(九) 自行車道標誌、標線及號誌設計

理想的標誌、標線及號誌，能使各用路人安全、快速抵達目的地，故用路人應予以遵守，規劃設計原則如下：

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；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。
2. 自行車專用號誌：自行車專用號誌之設置原則為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、抗滑標線如圖 2.51 所示，減少雨天路滑現象。交通部公路總局施工規範要求抗滑值 $BPN \geq 45$ 。
4. 其不足地方，請參考道路交通標誌標線號誌設置規則及交通工程手冊。



圖 2.51 透水抗滑標線

資料來源：煜盛股份有限公司

(十) 自行車道交叉路口設計

交叉路口肇事率為交通事故發生機率較高地方之一，故須採各種交通手段以提高其安全性，其於路口交叉之處理方式參考表 2.16，規劃設計原則如下：

1. 自行車道在交叉口或路段中之穿越方式，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 2.52 所示。
3. 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。
4. 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。
5. 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。



圖 2.52 採不同顏色鋪面示意圖

表 2.8 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。
	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間，設置寬廣自行車待行區，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。

2.4.2.2 依便利性規劃設計原則設計

自行車道路網應檢視及改善市區道路對自行車通行之友善，提高使用性。於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，為避開不必要阻力，推動初期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，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。

(一) 自行車道路徑設計

路徑係由自行車使用者根據各種需求，而行使動線，將各動線串聯可成路網，其規劃設計原則如下：

1. 路段友善性

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

- (1) 檢討汽機車車道數及車道寬，提供較寬裕且界線明確之自行車道。
- (2) 交通量大、重車比率高、路幅足夠路段，以實體區隔方式設置自行車專用車道；交通量大、重車比率高、路幅不足路段，另行規劃替代道路。
- (3) 自行車道建置初期採漸進方式，與行人共用道路，並以實體區隔方式，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. 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(如學校、公園、美術館、博物館、市政中心、商務中心等)，以提升自行車作為通勤交通工具為考量原則。
- (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. 指示友善性

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。

(二) 提供自行車租賃服務

推出公共自行車租賃服務，如圖 2.53 所示，不僅能解決自行攜帶自行車於運具銜接不便問題，亦能解決自行車被偷竊風險，同時有助於吸引一般民眾體驗自行車騎乘樂趣並適當解決市區交通壅塞、停車及空氣污染等問題，其規劃設計原則如下：



圖 2.53 高雄捷運生態園區站&自行車租借系統

1. 公共自行車停放位置：設置地點應考慮路網動線之整體配合，如各捷運站、市政中心、商圈及各處風景區或遊憩據點。
2. 公共自行車使用範圍：公共自行車屬於特定區域之暫時性使用，建議使用範圍以市區核心區域之上班、購物、洽公及各據點間使用為主。
3. 公共自行車設計：公共自行車屬於公共用途，因此在設計上應力求堅固、簡單而醒目。相關配備上以單速、充氣式內外胎為原則且無法改造或與其他自行車相組合，避免偷竊或佔用之情形發生。
4. 公共自行車經費來源：建置初期，包含自行車、租賃處及電腦管理相關設備，可考慮結合政府及企業贊助。設置後，其一般性維護管理費用，採自給自足，部分由政府補助或企業認養。
5. 公共自行車之營運及管理體系：為維持公共自行車在營運效率及競爭力，建議其營運、維修及管理委由民間執行。政府扮演督導角色，監督自行車推廣之軟硬體工作。

(三) 提供大眾運輸攜行、接駁服務

自行車與大眾運輸結合為相輔相成。對於市區通勤可吸引汽機車使用者加入，達成運具轉移之正向循環，就通勤需求，受限行車之騎乘速度及距離，若

能進一步結合大眾運輸，將可增加民眾使用意願，故此要使民眾能由住家至各目的地應著重效率、便捷之整合，規劃設計原則如下：

1. 場站：大眾運輸站之停車轉乘措施。
2. 運具：自行車方便攜行。
3. 場站周邊道路系統：連接至場站之自行車道路網，如圖 2.54 及圖 2.55 所示。
4. 配套措施：鼓勵使用者以自行車轉乘之相關策略。



圖 2.54 台北市捷運結合自行車



圖 2.55 高雄市公車結合自行車

(四) 導覽牌設計

自行車道規劃為遊憩型，應建立導覽牌，說明自行車道之動線與周邊景點資訊，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，規劃設計原則如下：

1. 應於大眾運輸接駁處、自行車租賃處、自行車道起迄點、重要交叉路口點設置。
2. 全區之牌誌(含輔助設施單元)如圖 2.56 所示，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 2.56 台中市自行車導覽牌

(五) 提供停車管理

停車對一般民眾在交通上問題通常為不便利，對自行車而言，缺少停車空間，造成都市空間混亂及助長交通秩序紊亂，再者自行車失竊率攀升，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，規劃設計原則如下：

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 2.57 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 2.57 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：單排停車空間長度 1.85 m，寬度 0.6 m，如圖 2.58(a)所示。
- (2) 並排停車空間：並排停車空間長度 1.85 m，兩車中心間距 0.4 m，如圖 2.58(b)所示。
- (3) 斜角停車空間：停車場狹窄時，可為斜角停放，如圖 2.58(c)所示。

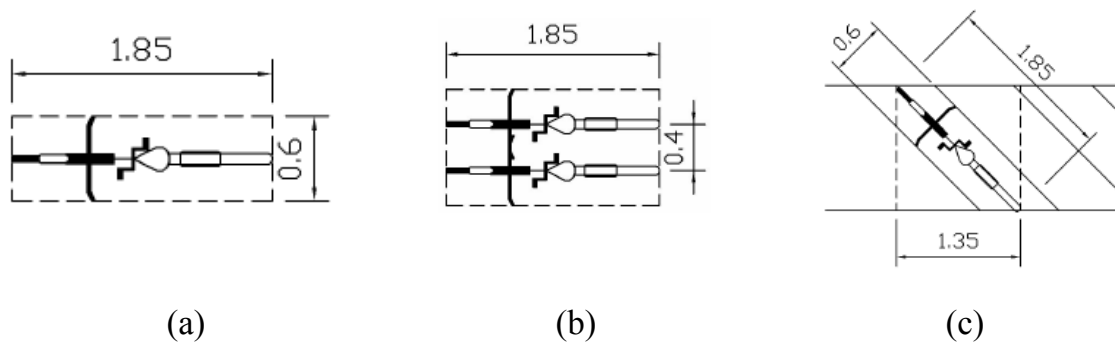


圖 2.58 自行車基本停車空間(單位：m)

資料來源：市區道路及附屬工程設計規範

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：目前最為普遍之形式，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 2.59 及圖 2.60 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 2.61 所示。



圖 2.59 停車架



圖 2.60 雙層停車架圖



圖 2.61 自行車停車場

2.4.2.3 依環境友善規劃設計原則設計

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，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。都市建構自行車道，正可作為都市永續發展策略之一。

(一) 景觀之設計

道路景觀及生態宜考量包括景觀美化、人文景觀營造、生態保育、設施減量與合併等原則，以提高景觀整體性、保護生態棲息環境，使用路人達到視覺享受，期規劃設計原則如下：

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，如圖 2.62 所示。

- (5) 景觀美化包括植栽綠化，附屬設施之色彩、質感、造型等互相搭配諧調及與環境融合等，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。

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，並提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(如電力系統地下化、遷移退縮，圖 2.63 所示)，使道路空間簡約且整齊。



圖 2.62 自行車道與公園綠地結合



圖 2.63 電力系統遷移退縮

(二) 環境品質之提升

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，提升之方式如下：

1. 市區道路縮減，採漸進方式，重新安排道路使用空間，如圖 2.64。
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 2.64 重新安排道路使用空間

(三) 低衝擊開發設計

利用各種土地開發規劃與設計方法，降低公共基礎設施成本，並在一定成本效益下，保護自然資源系統，有助減輕環境潛在影響，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。

(四) 人手孔下地之路平專案

綜觀世界上稱得上國際都會城市，其道路系統良窳，為重要指標之一。臺灣在許多方面都有受世人稱道之處，唯有路面起伏不平、坑坑洞洞，是最大的問題，於是公共工程委員會於 97 年 10 月 20 日頒布實施院核「推動道路平整方案」；污水、電力、電信、瓦斯、自來水等五類維生系統，常需打開人孔蓋進行維修，所以市區道路更新銑鋪時，以人孔蓋一律下地，徹底解決道路不平問題；其「路平專案」除對於道路平整，亦提供用路人安全及舒適性，以下為「路平專案」內容及特性之說明：

路平專案「路基改善型」的施工主要分作三個階段：

1. 第一階段：路基改善及孔蓋減量調降（約需 2—4 週）

路基改善：目前辦理路基改善施作工法採現場級配料乾拌水泥碎石級配方式辦理，雖然在改善初期外觀看起來像是修補坑洞，但卻是改善道路體質的根本之道。另針對路寬超過 8 公尺之路面更新工程，目前孔蓋數量過多影響道路平整部分，係配合路面銑鋪前先行調降，使路面鋪築高程能回歸原有設計高程，以利平整度之提昇。

2. 第二階段：路面全寬刨除加鋪（約需 12—16 小時）

為增加重新銑鋪後路面之耐久性，並利於調整道路縱橫坡度，將路寬超過 8 公尺道路銑刨重鋪之厚度由過去 5 公分增為 10 公分，並保留足夠之養護時間(6 小時或表面溫度降至 50℃ 以下)，以確保施工品質。

3. 第三階段：防災維生孔蓋提升齊平（約需 2 週）

因維修需要無法減量之人手孔，於路平專案銑鋪前先將人手孔下地，並於路面銑鋪完成後由管線單位向縣市政府道路主管單位申請開挖，將人手孔提升與路面齊平，屬路平專案銑鋪工程之一部分，惟管線因各項維修、增設等需求，須辦理人手孔提昇留設於路面上，惟此

類施工路面出現開挖狀況，常被民眾誤以為縣市政府未管制又擅自核發挖掘。

2.4.2.4 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。

● 國外案例

(一) 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 2.65 及圖 2.66 所示。

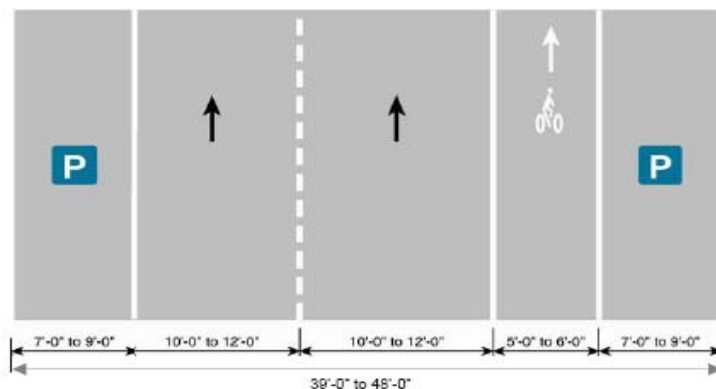


圖 2.65 單向自行車道

資料來源：Supplemental Design Guidelines，2003

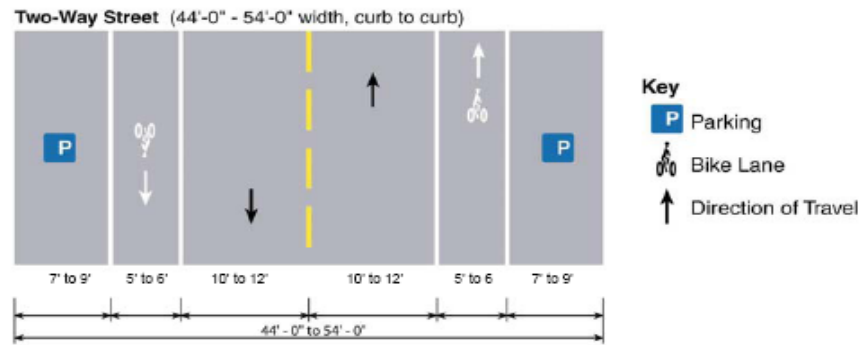


圖 2.66 雙向自行車道

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或加設槽化島「設標誌」，提醒汽車駕駛人小心自行車騎士，如圖 2.67~圖 2.69 所示。

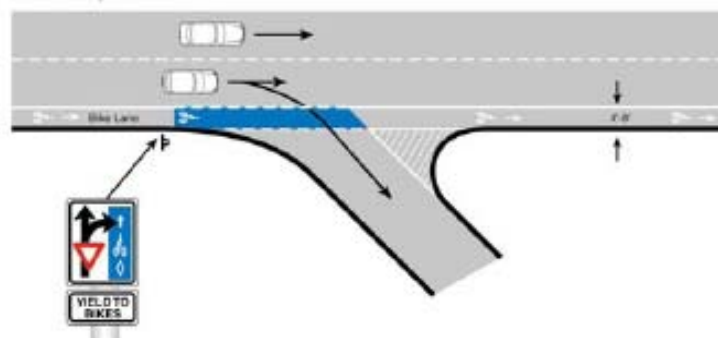


圖 2.67 丁字路口設置型式

資料來源：Supplemental Design Guidelines，2003

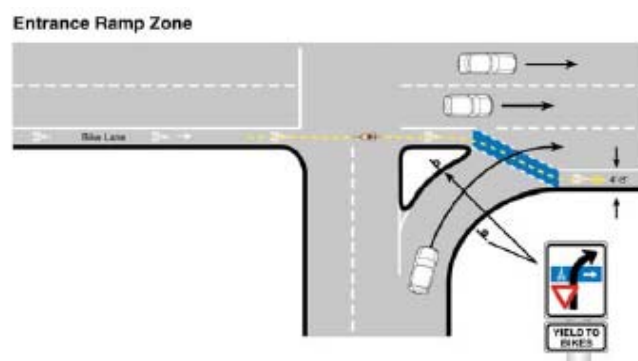


圖 2.68 丁字路口設置型式(續)

資料來源：Supplemental Design Guidelines，2003

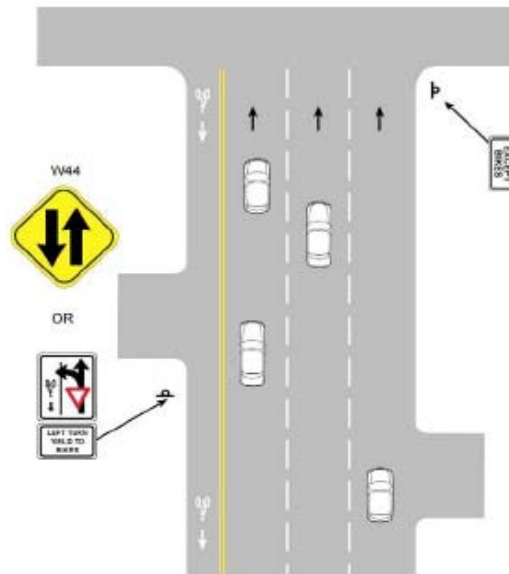


圖 2.69 十字路口警告標誌

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 2.70 所示。

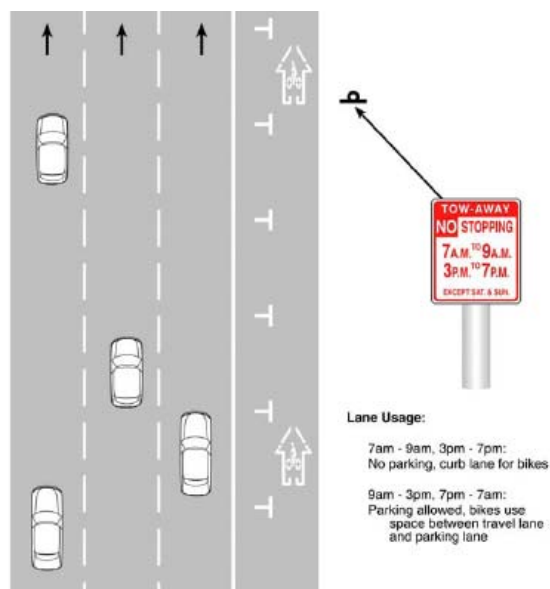


圖 2.70 停車格設置自行車道型式

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 2.71 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 2.71 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)。

(二) 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 2.72)。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 2.73)，可促使號誌燈提早變化以便騎士安全通行。



圖 2.72 荷蘭自行車道(田秋堃攝)



圖 2.73 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。

(三) 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 2.74 所示。



圖 2.74 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 2.75 所示。



圖 2.75 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。

(四) 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 2.76)；
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 2.77)；
5. 在主要道路設置自行車標誌、標線與專用號誌(如圖 2.78)；
6. 設立與大眾接駁之停車設施(B+R)以及服務站(如圖 2.79)。



圖 2.76 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 2.77 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 2.78 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 2.79 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 2.80~圖 2.82 所示。



圖 2.80 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，2004



圖 2.81 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，2004



圖 2.82 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，2004

「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。

(五) 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 2.83)。



圖 2.83 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 2.84 所示。



圖 2.84 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 2.17)、線形、視距及交叉路口之相關設計。

表 2.9 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

(六) 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 2.85 為曼谷市綠色單車。



圖 2.85 曼谷市綠色單車

資料來源：泰國世界日報報新聞網

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。當地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 2.86 為曼谷市自行車道。



圖 2.86 曼谷市自行車道

資料來源：泰國世界日報報新聞網

◎ 國內案例

(一) 信義區

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。

信義計畫區自行車道是台北市最早的自行車專用道路網，路網架構主要是 20 年前都市計畫預留的行人徒步區與人行道空間。棋盤式的路網範圍包括南北向的松仁路、松智路、市府路，東西向的松高路，以及松高路到華納威秀影城間各行人徒步區，最遠往東延伸到松德路。為全國密度最高最完整之自行車道路網，且其市區公共自行車租借率居各縣市之冠，並首創路外公有停車場設自行車停放架及圍籬式停放區，多項創新措施深受評審青睞。行政院研考會 99 年度辦理全國自行車道系統評比作業，臺北市在全國各縣市中脫穎而出，參賽之生活通勤型-「信義區自行車道」獲得優等最佳成績。

信義區的自行車道鄰近多有百貨商圈、誠品書局、威秀影城及台北 101；因此此區人潮眾多，所以設置方式多是共用人行道的人車分道，自行車道規劃靠車道，人行道規劃在內側，圖 2.87~2.88 為信義區松高路及松仁路上自行車道。雖然有很清楚的標誌和地面上大大的腳踏車圖案，多數行人還是不知這是自行車專用道，而專用道變成人行道是常態，自行車騎士則要多體諒注意，如圖 2.89 所示。



圖 2.87 信義區松高路上自行車道



圖 2.88 信義區松仁路上自行車道



圖 2.89 自行車專用道行人自由穿梭

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，就連夜晚也一樣醒目，並提醒用路人注意，如圖 2.90 所示。



圖 2.90 穿越道採用綠色 AC 鋪面(左：日，右：夜)

總言，信義區自行車道整體規劃考量了與大眾運輸（捷運）結合，無縫轉乘，號誌及標線識別清楚，安全上路，讓自行車騎士享受區內路網連結順暢且舒適，設施相當清楚完善，但是型式各有不同，實施起來的情況也各有不同。自行車專用道標誌、標線，甚至大大的自行車圖案，行人大多視而未見，行人總是自由穿梭；主要原因是行人因為要穿越馬路(路口)，所以除了要走進百貨商場逛街的人之外，大多數習慣走在人行道外側(靠近馬路這一側)，動線因此與自行車道動線產生重疊。甚至還有路邊臨停的車視而不見自行車道，大刺刺的佔用自行車道，這些都有待用路人檢討反省。

(二) 敦化南北路

去年9月份台北敦化南、北路誕生了第一條專屬自行車騎士騎乘之自行車專用道。感謝北市府勇於認事之積極創新做為，配合環保政策亟思突破現有交通格局，讓自行車騎乘者得有專屬路權，給予高度的掌聲與喝采。

於上班時間騎乘敦化自行車專用道，有別於以往與機車甚或汽車共道之大幅危險性(如基隆路或忠孝東路)；因其有專屬道路(汽、機車不得用此路權)，即便在市區內騎乘，安全感相對提升許多。再者，專用道寬度夠寬，鋪面平整，騎乘此林蔭大道之上，迎風拂面，倍感逍遙且自在，如圖 2.91 及圖 2.92 所示。



圖 2.91 敦化北自行車專用道

資料來源：自行車道工作坊



圖 2.92 敦化北自行車專用道

資料來源：自行車道工作坊

敦化自行車道彩色鋪面主要採綠色及紅色二種鋪面顏色，綠色鋪面代表自行車供“自行車通行空間”；紅色鋪面則代表“行人優先”警告區域，設於公車停靠區、計程車招呼站、裝卸貨停車格等，自行車騎士行經該區域，均須先停止並禮讓行人優先通行，如圖 2.93 及圖 2.94 所示。



圖 2.93 自行車通行空間



圖 2.94 行人優先

資料來源：自行車道工作坊

總言，敦化自行車專用道是呈一斷面，未有其他自行車專用道與其相連，無法成立一類似捷運之市區自行車專用路網。專用道被汽車臨停所生障礙雖有明顯改善，惟未能徹底杜絕違停情事，仍係造成自行車騎士有感不便之疑慮。還有尖峰時段，汽、機車仍為道路車輛主流，排碳量大以致空氣不潔，恐亦係

自行車騎士考量自身健康而無意於市區內騎乘之可能因素，這些都有待市府檢討改善及用路人也要當心留意。

(三) 大安森林公園

大安森林公園啟用至今已有 15 年多，環繞公園外環人行道是採用窯燒石英磚材質，台北市交通管制工程處原在新生南路與建國南路路段，區隔部分人行道空間做為自行車道，騎乘鋪面有不平整的缺點，騎乘舒適感較差，光滑表層碰到下雨天排水性不佳，常發生天雨路滑的危險狀況，如圖 2.95 所示。

市府於去年七月起施工，將建國南路、新生南路側既有窯燒石英磚的自行車道刨除，改用樹脂耐磨地坪，和平東路側則受限於人行道寬度不足，且設有公車亭、行道樹，因此將自行車道設置於內側，與其他兩條道路的自行車道設置位置略有不同，但同樣採取人車分道，如圖 2.96~2.97 所示；配合工程還包括生南路和平東路口斜坡道改善及周邊照明改善，夜間騎乘也沒有問題，如圖 2.98 所示。



圖 2.95 大安森林公園旁自行車道施工改善前

資料來源：自行車道工作坊



圖 2.96 大安森林公園旁自行車道

資料來源：自行車道工作坊



圖 2.97 大安森林公園旁自行車道

資料來源：自行車道工作坊



圖 2.98 新生南路和平東路口斜坡道

資料來源：自行車道工作坊

(四) 高雄中央公園捷運站

中央公園站(中山一路)捷運出口附近設置自行車自動化租用站，方便進出捷運站之人租借或置車，行人與自行車共用寬廣人行道，但自行車道劃分不明確，有待加強改善，如圖 2.99 所示。



圖 2.99 中央公園捷運站外之自行車道及自行車租借系統

(五) 高雄中正二路

中正二路鄰近高雄市議會，自行車道與行人共用人行道，地上鑲入自行車道道路標誌，可區隔自行車與行人使用空間，如圖 2.100 所示。



圖 2.100 高雄中正二路之自行車道

(六) 高雄美麗島捷運站

美麗島站鄰近中山一路，捷運站出口附近設置自動化自行車租用站，如圖 2.101 所示，行人與自行車共用人行道，同時設機車停車位，但自行車道之地上標誌及車道劃分設施不明確，易使行人、自行車及機車產生行之混亂及安全問題，如圖 2.102 所示。



圖 2.101 自動化自行車租用站



圖 2.102 自行車道之地上標誌及車道劃分不明確

(七) 高雄民生二路與市中一路交叉口

此處自行車穿越交叉口標線清楚，但至對面則有阻車檔與綠園區，使自行車通行需繞行，稍嫌不足，如圖 2.103 所示。



圖 2.103 阻車檔與綠園區易使自行車騎士行之阻礙

(八) 高雄五福三路

此區鄰近高雄女中，設有自動化自行車租用站，可提供高雄女中師生及附近民眾之租用，如圖 2.104 所示。



圖 2.104 五福三路之自行車租用站

2.4.2.5 建議

建構自行車道除須考量軟、硬體設施，更需要公部門及社會大眾共同努力，本研究即從公部門、法規及宣導等三面向提出建議，其望提升自行車使用率、安全性、便利及友善，達到綠色運輸、人本交通之目的。

一、公部門整合

中央部會應平行溝通，將研究成果、資訊相互傳遞，儘可能研提一套完善規劃手冊或標準供縣市政府參考，而地方政府亦應參考此手冊或標準，規劃設計具地方特色之自行車道，建議內容如下：。

1. 中央部會應建立宏觀之遠景、政策，在此建構下供地方作為執行標準及依據。目前自行車道路網規劃在中央上以內政部營建署管轄市區道路，交通部掌管公路，經濟部水利署掌管河灘區域，在地方則屬各縣市政府負責。
2. 自行車運輸理應歸屬交通局管轄，但從發展自行車運輸，塑造更優質的都市生活空間，提高市民生活品質的長遠市政目標而論，交通局的管轄與能力可能力有未逮。全面的自行車運輸推展涉及市府諸多局處。以台北市為例，從都市發展局土地分區、巷道規劃；工務局道路斷面設計與人行道設計；水利處河濱自行車專用道；公園路燈管理處管理街道路樹；民政局社區營造；教育局交通安全教育；乃至文化局樂活(Lohas)生活態度的傳播，觀光傳播局對於相關政策推展等皆與自行車能否在臺北市生根茁壯密切相關。

二、法規之修訂

過去由於騎乘自行車之風氣尚未普及，政府針對自行車行路權並未明確之規範，近年來由於世界各國倡導綠色運輸，政府遂逐步展開環島自行車道之目標。為保障所有用路人的權益，加強道路交通管理，維護交通秩序，確保交通安全，政府應增修訂相關法規，建議內容如下：

1. 初期應以宣導代替處罰，但重要且急迫之規定，應優先公佈遵守。
2. 以漸進方式，建構市區自行車道，並逐步要求用路人遵守相關規範。
3. 自行車相關規範包含道路交通管理處罰條例、道路交通安全規則、道路交通標誌標線號誌設置規則、市區道路及附屬工程設計規範等，其詳細規劃內容可見表 2.18。

表 2.10 自行車於現行法規之主要規範內容

規範項目	規範主要內容
行駛空間	1.慢車行駛，應遵守道路交通標誌、標線、號誌之指示 2.慢車應在劃設之慢車道上靠右順序行駛，在未劃設慢車道之道路，應靠右側路邊行駛。但公路主管機關、市區道路主管機關或警察機關對行駛地區、路線或時間有特別規定者，應依其規定。 3.人行道（設置必要之標誌或標線）得供慢車行駛。
停車	1.需依規定行駛、停放車輛、搭載乘客及裝載貨物。 2.得於圓環、人行道、交岔路口 10 公尺內，設置必要之標誌或標線另行規定慢車停車處所。 3.在未設置自行車停車設施之處所，自行車得比照汽缸總排氣量未滿五百五十立方公分之機器腳踏車停放。
安全設備	1.電動輔助自行車應經檢測及審驗合格 2.慢車有燈光設備者，在夜間行車應開啟燈光。 3.慢車不得擅自變更裝置，並應保持煞車、鈴號、燈光及反光裝置等安全設備之良好與完整。
搭載限制	1.需依規定行駛、停放車輛、搭載乘客及裝載貨物。 2.慢車(兩輪自行車)不得附載坐人，載物高度不得超過駕駛人肩部，重量不得超過 20 公斤，長度不得伸出前岔，並不得伸出車後 1 公尺，寬度不得超過車把手。

2.5 市區道路相關法規之探討與建議

傳統鋪面新建及維護管理系統，均以柔性、剛性鋪面予以定義，並未考量其他鋪面特性(如透水性鋪面)，故本研究為彌補傳統工法及維護管理系統之不足，蒐集國內外市區道路相關法規，進行分析探討，並參考 98 年度之成果，研擬對於市區道路相關法規之修訂，如透水性鋪面之養護規範、再生材料及高性能材料應用市區道路之相關規範及都市綠廊道建立之新建準則等，提供各縣市政府參考依據。本計畫因工作之參考，針對台灣地區台北、台中、高雄、內政部之道路管理政策歸納與整理，如表 2.19~表 2.22 所示，其相關法規與本計畫法規探討有關。

表 2.11 市區道路及附屬工程設計標準

第五條	主要道路之規劃設計規定如下： 一、同一主要道路之路型配置應一致。但通過特殊路段區間時，得視情況為必要之調整。 二、採中央分隔或快慢分隔，各方向應為二車道以上。 三、依實際需求留設人行道及公共設施帶空間。 四、依運輸特性、道路實質條件等需要，設置公車專用道、機車道、人行道或腳踏自行車道。 五、與其他主要道路或次要道路平面交叉，應設置號誌實施管制；與服務道路平面交叉時，不得穿越中央分隔或快慢分隔設施。但經該管主管機關許可者，得採平面交叉路口，並設置號誌實施管制。
第六條	次要道路之規劃設計規定如下： 一、各方向至少為一快車道及一慢車道。 二、依實際需求留設人行道及公共設施帶空間。 三、依運輸特性、道路實質條件等需要，設置機車道或腳踏自行車道。
第七條	服務道路之規劃設計規定如下： 一、雙向通行道路寬度十二公尺以上者，應留設人行道空間。但設有騎樓者，得視實際需要留設。 二、依都市發展、運輸特性及道路實際需要，設置行人徒步區或交通寧靜區。 三、市中心區及密集住宅區之服務道路，配合行車需要規劃為單行道。
第十五條	市區道路鋪面設計規定如下： 一、依行人或車輛之使用舒適性、鋪面品質維護管理需要，分別採用柔性、剛性或其他種類鋪面設計。 二、道路鋪面厚度依交通量、道路設計使用年限及路基土壤狀況決定。 三、車道鋪面得採用環保再生材料，人行道鋪面得採用透水性材料。
第十六條	市區道路人行道設計規定如下： 一、人行道寬度依行人交通量決定，其供人行之淨寬不得小於一點五公尺。但受限於道路現況，經該管主管機關核可者，其淨寬不得小於零點九公尺。 二、人行道允許腳踏自行車通行者，其設計不得有礙行人通行。 三、縱向坡度不得大於百分之十二，並應配合道路縱向坡度。但無法配合者，得另行設計。橫向坡度不得大於百分之五。 四、人行道之通行空間淨高，不得小於二點一公尺。 五、人行道緣石高度不得大於零點一五公尺，如為車流導引者，不得大於零點二公尺。與行人穿越道銜接處或地形變化處，

	得採斜坡方式處理。
第十八條	各該主管機關為確保行人及腳踏自行車行走之安全，得視需要於服務道路通過之商業區、住宅區、文教區及認有必要之區域，設置為交通寧靜區或行人徒步區。
第十九條	市區道路公共設施帶設計規定如下： 一、公共設施帶寬度依該路段設置之公共設施及植栽最寬者決定之。 二、依植栽、路燈及街道傢俱之需要留設配置空間。 三、公共設施帶得提供為交通、消防及管線設施物佈設使用。
第二十條	市區道路無障礙設施設計規定如下：無障礙通行空間採連續性設計，且不得設置妨礙行人通行之障礙物。 二、無障礙通行空間設置坡道者，坡道斜率不得大於一比十二；坡道淨寬不得小於零點九公尺。 三、人行天橋與人行地下道出入口及路面高低差變化位置，應設置警示帶。 四、無障礙通行空間於交叉路口連接行人穿越道時，應與路面齊平或設置坡道。
第二十一條	市區道路景觀設計規定如下： 一、依當地生態環境、土地使用機能及道路使用功能等需要，塑造當地景觀特色。 二、街道傢俱設施採整合簡化及容易維護管理方式設計。 三、道路植栽配置不得妨礙行車視線及行車安全。 四、植穴尺寸依植栽種類配置，其面積應大於一平方公尺，並應儘量採連續性帶狀方式設計。
第二十四條	市區道路排水設計規定如下： 一、市區道路新築或拓寬時，已有雨水下水道系統規劃地區，參照其規劃為之。無雨水下水道系統規劃地區，依據道路集水面積範圍內所需容納之排水量，設計適當排水設施。 二、採重力式排水。但受地形高程限制者，得依需要設置抽水設備。

資料來源：內政部營建署

表 2.20 臺北市市區道路管理規則

第五條	市區道路應依人車分道原則、道路使用性質及交通量等因素規劃適當之路型。
第七條	市區道路修築或改善，須將各管線及電桿遷移時，道路主管機關應儘早通知設施之主管機關籌措所需經費，密切配合辦理。如需編列預算者，應於預算編製一年前通知。 市區道路修築時，市區道路主管機關，應依都市發展及需求規劃共同管道，各公用設施管線機關（構）並應繳納建設分攤費或使用費後，依指定位置在共同管道內裝設管線。 前項共同管道設置範圍內之原有或新設之公用設施管線，除經道路主管機關核准者外，均應移設於共同管道內。
第八條	公用設施管線機關（構）埋設於道路之地下管線，應依照市區道路主管機關協調指定之位置佈設，其人孔、水閥盒等附屬設備之頂面應與路面齊平。
第二十三條	原有道路加鋪新路面時，應注意路拱及側溝進水口排水情形。埋設於道路之地下管線、人孔、水閥盒等附屬設施，施工單位應通知原敷設單位且同時配合改善，使其頂面與路面齊平；必要時得由施工單位代辦施工，所需費用由敷設單位負擔。
第二十四條	修築或改善道路時，其兩側現有排水溝渠，應儘量納入道路排水系統宣洩。
第三十一條	道路兩側人行道應緊靠建築線修建平整。
第三十三條	同一路段應栽植同一樹種行道樹，如路段過長，得分段栽植不同樹種，均以整齊美觀為原則。新植之行道樹，得設置堅實護欄或樹架加以保護。
第三十五條	路之綠地、行道樹設施，應經常派員巡視，如發現損害、枯萎或成活不佳者，應加修護或補植完整；並應注意修剪，不得妨礙行車視線。修剪之樹枝葉雜草，應隨時清運。
第三十六條	騎樓、人行道之行道樹，其臨街住戶或公私事業機構，應協助保養。前項保養包括灑水、施肥、除草、傾倒扶正及將損毀案件報警或通知主管單位處理等。
第三十七條	市區道路兩旁得由臨街住戶或公私事業機構種植樹木花卉，並負責保養；其種植位置、樹種及形態等應由主管機關會同勘定。
第三十八條	道路之綠地、行道樹設施，不得任意毀損、遷移、擅自使用、踐踏通行或堆置砂石、垃圾等雜物。

資料來源：台北市政府公告法規

表 2.12 臺中市道路管理規則

第十三條	路加鋪新路面時，應注意路拱及側溝排水，並通知在道路下埋設管線單位，配合改善人孔、手孔、制水閥、開關箱等設施，使其頂面與路面平齊。 前項既設孔蓋調整工程，得由管理單位配合道路工程進度代為執行。
第十五條	道路之現有溝渠，於修築或改善道路時，應儘量納入道路排水系統，道路兩側局部低窪地區，土地業主得自行將基地填高至道路邊溝頂或人行道齊平。
第二十條	公共事業埋設於人行道之地下管線，其人孔、手孔、制水閥、開關箱等附屬設施之頂面，未與人行道齊平者，應限期令其改善，逾期不履行者，管理單位得代為執行。
第二十六條	道路之綠地、路肩及人行道內，管理單位得栽植樹木、花卉或草皮並得設置護欄。
第二十七條	管理單位對路樹及綠地應經常維護或剪修，並不得妨礙人車安全。

資料來源：台中市政府公告法規

表 2.13 高雄市市區道路工程設計自治條例

第十一條	各公私團體機構之地下管線，應依照市區道路主管機關協調指定之位置埋設，其人孔、水閥盒等附屬設備之頂面，應與路面齊平。
第二十條	原路加鋪新路面，應注意路拱及排水情形，地下管線之人孔、水閥盒及中心樁等附屬設施，施工單位應通知原理設單位配合改善，使其頂面與路面齊平，以利交通及市容觀瞻，逾期不改善者，由施工單位代為改善，並收取改善費用。
第二十一條	路寬達二十公尺以上之交叉路口應設盲人導引磚。
第二十二條	修築或改善道路時，其兩側現有排水溝渠，應納入道路排水系統宣洩。
第三十一條	道路兩側人行道應緊靠建築線修建平整，並設盲人導引磚。 人行道兩端應設置輪椅通行斜坡。
第三十三條	各公共事業機構埋設於人行道下面之地下管道，其人孔、水閥盒等附屬設備之頂面，應與人行道齊平。
第三十六條	道路交通島、路肩及人行道得視需要栽植樹木、花卉或草皮，其四周並得視實際情形設置護欄。
第三十七條	道路之綠地、行道樹及其附屬設施，應經常派員巡視，如發現損害枯萎或生長不佳有礙觀瞻時，應加修護補植完整，並注意修剪，不得妨礙行車視線。
第三十八條	道路之綠地，行道樹及其附屬設施，附近居民或公私團體機構，應協助維護及保養，不得任意加以毀損，遷移擅自使用踐踏通行，堆置砂石或垃圾等什物。
第三十九條	市區道路兩側，得由附近居民或公私團體機構種植樹木、花卉，並負責保養，種植位置、樹種、形態等，應經主管機關勘定，不得隨意設置，影響市容觀瞻。

資料來源：高雄市政府公告法規

經本研究彙整法規後，現有道路管理法規，對於有關 LID 方面的法規較偏於景觀美化與排水為主，經 96、97 與 98 年市區道路及其附屬設施技術研發計劃之研究成果，於道路結合 LID 之管理政策建議如下：

1. LID 的設置與區域特性關連性極大，較難建立所謂標準作業程序，每個區域內必須依照區域限制及需求，方能建立合宜的配套措施。
2. 低衝擊開發常被應用在社區的暴雨逕流管理上面，每個社區常會有所謂社區的規範及制度，因此，LID 設計及配置時必須考量及設法克服這個問題。
3. 市區道路之排水設計規定，可考慮使用滲透式排水規劃。
4. 市區道路如使用排水設計規畫，暴雨產生之地表逕流，需經排水設施收集並輸送至污水廠進行處理。
5. 車道鋪面需採用環保再生材料，人行道鋪面得採用透水性材料，且人行道需結合何 LID 設施，如草帶、草溝、樹箱過濾器，車道鋪面須結合 LID 設施如滲透側溝、滲透陰井、生態滯留槽等。
6. 緊鄰建物之週邊道路需配合施做滲透排水管、滲透陰井或雨水收集系統，而收集之雨水可以用來對周邊植生進行澆灌。
7. 自行車道設計應規劃與人行道做結合。
8. 人行道草帶、草溝部分可配合乾式滯留池或溼式滯留池。
9. 人行道與道路之植生建議使用可吸收重金屬污染之植物。
10. 各公共事業機構埋設於人行道下面之地下管道，其人孔、水閥盒等附屬設備之頂面，應與人行道齊平，且須給予保固期限，在保固期間內出現問題須在一個禮拜內改善。

以下提供市區道路附屬工程設計標準之相關法規的修訂建議：

表 2.23 相關法規探討及修訂建議

(營建署市區道路及附屬工程設計標準之修訂建議)

條文	原條文	建議修訂	理由
第七條	二、依都市發展、運輸特性及道路實際需要，設置行人徒步區或交通寧靜區。	二、依都市發展、運輸特性及道路實際需要，設置行人徒步區、 <u>腳踏自行車道</u> 或交通寧靜區。	本道路為服務道路，大多近住宅區，為減少噪音、空汙並不降可及性，以自行車取代汽、機車並與第十八條相互配合。
第十五條	三、車道鋪面得採用環保再生材料，人行道鋪面得採用透水性材料。	三、車道鋪面得採用環保再生材料，人行道鋪面得採用透水性材料及 <u>環保再生材料</u> 。	目前人行道鋪面材質已相當高比例採再生料，為呼應實際狀況建議人行道鋪面材亦應採再生材料。
第十六條	二、人行道允許腳踏自行車通行者，其設計不得有礙行人通行，。	人行道允許腳踏自行車通行者，其設計不得有礙行人通行， <u>並以標誌或標線加以區隔</u> 。	規定自行車道寬同時與第十六條第一項之規定，可表示設自行車道之人行道所需最小寬度，另區隔之設置，可強化行人空間不受阻礙。
第二十一條	三、道路植栽配置不得妨礙行車視線及行車安全。	三、道路植栽配置不得妨礙行車視線及行車安全， <u>以連續性綠帶為原則</u> 。	增加生態景觀延續及地表逕流入滲、減少熱島效應。
第二十四條	一、市區道路新築或拓寬時，已有雨水下水道系統規劃地區，參照其規劃為之。無雨水下水道系統規劃地區，依據道路集水面積範圍內所需容納之排水量，設計適當排水設施。	一、市區道路新築或拓寬時，已有雨水下水道系統規劃地區，參照其規劃為之。無雨水下水道系統規劃地區，依據道路集水面積範圍內所需容納之排水量及 <u>土壤性質</u> ，設計適當排水設施或 <u>滲透性排水設施</u> 。	考慮集水面積內土壤之滲透性高者，則可考慮透水性側溝、陰井，以減少地表逕流、降低洪患之水位。
第二十四條	建議新增條文	<u>三、進水口柵欄之長向需與自行車道垂直。</u>	避免車輪陷入柵欄口。

2.6 小結

由於人類的開發行為，造成許多大自然反撲的現象，包括氣候變遷、極端氣候事件、水環境污染及生態衝擊等等問題，讓我們不得不在「開發行為以提升生活品質」與「環境保護及管理」的衝突中尋求平衡點。因此，我們相信類似低衝擊開發的理念，將是新世代的主流。依據四年期之研究成果，低衝擊開發是未來必行的策略及方向，在有限的土地上，同時進行人類活動及環境保護；因此，必須提高一般民眾對低衝擊開發策略的信任感，且需要有一些區域性的教育訓練或是現地觀摩學習活動，才能順利發揮其成效的。

綠營建道路之規劃應檢討既有道路配置及景觀，擴增動植物穿越道及植栽綠化等設施，將道路交通角色轉換為生態綠廊道，並稟持順應自然環境之設計理念，降低道路對沿線生態之衝擊性。

再生材料的推廣除了可使營建資源的來源更為廣泛，其配合透水性鋪面在量化評估減少地表逕流量之成效及承壓強度，將有極大的發展空間，因此，未來工作必須先分析資源化材料物性及化性情形並創造其附加經濟價值，以利搭配不同之鋪面型態。透水性鋪面施工品質及維護程序，更需訂定明確施工規範，使施工人員與廠商有所依據，如此生態鋪面方能發揮最大的效益，而人與環境共生共榮的願景。

自行車道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，若自行車道擬用透水鋪面，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，營造民眾優質健康的生活環境。

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，採用纖維強化高分子複合材料(Fiber Reinforced Plastic, FRP)即為一良好選擇，除可用於補強既有結構物外，應用於土木新建結構物中，亦為國內外先進國家目前皆在研究之課題。

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 年度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，研擬營建署所轄縣市政府橋梁檢測作業要點(草案)；介紹風險評估之概要，提出一套使用中橋梁之風險評估流程，使橋梁管理單位易於接受風險管理概念，透過現行之橋梁檢測表格分數，即可評估災害風險，及早進行風險控制的動作；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；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。

本(99)年度乃整體計畫之最後一年，過去三年除邀標書所載工作範圍外，亦將近幾年國內社會環境所面臨之問題或是政府推動之議題，藉由滾動式修正本四年期計畫內容，茲將本計劃對市區橋梁部份之研究面向以圖 3.1 表示。本年度主要在綜整與歸納過去與國內中大型工程顧問機構配合，針對國內市區橋梁進行評估補強作業之案例，回饋於研究成果，建立有效之補強、維護管理準

則，提供各地方政府之主管機關做為參考依據；並彙整過去計畫技術研發成果，對國內外有關橋梁檢測、評估與延壽等規範、工法及管理系統進行研究，針對國內市區橋梁之特性，規劃建立一套符合於國內市區橋梁檢測、評估與延壽之準則，有效的降低市區橋梁發生意外機率並有效延長市區橋梁使用壽命。

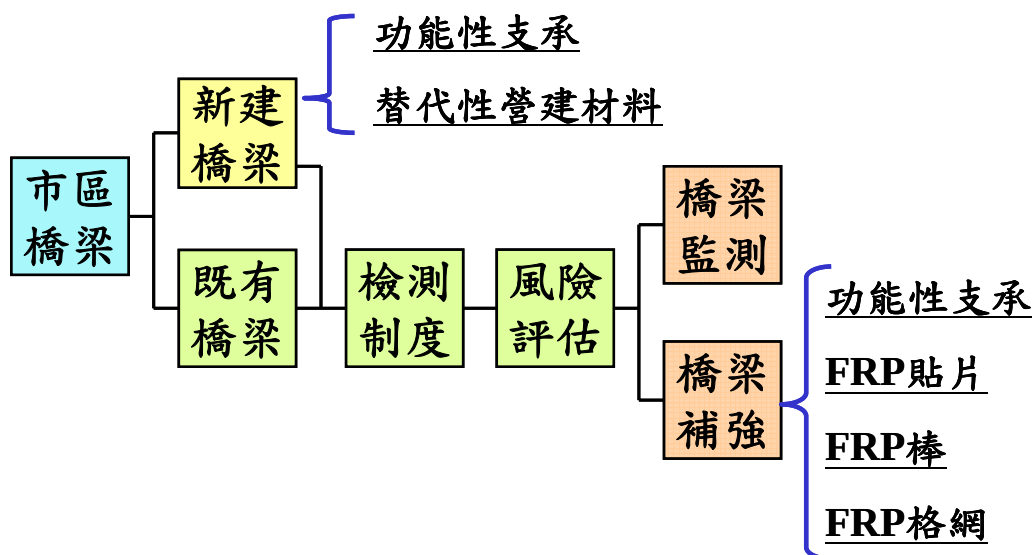


圖 3.1 四年期程提昇既有市區橋梁品質技術研究面向

3.2 研究方法與文獻回顧

本節在介紹 99 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，有三項重點工作：(1) 擬定市區橋梁檢測、評估與延壽工法之準則草案、(2) 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、維護管理準則草案、(3)市區橋梁風險評估之案例。

市區橋梁檢測、評估與延壽工法之準則草案，研究團隊藉過去研究成果進行彙整，並於本年度提出一套市區橋梁檢測、評估與補強參考書籍，其中市區

橋梁檢測制度係以 98 年所擬之營建署所轄縣市政府橋梁檢測作業要點(草案)為本，並考量國內橋梁檢測制度現況、及國內市區橋梁管理單位人力、經費等環境因素，並藉問卷調查、專家座談等方式進行修正，係一套符合目前各縣市政府市區橋梁管理單位之檢測制度。

市區橋梁評估部分則分為承載能力與耐震能力評估兩部分做為研究對象。承載能力評估係參照美國 2003 年 AASHTO 提出之荷載與抗力係數評估法(LRFR)，及相關研究報告，並依據交通部頒公路橋梁設計規範及現行採用之檢測評估系統 D.E.R.評等法(國道高速公路局，1995)，據以研擬國內橋梁的承載能力評估方法。耐震能力評估則參照 ATC-40(ATC，1996)提出之非線性靜力分析法為主軸，以結構材料組成律及構件不同之破壞模式關係，建立各種破壞模式對應之塑性鉸性質，並提出可供結構分析軟體 SAP2000 使用之塑鉸定義模式，期供業界進行橋梁結構耐震性能評估時參考使用。市區橋梁延壽工法則以應用 FRP 材料補強做為研究對象，藉由國內外設計及施工規範以及實際案例經驗，分別對 FRP 貼片、FRP 棒及 FRP 格網進行探討並擬訂一套符合國內之補強準則草案。

建立完整之補強、維護管理準則草案工作，係藉由綜整與歸納過去與國內中大型工程顧問機構合作，針對國內市區橋梁進行評估補強作業之案例，回饋於研究成果，建立有效之補強、維護管理準則，提供各地方政府之主管機關做為參考依據。

市區橋梁風險評估之案例，係延續 98 年對使用中橋梁進行風險評估之研究，研究團隊藉目前國內廣為使用之公路橋梁安全初步評估表(耐洪能力)，做為橋梁結構設計使用上之自身風險及外在環境產生的風險評估依據，可省略風險辨識、風險估計之部分工作，應用層級分析方法(AHP)分別求得橋梁受河川環境風險因子及橋梁本身結構物耐洪能力風險因子之權重，再配合各風險因子之評估內容，求得橋梁受河川環境危害度及橋梁本身結構物耐洪能力嚴重度，進而將嚴重度與危害度相乘後即可得到風險圖像，達到風險評估之目的。

3.2.2 文獻回顧

FRP 相關文獻回顧

纖維強化高分子複合材料(Fiber Reinforced Plastic, FRP) 為美國政府原先在軍事上所研發之部分高科技成果。自美蘇兩大強國冷戰結束後，國際間之武力競爭趨緩，此材料漸漸轉移至民生用途上。近幾年更運用在土木工程之興建、修復與補強中。國內於 921 集集大地震後，碳纖維強化高分子複合材料(Carbon Fiber Reinforced Plastic, CFRP)應用於災後補強上，更將材料強度高、重量輕及施工快速等優點展現出來。

基於上述之特質，FRP 材料近期已引起營建工程之注意，並投注大量人力及財力開發在土木基礎結構建設應用之可行性研究。以下為國內外針對 FRP 材料研究之相關文獻：

一、 FRP 補強橋柱之相關研究

Saadatmanesh, H., Ehsani 與 Lin (1997)製作了 5 支 1/5 縮尺的矩型鋼筋混凝土柱，2 支標準試體分別探討主筋搭接與否之問題、兩支依前述的標準試體進行環帶 FRP 的補強試體及一支主筋連續並改變矩型斷面為橢圓形斷面之環帶 FRP 試體，分別進行水平反覆載重實驗，探討補強之有效性。Xiao, Wu 與 Martin (1999)製作了三支實尺寸的圓柱試體，探討 FRP 貼片在施工時有搭接與無搭接差異，研究結果顯示：FRP 用量較少且 FRP 有搭接的試體比 FRP 用量較多且無 FRP 搭接的試體在韌性上較佳。Pantelides, Gergely, Reaveley 與 Volnny (1999)針對美國現有州際公路橋梁作一實尺寸的橋柱，另外製作一支針對前述橋梁可能發生破壞情形進行 FRP 補強，來探討對已存在不符合耐震規範的橋柱進行 FRP 補強的可行性。

郭苗宜(2000)針對主筋於塑鉸區搭接及短柱剪力破壞等問題進行 CFRP 與鋼板補強，共規劃六支圓形試體進行反覆載重試驗，以了解舊有橋柱及鋼板包覆補強與 FRP 補強後橋柱之耐震行為差異及補強之有效性。朱育正(2000)針對國內舊有鋼筋混凝土橋柱現況問題進行 CFRP 補強，共製作七支圓形橋柱試進

行反覆載重試驗，以了解新、舊橋柱以及橋柱於破壞前包覆 CFRP 補強(Retrofit)和破壞後包覆 CFRP 修復與加固(Repair and Strengthening)之耐震行為差異，利用 CFRP 補強後，增加橋柱韌性，證明 CFRP 耐震補強的有效性。李孟勳(2000)針對國內舊有的壁式混凝土橋墩之現況問題，以烏溪橋橋墩作為藍本進行碳纖維 CFRP 包覆補強，共製作四支試體進行反覆載重試驗，以瞭解壁式橋柱於長向和短向之耐震行為差異，以及碳纖維 FRP 補強後的耐震行為差異。李有豐等人(2001)製作 3 支 2/5 縮尺的圓柱試體，一支為剪力破壞的標準試體，兩支依標準試體以不同的剪力容量理論設計出包覆 3 層與 2 層的圓柱試體，3 支試體分別進行水平反覆載重實驗，探討補強的有效性。

二、FRP 棒之相關研究

Sen 等人(1998)提出評估在三年內預力碳纖維聚合物在海洋環境影響下之耐久性。試驗結果顯示混凝土鹼性環境對 CFRP 棒不會產生影響，而破壞模式與預鑄的裂縫寬度在長時間暴露下會有影響。惟以 CFRP 棒取代鋼筋，必須加以注意其傳遞應力時可能造成的損害。Sen 等人(1999) 提出在潮水中的碳纖維複合材料預力梁受濕、乾循環(模擬潮汐)及熱、冷循環(模擬溫度變化)影響之耐久性，耐久性評估為將近三年的浸泡期間。試驗結果顯示：碳纖維複合材料預力梁在濕、乾循環及熱、冷循環，其黏結力不受影響，而極限彎矩能力和勁度有小幅度的下降。Arockiasamy 等人(2000)製作 2 種尺寸共 4 根長方形 CFRP 梁且提出碳纖維棒應用在混凝土有很好的抵抗腐蝕功能。在為期 2 年試驗中，承受均佈載重來觀察 CFRP 梁受長期載重行為，同時觀察混凝土潛變和收縮行為的變化，試驗結果與 ACI 規範做比較並提出一合理之模型。Wegian 等人(2005)在於使用 CFRP 棒應用在混凝土梁中並進行四點抗彎實驗，經實驗與分析的結果顯示：CFRP 棒可提升混凝土抗彎行為。CFRP 棒彈性模數較低使 CFRP 開裂前呈線性，開裂後減少勁度。CFRP 之平衡纖維比要比鋼筋低，故為增加 CFRP 平衡纖維比和控制位移和裂縫開裂，大多數的鋼筋混凝土強度都會相對的提高要求。Rteil 等人(2007)將 FRP 梁進行疲勞載重試驗，試驗變數為不同

直徑之 FRP 棒、震動週期以及震動時的載重。試驗結果顯示：當 FRP 梁無法承受載重時，破壞模式為線性破壞。當裂縫出現時，FRP 棒會有些許滑動的現象。FRP 梁所能承受之極限疲勞載重約為靜載重的 50%，隨使用的 FRP 棒直徑增大，FRP 梁所能承受疲勞載重的時間越長。

梁家銘(2003)針對 FRP 棒在各種強度之混凝土內與不同高溫下之握裹力及拉拔滑移變位之變化和相互關係。研究結果顯示：常溫下握裹試驗試體之混凝土圓柱部份的破壞情形是脆性的，並隨著加熱溫度的上升，混凝土圓柱部份破壞情形漸漸變成 FRP 棒本身與其噴砂之交界面之破壞。握裹力部分，則隨混凝土圓柱試體的強度減低以及加熱溫度的上升而向下遞減。由此可知經 CFRP 貼片補強能有效提供梁構件對往復載重之抵抗能力。張永毅(2006)將碳纖維棒替代現有鋼筋並實際應用於縮小尺寸之 RC 梁構件試驗中，探討不同混凝土強度與不同配筋方式下 CFRP 梁之承載行為及可行性。羅國軒(2007)利用玻璃纖維(GFRP)棒應用於混凝土梁構件中，探討其梁受力後之破壞模式以及受力行為，且將 ACI 440 單筋梁設計、修正 ACI 440 雙筋梁設計與 GFRP 梁試體之實驗值進行比較，提出一合理之設計公式。將碳纖維(CFRP)棒進行握裹試驗，用以了解 CFRP 棒與混凝土塊握裹之行為模式，並且提出一合理之握裹長度以供工程師參考。對 CFRP 棒與 GFRP 棒分別進行耐久性試驗，耐久性試驗之內容包括紫外線照射試驗、恆溫恆濕試驗以及耐酸鹼試驗，並發現無論是 CFRP 棒或是 GFRP 棒均有良好之耐久性。洪明中(2008) CFRP 棒應用於高強度混凝土梁的力學行為，並探討 CFRP 棒與 GFRP 棒之耐久性實驗。梁試驗採用不同強度混凝土之 CFRP 梁，並將 ACI 440 單筋梁設計、修正 ACI 440 雙筋梁設計與 CFRP 梁試體之實驗值進行比較，提出較合理的設計公式。試驗結果顯示，CFRP 梁受力無明顯降伏點即產生破壞，故設計時宜採用工作應力法，藉由安全係數防止其瞬間破壞。CFRP 棒與 GFRP 棒的耐久性實驗(耐酸、耐鹼與耐硫酸鹽試驗)，由試驗結果可知 CFRP 棒不論在酸鹼溶液以及鹽類的環境下均有良好的耐久性，適用於耐久性結構，而 GFRP 棒在酸鹼溶液以及鹽類的

環境下表現均較 CFRP 棒差。

3.3 建立市區橋梁檢測、評估與延壽之準則

國內既有市區橋梁長期受人為及天然災害(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，並於必要時，視橋梁之受損現況進行耐震能力或是承載能力之安全性評估，最後根據檢測與評估結果，進一步擬定橋梁延壽之處理方案(如維修與補強等措施)。故建立完善之市區橋梁檢測、評估與延壽之準則供橋梁管理單位使用是目前國內所需之重要課題。

3.3.1 市區橋梁檢測制度

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。

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，並藉由與國內橋梁管理單位以問卷調查、專家座談等方式進行修正，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，對於人行陸橋亦須對階梯、扶手等部分進行檢查，以提高使用者安全。

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

過河橋梁基礎有冲刷裸露之虞者，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(防冲刷設施有無沖失、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)及人行陸橋階梯、扶手等部分。

(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，人行陸橋亦須對階梯、扶手等部分進行檢查。

(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 3.1「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 3.1 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：

3.3.2 市區橋梁承載能力與耐震評估

本節在彙整過去計劃中對於目前常用的橋梁承載能力與耐震能力評估所存在之缺點與不足所提建議或改善方法，並節錄建立符合市區橋梁之承載能力與耐震能力評估法，供業界及橋梁管理單位參考。詳細內容請查閱過去成果報告。

3.3.2.1 橋梁結構承載能力評估

交通部頒公路橋梁設計規範，已將 1998 年 AASHTO LRFD 橋梁設計規範，納入規範內容。由此可知，LRFD 已為未來的趨勢。為因應新的設計方法，本計畫提出之橋梁上部結構承載能力評估方法，係加入荷載與抗力係數設計法之觀念，以求更合理且準確的評估橋梁安全能力狀況。

由於橋梁施行載重試驗之成本較高，且造成交通之不便，不符合經濟效益。有鑑於此，本團隊參照美國 AASHTO(2003)提出之荷載與抗力係數評估法 (Load and resistance factor rating, LRFR)，及其相關研究報告，提出以分析計算為主、以載重試驗為輔的分析評估方法。建議除橋梁承載能力有疑慮或基於學術研究考量等因素外，儘量藉由分析計算的方法，快速且經濟的診斷橋梁承載能力狀況，並針對承載能力不足者，採取符合且必要的維修與補強措施，預防災害之發生。有關橋梁試驗之評估方法可參考 96 年度計劃。

本節將對本計劃所建立之 LRFR 載重評估系統、LRFR 極限狀態分類，並探討市區橋梁設計活載重。

(一) LRFR 載重評估系統之建立

LRFR 載重評估系統可分為設計載重評估(Design load rating)、法定載重評估(Legal load rating)及允許載重評估(Permit load rating)三種，其說明如下(李有豐、蔡益超、張國鎮等，2004)：

1. 設計載重評估(Design load rating)

係橋梁評估之首要標準，其評估標準為對現有橋梁以新橋的設計規範進行評估。評估活載重建議採用目前國內現行公路橋梁設計載重 HS20-44 加成 1.25

倍(或 1.3 倍)進行評估。

設計載重階段，又區分為登錄評估等級與實用評估等級，為反應資料取得來源之差異性，使可靠度指標趨於一致性，登錄評估與實用評估等級之活載重乃有所不同。登錄評估等級之活載重係數為 1.75，實用評估等級之活載重係數為 1.35。

2. 法定載重評估(Legal load rating)

考量該評估橋梁原先設計規範與既有橋梁承載、環境現況有所差異，若既有橋梁經充份檢測，可不依設計載重評估其承載狀況。一般用於設計載重不過關時，可進一步進行 AASHTO 法定載重或者是以美國各州自訂的法定載重進行法定載重階段評估。然而，因本國尚未建立足夠龐大之動態地磅資料，及本土化貨車載重之相關研究，本計畫不採用法定載重評估。

3. 允許載重評估(Permit load rating)

當設計載重評估或法定載重評估核可下之橋梁，如需臨時通過載重效應大於該橋標準載重之特殊重型車輛時，申請通行單位應提供欲申請通過重型車輛之車輛總重、軸重、重量配置等資料予橋梁管理機關進行橋梁承載能力評估。允許載重評估的結果，將作為橋梁管理機關發行橋梁許可重車通行與通行時交通管制之依據。進行允許載重評估之評估者應向橋梁管理單位申請橋梁之設計圖說、竣工圖說及近期的橋梁檢測結果等資料或至現場進行實地檢測及調查橋址交通流量，依本計畫提出之承載能力評估方法進行分析評估。

允許載重評估又分作兩種情況評估：例行允許載重評估 (Routine or annual permits)與特殊允許載重評估(Special permits)。例行允許為不限次數皆可通行(但建議以允許載重評估許可一年內為限)；特殊允許則僅可進行單次通行，或是有限次數的通行。以申請車輛總重而言，特殊允許通常是較例行允許超載更加嚴重的情況。

綜上所述 LRFR 之載重評估方法，建議國內市區橋梁承載能力評估採圖 3.2 所示之評估流程，以設計載重評估與允許載重評估二種評估階段。圖 3.2

內將耐荷評估係數 RF 增列下標 D 及 P，係分別用於標註設計載重及重車允許載重評估階段之承載能力評估結果。

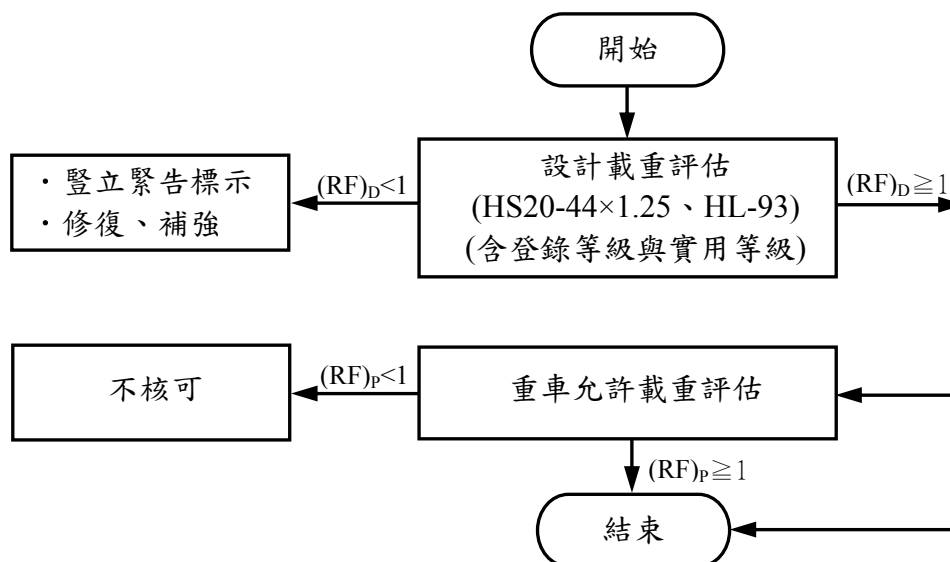


圖 3.2 計畫橋梁承載能力分析評估流程圖

(二) LRFR 極限狀態分類

LRFR 極限狀態的定義沿用 AASHTO LRFD 設計規範，如表 3.2 所示。服務極限狀態評估之重要性並不在於豎立告示，而在於作為現行載重下，現有橋梁性能的指標及維護補強作業之參考，即使在強度極限狀態下，橋梁已確認為安全無虞，檢核其服務性能仍有其必要性。

表 3.2 LRFR 之極限狀態分類(AASHTO, 2003)

極限狀態	分類	適用的評估階段	應用之上部結構	評估標的
強度極限	I	設計載重評估	皆可	結構的強度及穩定性
	II	允許載重評估	皆可	結構的強度及穩定性
服務極限	I	允許載重評估	鋼筋混凝土橋 預力混凝土橋	過度裂縫
	II	皆可	鋼橋	永久變形
	III	設計載重評估	預力混凝土橋	預力鋼筋可能之非彈性變形
疲勞極限	—	設計載重評估	皆可	反覆活載重作用

狀態 I、II、III 分別是根據不同的載重評估階段及評估標的進行分類，強度極限狀態 I 為設計載重評估階段，依一般基本的載重組合作用；強度極限狀態 II 為允許載重評估階段所採用的極限狀態。服務極限狀態，AASHTO LRFR 提出四項服務性檢核，分別為服務 I、服務 II、服務 III 及疲勞極限狀態。

(三) 市區橋梁設計活載重之探討

本研究研擬之設計載重評估為橋梁承載能力評估中，最為普遍採用之評估階段，藉由本研究建議之 HS20-44 與 HL-93 設計活載重對於市區橋梁作用之探討，其結果將可提供橋梁評估者計算活載重效應時，迅速求得其反應量值，提高承載能力評估工作進行之效率與正確性。

橋梁設計載重評估中，計算活載重效應(LL)時，係以車道載重及貨車載重之組合，求取結構所產生之最大應力。其中，HS20-44 設計活載重，係由貨車載重及車道載重取其產生之最大應力者控制，並不作疊加；HL-93 設計活載重，應以貨車載重與車道載重疊加，或軸串列載重與車道載重疊加，取其產生最大應力者控制。

以下針對 40 公尺以下之簡支橋梁，以 SAP2000 軟體進行 HS20-44 與 HL-93 活載重之分析。將先對於 HS20-44 與 HL-93 之單一車道載重、貨車載重及軸串列載重(不考慮載重組合)，比較其對簡支橋梁產生之最大彎矩及最大剪力，隨跨徑之變化狀況；再針對 HS20-44、HS20-44 $\times$ 1.25 及 HL-93 設計活載重，考量其不同的車道載重與貨車載重之載重組合，分別計算產生之最大應力量值。

圖 3.3 為 HS20-44 與 HL-93 車道載重及貨車載重，對不同跨徑之簡支橋梁所造成之最大彎矩圖，此最大彎矩約產生於跨徑中央處。由此分析結果顯示，HS20-44 最大彎矩大致為貨車載重控制，HL-93 為貨車載重與車道載重疊加者控制。

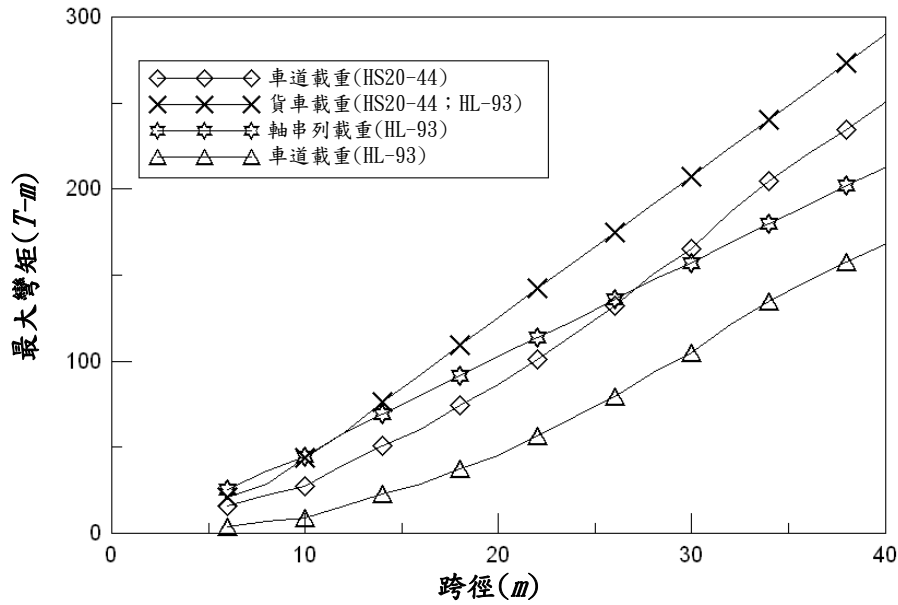


圖 3.3 車道與貨車載重對簡支橋梁產生之最大彎矩圖

圖 3.4 為 HS20-44 與 HL-93 車道載重及貨車載重，對不同跨徑之簡支橋梁所造成之最大剪力圖，此最大剪力產生於兩端支承處。由此分析結果顯示，HS20-44 最大剪力為貨車載重控制，HL-93 大致為貨車載重與車道載重疊加者控制。

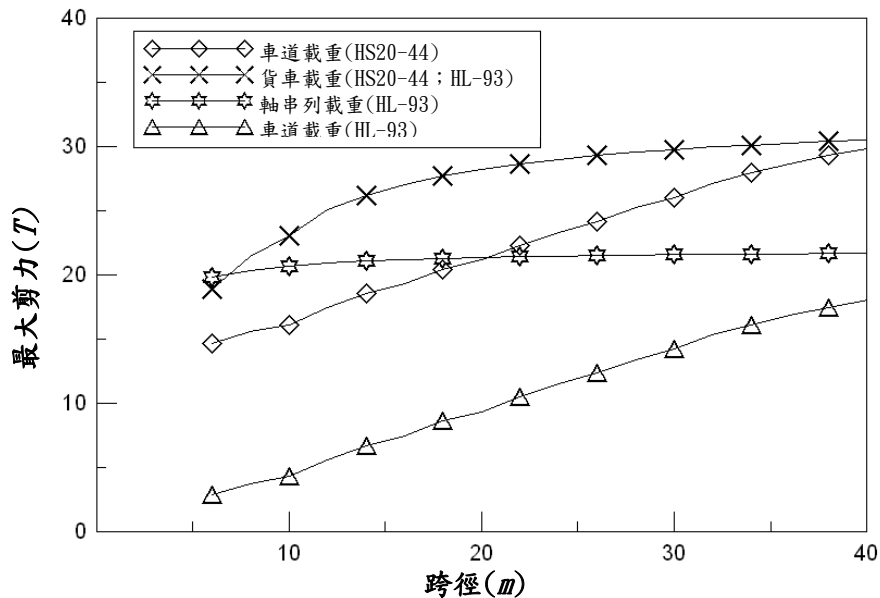


圖 3.4 車道與貨車載重對簡支橋梁產生之最大剪力圖

圖 3.5 為 HS20-44 與 HL-93 設計活載重，對不同跨徑之簡支橋梁所造成之

最大控制彎矩圖，此最大控制彎矩約產生於跨徑中央處。HS20-44 最大控制彎矩值，係以 HS20-44 $\times$ 1.25 之設計活載重，取貨車載重(Truck load)及車道載重(Lane load)產生之最大彎矩值(不作疊加)，再乘以動態載重預留值 IM(取 0.33)；HL-93 最大控制彎矩值，係以 HL-93 之設計活載重，取貨車載重及軸串列載重(Tandem load)產生之最大彎矩值，乘以動態載重預留值 IM(取 0.33)，再加上車道載重。

由此分析結果顯示，當簡支橋梁跨徑約 20 公尺以下時，HS20-44 $\times$ 1.25 與 HL-93 產生之最大彎矩量值大致相等，當跨徑大於 20 公尺時，由 HL-93 所控制。

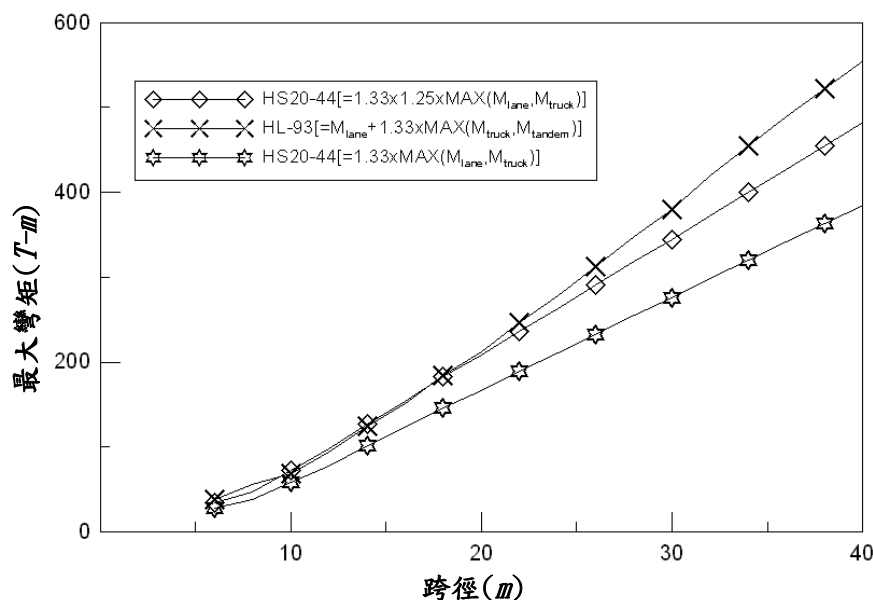


圖 3.5 HS20-44 與 HL-93 設計活載重對簡支橋梁產生之最大控制彎矩圖

圖 3.6 為 HS20-44 與 HL-93 設計活載重，對不同跨徑之簡支橋梁近支承處，產生之最大控制剪力圖。由此分析結果可知，當橋梁跨徑約小於 20 公尺時，最大控制剪力由 HS20-44 $\times$ 1.25 所控制，當跨徑大於 20 公尺時，最大控制剪力由 HL-93 所控制。

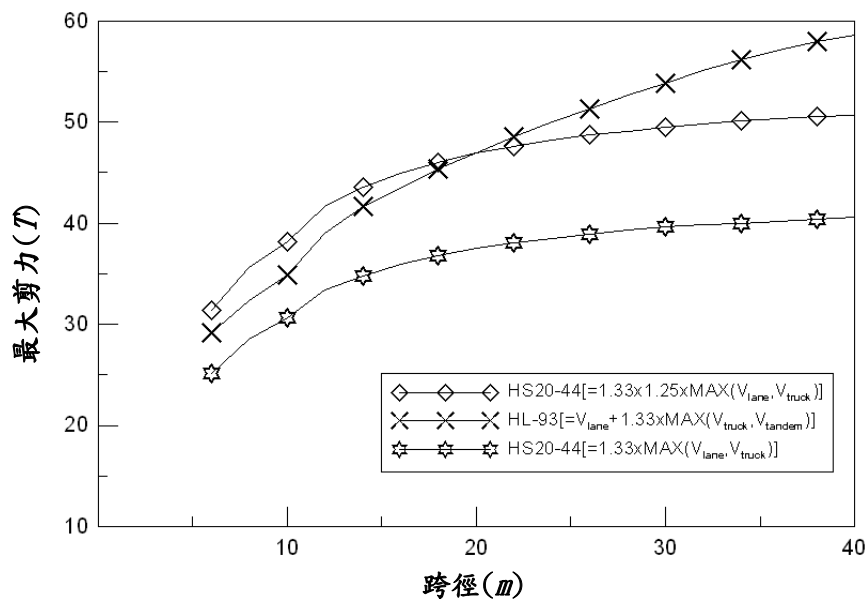


圖 3.6 HS20-44 與 HL-93 設計活載重對簡支橋梁產生之最大控制剪力圖

圖 3.7 為 HS20-44 與 HL-93 設計活載重，對不同跨徑之簡支橋梁四分之一跨度處，產生之控制剪力圖。由此分析結果可知，當橋梁跨徑約小於 25 公尺時，最大控制剪力由 HS20-44 $\times$ 1.25 所控制，當跨徑大於 25 公尺時，最大控制剪力由 HL-93 所控制。

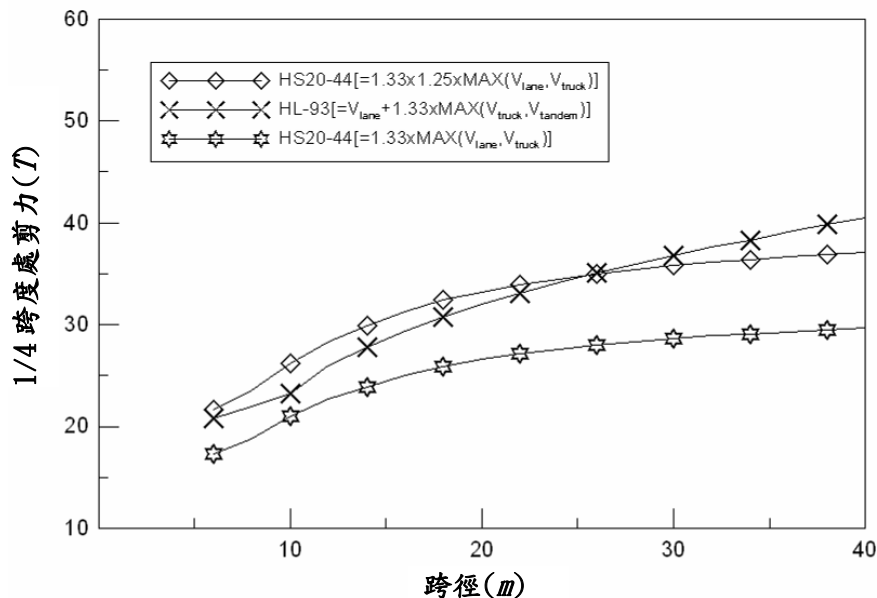


圖 3.7 HS20-44 與 HL-93 設計活載重對簡支橋梁 1/4 跨度處產生之控制剪力圖

綜上之分析結果，未來對於市區橋梁跨度 40 公尺以下之簡支橋梁，欲求

取設計活載重對結構所造成之最大控制彎矩、最大控制剪力及四分之一跨度處之控制剪力，可參考下述之建議，以有效的減少橋梁承載能力評估之計算工作：

(1) 當求取最大控制彎矩與最大控制剪力量值時：20 公尺以下可採 HS20-44×1.25 設計活載重；20 公尺至 40 公尺可採 HL-93 設計活載重進行分析。

(2) 當求取四分之一跨度處產生之控制剪力量值時：25 公尺以下可採 HS20-44×1.25 設計活載重；25 至 40 公尺可採 HL-93 設計活載重進行分析。

HL-93 設計活載重係由美國 AASHTO(2003)所提出，其對於美國普遍較長跨徑之橋梁結構，應可提供較 HS20-44×1.25 為佳之可靠度；然而，對於國內普遍較短跨徑之市區橋梁，建議可依上述之結論，延續採用 HS20-44×1.25 設計活載重之規定。

另外，對於連續跨度之市區橋梁結構時，應考量連續或間斷之車道載重與貨車載重之組合，以求得其產生之結構最大應力。

3.3.2.2 橋梁結構耐震能力評估

本計畫提出之結構耐震能力評估法，主要以 ATC-40(ATC, 1996)提出之非線性靜力分析法為主軸，此分析法主要觀念係先設定結構之性能目標，而後藉非線性靜力分析法求得結構容量曲線後，再與地震需求相比較，以確認該分析結構是否滿足性能要求，可修正過去慣用之耐震能力評估法無法考量對應於不同結構性能之缺點。評估時係以每一振動單位為評估標的，若一座橋有數個振動單位，即需對每一振動單位進行評估或是對最危險之振動單位進行評估。

由於分析過程中，結構材料非線性行為係以結構分析模型中塑性鉸之設置來表現，是以塑性鉸之定義是否合宜，乃為直接影響結構容量曲線是否能合理的描述實際結構之行為反應。本計畫以結構材料組成律及構件不同之破壞模式關係，建立各種破壞模式對應之塑性鉸性質，並提出可供結構分析軟體(本計

畫係使用 SAP2000)使用之塑鉸定義模式，期供業界進行橋梁結構耐震性能評估時參考使用。

本節將說明 ATC-40 耐震能力評估法，並介紹本計劃所建立之結構性能耐震能力評估法及橋梁結構容量曲線。

(一) ATC-40 耐震能力評估法

ATC-40 (ATC,1996)提出非線性靜力側推分析(Nonlinear static pushover analysis)，此方法為目前結構性能設計法之主流，對於使用功能不同之結構物給予不同之性能目標則為其精神。此分析方式藉由更改有效勁度矩陣求取結構物降服後之行為，以逐步增加側向力由各構件之塑性鉸檢視構件是否降伏及計算不平衡力，直至結構物崩坍，可獲得整體結構物進入非線性時之側向力與位移關係，並可經由塑性鉸降服破壞之順序了解各構件之破壞機制。有關 ATC-40 結構性能耐震能力評估之分析流程詳圖 3.8 所示。

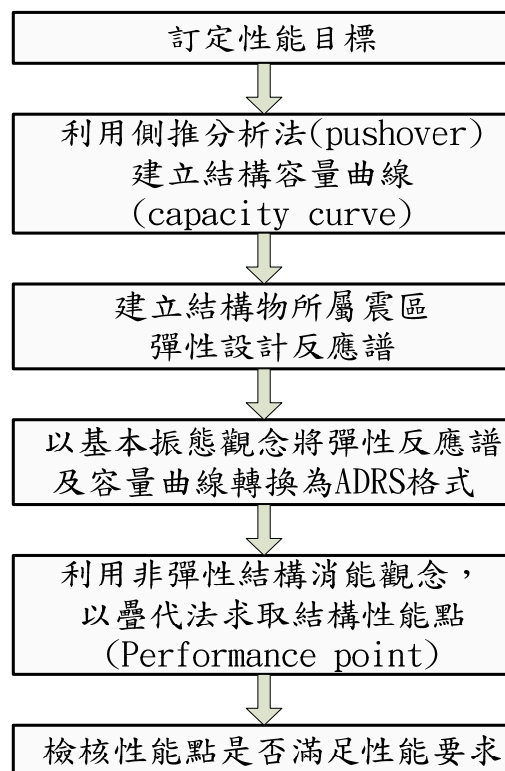


圖 3.8 ATC-40 結構性能耐震能力評估法分析流程圖

(二) 結構性能耐震能力評估法之建立

結構物在不同規模等級的地震力作用下，會呈現不同的結構性能 (Structural performance)，結構性能耐震能力評估法 (Performance-based seismic evaluation) 主旨在於確保結構物承受不同考量的地震等級作用時，其對應的結構物性能可達到預期之設計性能目標 (Performance objective)，發揮預期的性能 (損壞) 等級 (Performance level)。性能設計法強調結構性能與設計目標高度透明化，其理念較以往者更具彈性且涵蓋範圍亦更為廣泛，因此近年來結構性能耐震能力評估與設計在地震工程中愈來愈受到重視。

依目前耐震設計規範之規定，橋梁耐震設計目標主要有以下二點：

- (1) 具有足夠的勁度與強度，避免橋梁在中小地震(如：回歸期 30~50 年)作用下過早產生降伏，而增加維修上之困擾。
- (2) 具有充份的韌性，期使各橋墩同時產生塑性鉸來吸收大地震(如：回歸期 475 年)作用時之能量，使得橋梁不致產生崩塌。

對於新設橋梁而言，此種設計理念尚稱合宜。惟對於既有橋梁而言，其耐震目標則依實際橋梁現況，如橋梁劣化情形及剩餘使用年限等因素之不同，與新設橋梁者有所差異，此時傳統耐震設計理念恐無法符合耐震能力評估之需求。此外，既有橋梁在對應的耐震目標下之各種結構性能，以傳統的耐震設計理念很難加以評估，因此，橋梁耐震能力評估方法應有別於新設橋梁之設計，須能因應各種不同耐震目標之需求，評估出各種結構性能，進而作為耐震維修與補強之依據。

本文提出以結構性能為目標的橋梁耐震能力評估方法，可針對多種不同耐震需求，多方位檢核橋梁結構性能，此種評估方法可充份掌握橋梁耐震能力及其結構行為，本計畫之評估流程，如圖 3.9 所示。

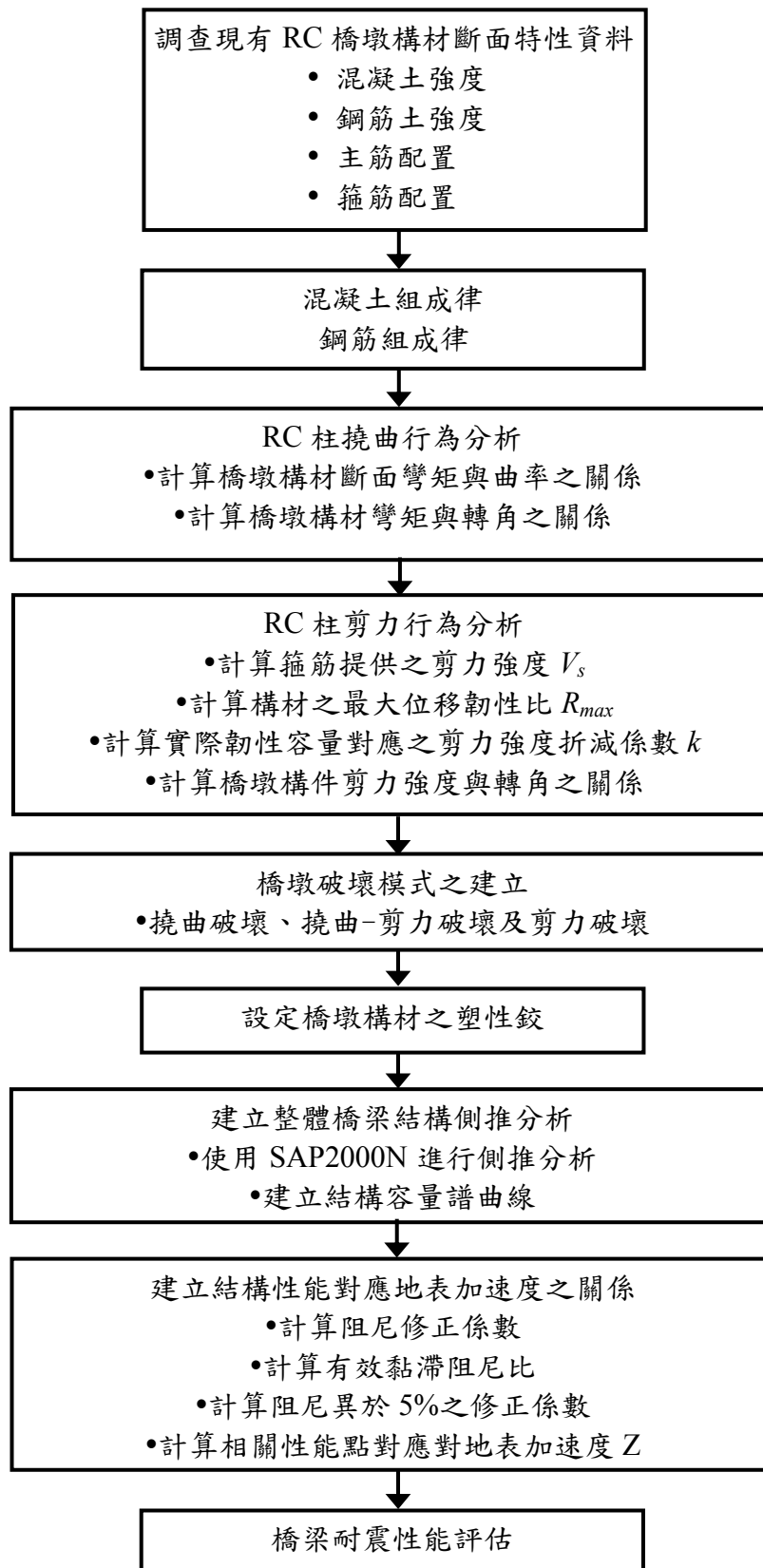


圖 3.9 本計畫橋梁耐震性能評估法(側推分析)流程圖(以 RC 橋墩為例)

(三) 橋梁結構容量曲線之建立

進行側推分析時，應先定義材料性質與結構元件斷面尺寸，接著建立結構物分析模型、邊界束制條件與載重型式，再設定塑性鉸性質與塑性鉸位置，最後於結構各節點施加符合地震力豎向分配之水平力，然後照比例增加，建立整體結構基底剪力與頂部位移關係曲線，此曲線稱為此結構物之容量曲線。

容量曲線係包括幾何非線性與材料非線性之行為，結構物的材料非線性完全由結構元件上設置的塑性鉸來表現，故塑性鉸之定義是否合宜，乃直接影響結構容量曲線能否合宜的描述實際結構物之行為反應。

FEMA273、FEMA356 及 ATC40 針對結構物不同的構件，建議塑性鉸定義之參考量值，然而此建議值實無法完全反應不同之既有與補強構件(如鋼鈑補強、碳纖維強化高分子複合材料圍束補強)行為。本文建議先建立混凝土與鋼筋之應力與應變關係，由材料組成律透過柱斷面分析，求得斷面彎矩與曲率關係，進而推算構件彎矩與轉角關係，並且針對構件不同破壞模式之分析，以建立各種破壞模式對應之塑性鉸性質。

於鋼筋混凝土柱之破壞模式分析與對應塑性鉸之設定中，柱構材主要承受軸力、剪力與彎矩等斷面力之作用，以下將分別探討鋼筋混凝土柱撓曲行為與剪力行為二者之互制特性，並就二者之合成效應進行分析，作為鋼筋混凝土柱破壞模式之判定依據，並設定其對應之塑性鉸性質。

1. 撓曲行為之分析

若撓曲韌性完全發揮前，鋼筋混凝土橋墩不致發生剪力破壞，此時破壞之模式稱為撓曲破壞，此時柱撓曲與轉角之關係如下。

建議柱體之模擬及分析建立於以下之基本假設：1.不考慮柱體中鋼筋與混凝土間之握裹滑移效應；2.不考慮柱體之剪力變形，是為撓曲破壞；3.柱桿件之降服發生位置皆固定在塑性鉸區。柱體在地震力作用下，一般於柱體中央附近為變形之反曲點(彎矩為 0)，故由反曲點至構材端點部分之行為，乃類以於圖 3.1 所示之分析模型。若給予柱頂一側向力 V ，可於各斷面找到所對應的彎

矩曲率關係，將所得之關係利用彎矩面積法理論，以式(3.3.1)及式(3.3.2)可分別求得柱頂側向位移 Δ 與柱頂轉角 θ ：

$$\Delta = \int_0^L \phi y dy \quad (3.3.1)$$

$$\theta = \int_0^L \phi dy \quad (3.3.2)$$

上式中， L 為反曲點至構材端點之長度， ϕ 為斷面之曲率， y 為反曲點至各斷面之距離。

當側向力一直不斷的增加使得柱底達到降服彎矩時，柱底將會開始產生塑性鉸，而伴隨之塑性變形可以繼續承受側向力，而最終達到破壞曲率 ϕ_f 產生，並對承受側向力之能力急速下降則宣告破壞，塑性鉸曲率產生順序示意如圖 3.11 所示，將斷面曲率之變化作為控制值，並紀錄適當柱底彎矩與柱頂轉角之對應關係，以修正後塑鉸性質定義出 A、B、C、D、E 五個點，其中，B 點為柱底開始產生降服曲率之狀態，C 點為柱底開始產生塑性曲率之狀態，D 點為柱底開始產生極限曲率之狀態，E 點為塑鉸區範圍皆達到破壞曲率，將此因塑性鉸產生之曲率變化關係，計算所對應之彎矩與轉角，即可建立 SAP2000 中之塑性鉸參數，本文建議之撓曲塑鉸設定方式可詳圖 3.12 所示。

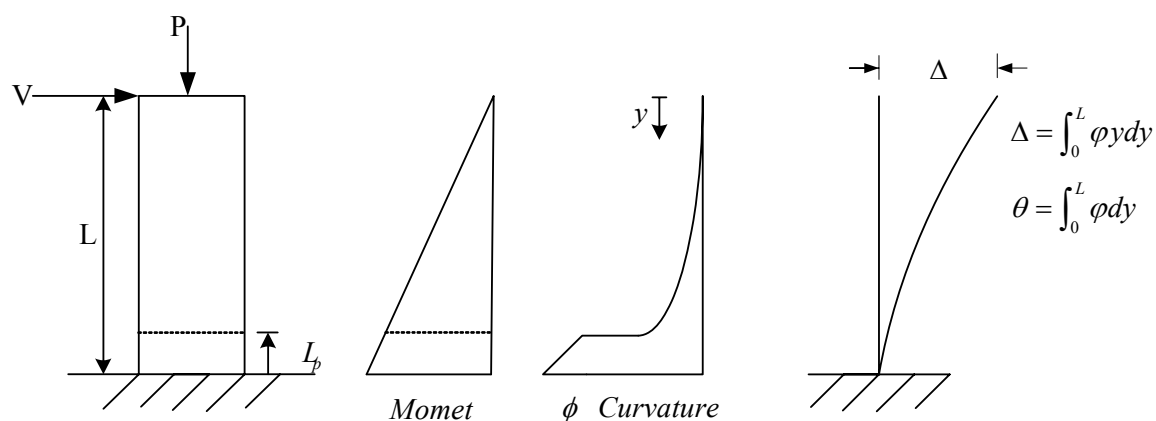


圖 3.10 柱體之分析模型

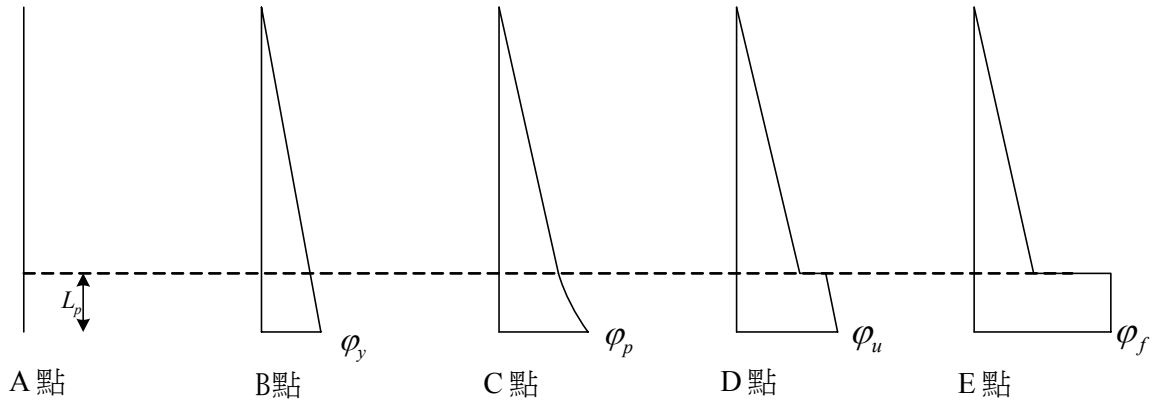


圖 3.11 柱之塑性鉸曲率產生順序示意圖

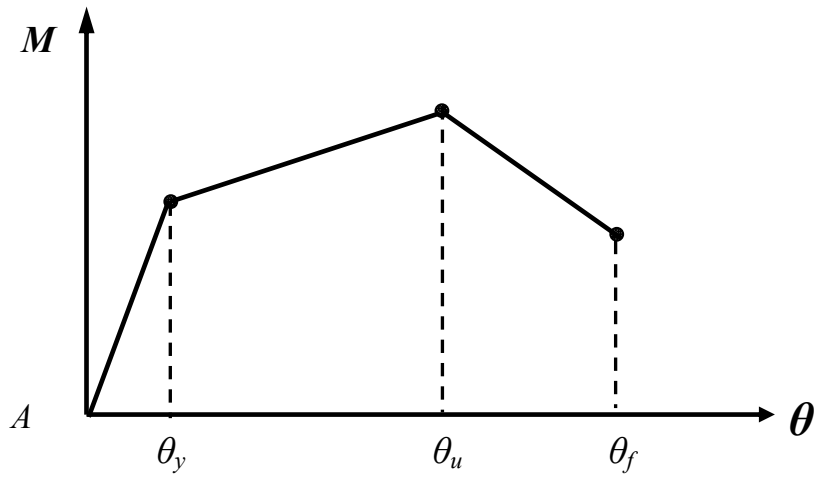


圖 3.12 建議之撓曲塑性鉸設定方式

通常塑性鉸產生之範圍從柱底起算，約柱反曲點距離之六分之一，因此塑性鉸區長度可定義為：

$$L_p = \frac{1}{6} L_o \quad (3.3.3)$$

式(3.3.3)中， L_p 為塑鉸區長度(cm)， L_o 為反曲點至構材端部之長度。

2. 剪力行為之分析

鋼筋混凝土柱在承受地震力作用時，混凝土的剪力強度會隨柱韌性之增大而呈現遞減的現象。Priestley、Verma and Xiao 與 Aschhiem and Moehle 等依據此種混凝土的剪力行為，均建議了相關計算方法(李有豐、蔡益超、張國鎮等，

2004)。

國內橋梁耐震設計規範修訂草案參考 Aschhiem 等人之研究成果但略作修正，規定橋墩之標稱剪力強度 V_n (kgf) 計算如下：

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.3.4)$$

箍筋提供之剪力強度 V_s (kgf) 計算如下，但不得超過 $2.12\sqrt{f'_c}A_e$ (kgf)：

$$V_s = A_{sh}f_{yh}\frac{d}{s} \quad (\text{矩形斷面}) \quad (3.3.5)$$

$$V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_h f_{yh} d_c}{s} \quad (\text{圓形斷面}) \quad (3.3.6)$$

橋柱塑鉸區混凝土剪力強度 V_c (kgf) 依下式計算：

$$V_c = 0.53(k_{true} + F)\sqrt{f'_c}A_e \geq 0 \quad (3.3.7)$$

$$k_{true} = \frac{R_{max} - R}{R_{max} - 1} \geq 0 \quad (3.3.8)$$

式 (3.3.4) 至 (3.3.8) 中 A_{sh} 為沿剪力方向箍筋之總斷面積 (含輔助繫筋) (cm²)、 A_h 為螺箍筋之斷面積 (cm²)、 A_e 為斷面有效剪力面積，可取為 $0.8A_g$ (cm²)、 d 為沿剪力方向柱之有效深度 (cm)、為圓柱圍束區域之直徑 (cm)、 s 為剪力鋼筋之垂直間距 (cm)、 f_{yh} 箍筋降伏強度 (kgf/cm²)、 N 為軸力 (kgf)，壓力時取正值，拉力時取負值、 k_{true} 為實際韌性容量對應之剪力強度折減係數、 $R_{max} = \frac{\theta_u}{\theta_y}$ 為最大位移韌性比、 $R = \frac{\theta}{\theta_y}$ 為位移韌性比、 A_g 為柱之全斷面積 (cm²)、 F 為與軸力有關之調整係數，其中： $F = \frac{N}{140A_g}$ (軸力為壓力時)， $F = \frac{N}{35A_g}$ (軸力為拉力時)。

橋柱非塑鉸區之標稱剪力強度可依式 (3.3.9) 計算，其中

$$V_c = 0.53(1 + F)\sqrt{f'_c}A_e \geq 0 \quad (3.3.9)$$

綜上所述塑鉸區剪力強度隨韌性變化關係如圖 3.13 所示。

將圖 3.13 轉換為 SAP2000「M3 塑性鉸」可得剪力行為對應的塑鉸特性曲

線如圖 3.14 所示，其中剪力強度隨塑鉸轉角之關係，係透過 $\gamma = M_E / V_E$ 的關係來轉換。ME 與 VE 分別為 0.1g 地表加速度下，該構材端點引致之彎矩與剪力。彎矩達剪力破壞時對應的彎矩 $M_{v,y}$ 後即刻衰減。

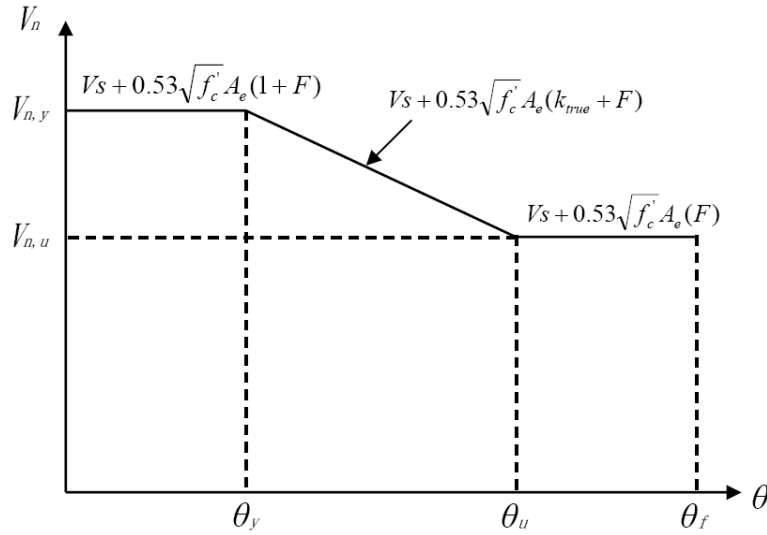


圖 3.13 塑鉸區剪力強度隨韌性變化關係圖

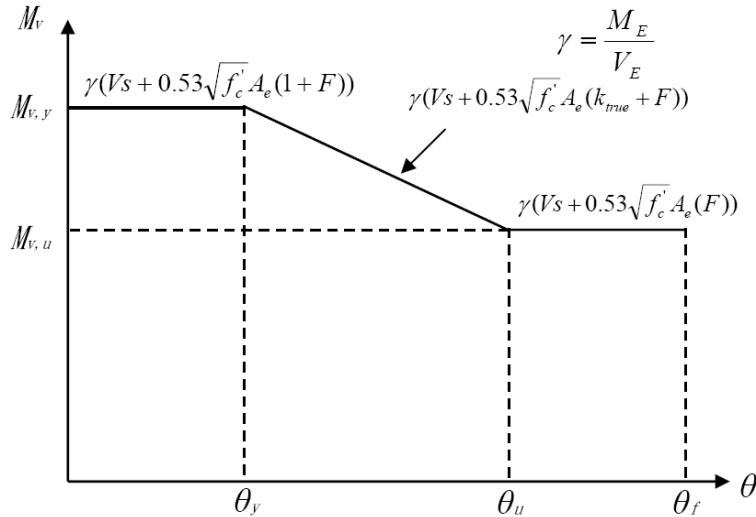


圖 3.14 塑鉸區柱斷面剪力強度對應的撓曲強度與塑鉸轉角關係

3. 鋼筋混凝土柱破壞模式之建立

將圖 3.13 與圖 3.14 重疊，可得圖 3.15~圖 3.17 三種可能的情況：

(1) 撓曲破壞模式(如圖 3.15 所示)：

柱剪力強度對應之彎矩 $M_{v,y}$ 大於撓曲強度 $M_{b,y}$ ，顯示撓曲破壞會先行發生。

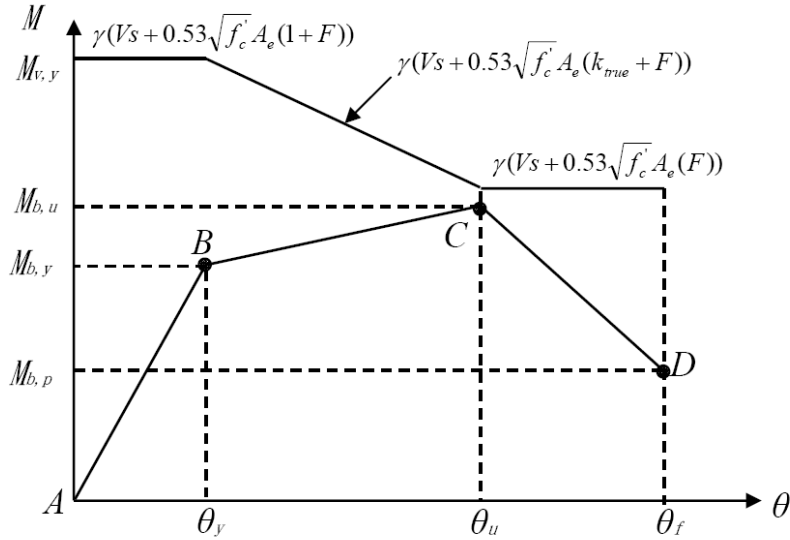


圖 3.15 柱斷面彎矩破壞模式塑鉸之設定

(2) 撓曲-剪力破壞模式(如圖 3.16 所示)：

在彈性階段及部分塑性階段下，柱剪力強度對應之彎矩 $M_{v,y}$ 大於撓曲強度 $M_{b,y}$ ；但在某一臨界韌性比時二者會相等(即 $M_v = M_b$)；當韌性超過該臨界值時則有 $M_{v,y} < M_{b,y}$ 。顯示在該臨界韌性比之前，柱會發生撓曲破壞；在該臨界韌性比之後，柱會發生剪力破壞。此種破壞模式可稱為撓曲-剪力破壞模式。

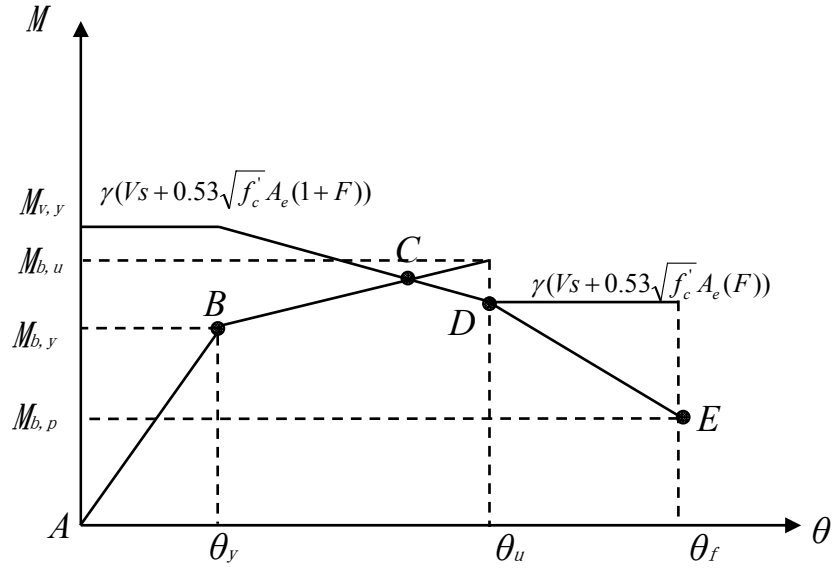


圖 3.16 柱斷面撓曲-剪力破壞模式塑鉸之設定

(3) 剪力破壞模式(如圖 3.17 所示)：

在彈性階段下，柱剪力強度對應之彎矩 $M_{v,y}$ 小於撓曲強度 $M_{b,y}$ ，顯示剪力破壞會先行發生。此種破壞模式可稱為剪力破壞模式。

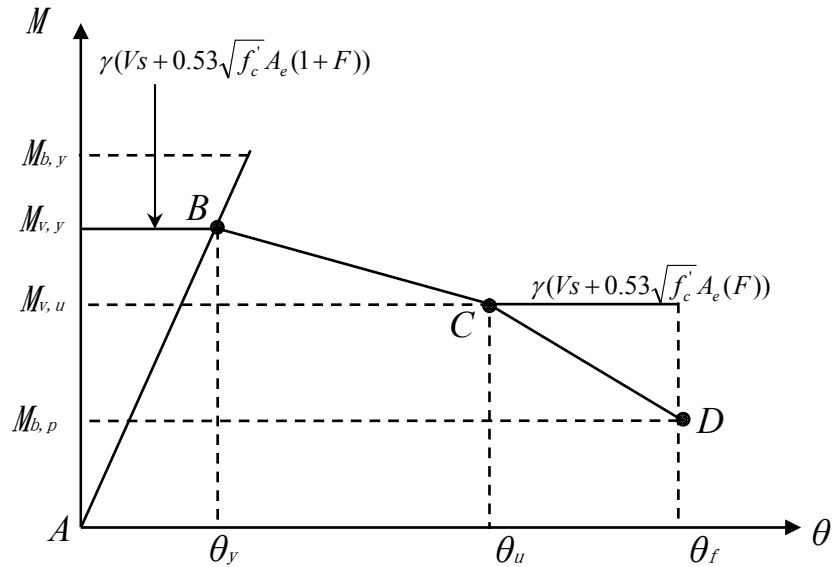


圖 3.17 柱斷面剪力破壞模式塑鉸之設定

4. 鋼筋混凝土柱各種破壞模式對應塑鉸之設定

茲將圖 3.15~圖 3.17 所示三種破壞模式對應之 SAP2000 「M3 塑性鉸」設定方式說明如下：

(1) 撓曲破壞模式(如圖 3.15 所示)

塑性鉸特性可以圖中之 A~D 等四點描述之。其中 A 點為原點；B 點座標為 $(\theta_y, M_{b,y})$ ；C 點座標為 $(\theta_u, M_{b,u})$ ；D 點座標為 $(\theta_p, M_{b,p})$ 。

(2) 撓曲-剪力破壞模式(如圖 3.16 所示)

塑性鉸特性可以圖中之 A~E 等五點描述之。其中 A 點為原點；B 點座標為 $(\theta_y, M_{b,y})$ ；C 點座標為 $(\theta_y, M_{b,y})$ 與 $(\theta_u, M_{b,u})$ 兩點所成直線以及 $(\theta_y, M_{v,y})$ 與 $(\theta_u, M_{v,u})$ 兩點所成直線之交點；D 點座標為 $(\theta_u, M_{v,u})$ ；E 點座標為 $(\theta_p, M_{b,p})$ 。

(3) 剪力破壞模式(如圖 3.17 所示)

塑性鉸特性可以圖中之 A~D 等四點描述之。其中 A 點為原點；B 點座標為 $(\theta_y, M_{v,y})$ ；C 點座標為 $(\theta_u, M_{v,u})$ ；D 點座標為 $(\theta_p, M_{b,p})$ 。

依據上述各種梁柱破壞模式塑鉸之設定方式，即可利用 SAP2000 進行側推分析，便可求得結構容量曲線。

3.3.3 市區橋梁應用 FRP 材料補強之準則

由過去研究，可知國內已有多座既有市區橋梁係利用纖維高分子複合材料 (FRP) 包覆補強工法進行橋柱補強，並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，惟國內之推廣卻仍不易，其原因在於國內缺乏一套標準設計、施工規範以及驗收規範，致橋梁管理者對設計、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) 包覆補強準則，包含補強作業之設計準則、施工準則、檢驗標準等，期提昇國內橋梁以 FRP 貼片補強施

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 3.3，提供國內工程人員未來設計使用上的選擇。

表 3.3 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

3.3.3.1 FRP 貼片補強橋柱之準則擬定

本節針對 FRP 貼片補強工法應用於橋柱補強之設計、施工及品質管理(驗收方式)進行說明，材料使用需求可參考 98 年度計畫成果。

(一) FRP 貼片補強設計方法

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：

$$V_j = \frac{V^0}{\phi_s} - V_n \quad \dots\dots\dots(3.3.10)$$

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

$$V_j = \frac{\pi}{2} t_j f_{jd} D \cot \theta \quad \dots\dots\dots(3.3.11)$$

2. 矩形橋柱

$$V_j = 2 t_j f_{jd} D \cot \theta \quad \dots\dots\dots(3.3.12)$$

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 $f_{jd} = E_j \varepsilon_{jd} = 0.004 E_j$ ， E_j 為 FRP 材料之彈性模數。故由式(3.3.10)、式(3.3.11)和式(3.3.12)可得 FRP 補強之最小厚度 t_j 計算如下：

1. 圓形橋柱：

$$t_j \geq \frac{\frac{V^0}{\phi_s} - V_n}{\frac{\pi}{2} f_{jd} D \cot \theta} \quad \dots\dots\dots(3.3.13)$$

2. 矩形橋柱：

$$t_j \geq \frac{\frac{V^o}{\phi_s} - V_n}{2f_{jd}D \cot \theta} \dots\dots\dots(3.3.14)$$

補強後剪力容量 V_n (3.3.15)考量了混凝土的剪力容量 V_c 改為式(3.3.16)
與箍筋的剪力容量 V_s (3.3.17)及 CFRP 的剪力容量 V_f (3.3.18)

$$V_n = V_c + V_s + V_f \dots\dots\dots(3.3.15)$$

$$V_c = 0.53\sqrt{f'_{cc}}A_g \dots\dots\dots(3.3.16)$$

$$V_s = \frac{\pi}{2} \left(\frac{A_{sh} \cdot f_{yh} \cdot D'}{S_t} \right) \cot \theta \dots\dots\dots(3.3.17)$$

$$V_f = \frac{\pi}{2} t \cdot f_{jd} \cdot D \cdot \cot \theta \dots\dots\dots(3.3.18)$$

圓形橋柱 FRP 剪力補強設計流程如下(圖 3.18)

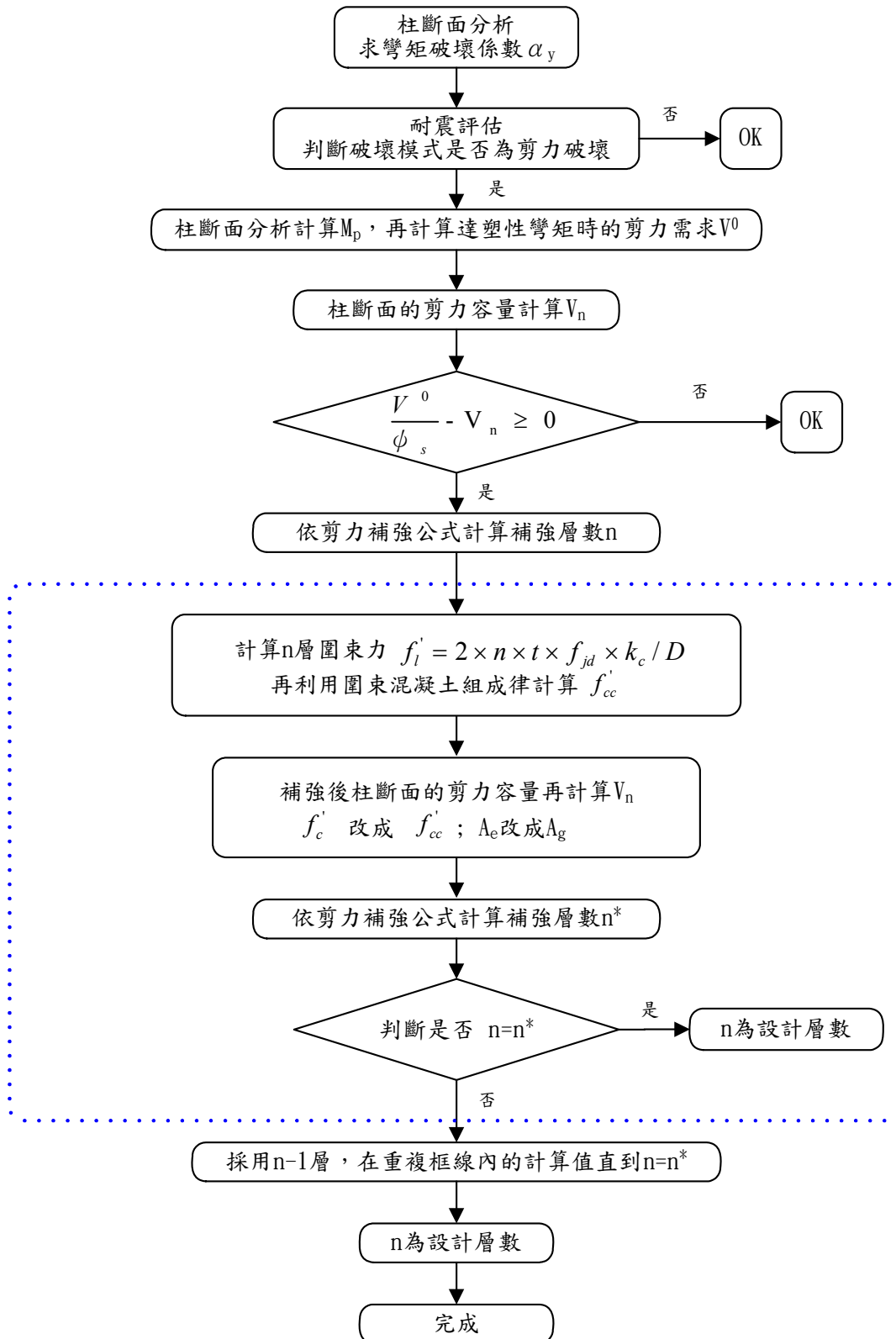


圖 3.18 橋柱 FRP 剪力補強設計流程(Li and Sung, 2004)

◎ 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。

$$\rho_s = \frac{0.16f'_{ce}}{f_{ye}} \left[0.5 + 1.25 \frac{p}{f'_{ce} A_g} \right] + 0.13(\rho_l - 0.01) \dots\dots\dots(3.3.19)$$

(2) 矩形橋柱：最小橫向鋼筋量之規定如下所示。

$$A_{sh} = 0.12s_t h_c \frac{f'_{ce}}{f_{ye}} \left[0.5 + 1.25 \frac{p}{f'_{ce} A_g} \right] + 0.13s_t h_c (\rho_l - 0.01) \dots\dots (3.3.20)$$

式中， $f'_{ce} = 1.3f'_c$ ； $f_{ye} = 1.1f_{yh}$ ； 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

$$\rho_s = 0.45 \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[0.5 + 1.25 \frac{p}{f'_c A_g} \right] \dots\dots\dots(3.3.21)$$

當 $D > 1m$ 時

$$\rho_s = 0.12 \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[0.5 + 1.25 \frac{p}{f'_c A_g} \right] \dots\dots\dots(3.3.22)$$

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(3.3.21)與式(3.3.22)不能小於下式所計算之值。

$$\rho_s = 0.45 \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] \frac{f'_c}{f_{yh}} \dots\dots\dots(3.3.23)$$

(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。

$$A_{sh} = 0.30s_t h_c \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] \dots\dots\dots(3.3.24)$$

$$A_{sh} = 0.12s_t h_c \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[0.5 + 1.25 \frac{P}{f'_c A_g} \right] \dots\dots\dots(3.3.25)$$

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。

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4\rho_s f_{yh} \varepsilon_{su}}{f'_{cc}} \dots\dots\dots(3.2.26)$$

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)。

$$\phi_u = \frac{\varepsilon_{cu}}{c_u} \dots\dots\dots(3.3.27)$$

$$\mu_\phi = \frac{\phi_u}{\phi_y} \dots\dots\dots(3.3.28)$$

$$L_p = 0.08L + 0.0022f_y d_b \text{ (FHWA, 1994.) (建議評估時用) } \dots\dots\dots(3.3.29)$$

$$\text{或 } L_p = g + 2xd_b \text{ (Mander 等人, 1988) (建議補強時用) } \dots\dots\dots(3.3.30)$$

$$\mu_\Delta = 1 + 3(\mu_\phi - 1) \frac{L_p}{L} \left[1 - 0.5 \frac{L_p}{L} \right] \dots\dots\dots(3.3.31)$$

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：

$$\rho_s = \frac{4A_{sh}}{D's_t} \dots\dots\dots(3.3.32)$$

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：

$$\rho_j = \frac{4t_j}{D} \dots\dots\dots(3.3.33)$$

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：

$$\rho_s = \frac{2A_{sh}(B' + D')}{s_t B' D'} \dots\dots\dots(3.3.34)$$

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：

$$\rho_j = 2t_j \left(\frac{B + D}{BD} \right) \dots\dots\dots(3.3.35)$$

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(3.3.19)和式(3.3.33)可得 FRP 補強之最小厚度 t_j 計算如下：

$$t_j = \frac{D}{4} \left\{ \frac{k_j f'_{ce}}{f_{ju}} \left[0.5 + 1.25 \frac{P}{f'_{ce} A_g} \right] + 0.13(\rho_l - 0.01) \right\} \dots\dots\dots(3.3.36)$$

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，其檢核公式如下所示：

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + \frac{2 \times 1.4 \rho_j f_{ju} \varepsilon_{ju}}{f'_{cc}} \dots\dots\dots(3.3.37)$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + \frac{2.5 \rho_j f_{ju} \varepsilon_{ju}}{f'_{cc}} \text{ (圓形 Priestley 建議)} \dots\dots\dots(3.3.38)$$

$$\phi_u = \frac{\varepsilon_{cu}}{c_u} \dots\dots\dots(3.3.39)$$

$$\mu_\phi = \frac{\phi_u}{\phi_y} \dots\dots\dots(3.3.40)$$

$$L_p = g + 2x d_b \dots\dots\dots(3.3.41)$$

$$\mu_\Delta = 1 + 3(\mu_\phi - 1) \frac{L_p}{L} \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L} \right) \dots\dots\dots(3.3.42)$$

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(3.3.33)及式(3.3.37)~式(3.3.42)可得 FRP 補強之最小厚度 t_j 計算如下：

碳纖維補強：

$$t_j = 0.09 \frac{D(\varepsilon_{cu} - 0.004)f'_{cc}}{f_{ju}\varepsilon_{ju}} \dots\dots\dots(3.3.43)$$

$$t_j = 0.1 \frac{D(\varepsilon_{cu} - 0.004)f'_{cc}}{f_{ju}\varepsilon_{ju}} \text{ (考慮材料耐久性)} \dots\dots\dots(3.3.44)$$

(2) 矩形橋柱：

由式(3.2.20)、式(3.3.34)與式(3.3.35)可求得

$$t_j = \left\{ 0.12s_l h_c \frac{f'_{ce}}{f_{ju}} \left[0.5 + 1.25 \frac{P}{f'_{ce}A_g} \right] + 0.13s_l h_c (\rho_l - 0.01) \right\} \frac{1}{2(B+D)} \quad (3.3.45)$$

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(3.3.22)和式(3.3.33)可得 FRP 補強之最小厚度 t_j 計算如下：

$$t_j = \frac{D}{4} \left\{ 0.6 \frac{f'_c}{f_{ju}} \left[0.5 + 1.25 \frac{P}{f'_c A_g} \right] \right\} \dots\dots\dots (3.3.46)$$

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：

$$t_j = \frac{D}{6} \frac{f'_c}{f_{ju}} \left[0.5 + 1.25 \frac{P}{f'_c A_g} \right] \dots\dots\dots (3.3.47)$$

(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(3.3.33)、式(3.3.37)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：

$$t_j = \frac{0.09 \times D(\varepsilon_{cu} - 0.004)f'_{cc}}{f_{ju}\varepsilon_{ju}} \quad \dots\dots\dots(3.3.48)$$

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(3.3.31)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。

$$\mu_\phi = 1 + \frac{(\mu_\Delta - 1)}{3(\frac{L_p}{L})(1 - 0.5\frac{L_p}{L})} \quad \dots\dots\dots(3.3.49)$$

步驟 3：由式(3.3.49)可推算得橋柱斷面之極限曲率，其計算如下所示。

$$\phi_u = \phi_y \mu_\phi = \frac{\varepsilon_{cu}}{c_u} \quad \dots\dots\dots(3.3.50)$$

由式(3.3.50)即可推得圍束混凝土極限應變 ε_{cu} 值，其計算如下所示：

$$\varepsilon_{cu} = c_u \phi_y \mu_\phi \quad \dots\dots\dots(3.3.51)$$

(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：

$$a = kb \quad \dots\dots\dots(3.3.52)$$

$$b = \sqrt{\left(\frac{D}{2k}\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2} \quad \dots\dots\dots(3.3.53)$$

$$k = \left(\frac{D}{B}\right)^{\frac{2}{3}} \quad \dots\dots\dots(3.3.54)$$

$$R_1 = \frac{b^2}{a}, \quad R_3 = \frac{a^2}{b} \quad \dots\dots\dots(3.3.55)$$

$$D_{equ} = R_1 + R_3 = \frac{b^3 + a^3}{ab} \quad \dots\dots\dots(3.3.56)$$

將式(3.3.56)之 D_{equ} 取代式(3.3.48)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：

$$V_j = 2t_j a f_{y_j} \left[1 - \left(1 - \frac{\pi}{4} \right) \frac{b}{a} \right] \cot \theta \quad \dots\dots\dots (3.3.57)$$

(b) 在弱軸方向：

$$V_j = 2t_j b f_{y_j} \left[1 - \left(1 - \frac{\pi}{4} \right) \frac{a}{b} \right] \cot \theta \quad \dots\dots\dots (3.3.58)$$

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。

(二) 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 cm 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 cm)，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，以研磨方式去除掉，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

貼附 CFRP 工程前對混凝土表面再做檢查，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，並置於攪拌器中攪拌，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，然後再重覆步驟 6，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，重覆步驟 4~7，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，以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，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。

(三) FRP 貼片補強的品質管理

FRP 貼片補強之品質管理，包括施工前之清點數量與材料性質檢驗，及完工驗收所需進行之必要檢測，以確定補強品質。

◎ 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驗，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。此等材料使用前必須測試的項目可參照 98 年計畫成果，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 3.4 及表 3.5 建議方法進行處置。

表 3.4 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 3.5 所示

表 3.5 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。

3.3.3.2 FRP 貼片補強梁構材之準則擬定

本節在針對 FRP 棒補強工法應用於梁構材補強之設計、施工及品質管理進行說明。

(一) 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 $\varepsilon_y = 0.002$)

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 3.19 所示：

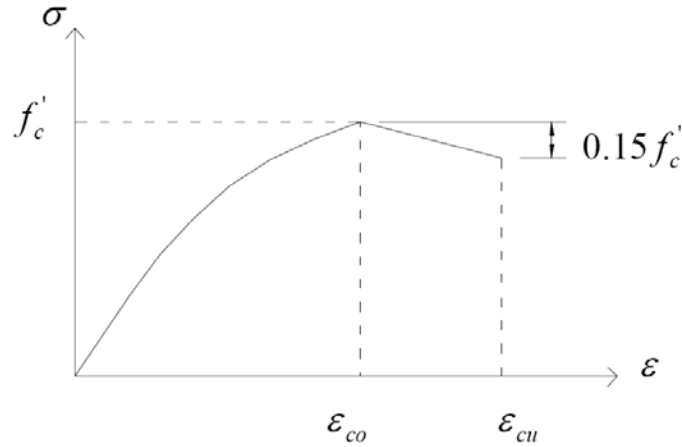


圖 3.19 混凝土的應力-應變關係數值模式圖

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

$$f_c = f'_c \left[2 \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{co}} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (3.3.59)$$

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

$$f_c = f'_c \left[1 - 0.15 \left(\frac{\varepsilon_c - \varepsilon_{co}}{\varepsilon_{cu} - \varepsilon_{co}} \right) \right] \dots\dots\dots (3.3.60)$$

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 3.20 所示(Hognested, 1951)：

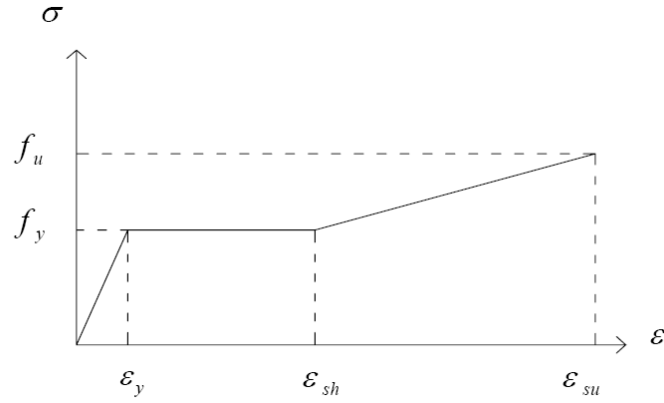


圖 3.20 鋼筋應力-應變關係圖

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

$$f_s = E_s \cdot \varepsilon_s \quad \dots\dots\dots(3.3.61)$$

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

$$f_s = f_y \quad \dots\dots\dots(3.3.62)$$

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

$$f_s = f_y + E_{sh} \cdot (\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh}) \quad \dots\dots\dots(3.3.63)$$

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 3.21 所示：

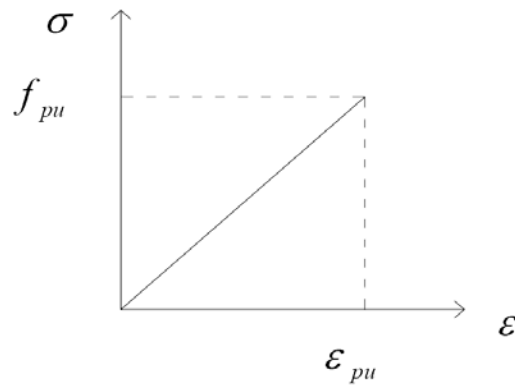


圖 3.21 碳纖維應力-應變關係圖

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

$$f_{sp} = E_{sp} \cdot \varepsilon_{sp} \dots\dots\dots(3.3.64)$$

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}

$$f_{fu} = C_E \cdot f_{fu}^* \dots\dots\dots(3.3.65)$$

其中， C_E 為環境折減因素，如下表 3.6； f_{fu}^* 為 FRP 棒出廠保證強度。

表 3.6 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

本計畫於 97 年度針對國內環境進行 FRP 環境耐久性研究，建議將來以 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，如式 3.3.66 所示。

$$f_{fu} = \phi_1 \times \phi_2 \times \phi_3 \times f_{fu}^* = \phi \times f_{fu}^* \dots\dots\dots(3.3.66)$$

其中 f_{fu} 為 FRP 棒之設計極限強度， ϕ_1 為考量紫外線照射之耐久性折減係數， ϕ_2 為考量溫、濕循環之耐久性折減係數， ϕ_3 為考量耐酸、鹼、硫酸鹽環境之耐久性折減係數。 f_{fu}^* 為 FRP 棒材料本身之極限強度。建議耐久性折減係數值如表 3.7 所示。

表 3.7 耐久性折減係數值

	紫外線照射 (ϕ_1)	溫濕循環 (ϕ_2)	耐酸、鹼、硫酸鹽環境 (ϕ_3)
CFRP	0.95	0.95	0.90
GFRP	0.95	0.95	0.55

◎ 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 3.22、圖 3.23、圖 3.24，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。

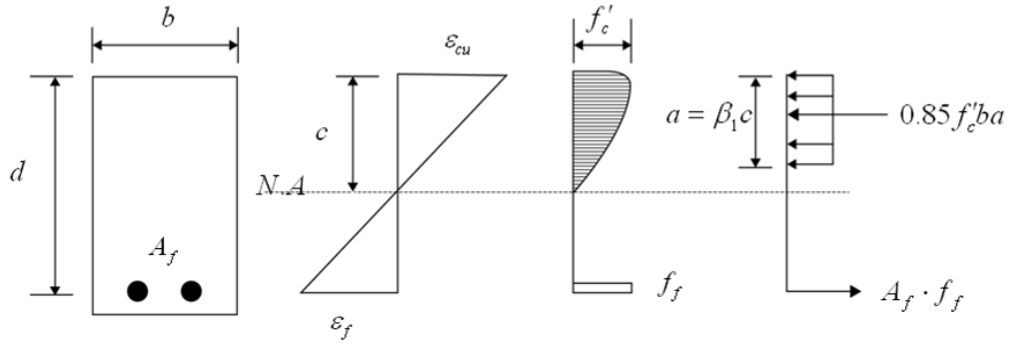


圖 3.22 混凝土壓壞模式

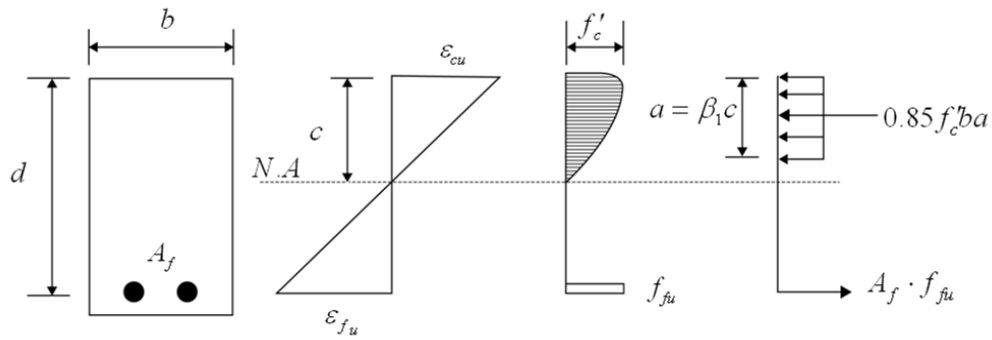


圖 3.23 平衡破壞模式

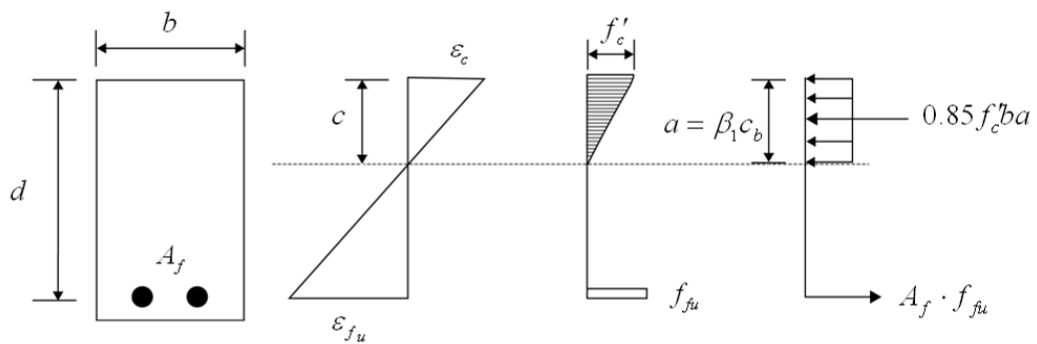


圖 3.24 纖維斷裂模式

◎ 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 3.8。

$$\text{複材比 } \rho_f = \frac{A_f}{bd} \dots\dots\dots(3.3.67)$$

$$\text{平衡複材比 } \rho_{fb} = 0.85\beta_1 \frac{f'_c}{f_{fu}} \frac{E_f \cdot \varepsilon_{cu}}{E_f \cdot \varepsilon_{cu} + f_{fu}} \dots\dots\dots(3.3.68)$$

表 3.8 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

$$M_n = A_f \cdot f_f \left(d - \frac{a}{2}\right) \dots\dots\dots(3.3.69)$$

$$a = \frac{A_f \cdot f_f}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} \dots\dots\dots(3.3.70)$$

$$f_f = E_f \cdot \varepsilon_{cu} \left(\frac{d-c}{c}\right) \dots\dots\dots(3.3.71)$$

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

$$M_n = A_f \cdot f_{fu} \left(d - \frac{a}{2}\right) \dots\dots\dots(3.3.72)$$

◎ 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 3.25 為 CFRP 棒與鋼筋混合梁斷面應力應變圖。

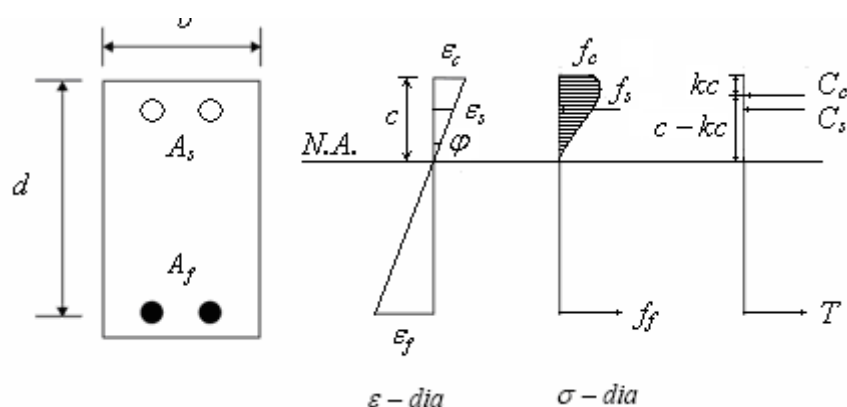


圖 3.25 CFRP 棒與鋼筋混合梁斷面應力應變圖

◎ 材料特性

$$f_c = E_c \times \varepsilon_c \dots\dots\dots(3.3.73)$$

$$f_s = E_s \times \varepsilon_s \quad (\text{當 } 0 \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_y \text{ 時}) \dots\dots\dots(3.3.74)$$

$$f_s = f_y \quad (\text{當 } \varepsilon_s \geq \varepsilon_y \text{ 時}) \dots\dots\dots(3.3.75)$$

$$f_f = E_f \times \varepsilon_f \dots\dots\dots(3.3.76)$$

式(3.3.73)~(3.3.76)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

$$C_c = \int f_c dA = \int_0^c f_c (b dx) \dots\dots\dots (3.3.77)$$

$$C_s = A_s \times f_s \dots\dots\dots (3.3.78)$$

$$T = A_f \times f_f \dots\dots\dots (3.3.79)$$

$$T = C_c + C_s \dots\dots\dots (3.3.80)$$

式(3.3.77)~(3.3.80)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：

$$\frac{\varepsilon_c}{c} = \frac{\varepsilon_f}{d - c} = \varphi \dots\dots\dots (3.3.81)$$

$$\varepsilon = \varphi \cdot x \dots\dots\dots (3.3.82)$$

$$x = \frac{d\varepsilon}{\varphi} \dots\dots\dots (3.3.83)$$

式(3.3.81)~式(3.3.83)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(3.3.83)帶入式(3.3.74)

$$C_c = \frac{b}{\varphi} \int_0^{\varepsilon_c} f_c d\varepsilon \dots\dots\dots (3.3.84)$$

由式(3.3.81)代入式(3.3.84)

$$C_c = \frac{bc}{\varepsilon_c} \int_0^{\varepsilon_c} f_c d\varepsilon \dots\dots\dots (3.3.85)$$

由 C_c 對中性軸取力矩

$$k = 1 - \frac{1}{\varepsilon_c} \frac{\int_0^{\varepsilon_c} f_c d\varepsilon}{\int_0^{\varepsilon_c} f_c d\varepsilon} \dots\dots\dots (3.3.86)$$

由式(3.3.80)

$$\frac{bc}{\varepsilon_c} \int_0^{\varepsilon_c} f_c d\varepsilon = T - C_s \dots\dots\dots (3.3.87)$$

$$c = \frac{\varepsilon_c (T - C_s)}{b \times \int_0^{\varepsilon_c} f_c d\varepsilon} \dots\dots\dots (3.3.88)$$

$$M = C_c (d - kc) + C_s (d - d') \dots\dots\dots (3.3.89)$$

由試體梁彎矩分布圖中，可知力與彎矩的關係為

$$M = \frac{L}{2} \cdot \frac{P}{2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{L'}{2} \cdot \frac{P}{2} \dots\dots\dots (3.3.90)$$

式(3.64)中， L 為下支承間距離； L' 為上支承間距離，代入後得

$$P = \frac{M}{23.75} \dots\dots\dots (3.3.91)$$

式(3.3.86)~式(3.3.89)中， k 為強度係數； M 為斷面彎矩； d' 為壓力鋼筋深度。由式(3.3.81)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 3.26。

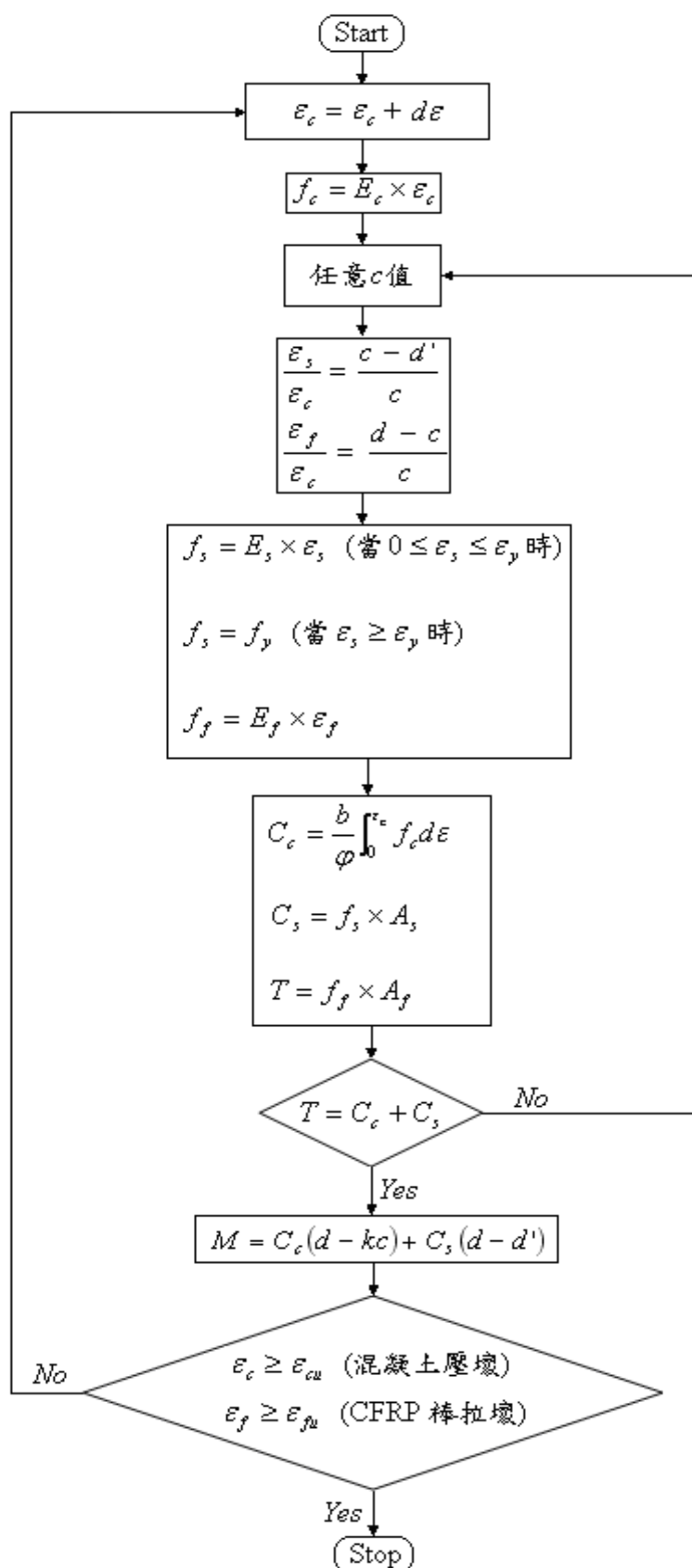


圖 3.26 CFRP 棒與鋼筋混合梁破壞模式分析與雙筋梁計算流程

(二) FRP 棒補強施工方法

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。

(三) FRP 棒補強的品質管理

材料於施工前，應先對其抗拉強度、抗拉應力與應變、抗拉模數等進行試驗值之測定，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。

3.3.3.3 FRP 格網補強版構材之準則擬定

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設計、施工及驗收方式。

(一) 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由試驗所得之值計算，FRP 格網拉力試驗依 JSCE-E531 規範進行。

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。

$$n_g = E_g / E_s \times n = 15 \times E_g / E_s \quad \dots\dots\dots (3.3.92)$$

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/mm²)； E_s 為鋼筋之楊氏係數 (N/mm²)； 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

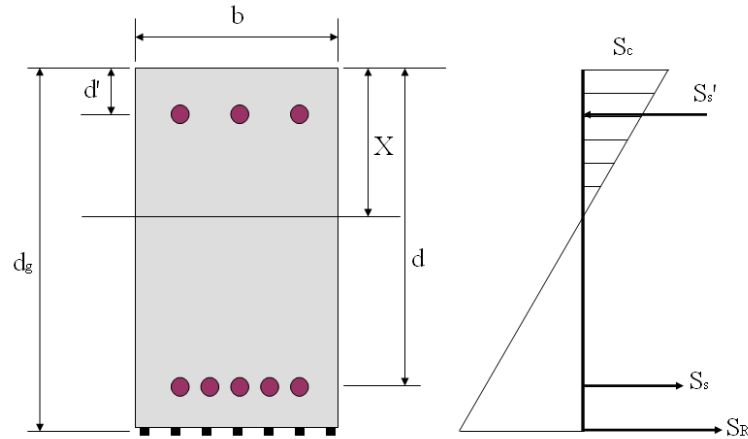


圖 3.27 設計斷面

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(3.3.93)計算斷面二次彎矩。

$$\begin{aligned}
 I &= I_c + n \times I_s + n_g \times I_g \\
 &= (b \cdot X^3) / 3 + n \cdot A_s \cdot (d - X)^2 + n \cdot A_s' \cdot (d' - X)^2 + n_g \cdot A_g \cdot (d_g - X)^2 \\
 &\dots\dots\dots (3.3.93)
 \end{aligned}$$

(ii) 計算應力值

混凝土應力

$$\sigma_c = M \cdot X / I \quad (\text{N/mm}^2) \dots\dots\dots (3.3.94)$$

拉力筋應力

$$\sigma_s = n \cdot M \cdot (d - X) / I \quad (\text{N/mm}^2) \dots\dots\dots (3.3.95)$$

壓力筋應力

$$\sigma_s' = n \cdot M \cdot (X - d') / I \quad (\text{N/mm}^2) \dots\dots\dots (3.3.96)$$

FRP 格網應力

$$\sigma_g = n_g \cdot M \cdot (d_g - X) / I \quad (\text{N/mm}^2) \dots\dots\dots (3.3.97)$$

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 3.28 所示，相同形式之格網需 3 個交叉點(圖 3.28a)，不相同的形式則需各 3 個(圖 3.28b)。

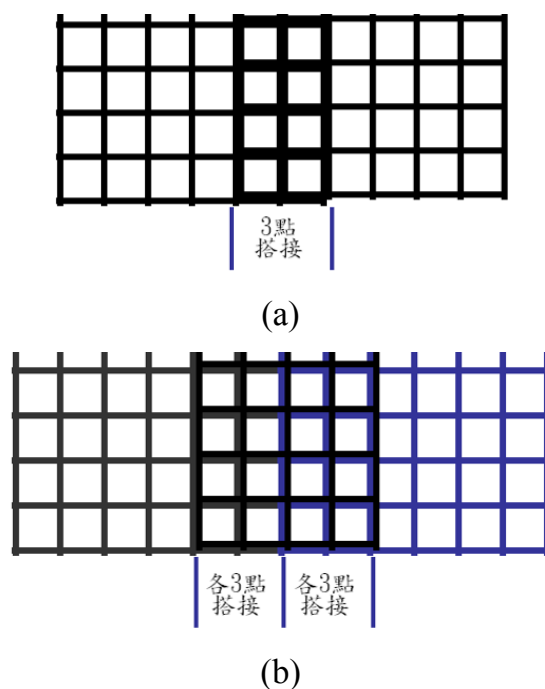


圖 3.28 搭接方式示意圖

(二) FRP 格網補強施工方法

◎ 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等。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。

本工法運用於版結構的標準補強斷面示意圖如圖 3.29 所示，增厚部分詳細示意圖如圖 3.30 所示

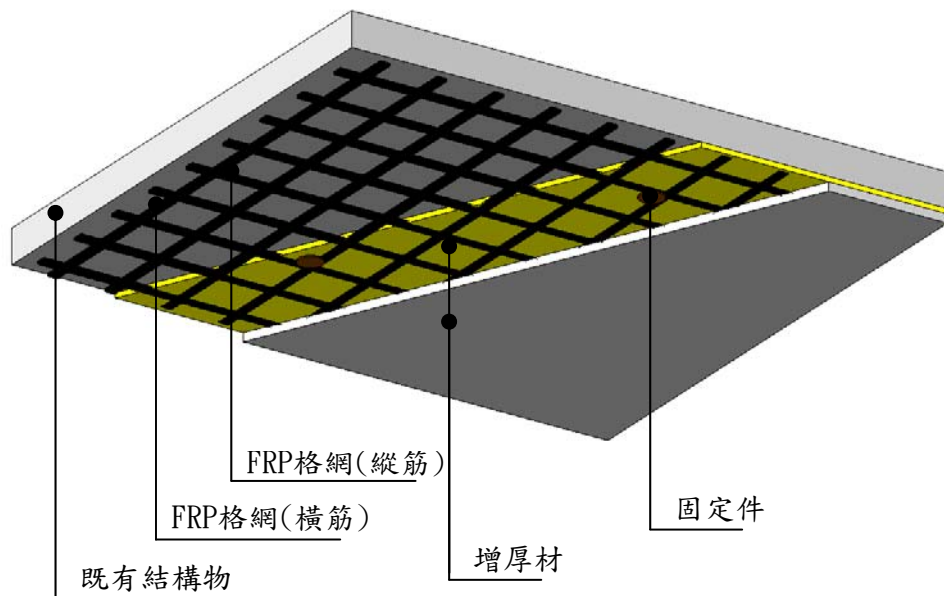


圖 3.29 版結構標準補強斷面示意圖(使用 PCM 噴凝土)

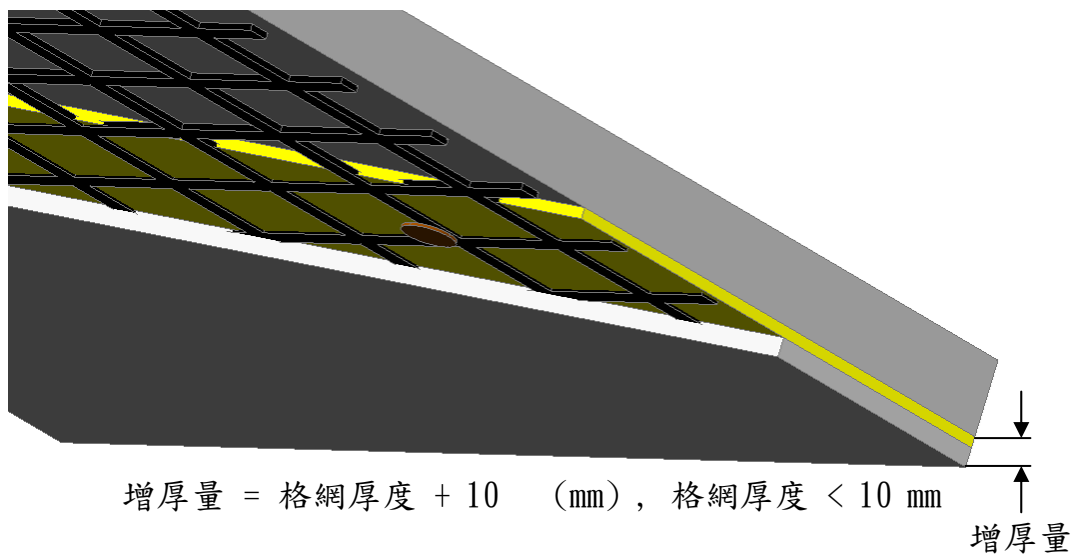


圖 3.30 增厚部分詳細示意圖

(三) FRP 格網補強包覆工法的品質管理

◎ 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 3.9 及 3.10 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 3.9 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 3.10 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 3.11 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 3.12 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。

3.4 市區橋梁受水災風險評估

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。延續 98 年度計畫所提出之既有市區橋梁風險評估之研究，本年度以受洪水災害為例，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進行研究，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及外在環境產生的風險評估依據，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及危害度。

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，將嚴重度與危害度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。

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相互關係。

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。

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規避、移轉、減輕及承擔四種。

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 3.31 所示。

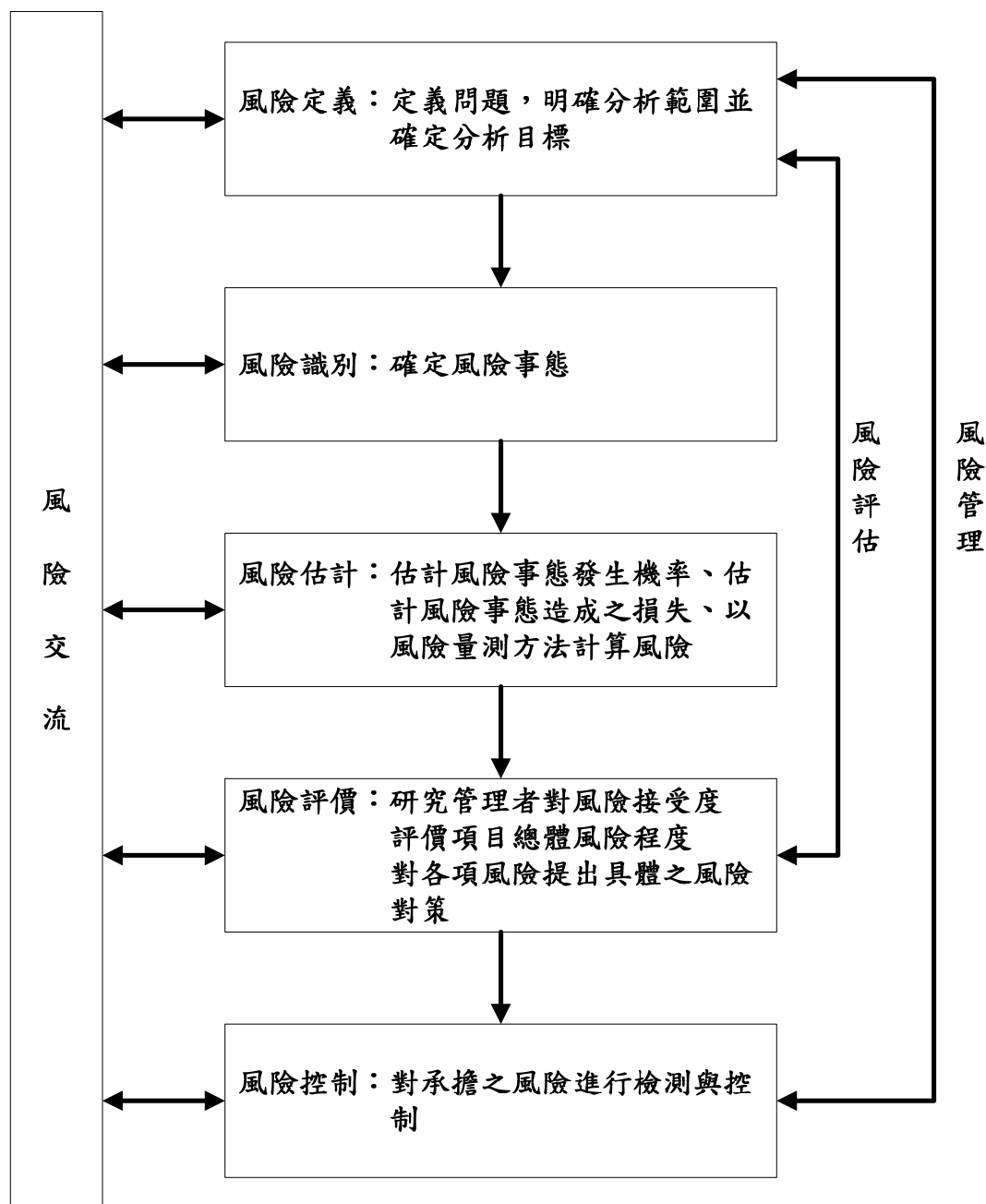


圖 3.31 風險管理流程圖

本研究應用層級分析方法(Analytic Hierarchy Process,AHP)分別求得橋梁受河川環境風險因子及橋梁本身結構物耐洪能力風險因子之權重，再配合各風險因子之評估內容，求得橋梁受河川環境危害度及橋梁本身結構物耐洪能力嚴重度，進而將嚴重度與危害度相乘後即可得到風險圖像。

層級分析法(AHP)為美國匹茲堡大學教授(Thomas L.Saaty)於 1971 年所發

展出來之一種決策方法，主要應用在不確定性情況下，及具有多數個評估準則的決策問題上，將複雜的決策問題轉換成層級結構，然後利用成對比較方法，由決策者進行兩兩要素的比較，再利用特徵向量法求取要素的權重，同時進行判斷偏好的一致性檢定，最後可得到要素的權重，為一理論簡單，操作容易，且在學術界及實務應用上，已被廣泛應用於決策的方法。

建立層級時係將影響系統要素加以分解成數個群組，每個群組再細分成次組，如此逐級細分，建立全部層級關係，而在細分群組時，應注意以下各點：

1. 最高層級代表評估的最終目標。
2. 盡量將重要性相近的要素放在同一層級。
3. 層級內的要素不宜過多，以免影響層級的一致性。

層級內之各要素，力求獨立性。

3.4.2 橋梁耐洪風險評估案例探討

本案例首先蒐集國內對河川橋梁沖刷相關文獻，對橋梁受洪水沖刷時，影響橋梁安全的危害度的因子進行統整，並區分為橋梁環境影響程度指標及橋梁耐洪能力危害度指標，確認評估指標項目，完成評估目標及層級架構。再以層級分析法透過專家問卷方式進行各危害度指標項目之權重。權重決定後再與指標項目內容評分分數相乘即可得橋梁危害度指標分數，將橋梁環境影響程度指標與橋梁耐洪能力危害度指標相乘，得到橋梁耐洪風險評估矩陣，即完成本橋梁耐洪風險評估案例。

橋梁耐洪風險評估決策模式建立後，蒐集國內北部、中部、南部河系上橋梁基本資料、河川水文資料及評估資料進行案例分析，得各橋梁之風險等級及颱風豪大雨時之風險排序，再與專家依現場經驗的排序比較。

利用現有橋梁耐洪能力初步評估表將橋梁耐洪能力風險評估指標，分為橋梁環境影響程度層級及橋梁耐洪能力危害度層級二大部分，由於層級涉及的層面非單一指標或準則，必須以多種準則加以評估，才能對各評估項目進行客觀、

公平的判斷。本案例利用多準則決策方法(Multiple Criteria Decision Making, MCDM)中的層級分析法(Antalytical Hierarchy Process, AHP)對層級的評估項目進行權重之計算。分析流程如圖 3.32 所示。

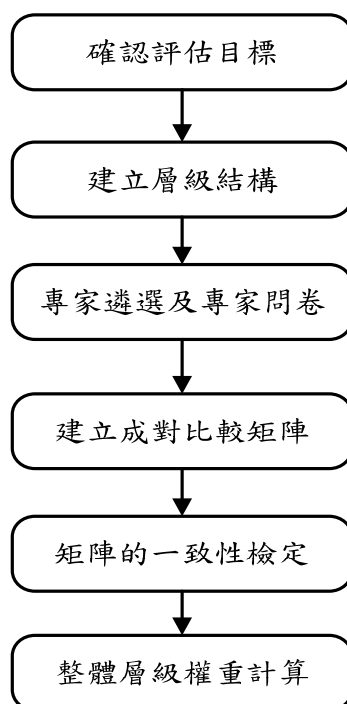


圖 3.32 層級分析法操作步驟流程圖

3.4.2.1 橋梁耐洪風險評估指標與項目說明

◎ 評估指標層級結構

橋梁環境影響程度評估指標，綜整成主河道變遷、河川整治辦理情形、鄰近有無採砂、上下游攔河堰及橋梁保護工現況共五項，做為 AHP 的評估標準，橋梁環境影響程度評估指標層級結構如圖 3.33；橋梁本身結構物耐洪能力方面，綜整成基礎剩餘長度與原有長度之比值、橋墩方向與河川流向夾角、阻水面積比及基礎形式共四項，做為 AHP 的評估標準，橋梁耐洪能力危害度評估指標層級結構如圖 3.34。

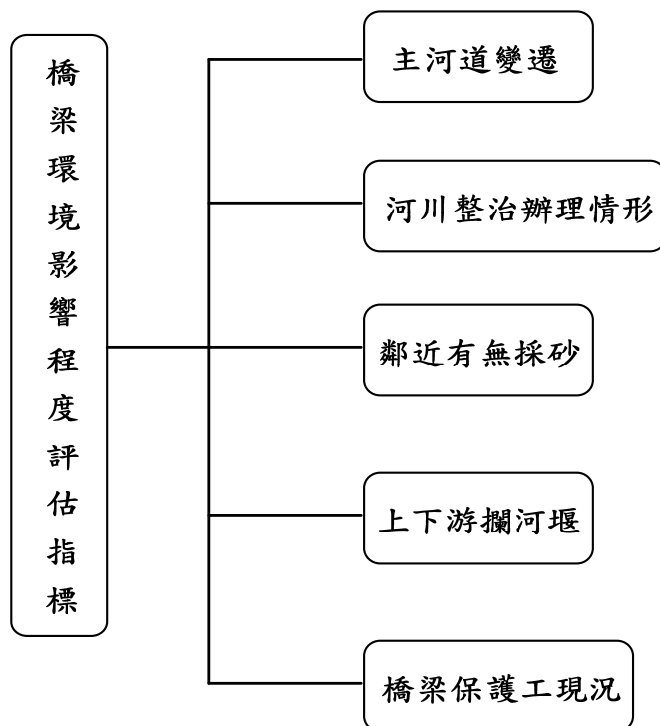


圖 3.33 橋梁環境影響程度評估指標層級結構

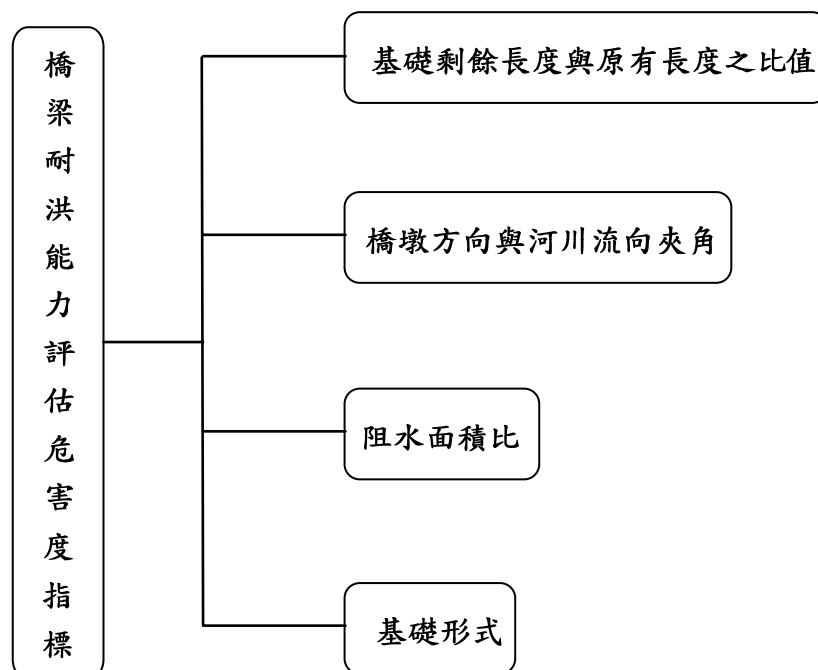


圖 3.34 橋梁耐洪能力危害度評估指標層級結構

◎ 評估指標各項目意義

一、橋梁環境影響程度評估指標

橋梁環境影響程度指標各項目意義說明如下表 3.13。

表 3.13 橋梁環境影響程度指標各項目意義說明

評估準則	準則意義說明
主河道變遷	河道變遷受豪大雨影響，致原有的高灘地河床面降低，變成深槽區，原有的深槽區也有可能變成高灘地。若於橋梁設計時，橋址位於彎道側、河道束縮或於支流併入主河道附近，屬河道區內不穩定區域，易受河道變遷影響，致使橋梁基礎嚴重裸露而造成危險。
河川整治辦理情形	河川整治的目的主要為整理河道，保持河川水流正常機能。河川經整治後主深槽區與高灘地較穩定，橋梁也較不會受到沖刷的威脅。
鄰近有無採砂	河川砂石係台灣砂石主要來源，不當採砂會對橋梁結構造成嚴重的危害，依現行河川管理規則第四十一條規定在距離橋樑上、下游 500 公尺處禁採砂石。惟在 500 公尺外開採行為所造成之採砂坑可能會往下游移動，還是有危害到橋墩安全的可能。
上下游攔河堰	橋梁之上、下游建有攔河堰對橋梁附近河床高程有很大影響，上游攔河堰將會阻攔河流中之輸砂，致使橋梁附近泥沙補充不足而往下刷深，下游攔河堰將會幫助砂石回淤，使河床高度增加。
橋梁保護工現況	橋梁基礎易受河川變異造成裸露，經橋梁主管機關檢測後，施作適當基礎保護工程，基礎保護工程依河川地質、橋梁基礎型式及裸露嚴重程度決定，若基礎裸露嚴重者，以加強基礎深度的托底工法、排樁包覆工法等，加強基礎保護工法施作完成後，橋梁就不易受河川變異之影響，若裸露較不嚴重，施作護坦、蛇籠保護工等，可能於下一場洪水中被沖毀，並連帶使其下河床往下刷深一段深度，危及橋梁之安全。

二、橋梁耐洪能力危害度評估指標

橋梁耐洪能力危害度指標各項目意義說明如下表 3.14。

表 3.14 橋梁耐洪能力危害度指標各項目意義說明

評估準則	準則意義說明
基礎裸露深度與容許沖刷深度比值	基礎裸露深度影響基礎承载力，基礎若為基樁型式，則當剩餘長度與原有長度之比值剩 0.6，即為嚴重承载力不足，若為沉箱基礎之穩定性，則當剩餘長度與原有長度之比值達 0.4 時才須視為嚴重。至於直接基礎，則依下方地質及基礎深入深度而有所不同。
橋墩方向與河川流向夾角	橋墩方向與水流方向如不平行，則水流攻角增加，產生局部沖刷深度增加。
阻水面積比	因橋墩興建或基礎裸露造成水流之通水斷面減少，阻擋正常時水流流況，使得橋孔間的單寬流量與流速加大，造成橋墩基礎間產生束縮沖刷效應，導致河道刷深及河床下降。
基礎形式	基礎形式可分為淺基礎及深基礎，淺基礎即為直接基礎，深基礎可分為樁基礎及沉箱基礎，基礎形式影響橋梁本身耐洪能力。

本案例以 AHP 進行既有橋梁耐洪能力風險評估指標權重分析，需仰賴於轄管橋梁之主管機關及工程顧問公司中橋梁設計專家的經驗判斷與協助，以群體決策模式取得客觀的結果。利用問卷調查方式，收集各方專家意見，讓評估指標更具意義及代表性，並且決定河川環境所造成之沖刷影響權重，及橋梁構造之耐洪能力權重。

問卷調查對象分別以轄管橋梁之主管機關及工程顧問公司，具橋梁養護、設計經驗之專家進行問卷調查，問卷內容分為兩部分，一為橋梁環境影響程度相對重要程度，一為橋梁耐洪能力危害度相對重要程度，如附件(一)。

3.4.2.2 橋梁耐洪風險評估各指標項目之權重

橋梁環境影響程度評估指標及橋梁耐洪能力危害度評估指標，各項目內容之權重，經由各專家填寫問卷及輸入電腦輔助軟體 Expert Choice 後，建立兩兩相對比較矩陣，檢核 AHP 之一致性後，計算各指標評估項目內容權重。由橋梁工程主管機關及工程顧問公司之問卷回收後計算權重結果，將各指標評估內容之權重值整理如表 3.15 及表 3.16。

表 3.15 橋梁環境影響程度評估指標各項目之權重表

評估項目 樣本數	主河道 變遷	河川整治 辦理情形	鄰近有無 採砂	上下游 攔河堰	橋梁保護 工現況
橋梁主管機關	0.25	0.14	0.25	0.21	0.15
工程顧問公司	0.27	0.19	0.28	0.12	0.15
橋梁主管機關+ 工程顧問公司	0.25	0.16	0.26	0.18	0.15

表 3.16 橋梁耐洪能力評估指標各項目之權重表

評估項目 樣本數	基礎裸露深度與 容許沖刷深度比 值	橋墩方向與 河川流向夾 角	阻水面積比	基礎形式
橋梁主管機關	0.40	0.22	0.20	0.19
工程顧問公司	0.41	0.12	0.20	0.27
橋梁主管機關+ 工程顧問公司	0.40	0.18	0.20	0.22

3.4.2.3 建立橋梁耐洪風險評估決策模式

橋梁環境影響程度及橋梁耐洪能力危害度評估指標各項目之權重值確認後，建立評估項目之評估內容及分數，將評估項目之權重值乘上評估內容分數，即可得各橋梁耐洪能力評估指標之評估分數。

一、橋梁環境影響程度評估指標

橋梁環境影響程度評估指標之權重值及評估內容如表 3.17 所示。

表 3.17 橋梁環境影響程度評估指標

項目	權重	評估內容	配分	評分
主河道變遷	0.25	☐ 嚴重變遷(100) ☐ 輕微變遷(50) ☐ 無(0)		
河川整治辦理情形	0.16	☐ 尚未辦理(100) ☐ 1000 公尺以內完成，其他未辦理(50) ☐ 已完成(0)		
鄰近有無採砂	0.26	☐ 1000 公尺以內(100) ☐ 1000 公尺以外(50) ☐ 無(0)		
上游攔河堰	0.18	☐ 1000 公尺以內(50) ☐ 1000 公尺以外(25) ☐ 無(0)		
下游攔河堰		☐ 無(50) ☐ 1000 公尺以外(25) ☐ 1000 公尺以內(0)		
橋基保護工現況	0.15	☐ 不良(100) ☐ 中等(50) ☐ 良好或無需保護(0)		
分數總計				

二、橋梁耐洪能力危害度評估指標

橋梁耐洪能力危害度評估指標之權重值及評估內容如表 3.18 所示。。

表 3.18 橋梁耐洪能力危害度評估指標

項目	權重	評 估 內 容				配 分	評 分	
基礎剩餘長度與原有長度之比值	0.4	基 樁	H _{left}		當 H _{left} / H < 0.6 ， ω = 100			
			H		當 0.6 ≤ (H _{left} / H) ≤ 1.0 ， ω = (2.5 - 2.5(H _{left} / H)) × 100 H _{left} = 基礎剩餘長度；H = 基礎原有長度			
		沉 箱	H _{left}		當 H _{left} / H < 0.4 ， ω = 100			
			H		當 0.4 ≤ (H _{left} / H) ≤ 1.0 ， ω = (2.5 - 2.5(H _{left} / H)) × 100			
		直接基礎	☐ 置於砂礫層，有沖刷之虞(100) ☐ 置於岩盤表層(50) ☐ 深入岩盤 (0)					
橋墩方向與水流方向夾角	0.18	θ	$K_{\theta} = [(l/b)\sin\theta + \cos\theta]^{0.65}$ 當 $K_{\theta} \leq 2.0$ ， $\omega = (K_{\theta} - 1) \times 100$ 當 $K_{\theta} > 2.0$ ， $\omega = 100$ l = 橋墩沿垂直行車方向深度，b = 橋墩等值寬度					
阻水面積比 R _A (%)	0.2	R _A	$\omega = (R_A - 5) / 5 \times 100$					
基礎型式	0.22	☐ 直接基礎 (100) ☐ 沉箱基礎(50) ☐ 樁基礎 (0)						
分數總計								

三、建立橋梁耐洪風險評估決策模式

風險矩陣包含了風險機率、風險危害度和基本的風險對策，因其構造主要綜合考慮風險指標的特點，風險指標經驗及決策者的風險態度，故可依研究內容做修正。本案例將橋梁環境影響程度評估指標分數及橋梁耐洪能力危害度評估指標分數，由 0~100 分為五個等級，如表 3.19 及表 3.20。以橋梁環境影響程度為縱軸，橋梁耐洪能力危害度為橫軸，得橋梁耐洪能力風險評估矩陣圖，如圖 3.35 所示。

利用風險矩陣圖，將風險等級分為四個等級，其中 E 為極度風險(Extreme Risk)，H 為高度風險(High Risk)，M 為中度風險(Moderate Risk)，L 為低度風險(Low Risk)。當評估結果為 E 極度風險時，表示橋梁耐洪能力危害度極高，當評估結果為高度風險時，表示橋梁耐洪能力危害度高，當評估結果為 M 中度風險時，表示橋梁耐洪能力危害度屬中等，當評估結果為 L 低度風險時，表示橋梁耐洪能力危害度低。

表 3.19 橋梁環境影響程度等級分數

等 級	橋梁環境影響程度	分數
1	非常低	0~20
2	低	20~40
3	中	40~60
4	高	60~80
5	非常高	80~100

表 3.20 橋梁耐洪能力危害度等級分數

等 級	橋梁耐洪能力危害度	分數
1	非常低	0~20
2	低	20~40
3	中	40~60
4	高	60~80
5	非常高	80~100

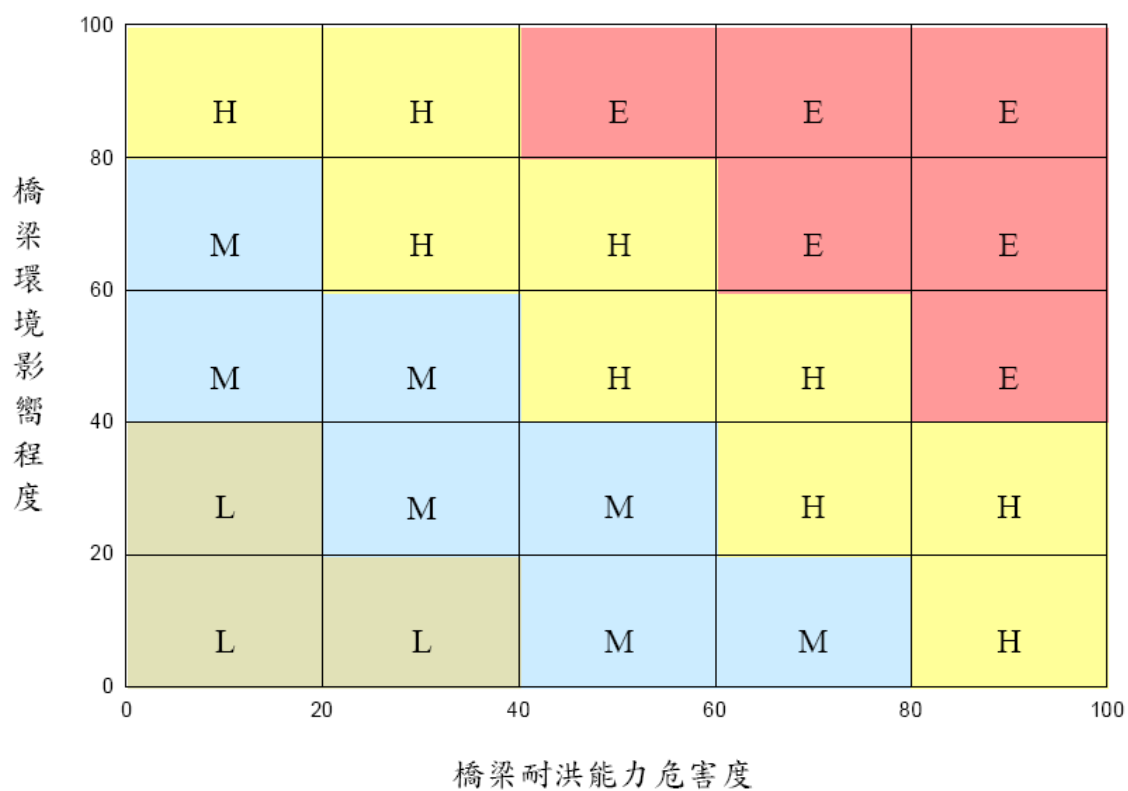


圖 3.35 橋梁耐洪風險評估矩陣圖

3.4.2.4 案例分析

由前節建立橋梁耐洪風險評估矩陣圖後，本節將進行橋梁耐洪風險評估案例分析，案例分析流程如圖 3.36，以確認橋梁耐洪風險評估決策模式。

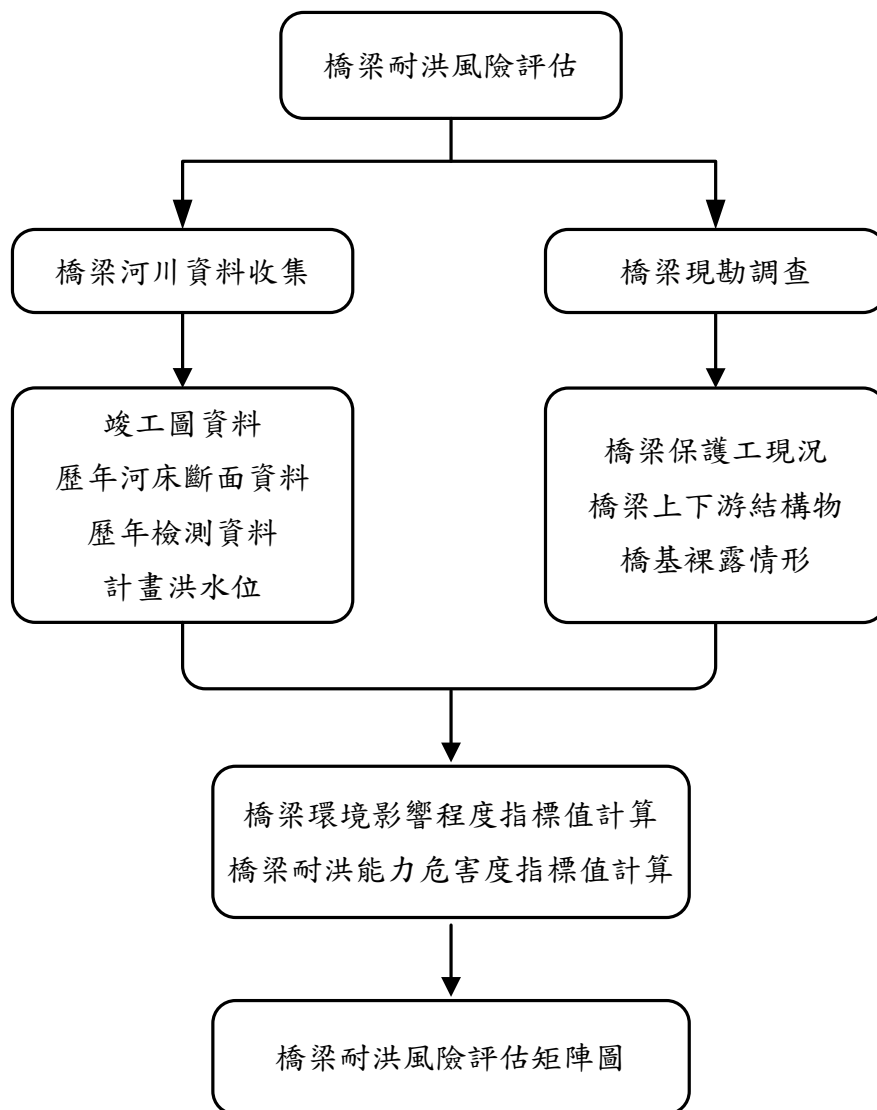


圖 3.36 橋梁耐洪風險評估流程圖

一、橋梁耐洪風險評估資料收集

進行橋梁耐洪風險評估之前，為使評估結果準確，需要對每一評估標的橋梁進行資料蒐集及現場勘查。資料蒐集部份分為二部份：一為橋梁結構物資料蒐集，需要資料包含橋梁竣工圖、歷年檢測資料及河川斷面測量圖；另為橋址處水文資料，需要資料包含歷年河川斷面資料及計畫洪水位值等，現場勘查部分，需對橋梁保護工現況、橋基裸露情形及橋梁上下游結構物進行調查。

二、案例分析

案例分析分為北部、中部、南部橋梁，選定方式主要以河系及轄管橋梁的總局養護工程處為區分，案例分析對象為已有裸露情形的橋梁為主。

本研究由北部、中部、南部分別對淡水河、大漢溪、新店溪、大安溪、大甲溪、濁水溪、北港溪、朴子溪及八掌溪上省道橋梁進行案例分析。

(a) 淡水河流域

淡水河流域位於臺灣北端，主流長度 158.7 公里，流域面積 2,726 平方公里，僅次於濁水溪及高屏溪，為臺灣第三長的河流。淡水河流域主要由大漢溪、新店溪及基隆河三大支流匯集而成，並以大漢溪為幹流(即最大支流)，大漢溪、新店溪自江子翠匯流進淡水河，基隆河於關渡附近再匯入。淡水河流域流經台北市，台北縣三峽鎮、鶯歌鎮、樹林鎮、土城市、板橋市、三重市、新莊市、蘆洲鄉、五股鄉、八里鄉、淡水鎮、新店市、深坑鄉、汐止鎮、瑞芳鎮、平溪鄉、泰山鄉、石碇鄉、坪林鄉、中和市、永和市、基隆市，桃園縣復興鄉、龍潭鄉、大溪鎮、龜山鄉及新竹縣尖石鄉、關西鎮等鄉鎮(資料整理自經濟部水利署網站)。

淡水河流域案例分析橋梁為臺北大橋、忠孝大橋、新海大橋、華江橋、三鶯大橋、武嶺橋，淡水河流域分析橋梁位置圖如圖 3.37。



圖 3.37 淡水河流域分析橋梁位置圖

◎ 淡水河流域橋梁耐洪風險評估結果

將淡水河流域案例分析之橋梁環境影響程度指標分數與橋梁耐洪能力危害度指標分數，輸入橋梁耐洪風險評估矩陣圖中，可得淡水河流域橋梁耐洪風險評估結果，如圖 3.38。整理淡水河流域橋梁耐洪風險評估表，如表 3.21。

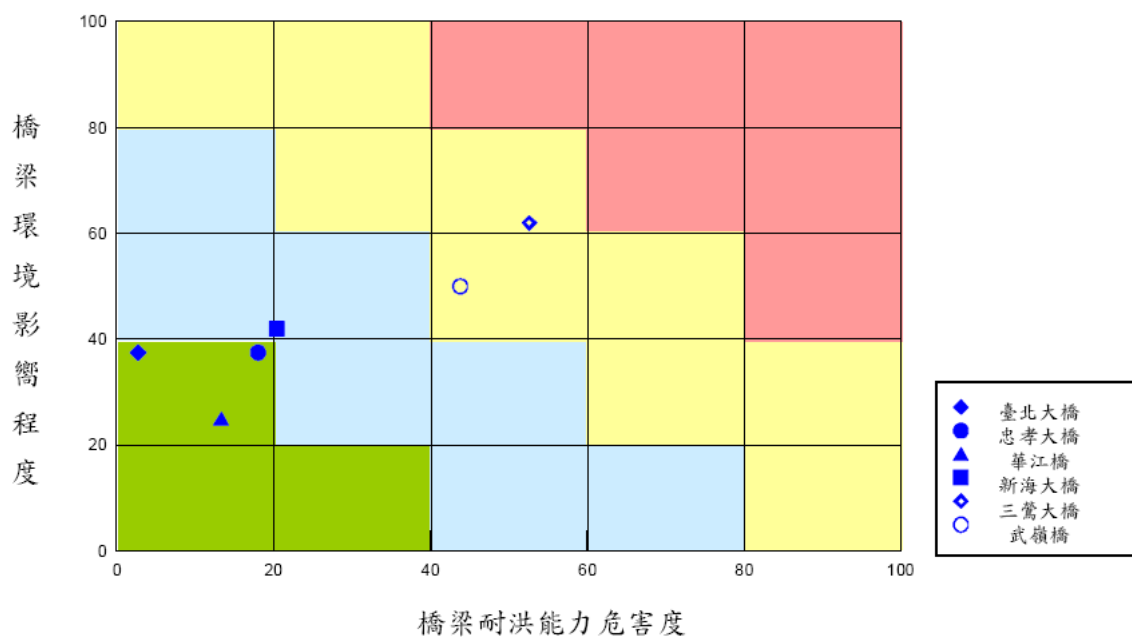


圖 3.38 淡水河流域橋梁耐洪風險評估結果

由淡水河流域橋梁耐洪風險評估結果，得到橋梁遇颱風豪雨之風險排序，由高至低順序分別為三鶯大橋、武嶺橋、新海大橋、忠孝大橋、華江橋與臺北大橋。

表 3.21 淡水河流域橋梁耐洪風險評估表

橋梁名稱	里程	跨越河川	竣工年月	橋梁長度	橋梁最短跨徑	橋梁寬度	計畫洪水位	評估橋墩	評估橋墩基礎型式	評估橋墩基礎深度(m)	評估橋墩裸露高度(m)	橋墩方向與水流夾角(度)	阻水面積比RA(%)	橋梁環境影響程度指標	橋梁耐能力危害度指標	風險評估等級
臺北大橋	臺1甲線 3k+568	淡水河	85年 10月	481.6m	32m	44m	8.4 EL	P8	樁基礎	51.07m	1.01m	0	5.1	37.5	2.72	低
忠孝大橋	臺1線 1k+258	淡水河	71年 4月	1145m	50m	44m	9.23EL	P7	樁基礎	46m	3.6m	5	6.7	50	18	低
華江橋	臺3線 4k+487	新店溪	85年 9月	540m	38.8m	45m	9.6 EL	P10	樁基礎	50.4m	4.89m	10	4.83	25	13.3	低
新海大橋	106線 22k+225	大漢溪	79年 4月	608m	24m	8.6m	10.12 EL	P7	樁基礎	50m	3.48m	0	8.36	42	20.4	中
三鶯大橋	110線 24k+002	大漢溪	80年 8月	578m	20m	15m	44.59EL	P7	沉箱基礎	18m	5.82m	0	19	62	52.6	高
武嶺橋	臺3線 37k+335	大漢溪	75年 6月	760m	40m	15m	84.07EL	P5	沉箱基礎	25m	4.49m	20	9.99	50	43.8	高

(二) 大安溪、大甲溪及濁水溪流域

1. 大安溪流域

大安溪位於台灣中部，主流長度 95.76 公里，流域面積 758.47 平方公里，主流發源於雪山山脈之大壩尖山(標高 3,488 公尺)。本流域自發源地起右岸匯入馬達拉溪、老庄溪、景山溪，左岸匯入次高溪、大雪溪、南坑溪、無名溪、雪山坑溪、烏石坑溪。大安溪流域流經苗栗縣泰安鄉、卓蘭鎮、三義鄉、苑裡鎮及台中縣和平鄉、東勢鎮、后里鄉、外埔鄉、大甲鎮、大安鄉等鄉鎮(資料整理自經濟部水利署網站)。

大安溪流域案例分析橋梁為台 61 線大安溪橋及大安溪橋，大安溪流域分析橋梁位置圖如圖 3.39。



圖 3.39 大安溪流域分析橋梁位置圖

2.大甲溪流域

大甲溪位於台灣中部，主流長度 124.2 公里，流域面積 1,235.73 平方公里，主流發源於雪山山脈之大壩尖山雪山主峰(標高 3,886 公尺)及中央山脈之南湖大山(標高 3,742 公尺)。本流域主要支流有南湖溪、耳無溪、合歡溪、志樂溪及中嵙溪。大甲溪流域流經宜蘭縣太平鄉，南投縣仁愛鄉，台中縣和平鄉、東勢鎮、新社鄉、石岡鄉、豐原市、后里鄉、神岡鄉、外埔鄉、大甲鎮、清水鎮、大安鄉等鄉鎮(資料整理自經濟部水利署網站)。

大甲溪流域案例分析橋梁為大甲溪橋，大甲溪流域分析橋梁位置圖如圖 3.40。



圖 3.40 大甲溪流域分析橋梁位置圖

3.濁水溪流域

濁水溪位於台灣中部，主流長度 186.6 公里，流域面積 3156.9 平方公里，主流發源於合歡山主峰與東峰間(標高 3,220 公尺)，主要支流於最上游為霧社溪，係集合歡山西坡之水，沿北北東間之縱谷流下，至廬山附近與大羅灣溪匯合，至萬大附近與萬大溪合流，再併丹大溪、郡大溪、巒大溪、水里溪、陳有蘭溪、東埔蚋溪與清水溪後，流入彰雲平原，於彰化縣大城鄉海墘村與雲林縣麥寮鄉許厝寮間流入台灣海峽(資料整理自經濟部水利署網站)。

本流域流經彰化縣大城鄉、竹塘鄉、溪州鄉、二水鄉、田中鄉及雲林縣麥寮鄉、崙背鄉、二崙鄉、西螺鄉、莿桐鄉、林內鄉，嘉義縣阿里山鄉、梅山鄉，南投縣竹山鄉、鹿谷鄉、集集鎮、名間鄉、水里鄉、魚池鄉、仁愛鄉、信義鄉等鄉鎮。

濁水溪流域案例分析橋梁為西濱大橋、西螺大橋及名竹大橋，濁水溪流域分析橋梁位置圖如圖 3.41。



圖 3.41 濁水溪流域分析橋梁位置圖

表 3.2.2 大安溪、大甲溪、濁水溪流域橋梁耐洪風險評估表

橋梁名稱	里程	跨越河川	竣工年月	橋梁長度	橋梁最短跨徑	橋梁寬度	計畫洪水位	評估橋墩	評估橋墩型式	評估橋墩基礎深度(m)	評估橋墩裸露高度(m)	橋墩方向與水流夾角(度)	阻水面積比RA(%)	橋梁環境影響程度指標	橋梁耐洪水力危害度指標	風險評估等級
大安溪橋	臺1線 148k+450	大安溪	64年 10月	985m	39.4m	24m	63.7 EL	P15	沉箱基礎	18m	4.76m	25	7.4	45	56.5	中
臺61線 大安溪	臺61線 134k+950	大安溪	83年 5月	980m	35m	38m	14.5 EL	P8	沉箱基礎	16m	3.58m	25	6.54	50.4	47.5	高
大甲溪橋	臺1線 155k+848	大甲溪	65年 1月	1320m	40m	24m	58.56 EL	P26	沉箱基礎	15m	4.11m	15	12.9	50.4	63.36	高
西濱大橋	臺17線 65k+839	濁水溪	80年 7月	2730m	35m	18m	9.96 EL	P23	樁基礎	33m	3.07m	10	7.52	25	26.7	中
西螺大橋	145線 7k+289	濁水溪	64年 10月	1937.5m	62.5m	7.4m	27.37 EL	P12	沉箱基礎	20m	3.86m	30	5.82	25	39.9	中
名竹大橋	臺3線 225k+116	濁水溪	79年 12月	705m	25m	18.1m	156.97 EL	P12	沉箱基礎	15m	6.54m	15	10.6	65	65.8	極高

(三) 北港溪、朴子溪及八掌溪流域

1. 北港溪流域

北港溪位於台灣南部，主流長度 82 公里，流域面積 645.21 平方公里，主流發源於阿里山山脈西麓林內鄉七星嶺(標高 516 公尺)。本流域主要支流有虎尾溪三疊溪、石龜溪、大湖口溪、石牛溪。北港溪流域流經雲林縣斗六市、斗南鎮、虎尾鎮、土庫鎮、大埤鎮、北港鎮、口湖鄉、水林鄉、古坑鄉、元長鄉、莿桐鄉、林內鄉及嘉義縣溪口鄉、新港鄉、六腳鄉、東石鄉、大林鎮、梅山鄉、六腳鄉、東石鄉、民雄鄉等鄉鎮(資料整理自經濟部水利署網站)。

北港溪流域案例分析橋梁為平和橋及北港大橋，北港溪流域分析橋梁位置圖如圖 3.43。



圖 3.43 北港溪流域分析橋梁位置圖

2. 朴子溪流域

朴子溪位於台灣南部，主流長度 75.87 公里，流域面積 426.6 平方公里，主流發源於阿里山山脈四天王山芋菜坑(標高 1,421 公尺)。本流域主要支流有清水溪、濁水溪、獅子頭溪、牛稠溪、科底溪、崎腳溪。朴子溪流域流經嘉義縣竹崎鄉、嘉義市、民雄鄉、新港鄉、太保市、六腳鄉、朴子市、東石鄉等鄉鎮(資料整理自經濟部水利署網站)。

朴子溪流域案例分析橋梁為月眉潭橋及蒜頭大橋，朴子溪流域分析橋梁位置圖如圖 3.44。



圖 3.44 朴子溪流域分析橋梁位置圖

3. 八掌溪流域

八掌溪位於台灣南部，主流長度 80.86 公里，流域面積 474.74 平方公里，主流發源於阿里山奮起湖，本流域主要支流有赤蘭溪、頭前溪。八掌溪流域流經嘉義縣義竹鄉、布袋鎮、鹿草鄉、水上鄉、嘉義市、中埔鄉、番路鄉及台南縣：北門鄉、學甲鎮、鹽水鎮、後壁鄉、白河鎮等鄉鎮(資料整理自經濟部水利署網站)。

八掌溪流域案例分析橋梁為八掌溪橋及厚生橋，八掌溪流域分析橋梁位置圖如圖 3.45。



圖 3.45 八掌溪流域分析橋梁位置圖

◎ 北港溪、朴子溪、八掌溪流域橋梁評估結果

將北港溪、朴子溪、八掌溪流域案例分析之橋梁危害度指標分數及橋梁耐洪能力危害度指標分數，輸入橋梁耐洪風險評估矩陣圖中，可得北港溪、朴子溪、八掌溪流域橋梁耐洪風險評估結果，如圖 3.46。整理北港溪、朴子溪、八掌溪流域橋梁耐洪風險評估表，如表 3.23。

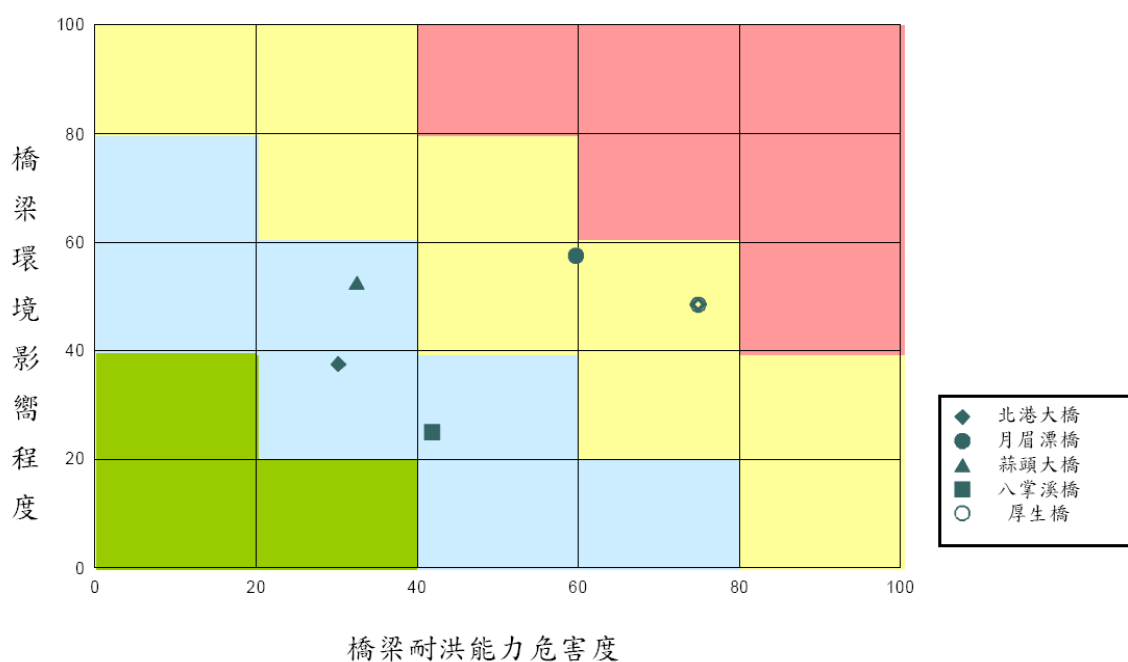


圖 3.46 北港溪、朴子溪、八掌溪流域橋梁耐洪風險評估結果

由北港溪、朴子溪、八掌溪流域橋梁耐洪風險評估結果，得到橋梁遇颱風豪雨之風險排序，由高至低順序分別為厚生橋、月眉潭橋、蒜頭大橋、八掌溪橋與北港大橋。

表 3.2.23 北港溪、朴子溪、八掌溪流域橋梁風險評估結果表

橋梁名稱	里程	跨越河川	竣工年月	橋梁長度	橋梁最短跨徑	橋梁寬度	計畫水位	評估橋墩	評估橋墩基礎型式	評估橋墩深度(m)	評估橋墩裸露高度(m)	橋墩方向與水流夾角(度)	阻水面積比RA(%)	橋梁環境影響程度指標	橋梁耐洪水危害度指標	風險評估等級
北港大橋	臺19線 68k+29	北港溪	56年 6月	469m	7.42m	24m	12.5EL	P9	樁基礎	30m	2.26m	8	8.48	52.5	30.22	中
月眉潭橋	159線 30k+953	朴子溪	69年 10月	180m	18.6m	18.1m	14.7EL	P6	樁基礎	24m	5.9m	10	20.9	57.5	59.72	高
蒜頭大橋	157線 30k+757	朴子溪	71年 10月	385m	35m	18.1m	9.8 EL	P5	樁基礎	23.5m	5.2m	10	7.16	52.5	32.54	中
八掌溪橋	臺1線 274k+025	八掌溪	81年 10月	304m	28m	25m	18.05EL	P5	樁基礎	22.55m	1.8m	20	10.6	25	41.86	中
厚生橋	臺19線 99k+700	八掌溪	68年 6月	514m	19m	19.5m	9.81EL	P13	沉箱基礎	15m	5.83m	30	15.2	48.5	74.9	高

三、橋梁風險評估排序與專家排序比較

本案例已得到各流域之橋梁風險評估結果，且依照評估結果可以得到橋梁受洪水災害的風險排序，將本研究所得風險排序與橋梁主管機關之養護橋梁之工程司(以下簡稱為專家)依實務經驗所提出的排序做比較，確認本研究之橋梁耐洪風險評估矩陣圖是否可行。惟目前主管機關並無一套研判橋梁風險排序的方法，故專家排序主要係依據現場經驗判斷而來，

淡水河流域橋梁風險評估排序分別為三鶯大橋、武嶺橋、新海大橋、忠孝大橋、華江橋及臺北大橋，整理淡水河流域橋梁風險評估排序與專家排序比較表，如表 3.24，淡水河流域本研究橋梁風險排序結果與專家皆一致。

表 3.24 淡水河流域橋梁風險評估排序與專家排序比較

風險評估 排序	三鶯 大橋	武嶺橋	新海 大橋	忠孝 大橋	華江橋	臺北 大橋
專家排序	三鶯 大橋	武嶺橋	新海 大橋	忠孝 大橋	華江橋	臺北 大橋

大安溪、大甲溪及濁水溪流域橋梁風險評估排序分別為名竹大橋、大甲溪橋、台 61 線大安溪橋、大安溪橋、西螺大橋與西濱大橋，整理大安溪、大甲溪及濁水溪流域上橋梁風險排序與專家排序比較表，如表 3.25。其中濁水溪流域上之名竹大橋已進行改建中，本研究選用該橋原係因比較風險評估等級是否與實際相等，其餘橋梁排序由比較結果顯示，大安溪、大甲溪及濁水溪流域橋梁風險評估結果與專家皆一致。

表 3.25 大安溪、大甲溪及濁水溪流域橋梁風險評估排序與專家排序比較

風險評估 排序	名竹大橋	大甲溪橋	台 61 線大 安溪橋	大安溪橋	西螺大橋	西濱大橋
專家排序	名竹大橋	大甲溪橋	台 61 線大 安溪橋	大安溪橋	西螺大橋	西濱大橋

北港溪、朴子溪、八掌溪流域依評估結果分別厚生橋、月眉潭橋、蒜頭大橋、北港大橋與八掌溪橋，其中厚生橋已進行改建中，月眉潭橋即將進行改建，其餘橋梁與橋梁主管機關的專家排序比較表，如表 3.26，本研究橋梁風險評估結果與專家皆一致。

表 3.26 北港溪、朴子溪、八掌溪流域橋梁風險評估排序與專家排序比較

風險評估排序	厚生橋	月眉潭橋	蒜頭大橋	八掌溪橋	北港大橋
專家排序	厚生橋	月眉潭橋	蒜頭大橋	八掌溪橋	北港大橋

綜整各流域之橋梁風險評估排序與專家排序，橋梁在風險評估結果，與專家排序皆具一致性，故本研究所建立的橋梁耐洪風險評估矩陣圖，可提供橋梁主管機關於颱風豪大雨時，將轄管橋梁進行橋梁耐洪風險排序，擬定防救災計畫，達到預防災害發生的目的。

3.5 FRP 材料應用於緊急救災便橋構想

國內近年來因全球暖化現象導致氣候變遷，降雨量相較以往又大且急，又因山區近期內受到幾次的大地震或人為開發等因素，造成土質鬆軟，加上豪雨的帶動，土石流隨即發生，對於下游橋梁安全，造成相當大之衝擊。國內橋梁管理單位雖對危險老舊橋梁已編列相關經費，並逐年改建危險之老舊橋梁，但危險老舊橋梁卻也在逐年增加中，一旦遭逢地震、颱風洪水沖刷，危險老舊橋梁將對人民造成極大傷亡。尤以民國 88 年九二一集集大地震造成中部地區 26 座橋梁嚴重損壞，97 年 9 月辛樂克颱風及薔蜜颱風造成省道臺 13 線后豐大

橋、臺 21 線牛眠橋、臺 18 線五虎寮橋及臺 20 線甲仙大橋等倒塌；98 年 8 月莫拉克颱風因短時間的驚人雨量，總計全國 110 餘座橋梁損傷，皆為近十年來使國內橋梁嚴重受損之重大天然災害。

由過去國內遭遇颱風災害時，造成大規模的洪水和土石流侵蝕以及邊坡滑移，山區對外交通設施屢遭破壞，致使許多災民受困其中，無法順利脫困，救災團隊亦無法在第一時間挺進災區支援，故需仰賴空中運輸補給以及山區救難隊的協助方得物資上的運補，因此增快搶先進入災區運補及協助的時效，格外重要；然而受限於地形、地貌或天候的影響，有些地區並不適合進行空中運補，此刻搶通對外交通更是分秒必爭，而目前常用的流籠，雖可達到運補及運輸的目的，但其使用的安全性有其疑慮，況且一趟來回僅能運輸少數物資及人員，效率不佳；而若欲於災害發生後數日內，重新搭建橋梁或便橋，則受限於大型機具、營建物資到達及地形、天候的影響並無法於救災黃金時間內達成；因此聯外橋梁或便橋的快速搭建，以及搶救受困災民的時效係目前救災體系最重要的課題之一。

如何在最短時間內建造一條安全無虞的便橋，應考量以下特性：

一、構件輕量性：

主要構件材料，如梁、版等，需具質量輕之特性，於車輛及重型機具無法運送之處，可直接以人力方式將輕量化構件搬運至現場，並使得組裝時可不需大量人力即可進行。

二、組裝快速性：

便橋之構件可預先於工廠製成模組化構件，設計上以卡榫、扣入式或套管等連接方式，盡量避免使用較大之機具，方可於現場進行快速組裝，加快便橋搭設效率。此外在便橋使用後亦可拆卸，故應避免使用永久固定式之組裝方式。

三、存放耐久性：

便橋構件可預先存放於山區及部落中，以備不時之需；故便橋構

件之材料需具耐候性質佳之特性，防止水氣及環境有害因子造成構件腐蝕，降低其強度。

四、結構安全性：

除滿足上述特性外，構件本身亦須具備足夠之強度，使災民及救災人員於傷者及救災物資在運送時可以安全及安心的快速通過。經結構設計後，使用時應設立警示牌，說明限重、限速等相關規定。

以纖維強化高分子複合材料(FRP)材料製成輕量型之模組化構件組裝便橋，可滿足上述材料特性，更有效克服傳統便橋(如軍方臂力橋)搭設耗時、耗力等問題，故將 FRP 便橋推動為日後緊急救災使用，係國內應積極研究開發之課題。以下介紹研究團隊於民國 98 年八八水災發生後，對於緊急救災便橋之研究構想提供參考。

◎臺北科技大學自力造橋救災復健計劃

一、便橋設計條件：

- 1.考量由師生自力造橋，故在構件設計上以長度 10 公尺為最大搬運長度，每單元構件重量限制在 130 公斤以下，方便人力搬運。橋梁寬度設定為 4 公尺寬，單向一車道，配合行人空間以增加救災通行量。
- 2.最大承载力考量係考慮在大型車輛無法到達之災區位置，故以一般 3.5 噸之小貨車可通行為載重設計條件，並以安全係數放大到 5 噸進行設計。
- 3.考量緊急救災便橋為一臨時性結構物，設計上應優先考量安全性，其次為輕量性已達快速組裝之功用，故在舒適性上以 $L/360$ 做為撓度控制要求(L 為單跨橋長)，並配合限速。
- 4.組裝上以簡單手工具，如鐵槌、螺絲起子、小型電鑽等，不採用化學膠合方式，以方便使用後之拆卸。
- 5.橋面版面需為非光滑面，以防止車輛及人員行走時發生危險。

二、便橋組裝構想：

研究團隊目前已針對 FRP 梁、版構件進行相關試驗與研究，後續方可進行組裝方式之研究，故在此僅說明目前組裝之構想。

因單元構件重量限制在 130 公斤以下，故採用密排 I 型 BFRP 梁(Basalt Fiber)，單根 10 公尺長約為 97 公斤重，上下鋪設 GFRP 平版(Glass Fiber)，每單元為 4 公尺長 2 公尺寬約為 80 公斤重，梁版間以自攻螺絲鎖固即可，如圖 3.47 所示。

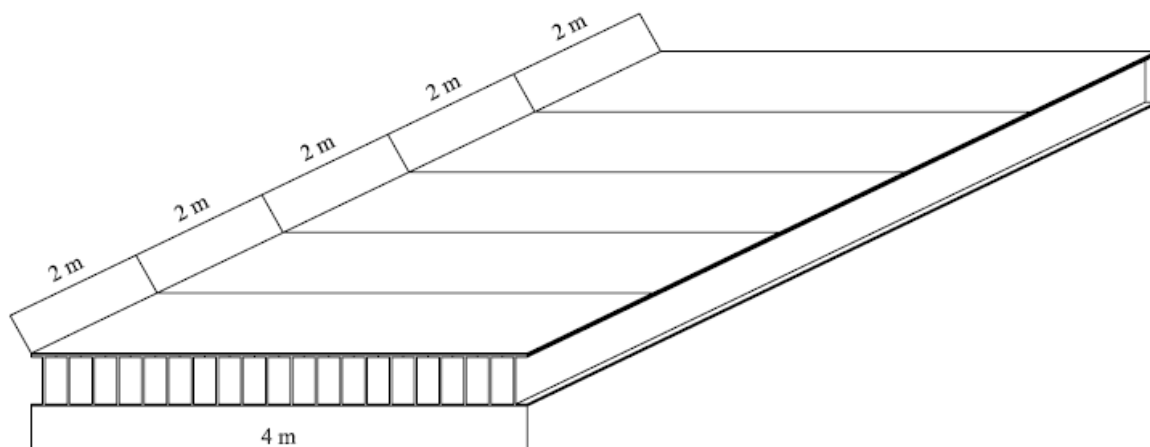


圖 3.47 FRP 緊急救災便橋概念圖

三、使用安全措施：

兩側可於現地以警示帶等方式簡單作為臨時護欄，為須於橋頭兩側豎立限制告示牌，該橋限制告示牌內容為：

- 1.本橋為緊急救災便橋，非一般橋梁，請遵照使用限制通行。
- 2.本橋為單向一車道通行橋梁，請禮讓對向來車。
- 3.限重：5 噸。
- 4.限速：10 km/hr。

目前本研究團隊正積極研究 FRP 應用於緊急救災便橋，並已有部分成果。期望將來在災害來臨後，研究成果可做為一加速救災時間之工具，使災害產生

之傷亡降低，並做為一土木人應對社會之貢獻。

3.6 小結

本年度計畫方向，係彙整過去之研究成果，並建立市區橋梁檢測、評估、補強之準則，另延續 98 年計畫之市區橋梁風險評估之研究，於本年度試行一示範案例。

研究團隊藉由彙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。

本計畫參考 AASHTO 橋梁評估方法及相關研究報告，提出之 LRFR 評估系統，並依據交通部頒行之公路橋梁設計規範，及 D.E.R.目視檢測評估法，據以建立國內橋梁承載能力評估法。並針對 40 公尺以下之簡支橋梁進行設計活載重之分析時，提出分析建議，以有效減少橋梁承載能力評估之計算工作。本計畫提出之結構耐震能力評估法，主要以 ATC-40 提出之非線性靜力分析法為主軸，對於使用功能不同之結構物給予不同之性能目標，然後藉由非線性靜力分析法求得結構容量曲線後，再與地震需求相比較，以確認該分析結構是否滿足性能要求。並建議須先建立混凝土與鋼筋之應力與應變關係，由材料組成律透過柱斷面分析，求得斷面彎矩與曲率關係，進而推算構件彎矩與轉角關係，並且針對構件不同破壞模式之分析，以建立各種破壞模式對應之塑性鉸性質，供結構分析軟體(如 SAP2000)採用。

延續已執行之計畫，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，研擬包括設計、施工及品質管理之準則草案，期提升國內土木工程技術。

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，研究團隊以橋梁受洪水災害為例，藉目前使用之橋梁耐洪能力安全初步評估表，應用 AHP 層級分析法以問卷方式進

行既有橋梁耐洪能力評估指標權重分析，並獲橋梁之管理機關及工程顧問公司等，具橋梁養護、設計經驗之專家對於橋梁受河川環境危害度及橋梁本身結構物耐洪能力風險因子之權重意見，藉由國內北部、中部、南部之河川流域橋梁進行風險評估，評估結果再與橋梁主管機關之養護橋梁工程司進行排序之比較，依本研究之風險評估排序皆與專家依據現場經驗判斷之排序相符。應用風險評估概念可簡化評估項目並得到符合的結果，可大幅降低人力與時間。

四、緊急運送道路規劃之研究

4.1 前言

災害發生時，道路系統為首先運作之防災空間系統，人民自發性避難及救災單位救援行動皆仰賴於道路。惟目前我國在緊急運送道路規劃上及定義上並無明確規定，且對防災道路亦無統一之定義。原則上，防災道路僅為道路功能之一，惟我國天然災害受災率高，故行政院災害防救委員會非常重視道路防災功能性之規劃，因此於 90 年 8 月 16 日訂頒之災害防救基本計畫各項災害第一章災害預防第二節整備，即明訂地方政府應協同有關機關建立緊急運送網路，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；且應考量運送系統於災害中之安全性，交通管理機關應強化交通號誌、資訊看板等道路設施，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，亦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，推估大規模風災或水災時，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；計畫中並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；在各項災害第二章緊急應變第六節，亦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協助下，實施全面性之交通管制。

緊急運送道路規劃主要對象，在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，平時即需針對緊急運送道路進行管理維護，確保緊急運送道路於災時能發揮避難、救災之功能。規劃緊急運送道路，須注意地區間之連接，從

各鄉鎮的相互連接至各縣市的相互連接，建構一完整之緊急運送道路網。緊急運送道路於平時為一般道路使用，僅於災害發生後才啟動，啟動後緊急運送道路須進行相關之交通管制，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。

本計畫在研擬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之橋梁應定期進行檢測，防止災害發生後橋梁中斷，緊急運送無法順利通行之情形。關於緊急運送道路之規劃，去年計畫中選擇石碇鄉為規劃案例，今年將再規劃兩鄉鎮市緊急運送道路，確認計畫擬訂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，以期各縣市能參考本計畫之成果，作為規劃緊急運送道路。

4.2 成果回顧與文獻回顧

4.2.1 成果回顧

本團隊於 96 年度即對天然災害危險度進行探討，包含土石流、水災及地震等災害，以天然災害潛勢資料，加諸如人口分布、土地利用等人為因素進行相關研究；此外亦探討其功能檢核及機制，評估緊急運送道路之地區適用性。另對緊急運送道路之避難救援動線體系，進行探討並考量緊急運送道路之其它附屬設施，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，內容包括整備、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，檢討規劃時應注意事項及敘述規劃應有之步驟，最後以一示範規劃案例進行實際操演，確認規劃內容之可行性。

98 年度在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(台北縣板橋市及桃園縣復興鄉)。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。並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結果為 53 分。林邊鄉為易淹水地區，一遇豪大雨即淹水，故在緊急運送道路上可規劃直升機平台，以及防災倉庫，存放便橋(臂力橋)，供災時第一時間使用搶通。

各年度工作內容綱要如下：

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、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、辦理宣導推廣、教育訓練活動。

98 年度

- 一、以示範案例(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、辦理宣導推廣、教育訓練活動。

4.2.2 文獻回顧

蕭江碧、李泳龍、葉光毅(2002)於南投市都市防災空間系統規劃中，針對 921 大地震受災最嚴重的南投市來做都市防災空間之系統規劃，在計畫之中研究了南投市內的道路網與災後交通建設計畫，提出建構都市之交通系統時，必須納入「交通機能、空間機能、接近(access)機能及土地使用誘導機能」等四種主要機能，並針對南投市與東勢鎮各主要之道路進行調查，規劃出適合南投市居民所需要的防災道路系統，並對於整體都市防災系統提出建議。在研究中對於防災道路之評估方式，主要係針對道路機能做定量評估，加以問卷調查與統計分析以求得較佳之防災道路路徑。

詹士樑、何明錦(2004)於「都市地震防災空間系統規劃與 TELES 系統應用整合之研究」中，進行各項對於都市之防災空間系統規劃防災現況，其分析地震之危險度與風險來評估各項防災系統與救災規劃之適合性，針對各防救災設施之現況與各防救災系統之空間規劃提出相關建議，並對新竹市之地震災害防救做出防災系統規劃，使得地震災害可以與都市防災結合。

李威儀、何明錦(1997)於台北市都市計劃防災系統規劃中，對於各項都市防災系統做出說明，在防災系統規劃中，以重大地震災害之因應作為都市計劃防災系統規劃之初步模擬災害。

計畫中研究各項設施及空間的防災機能與屬性，規劃都市防災六大空間系統(道路、避難、消防、醫療、物資、警察)，並參酌日本實務操作經驗，以緊急應變之角度規劃防災空間體系，最後提出防災避難圈之觀念，將台北市劃設為 96 個直接避難圈；66 個間接避難圈。對應台北市發展之現況，於供給面上重新界定都市防災系統。

對於道路寬度之探討，李泳龍等人(2001)研究台灣 921 大地震災後交通狀況及道路受損程度，調查 921 地震災區內之道路實際受阻情形，建立影響地區道路阻斷原因之判別模型，發現街道寬度在 4 公尺以下之道路，對於道

路阻斷有顯著影響，並經由不同路網替代方案評估了解，8 公尺以上之計畫道路可以降低地區道路因震災所造成的孤立據點，但李泳龍等人在研究中也發現，在防災道路的規劃中，即使以最小之間隔配置，對於車輛不能到達之節點數也無法全部改善。就算將全部之道路開闢為 8 公尺以上也無法完全滿足道路防災機能的要求，必須以其他措施之輔助，例如加強交通管理、臨近道路建築的結構強度或退縮建築的要求，才可以使防災道路達到救災之功能。

李威儀等人(2008)在文中實質環境之防災機能探討都市防災空間系統，研究範圍為台北市內湖地區都市計畫範圍，配合地區現有地理資訊系統之強化與修正可能性的檢測，從震災之防災系統的規劃為主軸，進行研究內容並配合內湖區災害敏感地帶分佈、潛勢災害分析與資源條件，修正防災避難圈域之劃設，並進而提出相關對策與建議來加強救災規劃，以創造居民安全無虞的安全都市空間。

日本緊急輸送道路計畫，係根據災害對策基本法中之地區防災計畫、防災業務基本法並配合地震防災對策特別措施法中地震緊急事業五年計畫之規定所建置。緊急輸送道路係於地震發生時，順利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，因地震發生時完整輸送之路網機能相當重要。且須配合災害應急對策，預防災害時附近場所引發其他災害、應急救助防止災情擴大，其內容有情報收集及傳達、設施及設備的應急復舊、受災人員的救援、救助及其它保護、消防、水災預防其他應急措施及緊急輸送的確保等。並應指定據點，於地震防災對策特別措施法第 3 條第 1 項第 5 號「緊急輸送確保之必要道路」由建設大臣所訂之基準，都道府縣知事需指定防災據點。

一、路網計畫注意事項

(一)、 瞭解目標地區的自然條件、產業經濟、都市構造等地區特性基

礎，同時對防災據點的連絡及緊急輸送道路路網進行連繫。

(二)、 地震後的路網依利用特性，區分為以下三項：

1.第一級緊急輸送道路網

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。

2.第二級緊急輸送道路網

第一級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。

3.第三級緊急輸送道路路網

其他用途道路

(三)、 第一級、第二級緊急輸送道路路網，需確保其多重化、替代性(迂迴道路和交通工具)。關於脆弱段(限制段、狹隘段、防災對策之應對地點等)須特別列入考量。

二、東京都緊急輸送道路之規劃

(一)、 緊急輸送路網整備的基本考量：

- 1.緊急運輸路網連結外縣及指定據點和指定據點間相互連結。
- 2.根據震災時實施輸送路的功能，第一級、第二級、第三級緊急輸送路網的整備。
- 3.為安排運輸路線的多樣化，進行陸地、大海、天空、水面及地下的運輸路網整備。
- 4.為確保緊急運輸的實效性、警視廳實施交通管制與「緊急交通路」的整合。
- 5.為確保緊急運輸的實效性，優先進行道路障礙物的排除和應急補修的「緊急道路障礙物排除路線」的整合。

根據以上的基本考量要點，茲將做東京都之道路分類如表 41 所示。並依

照分類原則，規劃東京都之緊急輸送道路圖，如圖 4.1 所示。

表 4.1 緊急輸送路網的分類表(東京都地域防災計畫)

分類	目的	說明
第一次緊急輸送路網	設置都與區市町村總部間以及都與外縣的聯絡。	連絡擔任應急對策中樞的都總辦公大樓、立川地區防災中心、區市町村辦公大樓、輸送路管理機關以及重要港灣、空港等的輸送路
第二次緊急輸送路網	設置與進行第一級緊急輸送路與救助、醫療、救火等行動為主要最初對應機關的聯絡。	連絡第一級緊急輸送路與廣播機關、自衛隊和警察、消防、醫療機關等主要最初對應機關、生命線機關、災害時臨時直升機離陸場候補地等的輸送路
第三次緊急輸送路網	主要設置緊急輸送物資在據點間之輸送。	卡車運貨集散站點等的廣域輸送據點、儲備倉庫與區市町村地區內輸送據點等的連絡輸送路

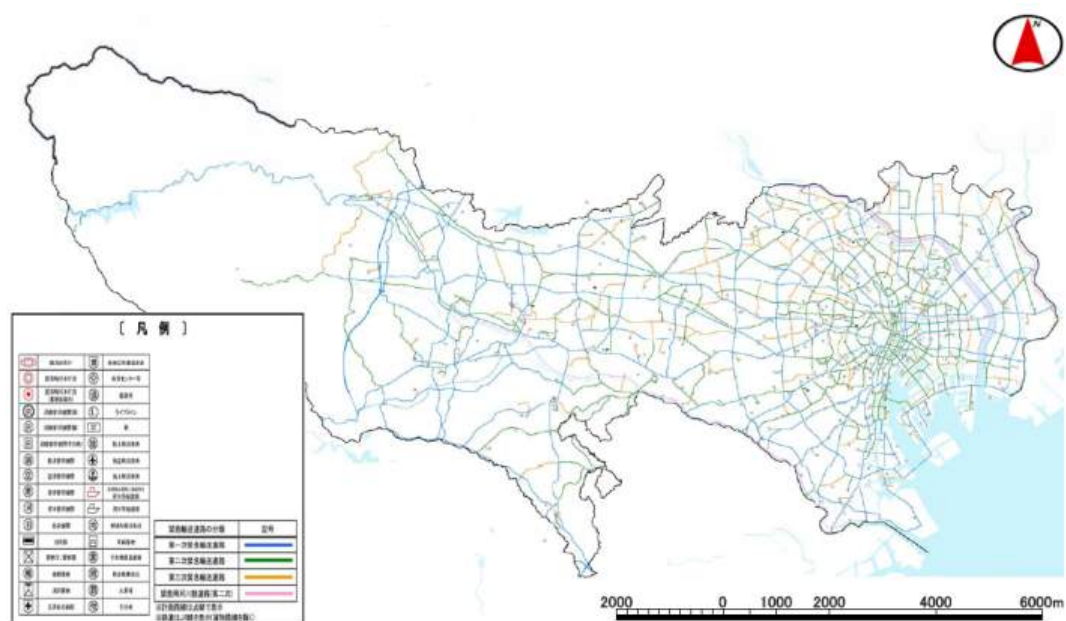


圖 4.1 東京都緊急輸送道路圖

資料來源：http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/kinkyu_yusou/kinkyu_home.html

4.3 緊急救災機制

4.3.1 緊急救災機制規劃依據

一、災害防救法

第 27 條，各級政府及相關公共事業應實施災害應變措施中之第 12 項，鐵路、公路、捷運、航空站、港埠、公用氣體與油料管線、輸電線路、電信、自來水等公共設施之搶修。

二、災害防救基本計畫

各項災害防救對策第二章災害緊急應變中之緊急運送，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。

三、陸上交通事故災害防救業務計畫

計畫目的為健全陸上交通事故災害防救功能，整合相關動員能量，有效執行災害減災、整備、應變以及災後復原重建等目的。

四、災害緊急通報作業規定

其目的在災害發生或有發生之虞時，立即透過各種傳訊工具，迅速通報相關災情，俾採取各種必要之應變措施，以防止災害擴大，減少人民生命財產損失。

4.3.2 緊急救災機制規劃目的

緊急救災機制規劃之目的，在重大災害發生時，道路系統可迅速發揮防災功能，相關權責單位能有效率動員進行救災，並強化平時之救災整備，增加整體救災成效，降低因災害損失，保障民眾生命財產安全。

4.3.3 啟動時機

發生全面性或較大區域之地震、颱風、水災以及土石流等天然災害，導

致交通陷於重大停頓者。

4.3.4 緊急救災機制流程

道路緊急救災機制可分為三階段：第一階段為災前整備對策，針對緊急運送道路、緊急連絡以及搶救資源進行整備，並進行防災教育之宣導；第二階段為緊急應變對策，針對各種災害所產生之災情進行緊急救災作業；第三階段為災後重建，針對各種災害發生而產生之損壞進行相關之修復作業，詳細說明如圖 4.2~4.4 所示。

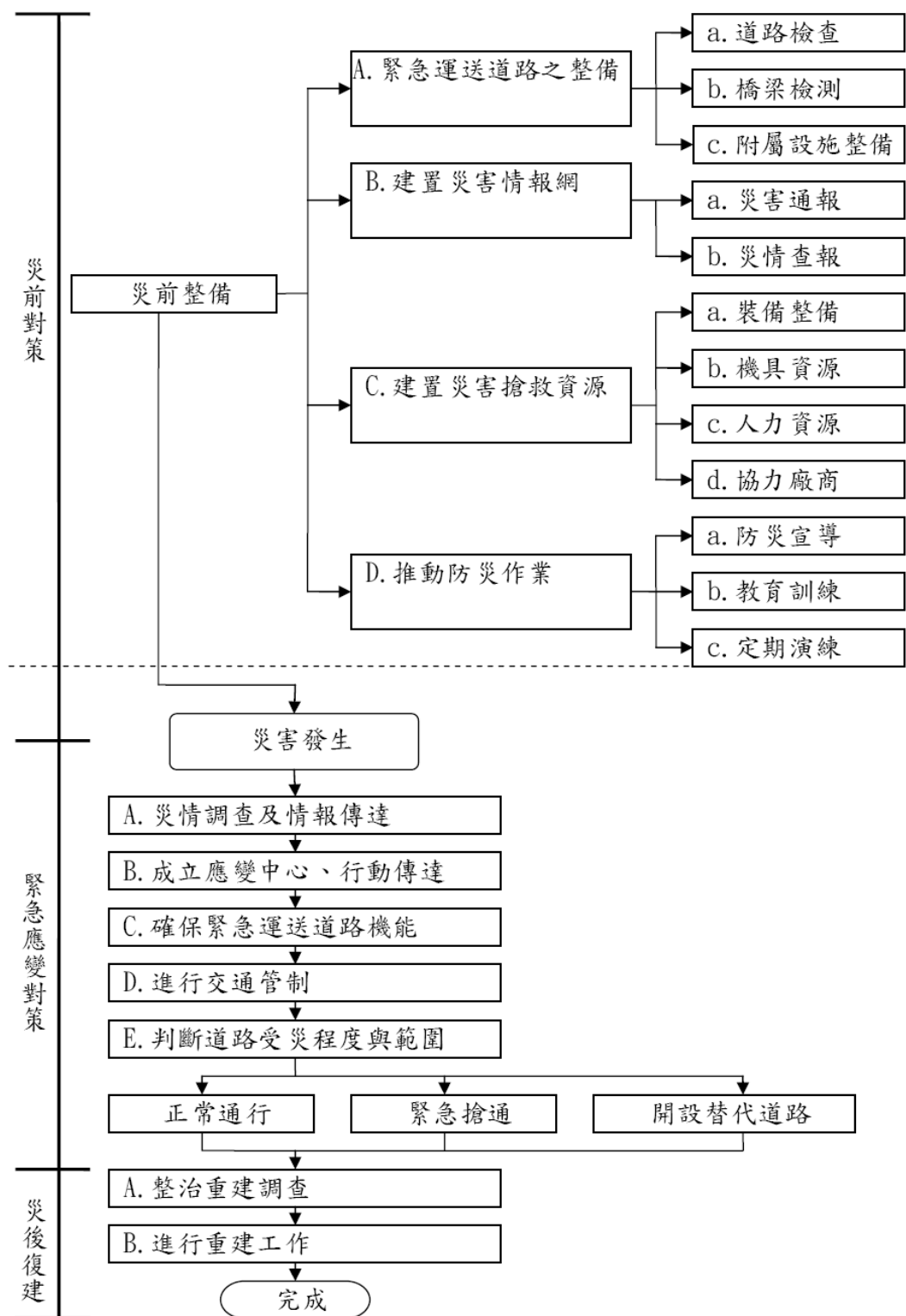


圖 4.2 市區道路及其附屬設施之緊急救災機制流程圖(地震)

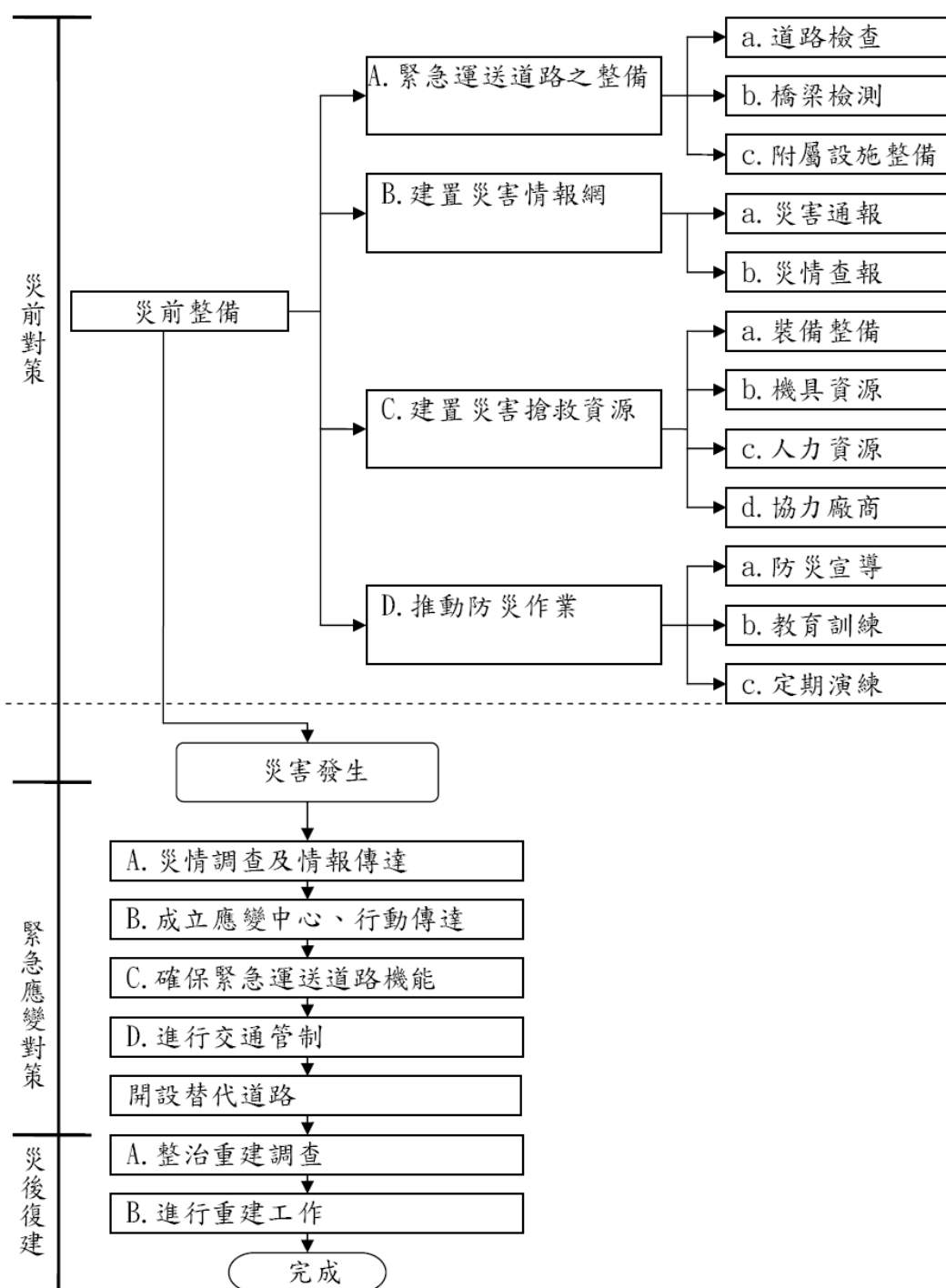


圖 4.3 市區道路及其附屬設施之緊急救災機制流程圖(水災)

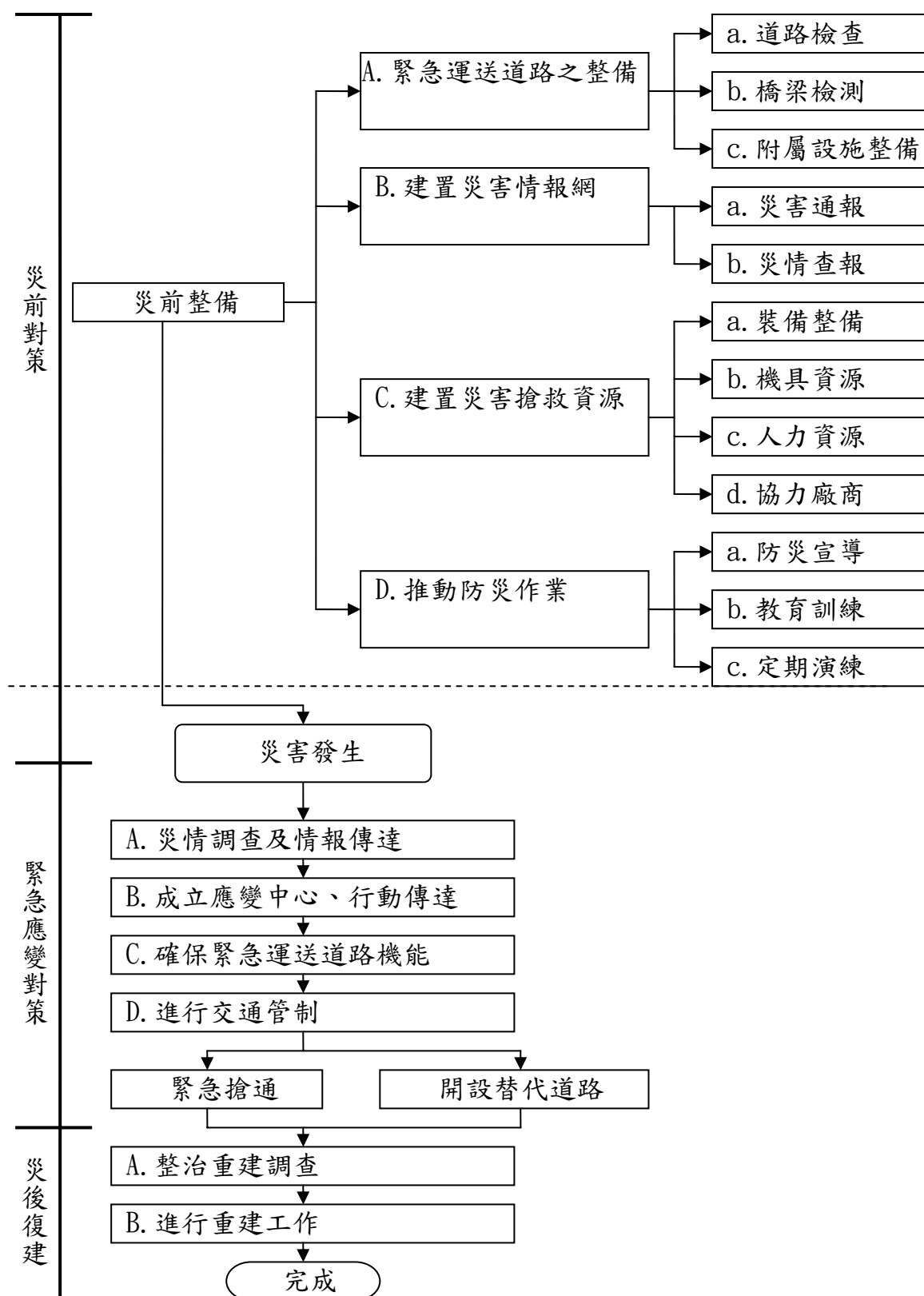


圖 4.4 市區道路及其附屬設施之緊急救災機制流程圖(土石流)

4.3.5 災前對策

為因應重大災害發生，平時即需做好相關之準備，藉由各種對策，降低災害時之損失，並進而避免二次災害之發生。減災準備之內容包含「緊急運送道路整備」、「建置災害情報網」、「建置災害搶救資源」以及「推動防災作業」等四項重要的工作事項。

一、緊急運送道路系統之整備

緊急運送道路系統為整體防災空間機能中最重要之部分，擔負救災與避難之功能。因此必須針對緊急運送道路及其附屬設施進行整備，包括「道路整備」、「橋梁整備」以及「附屬設施整備」等三方面。

1.道路檢查

在道路防災上每年應至少對道路進行一次養護巡查，並且在颱風來臨前，加強對道路的巡視，檢查路面是否有缺損、龜裂、沉陷、段差或異常隆起之現象，針對路段進行路面的重新鋪設，保持路面之完整度。檢查道路上是有障礙物存在，針對障礙物進行相關之移除作業，保持道路之通暢。在檢查作業上可使用表 4.2，對各鄉鎮道路進行點檢，簡述損毀情形，如路面沉陷深度或障礙物大小及堆放程度等，並紀錄後續之修復補強方式。

表 4.2 市區道路檢查表

縣市：		鄉鎮：		路段：		長度：			
寬度：		巡查單位：		負責人：		日期：			
檢查項目		檢查結果		簡述損毀情形		修復、補強方式		備註	
缺損		□否 □是							
龜裂		□否 □是							
沉陷		□否 □是							
段差		□否 □是							
隆起		□否 □是							
障礙物		□否 □是							
：		□否 □是							

資料來源:本研究自行整理

2. 橋梁檢測

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 4.3)及說明如下：

1. 設計年度：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 RH：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 HSA，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。Rh 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 Ne：足夠的防落長度，是防止落橋最有效的辦法。公式中 Ne 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 4.3 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 4.4)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 4.4 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	$1.0 \geq \frac{A_{shb} - A_{sh}}{0.75 A_{sh}} \geq 0$; 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 4.4)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 4.5 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。

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。
 - (a) 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。
 - (b) 輕微變遷—主河道有變遷但小於上述值。
 - (c) 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。
 - (a) 良好—支承構造能符合設計與規範要求。

- (b) 尚可一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。
- (c) 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 RH：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 RA (%)：橋梁之墩柱之阻水面積越大，造成的沖刷也越大，RA 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。

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 4.6 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 內 估 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)		
河川沖刷潛能	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沖刷深度比值	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沖刷問題	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。

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：

- (a) 上游及橋旁有整治工程
- (b) 上游有整治工程
- (c) 橋梁處有整治工程
- (d) 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：

- (a) 設施完善功能正常
- (b) 防護設施老舊
- (c) 防護設施功能失效
- (d) 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 4.7 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	$\alpha=$		$\frac{25-\alpha}{25} \geq 0$; (最大 1)				
橋梁附近坡度 θ (度)	9	$\theta=$		$1 - \left \frac{\theta-6}{6} \right \geq 0$; (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。

一、附屬設施整備

道路之附屬設施包括路燈、信號燈及號誌牌等，必須注意其耐災性，避免其因災害造成倒塌，妨礙道路網之順暢。道路之排水溝需注意是否有堵塞現象，保持水道之通暢防止路面淹水。於平常階段便必須架設相關之警告標示以及各類避難誘導指示牌。針對附屬設施之檢查可參考使用表 4.8，於平時必須定期實施檢查，於災害來臨前更須加強檢視，各項之檢查項目必須確實執行，並如實記錄損毀情形，如號誌牌標示之內容已模糊或傾倒、路燈不

亮以及排水道堵塞狀態等，並敘述修復補強方式。

表 4.8 市區道路附屬設施檢查表

縣市：		鄉鎮：		路段：	
巡查單位：		負責人：		日期：	
檢查項目	檢查結果	簡述損毀情形	修復、補強方式	備註	
號誌牌	☐ 損壞 ☐ 正常				
信號燈	☐ 損壞 ☐ 正常				
路燈	☐ 損壞 ☐ 正常				
路樹	☐ 損壞 ☐ 正常				
電纜	☐ 損壞 ☐ 正常				
護欄	☐ 損壞 ☐ 正常				
排水道	☐ 損壞 ☐ 正常				
共同管道	☐ 損壞 ☐ 正常				

資料來源:本研究自行整理

二、建置災害情報網

道路受災將影響緊急輸送作業的順利進行，故平時即須建構緊急通報體制，冀能將災時路況迅速傳回，以及傳達後續之搶修作業內容，針對災害情報網之建置，依照台北縣地區災害防救計畫之內容主要分為災情查報及災情通報兩項，此兩項分述如下。

1. 災害查報

- (1)民政災情查報系統：賦予村、里、鄰長、村、里幹事災情查報之責任，且鄉、鎮、市區民政課須於災害來臨前主動聯繫、動員村、里、鄰長及村、里幹事進行災情查報。
- (2)警政災情查報系統：加重員警災情查報之責任，如發現災情應立即通報分局勤務中心。
- (3)義消災情查報系統：義消(消防)人員平時須主動與村里鄰長保持聯繫，建立緊急聯絡電話。

2. 災情通報

(1)農業局部分：立即性災害查報，並於每日上午十時及下午四時，電傳行政院農業委員會、行政院農業委員會農糧署、行政院農業委員會林務局、漁業署及縣市災害應變中心。

(2)環保局部分：彙整各公所填報之表格呈報環保署。

(3)警察局部分：災害發生後，各警察分局所屬各分駐(派出)所全面動員清查受災狀況，並即時將災情回傳警察局勤務指揮中心。

(4)消防局部分：災害應變中心或救災救護指揮中心直接受理民眾報案，並以無線電分派轄區大(分)隊、緊急應變小組任務。

災情通報上可填寫災害通報表，確實將災害情報通報予各縣市相關單位知情，災害通報表如下表 4.9 所示。

表 4.9 災害通報表

通報人：				通報時間：			年	月	日	時	分
序號	縣市	鄉鎮	路段	災害情形	交通阻斷日期時間			備註			

資料來源:本研究自行整理

三、建置災害搶救資源

重大災害的發生，絕非獨立救災的任務，須動員其他單位或團體的支援方可達到最高之成效。而且災害發生後，進行搶救有其急迫性，為在黃金搶救時間內獲取更大的搶救空間，必須在平時便建立救災資源，避免支援延誤現象，以下就「裝備整備」、「機具資源」、「人力資源」以及「協力廠商」四方面進行說明。關於防救災資源之管理上，行政院災害防救委員會建置「防救災資源資料庫」，亦可供使用參考，其頁面如圖 4.5 所示。

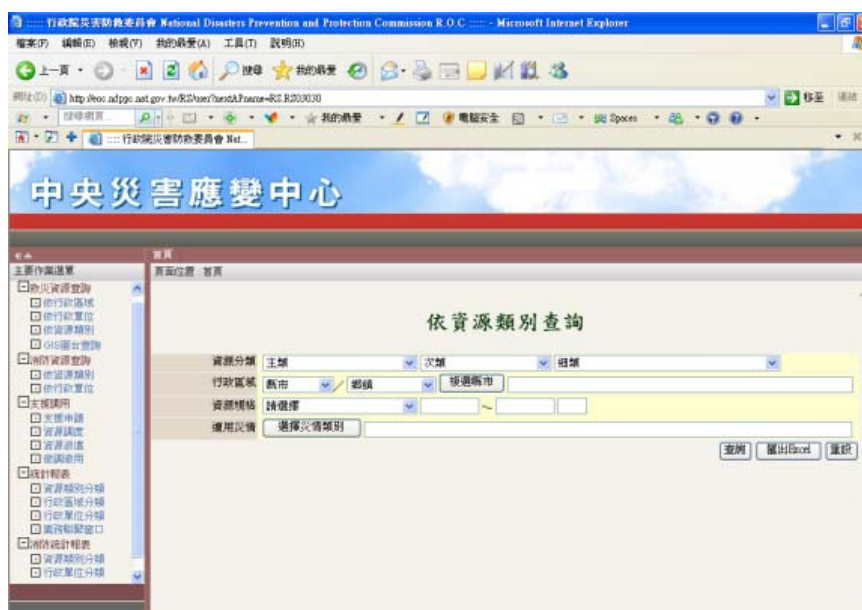


圖 4.5 防救災資源資料庫

資料來源：<http://portal.ndppc.nat.gov.tw/portal/chinese/page/page?id=435>

1. 裝備整備

為使進出災區之搶救人員，能更加安全進行搶救作業，必須於平時購入充足之防護裝備，並將這些用品置於固定處，且須定期針對防護裝備進行點檢作業，使得搶救時能獲得更多的效益及安全保障。在裝備管理方面，必須載明各項裝備之名稱及數量，並須有其購入之時間，以便進行汰舊換新之作業，且須進行定期之點檢維護，以便災時能發揮其應有之效能，如表 4.10 所示。

表 4.10 裝備管理表

縣市：		鄉鎮：			
序號	裝備名稱	數量	購入日期	點檢日期	備註
1					
2					
3					
4					
：					

資料來源：本研究自行整理

2. 機具資源

針對不同的災害需準備不同之機具，對於各類機具必須進行管理，記錄其存放之地點、數量，以便於災時迅速獲取所需之機具。針對存放之機具，必須定期進行維護，老舊之器具需進行汰換作業。若缺少搶救災所需之機具，建議可強制徵用，於災後再行補償，使救災時能有充足之機具。而在機具的整備上可考慮管制並造冊，如吉普車等較不受道路損毀限制行動之車輛，於災時可以快速徵用。各項機具在記錄上必須載明數量、購入之日期以便日後進行機具之汰換，並詳記管理人及保存地點，在災害發生後才可快速前往領取使用，機具的維修必須確實在災時才能確保其功能；若此機具為民眾所有，為災時須徵用之項目，可於備註欄中註明，如表 4.11 所示。

表 4.11 機具維護表

縣市：		鄉鎮：					
序號	機具名稱	數量	購入日期	保存地點	維修日期	管理者	備註
1							
2							
3							
4							
⋮							

資料來源:本研究自行整理

3. 人力資源

災害防救人力資源之整備，在因應災害發生時，人員、組織可快速動員救災。防災人員必須進行編組，將搶救工作進行分工及權責劃分；防災人員於平時需進行相關之訓練，以便搶救能順利進行。人力資源的建置上，應載明各人之聯絡電話、災前所屬之單位職稱以及災時之編組，使災害發生時能快速召集人員進行搶救災作業，如表 4.12 所示。

表 4.12 人力資源表

縣市：		鄉鎮：				
序號	姓名	聯絡電話	原單位	職稱	災時編組	備註
1						
2						
3						
4						
⋮						

資料來源:本研究自行整理

4.協力廠商

必須於平時與施工之廠商訂定開口契約，其主題為災害時之緊急復舊工程，在內容上必須議定「工程項目」、「施工單價」與「材料數量」等三項。此契約之合約期限為一年，每年必須重審合約內容，契約之廠商為 2~3 家，且之中必須有一家為外縣市廠商，以因應重大災情之發生。在內容上須有與廠商之合約開始及結束之日期，簽定內容中須載明各場商所負責之工作項目、及此項目所須之材料、數量與單價，進而計算出總價以便預算之編列，如表 4.13 所示。

表 4.13 協力廠商表

縣市：		負責單位：			負責人：			
廠商名稱	工程項目	材料	數量	單價	合計	合約日期	解約日期	備註

資料來源:本研究自行整理

四、推動防災作業

各縣市政府理應實施各項訓練課程，針對災害所引起之道路受阻、橋梁損壞等課題擬定演練計畫，並針對演練內容進行檢討，方可使道路搶通作業能於最短時間內完成，達到在災時也能維持道路機能。

1. 防災宣導

平時可藉由媒體加強宣導，告知民眾災時避難之重點。各鄉鎮須定期告知民眾避難據點之所在，及一些注意事項，並將此類資訊印製成冊，發放至居民手中，達到宣導之效果。

2. 教育訓練

必須實施定期之教育訓練，包含既有救災人員進行複訓，以及進行新一代人員之培訓作業，使災害發生時有足夠人才施行道路搶通作業。

3. 定期演練

每年需選定課題進行實際操演，而操演之課題可設定為清除道路障礙物或便橋搭設等。操演前須針對通報系統之作業流程進行檢視，以確保演練能順利進行，且必須對操演過程詳實紀錄，以便於操演後進行檢討、改善，以提升搶修作業效率。

4.3.6 緊急應變對策

為使災害發生後能迅速恢復或維持道路機能，在災害發生前便須擬定應變對策，進行災害情報之蒐集彙整通報，迅速掌握災情，以及針對道路受災情形採取迅捷之搶通作業或進行交通管制、封閉道路、開設替代道路等事項，以達緊急運送道路於災時能維持機能之目的。但當災情過甚時，地方政府難以進行搶通及搶救措施時，可由縣市應變中心指示縣市政府之民政處並委請後備司令部向國防部申請支援，派遣國軍協助執行搶通作業。

一、災情調查及情報傳達

為確保緊急運送道路能正常運作，於災害發生後須進行災情之蒐集，並前往受災道路現場，進行勘查後進行災情之回報，通報之內容須包含發生時間、發生地點、道路受災之情形等，迅速且確實傳達災情於救災中心進行搶救之判斷。

二、成立應變中心、行動傳達

災害發生後須視轄區情形或奉交通部指示迅速成立應變中心，應變中心主要之任務為災害之聯繫，即時獲取道路現況；人員之指揮調度，針對道路受災情形，派遣人員機具進行搶通作業、搭設便橋以及交通管制行動；並追蹤處理情形，做成通報紀錄，以便災後進行會議檢討，使得災時之道路搶通作業能更加完善。

三、確保緊急運送道路機能

為使緊急運送道路達其功能，於災害發生後須先進行各緊急運送道路之現況情報蒐集，確認緊急運送道路是否有因災害發生而產生損壞，若有損壞之路段，則須視情形進行搶通或開設替代道路。且為使緊急運送道路能確實達其機能，可於重要之路口、縣(市)之交界處設置交通管制人員或派遣交通大隊進行緊急車輛之引導及一般民眾之疏散避難作業。調查表上須約略記載道路之受損情形(路面隆起、路面龜裂、橋面破損等...)、估計搶通花費之時間並記錄可用之替代道路，使緊急運送道路路網得以順暢通行，如表 4.14 所示。於公路總局建立之網頁選擇查詢「公路災情」可連結至「公路防救災管理系統」，此系統亦可供參考，其頁面如圖 4.6 所示。

表 4.14 緊急運送道路機能調查表

縣市	鄉鎮	路段	受損情形	預計搶通時間	替代道路	備註

資料來源:本研究自行整理

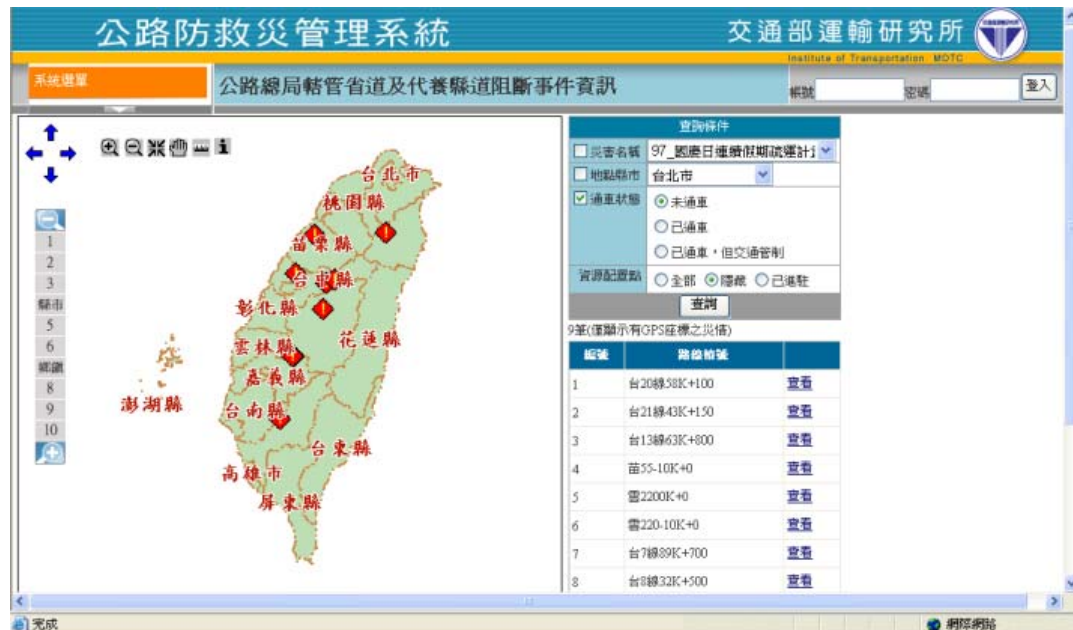


圖 4.6 公路防救災管理系統

資料來源：公路防救災系統(<http://bobe.thb.gov.tw/>)

四、進行交通管制

根據道路受損之情形或為確保緊急運送，得採取相關之交通管制手段，禁止一般車輛之通行；並藉相鄰縣市之警察單位之協助，進行全面性之交通管制。當地方採取交通管制時，應使民眾周知。且為確保緊急運送之通暢，地方警察機關可採行拖吊阻礙車輛或利用警車做引導等措施。災害時之交通管制主要可分為兩個階段，第一階段為災害發生之第一時間，第二階段為部份復建階段之管制，如圖 4.7 所示。

第一階段交通管制

1. 第一階段交通管制的前提為因重大災害發生後，產生大規模之破壞。
2. 在禁止通行區域，除緊急救災車輛得以行駛外，其餘車輛全面禁止通行。

第二階段交通管制

1. 針對受災地區未復建之部分進行交通管制。

2. 第二階段交通管制實施時，部分第一階段之交通管制需視狀況進行解除或變更管制狀態。

針對道路及其附屬設施之損壞形式需進行各類之交通管制如表 4.15 所示。

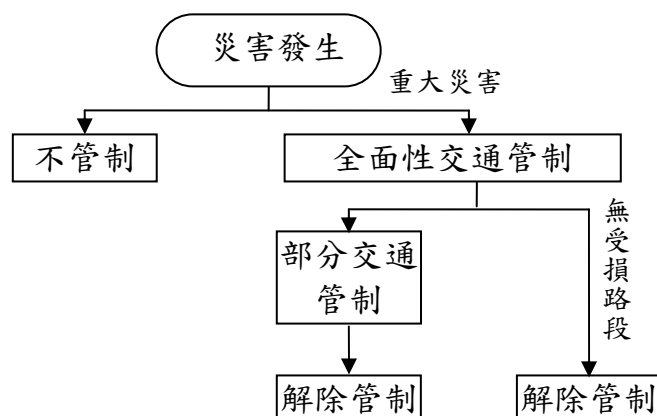


圖 4.7 交通管制流程圖

資料來源:本研究自行整理

表 4.15 交通管制類型

交通管制類型 受災形式	全面禁止通行	流量、重量管制	夜間通行管制	行車速度	雙向通行	車道限制
缺損	●		●			
龜裂、沉陷、段差、隆起	●	●		●		●
落石、邊坡破壞	●		●			●
橋面傾斜、移位、落橋	●	●			●	
支承損壞	●	●				
基腳、橋面之龜裂及剝離以及基礎受損		●				●
兩橋梁接面間之段差	●	●			●	●
電線杆、路樹之傾倒	●					

資料來源：道路震災對策便覽(震災復舊編)

五、判斷道路受災程度與範圍

災害發生後，縣市相關局處首要之任務便是依據受災情形判定道路受災程度及範圍，根據判斷之結果，決定道路是否維持正常通行或是進行緊急搶通作業，若災情過大造成道路無法於短時間內搶通則須開設替代道路，以供緊急車輛之通行。當進行緊急搶通作業時，縣(市)相關主管局處，針對所管理之道路，應該迅速掌握其損壞之狀況，進行路面之障礙物去除以及緊急重建等必要之手段，此時須優先針對緊急運送道路進行作業，確保緊急輸送之順暢。當搶通作業無法於短時間完成或道路已無法搶通時，開設替代道路便是必要之手段。調查表上須約略記載道路之損壞情形，如路面沉陷、道路具障礙物、橋梁支承斷裂等，並判斷能否於短時間快速搶通，若不能則封閉道路並開設替代道路，使得緊急運輸車輛可於災時順利通行，如表 4.16 所示。

表 4.16 受災程度判斷表

縣市：	鄉鎮：	調查單位：	負責人：	日期：
路段	損壞情形	受災判定	替代道路	備註
		☐ 進行搶通 ☐ 封閉道路		
		☐ 進行搶通 ☐ 封閉道路		
		☐ 進行搶通 ☐ 封閉道路		
		☐ 進行搶通 ☐ 封閉道路		
		☐ 進行搶通 ☐ 封閉道路		
		☐ 進行搶通 ☐ 封閉道路		

資料來源:本研究自行整理

4.3.7 災後復建

針對災後之復建工作可分為「整治重建調查」以及「進行重建工作」兩項。災害發生後，可能會因對道路受災情形之誤判，而延遲處置時間而使災情擴大，若能針對受災程度決定修復之順序，則將可減少災害受損之程度。災後之修復以原貌還原為原則，即將受損之道路復原為原本之規格形式，假

若無法還原其原貌，則可進行全面之更新或補強至安全狀態，但其需具備與原道路相同之功能。其須考量之項目應包含如下：

- 1.迅速修復工程。
- 2.防止災害發生時造成之二次損壞。
- 3.合理之修復經費。

一、整治重建調查

為使重建達到最佳之成效，於開始階段便需蒐集各受災區段的現況，並回報鄉鎮公所進行判斷，決定救災之順序，然後依順序進行重建工程，以防二次災害的發生。在調查上須載明工程項目之名稱，如 XX 橋之橋墩修補以及 XX 路之路面填補工程等，並約略記載損壞情形、初估重建所須之金額。(如表 4.17 所示)

表 4.17 重建調查表

縣市：		鄉鎮：		調查單位：		負責人：		日期：	
序號	重建工程項目名稱	簡述損壞情形		重建工程所需金額		備註			

資料來源:本研究自行整理

二、進行重建工作

當重建調查完畢後，向與事先簽訂開口契約之廠商提出重建要求，依照所決議之重建順序進行重建作業，使道路恢復應有之功能。

4.4 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(寬度界定為內政部建築研究所定義)。
- 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(寬度界定為內政部建築研究所定義)。
- 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，建議任一街廓應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，但只有一條道路者，則只須一條避難通道。
- 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(斷層帶)或相關天然災害潛勢區相近(如土石流潛勢溪流)，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，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 4.8 之流程。規劃前必先調查當地情形，包含人文、水文、天然災害潛勢及當地防災相關文獻等，方能滿足當地需求，前置作業完成後，即可進行緊急運送道路規劃。規劃內容包含避難據點及救災據點的選定，劃設緊急運送道路網。當路網劃設完成，即需檢核此路網，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，若有缺失應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。

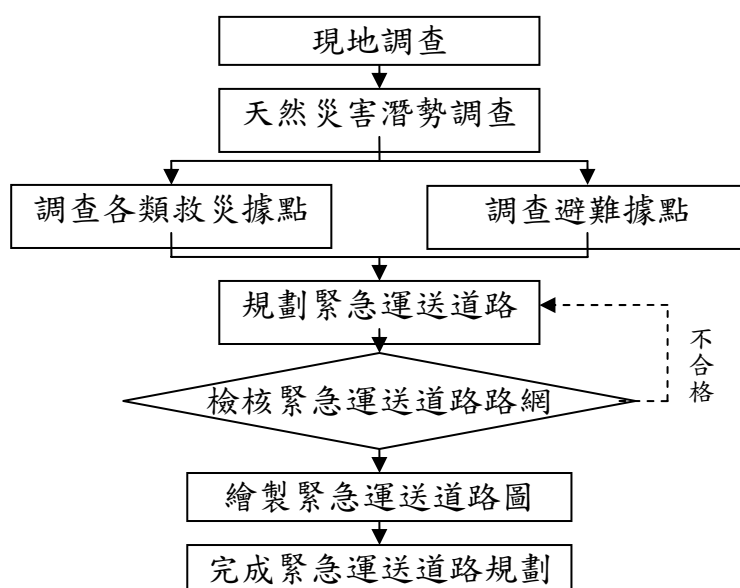


圖 4.8 緊急運送道路規劃流程圖

資料來源:本研究自行整理

4.4.1 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。

4.4.2 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」，主要任務之一即完成淹水、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。

4.4.3 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。防救災據點依功能差異可區分為：救災據點及避難據點。救災據點，應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；而避難據點在提供避難場所、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；避難場所選擇可考慮公園、學校、活動中心等處。

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 4.18 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)		

資料來源:本研究自行整理

4.4.4 劃設緊急運送道路

道路劃設之順序，為先將道路系統中劃設輸送救援道路及緊急聯外道路，且該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。若規劃之道路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 4.19 進行撰寫。

表 4.19 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		

資料來源:本研究自行整理

4.4.5 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，直接影響避難與救災成效，亦直接影響災害傷亡之可能程度。道路系統，在對應災害發生時序上，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道路完成。再者，道路系統與其他的防災空間系統亦息息相關，各空間系統功能的發揮，均需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，扮演最關鍵性角色。

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重點建設項目之一，更是現代化都市發展之必然趨勢，故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，擬訂檢核表，藉此評估劃設之緊急運送道路是否能於災時發揮救災及避難之功能。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。

各主要項目再細分：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；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 79 到 60 分之間則規劃尚可，而分數在 59 分到 40 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。

表 4.20 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		緊鄰指的是道路在50公尺以內。 連接指的是道路在50~500公尺之間。
				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		緊鄰指的是道路在50公尺以內。 連接指的是道路在50~500公尺之間。
				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. 連接救災救點	檢核道路是否緊臨或連接救災救點。	7 (7%)	1. 縣市政府應變中心。	緊鄰2 分連接 1分		緊鄰指的是道路在50公尺以內。 連接指的是道路在50~500公尺之間。
				2. 鄉鎮市公所應	緊鄰2		

				變中心。	分連接				
					1分				
					1分				
					1分				
					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。 2.道路兩旁無堆放障礙物。	3分				1.當兩線道路以上之道路剩下一線道路時視為妨礙通行。 2.道路兩旁可能因堆放障礙物或是攤販佔住車道時可視為妨礙通行。
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.災時之搶救機制建立。 2.救災用機具裝備表、維護表及人員表單建立。 3.簽訂開口契約。 4.防災教育訓練。 5.定期防災演練。	2分 2分 1分 1分 1分				1.鄉鎮市是否有規劃災時的搶救機制，有2分沒有0分。 2.救災相關表格建立，全部都有2分，每少一種扣1分。 3.鄉鎮市與廠商有簽訂開口合約。 4.每半年進行一次防災教育訓練者1分。 5.每年進行一次防災演練。
成績計算									

註：路網分析以鄉鎮市為單元

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。	10 (10%)	1.燈號正常。	2分		
				2.具獨立之供電系統。	2分		
				3.基座無破壞而不穩之情形。	2分		
				4.燈桿無傾斜或變形。	2分		
				5.信號燈無倒塌妨礙交通之虞。	2分		
	2.避開地震層或用設計防災工程	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至地震斷層之最短距離。	13 (13%)	1.斷層帶距離大於 500 公尺。	4 分或為一般地區		3.防災工程是指用震度 7 級的耐震係數所做之工程。
				2.斷層帶距離介於 100-500 公尺。	4 分		
				3.設計採用防災工程。	5 分		
	3.橋梁耐震評估與災應強緊對策	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。	14 (14%)	1.定期進行橋梁巡查	2分		
				2.建立橋梁監測系統。	2分		
				3.進行耐震評估。	2分		
				4.針對評估後結果進行補強。	4分		
				5.災時橋梁緊急修復措施。	2分		
				6.規劃臨時便橋等替代措施。	2分		
成績計算							

註:路網分析以鄉鎮市為單元

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.避開土石流或潛勢溪流採用防災工程	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		防災工程或坡地防治工程
				2.設計採用防災工程(擋土設施等)	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.擋土設施無裂縫。	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							

註:路網分析以鄉鎮市為單元

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。	15 (15%)	1.避開 600 公釐降雨造成 50 公分以上淹水區域。	7 分或為一般地區		
				2.設計採用防災工程。	8 分		
成績計算							

註：路網分析以鄉鎮市為單元

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	總分 100 分	

4.5 蘆洲市緊急運送道路規畫案例

一、現地調查

本研究團隊採主動詢問方式，至相關地方主管機關詢問其是否有意願規劃並評量其轄區內之緊急運送道路，配合地區災害計畫二年修正一次的原則，徵求其意願後始協助緊急避難道路之規劃設計。

蘆洲市位於臺北盆地西北部，亦即淡水河下游西岸，東北方隔著淡水河，與臺北市士林區社子島遙遙相望，西方由二重疏洪道分界，與五股鄉銜接為鄰，東南方則以鴨母港溝為界，毗鄰三重市。

就地形地貌而言，本市宛如一個平行四邊形，周邊都由河溝環繞，遠方另有壯麗的觀音山環抱，山光水色渾然天成，引人入勝。

蘆洲市總面積 8.2 平方公里（不含堤外行水區，實際總面積 6.96 平方公里），總戶數 65,321 戶，總人口數 197,563 人，總里鄰數 38 里 682 鄰（資料時間 99 年 9 月底）

因此，蘆洲的面積位居全省倒數第二小，人口卻逼近 20 萬大關，蘆洲市人口統計資料如表 4.21 所示。

蘆洲市內主要道路包含三民路、集賢路、中山二路、中正路、民族路、長榮、長樂路以及長安街等。

蘆洲原為河流沖積而成的沙洲，地勢低平，土壤肥沃，適於農耕及居住，過去因於水患，開發速度較為緩慢。民國 86 年（1997），蘆洲地區人口成長與社會變遷，蘆洲鄉改制為蘆洲市，成為臺北縣第 8 個縣轄市。

蘆洲原為淡水河中之浮出地而成，境內多是由河流沖積而成的沙洲，因此經常大水為患，目前蘆洲已沿堤防布設抽水站。蘆洲位於淡水河下游，匯集大漢溪、新店溪及基隆河三支流，由於地勢低窪，在颱風時期常易氾濫成災。

表 4.21 蘆洲市 99 年 9 月人口統計資料表

里數	里別	鄰數	戶數	男	女	總人口數
1	鶯江里	20	1969	2895	3031	5926
2	長安里	19	1726	2784	2789	5573
3	福安里	11	1104	1737	1739	3476
4	玉清里	17	2023	2817	2857	5674
5	溪墘里	15	1173	1773	1822	3595
6	永樂里	27	2163	3358	3374	6732
7	永德里	20	1541	2421	2433	4854
8	永康里	22	2360	3523	3694	7217
9	永安里	19	1653	2604	2607	5211
10	水湳里	19	3596	5416	5543	10959
11	水河里	17	3228	4872	4930	9802
12	民和里	15	1021	1562	1530	3092
13	正義里	9	3914	5359	5762	11121
14	樹德里	14	1211	1796	1803	3599
15	樓厝里	20	2236	3165	3181	6346
16	成功里	29	2481	3850	4103	7953
17	恆德里	17	2407	3187	3280	6467
18	忠義里	14	1131	1625	1711	3336
19	忠孝里	12	826	1314	1282	2596
20	復興里	12	1218	1918	1931	3849
21	得勝里	21	1216	1811	1877	3688
22	得仁里	15	1105	1633	1670	3303
23	延平里	17	1473	2141	2188	4329
24	南港里	20	2006	3188	3309	6497
25	光華里	19	1835	2680	2828	5508
26	光明里	23	1703	2644	2633	5277
27	信義里	27	1349	2165	2218	4383
28	保新里	12	917	1479	1395	2874
29	保和里	15	993	1485	1462	2947
30	保佑里	18	1326	2039	2112	4151
31	仁義里	14	1788	2275	2001	4276
32	仁愛里	19	1797	2848	2913	5761
33	仁德里	20	1850	2971	2890	5861
34	仁復里	11	822	1157	1162	2319
35	九芎里	27	1853	2878	2835	5713
36	中路里	17	1325	2156	2047	4203
37	中華里	14	1220	1785	1809	3594
38	中原里	25	1762	2665	2836	5501
	總計	682	65321	97976	99587	197563

資料來源：蘆洲市戶政事務所

由表 4.22 中可觀察民國 52 年（1963）至 61 年（1972）間蘆洲地區的水患，當時蘆洲北側的防潮堤防及西側二重疏洪道堤防尚未闢建，夏季 9 月至 10 月侵臺的颱風，每次均造成蘆洲全境深達 0.1~2.92 公尺不等的積水，面積多達 200 多公頃。民國 50 年（1961）左右，臺北急速發展，淡水河的負擔越來越沈重。為了市民的安全，政府考慮治好淡水河下游的疏濬問題。防洪計劃中，為了拓寬淡水河口以利疏濬，擬炸開獅子頭。不過炸掉獅子頭後，海水壓力大過河水出口的壓力，結果洩洪的目的沒達成，反而促成海水倒灌。

民國 52 年（1963），葛樂禮颱風造成海水大量倒灌，洲後村、五股、三重、蘆洲數鄉鎮都成為沼澤之國。民國 57 年（1968），臺北防洪計劃益形迫切，政府把包括洲後村在內的三重、蘆洲、五股、新莊一帶低窪之地劃為「洪水平原一級管制區」，全面禁建新的房舍廠房。

民國 68 年（1979）「臺北地區防洪計畫初期實施計畫」核定。臺北地區整體防洪計畫早於民國 49 年（1960）即著手規劃，歷經近 20 年之長期研究，分別就蓄洪、分洪、導洪，束洪及避洪等十數種可能方案詳加探討分析比較，最後經由經濟部水資會（現已與經濟部水利司合併為經濟部水資源局），於民國 62 年（1973）12 月經濟部正式提出「臺北地區防洪計畫建議方案」，以 200 年洪水頻率作為設計保護基準，並計畫沿淡水河及其支流兩岸興建堤防，為疏導新店溪及大漢溪洪流量，特別由二重至塭子圳開闢二重疏洪道。

二重疏洪道貫穿三重市、蘆洲市、五股鄉與部分新莊市，未開闢二重疏洪道之前，該區域主要為三重市的二重埔一帶，因此取名為二重疏洪道，二重疏洪道長 7.7 公里，以分洪方法疏解新店溪及大漢溪之洪流，區內排水及跨河橋梁亦配合改善。

民國 70 年代初期，政府將蘆洲納入「大臺北都市建設計畫區」，蘆洲地區從此免於水患之苦。臺北地區防洪計畫自民國 71 年（1982）開始分 3 期進行，計畫總經費為新臺幣 1,046 億元。辦理工程內容包含了堤防工程、排

水工程及橋樑工程。

在堤防工程方面，計畫沿淡水河左岸興建三重堤防、蘆洲堤防，沿大漢溪左岸興建新莊堤防、西盛堤防、樹林堤防；右岸興建板橋堤防、土城堤防。沿新店溪左岸興建中原堤防及永和堤防改建，開闢二重疏洪道，寬 450 公尺，左右岸興建堤防，並於入口處設置寬 650 公尺固定堰 1 座，以控制分洪水流。總計興建堤防 60 公里，水門 31 座。

排水工程方面，包括在保護區內規劃興建排水幹線 49 公里，及興建鴨母港、四汴頭等抽水站 20 座，使板橋、中和、永和、三重、蘆洲、泰山、五股、新莊、樹林、土城等地區排水獲得改善。

而橋樑工程除了改建臺北橋、中興橋、華江橋及浮洲橋外，新建二重疏洪道橋及 103 線、108 線跟越疏洪道橋 3 座，使蘆洲地區聯外交通大幅改善。民國 71 年（1982），政府正式動工修築位在淡水河左岸堤防，同時在三重、蘆洲地區建疏洪道，左右兩岸的堤防，將三重、蘆洲完全納入堤防的保護範圍。

民國 72 年（1983）正式向農民徵收境內東側、北側及西側邊緣、鄰新店溪及洲仔尾溝，共計 32.42 公頃的農地來興建堤防。蘆洲四周有一半是由高 5 公尺的堤防包圍著，因此形成周界明顯的行政區。

民國 72 年（1983），前臺灣省住都局為了配合百年防洪計畫，特於西南邊的鴨母港與西北邊的水湳設立 2 座抽水站，鴨母港抽水站位於灰磘重劃區內，可將灰磘地區的積水，抽往洲仔尾溝，排入淡水河。位於水湳溝下游的蘆洲抽水站，可將蘆洲北區一帶的積水，引進水湳溝後，由水湳抽水站抽往塹仔圳，注入淡水河。

表 4.22 民國 52 年至 61 年間蘆洲地區的水患

時間	颱風	積水深度（公尺）	積水時間（天）
民國 52 年 9 月	葛樂禮	3.0	29
民國 58 年 9 月	艾爾西	0.30~2.4	40~70
民國 58 年 10 月	芙勞西	0.35~2.5	88~105
民國 59 年 9 月	芙安	0.1~1.8	36~72
民國 60 年 9 月	艾妮絲	0.15~1.75	44
民國 60 年 9 月	貝絲	0.24~2.55	60
民國 61 年 8 月	貝蒂	0.65~2.92	24~72

資料來源：石再添、張瑞津，（1981），頁 382-405。

表 4.23 蘆洲市近 3 年重大淹水地區表

鄉鎮市	位置	淹水原因	備註
蘆洲市	仁愛街 212 巷 中正路(民族路至光榮路段)	1.瞬間降雨量過大，宣洩不及。 2.邊溝容量不足，涵管邊溝淤塞。 3.地勢低窪。 4.排水系統不良。	

資料來源：台北縣 99 年度水災潛勢地區保全計畫(第二版)



圖 4.9 臺北地區防洪實施計畫



圖 4.10 堤防工程



圖 4.11 排水工程

表 4.24 大臺北防洪計畫防洪工程構造物一覽表

期別	時間（民國）	防洪堤防工程	長度	水閘門	抽水站
第1期	71～73年	三重堤防	4,257	7	5
		蘆洲堤防	4,558	1	
		二重疏洪道右岸堤防	7,730	4	
		二重疏洪道左岸堤防	5,467	3	
		二重疏洪道入口堰	650		
		三重堤防加高	4,257		
第2期	74～76年	蘆洲堤防加高	4,558		
		疏洪道右岸堤防加高	7,730		
		疏洪道左岸堤防加高	5,385		
第3期	76～85年	新莊堤防	2,200	1	14
		西盛堤防	2,910	1	
		樹林堤防	5,126	3	
		板橋堤防	5,950	3	
		土城堤防	3,394	1	
		永和堤防	700		
		中原堤防	4,654	6	
		疏洪道左岸堤防延長	3,800		

資料來源：臺北縣政府

表 4.25 疏洪建設年表

時間（民國）	事 件
50年	臺北盆地水患頻仍；據統計至民國 71年止，臺北盆地水患高達 82次。
50年左右	決定炸開獅子頭。
52年	葛樂禮颱風造成海水倒灌。
57年	溫子圳沿岸五股沼澤地形成。
59年	五股蘆洲地區發生海水倒灌。
63年	溫子圳閘門設立：閘門內積水排出困難，地層下陷嚴重。
68年	「臺北地區防洪計畫初期實施計畫」核定，規劃闢建二重疏洪道。
71～73年	施建第 1期計畫保護範圍為三重、蘆洲。共興建堤防 22公里，水門 15座。
73年 8月 16日	洲後村消失在地圖上。

79～ 86年	良田變荒野，廢水、垃圾、廢土污染嚴重，政府提出多宗土地利用規劃。
87年 3月	行政院環保署委託臺北縣政府執行辦理二重疏洪道綠美化工程。
89年 12月 3日	運動公園正式啟用；成立河川高灘地維護管理所。
90年	臺北縣公共自行車成立；二重疏洪道河濱公園正式啟用。
91年	自行車道通車；成蘆大橋完工。
92年	開發完成疏洪中央公園、疏洪追風公園。
93年	「五股溼地生態園區」成立，並交由荒野保護協會的疏洪道濕地保育聯盟認養、開建划船道。

資料來源：臺北縣政府

蘆洲市排水系統共規劃水湳、蘆洲和鴨母港三大排水分區，颱風侵襲時，分別仰賴鴨母港和蘆洲兩個抽水站運轉排洪。以下略述鴨母港、蘆洲抽水站，各項防洪相關設施。

一、鴨母港、蘆洲抽水站

鴨母港、蘆洲抽水站建於民國 73 年（1984）7 月，為臺北防洪第 1 期計劃時興建。鴨母港抽水站共設置有 9 台防洪抽水機組，總計該抽水站之抽水能力為每秒鐘抽 38.5 噸之水。解決蘆洲、三重地區淹水之苦。蘆洲抽水站則有 8 部抽水機組，抽水能力為每秒鐘抽 36 噸水。

鴨母港溝為橫跨三重、蘆洲二地之大排水幹線，平時垃圾量較其他排水渠道為多，當颱風大雨時更為嚴重。鴨母港抽水站原設計既有一行走鋼索式撈污機設計於站房前，因年久損壞，於幾年前拆除，改由人工方式耙除污物，當颱風來臨時，即由公所雇請一怪手於風雨中進行污物之耙除工作。經常在蘆洲、水湳與鴨母港溝等三大排水系統內，發現抽水閘門嚴重淤積有死豬、廢神桌、破沙發及汽車保險桿等大型廢棄物，甚至廢棄機車拋進水湳溝，這些大型廢棄物就會順勢堆積到下游的排水口，影響所及，已嚴重阻礙水流，使得水門周邊的 14 座撈污機，即便全面啟動，在量多又體積龐大的情形下，往往導致機具輪齒超負荷彎曲變形，而動彈不得。

蘆洲抽水站於民國 73 年（1984）正式啟用，使用年限一半都不到，但已出現主建築龜裂、鋼筋裸露，甚至站體落差超過 13 公分等安全問題，儘管兩處抽水機組在民國 89 年（2000）到 93 年（2004）間已全數更新，主建築卻出現地層下陷、鋼筋鏽蝕、結構體老化等問題，導致抽水站主結構有 13 公分的高低差，比 10 公分的「危樓標準」還嚴重。

經縣府水利局委請專業技師測量，認為目前結構體在抽水機運轉時，將產生嚴重的「站體振動」，導致結構體受力變形，恐將造成更嚴重的問題，因而編列 9 億 5 千萬元拆除重建。縣府水利局計畫拆除重建，預定民國 100 年（2011）完工。



圖 4.12 鴨母港抽水站



圖 4.13 蘆洲抽水站外貌



圖 4.14 抽水站運作情形

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。然蘆洲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，但蘆洲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 4.15 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 4.16。再以營建署之區域計畫地理資訊查詢系統檢視蘆洲市之地質災害敏感地，蘆洲市境內約 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 4.17。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。

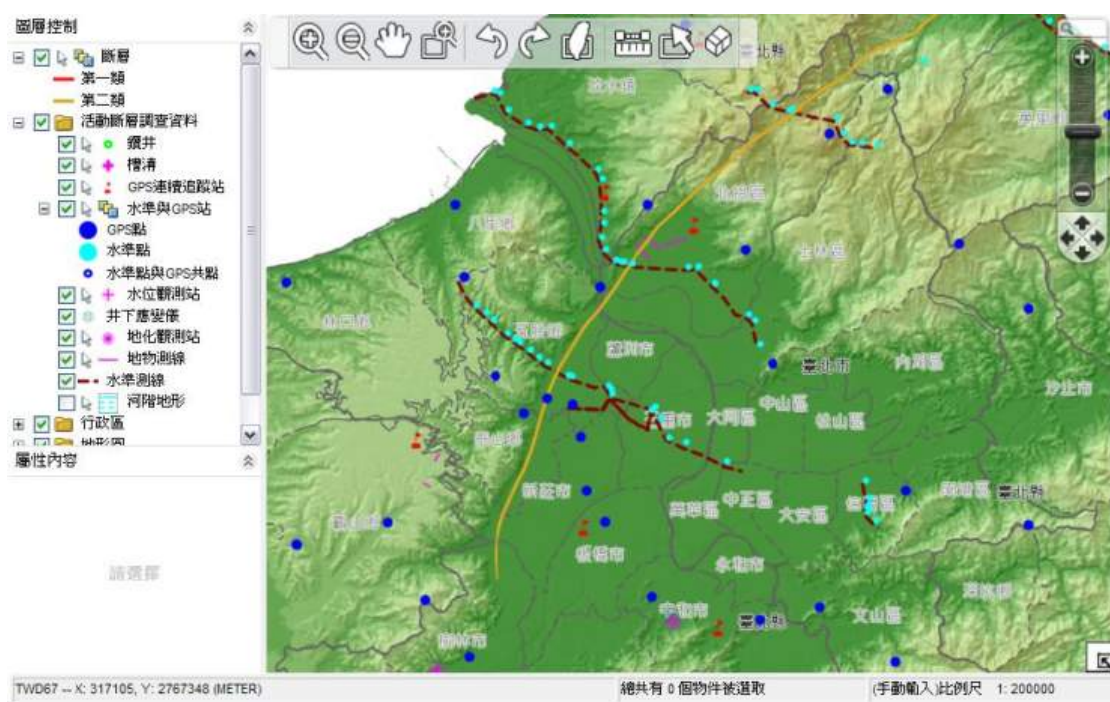
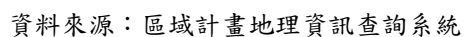
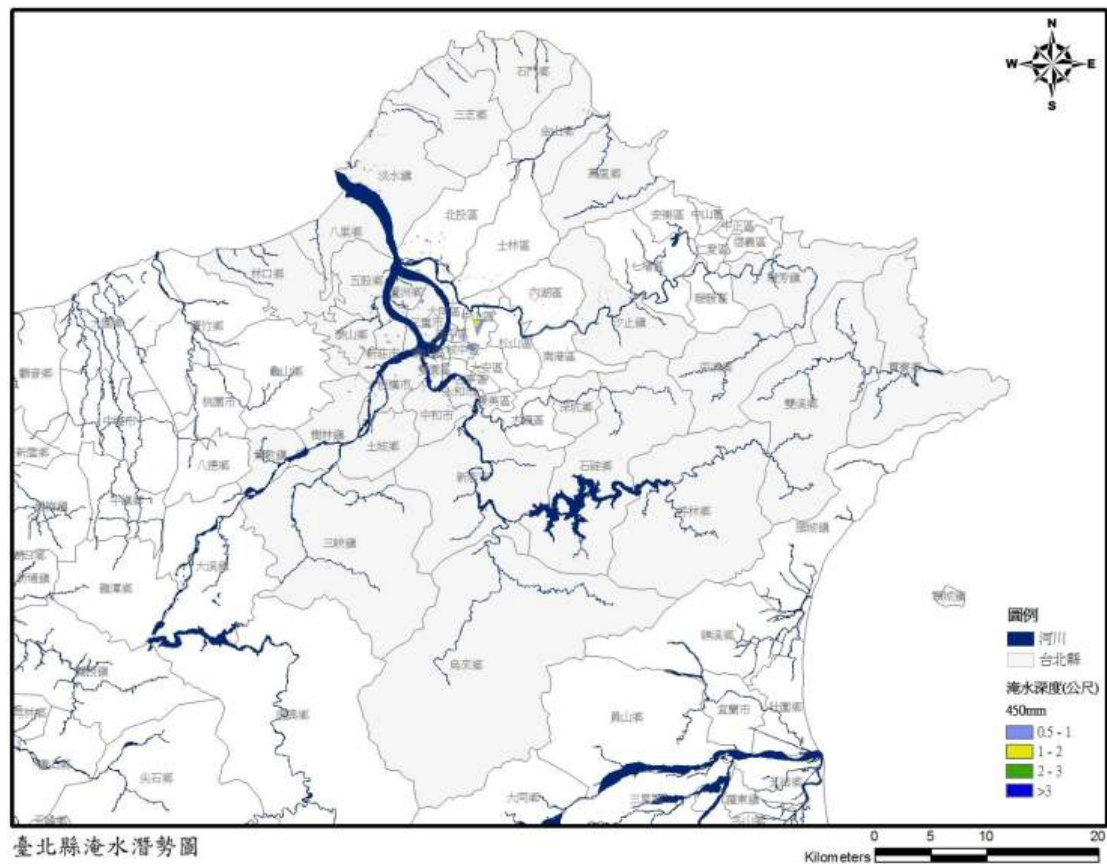


圖 4.15 蘆洲市周圍斷層分布(中央地質調查所斷層資料)

資料來源：經濟部中央地質調查所



利用台北縣 99 年度水災危險潛勢地區保全計畫提供之淹水潛勢資料，查得台北縣市單日降雨量達 450 毫米淹水深度圖，如下圖 4.18 可發現蘆洲市地區即可能有淹水災害之發生，由過去的災害歷史中，蘆洲市曾發生好幾次淹水災害，而蘆洲市的淹水潛勢如下圖 4.19 所示。



※註：淹水潛勢模擬採用 98 年「淡水河流域及臺北市、臺北縣、桃園縣與基隆市淹水潛勢圖更新計畫」淹水潛勢模擬成果

圖 4.18 台北縣市淹水潛勢資料

資料來源：台北縣 99 年度水災危險潛勢地區保全計畫

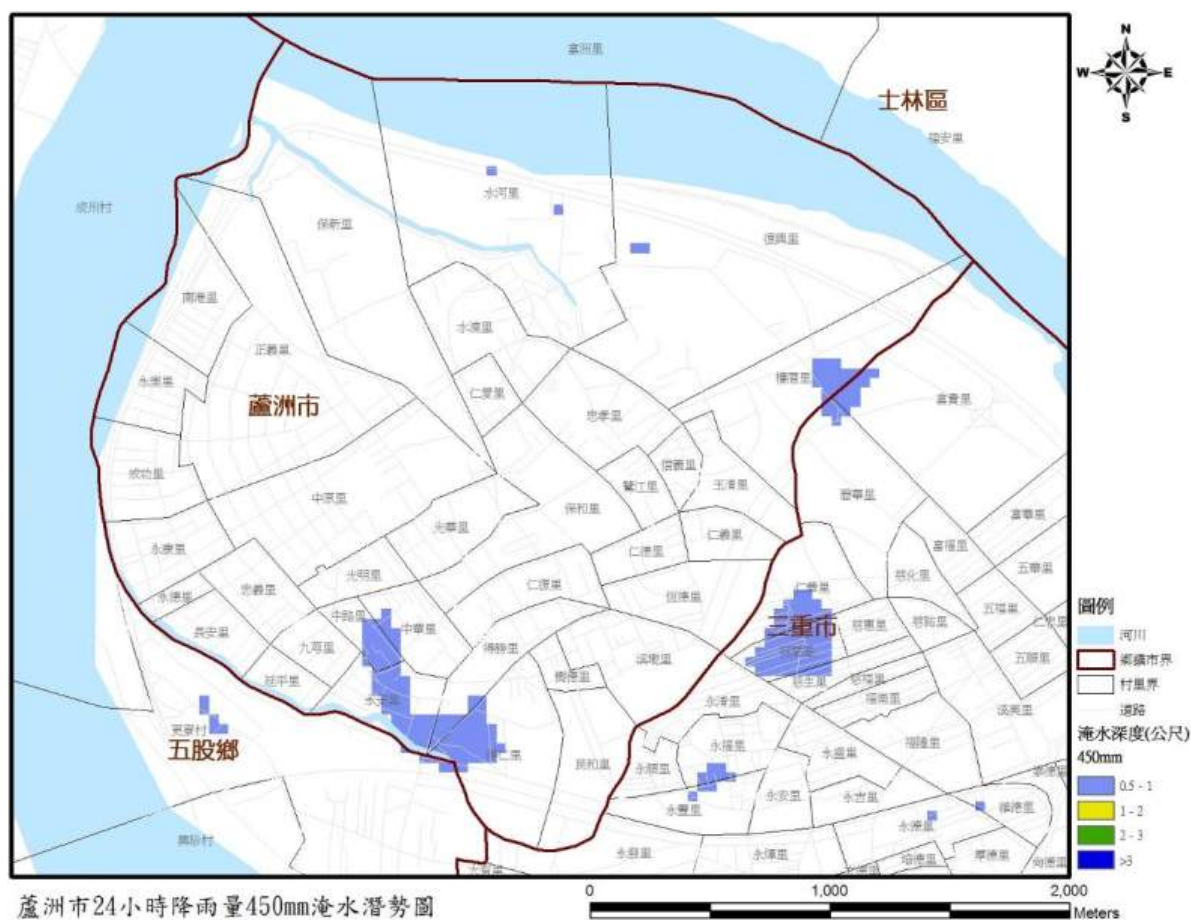


圖 4.19 蘆洲市淹水潛勢圖

資料來源：台北縣 99 年度水災危險潛勢地區保全計畫

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。蘆洲市內有許多學校及公園，將可做為臨時避難地點，蘆洲市避難救災據點如下表 4.26 所示。

表 4.26 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)	蘆洲市公所	蘆洲市三民路 95 號二樓 電話：22811484-211， 傳真：28487845
工程單位	蘆洲抽水站	電話：22819460
	鴨母港抽水站	電話：22821326
	臺電台北西區營業處北區巡修股	電話：22812908-12，13；22894784 1911
醫療據點	蘆洲市衛生所	臺北縣蘆洲市中央路 58 號 電話：02-22812011 傳真：02-22890595
警察局	蘆洲分局勤務指揮中心	臺北縣蘆洲市三民路 609 號 電話：(02)2281-0555、 (02)2281-0140
	三民派出所	臺北縣蘆洲市三民路 609 號 電話：(02)2282-3775
	延平派出所	臺北縣蘆洲市長安街 108 巷 2 號 (02)8282-1991、(02)8282-1992
	蘆洲派出所	臺北縣蘆洲市中山二路 92 號 電話：(02)2285-5966、 (02)2281-3358
	集賢派出所	臺北縣蘆洲市集賢路 245 號 1 樓 電話：(02)8283-2110
	蘆洲分局交通分隊	臺北縣蘆洲市集賢路 245 號 1 樓 電話：(02)2283-6225
消防局	台北縣消防局第三大隊部	蘆洲市三民路 607 號 02-28471230
	蘆洲消防分隊	蘆洲市三民路 607 號 電話：22858100 傳真：22852701
	成功消防分隊	蘆洲市中山二路 94 號 電話：22821119 傳真：22832731
避難及	國立空中大學	臺北縣蘆洲市中正路 172 號

收容場所	三民高中（國中）	臺北縣蘆洲市三民路 96 號
	徐匯高中(國中)	臺北縣蘆洲市中山一路 1 號
	鷺江國中	臺北縣蘆洲市長樂路 235 號
	蘆洲國中	臺北縣蘆洲市中正路 265 號
	仁愛國小	臺北縣蘆洲市民族路 488 號
	忠義國小	臺北縣蘆洲市光榮路 99 號
	成功國小	臺北縣蘆洲市長安街 311 號
	蘆洲國小	臺北縣蘆洲市中正路 100 號
	鷺江國小	臺北縣蘆洲市民族路 7 號
	林建生紀念圖書館	蘆洲市三民路 178 號
	蘆洲慈惠堂	蘆洲市正義里中原路 18 號

資料來源：本研究自行整理

因此，本計畫團隊針對上述臺北縣蘆洲市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 4.27 所示：

表 4.27 臺北縣蘆洲市參訪照片

圖片一	圖片二
	
說明：在蘆洲市境內的三民路為最主要的緊急運送道路，西接成蘆大橋通往五股、八里，東連三重市的三和路，目前台北捷運蘆洲線亦設於三民路之上；三民路上亦有蘆洲市公所、蘆洲消防分隊、三民派出所等政府機關與警消據點；因此為蘆洲市最重要的生命動脈。	說明：環提大道為沿堤防的緊急聯外道路，以永安大橋連接新莊與板橋市區，也透過快速公路接上國道一號高速公路。
圖片三	圖片四
	
說明：民族路、中正路與中山一、二路為本計畫規劃之重要輸送救援道路，因民族路、中正路連接多個臨時避難據點及收容場所(學校、公園)，中山一、二路上有警消據點，且特色皆為人口密集度高、商業活動頻繁等。	

圖片五	圖片六
	
說明：長榮路與光華路相連接為半圓型的輸送救援道路，連接多個臨時避難據點及收容場所(學校、公園)，且與中正路、中山一、二路之輸送救援道路相接，且特色亦為人口密集度高、商業活動頻繁等。	
圖片七	圖片八
	
說明：位於三民路上的蘆洲市公所暨應變中心(左圖)與集賢路上的蘆洲戶政事務所(右圖)，為蘆洲市之主要政府機關據點，三民路與集賢路同為規劃之緊急聯外道路。	

圖 片 九	圖 片 十
 說明：三民派出所與台北縣消防局第三大隊部暨蘆洲消防分隊比鄰而立，且同時連接三民路之緊急運送道路與長榮路之輸送救援道路，提供充足的災害防治與救援能量。	 說明：蘆洲派出所與成功消防分隊比鄰而立，一旁即為人潮最多的蘆洲夜市，且與中山一、二之輸送救援道路相接。
圖 片 十一	圖 片 十二
 說明：位於三民路之緊急運送道路上的徐匯中學，因校園腹地廣大及地處關鍵位置可規劃為災時之緊急避難與收容場所。	 說明：同樣位於集賢路與三民路兩條緊急運送道路上的徐匯中學，因地處關鍵位置可規劃為緊急避難與收容場所。

圖片十三



圖片十四



說明：位於中正路上的國立空中大學(左圖)為蘆洲市最高等級學制之學校，而蘆洲國中(右圖)與之相望為鄰，同樣以校園腹地廣大及地處位置關鍵，可規劃為災時之緊急避難與收容場所。

圖片十五



圖片十六



說明：蘆洲市境內的慈惠堂(左圖)與林建生紀念圖書館(右圖)等寺廟或古跡文物館等處，也因腹地廣大與公共方便性，可以與學校、公園等處一併規劃為災時之臨時避難地點、收容場所據點。

四、緊急運送道路之規劃

規劃之緊急運送道路必須為能夠連接外縣市地區的重要道路，其中亦包含聯外橋梁在內，緊急運送道路連接行政區內主要政府機關及警消單位，以確保災時能夠有效的傳遞災情資訊以及最高的災害搶救效率，其次，規劃緊急運送道路旁之公園、學校、寺廟、活動中心以做為臨災時之緊急避難場所以及物資發放據點，如圖 4.20 所示。



圖 4.20 蘆洲市緊急運送道路圖

資料來源：本研究自行繪製

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，蘆洲市無土石潛勢溪流且並無斷層經過，但蘆洲市接近 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蘆洲市擬定之緊急運送道路檢核如下表 4.28，分數為 86 規劃良好。

表 4.28 蘆州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. 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	7	緊鄰指的是道路在 50 公尺以內。 連接指的是道路在 50~500 公尺之間。
				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. 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	緊鄰指的是道路在 50 公尺以內。 連接指的是道路在 50~500 公尺之間。
				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. 災害救護點	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	緊鄰指的是道路在 50 公尺以內。 連接指的是道路在 50~500 公尺之間。
				2. 鄉鎮市公所應變中心。	緊鄰2 分連接		

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

註:路網分析以鄉鎮市為單元

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。	10 (10%)	1.燈號正常。	2分	10	
				2.具獨立之供電系統。	2分		
				3.基座無破壞而不穩之情形。	2分		
				4.燈桿無傾斜或變形。	2分		
				5.信號燈無倒塌妨礙交通之虞。	2分		
	2.避開地層採用防災工程	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垂直距離。	13 (13%)	1.斷層帶距離大於 500 公尺。	4 分或為一般地區	10	3.防災工程指是用震度7級的耐震係數所做之工程。
				2.斷層帶距離介於 100-500 公尺。	4 分		
				3.設計採用防災工程。	5 分		
	3.橋梁耐震評估與緊急應變對策	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。	14 (14%)	1.定期進行橋梁巡查	2分	14	
				2.建立橋梁監測系統。	2分		
				3.進行耐震評估。	2分		
				4.針對評估後結果進行補強。	4分		
				5.災時橋梁緊急修復措施。	2分		
				6.規劃臨時便橋等替代措施。	2分		
成績計算				34			

註:路網分析以鄉鎮市為單元

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.避開土石流或潛勢溪流採用防災工程	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		防災工程或坡地防治工程
				2.設計採用防災工程(擋土設施等)	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.擋土設施無裂縫。	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			

註：路網分析以鄉鎮市為單元

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。	15 (15%)	1.避開 600 公釐降雨造成 50 公分以上淹水區域。	7 分或為一般地區	11	
				2.設計採用防災工程。	8 分		
				成績計算			

註：路網分析以鄉鎮市為單元

總成績	86	
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		

4.6 高雄市三民區緊急運送道路規畫案例

一、現地調查

本研究團隊採主動詢問方式，至相關地方主管機關詢問其是否有意願規劃並評量其轄區內之緊急運送道路，配合地區災害計畫二年修正一次的原則，徵求其意願後始協助緊急避難道路之規劃設計。

2009 年 8 月 8 日莫拉克颱風豪雨引發高雄縣山區那瑪夏鄉等山地部落嚴重之土石流災情，監察院亦提出 88 風災之調查報告，同時間莫拉克亦造成高雄市市區愛河之河邊社區淹水主因，以及社區排水功能不佳是淹水次因；至於愛河河道施工構台架設的設施，造成河水水位壅高，社區淹水延遲消退。

2010 年 9 月 19 日強颱凡那比颱風造成高雄市、高雄縣十個鄉鎮、屏東縣十一個鄉鎮都淹大水，部分地區甚至快達一樓高。尤其晚上八時一分滿潮，豪大雨無法宣洩，高雄市淹水達到最高峰，愛河的水罕見地溢出河岸，在雨量的部分，凡那比颱風為高雄縣市帶來的降雨，比一年前的莫拉克颱風高出很多，超過了下水道在設計時，能夠負荷的標準，綜整凡那比風災，受災之地區有岡山、楠梓、橋頭；高雄市三民區等。

凡那比颱風對南台灣平地的威脅，遠高於山區，這次政府全力投入山區防災及撤離相當成功，但是市區仍然出現大淹水，顯示緊急應變措施和長期的基礎建設不可偏廢。

綜觀降雨量紀錄可以發現，高高屏山區降雨並未超越莫拉克，但平地降雨部分，多數地區都呈現至少僅次於或超越莫拉克的降雨水準，顯示凡那比的降雨特性，與莫拉克不同，導致之災情，也就以市區為主。對於防災以山區為主的防災體系，再度帶來新的挑戰。

三民區面積為 19.7866 平方公里，共有 86 里 1744 鄰，人口數 35

萬 4 千 4 百 26 人(截至 99 年 6 月底)，約占高雄市 1/4 人口，居本市各區人口之冠。

區內包含三塊厝、新大港、灣仔內、寶珠溝、本館、獅頭、覆鼎金等七大聚落，全區地勢低平，最高點是金獅湖附近的獅山（36.9 公尺），覆鼎金與本館里附近則屬地勢低窪地區，過去排水系統未臻完善，每逢颱風、大雨極易造成地區淹水，不過近年來市府戮力整頓排水，清疏金獅湖潭底淤泥，並興建本和里滯洪池調節水量，情況大為改善，淹水情形已極少發生。

在道路使用上，三民區內主要道路為台 1 線(民族路、九如路)，以及大順路、十全路等。

表 4.29 高雄市三民區 99 年 9 月人口統計資料表

高雄市 三民一						高雄市 三民二					
里名	鄰數	戶數	人口數	男	女	里名	鄰數	戶數	人口數	男	女
合計	670	33405	87052	43564	43488	合計	1074	98063	267095	129876	137219
力行里	13	497	1350	705	645	本上里	20	1982	6274	2986	3288
十全里	10	694	1884	963	921	本元里	24	2193	6607	3181	3426
十美里	14	812	2212	1101	1111	本文里	17	955	2487	1233	1254
千北里	12	507	1379	672	707	本安里	21	1935	6091	2946	3145
千秋里	18	1040	2535	1316	1219	本和里	25	3028	8209	4043	4166
千	12	528	1354	644	710	本	14	738	2134	1050	1084

歲里						武里					
川東里	18	784	1935	1029	906	本揚里	32	3195	9613	4572	5041
民享里	25	906	2468	1202	1266	本館里	32	3660	9517	4686	4831
立業里	12	475	1278	632	646	正順里	17	1681	4489	2154	2335
立誠里	9	380	967	460	507	正興里	36	5193	14021	6661	7360
立德里	15	562	1427	693	734	安吉里	25	2318	5898	2834	3064
同德里	19	1272	3309	1675	1634	安康里	26	1406	3612	1853	1759
安生里	15	696	1831	934	897	安發里	22	2126	5699	2697	3002
安邦里	19	1868	4663	2408	2255	安寧里	20	1000	2449	1225	1224
安和里	21	1073	3125	1581	1544	鼎力里	19	1508	4401	2174	2227
安宜里	25	1325	3907	1947	1960	鼎中里	18	1371	4016	2005	2011
安東里	23	1291	3650	1816	1834	鼎西里	28	2922	8115	3962	4153
安泰里	31	1767	4582	2262	2320	鼎金里	17	1605	4580	2300	2280
長明	13	558	1392	711	681	鼎泰	73	9019	24260	11551	12709

里						里					
建東里	10	740	1427	669	758	鼎強里	20	1555	4541	2262	2279
博惠里	32	1892	5066	2433	2633	鼎盛里	28	3065	8636	4248	4388
博愛里	14	674	1531	757	774	寶中里	19	1274	3727	1817	1910
港西里	11	435	913	480	433	寶民里	16	1241	3589	1769	1820
港東里	16	766	1582	791	791	寶玉里	30	3687	10648	5057	5591
港新里	15	689	1699	830	869	寶安里	26	3065	7962	3836	4126
裕民里	10	593	1562	801	761	寶泰里	20	1833	4584	2152	2432
達仁里	14	628	1764	842	922	寶珠里	37	3069	7051	3665	3386
達明里	16	705	1926	953	973	寶國里	30	3619	10465	4996	5469
達勇里	11	496	1317	648	669	寶盛里	17	2160	5681	2800	2881
達德里	14	603	1747	872	875	寶華里	16	1435	4073	1938	2135
精華里	20	715	1825	893	932	寶業里	24	2114	6110	2889	3221
鳳北里	19	724	1856	973	883	寶獅里	26	1550	4294	2146	2148

鳳南里	14	466	1218	624	594	寶德里	28	2067	5943	2897	3046
德仁里	19	898	2264	1138	1126	寶慶里	17	1135	3349	1614	1735
德北里	16	903	2316	1169	1147	寶興里	31	2787	7346	3528	3818
德行里	13	487	1307	650	657	寶龍里	24	1864	5325	2597	2728
德西里	11	554	1390	769	621	灣子里	16	1686	3973	1935	2038
德東里	12	380	1033	526	507	灣中里	26	2428	5648	2825	2823
德智里	21	1052	2935	1463	1472	灣成里	15	1044	2715	1327	1388
興德里	14	856	2075	1018	1057	灣利里	29	1455	3750	1857	1893
豐裕里	24	1114	3051	1514	1537	灣勝里	18	839	2305	1162	1143
						灣復里	19	1748	4006	1974	2032
						灣華里	16	1283	3070	1518	1552
						灣愛里	27	1408	3576	1796	1780
						灣興里	13	817	2256	1158	1098

註:三民區自 92 年起劃分為第一、二戶政事務所。資料來源:高雄市政府民政局

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。然三民區境內並無坡地高山，因此，該區無土石流潛勢溪流。

依高雄市地區災害防救計畫中所述，大高雄地區主要活斷層有旗山斷層、潮洲斷層、小岡山斷層及後甲里等四條斷層帶，斷層分布情形可經由中央地質調查所查得，如下圖 4.21 所示。。

再以營建署之區域計畫地理資訊查詢系統檢視高雄市三民區之地質災害敏感地，三民區境內約 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 4.22 所示。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，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。

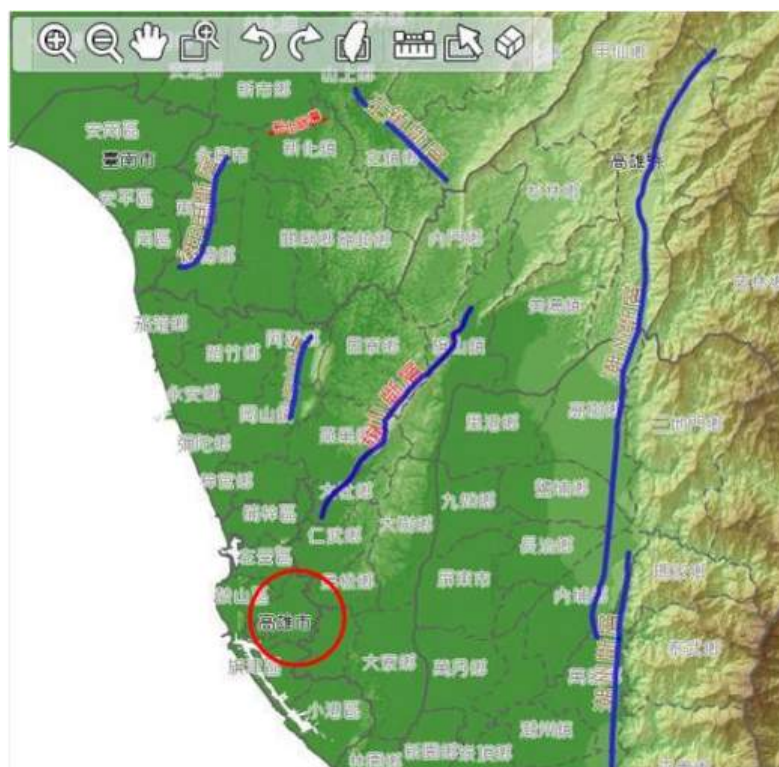


圖 4.21 高雄市三民區周圍斷層分布(中央地質調查所斷層資料)

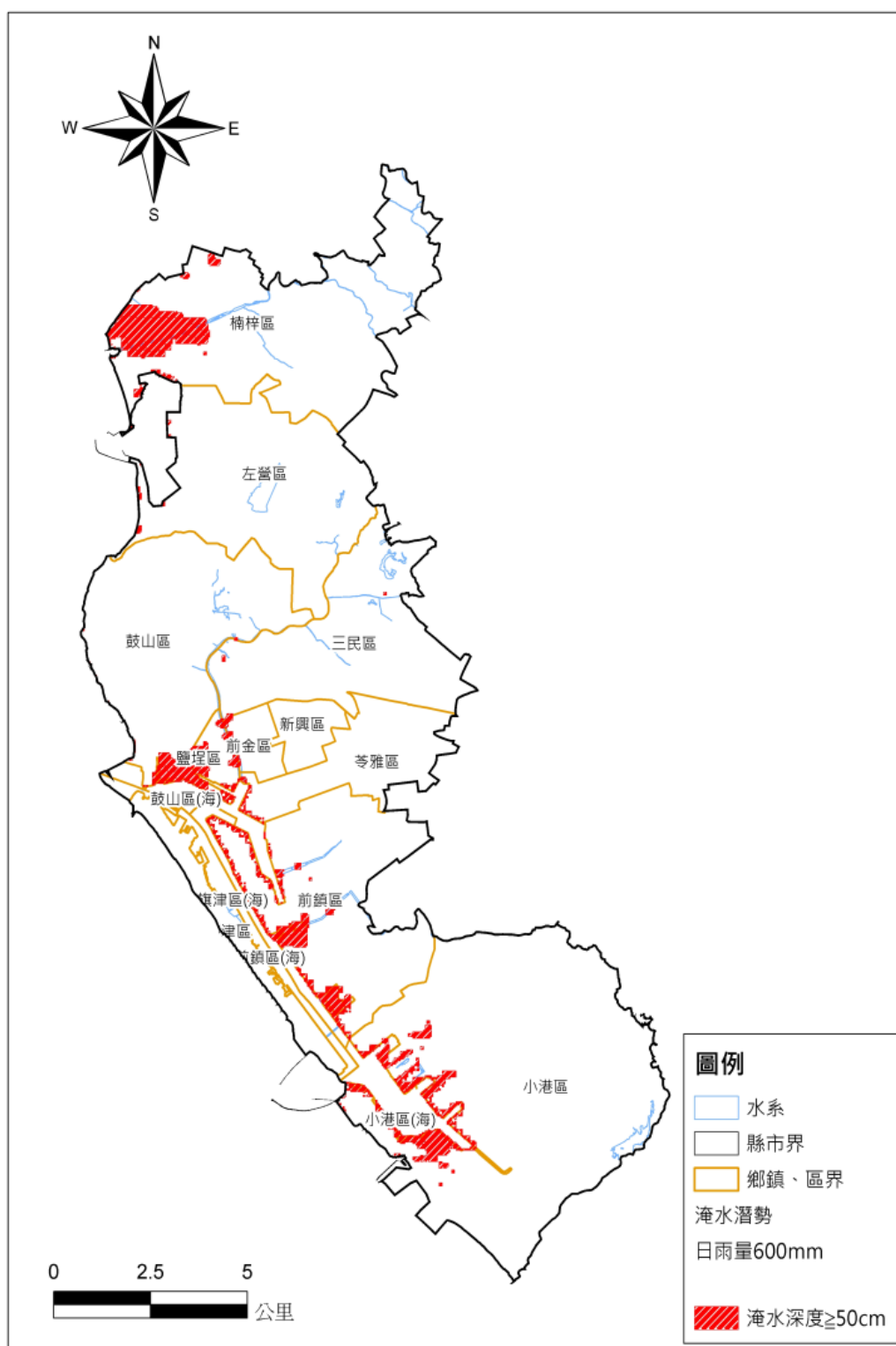
資料來源：經濟部中央地質調查所



圖 4.22 三民區地質災害敏感地

資料來源：區域計畫地理資訊查詢系統

利用 99 年度高雄市水災保全計畫所提供之淹水潛勢資料，查得高雄市單日降雨量達 600 毫米淹水深度圖，如下圖 4.23 可發現三民區淹水潛勢部份面積不大，然而於今年發生在三民區的淹水事件，如圖 4.24 所示，所影響的實際淹水區域面積可對照出三民區的都市區域排水功能出現了問題。



※註：淹水潛勢模擬採用水利署淹水潛勢模擬成果

圖 4.23 高雄市淹水潛勢資料

資料來源：99 年度高雄市水災保全計畫

20100919高雄淹水地圖

區域性淹水

74,874 次檢視 - 公開

建立於 9 月 19 日 - 3 小時前更新

作者: akker - 開放合作

★★★★★ 15 評分 - 4 則意見

-  大昌路淹水區
高度到膝蓋 水電都正常
-  文中路堤岸路
積水15公分左右
-  觀音山國際山莊
高度未知 <http://www.facebook.com/photo.php?>
-  德山街三十巷-寶珠溝-建元街段
水深約40CM
-  大中路
半個輪胎高
-  遠和路
高度未知
-  德安路神采盛樓
高度未知
-  孟子路
水深約30cm
-  孟子路
-  建工路民權路口
淹約50CM
-  國泰街

資料來源:<http://www.wretch.cc/album/show.php?i=billypan101&b=216&f=1180332872&p=30&e#et>

圖 4.24 高雄市淹水示意圖

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高雄市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。三民區內有許多學校及公園，將可做為臨時避難地點，避難救災據點如下表 4.30 所示。

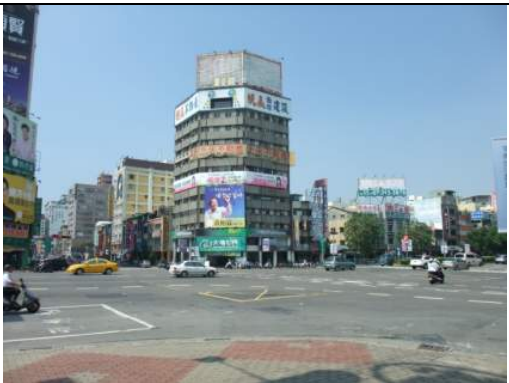
表 4.30 防救災據點調查表

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)	高雄市政府應變中心	高雄市苓雅區四維三路 2 號 電話:1999、07-3358080 傳真:
	三民區應變中心(三民區區公所)	高雄市三民區哈爾濱街 215 號 4 樓 5 樓 電話:(07)322-8160 傳真:(07)322-9342
醫療據點	高雄市三民區衛生所	高雄市三民區鼎山街 660 號 電話:(07)382-0492 (07)382-2395
	高雄醫學大學	高雄市三民區十全一路 100 號 電話:(07)312-1101
	愛仁醫院	高雄市三民區民族一路 49 號 電話:(07)311-5159
	新高鳳醫院	高雄市三民區莊敬路 288 號 電話:(07)382-8814
	四季台安醫院	高雄市三民區聯興路 157 號 電話:(07)398-3000
	民族醫院	高雄市三民區民族一路 880 號 電話:(07)346-2802
警察局	高雄市政府警察局三民第一分局	高雄市三民區同盟一路 367 號 電話:07-3118675 傳真:07-3117050
	高雄市政府警察局三民第二分局	高雄市三民區覺民路 366 號 電話:07-3814093 傳真:07-3814103
	高雄市政府警察局鼎金派出所	高雄市三民區鼎力路 125 號 電話:07-3426730
	高雄市政府警察局鼎山派出所	高雄市三民區鼎山街 260 號 電話:07-3907880
	高雄市政府警察局十全派出所	高雄市三民區十全一路 86 號 電話:07-3115807
消防局	高雄市政府消防局北區第二中隊	高雄市三民區大順二路 468 號 電話:07-3963281
	高雄市政府消防局大昌消防分隊	高雄市三民區大順二路 468 號 電話:07-3854955
	高雄市政府消防局鼎金分隊	高雄市三民區天祥一路 97 號 電話:07-3106120
	高雄市政府消防局十全分隊	高雄市三民區十全一路 88 號 電話:07-3117716

避難及收容場所 (學校、公園以及活動中心等)	市立三民高中	高雄市三民區金鼎路 81 號 電話: 07-3475181
	市立高雄高工	高雄市三民區建工路 419 號 電話: 07-3815366
	私立樹德家商	高雄市三民區建興路 116 號 電話: 07-3870338
	三民國中	高雄市三民區十全一路 200 號 電話: 07-3227751
	博愛國小	高雄市三民區十全一路 202 號 電話: 07-3110708
	愛國國小	高雄市三民區十全一路 1 號 電話: 07-3161191
	鼎金國中	高雄市三民區鼎山街 445 號 電話: 07-3831029
	三民國小	高雄市三民區建國三路 216 號 電話: 07-2810378-9
	民族國中	高雄市三民區覺民路 363 號 電話: 07-3818718
	民族國小	高雄市三民區平等路 197 號 電話: 07-3860526
	正興國中	高雄市三民區覺民路 850 號 電話: 07-3890796
	正興國小	高雄市三民區大豐二路 20 號 電話: 07-3845206

因此，本計畫團隊針對上述高雄市三民區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 4.31 所示：

表 4.31 高雄市三民區參訪照片

圖片一	圖片二
	
說明：圖片中縱向的是民族一、二路，與橫向的建國一、二路，是三民區境內之首要的聯外道路，同時也是救援、運輸要道。跨越建國一、二路的高架道路也是民族一路的一部分，南北兩端銜接九如二路與建國二路，舊時聯繫著前站與後站，平時也是新興區與三民區東半部往來車輛的必經之路。	
圖片三	圖片四
	
說明：九如路緊鄰後火車站，也是高雄市的重要道路之一，與十全路同為東西方向，貫穿整個三民區；九如一、二、三路連接鼓山與鳳山，同時也是高雄市要上國道一號(九如交流道)的主要道路，其交通的重要性可想而知。	

圖片五	圖片六
	
說明：省道台一號線由楠梓經高楠公路接民族一路進入高雄市區，在民族一路與九如一、二路交叉口轉入九如二路，再穿過國道一號後進入鳳山。	說明：位於十全一路上的高雄醫學大學為三民區內最大之醫療據點、高雄市轄內之醫學中心之一；除了三民區內之重要醫療據點之外，亦提供做為跨地區性之醫療責任醫院使用。
圖片七	圖片八
	
說明：位於九如一路與平等路口的綠廊道人行走道區，對面緊臨國立科學工藝博物館，雖無設定的公園名稱，做為停車格使用，然而擁有優良的景觀視野以及活動空間，在災害來臨時亦可規劃為臨時集合點與避難收容場所。	

圖片九	圖片十
	
說明：位於三民區內九如一路與平等路之間的國立科學工藝博物館，佔地廣大，並設有綠地、綠廊道與公共活動空間，可供一般民眾參觀與休憩使用；若於大規模災害發生時，更可做為臨時避難場所、收容場所等功能利用。	
圖片十一	圖片十二
	
說明：位於同盟一路上與孝順街口的綠廊道人行走道區，雖無設定的公園名稱，然而擁有優良的景觀視野以及活動空間，在災害來臨時亦可規劃為臨時集合點與避難收容場所。	說明：位於十全一路與吉林街口的三民公園，為本案例規劃緊急避難路線相連接之緊急避難場所；附近有三民區區公所、高雄醫學大學、三民國中等重要據點。

圖片十三	圖片十四
	
說明：位於十全一路與山東街口的高雄市三民第一分局十全派出所與高雄市消防局十全分隊比鄰而立，為三民區內重要的警消分駐所之所在。	
圖片十五	圖片十六
	
說明：位於同盟一路上的高雄市政府警察局第一分局為北三民區內之主要警政據點。	說明：同樣在同盟一路第一分局旁的愛河之星，佔地廣大，設有綠地、綠廊道與公共活動空間供一般民眾參觀與休憩使用，為高雄市境內主要地標之一；若於大規模災害發生時，可做為臨時避難場所、收容場所等功能利用。

四、緊急運送道路之規劃

規劃之緊急運送道路必須為能夠連接外縣市地區的重要道路，其中亦包含聯外橋梁在內，緊急運送道路連接行政區內主要政府機關及警消單位，以確保災時能夠有效的傳遞災情資訊以及最高的災害搶救效率，其次，規劃緊急運送道路旁之公園、學校、寺廟、活動中心以做為臨災時之緊急避難場所以及物資發放據點，如圖 4.25 所示。



圖 4.25 三民區緊急運送道路圖

資料來源：本研究自行繪製

五、檢核緊急運送道路

三民區緊急運送道路檢核結果，根據本計畫擬定之檢核表對三民區擬定之緊急運送道路檢核如下表 4.32，分數為 73 分規劃尚可。

表 4.32 三民區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. 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	緊鄰指的是道路在50公尺以內。 連接指的是道路在50~500公尺之間。
				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. 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	6	緊鄰指的是道路在50公尺以內。 連接指的是道路在50~500公尺之間。
				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. 災害救護點	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	5	緊鄰指的是道路在50公尺以內。 連接指的是道路在50~500公尺之間。
				2. 鄉鎮市公所應變中心。	緊鄰2 分連接		

																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										</
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

註:路網分析以鄉鎮市為單元

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。	10 (10%)	1.燈號正常。	2分	8	
				2.具獨立之供電系統。	2分		
				3.基座無破壞而不穩之情形。	2分		
				4.燈桿無傾斜或變形。	2分		
				5.信號燈無倒塌妨礙交通之虞。	2分		
	2.避開地震層或用設計防災工程	利用經濟部中央地震調查所所開發之「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。	13 (13%)	1.斷層帶距離大於 500 公尺。	4 分或為一般地區	10	3.防災工程是指用震度 7 級的耐震係數所做之工程。
				2.斷層帶距離介於 100-500 公尺。	4 分		
				3.設計採用防災工程。	5 分		
	3.橋梁耐震評估與緊急應變對策	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。	14 (14%)	1.定期進行橋梁巡查	2 分	10	
				2.建立橋梁監測系統。	2 分		
				3.進行耐震評估。	2 分		
				4.針對評估後結果進行補強。	4 分		
				5.災時橋梁緊急修復措施。	2 分		
				6.規劃臨時便橋等替代措施。	2 分		
成績計算					28		

註:路網分析以鄉鎮市為單元

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.避開土石流或潛勢溪流採用防災工程	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		防災工程或坡地防治工程
				2.設計採用防災工程(擋土設施等)	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.擋土設施無裂縫。	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			

註：路網分析以鄉鎮市為單元

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。	15 (15%)	1.避開 600 公釐降雨造成 50 公分以上淹水區域。	7 分或為一般地區	7	
				2.設計採用防災工程。	8 分		
成績計算				7			

註：路網分析以鄉鎮市為單元

總成績	73	
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	總分 100 分	

4.7 緊急運送道路及其附屬設施維護管理系統

去年度(98 年)之緊急運送道路查詢系統，今年擴充並更名為緊急運送道路及其附屬設施維護管理系統(以下簡稱本系統)。除本年度(99 年)之成果外，亦包含 96、97 以及 98 年度之研究成果。

本系統主要之用途為提供各縣市將所規劃之緊急運送道路及其附屬設施進行上傳，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 4.26 所示



圖 4.26 緊急運送道路及其附屬設施維護管理系統首頁

當進入本系統後，如圖 4.27 所示，本系統將提供七個選項供使用者點選：包含計畫介紹、提升既有市區道路品質研究、提升既有市區橋梁品質研究、緊急運送道路維護管理研究、外部連結、帳號管理與文檔管理。各項目功能內容如下。



圖 4.27 緊急運送道路及其附屬設施維護管理系統之主畫面

「計畫介紹」：包含計畫源起以及計畫範圍。如下圖 4.28 所示。



圖 4.28 計畫介紹

「提升既有市區道路品質研究」：本項目的內容為介紹廢棄物資源再生利用，及多元性材料之技術研究與推廣，展示市區道路設施對環境友善性與低衝擊性研究之成果，以及路面養護管理作業改善、規劃、設計與施工方法調整的方法。

「提升既有市區橋梁品質研究」：如圖 4.29 所示，本項目共提供五個子選項供使用者點選。包含子計畫介紹、橋梁檢測與評估、橋梁維護與補強、橋梁風險評估以及技術支援。其中技術支援為一個留言版，提供使用者與本計畫人員交流之平台。



圖 4.29 提升既有市區橋梁品質研究之主畫面

「緊急運送道路維護管理研究」：如圖 4.30 所示，本項目共提供九個子選項供使用者點選，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功能。

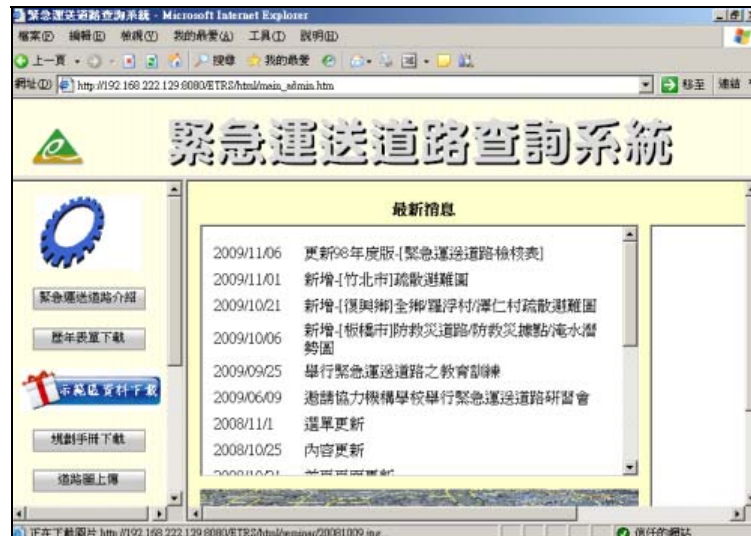


圖 4.30 緊急運送道路查詢系統主畫面

「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 4.31 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 4.31 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 4.32 歷年表單下載頁面

以板橋市以及桃園縣復興鄉為示範區，提供使用者下載，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。

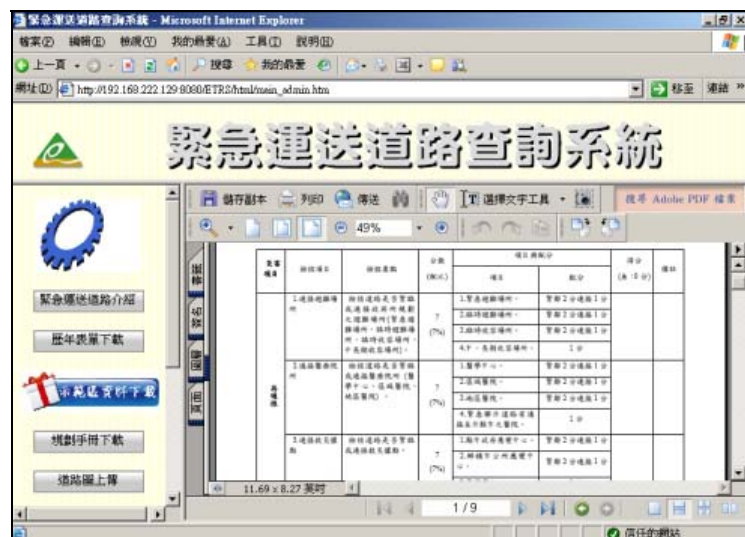


圖 4.33 檢核表畫面



圖 4.34 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合乎標準。手冊為 PDF 格式，可於網路上瀏覽，亦可下載至單機瀏覽。

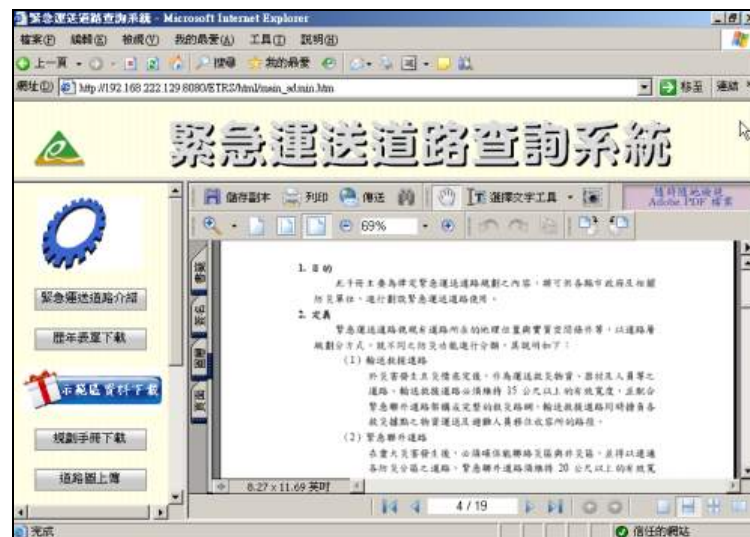


圖 4.35 緊急運送道路規劃與檢核手冊下載

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，檔案上傳界面如圖 4.36。



圖 4.36 各縣市緊急運送道路圖上傳頁面

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。

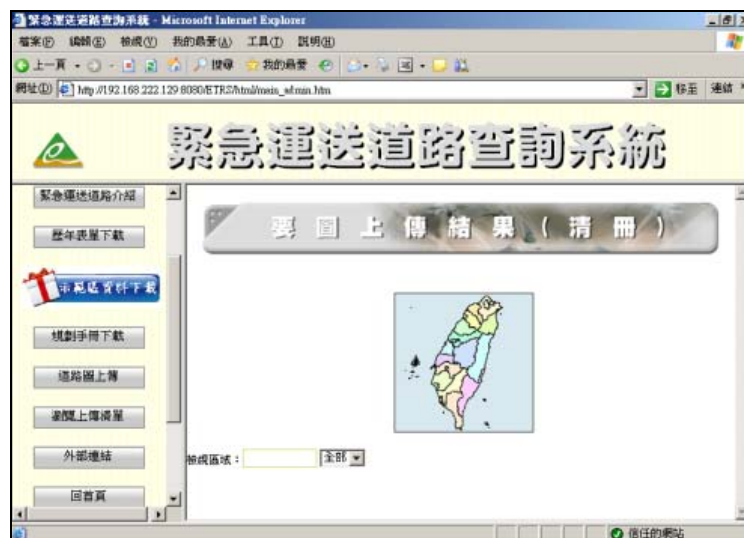


圖 4.37 要圖上傳結果顯示頁面

「帳號管理」：如圖 4.38，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 4.38 帳號管理維護作業

「外部連結」：此項目內有許多相關資料的網站可供連結查看。如圖 4.39，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 4.39 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 4.40 內政部營建署網頁

連結至國立臺北科技大學之網站首頁，為本研究團隊之學校介紹。



圖 4.41 國立臺北科技大學網頁

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。

各鄉鎮市皆需備有防災倉庫，倉庫內可存放便橋(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。

整合過去已建置之緊急運送道路查詢系統及過去整體研究計畫成果，今年擴充並更名為緊急運送道路及其附屬設施維護管理系統(以下簡稱本系統)。除本年度(99 年)之成果外，亦包含 96、97 以及 98 年度之研究成果。

本系統主要之用途除為提供各縣市將所規劃之緊急運送道路及其附屬設施進行上傳，以提供災時之搶救災參考。今年更將提昇市區道路品質研究與提昇市區橋梁品質研究四年期研究成果建置於網路平台，期藉由網路之方便性與普及性，將研究成果呈現，並設立討論平台，藉由意見探討提升國內市區道路之技術與品質。

五、結論與建議

本年度為四年期研究計畫之最後一年，計畫分為『道路』、『橋梁』及『緊急運輸道路』三大部分，各子計畫除將四年期研究成果彙編成冊，以方便將來使用上之參考，並已辦理多場專家座談會與研討會，並在每年期計畫結束辦理成果發表會，將計畫成果進行推廣。以下綜整四年期計畫成果及所得之結論與建議，期本計畫成果可對於目前因氣候變遷等大環境影響之國內既有道路及附屬設施有所助益。

研究之具體技術面成果如下：

- 1.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。並符合透水性鋪面之規範要項及綠建材標章。
- 2.研擬市區道路品質改善積效指標，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。
- 3.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。
- 4.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。
- 5.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，並提出業界慣用之結構分析軟體合理之分析模式，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。並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。

- 6.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。
- 7.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。
- 8.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。
- 9.建立緊急運送道路之檢核項目及檢核機制。
- 10.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 縣市区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。
- 11.建立緊急運送道路查詢資訊平台，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。

研究所提之準則及手冊成果如下：

提出『LID 設計原則及案例彙編參考手冊』、『自行車路線規劃設計之原則參考手冊』、『透水性鋪面養護工法手冊』、『國內外橋梁補強維修案例彙編』、『市

區橋梁應用 FRP 補強手冊』、『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』、『緊急運送道路規劃手冊修正版』八本手冊。並提出各子計畫之總成果彙編。

報告書中已對市區道路相關法規之修訂提出建議。並已研擬營建署所轄縣市政府橋梁檢測作業要點(草案)。

計畫於『教育推廣(含案例)』之成果如下：

四年期計畫中共舉辦 12 場研討會，並舉辦 3 場成果發表會，已超過 1,100 人次的參予。並將於 99 年 12 月 17 日舉辦總計劃成果發表會，四年期計畫中將超過 1,200 人次之教育推廣成效。

對台北縣板橋市、蘆洲市、桃園縣復興鄉、高雄市三民區，提出規劃防災道路時應注意事項，並以此四個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。

提出橋梁受洪水災害之風險評估方式案例，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。

結論與建議：

- 一、低衝擊開發是未來必行的策略及方向，在有限的土地上，同時進行人類活動及環境保護；因此，必須提高一般民眾對低衝擊開發策略的信任感，且需要有一些區域性的教育訓練或是現地觀摩學習活動，才能順利發揮其成效的。
- 二、綠營建道路之規劃應檢討既有道路配置及景觀，擴增動植物穿越道及植栽綠化等設施，將道路交通角色轉換為生態綠廊道，並稟持順應自然環境之設計理念，降低道路對沿線生態之衝擊性。
- 三、再生材料的推廣除了可使營建資源的來源更為廣泛，其配合透水性鋪面在

量化評估減少地表逕流量之成效及承壓強度，將有極大的發展空間，因此，未來工作必須先分析資源化材料物性及化性情形並創造其附加經濟價值，以利搭配不同之鋪面型態。

四、透水性鋪面施工品質及維護程序，更需訂定明確施工規範，使施工人員與廠商有所依據，如此生態鋪面方能發揮最大的效益，而人與環境共生共榮的願景。

五、自行車道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，若自行車道擬用透水鋪面，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，營造民眾優質健康的生活環境。

六、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，可提供鋪面維護單位進行透水性鋪面維修工程參考試行。

七、研究團隊藉由彙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。

八、延續已執行之計畫，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，研擬包括設計、施工及品質管理之準則草案，期提升國內土木工程技術。

九、研究團隊以橋梁受洪水災害為例，對使用中橋梁進行風險評估作業，藉目前使用之橋梁耐洪能力安全初步評估表，應用 AHP 層級分析法以問卷方式，由橋梁之管理機關及工程顧問公司等，具橋梁養護、設計經驗之專家對於橋梁受河川環境危害度及橋梁本身結構物耐洪能力風險因子之權重意見。

十、風險評估案例與以橋梁受洪水災害為例，對使用中橋梁進行風險評估作業，藉目前使用之橋梁耐洪能力安全初步評估表，應用 AHP 層級分析法

以問卷方式，藉由國內北部、中部、南部之河川流域橋梁進行風險評估，評估結果再與橋梁主管機關之養護橋梁工程司進行排序之比較，依本研究之風險評估排序皆與專家依據現場經驗判斷之排序相符。應用風險評估概念可簡化評估項目並得到符合的結果，可大幅降低人力與時間。

十一、以纖維強化高分子複合材料(FRP)材料製成輕量型之模組化構件組裝便橋，除具有輕量化、高強度及保存容易之優點，可有效克服傳統便橋(如軍方臂力橋)搭設耗時、耗力等問題，故將 FRP 便橋推動為日後緊急救災使用，係國內應積極研究開發之課題。

十二、各鄉鎮市皆需備有防災倉庫，倉庫內可存放便橋(臂力橋)以及食物，以利災時搶救；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。

十三、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。

十四、整合過去已建置之緊急運送道路查詢系統及過去整體研究計畫成果，今年擴充並更名為緊急運送道路及其附屬設施維護管理系統(以下簡稱本系統)。除本年度(99 年)之成果外，亦包含 96、97 以及 98 年度之研究成果。

十五、本系統主要之用途除為提供各縣市將所規劃之緊急運送道路及其附屬設施進行上傳，以提供災時之搶救災參考。今年更將提昇市區道路品質研究與提昇市區橋梁品質研究四年期研究成果建置於網路平台，期藉由網路之方便性與普及性，將研究成果呈現，並設立討論平台，藉由意見探討提升國內市區道路之技術與品質。

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.” Techhnology 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，國立臺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，國立臺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，國立臺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/kueihienl/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.kamisu.ibaraki.jp/07_government/_hisho_koutyou/doc/pubukome_taishinkaishuukeikaku02.pdf

附錄(一)

橋梁耐洪能力影響因子權重問卷之統計資料

附錄(一) 橋梁耐洪能力影響因子權重問卷之統計資料

說明：為確認公路橋梁耐洪環境危害度風險因子相對重要程度與公路橋梁耐洪能力風險因子相對重要程度，透過 AHP 方式進行問卷調查。

問卷表如下：

表1 公路橋梁耐洪環境危害度風險因子相對重要程度

評估準則	極強	很強	稍強	強	同等重要	弱	稍弱	很弱	極弱	評估準則
	9:1	7:1	5:1	3:1	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	
主河道變遷										河川整治辦理情形
主河道變遷										鄰近有無採砂
主河道變遷										上下游攔河堰
主河道變遷										橋梁保護工現況
河川整治辦理情形										鄰近有無採砂
河川整治辦理情形										上下游攔河堰
河川整治辦理情形										橋梁保護工現況
鄰近有無採砂										上下游攔河堰
鄰近有無採砂										橋梁保護工現況
上下游攔河堰										橋梁保護工現況

表2 公路橋梁耐洪能力風險因子相對重要程度

評估準則	極強	很強	稍強	強	同等重要	弱	稍弱	很弱	極弱	評估準則
	9:1	7:1	5:1	3:1	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	
基礎裸露深度與容許沖刷深度比值										橋墩方向與河川流向夾角
基礎裸露深度與容許沖刷深度比值										阻水面積比
基礎裸露深度與容許沖刷深度比值										基礎形式
橋墩方向與河川流向夾角										阻水面積比
橋墩方向與河川流向夾角										基礎形式
阻水面積比										基礎形式

為使各方專家能了解問卷填寫方式，於問卷中以範例方式說明，AHP 係將相對重要程度分為九個等級，9:1 表示「左邊評估標準」的重要程度較「右邊評估標準」極強；1:3 表示「左邊評估標準」的重要程度較「右邊評估標準」稍為弱；若 1:1 則表示同等重要；其餘依此類推。

範例：

如您認為「主河道變遷」相較於「河川整治辦理情形」的重要程度為稍強，請於表中 5:1 處打「√」

表 3 AHP 填表範例

評估準則	極強	很強	稍強	強	同等重要	弱	稍弱	很弱	極弱	評估準則
	9:1	7:1	5:1	3:1	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	
主河道變遷			√							河川整治辦理情形

結果分析

本次問卷回收情形共計 64 份，主管機關佔 42 份，顧問公司佔 22 份，將 64 份問卷輸入電腦輔助軟體 Expert Choice 中，檢核 AHP 之一致性及計算權重值，共計 52 份問卷通過一致性檢定，視為有效問卷，12 份問卷未通過一致性檢定。

以層級分析法(AHP)計算出來結果，公路橋梁耐洪環境風險因子以鄰近有無採砂指標權重為 0.264 最高，其次為主河道變遷指標權重為 0.254、上下游攔河堰指標權重為 0.174、河川整治辦理情形指標權重為 0.158，最後為橋梁保護工現況指標權重為 0.150，公路橋梁橋梁耐洪能力風險因子，以基礎裸露深度與容許沖刷深度比值指標權重為 0.400 最高，其次為基礎形式指標權重為 0.217、阻水面積比指標權重為 0.200，最後為橋墩方向與河川流向夾角指標權重為 0.183。

表4 公路橋梁耐洪環境風險因子權重表

	主河道 變遷	河川整治 辦理情形	鄰近有無採砂	上下游攔河堰	橋梁保護工 現況
公路總局	0.247	0.140	0.254	0.207	0.152
顧問公司	0.266	0.191	0.281	0.115	0.146
樣本數平 均數	0.254	0.158	0.264	0.174	0.150

表5 公路橋梁橋梁耐洪能力風險因子權重表

	基礎裸露深度與 容許沖刷深度比 值	橋墩方向與河 川流向夾角	阻水面積比	基礎形式
公路總局	0.397	0.217	0.200	0.185
顧問公司	0.405	0.124	0.200	0.271
樣本數平 均數	0.400	0.183	0.200	0.217

附錄(二)

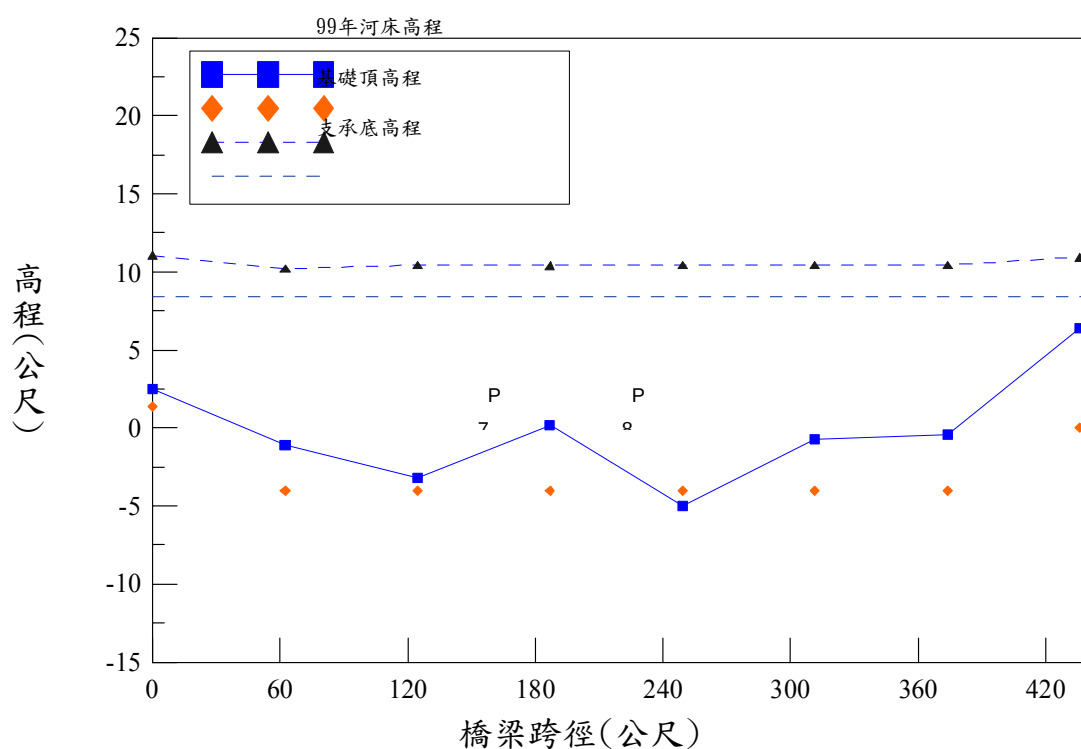
橋梁耐洪風險評估示範案例

附錄(二) 橋梁耐洪風險評估示範案例

說明：以臺北大橋及忠孝大橋為例，藉由橋梁基本資料及河川斷面圖，說明橋梁河川危害度指標及橋梁耐洪能力危害度指標之填寫作業方式。

臺北大橋基本資料

橋梁名稱	臺北大橋
橋梁里程	臺 1 甲線 3k+568
跨越河川	淡水河
竣工年月	民國 85 年 10 月
橋梁長度	481.6 公尺
橋梁跨徑	3@32+6@62.3
橋梁寬度	44 公尺
計畫洪水位	8.4 EL
評估橋墩	P8
評估橋墩基礎型式	樁基礎
評估橋墩基礎深度	51.07 公尺
評估橋墩裸露高度	1.01 公尺



臺北大橋河床斷面圖

臺北大橋橋梁河川危害度指標

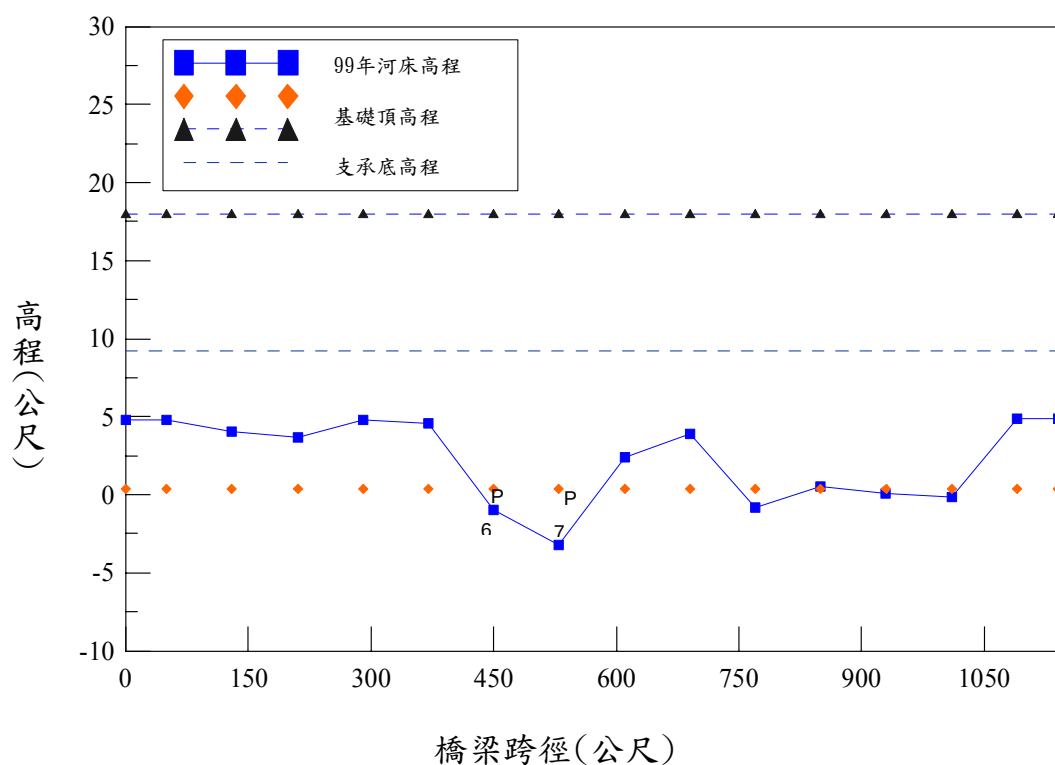
項目	權重	評 估 內 容	配分	評分
主河道變遷	0.25	☐ 嚴重變遷(100) ☒ 輕微變遷(50) ☐ 無(0)	50	12.5
河川整治 辦理情形	0.16	☒ 尚未辦理(100) ☐ 1000公尺以內完成，其他未辦理(50) ☐ 已完成(0)	100	16
鄰近有無採砂	0.26	☐ 1000公尺以內(100) ☐ 1000公尺以外(50) ☒ 無(0)	0	0
上游攔河堰	0.18	☐ 1000公尺以內(50) ☐ 1000公尺以外(25) ☒ 無(0)	50	9
下游攔河堰		☒ 無(50) ☐ 1000公尺以外(25) ☐ 1000公尺以內(0)		
橋基保護工現 況	0.15	☐ 不良(100) ☐ 中等(50) ☒ 良好或無需保護(0)	0	0
分數總計				37.5

臺北大橋橋梁耐洪能力危害度指標

項目	權重	評 估 內 容				配分	評分
基礎剩餘長度與原有長度之比值	0.4	基樁	H_{left}	46.3	當 $H_{left}/H < 0.4$, $\omega = 100$ 當 $0.6 \leq (H_{left}/H) \leq 1.0$, $\omega = (2.5 - 2.5(H_{left}/H)) \times 100$ H_{left} = 基礎剩餘長度；H=基礎原有長度	5.8	2.32
			H	47.4			
		沉箱	H_{left}		當 $H_{left}/H < 0.4$, $\omega = 100$ 當 $0.4 \leq (H_{left}/H) \leq 1.0$, $\omega = (5/3 - 5/3(H_{left}/H)) \times 100$		
			H				
		直接基礎	☐ 置於砂礫層，有沖刷之虞(100) ☐ 置於岩盤表層(50) ☐ 深入岩盤 (0)				
橋墩方向與水流方向夾角	0.18	θ	0	$K_{\theta} = [(l/b)\sin\theta + \cos\theta]^{0.65}$ 當 $K_{\theta} \leq 2.0$ · $\omega = (K_{\theta} - 1) \times 100$ 當 $K_{\theta} > 2.0$ · $\omega = 100$ l =橋墩沿垂直行車方向深度， b =橋墩等值寬度	0	0	
阻水面積比 $R_A(\%)$	0.2	R_A	5.1	$\omega = (R_A - 5)/5 \times 100$	2	0.4	
基礎型式	0.22	☐ 直接基礎 (100) ☐ 沉箱基礎(50) ☒ 樁基礎 (0)				0	0
分數總計							2.72

忠孝大橋基本資料

橋梁名稱	忠孝大橋
橋梁里程	臺1線 1k+258
跨越河川	淡水河
竣工年月	民國71年4月完工
橋梁長度	1145公尺
橋梁跨徑	2@50+13@80
橋梁寬度	44公尺
計畫洪水位	9.23EL
評估橋墩	P7
評估橋墩基礎型式	樁基礎
評估橋墩基礎深度	46公尺
評估橋墩裸露高度	3.6公尺



忠孝大橋河床斷面圖

忠孝大橋橋梁河川危害度指標

項目	權重	評 估 內 容	配分	評分
主河道變遷	0.25	■ 嚴重變遷(100) □ 輕微變遷(50) □ 無(0)	100	25
河川整治 辦理情形	0.16	■ 尚未辦理(100) □ 1000公尺以內完成，其他未辦理(50) □ 已完成(0)	100	16
鄰近有無採砂	0.26	□ 1000公尺以內(100) □ 1000公尺以外(50) ■ 無(0)	0	0
上游攔河堰	0.18	□ 1000公尺以內(50) □ 1000公尺以外(25) ■ 無(0)	50	9
下游攔河堰		■ 無(50) □ 1000公尺以外(25) □ 1000公尺以內(0)		
橋基保護工現 況	0.15	□ 不良(100) □ 中等(50) ■ 良好或無需保護(0)	0	0
分數總計				50

表 A6 忠孝大橋橋梁耐洪能力危害度指標

項目	權重	評 估 內 容				配分	評分	
基礎剩餘長度與原有長度之比值	0.4	基 樁	H _{left}	42.4	19.6	7.8		
			H	46				
		當 H _{left} /H<0.4 ， ω=100 當 0.6≤(H _{left} /H)≤1.0 ， ω=(2.5-2.5(H _{left} /H))×100 H _{left} = 基礎剩餘長度；H=基礎原有長度						
		沉 箱	H _{left}					當 H _{left} /H<0.4 ， ω=100
			H					當 0.4≤(H _{left} /H)≤1.0 ， ω=(5/3-5/3(H _{left} /H))×100
直接基礎				☐ 置於砂礫層，有沖刷之虞(100) ☐ 置於岩盤表層(50) ☐ 深入岩盤 (0)				
橋墩方向與水流方向夾角	0.18	θ	5	$K_{\theta} = [(l/b)\sin\theta + \cos\theta]^{0.65}$ 當 K _θ ≤2.0· ω=(K _θ -1)×100 當 K _θ >2.0· ω=100 l=橋墩沿垂直行車方向深度，b=橋墩等值寬度		19	3.42	
阻水面積比 R _A (%)	0.2	R _A	6.7	ω=(R _A -5)/5×100		34	6.8	
基礎型式	0.2	☐ 直接基礎 (100) ☐ 沉箱基礎(50) ☒ 樁基礎 (0)				0	0	
分數總計							18	

附錄(三)

工作計畫書研商會議審查意見回覆表

附錄(三) 工作計畫書研商會議審查意見回覆表

壹、時間：中華民國 99 年 4 月 14 日,下午 2 時 0 分

貳、地點：內政部營建署 107 會議室

參、主席：尤組長培基

肆、審查意見與回覆

審 查 意 見	回 覆 意 見
鄧副所長文廣	
1.請加強說明緊急運送道路規劃示範案例之選擇條件，並彙整過去兩年之示範案例。	1.會依據委員意見說明示範案例選擇條件，並將這幾年之示範案例，放入期末成果報告之中。
2.擬訂緊急運送道路規劃與評估準則時，相關名詞應清楚定義。例如： (1)計畫書第 19 頁中“於消防避難道路中道路兩旁須為不燃建築”，何謂「不燃建築」即須定義清楚。 (2)“於緊急避難道路中，任一街廓皆需包含兩條以上的緊急運送道路”，是否在國內各鄉鎮皆可做到？ (3)“於規劃考量因素中，由於緊急運送道路本就集中於狹小都會地區，再加上與震源(地震帶)”，地震帶是否應改為斷層帶。其它部分亦有類似情況，請加強說明。	2.(1)計畫書第 19 頁中“於消防避難道路中道路兩旁須為不燃建築”，研究團隊已進行修正。 (2)都市型之鄉鎮市可以達成，但非都市型(偏遠地區)，則無法有效規劃。 (3)“於規劃考量因素中，由於緊急運送道路本就集中於狹小都會地區，再加上與震源(地震帶)”，本研究團隊已將地震帶改為斷層帶。
3.透水性鋪面係用於人行道或是車道鋪面，目前國內車用道路係以排水性鋪面系統為主，故於計畫中應確定透水性鋪面使用範圍。	3.本研究之透水性鋪面係應用於人行道，感謝委員意見。
4.建議將本研究中之各種再生材料於使用上之優、缺點及適用範圍進行說明，以便後續使用。	4.依委員意見，將本研究中之各種再生材料於使用上之優、缺點及適用範圍，於期中報告進行說明。
5.請於報告中詳細說明所研究簡易便橋之用途、安裝方式、構造(橋台、橋墩及跨距等)等，將是一重要成果。	5.將於期末報告中詳述本研究之 FRP 簡易便橋之用途、安裝方式、構造等，提供參考。

6. KPI 經濟效益中，提及降低熱島效應可使地面降低 2~3℃，於數據上不易量測，請重新考量描述方式。	6. KPI 經濟效益中，提及降低熱島效應可使地面降低 2~3℃，係以本研究所得之實驗保守數據。
臺北市府	
1.計畫內容有關市區道路部分，建議納入建立市區道路及其附屬設施之檢測、評估與延壽之準則。	1.本計畫之市區道路及其附屬設施養護及管理，係針對透水性鋪面及再生材料應用部分，因此將僅對此部份之檢測評估等提出建議準則。
2.針對道路鋪面、橋梁之養護，建議可建立一套自檢方式，訂定綜合評估指標及養護排序準則等完整養護機制，俾供全國各縣市政府實際執行時參考，使有限的養護經費能確實用在急需更新維修的道路鋪面及橋梁上。	2.市區橋梁部份，本計劃於第一年已提出市區橋梁劣化現象與原因之關連性機制及快速診斷法，可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。
高雄市政府	
1.希望四年的研究成果不只是一本研究報告，建議轉化為地方政府及工程單位可實際應用執行的各項相關工程施工規範。	1.本年度為 4 年期計畫之最後一年，將整合過去研究，並對研究內容訂定各項相關手冊或規範要項，提供地方政府及工程單位可實際應用執行的參考依據。
2.自行車道是目前國內最熱門的一個議題，各部會及地方政府對於自行車道有關之法令、規定似乎不盡相同，建議本研究針對此部分加強，後續並提出較具體之維護管理準則，供各地方政府參考。	2.各縣市均有當地單位職責，自行車由何單位管理建議由縣市政府上級單位協調統一。本計畫將提出維護管理具體準則。
本署道路工程組	
1.目前本署對於廢棄混凝土應用於路基尚有不同意見，本計劃之再生材料建議可納入廢棄混凝土。	1.再生材料繁多，本計劃已研究部分未涵蓋廢棄混凝土，往後若有計畫再行研究。

本署北工處	
1.在推動透水性鋪面及再生材料方面，往往因地方之接受性較低，造成實際執行的困難，建議再瞭解問題點並加以克服，方能加以推廣並發揮效果。	1.將加強說明透水性人行道適合或不適合之處，以方便推廣說明並發揮效果。
2.各管線單位申挖埋設管線、填砂、碎石級配、控制性低強度材料及假修復面層 AC 後，道路主管機關(養護單位)大多以申挖全線採一線車道刨鋪 AC 方式辦理。倘為透水性鋪面方式養護，其與管線單位申挖路段銜接部分，有無需再加強處理方案，以避免車輛行駛後路面損壞，請研究團隊加強探討。	2.本計畫研究範圍為人行道，車道部分將來若有機會再行研究。
本署中工處	
1.建議透過設計手冊呈現標準圖、單價分析、施工規範等資料，在不同設計條件下，可使第一線工程設計人員不需藉助顧問公司而能直接參考使用，使研究成果得以推廣應用。	1.本計畫成果將透過設計手冊呈現標準圖、施工規範要項等資料，使研究成果得以推廣應用。
本署公共工程組	
1.請加強說明市區道路維護管理系統將來的維護管理事宜。	1.市區道路維護管理系統於計畫完成後，將提供使用操作手冊，一併轉由營建署維護管理。
2.再生材料相當多樣，建議選最常使用的再生材料進行研究。	2.感謝委員建議，本計畫亦是朝常用的再生材料，如廢玻璃等，進行研究。
3.規範訂定係具有法律效力，並非少數人即可決定且程序繁雜，建議研究內容以訂定手冊或規範要項為原則。	3.規範訂定須經由多數人研議，本計畫研究內容以訂定手冊或規範要項為原則。
4.建議三項研究子題之成果報告，個別提出三本整合之研究成果，以利使用	4.最終研究成果將分別針對三項研究子題，各別提出整合之研究成果。

者翻閱。	
5.請研究單位重新檢視本(99)年度綱要計畫國科會審查意見及國家科學技術發展計畫本部主辦相關重要措施，確實納入本年度工作中辦理。	5.已將(99)年度綱要計畫國科會審查意見及國家科學技術發展計畫相關重要措施，納入本年度工作中辦理。

附錄(四)

期中報告審查意見回覆表

附錄(四) 期中報告審查意見回覆表

壹、時間：中華民國 99 年 7 月 23 日,上午 10 時 0 分

貳、地點：內政部營建署 105 會議室

參、主席：尤組長培基

肆、審查意見與回覆

審 查 意 見	回 覆 意 見
黃教授榮堯	
1.本年度工作重點建議應整理過去三年研發成果，透過國內、外案例及國內示範案例驗證各項研發技術之正確性與實務可操作性，並透過技術轉移與教育訓練以推廣研發成果。	1.於成果報告時，將對各子計畫整理過去三年研發成果，並製作成果彙編，透過國內、外案例及國內示範案例驗證各項研發技術之正確性與實務可操作性，並辦理成果發表會以推廣研發成果。
2.本研發計畫分為『道路』、『橋梁』及『緊急運輸』三大部分，建議成果能依『技術』、『系統』、『準則』及『教育推廣(含案例)』四項加以整理，以彰顯本計畫四年研究成果與貢獻。	2.感謝委員意見，已納入期末報告之結論與意見章節部份。
3.建議加強推廣 LID 理念與設計，應用於國內市區道路建設，尤其是首善之都台北市。	3.依委員意見增加台北市說明示範案例，並已放入期末報告中，感謝委員意見。
4.透水瀝青鋪面道路之路基底層使用壽命，似仍有疑慮。請檢討是否能改以排水至道路兩側，再入滲至土壤，達到透水功能之可行性。	4.感謝委員意見，此改善部分是可考慮方向；但目前國內外鋪面結構厚度較一般結構厚，以降低基底承载力。
曾組長志煌	
1.本研發案最終之重要成果為各項手冊及系統的產出，以運研所過去開發系統之經驗，在系統實際操作上應訂定明確目標並考量：(1) 何人使用；(2) 如何使用；(3) 維護是否簡便；(4) 使用者之需求；(5) 使用上是	1.本案定義使用者定義為(A)各縣市緊急道路權責單位的使用者(B)一般使用者/研究學者，所以針對這兩類使用者分別提供不同程度之研究成果：一般使用者提供靜態之網頁資料，內容為歷年成果之集成；針對各

否容易取代舊系統等。	縣市緊急道路權責單位的使用者則再提供文檔上傳等功能。系統採用Web-AP 架構可減少使用上之學習成本，將角色/權限設定與帳號開設聯結在一起，減少維護時所需的操作成本，操作步驟力求簡便。
2.為有效落實系統運作，建議以獎勵的方式進行競賽，以利系統永續經營。	2.感謝委員意見，系統移交後可依委員所提之建議，以獎勵的方式使管理單位可快速上手並使用，以利系統永續經營。
3.市區道路相關法規修訂，建議納入自行車有關規範，尤其自行車的規劃原則應納入經濟性之考量。	3.感謝委員意見，本計畫考量市區道路近況及因素，其成果將提供相關單位參考及修正。
公路總局	
1.有關橋梁檢測，目前公路總局使用的是D.E.R.U.表，其中的「U」代表維修的急迫性，但這部份的評分標準不一，建議研究單位可加強研究並提供建議。	1.於96年計畫中已提出一利用類神經網路之方式優質化檢測結果，並針對劣化因子預測並診斷維修之急迫性，若落實本研究成果，將可使此部份之評分標準化。
2.緊急運送道路機能檢核表中，規劃良好是58分，但在一般觀點看是一個不及格的分數，建議可進行調整，以顧及社會觀感。	2.已將分數調整為總分為100分，加強社會正面觀感。
台北市政府	
1.請加強說明橋梁監測應在哪時候進行監測，及進行何種監測。	1.有關市區橋梁之監測技術之研究，已於98年成果報告中說明。
2.有關橋梁目視檢測，每位現場工程師判斷標準不一致，研究團隊是否可提供檢測標準。	2.於96年計畫中所提之優質化橋梁檢測作業方式，建議增加檢測劣化因子與劣化現象之記錄表，並以照片說明評分方式，現場檢測完成後，內部作業可依照照片再次檢覈評分之分數，可使檢測標準更加一致。

高雄市政府	
1.建議考量節能減碳的原則，提出可應用的(再生)材料，工程技術及相關可供執行的施工規範要項。	1.感謝委員，依委員意見，已於期末報告考量節能減碳的原則，提出可應用的(再生)材料之工程技術及相關施工規範。
2.緊急運送道路應結合橋梁的品質提升計畫，於橋梁計畫提出可行的橋梁斷裂損壞修補、災後修復機制。並應用新材料、新技術，以提供可搶通時程資訊。	2.於報告書 3.5 節中，提出以 FRP 進行緊急救災便橋之構想，亦為研究團隊後續之研究目標。
3.新材料的使用施工準則應有與傳統材料的優勢比較表(含價格、效能、工期)，建議研擬的施工準則應含施工步驟及各個品質管理的工程檢(查)核及相對必要的檢(試)驗項目及標準，以利落實於地方政府的使用。	3.新材料與傳統材料之比較表於 97 年研究報告中已詳細說明；研擬的施工準則已將施工步驟及品質管理檢(試)驗項目及標準納入，利於地方政府的使用。
4.可檢討適合試辦的工程地點，並建議營建署編列經費進行工程試辦，以利落實推廣至實際工地執行。	4.感謝委員意見，將來若有試辦機會，研究團隊會積極協助工程之執行，以達研究成果落實及推廣。
台北縣政府	
1.建議研究成果手冊可提供下載，以利地方政府之參考。	1.本系統將會以此功能性開發建置
2.緊急運送道路初期成果中提到，各縣市可設置防災倉庫存放便橋，以利於災時搶救，惟研究團隊是否需考量縣市政府是否有能力對便橋進行組裝、維修費用等相關維護管理。	2.此部分是針對重要道路橋梁，可透過簽訂開口合約方式，達到此效果。另在便橋部份，研究團隊以 FRP 材料進行組裝設計，期以輕量化及模組化減小組裝之難度，另因材料本身耐久性佳之優點，亦可大幅降低後續維護管理費用。
本署道路工程組	
1. P.25 中原內容「CNS 規定洛杉磯...基本要求」，建議修改為「CNS 規定	1.感謝委員意見，研究團隊已進行修正。

洛杉磯磨損試驗不得高於 50%，由於再生材料如廢棄混凝土、焚化底渣僅替代部分天然砂石，混合料於採用時需注意性質是否合乎需求」。	
2. P.63 中原內容「將國內常用自行車道鋪面包含...」，建議修改為「將國內常用自行車道鋪面包含彩色塗料、彩色瀝青混凝土、彩色磁石瀝青混凝土鋪面」。	2.感謝委員意見，研究團隊已進行修正。
3.請說明 FRP 材料是否有國家專利。	3.FRP 材料並無專利問題。
北工處	
1.以透水瀝青或透水混凝土做為路基仍有疑慮，目前不考慮使用，而透水鋪面大約 2~3 年即產生很大的損害，建議研究單位可以提供較佳的規劃、設計及施工參考手冊及改良工法。	1.已於四年成果彙整報告書中提供相關規劃、設計及施工參考手冊及改良工法。
本署中工處	
1.請說明目前 FRP 材料在購買上是否普遍，以免規劃設計後，施工上有貨源不足的問題。	1.國內具有相當水準之 FRP 生產技術，故相關產品於市面上皆容易購買，因此並無貨源不足的問題。
2.滲透陰井、側溝、生態滯留槽等措施，是否因汙染物下滲造成環境汙染，請評估是否擬訂適用範圍(都市計畫區分等)。	2.感謝委員建議，此部分需較多時間資源執行，目前則此適用原則作為限制使用範圍。
3.緊急運送道路救災類型之分析，宜評估各縣市不同的狀況。	3.本計畫之規劃準則為通則，各鄉鎮市還是要因地因災害別制宜。
本署南工處	
1.縣市政府橋梁檢測作業要點(草案)第 11 點，有關橋梁檢測結果辦理優選排序後，有多少經費可執行，涉縣市政府財政能力及首長重視度，初期	1.研究所提之縣市政府橋梁檢測作業要點(草案)，係為適合市區橋梁管理單位所擬定之檢測制度依據，惟於經費編列上非本研究內容及權責。

建議於相關法規、規範及預算經費編列下限。(p.105)	
2.建議受水災之橋梁風險評估與耐震能力評估結合檢討。(p.165)	2.本計畫所提之受洪水災害風險評估旨在提出一有效之方式進行風險評估作業程序，並非一標準作業方式，橋梁管理單位可依本案例自行進行各種災害之風險能力評估方式。
本署公共工程組	
1.本計畫為四年期計畫，在前三年著重於技術的開發，最後一年則著重於如何將計畫成果回歸到實務面，例如手冊的擬訂及建議法規的修訂等，計畫成果除需滿足工作項目的要求，亦應落實實際效益。	1.本年度之成果將以各子計畫三年研究成果彙編成冊之方式展現，包含各手冊、案例等，未來可提供使用者使用之方便性，已提達應用落實之實際效益。
2.市區道路建議法規修正部份，後續宜具體說明建議修改之法規及條文為何，以及修正的理由。	2.感謝委員建議，法規修正部分已於期末報告中提出。
3.橋梁檢測作業要點於縣市政府之參考利用，因行政層級的不同，會有不同的作法，建議先釐清實際使用者是誰，再進行訂定以利實際推行。	3.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，並藉由與國內市區橋梁管理單位以問卷調查、專家座談等方式進行擬定。
4.工作項目宜加強實際案例的提供，以利成果為未來執行單位落實運用。	4.各子計畫已將四年期之研究成果包含案例彙編成冊，便於未來執行單位參考，使研究成果可落實運用。
5.透水鋪面在使用上的目的及限制應具體說明，及如何提高其使用壽命。	5.已針對透水性鋪面使用上的目的及限制，增加養護時機及工法，使其提高使用壽命。

附錄(五)

期末報告審查意見回覆表

附錄(五) 期末報告審查意見回覆表

壹、時間：中華民國 99 年 12 月 10 日,上午 9 時 30 分

貳、地點：內政部營建署 B1 樓第三會議室

參、主席：陳主任秘書肇琦

肆、審查意見與回覆

審 查 意 見	回 覆 意 見
林教授志棟	
1.99 年度請建立查驗表，以核對工作項目符合度，包括國科會之 KPI 之指標。	1.於承辦單位驗收後，研究團隊將彙整相關資料交予業務承辦單位。
2.相關圖表，請列入參考資料或文獻，表格應用新資料。	2.報告中相關圖表已註明參考資料或文獻，相關表格亦更新資料。
3.網站之設計，可參考永續公共工程網站，互相呼應。	3.已參考永續公共工程網站進行細部修正，並設定連結至永續公共工程入口網。
4.各章節個案完整、嚴謹，但各階段案例的挑選原因及考量為何？並請將各階段案例加以比較。	4.案例挑選原則，主要是依據各鄉鎮市的意願，否則本研究團隊規劃完又自己打分數，有球員兼裁判之嫌，再者鄉鎮市也可能不認同本研究團隊規劃之成果，因此，在案例選擇還是以鄉鎮市意願為主要考量。今年度之手冊係依據今年度最後修正的表格重新分析過去案例，讓分年案例具一致性，方便各縣市參考。
5.國外資料十分寶貴，但資料應註明出處。	5.報告中相關資料已註明參考資料或文獻出處。
6.相關之成果，融入道路相關法規修訂，請說明修正理由。	6.感謝委員意見，於期末報告訂正版 P.143，表 2.23 補足。
鄧處長文廣	
1.國內目前使用爐石及底渣於再生材料應用之維護管理上，尚有一些疑	1.感謝委員意見，已提供爐石及底渣之特性、通用性及應注意事項，於期末

慮，例如一些有毒物質對地下水污染的影響，及爐石吸水率太大之問題，雖非研究團隊之工作項目，可否請研究團隊提供相關經驗以供參考。	報告訂正版 P.26~28，表 2.3 加入說明；有毒物質及吸水率問題，因底渣及廢紅磚吸水率大易脹縮，尤其應注意底渣係由焚化後排出之殘留物含有害物質易造成地下水污染，所以底渣使用前還需經 TCLP(廢棄物毒性特性溶出程序)檢測，詳見 P.25。
2.再生材料應用道路工程之評估流程過於複雜，請檢討是否予以簡化。	2.已將流程重新編排及利用線條標示清楚，於期末報告訂正版 P.30，圖 2.2。
3.表 2.4 現地試驗之工作項目表，請檢討是否加入目前常用之測試方式。	3.已將 3m 直規加入表 2.5 中，作為目前常用之測試方式。
4.透水性鋪面，建議用於較不重要之道路上。	4.國內目前相關透水性鋪面鋪設，已運用在人行道、公園廣場步道鋪面及社區道路輕交通量，而未來研究方向則建議以運用於中高交通量或主、次要幹道之車道上。
5.P.89 自行車道規範之建議可否說明建議之理由。	5.自行車道規範之建議於 P.135~137 詳述，而於期末報告訂正版 P.143 也說明建議之理由。
6.報告書中建議不要將廠商產品放入。	6.感謝委員建議，已於期末報告訂正版 P.43 將 JW 工法刪除。
7.P.158 承載能力評估流程圖中，提及 HS20-44 加乘 1.25 倍進行評估，但文中似乎並無敘明，請再檢核內文說明部分。	7.本研究主要係將 HS20-44 與 HS20-44 加乘 1.25 倍進行比較，透過分析結果建議對於國內普遍較短跨徑之市區橋梁，採用 HS20-44×1.25 設計活載重之規定。
8.橋梁風險評估部分之表 3.18 部分，內容可否再補充一些計算方式或是加入計算範例。	8.感謝委員意見，已於附錄(二)部份加入臺北大橋及忠孝大橋施作範例作為說明。
9.防災道路部分 P.264 評估表之權重來源，請加強說明。	9.P.264 及後續相關橋梁評估表係參考交通部過去研究報告建議之評估方式，後續公路局亦有對相關評估表進行修正。其權重來源可參考橋梁風險評估方式以 AHP 問卷調查方式計算得知，報告中僅說明橋梁評估可依此

	方式進行，實際操作時則依管理單位選用之方式進行評估即可。
10. P.280 民間通報系統等部份，建議跟目前實際使用情形查對。	10.感謝委員意見，本研究民間通報系統部份是依據地區災防計畫內容所擬定，應符合目前實際使用情形。
11.緊急運送道路檢核表中之檢核項目在語意上仍存在許多不明處，請研究單位修正。	11.感謝委員意見，已於 4.4.5 節中，針對急運送道路檢核表中之檢核項目在語意上不明處進行修正。
台北市政府	
1.建議研究單位加強透水性鋪面應用於車道鋪面之設計原則。	1.本研究之工作內容是以人行道及自行車道為研析主軸，而應用於車道鋪面之部分可作後續研究計畫主題。
2.提昇既有市區道路品質研究成果彙編中 P.113，對於人手孔問題提及 EPO 機械工法，研究單位可否較詳細的補充此工法，供縣市政府參考。	2.EPO 機械工法於四年研究計畫之 96、97 年皆有詳述；亦於提升既有市區道路成果彙編手冊 P.113~114 加以說明。
3.提昇既有市區道路品質研究成果彙編中，表 5.3 人行道附屬設施物與管理涉及單位表係以 2001 年整理，建議研究單位依目前實際情形配合修正。	3.依建議加以修正，詳成提昇既有市區道路品質研究果彙編表 5.3。
高雄市政府	
1.環境友善之市區道路新建及維護管理系統是否考量納入人孔下地之路平專案內容。	1.感謝委員意見，於期末報告訂正版 P.109 加入人孔下地之路平專案內容。
2.再生材料的推廣，建議進一步說明適用情形及應注意事項。	2.已於期末報告訂正版 P.26~28，表 2.3 詳細說明適用情形及應注意事項。
3.橋梁 FRP 的材料應用手冊應訂定明確施工規則及建議適用情形。	3. FRP 材料應用於橋梁補強之施工規則及建議適用情形，已於“提升既有橋梁品質研究成果彙編”手冊中說明。
台北縣政府	
1.研究團隊未來可否能於縣市政府在	1.感謝委員意見，本研究團隊亦樂意於

應用研究成果時，提供指導機制。	未來將研究成果推廣至各縣市政府。
本署 中區工程處	
1.期末報告 P.40 透水性鋪面養護工法中基底層材料回填，可利用低強度高控制性材料進行填補，請檢討過於強調透水性而使鋪面本身強度不足。	1.感謝委員意見，透水性鋪面養護工法中基底層材料回填，可利用透水性混凝土或粒石級配料進行填補，於期末報告訂正版 P.42 已修改。
2.使用滲透陰井及滲透側溝於設置污水管線地區，請檢討是否會影響到家庭廢水對於環境之污染。	2.使用滲透陰井及滲透側溝本身即以兩汙水分流方式設計，它們主要是滲透市區道路雨水，對環境污染很微小。
3.緊急運送道路規劃手冊 P.11 頁中，各項道路係以路寬劃分，惟國內多數鄉鎮內道路並無法依此標準完成，建議由各縣市政府依實際情形劃分。	3.感謝委員意見，緊急運送道路規劃手冊，各項道路以路寬劃分係由營建署建築研究所相關研究建議而得，惟國內各縣市政府於規劃時，應因地制宜依實際情形劃分。
4.緊急運送道路規劃手冊 P.97 頁中提及災後復建，建議參考行政院公共工程委員會之公共工程災後復建經費審議執行要點內之規定辦理。	4.感謝委員意見，本研究是以鄉鎮市為單位，因此依據縣市之地區災害防救計畫進行規劃，該計畫係以公共工程災後復建經費審議執行要點內之規定辦理。
本署 北區工程處	
1.有關再生材料焚化爐底渣使用於道路基層，對於有毒物質溶出，實際執行民眾仍有疑慮，建議以後研究計畫納入固化、穩定性、耐久性及規範等方面以利執行。	1.有關底渣之使用於期末報告訂正版 P.26~28，表 2.3 說明；而有毒物質溶出方面，基本上底渣於使用前皆需經過 TCLP(廢棄物毒性特性溶出程序)檢測及水洗去異味，所以民眾可免於此疑慮。
2.對於人行道透水性鋪面由於都市內商家經常性不正常使用，以致後續養護困難，建議使用於車輛不易臨停，及公園內景觀道路較為可行。	2.美好的環境是共同創造的，相關單位應當宣導商家正常使用透水性鋪面；而於期末報告訂正版 P.37~40 也說明透水性鋪面較適合地區及維護管理注意事項。
3.對於到道路透水性鋪面(3 公分開放	3.目前透水性鋪面較適合地區於

級配瀝青混凝土)通常高速公路較常使用，而快速道路及市區道路，由於耐磨性及技術性問題，因維養困難，地方政府較少使用，建議能配合業界完整規範，再行使用較為合宜。	P.38~39 說明，至於車道應用透水性鋪面，國內尚未規範，但由於透水性鋪面對環境友善助益甚大，故此部分可作後續研究計畫主題。
本署南區工程處	
1.建議研究單位進一步說明再生材料適用於何類道路。	1.感謝委員建議，於期末報告訂正版 P.26~28，表 2.3 說明再生材料適用於何類道路。
2.FRP 橋梁補強案例建議具體說明補強地點於何處。	2.國內以 FRP 進行橋梁補強案例眾多，可藉臺灣地區橋梁管理系統查詢案例地點，本團隊僅針對願意公布示範地點之單位橋梁，如中山橋等進行說明，相關資料亦置於本案建置之網站上進行說明。
本署道路工程組	
1.有關市區道路相關法規之探討與建議，簡報中說明舉例很清楚，但在報告書中未具體針對各條文之修正建議提出說明，請進一步加強。	1.感謝委員意見，於期末報告訂正版 P.143，表 2.23 補足。
2.在橋梁技術研發成果，舊有橋梁耐震之考量，僅提供功能性支承及加設防落設施，但實務上亦有阻尼消能器及 STU 設置，若能再加入比較將更完善。	2.功能性支承本身係以多種支承及防落橋設施組合進行設計，並於 97 年研究報告表 4.1 中與隔、減震阻尼器等進行比較，因功能性支承較適用於市區橋梁，故不將相關阻尼消能器列入研究範圍。
本署公共工程組	
1.本年度計畫挑選台北縣蘆洲市及高雄市三民區之理由何在？這些案例如何回饋到所建議之規劃與評估準則？	1.案例挑選原則，主要是依據各鄉鎮市的意願，否則本研究團隊規劃完又自己打分數，有球員兼裁判之嫌，再者鄉鎮市也可能不認同本研究團隊規劃之成果，因此，在案例選擇還是以鄉

	鎮市意願為主要考量；今年度之手冊係依據今年度最後修正的表格重新分析過去案例，讓分年案例具一致性，方便各縣市參考。
2.有關市區道路法規修正建議，前於期中審查會請研究單位具體說明建議修改之法規及條文為何。惟查所送報告書 2.5 節，雖有檢討中央及地方相關法規，但僅臚列法規條文，並未說明修正理由，請於成果報告中補強。	2.感謝委員意見，於期末報告訂正版 P.143，表 2.23 加強說明。
3.期中審查時黃榮堯教授提及「透水瀝青鋪面道路之路基底層使用壽命，似仍有疑慮。請檢討是否能改以排水至道路兩側，再入滲至土壤，達到透水功能之可行性」貴校答覆以「國內外鋪面結構厚度較一般結構厚，以降低基底承载力」，似未就問題核心檢討，請再進一步說明。	3.透水性鋪面改為排水至道路兩側，再入滲至土壤，需導引排水至較深土層，否則對路基及底層亦會受影響，若低於透水性鋪面成本，即可採行。
4.有關橋梁品質方面，國科會審查意見，建議執行單位應參考中央大學橋梁研究中心之相關資訊，以避免重複乙節，惟於報告中並未適切比較說明，請研究單位進一步說明。	4.橋梁中心在橋梁工程方面的研究，係透過理論、數值、實驗及現地量測等四種方式，對於以下諸問題進行深入之研究：橋梁結構與基礎系統分析與設計、橋梁施工技術之研究發展、橋梁結構行為之監測預警系統、橋梁結構損傷與壽命評估、橋梁之維修補強及橋梁系統基本資料之維護管理。 本計畫橋梁品質方面係針對市區橋梁進行相關研究，並採 FRP 新材料新工法進行技術研究，另擬訂營建署所轄縣市政府橋梁檢測作業要點(草案)，及橋梁受天然災害之風險評估方式，多種研究項目皆與中央大學橋樑研究中心研究項目有所不同。
5.前次會議地方政府反映能有可供即刻執行之施工規範要項，所擬之準則	5.本年度已建置網站，將四年成果透過網路方式分享，並可提供規劃上的諮

如何能落實於地方政府待改善之市區道路及其附屬設施，請再加強說明。	詢。本研究團隊亦樂意於未來將研究成果推廣至各縣市政府。
6.國科會審查意見本計畫中綱計畫時指出，可以下列指標來評估計畫績效：(1)實際改善的橋樑數量。(2)可以提升緊急救災的效率程度指標。(3)多少道路面積將會受此一研究的影響，而改變其品質。惟查報告書中並未對該項意見予以適切檢討回應，請進一步補充。	6.本計畫執行期間辦理多場研討會，並制定多份相關手冊及示範案例，藉由研究成果推廣，初估(1)實際改善的橋樑數量至少 20 座；(2)至少六個鄉鎮已規劃完成緊急運送道路路網；(3)至少 15,000 m ² 道路面積採再生材料及透水性鋪面等改善品質。
主席結論	
1.本案 99 年期末報告審查原則同意通過，請研究單位依與會專家學者及機關代表所提意見納入修正參考列表回應，並將修正後之成果報告送署，循行政程序辦理後續結案相關事宜。。	1.已針對與會專家學者及機關代表所提意見，於期末報告書進行修正及說明。
2.為利本計畫成果應用執行，請再加強說明如何將研發成果落實於地方政府，以達到計畫在實務應用上之成效。	2.本四年期計畫雖已完成，但在後續研發成果推廣及應用上，將透過今年度完成之網路系統進行推廣工作。地方政府於推行上若遇問題，研究團隊亦非常樂於協助，使計畫在實務應用上之有所成效。
3.會後請業務單位再洽詢未出席之委員提供意見，併同出席本次會議之專家委員及機關代表意見，納入修正參考列表回應。	3.已洽詢未出席之委員提供意見，並將各專家委員及機關代表意見進行回應，並已納入期末成果報告書中。