



國道邊坡全生命週期 維護管理技術研究暨系統擴增開發 成果報告書

執行單位：逢甲大學
交通部臺灣區國道高速公路局
中華民國 102 年 6 月

目 錄

第一章	計畫概述	1
1.1	計畫緣起與目的	1
1.2	工作項目內容及範圍	1
1.2.1	建立國道邊坡基本資料及各項維護管理資料	2
1.2.2	建立邊坡分級及安全性評估機制	3
1.2.3	建立多元通報機制規劃	3
第二章	關鍵問題分析	4
2.1	生命週期管理概念	4
2.2	國道邊坡管理平台	5
2.3	掌握國道邊坡安全性	6
第三章	國道邊坡基本資料及各項維護管理資料建立	7
3.1	整體工作方法	7
3.1.1	系統開發整體工作流程	7
3.1.2	系統規劃方法	8
3.2	國道邊坡管理資料建置	9
3.2.1	系統開發環境	9
3.2.2	系統功能架構	10
3.2.3	地質剖面圖產生模組	50
3.2.4	國道邊坡巡查系統資料介接	51
3.2.5	資料轉換及平台介接	54
3.3	資料庫系統建置及軟硬體設備更新	62
3.3.1	軟體採購	62
3.3.2	系統備份計畫及系統故障復原計畫	63
3.4	監測資料標準化與介接機制	77
3.4.1	資料格式標準化 -XML	77
3.4.2	資料格式制訂	77
3.4.3	資料擷取架構	78
3.4.4	資料解析	79
3.4.5	自動化介接成果	79
3.5	國道邊坡資訊交流平台	81
3.5.1	系統功能	81
3.5.2	與「國道邊坡全生命週期維護管理系統」介接	85
3.6	國道邊坡全生命週期維護管理系統執行現況	87
3.6.1	使用者人數	88
3.6.2	邊坡筆數	88
3.6.3	巡查筆數	89
3.6.4	工程筆數	89
3.6.5	監測數量	90
3.6.6	資訊交流平台筆數	91
第四章	邊坡分級及安全評估機制建立	92
4.1	國道邊坡分級評估	92
4.1.1	文獻回顧	92

4.1.2	高速公路局現有邊坡評分方式	100
4.1.3	不同邊坡分級方法之比較	104
4.1.4	國道邊坡分級研析	107
4.1.4.1	邊坡巡查檢查表調整建議	107
4.1.4.2	邊坡分級流程建議	111
4.1.4.3	邊坡分級方法試填結果	113
4.1.5	地錨功能評分表之調整建議	124
4.2	損壞歷史統計分析	127
4.2.1	文獻回顧及資料收集	127
4.2.1.1	損壞記錄統計分類	131
4.2.1.2	結構使用年限損壞定義探討	135
4.2.2	損壞紀錄統計分析	138
4.2.2.1	統計方法選用	138
4.2.2.2	邊坡人為設施損壞統計說明（20 年內）	169
4.2.3	損壞機制數值分析	196
4.2.3.1	PLAXIS 有限元素程式介紹	197
4.2.3.2	SLOPE/W 程式介紹	200
4.2.3.3	邊坡穩定分析程式 STABL 介紹	203
4.2.3.4	數值模擬範例說明－自選範例	205
4.2.3.5	數值模擬範例說明－共同案例	211
4.3	養護頻率分析	218
4.3.1	資料收集及養護項目分類	218
4.3.2	養護對象劣化方析方法	223
4.3.3	養護對象劣化分析結果	224
4.3.4	考量地錨拉力劣化行為之邊坡長期穩定分析	268
4.3.5	養護頻率分析	275
4.4	邊坡安全評估	277
4.4.1	文獻回顧	277
4.4.2	示範段邊坡資料說明	278
4.4.3	邊坡安全分析	279
4.4.4	邊坡安全可靠度分析及分析流程	285
4.4.5	邊坡安全與養護頻率綜合分析	300
4.5	示範案例綜合分析	303
第五章	多元通報機制	305
5.1	通報類型	305
5.2	多元通報方式	306
5.3	監測發送標準	309
5.4	發送現況	310
第六章	教育訓練	311
6.1	課程內容及教材規劃	311
6.2	教育訓練場地	313
6.3	教育訓練執行步驟	314
6.4	教育訓練執行成果	314
第七章	結論與建議	318
7.1	結論	318
7.2	建議	323
	參考文獻	326

圖目錄

圖 2.1	國道邊坡管理架構示意圖	5
圖 3.1	整體計畫工作流程圖	7
圖 3.2	「企業維度生命週期」方法論建構流程概念圖	8
圖 3.3	系統建置方法	9
圖 3.4	新系統網路環境圖	10
圖 3.5	系統功能架構	11
圖 3.6	系統畫面配置圖	12
圖 3.7	最新公告	12
圖 3.8	待辦事項	13
圖 3.9	留言板	14
圖 3.10	聯絡人系統畫面	14
圖 3.11	轄區範圍	14
圖 3.12	新增邊坡基本資料	15
圖 3.13	查詢邊坡基本資料	16
圖 3.14	邊坡履歷	17
圖 3.15	新增規設新建資料	18
圖 3.16	新增規設新建資料資料上傳	19
圖 3.17	規設新建資料查詢	19
圖 3.18	監測資料儀表板	20
圖 3.19	新增監測資料	20
圖 3.20	查詢監測儀器	21
圖 3.21	查詢觀測資料	22
圖 3.22	觀測值圖表	22
圖 3.23	行動警戒值更新紀錄	23
圖 3.24	巡查維護資料查詢	24
圖 3.25	新增巡查維護資料-基本資料	25
圖 3.26	新增植生擋土巡查資料	26
圖 3.27	巡查現場照片	26
圖 3.28	新增地錨巡查資料	27
圖 3.29	巡查與養護整修流程關係圖	28
圖 3.30	回報養護紀錄	29
圖 3.31	處理歷程	29
圖 3.32	缺失指派查詢	30
圖 3.33	新增養護工程與回報養護紀錄	31
圖 3.34	養護工程工程種類	31
圖 3.35	養護工程工法種類	32
圖 3.36	養護整修「圖資及文件」上傳彈跳表單內容	32
圖 3.37	養護工程查詢	33
圖 3.38	回報養護統計	34
圖 3.39	檢查項目統計	35
圖 3.40	巡查結果統計	36

圖 3.41	國道邊坡分級彙整一覽表	37
圖 3.42	國道邊坡數量一覽表	38
圖 3.43	國道邊坡監測系統彙整一覽表	39
圖 3.44	綜合查詢	40
圖 3.45	邊坡基本資料	40
圖 3.46	無法比對邊坡資料	41
圖 3.47	無法比對巡查資料	41
圖 3.48	無法比對工程資料	42
圖 3.49	使用者權限管理	42
圖 3.50	角色管理	43
圖 3.51	廠商維護表	43
圖 3.52	使用者資訊	44
圖 3.53	系統參數維護	44
圖 3.54	公告編輯	45
圖 3.55	公告列表	45
圖 3.56	各單位使用狀況統計	46
圖 3.57	地錨檢測作業	47
圖 3.58	監測作業統計	47
圖 3.59	安全評估與補強工程	47
圖 3.60	相關文件下載	48
圖 3.61	圖層套疊系統畫面	49
圖 3.62	圖台邊坡狀態展示	49
圖 3.63	地質剖面圖模組	50
圖 3.64	地質剖面圖模組連結示意圖	51
圖 3.65	平板與本系統作業流程圖	52
圖 3.66	平板系統認證服務	53
圖 3.67	舊系統資料庫關連表	55
圖 3.68	地錨編碼原則	56
圖 3.69	資料問題 1	57
圖 3.70	資料問題 2	57
圖 3.71	資料問題 3	57
圖 3.72	資料問題 4	57
圖 3.73	資料問題 5	58
圖 3.74	資料問題 6	58
圖 3.75	資料問題 7	58
圖 3.76	資料問題 8	59
圖 3.77	釐正系統-基本資料	60
圖 3.78	釐正系統-無法比對基本資料	60
圖 3.79	釐正系統-無法比對巡查資料	61
圖 3.80	釐正系統-無法比對工程資料	61
圖 3.81	邊坡分級統計	62
圖 3.82	目前硬體分配圖	65
圖 3.83	資料庫主機之資料庫備份流程圖	65
圖 3.84	Web 主機進行相關資料備份流程圖	66
圖 3.85	情境一：資料庫主機損毀	66
圖 3.86	情境二：WEB 主機損毀	67
圖 3.87	備份執行檔路徑	68

圖 3.88	備份排程設定	68
圖 3.89	備份執行檔	69
圖 3.90	備份執行狀況	69
圖 3.91	備份執行檔路徑 2	70
圖 3.92	備份排程設定 2	70
圖 3.93	備份執行檔 2	71
圖 3.94	異地備份資料路徑	71
圖 3.95	啟動 SQL Server 服務	72
圖 3.96	最近一日備份檔	72
圖 3.97	解壓縮	73
圖 3.98	啟動還原資料庫	73
圖 3.99	選取最近一日備份檔	74
圖 3.100	資料還原成功	74
圖 3.101	重新設定連主機	75
圖 3.102	進行測試	75
圖 3.103	啟動 IIS 服務	76
圖 3.104	確認 web 資料夾路徑	76
圖 3.105	進行系統上線測試	77
圖 3.106	系統環境部署	78
圖 3.107	資料解析及儲存模組流程說明	79
圖 3.108	自動化監測儀器設定	80
圖 3.109	自動化觀測資料與圖表	80
圖 3.110	建立資料夾	81
圖 3.111	指定對應邊坡單元	82
圖 3.112	檔案說明編輯畫面	84
圖 3.113	檔案上傳成功畫面	85
圖 3.114	檔案檢索	85
圖 3.115	邊坡履歷查詢各類文件	86
圖 3.116	查詢資訊交流平台檢索畫面	87
圖 3.117	查詢資訊交流平台檢索結果	87
圖 4.1	日本道路協會地滑安定度調查表	97
圖 4.2	高速公路局現行之邊坡安全分級流程 (交通部臺灣區國道高速公路局，2011)	103
圖 4.3	本計畫建議之邊坡安全分級流程	112
圖 4.4	常態分布曲線及累計面積圖	139
圖 4.5	肩形圖	139
圖 4.6	巡查維護資料頁面	140
圖 4.7	邊坡履歷頁面	140
圖 4.8	邊坡巡查資料頁面	141
圖 4.9	擋土中度損壞 (常態)	144
圖 4.10	擋土中度損壞 (累積)	145
圖 4.11	地錨中度損壞 (常態)	145
圖 4.12	地錨中度損壞 (累積)	146
圖 4.13	護坡中度損壞 (常態)	146
圖 4.14	護坡中度損壞 (累積)	147
圖 4.15	排水中度損壞 (常態)	147

圖 4.16	排水中度損壞 (累積)	148
圖 4.17	實際損壞項目 + 虛擬損壞之擋土中度損壞 (常態)	149
圖 4.18	實際損壞項目 + 虛擬損壞之擋土中度損壞 (累積)	150
圖 4.19	實際損壞項目 + 虛擬損壞之地錨中度損壞 (常態)	150
圖 4.20	實際損壞項目 + 虛擬損壞之地錨中度損壞 (累積)	151
圖 4.21	實際損壞項目 + 虛擬損壞之護坡中度損壞 (常態)	151
圖 4.22	實際損壞項目 + 虛擬損壞之護坡中度損壞 (累積)	152
圖 4.23	實際損壞項目 + 虛擬損壞之排水中度損壞 (常態)	152
圖 4.24	實際損壞項目 + 虛擬損壞之排水中度損壞 (累積)	153
圖 4.25	實際損壞項目 + 虛擬損壞×1.5 之擋土中度損壞 (常態)	155
圖 4.26	實際損壞項目 + 虛擬損壞×1.5 之擋土中度損壞 (累積)	155
圖 4.27	實際損壞項目 + 虛擬損壞×1.5 之地錨中度損壞 (常態)	156
圖 4.28	實際損壞項目 + 虛擬損壞×1.5 之地錨中度損壞 (累積)	156
圖 4.29	實際損壞項目 + 虛擬損壞×1.5 之護坡中度損壞 (常態)	157
圖 4.30	實際損壞項目 + 虛擬損壞×1.5 之護坡中度損壞 (累積)	157
圖 4.31	實際損壞項目 + 虛擬損壞×1.5 之排水中度損壞 (常態)	158
圖 4.32	實際損壞項目 + 虛擬損壞×1.5 之排水中度損壞 (累積)	158
圖 4.33	實際損壞項目 + 虛擬損壞×2 之擋土中度損壞 (常態)	160
圖 4.34	實際損壞項目 + 虛擬損壞×2 之擋土中度損壞 (累積)	160
圖 4.35	實際損壞項目 + 虛擬損壞×2 之地錨中度損壞 (常態)	161
圖 4.36	實際損壞項目 + 虛擬損壞×2 之地錨中度損壞 (累積)	161
圖 4.37	實際損壞項目 + 虛擬損壞×2 之護坡中度損壞 (常態)	162
圖 4.38	實際損壞項目 + 虛擬損壞×2 之護坡中度損壞 (累積)	162
圖 4.39	實際損壞項目 + 虛擬損壞×2 之排水中度損壞 (常態)	163
圖 4.40	實際損壞項目 + 虛擬損壞×2 之排水中度損壞 (累積)	163
圖 4.41	常態分佈曲線涵蓋面積圖	165
圖 4.42	卡方曲線與自由度關係圖	170
圖 4.43	卡方檢定的拒絕域與接受域	171
圖 4.44	擋土中度損壞 (常態) (20 年內)	174
圖 4.45	擋土中度損壞 (累積) (20 年內)	174
圖 4.46	地錨中度損壞 (常態) (20 年內)	175
圖 4.47	地錨中度損壞 (累積) (20 年內)	175
圖 4.48	護坡中度損壞 (常態) (20 年內)	176
圖 4.49	護坡中度損壞 (累積) (20 年內)	176
圖 4.50	排水中度損壞 (常態) (20 年內)	177
圖 4.51	排水中度損壞 (累積) (20 年內)	177
圖 4.52	實際損壞項目 + 虛擬損壞之擋土中度損壞 (常態) (20 年內)	179
圖 4.53	實際損壞項目 + 虛擬損壞之擋土中度損壞 (累積) (20 年內)	179
圖 4.54	實際損壞項目 + 虛擬損壞之地錨中度損壞 (常態) (20 年內)	180
圖 4.55	實際損壞項目 + 虛擬損壞之地錨中度損壞 (累積) (20 年內)	180
圖 4.56	實際損壞項目 + 虛擬損壞之護坡中度損壞 (常態) (20 年內)	181
圖 4.57	實際損壞項目 + 虛擬損壞之護坡中度損壞 (累積) (20 年內)	181
圖 4.58	實際損壞項目 + 虛擬損壞之排水中度損壞 (常態) (20 年內)	182
圖 4.59	實際損壞項目 + 虛擬損壞之排水中度損壞 (累積) (20 年內)	182
圖 4.60	實際損壞項目 + 虛擬損壞×1.5 之擋土中度損壞 (常態) (20 年內)	184
圖 4.61	實際損壞項目 + 虛擬損壞×1.5 之擋土中度損壞 (累積) (20 年內)	184
圖 4.62	實際損壞項目 + 虛擬損壞×1.5 之地錨中度損壞 (常態) (20 年內)	185

圖 4.63	實際損壞項目 + 虛擬損壞 $\times 1.5$ 之地錨中度損壞 (累積) (20 年內)	185
圖 4.64	實際損壞項目 + 虛擬損壞 $\times 1.5$ 之護坡中度損壞 (常態) (20 年內)	186
圖 4.65	實際損壞項目 + 虛擬損壞 $\times 1.5$ 之護坡中度損壞 (累積) (20 年內)	186
圖 4.66	實際損壞項目 + 虛擬損壞 $\times 1.5$ 之排水中度損壞 (常態) (20 年內)	187
圖 4.67	實際損壞項目 + 虛擬損壞 $\times 1.5$ 之排水中度損壞 (累積) (20 年內)	187
圖 4.68	實際損壞項目 + 虛擬損壞 $\times 2$ 之擋土中度損壞 (常態) (20 年內)	189
圖 4.69	實際損壞項目 + 虛擬損壞 $\times 2$ 之擋土中度損壞 (累積) (20 年內)	189
圖 4.70	實際損壞項目 + 虛擬損壞 $\times 2$ 之地錨中度損壞 (常態) (20 年內)	190
圖 4.71	實際損壞項目 + 虛擬損壞 $\times 2$ 之地錨中度損壞 (累積) (20 年內)	190
圖 4.72	實際損壞項目 + 虛擬損壞 $\times 2$ 之護坡中度損壞 (常態) (20 年內)	191
圖 4.73	實際損壞項目 + 虛擬損壞 $\times 2$ 之護坡中度損壞 (累積) (20 年內)	191
圖 4.74	實際損壞項目 + 虛擬損壞 $\times 2$ 之排水中度損壞 (常態) (20 年內)	192
圖 4.75	實際損壞項目 + 虛擬損壞 $\times 2$ 之排水中度損壞 (累積) (20 年內)	192
圖 4.76	Technical University of Delft 校園照片	197
圖 4.77	PLAXIS 邊坡剖面網格圖	206
圖 4.78	PLAXIS 常時之結果位移圖	206
圖 4.79	PLAXIS 高水位之結果位移圖	206
圖 4.80	PLAXIS 地震之結果位移圖	207
圖 4.81	SLOPE/W 分析剖面模型圖	207
圖 4.82	SLOPE/W 常時之穩定性分析結果圖	208
圖 4.83	SLOPE/W 高水位之穩定性分析結果圖	208
圖 4.84	SLOPE/W 地震時之穩定性分析結果圖	208
圖 4.85	STABL 分析剖面模型圖	209
圖 4.86	STABL 常時之穩定性分析結果圖	209
圖 4.87	STABL 高水位之穩定性分析結果圖	210
圖 4.88	STABL 地震時之穩定性分析結果圖	210
圖 4.89	共同案例 PLAXIS 邊坡剖面網格圖	212
圖 4.90	共同案例 PLAXIS 常時之結果位移圖	212
圖 4.91	共同案例 PLAXIS 高水位之結果位移圖	212
圖 4.92	共同案例 PLAXIS 地震之結果位移圖	213
圖 4.93	共同案例 SLOPE/W 分析剖面模型圖	213
圖 4.94	共同案例 SLOPE/W 常時之穩定性分析結果圖	214
圖 4.95	共同案例 SLOPE/W 高水位之穩定性分析結果圖	214
圖 4.96	共同案例 SLOPE/W 地震時之穩定性分析結果圖	215
圖 4.97	共同案例 STABL 分析剖面模型圖	215
圖 4.98	共同案例 STABL 常時之穩定性分析結果圖	216
圖 4.99	共同案例 STABL 高水位之穩定性分析結果圖	216
圖 4.100	共同案例 STABL 地震時之穩定性分析結果圖	216
圖 4.101	地錨加固工法示意圖	221
圖 4.102	加築混凝土牆加固工法示意圖	221
圖 4.103	混凝土撐柱加固工法示意圖	221
圖 4.104	北工處木柵段地錨揚起試驗分析結果	264
圖 4.105	北工處關西段地錨揚起試驗分析結果	265
圖 4.106	中工處 (大甲段/苗栗段/南投段) 地錨揚起試驗分析結果	265
圖 4.107	南工處白河段地錨揚起試驗分析結果	266
圖 4.108	南工處屏東段地錨揚起試驗分析結果	266
圖 4.109	建議之地錨拉力劣化趨勢線	268

圖 4.110	國 3 北上 138k+622 至 138k+802 邊坡模型	269
圖 4.111	國道 3 號北上 138k+622 至 138k+802 邊坡案例穩定分析結果 (R=1.0)	271
圖 4.112	國道 3 號北上 138k+622 至 138k+802 邊坡案例穩定分析結果 (R=0.74)	271
圖 4.113	國道 3 號北上 138k+622 至 138k+802 邊坡案例穩定分析結果 (R=0.52)	272
圖 4.114	國道 3 號北上 138k+622 至 138k+802 邊坡案例穩定分析結果 (R=0.38)	272
圖 4.115	國道 3 號北上 138k+622 至 138k+802 邊坡考慮地錨殘餘荷重衰減之 穩定分析	274
圖 4.116	國道 3 號北上 138k+622 至 138k+802 邊坡案例考慮地震力 Case 1 之 穩定分析	275
圖 4.117	養護頻率分析工作流程	276
圖 4.118	切片和切片內之正向力及剪力	280
圖 4.119	國 3 北上 138k+622 至 138k+802 邊坡穩定分析之模型	281
圖 4.120	國 3 北上 138k+622 至 138k+802 平時邊坡穩定分析之結果	282
圖 4.121	國 3 北上 138k+622 至 138k+802 地震時邊坡穩定分析之結果	282
圖 4.122	國 3 北上 149k+000 至 149k+215 邊坡穩定分析之模型	283
圖 4.123	國 3 北上 149k+000 至 149k+215 平時邊坡穩定分析	283
圖 4.124	國 3 北上 149k+000 至 149k+215 地震時邊坡穩定分析	284
圖 4.125	國 3 北上 150k+320 至 150k+585 邊坡穩定分析之模型	284
圖 4.126	國 3 北上 150k+320 至 150k+585 平時邊坡穩定分析	285
圖 4.127	國 3 北上 150k+320 至 150k+585 地震時邊坡穩定分析	285
圖 4.128	地工系統之不確定性 (重繪自 Christian et al., 1994)	286
圖 4.129	傳統分析方法安全係數的定義	287
圖 4.130	三種相同安全係數但破壞機率並不相同的機率密度函數	288
圖 4.131	邊坡穩定分析作業流程	289
圖 4.132	國 3 北上 138k+622 至 138k+802 平時邊坡破壞機率分析 (COV=7%)	291
圖 4.133	國 3 北上 138k+622 至 138k+802 地震時邊坡破壞機率分析 (COV=7%)	291
圖 4.134	國 3 北上 138k+622 至 138k+802 平時邊坡破壞機率分析 (COV=20%)	292
圖 4.135	國 3 北上 138k+622 至 138k+802 地震邊坡破壞機率分析 (COV=20%)	292
圖 4.136	國 3 北上 149k+000 至 149k+215 平時邊坡破壞機率分析 (COV=7%)	293
圖 4.137	國 3 北上 149k+000 至 149k+215 地震時邊坡破壞機率分析 (COV=7%)	294
圖 4.138	國 3 北上 149k+000 至 149k+215 平時邊坡破壞機率分析 (COV=20%)	294
圖 4.139	國 3 北上 149k+000 至 149k+215 地震時邊坡破壞機率分析 (COV=20%)	295
圖 4.140	國 3 北上 150k+320 至 150k+585 平時邊坡破壞機率分析 (COV=7%)	296
圖 4.141	國 3 北上 150k+320 至 150k+585 地震時邊坡破壞機率分析 (COV=7%)	296
圖 4.142	國 3 北上 150k+320 至 150k+585 平時邊坡破壞機率分析 (COV=20%)	297
圖 4.143	國 3 北上 150k+320 至 150k+585 地震時邊坡破壞機率分析 (COV=20%)	297
圖 4.144	可靠度指標和破壞機率的關係	299
圖 4.145	土木工程設施	299
圖 4.146	邊坡工程整體穩定示意圖	300
圖 4.147	以破壞風險為基礎的設計概念	300
圖 4.148	邊坡安全和養護頻率綜合分析流程圖	301

圖 4.149 國 3 北上 138k+622 至 138k+802 邊坡考慮地錨劣化效應的破壞機率 (強度參數 COV=20%)	303
圖 5.1 人工發送簡訊畫面	306
圖 5.2 簡訊發送查詢畫面	306
圖 5.3 email 週報	307
圖 5.4 警戒簡訊發送畫面	308
圖 5.5 後端傳真畫面	308
圖 5.6 監測通報流程	310
圖 6.1 教育訓練執行流程圖	314
圖 6.2 101 年 02 月 22 日教育訓練	315
圖 6.3 101 年 02 月 23 日教育訓練	315
圖 6.4 101 年 09 月 21 日教育訓練	315
圖 6.5 101 年 12 月 26 日教育訓練	316
圖 6.6 102 年 04 月 16 日成果發表會演講實況	316
圖 6.7 102 年 04 月 16 日成果發表會綜合座談	317

表目錄

表 3.1	SQLite 資料表說明	54
表 3.2	資料分類屬性表	83
表 3.3	列管與非列管邊坡數量統計	88
表 3.4	列管邊坡分級統計	88
表 3.5	非列管邊坡分級統計	89
表 3.6	巡查類別	89
表 3.7	工程資料統計	90
表 3.8	監測儀器數量、監測邊坡數量	90
表 3.9	監測儀器統計	91
表 3.10	觀測資料筆數	91
表 4.1	邊坡穩定因子之選用比較(王熙松 2005)	93
表 4.2	岩石挖方邊坡之 <i>I.S</i> 評分項目(Wong, 1997)	96
表 4.3	岩石挖方邊坡之 <i>C.S</i> 評分項目(Wong, 1997)	96
表 4.4	公路順向坡環境基本條件評分表(李維峰等, 2011)	98
表 4.5	公路順向坡環境基本條件處理對策建議表(李維峰等, 2011)	98
表 4.6	公路順向坡穩定工法需求評分表(李維峰等, 2011)	99
表 4.7	公路順向坡排水工法需求評分表(李維峰等, 2011)	99
表 4.8	公路順向坡整治需求處理對策表(李維峰等, 2011)	99
表 4.9	高公局「養護手冊」之邊坡巡查檢查表(101 年 2 月)	101
表 4.10	邊坡評估分級表(交通部臺灣區國道高速公路局, 2011)	104
表 4.11	香港 NPCS 分類法試填寫結果	105
表 4.12	高速公路局現行邊坡分級方法試填寫結果(引用民國 100 年巡查成果)	106
表 4.13	本計畫建議之邊坡巡查檢查分級表	110
表 4.14	試填分級之邊坡數量	113
表 4.15	北區工程處各工務段所轄邊坡之試填初步分級結果統計	113
表 4.16	大甲工務段所轄邊坡之試填分級結果統計	113
表 4.17	北區工程處各工務段所轄邊坡之試填分級結果	114
表 4.18	大甲工務段所轄邊坡之試填分級結果(國道 3 號北上側)	115
表 4.19	大甲工務段所轄邊坡之試填分級結果(國道 3 號南下側)	120
表 4.20	現行之地錨邊坡整體功能評分表	125
表 4.21	二高邊坡事故以邊坡坍塌原因分類(交通部臺灣區國道新建工程局, 2000)	134
表 4.22	二高邊坡事故整治工法與整治案利統計表(交通部臺灣區國道新建工程局, 2000)	134
表 4.23	各國結構使用年限之特性	138
表 4.24	新頒巡查表巡查紀錄項目	142
表 4.25	新頒巡查表中相關於各類人為設施之巡查紀錄項目	143
表 4.26	實際損壞項目統計次數百分比	144
表 4.27	實際損壞項目 + 虛擬損壞統計次數百分比	149
表 4.28	實際損壞項目 + 虛擬損壞年限 $\times 1.5$ 統計次數百分比	154

表 4.29	實際損壞項目 + 虛擬損壞年限 $\times 2$ 相對次數百分比	159
表 4.30	擋土/地錨/護坡/排水中度損壞之平均值、標準差、變異係數 (單位：年)	164
表 4.31	實際損壞之曲線下面積年限範圍 (單位：年)	166
表 4.32	實際 + 虛擬之曲線下面積年限範圍 (單位：年)	166
表 4.33	實際 + 虛擬 $\times 1.5$ 之曲線下面積年限範圍 (單位：年)	166
表 4.34	實際 + 虛擬 $\times 2.0$ 之曲線下面積年限範圍 (單位：年)	167
表 4.35	實際損壞之曲線累計面積年限範圍 (單位：年)	167
表 4.36	實際 + 虛擬損壞之曲線累計面積年限範圍 (單位：年)	168
表 4.37	實際 + 虛擬 1.5 之曲線累計面積年限範圍 (單位：年)	168
表 4.38	實際 + 虛擬 2.0 之曲線累計面積年限範圍 (單位：年)	168
表 4.39	擋土實際損壞卡方分組表	172
表 4.40	調整後卡方分組表	172
表 4.41	實際損壞項目年限統計次數百分比 (20 年內)	173
表 4.42	實際損壞項目 + 虛擬損壞統計次數百分比 (20 年內)	178
表 4.43	實際損壞項目 + 虛擬損壞年限 $\times 1.5$ 統計次數百分比 (20 年內)	183
表 4.44	實際損壞項目 + 虛擬損壞年限 $\times 2$ 統計次數百分比 (20 年內)	188
表 4.45	邊坡設施中度損壞之平均值、標準差、變異係數 (20 年內) (單位：年)	193
表 4.46	實際損壞之曲線下面積年限範圍 (20 年內) (單位：年)	194
表 4.47	實際 + 虛擬之曲線下面積年限範圍 (20 年內) (單位：年)	194
表 4.48	實際 + 虛擬 $\times 1.5$ 之曲線下面積年限範圍 (20 年內) (單位：年)	194
表 4.49	實際 + 虛擬 $\times 2.0$ 之曲線下面積年限範圍 (20 年內) (單位：年)	195
表 4.50	實際損壞之曲線累計面積年限範圍 (20 年內) (單位：年)	195
表 4.51	實際 + 虛擬損壞之曲線累計面積年限範圍 (20 年內) (單位：年)	195
表 4.52	實際 + 虛擬 1.5 之曲線累計面積年限範圍 (20 年內) (單位：年)	196
表 4.53	實際 + 虛擬 2.0 之曲線累計面積年限範圍 (20 年內) (單位：年)	196
表 4.54	自選範例各層土壤參數	205
表 4.55	三種地工數值軟體分析自選範例結果比較表	210
表 4.56	共同案例各層土壤參數	211
表 4.57	三種地工數值軟體分析共同案例結果比較表	217
表 4.58	三種地工數值軟體優缺點比較表	217
表 4.59	香港土木工程拓展署土力工程處 (GEO) 斜坡風險分級	219
表 4.60	北工處木柵段邊坡地錨分布里程及檢測工作	225
表 4.61	北工處關西段邊坡地錨分布里程及檢測工作	225
表 4.62	中工處 (大甲段/苗栗段/南投段) 邊坡地錨分布里程及檢測工作	226
表 4.63	南工處白河段邊坡地錨分布里程及檢測工作	227
表 4.64	南工處屏東段邊坡地錨分布里程及檢測工作	228
表 4.65	北工處木柵段地錨錨頭保護座外觀檢視紀錄 - 綜合評估外觀	229
表 4.66	北工處關西段地錨錨頭保護座外觀檢視紀錄 (4 種分級)	230
表 4.67	北工處關西段地錨錨頭保護座外觀檢視紀錄 (5 種分級)	230
表 4.68	中工處 (大甲段/苗栗段/南投段) 地錨錨頭保護座外觀檢視紀錄 - 綜合評估外觀	231
表 4.69	南工處白河段地錨錨頭保護座外觀檢視紀錄 - 綜合評估外觀	232
表 4.70	南工處屏東段地錨錨頭保護座外觀檢視紀錄 - 綜合評估外觀	233
表 4.71	北工處木柵段錨頭組件檢視紀錄 - 錨頭銹蝕程度分級	234
表 4.72	北工處關西段錨頭組件檢視紀錄 - 錨頭銹蝕程度分級 (4 級)	235

表 4.73	北工處關西段錨頭組件檢視紀錄-錨頭銹蝕程度分級 (5 級)	235
表 4.74	中工處 (大甲段/苗栗段/南投段) 錨頭組件檢視紀錄-錨頭銹蝕程度分級	236
表 4.75	南工處白河段錨頭組件檢視紀錄-錨頭銹蝕程度分級	237
表 4.76	南工處屏東段錨頭組件檢視紀錄-錨頭銹蝕程度分級	238
表 4.77	北工處木柵段錨頭組件檢視紀錄-內視鏡 (鋼腱銹蝕程度分級)	239
表 4.78	北工處關西段錨頭組件檢視紀錄-內視鏡 (鋼腱銹蝕程度分級 -4 級)	240
表 4.79	北工處關西段錨頭組件檢視紀錄-內視鏡 (鋼腱銹蝕程度分級 -5 級)	240
表 4.80	中工處 (大甲段/苗栗段/南投段) 錨頭組件檢視紀錄-內視鏡 (鋼腱銹蝕程度分級)	241
表 4.81	南工處白河段錨頭組件檢視紀錄-內視鏡 (鋼腱銹蝕程度分級)	242
表 4.82	南工處屏東段錨頭組件檢視紀錄-內視鏡 (鋼腱銹蝕程度分級)	243
表 4.83	北工處木柵段 12 處邊坡地錨之揚起試驗紀錄及計算分析結果	244
表 4.84	北工處關西段 12 處邊坡地錨之揚起試驗紀錄及計算分析結果	248
表 4.85	中工處 (大甲段/苗栗段/南投段) 17 處邊坡地錨之揚起試驗紀錄及計算分析結果	251
表 4.86	南工處白河段 16 處邊坡地錨之揚起試驗紀錄及計算分析結果	256
表 4.87	南工處屏東段 14 處邊坡地錨之揚起試驗紀錄及計算分析結果	260
表 4.88	國道 3 號北上 138k+622 至 138k+802 邊坡案例穩定分析之材料參數	270
表 4.89	國道 3 號北上 138k+622 至 138k+802 邊坡案例各層地錨 Pullout resistance 輸入值	270
表 4.90	國道 3 號北上 138k+622 至 138k+802 邊坡案例分析結果	273
表 4.91	各種邊坡穩定分析法的分析條件	280
表 4.92	國 3 北上 138k+622 至 138k+802 邊坡穩定分析材料參數	281
表 4.93	國 3 北上 149k+000 至 149k+215 邊坡穩定分析材料參數	283
表 4.94	國 3 北上 150k+320 至 150k+585 邊坡穩定分析材料參數	284
表 4.95	邊坡安全可靠度分析結果	298
表 4.96	國 3 北上 138k+622 至 138k+802 邊坡考慮地錨劣化之可靠度分析	302
表 5.1	多元通報發送說明	307
表 6.1	教育訓練場次與參與對象	311
表 6.2	釐正系統教育訓練課程內容安排	312
表 6.3	第 1 階段系統教育訓練課程內容安排	312
表 6.4	資訊交流平台教育訓練課程內容安排	312
表 6.5	第 2 階段系統教育訓練課程內容安排	312
表 6.6	成果發表會議程	313