



曾文水庫集水區多元尺度環境調查 與保育治理成效評估

成果報告

圖目錄

圖 2-1.1 本計畫工作範圍	3
圖 2-2.1 本計畫工作目標色塊圖	6
圖 2-3.1 本計畫工作主軸架構與執行流程	9
圖 2-3.2 工作項目分析關聯圖	10
圖 2-4.1 曾文水庫集水區治理範圍圖	12
圖 2-4.2 曾文水庫集水區十二治理分區圖	14
圖 2-4.3 曾文水庫集水區保育分區圖	14
圖 2-4.4 曾文水庫集水區內子集水區分布圖	15
圖 2-4.5 曾文水庫集水區內土石流潛勢溪流分布	17
圖 2-6.1 曾文水庫集水分區治理現況調查點位分布圖	26
圖 2-6.2 曾文水庫集水區現地治理現況照片與說明	27
圖 3-1.1 曾文水庫集水區水系分布圖	35
圖 3-1.2 莫拉克颱風與世界最大降雨紀錄包絡線比較	36
圖 3-1.3 曾文水庫集水區雨量及流量站位置分布圖	37
圖 3-1.4 水文分析控制點分布圖	40
圖 3-1.5 徐昇氏多邊形法各雨量站權重劃分結果圖	45
圖 3-1.6 曾文水庫集水區歷年年平均降雨趨勢圖	45
圖 3-1.7 2 年重現期距最大 1 日暴雨分布	46
圖 3-1.8 5 年重現期距最大 1 日暴雨分布	46
圖 3-1.9 10 年重現期距最大 1 日暴雨分布	46
圖 3-1.10 25 年重現期距最大 1 日暴雨分布	46
圖 3-1.11 50 年重現期距最大 1 日暴雨分布	46
圖 3-1.12 100 年重現期距最大 1 日暴雨分布	46
圖 3-1.13 200 年重現期距最大 1 日暴雨分布	47



圖 3-1.14	2 年重現期距最大 2 日暴雨分布	47
圖 3-1.15	5 年重現期距最大 2 日暴雨分布	47
圖 3-1.16	10 年重現期距最大 2 日暴雨分布	47
圖 3-1.17	25 年重現期距最大 2 日暴雨分布	47
圖 3-1.18	50 年重現期距最大 2 日暴雨分布	47
圖 3-1.19	100 年重現期距最大 2 日暴雨分布	48
圖 3-1.20	200 年重現期距最大 2 日暴雨分布	48
圖 3-1.21	水保局泥砂濃度調查點位空間分布圖	49
圖 3-1.22	懸移質輸砂量率定曲線圖	50
圖 3-1.23	曾文水庫淤積量與單場事件累積降雨量之關係圖	52
圖 3-2.1	曾文水庫集水區地理位置圖	54
圖 3-2.2	曾文水庫集水區地勢分布圖	55
圖 3-2.3	曾文水庫集水區坡度分布圖	55
圖 3-2.4	曾文水庫集水區坡向分布圖	56
圖 3-2.5	曾文水庫集水區地質分布圖	56
圖 3-2.6	曾文水庫集水區土壤分布圖	57
圖 3-2.7	曾文水庫集水區土地利用圖	57
圖 3-3.1	曾文水庫集水區行政區域分布圖	60
圖 3-4.1	曾文水庫集水區交通分布圖	61
圖 3-5.1	曾文水庫庫容歷年淤積量與颱風事件變化趨勢圖	63
圖 3-5.2	曾文水庫 94 年 10 至 98 年 10 地形侵淤變化圖	63
圖 3-5.3	曾文水庫集水區歷史土砂災害空間分布圖	68
圖 4-1.1	多元尺度環境監測手段示意圖	71
圖 4-1.2	本計畫監測之治理分區範圍圖	73
圖 4-1.3	土砂生產與流出示意圖	75
圖 4-1.4	曾文水庫集水區砂源照片圖	75
圖 4-2.1	人工土鑽調查方式	77



圖 4-2.2 機械傳動式土鑽調查方式	77
圖 4-2.3 本計畫土壤厚度調查流程圖	78
圖 4-2.4 本計畫土壤厚度調查點位空間分布圖	79
圖 4-2.5 本計畫土壤厚度調查處照片與說明	80
圖 4-2.6 本計畫土壤厚度調查處與坡向關係圖	83
圖 4-2.7 本計畫土壤厚度調查處與坡度關係圖	84
圖 4-2.8 本計畫土壤厚度調查處與地質關係圖	84
圖 4-2.9 曾文水庫集水區土壤取樣點位及現場照片	88
圖 4-3.1 本計畫採用沖蝕針示意圖	90
圖 4-3.2 本計畫地表沖蝕調查流程圖	90
圖 4-3.3 本計畫地表沖蝕量調查點位分布圖	93
圖 4.3-4 本計畫土壤沖蝕調查處與坡向分布圖	93
圖 4.3-5 本計畫土壤沖蝕調查處與坡度分布圖	94
圖 4.3-6 本計畫土壤沖蝕調查處與地質關係圖	94
圖 4-3.7 本計畫地表沖蝕量調查處照片說明	95
圖 4-4.1 溪床斷面測量作業流程	99
圖 4-4.2 本計畫曾文水庫集水區溪床斷面測量空間分布圖	102
圖 4-4.3 本計畫曾文水庫集水區溪床斷面測量照片說明	103
圖 4-4.4 本計畫曾文溪主流兩期溪床縱斷面測量結果分布圖	105
圖 4-4.5 本計畫曾文溪兩期溪床橫斷面測量結果分布圖	106
圖 4-5.1 本計畫溪床樣坑調查點位空間分布圖	113
圖 4-5.2 本計畫表面粒徑調查點位空間分布圖	114
圖 4-5.3 本計畫第一次溪床粒徑調查點位現場照片	115
圖 4-5.4 本計畫第二次溪床粒徑調查點位現場照片	120
圖 4-5.5 調查點位編碼原則示意圖	124
圖 4-5.6 溪床樣坑調查、現地密度篩分析與試驗室土壤物理性質試驗施作流程圖	129



圖 4-5.7 表面粒徑調查施作流程圖	129
圖 4-5.8 溪床樣坑粒徑分布曲線圖	134
圖 5-1.1 本計畫購置歷史災害事件衛星影像	146
圖 5-1.2 本計畫購置即時衛星影像	146
圖 5-1.3 自動化判釋流程	147
圖 5-1.4 判釋成果品管流程圖	148
圖 5-1.5 本計畫衛星影像崩塌地判釋與蒐集崩塌地品管成果	149
圖 5-2.1 空載 LiDAR 航線規劃圖	152
圖 5-2.2 空載 LiDAR 飛行路徑	154
圖 5-2.3 空載 LiDAR 點雲涵蓋範圍示意圖	155
圖 5-2.4 空載 LiDAR 高精度施測完整設備示意圖	161
圖 5-2.5 空載 LiDAR 施測標準作業程序流程圖	162
圖 5-2.6 台中港工業區率定作業示意圖	163
圖 5-2.7 率定飛航軌跡圖	163
圖 5-2.8 率定成果之檢核航線剖面圖	163
圖 5-2.9 e-GPS 基準站現況圖	164
圖 5-2.10 地面 GPS 控制點分布示意圖	164
圖 5-2.11 飛行掃瞄成果查核示意圖	165
圖 5-2.12 等高線及坡度方式檢核成果示意圖	165
圖 5-2.13 本計畫空載 LiDAR 施測同步正射航照	166
圖 5-2.14 本計畫空載 LiDAR 施測 DEM 成果示意圖	167
圖 5-3.1 地調所(2011a)「莫拉克災區 LiDAR 高解析度數值地形製作 (1/3)99 年度 1-3 分區」產製成果範圍	169
圖 5-4.1 前後期數值地形比對方式示意圖	172
圖 5-4.2 集水區土砂運移分區及土砂收支計算示意圖	174
圖 5-4.3 土砂收支及攔阻率可分析期數及地理位置圖	176
圖 5-4.4 大埔治理分區土砂生產量及攔阻率比較圖	177



圖 5-4.5 摸乳巷坑溪出口處	178
圖 5-4.6 達邦治理分區土砂生產量及攔阻率比較圖	179
圖 5-4.7 里佳治理分區土砂生產量及攔阻率比較圖	180
圖 5-4.8 新美治理分區土砂生產量及攔阻率比較圖	180
圖 5-4.9 樂野治理分區土砂生產量及攔阻率比較圖	181
圖 5-5.1 土砂災害調查與航拍作業流程圖	185
圖 5-5.2 本計畫無人載具拍攝地點地理位置	186
圖 5-5.3 本計畫無人載具拍攝地點莫拉克後現況	186
圖 5-5.4 本計畫無人載具拍攝成果示意圖	187
圖 5-5.5 中低空拍攝照片位置圖	189
圖 5-5.6 中低空拍攝照片	190
圖 5-5.7 三維視覺模擬處理流程圖	193
圖 5-5.8 三維視覺模擬參考控制點分布圖	194
圖 5-5.9 參考控制點編號 12 之佈設位置示意圖	195
圖 5-5.10 樂野大崩塌三維視覺模擬成果示意圖	196
圖 6-1.1 坡形種類分類圖	201
圖 6-1.2 土壤厚度與邊坡曲率之關係圖	201
圖 6-1.3 土體滑動之坡度與土壤厚度之關係示意圖	202
圖 6-1.4 發生崩塌與非發生崩塌案例之土壤厚度與平均坡度關係	203
圖 6-1.5 曾文溪其主支流坡面區域之土壤平均厚度比較圖	205
圖 6-1.6 本計畫土壤厚度與坡度迴歸曲線	207
圖 6-1.7 不同地質岩性之土壤厚度與坡度迴歸曲線	207
圖 6-1.8 本計畫土壤厚度與地形曲率迴歸曲線	208
圖 6-1.9 數值地形網格尺寸與計算地形曲率關係圖	209
圖 6-1.10 地形曲率計算示意圖	209
圖 6-2.1 曾文水庫集水區於地表沖蝕量調查期間之降雨組構圖	224
圖 6-2.2 第 1 次土壤沖蝕調查之曾文水庫集水區降雨空間分布圖	225



圖 6-2.3 第 2 次土壤沖蝕調查之曾文水庫集水區降雨空間分布圖	225
圖 6-2.4 第 3 次土壤沖蝕調查之曾文水庫集水區降雨空間分布圖	226
圖 6-2.5 第 4 次土壤沖蝕調查之曾文水庫集水區降雨空間分布圖	226
圖 6-2.7 水保局歷次地表沖蝕量調查集水區降雨空間分布圖	228
圖 6-2.8 不同地表植生覆蓋邊坡新增土壤沖蝕厚度與累積雨量圖	230
圖 6-2.9 大埔及新美治理分區不同地表覆蓋狀況之累積沖蝕厚度圖	230
圖 6-2.10 樂野、里佳及達邦治理分區不同地表覆蓋狀況之累積沖蝕厚度圖	231
圖 6-2.11 茶山治理分區不同地表覆蓋狀況之累積沖蝕厚度圖	232
圖 6-2.12 各子集水區之累積土壤平均沖蝕厚度及土壤沖蝕抑制百分比條狀圖	233
圖 6-2.13 治理分區之 值分布圖	237
圖 6-2.14 治理分區土壤沖蝕厚度分布圖	237
圖 6-2.15 治理集水區土壤沖蝕量分布圖	237
圖 6-2.16 各野溪集水區 0719 豪雨及南瑪都颱風事件之逕流歷線圖	240
圖 6-2.17 MUSLE 與現地試驗之土壤沖蝕深度	242
圖 6-3.1 新增崩塌地與復育地示意圖	249
圖 6-3.2 曾文水庫與其各治理分區崩塌地面積與崩壞比統計圖	258
圖 6-3.3 曾文水庫與其各治理分區新增崩塌地面積與新增崩壞比統計圖	260
圖 6-3.4 曾文水庫與其各治理分區崩塌復育地面積與崩塌復育比統計圖	262
圖 6-3.5 土石流潛勢溪流集水區崩塌地面積與崩壞比統計圖	270
圖 6-3.6 土石流潛勢溪流集水區新增崩塌地面積與新增崩壞比統計圖	271



圖 6-3.7 土石流潛勢溪流集水區崩塌復育地面積與崩塌復育比統計圖.....	272
圖 6-3.8 曾文水庫集水區內山坡地及非山坡地區域地理位置分布圖.....	274
圖 6-3.9 山坡地及非山坡地區域崩塌地面積與崩壞比統計圖.....	275
圖 6-3.10 山坡地範圍內災害事件崩塌地與高程、坡度、坡向致災因子關聯性分析圖.....	281
圖 6-3.11 非山坡地範圍內災害事件崩塌地與高程、坡度、坡向致災因子關聯性分析圖.....	282
圖 6-3.12 山坡地範圍內災害事件崩塌地與地層、土壤、土地利用致災因子關聯性分析圖.....	283
圖 6-3.13 非山坡地範圍內災害事件崩塌地與地層、土壤、土地利用致災因子關聯性分析圖.....	284
圖 6-3.14 打荻氏預測公式說明圖.....	287
圖 6-3.15 打荻氏經驗式建立流程圖.....	287
圖 6-3.16 歷次颱風事件降雨及崩塌空間分布圖.....	288
圖 6-3.17 各治理分區豪雨誘發新增崩塌地關係分析圖.....	289
圖 6-3.18 崩塌水平投影面積與斜面積示意圖.....	291
圖 6-4.1 植生復育評估流程圖.....	292
圖 6-4.2 衛星影像及 NDVI 植生覆蓋分類成果圖.....	294
圖 6-4.3 曾文水庫集水區衛星影像分區圖.....	298
圖 6-4.4 曾文水庫各治理分區內山坡地範圍之植生覆蓋率評估比較圖.....	302
圖 6-4.5 整治前曾文水庫各治理分區內山坡地範圍植生復育演變圖.....	303
圖 6-4.6 曾文水庫各治理分區內山坡地範圍之植生覆蓋率評估比較圖.....	304



圖 6-4.7 整治後曾文水庫各治理分區內山坡地範圍之植生復育演變圖	305
圖 6-5.1 曾文水庫集水區 100 年 4 月至 9 月雨量及流量歷線圖	308
圖 6-5.2 兩期溪床斷面橫斷面變化比對圖	310
圖 6-5.3 曾文溪溪床斷面測量成果圖	312
圖 6-5.4 溪床斷面編號 SEC03 兩次測量現況照與高程比對圖	313
圖 6-5.5 溪床斷面編號 SEC07 兩次測量現況照與高程比對圖	313
圖 6-5.6 溪床斷面編號 SEC13 兩次測量現況照與高程比對圖	313
圖 6-5.7 溪床斷面編號 SEC22 兩次測量現況照與高程比對圖	313
圖 6-5.8 溪床平均粒徑(D50)與大埔橋河心距分析圖	316
圖 6-5.9 草蘭治理分區溪床表面粒徑調查現況照片	317
圖 6-5.9 溪床斷面監測子集水區與新增崩塌地空間分布圖	319
圖 6-6.1 龍蛟溪集水區地理位置分布圖	323
圖 6-6.2 龍蛟溪集水區地形地勢分布圖	323
圖 6-6.3 龍蛟溪集水區坡度分布圖	324
圖 6-6.4 龍蛟溪集水區坡向分布圖	324
圖 6-6.5 龍蛟溪集水區地質分布圖	325
圖 6-6.6 龍蛟溪集水區土石流潛勢溪流分布圖	325
圖 6-6.7 龍蛟溪集水區鄰近雨量站空間分布圖	328
圖 6-6.8 龍蛟溪集水區下游河道歷年變遷情況圖	328
圖 6-6.9 龍蛟溪集水區整治工程與沖蝕針調查點位空間分布圖	329
圖 6-6.10 龍蛟溪集水區兩種地表覆蓋狀況之累積沖蝕厚度	331
圖 6-6.11 龍蛟溪集水區崩塌地變遷圖	332
圖 6-6.12 龍蛟溪集水區各期流心線變化圖	335
圖 6-6.13 龍蛟溪子集水區之土砂運移分析成果圖	336
圖 6-6.14 龍蛟溪集水區治理前後集水區土砂流失量及攔阻率	337
圖 6-6.15 龍蛟溪集水區崩塌面積變化量統計圖	339



圖 6-6.16 龍蛟溪集水區崩塌復育地面積與崩塌復育比統計圖.....	339
圖 6-6.17 歷次降雨事件前後龍蛟溪集水區綠覆率歷程圖.....	341
圖 6-6.18 龍蛟溪集水區內山坡地範圍植生復育演變圖.....	344
圖 6-6.19 行電橋野溪集水區地理位置分布圖.....	349
圖 6-6.20 行電橋野溪集水區地形地勢分布圖.....	350
圖 6-6.21 行電橋野溪集水區坡度分布圖.....	351
圖 6-6.22 行電橋野溪集水區坡向分布圖.....	352
圖 6-6.23 行電橋野溪集水區地質分布圖.....	353
圖 6-6.24 行電橋野溪集水區土石流潛勢溪流分布圖.....	354
圖 6-6.25 行電橋野溪集水區鄰近雨量站空間分布圖.....	356
圖 6-6.26 行電橋野溪集水區於莫拉克颱風後災害照片.....	357
圖 6-6.27 行電橋野溪集水區下游歷年變遷情況圖.....	358
圖 6-6.28 行電橋野溪集水區整治工程與沖蝕針調查點位空間分布圖.....	358
圖 6-6.29 行電橋野溪集水區兩種地表覆蓋狀況之累積沖蝕厚度...	360
圖 6-6.30 行電橋野溪集水區崩塌地變遷圖.....	361
圖 6-6.31 行電橋野溪集水區各期流心線變化圖.....	365
圖 6-6.32 行電橋野溪子集水區之土砂運移分析成果圖.....	366
圖 6-6.33 行電橋野溪子集水區土砂生產量及攔阻率.....	367
圖 6-6.34 行電橋野溪集水區崩塌面積變化量統計圖.....	368
圖 6-6.35 行電橋野溪集水區崩塌復育地面積與崩塌復育比統計圖.....	369
圖 6-6.36 歷次降雨事件前後行電橋野溪集水區植生覆蓋率歷程圖.....	370
圖 6-6.37 行電橋野溪集水區內山坡地範圍植生復育演變圖.....	372
圖 6-6.38 曾文水庫集水區山坡地保全對象外擴影響範圍.....	376
圖 6-6.39 崩塌地與保全對象環域 50m 分析成果圖.....	378



圖 6-6.40 崩塌地與保全對象環域 300m 分析成果圖	378
圖 6-6.41 崩塌地治理周邊潛在影響範圍示意圖	381
圖 6-6.42 曾文水庫集水區山坡地範圍土砂入庫量分析成果圖	383