

肆、現地資料調查收集及量測

4-1 現地調查

本節除呈現龍泉溪堰塞湖於形成因遭遇降雨事件與防災措施之實施所導致之現地變化外，並針對今年度颱風豪雨事件以及因工程施作導致之現地變化進行比較。

4-1.1 歷年實施工程說明(95~98 年)

民國 95 年 7 月 16 日上午 6 點 5 分發生芮式規模 4.4 地震，震央位於台東成功地震站北偏東方 7 公里處，其震央深度為 20.4 公里。其在台東長濱有四級的有感地震，因此台東池上龍泉溪發生大規模崩塌，導致土石崩落阻塞河道，因而形成堰塞湖。

民國 95 年 7 月之凱米颱風（950723~950726）為堰塞湖形成後遭遇之第一次颱風事件。凱米颱風所帶來之大量降雨造成堰塞湖水位快速上升，達滿水位後並開始溢流，所幸並未造成天然壩體發生劇烈沖刷破壞。颱風過後台東林區管理處以及第九河川局陸續辦理相關緊急防災工程，包括台東林區管理處所實施之堰塞湖臨時擋土設施工程以及水利署第九河川局所實施之龍泉 1 號堤段基礎強化與疏浚工程。

民國 96 年台東林區管理處於 7 月完成土砂觀測系統建置（包括影像觀測系統、水位觀測系統以及雨量觀測系統等）。並於年底完成溢流水道挖降 5m 工程以及龍泉溪下游防砂工程(梳子壩、下游護岸及固床工程)，第九河川局則於同年 4 月底完成龍泉 1、2 號堤段強化及修復工程。

民國 97 年台東林區管理處持續針對龍泉溪堰塞湖溢流口實施挖降工程，再進行挖降 5m 工程（連同民國 96 年共挖降 10m），並完成相關跌水工及導流堤工程。

民國 98 年台東林區管理處進行壩體穩定二期工程，針對崩塌區之坡面進行整坡，水土保持局台東分局則是於龍泉溪下游河道施作護岸及固床工。

表 4-1.1 龍泉堰塞湖歷年實施工程一覽表(95~98 年)

年度	事誌時間	概要說明
95	7.16	7.16 上午 6 時 5 分，於成功地震站東北方 6.2 公里發生芮氏規模 4.6 地震後，開始引發多次大規模崩塌，大量崩落土石阻塞河道並形成堰塞湖。
95	7.23	受凱米颱風(0723~0726)降雨之影響，7 月 25 日崩積土體下游坡面已產生溢流。
95	8.8~8.28	臺東林區管理處進行「 關山事業區第 3 林班龍泉溪上游堰塞湖臨時擋土設施工程 」，利用現場崩落之大塊石於崩塌地坡腳構築臨時堆石壩，藉以穩定坡腳並防止崩塌土體滑動。
95	9.8	龍泉一號堤防堤坡基礎加強長度 130 公尺已於 95 年 9 月 8 日竣工
95	11.4	龍泉一號堤防段辦理疏浚土方約 20692 立方公尺以增加通洪斷面於 95 年 11 月 4 日竣工。 龍泉二號堤防段辦理凱米颱風緊急搶險動用防汛塊 200 個
96	4.30	水利署第九河川局實施龍泉 1、2 號堤段加長、加高及修復工程
96	7.23~12.10	臺東林區管理處進行「 龍泉溪下游防砂工程 」，於 11 月 15 日完成溢流水道挖降工程，按工程規劃挖降 5 米；於 12 月 30 日完成龍泉溪下游防砂工程，包括一座長 127.4 公尺，高 10 公尺的梳子壩及下游護岸及固床工等工程。
97	4.24~5.18	龍泉溪堰塞湖壩體穩定工程，除溢流水道挖降工程(共挖降 10 米)外，包括溢流水道的整理及相關跌水工及導流堤的工程施作。
98	5.13~8.5	臺東林區管理處進行「 龍泉溪堰塞湖壩體穩定二期工程 」，利用現地大塊石施作砌石護坡，保護崩塌地坡面。

4-1.2 歷年現地調查成果

一、95 年度

(一) 堰塞湖歷經颱風事件後之變化

民國 95 年 7 月 15 日龍泉溪下游谷口發生大規模坡面崩塌，崩塌土石阻斷龍泉溪下游河道並形成堰塞湖，堰塞湖形成後，歷經凱米颱風及桑美颱風兩颱風事件，其中以凱米颱風降雨量較多，達 171 公釐，最大時雨量達 44.5 公釐，並造成堰塞湖發生溢流。這兩次颱風事件在龍泉堰塞湖下的累積雨量與最大時雨量資料如表 4-1-2 所示。

表 4-1-2 95 年龍泉堰塞湖形成後颱風事件雨量資料

事件	時間	現地雨量觀測資料	池上站雨量資料
凱米颱風	07/23~07/26	現地無建置雨量筒	累積雨量：171 公釐 最大時雨量：44.5 公釐
桑美颱風	08/08~08/10	現地無建置雨量筒	累積雨量：97.5 公釐 最大時雨量：17.5 公釐

(1) 堰塞湖區

堰塞湖形成初期，湖水慢慢蓄積，其後因凱米颱風，帶來豪大雨的影響，造成湖面水位上升達滿水位，並開始溢流。其後之桑美颱風並未於堰塞湖集水區帶來大量降雨量，因此堰塞湖整體並無明顯變化。堰塞湖區於 95 年颱風事件前後現地照片由圖 4-1.1 及圖 4-1.2 可知。

(2) 下游河道

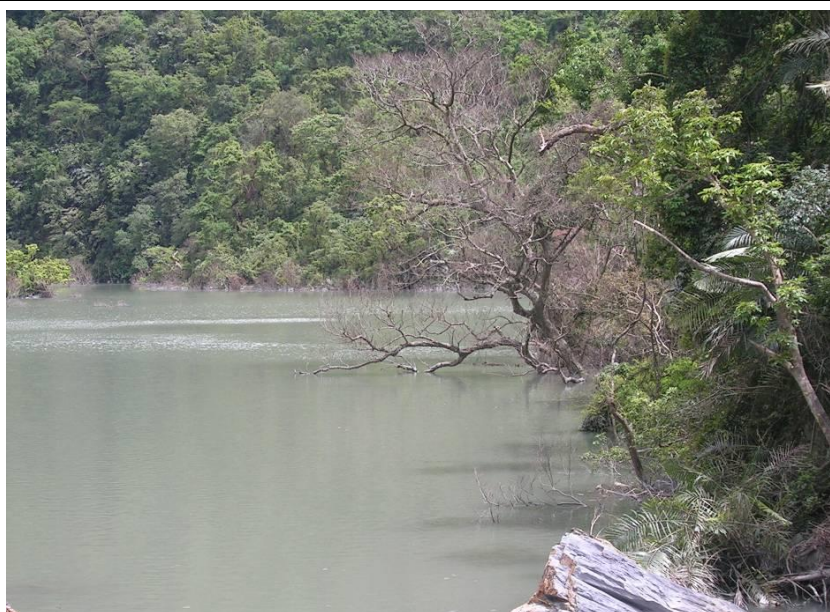
由現地勘查結果發現，下游河道受颱風事件之影響，使得堆積壩體溢流道坡面上之部份顆粒較小之土石被洪水沖刷，並於下游河道局部淤積。下游河道於 95 年颱風事件前後現地照片詳圖 4-1.3 所示。

(二) 治理工程實施後之變化

台東林區管理處龍泉堰塞湖生成後初期，於下游河段施作緊急工程，利用現場崩落之大塊石於崩塌地坡腳處構築臨時堆石壩，以穩定坡腳，防止崩塌土體滑動。此工程於 95 年 8 月 8 日開始至 95 年 8 月 28 日止。施工前後照片如圖 4-1.4 所示。



堰塞湖形成初期 (95/07/17)



汛期後 (95/09/15)

圖 4-1.1 95 年度汛期前後堰塞湖區變化比對照片



汛期前 (95/07/17)



汛期後 (95/09/15)

圖 4-1.2 95 年度汛期前後，溢流口下游變化比對照片



汛期前（95/07/24）



汛期後（95/07/27）

圖 4-1.3 95 年汛期前後，下游河道之變化比對照片(上游往下游拍攝)



緊急工程實施前 (95/07/31)



緊急工程實施後 (95/09/05)

圖 4-1.4 95 年緊急工程實施現地變化比對照片(下游往上游拍攝)

二、96 年度

(一) 堰塞湖歷經颱風事件後之變化

民國 96 年期間共有四次颱風事件，分別為 8 月之悟提颱風、聖帕颱風、9 月之韋帕颱風以及 10 月之柯羅莎颱風，其中以聖帕颱風之降雨量為最大，累積雨量達 227 公釐，最大時雨量達 30 公釐。各颱風事件之降雨資料列如表 4-1.3 所示。

表 4-1.3 96 年度颱風事件雨量資料

事件	時間	龍泉現地雨量資料	池上雨量資料
悟提颱風	08/08~08/09	累積雨量：72 公釐 最大時雨量：15 公釐	累積雨量：166 公釐 最大時雨量：28 公釐
聖帕颱風	08/16~08/19	累積雨量：227 公釐 最大時雨量：30 公釐	累積雨量：237.5 公釐 最大時雨量：19 公釐
韋帕颱風	09/17~09/19	累積雨量：24.5 公釐 最大時雨量：3 公釐	累積雨量：18.5 公釐 最大時雨量：2 公釐
柯羅莎颱風	10/03~10/08	累積雨量：7.5 公釐 最大時雨量：3 公釐	累積雨量：19.5 公釐 最大時雨量：5.5 公釐

(1) 堰塞湖區

96 年度共有四場颱風事件，其中降雨量最大之事件為聖帕颱風。堰塞湖區於颱風事件後，上游的漂流木被河水帶到溢流口，造成溢流口有許多漂流木推積。但對湖區整體來說，並無明顯變化，96 年度汛期事件前後現地照片如圖 4-1.5 所示。

(2) 天然壩下游河段

96 年度聖帕颱風造成本區發生明顯地形變化，主要沖刷區段位於壩體溢流洪水行經路徑，沖刷深度約 5~7 公尺，並形成一天然之槽溝，主要淤積區段位於壩體下游面(與原河道銜接處)至水利會取水口處，淤積高度約 3~6 公尺。。96 年度汛期事件前後現地照片如圖 4-1.6 所示。



汛期前 (96/06/26)



汛期後 (96/09/11)

圖 4-1.5 96 年汛期前後堰塞湖現地變化比對照片



汛期前 (95/11/02)



汛期後 (96/10/29)

圖 4-1.6 96 年汛期前後溢流水道下游變化比對照片

(二) 治理工程實施後之變化

台東林區管理處於 96 年度完成「龍泉溪下游防砂工程」，工程內容包括下游梳子壩 1 座、溢流水道降挖水位 5 公尺、護岸工程、固床工，。其中梳子壩興建，約可攔阻 12 萬立方公尺土石；而堰塞湖水位降挖 5 公尺，將堰塞湖蓄水量由 80 萬立方公尺降至約 60 萬立方公尺。工程施作前後對照照片如圖 4-1.7 至圖 4-1.10 所示。



施工前 (95/11/1)



完工後 (96/11/22)

圖 4-1.7 施工前後照片(堰塞湖)



施工前 (95/11/01)



完工後 (96/11/22)

圖 4-1.8 施工前後照片(溢流水道)



施工前 (95/09/05)



完工後 (96/12/31)

圖 4-1.9 施工前後照片(下游防砂工程)1



施工前 (96/6/26)



完工後 (96/12/31)

圖 4-1.10 施工前後照片(下游防砂工程)2

三、 97 年度

(一) 堰塞湖歷經颱風事件後之變化

97 年度主要有三次颱風事件，分別為 7 月鳳凰颱風、9 月哈格比颱風與薔蜜颱風，其中以鳳凰颱風之降雨量最高，此事件累積雨量達 182 公釐，最大時雨量達 45 公釐。各場颱風事件之累積雨量與最大時雨量資料如表 4-1.4 所示。

表 4-1.4 97 年度颱風事件雨量資料

事件	時間	龍泉現地雨量資料	池上雨量資料
鳳凰颱風	07/26~07/29	累積雨量：182 公釐 最大時雨量：45 公釐	累積雨量：176.5 公釐 最大時雨量：42 公釐
哈格比颱風	09/21~09/23	累積雨量：153 公釐 最大時雨量：16.5 公釐	累積雨量：149.5 公釐 最大時雨量：15 公釐
薔蜜颱風	09/26~09/29	累積雨量：121 公釐 最大時雨量：21.5 公釐	累積雨量：118.5 公釐 最大時雨量：20.5 公釐

(1) 堰塞湖~溢流水道

堰塞湖區~溢流水道河段於工程整治後，經歷過三次颱風事件，由現地調查顯示，堰塞湖區並無明顯變化(詳圖圖 4-1.11~圖 4-1.13)，。

(2) 天然壩下游河段

此河段在整治過後，且經歷過 97 年度三個颱風事件後，此河段有些許小土石在此淤積，97 年度汛期事件前後現地照片如圖 4-1.14 所示。



汛期前

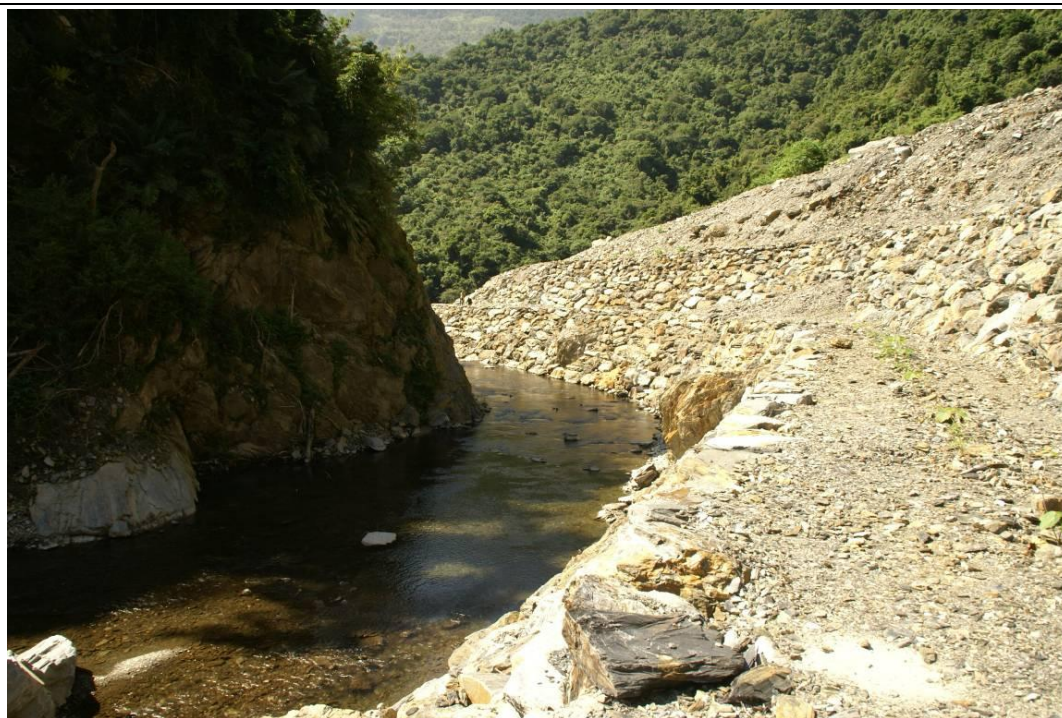


汛期後

圖 4-1.11 97 年度汛期前後堰塞湖現地變化比對照片



汛期前



汛期後

圖 4-1.12 97 年度汛期前後溢流水道現地變化比對照片



汛期前



汛期後

圖 4-1.13 97 年度汛期前後溢流水道轉彎處之變化比對照片



汛期前



汛期後

圖 4-1.14 97 年度汛期前後下游河道之變化比對照片

(二) 治理工程實施後之變化

台東林區管理處於 97 年度完成「龍泉溪堰塞湖壩體穩定工程」工程內容包括再次降挖溢流水道高程 5 公尺(累計達 10 公尺)、砌石護岸以及下游轉彎處之導流堤等。工程施作前後比對照片如圖 4-1.15 至圖 4-1.16 所示。



完工前 (96/11/22)



完工後 (97/5/23)

圖 4-1.15 溢流水道降挖施工前後照片



施工前 (95/11/01)



完工後 (97/5/23)

圖 4-1.16 工程前後比對(導流堤防)

四、98 年度

(一) 堰塞湖歷經颱風事件後之變化(98 年)

98 年度事件主要有四次颱風事件，從 98 年 6 月底的蓮花颱風、7 月中的莫拉菲颱風、8 月的莫拉克颱風以及 10 月的芭瑪颱風，其中以莫拉克颱風在龍泉堰塞湖地區降雨量是最多，本事件累積雨量達 374mm，最大時雨量達 18mm。這四場颱風在龍泉堰塞湖下的累積雨量與最大時雨量資料如表 4-1.5 所示。

表 4-1.5 98 年度颱風事件雨量資料

事件	時間	龍泉現地雨量資料	池上雨量資料
蓮花颱風	06/09~06/20	因雨量記錄器損壞， 所以此事件無現地雨量資料	累積雨量：170.5 公釐 最大時雨量：39.5 公釐
莫拉菲颱風	07/16~07/18	累積雨量：159 公釐 最大時雨量：18 公釐	累積雨量：165.5 公釐 最大時雨量：14.5 公釐
莫拉克颱風	08/05~08/10	累積雨量：374.5 公釐 最大時雨量：18 公釐	累積雨量：237 公釐 最大時雨量：8.5 公釐
芭瑪颱風	10/03~10/06	累積雨量：91.5 公釐 最大時雨量：8.5 公釐	累積雨量：124.5 公釐 最大時雨量：14.5 公釐

(1) 堰塞湖

於 98 年度四場颱風事件前後堰塞湖水位並無明顯提昇，且台東林區管理處於完成「龍泉溪堰塞湖壩體穩定工程」，在經過這四次颱風事件，僅於崩塌地有表面碎屑滑落外，其餘並無明顯變化。事件前後現地照片圖 4-1.17 所示。

(2) 溢流水道

由於 98 年度颱風事件是在台東林區管理處於施作「龍泉溪堰塞湖壩體穩定工程」之後，因此此溢流水道側岸有堆石保護，且 98 年

度事件中僅莫拉克颱風事件累積雨量達 374.5mm，但因最大時雨量，僅只有 18mm，因此於現地勘查結果，並無明顯變化現象，事件前後現地照片圖 4-1.18 所示。

(3) 溢流水道轉彎處

於 98 年度颱風事件僅莫拉克颱風事件超過 300mm，因此於現地調查發現，於 98 年度四場事件前後，於莫拉克颱風因帶來雨量較大，因此使得此地段跌水工部份土石流失，但因後續颱風事件並未對此地段有任何的衝擊，因此也無明顯後續災情，事件前後現地照片如圖 4-1.19 所示。

(4) 天然壩下游河段

此河段經歷過 98 年度颱風事件後，無明顯的土砂堆積現象，事件前後現地照片如圖 4-1.20。



事件前（98/07，莫拉克颱風前）

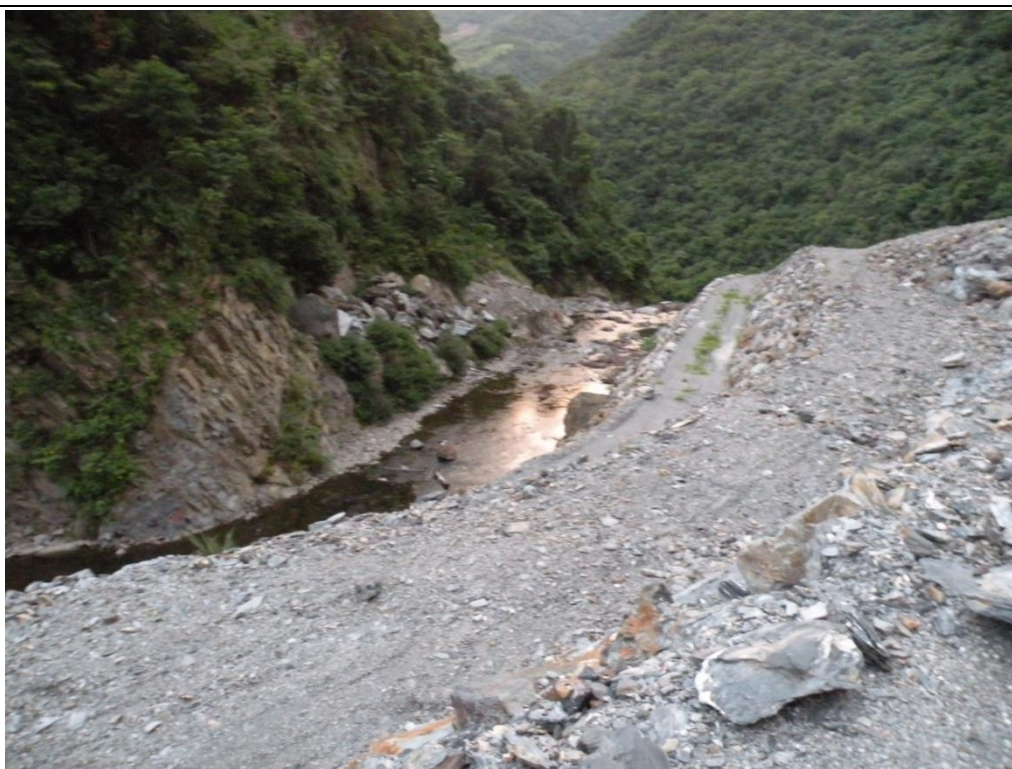


事件後（98/09，莫拉克颱風後）

圖 4-1.17 98 年度堰塞湖湖面現地變化比對照片



事件前（98/07，莫拉克颱風前）



事件後（98/09，莫拉克颱風後）

圖 4-1.18 98 年度溢流水道現地變化比對照片



事件前（98/07，莫拉克颱風前）



事件後（98/09，莫拉克颱風後）

圖 4-1.19 98 年度溢流水道中段處變化比對照片



事件前（97/07，莫拉克颱風前）



事件後（98/09，莫拉克颱風後）

圖 4-1.20 98 年度溢流水道轉彎處之河道變化比對照片

(二) 98 年度龍泉溪堰塞湖集水區施作工程前後

(1) 台東林區管理處

於 98 年度台東林區管理處於 98 年 5 月 13 日至 98 年 8 月 5 日興建「龍泉溪堰塞湖壩體穩定二期工程」，主要施工目的為利用現場大塊石施作砌石護坡，保護崩塌地坡面，以穩定崩塌地避免土石滑動造成阻斷河道。施工前後照片如圖 4-1-21 至圖 4-1-22 所示。

(2) 水土保持局台東分局

水保局於 98 年度汛期前完成龍泉溪下游護岸工程與七座跌水工程。其中護岸長為約 400m，高度為約 4.5m，而跌水工之寬約 30m。期可降低土砂流經此河道後的能量，以減少對下游住戶居民之影響。每一階跌水工位置，於護岸上皆有水尺標示，其中一紅一白相間為 1m，可了解當豪雨事件發生時，水流或土砂流過之痕跡，施工前後照片現況如圖 4-1-23 所示



施工前（98/03/18）



完工後（98/09/28）

圖 4-1.21 98 年度堰塞湖區工程現況照片



施工前 (98/03/18)



完工後 (98/09/28)

圖 4-1.22 98 年度崩塌區整坡工程完工照片



施工中 (98/03/31)



完工後 (98/07/03)

圖 4-1.23 98 年度水土保持局實施河道工程情形 (從上游到下游拍攝)

4-1.3 今年度（99 年）現地調查成果

今年度現地調查資料比對分為兩部份，一工程實施後之變化；二為今年颱風事件後，針對各事件前後之堰塞湖、崩塌區、天然壩體與河道現況之變動持續進行調查，及分析說明，現場調查成果進行說明：

一、工程實施後之變化：

1. 堰塞湖區

龍泉溪河道整理工程其中一項施工內容為崩積地崩積土處理，乃將崩塌區之上部崩積土堆及河道進行工程整理，移除崩塌區之堆積土石並穩定河道，由圖 4-1.24 及圖 4-1.25 可知。

2. 天然壩右側支流

天然壩右側支流過水涵洞加寬為龍泉溪河道整理工程項目之一，由圖 4-1.26~27 可知，支流河床已完成修整，並於右岸施作護岸，過水涵洞則為 6 孔箱涵，並於兩側施作塊狀護欄以維護車輛安全。

3. 天然壩土體

天然壩之崩積土體處理為龍泉溪河道整理工程另一項目，主要工程目的為穩定天然壩體之安定性，圖 4-1.28 為崩塌區土石挖除前後比對照片。



土方未填湖前（98/09，莫拉克颱風後）



土方填湖後（99/06）

圖 4-1.24 99 年度堰塞湖湖面變化比對照片



莫拉克颱風後（98/09）



土方填湖後（99/06）

圖 4-1.25 99 年度溢流水道現地變化比對照片(溢流口)



施工前（98/09，莫拉克颱風後）



完工後（99/06）

圖 4-1.26 99 年度下游支流箱涵完工前後照片(1)



事件前（98/09，莫拉克颱風後，上游往下游拍攝）



過水涵洞完工後（99/06，下游往上游拍攝）

圖 4-1.27 99 年度下游支流箱涵完工前後照片(2)



崩積土體挖除前（98/09）



崩積土體挖除後（99/06）

圖 4-1.28 99 年度崩塌區崩積土挖除前後比對照片

二、今年度颱風事件後之變化

今年度颱風事件主要集中於 9 月份，其中分別為六號颱風萊羅克、十號颱風莫蘭蒂颱風以及十一號颱風凡那比颱風，依據現地監測雨量站觀測成果顯示，此三次事件累積雨量在 200 公釐~300 公釐之間。

1. 堰塞湖

湖區在 6 月底人工填滿後，在經過 7 月份午後雷陣雨、萊羅克颱風、莫蘭蒂颱風以及凡那比颱風等事件，堰塞湖區明顯成為一座溼地，在事件後，湖區水深僅幾十公分之深，且地質鬆軟。事件前後現地照片如圖 4-1.29 至圖 4-1.30 所示。

2. 溢流水道

颱風事件前後於溢流水道，水道並無明顯變化，事件前後現地照片如圖 4-1.31 至圖 4-1.32 所示。

3. 溢流水道轉彎處

由現地調查情形可知，如圖 4-1.33，經過這幾次事件後，溢流水道轉彎的巨石並未遭水流移動。

4. 天然壩下游河段

由現地調查得知，如圖 4-1.34 與圖 4-1.35。現地無明顯有土砂搬運情形。



汛期前（99/7/19，萊羅克颱風前）



汛期後（99/9/25，凡那比颱風後）

圖 4-1.29 99 年度堰塞湖湖面變化比對照片



汛期前（99/7/19，萊羅克颱風前）



汛期後（99/9/25，凡那比颱風後）

圖 4-1.30 99 年度崩塌土體變化比對照片



汛期前（99/7/19，萊羅克颱風前）



汛期後（99/9/25，凡那比颱風後）

圖 4-1.31 99 年度溢流水道現地變化比對照片(溢流口)



事件前（99/7/19，萊羅克颱風前）



汛期後（99/9/25，凡那比颱風後）

圖 4-1.32 99 年度溢流水道現地變化比對照片(溢流道)



汛期前（99/7/19，萊羅克颱風前）

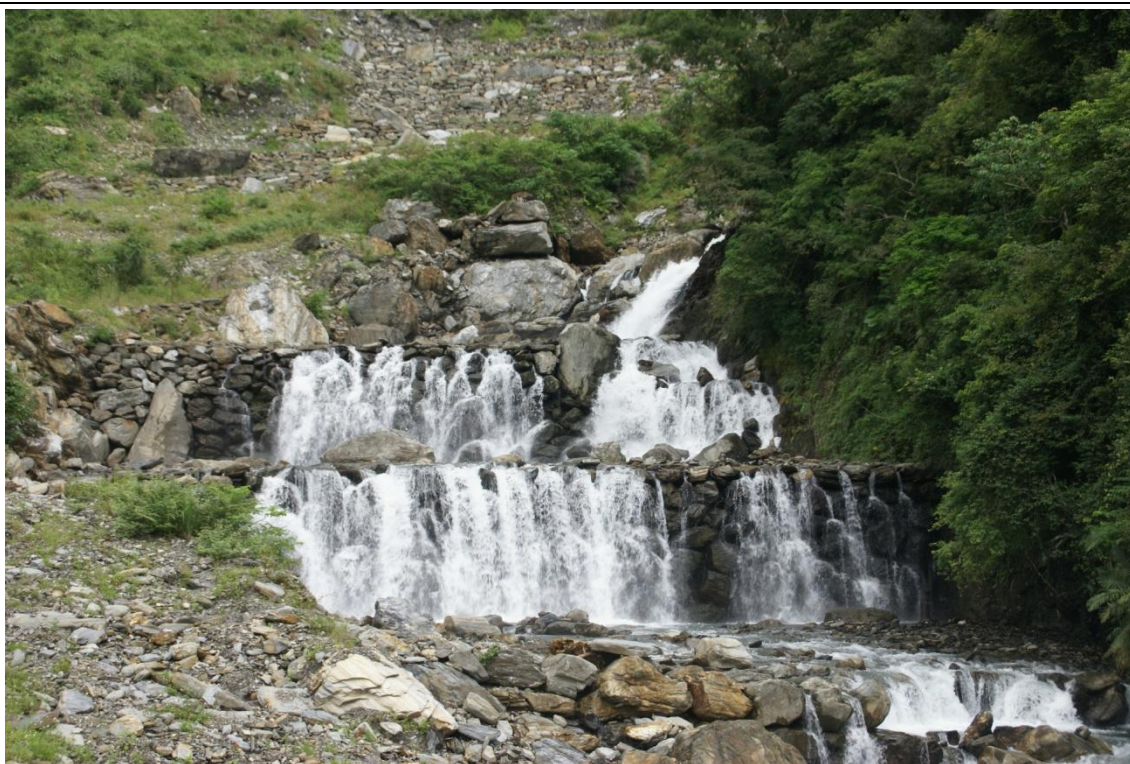


汛期後（99/9/25，凡那比颱風後）

圖 4-1.33 99 年度溢流水道中段坡度驟陡處變化比對照片



汛期前（99/7/19，萊羅克颱風前）



汛期後（99/9/25，凡那比颱風後）

圖 4-1.34 99 年度溢流水道轉彎處之導流土堤變化比對照片



汛期前（99/7/19，萊羅克颱風前）



汛期後（99/9/25，那凡比颱風後）

圖 4-1.35 99 年度下游河道變化比對照片（1）



汛期前（99/7/19，萊羅克颱風前）



汛期後（99/9/25，凡那比颱風後）

圖 4-1.36 99 年度下游河道變化比對照片（2）

龍泉溪堰塞湖發生至今歷時約五年之久，為避免因堰塞湖破壞引發之災害波及下游社區安全，台東林區管理處依短、中、長期應變規劃，進行一系列的工程及規劃案，並與當地居民進行說明會溝通，龍泉溪堰塞湖各相關事誌之時程整理如下：

表 4-1.6 龍泉溪堰塞湖歷年相關處置及事件誌表

年度	事誌時間	概要說明
95	7.4	利用福衛二號影像觀察地震前崩塌地變化發現，龍泉溪堰塞湖當地已有 1 公頃左右之崩塌地存在。
95	7.16	7.16 上午 6 時 5 分，於成功地震站東北方 6.2 公里發生芮氏規模 4.6 地震後，開始引發多次大規模崩塌，大量崩落土石阻塞河道並形成堰塞湖。
95	7.17	林務局臺東林區管理處於 7.17 邀集相關單位與學者專家共同會勘，並委託成功大學防災研究中心辦理「關山事業區第 3 林班龍泉溪上游堰塞湖緊急評估及緊急對策建議」計畫。
95	7.21	臺東林區管理處於 7.21 會同相關單位舉行第一次地方居民說明會。
95	7.23	受凱米颱風(0723~0726)降雨之影響，7 月 25 日崩積土體下游坡面已產生溢流。
95	7.24	凱米颱風陸上颱風警報發佈，臺東縣政府災害應變中心進行居民避難疏散，共計疏散 400 餘人。
95	7.27	時值呂副總統與農委會副主委親至現地視察，並就研擬之初步對策進行討論。
95	8.8~8.28	臺東林區管理處進行「關山事業區第 3 林班龍泉溪上游堰塞湖臨時擋土設施工程」，利用現場崩落之大塊石於崩塌地坡腳構築臨時堆石壩，藉以穩定坡腳並防止崩塌土體滑動。

年度	事誌時間	概要說明
95	10.30	成功大學防災研究中心依據潰壩模擬演算結果，完成社區安全性評估、潰壩影響範圍與潰壩警戒值訂定，並提出短中長期緊急處理對策（包括工程與土砂觀測系統）。
95	11.16	臺東林區管理處於台日奧國際土砂研討會會後，邀請相關學者前往龍泉溪堰塞湖現場進行勘查，並給予相關治理建議。
95	12.21	臺東林區管理處於 12.21 會同相關單位舉行第二次地方居民說明會。
96	4.30	水利署第九河川局實施龍泉二號堤段加長、加高修復工程
96	4.30~11.30	臺東林區管理處委託成功大學防災中心執行「龍泉溪上游堰塞湖土砂觀測規劃與建置案」計畫，並於 7 月 30 日於龍泉溪堰塞湖現地建立堰塞湖土砂觀測系統一座，該系統包括影像、雨量及水位等觀測設備。
96	7.23~12.10	臺東林區管理處進行「龍泉溪下游防砂工程」，於 11 月 15 日完成溢流水道挖降工程，按工程規劃挖降 5 米；於 12 月 30 日完成龍泉溪下游防砂工程，包括一座長 127.4 公尺，高 10 公尺的梳子壩及下游護岸及固床工等工程。
96	9.11	臺東林區管理處藉台灣與日本雙邊之合作交流，針對堰塞湖與土砂災害之議題，進行座談討論，以達經驗分享與技術傳承，期盼對土砂災害防治上有所助益。
97	4.24~5.18	龍泉溪堰塞湖壩體穩定工程，除溢流水道挖降工程（共挖降 10 米）外，包括溢流水道的整理及相關跌水工及導流堤的工程施作。

年度	事誌時間	概要說明
97	2.25~11.30	臺東林區管理處委託成功大學防災研究中心進行「龍泉溪上游堰塞湖崩塌區土砂觀測與演變趨勢研究計畫」。計畫內容包括土砂觀測系統的強化及更新，並針對溢流水道挖降工程進行安全及工程效益評估。
98	5.13~8.5	臺東林區管理處進行「龍泉溪堰塞湖壩體穩定二期工程」，利用現地大塊石施作砌石護坡，保護崩塌地坡面。
98	3.4~11~30	臺東林區管理處委託成功大學防災研究中心進行「龍泉溪上游堰塞湖土砂觀測系統維護與地形變動監測分析」計畫，除土砂觀測系統的強化更新維護外，針對堰塞湖週遭地形及水下水深測量，瞭解土砂變動之影響。
99	2.23~6.24	臺東林區管理處進行「龍泉溪河道整理工程」，整理崩塌堆積土石及河道，加強邊坡穩定以防止二次災害發生。
99	3.30~	臺東林區管理處委託成功大學防災研究中心進行「龍泉溪上游堰塞湖土砂觀測系統更新及維護」計畫，進行土砂觀測系統之更新及維護工作。

4-2 壩體與河道地形變動測量

壩體與河道地形變動測量工作，主要目的在於探討天然壩及其下游河道之變遷情形，透過歷年颱風豪雨事件前後期之測量成果比對，得知事件前後之土砂變動情形。其項目包括有天然壩體地形變動測量，與堰塞湖下游河道地形變動測量。

4-2.1 測量工作說明

本計畫於龍泉溪河道整理工程完工後進行今年度之壩體與河道地形變動測量工作。

在預先準備工作方面，為使後續測量工作順利進行，本團隊於去年度（98 年）3 月中旬至現地進行測量斷面樁之佈置（圖 4-2.1）。並於去年度（98 年）分別完成兩次測量，第一次為汛期前（4 月 30 日）分別於河道與天然壩體可能發生地形變動之位置，完成第一次地形測量，於天然壩至下游溢洪道，共測量 20 處斷面（包括縱斷面與橫斷面），斷面測量位置如圖 4-2.2 所示，第二次地形測量則於汛期後（9 月 29 日）完成，斷面測量位置如圖 4-2.3 所示。今年度之測量工作於龍泉溪河道整理工程完工後進行，鑒於工程完工後，部分測量斷面樁毀損，故本計畫於工程完工後，以第二次地形測量之斷面為主，第一次地形測量之斷面為輔，先行修復毀損之測量斷面樁，並於汛期前後各完成一次地形測量，分別於今年度（99 年）8 月 15 日及 9 月 25 日完成測量工作，斷面測量位置如圖 4-2.4 所示，並與 95 年度及 98 年度之測量成果進行前後斷面變化分析，進而掌握現地壩體及河道地形變化量，可作為評估堰塞湖變化以及壩體未來潛勢之用。本計畫測量作業執行所採行之工作流程與方法說明如後：



圖 4-2.1 98 年度測量斷面樁佈置位置現地照片



圖 4-2.1 98 年度測量斷面樁佈置位置現地照片(續)

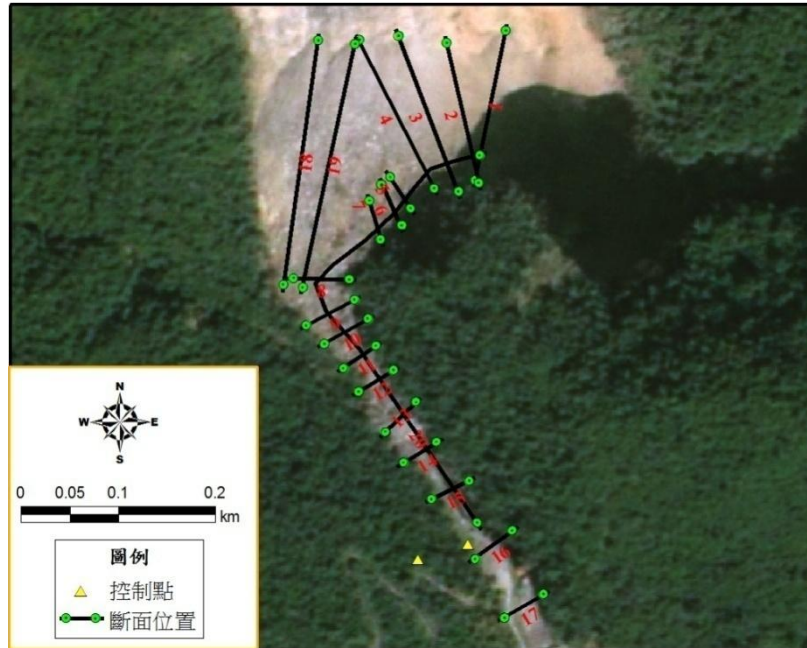


圖 4-2.2 98 年度 4 月 30 日第一次地形測量斷面規劃配置圖

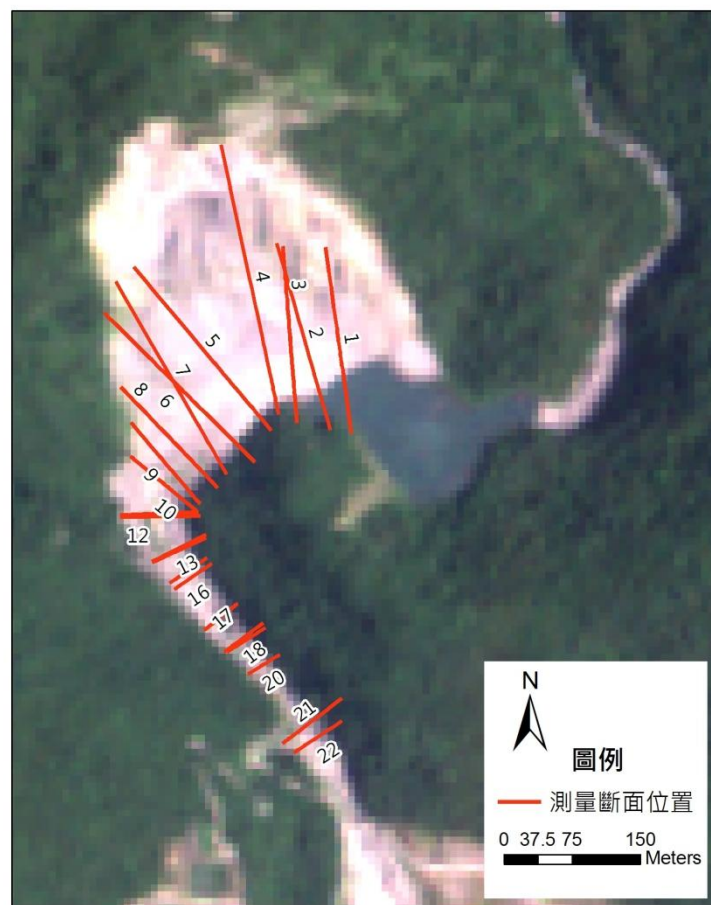


圖 4-2.3 98 年度 9 月 29 日第二次地形測量斷面規劃配置圖

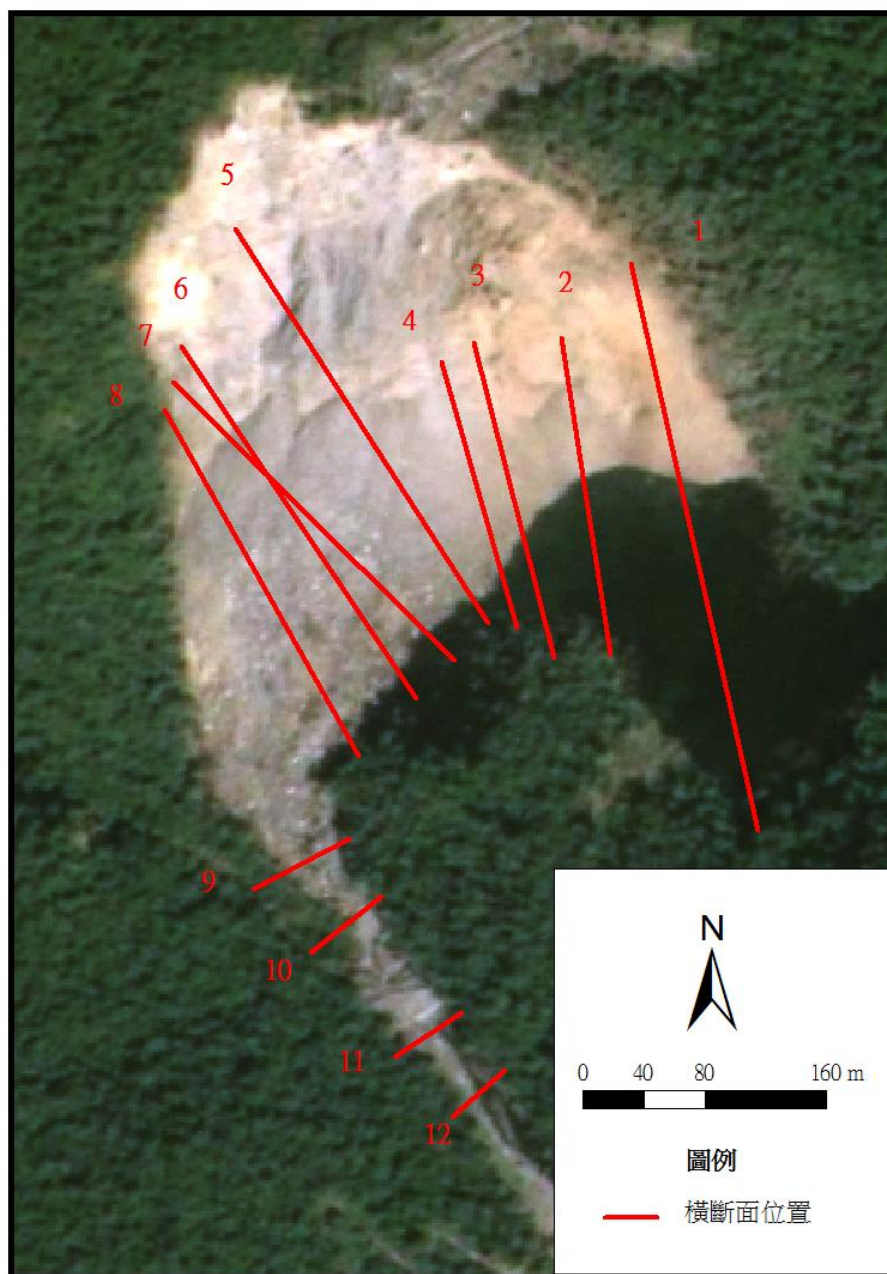


圖 4-2.4 今年度(民國 99 年)地形測量斷面規劃配置圖

4-2.2 工作流程

測量作業實施流程如圖 4-2.5 所示，主要步驟有圖資收集、現地會勘、測量方法選定、控制點選定與測量樁埋設、控制點檢測與引測、地形特徵點量測、測量點展繪、精度檢核等工作項目，說明如下：

1、圖資收集：收集測區內之已知三角點（內政部公佈之三角點）及測區附近相關單位所測設之導線及水準成果，以便作為地形測量工作推展之參考基準。

2、現地會勘：現地會勘之目的為確定已知控制點分佈與評估現地地形條件，藉以決定採用之測量方法與工具。

3、測量方法選定：測量方法選定時所考量之因子包括：(1) 測量人員可及性與否（人員可否到達測量目標區）；(2) 測量距離（觀測點與測量目標之距離）；(3) 工作效率（測量所需花費之時間）；(4) 測量精度。整體考量上述因子，並同時兼顧人員作業安全、工作精度與效率之前提下，決定所採用之測量方法與工具。

4、控制點選定與測量樁埋設：將圖資收集階段所得已知控制點展繪至地形圖上，配合已知點之樁位示意圖、去年度（98 年）斷面成果圖及相關可利用資料，進行現場清樁及現有樁位確認作業。並依清樁後之已知點分佈狀況及現有樁位，決定需要佈設之控制點位置與數量。

5、控制點檢測與引測：採用全球衛星定位測量方法（G.P.S.）進行已知控制點座標檢測，並利用完成檢核之控制點為基地站，進行新設控制點之座標引測。

6、地形特徵點量測：測量作業實施之目的為掌握堰塞湖天然壩體與下游河道地形變化，其中天然壩體與下游河道地形之測量重點為規劃斷面沿線地形有明顯變化處。

7、測量點展繪：完成測量時，於現地將測量資料下載，展繪至地形圖

或是正射影像，以確認測量點之分佈密度符合測量精度要求。

8、現場檢核：針對地形特徵進行比對，以確認測量成果之正確性。

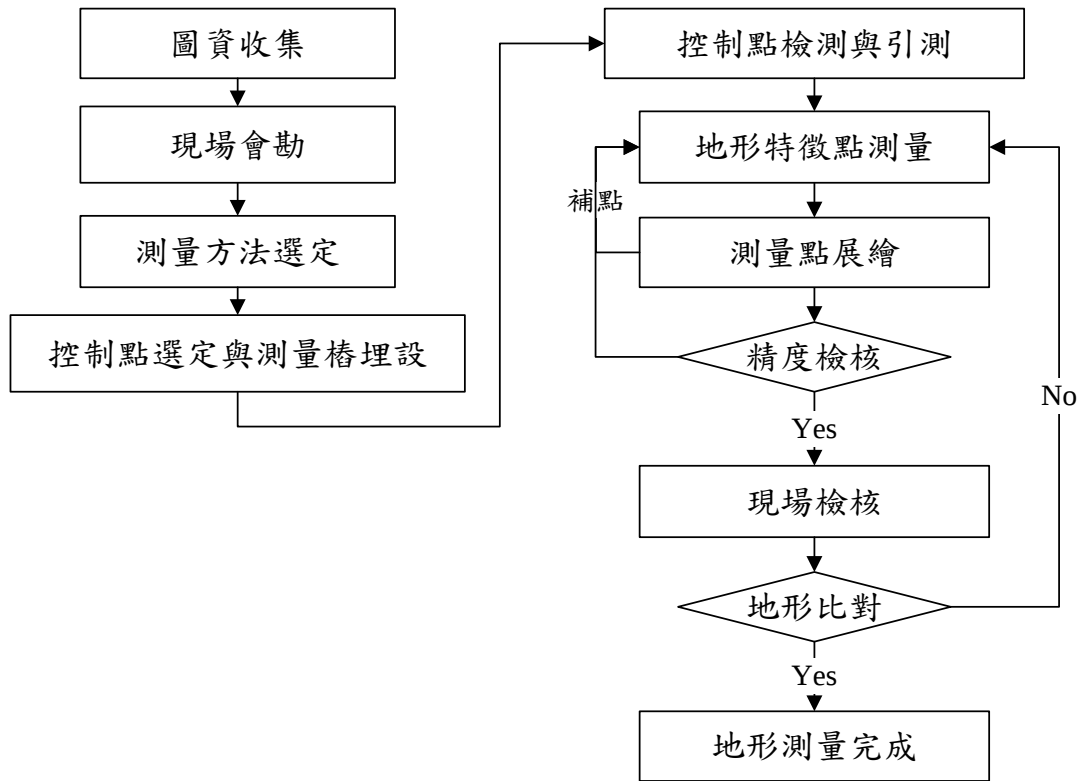


圖 4-2.5 測量作業實施流程圖

4-2.3 工作方法

1、控制點座標及高程系統測量

參考控制點之建立除採用傳統測量工具進行控制點座標引測，為能節省人力並提高工作效率，本計畫參考控制點之引測作業並採用最新網路 RTK 作業方法 (VRS)，並可以增加控制點做為多餘觀測量在於座標轉換時進行檢核驗證，供為全區平面、TWD97 控制之依據。

衛星定位接收儀 (GPS) 為 Topcon 公司所製造，型號 HiPer Pro-GPS，兼具靜態定位 (Static) 與即時動態定位模式 (Real-Time

Kinematic)，在控制點不易取得或引測距離過長之地點，可以選用全球衛星定位技術 (GPS) 之靜態定位測量方法進行控制點座標量測，在短時間內獲得測量控制點之絕對座標，作為地形測量工作推展之參考基準，解決因參考控制點引測作業費時而致使工作進度不易推展之問題。本計畫擬採用衛星定位接收儀與測量示意圖如圖 4-2.6 所示。



2、天然壩體與河道地形變動測量

針對於現地所選定之重要斷面進行量測，以推估颱風豪雨事件前後之地形變動。在測量開始前，需赴現地規劃測量斷面位置，其中斷面樁座標則採用衛星定位測量 (GPS) 方式施測，使用衛星定位接收儀進行靜態基線測量，以雙主站觀測，收集資料，每一點位觀測接收至少 50 分鐘以上，求出所有新設未知點之二度分帶座標。本計畫於防砂壩上共測定一組控制點 (如 表 4-2.1)，以供後續測量及引點之用。

本測量作業採用雷射測距全站儀 (Total station，同時有稜鏡模式與免稜鏡模式) 施測，模式之選用則視施測區之人員可及性與工作安全性，若測量人員不易直接抵達或有安全之虞之點位，則選擇免稜鏡測量模式；反之，若人員可抵達並無危險之虞時，則選用稜鏡測量模式，由測量人員手持覘標直接施測。此外，為減少現地測量結果於三

維空間定位之繁複內業處理，有關地形測量工作，除了採用雷射測距全站儀外，部分人員可達之測量區域，並可考量應用衛星定位接收儀之即時動態測量模式 (R.T.K. - G.P.S.)，利用其高精度的雙頻載波相位觀測量，達成施測迅速、移動快速、且不需要後級處理的內業計算工作等特性，輔助地形地貌測量作業，可在短時間內測出決對座標值，節省作業時間，提升工作效率。

本計畫採用之雷射測距全站儀 (Total station) 為瑞士 Leica 公司所製造，型號 TCR-803 之全站儀，可以使用反射稜鏡測量模式 (Prism mode) 與免稜鏡測量模式 (Non-Prism mode) 進行地形測量，反射稜鏡模式最大測量距離可達 1,700 公尺，免稜鏡模式之最大測量距離為 800 公尺，依據測量目標區之可及性與否，來決定採用反射稜鏡模式或免稜鏡模式進行量測，另本儀器可以內建儲存 10,000 筆資料。為圖 4-2-7 為本計畫採用之雷射測距全站儀與測量示意圖。

表 4-2.1 控制點基本資料表

控制點	x	y	z
9K1	268511	2562968	385.684
9K2	268459	2562952	386.997

