

肆、現地遙測影像分析與地形變動量測

堰塞湖天然壩體受颱風豪雨事件影響，天然壩體及下游河道將會發生沖刷或淤積之變化。為有效掌握事件造成之影響，本計畫採用現地遙測影像分析之方式，利用事件前後兩期不同之影像進行變異分析，以瞭解受颱風豪雨影響而有所有變化之區域，同時以便後續規劃安排堰塞湖天然壩體下游面與河道重點斷面的地形量測。

藉由成大防災中心衛星影像資料庫查詢 2006 年雨季後至 2007 年 10 月之影像，經濾除雲覆較多及影像品質較差之影像後，取得 2006/10/29、2007/5/9 及 2007/9/17 共三日之衛星影像進行變異分析。

4-1 2007 年汛期前之影像變異

本計畫用來進行 2007 年上半度變異分析之影像及影像日期如圖 4-1-1~4-1-2 所示。



圖 4-1-1 2006/10/29 福衛二號正射影像
(全區域)

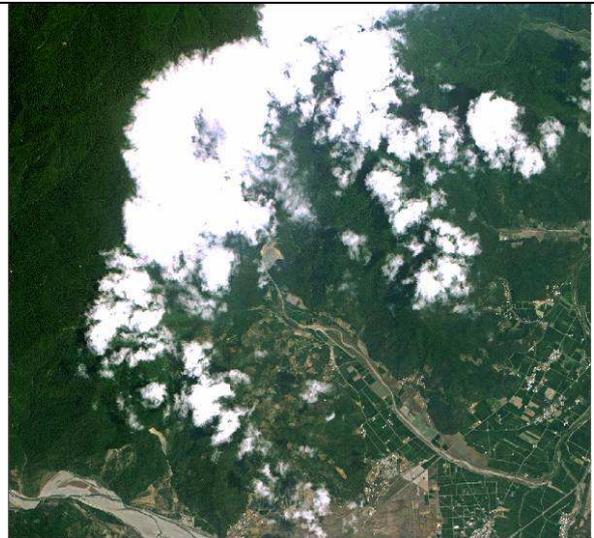


圖 4-1-2 2007/5/09 福衛二號正射影像
(全區域)

圖 4-1-3 為本計畫利兩期不同之福衛二號全色態影像合成之變異影像，其中紅色波段為 2006/10/29 之影像、綠色波段為 2007/5/9 之影像，圖中於兩個時期有所變異之區域將會呈現綠色或紅色。濾除農耕、雲覆、陰影等之季節或天候影響的變化，本計畫就去年汛期後至今有明顯之變化區域列舉討論如下：

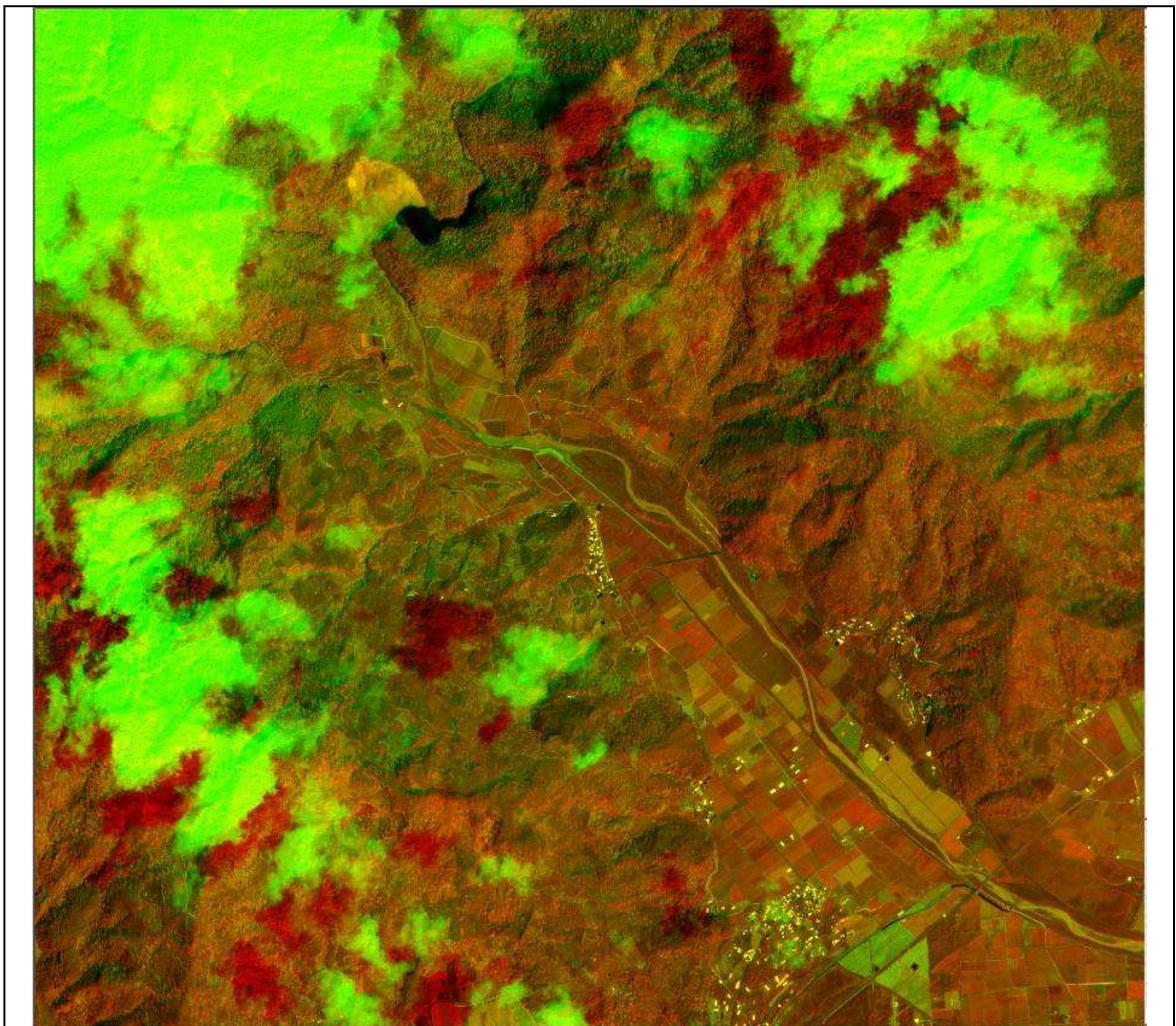


圖 4-1-3 不同時期福衛二號全色態合成之變異影像(全區域)

1. 堰塞湖及天然壩體之變異

由圖 4-1-4 可知於去年 10 月至今年 5 月間，堰塞湖湖面之面積明顯縮小的變化，估計約縮小 0.77 公頃，推論原因為堰塞湖上游來水之進水量少於下游滲流量，而使得水位下降而湖面縮小。

而崩塌坡面除崩塌面頂端有些許之變化外，其餘區域並無明顯之變化。其變化原因為正射糾正採用 40DTM，因此無法真實反應當地之地形而導致影像正射糾正引入之誤差。另於山之另一面的崩塌地則有些許植生復育之情況。

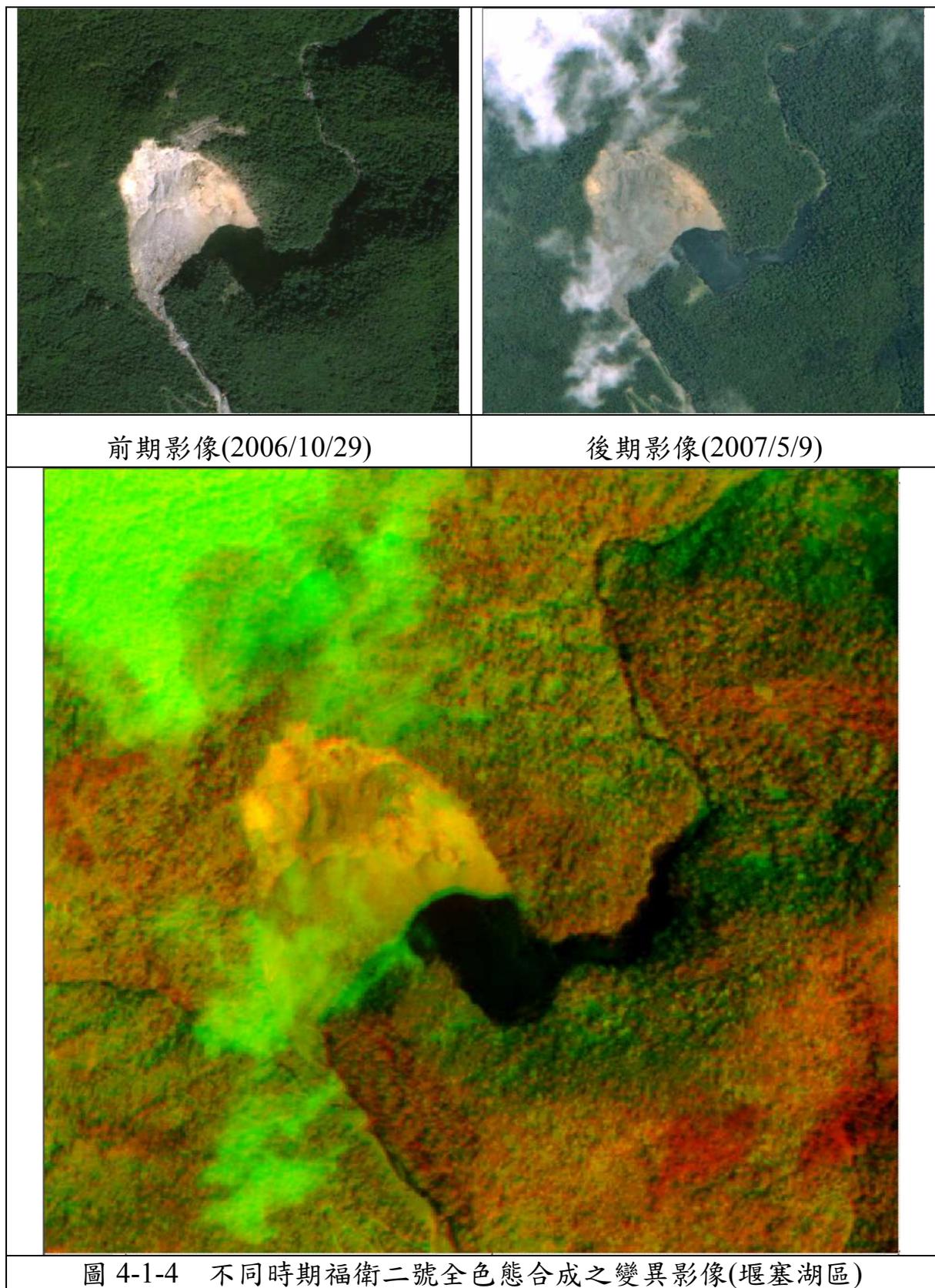
2. 下游河道之變異(水利會取水口至大龍橋)

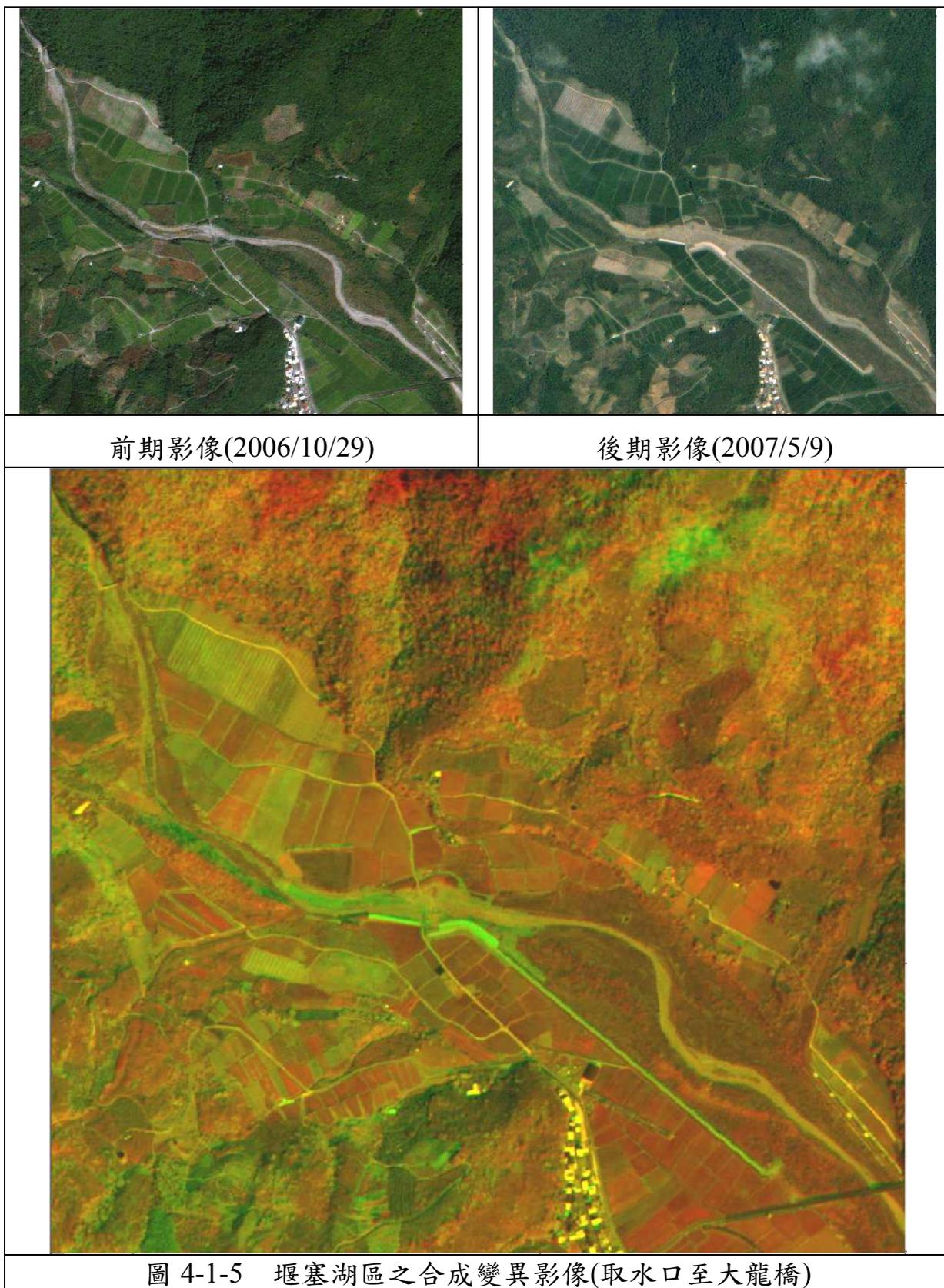
由影像可見於此河段於水利會過河渠道附近，有明顯之變異，此為河道進行疏濬及堤防加高加固之工程造成。而其餘地區則無明顯之變化。

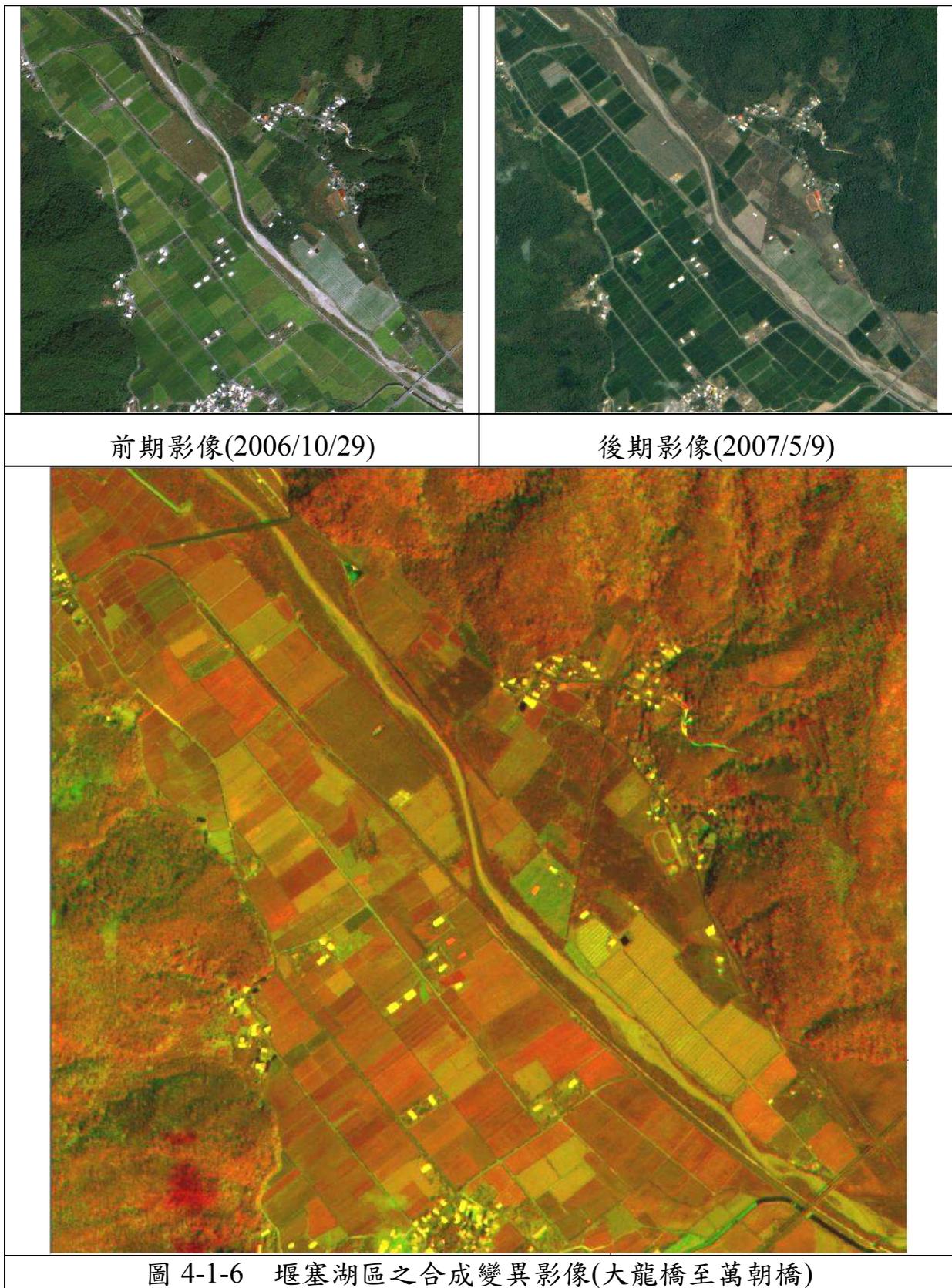
3. 下游河道之變異(大龍橋至萬朝橋)

此河段於河道區域並無顯之變化，而河道區域外則有部份農舍被拆除及原本林地轉為新開墾農地的情況。

綜合以上，除堰塞湖水位因季節因素而有所降低及疏濬跟堤防加高加固工程外，其餘於影像變異分析上並無顯之變化，結果顯示堰塞湖天然壩體於去年 10 月至今年 5 月並無明顯之變化。







4-2 2007 年汛期後之影像變異

本計畫用來進行 2007 年下半度變異分析之影像及影像日期如圖 4-2-1~4-2-2 所示。

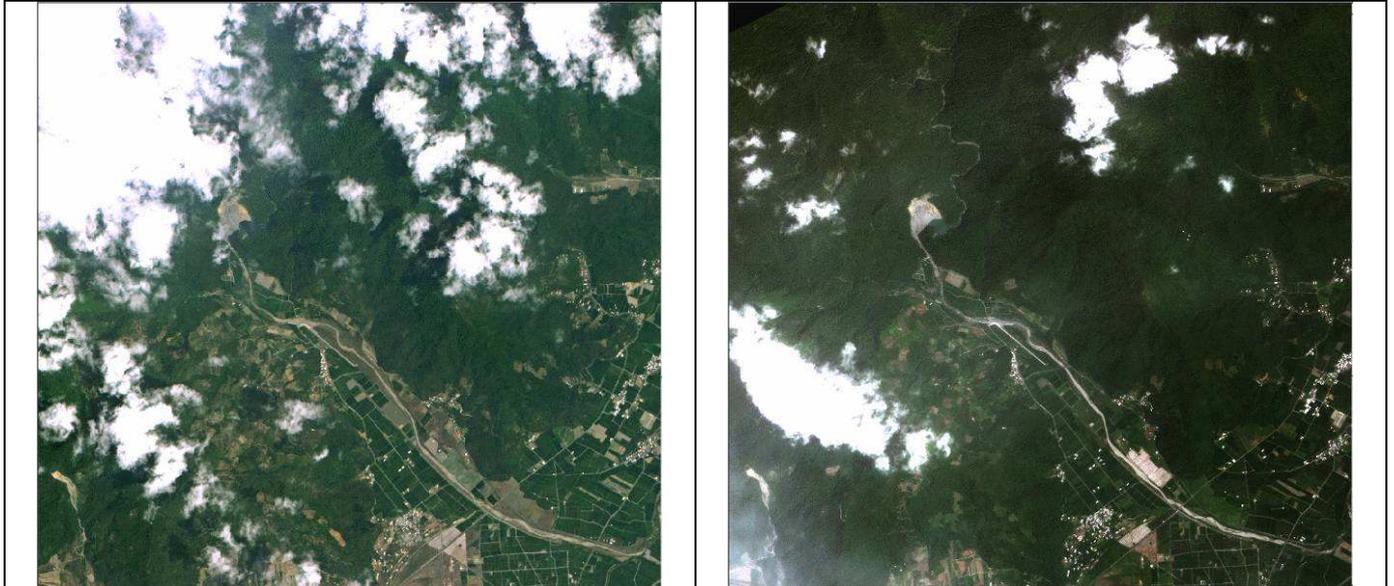


圖 4-2-1 2007/5/09 之福衛二號正射影像

圖 4-2-2 2007/9/17 之福衛二號正射影像

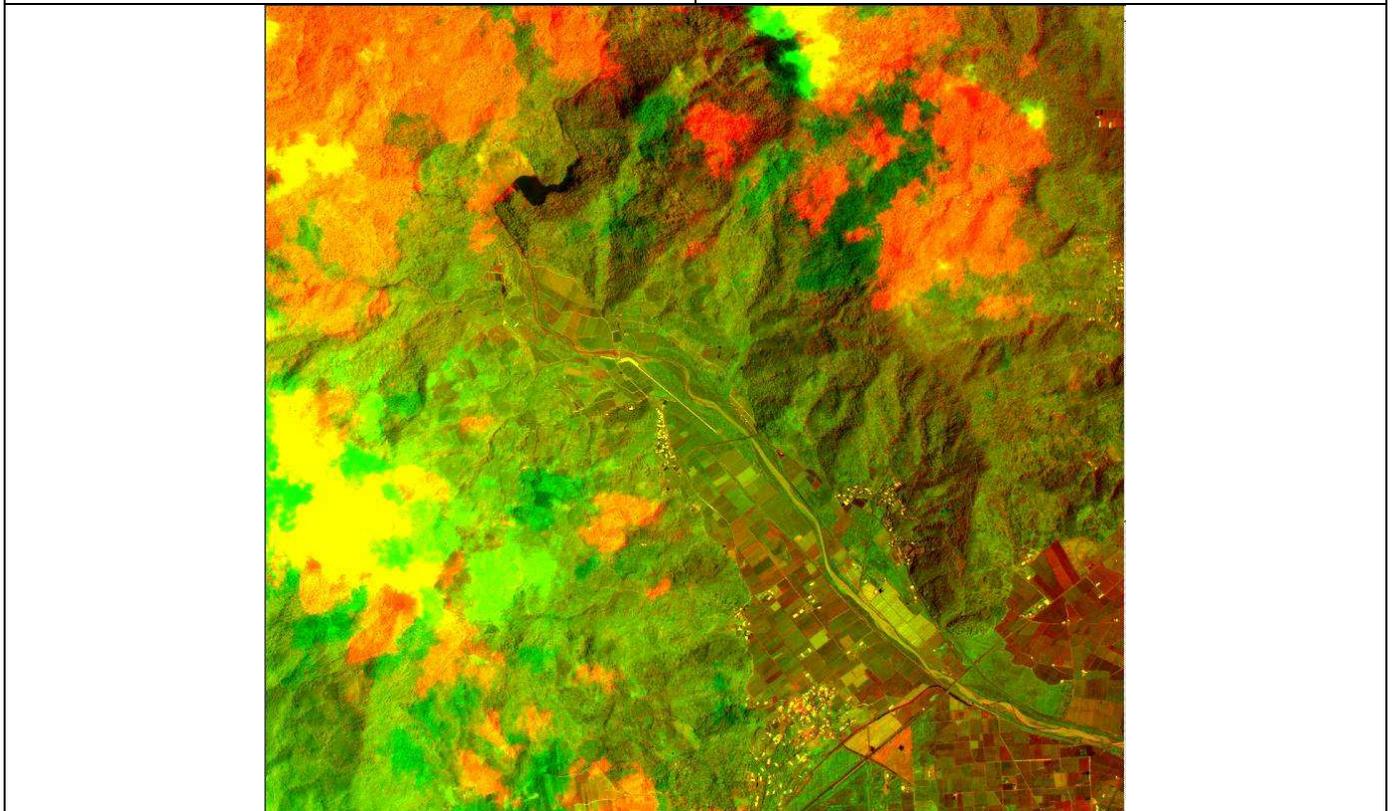


圖 4-2-3 2007 汛期後之福衛二號全色態影像之合成影像

圖 4-2-3 為本計畫利兩期不同之福衛二號全色態影像合成之變異影像，其中紅色波段為 2007/05/09 之影像、綠色波段為 2007/09/17 之影像，圖中於兩個時期有所變異之區域將會呈現綠色或紅色。濾除農耕、雲覆、陰影等之季節或天候影響的變化，本計畫就去年汛期後至今有明顯之變化區域列舉討論如下：

1. 堰塞湖及天然壩體之變異

由圖 4-2-3 可知於 2007 年 5 月至 10 月間，堰塞湖湖面之面積有增加的現象，湖面面積增加代表湖面水位上升，其原因應為汛期雨水充沛致湖面水面上升。但整體來說堰塞湖湖面水位與去年同期相比並無明顯降低，壩頂高程並無明顯改變。

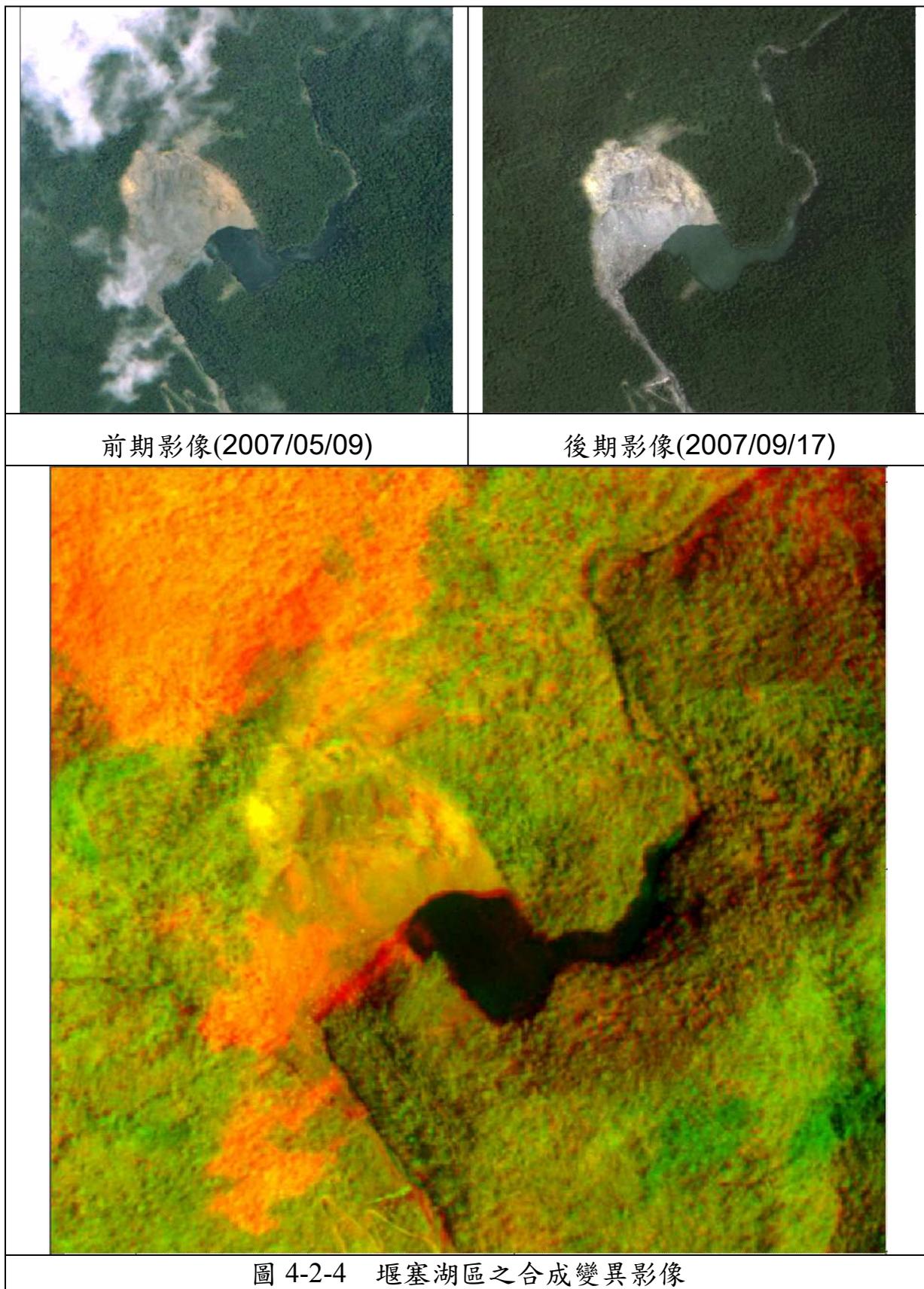
2. 下游河道之變異(水利會取水口至大龍橋)

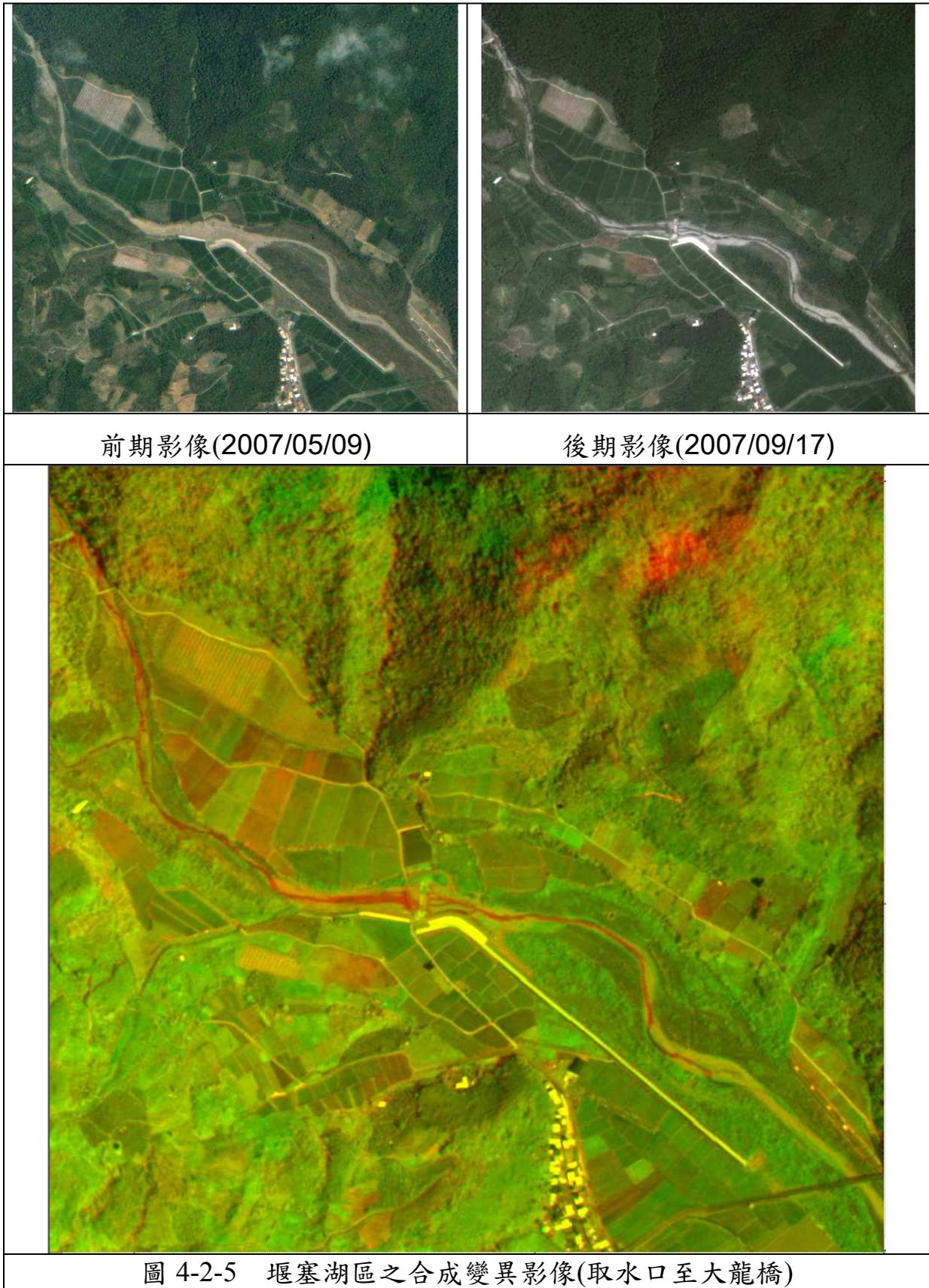
由影像可見原本乾涸的河道，受到汛期雨水補助而有水流出現。此外扣除雲覆及日照陰影之影響造成之變異外，此區並無明顯之變化。

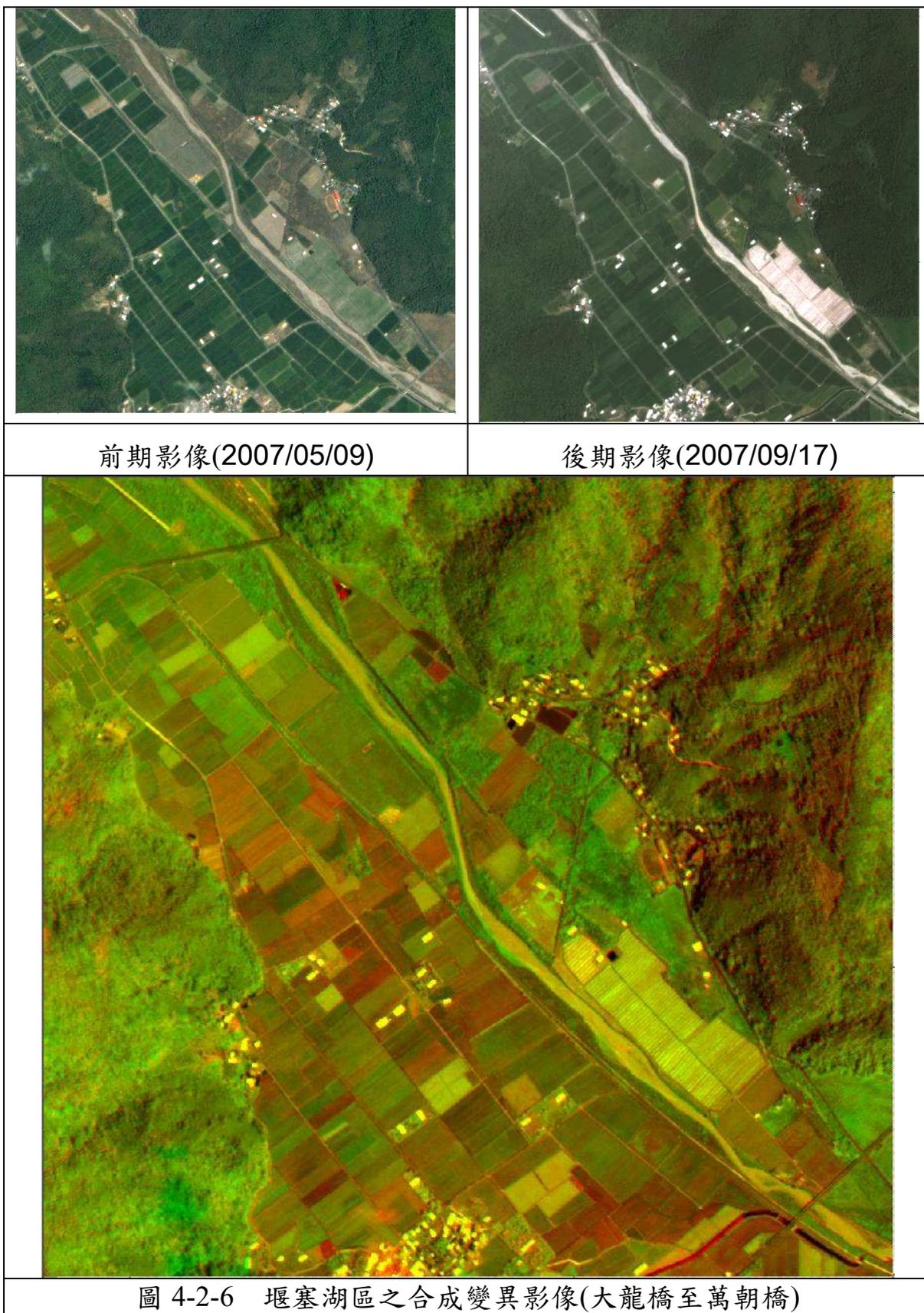
3. 下游河道之變異(大龍橋至萬朝橋)

影像可見此河段之河流有斷流及有部份河岸有侵蝕之現象，而河道區域外有農耕及植物生長導致之變異。

綜合以上，堰塞湖水位因季節因素而有所變化，但滿水位之湖面高程與去年相比仍無明顯之降低。而於下游河道部份，受汛期降雨洪水之影響，部份河岸有侵蝕現象，其餘於影像變異分析上並無顯之變化。

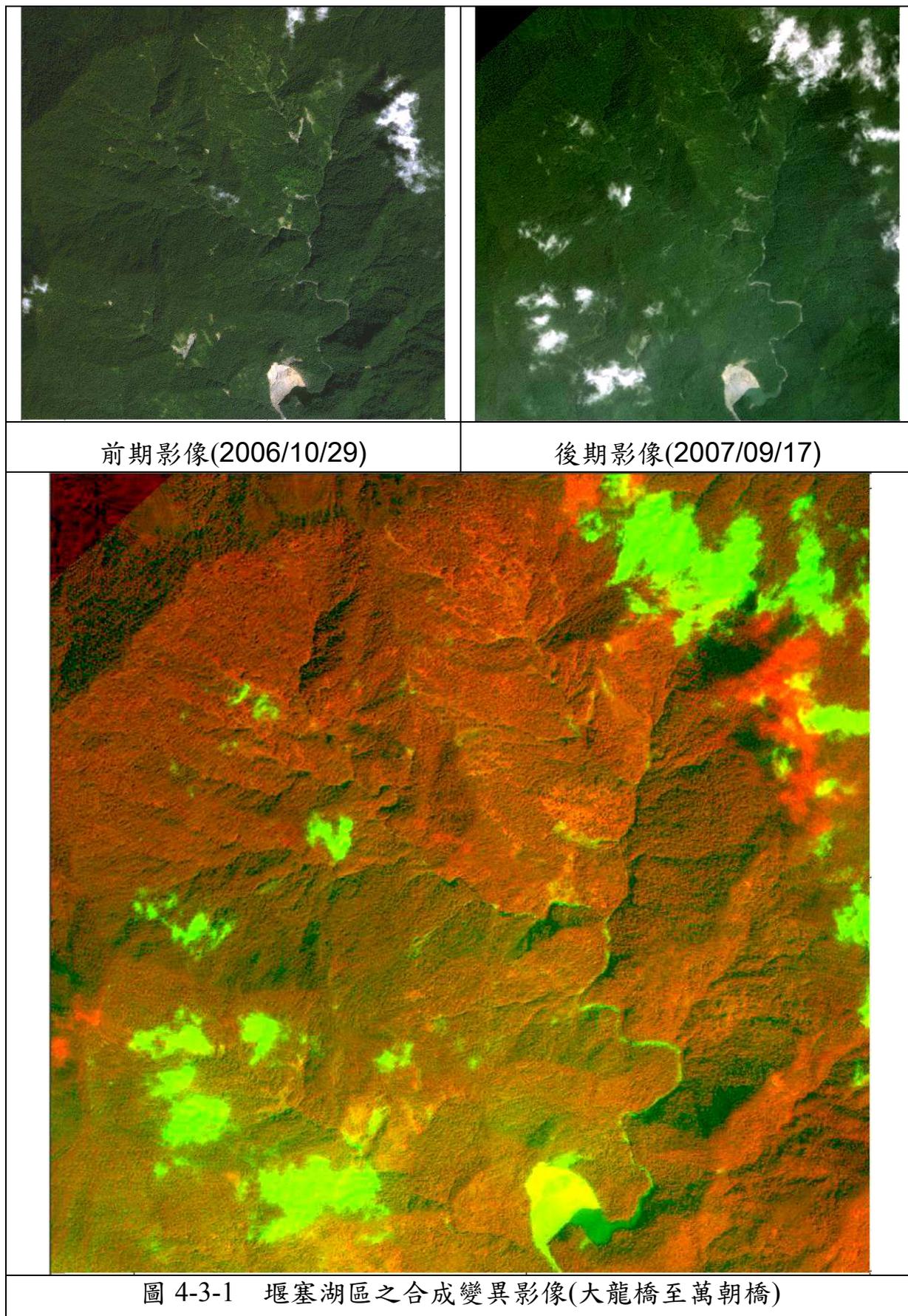






4-3 上游集水區變化

堰塞湖隨著上游土砂持續注入湖區，其蓄存之水量亦將隨之減少，因此堰塞湖區上游集水區之土砂供應狀況跟堰塞湖之演變亦是息息相關，為此，本計畫亦利用 2006/10/29 及 2007/9/17 衛星影像，針對上游集水區之崩塌地之變化情形進行影像變異監測分析，圖 4-3-1 即為本次變異分析之成果。由 2006/10/29 之衛星影像可知堰塞湖上游集水區在汛期前原即存有部分崩塌地分佈，而汛期後則有數處發生新生崩塌地，部分既有崩塌地並有擴大情形發生，顯示龍泉堰塞湖上游集水區現階段之崩塌地分佈仍須持續觀察，定期追蹤崩塌地面積與數量之變化，提供堰塞湖來砂量分析時參考。



4-4 地形變動之量測

本計畫針對現地地形進行重點量測以評估地形變動量，在降雨事件前後分別進行地形測量作業，取得事件前後之二期測量成果，據以分析土砂運移與侵蝕之變化，測量工作分為兩大項目，對象分別為天然壩體形狀測量與下游河道地形測量，本節內容為測量工作成果之介紹，測量結果與分析則於第五章討論。

4-4-1 測量工作說明

測量時間

本區自民國 95 年至今共進行過四期測量作業，分別為 95 年 11 月、96 年 01 月（由地拓工程顧問公司提供資料）、96 年 7 月與 96 年 9 月，其中最後兩次測量作業之實施時間包含多起颱風事件，依序為帕布颱風（PABUK，8 月 6 日～8 月 8 日，輕度颱風）、梧提颱風（WUTIP，8 月 8 日～8 月 9 日，輕度颱風）、聖帕颱風（SEPAT，8 月 16 日～8 月 19 日，強烈颱風）、韋帕颱風（WIPHA，9 月 17 日～9 月 19 日，中度颱風）。

測量儀器

1. 無稜鏡全測站

本次測量採用美國 Topcon 公司出廠之無稜鏡全測站 GPT-3005LN 進行測量工作，儀器如圖 4-4-1 所示，GPT-3005LN 擁有稜鏡測量、無稜鏡測量兩種模式，稜鏡測量距離為 3,000 公尺，誤差為 $\pm 3\text{mm} + 2\text{ppm}$ ，無稜鏡部份則又細分為正常模式與長距模式，測量距離分別為：正常模式：1.5 公尺～250 公尺、長距模式：5 公尺～1,200 公尺，誤差為 $\pm 3\text{mm} + 2\text{ppm}$ 與 $\pm 10\text{mm} + 10\text{ppm}$ 。

測量工作以全測站 GPT-3005LN 進行平面、斷面測量，原理為利用兩已知控制點，以一控制點為基準點，另一控制點為後視點，即可使用全測站開始進行未知點之測量工作。後視之目的為決定方位，由測量距離、測量仰角、目標方位角與基準點坐標，就可得到未知點之坐標，在

傳統方法中於未知點處需架設反射稜鏡以提供全測站照準，本計畫採用之 GPT-3005LN 儀器利用雷射之反射，可省略架設未知點反射稜鏡之工作，提升工作效率，儀器之測量範圍最大約為 1200 公尺，可完成本次測量工作所定之範圍，測量過程中若缺乏控制點，則以 RTK 測量方法進行引點工作，新增控制點至缺乏部份。

2.GPS 定位系統

本計畫利用 Topcon 公司的 HiPer Pro-GPS 儀器進行控制點之定位，儀器如圖 4-4-2 所示，其儀器本身包含高經度全球衛星定位系統（GPS）及高頻無線電（UHF Radio）；主要測量方式是利用 RTK GPS(Real Time Kinematic GPS)測量方式，利用儀器接收 GPS 資料，再利用 GPRS 系統與內政部地政司土地測量局之 E-GPS 系統連線，可快速得到控制點之大地座標，精度更可達 1 公分以下。



圖 4-4-1 Topcon 無稜鏡全測站 GPT-3005LN

（圖片來源：Topcon 網站）



圖 4-4-2 HiPer Pro-GPS 測量儀器（圖片來源：Topcon 網站）



4-4-2、測量結果

將歷次測量結果點繪於衛星影像上，並利用測量資料繪製橫斷面與縱斷面，斷面結果展示於第五章之分析中，圖 4-4-4~圖 4-20 為歷次測量結果，經過測量可發現壩頂在經過本年度汛期後沒有明顯改變，而壩體部份因本年度有許多次工程施作，有部份的降低，而主河道部份則為 3-6 米的堆積，細部測量成果與分析詳述於第五章中。

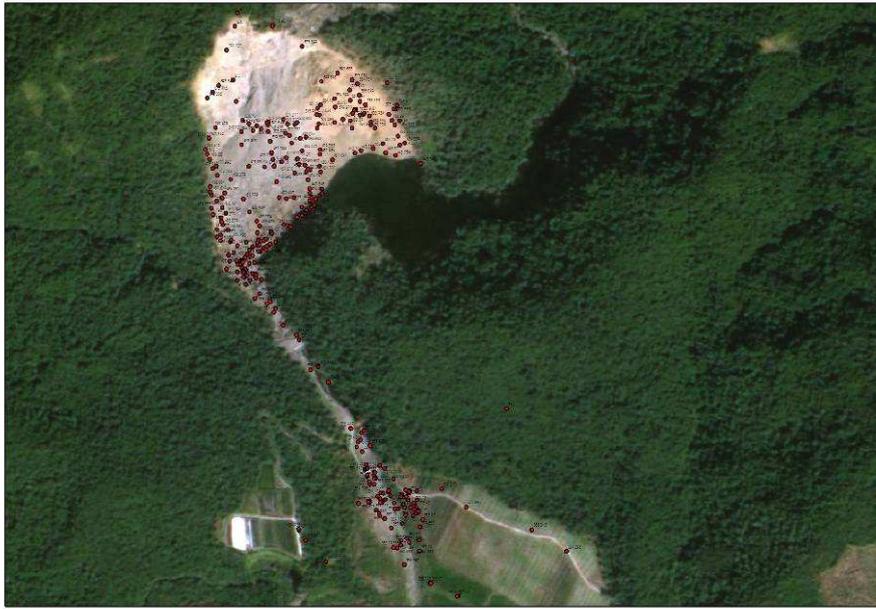


圖 4-4-4 95 年 11 月壩體及崩塌測量成果



圖 4-4-5 96 年 1 月壩體及崩塌測量成果（地拓工程顧問公司提供）



圖 4-4-6 96 年 7 月壩體及崩塌測量成果



圖 4-4-7 96 年 9 月壩體及崩塌測量成果