



第肆章 水庫集水分區重點治理區域坡面及溪流資料 現地調查

為使水庫長久經營，解決嚴重之水質惡化與水庫淤砂問題，瞭解後續重點整治區域之治理成效及相關措施對於集水區土砂安定之貢獻程度，故本計畫運用多元尺度環境監測及調查，建置集水區監測基本資料及整治前、後之地形高程，並定期進行資料管理及長期監測調查，進而合理並實質量化集水區整治成效，以做為工程規劃滾動式檢討方針、土砂抑制條件策略及治理對策評估依據。其中，多元尺度監測手段依空間尺度由小至大可分為三類(如圖 4-1.1)，逐項說明其應用特性。

1. **現地環境監測(小尺度)**：派遣人員於現場調查或採樣，直接瞭解當地土壤、地質特性等，使得調查訊息達至微觀尺度。惟其點位分布受限於人力、時間、預算、交通等因素，故無法達致通盤監測。
2. **高精度掃瞄施測(中尺度)**：包括空載 LiDAR 以及航照等。其特點為解析度高、可克服地形及交通障礙以及具時間與空間機動性，遇特定災害事件等即可選定區域建置資料，然其施測費用較高，通常僅能針對重點施測區域，無法定期觀測，資料之時間與空間連結性較差。
3. **廣域遙測技術(大尺度)**：衛星影像能夠定時、定域觀察，資料具時間與空間連續性與保存性，多波段的影像資訊提供不同於可見光之分析指標，如分辨植生或裸露地等。

另外，集水區環境監測除能建置各階段基礎資料及基準地形，且利於與其它單位進行資料整合及比較等工作，以實質彰顯各階段不同時間之整治成效，並作為調整土砂治理方向及區域重要依據，更能加以突顯整治計畫績效目標及強化國土規劃應用價值。本計畫歸納其監測必要性及後續分析優勢，條列如下：

1. 若無建置初始監測資料，無法驗證說明防汛期間防砂工程量體，並具體量化說明工程回饋集水區整體效益。
2. 有效釐清土砂成因及防止既有崩塌地擴大，進而抑止土砂產量。

3. 完整集水區監測資料蒐集與建置，能輔助擬訂集水區整治優先順序方案、研擬工程進駐原則及工程施作方式，可有效節省及運用預算經費。
4. 確立集水區土砂供應來源與水文地質關聯特性，說明何者主控土砂產量之重要因素。



爰此，為達本計畫工作緣起與目的及發揮以上所列監測效益，考量集水區保育治理工程分布，再依 2-4 節所述曾文水庫集水區重點治理分區，本計畫以災害嚴重、土砂產量多、山坡地範圍等優先監測區域挑選原則，針對曾文水庫集水區境內「達邦」、「樂野」、「大埔」、「里佳」、「新美」等五個治理分區進行現地調查作業，並制訂各項現地工作之標準作業程序(詳附錄五)，另將所有調查結果以 GIS 技術進行整合及建置資料庫，供作後續土砂生產、運移以及收支應用參考。

本計畫集水區環境監測工作項目，共包含土壤厚度調查、地表沖蝕量調查、溪床斷面量測及溪床粒徑調查等四項，詳細工作內容、數量與分析用途整理如表 4-1.1 與 4-1.2 所示。此外，本計畫依監測區域可將調查工作



項目拆分為「坡面」、「河道」、「整體集水區」等三部份，其中，屬於「河道」監測工作項目含溪床粒徑以及溪床斷面測量，監測範圍主要分布於大埔橋至山美橋間河道，屬曾文溪中游區段，可監控土砂運移狀況；其餘監測工作項目之監測區域、工作項目內容與數量等，彙整如表 4-1.2 所示。有關各項調查工作，依次說明於後續各小節。

表 4-1.1 本計畫集水區環境監測工作內容、數量與分析用途規劃表

項次	工作項目	目的	儀器	施作數量	分析用途
1	土壤厚度調查	淺層崩塌區域土壤厚度調查	Hand auger 方式或其他可行調查方式	20+ <u>10</u> 處	1.建立土壤厚度與地文因子關係。 2.提供估算土砂供應來源產量推估之參數。
2	地表沖蝕量調查	調查坡地沖蝕情形	沖蝕針	20處	1.估算集水區土壤沖蝕量及評估其差異性。 2.分析支流集水區降雨引致沖蝕特性。
3	溪床粒徑調查	瞭解溪床粒徑大小分布	篩網、比重計	20+ <u>3</u> 處 溪床粒徑 40+ <u>6</u> 處 表面粒徑	1.評估上游集水區崩塌狀況是否趨緩或持續惡化。 2.透過溪床粒徑變化瞭解主要供砂來源。
4	溪床斷面量測	前後兩次測量期間溪床高程變動情況	全測站儀或其它儀器	20+ <u>3</u> 處	1.監控主流溪床高程變動情況，釐清溪床是否有持續下刷現象。 2.確認上游支流集水區砂源供應情況。

註：表中數量有底線者係為自費工作項目。

表 4-1.2 本計畫監測工作項目分配數量等彙整表

監測區域	監測工作項目分配數量		
	土壤厚度(處)	地表沖蝕量(處)	空載 LiDAR (km ²)
大埔治理分區	16	8	27.78
里佳治理分區	3	2	7.89
新美治理分區	2	2	6.49
達邦治理分區	4	4	12.11
樂野治理分區	5	4	26.17
總計	30	20	80.44

註：表中各項監測工程項目數量及施測面積皆符合契約要求。

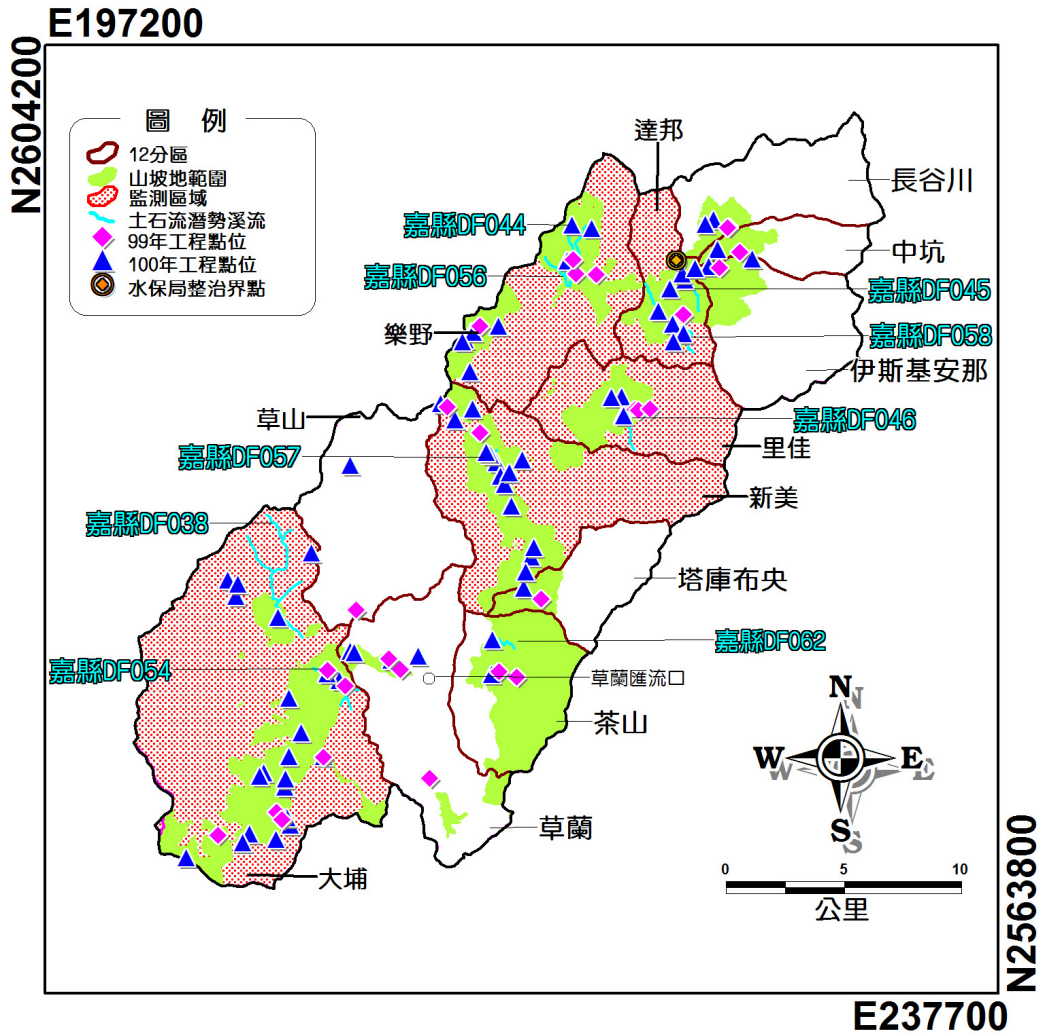


圖 4-1.2 本計畫監測之治理分區範圍圖

4-1 集水區砂源評析

土砂生產來源係指坡面及河道土砂經各種外力作用而搬離原有位置之總量，一般係指非點源式土砂-坡面沖蝕(坡面土壤流失量)、點源土砂-崩塌(包含接近河岸及遠離河岸崩塌)及河道輸砂量(含土石流)等，如圖 4-1.3。前述土壤沖蝕量與崩塌量經由河道沖刷、運移或其它介質，透過土砂傳送機制，最後成為集水區之土砂產出量，故集水區土砂產量分布與掌握，將有助於後續監測區位選定及保育治理成效重要工作。鑑於上述，本計畫團隊赴現場實際勘查並同時蒐集曾文水庫集水區歷史災害資料，茲將曾文水庫集水區砂源略分成四類(如圖 4-1.4)，評析如下：

一、逕流沖蝕坡面

土壤沖蝕屬於非點源污染，伴隨著降雨隨機產生，且無明確發生地



點。本計畫集水區範圍內地形坡度陡，地質脆弱，且近年極端降雨事件頻仍，針對坡面裸露且土質鬆軟之表土層，易受降雨直接威脅而發生沖蝕，並經地表逕流挾帶而進入主河道。影響坡面沖蝕的因素甚多，大致可分人為因素及自然因素。人為因素即指開發、鋪設及覆蓋等工程行為；自然因素即為氣候、地形、植被、土壤以及豪雨等自然條件，如圖 4-1.4(a) 所示。

二、崩塌與土石流

曾文水庫集水區之崩塌災害，發生原因主要包括自然及人為因子兩大類。自然因子部分，主要因集水區內坡地之地質及地形，可能處於體質不良之易致災條件下，經由颱風、豪雨或地震驅使而發生新生崩塌。至於人為因子部分，則多屬開發過量、土地超限利用或山區道路闢建，常使得坡地遭受人為破壞，導致邊坡安全係數降低趨於不穩定。一般崩塌發生位置尤以近岸崩塌對河道供應料源更為直接，其為主要河道土砂供應料源，如圖 4-1.4(b) 所示。

三、主河道長期堆積之沈積物

集水區內河道因其土石被沖刷後，於大雨期間河床原本安定堆積之細粒沉積物再次被攪動搬運，尤其位於曾文水庫上游之防砂壩攔蓄區域，蓄積更多細粒之沉積物，亦為砂源之一，如圖 4-1.4(c) 所示。

四、不穩定之邊坡堆積

不穩定之邊坡堆積，其細粒沉積物因暴雨洪峰期受擾動侵蝕，隨水流流入庫區。此外，強降雨造成溪水水位暴漲，淘刷河道兩側邊坡並攻擊邊坡坡腳，使坡腳弱化導致崩落及落入河道內形成砂源，伴隨溪流入庫，如圖 4-1.4(d) 所示。

本計畫針對上述集水區砂源進行調查，並藉由多元尺度環境監測手段確認砂源區域概況後，再藉蒐集與建置數值高程模型進行前後期相減計算，後續依此方式分析整治中土砂產量是否能有效控制及瞭解坡面沖蝕抑制狀況，以具體說明集水區保育治理成效。

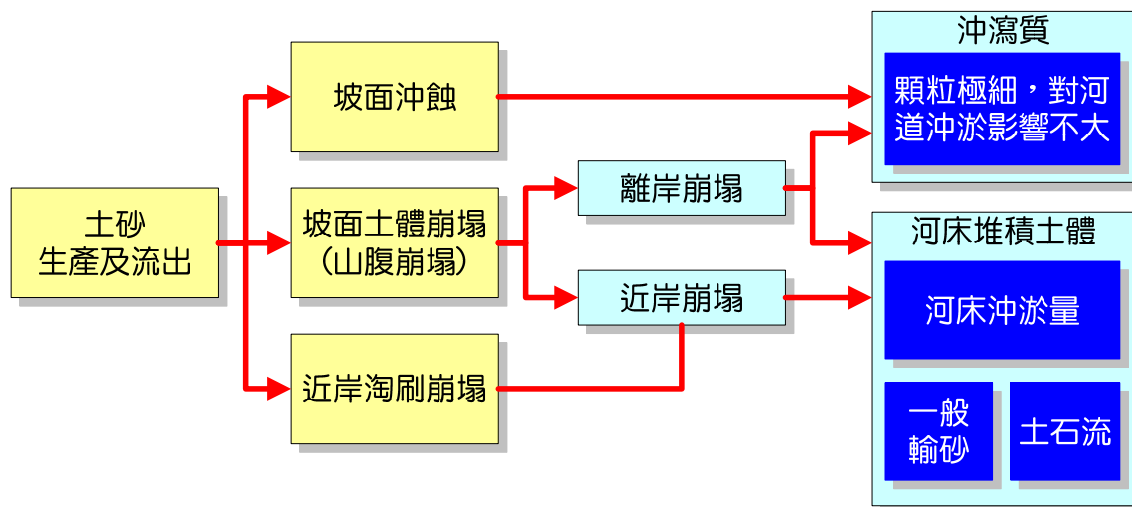
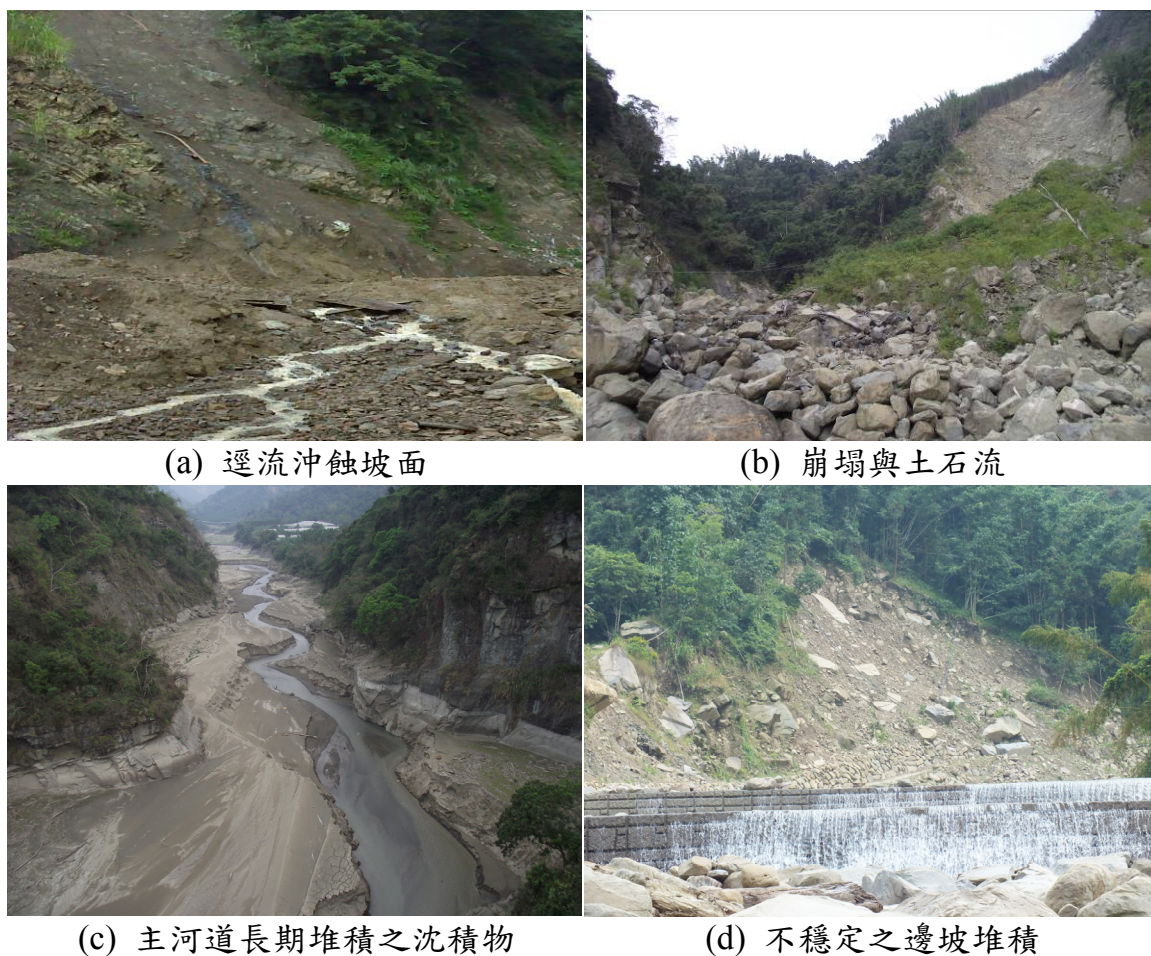


圖 4-1.3 土砂生產與流出示意圖 (重繪自 水保局，2008^a)



(a) 逕流沖蝕坡面

(b) 崩塌與土石流

(c) 主河道長期堆積之沈積物

(d) 不穩定之邊坡堆積

圖 4-1.4 曾文水庫集水區砂源照片圖



4-2 土壤厚度調查

一般野外崩塌地調查分析報告中，其崩塌地深度在 2m 內，稱為淺層崩塌；崩塌深度在數十公尺以上時，則稱為深層崩塌或塊體滑動(地調所，2008^a)。因淺層崩塌屬於地表土壤所造成之岩屑崩滑，故以下統一以土壤厚度代表淺層崩塌。目前國內研究常用土壤厚度鑽掘，於集水區主河道邊坡及重要支流進行全域性土壤厚度調查，其能涵蓋地形高程變化及結合集水區上、中及下游量測數據，再利用統計迴歸方法(regression method)建立與現地影響參數關係式，配合崩塌地分布及土壤沖蝕量，據以估算重大災害事件發生後不同支流對於土砂產量之貢獻度，相關研究報告可參考水保局(2009^a, 2010^b, 2011^a)。

本計畫於前述重要曾文水庫治理分區監測範圍，針對不同地形坡度與地質條件下，選擇 20 處適當地點，利用 hand auger 方式或其他可行之調查方式進行淺層崩塌區域土壤厚度調查；另依現地環境需要，本計畫沿省道台 3 線鄰近曾文溪主流下游水庫蓄水範圍，新增 10 處土壤厚度調查，探討臨溪崩塌潛在土砂量對庫容淤積影響，以使本計畫分析成果更加完臻。以下分述調查作業方式、調查規劃原則、調查點位分布、調查成果彙整、土壤物性與強度試驗，以及後續應用。

一、調查作業方式

1. **儀器工具**：分別為人工鑽掘及機械鑽掘等兩種方式(如圖 4-2.1 及圖 4-2.2)，至現地實際狀況評估，若為緩坡，則考慮採機械傳動式土鑽；若為陡坡則攜帶人工土鑽施作，雖鑽掘較費力且耗時，但仍能獲得真實土壤厚度大小。
2. **施作注意事項**：現場調查方法則無論坡度狀況，一律採垂直於坡面方向鑽入，儘量鑽入至岩盤並確定無法鑽進為止，而單一處至少鑽取 2 至 3 次，用以確定土壤厚度。於野外調查時必須紀錄地質、坡度與量測結果等資訊於調查表中，其調查作業流程如圖 4-2.3 所示，詳細調查標準作業程序參見附錄五。



圖 4-2.1 人工土鑽調查方式



圖 4-2.2 機械傳動式土鑽調查方式

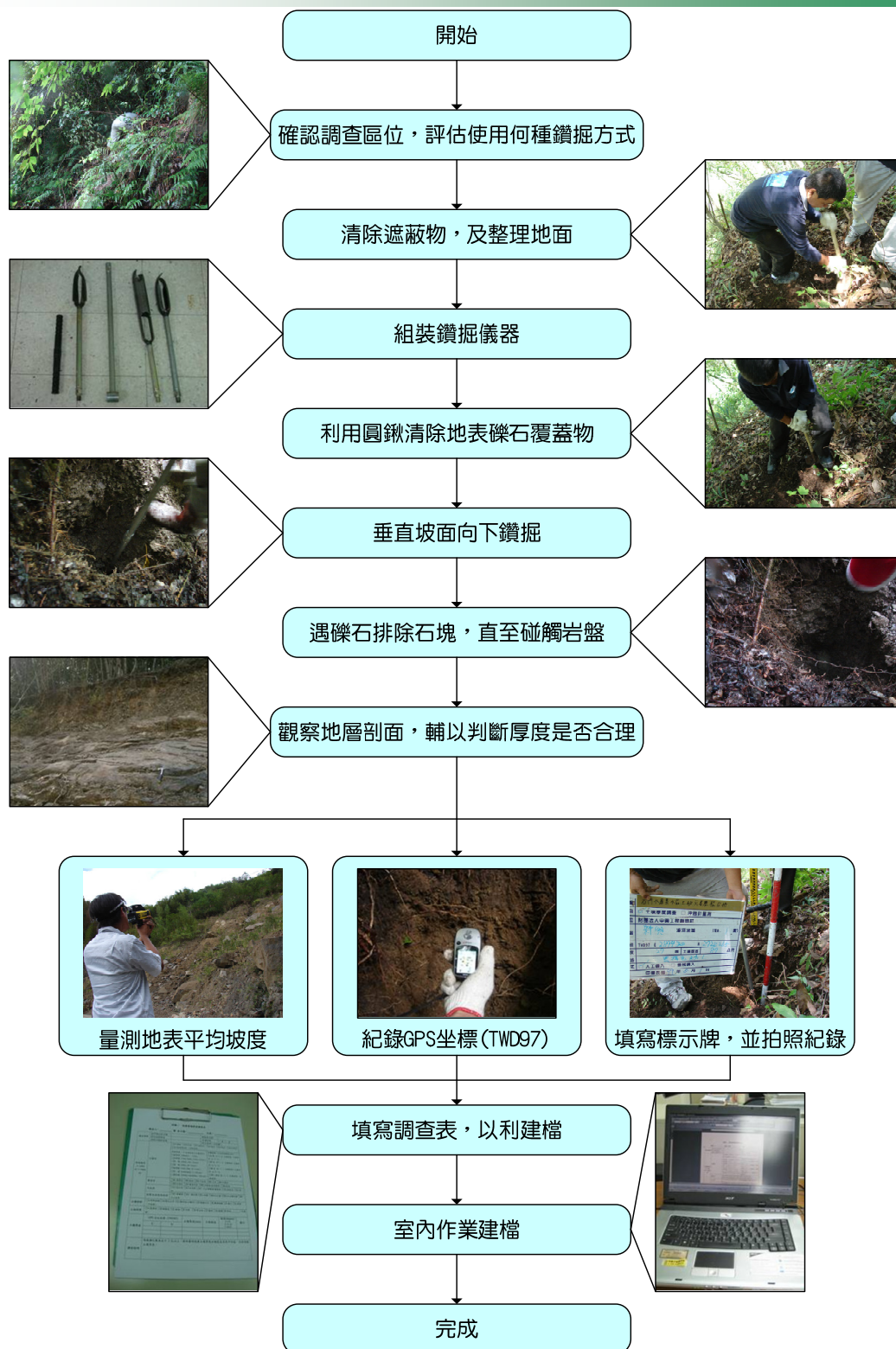


圖 4-2.3 本計畫土壤厚度調查流程圖

二、調查規劃原則

本計畫分別於「大埔」、「新美」、「里佳」、「樂野」、「達邦」等治理分區內，進行 30 處土壤厚度調查工作，有關土壤厚度調查區域選取原則條

列如下：

1. 避免山溝沖蝕位置，以自然形成的邊坡為主。
2. 盡量涵蓋不同的地質地層及岩性位置。
3. 選取不同坡度狀況。
4. 河床位置不選。
5. 集水區中至少施作兩處點位以有效掌握土壤厚度變化，避免以單一位置決定之。
6. 注意避開岩盤區與崖錐堆積區。

三、調查點位分布

本計畫於 100 年 3 月 28 日至 4 月 1 日至現地進行初步勘查，選取相關土壤厚度調查區域；並於 100 年 4 月 22 日期初報告審查會議經委員同意認可，遂於 100 年 5 月 26 日至 6 月 3 日完成 30 處土壤厚度調查，有關調查點位分布詳如圖 4-2.4 所示，各處點位說明及現況照片，則如圖 4-2.5 所示。

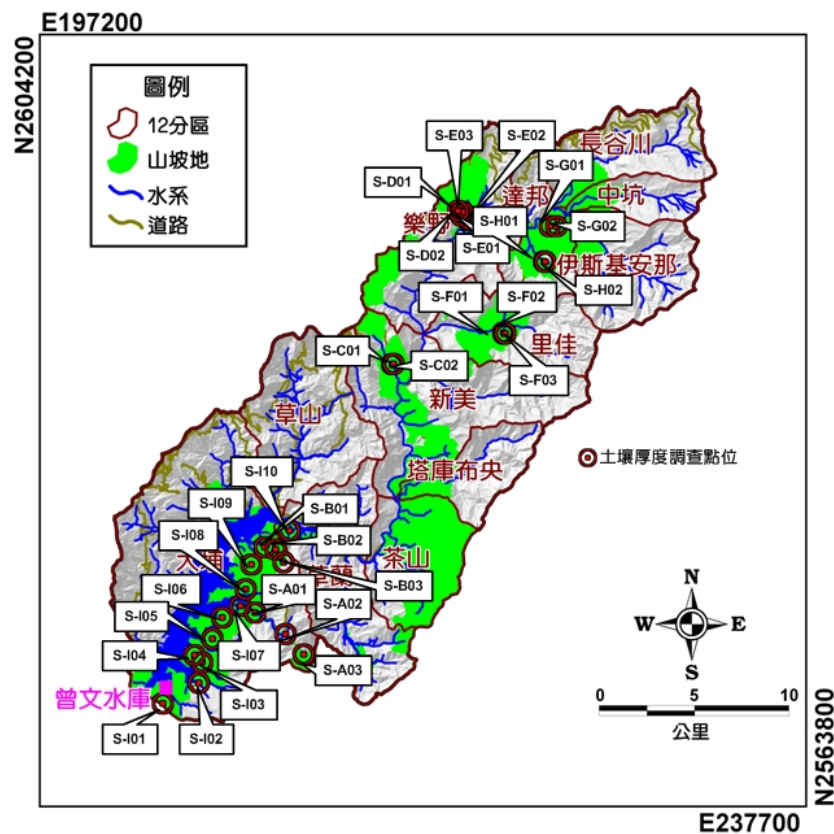


圖 4-2.4 本計畫土壤厚度調查點位空間分布圖

<p>1.摸乳巷坑溪左岸,省道台3線354k 道路旁邊坡。 (203749,2569279)</p>	<p>2.照東坑溪左岸,省道台3線351.5k 道路旁邊坡。(205647,2570349)</p>	<p>3.火燒寮坑溪右岸,省道台3線349.5k 道路旁邊坡。 (205807,2571427)</p>
<p>4.省道台3線348k 道路旁邊坡。 (205417,2571799)</p>	<p>5.大埔12號野溪右岸,省道台3線346.2k 道路旁邊坡。 (206363,2572649)</p>	<p>6.省道台3線344.1k 道路旁邊坡。 (206873,2573763)</p>
<p>7.東西坑溪左岸,省道台3線342k 道路旁邊坡。(207837,2574369)</p>	<p>8.省道台3線339.7k 道路旁邊坡。 (208119,2575246)</p>	<p>9.大埔7號野溪右岸,省道台3線337.2k 道路旁邊坡。 (208417,2576539)</p>
<p>10.草蘭8號野溪右岸省道台3線334k 道路旁邊坡。 (210417,2578310)</p>	<p>11.東西坑溪左岸嘉147線0.5K 道路 旁邊坡。(208609,2574025)</p>	<p>12.東西坑溪左岸嘉147線3.5K 道路 旁邊坡。(210212,2572900)</p>

圖 4-2.5 本計畫土壤厚度調查處照片與說明(圈繪處為取樣區域)

<p>13.東西坑溪嘉 147 線與支流匯流口野溪右岸邊坡。 (211166, 2571834)</p>	<p>14.龍蛟溪鄰近神斧橋左岸邊坡。 (209106, 2577434)</p>	<p>15.龍蛟溪神斧橋上游 500m 處右岸邊坡。(209692, 2577328)</p>
<p>16.龍蛟溪神斧橋上游 700m 處左岸邊坡。(210103, 2576647)</p>	<p>17.新美 2 號野溪鄰近山美聚落左岸邊坡。(215835, 2586999)</p>	<p>18.新美 2 號野溪與曾文溪匯流口處右岸邊坡。(215903, 2587015)</p>
<p>19.行電野溪左岸約 50m 邊坡。 (219836, 2594518)</p>	<p>20.行電橋野溪右岸約 150m 邊坡。 (219869, 2594595)</p>	<p>21.樂野野溪左岸約 250m 邊坡。 (219456, 2594773)</p>
<p>22.樂野野溪左岸約 50m 邊坡。 (219547, 2594950)</p>	<p>23.樂野野溪右岸約 150m 邊坡。 (219310, 2595004)</p>	<p>24.達有野溪交匯處左岸約 50m 邊坡。(221697, 2588637)</p>

圖 4-2.5(續) 本計畫土壤厚度調查處照片與說明(圈繪處為取樣區域)


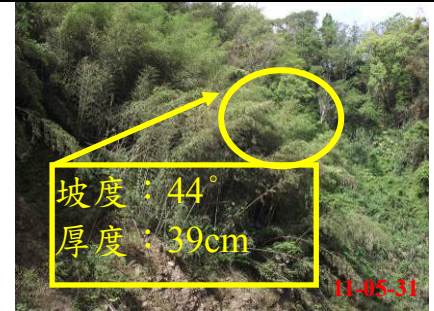
		
25.達有野溪交匯處左岸約 150m 邊坡。(221723, 2588583)	26.達有野溪交匯處上游約 600m 右岸邊坡。(221798, 2588607)	27.達德安溪與嘉 169 線交會處上游約 400m 左岸邊坡。(223838, 2592370)
		
28.達德安溪與嘉 169 線交會處下游約 150m 右岸邊坡。(223910, 2592340)	29.櫻花溪與嘉 169 線交會處左岸邊坡。(224142, 2594200)	30.櫻花溪與嘉 169 線交會處右岸邊坡。(224484, 2594200)

圖 4-2.5 (續) 本計畫土壤厚度調查處照片與說明(圈繪處為取樣區域)

四、調查成果彙整

本計畫調查範圍大致沿曾文水庫集水區內主要道路台 3 線、嘉 129 線、嘉 169 線以及產業道路進入各治理分區內進行調查工作，其調查對象為鄰近河道崩塌坡面之自然邊坡，且未崩塌呈裸露狀況之坡面。因所有土壤調查點位，皆位於山中坡腹且較為陡峻，不利採用機械方式進行鑽掘，故皆採人工鑽掘直接獲取土壤厚度值，各處調查結果之坐標位置、地質、坡度分級及坡向等資料，茲整理列於表 4-2.1；而各處調查點位之坡度、坡向以及地質，其點位空間分布如圖 4-2.6 至 4-2.8 所示。其調查成果彙整於表 4-2.2 中。

由圖 4-2.6 可知，本次土壤厚度調查主要集中於曾文水庫集水區之上、下游，其中鄰近主流有 10 處土壤厚度調查點位，而鄰近於支流則 20 處土壤厚度調查點位；若以各治理分區調查數量加以區分，以大埔治理分區最多(如表 4-2.2)，再者為樂野治理分區，其次達邦、里佳、新美

治理分區，最後則為草蘭治理分區。另外，再細究各處調查點位之地文條件，其坡度僅有乙處屬為 4 級坡，其他皆落於 5 級坡以上，且均位於中高海拔處(295m~1,190m)，而坡形種類則凹坡(20 處)較多，其次為凸坡(8 處)；坡向多朝西、南及西南方向居多；各調查處地質均屬錦水頁岩及其相當地層(9 處)或三峽群及其相當地層(21 處)等兩類。

綜以上述，觀察本次土壤厚度調查結果(如表 4-2.2)，可以發現以樂野治理分區地層風化作用顯著(調查編號：S-E03)，最大土壤厚度可達 165cm，其對應坡度為 21 度；而土壤厚度最小位於大埔治理分區(調查編號：S-I09)，其調查厚度約為 17cm，對應坡度為 54 度；整體而言，大致上隨著邊坡坡度愈陡，所得土壤厚度值愈小。另一方面，本計畫 30 處土壤厚度大致集中於 17cm 至 165cm 間，此與石門水庫集水區崩塌深度研究成果，其分析數據皆落於 200cm 以內相符(康恬慎，2001；林伯勳等人，2010；林德貴，2011)。

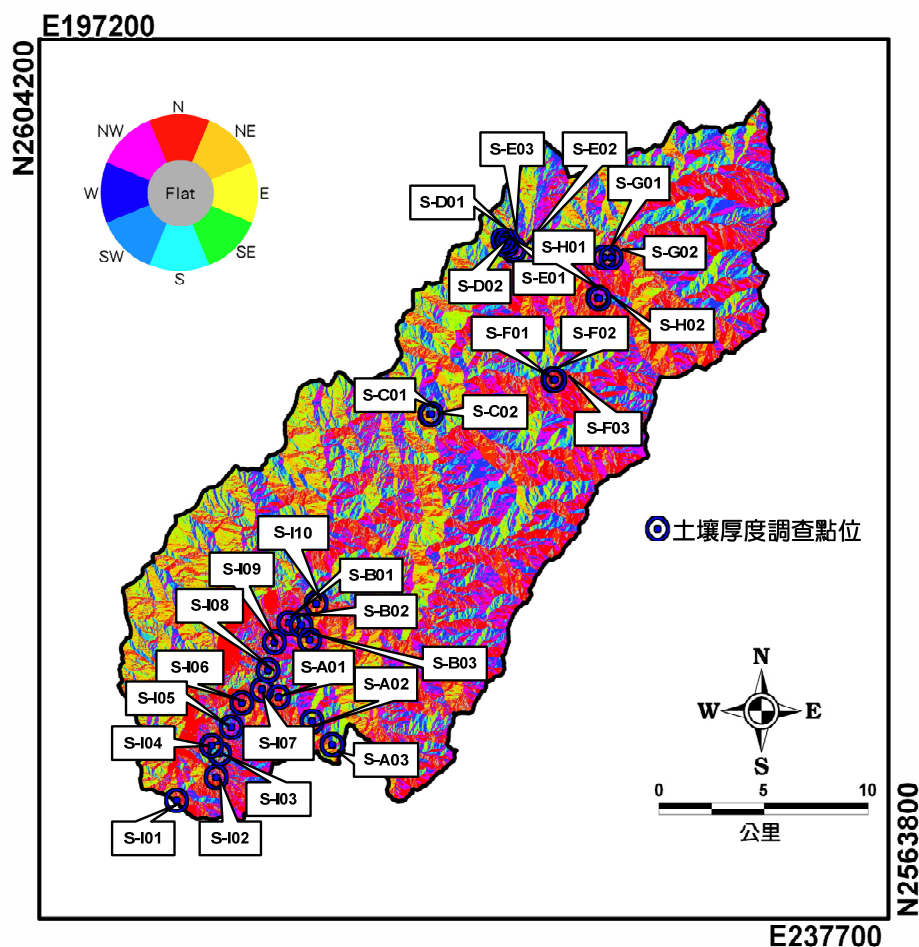


圖 4-2.6 本計畫土壤厚度調查處與坡向關係圖

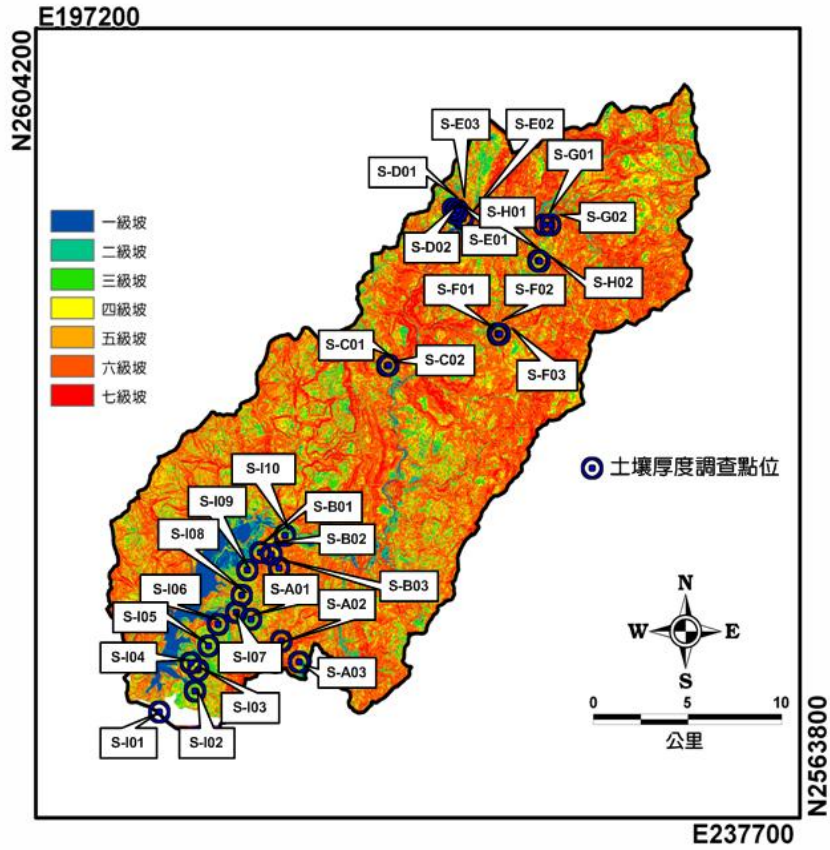


圖 4-2.7 本計畫土壤厚度調查處與坡度關係圖

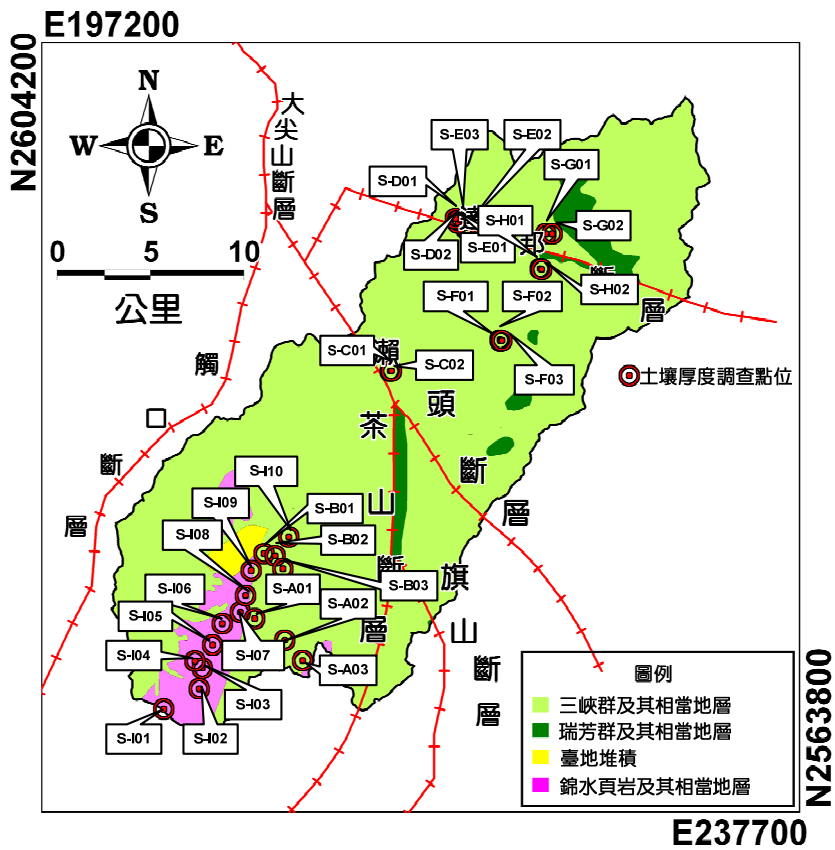


圖 4-2.8 本計畫土壤厚度調查處與地質關係圖



表 4-2.1 本計畫土壤厚度調查點位相關資料彙整表

項次	點位編號	治理分區	子集水區	TWD97 坐標		地層岩性		坡度等級	坡向	坡形
				E	N	年代	地質			
1	S-I01	草蘭	摸乳巷坑溪	203749	2569279	上新世	錦水頁岩及其相當地層	7 級坡	西	平坡
2	S-I02	大埔	照東坑溪	205647	2570349			7 級坡	西	凹坡
3	S-I03		火燒寮坑溪	205807	2571427			5 級坡	南	凹坡
4	S-I04		-	205417	2571799			6 級坡	南	凸坡
5	S-I05		大埔 12 號野溪	206363	2572649			7 級坡	南	凹坡
6	S-I06		-	206873	2573763			6 級坡	東北	凸坡
7	S-I07		東西坑溪	207837	2574369			6 級坡	西	凹坡
8	S-I08		-	208119	2575246			6 級坡	東北	凹坡
9	S-I09		大埔 7 號野溪	208417	2576539			7 級坡	東	凹坡
10	S-I10		草蘭 8 號野溪	210417	2578310	中新世 晚期	三峽群及其相當地層	6 級坡	西	凹坡
11	S-A01	東西坑溪	208609	2574025	6 級坡			西南	凹坡	
12	S-A02		210212	2572900	6 級坡			西南	凸坡	
13	S-A03		211166	2571834	7 級坡			南	凹坡	
14	S-B01	龍蛟溪	209106	2577434	5 級坡			南	凸坡	
15	S-B02		209692	2577328	7 級坡			西北	凹坡	
16	S-B03		210103	2576647	5 級坡			西	凹坡	
17	S-C01	新美	新美 2 號野溪	215835	2586999			5 級坡	南	凹坡
18	S-C02			215903	2587015			7 級坡	北	平坡
19	S-D01	樂野	行電橋野溪	219836	2594518			5 級坡	西	凹坡
20	S-D02			219869	2594595	7 級坡	北	凸坡		
21	S-E01		樂野 3 號野溪	219456	2594773	5 級坡	西北	凸坡		
22	S-E02			219547	2594950	5 級坡	北	凹坡		
23	S-E03			219310	2595004	4 級坡	西北	凹坡		
24	S-F01	里佳	達有野溪	221697	2588637	6 級坡	北	凸坡		
25	S-F02			221723	2588583	6 級坡	西南	凹坡		
26	S-F03			221798	2588607	6 級坡	南	凹坡		
27	S-G01	達邦	達德安溪	223838	2592370	6 級坡	西南	凸坡		
28	S-G02			223910	2592340	6 級坡	東北	凹坡		
29	S-H01		櫻花溪	224142	2594200	6 級坡	西	凹坡		
30	S-H02			224484	2594200	7 級坡	西南	凹坡		

註 1：坡度依照水土保持技術規範(2006^b)進行分級，其分級百分比與角度對照表參見表 3-2.1。

註 2：第 1 至 10 處土壤厚度調查點位為本計畫自費新增。

註 3：坡形係藉由地形曲率評估求得。



表 4-2.2 本計畫土壤厚度試驗施作處現地調查資料表

項次	點位編號	治理分區	子集水區	TWD97 坐標		現地量測		高程(m)	土樣描述	施作日期
				E	N	坡度(度)	厚度(cm)			
1	S-I01	草蘭	摸乳巷坑溪	203749	2569279	65	20	327	黃色粉土質粘土夾礫石	2011/05/27
2	S-I02	大埔	照東坑溪	205647	2570349	56	40	308	黃色粉土質粘土夾礫石	2011/05/27
3	S-I03		火燒寮坑溪	205807	2571427	25	145	322	黃色粉土質粘土夾礫石	2011/05/27
4	S-I04		-	205417	2571799	39	58	344	黃色粉土質粘土夾礫石	2011/05/27
5	S-I05		大埔 12 號野溪	206363	2572649	46	42	368	黃色粉土質粘土夾礫石	2011/05/27
6	S-I06		-	206873	2573763	32	75	381	黃色粉土質粘土夾礫石	2011/05/27
7	S-I07		東西坑溪	207837	2574369	40	60	295	黃色粉土質粘土夾礫石	2011/05/27
8	S-I08		-	208119	2575246	38	80	339	黃色粉土質粘土夾礫石	2011/05/26
9	S-I09		大埔 7 號野溪	208417	2576539	54	17	299	黃色粉土質粘土夾礫石	2011/05/26
10	S-I10		草蘭 8 號野溪	210417	2578310	29	95	309	黃色粉土質粘土夾礫石	2011/05/26
11	S-A01		東西坑溪		208609	2574025	34	85	307	黃色粉土質粘土夾礫石
12	S-A02			210212	2572900	32	142	457	黃色粉土質粘土夾礫石	2011/05/26
13	S-A03			211166	2571834	47	45	559	黃色粉土質粘土夾礫石	2011/05/26
14	S-B01	龍蛟溪		209106	2577434	27	95	352	黃色粉砂土	2011/06/03
15	S-B02			209692	2577328	57	34	365	黃色粉砂土	2011/06/03
16	S-B03			210103	2576647	42	52	382	黃色粉砂土	2011/06/03
17	S-C01	新美	新美 2 號野溪	215835	2586999	32	92	545	黑褐色粉土	2011/06/02
18	S-C02			215903	2587015	57	19	524	黑褐色粉土	2011/06/02
19	S-D01	樂野	行電橋野溪	219836	2594518	43	51	857	黑褐色粉砂土	2011/06/01
20	S-D02			219869	2594595	53	29	740	黃褐色粉砂土	2011/06/01
21	S-E01			219456	2594773	24	143	815	黃紅色粉砂土	2011/06/01
22	S-E02		樂野 3 號野溪	219547	2594950	28	131	875	黃紅色粉土	2011/06/01
23	S-E03			219310	2595004	21	165	923	黃色粉砂土	2011/06/01
24	S-F01	里佳	達有野溪	221697	2588637	34	72	1,019	黑褐色粉土	2011/05/31
25	S-F02			221723	2588583	37	63	1,068	黃色粉土	2011/05/31
26	S-F03			221798	2588607	39	52	1,082	黃色粉土	2011/05/31
27	S-G01	達邦	達德安溪	223838	2592370	36	67	1,094	黃色粉砂土	2011/06/01
28	S-G02			223910	2592340	30	88	1,190	黃色粉砂土夾礫石	2011/06/01
29	S-H01		櫻花溪	224142	2594200	44	39	989	黃色粉砂土	2011/05/31
30	S-H02			224484	2594200	55	28	1,030	黃褐色粉砂土	2011/05/31



五、土壤物性與強度試驗

本計畫自費進行土壤物性及強度試驗調查，並搭配土壤厚度鑽掘時進行採樣。鑑此，本計畫根據現場土壤厚度調查區位，進行土壤類型分類，共計兩種粉土質砂及低塑性粘土；故遂於 100 年 6 月 15 日、7 月 6 日等兩天赴「東西坑溪」、「龍蛟溪」以及「樂野 3 號野溪」等 3 個子集水區，各取乙個代表性樣本攜回室內進行土壤力學試驗分析，藉以瞭解曾文水庫集水區工作範圍內土壤厚度之風化土壤力學特性。有關土壤取樣點位及現場照片詳如圖 4-2.9 所示，另土壤力學試驗結果整理如表 4-2.3 所示；詳細試驗報告另可參見附錄六；本計畫所建立工作範圍內之土壤力學試驗材料參數，將可提供未來進行邊坡穩定分析之輸入參數及保育治理工程設計規劃應用參考。

六、後續應用

藉由本計畫集水區土壤厚度調查結果，可初步瞭解集水區土壤厚度空間分布，探討土壤厚度與地文特性關係關聯性，進而建立集水區土壤厚度經驗式，供估算土砂產量之深度參數以及評估主支流土壤厚度差異程度。有關集水區崩塌厚度與不同地文特性探討，詳見 6-1 節。

表 4-2.3 土壤物性及強度材料參數

樣本編號	子集水區	比重 G _s	孔隙比 e	乾單位重 γ _d (t/m ³)	濕單位重 γ _t (t/m ³)	含水量 W _n (%)	液性限度 W _L (%)	塑性指數 I _p (%)	粒徑尺寸(%)				土壤分類	凝聚力 c(kg/cm ²)	摩擦角 φ(°)
									礫石	砂	粉土	黏土			
1	東西坑溪	2.61	1.18	1.20	1.41	17.3	29	5	12	47	41	0	SM	0	36.7
2	龍蛟溪	2.66	1.22	1.20	1.36	12.9	37	14	11	26	59	4	CL	0.1	34
3	樂野 3 號野溪	2.64	1.21	1.19	1.39	16.4	38	18	2	28	51	19	CL	0.1	32

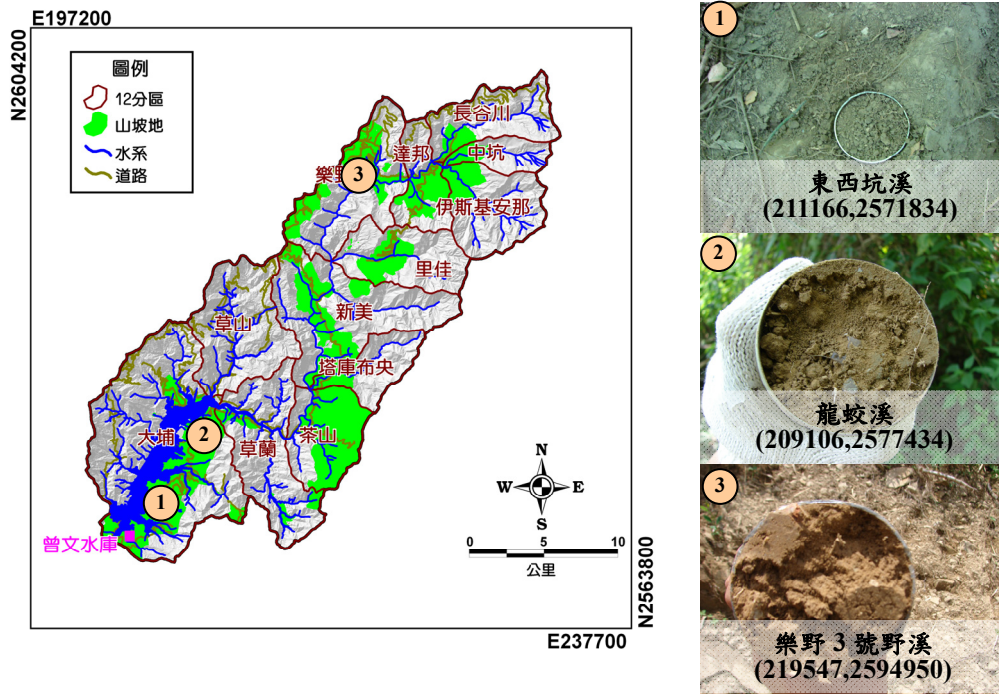


圖 4-2.9 曾文水庫集水區土壤取樣點位及現場照片



4-3 地表沖蝕量調查

本計畫根據前述曾文水庫集水分區內主要監測範圍，針對裸露地與人工復育地區，進行 20 處地表沖蝕量調查，用以監測坡地沖蝕情形，並藉不同植生狀況之土壤沖蝕差異程度，供作植生復育效益評估之用。此外，亦可藉由地表沖蝕量與雨量關係，探討降雨所引致之土壤沖蝕深度，並比較評析其產量多寡差異。

一、調查作業方式

本研究係參考水保局(2009^a)沖蝕針試驗，以及運用改良之簡易型觀測樁來作觀測，其設計以長 300mm 之 5 號竹節鋼筋（直徑 15.9mm）套上螺絲墊片，方便埋設人員垂直貫入施作以及日後量測，並可防止針材挫屈變形且增加沖蝕針與土壤之握裹力，最後在鋼筋及墊片之間置上塑膠號碼牌加以標註，鋼筋頂部與地面間預留約 3cm 之距離，便於例行維護管理，若有堆積現象仍可測得堆積高度，地表沖蝕量調查之沖蝕針簡易示意圖詳如圖 4-3.1。本計畫沖蝕針試驗作業流程圖如 4-3.2 所示，說明如下：

1. 選定佈設範圍，以規劃各點位沖蝕針試驗區域；
2. 進行沖蝕針支流編碼，便於後續觀測紀錄、數據整理及分析探討；
3. 填寫調查記錄表，除含地表沖蝕量、GPS 定位坐標外，並記錄調查處之集水區名稱、鄰近地點描述、記錄現地岩性、地質、坡度大小、土地使用概況等資訊。

當完成量測地點布設後，例次量測時採用精度 0.05mm 之測微尺記錄釘頭與墊片間之距離並拍照記錄之。之後，相隔一段時間再至現地量測一次，兩次量測值之差即為坡面沖蝕深度或堆積高度。原則上調查時間於颱風或豪雨過後辦理觀測，或每月定期進行例行量測與維護(目的為維護資料延續性與完整性)，合計於計畫期間觀測共 4 次以上。以下針對本計畫調查點位規劃、調查點位分布，以及後續應用，依序說明如下。

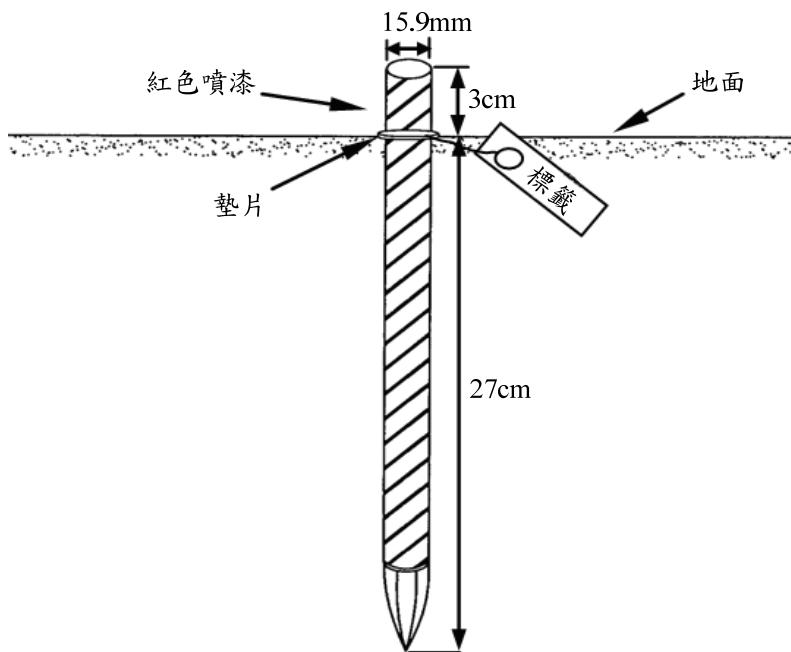


圖 4-3.1 本計畫採用沖蝕針示意圖

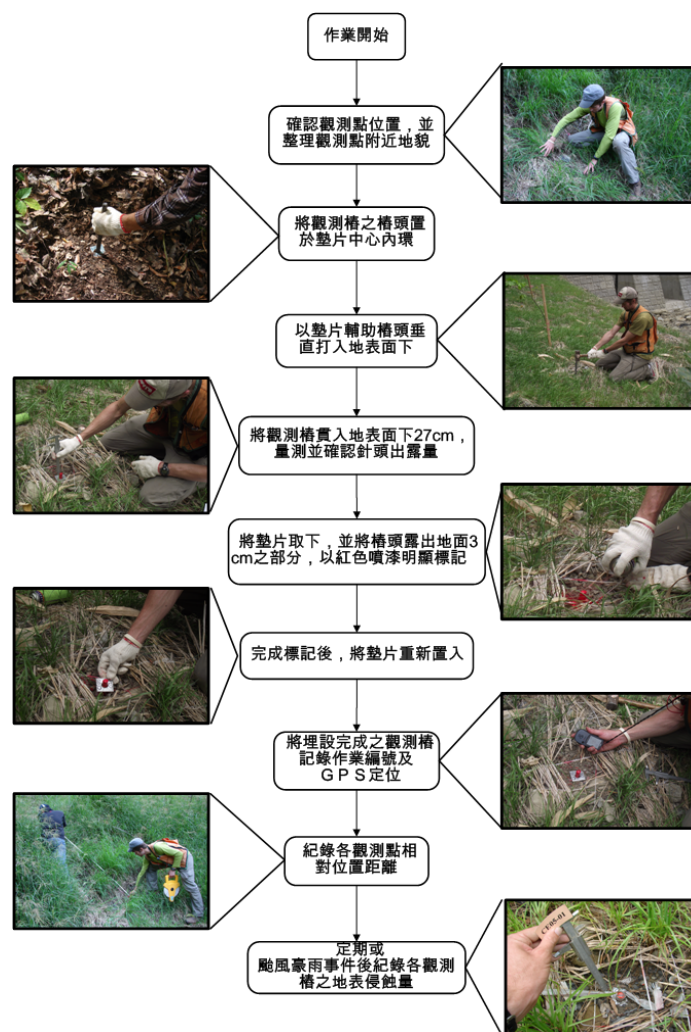


圖 4-3.2 本計畫地表沖蝕調查流程圖



二、調查點位規劃

本計畫於監測區域內分別針對「整治邊坡」以及「裸露邊坡」等兩種不同地表植生狀況區域，挑選 20 處監測區並完成沖蝕針布設，用以探討相同累積雨量下土壤流失程度之差異，以及評估植生復育效益。相關地表沖蝕量調查邊坡類型與評估特性，彙整如表 4-3.1 所示；另外，於現地地表沖蝕量調查作業，仍需注意以下選點原則：

1. 避開河道攻擊側及河床處。
2. 取不同坡度狀況且避開平地。
3. 分為裸露地與人工復育地等兩种植生狀況。

表 4-3.1 地表沖蝕調查邊坡類型及評估特性表

項目	邊坡類型	評估特性
A	整治邊坡 (人工復育地區)	評估經人為整治進行坡面保護工程之整治邊坡，如噴植、鋪網植生法、打樁編柵法、格框客土植生法，相較於未整治邊坡之抑制土壤沖蝕程度。
B	裸露邊坡 (裸露地)	評估呈現裸露之坡面且未經人為整治之裸露邊坡，因本身地質岩性及地形等自然條件，受雨淋洗發生土壤沖蝕量。

註 1：「整治邊坡」意指邊坡植生經人為或工程手段所栽植或治理之坡面。

註 2：「裸露邊坡」意指坡面植生經內、外營力影響，致使植被崩落或抑制生長而呈現裸露之坡面。

三、調查點位分布

本計畫於 100 年 3 月 28 日至 4 月 1 日已初步勘查集水區環境狀況，針對五大優先集水區監測區域(詳見表 4-2)並依前述調查區域選取原則，於曾文水庫集水區境內擇定九子集水區，依下游至上游分別為「東西坑溪」、「龍蛟溪」、「新美 2 號野溪」、「行電橋野溪」、「樂野 3 號野溪」、「達有野溪」、「里佳 3 號野溪」、「達德安溪」以及「櫻花溪」進行分區比較監測。

依上述區域選擇 20 處(如表 4-3.2)地表沖蝕量調查區域，並於 100 年 5 月 6 日至 5 月 13 日完成土壤沖蝕針所有佈設工作，其調查成果詳見附錄六，調查數量符合契約要求，其中整治邊坡及裸露邊坡分計 10 處，各佔總調查數量一半。彙整各調查點位空間分布、各處點位與坡向、坡度、地質分布關係，以及現況照片說明，如圖 4-3.3~4-3.7 所示。圖中顯示大部份



調查點位位於三級坡以上；各子集水區之土壤沖蝕調查之坡向儘量以相近為主；沖蝕針布設地點其地質均屬三峽群及其相當地層。其中，因 EE01 調查區域因受工程擾動影響，已於 100 年 9 月 1 日於鄰近區域布另尋合適地點重新布設沖蝕針。

表 4-3.2 本計畫地表沖蝕量調查點位相關資料彙整表

項次	點位編號	五大集水區	子集水區	TWD97 坐標		坡度分級	坡向	地質	應用屬性	初始布設日期
				E	N					
1	EA01	大埔	東西坑溪	208525	2574012	六級坡	東北	三峽群及其相當地層	A	2011/05/06
2	EA02			209894	2572856	五級坡	西南		B	2011/05/06
3	EA03			210522	2572655	二級坡	南		B	2011/05/06
4	EA04			211120	2571865	五級坡	西南		A	2011/05/06
5	EB01		龍蛟溪	209285	2577409	二級坡	西北		A	2011/05/06
6	EB02			209541	2577247	五級坡	東北		B	2011/05/06
7	EB03			209760	2576966	三級坡	北		B	2011/05/06
8	EB04			209870	2576864	四級坡	東北		A	2011/05/06
9	EC01	新美	新美 2 號	216159	2586124	六級坡	東	A	2011/05/13	
10	EC02		野溪	215963	2586988	五級坡	南	B	2011/05/13	
11	ED01	樂野	行電橋野溪	219806	2594620	三級坡	東南	A	2011/05/12	
12	ED02			219733	2594537	三級坡	東	B	2011/05/12	
13	EE01 ^{註3}		樂野 3 號	219523	2594921	六級坡	西南	B	2011/05/13	
14	EE02		野溪	219396	2594949	三級坡	東南	A	2011/05/13	
15	EF01	里佳	達有野溪	221797	2588607	五級坡	西	B	2011/05/12	
16	EF02		里佳 3 號野溪	221219	2588788	二級坡	西	A	2011/05/12	
17	EG01	達邦	達德安溪	223613	2593095	五級坡	西	B	2011/05/12	
18	EG02			224097	2592161	六級坡	北	A	2011/05/12	
19	EH01		櫻花溪	224265	2594441	六級坡	西南	B	2011/05/12	
20	EH02			224453	2594167	三級坡	東北	A	2011/05/12	

註 1：A、B 屬性參照表 4-3.1。

註 2：坡度依照水土保持技術規範(2006^b)進行分級，其分級百分比與角度對照表參見表 3-2.1。

註 3：EE01 調查區域因受工程擾動影響，已於 100 年 9 月 1 日於鄰近區域另布設沖蝕針。

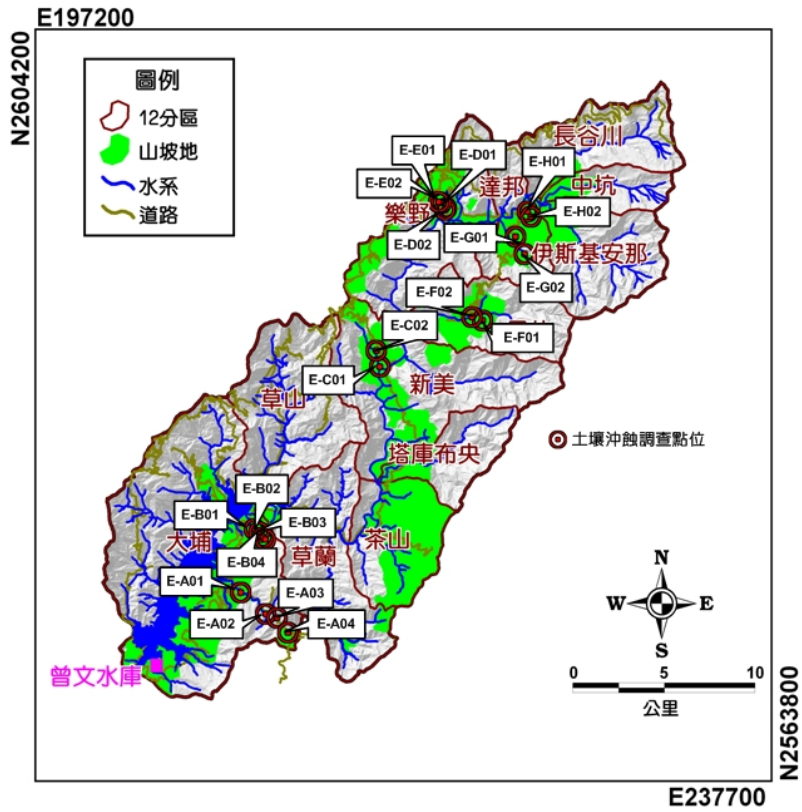


圖 4-3.3 本計畫地表沖蝕量調查點位分布圖

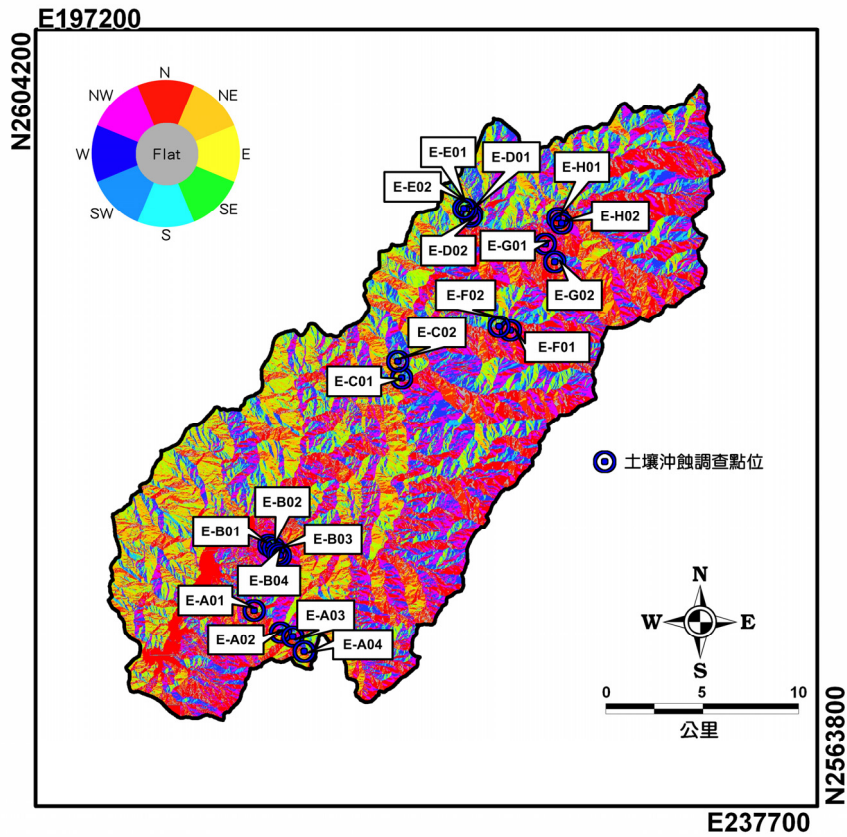


圖 4.3-4 本計畫土壤沖蝕調查處與坡向分布圖

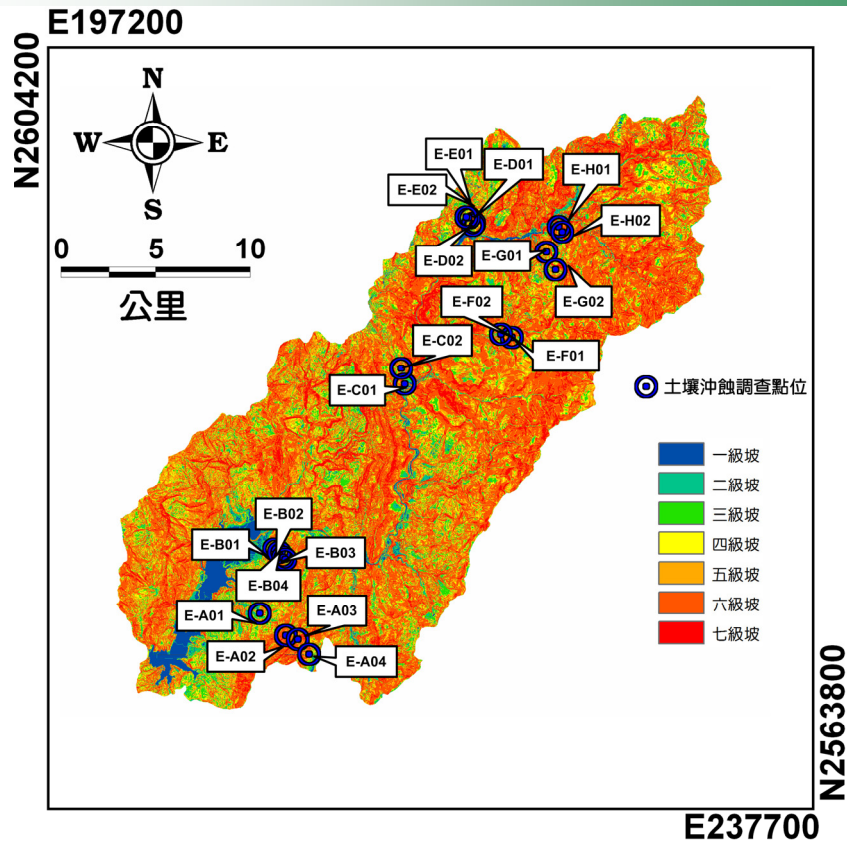


圖 4.3-5 本計畫土壤沖蝕調查處與坡度分布圖

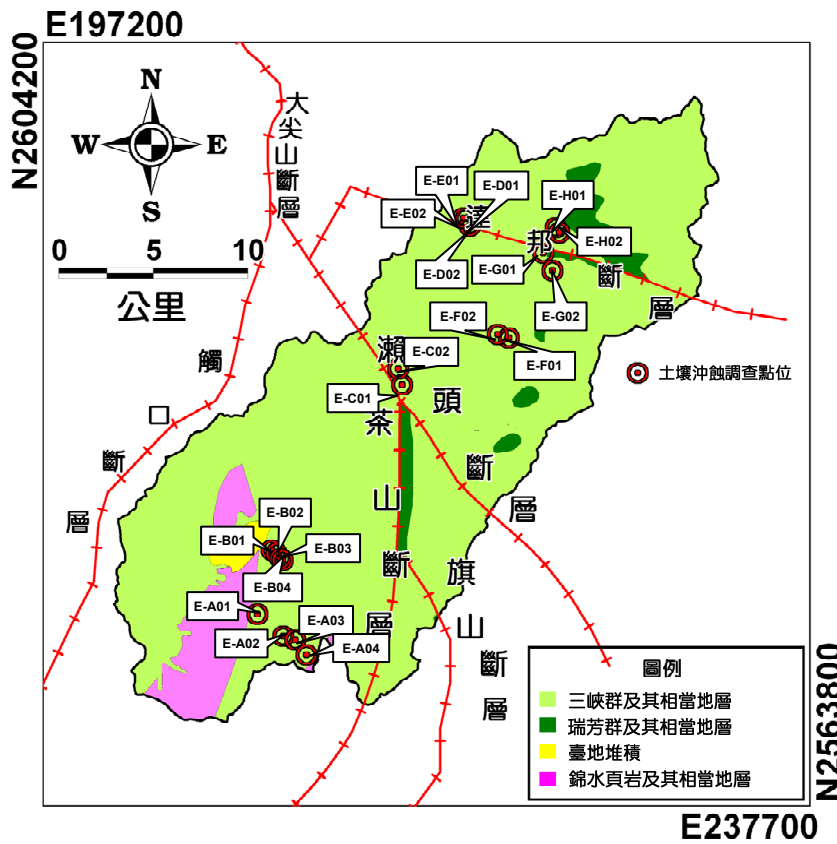


圖 4.3-6 本計畫土壤沖蝕調查處與地質關係圖



EA01：嘉 147 線 0.5km 上整治邊坡。(208525, 2574012)	EA02：嘉 147 線 3km 上裸露邊坡。(209894, 2572856)	EA03：嘉 147 線 4km 上裸露邊坡。(210522, 2572655)
E-A04：嘉 147 線 5km 東西坑溪與野溪交匯口處整治邊坡。(211120, 2571865)	E-B01：龍蛟溪與台 3 省道交匯處上游 0.4km 整治邊坡。(209285, 2577409)	E-B02：龍蛟溪與台 3 省道交匯處上游 0.8km 左岸裸露邊坡。(209541, 2577247)
EB03：龍蛟溪與台 3 省道交匯處上游 1.2km 左岸裸露邊坡。(209760, 2576966)	EB04 龍蛟溪與台 3 省道交匯處上游 1.4km 左岸整治邊坡。(209870, 2576864)	EC01：新美 2 號野溪與曾文溪匯流處上游 0.1km 右岸整治邊坡。(216159, 2586124)
EC02：新美 2 號野溪與曾文溪匯流處上游 1.0km 左岸裸露邊坡。(215963, 2586988)	ED01：行電野溪與曾文溪匯流處上游 0.7km 右岸整治邊坡。(219806, 2594620)	ED02：行電野溪與曾文溪匯流處上游 0.6km 右岸裸露邊坡。(219733, 2594537)

圖 4-3.7 本計畫地表沖蝕量調查處照片說明









 20110513	 20110513	 20110513
EE01：樂野三號溪與曾文溪匯流處上游 1.0km 左岸裸露邊坡。 (219523, 2594921)	EE02：樂野三號溪與曾文溪匯流處上游 1.0km 右岸整治邊坡。 (219396, 2594949)	EF01：嘉 169 線 55km 與達有野溪交匯口左岸裸露邊坡。(221797, 2588607)
 20110512	 20110512	 20110512
EF02：烏奇哈溪與達有野溪交匯口左岸整治邊坡。 (221219, 2588788)	EG01：嘉 169 線 38.5km 達德安溪右岸裸露邊坡。 (223613, 2593095)	EG02：達德安溪與嘉 169 線交匯處上游 0.3km 左岸整治邊坡。 (224097, 2592161)
 20110513	 20110512	
EH01：櫻花溪與曾文溪匯流處上游 0.4km 左岸裸露邊坡。 (224265, 2594441)	EH02：嘉 169 線與櫻花溪交匯處左岸整治邊坡。 (224453, 2594167)	

圖 4-3.7 (續)本計畫地表沖蝕量調查處照片說明

四、後續應用

本計畫於工作期間完成 5 次調查工作(符合契約要求),其中含 0719 豪雨及南瑪都颱風等兩場事件之量測數據;同時,彙整水保局南投分局(2011^b)「曾文水庫保育治理計畫執行成效評估」於曾文水庫集水區境內茶山治理區 6 處地表沖蝕調查點位,共計 12 次量測成果;最後,結合歷次調查降雨資訊,探討坡地表土沖蝕深度及降雨逕流之關連性,分析成果詳見 6-2 節。



4-4 溪床斷面測量

為監測曾文水庫集水區河道變遷及中游河段土砂運移行為，本計畫於「曾文溪主流上山美橋至大埔橋區間」，進行溪床斷面測量作業，用以監控曾文溪土砂輸送段溪床高程變遷情況，並可藉由兩期溪床斷面測量成果，探討溪床沖淤趨勢，以評估是否有影響曾文水庫庫容淤積潛勢及民生供水之虞。此外，為詳加瞭解庫區周圍野溪集水區土砂產量是否有持續流出情況，本計畫自費於大埔治理分區內之「東西坑溪」與「龍蛟溪」等區域，增加 3 處斷面量測，藉以追蹤計畫期間溪床高程變動情況。

本計畫已分別於民國 100 年 4 月 28 日至 5 月 18 日，以及 9 月 13 日至 21 日期間，完成兩次溪床斷面測量作業，詳細施測期程整理如表 2-7.3 所示。針對測量作業方式、測量點位分布、測量成果與後續應用等，說明如次。

一、測量作業方式

本計畫溪床斷面測量作業流程整理如圖 4-4.1 所示，有關工作內容、控制系統、儀器設備等，說明如下。

1. 工作內容

- (1) 三角點檢測
- (2) 斷面樁量測
- (3) 平面座標使用 e-GPS(RTK 系統)量測
- (4) 溪床斷面圖繪製

2. 控制系統

- (1) 平面坐標採台灣區二度分帶 TWD97 坐標系統
- (2) 高程控制系統採台灣地區正高系統。

3. 儀器設備

彙整本計畫溪床斷面測量作業使用儀器設備以及相關資訊，如表 4-4.1 所示。

表 4-4.1 本計畫溪床斷面測量使用儀器相關資訊彙整表

用途	儀器型式/儀器精度及規格	儀器照片	數量
控制測量	<ul style="list-style-type: none"> ■ Leica System 500 衛星定位儀 $\pm 5\text{mm} + 1\text{ppm}$，含 DGPS、RTK、VRS-RTK 模組可作靜態、快速靜態、動態測量 ■ 序號：33892、33487、37534 		3
控制測量	<ul style="list-style-type: none"> ■ Leica TC1610 全站式經緯儀 $\pm 1\text{mm} + 1\text{ppm}$ ■ 序號：371709 		1
控制測量	<ul style="list-style-type: none"> ■ Leica TC805 全站式經緯儀 $\pm 3\text{mm} + 2\text{ppm}$ ■ 序號：663260 		1
控制測量	<ul style="list-style-type: none"> ■ Leica TS06 全站式經緯儀 $\pm 2\text{mm} + 2\text{ppm}$，1,000m 雷射測距 ■ 序號：1312523 		1
水準測量	<ul style="list-style-type: none"> ■ Leica NA3003 電子條碼水準儀 ■ 序號：282036、664157 		2
GPS 計算軟體	■ Leica SKIPRO 3.0		1
測量計算軟體	■ RBT		1
繪圖軟體	■ Auto Cad 2002 MAP 5		5

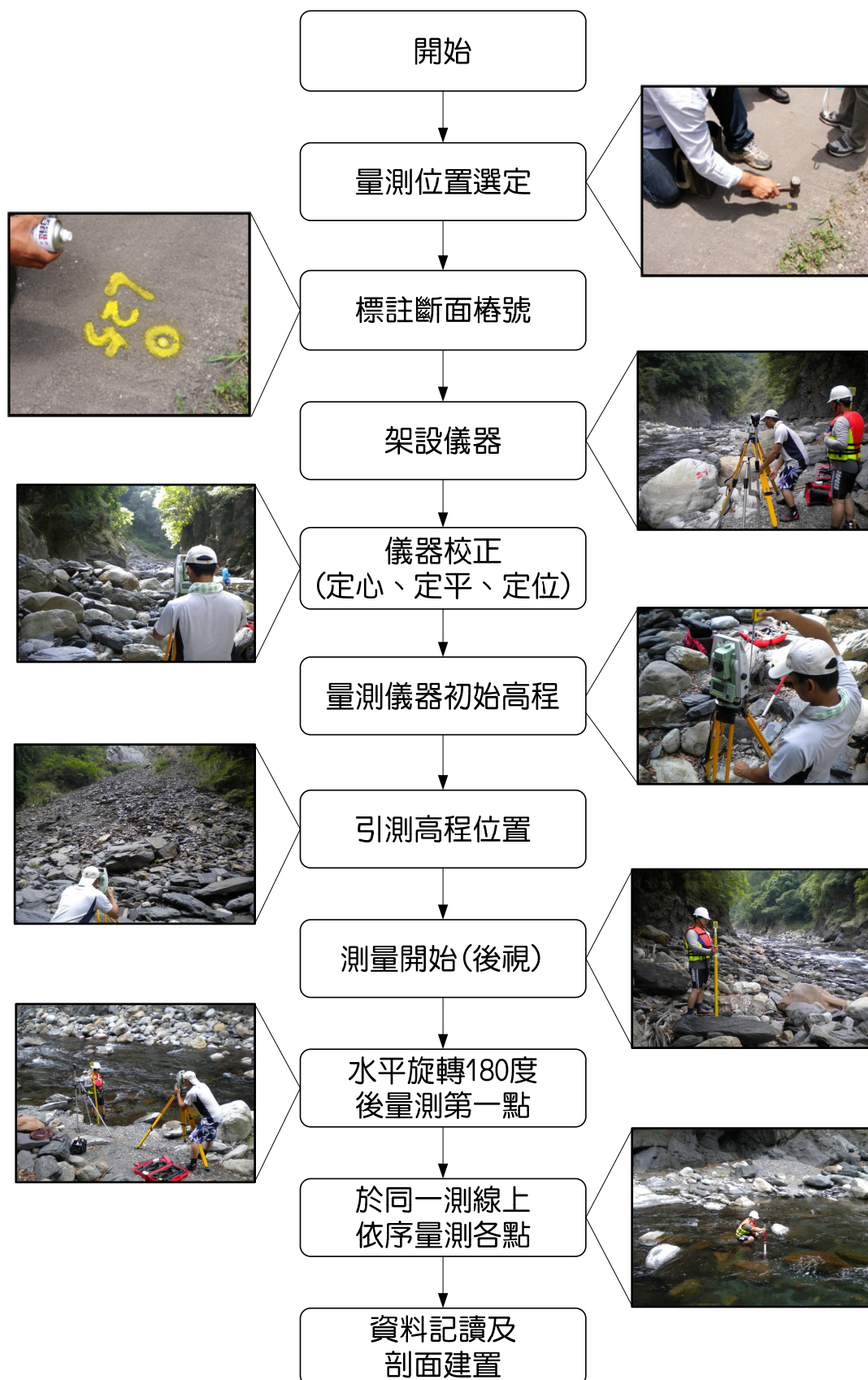


圖 4-4.1 溪床斷面測量作業流程



二、測量點位分布

本計畫溪床斷面測量點位選取原則為(1)主支流匯流口；(2) 鄰近崩塌區域；(3) 為河道束縮轉彎處；(4) 土石流潛勢溪流等 4 項。條列各溪床斷面測量點位選取原則，如表 4-4.2 所示。原則上，各溪床斷面測量處間隔距離約為 100~500m 之間，實際進行野外測量時將依現場實際狀況調整適當測量區域。溪床斷面測量範圍起點為山美橋，終點為大埔橋，總計測量 20 處斷面，測量點位空間分布與現況照片如圖 4-4.2~4-4.3 所示。另外，於大埔集水分區內之龍蛟溪以及東西坑溪等兩土砂災害嚴重之野溪支流新增 3 處斷面測量作業，用以追蹤計畫期間前述兩野溪溪床變動對於水庫淤積量之影響，以及評估土砂運移情況。

三、測量成果

本計畫分別於民國 100 年 4 月 28 日至及 5 月 18 日，以及 100 年 9 月 13 日至 21 日期間，完成二次溪床斷面測量作業，繪製曾文溪溪床主流兩期溪床縱、橫斷面高程，如圖 4-4.4 與 4-4.5 所示。依據水利署(2006)⁶「易淹水地區水患治理計畫-第一階段實施計畫」測量工作規範，需先於現地訂定三處已知坐標系統控制點。本計畫於測區附近設定八處控制點，其中四處屬於一等一級控制點，餘四處屬三等控制點(如圖 4-4.2)，並再以雙頻 G.P.S 全球衛星定位儀，搭配內政部國土測繪中心 e-GPS(VRS) 進行檢測，有關控制點相關資訊列及測量成果參見附錄六。

四、後續分析

本計畫綜合兩次現場量測成果，瞭解計畫期間曾文溪溪床堆積物高程及沖淤變化情況，並探討溪床中游段之土砂運移行為；相關分析成果詳見 6-5 節。



表 4-4.2 本計畫溪床斷面測量選取原則彙整表

施測編號	中心點坐標 (TWD97)		施測地點描述	選點原則
	E	N		
SEC01	212732	2577533	二寮溪與曾文溪匯流口下游 140m 處	A、B、C
SEC02	213210	2577299	二寮溪與曾文溪匯流處上游 400m 處	A、B、C
SEC03	213361	2577130	黃狗坑溪與曾文溪匯流處下游 280m 處	A、B、C
SEC04	213851	2577273	黃狗坑溪與曾文溪匯流處上游 130m 處	A、B、C
SEC05	214913	2576926	托亞奇伊溪與曾文溪匯流處下游 260m 處	A、B、C
SEC06	215329	2577852	托亞奇伊溪與曾文溪匯流處上游 580m 處	A、B、C
SEC07	215438	2578122	托亞奇伊溪與曾文溪匯流處上游 1,200m 處	A、B、C
SEC08	215769	2578306	托亞奇伊溪與曾文溪匯流處上游約 1,850m 處	A、B、C
SEC09	216160	2579708	普亞汝溪與曾文溪主流匯流處下游約 190m 處	A、B、C
SEC10	215968	2579965	普亞汝溪與曾文溪主流匯流處上游約 500m 處	A、B、C
SEC11	216556	2582030	普亞汝溪與曾文溪主流匯流處上游約 3,000m 處	A、B、C
SEC12	216794	2582304	普亞汝溪與曾文溪主流匯流處上游約 3,600m 處	A、B、C
SEC13	216191	2583735	曾文溪上山美吊橋下游 3,300m 處	A、B、C
SEC14	216330	2584200	曾文溪上山美吊橋下游 2,800m 處	A、B、C
SEC15	216049	2585697	曾文溪上山美吊橋下游 680m 處	A、B、C
SEC16	216055	2586308	山美野溪上距山美吊橋下游匯流處 160m 處	A、B、C
SEC17	216573	2585939	曾文溪上山美吊橋下游 200m 處	A、B、C
SEC18	217207	2586442	達娜伊谷溪與曾文溪匯流處下游 175m 處	A、B、C
SEC19	217745	2586415	達娜伊谷溪與曾文溪匯流處上游 180m 處	A、B、C
SEC20	217608	2586847	達娜伊谷溪出河口上游 180m 處	A、B、C
SEC21	209919	2576953	龍蛟溪與神斧橋交會處上游 1,100m	B、D
SEC22	210002	2576768	龍蛟溪與神斧橋交會處上游 1,300m	B、D
SEC23	211089	2571772	東西坑溪上東西坑無名橋下游 300m 處	B、C

註：A 為主支流匯流口；B 為鄰近崩塌區域；C 為河道束縮轉彎處；D 為土石流潛勢溪流。

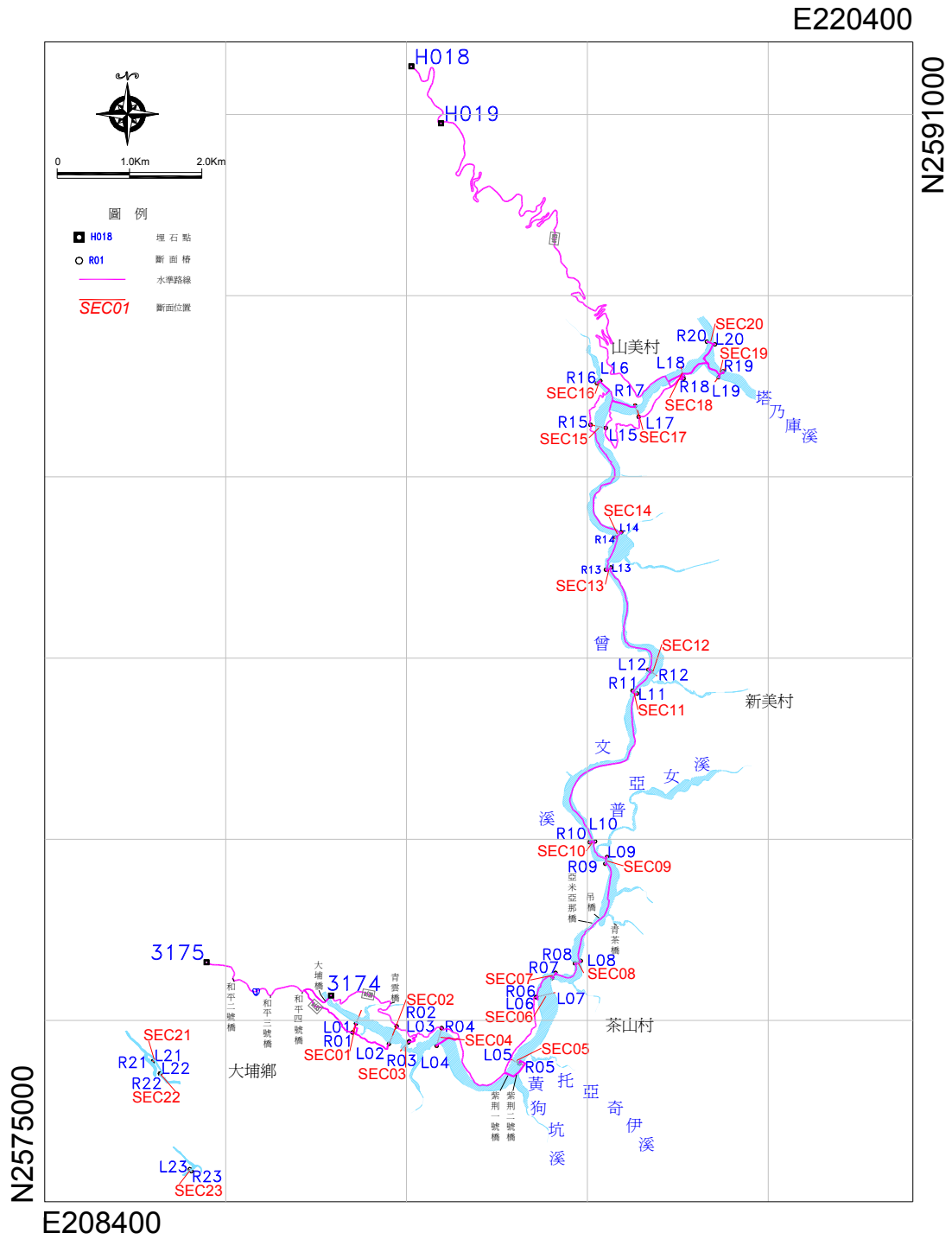


圖 4-4.2 本計畫曾文水庫集水區溪床断面測量空間分布圖



1. 二寮溪與曾文溪匯流處下游 140m 處。(212732,2577533)	2. 二寮溪與曾文溪匯流處上游 400m 處。(213210,2577299)	3. 黃狗坑溪與曾文溪匯流處下游 280m 處。(213361,2577130)
4. 黃狗坑溪與曾文溪匯流處上游 130m 處。(213851,2577273)	5. 托亞奇伊溪與曾文溪匯流處下游 260m 處。(214913,2576926)	6. 托亞奇伊溪與曾文溪匯流處上游 580m 處。(215329,2577852)
7. 托亞奇伊溪與曾文溪匯流處上游 1,200m 處。(215438,2578122)	8. 托亞奇伊溪與曾文溪匯流處上游約 1,850m 處。(215769,2578306)	9. 普亞汝溪與曾文溪主流匯流處下游約 190m 處。(216160,2579708)
10. 普亞汝溪與曾文溪主流匯流處上游約 500m 處。(215968,2579965)	11. 普亞汝溪與曾文溪主流匯流處上游約 3,000m 處。(216556,2582030)	12. 普亞汝溪與曾文溪主流匯流處上游約 3,600m 處。(216794,2582304)

圖 4-4.3 本計畫曾文水庫集水區溪床斷面測量照片說明



13. 曾文溪上山美吊橋下游 3,300m 處。(216191,2583735)	14. 曾文溪上山美吊橋下游 2,800m 處。(216330,2584200)	15. 曾文溪上山美吊橋下游 680m 處。(216049,2585697)
16. 山美野溪上距山美吊橋下游匯流處 160m 處。(216055,2586308)	17. 曾文溪上山美吊橋下游 200m 處。(216573,2585939)	18. 達娜伊谷溪與曾文溪匯流處下游 175m 處。(217207,2586442)
19. 達娜伊谷溪與曾文溪匯流處上游 180m 處。(217745,2586415)	20. 達娜伊谷溪出河口上游 180m 處。(217608,2586847)	21. 龍蛟溪與神斧橋交會處上游 1,100m。(209919,2576953)
22. 龍蛟溪與神斧橋交會處上游 1,300m。(210002,2576768)	23. 東西坑溪上東西坑無名橋下游 300m 處。(211089,2571772)	

圖 4-4.3 (續) 本計畫曾文水庫集水區溪床斷面測量照片說明



曾文溪溪床二期縱斷面比較圖

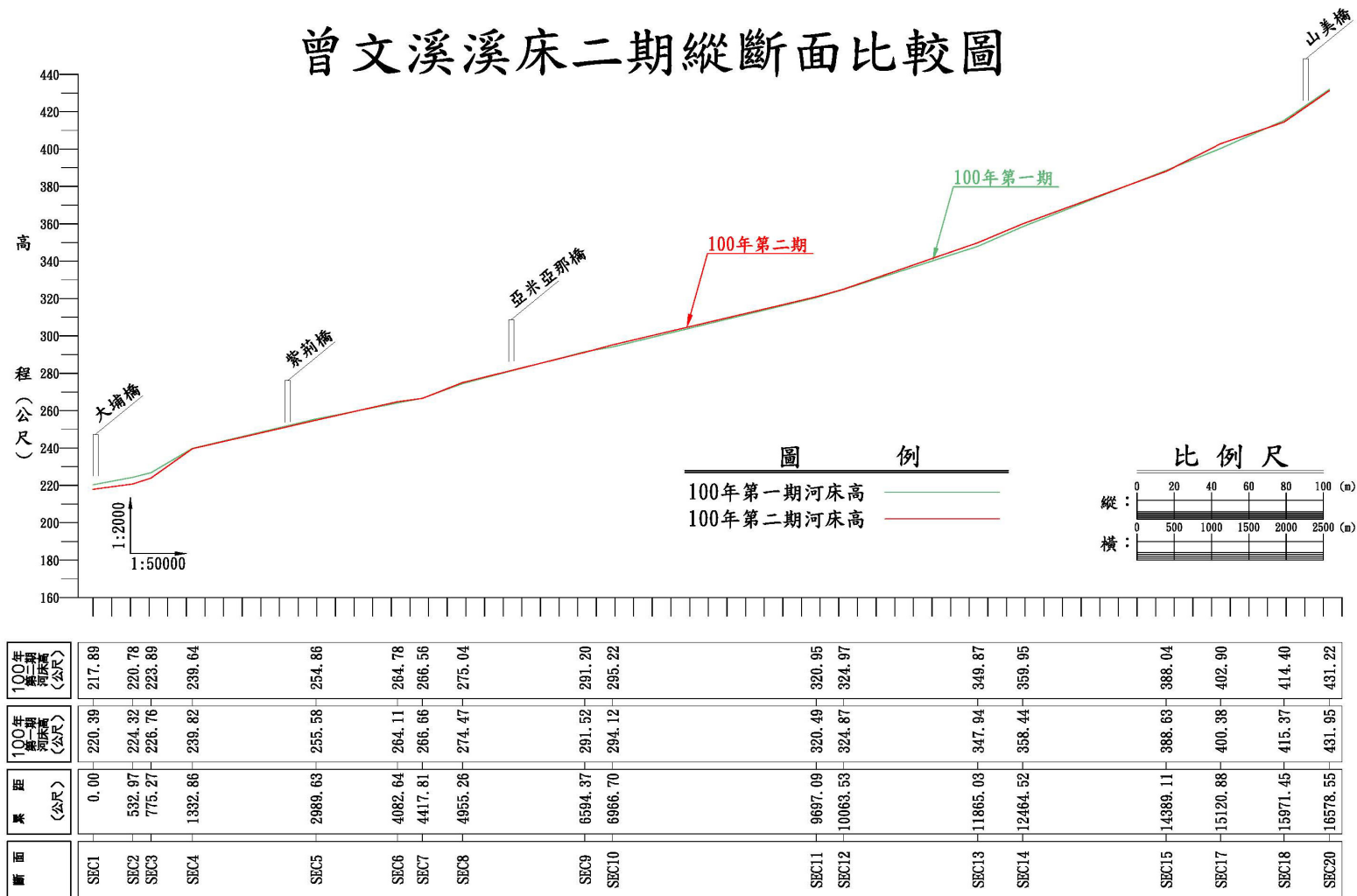


圖 4-4.4 本計畫曾文溪主流兩期溪床縱斷面測量結果分布圖



第一次測量

第二次測量

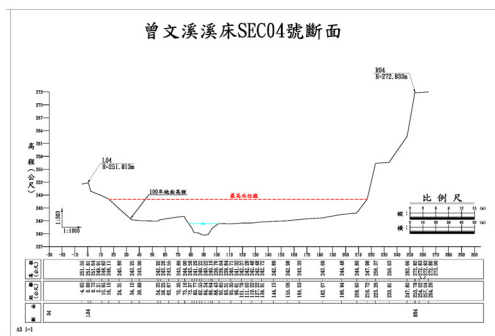
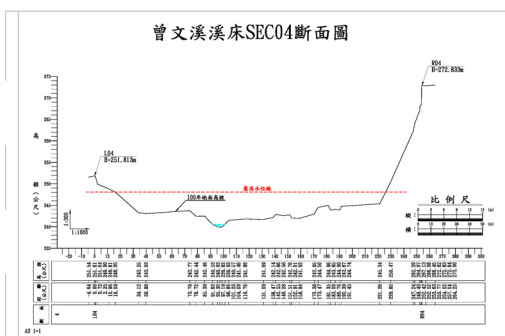
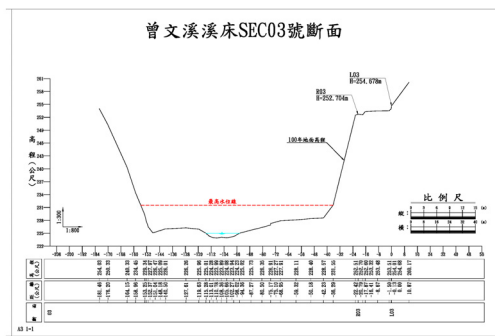
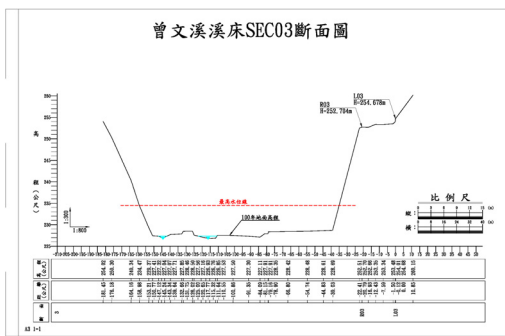
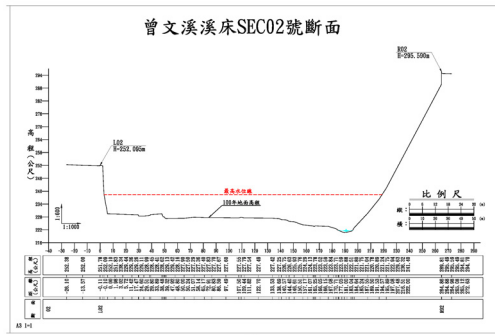
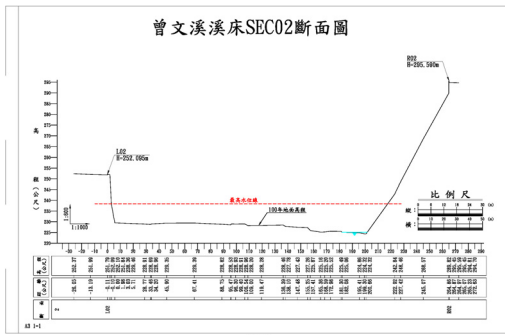
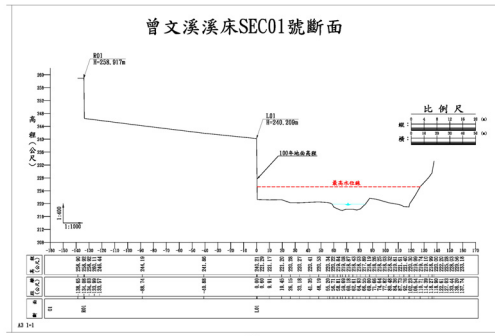
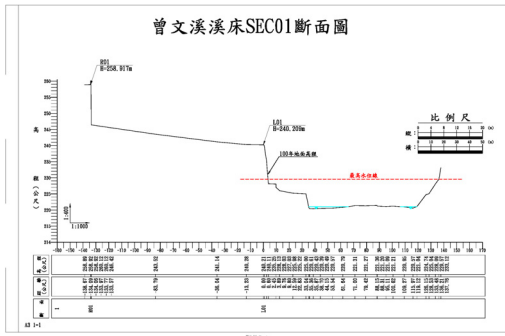


圖 4.4.5 本計畫曾文溪兩期溪床橫断面測量結果分布圖



第一次測量

第二次測量

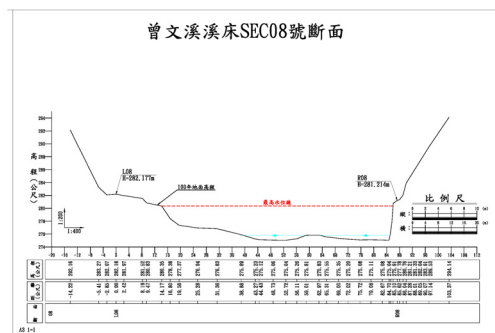
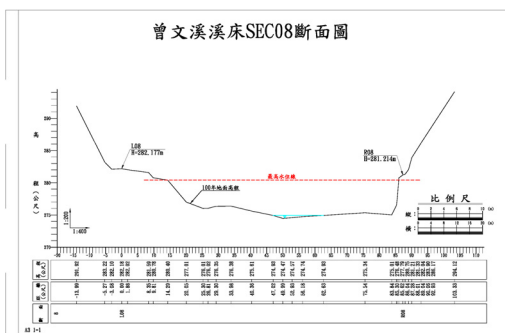
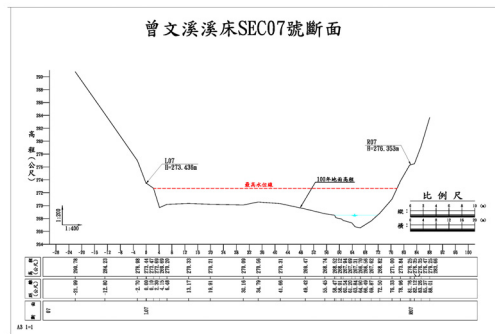
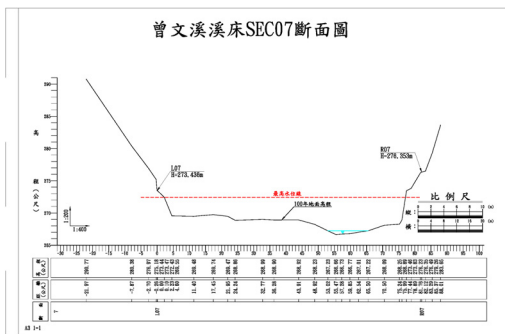
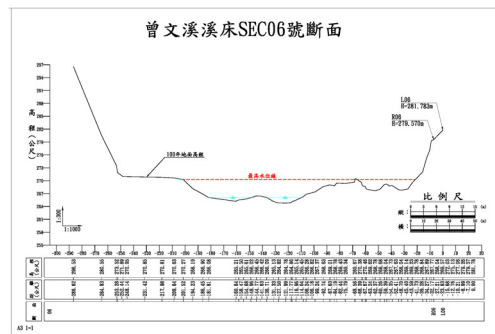
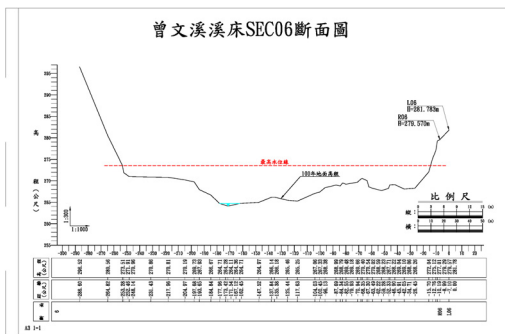
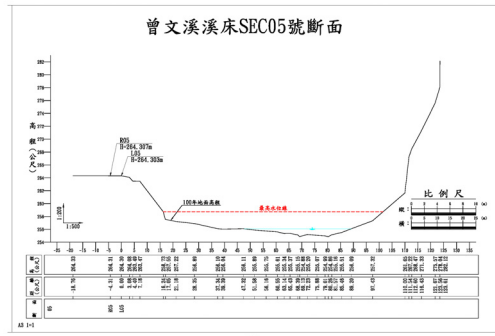
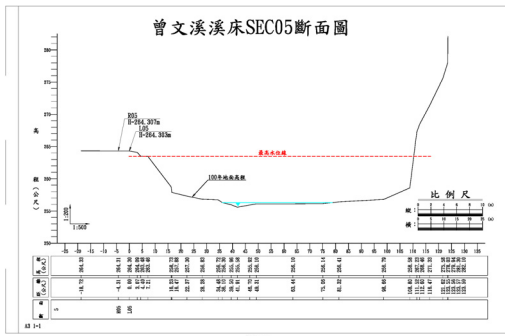


圖 4-4.5(續) 本計畫曾文溪兩期溪床橫斷面測量結果分布圖



第一次測量

第二次測量

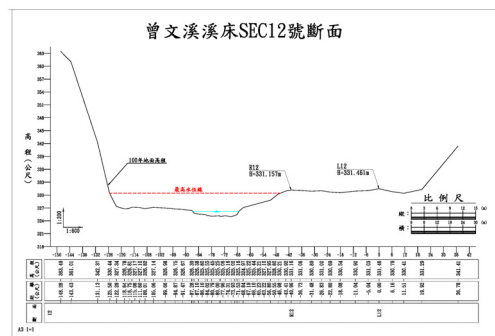
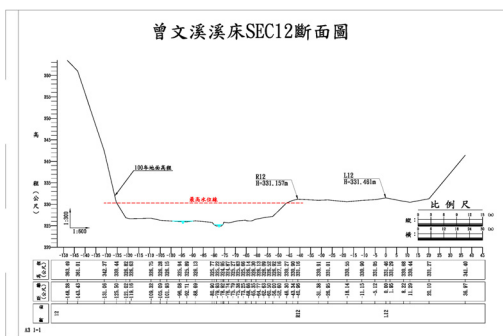
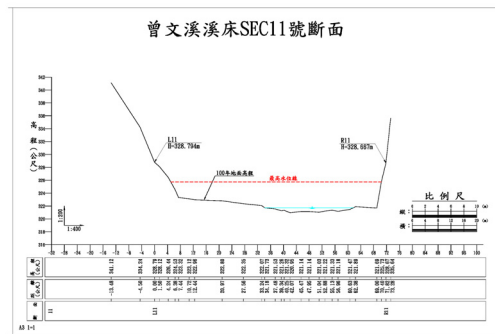
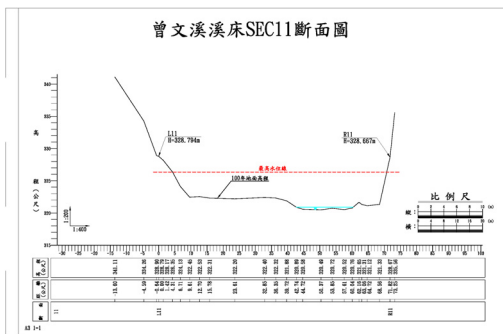
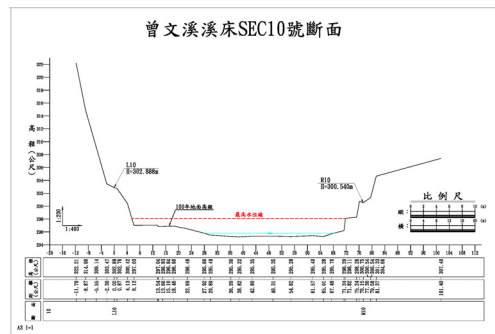
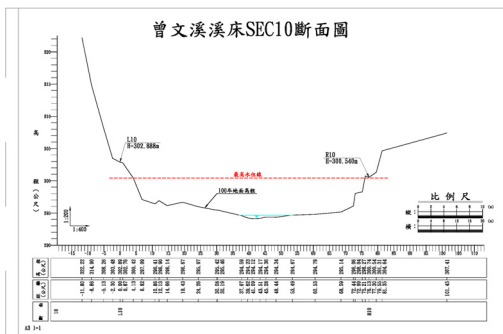
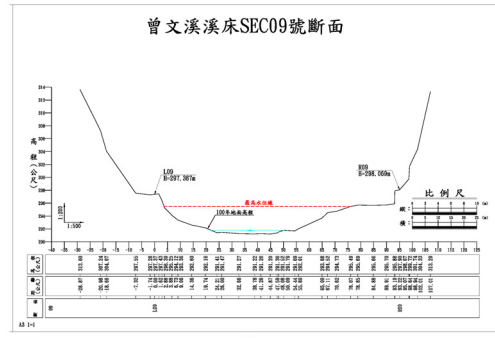
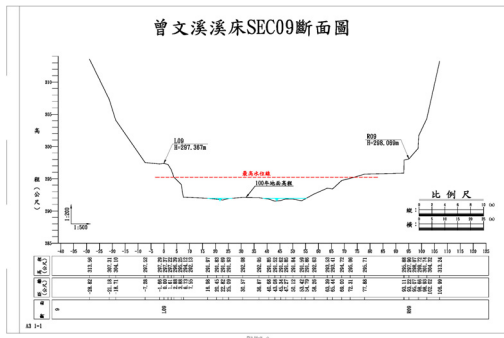


圖 4-4.5(續) 本計畫曾文溪兩期溪床橫断面測量結果分布圖



第一次測量

第二次測量

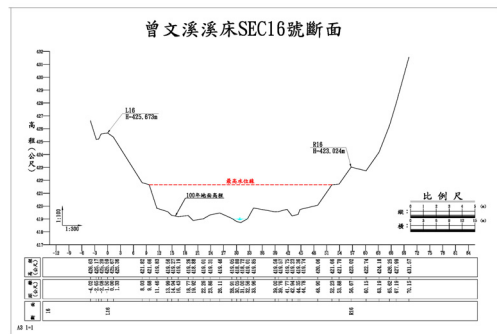
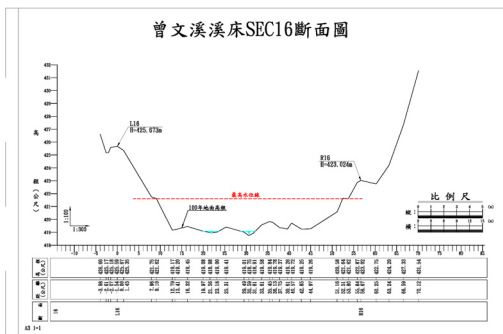
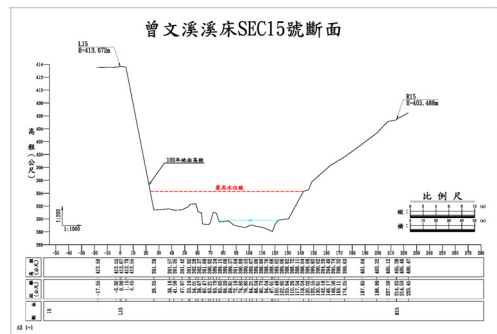
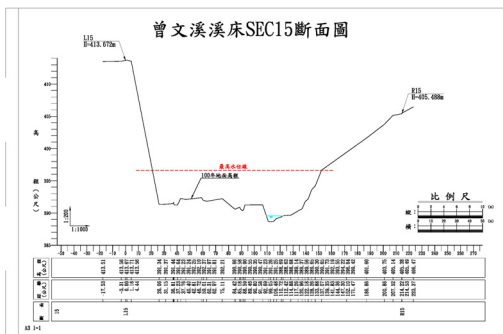
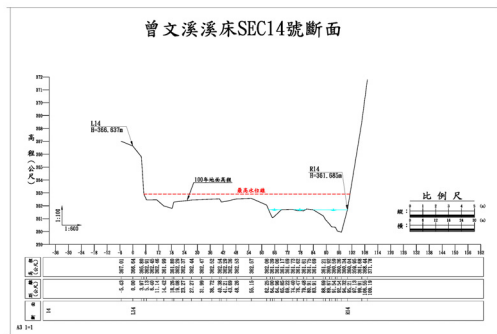
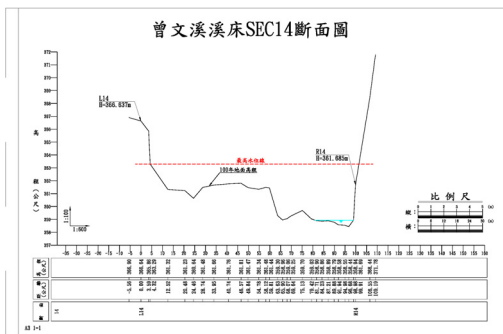
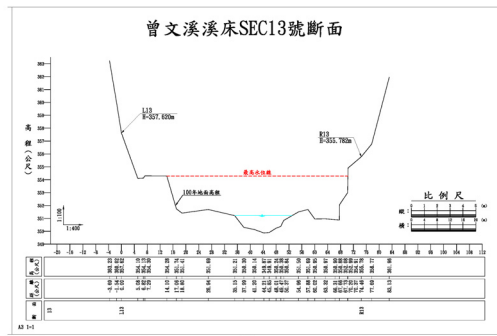
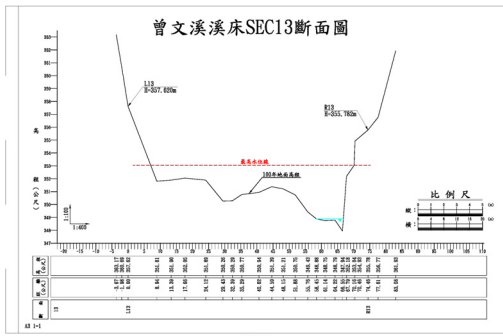


圖 4-4.5(續) 本計畫曾文溪兩期溪床橫断面測量結果分布圖



第一次測量

第二次測量

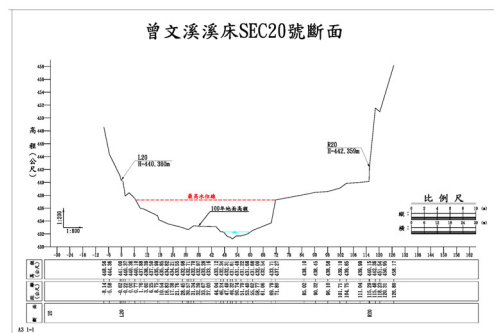
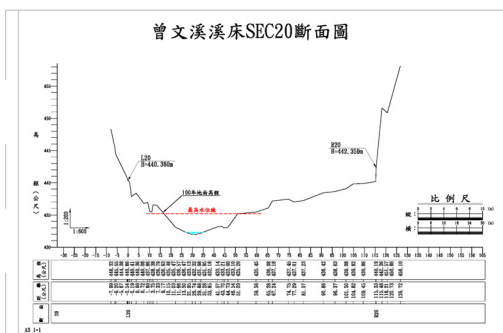
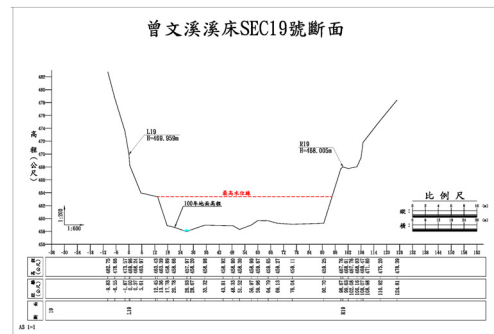
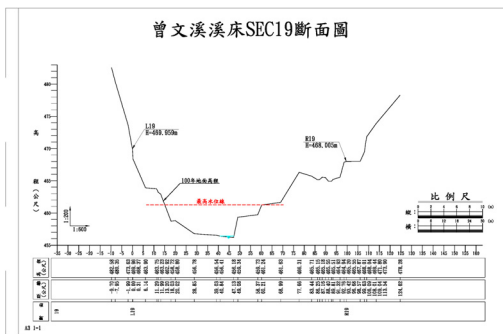
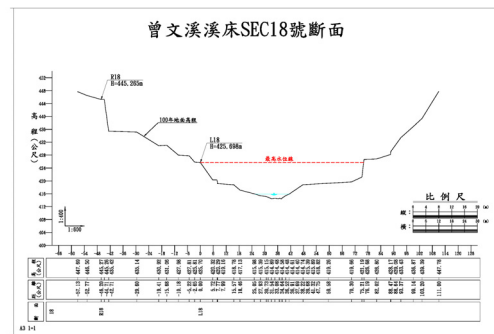
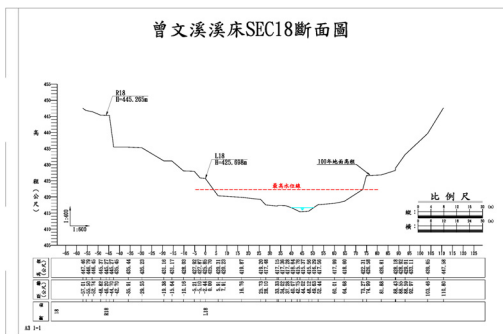
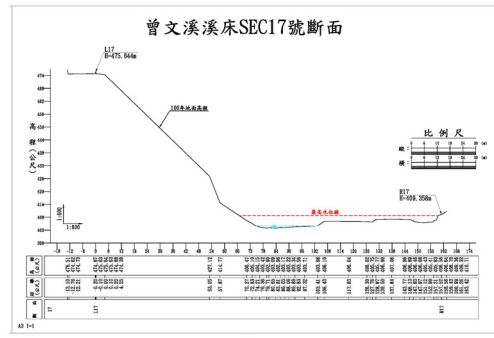
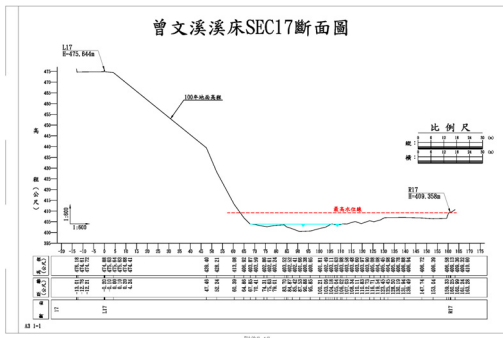


圖 4-4.5(續) 本計畫曾文溪兩期溪床橫断面測量結果分布圖



第一次測量

第二次測量

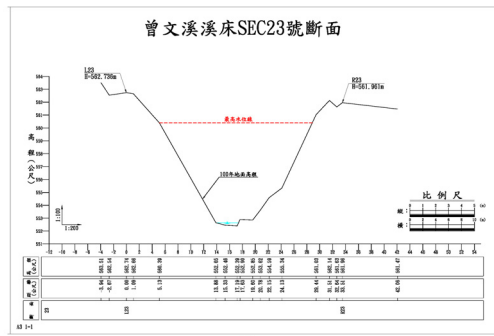
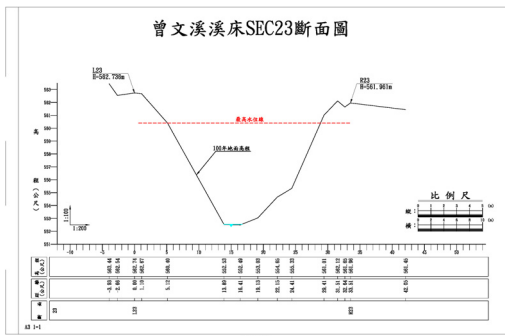
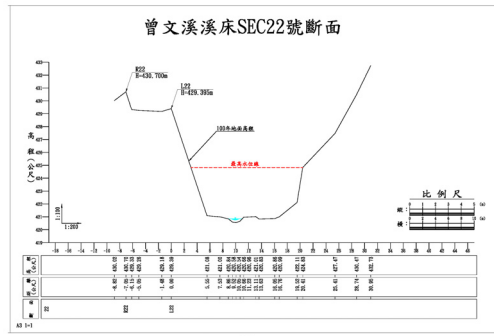
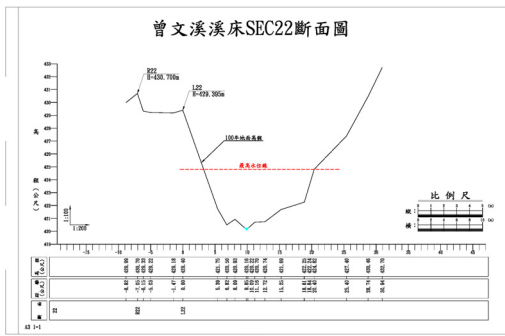
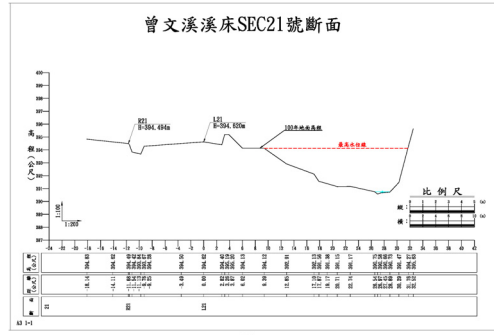
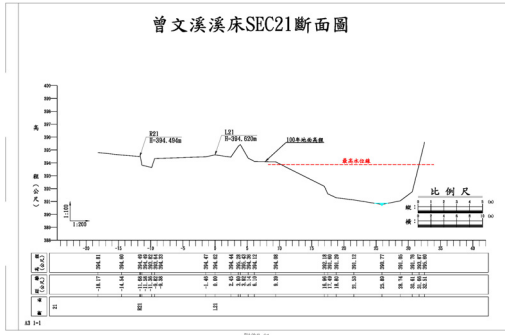


圖 4-4.5(續) 本計畫曾文溪兩期溪床橫斷面測量結果分布圖



4-5 溪床粒徑調查

為瞭解曾文水庫集水區內，入庫土砂料源係受主流河道沖刷影響或支流集水區主控，故於河道輸送段配合溪床斷面量測進行溪床粒徑調查，用以追蹤兩次調查期間河道推移質運移情況。溪床粒徑調查工作包含溪床樣坑、表面粒徑、現地篩分析以及物性試驗等四大項。此外，除掌握溪床推移質變化外，河道懸浮質變化亦為相當重要。另經瞭解目前水保局南投分局正辦理「曾文水庫保育治理計畫執行成效評估」乙案，該計畫於曾文水庫集水區內挑選 6 處土砂運移控制點，以人工採樣方式進行表水層泥砂濃度量測作業，調查點位分布如圖 3-1.21 所示。故此，本計畫蒐集該計畫泥砂濃度調查成果(詳見第參章)，用以配合溪床粒徑調查成果，期可說明及探討溪床土砂輸送狀況，提供未來集水區土砂收支分析計算。

本計畫分別於 100 年 5 月 5 日至 6 月 8 日，以及 100 年 9 月 13 日至 25 日期間，完成兩次溪床粒徑調查作業，詳細施測期程整理如表 2-7.3 所示。有關調查規劃原則、點位分布、調查作業方式、測量成果與後續應用等，說明如次。

一、調查規劃原則

本計畫經蒐集相關集水區調查報告並再赴現地勘察後，發現「曾文溪主流上山美橋至大埔橋區間」屬曾文溪土砂運移區段(水保局，2011^o)，其上游崩塌地分布密度高且坡面崩塌殘餘量大，故本計畫於此區間內辦理 20 處溪床樣坑及 40 處表面粒徑採樣調查，以監測溪床粒徑變化狀況。另外，並配合溪床斷面測量，於東西坑溪以及龍蛟溪等兩野溪內，新增 3 處溪床樣坑以及 6 處表面粒徑調查，用以瞭解兩野溪於前後兩次調查期間，溪床粒徑組成與顆粒大小變化情形。

二、調查點位分布

本計畫溪床樣坑調查點位係配合 23 處溪床斷面測量，於斷面測線上鄰近區域同步進行調查；表面粒徑調查原則上於溪床樣坑前後 250m(總

計 46 處)，取較具代性之樣品且沖淤較明顯之溪床面，同時配合現況環境適時調整，以使所採取之樣品能適切反應溪床粒徑之實際情形。展繪溪床粒徑與表面粒徑調查點位空間分布，如圖 4-5.1 與 4-5.2；另整理各調查點位現場照片以及調查點位資訊，如圖 4-5.3 至 4-5.4 與表 4-5.1 至 4-5.2 所示。圖 4-5.5 為調查點位編碼原則示意圖。各溪床樣坑以及表面粒徑調查點位編號中，第一碼代表試驗項目，以 G 表示「表面粒徑調查」，S 表示「溪床樣坑以及現地密度試驗」；第二碼代表調查點位編號，以曾文溪下游處為起點(編號 1 開始)，上游處為終點(編號 20 結束)，另野溪調查點位以 21~23 代表；第三碼表示溪床粒徑調查點位之上下游標示。

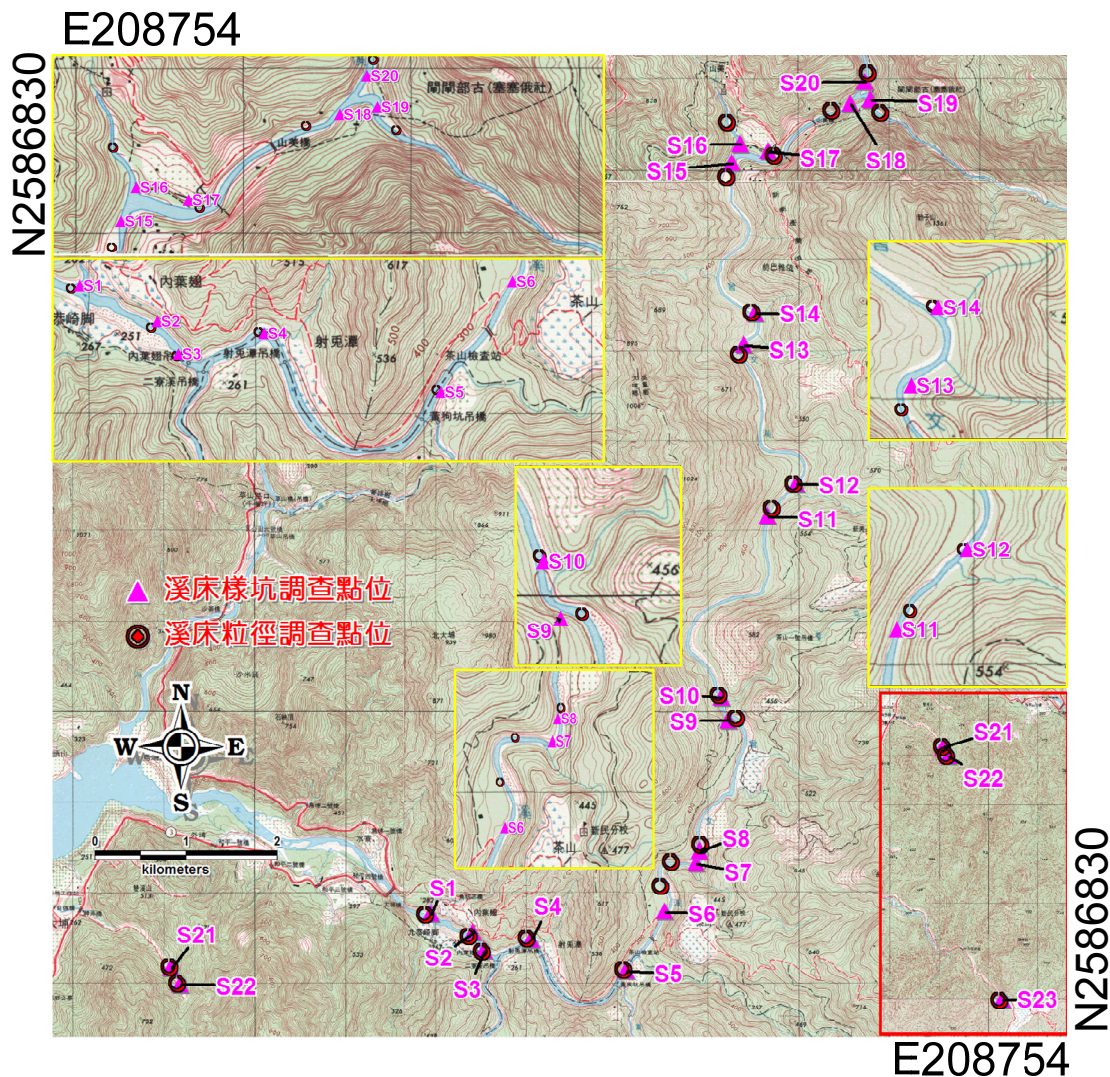


圖 4-5.1 本計畫溪床樣坑調查點位空間分布圖

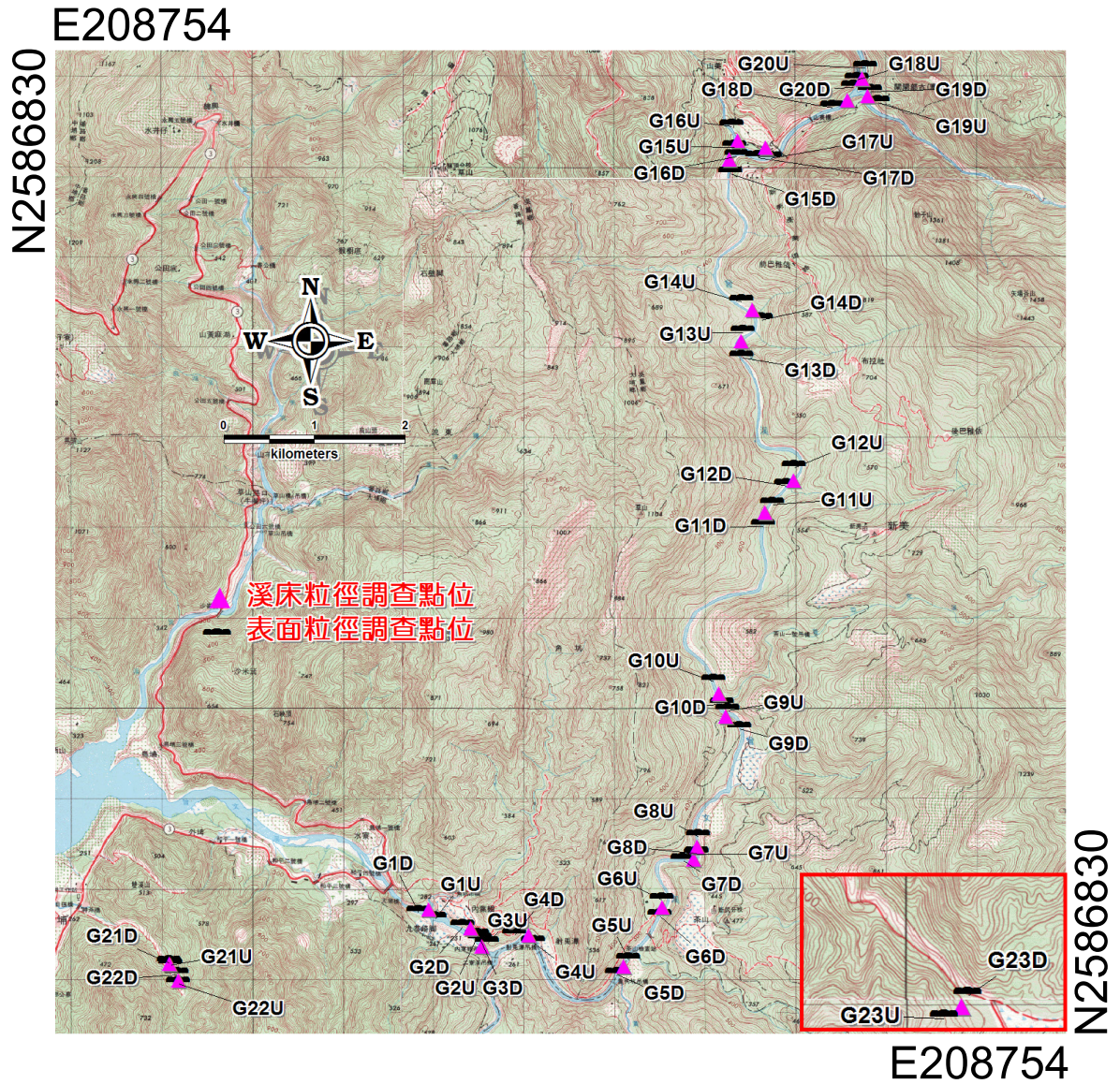


圖 4-5.2 本計畫表面粒徑調查點位空間分布圖



溪床樣坑現況照片		表面粒徑調查上游測現況照片		表面粒徑調查下游測現況照片	
1	S1(212779, 2577553)	2	G1U(212844, 2577458)	3	G1D(212666, 2577529)
4	S2(213241, 2577340)	5	G2U(213314, 2577274)	6	G2D(213146, 2577372)
7	S3(213366, 2577144)	8	G3U(213423, 2577190)	9	G3D(213340, 2577224)
10	S4(213879, 2577268)	11	G4U(213926, 2577193)	12	G4D(213722, 2577277)
13	S5(214934, 2576917)	14	G5U(214982, 2577005)	15	G5D(214857, 2576840)

圖 4-5.3 本計畫第一次溪床粒徑調查點位現場照片






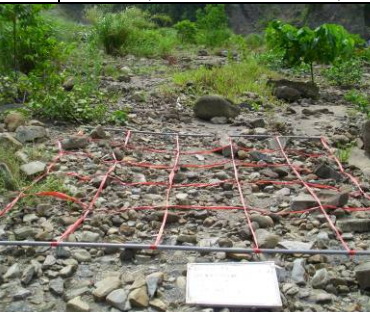









溪床樣坑現況照片		表面粒徑調查上游測現況照片		表面粒徑調查下游測現況照片	
	16 S6(212779, 2577553)		17 G6U(212844, 2577458)		18 G6D(212666, 2577529)
	19 S7(215700,2578104)		20 G7U(215726,2578177)		21 G7D(215578,2578104)
	22 S8(213366, 2577144)		23 G8U(215749,2578366)		24 G8D(215736,2578184)
	25 S9(216057,2579688)		26 G9U(216072,2579762)		27 G9D(216205,2579562)
	28 S10(215980,2579943)		29 G10U(215922,2580087)		30 G10D(216016,2579836)

圖 4-5.3(續) 本計畫第一次溪床粒徑調查點位現場照片




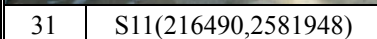

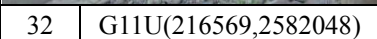

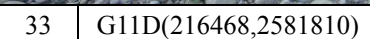

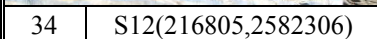

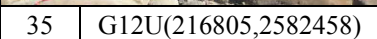

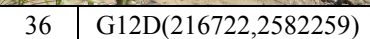

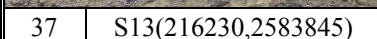

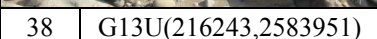

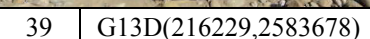

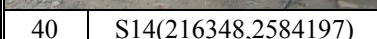

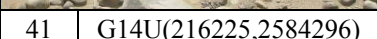

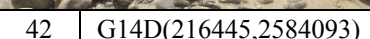

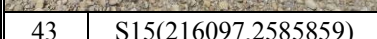

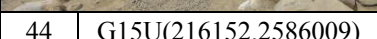
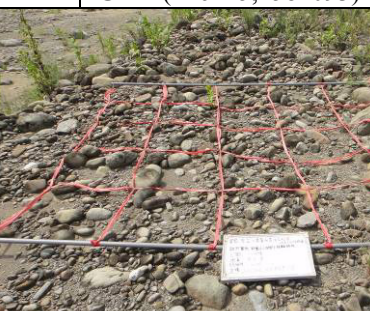
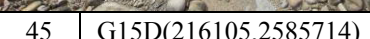
溪床樣坑現況照片		表面粒徑調查上游測現況照片		表面粒徑調查下游測現況照片	
					
31	S11(216490,2581948)	32	G11U(216569,2582048)	33	G11D(216468,2581810)
					
34	S12(216805,2582306)	35	G12U(216805,2582458)	36	G12D(216722,2582259)
					
37	S13(216230,2583845)	38	G13U(216243,2583951)	39	G13D(216229,2583678)
					
40	S14(216348,2584197)	41	G14U(216225,2584296)	42	G14D(216445,2584093)
					
43	S15(216097,2585859)	44	G15U(216152,2586009)	45	G15D(216105,2585714)

圖 4-5.3(續) 本計畫第一次溪床粒徑調查點位現場照片



溪床樣坑現況照片		表面粒徑調查上游測現況照片		表面粒徑調查下游測現況照片				
			46	S16(216188,2586068)	47	G16U(216118,2586238)	48	G16D(216173,2585904)
			49	S17(216500,2585990)	50	G17U(216548,2585884)	51	G17D(216402,2585890)
			52	S18(217403,2586515)	53	G18U(217505,2586751)	54	G18D(217233,2586444)
			55	S19(217627, 2586560)	56	G19U(217732,2586500)	57	G19D(217647,2586623)
			58	S20(217564,2586751)	59	G20U(217594,2586888)	60	G20D(217462,2586669)

圖 4-5.3(續) 本計畫第一次溪床粒徑調查點位現場照片

溪床樣坑現況照片		表面粒徑調查上游測現況照片		表面粒徑調查下游測現況照片	
61	S21(209916,2576952)	62	G21D(209912,2576973)	63	G21U(209921,2576948)
64	S22(210015,2576767)	65	G22D(209995,2576837)	66	G22U(210009,2576737)
67	S23(211116,2571780)	68	G23U(211022,2571726)	69	G23D(211141,2571840)

圖 4-5.3(續) 本計畫第一次溪床粒徑調查點位現場照片



溪床樣坑現況照片		表面粒徑調查上游測現況照片		表面粒徑調查下游測現況照片	
1	S1(212779, 2577553)	2	G1U(212844, 2577458)	3	G1D(212666, 2577529)
4	S2(213241, 2577340)	5	G2U(213314, 2577274)	6	G2D(213146, 2577372)
7	S3(213366, 2577144)	8	G3U(213423, 2577190)	9	G3D(213340, 2577224)
10	S4(213879, 2577268)	11	G4U(213926, 2577193)	12	G4D(213722, 2577277)
13	S5(214934, 2576917)	14	G5U(214982, 2577005)	15	G5D(214857, 2576840)

圖 4-5.4 本計畫第二次溪床粒徑調查點位現場照片



溪床樣坑現況照片		表面粒徑調查上游測現況照片		表面粒徑調查下游測現況照片	
	16 S6(212779, 2577553)		17 G6U(212844, 2577458)		18 G6D(212666, 2577529)
	19 S7(215700,2578104)		20 G7U(215726,2578177)		21 G7D(215578,2578104)
	22 S8(213366, 2577144)		23 G8U(215749,2578366)		24 G8D(215736,2578184)
	25 S9(216057,579688)		26 G9U(216072,2579762)		27 G9D(216205,2579562)
	28 S10(215980,2579943)		29 G10U(215922,2580087)		30 G10D(216016,2579836)

圖 4-5.4(續) 本計畫第二次溪床粒徑調查點位現場照片



溪床樣坑現況照片		表面粒徑調查上游測現況照片		表面粒徑調查下游測現況照片	
31	S11(216490,2581948)	32	G11U(216569,2582048)	33	G11D(216468,2581810)
34	S12(216805,2582306)	35	G12U(216805,2582458)	36	G12D(216722,2582259)
37	S13(216230,2583845)	38	G13U(216243,2583951)	39	G13D(216229,2583678)
40	S14(216348,2584197)	41	G14U(216225,2584296)	42	G14D(216445,2584093)
43	S15(216097,2585859)	44	G15U(216152,2586009)	45	G15D(216105,2585714)

圖 4-5.4(續) 本計畫第二次溪床粒徑調查點位現場照片



溪床樣坑現況照片		表面粒徑調查上游測現況照片		表面粒徑調查下游測現況照片				
			46	S16(216188,2586068)	47	G16U(216118,2586238)	48	G16D(216173,2585904)
			49	S17(216500,2585990)	50	G17U(216548,2585884)	51	G17D(216402,2585890)
			52	S18(217403,2586515)	53	G18U(217505,2586751)	54	G18D(217233,2586444)
			55	S19(217627, 2586560)	56	G19U(217732,2586500)	57	G19D(217647,2586623)
			58	S20(217564,2586751)	59	G20U(217594,2586888)	60	G20D(217462,2586669)

圖 4-5.4(續) 本計畫第二次溪床粒徑調查點位現場照片

溪床樣坑現況照片		表面粒徑調查上游測現況照片		表面粒徑調查下游測現況照片	
61	S21(209916,2576952)	62	G21D(209912,2576973)	63	G21U(209921,2576948)
64	S22(210015,2576767)	65	G22D(209995,2576837)	66	G22U(210009,2576737)
67	S23(211116,2571780)	68	G23U(211022,2571726)	69	G23D(211141,2571840)

圖 4-5.4(續) 本計畫第二次溪床粒徑調查點位現場照片

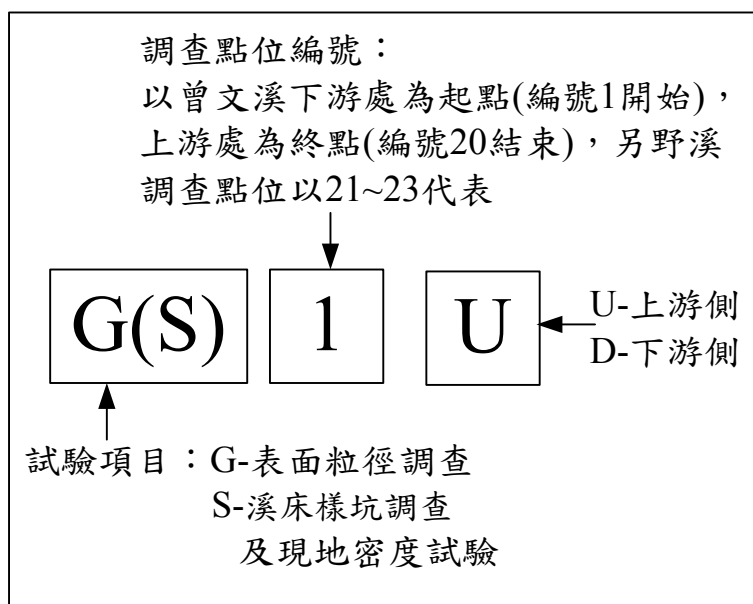


圖 4-5.5 調查點位編碼原則示意圖



表 4-5.1 溪床樣坑調查點位相關資料彙整表

溪床 樣坑編號	治理 分區	野溪 集水區	河心距 (km)	匯流口	坐標(TWD97)	
					X	Y
S1	草蘭	角坑溪	0.55	草蘭 5 號野溪下	212779	2577553
S2		-	1.08	草蘭 5 號野溪上	213241	2577340
S3		-	1.31	二寮溪下	213366	2577144
S4		草蘭 1 號野溪	1.91	二寮溪上	213879	2577268
S5	茶山	-	3.54	托亞奇伊溪下	214934	2576917
S6		-	4.32	托亞奇伊溪上	215359	2577576
S7		-	5.28	頓阿巴娜溪下	215700	2578104
S8		-	5.35	頓阿巴娜溪上	215739	2578246
S9		-	7.13	普亞汝溪下	216057	2579688
S10	新美	-	7.48	普亞汝溪上	215980	2579943
S11		-	10.17	新美 11 號野溪下	216490	2581948
S12		-	10.67	新美 11 號野溪上	216805	2582306
S13		-	12.65	新美 9 號野溪下	216230	2583845
S14		-	13.11	新美 8 號野溪上	216348	2584197
S15		-	15.21	新美 2 號野溪下	216097	2585859
S16		新美 2 號野溪	15.45	新美 2 號野溪內	216188	2586068
S17		-	15.74	新美 2 號野溪上	216500	2585990
S18		-	16.90	達娜伊谷溪下	217403	2586515
S20		-	17.39	達娜伊谷溪上	217564	2586751
S19	達娜伊谷溪	17.34	達娜伊谷溪內	217627	2586560	
S21	大埔	龍蛟溪	1.30	-	209916	2576952
S22		龍蛟溪	1.52	-	210015	2576767
S23		東西坑溪	4.42	-	211116	2571780

註 1：S1~S20 之河心距，係以大埔橋為原點沿曾文溪往上游計算。

註 2：S21~S22 之河心距，係以神斧橋為原點沿龍蛟溪往上游計算。

註 3：S23 之河心距，係以大同 3 號橋為原點沿東西坑溪往上游計算。



表 4-5.2 表面粒徑調查點位相關資料彙整表

表面粒徑編號	治理分區	野溪集水區	河心距(km)	坐標(TWD97)	
				X	Y
G1U	草蘭	-	0.67	212844	2577458
G1D		-	0.44	212666	2577529
G2U		-	1.12	213314	2577274
G2D		-	0.98	213146	2577372
G3U		-	1.38	213423	2577190
G3D		-	1.24	213340	2577224
G4U		-	2.00	213926	2577193
G4D		-	1.80	213722	2577277
G5U	茶山	-	3.63	214982	2577005
G5D		-	3.43	214857	2576840
G6U		-	4.43	215350	2577670
G6D		-	4.23	215324	2577486
G7U		-	5.38	215726	2578177
G7D		-	5.15	215578	2578104
G8U		-	5.57	215749	2578366
G8D		-	5.39	215736	2578184
G9U	-	7.22	216072	2579762	
G9D	-	6.96	216205	2579562	
G10U	新美	-	7.64	215922	2580087
G10D	茶山	-	7.36	216016	2579836
G11U	新美	-	10.32	216569	2582048
G11D		-	10.04	216468	2581810
G12U		-	10.85	216805	2582458
G12D		-	10.57	216722	2582259
G13U		-	12.78	216243	2583951
G13D		-	12.44	216229	2583678
G14U		-	13.27	216225	2584296
G14D		-	13.00	216445	2584093
G15U		-	15.38	216152	2586009
G15D		-	15.07	216105	2585714
G16U		新美 2 號野溪	15.62	216118	2586238
G16D		-	15.28	216173	2585904
G17U		-	15.82	216548	2585884
G17D		-	15.65	216402	2585890
G18U		-	17.32	217505	2586751
G18D		-	16.72	217233	2586444
G20U	-	17.55	217594	2586888	
G20D	-	17.32	217462	2586669	
G19U	達娜伊谷溪	17.48	217732	2586500	
G19D	達娜伊谷溪	17.21	217647	2586623	
G21D	大埔	龍蛟溪	1.31	209912	2576973
G21U		龍蛟溪	1.28	209921	2576948
G22D		龍蛟溪	1.55	209995	2576837
G22U		龍蛟溪	1.44	210009	2576737
G23U		東西坑溪	4.46	211022	2571726
G23D		東西坑溪	4.38	211141	2571840

註：河心距計算方式與表 4-5.1 相同。



三、調查作業方式

依據民國 72 年台灣省水利局(改制為經濟部水利處)「河川砂石資源調查」及水保局(2008^a)集水區整體調查規劃參考手冊及水土保持技術規範(2006^b)第 37 條規定辦理溪床粒徑調查，並依河川特性及規模大小辦理採樣，調查標準作業程序詳見附錄五。

1、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

本計畫溪床樣坑調查係透過人工直接於現地挖掘 1m×1m×1m 之試坑，並於樣坑挖掘過程同步進行野外粗顆粒篩分析(現地篩分析)，細顆粒部分則以四分法，採取部分樣品攜回室內分析；此外，並記錄試驗坑尺寸，以推算採樣體積，同時記錄最大石徑之尺寸，供以繪製累積粒徑分布曲線，其施作調查流程如圖 4-5.6 所示，詳細說明如下。

- (1) 拍照與記錄現地狀況以及 GPS 點位坐標，並且規劃試驗場址。挖掘試坑之點位均控制於溪床斷面量測點位鄰近區域(不可直接落於斷面量測線上)，其位置選定沖淤嚴重河段或過去曾受洪水影響之溪床面，使所採之樣品較能代表該斷面溪床粒徑之實際情形。
- (2) 以人工方式直接進行試坑挖掘，挖掘之前若有迴水退落時所停留之砂層，滾石或雜物，則應將表面雜物剷除，試驗坑尺寸為 1m×1m×1m 之正立方形為原則。
- (3) 若開挖試體之尺寸為大於美國標準篩 3/8 吋以上之礫石，則進行現地篩分析，其分別運用 1 吋、1/2 吋、3/4 吋及 3/8 吋之方孔篩於挖掘現場做篩分析，將各篩上停留之礫石分別秤重記錄，大於 3 吋以上之礫石，則直接使用鋼卷尺量其粒徑並秤重，同時記錄各樣孔之最大石徑。
- (4) 通過 3/8 吋之顆粒，於秤其總重後，以四分法檢取約二公斤重之樣品，裝入已編號之塑膠袋內，攜回烘乾後秤重，再於室內以美國標準篩 #4、#8、#16、#20、#30、#50、#100、#200 號分別做篩分析，將各篩上停留之砂秤重記錄，然後依樣品重與採樣總重之比例，換算各粒徑別之停留重量，再與野外粗顆粒分析結果合併，依各粒徑分別算出



其停留百分率及通過百分率，並進行室內物理性質試驗。

- (5) 當試坑完成開挖與現地篩分析後，將不透水塑膠布鋪於挖掘完成之坑洞內，抽水注入坑洞以度量坑洞之體積，並依現地密度試驗記錄表計算現地密度。
- (6) 試驗室土壤物理性質試驗含水量(ASTM 1987 D2216)與單位重測定、顆粒大小分布試驗(ASTM 1987 D422)、比重分析(ASTM 1982 D854)等。
- (7) 撰寫溪床粒徑調查報告。

2、表面粒徑調查

溪床表面粒徑調查係於固定範圍(本計畫採 3m×3m)之正方形內圍成 25 個節點，並以每個節點正下方之粗顆粒作為樣本進行表面粒徑調查，運用鐵捲尺量測每顆樣本之長軸、中軸與短軸，並記錄調查範圍之中心坐標與調查範圍位置說明等。其施作調查流程如圖 4-5.7 所示，詳細說明如下。

- (1) 原則上依溪床樣坑上、下游各 250m 處選定代表性溪床斷面。
- (2) 於選定斷面鋪設一長、寬 3m 之正方形斷面帶。
- (3) 在此斷面帶內，於每個節點正下方之粗顆粒作為樣本進行表面粒徑調查，運用鐵捲尺量測每顆樣本之長軸、中軸與短軸，並分別往左岸、右岸、主槽照相。
- (4) 紀錄節點下樣本並依不同尺寸分類。
- (5) 撰寫表面粒徑調查報告。

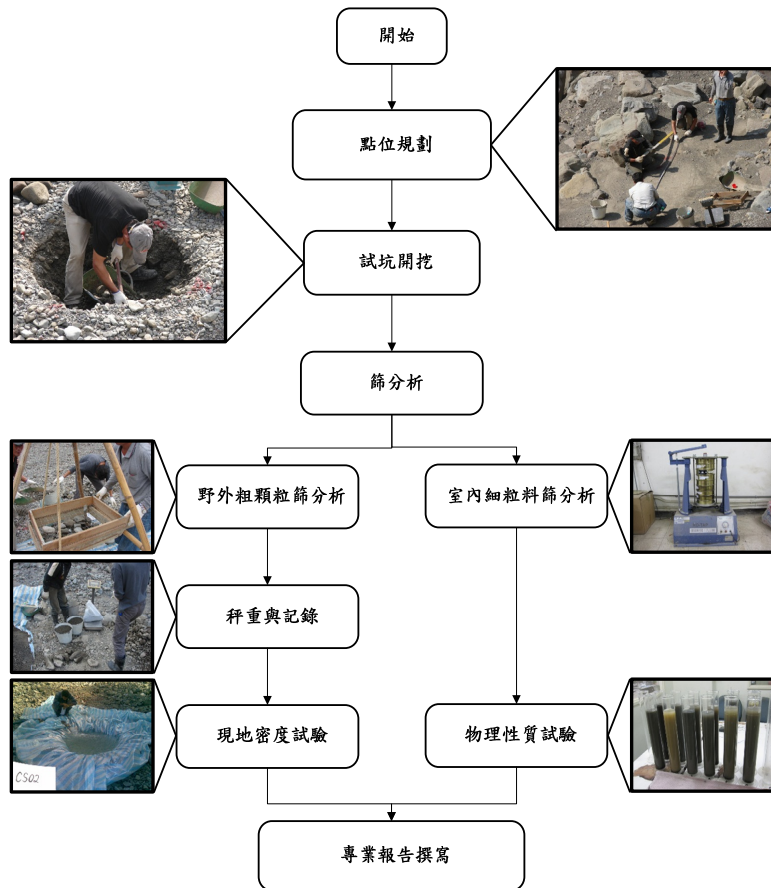


圖 4-5.6 溪床樣坑調查、現地密度篩分析與試驗室土壤物理性質試驗施作
流程圖

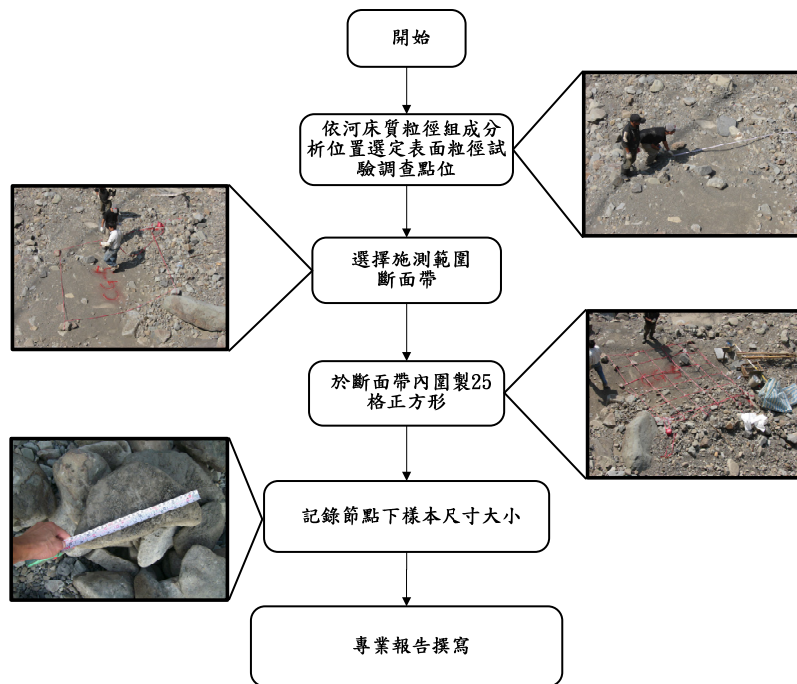


圖 4-5.7 表面粒徑調查施作流程圖



四、調查成果

本計畫完成 23 處溪床樣坑及 46 處溪床表面粒徑兩次調查工作，調查區域主要落於曾文溪中游運移區段(山美橋至大埔橋區間)，調查總長度由大埔橋沿曾文溪河心往上游計算約 17.6km，總計共橫跨 3 個治理分區，由下游往上依序為草蘭、茶山、新美等治理分區，其中，各治理分區內包含之支流，整理如表 4-5.3 所示。有關「溪床樣坑調查之篩分析」以及「溪床表面粒徑調查」等現地調查成果，詳見附錄六。本處整理溪床樣坑篩分析結果如圖 4-5.8 與表 4-5.4；溪床表面粒徑調查資訊整理如表 4-5.5。

五、後續應用

本計畫溪床粒徑調查主要係在於獲得溪床粒徑尺寸分布資訊，藉以瞭解上游產砂供應狀況及河道輸送能力，與探討集水區上游至下游粒徑尺寸變化差異，相關分析成果詳見 6-5-2 節。

表 4-5.3 各治理分區所含之支流彙整表

治理分區名稱	匯入曾文溪之支流名稱
草蘭	大埔橋、草蘭 5 號野溪、角坑溪
茶山	黃狗坑溪、托亞奇伊溪、頓阿巴娜溪、狄布尤卡那溪、普亞汝溪
新美	新美 11 號野溪、新美 9 號野溪、新美 8 號野溪、新美 2 號野溪、達娜伊谷溪



表 4-5.4 溪床樣坑篩分析彙整表

溪床 樣坑編 號	治理 分區	匯流口處	河心距 (km)	D ₆₀ (mm)		D ₅₀ (mm)		D ₃₀ (mm)		D ₁₅ (mm)		D ₁₀ (mm)		Cu		土壤分類	
				調查日期(第一次為 100/5；第二次為 100/9)													
				100/5	100/9	100/5	100/9	100/5	100/9	100/5	100/9	100/5	100/9	100/5	100/9	100/5	100/9
S1	草蘭	草蘭 5 號野溪下	0.55	3.1	60.2	1.8	35.6	0.6	11.1	0.2	1.8	0.1	1.2	29.2	51.3	SW-SM	GW
S2		草蘭 5 號野溪上	1.08	7.9	34.3	5.0	18.5	1.8	7.5	0.7	0.9	0.3	0.3	23.9	121.2	GW	GP
S3		二寮溪下	1.31	21.3	16.5	15.7	12.2	7.7	2.0	1.4	0.8	0.7	0.5	32.4	33.1	GP	GP
S4		二寮溪上	1.91	18.9	187.9	13.6	89.5	1.9	15.0	0.4	1.8	0.2	0.5	87.2	394.2	GP	GW
S5	茶山	托亞奇伊溪下	3.54	15.6	115.7	10.9	34.8	0.5	8.5	0.1	1.9	0.1	1.2	162.5	96.4	GP-GM	GP-GM
S6		托亞奇伊溪上	4.32	141.2	32.2	92.4	15.5	16.5	0.4	1.4	0.2	0.4	0.1	368.9	240.7	GP	GP
S7		頓阿巴娜溪下	5.28	111.0	25.7	63.4	17.0	11.7	3.9	1.5	0.4	0.5	0.2	241.2	112.7	GW	GW
S8		頓阿巴娜溪上	5.35	106.4	18.0	65.0	15.1	16.7	7.4	1.5	0.2	0.3	0.2	359.2	94.7	GP	GP
S9		普亞汝溪下	7.13	246.4	4.2	100.3	0.6	12.2	0.2	0.8	0.1	0.3	0.1	834.4	45.0	GW	SP-SM
S10		普亞汝溪上	7.48	38.2	16.2	16.7	10.9	0.3	1.7	0.1	0.3	0.1	0.2	419.4	79.3	GP-GM	GP
S11	新美	新美 11 號野溪下	10.17	62.1	74.1	39.6	42.9	12.9	15.9	4.4	3.3	0.9	1.3	69.9	56.7	GW	GP
S12		新美 11 號野溪上	10.67	4.9	94.2	2.8	51.6	1.5	15.0	0.8	0.2	0.6	0.2	8.0	524.0	SP	GP
S13		新美 9 號野溪下	12.65	16.6	15.0	9.7	10.4	2.0	1.9	0.6	0.8	0.3	0.5	58.2	32.0	GP	GP
S14		新美 8 號野溪上	13.11	34.2	12.4	11.8	5.3	1.1	1.2	0.3	0.5	0.2	0.3	168.6	48.0	GP	GP
S15		新美 2 號野溪下	15.21	8.3	37.8	5.9	25.4	1.8	10.9	0.5	0.4	0.3	0.2	30.8	152.6	GW	GP
S16		新美 2 號野溪內	15.45	146.5	52.8	80.3	31.4	13.4	14.1	0.5	2.2	0.2	0.5	946.9	98.6	GP-GM	GP
S17		新美 2 號野溪上	15.74	71.8	38.0	50.8	25.0	14.5	10.5	0.9	1.0	0.2	0.6	292.5	66.3	GP	GP
S18		達娜伊谷溪下	16.90	128.8	26.7	79.2	17.9	9.5	10.7	1.9	1.4	1.3	0.7	99.8	36.9	GP	GP
S20		達娜伊谷溪上	17.39	52.2	27.8	26.3	16.7	10.1	3.7	2.2	1.0	1.4	0.5	38.5	52.3	GW	GP
S19		達娜伊谷溪內	17.34	77.1	34.6	16.7	22.5	3.4	12.7	0.8	1.6	0.4	0.6	197.2	57.5	GP	GP
S21	大埔	-	1.30	22.7	9.2	15.7	3.7	7.4	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	312.7	133.8	GP-GM	GM
S22		-	1.52	65.0	27.4	41.0	18.7	12.1	13.5	0.4	6.1	0.1	1.4	571.6	19.7	GP-GM	GP-GM
S23		-	4.42	33.4	18.6	16.1	16.0	1.3	10.8	0.1	0.2	0.1	0.1	503.9	250.5	GP-GM	GP-GM

註 1：S1~S20 之河心距，係以大埔橋為原點沿曾文溪往上游計算。

註 2：S21~S22 之河心距，係以神斧橋為原點沿龍蛟溪往上游計算。

註 3：S23 之河心距，係以大同 3 號橋為原點沿東西坑溪往上游計算。



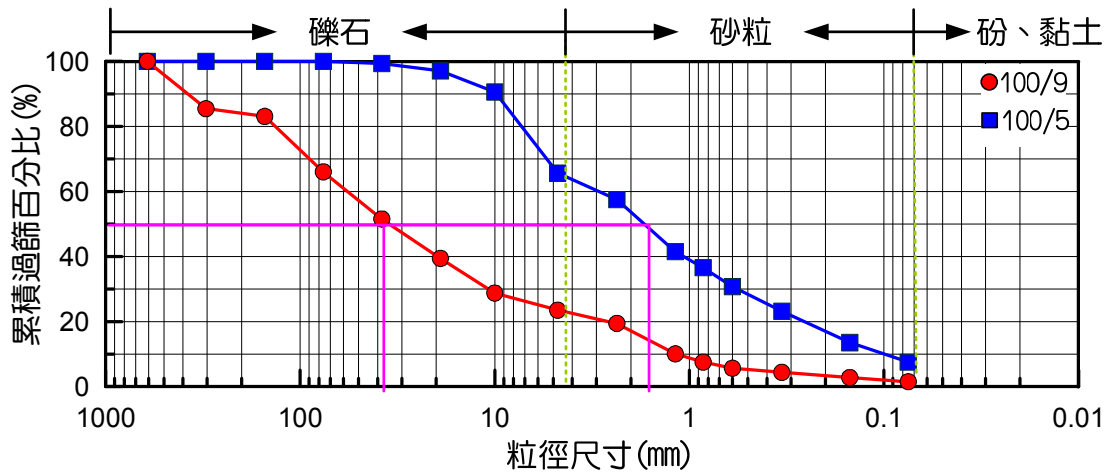
表 4-5.5 溪床表面粒徑調查成果彙整表

點位 編號	調查 日期	長軸(cm)			中軸(cm)			短軸(cm)			三軸平均值 (cm)	
		最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均		
G1	U	100/5	21	8	13	12	4	9	10	2	5	9
		100/9	42	17	25	24	13	18	15	9	12	18
	D	100/5	12	6	8	11	4	6	6	3	4	6
		100/9	42	21	30	29	16	22	20	9	15	22
G2	U	100/5	25	12	17	16	7	11	11	3	7	12
		100/9	70	27	41	41	11	27	27	10	18	29
	D	100/5	16	8	11	9	5	7	7	2	4	7
		100/9	53	19	32	40	14	22	21	9	14	23
G3	U	100/5	19	7	11	11	5	8	10	3	5	8
		100/9	67	23	40	49	18	29	27	11	17	29
	D	100/5	21	11	16	17	6	10	9	3	6	10
		100/9	50	17	34	37	12	23	28	10	15	24
G4	U	100/5	65	15	31	42	9	20	20	5	10	20
		100/9	90	26	50	50	18	32	40	11	22	35
	D	100/5	30	12	20	17	8	12	15	4	7	13
		100/9	70	27	45	45	19	31	32	9	19	32
G5	U	100/5	45	9	22	29	7	13	25	3	8	14
		100/9	40	17	25	29	12	18	15	6	11	18
	D	100/5	46	13	32	36	9	22	19	7	12	22
		100/9	125	11	36	65	5	22	60	3	13	24
G6	U	100/5	83	25	52	62	15	35	33	7	19	35
		100/9	120	34	59	81	18	40	50	14	25	41
	D	100/5	55	14	27	36	10	17	18	5	9	18
		100/9	63	23	31	43	13	22	17	9	13	22
G7	U	100/5	70	12	28	39	6	18	22	4	10	19
		100/9	62	21	34	45	10	20	23	8	14	23
	D	100/5	48	13	25	37	8	15	22	5	10	17
		100/9	79	22	38	38	14	24	25	4	15	26
G8	U	100/5	60	17	31	35	9	18	26	6	12	20
		100/9	33	13	23	21	10	15	13	7	10	16
	D	100/5	55	13	31	45	8	22	25	6	13	22
		100/9	89	20	39	58	16	24	34	9	16	26
G9	U	100/5	43	16	24	29	9	15	26	5	9	16
		100/9	50	24	36	41	12	24	30	8	14	24
	D	100/5	67	31	45	43	23	30	37	10	20	32
		100/9	43	18	28	31	12	20	24	8	14	21
G10	U	100/5	69	21	34	30	12	20	19	8	12	22
		100/9	62	16	32	41	7	23	26	3	12	22
	D	100/5	65	19	34	42	12	21	36	8	15	23
		100/9	66	24	41	47	17	28	39	12	21	30
G11	U	100/5	59	18	37	42	12	24	30	5	13	25
		100/9	33	18	23	24	10	15	15	8	11	16
	D	100/5	62	14	29	38	9	18	24	6	11	19
		100/9	63	20	35	45	12	24	28	7	13	24
G12	U	100/5	83	26	54	68	14	34	40	12	21	36
		100/9	67	24	41	52	15	28	32	12	19	30
	D	100/5	50	16	28	31	11	18	24	6	11	19
		100/9	62	18	38	45	13	26	38	8	17	27
G13	U	100/5	55	22	38	35	12	22	29	6	15	25
		100/9	63	21	34	43	13	23	24	9	14	24
	D	100/5	88	15	33	57	12	21	22	6	12	22
		100/9	72	20	34	44	15	23	27	9	16	24

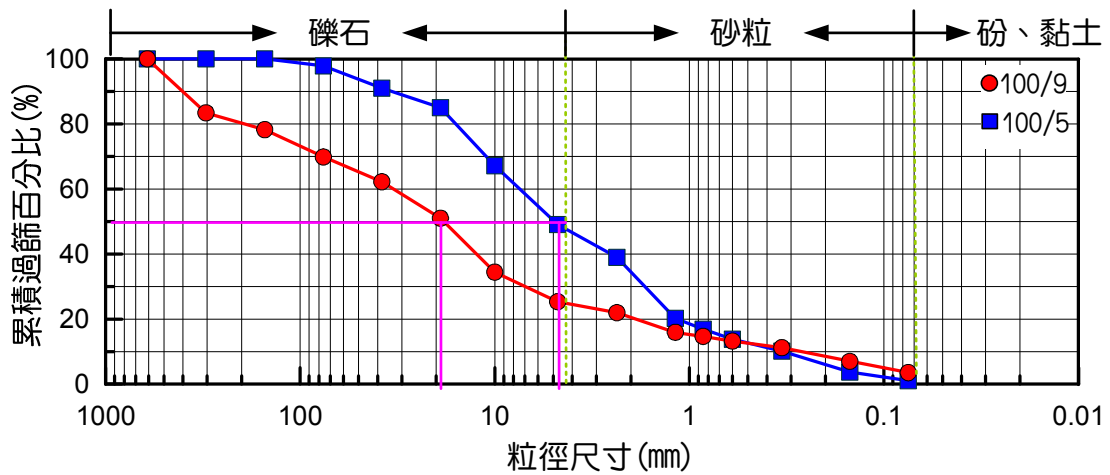


表 4-5.5(續) 溪床表面粒徑調查成果彙整表

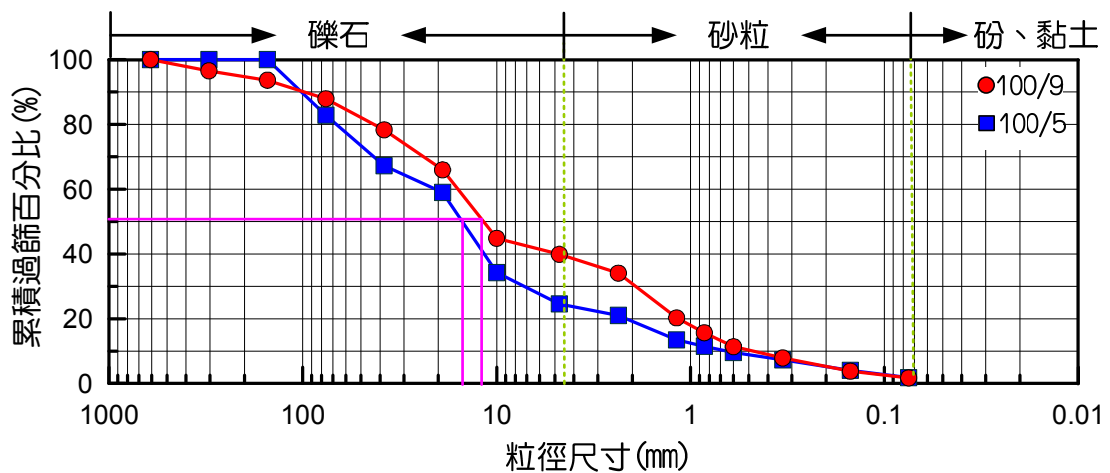
點位 編號	調查 日期	長軸(cm)			中軸(cm)			短軸(cm)			三軸平均值 (cm)	
		最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均		
G14	U	100/5	44	16	29	26	8	17	19	6	11	19
		100/9	93	16	39	42	9	24	33	6	17	27
	D	100/5	41	21	29	33	12	20	20	6	12	20
		100/9	62	24	37	50	15	25	47	9	17	26
G15	U	100/5	47	10	28	32	9	20	25	7	13	20
		100/9	61	26	40	49	18	27	47	9	19	29
	D	100/5	53	14	25	32	9	15	20	6	10	17
		100/9	63	16	31	43	14	21	30	7	15	22
G16	U	100/5	73	22	39	70	13	25	36	9	15	26
		100/9	53	19	33	47	14	22	26	8	15	23
	D	100/5	39	15	26	23	8	17	15	5	10	17
		100/9	80	23	49	53	20	35	51	10	20	35
G17	U	100/5	41	15	24	28	6	14	15	5	9	16
		100/9	64	20	33	40	10	20	29	9	15	23
	D	100/5	57	26	38	42	16	27	28	6	17	27
		100/9	73	17	36	43	12	24	31	8	15	25
G18	U	100/5	86	27	51	43	13	30	38	8	21	34
		100/9	59	18	38	45	14	26	40	7	17	27
	D	100/5	97	21	42	56	15	29	28	7	15	29
		100/9	94	21	45	53	12	30	34	8	19	31
G19	U	100/5	96	23	44	91	12	30	27	9	18	30
		100/9	184	26	59	174	20	46	86	10	24	43
	D	100/5	120	13	28	67	7	17	40	5	11	19
		100/9	59	17	39	50	16	24	34	9	18	27
G20	U	100/5	56	21	34	31	11	21	21	5	13	23
		100/9	98	18	45	64	15	28	37	10		31
	D	100/5	79	26	47	48	13	29	29	8	16	31
		100/9	172	27	52	106	18	39	43	14	26	39
G21	U	100/5	39	11	23	30	9	17	22	8	12	17
		100/9	97	17	32	70	10	22	42	9	15	23
	D	100/5	50	12	22	38	10	17	25	5	11	17
		100/9	82	15	35	45	11	21	25	8	13	23
G22	U	100/5	66	12	31	49	7	22	31	4	15	23
		100/9	92	11	32	61	6	24	36	5	14	23
	D	100/5	80	10	30	54	6	20	51	3	13	21
		100/9	35	13	19	20	10	14	15	8	10	15
G23	U	100/5	66	13	37	47	11	24	29	6	17	26
		100/9	85	14	34	65	10	24	31	9	16	25
	D	100/5	64	12	26	33	8	17	27	6	12	18
		100/9	131	27	54	90	15	38	45	10	22	38



(a) S1 兩次篩分析成果

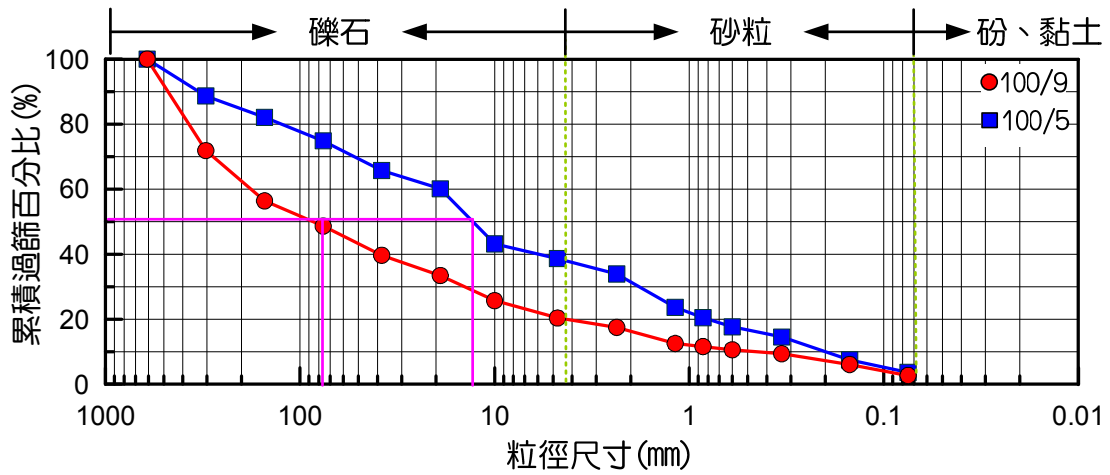


(b) S2 兩次篩分析成果

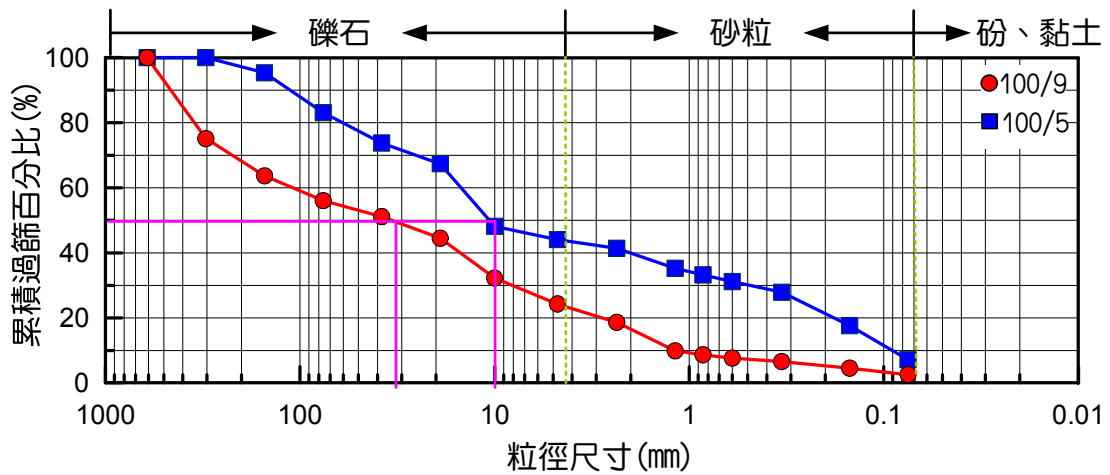


(c) S3 兩次篩分析成果

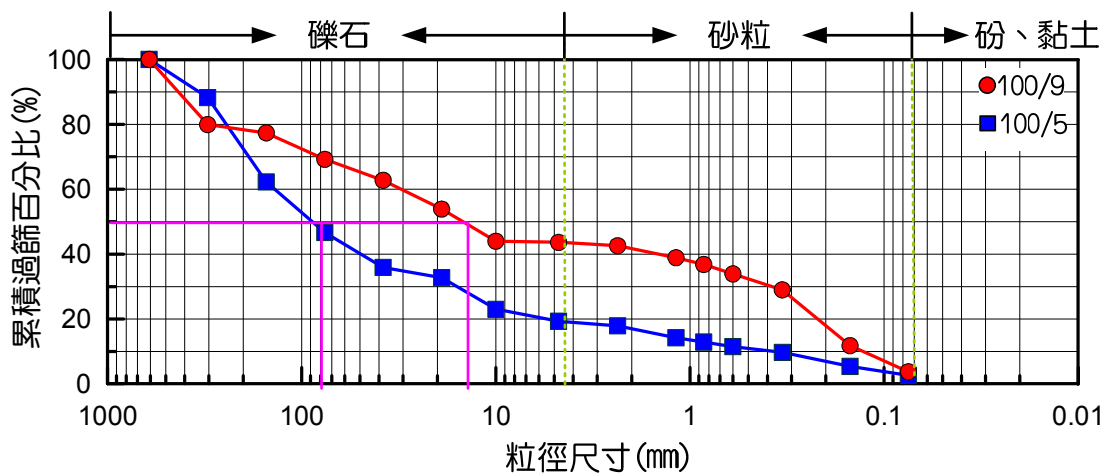
圖 4-5.8 溪床樣坑粒徑分布曲線圖



(d) S4 兩次篩分析成果

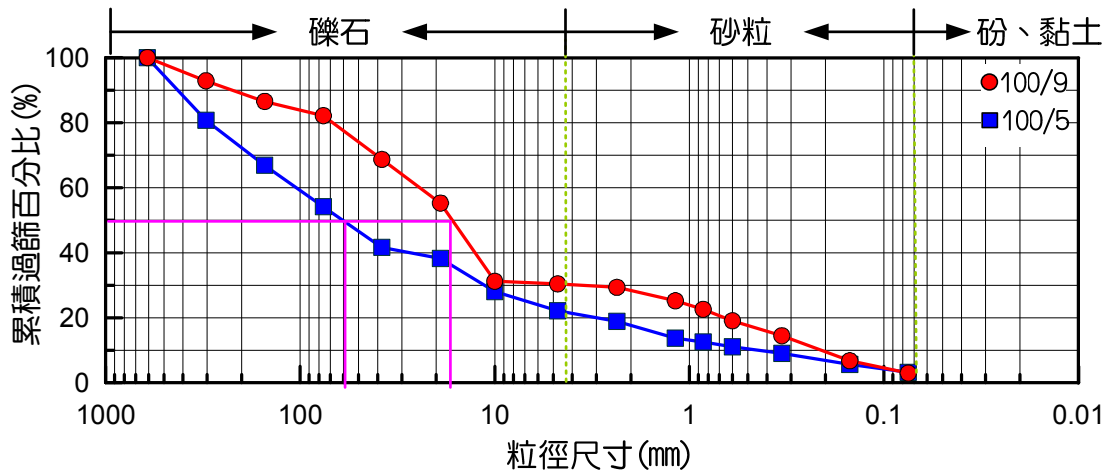


(e) S5 兩次篩分析成果

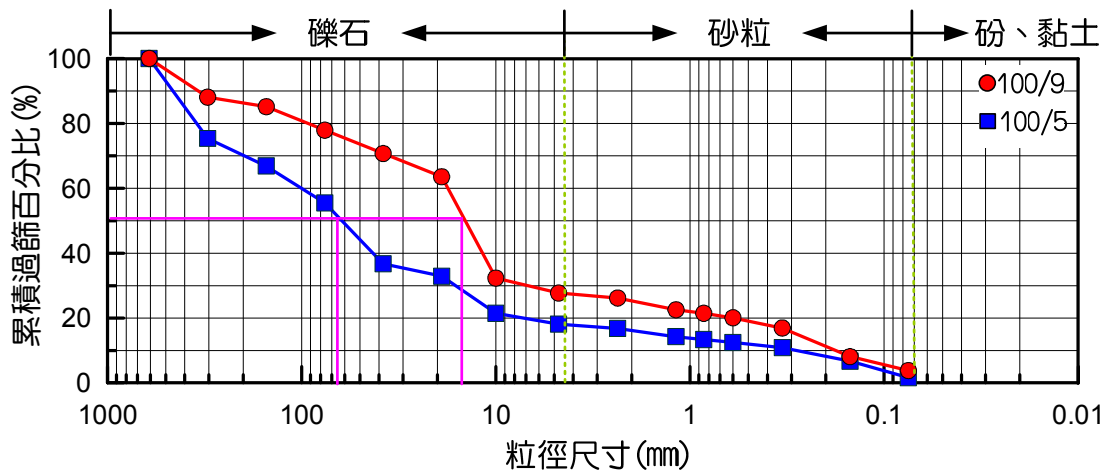


(f) S6 兩次篩分析成果

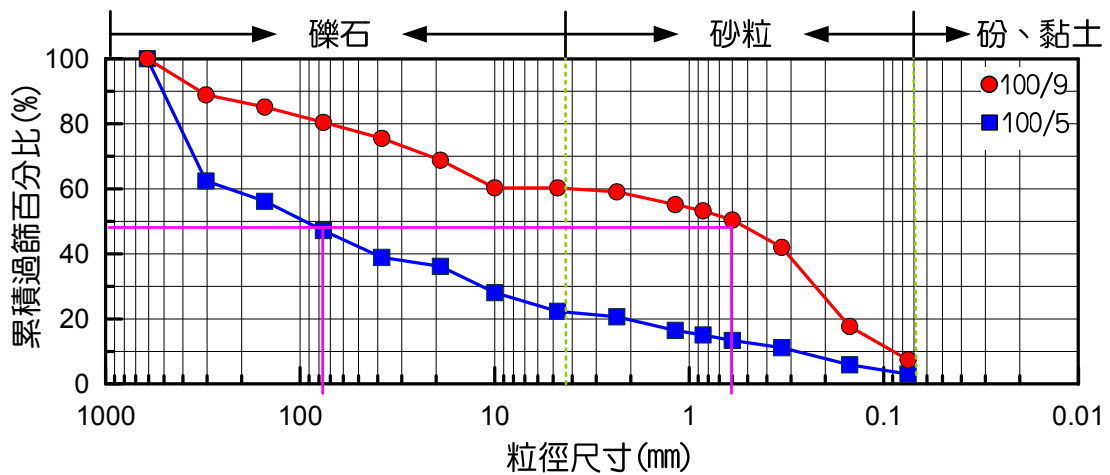
圖 4-5.8(續) 溪床樣坑粒徑分布曲線圖



(g) S7 兩次篩分析成果

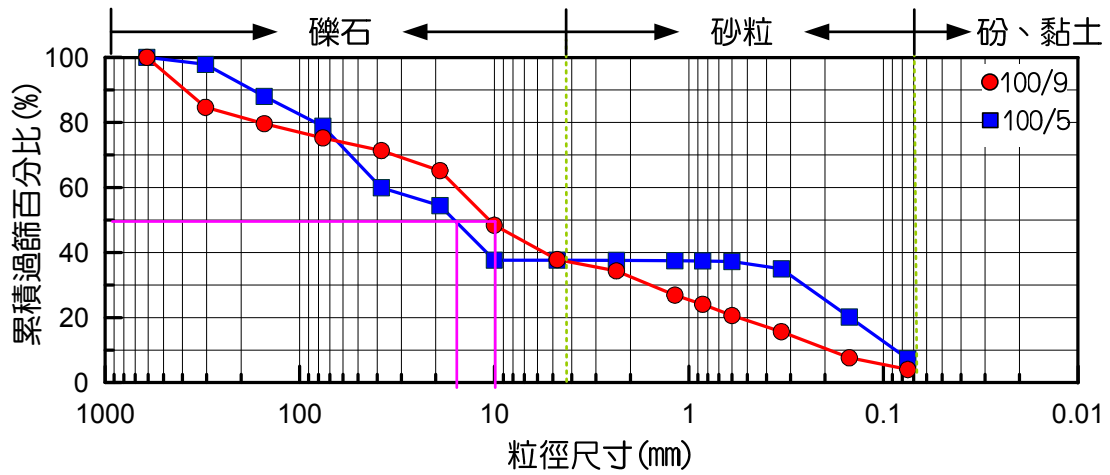


(h) S8 兩次篩分析成果

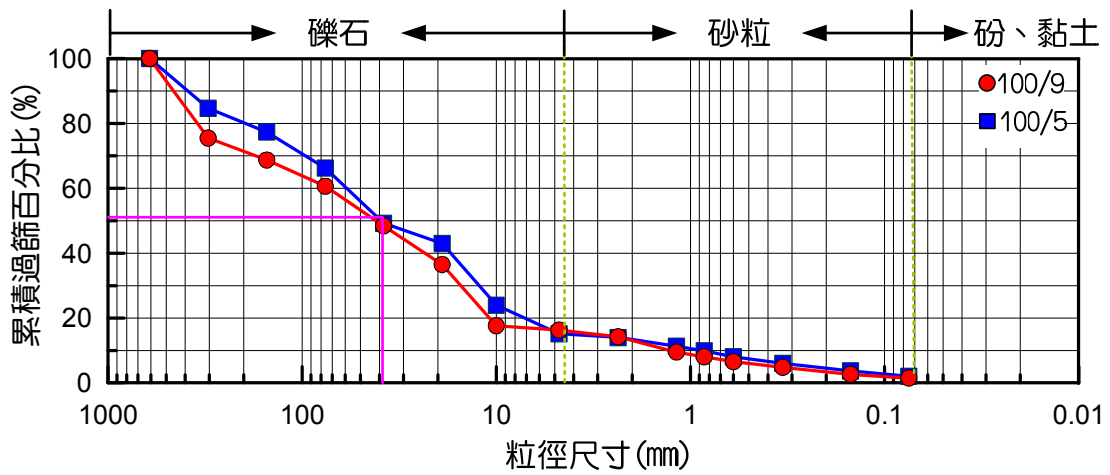


(i) S9 兩次篩分析成果

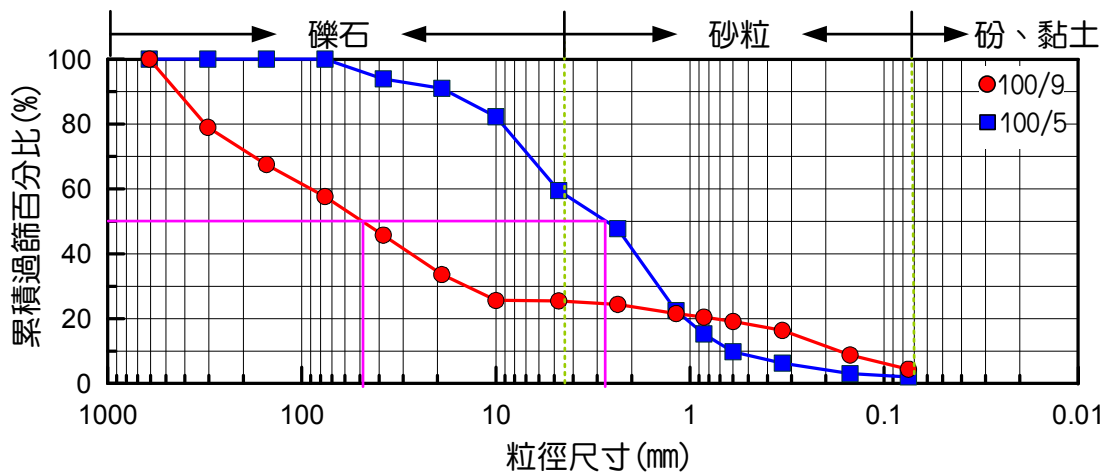
圖 4-5.8(續) 溪床樣坑粒徑分布曲線圖



(j) S10 兩次篩分析成果

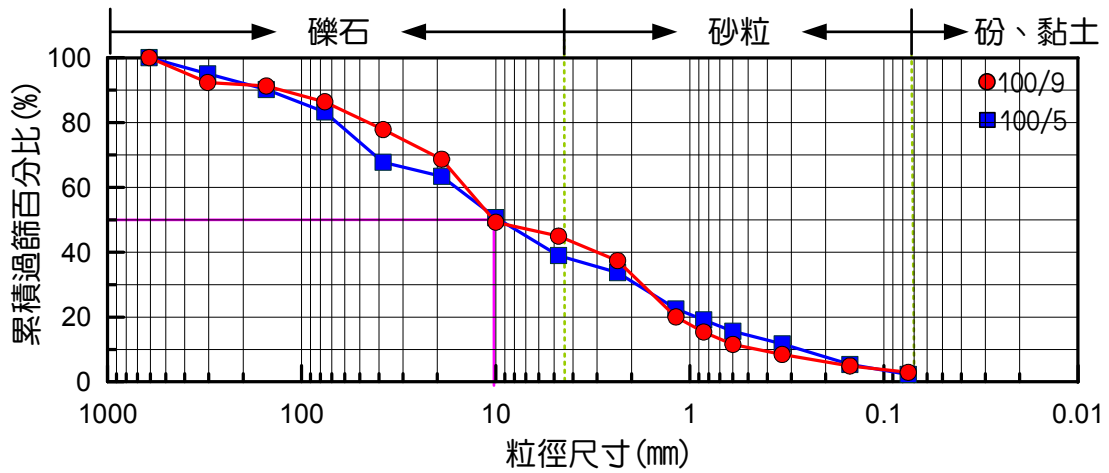


(k) S11 兩次篩分析成果

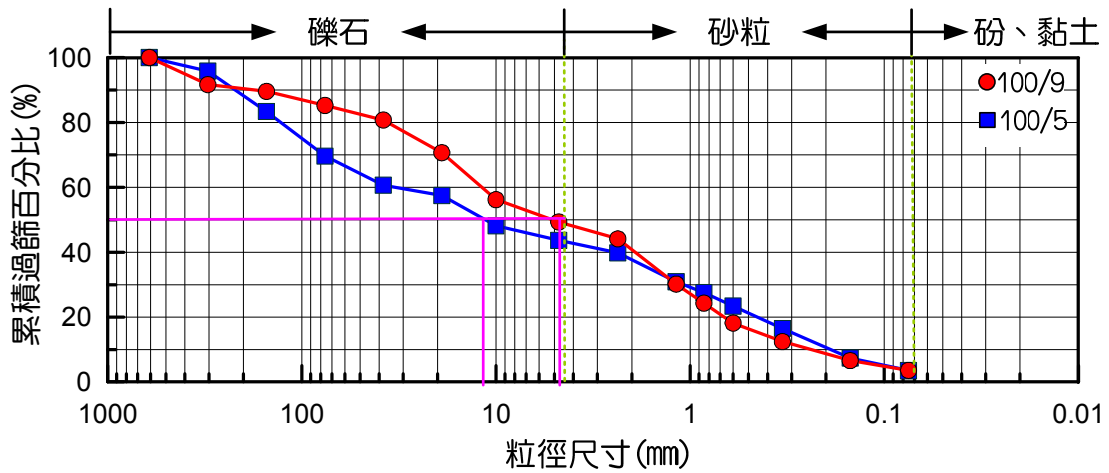


(l) S12 兩次篩分析成果

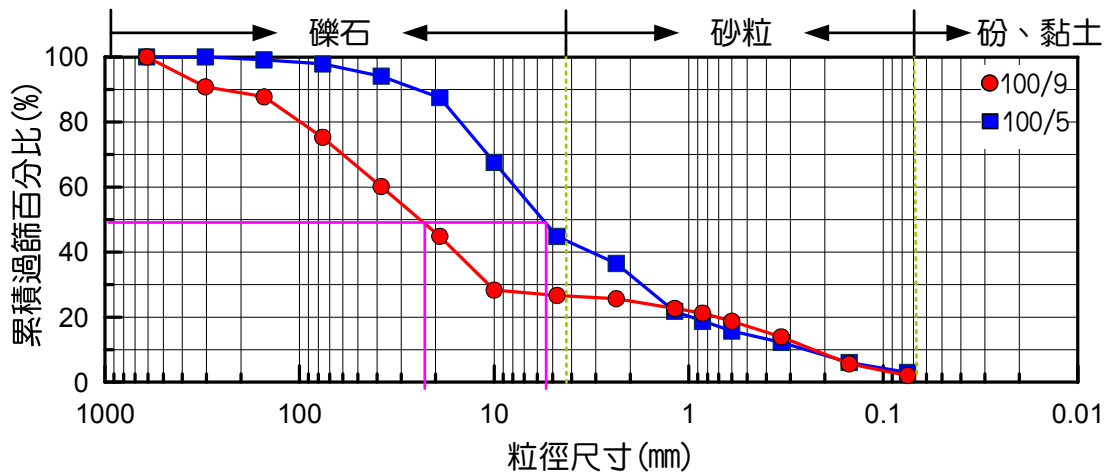
圖 4-5.8(續) 溪床樣坑粒徑分布曲線圖



(m) S13 兩次篩分析成果

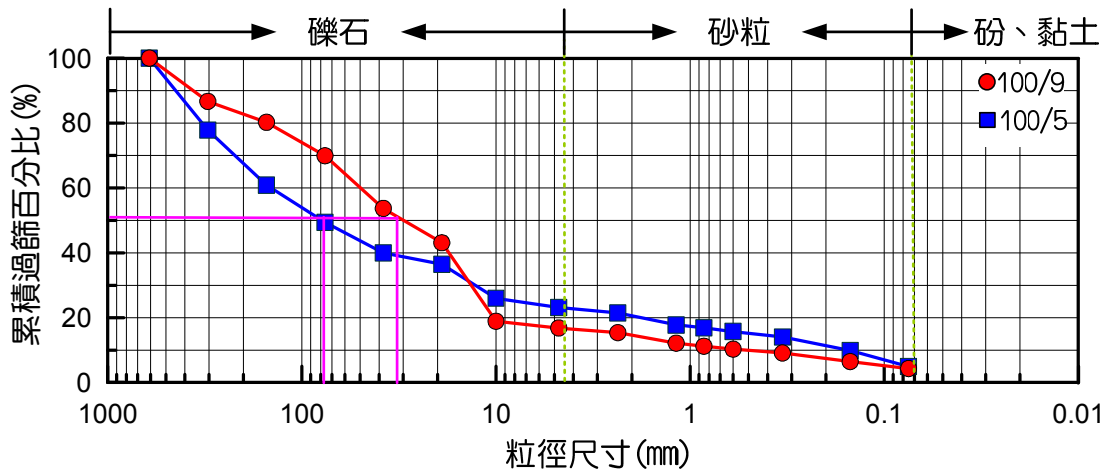


(n) S14 兩次篩分析成果

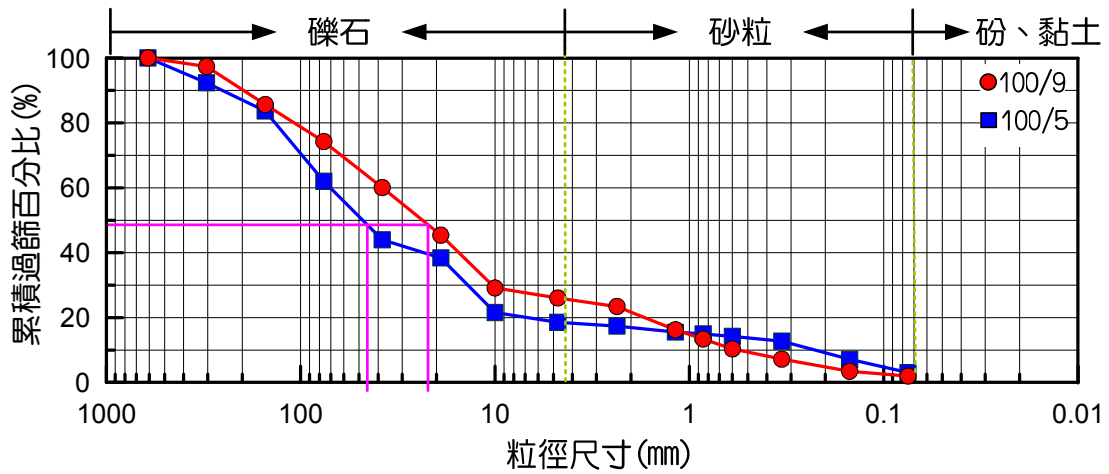


(o) S15 兩次篩分析成果

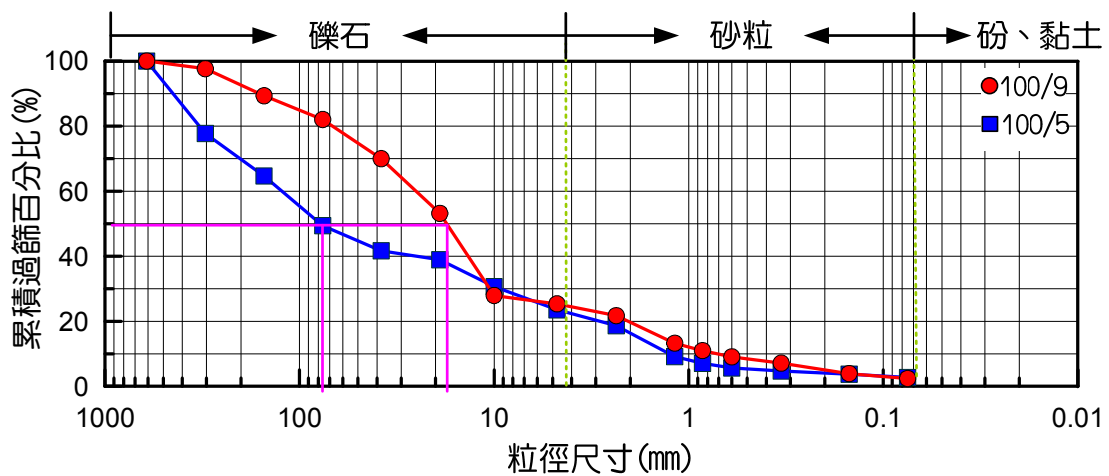
圖 4-5.8(續) 溪床樣坑粒徑分布曲線圖



(p) S16 兩次篩分析成果

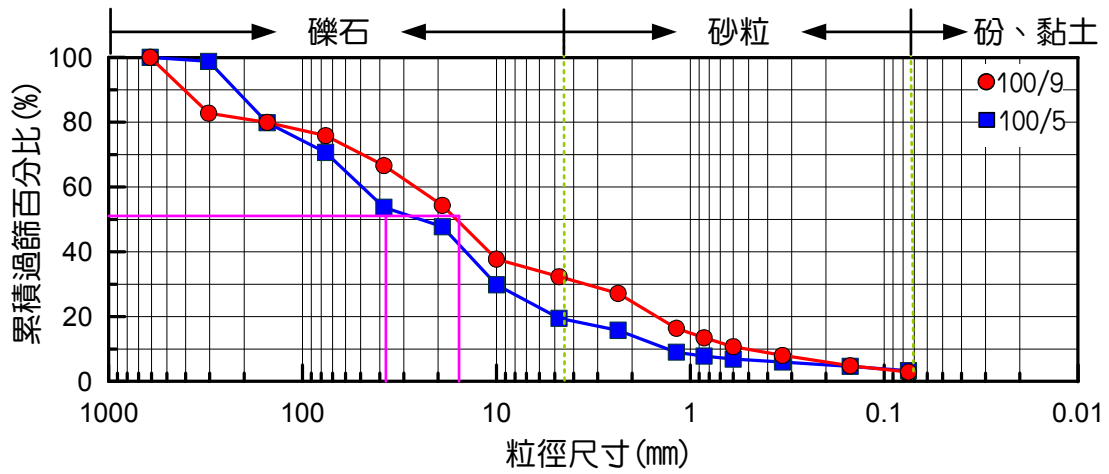


(q) S17 兩次篩分析成果

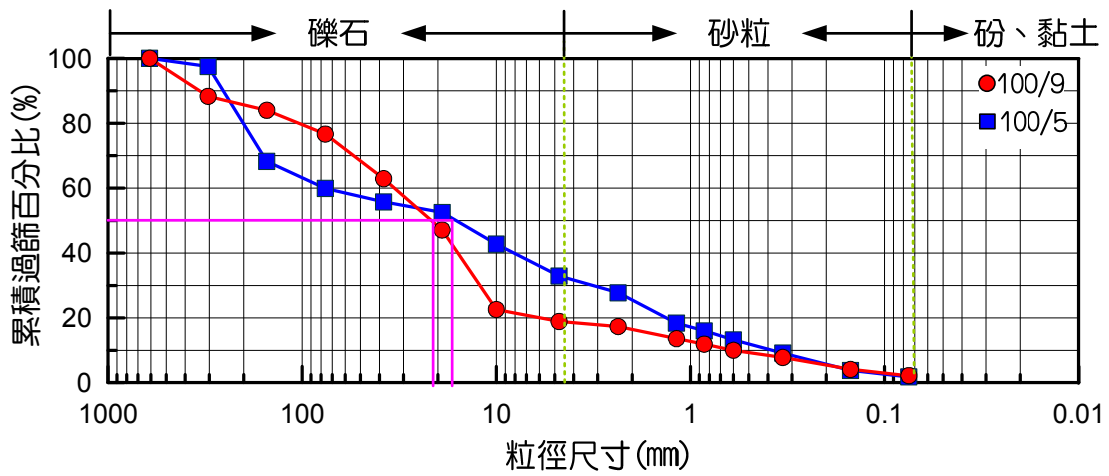


(r) S18 兩次篩分析成果

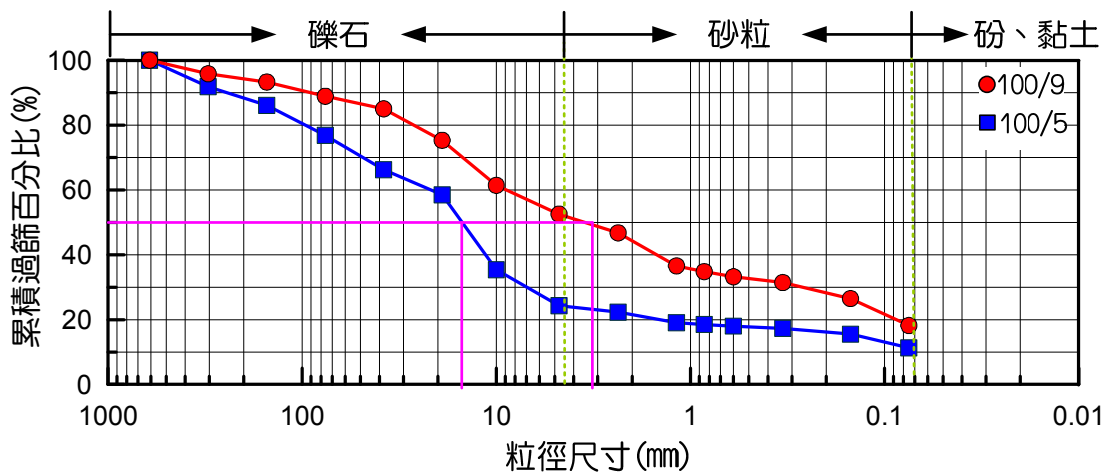
圖 4-5.8(續) 溪床樣坑粒徑分布曲線圖



(s) S19 兩次篩分析成果

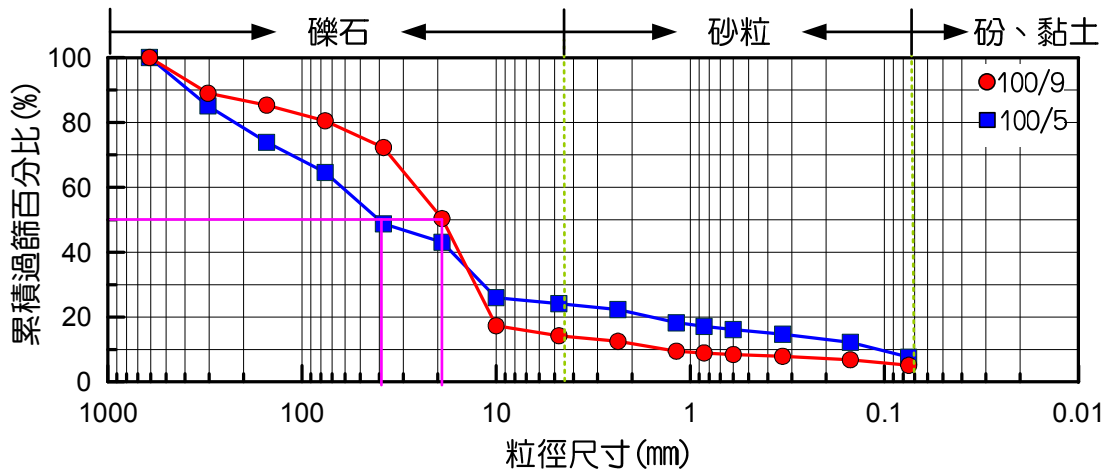


(t) S20 兩次篩分析成果

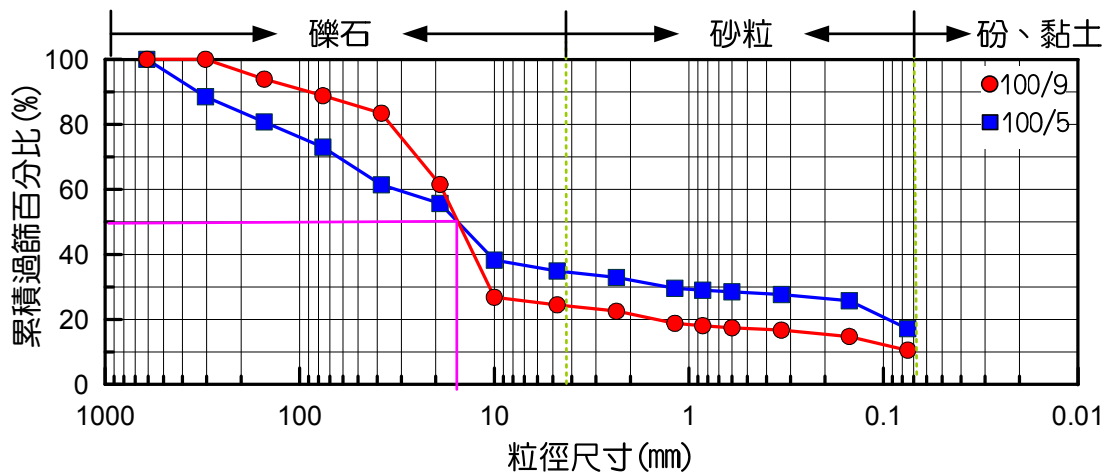


(u) S21 兩次篩分析成果

圖 4-5.8(續) 溪床樣坑粒徑分布曲線圖



(v) S22 兩次篩分析成果



(w) S23 兩次篩分析成果

圖 4-5.8(續) 溪床樣坑粒徑分布曲線圖



4-6 本章小結

本計畫透過多元尺度環境監測方式，由小至大完整掌握計畫期間之土砂變化情形，利於後續評估土砂生產環境以及探討保育治理成效。茲將本節環境監測重要觀察，歸納說明如次：

1. 經由現場環境觀察得知，曾文水庫集水區境內砂源主要源於逕流沖蝕坡面、崩塌與土石流、主河道長期堆積之沈積物、不穩定之邊坡堆積等四種；其中又以大埔治理分區內鄰近水庫入流區域之曾文溪主河道上，堆積材料多以細顆粒土砂為主，於汛期間極易隨暴漲溪水往庫區帶送，影響水庫庫容及供水能力。
2. 本計畫完成 30 處土壤厚度調查並結合水保局(2011^b)於茶山治理分區之調查成果，發現隨著邊坡坡度愈陡，所得土壤厚度值愈小。其中，以樂野治理分區之崩塌厚度最大，可達 165cm，對應坡度為 21 度；大埔治理分區崩塌厚度最小，約為 17cm，對應坡度為 54 度。另曾文溪主流坡面土壤平均厚度約為 60cm，支流坡面土壤平均厚度約為 74cm。
3. 本計畫完成 20 處沖蝕針鋪設及 5 次監測工作(含 0719 豪雨及南瑪都颱風事件)，並結合水保局(2011^b)於茶山治理分區之調查成果，可以得知以茶山治理分區中頓阿巴娜溪集水區土壤沖蝕厚度最高，為 2.23 cm；以達邦治理分區之達德安溪集水區最小，其沖蝕厚度為 1.22cm。
4. 本計畫於「曾文溪主流上山美橋至大埔橋區間」，進行兩次溪床斷面測量作業並建置河道斷面基礎資料，藉以監測曾文水庫集水區河道變遷及中游河段土砂運移行為。發現兩次溪床斷面調查期間，溪床水流路多有變動情況，且溪床堆積材沖淤互現。由曾文溪由大埔橋至山美橋區間內河道(中游運移段)，總沖刷土方為 106,360 m³，總淤積土方為 143,046 m³，淨淤積土方量約為 36,686 m³。
5. 本計畫配合溪床斷面測量完成辦理 20 處溪床樣坑及 40 處表面粒徑採樣調查，以監測溪床溪床粒徑組成與顆粒大小變化情形，用以瞭解莫



拉克颱風於曾文溪主流造成之沖淤影響，以及計畫期間 0719 豪雨與南瑪都颱風等兩場降雨事件造成之推移質運移情況。綜合二次調查成果顯示，於茶山治理分區以上河道區段，溪床堆積材料 D_{50} 均有細化現象，顯示南瑪都颱風與 0719 豪雨等事件降雨期間，溪床中運移之推移質粒徑尺寸有變小趨勢。