

行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告

新中橫公路沿線地質環境之特性 ()

計劃編號：NCS 88-2116-M-002-009

執行期間：87年8月1日至88年7月31日

計劃主持人：陳宏宇

研究助理：游家敏、林世榮

處理方式：ˇ可立即對外提供參考

(請打ˇ) 一年後可對外提供參考

二年後可對外提供參考

(必要時，本會得展延發表時限)

執行單位：國立台灣大學地質學研究所

中華民國八十八年十月

摘 要

本研究方法是以前貌表徵調查、地質調查、地質材料試驗等三種方式來進行。第一年的工作（民國86年8月至87年7月）主要是以前貌表徵調查為主，包括了航照判釋及現場地貌調查兩種方式。以前歷年航空照片（共15年）作判釋的基準，再經由野外現地調查、取樣、測量等方式，將研究區域之地形資料在土石流災害發生前後之變化狀況做一初步之探討。在地質調查工作上，包括了地質構造與不連續面之量測。針對研究區域溝谷兩側不連續面之位態分布狀況及地質構造之形態作一了解，以探討土石材料之來源。

第二年的工作（民國87年8月至民國88年7月），主要是以前地質材料的試驗為主，包括了溝谷堆積物與岩石邊坡之自然物理性質試驗與力學性質試驗，試驗結果可提供溝谷堆積材料及溝谷兩側坡體穩定性分析之參考。

目 錄

	頁次
摘要	I
目錄	
圖目錄	III
表目錄	VI
第一章 試驗室試驗工作	1
1.1 自然物理性質試驗	1
1.2 力學性質試驗	1
第二章 堆積地質材料之自然物理性質試驗	3
2.1 現地採樣	3
2.2 地質概況	4
第三章 地質材料特性	6
3.1 明坑採樣結果	6
3.2 力學試驗試體之選取	7
3.3 堆積物地質材料之力學性質試驗	11
3.4 現地級配之模擬與篩選	11
3.5 試體選擇與製作	13
3.6 試驗方式	15
3.7 試驗結果	16
3.8 岩坡地質材料之自然物理性質試驗	17
3.9 岩坡地質材料之力學性質試驗	18
3.10 節理面粗糙程度	18
3.11 節理面之壓縮強度	21
3.12 岩石節理面剪力強度試驗	22
附錄一 自然物理性質試驗方法	24
附錄二 點荷重強度試驗結果	27

圖 目 錄

	頁次	
圖2-1	發生部與堆積部土石材料之粒徑分布曲線	3
圖2-2	一號溪明坑採樣地點位置圖	4
圖2-3	三號溪明坑採樣地點位置圖	4
圖3-1	一號溪明坑採樣粒徑分佈曲線圖	8
圖3-2	三號溪明坑採樣粒徑分布曲線圖	8
圖3-3	一號溪平均粒徑分布曲線圖	9
圖3-4	三號溪平均粒徑分布曲線圖	9
圖3-5	土石流流速之俯視圖及剖面圖	10
圖3-6	一號溪試驗所採用之粒徑分布曲線	14
圖3-7	三號溪試驗所採用之粒徑分布曲線	14

表 目 錄

	頁次	
表3-1	一號溪明坑採樣結果	6
表3-2	三號溪明坑採樣結果	6
表3-3	明坑3-1與明坑3-4之自然物理特性	10
表3-4	一號溪地質材料直接剪力試驗結果	16
表3-5	三號溪地質材料直接剪力試驗結果	17
表3-6	岩坡地質材料之自然物理性質試驗結果	18
表3-7	一號溪岩石材料力學強度參數一覽表	20
表3-8	三號溪岩石材料力學強度參數一覽表	20

第一章 試驗室試驗工作

為了探討谷壁兩側岩壁之穩定性必須利用試驗來了解材料之力學性質，所得之力學資料可用來作為谷壁穩定性分析之基本參數。因此將現場所採回之樣品運回試驗室，經由室內試驗來了解地質材料之機械性質。此室內試驗包括了：自然物理性質試驗與力學性質試驗兩種。

1.1 自然物理性質試驗

岩石等地質材料，其自然物理性質試驗包括含水量、單位重、比重、空隙比及孔隙率、飽和度等，各項試驗過程及步驟均遵照國際岩石力學學會（ISRM，1984）之規範執行（詳見附錄一）。而溝谷堆積物之地質材料，其自然物理性質試驗包括含水量、單位重、比重、空隙比及孔隙率、飽和度等，各項試驗過程及步驟均遵照美國材料試驗學會（ASTM，1986）之規範進行。

1.2 力學性質試驗

岩石材料之力學性質試驗工作可以分為試體切割、剖面測量、點荷重試驗、直接剪力試驗等。試驗過程及步驟均遵照國際岩石力學學會（ISRM，1984）之規範執行（詳見附錄二）。

- (1)試體切割：將所採集到之試體，用岩石切割機裁成 100cm^2 左右之試體大小，以作為剖面測量以及直接剪力試驗。
- (2)剖面測量：利用剖面儀（Profile meter）來測量節理面之粗糙程度，並將其轉換成節理面粗糙係數（JRC），以作為節理面之剪力強度之檢驗。
- (3)點荷重試驗：利用點荷重試驗儀來測的強度轉換成單壓強度，進而得知節理面岩壁之壓縮強度（JCS），並配合（JRC）以作為節理面剪力強度之檢驗。
- (4)直接剪力試驗：主要適用來了解岩石不連續面間之剪力強度，其

試體包括氣乾與飽和兩種。

溝谷堆積材料之力學性質試驗工作主要是採用縮小現地級配的方式來製作試體後再進行直接剪力試驗以求得力學強度參數。各試驗過程及步驟均遵照各項試驗過程及步驟均遵照美國材料試驗學會（ASTM，1986）之規範進行。

第二章 堆積地質材料之自然物理性質試驗

為了瞭解土石流發生之原因，對於河床堆積地質材料之特性必須充分瞭解，因此必先對於現地河床堆積之地質材料進行採樣的工作，以利於是內內相關實驗之進行。

2.1 現地採樣

Johnson(1984)在美國加州對於土石流發生地區之發生部(Source area) 以及堆積部 (Deposit area) 曾進行採樣工作之比對，結果發現堆積部及發生部之粒徑分佈相差不大 (圖2-1)，即土石流在運動之過程中粒徑分佈之改變非常小。而本研究區之河谷地形高低起伏落差甚大，上游地區坡度陡峭，機具與樣品之搬運有相當大之困難，故本研究工作選擇堆積部地區作為樣品採取之選擇地點。依據林 (1992) 之研究指出，現地之採樣以明坑採取方式較好。採樣之地點，則以堆積部之前端、末端、兩側以及中央地區進行明坑採樣 (圖2-2、2-3)，挖掘約略為一立方公尺之土樣。此明坑採樣必須以採樣地點為非擾動區為主。採樣之方式如下所述：

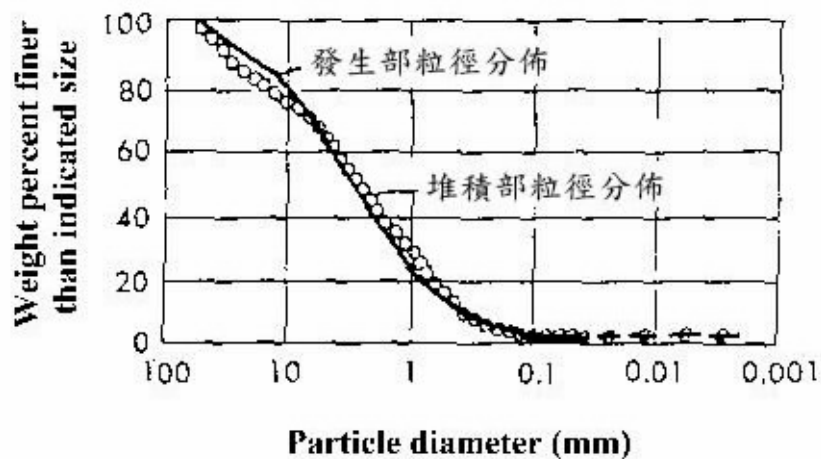


圖2-1 發生部與堆積部土石材料之粒徑分布曲線
(摘自 Johnson & Rodine, 1984)

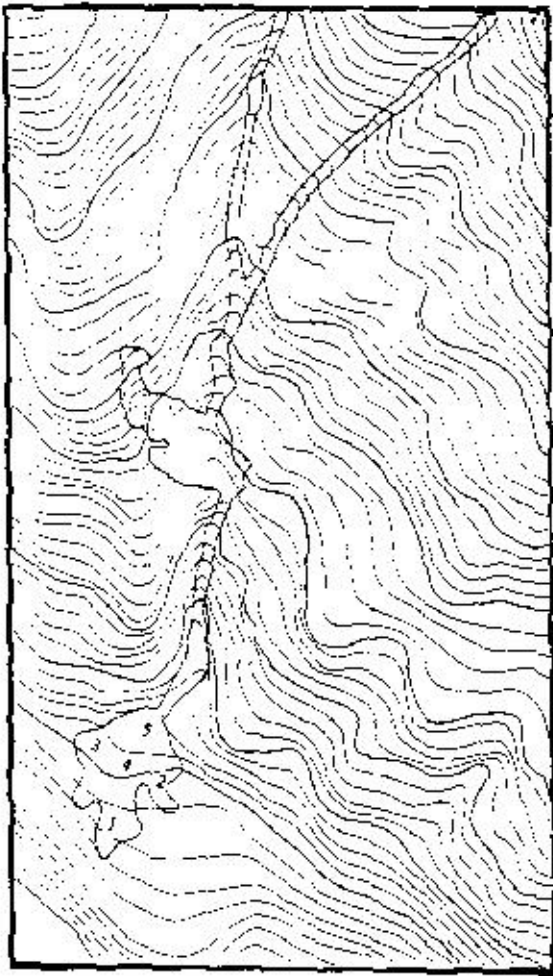


圖2-2 一號溪明坑採樣地點位置圖

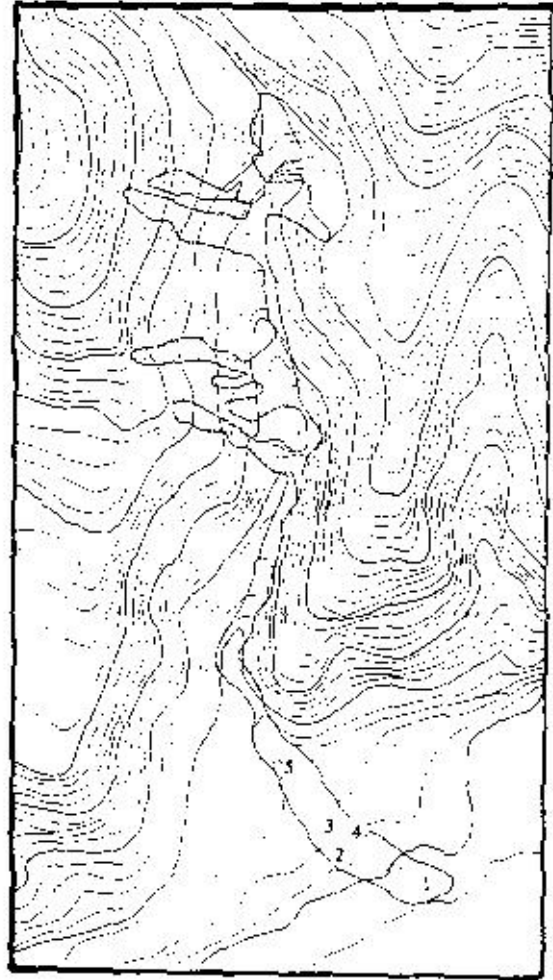


圖2-3 三號溪明坑採樣地點位置圖

當選取適當之地點後，先將表面之覆蓋物去除，再將地面整平，並用皮尺量取一平方公尺之之明坑採樣位置。整地完成之後，再以人工方式由上往下挖掘，取出之堆積地質材料先量取其重量，再以1.5之方形篩網，進行篩分析。每開挖20cm，即將1.5 以下之地質材料以四分法取回部分土體。並在將要取回之土體中，再以四分法取出部分土體稱重後，再用大型塑膠袋裝取，並取回試驗室，測量小於1.5 以下土樣之含水量。大於1.5 以上之土樣以鋼刷將附著塊石之細顆粒刷除，並在現場以2、4 之方眼篩網進行篩分析，粒徑超過4 之塊石，則量其粒徑，稱其重量。並取部分粒徑大於1.5 之塊石稱重密封後，

取回試驗室量測含水量。明坑採樣方式係依上述步驟進行後，在於其前後左右處，量測其他四處之樣品，以取其各項量到之平均值。

第三章 地質材料特性

3.1 明坑採樣結果

就一號溪而言，其現地單位重為1.79 ~ 2.11t/m³，含水量介於3.7 ~ 5.7之間，現地乾單位重則介於2.03 ~ 1.75 t/m³間。三號溪之現地單位重為1.83 ~ 2.07t/m³，含水量介於3.4 ~ 5.2之間，現地乾單位重則介於1.77 ~ 1.97t/m³間（表3-1及3-2）。

表3-1 一號溪明坑採樣結果

明坑編號	濕土重 (t)	體積 (m ³)	現地單位重 (t/m ³)	含水量 (%)	現地單位重 (t/m ³)
P1-1	2.13	1.01	2.11	3.7	2.03
P1-2	1.49	0.84	1.79	4.3	1.72
P1-3	1.48	0.80	1.85	5.7	1.75
P1-4	1.47	0.73	2.03	4.7	1.94
P1-5	1.29	0.65	1.97	5.1	1.87

表3-2 三號溪明坑採樣結果

明坑編號	濕土重 (t)	體積 (m ³)	現地單位重 (t/m ³)	含水量 (%)	現地單位重 (t/m ³)
P3-1	1.78	0.92	1.94	4.6	1.85
P3-2	1.96	0.95	2.05	3.8	1.97
P3-3	1.52	0.83	1.83	3.4	1.77
P3-4	1.36	0.71	1.93	4.1	1.85
P3-5	1.48	0.72	2.07	5.2	1.97

而各試坑之粒徑分佈曲線圖如圖3-1及圖3-2所示，試坑1-1礫石之含量為89.38%，試坑1-2礫石之含量為81.8%，試坑1-3礫石之含量為77.7%，試坑1-4礫石之含量為76.3%，試坑1-5礫石之含量為71.3%。試坑3-1礫石之含量為78.5%，試坑3-2礫石之含量為72.7%，試坑3-3礫石之含量為75.1%，試坑3-4礫石之含量為72.3%，試坑3-5礫石之含量為73.9%。由礫石含量百分比顯示，一號溪之礫石含量波動範圍較大，而三號溪之礫石含量波動範圍較小。

3.2 力學試驗試體之選取

本研究工作進行力學試驗所採用級配的標準是根據明坑1-3與明坑3-4之粒徑分佈曲線為主。採用的理由有二：

- (1)若將一號溪與三號溪之五個試坑之級配曲線依等比例加權計算所得之平均級配曲線（圖3-3、圖3-4）分別與明坑1-3與明坑3-4之粒徑分佈曲線較為接近。
- (2)土石流在流動時，其中間部分是呈現出剛性（Plug）之狀態（圖3-5），即土、石材料間並不互相剪動，而土石流兩側則是呈現出層流（Laminar flow）之狀態，材料間有剪動之情形發生（Johnson，1984），因此決定採用土石流兩旁之堆積物作為剪力試驗之材料，如此才比較有代表性。

明坑1-3與明坑3-4之自然物理特性如表3-3所示，所有之試驗程序均依照美國材料試驗學會（ASTM，1986）之規範進行。

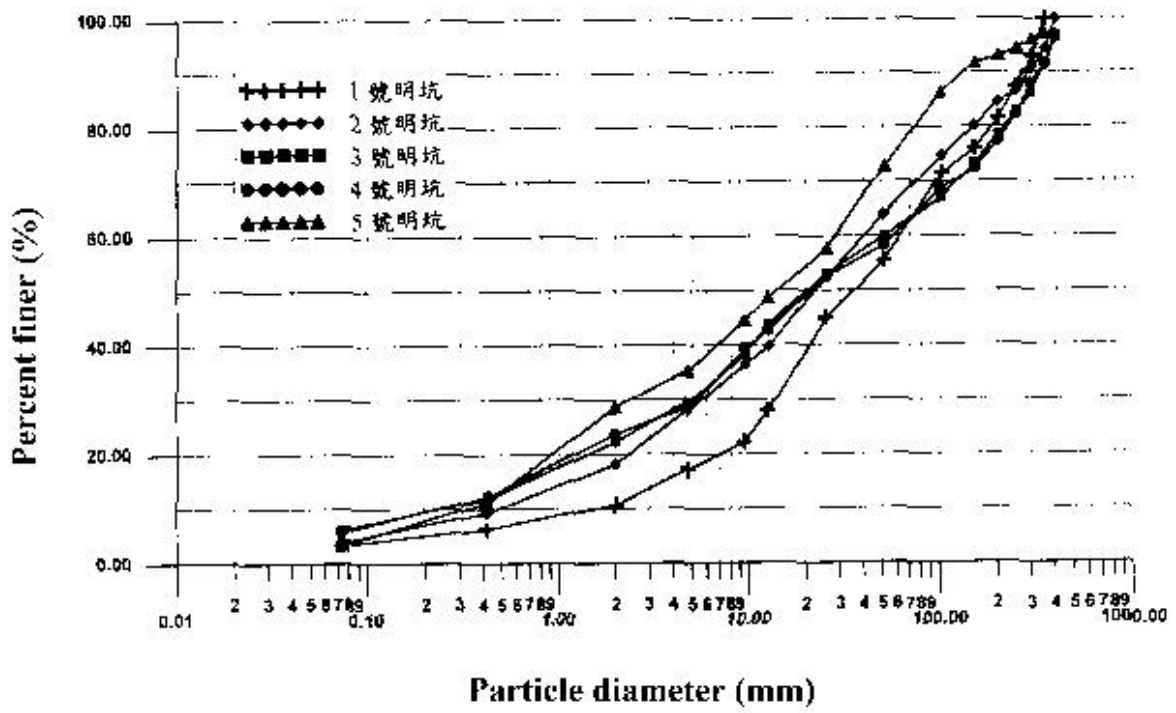


圖3-1 一號溪明坑採樣粒徑分佈曲線圖

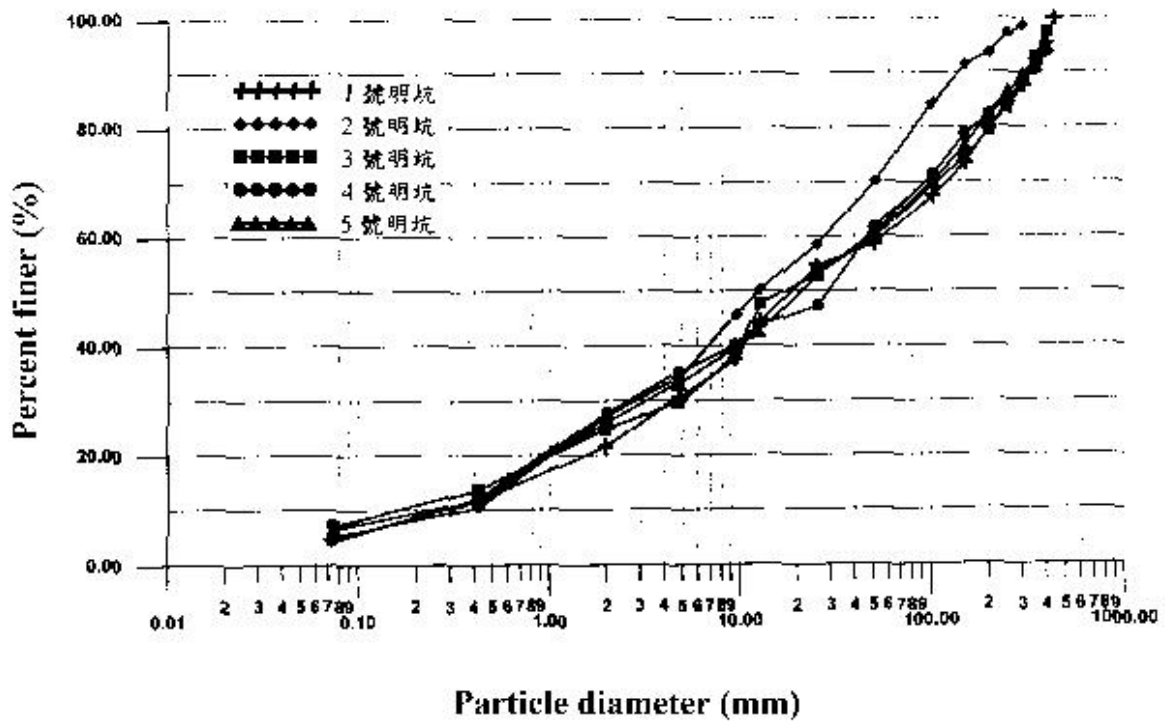


圖3-2 三號溪明坑採樣粒徑分佈曲線圖

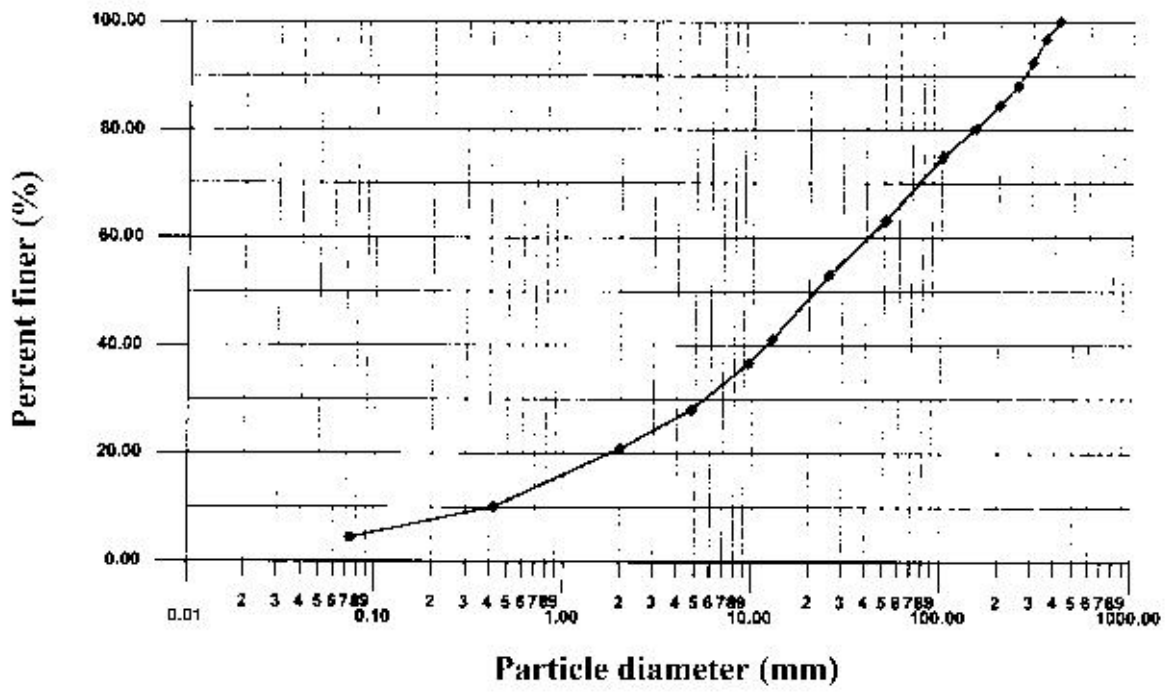


圖3-3 一號溪平均粒徑分佈曲線圖

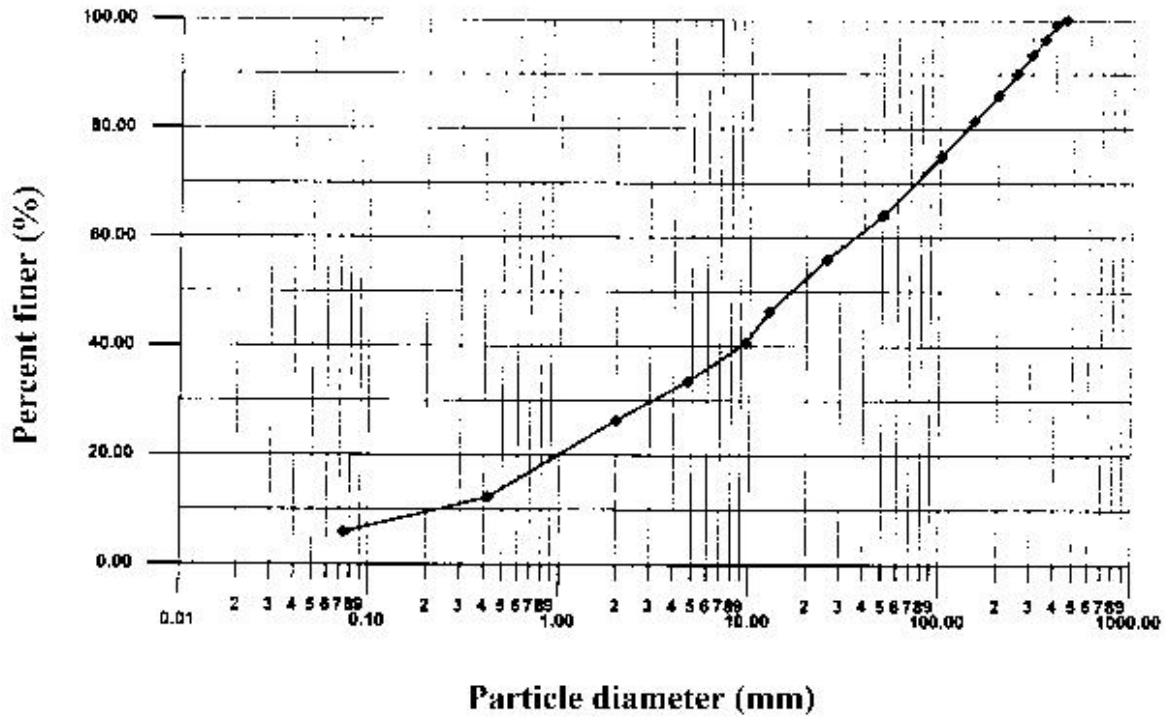


圖3-4 三號溪平均粒徑分佈曲線圖

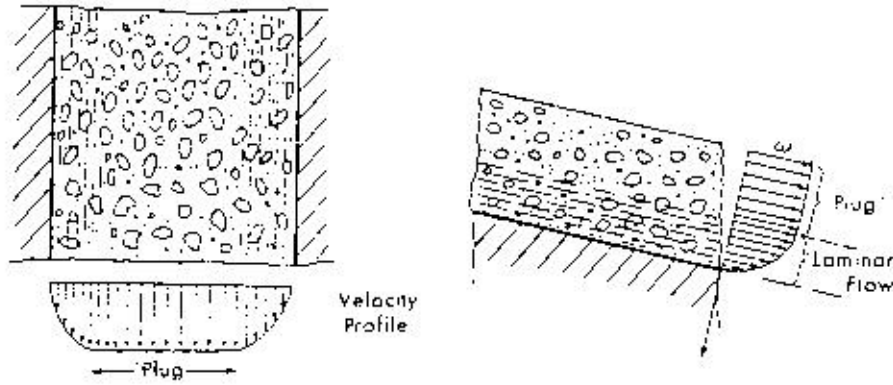


圖3-5 土石流流速之俯視圖及剖面圖 (摘自Johnson & Rodine, 1984)

表3-3 明坑1-3與明坑3-4之自然物理特性

試坑編號	P1-3	P3-4
通過#10百分比 (%)	22.3	27.7
通過#200百分比 (%)	6.3	4.4
有效粒徑D10 (mm)	0.33	0.29
中間粒徑D50 (mm)	21.3	29.4
D30 (mm)	5.2	2.7
D60 (mm)	40.0	48.3
均勻係數Cu (mm)	121.21	166.55
曲率係數Cc (mm)	2.05	0.52
#10篩以下土壤比重	2.44	2.56
礫石平均比重	2.57	2.68
加權平均比重	2.54	2.64
現地含水量 (%)	5.7	4.1
現地單位重 (t/m ³)	1.75	1.85
乾單位重 (t/m ³)	1.66	1.78
飽和單位重 (t/m ³)	2.06	2.15
孔隙比 (e)	0.45	0.43
飽和度 (%)	32.07	25.35

3.3 堆積物地質材料之力學性質試驗

由於土石流堆積之地質材料，其組織、級配狀況可視為複合土之一種。而有關於前人對於複合土之研究甚多。在力學性質方面，若粗粒料之含量百分比小於70，則力學性質由細顆粒所控制；當粗顆粒含量百分比超過80時，則礫石顆粒比尺間形成互相接觸之狀態，力學性質由粗顆粒所控制（Mitchell，1976；洪，1978；樓，1979）。在異向性方面，礫石之不同排列向，會隨著剪動方向之不同，而有不同之剪力強度（蔡，1994）。角狀礫石之內摩差角比圓狀礫石高（Holtz，1965）。在最大顆粒尺寸方面，內摩差角會隨著最大顆粒粒徑之增加而減少（Marachi，1972）。在試體之尺寸大小（ D ）與最大粒徑（ d_{max} ）之比值方面： D/d_{max} 應大於6，則試體之強度不受顆粒最大粒徑之影響（Zeller & Wullimann，1957；Marachi，1969）。

3.4 現地級配之模擬與篩選

由於土石流堆積材料之粒徑大小不一，從數十公分至數公尺者比比皆是。雖然現地大型試驗雖然可以以現地之級配來進行試驗，力學性質最為準確，但價格昂貴且儀器之搬運不易。室內試驗則由於試驗儀器之尺寸較小，難以用現地之級配狀況來進行試驗。因此勢必要採取縮小現地級配之方式，來製作試體以便進行剪力試驗，所求得堆積材料之力學參數可能較接近現地之狀況。

一般模擬現地級配之方法有四種：

- (1)剝除法（Scapling of large size particles）
- (2)平行級配法（Parallel transfer of gradation curve）
- (3)等重量替代法（Weight replacement method）
- (4)改良式等重量替代法（Modified weight replacement method）

由於所模擬之地質材料為礫石土壤，其工程性質與材料之孔隙比有較大之關連，因此在準備縮小現地級配之模擬材料時，必須考慮材料之單位重、孔隙比及其工程性質是否有代表性，能否與現地狀況相符。對於上述特性將對上述方法加以討論：

(1)剝除法：

其方法即是將現地級配曲線，在某個粒徑尺寸以上之顆粒剝除。現地明坑採樣基本上也是屬於剝除法。因為粗粒料與細粒料基本上比重就有差別，並且其顆粒形狀與顆粒間之排列方式皆不同，因此隨著最大粒徑選擇之不同其粗細顆粒比例及整體之比重會有明顯之不同。因此若試驗控制與現地乾單位重相同，則孔隙率會與現地不同；相反的，若試驗控制與現地有相同之孔隙率，則乾單位重會與現地不同。此法之優點是試體易準備，缺點是不易同時獲得所需之乾單位重與孔隙率。

(2)平行級配法：

此法是基於模擬試體與現地材料只是顆粒大小不同之問題，其剪力行為應相似之概念。將現地之顆粒分佈曲線平行移動，縮小到想要之級配分佈曲線。所面臨之問題除了細粒料部分（silt、clay）較難施做到符合所要分佈狀況外，尚有與剝除法相同之整體比重改變的問題。此法之優點是模擬試體縮小級配後之級配曲線在曲線之幾何形狀上與現地之相似性最高，而其缺點為細顆粒部分在級配平移之操作上較有困難。而且材料粒徑平移後，有細粒料部分會有比例增加之現象，會影響材料之工程性質：如強度及透水性等。

(3)等重量替代法：

此法是基於粗顆粒之礫石，其比重大至不能隨著粒徑做太大之改變，因此只要控制模擬試體中之細粒料含量與現地相狀況相同，不管模擬材料中之粗顆粒礫石之粒徑如何縮小，均可使模擬材料之比重與現地相近。若控制乾單位重與現地相同，則模擬材料之孔隙比應與現地相近。方法是將現地某一尺寸（通常為4號篩）以上顆粒之重量，以相同重量但稍小於該尺寸之顆粒取代之。此法之優點準備較為容易可行，乾單位重與孔隙比與現地較相近，其缺點為使級配之均勻度大為增加，最大粒徑越小效果越顯著。

(4)改良式等重量替代法

此法是根據等重量替代法，考慮模擬材料在乾單位重與孔隙比皆與現地狀況相似之條件下，以滿足相似性之部分要求下，改善級配之分佈，使其分佈狀況與現地粒徑相似，使模擬材料之工程特性較具代表性（張，1993）。此方法是將現地級配以最佳曲線通過如圖3-6及圖3-7所示，再以此一最佳曲線之幾何特性，作為模擬材料級配曲線之幾何特性。基於現地級配中粗顆粒之比重，在40號篩以上者大約相同之原則下（張，1993），級配之調整從40號篩之細粒料含量開始，通過此點與所選擇之最大粒徑處，依照現地級配曲線之特色，給予適當之調整。此法優點為除了乾單位重與孔隙比能與現地狀況相近外，模擬試體之級配曲線和現地之級配曲線有相似之幾何特色。

綜合上述各縮小級配方法之優缺點以及文獻資料（曲，1986；張，1993）中各種研究結果顯示，本研究工作力學試驗之樣品製作應以改良式等重量替代法進行。

3.5 試體選擇及製作

為了避免在進行強度試驗中尺寸效應之發生，試體之尺寸大小（ D ）與最大粒徑（ d_{\max} ）之比值必須大於某一定數才不致影響其強度值。Zeller & Wullimann（1957）以試驗證明，若 D/d_{\max} 大於5，則試體力學強度不受影響。Marachi（1969）指出， D/d_{\max} 應大於6，則試體之力學強度不受顆粒最大粒徑之影響。而Head（1984）之建議，大型直接剪力試驗儀之剪力盒尺寸若為 $30.5\text{cm} \times 30.5\text{cm} \times 15.24\text{cm}$ ，則容許之最大粒徑為 1.5 ， D/d_{\max} 比值為7.9。由於本試驗是最大剪力盒尺寸為 $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 3.5\text{cm}$ ，若試體之 D/d_{\max} 比值為7.9，則試體可用之最大粒徑為 0.5 ，因此採用最大粒徑為 0.5 、 $3/8$ 兩種級配進行室內直接剪力試驗。

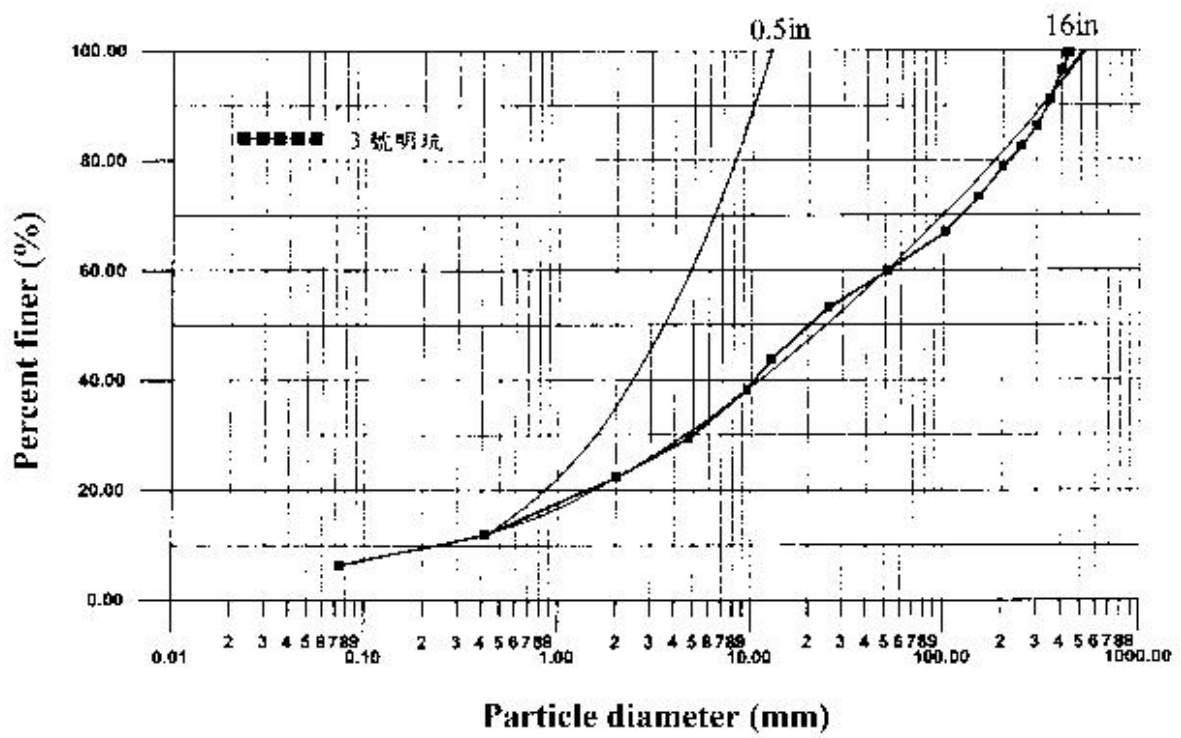


圖3-6 一號溪試驗所採用之粒徑分佈曲線

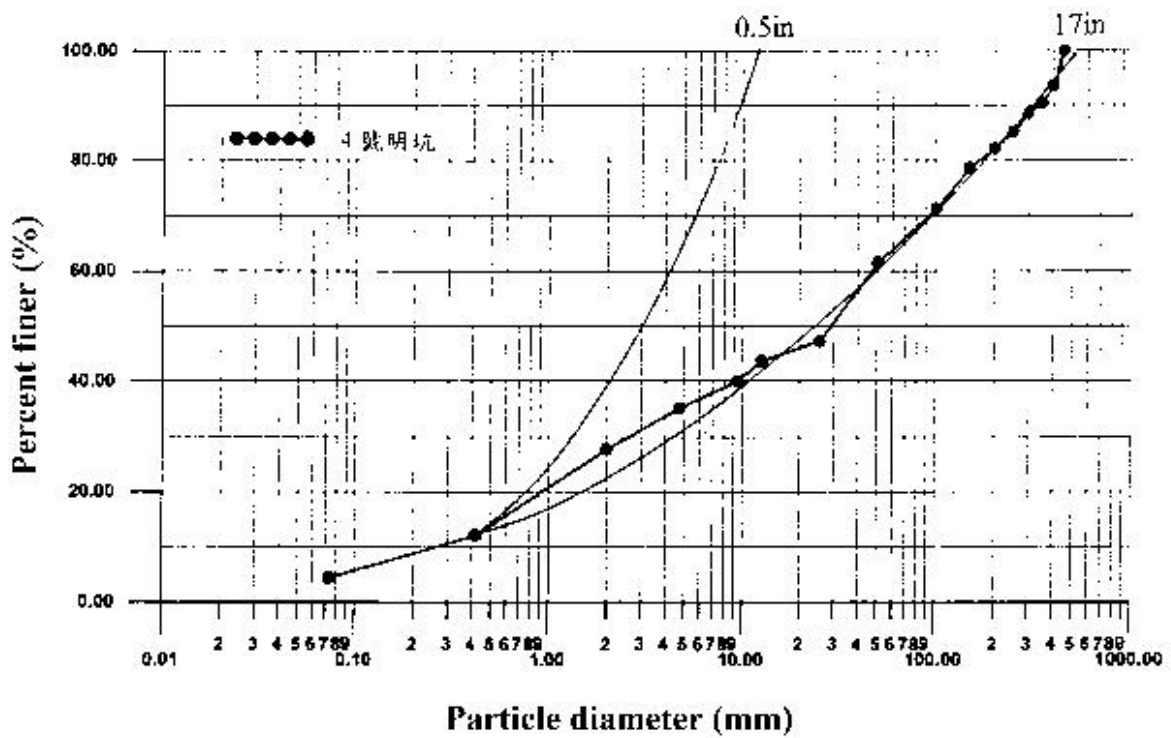


圖3-7 三號溪試驗所採用之粒徑分佈曲線

關於直接剪力試驗材料之準備，由於必須考慮氣乾狀態下之剪力強度，所以必須採用氣乾試體來進行試驗。在試驗中，需先將小於1.5之土體以40號篩網篩過，篩選完成後先將停留於各篩號之土壤材料烘乾，再置入塑膠袋密封後安置入乾燥箱內。製作試體時，將各篩號中土壤料取出依照所要求之級配分佈，計算並取出各粒徑乾單位重，使之混和，達到所需之級配曲線。

直接剪力試驗試體之製作，是先控制與現地相同之乾單位重與孔隙比，使一號溪之模擬試體之乾單位之重控制在 1.66t/m^3 ，而三號溪之模擬試體之乾單位之重控制在 1.78t/m^3 。將土壤材料分四層夯實至直剪盒內，各層間以小鐵剷割割，使層面粗糙，以利上下盒之連接，夯實完成後，以水平移校正剪力盒頂面之水平。需要飽和之試體，則浸水一天使達到飽和。

3.6 試驗方式

本試驗所採用之儀器為台大地質系地質材料試驗室之直接剪力試驗儀，重要元件包括了：(1)剪力盒。依本研究之需要，選用最大尺寸之剪力盒（ $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 3.5\text{cm}$ ），(2)正向加壓系統。利用1：40之槓桿比砝碼荷重系統，(3)水平剪力施加系統。剪力之施加為應變控制，應變速率可由 0.005mm/min 至 6mm/min ，壓力環可承受之立最大可至 1500kg ，(4)測量系統。包括剪力測量系統及位移測量系統兩種。

關於剪力試驗之操做步驟，主要係參考Head (1984) 試驗手冊進行。上下剪力盒之間距依其粒徑為0.5、3.8 之不同，而分別控制為2cm及1.5cm。並且一號溪之試體，其乾單位重控制在 1.66t/m^3 ，三號溪之試體，其乾單位重控制在 1.78t/m^3 。對於氣乾之試體而言，剪動速率控制在 3mm/min ，對於浸水飽和之試體而言，剪動速率控制在 3mm/min ，進行壓密快剪試驗。在10分鐘之內壓密量小於 0.05mm 視為壓密完成。初始正應力皆控制在 1.2kg/cm^2 、 2.4kg/cm^2 及 3.6kg/cm^2 。

3.7 試驗結果

由一號溪河床堆積物之直接剪力強度試驗的結果可以發現，在氣乾之狀態下，堆積物粒徑為 $D_{max} = 0.5$ 之摩擦角較高為 35.6° ，而粒徑為 $D_{max} = 3/8$ 之摩擦角較低為 34.4° ，此兩種級配之摩擦角相差不大，其凝聚力皆為0，如表3-4所示。在飽和之狀態下，堆積物粒徑為 $D_{max} = 0.5$ 之摩擦角較高為 31.3° ，而粒徑為 $D_{max} = 3/8$ 之摩擦角較低為 30.2° ，此兩種級配之摩擦角亦相差不大，其凝聚力也皆為0，如表3-4所示。對於此兩種最大粒徑之不同試體而言，最大粒徑為0.5 之試體及 $3/8$ 之試體，其氣乾狀態皆較飽和狀態下之摩擦角大 4° 左右。

表3-4 一號溪地質材料直接剪力試驗結果

含水狀況 最大粒徑		氣乾	飽和
		0.5"	c
	ϕ	35.6°	31.3°
3/8"	c	0	0
	ϕ	34.4°	30.2°

由三號溪河床堆積物之直接剪力強度試驗的結果可以發現，在氣乾之狀態下，堆積物粒徑為 $D_{max} = 0.5$ 之摩擦角較高為 36.2° ，而粒徑為 $D_{max} = 3/8$ 之摩擦角較低為 34.7° ，此兩種級配之摩擦角相差不大，其凝聚力皆為0，如表3-5所示。在飽和之狀態下，堆積物粒徑為 $D_{max} = 0.5$ 之摩擦角較高為 31.1° ，而粒徑為 $D_{max} = 3/8$ 之摩擦角較低為 29.4° ，此兩種級配之摩擦角亦相差不大，其凝聚力也皆為0，如表3-5所示。對於此兩種最大粒徑之不同試體而言，最大粒徑為0.5 之試體及 $3/8$ 之試體，其氣乾狀態皆較飽和狀態下之摩擦角大 5° 左右。

表3-5 三號溪地質材料直接剪力試驗結果

最大粒徑 \ 含水狀況		氣乾	飽和
		0.5"	c
	ϕ	36.2°	31.1°
3/8"	c	0	0
	ϕ	34.7°	29.4°

3.8 岩坡地質材料之自然物理性質試驗

為了探討岩石邊坡之穩定性，必須先進行岩石邊坡不連續面之採樣工作，並進行自然物理性質試驗，方能對於邊坡狀況有基本之了解，以利於穩定性分析之進行。

在具有潛在破壞性之岩石邊坡所採集到含有不連續面之地質材料後，先將兩節理面之相對位置做記號，以防試體沿節理滑動後，不能夠回到不連續面在邊坡上之原始狀態。並記錄採樣地點、所採的是屬於何種不連續面。然後，用鐵絲予以固定並用大型塑膠袋密封，利用防震物防止不連續面及樣品於搬運的過程中受到磨損及破裂，以利試驗能夠順利進行。

自然物理性質包括現地含水量、單位重、比重、孔隙比、飽和度等。所有試驗程序均依照國際岩石力學學會（ISRM，1984）之規範來進行。各項試驗之結果如表3-6所示：

一號溪之岩層之現場含水量介於0.57%至2.1%之間，而濕單位重為1.89至2.45 t/m³，乾單位重為1.85至2.44 t/m³，比重為1.92至2.5，空隙比約為0.03至0.04，孔隙率為2.47%至3.51%，飽和度為54%至97%。

三號溪之岩層之現場含水量介於0.31%至1.41%之間，而濕單位重為2.13至2.42 t/m³，乾單位重為2.11至2.41 t/m³，比重為2.17至2.47，空隙比約為0.02至0.03，孔隙率為2.30%至3.34%，飽和度為31%至98%。

表3-6 岩坡地質材料之自然物理性質試驗結果

地點	樣品編號	含水量 (%)	乾單位重 (t/m ³)	濕單位重 (t/m ³)	飽和單位重 (t/m ³)	比重	e	S (%)	N (%)
一號溪	12B	1.60	2.13	2.16	2.36	2.21	3.64	96.89	3.51
	13J	0.68	2.20	2.22	2.40	2.26	2.72	56.69	2.65
	14J	0.57	2.44	2.45	2.63	2.50	2.62	54.96	2.55
	15J	0.84	2.35	2.37	2.51	2.41	2.53	80.01	2.47
三號溪	32J	0.31	2.33	2.34	2.49	2.39	2.35	31.33	2.30
	32B	0.41	2.38	2.39	2.50	2.44	2.45	40.42	2.39
	33J	1.41	2.32	2.36	2.51	2.40	3.45	98.35	3.34
	34J	0.48	2.41	2.42	2.53	2.47	2.52	46.77	2.45
	35J	0.85	2.11	2.13	2.50	2.17	2.89	63.65	2.81

12：採樣地點 J：節理面試體 B：層面試體

3.9 岩坡地質材料之力學性質試驗

一般而言，控制節理面剪力強度是由基本摩擦角（ ϕ ）以及粗糙角（ i ）所提供，而影響粗糙角之因素，則由節理面之起伏狀況（JRC）以及節理本身之壓縮強度（JCS）所控制。為了能夠了解不連續面之幾何特性以及岩石材料本身之力學性質，本節所要探討之內容包括有：(1)節理面粗糙程度，(2)節理面之壓縮強度，(3)岩石節理面剪力強度試驗。

3.10 節理面粗糙程度

當岩石節理面在較低之正應力下受到剪動時，由岩石節理面粗糙程度所影響之剪力強度是不容忽視的。一般測量JRC（Joint roughness coefficient）的方式，是將待測之岩石節理面來與JRC（0-20）剖面（Barton and Choubey, 1977）比較，以便得到節理面粗糙係數。此方法雖然簡單、容易獲得JRC，但是過於主觀且誤差大。

JRC 之測量方法是利用雷射剖面儀精準的解析能力，在每 0.25mm 的位移內，記錄當時位置的剖面高程。利用剖面粗糙度參數 Z_2 與 JRC 之關係 $JRC = 32.2 + 32.47 \log Z_2$ 來求出 JRC (Tse and Cruden, 1979)，其中

$$Z_2 = \left[\frac{1}{M(Dx)^2} \sum_{i=1}^M (y_{i+1} - y_i)^2 \right]^{1/2}$$

Dx : 水平位移的間距

M : 水平移動測量之次數

$y_{i+1} - y_i$: 相鄰兩點之高程差

本試驗是將每一個約 10cm × 10cm 之試體，掃描五個剖面。水平位移的間距 (Dx) 約為 0.25mm，水平移動測量之次數 (M) 為 401 次。再將五個剖面所求到之 JRC 平均做為代表整體層面或節理面之粗糙係數。

試驗結果顯示 (表 3-7)，一號溪邊坡 1-2 層面之粗糙係數介於 8.5 14.5 之間。邊坡 1-3 節理面之粗糙係數介於 6 14.1 之間。邊坡 1-4 節理面之粗糙係數介於 2.6 3.4 之間。邊坡 1-5 節理面之粗糙係數介於 13.6 16.3 之間。除了邊坡 1-2 與邊坡 1-3，其節理面粗糙係數差異較大外，其他兩處邊坡節理面粗糙係數差異不大。

表 3-8 顯示，三號溪邊坡 3-2 層面之粗糙係數介於 3.1 6.9 之間，節理面之粗糙係數介於 5.1 8.2 之間。邊坡 3-3 節理面之粗糙係數介於 7.8 8.4 之間。邊坡 3-4 節理面之粗糙係數介於 13.4 14.5 之間。邊坡 3-5 節理面之粗糙係數介於 4.3 5.7 之間。三號溪之節理面其節理面粗糙係數，差異皆不大。

表 3-7 一號溪岩石材料力學強度參數一覽表

試體編號	W^0	Z^p	Point load	JCS	JRC
------	-------	-------	------------	-----	-----

			(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	
12BD	32.0	19.07	22.3	468.3	8.50
12BW	31.5	27.12	18.7	392.7	14.50
13JD	39.0	20.33	38.2	802.2	14.10
13JW	33.0	19.18	31.5	661.5	6.00
14JD	41.0	14.26	34.5	724.5	3.40
14JW	32.5	12.51	28.6	600.6	2.60
15JD	29.0	27.54	15.2	319.2	16.30
15JW	25.0	24.22	23.4	491.4	13.60

12：採樣地點 J：節理試體 B：層面試體 D：氣乾 W：飽和

表3-8 三號溪岩石材料力學強度參數一覽表

試體編號	w^o	Z^p	Point load (kg/cm ²)	JCS (kg/cm ²)	JRC
32JD	34.0	12.27	46.90	984.90	5.10
32JW	28.0	9.48	43.60	915.60	8.20
32BD	29.0	16.34	39.40	827.40	6.90
32BW	24.0	12.74	42.70	896.70	3.10
33JD	38.0	30.50	32.56	683.76	8.40
33JW	34.0	27.77	27.70	581.70	7.80
34JD	31.5	24.84	24.50	514.50	14.50
34JW	27.0	21.83	22.70	476.70	13.40
35JD	34.5	19.85	23.10	485.10	4.30
35JW	32.0	14.59	18.80	394.80	5.70

32：採樣地點 J：節理試體 B：層面試體 D：氣乾 W：飽和

3.11 節理面之壓縮強度

由於試驗之樣品採取困難，本試驗中節理面之壓縮強度必須藉助點荷重試驗，以間接之方法來求得。

在點荷重試驗中試體之比例尺寸必須遵照ISRM (1985) 所建議之方法，主要是以Block test、Irregular lump test來進行。實驗時盡量使試體中心部分在點荷重儀之中心線上，再慢慢加壓，使試體在10 60秒內破壞。觀察破壞狀況若是無效的破壞方式（不是貫穿試體再破裂），則捨棄此試驗記錄；況若是有效的破壞方式，則記錄下壓力數值，再加以尺寸修正，便可得到點荷重強度指數。然後再利用單壓強度與點荷重強度之經驗公式轉換，便間接可得到節理面壓縮強度（Joint wall compression strength）。

$$q_u = 24I_{S(50)}$$

q_u : 單壓強度

$I_{S(50)}$: 尺寸校正點荷重指數

試驗結果顯示（見表3-7及附錄二）一號溪邊坡1-2層面之點荷重指數介於18.7 22.3kg/cm² 之間，其相對之單壓強度則介於392.7 468.3kg/cm²之間。邊坡1-3其節理面之點荷重指數介於31.5 38.2kg/cm² 之間，其相對之單壓強度則介於661.5 802.2kg/cm²之間。邊坡1-4其節理面之點荷重指數介於28.6 34.5kg/cm² 之間，其相對之單壓強度則介於600.6 724.5kg/cm²之間。邊坡1-5其節理面之點荷重指數介於15.2 23.4kg/cm² 之間，其相對之單壓強度則介於319.2 491.4kg/cm²之間。

表3-8及附錄二顯示，三號溪邊坡3-2不連續面（包括層面及節理面）之點荷重指數介於39.4 46.9kg/cm² 之間，其相對之單壓強度則介於827.4 984.9kg/cm²之間。邊坡3-3其節理面之點荷重指數介於27.7 32.56kg/cm² 之間，其相對之單壓強度則介於581.76 683.7kg/cm²之間。邊坡3-4其節理面之點荷重指數介於22.7 24.5kg/cm² 之間，其相對之單壓強度則介於476.7 514.5kg/cm²之

間。邊坡3-5其節理面之點荷重指數介於 $18.8 \sim 23.1\text{kg/cm}^2$ 之間，其相對之單壓強度則介於 $394.8 \sim 485.1\text{kg/cm}^2$ 之間。

3.12 岩石節理面剪力強度試驗

一般而言，對於室內試驗中之岩石強度或變形行為，一個試體只能得到一個尖峰強度，但若得到一組完整之破壞包絡曲線，則需要三個以上的試體，方能繪製破壞包絡曲線。由於本研究區溝谷地形陡峭，試體採集搬運困難，要採集較多之試體實為不易。因此，基於時間上、經濟上、能力上及安全上之顧慮，便以較少試體而可以獲得較多數據之多段式試驗方式 (Kovari and Tisa, 1975; Akai, 1981; Crawford et al., 1987; 楊與黃, 1996)，來進行本力學性質試驗工作。各試驗步驟均依照國際岩石力學學會 (ISRM, 1985) 之規範來進行。

試驗結果顯示 (表3-7)，一號溪地區總共完成8個層面及節理面樣品，分別是岩坡1-2的兩個層面之樣品，岩坡1-3的兩個節理面之樣品，岩坡1-4的兩個節理面之樣品，與岩坡1-5的兩個節理面之樣品。岩坡1-2之層面氣乾時之尖峰值剪力強度，其摩擦角為 32° ；含水飽和時之尖峰值剪力強度，其摩擦角為 31.5° 。岩坡1-3形成楔形破壞之節理，氣乾試體在尖峰值剪力強度時其摩擦角為 39° ，含水飽和試體在尖峰值剪力強度時，其摩擦角為 33° 。岩坡1-4形成楔形破壞之節理面，氣乾試體在尖峰值剪力強度，其摩擦角為 41° ，含水飽和試體在尖峰值剪力強度時，其摩擦角為 32.5° 。岩坡1-5形成楔形破壞之節理面，氣乾試體在尖峰值剪力強度時，其摩擦角為 29° ，含水飽和試體在尖峰值剪力強度時，其摩擦角為 25° 。

整體而言，一號溪內之岩石邊坡節理面，氣乾時之尖峰值剪力強度，其摩擦角最大為 41° ，最小為 29° ；含水飽和時之尖峰值剪力強度，其摩擦角最大為 33° ，最小為 25° 。

表3-8顯示，三號溪地區總共完成10個層面及節理面樣品，分別是岩坡3-2的兩個層面與兩個節理面之樣品，岩坡3-3的兩個節理面之樣品，岩坡3-4的兩個節理面之樣品，與岩坡3-5的兩個節理面之樣

品。岩坡3-2之層面氣乾時之尖峰值剪力強度，其摩擦角為 29° ；含水飽和試體在尖峰值剪力強度，其摩擦角為 24° 。岩坡3-2形成楔形破壞之節理，氣乾試體在尖峰值剪力強度時，其摩擦角為 34° ；含水飽和試體在尖峰值剪力強度，其摩擦角為 28° 。岩坡3-3形成楔形破壞之節理面，氣乾試體在尖峰值剪力強度，其摩擦角為 38° ；含水飽和試體在尖峰值剪力強度，其摩擦角為 34° 。岩坡3-4形成楔形破壞之節理面，氣乾試體在尖峰值剪力強度，其摩擦角為 31.5° ；含水飽和試體在尖峰值剪力強度，其摩擦角為 27° 。岩坡3-5形成楔形破壞之節理面，氣乾試體在尖峰值剪力強度，其摩擦角為 34.5° ；含水飽和試體在尖峰值剪力強度，其摩擦角為 32° 。

整體而言，三號溪內之岩石邊坡節理面之氣乾試體在尖峰值剪力強度，其摩擦角最大為 38° ，最小為 31.5° ；含水飽和試體在尖峰值剪力強度，其摩擦角最大為 34° ，最小為 27° 。

附錄一 自然物理性質試驗方法

一、含水量 (water content)

所謂之含水量是指待測之試體中所含之水分重量與乾試體重之比值，通常是以百分比來表示。試驗方式為將野外所採回來之原樣試體取約100公克，稱重後置入烘箱內，以105 左右之溫度，烘烤24小時以除去水分。然後將試體取出移至乾燥箱中冷卻至室溫，再稱其乾燥樣品重。將所得之溼樣品重減去乾樣品重，即為試體中所含之水重。水重除以乾樣品重，求其百分比，則可得該樣品之含水量。計算試如下所列：

$$\tilde{S} = \frac{M_2 - M_3}{M_3 - M_1} \times 100\%$$

：含水量 M_1 ：皿重 M_2 ：溼土重 M_3 ：乾土重

二、比重 (specific gravity)

比重為乾樣品重與同體積4 水重之比值。利用壓碎機將樣品壓成粉末狀再藉由比重瓶即可求得，計算試如下所列：

$$G_s = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

G_s ：比重 W_1 ：瓶重 W_2 ：瓶重 + 土重
 W_3 ：瓶重 + 水重 + 土重 W_4 ：瓶重 + 水重

三、單位重 (unit weight)

單位重是指單位體積內，試體的總重量與總體積之比值。試驗方式為，先利用阿基米德原理求得試體之體積，再將原樣試體重除以試體體積，則可求的試體之單位重。而將試體烘乾後，稱重除以試體體積，則可求得乾單位重。計算試如下所列：

$$t = \frac{M_2}{V} \qquad x = \frac{M_3}{V}$$

t : 溼單位重 d : 乾單位重 V : 體積
 M_2 : 溼土重 M_3 : 乾土重

四、空隙比(void ratio)、孔隙率(porosity)、飽和度(degree of saturation)

空係比是指試體中空隙之體積對試體中固體體積之比值，孔隙率則指空隙之體積對試體總體積的比率，通常以百分比來表示。飽和度為試體中，水的體積對空隙體積之比值，通常以百分比來表示。

$$e = \frac{G_s + (\check{S} \times xt)}{xt} - 1 \qquad n = \frac{e}{1 - e} \times 100\% \qquad s = \frac{G_s \times \check{S}}{e}$$

t : 溼單位重 x : 含水量 G_s : 比重
 e : 空隙比 n : 孔隙率 s : 飽和度

附錄二 點荷重強度試驗結果

一號溪地質材料之點荷重強度試驗結果

Sample No.	Type	W(mm)	D(mm)	P(kg)	De ² (mm ²)	De(mm)	Is(kg/cm ²)	F	Is(50)
12BD	i	23.4	16.9	161.8	503.8	22.4	40.9	0.7	27.4
	i	28.6	25.4	229.2	925.4	30.4	31.5	0.8	24.6
	i	45.8	33.5	357.2	1951.9	44.2	23.3	0.9	21.9
	i	28.7	22.8	128.4	834.1	28.9	19.6	0.8	14.9
	i	37.2	31.7	397.4	1499.2	38.7	33.8	0.9	29.7
	i	29.8	17.7	118.7	671.8	25.9	22.5	0.7	16.2
	i	61.5	55.8	668.9	4372.5	66.1	19.5	1.2	22.4
	i	45.5	35.1	358.6	2036.3	45.1	22.4	1.0	21.3
12BW	i	31.5	20.8	142.2	834.1	28.9	21.7	0.8	16.5
	i	41.3	26.0	288.5	1367.5	37.0	26.9	0.9	23.1
	i	45.6	35.1	259.3	2036.3	45.1	16.2	1.0	15.4
	i	31.2	24.5	124.9	973.8	31.2	16.3	0.8	12.9
	i	24.6	18.1	94.8	566.7	23.8	21.3	0.7	14.7
	i	29.1	23.7	210.7	878.8	29.6	30.5	0.8	23.5
	i	34.5	24.5	279.7	1076.2	32.8	33.1	0.8	26.8
	i	41.6	40.1	220.6	2123.4	46.1	13.2	1.0	12.7
	i	34.2	17.2	180.6	749.7	27.4	30.7	0.7	22.7
13JD	i	51.3	48.3	1068.7	3156.2	56.2	43.1	1.1	45.7
	i	37.5	35.9	491.2	1714.4	41.4	36.5	0.9	33.2
	i	29.6	25.8	337.9	973.8	31.2	44.2	0.8	34.9
	i	39.5	34.9	610.9	1753.3	41.9	44.4	0.9	40.6
	i	56.3	37.8	623.0	2706.1	52.0	29.3	1.0	29.9
	i	23.5	16.6	314.3	496.6	22.3	80.6	0.7	53.8
	i	61.1	54.3	852.3	4222.4	65.0	25.7	1.1	29.3
13JW	i	28.4	25.1	334.3	907.8	30.1	46.9	0.8	36.4
	i	28.4	18.3	194.3	662.1	25.7	37.4	0.7	26.8
	i	22.6	19.9	180.2	573.0	23.9	40.0	0.7	27.7
	i	23.4	18.2	153.3	541.1	23.3	36.1	0.7	24.6
	i	32.1	23.8	285.6	973.8	31.2	37.3	0.8	29.5
	i	29.6	16.2	243.7	611.2	24.7	50.8	0.7	35.7
	i	34.7	29.5	498.0	1305.0	36.1	48.6	0.9	41.3
	i	29.5	24.2	275.6	907.8	30.1	38.6	0.8	30.0
14JD	i	34.6	23.1	379.5	1018.6	31.9	47.4	0.8	37.9
	i	39.6	33.5	721.1	1688.4	41.1	54.4	0.9	49.3
	i	34.7	28.5	313.2	1258.0	35.5	31.7	0.8	26.7
	i	31.4	24.4	220.7	973.8	31.2	28.9	0.8	22.8
	i	27.5	22.7	232.2	795.8	28.2	37.1	0.8	27.9
	i	44.7	29.6	487.7	1684.5	41.0	36.9	0.9	33.4
	i	28.1	18.0	266.3	644.3	25.4	52.6	0.7	37.5
	i	28.3	18.7	297.0	672.3	25.9	56.2	0.7	40.5
14JW	i	37.5	31.7	303.5	1515.2	38.9	25.5	0.9	22.5
	i	39.4	38.9	601.8	1951.9	44.2	39.3	0.9	36.9
	i	39.4	24.4	456.9	1222.3	35.0	47.6	0.8	39.8
	i	34.1	20.4	204.8	886.2	29.8	29.4	0.8	22.7
	i	38.1	27.7	215.8	1344.6	36.7	20.4	0.9	17.5
	i	35.1	34.2	453.3	1527.9	39.1	37.8	0.9	33.4
	i	38.9	27.6	328.2	1366.2	37.0	30.6	0.9	26.3
	i	48.2	30.5	469.1	1870.1	43.2	31.9	0.9	29.7
15JD	i	44.6	20.2	260.3	1145.9	33.9	28.9	0.8	23.8
	i	42.3	20.9	125.2	1125.6	33.5	14.2	0.8	11.6
	i	33.9	31.7	129.9	1367.5	37.0	12.1	0.9	10.4

	i	48.6	31.5	419.1	1951.9	44.2	27.3	0.9	25.7
	i	29.6	22.1	84.5	834.1	28.9	12.9	0.8	9.8
	i	27.6	20.2	88.6	710.0	26.6	15.9	0.7	11.6
	i	41.1	32.8	199.8	1714.4	41.4	14.8	0.9	13.5
15JW	i	37.9	32.5	243.6	1568.6	39.6	19.8	0.9	17.6
	i	24.6	17.1	92.0	534.5	23.1	21.9	0.7	14.9
	i	28.6	21.7	246.8	791.0	28.1	39.7	0.8	29.8
	i	24.7	21.4	242.6	671.8	25.9	46.0	0.7	33.1
	i	37.6	31.3	354.6	1499.2	38.7	30.1	0.9	26.5
	i	44.2	26.6	219.4	1499.2	38.7	18.6	0.9	16.4
	i	38.4	16.2	187.2	791.0	28.1	30.1	0.8	22.6
	i	48.9	35.5	471.3	2213.2	47.0	27.1	1.0	26.3

三號溪地質材料之點荷重強度試驗結果

Sample No.	Type	W(mm)	D(mm)	P(kg)	De2	De	Is(kg/cm ²)	F	Is(50)
32JD	i	56.4	45.2	1239.7	3246.8	57.0	48.6	1.1	51.9
	i	45.8	40.6	1101.0	2368.2	48.7	59.2	1.0	58.4
	i	30.1	25.4	359.2	974.0	31.2	47.0	0.8	37.1
	i	26.5	16.8	274.8	566.7	23.8	61.7	0.7	42.6
	i	48.4	39.7	936.4	2444.6	49.4	48.8	1.0	48.5
	i	37.8	24.6	389.0	1184.1	34.4	41.8	0.8	34.7
	i	35.1	29.1	662.0	1298.7	36.0	64.9	0.8	55.1
32JW	i	29.6	26.4	328.2	993.1	31.5	42.1	0.8	33.4
	i	38.4	22.0	405.9	1076.2	32.8	48.0	0.8	38.9
	i	34.1	20.5	424.0	891.3	29.9	60.6	0.8	46.8
	i	39.6	27.9	633.6	1405.7	37.5	57.4	0.9	49.7
	i	31.7	27.3	543.1	1100.1	33.2	62.9	0.8	51.2
	i	27.3	25.3	312.8	878.8	29.6	45.3	0.8	34.9
	i	29.6	28.4	522.4	1069.5	32.7	62.2	0.8	50.3
32BD	i	35.7	24.7	496.7	1123.0	33.5	56.3	0.8	46.1
	i	30.5	18.3	403.3	710.0	26.6	72.3	0.7	52.8
	i	28.4	22.2	292.1	802.1	28.3	46.4	0.8	34.9
	i	41.6	28.3	367.6	1497.3	38.7	31.3	0.9	27.5
	i	31.4	26.8	346.9	1069.5	32.7	41.3	0.8	33.4
	i	39.8	32.4	523.0	1642.5	40.5	40.5	0.9	36.5
	i	28.4	16.8	302.6	606.1	24.6	63.6	0.7	44.6
32BW	i	19.6	17.3	260.9	432.9	20.8	76.7	0.6	49.5
	i	18.6	17.7	282.4	420.2	20.5	85.6	0.6	54.8
	i	48.6	35.8	745.5	2213.2	47.0	42.9	1.0	41.6
	i	21.6	18.3	193.2	504.2	22.5	48.8	0.7	32.7
	i	40.3	27.9	496.5	1432.2	37.8	44.1	0.9	38.4
	i	42.6	36.0	694.7	1951.9	44.2	45.3	0.9	42.6
	i	51.6	46.3	845.6	3038.8	55.1	35.4	1.1	37.2
	i	46.3	37.5	802.8	2213.2	47.0	46.2	1.0	44.8
33JD	i	32.7	17.1	194.0	710.0	26.6	34.8	0.7	25.4
	i	53.9	46.0	900.3	3156.2	56.2	36.3	1.1	38.5
	i	45.8	30.7	518.3	1791.0	42.3	36.8	0.9	33.9
	i	31.4	18.8	300.8	749.7	27.4	51.1	0.7	37.8
	i	38.1	26.9	268.9	1305.0	36.1	26.2	0.9	22.3
	i	54.8	47.0	659.1	3277.0	57.2	25.6	1.1	27.4
	i	27.5	21.4	268.9	749.7	27.4	45.7	0.7	33.8
	i	34.8	25.5	442.8	1130.3	33.6	49.9	0.8	40.9
33JW	i	27.9	24.7	339.7	878.8	29.6	49.2	0.8	37.9
	i	19.6	17.9	117.0	446.3	21.1	33.4	0.7	21.7
	i	41.7	29.5	344.7	1568.6	39.6	28.0	0.9	24.9
	i	31.6	18.6	257.8	749.7	27.4	43.8	0.7	32.4
	i	43.5	33.8	581.2	1870.1	43.2	39.6	0.9	36.8
	i	52.8	46.9	453.7	3156.2	56.2	18.3	1.1	19.4
	i	51.7	42.7	572.9	2813.8	53.0	25.9	1.0	26.7
	i	46.2	33.2	355.5	1951.9	44.2	23.2	0.9	21.8
34JD	i	36.7	32.1	264.9	1499.2	38.7	22.5	0.9	19.8
	i	28.7	22.8	196.5	834.1	28.9	30.0	0.8	22.8
	i	31.5	23.1	294.4	925.4	30.4	40.5	0.8	31.6
	i	41.8	36.7	484.4	1951.9	44.2	31.6	0.9	29.7
	i	44.9	38.7	388.9	2213.2	47.0	22.4	1.0	21.7
	i	35.8	20.3	164.0	925.4	30.4	22.6	0.8	17.6

	i	24.3	17.3	174.7	534.5	23.1	41.6	0.7	28.3
34JW	i	36.8	26.6	265.3	1244.7	35.3	27.1	0.8	22.8
	i	43.5	35.2	484.4	1951.9	44.2	31.6	0.9	29.7
	i	50.7	29.0	492.8	1870.1	43.2	33.5	0.9	31.2
	i	29.5	16.9	111.0	635.3	25.2	22.3	0.7	15.8
	i	56.7	54.5	645.5	3933.8	62.7	20.9	1.1	23.4
	i	57.4	41.6	393.2	3038.8	55.1	16.5	1.1	17.3
	i	45.6	23.6	271.0	1367.5	37.0	25.2	0.9	21.7
	i	32.6	23.5	190.7	973.8	31.2	24.9	0.8	19.7
35JD	i	39.7	23.5	184.1	1186.5	34.4	19.8	0.8	16.4
	i	39.1	37.6	404.3	1870.1	43.2	27.5	0.9	25.6
	i	29.6	16.9	244.6	635.3	25.2	49.0	0.7	34.8
	i	45.4	39.9	362.2	2305.9	48.0	20.0	1.0	19.6
	i	57.3	43.3	334.4	3156.2	56.2	13.5	1.1	14.3
	i	37.6	26.0	265.3	1244.7	35.3	27.1	0.8	22.8
	i	37.1	17.7	201.7	834.1	28.9	30.8	0.8	23.4
	i	37.4	32.9	268.5	1568.6	39.6	21.8	0.9	19.4
	i	36.4	42.1	515.3	1951.9	44.2	33.6	0.9	31.6
35JW	i	42.8	40.6	207.9	2213.2	47.0	12.0	1.0	11.6
	i	36.4	30.9	252.1	1432.2	37.8	22.4	0.9	19.5
	i	28.6	19.5	128.3	710.0	26.6	23.0	0.7	16.8
	i	21.5	18.4	164.8	503.8	22.4	41.6	0.7	27.9
	i	57.3	44.9	596.5	3277.0	57.2	23.2	1.1	24.8
	i	61.2	58.1	514.9	4526.6	67.3	14.5	1.2	16.8
	i	43.2	24.9	176.1	1367.5	37.0	16.4	0.9	14.1
	i	42.6	42.5	349.3	2305.9	48.0	19.3	1.0	18.9