

第五章 崩積地層的組成及形成機制探討

5.1 梨山地區崩積材料分類

工研院(1993)曾針對梨山崩積地區進行大規模地質鑽探調查，依據日本學者藤原明敏(1979)之地表地質分類準則進行岩心分類，將梨山地區崩積層分為崩積土(Dt)、強風化板岩(W1)、中風化板岩(W2)、弱風化板岩(W3)與新鮮岩盤(Rf)五類，而上述五項分類中，若色調與原岩顏色不同時則另行加註(')表示。此種分類方式以風化程度來區別，雖可針對材料做定性描述，若考慮到將來工程上之應用，理應有較為詳細的分類。而本研究依照鑽取之 N-1、N-2 兩孔岩心共 120 m 崩積地層的判釋結果及參考以往大量的岩心照片提出可反應滑動機制等之分類方式。分類方法應有其分類的依據，以下針對本分類方法之指標做說明。



圖 5.1 藤原明敏地滑地質分類準則岩心照片說明(摘自水保局二工所，2003)

(1) 地層材料

崩積地層的材料來自崩坍來源的母岩及其風化產物，因此其組成與原母岩相關。崩積層的組成材料可為分類的參考指標之一。梨山地區地層組成包括新鮮板岩、破碎板岩塊、軟弱層黏土，部分地區上覆工程的回填土。因此本研究將梨山地區의崩積組成材料細分為板岩、軟弱黏土及回填土三部分。

(2) 顆粒排列方式

除崩積材料的組成可反應崩坍的型態外，崩坍岩塊或岩體的顆粒排列，亦可判斷其破壞型態。為反應滑動機制，顆粒排列方式亦為崩積層分類為不可或缺的指標之一。梨山地區的岩心鑽探結果顯示，可將岩心排列分為整齊與不整齊，顆粒排列整齊處其擾動可能性較低，而顆粒的排列方向有依尋劈理方向的趨勢，而顆粒排列不整齊的岩心則多為顆粒大小之板岩塊與黏土膠結散亂夾雜(圖 5.2)。

(3) 弱面與裂隙

岩石受形成時或形成後的應力作用形成弱面，因此位於地層淺處的岩層皆存在程度不一的不連續面。崩積地層若由大規模塊體移動所形成，則此類崩積體除原有不連續面存在外，亦可能因崩壞產生更多的裂面。此類不連續面的多寡及方位，可反應出不同的崩坍機制。因此岩心所呈現的不連續面密度及方位，也為崩積材料分類的一項重要指標。梨山地區岩性以板岩為主，其原岩或其上覆堆積之破碎板岩皆有發達之劈理面分布，而此

區岩心弱面除劈理之外亦伴隨幾組高角度節理或裂面，因此劈理面並不另行加註，而有節理存在或裂隙發達的岩心部分則另行加註(J)。

(4) 膠結填充物

崩積層因滲透性佳，其內的裂隙甚易因地表水下滲而將細粒土壤填充其內，亦可能因地下水導致的物理及化學風化而生成黏土質土壤，此類黏土質土壤可視為崩積層的裂隙填充物，其存在影響崩積層的力學性質而將其納為分類指標之一。梨山地區裂隙之填充物為其原來板岩風化後之黏土(圖 5.3)。

(5) 風化程度

岩石的色調可反應風化程度，與原岩相同色調之風化產物受風化程度較低，反之與原岩色調不同而有其他色調之風化產物則受風化程度較高。梨山地區之崩積層其最終風化產物為灰色黏土，填充物與板岩塊相互膠結，因其填充物皆為黏土，則以色調來描述區分，灰色加註(G)；黃色加註(Y)。

依據前述分類指標，將梨山崩積層加以分類，可利用圖 5.4 的流程將梨山崩積層加以分類。如圖 5.4 所示，進行分類時，首先由地層材料歸納梨山崩積地層為回填土(BF)、軟弱層黏土(C)、板岩(S)三部分。若為板岩則視弱面與裂隙的存在與否及裂隙內存在黏土與否，若為完整岩心則命名為(S)，若含節理或裂面則命名為(SJ)，裂隙中富含黏土部分則依照黏土色調命名為灰色板岩夾灰色黏土(SG)和灰色板岩夾黃色黏土(SY)。最後觀察其顆粒排列組成，顆粒排列不整齊的部份則加註(')。

由地質材料、顆粒排列方式、弱面與裂隙、膠結充填物以及風化程度五項指標，提出針對梨山地區崩積地區之岩心分類方法如表 5.1。第一類灰色板岩夾黃色黏土(SY)主要分布在滑動體淺層靠近地表部分，位置位於地水位以上，黃色黏土可能為地表細料土壤順著地表水沿裂隙下滲而膠結於板岩裂隙之間；第二類灰色板岩夾灰色黏土(SG)，其板岩所夾之灰色黏土，應為原崩積物之母岩因風化作用而生；第三類灰色完整板岩(S)則為新鮮岩盤的部分；第四類灰色黏土夾灰色板岩碎屑則為軟弱層，其可能為滑動面。依照自訂之分類方法，將 N-1 孔與 N-2 孔之地質鑽探柱狀圖列於附錄 A。

表 5.1 岩心分類方法

類別	代碼	岩心描述	說明
第一類	SY	灰色板岩夾黃色黏土	板岩顆粒排列整齊為 SY 板岩顆粒排列不整齊為 SY'
第二類	SG	灰色板岩夾灰色黏土	板岩顆粒排列整齊為 SG 板岩顆粒排列不整齊為 SG'
第三類	S	灰色板岩	完整板岩塊為 S 含節理面分佈則為 SJ
第四類	C	灰色黏土夾灰色板岩碎屑	
第五類	BF	回填土	

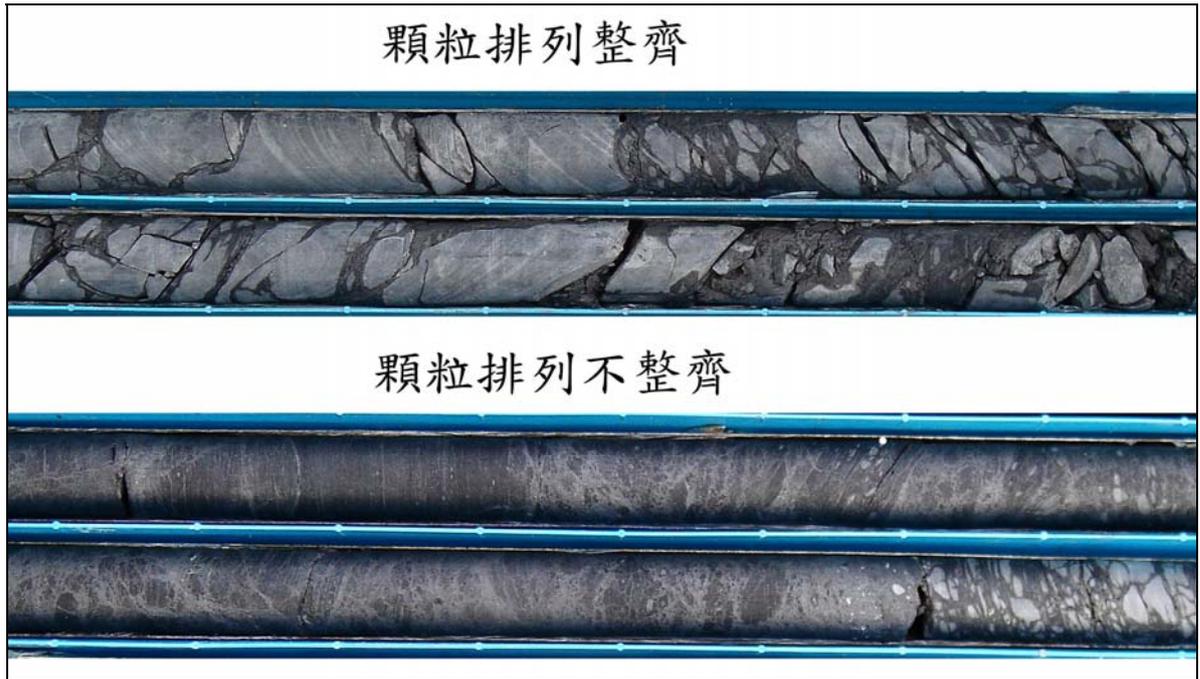


圖 5.2 板岩顆粒排列方式

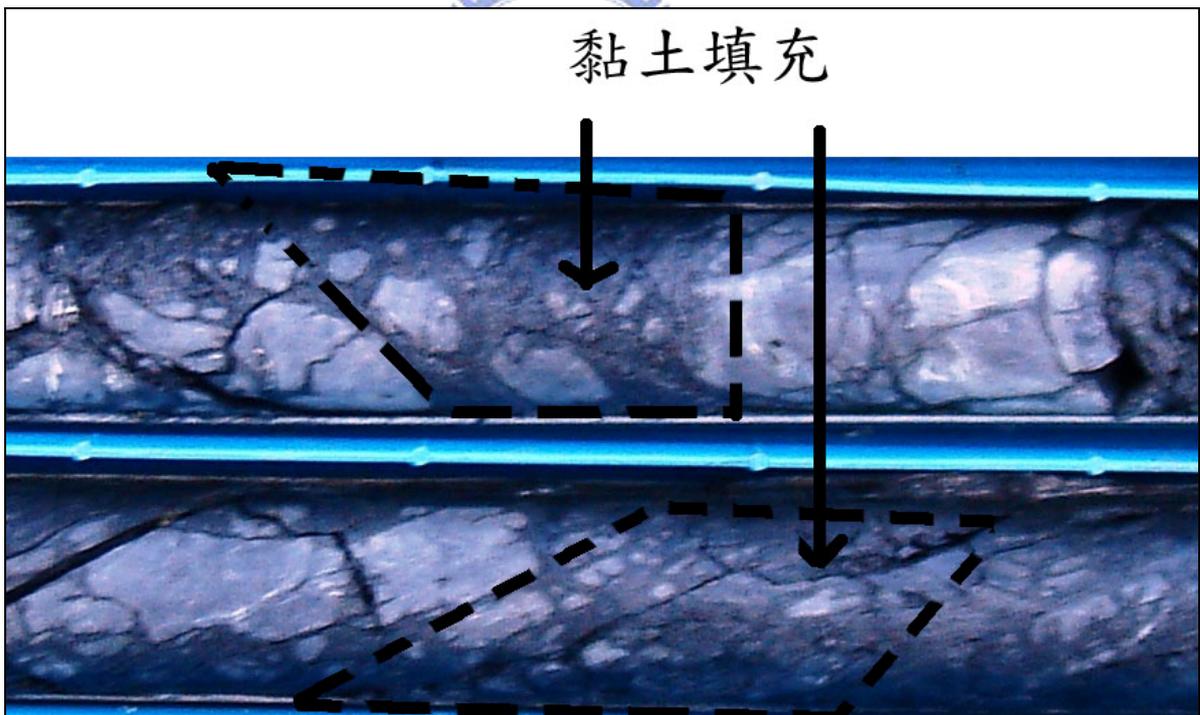


圖 5.3 弱面膠結填充物

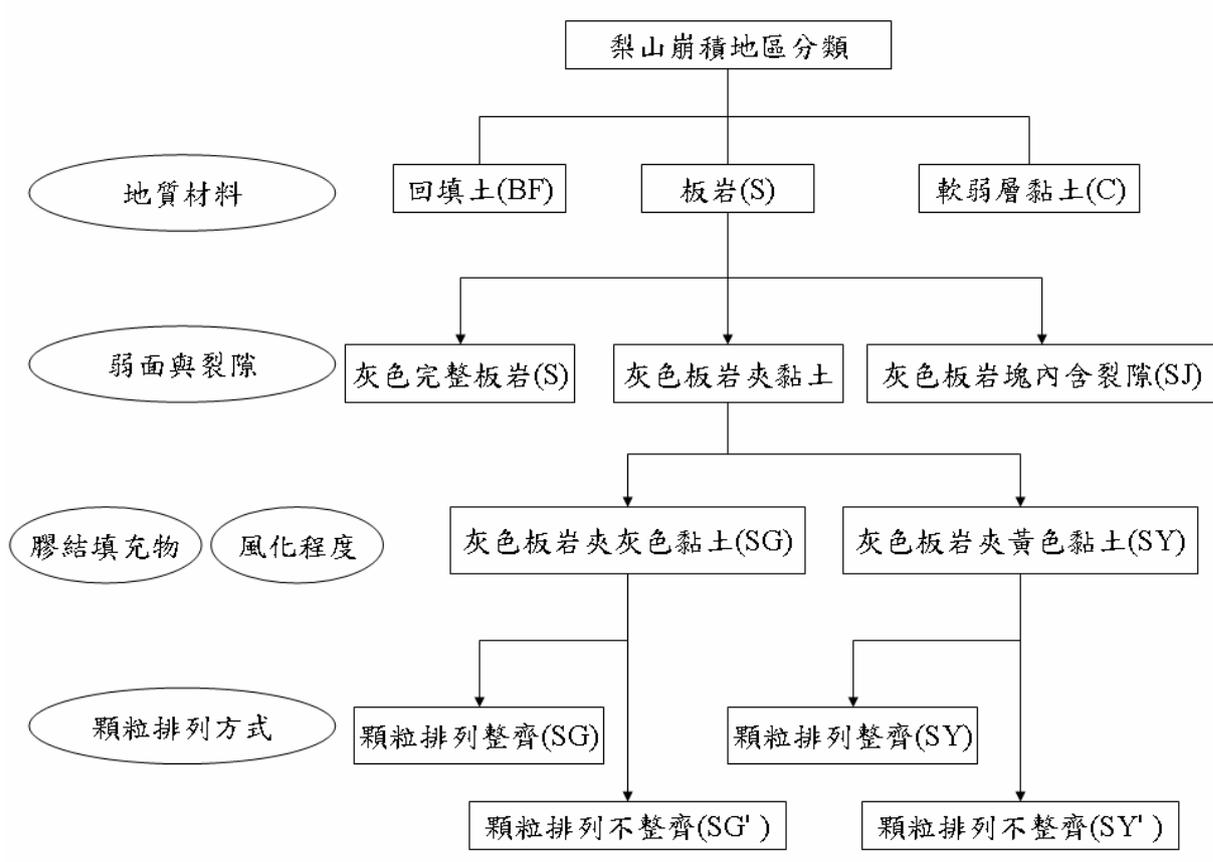


圖 5.4 岩心分類流程圖

5.2 邊坡破壞機制與軟弱層形成原因

5.2.1 邊坡破壞機制探討

本文就不連續面位態的分析結果探討梨山崩積地區的形成機制。以下分別由梨山地區區域地質資料、梨山地區排水廊道開挖地質資料以及本研究之現地孔內造影結果三部分歸納並探討。

(1) 梨山地區區域地質資料

區域地質資料(工研院能資所，1993)顯示梨山地區之岩層方位為 $N15^{\circ} \sim 45^{\circ}E/15^{\circ} \sim 35^{\circ}SE$ (圖 2.6)，而梨山地區地勢由南向北遞降(圖 5.5)，以地形與地質之宏觀角度來看，梨山地區並未存在沿層面順向滑動的條件。

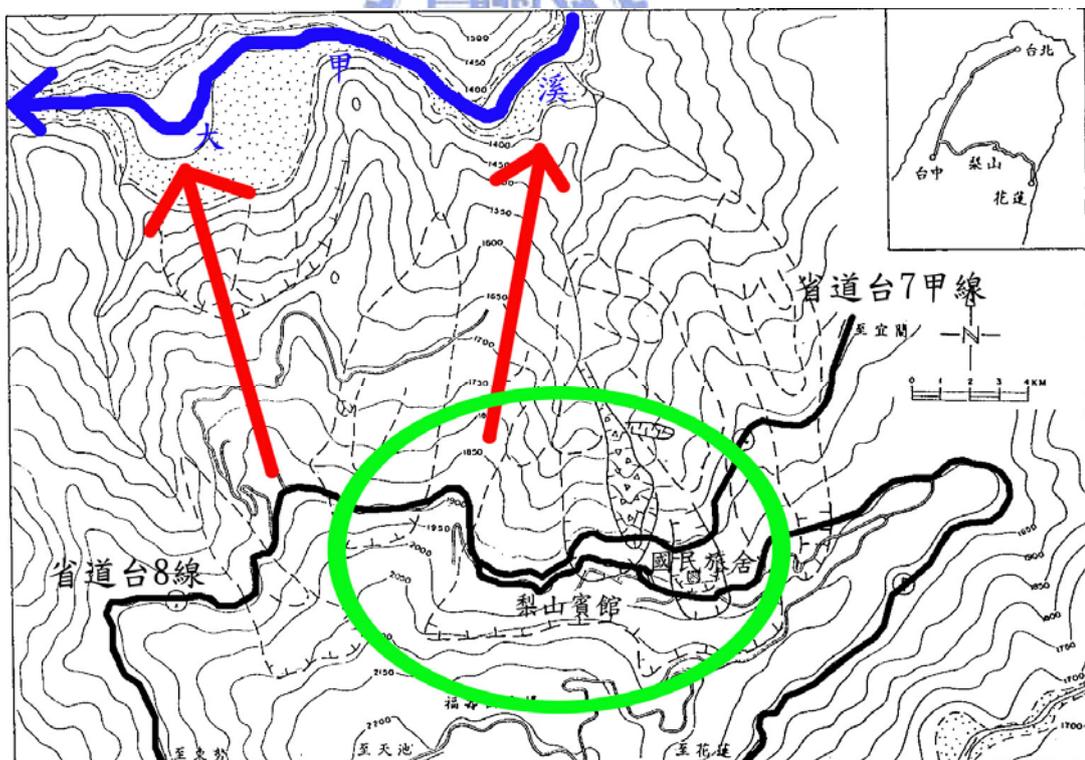


圖 5.5 梨山地區地形略圖(修改自工研院能資所，1993)

(2) 梨山地區排水廊道開挖地質資料

梨山地滑區整治工程建構之 G1、G2 排水廊道，於開挖時獲得許多地質資料，對於滑動體深層的地質情況有更進一步的了解，亦獲得許多地層位態資料。G1、G2 廊道自省道台 7 甲 73k+400 附近，分別自高程 1,910 m 及 1,865 m 處(約地表下 80 公尺之新鮮岩盤內)，以 0.5~1.5% 坡度向上，朝東南方向挖掘，G1 廊道長 350 m、G2 廊道長 550 m，各通過數個滑動體，其 G1、G2 廊道基本資料與地質資料列於表 5.2 與表 5.3 所示，排水廊道於地滑區之通過區域與不連續面位態示於圖 5.6。由廊道地質資料求得之地層層面位態，其走向皆為東北-西南向，角度在 30° ~ 70° 之間，傾向皆向南傾，角度在 40° ~ 80° 之間。劈理分布狀況，G2 排水廊道由 0k+365m 處以至廊道終點為止，其劈理位態由原本傾向向南轉為傾向向北。

(3) 本研究 N-1、N-2 兩鑽孔孔內造影資料

針對 B-9 滑動體來看，由孔內造影量測位態結果顯示如表 4.4 所示，其劈理大致呈東北—西南走向並傾向東南，惟經由 N-2 孔鑽探深度 52.80~67.80 m 所量測到的平均劈理位態，其傾角方向為向北。參考 N-1、N-2 兩孔孔內造影結果繪製 B-9 滑動體之地形地質剖面如圖 5.7 所示，剖面線通過位置如圖 5.8 所示。

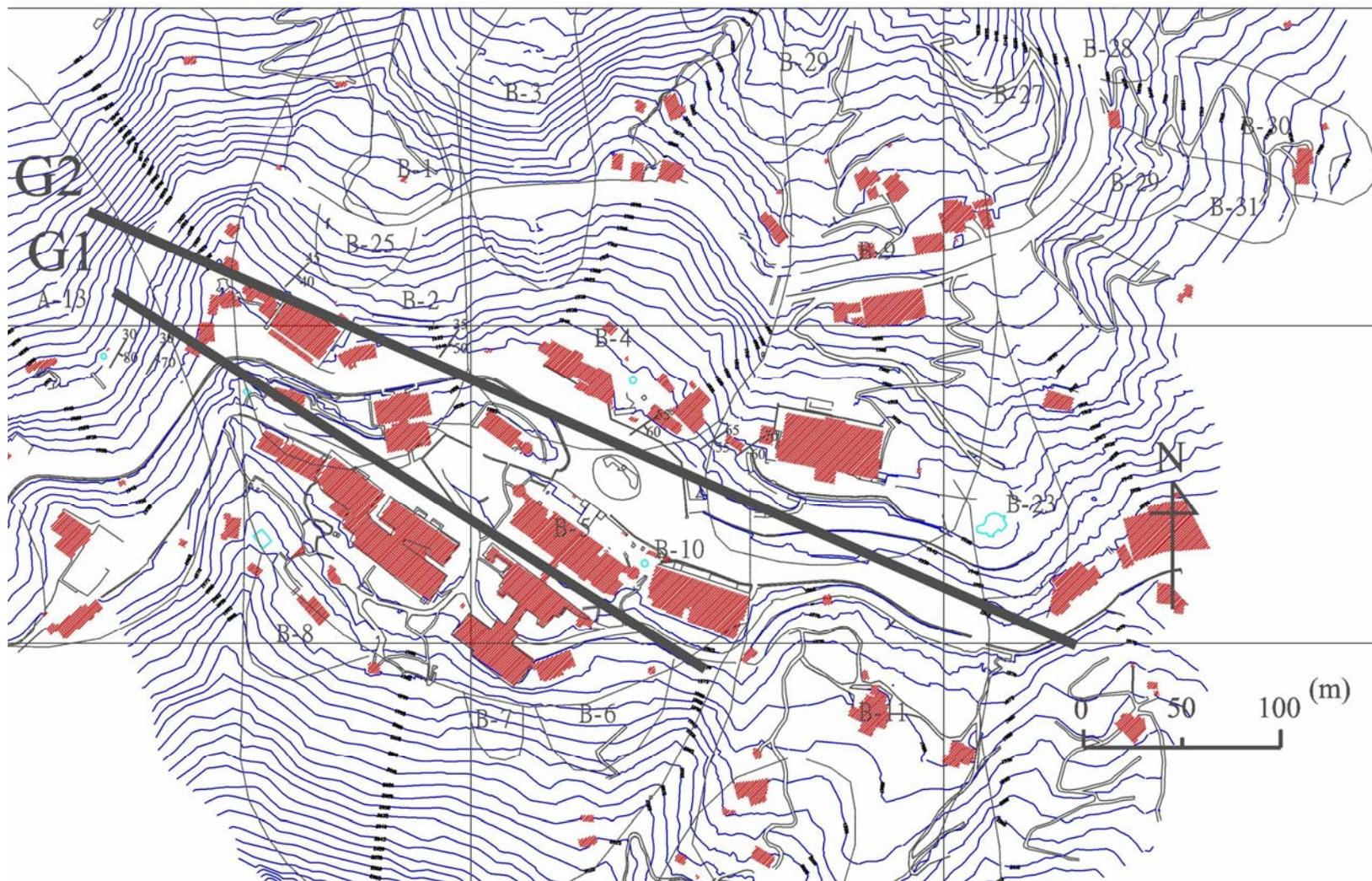


圖 5.6 排水廊道通過位置圖

表 5.2 G1 排水廊道施工中地質調查資料(整理自水保局二工所，2003)

基本資料	廊道編號	G-1	
	廊道口位置座標	N: 2683564, E: 274473	
	廊道總長度	350 m	
	廊道穿越之滑動體	A11、B1、B2、B5	
地質資料	廊道內位置	位態資料	附註
	0k+0m~0k+18m	劈理 $N60^{\circ}E \sim EW / 35^{\circ} \sim 50^{\circ}S$ 節理 $N20^{\circ} \sim 30^{\circ}W / 70^{\circ} \sim 80^{\circ}N$ $N50^{\circ} \sim 70^{\circ}E / 55^{\circ} \sim 65^{\circ}S$	
	0k+18m~0k+20m		剪裂帶
	0k+20m~0k+23m	劈理 $N30^{\circ} \sim 60^{\circ}E / 45^{\circ} \sim 60^{\circ}S$ 節理 $N30^{\circ} \sim 50^{\circ}W / 70^{\circ}S \sim 70^{\circ}N$ $N30^{\circ} \sim 40^{\circ}E / 30^{\circ} \sim 50^{\circ}S$	
	0k+23m~0k+28m		剪裂帶
	0k+28m~0k+43m	劈理 $N30^{\circ} \sim 60^{\circ}E / 40^{\circ} \sim 60^{\circ}S$ 節理 $N40^{\circ} \sim 50^{\circ}E / 40^{\circ} \sim 50^{\circ}S$ $N10^{\circ} \sim 20^{\circ}W / 50^{\circ} \sim 70^{\circ}S$	
	0k+43m~0k+47m	劈理 $N40^{\circ} \sim 50^{\circ}E / 40^{\circ} \sim 50^{\circ}S$ 節理 $N20^{\circ} \sim 50^{\circ}W / 50^{\circ} \sim 70^{\circ}S$ $N30^{\circ} \sim 40^{\circ}W / 55^{\circ} \sim 60^{\circ}N$	黃棕色板岩，節理面常夾岩屑及黏土
	0k+47m~0k+55m	劈理 $N45^{\circ} \sim 50^{\circ}W / 50^{\circ} \sim 55^{\circ}S$ 節理 $N40^{\circ} \sim 55^{\circ}W / 70^{\circ} \sim 80^{\circ}S$ $N70^{\circ} \sim 75^{\circ}W / 70^{\circ} \sim 80^{\circ}N$	灰黑色板岩，節理面鏽染，常夾岩屑及黏土
	0k+55m~0k+57m	層面 $N30^{\circ}E / 70^{\circ} \sim 80^{\circ}S$	剪裂帶
	0k+57m~0k+93m	劈理 $N45^{\circ} \sim 60^{\circ}E / 50^{\circ} \sim 60^{\circ}S$ 節理 $N10^{\circ} \sim 20^{\circ}W / 55^{\circ} \sim 70^{\circ}S$ $N40^{\circ} \sim 50^{\circ}W / 70^{\circ} \sim 85^{\circ}N$	灰黑色板岩，岩體完整
	0k+93m~0k+94m		破碎帶
	0k+94m~0k+105m	劈理 $N45^{\circ} \sim 50^{\circ}E / 55^{\circ} \sim 60^{\circ}S$ 節理 $N10^{\circ} \sim 20^{\circ}W / 55^{\circ} \sim 70^{\circ}S$ $N40^{\circ} \sim 50^{\circ}W / 70^{\circ} \sim 85^{\circ}N$	灰黑色破碎板岩，節理面鏽染
	0k+105m~0k+118m		灰黑色極破碎板岩，夾少至多量剪裂泥，節理多不連續，劈理位態變化劇烈
	0k+118m~0k+170m		剪裂帶
	0k+170m~0k+183m		黃棕色至棕灰色極破碎板岩，劈理不明顯，節理不連續
	0k+183m~0k+284m		剪裂帶
0k+284m~0k+350m	劈理 $N30^{\circ} \sim 70^{\circ}E / 40^{\circ} \sim 70^{\circ}N$	灰黑色板岩，岩體完整呈厚片狀，偶見不連續節理	

表 5.3 G2 排水廊道施工中地質調查資料(整理自水保局二工所，2003)

基本資料	廊道編號	G-2	
	廊道口位置座標	N: 2683591, E: 274453	
	廊道總長度	550 m	
	廊道穿越之滑動體	A11、B1、B2、B4、B5、B9、B11、B23	
地質資料	廊道內位置	位態資料	附註
	0k+0m~0k+8m	劈理 $N10^{\circ} \sim 45^{\circ}W / 25^{\circ} \sim 45^{\circ}S$ 節理 $N40^{\circ} \sim 60^{\circ}W / 50^{\circ} \sim 70^{\circ}S$	
	0k+8m~0k+12m		剪裂帶
	0k+12m~0k+43m	劈理 $N15^{\circ} \sim 45^{\circ}W / 25^{\circ} \sim 45^{\circ}S$ 節理 $N60^{\circ} \sim 85^{\circ}W / 60^{\circ} \sim 80^{\circ}S$ $N15^{\circ} \sim 25^{\circ}W / 45^{\circ} \sim 60^{\circ}S$ $N5^{\circ} \sim 25^{\circ}E / 55^{\circ} \sim 70^{\circ}N$	
	0k+43m~0k+44m		剪裂帶
	0k+44m~0k+56m	劈理 $N40^{\circ} \sim 50^{\circ}W / 50^{\circ} \sim 60^{\circ}S$ 節理 $N55^{\circ} \sim 65^{\circ}W / 80^{\circ}N \sim 80^{\circ}S$	
	0k+56m~0k+57m		剪裂帶
	0k+57m~0k+95m	劈理 $N45^{\circ} \sim 65^{\circ}E / 40^{\circ} \sim 50^{\circ}S$ 節理 $N45^{\circ} \sim 65^{\circ}W / 60^{\circ} \sim 75^{\circ}S$	
	0k+95m~0k+112m	劈理 $N45^{\circ} \sim 65^{\circ}E / 40^{\circ} \sim 50^{\circ}S$ 節理 $N45^{\circ} \sim 60^{\circ}W / 80^{\circ}S \sim 80^{\circ}N$	
	0k+112m~0k+116m	層面 $N45^{\circ}E / 40^{\circ}S$	灰色石英砂岩
	0k+116m~0k+118m	節理 $N65^{\circ} \sim 70^{\circ}W / 50^{\circ} \sim 60^{\circ}N$ $N40^{\circ} \sim 50^{\circ}E / 40^{\circ}S$	
	0k+118m~0k+119m		剪裂帶
	0k+119m~0k+135m	劈理 $N50^{\circ} \sim 60^{\circ}E / 40^{\circ} \sim 50^{\circ}S$ 節理 $N45^{\circ} \sim 60^{\circ}W / 75^{\circ} \sim 85^{\circ}S$	灰黑色板岩，破碎至極破碎，偶夾黏土
	0k+135m~0k+163m	劈理 $N50^{\circ} \sim 60^{\circ}E / 40^{\circ} \sim 50^{\circ}S$	灰黑色板岩，破碎至極破碎，節理位態變化大
	0k+163m~0k+202m		剪裂帶
	0k+202m~0k+205m	劈理 $N45^{\circ} \sim 55^{\circ}E / 25^{\circ} \sim 35^{\circ}S$ 節理 $N40^{\circ} \sim 50^{\circ}W / 40^{\circ} \sim 75^{\circ}N$	
	0k+205m~0k+220m	層面 $N30^{\circ} \sim 40^{\circ}E / 45^{\circ} \sim 55^{\circ}S$ 轉至 $N20^{\circ} \sim 40^{\circ}E / 60^{\circ} \sim 70^{\circ}S$ 節理 $N50^{\circ} \sim 60^{\circ}W / 60^{\circ} \sim 70^{\circ}N$ $N45^{\circ} \sim 60^{\circ}W / 50^{\circ} \sim 70^{\circ}S$	灰黑色板岩及灰色砂岩互層，砂岩均破碎成塊狀，劈理約與層面平行，劈理面及層面間常夾有薄層剪裂泥，偶有剪裂面出現，岩盤有輕微擾動現象

表 5.3(續) G2 排水廊道施工中地質調查資料(整理自水保局二工所，2003)

地質資料	廊道內位置	位態資料	附註
	0k+220m~0k+237m	劈理 $N30^{\circ} \sim 40^{\circ}E / 65^{\circ} \sim 80^{\circ}S$	
	0k+237m~0k+252m	層面 $N50^{\circ} \sim 60^{\circ}E / 60^{\circ} \sim 65^{\circ}S$	
	0k+252m~0k+257m		剪裂帶
	0k+257m~0k+275m	劈理 $N50^{\circ} \sim 60^{\circ}E / 60^{\circ} \sim 65^{\circ}S$	灰黑色破碎板岩，偶夾剪裂帶
	0k+275m~0k+287m	劈理 $N60^{\circ}E / 50^{\circ} \sim 60^{\circ}S$	灰黑色板岩，岩質堅硬，劈理不明顯
	0k+287m~0k+308m	層面 $N65^{\circ} \sim 70^{\circ}E / 55^{\circ} \sim 60^{\circ}S$	
	0k+308m~0k+309m		剪裂帶
	0k+309m~0k+317m	劈理 $N65^{\circ} \sim 70^{\circ}E / 60^{\circ}S$	
	0k+317m~0k+327m		剪裂帶
	0k+327m~0k+338m	劈理 $N60^{\circ} \sim 70^{\circ}E / 50^{\circ}S$ 節理 $N10^{\circ} \sim 35^{\circ}W / 70^{\circ} \sim 80^{\circ}N$	
	0k+338m~0k+353m	劈理 $N60^{\circ}E / 50^{\circ}S$ $N35^{\circ}E / 40^{\circ}S$	
	0k+353m~0k+365m		剪裂帶
	0k+365m~0k+385m	劈理 $N30^{\circ} \sim 40^{\circ}E / 80^{\circ} \sim 90^{\circ}N$ 轉至 $N45^{\circ} \sim 50^{\circ}E / 50^{\circ} \sim 60^{\circ}S$ 節理 $N30^{\circ} \sim 45^{\circ}W / 70^{\circ} \sim 80^{\circ}N$ $N20^{\circ} \sim 40^{\circ}E / 65^{\circ} \sim 75^{\circ}N$	
	0k+385m~0k+388m		剪裂帶
	0k+388m~0k+462m	劈理 $N50^{\circ} \sim 70^{\circ}E / 70^{\circ} \sim 90^{\circ}N$ 節理 $N20^{\circ} \sim 40^{\circ}W / 70^{\circ} \sim 80^{\circ}N$	灰黑色板岩，岩體完整堅硬，一組節理斷續出現
	0k+462m~0k+477m		剪裂帶
	0k+477m~0k+498m	劈理 $N65^{\circ} \sim 70^{\circ}E / 70^{\circ} \sim 80^{\circ}N$	灰黑色破碎板岩，易剝落成片狀，劈理明顯
	0k+498m~0k+547m		剪裂帶
	0k+547m~0k+550m		灰黑色板岩，岩體完整，劈理不明顯

綜合上述三點推測 B-9 滑動體可能的破壞形式。首先由區域地質來看，梨山地區地勢向北傾斜，由排水廊道所得到之地層層面位態資料為東北-西南走向，傾角傾向南方，並非沿層面之順向滑動破壞。單就 B-9 滑動體來看，N-1、N-2 兩孔之孔內造影資料雖為量測到層面位態資料，但由於劈理為板岩區主要之不連續面，且輕度變質岩區之劈理常表現出層面劈理的特性，如此由平均劈理位態亦傾向南方的結果，推論梨山崩積地區亦非沿劈理面順向滑動的破壞形式。由於 N-2 孔位態資料有劈理傾向方向反轉的情況，且反轉之現象發生在軟弱層與新鮮岩盤之間的風化板岩層(52.80~67.80 m)；而 G2 排水廊道在廊道里程約 0k+344m 處進入 B-9 滑動體下方，深度約在地表下 60~70 m 深(水保局二工所，2003)，其平均劈理位態傾向為向北，與孔內造影資料相符。由位態資料歸納結果，根據日本學者 Chigira(1992)提出之大規模山崩潛移作用模式分類，B-9 滑動體類似其第二類，即逆向坡之拖曳褶皺型(圖 5.9)，此類型之特徵為原本葉理位態與坡向呈逆向，邊坡外側因重力產生潛移，使原本相同位態之劈理經由滑動體拖曳後偏離原來之傾向，以此推測 B-9 滑動體破壞方式可能為大規模山坡潛移作用。至於下邊坡之 N-1 孔劈理位態並未發現有傾向倒轉之現象，由於此現象位於邊坡較深層之處，或許因為鑽孔深度不足，使得 N-1 孔並未鑽至有潛移破壞現象的地方。

圖 5.7 中，新鮮岩盤介面處上下地層的平均劈理位態，其傾向亦呈現倒轉現象，但此岩盤介面並未有軟弱層黏土(C)出現，研判可能有發生潛移破壞的跡象，應尚未有明顯滑動產生。

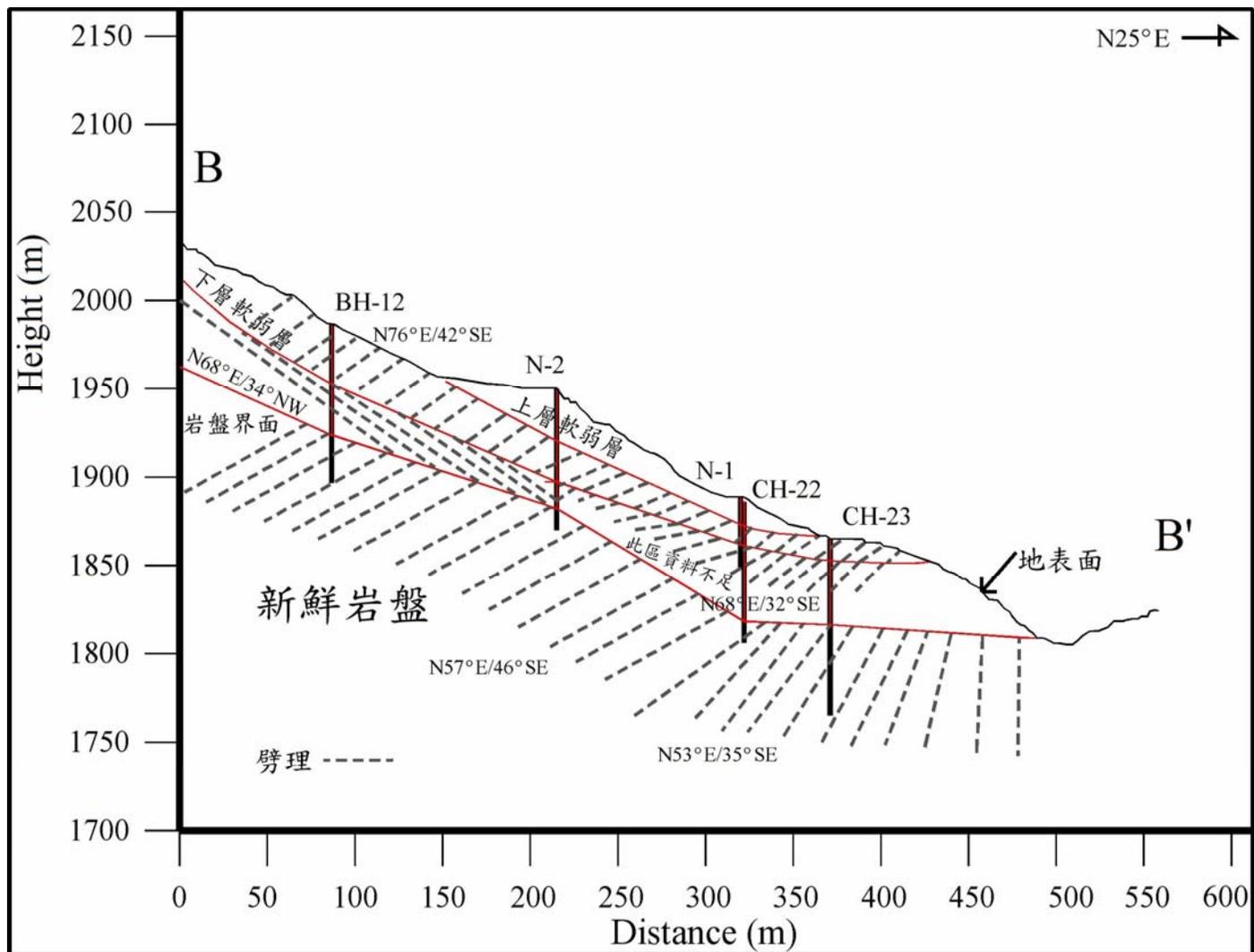


圖 5.7 B-9 滑動體地層劈理位態分布圖

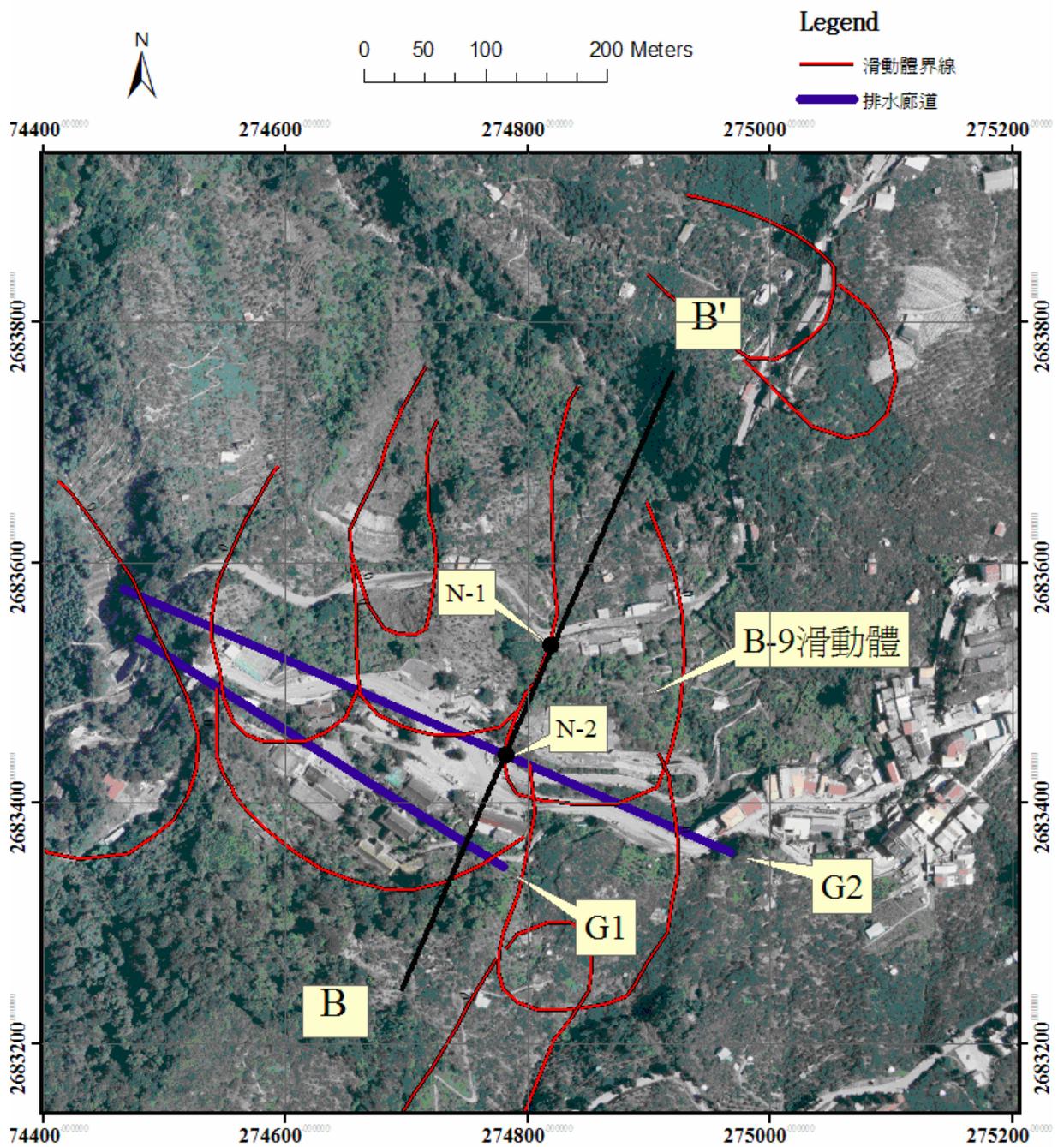


圖 5.8 圖 5.7 中剖面線 B-B' 通過位置

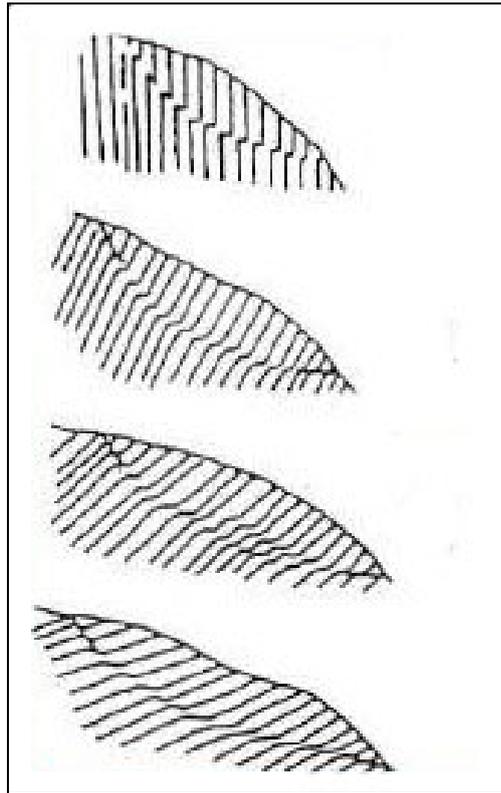


圖 5.9 潛移破壞-逆向坡之拖曳褶皺型(摘自 Chigara, 1992)

5.2.2 軟弱層形成原因探討

梨山地滑區一般認為滑動面為一粉土質黏土介面，即日本學者藤原明敏分類之強風化板岩 W1。而本研究搭配孔內造影的結果將此軟弱層獨立區分為灰色黏土夾灰色板岩碎屑(C)。針對本研究區鑽探結果之軟弱層分布位置，對其形成原因有以下兩點推論：

(1) 上層軟弱層

民國 85~90 年之地下水位監測結果如圖 5.10 所示(富國技術工程，2001)。地下水位變動範圍大約為地表下 26~30 m，監測期間有 W-4 集水井以及 H-8、H-9 橫向排水管等地滑整治工程設施完工，曾經短暫使地水位下降至地表下 32 m，但排水設施完工後隔年，地下水位又回到地表下

26~30 m 處。監測期間之短暫暴雨情況(表 5.4)也不足以影響地下水位的位
置，而以降雨量較少之枯水期 11 月平均地水位資料來看(表 5.5)，也並未
因為枯水期的影響而使地下水位大幅降低。

觀察 N-1 孔與 N-2 孔上層之軟弱層(圖 5.11、圖 5.12)，上層軟弱層由
灰色黏土夾灰色板岩碎屑而成，其灰色黏土與原母岩灰色板岩色調相同，
為由原母岩因風化弱化而成，而非由地表經由崩積層之裂隙將地表細料帶
下產生。在本研究之現地試驗施作當時，N-1 孔地水位為 19.40 m，N-2
孔地水位為 26.30 m，與 N-1 孔上層軟弱層 15.70~18.90 m 及 N-2 孔上層
軟弱層位置 26.15~29.80 m，在位置上大致相符。推測上層軟弱層可能為
地下水上下變動而使風化板岩加速風化而形成。

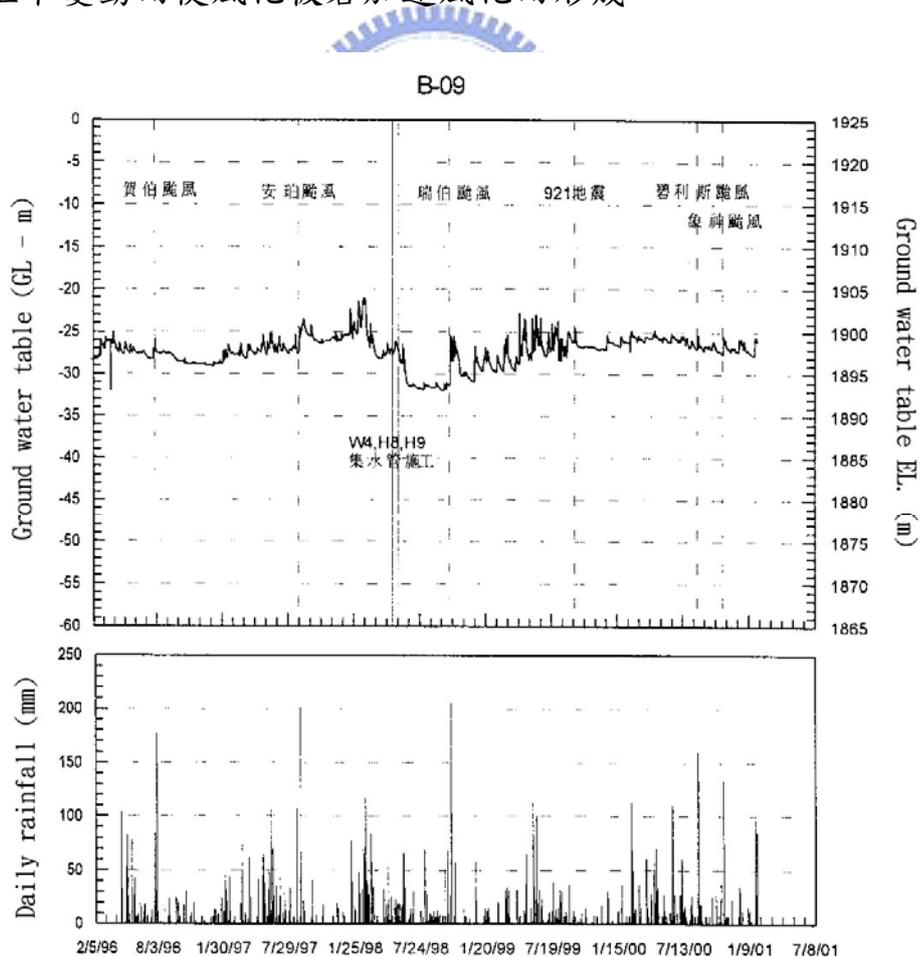


圖 5.10 B-9 滑動體地下水位變化(摘自富國技術工程，2001)

表 5.4 B-9 滑動體暴雨前後地下水位變化狀況(整理自富國工程，2001)

颱風名稱	年	降雨量 (mm)	最大 降雨強度 (mm/hr)	水位變化(m)		
				地水位(m)		上升(m)
				水位高程(m)		
賀伯	85	356.7	17.0	27.55	25.78	1.77
				1899.97	1901.74	
安伯	86	249.3	24.5	27.38	24.50	2.88
				1900.14	1903.02	
瑞伯	87	309.2	25.9	31.39	25.43	5.96
				1896.13	1902.09	
碧利斯	89	348.2	36.5	27.05	25.30	1.75
				1900.47	1902.22	
象神	89	220.2	16.0	27.55	25.58	1.97
				1899.97	1901.94	

表 5.5 85~89 年度地下水位(摘自富國技術工程，2001)

年度	85	86	87	88	89
月雨量(mm)	47.5	0	32.5	31.5	117.4
水位(m)	28.82	26.03	29.63	26.91	26.70

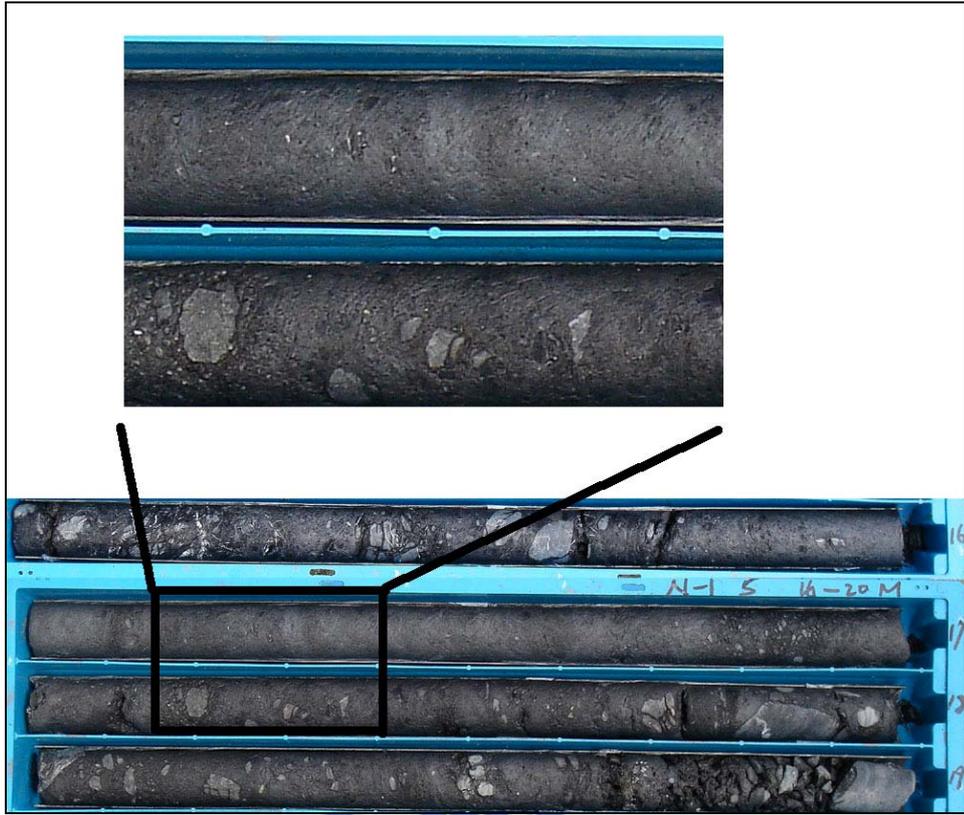


圖 5.11 N-1 孔上層軟弱層

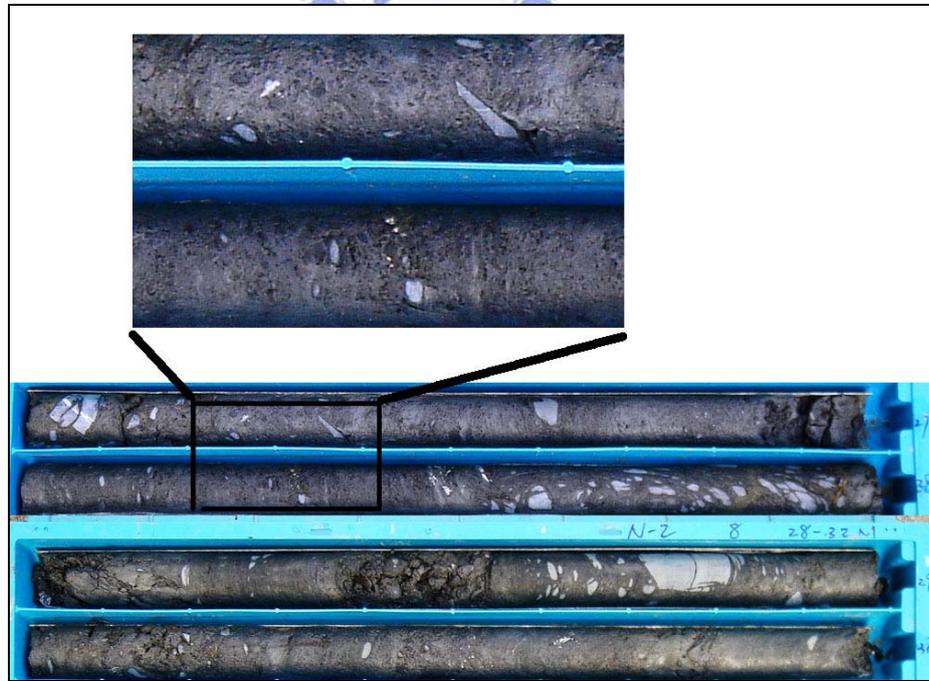


圖 5.12 N-2 孔上層軟弱層

(2) 下層軟弱層

圖 5.13 為 N-2 孔下層軟弱層上下岩心柱狀圖，由圖 5.13 可看出風化程度朝下層軟弱層增加之趨勢。下層軟弱層上下之劈理位態分布傾向為相反方向(圖 5.7)，而上述推論 B-9 滑動體可能為潛移破壞的形式，推測下層軟弱層可能由於潛移破壞造成上下岩層剪動而產生。N-1 孔下層軟弱層之上下岩層劈理位態，並未有傾向方向相反的情況發生，但由於鑽探結果並未鑽至新鮮岩盤，而下層軟弱層與下方新鮮岩盤之間的位態是否亦呈現傾向方向相反之現象則有待釐清。

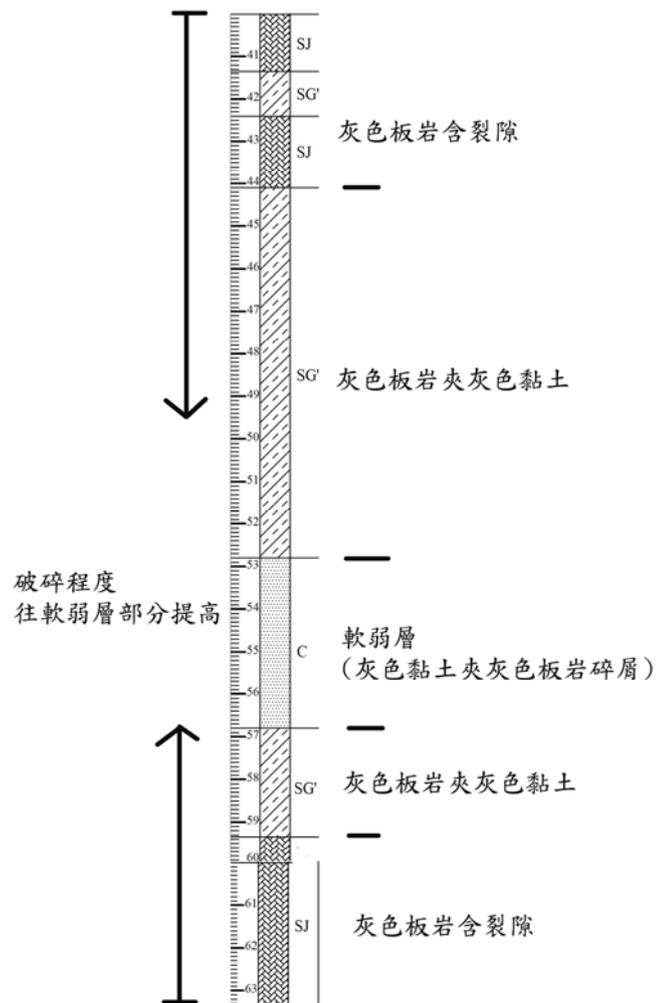


圖 5.13 N-2 孔下層軟弱層附近岩心柱狀圖

5.3 地形分析結果與探討

5.3.1 梨山崩積地區坡度坡向

本研究採用 $5m \times 5m$ 梨山地區數位地形模型資料，搭配 ArcGIS 軟體內建之 3D 分析模組(3D Analyst)，可將坡度與坡向的趨勢利用色差的方式表現出來。

坡度

邊坡坡度可以反應崩塌是否容易發生，圖 5.14 為梨山地區坡度趨勢分布圖，圖中以色差方式來展現坡度大小的改變。梨山地滑區較大規模的滑動體分布位置如圖中所示，地滑區南方之白色緩坡區塊為大範圍人為開發之福壽山農場。圖中 A 區塊為福壽山農場北緣，沿此線而有發展為 40° 以上甚至 70° 之陡坡，研判此處應為大規模崩坍遺留之崩崖，而北方地滑區為發展於以前大規模崩坍的堆積物上面。圖中 B 區塊為福壽山農場之下邊坡往北接續發展的數個滑動體，觀其坡度分布約 $20^\circ \sim 30^\circ$ 之間，研判可能因為早前大規模之崩坍之崖下堆積物(崩積層)二次或三次發生崩坍或滑動，使得邊坡越趨平緩所致。

本研究研究場址 B-9 滑動區之坡度約略為 $20^\circ \sim 30^\circ$ ，坡頂與坡趾處皆有公路開築，而早前坡面亦有國民旅舍等建物存在，或許坡面經過工程填方挖方而非原坡面型態。

坡向

坡向搭配地層位態結果可反應邊坡是否為順向坡的型態，有助釐清邊

坡破壞方式。圖 5.15 為梨山地區坡向趨勢分布圖，表現方式由順時針 0°~360°環繞一圈，即 0°為正北方，90°為正東方，180°為正南方，270°為正西方。本研究區之 B-9 滑動體坡面方向與其破壞滑動方向相符。

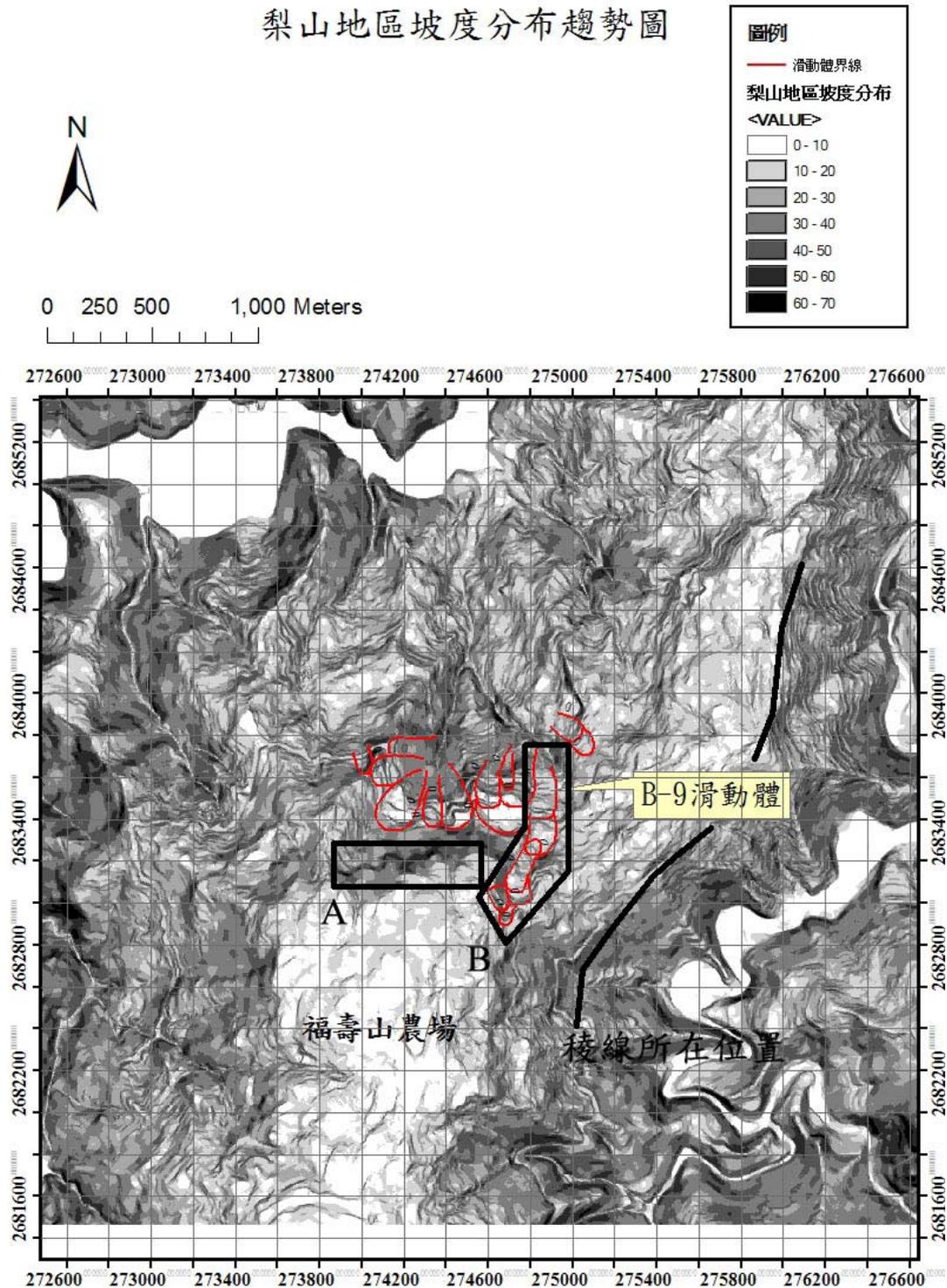


圖 5.14 梨山地區坡度分布趨勢圖

梨山地區坡向分布趨勢圖

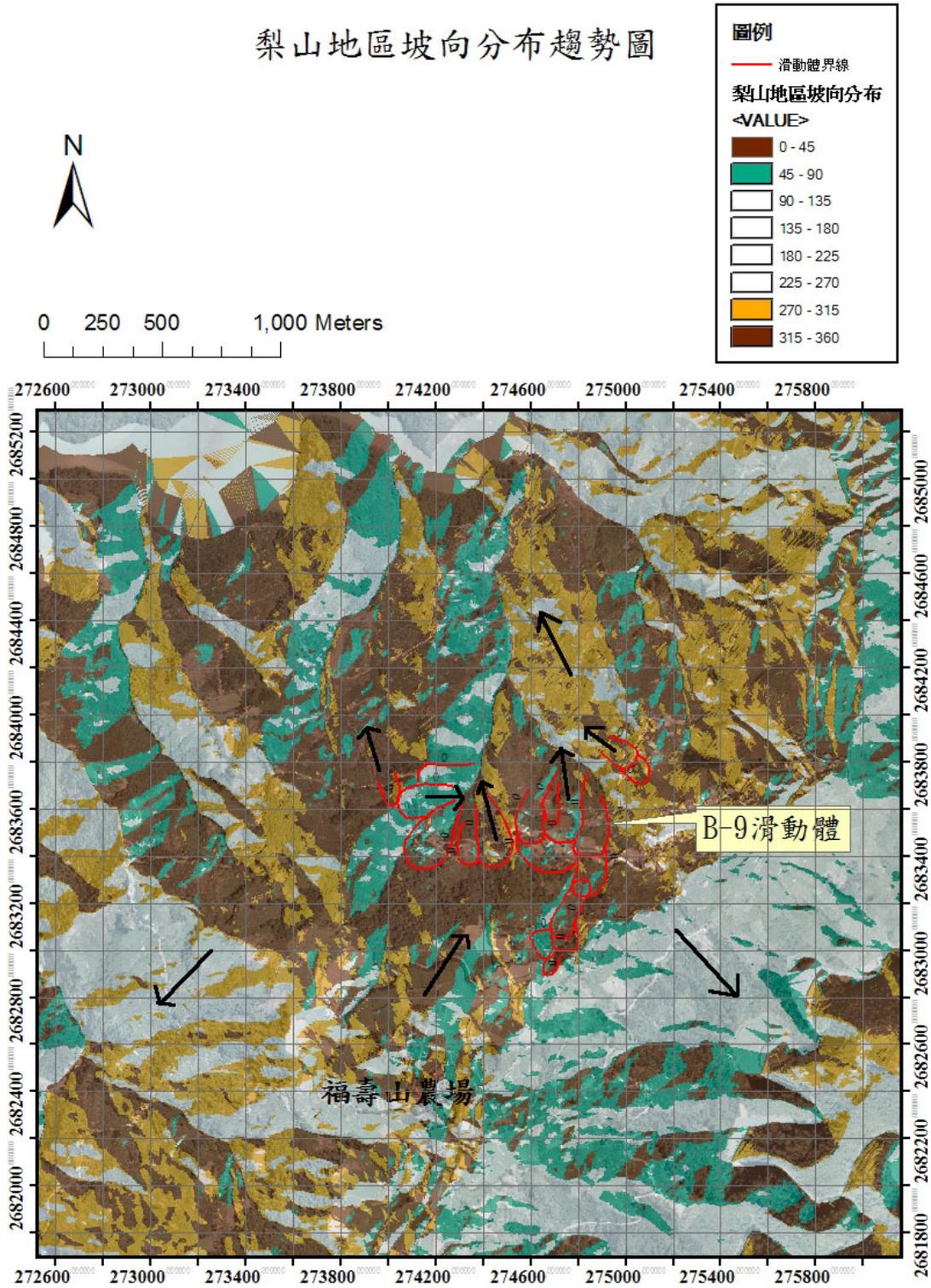


圖 5.15 梨山地區坡向分布趨勢圖

5.3.2 滑動體地形地質剖面分析

一般邊坡破壞其崩落與堆積的過程會反應在地表地形上，本研究先藉由梨山地區 DTM 資料製作地形剖面，配合梨山地區鑽探之地質資料來探討梨山崩積地區的崩塌情形。工研院能資所(1993)將梨山地滑區大致以集水區內之主要河谷為界，由西向東劃分為西區、東南區及東北區三個地滑區，其中西區地滑區細分為 A-1~A-13 滑動體，東南地滑區細分為 B-1~B-31 滑動體，東北地滑區細分為 C-1~C-10 滑動體。茲針對梨山崩積地區分區中面積較大的幾個滑動體，並選擇過去擁有較多舊有鑽孔資料的滑動體做分析，其中西區選擇 A-2、A-11 滑動體；東南區選擇 B-4、B-5、B-9 滑動體；東北區選擇 C-1、C-2 滑動體，其通過剖面線位置如圖 5.16 所示。

西區滑動體存在一層軟弱層為滑動介面，並且位於滑動體之淺層部分。過去認為西區滑動體滑動面屬於淺層滑動，而滑動體呈圓弧型破壞。圖 5.17 為通過 A-2 滑動體之地形地質剖面圖，由 A-2 滑動體鑽孔岩心判釋結果發現，A-2 滑動體存在一層軟弱層，約位於地表下 16m 處，與過去判斷結果相符，將鑽孔軟弱層位置相互延伸結果可延伸一圓弧型破壞面。圖 5.18 為通過 A-11 滑動體之地形地質剖面圖，A-11 滑動體坡度較陡，大約分布在 25° ~ 50° 之間，A-11 滑動體滑動面亦分布在淺層，但並無圓弧型式的破壞面，軟弱層和岩盤介面與地表面約略平行。

過去調查結果發現，東南區滑動體一般存在兩層滑動層，上層滑動層分布範圍約在地表下 20~30 m 處，下層滑動層則約在地表下 50~60 m 處，富國技術工程(2001)推測東南區淺層滑動層受地下水位影響較高，並

發現東南區滑動體埋設之傾斜觀測管孔底有位移現象，認為東南區滑動體深層有潛移的現象發生。圖 5.19 為 B-4、B-5 滑動體之地質剖面圖，上層滑動體靠近淺層且類似圓弧型滑動，下層滑動體層靠近新鮮岩盤，約略平行於岩盤介面分布。圖 5.20 為本研究調查之 B-9 滑動體之地質剖面(同圖 5.7)，上層軟弱層以上之崩體類似大規模崩塌的堆積物，淺層破壞可能為古老堆積物沿著上層滑動層並伴隨其他因素(如 5.1、5.2 小節所提到之地下水的影響)造成滑動，而下層滑動層則由孔內造影試驗結果判斷可能為潛移所造成。由此比對滑動層之線形，B-4、B-5 滑動體上層軟弱層與 B-9 滑動體上層軟弱層類似，同屬於圓弧型；而 B-4、B-5 滑動體下層軟弱層與 B-9 滑動體下層軟弱層同屬於較平緩的滑動弧，其破壞原因可能與 B-9 滑動體相似。

東北區滑動體主要滑動面一般位於地表下 10~15 m(工研院能資所，2005)。圖 5.21 為東北區滑動體 C-1、C-2 滑動體之地形地質剖面圖，由剖面顯示 C-1、C-2 滑動體由主要有兩層滑動層，下層滑動層靠近岩盤面約略平行岩盤面延伸，上層滑動層則由三組圓弧型滑動面疊合而成，地表坡度在 15° ~ 35° 之間。

總結西區、東南區、東北區主要滑動體地形分析歸納結果，整理如表 5.6 所示。

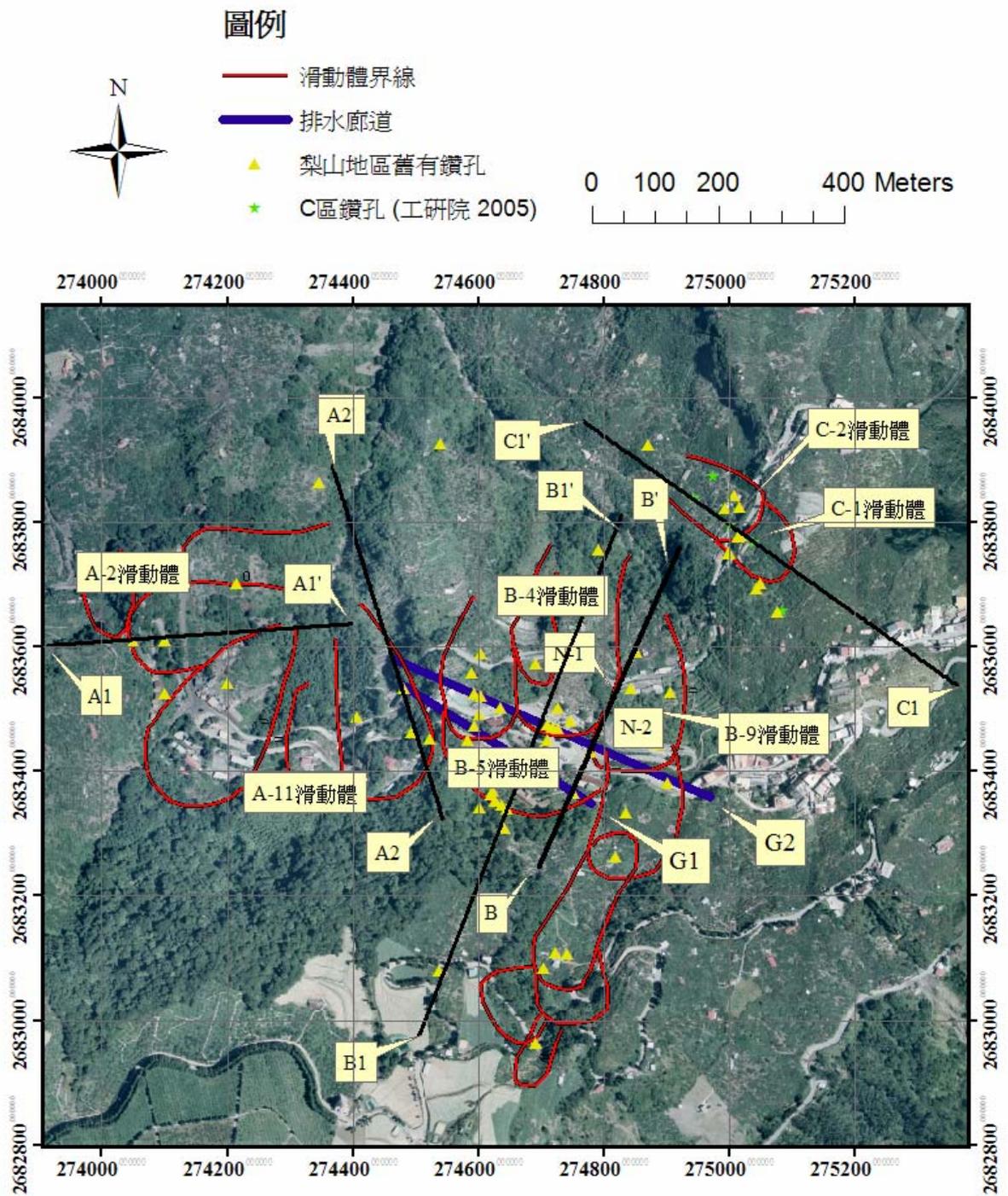


圖 5.16 梨山崩積地區剖面線位置圖

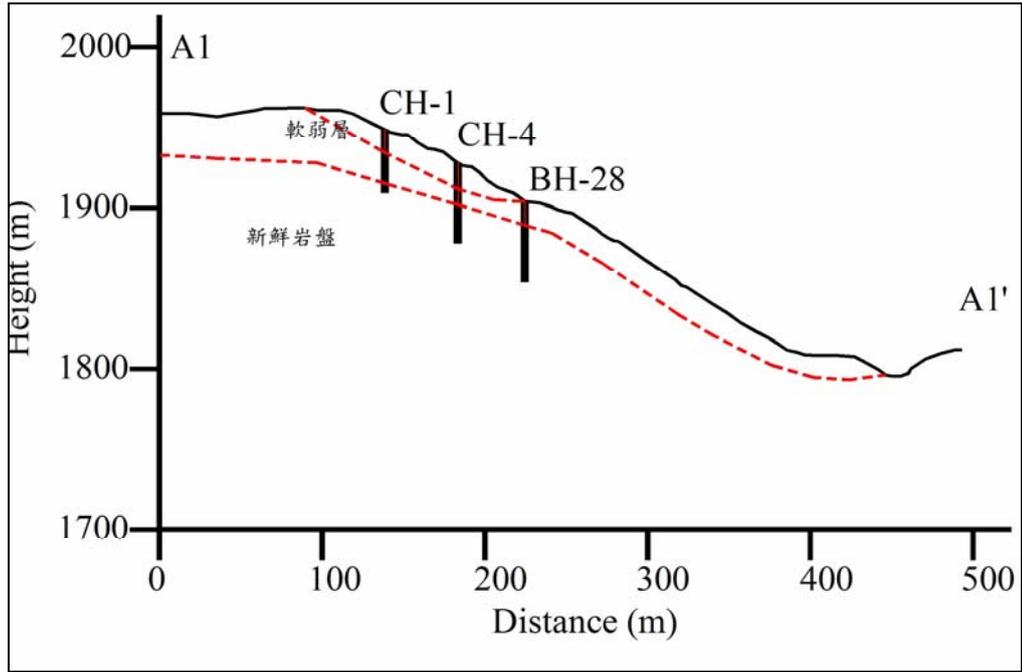


圖 5.17 梨山崩積地區 A-2 滑動體地形地質剖面圖

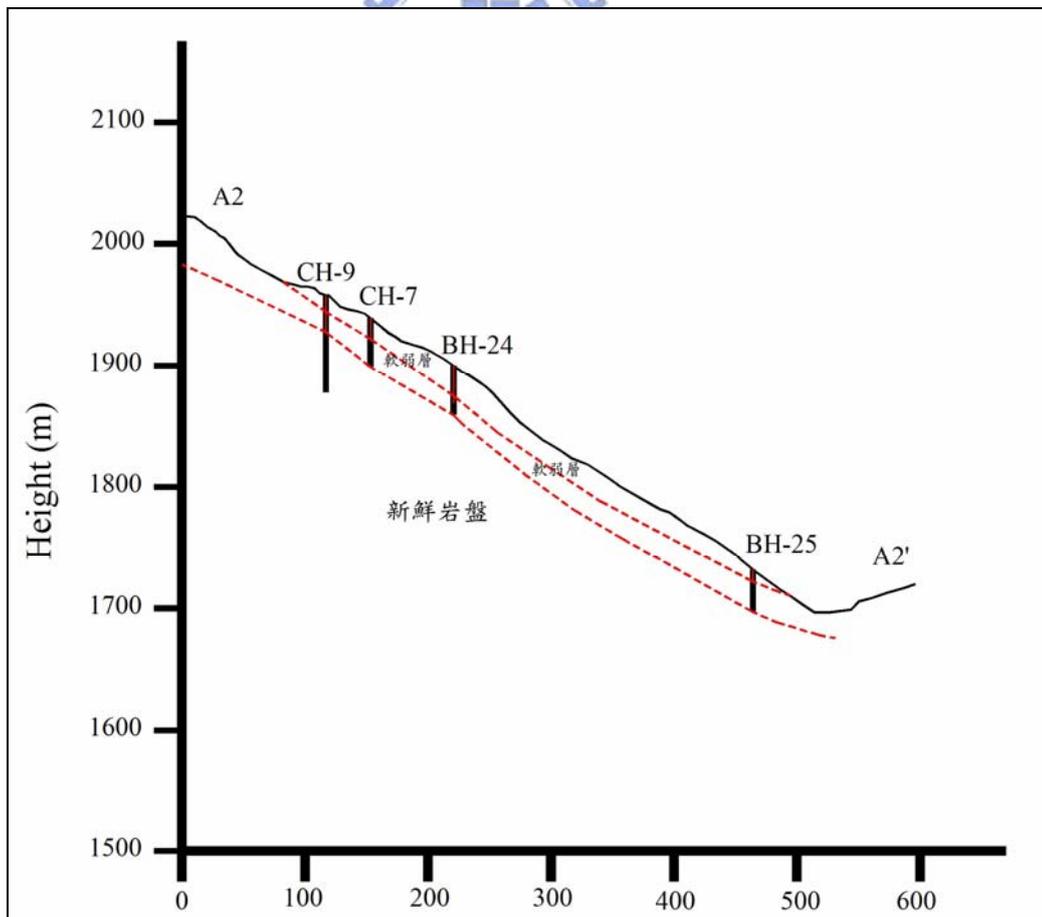


圖 5.18 梨山崩積地區 A-11 滑動體地形地質剖面圖

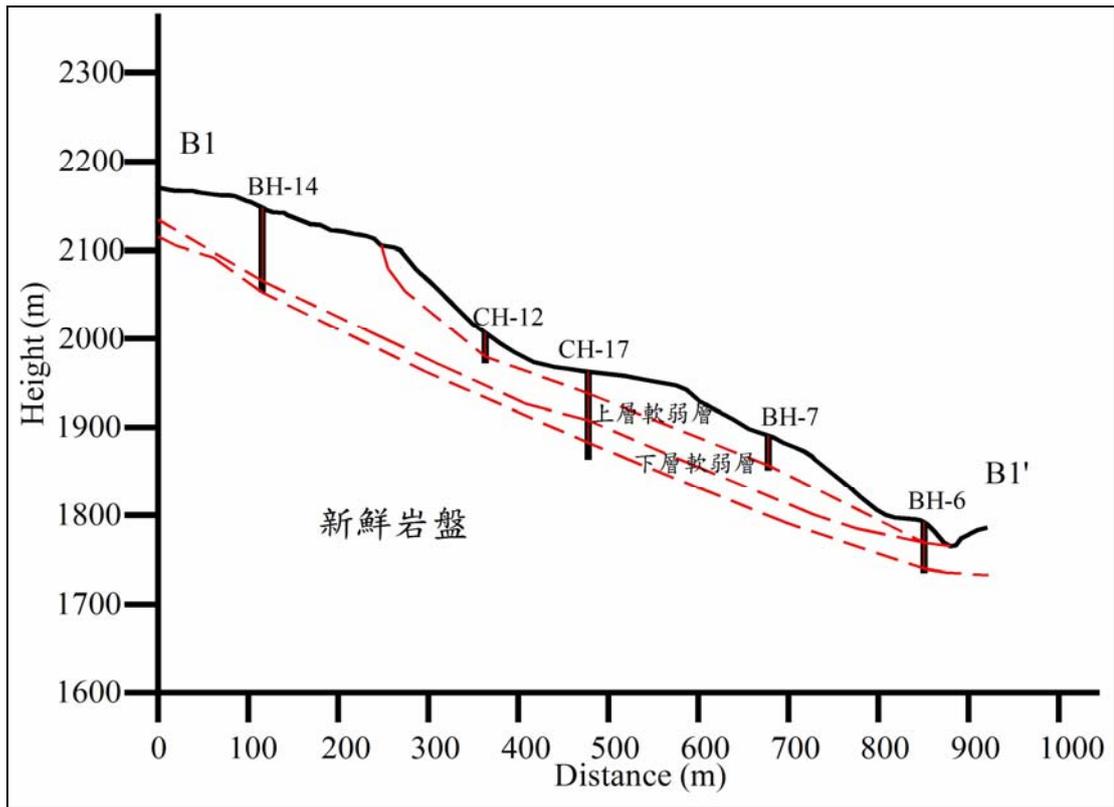


圖 5.19 梨山崩積地區 B-4、B-5 滑動體地形地質剖面圖

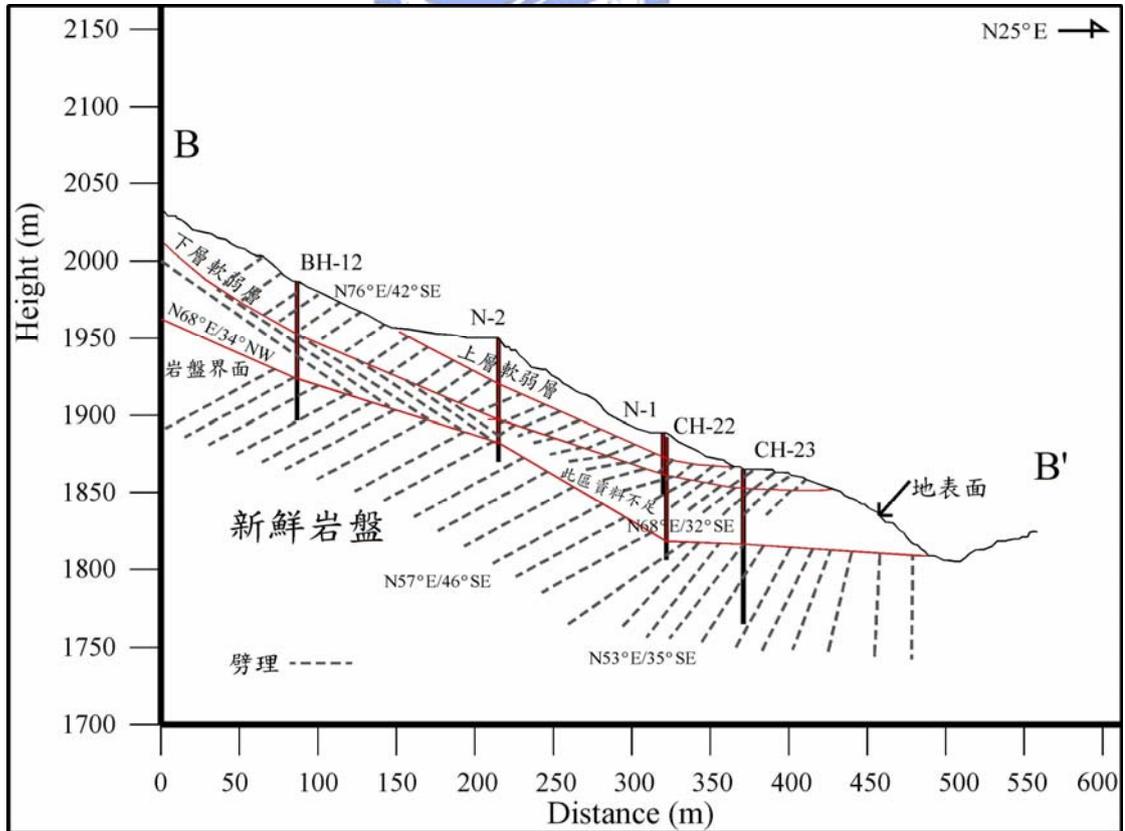


圖 5.20 梨山崩積地區 B-9 滑動體地形地質剖面圖

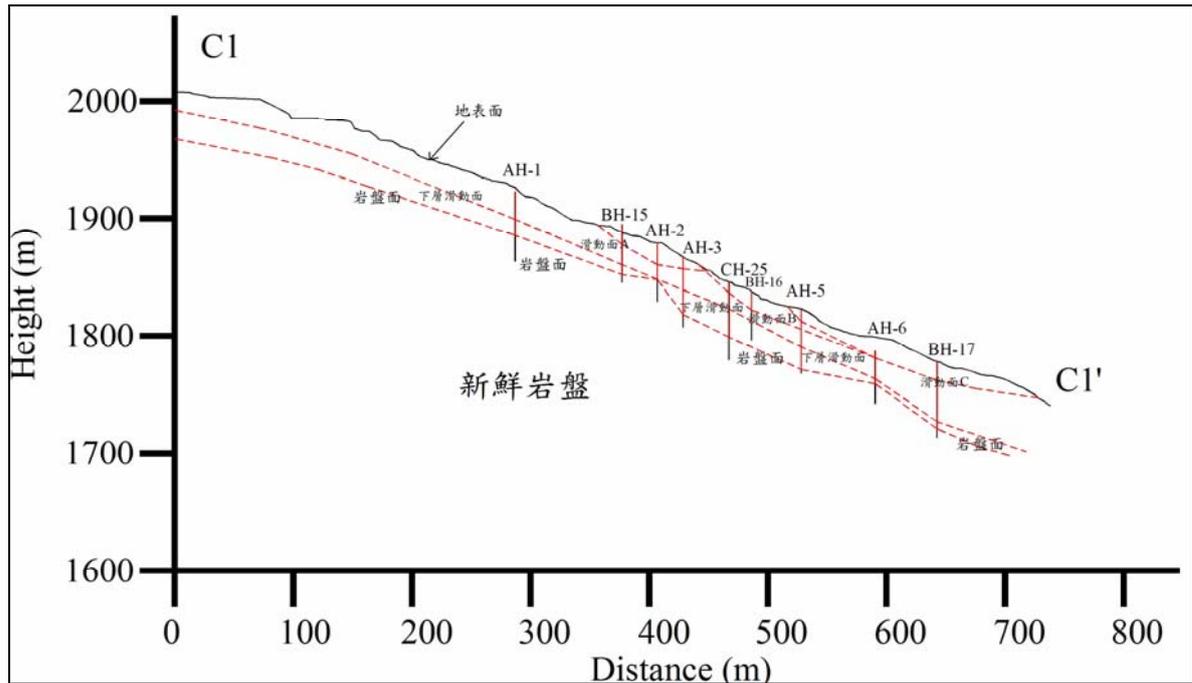


圖 5.21 梨山崩積地區 C-1、C-2 滑動體地形地質剖面圖

表 5.6 梨山崩積地區滑動體地形分析歸納結果

地滑分區	西區		東南區		東北區
代表滑動體	A-2	A-11	B-4 B-5	B-9	C-1 C-2
地表坡度	20° ~ 50°		20° ~ 40°		15° ~ 35°
剖面線	A1 - A1'	A2 - A2'	B1 - B1'	B - B'	C1 - C1'
滑動面數量	一層	一層	二層	二層	二層
可能邊坡破壞方式	淺層圓弧型滑動	淺層圓弧型滑動	上層圓弧型滑動 下層 潛移破壞	上層圓弧型滑動 下層 潛移破壞	上層圓弧型滑動 下層 潛移破壞