

陽明山國家公園

馬槽溪地區災害防制及整建計畫

規劃報告

陽明山國家公園管理處



301-R00434

委託單位：內政部營建署陽明山國家公園管理處

經辦單位：日建設計株式會社

協辦單位：嘉天工程顧問有限公司

摘 要

本報告主要研究馬槽七股地區之自然條件、邊坡破壞、中湖戰備道路整建、未來土石流之預測、災害防制、整建及土地使用計畫等。

根據研究結果歸納結論如下：

1. 馬槽橋上游的落石未來將持續發生，現有中湖戰備道路亦因山崩及落石而破壞。——請參見第二及第四章
2. 建議於現有路上方安全地帶重建中湖戰備道路——請參見第四及第五章
3. 未來發生土石流乃屬無法避免之事，須建造一些防災設施以策安全。——請參見第六章
4. 如經費許可建議採用防災計畫之甲案，從工程費來說，丙案可以作為替代案。不過馬槽橋新址須座落於安全地帶，重建之翠林橋不可設置橋墩，並建議興建一些潛堤用以保護彩虹橋。——請參見第七章
5. 馬槽七股地區開發之土地使用計畫建議採用甲案，乙案較為昂貴且亦破壞大量的自然景觀。——請參見第八章。

將來細部設計時敬請參酌上述意見辦理。

目 錄

第一章	緒論	1
1.1	計畫緣起	1
1.2	計畫目的	1
1.3	參考文獻	3
第二章	自然條件	6
2.1	前言	6
2.2	地質	6
2.3	地形	13
2.4	氣象	15
2.5	地震	24
第三章	馬槽橋災變	33
3.1	災變地區分區及損害	33
3.2	災變原因探討	37
第四章	中湖戰備道路邊坡破壞	39
4.1	一般說明	39
4.2	地質特徵	39
4.3	預測最後坡度	45
第五章	中湖戰備道路整建計畫	65
5.1	現況	65
5.2	遊憩據點	65
5.3	道路路網	68
5.4	路線方案	71
5.5	設計標準	78
5.6	方案比較及建議	82

第六章	未來土石流研究	92
6.1	一般說明	92
6.2	土石流紀錄	93
6.3	地形特徵	98
6.4	土石流粒徑分佈	106
6.5	土石流分析	107
6.6	土石流發生機率	122
第七章	防災計畫	125
7.1	一般說明	125
7.2	防災計畫方案	125
7.3	方案比較及評估	147
第八章	土地使用計畫	157
8.1	開發構想	157
8.2	引進之設施	158
8.3	溫泉公園之交通系統	164
8.4	設施配置及方案評估	164
8.5	景觀問題及視覺影響	173
附錄1		178
附錄2		187

第一章 緒論

1.1 計畫緣起

陽明山國家公園位於台北市之北側，因為擁有豐富的自然資源，所以成為國際性及大台北都會區國民健身旅遊的休閒勝地。

本計畫範圍為陽明山國家公園馬槽七股地區，該地位於國家公園核心，並有陽金公路穿越其間，因該地蘊藏豐富的溫泉資源，故內政部營建署計畫開發為一處休閒據點。

民國75年11月間馬槽溪地區因為地震及暴雨的影響發生嚴重的山崩及土石流，本計畫範圍因而產生大規模的災害，據報有一輛小汽車被土石流掩埋乘客不幸死亡，馬槽橋及翠林橋亦被土石流沖毀，陽金公路交通為之中斷，目前暫以便道維持通行因而險象叢生。

山崩的影響亦造成山崖頂部中湖戰備道路的坍方，部份路段亦已出現裂縫，預測不久的未來該地區將持續發生山崩，道路將完全崩壞。目前此路已封閉暫停使用。

陽明山國家公園管理處計畫整建及改善災變地區，特邀請本公司進行規劃研究。計畫範圍請參見圖1.1。

1.2 計畫目的

本計畫主要目的為根據災變現象進行研究並擬訂妥善的防災與整建計畫基本設計，並進而研擬開發馬槽七股地區的土地使用計畫。

為有效進行本計畫，茲擬訂工作流程圖如圖1.2，工作次序如下：

1. 研究與災變有關的自然條件，如地質、地形、氣象、地震等。
2. 研究75年11月發生的災變以明瞭災變之機轉並作為預測未來潛在災變之依據。
3. 根據自然條件及歷次災變探討未來潛在山崩落石或土石流災變。

4. 根據未來潛在山崩落石或土石流預測結果研擬災害防制計畫及整建計畫。
5. 根據國家公園計畫及防災整建計畫研擬馬槽七股地區的土地使用計畫。

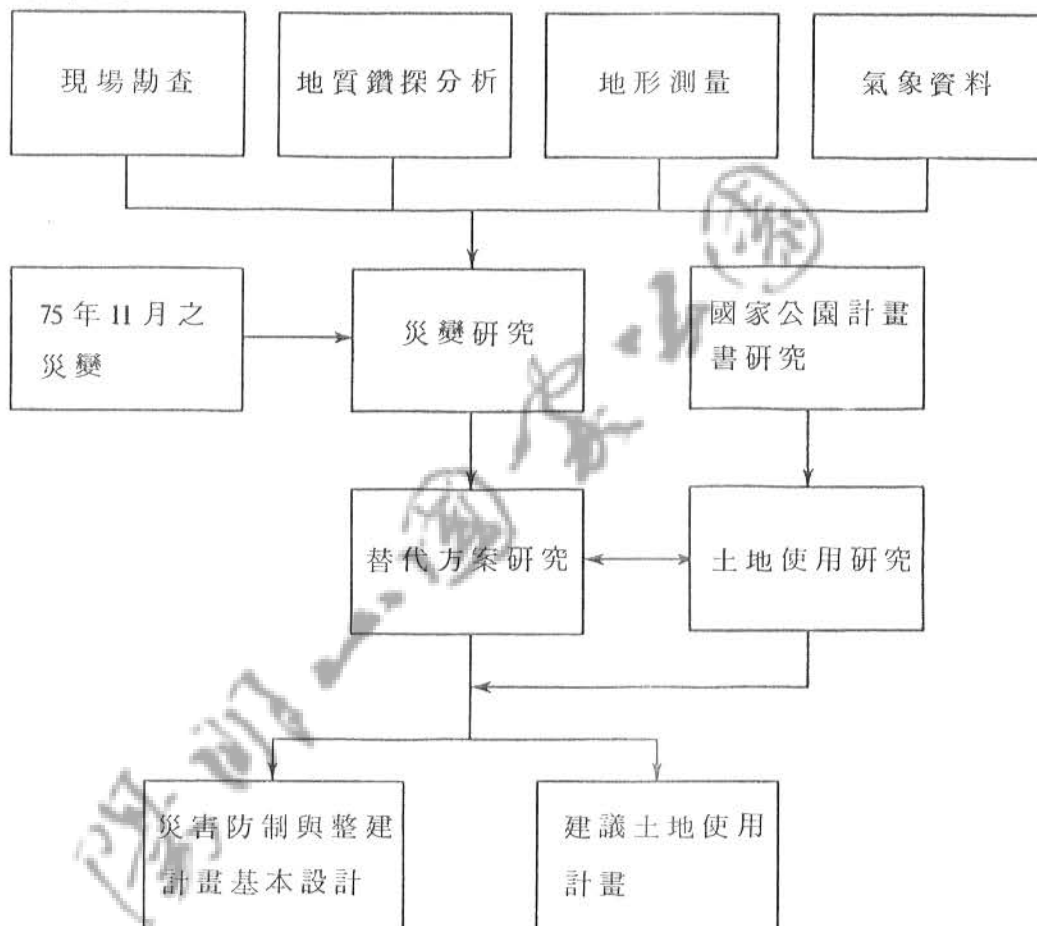


圖 1. 2 工作流程圖

各項工作之目標如下：

1. 研究自然條件→參見本報告第二章

—地質

- 瞭解計畫範圍之地質特徵
- 研究地質與災變之關係

—地形

- 研究地形與災變之關係

—氣象

- 瞭解計畫範圍之氣象狀況。
- 研究氣象與災變之關係，特別是雨量方面。

一 地震

- 研究計畫範圍的地震資料。

2. 研究75年11月發生之災變→第三章

- 災變之規模。
- 災變之原因。

3. 山崖邊坡破壞研究→第四章

- 研究地質鑽探資料。
- 探討地質資料與邊坡破壞關係。
- 研究山崖之穩定坡度。

4. 中湖戰備道路整建計畫→第五章

- 研究改線的可能地區。
- 擬訂改線的替代方案並提出建議案。

5. 未來潛在土石流研究→第六章

- 土石流之源頭、流送區及堆積區。
- 預測對應雨量的土石流規模。

6. 災害防制計畫→第七章

- 擬訂災害防制計畫。
- 擬訂替代方案並提出建議案。
- 橋樑重建方案。

7. 土地使用計畫→第八章

- 瞭解馬槽七股地區之特性。
- 研擬開發基本構想。
- 擬訂土地使用計畫。

1. 3 參考文獻

本計畫曾參考下列文獻並引用若干圖表資料：

1. 陽明山國家公園計畫書
2. 陽明山國家公園景觀及公園道路系統計畫規劃報告

- 3.陽明山國家公園馬槽溪地區地質鑽探工程分析
- 4.陽明山國家公園馬槽溪地區地形測量圖
- 5.高雄港過港隧道自信危害度分析
- 6.陽明山國家公園馬槽橋災變及其鄰近地區之環境地質研究報告

陽明山國家公園

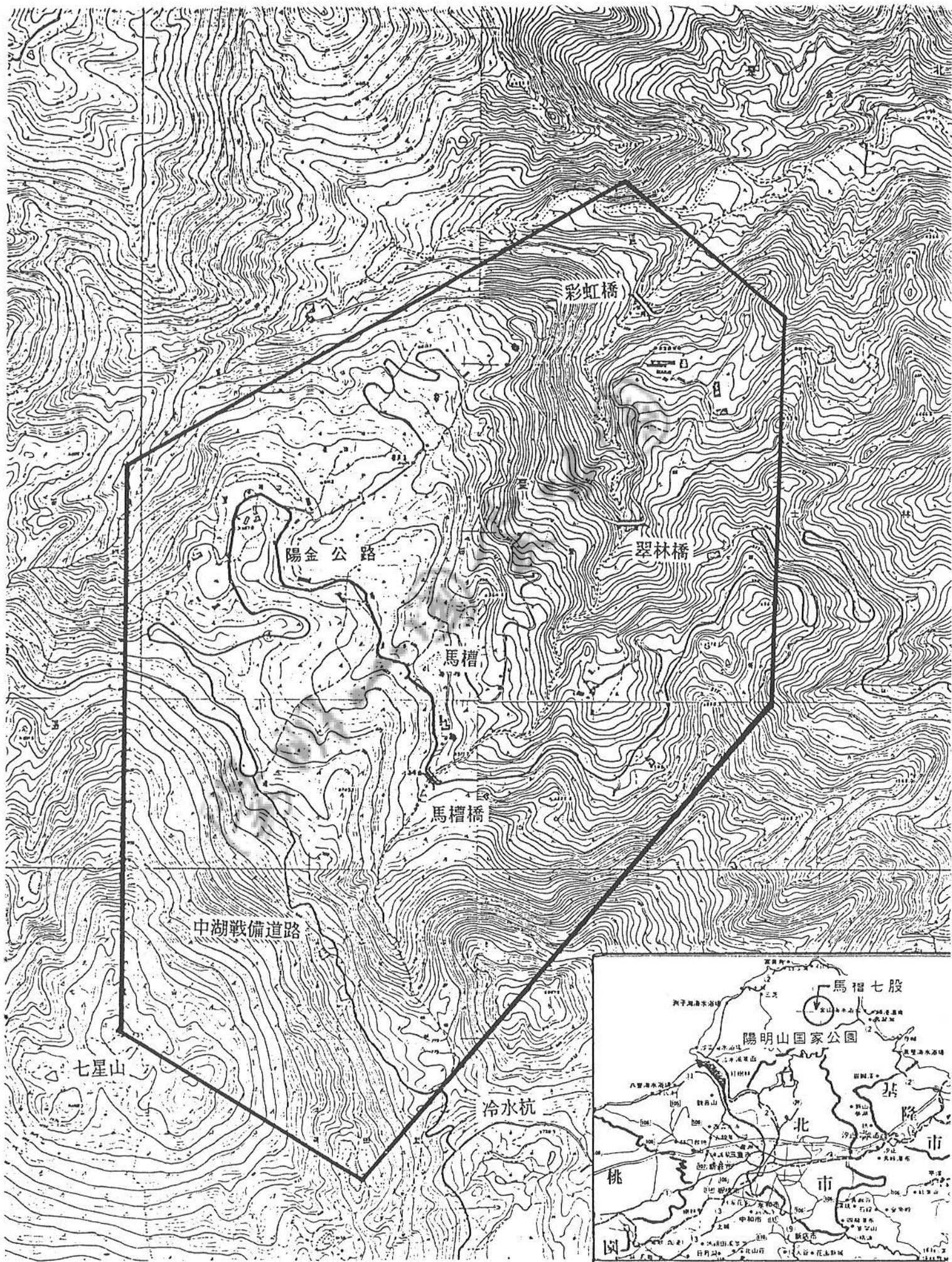


圖 1.1 計畫範圍

第二章 自然條件

2.1 前言

土壤岩石發生災變的原因錯綜複雜，牽涉地質、地形、地下水、氣候、植生、人類活動等多種因素，為瞭解這些因素與災變之間的關係，必須儘可能作精密的調查，而地形、地質、氣候等主要因素的調查結果為非常有用的資料。

2.2 地質

一、地質特徵

(一) 基本地層構造

陽明山國家公園位於太平洋火山帶之大屯火山系，地形為第三紀火山活動形成之山區或丘陵。根據張石角教授「陽明山國家公園馬槽橋災變及其鄰近地區之環境地質研究」及其他資料顯示，計畫範圍內的地質由安山岩、凝灰角礫岩及紫蘇輝石角石安山岩所組成，表層之風化相當嚴重並受到劇烈熱液換質作用。

火成岩由岩漿冷卻過程的不同可區分為三類：

1. 火山岩

岩漿自火山中噴出流入地表或海中迅速冷卻成為岩石者稱為火山岩。

2. 深成岩

岩漿在地表數公里下方逐漸冷卻成岩石者稱為深成岩。

3. 半深成岩

位於火山岩和深成岩間之岩漿流入開孔或裂隙冷卻成岩石者。

圖 2.1 火成岩分類表

		酸性 ←————→ 鹼性	
顏色指數		小 ———— 20 ———— 40 ———— 大	
礦物組成	無色礦物		
	有色礦物		
化學成分	SiO ₂	多 ←—— 66% ———→	少
	MgO + FeO	少 —————→	多
	Na ₂ O + K ₂ O	多 —————→	少
岩石顏色		白 —————→	黑
細粒 ↑ ↓ 粗粒	火山岩	流紋岩*	安山岩 玄武岩
	半深成岩	花崗斑岩	玢岩 輝綠岩**
	深成岩	花崗岩***	閃綠岩*** 斑狀岩

安山岩屬於火山岩類，火山岩由矽酸含量的多寡區分為下列種類：

矽酸 (SiO ₂) 含量%	岩 石 種 類
> 65	流紋岩、石英粗面岩
65 ~ 55	安山岩
55 ~ 45	玄武岩

安山岩含有重量 55 ~ 65 % 的矽酸，包含輝石、角閃石、斜長石、磁鐵礦等礦物結晶，比重約為 2.5 ~ 2.8，色澤為灰色至深灰色。計畫範圍內的安山岩因受到熱液換質作用及風化作用，性質相當脆弱。

凝灰角礫岩由凝灰質和安山岩角礫所構成，屬於火山岩類，由熱液換質作用深淺其色澤為淺綠色至紫紅色至棕紅色。

根據張石角教授的研究報告，馬槽地區的地質分佈如圖 2.2 所示。落石區屬於熱液換質作用帶，此作用帶延伸及於馬槽溪谷。

(二) 熱液換質作用

計畫範圍位於地熱帶，馬槽溪谷受到由斷層、節理、褶曲、裂縫等處流出的溫泉、高溫蒸氣或硫氣劇烈的熱液換質作用。根據張石角教授的研究，熱液換質的程度分為四級，構成所謂溫泉殘餘土剖面，自淺而深如下：

1. 赤褐色氧化鐵。
2. 黃白色明礬石和粘土。
3. 白色粘土。
4. 青黑色粘土和硫化物。

岩石受到熱液換質作用後會使其成分發生顯著變化而變成粘土，此種粘土稱為熱液換質粘土，在硫磺噴氣孔附近很容易發現這種粘土。

典型的粘土材料為高嶺土、蒙脫土及葉臘石，含有高嶺土及葉臘石的粘土可用來製造瓷器，目前計畫範圍內即有多處採土區供陶瓷業製造之用。蒙脫土亦為地熱帶的產物，遇水極易膨脹，容易產生山崩等災害。

粘土礦物與水混合後由於地震的震動或山崩落石的衝擊失去剪力強度而液化。據研究報告指出馬槽溪河床上堆積一層厚的此種粘土層，似乎是發生土石流的主因之一。

(三) 風化

岩石的風化過程不論是物理性或化學性通常都是不連續的。物理性風化與岩石的性質、斷層、節理或裂縫有關，其一般過程如下：

岩層→岩塊→礫石→砂→粘土

風化的過程隨着岩石性質而有所不同。安山岩和玄武岩等火山岩類因其緻密堅硬不易風化，因此表層多為大的岩塊

，不易風化成細小的物質。不過風化的過程常受到自然環境的影響，尤其是火山活動，過程非常複雜，列表說明如下：

1. 岩層→岩塊→礫石→砂
2. 岩層→砂→粘土
3. 岩層→粘土

因此在火山帶的河流裏常會見到岩塊、礫石、砂、粘土等各種物質。

風化的結果會降低土石密度並增加孔隙率，岩石因而喪失抗張、抗壓、抗剪強度等物理性質。岩石風化的最終產物成為砂和粘土，通常堆積在河床或海灘上。

風化的程度可以分類如圖 2 - 3 。

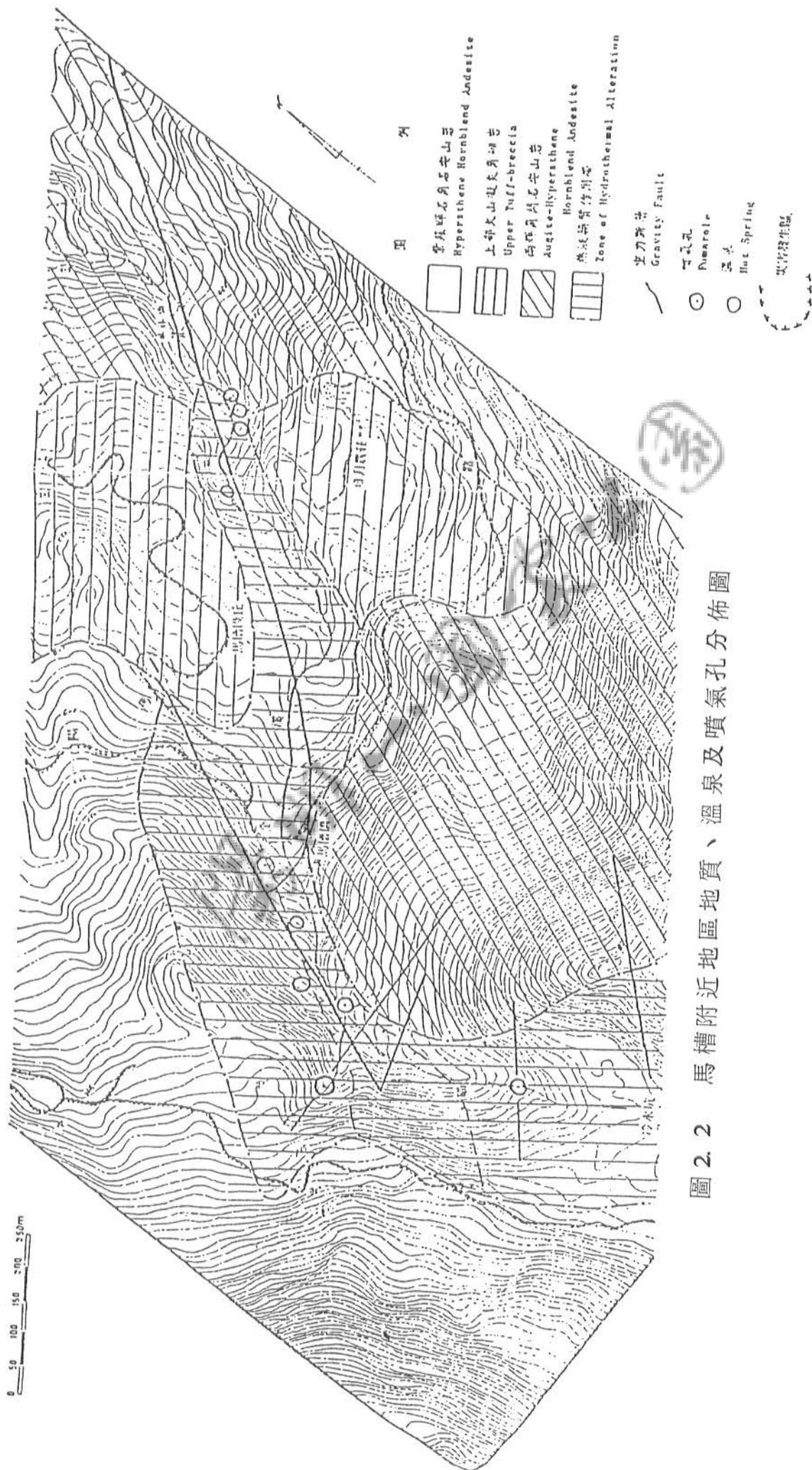


圖 2.2 馬槽附近地區地質、溫泉及噴氣孔分佈圖

圖 2.3 風化程度分類表

分類	硬度	風化程度	裂縫	Vp (km/s)
A	非常硬	很新鮮、未遭風化	裂縫不多，裂縫距離 20 ~ 50 公分	4.0~5.0
B	很硬	相當新鮮、裂縫處輕微風化	裂縫間距 5 ~ 15 公分，局部開裂	
C _H	相當硬	沿裂縫風化並局部變質	黏土充塞裂縫及開裂處，相當脆	
C _M	相當軟	嚴重風化，容易用鐵錘打碎	黏土充塞相當大的開裂處	1.5~2.0
C _L	很軟	外觀像岩石但已風化至內部，用手指可輕易捏碎	黏土充滿在裂縫與開裂處	
D	部份為土壤	裂成碎片，性質亦劇烈改變	正變化為土壤	0.8~1.8
				0.5

Vp: 彈性波速度 (km/s)

上節提及安山岩爲輝石、角閃石、斜長石、磁鐵礦所構成，斜長石風化後變成高嶺土類，磁鐵礦變爲赤鐵礦或褐鐵礦。輝石及角閃石不容易化學性風化，不過常因物理性風化裂成碎片。

二、地質性質與災變關係

山區災變的發生有下列因素：

- 地質
- 地形
- 雨量
- 地震

落石、山崩或土石流等災變的原因可能爲上列因素之一或數種因素造成。

許多災變地區的地質多爲熱液換質岩石。

下表是根據地質性質區分的邊坡破壞比率：

土壤及岩石種類	比率	備註
表土	44.8 %	} 56.0 (表土層)
崩積物	11.2	
火山物質	4.8	} 8.7 (土壤層)
沉積物	3.9	
劇烈風化岩石	26.4	} 35.3 (岩石層)
岩石(1)	4.5	
岩石(2)	4.4	

註：岩石(2)爲第三紀沉積岩

火山碎岩區及極度風化岩石區的邊坡破壞比率高達 31 %，而地表土壤層容易坍方自不待言，因此火山岩地區乃屬容易引起山崩或落石的危險區域。

圖 2.4 是日本在 1972 年至 1977 年土石流的地質分類紀錄。

圖 2.4 土石流紀錄

岩石種類	土石流發生次數		面積比率	①/②
	次數	① %	② %	
廣域變質岩	36	9.0	3.6	2.58
花崗岩	180	46.3	13.3	3.48
第 3 紀、第 4 紀火山岩	50	12.9	20.4	0.63
古生代沉積岩	38	12.9	12.2	0.80
中生代沉積岩	9	2.3	9.3	0.25
第 3 紀沉積岩	55	14.1	18.9	0.75
第 4 紀沉積岩	21	5.4	20.7	0.26

由上表可知廣域變質岩及花崗岩地區的土石流頻率非常高。

如前所述，計畫範圍內堆積大量風化或熱液換質形成的粘土礦物，這些粘土如與雨水混合後就可能發生土石流。

計畫範圍內現有許多崩崖及山崩區，由以上所述的地質性質可以得知這個地區將來有發生災變的可能，如果陡坡受到地震等鉅大能量的衝擊，山崖就容易發生落石甚或山崩。暴雨也有可能導致陡坡的落石或土石流。

2.3 地形

邊坡破壞、落石或土石流等現象與地形有相當密切的關係，而地形也需與其他因素如地質、氣象等一併考慮，其詳細關係當在有關章節討論。

計畫範圍的標高自 350 公尺至 900 公尺不等，坡度約為 30% 以上，局部地區甚至高達 100%。馬槽溪流經大落石崩崖，因此崩崖之落石不斷落入溪裏，如有大型山崩或大量落石，可能在馬槽溪形成天然水壩。

一、地形與山崩

傾斜的地形沿着一滑動面緩慢的滑動現象稱為山崩，山崩發生的坡度為 8° 至 25° 的緩坡，通常為 14° 至 19° 。

一般來說現地的地形應該算是相當穩定，除非受到開挖或山崖崩落等外力作用才會產生破壞。

由圖 2.4 可知計畫範圍屬於山崩地帶，如要開發為休憩據點必須謹慎從事。

五號鑽孔附近地形坡度為 16° ，現有路面已出現大裂縫，推測表層土與風化岩層間有一脆弱面，如遇山崖崩壞、地震或暴雨等外力作用很有可能發生山崩。

二、邊坡破壞與落石

邊坡破壞通常發生在 30° 至 50° ，請參見圖 2.4。

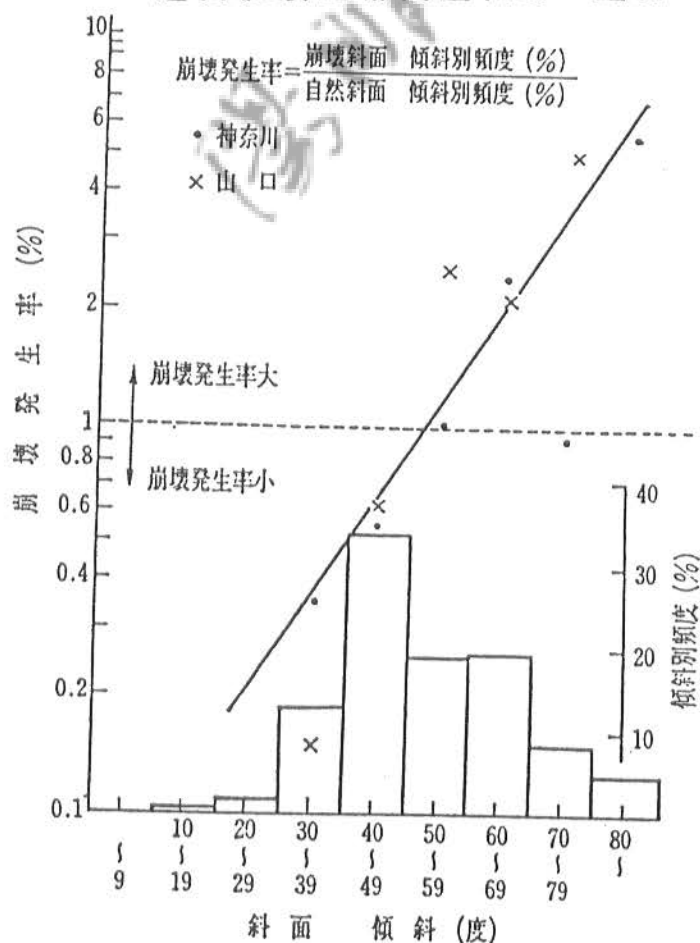


圖 2.4 邊坡破壞紀錄

$30^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 是一般道路工程或土方工程的挖方邊坡坡度，而 $40^{\circ} \sim 49^{\circ}$ 較容易發生破壞。下圖凹型地區容易發生邊坡破壞，而地震時凸型地區較易發生破壞。



發生落石或邊坡破壞的山坡或山崖有下列特徵：

- 明顯的節理。
- 陡峻的坡度（山崖 $70^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ，山坡 40° 以上）。
- 崖頂有劇烈風化層。
- 由風化碎岩構成的陡坡。
- 有邊坡破壞的痕跡。
- 陡坡上有一些曲折點。

計畫範圍內的山崖外觀即有上述特徵。

2.4 氣象

一本計畫範圍屬於潮濕的亞熱帶地區，夏季吹濕熱的西南季風，冬季吹乾冷的東北季風，由於經常有颱風侵襲，每年九月至十月的月雨量非常大。圖 2.5 為陽明山國家公園的氣象資料。

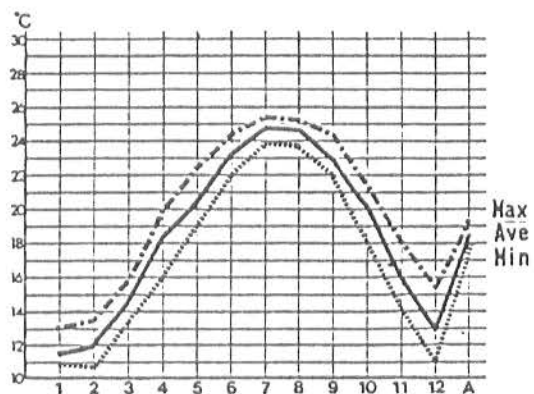
(一) 溫度

公園內各地的溫度因地形及風向的影響而異，一般來說年平均溫度為 $18^{\circ}\text{C} \sim 21^{\circ}\text{C}$ 。

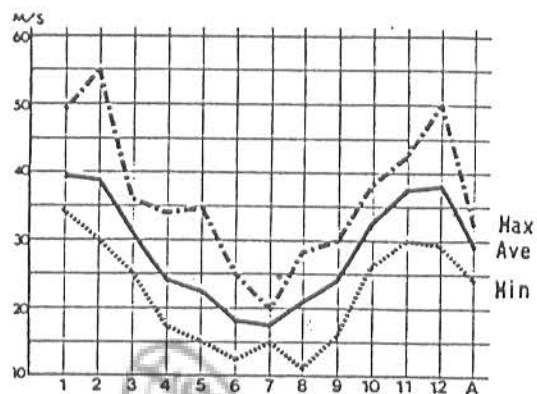
(二) 雨量

公園的月平均雨量為 $350\text{ mm} \sim 400\text{ mm}$ （年平均雨量為 $4200\text{ mm} \sim 4800\text{ mm}$ ），約為台北市區之兩倍。因為颱風的緣

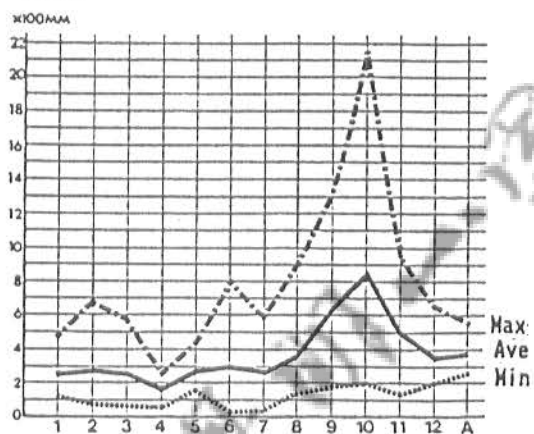
溫度



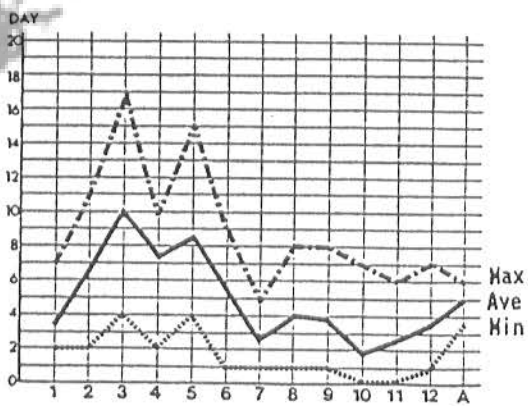
風速



雨量



有霧日數



濕度

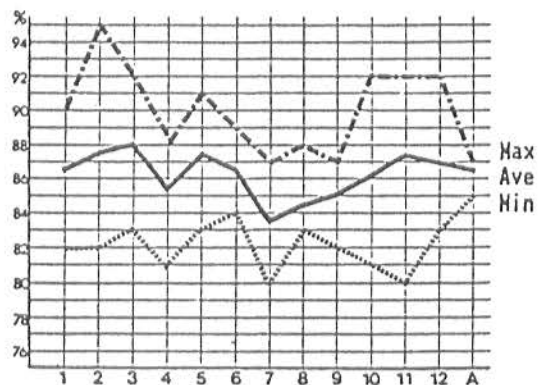


圖 2.5 陽明山國家公園氣象資料

故，雨量大都集中在九、十兩個月。每年平均下雨日數為 150 ~ 200 天。

75 年 11 月陽明山地區曾下過 977.1 mm 的暴雨，導致後來土石流的發生。此雨量幾為年雨量的 22%，所以可知計畫範圍可能發生集中在短時間的暴雨。

76 年 10 月計畫地區曾連續三天內下 1600 mm 的雨量使得馬槽地區發生小型的山崩及土石流。我們可以瞭解陽明山國家公園的雨量因素與山崩土石流實有密切的關係。溪谷的地形也因暴雨而逐年改變。

(三) 風

夏季吹來自南海濕熱的季風，冬季為亞洲大陸南下乾冷的東北季風。年平均風速為 2.5 ~ 3.8 公尺／秒。

因為雨量是山崩土石流的主要原因，所以我們將詳細討論計畫範圍的雨量。

二、雨水與災變關係

雨水不僅是山崩土石流的原因之一，而且是最重要的因素，雨水與災變的關係歸納如下：

- 雨水的逕流冲刷陡坡上的土壤及岩石。
- 增加土壤的孔隙壓力而導致抗剪強度降低並使地下水流速加快，此種力學平衡的改變可能引起山崩。
- 地表逕流及滲流水增加後破壞了剪力與抗力的結構平衡因而發生土石流。

(一) 雨水與落石

落石是本地區產生災變的原因之一，馬槽溪谷的上游有一大片落石區不斷地有落石發生並堆積在山崖底部。落石的原因很多，牽涉雨水、下雪、風及地震等多種因素，很難判別屬於那一種原因，圖 2.6 是日本建設省對落石的觀測結果。

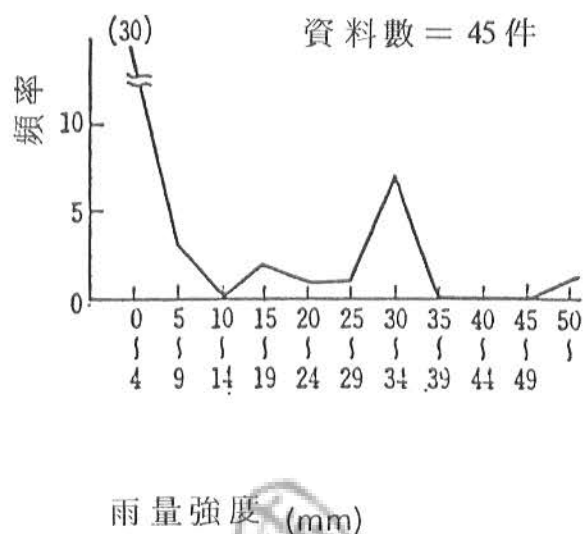
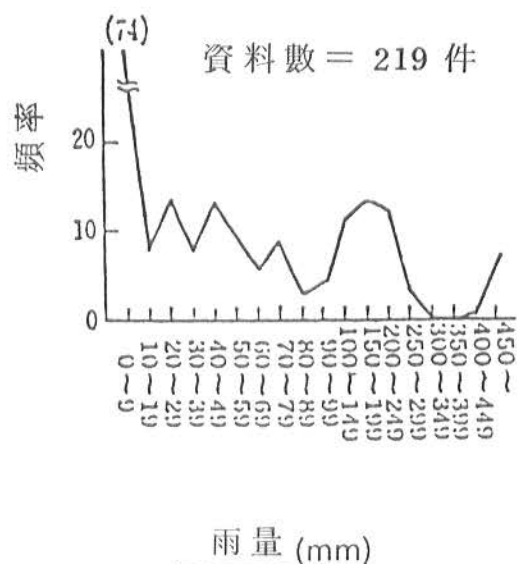


圖 2.6 落石觀測結果

落石的原因不僅是圖 2.6 所示的雨水一種而已，不過可以看得出在暴雨時有很高的發生頻率。

雨水導致落石產生的原因為：

- 冲刷岩石上的土壤。
- 由於遇水膨脹之故減低土壤的附着力。
- 降低土壤的抗剪力。
- 雨水充塞岩石內部大量增加重量。
- 土壤膨脹地層鬆軟。

根據觀測結果，累計連續雨量為 100 ~ 250 mm 或 30 ~ 35 mm / 小時時落石的頻率最大。

由於計畫範圍是由風化岩石與熱液換質火山岩所構成，其間並夾雜鬆軟的土壤，因此成為很危險的落石區，不論下多少雨量此地區每天均有可能發生落石並堆積在崖底成為土石流的來源。當然雨量的增大也會增加落石的頻率，但很難解釋雨水與落石的確切關係，不過我們可以獲得一個顯著落石的標準：

累計連續雨量超過 100 mm 及降雨強度大於 35 mm / 每小時。

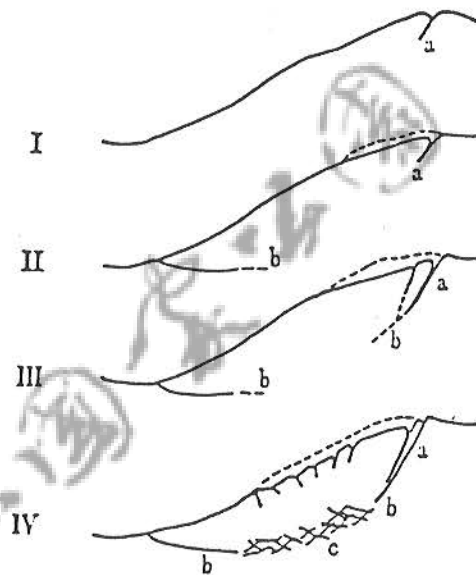
(二) 雨水與邊坡破壞

邊坡破壞有兩種型式，一種為山崩，另一種為山崖崩壞。

邊坡破壞的發生與地質、地形及地下水等條件有關。

山崩的發生通常都有癥兆，例如山崩前常常會出現很多裂縫，不過山崖崩壞都是突然發生毫無預警。

山崩的機轉如下圖，按照 I 到 IV 的次序進行最後發生山崩：



- a : 張力裂縫
b : 滑動面
c : 剪力區

山崩之機轉

第一階段時地下產生潛移局部開始破壞，邊坡的表面出現張力裂縫，然後沿着可能的破壞面產生塑性區，順着第二至第四階段的過程而破壞。

在這些過程中地下水扮演很重要的角色，滲流水會逐漸減弱土壤層強度而導致邊坡破壞。根據上節雨水與山崩關係，地層移動速度是與雨水引起孔隙水壓力成正比，請參見圖 2.7。

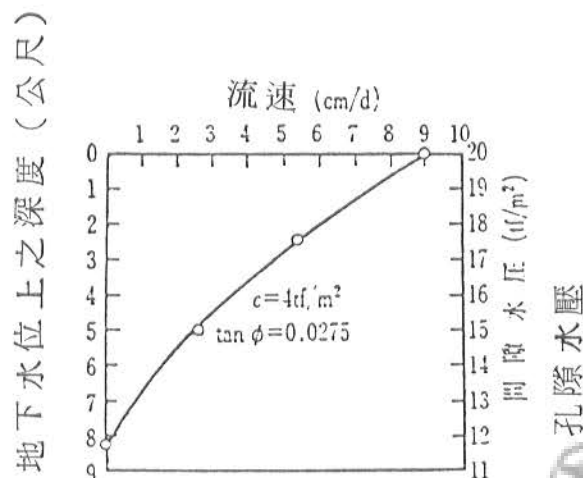


圖 2.7 水位與流速

計畫範圍內如要興建新設施（如開闢道路），必須對可能發生山崩的地區進行仔細的調查研究。

山崖崩壞通常都是突然發生，其原因如下：

- 表層飽和減低了抗剪力。
- 由於飽和增加土壤重量並增大滑動力。
- 滲流水滲入脆弱的土壤層引起土壤膨脹而降低抗剪力。
- 因管湧引起局部崩壞。

上述幾種原因很難加以區分，不過雨水是引起崩壞的主要原因，山崖崩壞與連續降雨量及降雨強度有密切的關係，圖 2.8 為山崖崩壞與雨量關係之觀測結果，從圖上可以得知山崖先發生小崩壞隨即發生大崩壞，所以在發現小型山崩時即須管制道路交通以保障人命安全。從各種資料得知，累計雨量超過 200 mm 時極有可能發生嚴重的崩壞，不過和當地的地形地質條件有所關聯，可能在較小的雨量即會發生同樣規模的崩壞。

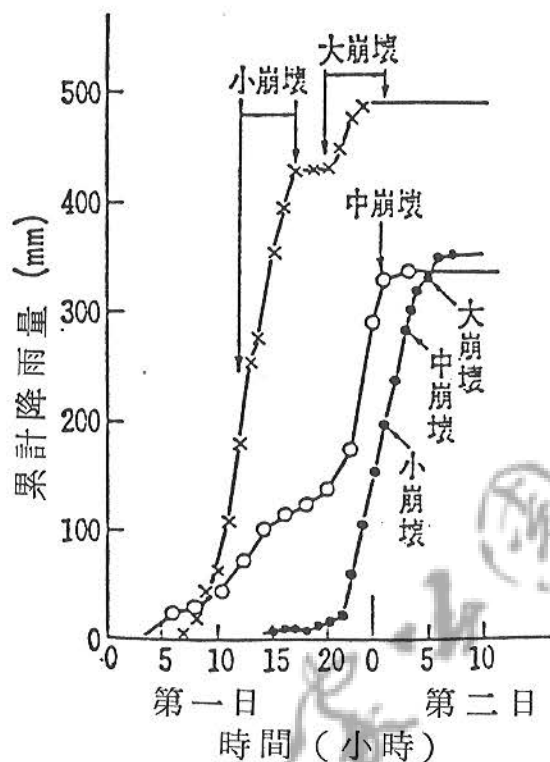


圖 2.8 雨量與崩壞觀測結果

圖 2.9 表示崩壞、雨量、地質之關係，圖示顯示火山灰、第三紀或變質岩構成的地區經常發生崩壞。

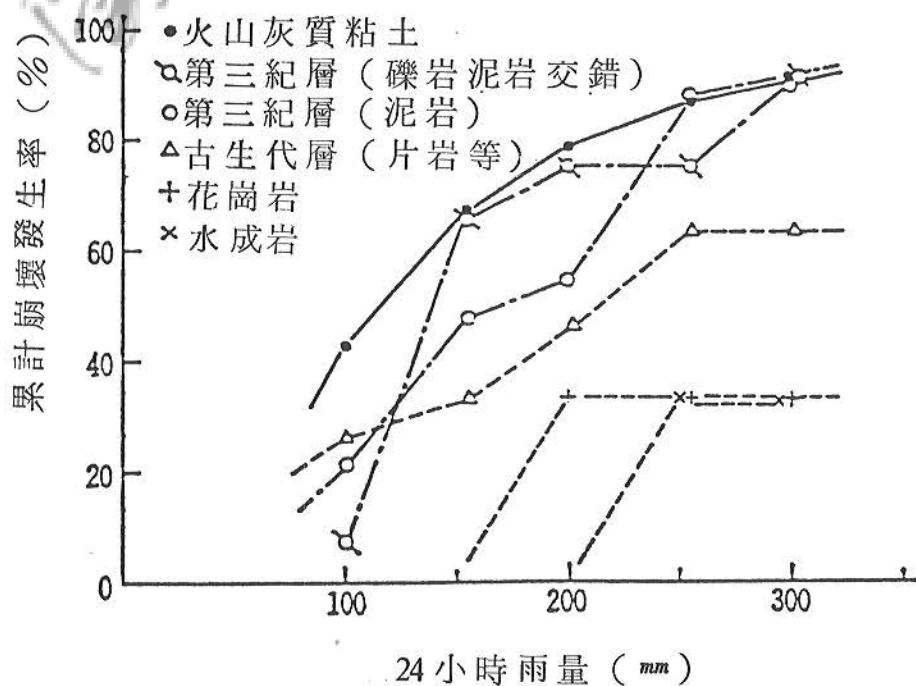


圖 2.9 崩壞、雨量與地質關係圖

發生前一週之降雨量 (mm)

20%—崩塌發生率 (P_h)
15—降雨日數

$K=1/7$

$K=1$

$P_h = \frac{\text{崩塌發生日數}}{\text{降雨日數}} \times 100$

$K = \frac{\text{當日雨量}}{\text{前期1週間雨量}}$

$P_h > 80\%$

$K=2$

$K=3$

$K=4$

$K=8$

$K=16$

當天雨量 (mm)

(三) 雨水與土石流

1. 落雨增加了水量

2. 地表逕流或瀉流水導致邊坡破壞，隨後按照上項過程繼續作用。

天然水壩崩壞時將有大量河水沖失引起土石流。

除了上述方式，計畫範圍發生土石流尚有其他複雜機轉容後詳述，無論如何，雨水是發生土石流的重要角色。

圖 2.11 表示土石流與雨量之關係，大部份土石流都肇因暴雨，不過土石流的發生仍有地質及地形上的其他因素。

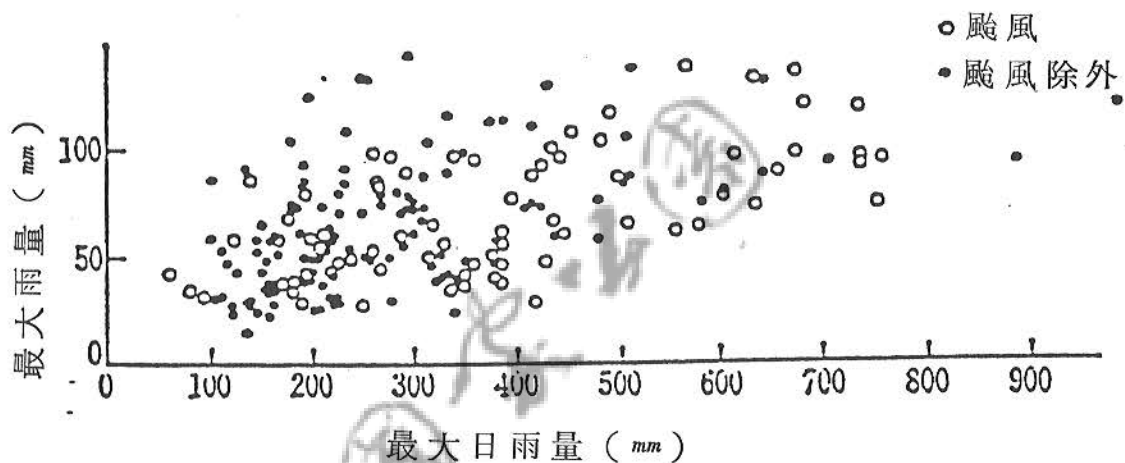


圖 2.11 土石流與雨量關係圖

圖 2.12 是各種地質的雨量與土石流觀測紀錄。

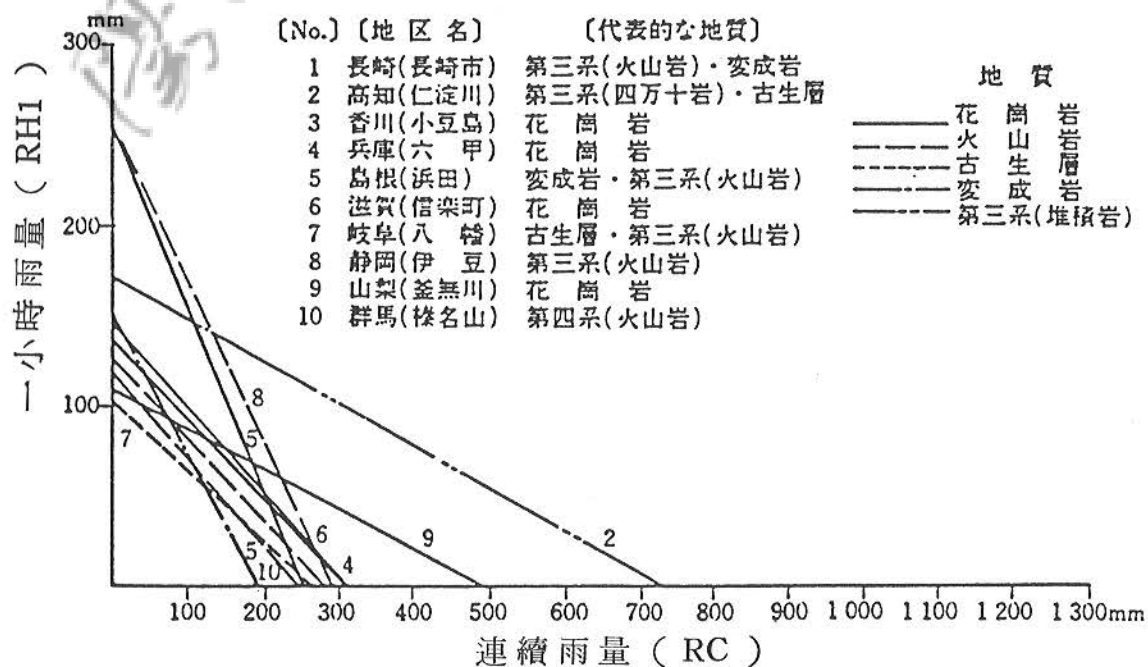


圖 2.12 各種地質之雨量與土石流關係圖

某些地區的雨量在 $10\text{ mm} / 10\text{ 分鐘}$ 時就可能產生土石流，特別是火山岩地區更為明顯。不過一般來說，累計雨量達到 150 mm 和每小時降雨強度在 35 mm 以上就會發生土石流。

時間與土石流關係參見圖 2.13。通常落雨的雨量強度達到最大後很短的時間內即發生土石流，所以很難得到預警。

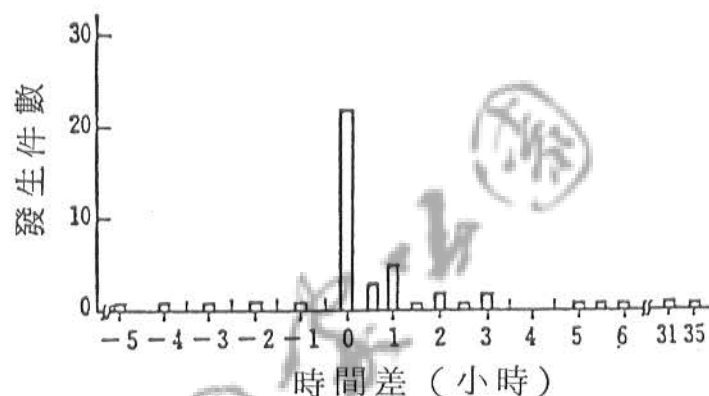


圖 2.13 尖峯雨量與發生土石流時間差統計圖

2.5 地震

台灣屬於環太平洋火山帶，參見圖 2.14，過去曾發生很多次大規模的地震並產生嚴重的災害，台灣可以分成三個地震帶，即：東部地震帶、西部地震帶、琉台地震帶，如圖 2.15 所示。台北市及陽明山國家公園恰好位在地震帶之外緣。

圖 2.16 為 1897 年至 1935 年的地震震央圖，圖 2.17 為 1935 年至 1973 年的紀錄。根據這些紀錄，震央大都集中在離台北 120 公里的花蓮及新港至宜蘭一帶。

圖 2.16 圖例的定義如下：

地震規模	定義	芮氏規模 (M)
顯著地震(A)	$Y \geq 300$ 公里	$M \geq 6.4$
稍顯著地震(B)	$300 > Y \geq 200$ 公里	$6.4 > M \geq 5.7$
小區域地震(C)	$200 > Y \geq 100$ 公里	$5.7 > M \geq 4.8$
局發地震	$100 \text{ 公里} > Y$	$4.8 > M$

根據歷年記載，西部地震帶因為內陸型地震所以常造成人命傷亡房屋倒塌的嚴重災害。民國53年1月18日發生的大地震曾造成106人死亡，36,320間房屋倒塌，並產生山崩及地裂現象，其規模為芮氏6.3級。東部地震帶的地震傷亡較小，可能是地處山區人口稀少的緣故，不過這些地震可能引發大規模的落石及山崩。所以地震可以說是本島潛在的天然災害。

圖2.18為1897年至1979年破壞性地震分布圖。6.0～7.9級的大地震震央距陽明山國家公園在50公里內者有三次，100公里內者有九次。民國75年11月15日發生的地震即引起計畫範圍大規模的落石。

根據紀錄計畫範圍附近可能發生5.0～7.9級的大地震造成嚴重災害，而金山斷層亦通過計畫範圍。台北至高雄的西部地帶地層多為第三紀岩石形成變質粘土沉積岩。

圖2.19為高雄地區地震加速度衰減律。根據此表估計如下：

地震級數 7.0

震央距離 距馬槽七股40公里

加速度約為170 gal，屬於五級強震（見下表震度階級）。

不過加速度常隨地形或土壤性質不同而增大。

中央氣象局震度階級

震度(級)	名稱	說明	加速度(gal)
0	無感	地震僅有紀錄、人體無感覺。	0.8 以下
1	微震	人靜止時，或對地震敏感者可感到。	0.8 ～ 2.5
2	輕震	門窗搖動，一般人均可感到。	2.5 ～ 8.0
3	弱震	房屋搖動，門窗格格有聲，懸物搖擺，盛水動盪。	8.0 ～ 25
4	中震	房屋搖動甚烈，不穩物傾倒，盛水這容器八分滿者溢出。	25 ～ 80
5	強震	牆壁龜裂，牌坊煙囪傾倒。	80 ～ 250
6	烈震	房屋倒塌，山崩地裂，地層斷陷。	250 以上

強烈地震會破壞土壤構造的平衡而產生邊坡破壞及山崩。

計畫範圍的山崖非常陡幾達 70° ，岩層嚴重風化相當脆弱，山崖目前也已出現多條裂縫，因此如再次發生強震極有可能導致山崖的邊坡破壞。

陽明山國家公園

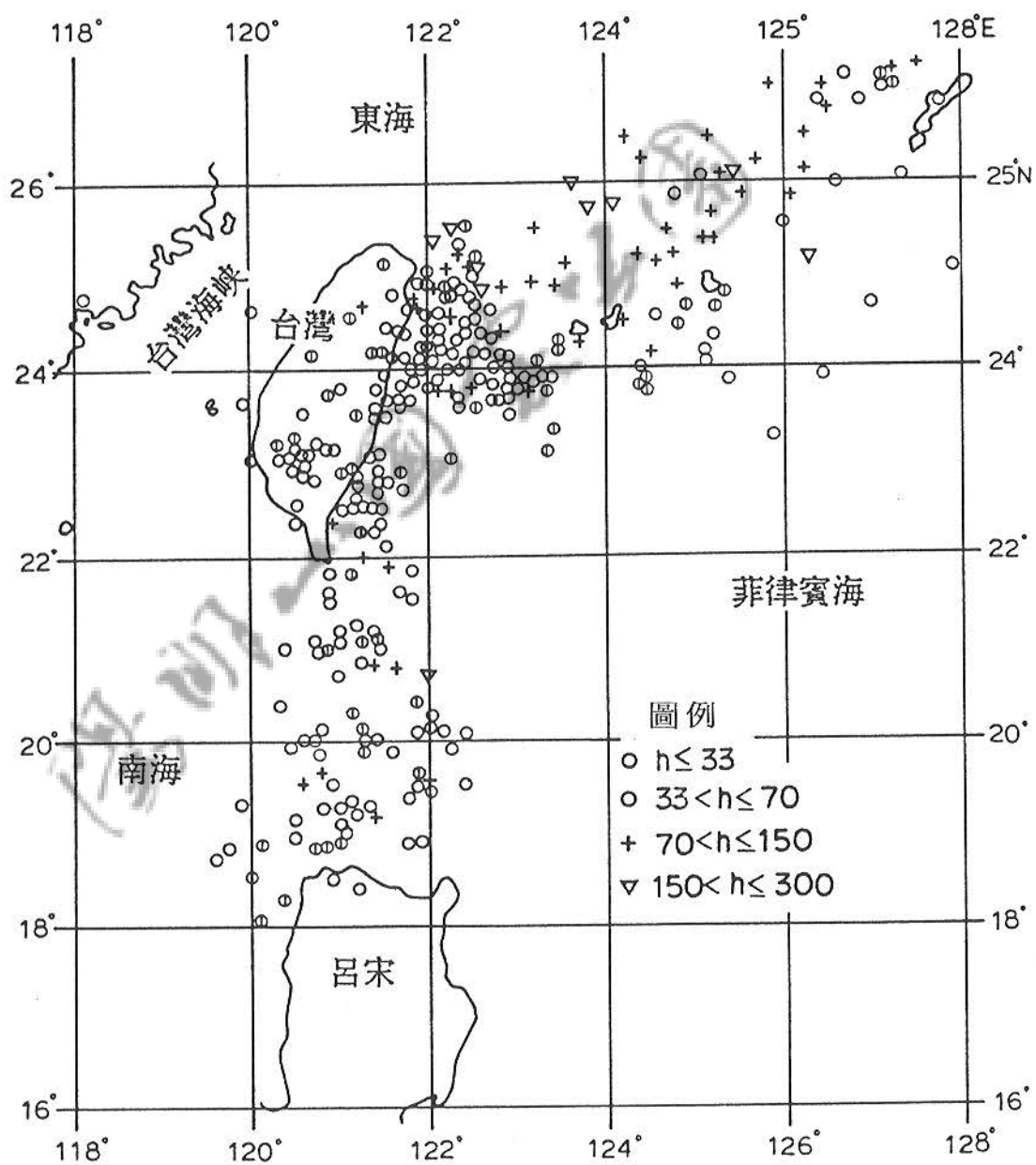


圖 2.14 台灣地區震央分佈圖 (1963 ~ 1969 年)

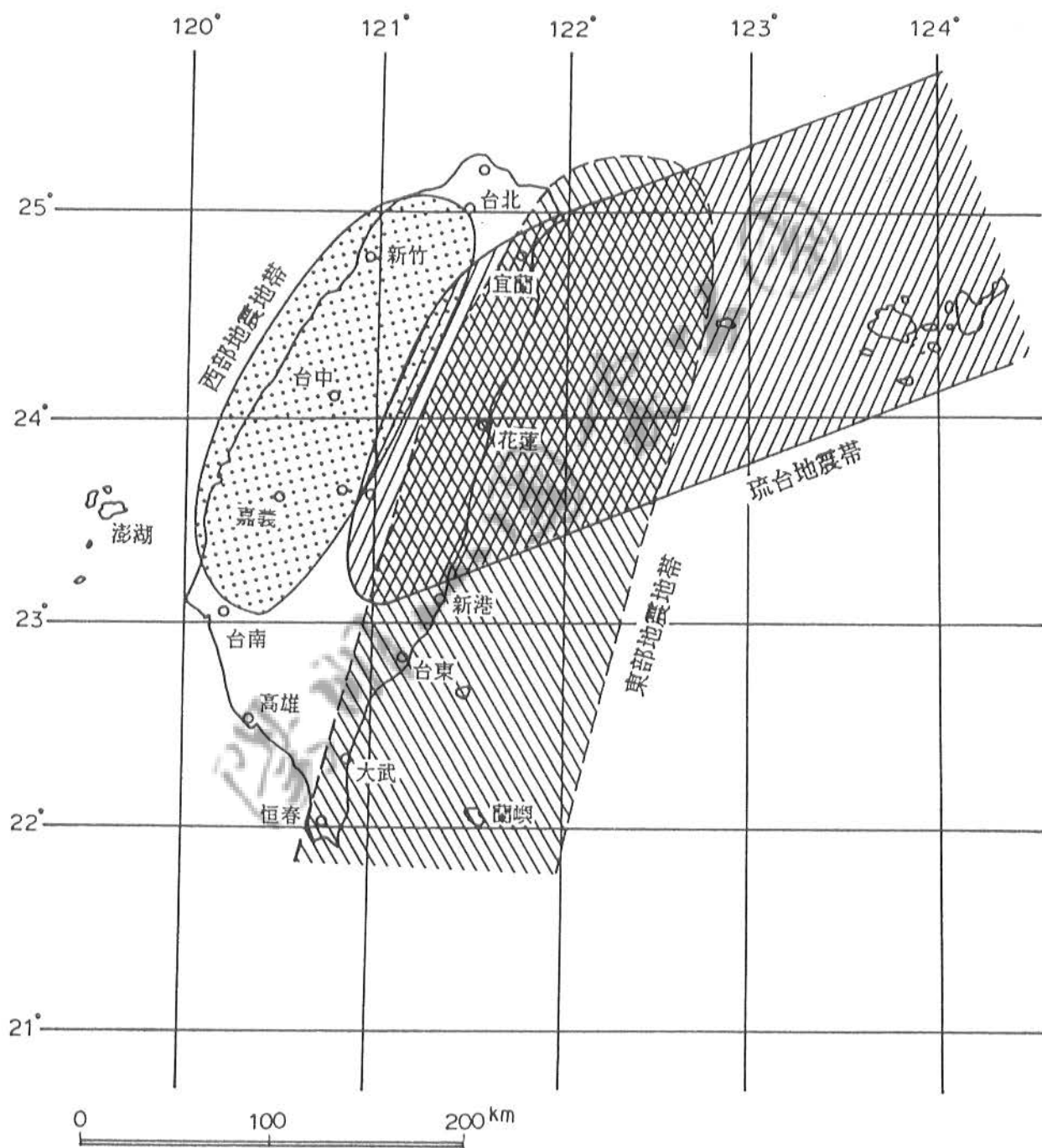


圖 2.15 台灣地區地震觀測站及地震帶圖

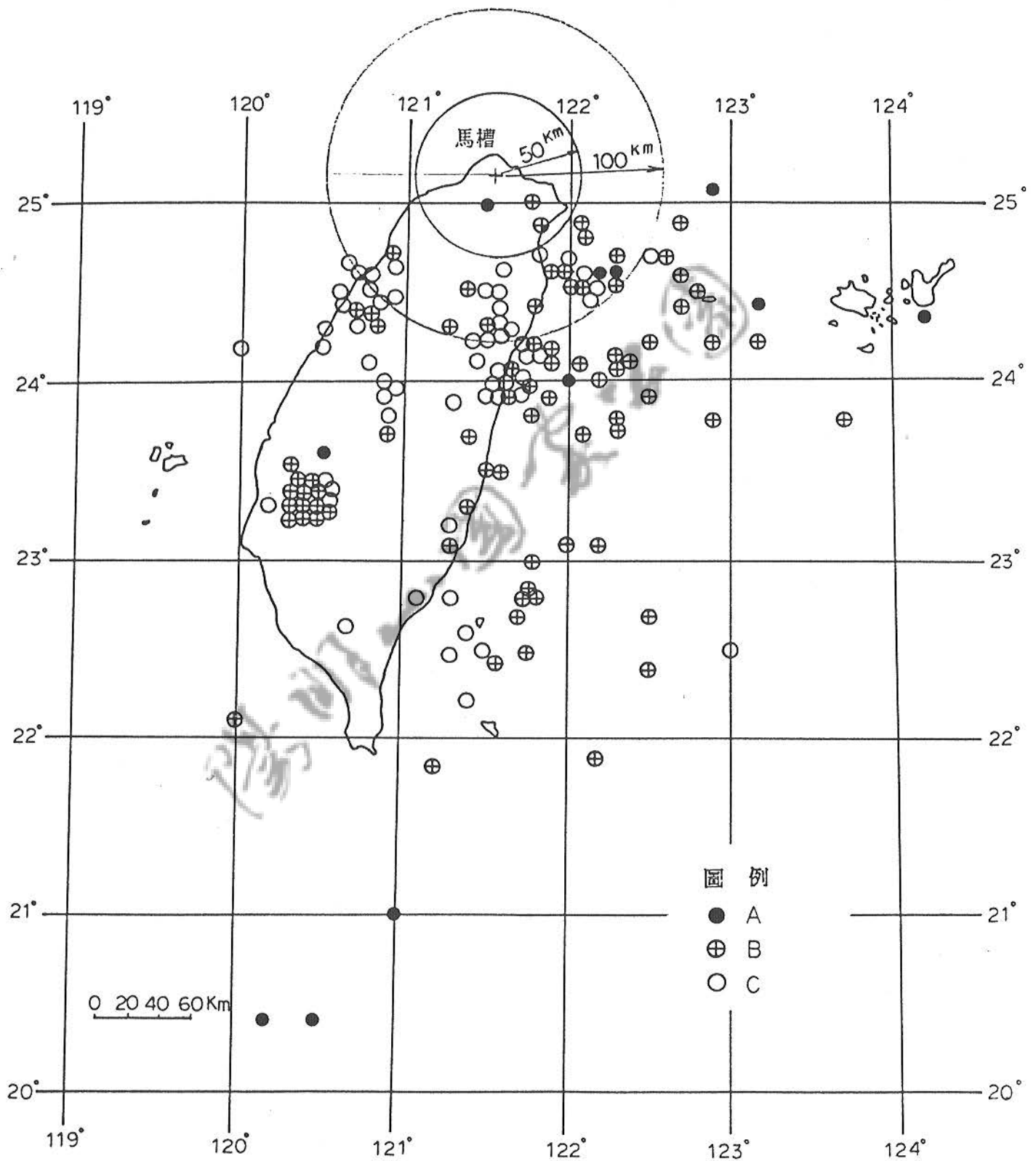


圖 2.16 台灣地區地震震央分佈圖 (1897 ~ 1935 年)

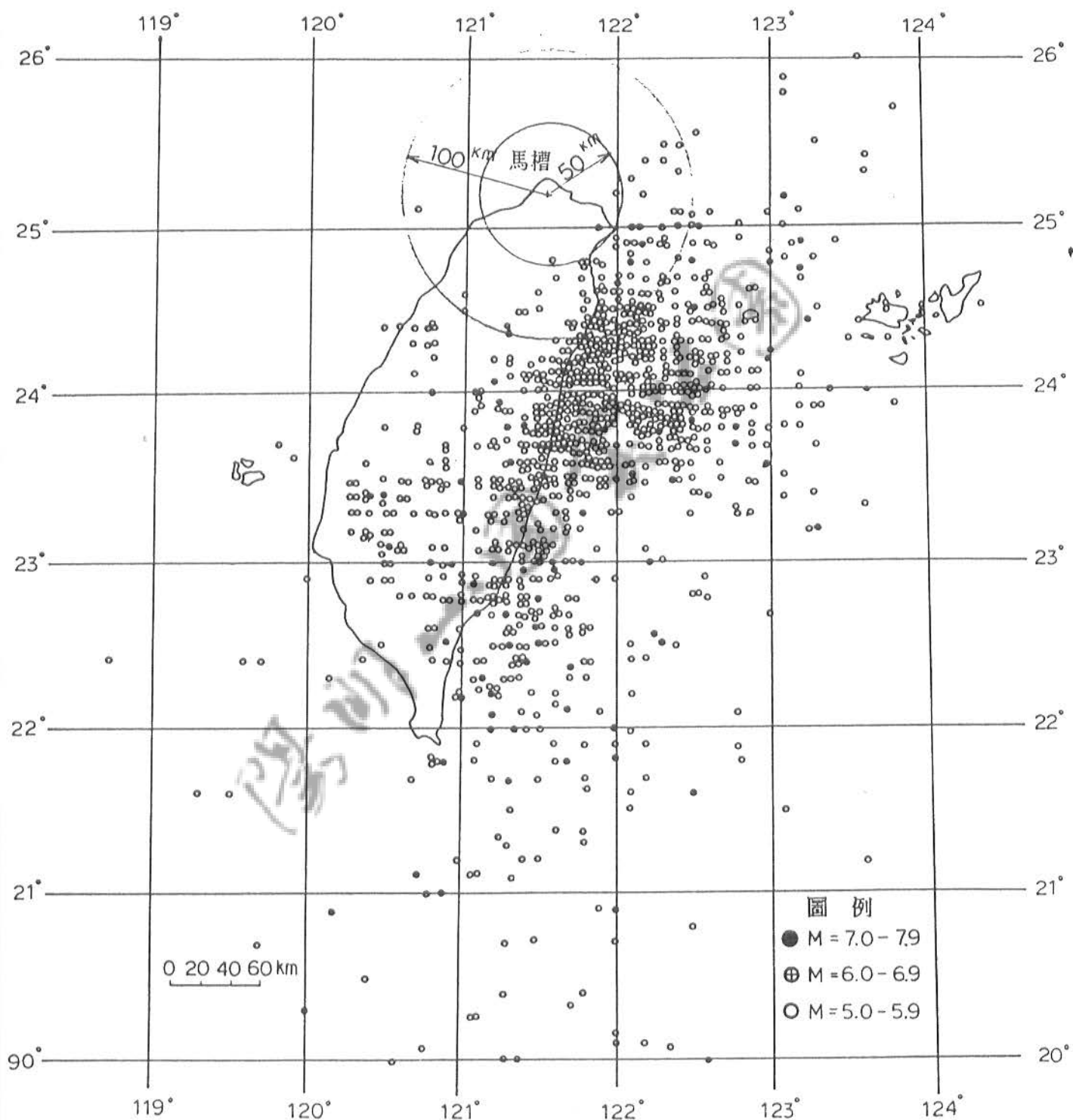


圖 2.17 台灣地區地震震央分佈圖 (1936 ~ 1973 年)

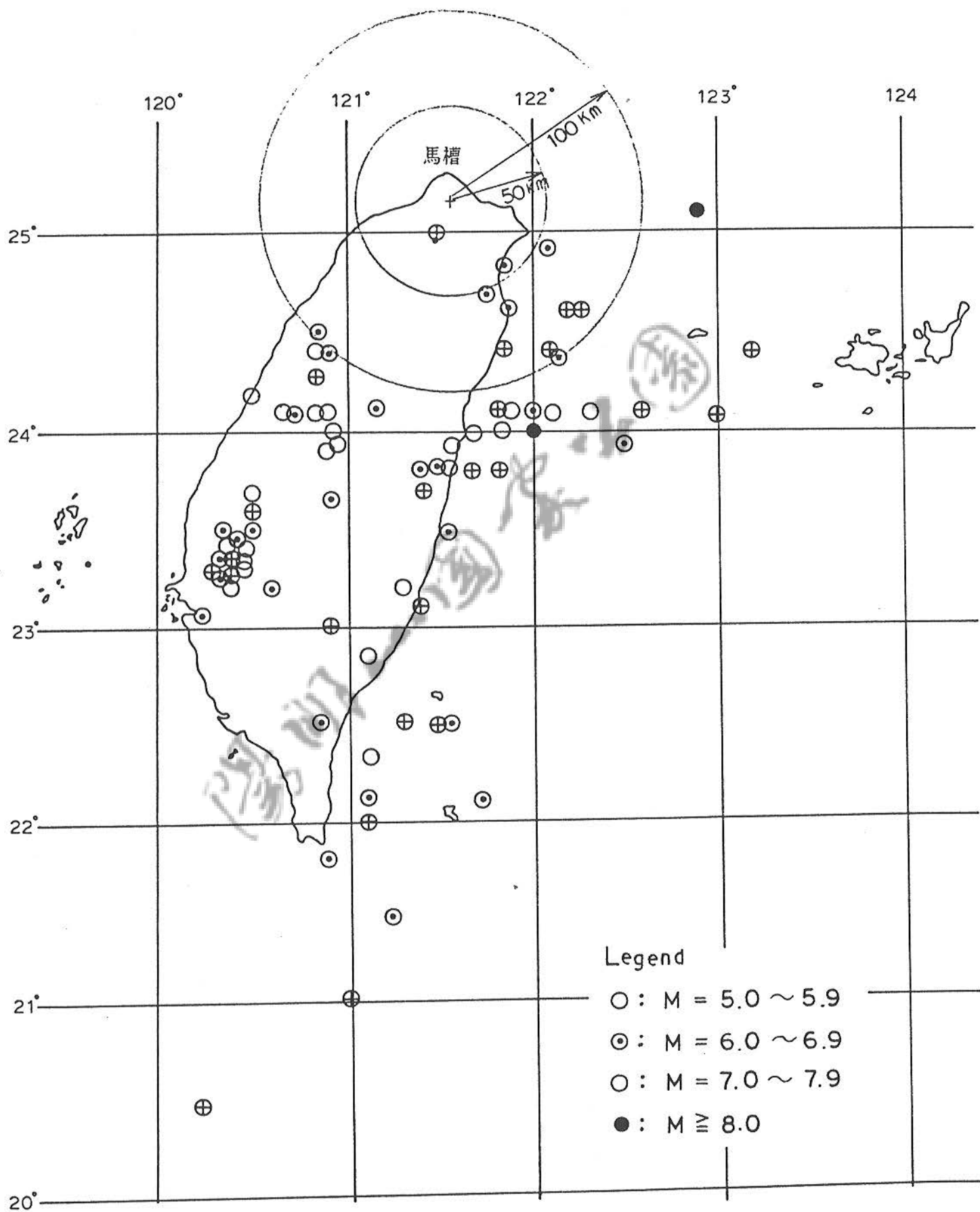


圖 2.18 台灣地區破壞性地震之分佈 (1897 ~ 1979 年)

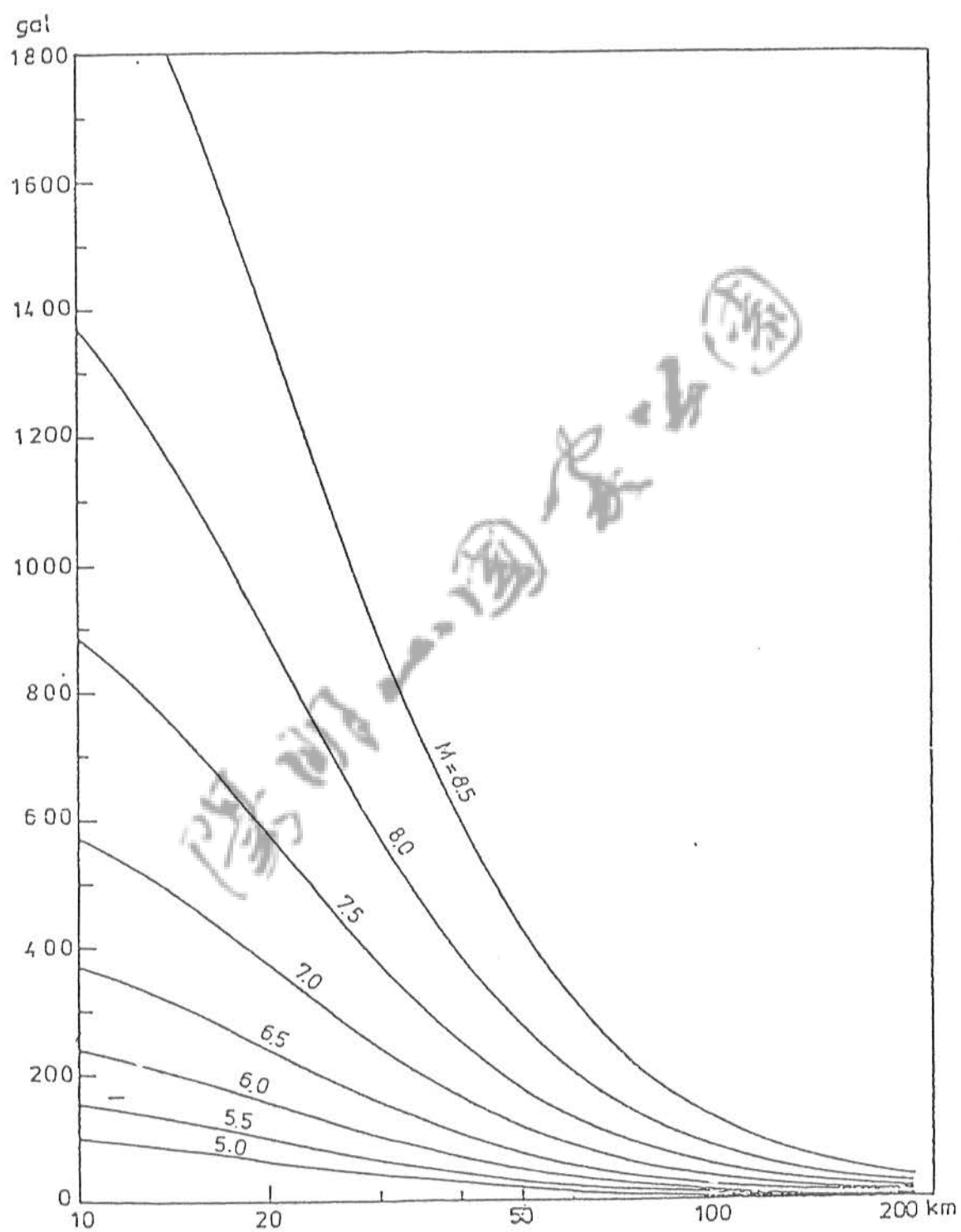


圖 2.19 加速度衰減律

第三章 馬槽橋災變

本章係根據國立台灣大學張石角教授之「馬槽橋災變及其鄰近地區之環境地質研究報告」探討民國75年11月28日發生之災變，以供第六章未來潛在災變研究之用。

3.1 災變之分區及災害

根據災變現象及地形特徵可以分為四個地區，詳見圖3.1。

1. 落石區

馬槽橋上游400公尺處的山崖發生急激山崩，山崖高約80公尺，寬約250公尺，為弱熱液換質安山岩構成，崖頂並覆有表層土，山崖坡度約70度，早先曾因外力崩壞過。當山崖崩壞時，大量的土石衝入河床並侵蝕山坡，侵蝕高度約7公尺左右，崩崖目前仍不斷有落石落入河床上。

主要災害：崖頂的中湖戰備道路破壞，迄今仍封閉停止使用。

該路在不久的將來可能完全破壞。

2. 溪床堆積物滑動區

崩崖至馬槽橋間河床原有堆積物滑動形成土石流，由地形圖判讀原河床坡度為 $13 \sim 17^\circ$ 相當陡峻足以產生土石流。土石流刷深了河床及冲刷河床邊緣造成一些三到五公尺高的小山崖，河床寬度亦擴大為40公尺左右。

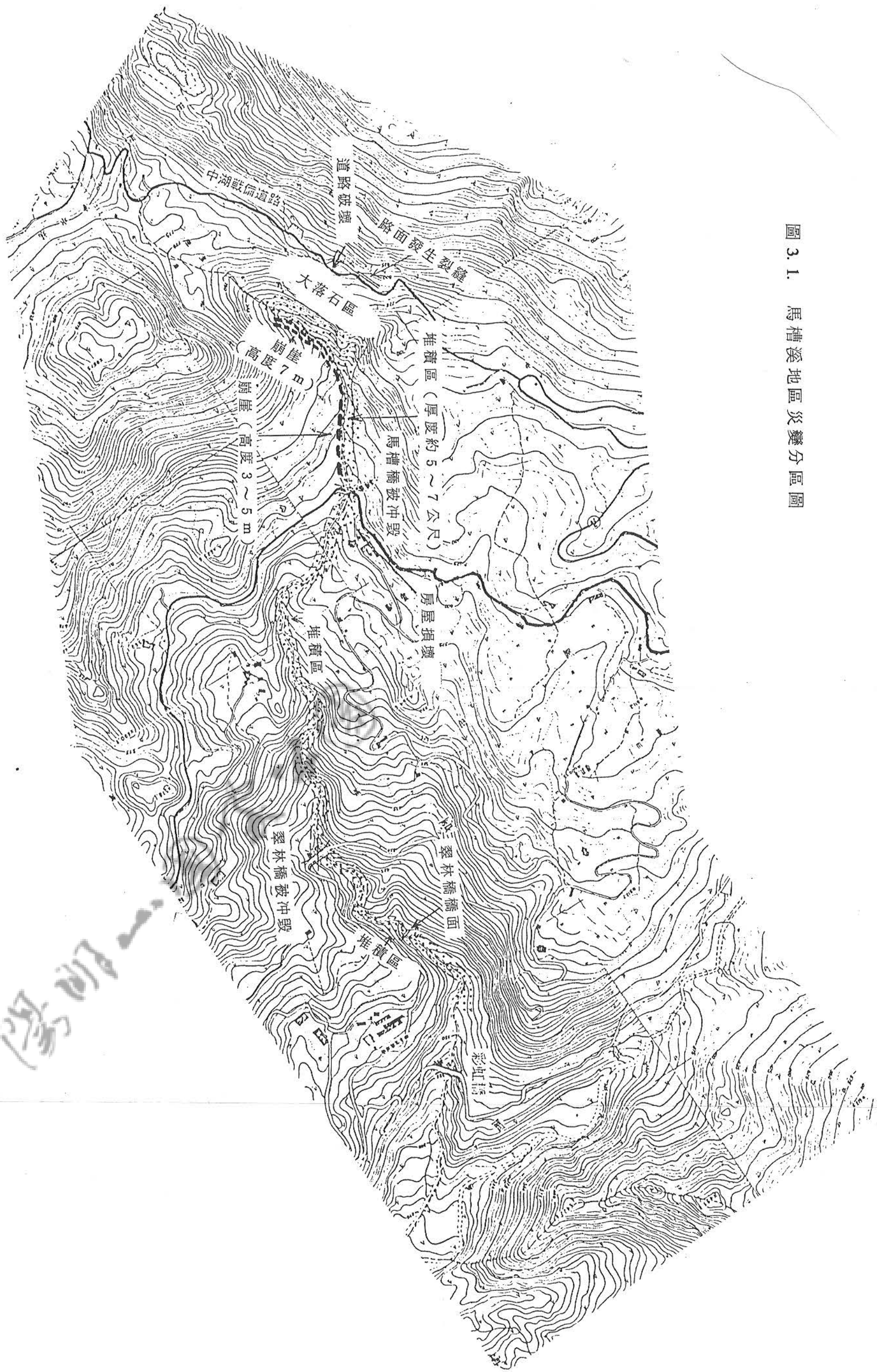
圖3.2為滑動區災變前河床示意圖，目前河床上仍遺留大量的土石岩屑，約有八、九萬立方公尺，將來隨時可能再次發生流動而生災害。

主要災害：馬槽橋為土石流巨大的衝力所摧毀，目前陽金公路暫以便道維持通車。

3. 流送區

土石流自馬槽橋流送至原翠林橋與彩虹橋之間，河床坡度為 $7 \sim 11^\circ$ ，相當多的大粒徑土石岩塊堆積在河道彎曲部份及河床兩側，這些堆積的土石將逐漸被雨水及溪水侵蝕。

圖 3.1. 馬槽溪地區災變分區圖



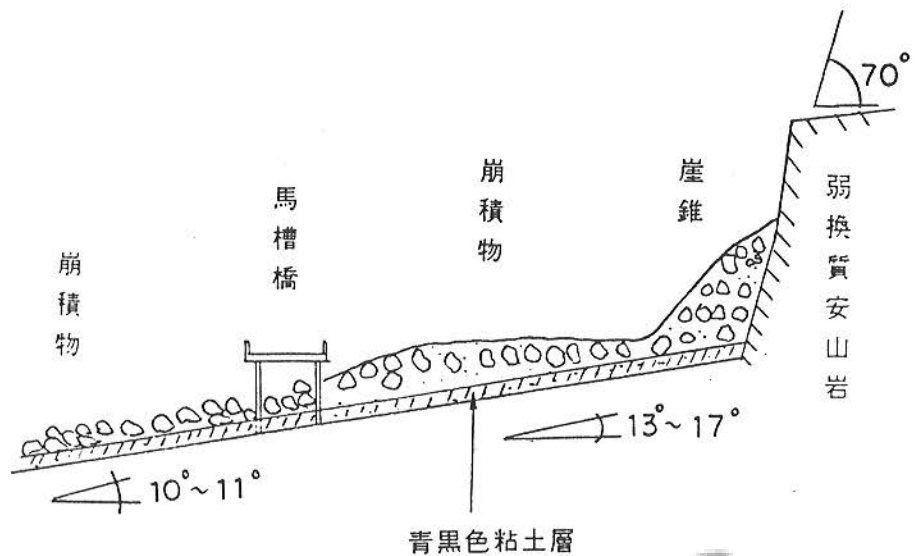
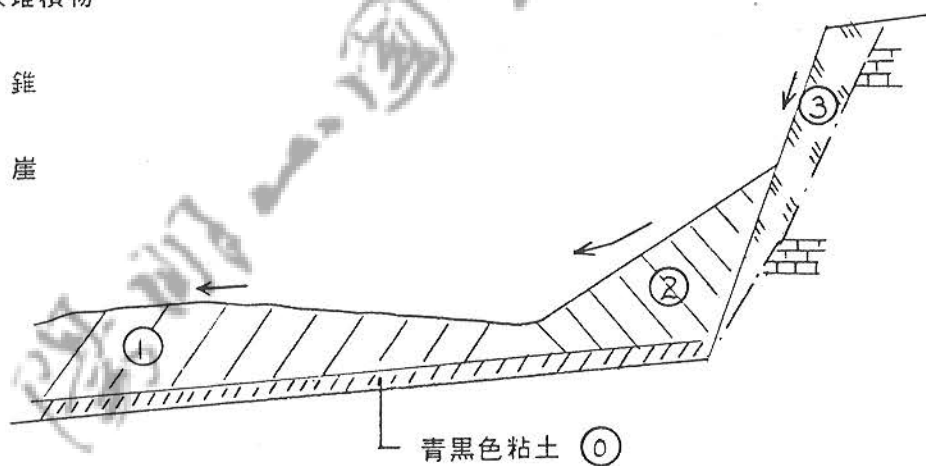


圖 3.2 災變前馬槽橋上下游河床剖面示意圖

① 溪床堆積物

② 崖錐

③ 崩崖



情況一：雨水使黏土鬆軟①→堆積物移動①→崖錐移動②→山崖崩壞③

情況二：地震使山崖崩壞③→雨水使粘土鬆軟①→堆積物移動①→崖錐移動②→山崖崩壞③

圖 3.3 土石流發生過程示意圖

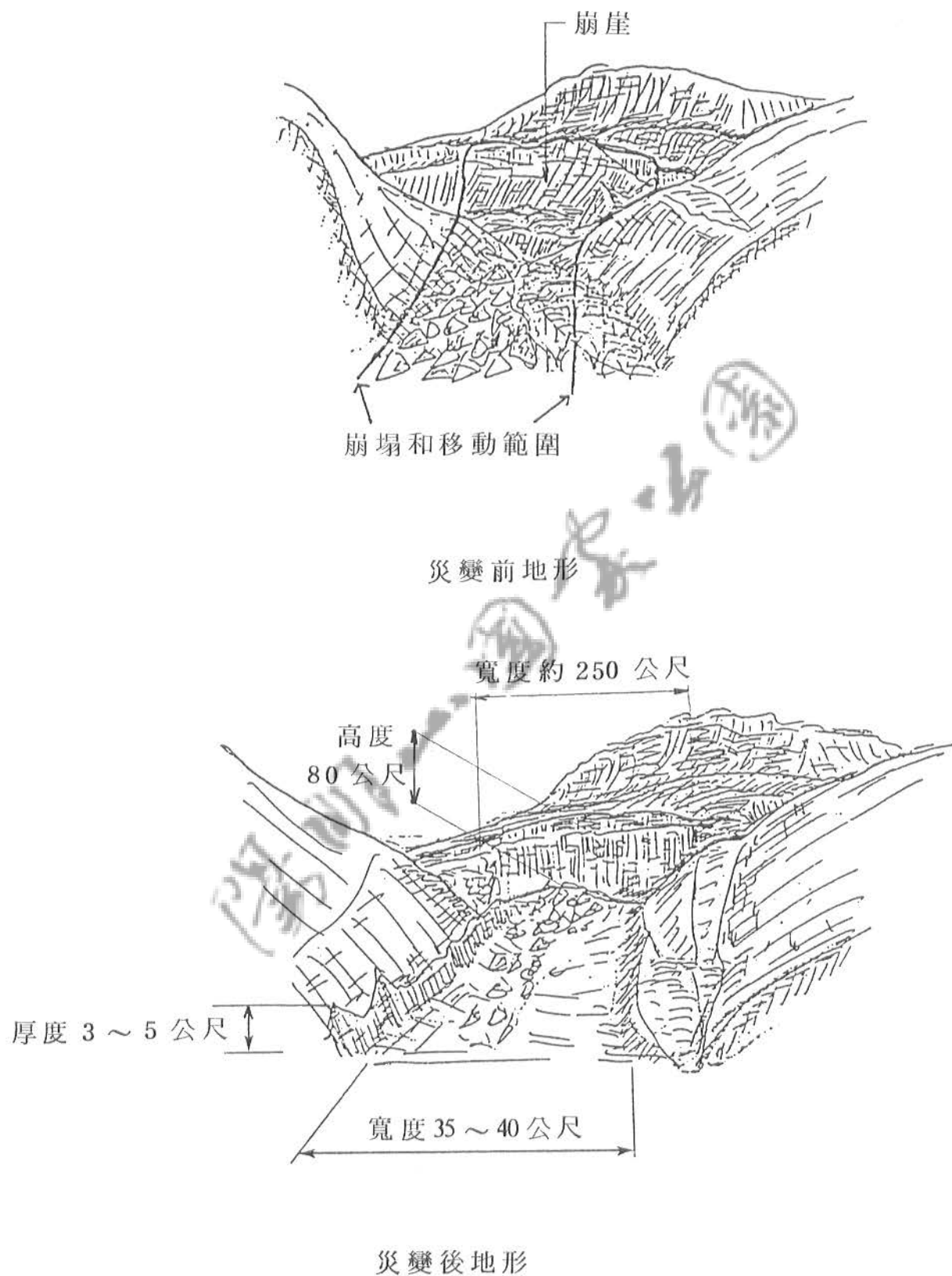


圖 3.4 馬槽橋上游災變前後地形變化

主要災害：

- 翠林橋被土石流冲毀。
- 馬槽橋附近左岸的房舍輕微損壞。
- 一輛小汽車被土石流淹沒乘客三人死亡。

4. 堆積區

原翠林橋至彩虹橋間為堆積區，河床坡度為 $6 \sim 7^\circ$ ，河床全面淤高，但因粒徑較小並無刷深現象，小粒徑之土石甚至堆積在彩虹橋下游甚遠之處，這些堆積物將逐漸被雨水侵蝕變得鬆軟。

此區無顯著災害。

3. 2 災變原因

馬槽橋上游的土石流源頭原為落石區，長久以來崩崖的落石及排水面積內的土石即堆積在河床上，這些土石岩屑與河床底部並夾雜一層青黑色鬆軟的粘土。第二章曾說明這種粘土的性質容易變為滑潤。圖 3. 2 示意圖說明該地區複雜的地質情形。

1. 土石流發生的過程

圖 3. 3 為土石流發生過程的示意圖。

- (1) 河床上堆積物由於雨水作用結構失去平衡。

另一可能原因為地震使得山崖產生裂縫或使原有裂縫加大，並由於暴雨使得山崖崩落而使岩屑移動。

- (2) 然後土石岩屑及崖錐失去支撐而產生移動。

- (3) 陡峻的崩崖因為結構不平衡使得 80 公尺高的山崖無法維持直立，於是發生了急激山崩。

2. 土石流及山崩發生的原因推測如下：

- (1) 河床上有一層厚而高潤滑性的青黑色粘土層。

- (2) 河床上有大量可移動的土石岩屑。

- (3) 河床坡度及山崖坡度都很陡。

- (4) 本地區曾下過破紀錄的暴雨。

- (5) 該地區附近曾發生大地震，可能使山崖的裂縫及節理加大。

(6)本地區的地質爲脆弱的熱液換質岩層所構成。

由很多災變研究的經驗，上述因素足以導致土石流及山崩。

陽明山國家公園

第四章 中湖戰備道路邊坡破壞

4.1 一般說明

馬槽七股地區主要的邊坡破壞區位於馬槽橋上游約 450 公尺處，上章曾提及此崩崖發生大量的落石堆積於崖底，而中湖戰備道路附近山崖亦發生大規模的山崩。因為多處路面已出現寬約六公分的裂縫，所以不久的將來可能再次山崩而使道路完全毀壞，對於崩崖山崩的考慮不僅影響中湖戰備道路的改線計畫，也會影響日後災害防制作業的進行。

本章將根據測量圖及地質鑽探資料進行研究未來可能的山崩以便規劃中湖戰備道路改線及防災計畫。

4.2 地質特徵

本地區的地質為熱液換質安山岩與火山碎岩，風化程度相當嚴重而似乎很脆弱，侵蝕的時間亦相當長久以致形成許多崩崖。山崩的發生可以說是本地區地質地形的一種天然活動。

76 年 11 月國家公園管理處曾進行中湖戰備道路沿線的地質鑽探以便瞭解本地區的地質性質，鑽探共鑽五孔，其位置見圖 4.1。孔號 A-1，A-3 及 A-5 三孔之孔深 15 公尺，水平斜角 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ ，孔號 A-2 及 A-4 為直鑽，孔深 60 公尺。鑽探主要目的是要得知岩石性質指數 (RQD)，各鑽孔的地質性質及 RQD 值列於圖 4.2。

一、岩石性質指數 RQD (ROCK QUALITY DESIGNATION)

RQD 值為表示岩石堅硬程度最普通的指數，許多工程如隧道、水壩等也常列為鑽探調查項目。RQD 值可以顯示岩層內含有的裂縫頻率，其值為：

$$100 \times \frac{\text{長度大於 10 公分之岩心總長度}}{\text{單位長度}}$$

下圖為 RQD 值與裂縫數之關係。

內政部 陽明山國家公園管理處

總長
副總長
承辦人

修正
說明
日期

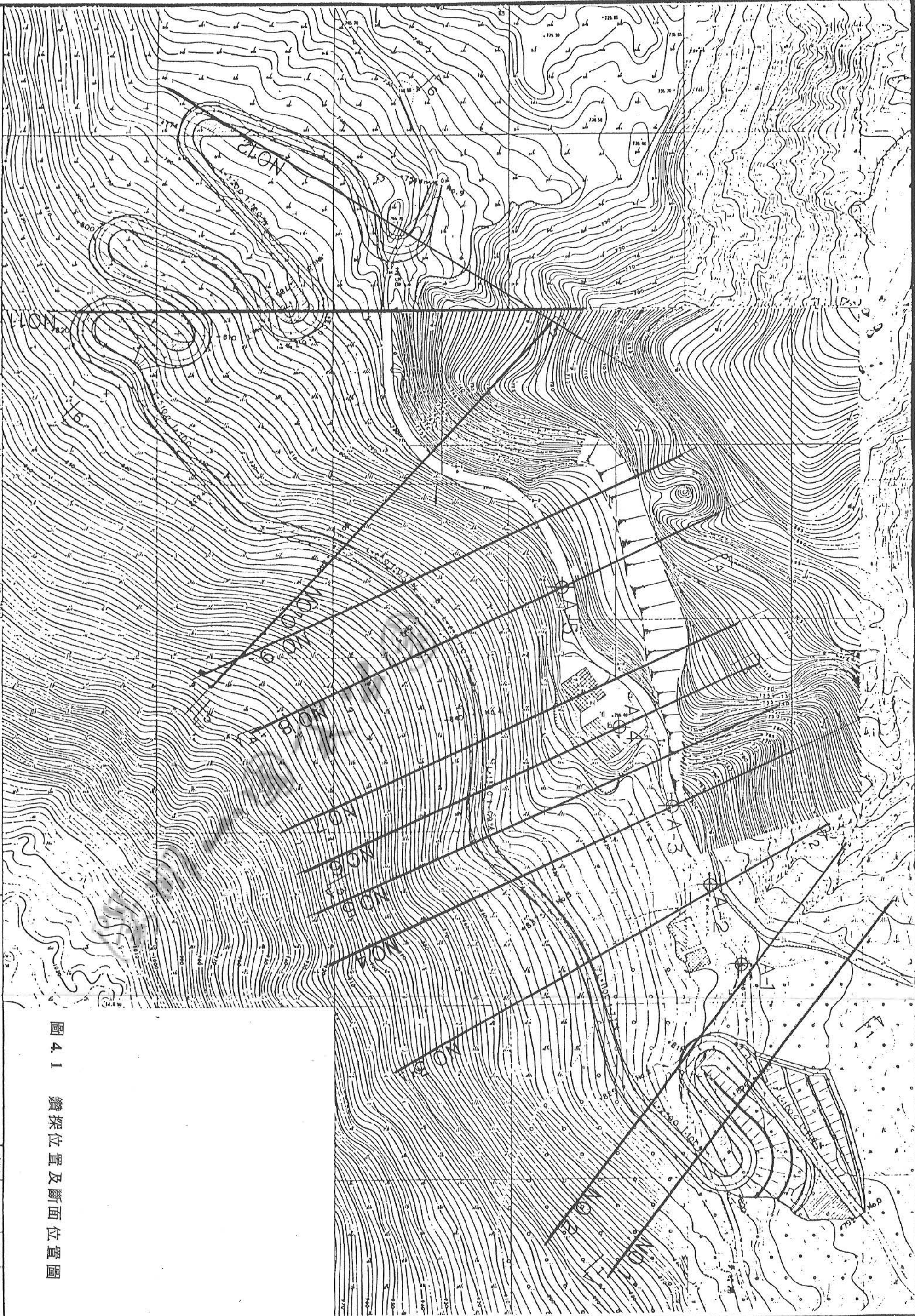
株式會社 日 建 設 計

NIKKEN SEKKEI LTD

S-1/2000

繪圖	校核
設計	校核
竣工	校核
日期	日期

圖 4.1 鑽探位置及斷面位置圖



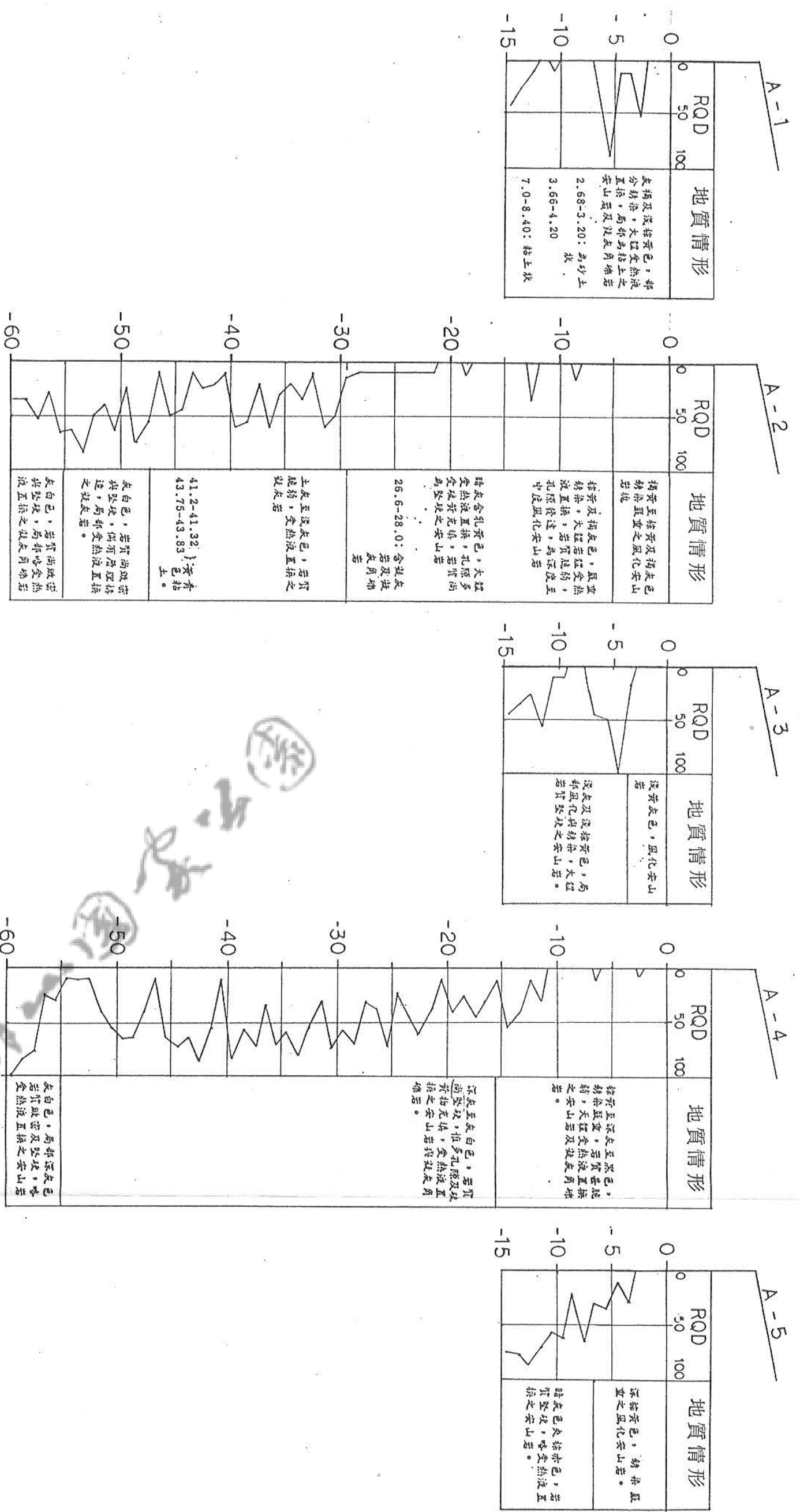
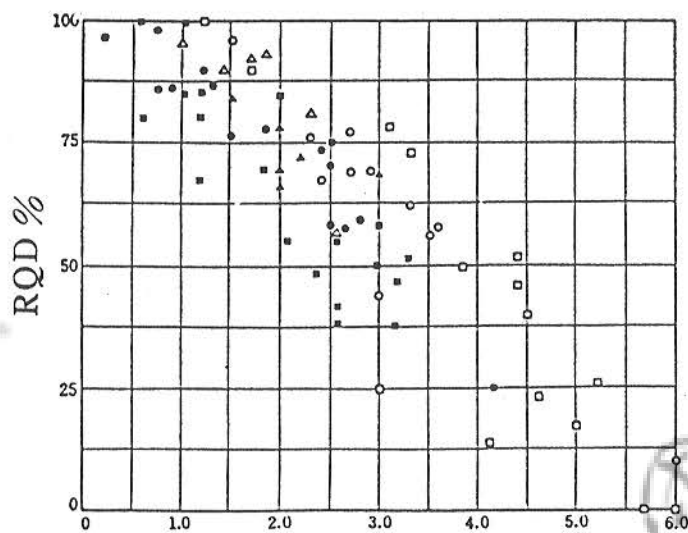


圖 4.2 鑽孔柱狀圖



裂縫密度 (裂縫數 / 每英尺)

RQD值與無圍壓縮強度、彈性模數及彈性波速度有密切關係，RQD值常與彈性波成為調查岩石性質的指標。根據迪爾 (DEERE) 的分類如下：

RQD	性 質
≥ 90	很 好
90 ~ 75	好
75 ~ 50	普 通
50 ~ 25	不 好
25 ~ 0	非常壞

此分類表與圖 2.3 的風化程度分類有關。

RQD值很低時其含義為：

岩石中有很多裂縫使滲透性變得很大而容易被風化，同時細小的顆粒也會堆積在裂縫內使裂縫逐漸擴大。因此，RQD值低的岩石其抗壓強度與抗張強度均不高相當容易破碎，這種岩層不適合隧道工程及陡坡之開挖。

RQD並不能很正確地代表岩石性質，不過是一個很有用的指數。

二鑽孔地質性質

根據地質鑽探資料分析該地區之地質性質如下：

—— A 1 鑽孔

地質為安山岩及凝灰角礫岩組成，不過土壤內夾雜若干碎岩或礫塊。除在安山岩或凝灰角礫岩岩層外 RQD 值為 0 ~ 10，並出現砂及粘土，可能為風化作用或熱液換質作用所形成，岩石色澤為灰黃色至橘黃色。判斷至少地表下 15 公尺已完全風化非常脆弱，可以認為是風化碎岩層。

—— A 2 鑽孔

由地面至地表下深度 30 公尺（甚或更深處）之 RQD 非常小，僅在某些凝灰角礫岩層達到 60 左右。深度 20 公尺以上的岩石色澤為灰黃色至橘黃色，已受到相當程度的熱液換質及風化作用，岩石孔隙甚多容易脆裂，深度 20 至 30 公尺其 RQD 約為 10 左右，灰色至灰黃色，亦受到熱液換質影響孔隙多非常脆弱。30 公尺以下之 RQD 為 20 至 80，灰色至深灰色，亦受到熱液換質作用，雖然局部岩層因熱液換質作用 RQD 僅為 10 左右，不過比較起來，此深度的岩層較為堅硬。

—— A 3 鑽孔

RQD 值為 0 到 100，橘黃色至灰色，RQD 顯示在此非常風化的岩層裏有局部薄而寬的中等硬度的岩石。不過從鑽心體照片看來此處岩石孔隙多相當脆弱，從 RQD 值來看此地層不穩定容易脆裂。

—— A 4 鑽孔

深度 15 公尺內之 RQD 值極小，顏色為灰黃色至橘黃色，岩石受到熱液換質作用與風化作用，很難認為是岩石層，深度 15 公尺以下岩層 RQD 為 10 到 80，灰色至深灰色，亦受到熱液換質作用，相當多孔隙，並夾雜一些風化碎岩。

—— A 5 鑽孔

深度 7 公尺內的 RQD 非常小，顏色為橘黃色，風化程度極深非常脆弱。其下的岩層 RQD 約為 60，亦受到熱液換質及風化作用，色澤為紫紅色並含有磁鐵礦相當堅硬。

圖 4.3 鑽孔斷面圖

註：
—— 滑動面

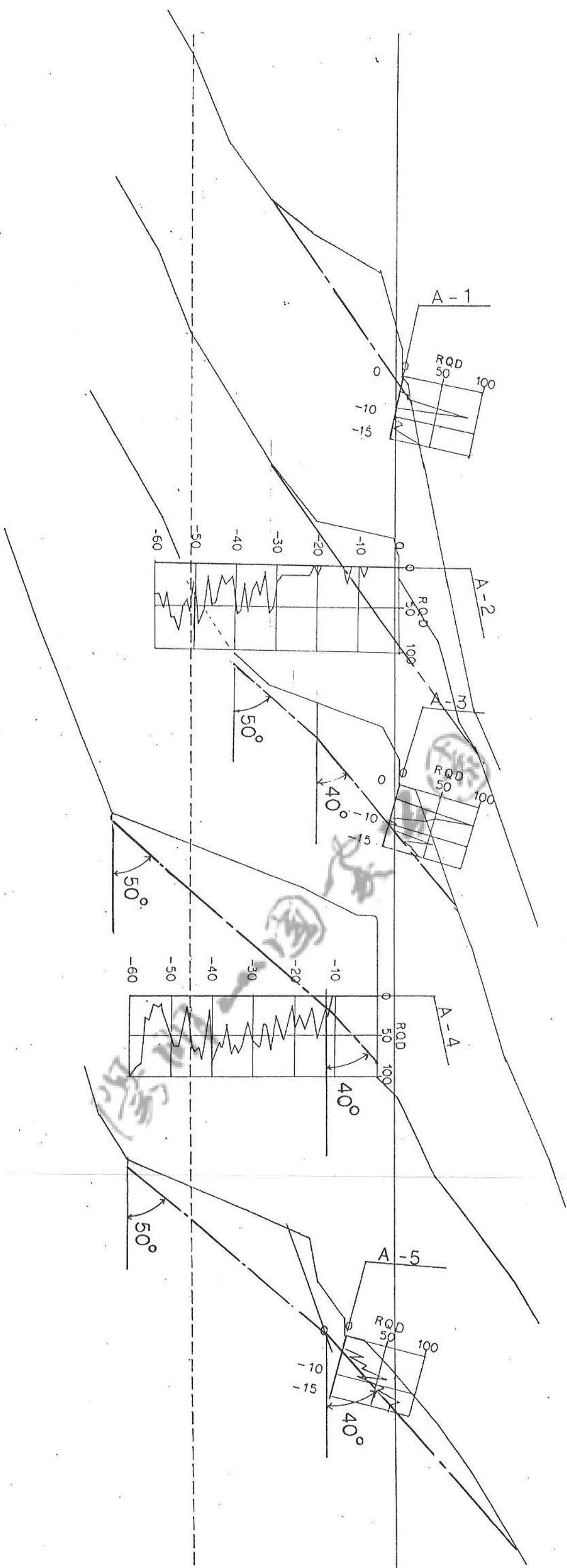
斷面 2

斷面 3

斷面 4

斷面 6

斷面 8



各鑽孔斷面整理如圖 4.3。A 2 鑽孔深度 20 公尺內的岩層已完全風化，30 公尺處的岩層也曾受到劇烈的熱液換質作用。A 4 鑽孔地區深度 15 公尺內岩石風化程度非常嚴重。

根據鑽探資料本地區之地質性質可歸納如下：

1. A 2 鑽孔地區之熱液換質作用及風化作用較 A 4 地區嚴重，冷水坑及若干硫氣噴氣孔分布在 A 2 一帶，其火山活動較 A 4 地區頻繁。
2. 如圖 2.2 所示，A 5 鑽孔的北側有許多硫氣孔，火山活動非常強烈，故岩層受到劇烈的熱液換質作用及風化作用，侵蝕情形相當嚴重。
3. A 2 鑽孔地區容易被雨水侵蝕，最後的穩定山坡坡度將很平緩。
4. A 5 鑽孔附近沒有大的硫氣孔所以較 A 2 堅硬，地形上亦屬於凸型，其地形坡度亦較為陡峻。

4.3 預測最後穩定坡度

一、地質與傾斜地形的崩壞之間有密切關聯，其因素如下：

- 地質性質
- 裂縫及節理
- 斷層
- 地形
- 地下水位
- 氣象
- 傾斜地形之高度

由於這些因素的作用導致崩壞，不過很難以數值計算岩石傾斜地形的穩定性，我們在第二章已經作了一些說明。

決定挖方邊坡坡度時應考慮下列因素：

- 彈性波速度
- 吸水膨脹率
- 裂縫指數
- 地質一般分類

由上列因素綜合研究後可求得最佳坡度。下列圖表為各因素之案例可供國內參考。

1. 彈性波速度與坡度關係圖

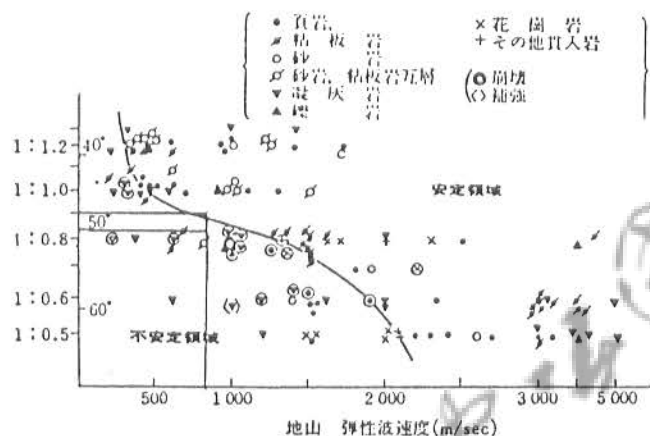


圖 4. 4

2. 吸水膨脹率與坡度關係圖

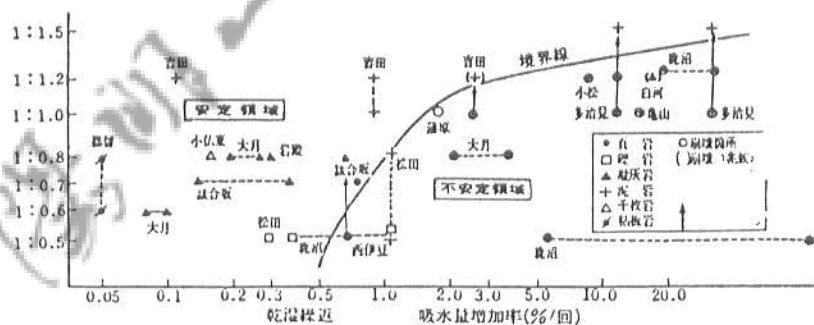


圖 4. 5

3. 裂縫指數與坡度關係圖

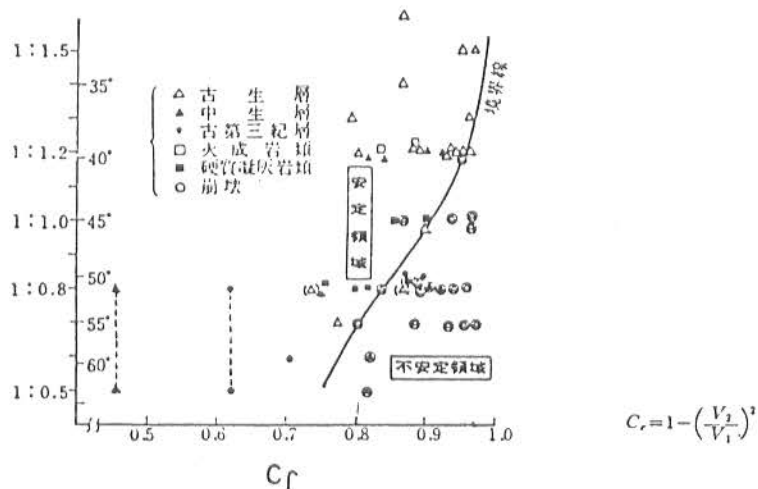


圖 4. 6

4. 地質一般分類與坡度關係圖

岩 質・土 質		切土高	急傾斜崩壊防止工事技術指針	国鉄土橋造物設計施工指針	道路技術基準
岩盤	硬 岩		1 : 0.3~0.8 (0.5)	1 : 0.3~0.8 (0.5)	1 : 0.1~0.3 (0.2)
	中 硬 岩		1 : 0.5~1.2 (0.8)	1 : 0.8~1.0 (0.9)	硬 1 : 0.3~0.6 ↓ 1 : 0.5~1.0 軟 (0.6)
	軟 岩			1 : 0.8~1.2 (1.0)	硬 1 : 0.3~0.6 ↓ 1 : 0.8~1.2 軟 (0.7)
密 緻	礫 土	0	1 : 0.8~1.0	1 : 1.0 ↓ 1 : 1.5 (1 : 1.3)	1 : 1.0 ↓ 1 : 0.8~1.0 ↓ 1 : 1.0~1.5 (1.1)
		5	1.0~1.2		
		10 m	(1.0)		
	砂・砂 質 土	0	1 : 0.8~1.0		
		5	1.0~1.2		
		10 m	(1.0)		
	粘 土・粘 質 土	0	1 : 0.8~1.0		
		5	1.0~1.2		
		10 m	(1.0)		
鬆 軟	礫 まじり 土	0	1 : 1.0~1.2	1 : 1.5~1.8 (1.6)	1 : 1.2
		5	1.2~1.5		(1.2)
		10 m	(1.2)		
	砂・砂 質 土	0	1 : 1.0~1.2		1 : 1.5
		5	1.2~1.5		(1.5)
		10 m	(1.2)		
	粘 土・粘 質 土	0	1 : 1.0~1.2		1 : 1.0~1.5
		5	1.2~1.5		↓ 1.5~2.0 (1.5)
		10 m	(1.2)		
	岩塊 粘土	0	1 : 1.0~1.2		
		5	1.2~1.5		
		10 m	(1.2)		

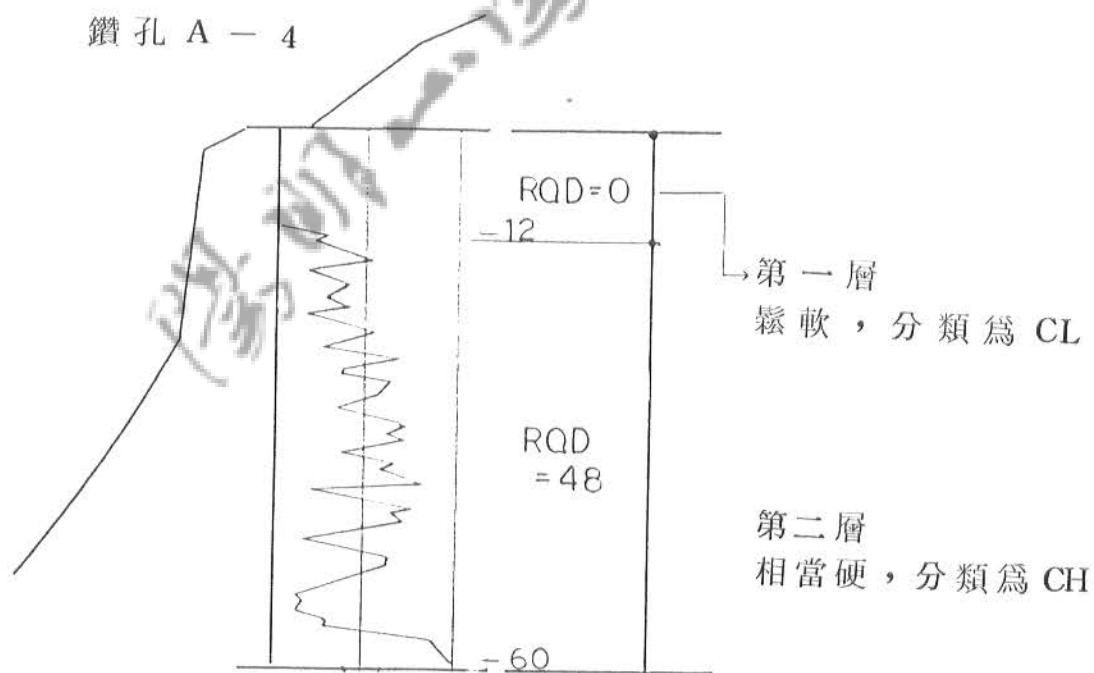
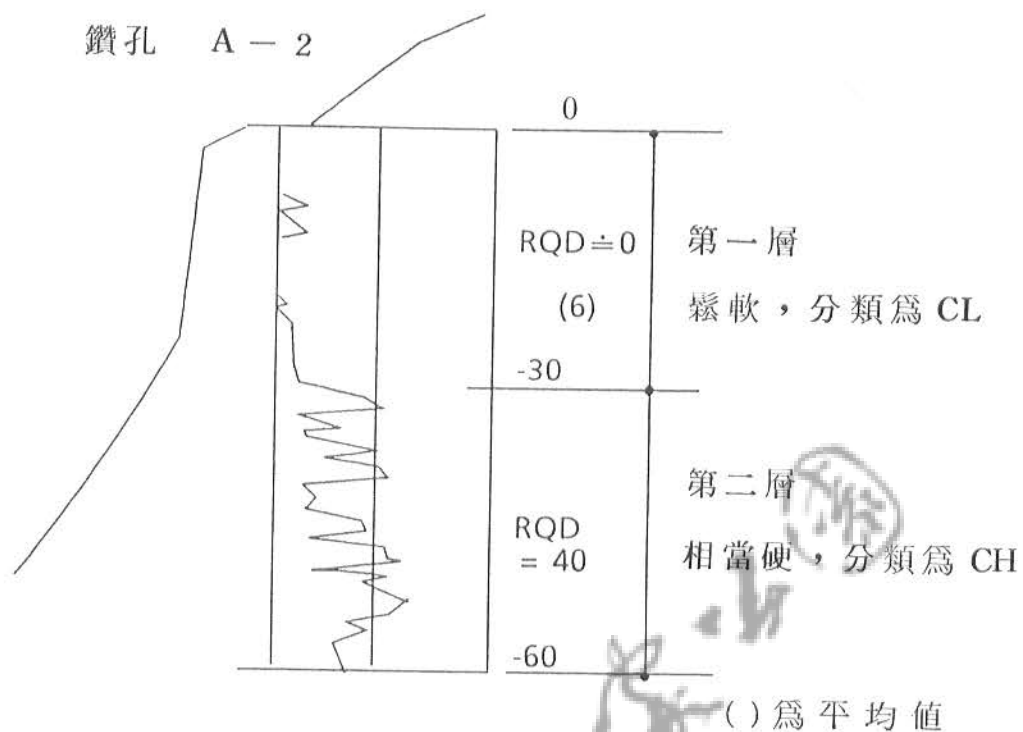
圖 4. 7

二、預測穩定坡度

由地質鑽探所得的岩石 RQD 值及上節所述的因素用來推測最佳坡度。

1. 地層之分類

根據圖 2. 3 的分類表，岩層區分如下：



上列分類包括表層土，因為表層土與第一層間很難區分，所以將表層土併入第 1 層中。

2. 由彈性波速度估計坡度。

由上列分類圖及圖 2. 2，估計彈性波速度為：

第 1 層：800 公尺／秒

第 2 層：1500 ~ 2000 公尺／秒

以此數值由圖 4. 4 得到坡度為：

第 1 層：約 45°

第 2 層：約 50° ~ 60°

3. 由裂縫指數估計坡度

裂縫指數的公式為

$$Cr = 1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2$$

Cr：裂縫指數

V₂：原有地層之彈性波速度

V₁：鑽心體之彈性波速度

如 V₂ / V₁ 與 RQD 的關係設為 1 : 100 時裂縫指數為

第 1 層：RQD = 10 Cr = 1 - (0.1)² = 0.99

第 2 層：RQD = 50 Cr = 1 - (0.5)² = 0.75

則由圖 4. 6 可求得對應坡度

第 1 層：Cr = 0.99 坡度 35°

第 2 層：Cr = 0.75 坡度 60°

4. 由一般分類估計坡度

圖 4. 7 是日本一些技術機構的坡度標準，第 1 層可以列為礫混凝土或軟岩，第 2 層為中軟岩，故其坡度為

第 1 層：坡度 1 : 1.2 (40°)

第 2 層：坡度 1 : 0.8 (50°)

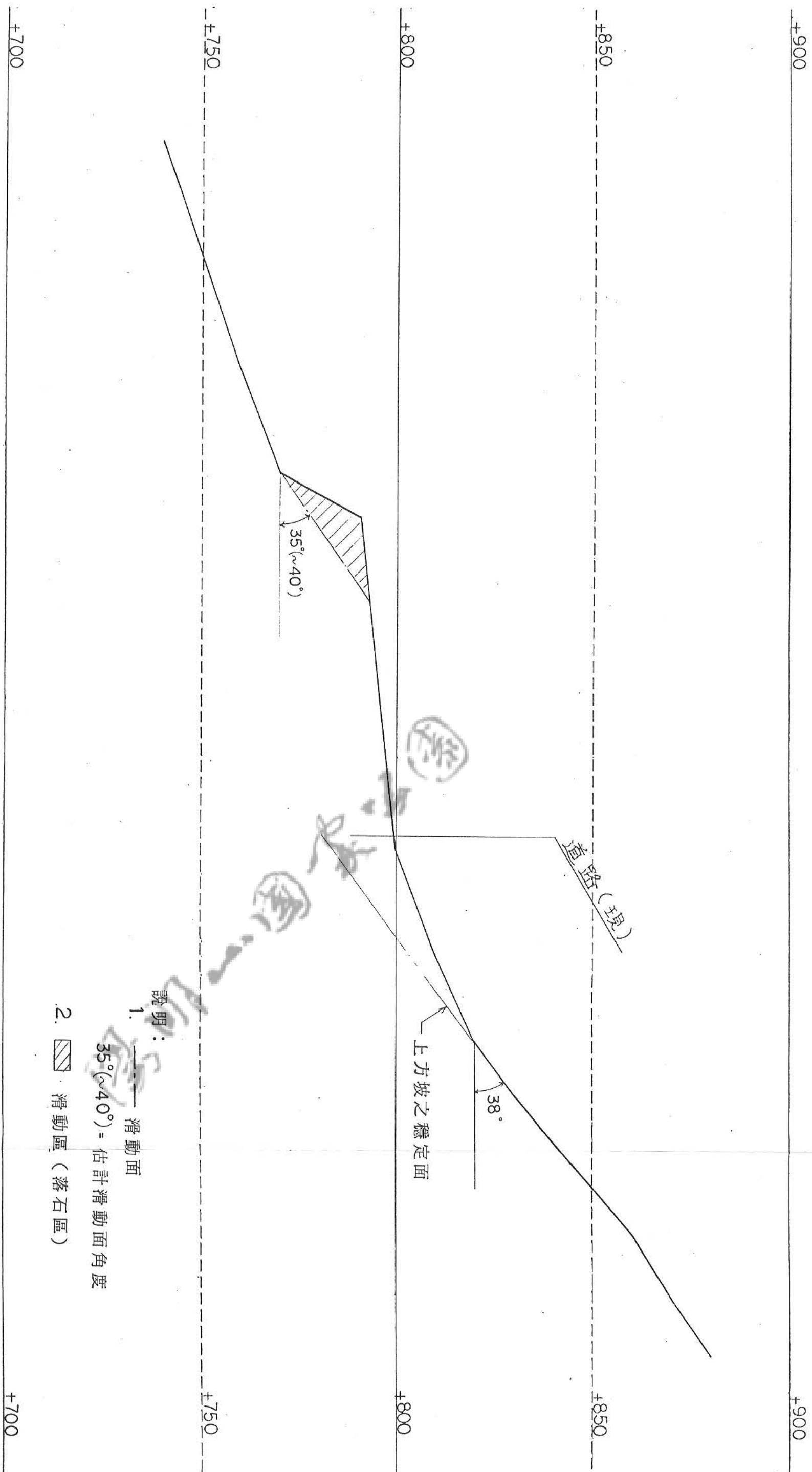
三 建議坡度

現有山崖坡度幾達 70°，落石將持續發生直至山崖形成一穩定坡度，由上節資料建議坡度為：

第 1 層 40°

第 2 層 50°

圖 4. 8 ~ 4. 19 為中湖戰備道路現有地形之斷面，我們已將



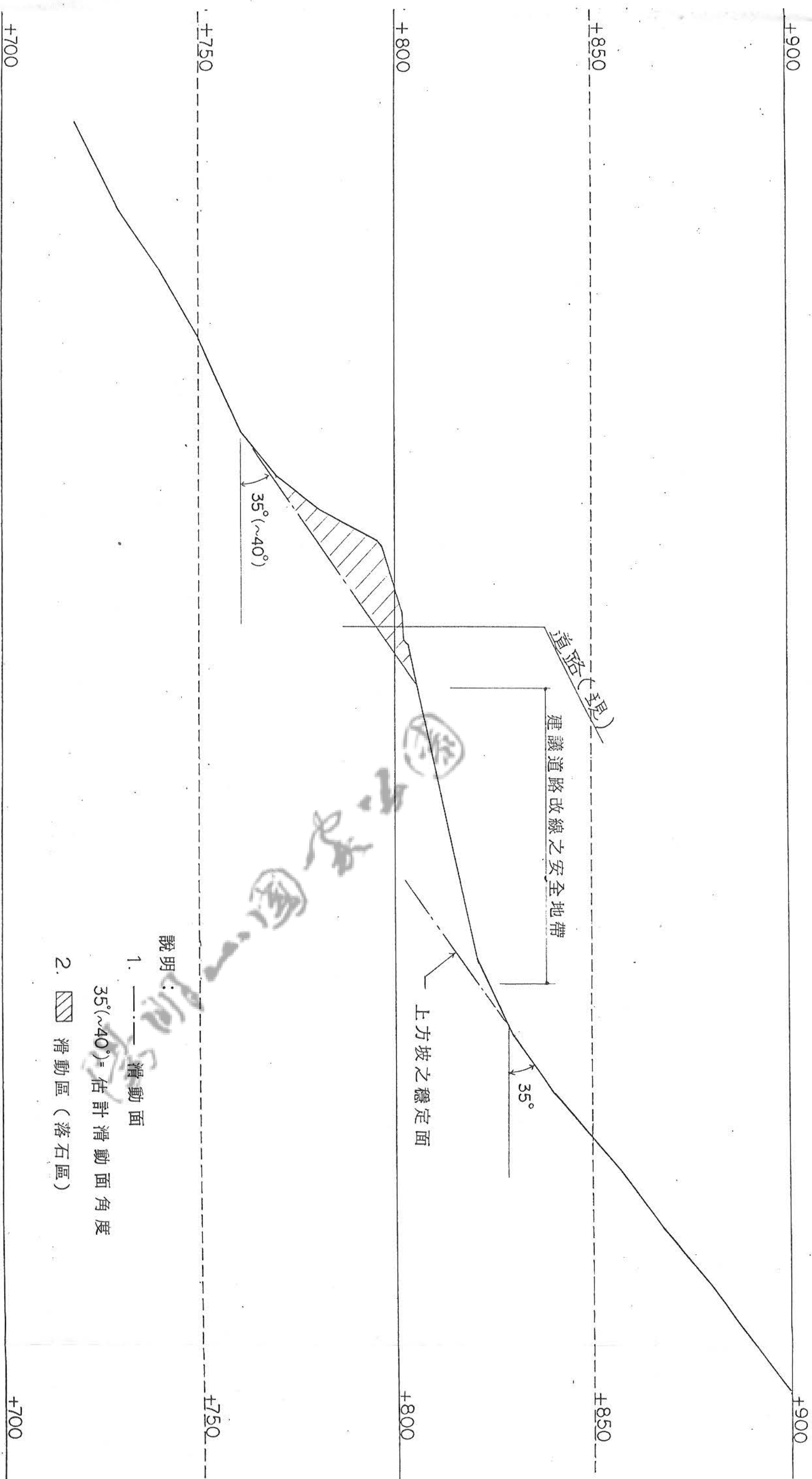
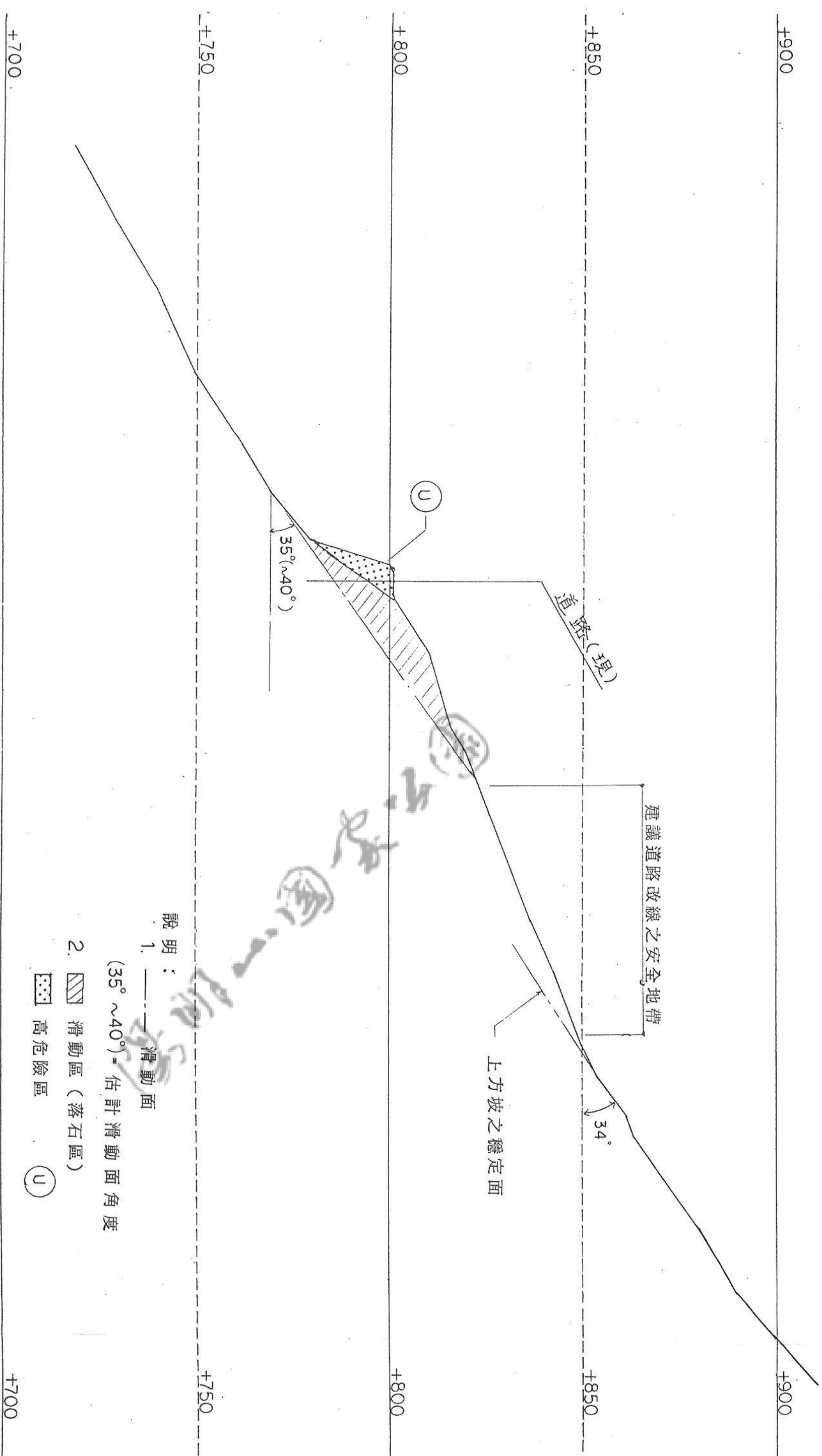
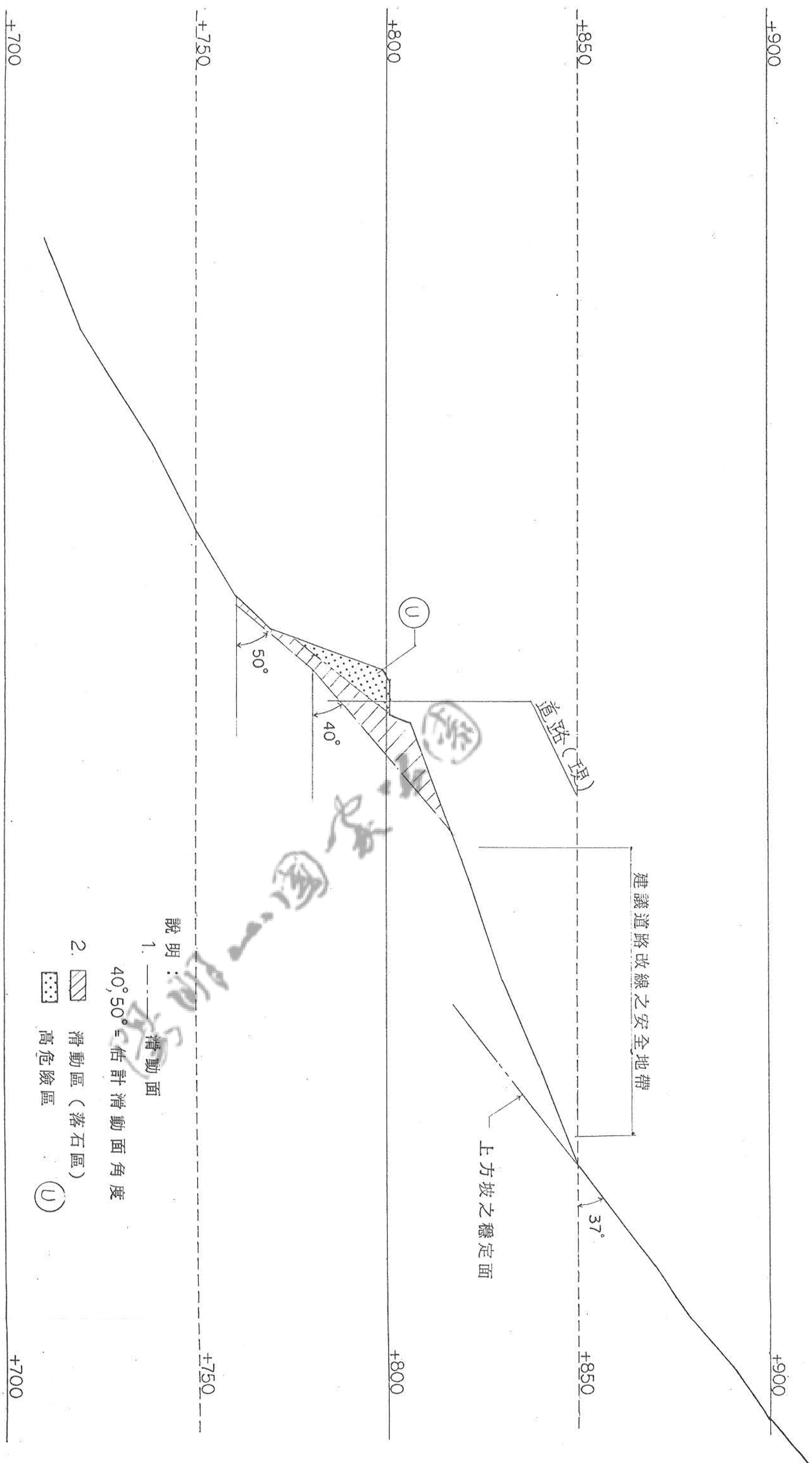
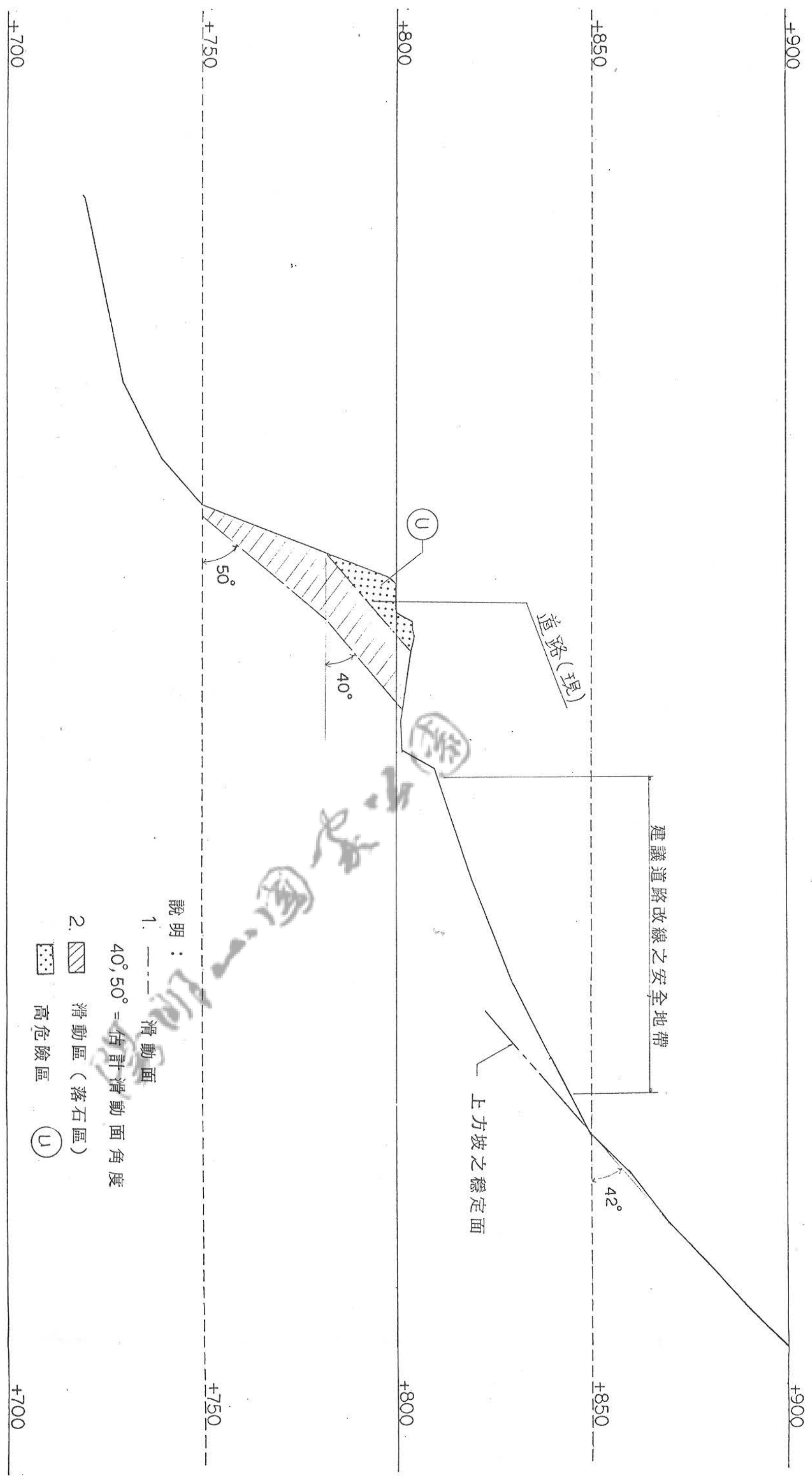


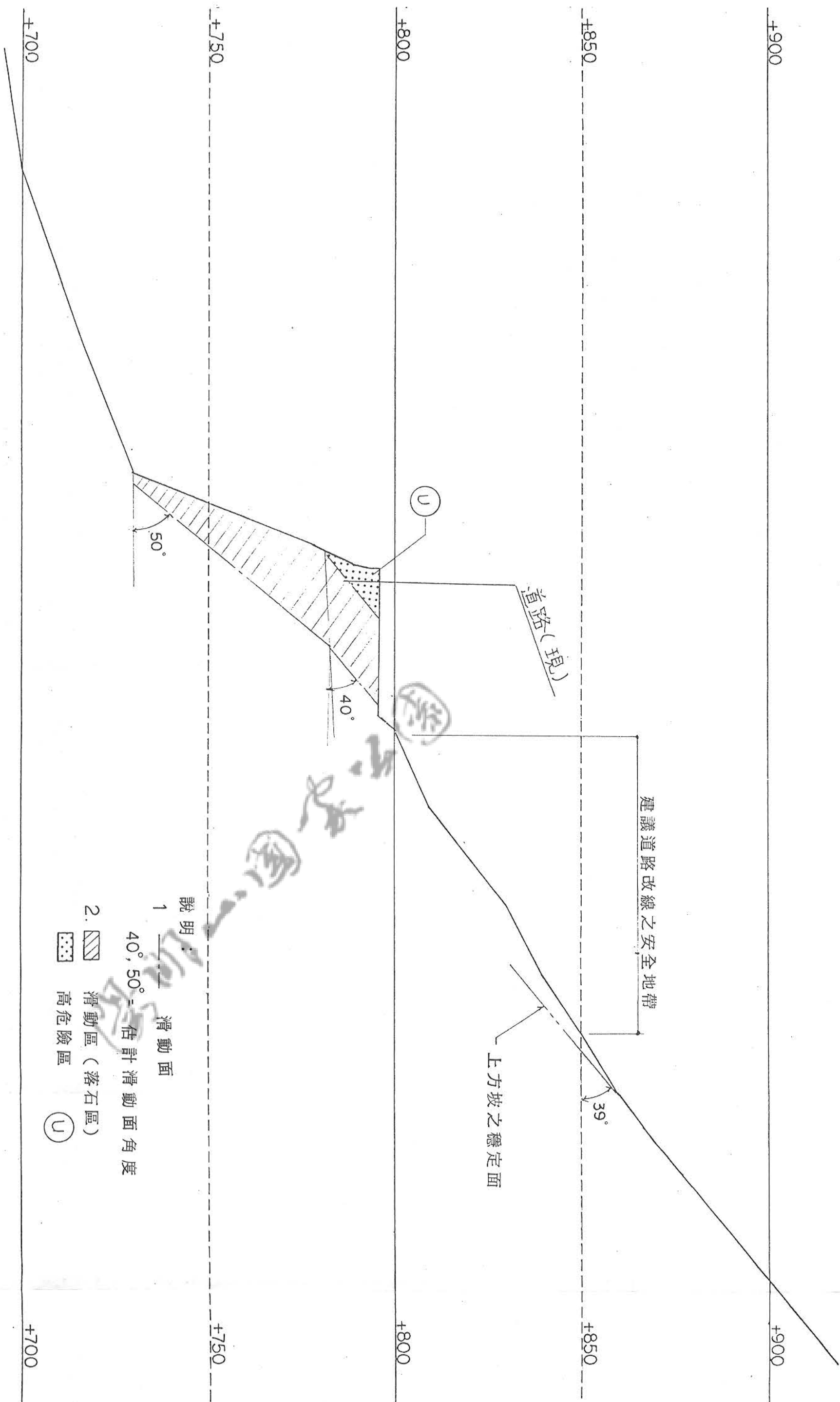
圖 4.10 斷面 3

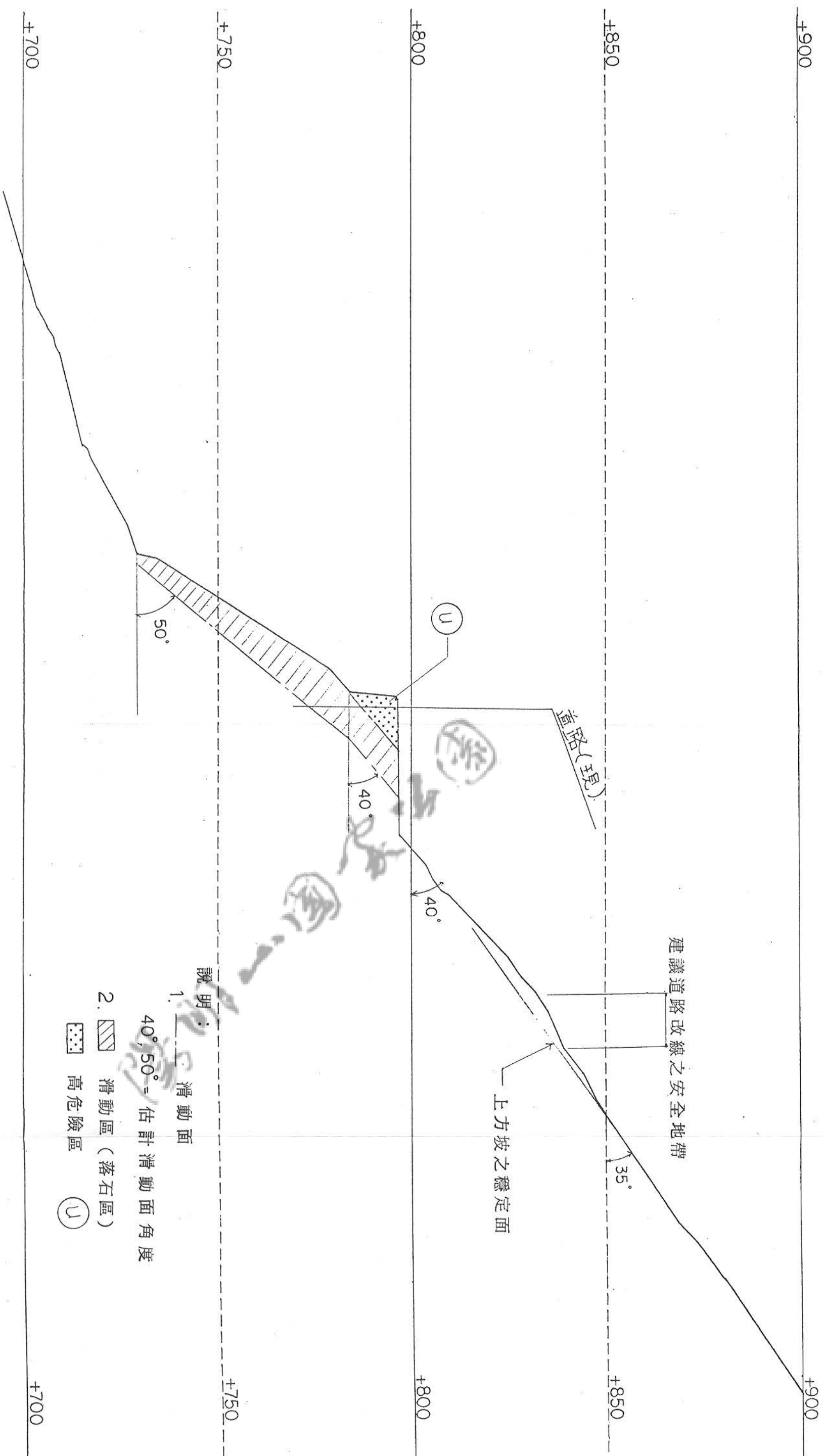
S = 1/1000

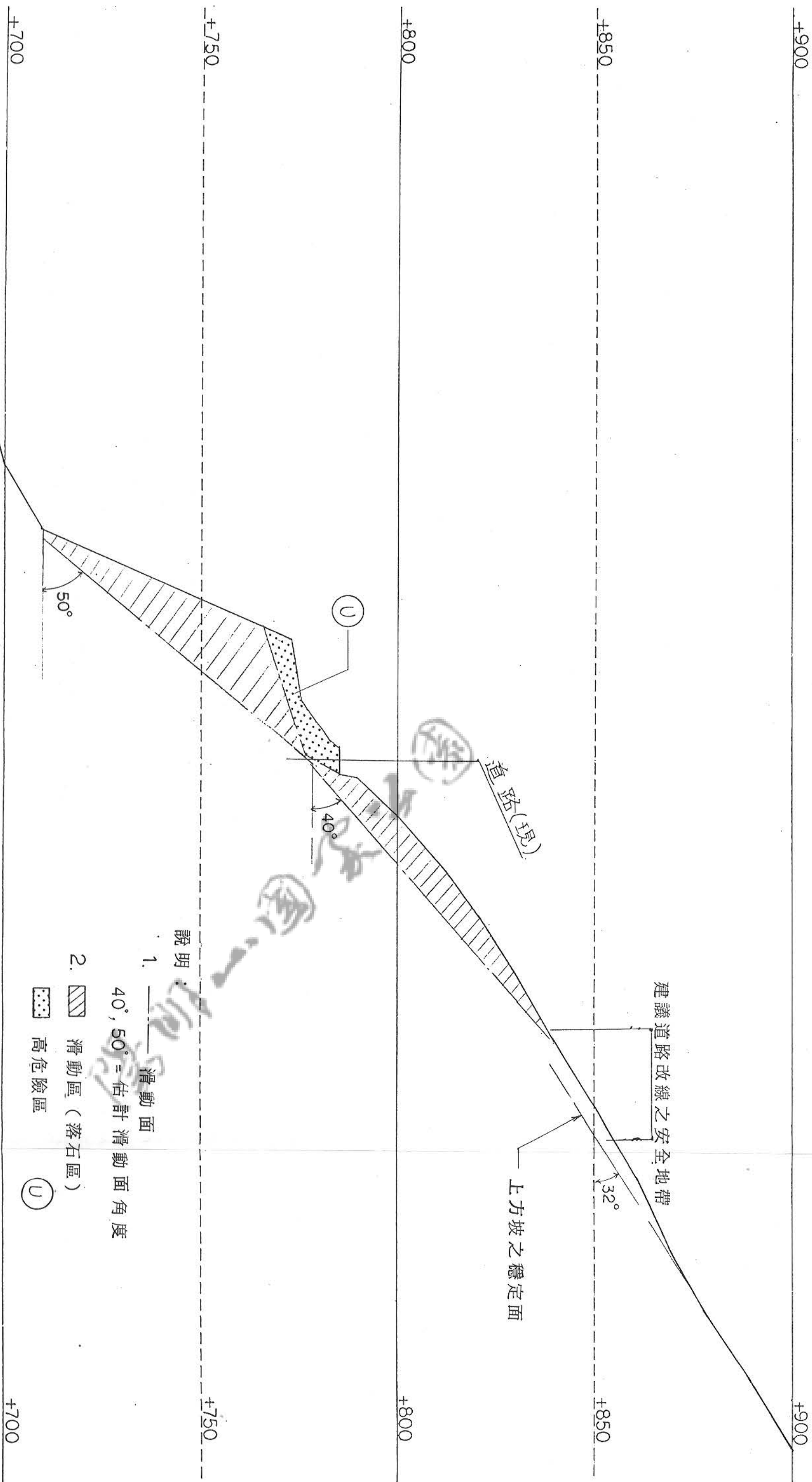


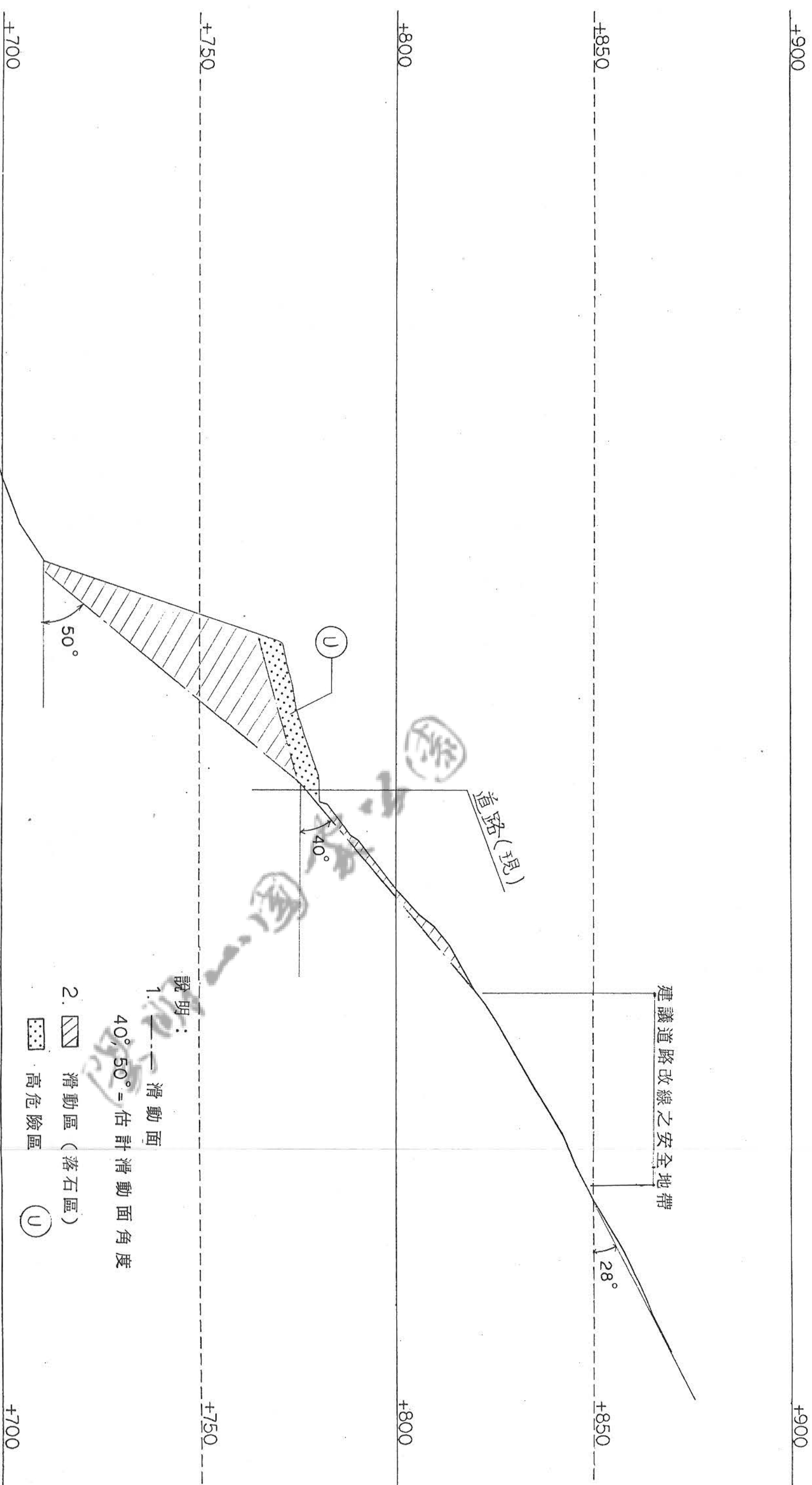


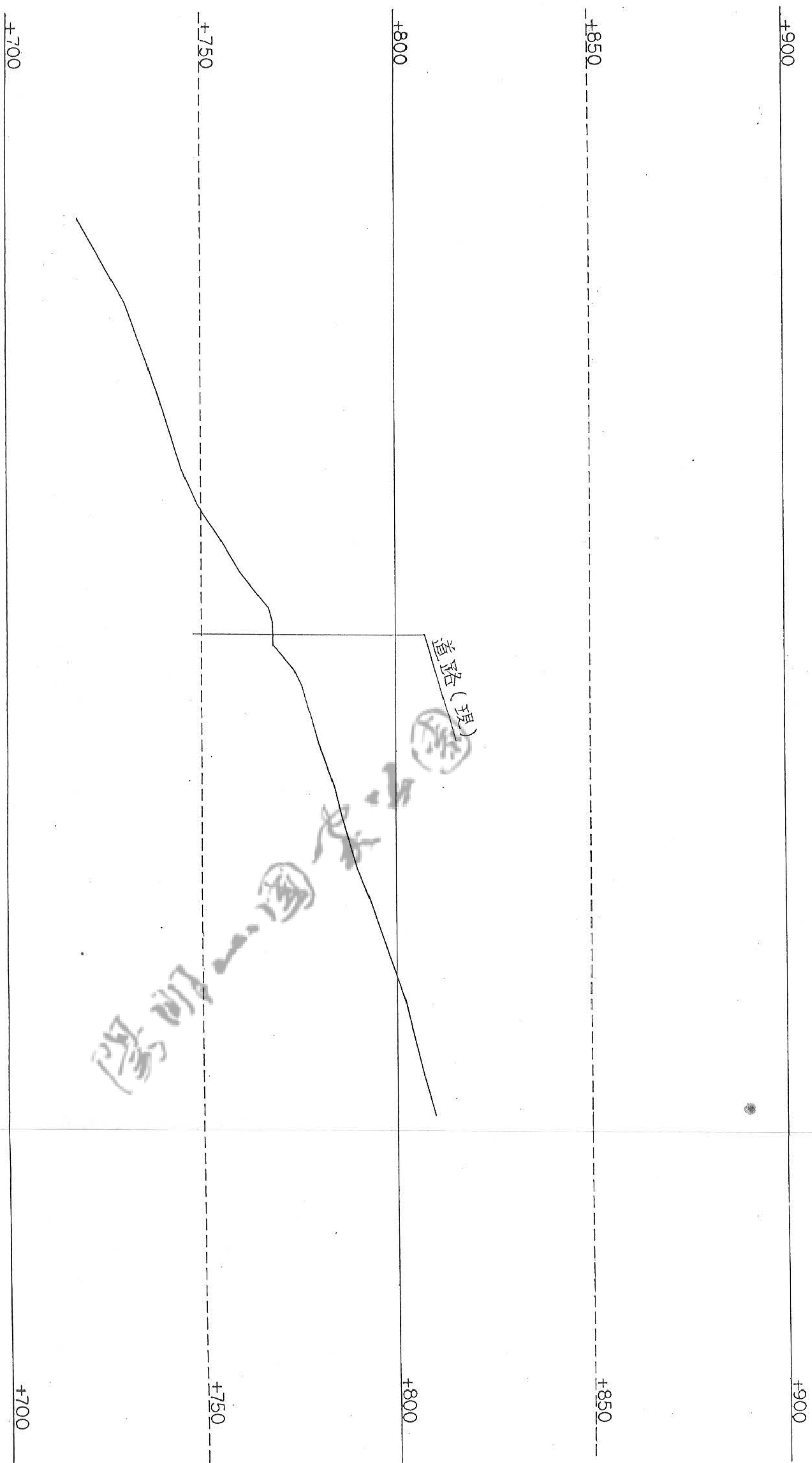


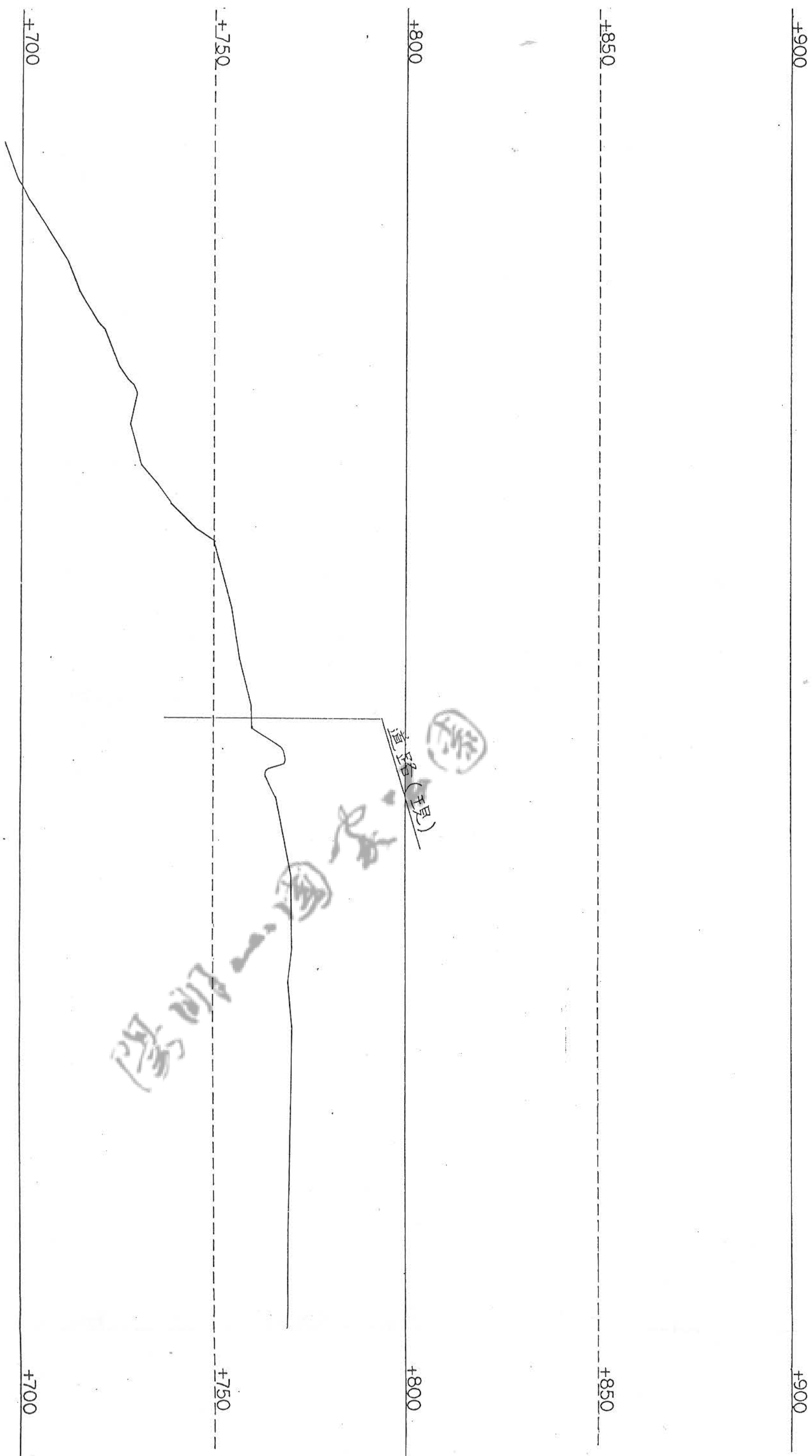












建議最後坡度繪於圖中。道路上方現有地面坡度由 32° 至 42° 不等，因為地質形成已久目前看起來還算穩定，所以建議將中湖戰備道路改建至此一安全地帶，改建時須充分考慮道路的線形與寬度。山崖底部至新建道路位置的平均坡度約為 45° 。

四、土石數量

邊坡破壞產生的土石岩屑落入河床上會導致下游地區發生土石流及災變，因此有必要估計山崖崩落的土石數量，我們可從地形圖、鑽探資料及現場勘查結果推算。

圖 4. 8 ~ 圖 4. 19 圖上點狀部份為不穩定高危險區（符號①），破壞型式為坡面破壞與落石。根據地形特徵及現有路面發生裂縫的情況，此部份在圖 4. 4 上應屬於脆弱地層，山崖裂縫崩裂後會產生大量的土石，不過很難估計正確的數量。圖上斜線部份為地質不穩定但並非短期內即發生災變的地區（次危險區），其破壞型式為侵蝕、山崩及落石。

圖 4. 20 及 4. 21 估算土石數量，高危險區約有 $40,010 \text{ M}^3$ ，次危險區約 $246,105 \text{ M}^3$ ，合計共約 $286,115$ 立方公尺。這些土石將崩落堆積在河床上並可能導致土石流的發生，另外鄰近山崖因為曳引力或邊坡破壞也會產生一些土石堆積在河床上，所以真正的土石數量恐還不只此數。

圖 4. 20 區域 1 之土石數量

斷面編號	距離 (m)	面積 (m ²)		平均面積 (m ²)	數量 (m ³)
0					
1	40				
2	45	-	0	-	-
3	45	$1/2 \times 9 \times 22 = 99$	99	50	2,250
4	55	$1/2 \times 11 \times 24 = 132$	132	116	6,380
5	30	$1/2 \times 28 \times 9 = 126$ $1/2 \times 7 \times 5 = 17$ $1/2 \times 11 \times 5 = 27$	170	151	4,530
6	25	$1/2 \times 23 \times 9 = 104$	104	137	3,425
7	25	$1/2 \times 15 \times 12 = 90$	90	97	2,425
8	60	$1/2 \times 20 \times 5 = 50$ $1/2 \times 30 \times 7 = 105$ $1/2 \times 7 \times 9 = 31$	186	138	8,280
9	40	$40 \times 4.5 = 180$	180	183	7,320
10	60		0	90	5,400
11	80		0		
12	45		0		
合計					40,010

圖 4.21 區域 2 之土石數量

斷面編號	距離 (m)	面積 (m ²)		平均面積 (m ²)	數量 (m ³)
0		*估計距離	0		
1	40*	$1/2 \times 47 \times 12 = 282$	282	141	5,640
2	40	$1/2 \times 70 \times 13 = 455$	455	369	14,760
3	45	$1/2 \times 80 \times 10 = 400$	400	428	19,260
4	55	$1/2 \times 67 \times 13 = 435$ $1/2 \times 38 \times 4 = 76$ $1/2 \times 39 \times 4 = 39$	550	475	26,125
5	30	$1/2 \times 74 \times 13.5 = 499$ $1/2 \times 32 \times 5 = 80$ $1/2 \times 42 \times 4 = 84$	663	607	18,210
6	25	$1/2 \times 90 \times 20 = 900$ $1/2 \times 40 \times 7 = 140$	1,040	852	21,300
7	25	$1/2 \times 90 \times 12 = 540$ $1/2 \times 36 \times 4 = 72$	612	826	20,650
8	60	$1/2 \times 87 \times 18 = 783$ $1/2 \times 90 \times 8 = 360$	1,143	878	52,680
9	40	$1/2 \times 85 = 892$	892	1,018	40,720
10	60		0	446	26,760
11	80		0		0
12	45		0		0
合計					246,105

第五章 中湖戰備道路整建計畫

5.1 現有路況

穿越陽明山國家公園的主要道路為台北至金山的陽金公路，其路寬為 6 公尺雙車道，D 級服務水準交通容量為 6000 小客車當量／每日，不僅供遊憩活動使用且頗具經濟價值，該路由南向北通過國家公園的核心地帶，沿線計畫開闢許多遊憩據點。國家公園現有道路系統參見圖 5.1。

根據民國 75 年的觀光統計資料，每年的遊客數增加率平均為 4%，預測未來的觀光需求有漸增的趨勢。而「陽明山國家公園景觀及公園道路系統規劃報告」指出小油坑附近路段因線形及坡度不佳故現有道路容量為 4800 小客車當量／每日，遠較 6000 小客車當量／每日為小，請參見圖 5.2。中湖戰備道路由冷水坑通往小油坑，可說是山仔后到小油坑的繞行路亦是擎天崗戰備運輸道路，路寬 4～5 公尺，單車道，交通容量為每小時 1000 小客車當量，小油坑附近路段之縱坡度高達 11%，此路主要供小汽車及軍車通行。75 年 11 月的山崩使得此路破壞，目前封閉暫停使用，使得冷水坑往小油坑的遊客必須多繞行 12 公里，實有需要設置一條替代道路以供旅遊及軍事之用。

5.2 遊憩據點

中湖戰備道路附近有許多遊憩據點，如冷水坑、七星山、七股山、小油坑等。

圖 5.1 現有道路路況



道 路	起 訖	路 寬 及 路 面	備 註
① 台二甲省道	台北↔金山	路寬 8 M，雙車道、柏油路面	主要公園道路
② 101 甲縣道	竹子湖↔北新莊	路寬 4 M，單車道、柏油路面	公園西側連絡道路
③ 戰備道路	山仔后↔中湖	路寬 4 ~ 5 M，單車道、柏油路面	公園東側連絡道路
④ 至善路	外雙溪↔內雙溪	路寬 4 ~ 5 M，單車道、柏油路面	連接內雙溪地區
⑤ 行義路	士林↔陽明山公園	路寬 5 ~ 7 M，雙車道、柏油路面	連接士林地區
⑥ 陽投公路	北投↔陽明山	路寬 5 ~ 7 M，雙車道、柏油路面	連接北投地區
⑦ 內雙溪農路	內雙溪↔山仔后	路寬 3 ~ 4 M，單車道、柏油路面	公園東南側連絡道路
⑧ 竹子湖農路	竹子湖地區	路寬 3 ~ 4 M，柏油路面	重要之農路

圖 5.2 道路路網

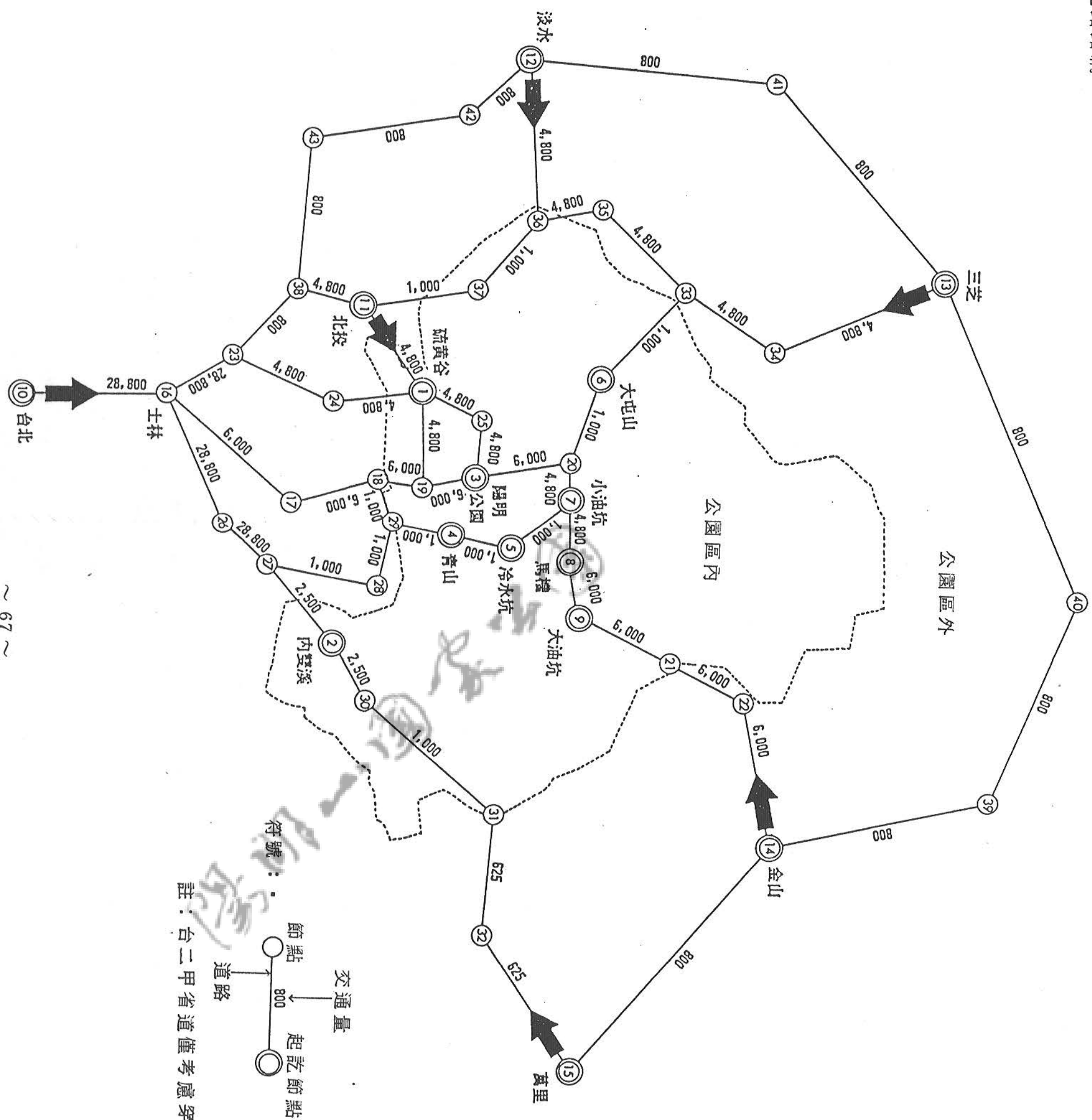


圖 5.3 路網交通分析 (現有路況)

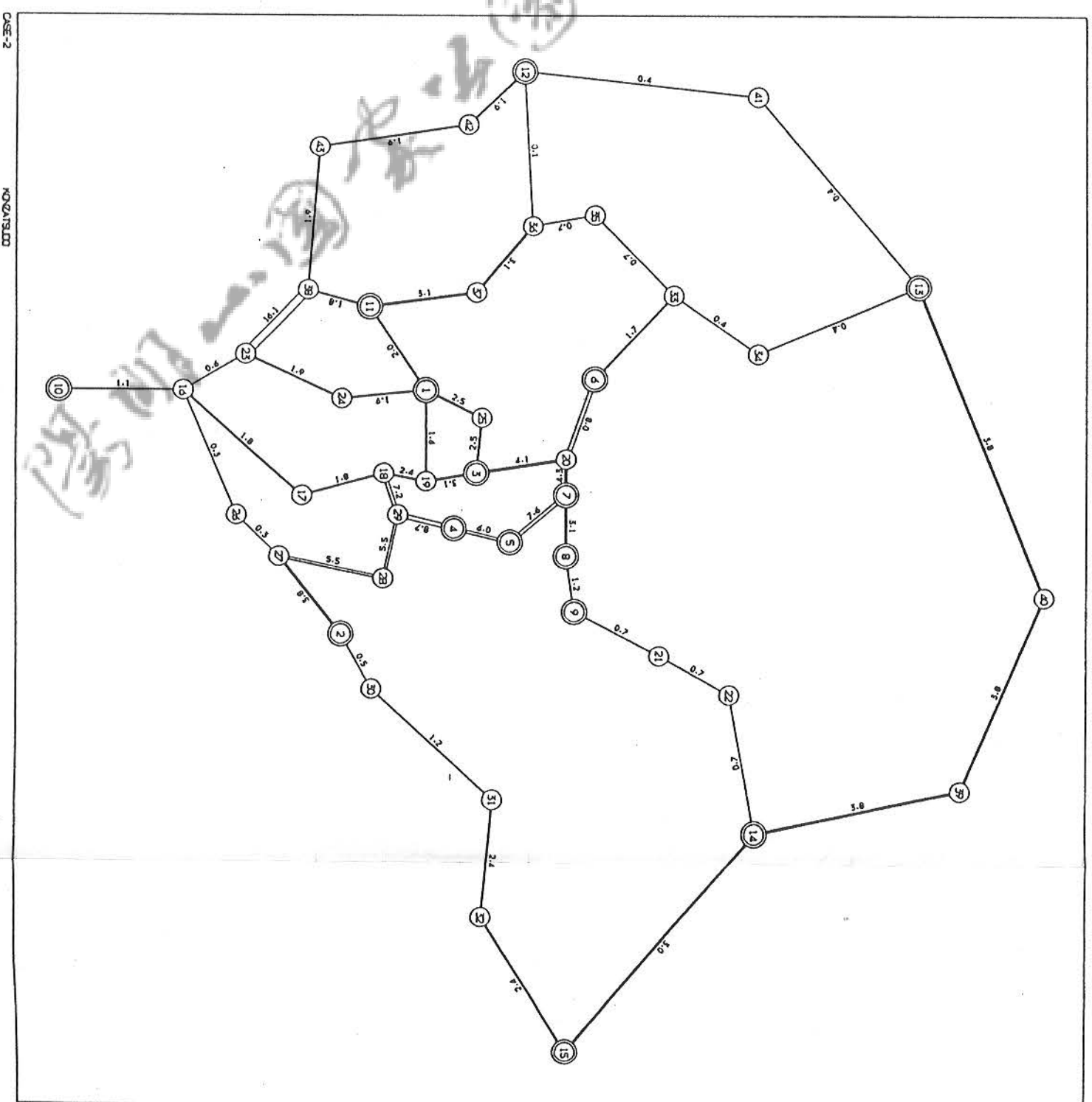
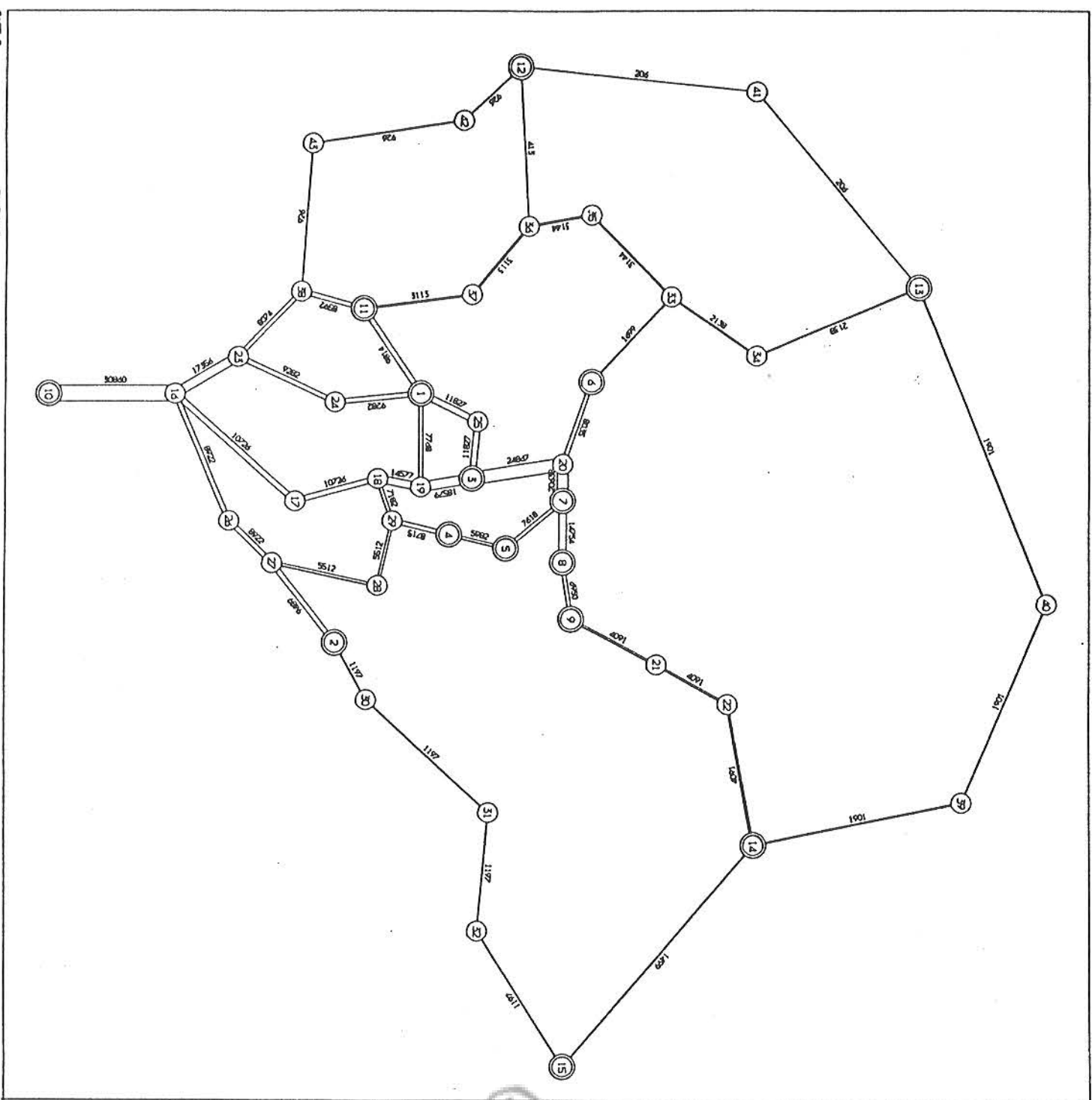
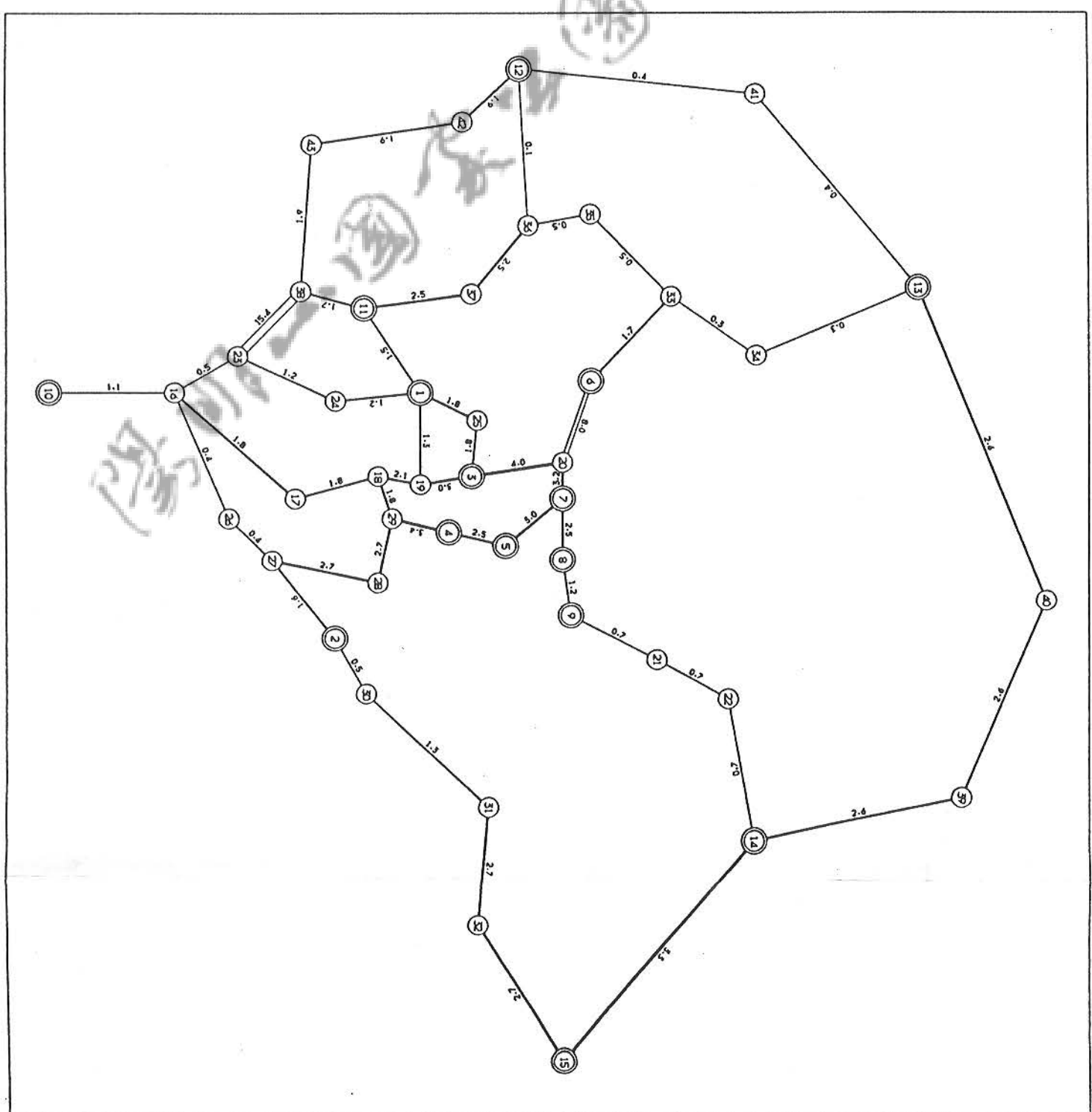
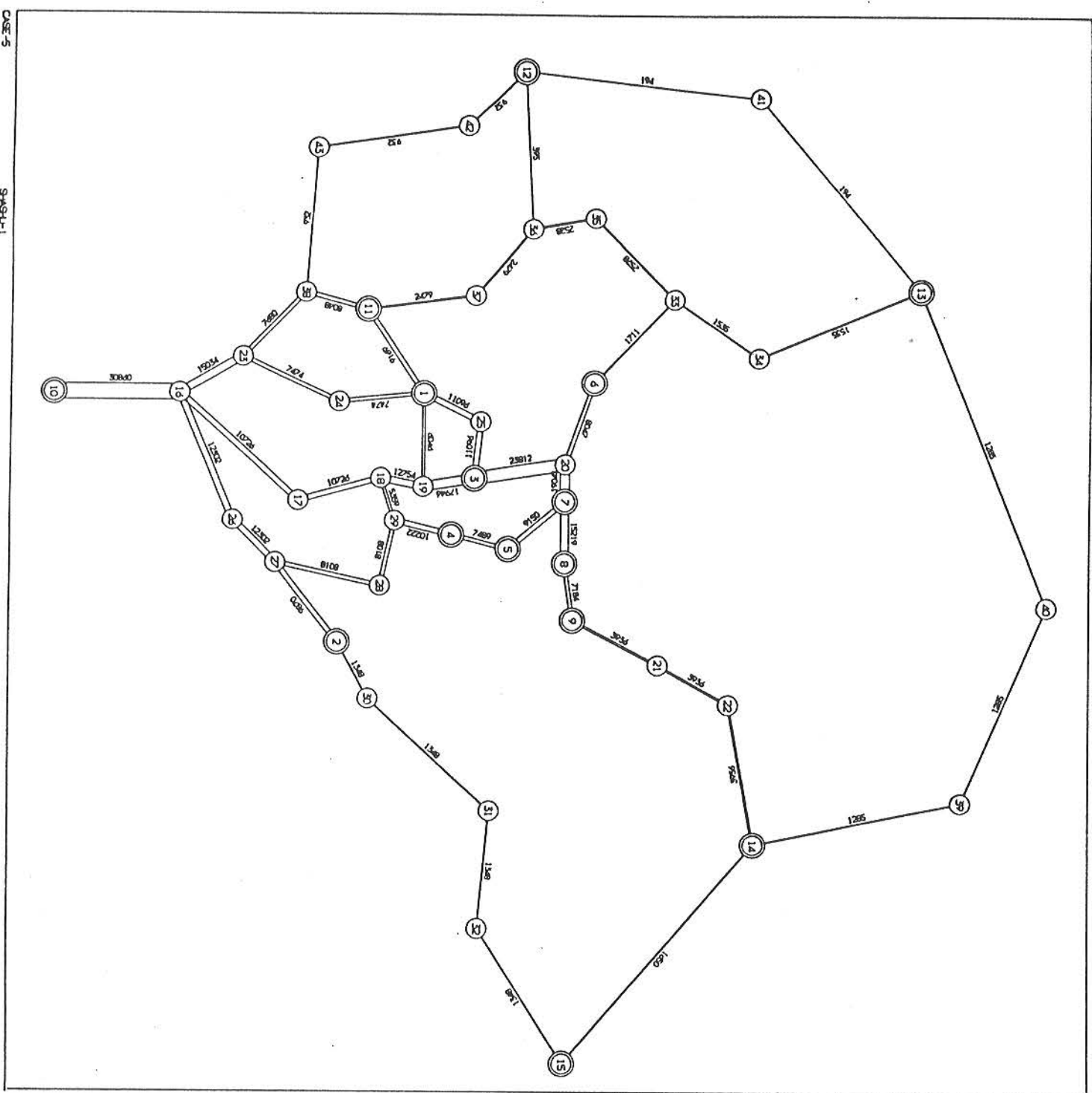


圖 5.4 未來路網交通分析

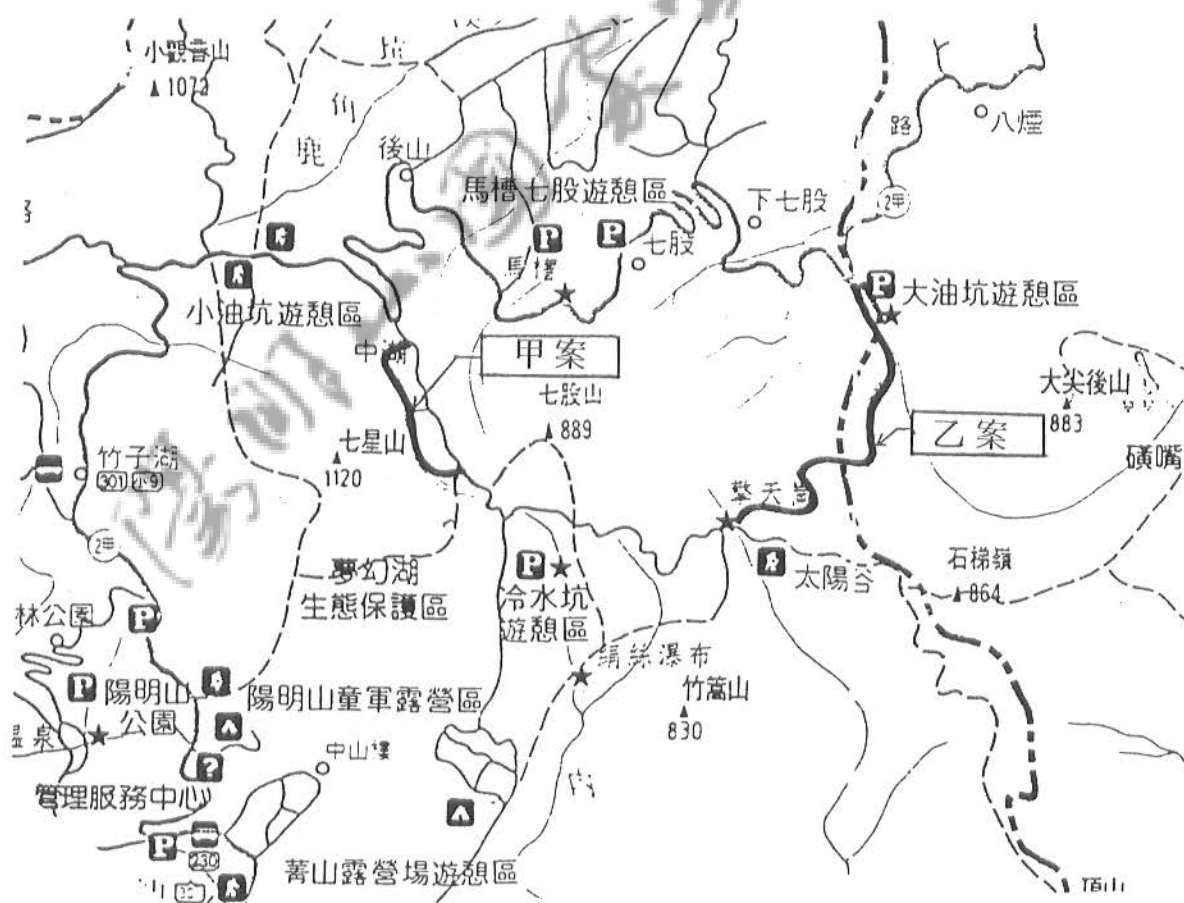


- 誘導車輛行駛中湖戰備道路。
- 改善中湖至青山的道路（包括中湖戰備道路）。

根據上列建議改善完成後的路網分析結果變為圖 5.4，將來約有 3700 小客車當量／每日分散至中湖戰備道路，可以有效紓解陽金公路交通擁塞情況，因此中湖戰備道路至少應有兩車道或是容許超車的單車道道路。

5.4 路線方案

為維持各據點間的連繫及戰備運輸用途，並考慮地形因素後擬訂兩路線方案，其位置參見下圖。



甲案（參見圖 5.5）：

甲案之路線位於現有道路西側較高地帶，因為中湖道路位於落石區，新路的位置應參考第四章內容。

圖 5.6 為計畫範圍現有地形坡度區分圖。

新建道路的標高最大為 850 公尺，銜接現有道路兩端的地形

内政部 陽明山國家公園管理處
總建署

總建署
總建署
承辦人

修正
說明
日期

株式會社 日 建 設 計
NIKKEN SEKKI LTD

中湖戰備道路整建工程 (甲案)
S-1/2000

繪圖
設計
校核
日期
工程
日期

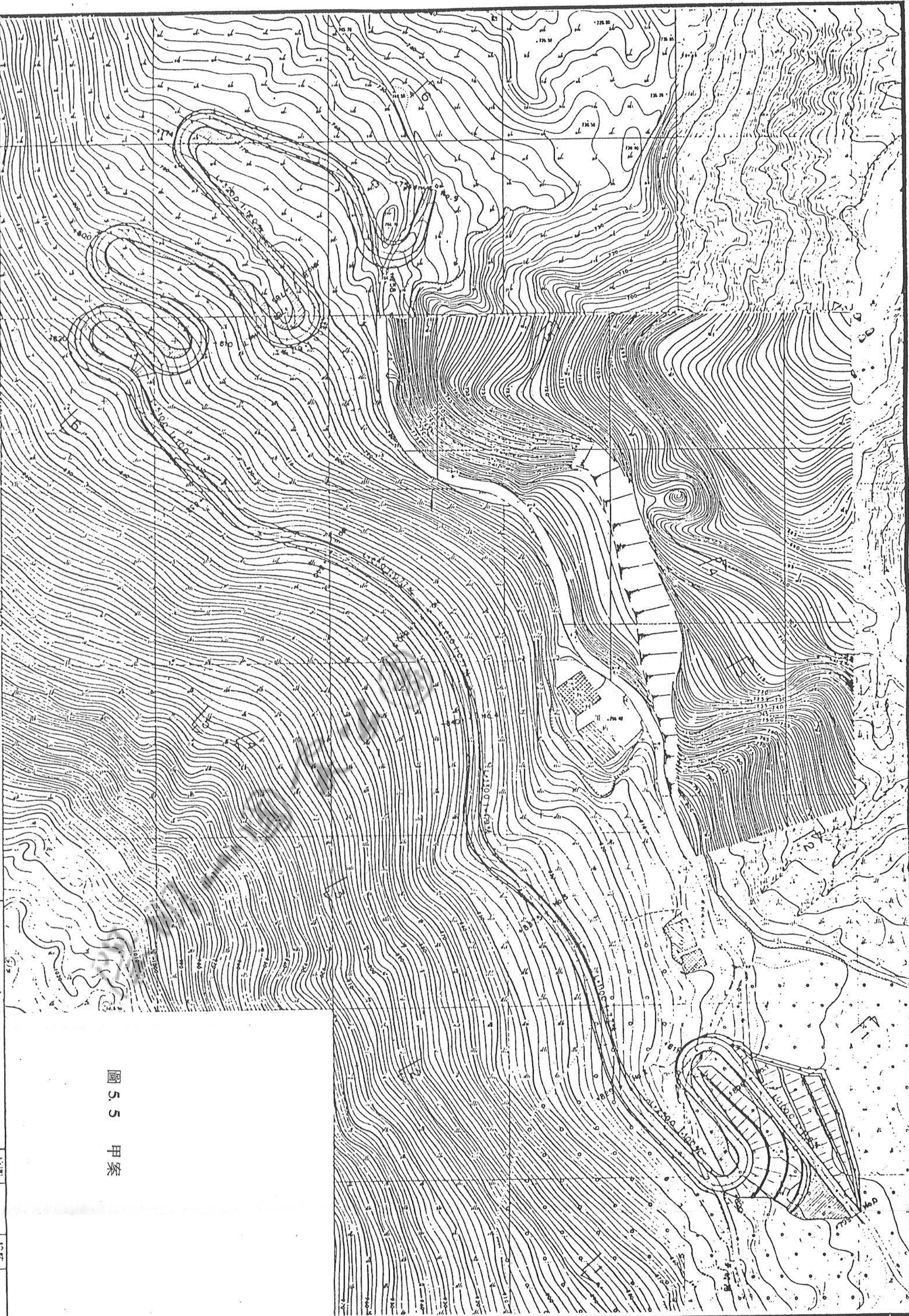


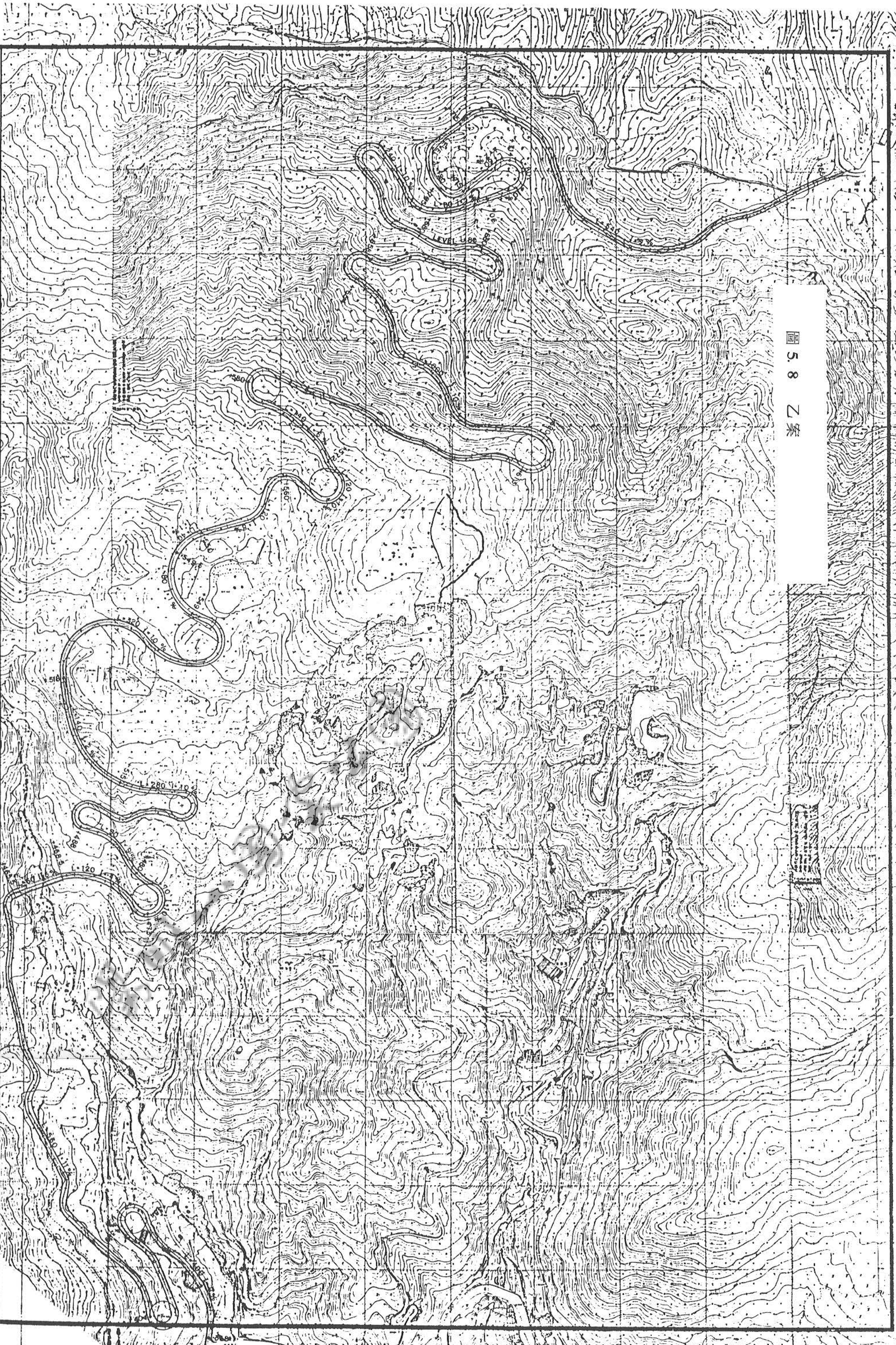
圖 5.5 甲案

圖 5.7 甲案修正案

隨	に
早	に
承	人

給出	受取
合計	整理
第二輯	
日期	国定

圖 5.8 乙案



內政部 陽明山國家公園管理處
營建署

處長
課長
承辦人

修正
說明

日期

株式會社 日建設計
NIKKEN SEKKEI LTD

中湖戰備道路整建工程（乙案）

S. 1/2000

繪圖
設計
通工
校核
經理
圖號

坡度為 20 ~ 40 %，中央部份超過 40 %，規劃平面圖顯示計畫道路須橫越約 40 % 的陡坡。

甲案修正案（參見圖 5.7）：

此修正案為改善甲案線形之替代方案，因為陽金公路本身的坡度很大，本修正案的計畫路線的災害風險也大，施工時將破壞大面積的自然環境，工程費亦相當昂貴。因此我們並不推薦此修正案。

比較起來，甲案如將圓曲線半徑增大略加改進後線形將較修正案為佳。

甲案與甲案修正案之比較：

一、地質

斷崖上方的地質性質已在第四章詳細說明。兩案最大的不同點在與陽金公路的銜接，銜接地區的地質亦為第二章所述的火山岩地區。現將銜接地區的地質說明如下：

（一）甲案：

銜接陽金公路的路段位於覆土 2 ~ 4 公尺厚的緩坡地帶，興建道路不會有什麼問題，其較高地帶亦屬於潛在落石區。如道路的延長受到限制時本案的安全性較修正案為高。

（二）甲案修正案

銜接路段穿越覆蓋表層土的陡坡地區，該地區似由相當脆裂的岩層構成，而張石角教授的研究報告也指出該地為落石區且為高危險潛在災變區。

與甲案比較，本修正案通過落石區的長度約為 600 公尺。

二、植被

本地區的海拔約 700 ~ 900 公尺，為森林區的邊緣地帶，計畫道路大部份位於草原區與灌叢，該地區的植物不易生長，如一旦破壞後很難恢復舊觀，因此有必要對道路施築的範圍加以限制。

三、景觀

(一) 甲案

本案路線位於狹窄的地區並有許多曲線，即使以植生綠化如植草、種樹等方法，在曲線路段仍有許多砌石擋土牆暴露於外，將令人有人工化的感覺。

(二) 甲案修正案

本案路線穿越山坡，線形較為平緩，不會破壞很大的範圍，因此道路及擋土牆不會造成問題，開挖後的坡面可以種草或種樹來覆蓋。

四、線形

甲 案

縱坡度為 11 %
有許多曲線
以現有道路連接陽金公路

甲 案 修 正 案

11 %
沒有很多曲線
拓寬陽金公路形成交叉路口，但
本路與金山方向的連絡較為困難

五、工程費用

甲 案

長度 1590 公尺
新台幣 48,000,000 元

甲 案 修 正 案

長度 1602 公尺
新台幣 50,000,000 元
(含拓寬陽金公路)

六、結論

	甲 案	甲案修正案
地 質	○	△
植 被	△	△
景 觀	△	○
線 形	△	△
工 程 費	○	△
	◎	△

因此中湖戰備道路的整建，甲案較甲案修正案為佳。

乙案（參見圖 5. 8）：

乙案的路線為擎天崗經太陽谷、大油坑銜接陽金公路，計畫道路的標高從 400 公尺至 750 公尺並穿越草原區及常綠闊葉林區，現有地形坡度從 20 % 以下到 40 % 以上，不過大部份地區的坡度都在 40 % 以下。

目前並沒有該地區的地質資料，不過計畫路線附近有許多硫磺礦，岩層風化的程度應較甲案嚴重，另外根據國家公園計畫書大油坑將開發為遊憩區，計畫路線的開闢恐與既定計畫衝突並與周圍環境不相調和。

由地形圖來判斷謹提出上述兩方案。

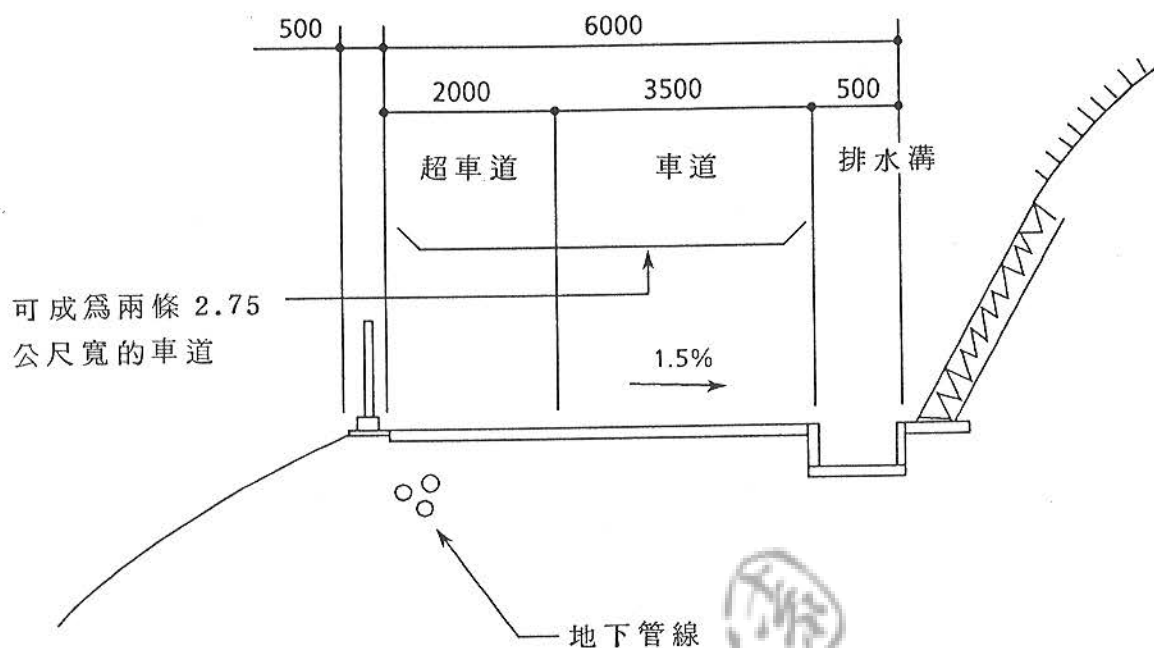
5. 5 設計標準

規劃路線所用的設計標準詳述如后：

一、標準斷面

標準斷面之寬度由下列項目決定：

- 車道
- 超車道
- 路肩及排水溝



註：因為重型車輛很少，2 公尺寬的超車道應已足夠。

二、設計速率

由地形圖來看，計畫路線的曲率半徑和坡度都不可能很緩和。

設計速率：20 公里／時

設計速率與道形平面綫形、縱坡度、縱坡長度均有關聯。

圖 5.9 為日本的道路設計標準，特殊情況可以將圖上數值再增加 2 ~ 3 %。

設計速率 (km/h)	坡度 (%)
120	2
100	3
80	4
60	5
50	6
40	7
30	8
20	9

圖 5.9 標準坡度

兩方案的最大坡度約為 11 %，可以說是上圖的特殊情況。

圖 5.10 為速度與車輛型式關係之最大坡度。

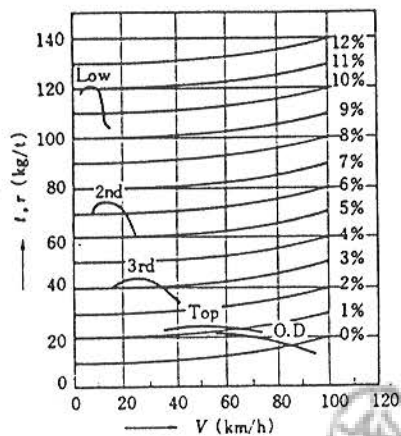
設計速率 (km/h)		120	100	80	60	50	40	30	20
容許速率 (km/h)	半拖車	60	50	40	30	30	25	20	15
	小客車	90	90	80	60	50	40	20	20
半拖車	(滿載)	1.5	1.5	2.5	3.5	3.5	5.5	6.0	9.5
半拖車	(半載)	3.5	4.0	6.5	7.5	7.5	11.0	-	-
卡車	(滿載)	2.0	2.5	4.5	5.0	5.0	8.0	9.0	-
卡車	(半載)	3.5	4.0	6.5	7.5	7.5	11.5	-	-
小客車	(2,000 cc 級)	4.5	4.5	10.0	11.0	11.5	11.5	-	-

圖 5.10 日本之設計速率與最大坡度

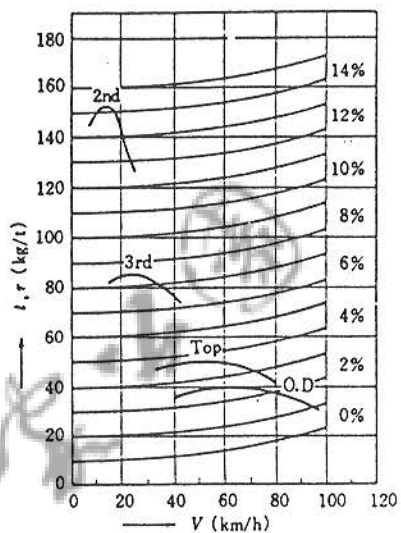
下列圖表為各型車輛馬力與最大坡度關係圖。

1. 半拖車 (7 馬力 / 噸)

滿載

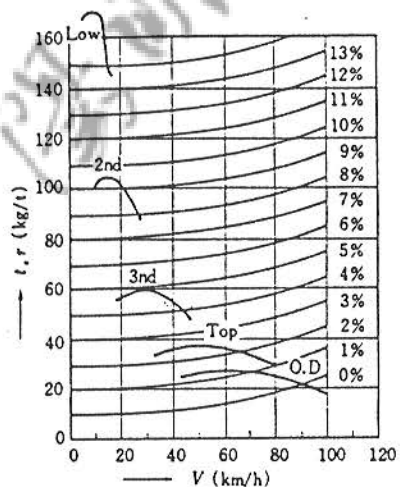


半載

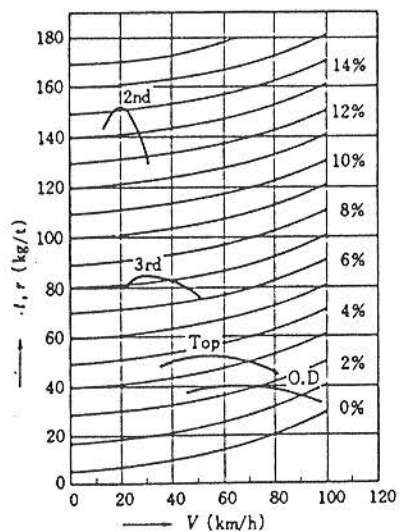


2. 普通卡車

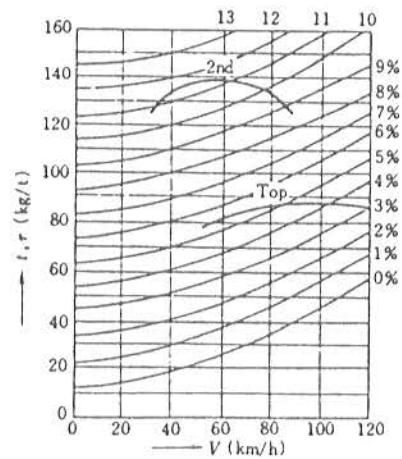
滿載



半載



3. 小客車 (50 馬力 / 噸)



車輛通常可以爬上 20 % 左右的坡度，不過為了安全起見最大坡度宜採用 12 %。

三、平面最小曲率半徑

最小曲率半徑：15 公尺

圖 5.11 為日本之設計速率與最小曲率半徑關係。

設計速率 (km/h)	最小曲率半徑 (m)	
120	710	570
100	460	380
80	280	230
60	150	120
50	100	80
40	60	50
30	30	
20	15	

圖 5.11 設計速率與最小曲率半徑

5.6 方案比較及建議

兩路線方案之評估詳如次頁比較表，根據評估結果特別基於造價上考慮，我們建議採用甲案，其初步設計縮影圖內容為：

圖號 1：平面圖。

圖號 2，3：道路位置與預測最後坡度關係圖。

圖號 4，5，6：橫斷面圖。

方案評估比較表

	甲案		乙案	
特性	●直接連絡冷水坑及小油坑 ●無法解決小油坑附近陽金公路的交通擁塞 ●戰備運輸很方便	○	●連結冷水坑、大油坑及陽金公路 ●解決小油坑附近陽金公路之擁塞問題 ●成為各據點間之連絡道路	○
地形	●地形坡度大於40% ●標高800~850公尺 ●通過大落石區	△	●地形坡度20~40% ●標高400~750公尺 ●穿越大油坑附近及硫磺礦 ●私人土地很多	△
地質	●表層土厚約1~5公尺 ●表層土下方為風化與熱液變質火山岩 ●陡坡地區為堅硬岩石	○	●尚無地質鑽探資料 ●由於有很多硫磺礦，推想岩層之風化及熱液變質作用較甲案嚴重 ●因地形較平緩表層土之厚度可能較厚	△
植生及景觀	●本區域為草原區 ●景觀很優美	○	●有草原及溫帶常綠闊葉林 ●景觀優美 ●新建道路與大油坑遊憩區計畫可能不協調	△
新建道路內容	●道路長度約1590公尺 ●最大縱坡度11% ●平面線形 最小曲率半徑：15公尺 ●曲線個數：8個	○	●道路長度約4700公尺 ●橋樑一座，跨徑約60公尺 ●最大縱坡度10% ●平面線形 最小曲率半徑：15公尺 ●曲線個數：15個	△
概估工程費	新台幣48,000,000元	○	●新建道路 144,000,000元 ●新建橋樑 11,300,000元 ●合計 新台幣155,300,000元	×
環境影響及災害	●破壞草原區景觀 ●陡坡地區可能有落石 ●可能增加山崩破壞—須設置足夠排水設施	△	●破壞大量的常綠林及草原 ●陡坡地區可能有落石 ●需設置足夠的排水設施	△
建議	○		×	

圖號 7：乙案規劃平面圖。

註：根據第四章及圖號 2，3 的研究，計畫路線的位置判斷是安全的。

細部設計時應注意下列事項：

1. 道路上方陡坡之落石。

現場勘查時發現道路上方有若干不穩定的巨石，必要時應設法固定。

2. 由地形改變引起的小型山崩。

- 須詳細調查地形及地質資料。
- 設置適當的擋土牆。

3. 良好的排水設施以防止未來的崩壞。

- 妥善的設計雨水截流設施。
- 路面或排水溝的雨水應避免滲入地下。
- 設計降雨強度不可小於 100 mm / 小時。

4. 設置交通安全設施以防止車禍發生。

- 反射鏡、速限標誌。
- 陡坡之長度。
- 落石的警告標誌。

5. 協調的國家公園設施。

- 國家公園內如擋土牆、圍籬等設施及標誌應予統一。

內政部
營建署
陽明山國家公園管理處

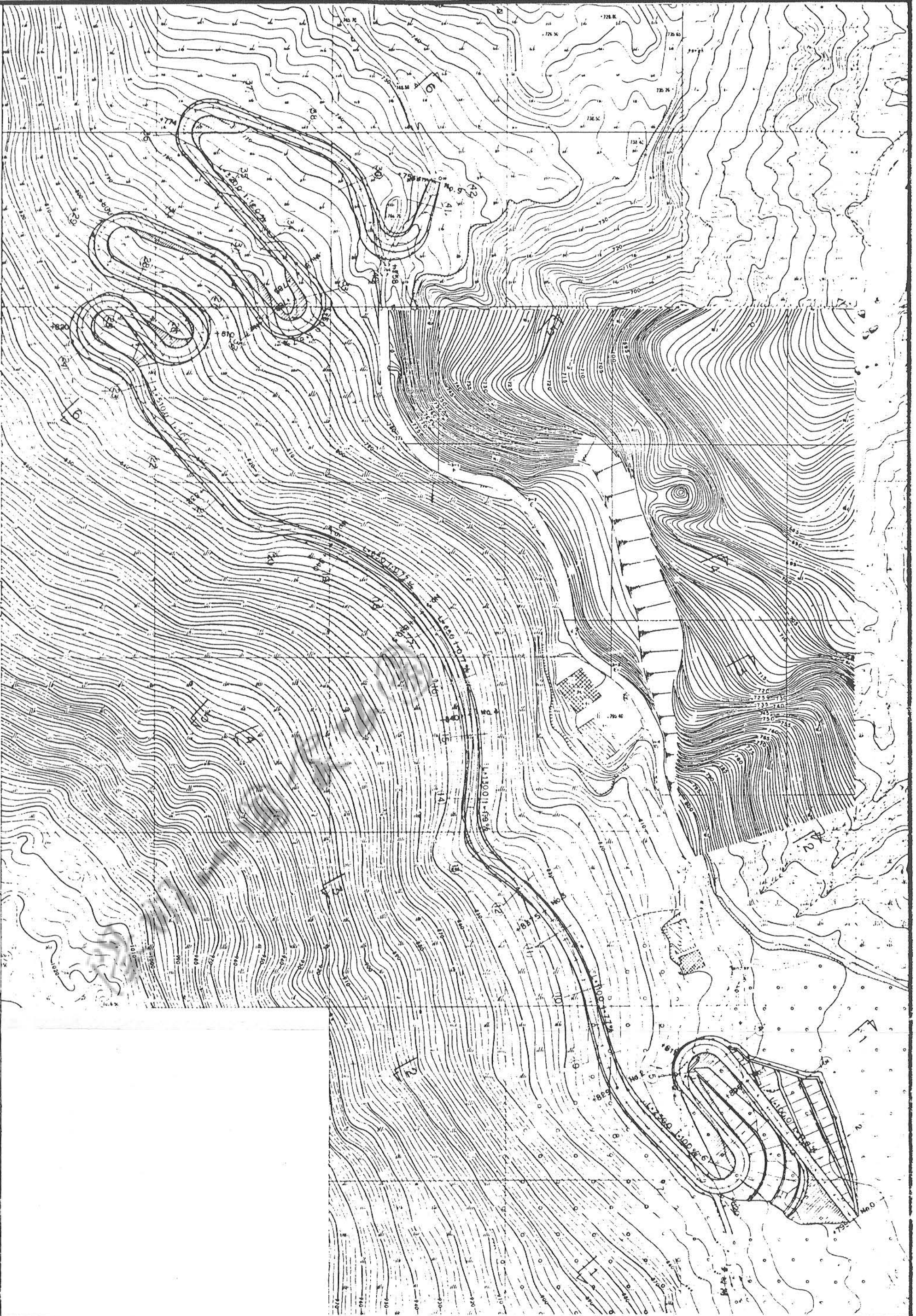
處長
課長
承辦人

計畫
日期
圖號

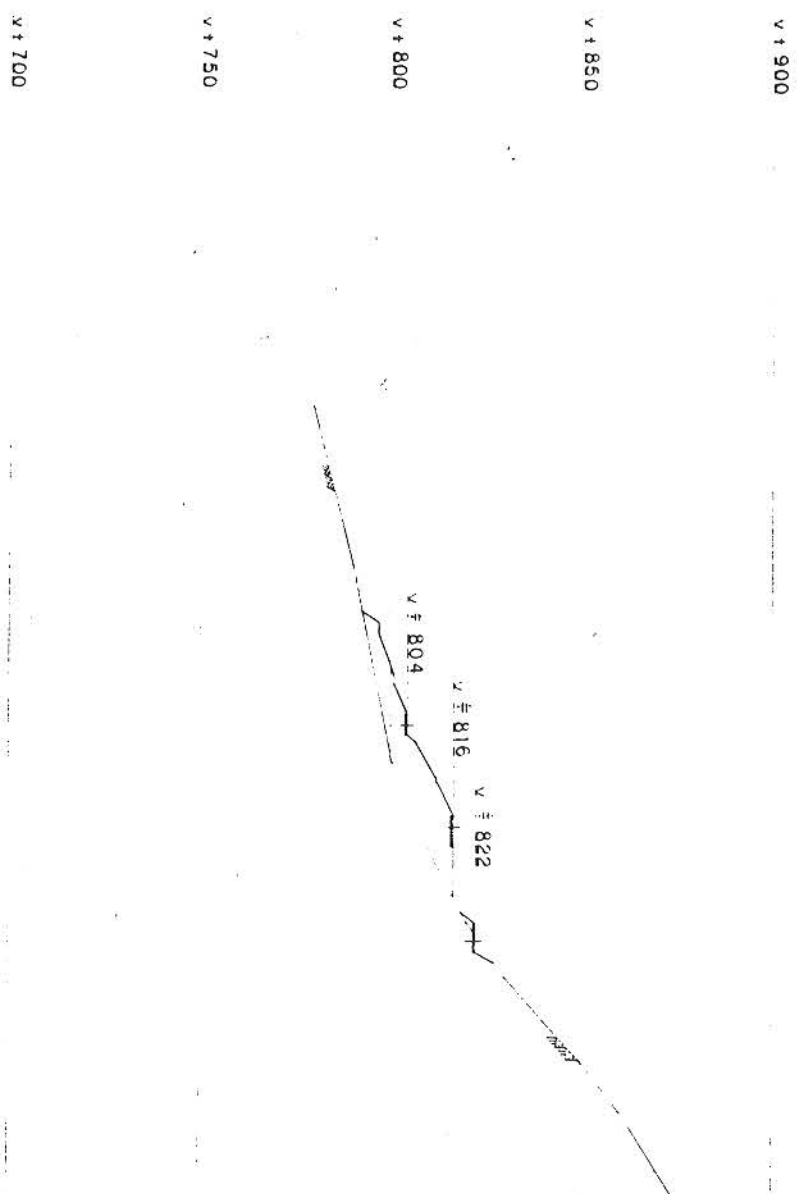
株式會社
日 建 設 計
NIKKEN SEKKEI LTD

中湖戰備道路整建工程（甲案）
規劃平面圖
S-1/1000

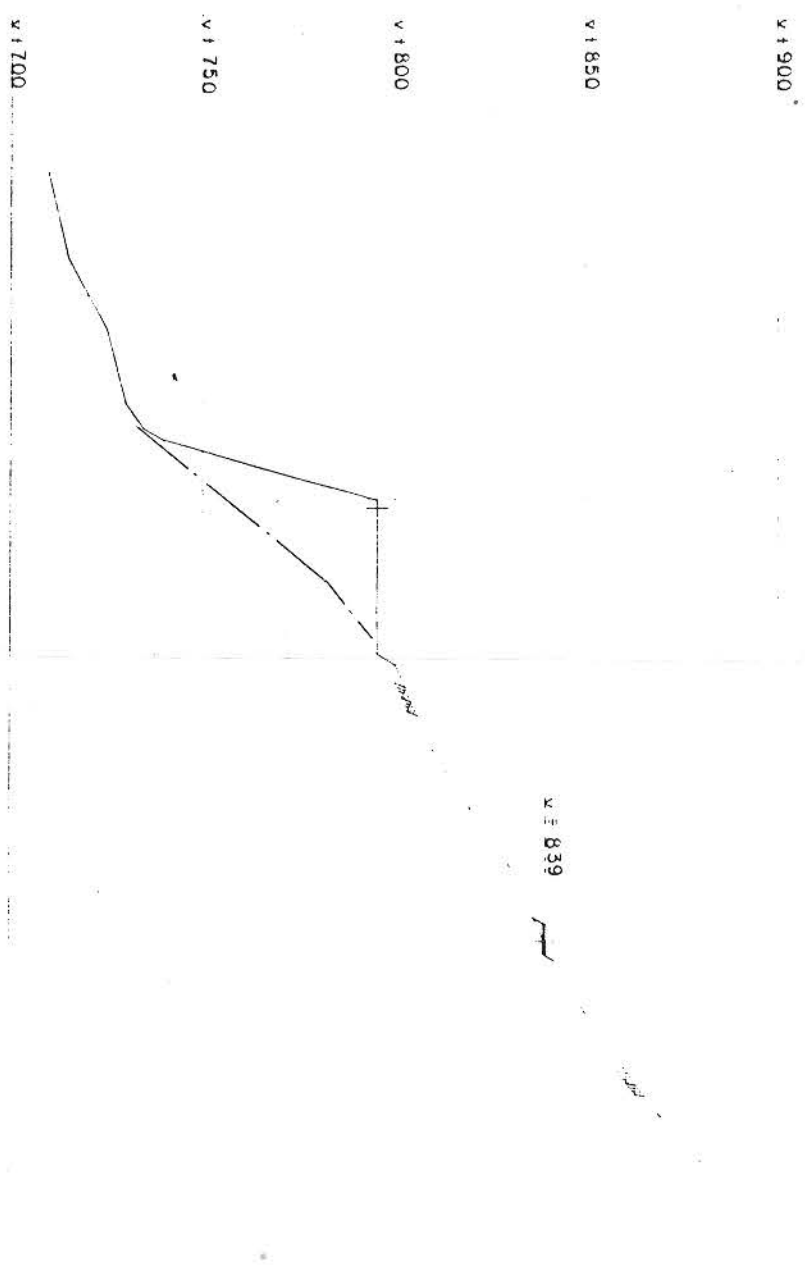
繪圖
設計
總
日期
校對
經理
圖號
NO. 1



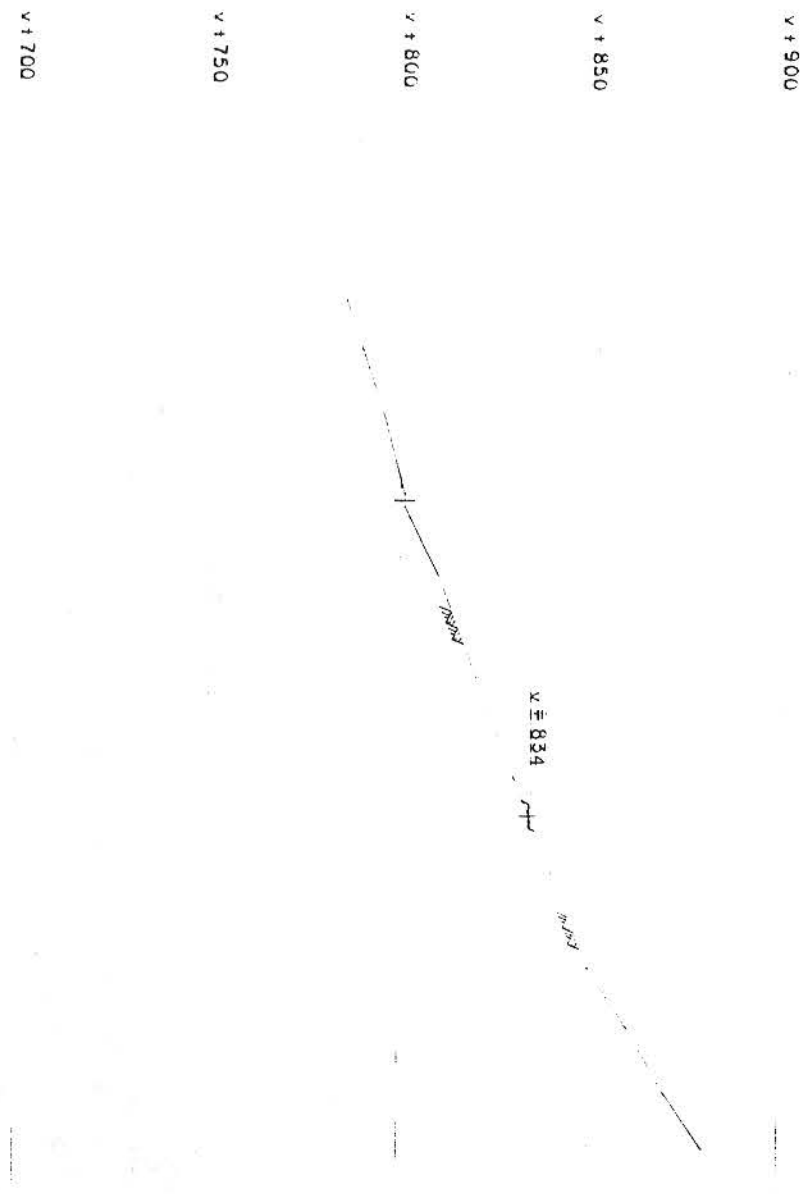
断面 1-1



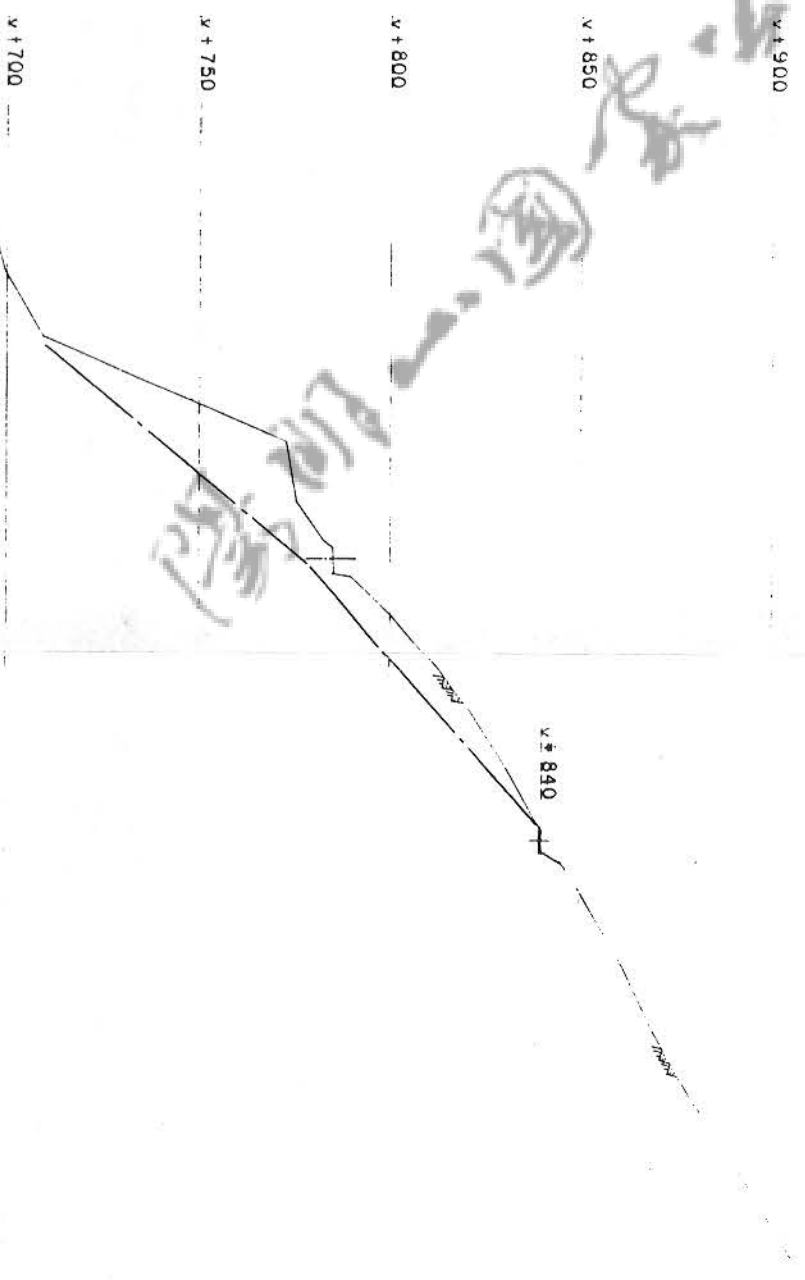
断面 3-1



断面 2-2



断面 4-4



内政部 陽明山國家公園管理處
營建署

設計	校核	繪圖	日期
設計	校核	繪圖	日期
設計	校核	繪圖	日期
設計	校核	繪圖	日期

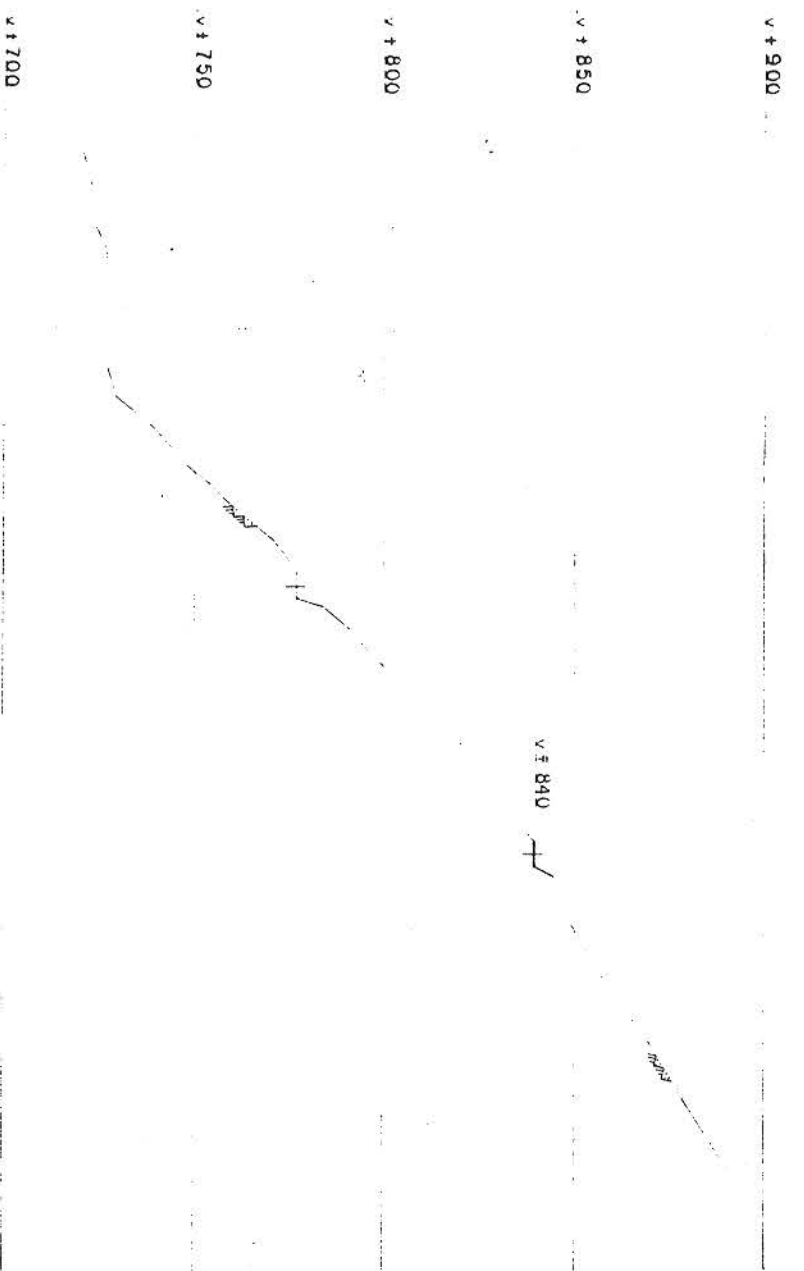
株式會社 日建設計
NIKKEN SEKKEI LTD

中湖戰備道路整建工程 (甲案)
道路邊坡断面圖 (一) S-1/1000

設計	校核	繪圖	日期
設計	校核	繪圖	日期
設計	校核	繪圖	日期
設計	校核	繪圖	日期

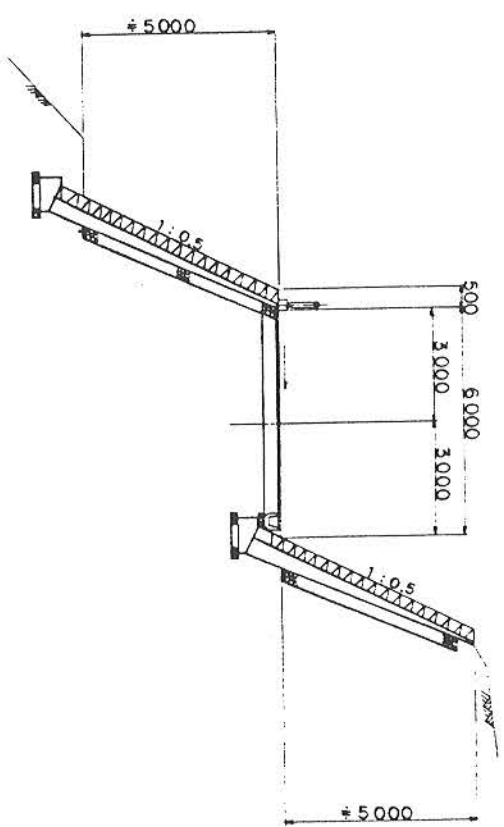
圖號 NO. 2

断面 5 - 5

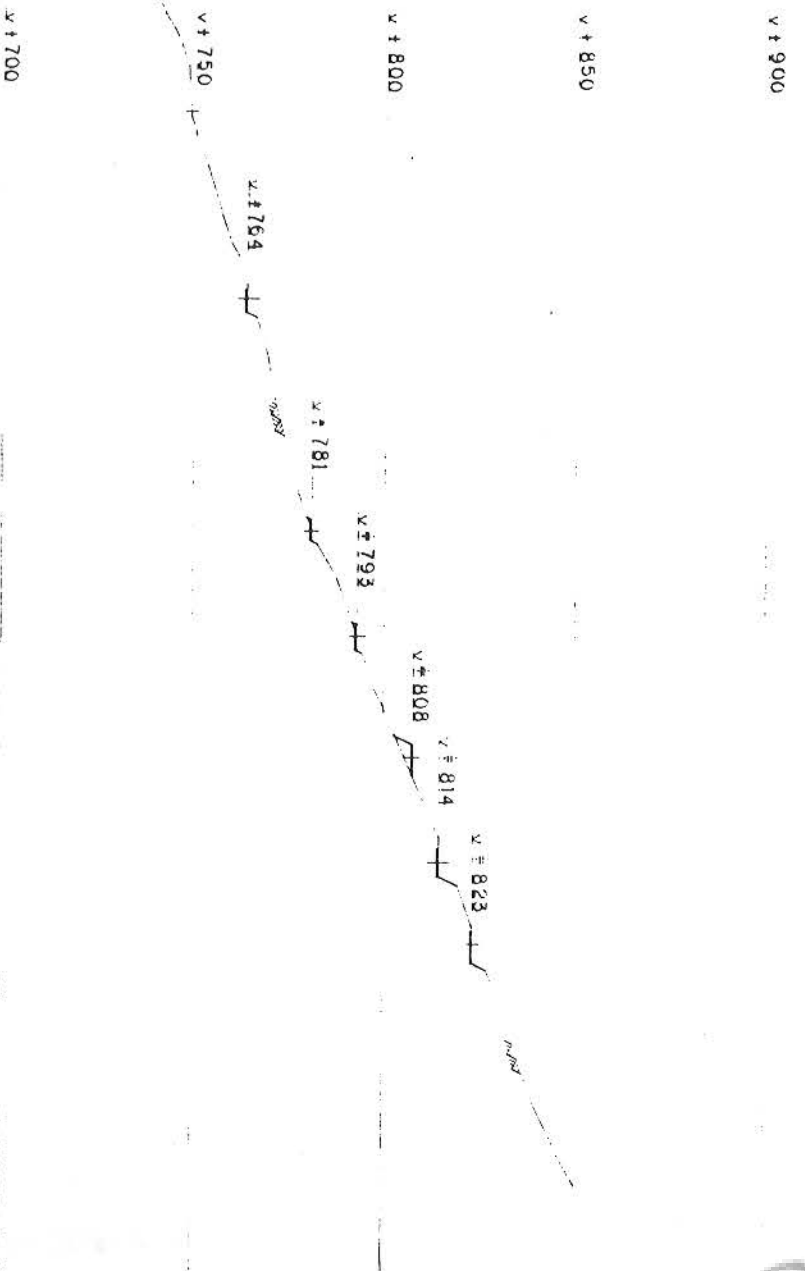


標準断面

S-1/100



断面 6 - 6



陽明山國家公園

內政部 陽明山國家公園管理處 營建署

處長	副處長	技正	技士	明	日期
承辦人					

株式會社 日建設計

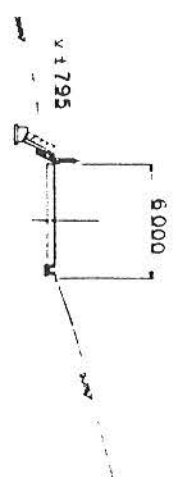
NIKKEN SEKKEI LTD

中湖戰備道路整建工程 (甲案)

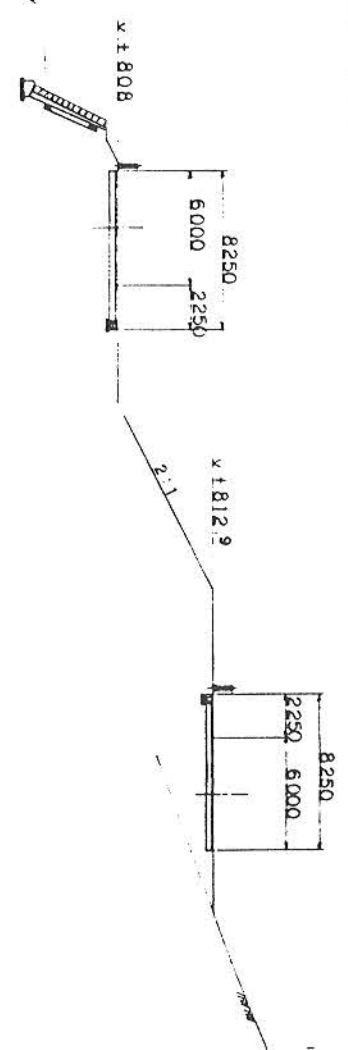
道路邊坡断面圖 (二) S-1/1000

繪圖	設計	校核
總	主	經理
日期	日期	圖號
		NO. 3

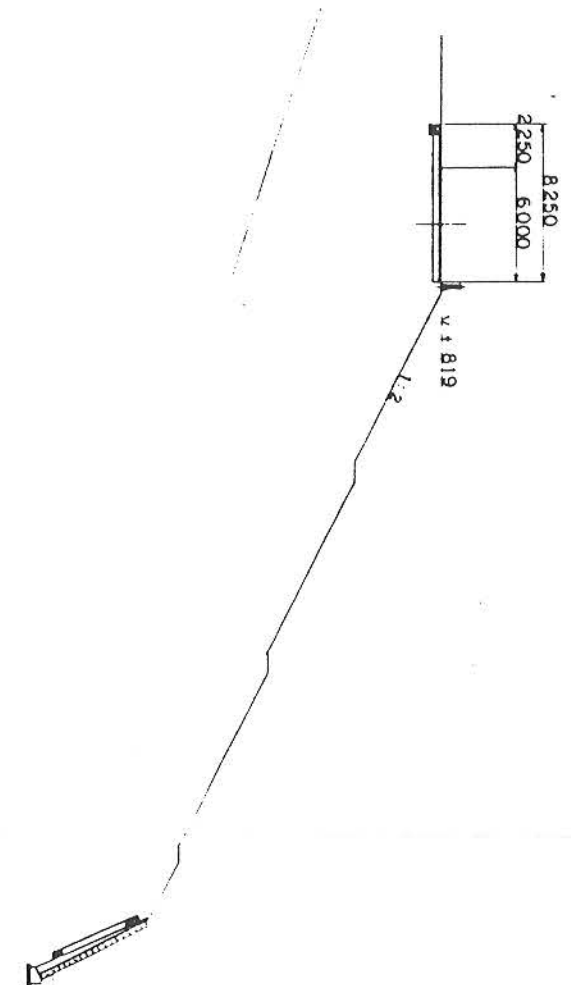
(1)



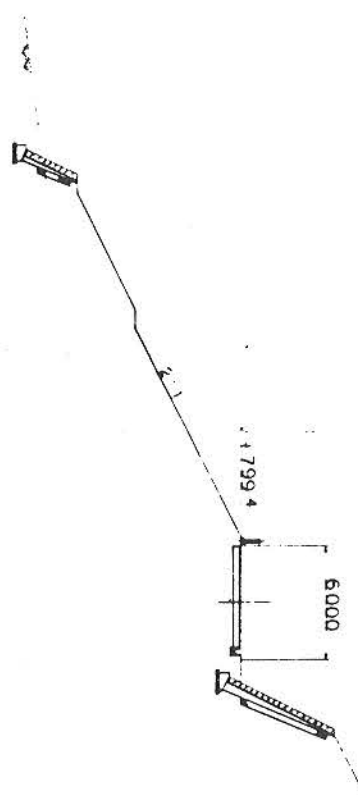
(4)



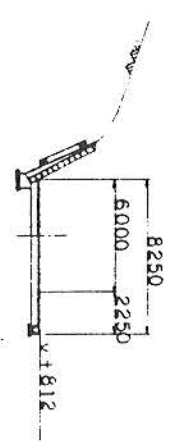
(6)



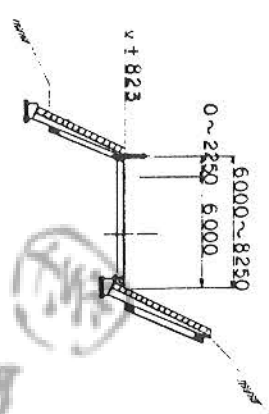
(2)



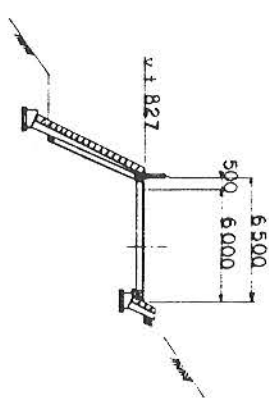
(5)



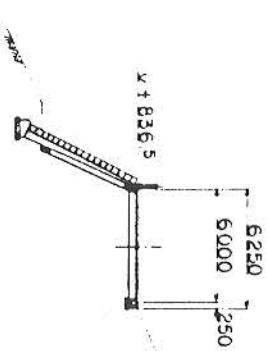
(7)



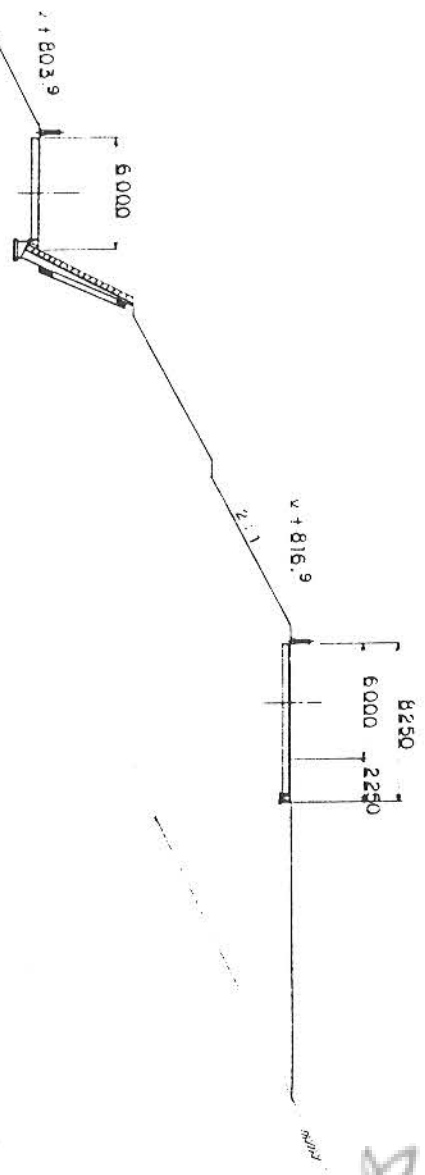
(8)



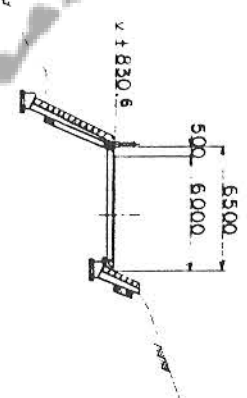
(11)



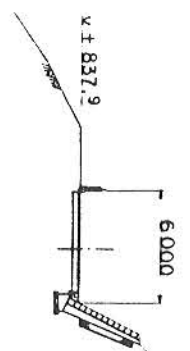
(3)



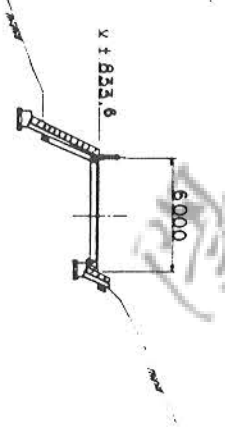
(9)



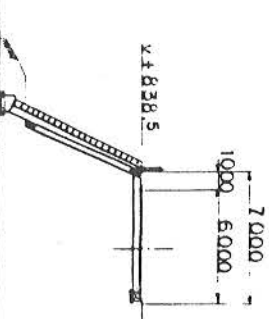
(12)



(10)



(13)



內政部 陽明山國家公園管理處
營建署

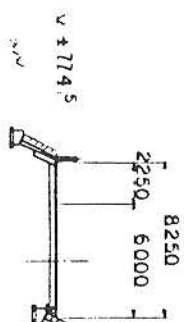
處長 副處長 技正 技士 主任 代理人

株式會社 日建設計
NIKKEN SEKKEI LTD

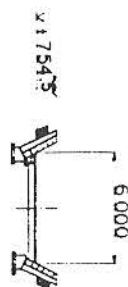
中湖戰備道路整建工程(甲案)
橫斷面圖(-)

繪圖 設計 總工程師 校核 經理 圖號 NO. 4

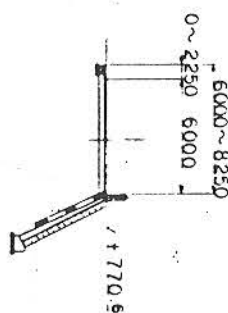
(36)



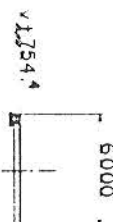
(41)



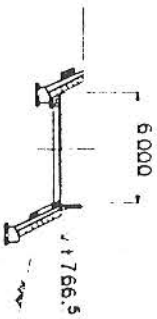
(37)



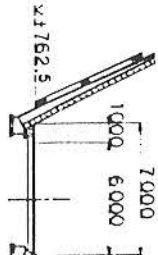
(42)



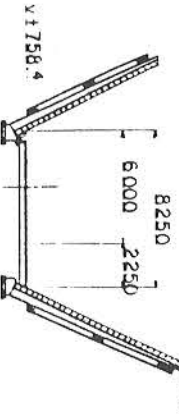
(38)



(39)



(40)



內政部 陽明山國家公園管理處
營建署

處長		修正		說明		日期	
課長							
承辦人							

株式會社 日建設計
NIKKEN SEKKEI LTD

中湖戰備道路整建工程(甲案)
橫斷面圖(三) S-1/200

繪圖		校核	
設計		經理	
總工		圖號	NO. 6
日期			

陽明山國家公園

陽明山國家公園管理處

德	比
課	比
承辦人	

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

100

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

株式会社

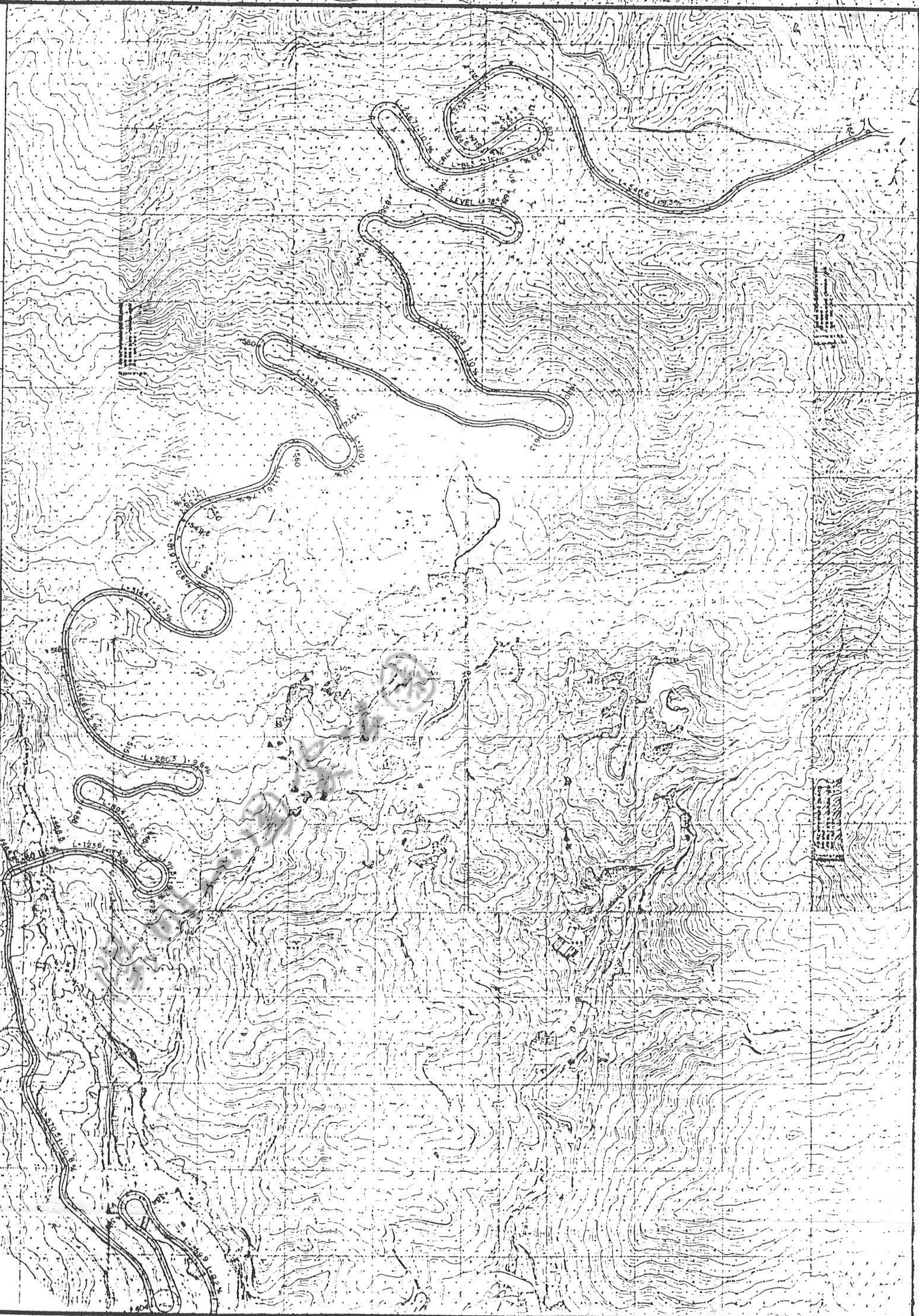
日建設計
NIKKEN SEKKEI LTD

中湖戰備道路整建工程(乙案)

總計	1	1
合計	1	1
總計	1	1

文成
地理

10



第六章 未來土石流研究

6.1 一般說明

土石流是土石岩屑與水的混合物在陡坡上迅速流動的現象，目前還無法完全明瞭其機轉，通常由粒徑尺寸將土石流分成兩類：

第一類：砂石流

土石流的先頭部份為大粒徑顆粒，其後之粒徑較小速度也較快。圖 6.1 為日本建設省的典型紀錄，從圖上可以看出大粒徑物質集中在先頭部份，在大粒徑部份通過時速度越來越快，在此部份末尾速度變得最大。平均高度約為 2.5 公尺，最大高度約為 3.8 公尺（最大值與平均值之比為 1.5）。

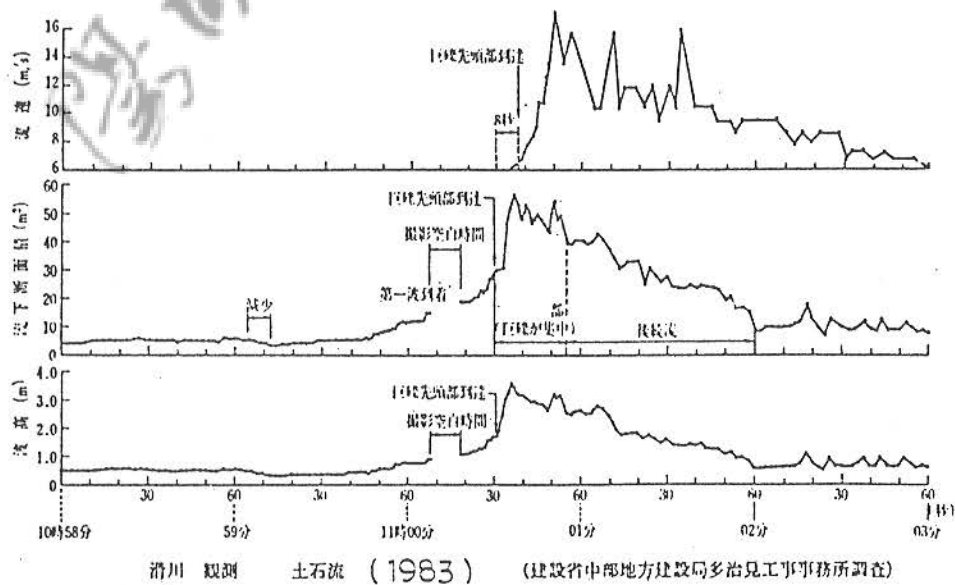


圖 6.1 土石流紀錄（日本建設省，1983 年 7 月 17 日）

第二類：泥流

粒徑相當細小，通常發生在活火山附近的火山灰地區。計畫範圍的土石流型式由地質特徵來看應屬第一類。發生土石流的三種因素為：

- 陡坡
- 足夠的水量
- 土石堆積的數量

土石流的發生通常需要這三種因素在同一時間發生。目前土石流發生的過程尚沒有辦法作完整的觀察，不過其發生的原因可以歸納為五類：

1. 陡坡上堆積之砂（土）在暴雨時因剪力大於抗剪力而產生流動。
2. 峭壁或陡坡之砂（土）崩落而破壞原有組成，與水混合後產生土石流，此種型式與山崩不易分別。
3. 峭壁落石在河床上堆積成天然水壩，當壩體被水流侵蝕或大於抗剪力時壩體崩壞形成土石流，此種情況不易預測，其規模亦較大會造成嚴重災害。
4. 山崩後大量砂石液化形成土石流。
5. 火山活動造成之土石流。

本計畫範圍發生之土石流推測為 1，2，3 類，理由如下：

- 根據地形圖馬槽橋上游陡坡的厚堆積物因遇大量雨水而產生流動—第 1 類。
- 中湖道路有多處裂縫，暴雨時可能沿裂縫發生山崩，崩積物混合雨水產生流動而引發大規模土石流—第 2 類。
- 沿馬槽溪長約 250 公尺的落石區至今落石仍未間斷，如發生地震將增加落石量或使峭壁崩塌，其落石可能在河床上形成天然水壩—第 3 類。

6. 2 土石流紀錄

一、坡度

很多紀錄顯示，發生土石流的溪谷上游有許多落石的山崖

，很難判斷這些山崖的落石是在土石流發生前或發生後產生的。
 。不過本計畫範圍在民國 75 年 11 月的土石流是因山崖的破壞引起的。圖 6. 2 是日本的土石流調查紀錄。

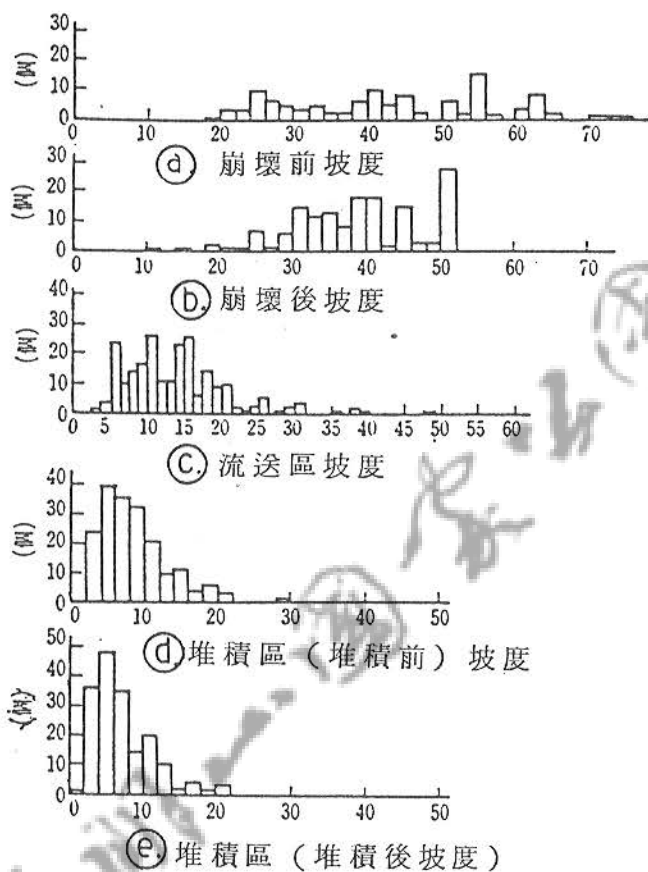


圖 6. 2 土石流之坡度調查紀錄

上圖的(a)和(b)表示山崖或陡坡的崩壞區，坡度為 20° 至 70° ，崩壞的現象包括落石和山崩。(c)表示流送區，其坡度為 6° 至 20° ，(d)和(e)表示堆積區，坡度為 3° 至 15° 。

根據各種調查資料，日本建設省制訂了土石流發生的臨界坡度如圖 6. 3。

(θ : 溪床坡度)

區 分	分 類
$0^{\circ} \leq \theta < 3^{\circ}$	土石流堆積區
$3^{\circ} \leq \theta < 10^{\circ}$	土石流流送區與堆積區間
$10^{\circ} \leq \theta < 15^{\circ}$	土石流滑動區與流送區間
$15^{\circ} \leq \theta < 20^{\circ}$	發生區與滑動區間
$20^{\circ} \leq \theta$	發生區

圖 6. 3 臨界坡度

通常土石流發生在坡度 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 的地區，堆積在 $3^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 地區，視當地的地形和地質而定。

日本建設省制訂一種判斷標準（參見圖 6.4）用以衡量河川可能發生土石流與否，不過在引用判斷標準後通常還要根據各種公式作進一步研究。

圖 6.4 日本判斷標準

(1) 由坡度與流域面積判斷之潛在危險

等級	坡度及流域面積
a ₁	$15^{\circ} \geq$ 及 ≥ 5 公頃
a ₂	$15^{\circ} \geq$ 及 ≤ 5 公頃
b	$10^{\circ} \sim 15^{\circ}$
c	$10^{\circ} \geq$

(2) 由堆積厚度判斷之潛在危險

等級	坡度大於 10° 之堆積厚度
a	≥ 2.0 m
b	$0.3 \sim \geq 2.0$ m
c	< 0.3 m

(3) 潛在危險之合成判斷標準

因 素		評估等級
坡度	堆積厚度	
a ₁ a ₂ a ₁	a a b	A 級（非常危險）
a ₂ a ₁ a ₂ b b	b c c a b	
b	c	
b	c	C 級（輕微危險）

根據地形特徵，本計畫範圍於圖 6. 4 中坡度為 a_1 ，堆積層為 a ，分類結果屬於 A 級極端危險區。

二、張石角教授之分區圖

圖 6. 5 為張石角教授的馬槽七股地區環境地質圖，從圖上可知馬槽地區屬於潛在災區第 10 類土石流區。

三、土石流數量與流域面積

根據紀錄顯示，土石流可能發生在流域面積在 1 平方公里以下，其數量為 10,000 ~ 50,000 立方公尺。

1. 圖 6. 6 為流域面積與土石流數量的關係圖。

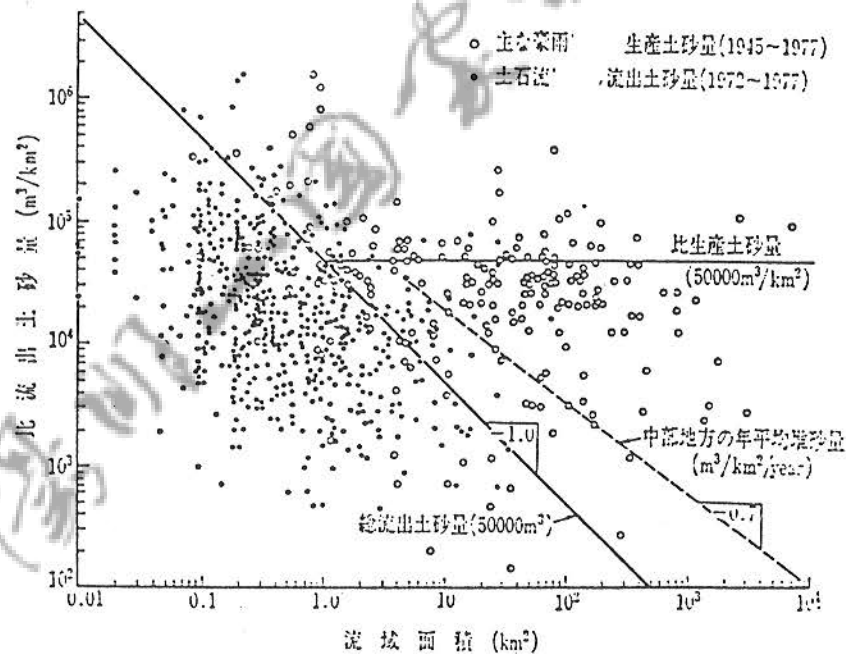


圖 6. 6 土石流數量調查紀錄

計畫範圍的流域面積約為 0.8 平方公里，根據上圖可得知其規模為 5000 ~ 200,000 立方公尺 / 平方公里，故土石流數量 4000 ~ 160,000 立方公尺，其數值應依雨量及堆積物多寡而定。

2. 土石流數量亦與地質有關，圖 6. 7 是各種地質的估計土石流數量。

花崗岩地帶	50,000~ 150,000 m ³ /km ² /1 洪水
火山噴出物地帶	80,000~ 200,000 "
第三紀層地帶	40,000~ 100,000 "
破碎帶地帶	100,000~ 200,000 "
其他地帶	30,000~ 80,000 "

圖 6. 7 各種地質之土石流數量

計畫範圍為火山噴出物地帶，其土石流數量估計為

$$80,000 \times 0.8 = 64,000 \text{ 立方公尺}$$

l

$$200,000 \times 0.8 = 160,000 \text{ 立方公尺}$$

3. 土石流數量亦可利用下列公式計算，

$$V_s = 18,000 \times A_{1.0}^{\frac{1}{2}} \times Q_p^{\frac{1}{2}} \text{ (立方公尺)}$$

式中 $A_{1.0}$ ：河床坡度大於（或等於）10%的流域面積

Q_p ：尖峯流量（立方公尺／秒）

在後續章節將用此公式估計潛在土石流數量。

四、土石流速度

土石流的速度是由土石性質、數量、坡度與河床寬度等決定，一般來說，第一類土石流（大粒徑）的速度為 3 ~ 10 公尺／秒，第二類土石流（泥流）為 2 ~ 20 公尺／秒，我們將在以下章節計算計畫範圍的土石流速度。

6. 3 地形特徵

圖 6. 8 為民國 76 年實測馬槽溪的地形測量圖，圖 6. 9 為河道縱斷面圖，橫斷面參見附錄一。我們很難判讀新測地形圖與原有地形圖之間的差異，不過可以明顯的看出馬槽橋上游河岸已被土石流冲刷，河床寬度也因土石流堆積而擴大。

一、河床寬度

根據原有地形圖，馬槽橋上游的河床寬度為 10 ~ 20 ~ 30 公

尺，下游爲 20 ~ 30 ~ 50 公尺（參見圖 6.10），從新測的地形圖可知上游的寬度變爲 35 ~ 40 公尺，下游變爲 30 ~ 50 公尺（參見圖 6.11）。

二、河床坡度與堆積厚度

河道中心線之河床坡度如圖 6.9 所示，馬槽橋上游的河床坡度約爲 $13^{\circ} \sim 25^{\circ}$ ，爲土石流的滑動區，下游河床至翠林橋爲 $10^{\circ} \sim 8^{\circ}$ ，至彩虹橋爲 $8^{\circ} \sim 6^{\circ}$ ，爲土石流的流送區及堆積區。

馬槽溪地區地形測量圖

馬槽溪地區地形測量圖

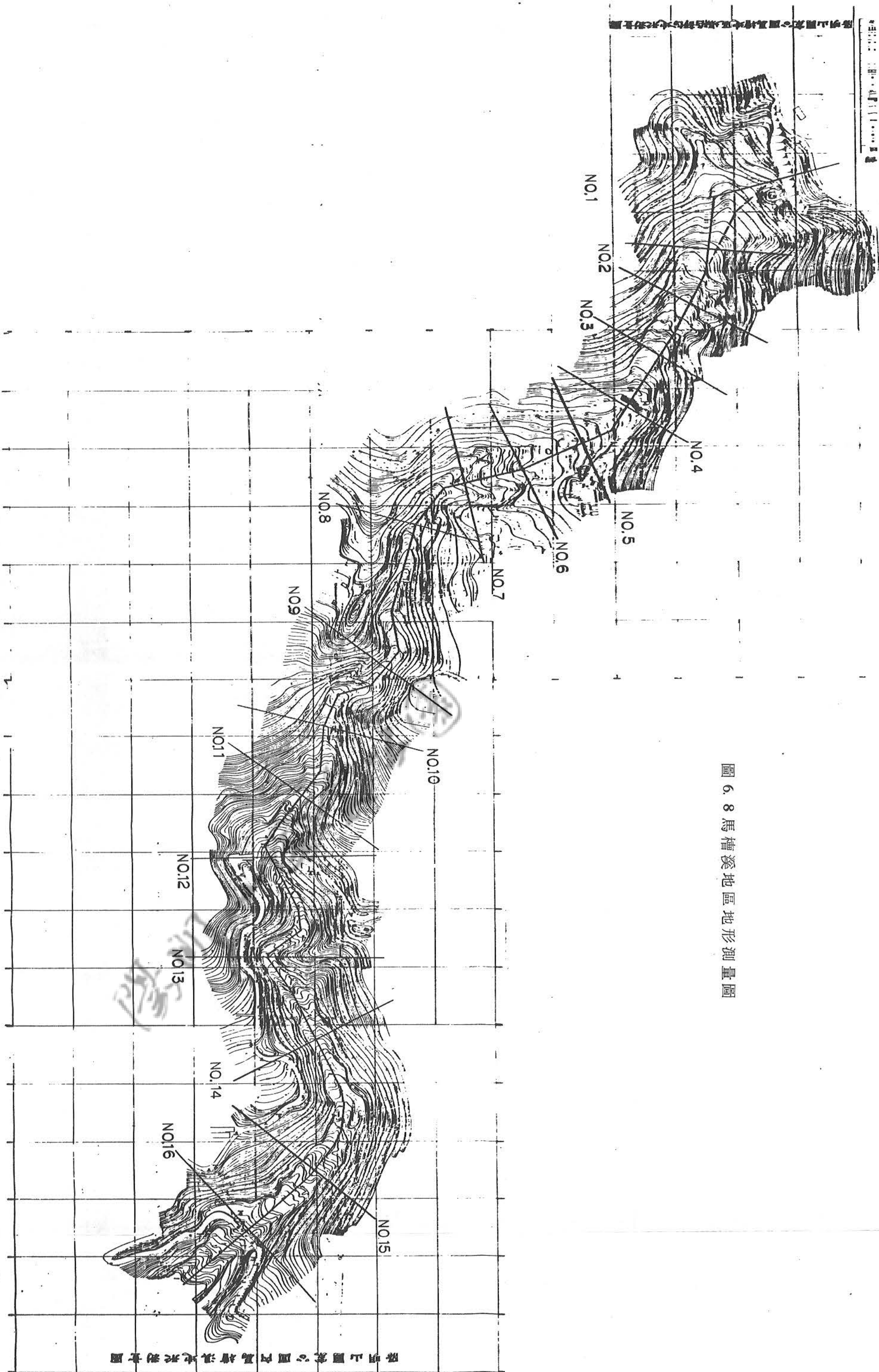


圖 6. 8 馬槽溪地區地形測量圖

馬槽溪地區地形測量圖

圖 6.10 馬槽溪河床寬度圖 (地形測量前)

$S = 1/2000$

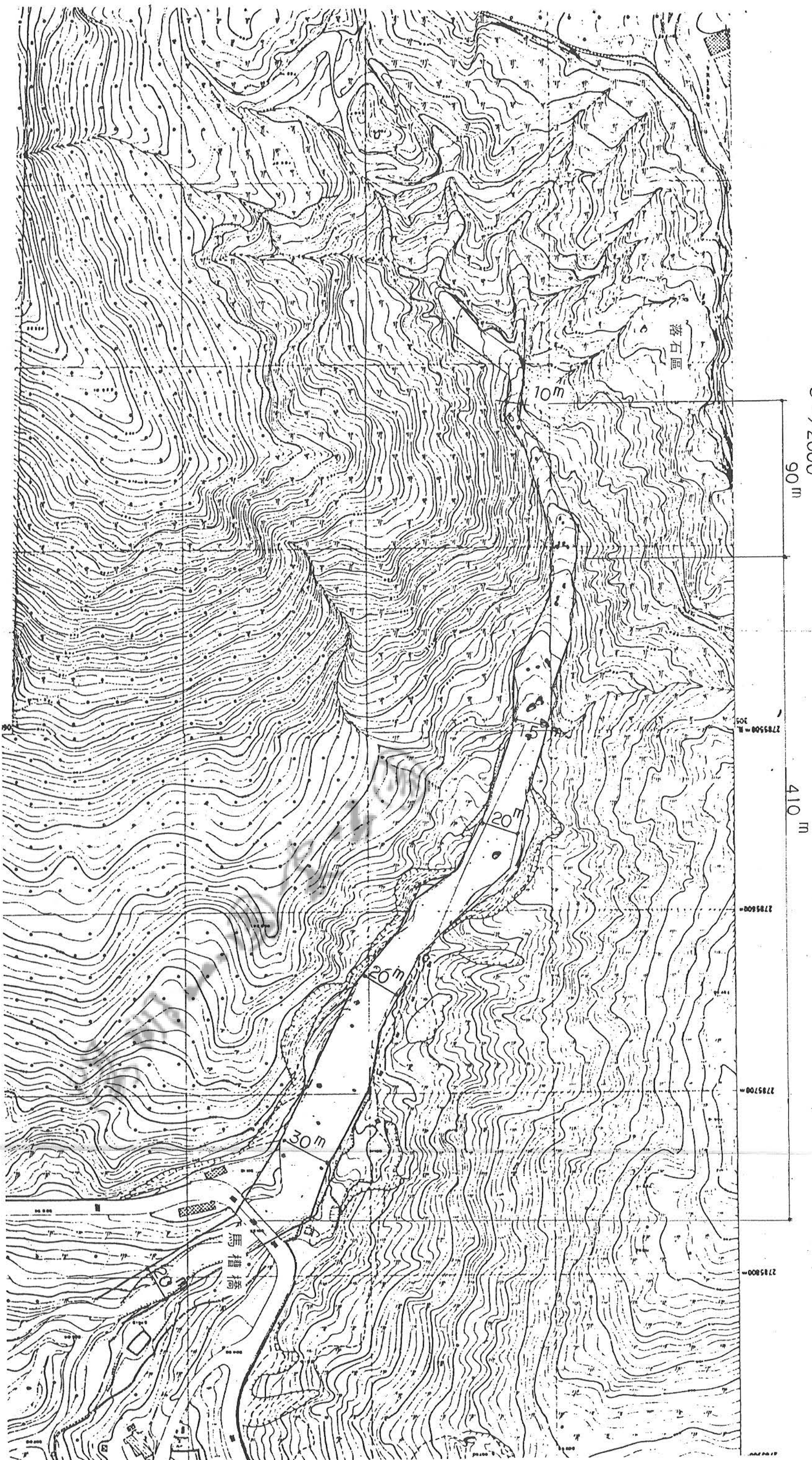
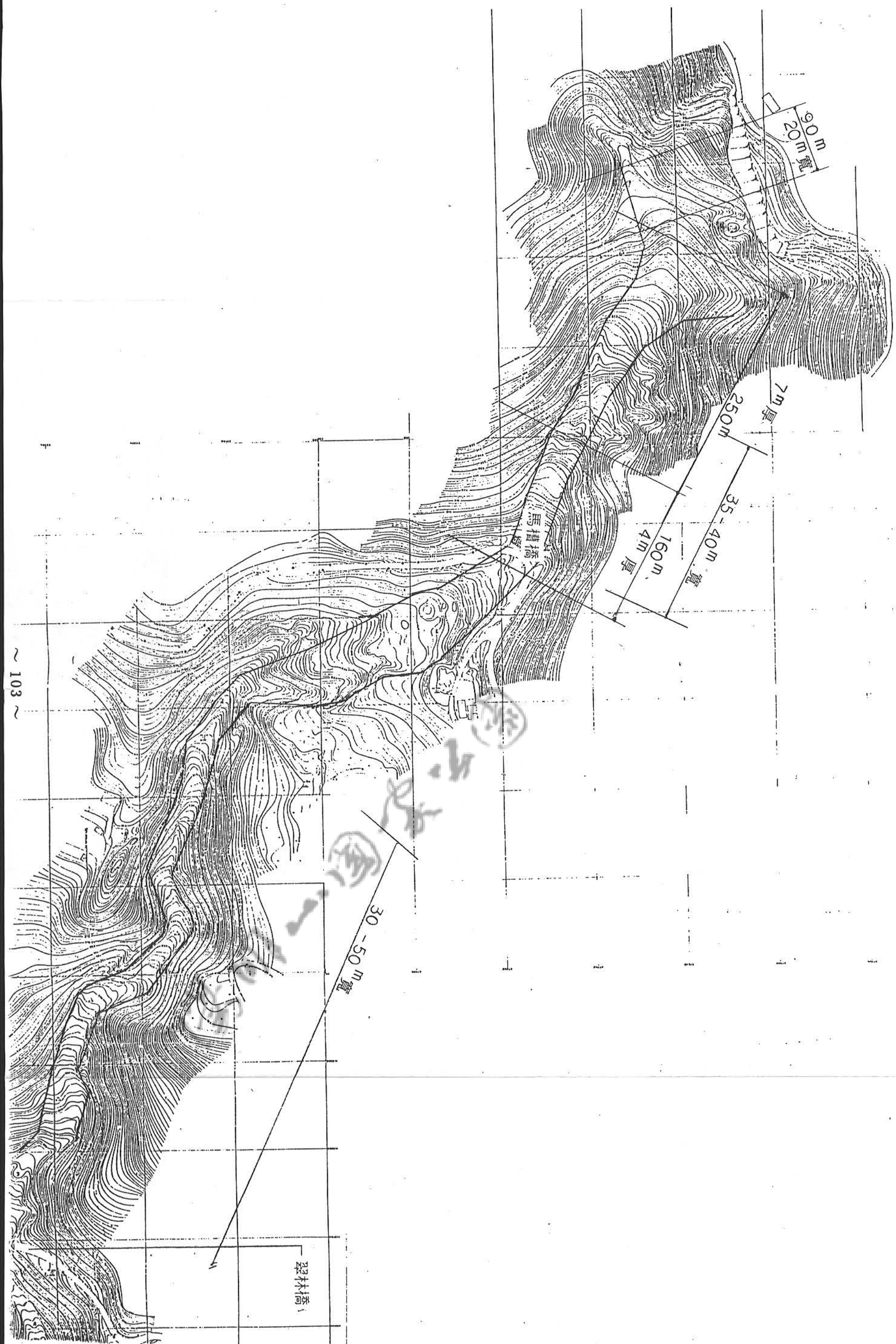
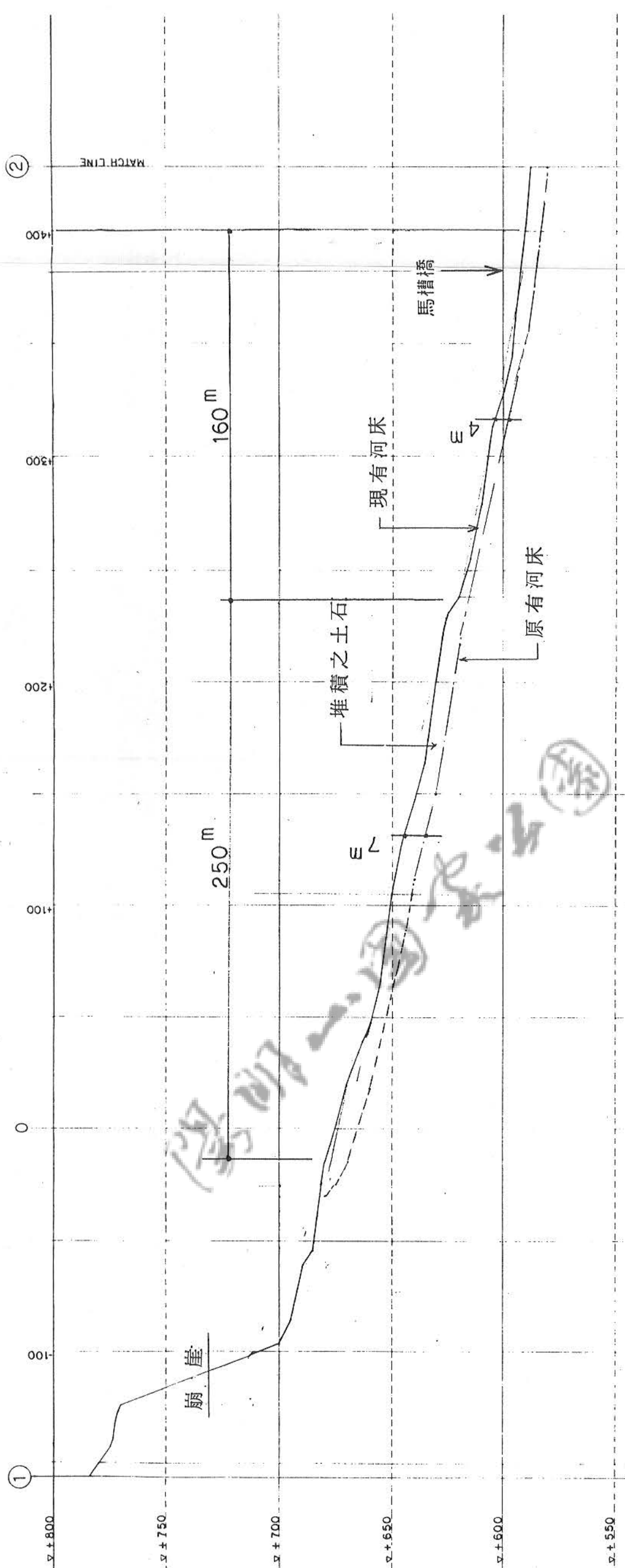
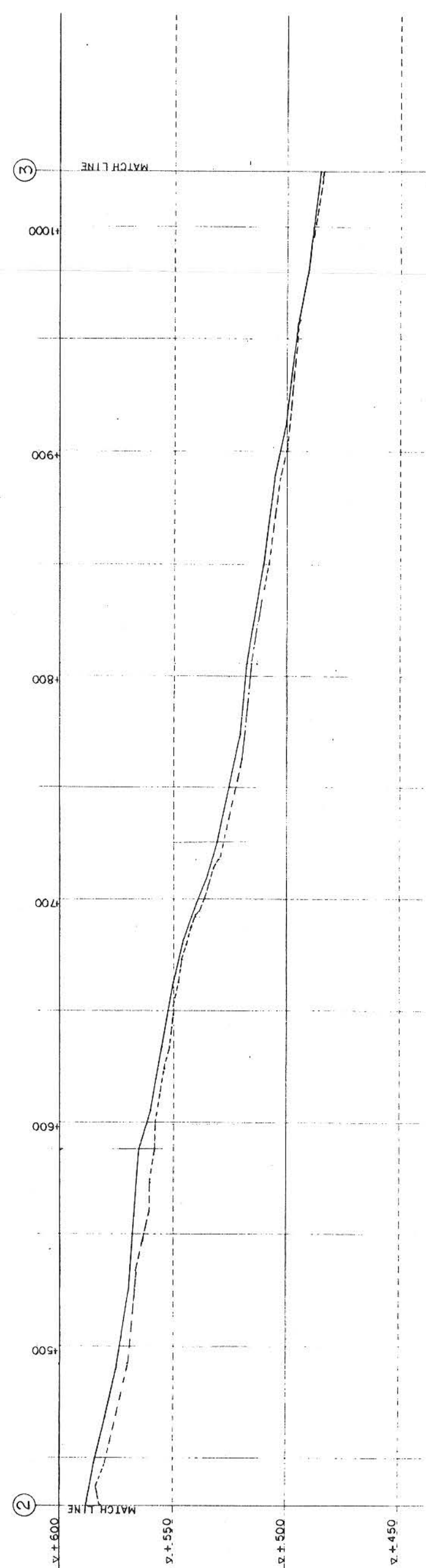


圖 6. 11 馬槽溪河床寬度圖 (新測地形圖)
 $S = 1/4000$





縱断面图



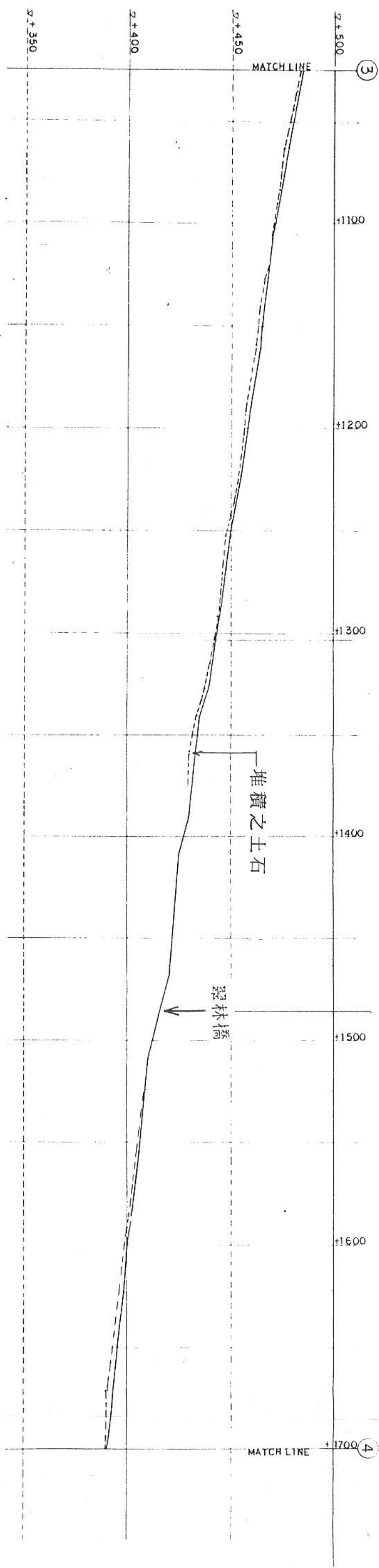
縱断面图

圖 6.12 河床高程圖

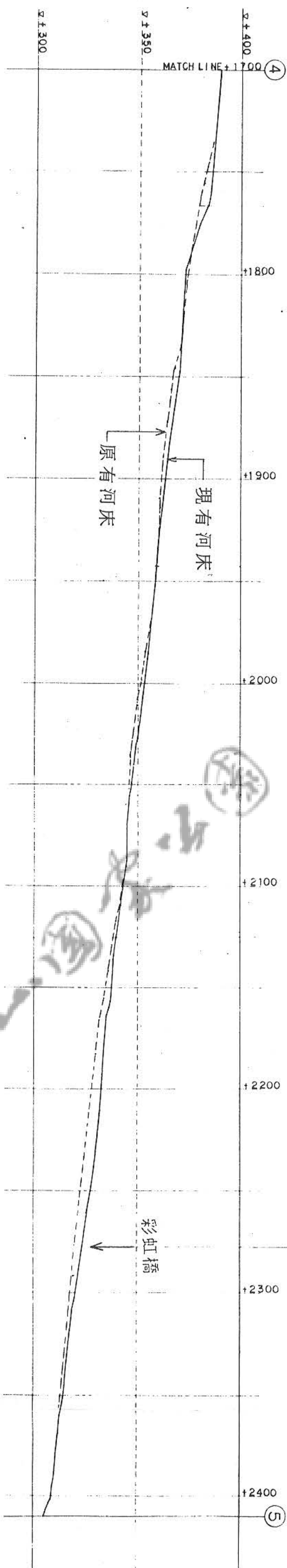
$S = 1/2000$

S=1/1000

No. 1/2



縱断面圖



縱断面圖

圖 6.13 河床高程圖

$S = 1/2000$

$S = 1/1000$

比較新舊地形圖的河床高程，估計土石流的堆積厚度如圖 6.12 及圖 6.13 所示，馬槽橋上游為 4 ~ 7 公尺，下游為 1 ~ 4 公尺。

根據測量圖估計土石堆積數量為 126,600 立方公尺。

馬槽橋上游的土石堆積數量估計為：

35 公尺 × 160 公尺 × 4 公尺 = 22,400 立方公尺

35 公尺 × 250 公尺 × 7 公尺 = 61,250 立方公尺

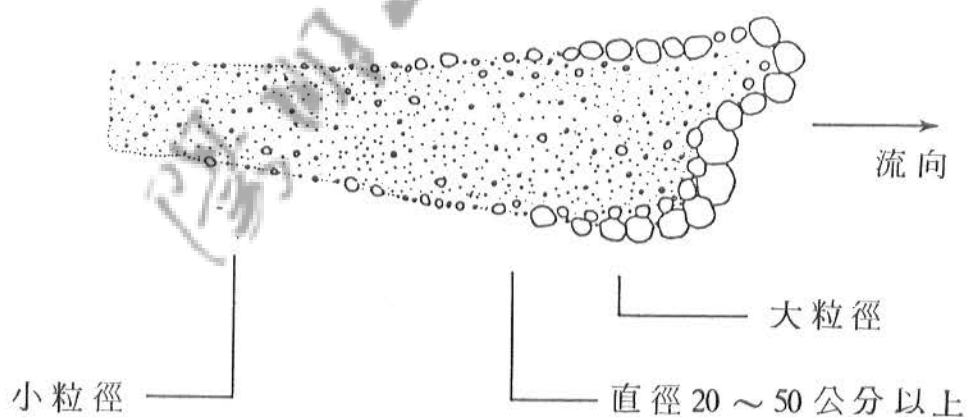
20 公尺 × 90 公尺 × 7 公尺 = 12,600 立方公尺

合 計 96,250 立方公尺

顯示馬槽橋上游仍遺留大量的土石岩屑。

6.4 土石流之粒徑分佈

土石流的粒徑分佈由其地質性質決定，在火山灰地區細小粒徑占大部份，而岩石區中小粒徑與大粒徑占大部分，典型的土石流堆積情況如下圖所示：



一般來說，大粒徑岩屑大都堆積在先端及周圍，內部的粒徑變化不大，平均粒徑為 200 ~ 500 mm，其後為小於 5 mm 者，中等粒徑的比例並不大。大粒徑顆粒間的空隙均由小顆粒所充填，土石流本體的孔隙率為 30 至 40%，先端的孔隙率為 50%。地質鑽探試驗曾在馬槽橋上、下游各取樣一處作粒徑分佈分析，取樣位置示意圖如圖 6.14。取樣時先將表土清除 30 公分後取深度 0.5 公尺至 1.3 公尺之土石為樣品。圖 6.15 及圖 6.16 為樣品之粒徑分佈曲

線圖。兩曲線相當類似，大粒徑顆粒亦相當多，顯示兩樣品皆屬於土石流地區。

大粒徑顆粒組成的土石流因為內力作用而有直線流動的趨勢，所以在河道彎曲部份的邊緣土石流的高度會較高，同時大塊岩屑時常會跳出河岸外損壞構造物。

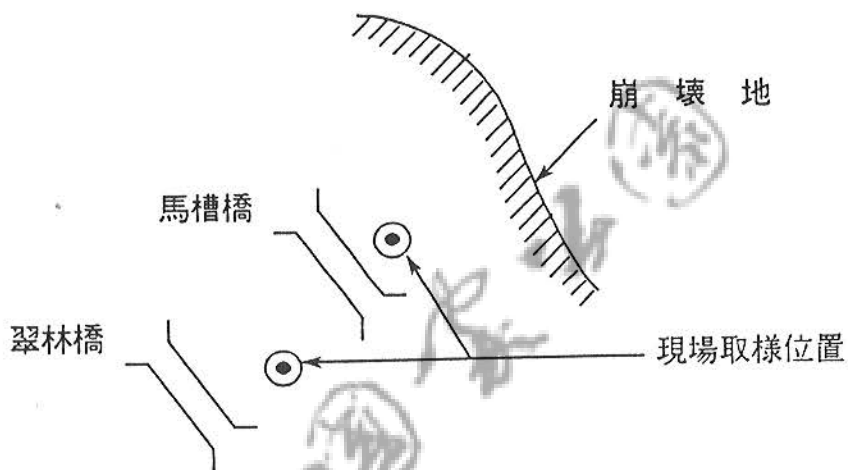


圖 6.14 現場取樣位置示意圖

6.5 土石流分析

一、土石流臨界坡度

如前所述馬槽溪的河床坡度很大使土石堆積物容易滑動。

京都大學高橋教授建議用下式計算臨界坡度：

$$\tan\theta = \frac{C^* (\sigma - \rho)}{C^* (\sigma - \rho) + \rho (1 + 1/\kappa)} \tan\theta$$

式中 C^* ：堆積土石之體積密度

($1 - n$ ， n 為孔隙率)

σ ：岩石之比重

ρ ：水之比重

θ ：堆積物之內摩擦角

κ ：水深與土石流厚度之比

上式求得之數值為產生土石流的最小坡度，在特殊情況可以作為臨界坡度。

通常以下列各值代入公式中，

$$C^* = 0.6$$

$$\sigma = 2.6 \text{ 公噸 / 立方公尺}$$

$$\rho = 1.0 \text{ 公噸 / 立方公尺}$$

$$\kappa = 1.0 \quad (a / h \doteq 1.0)$$

$\tan \theta$ ：按地質而定，通常為 $0.8 \sim 0.7$

計算臨界坡度如下：

1. $\tan \theta = 0.8$ ($\theta = 38^\circ$) 時

$$\tan \theta = \frac{0.6 \times (2.6 - 1.0)}{0.6 \times (2.6 - 1.0) + 1.0 (1 + 1 / 1)} \times 0.8$$
$$= 0.259$$

$$\therefore \theta = 14.5^\circ$$

2. $\tan \theta = 0.7$ ($\theta = 35^\circ$) 時

$$\tan \theta = \frac{0.6 \times (2.6 - 1.0)}{0.6 \times (2.6 - 1.0) + 1.0 (1 + 1 / 1)} \times 0.7$$
$$= 0.226$$

$$\therefore \theta = 12.7^\circ$$

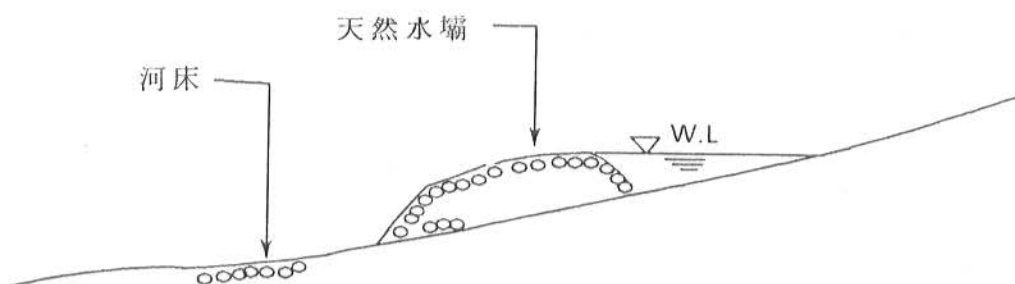
因此臨界坡度為 $13^\circ \sim 15^\circ$ ，而馬槽橋的上游河床即大於此坡度，所以將來仍有發生土石流的可能。

值得一提的是軟弱土壤的堆積可能減緩臨界坡度。

二、土石流與雨量

河川內發生土石流有兩個可能原因：

1. 暴雨導致土石流發生
2. 天然水壩導致土石流發生。



天然水壩可能出現在山區，其產生的土石流會造成嚴重災害，不過這種形式無法加以計算，本報告僅就第一種原因進行分析。

1. 流量計算公式

(1) 發生土石流之流量

$$Q = \sqrt{7.11g} B d^{3/2} \text{ — — — — — } F1$$

式中 Q ：流量（立方公尺／秒）

g ：重力加速度（公尺／秒²）

B ：河道寬度（公尺）

d ：平均粒徑（公尺）

計算所得之 Q 值為在臨界坡度產生土石流所需的流量。

(2) 所需流量的降雨強度

$$Q = \frac{1}{3.6} f \cdot re \cdot A \text{ — — — — — } F2$$

式中 Q ：流量（立方公尺／秒）

f ：尖峯流量係數（1.0）

re ：降雨強度（mm／時）

A ：流域面積（平方公里）

2. 相關數值

(1) 平均粒徑 d

平均粒徑用下式求得，

$$d = \frac{\sum_{P=0}^{P=100} dP \triangle P}{\sum_{P=0}^{P=100} \triangle P}$$

式中 d ：平均粒徑

$\triangle P$ ： dP 尺寸之分佈百分比

故根據圖 6. 15 及圖 6. 16 可得平均粒徑如下：

- 馬槽橋上游（圖 6. 15）

$$d = \frac{\sum dP \triangle P}{\sum \triangle P}$$

$$= \frac{10 \times (0.0005 + 0.003 + 0.007 + 0.015 + 0.03 + 0.07 + 0.255 + 0.485 + 0.655 + 0.975)}{10 \times 10}$$

$$= \frac{24.96}{100} = 0.25 \text{ 公尺}$$

- 馬槽橋下游（圖 6. 16）

$$d = \frac{10 \times (0.00025 + 0.00125 + 0.0035 + 0.01 + 0.0225 + 0.04 + 0.075 + 0.15 + 0.35 + 0.70)}{10 \times 10}$$

$$= \frac{13.53}{100} = 0.14 \text{ 公尺}$$

求得平均粒徑為 0.14 公尺及 0.25 公尺，平均值為 0.19 公尺。

用上式求得的平均粒徑在顆粒尺寸較大時有偏高的趨勢，因此在決定平均粒徑時應注意：

- 採樣數目
- 取不同深度的樣品

(2) 流域面積

圖 6. 17 為流域面積，各面積計算如下：

I - 1 區（水源區） $A_1 = 0.64$ 平方公里

I - 2 區（滑動區） $A_2 = 0.10$ 平方公里

小計 0.74 平方公里

II - 1 區（坡度大於 10° ） $A_3 = 0.24$ 平方公里

II - 2 區（堆積區） $A_4 = 0.77$ 平方公里

註：計算土石流數量時用 $\sum_{n=1}^3 A_n = 0.98$ 平方公里

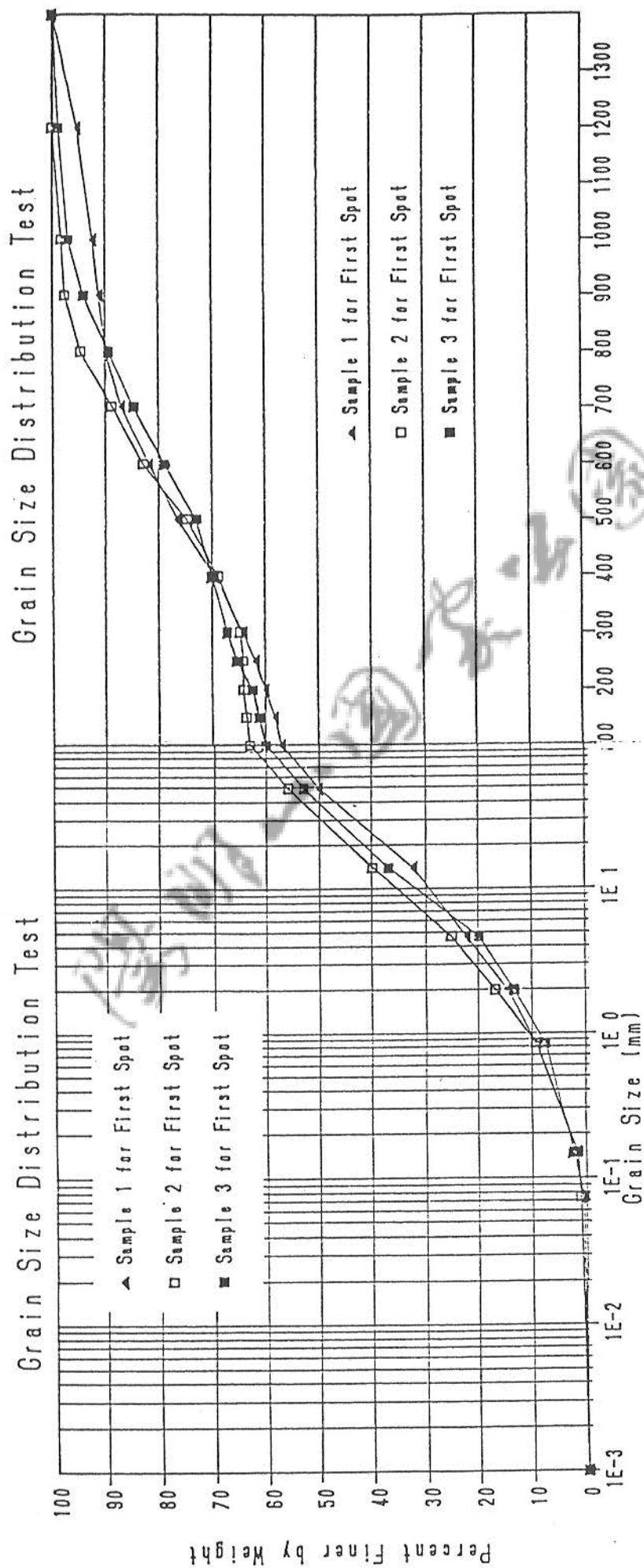


圖 6.15 馬槽橋上游河床粒徑分析圖

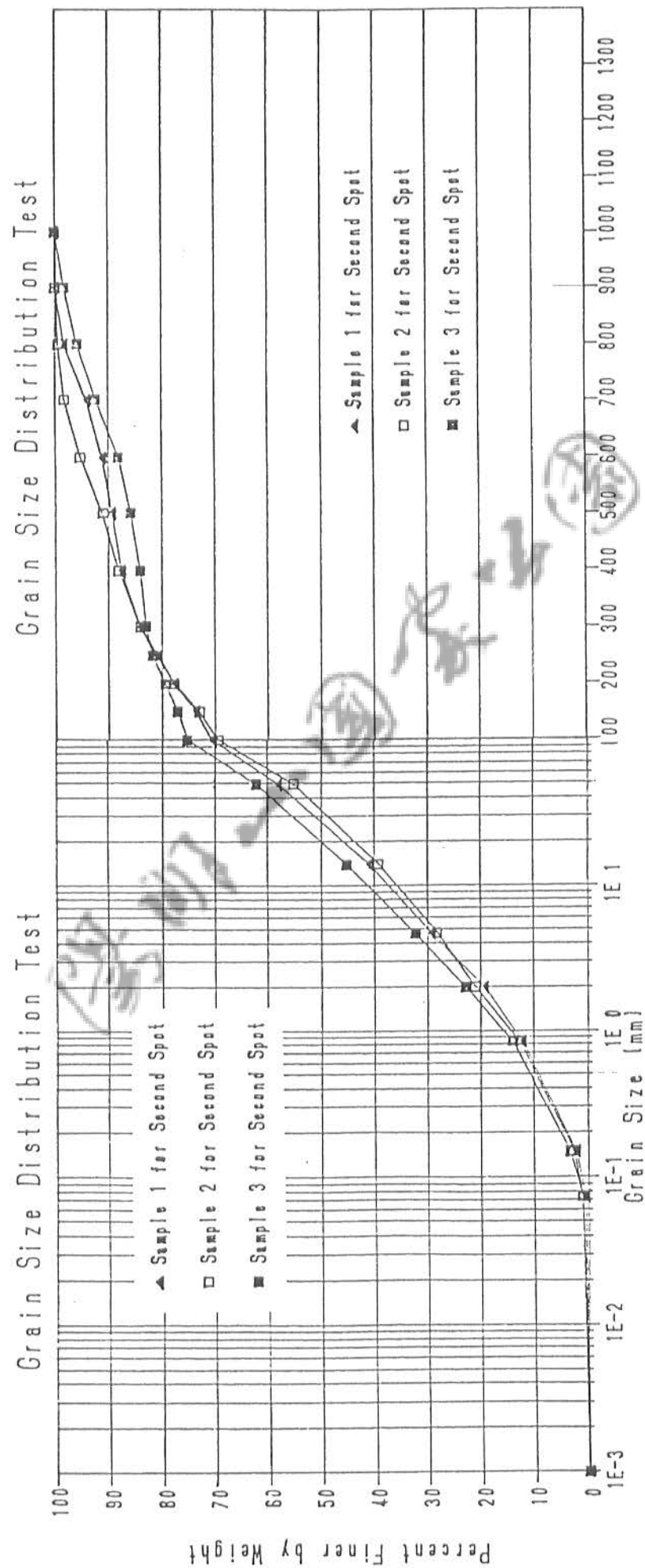


圖 6.16 馬槽橋下游河床粒徑分析圖

圖 6.17 流域面積



(3) 河床寬度 B

B 為變數

3. 計算

由 F - 1 公式

$$Q = \sqrt{7.11g} \times B \times d^{\frac{3}{2}} = \sqrt{7.11 \times 9.8} \times B \times (0.19)^{\frac{3}{2}}$$

$$= 0.69 B \text{ (立方公尺/秒)}$$

由 F - 2 公式

$$Q = \frac{1}{3.6} f \cdot re \cdot A$$

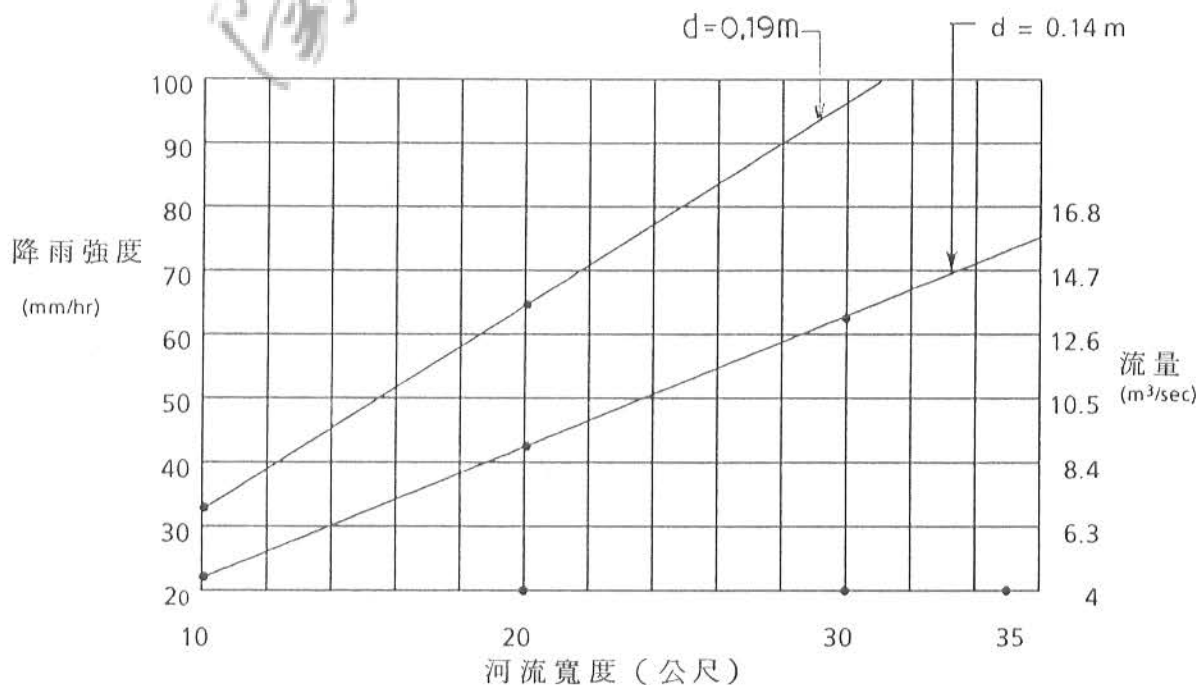
$$= \frac{1}{3.6} \times 1.0 \times re \times 0.74$$

$$= 0.21 re$$

$$\therefore 0.69 B = 0.21 re$$

$$\therefore re = 3.3 B$$

由此關係式可繪成下圖。



由河床寬度可求得所需之雨量強度，現有河床寬度約為35公尺，而原有滑動區的寬度約為20公尺。然而現有河床並不穩定，河水仍有流向原有河床的趨勢，因此建議仍用20公尺來計算，故

河床寬度 = 20 公尺

雨量強度 = 66 mm / 小時

平均粒徑 = 0.19 公尺

如用 0.14 公尺作為平均粒徑時雨量強度為 42 mm / 小時。因此臨界雨量強度定為 40 ~ 70 mm / 小時。在日本通常以 35 mm / 時作為臨界雨量強度。

三、土石流

1. 尖峯流量

決定橋樑淨空、涵洞尺寸時必須先要知道尖峯流量，可用下式計算：

$$Q_{sp} = \frac{C^*}{C^* - C_d} Q_p$$

式中 Q_{sp} : 尖峯流量 (立方公尺 / 秒)

Q_p : 雨量 (立方公尺 / 秒)

C^* : 孔隙率 0.6

$$C_d = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho) (\tan \theta - \tan \theta)}$$

$$Q_p = \frac{1}{3.6} f \cdot re \cdot A$$

由河床坡度的不同分成兩塊流域面積，

I - 1 區 $A_1 = 0.64$ 平方公里 (水源區)

I - 2 區 $A_2 = 0.1$ 平方公里 (滑動區)

日本計算土石流時通常假設最大降雨強度 re 為 150 mm / 時，根據圖 6.20 颱風降雨強度公式算出其再現期在竹子湖地區約為 500 年。

(1) 雨量

$$I - 1 \text{ 區 } Q_p = \frac{1}{3.6} f \cdot re \cdot A$$

$$= \frac{1}{3.6} \times 1.0 \times 150 \times 0.64 = 26.6 \text{ 平方公尺 / 秒}$$

$$\text{I} - 2 \text{ 區 } Q_p = \frac{1}{3.6} \times 1.0 \times 150 \times 0.1 = 4.2 \text{ 立方公尺/秒}$$

(2) 尖峯流量

① 土石流密度

$$\sigma = 2.6 \text{ 公噸/立方公尺}, \rho = 1.0, \theta = 35^\circ$$

$$\text{I} - 1 \text{ 區 } \theta = 17^\circ$$

$$\text{I} - 2 \text{ 區 } \theta = 13^\circ$$

$$\therefore Cd_1 = \frac{1.0 \times \tan 17^\circ}{(2.6 - 1.0)(\tan 35^\circ - \tan 17^\circ)} = 0.48$$

$$Cd_2 = \frac{1.0 \times \tan 13^\circ}{(2.6 - 1.0)(\tan 35^\circ - \tan 13^\circ)} = 0.31$$

② 尖峯流量

$$Q_{sp1} = \frac{0.6}{0.6 - 0.48} Q_{p1} = 5 Q_{p1}$$

$$Q_{sp2} = \frac{0.6}{0.6 - 0.31} Q_{p2} = 2 Q_{p2}$$

$$\therefore \text{I} - 1 \text{ 區 } Q_{sp} = 5 Q_{p1} = 5 \times 26.6 = 133 \text{ 立方公尺/秒}$$

$$\begin{aligned} \text{I} - 2 \text{ 區 } Q_{sp} &= 5 Q_{p1} + 2 Q_{p2} \\ &= 133 + 2 \times 4.2 = 141 \text{ 立方公尺/秒} \end{aligned}$$

2. 流速與波高

土石流的速度用下式計算，

$$u = \frac{2}{5d} \left[\frac{g \sin \theta}{a \sin \alpha} \left\{ Cd + (1 - Cd) \frac{\rho}{\sigma} \right\} \right]^{\frac{1}{2}} \left\{ \left(\frac{C^*}{Cd} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right\} h^{\frac{3}{2}}$$

式中 $C^* = 0.6$

$$a \sin \alpha = 0.02$$

h : 土石流高度

u : 土石流速度

I - 1 區, $\theta = 17^\circ$ (河床坡度)

$$u = \frac{2}{5 \times 0.19} \left[\frac{9.8 \sin 17^\circ}{0.02} \{ 0.48 + (1 - 0.48) \frac{1.0}{2.6} \}^{\frac{1}{2}} \left\{ \left(\frac{0.6}{0.48} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right\} h^{\frac{3}{2}} \right]$$

$$= 1.7 h^{\frac{3}{2}}$$

II - 1 區, $\theta = 13^\circ$ (河床坡度)

$$u = 4.1 h^{\frac{3}{2}}$$

(1) 速度與波高

I - 1 區, 河床寬度 $B = 15$ 公尺,

$$Q_{sp_1} = 133 \text{ 立方公尺/秒}$$

$$\therefore Q_{sp} = B \cdot h \cdot u$$

$$\therefore 133 = 15 \times h \times 1.7 h^{\frac{3}{2}}$$

$$\therefore h = 1.9 \text{ 公尺}$$

$$u = 1.7 h^{\frac{3}{2}} = 4.6 \text{ 公尺/秒}$$

I - 2 區, $B = 20$ 公尺

$$Q_{sp_2} = 141 \text{ 立方公尺/秒}$$

$$\therefore 141 = 20 \times h \times 4.1 h^{\frac{3}{2}}$$

$$\therefore h = 1.2 \text{ 公尺}$$

$$u = 4.1 h^{\frac{3}{2}} = 5.7 \text{ 公尺/秒}$$

馬槽橋址, $B = 35$ 公尺

$$Q_{sp_2} = 141 \text{ 立方公尺/秒}$$

$$\therefore 141 = 35 \times h \times 4.1 h^{\frac{3}{2}}$$

$$\therefore h = 1.0 \text{ 公尺}$$

$$u = 4.1 h^{\frac{3}{2}} = 4.1 \text{ 公尺/秒}$$

故土石流之深度及流速歸納如下:

$$u = 4.1 \sim 5.7 \text{ 公尺/秒}$$

$$h = 1.0 \sim 1.9 \text{ 公尺}$$

不過 1.0 ~ 1.9 公尺的高度僅是平均高度, 由於曳引力的影響, 土石流先頭高度會較高, 用係數 1.5 則高度變

為 1.5 ~ 2.9 公尺。

(2) 彎道壅高

河道彎曲邊緣的水位會增高，增加的高度可用下式計算

$$\Delta h = \alpha \frac{B \cdot u^2}{r \cdot g}$$

式中 α 為係數

r 為邊緣之彎曲半徑

α 係數依土石流型式而變，不過圖 6.18 的 α 係數乃是由現場觀測及試驗而得。現取坡度為 8° ， α 值為 6。

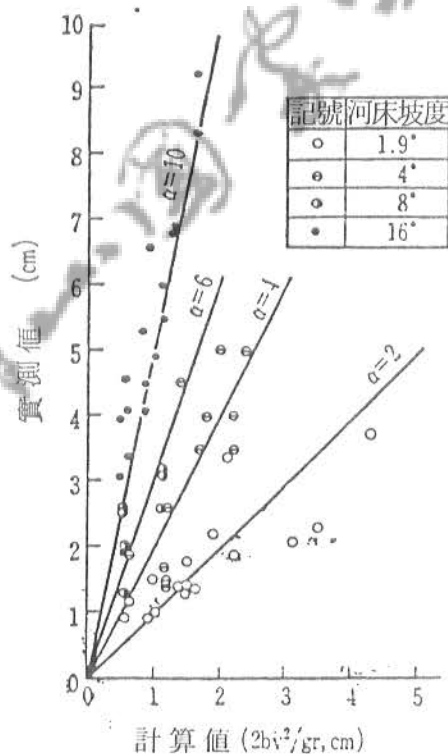


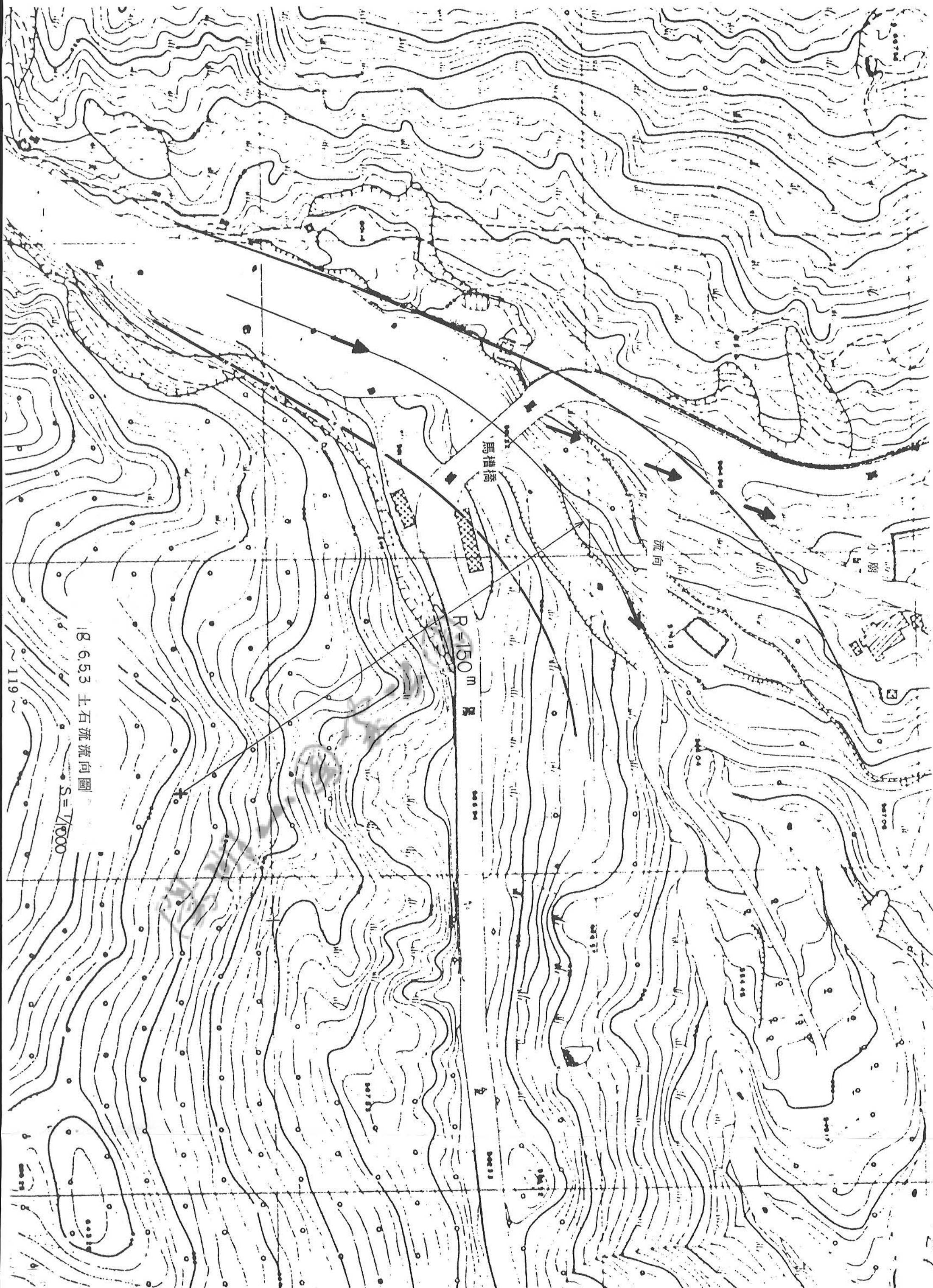
圖 6.18 α 值

由圖 6.19 馬槽橋址地形圖得 $r = 150$ 公尺

$$\therefore \Delta h = 6 \times \frac{35 \times (4.1)^2}{150 \times 9.8} = 2.4 \text{ 公尺}$$

故馬槽橋左側的波高增為

$$1.5 + 2.4 = 3.9 \text{ 公尺}$$



馬槽橋

流向

R=150 m

18.6.5.3 土石流向圖

S=1/1000

119

因爲土石流爲直線流動，所以馬槽橋附近土石流將衝向小廟，建議在道路邊設置擋土牆加以保護。

3. 土石流數量

下列公式可以用來計算一般土石流的數量，

$$V_s = 18000 \times A_{10}^{\frac{1}{2}} \times Q_p^{\frac{1}{2}} \quad (\text{立方公尺})$$

式中 A_{10} ：河床坡度大於 10 % 的流域面積

Q_p ：尖峯流量 (立方公尺/秒)

I - 1, I - 2 及 II - 1 三區的 A_{10} 面積約爲 0.98 平方公里，

$$\begin{aligned} \therefore Q_p &= \frac{1}{3.6} f \cdot re \cdot A_{10} \\ &= \frac{1}{3.6} \times 1.0 \times 150 \times 0.98 = 40.8 \text{ 立方公尺/秒} \end{aligned}$$

故土石流數量爲

$$V_s = 18000 \times 0.98^{\frac{1}{2}} \times 40.8^{\frac{1}{2}} = 114,000 \text{ 立方公尺}$$

如降雨強度 re 爲 100 mm/時 (大的流域面積其降雨強度會減小)，

$$\begin{aligned} V_s &= 18000 \times 0.98^{\frac{1}{2}} \times \left(40.8 \times \frac{100}{150} \right)^{\frac{1}{2}} \\ &= 92,900 \text{ 立方公尺} \end{aligned}$$

如 $re = 70 \text{ mm/時}$ ，

$$\begin{aligned} V_s &= 18000 \times 0.98^{\frac{1}{2}} \times \left(40.8 \times \frac{70}{150} \right)^{\frac{1}{2}} \\ &= 78,000 \text{ 立方公尺} \end{aligned}$$

因此全區域的土石流數量爲 80,000 ~ 120,000 立方公尺，依降雨強度而異。

根據測量圖計算堆積的土石方估計約爲 126,600 立方公尺，馬槽橋至崩崖的土石方估計有 92,400 立方公尺，加上短

期內增加崩落的土石約 $40,000 \text{ m}^3$ ，其結果與計算值相當接近。

4. 土石流之停滯

如前所述土石流通常在坡度 4° 以上地區流動，目前土石流的停滯採用下式計算：

$$\tan \theta < \frac{(\sigma - \rho)}{(\sigma - \rho) \text{Cdu} + \rho} \tan \alpha$$

式中 θ ：坡度

$\tan \alpha$ ：動摩擦係數（通常為 0.6）

Cdu：上游 Cd 係數

$$\text{Cdu} = \frac{\rho \tan \theta_u}{(\sigma - \rho) (\tan \theta - \tan \theta_u)}$$

σ ：2.6 公噸／立方公尺

由圖 6.11 的地形圖計算坡度 θ ：

(1) 坡度 13° 至 11°

$$\text{Cdu} = \frac{1.0 \tan 13^\circ}{(2.6 - 1.0) (0.7 - \tan 13^\circ)} = 0.308$$

$$\tan \theta = \frac{(2.6 - 1.0) \times 0.308}{(2.6 - 1.0) \times 0.308 + 1.0} \times 0.6 = 0.198$$

$\therefore \theta = 11^\circ \rightarrow$ 土石流不停止

(2) 11° 至 10°

$$\text{Cdu} = \frac{1.0 \tan 11^\circ}{(2.6 - 1.0) (0.7 - \tan 11^\circ)} = 0.24$$

$$\tan \theta = \frac{(2.6 - 1.0) \times 0.24}{(2.6 - 1.0) \times 0.24 + 1.0} \times 0.6 = 0.166$$

$\therefore \theta = 9^\circ \rightarrow$ 土石流不停止

(3) 10° 至 9°

$$\text{Cdu} = \frac{1.0 \tan 10^\circ}{(2.6 - 1.0) (0.7 - \tan 10^\circ)} = 0.21$$

$$\tan \theta = 0.15$$

$$\therefore \theta = 8.5^\circ \rightarrow \text{土石流不停止}$$

(4) 9° 至 8°

$$C_{du} = \frac{1.0 \tan 9^\circ}{(2.6 - 1.0)(0.7 - \tan 9^\circ)} = 0.18$$

$$\tan \theta = 0.13$$

$$\therefore \theta = 7.4^\circ \rightarrow \text{土石流不停止}$$

(5) 8° 至 6°

$$C_{du} = \frac{1.0 \tan 8^\circ}{(2.6 - 1.0)(0.7 - \tan 8^\circ)} = 0.157$$

$$\tan \theta = 0.12$$

$$\therefore \theta = 6.9^\circ$$

根據上面計算結果，土石流將在坡度在 $6^\circ \sim 7^\circ$ 的地帶停滯，亦即土石流將到達彩虹橋附近。

6.6 土石流發生機率

土石流發生之機率係由雨量之機率決定，圖 6.20 為台灣北部地區的降雨延時與雨量機率關係，本規劃採用靠近馬槽的竹子湖地區之公式，計算結果如下：

再現期	降雨強度 (mm/hr)
2	53
2.33	56
5	72
10	85
20	97
50	111
100	122
200	132
500	145

註：降雨延時 t 設為 10 分鐘

根據上面計算結果，計畫範圍每年均有發生土石流的可能，直到所有的土石岩屑均流失殆盡。不過最重要的還是土石流數量及其發生機率，下表是計算結果：

再現期	降雨強度 mm/hr	Q_p m^3/s	數量 m^3	流速 m/s	馬槽橋邊緣 土石流高度 m
2	53	14.4	68,000	2.2	1.7 (0.7)
2.33	56	15.2	70,000	2.2	1.7 (0.7)
5	72	19.6	79,000	2.6	2.1 (0.8)
10	85	23.1	86,000	2.9	2.4 (0.8)
20	97	26.4	92,000	3.1	2.6 (0.9)
50	111	30.2	98,000	3.4	3.0 (0.9)
100	122	33.2	103,000	3.6	3.2 (1.0)
200	132	35.9	107,000	3.8	3.5 (1.0)
500	145	39.5	112,000	4.0	3.8 (1.0)

註：（）為平均值

如上所述，由降雨強度可以求出土石流數量、流速及高度。從本章的研究可知計畫範圍只要下一場暴雨隨時都有發生土石流的可能，其潛在土石流規模可以參考上表之數值。

圖 6.20 颱風雨量強度公式

重現期 站名	2	2.33	5	10	20
台 北	$\frac{9939.06}{(313+t)^{.984}}$	$\frac{10646.7}{(313+t)^{.986}}$	$\frac{13653}{(312+t)^{.985}}$	$\frac{16608}{(314+t)^{.987}}$	$\frac{19080.2}{(313+t)^{.986}}$
五 堵	$\frac{25025.3}{(366.4+t)^{1.046}}$	$\frac{27146.9}{(366.4+t)^{1.046}}$	$\frac{36257.2}{(366.4+t)^{1.046}}$	$\frac{43618.9}{(366.4+t)^{1.046}}$	$\frac{50280}{(366+t)^{1.046}}$
竹 子 湖	$\frac{104670}{(643+t)^{1.172}}$	$\frac{110730}{(641+t)^{1.171}}$	$\frac{141464}{(640+t)^{1.170}}$	$\frac{168714}{(642+t)^{1.171}}$	$\frac{190372}{(641+t)^{1.171}}$
鞍 部	$\frac{207705}{(775+t)^{1.251}}$	$\frac{224389}{(775+t)^{1.251}}$	$\frac{296985}{(775+t)^{1.251}}$	$\frac{359631}{(775+t)^{1.251}}$	$\frac{414566}{(775+t)^{1.251}}$
重現期 站名	50	100	200	500	1000
台 北	$\frac{22646.2}{(313+t)^{.986}}$	$\frac{25741.5}{(314+t)^{.987}}$	$\frac{28129.5}{(312+t)^{.985}}$	$\frac{32380.1}{(313+t)^{.986}}$	$\frac{35535.7}{(313+t)^{.986}}$
五 堵	$\frac{59341.8}{(366.4+t)^{1.046}}$	$\frac{66080.6}{(366.4+t)^{1.046}}$	$\frac{72561.2}{(366.4+t)^{1.046}}$	$\frac{80534.4}{(365.8+t)^{1.046}}$	$\frac{87334.7}{(366.4+t)^{1.046}}$
竹 子 湖	$\frac{219047}{(641+t)^{1.171}}$	$\frac{238467}{(640+t)^{1.170}}$	$\frac{258470}{(640+t)^{1.170}}$	$\frac{286416}{(641+t)^{1.171}}$	$\frac{303130}{(640+t)^{1.170}}$
鞍 部	$\frac{492899}{(775+t)^{1.251}}$	$\frac{553317}{(776+t)^{1.251}}$	$\frac{611774}{(776+t)^{1.251}}$	$\frac{68808}{(775+t)^{1.251}}$	$\frac{754777}{(777+t)^{1.252}}$

單位：公厘／小時；t：降雨延時（分鐘）

第七章 防災計畫

7.1 一般說明

計畫範圍內的災害可以分爲：

- 山崩與落石。
- 土石流。
- 局部山崩、落石及土石流。

災害防制有許多方式，一般常用的典型方法如下：

- 以岩錨將不穩定地層固定在堅固地盤上。

因計畫範圍內山崩的區域很大，岩層亦不堅固，採用此法似不經濟，效果也不大。

- 在坡地打樁以增強抗剪力——不適用於本計畫。
- 移除不穩定的土壤岩塊以形成穩定的邊坡，並設置邊坡保護設施。
- 設置攔砂壩（CHECK DAM）及潛壩（GROUND SILL）以防止土石流及河床冲刷。
- 挖除河床之堆積物。

選擇防災工法應考慮下列條件：

- 施工方法及能力。
- 工程費用。
- 與周圍環境之調和。

衡量上述防災方法我們擬訂三種防災方案基本原則：

- 甲案：挖除崩崖不穩定的土石並防止邊坡之破壞與坡面侵蝕。
設置攔砂壩及潛壩等防止冲刷設施用來穩定河床控制淤積。
- 乙案：挖除崩崖不穩定的土石並防止邊坡之破壞與坡面侵蝕。
設置最少量的潛壩設施用來穩定河床控制淤積。
- 丙案：不設置任何防止冲刷設施。

橋樑的整建將併入上述三方案內研究。

7.2 災害防制計畫

根據上節所述我們擬訂三個災害防制方案：

一、甲案

主要設施：

- 挖除崩崖不穩定土石。
- 設置攔砂壩或其他替代設施。
- 設置潛壩。
- 重建馬槽橋及翠林橋。
- 重建中湖戰備道路（已在第五章討論）。

本案主要目的要造成堅固穩定的坡面以防範落石、山崩或土石流的發生，請參見圖 7.1，現將本案內容詳述於后：

1. 挖除崩崖不穩定之土石。

上章提過溪谷的上游有一大片落石區，經常產生很多落石堆積在河床上造成土石流。為防範未來土石流的發生必須使山崖的坡面穩固。

由第四章已知這些不穩定的土石約有 29 萬立方公尺，挖除這個龐大數量的土石方工程相當艱鉅也很費時。

2. 攔砂壩或替代設施

(1) 攔砂壩

因為現有河床上已堆積相當多的土石，建議設置攔砂壩來防止土石流，攔砂壩的位置見圖 7.1。

河床上不穩定的土石數量為

$$92,400 - 35 \times 100 \times 4 = 78,400 \text{ 立方公尺}$$

註：扣除馬槽橋至 1 號攔砂壩的堆積土石方。

兩座攔砂壩至少要容納半數以上的堆積物，故

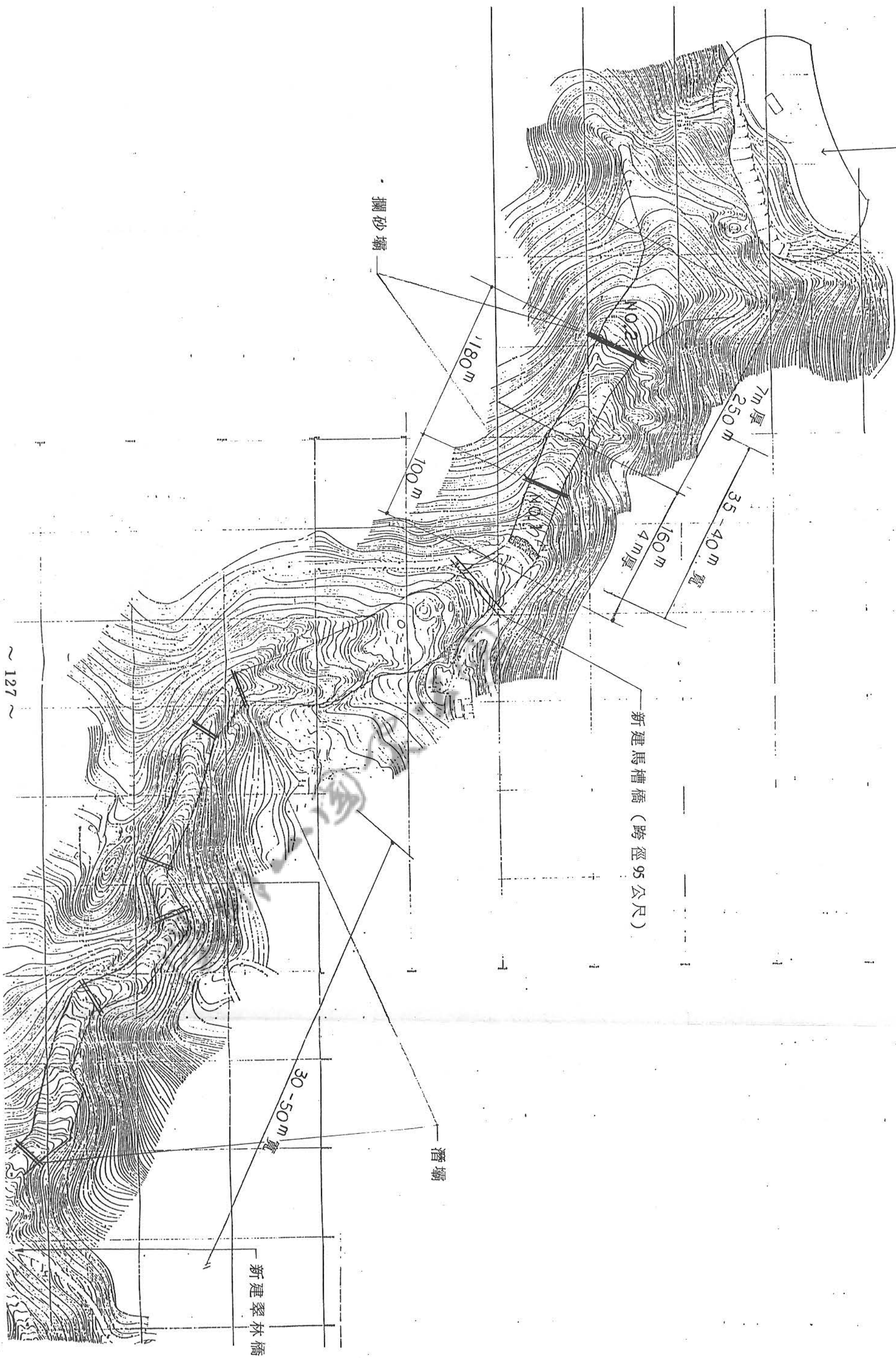
$$78,400 \times \frac{1}{2} = 39,200 \text{ 立方公尺}$$

攔砂壩完成後的河床坡度約為 6° 。

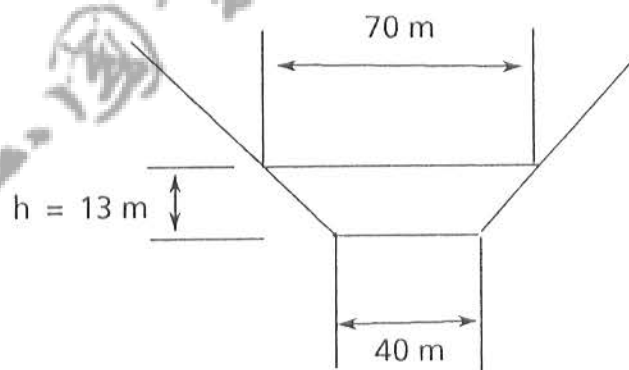
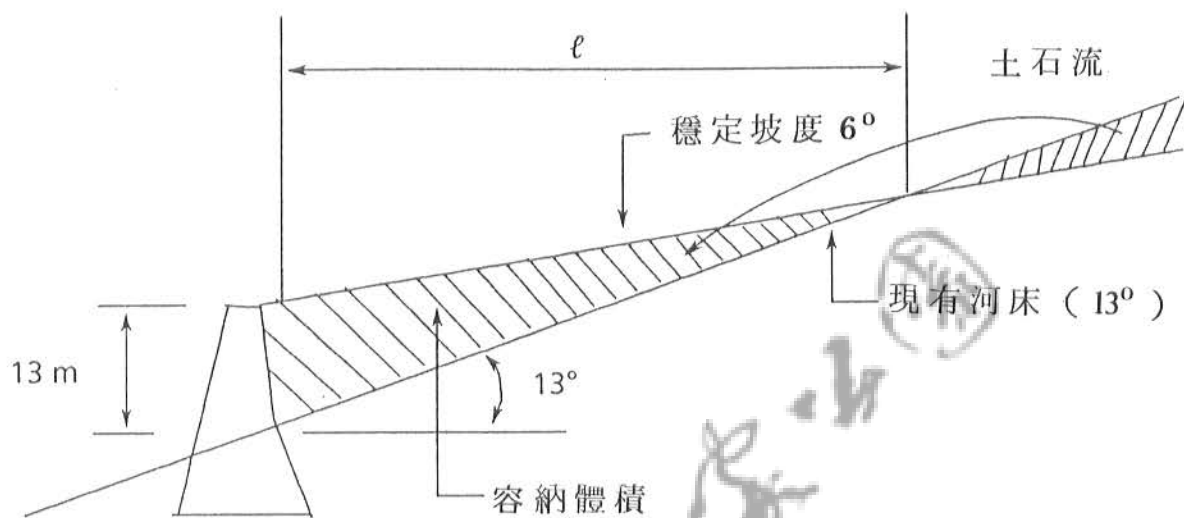
圖 7.1 災害防制計畫一甲案

$S = 1/4000$

移除不穩定的土石 (約 290,000 立方公尺)



● 1 號攔砂壩



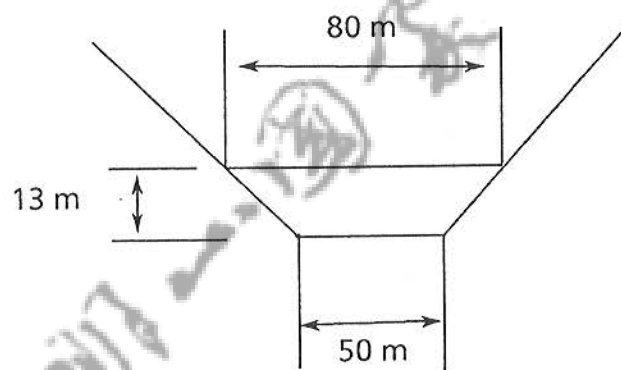
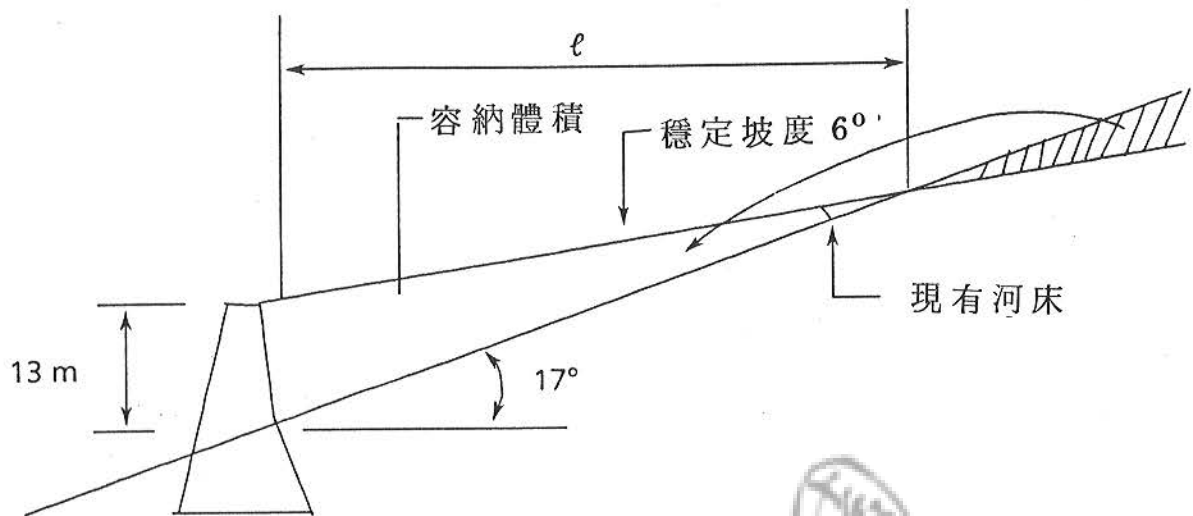
攔砂壩尺寸

$$A = \frac{1}{2} (40 + 70) \times 13 = 715 \text{ 平方公尺}$$

$$\ell = 103 \text{ 公尺}$$

$$\therefore V_{c1} = \frac{1}{2} A \ell = \frac{1}{2} \times 715 \times 103 = 36,820 \text{ 立方公尺}$$

● 2 號攔砂壩



攔砂壩尺寸

$$A = \frac{1}{2} (55 + 80) \times 13 = 877 \text{ 平方公尺}$$

$$\ell = 64 \text{ 公尺}$$

$$\therefore V_{c2} = \frac{1}{2} A \ell = \frac{1}{2} \times 877 \times 64 = 28,064 \text{ 立方公尺}$$

兩座攔砂壩容量總和為

$$V_t = V_{c1} + V_{c2} = 36,820 + 28,064$$

$$= 64,884 \doteq 65,000 \text{ 立方公尺} > 39,200 \text{ 立方公尺}$$

容量較堆積物之半為大是因土壤及礫石會由於曳引力而堆積在壩體上游，所以攔砂壩的容量需有相當餘裕。

攔砂壩施工時要隨時防範土石流的災變，施工道路的開闢也是一件困難的事。

攔砂壩的示意圖參見圖 7.2。

(2) 替代設施

下列替代設施用來取代兩座攔砂壩：

- 挖除河床上不穩定的土石堆積物（約九萬立方公尺）。
- 在馬槽橋上游興建一座潛壩以控制淤積。

此替代設施較興建兩座攔砂壩便宜，不過施工中有土石流的危險存在。

3. 潛壩

潛壩可以用來防止馬槽橋下游河床的冲刷並控制淤積。

如圖 7.1 所示建議興建六座潛壩。潛壩的位置設在河床坡度 $9^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 之處，亦即土石流的流送區，並位在彎道的前緣以防止可能的冲刷。潛壩斷面如圖 7.3 所示。潛壩施工時亦應防範土石流災變，其施工道路亦很困難。

4. 整建工程

(1) 馬槽橋

興建上述設施後未來的土石流數量將會減少，新建馬槽橋的規劃平面如圖 7.4，斷面圖如圖 7.5，跨徑 95 公尺。

規劃的着眼點為：

- 施工期間須維持現有道路交通。
- 須考慮土石流發生時的安全問題，即使土石流的規模很小亦應考慮。

(2) 翠林橋

重建翠林橋可供地區交通使用，爲了安全起見新建橋樑跨徑建議用 50 公尺，斷面見圖 7.6。

(3) 中湖戰備道路

請參閱第五章。

二乙案

主要設施：

- 挖除崩崖不穩定土石。
- 設置潛壩。
- 馬槽橋附近設置擋土牆。

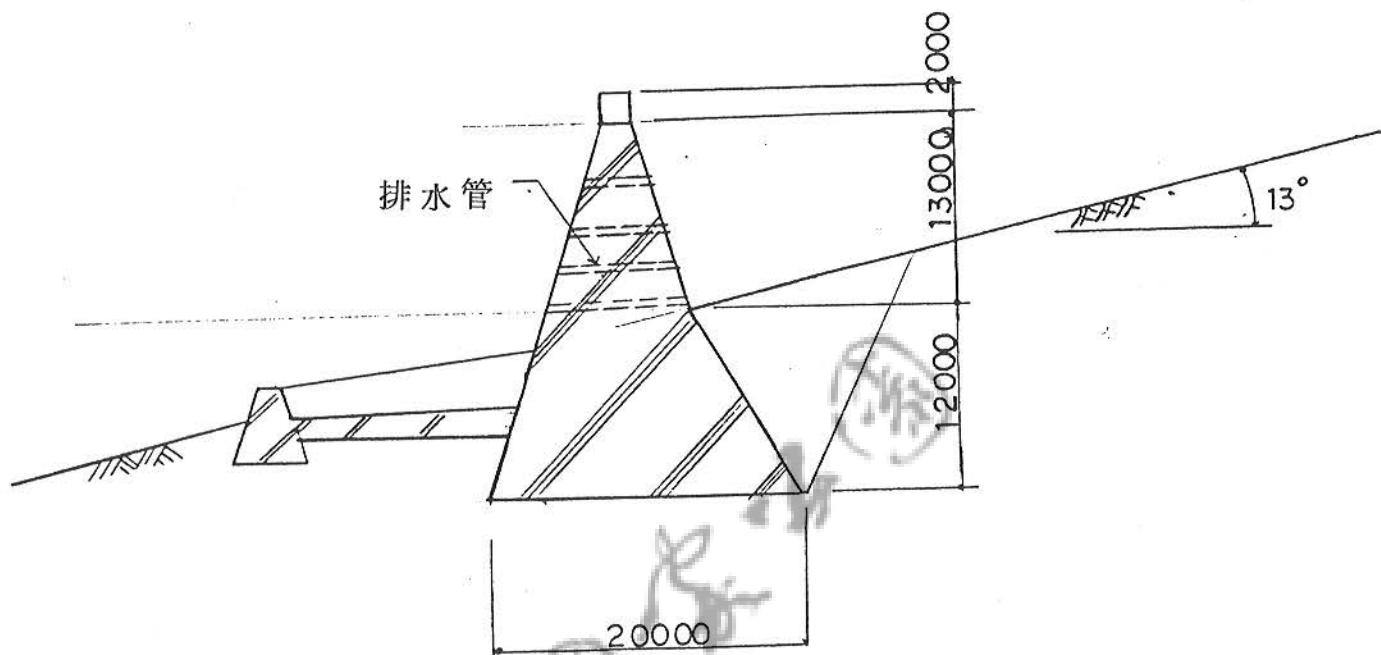


圖 7.2 攔砂壩斷面圖

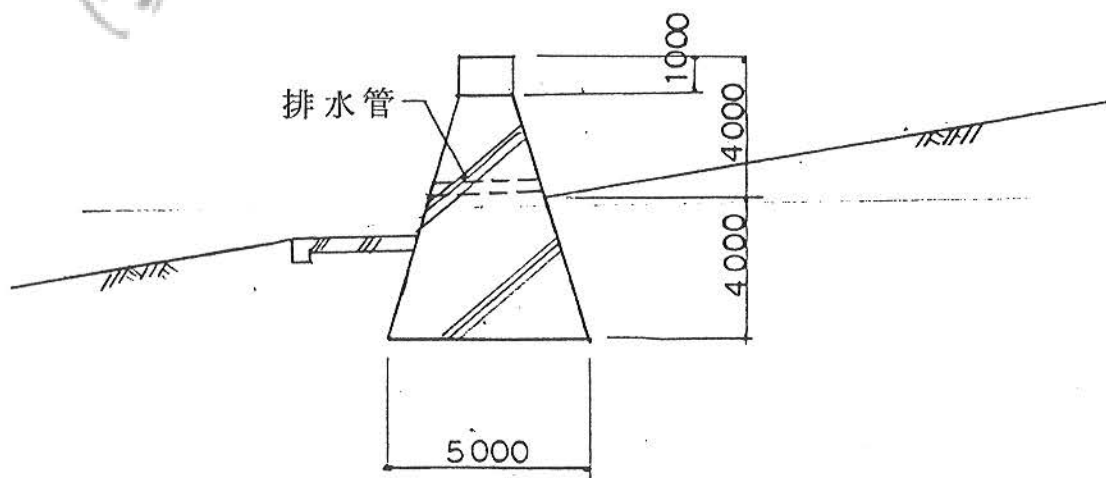


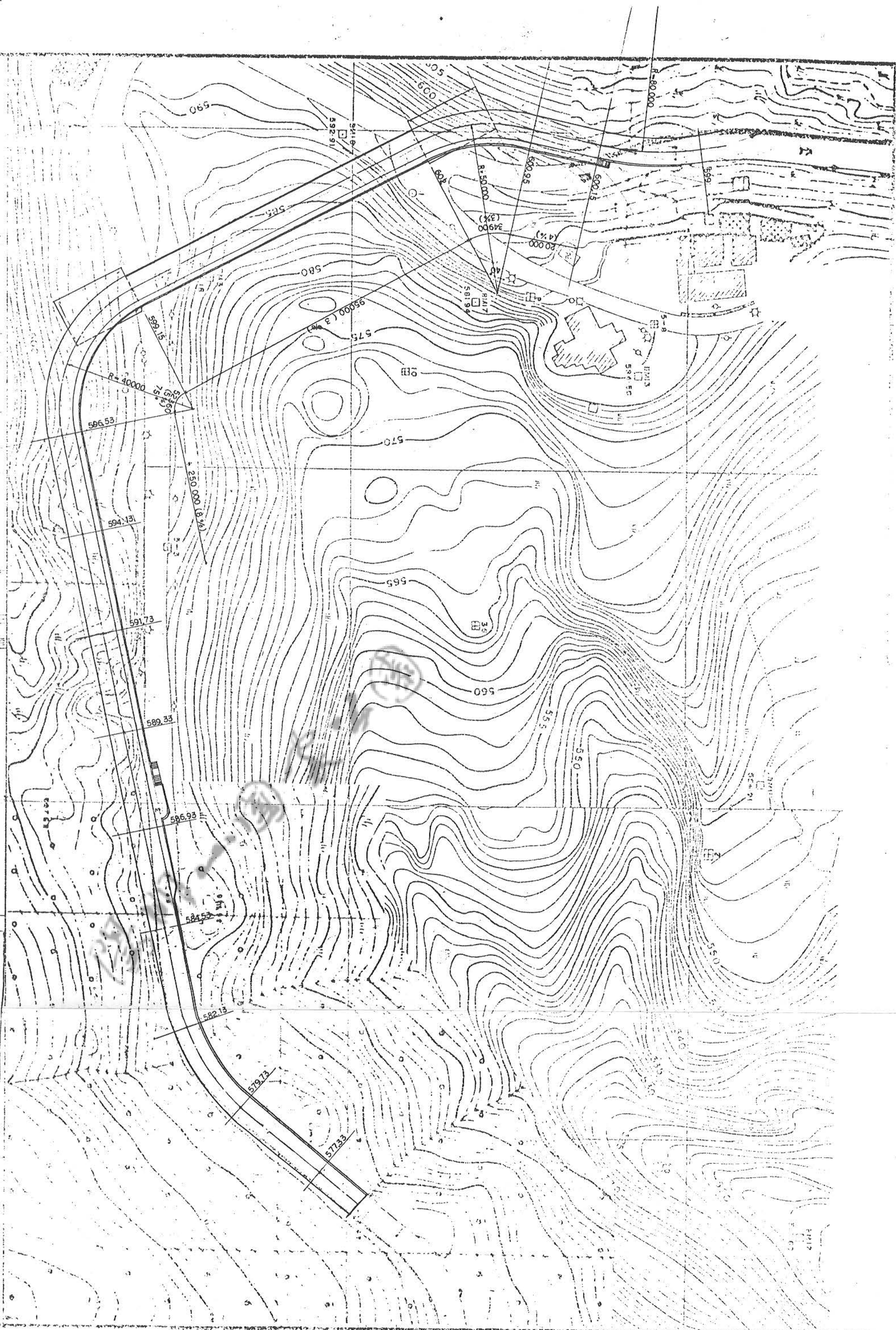
圖 7.3 潛壩

比例尺
1:2000

馬槽橋

建設設計
KUREN SEKKI LTD.

圖 7.4 馬槽橋整建工程(跨徑 95 公尺)
規劃平面圖



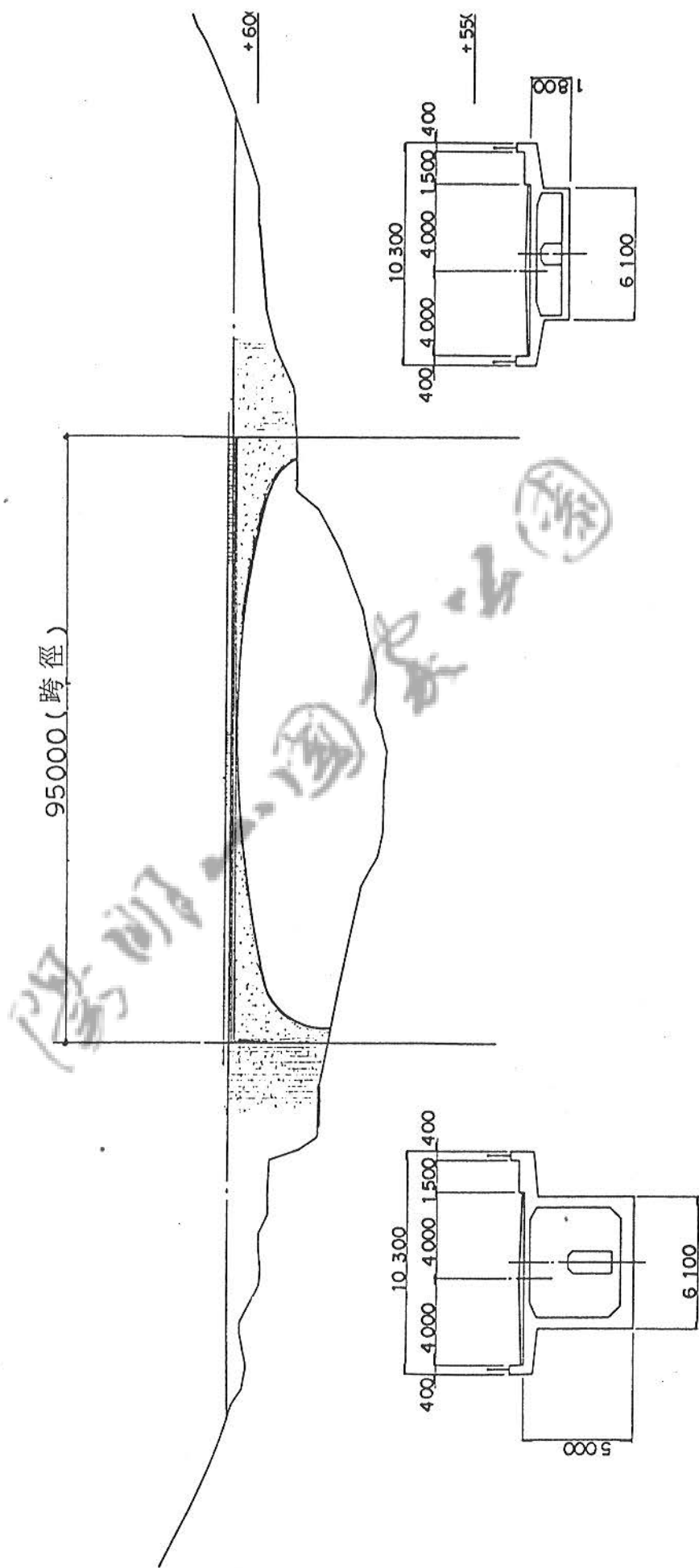
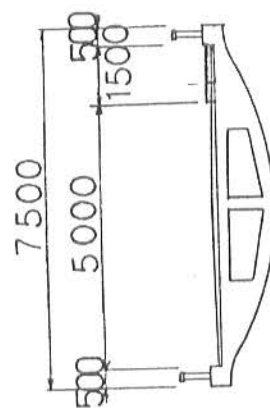


圖 7.5 馬槽橋整建工程 (跨徑 95 公尺) 立面及斷面圖

50.000



$S=1:300$

圖 7.6 翠林橋整建工程立面及斷面圖

- 重建馬槽橋及翠林橋。
- 重建中湖戰備道路。

本案主要目的亦是要造成穩定的坡面，請參見圖 7.7。不過因為現有的堆積物仍在河床上，將來還是可能發生流動，所以新建馬槽橋的寬度一定要足夠防範未來的災害。

上章已計算過未來的土石流數量最多為九萬立方公尺，不過如果挖除崩崖不穩定的土石後，未來土石流的規模應該比較小一點。

1. 挖除崩崖不穩定之土石

同甲案。

2. 潛壩

同甲案。

3. 在馬槽橋附近設置擋土牆

第六章曾提過，大規模土石流發生時可能會直冲小廟附近，因此需設置擋土牆保護橋台及其他設施。

馬槽橋位的土石流高度計算結果約為 3.5 ~ 4.5 公尺，所以擋土牆的高度應為 5 公尺，其位置及剖面參見圖 7.8 及圖 7.9。

(1) 擋土牆之外力

擋土牆須承受土石流的外力，此外力可用下式計算：

$$F = \alpha \frac{\rho_a}{g} h u^2 \cdot \sin \theta$$

式中 F：由土石流產生之外力（公噸／平方公尺）

α ：係數，常為 1.0

g：重力加速度

h：土石流高度（公尺）

u：土石流速度（公尺／秒）

θ ：土石流流向與擋土牆之角度

ρ_a ：土石流單位重量

由第六章可以得知各相關因素之數值：

$$h = 3.4 \sim 4.5 \quad \text{用 } h = 3.9 \text{ 公尺}$$

$$u = 3.3 \sim 4.1 \quad \text{用 } u = 4.1 \text{ 公尺/秒}$$

$$\theta = 40^\circ$$

$$\rho_d = 1.8 \text{ 公噸/立方公尺}$$

$$\therefore F = 1.0 \times \frac{1.8}{9.8} \times 3.9 \times 4.1^2 \times \sin\theta = 8 \text{ 公噸/公尺 (平均值)}$$

(2) 石塊之衝擊力

土石流內的大石塊可能會衝撞擋土牆，所以須估計石塊之衝擊力，公式為：

$$P = 15.48 W^{\frac{2}{3}} \left(\frac{u^2}{2 \times 9.8} \right)^{\frac{3}{5}} \cdot \alpha \cdot \sin\theta$$

式中 P ：衝擊力（公噸）

W ：石塊重量（公噸）

u ：石塊速度

α ：衝擊係數

條件：允許混凝土局部破碎

設石塊直徑為 1.2 公尺

$$\text{其重量爲 } W = 2.6 \times \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$= 2.6 \times \frac{4}{3} \times \pi \times 0.6^3 = 2.4 \text{ 公噸}$$

$$u = 4.1 \text{ 公尺/秒}$$

$$\therefore \text{衝擊力 } P = 15.48 \times 2.4^{\frac{2}{3}} \times \left(\frac{4.1^2}{2 \times 9.8} \right)^{\frac{3}{5}} \times$$

$$2.0 \times 0.64$$

$$= 32 \text{ 公噸}$$

故擋土牆應以拋石保護。

4. 整建工程

(1) 馬槽橋

乙案允許馬槽橋上游的堆積土石發生土石流，所以橋樑應設在安全地帶，橋台亦應以擋土牆及拋石保護。

乙案的規劃橋位及其引道見圖 7.10，圖 7.11 及 7.12 為馬槽橋橋樑型式規劃圖，圖 7.13 與 7.14 為引道斷面圖。

基於下述原因建議橋樑跨徑為 140 公尺：

- 施工期間必須維持陽金公路的交通，道路的寬度也須足夠。
- 橋台的位置建議如圖 7.10 所示。橋位的選擇係參考 76 年 11 月土石流災變的影響地區而定（參見附錄二）。

(2) 翠林橋

同甲案。

(3) 中湖戰備道路

同甲案。

三、丙案

主要設施：

- 設置潛壩
- 馬槽橋附近設置擋土牆
- 重建馬槽橋及翠林橋
- 重建中湖戰備道路

本案沒有挖除不穩定土石及攔砂壩等大型工程，主要目的為：

- 設置潛壩以保護彩虹橋。
- 橋樑的位置應設在安全地帶，以免將來土石流發生時受到損害。
- 橋樑應設置充分的防災設施。

丙案的規劃平面如圖 7.15 所示。

1. 潛壩

同乙案

$$S = 1/4000$$

六德之五曰

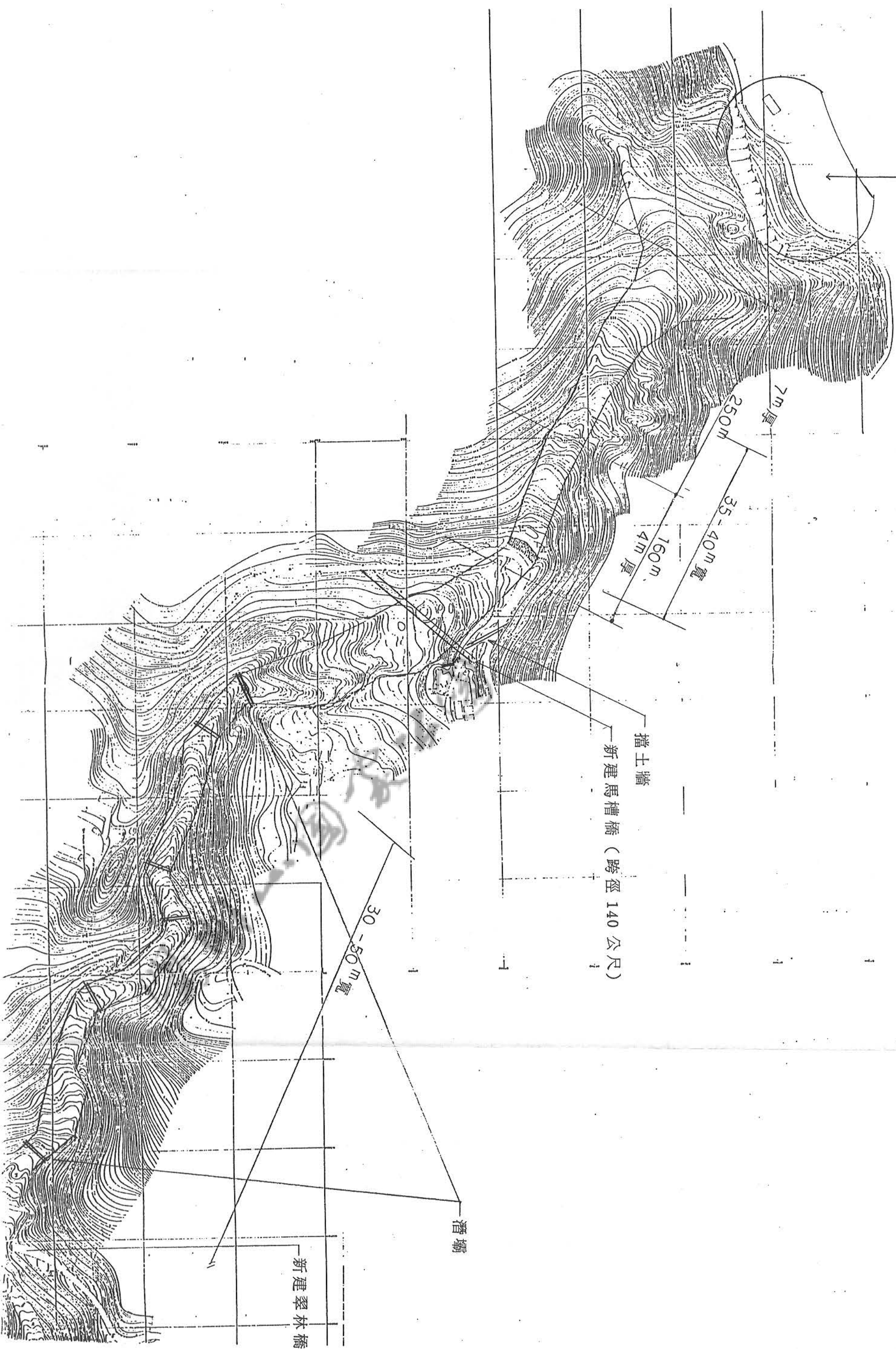
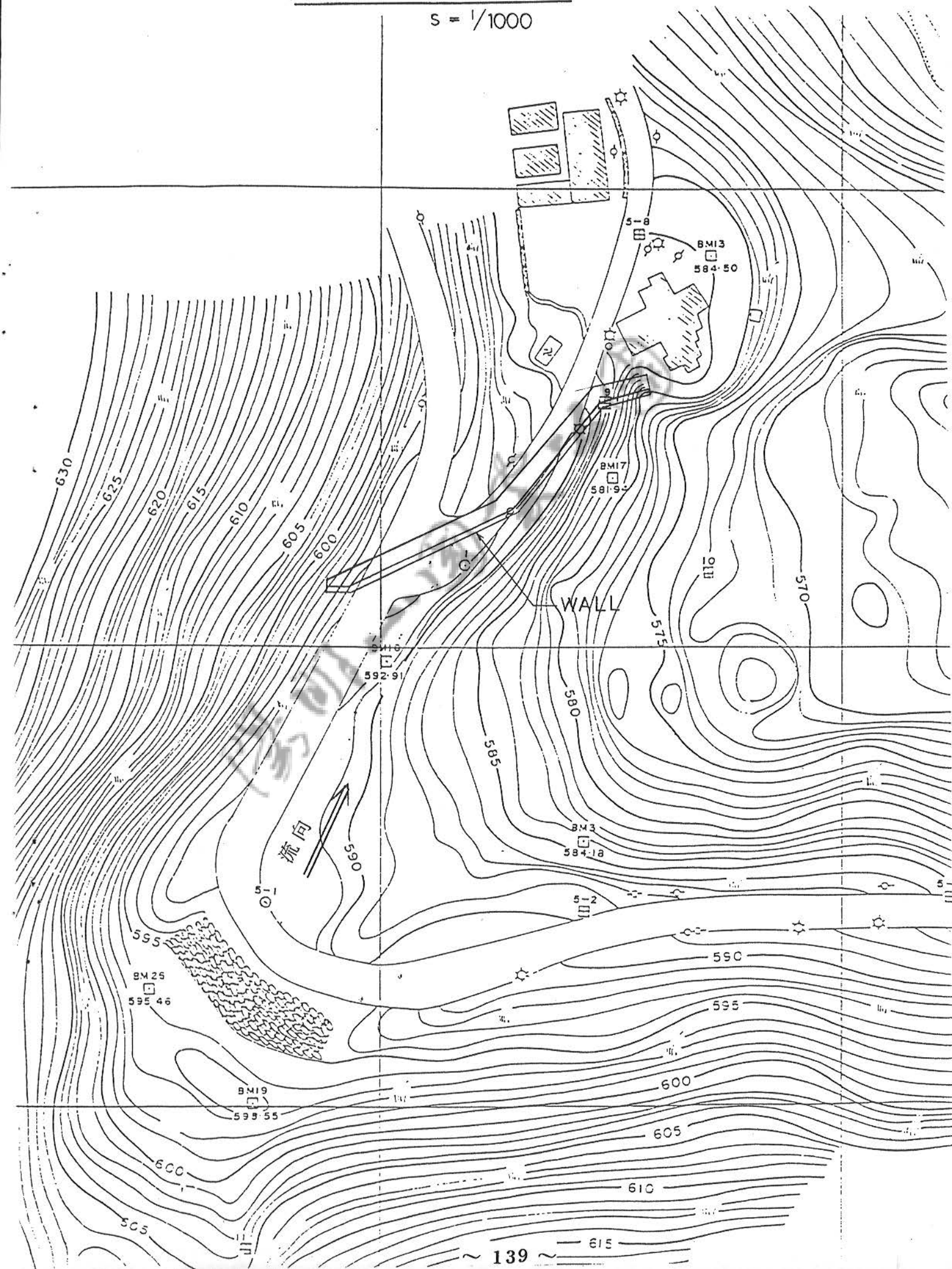


圖 7. 8. 擋土牆位置

$s = 1/1000$



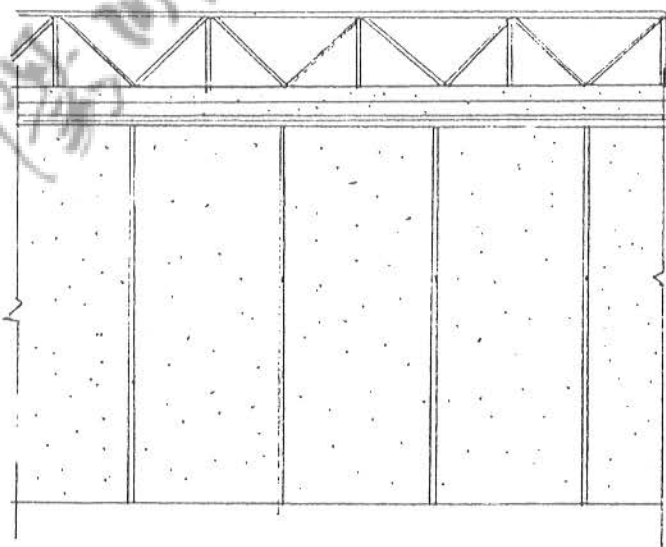
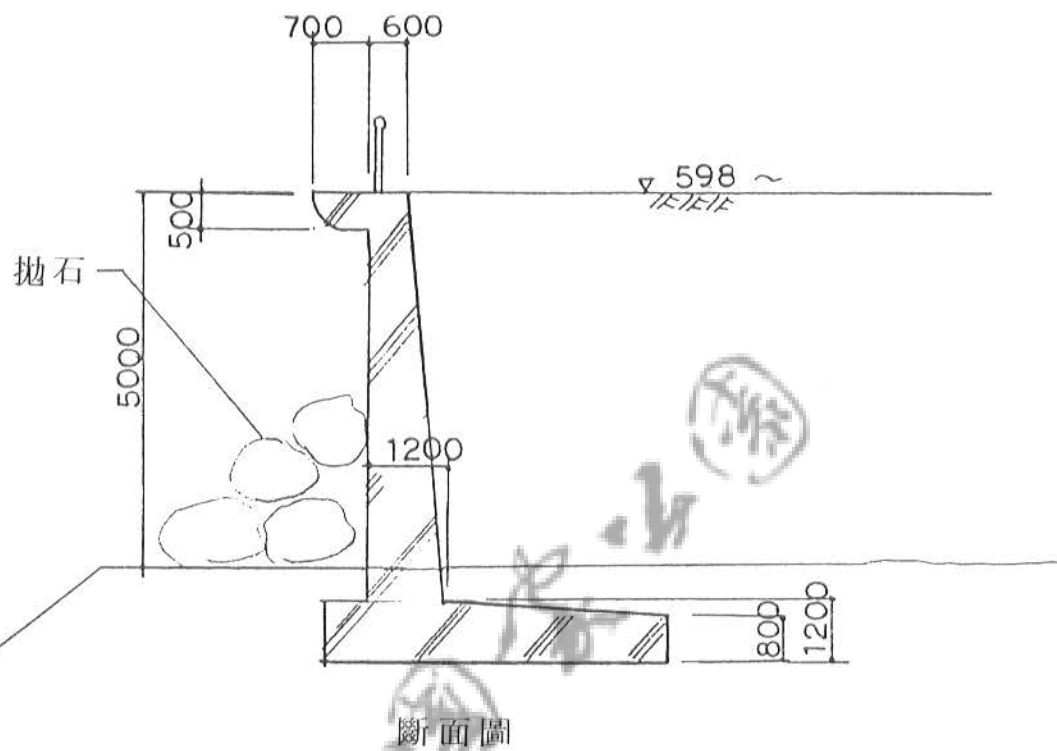


圖 7. 9. 擋土牆規劃圖

内政部 陽明山國家公園管理處

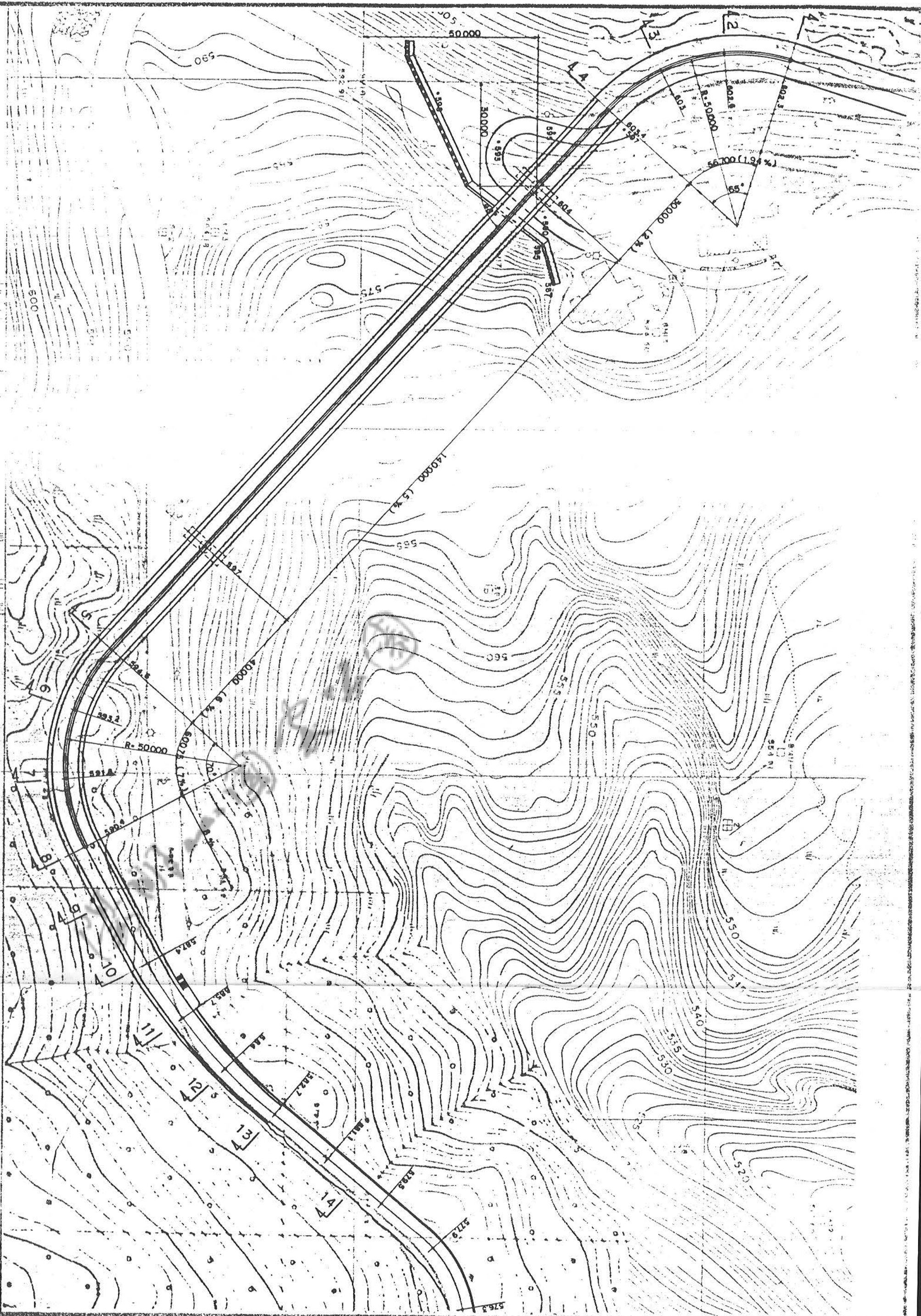
林式發社 日建設計

圖 7.10 馬槽橋整建工程(跨徑 140 公尺)

規劃平面圖

5-1/500

NO. 8



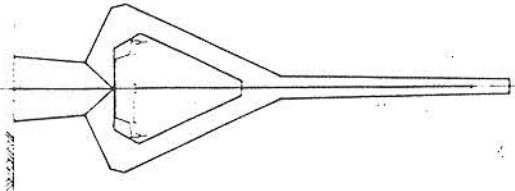


圖 7.11 1-1 S=1/500

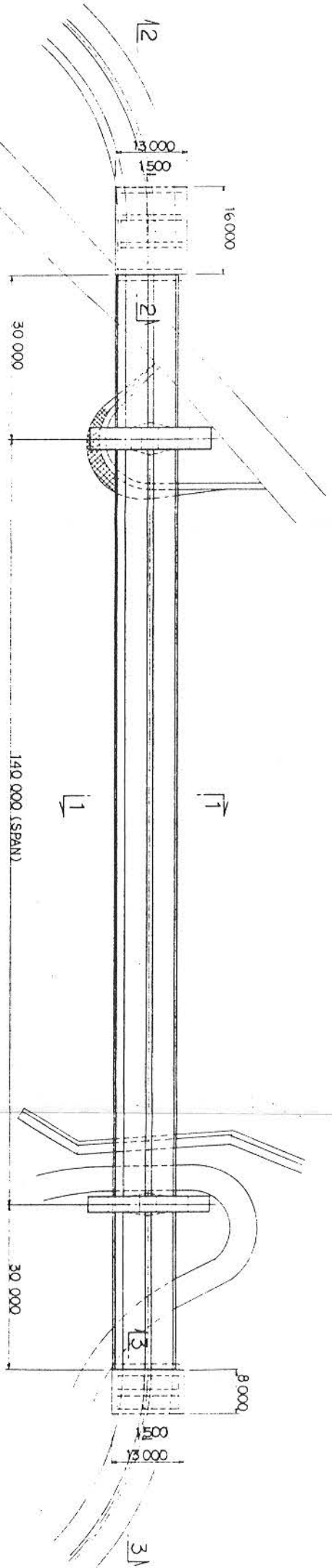


圖 7.11 1-1 S=1/500

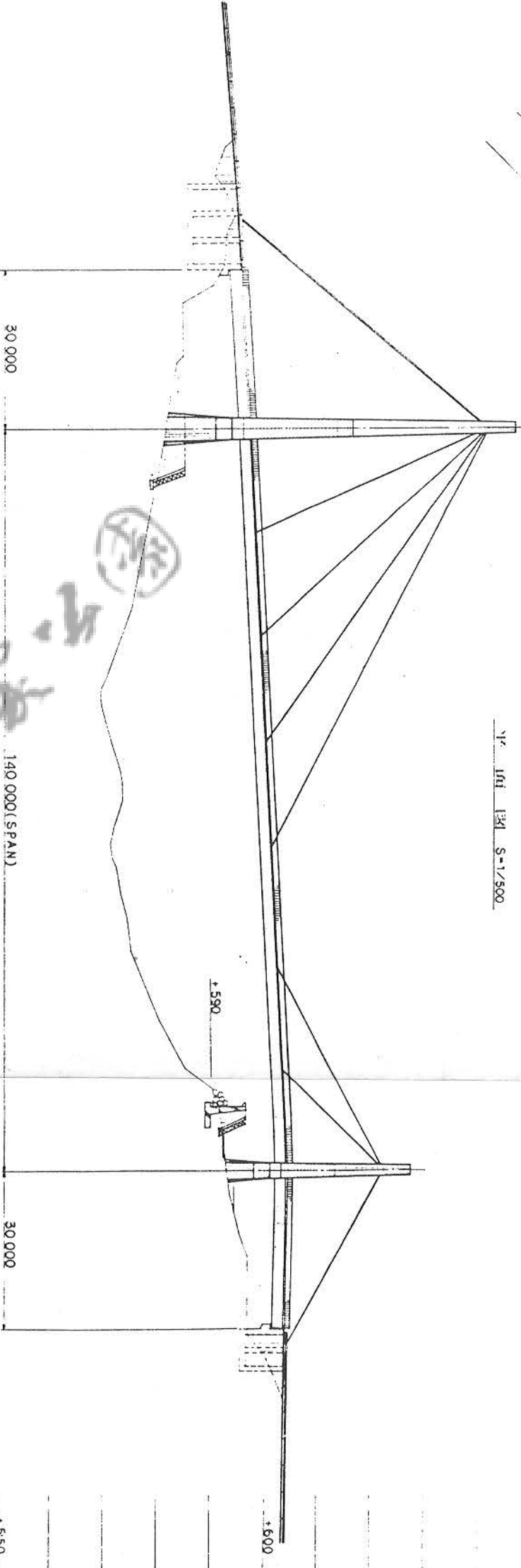


圖 7.11 2-2 S=1/500

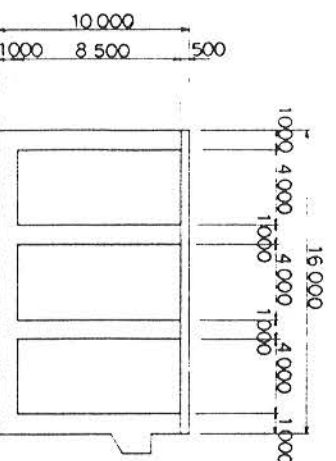


圖 7.11 2-2 S=1/200

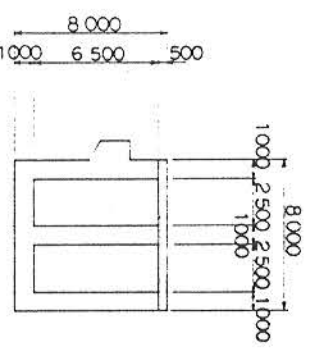


圖 7.11 3-3 S=1/200

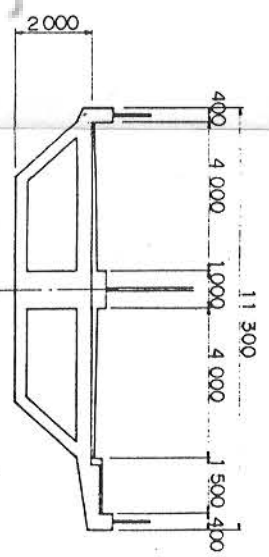
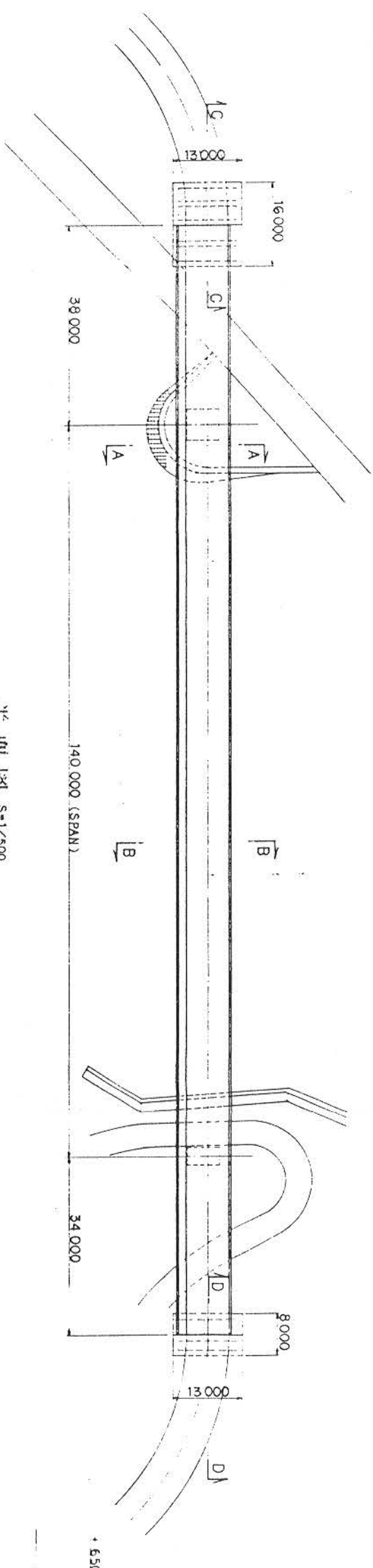
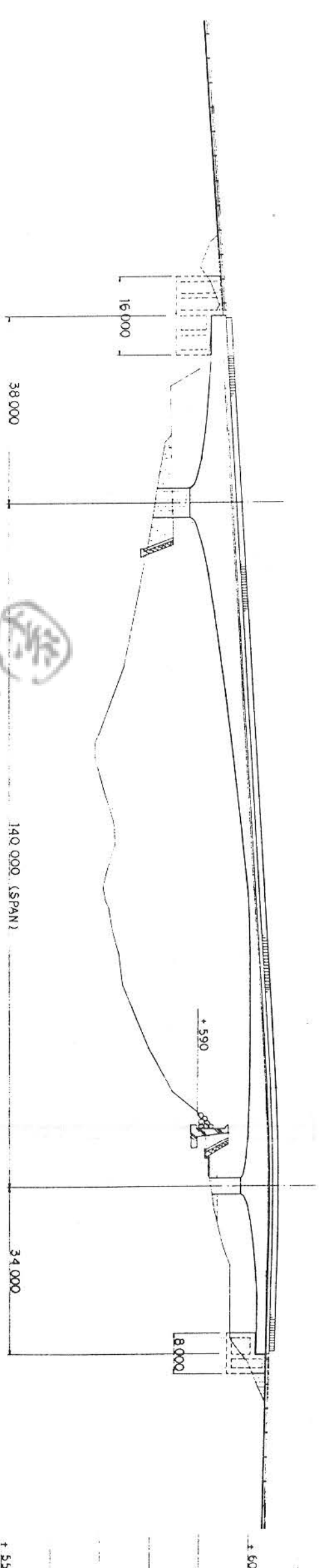


圖 7.11 1-1 S=1/100

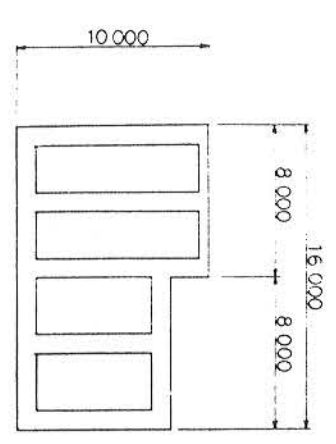
內政部 陽明山國家公園管理處		處長 陳 建 設 計		圖 7.11 馬槽橋整建工程		繪圖 設計 校核	
營建署		副處長 陳 建 設 計		(跨徑 140 公尺) 甲案 (斜張橋)		總工 程 師 經理	
承辦人		日 建 設 計		NIKKEN SEKKEI LTD		圖號 NO. 9	



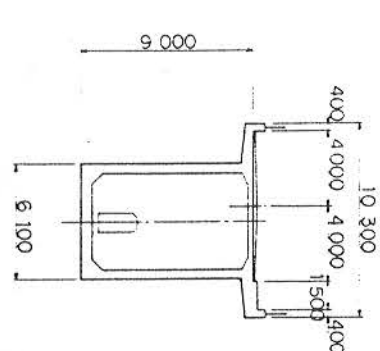
1/4 1/11 1/21 S-1/500



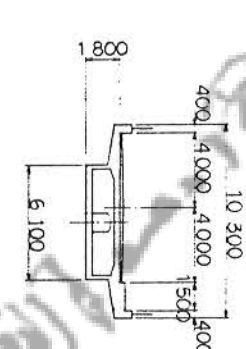
1/11 1/11 1/21 S-1/500



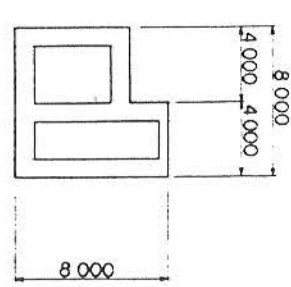
1/11 1/11 1/21 S-1/200



1/11 1/11 1/21 S-1/200

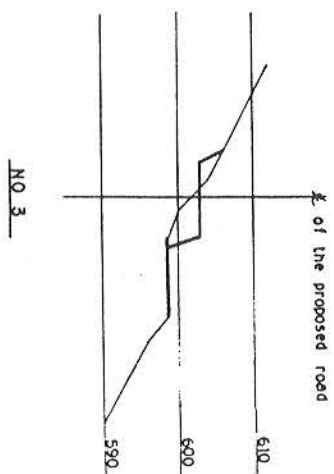
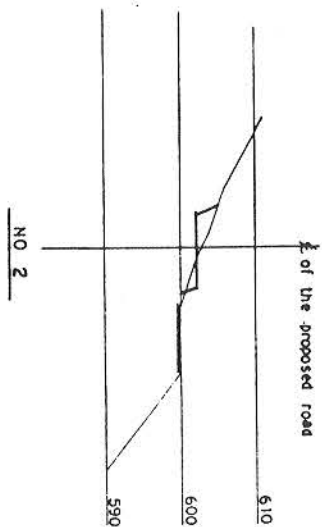
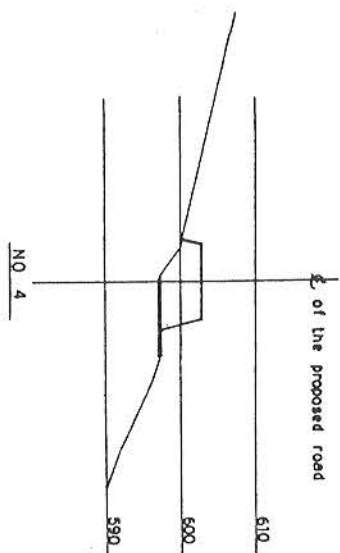
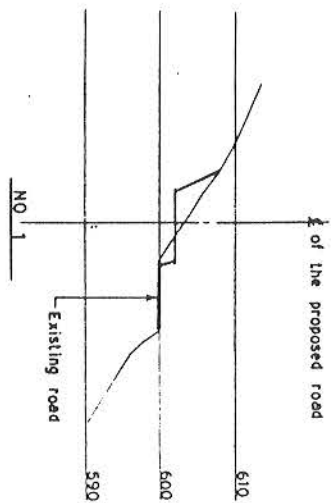


1/11 1/11 1/21 S-1/200



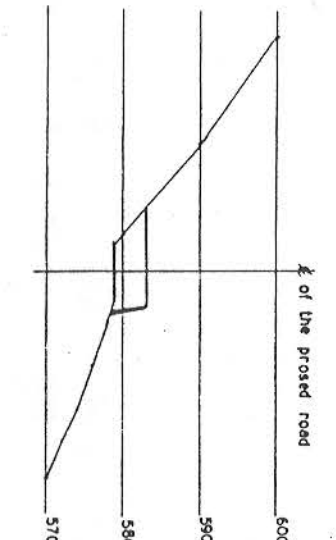
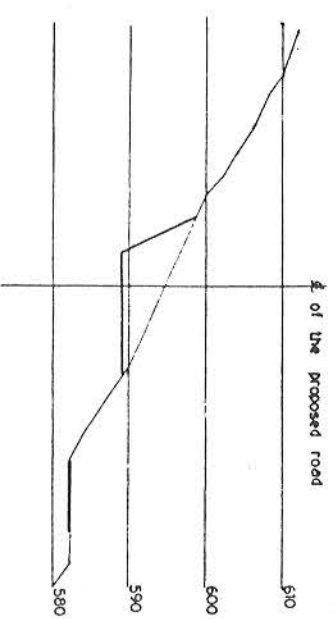
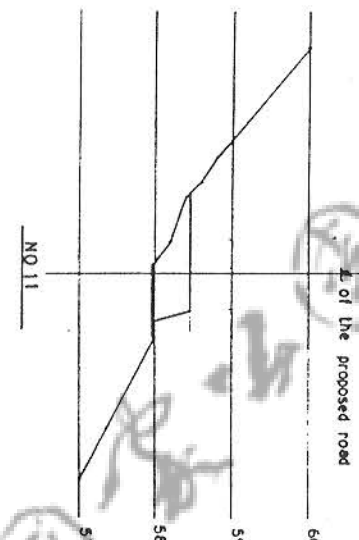
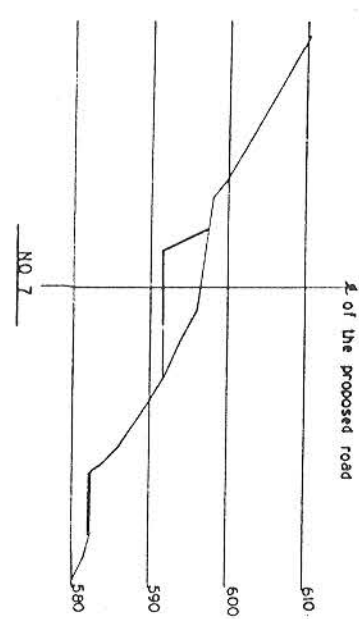
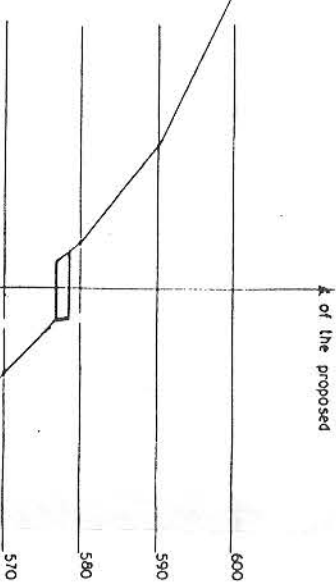
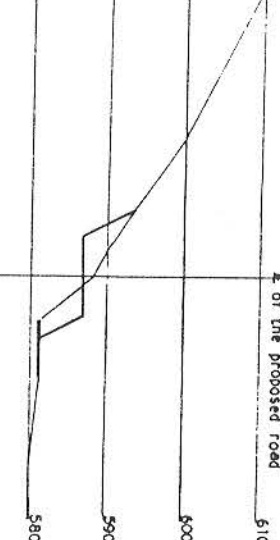
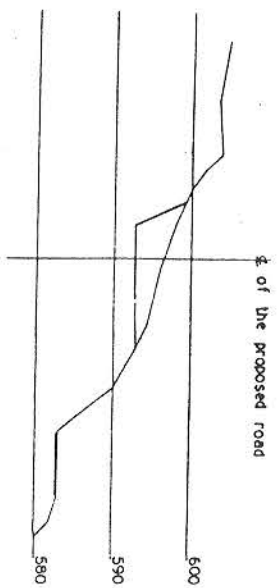
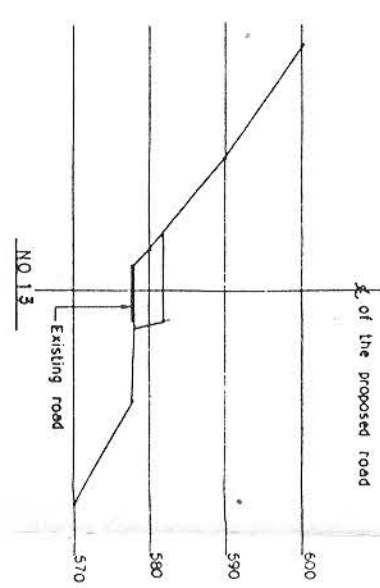
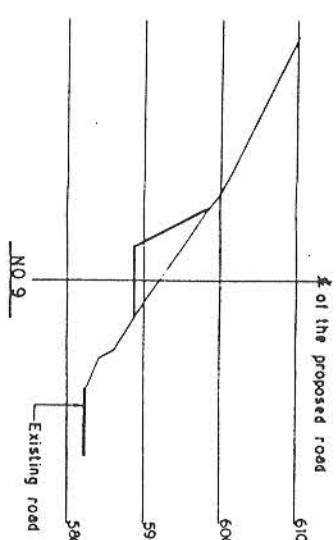
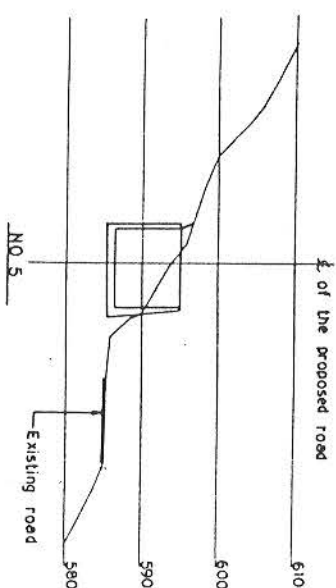
1/11 1/11 1/21 S-1/200

內政部 陽明山國家公園管理處		處長		副處長		課長		承辦人		修訂		日期		株式會社 日建設計		圖 7.12 馬槽橋整建工程		總圖		設計		校核		NO.10	
																(跨徑 140 公尺) 乙案 (懸臂橋)		日期		工程師		圖號			



陽明山國家公園管理處

內政部 陽明山國家公園管理處 營造課				圖 7.13 馬槽橋整建工程 引道斷面圖(一)				繪圖 設計 日期		校核 總理 圖號 NO.11	
處長	課長	主任	設計	明	日	期	株式會社 日建設計	株式會社 日建設計	株式會社 日建設計	株式會社 日建設計	株式會社 日建設計
							NIKKEN	SEKKEI	LTD		



内政部 陽明山國家公園管理處
營建署

處長	課長	主任	設計	明	日	期
承辦人						

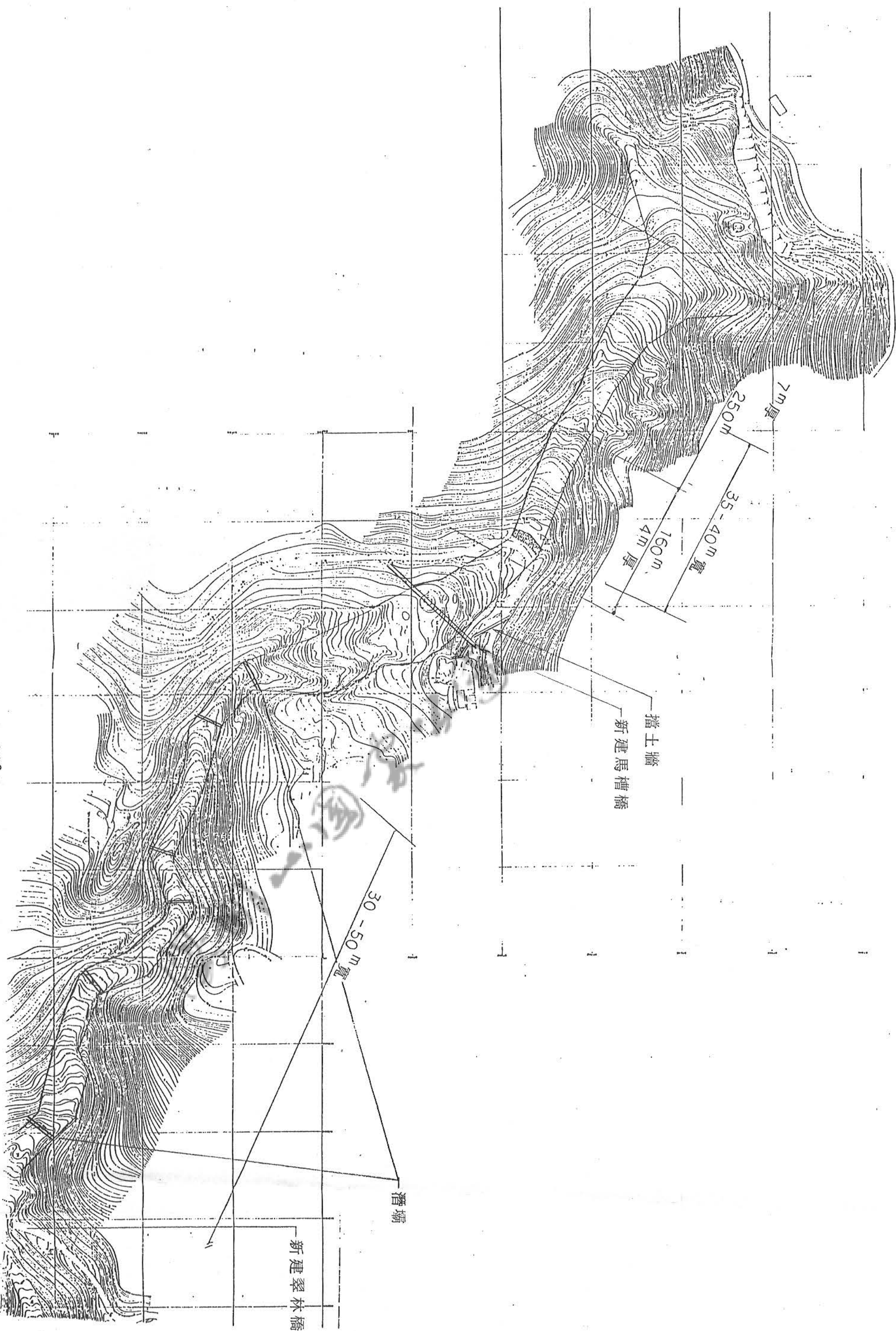
株式會社 日建設計
NIKKEN SEKKEI LTD

圖 7.14 馬槽橋整建工程
引道斷面圖(二)

繪圖	設計	校核	圖號
			NO.12
總工程師	經理		
日期			

圖 7.15 災害防制計畫—丙案

$S = 1/4000$



2. 馬槽橋附近設置擋土牆

同乙案

3. 重建馬槽橋及翠林橋

同乙案

4. 重建中湖戰備道路

同乙案

7.3 方案比較及評估

一、三方案之比較列如圖 7.16。

二、三方案之評估如下：

1. 甲案

如經費許可及施工困難可以克服時甲案應是最好的方案，不過因為隨時都有可能再發生土石流，所以工程的施工是很困難的。

甲案的工程費用在三方案中最為昂貴，所以我們不建議採用此案。

2. 乙案

乙案較甲案為差，理由如下：

- 現有河床上的堆積物未予挖除，防災的效果不大。
- 如發生大規模的土石流，設置的潛壩將失去作用。
- 本案的橋樑尺寸與丙案相同。

3. 丙案

我們建議採用丙案，因為：

- 工程費最低。
- 與其他兩方案比較施工最為容易。

三、結論

計畫範圍將來仍有可能發生大規模的山崩及土石流，而人類沒有辦法完全消弭這種自然活動，由於計畫範圍的陡峻地形及危險的山崩與土石流，我們必須興建大型的構造物以防範天然災害。

我們建議採用丙案作為防災計畫，以減少生命和財產的損失。

除了丙案我們建議設置防災的預警系統：

- 設置以雨量作為檢核基準的土石流預警系統。

目標雨量→警告計畫範圍→必要時疏散居民或封閉交通。

- 計畫範圍道路沿線設置落石及土石流的警告號誌。

陽明山國家公園

圖 7.16 方案評估比較表

	甲案	乙案	丙案
目的	控制落石、山崩及土石流 不過仍有可能發生局部土石流	控制落石及山崩 不能控制土石流，不過不會再有大量的土石堆積	不能控制落石、山崩、土石流不過可以控制下游之堆積
主要工程內容	- 挖除山崖不穩定之土石 - 二座攔砂壩 - 六座潛壩	- 挖除山崩不穩定之土石 - 六座潛壩	六座潛壩
橋樑及引道長度 (不含中湖戰備道路)	- 馬槽橋 跨徑 95 公尺 - 翠林橋 跨徑 50 公尺 - 引道 長度 400 公尺	- 馬槽橋 跨徑 140 公尺 - 翠林橋 跨徑 50 公尺 - 擋土牆 長度 90 公尺 - 引道 長度 485 公尺	- 馬槽橋 跨徑 140 公尺 - 翠林橋 跨徑 50 公尺 - 擋土牆 長度 90 公尺 - 引道 長度 485 公尺
施工困難	- 鉅大的土方工程 - 攔砂壩及潛壩體積很大施工不易 - 施工期間有發生土石流的危險	- 鉅大的土方工程 - 潛壩施工不易 - 施工期間有發生土石流的危險	潛壩施工不易
概估工程費 (不含中湖戰備道路)	- 挖除土石方 (300,000 m^3) - 150,000,000 - 二座攔砂壩 - 160,000,000 - 六座潛壩 (77,000,000) - 16,000,000 - 馬槽橋 - 60,000,000 - 翠林橋 - 10,000,000 - 引道 - 8,000,000 合計 404,000,000 (321,000,000) (C) 為替代措施：設置一座潛壩並挖除堆積物	- 挖除土石方 (300,000 m^3) - 150,000,000 - 六座潛壩 - 20,700,000 - 馬槽橋 (斜張橋) - 132,250,000 - 翠林橋 - 10,000,000 - 引道 - 12,650,000 - 防護工程及景觀工程 - 14,650,000 合計 340,250,000	- 六座潛壩 - 20,700,000 - 馬槽橋 (斜張橋) - 132,250,000 - 翠林橋 - 10,000,000 - 引道 - 12,650,000 - 防護工程及景觀工程 - 14,650,000 合計 190,250,000
景觀	- 除局部災變外不會再發生大規模災變 - 河流會變得與從前一樣自然，不過兩座大攔砂壩設在河中有些不調和	仍會發生大規模土石流，河流很難變得自然，河流的景色將長期荒涼零亂。	同乙案

預算明細表
DETAIL SHEET

編製者
MADE BY
審核者
CHECKED BY

日期 77年5月
DATE

項次 Item	項 目 Particulars	單位 Unit	數 量 Quantity	單 價 Unit Price	複 價 Total	備 註 Remarks
一	橋樑工程					
(一)	基礎工程					
1.	一號基礎	座	1 00		7,013,000.00	
2.	二號基礎	座	1 00		2,610,000.00	
(二)	錨錠基座					
1.	一號基座	座	1 00		6,271,000.00	
2.	二號基座	座	1 00		2,651,500.00	
(三)	上部結構	式	1 00		89,270,000.00	
(四)	施工便道及假設工程	式	1 00		7,184,500.00	
	合計				115,000,000.00	
二	防護工程					
1.	一號橋墩防護工程	式	1 00		1,253,000.00	
2.	二號橋墩防護工程	式	1 00		6,487,500.00	
	合計				7,740,500.00	
三	引道工程					
1.	台北端引道(路寬9M)	M	130 00		3,500,000.00	
2.	金山端引道(路寬9M)	M	270 00		6,500,000.00	
3.	往馬槽溫泉道路(路寬5M)	M	85 00		1,000,000.00	
	合計				11,000,000.00	
四	潛壩工程					
1.	潛壩六座(每座長度30M)	式	1 00		18,000,000.00	
五	景觀工程	式	1 00		5,000,000.00	
	以上合計				156,740,500.00	
六	稅捐管理費(約15%)				23,259,500.00	
					180,000,000.00	

預算明細表
DETAIL SHEET

編製者

MADE BY

審核者

CHECKED BY

日期

DATE

項次 Item	項 目 Particulars	單位 Unit	數 量 Quantity	單 價 Unit Price	複 價 Total	備 註 Remarks
一、	橋樑工程					
(一)	基礎工程					
1.	一號基礎					
	岩方開挖	m ³	3,500 00	450 00	1,575,000 00	
	結構回填	m ³	2,100 00	150 00	315,000 00	
	240 kg/cm ² 混凝土	m ³	1,350 00	2,500 00	3,375,000 00	
	模板(含支撐)	m ²	300 00	500 00	150,000 00	
	鋼筋	T	100 00	15,000 00	1,500,000 00	
	廢方處理	m ³	1,400 00	70 00	98,000 00	
	計				7,013,000 00	
2.	二號基礎					
	岩方開挖	m ³	1,000 00	450 00	450,000 00	
	結構回填	m ³	500 00	150 00	75,000 00	
	廢方處理	m ³	500 00	70 00	35,000 00	
	240 kg/cm ² 混凝土	m ³	550 00	2,500 00	1,375,000 00	
	模板(含支撐)	m ²	150 00	500 00	75,000 00	
	鋼筋	T	40 00	15,000 00	600,000 00	
	計				2,610,000 00	
(二)	錨錠基座					
1.	一號基座					
	岩方開挖	m ³	2,500 00	450 00	1,125,000 00	
	結構回填	m ³	1,000 00	150 00	150,000 00	
	240 kg/cm ² 混凝土	m ³	980 00	2,500 00	2,450,000 00	
	模板(含支撐)	m ²	1,470 00	500 00	735,000 00	
	鋼筋	T	98 00	15,000 00	1,470,000 00	
	廢方處理	m ³	500 00	70 00	35,000 00	

預算明細表
DETAIL SHEET

編製者
MADE BY
審核者
CHECKED BY

日期
DATE

項次 Item	項 目 Particulars	單位 Unit	數 量 Quantity	單 價 Unit Price	複 價 Total	備 註 Remarks
	基座回填	m ³	1,020.00	300.00	306,000.00	
	計				6,271,000.00	
2	二號基座					
	岩方開挖	m ³	750.00	450.00	337,500.00	
	結構回填	m ³	440.00	150.00	66,000.00	
	240 kg/cm ² 混凝土	m ³	450.00	2,500.00	1,125,000.00	
	模板(含支撐)	m ²	710.00	500.00	355,000.00	
	鋼筋	T	45.00	15,000.00	675,000.00	
	基座回填	m ³	310.00	300.00	93,000.00	
	計				2,651,500.00	
(三)	上部結構					
	鋼筋	T	500.00	20,000.00	10,000,000.00	
	φ 250 mm 鋼棒	T	165.00	150,000.00	24,750,000.00	
	φ 32 mm 鋼鍵	T	100.00	40,000.00	4,000,000.00	
	400 kg/cm ² 混凝土	m ³	1,800.00	3,000.00	5,400,000.00	
	240 kg/cm ² 混凝土	m ³	2,200.00	3,000.00	6,600,000.00	
	P C 樑模板(含支撐)	m ²	5,600.00	3,000.00	16,800,000.00	
	主塔模板	m ²	2,200.00	3,000.00	6,600,000.00	滑動模板
	瀝青混凝土面層	m ³	90.00	2,700.00	243,000.00	
	其他(約上列總和之20%)	式	1.00		14,877,000.00	
	計				89,270,000.00	
(四)	假設工程及施工便道	式	1.00		7,184,500.00	
	合計				115,000,000.00	

預算明細表
DETAIL SHEET

編製者

MADE BY

審核者

CHECKED BY

日期

DATE

項次 Item	項 目 Particulars	單位 Unit	數 量 Quantity	單 價 Unit Price	複 價 Total	備 註 Remarks
二、	防護工程					
1.	一號橋墩防護工程					
	砌石擋土牆(平均高度5M)	M	50.00	22,000.00	1,100,000.00	
	結構回填	m ³	1,020.00	150.00	153,000.00	
	計				1,253,000.00	
2.	二號橋墩防護工程					
	岩方開挖	m ³	900.00	450.00	405,000.00	
	結構回填	m ³	3,350.00	150.00	502,500.00	
	240kg/cm ² 混凝土	m ³	900.00	2,500.00	2,250,000.00	
	模板	m ²	1,230.00	500.00	615,000.00	
	鋼筋	T	90.00	15,000.00	1,350,000.00	
	砌石擋土牆(平均高度5M)	M	60.00	22,000.00	1,320,000.00	
	拋石	個	300.00	150.00	45,000.00	
	計				6,487,500.00	
三、	引道工程					
1.	台北端引道(路寬9公尺,長度130公尺)					
	挖方	m ³	3,000.00	300.00	900,000.00	
	砌石擋土牆(平均高度3M)	M	100.00	15,000.00	1,500,000.00	
	排水溝	M	130.00	1,500.00	195,000.00	
	瀝青混凝土路面	m ³	70.00	2,700.00	189,000.00	
	碎石級配底層	m ³	280.00	350.00	98,000.00	
	金屬護欄	M	130.00	1,000.00	130,000.00	
	其他	式	1.00		488,000.00	
	計				3,500,000.00	

第八章 土地使用計畫

8.1 開發基本構想

陽明山國家公園計畫開發馬槽七股地區成為遊憩區，因為馬槽地區位於國家公園的核心，距離台北市區也不遠，所以開發的構想是要開發馬槽地區成為大台北都會區甚或國際性的旅遊勝地。

馬槽地區夏季平均溫度為 24°C ，為台北市郊的最佳風景據點之一，馬槽地區因為擁有豐富的溫泉資源，所以可以利用這些資源設置引人的設施，同時馬槽附近也有許多遊憩據點（請參閱第五章），因此馬槽將成為重要的觀光與健身活動中心，經由這些設施，馬槽不但可使市區的居民鬆弛身心忘却煩惱促進人際關係，也可使國際遊客在熱情愉悅的環境中享受觀光旅遊的樂趣。

為滿足大量遊客的需求，必須設置室內設施及引人的戶外設施，我們可以稱馬槽為溫泉公園開發計畫。國家公園計畫書根據自然資源擬訂了遊憩活動種類，請參見下表。

遊憩活動模式表

活 動 模 式	資 源 性 活 動	遊憩性活動									
		溫 泉 沐 浴	登 山 行	健 行	乘 車 觀 覽	賞 鳥 或 野 生 動 物	觀 賞 特 殊 景 觀	學 術 研 究	環 境 解 說	商 業	野 營
基 地 外	1. 金 山			●	●						
	2. 陽 明 公 園			●	●	●					
	3. 後 山	●	●	●							
	4. 楓 林 濕 布			●		●			●		
	5. 大油坑遊憩區			●	●		●	●	●		
	6. 七 星 山		●	●		●			●		
	7. 七 股 山		●	●		●			●		
	8. 夢 幻 湖			●		●	●	●	●		
基 地 內	1. 溫 泉 地 熱	●					●	●	●		
	2. 磺 溪 河 谷						●		●	●	●
	3. 眺 望 點			●			●		●		
	4. 現 有 步 道			●							
	5. 闊 葉 林 平 坦 地									●	

根據上列遊憩活動模式，馬槽七股地區的開發構想如圖 8.1

所示。

8.2 引進之設施

一、一般說明

為配合開發構想我們建議引進一些設施，因為將來會有大量的遊客前來這個區域，所以每一設施都應能容納許多遊客。陽明山國家公園計畫書已估計過遊客數目與設施規模，我們將依據計畫書進行土地使用研究。遊客中心及溫泉旅館的基本需求如下：

遊客中心空間需求表

主要空間 (m ²)	附屬空間 (m ²)	面積小計 (m ²)	容納人數	備 註
1. 門 廳 100	(1)休息區 (2)詢問處 (3)飲水機 (4)公共廁所 50	150	50 人	
2. 展 示 室 200	(1)特設展覽室 (2)工作室 (3)貯存室 100	300	200 人	• 可供 250 人參觀使用 • 展示主題為陽明山地區之自然及人文資源介紹
3. 視 聽 室 100	(1)放映室 (2)貯存室 (3)電氣設備 50	150	80 人	
4. 閱 書 室 50	(1)貯存室 25	75	20 人	
5. 行政人員辦公室 120	(1)印表室 (2)廣播室 (3)貯存室 (4)廁所	120	20 人	
6. 公共廁所 40		40		
7. 電力機械 20		20		
8. 臨時停車			小客車 2 輛 大貨車 1 輛	
總 樓 地 板		$\Sigma 835\text{m}^2 \times 1.25 = 1040 \text{ m}^2$		

溫泉旅館空間需求表

主要空間 (m ²)	附屬空間 (m ²)	面積小計 (m ²)	容納人數	備 註
1. 門 廳 200	(1)櫃檯 (2)休息 10 40	250		
2. 浴 場 600	(1)男湯 (2)貯存室 200 40	840	200 人	• 可分為中湯、西湯、離湯 • 設置多種型式噴頭
3. 公共溫泉浴室 200	(1)更衣室 (2)女浴室 (3)廁所 (4)貯存室 80 60 60 80	430	80 人	• 分為男女浴室
4. 溫泉游泳池	(1)更衣室 (2)廁所 100 80	180	400 人	• 泳池設置於戶外，不計總 • 整面積。
5. 辦公室 200	(1)貯存室 40	240	25 人	
6. 雙人套房 25		1500	120 人	• 共設 60 間
7. 三人套房 30		500	80 人	• 共設 10 間
8. 員工宿舍 360	(1)貯存室 20	380	30 人	
9. 洗衣間 60		60		
10. 洗衣房		320		• 含烘乾機
總 面 積		$\Sigma 4750\text{m}^2 \times 1.25 = 5940 \text{ m}^2$		

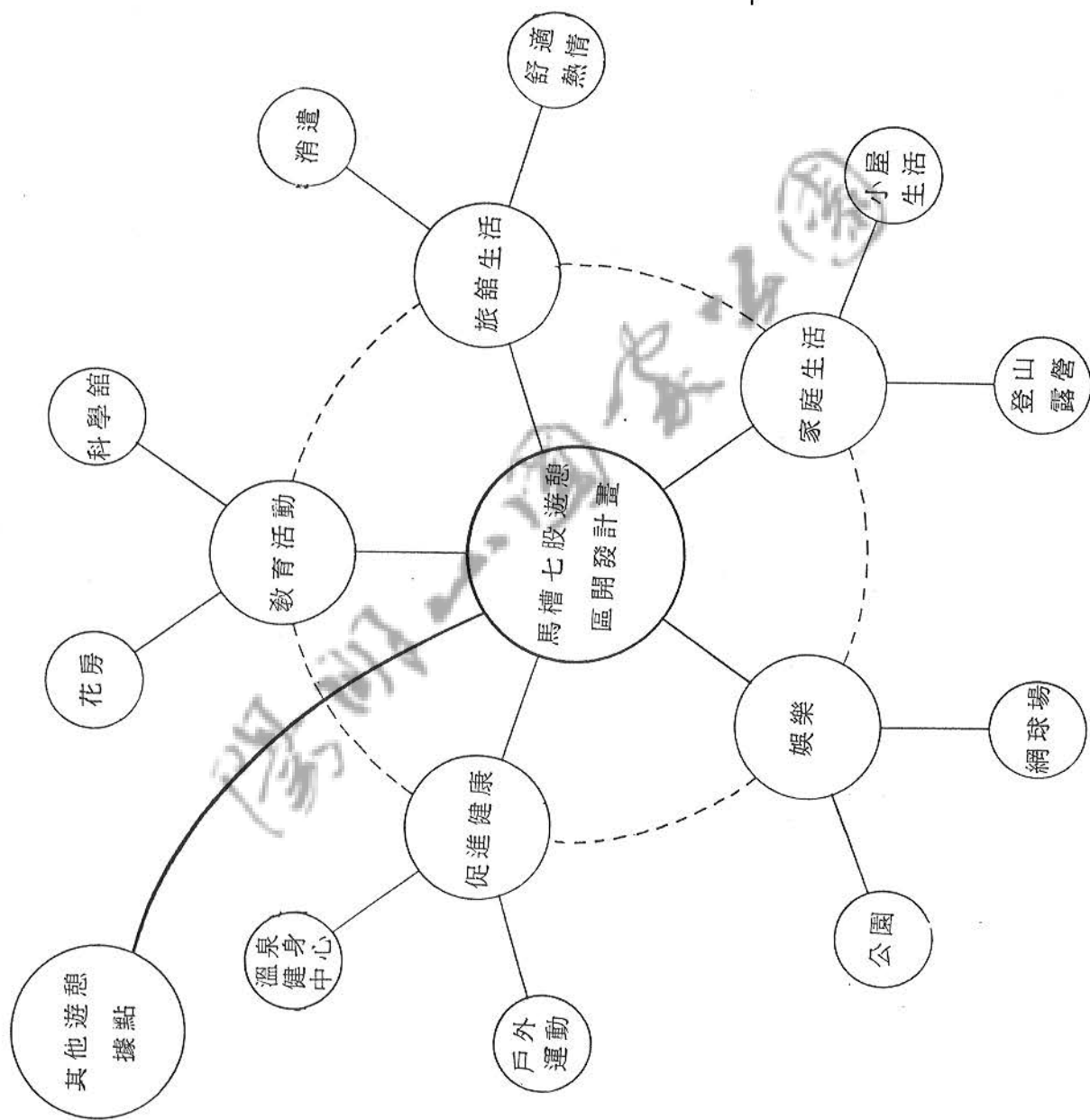


圖 8.1 開發構想圖

另外，交通系統、停車場及景觀計畫應根據「陽明山國家公園景觀及公園道路系統計畫規劃報告」的建議進行規劃。

二、設施種類

1. 主要室內設施

(1) 旅館

- 溫泉旅館
- 國際級及標準級旅館

這些旅館應配置餐廳、狄斯可舞廳、撞球室、溫泉游泳池等設施，並分成兩種型式，一種為健身療養用的，另一種為渡假休閒用的。

旅館的設計及經營應考慮下列各點：

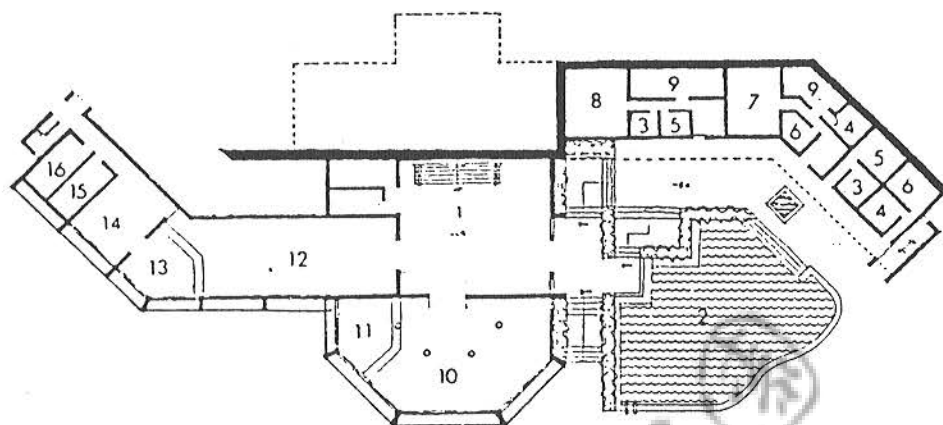
一 設施方面

- 與國家公園環境相調和
- 規模
- 型式與高度
- 色彩與裝修（要一致）
- 各設施之配置

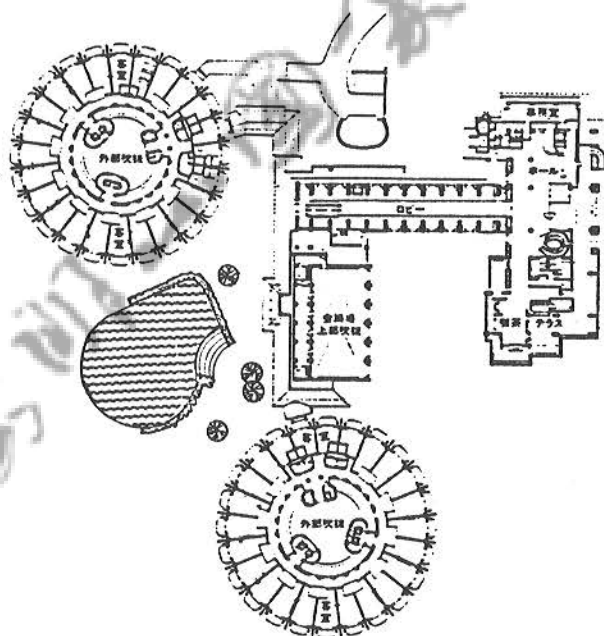
二 服務方面

- 安全與清潔
- 熱情與舒適
- 精美的食物
- 娛樂

參考配置圖(一)



參考配置圖(二)

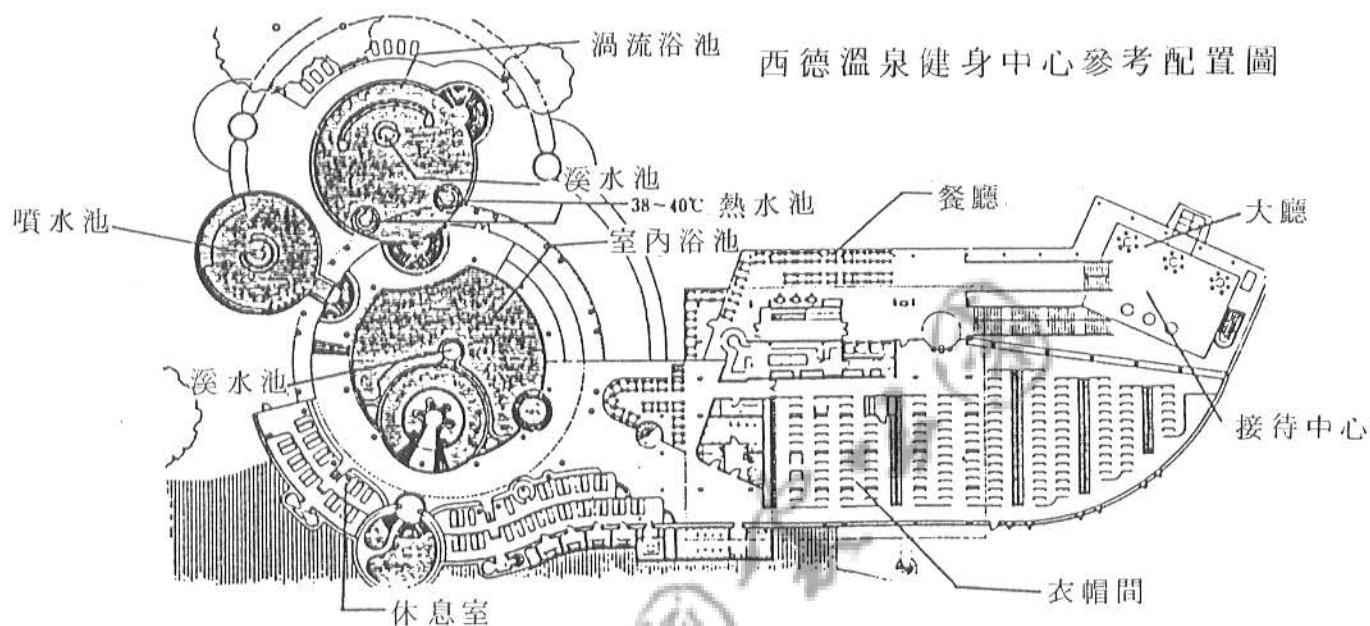


(2) 溫泉健身中心

- 運動及溫泉浴
- 公共用途

此設施兼具醫療與娛樂雙重功能，在西德已有兩百年的歷史，內部設施應力求現代化，使老年人及年青人都可使用，此設施將成為溫泉公園內最引人的去處之一，其規模應

加慎重考慮，最好再設置各種運動器材供遊客使用。



(3) 花房及科學館

- 教育性設施

花房可設在溫泉地區，使兒童及遊客瞭解陽明山國家公園及其他國家公園的自然特色。

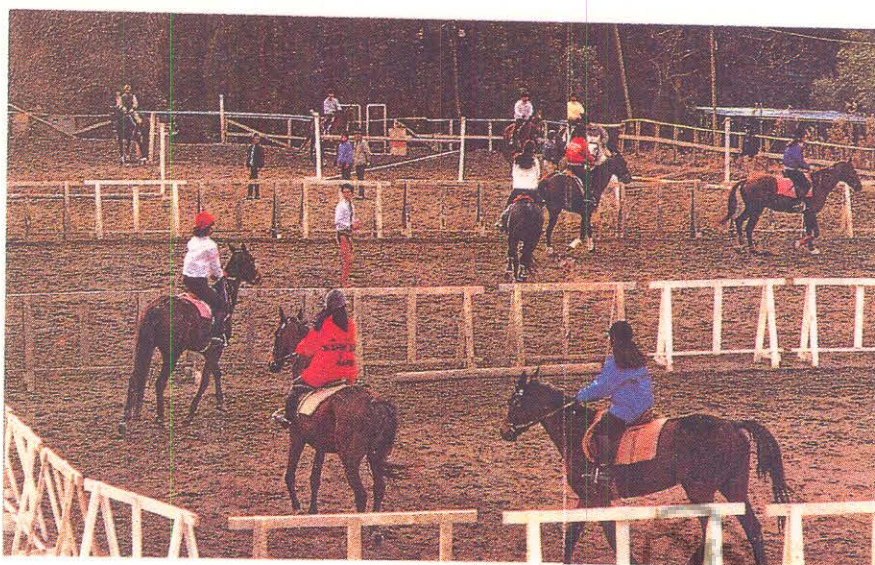
科學館可以展示火山活動及礦物，台灣屬於太平洋火山帶，火山活動非常頻繁，科學館的設置可以幫助遊客對本省的地質特徵有更深一層的認識。

2. 主要戶外設施

(1) 觀光農場

- 與動物溝通
- 享受家庭生活

兒童大都喜愛動物並且很想接近牠們，我們建議利用現有農場開闢為觀光農場，遊客可以在農場內騎馬，觀賞乳牛或親近小動物（如小白兔等）。農場內並可設置一座小型運動場以利遊客使用。



(2) 小屋及露營區

- 享受家庭生活
- 舒適愉悅

近年來的旅遊方式多半是在同一個地方停留一段相當長的時間來享受私人的生活樂趣，舒適的小屋以及露營設施可以提供許多家庭廉價的服務。

小屋應設置廚房及烹飪用具，如果遊客自己不下廚則可以到旅館的餐廳用膳。小屋應為半分離式建築，每棟至少要有兩個房間。

(3) 戶外運動設施—網球場、射箭場等。

戶外運動設施可提供旅館、小屋、露營區的旅客盤桓數日時運動之用。

(4) 適度運動設施—慢跑、散步、野炊、登山等

生活在現代工商業繁忙的時代裏人們需要適度的活動以消除日常生活的緊張及身心的疲乏，在運動之後還可以利用溫泉設施來恢復疲勞。

慢跑及散步道可設在溫泉公園內景觀優美地帶，野炊及登山步道可設在通往大油坑、七星山、小油坑、冷水坑據點之處，將來各據點間行駛遊園公車後遊客更為便利。

野炊及登山之步道須注意：

- 儘量減少對自然環境的破壞
- 設置適當的瞭望台
- 防止災難設施
- 景觀之配合

(5) 中央公園

中央公園不需任何設施，僅需種植花草以供遊客徜徉，建議在此公園內設置國家公園象徵之精神堡壘。

8.3 溫泉公園之交通系統

「陽明山國家公園景觀及公園道路系統計畫規劃報告」指出陽金公路未來將更擁塞，需要作一些改善措施以容納日益激增的交通。該報告並建議行駛遊園公車以減輕國家公園內交通阻塞程度，馬槽七股地區建議開發為遊園公車中心，其交通系統參見圖

8.2，主要內容為：

1. 主要車站（在馬槽溪西側）

此車站可供遊園公車及自用小客車共同使用，遊園公車可自馬槽奔赴鄰近各據點與台北市區。遊客駕駛自用小客車至本車站後可將車輛停放在停車場，除了投宿旅館的遊客外，可以搭乘遊園公車或步行前往各據點。車站的配置圖參見圖 8.3。

2. 次要車站（在馬槽溪東側）

此車站主要供小屋及露營區的遊客使用，故應設在小屋露營區附近。

3. 旅館停車場。

旅館最好設置專用的停車場，不過如果無法興建時也可利用車站的停車場作為遊客停車之用，當然屆時須提供旅館至車站間的交通服務。

8.4 規劃方案及評估

根據馬槽橋整建計畫及分期開發我們擬訂三個土地使用方案，甲案及甲案修正案是根據馬槽橋重建在原橋址附近而規劃的，

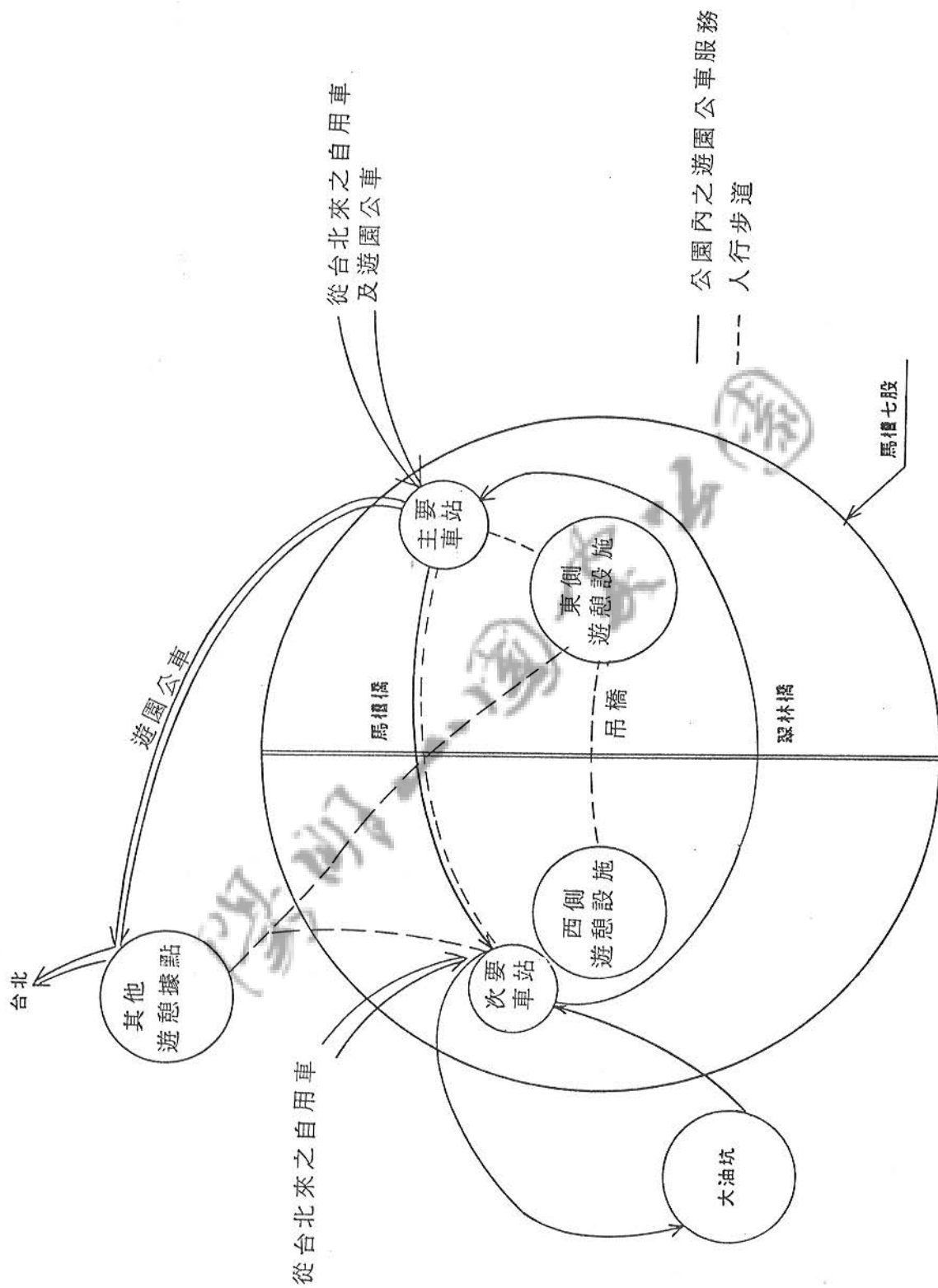
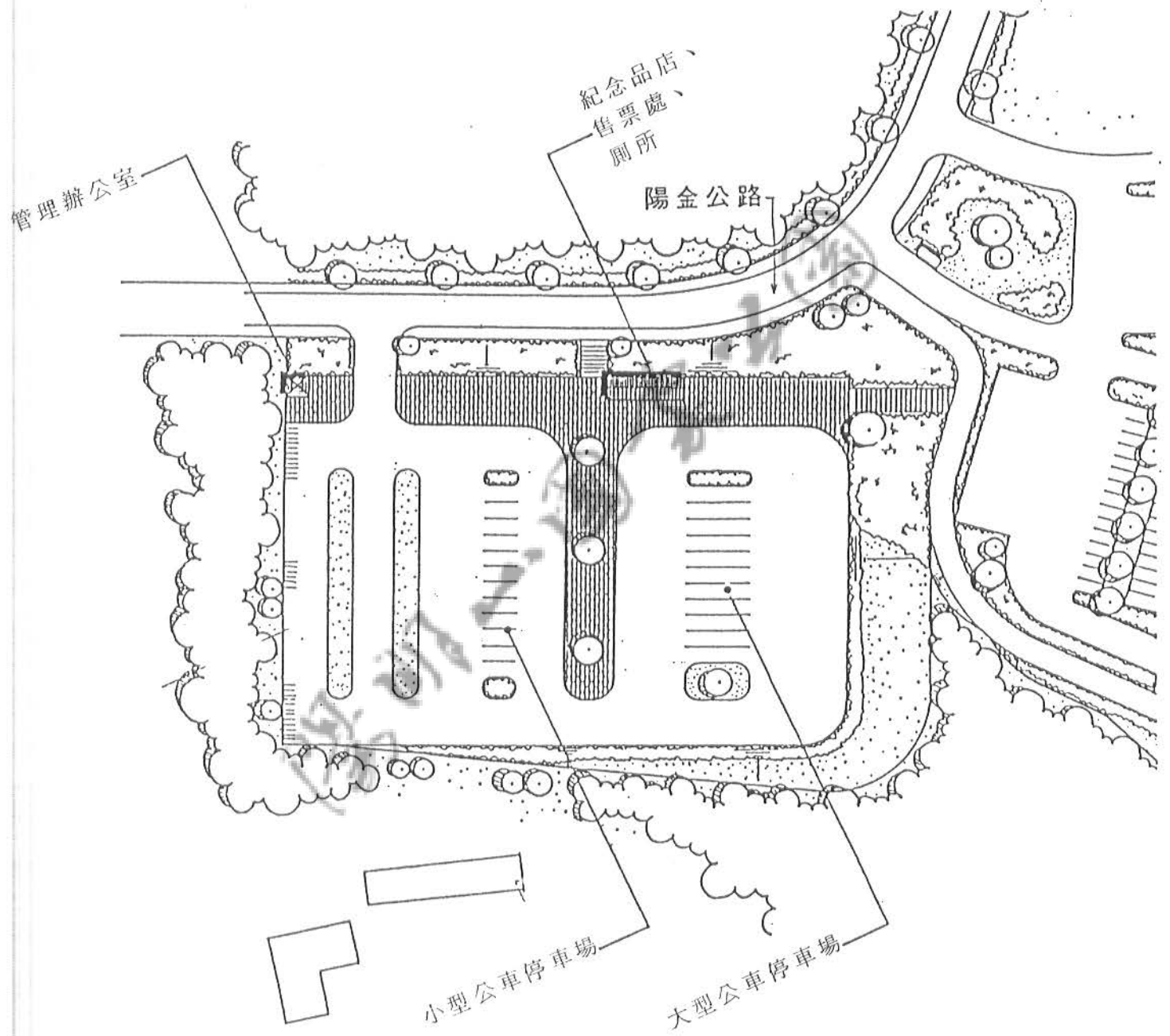


圖 8.2 交通系統圖

圖 8.3 車站配置示意圖



乙案則是考慮新馬槽橋設在原橋址與翠林橋之間而進行規劃。各方案之配置均參考圖 8.4 坡度分析圖。

一、甲案

本案係根據國家公園計畫書的構想規劃而得，計畫地區可以馬槽溪為界分為東西兩區（參見圖 8.5 及圖 8.6）：

1. 西區—旅遊區

旅遊區可設置一座國際觀光旅館及主要車站、網球場、中央公園、花房等設施。車站應設在馬槽地區進口處以減少交通紊亂、噪音及空氣污染。

2. 東區—家庭生活區

設置一座標準級旅館，以及小屋、露營場、觀光農場與小公園等，如果土地沒有問題，戶外運動設施可設在本區內。

本案以現有陽金公路及新建翠林橋連絡東西兩區，建議在適當地點建造一座吊橋以連絡兩區之人行步道，吊橋的型式參見圖 8.7。

防災計畫請參見上章內容，河道內不可設置任何設施以免土石流發生時造成意外，河岸附近之設施在建造前應詳細勘查以策安全。

二、甲案修正案

此修正案是根據甲案之構想考慮分期開發而得之方案（請參見圖 8.8），並將遊客中心、科學館、花房等主要設施由馬槽溪西側移至東側。此修正案基本構想為：

- 配合觀光需求分段開發。
- 避免遊客涉足馬槽溪河床。
- 大型的溫泉健身中心未來將建在西側，所以西側可以稱為運動及健身區。

防災計畫及吊橋連絡均與甲案相同。

圖 8.4

坡度分析圖

馬槽遊憩區規劃設計





公車停車場

溫泉健身中心及旅館

花房

網球場

遊客中心

擋土牆

旅館

觀光農場

小屋

停車場

眺望據點

道路

步道

河床範圍

潛壩

擋土牆

內政部 陽明山國家公園管理處
營建署

編	號	修	訂	日	期

株式會社 日建設計
Nikken Sekkei Ltd

圖 8.5 土地使用規劃構想圖
甲案

繪圖		校核	
設計		監製	
總工程師			
日期		圖號	

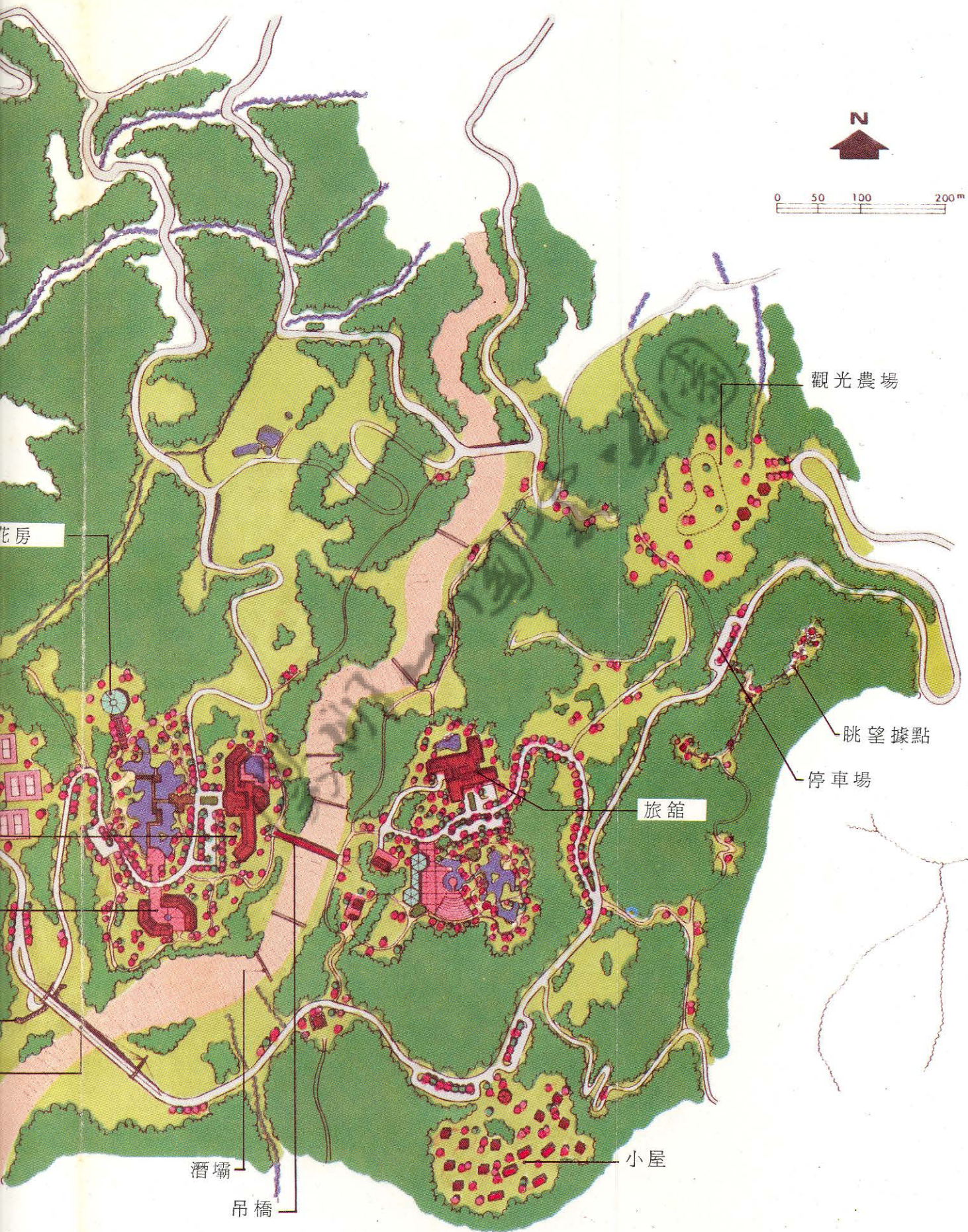


內政部
營建署

陽明山國家公園管理處

處長	修正	說明	日期
課長			
承辦人			

株式



日期	株式会社 日建設計 NIKKEN SEKKEI LTD	圖 8. 6 馬槽遊憩區配置圖 甲案	繪圖 設計	校核 經理
			總工程師	
			日期	圖號



圖 8. 7 吊橋



擋土牆

斜張橋

內政部
營建署

陽明山國家公園管理處

處長	修正	說明	日期
課長			
承辦人			

株



三、乙案

本案係根據國家公園計畫書構想及假設陽金公路改線重建而進行規劃，本案之設施均與甲案類似，唯有陽金公路的位置為主要不同點。本案中新建陽金公路貫穿計畫地區直接連結東西兩區交通更為便利，參見圖 8.9 及圖 8.10。

四、方案評估

1. 甲案特點

- 利用現有陽金公路
- 設施配置較有彈性
- 旅遊區的交通連絡較為不便
- 設施配置可與乙案相同

2. 甲案修正案特點

- 利用現有陽金公路
- 因為分期開發所以設施配置很有彈性
- 第一階段的開發主要滿足當地遊客的需要。

3. 乙案特點

- 陽金公路的改線工程費相當高而且破壞自然景觀
- 各設施與陽金公路的連繫甚為容易
- 橋樑之長度與甲案相同

五、結論

因為陽金公路的改線相當昂貴而且破壞景觀，所以建議採用甲案及甲案修正案。

而新馬槽橋的整建計畫建議參照本報告第七章內容進行。

8.5 景觀問題及視覺影響

8.5.1 景觀問題

一、馬槽橋

馬槽七股地區開發為遊憩區時，新建的馬槽橋將成為該地區的一項特色，因為馬槽地區有很多溫泉及硫磺氣，橋樑的材料最好採用混凝土以免銹蝕。

1. 斜張橋

橋樑線形筆直頗富現代感，所以目前很多市區及郊區都採用

這種橋樑，此橋將來可以成為馬槽遊憩區的特徵，可與周圍的環境及設施相互呼應。橋樑的鋼索部分應作防銹處理。

2. 懸臂橋

這種橋樑因為施工容易所以到處可見，對本地來說型式似乎較為保守。

三 攔砂壩

河流中的攔砂壩是一種相當大型的構造物，如果採用攔砂壩作為災害防制措施，攔砂壩將建在馬槽橋的上游，其高度也相當高，在馬槽七股地區均可見及，因此在馬槽溪中築造攔砂壩在視覺上可能有醒目突兀之感。

8.5.2 視覺影響

一 中湖戰備道路

1. 甲案及甲案修正案

從七股山即可看見峭壁頂上的兩條道路，不過現有崩崖的外觀可以減輕兩條路線的突出感。如採用甲案施工時，兩端銜接原有道路的曲線段予人有人工化的感覺。興建新路時原有道路可保留作景觀美化及穩定地基之用。

2. 乙案

本案從擎天崗經由廣大的山區直通大油坑，遊客很容易看到這條新路，由於這個地區的火山活動非常頻繁，工程又很浩大，因此道路完工後需要很長的時間才能恢復舊觀。又新路如太靠近大油坑，可能與大油坑的遊憩區計畫衝突而不協調。

二 新建橋樑

新橋建議設在馬槽七股地區的最高點，橋樑的外觀將使遊客留下深刻的印象，因此需要審慎地設計這座橋樑，俾與周圍的環境相調和。

1. 斜張橋：

此種橋樑的幾何線形相當筆直細緻，都市地區經常採用，不過在修改曲線部份與主塔型式後可適於用在山區。因為馬槽七股地區將開發為現代化的遊憩區，在山嶺區建造這種橋樑可使遊客有強烈的現代感。

2. 懸臂橋：

此種型式的橋樑可用在任何地區，靠近橋墩的橋面較厚，此大型結構物若建在馬槽七股地區的較高地帶看起來相當醒目。

3. 人行步道之吊橋

吊橋常用在遊憩區的步道上，此吊橋高約25公尺，從橋上可以眺望新馬槽橋。此種吊橋適合建在山區的遊憩區內，而遊客也可以在橋上漫步欣賞新橋的壯觀景色。

4. 潛壩

潛壩為小型的構造物，用來預防災害及穩定河床，壩體施築完成後很快就會長滿青苔而與周圍環境一致。前三個潛壩可改建在翠林橋的下游。

8.5.3 結論

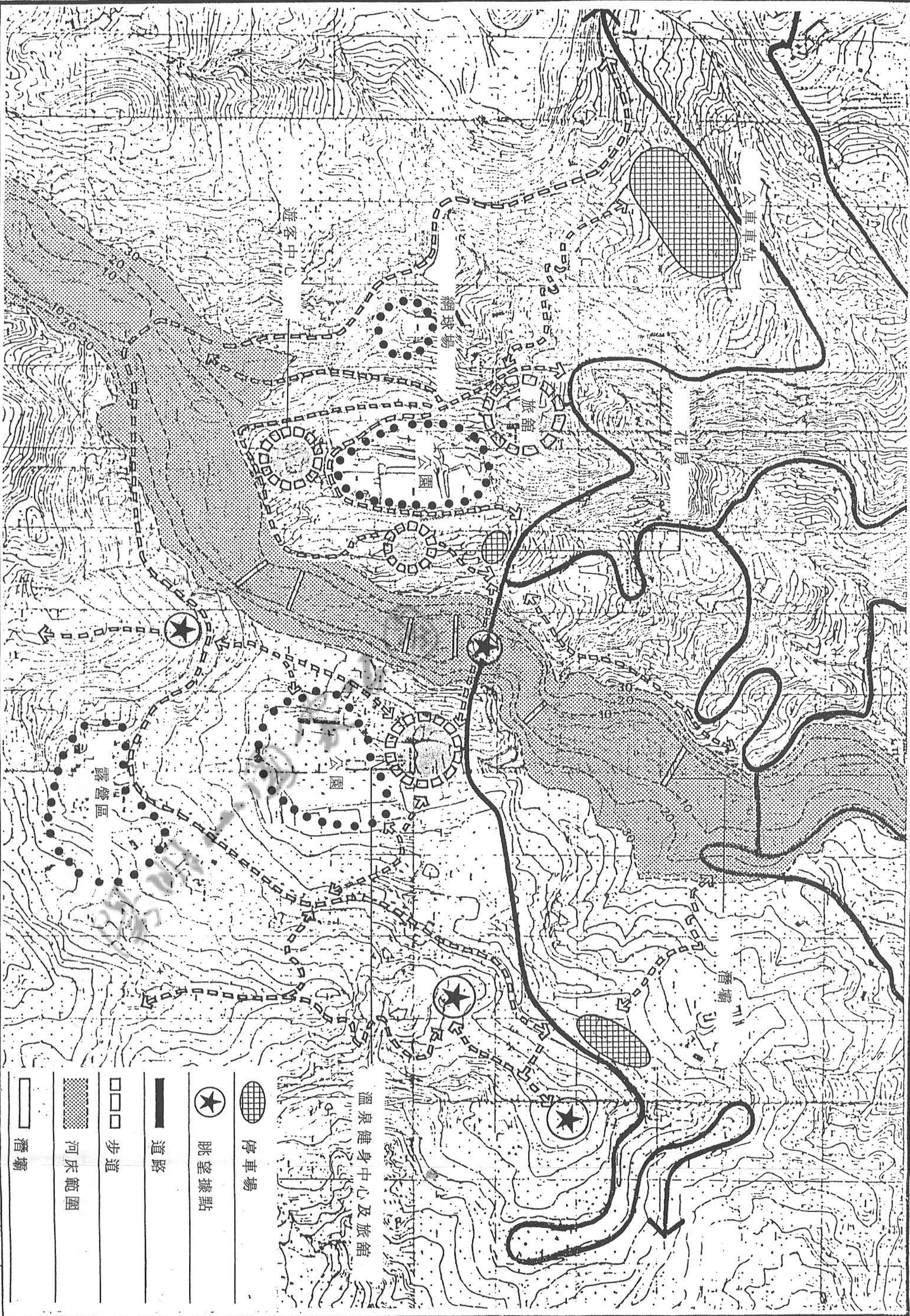
一般來說，上述這些人工設施的規模、高度、形狀及顏色尚不致於破壞馬槽地區的自然環境，不過將來施工時應仔細選擇色澤使與周圍景觀相調和。

設計	繪圖	校對	審核	日期
建築	設計	繪圖	校對	日期
土木	設計	繪圖	校對	日期

株式會社 日 建 設 計
NIKKEN SEKKI LTD

圖 8.9 土地使用規劃構想圖
乙案

繪圖	校對	審核	日期
設計	繪圖	校對	日期
工程	設計	繪圖	日期



附錄一

陽明大學圖書館

—— 新測地形
----- 原有地形

▽+800

▽+750

▽+700

No. 1

No. 2

70 m

▽+600

▽+650

▽+700

No. 3

▽+650

40 m

▽+600

▽+550

No. 4

50 m

陽明公園

▽ + 700

▽ + 650

No. 5

No. 6

▽ + 600

▽ + 550

▽ + 500

陽明工業

▽+700

▽+650

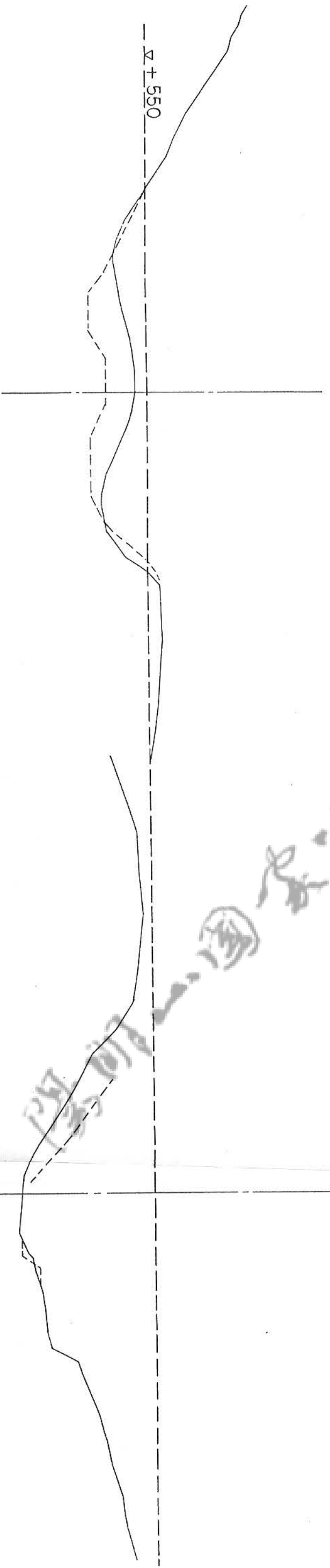
No. 7

No. 8

▽+600

▽+550

▽+500



▽+600

No. 9

No. 10

▽+550

▽+500

▽+450

▽+400

陽明電機株式会社
測量部

No. 11

$\nabla + 500$

$\nabla + 450$

$\nabla + 400$

$\nabla + 350$

$\nabla + 300$

No. 12

?

測量事務所
測量図

▽+500

No.13

▽+450

No.14

▽+400

▽+350

▽+

陽明電機

?

▽+500

▽+450

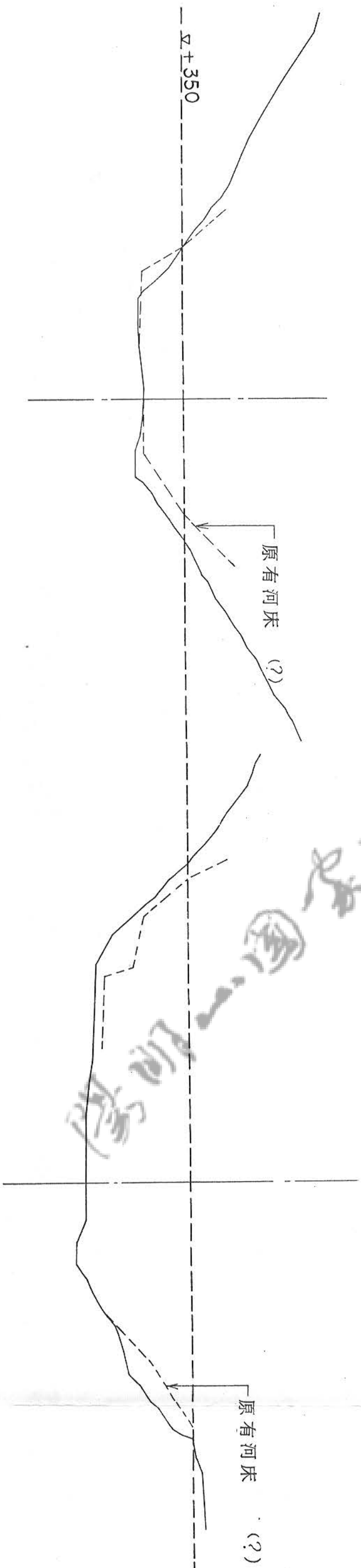
No.15

No 16

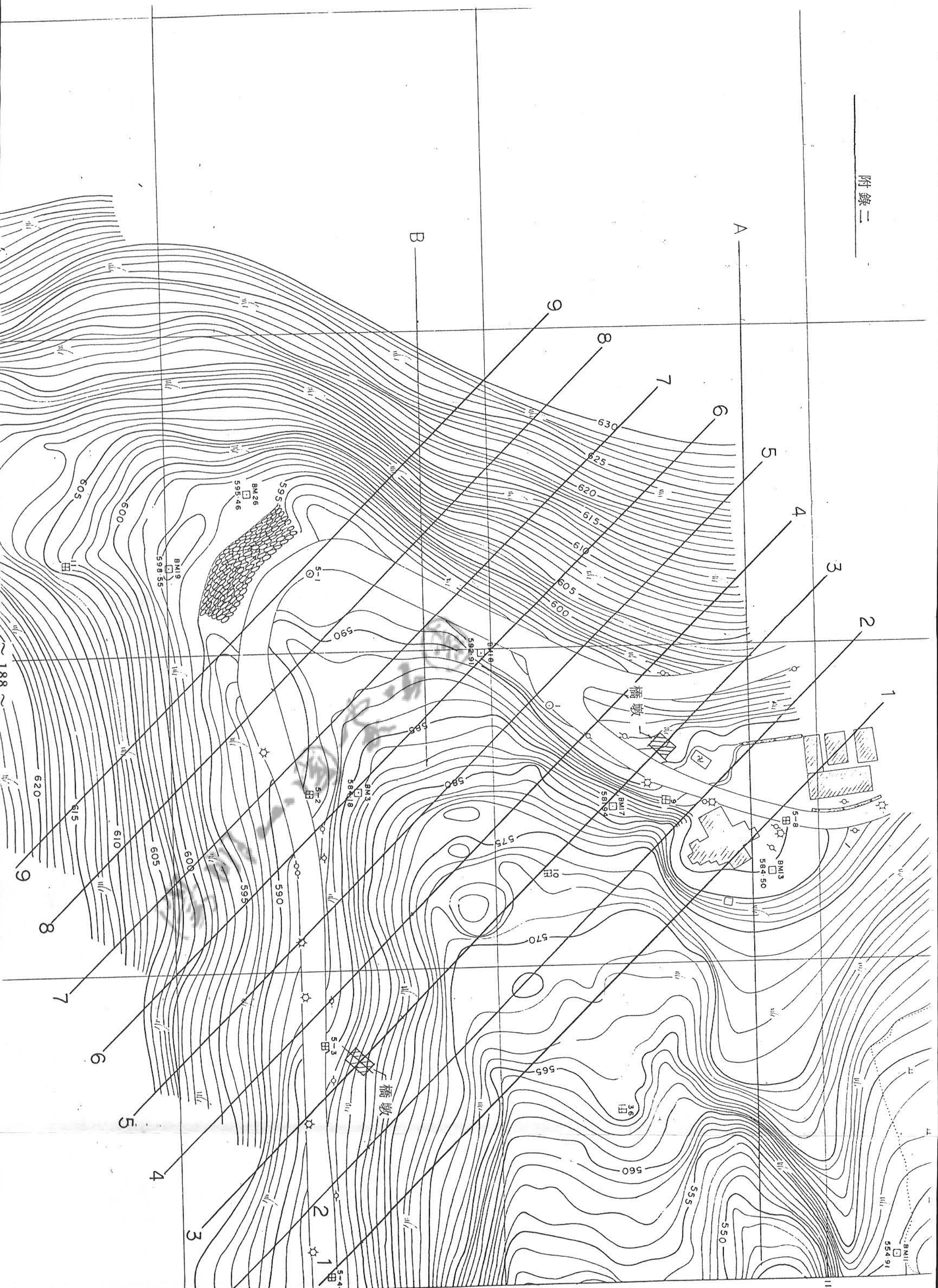
▽+400

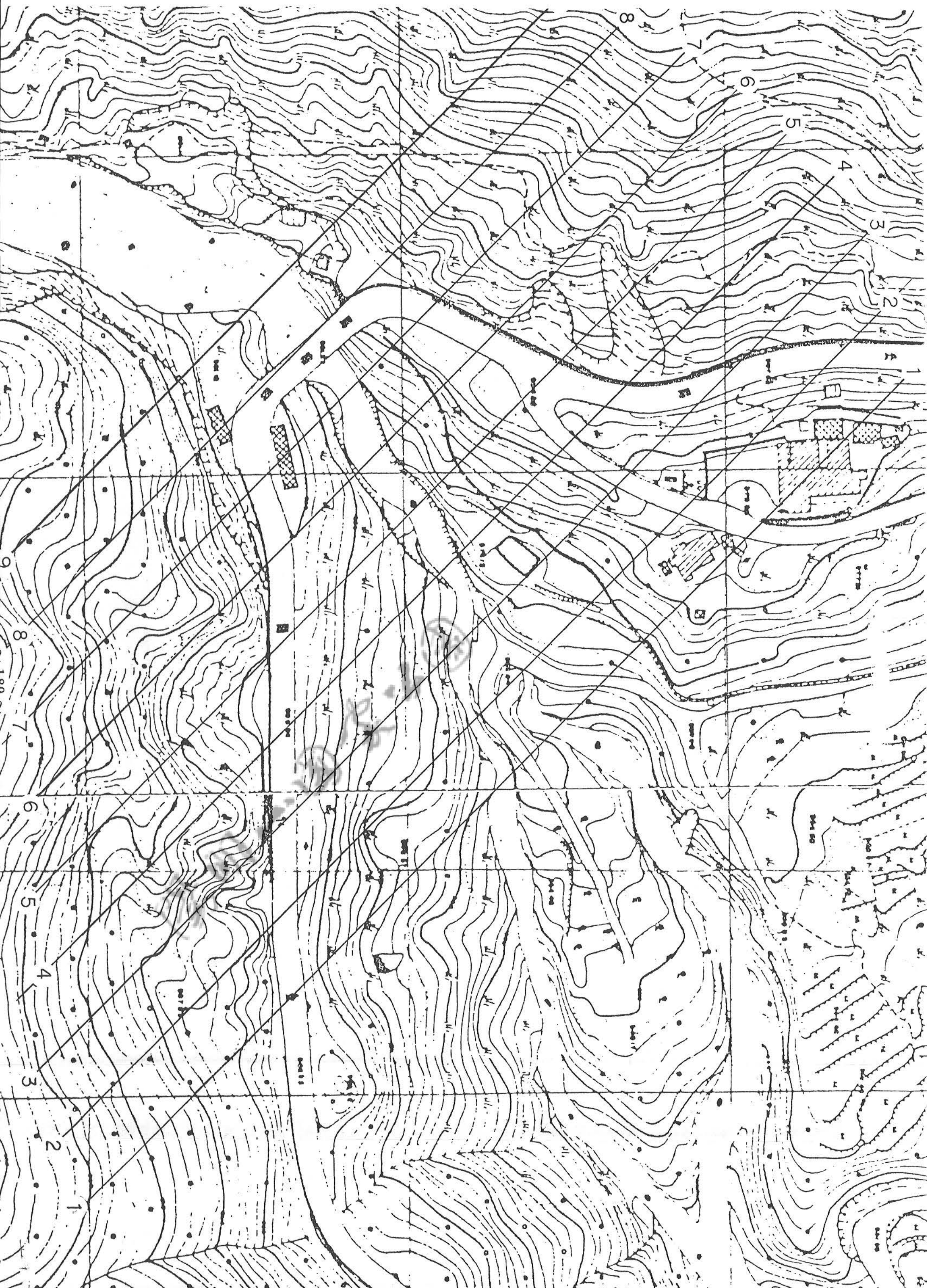
▽+350

▽+300



附録二





断面 1

S = 1/1000

—— 新測地形
- - - 原有地形

A

+650

+600

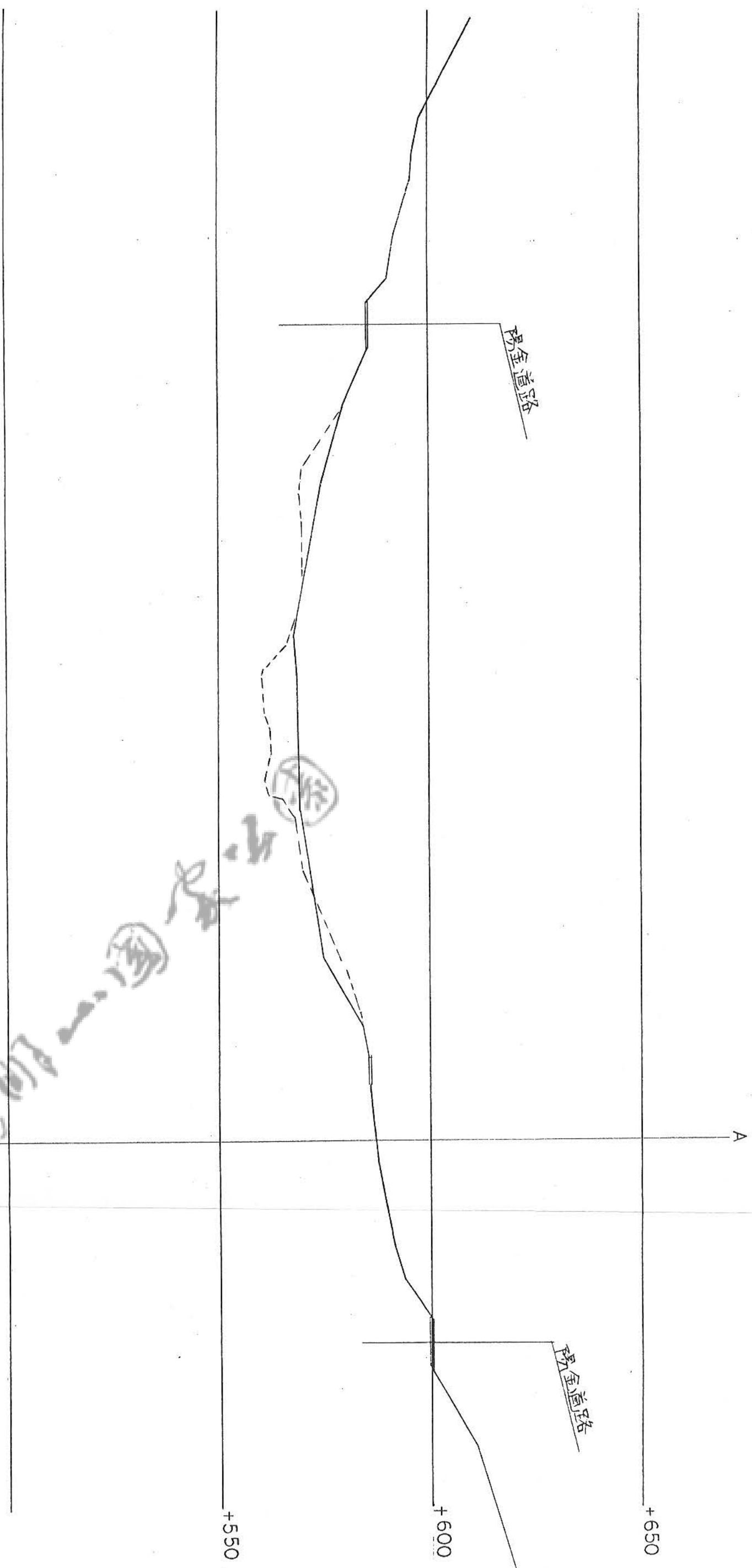
+550

陽金道路

~ 190 ~

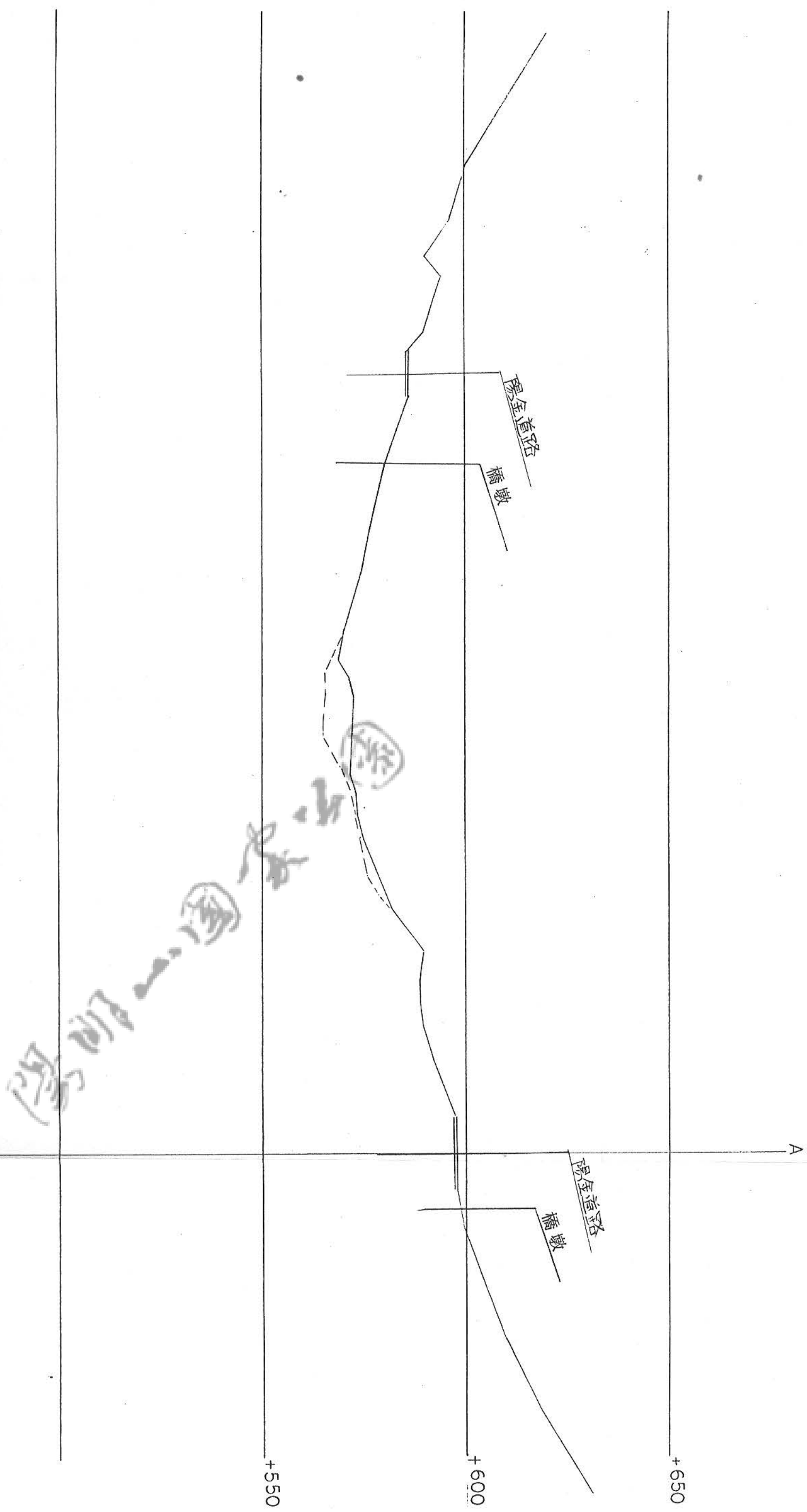
断面 2

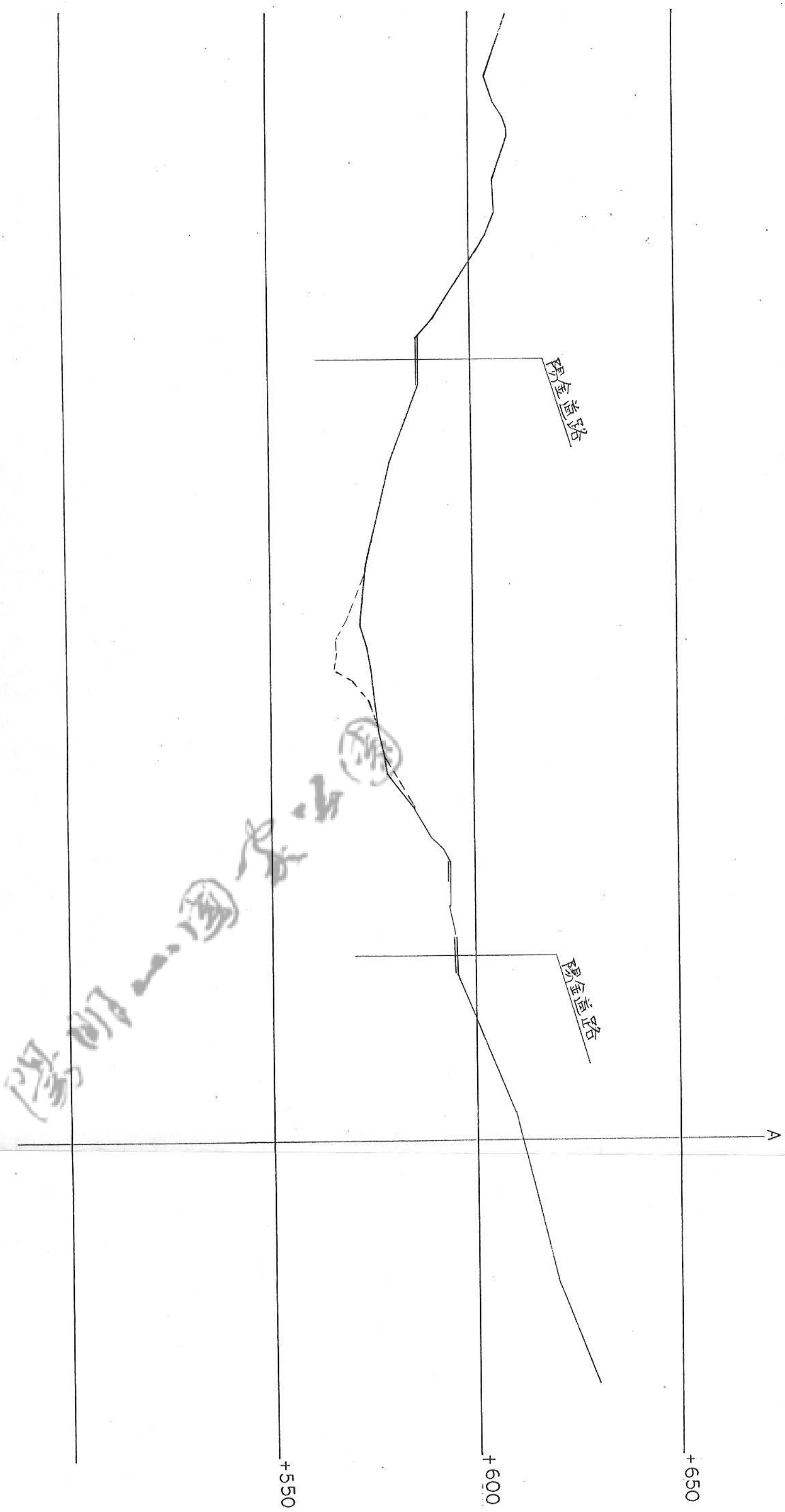
S = 1/1000



断面 3

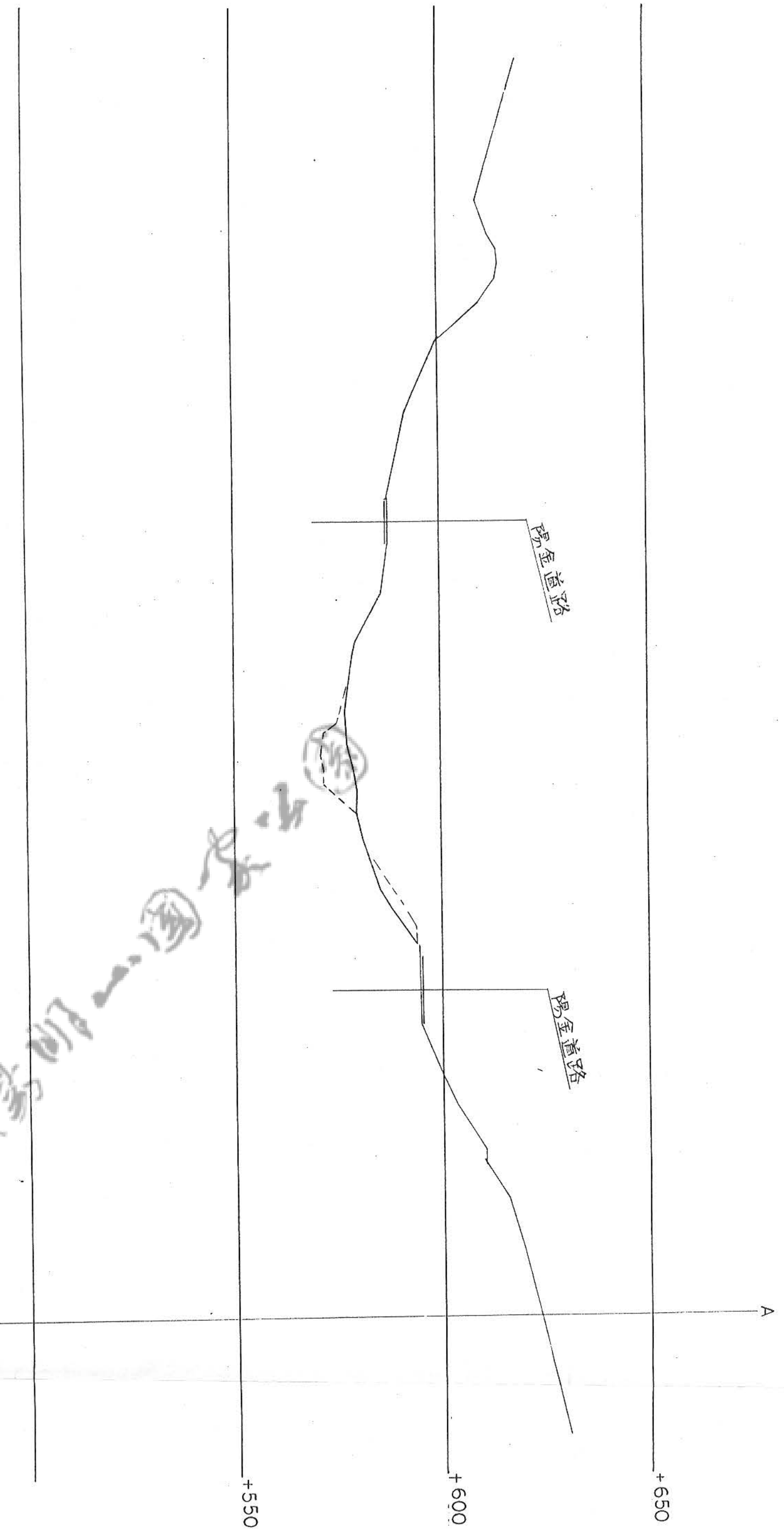
$S = 1/1000$





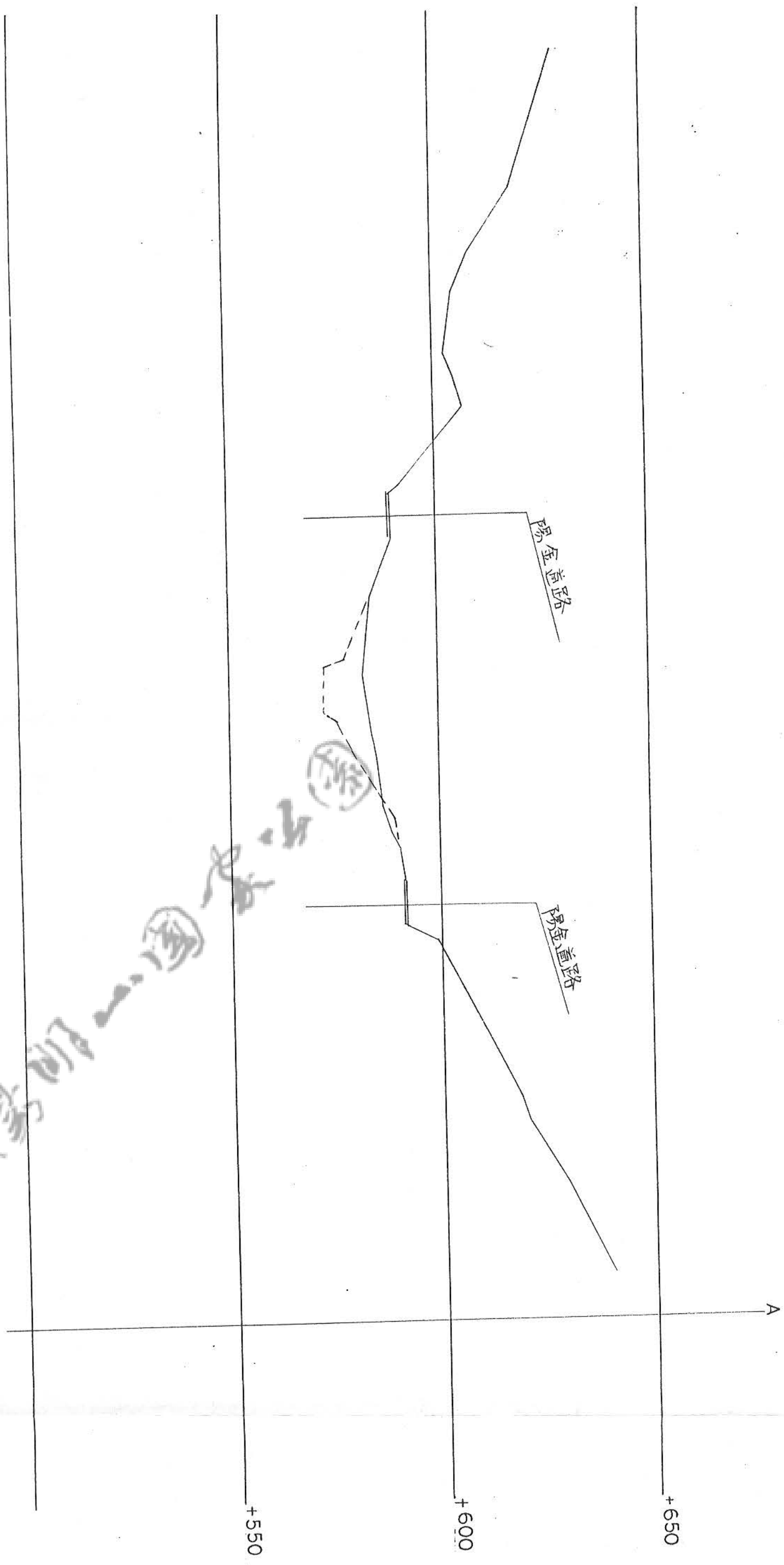
断面 5

$S = 1/1000$



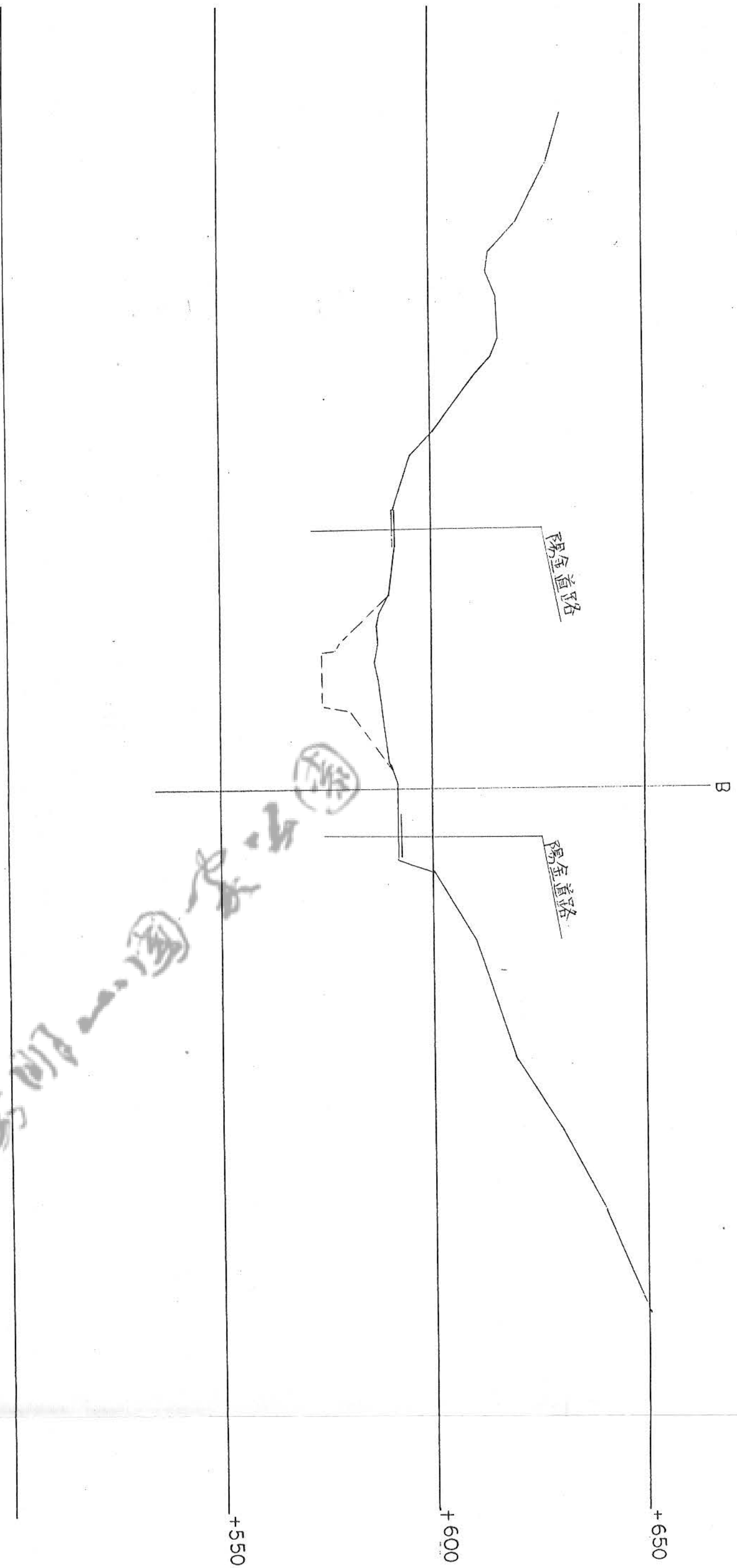
断面 6

S = 1/1000



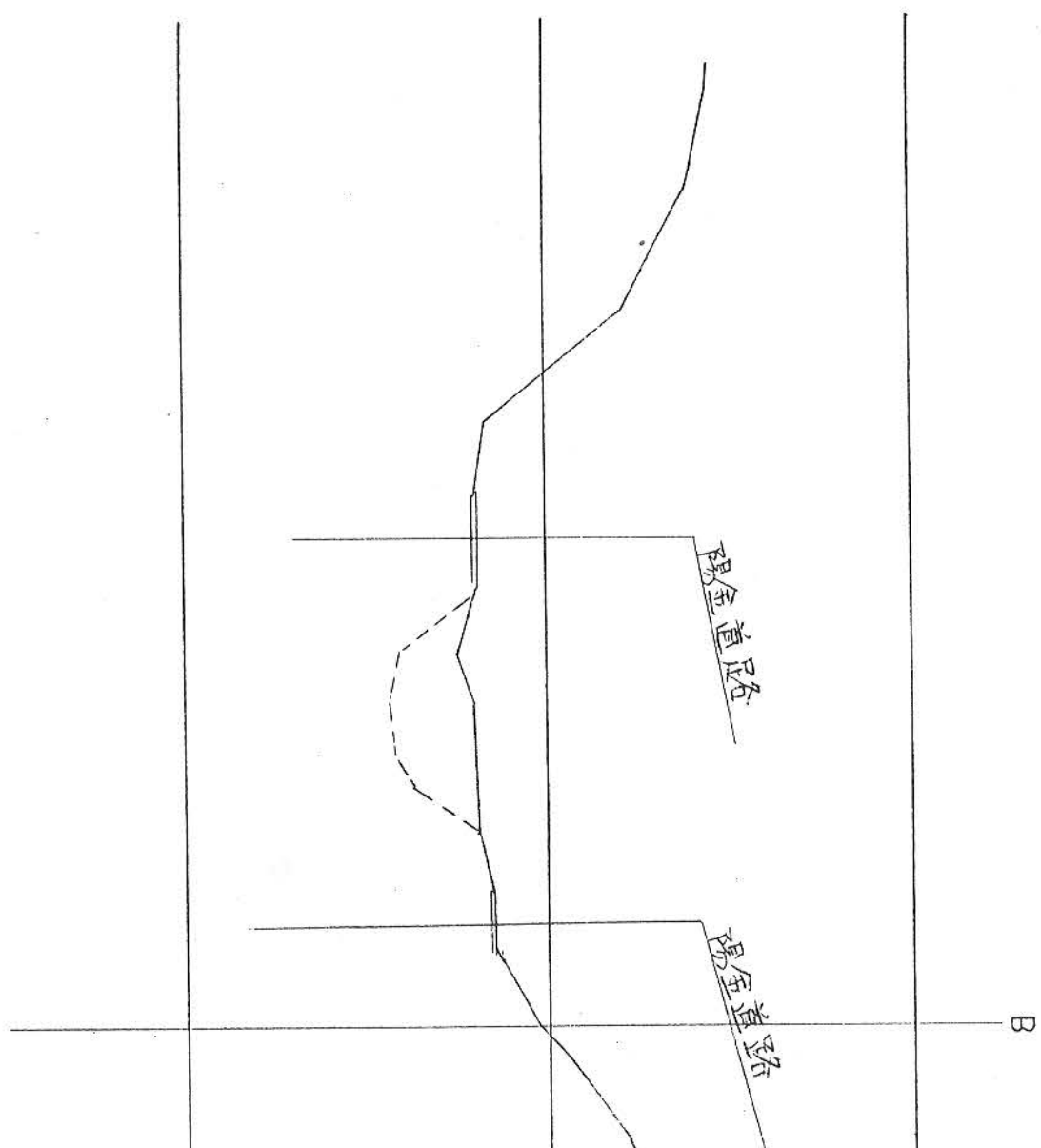
断面 7

S = 1/1000



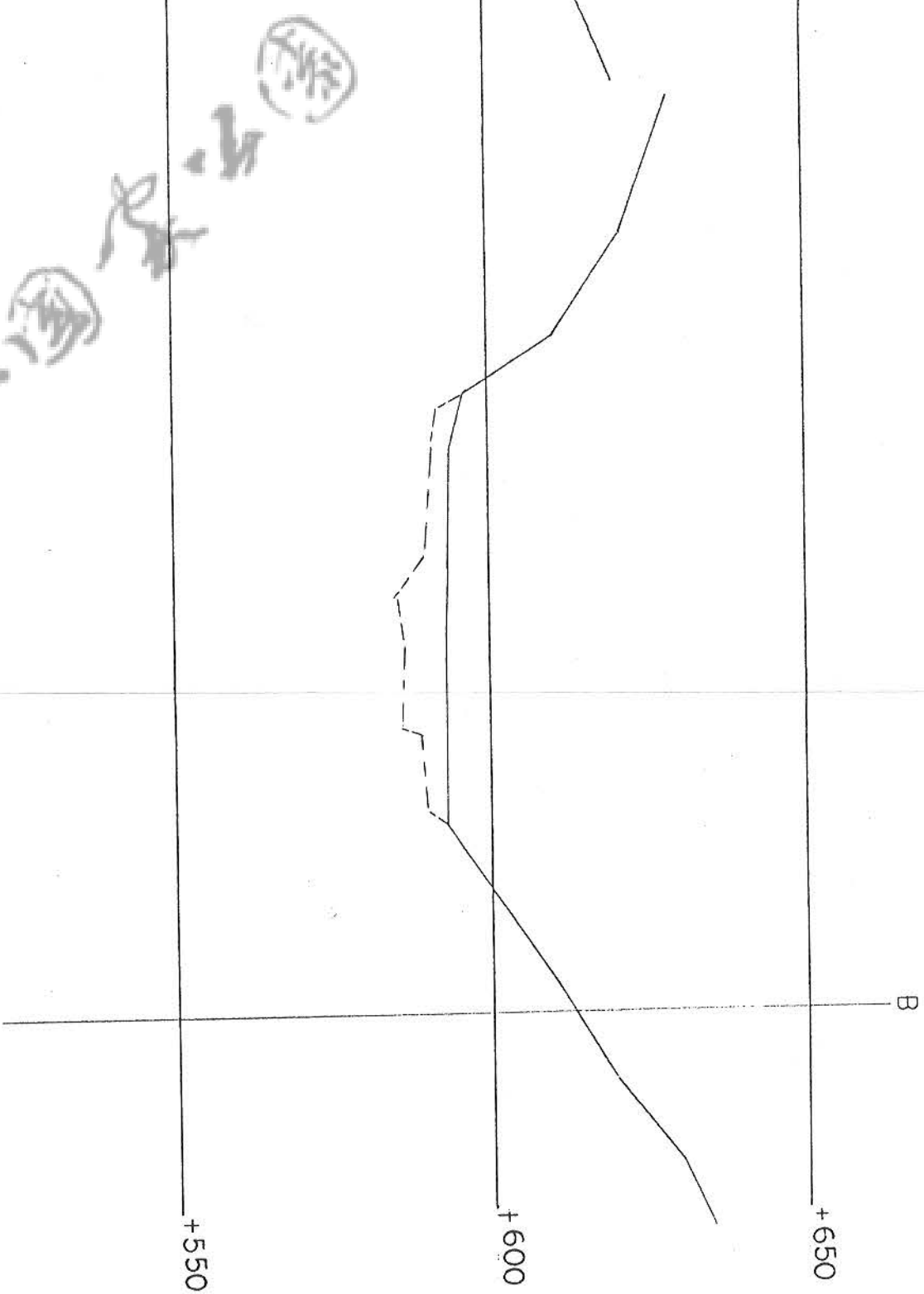
断面 8

$S = 1/1000$



断面 9

$S = 1/1000$



陽金道尾

(函)署建營部政內

限年存保		(函) 署 建 營 部 政 內	
號 檔			
示 批	位 單 文 行		受 文 者
	本 副	本 正	臺北市政府工務局暨所屬養護工程處、台北市政府建設局、台灣省公路局、台灣大學地理系、陽明山國家公園管理處、營建署國家公園組、教授、交通大學土木系許海龍教授、日建設計株式會社、嘉天工程顧問、陽明山國家公園管理處
辦 擬		文 發	發 出 後 解 密
		件 附	號 字 期 日
			中華民國七十七年四月十九日
			七十七營署園字第一三九八號
主旨：檢送「陽明山國家公園馬槽溪兩側災害地區防治計畫暨馬槽橋、翠林橋、彩虹橋			
整建及中湖產業道路改道工程規劃設計簡報」會議記錄乙份，請查照。			
署長 張建威			

陽明山國家公園「馬槽溪兩側災害地區防治計畫暨

馬槽橋、翠林橋、彩虹橋整建及中湖產業道路改道工程規劃設計簡報

一、時間：七十七年三月二十五日

會議紀錄

二、地點：營建署四〇三會議室

三、主持人：張署長隆盛

記錄：蘇宜祥

四、參加單位及人員

台北市政府工務局暨所屬養護工程處

林天訓 林文雄

台北市政府建設局：

鍾弘遠

台灣省公路局：

曾立田 朱正興 王臣孫

台灣大學地理系張石角教授：

交通大學土木系許海龍教授

許海龍

日建設計株式會社

青木郁生

飯田俊雄

嘉天工程顧問

何竹天

營建署國家公園組

葉清風

葉昌隆

陽明山國家公園管理處

楊健源

蘇宜祥 劉嘉仁

五、日建設計公司簡報：（略）

六、討論：略

七、結論：

（一）中湖產業道路崩塌地區改道計畫：

1. 原則上應先就崩塌地區道路，研擬短期改善措施，以維持車輛通行。
2. 規劃方案甲，道路兩端彎曲部分，應儘量拉直，可增長路線長度，俾減少升降坡之曲率及避免破壞環境景觀。
3. 前項短期臨時改善措施道路應於兩端妥為設置安全預警設施。
4. 規劃方案乙，應就其地理、地質及生態環境之影響，進一步研究其可行性。

（二）馬槽溪災害防治計畫：

1. 國家公園區內之天然災害為自然現象之一，其災害防治設施，除為必要之交通考量（為達成交通安全、暢通等目的），應以不特意設置人工設施為原則。

2. 災害防治計畫，原則採用丙案，以不移除不穩定土壤亦不設置攔砂壩為原則，新建馬槽橋採用斜張式橋，長度為一四〇公尺其護橋安全設

施應妥為規劃設置，下游得配合設置潛壩，以維護馬槽橋、彩虹橋及馬槽溪兩側土地利用之安全。

3. 馬槽溪災害地區應設置預警設施，禁止遊客進入河床。

4. 馬槽橋下游兩側土地利用計畫，應考慮馬槽溪上游潛在危險性作審慎之修正計畫，兩岸地區得分別依實際發展需要個別開發。

(三) 關於防治計畫經費之分配，俟前列計畫修正完成後，即行擇期開會協商。



公物書刊
列入移交



內政部
營建署

陽明山國家公園管理處

處長		修訂		說明		日期	
課長							
承辦人							

株式



日期	株式会社 日建設計 NIKKEN SEKKEI LTD	圖 8.10 馬槽遊憩區配置圖 乙案	繪圖 設計	總工程師	日期	校核 經理	圖號
----	--------------------------------	-----------------------	----------	------	----	----------	----