

3、地滑的調查

由於地滑發生原因非常複雜，在進行防治事業對策時，必須詳細調查其產生之原因，包括植生調查、地形、地質調查、地滑移動量的測定、鑽探調查、地溫、降雨量、地下水調查、地下構造的探查、地震觀測等各種調查。

這些調查結果顯示，大涌谷地滑是由於從中至上游的火山噴出帶分布，火山活動憑據高溫高壓的瓦斯噴氣，強酸的熱水作用使地面下20-25公尺厚皆是與溫泉產生作用之青黑色、黃白色、白色之風化變質土石，到處有地底高壓產生之噴氣孔、土壤崩壞，係典型的溫泉地質特性。

4、工法措施

地滑防治對策的工法實施，在昭和8年內務省設置固床工3座開始，接續施作壩工，固床工，流路工，另外，在地滑發生預防對策上，昭和29年開始作排氣鑽探工、排水鑽探工及山腹工的施作。

區分	工法	數量
防砂工程	壩工	16座
	固床工	8座
	整流工	467公尺
地滑防治工程	排氣孔鑽探工	97個
	排水孔鑽探工	42個
	排水工	998公尺
	山腹工	4524公尺
	谷止工	19座

以上可區分為砂防事業及地滑對策事業，砂防防治事業為施作堰堤防制土石流、施作床固工以保護地盤、施作流路工以加強排水。在地滑防制上，地面下採用高溫高壓氣體排出之排氣工及降低地下水位排水工，地面上則採用逕流排出水路工、防止土壤崩塌之山腹工及谷止工。

大涌澤之上游災害發生地區，經過災害調查及防止災害對策工事目前仍持續進行中，中游部份在施作砂防工事後，已歷經阪神大地震之考驗，以後則持續加強其耐震補強之工事。經過上游及中游之防治對策工事進行後，應



可有效減少下游之災害。

（二）須澤砂防

1、自然環境概況

須澤的下游也就是今日強羅溫泉街名勝再現的地區，是一處大石頭林立的廢野地區，一直到明治時期，該地名的由來是源自於“石的地獄”之意，因為當地有許多巨石林立，宛如地獄。

明治早期的大正初期，設置了溫泉供應水道設施，法國庭園式的強羅公園。在大正8年(1919)，日本第一座高山鐵路開通；箱根的三大夏祭的大文字燒事件在1919年開始，強羅已成為日本箱根地區主要健康觀光的渡假名勝。

須澤是在神山的東北方，是位於早雲山的源頭的大崩塌地(火山爆裂的火山口)，由早雲地獄開始至荒廢溪流為止。



昭和28年(1953)早雲地獄源頭大地滑發生，沿著須澤往下游流動到強羅橋，流出長2公里每秒達7公尺的土石流，土方約80萬立方公尺。

此次土石埋沒了尊別院，堤防17座，觀光汽車專用道路140公尺，林木7公頃，造成13人死亡，15人受傷。

2、工法措施

昭和28年至59年(第一期和第二期工程)：在昭和28年的災害後，縣政府辦理以下的復舊工程，地滑地的根本對策是採用30個地下排氣鑽孔排除噴氣瓦斯，來取代源頭部分的10萬立方公尺的不安定土方，以19.6噸炸藥清除。在上游區域，建7座防砂壩和高6公尺長120公尺的堤防，在中游地區建總長度574公尺的5座防砂壩以阻止移動的土砂。而在下游地區則建置4座防砂壩以貯存淤砂及調節土砂。昭和33年3月工程完成，經歷4年8個月，工程的施工克服了危險的環境並遭遇了數次的暴風雪，與抵抗特有的火山蒸氣。當時的總工程費3億5千萬日元幣。之後，昭和59年第二期的對策工程則在源頭地區作59個鑽孔排氣孔，在上游築14座砂防堰堤，中游築2座導流堤及作流路工513公尺。

昭和61年至平成5年(第三期工程)：由於在源頭仍有可能因為火山活動而伴隨著大規模的地滑性崩塌危險，因此開始砂防設施的整體規劃，決定作水理模型實施計畫。第三期的治理工程目的在於土石流災害的防止。昭和61年著手為捕捉約40萬立方公尺的土石，設置了6座防砂壩，2座導流堤，並加高既有的導流堤4座以及植栽等工程，花費約40億元日幣。在須澤地區主要仍係採用傳統的不透水性混凝土構造物，其目的在於捕捉土石流產生的土

砂。而對於平時無災害的土砂，則利用型壩，將土砂導引到下游的安全地區。

近年來，由於砂防工程的實施，除了具防災面的機能外，也強烈要求必需考量自然休息與保護環境機能並且創造自然的休憩區域，由於須澤是位於國立公園內，也是一個觀光名勝的重要據點，因此，企圖去創造一個景觀保育—一如在工程之中加入綠色和景觀的整合，經過環境生態的考量後，人們就能享受在堤區行走和欣賞風景，而絲毫沒有危險。

平成6年以後(第四期工程)：在經過了第3期的工程實施，鑒於平成元年(1989年)發生了源頭部的新生崩壞，而且有擴大的傾向，又在地滑區域的觀測亦發現確有了變動，爲了防範超出預測的土砂量之流出，在平成6年(1994)規劃了第四期的火山砂防工程的整備計畫。第四期的砂防設施是將昭和28年災害發生的直接下游所施設的4座砂防堤予以加高，並加設導流堤等設施捕捉10萬立方公尺的土方。加高已構築40年的砂防堤，是爲了增加土石的捕捉量，並將受損老朽之設施加以改善。基本計畫先加高砂防堤防袖部的縱斷面處2.5-3公尺至堤頂，增加通水斷面安全的沈砂容量。下游表面的堤岸加寬是在下游挖掘

一個簡單的排水設施和防漏的設施。

須澤源頭部的早雲山的火山活動頻繁，最近幾年發現有新的崩壞和新的火山作用地滑，並帶來土石流災害。基於這一理由，平成4年(1992年)設置的早雲山地滑檢討委員會已考慮地滑儀器分析和以預防為基礎的鑽探勘測，委員會建議地滑的預防工作應該立即實施，因為源頭部的中央坡面已非常不安定，有必要在火山地帶的陡峻坡面實施錨釘工，並使用防鏽材料的新素材。

基於這些提議，該錨釘工在1995年實施，遵循其設計和早雲山地滑對策工事之設計，則在1996年開始實施。

新素材的錨釘工，是由6根直徑12.5mm的強化炭纖，其重量是pc鋼線的五分之一並具防腐蝕，它的頭部具較高的耐久性。

(三) 早川土砂之防止

1、自然環境概況

早川是二級河川，以箱根火山口為流域，自芦之湖開始至相模灣止，長約24公里，支流的須雲川是源自鞍掛山，沿著舊東海道約9公里的地方在湯本處會流，地質是屬於火山口磷灰岩的火山碎屑物，在熔岩中心由於溫泉的

變質作用而引發地滑。此一地區的年雨量約2000至3000mm，是多雨帶，也經常發生大地震，土砂災害的發生性及危險性很高。



2、土砂災害發生的歷史

大正12年9月1日的關東大地震(m7.9)、昭和5年5月9日的北伊豆地震(m7.0)，早川中下流的須雲川流域產生集中的山崩，大量的土石砂流出造成流域的荒廢，又於地震發生後的大正14年8月的大洪害，昭和23年9月的颱風大雨更加造成重大的災害。

以關東大地震、北伊豆地震後的對策工事為依據，湯木地區是作須雲川的觀音板堰堤、片倉堰堤。從昭和20年代到30年代是以國土保全與保護沿河居民的生命財產，從事河川改修事業、砂防工程及護岸固床工的整備。



昭和61年至平成4年：早川的三枚橋到紫楊花橋間之河幅寬廣，一號道路沿著河川而行，箱根湯本車站在町役場的對面溫泉街的入口，由於過去的護岸及固床工整治工程會造成河魚上溯習性之障礙，於是改設置階梯式落差的魚道，寬廣的河道高灘地也成為人們休息和親水的地區。

平成6年起：在紫楊花橋往上游的湯本橋區間，由於洪水流下能力增加，因而計畫480公尺的整治工程。此一區間，流經湯本溫泉街，一年四季都有居民和觀光客利用通行，因此，親水與綠的河川，週邊環境的和景觀的調和，創造親水的環境和考慮魚類生存而設置的魚道之生態系統，創造了瀨、淵的多樣性的生態河川。

（四）由比地區地滑之防止

1、自然環境概況

由比町位於日本靜岡縣駿河灣內，為一漁業發達之港口，區內可遠眺富士山之風景，交通方面有東海道線、國道1號、東明高速道路、縣道等道路經過，為重要之交通及通信要地，其如發生事故，將造成重大災害。

2、由比町地滑發生的歷史

由比町地滑災害發生之歷史，最早紀錄係從安政元年（1854）年開始，至今發生三十餘次災害，造成交通中斷及房屋毀壞，因此為防治災害之發生，必須納入災害防治事業。

地滑發生之原因與降雨和地下水有相當大之關係，當坡地之坡度較平緩時，若發生坡地災害則易產生規模較大之地滑災害，由於滑動面之位置較深，平均約在地表下二十公尺，該處受地表氣象因素(如降雨強度)之影響較少，反而受地下水之影響較大。

3、工法措施

由比町地滑之防止事業從昭和23年（1948）開始整治，到平成12年（2000）共投入400多億元整治，其整治之方法分為二大項，第一項為抑制工法即將造成坡地不穩定之因素去之，第二項為抑止工法，即以土木工程之手段

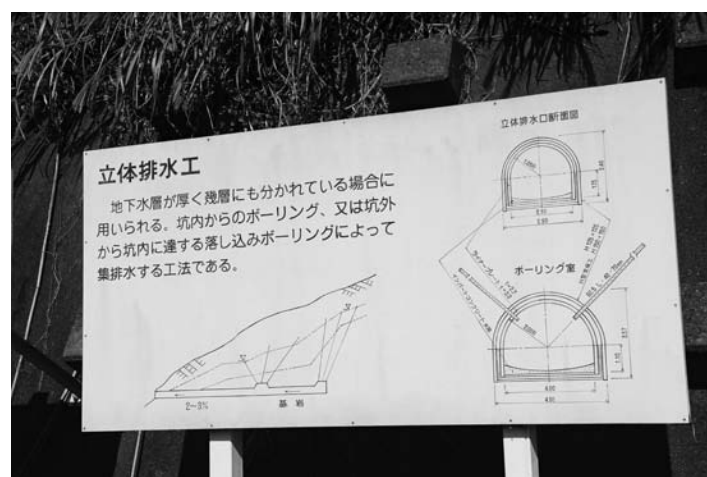
強制阻擋坡地之變動，另外爲了瞭解邊坡之地質、地形、地下水、降雨情形以及邊坡是否滑動等特性進而提供邊坡災害之預警與整治的根據，在坡地開發的過程中必須進行數項必要的調查與監測。其工法分述如下：

(1) 抑制工法：分爲下列

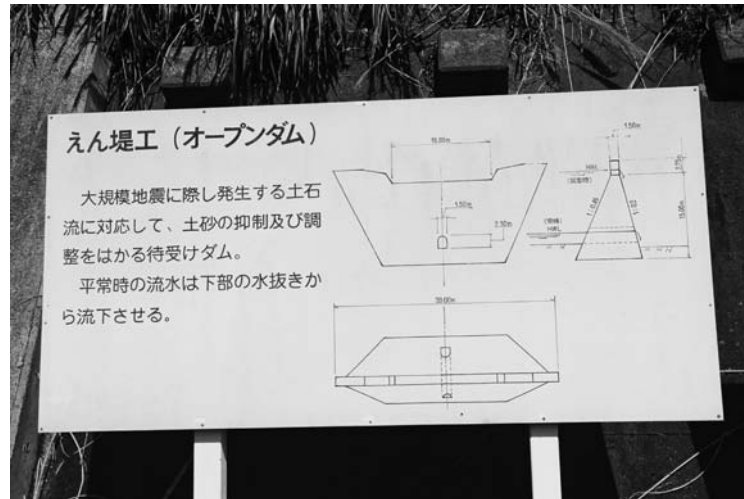
- A. 排土工：地滑區上之土壤移除，以減輕地滑地之載重。



- B. 立體排水工：地滑地盤内施設横向排水箱涵，排除地下水，降低地下水位。



- C、集水井工：設置集水井蒐集地下水後排出，以降
低地下水。



(2) 抑止工法：

- A、鋼管杭打工：對於淺層滑動面施打鋼管樁抵擋土
層滑動。
- B、混凝土樁工：對於深層滑動面，施設直徑4.5公尺
深度40-60公尺之混凝土樁抑止土層滑動。



C、地錨工：施打地錨以保護坡腳地層之滑動。

D、鋼管土留工：施打鋼管以防止土壤崩落。

4、邊坡之安全監測：

通常所須進行之調查包括地質構造調查、地質鑽探、降雨量及地下水位調查與地形測量等。所常實施之邊坡監測則是：

- (1)降雨量監測—使用雨量計
- (2)地下水位監測—使用地下水位計或水壓計
- (3)地表變動監測—使用定期地表測量(可用GPS或雷射距測儀)、地表伸縮計、地表傾斜計
- (4)滑動面觀測—以地中傾斜計、地中伸縮計可定出滑動面之位置及其變動方向
- (5)地下水流特性—流量計、流向計、導電度計

由比地區地滑之防治事業，因位於交通要道之重要地位，一旦發生事故，將對日本之經濟產生重大影響，除設置防治事業外，必須另外持續予以監測，以有效控制災害之發生。因此乃成立由比地滑管理中心建立二十四小時自動觀測系統，隨時紀錄相關資料之變化。

五、有關坡地災害防治台灣與日本之比較分析

「地質」、「地形」即所謂的「地質環境」(Geological Environment)，加上「氣候」條件的影響，乃構成了自然災害發生的三個重要因素。臺灣位處於地殼板塊的交接處，為一典型的島弧地質與地形環境；加上位處於亞熱帶地區，氣候溫濕多雨，颱風暴雨季節集中；更由於社會經濟活動，促使了不當的土地資源利用。

臺灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊之交界上，屬於地質作用頻繁的活動帶。從早期的地質年代迄今，臺灣一直處於一個非常不安定的地質環境中；其間經歷了多次的地質環境變遷。直至第三紀中期，造山運動開始，使已經沉積的始新世到中新世初期的地層被擠壓隆起形成陸地 and 山嶺；今日的中央山脈即因此形成。爾後的蓬萊造山運動，則造成部份的阿里山山脈之地層與東臺灣之新第三紀地層的出露。頻繁的地殼運動將臺灣塑成了一座山多平地少的狹長海島；島上70%之土地面積屬於100公尺至3000公尺以上之丘陵和高山等山地地形。陡峻的地形地勢造就了河短流急且密佈的野溪坑溝，活躍的地質環境摧生了脆弱易崩蝕的岩層土壤。

在先天上，不安定的地質環境，加上梅雨與颱風季節

暴雨集中等不利的氣象條件，本已極具山坡地崩塌、地滑、沖蝕及淘刷等地質災害的臺灣，近數十年來，由於人口的增長及社會環境的變遷，更在滿足物質生活與品質的需求下，使得不論在山坡地或在平地，自然界中許多潛在的災害正逐年地被加速誘發，原已不穩定的地質環境亦正被快速地破壞。

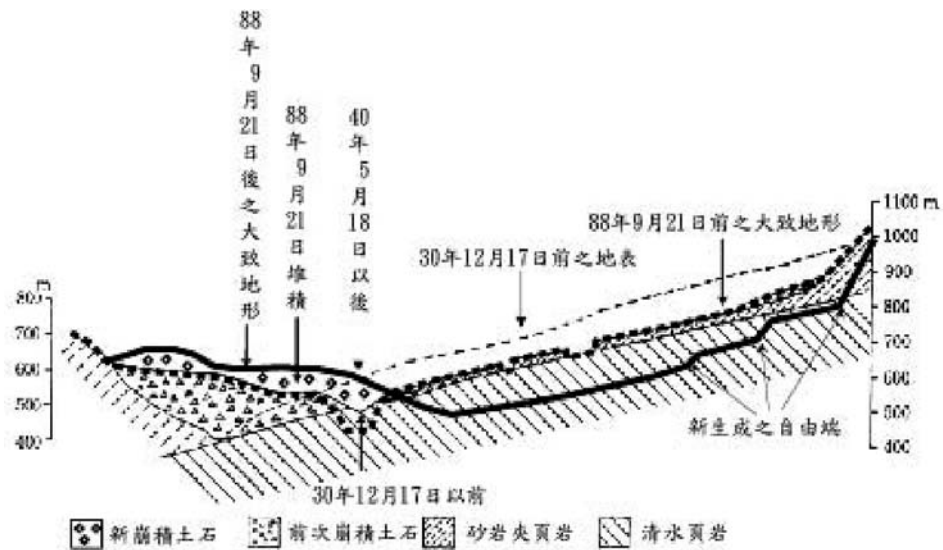
台灣位於歐亞板塊和菲律賓板塊之交界，由於板塊之互相擠壓作用，使得台灣地盤之上升速度很快，由於地形上升快，溪谷下切之速度也變得很快，坡度就變得很陡，加上雨量大及地震多，這些因素組合起來，使得台灣島內由於自然因素造成之山崩很多。又由於台灣三分之二地區是山區，人口密度又大，大家只好向山區發展，山區過度開發的結果，也使得山坡變得很不穩定，因此台灣地區由於人為因素造成之山崩也不少。先天條件不佳加上人為不當調配，使得台灣變成一個幾乎年年有大型山崩及土石流之地區，也使得山崩及土石流變成台灣居民的夢魘。本文介紹幾個台灣過去幾十年發生過死傷較嚴重之山崩以及其形成因素，希望讓讀者粗略了解一下造成這些山崩的原因。（陳時祖）

（一）草嶺山崩

台灣有記錄的最大山崩應該是雲林縣草嶺的山崩。草

嶺之山崩不但規模大，且在同一地區重複發生。此地最早之山崩傳言是發生於民國前50年(1862年)，是地震(1862年6月6日)引起的，當時台灣是在開發的早期狀態，因此未留下記錄。草嶺的第二次大山崩是發生於民國30年12月17日，是由於嘉義大地震引起的，此次山崩下滑之土石體積量約為1億至1.5億立方公尺。草嶺的第三次大山崩發生於民國31年8月10日，是由於豪雨將上一年地震造成之鬆動土石推動下滑造成，下滑之體積約為1.5億至2億立方公尺。草嶺的第四次大山崩發生於民國68年8月15日，是由於豪雨造成，下滑量約為5百萬立方公尺。草嶺的最近一次大山崩是發生於前年(88年9月21日)，是由大家所熟悉的921集集大地震造成，下滑量約為1.2億立方公尺，造成之死亡人數有三十六人。草嶺山崩的特色有二，一是規模非常大，二是重複在一個地點發生且主要觸發因素是大地震或大地震後之豪雨，為什麼會這樣？一是山崩下滑區之坡面是近乎與地層之層面(各地層之交界面)平行，也即是所謂之順向坡。地質上順向坡之存在即表示這個地方之岩層在自然條件下就會沿著層面下滑。二是這個地方之層面傾斜角很小(15度左右)，因此一旦沿層面下滑時，其下滑之面積及體積有可能會很大，也因由於滑動面傾斜角很小，一般之颱風豪雨不易造成大規模山崩，而主要是由幾十年一次之大地震來觸發大山崩。三是山坡下方有一清水溪，溪水可不斷沖刷加深河谷及使河谷旁之山坡

坡度變陡，而使得山谷旁邊坡變得不穩定。至於草嶺何時會變得比較穩定？筆者認為需等待砂岩與頁岩交互之地層（卓蘭層）全部滑掉後，餘下的錦水頁岩所產生之山崩會是次數多且每次量比較少之形態。



草嶺山崩前後地形比較示意圖