

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

坡地防災技術及資料庫建置

服務機關：經濟部中央地質調查所

出國人 職 稱：組長、科長、技士

姓 名：黃健政、李錦發、紀宗吉

出國地區：日本

出國期間：90 年 9 月 30 日至 90 年 10 月 27 日

報告日期：91 年 2 月 8 日

I3/
CO9100667

公務出國報告提要

頁數: 57 含附件: 否

報告名稱:

坡地防災技術及資料庫建置

主辦機關:

經濟部中央地質調查所

聯絡人/電話:

塗明寬/29462793-302

出國人員:

黃健政	經濟部中央地質調查所	環境與工程地質組	組長
李錦發	經濟部中央地質調查所	環境與工程地質組	科長
紀宗吉	經濟部中央地質調查所	環境與工程地質組	技士

出國類別: 研究

出國地區: 日本

出國期間: 民國 90 年 09 月 30 日 - 民國 90 年 10 月 27 日

報告日期: 民國 91 年 02 月 08 日

分類號/目: I3/地質學 I3/地質學

關鍵詞: 山崩、地滑、土石流、坡地防災、資料庫

內容摘要: 台灣為亞熱帶氣候、造山運動激烈、地盤上昇快速、侵蝕作用強盛、地形陡峭，遇地震或豪雨，常形成嚴重的坡地災害。加上台灣地狹人稠，隨著社經環境之快速發展，造成大量坡地過度或不當的開發使用，使坡地地質災害問題更形嚴重。經濟部中央地質調查所於九十年度提報「都會區及周緣坡地整合性環境地質資料庫建置計畫」，並進行環境地質災害敏感區劃設準則及作業技術規範之研定。不過，由於過去國內之坡地環境地質災害與工程地質環境調查工作大部份以案例調查為主，同時由於調查目的之不同，在環境地質災害之分類、研究的方法、成果的展示等也均有所不同，因此遇到不少的問題及困擾。日本為整治1858年「飛越地震」山崩殘留之約2億立方公尺土砂，避免豪雨引發土石流災害危及富山平野，於1940年成立中央直轄之立山砂防事務所，開啓日本之砂防事業，百餘年來在砂防事業上已累積相當之經驗與成果。本次研習經由日本全國治水砂防協會之安排，進行相關課程之研修及野外參訪調查，深入了解日本坡地防災政策及法規、坡地災害調查分析及防治技術。在研習中，發現日本砂防界有幾項特別項值得我們效法的地方：（一）求精、求實的精神，（二）對世界各地重大坡地環境地質災害做即時的反應，（三）百年事業的砂防工事、人定勝天的信念及「人命關天」的砂防對策，（四）完備的法規，（五）成立砂防協會，善用民間力量，（六）建立山崩資料館，加強坡地防災教育及與民眾之溝通。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

<http://report.gsn.gov.tw>

行政院及所屬各機關出國報告審核表

出國報告名稱：坡地防災技術及資料庫建置	
出國計畫主辦機關名稱：行政院人事行政局	
出國人姓名/職稱/服務單位：黃健政／組長、李錦發／科長、紀宗吉／技士，經濟部中央地質調查所／環境與工程地質組	
出國計畫 主辦機關 查核意見	☐ 1.依限繳交出國報告 ☐ 2.格式完整 ☐ 3.內容充實完備 ☐ 4.建議具參考價值 ☐ 5.送本機關參考或研辦 ☐ 6.送上級機關參考 7.退回補正，原因： ☐ (1)不符原核定出國計畫 ☐ (2)以外交撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 ☐ (3)內容空洞簡略 ☐ (4)未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理 ☐ (5)未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 ☐ 8.其他處理意見：
層轉機關 審核意見	☐ 同意主辦機關審核意見 ☐ 全部 ☐ 部分 (填寫審核意見編號) ☐ 退回補正，原因_____ (填寫審核意見編號) ☐ 其他處理意見：

說明：

出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。

各機關各依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。

審核作業應於出國報告提出後二個月內完成。

「坡地防災技術及資料庫建置」

赴日研修報告

摘要

台灣地處亞熱帶氣候又位於板塊邊界，造山運動激烈、地盤上昇快速，造成河川侵蝕作用強盛、地形陡峭，因而一遇地震或豪雨，每每形成嚴重的坡地災害。加上台灣地狹人稠，隨著社經環境之快速發展，造成大量坡地過度或不當的開發使用，使坡地地質災害問題更形嚴重。

經濟部中央地質調查所於九十年度提報「都會區及周緣坡地整合性環境地質資料庫建置計畫」，並配合該計畫之規劃，進行環境地質災害敏感區劃設準則及作業技術規範之研定。不過由於過去國內之坡地環境地質災害與工程地質環境調查工作大部份以案例調查為主，較少有關區域性調查工作。同時，由於調查目的之不同，在環境地質災害之分類、研究的方法、成果的展示等也均有所不同。因此本所在計畫之規畫及相關準則及規範之研定上遇到不少的問題及困擾。

日本為整治 1858 年「飛越地震」山崩殘留之約 2 億立方公尺土砂，避免豪雨引發土石流災害危及富山平野，於大正 15 年成立中央直轄之立山砂防事務所，開啟日本之砂防事業，百餘年來在砂防事業上已累積相當之經驗與成果。

本次研習經由日本全國治水砂防協會之安排，進行相關課程之研修及野外參訪調查，深入了解日本坡地防災政策及法規、坡地災害調查分析及防治技術。在研習中，發現日本砂防界有下列幾項值得我們效法的地方：

一、求精、求實的精神

日本自三十年前即開始山崩分佈圖之繪製，預計仍需十年左右才能完成全國之山崩分佈圖。這項工作完全由七、八個資深的砂防界教授不計個人名利，以傳統之判釋方法一點一滴完成，因而成為日本砂防事業最基本但也是最寶貴的資料。

二、對世界各地重大坡地環境地質災害做即時的反應

每當世界各地發生重大坡地環境地質災害，日本砂防界都會立即組調查團進行考察，以為檢討日本砂防對策之參考。

三、以百年事業為胸懷的砂防工事、人定勝天的信念及「人命關天」的砂防對策

日本為整治 1858 飛越地震所形成土砂量約 4.1 億立方公尺之大山崩及土石流災害，在立山建設大規模砂防工事設施群，

這些設施群百年來雖經歷多次的洪水及土石流之侵襲，至今仍然屹立不搖，充份顯現日本砂防界百年砂防事業的胸懷。而位於生駒山地及金鋼山地間峽谷北岸之龜の瀬地滑，其滑動面積廣達 50 頃，由於滑動體之推力大、滑動面深，其對策工事主力之深礎工每根直徑約 6.5 m、長約 100 m、工期 3 年、造價達 4 億日圓，顯示日本在砂防對策上人定勝天的信念。日本在砂防工事對策上均寬籌經費，以百分之百保障人民生命財產為規劃設計之基礎。以位於石屋川上游之燒きの原堰堤為例，由於它是神戶地區住宅最靠近山地的地方，堰堤下方緊鄰住家，故其設計之攔砂壩容許溢流土方量為零，以保障人民生命財產安全。

四、完備的法規

日本在砂防方面有完備的法規，對地滑、急傾斜地之災害防止對策基本方針、各級政府之義務、危險區域之指定及管理，相關費用各級政府之分攤、警戒避難體制之整備、開發行為之限制、對策工事基準、施工損失補償等均有詳細的規範。

五、成立砂防協會，善用民間力量

日本砂防協會成立於 1935 年，會員由市町村長組成，其主要任務為負責政府及民間之溝通協調、受委託辦理砂防調查研究、協辦國際砂防合作交流事宜等。

六、建立山崩資料館，加強坡地防災教育及與民眾之溝通

日本在一些重要的地滑地，如長野縣地付山地滑、龜の瀬地滑、兵庫縣仁川百合野町地滑等均設有地滑資料館，除做為地滑監測中心外，並展示地滑相關資料，讓民眾了解政府之砂防政策，並因此能安心居住。

目次

摘要	IV
目次	VI
壹、前言	1
貳、目的	2
參、過程	3
一、日本土砂災害防止業務概述	3
二、日本山崩研究簡介	6
三、日本地滑地調查及防治對策概述	9
四、野外調查及參訪	15
肆、心得	25
伍、建議	27
伍、參考文獻	29
附錄	
附圖	31
照片	54

壹、前言

台灣為亞熱帶氣候，雨量豐沛而集中，加上位處歐亞板塊與菲律賓海板塊碰撞帶上，造山運動激烈、地盤上昇快速，造成河川侵蝕作用強盛、地形陡峭，褶皺、斷層、節理隨處可見，因而易遇地震或豪雨，每每形成嚴重的坡地災害。加上台灣地狹人稠，有三分之二以上之面積為山地，近二十年來隨著社經環境之快速發展，坡地社區及坡地公共工程建設如雨後春筍出現，造成大量坡地過度或不當的開發使用，使坡地地質災害問題更形嚴重。同時，由於坡地災害具有重複發生之特性，因此建立一套以防災為著眼的環境地質災害敏感區資料庫，提供後續對高危險地區的災害評估與土地的利用管理，將有助於達到坡地災害預防的目的。

有鑑於此，經濟部中央地質調查所於九十一年度起至九十一年度止，進行都會區坡地地質災害調查工作，針對各種不同的地質災害敏感區作詳細的調查評估及建立整合性資料庫，以解決目前資料欠缺的情形，並提供後續高危險地質災害敏感區之風險評估使用。不過，有關坡地環境地質災害與工程地質環境調查，過去雖已有些單位進行過相關工作，但因目的、人力及經費的關係，多偏重於案例之調查，較少區域性環境與工程地質調查工作。同時由於調查目的之不同，在環境地質災害之分類、研究的方法、成果的展示等也均有所不同。因此有必要汲取先進國家之經驗，以為辦理全省都會區坡地地質災害調查、分析之參考。

由於日本在氣候、地形、地質及政經環境上與台灣極為相似，同時日本在坡地防災已有近百年之經驗，故本研修計畫擬借鏡日本在坡地防災之經驗及技術，研習有關坡地防災技術及坡地防災地質資料庫之建置。

貳、目的

坡地災害層出不窮，除造成社會重大損失，突顯加強國人對地質災害的發生及地質災害敏感地區之認知，及建立一套整合性的坡地防災資料庫及地理資訊系統供政府防災決策及民間土地開發者參考使用之重要性。

經濟部中央地質調查所於九十年度提報「都會區及周緣坡地整合性環境地質資料庫建置計畫」，並配合該計畫之規劃，進行環境地質災害敏感區劃設準則及作業技術規範之研定。由於過去國內之坡地環境地質災害與工程地質環境調查工作大部份以案例調查為主，較少有關區域性調查工作。同時，由於調查目的之不同，在環境地質災害之分類、研究的方法、成果的展示等也均有所不同。因此在「都會區及周緣坡地整合性環境地質資料庫建置計畫」之規畫及相關準則及作業技術規範之研定上遇到的問題及困擾很多。

日本為整治 1858 年飛越地震（地震規模 7.0~7.1）引發之「鳶崩」大山崩殘留之約 2 億立方公尺土砂，避免豪雨引發土石流災害危及富山市，於大正 15 年成立中央直轄之立山砂防事務所，開啟日本之砂防事業。百年來在砂防事業上已累積投注相當多的人力和資源。因此經由日本全國治水砂防協會之安排，進行相關課程之研修及野外參訪調查，深入了解日本坡地防災政策及法規、坡地災害調查分析及防治技術，以期儘速落實「加強山崩調查研究及國土開發之地質安全性評估及防治」之政策。儘速完成坡地防災地質資料庫之建置，以因應社會之快速變遷及各界對坡地防災資料之迫切需求。

參、過程

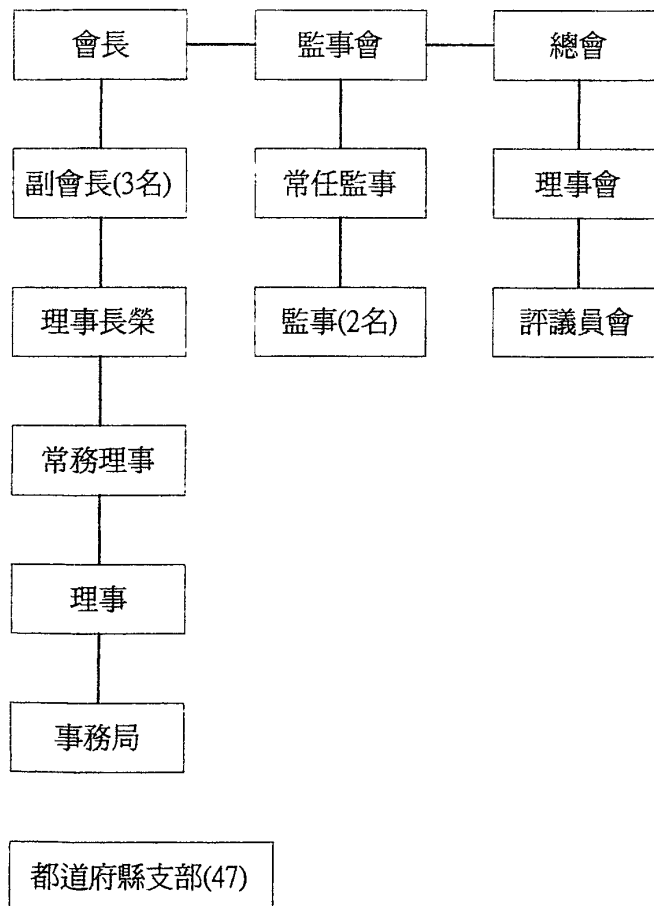
本次研修之過程分為兩部份，一部份為參加日本砂防協會為本次研修所延聘之日本砂防界學者專家所開之講座及討論，並進行山崩相關文獻圖資之蒐集及研讀。第二部份為赴新潟、長野、四國、神戶地區參訪砂防相關單位及參與野外實習。

一、日本土砂災害防止業務概述

日本國內在土砂災害防治工作方面相較國內較為進步，有許多採取的相關措施，值得我國參考借鏡。

(一) 日本全國治水砂防協會簡介

日本砂防協會成立於 1935 年，至 1940 年因社團法人化而改



圖一 日本全國治水砂防協會組織圖

稱日本全國治水砂防協會，成立之初在府縣設有 35 個支部，社員則由 2690 個市町村長組成，目前則共有會員 2799 個，都道府縣支部 47 個（圖一）。協會主要任務為負責政府及民間之溝通協調、

受委託辦理砂防調查研究、協辦國際砂防合作交流事宜，本次研習即由日本全國治水砂防協會安排。

（二）日本砂防相關法規

日本在有關砂防之法規方面計有砂防法、地滑防止法、急傾斜地災害防止法、土砂災害警戒區域及土砂災害防止對策之相關法律（簡稱「土砂災害防止法」）等。

砂防法主要規範土地開發使用之限制及砂防設備（如砂防指定地之限制使用、各級政府之義務、砂防設備之由中央直轄管理等）、砂防相關費用各級政府之收入及分攤、監督管理強制處分及警察權之行使、砂防指定地之指定。

地滑防止法主要規範地滑防止對策基本方針、地滑防止區域之指定、礦渣山崩壞防止區域之指定、地滑防止區域之管理（標誌之設置、地滑防止工事基本計畫及相關事業計畫、中央之直轄工事、對策工事基準、施工損失補償、開發許可、地滑防止區域之限制使用）、地滑防止區域相關費用各級政府分攤原則、礦渣山崩壞防止區域之管理（表一、二）。

急傾斜地災害防止法主要規範急傾斜地危險區域之指定、急傾斜地危險區域之管理（危險區域標誌之設置、必要之監督及處分、開發行為之限制、土地之保全、都道府縣對策工事、對策工事基準、施工損失補償、急傾斜地危險區域之指定、急傾斜地災害警戒避難體制之整備）、急傾斜地危險區域相關費用之收入及分攤。

土砂災害防止法主要規範土砂災害防止對策基本方針、土砂災害警戒區域（土砂災害警戒避難體制之整備）、土砂災害特別警戒區域（開發行為之限制、開發許可基準、開發完工檢查、特別警戒區建物結構基準）等。

（三）日本土砂災害防止法簡介

日本於西元 2000 年通過施行土砂災害防止法，該法之主要功能及重要內容要點如下：

1. 作為土砂災害防止對策基本指導方針，規範所有土砂災害防止之相關對策事項。土砂災害防止對象分為急傾斜地崩壞、土石流、地滑等三種。
2. 明定各種土砂災害相關調查作業方法，由日本各都道府縣為主管機關。
3. 說明土砂災害警戒區域劃定之工作等條文。
4. 規範土砂災害警戒區域內建築、防災之管理等相關措施。

（四）土砂災害警戒區域指定

根據日本砂防法與土砂災害防止法，均明列有土砂災害警戒

區域指定之工作，其指定基準如下：

1. 急傾斜地災害警戒區域：

- (2) 坡度 30 度以上，坡高 5m 以上者。
- (3) 距急傾斜地上緣 10 m 以內者範圍者。
- (4) 距急傾斜地下緣起，坡高 2 倍距離以內之範圍者，超過 50 m 者以 50 m 計。

2. 土石流災害警戒區域：

土石流危險溪流自扇頂部至下流坡度 2 度以上之之範圍者。

3. 地滑災害警戒區域：

- (1) 地滑範圍（地滑區或地滑敏感區）。
- (2) 地滑範圍前緣起，滑動體長度 2 倍距離以內之範圍者，超過 250 m 者以 250 m 計。

土砂災害危險區域圖(圖一)包括土石流危險溪流、土石流危險區域(圖二)、急傾斜地崩壞危險地與危險箇所(圖三)、地滑危險地等潛在危險區(圖四)等之指定。土砂災害危險區域圖之調查指定工作為坡地防災之首要基本工作，具有實用價值。本所自 91 年度開始亦將執行台灣地區坡地地質災害敏感區之指定及環境地質資料庫建置工作，因此日本國內各市町村之土砂災害危險區域圖恰可提供本所未來執行成果之參考，為此行之最大收穫。

表一 日本地滑防止法相關之規定

地滑防止法	
主政大臣	
國土交通大臣	砂防指定地內之地滑及礦渣山 農林水產大臣主政以外之地滑及礦渣山
農林水產大臣	保安林內、保安設施內之地滑及礦渣山 土地改良事業區內、計畫區內之地滑及礦渣山
中央直轄事業	採行標準 國土保全上具有下列特殊重要意義之流域 跨二府縣以上之流域 流域雖在一府縣以內，但如不加整治，可能使地滑災害加劇或擴大，並危害其下游地區者。 工事規模大者。 工事技術高，需使用重型機械者。 中央負擔比率 與河流有關之地滑為 2/3，其他為 1/2。
補助事業	
補助率	地滑對策事業，總事業費 1 億日元以上者，補助 1/2 地滑災害加劇時之緊急對策事業，補助 5.5/10 地滑災害相關緊急對策事業，與河流有關之地滑為 2/3，其他為 1/2。

表二 日本產官學界在地滑對策之任務

中央（國土交通省） 訂定政策 砂防事業實施 調查研究、技術開發	國土交通省砂防部砂防計畫課（計畫、指定地管理等） 保全課（砂防事業之實施） 地方整備局工事事務所 國土政策技術總合研究所 獨立行政法人 土木研究所
都道府縣 政策之實施、地滑指定地之管理 砂防事業實施 應用技術開發試驗 政策檢討、資料交流	土木部砂防課 土木事務所 土木技術試驗所 全國地滑急傾斜地崩壞對策協議會
公益法人 政策支援、國際合作等 辦理資格檢定、研習 先期或尖端技術研究 指定地管理技術、斜坡利用研究 砂防教育之普及、砂防事業廣報	全國治水砂防協會 地滑政策技術協會 砂防、地滑技術中心 砂防 Frontier 整備推進中心 NPO 法人砂防廣報中心
大學 學會	地滑學會 砂防學會 日本林學會
民間 調查、對策計畫、工法檢討 工事實施、工法開發 地滑警戒、監視機器開發施工	顧問公司 建設公司 機械製造公司

二、日本山崩研究簡介

日本為山崩調查研究極為先進的國家，與山崩及砂防相關之各項研究成果，均可做為我國重要之參考。日本土砂災害在國內則主要分為三類：陡坡地崩塌，地滑與土石流三種，此三種土砂災害分屬不同研究領域及砂防單位所負責管轄。國內則目前大致分為崩塌與土石流二大類。

（一）地滑

地滑此一名詞在日本泛指，所有圓弧型、平面型或混合型滑動面之滑動均屬之，其特徵為滑動體未受太大破壞，仍維持內部構造，滑動面較深，且滑動後大部分滑動面仍為滑動體所掩蓋。

此與國內學術界所用定義並無太大差異。在日本順向坡地形並不普遍，故平面型地滑較不常見，地滑主要為圓弧型較多。此與台灣恰相反，台灣地區順向坡地形較為發育，平面型地滑甚為普遍，大規模的圓弧型滑動，則反而較不常見。

1. 日本地滑之分類

日本地滑類型之分類極為多種，依移動土塊分有：岩盤地滑→風化岩地滑→崩積土地滑→粘質土地滑(表三)。根據地層及地質構造可分為：第三紀地層地滑、破碎帶地滑及溫泉地地滑。依運動形態分有：地塊型地滑、崩壞型地滑，粘稠型地滑，流動型地滑。依運動樣式分有：圓弧型地滑、平面型地滑、匍行型地滑。依平面型狀分有：馬蹄型、尺形、角形、瓶頸形。依滑動面形狀分有：椅子型、舟底型、階段型、層狀型。

2. 日本地滑發生之原因

(1)內在素因(潛因)：地層褶曲隆起、泥岩、石灰岩頁岩或灰岩互層、第三紀風化岩層、不穩定地形因素。

(2)外力因素(誘因)：降雨、融雪導致間隙水壓上升、地震。

表三 日本地滑分類

類型		岩盤地滑	風化岩地滑	崩積土地滑	粘質土地滑
特徵	滑動體	新鮮或弱風化岩	風化岩	土砂夾礫石	土砂夾礫石
	性質	風化岩	土砂夾巨礫	土砂夾礫石部 份粘土化	粘質土或粘 質土夾礫石
地形		凸狀山稜	凸狀臺地 形、單丘狀 凹狀臺地	多丘狀凹狀臺 地	凹狀臺地
平面性		馬蹄形、方形	馬蹄形、方 形	馬蹄形、方形、 谷形、杓形	谷形、杓形
滑動面形狀		椅子形、船形	椅子形、船 形	弧形	弧形
運動速度		>2 cm/day	1.0~2.0 cm /day	0.5~1.0 cm /day	<0.5 cm/day

(二) 急傾斜地崩壞

急傾斜地崩壞與地滑之區別如(表四)，主要發生在坡度 30~60 度之陡坡，屬於快速運動之山崩類型。

急傾斜地之崩壞與地滑在地質、土質、地形、誘因及滑動特性均不相同。一般日本將山崩分成地滑與急傾斜地之崩壞。地滑規模較大、移動較緩慢、有明顯的滑動面、發生在緩坡上。而急傾斜地之崩壞則規模較小、移動速度快、無明顯的滑動面、發生

在陡坡上（表五）。一般而言，急傾斜地之崩壞易衍生成山坡型土

表四 地滑與山崩之區別

	地滑	山崩
地質	大多發生於特定之地質條件或地質構造，如斷層或軟弱岩夾層，滑動面強度較弱，主要發生於第三紀地質或火山溫泉區	與地質關連性較少，任何地方均可能發生，厚度不大於1 m
土壤	主要以黏性土為滑動面而滑動	主要以不連續面（如表土層與下層之界面）而崩落
地形	發生於5°~25°之緩坡地，上面具台地狀地形	多發生於30°以上之陡坡地
活動情形	持續性、再發性	突發性
移動速度	0.01~10mm/day，一般速度較為緩慢，最後會加速崩塌	10mm/day以上，移動速度很快
崩滑土體	土體受擾動少，滑動後大多尚維持原狀	崩落後土體受擾動，呈分崩離析狀態
誘因	受地下水之影響大	受降雨之影響，尤其是降雨強度
厚度、規模	平均厚度約20m，規模較大（1~100公頃）	厚度薄，平均厚度約2m，規模較小
徵候	發生前有地表裂隙、陷落、隆起，地下水變動等現象發生	發生前無明顯徵候，為突發性崩落現象

石流，惟其不可預測性也較高。

而急傾斜地之崩壞又以地震引發為重要因子，如日本1995年1月17日在淡路島發生規模7.2之大地震，引發神戶附近六甲山系山腹崩壞。而台灣規模7.3的921集集大地震，引發草嶺、九份二山、一江橋及后里台地南緣的大山崩，亦屬此類急傾斜地之崩壞。更為甚者，中橫公路谷關至德基段及大安溪東岸山坡之崩塌，

表五 急傾斜地之崩壞與地滑之相異點

	地滑	急傾斜地之崩壞
滑動面	通過地盤調查可找出滑動面	崩坍後才知滑動面位於何處 發生在岩層強度與透水性不同之處
動態觀測	地滑有滑動與停止之地形 透過管內歪斜計等可知地滑面形及活動程度	不動或微動，且為局部性動態觀測，無法知地滑位置及形狀
發生誘因	孔隙水壓上昇 地下水排除整治為主	發生原因多－孔隙水壓、下雨 土壤飽和度上升、地盤含水造成強度降低、孔隙含水造成重量增加、表面流水造成侵蝕。 較少做排水工程

更造成中橫公路封山，雪山林道崩壞等。而大家映像最深的應為

林肯大郡之順向坡崩壞。急傾斜地之崩壞及調查工作較為困難，日本方面亦積極在進行此一方面之研究，對於過去急傾斜地崩壞之災害狀況瞭解崩落區之特性、崩落範圍、崩落土量，以了解各種地質狀況下崩壞的情形近一步作為預測之參考。

急傾斜地崩壞之調查方法主要包括

- (1)航空照片判釋
- (2)現地精查，又包括 a: 地質調查－地質結構、地層、構造，b: 土質、岩質分類評估，c: 找出不連續面－強度不連續面、水滲透之不連續面。d: 地表水滲入狀況，及 e: 地下水狀況。
- (3)地質鑽探
- (4)地質材料之物理及力學性質試驗
- (5)地下水調查
- (6)坡面變位調查
- (7)調查崩塌的主要原因及其作用。

三、日本地滑地調查及防治對策概述

日本國內對地滑地之調查工作相當重視，常投入大量人力與經費，多方運用許多方法，以求確實做好調查工作，此點足可作為國內之借鏡。

地滑調查的目的在協助提供最有效而經濟的防治規劃資料，亦即地滑調查結果可瞭解”在何處，以何種工程，可得何許成果”。地滑調查，依先後次序，一般可分為現況調查與機制調查。現況調查係就地質與地形條件所推測之地滑區，進行各種地滑的地表現象或徵兆等調查，推測地滑機制(Mechanism)，並規劃緊急對策方案。機制調查係根據現況調查結果及所推測地滑機制，進行各種地表與地下調查，以驗證所推測的地滑機制，並提供防治規劃參考。地滑的特性多因其類型而異，故調查方法亦應隨地滑類型而組合較有效方式進行之。

(一) 地滑地現況調查

在日本國內地滑現況調查係測定地滑之滑動狀況，包括其滑動範圍、滑動方向、滑動量等。於野外踏勘(現地勘查)階段之地質調查，係根據地形圖、地質圖及航空照片等判釋結果，赴野外實地調查地滑之滑落崖、裂隙等地形特性，及岩性、地層、構造等地質特性，以瞭解地滑之範圍、滑動形態及滑動方向等，並細分出各滑動體(Block)。

1. 地形調查

地形調查分為概查與精查兩部分，概查時，可使用滑動發生

前、後所攝製之航空照片和地形圖，並至現場將下列各地滑特徵之位置或界線標示於地形圖內，以供地形測量之參考。主要調查區域為(1)主滑落崖，(2)陷落區，(3)隆起區，(4)泥流區或崩積區，(5)滑動區兩翼，(6)湧水地區，(7)災害區之設施等。

地形測量的範圍需略大於災害區，應包含周圍之穩定地區，並於地滑區外圍之穩定地區上設置兩點以上之基準點，以供日後各種調查或核對之用。

精查時，應詳細調查下列各項，並將其位置與內容正確地標示在地形圖或航照圖上：(1)滑落崖、地滑界線、災害範圍，並測量或計算其長度、厚度和面積。(2)陷落區、隆起區、二次地滑區(冠部及兩翼)，並測量或計算其寬度和面積。(3)裂隙分佈：A.位置、長度、方向、開口或閉合、落差。B.排列方式：雁行、平行、放射狀、不規則。C.成因：張力、剪力、壓力。(4)滲水位置、出水狀況(持續性與出水量)。(5)滑動方向及滑動量。(6)災害情況。(7)研究以上地滑地形特徵與其地質(岩質、構造、不連續面等)之關係。(8)繪製地滑區主測線之縱剖面圖，並標示上述調查之地形特徵與地質之關係，以及有關機制(包括滑動面位置)等之研判結果。(9)研判潛在危險地區，並標示於地圖上。

2. 地質調查

參考地形圖、地質圖及航空照片的判釋結果，以前述地形測量所得之地形圖為底圖，至野外調查(1)地質構造、岩性及產狀、地層層序及年代等。(2)表土、風化土層、粘土層等之分佈。(3)層面、節理或其它不連續面之走向與傾斜，摺曲之狀態，風化的程度。(4)岩層或岩體之生成型態，如沉積岩之呈平整屑狀或凸鏡狀之類，及有無夾雜粘土等。(5)斷層、破碎帶、或其它線形構造的寬度、走向與傾斜、破碎程度等等地質現象。

3. 植生調查

調查地滑區內及其附近之植物種類、數量及分佈情形，藉以瞭解地滑區內之立地及植被特性，俾供劃分滑動體及植生對策之參考。地滑區內進行植生調查時，應注意下列各項：

- (1) 地滑區內之樹木常有枯萎、樹幹裂開或彎曲、傾倒等異常現象。
- (2) 地滑區內常發育著植物初生演替過程中先驅植物優勢生長群落。

4. 滑動區之劃分

根據地形與地表地質調查之結果，將整個地滑區劃分成一個以上的滑動體，為地滑調查與防治規劃之基本單位。滑動體係先在地形圖上，就地滑的微地形來劃分，然後於現場的地形與地表地質調查時，依各種滑動現象加以驗證或修改，並依滑動狀況、

災害程度或保護對象的重要性等，評估各個滑動體的危險程度。每一個滑動體通常是一個含有一頭部的坡面，或是為張力裂隙所圍繞的坡面。

5. 水文調查

地滑區之水文調查，係就地表即能瞭解之範圍內，調查地表水文與地下水文。一般水文調查項目有降雨量、滲透量、地表水、中間流、蒸發量、土壤水貯留量、地下水貯留量等。但在地滑現場踏勘時，其重點是在水文地質，因此主要著重在降雨、滲透水、地下水貯留量及含水層、地下水分佈及地下水露頭(沼澤、湧泉、水井、溪流、伏流水等之分佈)等之調查。

6. 地表移動量調查

地表移動量調查的目的，是在量測地滑造成地表面的傾斜量及伸縮量，以瞭解其危險範圍，同時為了推測日後的活動性，可利用上述測數藉以辨認地滑土體受張力作用或壓力作用的部位，或刮分滑動體等，以供地滑防治工程規劃之參考。調查方法有地表測量、伸縮計、地盤傾斜計等，視現場狀況而擇取適當者實施。

7. 機制調查

機制調查是針對地滑區內各滑動體的地質、滑動面深度、滑動型態、規模、及水文等進行三度空間的調查。雖然地滑的機制相當複雜，但是為了要瞭解引發地滑的地下水動態、地下地質、風化及變質的情形、滑動面深度、以及斜坡穩定分析所需之土壤力學參數等。因此對於決定防治工程的種類與方法而言，機制調查是一個極重要的工作，且其調查的精確度可左右地滑防治工程的成功與否。

機制調查項目大致有地球物理探測、鑽探、滑動面調查、地下水調查、土質特性調查等。

8. 地球物理探測

地球物理探測，簡稱地物探測，是根據地層的傳波特性、電性、溫度、或是地下放射性等物理現象來探測地下地質構造與地下水的分佈等。常用的探測方法有：1. 展測法、2. 電探法、3. 井測法、4. 地溫探測、土放射性探測、磁力法、重力法等。

9. 粘土礦物鑑定

粘土礦物鑑定是為了瞭解滑動區及其周圍的粘土礦物之物理與化學性質而進行的試劑反應、X光繞射法、或放射性同位素法等試驗。岩層由於受到斷層等的作用，復受鹼性地下水的影響，風化而回產生蒙脫石；在溫泉區，岩石亦會受地下的硫化作用而產生蒙脫石，蒙脫石會吸收孔隙水而膨脹產生應變膨脹壓力，因此有必要進行粘土礦物鑑定以瞭解其粘土礦物之種類與特性。

10. 滑動面與滑動量調查

滑動面與滑動量調查係利用鑽孔，以儀器量測滑動面位置與地下滑動量，調查方法與儀器有滑動面測管法、管式應變計、孔內傾斜儀，孔內伸縮儀等。

(三) 日本地滑地防治工事對策概述

日本地滑地防治工事的研究成果斐然，極受到世界各國的重視，目前國內亦正吸取日本在這一方面的經驗。日本的地滑地防治工事對策大致可分為抑制工程與抑止工程兩大類。所謂抑制工程，係以改變邊坡之地形或地下水等自然環境條件來穩定邊坡的各種工程設施，如整坡，排水等；抑止工程，係以工程結構物來抑止邊坡滑動的各種工程設施，如打樁、擋土牆等。防治工法的選擇，主要係依據滑動體主斷面之穩定分析結果來決定。一般而言，防治工法的組合，除了應考慮其經濟性外，整個計畫的即效性亦不容忽視。

3. 日本國內常用之防治工法

(1) 防治工程之規劃原則針對發生機制選擇適當工法。

(2) 防治工程應以抑制工程為主，而抑止工程係用以穩定較小滑動體，以防民房或重要設施直接受損。

(3) 地滑活動較劇時，原則上先行抑制工程。

凡對於降雨的當日或次日即發生地滑者，其邊坡穩定性主要係受淺層地下水的影響，因此其防治工法以地表排水工程或暗渠工程為主。對於降雨後數日始發生地滑者，其邊坡穩定性大多係受深層地下水的影響，因此其防治工法以橫向排水、集水井、地下排水隧道等為主。對於規模較小的地滑，可施以土方工程(填土，挖土)或擋土工程等；對於規模較大者，則以排水工程、局部挖方、或河川構造物等為主。

由風化岩、泥岩等地質因素所發生的地滑，可施以淺層地下水排除工程、地表排水工程等；對於更軟弱的粘性滑動體，可在災害區外圍設置地下水截斷工程，使其漸趨穩定。由單一滑動體所構成之弧形滑動者，可在其頭部施以挖方工程或深層地下水排除工程。由數個滑動體沿邊坡傾斜方向接續在一起，且滑動面幾呈直線形時，則可在足部施以填方或地下水排除工程。在一滑動體內，常可分為張力應變區與壓力應變區，在前者多規劃地下水排除工程，於後者則規劃抑止工程。地滑通常係由數個相關連的滑動體所構成，且其活動多是某一滑動體失去平衡而誘發，故可先設法穩定該滑動體，然後再進行整體的防治工作。

4. 日本地滑地對策工事之計畫安全係數計算

日本地滑地對策工事之計畫安全係數係根據日本過去數十年

之經驗所訂定。規劃地滑地防治工程時，常依地滑之規模、可能之災害範圍，以及保護對象的重要性等因素，多將其計畫安全係數訂在 $fs=1.05\sim1.20$ 範圍內。緊急工程計畫安全係數，多採用 1.05，永久性工程計畫安全係數則採 1.10~1.20 之間，如鐵道、非主要公路為 1.15，住家、主要幹道則為 1.20。

計畫安全係數計算多採用二度空間的簡便法計算方式，但根據日本過去經驗，二度空間計算法普遍有安全係數低估的情形，造成工事過大。最近則有運用三度空間的計算方式，似較為接近實際情形。

(四) 地震砂防

地震砂防之研究包括土砂移動之類型、土砂移動現象發生範圍之預測、發生場所及崩土擴散範圍之預測。統計區域「地震規模與山崩影響範圍」、「震央距離與山崩影響範圍」、「活斷層與山崩影響之關係」，找出其間何者關係較大，據以作為加強防治地震引發山崩之參考。一般而言地震規模 5 以下不易引發山崩，距震央 3-4km 發生地震山崩災害之機率較大，並且距活斷層帶近者崩塌多而距震央近不見得崩塌多。

一般而言地震引發之地盤災害有，落石、表層崩壞 (surface slope failure)、岩盤崩落 (rock slide) 等。對於岩體破碎及高度風化的陡坡、順向坡、斷層破碎帶等地區需加以注意及治理。將區域地區地震引發山崩之因子地質構造、地形、地下水、水文，加以治理，以防治地震引發之山崩災害。

由於之前台灣地震引發山崩災害少，因此一直未有此一方面之研究資料。而 921 集集大地震在台灣中部引發許多大規模的山崩，如草嶺、九份二山、九九峰等，使我們今後必需深入研究地震引發山崩及其後之土石流。本次研習地震與砂防課程，獲得許多日本的實例，並參觀神戶仁川之實例，尤其在分析研究方法上獲益良多。而台灣大地震引發山崩之地質背景與神戶仁川並不相同，希望未來中央地質調查所在地震引發山崩災害研究的結果能與日本多方交換心得。

(五) 地形分析運用於地滑地之調查

地形圖、航空照片及衛星影像分析在地質調查所各項調查均普遍使用，但在山崩微地形分析應用上較少。此一研習課程使我們對山崩微地形分析上增益良多，對於山崩航空照片判釋可更進一步。

瞭解崩塌地之地形特徵為應用地形分析於山崩地滑地調查之基本工作，以弧形崩塌為例 (圖五)，在上端沉降部之冠頂部會出現龜裂、主滑落崖、側崖、橫向龜裂、二次滑落崖等現象；而下

方的隆起部則有蛇狀隆起、放射狀龜裂等發生。而隨滑動地塊性質之改變，地滑地形會變遷，此一特徵亦可為山崩地滑地形解析之參考，如在基岩、風化岩層、崩積土及粘土質土壤之崩塌地變遷均不同（圖六）。而線狀凹地（圖七）係重力作用與降雨所造成之結果，在稜線附近出現之線狀凹地很可能代表此一類的山崩，在國外文獻上有稱雙重山者即是。

而山崩由於滑動面之形狀不同會造成不同之微地形，如滑動面為舟底形狀之末端會受擠壓隆起，滑動面為椅子形（楔形）在上端會產生陷落帶及滑動體脫落處有龜裂發生。而一般滑動面受地形因素影響亦產生滑落崖、側面龜裂等現象（圖八）。至於新舊山崩有重疊現象時，亦可利用其山崩交切現象來判斷先後與新舊（圖九）。

大致而言一個發育在谷地的大山崩由高至低處可以出現剝離崖、陷落區、壓縮隆起區及流動區。在稜線附近地區有張裂縫、主滑落崖及裸岩等；陷落區有、二次滑落崖、陷落帶或湖泊；壓縮隆起區有微褶皺及隆起地形；流動區則有緩慢移動的地滑。這是出現在谷地的山崩所呈現出之山崩微地形特徵。對於一個山崩的判斷必須綜合幾種微地形特徵，加以比較分析，不可只有一種現象就妄加判斷。

（六）GPS 全球衛星定位系統應用於山崩之監測

GPS（Global Position Syetem）為美國軍事上使用之衛星，近年已漸商業化。衛星軌道高度 2 萬公里，共六個軌道，每個軌道有四顆衛星，總共 24 顆衛星，實際則有 27 顆。目的在位地球任何位置均能接收到 4 顆衛星以上，以達到精確的定位功能。GPS 測量漸取代傳統之三邊三角測量，其測量精度及測量所費的時間均較傳統方法為優勢且快，並且不受天候之限制，亦不受傳統測量點需「通視」之要求。整體而言，除 GPS 所需的測量儀器比傳統測量所使用之儀器為貴外，其所需的測量施作費用較傳統測量低。

GPS 觀測時間加長，可提高觀測之精度。一般測量時間約 2-4 小時，但如取前 10 分鐘與後 10 分鐘，亦能得到相同精度。公元 2000 年 5 月，美國柯靈頓總統宣佈將人工機加入的雜訊（noise）關掉，使得測量精度又更加的提高。

一般全測站（total station）測量利用於山崩地滑之監測，因不可視部分多，會有死角。而利用 GPS 全球衛星定位系統進行山崩地滑之監測優點為，可以不考慮通視性、氣候影響不大。尤其於 10 公里範圍內影響小，精度亦較佳，而山崩地滑之範圍亦在此中，因此適用於山崩地滑之監測。惟此法應用於急傾斜地較差，係因

地形因素。另者急傾斜地之崩壞以垂直滑動量大於水平滑動量，而 GPS 之垂直精度約為水平精度的 2 倍，誤差較大。

本所以往 GPS 應用於活斷層之地殼變形觀測及地下水觀測網計畫，使用靜態測量方法，對於 RTK-GPS 之應用較少。而即時動態 GPS 測量 (RTK-GPS - Real-time kinematic) 被認為係進行山崩地滑監測較佳之方法。以往認為此法之精度不如靜態 (static) 測量，但今日之技術可克服，例如 DGPS。而日本京都大學福岡浩教授與日立造船情報株式會社共同研發之 VRS (Virtual Reference System) 改進了 RTK-GPS 及 DGPS 的缺點，為一雙向式，且野外一部 GPS 亦可操作，精度亦可達公分級，使用潛力無可限量。如配合地滑觀測，從兩向度的滑動面觀測，進而達到三向度滑動體之觀測，對於山崩的行為能獲得進一步的資訊，值得嘗試。其中日本利用 VRS 進行善德地、岡山縣田口及高知縣怒田等地之地滑，成效非常良好。

而 RTK-GPS 為即時觀測並即時計算位置，已定出所欲觀測的點位位置。在短時間測量下水平方向的標準偏差為 3-5mm，垂直方向的標準偏差為 5-7mm。對於監測山崩已足夠。在試驗中，連續 12 小時觀測之誤差與 1 個小時觀測之誤差約在 1-2cm 以內 (圖十)，因此在測量時間上可以縮短許多。

VRS 通過行動電話以雙向傳輸與控制中心聯繫，控制中心會給一個虛擬控制點，並進行即時差分，以達 RTK 之精度。

對於保全對象的人民生命財產安全及社會活動有威脅之邊坡，其穩定性及安全需進行定期的安全診斷。其方法可利用 RTK-GPS 對坡地進行定期的健康診斷觀測 (圖十一)，並配合伸縮計及孔內傾斜計之觀測。以瞭解整個滑動體之移動情形。

四、野外調查及參訪

(一) 長野及新潟地區

1. 茶白山地滑

茶白山位於長野市西南約 10 公里，其南峰之東斜面之地滑地規模長約 2000 公尺，其上部 800 公尺為向東南滑動，下部 1200 公尺向東滑動，寬約 130-430 公尺，面積約 46 公頃。地滑地之地質屬第三紀中新世之沈積岩層，崩動體為砂岩及泥岩互層，其下為流紋岩質凝灰岩。其發育可分為五期，第一期：1847 年之信濃越後地震 (通稱善光寺地震，M7.4) 造成茶白山南峰山腹湧水及地表變形，山新田部落地表也發現龜裂。第二期：1884 年茶白山南峰山頂附近發生龜裂，其後東側山腹開始緩緩下滑，不動島 (在 800 公尺下方) 上方之田地隆起。1884 年到 1929 年之 45 年期間，

崩動體上方發生變形。第三期(1930年至1943年):由於1930年長時間之梅雨,沿不動島兩側谷地之土塊開始滑動,崩動體滑入川,形成泥流。其年移動量在1932年8月至1935年3月間為93公尺,1935年3月至1937年11月間為60公尺,1940年後移動量有變緩之趨勢。第四期(1944-1964):1949年左右,在南側又有新的舌狀土塊成扇狀滑出。本期之年移動量在0.5-10公尺之間,以1960年之20公尺為最高。第五期(1965-現在):地滑趨於穩定,僅1966年因前一年之松代群發地震之影響,而記錄到12-28公尺之年移動量。

茶白山地滑之整治迄今已有68年之歷史,整治費用約達20億日元,整治設施有集水井(直徑3.5公尺)21個、Gravel Pile(直徑30-50公分)23個、排水廊道1119.5公尺、集水管22337公尺、鋼管樁150支、遮水壁120公尺、水路工27000公尺及砂防堰堤28個(圖十二)。由於1975年後,已趨於穩定,故於1977年決定設植物園、動物園及恐龍公園,目前已完成約70%。

2. 下石川地滑

下石川地滑於1999年9月28日發現地滑現象,到同年11月17日移動量接近每小時4mm,其下方之住戶有3戶即自行避難,故未發生人員傷亡(圖十三)。崩動體之地質屬柳沢土石流堆積物,其堆積年代約在一萬年至四萬年前,其礫石粒徑可達1公尺以上。柳沢土石流堆積物下伏砂岩及泥岩互層,層面向長野盆地傾斜(圖十四)。由於土石流堆積物多礫石,而且地下水容易集中,由此易於發生山崩。下石川地滑經整治後,到2000年7月地滑已趨穩定,整治費用約十一億日元。現在共設有地表伸縮計3個,孔內伸縮計3個,多層移動量計4個。

3. 地附山地滑

地附山位於長野市西北,標高733公尺。1981年地附山的收費道路發現有輕微的地滑現象,管理該有費道路的長野縣企業局即著手調查。1985年的梅雨期,因大雨而使滑動加速。到了同年7月26日即發生了大規模的山崩,崩落體朝湯谷社區、松壽莊及望岳台社區等滑落,造成26人死亡,房屋全毀及半毀共64戶(圖十五)。地附山地滑地規模長約700公尺,最大寬度約500公尺,面積約25公頃,土方約360萬立方公尺,滑動面深度約60公尺。

地附山周邊之地質屬中新世後期之凝灰岩,可分為三層。下部為細粒堅硬而緻密之流紋質凝灰岩、凝灰角礫岩及流紋岩,中部地層為泥岩、含凝灰岩礫泥岩、泥質凝灰岩及凝灰質礫岩,上部地層為凝灰岩及堅硬之白色細粒凝灰岩。地滑上部有一東北西南走向之斷層通過,構造甚為複雜。中部地層之泥岩可能為本次

地滑之主要滑動面（圖十六）。

為穩定地附山地滑，一些較永久性之對策工事如集水井（23個，共有鑽孔 700 孔）、深礎工（29 根）、地錨工（共 1306 根）、鋼管樁（50 根）、排水廊道（3 個，總長 1630m）及坡面處理工法等也陸續完成。

地付山地滑地附近設有地滑資料館（照片一）兼做地滑監測中心，蒐集地滑監測數據，並展示滑活動之沿革、整治始末、地滑現況；並展示地付山地滑對策相關資料，讓當地民眾了解政府對地滑地及周圍環境之砂防政策、相關對策工事及整治經費，並因此能安心居住。

4. 一の瀨地滑

一の瀨地滑分為二個崩體，第一個發生於 1999 年 10 月 28 日，其崩體長度約為 210 公尺，寬約 80 公尺。第二個發生於 1999 年 11 月 18 日，其崩體長度約為 230 公尺，寬約 60 公尺。本地滑地之整治保全對象主要有民家、國道 292 號、長 川及長野縣土木部飯山支所等（圖十七）。

一の瀨地滑之注意報基準為伸縮計達到每小時 2mm 或每日 10mm；雨量每小時 4mm 或連續 10mm。避難勸告基準則為伸縮計達到每小時 4mm 或每日 10mm；雨量每小時 10mm 或連續 20mm。

5. 新潟試驗所

新潟試驗所為獨立行政法人土木研究所唯一駐外分支機構，計有所長一人、行政人員四人、研究人員六人。最初以地滑研究為主（表六），其後再增加有關雪害之研究，主要為研究山崩災害、道路雪害及雪崩。

表六 新潟試驗所地滑實驗及觀測設施表

名稱	概要	設置年
猿供養寺地滑試驗地	位於板倉町，為面積約 24 公頃之地滑試驗地，用以試驗地滑之機制及開發、試驗地滑地之調查方法	1960
沖見地滑試驗地	位於牧村，為面積約 27 公頃之地滑試驗地，用以試驗地滑之機制及開發、試驗地滑地之調查方法	1991

6. 猿供養寺地滑

位於新潟縣中頸城郡板倉町南方，距新井市東南 13.5 公里之丈山之南面斜面，斜面長 1.5 公里，高差約 260 公尺（圖十八、十九）。丈山高 571.6 公尺，為斑岩岩脈貫穿新第三紀寺泊層所形成，其中之黑色泥岩即為最容易發生地滑的地層。

猿供養寺地滑為丈山（Jogoyama）周圍呈放射狀分佈之地滑群之一，滑動面積達 24 公頃，崩動體可分為二十餘塊，新潟試驗所在其中之第 4 塊長期進行監測。自動氣象觀測設備包括風向風速計、雨量計、降雪感知計、溫度計、配電盤、示差放射計、濕度計（圖二十、二十一、二十二）。崩體斜面設有木樁，經由側面之不動地點進行三角測量，以監測山崩移動量。現場則有新潟縣政府進行整治工程。

7. 名立山崩

為 1751 年 5 月 21 日（250 年前）震央位於高田之高田大地震（地震規模 7.0~7.4）引發之山崩，距震央不到十公里，其崩壞土方量約 900 萬立方公尺，寬度約 1 公里（圖二十三、照片二）。其地質為出露於地表之頁岩下伏礫岩（厚約數米，內含 30~60cm 之圓礫）及砂岩。地層走向為北 70 度西，傾斜為 10 度向北。山崩造成 406 人死亡，埋沒房屋 81 戶。因不再活動故未再進行整治。

8. 沖見地滑

沖見地滑位於新潟縣關川水系之支流平方川右岸之斜面上，其附近標高 200~350 公尺之東頸城丘陵，自古即為地滑多發地帶。沖見地滑之長約 1500 公尺，寬約 500 公尺，高差為 150 公尺，面積 70 公頃，其地質屬中新世之椎谷層（圖二十四）。

整個地滑地可以分為五個滑動塊體，年移動量在 50 公分以上，最大移動量可達 1 公尺。新潟試驗所在地滑斜面之上部設有試驗地，以研究地滑之滑動機制、調查方法及防治工法。試驗地之規模約為 310 公尺長，110 公尺寬，滑動面深度約 15 公尺。

目前新潟試驗所在沖見地滑地進行以光纖檢測地表面變位之計測方法，其埋設費用在一億四千萬以上（圖二十五）。地滑現場除該研究所外，尚有長岡技術大學以光學方法進行山崩監測，及新潟大學進行地下水之調查。

9. 立山砂防

常願川流長 56 公里，平均坡度 1/30，部份達到 1/15，為日本國內有數之陡急河川。安政五年（1858 年）2 月 26 日跡津川斷層活動引發之飛越地震（地震規模 7.0~7.1），在常願川源頭之湯川左岸斜面造成稱為「鳶崩れ」之大山崩，其形成之土砂量約 4.1 億立方公尺。大量的土石堵塞湯川形成堰塞湖（照片三），到了 3 月

10 日及 4 月 26 日，由於融雪河水暴漲，使堰塞湖二次潰決，形成大規模之洪水及土石流，在富山平野造成極大的災害（圖二十六），至今尚可見到土石流沖下之大轉石遺跡約四、五十個，其直徑 4-7 公尺，重量 100-600 公噸（照片四）。

飛越地震山崩殘留之土砂量仍有約 2 億立方公尺，為免豪雨引發土石流災害危及富山市，因此於大正 15 年成立中央直轄之立山砂防事務所（照片五），由正好由歐洲學成歸國有「日本砂防之父」之稱的赤木正雄擔任第一任所長，在其具有遠大目標的規劃及詳細的調查下，率先採用水泥攔砂壩之設計，完成主副壩共 8 個落差為日本第一達 108 公尺之白岩砂防堰堤，開啟迄今約百年之立山砂防事業，並陸續完成一系列包括貯砂量日本第一達 500 萬立方公尺之本宮砂防堰堤等大規模砂防工事設施群（圖二十七、二十八）。而最值得讚佩的是這些砂防工事設施群百年來雖經歷多次的洪水及土石流之侵襲，至今人仍然屹立不搖，充份顯現日本砂防界百年砂防事業的胸懷。立山砂防之經費每年均達數十億之譜，去年經費約 100 億日幣，今年約 55 億日幣。

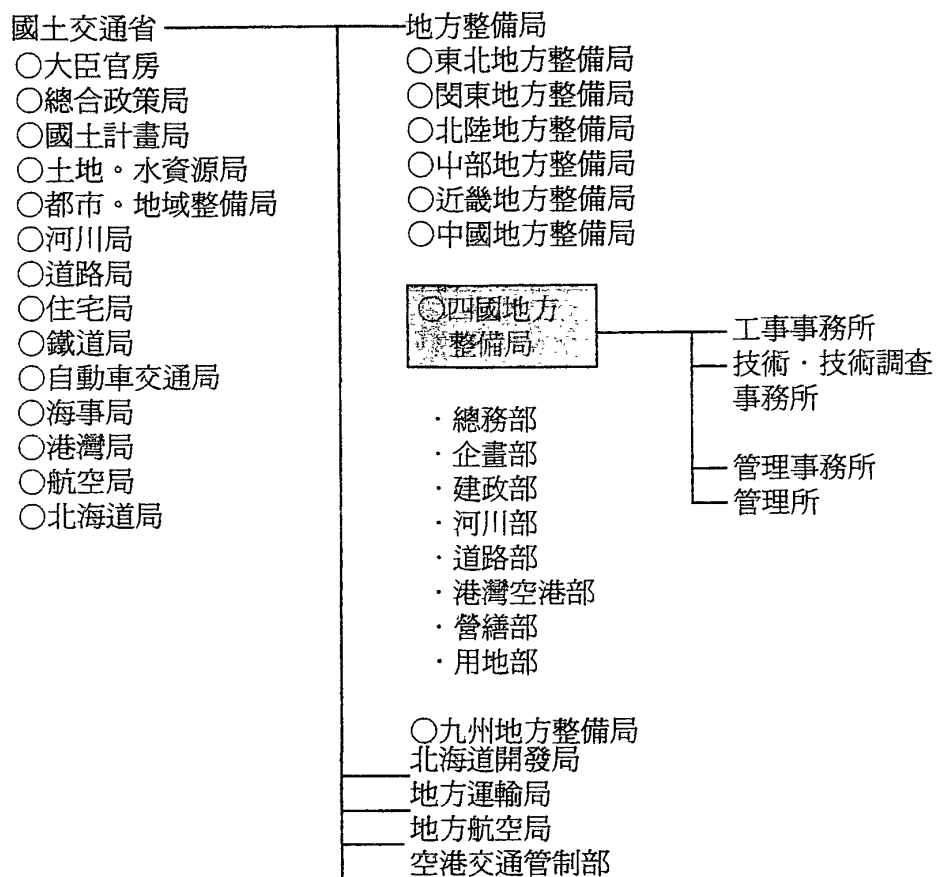
（二）四國地區

日本中央直轄之砂防工事均由隸屬國土交通省各個地方整備局（圖二十九）之砂防工事事務所實施。以四國地區為例，其砂防工事即由四國地方整備局之四國山地砂防工事事務所（圖三十）辦理。

1. 善德地滑

善德（德島縣三好郡西祖谷山村）地滑群位於吉野川支流祖谷川流域，最大斜面長約 900 公尺，最大寬度約 2000 公尺，地滑防止區域面積 220.9 公頃。善德地滑群之地質屬三波川帶之結晶片岩，為日本最大規模之破碎帶地滑（圖三十一）。

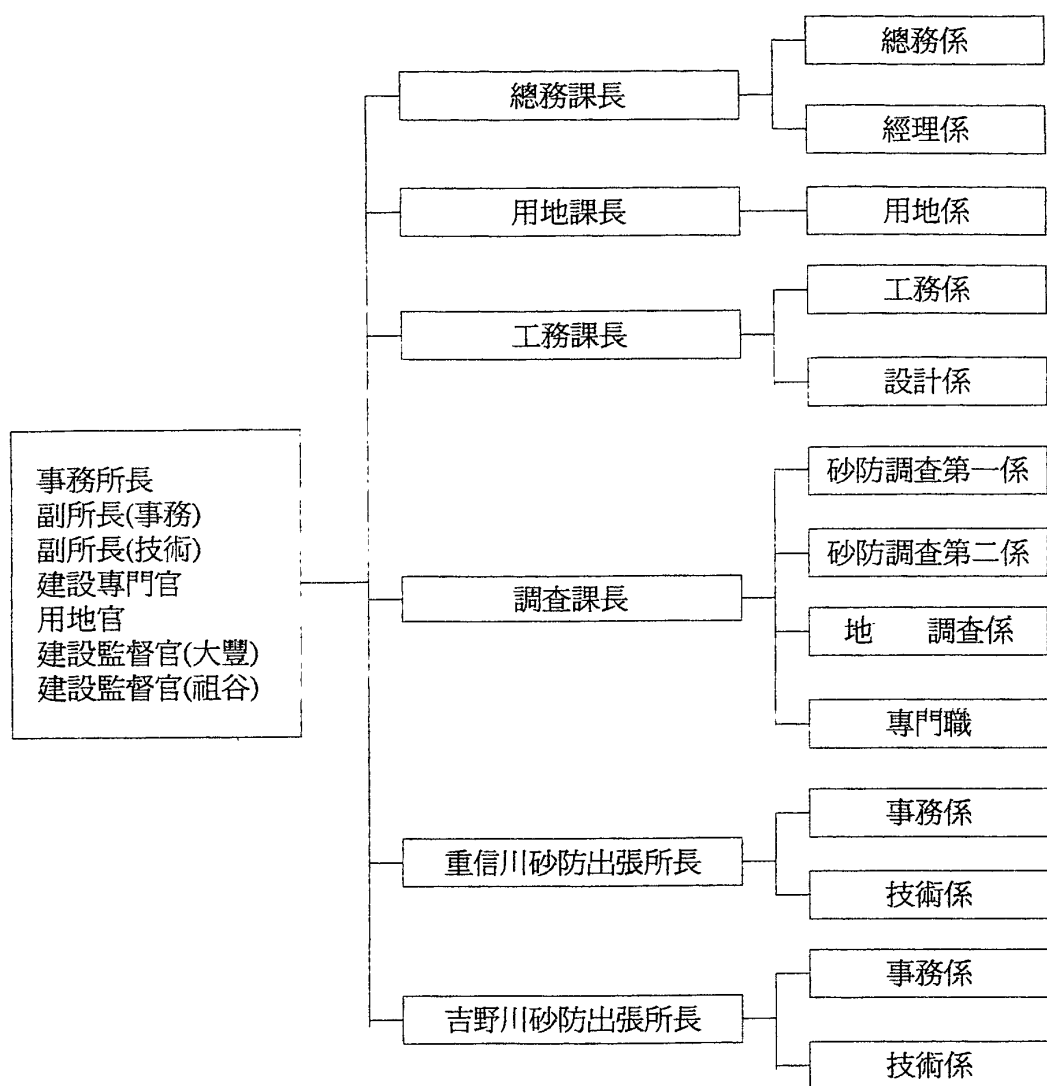
善德地滑群一般相信肇始於 1854 年之安政地震，其後即不斷有活動之紀錄。平成 4 年因颱風豪雨導致 Z-1 下部滑動塊開始活動危及住戶及縣道。因此由中央相關單位於平成 5 年 3 月開始進行整治，於平成 8 年 3 月完成。整治工程計有深礎工 20 支（直徑 5.5 公尺）、地錨工 280 支、集水井 5 口、植樹 16000 株（圖三十二、三十四）。Z-1 地滑之地質由上而下依次為崩積土層、高度風化之黑色片岩層及中度風化之黑色片岩層。崩積土層厚約 2~7 公尺，高度風化之黑色片岩層厚約 20~25 公尺，滑動面位於高度風化之黑色片岩層或其與中度風化黑色片岩層之分界處（圖三十三）。



圖二十九 國土交通省四國地方整備局組織圖

表七 富鄉水壩興建始末

時間	水壩興建及經營	地滑對策
1966 年	預備調查開始	
1974 年	實施計畫調查開始	
1977 年		開始地滑調查
1982 年	開始水壩興建	開始調查貯水影響之調查
1995 年	開始興建水壩本體	
1996 年		開始地滑對策工程
1997 年	完成水壩本體	
1999 年		開始貯水 寺野對岸地區發生地滑
2000 年		宮城地區發生地滑 完成貯水試驗
2001 年	水壩開始營運	



圖三十 四國山地砂防工事事務所之組組織圖

2. 富鄉水壩地滑群

富鄉水壩為吉野川綜合開發計畫之一環，為一具有洪水調節、都市用水及發電之多目標水壩（圖三十五）。富鄉水壩在規劃之初，即針對水庫四周之地滑地進行調查，並於貯水試驗時觀測地滑之情形（表七）。觀測結果，顯示直接受貯水影響之地滑地有15個，其他受貯水影響而有不安定傾向之崩積斜面也很多（圖三十六）。為期於貯水試驗過程及水壩營運中維持水壩四週斜面之安定，水壩管理單位定有管理基準值，進行必要之觀測及計測（表

八)。

(三) 神戸地區

1. 龜の瀨地滑

大和川由奈良盆地流向大阪平野，並分隔位於其北方之生駒山地及其南方之金剛山地，龜の瀨地滑即位於生駒山地及金剛山地間峽谷之北岸（圖三十七）。

龜の瀨地滑最早之活動歷史紀錄為昭和 6 年於龜の瀨附近之田中發現龜裂，滑動面積廣達 32 公頃，並向大和川方向滑動。造成上游淹水及國鐵關西本線（現 JR）之龜の瀨隧道崩壞。昭和 42 年 2 月及 3 月在清水谷上游又發生滑動，造成累計達 50 頃之大地滑地。

表八 富鄉水壩管理基準値

		一般氣象		
斜面管理基準		正常時	異常時	
		正常體制	注意體制	警戒體制
對應		一般之巡視、計測	必要巡視、計測之強化，如增加巡視、計測頻率、增設計測器等	禁止通行之檢討 避難之檢討 繼續或中止貯水之檢討
計測	管理基準	注意體制之管理基準	伸縮計 斜面變動量 1mm/日 以上 或同一方向變動量 0.4mm/日 以上，連續 3 日以上 傾斜計 3 日內同一方向之斜面變動量平均 5 秒/日 以上	注意體制繼續不變，並有擴大趨勢
巡視	判斷基準	—	發現山崩地滑之徵兆	注意體制之山崩地滑之徵兆有擴大跡象

		豪雨地震時
斜面管理基準		非常時
		非常體制
對應		臨時之巡視、計測
計測	管理基準	累積 200mm 之降雨時 發佈豪雨特報時 震度 4 以上時
巡視	判斷基準	—

由於龜の瀬地滑有持續滑動形成堰塞湖淹沒奈良盆地，或潰壩沖毀大阪平野之虞（圖三十八），所以從 1962 年起，由國土交通省開始接手整治。在進行地滑移動狀況、地下水位、地下水流動狀況調查及地質調查後（圖三十九），即著手地滑防止對策工事之構築，其工法包括深礎工、鋼管樁工、排土工、水路工、明暗渠工、橫向鑽孔工、集水井工、排水廊道工等。其中最值得一提的是規模堪稱世界第一之深礎工。由於一方面龜の瀬地滑滑動體之推力大，一方面滑動面深，故使深礎工成為龜の瀬地滑對策工事之主力。一般深礎工為直徑約 3.5~4 m、長約 30~60 m 之鋼筋水泥構造物，從昭和 61 年起開始施作每根直徑約 6.5 m、長約 100 m、工期 3 年、造價達 4 億日圓之巨大深礎工（圖四十）。

2. 兵庫縣西宮市仁川百合野町地滑

平成 7 年 1 月 17 日發生震源位於明石海峽之阪神・淡路大地震（地震規模 7.2），並引發約 770 個地震山崩，其中唯一造成死傷者為位於兵庫縣西宮市仁川百合野町地區之山崩。山崩之土石淹沒 8 戶人家，奪走 34 條人命，並造成仁川堰塞（圖四十一）。

山崩地點位於武庫川支流仁川南岸坡度約 20 度之斜坡上，其地層由上而下依次表土層、河階堆積層、大阪層群及花岡岩，滑動面即位於土土層之底部。崩崖高約 40~50 m，寬約 100 m，崩壞土砂量約 10 萬立方公尺。

災後立即進行地質鑽探（28 孔）、現地試驗、電測、地溫探測、土壤力學試驗等；設置孔內傾斜計、地下水位計、伸縮計、雨量計等，以了解地滑發生機制，隨即施作對策工程，計有橫向排水鑽孔 27 個、鋼管樁 63 支、井桁檔土牆長度約 150 m 及坡面工程等（圖四十二）。對策工程最後於平成 9 年 11 月完成，同時開始啟用自動觀測系統及仁川山崩資料館（照片六），展示地付山地滑對策相關資料，讓民眾了解政府對地滑地及周圍環境之砂防政策、相關對策工事及整治經費，使附近民眾安心居住。

3. 六甲砂防

昭和 13 年 7 月 3 日起連續數日的豪暴雨侵襲神戶地區，造成神戶市北方之六甲山區到處發生山崩，土石流淹沒神戶市區，加上市區週緣河川之泛濫，造成失蹤及死亡者多達 695 人之重大災害。日本政府乃於該年 9 月成立六甲砂防事務所，並於昭和 14 年 5 月開始迄今已達 60 年之中央直轄之砂防事業。六甲砂防事務所之業務範圍有：

a：砂防對策工事之整備（硬體砂防對策），如山腹工事、攔砂壩工事等。

b：土砂災害危險地點之公佈（軟體砂防對策）

c：警戒避難體系之整備（軟體砂防對策）（圖四十三）

工作項目包括警戒及避難實施基準之設定、避難方法之公告周知、避難場所避難道路之選定及公告周知、避難情報之蒐集及傳達、防災教育之普及和防災活動之實施。本次研習主要參訪下列砂防事業：

(1)綠帶事業（軟體砂防對策）

為阪神地震後之新規劃，日本全國有十四個綠帶，由中央經營管理之綠帶只有六甲山地（圖四十四），收購私地以經營管理綠地也以六甲山地為篤始。林相不好的地區，以人工造林改變林相，例如竹子因根系太淺不利水保，故予以砍除，改種闊葉木。

(2)燒きの原堰堤

燒きの原堰堤（照片七）位於石屋川上游，是神戶地區住宅最靠近山地的地方。燒きの原堰堤上方為阪神・淡路地震引致之山崩，並有林野廳在山崩後施作之鋼管樁做為緊急措施。其後六甲砂防事務所乃構築較具永久性之燒きの原堰堤，因堰堤下方緊鄰住家，故其設計之攔砂土方量約 6000 立方公尺，以保證可能之溢流土方為零。

(3)鶴甲山腹工

鶴甲山腹工（照片八）為六甲山系綠帶事業之一環，其工作項目包括山腹基礎工、山腹綠化工、植生管理三種。山腹基礎工目的在防止坡面土石流失，山腹綠化工係於坡面種植合適之樹種，主要為當地之樹種，以達到安定坡面之目的。鶴甲山腹工係整治阪神・淡路地震山崩之坡面長約 200 公尺，坡度約 35-40 度，採綠色工法，於坡面打地錨後，上鋪一層網再噴水泥漿，上覆開小孔之塑膠袋，用管子把土、肥料、種子灌入袋中，分段植草，整個完工費用約 100 億。

肆、心得

一、日本地理資訊系統及資料庫在地質災害調查研究之應用仍在起步階段，但其相關資料已十分完備

日本 GIS 技術在地質災害調查研究之應用仍在起步階段，因此日本砂防界目前並未利用地理資訊系統及資料庫來分析及劃設坡地環境地質災害敏感區。不過因為日本砂防事業已有近百年之歷史，累積了十分可觀的經驗和成果，有關坡地地質災害資料庫相關之調查規範及坡地災害監測、預警之基準值之分析及訂定也十分完備，因此其經驗和成果對本所即將進行之「都會區及周緣坡地整合性環境地質資料庫建置計畫」之推動極有參考價值。

二、求精、求實的精神

日本自三十年前即開始山崩分佈圖之繪製，預計仍需十年左右才能完成全國之山崩分佈圖，並自今年起開始進行每五年一次之更新工作。這項工作完全由七、八個資深的砂防界教授不計個人名利，以傳統之判釋方法一點一滴完成，因而成為日本砂防事業最基本但也是最寶貴的資料。這種凡事求精、求實的精神正是時下盛行速食文化的台灣各界值得學習的地方。

三、對世界各地重大坡地災害做即時的反應

每當世界各地發生重大坡地環境地質災害，日本砂防界都會組調查團考察。尤其是集集大地震及去年之桃芝、納莉颱風土石流災害之後，日本砂防界即密集來台考察，並於回國後立即檢討修下各項砂防參數。

四、百年事業的砂防工事、人定勝天的信念及「人命關天」的砂防對策

在考察長野縣之立山砂防及龜の瀨地滑對策工事之後，不能不佩服日本在砂防政策及對策方面長遠規劃的胸懷及人定勝天的信念。

1858 年 2 月 26 日之飛越地震（地震規模 7.0~7.1），在常願川源頭造成大山崩，形成之土砂量約 4.1 億立方公尺並形成堰塞湖，其後堰塞湖之二次潰決，造成大規模之洪水及土石流，在富山平野造成極大的災害。山崩殘留之土砂量仍有約 2 億立方公尺，為免豪雨再次引發土石流災害危及富山市，因此於大正 15 年成立中央直轄之立山砂防事務所，由正好從歐洲學成歸國有「日本砂防之父」之稱的赤木正雄擔任第一任所長，在其具有遠大目標的規劃及詳細的調查下，率先採用水泥攔砂壩之設計，完成主副壩共 8 個落差為日本第一達 108 公尺之白岩砂防堰堤，開啟迄今約百年

之立山砂防事業，並陸續完成一系列包括貯砂量日本第一達 500 萬立方公尺之本宮砂防堰堤等大規模砂防工事設施群。而最值得讚佩的是這些砂防工事設施群百年來雖經歷多次的洪水及土石流之侵襲，至今仍然屹立不搖，充份顯現日本砂防界百年砂防事業的胸懷。立山砂防之經費每年均達數十億之譜，去年經費約 100 億日幣，90 年約 55 億日幣。

龜の瀬地滑位於生駒山地及金剛山地間峽谷之北岸，滑動面積廣達 50 頃之大地滑地。由於地滑可能堵塞大和川形成堰塞湖，並因而淹沒奈良盆地，或可能潰壩沖毀大阪平野，所以從 1962 年起，由國土交通省開始接手整治。整治工事中最值得一提的是規模堪稱世界第一之深礎工，由於龜の瀬地滑滑動體之推力大、滑動面深，使深礎工成為龜の瀬地滑對策工事之主力。深礎工直徑一般約 3.5~4 m、長約 30~60 m，從昭和 61 年起開始施作每根直徑約 6.5 m、長約 100 m、工期 3 年、造價達 4 億日圓之巨大深礎工，顯示日本在砂防對策上人定勝天的信念。

日本在砂防工事對策上均寬籌經費，以百分之百保障人民生命財產為規劃設計之基礎。以位於石屋川上游之燒きの原堰堤為例，由於它是神戶地區住宅最靠近山地的地方，堰堤下方緊鄰住家，故其設計之攔砂量約 6000 立方公尺，遠高於可能之崩塌土方量，以保證溢流土方為零保障人民生命財產安全。

五、廣泛而持續的坡地地質災害觀測，可以達到減災防災之目標

由於坡地地質災害常有復發之趨勢且常具週期性，因此有關其潛勢調查、觀測及預警即顯得非常重要。日本在一些重要或災害性地滑地均設置有雨量計、水位計、水壓計、土壤濕度計等，並埋設傾斜計、歪度計，進行 GPS 或水準測量及遙測影像判釋，以監測雨量、地下水、地滑之變動量等資料，透過資料傳輸站網處理資料之記錄、傳送、分析及儲存。此外也進行監測技術之研究及地質防災科技之應用。由觀測及分析所得的資料即可以做為規劃砂防對策之參數、危險區域指定及管理之基準及警戒避難體制整備之依據。

六、完備的法規

日本有關砂防方面之法規計有砂防法、地滑防止法、急傾斜地災害防止法、土砂災害警戒區域及土砂災害防止對策之相關法律（簡稱「土砂災害防止法」）等。對地滑、急傾斜地之災害防止對策基本方針、各級政府之義務、危險區域之指定及管理，相關費用各級政府之分攤、警戒避難體制之整備、開發行為之限制、對策工事基準、施工損失補償等均有詳細的規範。

伍、建議

一、加強坡地地質災害基本調查及資料之蒐集建置

要達到國土永續經營之目標，坡地地質災害之基本調查、分析及預測是很重要的工作。以往國內相關工作受客觀環境之限制，較少進行基礎的、全面的調查及資料蒐集建置工作，因此沒有足夠的資料進行坡地地質災害之分析及預測。本所自 91 年度開始之環境地質資料庫建置計畫即在先期進行全省都會區坡地地質災害基本調查及資料之蒐集建置。

二、加速地質法及相關子法之立法，根本解決坡地地質災害

日本有關坡地地質災害方面之法規十分完備，計有砂防法、地滑防止法、急傾斜地災害防止法、土砂災害警戒區域及土砂災害防止對策之相關法律（簡稱「土砂災害防止法」）等，國內目前相關法規則尚付闕如，一些零星規定僅散見於水土保持法、區域計畫法、都市計畫法、環境影響評估法及相關建築法規，而有關坡地地質災害防止對策基本方針、尤其是危險區之指定及管理基準、警戒避難體制之整備、對策工事基準等尚缺少完整的規範。因此有必要加速地質法及相關子法之通過，以便對地質災害防治及安全評估工作提供法源依據，加強保障人民生命財產，減少坡地地質災害常造成之巨大而慘重的損失。

三、善用民間力量，成立類似日本砂防協會之組織

日本砂防協會成立於昭和 10 年，至昭和 15 年因社團法人化而改稱日本全國治水砂防協會，會員由市町村長組成，目前共有會員 2799 個，都道府縣支部 47 個。協會主要任務為負責政府及民間之溝通協調、受委託辦理砂防調查研究、協辦國際砂防合作交流事宜，本次研習即由日本全國治水砂防協會安排。

台灣目前在砂防事業上缺少像日本砂防協會這樣的組織，因此有必要善用民間力量，成立類似日本砂防協會之組織，以一個政府與民眾溝通之管道或機制，促進砂防相關政策之形成、砂防對策之推動、砂防教育及宣導及國際交流。

四、建立山崩地滑資料館，加強坡地防災教育及政府與民眾之溝通

日本在一些重要的地滑地，如長野縣地付山地滑、龜の瀬地滑、兵庫縣仁川百合野町地滑等均設有地滑資料館，在長野縣更設有立山火山口（カルデラ）砂防博物館。這些地滑資料館除做為地滑監測中心，蒐集各種地滑監測數據，再以有線或無線方式傳輸至砂防事務所或其他相關防災中心外，並展示該地滑活動之

沿革、整治始末、地滑現況；並展示該地滑地流域之砂防對策事業相關資料，讓民眾了解政府對該地滑地及周圍環境之砂防政策、相關對策工事及整治經費，並因此能繼續安心居住。

五、加強合作，建立常設性之交流管道

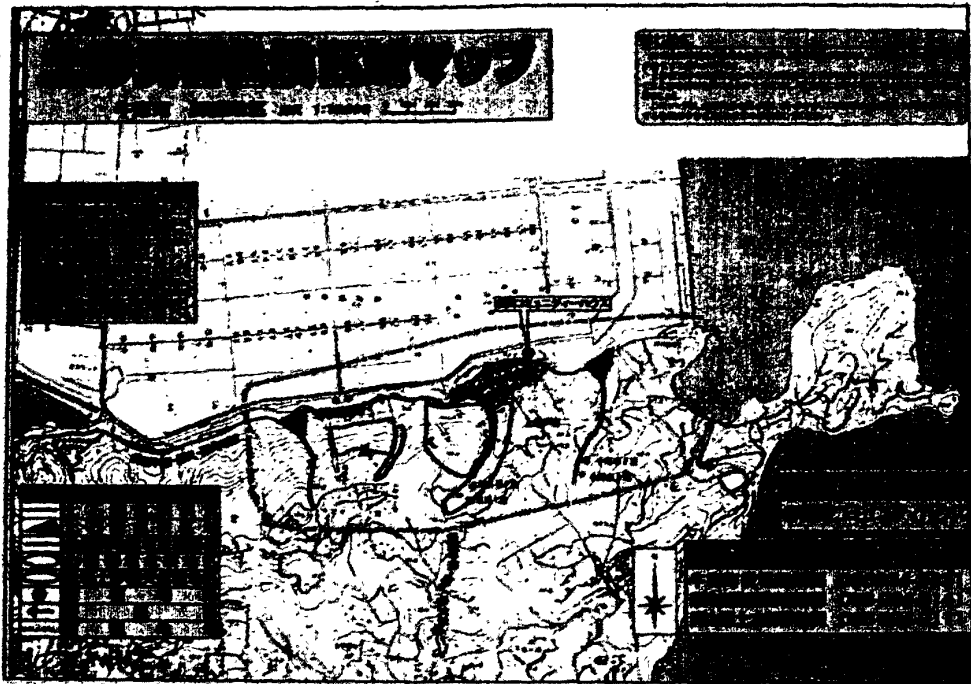
欲建立完整的坡地地質災害防救體系，其工作可以說千頭萬緒，所需花費的時間及金錢更是不計其數。日本以上百年的時間及每年上兆日元之砂防經費經營砂防事業，其所累積的經驗及成果，可以說完全是時間與金錢的結晶。因此有必要與日本加強相關合作，建立常設性之交流管道，以便以最少的經費及最短的時間完成全省之坡地地質災害防救體系。

伍、參考文獻

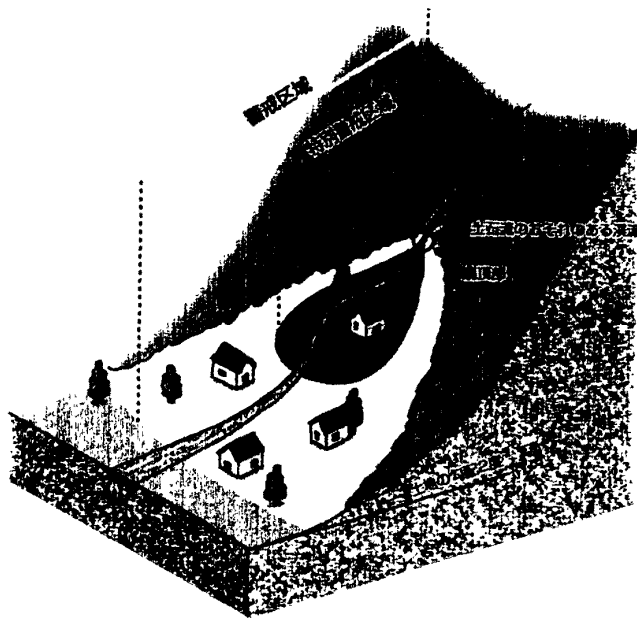
- Varnes D. J. (1978) Slope Movement Types and Processes. In: R.L. Schuster and R.J. Krizek (eds.), Landslides : Analysis and Control, Transportation Research Board, National Academic of Science, Washington, Special Report 176, pp.11-33.
- 八木浩司(1996)地滑前兆現象之二重山陵・多重山陵・小崖地形及運動模式。地滑研究的發展及未來，大明堂，1-25。
- 中村二郎（編輯）(1978)砂防・地滑防止・急傾斜地崩壞防止工法。山海堂。
- 中村浩之(1979)Morgentern and Price 法之地滑斜面解析。土木研究所資料第 1510 號。
- 中村浩之、新田邦宏（1989）極限平衡法在地滑斜面安下計算之比較和應用。土木研究所資料第 2805 號。
- 吉松弘行(1984)地滑防止工的設計(抑止工)。地滑防止技術研修テキスト(上卷)，地滑對策技術協會。
- 吉松弘行(1995)Hovland 法之地滑三次元斜面安定解析。愛媛縣土木部砂防課，28p。
- 吉松弘行(1995)調查技術全般。地滑防止技術研修テキスト(上卷)，地滑對策技術協會。
- 杉本宏之（2001）有關地滑對策之一次元、三次元斜面安定解析之比較。土木技術資料，43-6。
- 林俊全與李麗玲，1997，山坡地潛在災害評估方法之探討。工程環境會刊，第 16 期，民國 86 年 3 月，第 17-26 頁。
- 武居有桓（監修）(1980)地滑・崩壞・土石流。鹿島出版會。
- 洪如江，1979，地工技術在台灣山崩中之應用：邊坡穩定與坍山研討會論文專輯，第 147-172 頁。
- 洪如江，1981，環境因素在山崩中之作用，工程環境會刊，第 2 期，第 63-72 頁。
- 針生幸治(1960)斜面崩壞發生時期之預測。土質工學會，土和基礎沈陷及變形之計算法。
- 陳宏宇，1990，台灣山崩之工程地質特性，地工技術第 79 期，第 59-70 頁。
- 渡 正亮(1971)有關地滑調查之地盤傾斜計利用方法。地すべり，7，4。
- 渡 正亮(1986)斜面災害の機構對策、山海堂、p.170
- 新瀉試驗所(1981)猿供養寺地滑調查報告書。建設省土木研究所。
- 福岡浩（2000）GPS 等用於地滑地之觀測（1）。地滑技術，27，2。

- 福岡浩(2001)GPS等用於地滑地之觀測(2)。地滑技術，28，1。
- 福岡浩(2001)GPS等用於地滑地之觀測(3)。地滑技術，27，3。
- 檜垣大助(1996)由水系之發育看線狀凹地和崩壞及地滑之關係。
季刊地理學，28，33-41。
- 檜垣大助、丸山清輝、吉田克美、吉松弘行(1991)地滑地間隙水壓
變動的觀測、地すべり，28，4，9-16。
- 蔡光榮等，1998，臺灣省集水區崩塌地資料調查與建檔，農委會
林業特刊第60號，第397-412頁。
- 鄭清泉等，1979，崩塌地之發生、預測及調查實例，航照在工程
地質上之應用—崩塌調查實例，礦業技術，第17卷第1-6期，
第57-66頁。

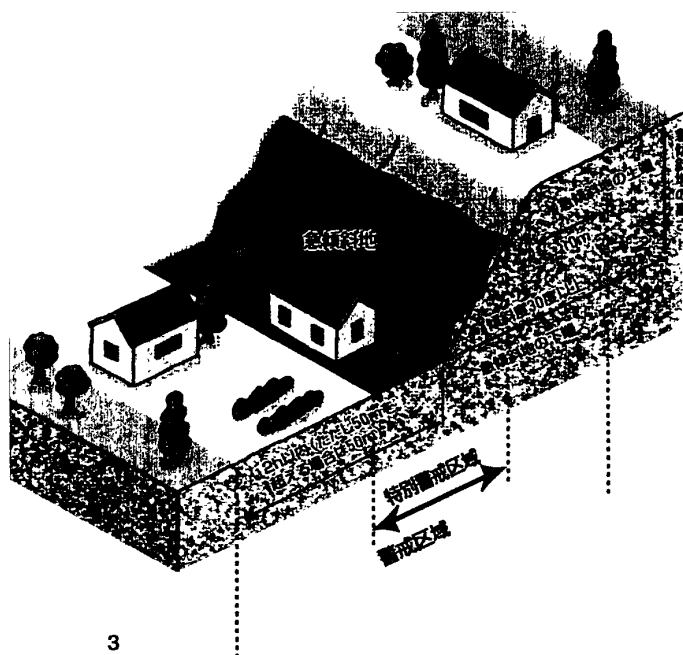
附錄



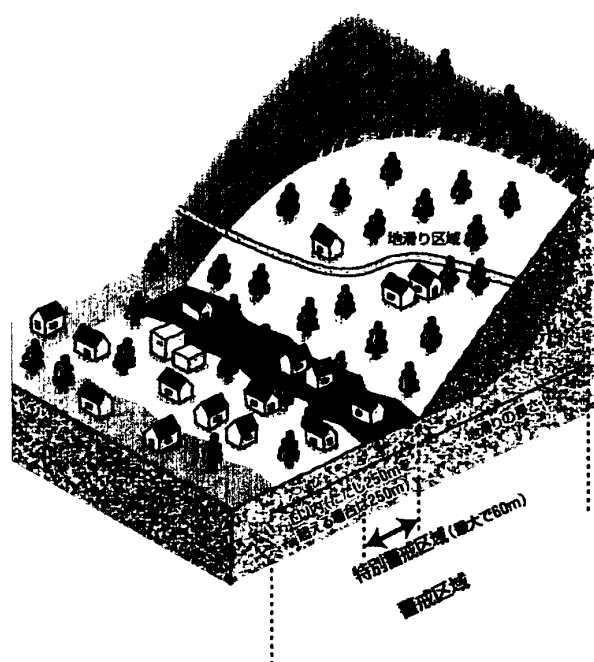
圖一 日本藥師地區土砂災害危險區域圖。



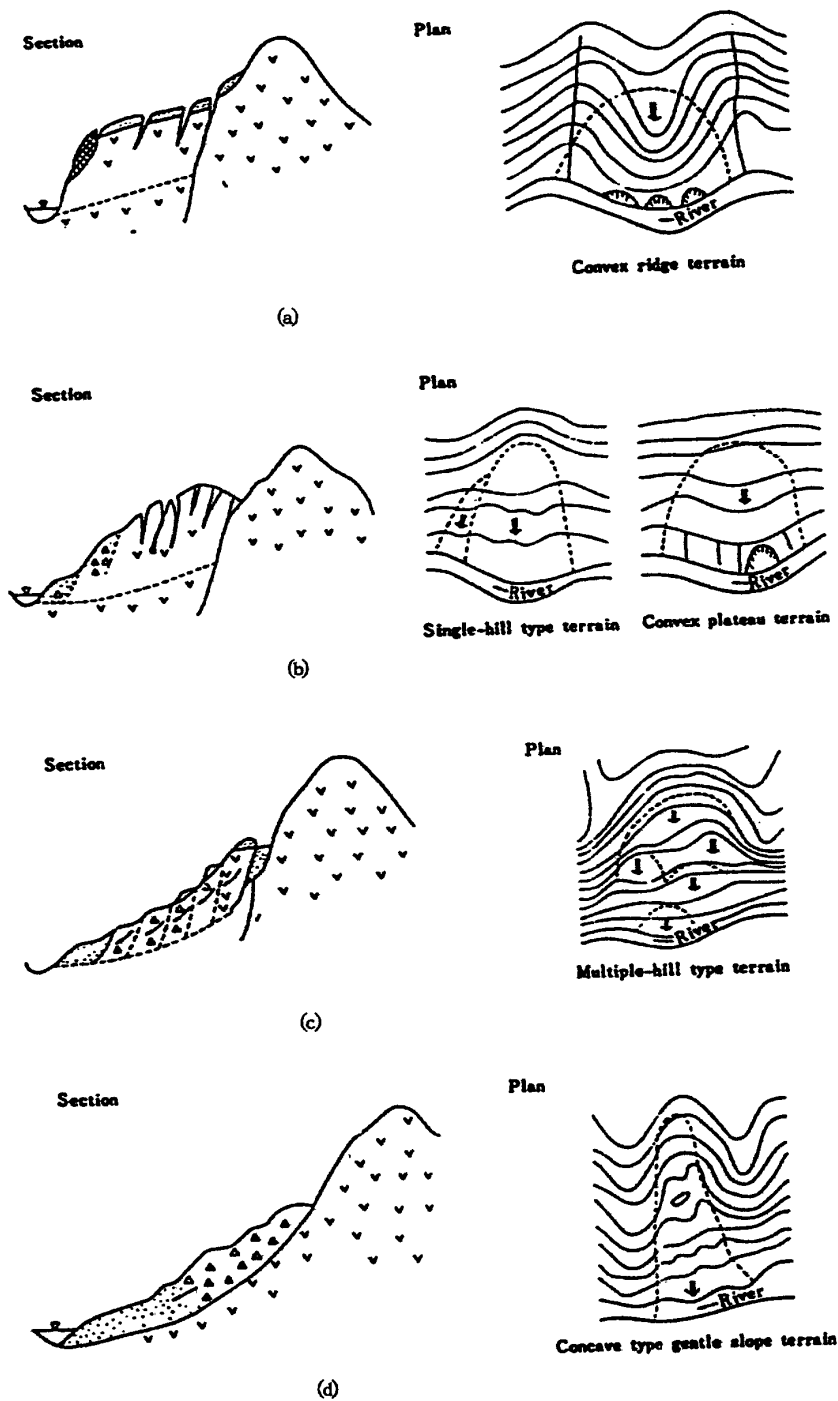
圖二 日本土石流危險警戒區域指定方法。



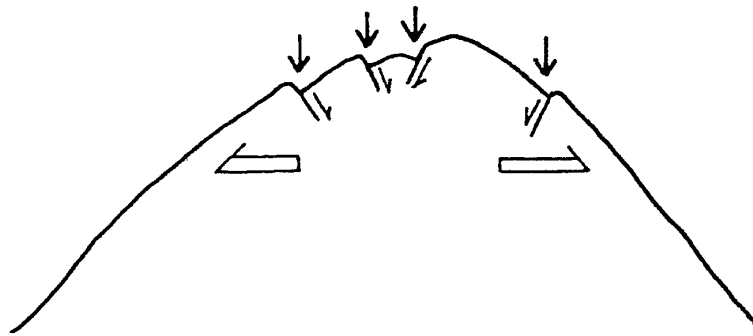
圖三 日本急傾斜地崩壊危険區域指定方法。



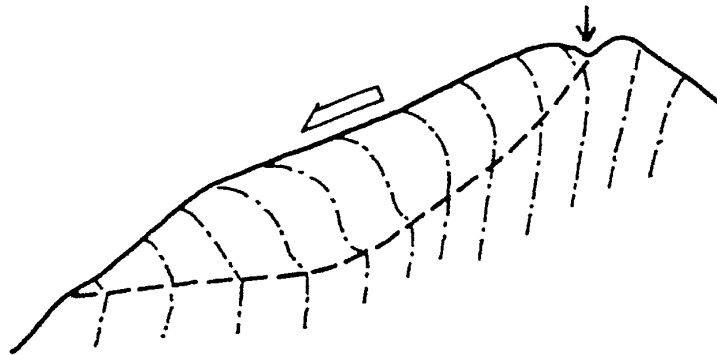
圖四 日本地滑地危険區域指定方法。



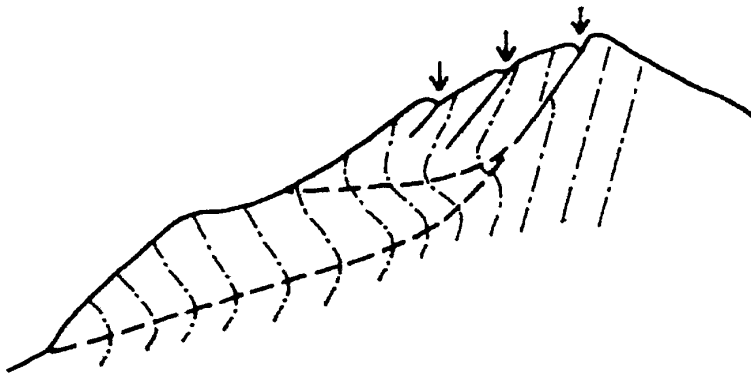
圖五 弧形崩塌地形之立體圖，一般可分為上端沉降部與下方的隆起部，其所形成之地形特徵可分為(a)外凸型，(b)單峰平台型 (c)多峰型，(d)內凹緩坡型等，這些地形特徵均可做為航照判釋地形解析之依據。



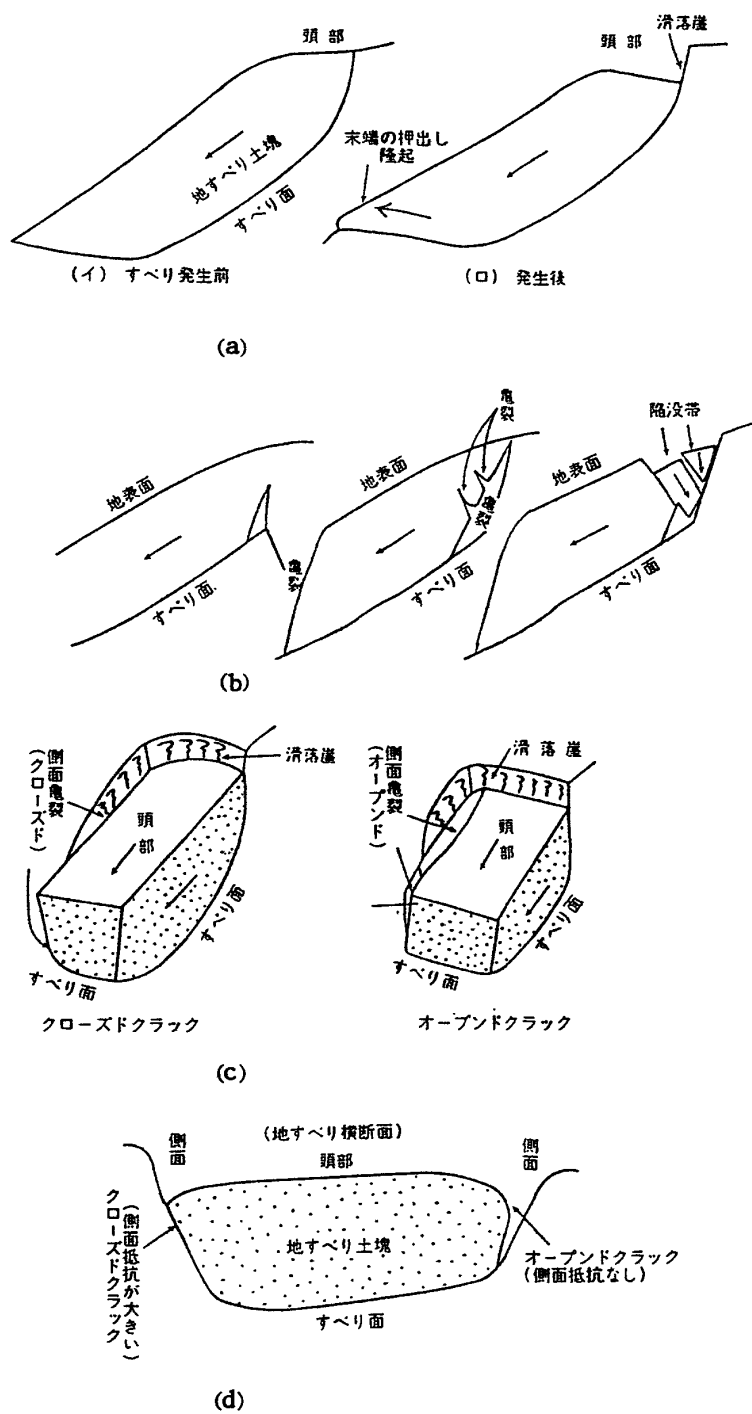
山体の横方向への伸張による正断層として
線状凹地が形成される



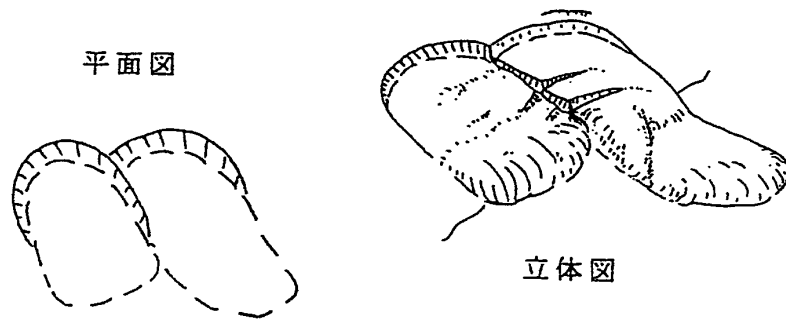
岩盤クリープによってトラフ、ベーズン状の
線状凹地が形成される



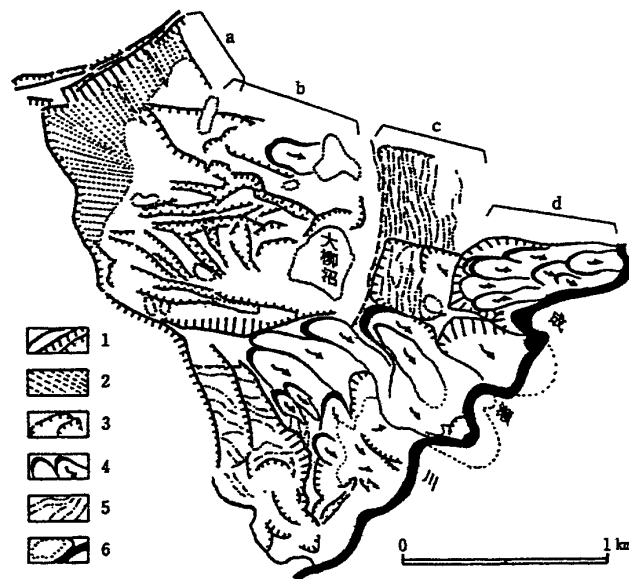
圖六 重力作用所造成之線狀凹地地形，其發育係先由山體解壓之橫向伸張形成正斷層，並形成線狀凹地（上圖），接著由於潛移作用而形成槽狀或盆狀之線狀凹地，最後可能發育地滑地形並於山脊發育多重嶺地形。



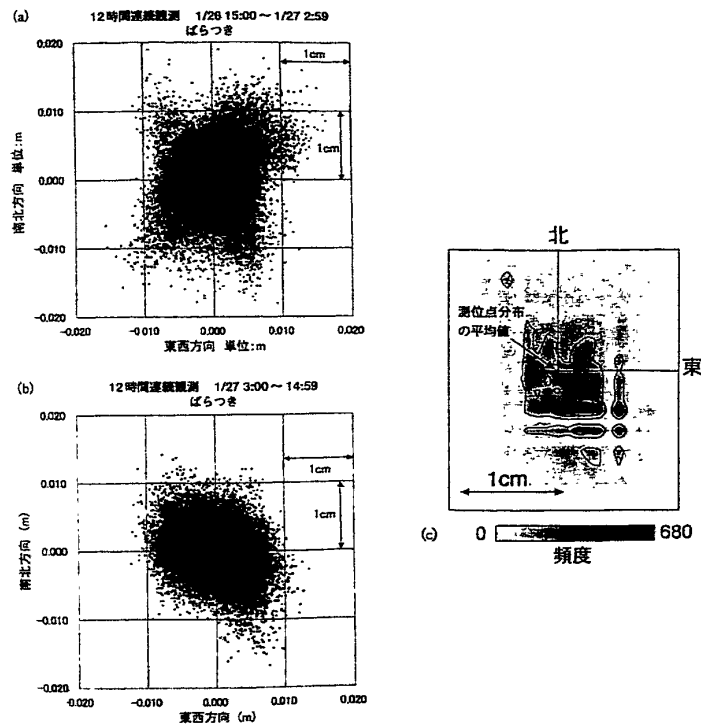
圖七 山崩滑動面形狀與微地形之變化。利用這些微地形現象可從航空照片與地形圖上判斷山崩及其特性。



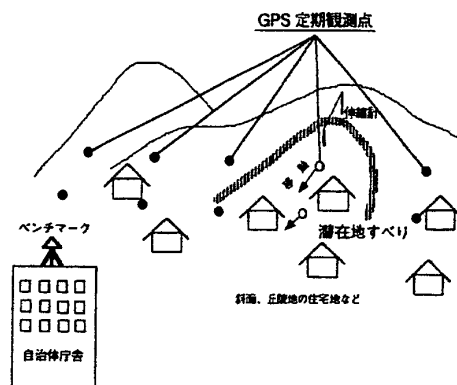
圖八 新舊山崩交切現象及其關係，由圖左側之立體圖可以看出新山崩的側崖明顯切過舊山崩。



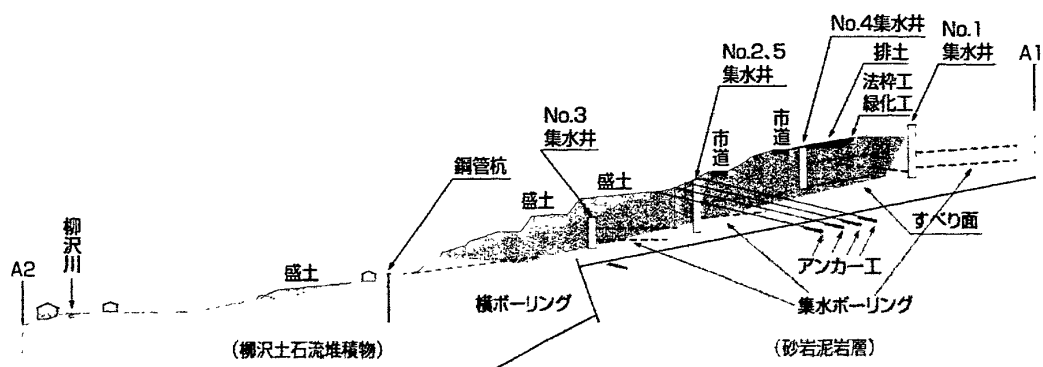
圖九 在一谷地上發生山崩之微地形，由高至低處大致可分為剝離崖(a)、陷落區(b)、壓縮隆起區(c)及流動區(d)。在稜線附近地區有張裂縫、主滑落崖及裸岩等；陷落區有、二次滑落崖、陷落帶或湖泊；壓縮隆起區有微褶皺及隆起地形；流動區則有緩慢移動的地滑。



圖十 連續 12 小時之 RTK-GPS 測位結果 (a,b) 與 1 小時之測位結果 (c) 平面分布圖之比較，結果顯示相差無幾，亦即 RTK-GPS 測位不需發費較長時間即可獲得較佳之結果。



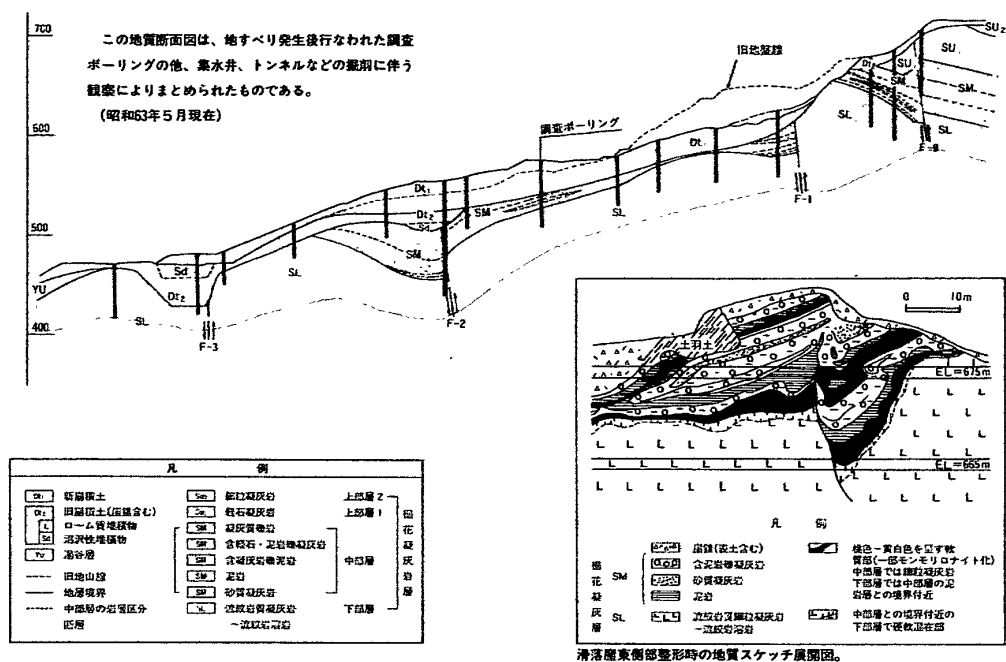
圖十一 邊坡定期健康診斷構想模式，視保全對象及山崩範圍設置 GPS 固定觀測站及臨時觀測站 (RTK-GPS / DGPS / VRS)，並配合孔內傾斜計及伸縮計，對滑動面及地表面進行監測。



圖十四 下石川地滑地質剖面圖及其堆土、鋼管樁、集水井、坡面工程等整治工事示意圖。



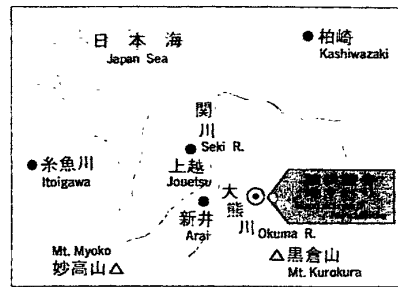
圖十五 地附山於 1985 年發生大規模的山崩，造成湯谷社區、松壽莊及望岳台社區 26 人死亡，房屋全毀及半毀共 64 戶。



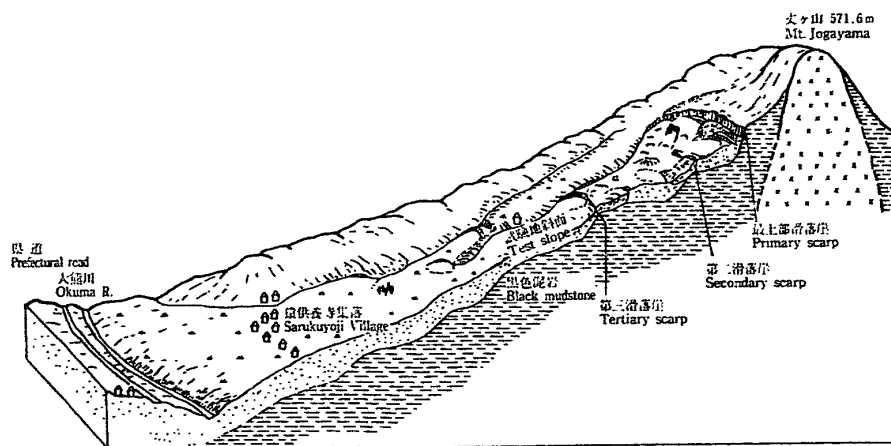
圖十六 地附山地滑地之地質剖面圖及整治情形。



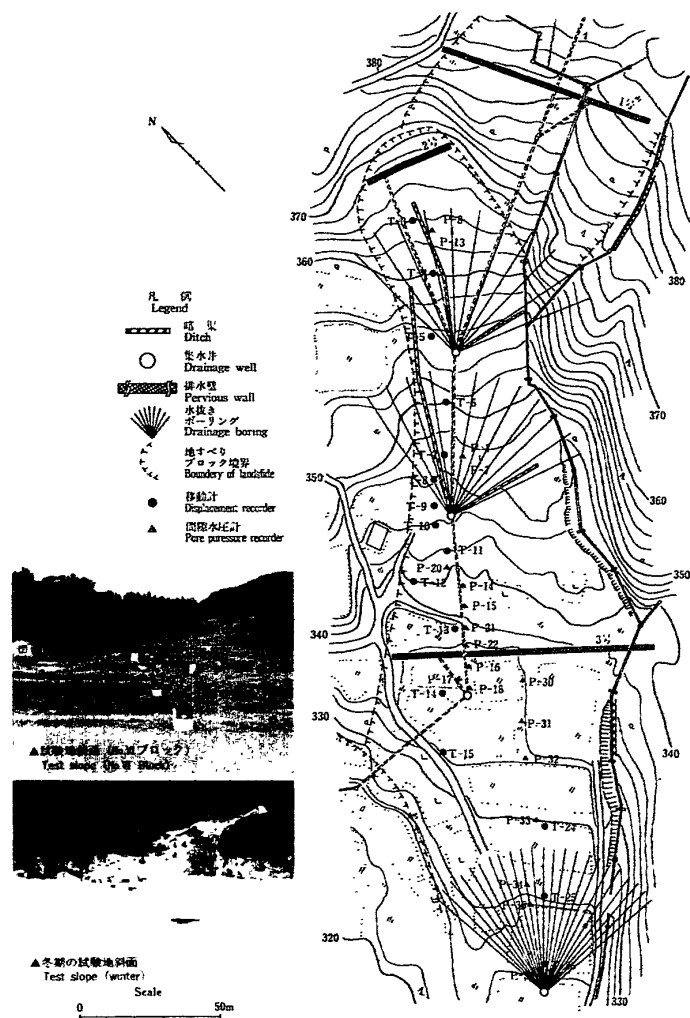
圖 十七 長野縣一 瀬地滑之足部以蛇籠整治的情形。



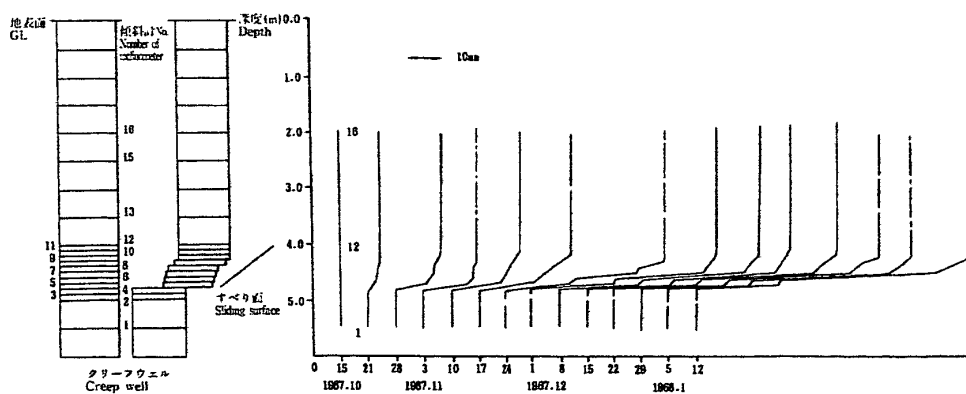
圖十八 新潟縣猿供養寺地滑地遠眺。



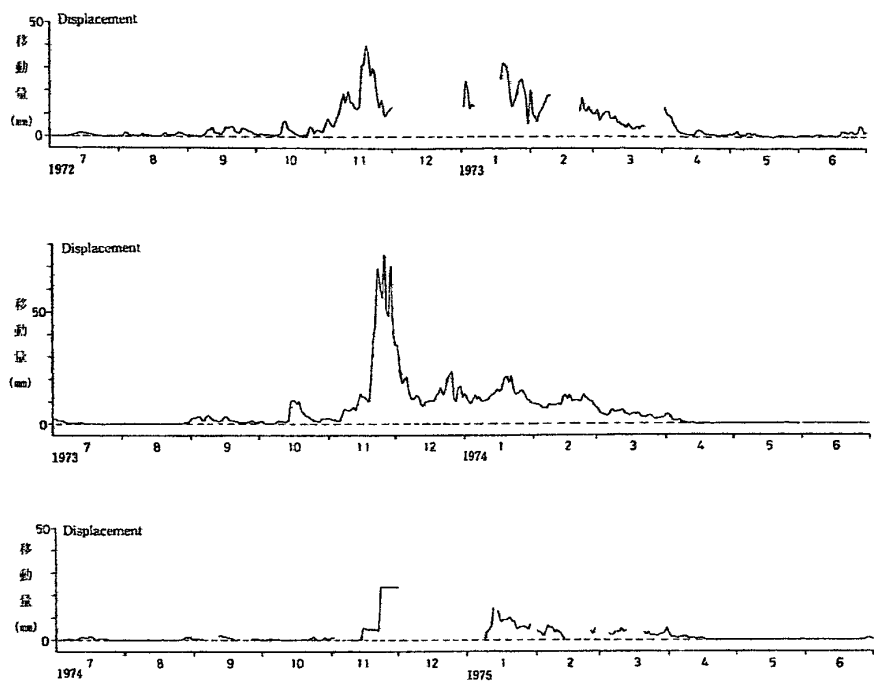
圖十九 新潟縣猿供養寺地滑地剖面圖。



圖二十 新潟縣猿供養寺地滑地第4滑動塊之整治及監測情形示意圖。



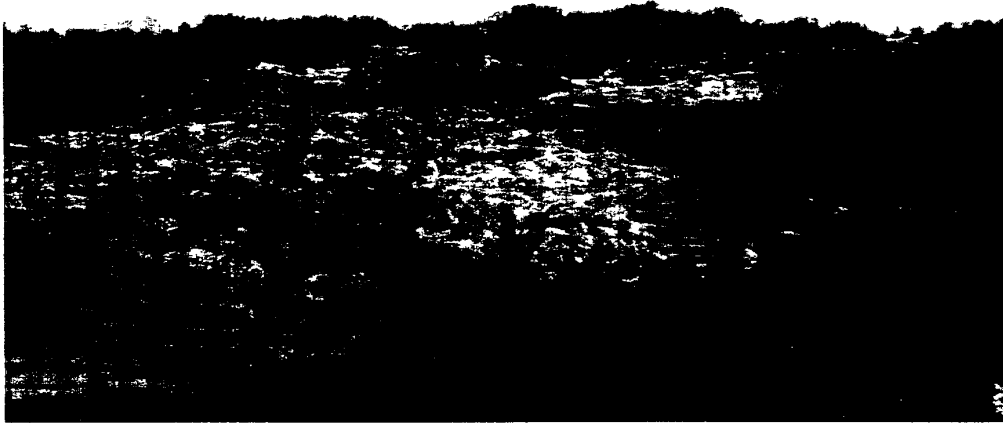
圖二十一 新潟縣猿供養寺地滑地滑動面附近之移動量分布。



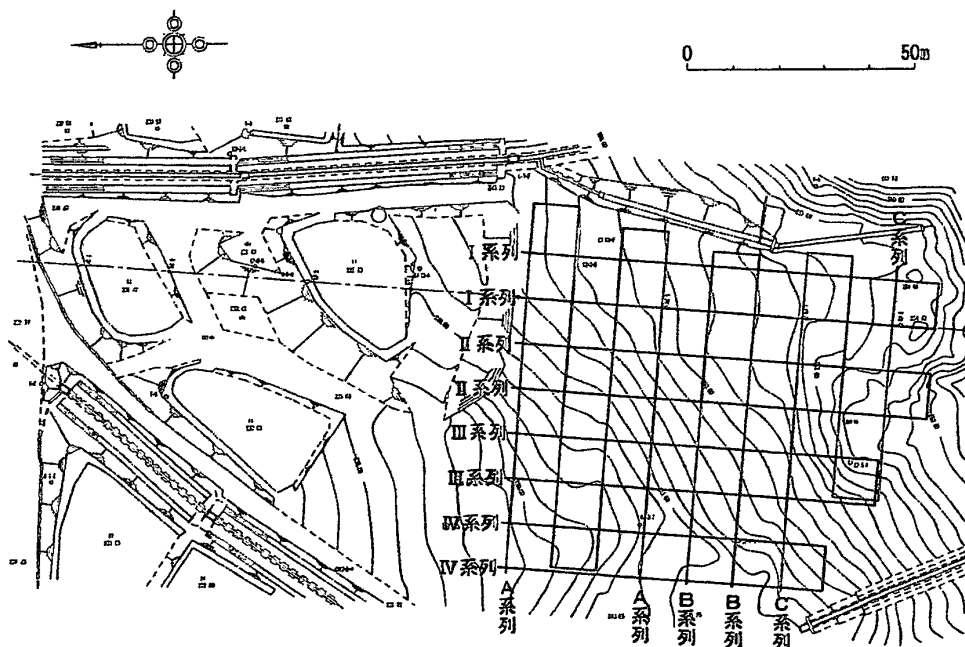
圖二十二 新潟縣猿供養寺地滑地移動量之季節性變化。



圖二十三 新潟縣名立山崩平面圖。

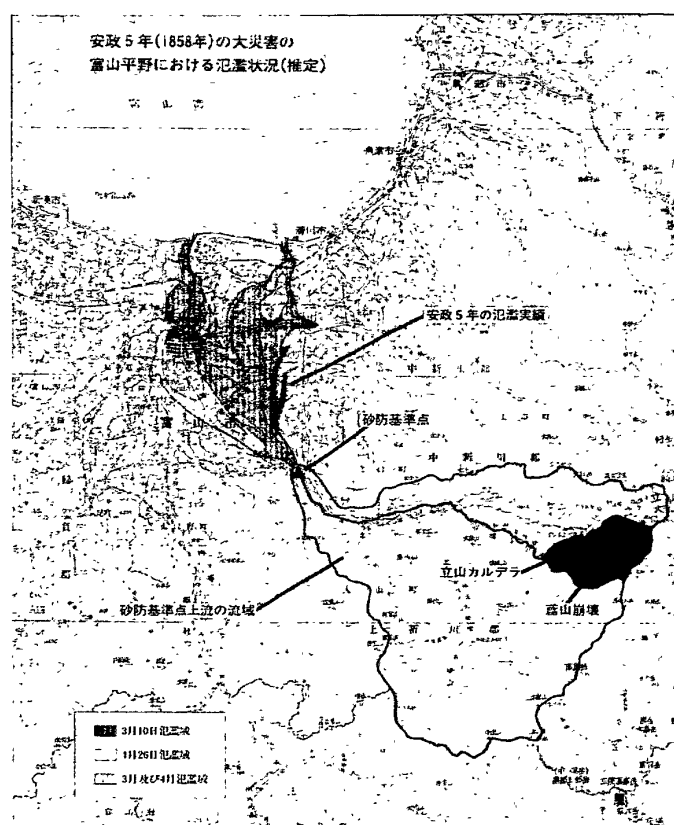


圖二十四 獨立行政法人土木研究所新潟研究所位於新潟縣之沖見地滑試驗地。



圖一 沖見地すべり地表面変位センサ敷設平面図

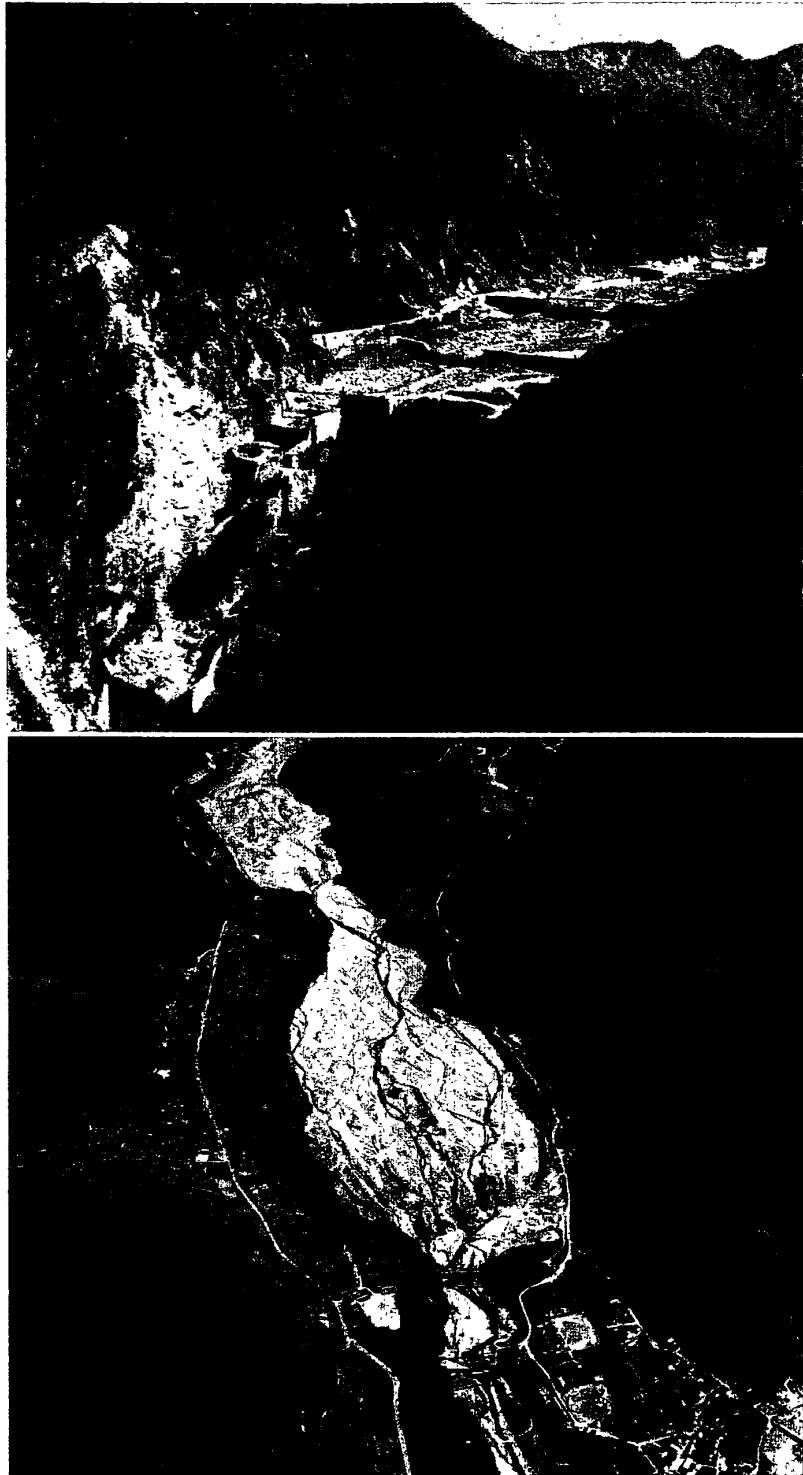
圖二十五 新潟研究所在沖見地滑試驗地以光纖計測地表面變位之配置情形。



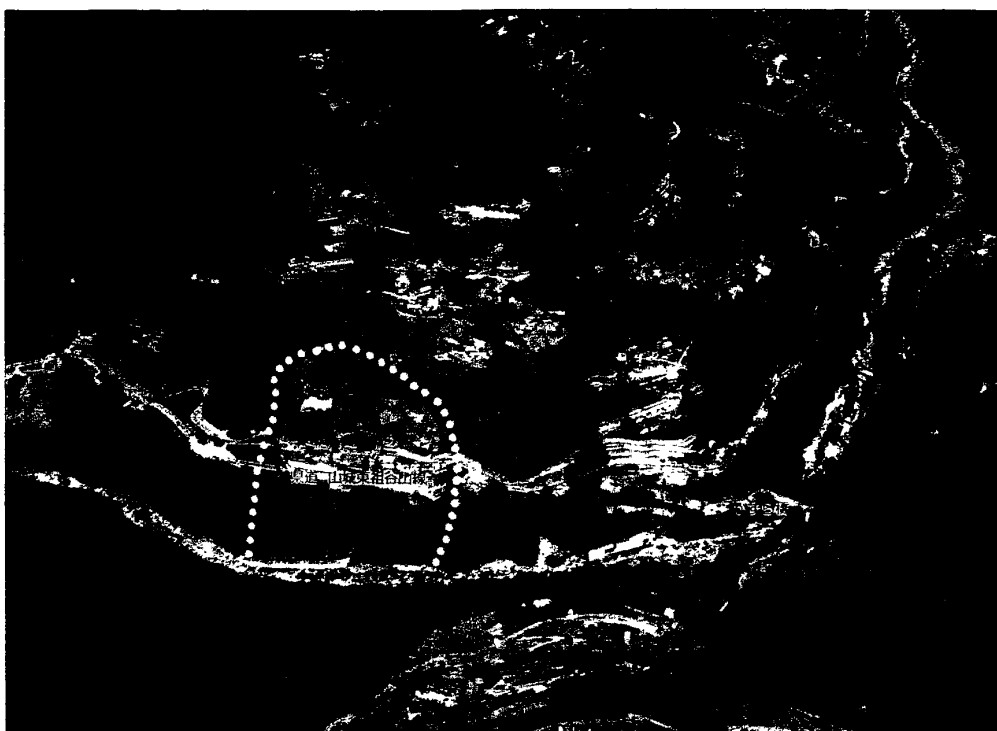
圖二十六 1858 年之「鳶崩」大山崩土石流，在富山平野造成大災害的情形。



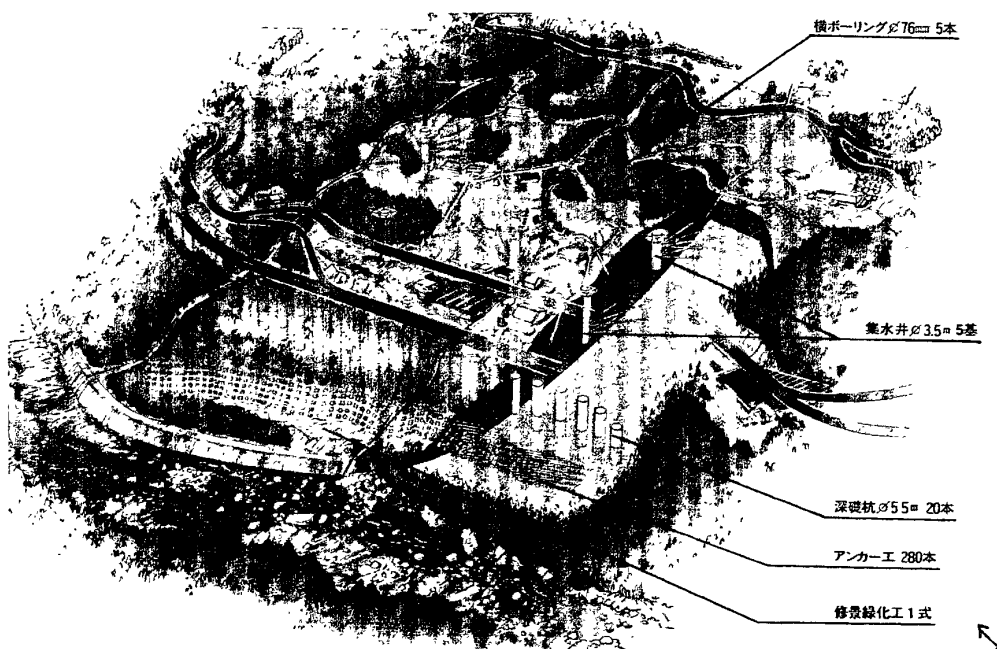
圖二十七 富山縣立山火山口「鳶崩」大山崩殘跡及其砂防設施群。



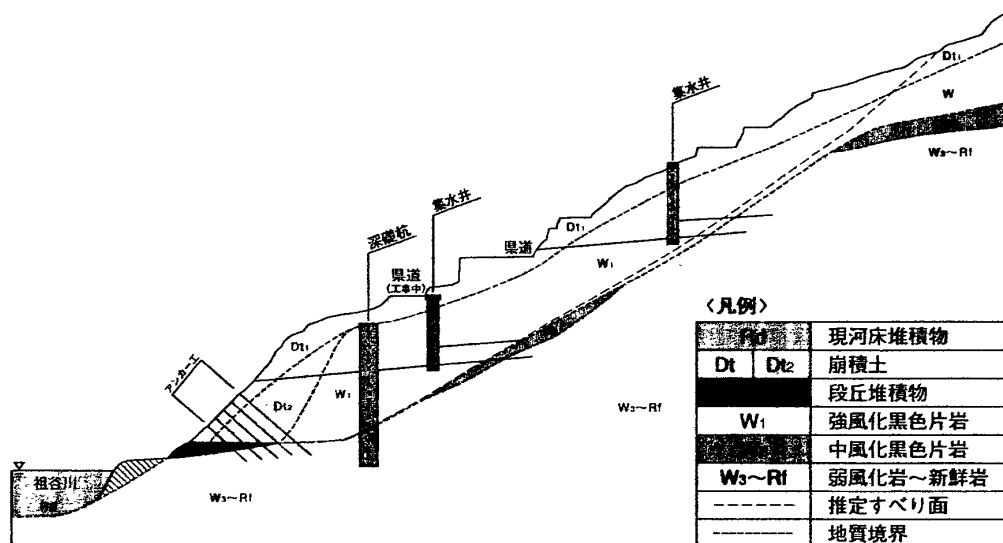
圖二十八 立山砂防設施群中落差為日本第一達 108 公尺之白岩砂防堰堤（上圖），及貯砂量為日本第一達 500 萬立方公尺之本宮砂防堰堤（下圖）。



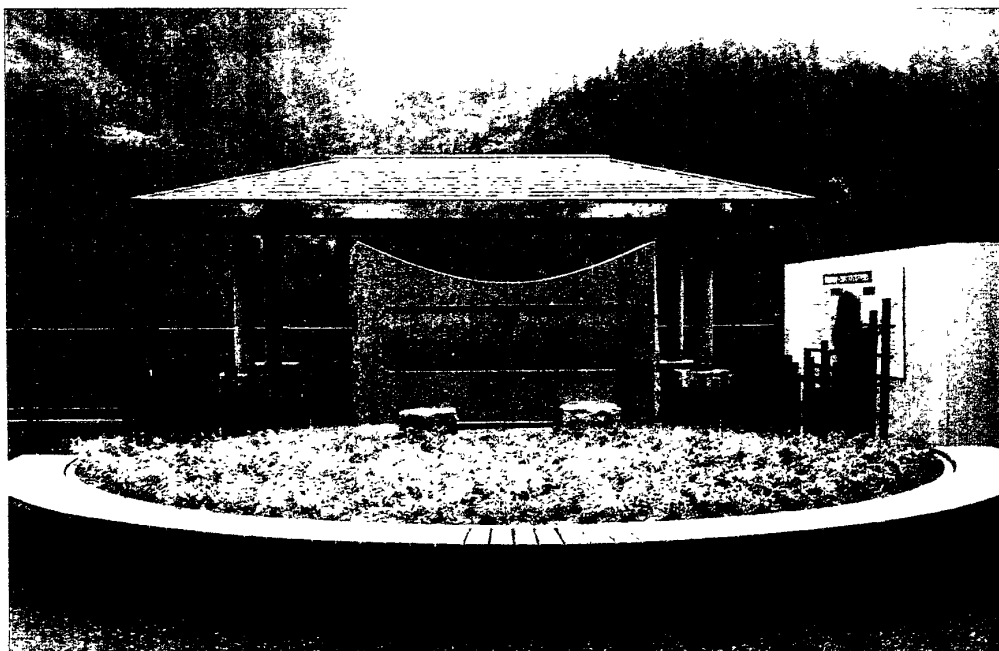
圖三十一 位於吉野川支流祖谷川流域之善徳地滑群及其中之 Z-1 滑動塊(黃色點線)。



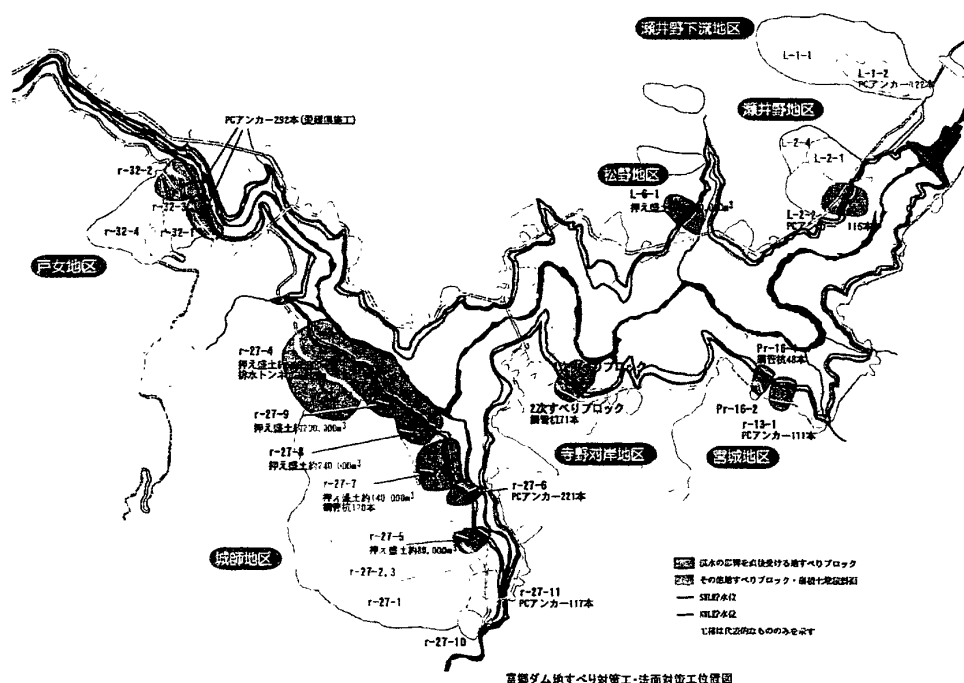
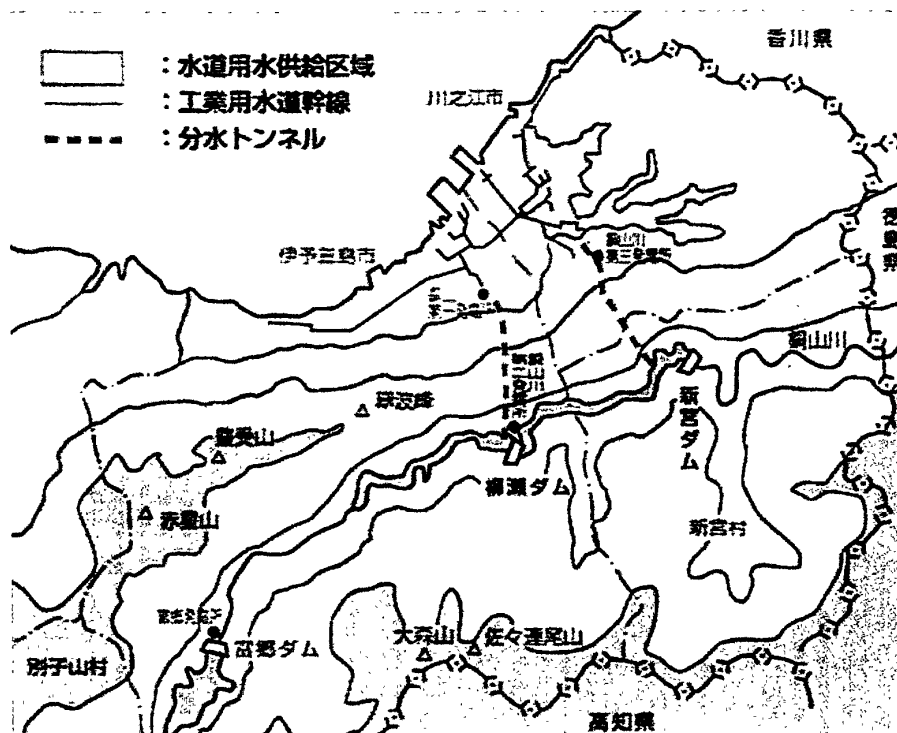
圖三十二 善徳地滑群 Z-1 滑動塊整治工事示意圖。

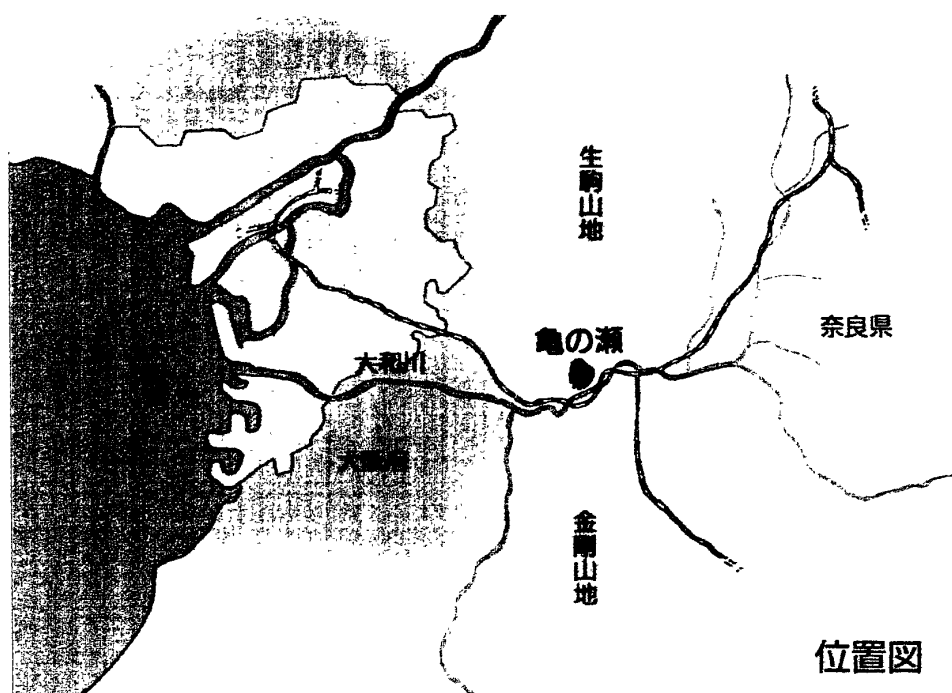


圖三十三 善德地滑群 Z-1 滑動塊地質剖面圖及整治工事示意圖。



圖三十四 善德地滑群整治完工紀念碑。前景為深礎工所用實物大小鋼管及鋼筋。

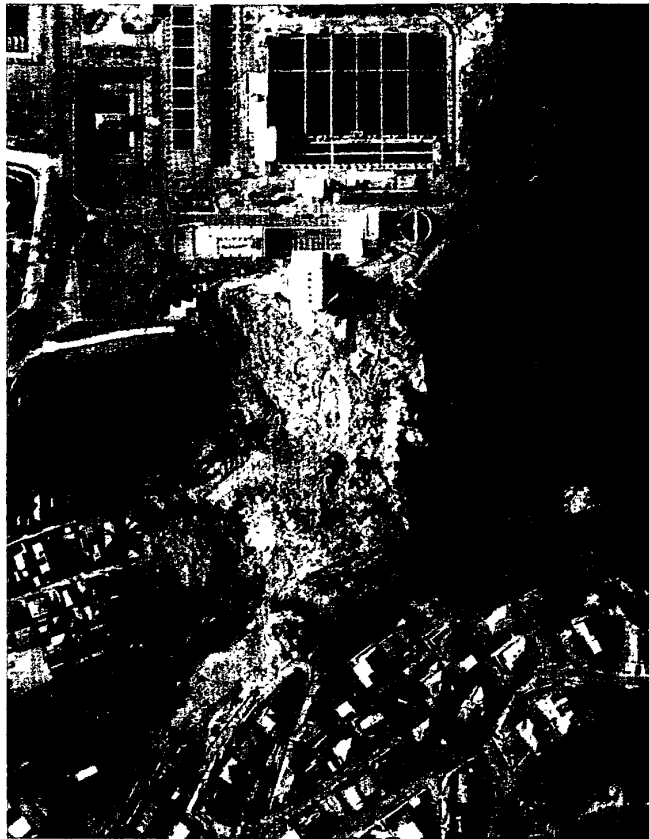




圖三十七 龜 瀬地滑位置圖。



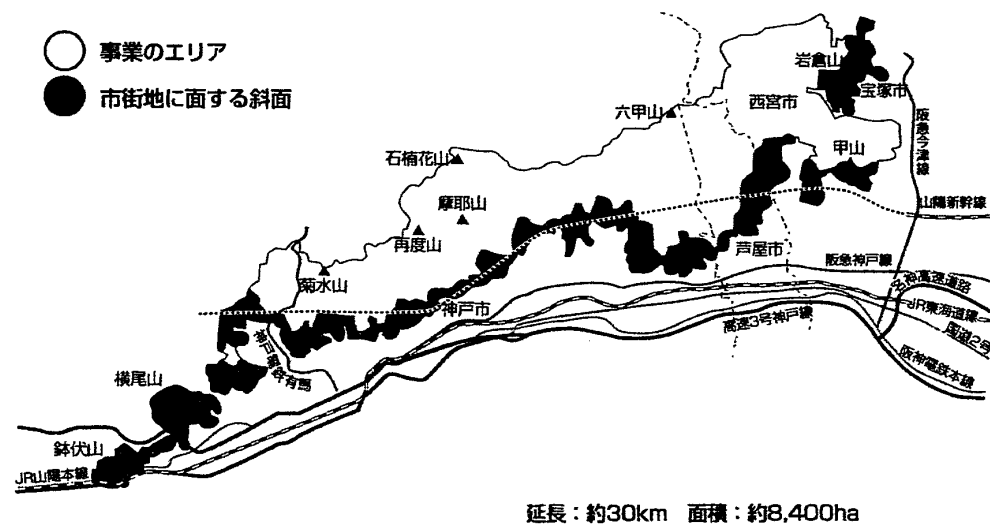
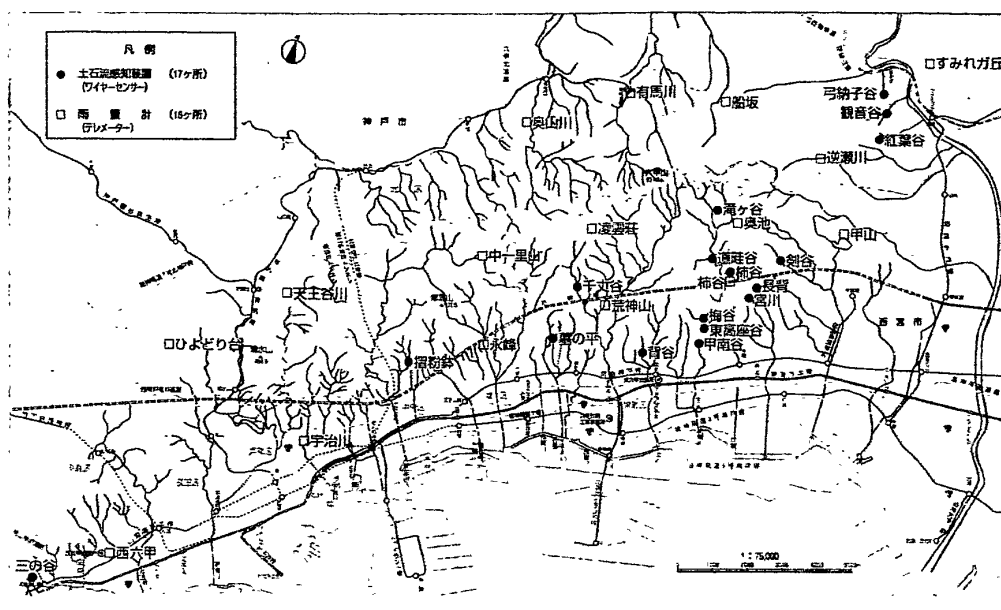
圖三十八 龜 瀬地滑可能形成堰塞湖淹沒奈良盆地，或潰壩沖毀大和野之示意圖。



圖四十一 兵庫縣西宮市仁川百合野町地區地滑航照圖。



圖四十二 兵庫縣西宮市仁川百合野町地區地滑整治完工圖。



図四十四 六甲山系緑帯事業区域図 (紅線範囲為緑帯事業区域, 綠色區域為緊鄰市區之坡地)。



照片一 地附山地滑資料館及觀測中心



照片二 1751 年 5 月 21 日發生之名立山崩，造成 406 人死亡，埋沒房屋 81 戶。



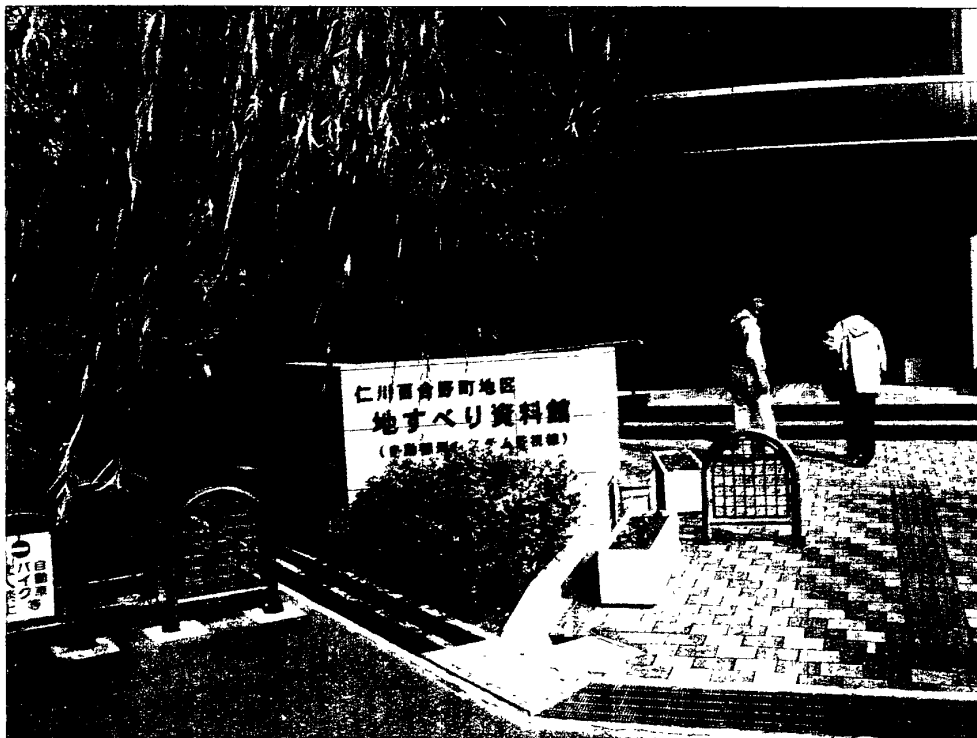
照片三 立山火山口內之「泥鯁池」為 1858 年「鳶崩」大山崩所形成之堰塞湖遺跡。



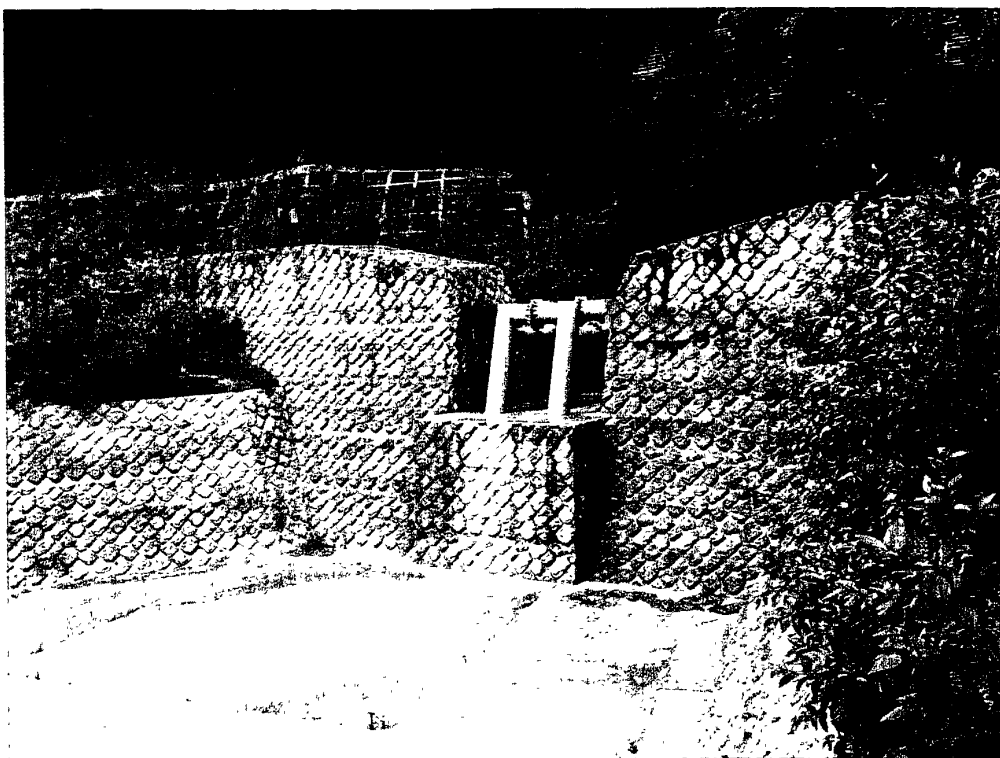
照片四 「鳶崩」土石流在富山平野留下之大轉石遺跡，每個重約數百公噸。



照片五 1858 年「蔦崩」大山崩所形成之土石流堆積成厚達數十公尺之階地，其上為立山砂防工事事務所之水谷出張所。



照片六 位於兵庫縣西宮市仁川百合野之地滑資料館及地滑自動觀測中心。



照片七 位於石屋川上游之燒原堰堤，其設計之允許攔砂溢流土方量為零。



照片八 鶴甲山腹工屬六甲山系綠帶事業，包括基礎工、綠化工、植生管理等。