



**第四屆中英義地質研討會：
地體構造運動環境下山崩及土石流之
防治方法與工具**

會訊編輯組

本會議為中英義三地研討有關山崩與土石流之重要會議。此次會議由義大利國科會 (National Research Council of Italy, C.N.R.)、地質水文災害防治中心(Research Institute for Geological and Hydrological Hazard Prevention, Padua, I.R.P.I.)及國家級地質災害防治中心(National Group for Hydro-Geological Catastrophes Prevention)協辦。會議地點在義大利境內多地包含有 Padua、Longarone 等地舉行。會議過程並安排多項與研討會主題相關的山崩與土石流現地野外考察與參觀活動。主辦單位之巧思安排，使得本次研討會的活動兼具理論與實務互輔之特色。參與開幕典禮之專家學者眾多，圖 1 則為中方代表陳宏宇教授於開幕典禮上致詞的情形。圖 2 為郭清江博士發表生態工法研究論文一景。

文章發表方面，中、英、義國對此會議參與踴躍，共 24 餘篇文章投稿，其中 20 篇排在議程中發表，分別包含有中方代表團發表 10 篇，英方代表團發表 4 篇，義方代表團發表 6 篇。



圖 1 中方代表團陳宏宇教授致詞的情形



圖 2 研討會 keynote lecture 之一情形

野外考察參觀方面，主辦單位安排多處義大利境內曾發生重大山崩與土石流災害地點之考察及參觀國家防災中心，位置請參考圖 3。

內政部社會司台(86)內社字八六八七一八七號函立案

中華民國大地工程學會(第三屆)

理事長：陳榮河

祕書長：鄭富書

常務理事：方永壽，周功台，林美聆，胡邵敏，張惠文，黃燦輝

常務監事：謝敬義

理事：王劍虹，李咸亨，李德河，林宏達，林炳森，秦中天，張吉佐，張達德，陳堯中，黃子明，

廖洪鈞，褚炳麟，蔡光榮，謝旭昇，周南山，黃安斌

監事：吳偉特，李建中，翁作新，陳正興，黃鎮臺，廖瑞堂



圖 3 義大利北部地圖，圖中編號為研討會所經地點。

一、義大利防災體系簡介

義大利為天然災害頻繁之國家，除地震、豪暴雨外，另尚有火山及雪崩等天然災害。義大利之災害防救事權分為中央、區域 (Region, 共 9 區)、及地方縣市政府三級，依據災害之規模與特性分層負責。於中央層級者為災害防救中心 (Department of Civil Protection, DPC)，其為義大利災害防救最高執行機關，直屬於義國之 Presidency of the Council of Ministers，政府編制如圖 4 所示。DPC 經費來自中央政府常年編列預算，中心人員約有 500 人左右，另區級防災相關人員亦有 300-500 人。DPC 維持 16 名人員 24 小時全天候待命，因此可以即時處理任何之突發狀況。

DPC 工作範圍甚廣，因此本文僅就本次參訪時蒐集之資訊，就減災、整備、應變、及復建等四階段災害管理作業簡要介紹。

1. 減災階段

DPC 減災階段工作，可就數方面說明。

(1) 潛在危險地區調查及資訊的公開與宣導：為針對地震、淹水、及火山等災害，建立災害潛勢分析資料，潛勢區域的劃定顯示出該地區相對較為危險的地方，圖 5 所示為火山爆發時鄰近之潛勢區域分級，紅色區為最危險區。而危險度的評估結果則顯示災害

發生，該地可能產生的損失及危害程度。

(2) 監測及警報系統：應用於觀測系統監測災害並提供早期警報，此外觀測系統資料

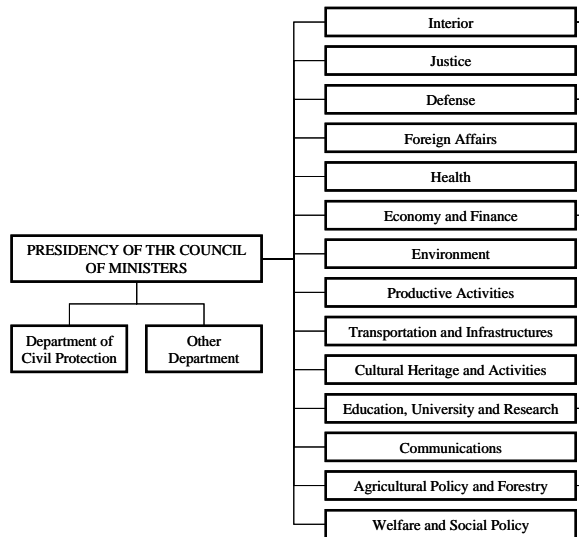


圖 4 義大利國家防災中心於政府之體制

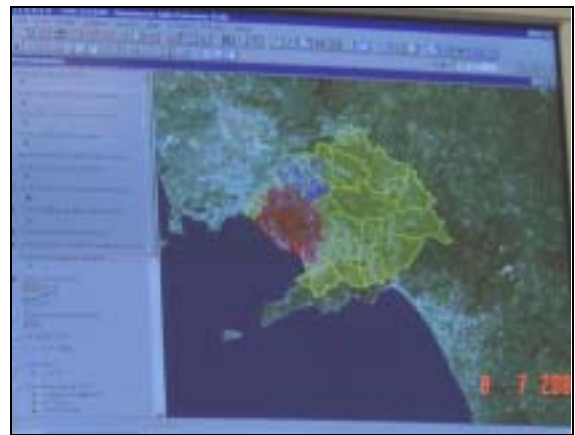


圖 5 火山鄰近區域之潛勢區域分級



圖 6 火山地區觀測系統配置之一例

亦能協助於災害資料收集，及提昇警報系統之準確率。圖 6 為義國於重要火山地區所佈設之觀測系統配置狀況。

(3) 現有危險地區之妥善處理：為依據潛勢影響範圍，訂定土地分區的使用管理，優先處理現有危險地區，考慮其可能發生之災害程度，配合居民意願、財政能力、社會成本及效益，研擬改善策略與計劃。圖 7 為針對淹水標示之淹水風險區域。

2. 整備階段

(1) 避難與疏散計畫之研提：為依據潛勢及危險度評估等結果，研擬避難及疏散計畫，與疏散時機，預先進行人員疏散編組，確保能有條不紊的疏散，此外 DPC 亦負責提供臨時避難處所，供疏散居民之休憩所需，因此 DPC 亦有各式容量避難所之設計與器材備置，以應不時之需。

(2) 安全避難處所之調查與開設：為事前確認避難處所及疏散路線之安全性，並於避難地點整備充足之飲水、食糧、醫療器材、發電機、機具及燃料用油等物資，並加強通訊及救援設備之整備，以維持與外界之聯繫，而能適時求援。圖 8 為針對一火山爆發時，村落之安全區域分析。

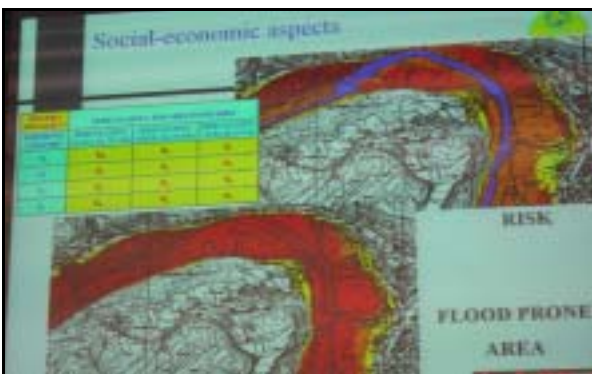


圖 7 可能淹水風險區域預先控管

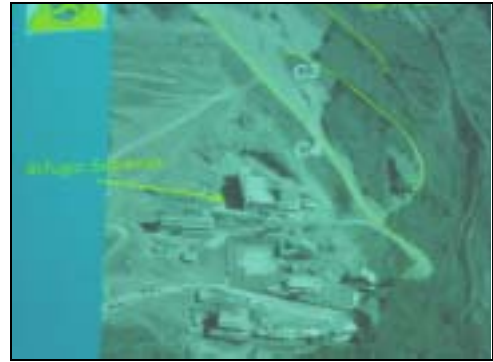


圖 8 火山下方村落之安全區域分析

(3) 演習訓練與教育宣導：依據各項可能災害，對於影響區域範圍內之居民，平時加強防災避難演習與教育宣導，使其熟悉所處位置之相關避難路線及避難處所，以使在必要時能迅速撤離，並就近前往安全地區避難。

3. 應變階段

(1) 即時災害現況監測與決策支援系統：利用現有科技與通報系統，蒐集天氣、災害現況資訊，加以整合分析，提供決策支援系統應用。圖 9 為決策支援系統中，其火山、交通與都市相關分佈圖之套疊。

(2) 災情資訊提供與救災：為在災害發生後，配合災情通報系統回報之資訊，研判現地災況。同時並依據災害潛勢資料可進行研判適當之救災路線，規劃及選取替代道路以防交通中斷受阻，以保障救災人員之安全，發揮最高的搶救效能。圖 10 為利用衛星通訊技術針對災區即時傳遞視訊之狀況。

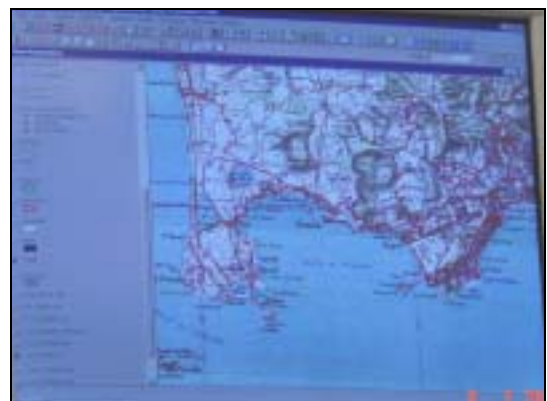


圖 9 決策支援系統之控制總圖



圖 10 利用衛星通訊技術之即時視訊

(3) 緊急動員：為緊急動員之指揮，即時調度救災之人力、機具、車輛等所有資源之種類、數量及時機，發揮整體救災之效率。圖 11 為義國國防部派駐 DPC 直接指揮調度之救災派遣小組，該小組可直接指揮直昇機、雙螺旋槳飛機等 6 架飛機進行救災作業。

4. 復建階段

災情評估勘查與緊急處理：為進行災情勘查，作為作為施做防治設施等設計之依據；亦或災害發生後之緊急處置工程，以防止再次發生之二度災害之評估作業。

二、Tessina Landslid 研究計畫簡介

義大利為多山地形之自然環境，觀光產業、交通等對義國甚為重要，但此兩者均受山崩、土石流等地質災害影響嚴重，所以無論義國政府或學界均對大規模之山崩及土石流均甚為重視。以下以 Tessina 山崩為例，說明義方所進行之研究狀況。



圖 11 國防部參與之救災派遣小組

■ Tessina 山崩歷史

此一大型山崩區域位於義大利東北部之 Bulluno 省，約位於威尼斯北方 85 km 處，區域鄰近奧地利之阿爾卑斯山脈南端，為一著名之登山地區。山崩全景如圖 12 所示，崩塌區長約 2.5 km，沿山腰而下，一直延伸至山腳之村莊 Lamosano 附近，高程由標高 1200 公尺下降至 640 公尺左右，對 Funes、Lamosano 與 Tarcogna 三村莊造成極大之威脅。本區大規模地層弧形滑動，始自 1960 年 10 月 30 日發生，主要為由數週之豪雨（約 400 mm /30 days）造成，崩塌體積達 10^6 m^3 。之後陸續發生 9 次以上之大型崩塌，詳如表 1 所示。圖 13 地層弧形滑動之前緣部狀況。為許多崩塌最後轉化成泥流（mudslide），滑移速度可達數十公尺以上，圖 14 為遠眺泥流滑動區與流槽之全景，材料最後均堆積於山谷中。崩塌材料顆粒大至巨礫、小至粘土，混雜一處，較細顆粒成分比例約 40：45：15（粘土：粉土：砂土），材料之殘餘摩擦角約為 17° 。



圖 12 Tessina Landslid 全景

表 1 Tessina 地滑區發展紀事

發生年份	主要事件
1960	最早崩塌起始，崩塌體積達 10^6 m^3 。
1964	四年間崩塌斷斷續續活動，崩塌區域逐漸擴大至 2km 長。前緣距山腳之 Lamosano 村僅 600 公尺
1964-1990	除 1966 年洪水期間外，崩塌活動靜止
1990	崩塌再次活動威脅 Funes 及 Lamosano 兩村落
1992	$4 \times 10^5 \text{ m}^3$ 土方崩塌，滑動體前緣已達 Tarcogna 之防護工程
1993	崩塌再次活動，崩塌區長 2.5km，最大寬 600 公尺
1995	新的崩塌材料威脅 Lamosano 村
1998	崩塌持續活動中



圖 13 地層弧形滑動之前緣部狀況



圖 14 上游土石流之近照

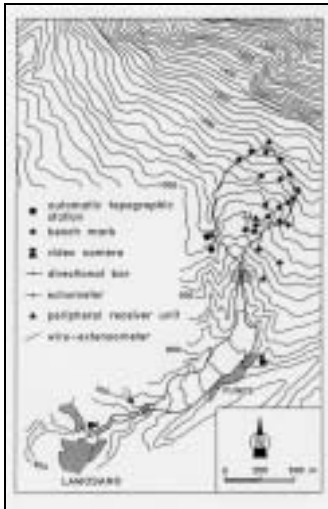


圖 15 觀測儀器配置

■ 地質及地形狀況

本區地層主要為侏羅紀（1 億 4 千萬至 2 億年前）及稍年輕之石灰岩層，石灰岩層厚約 2km，其上覆蓋始新世（4-5 千萬年前）之 flysch 層。於主岩層構造上方分佈數十公尺之第四紀（約 2 百萬年前）之冰川沈積物、河川沖積及崩塌之材料。

■ 本區進行之研究

義國國科會及歐盟資助四個聯合研究計畫，包括：崩塌區之觀測與預警系統研究、GPS 觀測網、遙測之應用研究、以及崩

塌境況模擬研究等計畫，以下分別說明之。

1. 崩塌區之觀測與預警系統研究計畫

本研究計畫為由義大利國科會所支持。自 1992 年本地區再度大規模山崩之後，義國即於當地設置保護欄及警示系統以保護當地居民。崩塌警示系統包含數種位移與速度量測感應子，設置於崩塌區縱軸線。每一感應子之資料自動傳至位於村落附近的資料收集中心，並轉送至當地的消防指揮中心，當位移速率超過警戒值時，系統自動會啟動警報通知當地之民防組織。

監測儀器包含數種不同範圍位移量測儀器，如自動測距站網、定向測棒（directional bars）、回波計（echometers）、鋼索伸張計、與數位攝影機，儀器配置如圖 15 所示。觀測分為慢速崩滑與快速崩滑兩型態，慢速採用自動測距站網、多層鋼索伸張儀、與 GPS 觀測網進行。自動測距站觀測點共計 20 點，每 6 小時觀測一次，資料自動由收集器記錄。多層鋼索伸張儀（如圖 16 所示）共兩組，分別長 180 公尺與 390 公尺，精度可達公厘級位移。

快速崩滑指每日滑移距離 1-10 公尺或以上之崩塌狀況，其型態約為由滑動轉化至泥流。此種崩滑為採定向測棒與回波計進行觀測，定向測棒設置於峽谷之間，利用鋼索懸吊於流槽上方，棒下端頂住流動材料，當泥流表面流動致使測棒傾斜 20° 超過 20 秒，水銀開關即會觸發警報，隨即回波計開始量測泥流表面高程是否變化（如圖 17 所示），以確認定向測棒警報之正確性，同時於村落上方的攝影機亦會啟動，監視泥流趾部之狀況，再一次確認警報。



圖 16 多層鋼索伸張儀圖



圖 17 設置於 Acquabona 土石流觀測系統之回波計 (左) 與攝影機 (右)，林銘郎攝

2. GPS 觀測網計畫(CGCHE)

自 1998 年 7 月開始，義國研究團隊於崩場地設置 GPS 觀測網，主要用來確認崩塌區內外活動頻繁的崩滑土塊，以及各滑動區塊的變形速率。

GPS 測網約由 20 個測點所構成，大部分為沿著坍塌區周邊設置，GPS 測網資料採用 Leica SKI 軟體分析，測網整體 85% 信賴區之測量誤差，沿測網縱軸、橫軸及平均高程分別約為 7.27mm、5.6mm、及 12mm。一年之後進行測網再檢測，顯示崩塌區已有顯著之滑動變位產生。崩塌區之量測成果如圖 18 所示。

3. 遙測之應用研究(JRC)

本研究計畫為由歐盟與義大利國科會共同支持之合作計畫。目前義、英兩國合作 SAR (Synthetic Aperture Radar) 衛星影像之應用，由於藉由長期 SAR 衛星影像 (如圖 19 所示) 觀測已能判釋出崩塌區地形及

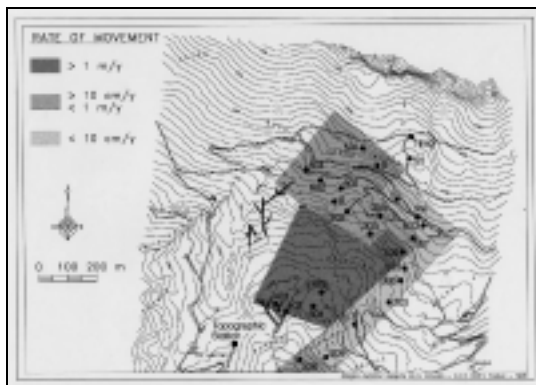


圖 18 崩塌量測成果(顏色愈深者速率愈高)

地貌之位移，對於適於較緩慢速率坍塌區域之觀測。圖 20 即為利用 SAR 技術所測得之 Tessina 崩塌區地表位移速率。再者，對於滑動速率較高之區域，義國亦發展出以地表雷達 (Ground based SAR)，進行即時地貌量測。

4. 崩塌境況模擬研究

崩塌之觀測可以獲取許多實際狀態資料，這些資料進一步提供作為更精細之崩塌境況模擬，以找出崩塌發展機制更進一步瞭解崩塌之過程，以期最終分析出其可能之災害，使崩塌之災害降至最低。義國採以 cellular automata (CA) 分析法，進行 Tessina 地區崩塌行為之模擬。

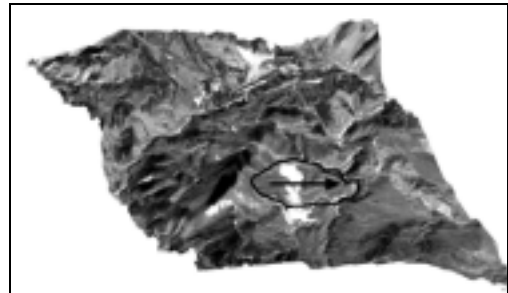


圖 19 SAR 衛星之立體影像

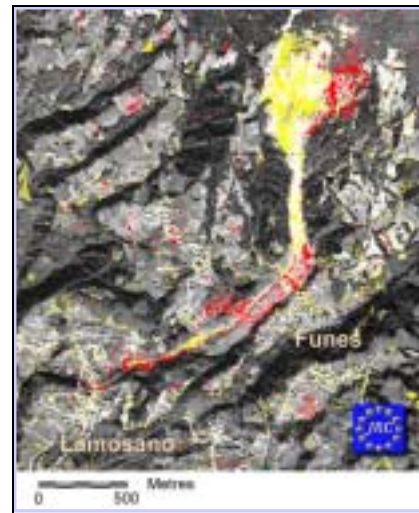


圖 20 利用 SAR 技術所測得之 Tessina 崩塌區地表位移速率

■ 結語

義大利與我國類似都為多山、多天然災害的國家，其面對災害的態度之處，有些是值得我國參考：

(1). 整合與長期之防災研究。如 Tessina 等山崩之科技整合與跨校或跨國際之合作研究，整合地質、水文、大地工程、機電控制、與遙測技術等不同領域之專家學者投入，值得我們借鏡。

(2). 組織與管理是預警及觀測系統之主體。除衛星與雷達之科技外，相較於義國之所用觀測儀器、設備或技術，國內亦有不亞於義國之技術與設備，惟所不同者是，國內常把硬體設備當成觀測系統之主體，而較少著重要於觀測之運作、組織、制度與管理。

學會會議紀錄

中華民國大地工程學會第三屆 第七次理監事會議紀錄

- (一) 時間：九十一年九月十九日中午十二時三十分
- (二) 地點：台灣大學土木系二0三會議室
- (三) 主席：陳榮河理事長
- (四) 出席人員：
常務理事：周功台，林美聆，胡邵敏，張惠文，黃燦輝。
理事：秦中天，張吉佐，張達德，陳堯中，廖洪鈞，褚炳麟，謝旭昇。
常務監事：謝敬義。
監事：吳偉特，李建中，陳正興，黃鎮臺。
- (五) 請假人員：
常務理事：方永壽。
理事：王劍虹，李咸亨，李德河，林宏達，林炳森，黃子明，蔡光榮，周南山，黃安斌。
監事：翁作新，廖瑞堂。

- (六) 列席人員：
秘書處：鄭富書、鄭偉晴。
- (七) 報告事項：
1. 學會收支報告。
(報告人：鄭富書秘書長)
2. 下期會訊將報導有關義大利防災相關議題。
(報告人：鄭富書秘書長)
3. YGEC 籌備會將於期中召開會議。
(報告人：鄭富書秘書長)
4. 教育部有關大地資訊相關教材放於本會網站中提供下載。
(報告人：鄭富書秘書長)
5. 教育推廣委員會報告。
(代報告人：鄭富書秘書長)
- (八) 討論提案：
無。
- (九) 臨時動議：
1. 案由：提供內政部建築研究所九十二年度研究發展計劃建議表，並請討論。
(提案人：陳榮河理事長)
決議：將與研究發展委員會方永壽主任委員討論建議內容。
2. 案由：討論明年年會舉辦單位。(提案人：陳榮河理事長)
決議：將與教育推廣委員會張德文主任委員討論。
3. 案由：學會可否接受委託辦理鑑定案。
(提案人：陳榮河理事長)
決議：學會可以接受委託辦理鑑定案。
- (十) 散會。

91.09.19

