

出國報告（出國類別：開會）

第四屆世界崩塌論壇會議及 現地大規模崩塌地考察

服務機關： 行政院農業委員會水土保持局
姓名職稱： 李鎮洋 局長
派赴國家： 斯洛維尼亞 (Slovenia)
出國期間： 106 年 5 月 27 日至 6 月 7 日
報告日期： 106 年 8 月 17 日

摘要

第四屆世界崩塌論壇為聯合國教科文組織下之天然災害相關會議，其主題為“崩塌研究與風險降低以增進與自然危害共處的文化”(4th World Landslide Forum - “LANDSLIDE RESEARCH AND RISK REDUCTION FOR ADVANCING CULTURE OF LIVING WITH NATURAL HAZARDS”)，會議目的主要討論全球氣候變遷與巨震所引發崩塌之威脅下，民眾、社區、各級政府之因應對策，以及發展適切的與自然災害共處的科學知識及科技，以提供民眾及政府應用。藉由本會議鼓勵從事崩塌技術，崩塌災害調查和治理工作之科學家、工程師和研究人員及政府官員，分享的工作成果與經驗，給國際社會相關領域人員參考。

本會議參加的對象，包括：聯合國機構、歐盟機構和機構、國家政府和地方政府人員、從事減少災害風險的非政府組織、國際和國家防救災機構、研發滑坡風險降低的私營科技公司團體、學術機構、保險和再保險公司等各界人士。

會議主題包括：

1. 2015 年至 2025 年的 Sendai partnership (仙台合作)
2. 崩塌科學進展
3. 崩塌科技進展
4. 多樣化崩塌形態
5. 不同環境下的崩塌

目次

摘要.....	I
目次.....	II
表次.....	III
圖次.....	IV
壹、 會議目的與行程.....	1
一、 會議目的.....	1
二、 會議行程.....	2
貳、 會議與考察過程與內容說明.....	4
一、 2017 WLF4 世界崩塌論壇會議.....	4
1. 本次論壇出席人員組成.....	6
2. 會議地點.....	7
3. 研討會會場.....	10
4. 論壇會議及考察過程.....	11
二、 2017 WLF4 世界崩塌論壇現地考察.....	22
參、 會議與考察心得及建議.....	48

表次

表 1、與會人員	2
表 2、第四屆世界山崩論壇之考察行程	2
表 3、現地考察之行程表	24

圖次

圖 1、第四屆世界崩塌論壇會議網頁(https://www.wlf4.org/)	5
圖 2、盧比安納城市及廣場	8
圖 3、盧比安納城堡(上)。廣場的刷卡垃圾收集桶(下)呈現現代科技與古城的完美融合	9
圖 4、現代化建物與地下化樓層設計之會場	10
圖 5、為國際崩塌論壇主席 Yueping Yi(上)及 Matjaž Mikoš(下)致詞狀況	12
圖 6、Dr. Jordi Corominas 討論大型崩塌之發生機制及其塊體關係	13
圖 7、Claudio Margottini 講述文化遺產的保護科技的應用及案例	14
圖 8、第四屆世界崩塌論壇研討會開幕會場(106.5.30)	15
圖 9、學衛星及雷達衛星及 UAS 遙測影像會場，瑞士(上)及義大利(下)的兩位發表學者	16
圖 10、學者發表有關老崩塌地的再啟動滑動之案例(上)與森林火災後土石流發生機制(下)	17
圖 11、暨南國際大學王國隆教授發表	19
圖 12、各分會場座無虛席(上)，會議討論持續延續至中場休息時間(下)	20
圖 13、會場中許多商品化之科技產品與工程設施	21

圖 14、現地考察之路線圖，1 到 9 的數字為各日的滑坡考察點。其中第 7 及第 8 點為義大利及奧地利境內之大規模崩塌點。 ……………	22
圖 15、為現地考察之現勘紀錄位置點(取自 Google map) ……………	23
圖 16、現地考察工作人員與所有參與專家學者合影 ……………	25
圖 17、施工期間發生多次山體滑坡 ……………	27
圖 18、高架橋橋墩因崩積層位移偏壓 ……………	27
圖 19、沉箱做為抗壓設施保護公路的高架橋柱，減少橋柱上的側向土壓力 ……………	28
圖 20、崩塌阻斷當地道路長達一公里 ……………	29
圖 21、當地政府在設置監測系統以應防災應變之需 ……………	30
圖 22、坡體出現許多裂縫(左)及崩崖(右)，開口可達 5m 以上 ……………	30
圖 23、地形呈現滑移陷落谷地(上)，高濃度鹽漬化岩層(下) ……………	32
圖 24、於 1885 年與現今崩塌比對 ……………	33
圖 25、設置 12 座大型地下水排水豎井，降低深層地下水壓 ……………	34
圖 26、Strug 山體滑坡位於斯洛維尼亞西北部上薩克斯河谷的科西奇村之 Brusnik 野溪上游 ……………	36
圖 27、Brusnik 橋重新形成做成拱形 (上)。另設沉沙池於科西奇村下游(下) ……………	37
圖 28、Stože 坡形成順向坡滑動，形成土石流 ……………	39

圖 29、Log pod Mangartom 村上游建立一座大型 11 米高的鋼筋混凝土防砂壩以保障居民安全	40
圖 30、義大利東北部 Valcanale 山谷的 Tarvisio，Malborghetto-Valbruna 和 Pontebba 土石流事件堵塞了 A23 高速公路	42
圖 31、本地區三坑溝之輸砂渠道、沉沙池等設施	45
圖 32、Potoška planina 山體滑坡位於 Karoroanke 山脈，下游為 Koroška Bela	46
圖 33、模型分析崩塌的結果	47
圖 34、Koroška Bela 堆積扇模擬土石流的最大流量深度分布	47
圖 35、氣候變遷下水土保持調適策略架構魚骨圖	50

壹、會議目的與行程

一、會議目的

世界山崩論壇三年舉辦一次，會議目的為集結世界各國學者、政府官員、工商代表等相關坡地災害領域專家，共同就近幾年重大崩塌議題討論，並研擬預防與解決之道。2008 年在日本東京舉辦的第一屆世界山崩論壇，會後達成共同聲明「結合聯合國國際災害防治策略組織，共同推動國際坡地災害防治計畫 (Strengthening the International Programme on Landslides with UNISDR)」。第二屆世界山崩論壇在義大利羅馬召開，由國際山崩防治計畫 (International Programme on Landslides) 共同成員一起主辦，加強學術研究與實際防災之間的溝通。第三屆世界山崩論壇則是在中國北京舉行，議題由針對山崩的研究與應用，漸漸加入結合地質環境探討的相關議題。

世界崩塌論壇為聯合國教科文組織下之天然災害相關會議，第四屆其主題為-崩塌研究與風險降低以增進與自然危害共處的文化(4th World Landslide Forum - “LANDSLIDE RESEARCH AND RISK REDUCTION FOR ADVANCING CULTURE OF LIVING WITH NATURAL HAZARDS)。會議目的主要討論全球氣候變遷與巨震所引發崩塌之威脅下，民眾、社區、各級政府之因應對策。以及發展適切的與自然災害共處的科學知識及科技，以提供民眾及政府應用。藉由本會議鼓勵從事崩塌技術，崩塌災害調查和治理工作之科學家、工程師和研究人員及政府官員，分享的工作成果與經驗，給國際社會相關領域人員參考。

本論壇是因應聯合國會員國 2015 年 3 月在日本仙台市第三次聯合國減少災害風險大會（第三屆世界氣象組織）召開的 2015 - 2015 年減災災害風險評估報告所擬定之仙台框架(The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030)而舉辦。本活動由國際滑坡聯合會（日本京都），國際滑坡事件計劃(IPL)，Ljubljana 大學和斯洛維尼亞地質調查局共同組成。

● 會議人員

本次與會考察人員共計 1 人，其服務機關為行政院農業委員會水土保持局，與會人員職稱、姓名如表所示。

表1、與會人員

服務機關	職稱	姓名	性別	備註
行政院農業委員會 水土保持局	局長	李鎮洋	男	
合計 1 人				

二、會議行程

本次出國參加會議與考察期間自 107 年 5 月 27 日至 6 月 7 日共計 12 日，主要會議地點為斯洛維尼亞首都盧比安納市(Ljubljana, Slovenia)，出席世界山崩論壇研討會，並參加研討會舉辦現地研習，主要考察大規模崩塌、滑坡及土石流等防治工程，本次考察行程如表 2 所示。

表2、第四屆世界山崩論壇之考察行程

日數	日期	行程紀要
第 1 日	5 月 27 日(六)	桃園國際機場(TPE)前往維也納國際機場(VIE)
第 2 日	5 月 28 日(日)	1、維也納國際機場(VIE)前往盧比安納(LJU) 2、抵達會場中心
第 3 日	5 月 29 日(一)	1、參加 2017 4 th World Landslide Forum 開幕式 2、參與會議 WLF4 Forum Lectures 發表

日數	日期	行程紀要
第 4 日	5 月 30 日(二)	1、參加 2017 4 th World Landslide Forum 歡迎酒會 2、盧比安納城市 walking tour
第 5 日	5 月 31 日(三)	1、參加 2017 4 th World Landslide Forum 晚宴 2、World Landslide Forum 論文發表
第 6 日	6 月 1 日(四)	1、World Landslide Forum 論文發表
第 7 日	6 月 2 日(五)	1、參加 2017 4 th World Landslide Forum 閉幕式 2、World Landslide Forum 論文發表
第 8 日	6 月 3 日(六)	參加 2017 4 th World Landslide Forum 三日現勘行程： 第一天行程： Ljubljana-Vipava Valley-
第 9 日	6 月 4 日(日)	參加 2017 4 th World Landslide Forum 三日現勘行程： 第二天行程： Kobarid-Bovec
第 10 日	6 月 5 日(一)	參加 2017 4 th World Landslide Forum 三日現勘行程： 第三天行程： Bovec-Malborghetto (IT)-Dobratsch(AT)-Kranjska Gora (SI)-Ljubljana
第 11 日	6 月 6 日(二)	盧比安納(LJU)前往維也納國際機場(VIE) 維也納國際機場(VIE)前往桃園國際機場(TPE)
第 12 日	6 月 7 日(三)	返抵國門

貳、會議與考察過程與內容說明

一、2017 WLF4 世界崩塌論壇會議

第三次聯合國世界減災會議（WCDRR）2015年3月16日，在日本仙台召開，國際滑坡聯盟提出成立“2015-2025年ISDR-ICL仙台夥伴關係”，促進全球了解和減少滑坡災害風險。該提案有16個聯合國國際和國家組織接受，並在日本仙台簽署協議。

4th World Landslide Forum “第四屆世界崩塌論壇會議議程”，亦加入因應聯合國會員國所擬定之仙台框架(The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030)。本活動由國際滑坡聯合會（日本京都），國際滑坡事件計劃（IPL），Ljubljana大學和斯洛維尼亞地質調查局共同組成。論壇封面與網頁如圖1所示。

本會議參加的對象，包括：聯合國機構、歐盟機構和機構、國家政府和地方政府人員、從事減少災害風險的非政府組織、國際和國家防救災機構、研發滑坡風險降低的私營科技公司團體、學術機構、保險和再保險公司等各界人士。

本文介紹了夥伴關係的背景和內容，包括全球重大山體滑坡災害的例子，全面的伙伴關係和簽署組織的名單。會議主題主要包括：

1. 2015年至2025年的Sendai partnership (仙台合作) (Sendai Partnerships 2015-2025)
2. 崩塌科學進展(Advances in Landslide Science)
3. 崩塌科技進展(Advances in Landslide Technology)
4. 多樣化崩塌形態(Diversity of Landslide Forms)
5. 不同環境下的崩塌(Landslides in Different Environments)



“Landslide Research and Risk Reduction for Advancing Culture of Living with Natural Hazards”

Local Proceedings with Programme

29 May - 2 June 2017
Ljubljana, Slovenia



A Programme of
the ICL for ISDR
ISDR



Univerza v Ljubljani



圖 1、第四屆世界崩塌論壇會議網頁(<https://www.wlf4.org/>)

1. 本次論壇出席人員組成

論壇群集具有不同背景和來自世界不同地區的論壇，並對滑坡災害風險降低感興趣的人士，其組成包括聯合國及國際組織成員、國家及地方政府人員、專家學者、產業界人士等：

- 聯合國機構
- 歐盟機構和機構
- 國家政府和地方當局
- 有興趣減少災害風險的非政府組織
- 國際和國家民防和救災機構和機構
- 私營部門參與滑坡風險降低領域的技術和解決方案的研究，開發和實際應用
- 研究與學術機構
- 保險和再保險公司

2. 會議地點

斯洛維尼亞共和國是一個位於中歐南部，毗鄰阿爾卑斯山的小國。全稱斯洛維尼亞共和國（斯洛維尼亞語：Republika Slovenija），西鄰義大利，西南通往亞得里亞海，東部和南部被克羅埃西亞包圍，東北有匈牙利，北接奧地利。斯洛維尼亞國土面積為 20,273 平方公里，全國人口約 205 萬人，半數以上居民信仰羅馬天主教，盧比安納為首都及最大城市。(摘自維基百科)

盧比安納（斯洛維尼亞語、匈牙利語：Ljubljana），德語稱萊巴赫（Laibach），義大利語稱盧布亞納（Lubiana），斯洛維尼亞的首都、該國最大城市和 11 個特別市之一。面積約 170 平方公里，人口 27.86 萬（2007 年統計）。盧比安納是斯洛維尼亞的政治、經濟和文化中心。該市是斯洛維尼亞中央政府及其各部、國會和總統的駐地。由於交通聯繫、產業集中、科研機構和產業傳統等方面的優勢，該市在斯洛維尼亞得以擁有首席經濟地位。圖 2 及圖 3 為市區之風光。

盧比安納地處阿爾卑斯山山麓的河谷盆地，風景宜人。城市的建築氛圍明顯受到了來自奧地利和義大利的強烈影響，位於河畔的市中心地帶，遍布文藝復興風格、巴洛克風格、新古典主義和新藝術運動風格的古老建築與橋樑，高地上始建於中世紀的城堡則俯瞰整個古城。盧比安納的另一

個特別之處，是其著名的非主流文化中心 Metelkova，在反傳統的青年人中頗有影響。



圖 2、盧比安納城市及廣場



圖 3 、 盧比安納城堡(上)。 廣場的刷卡垃圾收集桶(下)呈現現代科技與古城的完美融合

3. 研討會會場

本屆 WLF4 會議於盧比安納市舉辦，研討會位於 Cankarjev dom - 文化和會議中心。會場位於盧布爾雅那市中心，距離幾家酒店和迷人的老城區僅幾步之遙。在全體會議廳設有 22 間多功能廳和多功能廳，最多可容納 2000 人次，是斯洛維尼亞最大的專用會議中心，會議設施多位於地下化，除減少能源的損耗外，亦有較佳的耐震性，相當有特色。如圖 4 所示。



圖 4、現代化建物與地下化樓層設計之會場

4. 論壇會議及考察過程

台灣自從 921 集集地震後，邊坡崩塌的面積約佔了全台灣面積的 3% 左右，這些崩塌的土石隨後在桃芝、納莉颱風及七二豪雨的助虐下，造成相當多的土石流重大災害。無獨有偶，2008 年莫拉克颱風帶來超過 3000mm 的豪雨重創中南東地區。大規模土砂災害造成國家社會與經濟上重大影響，因此國內於大規模崩塌與土石流方面的研究持續精進。歷經數年來國內專家與學者們的努力，我國在不論在大規模崩塌亦或土石流災害與防救科技的研究均有卓著的成果，這些成果均具有能登上世界相關領域的舞台。

● 研討會開幕式及主題報告

本論壇開幕式分別由 Yueping Yin, ICL President、Qunli Han, UNESCO DG Representative、JH.E. Keiji Fukuda, Ambassador of Japan in Slovenia、Matjaž Mikoš, WLF4 Forum Chair 分別致詞，如圖 5 為國際崩塌論壇主席 Yueping Yin 及 Matjaž Mikoš 致詞一景。



圖 5、為國際崩塌論壇主席 Yueping Yi(上)及 Matjaž Mikoš(下)致詞狀況

本次論壇安排四個主要專題演講，題目與主講人如下：

- Rupestrian world heritage sites: Instability investigation and sustainable mitigation by Claudio Margottini (Coordinator of the ICL successful thematic network, Italy)

- Rock fall occurrence and fragmentation by Jordi Corominas (2016 Varnes Medal Recipient, Spain)
- Glacial lake outburst floods by Vít Vilimek (Editor of 2016 thematic issue of Landslides, Czech Republic)
- Landslides and Society by Irasema Alcántara-Ayala (Convener of Session 1-3 Landslides and Society, Mexico)

圖 6 為 Jordi Corominas 討論大型崩塌之發生機制及其塊體尺寸與運動之關係提出深入的介紹，圖 7 則為 Claudio Margottini 針對文化遺產的保護科技提出很有創意的應用及案例。相當有啟發性。圖 8 為會場之狀況。



圖 6、Dr. Jordi Corominas 討論大型崩塌之發生機制及其塊體關係



圖 7、Claudio Margottini 講述文化遺產的保護科技的應用及案例



圖 8、第四屆世界崩塌論壇研討會開幕會場(106.5.30)

● 論壇會議發表狀況

於本次會議中，光學衛星及雷達衛星及 UAS 遙測影像之應用之研究數量相當豐富如圖 9 所示，顯示遙測科技為目前科技運用之主流，然其加值與判釋分析仍需地表、地物及多種多期圖資的套疊分析，其部分核心仍是大數據資料庫為基礎，因此在發展衛星及 VR 影像等科技之餘，大數據資料庫之持續建置，仍為我國應應繼續努力的方向。

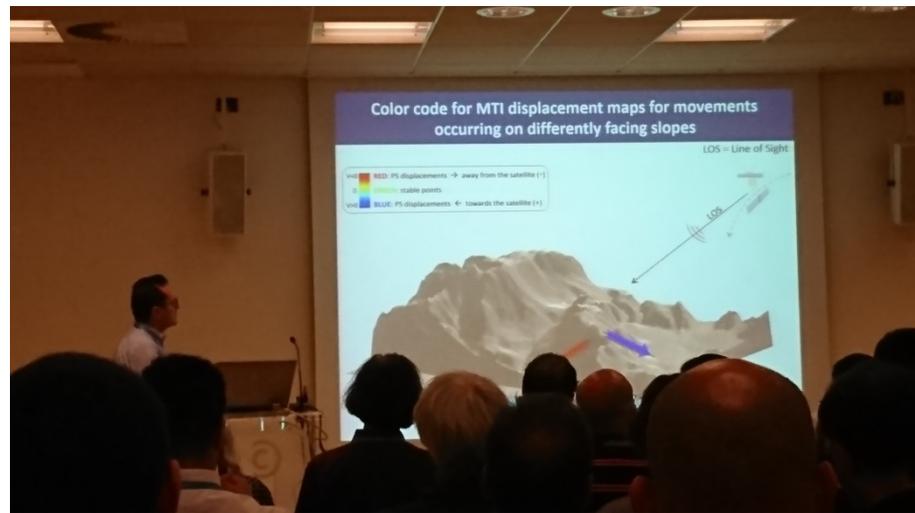


圖 9、學衛星及雷達衛星及 UAS 遙測影像會場，瑞士(上)及義大利(下)的兩位發表學者



圖 10、學者發表有關老崩塌地的再啟動滑動之案例(上)與森林火災後土石流發生機制(下)

本會議中崩塌及土石流發生機制與運動，仍是世界關注的主流。圖 10 上的學者發表有關老崩塌地的再啟動滑動之案例，此於我國山區中近年發生的大規模崩塌事件，有異曲同工的現象。而圖 10 下之美國 Prof. Parise 則討論森林火災後，促使土石流再發育的狀況，於 2000 年陽明山箭竹集體死亡後的五年中，大屯山區土石流與侵蝕狀況增加，有類似的機制。而於

全球氣候變遷下旱澇加劇，因此我國山區森林大火的可能性亦隨之提高。

因此，參酌美國經驗轉化為我國經驗的機會亦為相當可貴。

除國外學者外，國內亦有多位學者與研究人員之發表研究成果。中央大學董家鈞教授研究團隊發表“Critical Displacement of Earthquake - Triggered Catastrophic Landslides”，討論地震崩塌地啟動因子。這項研究強調，滑坡發生機制極為複雜，可能是摩擦定律、地震頻率和滑動面形狀的函數。應考慮相關於速度及位移的摩擦定律和地震波的代表性，以評估災難性快速移動的滑坡的啟動。台灣大學林美聆教授與暨大王國隆教授研究團隊發表“Observation and Mapping of Complex Landslides Using Field Investigation and Remote Sensed Data”(圖11)，運用遙測影像分析技術，討論複合式崩塌大規模之產狀與量體評估。結果顯示應用SBAS的分析技術，將易於圈繪出大型深層滑坡，其垂直位移精度亦達合理範圍。此外，本研究MEMS加速度計用以在監測本研究領域的靜態和動態行為，捕抓到的事件不僅有降雨崩塌，也可捕抓地震崩塌。



圖 11、暨南國際大學王國隆教授發表

成功大學林慶偉教授及文化大學陳柔妃教授研究團隊發表
“Monitoring the Deep-Seated Landslides by Using ALOS/PALSAR Satellite Imagery in the Disaster Area of 2009 Typhoon Morakot, Taiwan,” 實證衛星影像之應用性。在其56處研究地點中，應用Temporarily Coherent Points InSAR (TCP-InSAR) 技術監測其位移狀況。結果顯示有7個地點於莫拉克颱風後，年位移率增加，而2個地點的年位移率則下降。但另有14地點被分類在TCP測量不足以識別的D類。中興大學陳樹群院長與國家災害防救科技中心吳亭燁博士發表 “Analysis on Debris Flow Non-rectilinear Motion—From Case Study to Hazard Zone Delimitation Discussion”，討論土石流材料之運動行為。結果表明，可能的因素可能引發泥石流非直線運動，包括斜坡坡度差異，地質材料和浸水部分的沉積物質。此研究進行各種流量和堆積部的定性分析。具有碎屑滑坡的野溪及明顯的溝渠地形具有較高的非直線運動的

敏感性。本研究成功構建了一個分析過程，以闡明泥石流非直線運動的可能性。本次會議討論相當熱烈，會議討論延續至中場休息時間，如圖12所示。



圖 12、各分會場座無虛席(上)，會議討論持續延續至中場休息時間(下)

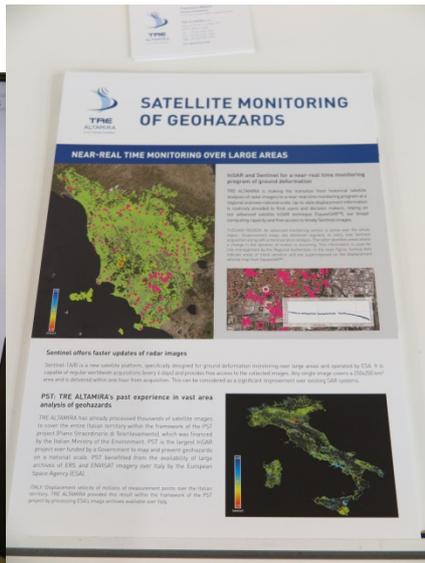
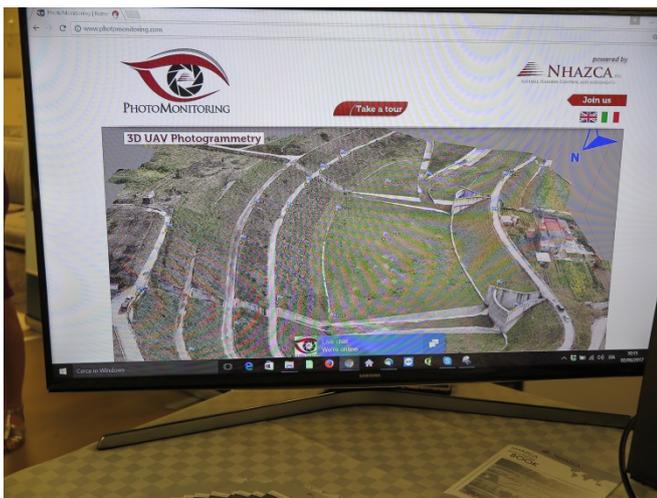


圖 13、會場中許多商品化之科技產品與工程設施

會場中有許多商展產品如圖 13 所示。包括落石網之工程應用、自鑽式岩錨、地電磁感測器、UAV 及 3D 影像應用及分析軟體、衛星影像監測地質災害區等等，足供我國防災產業界之參酌與省思。

二、2017 WLF4 世界崩塌論壇現地考察

第四次世界山體滑坡論壇之現地考察重點，包括：斯洛維尼亞及其西北部地區的滑坡狀況，以及由降雨或地震引起的破壞性滑坡的災害案例。圖 14 為本次現地考察大規模崩塌和土砂災害點之路線，圖 15 為現地勘查所紀錄之位置點。其中，第一及第二天位於斯洛維尼亞境內，第三日則穿過邊境前往義大利及奧地利境內，考察大規模崩塌災害。

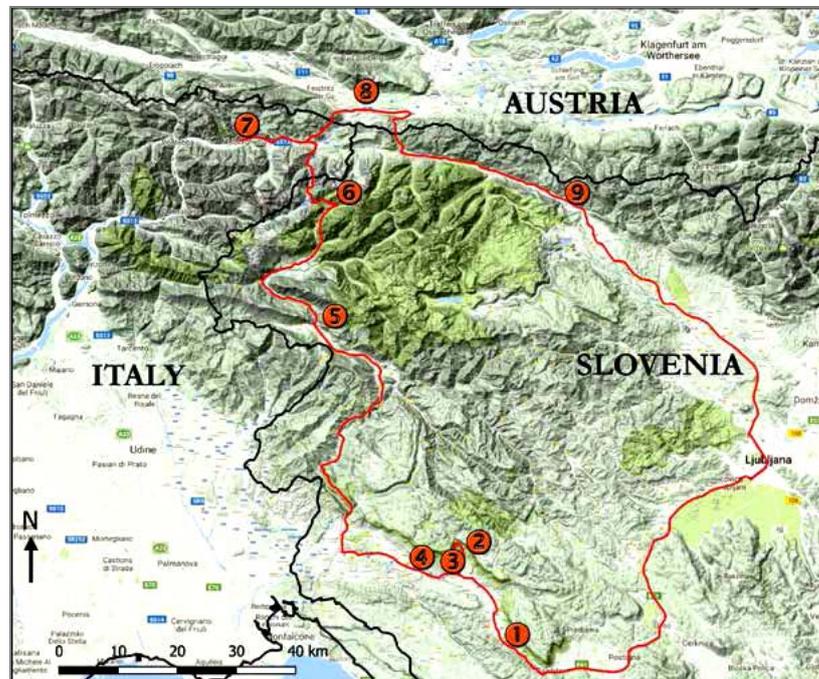


圖 14、現地考察之路線圖，1 到 9 的數字為各日的滑坡考察點。其中第 7 及第 8 點為義大利及奧地利境內之大規模崩塌點。

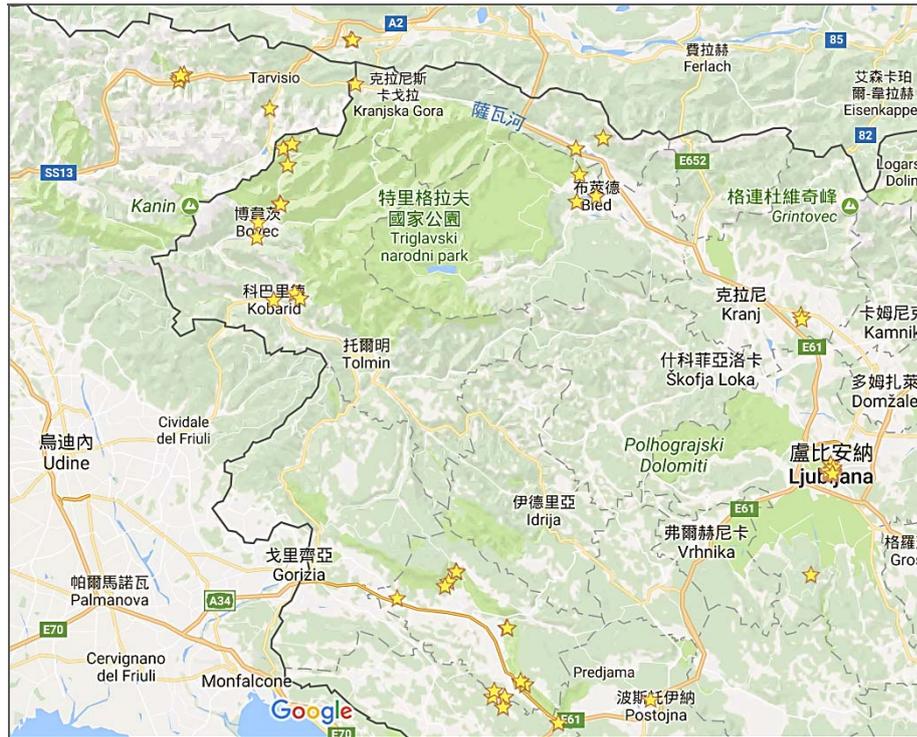


圖 15、為現地考察之現勘紀錄位置點(取自 Google map)

考察行程如表 3 所示。第一天，觀察維巴瓦谷（SW 斯洛維尼亞）更新世的最新的山體滑坡中生代石灰岩覆蓋在第三紀砂質泥岩上之地層，此地區為 Friulian 與斯洛文尼亞中部之間的主要通道，因此也是連接意大利北部與中部的重要走廊歐洲。由於不利的地質條件和強烈的降雨導致形成不同類型的複雜滑坡，由大型深層圓弧形和平移地滑到淺層滑坡均有，而崩積材料進而以土石流的形式流動。

第二天考察在位於斯洛文尼亞西北部的索卡河谷，該地區靠近與意大利的邊界。附近的 Strug 山體滑坡為斯洛維尼亞最近最嚴重的災難性滑坡，Stože 山體滑坡造成 7 人死亡。

最後一天由斯洛文尼亞和義大利邊界的瓦爾納萊谷開始。2003年8月該地區出現嚴重泥石流，造成2人死亡，損毀260座建築物。大量堆積物阻斷A23高速公路，覆蓋兩條車道。午後前往Dobratsch將觀察史前歷史性的滑坡的多重崩崖。Dobratsch山體長17公里，寬6公里，岩體陡峭。最後考察點為Potoškaplanina滑坡，其崩塌物質轉化成土石流，因此對下游KoroškaBela村居民構成相當的危害。最後，圖16為現地考察所有參與專家學者合影。

表3、現地考察之行程表

1st day, Saturday 3 June 2017 (Ljubljana – Vipava Valley – Kobarid)
07:30 – 09:10 Departure from Ljubljana (Erjavčeva street, in front of Cankarjev dom)
09:10 – 10:00 <i>Field stop 1A</i> : Geological introduction to slope mass movements in the Vipava Valley
10:00 – 11:00 <i>Field stop 1B</i> : Construction of retaining structures at Motorway H4 Razdrto–Vipava
11:00 – 12:20 <i>Field stop 1C</i> : View of landslides in Rebrnice area
14:30 – 15:30 <i>Field stop 2</i> : Visit to the Stogovce landslide
15:30 – 17:30 <i>Field stop 3</i> : Visit to the Slano Blato landslide
17:30 – 19:00 Bus transfer from Vipava Valley to Kobarid
2nd day, Sunday 4 June 2017 (Kobarid – Bovec)
09:30 – 10:00 Departure from Kobarid and bus transfer to the Koseč village
10:00 – 12:00 <i>Field stop 5</i> : Visit to the Strug landslide
12:00 – 13:00 Bus transfer from Koseč to Bovec
14:30 – 15:00 Bus transfer to village of Log pod Mangartom
15:00 – 18:30 <i>Field stop 6</i> : Visit to the Stože landslide
18:30 – 19:00 Bus transfer to Bovec
3rd day, Monday 5 June 2017 (Bovec – Malborghetto (IT) – Dobratsch (AT) – Kranjska Gora (SI)-Ljubljana)
08:00 – 09:00 Departure from Bovec and bus transfer to Malborghetto–Valbruna (Italy)
09:00 – 11:30 <i>Field stop 7</i> : Visit to the Malborghetto–Valbruna (Italy) debris flow events
11:30 – 12:30 Bust transfer from Malborghetto–Valbruna to Arnoldstein (Austria)

12:30 – 14:00 <i>Field stop 8: View of the Dobratsch massif</i>
14:00 – 15:00 Bus transfer from Arnoldstein to Kranjska Gora (Slovenia)
16:00 – 16:45 Bus transfer to Blejska Dobrava
16:45 – 17:30 <i>Field stop 9: View of Potoška planina landslide</i>
17:30 – 18:20 Bus transfer to Ljubljana (arrival at the Congress Centre Cankarjev Dom)



圖 16、現地考察工作人員與所有參與專家學者合影

1. 第一日 Vipava River Valley

今日考察行程包括：考察點 1. Rebrnice landslides，考察點 2. Stogovce landslide，及考察點 3. Slano Blato landslide 三處坡地災害區。

● 考察點 1 Rebrnice landslides

Rebrnice 地區是一個面向西南的斜坡，毗鄰 Vipava 山谷和 Nanos 高原。該區域是板塊運動西北向推擠所組成地質構造，由一系列的中生代石灰岩覆蓋於第三紀砂質泥岩上而成。

本地區斜坡的上部由陡峭的石灰岩懸崖組成，而中部和下部的區域則較為平緩地傾斜，並由多個扇形和舌形第四紀沉積物堆積，最大厚度達到 50 米。高速公路 H4 Razdrto-Vipava 正在穿越 Rebrnice 長達 10 公里。

高速公路 H4 連接斯洛文尼亞中部和意大利北部。選線時盡量減少滑坡地區，並為維巴瓦河谷的村莊保留水源。H4 的建設始於 2003 年，於 2009 年完工。施工期間發生多次山體滑坡，其中最大的是 SOR (Lozice)，約 60 萬立方米。由於這條高速公路段採 2 條隧道（約 295 層，約 600 米）如圖 17 所示，2 條切割和覆蓋隧道（約 115 和 305 m），8 個高架橋（共 2570 m），25 個固定結構（14 個樁牆，長 1334 m，7 個長度為 694 m 的鋼筋混



圖 19、沉箱做為抗壓設施保護公路的高架橋柱，減少橋柱上的側向土壓力

● 考察點 2 Stogovce landslide

Stogovce 山體滑坡約長 200m，坐落位於在石灰岩盤面崩積層。這個地區，主要為石灰岩覆蓋於泥岩上，石灰岩岩屑覆蓋厚約 6-28 米的。於 2010 年大地滑之前，山體滑坡已是非常活躍。自 2000 年以來，當地道路上即出現許多裂縫和較小的滑坡，惟當時沒有採取監測措施。Stogovce 滑坡於 2010 年 9 月 18 日的極端降水事件引發，當時出現二處小圓弧地滑。接下來的幾個星期，滑坡長達 700 米，長度達 200-300 米，有大約 100 萬立方米的石

灰岩岩屑和風化泥岩進入 Lokavšček 溪流，河床覆蓋約 300m，厚度超過 10 米。在此次事件中，阻斷當地當地道路長達一公里如圖 20 所示，同時危及一個供電站。如果滑坡堵塞了 Lokavšček 河，將給附近的村莊造成危險，因此當地政府在 Lokavšček 溪流進行了一些重要的結構修復工程和措施。

當地政府在設置監測系統以應防災應變之需如圖 21 所示。監測結果顯示滑坡在 1-5mm/yr 範圍內的移動，最大值可達 3mm/m。現地勘查時，可見坡體出現許多崩崖及裂縫，開口可達 2m 以上，如圖 22 所示。

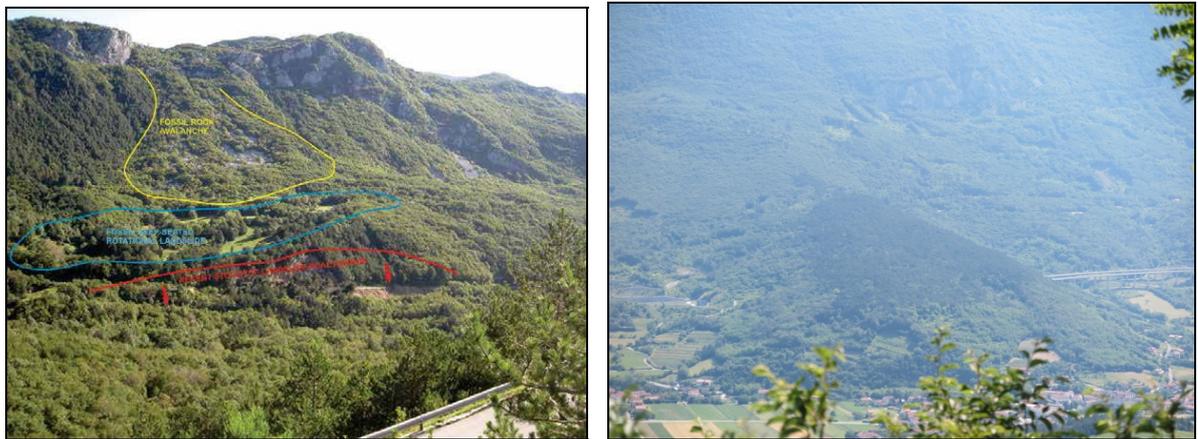


圖 20、崩塌阻斷當地道路長達一公里

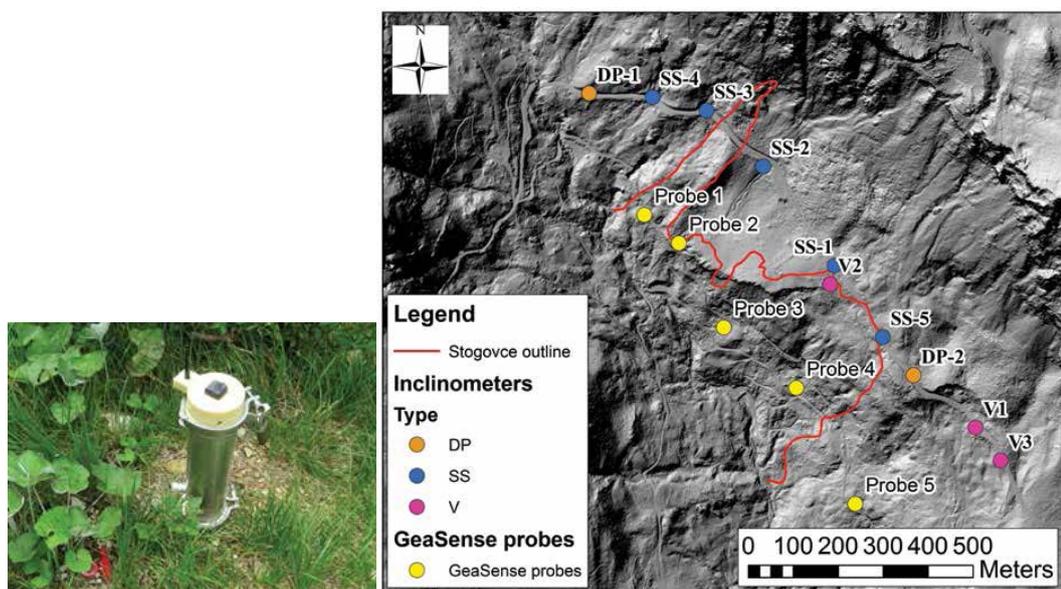


圖 21、當地政府在設置監測系統以應防災應變之需



圖 22、坡體出現許多裂縫(左)及崩崖(右)，開口可達 5m 以上

● 考察點 3 Slano Blato landslide

Slano blato 滑坡位於 Lokavec 村 Vipava 河谷上游。這滑坡與瓦皮亞瓦山谷的其他山體滑坡不同，主因為高濃度鹽漬化岩層形成不穩定機制。本主要的陡坡位於始新世之上的石灰岩附近，地形呈現滑移陷落谷地如圖 23 所示。本大規模崩塌在 1786 年和 1885 年均有報導如圖 24 所示，山體滑坡埋沒在山谷底部的村莊和主幹道。

2000 年 11 月 17 至 19 日強降雨及長延時降雨，山體滑坡已長達 570 米，寬達 60-250 米，深 10 米。由於連續降雨，地表逕流混合崩積材料為

泥流，最大速度達 60-100 m/day。目前山體滑坡長 1.4 公里，體積超過 100 萬立方米，滑坡發生在主要的陡坡之上。當地政府陸續設置 12 座大型地下水排水豎井圖 25 所示，希冀降低深層地下水壓。但部分排水井也因深層地滑位移，平行位移十餘公尺，排水井設施之效能尚待進一步評估。



圖 23、地形呈現滑移陷落谷地(上)，高濃度鹽漬化岩層(下)



圖 24、於 1885 年與現今崩塌比對

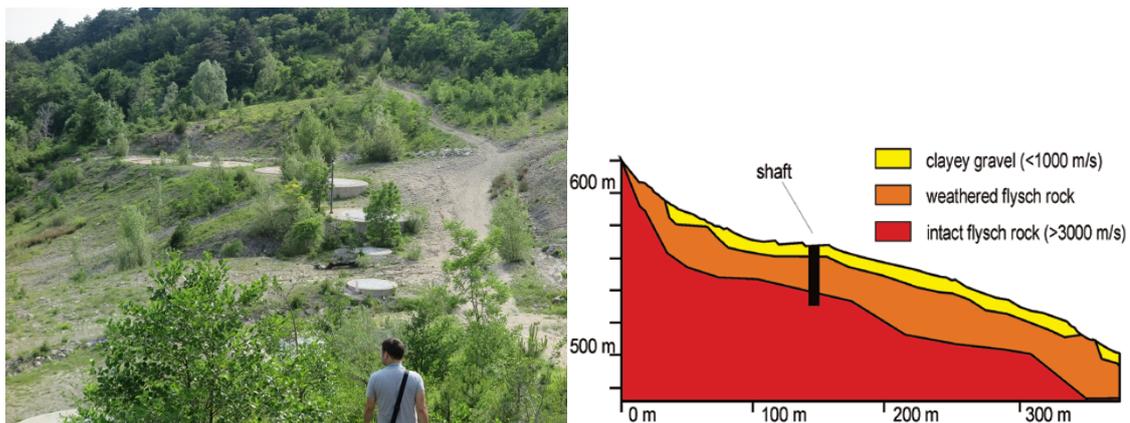


圖 25、設置 12 座大型地下水排水豎井，降低深層地下水壓

2. 第二日 The Soča River Valley

今日考察行程包括考察點 5. Strug landslide 及考察點 6. Stože landslide 二處坡地災害區。

● 考察點 5 Strug landslide

Strug 山體滑坡位於斯洛維尼亞西北部上薩克斯河谷的科西奇村之 Brusnik 野溪上游如圖 26 所示。2001 年 12 月 Strug 滑坡開始發生在高滲透性石灰岩與角礫岩面上，高度破碎的鈣質岩堆覆在大部分不可滲透的角礫岩（白堊紀）之上，引發複雜的崩塌狀況。滑坡先以塊狀滑移，再形成岩石崩塌。

2002 年本地區發生了 20 多起土石流（ $100\sim 1000\text{m}^3$ ），沿野溪流向 Koseč 村。當地政府設置監測系統包括：鑽孔、傾斜儀、地下水位和水文氣象網（降水，氣象站）等，為當地居民建立預警系統。

數值模型流量最大估計碎屑流量為 20,000 立方米。因此 Brusnik 橋重新形成做成拱形，增加通洪斷面。另外設置沉沙池於科西奇村下游，拉德拉村上游，保護村莊免遭土砂災害如圖 27 所示。



圖 26、Strug 山體滑坡位於斯洛維尼亞西北部上薩克斯河谷的科西奇村之
Brusnik 野溪上游



圖 27、 Brusnik 橋重新形成做成拱形 (上)。另設沉沙池於科西奇村下游(下)

● 考察點 6 Stože landslide

2000 年 11 月 17 日午夜，斯洛維尼亞西部的 Log pod Mangartom 村莊發生 20 世紀斯洛維尼亞境內最大的單一自然災害-- Stože 滑坡。滑坡事件造成七人死亡。Stože 山體滑坡發生於 Koritnica 河上游，河流流域達 87 平方公里。而高滲透性岩溶地層與冰川沉積物和沖積層在這個山區流域主要的地層狀況，而 Stože 山體是該流域地區唯一滲透率較低的地層，因此其地下水壓易於累積而升高。

2000 年 11 月 15 日和 17 日的兩的事件，Stože 坡形成順向坡滑動如圖 28 所示，總容積超過 150 萬立方米。第一次山體滑坡形成快速崩滑，第二次則形成土石流。Log pod Mangartom 村 48 天內降下 1638.4 毫米的降雨量（超過年平均降水量的 60%），導致事件發生。Stože 山體滑坡（兩個泥石流）是由於長時間降雨後的高地下水壓力引發的。

事件發生後，國家和地方民防管理部門對村民全部居民的臨時撤離進行了救援，並建立了預警系統：監測系統主要仍以降雨資料為依據。在此之後，斯洛維尼亞政府通過了立法，命令將已損毀房屋之居民搬遷到危險區外的安全區域。另在 Log pod Mangartom 村上游建立一座大型 11 米高的鋼筋混凝土防砂壩。以保障居民安全如圖 29 所示。

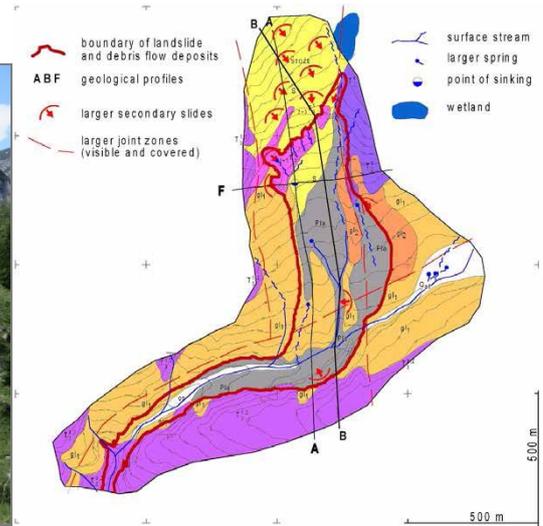


圖 28、Stože 坡形成順向坡滑動，形成土石流



圖 29、Log pod Mangartom 村上游建立一座大型 11 米高的鋼筋混凝土防砂壩以保障居民安全

3. 第三日 NW Slovenia, Italy and Austria

今日考察行程包括考察點 7. Valcanale Valley, Malborghetto - Valbruna debris flow events (Italy)及考察點 9. Potoška planina landslide 二處坡地災害區。

● 考察點 7

考察點位於義大利東北部 Valcanale 山谷的 Tarvisio，本地區於 2003 年 8 月 29 日，於 12 個小時降下 390mm 之暴雨，造成了 1,100 多個泥石流，重創義大利極端東北部 Valcanale 山谷的 Tarvisio，Malborghetto-Valbruna 和 Pontebba 的城市。事件造成兩人死亡，二百二十幢樓宇遭受破壞，大型崩塌堵塞了 A23 高速公路如圖 30 所示。總體來說，損失估計為 10 億歐元。

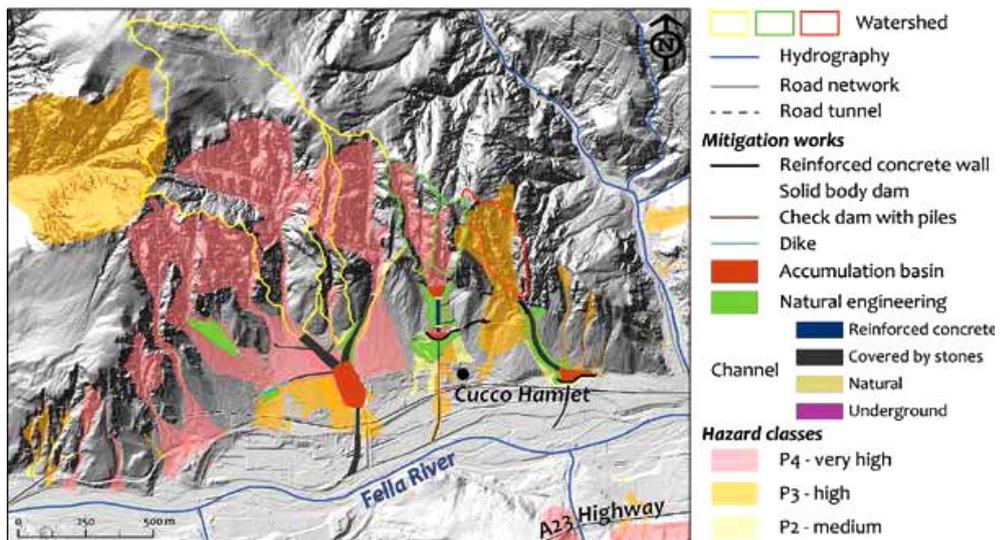
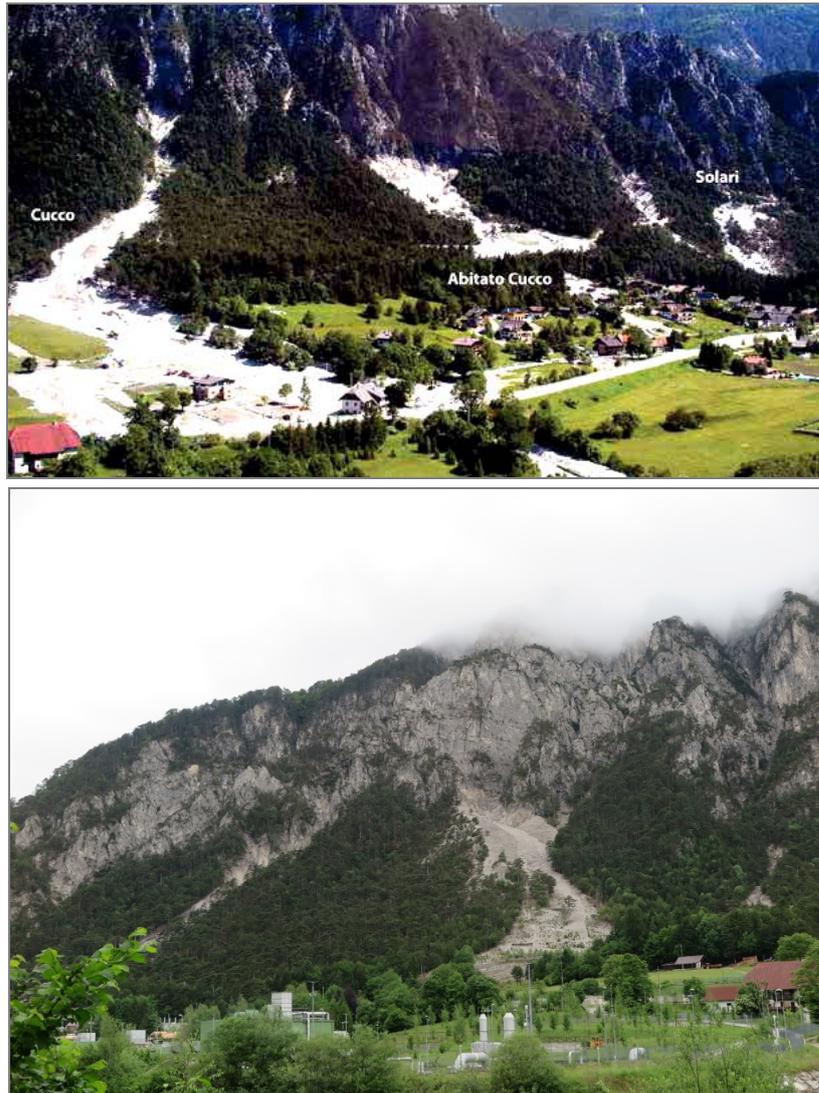


圖 30、義大利東北部 Valcanale 山谷的 Tarvisio，Malborghetto-Valbruna 和 Pontebba 土石流事件堵塞了 A23 高速公路

本地區平均年降水量約為 1400 至 1800 毫米。2003 年的劇烈天氣之降雨回歸期約為 500 年，惟這並不是 Valcanale 山谷的一個特殊的事件，事實上，20 世紀即約有二十個重大暴雨事件。2003 年事件與 1983 年 9 月 11 日和 1996 年 6 月 22 日事件相似。

西部里約 Cucco 次集水區比其他地區大，但不太陡。崩塌源區裂縫發達，河床由石塊，平均直徑為 0.8-1 m，與細砂組成，在 2003 年 8 月 29 日的事件中，於該事件中亦出現大量土石流。據報告土砂量總量達 10 萬立方米，最大厚度 5 米。既有的防災工程，包括三座水壩，一座 15000m³ 的滯洪池，被摧毀掩埋，同時兩座房屋易遭埋沒。

Abitato Cucco 溪在 2003 年 8 月 29 日的事件中，河流溢堤，大量的崩塌岩屑（高達 4000 立方米）堆積下游道路，妨礙了在小村莊出口。位於 Cucco 小村莊的正上方，此坑溝由在沖積扇頂部合併的兩條溝谷構成。2003 年 8 月 29 日土石流大約 10,000m³ 土方，破壞了現有的擋土設施，溢堤後 13 至 14 座房屋被土石流部分覆蓋，堆積高度超過 2 米。

嚴重降雨事件的發生並不是土石流啟動的唯一觸發因素。事實上，Cucco 的村莊（Malborghetto Valbruna）之三個土石流坑溝，共同的特徵均為白雲石破碎岩塊及豐富碎屑物質。這個地區的地質和構造性資產發揮了重要的作用。

當地政府於 2008 年完成了新的防災工程設施，包括位於東邊溪流之土砂輸送渠道，鋼筋混凝土製成，配合水泥石覆蓋。兩座節制壩以穩定東邊坑溝之源頭區。本地區三坑溝沉沙池設計為容納約 10 萬立方米，其出口再連接到費拉河排放如圖 31 所示。





圖 31、本地區三坑溝之輸砂渠道、沉沙池等設施

● 考察點 9

Potoška planina 山體滑坡位於 Karoroanke 山脈（斯洛維尼亞西北部），下游位於擁有近 2,200 名居民的 Koroška Bela 如圖 32 所示。歷史紀錄中記載 18 世紀末曾發生嚴重的土石流，破壞了 Koroška Bela 村近 40 個房屋，總共滑坡面積為 0.2 平方公里，估計最大滑動質量約為 $1.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。當地學者利用崩塌預測模型進行數值分析，結果如圖 33 所示。同時據以土石流流動模型分析，預判出下游影響範圍如圖 34 所示，結果顯示若發生土石流事件，將對 Koroška Bela 村造成非常嚴重的衝擊。



圖 32、Potoška planina 山體滑坡位於 Karoroanke 山脈，下游為 Koroška Bela

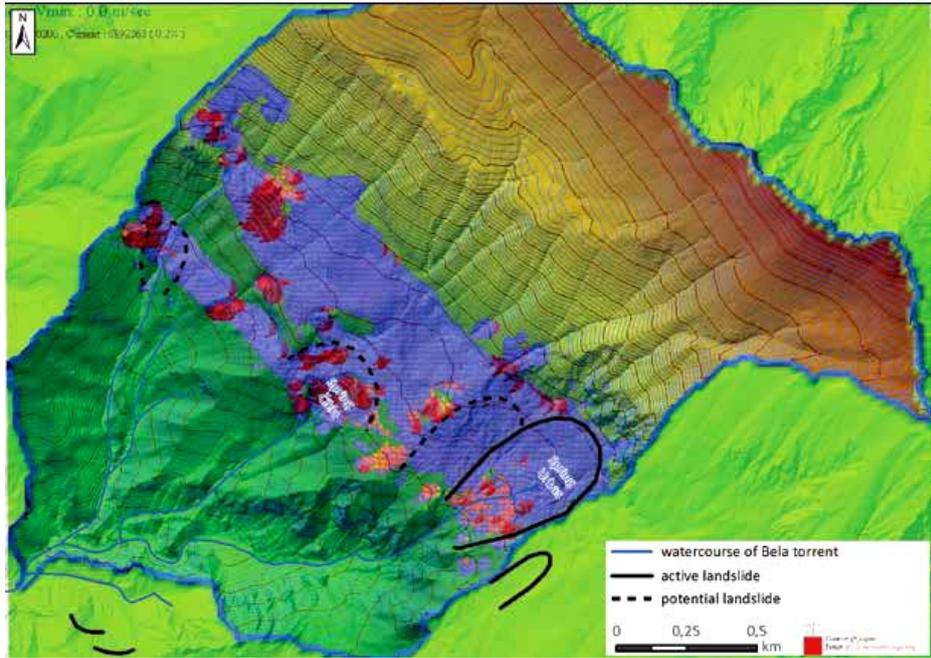


圖 33、模型分析崩塌的結果

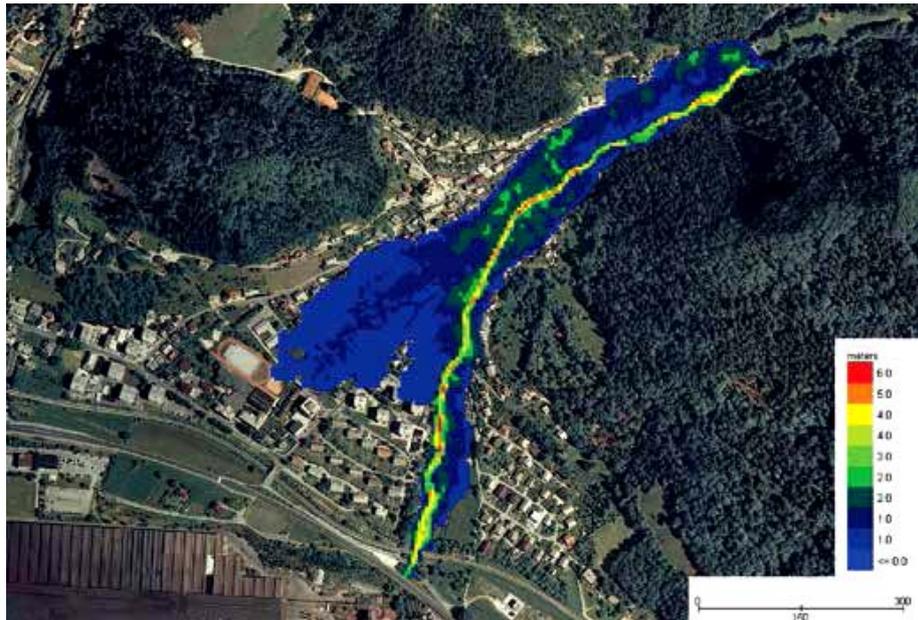


圖 34、Koroška Bela 堆積扇模擬土石流的最大流量深度分布

參、會議與考察心得及建議

我國防災科技已具世界水準，然因天然災害之防災事業主要為由各國政府層級所推動，受限於國際關係緊繃，我國防災科技缺乏輸出管道。因應之道為加強藉由學術團體及非政府組織，與各國相關團體連結，進而從事或協助各國之防災技術與體系，建立民間關係後，再深化關係朝向更高層的合作。

我國在土石流防災科技與運作體系上，除土石流之預測警戒、潛勢空間劃定、及治理工法等科技已趨成熟外，更成功推展防災自主社區，且更進一步轉化災害社區形成農村再生社區，此項由發展防災科技，應用至政府防災體系，再進化融入居民生活品質提升之運作模式與成果，甚獲世界各國專家學者肯定與讚賞，此亦為我國軟實力的展現。

於全球氣候變遷下，各界各國受劇烈天氣的影響亦有逐漸加劇狀況。世界崩塌論壇會後三天考察行程分別考察斯洛維尼亞、義大利及奧地利三國境內等約 10 處大規模崩塌及土石流災害區。現勘狀況顯示歐洲於氣候變遷狀況下，出現劇烈天氣造成的崩塌及土砂量遠超過既有防治設施能量，同時於老崩塌地亦出現復發性災害，造成民眾傷亡及鉅額經濟損失、與社會文化問題。

因氣候變遷之影響為全球化，我國亦必須正視此一氣候變遷災害問題。為因應此一問題，本局於 104 年即逐步研擬「氣候變遷下山坡地十年防減災計畫」，至 105 年奉行政院核定第一期(106 至 109 年度)計畫。本計畫以現有水土保持及土石流防災工作為基礎，綜合氣候變遷下可能對於水土保持工作衝擊問題，考量現行水土保持組織體系以及未來組織改造後業務需求，從坡地防災、集水區治理、土地合理利用以及水土資源保育等 4 個調適範疇。因應氣候變遷影響下擬訂六項調適策略，其中透過盤查、界定、精進、強化、策定及統合等調適步驟，共計規劃 19 項調適措施與 83 個行動計畫，計畫架構如圖 35 所示。本防災十年計畫包含規劃與策略實施計畫，就各國而言，我國推動之防災十年計畫已是位於世界之先驅。

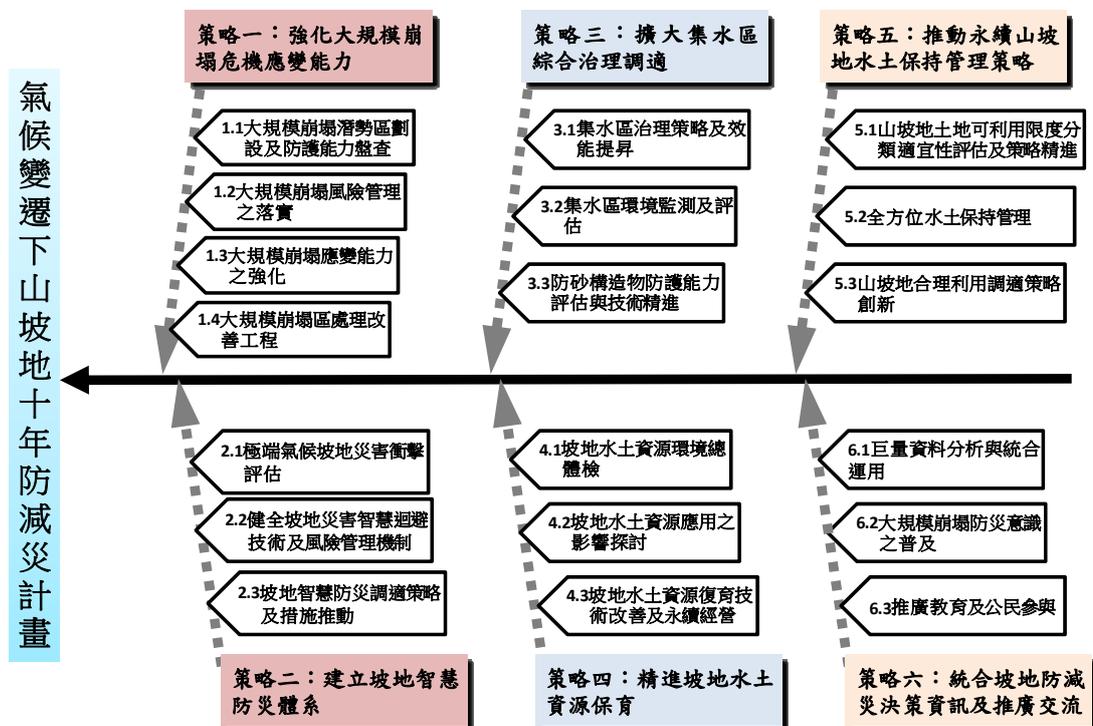


圖 35、氣候變遷下水土保持調適策略架構魚骨圖

本次會議中交流中發現，目前應用遙測監測大規模崩塌地地形變動為先進國家未來之趨勢。由於我國國土監測工作仍於各部會整合規劃中。於此階段，水土保持局針對大規模崩塌災害之監測，未來可採二層次規劃：首先，低風險、活動性低之大規模崩塌地或流域尺度之地形監測，可採 InSAR 等遙測技術進行國土變動監測，利用多期的雷達影像或衛星影像，觀測地表變動顯著區域。其次，高風險與活動性高之大規模崩塌地，再依其活動性實施基本地形變動，或高精度地質物理監測，掌握其高風險的聚落，再施以風險管理，以使人民安居樂業。

此次會議，臺灣有多位學者參與，發表豐富及深入的研究成果，顯示出我國之深厚的研究軟實力，大會主辦單位對我國與會者亦有相當友好的態度，由於與會者甚多為各國政府人員，因此建議未來可多多派員參與交流，除了能提升我國坡地防災科技的國際能見度外，亦為未來進一步的合作奠定良好的基礎。再者，此次研討會過程可觀察到美國、歐洲（義大利、瑞士、奧地利、法國）等先進國家，其地震、山崩與土石流方面之研究與科技研發亦不斷進步，各國仍在此方面繼續投入相當多之心力、經費人力進行相關之分析技術、工法及監測科技、與新治理概念研發，相當值得我國借鏡。

借鏡斯洛維尼亞溪北地區之大規模崩塌災害防災管理情況，目前臺灣已有諸如土石流潛勢區或是地質敏感區等由政府機關發布之災害潛勢圖，依照災害防救法於災前整備、災中應變及災後復建等階段進行各項災害防治硬體及軟體工作，對於災害風險管理臺灣民眾似認為應由政府負擔大部分的工作，惟目前世界趨勢已然轉變為天然災害風險管理，針對住在高危險區民眾研擬強制保險辦法或其他限制土地超限利用等措施為未來趨勢。