

出國報告（開會）

赴冰島參加 2019 年第 17 屆歐洲土壤 力學與大地工程國際研討會(ECSMC)

服務機關：行政院農業委員會水土保持局

姓名職稱：李局長鎮洋、鐘簡正啟榮

洪秘書政義

派赴國家：冰島

出國期間：108 年 8 月 31 日至 9 月 9 日

報告日期：108 年 10 月 15 日

摘要

歐洲土壤力學及大地工程研討會(European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ECSMGE)每 4 年舉辦一次，是土壤力學及大地工程領域之盛會。第 17 屆研討會於冰島舉辦，共計吸引全世界近千位土壤力學及大地工程領域之學者、專家共同參與。近年來，水土保持局(以下簡稱本局)除持續推動之土石流防減災相關工作外，積極開始著手進行大規模崩塌防減災工作。考量土石流與大規模崩塌之誘發機制及相關治理工法，均涉及土壤力學及大地工程相關專業，因此希望藉由參加此次研討會，學習國外最新土壤力學及大地工程相關專業技術及方法，期能提昇國內對於大規模崩塌防減災之相關技術。此外本次成功大學林慶偉教授、文化大學陳柔妃教授及長榮大學曾志民教授，亦利用此一難得機會，將本局崩塌災害風險評估、土砂運移等相關計畫成果以海報展示並於現場解說，以提高國際能見度。

本次參與歐洲土壤力學及大地工程研討會，心得與建議如下：

- 一、本次會議開幕式特別邀請冰島前總統奧拉維爾·拉格納·葛林姆松（冰島語：Ólafur Ragnar Grímsson）進行演講。奧拉維爾·拉格納·葛林姆松以日前剛被立碑的 700 歲之死亡冰河為引子，說明氣候變遷之影響日益嚴重，期勉與會之學者、專家能夠致力於氣候變遷之減緩與調適工作。而臺灣近年也氣候變遷的影響，降雨趨勢不同以往，劇烈降雨出現之頻率日益頻繁，足見未來臺灣的防災工作將更為複雜與艱難。
- 二、英國樸茨茅斯大學(University of Portsmouth)的 M. G. Winter 教授以” Landslide hazards and risks to road users, road infrastructure and socio-economic activity” 為題，利用支付意願、受環境影響之意願及接受風險之意願等面向針對用路人、道路基礎設施及社會經濟活動等進行分析，提出降低崩塌風險之策略，包含透過教育、警示牌、早期預警等方式來降低暴險量及利用工程措施來保護標的、降低崩塌誘發因子等減災措施。此研究結論與土石流防災之策略相似，即透過軟體防災、硬體減災之方式，讓災害損失降至最低。
- 三、Geofem 工程顧問公司的 Skevi Perdikou 博士於本次研討會以” Landslide risk evaluation in Cyprus using satellite radar interferometry: the “Rantkat” project”

為題，分享利用永久散射法雷達差分干涉技術(Persistent Scattered Interferometry, PSI)，針對塞普勒斯之崩塌地進行風險評估，其結果有助於早期偵測出具崩塌潛勢之區域。本局近年也利用應用時域相關點雷達干涉技術(TCPIInSAR)進行崩塌潛勢區的活動性監測，亦獲得良好成果；且本局最新研究成果目前已將地表活動方向，由遠離(或接近)衛星方向，轉換成坡面方向，更能忠實呈現地表之活動情形。就雷達干涉技術部分，國內的研究似較國外之相關研究先進，未來或可透過相關國際研討會或交流機會，積極向外宣傳本局相關計畫之執行成果。

四、荷蘭 Deltares 公司的 Faraz Sadeghi Tehrani 博士以 ” A framework for predicting rainfall-induced landslides using machine learning” 為題，在以地球工程(Geoen지니어ing)，遙感測量，水文學與機器學習相結合的框架，以機器學習方法預測在降雨作用下崩塌的發生。崩塌預測模式可利用大量的崩塌數據，包含雨量資料、現地資料，可建立降雨促崩模式，再透過實際資料之訓練，可達到較佳的預測結果。由於大規模崩塌屬崩塌之極端案例，因此臺灣自 2001 至 2016 年之大規模崩塌案例僅 20 餘個，其中大部分集中於莫拉克颱風所造成，因此不僅分析個案數量較少，且集中於特定事件，因此造成大規模崩塌門檻值不易訂定，仍須持續努力嘗試其他方法，試著建立大規模崩塌的警戒模式。

五、2008 年金融危機之後，冰島克朗大幅貶值，國家經濟瀕臨破產。為重振經濟，冰島開始吸引外國遊客前來觀光旅遊。由於冰島得天獨厚的天然景觀，外國遊客開始大量前往冰島觀測旅遊，也為冰島旅遊業迎來爆發式增長。2018 年，前往冰島的遊客數量突破 230 萬，冰島由此成為世界上「遊客/居民」比例最高的國家。此次冰島之行，最大的感受是冰島是傾國家之力推動冰島的觀光旅遊，因此在首都雷克雅未克隨處可見精心規劃的套裝旅遊行程，無論是單人，或是成團都有適合的旅遊方案可供選擇，因此吸引各國民眾競相前往。相較於冰島，臺灣景緻反而較冰島多元，如能有良好的套裝配合，或許臺灣未來也可像冰島一樣，吸引大量的國外民眾來台觀光。

目次

第一章 目的與行程.....	4
1.1 緣起及目的.....	4
1.2 參與人員.....	4
1.3 行程規劃.....	5
第二章 行程概述.....	7
2.1 國際土壤力學與大地工程學會(ISSMGE).....	7
2.2 第 17 屆歐洲土壤力學與大地工程研討會組成架構.....	8
2.3 第 17 屆歐洲土壤力學與大地工程國際研討會.....	10
2.4 地質參訪.....	27
第三章 心得與建議.....	31

第一章 目的與行程

1.1 緣起及目的

歐洲土壤力學及大地工程研討會 (European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ECSMGE)每 4 年舉辦一次，是歐洲土壤力學及大地工程領域之盛會。第 17 屆研討會於冰島舉辦，共計吸引全世界近千位土壤力學及大地工程領域之學者、專家共同參與。近年來，水土保持局(以下簡稱本局)除持續推動之土石流防減災相關工作外，近年亦積極著手推動大規模崩塌防減災工作。考量土石流與大規模崩塌之誘發機制及相關治理工法，均涉及土壤力學及大地工程相關專業，因此希望藉由參加此次研討會，學習國外最新土壤力學及大地工程相關專業技術及方法，期能提昇國內對於大規模崩塌防減災之相關技術。此外，本次成功大學林慶偉教授、文化大學陳柔妃教授及長榮大學曾志民教授，亦利用此一難得機會，將本局崩塌災害風險評估、土砂運移等相關計畫成果以海報展示於會場，並於現場解說，以提高國際能見度。

1.2 參與人員

本次與會人員，除水土保持局為外，另國內研究大規模崩塌及大規模土砂災害領域之學者亦共同與會。其中水土保持局由李局長鎮洋、臺南分局洪政義秘書及土石流防災中心鐘啟榮簡任正工程司共同參與；國內學者專家部分，則由成功大學地球科學系林慶偉教授、屏東科技大學水土保持系陳天健主任、長榮大學土地管理與開發學系曾志民教授及文化大學地質學系陳柔妃教授及成大防災研究中心林怡君組長共同參與。

表 1-2.1 參訪人員表

	單位	職稱	姓名
機關代表	行政院農業委員會水土保持局	局長	李鎮洋
	行政院農業委員會水土保持局 土石流防災中心	簡任正工程司	鐘啟榮

	行政院農業委員會水土保持局 臺南分局	秘書	洪政義
學者、專家代表	國立成功大學地球科學系	教授	林慶偉
	國立屏東科技大學水土保持系	教授兼主任	陳天健
	長榮大學土地管與開發學系	教授	曾志民
	中國文化大學地質系	副教授	陳柔妃
	成大防災研究中心	組長	林怡君

1.3 行程規劃

考察行程自 2019 年 8 月 31 日出發至 9 月 9 日返臺，共計 10 日，此次主要是參加第 17 屆歐洲土壤力學與大地工程研討會(The XVII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ECSMGE 2019)，參訪行程詳如表 1-2：

表 1-3.1 行程表

日期	行程	地點
8 月 31 日 星期六	桃園機場出發，荷蘭阿姆斯特丹轉搭乘冰島航空轉機至冰島雷克雅維克	冰島雷克雅維克 Reykjavik,
9 月 1 日 星期日	第 17 屆歐洲土壤力學與大地工程研討會 The XVII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering	冰島雷克雅維克 Reykjavik,
9 月 2 日 星期一	第 17 屆歐洲土壤力學與大地工程研討會 The XVII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering	冰島雷克雅維克 Reykjavik,
9 月 3 日 星期二	第 17 屆歐洲土壤力學與大地工程研討會 The XVII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering	冰島雷克雅維克 Reykjavik,
9 月 4 日 星期三	第 17 屆歐洲土壤力學與大地工程研討會 The XVII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering	冰島雷克雅維克 Reykjavik,
9 月 5 日 星期四	第 17 屆歐洲土壤力學與大地工程研討會 The XVII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering	冰島雷克雅維克 Reykjavik,

9月6日 星期五	第17屆歐洲土壤力學與大地工程研討會 The XVII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering	冰島雷克雅維克 Reykjavik,
9月7日 星期六	地質參訪	
9月8日 星期日	從冰島雷克雅維克至荷蘭阿姆斯特丹待搭乘 荷蘭航空班機回台北桃園	機上過夜
9月9日 星期一	抵達桃園機場	

第二章 行程概述

2.1 國際土壤力學與大地工程學會(ISSMGE)

國際土壤力學與大地工程學會(The International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ISSMGE) 是一個國際性的專業工程學會，總部目前設於英國倫敦，是土壤力學、大地工程領域之工程師、學者所共同參與的組織。它是由代表 90 個國家(或地區)的 89 個成員學會組成的聯盟，總共有大約 19,000 位個人會員。

國際土壤力學與大地工程學會，源自於 1936 年 6 月在哈佛大學所舉行的國際土壤力學和基礎工程會議，是紀念哈佛大學成立 300 週年的眾多活動之一。哈佛大學的 Arthur Casagrande¹獲得了大學對國際土壤力學會議的支持，並成功說服了當時在維也納工作的 Karl Terzaghi²主持。會議吸引了來自 20 個國家的 206 名代表。本次為期五天的會議極為成功，所有與會者決定建立一個為期四年的國際土壤力學與基礎工程會議 (ICSMFE)，並將其作為永久性組織。該組織成立了執行委員會，並由 Terzaghi 擔任第一任主席，Casagrande 擔任第一任秘書。由於第二次世界大戰的關係，第二屆 ICSMFE 直到 1948 年 6 月才舉行。1948 年在荷蘭的鹿特丹舉行的會議有 596 名代表。五年後，1953 年在瑞士的蘇黎世舉行了第三屆 ICSMFE 之後，該組織即每四年定期開會一次；此外，在第三屆 ICSMFE 前一年(1952 年)亦在澳大利亞舉行了第一次區域會議。該組織並於 1997 年更名為國際土壤力學與大地工程學會(The International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ISSMGE)。現任主席為香港科技大學的吳宏偉教授(Charles Wang-wai Ng)，任期自 2017 年至 2021 年。

¹ Arthur Casagrande 是奧地利裔美籍土木工程師，在工程地質及大地工程領域有卓越貢獻，以土壤測驗儀器設計及滲流、土壤液化的基礎研究聞名。1932 年進入哈佛大學，並於 1946 年成為哈佛大學新成立的土壤力學和基礎工程系主任。

² Karl Terzaghi 是奧地利 機械工程師，大地工程師和地質學家，被譽為土壤力學和大地工程之父，於 1938 年移居美國，並於哈佛大學任職。

2.2 第 17 屆歐洲土壤力學與大地工程研討會組成架構

2.2.1 研討會組織

第 17 屆歐洲土壤力學與大地工程研討會(European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ECSMGE 2019)是由冰島大地工程學會所主辦。本屆研討會下設組織委員會(The Organizing Committee)、諮詢委員會(The Advisory Committee)及科學委員會(The Scientific Committee)，分別由土壤力學及大地工程領域的學者、專家負責相關事務。組織委員會由冰島公路與海岸局 Haraldur Sigursteinsson 先生擔任委員會主席，組織委員會成員包含冰島大學、雷克雅維克大學、挪威科技大學等學界專家及數個跨國性的工程顧問公司代表，負責研討會的管理、財務及研討會組織；諮詢委員會由 ISSMGE 歐洲區副主席 Mario Manassero 先生擔任委員會主席，諮詢委員會成員則由歷任 ISSMGE 主席、秘書長及前一屆研討會³的組織委員會主席及成員擔任，主要負責研討會之技術討論主題、主題講者、每場會議主持人等工作；科學委員會則是由各國代表⁴所組成。本次研討會也是符合國際土壤力學與大地工程學會(ISSMGE)的主要目標，透過研討會的舉辦，讓 ISSMGE 的會員經驗最大化，並提高大地工程專業的認知。

本次研討會的組成架構，詳如圖 2-2.1。

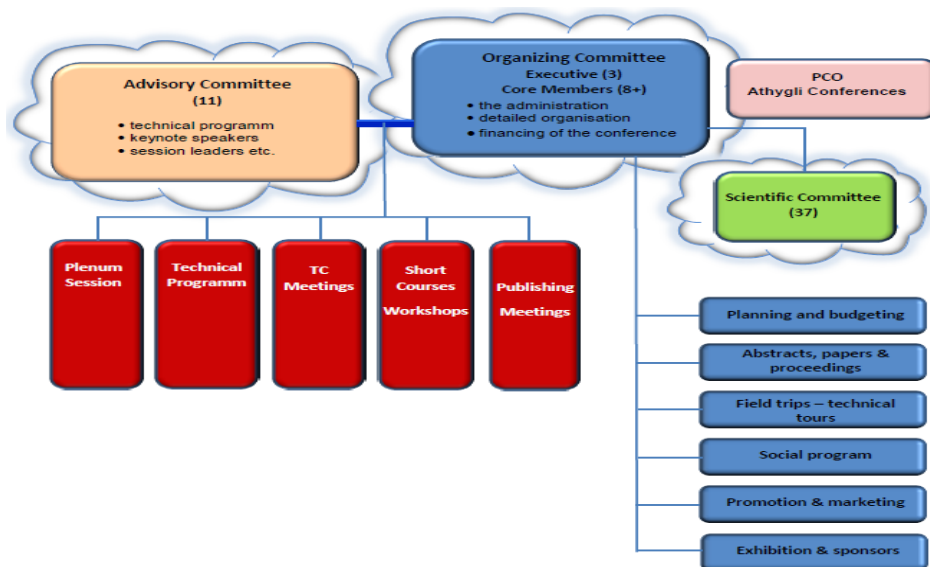


圖 2-2.1 第 17 屆歐洲土壤力學及大地工程研討會組織圖

³ 第 16 屆歐洲土壤力學及大地工程研討會於 2015 年在英國愛丁堡舉辦。

⁴ 本屆科學委員會組成，除歐洲國家外，還包含以色列、土耳其等兩國。

2.2.2 研討會地點

本屆研討會地點位於冰島首都雷克雅維克的哈帕音樂廳(Harpa concert hall)。哈帕音樂廳是一個兼具音樂廳與會議中心功能的綜合中心。該中心 2011 年 5 月 4 日舉行開幕音樂會。該建築的特色是其外牆結構由覆蓋有不同顏色的幾何形狀玻璃面板的鋼框架組成，其靈感來自冰島的玄武岩景觀。



圖 2-2.2 哈帕音樂廳

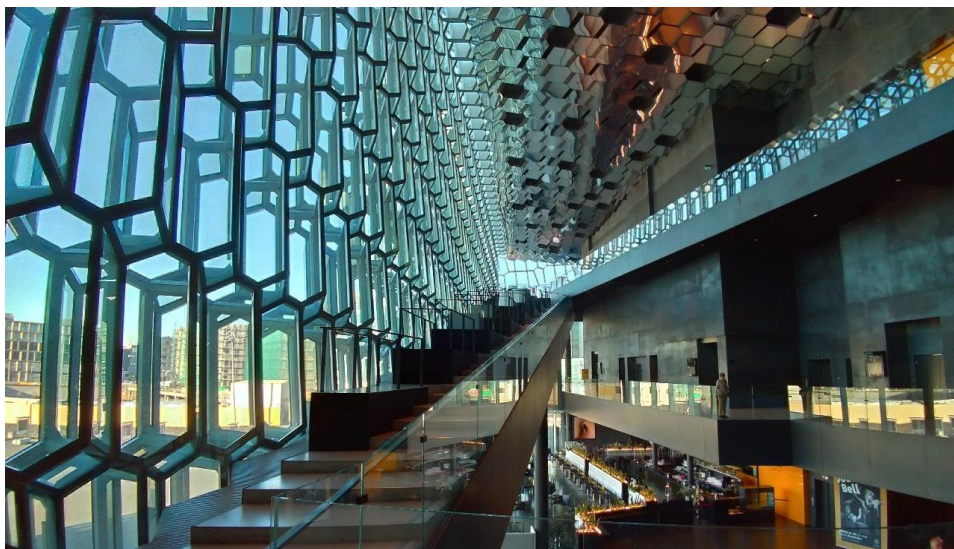


圖 2-2.3 音樂廳內部

2.3 第 17 屆歐洲土壤力學與大地工程國際研討會

歐洲土壤力學與大地工程研討會(European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ECSMGE)是國際土壤力學與大地工程學會(The International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ISSMGE)在歐洲所主辦的研討會，同是也是土壤力學與大地工程領域每 4 年一度的盛會。本屆(第 17 屆)研討會於冰島雷克雅維克的哈帕音樂廳舉辦。研討會期間自 9 月 1 日至 9 月 6 日，其中 9 月 1 日為開幕前之技術委員會工作坊；9 月 2 日研討會正式開幕，並展開為期 4 日(9 月 2 日至 9 月 5 日)之室內研討會，最終日(9 月 6 日)則安排是安排戶外參訪(由於戶外參訪行程須額外繳費，故本團未參與該參訪行程)。



圖 2-3.1 代表團於會場合影



圖 2-3.2 研討會報到會場

表 2-3-1 研討會議程總覽

	Sunday 1st of September	Monday 2nd of September	Tuesday 3rd of September	Wednesday 4th of September	Thursday 5th of September	Friday 6th of September	
08:00 - 08:30	Registration	Registration - info	Registration - info	Registration - info	Registration - info		08:00 - 08:30
08:30 - 09:00			KEYNOTE 3 Chair: Roger Frisk	KEYNOTE 4 Chair: Antonio Gens	M5 - CAPG Bridging the Gap Collaboration between practitioners and academics, best practices, best practices	EXCURSIONS	08:30 - 09:00
09:00 - 10:00	TC - morning workshops 9:00 - 12:00 A, B, C, D, E	Opening Ceremony cultural event Former president of Iceland ISSIMGE VP-Europe ISSIMGE President IGS welcome	Antonio Gens Hydraulic fills-liquefaction	the Mercer Lecture			09:00 - 10:00
10:00 - 11:00		KEYNOTE 1 Chair: Charles Ng Suzanne Lacasse Dams & risk assessment	MAIN SESSION M1 Invited lecture Gioacchino Viggiani Laboratory testing, Plenary papers	MAIN SESSION M3 Invited lecture Maurice Bottiau Piles & deep foundations, Plenary papers	M6 - Young Geotechnicals Bright Spark Awards		10:00 - 11:00
11:00 - 12:00		Opening of Exhibition Coffee	Coffee break Exhibition & poster	Coffee break Exhibition & poster	Coffee break Exhibition & poster		11:00 - 12:00
12:00 - 13:00		KEYNOTE 2 Chair: Mario Manassero Sigurður Erlingsson Geotechnical challenges in Iceland Plenary papers	MAIN SESSION M2 Chair: Lutz Andruska Invited lecture Lidija Zdravkovic Analytical, numerical & physical modelling, Plenary papers	MAIN SESSION M4 Chair: Antonio Gens Invited lecture Mike G Winter Landslide hazards and risks Plenary papers	MAIN SESSION M7 Chair: Russell Green Invited lecture Sebastiano Foti Geotechnical earthquake engineering, Plenary papers		12:00 - 13:00
13:00 - 14:00	TC - afternoon workshops 13:00 - 16:00 A, B, C, D, E	Lunch Exhibition & Posters	Lunch Exhibition & Posters	Lunch Exhibition & Posters	Lunch		13:00 - 14:00
14:00 - 15:00		D1 Discussion Sessions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Chair & discussion leader Parallel papers (10@8 min) Discussion (20 min)	D3 Discussion Sessions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Chair & discussion leader Parallel papers (10@8 min) Discussion (20 min)	D5 Discussion Sessions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Chair & discussion leader Parallel papers (10@8 min) Discussion (20 min)	KEYNOTE 5 Chair: Antonio Gens Lyse Laloui Energy Geotechnology Invited lecture	14:00 - 15:00	
15:00 - 16:00		Coffee break Exhibition & poster	Coffee break Exhibition & poster	Coffee break Exhibition & poster	CLOSING CEREMONY	15:00 - 16:00	
16:00 - 17:00	Registration 12:00-16:30	D2 Discussion Sessions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Chair & discussion leader Parallel papers (10@8 min) Discussion (20 min)	D4 Discussion Sessions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Chair & discussion leader Parallel papers (10@8 min) Discussion (20 min)	D6 Discussion Sessions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Chair & discussion leader Parallel papers (10@8 min) Discussion (20 min)		16:00 - 17:00	
17:00 - 18:00	Get to gather at the old harbour warehouse. (REYKJAVIK ART MUSEUM gathering local)					17:00 - 18:00	
18:00 - 20:00			Meeting of the EUROPEAN MEMBER SOCIETIES			18:00 - 20:00	
20:00 - 22:00				Gala Dinner		20:00 - 22:00	

本次研討會共計吸引全球近 900 名代表與會，最終投稿論文數量高達 683 篇 (共計 60 國參與，其中 590 篇來自歐洲，其餘 83 來自其他國家)；9 月 2 日至 5 日室內研討會期間，每日上午由主題講者及特邀講者進行演講，每日下午則依各類主題安排 2 個場次會議，由各國與會代表上台報告，合計有 42 位講者上台報告，詳如表 2-3.1~2 議程表。

表 2-3.2 研討會議程表

Monday 2nd of September	Tuesday 3rd of September	Wednesday 4th of September	Thursday 5th of September
<p>Opening Ceremony Cultural event</p> <p>Former President of Iceland Mr. Ólafur Ragnar Grímsson</p> <p>ISSMGE President Charls Ng</p> <p>ISSMGE VP-Europe Mario Manassero</p> <p>IGS Welcome Hreinn Haraldsson</p>	<p>KEYNOTE 3 Chair: Roger Frank</p> <p>Antonio Gens Hydraulic fills with special focus on liquefaction</p>	<p>KEYNOTE4 Chair: Antonio Gens</p> <p>The Mercer Lecture Kerry Rowe The use of geosynthetics in construction on soft soil</p>	<p>MAIN SESSION 5 CAPG Bridging the Gap Collaboration between practitioners and academics, best practices best practices Chair, Yuli (Chaido) Doulala-Rigby Moderator,Valérie Bernhardt</p>
<p>KEYNOTE 1 Chair: Carles Ng</p> <p>Suzanne Lacasse Dams & risk assessment Recent developments and applications</p>	<p>MAIN SESSION 1</p> <p>Invited lecture</p> <p>Gioacchino Viggiani Recent developments in laboratory testing of geomaterials with emphasis on imaging of processes.</p>	<p>MAIN SESSION 3</p> <p>Invited lecture</p> <p>Maurice Bottiau Piles & deep foundations.</p>	<p>Invited panelists Yuli (Chaido) Doulala-Rigby Joachim Mueller, Karel Allaert Lars Anderson, Mandy Korff See name</p>
<p>Opening of Exhibition Coffee</p>	<p>Invited Plenary Papers António Viana da Fonseca Collection of high-quality samples in liquefiable soils using new sampling techniques Cor Zwanenburg Lateral stress measurements in DSS testing Irina Koroleva Deformation of clay soils under regime long-term static loading</p>	<p>Invited Plenary Papers</p> <p>AndreaDiambra Theoretical and experimental investigation of the multiaxial soil response around monopile foundations Richard JamesJardine The ALPACA research project to improve driven pile design in Chalk Jørgen SteenSteenfelt Driven piles – comparison of dynamic and PDA based estimates</p>	<p>MAIN SESSION 6 Young Geotechnicals</p> <p>ISSMGE-European Bright Spark Winners 2019</p> <p>Federico Pisanò Delft University of Technology Input of advanced geotechnical modelling to the design of offshore wind turbine foundations. Matteo Ciantia University of Dundee Pile penetration in crushable soils: Insights from micromechanical modelling.</p>
<p>KEYNOTE 2 Chair: Mario Manassero</p>	<p>Coffee - Exhibition & poster</p>	<p>Coffee - Exhibition & poster</p>	<p>Coffee - Exhibition & poster</p>
<p>Sigurður Erlingsson Geotechnical challenges in Iceland</p> <p>Invited Plenary Papers ElenaKapogianni Quantification of potential natural hazards affecting cultural heritage sites and structural response evaluation via smart monitoring and computational modelling. JoãoGondar The use of BIM technology in Geotechnical Engineering Adriaan van Seters Tomorrow' s geotechnical toolbox: EN 1997 - Overview</p>	<p>MAIN SESSION 2</p> <p>Invited lecture</p> <p>Lidija Zdravkovic Analytical, numerical & physical modelling of geomaterials with relevant applications</p>	<p>MAIN SESSION 4</p> <p>Invited lecture</p> <p>Mike G Winter Landslide hazards and risks to road users, road infrastructure and associated socio-economic activities.</p>	<p>MAIN SESSION 7</p> <p>Invited lecture</p> <p>Sebastiano Foti Recent developments in geotechnical earthquake engineering and applications.</p>
	<p>Invited Plenary Papers</p> <p>SteinarNordal The cause of the soil slides April 2016 in Tosbotn, Norway RonaldBrinkgreve Improved embedded beam with interaction surface JesúsPérez Herreros Centrifuge modelling of a pile group foundation in a multilayered soil under sinusoidal and seismic loadings AthinaGrizi Surface Wave Development during Impact Pile Driving</p>	<p>Invited Plenary Papers</p> <p>MichalTopolnicki Design and performance of road embankment supported on rigid inclusions and a load transfer platform with steel geogrid Timo PekkaSaarenketo Using laser scanner and gpr data in geotechnical diagnostics of roads and railways. JohannesPistol Compaction performance of vibratory and oscillatory rollers on poorly compacted soils. MartinVanicek Geosynthetic reinforced retaining walls on ground improved soft soils.</p>	<p>Invited Plenary papers</p> <p>SelimAltun Small and large strain dependence on cyclic behavior of silts and silt-clay mixtures. BjarniBessason Learning from recent destructive earthquakes in Iceland. SaraAmoroso From the seismic microzonation studies to the site scale: the case of Arpino (Italy) JulijanaBojadjeva Comparison of cyclic simple shear and triaxial tests on natural sand</p>

<p>12:40 - 13:50</p> <p>Lunch - Exhibition & Posters</p> <p>D1 Technical Discussion Sessions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Chair & discussion leader (5 min) Parallel papers (10@8 min) Discussion (20 min)</p>	<p>12:40 - 13:50</p> <p>Lunch - Exhibition & Posters</p> <p>D3 Technical Discussion Sessions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Chair & discussion leader (5 min) Parallel papers (10@8 min) Discussion (20 min)</p>	<p>12:40 - 13:50</p> <p>Lunch - Exhibition & Posters</p> <p>D5 Technical Discussion Sessions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Chair & discussion leader (5 min) Parallel papers (10@8 min) Discussion (20 min)</p>	<p>12:40 - 13:50</p> <p>Lunch - Exhibition & Posters</p> <p>KEYNOTE 5</p> <p>Lyesse Laloui Energy Geotechnology A New Era for Geotechnical Engineering Society</p>
<p>15:40 - 16:10</p> <p>Coffee - Exhibition & poster</p> <p>D2 Technical Discussion Sessions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Chair & discussion leader (5 min) Parallel papers (10@8 min) Discussion (20 min)</p> <p><u>Go to discussions programme</u></p>	<p>15:40 - 16:10</p> <p>Coffee - Exhibition & poster</p> <p>D4 Technical Discussion Sessions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Chair & discussion leader (5 min) Parallel papers (10@8 min) Discussion (20 min)</p> <p><u>Go to discussions programme</u> 18:15- 20:00 Meeting of the EUROPEAN MEMBER SOCIETIES Silfurberg A</p>	<p>15:40 - 16:10</p> <p>Coffee - Exhibition & poster</p> <p>D6 Technical Discussion Sessions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Chair & discussion leader (5 min) Parallel papers (10@8 min) Discussion (20 min)</p> <p><u>Go to discussions programme</u> 19:00 - 23:00 Gala Dinner Hilton Hotel Nordica</p>	<p>Invited Plenary papers</p> <p>AndreaDominijanni Strain-controlled oedometer test for the measurement of the chemo-osmotic properties bentonites MartinZiegler Energy sheet pile walls - Experimental and numerical investigation of innovative energy geostructures. Giullia LorettaBatali Slope stability aspects for municipal waste landfills. Case studies and numerical modellin</p> <p>Invited lecture</p> <p>Ólafur G. Flóvenz Geothermal exploitation in Iceland Success and Challenges</p> <p>CLOSING CEREMONY</p> <p>ISSMGE VP-Europe Mario Manasero</p> <p>Upcoming European regional conferences,NGM, Baltic Sea, Danube</p> <p>20th ICSMGE 2021 XVIII ECSMGE 2023</p> <p>Closure & Thanks</p>

本屆開幕式特別邀請冰島前總統奧拉維爾·拉格納·葛林姆松⁵(冰島語: Ólafur Ragnar Grímsson) 進行演講。奧拉維爾·拉格納·葛林姆松除歡迎與會之各國代表參加研討會外, 也以日前剛被立碑的 700 歲之死亡冰河紀念碑為例, 盼讓世人注意到冰河消融和氣候變遷的影響。演講所提的死亡冰河名為 Okjokull(俗稱 OK 冰河), 在 2014 年失去冰河地位, 並於 2019 年 8 月 18 日, 在冰島總理 Katrin Jakobsdottir 與聯合國前人權事務高級專員 Mary Robinson 及數百名科學家、新聞從業人員和民眾的見證下, 將紀念 OK 冰河的碑文鑲嵌到石壁上。紀念碑題為:「給未來的一封信」(A letter to the future), 碑文寫著:「接下來的 200 年, 這裡所有冰河或許

⁵ 奧拉維爾·拉格納·葛林姆松 (Ólafur Ragnar Grímsson) 於 1943 年出生於冰島的冰島西峽灣區的 Ísafjörður。他從 1962 年至 1970 年奧拉維爾在曼徹斯特大學學經濟學和政治學。此後他在冰島大學任政治學教授, 他是冰島議會的議員, 從 1988 年至 1991 年出任財政部長, 從 1987 年至 1995 年出任左翼政黨人民聯盟的主席, 自 1996 年當選總統, 2000 年、2004 年、2008 年、2012 年連任, 任期長達 20 年。

都會走上同一條路。立此碑的目的是想承認我們知道現在正在發生什麼，也知道應該採取何種行動。只有未來的你們會知道我們是否做到了。」紀念碑上也刻了 415 ppm CO₂ 字樣，意指 2019 年 5 月偵測到大氣中的二氧化碳濃度突破新高，達 415 ppm。



圖 2-3.3 冰島前總統 Ólafur Ragnar Grímsson 開幕演講

在 Ólafur Ragnar Grímsson 總統開幕演說及歐洲 ISSMGE 副主席致詞後，即由冰島當地團體進行擊鼓表演；在表演同時，後方螢幕投射出冰島火山爆發、融岩流動的影像，隆隆的鼓聲伴隨著時而火山噴發，時而融岩飛射的影像，更顯得氣勢磅礴。讓人印象深刻。



圖 2-3.4 開幕擊鼓表演

2.3.1 主題演講(Keynote Lecture)

本屆研討會共計安排 5 場次主題演講，其中講者與演講內容摘要如下：

(1) Suzanne Lacasse⁶：Risk assessment and dams – Recent developments and applications⁷

本篇研究以大壩工程為例，說明可靠性和風險概念作為對傳統確定性分析的補充的好處。可靠性評估的範圍從定性評估到簡單的統計評估，再到對大壩系統的危害和結果建立機率模式。本篇研究討論了基於可靠性的分析的優勢以及可容忍的風險，以及分析特徵值的選擇等關鍵問題的優勢。它們可以對大壩的設計及其在生命週期內的安全性評估進行系統性、全面性的分析。以做為工程建議和決策擬定的參考。



Dr. Suzanne Lacasse

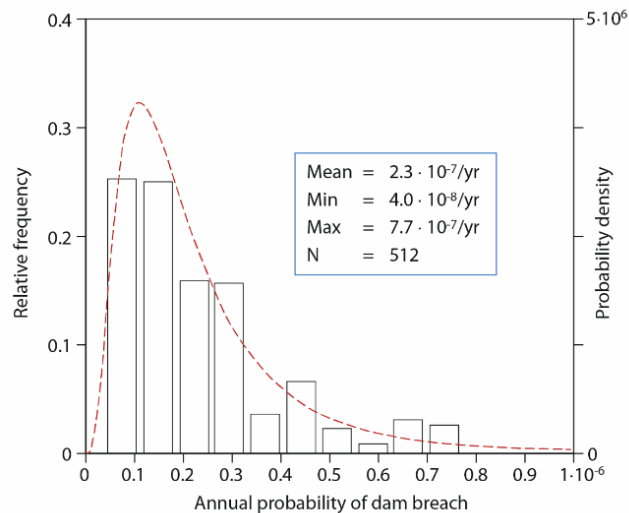


圖 2-3.5 利用貝氏網路及蒙地卡羅分析壩體失效機率

(2) Sigurður Erlingsson⁸：Geotechnical Challenges in Iceland⁹

冰島位於歐亞板塊與中大西洋海脊形成的北美板塊之間的分界線上，因而創造了一個擁有活躍火山，地熱區和高地震活動區的陸地。受到地質環境的影響。大地工程面臨相當大的挑戰。冰島岩石主要是玄武岩，經常與不規則的中間層高度接合。此外，岩體中的水平應力非常低。土壤層主要由非粘性材料組成，通常是冰河或洪水等災害事件所產生，因此通常堆積鬆散，導致經常發生道路毀損等

⁶ Norwegian Geotechnical Institute (NGI), Oslo, Norway

⁷ 2019 ECSMGE 論文集，<https://www.ecsmge-2019.com/keynote--main-sessions-ia.html>

⁸ Faculty of Civil and Environmental Engineering, University of Iceland

⁹ 2019 ECSMGE 論文集，<https://www.ecsmge-2019.com/keynote--main-sessions-ia.html>

災害。本篇研究簡要地介紹了冰島的大地工程狀況，並簡要的討論氣候變遷帶來的一些大地工程挑戰。



Dr. Sigurður
Erlingsson



圖 2-3.6 地震造成道路毀損

(3) Antonio Gens¹⁰ : Hydraulic fills with special focus on liquefaction¹¹

液壓填充物通常以鬆散狀態沉積，因此造成液壓填充物易於流動液化，進而導致許多災難性的構造物毀損。本篇研究針對液壓填充物之液化，提出一個合理的了解的基本機制。液化基本上是結合了臨界狀態和狀態參數，土壤液化所呈現無法排水而土體軟化的行為，而增加負載，減少側向應力，孔隙壓力增加，週期性效果等也是造成液化的因子。



Dr. Antonio Gens



圖 2-3.7 海堤液化失敗案例

¹⁰ Technical University of Catalonia (UPC), Barcelona, Spain

¹¹ 2019 ECSMGE 論文集，<https://www.ecsmge-2019.com/keynote--main-sessions-ia.html>

(4) Jorge G. Zornberg : Stabilization of Roadways using Geosynthetics¹²

地工合成材料一般常見於邊坡穩定工程。本篇研究是在道路路面底部或內部放置地工合成材料用以增加其承載，另外由於地工合成材會有的橫向約束的作用，經實證顯示，在給定條件下，地工合成材料有助於增加路面設計壽命，可有助於減小的基礎層厚度。



Dr. Jorge G. Zornberg

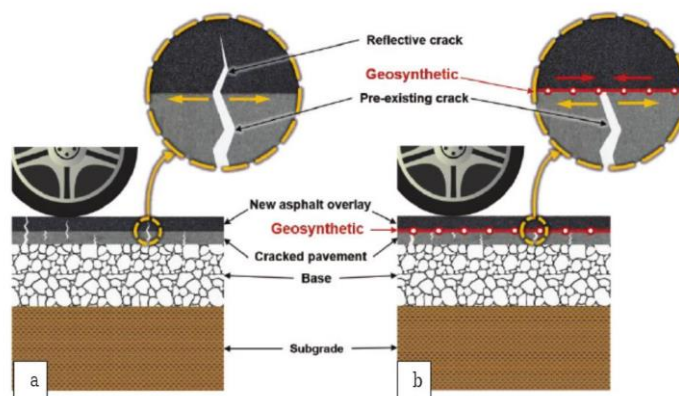


圖 2-3.8 地工合成材料在路面的作用

(5) Mike G Winter : Landslide hazards and risks to road users, road infrastructure and socio-economic activity

本篇研究是利用半定量和定量評估，從影響道路使用者的風險的角度考慮崩塌災害和道路網的風險(死亡率)、道路基礎設施以及該網絡所促進的社會經濟活動。如利用支付意願、受環境影響之意願及接受風險之意願等面向針對用路人、道路基礎設施及社會經濟活動等進行分析，提出降低崩塌風險之策略，包含透過教育、警示牌、早期預警等方式來降低暴險量及利用工程措施來保護標的、降低崩塌誘發因子等減災措施。此研究結論與土石流防災之策略相似，即透過軟體防災、硬體減災之方式，讓災害損失降至最低。

¹² 2019 ECSMGE 論文集，<https://www.ecsmge-2019.com/keynote--main-sessions-ia.html>



Dr. Mike G Winter

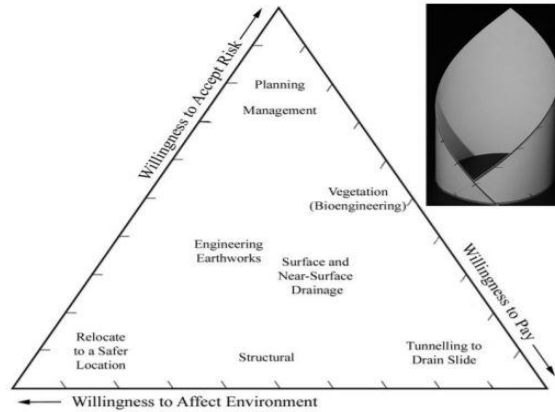


圖 2-3.9 土工合成材料在路面的作用

2.3.2 口頭發表(Oral Session)

本屆研討會，共計有 6 場次的口頭發表，每場次設有 7 個報告子題，每個子題分別有 8 至 10 發表者，因此計有 400 餘場次之口頭發表。各場次口頭發表的子題，綜整如下：

表 2-3.1 口頭發表主題一覽表

日期	發表主題
第一場 9/2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mechanics of Soils related to time, temperature and chemistry 2. Numerical Methods 3. In Situ Testing 4. Ground Improvement 5. Megacities 6. Engineering Practice of Risk 7. Geo- mechanics
第二場 9/2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ground improvement and anthropic soils 2. Numerical Methods 3. In- Situ Testing 4. Ground Improvement 5. Underground Construction 6. Unsaturated Soils 7. Reinforced Fill Structures
第三場 9/3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Laboratory Testing 2. Numerical Methods 3. Transportation Geotechnics 4. Environmental Geotechnics

	<ul style="list-style-type: none"> 5. Offshore Geotechnics 6. Preservation of Historic Sites 7. Sustainability
第四場 9/3	<ul style="list-style-type: none"> 1. Laboratory Testing 2. Numerical Methods 3. Transportation Geotechnics 4. Deep Foundations 5. Dams and Embankments 6. Earthquake 7. Energy Geotechnics
第五場 9/4	<ul style="list-style-type: none"> 1. Testing and Numerical Methods 2. Geotechnical toolbox 3. Physical Modelling 4. Slope Stability 5. Soil-Structure 6. Geo-Engineering Education 7. In-Situ and Laboratory Testing
第六場 9/4	<ul style="list-style-type: none"> 1. Piles & Deep Foundations 2. Dykes and Levees 3. Physical Modelling 4. Slope Stability 5. Safety and Serviceability 6. Soft Soils 7. Soil-Structure and Ground Improvement

茲就上述子題中，與本局近年所推動的大規模崩塌業務相關之發表主題，重點摘要如下：

(1) Liu, Zhongqiang¹³ : Displacement prediction of step-like landslide based on time series analysis and long-short term memory neural network.¹⁴

本篇研究以三峽水庫地區（TGRA）為案例，說明每年的四月至九月，三峽水庫地區在季節性降雨和水庫水位週期性波動的影響下，許多崩塌發生明顯的變形而使位移量呈階梯狀變化。從 10 月到 4 月，滑動再次位移量則顯得較平均。這種崩塌變形模式導致累積的位移隨時間變化而呈階梯狀曲線。本篇研究以時間序列分析和長短期記憶（Long Short-Term Memory，LSTM）神經網絡，提出了一

¹³ Norwegian Geotechnical Institute, Oslo, Norway

¹⁴ 2019 ECSMGE 論文集，<https://www.ecsmge-2019.com/papers---oral-sessions.html>

種預測崩塌位移的動力學模型。在時間序列分析中，將累積的位移分解為趨勢項和周期項，透過分析崩塌變形，降雨和水庫水位之間的關係，使用 LSTM 模型預測週期位移，得到良好的預測成果。



Dr. Liu, Zhongqiang

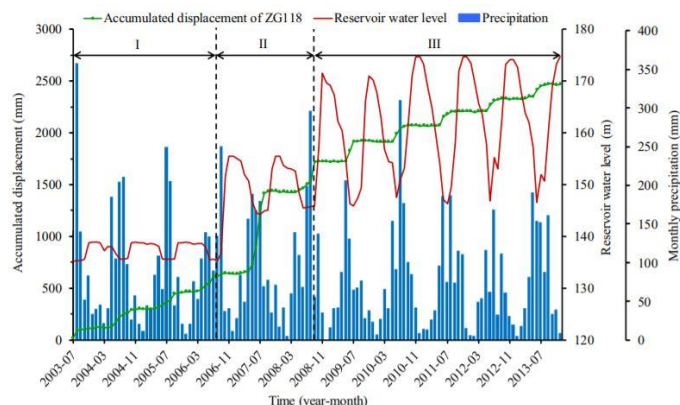


圖 2-3.10 崩塌位移週期性變化

目前已有現地監測之大規模崩塌潛勢區如梨山、松茂等區，因潛勢區之位置遠高於水庫之蓄水位，因此較不會如本案所探討案例之情形發生。惟就目前 GPS 觀測所知，降雨有可能會造成位移量變大之情形，本篇研究利用時間序列分析及 LSTM 分析所提出之動力學模型，或可能將因子略為修正，以作為大規模崩塌位移量之預測模式。

(2) Mario Martinelli¹⁵: Modelling rainfall-induced landslides with the material point method: the Fei Tsui Road case¹⁶

本篇研究提出了一種動態的全耦合公式，用物質點法(Material Point Method, MPM)模擬崩塌，該公式用於模擬從觸發階段到完全跳動的邊坡破壞。透過香港的飛翠路崩塌與此方法的數值模擬交互驗證，數值模擬結果顯示，在土體破壞過程中，非飽和水流的演化以及邊坡的變形，與災後的現場觀測結果吻合良好。

對於大規模崩塌的土體崩落、滑動機制、崩塌所造成的影響範圍等議題，將影響未來疏散避難之操作，因此如何找出較妥適的數值模擬方法，亦是本局近年所積極推動的方向。

¹⁵ Deltares · Department of Geotechnical Engineering, Netherlands

¹⁶ 2019 ECSMGE 論文集，<https://www.ecsmge-2019.com/papers---oral-sessions.html>



Dr. Mario Martinelli

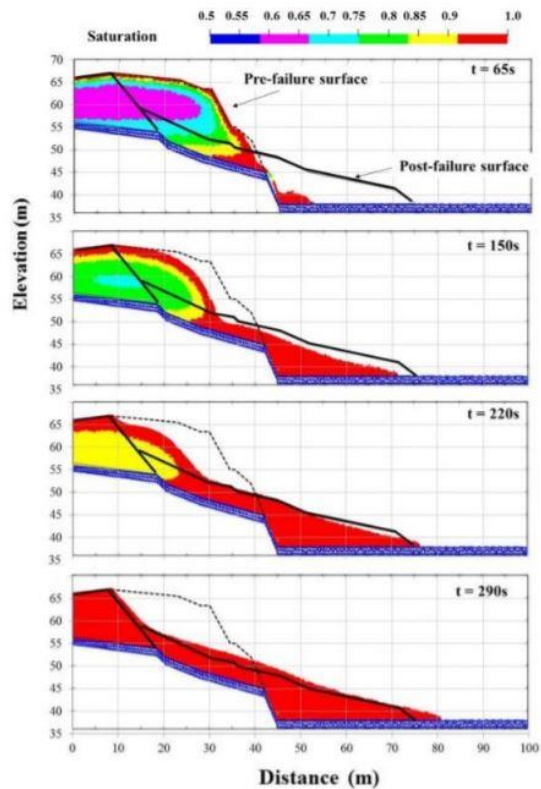


圖 2-3.11 崩塌過程中土體飽合度演變情形

(3) Daniele Cazzuffi¹⁷ : A geosynthetic reinforced steep slope 60.0 m high for the stabilisation of the Valpola landslide in Northern Italy¹⁸

本篇研究為地工合成材應用於崩塌的案例。1987 年，義大利北部的阿達河 (Adda River) 右側山體崩落。產生土方量高達 35.45 億立方。崩塌土方形成一個 80 米高，約 2.0 公里長的地方形成了一個天然壩(或稱堰塞湖)。山谷的左側被崩塌土石方衝擊而被覆蓋。在清除崩塌土體後，必須左側山體進行加固，因此，利用 6 個地工格柵加固結構重建了邊坡，每個結構都高 10 m(總高度為 60 m，為歐洲有史以來設計和建造的最高的加勁結構之一)。施工結束一年後結構遭到火災襲擊，經現場的檢查，確認結構沒有遭受嚴重損害。

¹⁷ CESI SpA, Via Rubattino, 54, I-20134 Milano (Italy)

¹⁸ 2019 ECSMGE 論文集, <https://www.ecsmge-2019.com/papers---oral-sessions.html>



Dr. Daniele Cazzuffi

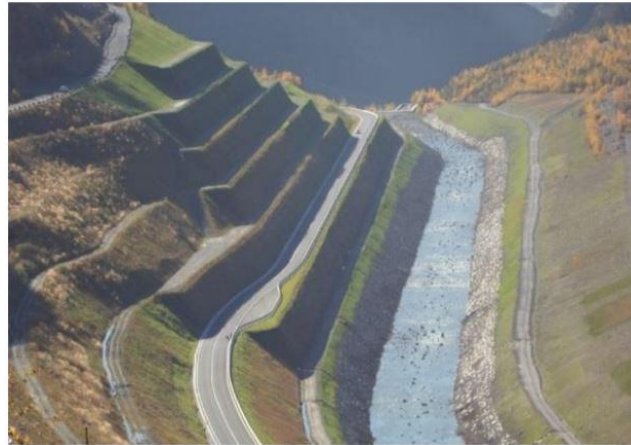


圖 2-3.12 工程完工圖

鋼柵式加勁擋土牆利用 L 形鋼柵成型牆面，鋼柵再與加勁格網連結，配合完整之填方排水系統逐層重複填築。以焊接鋼線網構築加勁擋土牆之牆面，除可維持加勁擋土牆之柔性結構，更可防火並抑制側向變形，並與周圍景觀生態環境相呼應，為崩塌地處理之手段之一。

(4) Skevi Perdikou¹⁹ : Landslide risk evaluation in Cyprus using satellite radar interferometry: the “Rantkat” project²⁰

崩塌是塞浦路斯的主要災害，特別是在帕福斯地區和利馬索爾地區(皮蘇里)的某些地區，已記錄了 1840 多次崩塌。本篇研究利用 Sentinel-1A/B 採集的雷達影像，利用衛星雷達干涉測量技術用以監測崩塌潛勢區於 2014-2018 年的地面位移，其監測精度可達公分級。分析結果顯示線性和非線性地面位移，後者歸因於膨脹粘土的存在。使用升軌和降軌的衛星雷達數據可以將位移分解為垂直和水平分量，用以早期發現崩塌潛勢區之地表位移。此外，亦可透過此分析方式，找出未知之崩塌潛勢區。

目前國內對於大規模崩塌潛勢區之活動性評估，亦是利用 ALOS 衛星雷達資料，利用時域相關點雷達干涉技術(Temporarily Coherent Point INSAR, TCPINSAR)，進行地表升降評估，精度亦可達公分級。由於所觀測出的位移量是相對於衛星方向(Line of Sight, LOS)，有時會於實際坡面位移方向相反。因此，於 2019 年起，

¹⁹ Geofem Limited, Nicosia, Cyprus

²⁰ 2019 ECSMGE 論文集，<https://www.ecsmge-2019.com/papers---oral-sessions.html>

本局對於大規模崩塌之活動性評估，已由傳統 LOS 方向轉為坡面方向²¹，更反應現地位移情形。因此對於此技術之應用，臺灣的技術發展似較國外成熟且更符實際。



Dr. Skevi Perdikou

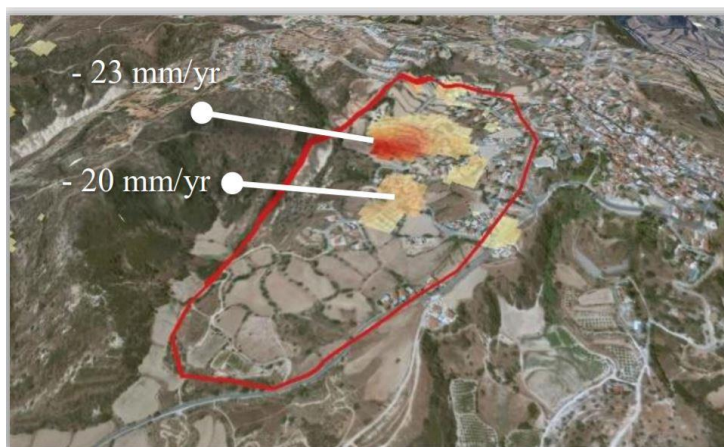


圖 2-3.13 利用衛星雷達影像進行地表活動監測

(5) Faraz Sadeghi Tehrani²²: A framework for predicting rainfall-induced landslides using machine learning²³

本篇研究是將地球工程(Geoengineering)，遙感測量，水文學與機器學習相結合的框架，以預測在降雨作用下崩塌的發生。在這種數據驅動的方法中，機器學習方法(Machine Learning, ML)透過多個地球觀測數據集來預測崩塌，其中包括降雨數據和數值高程模型以及 NASA 全球崩塌目錄。在全球範圍內建立了 10,988 個崩塌的詳細清單，其中 4,542 個案例用於訓練機器學習算法。利用降雨數據，地形特徵(例如坡度和高程，土壤和基岩數據)以及目標區域的植被指數來提供訓練後的 ML 模型，以評估研究區域的穩定性。本篇研究顯示利用邏輯式回歸可用於分類崩塌及非崩塌之類型，且在降雨型式固定之前提下，高程因子較坡地因子更具相關性。

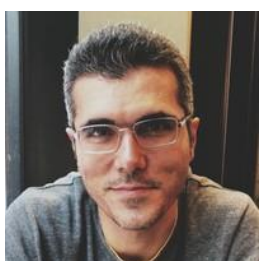
降雨是造成坡地災害的主要因子之一。國內對於土石流災害之門檻值，即是利用雨量、降雨強度進行分析，以訂定每條土石流之警戒基準值。而崩塌亦相同，

²¹ 本局委託文化大學辦理大規模崩塌活動性評估，於 2019 年合作將 TCPINSAR 所呈現出來的位移，由衛星方向轉換為坡面方向。

²² Deltares & Delft University of Technology, Delft, The Netherlands

²³ 2019 ECSMGE 論文集，<https://www.ecsmge-2019.com/papers---oral-sessions.html>

利用大量的崩塌數據，包含雨量資料、現地資料，可建立降雨促崩模式，再透過實際資料之訓練，可達到較佳的預測結果。反之，由於大規模崩塌屬崩塌之極端案例，因此臺灣自 2001 至 2016 年之大規模崩塌案例僅 20 餘個，其中大部分集中於莫拉克颱風所造成，因此不僅分析個案數量較少，且集中於特定事件，因此造成大規模崩塌門檻值不易訂定，仍須持續努力嘗試其他方法，試著建立大規模崩塌的警戒模式。



Dr. Faraz Sadeghi

Tehrani

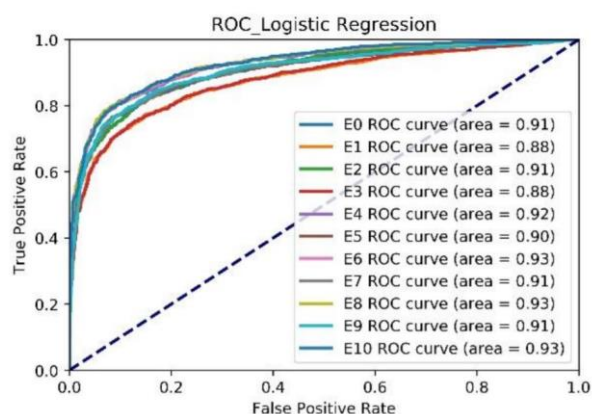


圖 2-3.14 Logistic 回歸模型對崩塌之分類準確性

(6) Michele Calvello²⁴: Using local monitoring data for regional forecasting of weather-induced landslides in Norway²⁵

挪威於 2013 年建立了一個國家級預警系統，以作為由天氣引起的崩塌預警依據。該系統利用 1 公里解析度之即時水文氣象資訊建立即時降雨逕流模型，作為崩塌預警之依據。這篇研究提出一種方法，將採用的警戒模式與現地所蒐集的監測數據(特別是孔隙水壓力測量值)進行整合，在一個試驗區域內對與地形資料和現地監測數據有關的崩塌事件初步進行時間和空間分析，本篇研究強調了現地量測資料對預警的額外貢獻。

²⁴ University of Salerno, Fisciano, Italy

²⁵ 2019 ECSMGE 論文集，<https://www.ecsmge-2019.com/papers---oral-sessions.html>



Dr. Michele
Calvello

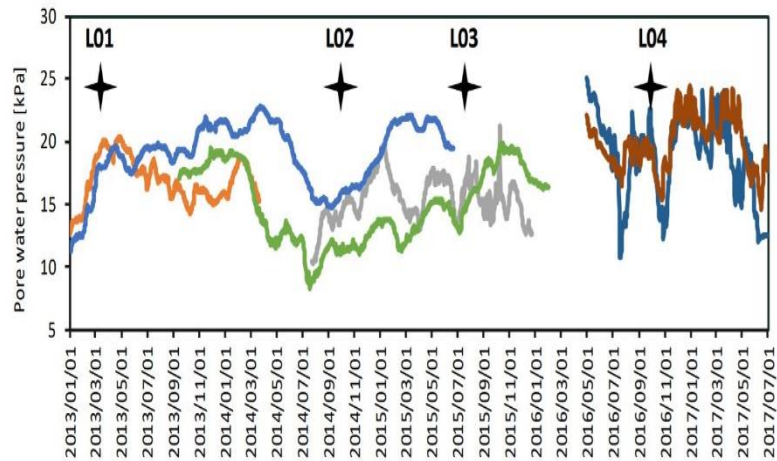


圖 2-3.15 孔隙水壓與崩塌之關連性(星號為崩塌事件)

坡地土砂災害之驅動因子，除降雨因子外，現地狀況(地形、地質條件、土壤狀況、植生狀況)也都佔有決定性的影響力，若能充分掌握降雨及及現地狀況，可有效提昇預警精度，但須投入之人力與物力將是極為龐大。本篇研究提出孔隙水壓變化作為崩塌發生之關連性之分析，或可做為未來大規模崩塌現地監測之參考依據。

2.3.2 海報發表(Poster Session)

本屆研討會另於會場旁展示各國以海報發表之論文，分 3 場次展出不同主題之論文海報，並建議作者出席說明研究主題及結果。可能是受到研討會場次眾多的影響，出席海報發表之作者並不多。

成功大學地球科學系林慶偉教授發表「臺灣大規模崩塌潛勢區之判釋與風險評估」並於文中說明近年臺灣大規模崩塌潛勢區之判釋與單頻 GPS 進行地表位移監測之成果；文化大學地質系陳柔妃教授以高雄市六龜區竹林地區為研究區，發表「逆衝斷層對台灣南部深層斜坡重力變形的影響」。本研究指出造成竹林地區具大規模崩塌潛勢之主因為美濃山斷層，斷層的逆衝形成了地貌，也對深層斜坡重力變形之發生產生重要影響；長榮大學土地管理及開發學系曾志民教授則以布唐布納斯溪為樣區，利用空載光達、UAV(Unmanned Aerial Vehicle)、ADS(Airborne Digital Sensors) 等工具所產製之 DTM，進行土砂運移及土砂產量之推估。本篇研

究證明多時期、多時相所產製之 DTM 可用於推估集水區土砂產量及土砂運移情形，也可用於地形變遷評估。

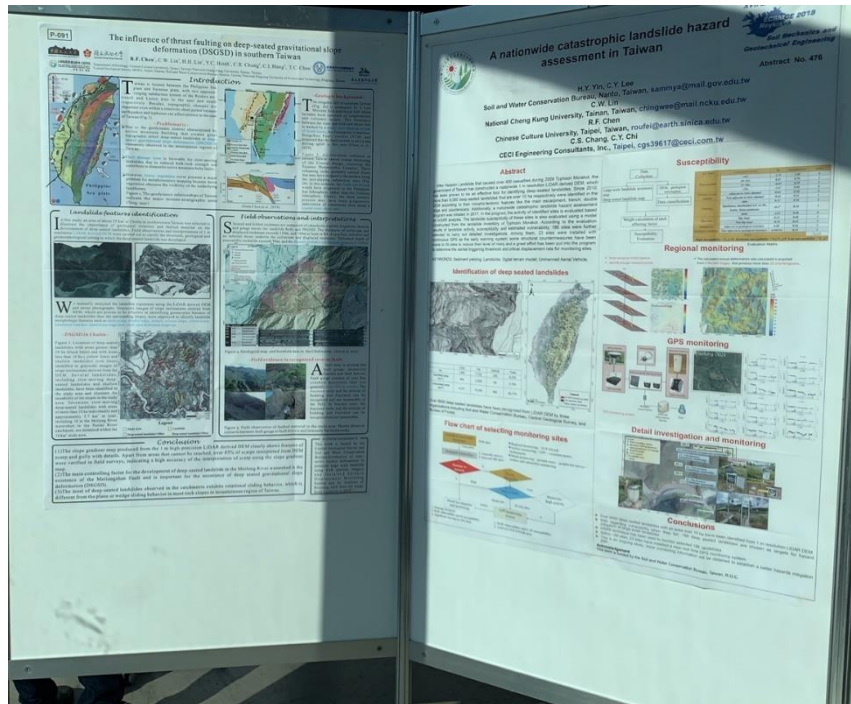


圖 2-3.16 林慶偉教授及陳柔妃教授所發表之論文海報

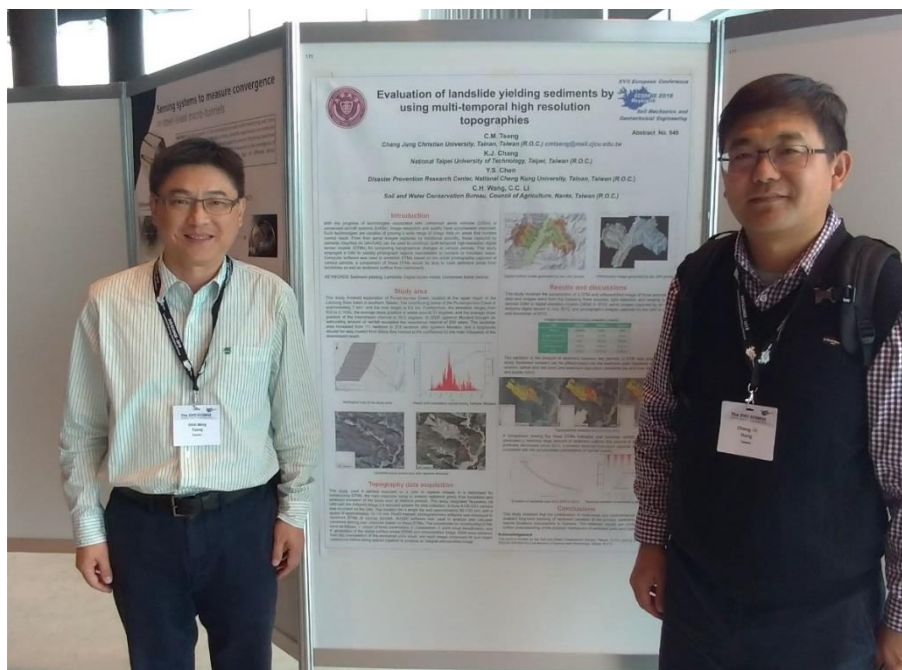


圖 2-3.17 曾志民教授及其所發表之論文海報

2.4 地質參訪

冰島（冰島語：Ísland）位於北大西洋和北冰洋的交匯處，是北大西洋中的一個島國，通常被視為北歐五國之一。冰島國土面積為 10.3 萬平方公里，約為臺灣面積 3 倍大，人口僅有 35 萬，僅為臺灣人口數的 66 分之一，同時是歐洲人口密度最小的國家。本屆研討會舉辦地點為雷克雅維克，是冰島的首都，也是冰島的最大城市，該市人口占冰島全國人口的三分之二。

冰島地處大西洋中洋脊上，是一個多火山、地質活動頻繁的國家。內陸主要是平原地貌，境內多分布沙質地、冷卻的熔岩平原和冰河，因此被稱為「冰與火的國度」。特殊的地質及地形特徵，每年吸引大量國外旅客前往冰島參觀。冰島雖然位於北極圈邊緣，但北大西洋暖流主要從其南面經過，並有一枝暖流繞行於它的西面和北面。所以雖然地處北極圈附近，冬季氣溫並不低，夏季氣溫全島在攝氏 7 至 12 度之間。此外，由於位處於冰島低壓中心附近，天氣多變且氣旋冰島帶來豐沛的降水，西南部和西部年均降水量在 1000 至 2000 毫米之間，北部和東北部較少，為 400 至 600 毫米²⁶。

有感於冰島的天然景觀特殊，有別於臺灣所見之自然景觀，因此眾人利用研討會的空檔時間前往融岩洞、冰河湖等最具冰島特色的地質景觀區參訪。

2.4.1 Raufarhólshellir 融岩洞

Raufarhólshellir 是冰島第四長的熔岩洞(Lava Tunnel)。由於該洞穴靠近雷克雅維克，加上早期採免費參觀，因此參訪旅客眾多，也對該洞穴造成了破壞。直至 2016 年底，該洞穴停止對外開放，以清除洞內積聚的垃圾，並開始安裝照明設備和通往部分洞穴的人行道。該洞穴經過整修後於 2017 年中重新開放，在該洞穴的最靠近洞口的部分增加了行走甲板和照明設備，並清除了數以公噸計的垃圾。所有洞內的基礎設施的改善以不破壞洞穴的方式進行。該洞穴在重新整修後，只能在導遊陪同下參觀該山洞。

熔岩洞是活躍的低粘度熔岩流形成連續而堅硬的地殼時形成的天然管道，硬殼會變厚並在仍在流動的熔岩流上方形成屋頂。Raufarhólshellir 熔岩洞長 1,360 公

²⁶ 參維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%86%B0%E5%B2%9B>。

尺，高度約 10 公尺，寬度最大為 30 公尺。洞穴有多個因坍塌而形成的透空之處，因陽光可灑入洞內，形成如光柱般的特殊景致。依據放射性碳測年法，Raufarhólshellir 約在 5600 年前形成，形成該洞的熔岩流的來源是距該洞穴上坡 10 公里，屬是 Leitastraun 噴發的一部分²⁷。



圖 2-4.1 解說員說明洞穴歷史



圖 2-4.2 洞內參觀

本次解說行程歷時約 45 分鐘，期間除當地解說員之解說外，林慶偉教授及

²⁷ 參維基百科，<https://en.wikipedia.org/wiki/Raufarh%C3%B3shellir>

陳柔妃教授適時補充地質、地球科學方面的專業知識，讓一行人更能了解融岩洞之歷史及特殊之處。於在導覽最後，一行人抵達處於融岩洞最深處，解說員關閉燈光，讓眾人體驗一下完全黑暗的感受，並出題讓大家猜有哪種生物可在融岩洞深處存活。當眾人紛紛猜錯時，解說員才緩緩說出「只有細菌能在這種地方存活，美國 NASA 曾派員於融岩洞取樣，以作為探索火星的參考。」原以為是解說員信口胡謔，但經事後查證，由於月球及火星存有火山及融岩洞，因此 NASA 利用冰島的融岩地區進行相關研究，例如火星太空站、以光達建立熔岩洞數值模型，生物採集等²⁸。

2.4.2 Jökulsárlón 冰河湖

冰河湖(Jökulsárlón)是冰島最著名和最大的冰河湖，傑古沙龍為冰河湖的音譯，一般人則通稱為傑古沙龍冰河湖。它位於冰島東南部，瓦特納冰原²⁹的南端。冰河湖於 1934-35 年開始出現，由於氣溫日益升高而產生大量融冰，眾多融冰被推擠到冰舌而形成了今日的冰河湖。自 1970 年代開始，瓦特納冰原每年都 100 公尺以上的速度在往後退，致使冰河湖面積越來越大，如今面積為 18 平方公里，湖深 200 公尺，是冰島第二深的湖泊，是冰島南部最富盛名的景點之一。傑古沙龍冰河湖下方的黑沙灘上堆積著自冰河湖流出的大型融冰，這些融冰在流入海洋後，又被海浪推上沙灘，因此沙灘上處處可見大小不一的融冰。這些融冰猶如一顆顆晶瑩剔透的鑽石散落於黝黑的沙灘上，因此該沙灘被稱為「鑽石沙灘」³⁰。

為了一睹傑古沙龍冰河湖的美麗景緻，眾人一早便驅車前往距雷克雅維克 380 餘公里的傑古沙龍冰河湖。雖然抵達冰河湖已經是當日下午 3 點，但由於冰島此時晝長夜短，因此尚有充裕時間參觀冰河湖美景。冰河湖上的融冰顏色可分為藍、白、黑三色，呈現藍色的冰塊是代表形成的年代較為久遠，由於冰塊長時間受到擠壓，因此冰塊的結構密實無空氣，因此大部分光線會被吸收，僅藍色會反射出來，故冰塊呈現藍色；較透明或白色的冰塊則是形成年代較近的，裡面還

²⁸ 參 <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-6831101/Space-drones-used-explore-lava-tubes-Iceland-help-NASA-detect-life-Mars.html>

²⁹ 瓦特納冰原(Vatnajökull)是冰島最大的冰河，其位於冰島東南方，覆蓋了冰島約 8% 的面積。其面積為八千一百平方公里，是歐洲體積最大與面積第二大的冰河。

³⁰ 參維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%86%B0%E6%B2%B3%E6%B9%96>

帶有氣體；至於黑色紋路則是冰塊因為染上了火山灰的緣故。

除了在岸邊遠觀冰河湖的景致外，眾人搭乘著水陸兩用車於冰河湖近距離觀看融冰及冰舌與湖水交界處。據隨船導遊指出，由於冰河湖的特殊景觀，因此是許多電影取鏡之處；然而冰河湖的形成，是氣候暖化所造成，隨著氣象變遷日益嚴重，未來是否還能維持如此景致，導遊也感到憂心不已。



圖 2-4.3 冰河湖上的融冰



圖 2-4.4 鑽石沙灘遠眺

第三章 心得與建議

近年來，水土保持局(以下簡稱本局)除持續推動之土石流防減災相關工作外，積極開始著手進行大規模崩塌防減災工作。考量土石流與大規模崩塌之誘發機制及相關治理工法，均涉及土壤力學及大地工程相關專業，因此希望藉由參加第 17 屆歐洲土壤力學與大地工程國際研討會，學習國外最新土壤力學及大地工程相關專業技術及方法，期能提昇國內對於大規模崩塌防減災之相關技術。此外本次成功大學林慶偉教授、文化大學陳柔妃教授及長榮大學曾志民教授，亦利用此一難得機會，將本局崩塌災害風險評估、土砂運移等相關計畫成果以海報展示於會場，並於現場解說，以提高國際能見度。

本次參與歐洲土壤力學及大地工程研討會，心得與建議如下：

- 一、本次會議開幕式特別邀請冰島前總統奧拉維爾·拉格納·葛林姆松（冰島語：Ólafur Ragnar Grímsson）進行演講。奧拉維爾·拉格納·葛林姆松以日前剛被立碑的 700 歲之死亡冰河為引子，說明氣候變遷之影響日益嚴重，期勉與會之學者、專家能夠致力於氣候變遷之減緩與調適工作。而臺灣近年也氣候變遷的影響，降雨趨勢不同以往，劇烈降雨出現之頻率日益頻繁，足見未來臺灣的防災工作將更為複雜與艱難。
- 二、英國樸茨茅斯大學(University of Portsmouth)的 M. G. Winter 教授以” Landslide hazards and risks to road users, road infrastructure and socio-economic activity” 為題，利用支付意願、受環境影響之意願及接受風險之意願等面向針對用路人、道路基礎設施及社會經濟活動等進行分析，提出降低崩塌風險之策略，包含透過教育、警示牌、早期預警等方式來降低暴險量及利用工程措施來保護標的、降低崩塌誘發因子等減災措施。此研究結論與土石流防災之策略相似，即透過軟體防災、硬體減災之方式，讓災害損失降至最低。
- 三、利用衛星雷達干涉影像進行地表活動性監測已經是很成熟的技術。Geofem 工程顧問公司於本次研討會分享利用永久散射法雷達差分干涉技術 (Persistent Scatterer Interferometry, PSI)，針對塞普勒斯之崩塌地進行風險評估，其結果有助於早期偵測出具崩塌潛勢之區域。本局近年也利用應用時域相關點雷達干涉技術(TCPIInSAR)進行崩塌潛勢區活動性之監測，亦獲得良好成果；且本局最新研究成果目前已將地表活動方向，由遠離(或接近)

衛星方向，轉換成坡面方向，更能忠實呈現地表之活動情形，就技術部分似較國外之相關研究先進，未來或可透過相關國際研討會或交流會，積極向外推動本局之成果。

四、荷蘭 Deltares 公司的 Faraz Sadeghi Tehrani 博士以” A framework for predicting rainfall-induced landslides using machine learning” 為題，在以地球工程 (Geoengineering)，遙感測量，水文學與機器學習相結合的框架，以機器學習方法預測在降雨作用下崩塌的發生。崩塌預測模式可利用大量的崩塌數據，包含雨量資料、現地資料，可建立降雨促崩模式，再透過實際資料之訓練，可達到較佳的預測結果。由於大規模崩塌屬崩塌之極端案例，因此臺灣自 2001 至 2016 年之大規模崩塌案例僅 20 餘個，其中大部分集中於莫拉克颱風所造成，因此不僅分析個案數量較少，且集中於特定事件，因此造成大規模崩塌門檻值不易訂定，仍須持續努力嘗試其他方法，試著建立大規模崩塌的警戒模式。

五、2008 年金融危機之後，冰島克朗大幅貶值，國家經濟瀕臨破產。為重振經濟，冰島開始吸引外國遊客前來觀光旅遊。由於冰島得天獨厚的天然景觀，外國遊客開始大量前往冰島觀測旅遊，也為冰島旅遊業迎來爆發式增長。2018 年，前往冰島的遊客數量突破 230 萬，冰島由此成為世界上「遊客/居民」比例最高的國家。此次冰島之行，最大的感受是冰島是傾國家之力推動冰島的觀光旅遊，因此在首都雷克雅未克隨處可見精心規劃的套裝旅遊行程，無論是單人，或是成團都有適合的旅遊方案可供選擇，因此吸引各國民眾競相前往。相較於冰島，臺灣景緻反而較冰島多元，如能有良好的套裝配合，或許臺灣未來也可像冰島一樣，吸引大量的國外民眾來台觀光。