2015 阿富汗 Jerow-Bala 村融雪引發之山崩事件探討

呂喬茵[1]、簡婉庭[2]、張志新[1]

1. 國家災害防救科技中心坡地與洪旱組

2. 國立臺灣師範大學地理學系

摘要

阿富汗(Afghanistan)是一個位處內陸的多山國家，東北部山區覆蓋的厚層黃土，經常因春季溫度回升時的快速融雪或季節性降雨，導致大量水體入滲邊坡，使崩塌事件層出不窮。2015 年 4 月 23 日凌晨在阿富汗東北部巴達赫尚(Badakhshan)省內的 Jerow-Bala 村發生崩塌，村落完全被夷成平地，共造成了 52 人死亡，4 月 26 日又再發生第二次崩塌，大部分的村民因於前一晚發現崩塌的徵兆而提前撤離，降低了死傷人數。阿富汗是世界上最貧窮的國家之一，而巴達赫尚省又是阿富汗境內最窮且發展程度最低的省份，因此面對天然災害的威脅，僅能靠居民的經驗進行自主性的判斷，進行預防性的疏散撤離。

一、 阿富汗概述

阿富汗位於中亞地區，主要由乾燥的平原、盆地、山脈、高原所組成，以東北部的興都庫什山、帕米爾高原為地形主體，山地與高原占全國面積的 80%，是一個位處內陸的多山國家，平原分布在國家的北部與西南部地區。阿富汗屬於大陸性氣候，夏季炎熱、冬季寒冷，大部份都是乾燥的地區，乾淨的淡水供應很有限。行政區分為 34 個省，首都為喀布爾(Kabul)，國土面積約 647,500 平方公里，人口約 3,188 萬人，是世界上最貧窮的國家之一。由於政府長期內戰，政局不安定、基礎建設損毀、一半以上地區交通不方便，嚴重阻礙民生及產業發展，根據聯合國資料統計，阿富汗人均 GDP 為 1100 美元(2013)，主要產業為農業，人類發展指數(Human Development Index, HDI)為偏低的 0.374 (2012)。

此次山崩發生在阿富汗東北部的巴達赫尚省內 Khwahan 區的 Jerow-Bala 村(圖 1)。巴達赫尚省的總面積為 44,059 平方公里，大部分地區屬於興都庫什山和帕米爾山脈，多為難以接近的區域，擁有極為嚴酷的冬季，是阿富汗境內最窮且發展程度最低的省份。由於興都庫什山脈為印澳板塊與歐亞板塊擠壓運動之處，因此阿富汗東北部地區的地震活動非常活耀。套疊阿富汗地質調查所(Afghanistan Geological Survey, AGS)1/1,000,000 的地質圖層(圖 2)可以知道，

崩塌地區基盤岩性以基性火成岩、砂岩、粉砂岩、頁岩為主，覆蓋厚層的風積黃土。

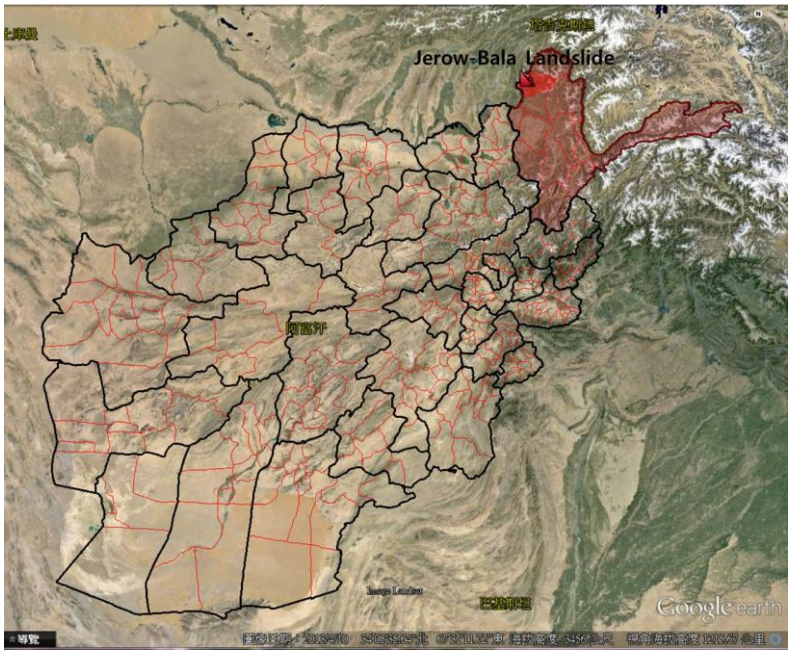

圖 1 Jerow-Bala 村山崩地理位置

(NCDR 繪製，套疊行政區圖層來源：Global Administrative Areas)

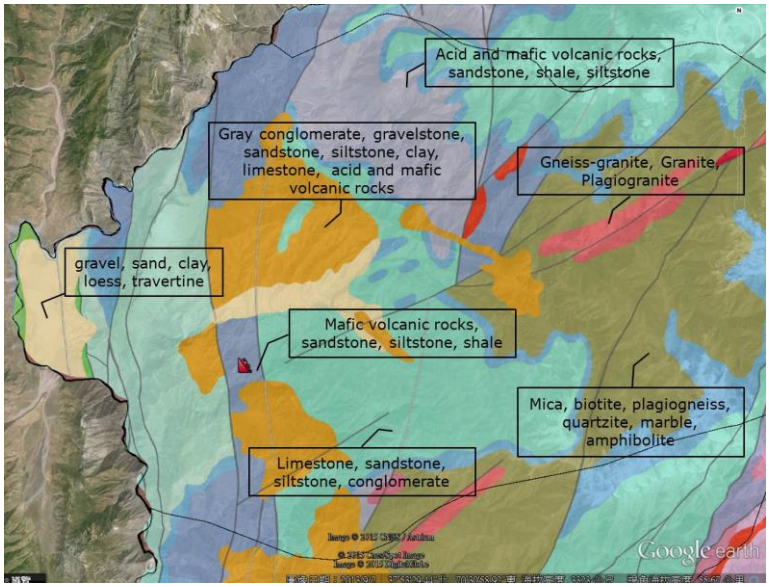

圖 2 Khwahan 區地質圖

(NCDR 繪製，套疊地質圖層來源：阿富汗地質調查所)

二、 Jerow-Bala 村山崩事件

2015 年 4 月 23 日凌晨(當地時間約 00:30)在阿富汗東北部巴達赫尚省內的 Khwahan 區，距離首都約 200 公里的 Jerow-Bala 村發生了山崩事件，Jerow-Bala 村遭受到相當嚴重的破壞(圖 3、圖 4)，共造成了 52 人死亡，包含 25 個女性、22 個小孩以及 5 個男性死亡，共 97 間房舍被掩埋，在 4 月 26 又發生了第二次山崩導致 120 個家庭流離失所，但沒有傷亡傳出 (The New York Time, BBC, TOLO News)。Khwahan 區長 Ghufran Zaki 表示：一些村民於山崩前就注意到坡地上方出現了一些裂縫，因而於前一晚就提前撤離，死亡的多是認為山崩不會發生，所以留在家裡的居民，若村民沒有自主性的進行預防性疏散，傷亡勢必會更為嚴重 (Pajhwork Afghan News, UPI)。

圖 3 Jerow-Bala 村崩塌災情

(照片來源: IOM・OIM)

圖 4 Jerow-Bala 村山崩後情況

(照片來源: IOM・OIM)

Jerow-Bala 村地處偏遠，從 4 月 23 日發生災害，一直到 4 月 28 日災害消息才被外界得知，區長表示在這之前他們並沒有任何的裝備可以救出被埋在土石堆裡可能的生還者。大雪阻斷了通往村莊的道路，由阿富汗國家災害管理局(ANDMA)以及國際多個人道組織(FOCUS, IOM, WFP, ARCS, UNICEF)組成的評估團隊，利用聯合國人道空運服務 UNHAS 分別在 5 月 6 日和 5 月 16 日運用飛機將救援物資運送進入災區(圖 5)，提供麵包、高能量餅乾、牛奶、帳篷、藥品、毛毯、現金、太陽能燈具等，協助約 237 個家庭。

圖 5 救援物資以空運的方式送達災區

（照片來源: IOM.OIM）

三、 致災原因

阿富汗東北部山區，基岩大多是不透水且堅硬的岩石，但其上都覆蓋了厚層黃土，鬆散顆粒的黃土層非常脆弱，經常在春季溫度回升時快速融雪，導致大量水體容易入滲邊坡，孔隙水壓上升使有效應力下降，影響了黃土邊坡的穩定性，進而誘發崩塌事件。但是在阿富汗政府提供資料製成的災害潛勢地圖中(圖 6)，並沒有顯示此區所面臨之災害風險。

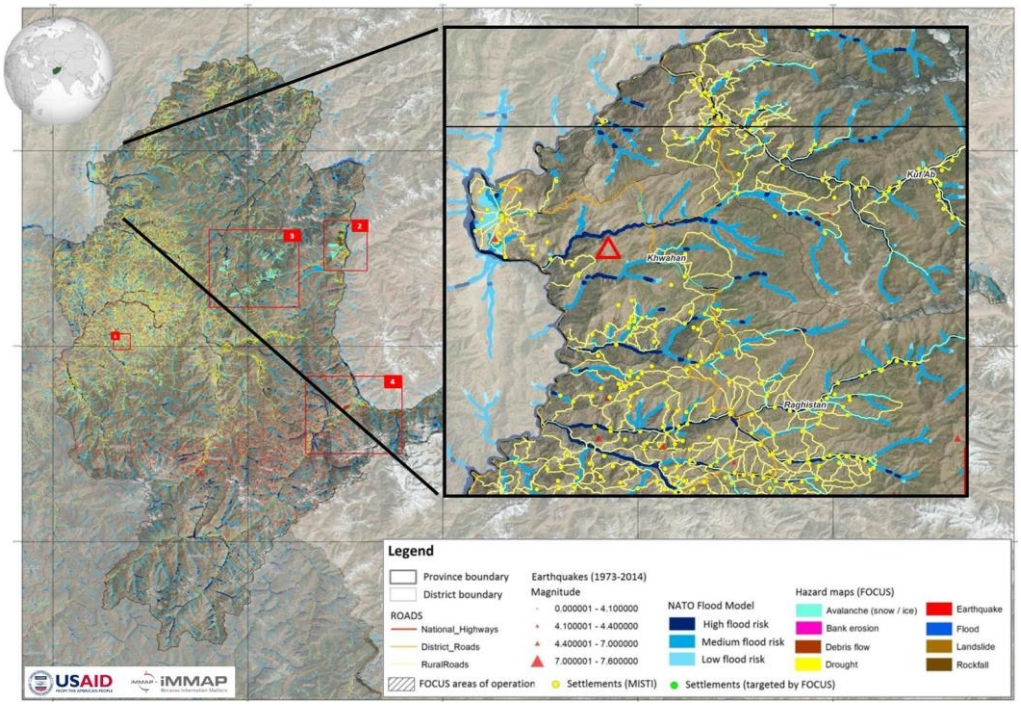

圖 6 阿富汗的災害潛勢地圖

(資料來源：iMMAP)

阿富汗天然災害管理機構(ANDMA)表示，在山崩發生前幾天的大雪，在此區域已經累積了快 2 公尺的降雪量。配合美國太空總署(NASA)的 Terra 衛星所搭載之 MODIS 探測器提供的冰雪覆蓋率資料，我們可以看到，4 月 21 日-22 日冰雪的覆蓋率是增加的(圖 7-a、圖 7-b)，到 23 日時則有下降的現象(圖 7-c)，表示雪的溶化，26 日又再發生一次崩塌，推測也是溫度再次回升導致積雪融化所造成。

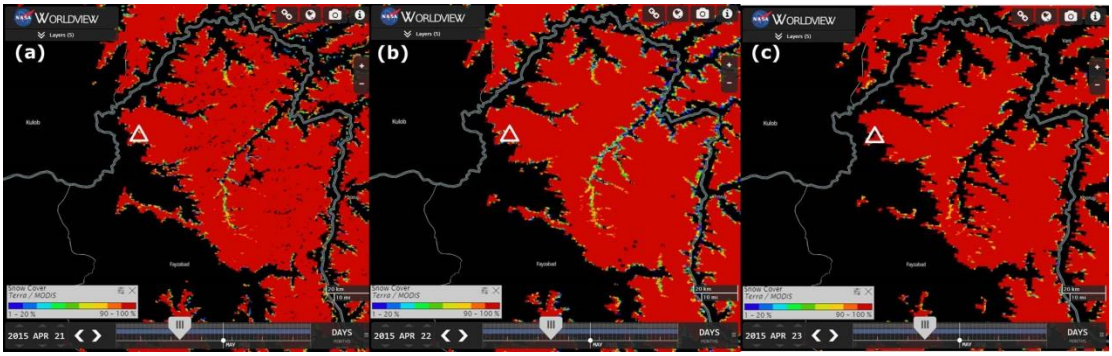

圖 7 阿富汗 Khwahan 區冰雪覆蓋率變化 (a) 2015.04.21 (b) 2015.04.22 (c) 2015.04.23
(資料來源：美國太空總署(NASA))

四、 融雪引發之山崩特性

前人研究皆顯示，高山地區許多山崩事件都是發生在融雪期間，然而，雖然融雪是造成高山地區山崩的主要原因之一，但只有少數的研究是在分析融雪所造成的山崩災害事件，主要是因降雪觀測站的短缺，以及融雪引發之山崩空間分布調查不易，造成相關研究發展的困境(Cardinali et al., 2000; Guzzetti et al., 2002; Gokceoglu et al., 2005; Naudet et al., 2008; Kawagoe et al., 2009)。就目前有限的資料，整理了融雪所造成的山崩特性如下：

（一）發生於大雪後的溫度快速回升

當暴風雪過後，溫度快速的升高，便會導致大範圍且大量的積雪融化。如 1996 年底，暴風雪使義大利中部的翁布里亞(Umbria)地區積雪深度達 1 公尺，在跨年夜短短八小時內，溫度卻從-10 度上升到

+6 度，使得大部分的雪在 24-36 小時間融化，大量的水在兩天之內滲透充滿了邊坡，短時間內引發了上千個山崩事件。2005 年義大利南部的村莊(Bosco Piccolo village)也因連續強大的降雪後，溫度的短時間回升使快速融雪，引致山崩毀了 80%的村莊。從圖 8 可以觀察到，2 月底溫度的上升，造成邊坡已經出現破壞現象，3 月初再一次變溫暖，便發生毀滅性的山崩。從日本的研究中也可以看到，在大雪過後的溫度快速回升，導致大量積雪迅速融化(圖 9)，進而造成多處崩塌。

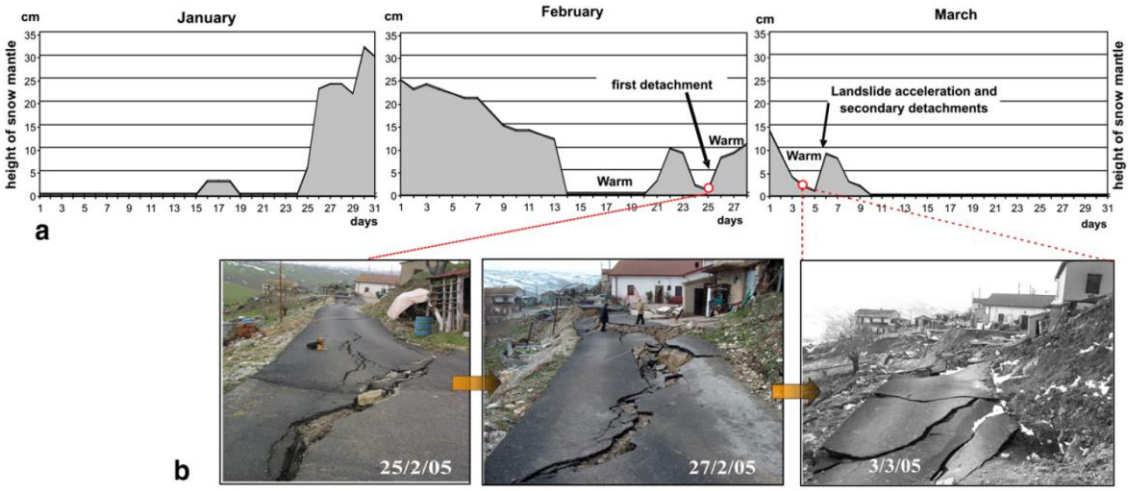

圖 8 溫度上升造成融雪導致邊坡破壞的過程

（資料來源：Naudet et al., 2008）

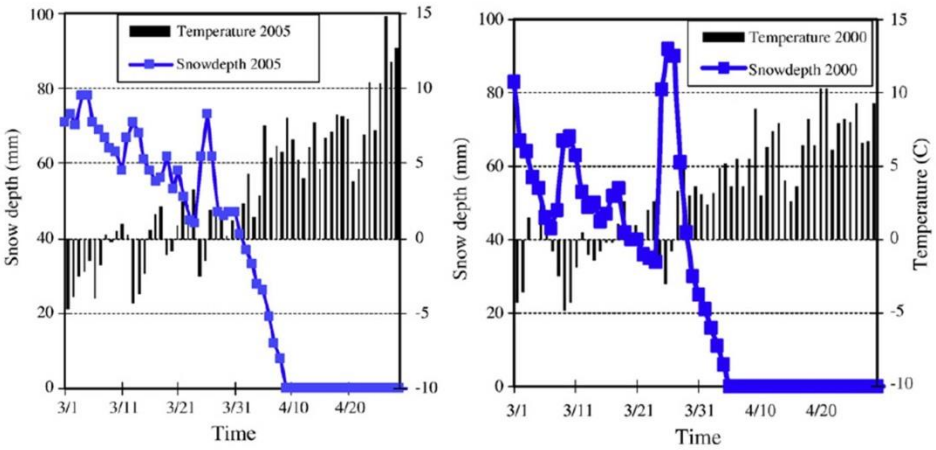

圖 9 積雪深度與溫度變化的關係

（資料來源：Kawagoe et al., 2009）

（二）多分布在舊崩塌地

由 Cardinali 等人的統計資料(2000)，將 1997 年初於義大利中部的翁布里亞(Umbria)地區因融雪引致之山崩分布，和此區域先前的山崩資料庫(Guzzetti and Cardinali, 1989)做比對，可以發現約有 75%的融雪引發山崩是發生在舊崩塌地裡。

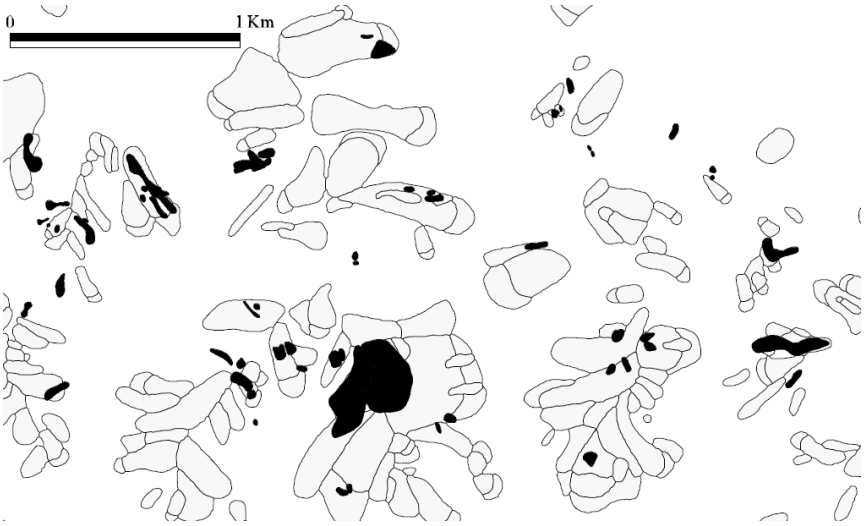

圖 10 黑色實心區為此次融雪引發之山崩，黑色線框區為舊崩塌地

（資料來源：Cardinali et al., 2000）

（三）以淺層崩塌為主

降雨和融雪造成的崩塌分布區域並不一致，1996 年義大利中部 11 月、12 月份的大雨僅造成少數的山崩事件，主要都是較深層且複雜的崩塌形態。年底的大雪和後續快速的融雪則引發了上千個山崩，在隔年 1 月 3 日到 7 日之間就有上百個崩塌，以規模較小的表層崩塌為主(約 62%)，但也還是有部分規模較大、較深層的崩塌發生(約 38%)(Cardinali et al., 2000)。

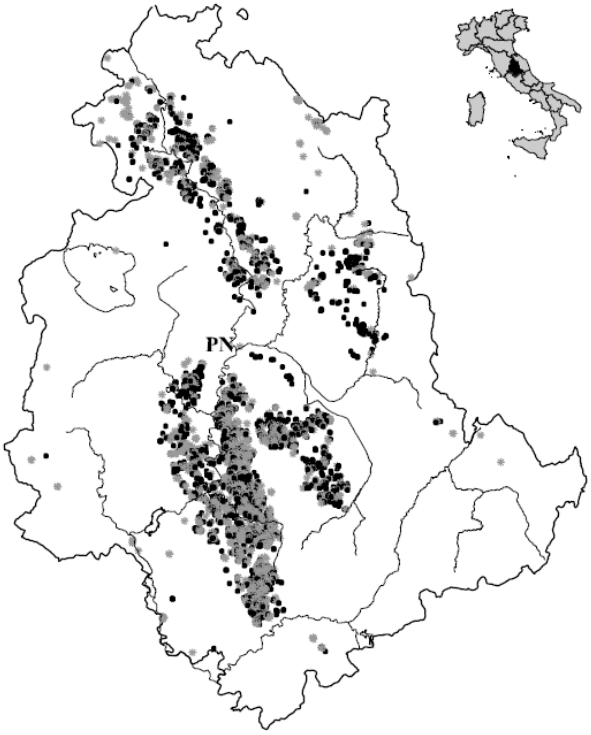

圖 11 1996 年 12 月底至 1997 年 1 月初融雪所引發的山崩事件分布圖(黑色與灰色點位分別代表淺層崩塌與深層崩塌)

（資料來源：Cardinali et al., 2000）

五、 2015 年上半年之災害事件統計

每年春季回暖時，阿富汗東北部山區的崩塌事件不斷發生，去年(2014)同樣在巴達赫尚省的 Abi-Barak 村也因連日大雨和融雪造成大規模崩塌，堆積量體達 1,000,000 立方公尺，造成至少 350 人死亡、2,000 多人失蹤，上千棟房屋遭到破壞，堪稱是阿富汗進 10 年來最嚴重的坡地災害事件。根據 OCHA 與 IOM Afghanistan Humanitarian Assistance Database (HADB)的統計資料顯示(圖 12、圖 13)，2015 年上半年度(1 月 1 日至 6 月 30 日)，侵襲阿富汗的天然災害包含了強降雨/雪、淹水、雪崩、山崩與土石流共 94 個事件。共有 14,461 棟房子損毀，107,451 人受到影響，造成 513 人傷亡，其中崩塌事件所造成的傷亡人數占了整體的 62%，較重大的是 2 月份在龐吉夏省(Panjshir)的雪崩事件以及 4 月份巴達赫尚省的山崩事件。

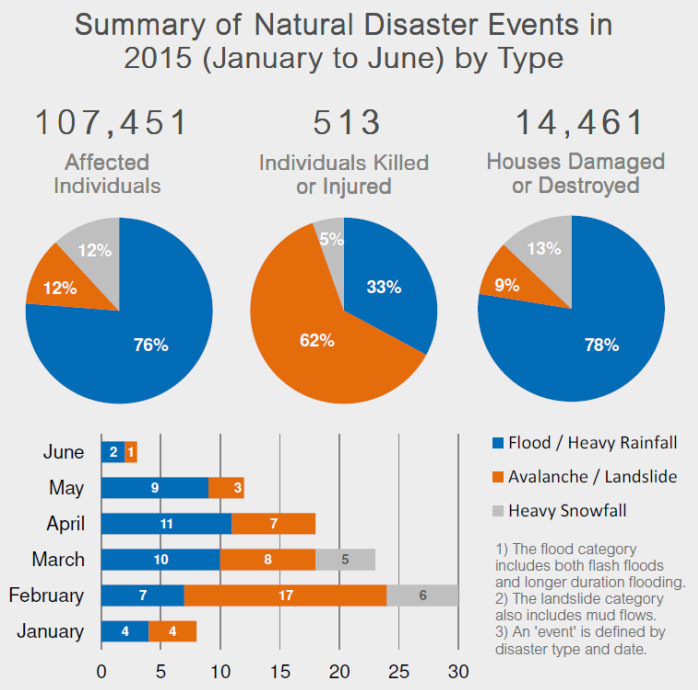

圖 12 2015 年上半年度阿富汗天然災害事件統計結果

（資料來源：IOM・OIM & OCHA）

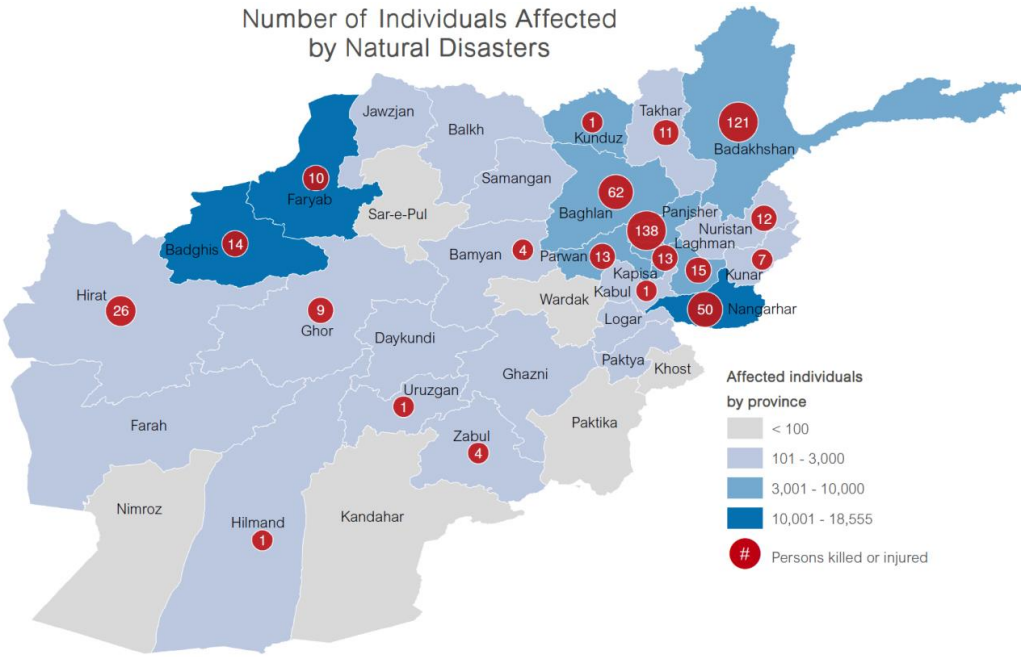

圖 13 2015 上半年度天然災害影響與傷亡人數分布

（資料來源：IOM・OIM & OCHA）

六、 討論與結論

每年春季回暖時，阿富汗東北部山區因厚層黃土加上高山降雪及季節性的強降雨，讓崩塌事件層出不窮。春夏季通常也是塔利班武裝份子反撲攻擊的時期，內戰加上經濟發展不佳，天然災害的因應策略是此未開發國家所面臨的嚴重挑戰。阿富汗的災害應變部門(Ministry of Refugee and Repatriations, MoRR)，已經有擬訂關於春季水患的應變計畫，包含境況模擬、區域風險、應對能力評估分析等，但在一年中約有六個月都被雪封路的偏遠山區部分仍沒有相關災害應變政策，更不可能如日本一樣製作融雪引致山崩的相關模擬分析與範圍分布作為警戒(Kawagoe et al., 2009)。

因此，每年春天偏遠山區的居民所面對的危機，僅能靠舊有的經驗進行自主性的判斷，政府防災觀念的宣導也很重要，當大雪過後溫度快速回升時，居住在鬆散的黃土坡或是舊崩積區的居民便須特別注意，邊坡是否出現破壞與表層覆蓋的雪是否出現裂痕，必要時進行預防性撤離，雖然沒有大筆經費可以進行相關監測，但在可能有危險的邊坡上架設簡易的測量樁，觀察樁之間的距離是否改變，也可以做為偏遠山區崩塌預警的參考。

參考文獻

阿富汗地質調查所(AGS)
http://www.bgs.ac.uk/Afghanminerals/

阿富汗天然災害管理機構
http://www.andma.gov.af/

BBC
http://www.bbc.co.uk/

Cardinali, M., Ardizzone, F., Galli, M., Guzzetti, F., & Reichenbach, P., 2000. Landslides triggered by rapid snow melting: the December 1996 – January 1997 event in Central Italy. In *Proceedings 1st Plinius Conference on Mediterranean Storms* (pp. 439-448). Bios: Cosenza.

Global Administrative Areas
http://gadm.org/home

Guzzetti, F., & Cardinali, M. Carta Inventario dei fenomeni franosi della Regione Umbria ed aree limitrofe, 1989, Map at 1:100,000 scale, CNRGNDCI Publication No. 204.

Guzzetti, F., Bruce, D., Malamud, L., Reichenbach, P., 2002. Power-law correlations of landslide areas in central Italy. Earth and Planetary Science Letters 195, 169 – 183.

Gokceoglu, C., Sonmez, H., Nefeslioglu, H.A., Duman, T.Y., Can, T., 2005. Kuzulu landslide (Sivas, Turkey) and landslide-susceptibility map of its near vicinity. Engineering Geology 81 (1), 65 – 83.

IOM・OIM
http://www.iom.int/

iMMAP
http://immap.org/

Kawagoe, S., Kazama, S., Sarukkalige, P. R., 2009. Assessment of snowmelt triggered landslide hazard and risk in Japan. Cold Regions Science and Technology 58, 120-129.

NASA Worldview
https://worldview.earthdata.nasa.gov/

Naudet, V., Lazzari, M., Perrone , A., Loperte, A., Piscitelli, S., Lapenna, V., 2008. Integrated geophysical and geomorphological approach to investigate the snowmelt-triggered landslide of Bosco Piccolo village (Basilicata, southern Italy). Engineering Geology 98, 156-167.

OCHA

http://www.unocha.org/

Pajhwork Afghan News

http://www.pajhwok.com/

The New York Time

http://www.nytimes.com/

TOLO News

http://www.tolonews.com/

UPI

http://www.upi.com/

United Nation website

http://www.un.org/en/index.html