

2015 年 4 月 25 日尼泊爾地震災害分析

國家災害防救科技中心

摘要

尼泊爾於台灣時間 4 月 25 日下午 2 點 11 分，發生規模 7.8 之地震事件，震央位於尼泊爾首都加德滿都（Kathmandu）西北方約 80 公里處，震源深度 15 公里，屬於淺層地震。另根據美國地質調查局（U. S. Geological Survey, USGS）的監測資料，在主震發生後周遭共發生 70 起以上、規模達 4.5 以上之餘震，且於 5 月 12 日發生規模高達 7.3 的餘震，深度約 10 公里，震央位於加德滿都東方、珠穆朗瑪峰山腳下的拉多夫地區（圖 1）。

本次地震受災區域廣大，且因受地形複雜、道路交通受災嚴重等影響，相關救援與災情掌握部分仍面臨困難，災防科技中心將持續蒐整相關資訊。本文將先就尼泊爾地震特性分析與目前災情綜整分析等兩部分進行討論。

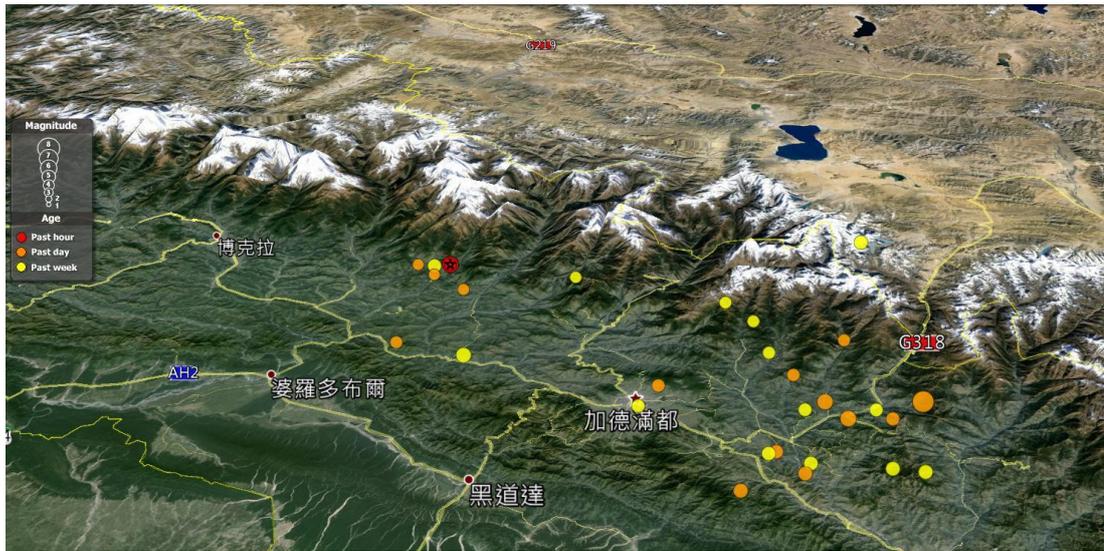


圖 1：尼泊爾地震震央位置（資料來源：USGS）

一、 尼泊爾地震特性分析

尼泊爾本次地震主要原因係印度板塊與歐亞板塊相互碰撞，造成隱沒帶（即主要逆斷層前緣帶）附近的逆斷層活動造成。印度板塊以每年約 2 公分的速率往北-東北方向朝歐亞板塊聚合（圖 2），板塊應力也導致喜馬拉雅山（Himalayan mountain range）每年以約 1.8 公分的速度增高。而尼泊爾即位於此兩板塊交界處附近，因此在歷史上有多次規模 6.5 以上的強震發生。

本次地震於加德滿都當地測站測得之最大地表加速度（PGA）值為 600 gal，其 PGA 值高於其他鄰近震央區域，而強地動造成加德滿

都重大傷亡。此現象已有學者進行探討，其中台灣地震科學中心使用世界寬頻網之震波記錄模擬斷層面錯動模型，斷層由震源向東破裂 80~90 公里，最大錯動量約 3 公尺（圖 3），國內有學者依此模擬結果初步研判加德滿都雖距離震源較遠但其震度反比近震央處大之原因，在於加德滿都鄰近最大錯動量所在處之地表，且因斷層開裂方向效應所致。

此外，依據尼泊爾國內相關研究指出，因加德滿都屬於谷地地形，且其中有兩條主要河川流經谷地，故谷地平坦區域屬沖積層地質（圖 4），可能產生場址放大效應，致使當地震度反比近震央處為大。

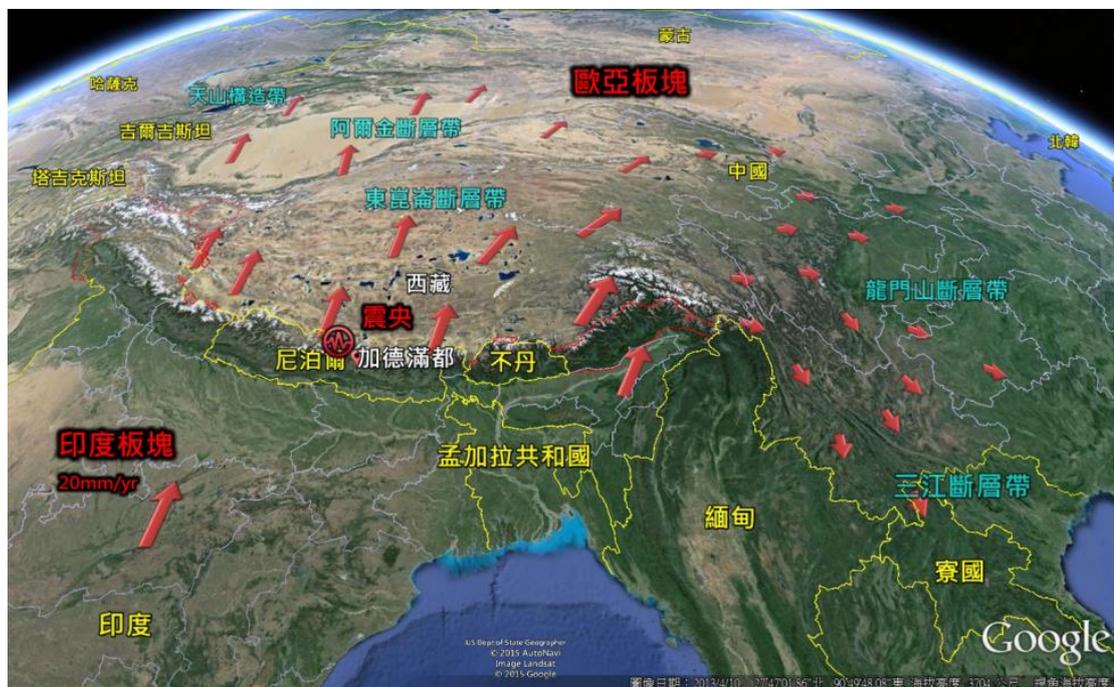


圖 2：尼泊爾鄰近之板塊構造分布圖（資料來源：陳文山教授）

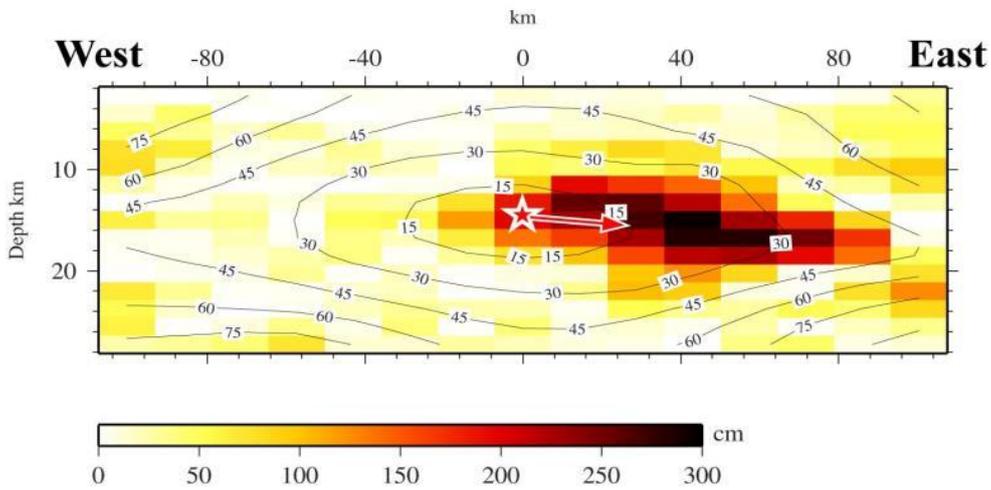


圖 3：本次地震斷層面錯動模擬模型（資料來源：台灣地震科學中心）

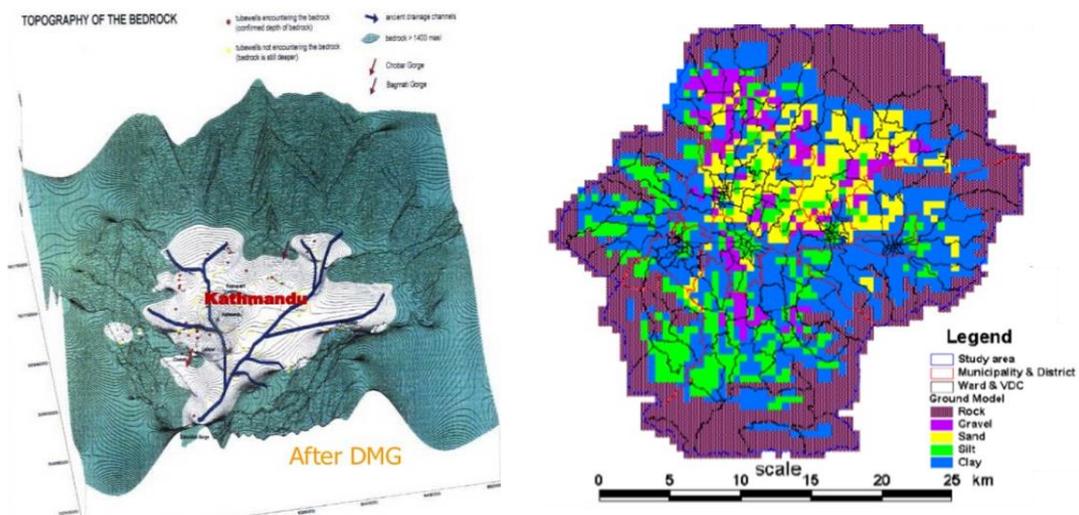


圖 4：(a)加德滿都谷地地形 (b)加德滿都谷地沖積層之土壤性質分布
（資料來源：JICA/MoHA）

二、 尼泊爾地震災情綜整與分析

尼泊爾地震後進入緊急狀態，各國紛紛前往援助，鄰近之印

度與中國在地震發生後隔日抵達加德滿都（Kathmandu）進行救援，而聯合國也緊急撥款 1,500 萬美元(台幣 4.6 億元)投入救災，並統籌國際救援工作。我國政府亦由外交部積極協調國內非政府組織（NGO）及醫療、慈善團體進行物資募集並前往尼國協助。本次地震災後應變與短期復原措施綜整如表 1。

表 1：尼泊爾地震災後應變與短期復原措施（資料來源：OCHA）

項目	現況描述	困境
人命搶救	<ul style="list-style-type: none"> ● 尼國投入軍隊救災。 ● 共53國搜救隊投入人命救援。 ● 尼國政府5/4發佈搜救隊解編通知。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 如何有效整合尼國軍隊與國際救援組織的救災能量。
救援中心	<ul style="list-style-type: none"> ● 成立人道救援中心，協調各項的救援工作。 	
物資救濟	<ul style="list-style-type: none"> ● 成立「資源集散中心」，負責救災資源的管理與配送。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 運輸工具不足、道路中斷，物資配送難度高；偏遠地區物資缺乏的情況更為嚴重。 ● 物資缺乏而引起的災民抱怨。
臨時收容所	<ul style="list-style-type: none"> ● 成立臨時收容所。 ● 加強臨時收容所治安管理。 ● 宣導家暴防治。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 糧食、飲用水等民生資源不足。 ● 部分臨時收容所仍為開放式空間。 ● 收容所仍發生治安問題；災區社工機構不足。
其他項目	<ul style="list-style-type: none"> ● 通訊：提供網路與通訊設備，增加災區的資訊傳遞。 ● 醫療：政府提供醫療服務防止災區疾病傳染。 ● 公共衛生：提供乾淨的水資源 	<ul style="list-style-type: none"> ● 醫療：因醫療機構毀損，重傷病患無法被妥善照顧；尼國缺乏心理專業人員。 ● 公共衛生：偏遠地區尚缺乏乾淨的水資源。

此外，因本次地震受災區域廣大，且受地形複雜、道路交通受災嚴重等影響，目前災情掌握仍以加德滿都鄰近區域為主，初

步地震災情綜整如圖 5。本章節特就其中「建物與人員傷亡」、「文化資產災害特性」與「坡地崩塌災害」，以及「影像與網路科技協助災情辨識」之議題進行分析討論：



圖 5：尼泊爾地震災情綜整

(一) 建物與人員傷亡

尼泊爾地震震央鄰近區域之人口並不特別密集，但距震央約 80 公里的首都加德滿都，卻傳出大量人員傷亡災情，除了山崩掩埋山地聚落導致人員傷亡外，加德滿都大量建築破壞為造成大量人員傷亡之主因。

尼泊爾在 1995 年以前並沒有建築耐震規範等相關規定，住

宅和其他建築在建造時沒有任何防震要求。在 1995 年後，尼泊爾開始實施建築規範（Nepal National Building Code），但不涉及既有建築，致使加德滿都有近 7 成之建物仍為「磚造」或「加強磚造」結構。此外，當地人為了增加居住空間或作為觀光旅客住宿之用，增建樓層之情況普遍，常見作法是在一到三層樓之磚造房屋上，用混凝土加蓋「加強磚造」之新房（圖 6），此類「房舍疊加（老揷少）」建築型態更大幅削弱耐震能力。

且依 USGS 資料顯示，本次地震於加德滿都地區之 0.3 秒譜加速度高達 1600gal（圖 7），對低矮樓層建物之衝擊更加明顯。而由相關災害照片顯示，當地受損房屋確以耐震能力不足之建築為主（圖 8）。

據尼泊爾國家緊急行動中心截至 5 月 15 日之統計，建物毀損已超過，罹難人數已超過 8000 人。另外，此次地震亦波及西藏 19 個縣，目前已造成西藏 25 人死亡。而 5 月 12 日規模 7.3 之餘震，又至少造成 50 人死亡，並影響後續救災。



圖 6：加德滿都仍有大量「房舍疊加（老搯少）」結構型態之建物

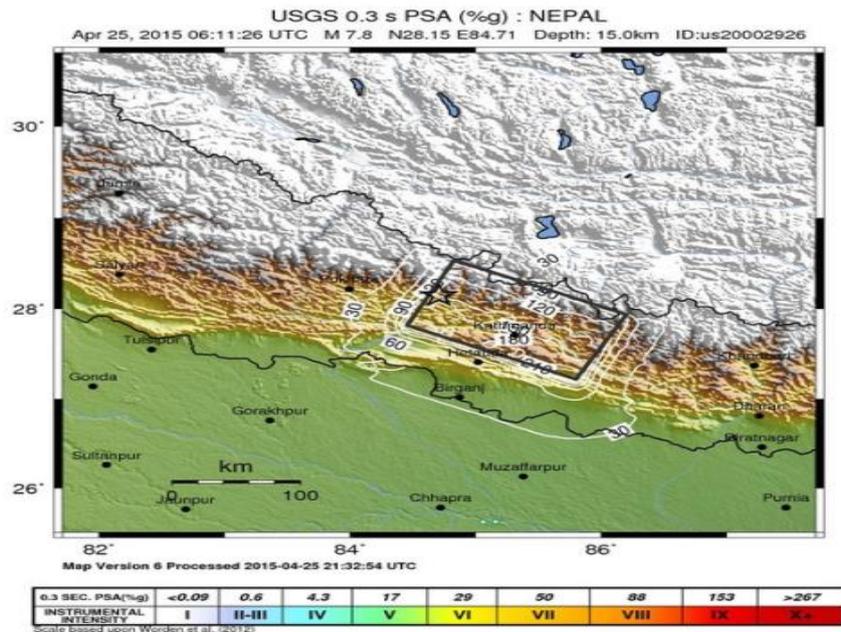


圖 7：本次地震 0.3 秒譜加速度分布圖（資料來源：USGS）



圖 8：受損房屋多屬耐震能力不足之建築

(資料來源：Earthquake Report.com)

(二) 文化資產災害

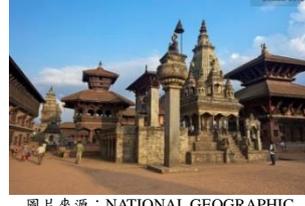
根據聯合國教科文組織 (UNESCO) 調查評估，列為世界文化遺產之一的加德滿都谷地在此次地震中受到嚴重損壞，尼泊爾 7 組世界遺產景點中有 4 組受到破壞性影響，尤其帕坦王宮廣場 (Durbar Squares of Patan)、哈努曼多卡(加德滿都)(Hanuman Dhoka, Kathmandu)和巴克塔普爾(Bhaktapur)等幾乎完全被摧毀。此外，列為世界自然遺產的薩加瑪塔國家公園(Sagarmatha National Park)，包括聖母峰(Mount Everest)在內也都受到地震強烈影響。

UNESCO 認為這些受災的世界遺產及文化資產應該可以被修復及重建，但重建計畫將需要持續數十年時間，並需要耗費大量資金。

目前已確認 1997 年列為文化遺產的佛祖的誕生地藍毘尼 (Lumbini, the Birthplace of the Lord Buddha)，以及 1984 年列為自然遺產的奇旺國家公園(Chitwan National Park)因距離震央較遠，受地震影響最小。

尼泊爾世界遺產於本次地震受災情形綜整如表 2。

表 2：尼泊爾世界遺產受災情形初步綜整

所在區域	文化資產受損情形	受災前	受災後
加德滿都杜巴廣場(Kathmandu Durbar Square)	達拉哈拉塔(Dharahara Tower) 又稱比姆森塔(Bhimsen Tower)，塔高約 60 公尺(約九層樓高)，但在震後只剩下 10 公尺高。	 圖片來源：The New York Times	 圖片來源：The New York Times
加德滿都杜巴廣場(Kathmandu Durbar Square)	巴斯塔普塔(Basantapur Tower)塔高原本九層樓，但塔頂因地震倒塌毀損	 圖片來源：BBC	 圖片來源：BBC
加德滿都杜巴廣場(Kathmandu Durbar Square)	Trailokya Mohan Narayan Temple 樓高三層均遭地震震毀成為瓦礫碎石一片。	 圖片來源：The New York Times	 圖片來源：The New York Times
加德滿都城區	斯瓦揚布納特寺又稱猴廟(Syambhunaath Stupa)，其主體建築輕微損壞，但周圍寺廟建築幾乎完全損毀。	 圖片來源：BBC	 圖片來源：BBC
加德滿都城區	博拿佛塔(Boudhanath Temple)主體建築頂部震裂，副塔坍塌。	 圖片來源：BBC	 圖片來源：Twitter
帕坦杜巴廣場(Patan's Durbar Square)	廣場其中一座神廟坍塌，其他建築均受到不同程度的損壞。	 圖片來源：NATIONAL GEOGRAPHIC	 圖片來源：NATIONAL GEOGRAPHIC
巴克塔布杜巴廣場(Bhaktapur Durbar Square)	特莎拉·杜卡神廟(Vatsala Durga Temple)著名的砂岩牆和黃金塔頂全遭震毀成為廢墟	 圖片來源：NATIONAL GEOGRAPHIC	 圖片來源：NATIONAL GEOGRAPHIC

(三) 坡地崩塌災害

尼泊爾此次地震，造成震央附近的山區多處發生崩塌，總崩塌數量超過 3,000 處，截至 05 月 15 日所獲得的山崩位置分布如圖 9 所示，其中以位於加德滿都北側的 Langtang Village 最為嚴重，整個村莊部分被來自北側的雪崩掩埋，以及來自西北側的土石崩塌整個覆蓋，死亡人數可能達到 200 人（圖 10、圖 11），研究人員指出，Langtang River 被大量崩塌物質完全覆蓋，但仍沒有證據顯示有堰塞湖形成，代表水流可能以某種方式滲透或是流過這些崩塌的土石、雪和冰(Mountain Hydrology)。

其他山區的山崩，由相關資料僅顯示造成部分山區(Sikkim, Kurintar, North of Rasuwa District 等)交通阻斷，造成居民撤離與救難人員進入山區村落搜救困難（圖 12），部分山崩的大量土石也阻斷了河道，可能形成堰塞湖（圖 13），須注意可能造成二次傷害。除了崩塌所造成的災情，山區偏遠村落的房舍也多为強震所震垮，但受到道路損毀影響，目前僅能以空拍方式記錄，救難人員尚無法進入救災，死亡人數可能會再不斷上升。

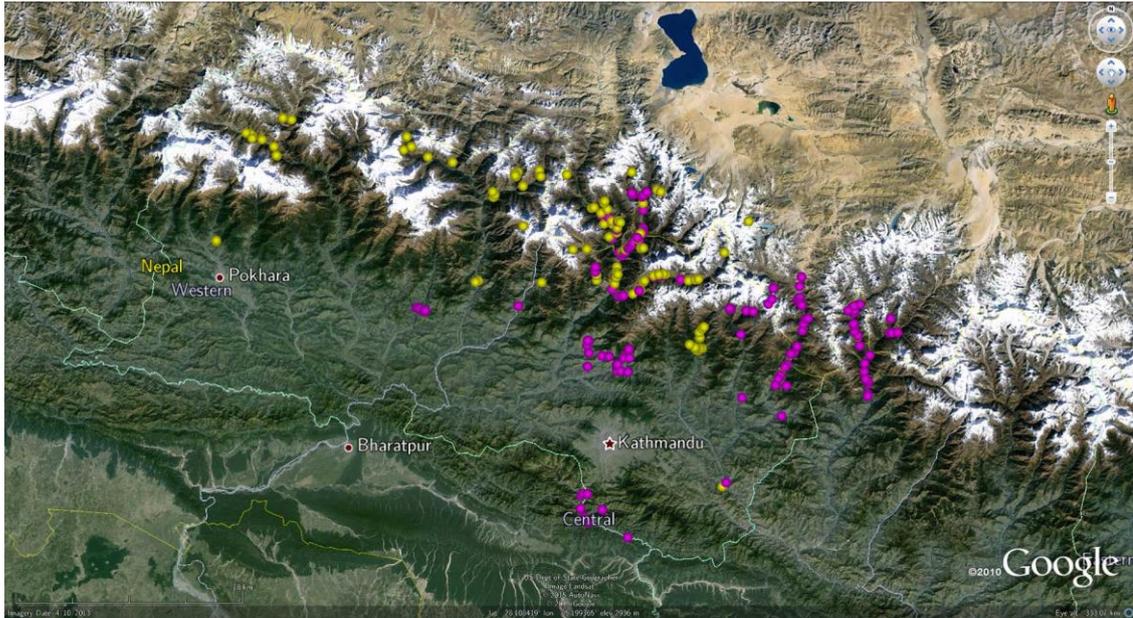


圖 9：尼泊爾地震造成之山崩位置分布

(資料來源：NASA-USGS 與英國地質調查所& Durham 大學團隊)

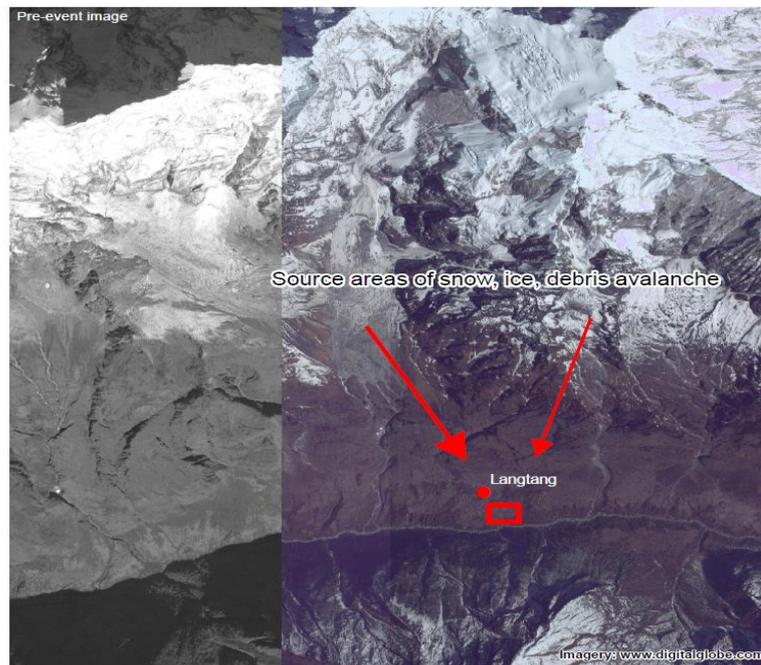


圖 10：掩埋 Langtang Village 雪、冰、土石可能來源

(資料來源：Mountain Hydrology)

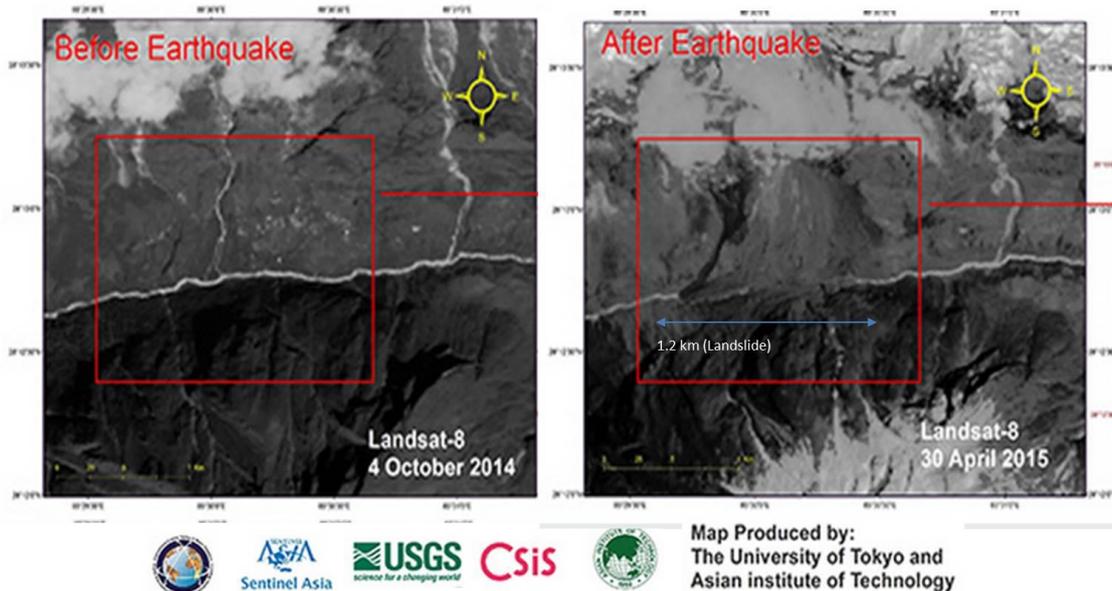


圖 11：Langtang Village 山崩前後影像比較（資料來源：ICIMOD）



圖 12：部分山崩造成道路阻斷位置分布

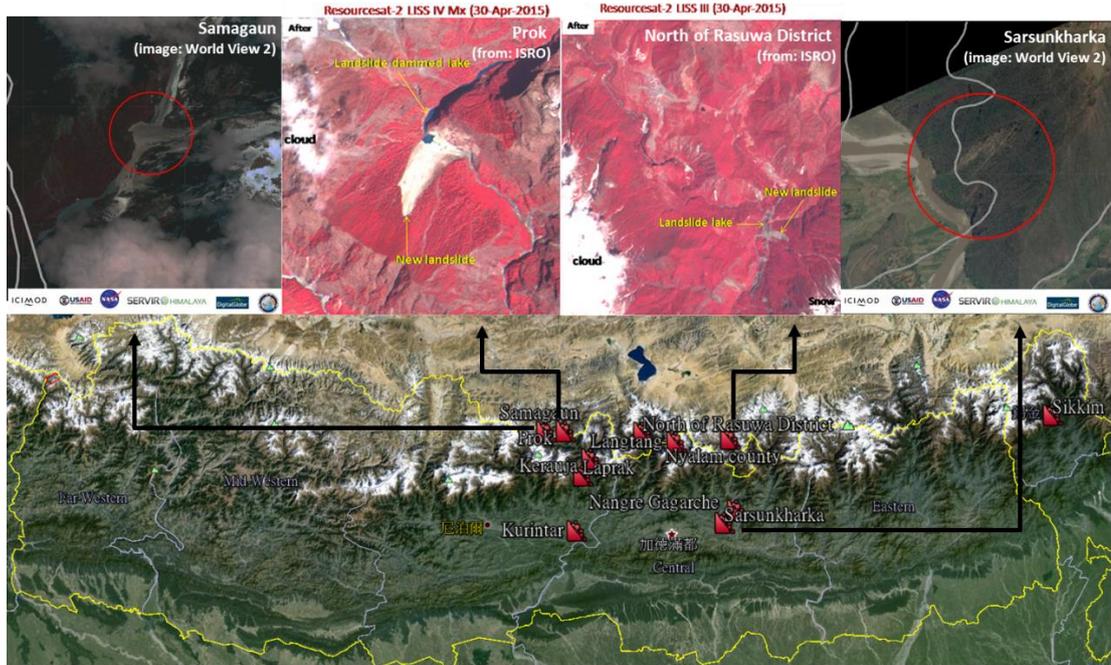


圖 13：部分山崩阻斷河道，可能形成堰塞湖位置

(四) 影像與網路科技之應用

因本次地震災區地形多山、複雜，且相關基礎設施與道路交通受創嚴重，目前災情之查報多僅侷限於加德滿都鄰近區域，偏遠地區與山區之災情無法有效掌握。因此，為協助加速應變單位對災情之掌控，部分商用衛星公司釋出地震前、後之高解析度影像（圖 13），提供 NGO、NGA 無償使用，並結合網路社群志工透過 Open Street Map 平台共同製作應變地圖，建立「由災區外製作應變地圖，提供災區應變人員參用」之救災新模式。

此模式開始於海地地震之救災作業，而本次地震操作更加

成，且已有許多完成之實例：如於災後一週，透過此模式已協助辨識出在加德滿都鄰近區域有公有建物 10,718 棟全毀、私有建物 191,058 棟全毀之災情，並透過 google earth 平台做空間分佈之標示（圖 14）。另外，偏遠山區因交通問題而難以進入進行救援與調查，但透過此模式，亦協助辨識靠近喜馬拉雅山區域之聚落、道路受災情形（圖 15）。

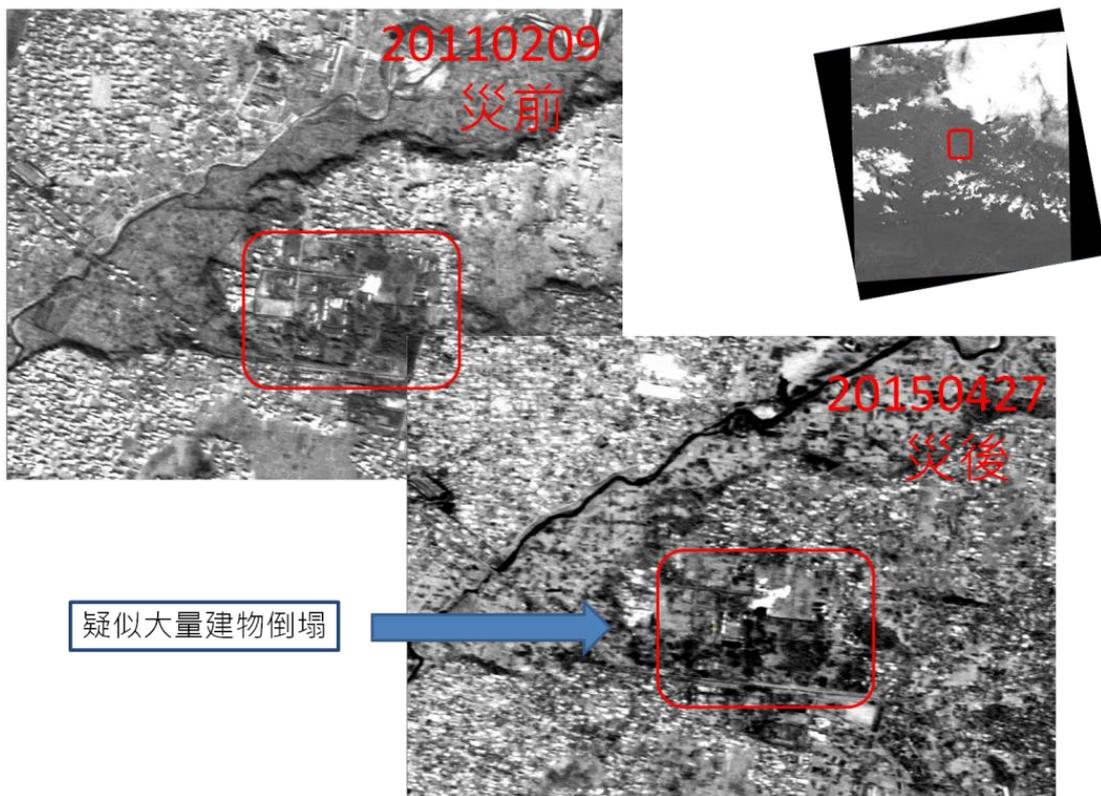


圖 13：衛星影像協助建物破壞地區之研判
(資料來源：空間情報社群小組)

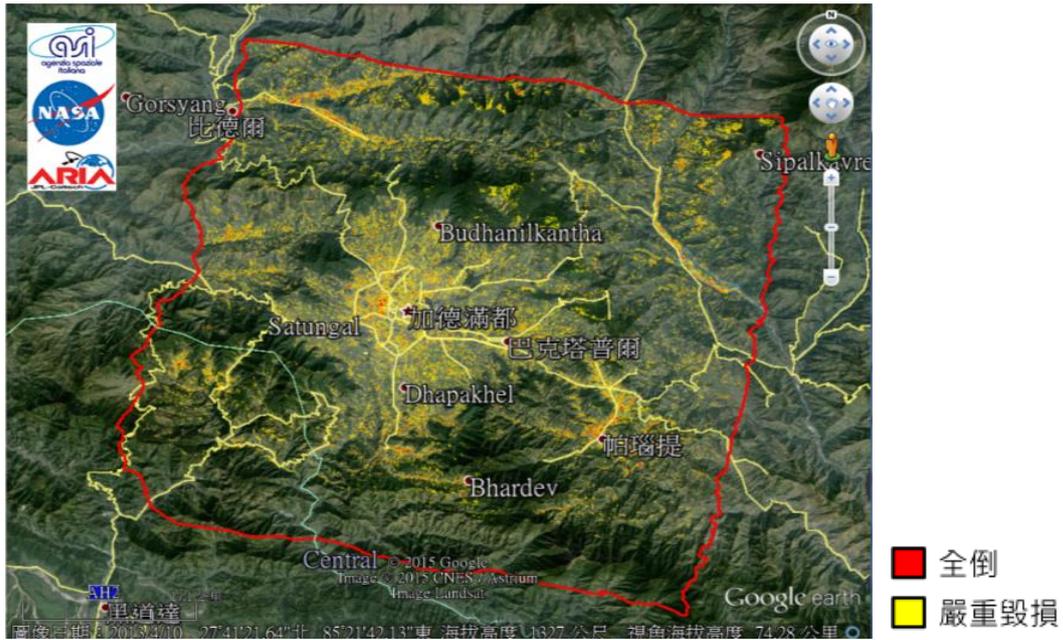


圖 14：加德滿都鄰近區域建物毀損災情辨識成果
 (資料來源：UN RC Office, Nepal)

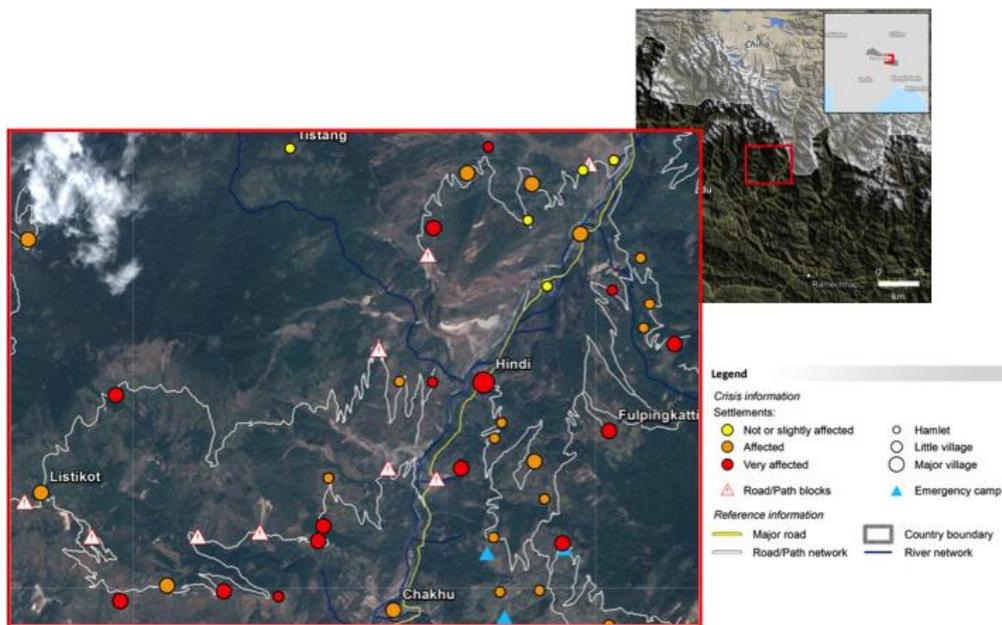


圖 15：偏遠山區聚落與道路災情辨識結果
 (資料來源：Earthquake Report.com)

三、 結論與借鏡

- (1) 尼泊爾地震傷亡超過 8000 人，檢視主要災因來自於大量建物嚴重毀損所引致，其中又以之「磚造」、「加強磚造」與「房舍疊加（老搯少）」之結構形式為主要受災。顯見不具耐震能力或低耐震能力之結構物在地震衝擊下，仍為主要面臨災害風險之弱點。我國目前在民國 62 年以前（耐震規範頒佈以前）建造之老舊建物數量仍佔有相當比例，儘速進行老舊建物之更新或補強，應能大幅降低地震災害之衝擊。

- (2) 本次地震所展示之整合影像與社群技術應用於災情查報之新模式，應可輔助官方資訊之完整性。本中心後續將參考目前廣泛使用的社群網站（facebook、twitter）與國際災情回報網（earthquake-report）的概念，進行社群網站的研擬。並於日後國內倘若有重大災情，可藉由民眾主動回報，獲得第一手的災情資訊，並加以收集、彙整，以供後續應變決策參考運用。

參考文獻

1. BBC、TVBS、東森新聞、民視、蘋果日報、佛光山、聯合國人道主義事務

協調廳 (UNOCHA)、美聯社

2. Laxmi Prasad Ngakhusi, NEPAL FLASH APPEAL FOR RESPONSE TO THE NEPAL EARTHQUAKE APRIL-JUNE 2015, UNDP Nepal,
3. Nepal: Earthquake 2015 Situation Report No. 10 (as of 4 May 2015), Office for the Coordination of Humanitarian Affairs and the Office (OCHA)
4. Nepal Earthquake Situation Report 12 (as of 8 May 2015) : <http://un.org.np/>