



• 主題 3 •

堰塞湖存廢爭議

草嶺堰塞湖存廢之探討

主題報告人

林俊全

評論人

陳志清

黃乾盈



草嶺堰塞湖存廢之探討

◎林俊全

學歷：英國倫敦大學博士

現任：台大地理環境資源學系教授兼系所主任

專長：地景保育

地形學

邊坡沖蝕

天然災害監測

著作：《Morphotectonic evolution of Taiwan》

《Serial reverse and strike slip on imbricate faults: The Coastal Range of eastern Taiwan》

《淡水河口的紅樹林與地形與水文關係之探討》

經歷：台大地理系副教授、教授

一、前言

草嶺的地滑造成巨大的滑移物質向下邊坡滑動，繼而造成堰塞湖，引起國人的疑懼與不安。主要的原因是因為這個堰塞湖可能引起潰決，造成二次災害的問題。然而究竟是否會造成二次災害，也曾引起許多的探討。就連今年的大學聯考地理科試題，也討論到這個堰塞湖可能會影響的地區到底在哪裡。

本文主要的目的是探討草嶺堰塞湖的成因與影響，瞭解其可能的災害與影響範圍。從而探討有關天然災害的監測與減災機制的建立的可行性。

草嶺是個非常有名的山崩地方，過去素以草嶺十景，成為觀光客匯集的地方。其中春秋斷崖，就是這次又崩下來的地方。歷史上，自從 1862 年以來，此次是第 5 次發生地滑現象，每次的地滑的主要原因，都是因為地震或豪雨。而從統計表上也可以看出每次的地滑，都造成大規模的土石崩坍，同時有幾次也因為土石堰阻了河道，形成堰塞湖。這些堰塞湖也分別存留了 10 天到 9 年不等的壽命。

基本上草嶺的崩坍是屬於地滑的一種方式。地滑是地表的物質沿著一個滑動面向下邊坡滑移。這個滑動面可能是個弧形，也可能是一個平直的坡面。基本上都是邊坡上的物質，因為無法被支撐在邊坡上，當受到像地震的震動，或豪雨入滲時，都會因為重力而向下邊坡移動。

記錄上的草嶺第 1 次地滑是民國前 50 年的地滑，經過了 36 年後潰決；第 2 次的地滑所造成的堰塞湖尚未潰決，第 2 年



就又產生一個新地滑。第3次的地滑所產生的堰塞湖則經過了9年才崩堤，第4次的地滑則經過9天就潰決了。這第5次的地滑要經過多久，才會潰決呢？如果我們根據此次的崩積量，則大致上與第3次的地滑的崩積量相當，是否會經過9年才會潰決，則有待時間的考驗。

事實上草嶺地區的崩坍，每一次幾乎都造成巨大的災害。像民國30年的地滑，造成十餘戶人家受到崩埋。40年的潰堤，死傷人數達137人，下游受災田地達3千公頃。所以這次的草嶺潭會不會如同一個定時炸彈呢？

二、草嶺的地滑與堰塞湖

此次九二一集集地震後，許多的媒體都提到了「走山」的名詞。究竟「走山」到底意義何在？「走山」與山崩又有哪些異同？整體而言，山崩是一種通稱，也有人稱為「崩山」，是指地表的組成物質（主要的是各種的岩石）受到重力，以不同的方式向下邊坡移動的現象，這種現象又稱為塊體崩移作用（也有稱為質量損耗作用，或塊體崩壞作用）。過去常用的山崩分類，主要考慮的分類因子是崩落的速度與所含水分的多寡與角色。

地表的塊體崩移現象，有與自由落體一樣的崩落方式，或以非常緩慢的蠕移的方式。岩塊崩落後，有的呈現著非常破碎零散的模樣，但也有的並沒有太破碎的現象。如果我們將這些地表組成物質向下邊坡移動的現象加以簡化，則可以分為3大

類。第一類是以「崩」的形式出現，也就是我們常見的岩屑崩落等現象。第二類是以「滑」的形式移動，也就是我們常聽到的地滑與走山的現象。最後一類是以「流」的形式，也就是所謂的泥流、土石流之類。

這些塊體的崩移現象，說明了一個事實，就是地表的組成物質，終究要往下坡移動。配合著含水的多寡與移動的方式，而有許多不同的特徵。留在集水區上游或上邊坡的物質，終有一天會被往下坡搬運。當被往下邊坡搬運時，如果造成我們生命或財產的損失時，也就成了所謂的災害，否則充其量，那是一種自然現象。因此我們不僅要知道哪些地方可能發生山崩，也要知道哪一類型的山崩，會造成哪種災害。同時也要知道這些土石移動時，可能的影響範圍。

草嶺的「走山」，實際上是一種地滑現象。這種地滑是沿著一個滑動面，向下邊坡移動。這個滑動面，也就是所謂的順向坡，坡度約 12 度。依據航空測量的估算，此次大約有多過 1 億 2 千萬立方公尺的土方，沿著坡面滑動。這些土方，移動了超過一公里的距離，堆積在下游河道上。根據崩坍前後的地形量測，地滑後的坡腳，也就是所謂的足部。這堆積得最高的地方，高度有超過 100 公尺以上的，相當於 35 層樓高。而將河道淤塞大約有 4 ~ 5 公里的長度。因此堰塞造成的湖泊，立刻引起注意，尤其是潰堤的時間與機制。

事實上，這個地滑只是草嶺的山崩中，最主要的地滑現象。還有其他山崩的現象分布於地滑區的周遭，其中以岩屑滑



落、崩落的現象，較為明顯。這些岩屑滑落，也造成下邊坡的植生受損。因此外貌上看來，呈現著往下邊坡延伸的條狀，這些條狀的現象，多為表層風化土壤或岩塊的崩落，也有少數規模較大的土方。然而與整個地滑區比較，又顯得非常小。

草嶺的堰塞湖，也是引起許多困擾的地方。草嶺地滑所造成的主要的堰塞湖的湖水面積最大可達 137.71 公頃，整個體積則估計約有 2684 萬立方公尺。整個堰塞湖的最大高度目前為 537.2 公尺。第二工區的堰塞湖的海拔高度高達 517 公尺，容積達 534 萬立方公尺，面積則有 40.6 公頃。如果堰塞湖潰堤，則下游瞬間所必須承受的水體，便會產生相當程度的破壞力，這也是令人擔憂之處。

三、形成草嶺潭的地質與地形背景

一般而言，堰塞湖多為崩落的崩積物堆積而成，組成結構較為鬆散，同時也較容易被水滲透，所以相對抗蝕性較小，而且由於鬆散的物質並沒有太大的膠結力，所以非常容易受到更進一步的地震或豪雨、久雨影響而導致破壞。

草嶺的地滑主要是沿著錦水頁岩的岩層滑動。這是個較不透水層的地層，而且其往西南傾斜的角度大約 12 度，而岩層的走向，也就是在空間的排列，大致是呈現西北—東南的排列。在這裡崩坍的位置恰好是個順向坡。由於過去幾次的地滑，都是沿著上次尚未滑動的地方，向下邊坡繼續滑移。這次的草嶺地滑，也不例外。

根據過去幾次的地滑記錄，主要都是因為地震與豪雨影響所致。由於地震的因素，造成地表的岩塊因為重力向下邊坡產生裂隙且移動。此次因為九二一地震造成地滑後，造成崩坍後，原有的岩層的下邊坡，形成了新的且沒有支撐的邊坡，這些都是將來可能繼續發生地滑的地方。

目前滑動面上殘餘的岩塊與尚未崩落的部分，主要分布於靠近稜線的地方。而崩落滑動的部分則仍有大量的岩塊與碎屑，堆積於河道與河道旁的邊坡。這些滑動過的物質，勢必受到將來的颱風與豪雨影響，繼續向下邊坡與下游移動。甚至一個稜線的兩旁都有崩坍的現象。目前崩落的岩塊雜亂的堆積在邊坡上，正準備等著被另一次的颱風豪雨往下邊坡搬運。

可以看出由於地滑所造成的河道阻塞，非常可能發生於台灣一般的河道上，因此類似發生草嶺潭的堰塞湖的其他地區，仍然可能發生堰塞湖的現象。這次草嶺潭的崩坍物質因為量體太大，而且歷史上又有如此多的紀錄，因此連帶造成的堰塞湖也就一起出名了。事實上像九份二山的地滑，也造成了 20 多人被埋的慘劇，至今也尚未解決。

四、草嶺潭所產生的問題及其存廢之探討

- (一) 草嶺地滑所造成的主要的堰塞湖的湖水面積最大可達 137.71 公頃，整個體積則估計約有 2684 萬立方公尺。整個堰塞湖的最大高度目前為 537.2 公尺。第二工區的堰塞湖則海拔高度高達 517 公尺，容積



達 534 萬立方公尺，面積則有 40.6 公頃，這樣的高度如果要以人工方法加以疏導，則高度每降低 1 公尺，施工的費用與困難度就大幅增加。

(二) 根據過去的經驗，草嶺地滑所造成的堰塞湖的穩定性，對將來潰堤時對中下游居民的生命財產的影響，有密切的關係。因為堰塞湖的穩定性並非絕對的。中興大學陳樹群教授也指出國外的文獻也說明超過 9 成以上的堰塞湖，會在一年內潰決。由於此次崩積的壩體佔據了河道約 5 公里，目前固然沒有立即性的危險，但是必須做好疏洪的準備。其中包括了壩體本身，更包括了中下游地區的防洪與防沙的工作。

(三) 就草嶺再次崩坍的可能性而言，現場可以看到滑動面的位置。滑動過的大量土方在河道疏通後，勢必會繼續往下邊坡移動，然而滑動面上方的物質，也是將來可能崩落的地方，因為下邊坡處已經沒有支撐。就像草嶺上次地滑是 20，下次地滑是否要經過 20 年才會再度發生？

另外由於草嶺潭的溢洪道高度為海拔 537.2 公尺高，目前受到歷次暴雨豪雨的累積水量，造成水位高度早已到達該高度，因此多餘的潭水早已溢洪出去，目前仍應注意溢流後的侵蝕以及鬆散物質的管湧加上地震是否會破壞堰塞湖的壩體的結構問

題。而大量土石方夾帶著大量的水分，也是草嶺潭應該注意的問題。

- (四) 被地震震落的土石，因為沒有介質（主要是水）被繼續往下游搬運，所以仍停留在邊坡上。颱風對此次災區的影響並尚未凸顯，然而大量鬆動的土方，勢必等待颱風豪雨的搬運，這也是目前必須積極面對的課題。
- (五) 水利單位對堰塞湖所可能形成的災害，正持續的觀察中，然而地滑發生的可能性與機制和地滑地區的地滑預警系統仍值得繼續研究，尤其是可能會造成災害的預警系統的研發，將是未來的挑戰。這個預警系統更應該分別對岩層是否可能滑動，與崩落的土方是否有蠕移（潛移）現象分別加以持續的觀察。
- (六) 整體而言，草嶺是此次地震造成多個崩坍中，規模較大的地滑，有許多的岩屑墜落、落石等問題，分布於災區的邊坡、道路與房舍附近，其特性與分布，尤其是草嶺潭淹水區的周圍邊坡，也是亟待需要去了解的。
- (七) 草嶺潭是否會發生與義大利 VAIONT 大壩一樣，受到上游地區大規模的崩坍，使巨大的土方滑落至水庫，同時引起 260 公尺高的浪，同時翻越壩體造成 2600 人的死亡慘劇，也是另一個值得注意的地



。目前看來發生大規模的崩坍的機會並不大，主要的原因是草嶺潭的面積與深度相對較小，受到大規模的崩坍影響的機率較小。然而特別要注意的是草嶺潭淹沒區的邊坡，避免大量的土方直接進入草嶺潭內，衝擊潭內的水體，造成水體越過大壩，產生立刻潰堤的威脅。

- (八) 草嶺潭由於目前已經有業者利用小型遊艇營業，而且假日造訪的遊客絡繹不絕。因此為安全計，縣府有關單位應確定是否要繼續任其擴大營業。縣府應為權責單位。目前至少可以確定的是颱風豪雨來臨時，不應該營業，以免因為上游的崩坍，造成湖水面遽動而形成問題。
- (九) 草嶺潭的現況是水利單位設有導水設施，已將因為豪雨過多的潭水溢出，所以目前暫時穩定下來。然而此地有長達 5 公里長的鬆散崩坍土方，潭水如何滲透並向下游移動，其移動的速率如何？有否可能造成地下流路後，形成管湧現象？而造成整個壩體鬆動乃至於崩垮的可能？都應該有更持續且深入的監測。
- (十) 草嶺潭的崩積土方，據估計達到 1 億 2 千萬立方公尺，如果要挖除這大量的土方，則其工程與運輸費用將是天文數字。同時這些土方可以棄置哪裡，而不會引起二次災害，是另一個必須探討的問題。

因此短時間之內，尤其是各級政府財政吃緊狀況下，要將崩積物質移除並不可行。

- (十一) 如果移除這些崩積物的構想不太切實際，則最有可能的方法應該是降低草嶺潭的威脅。降低威脅的方法或可朝兩個方向進行：一則降低草嶺潭的高度，減少蓄水量，再則同時持續進行監測。同時更重要的是對下游地區的預警系統，尤其是廣播系統的設立，並能長期維修，以應付颱風豪雨來時，惡劣的環境下還能運作。
- (十二) 降低草嶺潭的高度，可以藉著人工渠道的挖掘，讓溢過一定高度的潭水能排出。其次藉著每次的排水，適度的將渠道兩旁的崩坍物質搬運到下游。如此一來，清水溪的溪水固然會形成類似土石流的水流，慢慢在河床上搬運這些崩坍物質，但是利用這種方式對這些物質的搬運，可能是災害較少的方式。
- (十三) 另外一個減少蓄水量的方式是讓泥沙填滿堰塞湖。由於草嶺潭上游集水區帶來的大量泥沙，大部分都會堆積於潭中，所以泥沙量的堆積，可以有效的減小草嶺潭的蓄水量，從而使草嶺潭消失，甚至於草嶺潭的壩體，就成了另一個河道上的大壩。然而淤積量的多寡與速率，是另一個應該研究的問題。



- (十四) 就地形的演變而言，草嶺潭的崩坍物質，終究將向下邊坡或下游被移除，可能是很短時間內可以被移除，但也可能需，千百年時間，只是牽涉到時間的長短問題而已。目前的人工渠道處理方式是一個工程處理方式，但如何慢慢讓人工渠道的高度降低，則是另外一個考驗。水利單位或可以於旱季時，每年將人工渠道的高度降低。以避免因為突然潰堤時的環境衝擊或衝擊影響力擴大。
- (十五) 就政策面而言，草嶺潭的問題，可大致分為兩個層面。一個是如何維護壩體周圍與下游的安全，不致因為潰堤造成更大的災害。另外一個是目前草嶺潭以及地滑區的土地利用及其管制。前者宜透過監測且持續施工的方式，加以維護同時提出預警。中央與地方如何利用很少的經費，持續監測，可能是一個重要的考驗。後者則牽涉到當地居民的生計問題。有許多居民希望從事草嶺潭的災區之旅，也有居民希望能帶動旅館以及當地產業的復甦。這些問題，也必須透過協調。以目前而言，草嶺的對外聯絡道路的狀況也很不好，經常有崩坍與道路中斷的威脅，必須一併處理。
- (十六) 草嶺堰塞湖壩體的大小、崩積土方的材料性質、清水溪流量大小以及其容量大小等，都會影響到堰塞湖的安全與使用方式。而上游所帶下來的泥

沙量有多少、溢洪道、分水工程設施或壩體的移除等問題，也都需要我們更進一步研究，因此將來更需要研究如何達成減災的方式。

- (十七) 是否有可能直接將此崩坍物質直接轉成大壩的骨材，形成永久性的水壩呢？就這段清水溪的河道而言，整個清水溪是屬於埋積的河道。埋積的河道非常寬廣平坦，呈現堆積的河道。同時由於埋積的河谷與崩積下來的物質，都是膠結不好的物質，如果做成永久性的大壩，則要考慮是否會滲水或產生管湧的現象。否則不但蓄不了水，地震時反而造成崩積物質的鬆動，形成不穩定的土堤，不見得能控制後果。

五、草嶺潭的水資源問題

- (一) 由於清水溪所帶來的水資源利用，目前主要是當地居民利用堰塞湖積水成潭所招攬的水上活動。然而就長遠的角度而言，水資源的利用方式暗藏著潰堤的危機，因此目前的水資源利用，應朝較保守的經營。
- (二) 要取用清水溪的水資源的提議，尤其是要用此次地滑後的崩坍物做為大壩的骨材是一種冒險。主要原因仍是崩坍物質的不穩定性，加上清水溪河床的埋積現象，據以施工並無法確切掌握大壩的安全性



與漏水問題。因此利用堰塞湖築壩的構想，可能不切實際。

- (三) 如果堰塞湖上游的泥沙供應量大，經過一段時日後，堰塞湖的面積與體積都將縮小。此段河谷更呈埋積現象。因此將來泥沙的來源問題，也是目前所必須密切注意的地方。

六、天然災害的監測與減災機制建立之策略

- (一) 九二一地震、草嶺潭的存廢問題、八掌溪事件都凸顯了地方救災的問題。

天然災害不幸的是台灣地區不可避免的災害。地震、颱風豪雨乃至於乾旱、洪水等都是台灣地區常見的災害。在世界上有許多的國家也有同樣的問題。尤其是開發中國家或低度開發國家，有許多的自然資源與經濟生產，就是被天然災害一次次的抵銷，加上許多人謀不彰的問題，往往使整個國家陷入萬劫不復的境界。許多政府部門每年要應付這些災害而疲於奔命。因此如何面對天然災害的問題，建立一套長治久安的策略，實在有其必要性。

- (二) 策略之一是建立天然災害保險的制度。

如果天然災害是台灣地區不可避免的禍害，政府與民衆應該有一對策去面對。君不見不管新舊政府爲了九二一地震，所必須投入的救災與重建經費，甚至可達天文數字。這項代價不可謂不大，也不是任何一個政府或民衆希望付出的。然而面對

災區的各项復舊、重建問題，則是每個新舊政府都要面對的。這其中又有許多是爲了救災搶時間而權宜行事或滿足災區的需求時，不得不的花費與某個程度的浪費。

任何一個政府的財政如果沒有能力應付天文數字的救災需求，往往動輒引起民怨，更使社會陷入不安的情緒。因此爲了面對這種窘境，實際上或許可以考慮以全民保險的機制，作爲往後面對天然災害的對策。此全民保險的制度，可以考慮比照全民健保的方式，或附加於房屋稅中，讓有房屋的人，多交些保險費，作爲應付天然災害時的經費，或可以讓國家面對天地不仁時，最起碼的策略。

（三）策略之二是建立天然災害的監測機制。

由於我國在災害來臨時，雖然有各級救災指揮中心。由於這些救災指揮中心仍然需要許多的資訊，作爲救災的參考。過去九二一集集地震經驗顯示出，一個有效的救災指揮中心，應該有一個背後的智庫協助整合、分析相關的資料，提供各級政府救災、重建參考。這些相關資料整合中心，或可與相關大學研究單位合作，以作爲政府的後盾。

例如以台北盆地而言，中央地質調查所可能有很好的斷層線資料，然而 4 條通過台北盆地的斷層線兩側或附近，究竟有多少學校、橋樑、道路乃至於維生管線通過？這些資料可能就不是中央地質調查所所能提供。如果萬一不幸台北盆地有大地震發生時，各個權責單位仍然只能有各自的資料，是否需要有一單位加以整合，不言可喻。目前的狀況便是事情發生時，所



有的政府各單位雖然都很忙，卻各忙各的，很難整合相關的資訊。如果救災指揮中心或者相關大學研究中心能整合這些資料，隨時分析、製圖並提供相關單位參考，便會凸顯一個有為的政府的能力。因此這個中心的重要性與角色便非常明確與凸顯。

（四）策略之三是重建的評估機制。

新政府爲了強調災區的重建的重要性，特別指派政務委員負責所有重建事宜，層級不可謂不高。然而面對可說是百廢待興的災區，各個單位只好盡量去爭取預算大餅，但是如果沒有足夠的評估資訊，有再多的經費投入，可能都像丟到水裏，不是不見其功效，就是功效不凸顯，唯一凸顯的是整個政府的形象的破壞。這些重建的問題也最易引起民怨，更別說又受到黑道的搶標威脅等問題。

因此面對著山崩、地滑、土石流等災害乃至於斷層線通過的問題時，災害問題的評估機制的建立是必要的。如何建立優先順序，視經費多寡與輕重緩急，協助各級政府的重建，以免受到不同的壓力，而失去重建的機先，是非常重要的任務。許多有立即危險的區域，的確需要有許多的協助，以避免在可預測的期間內受到二次災害。

但是許多的災區，例如街道倒塌的房屋反而需要些時間重新規畫，以讓市容重整，有重新建立新都市的機制。如果新政府有企圖心做好災區的重建工作，相信這也是新政府在未來的重建中，可以著力的地方。

(五) 策略之四是將來整個救災、減災的工作中，水資源的來源必須能確保。

在可見的未來，由於地震造成的崩塌、土石流問題都大幅減少水庫的壽命。許多水庫納入大量的泥沙，使得水庫的壽命大幅減小。根據日本神戶大學都市安全及防災研究所的沖村孝教授的研究，日本神戶地震後，也引起許多的崩塌與土石流的問題，他們大約要經過 5 年後，才慢慢穩定下來。然而台灣地區的降雨量遠大於該區，以及地形的陡峻加上地震的規模的龐大，使得土石問題要超過 5 年以上才能穩定下來。在這期間，水資源的問題也將慢慢凸顯。

以大台中地區為例，大甲溪的水資源常常因為豪雨造成水源的泥沙含量過高，而造成大台中地區的停水問題。類似問題也勢必要繼續困擾政府與民衆。大甲河流域有許多因為地震造成的崩塌，不但奪去許多人的性命，中橫公路的谷關到德基段，也不得不暫時停止搶修。但是在可見的將來，水庫的安全與泥沙沖蝕的問題，仍將困擾著政府與民衆。因此水資源的確保，也是政府在往後重建的過程中，必須面對的，相關的水庫的沖蝕監測與水源取得的替代方案等的研究，也必須即刻展開。

六、結論與建議

(一) 草嶺地區的堰塞湖所衍生的問題，或可以為一個特殊的個案。但是絕對不是在草嶺地區最後的地滑個



案。主要的原因是草嶺地區還有許多的物質等待崩積下來。所以如何就現有的崩坍地，做一整體的檢討，並加以了解可能的演變狀況，是首要的課題。

- (二) 就水資源的用途而言，草嶺堰塞湖的水資源的用利，是有其限制。然而爲了當地居民的生計，透過一個了解壩體安全評估以及相關水利設施工程的運作，或可以達成一個政府與民衆共贏的局面。
- (三) 草嶺潭存廢的問題或可以從兩個方向討論。其一爲限制面，安全的考量是一個重點。由於草嶺地區的堰塞湖的不確定性，地方政府應該限制該區的利用，尤其是禁止相關的遊憩設施工程與建設。然而從資源面而言，草嶺地滑與草嶺地區本身就是一個非常好的研究與環境教育的場所，將來必須在草嶺聯外道路的改善後，相信應可以透過遊憩活動的方式度假休閒與健行等有關活動進行。這也有點矛盾，但是如果從草嶺地區的發展而言，這是個地區的發展方向，而草嶺潭的存廢，不如留給大自然決定，我們要做的，倒是提高當地居民與下游居民對崩潭與否的預警與潛在災害的警覺。
- (四) 將來整個中部地區的水資源問題的嚴重性，將日益凸顯，政府相關部門應該早已未雨綢繆，但是有關災害的監測與預警系統的建立，尤其是災害發生前、發生中與發生後的處置，加上各項資料的整合、

分析與檢討，仍然有待政府與學界共同努力。

- (五) 目前草嶺地區的各项救災、重建工作已經陸續開展。然而草嶺潭的存廢與否，正好彰顯了大自然的力量，以及我們的渺小。以我們有限的經費與人力資源，要向大自然挑戰，時間將會證明，我們是無法對抗大自然的，唯有了解大自然、順應大自然運作的法則，做最好的規畫利用，才能有效的趨吉避。否則空有子彈，也將徒勞，更何況子彈也有限。