

土石流問題座談會

【解決土石流問題的方法及對策】

時 間：90 年 9 月 26 日 (星期三) 下午 1:30~5:30 (原訂 9 月 19 日因受納莉颱風影響改為 9 月 26 日)

地 點：國立台灣大學應用力學館國際會議廳

主辦單位：中華民國大地工程學會、財團法人地工技術研究發展基金會、台灣省及台北市大地工程技師公會、國立台灣大學土木系

主 持 人：陳榮河 理事長 (中華民國大地工程學會)
唐功台 理事長 (台北市大地工程技師公會)

引言人及講題：

洪如江 教授 (國立台灣大學土木系)
陳南蘭 溪流域土石流及土石流災害

林美聆 教授 (國立台灣大學土木系)
土石流災害原因初步探討

賴典章 組長 (經濟部中央地質調查所)
與土石流相關的地質材料因素

陳賜賢 理事長 (台灣省水利技師公會)
土石流災害之對策與國外經驗之啟示

郭漢興 理事長 (台灣省大地工程技師公會)
1-2-土石流崩場地源頭緊急處理心得

林 昱 博士 (國立中興大學土木系)
桃芝颱風土石流災害原因省思與工程技術探討

高秋振* 整理

陳榮河主持人：感謝各位引言人及與會的先進同仁在這麼惡劣的天氣下，抽空來參加這次座談會。其實這座談會原來是訂上週舉辦的，但因納莉颱風造成嚴重水災，大家都還忙著家事與辦公室的處理，所以我們延了一週才舉辦，以為除了桃芝颱風災害外，也許對納莉颱風造成的災害也可一併研討，結果沒想到又來個利奇馬颱風，現在也還未離開。這幾年來，從 1996 年的賀伯颱風、1999 年的 921 大地震、2000 年的象神颱風，還有今年的桃芝、納莉颱風……可說

是災災不斷，不但雨量前所未有的越來越大，且全省各地都有災害，這令我們深感到憂心。所以今次這座談會的目的主要有兩部分：(1) 希望能蒐集工程界對土石流全面性問題的認識，並對其解決策略與技術考量凝聚更多的共識；(2) 希望能達成對解決土石流問題若干具體的共同意見，提醒政府應有正確的做為及對策方向。首先我們請六位專家與教授分別作引言介紹，以後再進行第二部分的綜合討論。

講題一：陳有蘭溪流域土石流及土石流災害 (洪如江 教授)

土石流一般分成發生源(崩塌區)、流動區(溝谷)與堆積區(沖積扇)，但不一定土石流發生就有這種地形。土石流的發生主要是陡坡、懸崖、峭壁在豪雨時崩塌，由位能轉換成動能與水一起流動，但也有不下雨崩塌(如地震時)堆積於河道、崩錐等崩塌地，一旦豪雨來臨造成沖刷形成土石流，此時也就是沒有崩塌就直接發生土石流了，也不一定會形成沖積扇。還有一些天然壩或山溝中堆積了一些土石，於豪雨時造成溢流或潰決；另外也有於河道湧升水流造成潰堤等，所以也有人將其分為崩塌型、河道型等土石流。

台灣土石流發生的主要地帶有陳有蘭溪流域、台東縱谷、和沖台地或盆地交界的邊坡，還有高屏河流域。可以發現這些常發生土石流的地區大致上與台灣重大的斷層或斷裂帶有關係，如陳有蘭溪斷層、彰化古坑六腳斷層、台東縱谷系列斷層等。陳有蘭溪流域發生土石流的另一因素就是降雨量，此溪流的降雨中心經常是在阿里山或是陳有蘭溪流域或省鹿谷鄉的鳳凰一帶。在賀伯颱風時，最大降雨量是在阿里山，其最大一小時降雨強度為113mm，而一日的降雨量則高達1749mm；桃芝颱風在神木村的一日降雨量雖然只有638mm，但其降雨強度卻比賀伯的大，在鳳凰最大一小時的降雨強度高達141mm，而且幾乎連續下了6小時。從地質因素來看，陳有蘭溪是沿著陳有蘭溪斷層切割出來的，斷層的東側是變質岩，西側則是地質年齡較年輕的沈積岩，其範圍相當的大，岩盤是高度破碎而不穩定，921地震後更令山坡地破裂、鬆動等。

在人為的因素方面，從災區的照片及一些調查報告顯示最嚴重的是新中橫開發時不當的墾地，然後有產業道路、農路及社區道路的開發，使很多地區的上下邊坡都崩坍了，甚至有連續崩坍達好幾層的邊坡。另外，山地農業的超限利用，如檳榔樹等；還有坡地社區的開發，有座落於谷口堆積扇、土石流堆積區、低位河階地、河灘地、緩衝距離不足的挖方或填方地區等，都是造成土

石流災害的人為因素，其實發生土石流時本來就會造成土石流災害，因為有些土石流本來就應該讓它發生，也要讓它通過的，像原住民大部分是在高階地，如土豐丘、羅娜等，反而外地人不適危險之地，與山爭地、與水爭地、與土石流爭地，如土豐丘、鉦石、同富、郡坑等建立社區，結果上次賀伯颱風時土豐丘沒災害，土豐丘則造成嚴重的土石流災害，這次的桃芝颱風也再傳出災情，鉦石社區也死了數十人。

在工程規劃設計方面也有缺失，比如橋口涵洞開口太小、橋樑高度也不足、短跨距簡支樑設計等等，造成很多橋樑在賀伯颱風發生土石流時被沖毀，之後很不容易重建了很多新橋，使道路通了，可是連外行人都知道的設計缺失仍然存在，結果這次桃芝颱風來又沖毀了一大堆的橋樑，如雷薩橋、愛玉子橋等，重建時設計了很漂亮、很壯觀的鋼構橋樑，可是還是設計距河床很低，跨度又小，結果這次桃芝颱風時都再被沖毀了。

講題二：土石流災害原因初步探討

(林文聆 教授)

我們國科會防災計畫辦公室土石流組在這次桃芝颱風之後作了一些初步的調查，調查區域主要針對(1)竹山—水里—鹿谷—溪頭一帶；(2)新中橫沿線；(3)花蓮縣。然後作一些主要災因的分析與其他可能因素的探討。

根據水保局與公路局的災情彙報，以及其他的資料蒐集，目前我們蒐集到有134處需要調查的，實際上每次去調查時發現災情數量都在增加，破壞的範圍也遠遠超過我們所想像的，調查位置目前已經完成76處，從野外回來卻因為納莉颱風的影響，又進駐防災應變中心，所以資料及照片都仍未繼續處理。已經分析處理的有46處，發現其中有34處是與民國85年公布的485條土石流危險溪流重複的發生。所以這485條溪流是有相當程度的反映出土石流危險溪流所在的位置。另外，再比對921地震後國科會主導調查判定新增的土石流危險溪流，發現扣除花蓮縣9處後有35處符合國科會歸納所列的土石流高潛勢的溪流，這表示原來所調查判

定的結果，有相當程度的可以信賴。從災害現場勘查，有些地方看起來其實比我們921地震後進入作崩場地調查時所看到的更嚴重，推測其原因可能是921地震時它內部已經產生鬆動或裂縫，當時是維持著一種穩定的狀態，但在這次颱風暴雨的作用下，就產生了很多新的崩塌。

有關這災害的主要原因，在陳有蘭溪流域引起很大的討論，很多人認為賀伯颱風下的豪雨幾乎破了世界紀錄，而這次桃芝颱風下的雨量並不比賀伯的多，可是災情卻比賀伯的嚴重。根據我們的資料整理後，發現賀伯是個強烈颱風，它帶來的累積雨量在鳳凰、望鄉、阿里山奮起湖、信義、和社等都比這次桃芝颱風的高，可是桃芝颱風有個特性，它的結構非常好，而外圍的雲雨帶都集中在颱風眼附近，在颱風眼之後又拉了一條雲雨帶出來，在觀察其走的路徑後，發現颱風眼附近所到之處都有災害，雖然這颱風眼沒有經過南投，但它所拖出來的這條雲雨帶始終都籠罩在中部山區的上空，而桃芝颱風的降雨有集中在很短的時間之現象，它的最大時雨量在鳳凰有140mm，在望鄉、奮起湖、信義等也都比賀伯的最大時雨量更大。所以桃芝颱風的降雨量在很短的時間下了出來，這特性就是造成災害的主要原因。

除了降雨量外，災害的另一個主要原因是921地震造成崩塌的影響，從這次整理的37處（不含花蓮9處）土石流災害地區，發現其中35處是落在水保局在921地震災後委託能資所利用衛星照片所判釋出崩塌位置的下方附近，所以我們認為921地震造成崩塌，也是引致後續土石流發生的主要原因之一。

造成這次土石流的其他可能原因還包括了植被的覆蓋（如攔樹等淺根性植被），以及農路的開發對上下邊坡處理的不理想，這些原因都是在現場災情調查時觀察到的現象。

另外，在隨後的這一次納莉颱風，中央政府強制撤離的居民人數有超過2萬人，它的傷亡人數（死亡加失蹤人數約100人）則減少不到桃芝颱風（死亡加失蹤人數超過

200人）的一半，而納莉颱風侵台的時間多了兩天，且其颱風與降雨的規模都比桃芝颱風的人很多，同時納莉颱風所走的路徑是人口密集的地方，所以這次撤離的效果是非常的顯著。在桃芝颱風時，花蓮縣見晴地區是有通報而撤離居民，結果僅有一位老人在撤離過程中心臟病發作而去世；相對於光復復興地區，被通知撤離但卻沒有撤離，結果造成24人死亡，15人失蹤，災情非常嚴重。

講題三：與土石流相關的地質材料因素

（賴典章 組長）

依mass moment的分類，在材料方面分為rock與soil，而其運動方式則分為falls, slides, flows。Falls是一種自由落體的運動，而slides則是移動體始終沿著一個固定的面有接觸的運動，flows則是其顆粒有各種不同的運動方式，包括slide、jump、roll等運動，因為運動行為的不一樣，其材料最後所呈現的是不一樣，其實很多狀況最終它變成是個綜合體，就像很標準的圓弧型滑動破壞，到了底下混了水流後就變成是earth flow，基本上它是連續性的發升。在運動速率上，由其顆粒及材料含量而可以有很大的速率變化，有很慢的，也有快的像水的流動速率，固體含量很高的時候，則沒有太高的速率，只有在很陡的坡，乾的崩落，才有很高的速率。

在粉體的分析方面，大地工程比較關心的是grading，在地質界則是講究其sorting，這兩個大概指的是同一個東西，但實際上它表現出來的是不一樣的面向，像河砂與海灘砂，可由其粉體分佈知道其來源及作用的媒介。另外一個地質界比較關心的是粒形，其描述可分為球形的描述與圓形的描述，根據這些描述分類，我們可以研判它被移動了多遠的距離，例如在草嶺與九份二山的崩山地區，可以發現其塊石或礫石很接近是方形的，其稜角也是尖的，這是崩積層的特徵，因為它沒有經過長距離的搬運。在卓蘭的河階上，它的材料有點磨圓，表示它是經過水的搬運，但它基本上還是蠻塊狀的，而且是分散的，並與細料是混合一起

的，這代表了它是經很大能量的搬運，而這能量又很快的消散，這種情形應該就是土石流的特徵。所以這雖然是河階地，但它原來應該是土石流形成，後來再經過水作一些修飾。古楊梅—龍潭一帶的店子湖台地，它的礫石就被磨得非常圓，然後它又有分層的現象，這就是水搬運的特徵。

古火災山地區，它的礫石是圓的，也有分層的現象，所以它基本上是水成的地層，但是它有些地方應該也是屬於土石流堆積的，我們看到這地方表面是白色的，但開挖後看到其底下則是黃棕色的，再仔細看其底下有很多泥和砂混在一起，古表面則相對的比較少，這應該是堆積下來後再經過水的沖洗，所以其泥和砂是被帶到河裡去。另外，再從平面上來看，土石流之水流比較急，所以堆積下來的材料經過水的再沖洗，它表面是比較乾淨的，後來古水流比較小它只能帶動砂的時候，它流的是另一條流路，並把砂泥沈積在這流路上面；有的則是比較陡的地方，把細材料帶走，而慢慢侵蝕出一條溝出來。這是土石流堆積經過水退了以後出現的一種現象。

土石流又可分為滑動型與流動型的，滑動型（或稱崩坍型）的土石流是只有滑動，然後滑動塊破碎了，與水攪在一起而形成滑動的波，一波一波的往低處沖，波的前面有比較大的能量，所以粗的顆粒會帶到前面去。流動停止後，如果挖開來看，古底下的會有比較多的大石塊，中間段則比較多是砂。另一種型態是原來古有一些碎的材料堆積在那裡，突然上面有崩坍塊石壓在其上，給其很大的荷重，然後原來的材料發生液化而形成了土石流。這兩種型態的土石流古陳有蘭溪流域都可以發現。

以上是由堆積材料的細部來看土石流的形成，也可經由這些特徵來判定一個基地方原來是否為土石流所堆積形成的，並評估是否再發生土石流，尤其是古源頭有陡坡、古的下游有堆積傘及古的兩側也都是要避災的地方。

講題四：土石流災害之對策與國外經驗之啟示 (陳賜賢理事長)

各位古新聞中可看到這次納莉颱風災害有很多貨櫃掛滿基隆河各橋墩，尤其古一座鐵橋也因此被擊斷，這種現象或許我們可以稱它為貨櫃土石流。我們古水利上計算水流經過橋墩的湧高時，這種貨櫃現象是沒有意料到的，事實上，這次瑞芳或其上游之澆水與這現象是有很大的關係的。另外從橋墩的型式來看，如果跨距不是很大，以單一根橋墩其實湧水高也許是7~10公分，但以整個橋樑系統來看其湧升的速率就非常大了，尤其從中山橋開始，包括古直橋、民權橋、北二高橋墩等等，基隆河的所有這些橋樑如果都能解決的話，對瑞芳或汐止地區的澆水情況至少可以降低一公尺。

有關桃芝颱風造成東埔蚋溪的災害，由其河床縱剖面來看，古921地震後其河床從剖面改變了，這對水利來說，它的比能更大，也就是沖蝕的能力與水動的能力增大了，此種情況若有崩落的土石，古洪水往下沖時它走的路徑是直線的，所以古蜿蜒的河道就造成很多地方的潰堤或溢流。從東埔蚋溪的上游一路下來，到了沖積傘的平原，古有彎道的地方就走古河道的直線，這就是本質地區潰堤與溢流造成災情的原因。從昭和33年的古地形圖與最近（民國80年）的地形圖比對後，可以看出其河川進入沖積傘平原後河道位置變化很大，這大概是隨著洪水量及其能量而有不同的改變，所以這就是地質界、大地工程界或水利界認為沖積傘平原是較危險地區的道理。

最近不管是下雨陡坡崩坍或河岸侵蝕等，一般都叫著土石流，其實這是很大的差異，古日本則統稱為土砂災害，因此必須要知道瞭解它發生的原因，不管是從地質的角度或是水利的角度來看，都應該要釐清。因為不同的破壞機制，有不同的整治工程或處理對策，比如施作攔砂壩以及其它的綜合方法等，可防止向源侵蝕的問題。其實山古的土石因造山運動的隆起及風化與沖刷作用，它必然是要往山下走，這趨勢是擋不住的，古國外處理的方式是設警戒區域或危險區域，比如崩坍地特別警戒區域、土石流危險區域或滑坡危險區域等，這些區域要禁止居住，或如果古已經建有房屋則要透過立法強制

搬遷。在日本就有打石砌法，並還有透過補償金、低利率或以密積率等方式交換要求搬遷，這就是採用工程以外的處理對策，搬遷應該是最上策的方式。如果不搬遷，則至少要採用監測預警、強制撤離的方式，比如採用地下水位、水壓、降雨量的監測等或者鋼索感應器與紅外線感應裝置。

其實以大自然的觀點來看，每次的洪水與土石流，都是帶給土地重生的機會，也就是瞬間就完成了肥沃的土壤，裡面也還包含了樹種與草種，也許剛開始時是很慘，但台灣是亞熱帶氣候，只要給它一段時間與機會，它馬上就可以長出來了。所以最近政府有提出用樹根抓緊台灣的土地(生態工法)，我個人的看法是風種、鳥種、水種也許都會比我們栽種還成功。

講題五：921 土石流崩塌地源頭緊急處理心得

(郭漢興理事長)

有關921土石流崩塌地源頭緊急處理工作，國內有很多單位參與，包括了多個學術單位及土木、大地、水保、水利、應用地質等技師公會，總計出動的人力有一千多人次。這工作是由921災後重建委員會與農委會負責主辦的，時間是本年度2月至5月間邀請前述單位參與一些配合的工作，另外，林務局與水土保持局也成立緊急小組配合這些單位一起執行這工作。我們這些公會出動了不少的人力來支援農委會處理這工作，其中我們也得到一些心得。

針對新的名詞：「生態工法」，目前被很廣泛的討論而形成了一種概念，好像不用這工法就變成不很好的事情。由於這崩塌地源頭處理的工作是比較緊急的，另一方面當地也可能多是沒有辦法進行比較大型機械施工的工程，所以訂出的原則是不要採用工程的工法處理，而採用了所謂的「生態工法」，事實上我們認為它就是一種簡易的自然工法而已，它包括了裂縫的填補、坡頂土溝排水(不能用RC排水溝)、編柵植生及播撒草種等，如果上邊坡有危險時亦採用人工砍除處理。但根據我們現場勘察的心得，有些地方很限，若只採用這種簡易的自然工法(生

態工法)，事實上是不能達到一定的安全效果，但是其他有關施作蛇籠或打設鋼軌等工法，則是不被採用來處理的。

另外一個負面效果，就是這種簡易工法剛處理過了，就被誤導為已整治完成然後是安全的！事實上，這些崩塌地未處理前，大家都認為它是不安全的，而不會靠近它，但處理後宣稱它是安全的，則會有非常大的認知落差，民眾就會繼續住在那裡，結果就會產生一些不必要的災害。實際上，我們知道有些地方經過處理後，甚至宣稱是示範區的，經過這次風災後，也有發生災害的。

我認為處理這些土石流崩塌地源頭的工作要非常的小心，事實上很多工法應該都可以被採用的，但要因時因地而採用，包括工程的工法或生態工法，甚至會有人提出用飛機來撒草種的方法，應該都不要排除，但是要經過一些設計、分析與評估後才能應用。

我們大地工程技師公會這次配合處理的地區是草屯、草屯與國姓，總共有三百多件崩塌地案件，以國姓鄉約270件佔比較多。草屯最主要的崩塌地是古馬林坑溪，基本上它的地質是頭崙山層，所以崩塌並不嚴重；而草屯雖然是震災發生地區，但其受災的山坡地較少，是以富山層的裂縫填補為主，並經過這次的風災後，顯示草屯的裂縫填補效果還不錯，所以採用這種自然簡易法，在某些地方是可行的，但是在國姓鄉有很多是大規模的滑動，只採用簡易工法並不能確保其安全性。

講題六：桃芝颱風土石流災害原因省思與工程技術探討 (林昇博士)

台灣近年來歷經了多次破紀錄的災害，包括921大地震、桃芝颱風及上週的納莉颱風等，我因此不斷的省思，對河道治理或防洪措施來說，我們是否要跳開過頭思維的框框？

針對這陳有蘭溪沿線的台21道路，我上次到日本神戶、大阪的六甲地區考察時，他們對台灣這樣一條河系流域的公路整個產生這麼多規模且連續性的土石流災害感到非常的好奇，因為以地緣性來說是非常難得的。

地工技術

根據我過去省台21線好幾次的現場調查及空拍照相資料，我作了一些串聯與比對。從這些災害照片可以反省、學習及得到一些教訓，以作為將來避免重蹈覆轍的經驗。

從這些災害的教訓，我省思以後對這些山區的開發與其道路的養護政策是什麼？對這已經像得了癌症的道路，是否要以生態的觀點讓它慢慢自然的復育，省這些受損橋樑與堤防等措施，修復後要採用簡易式的，然後每次壞了再修復，但老百姓就要分擔風險及面對未來可能還會再受到石流的侵蝕或堤防潰決，而使居家淹水。或另外一種方式，採用高標準的設計與施工，讓它一次就做得非常完善，以後就不會再受到石流與洪水災害的影響，但這設計與施工可能會偏向更保守，所需要的經費就要很高。在目前國家財源日益困難的狀況下大概是很難辦到的。這種問題是很難兩全的！至於遷村的問題，我認為是很難的，因為他們在那裡生根，家畜就在那裡，除非政府把整個配套措施都做好了再集體遷村。另外一個方式就是作一些包括生態工法與攔砂壩等硬體措施，然後再以雨量預測或輔助的監測系統法提供預警或依災害防治法強制撤離，像這次納莉颱風省台北與南投地區的撤離就有很好的效果。

最近風災造成很多橋樑被石流沖毀，有些溪流於石流發生後河道變成原來的好幾倍寬，而橋樑相對的就顯的太狹了，所以很多人苛責橋樑設計的工程師沒有遠見，其實我認為必須要先瞭解前因後果，也就是這些橋樑很多是在10~20年前興建的，當時的河道並不寬，而早期發生的石流規模都比較小，所以當時建的橋大概都是依當時的河道寬度設計，而近來的雨量多次的破紀錄，石流規模越來越大，河道因此被刷的越來越寬，所以這些橋樑就變成了阻礙的構造。另外，其實工程師都想把工程設計好，只是台灣的工程從設計到施工都牽涉到很多的預算與制度的問題，省經費的不足下是很難徹底解決這些問題的。

綜合討論

周功台主持人：從剛才六位專家學習精闢的引言內容及他們所提到的思考重點與方向，我想各位與會的工程先進與專家們也許有自己的看法與經驗，接下來的綜合討論就是要聽各位的看法與意見，也可以提出問題來請教六位引言人。今天舉辦這座談會最主要的目的就是希望從各角度、各方面及全方位的思考台灣這幾年來土石流災害的問題，以凝聚各專業領域的經驗而擬訂具體有效的對策，提供給相關單位或工程界日後規劃設計或防災處理的參考。

與會者：這次台21省道沿線（東埔段）崩塌的非常嚴重，請教洪教授，這到底是因為施工不當，還是這公路的開發本身就是造成崩塌的原因？

洪如江教授：當初日鑫教授省這條公路開路之前，有參與其環境影響評估的評審，他對東埔段變來變去的公路很有意見，他建議應該是要封路，但是那時沒有被接受。這種例子很多，像梨山的國民旅社當初要興建時，大家都反對，但是它仍然建了起來，結果建物是裂了，至今都不能再營業。我是認為這條路實際上不應該建，因為陳有蘭溪大斷層有非常脆弱且範圍非常寬的斷層帶，所以是不應該從地質上最脆弱的地帶把路開出來，而且路開出來後，接著就是山地農業與社區也進入了，然後產業道路、農路及社區的交通道路等...，路就越開越多了。這次桃芝颱風之後，我到沿線去看，發覺我們目前所建的橋都是以降坡的方式，降到很貼近河床處才建橋，也選擇省最狹窄的河道建橋，又建很多橋墩.....這比較於山區目前仍有很多日據時代建的橋，是省很高階的地點建造吊橋方式，有很大的不同，當然那時候的吊橋是人行的小車行走用的，與現在的需不一樣。桃芝颱風過後，這橋該如何建造？從十八重溪橋、陳有蘭溪橋，然後是鉅石橋，橋間之陸地也崩塌、流失了。假如全部一勞永逸的作長跨度的高架橋，總共約公里，經費可能要拾多億；或者是作簡易的。

但我判斷這兩種都不太容易執行，因為現在路斷了、橋斷了，主管機關要趕快編預算，如果偏重「勞永逸」的做法，則費用很高會受不了；如果編簡易的便橋預算，則老百姓會抗議；但如果又依原來的橋再重建，則又會發生同樣的問題。假如這陳有蘭溪沿線公路要保，我是認為還是要採用「勞永逸」的方式造橋。不過有好幾次的會議，我是主張撤退，就是陳有蘭溪有些地區應該要放棄，目前台糖有些土地可以釋放出來，國內有些產業也有慈悲心，願意在必要時候在這新的社區或城鎮設工廠解決就業問題，這比捐款讓老百姓再回到原來的地區居住，反而更能徹底解決問題。另外，我有個折衷的想法，就是降低陳有蘭溪地區的農業開發，如此可以釋放出不少土地，有些土地像高位階地區是可以居住也蠻安全的，再把這條道路沿線發展觀光事業，因為我們的農業當加入WTO以後就會受很大的打擊，所以觀光事業也是台灣經濟發展的方向之一。

廖瑞堂博士：最近有看到發起全民造林的新聞，我個人是有點憂慮，這不是造林不好，只是有沒有必要投入那麼多的人力及金錢，也許鳥種、風種都比人種的還好！其實只要讓它自然復育過一段時間後可能就是一個非常好的植被。要花那麼多的錢去砍檳榔樹，然後再人工造林，實際上我各個人認為這些災害的產生是因為破壞大自然的緣故，像超限利用、農業利用、開路等，只要破壞了大自然的平衡，就可能產生崩塌，而不見得只是單純種檳榔樹就會造成這些災害。

與會者：我有兩個問題請教，（1）洪教授剛才所提到的，從空拍的照片觀察當初沒有發生土石流的地方，之後仍有可能會發生土石流，這大概就是淺根性植被的影響，請問這些影響在日後的調查方面要如何解決？是否可利用一般的空中調查或監測方式來做較大規模的調查，以對土石流的潛能作更進一步精確的評估？（2）經過921地震與最近幾次颱風之後，很多山區發生了大規模的崩塌與土石流，在目前政府有限的經費之下，日後的土石流與崩塌地處理必須有先後

順序之分，以及需要修整程度的規劃（如採用簡易型式或永久型的……），並對其整治效益作評估，所以是否針對這些危險土石溪流建立一套可能較複雜的評估系統，以讓有限的經費能花在刀口上，並且更有效率。

周功台主持人：我作一些補充說明，土石流有發生區、流動區及堆積區，而發生區是產生土石流的材料來源地區，經過921大地震後，這來源比以往產生的量更多，可能性也更大，所以後續產生土石流的風險性與災害的規模可能會更嚴重。根據日本的經驗，於關東大地震後產生土石流的災害就突然加劇，而其自然復育的時間則長達30~50年。至於造成土石流災害的因素，林耿聆教授等正在做這方面的資料彙整、調查、分析、評估及採取相關的對策研究，而我也呼應就我們工程界不管學習專家或一般工程人員如果有些資訊或資料能夠提供他們參考與研究，這對防災與避災的幫助是很大的。

洪如江教授：的確是，我有幾次聽說日本大地震後要有數十年的復育時間，在多年前我們防災研究計畫會委託台大植物系黃教授做了一個研究，根據其研究一塊坡地破壞後讓其自然復育，在台灣的情況下需要35年。這次的源頭處理時也有保留對照區，就是沒有做源頭處理保護的地區，另外在其旁邊放一塊不保護的，然後在桃芝颱風後去檢查，結果發現好幾處沒有保護的地區被沖刷得很嚴重。所以用人力來幫忙復育應該是會快一點，在短時間內讓草能長出來，讓木植能發育長成樹，最後的目的是變成複層植生，這樣它涵蓄水量是裸露地的十倍以上，所以可以減少洪水量。關於源頭處理的問題，香港的GEO他們認為這方法最好的地方就是同時解決了當地老百姓的就業問題。各位有機會可以到烏石坑去看，那裡有約200位原住民在做源頭處理的作業，他們很多原來是在城市裡非常辛苦的掙扎生活著，目前陸續回來了，他們是認為這工作讓原住民找回了信心與尊嚴。這源頭的處理其實並不排除做攔砂壩，只是盡量採用堆石或蛇籠施作成攔砂壩，必要時還可打設鋼軌。但如果真有必要採用混凝土施作，則最好經

重建會許可，以利古力法委員諮詢時能作解釋。這源頭處理也不必對國內全部崩塌地都作處理，應該是有保全對象的才作處理，有些土石流是該讓它發生的。如此才能補充下游河道與河岸的砂石，否則河岸線會後退，而這高山與磨平作用本來也就是自然的一種現象。

陳賜賢理事長：剛才林昇教授提的是很好的觀念，一個工程節不能只看局部的部分，在設計橋樑時，要從其上下系統來評估，其河道會否變化，包括縱向與橫向的變化，這可能都會影響到橋樑工程的安全。比如會對橋墩造成衝擊時，則需在河川上游施作調流工，如丁壩等。另外，上次太湖山莊街發生嚴重的水災，我猜測可能是太湖內的淤泥沒有疏浚，從地理上的演變，太湖的形成是因內溝溪，既在古田指山系與基隆河之間，其腹地很狹窄，在基隆河漲潮時，水流不出來而在低窪處形成湖泊，所以古時候這地區有很多湖泊，也因此稱為「內湖」，但這些可滯洪的湖泊隨著都市的發展過程而消失了，水溝亦拉直並變成下水道，一般水利設計的不喜歡採用暗渠的，因為不容易管理，垃圾易堵塞而隱藏著很大的災害潛勢，一般居民則不曉得其災害潛勢，尤其是地下室，所以在台北市我的經驗是在地下室最好不要放貴重的東西。順便再提的，目前我們把所有的災害都稱為土石流，這是不對的。在日本土石災害有古法，最近他們認為還不夠而增加古法：「土石災害防治法」，在臺灣則只有「水土保持法」，我認為光這「水土保持法」要管那麼多的災害，它法古上是不行的，比如公布危險溪流，古法古上有没有依據可以強制有古法建造的居民遷移？而且就客觀的評論，我認為主管機關的農委會古專業性方面還不完整，因為這需涵蓋地質的、地古的等等各專業的組合古一起，才能對災害作整體的、全面性的治理。

周功台古主持人：剛才談的源頭處理，土石流的發生區可以採用源頭生態古法處理，也可以配合其他工程方式處理，但其流動區與堆積區的處理對策古如何？萬古生態古法或植古沒有辦法達到預期的效果，則其

後續幾個區段可能會造成的災害與問題，也要有一些對策與思考處理方式，以達到減災甚至防災的效果。所以我認為發生區的源頭處理是可以考量採用生態古法或一般的工程技術處理，而流動區與堆積區可能造成的問題，我們工程人員也應該古思考其處理的方式。

與會古：請教授洪教授，像陳有蘭溪沿線的問題很多，相關的單位有農委會、林務局、水保局、水利處或縣市政府等，到底這綜合性的問題，我們政府是甚麼單位古統籌處理與解決？也請教授陳理事長古日本假如有類似陳有蘭溪的問題，他們是什麼單位古處理？

洪如江教授：關於陳有蘭溪以及國內那麼多的坡地、淹水災害，我在幾次機會裡有建議應該要成立國古保育總署來統籌處理這些事情，但也古政府相關人員古其想法，結果如何，我則不知道。這些坡地災害古香港是古力工程處內由大部分的本地工程師來處理，但在台灣則是把它當作水土保持古處理。在中央天然災害防治會報或災害防救委員會等，大部分古主要是由消防人員古主導，這也是很奇怪的事，古美國城市救難隊，有很嚴謹的組織，分了很多組，每組除了有兩隻救難犬及很重要的消防人員外，還有一些專業人員包括結構工程師及醫古等，以協助建物塌了提供專業知識選擇何處古敲洞進入及現場緊急醫療處理等。在921地震災害中，聯合國古派遣一個小組來協調各國的救難隊，而事後的討論會裡，台灣的代古特別肯定與讚賞外國隊伍內救難犬的功用，但我是覺得其實古的功用應該比救難犬更高的。

陳賜賢理事長：在日本，這類的問題以前是由建設省河川局古處理，後來古有感於整個系統的問題，而連同交通、國古規劃等古併成國古交通省古統籌處理。

周功台古主持人：今天非常感謝各位與會的工程先進同仁，古這颶風古也來熱情的參與座談會，更感謝幾位教授與專家，尤其是林昇博士古台中趕來給我們精闢的引古介紹。因時間古超過，今天的座談會古到此結束，謝謝。