



若非看到壩，很難想像是坑溝整治工程綠化十分成功



九、野溪生態工法之展望

(一) 施設規劃設計

野溪整治工程規劃之原始目的，在於減低土砂生產、輸送、淤積所帶來的災害，擬定適當的綜合對策。其對策係以充分利用天然地形，設施工程增強河道調節效果，就施設對策而言，期望施設之後對周遭環境影響變化較小，或者優先檢討給河道帶來某攪亂程度。如山腹工、邊坡植生工程、土砂游動及復育區、濱水及沿岸植生帶、透水型防砂構造物及其他管理對策等。

(二)防砂構造物

施設防砂構造物之目的，概在於穩定坡腳、防止縱向侵蝕、防止河床堆積物的流失、抑制土砂的流失或調節等，除穩定坡腳者之外，未必一定要有高大壩體，簡易型或自然材料之應用設計，仍可在適當地區達到預期效果，而防止縱向沖蝕或防止河床堆積物的流失，落差低的固床工群同樣可達到目的。防治土石流、抑制土砂流失或調節時，採用透過性防砂壩等，平時就可確保貯砂空間，可縮小施設規模。減低破壞棲地連續性等問題。又因為透過性壩平時土砂堆積較緩，亦可減低堆砂地環境變化太大之衝擊。

(三)整流工程

施設整流工的目的在於導正流心防止亂流，以及受縱斷坡度之規範，防止縱橫向沖蝕。一般情況下，在一定斷面時，坡度通常不具多樣性之變化，因此，整流工內的斷面多為單調的。設計複式斷面匯集基流量的低水路，順暢排除中小規模出水的主水路，以及宣洩計劃洪水的高水位部分暨保留餘寬等等，保持河床(溪)棲地多樣化。在用地取得可能範圍內，配置翼牆深嵌入側岸的固床工群，使主流路寬度、河道橫斷面之地形富多樣化，或許亦能營造河岸林。

(四)施工上應注意事項

工程施工對環境的影響，包括施工道路、工作場地的整理以及附帶的臨時性工程等，均須一併予以考慮。隨著施工作業而發生的污濁水、噪音等亦及時予以處理。隨著施工進行而影響環境之河川棲地如魚類、兩棲類的上溯、產卵，鳥類築巢等均受到季節所左右，因此施工時期的選擇也同樣重要。

柒、心得及建議

一、研習心得

台灣與日本之自然環境頗為相似，日本防災監測體系起步較台灣早，每年投資鉅額經費對於天然災害的防止、環境保護及國土資源保育，已有相當的成效，足為台灣參考；此次赴日研習，針對崩塌地、土石流及有關野溪整治自然生態工法、綠化相關技術方面之心得如下：

(一) 規劃方案應有研究創新與實事求是的精神

日本投資在防災資訊及自然生態工法研究的經費相當龐大，可見他們對此項工程的重視。防災情報系統軟體之健全，必須以防災資訊及自然生態工法研究之成果為基礎，如遇大型土石流或特殊崩塌災害時，該重建區之規劃必需與專門技術相關機構合作，以求得一合理有效的解決方案，方付諸實行，通常這些過程需經3-5年的生態、地質等調查與規劃，為的是使得防災與自然生態維護，發揮最大綜效。

(二) 重視多面向的自然保育觀念

野溪、砂防事業，不只是保障生命財產安全，並且可與自然相結合，臺灣以往太過於重視防災剛性技術功能，

較少考量如何利用土石流所留下土石資源的再利用，以致野溪整治後，改變了生態環境，人與野溪產生了距離；因此日本重視親水設施，此次研習，參觀了親水設施工程，除了親水設施外，也重視生態的維護，如設置螢火蟲復育溪道，螢火蟲得以繁殖；近年來日本逐漸走向「多自然型」野溪整治工法，野溪治理儘量採用生物性材料，如石材、木材等材料，避免破壞野溪原有生態。現在台灣也逐漸重視生態的維護，但大多數人較重視魚類之生態，而忽略了其他生物的維護，因此對生態物種維護應多面向的考量。

(三)採用現場材料施工

為配合當地景觀，應儘量利用現場材料，例如日本木和田川整治工程，護岸係利用溪床巨石砌石而成；而防砂壩正面工程，係利用溪床兩岸疏濬雜木為裝飾材料，這些設計，除了使工程的施設在外觀上可與當地景觀相結合外，亦達節省經費之目的。

(四)自然型野溪之設計

為避免破壞野溪之自然環境，日本部份工程已採用自然型野溪之方式設計，所利用之材料係以生物性材料為主，若須施設混凝土式之護岸，亦於混凝土護岸施工後，於其上覆土並種植當地植物，使得工程完工後，在外觀上

與原有野溪並無太大之差異，除了可保護兩岸外，並可維持野溪之原有生態環境。

(五)台灣地區由於天然條件所限，要想避免自然界的山崩是不可能的，但是只要小心應對即可大量減少自然因素造成山崩的損失，也可將人爲因素造成之山崩予以降低。

(六)須沢的砂防工程從昭和28年（1953）起開始辦理整治工程，至今（2004）將近50年，仍然持續進行，一個區域的砂防工程整治長達50年，還在繼續檢討可能會發生的狀況，並且研擬相應的對策工程，是值得我們學習的地方。

(七)從東京農工大學石川芳治教授講課的內容，對照須沢砂防工程的規劃設計，可知日本學術單位非常用心於地方或中央政府的建設工程，政府依據學者研究的學術理論設計工程，學者依據實際執行情形來檢驗自己設計的理論是否正確，如此學術及實務的結合，政府工程的施工有學理的依據，而理論有實際的檢證，這應是我們政府與學術單位須一起檢討學習的。

二、建議事項

一個星期的研習雖然很短，但也從中學習了許多，日本防災監測系統及崩塌、土石流之防治、自然生態工法，有許多可供國內從事相關工作人員參考，為使國內之相關工作能更趨完善，謹提出幾點建議如下：

(一)建立防災科學技術研究機構

台灣有關防災科技之研究，分散在各學校及研究機構，研究方向不同且許多研究結果並不適用於現場，為配合現場狀況及提高整體性之防災效果，建議由中央政府設置一綜合性之防災科技研究中心。

(二)危險區域設置防災監視體系並應與地方政府及居民結合

目前台灣對土石流危險溪流已做調查劃定及公告，但防災監視系統功能尚未能整體性與地方政府及居民結合運作。危險區域內之管理，應有適當規範，以免引起二次災害。另外屬陡坡地有崩塌可能之處，現亦未有完善管理，若逢豪雨及不當開發等因素影響，極易引發土石流災害並危及附近區域。

(三)自然生態技術提升為藝術化

台灣大量使用混凝土，雖然代表了台灣的經濟發展；

但也透露建築物太過於依賴混凝土設計的缺點，除了造成景觀視覺上不調和，也間接破壞生態景觀環境，是故工程人員觀念必須有所調整，宜減少混凝土使用；如溪流整治材料應以溪床廢棄土石、級配料及生物性材料代之，以生態永續經營的概念治理野溪，以減少對地球生態的破壞。

(四) 促進學術及民間單位共同參與

觀察日本的全國治水砂防協會功能，建議政府能輔導學術單位及各技師公會參與中央或地方政府的重大建設之規劃、設計、施工及完工後的檢驗等工作，不僅可讓學有專精的教授們參與政府的重大建設，也可以使政府的重大建設從規劃、設計有學理的依據，教授們也可從政府興建完成的重大建設中驗證自己所提的理論與實際有何差距，且後學者又可從中學習到經驗，如此產、官、學三方面均可互相切磋、學習，這種三贏的構想應值得我們大家共同來推動。

(五) 加強宣導及教育訓練

台灣近年來對治山防災及生態環境觀念之宣導已日趨重視，由於歷次颱風豪雨來襲，使國人體認治山防災及生態環境保育的重要性，宣導係一長期性的工作，為提高社會大眾對治山防災及生態環境的重視，除了加強宣導外更應對於危險區域內的居民實施教育訓練。

捌、結語

山坡地災害，除自然因素，如地形、地質、降雨、地震等因素外，人類的濫墾、濫伐等直接破壞之行爲也加速災害的發生，如何有效防止崩塌、土石流及設立災害情報監視系統並研擬對策以減輕災害程度，爲一重要課題；日本之自然環境與台灣相似，若能參考其防災技術及治理觀念，並研擬一套適合國人之崩塌、土石流治理防災系統運作規範準則，實爲今後應努力之目標。

本次研習承日本砂防協會、小田原土木事務所、靜岡縣政府土木部等單位派員講解、提供資料及現場解說。砂防協會之阿部宗平博士在研習期間給予熱忱的引導、參觀、解說及各種協助，使得本次研習得以順利完成，特此表示敬意及謝忱。

玖、參考文獻及資料

- 一、吳輝龍（2002），自然生態工法與災害防治，內政部營建署生態工法講習會論文集，第5-1至5-24頁
- 二、胡植慶、陳雅琳，認識山崩與土石流，教育部臺灣省中等學校教師研習會，<http://www.isst.edu.tw/s44/quarterly/49/quarterly-49-3.htm>
- 三、陳時祖（2001），台灣之大山崩及其造成因素，<http://email.ncku.edu.tw/~em50190/ncku/196/b/bl.htm>
- 四、林俊全、任家弘（1999），草嶺的地景登錄，<http://www.geog.ntu.edu.tw/tgru/lscapell/11-03.htm>
- 五、工研院能資所（1997），台北縣汐止鎮林肯大郡崩塌災害勘查報告，<http://geo.erl.itri.org.tw/html/linken1.htm>
- 六、游繁結（1998），認識土石流，科學知識48期第7-14頁

- 七、李德河、林宏明（2001），*邊坡之滑動與崩壞*，<http://email.ncku.edu.tw/~em50190/ncku/196/b/b1.htm>
- 八、吳銘志（2001），*地質環境與土石流*，國立成功大學校刊，第196期，第14-15頁。
- 九、詹錢登（2001），*土石流發生與降雨特性之關係*，國立成功大學校刊，第196期，第16-24頁。

