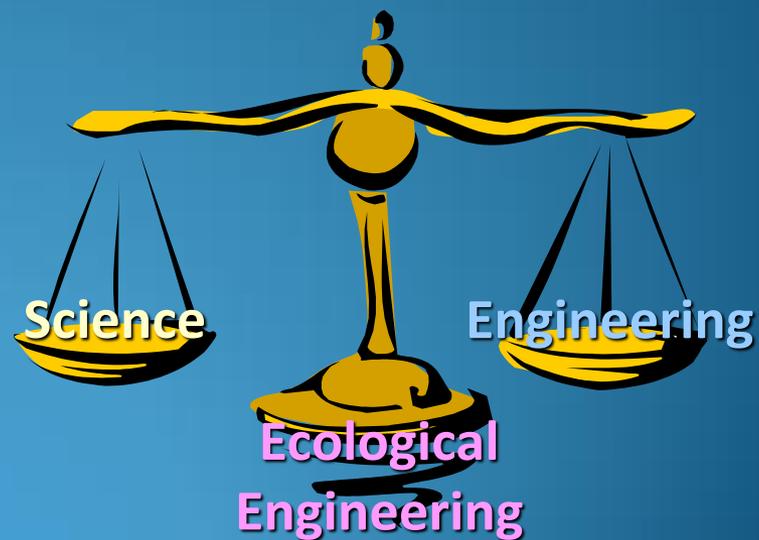


生態工法



台灣生態環境現況

- 全島土地面積有73.6%為高山、丘陵及台地，坡度陡峭河川下切極深，屬於極容易引發崩塌的自然環境；在東西寬144公里、南北長394公里，幅員36,000平方公里的土地上，蘊育著冰河時期孑遺的高緯度動植物，豐富的的原生物種高達36,000種，形成全球罕見的台灣亞熱帶生態奇蹟，其中33%屬台灣特有種。

- 台灣由於地處**菲律賓版塊**與**歐亞版塊**的交界帶，地殼的造山運動活躍。
- **九二一地震**造成台灣生態環境重創，車籠埔斷層附近死傷慘重，充份暴露出台灣地質環境的脆弱及大自然反撲的可怕！過去三年裡在中部土石流災區的調查顯示：崩塌地的形成除因九二一地震後形成的坡地裂縫及土石鬆動外，絕大多數皆起因於人為的過當開發。
- 台灣**地質環境脆弱**，歷經九二一地震好不容易休養生息的大地，經納莉、桃芝的接踵肆虐，再度成為土石流的危險災區。
- 過去以經濟為前提的土地開發政策，形成坡地超限利用、開闢產業道路、道路拓寬，房屋建在行水區、河床興建遊憩設施。



- 七〇年代農業政策鼓勵開發坡地，今日中橫山區隨處可見陡坡開墾種植茶葉、高冷水果、高冷蔬菜、山薑、檳榔(見右圖，洪如江攝)，伴隨著墾植而來的產業道路開闢，讓各地偏遠的山區都有道路可通達，不當開路及拓寬道路，增加坡面的裸露影響地表水的逕流速度，造成崩塌不斷，坡地成為潛勢災害的高危險區。近年由於雨量集中，加上都市建成地及裸露的坡地入滲量驟減，使得洪峰期集中、洪峰量遽增，在土壤沖蝕嚴重的地區，便形成土石流、崩塌、地滑...等災情。

不永續現象：過多的道路闢設

- 過多不必要的開挖，使得坡面更加不穩定

右邊是阿里山瑞草豐山支線的施工照片，沿線邊坡由於未做適當的護坡工事，圖上清晰可見坡頂仍處持續崩坍狀態。以Bishop在美國西部七州坡地所做的土壤沖蝕資料顯示：以自然坡地的地表逕流係數為1計算，栽種高冷蔬菜、高冷水果的逕流係數，將提高為3.5到4倍，若是開挖道路將遽增為124倍 (Bishop Stevens, 1964)，足證道路的開挖，對坡面穩定造成極大的威脅。



不永續現象：過多的道路闢設

- 水泥噴漿扼殺坡地生態，造成景觀嚴重破壞。

道路邊坡大量利用水泥噴漿穩定坡面，不僅嚴重戕害生態景觀，且因大面積的陡坡開挖，若未能從源頭尋找崩塌的原因，做適當的截水及排水工，而直接以水泥噴漿灌灑坡面，反而形成坡面持續崩塌的隱憂。

右圖阿里山公路邊坡水泥噴漿雖然封死坡面，卻不敵大地自然的生機，正面臨崩解的『醜態』。生命總會找到出口，大地終將解脫束縛，生態景觀所遭受的傷害亟待長期修復。



不永續現象：過多的道路闢設

- 明隧道將坡面崩塌問題，轉移至河川下游

過去為解決道路坍方阻斷行車而興建的明隧道，無疑將坡頂崩塌的危險，移轉至河川下游，明隧道的開挖雖能有杜絕道路中斷的危險，卻不能抑止崩塌的後患。

左圖顯示隧道上坡仍處於崩坍的不穩定狀態，明隧道雖然暫時解決封路的窘境，卻造成下游河床土石淤積，河道兩旁隨時會有洪水氾濫潰堤的潛在危險，成為下游民眾揮之不去的夢魘。



不永續現象：過多的道路闢設

- 價格昂貴的型框植栽，增加坡面的負荷。

隨著民眾對生態環境的重視，近年來為配合景觀綠化，公路單位也改以型框栽來取代過去大面積的水泥駁坎。雖然在**水泥框架**內栽植綠草看似『生態』，卻因加重坡面承載，不但無法穩定道路邊坡，反倒顯得既多餘又浪費。

右圖新竹尖石鄉公路邊坡的型框植栽，才完工不到一年便開始崩落，顯示這種工法對穩定坡面，成效有待評估。



大漢溪攔砂壩 破壞魚類生態

8/1/13 星期三 聯合報

上游七大類珍貴稀有魚類幾乎絕跡 當初曾決議封溪保育鮭魚 如今付諸流水 尖石玉峰村民懷疑工程涉不法

【記者彭芸芳、新竹報導】新竹縣尖石鄉玉峰村，近年來環境改變，多條溪流乾涸，甚至如今天尖石玉峰村，連一條魚都找不到，諷刺的是，攔砂壩與築壩的工程涉及不法，除了強烈反對外，當地居民也紛紛投訴，要求政府調查。尖石鄉玉峰村，位於大漢溪上游，這裡曾是台灣原生魚類的重要產區，但近年來，由於上游七大類珍貴稀有魚類幾乎絕跡，當地居民紛紛投訴，要求政府調查。尖石鄉玉峰村，位於大漢溪上游，這裡曾是台灣原生魚類的重要產區，但近年來，由於上游七大類珍貴稀有魚類幾乎絕跡，當地居民紛紛投訴，要求政府調查。

不永續現象：河川海岸

- 攔砂壩影響河川砂石補給，魚類洄游生態

傳統水泥攔砂壩未能有效將雨水及土石分開，一旦逢暴雨沖擊，巨大的土石流牽動容易造成潰壩；

且因水泥攔砂壩興建，阻斷上游砂石流向下游，致影響下游河川砂石的天然補給(參右圖)。

台灣迄今已建造3000餘座攔砂壩，密集的攔砂壩矗立於溪中，不僅妨礙水中魚類洄游產卵，並造成沿岸河溪生態的嚴重破壞，攔砂壩堪稱台灣河川生態的頭號殺手。



不永續現象：河川海岸

- 截彎取直改變河川生態，引發洪氾及潰堤的危險

自然蜿蜒的河道、深潭、淺灘，周遭的腹地可延緩洪水下移，甚至是形成洪水平原，不僅可提供生物多樣性棲地。

自然的河道可入滲部份洪水，降低洪峰、減緩水流速度，水泥堤防無法吸收洪水，平滑的表面讓洪水快速通過，來得急漲得也快，洪水不僅容易暴漲難以宣洩，洪氾及潰堤的危險時而可見(右圖：台中旱溪大型束水工程與河爭地)。



不永續現象：河川海岸

- 河川、海岸消波塊充斥，嚴重破壞景觀生態

自然的河床及海岸邊有**各種不同形塊的石塊**，能提供絕佳的消能作用，製造深瀨、淺淵等**不同的棲息環境**，供水中生物悠游生活。

拜科技文明之賜，讓我們把原來在河裡的大石頭，載到砂石場碾碎，再送進預拌廠用各種模型做成不同『專利形狀』的消波塊，功能都是消波。

根據報載台灣有三分之二的海岸都有投放消波塊，消波塊(俗稱肉粽)，投放的主要目的在**減低水流的沖蝕能量**，這幾年工程單位更變本加厲地把消波塊也「應用」到河川裡。



花東海岸被投擲大量的消波塊，不僅破壞沿岸海域生態，也不殺旅人遊興，嚴重影響當地的景觀美質(葉美青提供)，這些人造『肉粽』不僅無法讓水中生物入嚙，更令遊客觀之怯步。

土木工程在永續發展中所扮演的角色

- 土木工程師擁有現代工藝技術，足以快速改變地形地貌，號稱「大地的雕刻師」，偶一不慎往往對自然環境生態造成衝擊破壞，反成為「生態的殺手」。土木營建業可謂在所有專業之中對生態系統影響最大的一個專業，工程師的所作所為將對生態環境產生廣泛而深遠的影響。
- 隨著全球社會對生物多樣性保育與永續發展的重視，社會各界對工程的期許也由安全、經濟的要求，提升到注重「生態」與「永續」的層面。如何將專業之工程技術結合「生態」與「永續」的時代需求，使人為工程建設能與環境生態相互整合而共存共榮，對土木工程師而言，確是一項重大的挑戰。
- 1999年九二一集集大地震之後災區之坍方、坡地裂縫與土石流整治，大量採用「永續經營」和「社區參與」概念，以從源頭做起的治理方式，配合「生態工法」進行裸露坡地的植栽復育，對抑止新土石崩塌造成二次災害發揮不錯的效果。
- 加以公共工程委員會與台北科技大學水環境研究中心等單位大力推動「生態工法」，學術界與工程界亦致力於理念的提倡與技術的提升，因此近年來國內土木工程界已有逐漸導向注重「生態」與「永續」的趨勢，實為一可喜之現象。

土木工程在永續發展中所扮演的角色

- 美國土木工程學會(American Society of Civil Engineering, ASCE)於2001年8月發表聲明，強調土木工程師應能：
 - ✓ 對於任何與永續發展有關之政治、經濟、技術，以及社會議題或過程，培養更廣泛的認知
 - ✓ 專業知識與技術的養成以促進永續之未來
 - ✓ 與其他專業共同發展追求發展與環境永續性整合所需之工具
 - ✓ 以經濟的觀點為出發，體認自然資源與環境是珍貴的資本財
 - ✓ 能超越自身學門進而評估可行方案並影響政策革新，以臻至永續發展
 - ✓ 能與其他設計、經濟、社會、環境、物理等專業共同合作籌組工作團隊，以達成提供生態永續解決方案
 - ✓ 採納並應用整合系統，讓決策、思維與作為能更面面俱到
 - ✓ 與其他專業組織進行跨領域之合作，善用他人之成果，並追求每一分資源的最高效益，以臻至更卓越之永續性
- 成為“永續發展工程師”

何謂「生態工程」？

- 生態工程是一將**人類科技社會**與**自然環境**結合的媒介。
- 與環境結合的二個界面，一是人類發展的科技，而另一界面則是生態系統的「自我設計」，以用來應付特殊情況。
- 生態工程是一研究如何使科技與生態環境的自我設計相互結合以發揮最大功效的學科與方法。

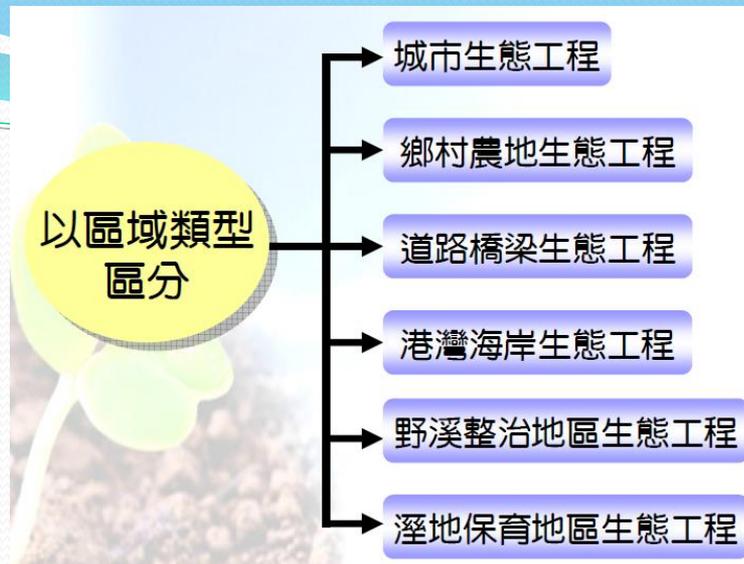


未來出路

- 溼地保育工作
種植植物、移除外來種。
- 生態調查
政府或顧問公司
- 溼地導覽工作
- 人工濕地、生態池營造
水土保持技師事務所
- 河溪整治
河川工程設計、管理
- 水土保持工程公務人員
高等考試範圍包含: 水土保持手冊(生態工法篇)、生態工法概論
- 園藝高普考
都市生態工法、綠建築。

課程介紹

- 每2-3禮拜介紹一種生態工法
- 上課內容: 理論基礎、工法介紹與應用、國內外案例、案例簡報(2人一組)&課堂討論



週別	進度	週別	進度
1	課程介紹與生態工程概述	10	河川棲地復育
2	生態工程基本理論	11	河川棲地復育
3	河川生態工法	12	道路生態工法
4	河川生態工法	13	道路生態工法
5	河川生態工法 (+學生簡報/5組)	14	道路生態工法 (+學生簡報/5組)
6	人工溼地生態工法	15	海岸生態工法
7	人工溼地生態工法	16	海岸生態工法
8	人工溼地生態工法 (+學生簡報/5組)	17	生態城鄉規劃與設計 (+學生簡報/5組)
9	期中考	18	期末考

評分方式

- 平時成績（出席10%、簡報2*5%、案例重點摘要2*5%、討論5*2%）

出席: 無故缺席且未於隔周出示請假證明，一律以曠課紀錄並記錄在學校系統內，每次曠課扣總成績2分；其餘事前或事後請假者，亦需出示請假證明，事假最多以三次為限。

簡報&討論: 每組(2人)閱讀不同篇案例，並於安排簡報課前準備案例重點摘要(簡報者)、上台報告(10分鐘)&討論問題(聽者)

- 期中考（30%）
- 期末考（30%）

考試範圍: 授課內容、學生簡報內容

Textbook & References

Books

- 生態工法技術參考手冊 林鎮洋總編輯 國立台北科技大學土木工程系編
- **Mitsch, W.J., and S.E. Jorgensen. 2004. Ecological Engineering and Ecosystem Restoration. John Wiley & Sons, Inc.**
- Ecological engineering : principles and practice / Patrick C. Kangas
- Ecological engineering : an introduction to ecotechnology / edited by William J. Mitsch and Sven Erik Jørgensen
- Wetland Design. Principles and Practices for Landscape Architects Land-use Planners
- Others

Journal Articles

- Ecological Engineering
- Ecological Modeling
- Ecological Application
- Ecology

Week2: 生態工程基本理論

- 發展歷史
- 定義
- 基本概念
- 理論基礎
- 應用準則
- 生態工程的分類



1 濕地

天然濕地的保存或人工濕地的營造，每年每平方公里的生產量與全球生態系無一匹，而且在獨特的碳匯過程中，將陸地、水域生態系統連結起來。對於此種生態體系，生態工法必須盡量滿足其存在的基本需求。



4 洪氾區溝洪池

將生態因子融入傳統解決法設計，避免將其填平或硬化，不但能有效調節供水，還能提供取用、遊憩與生態保育等功能。



2 善用水力

善用水的流速、方向控制、總力穩定、而非一味地堵，則能有穩定河心、減少沖刷，進而防止河床淤積與土、形成一段佳標準。



3 護岸工

多採自然素材結構，製造多孔障礙物，以確保水在物理層之需求，尤以維護水濱棲生群落為目標，以提供魚類、兩類、昆蟲、鳥類等所寄之空間。



5 擋土工

利用多種自然素材加強穩定性，同時不阻塞生態回復之位置。



6 推移帶之形成

二層生物環境交界處自然形成的推移帶，孕育豐富物種，是保護濕地的關鍵，生態工法應以此區域發展之基礎。



10 非點源污染防治措施

設置如「最佳管理作業」之污染防治措施，以減輕人類行為（如畜牧、交通、遊憩等）產生之水污染，確保水體品質，滿足水生生物生存之基本需求。



7 邊坡整治工

大量棲地喪失之際，邊坡往往造成演替逐漸有的阻礙，請按動物棲息、並保留當地滋養水源之基本功能。



11 洪氾區溝洪池

透過多層次植被之營造，不但增加阻礙物質，同時兼與緩衝吸收，改善減輕污染造成高水位可能造成之威脅。不具生態阻礙之區域，讓植被自然發展與有效功能。



8 固床工

設計上盡量降低阻礙物，而利用斜地跌水工，並確保供水生物在阻礙物之過橋，建議將設置障礙物與地形自然進行。



12 生態基流量

若非天然河流，則在水資源的過程中，應確保生態基流量，確保最低水流量之存留。



9 透水性鋪面

鋪設透水（透氣、透濕、透車輪等），增加透水性鋪面，以達到地下水補注、減少路況、改善動植物棲息環境。



13 多元流況與型態

根據自然河道幾何不一的流況，設置應有的洲、灘、灘、潭，滿足不同生物及其不同生態環境之各種環境需求。



集水區應用生態工法概念示意圖

圖例來源：
圖例：(1) 濕地 (2) 護岸工 (3) 擋土工 (4) 洪氾區溝洪池 (5) 邊坡整治工 (6) 推移帶之形成 (7) 透水性鋪面 (8) 固床工 (9) 多元流況與型態 (10) 非點源污染防治措施 (11) 洪氾區溝洪池 (12) 生態基流量 (13) 濕地

Week 3-5: 河川生態工程

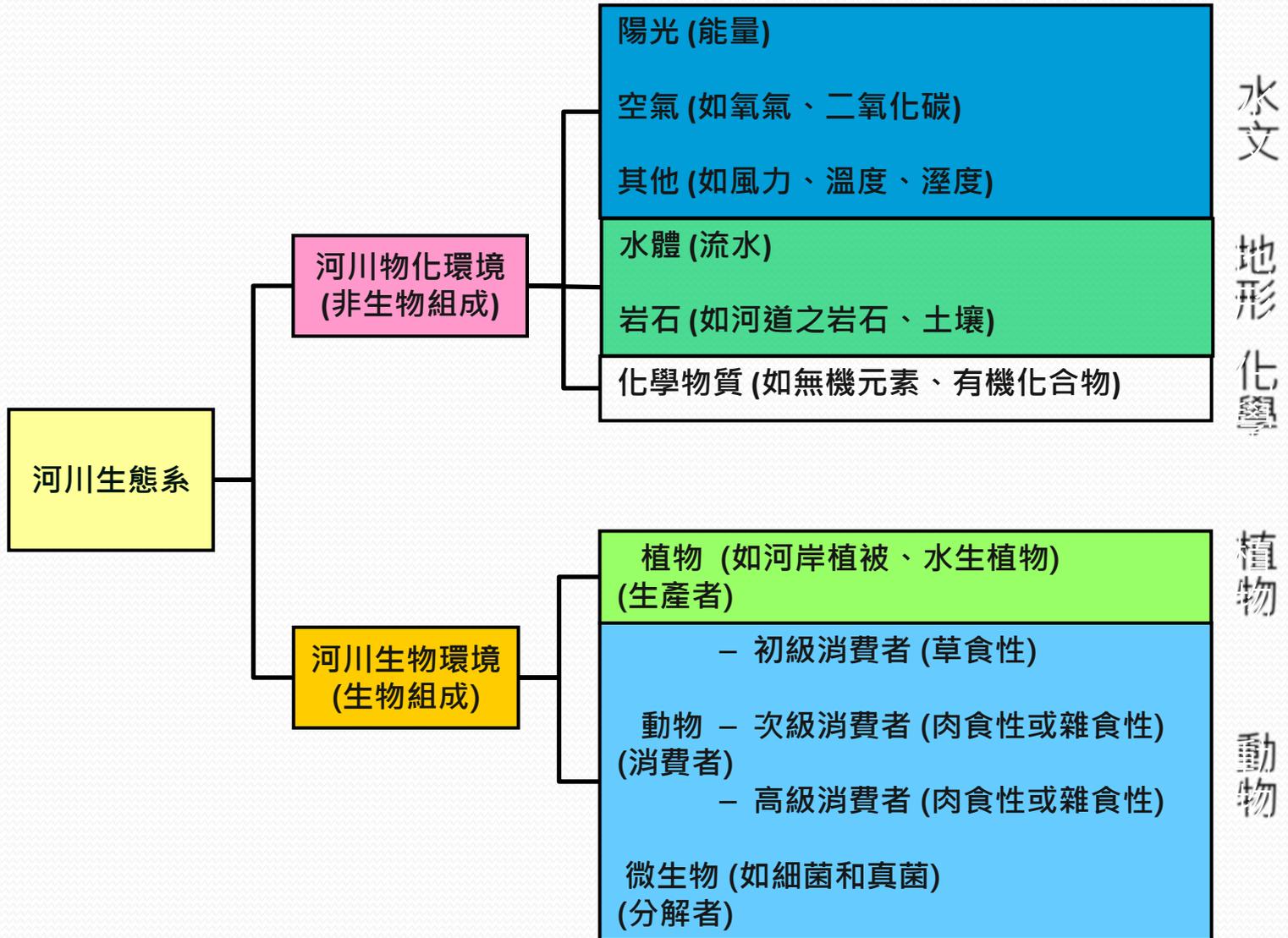
- 生態系統介紹
- 河川生態系統基本概念
- 溪流生態系統基礎理論
- 河溪整治常用工法與材料
- 河岸設計
- 河川復育案例
- 學生簡報

生態系統 – Ecosystem

- 生態系統 (Ecosystem)
- 系統生態學 (Systems ecology)
- 層級理論 (Hierarchy Theory)
- 物質與能量的守恆與回收利用 (Conservation and cycling of matter and energy)
 - ✓ 質量平衡 (Mass Balance)
 - ✓ 能量流 (Energy Flow)
 - ✓ 生態系統化學計量 (Ecosystem Stoichiometry)
- 污染影響 (Pollution effects : threshold and nonthreshold agents)
- 限制因素與成長 (Limiting factors and growth)
- 生物累積 (Bioaccumulation)
- 複雜度、多樣性、穩定性 (Complexity, Diversity, and Stability)
- 發展與演化 (Development and evolution)

河川生態系統

河川生態系之基本結構圖



河溪整治常用之生態工法:固床工

- 固床工

以大型天然石塊構築於河床中之橫向構造物，設計時避免全斷面阻絕，以留有較低之水流，以利水生動物於上下水域遷移（如右圖）。石樑與護岸連接處，應嵌入護岸，另亦應嵌入河床之中，以抵抗水流沖擊力量。

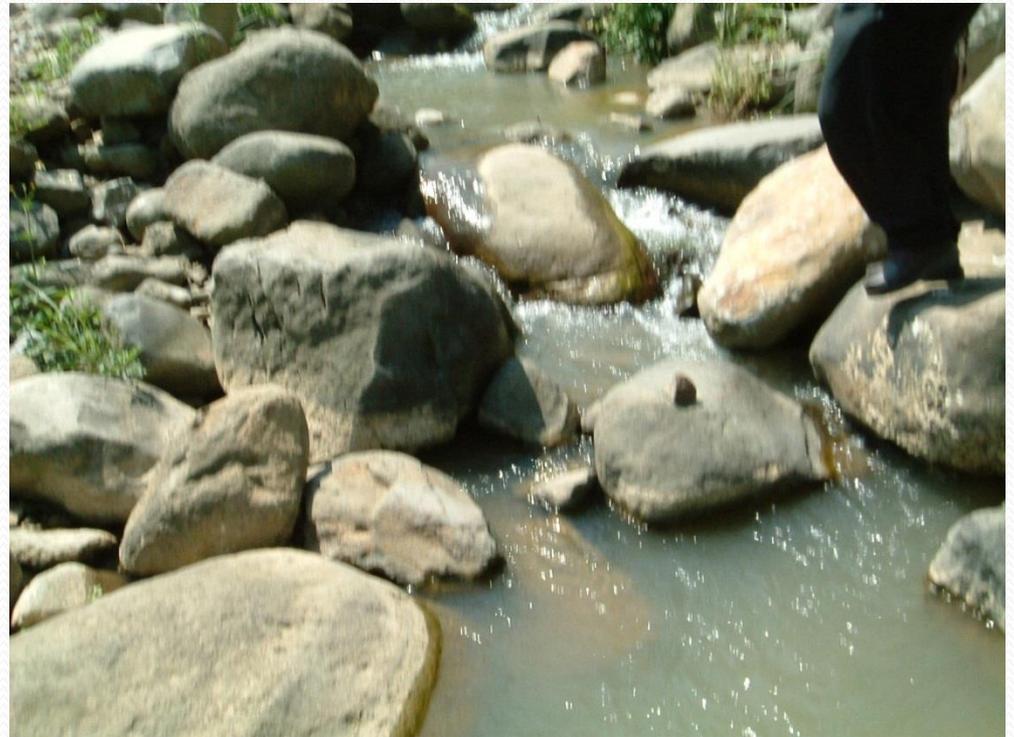


橫向的石樑工構造施作時，應保持石縫孔隙，使水域空間能以流動

河溪整治常用之生態工法:固床工

- 河床拋石

於河道中將阻流石不規則分佈於河床，使水流流向改變，以減低水流速度，避免河道過分沖刷（如右圖）。河床拋石亦應將部分石塊嵌入河床中，以提供本身及其他石塊之阻抗能力。



河道拋石對於水流有改變流向減低流速的功能

河溪整治常用之生態工法:護岸工

● 塊石護岸

目前國內採用塊石砌岸，大部分其內部仍使用混凝土，於表面再以原石襯砌，其為基於安全性之考量；然混凝土在施工時，易生污染，完工後也將使透氣、透水性降低。**原型石乾砌**之護岸，於施工時可減少污染外，更具透水性之特性。塊石護岸具有大量的孔隙，**石縫內可作為水生動物的棲息場所**，達到創造自然景觀及生態之效果（如下圖）。



漿砌護岸（左）由於混凝土填於孔隙之中，其透水性及生態適應性較不佳；採用圍砌法的乾砌塊石，兼具了透水及多孔隙的特性，在安全上亦為穩固

河溪整治常用之生態工法:護岸工

- 拋石護岸

此方法運用岩石置放於溪流岸上，用以保護河岸、抵抗高速水流之曳引力，以避免河岸材料之流失的工法。適用於河床坡度較緩、河岸較廣、水流較平緩地區，具有河岸穩固的效果（如右圖）。拋石方式可分為人工、傾倒及起重機等施工方式，其中傾倒（end-dumped）是最常用方法。



於河岸拋石，營造低水護岸及保護岸堤基腳

河溪整治常用之生態工法:護岸工

- 石籠護岸中加植栽

於石籠中選定地點加植栽圈環，在其中回填土壤後種植樹木；或於石籠間以可發芽、發根之活枝條置入（如右圖）。除美化景觀外，樹木於水面之遮蔭利於生物之棲息；其根系之發展更可使石籠結構與背填土緊密結合。



石籠護岸加植生，兼具了美化與穩定的功能

河川生態工程與復育

■ 大屯溪



- 大屯溪出海口河段生態工法整治工程

大屯溪由大屯橋至出海口河段區域為感潮河段，於當地為河海交界水域，其具有豐富之河口生態環境，於當地有季節性迴游型魚類溯溪上游之生態環境，因此對於河域的生物通道空間的需要維持。

而於出海口段早年因沿岸農田取水所需，故河道中共有5道攔河堰攔截河水，雖然堰體上設有魚道，但由於坡度甚大且下游出入口處於枯水期時常為無水的現象，對於當地的河棲生態造成影響，出海口區域左岸，由於先前颱風、洪水等因素，原有之漿砌塊石護岸遭破壞，加上潮水漲退的沖刷，對於岸堤基礎形成掏空之現象因此對此進行整治工作。

(1)近出海口段攔河堰的坡度緩化

於當地造成河道通道攔阻之攔河堰（如圖四十八），進行表面砌石及坡度緩化的改善，同於先前中游農田取水堰改善相同，採 1：8 的緩坡設計使，於緩坡上方營造佈設不同之流況水域（如圖四十九），以供泳性不同之魚類溯流。



圖四十八、原下游攔河堰對河道阻隔情形

圖四十九、完工後攔河堰魚道之情形

(2) 出海口河岸整修工程

此處受破壞之河岸（如圖五十），由於上方邊坡已呈穩定，且岸堤間生態系亦逐漸拓殖復原，因此對於整修上採用破壞之岸堤缺口進行砌石修補工作，而並未完全打除，此為節省工程經費外，對於當地生態系統持續復原亦可減低干擾。



圖五十、河口護岸受沖石破壞之情形



圖五十一、完工後河口護岸之情形

Week 6-8: 人工溼地生態工法

- 溼地基本概念與基礎理論
- 設計與模式
- 人工溼地
- 復育工程
- 學生簡報

溼地復育

Case 1: 佛羅里達州埃佛格雷生態系統

Florida Everglades Ecosystem



- Everglades溼地位於南佛羅里達州，在邁阿密附近。
- 南至佛羅里達海灣，西起墨西哥灣，東臨大西洋總面積達四萬餘平方公里。
- Everglades溼地在上個世紀因為人類的需求與開發，使得溼地內部生態與環境受到嚴重的傷害，重金屬(水銀)污染區域內的魚類，海中的水草大量死亡，野生鳥類變得稀少，Florida豹數量減少。



溼地復育

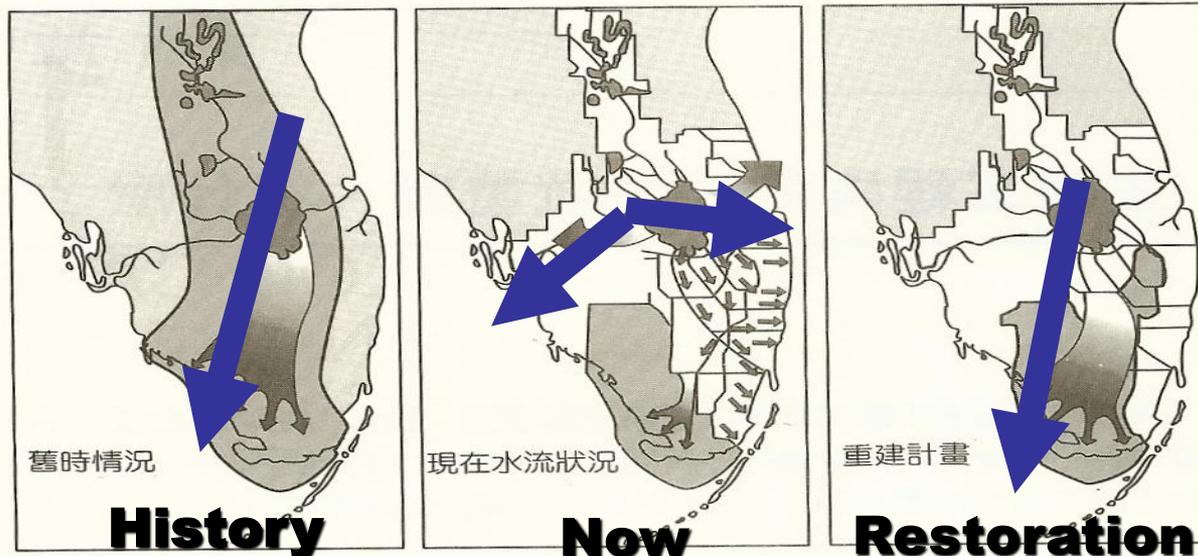
- 近幾年，人們發現South Florida的經濟與天然的環境息息相關。
- 故決定花10年以上的時間進行溼地的復育，並配合法律的需求來進行復育的工作。
- 工程師、科學家、人類學家、聯邦政府的13個部門與兩個地方政府投入這個史無前例的復育工程「復育Florida生態系統」。



溼地復育

復育概念與原因

- 佛羅里達州在20世紀建構的疏洪道系統與抽水站改變了溼地的季節性水患，並快速地將水導入大西洋與墨西哥灣。
- 所以重建計畫之主要目的是改變南佛羅里達州水文狀態，讓水穿過溼地，再次流入南佛羅里達州灣。



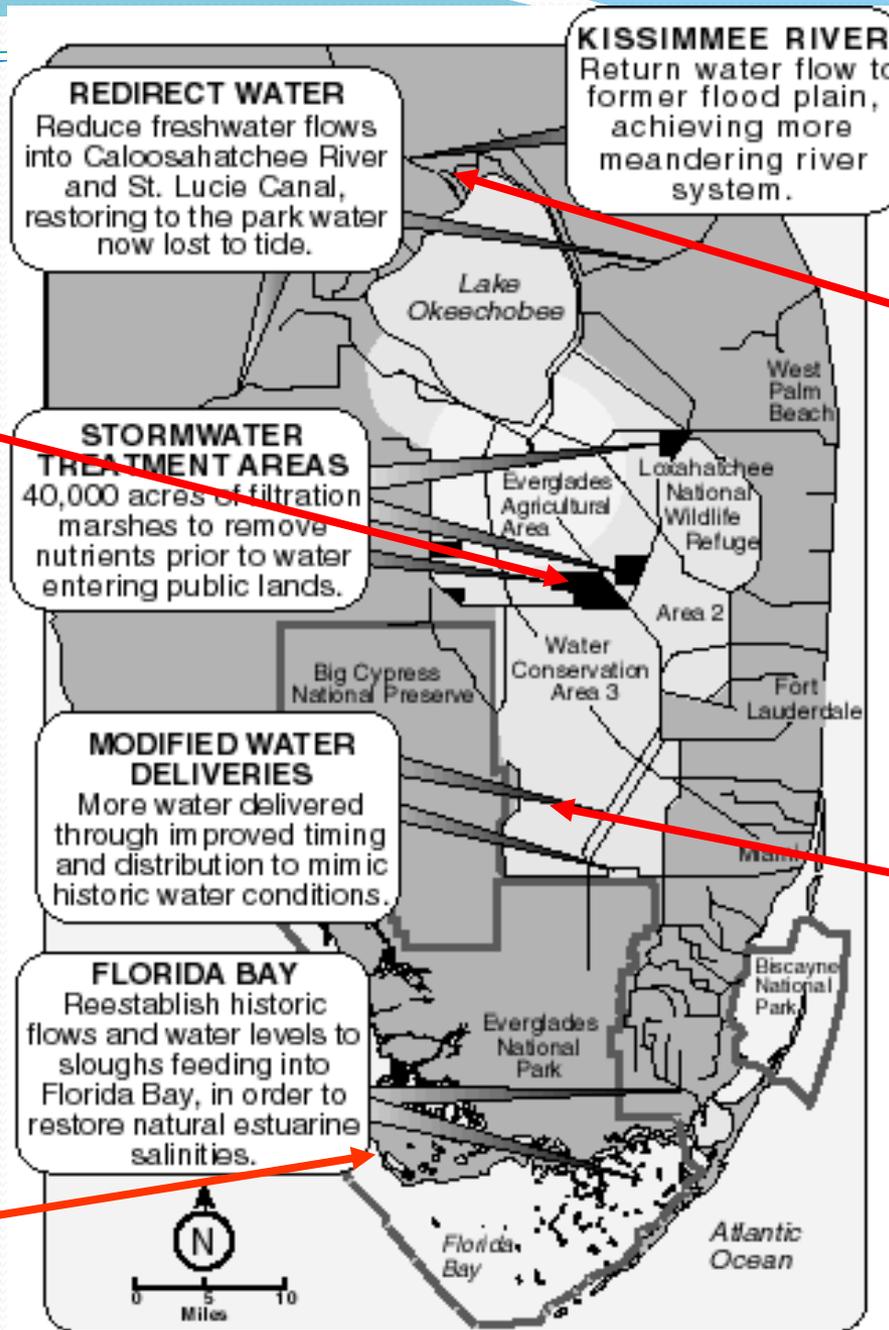
復育示意圖

處理型的溼地

Kissimmee River

改變水文狀態

Florida Bay



溼地復育

- **Kissimmee River**

- ✓ 聯邦政府與州政府利用379 million與15年時間，來改善1960年Kissimmee River受到渠道化的河段，並將恢復河川原本的蜿蜒，恢復320種野生動物的棲息地。

- **Everglades Forever Act**

- ✓ Everglades農業地區(EAA)必須減低使用農業肥料(降低磷的數量)，農業區的居民將平分1 billion的補助金。並且建造處理型的溼地來減低EAA所產生的磷。

- **Florida Bay**

- ✓ Florida Bay是許多生物：game fish, shrimp, lobsters, stone crabs (*Menippe mercenaria*), blue crabs (*Callinectes spp*)的重要棲息地。過去的10年，Florida Bay損失了約68000英畝(27500公頃)的海草棲地。因此於1995年在Florida Bay的70個海灣花費6 million進行復育。

溼地復育

- East Everglades

- ✓ 在1989年Everglades獲得其東部Shark Slough約107600英畝(43545公頃)的土地。美國工兵團改善了水源的管理，重建了白鷺、蒼鷺與朱鷺的環境，並增加Florida Bay的水量。

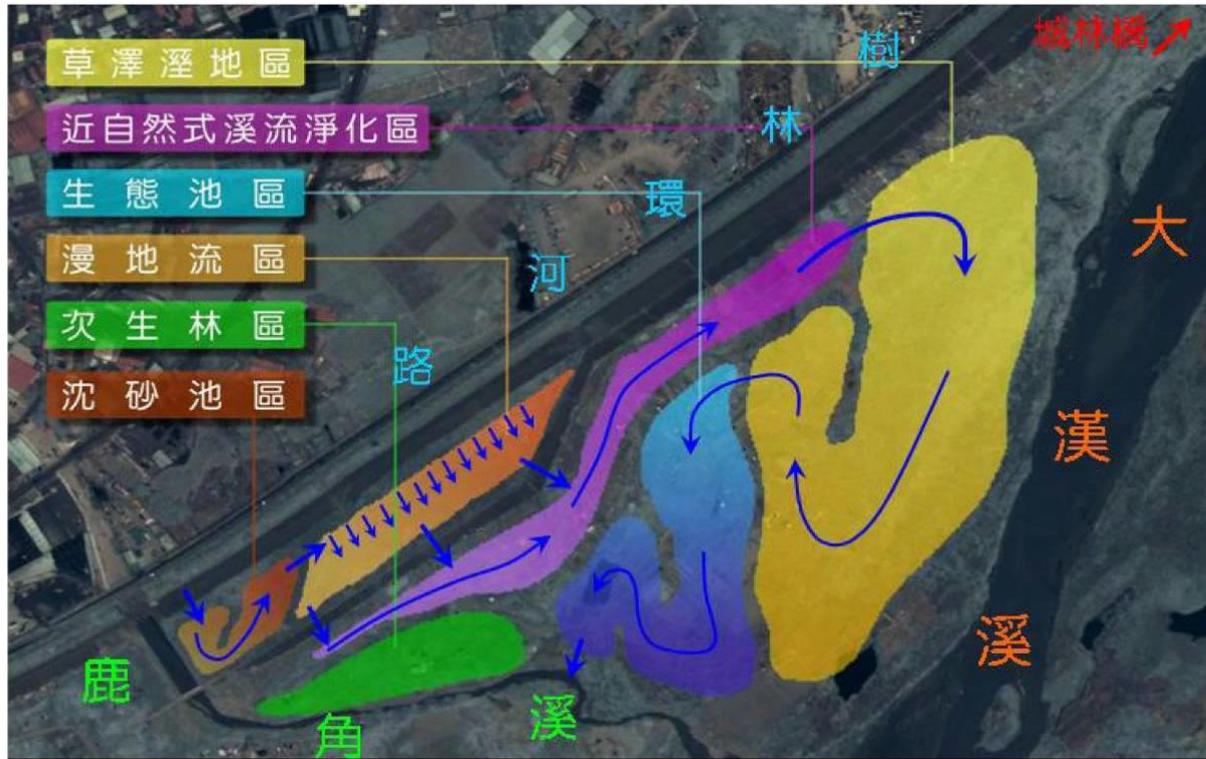
- Taylor Slough

- ✓ C-111運河是聯接Florida至Florida Bay的最後一條運河(約2260公里)，改造C-111運河有助於恢復Taylor Slough的水流至海灣。這項工程主要目的是改變C-111的堤岸與**提高水深**。預計花五年的時間進行，並花費156.4 million。

Case 2: 鹿角溪人工溼地自然淨化工程

- 位置：台北縣樹林市，鄰近大漢溪沿岸柑園大橋與樹林河濱公園
- 動機
 - 復育生態系統
 - 改善水質污染（大漢溪流域）
 - 美化周邊景觀
- 工程考量
 - 仿效自然溼地且具備應有的生態系統
 - 運用現地土壤形成溼地底部防滲效果
 - 保留完整河岸次生林以創造棲息環境





■ 成效評估－節能減碳效益

資料來源：行政院公共工程委員會 公共工程電子報

項目	節能	減碳
重力取水	1. 每年節省污水廠營運 1600萬元 2. 每年節省電費約500 萬元	1. 設置階段減少8萬5千 公噸的CO ₂ 2. 設置完成每年預計減 少1千公噸的CO ₂
自然處理系統		
溼地植物吸收CO		
自然晶化防滲處理		

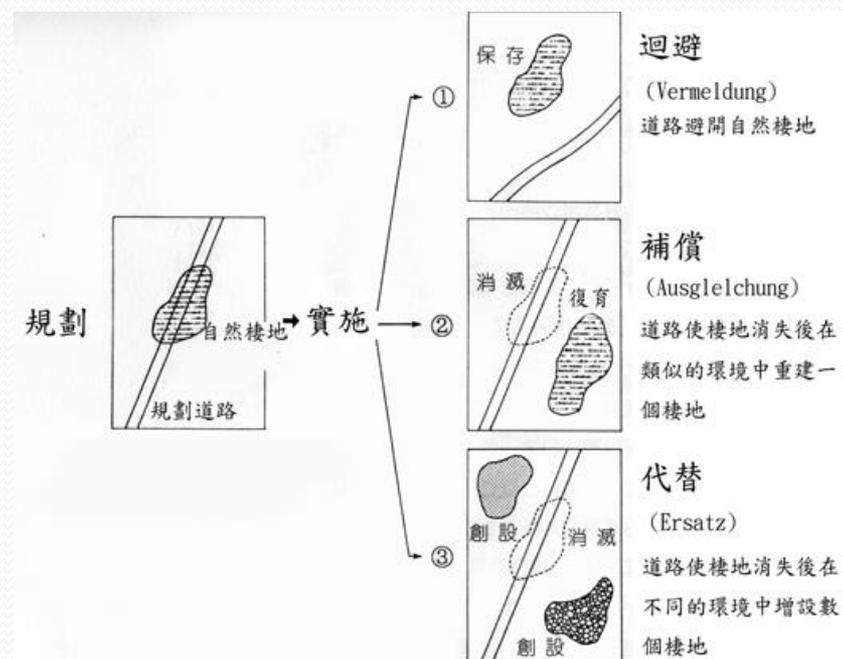


Week 10-11: 河川棲地復育

- 河溪工程類型與其對河川生態影響
- 河溪生態系統指標 (理化結構指標、生態群集指標)
- 案例分析:
 - ✓ 大甲溪魚類棲地改善及生態評估計畫
 - ✓ 濁水溪上游栗栖溪魚類河川生態研究及魚類保育計畫
- 學生簡報

Week 12-14: 道路生態工法

- 道路建設對生態系(河川生態系、湖泊生態系、海岸生態系、溼地生態系)的影響
- ✓ 道路造成生態系統的消失
- ✓ 施工過程對鄰近生態系的影響
- ✓ 道路開闢後對鄰近生態的影響
- ✓ 道路交通對生態阻斷的影響之影響
- 案例介紹
- 學生簡報



夏威夷 H-3 道路

地點

Honolulu, Oahu, Hawaii H-3

照片

「夏威夷」這個充滿異國情調的地方，總讓人聯想到迷人的沙灘及翠綠、廣大的田野及熱情的人們與文化；但是它與其他沒有異國特色的地方一樣有著人口稠密、公共建設問題、尖峰時段的壅塞交通。

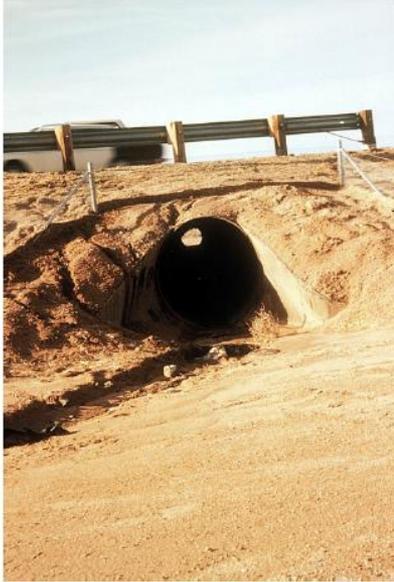
興建 H-3 公路以緩和這棘手的壅塞問題，並且可串聯人口最密集的歐胡島東西兩側交通，此公路的四線道路跨越未開發的生態敏感地，此地同時亦是重要的考古地點及文化遺址，並且開挖了約 1 英哩的隧道通過嚴峻、秀麗的 Koolau 山。

H-3 工程設計興建時特別全方面的考慮了夏威夷脆弱的生態環境。這條亦曲亦直的公路跨越了崎嶇不平的地形，並以隧道方式穿越 Koolau 山。為了將當地生態環境的衝擊減到最小，工程設計多採用懸臂式的橋樑設計，以保護下方植栽及動物。



H-3 公路兼具公路美學與生態保全

承包商培訓有助於保持沙漠陸龜的安全

地點	California, Interstate15	照片
<p>幾個小時的培訓有助於長遠地面對保護沙漠陸龜在 California's San Bernadino County. 在 15 號州際公路和其他的高速公路-建造基地鄰近於沙漠陸龜的棲息地，California 交通部指示承包商在做這些簡單的事去保護陸龜的重要性：1.保持垃圾桶緊閉而且定期地清空垃圾（沙漠陸龜被垃圾所吸引離開棲地）。2.避免觸摸陸龜（觸摸會引起動物脫水甚至致死）。3.頻繁地且謹慎地檢查運載工具和裝備，檢查任意開挖所形成的陷阱。4.在計劃場所內禁止豢養寵物。5.暫時以輕擊的方式以保持陸龜遠離重型機器或活動；這些都有可能傷害牠們。</p> <p>資料來源： California, Training helps keep desert tortoises safe - Wildlife Protection Keeping It Simple – FHWA 網址： http://www.fhwa.dot.gov/environment/wildlifeprotection/index.cfm?fuseaction=home.viewArticle&articleID=32</p>		 <p>Desert tortoise</p>  <p>研究員建造一套電腦化追蹤系統，記載沙漠陸龜的移動路線穿越了道路下方的地下通道</p>

改進箱涵設計讓海龜新生

地點	New Jersey	照片
<p>美國新澤西州 Sussex County 道路上，一些簡單的串連兩濕地的箱涵設計，為當地的海龜創造新的生命契機。道路興建後，因為大塊的石頭擋住箱涵的入口以及箱涵出口處與地表有落差，即將瀕臨絕種的海龜無法利用此地的箱涵從「生育」的濕地走到「冬眠」的濕地。美國新澤西州政府運輸部門工程師，計畫搬運此地的石頭，並且填平落差來解決這個問題；他們分割道路邊坡並且用石頭填滿然後用金屬圍起來，有時也利用水泥填平落差，然後沿著道路兩旁的水溝及道路間架設 1 英尺高的欄杆。多虧了箱涵重新設計的工程，海龜及其他動物能夠自在、安全穿梭道路兩旁濕地的之間。</p>		 <p>道路邊坡並且用石頭填滿然後用金屬圍起來</p>  <p>Bog turtle</p>

“注意麋鹿” 降低行車速度的警告標誌

地點

Arizona, SR260

照片

在美國亞利桑那州 260 公路從 Payson 到 Showlow 的路段間是樹叢茂密的山間道路，沿著道路駕駛會注意下列警告標誌“Keep your eyes open and your speed slow”（睜大眼睛，降低速度）、“Watch out for elk as you go”（通過時當心麋鹿）。這讓駕駛者體認到沿著 SR260 公路有非常多的麋鹿數量，並且大大降低不斷上升的野生動物車禍事故發生機率。

美國亞利桑那州政府交通部門在公路旁，每隔 500 呎放置一個 *Burma Shave-style*（像是T霸的牌子）標誌，就像高速公路兩旁的號誌一樣，標誌上的簡短口號是由交通部門及當地的小學生一起設計創作的，這些標語有效降低了此山路段的行駛速度，並且有助於減少麋鹿或其他中大型動物捲入車禍事故中。



Bull elk



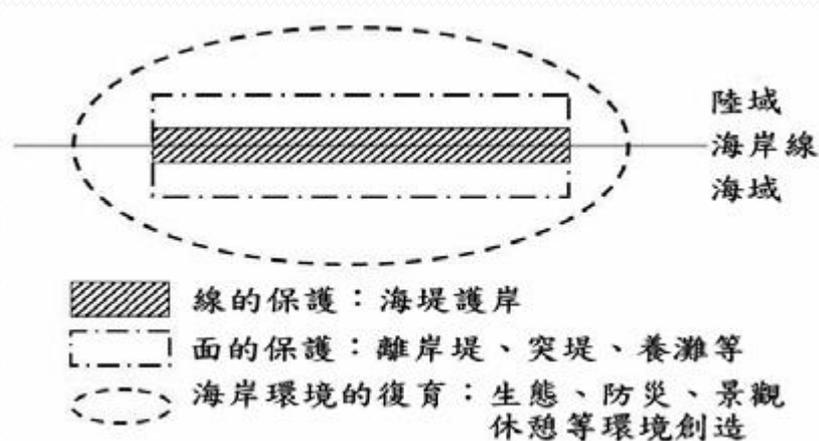
警告標誌

Week 15-16:海岸生態工法

- 海洋防護工法介紹
- 案例介紹(台灣、日本、德國、美國)
- 學生簡報

表 4-2 各種防禦工法優缺點比較

防禦方法	優點	缺點
海堤	施工容易, 防潮防浪	堤前反射, 海灘容易消失
突堤	攔截沿岸漂沙	可能造成下游海灘
		侵蝕
離岸堤	堤後形成沙舌或繫岸沙洲	堤趾容易沖刷, 維護不易
離岸潛堤	無視覺阻礙	阻礙船隻航行
人工岬灣	海灣形成靜態平衡	颱風波浪會造成海岸侵蝕
人工潛礁	1. 不必經常維護 2. 生態效果佳 3. 灘前波能變小, 海岸漂沙隨之減少	經費高 潮差大的地方較不適合
人工養灘	形成自然海灘, 對鄰近海岸影響較少	海灘保護不易



未來的海岸環境保護示意圖

Week 17:生態城鄉規劃與設計

- 永續發展與城鄉生態系
 - ✓ 生態城鄉（市）（**Eco-City**）
 - ✓ 永續城鄉（市）（**Sustainable City**）
- 生態都市評估指標
- 國外城鄉生態發展



生態與人文兼具之都市之肺-紐約Central Park
資料來源：Olin Partnership

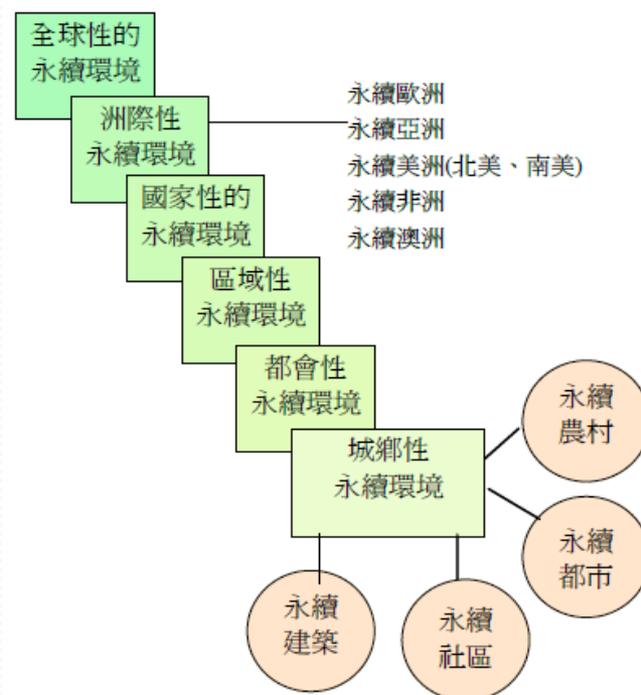


圖 1 永續發展土地利用空間層級圖

參考資料

- 2004生態工法案例編選集.行政院公共工程委員會編印
- 生態工法概論，林鎮洋、邱逸文著
- 行政院公共工程委員會 <http://eem.pcc.gov.tw/natural/index.php>
- 國家公園 <http://www.nps.gov/>
- 中國文化大學,景觀及環境生態規劃設計-大屯溪流域環境規劃設計
- 林鎮洋.美國河川生態工法案例.
- 林鎮洋,生態工法技術參考手冊
- 林裕彬 2005.溪流快速生物評估法之應用與探討.
- 水域生態工程研討會論文集 2005
- <http://www.washingtonflyfishing.com/gallery/showphoto.php?photo=5404>
- <http://wa.water.usgs.gov/realtime/htmls/green.html>
- <http://www.washingtontourist.com/cgi-bin/pictures.cgi?/fishing/images/rainbowlarge.jpg>
- Mitsch, W.J., and S.E. Jorgensen. 2004. Ecological Engineering and Ecosystem Restoration. John Wiley & Sons, Inc
- 圖案僅供上課教學使用