

生態工法與土木工程



林鎮洋

國立台北科技大學土木系特聘教授兼水環境研究中心主任

國立台灣大學環境工程學研究所兼任教授

CONTENTS

- 廿一世紀的土木工程師
- 生態工法沿革
 - 國際（歐美日）
 - 在台灣的崛起
 - 推行現況
- 與生態營建趨勢之結合
- 工程師的蛻變
- 展望與願景



廿一世紀的土木工程師

- 土木工程師的重要性

- 土木工程是「建設」與「發展」的重要基石

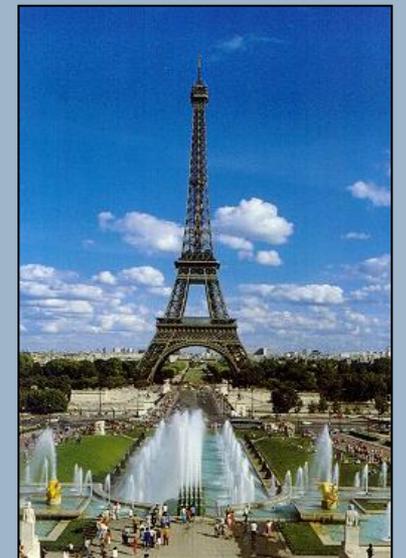
- 夏禹治水
 - 西門豹引漳利農
 - 漢王導運
 - 詹天佑完築京張
 - 十大建設帶動經貿
 - 高鐵興建



廿一世紀的土木工程師

- 土木工程師的重要性

- 土木工程影響民生社會至鉅
- 土木工程與「文明」不可分割
- 偉大的土木工程成就，蘊含社會、文化、經濟甚至藝術價值



廿一世紀的土木工程師

- 新世紀！新挑戰！
 - 全球發展的轉型
 - 對永續發展必要性的認同



新世紀土木工程師應該扮演的角色為何？



廿一世紀的土木工程師

- 自永續發展世界高峰會宣言
 - 廿一世紀是追求永續發展的時代
- 中國土木水利工程學會
 - 土木工程師將秉承傳統使命
 - 創新思維
 - 肩負起具有世紀性挑戰的任務



土木工程師應轉型成為「永續發展工程師」！

廿一世紀的土木工程師

美國土木工程學會（ASCE）2001/08聲明

The Role of the Civil Engineer in Sustainable Development

- 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；
- 專業智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。

廿一世紀的土木工程師

- 過去所追求的目標
 - 工程要能以最少材料發揮最大強度

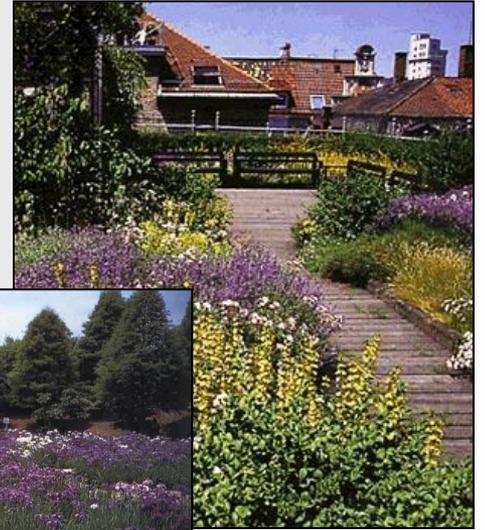
21世紀的目標

工程，應要能以最少的資源，
創造人類世代與自然的最高福祉

But.....

HOW ??

生態工法

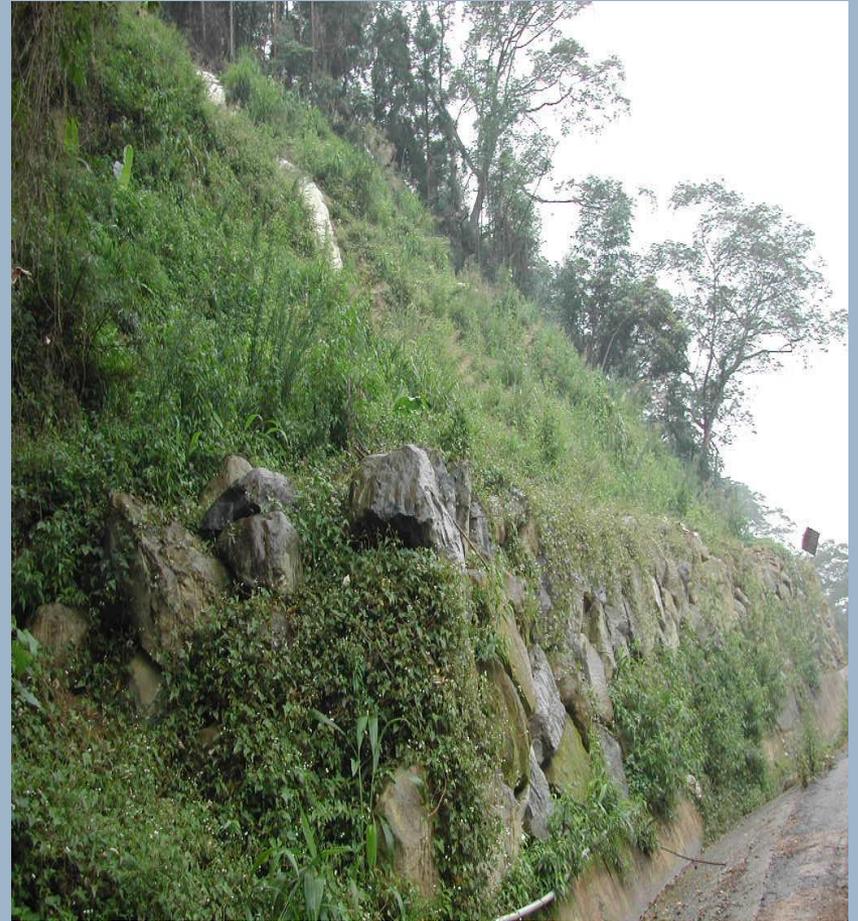


傳統工法與生態工法之比較

(一)山區公路



明隧道將公路之頭痛移到河川
信義鄉公所提供



生態工法防止崩塌道路暢通
陳兵通攝

(二)公路邊坡



水泥噴漿封殺山坡生態

郭清江攝



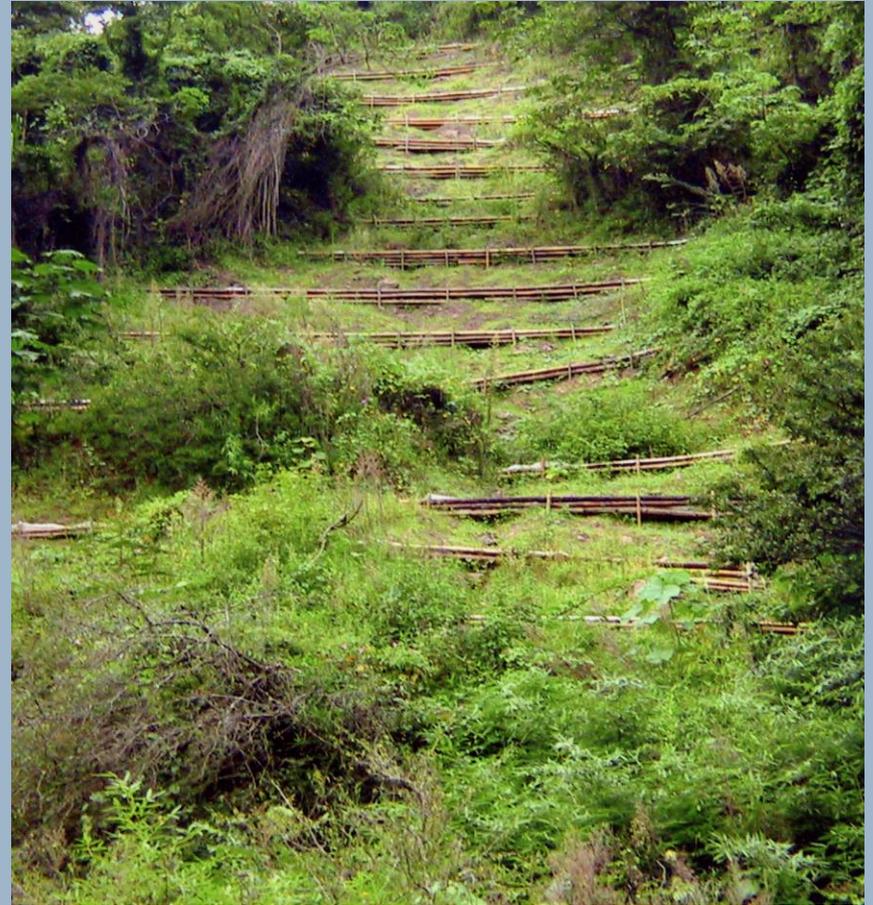
打樁編柵工法維護山坡地生態

郭清江攝

(三) 土石流整治



傳統的攔砂壩不堪大土石流
一擊
郭清江攝

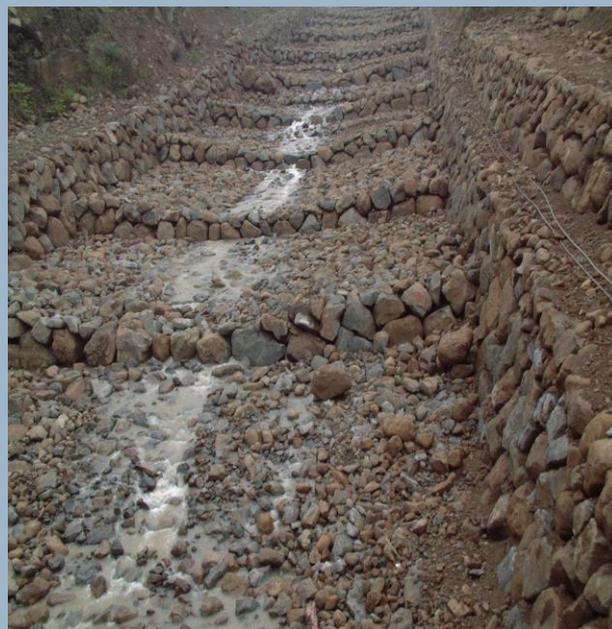


使用自然材料整治源頭防
止土石流
郭清江攝

(四) 河溪整治



光滑坡面不利生物棲息



兩岸植物可消能護岸且提供水生動物棲息場所

創造多孔隙空間供生物棲息 郭清江攝

(五)河床穩定



消波塊妨礙水生物活動

郭清江攝



自然巨石提供消波功能，營造多樣性
河床且美觀

郭清江攝

(六) 河岸護坡—大富里橋上下游



上游整治後了無生機

郭清江攝



下游未整治生意盎然

郭清江攝

(七)河岸護坡



台中市大型束水工程與河爭地
郭清江攝



仁愛鄉曲冰自然蜿蜒河岸
郭清江攝



生態工法與傳統工法整坡效果不同 — 左邊
崩塌持續，右邊非常穩定

郭清江攝

國際生態工法沿革：濫觴

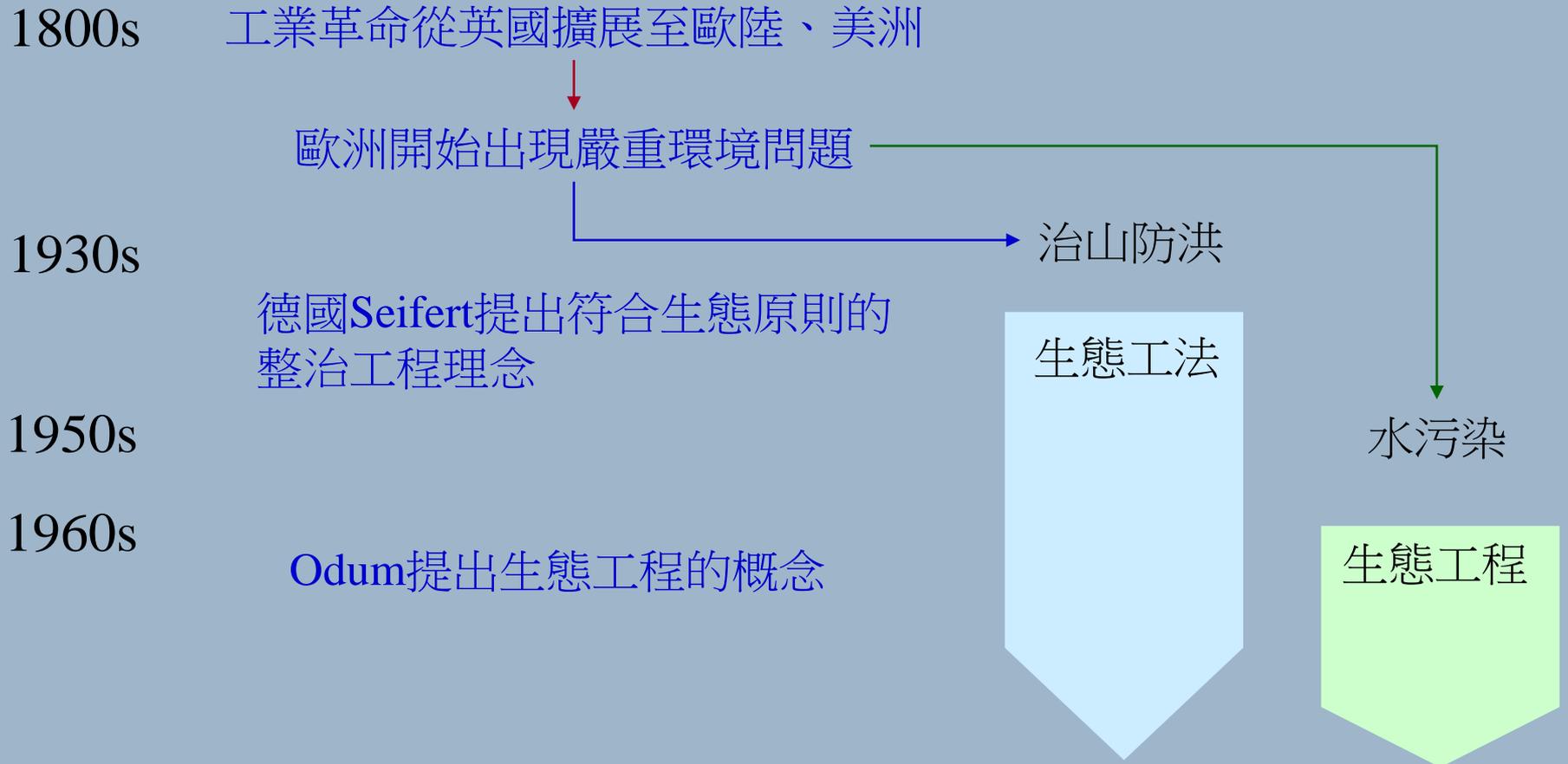
- 生態工法的觀念，最早可追溯至60餘年前
- 20世紀初，歐洲地區
 - 工業革命，社會經濟驟然起飛
 - 物質生活的豐富度提升，但各項需求接踵而至
 - 大量開發自然資源以因應社會發展的步調



- 1938年德國Seifert：提出近自然河溪整治的概念，強調不違反生態原則之治山防洪工程，可謂「生態工法」之濫觴。

國際生態工法沿革：濫觴

- 1950年代起，水環境問題日益複雜，生態工法開始被應用於更多元的領域中



國際生態工法沿革：開始用於水污染防治

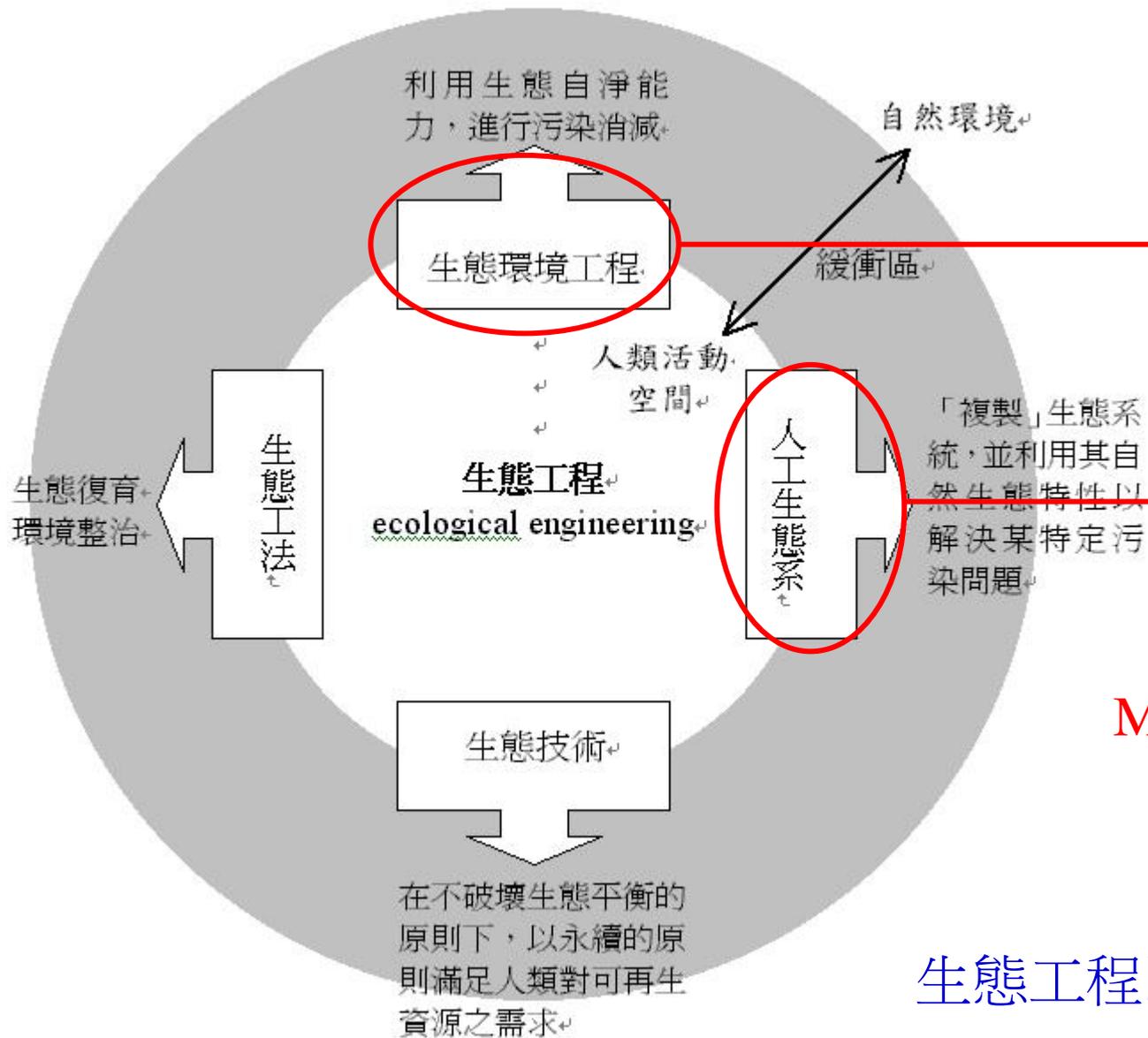
1980s **Ecological Engineering / Eco-technology**引起注意
Uhlamn (1983)，Straškraba (1984、1985)，以及
Straškraba與Gnauck：所謂「ecotechnology」係指基於對生態的深度認知，一種用於進行生態系管理的技術，目的在於將執行相關措施的成本及其對環境造成的損害降至最低

1989 **Mitsch及Jørgensn著Ecological Engineering一書**
彙整具共同特質與原則之工程技術並賦予定義，
「生態工程」的觀念以及適用範籌，首次明確被界定

2000s **國際生態工程學會 (IEES) 成立**
美國生態工程學會 (AEES) 成立

偏重濕地除污、
生態自淨等之研
究與應用

國際生態工法沿革：水質控制成為主流



Mitsch等主導者
的專長領域

生態工程四大應用領域

生態工法國際沿革：水質

回顧Mitsch等人所推動的「生態工程」發展歷程

+

檢視IEES、AEES成立後之研究重點

||

生態工程應用於水質控制成為趨勢

現行國際間熱門研究重點之一

生態工法國際沿革：水量

- 繼Seifert之後，德國Kruedener於1951年另外提出「生物工程（bioengineering）*」
 - 是一種在進行大地或水資源工程時，用於處理不穩定之邊坡或河岸、河床時，所採行之應用生物學知識的工程技術。
 - 與現行台灣所認知的生態工法觀念極為吻合。

* 勿與現今所謂以細胞及基因為尺度的「生物工程（biological engineering）」混淆

生態工法國際沿革：水量

- 1980s ~ 2000s

- 漸漸注重對於生態之影響及野溪景觀與其周圍環境之和諧，考慮到生態之治理概念

- 相似詞：

- 近自然河溪管理 (near natural river and stream management)

- 近自然荒溪治理 (near natural torrent control)

- 德國：河川生態自然工法 (naturnahe)

- 澳洲：綠植被工法

- 日本：近自然工法、近自然工事

- 雖未成為AEES的主流，但在世界各地以溪流復育的形式，自成一格穩定發展

生態工法國際沿革：水量

- 相較於大部分由美國學者所領導的生態工程之水質控制工程，生態工法之水利工程於歐洲地區可發現明顯的歷史與紮實的應用成果。
- 除德國之外，如奧地利亦有相當豐富的經驗與成果。

生態工法國際沿革：水量

- 美國

- 記錄完整之案例

- 科羅拉多河下游復育計畫
 - 伊利諾Des Plaines River 濕地示範計畫
 - 佛羅里達Agrico Swamp開墾計畫

亦能提供
重要經驗值

生態工法國際沿革：水量

- 日本亦成為推動生態工法應用與落實的著名國家
 - 可追溯之1984年時，於所舉辦之「日歐近自然河川工法研究會」中，確立「近自然河川工法」一詞，及其定義與精神
 - 1991年之1997年間，著手進行生態工法之推動，共完成5000事例，總計1185公里長區段之整治與復育
- 所受到來自歐洲的影響，遠超過美國
 - 雖然某部分原因在於天然環境相似度的考量，但亦透露出德國、奧地利等國在此方面深厚之經驗與根基

台灣生態工法

- 台灣河川治理記錄，可追溯至1897年，已有百年歷史
 - 針對重要河川展開全面性之調查
 - 1909年：進行治理工作則在於（民國前2年）
 - 因接連發生大規模之水災
 - 2年內共造成250人死亡
 - 淹沒66,687甲（約64,681公頃）之土地
 - 面對嚴重的生命財產損失，不得不全面展開防洪治理計畫。
- 當時囿於材料及工法的限制，多半採用天然材料
- 以人力、獸力進行河川治理
- 鋼筋水泥等材料的普及，以及重型機具的發達，台灣水利工程正式進入「水泥化時代」。

台灣生態工法

- 過度水泥化時期尚未結束...但是
 - 1980年代起，環境綠美化的時代正式展開
 - 生態工法方面，僅止於學術上之探討，未有進一步落實
 - 基隆市，1992年起至1998年
 - 利用西部地區治山防洪計畫，整治了31個河段
 - 主要仍以河川護岸之安全性為考量，但近末期則陸續於幾個工程中納入親水及綠美化的理念

台灣生態工法

- **1990年代末期：水利生態理念逐漸展開**
 - 最具代表性的生態工法里程碑：特生中心自1998年連續5年所舉辦的「工程人員生態保育研究班」
- **1999年七月：當時之經濟部水資源局**
 - 委託國立台北科技大學，展開為期四年的「集水區親水及生態工法之建立」研究案
 - 第一個系統化生態工法長期研究與推廣計畫

台灣生態工法

- **2000年9月：第六次「國家科技會議」**
 - 永續發展與民生福祉應為公共建設之新方向
 - 綠建築永續發展科技：作成「推動綠色營建科技之發展」結論。
- **2001年：公共工程委員會**
 - 要求國內公共工程必須堅持「人本」、「優質」、「永續」的特質
 - 加入「綠營建」的理念，俾使台灣的工程建設更有人文及永續精神。
 - 「新世紀國家公共建設會議」：二十一世紀應強調建構營建自動化、綠建築、生態工法等公共建設綠色營建技術之體系

台灣生態工法

- **2001年：農委會**

- 針對生態工法應用於水土保持技術，委辦二研究計畫
- 首度直接嘗試將生態工法應用於水利工程外之範疇

- **2001年：推動生態工法積極年**

- 農委會以水利單位之外，包括營建署，以及工程會皆分別在各自的權責範疇中，委託執行相關之生態工法應用研究計畫

台灣生態工法

- **1998~2001/12月**

- 至少20場次研討會
- 民眾對於河溪生態保育與親水之間的認知，已有長足的進步，並嘗試提供意見，參與決策過程

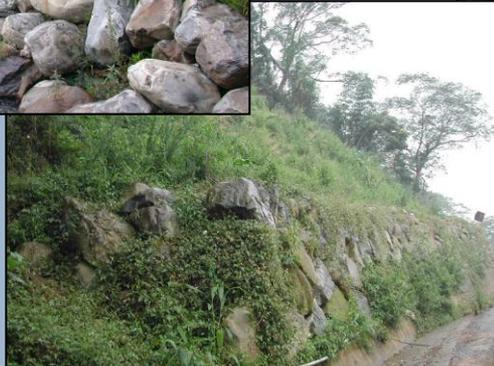
- **2002年3月、5月、8月：工程會**

- 召開「生態工法諮詢小組」會議，針對生態工法之定義，做成數項建議
- 探討推動「生態工法」相關課程之可能性

與生態營建之結合

Green (ecological) Infrastructure

- 我國生態工法與國際間生態工程之著眼點略有不同
- 工程會結合交通、營建、水保與水利等單位，全力推動生態工法，與國際「生態營建」趨勢不謀而合



生態營建具體作為

- 澳洲布里司本制訂生態營建協定（1998），授與州政府與地方政府執行生態營建的權力。
- 加拿大溫哥華East Clayton，以「建立宜居區」的構想，完成「宜居區策略計畫」的建置，以生態營建措施，落實「發展」、「景觀」與「生態」兼具的願景
 - 綠帶的維護與復育，以保護境內諸如公園與集水區等自然資源
 - 建構完善而永續的社區
 - 達到小而美的都會區
 - 增加交通形式的多樣性

生態營建具體作為

- 交通工程融合生態保育的理念與原則

- 德國、美國、日本、荷蘭、奧地利，以及加拿大等都有實例
- 瑞典開始傾向於利用生態營建，俾使道路工程的規劃與施工，對於整體生態系的衝擊降至最低

- 完整的生態營建：生態工法的極致表現

- 將工程類別自水利環保與水保延伸至交通與都會
- 整合能量流（energy flow）、自然化學與營養鹽之循環、水循環，以及生物多樣性等重要元素
- 靈活運用生態復育、生態自淨系統、藍帶與綠帶的保全，和宜居空間規劃等策略
- 真正做到提升居住品質、維護生態環境，與平衡發展與保育

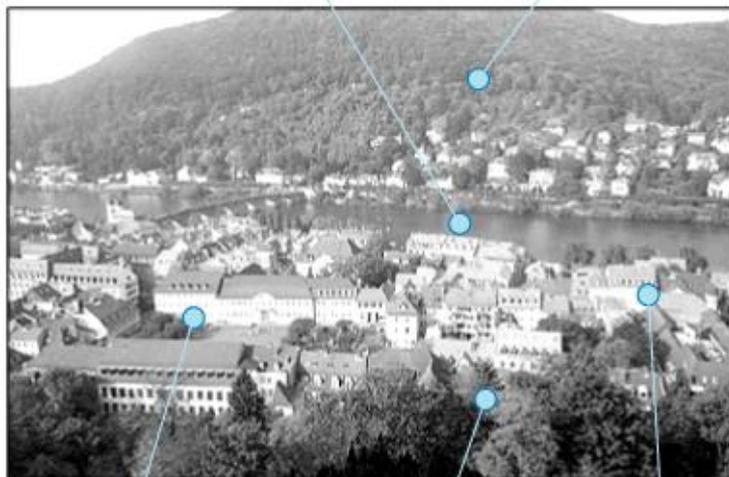
生態工法應用大熔爐：生態村



溪流整治



水土保持



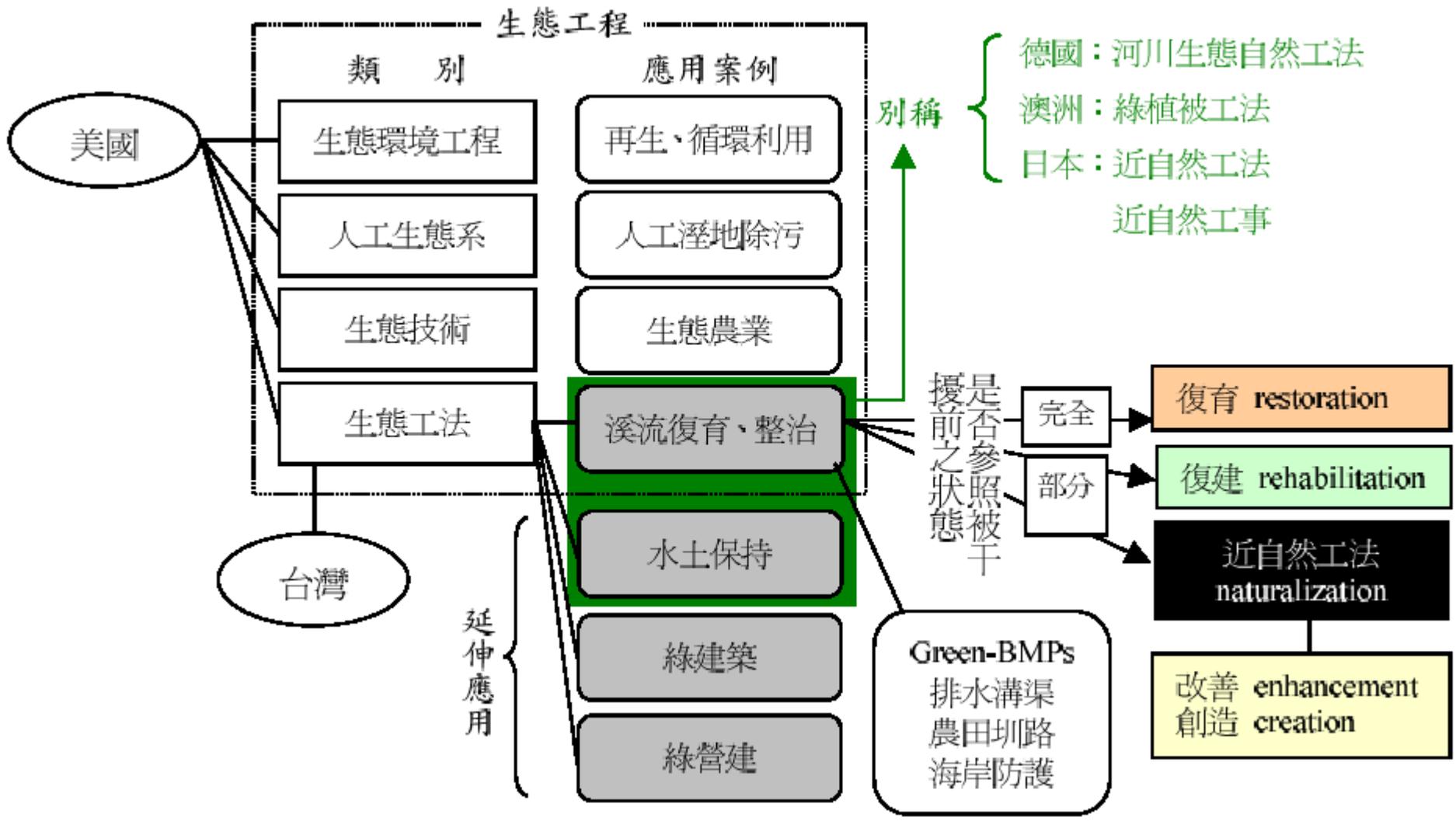
人工濕地



綠營建



綠建築



生態工法之應用彙整

困境與願景

- 法規

- 行政、會計法規限制：現行工程發包驗收之機制，無法滿足生態工法的彈性與不確定性。
- 預算執行壓力，無法詳細逐步進行規劃設計：在面臨預算執行的壓力下，為求時效性，即產生「不重過程，只問結果」的現象。

困境與願景

- 技術

- 環境背景資料不全：國內資料庫正面臨分散、格式不一、數據不全，更新不及，常造成引用上的問難。
- 專業人力不足：目前針對生態工法的研究與應用技術，僅限於少數專業團隊或個人。當施工單位或設計規劃群被要求採行生態工法的情況下，只得依憑有限的資訊，逐步摸索。

施工前



蘭興公園旁
90年5月23日

施工後



建德橋
91年8月30日

困境與願景

- 除罪化機制建立！
- 專業諮商機制！
- 著手法令、政策調整！
 - 政府公共建設計畫先期作業實施要點
 - 政府科技計畫先期作業實施要點
 - 行政院重要社會發展計畫先期作業實施要點
 - 公共工程施工綱要規範
 - 政府公共工程計畫與經費審議作業要點
 - 工程規劃設計酬金之計價方式
 - 工程驗收標準
 - 公共工程規劃設計服務廠商評選作業注意事項

困境與願景

- 不可逆的趨勢
 - 不同技術領域相互截長補短
 - 人類面對大自然的態度越行謙卑
 - 系統化考量
 - 基礎學理的整合
 - 地方性多元化技術的發展

新思維

生態工程

生態友善式的工程或保育方法
落實生物多樣性與永續發展的具體作法

綠美化→生態工(法)程→綠營建→永續工程（節能減碳）

綠色內涵（生態工法／LID／綠色建設，綠建材，綠能）

Sustainability !!

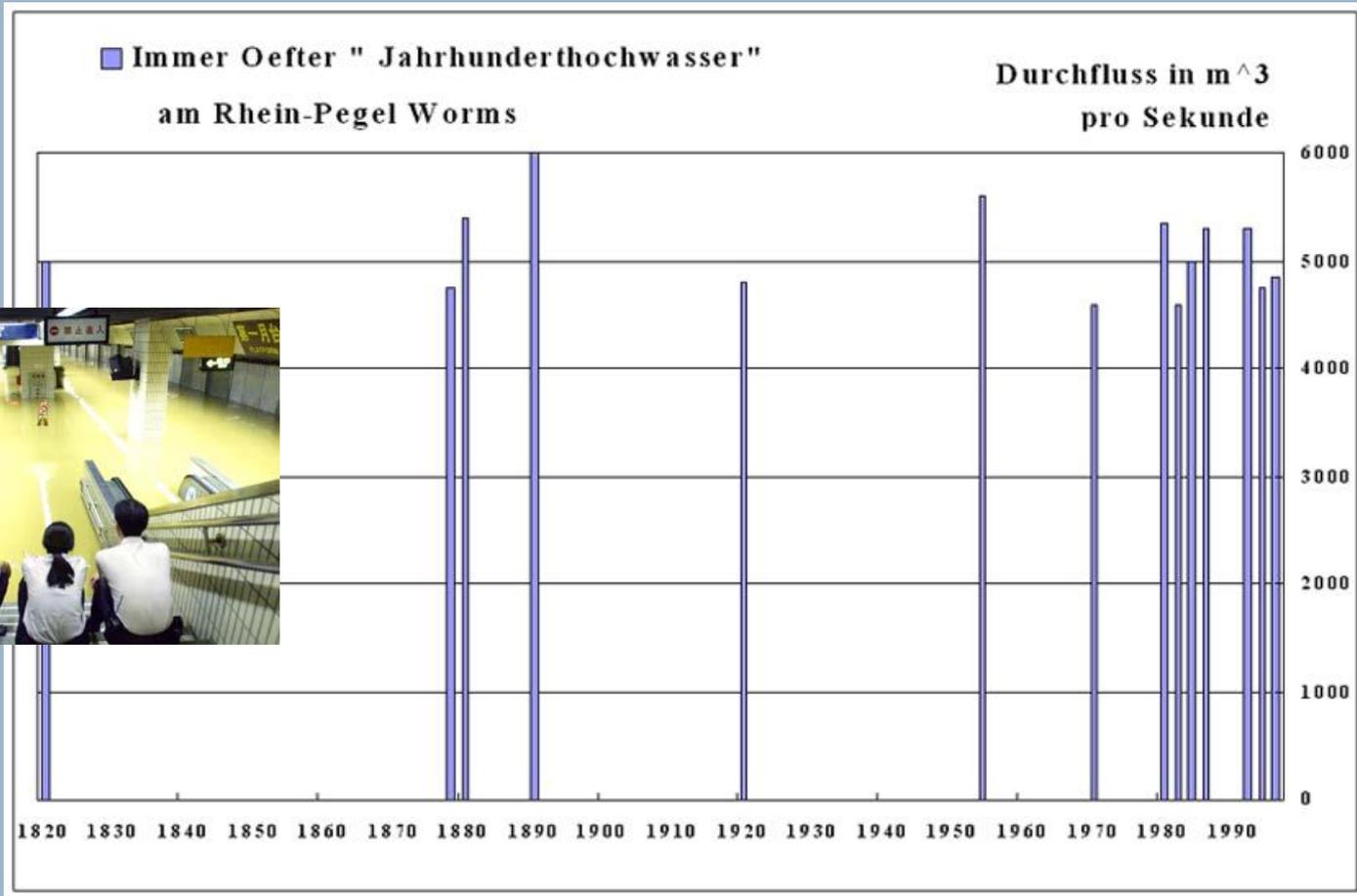
新思維



- 取材國際經驗，調整本土化
腳步

– 效法methodology，而非
copy

- 循序漸進的態度



1986.8 韋恩 1987.10 琳恩 1996.8 賀伯 1998.10 瑞伯 2000.10 象神 2001.7 桃芝
2001.9 納莉

越來越多的洪水？



聯合新聞網 記者程思迪／攝影

naturnahe 生態工法

1

2

3



60年代尼塔河
整治以單調的
形式形成筆直
的人工運河。

1991年起以自
然生態工法進
行河川整治。

整治後接近
自然原貌。

尼塔河河道整治



● 家庭集中雨水利用



● 集水路



● 社區集水洪泛水路

德國人的與水共處的經驗

Step 1



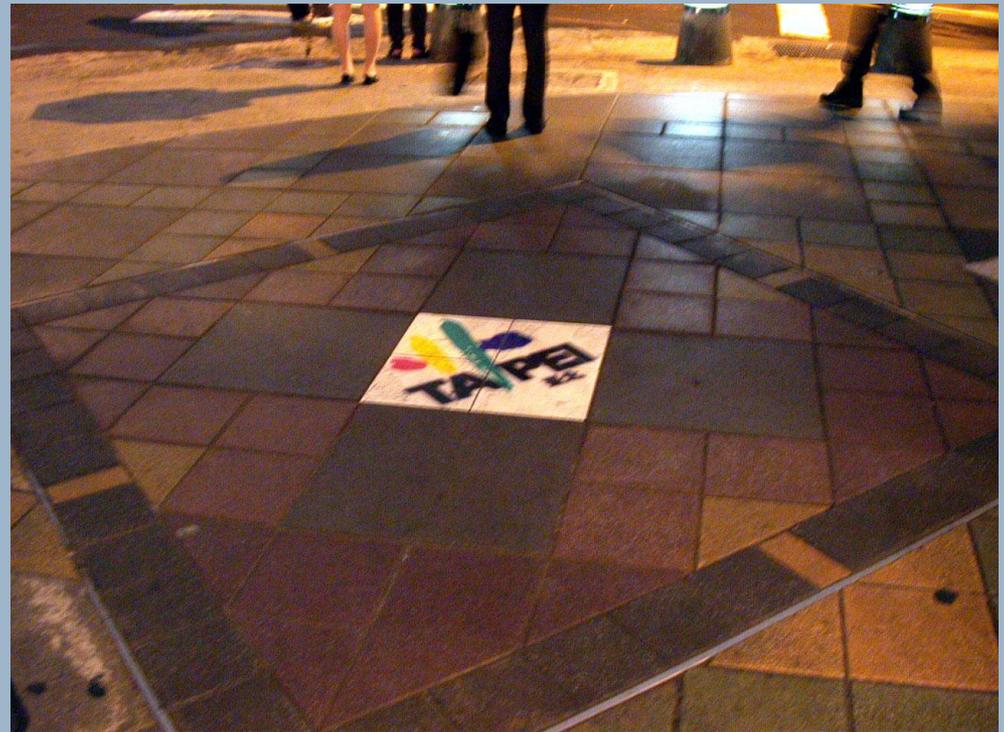
Step 2



Step 3



台北市





德 國

Step 1



Step 3



Step 2





德 國



台北市



李遠哲： 築堤治水 不是好方法



中時電子報 2002 01 17 pm. 03:45

林志成／台北報導

納莉風災重創台灣，台北市政府決定繼續在基隆河水域築堤治水，引發中研院長李遠哲強烈反對。李遠哲表示，過去幾十年做錯事，現在不該繼續錯下去，築堤治水不是好方法。他說除非有人能將天上降下的雨水全部吸進去，經過一個星期後再慢慢釋出來，否則政府應嚴禁基隆河流域的各項開發行為。

李遠哲說，過去下在中央山脈的雨水，要經過一個星期才會流到平地的河川。隨著山坡地被過度開發利用，現在山上下雨後只要一天時間就會全部流到河川裡，時常釀成巨災。他建議政府應該想一個妥善的方法防治水患。

馬英九： 堤防不加高 南港恐淹水



中時電子報 2002 01 17 pm. 03:45

廖瑞宜、林志成／台北報導

台北市工務局養工處辦理基隆河在南港區上游支流大坑溪、四分溪連續堤防加高工程第二標預定十八日發包，台北市長馬英九昨日表示，堤防如不加高，今年南港地區恐再淹水。

馬英九昨日應邀參加經濟部工業局南港軟體園區二期工程上樑典禮時說，象神及納莉颱風來襲時，四分溪、大坑溪沿岸堤防高度不夠，造成當地嚴重淹水，市府重建委員會主委，即前行政院副院長劉兆玄強烈建議堤防非建不可，整治南港水患的重點還是在完成堤防工程。

面對中研院建議市府採取生態工法興築堤防工程，他表示，很擔心該工程延宕，今年夏天若再有颱風來襲，南港恐仍難避免淹水。

Which One Is Better ?





More Concrete, Less Brain ! (2003, Muenchen)

~ The End ~

- Studying
- Thinking
- Practicing

- ANALYZING
- ADJUSTING
- FULFILLING

