

出國報告（出國類別：考察）

德國生態工程及綠建築考察報告



服務機關：行政院公共工程委員會
姓名職稱：陳副主委柏森 黃技士雅娟
派赴國家：德國
出國期間：95/09/7~95/09/16
報告日期：95.12.15

摘要

鑑於德國為發展生態工程理念及實務工程之先進國家，結合學術研究與實務應用，不遺餘力對工程界貢獻，特別是在生態復育及河川溪流、濕地生態工程、綠建築方面，非常值得我們瞭解、學習。

本次參訪行程係由工程會陳柏森副主任委員率同黃雅娟技士赴德國考察，行程排訂於95年9月7日至16日共計10天。主要觀摩德國柏林的綠建築及拜訪位於科布林茲的聯邦水利所，並參觀附近莫色爾河（Mosel）及萊茵河（Rhein）河溪生態工程的案例及生態棲地保育復育情形，就德國之生態建築、流域水資源管理及河川生態復育工法等專業領域進行觀摩，以為國內生態工程推動之參考。

德國於工業革命後，面對都市發展所面臨之過度開發與綠色空間減少問題進行省思，首先引入環境品質管理之觀念，也同時將綠地與空間計畫納入法定計畫中。早期德國都市之發展因規模小，且工業革命前都市周邊農村綠地資源豐富，故綠地計畫並非特別重視，工業革命後重新檢視都市計畫中綠地需求，德國是首先將自然保育、農地、綠化、緩衝保育、田園農村景觀維護，以及河川整治納入整合性空間計畫之國家。

柏林市的發展引入了花園城市的理念，城鄉發展特別注重生態結構系統之完整性，以生物、綠地、河川、水系等指標作為標準，創造都市綠帶的串連，不僅提供視覺緩衝抑制城市擴張之機能，也提供了居民休閒遊憩的場所。這些城市中大大小小的綠地資源扮演建構城市生態結構的重要聯繫角色，藉由區域性綠地、都市性綠地與帶狀綠地資源。

德國河川治理理念，即使在人口密集的城市裡，也看不到高聳的堤防，甚至有些都會區已不見堤防的蹤跡，並不是德國人不重視安全，而是他們強調以綠帶、滯洪空間及簡單的水制工營造親水環境。反觀國內，目前仍有許多工程人員認為大型河川應以「安全」為首要考量，認為不宜使用生態工程來規劃設計或施作；然而，世界上的許多古文明都是伴隨大河流域而發展，現今許多著名的城市也是傍著大河聞名，希望藉由德國河川治理的經驗與理念，重新思考國內的治水方式。

目次

摘要	I
目次	II
圖目錄	III
表目錄	VI
壹、 考察目的	1
貳、 考察過程	4
一、行程簡介	4
二、柏林市區建築觀摩	4
三、與德國建築師對談	8
四、德國聯邦水利所及生態工程參訪	11
參、 案例介紹	15
一、柏林愛樂	15
二、北歐五國聯合大使館及 CDU 黨總部	17
三、聯邦國會大廈	18
四、Freie University 文學圖書館	21
五、德國聯邦水利所簡介	24
六、德國河川治理理念	25
肆、 結論與建議	28
附錄：攜回相關資料	

圖目錄

圖 1-1	參訪位置圖 -----	3
圖 2-1	柏林市立醫院內多層次之綠化-----	5
圖 2-2	攀爬植物豐富牆面表情也大幅降低都市熱島效應-----	5
圖 2-3	集合住宅之中庭提供居民休憩空間-----	5
圖 2-4	鬧區內的小巷經綠化提供另一景觀效果-----	5
圖 2-5	德國傳統啤酒廠房改成博物館及劇院使用-----	6
圖 2-6	利用歷史建築作畫畫廊及教室使用-----	6
圖 2-7	建築物內部為開放民眾參觀之糖果麵包工廠-----	6
圖 2-8	猶太紀念博物館 -----	7
圖 2-9	猶太紀念博物館右側 -----	7
圖 2-10	猶太紀念碑 -----	7
圖 2-11	猶太紀念碑由不同高度的混凝土柱組合而成-----	7
圖 2-12	歡迎餐會 -----	8
圖 2-13	陳副主委與謝志偉大使合影 -----	8
圖 2-14	陳副主委與 Marina 建築師合影 -----	8
圖 2-15	與會人員合影 -----	8
圖 2-16	於藝術學院貴賓室之會談 -----	9
圖 2-17	陳副主委與 Dr.Hans 就建築之觀念進行交流 -----	9
圖 2-18	象徵柏林統一之布蘭登堡大門-----	9
圖 2-19	布蘭登堡上方之馬車 -----	9
圖 2-20	柏林大教堂 -----	10
圖 2-21	猶太會館 -----	10
圖 2-22	凱薩威廉大教堂 -----	10
圖 2-23	陳副主委與 Dr.Wetzel、Prof.Hofius 及彭雙俊組長合影 -----	11
圖 2-24	聯邦水利所前合影 -----	11

圖 2-25	聯邦水利所建築	11
圖 2-26	所長與陳副主委聽取簡報內容	12
圖 2-27	簡報內容	12
圖 2-28	實驗室設備介紹	13
圖 2-29	水質分析儀器	13
圖 2-30	萊茵河氾濫高度水位標記	13
圖 2-31	土層上方的植生狀況	14
圖 2-32	土壤性質試驗機	14
圖 2-33	萊茵河邊以綠地滯洪空間取代堤防	14
圖 2-34	利用沙洲提供生物棲地環境	14
圖 3-1	柏林愛樂多角化的建築	15
圖 3-2	柏林愛樂後側	15
圖 3-3	外觀大量體如有機般生長	15
圖 3-4	柏林愛樂廳內部	16
圖 3-5	北歐五國協大使館	17
圖 3-6	可調節式結構	17
圖 3-7	CDU 總部外觀 (一)	18
圖 3-8	CDU 總部外觀 (二)	18
圖 3-9	德國聯邦國會大廈	18
圖 3-10	建築物上方透明圓頂使得骨會大廈成為柏林的新地標	19
圖 3-11	民眾可透過玻璃看見下方議員開會情形	19
圖 3-12	貼滿鏡子的圓錐體將室外光線反射到室內	20
圖 3-13	透明採光大幅減少人工光源及用電量	20
圖 3-14	地窖恆溫儲水示意圖	21
圖 3-15	建築物外型	21
圖 3-16	圖書館入口	21

圖 3-17	薄膜結構之鋼架 -----	22
圖 3-18	雙層薄膜結構之外層結構 -----	22
圖 3-19	圖書館入口處 -----	22
圖 3-20	學生使用狀況 -----	22
圖 3-21	圖書館內部配置 -----	23
圖 3-22	夏天空調示意圖 -----	23
圖 3-23	冬天空調示意圖 -----	23
圖 3-24	採用高架施作減少對環境衝擊 -----	25
圖 3-25	萊茵河河谷區 -----	25
圖 3-26	萊茵河及莫色爾河交會點 -----	26
圖 3-27	都會區也不見堤防的蹤跡 -----	26
圖 3-28	總理府旁的親水空間 -----	26
圖 3-29	柏林車站對岸的廠房 -----	26
圖 3-30	河的人工綠洲提供生態復育功能 -----	27
圖 3-31	雖然航運頻繁但河中的沙洲並不剷除 -----	27

表目錄

表 2-1	參訪行程表 -----	4
表 2-2	簡報議程及實驗室參觀時程表-----	12

壹、考察目的

一、國內生態工程推動背景

臺灣位於歐亞板塊交接處，為西太平洋上的一個海島，雨量及溫度分佈變化大，在如此特殊之地理環境，孕育出豐富的原生物種多達 36,000 種，形成全球罕見的臺灣亞熱帶生態奇蹟，其中更有 33% 屬於臺灣特有種。

過去 40 年來，我國推動各項公共工程、發展經濟的成果雖有目共睹，然而為了經濟發展，著重於土地開發，而忽略了生態環境的保護，過去長期以來，國內公共建設之推動的方式是「重安全、輕生態」，導致島內豐富的自然生態環境頻遭破壞。工程建設長期只重功能及安全的偏差，導致到處都是水泥化的建設，形成一種違背自然的文化，以如此人定勝天的觀念，對大地進行豪取掠奪，將造成大自然的反撲。

九二一大地震後，有感於自然的力量實非人力所能抗衡，隨著觀念與價值觀的轉變及氣候變遷所造成的嚴酷考驗，我們發現工程已經有改革的必要了，為了扭轉此一作法上的偏差，重建區內的崩塌地整治，大規模應用生態工程從源頭整治集水區崩塌地，因成效良好，陸續推廣應用至河溪整治、道路工程等。

永續建築亦為生態工程內重要推廣範疇，城鄉及建築景觀是人、自然與社會互動所呈現之面貌，隨者時間演進而有不同的空間變化，早期因應經濟發展所衍生出的城鄉發展，造成既有環境脈絡紋理的脆弱化，在近幾年受到城市規劃思潮及全球環境變遷的影響下，也企圖將建築營造成一種具多樣性、有活力、能源高效利用與健康可居的舒適環境。

本會自 91 年推動生態工程以來，期間面臨各種不同的挑戰，也獲致初步的成果與肯定，為扭轉國內之工程觀念及因應世界永續發展之潮流，在經過幾年理念的宣導後，國人已有生態工程永續發展的觀念，後續將從政策面、技術層次的建立系統性架構，同時持續參考國外之推動經驗，與國內產、官、學、研進行交流，已達成整體性之推動成果。

二、生態工程發展經過

「生態學」是 1869 年德國生態學家哈克爾（Haeckel）首先提出的理論，為銜接生物界與非生物界之間的重要論點，甚至強調以工程措施改善天然災害，包括河溪整治。

最早提出河溪生態治理與減少洪害的人，是 19 世紀中葉荷蘭的水利工程師里耶克（Johannis De Rijke），他最早以堆積多孔隙塊石作為邊坡護岸，用石頭與木材相疊作為固床工，強調不僅能治水，亦能改善水域生態，讓生物得到棲息空間。

到了 1930 年代，里耶克的理論逐漸受到歐美的重視，瑞士的景觀學者阿曼接著(Gustav Amman)提出人類所建造之工程應向大自然開放，並將河溪整治與景觀結合，進而影響德、法等國「擬自然」工法的開啟。

1938 年，德國西弗特 (Seifert) 將河溪治理與區域規劃結合，河溪整治由區域改善，轉變為由集水區上游、中游到下游一併規劃的整體系統。自此，有許多生態學的理論發表，1960 年美國人奧登 (Odum) 提出生態工程一詞，並倡導溼地有助於河溪的自淨作用，這是生態工程步上國際舞台的肇端。

二次世界大戰後，美國以現代主義為主要概念，以大挖大填之方式進行大範圍開發，忽略生態與環境之保育。1970 年代以後，行為科學及環境保護意識抬頭，開始重新思考文化價值與環境共存之觀念，逐漸將生態觀念融入開發建設中。

生態工程發展至今仍為一新興起的學門，這是一個根源於生態學及系統生態學的應用工程科學，目前國際上較有名的學會有 1992 年成立之國際生態工程學會(International Ecological Engineering Society, IEES) 及 2001 年成立之美國生態工程學會 (America Ecological Engineering Society, AEES)。目的在於為發展整合人類社會發展與自然環境之永續生態系統，透過加強教育及社區延伸服務達到增進自然環境整體利益，擴展專業性及組織性、促使政府正視生態工程議題及鼓勵原創性研究。

三、綠建築發展經過

綠建築之發展背景主要來自對地球環境危機與二十世紀鼓勵消費之價值觀的省思。永續建築發展至今，其所關注之議題包括資源之有效利用、省能及二氧化碳削減、污染最小化、社會機能之提升與系統化手法的活用等。

歐美日等各國推行綠建築已有多年歷史，以美國為例，美國的綠建築評估系統 LEED (Leadership in Energy & Environmental Design 領先能源與環境設計)，為民間部門自發建立的計畫，目前已廣被營建業者用來作為評估綠建築的準則。該系統分為基地遴選、原物料及資源、能源及大氣層、室內環境品質、用水效率及創新設計等六大項目，用來評估建築性能，並針對不同用途、類別、性質、新建及既有建築物，分別訂定不同的準則及規範指南等。經由公正客觀團體，以評點方式評審綠建築性能，給予各種等級之綠建築認證，獲得認證的建築物更具魅力，給居住者信心及願景，因為他們在健康的地方工作生活。

四、參訪目的

鑑於德國為發展生態工程理念及實務工程之先進國家，結合學術研究與實務應用，不遺餘力對工程界深具貢獻，特別是在生態復育及河川溪流、濕地生態工程、綠建築方面，非常值得我們瞭解、學習。本次參訪行程選定觀摩德國柏林的綠建築及拜訪位於科布林茲的聯邦水利所，並參觀附近莫色爾河 (Mosel) 及萊茵

河 (Rhein) 河溪生態工程的案例及生態棲地保育復育情形，作為國內生態工程推動之參考。



圖 1-1 參訪位置圖

貳、考察過程

本次參訪行程係由工程會陳柏森副主任委員率同黃雅娟技士赴德國考察，行程排訂於95年9月7日至16日共計10天。主要針對德國之綠建築、流域水資源管理及河川生態復育工法等專業領域進行觀摩。

一、行程簡介

日期	行程	工作紀要
95年9月7~8日	台北→法蘭克福→柏林泰格爾機場。	去程
95年9月9日	1. 柏林市區參訪 2. 餐敘	了解柏林都市規劃及城市建築特色
95年9月10日	1. 參訪有機建築—柏林愛樂 2. 北歐五國聯合大使館	參訪有機建築及綠建築
95年9月11日	1. 參觀國會大廈 2. 會議 3. 參觀 Freie 大學圖書館	參觀生態建築及綠建築
95年9月12日	柏林→科布林茲	搭乘德國高速鐵路ICE前往科布林茲
95年9月13日	拜訪德國聯邦水利所	了解聯邦水利所之組織及功能，同時建立國際交流平台
95年9月14日	參訪德國河溪生態工程實際案例	現地勘察德國莫色耳河及萊茵河治理之作法及原則
95年9月15~16日	法蘭克福→台北	回程

表 2-1 參訪行程表

二、柏林市區建築觀摩

(一) 都市發展理念

德國於工業革命後，對都市發展所面臨之過度開發與綠色空間減少問題省思，首先引入環境品質管理之觀念，也同時將綠地與空間計畫納入法定計

畫中。早期德國都市之發展因規模小，且工業革命前都市周邊農村綠地資源豐富，故綠地計畫並非特別重視，工業革命後重新檢視都市計畫中綠地需求，德國是首先將自然保育、農地、綠化、緩衝保育、田園農村景觀維護，以及河川整治納入整合性空間計畫之國家。

柏林市的發展引入了花園城市的理念，城鄉發展特別注重生態結構系統之完整性，以生物、綠地、河川、水系等指標作為標準，創造都市綠帶的串連，不僅提供視覺緩衝抑制城市擴張之機能，也提供了居民休閒遊憩的場所。這些城市中大大小小的綠地資源扮演建構城市生態結構的重要聯繫角色，藉由區域性綠地、都市性綠地與帶狀綠地資源。

東西德統一後，柏林的建設也包含公共建設空間綠地的整建、政府機構之整合與重建、歷史建築再利用及商業建築之發展等。



圖 2-1 柏林市立醫院內多層次之綠化



圖 2-2 攀爬植物豐富牆面表情，也大幅降低都市熱島效應



圖 2-3 集合住宅之中庭提供居民休憩空間



圖 2-4 鬧區內的小巷，經綠化提供另一景觀效果

(二) 歷史建築再利用

歷史建築的保存與再利用被視為可以凸顯地方特色，提升城市競爭力及強化城市文化意象的方法，也是地方文化治理的一環。歷史空間的活化與再利用在世界各國早已形成一股風潮，柏林市內的哈克奇廣場（Machescher Markt）是以歷史建築再利用著名，柏林居民正是古蹟與歷史建築物是今日社會再發展結構中的一環，以「再利用」開發的經濟效益觀念，成為歷史建築再生的契機。區域內藉由大大小小的綠地資源建構出綠色網絡，將舊有建築活化再利用，目前作為許多小藝術家展覽店面或供露天咖啡廳使用。



圖 2-5 德國傳統啤酒廠房改成博物館及劇院使用



圖 2-6 利用歷史建築作畫畫廊及教室使用



圖 2-7 建築物內部為開放民眾參觀之糖果麵包工廠，外側為露天咖啡廳

(三) 猶太紀念博物館

德國於二次世界大戰期間，對猶太民族的迫害，於戰後表現出高度的反省，在柏林市內到處可見猶太人民的紀念館，其中較大型的有猶太紀念博物館及猶太紀念碑 2 處，這是與其它歐洲城市較不同之處。

其中，由知名建築師丹尼爾·利伯斯基設計，於 2001 年完成的猶太紀念博物館，是以猶太人兩千年來的歷史文物與生活紀錄為主要展覽。這座博物館是由緊臨的舊館和新館所組成，但新館本身無入口，需由舊館進入，保留了新、舊建築物在表面的矛盾與自主，同時又在深層上結合在一起的關係，

兩者間的交流刻劃出柏林和猶太人之間共同負擔。由於新館本身沒有對外入口，遊客得經由舊館下到地下層，再走一小段廊道才能抵達，遊客需以敬畏及不舒服的感覺去體會當初猶太民族所受到的不公平對待，外牆刻意營造的刻痕，象徵歷史無法磨滅的傷口。此館如迷宮般壓縮、狹閉的空間設計，還有切割狀、陰暗的照明完全是館方刻意安排的，主要目的是透過空間使訪客感受到猶太人在德國充滿艱難與挑戰的歷史感。



圖 2-8 猶太紀念博物館—左側為舊館， 圖 2-9 猶太紀念博物館右側右側為新館

紀念碑佔地兩個足球場大小，距離柏林的兩個地標性建築之布蘭登堡門和國會大廈只有幾步距離，為了紀念希特勒納粹統治下被屠殺的 6 百多萬猶太人，離希特勒在二次世界大戰中的地下指揮所也只有咫尺之遙。紀念碑廣場看起來像一個巨大的墓地，但是，場地內 711 根混凝土碑上並沒有雕刻任何名字。混凝土碑向各種奇怪的角度傾斜，從凹凸不平的斜坡上升起，有些柱子甚至高達五米。廣場設計者美國建築師艾森曼引導人們討論思索，他希望參觀者感受到迷失、孤獨和無助，就像當年猶太人被送達納粹集中營時所面之情境。



圖 2-10 猶太紀念碑廣場



圖 2-11 猶太紀念碑由不同高度的混凝土柱組合而成

(四) 歡迎餐會

本次參訪行程於出發前即密切與駐德代表處聯繫，請其代為安排相關參訪行程並陪同參訪。9月9日上午進行市區導覽時，於柏林圍牆旁巧遇經建會組成之參訪團，到柏林觀摩城鄉之都市規劃，駐德代表處謝志偉大使於晚上舉辦歡迎餐會，邀請本會、經建會參訪團、BDA 建築師事務所之 Marina Stankovic 建築師等人參加，會中對柏林參訪之心得交換意見，本會亦於席間特別表達感謝之意。



圖 2.12 歡迎餐會



圖 2-13 陳副主委與謝志偉大使合影



圖 2-14 陳副主委與 Marina 建築師合影

三、與德國建築師對談

在經過 3 天柏林主要建築的參訪後，為進一步了解德國於戰後的建築重建過程及都市發展之過程，特別於 9 月 11 日下午安排本會陳柏森副主委與德國前都市建築管理部門首長 Dr.Hans、BDA 建築師事務所 Marina Stankovic 建築師及 PRO STADT 建築師事務所 Dr. Rainer Emenlauer 進行對談，另駐德代表處林青楠秘書及翻譯林政緯先生亦共同與會。



圖 2.15 與會人員合影



圖 2-16 於藝術學院貴賓室之會談



圖 2-17 陳副主委與 Dr.Hans 就建築之觀念進行交流

會議地點特別選擇位於布蘭登堡門附近的藝術學院，布蘭登堡門是柏林的象徵，是以古希臘雅典衛城的前門為藍本，原來的構想是作為象徵和平的拱門，完成於 1791 年。原本只是個不起眼的城門，因位於東西柏林邊界而馳名國際，門邊周圍突出的牆，即是當時分隔東西柏林的圍牆，如今它是東西柏林統一的象徵。藝術學院則藏身於附近的大樓當中，本棟建築是 Marina Stankovic 建築師設計的作品。



圖 2-18 象徵柏林統一之布蘭登堡大門



圖 2-19 布蘭登堡上方之馬車，車頭指向為東柏林

經由本次會議可了解德國於二次大戰及東西德合併後重建的理念，Dr.Hans 多次表示，柏林是個相當獨特的城市，曾歷經多次變革，有許多具有悠久歷史的建築於戰火中遭到損毀，對於古蹟的修復各方皆抱持不同的意見，有些人主張要照原來的外觀復原，有些人則希望拆掉重建。

當時身為都市建築部門的首長，Dr.Hans 覺得柏林應該向前邁進，不應永遠停留在原來的狀態，古蹟固然要修復，但絕不是用原來的材料去回復到與原來的一模一樣的外觀；他認為應該融入當代的潮流及元素，所以在他任內廣邀世界各地有名的建築師前來競圖，並經由都市審議委員會評選出合適的作品，例如，聯邦國會大廈、凱撒威廉紀念教堂、猶太會館、柏林大教堂等，柏林也因此成為世界建築大師作品彙集的城市。會中陳副主委亦就文化、歷史及都市發展之理念進行經驗交流。



圖 2-20 柏林大教堂



圖 2-21 猶太會館



圖 2.22 凱薩威廉大教堂-雖遭戰火但依然殘留頂棚溼壁畫，右邊像口紅之建築即為新教堂。

另東西德統一後，除兩邊貧富不均等社會問題需要解決外，柏林境內的建築也面臨重新檢討規劃的挑戰，例如一個城市內有兩套市政廳、車站、國家音樂廳、動物園...等等，皆需重新整合規劃。在統一後的幾年內，柏林再度恢復首都的地位，市內正大興土木建設與重整，許多老舊的外觀不斷汰舊換新，融合新舊建築物，充滿積極新生的活力，也訴說著時代的建築文化。

四、德國聯邦水利所參訪行程

(一) 拜會聯邦水利所

本會於9月13日上午正式拜會德國聯邦水利所，並由國科會駐波昂之彭雙俊組長陪同前往，Dr.Wetzel 所長對於本會之到訪特別表示歡迎，第一天安排介紹聯邦水利所之主要任務與相關研究成果，期間亦安排實驗室參觀導覽，以了解所內對於河川管理及復育之實務運作過程。



圖 2-23 陳副主委與 Dr.Wetzel 、Prof.Hofius 及彭雙俊組長（自左二起順序）於科布林茲合影



圖 2-24 聯邦水利所前合影



圖 2-25 聯邦水利所建築

(二) 簡報議程及實驗室參觀

時間	內容	主講人
10:00~10:15	歡迎本會的蒞臨及聯邦水利所的相關介紹	Wetzel 所長
10:15~11:00	簡報 1. 萊茵河的洪水預測操作及運用 2. 全球研究交換中心關於國際水文資料蒐集及交換之服務	M 部門—定量水文學 M2 處(負責水平衡及預測方法)—Ms S. Rademacher M2 處—Ms K. Overmann
11:00~11:30	簡報 定性水文學一般介紹	G 部門—定性水文學 部門主管—Dr. P. Heininger
11:30~12:00	G 部門實驗室參觀	Dr. M. Keller
12:00~14:00	午餐	
14:00~16:30	簡報 1. 大型河川的水質模型 2. 規畫作業的數值模擬方法 3. 聯邦水道的魚群分佈與魚道設計	U 部門—生態學 U2 處(負責生態的交互影響)—Dr H. Fischer Dr S. Kofalk U4 處(負責動物及生態)— Mr C.Von Landwust
16:30~17:00	1. U2 處實驗室參觀 2. U2 處實驗室參觀	Dr. A. Becker Mr. v. Landwust and Mr. Wieland

表 2-2 簡報議程及實驗室參觀時程表



圖 2-26 所長與陳副主委聽取簡報內容



圖 2-27 簡報內容

(三) 實驗室參觀

在參觀定性水文學之 G 部門及生態學之 U 部門之研究室後，我們非常訝異德國聯邦水利所對於研究室井然有序之管理，每一步驟都是依照標準作業流程進行。



圖 2-28 實驗室設備介紹



圖 2-29 水質分析儀器

(四) 生態工程案例現勘

1. 萊茵河中觀測站參觀



圖 2-30 萊茵河氾濫高度水位標記

這是德國聯邦水利所位於萊茵河中沙洲內的一個觀測站，主要測量水文之相關資料，數據提供作為水文預測判讀之重要依據。右圖建築物牆上之標尺紀錄著萊茵河歷年來氾濫高度。下圖四處草皮特別茂盛處，下方皆對應著 1 米直徑寬的藍色鋼桶，鋼桶內裝著特定性質的土壤，主要測量土壤受氣候(例如雨量或溼度)、植生狀況影響之相關性質。為避免土層受到擾動，維持與現地狀況相同之條件，土樣取樣時即以鋼桶盛裝，鋼桶下方亦設置避震器，儘量減低擾動或其它外在因素影響。



圖 2-31 土層上方的植生狀況



圖 2-32 土壤性質試驗機

2. 萊茵河邊之整治與沙洲復育

德國在萊茵河的治理主要強調尊重自然，儘量保留河岸邊綠地作為滯洪空間，並保留河中的沙洲，提供生物作為棲地，據觀測調查結果，小小一塊沙洲就足以形成一個生態系，對於營造生物多樣性幫助極大。



圖 2-33 萊茵河邊以綠地滯洪空間取代堤防



圖 2-34 利用沙洲提供生物棲地環境

參、案例介紹

一、柏林愛樂(Berlin Philharmonie)



圖 3-1 柏林愛樂多角化的建築

柏林愛樂音樂廳 (Berlin Philharmonie) 位於昔日的西柏林市，地點非常靠近已拆除的柏林圍牆，是德國建築師夏隆 (Hans Scharoun) 最著名的作品，於 1956 年競圖中獲選，隨即規劃興建，音樂廳至 1963 年竣工啟用，日後亦成為有機建築之重要代表。

有機建築的名詞是從生物學領域借用過來的，強調建築與環境的整體合諧，並與出生、成長及死亡等自然過程聯繫在一起。有機建築是以一切事務回到本質來思考，並以自然性格來詮釋建築的特徵，思考人在天地間的位置。



圖 3-2 柏林愛樂後側



圖 3-3 外觀大量體如有機般生長

有機建築認為每一種生物所具有的特殊外貌，是它能夠生存於世的內在因素決定的。同樣地每個建築的形式、它的構成，以及與之有關的各種問題的解決，都要依據各自的內在因素來思考，力求合情合理。每一個建築都應該根據各自特有的客觀條件，形成一個理念，把這個理念由內到外，貫穿于

建築的每一個局部，使每一個局部都互相關聯，成為整體不可分割的組成部分。

這種思想的核心是“道法自然”，就是要求依照大自然所啟示的道理行事，而不是模倣自然。主張建築應與大自然和諧，就像從大自然裏生長出來似的；並力圖把室內空間向外伸展，把大自然景色引進室內。相反，城市裏的建築，則採取對外遮罩的手法，以阻隔喧囂雜亂的外部環境，力圖在內部創造生動愉快的環境。

夏隆試圖創造出新的紋理脈絡，並帶動這個地區的重新發展，以教堂為整個規畫的中心軸線，並創造出廣場空間串連公園綠地。對於演奏作重新的詮釋，打破表演者與聽眾之間的界線，他以觀眾圍繞表演者的概念，作向心性的安排，表達了原始的表演型態圍圈圈的方式，增進表演者與觀眾的參與度與親密性。

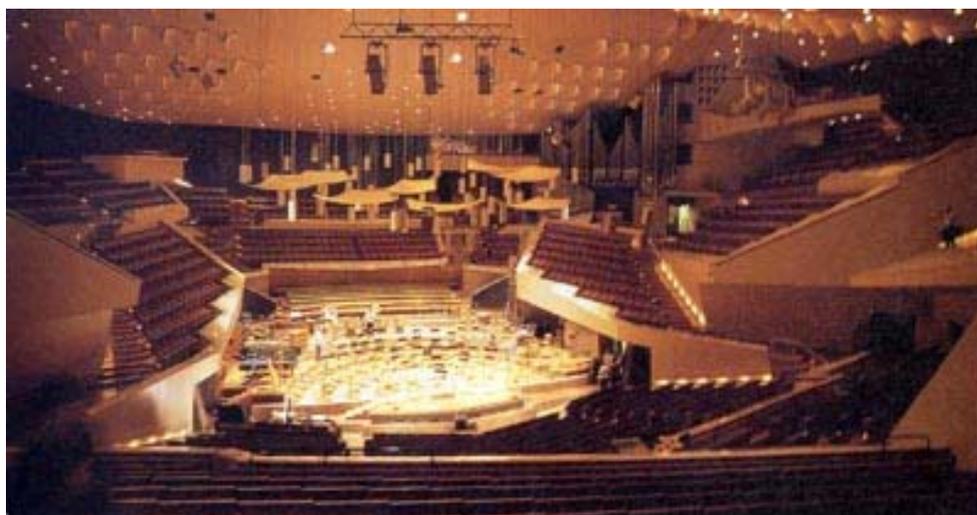


圖 3-4 柏林愛樂廳內部(圖片來自建築向前走一書)

平面規畫的概念並沒有一個清楚的軸線，而是多面形體，四周為挑空的緩衝空間，避免聽眾、表演者、行政人員的動線不會互相干擾。大量體如有機般生長，外部亦有突出的形體表演台如山谷的最深處，觀眾平台則以疊砌出挑的方式圍繞，雖然為 2200 席次的表演堂，但卻他創造出極佳的音響效果，同時拉近了彼此的親密度；為避免聲音的餘響過長與反射，在整形體上作了適度的回應而非只是量體的玩弄。整個設計不只技術層次的配合，同時有許的藝術作品巧妙地安排於各個空間，如鑲嵌玻璃，陽光透過不同顏色的玻璃彷彿是豐富的音符跳躍其中，在此夏隆重重新定義了人、音樂、空間的相互關係。柏林愛樂音樂廳亦遵循“有機建築”概念，即建築物應當與自然環

境緊密結合，平面規劃不再方正分割，而是隨基地條件而伸展，如同生物般地有機成長，呈現流動的空間感。

夏隆希望音樂廳以音樂為中心，希望表演者與觀賞者之間沒有阻隔，希望人、音樂與空間可共融成一個整體，使音樂廳成為共同創作的所在，因此觀眾席是以舞臺為中心向四週放射而成。

二、北歐五國協大使館及 CDU 黨總部

(一) 北歐五國協大使館

北歐五國協大使館，亦為柏林境內著名之生態建築，因未事先安排無法入內參觀，但由外牆可調節式圍幕，可順應太陽光高度，調節外牆角度，利用戶外光線減少室內照明，在夏天時亦可節省冷氣用量。



圖 3-5 北歐五國協大使館



圖 3-6 可調節式結構

(二) 德國基督民主黨總部

德國基督民主黨（CDU）為德國目前的執政黨，總部大樓位於柏林市，CDU 全國管理委員會選擇城市中央並以 Tiergarten 三角作為它的新黨總部造型，船型外圍的透明玻璃帷幕，與使用樓層間有些挑空空間，可隔絕日照，大大減少空調的耗用量，亦有助於減少人工電源的依賴。



圖 3-7 CDU 總部外觀（一）



圖 3-8 CDU 總部外觀（二）

三、聯邦國會大廈（Reichstag）

（一）歷史背景

建造於 1842 年，為第 2 帝國和第 1 次世界大戰後的威瑪共和國舉行會議的場所，主體建築在 1895 年完成。遭遇過大火及世界大戰的摧毀，歷經多次的重建整修才呈現現在的樣貌，至 1991 年新生德國之後成為統一德國的會議場所，基於歷史建築再利用，經由公開競圖，英國建築師諾曼佛斯特（Lord Norman Foster）以象徵德國開放與民主之玻璃圓屋頂，被評為最佳方案。屋頂採用透明半圓形圓頂，融合新舊風格之建築，包括自然照明、空氣自然循環、生質柴油馬達熱電機的建置，讓德國國會大廈慢慢蛻變，成為德國生態建築的重要象徵。



圖 3-9 德國聯邦國會大廈

(二) 屋頂結構

德國國會大廈每年吸引 350 萬人遠來參觀，來自於國會大廈的玻璃圓頂。玻璃圓頂內的圓錐形柱子，從圓頂上方，一直往下延伸到國會會議廳。

透明建築屋頂的結構是以兩座螺旋狀的混凝土步道構成。一條步道是往上走的方向，另一條往下。可以一條線地走到圓頂的最頂端，並眺望柏林市。走在圓頂的步道往室內的方向看，透過鏡子外牆的中心柱可看到國會的會議廳。或站在圓頂的最上端往下俯瞰，透過玻璃可看到國會正在開會的情形。這個設計概念不只為了取得自然照明，另一個重要的象徵意義是，人民可以從上方的採光平台，往下看到會議廳的情形。這意味透明化的民主政治，也代表民眾至上的意思。就如門外牆上的德文字所寫 Dem Deutschen Volke，意為「給德國人民」，可理解國會大廈是德國民主政治的表徵。



圖 3-10 建築物上方透明圓頂使得國會大廈成為柏林的新地標



圖 3-11 民眾可透過玻璃，看見下方議員開會情形

(三) 生態建築配置及省能措施

高科技的能源系統和其它設備皆緊密地配合週遭環境特質設計，建築物之風格、機能性和生態系統取得合諧之平衡。國會大廈的能源系統概念，是自己產電，自己產熱，而且使用最低環境衝擊的能源。

1. 採光照明系統

四周貼滿鏡子的圓錐體，會把室外明亮的光線反射到室內，成為國會會議廳的照明來源，減少人工光源的依賴並大幅降低電量的使用。半圓形屋頂上方敞開的設計，允許室內熱氣及廢氣自然上升並達到外氣交換之目的。

德國國會大廈南面的屋頂裝置了 300 平方米的光電板，整套再生能源及多樣的建築節能設計，讓國會大廈自給自足的能源高達 80%，這項成果也宣告著德國能源政策的基本精神。



圖 3-12 貼滿鏡子的圓錐體將室外光線反射到室內

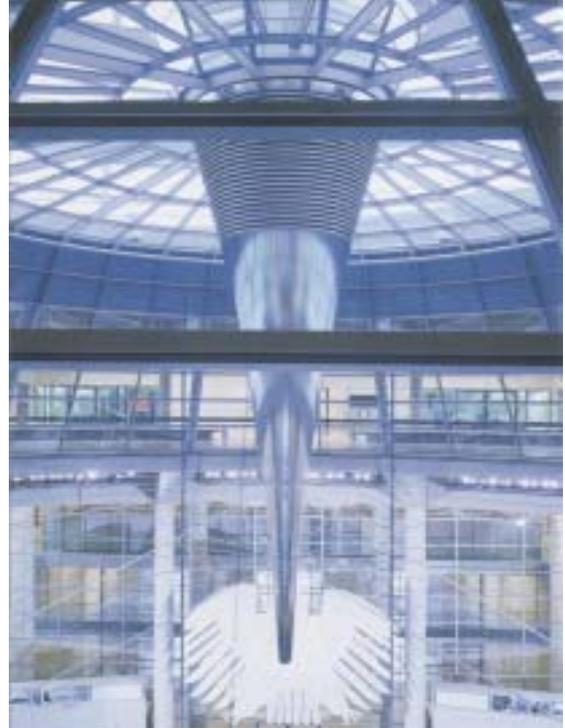


圖 3-13 透明採光大幅減少人工光源及用電量

2. 空調設備

1998 年完成的馬達熱電廠系統 (MHKW)，使用油菜花籽製造的生質柴油做為燃料，這個供電系統每年可以產生約 80% 的電力需求及建築物內 90% 的暖氣需求。另一不同的特色，運用地窖恆溫儲存功能，減低傳統用電量的空調設備，例如將夏天常溫攝氏 20 度左右的溫水，以及生質柴油發電機廢熱產生的熱水，儲存在地下 300 公尺的溫水層，留到寒冬抽出來當熱水或暖房使用。而寒冬低溫的冰水，則儲存在地下 60 公尺的地下水層，到了夏天再抽出來冷房。

德國冬天氣溫平均 1.5 到 12 度，夏天也只有 18 到 20 度，建築消耗的能源，可高達 50%，因此建築節能非常重要，特別是建築的絕緣保溫設計，以及設置低耗能的冷暖空調系統。進一步節省能源的方法，運用「冷熱交換器」維持水的冰涼或熱度，然後依季節需求，將水輸送到預先埋設的大型導管，經由地板網狀輸送系統，達到空氣濾淨及調節溫度與溼度之功能。

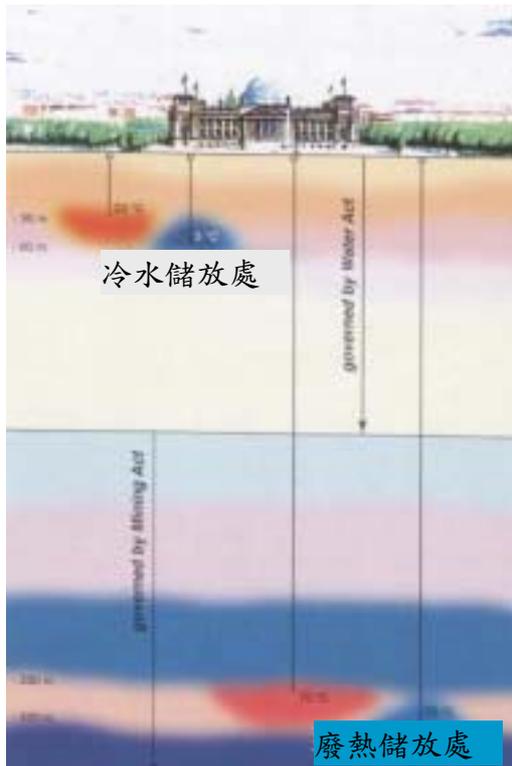


圖 3-14 地窖恆溫儲水示意圖

透過結合發電機之廢熱及地下蓄水層之使用，國會大廈的暖氣系統遠較於一般建築物的設備更有效率，搭配其它省能科技，大幅降低有害物質的產生，例如每年二氧化碳的排放量低於 1000 噸，遠低於傳統建築每年 7000 噸的排放量。

四、Freie University 文學圖書館

(一) 背景說明

Freier 大學圖書館為英國建築師諾曼佛斯特 (Lord Norman Foster) 於 2005 年完成之作品。這座圖書館再設計實並不是一棟單獨的建築，校方希望建築師能夠把校園舊人文館的整修一併納入設計。本棟建築物最近亦獲得 2006 年柏林優良建築獎，而本會這次參訪德國拜訪的建築師 Marina 擔任本次評審委員。



圖 3-15 建築物外型



圖 3-16 圖書館入口

(二) 建築外觀

這座新的圖書館實際上不易察覺主要的入口，只有從空照圖上才能看見建築全貌。從上往下看，它看起來像一個持續在膨脹的大氣球，好像隨時可輕易的推擠到周圍的建築物；從地面上看，如果你沿著狹小的空間接近，可給人像飛碟降落於校園的想像空間，其他如水滴、雞蛋或原形屋頂。

建築物的外觀也讓人引發生動的遐想，雖然第一眼的印象建築物並不完全對稱，但它仍具有軸向對稱。不對稱也同時運用在內層外牆及建築物的結構上，這各外殼被覆蓋銀與鋁混合的薄膜圍幕，玻璃材質的帷幕約佔 3 成，每一個單元設置的位置均較前一長條狀向前延伸。因為建築物並不對稱，包覆的外牆只有兩片彼此是相同的。



圖 3-17 薄膜結構之鋼架



圖 3-18 雙層薄膜結構之外層結構

獨立式的鋼架結構系統也是對稱的，黃色的鋼管沿著穹頂周邊而變化。這個拱型的建築是藉由風洞試驗的輔助而建立，每一個桿件都是相當牢靠的，屋頂內外層桿件及距離皆較側邊大。

(三) 建築內部



圖 3-19 圖書館入口處



圖 3-20 學生使用狀況

圖書館建築平面是以人類大腦圖形構築，象徵圖書館為腦力激盪之空間，整個建築物內部為一個單一巨大的房間，幾乎都是圓形或曲線，內部除了多用途的升降梯外，幾乎沒有稜角或稜邊，當參觀者進入黃色鋼構架包覆的建築物內部，三層波浪狀獨立的樓板以陽台退縮的方式呈現，這些樓板的外牆沿者帷幕外牆的形狀而變，整個空間的使用幾乎到屋頂。



圖 3-21 圖書館內部配置

空間內是相當明亮的，雙層薄膜的透明預鑄構件，大量的自然光源可進到內部，包括陽台、地板及書桌。當晴天陽光很大時，內層薄膜可見光與影的交互作用；相反的，在陰天時，微弱的光線全部可進到而內部。薄膜外牆分成四個獨立的部分，每各單元都完整環繞整個建築物，某些特定的單元可以完全打開或關閉。

(四) 空調系統

雙層薄膜外牆同時也有其它功能，它同時提供建築物的自然通風並調節溫度，減少能源的耗損，這也是建築物為何採用雙層薄膜帷幕的主要原因。例如在夏天時，在陰影的那邊的側面會打開，冷空氣會沿著建築物內部流動，在太陽曬到的那一面外層薄膜側邊的通風口則關閉，以使熱空氣上升然後從屋頂排出，內層薄膜的通風口則全部打開，讓使用過的空氣可流通到天花板。

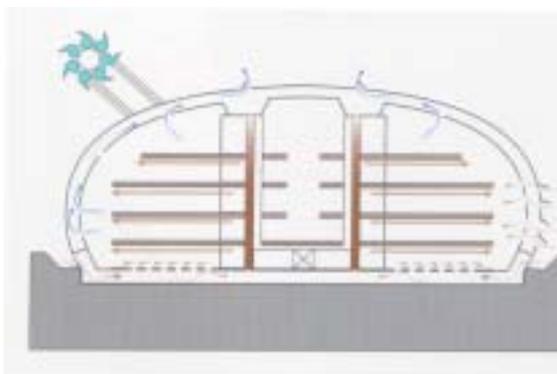


圖 3-22 夏天空調示意圖

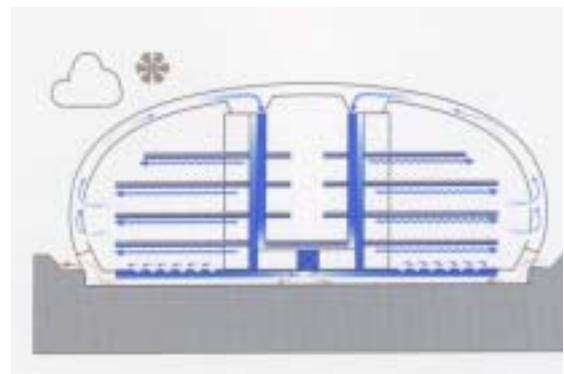


圖 3-23 冬天空調示意圖

在拱型結構的底部，有一圈鋁質外牆沿著建築物環繞一周，在夏天的晚上，冷空氣先進到兩層地下室內，再流到天花板。這樣的運作機制，只有在夏天無風炎熱的時候，才需要啟動空調系統。在冬天時，只要室外的溫度降到低於攝氏 8 度，薄膜通風口則會馬上關閉；當天氣非常冷時，雙層樓板設有自動加熱功能，讓熱空氣上升，當熱空氣到達屋頂時，會在往下回到樓層內。透過天然的調節系統及在生熱空氣的使用，只需要極少的能源調節室內溫度。

五、德國聯邦水利所簡介（The Federal Institute of Hydrology）

本次行程重點之一為拜訪德國聯邦水利所，Volhard Wetzel 所長曾於 93 年應生態工程國際研討會來台演講，因此建立國際交流管道。我們排訂 9 月 13、14 日兩天至科布林茲拜訪，並請其代為安排 2 天兩生態工程相關之參訪。以下為有關德國聯邦水利所之介紹。

（一）歷史沿革

德國聯邦水利所根源於一百多年前德國的 Baden、Bavaria、Prussia 及 Wuerttemberg 等四個邦共同組成的水資源委員會。在 1880 年到 1890 年間的水災後，這些邦聯聯合起來開始研究河道及流量等議題。在研究河川整治及水路計畫之後，這些專家因他們的專業管理及承接諮詢的技巧而受到尊敬。直到 1941 年，中央政府將水利發電業務整併進來成立德國聯邦水利所，當時負責的範圍包含所有德國領土。

在前蘇維埃佔領的區域，東德 1945 年於東柏林成立航運、水利及土壤科學之專責研究機構，這個科學機構原先隸屬水資源管理局，後歸至環境保護及水資源管理部。西德則在 1948 年於 Bielefeld 成立水利研究所，次年更名為聯邦水利所並隸屬於交通部，1952 年將總部遷至科布林茲。

東西德於 1990 年統一後，位於柏林及科布林茲的兩個機構共同合作，投入他們科技及特殊領域的知識；於 2002 年結束在柏林的辦公室，將所有業務統一整併至科布林茲。

（二）主要任務

聯邦水利所是屬於聯邦科學機構，主要在做關於水路航道、水資源管理、生態及水質保護之研究、評估及諮詢，除了有利於河道的航行，河道研究對於整個經濟及生態尤其重要，獨特的景觀環境與自然、文化、經濟等週遭情況交互影響。他們的研究成果提供給聯邦水力運輸部作為平衡航運發展、維護之衝擊與永續發展之參考。

另一核心任務是聯邦環境部的河川水質的監測計畫，這是關於大型河

川之運輸污染源、洪水、生態結構的研究。所以聯邦水利所的任務是扮演聯邦部門及聯邦水利運輸部在水文的定性、定量及生態領域之基礎研究諮詢。因為它在科學及科技上的訓練，在德國聯邦層級是獨一無二的，它的經費來自其它聯邦機構。這種各學科之間及各領域的結合，有效整合了水力及潮汐的作用。

為增進各機構在水文及生態方面定性及定量之研究，不管是科學是新的發現、法規規定或是生態需求，使的它必須保持在各領域有最新的發展。因此聯邦水利所的任務不只要觀察這些領域發展的趨勢，同時最重要的是具備其它科學領域最新科技的特殊應用，及最新知識、觀念的宣傳。

六、德國河川治理理念

在德國即使是人口密集的城市裡，也看不到高聳的堤防，甚至有些都會區已不見堤防的蹤跡，並不是德國人不重視安全，而是他們強調以綠帶、滯洪空間及簡單的水制工營造親水環境。反觀國內，目前仍有許多工程人員認為大型河川應以「安全」為首要考量，認為不宜使用生態工程來規劃設計或施作；然而，世界上的許多古文明都是伴隨大河流域而發展，現今許多著名的城市也是傍著大河聞名，以下即是德國河川治理的經驗與理念，希望藉由這樣的觀念重新思考國內的治水方式。

(一) 配合現地環境狀況合理規劃設計

德國許多治水案例中，強調善用當地的地形、地貌條件，搭配簡單的水制工，有效引導水流，避免直接衝擊邊坡或護岸，另外水制工的尺寸也未必和保護能力成正比，只要設計得當，置於適當位置及角度，便具有挑流效果，以最小的工程發揮極大效用。因此，僅需一部分的構造物，便能達到河岸再生及洪氾平原保安的功效。



圖 3-24 採用高架施作減少對環境衝擊 圖 3-25 萊茵河河谷區

（二）以綠帶取代堤防

德國許多河岸邊多發展出大都市，但在都會區內許多河段都已經不見堤防的蹤影。河道邊不僅有住宅區、廠房，更有許多道路沿河構築，此種情況若出現在國內，必定以重重堤防加以保護。然而，大多數的河段卻不見堤防的蹤跡，防洪措施僅有綿密的綠帶、滯洪池及簡單的水制工。因此，治水需要系統化的考量，從上游的水源涵養、中下游適當的導水、緩衝，以及綠帶的屏障等，都能有效減少堤防的施作。



圖 3-26 萊茵河及莫色爾河交會點



圖 3-27 都會區也不見堤防的蹤跡

（三）營造親水環境

臺灣近年來積極推動的親水空間，不但提供民眾更優質的遊憩空間，也讓臺灣有限的水資源得以保存。然而，在缺乏整體考量與規劃下，導致親水空間有超限利用為公園或過多遊憩設施的傾向。即許多工程計畫在未經妥善評估的情況下，便將親水空間的營造列入工程目標之一，致使許多無人跡或環境敏感度極高的區域，設有使用率低落或破壞景觀及生態的親水遊憩設施。



圖 3-28 總理府旁的親水空間



圖 3-29 柏林車站對岸的廠房

德國的河岸即使緊鄰交通動線或都會區，也未必會廣設親水設施，更別說中上游郊區之水路沿岸地區，他們尊重大自然的隱私權，儘量將空間留給自然，避面過多的人為干擾。因此，我們應該重新學習尊重大自然的需求，儘量留下綠地作為滯洪空間。

(四) 棲地補償概念

隨著人類的開發技術的成長與社會發展所帶來的需求，河川流域中許多區塊難免遭到無情的掠奪，因此諸多生態重要特質也伴隨著消失。德國許多單位、決策者及學者專家共同努力，希望善用現有的技術，儘量償還大自然過去的損失。

最先的作法是個案棲地的回復，亦即在許多過去曾遭受破壞的地區，進行嚴謹的調查與分析，並使其恢復原有的風貌。例如溼地補償的概念，及減少因道路的闢設造成棲地零碎化的影響，這樣的作為從經濟的角度評估或許無法產生鞏動的效益，但是，自然補償的行為所帶動的，卻是無法估算的社會道德良知，以及對生態倫理的實踐，少一點功利的考量，多一點對環境的尊重，則是任何一個已經高度發展的國家社會應有的具體表現。



圖 3-30 河中的人工綠洲提供生態復育功能



圖 3-31 雖然航運頻繁，但河中的沙洲並不剷除

肆、結論與心得

德國是早先發展永續建築的國家，已有 30 年的歷史，強調要以整合性的觀念及方法來思考，不只是討論到節省能源，還要考慮廢棄物及污水的處理，如何善用水，可以省多少水，用了多少建築材料，是否使用健康建材、再生建材等等，建築成一個很慎重的大事。這些低耗能、對環境友善的概念整合在一起，造就了德國建築現今的樣貌。

本次德國柏林的建築參訪後，可發現德國之生態建築與臺灣推行之綠建築並不完全相同，因為生態建築必須同步做好物理導流原理、能源科技、建材科技、建築規劃、營建方法及當地生態條件等繁雜要件之間之「整合」，既要符合屋主設定的使用用途，室內環境必須適宜人居，又不能污染、傷害大自然環境，是深具哲理與與生命力之結合，可為我國推動建築的重要參考。

而在河川治理方面，不同於傳統工程，是採用僅可能接近河川自然流況，減少人為因素干擾及生態復育為原則，這樣的計畫需有長期資料調查與總合評鑑為基礎。在河岸空間裡，即便是交通動線可及且鄰近都會區，也不會像國內這樣廣設河濱公園或親水設施，更別說沿著水路設置道路，他們將空間留下來以自然綠帶作為滯洪空間。因此，重新學習尊重大自然的需求，並教育社會大眾應有的遊憩價值觀，是國內河川環境營造工作中，應該省思檢討的地方。

河川生態工程是項複雜系統性整合之工作，除水利及土木工程外，也涉及生態保育、環境復育、防災等各個不同領域，德國已有整合相關基礎研究及應用實驗之機構，可將河川治理之目標建立在長期的基礎上，並逐步實施相關監測計畫。國內也已有水域環境評估之相關技術，但在基礎研究上尚嫌不足，德國聯邦水利所整合河川相關作業研究之方式值得我們效法。

任何工程只是一種工法或技術，不論是綠建築或生態工程均係人造之物 (man made object)，應用技術建造人們居住、停留或活動之場所，因此，應回歸到人的活動與環境關係來思考工程價值，並且據以研發我們願意採取之技術與方法。因此，無論綠建築或生態工程，我們將秉持繼續學習與發展之精神，以求取更多進步。

本次參訪特別感謝德國駐德代表處謝志偉大使、經濟組邱一徹組長、林青楠秘書、楊禮騰秘書及黃中兆秘書，協助訪德期間行程之安排、接待、解說及資料的提供等，方能深入了解柏林建築的發展及重建過程；而科布林茲聯邦水利所的拜會行程，也要感謝國科會波昂辦事處彭雙俊組長的幫忙，始得以順利完成此行程。