

出國報告（出國類別：參加研討會）

赴越南參加「2024年第七屆土木工程  
與建築國際會議（ICCEA2024）」

服務機關：環境部環境管理署 土壤及地下水污染整治基金管理會

姓名職稱：楊宜寧 環境技術師

林雅惠 管理師

派赴國家/地區：越南/峴港

出國期間：民國 113 年 12 月 7 日至 12 月 10 日

報告日期：民國 114 年 3 月 8 日

## 摘要

環境管理署土壤及地下水污染整治基金管理會於113年12月7日至12月10日派員前往越南峴港市，參加「2024年第七屆土木工程與建築國際會議 (2024 7<sup>th</sup> International Conference on Civil Engineering And Architecture, ICCEA2004)」。本次會議探討土木及建築最新技術與研究發展趨勢，並特別關注如何將環境永續理念融入建築設計、施工及營運管理，以減少對環境的衝擊。此外，會議亦涵蓋綠色建築、低碳材料、及循環材料利用等議題。本次參與有助於了解越南及其他東南亞國家發展趨勢，提升環境保護與工程建設的整合發展。

研討會中，科學研究與實務案例並陳，展示如何透過材料選擇與應用促進資源循環，特別是在工程材料領域，提升資源利用效率。例如，越南雖擁有豐富的自然資源，但在發展過程中已開始朝向「零廢棄」目標邁進，推動燃煤發電廠副產物的加值利用，應用於建築與土木工程材料，降低廢棄物產生並提升材料價值。

此外，建築材料的選擇與技術發展亦是本次會議的關注焦點，部份專題發表係關注研發高科技建材，以降低建築物碳足跡。為達成全球2050年溫室氣體淨零排放（Net Zero Emission）目標。與會專家針對開發中國家如何發展「近零耗能建築」（Near Zero Energy Buildings, nZEB）提出研究成果，包括提升建築能效、發展智慧能源管理技術及推動可再生能源整合等策略，以推動發展國家在經濟發展與環境永續之間取得平衡。

本團除參與會議，亦針對峴港市的环境污染議題進行蒐集了解。峴港市曾於越戰期間因戴奧辛污染導致嚴重的土壤與健康危害，雖已完成土壤整治，仍有部分民眾深受影響。資料顯示，美國與越南政府至今仍在推動合作計畫，以持續處理歷史污染問題，進一步降低環境與人體風險。此外，峴港市近年來面臨廢水未經處理排放、垃圾棄置等污染挑戰，導致河道、排水系統及漁港水質惡化。為改善環境品質，當地政府已推動多項整治計畫，其中托光漁港的水質與環境已逐步改善。本團成員實地勘查後發現，該區已無早期垃圾堆置狀況，顯示相關措施已有初步成效，未來仍需持續監測與管理，以確保長期改善成果。

透過本次實地參與研討會，本署對越南當地發展及環境保護議題有更深入的了解，並將有助於後續合作推動。本署與越南簽訂「臺越土壤及地下水保護技術暨科學合作協定」，此次與會使本署能更具體掌握合作方向，進一步提升合作成效。此外，本研討會匯聚來自東南亞多國的專家，分享最新的研究成果及實務經驗，專精的研究成果，透過本次學習與交流，將有助於本署深化與東南亞國家的國際合作，共同推動通東南亞區域環境保護與永續發展的長期目標。

# 目 次

	頁次
壹、 出訪目的.....	2
貳、 出訪行程.....	2
參、 團員名單.....	3
肆、 出訪工作內容.....	3
伍、 結論及建議.....	17

## 壹、 出訪目的

土壤及地下水整治在解決環境挑戰與確保永續城市發展方面扮演關鍵角色，作為「2024年第七屆土木工程與建築國際會議 (2024 7th International Conference on Civil Engineering and Architecture, ICCEA 2024)」的一部分，本會議聚焦科學研究與實務案例，並關注環境永續理念融入工程及建築，以減少對環境的衝擊

本署土污基管會與越南自2016年簽署「臺越土壤及地下水保護技術暨科學合作協定」，進行雙邊土壤及地下水保護的交流合作工作。其中越南峴港市為一典型案例，該市歷經越戰期間戴奧辛污染的土壤與地下水污染歷史，同時積極推動現代城市污染整治與水資源管理措施。

此外本研討會匯聚來自東南亞多國的專家，分享各國在環境工程、污染整治及建築永續發展方面的最新研究成果與實務經驗。透過本次學習與交流，本署進一步擴大對東南亞國家發展趨勢與綠色材料應用情形的了解，包括如何在當地推動低碳建材、再生資源利用及綠色基礎建設等，提供未來合作與政策參考。

## 貳、 出訪行程

本次出訪行程為 2024 年 12 月 7 日至 12 月 10 日，總計為期 4 天，行程為參與「2024年第七屆土木工程與建築國際會議 (ICCEA 2024)」，本次出訪行程如表1所列。

表1、本次臺灣代表團出訪行程

日期	參訪行程
2024.12.07	啟程，由桃園國際機場出發抵達越南峴港國際機場
2024.12.08	參加「2024年第七屆土木工程與建築國際會議 (ICCEA 2024)」
2024.12.09	參加「2024年第七屆土木工程與建築國際會議 (ICCEA 2024)」及考察越南峴港市托光漁港
2024.12.10	返程，由桃園國際機場出發抵達越南峴港國際機場

## 參、 團員名單

本次出訪越南的參與對象及人員共計2為資料如下表2。

表2、本次出訪越南團員基本資料

項次	姓名	單位	職稱	專長
1	楊宜寧	環境部環境管理署	環境技術師	環境保護
2	林雅惠	環境部環境管理署	管理師	環境管理

## 肆、 出訪工作內容

### 一、參加「2024年第七屆土木工程與建築國際會議(ICCEA 2024)」

「2024年第七屆土木工程與建築國際會議(2024 7th International Conference on Civil Engineering and Architecture, ICCEA 2024)」於113年12月7日至9日在越南峴港市進行3天會議，本次會議由越南建築材料研究院主辦，並獲得韓國首爾國立大學工程教育創新中心技術支持。本屆會議聚焦於土木工程與建築領域的最新發展，涵蓋建築環境與都市規劃、永續建築材料及其特性、建築資訊技術與施工專案管理、教育資訊技術與工程教育創新、先進建築材料與結構性能、交通、抗震安全與結構健康監測、建築材料、結構與工程教育、大地工程、空間規劃與施工專案管理，共同探討土木與建築領域的創新應用。因現代建築技術除了強調結構安全與功能性，另都將環境永續發展納入考量，確保建築設計、施工與使用過程中減少對環境的影響。

在過去的ICCEA會議中，111年於越南河內舉行，涵蓋88篇學術論文的發表；112年在印尼峇里島舉辦，邀請多國頂尖專家進行主題演講，發表73篇論文；2022年則於越南河內舉行，涵蓋88篇學術論文的展示，顯示出會議在東南亞區域國際土木工程與建築學術界的重要地位。113年研討會選址於越南峴港市，圖1為此次參與研討會之現場一隅。研討會為期3天，第1天的議程主要為報到及各場次現場及視訊測試，第2天為主要的議程，有進行6場實體會議，第3天為2場次的線上會議及可選擇的文化與景觀參訪活動；以下針對研討會所參與議題進行分享說明。



圖 1 研討會主視覺背板

1. 議題 1：應用使用飛灰與底灰作為混凝土牆板骨材的應用

此項議題係作為研討會主題演講之一，建築產業正面臨雙重挑戰，天然砂石係為建築的重要材料，但在越南，因過度開採河床與沿海地區的天然砂石，造成資源短缺與環境衝擊。依據講者指出，越南一年使用的混凝土約為 2 億噸，非燒結磚及黏土磚共 350 億塊，大量使用自然資源製造建築物材料的需求下，本研究評估使用其他的替代材料。

目前越南有 40 座火力發電廠、包含 27 座粉煤燃燒電廠及 13 座流體化床鍋爐燃燒電廠（電廠位置如圖 2），越南火力發電廠每年產生 1,369 萬噸飛灰與 566 萬噸底渣。講者並提供 2022 年 2022 年飛灰與底灰產生量（重製如表 3。這些副產品不僅增加了垃圾掩埋場的處理成本，還對環境造成負面影響。

表 3 2022年飛灰與底渣產生量(噸)

技術類型	飛灰 (噸)	底灰 (噸)	總計 (噸)	比率 (%)
煤粉燃燒(Pulverized coal combustion, PC)	9,918,271	2,798,946	12,717,217	65.7
流體化床鍋爐 (Fluidized Bed Boiler)	3,775,239	2,865,130	6,640,369	34.3
總計	13,693,510	5,664,075	19,357,586	100.0

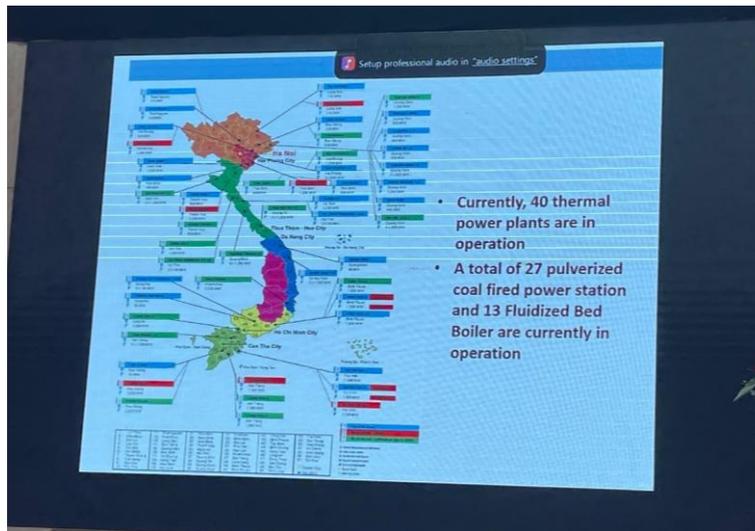


圖 2 越南火力發電廠數量及燃煤使用量

(1) 研究重要性：

- 減少環境衝擊：因砂石開採造成嚴重侵蝕，破壞河岸穩定並擾亂生態系統，利用底渣與飛灰替代天然砂石，有助於降低對天然砂石的需求，減輕上述問題的嚴重性。
- 降低廢棄物量：針對越南火力發電廠每年產生超過 1,900 萬噸灰渣，所產生的灰渣再利用於建築材料，可避免進入掩埋場，進而降低對環境污染風險。
- 經濟與生態效益：通過降低天然骨材採購成本，同時減少砂石開採帶來的環境衝擊，此方法為永續發展提供雙贏解決方案，並兼顧經濟效益與環境保護。

(2) 研究牆板生產材料選擇：

- 本研究對越南城市的火力發電廠飛灰進行調查、取樣及研究分析。
- 依據生產設備的技術特性以及模製產品的技術要求（參照 TCVN 11524:2016 標準）。
- 該技術通常使用低塌度混凝土或半乾混凝土，具體取決於模製設備的特性或成品的技術需求。
- 可選用普通水泥、天然砂、人工砂、碎石、水、添加劑或無添加劑。
- 飛灰常用作補充膠凝材料，可替代最多 30% 的水泥。然而，目前對於利用火力發電廠飛灰替代天然骨料用於混凝土生產的研究較為有限。

(3) 研究結論：

- 將火力發電廠灰渣（飛灰與底渣）用作混凝土中的天然骨料替代品，在經濟、環境與結構層面均具顯著優勢。適當調整灰渣含量可提升混凝土的耐久性與使用壽命。
- 越南對火力發電廠灰渣作為天然骨料替代材料的研究與應用仍相對有限，因此，進一步研究及推廣未經處理灰渣在混凝土中的應用尤為重要。
- 預製牆板製造技術自 1930 年代以來已在全球範圍內不斷發展，現代技術如滑模(Slipformer)與壓製(Extruder)顯著提升生產效率與產品品質，促進預製混凝土行業的進步。

我國的用電結構中，火力發電是重要的供電來源之一。國內早在多年前便開始研究發電廠煤灰的再利用，其中飛灰因具卜作嵐（pozzolanic）反應，可適量摻入混凝土中。國內亦訂定相關法規，例如 CNS 標準及《公共工程飛灰混凝土使用手冊》等，以規範其應用方式。根據事業廢棄物申報資料，燃煤飛灰的年申報量約為 450 萬噸，且來自發電廠的飛灰多以有價料方式販售，顯示其再利用市場穩定。然而，底灰的再利用率相對較低，其中用於水泥生產約占 14%，混凝土約占 39%，其餘則用於低強度控制性回填材料等用途。隨著我國於 2021 年公布《淨零轉型關鍵戰略行動計畫》，經濟部規劃未來燃煤發電占比將降至整體發電量的 20%，屆時飛灰及底灰的產出量將逐步減少。與此同時，越南目前的發電仍以燃煤發電為主，未來可進一步評估其飛灰及底灰的再利用潛力，擴大相關應用市場。

## 2. 議題 2：石墨烯量子點技術在建築與環境應用中的潛能

石墨烯量子點(Graphene Quantum Dot, GQD) 是石墨烯的零維衍生物，尺寸介於 2-20 奈米之，石墨烯量子點可應用於營建領域，特別是與水泥、鋼板和瀝青等複合材料以及功能性塗層結合使用。

### (1) 研究重要性：

- 水泥生產作為二氧化碳排放的主要來源，常因酸性沉降導致土壤退化與含水層污染，而將石墨烯量子點(GQD)技術整合至水泥生產中，將石墨烯量子點加入水泥和聚合物基質中，已顯示出在機械特性（包括拉伸和壓縮強度）以及耐久性方面的顯著提升。進而降低對石灰石和骨料等原材料的開採需求，顯著減少二氧化碳排放及其環境足跡。
- 此外，石墨烯量子點(GQD)的「自上而下」生產方法可將工業廢料（如乙

烯副產品) 轉化為高價值材料。此外於路面維護應用上，因化學融雪劑會增加地下水的鹽度，利用石墨烯量子點路面強化路面的熱傳導性能，降低對化學融雪劑的依賴，促進能源回收與自融雪技術的應用，從而減少傳統除雪方法對環境的負面影響。該技術不僅為建築行業的減碳排放與資源保護提供創新解決方案，也在環境保護與永續發展方面展現應用潛能。

- 另外研究提到材料含有石墨烯量子點(GQD)塗層的金屬板，被設計應用於農村穀物筒倉，材料的熱傳導性和熱擴散性均有所提升，可為傳統乾燥方式提供了一種更環保的方案，傳統方法通常因灰燼沉積與徑流而導致效率不佳，添加石墨烯量子點(GQD)塗層的金屬板提升了溫度的控制性。

## (2) 未來研究與應用潛力

- 土壤穩定：基於石墨烯量子點(GQD)技術的材料具有更高的抗壓強度與耐久性，可應用於易受侵蝕或地層下陷地區的土壤穩定工程
- 增強混凝土之保護結構：採用增強石墨烯量子點(GQD)的混凝土作為設施的屏障或內襯材料。
- 侵蝕控制：石墨烯量子點(GQD)塗層材料可用於侵蝕控制墊或土工用紡織品，提供額外的強度與耐久性。
- 永續農業：石墨烯量子點(GQD)技術支持農業中的水資源管理系統，減少污染風險並提升水資源利用效率。
- 石墨烯量子點技術應用面臨現有挑戰，例如大規模生產、經濟可行性和生態影響。

石墨烯量子點(Graphene Quantum Dot, GQD)技術於地下水研究上，經蒐集後發現目前有研究將其應用於水文地質示蹤劑上，如圖 3 所示，因其無毒、成本低、易於檢測、化學穩定且不具黏附性等特性，相較於化學示蹤可能有堵塞的現象，量子點可更有效地在地下水中流動遷移，更適合擔任示蹤劑的腳色。

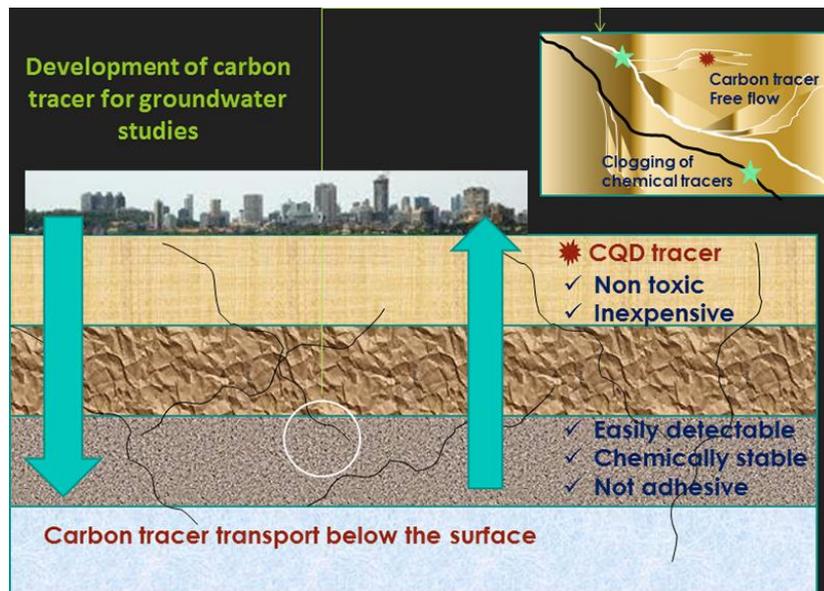


圖 3 強效碳量子點作為地下水研究奈米示蹤劑嶄露頭角  
(來源 <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2020.107701>)

### 3. 議題 3：利用虛擬實境教材進行溝通教育及評估

本項為專題報告，主要係從外語教育的觀點，如何利用虛擬實境的輔助，協助提升受試者的英語能力及實戰經驗。

#### (1) 研究重要性：

- 在溝通教育方面可以輔助真實體驗與實踐參與，在課堂中重現目標語言的溝通場景是具有挑戰性的，特別是在外語學習領域。
- 利用虛實記的技術提供沉浸式模擬環境，並透過頭戴式顯示器與圖形技術的進步來增強學習效果。
- 透過虛擬實際的訓練有助於減少學習者的溝通焦慮和緊張感

#### (2) 工程領域的應用

- 全球高等教育的全球化導致英語簡報需求增加，許多學生需要訓練以適應英語學術簡報及 Q&A（問答）環節。
- 許多理工科學生不擅長此部分，需要改善練習機會，透過虛擬實際在校園環境中模擬國際會議簡報情境。
- 以穿戴式虛擬實境眼鏡，讓受訓練者配戴身歷其境。

#### (3) 完成的成果

- 透過虛擬實境的互動將學生對於會議簡報問題的程度分級，無法理解問題，需要對方重述；部分理解問題，但需要進一步澄清；需要回應關於研

究新穎性的問題；需要回應關於研究結果的問題。

- 進一步跟飯店合作，解決飯店櫃台及服務業的困境，每個場景都被開發為獨立的教育素材。透過虛擬角色，設計成外國人的樣貌，建立腳本及音效，透過實際拍攝真實飯店的 3D 照片，模擬外國人講話快速的英文且直白的對話。

#### (4) 未來研究的精進

- 目前系統內設計的腳本及對話是固定的，未來透過人工智慧（AI）調整對話，讓對話更貼近真實，提升英語教育的創新價值。
- 可進一步開拓其他工程類應用的領域。

#### 4. 議題 4：基於物聯網 (IoT) 和機器學習的洪水災害早期預測系統應用於 ADHI 建設專案

概述：簡報者來自 PT ADHI KARYA (PERSERO) TBK，這是一家印尼國有建築公司，除了大型建築的設計、建設及施作外，目前也關注災害預防的領域，依照會場簡報顯示，該套系統透過攝影拍攝河水面，評估水位上升的狀況，並且設計預測系統，進行預警。

##### (1) 洪水預測系統建立後之結論：

- 隨著極端氣候變遷導致暴雨頻率增加，洪水災害成為全球關注的重大議題。為了有效預測並降低洪水帶來的影響，研究單位開發了一套洪水預測系統（Flood Prediction System），結合物聯網（IoT）技術與深度學習演算法，提供即時且準確的預測結果，以作為防災決策的重要依據。
- 該系統的核心架構由多種技術組成。透過 Raspberry Pi、感測器與網路攝影機收集水位數據，建立即時監測機制。在後端運算部分，採用深度學習（機器學習）技術，透過歷史數據與即時數據的比對分析，提高預測的準確度。開發團隊運用 PHP 與 Laravel 框架建構網頁應用程式，並採用 MySQL 作為資料庫平台，確保數據儲存的穩定性與可擴展性。
- 根據測試結果，系統的水位讀取與機器學習輸出已達到足夠的準確度，能有效作為洪水預測的警示工具。透過自動化的數據分析與預測，該系統可協助政府機關及相關單位做出決策，降低洪水對民眾與基礎設施的威脅。

##### (2) 研究未來的規劃

- 增加感測器，提升數據蒐集能力。

- 採用更先進的深度學習技術，增強預測準確度。

我國運用 IoT 於災害監控者，規模較大有有水保局的土石流監測系統，係於土石流潛勢溪流及其集水區範圍選擇適當位址架設各種先進量測儀器和高效率傳輸系統，即時回報土石流、崩塌及地滑的發生與動態資訊，以利防災。同步蒐集雨量、水情及土砂運移資料，有助於預測災害潛勢。近年該系統亦是採用人工智慧（AI）技術及光達影像，進行山坡體山崩模型的估測及預測。

此外，本部亦部設環境物聯網，透過物聯網 (IoT) 技術，及廣泛部設環境資訊的感測器，這些感測器將即時蒐集環境數據，並經由網際網路傳輸至雲端平台，整合虛擬與實體界面。在後端資料平台，不僅可即時顯示環境監測數據，還能運用大數據分析等技術，發展智慧應用。期能透過高密度感測數據可用於追蹤污染傳輸路徑，而長期數據分析則有助於識別污染熱區，以提升環境管理的精準度。

## 5. 議題 5：近零耗能建築——解決開發中國家衝突性挑戰的方案

來自建築業的溫室氣體（GHG）排放經估計約占全球溫室氣體排放量的 20%，本研究顯示透過引用近零能源建築（Near Zero Energy Building, NZEB）全生命週期的計算方式，建立比一般節能建築更高能效之節能建築物，為開發中國家提供了一種平衡經濟發展與環境可持續性的解決方案。通過提高建築能效和利用可再生能源，這些國家可以同時應對能源需求增長和減少溫室氣體排放的挑戰。

### (1) 挑戰

- 整體評估方式，採用全生命週期的實施，簡化的永續評估方法能夠提升開發商與利益相關者的參與度，降低技術門檻並促進近零能源建築的普及。
- 近零能源建築方案，策略上強調被動式建築設計、可再生能源技術整合以及在地資源的回收利用。
- 建設近零建築的額外成本，即使在已開發國家，產業內的主要利益相關者仍然對綠色建築的財務效益存有疑慮，擔心長期收益無法抵消前期投資成本。
- 採用可持續建築技術的成本，造價比傳統建築成本增加的 7%。
- 高額前期成本仍然是建設近零建築普及的最大障礙。

### (2) 結論：

- 發展中國家在履行國際氣候義務的同時，必須應對快速城市化與基礎建設擴張的挑戰。隨著全球暖化加劇與城市人口增長，如何在減少碳排放與滿足建設需求之間取得平衡，已成為亟待解決的問題。
- 近零能源建築作為兼顧環境永續與經濟可行性的解決方案，可以幫助各國在減少能源消耗的同時，降低營運成本，提高建築物的長期效益。此外，近零能源建築可結合在地氣候條件與可再生能源技術，如太陽能光電、地熱系統及高效能隔熱建材，進一步減少對傳統能源的依賴。
- 推動近零能源建築不僅能協助發展中國家降低溫室氣體排放、實現節能減碳目標，同時也能確保城市基礎建設的可持續發展，滿足日益增加的人口與住房需求。透過政府政策支持、財務激勵措施及建築標準的提升，近零能源建築有潛力成為全球城市發展與氣候變遷適應的重要策略之一。

台灣也是採取以「近零能源建築」作為施行方向，朝向淨零耗能建築的目標前進。推動策略發展規劃與本項研究發表所探討的挑戰與策略有諸多共通點，然而我國政府設定了 2050 淨零排放的國家目標，並將淨零建築列為核心策略之一，推行上以分階段政策來降低市場衝擊。此外在降低建築物能耗上，推行提高新建建築能源效率、改善既有建築能源效率、提升家電與設備能源效率及研發與推廣建築節能新技術與工法之因應策略。另於初期有相關的補助與獎勵措施，接下來將轉換為法規強制，係朝向 2050 淨零排放之目標前進。

## 6. 政府支持數位轉型的政策

越南政府推行一系列重要政策，以促進在建築與城市規劃中採用先進的數位技術，其中包括總理關於在建築與運營管理中實施建築資訊建模 (Building Information Modeling, BIM) 的決策，以及建築活動中應用 BIM 的路線圖。此外，越南政府通過一項決議，強調通過廣泛採用地理資訊系統 (GIS) 與數位平台建立全國性的城市發展規劃數據庫。這些政策展現越南政府提升產業標準的決心，並積極推動基礎設施開發中的創新技術應用，以促進建築業的數位化轉型與永續發展。

### (1) 將先進測繪技術整合至港口基礎設施的建築資訊建模與地理資訊系統

發表了建築資訊模型 (BIM) 與地理資訊系統 (GIS) 在港口規劃中的整合應用，並以越南北部海防港群為案例研究。越南的國家交通運輸策略強調 BIM-GIS 技術在港口規劃與設計中的整合。由於海防港預計到 2030 年貨物吞吐量將翻倍，船舶交通量增加 150%，因此需要動態整合的規劃模型。

BIM-GIS 的整合結合了 BIM 的詳細模型數據和 GIS 的地理空間分析能力，彌補了各自的不足，增強了可視化和互動性。

研究方法包括利用雷射掃描、無人機 (UAV) 和無人水面船隻 (USV) 等先進技術進行實地數據收集。收集到的數據被用於建置 BIM 模型，然後整合到 ArcGIS 平台，形成包含水下、地面等多層數據的「完整模型」。

整合的 BIM-GIS 模型帶來多項優勢，包括：增強的可視化效果，能在統一環境中查看高解析度的 3D 模型。改善港口基礎設施的管理，提供全面的數據圖。促進不同專業背景的利益相關者之間的合作。提升規劃和設計效率，方便存取港口詳細資訊並評估未來項目的影響。支援施工驗證和損壞評估。提供量化分析工具，如尺寸測量和橫切面生成。實現颱風等極端天氣下的風險評估。

BIM-GIS 整合模型為港口系統規劃提供了一個先進的框架，結合了 GIS 的總體視圖和 BIM 的詳細工程數據，有助於高效的數據管理和協作

## 二、彙整越南峴港環境污染議題及處理方式

### 1. 托光漁港(Tho Quang Fish Port)的污染問題

據越南峴港市自然資源與環境部的環境保護局副局長表示自 2010 年以來，托光漁港一直為環境污染的「熱點」地區，為解決該區域的環境污染問題，峴港市實施多項解決方案，重點圍繞以下四個方面展開：

- 溝通：提升公眾及相關部門對環境保護的認識。
- 管理：加強漁港環境治理，制定明確的管理措施與責任分配。
- 技術：引入先進技術改善污染控制及廢棄物處理。
- 監測：建立有效的環境監測系統，確保污染源受到控制。

「骯髒」與「惡臭」是過去十年描述峴港市托光漁港的兩個關鍵詞，從滿光橋俯瞰漁港，可以看到垃圾袋散布在周邊的草地與堤防上，這幾年漁港接收未經處理的生活污水、工業廢水以及來自旅遊船隻和水產加工廠的廢水，現今覆蓋一層黑色油脂，並散發惡臭；並根據《勞動報》的報導，峴港市作為沿海城市，其主要旅遊地點的托光漁港正面臨嚴重的水污染問題。儘管當地政府已採取多項清理措施但效果甚微，這些問題突顯出峴港市在水污染控制及旅遊資源保護方面的挑戰，需要進一步加強政策執行和技術創新，以實現環境與經濟的平衡發展。

經過超過 10 年的多項環境保護措施推行，包括垃圾收集、提高居民環保

意識、查處和懲治亂丟垃圾行為，托光漁港已建立完善的垃圾收集體系，並完成污水連接、地表水與空氣環境的監測工作，居民的環保意識顯著提升。

2020 年至 2022 年間，托光船閘與漁港管理委員會共收集 55.89 立方公尺的水生廢棄物及來自停靠船隻的 4,877 立方公尺的生活垃圾，並將其移交給城市環境公司進行處理，並特別「以垃圾換禮物」的模式改變漁民的行為習慣，而在 2022 年上半年，管理委員會收集近 1 噸由漁民提交的垃圾，其主要為塑膠廢棄物。

除了通過宣傳活動提高漁民的環保意識外，相關機構和單位還同步完成了 9 號、10 號、11 號和 12 號標案（總額 1468.46 億越南盾），升級漁港與漁市設施，包括建設溝渠與排水系統，並建成一套每日處理能力為 300 立方公尺的集中式污水處理系統。此外，市政府也批准並實施托光船閘疏浚投資項目，總投資金額達 997 億越南盾。

山茶郡邊防站建議應制定規定，對所有船隻進行檢查，並僅允許符合環保衛生條件的船隻進出船閘。同時，要求船隻持有由管理委員會核發的垃圾處理證明，相關單位定期進行檢查、發現並處理違規行為，以進一步提高來往人員的環保意識。

本署人員於 2024 年 12 月 9 日前往越南峴港市托光漁港進行實地參訪，旨在瞭解該地區的環境污染治理的實際情況與成果，越南峴港市托光漁港現今情形如圖 4 所示，此次參訪則了解漁港的環境整治成果，港邊相關工程甚多，惟周遭及港邊仍有少許垃圾情形，惟該區域顯示仍為非常繁忙之港埠，因有賴主管機關強力推動治理。



圖 4 越南峴港市托光漁港參訪情形

## 2. 有毒廢水洩漏事件

2023 年 11 月，峴港市蓮橋區的居民因慶山垃圾掩埋場發生有毒廢水洩漏，而面臨嚴重的環境與健康挑戰，該掩埋場位於黃文泰街，西側區域出現滲漏，其未經處理的滲濾液流入附近運河，進而該影響到和慶南坊超過 100 個家庭的生活。洩漏的廢水呈現黑色，伴隨著持續惡臭，對當地居民的日常

生活造成嚴重影響，當滲濾液處理站持續運作時，最終還是導致運河污染程度上升，儘管峴港市政府已下達指令要求解決該問題，但問題依然存在，這引發了對目前廢棄物管理實踐有效性的質疑，以及對受影響社區長期健康影響的擔憂。此次事件突顯了峴港市全面廢棄物管理改革的迫切需求，改善垃圾掩埋場基礎設施、確保滲出水的適當處理，以及實施健全的監測系統。

### 3. 紅泰-新潮地區的水污染問題

越南峴港市蓮橋區的紅泰-新潮運河全長約 500 米，長期以來是環境關注的重點，該運河的水體經常停滯不流，加上廢棄物累積，導致污染和惡臭問題，特別是在乾旱季節，而在雨季，由於排水能力不足，導致洪水發生進一步影響當地居民的生活品質。歷史上，這開放式運河面臨諸多環境挑戰，包括水體停滯和廢棄物累積，並導致環境污染和乾季期間的惡臭。紅泰-新潮運河的主要污染來源包括：

- 生活污水：周邊地區家庭的污水排放加劇運河的污染。
- 固體廢棄物：垃圾未經妥善處理直接丟入運河，進一步惡化污染情況。
- 工業廢水：附近工業活動的廢水排放對水質造成污染。

為應對長期存在的環境問題，峴港市人民委員會於 2024 年 5 月批准了一項綜合整治計畫，總投資額超過 1,050 億越南盾，該計畫的核心整治措施包括：

- 封閉運河：將敞開式運河改建為封閉的箱涵結構，以提升排水能力並減少洪水事件的發生。
- 綠地建設：在封閉的運河上方建設一座公共公園，設有綠化區域、步行道、運動區及景觀水體，為居民提供休閒空間。
- 道路基礎設施擴建：將相鄰的紅泰路和新潮路由原來的 5.5 米擴寬至 7.5 米，以改善交通流量並提升通行便利性。

該計畫預計於 2024 年至 2026 年間實施，旨在解決環境與公共健康問題的同時，提升城市美觀，並為當地居民提供更多的休閒空間，從而改善該地區的整體生活質量。

### 4. 峴港地區的戴奧辛污染

於 1961 年至 1971 年，美國軍隊在越戰期間噴灑了超過 8,000 萬升的除草劑，其中包括橘劑為越戰期間使用的最臭名昭著的除草劑之一，屬於合成生

長素類除草劑，設計用於模擬植物激素以破壞植被生長，在戰爭期間以追蹤敵軍行蹤。橘劑被視為美越戰爭遺留問題中最具挑戰性的部分，越戰期間的「牧場作戰」行動導致邊和、峴港及富吉等地區的土壤、沉積物和食物受到嚴重的戴奧辛污染，對當地居民的健康造成長期威脅，包括癌症和發育問題。

在越南峴港國際機場的戴奧辛整治計畫採用熱脫附技術，以現地搭建方式處理超過 90,000 立方公尺的污染土壤，將戴奧辛濃度降低至安全標準，這一政策不僅消除即時的健康風險，還為後代創造更乾淨的環境，該計畫不僅在環境保護方面取得突破，還促進峴港國際機場的擴建，並支撐越南的貿易與旅遊發展，成為經濟與基礎設施建設的重要驅動力。本計畫係由美國國際開發署(USAID)與越南國防部的合作共同實現整治目標，此計畫亦樹立創新技術與透明流程以應對環境挑戰的標杆，為全球類似問題提供可參考案例，進一步深化國家間的合作關係。

#### (1) 戴奧辛在峴港環境的影響

##### ➤ 土壤體污染

長期土壤污染：戴奧辛因其長半衰期而在土壤中持續存在，導致像峴港的高度污染地區無法進行農業活動。

##### ➤ 生態系統退化

- (a) 植被損失：橙劑的噴灑摧毀了森林與農田，導致土地貧瘠難以再生。
- (b) 生物多樣性下降：紅樹林、珊瑚礁和海草床受到嚴重影響，減少了野生動物的棲息地。
- (c) 食物鏈污染：水生生物累積戴奧辛，通過食物鏈傳遞毒素，對人類與動物群體產生不良影響。

##### ➤ 空氣污染與氣候影響

- (a) 空氣污染：整治時擾動污染土壤時，戴奧辛可能形成空氣中的塵埃與排放物，進一步威脅健康。
- (b) 氣候影響：氣候變遷加劇洪水與逕流事件，擴大戴奧辛擴散範圍。

##### ➤ 公共健康影響

戴奧辛作為橘劑中的高毒性污染物，對暴露人群構成嚴重健康威脅，長期暴露於戴奧辛與多種致命疾病及慢性健康問題有關，其中最顯著的健康影

響是多種癌症（如呼吸道癌症、前列腺癌和肝癌）風險的顯著增加；戴奧辛暴露與出生缺陷密切相關，暴露人群的後代常出現生理與心理異常，顯示這種毒性化合物的長期代際影響。除了癌症與出生缺陷，戴奧辛亦會干擾人體系統，導致糖尿病和心血管疾病（如心臟病）的高發率，這是由於其對代謝過程的干擾及內分泌功能的破壞；戴奧辛會損害免疫系統，降低機體對抗感染與恢復健康的能力，並引發影響生殖健康的荷爾蒙失調。

## (2) 噴灑區域與戴奧辛污染熱點

解決越南橙劑遺留問題的最有效策略包括兩個方面：加強對受重度噴灑省份居民的健康與殘疾服務，以及清理前美國軍事基地的戴奧辛污染熱點。三大主要空軍基地被確認為戴奧辛污染熱點：

- **峴港空軍基地**：作為主要的「牧場作戰」設施，該基地處理近 1,100 萬升橙劑，基地內部分區域的戴奧辛濃度高達 365,000 ppt TEQ，超出越南安全標準的 365 倍，美越合作項目採用熱脫附技術，計畫對 72,900 立方米受污染的土壤和沉積物進行清理，通過加熱至 335°C 持續 28 天完成整治，該項目於 2012 年啟動，並於 2016 年完成。
- **邊和空軍基地**：作為現存最大的戴奧辛污染熱點，邊和基地仍需要持續整治，部分受污染土壤已被封存於安全的掩埋場，但對土壤和湖泊的進一步清理計畫正在制定中，越南國防部與美國國際開發署(USAID)正在進行研究，以設計有效的整治方案。
- **富吉空軍基地**：該基地曾處理超過 350 萬升橙劑，然而因戴奧辛濃度過高，7,000 立方公尺受污染的土壤和沉積物被移除，國防部與聯合國開發計畫署(UNDP)及全球環境基金(GEF)成功將這些材料封存於掩埋場內，並於 2012 年將富吉基地正式於戴奧辛污染熱點名單中解列。

## (3) 整治措施

- 2018 年 12 月 7 日，越南與美國共同宣布完成峴港機場的戴奧辛清理工作，標誌著解決越戰遺留毒害的重要進展。在清理完成的典禮上，30 公頃經整治的土地被移交給越南。越南副國防部長出席表示，峴港不再被列為「戴奧辛污染熱點」，該整治項目消除對居民健康的威脅，並為未來世代提供更安全的生活環境。美國大使在致詞中指出，該項目為美越關係中的重要里程碑，展現雙方共同正視歷史並將挑戰轉化為合作機會的承諾。同時，美國並承諾對邊和空軍基地進行為期 4 年（總值 3.9 億美元）的整治工作，以應對越南其他主要戴奧辛污染熱點，進一步深化兩國軍事與外交合作的

基石。

➤ 2024 年 1 月，峴港市與美國國際開發署(USAID)簽署一項合作備忘錄(MOU)，旨在強化多領域發展合作，該協議聚焦於以下關鍵領域的創新解決方案：

- (a) 經濟增長：推動永續經濟發展的倡議。
- (b) 清潔能源與能源效率：推進可再生能源的採用，並提升能源利用效率的項目。
- (c) 環境保護與氣候變遷應對：應對環境挑戰並強化氣候韌性。
- (d) 公共健康：改善公共健康成果的計畫。
- (e) 人力資源發展：提升能力建設與技能人力資源開發的策略。

該備忘錄延續峴港與美國國際開發署(USAID)在清潔能源、減少污染、高等教育及殘疾人士援助等領域的既有合作，並符合峴港在人力資源發展與綠色經濟增長的目標，助力越南於 2023 年 9 月建立的美越全面策略夥伴關係框架內永續發展目標。另經搜尋新聞，2023 年 9 月，美國大使訪問峴港市的第三號橙劑受害者與不幸兒童保護中心，該中心治療 90 位受到橘劑影響的居民，因戴奧辛這類持久性污染物，仍會對後代造成影響，美國政府於完成土壤污染整治後，仍持續關注當地居民發展。

2024 年 11 月，在與美國國際開發署(USAID)的一次工作會議中，峴港市官員提出擴大環境領域合作的需求，具體包括：

- (a) 固體廢棄物管理：分享有效廢棄物管理的經驗。
- (b) 源頭廢棄物分類：建立廢棄物源頭分類系統。
- (c) 碳信用倡議：考慮在峴港設立碳信用辦公室。
- (d) 創新生態系統發展：支持創新友好型環境的建設。

美國國際開發署(USAID)承諾與峴港密切合作，確保備忘錄的有效執行，並將峴港選為地方倡議項目的地點，旨在將該市打造成綠色城市，美方及越方一致同意積極協調，開展動態且廣泛的合作計畫，聚焦於永續經濟發展、循環經濟與綠色經濟的推進。

## 伍、 結論及建議

## 一、 結論

1. 本次參與研討會提供了了解越南及其他東南亞地區在城市建築發展上的關鍵議題與技術趨勢，包括資源循環材料的應用、高科技低碳建材的發展，以及新興科技（如虛擬實境、物聯網即時監測、人工智慧模型建置）在建築與及土木領域的應用，相關的發展亦將環境永續納入考量。
2. 此外，峴港市的环境管理經驗亦提供了值得參考的案例。該市早期土壤受到戴奧辛污染影響，雖已完成整治，但仍持續面臨公共衛生與環境管理的挑戰，美國與越南政府仍持續進行合作處理。此外，峴港市在廢棄物管理與污水處理方面仍持續精進改善，未來可透過更積極的管理機制與民眾環境意識培育，確保環境改善的長期成效。

## 二、 建議

1. 強化國際合作與技術創新：

持續深化與國際學術機構、政府單位及企業的合作，推動土壤與地下水污染整治技術及新興科技應用，提升臺灣與東南亞國家在環境管理領域的技術交流與協作效益。

2. 善用臺灣資源循環經驗拓展國際交流：

臺灣在工業廢棄物回收、綠色建材發展等方面的經驗可提供國際參考，臺灣透過政策與技術引導，加速工業製造廢棄物朝向資源循環使用的推廣應用，未來可進一步透過合作計畫，促進東南亞國家在資源循環技術的應用與發展。

3. 推動跨國研究與案例評估：

參考本次研討會中專題研究多為跨國合作模式，例如日本大學於印尼進行建築材料與樣式對氣溫、濕度影響之研究等，顯示跨國研究在各個領域皆在推行。因此，建議未來可朝向推動臺灣與其他國家在污染整治、資源循環及環境管理領域的跨國研究合作。透過實地評估與數據分析，結合臺灣在土壤與地下水污染整治的經驗，驗證不同環境條件下技術應用的成效，進一步發展符合區域需求的創新解決方案，提升國際環境治理合作的影響力，促進區域內永續發展目標的實現。