



永續低碳與宜居城市—— 第八屆亞洲地工合成材料會議 及布里斯本散記

周南山／臺灣大學土木工程學系 兼任教授、中國土木水利工程學會工程永續與環境美學委員會 主委

2025 年 6 月 8 日應邀參加了亞洲第八屆地工合成材料會議（GeoAsia 8），在澳洲布里斯（Brisbane）舉行。

雖然此時澳洲已入初冬，天氣乾爽微涼（約攝氏 10 至 20 度），但仍艷陽高照，安全舒適，頗適合會議及旅遊。

布里斯本城與布里斯本河

布里斯本城市被一條秀麗且曲折蜿蜒的布里斯本河切割為二，北岸為中央商業區（CBD），南側則為住宅及休閒區（圖 1）。布里斯本是 2032 年奧運會的舉辦地，風光明媚，宛如世外桃源（圖 2 和圖 3）。

Geosynthetics 與 IGS

所謂地工合成材料（Geosynthetics）是指用於土壤工程中的合成材料，主要包括地工織物（geotextiles）、地工膜（geomembranes）、地工格網（geogrids）、地工墊層（geocomposites）等。這些材料被廣泛應用於基礎



圖 1 布里斯本城被蜿蜒的河流分割為二，北部為中央商業區（CBD），南側為休閒區及住宅區



圖 2 夕陽下的布里斯本河



圖 3 美麗的布里斯本河及故事橋 (Story Bridge)

建設、土壤加固、排水、污染控制等多個領域，以改善土壤性能、增加結構穩定性和耐久性，並降低工程成本。這方面的發展日新月異，而且因具節能減碳的特性，因此近年來特別受到土木工程界的重視。

會議是由國際地工合成材料學會 (International Geosynthetic Society, IGS) 主辦。IGS 是一個專注於推廣土工合成材料研究、應用與教育的國際性專業組織。IGS 定期舉辦全球性會議 (包括亞洲的 GeoAsia 會議)、研討會與展覽，促進科學交流與技術創新。臺北在三年前曾主辦亞洲第七屆地工合成材料會議 (GeoAsia 7)。

本次會議在南岸 (Southbank) 的布城會議中心舉行，主題為討論各種地工合成材料 (Geosynthetics) 及其在土木、水利、環工、礦業方面之創新應用，約有亞洲各國代表共 450 人參加。

我的主題報告 (Keynote Speech)

我有幸受邀擔任主題報告人 (Keynote Speaker)，被安排住在會議中心旁的 Redges Hotel，非常方便。

大會共邀了十一位 Keynote Speakers，其中四位是華人，包括堪薩斯大學的韓杰教授、新加坡大學的周順和教授、同濟大學的徐超教授和我。

我在第一天上午發表：Sustainable Geosynthetic Engineering: Applications in Green Reinforced Soil Walls and Sponge Cities (地工合成材料之永續應用：綠色加固土壤結構與海綿城市)，為時五十分鐘 (圖 4)。主要

探討採用可植生的回包式加固土壤結構符合當前減碳的趨勢 (圖 5 至圖 7)。此外也探討了地工合成材料在海綿城市的應用，包括滯洪池及 JW 透水鋪面。

不過因臨時加了一段小鳥以樹枝加固築巢，以及鳥懂得結構力學與部份飽和土壤力學的有趣故事 (圖 8)，一時興起而逾時。在介紹臺灣發展的 JW 透水鋪面

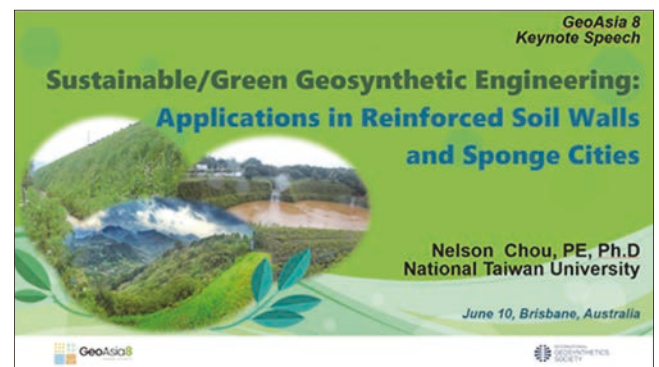


圖 4 筆者應邀在大會中主題演講 (Keynote Speech)，介紹地工合成材料的永續應用

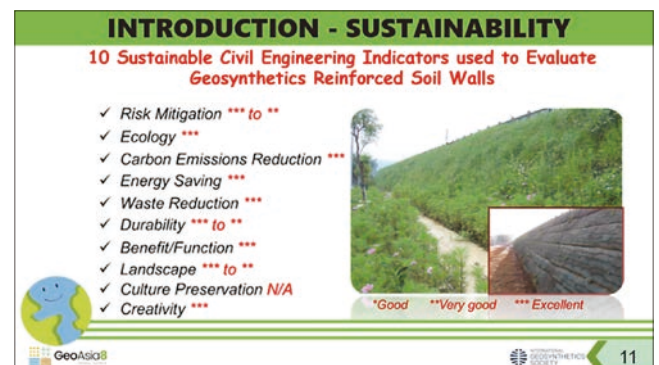


圖 5 以永續 / 綠色土木工程的十大指標評估加固土壤結構

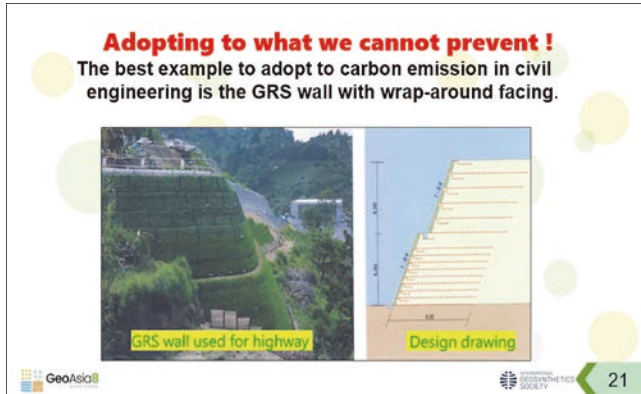


圖 6 加勁擋土牆的特色：可以植生綠化，減少碳排放量

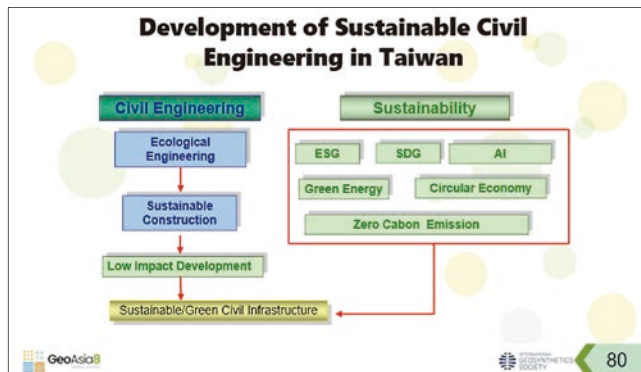


圖 7 臺灣近年來的綠色土木工程發展



圖 8 聰明的小鳥利用樹枝作為築巢的加勁結構，並且懂得拱形結構力學和非飽和土壤的原理，用口水讓鳥巢更具黏性

時，時間已到，只好以孟子梁惠王篇的

「斧斤以時入山林，柴木不可勝用也」
(Take ax and knife to the forest only in the fall, then the firewood can be used forever)

作為永續 (Sustainability) 之結尾 (圖 9)。在土木工程的演講中順便宣揚中華文化，大陸學者認為頗有意義，且屬形而上的哲學理念。本段文字，英文翻譯比中文還清楚。原來「柴木不可勝用也」是「柴木可以勝用也」之意！中文還真不容易！

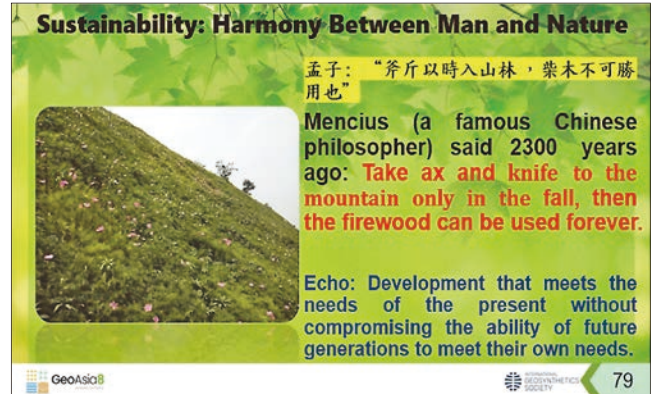


圖 9 結論：孟子曰：「斧斤以時入山林，材木不可勝用也」

除了我介紹了阿里山台 18 線附近的加勁式潛壩 (Check Dam, 圖 10)，台大楊國鑫教授的外籍學生和盟鑫公司的謝工程師也分別介紹了這座應是世界首例的加勁潛壩。相信不久之後，世界各國都會廣用加勁結構做為土石流的正向消能壩 (Check Dam) 或側向導流堤 (Diverting Dike)。



圖 10 阿里山台 18 線附近下游加勁潛壩 (Check Dam) 可能是全世界的首例

國際會議的趨勢

這次會議完全做到無紙化，沒有一大本論文集，連會議的節目單都不印出，完全存在 APP 中，一時還頗不適應，漏了不少該參加的節目。不過相信這會是未來國際會議的趨勢。

另二個國際會議的趨勢是：Un-conference 和 Speedy Consulting。

所謂 Un-conference 是指在原規劃的範圍外新增的專題討論，可能是最熱門的議題，報告者也不必在一年前交摘要或論文，可臨時報名參與討論。我主講的永續工程即是屬此類。

另一種 Speedy Consulting 則屬 Panel Discussion，由幾位專家組成，觀眾可即席提出任何問題，徵求專家意見，為時九十分鐘，遠比一般 Q&A 的時間長，可以充份討論。

我在此 Speedy Consulting Session 中提出加勁結構背填土應容許採用現地土壤（On-site Soils），而非美國 AASHTO 所規定的砂土限制。幾位 Panelists（如韓杰教授）都表贊成。大家都同意只要做好排水及夯實，現地土壤比較經濟、環保及節能減碳，符合目前永續低碳及循環經濟趨勢，並無不可。我也以臺灣的成百上千個案例證明其可行性，但前提是需做好內部及外部排水措施，及夯實時含水量要控制在最佳含水量正負 2% 以內。

現地的土壤也許並不完美（如粘性土），但若工程師將現地土壤棄置，而從老遠運來砂土，這正如同一位醫生看到病人情況不佳，即予放棄而不醫治一樣，都是怠忽職守。何況加勁土壤本來就是用加勁材料來彌補土壤之不足（如缺乏張力強度、剪力強度不強等），除非在河岸的常水位下，實不宜自廢武功。

我也代表中華臺北分會參加亞洲地區分會座談，報告了臺灣政府和民間近年來在近零碳排所做的努力。包括：投標廠商在綠色環境、綠色工法、綠色材料、綠色能源上之要求及獎勵，以及土工合成材料（尤其是在加勁土結構）的一些創新應用。包括：回包式植生加勁擋土牆的大量應用，以及泥石流在導流堤、潛壩、滯洪池的諸多世界首例應用。

我們認為：由於水泥一項就占了世界碳排放量的 1/10，推廣能植生的加勁擋土牆以替代 RC 牆，可以達到碳中和甚至負碳排（草和樹能釋放出氧以中和碳），是土木工程中非常罕見的負碳排技術，值得全球推廣。

兩岸的學者交流

除了徐超、劉華北等知名學者，在大會中也聽到幾位年輕學者的報告，如石家莊鐵道大學王志杰教授、哈爾濱工業大學林闖教授、加拿大維多利亞大學林城教授和臺灣大學吳俊緯博士生等。他們多曾在歐美留學，英語字正腔圓，內容以實驗成果為主，顯示未來接班人的卓越水準。另有一節 China Session，報告大陸的土工合成材料現況，不論研究、手冊或材料均頗為完整，尤以在礦區的應用，令人驚艷。

兩岸的學者在此國際場合熱烈交流，多以中文交談，沒有政治干擾，水乳交融。王志杰教授找到一張 2013 年韓杰教授、志杰教授和我 3 人在義大利博洛尼亞的一場加勁擋土結構會議初次會面的合照，這次三人再次聚首，乃站在原位置，另拍一張合照，兩相比對，看看 12 年後誰變化最多，非常有趣。（圖 11）



圖 11 韓杰教授（中）、王志杰教授（右）和筆者，12 年後再相聚是否有很大變化？

利用休息時，我們幾位教授也沿著布里斯本河的河道（River walk）散步。在南側公園居然發現孔子的雕像（圖 12），是由山東省濟南市贈送給布里斯本城市的。沿途繁花似錦，居民喜歡跑步及自行車運動，形成一幅美麗又安全的風景線。

大會展覽及晚宴

這次展覽區也以大陸廠商最多，約近四成。臺灣的參展廠商只有一家——盟鑫工業公司（ACE）。但位置居中的盟鑫公司王總經理（Amie Wang）以流利的英語穿梭在各種場合，人氣似乎最旺。盟鑫行銷達六、



圖 12 在布里斯本河南側公園有一座孔子的雕像

七十餘國，而且自費創設綠色工程教育園區於台中，供各界免費參觀。園區設施包括各類型的加勁擋土結構及各種地工合成材料的應用實例，規模龐大，嘉惠工程師與學生，非常用心。

晚宴在布里斯本河北岸的餐廳舉行，穿過波光豔影的人行橋，有燈光絢麗夜景襯托，是環境美學的極佳體驗（圖 13）。大會並進行頒獎，謝啟萬教授獲得了中華臺北分會的最佳服務獎（圖 14）。由於謝教授未能出席，由我代表領獎。大會主席也特別說明：地工合成材料是永續材料的最佳選擇（圖 15），看來英雄所見略同。



圖 13 布里斯本的美麗夜景，河的對面是會議的晚宴地點



圖 14 謝啟萬教授獲得了中華臺北分會的最佳服務獎



圖 15 大會晚宴主席特別說明：地工合成材料是永續材料的最佳選擇

美麗的錯誤

大會結束時，忽聞臺灣名詩人鄭愁予仙逝。我在大一暑期參加臺北的復興文藝營，曾親炙先生的詩教。大二時我們也曾邀請詩人前來成功大學演講，朗誦他那膾炙人口的「錯誤」：

我達達的馬蹄是美麗的錯誤
我不是歸人
是個過客

水泥身為重要的建材，達達的馬蹄也跨過了輝煌的世紀，奈何碳排太多，應該是美麗的錯誤，終將在永續低碳的趨勢下，不是歸人，而只是過客。

Less Cement, More Geosynthetics。若能採用更多的地工合成材料替代部分的水泥，對工程減碳將有很大的助益，也是綠色土木工程重要的一環。

布里斯本印象

布里斯本是澳洲的第三大城，人口含郊區衛星城約 250 萬。城市被蜿蜒的布里斯本河分割為南北兩岸。參加會議時是住在南岸的會議中心旁，會議結束後搬到北側的市中心區，因此得以從不同角度來欣賞這美麗的城市。

會後我們多停留了五天，除了訪友之外，也趁機會實地體驗他們採取的永續城市設計。安步當車，逛遍了布里斯本的中央商業區，包括植物園、袋鼠角人行橋、Queen St Mall、市政廳、博物館、中央車站等，也在 Riverside 乘船站兩度搭乘橫渡兩岸的 City tour 交通船（圖 16）。該船只需要 50 分澳幣（台幣 10 元）即可乘坐約 1 小時半的行程回到原點，沿途觀賞布城壯麗的夜景（圖 17）。這交通船居然能開到半夜 12 時才收工，可見治安良好，與美國 downtown 早早關門，大相逕庭。



圖 16 聯絡南北兩側的交通船每 15 分鐘一班，收費僅 50 分澳幣（10 元台幣）



圖 17 從交通船上欣賞故事橋夜景

比起美國來，這裡治安良好，沒有槍枝威脅，更沒有零元購，和我們 1970 年代來美國留學時的環境相似，但天氣更好。

下面是我對布里斯本的一些初步印象：

- (1) 城市整潔，沒有街頭流浪漢，沒有街邊垃圾，更沒有破破爛爛的違章建築。台北市的市容比起布城，還有一段距離。雖然人口數相差不多，而且布城沒有捷運，但在市中心區汽車數量似比台北少了很多，因為他們鼓勵搭乘公車，市中心區的停車收費非常貴。在某些熱鬧地區，甚至設置於地下隧道為公車專用道路，所以搭車時需要乘坐電梯進入地下室搭乘，類似我們搭捷運的方式，頗為罕見（圖 18）。



圖 18 公車專用道路設在隧道，所以搭車時需要乘坐電梯進入地下室搭乘

- (2) 街頭酒吧林立，且以年輕人為主要顧客群，甚至女生的比例也近一半。三五成群，嘻嘻哈哈，但似乎並非做生意的交際，而多是同事之間的聯誼聚會，尤其是在週五晚上更是明顯。可以看得出澳洲的年輕人是愉悅的，是滿意的，是樂於消費的。他們的待遇，據我的瞭解，比台灣高出很多，而且並不像台灣如此重視高科技，只要一技之長，並不在意是否需進大學，藍領白領皆有出路，貧富差距不大。最重要的一點是，幾乎大家都是移民，只是先來後到而已，所以對華人不太會有歧視的現象。我們印象中的白澳政策其實在 1973 年即已停止，但黑人的確不多見。

(3) 這裡沒有颱風，沒有地震，降雨量也不多，算是天選之國，因此土木建築的設計也較為單純。但由於氣候變遷，幾年前也曾發生布里斯本河氾濫的情事。而跨越布河的橋樑，除了車行之外，也有許多專門為人行步道和自行車道而設計的橋樑，比較傾向於人本主義。我們住的酒店推窗即可看到人行步道的斜張橋跨越河岸，眩麗而壯觀（圖 19）。

而整個布里斯本城市的街道設計也充滿了鮮豔的色彩，尤其是在 Queen Street Mall 附近（圖 20）。

另外在 Riverside 附近看到樓梯與無障礙車道共構的設計（圖 21），頗有創意。



圖 19 旅舍推窗即可看到人行步道的斜張橋跨越



圖 20 Queen Street Mall 的現代裝置藝術

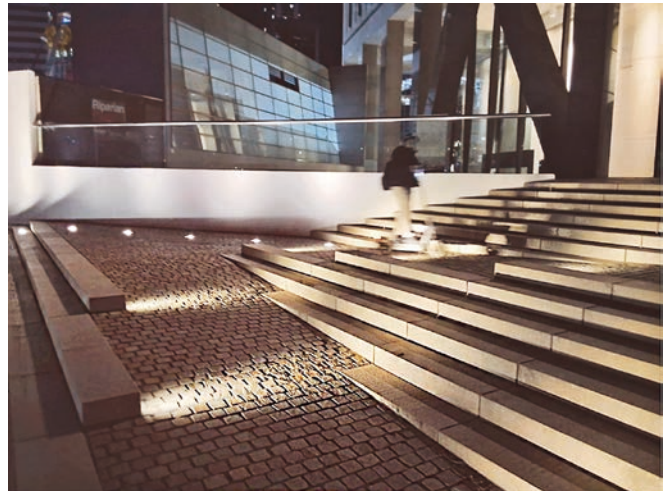


圖 21 樓梯與無障礙車道共構的設計

再會了，布里斯本河的波光艷影

雖然只是浮光掠影在此開會及短期駐留十天，但綜合印象，布里斯本是一個陽光普照、宜居安全、充滿活力的水岸城市，難怪 1988 年世界博覽會和 2032 年奧運會址選擇在此地。

徐志摩在再別康橋一詩對美麗的康河有下列描述：

那河畔的金柳，是夕陽中的新娘；
波光裡的艷影，在我的心頭蕩漾。

我們在布里斯本河的南北兩岸各住了四五天，布里斯本河波光裏的艷影的確在我的心頭蕩漾（圖 22）。

再會了，美麗的布里斯本，雖然不帶走一片雲彩，期待下次仍有機會與妳相遇！



圖 22 布里斯本河波光裏的艷影

宜居城市評比

我試著用宜居城市的指標，來評估曾經居住或熟

悉的台北、台中、丹佛、舊金山、上海、太原、洛杉磯和布里斯本做一比較，如表 1。

表 1 宜居城市比較表

比較項目	權重	台北	台中	布里斯本	丹佛	舊金山	上海	太原	洛杉磯
治安	10%	6	5	5	4	2	6	6	3
		0.60	0.50	0.50	0.40	0.20	0.60	0.60	0.3
交通便利 / 公共運輸	10%	7	5	5	2	4	7	3	4
		0.7	0.5	0.5	0.2	0.4	0.7	0.3	0.4
房價	10%	1	4	5	5	1	1	5	3
		0.10	0.40	0.50	0.50	0.10	0.10	0.50	0.3
氣候 / 天然災變	8%	4	7	7	4	5	3	4	7
		0.32	0.56	0.56	0.32	0.40	0.24	0.32	0.56
環保 / 空污	8%	5	2	7	6	6	3	5	4
		0.4	0.16	0.56	0.48	0.48	0.24	0.4	0.32
醫療保健	7%	6	5	4	4	4	4	4	4
		0.42	0.35	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
就業機會	5%	5	4	4	4	3	3	2	5
		0.25	0.20	0.20	0.20	0.15	0.15	0.10	0.25
基礎建設	5%	6	6	6	6	6	7	4	5
		0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.35	0.20	0.25
教育文化	5%	6	5	6	6	6	6	4	5
		0.30	0.25	0.30	0.30	0.30	0.30	0.20	0.25
市容	5%	3	5	6	5	4	6	4	5
		0.15	0.25	0.30	0.25	0.20	0.30	0.20	0.25
生活物價	5%	4	5	3	2	1	4	6	3
		0.20	0.25	0.15	0.10	0.05	0.20	0.30	0.15
旅遊景點	5%	4	5	5	5	5	6	4	7
		0.20	0.25	0.25	0.25	0.25	0.30	0.20	0.35
公園綠化	4%	4	5	6	5	5	4	4	4
		0.16	0.20	0.24	0.20	0.20	0.16	0.16	0.16
住宅品質	4%	2	4	6	6	4	2	2	4
		0.08	0.16	0.24	0.24	0.16	0.08	0.08	0.16
擁擠程度	3%	2	5	5	5	3	2	5	3
		0.06	0.15	0.15	0.15	0.09	0.06	0.15	0.09
族群包容	3%	5	5	6	4	5	4	5	5
		0.15	0.15	0.18	0.12	0.15	0.12	0.15	0.15
永續導向措施	3%	6	5	5	4	4	4	4	4
		0.18	0.15	0.15	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
總計	100%	4.57	4.78	5.36	4.41	3.83	4.30	4.26	4.34

評分標準：1 極差；2 甚差；3 差；4 普通；5 優；6 甚優；7 極優

在考慮權重的情況下，我個人的宜居城市評分，優選順序為：(1) 布里斯本；(2) 台中；(3) 台北；(4) 丹佛；(5) 洛杉磯；(6) 上海；(7) 太原；(8) 舊金山。除了布里斯本一枝獨秀及舊金山落後外，其餘城市各有千秋，總分相差不大，都屬於普通至優等級。

以上評分，已請教十餘位居住過該城市者之經驗，雖不是嚴謹的學術性系統調查分析，仍應有相當程度的參考價值。

誌謝

本文之宜居城市比較表，承蒙王隆昌教授、吳淵洵教授、張維仲董事長、汪荷清女士、王海廉先生、旅居台中的唐玄蕙女士、旅居上海的孟國慶先生、旅居洛杉磯的陳秉常先生、旅居布里斯本的簡湘芸女士、曾惠群女士、練榮勳先生等提供專家意見，特此致謝！