建築物外牆板材之新選項—高耐候型轉印建材

An Innovation Building Facade System – High Performance Transfer Printing Building Material

黃志弘 C. H. Huang[1]、李有豐 Y. F. Li[2]、劉世航 S. H. Liu[3]
國立臺北科技大學(Taipei Tech) 建築系 [1]特聘教授暨設計學院院長
國立臺北科技大學(Taipei Tech) 土木工程系 [2]教授
正清國際有限公司(Coryor Surface Treatment Co.) [3]協理

摘要/Abstract

本文針對常見之金屬帷幕外牆，提出一個施作簡易且可配合建築師設計各式圖案之轉印材料與工法，此轉印材料具有卓越的耐候性能，如防鏽、防蝕及抗紫外線等。此創新技術是將氟素原料、搭配高擬真圖案紋理印刷製成薄膜，再加上先進之轉印工法將圖案紋理轉印至金屬帷幕外牆。這項創新建築材料係使用符合美國建築師及製造者協會AAMA 2605規範之優質氟碳原料，實現美觀紋路與高耐候性及輕量化減碳兼具的優勢。並可因應建築規劃設計創新，達成低碳排放建築之目標。

In response to architectural planning and design innovation, manufacturers developed new items to achieve the ultimate goal of low-carbon emissions and even net-zero buildings. In this study, we combine transfer printing techniques with high-quality fluorocarbon raw materials that conform to the latest version of the American Association of Architects and Manufacturers 2605 specifications (AAMA 2605), to achieve high-quality weather-resistant with both beautiful texture and performance. This new procedure provides architects with alternative options other than traditional ceramic tiles and stone materials. Transfer printing applies unlimited patterns to the metal curtain, emphasizing the excellent anti-rust, anti-corrosion, and ultraviolet performance.

關鍵字/Keywords

高耐候建材(High Performance Building Materials)、金屬帷幕牆(Metal Curtain Wall)、氟碳烤漆(Fluorocarbon Paint)、琺瑯牆板(Enamel Wall Panel)、戶外建材(Exterior Facade System)

前　言

近年來，建築界最重要的規劃設計變革，莫過於對應氣候變遷減緩調適與淨零排放路徑之綠建築發展策略。其不僅影響社區規劃、建築計畫、結構系統、空調及其他建築設備，也影響到使用管理與其他建築生命週期階段的耗能排碳量。聯合國氣候變遷專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC)於2022年4月，發布第六次評估報告的第三工作組報告(AR6 WGIII)—《氣候變遷2022：氣候變遷的減緩》(Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change)，表明建築部門對於能源的消耗量大，為全球第二大的溫室氣體排放源(16%)，僅次於工業(34%)和運輸(15%)。台灣依經濟部能源局2020年統計，住商部門的建築溫室氣體排放量約占全國的22.7%。前述報告表明若建築部門可達到淨零排放，對全球溫室氣體減量貢獻最大，優於工業及運輸部門。

台灣於2022年春，也由國發會領銜，與環保署、科技部、經濟部、交通部及內政部等單位，共同宣布台灣2050淨零排放路徑及策略。提出五大路徑規劃、四大轉型策略及兩大基礎，要讓台灣在淨零碳排這一項目與國際接軌。若欲達成低碳建築、甚至淨零建築的理想，必須全方位在建築的全生命週期中，從資材製造、運輸、施工、使用營運、拆除等階段，全面貫徹低碳製造、營運的碳足跡極小化概念，不但要求技術面低碳高效，還要在非技術面降低服務需求、循環共享與重塑價值管理。

台灣屬亞熱帶海島型氣候，有著高溫高濕的特性，都市圈內建物年代不一，外觀風貌上更有著南轅北轍的差異。更因位處環太平洋地震帶，早期建築耐震工法尚未發展成熟，低矮公寓為都會外觀主體，外牆裝飾上更是以使用細碎分割的磁磚為主。傳統磚石圬工、甚至鋼筋混凝土，歸屬於高碳排工法，不但生產耗能，隨著年代推移，老舊建物或因年久失修，常見磁磚剝落或石材碎裂掉落的問題。磁磚或石材剝落的原因，天然因素歸咎長年的風吹日曬雨淋、有害物質的侵蝕，又有地震次數頻繁及熱脹冷縮所造成。而人為因素則有是否確實按照施工之工序進行，以確保工程品質。若天災與人禍並行，更易導致上述災害發生機率提高。政府也立法規定因疏忽外牆維護造成人傷或財損，須由維護義務人負起民事及刑事責任，業者及住戶可謂不得不慎。所幸業界早已開始討論如何以低碳工法、生命週期成本分析來防止這類事件的發生。

因此新建案慎選建材及舊建物外牆的維護，對資產價值提升及安全考量，有著實質助益。國內近年來缺工問題日益嚴重，仰賴技巧嫻熟的老師傅全人工施作，已無法趕上新蓋建案、舊樓維護整建工程的大量需求。若能以優良的設計結合工廠模組化生產的方式，可大幅縮短工時，符合經濟效益。

轉印技術與工程應用

國人喜好使用美觀的石材，高樓層可選擇輕量化的鋁材質來替代應用，除降

低整體外牆重量外，更能於鋁材等金屬材質上施作不同的表面處理工藝，賦予金屬多樣化的面貌。而各種金屬表面處理方式中，更以轉移印刷（Transfer Printing，簡稱轉印）具備較佳的量產性及設計發揮空間。

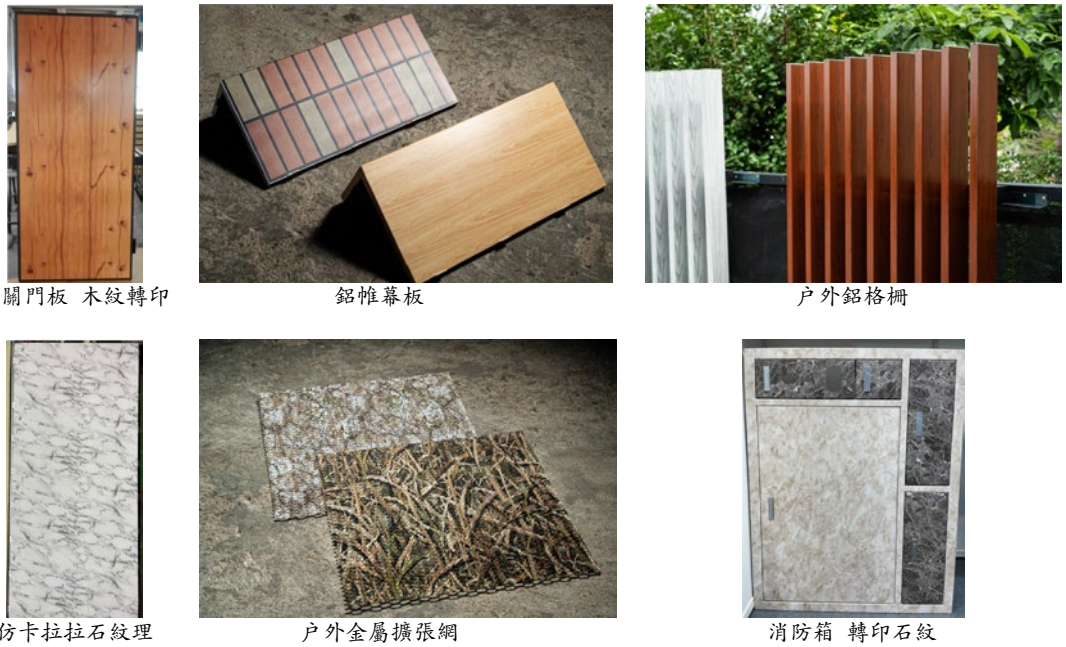
建築外觀設計在建築師巧手規劃下，不論於綠建築之標準、形狀、色彩選用上都煞費苦心地持續創造嶄新成果。但是隨著水泥外觀已漸顯單調乏味，磁磚仍受限於分割較為細碎，且有溫度熱脹冷縮與施工不當造成脫落的風險，維護成本往往成為擾人惡夢。另由於國際石材日漸稀缺，價格不穩定極易造成預算一再提高，且還要計算建物承重是否符合乎規範。故近年建築外觀表現上，金屬帷幕外牆由於工業化、模組化、輕量化以及結構設計的優化，異軍突起，成為外觀設計的新寵。

金屬帷幕外牆雖然蔚為近年設計風潮，但由於台灣位處亞熱帶，氣候高溫高濕，金屬表面氧化的課題係建案成功與否的首要任務。所幸台灣作為國際加工生產行業的優等生，廣大且完整的產業鏈在多年的努力下，已為建築師及營造業克服了此難題。從鋼材、鋁材等原料選擇，琳琅滿目的客製防鏽、防蝕前處理，甚至在保護塗層也突破性地導入國際知名廠商的多樣塗料選擇。不論是知名地標台北101使用的氟碳塗裝，抑或是捷運等公共設施使用的琺瑯塗層，都成功透過台灣優質廠商提供的方案，完美地達成牆面外觀歷久不衰之卓越功能性。

以目前國內使用之氟碳塗料，或是琺瑯板經過高溫燒結的堅硬表層，雖完美地對金屬帷幕提供卓越的氧化保護性能，但是僅能提供國人單色的選擇，無法滿足建築立面圖案多樣性與使用者對藝術的渴望。此外，AAMA 2605高性能規範是適用於建築鋁型材和面板上之有機塗層的最高標準，專為提供卓越性能的產品而設[1]。為了滿足社會大眾的期許，此轉印材料與工法，可以符合美國建築製造者協會AAMA 2605規範的優良耐候性，達到目前舊式熱昇華工法望塵莫及的全新境界。

▲圖一　轉印加工程序

本創新材料與工法是透過獨特印刷製程，以國際原廠知名二氟原料PVDF Kynar® 500為基底，預先印製完成建築設計選定之圖紋（高解析度木紋、石紋或特殊設計，均不受限），再透過轉印工藝將圖案完整轉移至各型工件上，可以採用OMD模外真空熱轉印或水壓曲面轉印(Hydrographic)等工法，圖一為轉印加工程序流程。以標準製程及原廠規範溫度固化表層，達成防鏽、設計、美觀、保固一氣呵成的產品。相較



▲圖二　本創新材料與工法轉印至金屬構件之案例（彩圖請見材料世界網）

彩繪噴塗，轉印工藝不僅是相像，更可呈現與原設計理念幾乎貼近的華美尊爵外觀。可在輕量金屬建材上，轉換風貌為卡拉拉石、柚木等質感，除功能性外更增添視覺效果，達成觀感上的整體一致。本創新材料與工法轉印至金屬之案例如圖二所示。

轉印後產品耐候性試驗

高性能外牆板材技術開發，包括高耐候性、高隔熱性，甚至高輻射冷卻性能等下世代外牆板材，其未來性不言可喻。例如外牆表面材轉印機能塗層，添加高反射性能塗層或高輻射冷卻性能塗層，將可立即強化對太陽輻射的發射效果，因此產生等效隔熱性能。相反的，添加吸熱成分的轉印外殼，可在高緯度地區具有吸熱性能；相關熱性能外殼，都影響著冷房或暖房效益，當然也影響了長期建築能耗性能表現與碳排，此類技術將迅速發展、大幅改善建築能源效率。此創新材料與工法亦可以搭配其他隔熱材料達到冷房或暖房的效果。茲將轉印之外牆板材進行AAMA 2605[2]測試，相關測試項目與測試結果，如表一所示。

結　語

建築師及營造團隊為成功建案最重要推手，其美感及設計理念實為亙古至今珍貴建築是否能永遠為後世傳頌的關鍵元素。為創造經典建築案例，每一位工作夥伴均戰戰兢兢地挑選、修改及優化各樣建材的選擇與施工。業主更為了創造企業價

▼表一　AAMA 2605測試項目與測試結果

AAMA 2605-05規範				
測試項目	測試說明	項目要求	測試規範	測試結果
塗膜厚度(μm)	–	最低要求(25~30μ)	ASTM D1400	43
光澤度(60°)	ASTM D523	光澤值20~79以上	ASTM D523	29.8
塗膜硬度	F等級鉛筆45度角	無破裂	ASTM D3363	鉛筆硬度3H
密著性 • 乾膜 • 濕膜 • 沸水	100格，線距1 mm	無剝落	ASTM D3359	5B（100%無剝落） 5B（100%無剝落） 5B（100%無剝落）
耐衝擊性	16 mm直徑圓頭衝擊測試機18 N-m	無剝落	ASTM D2794	漆面無剝離現象
耐磨性	落砂測試法	磨耗係數最少40	ASTM D968	40.5
耐鹽酸	15分鐘點狀測試	無起泡、外觀無變化	AAMA 2607-17a	顏色無明顯變化
耐灰泥	100%RH × 38°C × 24 hr曝曬	無剝落、外觀無變化	AAMA 2607-17a	顏色無明顯變化
耐硝酸	ASTM D2244	顏色變化不可超過5ΔE	AAMA 2607-17a	顏色無明顯變化(0.18)
耐清潔劑(3%)	浸泡去污劑38°C × 72 hr	無剝落、無水泡、外觀無明顯變化	AAMA 2605-17a	表面無起泡或改變現象
耐濕氣	100°F × 4,000 hr (100%RH)	水泡尺寸低於ASTM D714 No. 8	ASTM D2247	無起泡現象
耐候性	佛羅里達南方45度角曝曬 × 10年	原料供應商耐候測試片	ASTM G155 4,000 hr	–
色差(ΔE)	顏色改變最大到5ΔE	原料供應商耐候測試片	ASTM G155	0.84
光澤保持力(%)	光澤保持力至少50%	原料供應商耐候測試片	ASTM G155	99%
抗腐蝕	量測曝曬區域以及與其相連之未曬區域的膜厚耗損低於10%	原料供應商耐候測試片	ASTM G85 • 循環腐蝕蔓延等級 • 起泡腐蝕等級	9 10 (No Failure)

值、彰顯指標地位與其獨特性，紛紛大膽採用各式新建築工藝，以期達到「品質、品牌、品味」三者兼具的優質形象。台灣受惠於各大院校專業師資充足，業界吸取海外歷練的大師們，讓教育環境及國民美感上，有著逐年提高的水準。

由於環保意識抬頭，綠建築、永續、社會責任等關鍵字往往頻繁出現在每一個案件中。高耐候型轉印外牆材料與工法的獨特研發技術，已為國際所矚目，本文簡要介紹高耐候型轉印建材提供業界參考，期許能發揚台灣建築材料與工法之競爭力。

參考文獻

1. https://purefreeform.com/what-is-aama-2605/
2. AAMA 2605, Voluntary Specification, Performance Requirements and Test Procedures for Superior Performing Organic Coatings on Aluminum Extrusions and Panels, American Architectural Manufactures Association, IL, USA.