

「2022 中華民國營建工程學會第二十屆營建產業永續發展研討會」

廠房三明治金屬外牆立面工程使用及維護之探討

*賴佳宏 (Chia-hung Lai)

逢甲大學建設學院
專案管理研究生

**曾 亮 (Liang Tseng)

逢甲大學建築專業學院
副教授

***楊朝仲 (Chao-Chung Yang)

逢甲大學建設學院
專案管理研究所主任

摘要

廠房三明治金屬外牆立面工程多注重規劃設計、施工管理，較不重視使用維護管理，但實務上亦影響到廠房外牆其使用性能、維護費用、管理方式等，若能在廠房立面外牆使用維護管理方式找出問題原因及改善方法，將能有效提升使用單位管理對廠房外牆維持其使用性能及降低維護費用等。

有鑑於此，本研究首先藉由整理相關文獻及案例瞭解廠房三明治金屬外牆立面從使用需求、維護對策、使用維護管理等層面，最後經由彙整其要項，提出採用模矩單元及分級評估之使用維護管理方式。

本研究發現：1. 可將使用需求納入設計施工考量從三明治牆板面模矩單元橫式(寬 60、90、100cmX 長 600~800cm)鋪設，並依其模矩單元從基座至牆身、牆身、平台及屋頂等三段來管理，建立使用外牆面汙染程度分級(輕微、中級、中等及嚴重)及清洗方式(吊板(繩)懸吊、吊籃、軌道擦窗機、吊車輔助、移動式鷹架、清洗機器人等)等使用管理方式進行清洗維護。2. 針對車輛撞擊預防可 3m 截角設計(消防車防救災規格)加上退縮綠化(約 1.5m)予以植栽(過濾灰塵或海風鹽分)來防範車輛撞損牆板以及降低烤漆剝離問題；至於補漆方式建議可依牆面單元補漆(如：牆板單元寬 60、90、100cmX 長 600~800cm)讓外觀上避免有塊狀色差問題，其上述尺寸亦符合倍模矩尺寸。

關鍵詞：三明治外牆，立面系統，使用維護，模矩單元，廠房建築

Discussion on the Use and Maintenance of the Facade Engineering of the Sandwich Metal Exterior Wall of the Factory

Abstract

The sandwich metal exterior wall façade project of the workshop pays more attention to planning, design and construction management, and less attention to the use

and maintenance management. However, in practice, it also affects the use performance, maintenance cost, management method, etc. of the exterior wall of the workshop. Using the maintenance management method of the wall to find out the cause of the problem and the improvement method will effectively improve the management of the user unit to maintain the performance of the outer wall of the factory building and reduce the maintenance cost.

In view of this, this study firstly understands the use requirements, maintenance countermeasures, use and maintenance management of the sandwich metal façade of the factory building by sorting out relevant literature and cases, and finally, by compiling its key points, it proposes the use of mold moment units and graded evaluation methods. Use maintenance management.

This study found that: 1. The use requirements can be taken into account in the design and construction. The sandwich wall panel is laid horizontally (width 60, 90, 100cm X length 600~800cm), and the mold moment unit is from the base to the wall body. , wall, platform and roof, etc. to manage, establish and use the outer wall pollution degree classification (slight, medium, medium and serious) and cleaning methods (suspension board (rope) suspension, hanging basket, track window cleaning machine, Crane assistance, mobile scaffolding, cleaning robots, etc.) use management methods for cleaning and maintenance. 2. For vehicle impact prevention, a 3m truncated angle can be designed (fire truck disaster relief specification) plus retreat greening (about 1.5m) to be planted (filtering dust or sea breeze salt) to prevent vehicle impact damage to wall panels and reduce paint peeling problems; As for the repainting method, it is recommended to repaint the wall unit (eg: wall panel unit width 60, 90, 100cm X length 600~800cm) to avoid the problem of block chromatic aberration on the appearance, and the above dimensions are also in line with the double-moment size.

Keywords : Sandwich exterior wall, Facade system, Use and maintain, Moment units, Factory building

一、緒論

(一)研究動機與目的

1. 研究動機

在國內廠房常採用三明治金屬外牆(又稱複層金屬板) 立面構法系統，因施工快速、外觀美觀等特性，近年來廣泛使用在辦公、科技廠房、大型商場及公共建築上，近年來三明治金屬外牆的發展及工程經驗之累積，目前國內也具備製造生產、設計及施工之基礎，但是在使用及維護管理方便少被使用單位重視。

在目前國內業界中，廠房使用三明治金屬外牆之案例不勝枚舉，但在後續使用上可能產生外觀污損、漏水、車輛撞損等問題，會影響其使用性能及外觀，因此探討問題發生之因素，對於三明治外牆使用及維護管理是相當重要的課題。

2. 研究目的

本研究在於國內業者所建造的三明治金屬外牆立面系統，以廠房為例，針對使用維護探討其材料本身及使用需求、立面外觀瑕疵、使用管理及維護方式等提供實質可行的研究結果，其研究目的如下：

- (1).瞭解三明治金屬外牆板材料本身對使用需求之影響。
- (2).探討廠房三明治金屬外牆立面使用維護瑕疵之對策。
- (3).分析廠房三明治金屬外牆使用維護管理之可行方式。

(二)研究方法與流程

1. 研究方法：

本文以廠房作為案例探討，以三明治金屬外牆立面工程對於使用維護管理上其要求、環境及維護注意事項、維護程序、檢驗及預防措施進行完整性檢討。

2. 研究流程：

本研究將以模矩化規劃設計瞭解三明治金屬外牆立面系統採橫直式等兩種分割方式(如圖1所示)對於使用維護管理上之差異，針對廠房外牆立面進行對於使用(要求、環境及清洗注意事項)及維護(維護程序、檢驗預防措施)等管理方式來設定，以實際可行方式進行完整性探討 (如圖2所示)。



圖 1.1 三明治外牆立面直鋪式廠房圖



圖 1.2 三明治外牆立面橫鋪式廠房圖

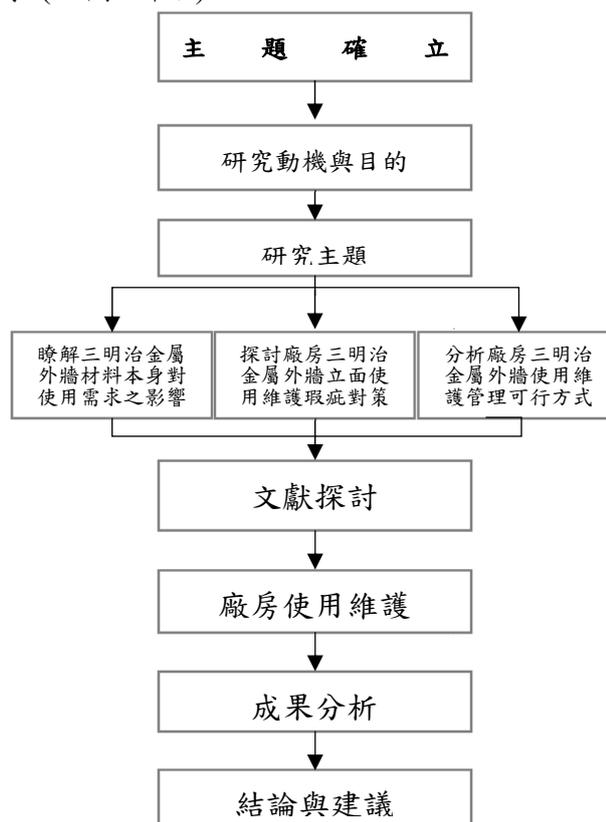


圖2 研究流程圖

二、文獻探討

探討以三明治金屬外牆基本使用需求介紹及使用維護對策：

(一)三明治金屬外牆基本使用需求介紹：

1. 材料本身概述：以內外二層金屬板間加上岩棉(複合)材料，一體成型(如圖3)。
2. 外牆系統概述(如圖4所示)：三明治金屬外牆板係應用在建物外牆立面系統，其金屬板間夾岩棉目的為符合建築相關法規外牆防火構造之規定。

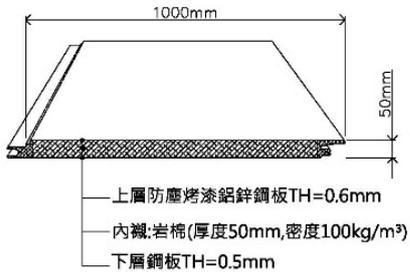


圖 3 三明治外牆面板剖面圖

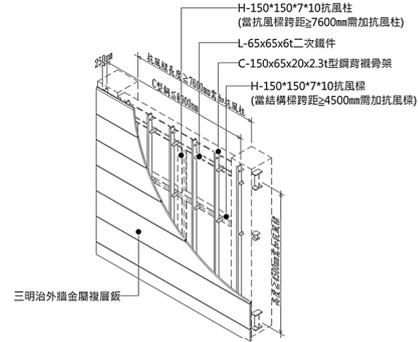


圖 4 三明治外牆系統示意圖

3. 經濟及使用需求

外牆系統之外側金屬板主要使用性能為阻絕輻射、耐候、防雨、防風及防蝕等，並兼具美觀效果。在經濟及使用考量下目前面材金屬板主要是以鋼板最普遍。外側鋼板為提高使用年限，一般會採鍍鋅或鍍鋁鋅之表面防鏽處理，也會加烤漆處理增加使用壽命及配合整體外觀設計，並注意日後外牆面清潔維護(如圖5)(施翔騰，2007)。國內複層金屬板外牆鋪設方式採用橫式居多，因橫式鋪設在安裝精度及更換板片較直式鋪設易於施工，且對於防水而言，橫式鋪設比直式較佳，故使用者者考量外牆鋪設方式時一般會選擇橫式鋪設(施翔騰，2007)。

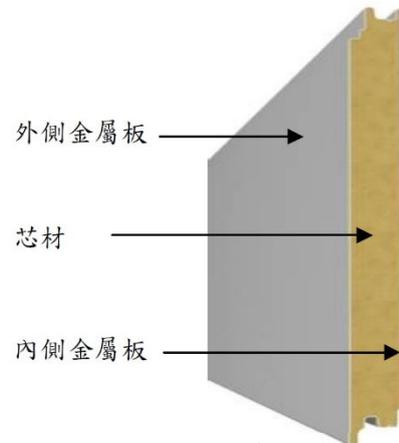


圖 5 三明治金屬外牆板構成組件

(二) 廠房三明治外牆立面使用維護對策(如圖6)

1. 外牆凹痕瑕疵對策(張家彰，2004)：

考慮車輛及設備撞擊問題，建議於車輛動線經過區域使用强度高之材料取代或安全島、卸貨平台限制車輛靠近。其一般凹痕瑕疵改善方式採批土及補漆。

2. 牆板烤漆剝離對策：

- (a)要求工廠板片烤漆完保護套封裝前，需先預組板片確定烤漆品質。
- (b)性能規範中可要求耐候性烤漆，如海邊，對烤漆的要求品質應該不同。
- (c)烤漆剝離改善方式為全面補漆。

3. 維護方式：板片維護階段利用清水清洗

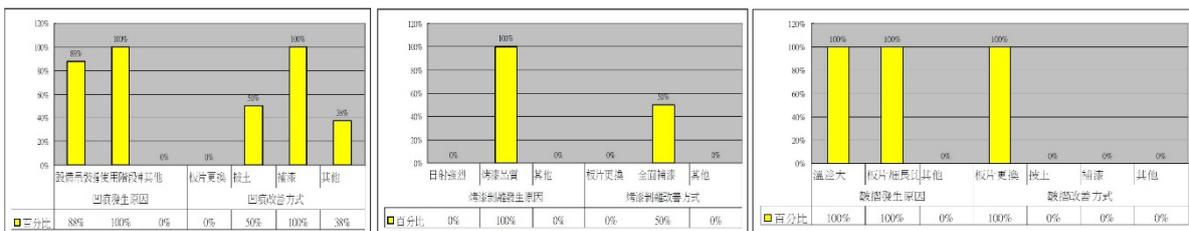


圖 6 三明治外牆瑕疵原因及改善統計圖(張家彰，2004)

三、使用管理層面

本章主要探討:三明治金屬外牆廠房使用管理要求、環境及清洗設備注意事項。

(一)廠房三明治金屬外牆立面使用管理之要求

本研究將廠房三明治金屬外牆立面外觀使用管理分基座、牆身、屋頂(平台)三段(如圖7)來探討：

1. **基座至牆身**：三明治金屬外牆主要為金屬構材，防潮考量上多以RC構造為主，但在基座至牆身在使用上常見問題為車輛及設備撞擊造成外觀凹痕，其常見管理方式為車輛動線限制、動線經過區域使用强度高材料來取代、安全警示設施(如：安全島)、裝卸平台限制車輛靠近、退縮綠帶予以植栽等方式來防範。其一般凹痕瑕疵改善方式採批土及補漆。

2. **牆身**：(1).**板材皺褶**：三明治金屬外牆面材為金屬材料，在規劃設計上應注意板材尺寸細長比例問題並加強背襯鐵件的進出精度品質控管，避免日後使用上產生皺褶影響性能，其皺褶瑕疵改善方式為板片更換。(2).**面漆剝離**：在不同環境(如：海邊、陸地)，對於烤漆的要求品質不同，其烤漆剝離改善方式為全面補漆。

3. **平台及屋頂(如圖8)**：廠房一般在立面牆身或屋頂有裝卸貨或設備之需求，常見問題為在裝卸過程中撞擊面材造成凹陷，其常見管理方式為裝卸區域使用强度高材料且可拆維護更換之方式來取代。其一般凹痕瑕疵改善方式採批土及補漆。

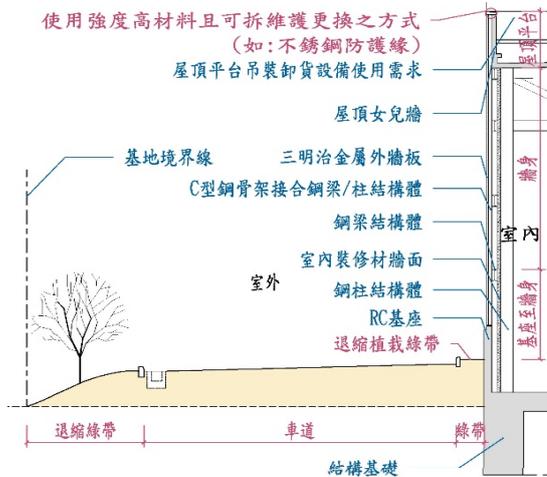


圖7 三明治金屬外牆剖面圖

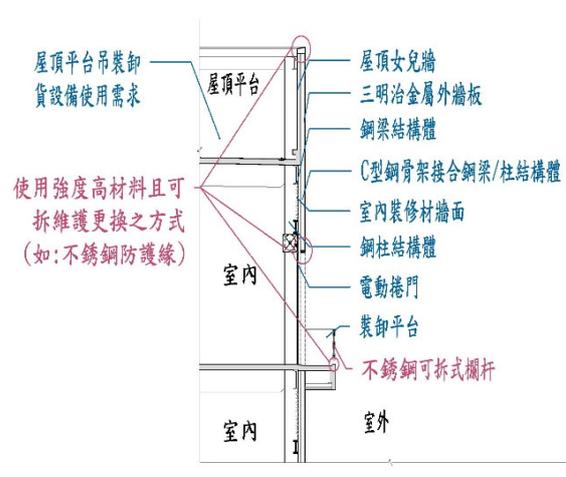


圖8 三明治金屬外牆屋頂及平台剖面圖

(二) 三明治外牆坐落環境及清洗設備管理條件注意事項

1. 三明治外牆坐落環境及氣候條件：

- (1)坐落環境:雨水少、重工業、易凝結鹽份粉塵的海岸等地區，較需清潔保養，尤其屋頂或雨遮污染堆積缺少雨水沖洗處更需清潔，清潔後再清水沖洗以維持外觀整潔性。
- (2)氣候條件：外牆清洗須在良好氣候條件下進行，風力應小於4級，4級以上停止工作。因此工作前應測定風力，尤其是高空風力。另外有雨、霧、能見度差以及高溫(35℃以上)和低溫(0℃下列)等條件下都不適合進行外牆清洗。

2. 三明治外牆清洗人員及設備條件注意事項

- (1)人員條件：為確保安全及設備正常運轉，規定高空操作者須經過身體檢查和安全技術培訓，經考試合格方可作業，有身體不適症狀就暫停高空作業。
- (2)設備條件：外牆清洗的設備必須處於良好的工作狀態，凡吊板有發毛、部分繩股漸裂等現象應立即更換。若使用大樓自動清洗設備，需事先作好測試，確保清洗設備使用的清洗溶劑、刷子及清潔過程其它因素不會損害到三明治金屬外牆板塗層表面。

3. 外牆清洗作業加強職安管理

五大注意事項，在安全狀態下進行作業及管理，並於使用管理單位加強宣導：

- (1)上工前，機具、人員證照先確認、(2)使用吊籠固定設施及作業環境需先確認安全無虞、(3)作業前吊籠本體的檢查與確認、(4)安全帶及安全帽需正確使用、(5)鋼索及防墜母索如何預防損傷。另防墜母索亦常見轉角摩擦損傷情況，同樣必須在每一轉折處或與銳利物接觸位置設置適當防護。

4. 外牆清洗公告方式

清洗外牆時，應公告防範行人安全，重點如下：

- (1)公告標示：如工期預告、清洗進度、清洗棟別等。
- (2)門窗管制：將門窗關閉、窗簾拉起，以維護隱私及安全性。
- (3)清潔期間：A. 車輛勿置放清洗範圍，避免風向將清洗藥水破壞車子。
B. 非相關人員勿靠近管制之周邊區域，以免發生危險。
C. 車輛勿擋作業範圍及動線，避免影響作業設備(如：吊車)進出。
- (4)路權申請：若有佔據馬路、人行道都需要申請路權使用。

四、維護管理層面

本章主要探討內容：三明治外牆板施作後清洗程序與維護、檢驗及預防措施。

(一)外牆清潔維護之目的

建築物外牆維護清潔不僅可使外觀整潔、美化環境，更有保護建築物的作用。由於專業外牆清洗藥劑中通常含防靜電、隔塵，可使清洗後牆面表面晶瑩光亮，並可在牆體表面形成一層保護膜，使其不易沾染灰塵，提高外牆防護能力。另外廠房外牆維護清潔做到標準化和制度化是管理的重要環節。

(二)外牆清洗維護次數

一般三明治金屬外牆板於廠房立面工程完工後一般承包商會保固一年，之後的外牆清洗維護，使用單位會委外給外牆專業清洗廠商做定期維護清洗(每年至少一次)，在外牆清洗前需要事先進行檢查，是否需要維修(如：屋頂、牆身等)，確保清潔過程不會損壞建築物。

(三) 三明治外牆板施作後的清洗程序與維護

受污染程度，情形不同，清潔方法也有所不同；一般最好在溫和氣候下或陰天時進行清潔工作或在建物背陽面進行清洗(如圖9)。

1.清潔順序原則：

一般清潔工作是由高往低循序清洗，並配合清水徹底沖洗(如圖9)如下：

- (1).由上而下：由上而下到了低樓層要降低清潔劑使用量，並儘快用清水徹底沖洗，避免清潔劑乾燥後留下水痕在表面。
- (2).低樓層區：要保持濕潤或一直用水沖洗，減少清潔劑淤積及污泥殘留在牆體表面填縫劑縫隙裡。如有此現象，要用清水沖洗乾淨並擦乾。若是僅一層高建物清潔作業反之;可由下往上清潔，但清水沖洗要由上而下(如圖9)。

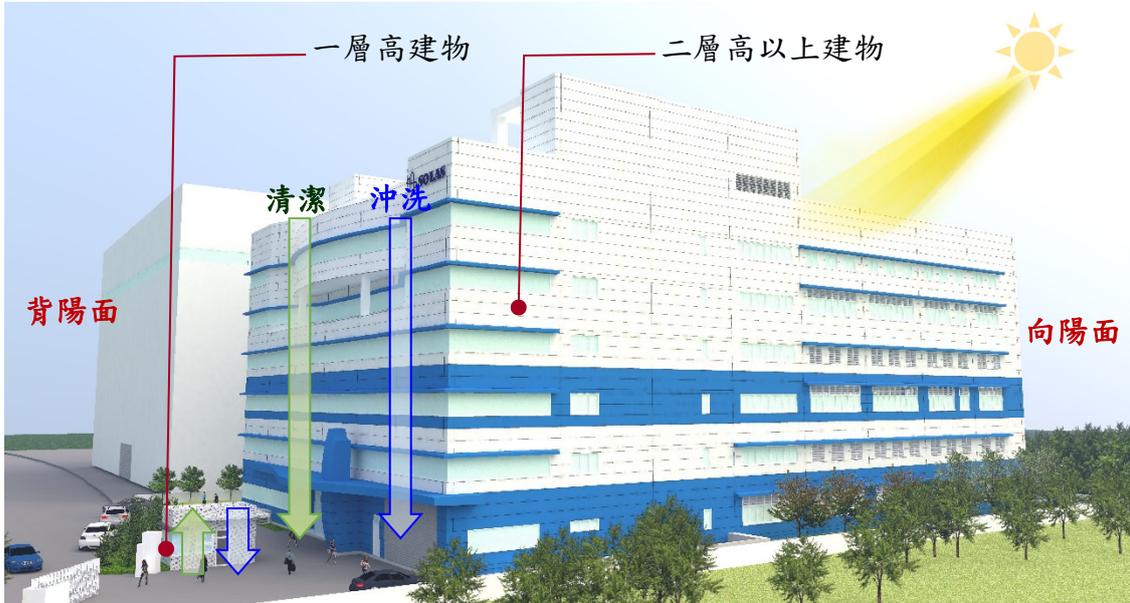


圖9 三明治金屬外牆板清洗維護圖

2.廠房清洗作業步驟(如圖10)：

清洗作業步驟如圖10說明，另建議塗層與溶劑接觸的時間限制如下：

- (1)二甲苯/甲苯/松節油等(最多5 分鐘)、(2)酮類及酯類(最多1 分鐘)、(3)甲乙酮及去漆劑，不可使用、(4)10%的漂白水或鹽酸，最多5 分鐘。
- 上列時間因三明治金屬外牆板塗層種類、年份而異，使用清潔劑應審慎評估。

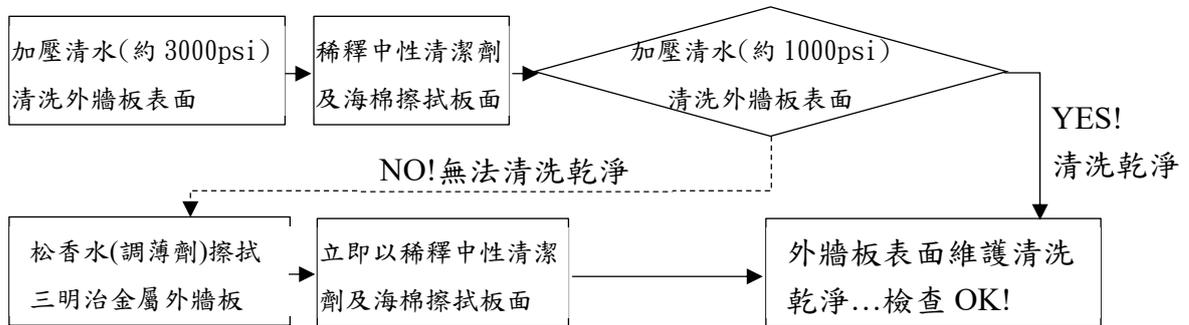


圖10 三明治金屬外牆板清洗維護流程圖

3. 污染清洗與維護關係(如表1)：

表1 三明治金屬外牆板牆面污染程度分級及清洗維護方式表

牆面污染程度分級	清洗方式	維護工具	其他注意事項
輕微	用無清潔劑的清水適當壓力由上而下清洗	配合濕軟刷子、棉布等擦洗	若不能去除污染，再配合刷子、海棉擦洗。若還不能達到目的，就要考慮使用中級(性)去污性的清潔劑。
中級	水壓固定先左右水平擦洗再上下垂直擦洗(清潔劑不要塗太大面積，只在雙手能及的面積內來回擦洗)，擦洗後再以清水徹底沖洗。	1.配合刷子、海棉擦洗 2.沖洗時如必要可配合海棉擦拭，完全乾淨後再換清洗區域，如此循序漸進施做清潔動作。 3.清潔劑使用時要戴橡膠手套及配合毛刷或可搭配大樓自動清洗設備。	1.中級去污性清潔劑不會造成皮膚不適就不會損害建材表面塗層，使用前應先作塗裝表面滴定測試，測試後確定塗層無造成傷害才可使用。 2.自動清洗設備須具毛刷自動刷洗，攪動及循環過濾自動給水功能。
中等及嚴重	徵詢塗裝廠意見	徵詢清潔劑製造商意見	建議委託專業清潔維護公司辦理。

(四)清洗方式

常見外牆清洗方式主要有：吊板(繩)懸吊、吊籃、軌道擦窗機、吊車輔助、移動式鷹架、外牆清洗機器人等六種方式。

- 1. 吊板(繩)懸吊方式(如圖11):** 運用吊板(繩)下滑到指定位置進行清洗作業，此方式比較簡單，成本也低，具有方便、靈活等特點，且佔用資源較小，能減少業主工作、生活影響；但作業難度及危險性較高，操作人員須領有專業證照及訓練，以保能高質高效地完成外牆整體清洗工作。
- 2. 吊籃方式(如圖12):** 在樓頂架設吊籃將工人運送到指定位置進行施工操作。此施工方式清洗效率較低，施工面積大、成本較高，但安全性相對較高。
- 3. 軌道擦窗車(如圖13):** 現在外牆清洗行業內有的使用高樓修建時預留軌道擦窗機，此施工方式同吊籃方式，但便於移動。
- 4. 吊車輔助(如圖14):** 主要就是利用這些具有升降功能的車輛機具將外牆清洗人員送至一定位置進行外牆清洗的動作。但吊具的吊臂高度方面有距離局限，40米以下建築物較適合，以及吊具需要有一定平坦的空間進行停放伸展，因此必須視情況使用。
- 5. 移動式鷹架(如圖15):** 適用於室外地面層及地勢平坦處使用。
- 6. 外牆清洗機器人(如圖16):** 過去外牆清洗工作「高處墜落」是常遭遇的意外災害。近年相關研究單位研發出外牆清洗機器人，利用遠端遙控的設計來進行工作，其外牆清洗機器人整面毛刷加兩個旋轉刷頭，可以左右開工，洗牆不用靠工人，用機台達成無人化，1分鐘用水量2公升，可前進700公尺。清

洗速度約是一般人工洗牆的2~3倍，以2000m²的外牆約2~3天可完成，但人力的話就要拉長到4~5天，以洗牆工人一天工錢3000~5000元，機器少花2天，一人工資就能省1萬。不過洗牆機一台要300萬不便宜，估計要接10~20個案子才能回本，剛上路也必須花2名人力，一名在下面監督、一名在上面調整方向。適用廠辦、工廠、商辦大樓等針對平面大樓為主。



圖 11 吊板(繩)懸吊方式
(外牆專業清潔公司提供)



圖 12 吊籃作業
(外牆專業清潔公司提供)



圖 13 軌道擦窗車
(外牆專業清潔公司提供)



圖 14 吊車作業
(外牆專業清潔公司提供)



圖 15 移動式鷹架作業
(外牆專業清潔公司提供)



圖 16 外牆清洗機器人
(外牆專業清潔公司提供)

五、結論與建議

本文以廠房三明治金屬外牆立面工程使用及維護之探討為主題，經由文獻探討、使用管理層面、維護管理層面等，得結論與建議如下：

(一) 結論：

1. **廠房三明治金屬外牆使用需求及維護對策：**一般外牆設計施工鋪設方式時會選擇橫式(牆板單元寬 60、90、100cmX 長 600~800cm)鋪設。在使用上凹痕、烤漆剝離等問題採批土、補漆，而灰塵汙染採清潔維護立面。
2. **廠房三明治金屬外牆使用問題及管理條件：**外牆使用可分為基座至牆身、牆身、平台及屋頂等三段單元來管理；氣候條件上有雨、霧、能見度差以及高溫 35°C 以上和低溫 0°C 以下等皆不適合進行外牆清洗(風力應小於 4 級，4 級以上停止工作)，工作前應測定風力。另應加強職安管理及公告方式(人員證照、設備、測試與確認相關工作、清洗範圍公告管制等)，確保安全。
3. **廠房三明治金屬外牆清洗維護管理可行方式：**一般廠房三明治金屬外牆板完工後一般承包商會保固一年，之後委外給外牆專業清洗廠商做定期維護清洗(每年至少一次)，清洗前須事先進行檢查維修(如:屋頂、牆身等)，確保清潔過程不會損壞建築物。清潔順序步驟：A. 由上而下到了低樓層要降低清潔

劑使用量，並儘快用清水徹底沖洗，避免清潔劑乾燥後留下水痕在表面。B. 低樓層區要保持濕潤或一直用水沖洗，減少清潔劑淤積及污泥殘留在牆體表面填縫劑縫隙裡。如有此現象，要用水沖洗乾淨並擦乾。若是僅一層高建物清潔作業反之；可由下往上清潔，但清水沖洗要由上而下。

(二) 建議：

1. 可將使用需求納入設計施工考量從三明治牆板面模矩單元橫式(寬 60、90、100cmX 長 600~800cm)鋪設，並依據模矩單元從基座至牆身、牆身、平台及屋頂等三段來管理，建立使用外牆面汙染程度分級(輕微、中級、中等及嚴重)及清洗方式(吊板(繩)懸吊、吊籃、軌道擦窗機、吊車輔助、移動式鷹架、清洗機器人等)等使用管理方式進行清洗維護。
2. 針對車輛撞擊預防可3m截角設計(消防車防救災規格)加上退縮綠化(約1.5m)予以植栽(過濾灰塵或海風鹽分)以防車輛撞損牆板及降低烤漆剝離問題；至於補漆方式建議可依牆面單元補漆(如：牆板單元寬 60、90、100cmX 長 600~800cm)讓外觀上避免有塊狀色差問題，其上述尺寸亦符合倍模矩尺寸。

參考文獻

1. 紀志旻，「帷幕牆不同構法間界面整合之研究-以單元式構法為主體探討之」碩士論文，國立成功大學建築學系碩博士班，臺南市，2003。
2. 張家彰，「複層金屬板應用於高科技廠房外牆之調查研究」碩士論文，國立成功大學建築研究所，臺南市，2004。
3. 施翔騰，「複層金屬板外牆施工品質問題與對策之研究」碩士論文，國立成功大學建築研究所，臺南市，2007。
4. 趙文忠，「外牆整建工程關鍵成功因素分析與探討之研究」碩士論文，中國科技大學建築研究所，臺北市，2013。
5. 黃俊諭，「帷幕牆系統防火性能及建築外牆火焰延燒分析」碩士論文，國立成功大學機械工程學系，臺南市，2018。
6. 陳巧姿，「鋼-複合材料三明治板的回彈分析及量測」碩士論文，國立雲林科技大學機械工程系，雲林縣，2021。
7. 賴佳宏、曾亮、楊朝仲，「三明治外牆立面模矩化系統工法之探討-以廠房為例」中華民國營建工程學會，第十九屆營建產業永續發展研討會論文集，2021。
8. 賴佳宏、曾亮、楊朝仲，「三明治外牆板建築立面施工品質管理之探討-以某廠房為例」中華民國空間設計學會，第十八屆空間設計學術論文及設計作品發表研討會，2022。
9. Zerong Ding, Hongyan Wang, Jiaming Luo, Nan Li, "A review on forming technologies of fibre metal laminates," International Journal of Lightweight Materials and Manufacture, Volume 4, Issue 1, pp.110-126, 2021.
10. K.KavithaR, Vijayan, T.Sathishkumar, "Fibre-metal laminates: A review of reinforcement and formability characteristics," Materials Today: Proceedings, Volume 22, Part 3, pp.601-605,2020.