



國立臺灣圖書館主要外觀元素： 帷幕牆工程之介紹

National Taiwan Library's Major Element for its External Appearance: Curtain Wall Engineering

曹永禮

Yung-Li Tsao

國立中央圖書館臺灣分館助理編輯
Assistant Editor, National Taiwan Library

【摘要 Abstract】

國立中央圖書館臺灣分館（國立臺灣圖書館，以下簡稱本館）建館歷史悠久，因近十餘年來館務發展迅速，原有位處台北市新生南路之館舍早已不敷應用，為配合未來業務擴張，並使館藏發展有所依循，強化服務功能，乃著手籌畫遷建新館至台北縣中和市四號公園。民國 86 年 6 月 16 日，奉行政院核定同意改制更名為「國立臺灣圖書館」，並於民國 93 年 12 月 20 日順利開館營運。

隨著新館工程的完工，嶄新、現代化的外觀經常是吾人討論的焦點。而何謂「帷幕牆工程」？更是大家探詢的問題。筆者忝為本遷建新館工程計畫之承辦人，面對同仁或讀者的求知渴望，認為應有提供所知之必要，故謹誌本館主要外觀元素-帷幕牆工程之相關資訊，包括帷幕牆工程之概念、設計、製造、品質管理與安裝施工等，除盼有助於大家對帷幕牆之認知外，並期做為爾後圖書館同業規劃設計查考之用。

National Taiwan Library (hereinafter referred as "the library") was built a long time ago in history. In the last ten years, its operation has boomed so rapidly that the original building located at Hsinsheng South Road is no longer applicable. In fulfilling her future developing operation in compliance with the library's storage and upgrading her service functions, the planning of a new building construction for moving the library to relocate at No. Park in Chungho, Taipei County was underway.

The library was renamed as “National Taiwan Library” in accordance with the approval obtained from Administrative Yuan dated June 16, 1997 and her successful operation has been started since December 20, 2004.

Following the completion of its construction, a new and modern external appearance for the library has frequently become a topic to public. “What is so-called curtain wall engineering?” has been a question for them to probe into. The writer hereby is the person in charge of the library’s new building construction project. In meeting the desire of colleagues and readers to know more about the library’s, it’s necessary to get them well informed in this aspect. Therefore, the related information of library’s major external appearance element – curtain wall engineering that comprises its concept, design, fabrication, quality control and installation and so on is hereby presented. To crown up our expectation in helpful information of curtain wall to all, we also hope that it will provide references to the planning and designing of such work to other libraries.

【關鍵詞 Keyword】

帷幕牆工程；單元組合式帷幕牆；鋁擠型材料；外飾面材

Curtain Wall Engineering; Units-combination Type Curtain Wall; Aluminum-Pack Material; External Ornamental Materials

壹、前言

本館座落於台北縣中和市四號公園，為全國基地面積及總樓地板面積最大之公共圖書館。本館配合公園，採多目標規劃設計，屬無圍牆之圖書館。而為了與公園之開放性融為一體，本館之外觀採現代化建築材料與設計，共計使

用了三種外觀元素—玻璃、石材（帷幕牆）與紅磚（迴廊），因迴廊屬較傳統之建材與工法，故本文僅就帷幕牆工程之二種元素—玻璃與石材予以介紹。

貳、帷幕牆工程概述

自從西元 1973 年第一次出現帷幕

牆以來，帷幕牆逐漸成為建築物設計者與建築開發商的最愛。隨著建築工程外牆系統採用金屬帷幕牆之數量大增，對於營建技術產生了極大的影響，透過設計、生產、製造、施工及安裝的程序，使金屬帷幕牆具有輕量化、美觀之特點，進而符合法規及建築性能的要求。

帷幕牆原來主要應用在商業建築上，為建築結構前面，樓層與樓層間的一種自承式的結構。通常包含矩形格子的水平與垂直構架、有色或者反光玻璃、以及金屬板。

帷幕牆過去為人們所質疑者，乃其在隔熱性方面之效果，近年來建材科技日益之進步，再配合適當的設計，金屬帷幕牆亦可達到節能之需求。

由於帷幕牆的流行，引導各種形式的大型面板來創造與帷幕牆相同效果的建築物表面。以往所採用的建築物外殼分類方法，屬混合式分類法。第一類為現場澆置的外牆，第二類為預鑄混凝土外牆（國內早期也稱為預鑄混凝土帷幕牆，因其沒有支撐其他結構物）。此兩類皆為鋼筋混凝土構造。第三類為以樓層高度為單元（內含有開窗）的金屬帷幕牆。第四類則應該比較接近國內所稱的單元組合式帷幕牆，可凸出建築主結構體，另外設置框架。在開窗部分用玻璃，在非開窗部分則可採用玻璃、石材、金屬、太陽能集熱板等材料作為封板。其限制較少變化可能性較高，受到許多業主及建築師的喜愛。

本館即屬第四類單元組合式帷幕

牆，其組成元素主要為金屬框架、玻璃與石材，其中玻璃與石材為主要之外觀元素。

單元組合式帷幕牆，實際上係由鋼筋混凝土結構物來支撐。單元式的帷幕牆主要特色在於其裝修形式與可創造外觀的彈性。有許多種不同形式的裝修可供採用，且其位置不受支撐結構物的限制。同時，也可用來更新舊建築物，使其外表更具現代感。

參、帷幕牆工程之設計、製造與施工概念

一般大樓結構設計時，通常會將帷幕牆視為一個線狀的均勻載重。但實際上，帷幕牆的重量是集中在幾個固定座的位置。若固定座數量較多且均勻分布，可能和均勻載重的效果相同。有些形式的帷幕牆也常透過固定座，將自重交替分配在不同的樓層。此時，實際的結構載重可能與設計有很大的出入。因此，施工文件中，應詳細註明設計階段結構分析的假設條件，同時，規定每根桿件可以設置支撐的位置與載重幅度。然而帷幕牆的製造與施工廠商可能有不同的需求。此時，吾人可能需要根據實際載重的位置與大小，重新調整結構設計。

帷幕牆結構的施工文件必須根據桿件所承載的載重，詳細列出可能的撓曲量，以作為帷幕牆細部設計的基準。由於帷幕牆的實質設計工作，通常都在結

構設計完成，甚至發包後才開始，因此如何在結構設計與帷幕牆設計間建立一套良好的溝通管道，是確保兩個系統皆能達到良好性能的重要基礎。

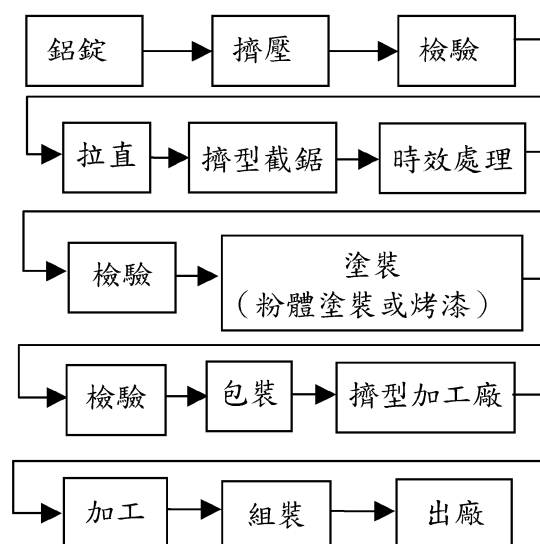
漏水通常為多數建築物（包括帷幕牆建築物）最常見的問題，這些漏水現象有些需要花費修補成本，有些則需整棟建築物重新進行防水工程處理。一般而言，外牆漏水形成條件為 1. 必須有水 2. 壓差及 3. 密封材缺失或老化等因素才會造成，少了上述任何一項就不會形成漏水。亦即是只要沒水，外牆就不會漏水，同樣的，沒有壓差或密封材沒有缺失就不會造成漏水，現實上防漏設計要去除水（雨）是不可能的，密封材因為是工業產品，有其一定年限，且需由人施工，故要求絕對完美有所困難，所以如何去除壓差，成為防漏設計唯一考慮重點。日常生活中以布製作之雨傘能遮雨而不漏水，主要原因即是雨傘內外壓差相同，因此雨水不會滲透。單元式等壓防漏理論就是利用這個道理，在單元的四周設計一開放空間，使牆內外形成一等壓空間，當雨水進入，由於牆內與牆外壓力相等，雨水不會滲透至第二空間內，雨水藉由重力及流入第一空間之氣流迅速的由水槽排出至下一樓層或牆外，而確保室內空間不漏水。這項理論在許多案例的實體模型測試中得到應證，所以我們可以藉由好的設計理論及良好的施工品質，將壓差由漏水三要素中移除，來達成防漏的目的。

肆、帷幕牆單元版片生產製造流程

單元式帷幕牆的製造過程，大致可分為鋁型材擠壓加工、外飾面材生產及組裝等流程。

一、鋁型材擠壓、加工

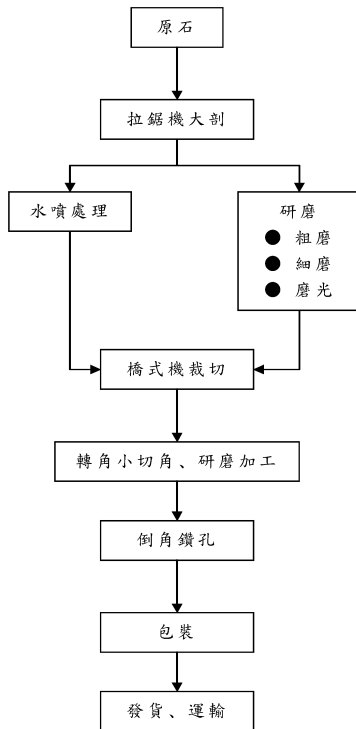
本工程鋁擠型材料依結構需求採用 AA6061-T6 及 AA6063-T5 鋁合金，相關生產流程大致如下：



二、外飾面材生產

本工程外飾面材可分為玻璃及石材兩種，玻璃採台玻生產之產品，分為膠和玻璃、複層玻璃綠色板鍍鈦、透明熱硬化玻璃、雙銀低輻射雙層玻璃等等；石材厚度及表面處理方式，依建築師設計予以處理。

有關工廠石材生產流程大致如附說明：



伍、帷幕牆工程之品質管理

帷幕牆工程品質管理，從系統設計到安裝完成，可分為五個主要品管階段。分別是：

- 一、系統設計驗證
- 二、材料物化性檢試驗
- 三、工廠組裝自主檢驗
- 四、工地吊裝自主檢驗
- 五、現場試水驗收查驗

一、系統設計驗證

一般而言，帷幕牆在工業製造上屬訂貨生產之工業產品，雖然單元式等壓排水理論已相當成熟，但對訂製高層建築、需要高信賴度性能的帷幕牆而言，

必須要有一個程序來建立帷幕牆設計、協調、採購、建造樣本，以及將樣本試驗中所學習到的經驗，回饋到個案的帷幕牆設計當中。實體測試驗證系統設計，即是提供此經驗的方式，且完成試驗後，還必須追蹤，以確保在此學到的經驗，可應用到實際的帷幕牆設計中。

本工程試驗，通採美國試驗及材料協會（ASTM）或建築鋁製造商協會（AAMA）的標準試驗。這些標準的試驗，包括水穿透試驗以及其他漏氣、結構、地震等性能方面的試驗，也可協助了解帷幕牆的水密性能。

本工程試體測試，委託新加坡 WINWALL 實驗室測試，並於民國 91 年 12 月 31 日至 92 年 1 月 11 日共 12 天，進行試體測試。試驗之單元帷幕試體，是由鋁單元框組成之石材帷幕系統及玻璃帷幕系統。帷幕牆測試體採用實際材料，並有足夠尺寸與樓高進行測試，以確定測試體的整體、各配件的性能，各類材料、配件及所有其他組件之製造細節、按裝方式與錨定位置，符合經工程批准的建造圖，進行安裝在測試槽內。當整個測試體安裝好後，各方的代表可見證和檢查測試體，在各方代表滿意和同意下，測試方可進行。

本工程主要測試項目及測試規範如下：

- (一)預壓（正風壓）
- (二)風壓氣密性測試-ASTM E283-91
- (三)靜態水密測試-ASTM E331-96
- (四)動態水密測試-AAMA 501.1-94

(五)結構性能測試-ASTM E330-97 (正風壓)

(六)結構性能測試-ASTM E330-97 (負風壓)

(七)靜態水密測試-ASTM E331-96

(八)側向位移測試 ($\pm 15\text{mm}$)

(九)縱向位移測試 ($\pm 7\text{mm}$)

(十)靜態水密測試-ASTM E331-96

(十一)結構性能測試-ASTM E330-97

二、材料物化性檢試驗

外牆依建築師對系統性能要求而訂立設計規範，承包商依建築師之要求，設計系統及製造安裝，本工程對材料要求規範如下：

(一)鋁料：

鋁型料：AA 6063-T5 或同等品

表面處理：

不外露：發色處理 15u

外露：KYNAR 500# 氟碳烤漆
三道塗裝，依照 AAMA
605.2 規範施作，膜厚
35-42u

鋁板材：AA 1100 H-14 或同等品

表面處理：不外露：毛料

(二)鋁材接合用五金：

所有鋁材+鋁材，或鋁材+鋼材接合用五金配件、螺絲須為不銹鋼。

(三)固定座及固定螺栓：

所有固定座及固定螺栓為鍍鋅處理。
(高拉力螺栓除外)

(四)防水膠、結構膠：

所有防水膠或結構膠須為矽膠，並需要經過相容性測試。

(五)膠條：

所有膠條須為 EPDM (ETYLENE-PROPYLENE-DIENE-MONO MERE) 材質，合乎 NFP 85 031 規格或 SANTOPRENE，需由建築師依產品位置及需求核定所應使用之材質。

硬度：不低於 70。

(六)接頭固定件：

所有接頭均需以機械式接合，接合材須為不銹鋼。

根據施工規範，每一種材料於開始進廠加工及組立前，均應通知監造單位及業主代表進行材料抽驗，並將材料送至第三人實驗室進行測試，確認符合規範要求，才可開工生產單元。監造單位及業主代表，須於每批材料申報進廠時，重複抽驗新進材料，以確保品質合於規範要求。

三、工廠組裝自主檢驗

工廠組裝自主檢查，主要是針對材料加工及組立時是否確實，特殊直橫料接頭防水及檔水板安裝及矽膠施打能否落實設計要求，並不定時抽驗進廠材料，以確認材料品質。

四、工地吊裝自主檢驗

工地檢驗除確認進出放樣線位置及進出完成面及高程外，重要的是要確認單元接頭防漏是否完整，固定點位置及形式是否依圖施作，緊固用螺栓(絲)是否收緊，焊道是否依圖說要求焊接，查驗高程是否與圖說相符，以及接頭試水，測試扭力等。

五、現場試水驗收查驗

(一)依據 AAMA501.2 之相關規定，作為
驗收完工之依據。

(二)測試步驟：

1. 選定測試區域（標準區、轉角處、
特殊介面處），至少要有兩個樓層
寬之全部板片，此區域必須包括
直、橫料伸縮接頭及其他可能發生
漏水之處。
2. 由外側依序從最低之橫料接縫，逐
步移向交叉之垂直接縫。
3. 以黃銅噴嘴接水管（水壓 30-35
psi），接頭與牆面維持 1 呎之距
離，灌注 5 分鐘。
4. 檢視者從牆內側觀察，必要時用手
電筒查核漏水之原因及位置。

陸、帷幕牆工程之安裝施工

帷幕牆安裝工作可以分為三個主要
項目 1.預置件安裝 2.單元版片吊裝 3.單
元接頭防漏矽膠施做

一、預置件安裝

預置件一般置於樓板上之外緣處，
提供外牆作固定用。外牆專業承包商於
建築物樓板灌漿前，會依建築師核可之
立面分割圖及營造商提供之現場基準點
（線）進場放樣，依此放樣結果，承包
商可安裝預置件於結構體中，並可核對
建築物樓板外緣進出，是否在誤差範圍
內。另一方面把所量測結果回饋承包商
設計部門，作為修正單元固定點之參
考，以免單元於進場後，發現固定點無
法吸收結構體誤差而影響系統性能。

放樣時應注意：

1. 確定定位標準層；審查建築物全面
構造方案，利用誤差機會比較少的
數層，且該層能方便標準定位“移
植”至其他數層的樓層作為定位標
準層。標準層須與營造公司設定統
一使用。
2. 分隔定位線；從各標準層“移植”
至每層後，並按每層之定位線，進
行豎料安裝之分格線，豎料中心
線，預埋位置線等。
3. 利用鐵卷呎量度時，須在鐵呎加上
5 公斤之一定的拉力，使其伸展平
直，不影響測定之結果。水平儀及
垂直線測量儀，須在使用前作檢
查，及在使用中作定期的重覆檢查
等程序。

二、單元版片吊裝

(一)帷幕牆安裝前須一再查核標準線之位
置正確。

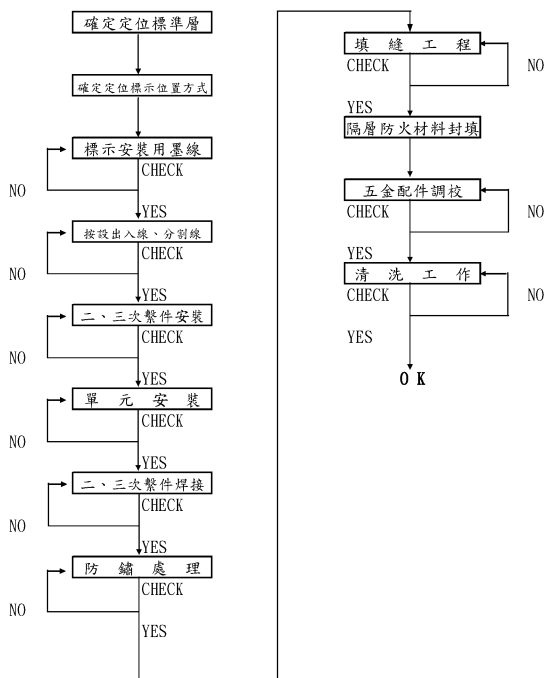
1. 出入位置之檢查及確認
在標準層與標準層之間，利用鉛錘
通過一鋼線以檢核其間樓面基線之
精確。
2. 水平線之確認
利用鋼線作準及鐵呎及水平儀檢查，
核對每層間之水平線距離位置。
3. 將柱面上之水平線移到屋外側表面，
再利用鋼卷呎測量標準層之距離，
及其間各層之距離核對其水平線。
4. 由標準層標位線移植之定位線，須
安裝鋼線，並從而選定分格線之方
式，經常與營造公司提供之定位線

互相對照測量。

(二)材料至工地揚升至各樓層間之儲存位置應注意：

1. 揚升前須做好一切準備工作，如編排次序，配合安裝進度，適時適度的將材料運至定點。由搬運負責人員，利用手推拖板推車於各層內搬運材料至貯存位置。
2. 揚升材料木箱，須按東、南、西、北位置，安排次序揚升。
3. 揚升機械之最大承載重量。使用工人及材料升降機，須留意材料搬入口之最大長寬尺寸，以及材料容許深度。

相關安裝流程如下流程圖說明

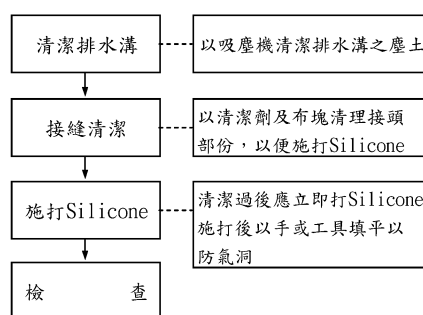


三、單元接頭防漏矽膠施做

單元式帷幕牆等壓排水系統能否成

功阻擋雨水進入室內，主要關鍵為單元與單元間之接頭防水是否成功，除設計及加工時應注意外，吊裝後之施做過程，亦應確實依設計圖要求之順序及注意事項施工。

相關施做接頭矽膠流程如下說明：



柒、結語

目前新館已於 93 年底落成，並順利開館營運，相關分項工程當然不只於帷幕牆工程，筆者有幸全程參與遷建工程之規劃、設計與施工，過程之挫折有之，完工之欣慰亦有之。值此新館落成，於眾人盛讚堂構崇閣之餘，謹記本館主要外觀元素——帷幕牆工程之一、二事，淺略介紹帷幕牆工程，除盼有助於大家對帷幕牆之認知外，並期做為爾後圖書館同業規劃設計查考之用。日後如有機會當再彙集其他分項工程經驗、資訊，跟對本館遷建工程有興趣者交流及分享。

(本文感謝亞新工程顧問股份有限公司專業工程師陳天行先生提供相關資料及專業意見)。