

內政部建築研究所專題研究計畫成果報告

研究案：金屬帷幕牆之推廣應用

研究案編號：MOIS 883009

執行期間：87年9月1日至88年6月30日

金屬帷幕牆之推廣應用

研究人員：毛 犖
曹 源 暉

主辦單位：內政部建築研究所
中華民國八十八年七月

目錄

第一章 緒論	1
第一節 計畫背景與目的	1
第二節 計畫內容.....	1
第三節 完成之工作項目及具體成果.....	2
第二章 金屬帷幕牆性能標準及測試	3
第一節 金屬帷幕牆規範體系.....	3
第二節 結構性能.....	5
第三節 氣密性.....	18
第四節 水密性.....	18
第五節 隔音性.....	19
第六節 隔熱性.....	22
第三章 金屬帷幕牆構成材料及規格標準	25
第一節 金屬構材.....	25
第二節 版材.....	30
第三節 表面處理.....	38
第四節 填縫材.....	40
第四章 金屬帷幕牆之生產流程	42
第一節 金屬帷幕牆之設計.....	42
第二節 金屬帷幕牆之製造施工.....	42
第三節 金屬帷幕牆之檢測.....	44
第五章 結論	50
參考文獻	51
附錄 1 帷幕牆設計風壓計算例.....	54
2 雙層玻璃性能規格表.....	57
3 期中報告評核意見表.....	58
附圖 1 台灣地區基本設計風速分佈圖.....	61
2 外風壓係數 GCP.....	62

第一章 緒論

第一節 計畫背景與目的

近年來建築工程外牆系統採用金屬帷幕牆數量大增，對於營建技術產生極大的影響，由於金屬帷幕牆主要係由國外引進，依引進地區之不同，其採用標準及規範並不一致。在設計上金屬帷幕牆需符合法規及建築性能要求，透過生產製造施工安裝的程序完成，國外規範是否適用於本土條件值得探討。且金屬帷幕牆之生產、銷售體系上，自國外進口國及國內製造均面臨檢驗試驗之問題，有關試驗設備設置、方法及國家標準之採用均有待釐清。

本所推動建築工程自動化，對於具有提高建築工程自動化程度，以組件式方式製造、施工之建築新工法、新材料之推廣應用研究已完成「整體衛浴」、「系統模板」、「內牆工法」，著眼點在於此類工法、材料係以生產之組件式建材，在工地以較少之人力作組裝，然而應用上本身之設計、生產、製造施工各環節必須銜接，且與建築物其他系統作適切搭配，以使建築物性能符合設計構想。金屬帷幕牆在實務上與建築法規有關，以符合建築管理之目的。本所於八十一年曾於委託建材公會進行「金屬帷幕牆工程標準規範解說之擬定」之研究，其成果主要係參照日本JASS14規範，而目前國內業界採用規範以美國AAMA規範為主。金屬帷幕牆依構成材料，其設計、製造施工規範差異極大，本研究以金屬帷幕牆規範、標準之適用性為探討對象。

第二節 計畫內容

本研究界定研究內容為：

- 1.探討金屬帷幕牆現行設計、製造、施工體制。
- 2.探討金屬帷幕牆之性能基準、材料規格及施工注意事項。

3.蒐集金屬帷幕牆檢測、驗證的標準，以CNS為主要蒐集對象，如CNS無規定則以業界工程上習用之標準為蒐集對象。

4.檢討金屬帷幕牆應用在建築工程上的問題及解決方法。

第三節 完成之工作項目及具體成果

金屬帷幕牆之推廣應用要從制度面改革，強化檢查帷幕牆之安全性能，強制性的要求試驗數據，因此本研究以釐清金屬帷幕牆規範及相關標準之內容，使其應用具一致性，並提出建立規範體系之建議。實施方法為從金屬帷幕牆之設計、製造施工流程中及業界產銷現況了解金屬帷幕牆在建築上應用之問題點，並提出改善建議。同時探討金屬帷幕牆之後續研究發展課題，作為推動依據。

第二章 金屬帷幕牆性能標準及測試

第一節 金屬帷幕牆之規範體系

金屬帷幕牆相較於建築物其他系統或構造，屬於較新穎之建材，其系統仍持續在演進，新的材料科技日新月異，因此標準與規範也應配合持續修改，建築業目前亟需制訂一套符合現行科技水準的規範、標準體系，讓設計者、製造者、施工者有所依循，為當前亟待確立之課題。

首先應釐清規範與標準的定位，規範是針對時機或地點作規定，而標準則是提供技術上的詳細資料，協助執行規範內的規定。規範的內容經建築主管機關採用而成為法規的一部分即具有強制性。在本研究中將探討對於「金屬帷幕牆」在法規中已有之規定項目，以及待增修、補充之規定。並且從已公布之相關CNS中國國家標準內容中探討金屬帷幕牆、規範、標準體系之完備性。本章先就現行法規、標準、規範已有規定之內容檢視。

1.1 金屬帷幕牆性能相關 CNS 中國國家標準

金屬帷幕牆之性能試驗法經由金屬帷幕牆技術發展協會於八十七年一月間提送前經濟部中央標準局，其內容係根據AAMA 501.1，501.2，501.3，501.4及ASTM E330，E331，E283，4488，C880之試驗方法。這些標準為美國、加拿大、墨西哥等國採用之測試方法，並逐漸成為台灣及亞太區域之業主及建築師所認可而採行之標準。經中標局依審查程序審定後依，次發布採行為國家標準，。

有關金屬帷幕牆之中國國家標準項目為：

CNS 14280 帷幕牆及其附屬門、窗物理性能試驗總則。

CNS 13971 帷幕牆及其附屬門、窗氣密性性能試驗法。

- CNS 13972 帷幕牆及其附屬門、窗正負風壓結構性能試驗法。
- CNS 13973 帷幕牆及其附屬門、窗靜態水密性性能試驗法。
- CNS 13974 帷幕牆及其附屬門、窗動態水密性性能試驗法。
- CNS 14281 帷幕牆及其附屬門、窗層間變位性能試驗法。

1.2 金屬帷幕牆規範及解說

本所於八十一年曾委託建材公會進行「金屬帷幕牆工程標準規範解說之擬定」之研究，其內容包括：

- ◆總則：適用範圍、分類、記號、用語
- ◆性能：防火性能、耐風壓性能、層間變位性能、水密性能、氣密性能、隔熱性能、隔音性能、其他性能
- ◆設計：
 - 金屬帷幕牆設計應以無礙於製造、施工、使用等事宜為原則，並能滿足規定之性能值。
 - 施工者於設計完成後，須取得有關人員之簽認。
 - 使用之材料及容許應力，包括金屬材料、玻璃、填縫材及其他材料。
 - 載重、外力及層間變位：金屬帷幕牆之載重，外力包括自重風壓力、地震力、溫度應力。
 - 構造設計：構造設計方針、組合應力、層間變位、脫落、飛散之防止、面構成材之設計（玻璃、玻璃安裝用材料）。
 - 安裝鐵件設計。
 - 防火。
 - 其他。

- ◆製造：規定製造廠內規格、製造工程計劃、製造圖、製造計畫、材料及零件、製品之性能與機能、製品之表面處理、安裝鐵件、製造、表面處理、製品儲存與出廠。
- ◆施工：規定施工計畫、施工圖、搬運起重與儲存安裝及安全措施。
- ◆檢查：規定製造過程及施工過程之檢查。

1.3 公共工程綱要規範

公共工程委員會依據美國營建規範協會 (Construction Specification Institute 簡稱CSI) 之規範章節格式，編定公共工程綱要規範編碼，訂出符合國情之規範編撰原則及格式，讓工程師得依此編輯或增刪，成為其適用之施工規範。金屬帷幕牆之CSI編碼為08910 涵蓋內容包括：

- ◆通則：工作範圍、相關章節、相關準則、資料送審、施工機具及器材、品質保證、現場環境、運送儲存及處理。
- ◆產品：功能、材料。
- ◆施工：工廠製作、品質控制及檢驗、安裝。
- ◆計量與計價：

第二節 結構性能

帷幕牆在建築結構設計中，屬於附屬結構物或外部被覆物，一般而言，作用於帷幕牆之載重，除了本身重量外，只包含地震力或風力，並不承受由其他構件傳來之外力。在考慮載重組合時，地震力及風力

並不同時存在，但在許多情況下，帷幕牆的面外撓曲變形由風力控制，而面內撓曲(層間變位)卻由地震力控制，因此在設計帷幕牆時，其結構性能標準應分別顧及風力及地震力之影響。本節將介紹國內現行或慣用之風力及地震力之相關規定，並探討適用之結構性能標準。

2.1 風壓力規定：

依據中央氣象局統計，平均每年約有 3 至 4 個颱風侵襲台灣地區，帶來豐沛的雨量及強大的風力，而颱風強度乃依據其中心附近之平均最大風速劃分如表 1 所示。

表 1 颱風強度及相當風壓

颱風強度	近中心最大風速			
	公尺 / 秒	哩 / 小時	相當風級	相當風壓 (kgf/m ²)
輕度颱風	17.2 至 32.6	34 至 63	8 至 11 級	35 至 128
中度颱風	32.7 至 50.9	64 至 99	12 至 15 級	128 至 312
強烈颱風	51.0 以上	100 以上	16 級以上	312 以上

註：表列風速乃指十分鐘平均風速而言。

設計帷幕牆構件時，決定風壓大小之方法有解析法及風洞試驗法二種。國內目前之相關規定僅記載於建築技術規則建築構造編第 32 條至第 41 條，不僅規則簡陋，且只適用於主體結構物。因此本所於民國 85 年委託中華民國結構工程學會執行「建築物風力規範條文、解說及示範例之研訂」計畫，內容參照美國 ANSI/ASCE 7-88 規範及日本建築學會發行之相關規範，並分析統計台灣近年來之風速資料，完成台灣地區之基本設計風速分佈圖。報告書中除建議修正建築技術規則之風壓計算方法外，並增加「局部構材及外部被覆物之設計風壓及風力」專章，可做為現階段一般建築物帷幕牆設計時風壓計算之參

考。此外，該報告中亦對風洞試驗之適用範圍、主要試驗項目、注意事項及報告引用等，有較詳盡之定性規定，做為幾何形狀特殊、超高層或所在位置具特殊地形、地物之建築物進行風洞試驗之依據。

為使帷幕牆設計者能熟悉風壓之解析計算方法，本節依據「建築物風力規範條文、解說及示範例之研訂」之內容，將設計風壓之計算步驟整理如下：

步驟一：決定地況常數

依建築物所在位置決定地況係數，如表 2 所示。若為「高度不超過 18 公尺之普通建築物」，則不論位於何處，皆依地況 C 設計之。

表 2 地況分類及地況係數

地況種類		z_g (m)	說明
A	0.36	500	大城市之市中心。 至少有 50% 之建物高度大於 20 公尺，且迎風面至少 800 公尺或建物高度 10 倍範圍內符合此條件。
B	0.25	400	大城市之市郊。 許多民房分佈其間，迎風面至少 500 公尺或建物高度 10 倍範圍內符合此條件。
C	0.15	300	平坦開闊之地面。 分散之障礙物高度小於 10 公尺者。
D	0.11	233	平坦無障礙之海岸或湖岸地區，風由水面方向吹來才適用。

註：上表中， C 為地況常數， z_g 為梯度高 (gradient height)。

步驟二：選擇基本設計風速

依據台灣地區之基本設計風速分佈圖(如附圖 1)，選擇建築物所在區域之基本設計風速。

基本設計風速 $V_{10}(C)$ 之定義，係假設該地點為地況 C 之地形，離地面 10 公尺高，相對於 50 年回歸期之 10 分鐘平均風速，單位為 m/s。

步驟三：決定用途係數

依建築物之種類及用途選擇用途係數(I)，其值分別為 1.1，1.0 或 0.91，詳細之分類可參考該報告書。

普通建築物之基本設計風速乃對應於 50 年回歸期，為提高重要建築物之基本設計風速為 100 年回歸期，及降低不重要建築物之基本設計風速為 25 年回歸期，因此訂定此用途係數。

步驟四：計算風速壓

風速壓 $q(z)$ 可選擇適當的高度間隔，依下式計算之：

$$q(z) = 0.0625 K(z) [I V_{10}(C)]^2 \quad (2.1)$$

$$z > 5\text{m 時} \quad K(z) = 2.774 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} \quad (2.2a)$$

$$z \leq 5\text{m 時} \quad K(z) = 2.774 \left(\frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} \quad (2.2b)$$

其中

$q(z)$ = 離地面 z 公尺高之風速壓， kgf/m^2 ；

$K(z)$ = 風速壓地況係數，為離地面 z 公尺高之風速壓與標準風速壓(地況 C，離地面 10 公尺高)之比值。

當建築物為「高度不超過 18 公尺之普通建築物」時，風速壓為均勻分佈 $q(h)$ ， h 為平均屋頂高度。

步驟五：計算帷幕牆之設計風壓

設計風壓之計算式，依建築物高度分類如下：

1. 高度不超過 18 公尺之普通建築物：

設計風壓為均勻分佈，且皆以地況 C 考慮。

$$p = q_c(h)(GC_p - GC_{pi}) \quad (2.3)$$

2. 高度大於 18 公尺之普通建築物及柔性建築物：

$$GC_p = 0 \text{ 時} \quad p = q(z)(GC_p - GC_{pi}) \quad (2.4a)$$

$$GC_p < 0 \text{ 時} \quad p = q(h)(GC_p) - q(z)(GC_{pi})^* \quad (2.4b)$$

*依據 ASCE 7-88 之規定，當 $GC_p < 0$ 時，內風壓部份亦使用 $q(h)$ ，即壓力為均勻分佈，其計算式為

$$p = q(h)(GC_p - GC_{pi}) \quad (2.4c)$$

其中

p = 設計風壓， kgf/m^2

$q_c(h)$ = 依地況 C 及高度 h 計算所得之風速壓， kgf/m^2

h = 建築物之平均屋頂高度，當屋頂之斜角小於 10° 時以屋簷高為準， m

$q(z)$ 、 $q(h)$ = 離地面高分別為 z 、 h 公尺之風速壓， kgf/m^2

GC_p = 外風壓係數與陣風反應因子之乘積，詳附圖 2

GC_{pi} = 內風壓係數與陣風反應因子之乘積，詳表 3

表 3 封閉式建築物之內風壓係數

條件	GC_{pi}
滿足情況(A)與情況(B)	+ 1.125
	- 0.375
其他情況	± 0.375

註：(1)情況(A)：某一面牆之開口百分比(對該牆之總面積而言)超過其他各面牆及屋頂開口百分比之和達 5% 或以上。

(2)情況(B)：其他各面牆或屋頂之開口百分比(對該面牆或屋頂之面積而言)均未超過 20% 者。

(3)正號表示風壓指向作用面，負號表示風壓遠離作用面。

(4)正負內壓均應考慮，以求得最嚴重之載重組合。

GC_p 除與單元受風面積有關外，尚與帷幕牆單元在建築物外牆面之位置有關，此乃反應風場通過建築物時之局部風壓加強效應。另外，ASCE 7-88 規範為了解決建築物高度在 18 公尺上下時，設計風

壓之不連續性，對高度(h)介於 18 公尺與 27 公尺間之建築物，得參照「高度不超過 18 公尺之普通建築物」之設計風壓，以(2.3)式計算，取得較保守之設計值。

有關帷幕牆設計風壓計算例研擬詳附錄。

2.2 地震力之規定：

台灣位處環太平洋地震帶上，地震發生次數頻繁，依據中央氣象局統計，有感地震平均每年約 214 次，而地震發生時，各地所量測之震度(與地表加速度有關)皆不相同，目前定義之地震震度分級與地表加速度之關係如表 4 所示。

表 4 國內地震震度分級與地表加速度之關係

震度	名稱	震動程度	地表加速度
0	無感	地震儀有記錄，人體無感覺	0.8 gal 以下
1	微震	人靜止時或對地震敏感者可感覺到	0.8 至 2.5 gal
2	輕震	門窗搖動，一般人均可感覺到	2.5 至 8.0 gal
3	弱震	房屋搖動，門窗格格作響，懸吊物搖擺，盛水動盪，靜止汽車明顯搖動	8.0 至 25 gal
4	中震	房屋搖動甚烈，不穩物傾倒，較重家具移動，可能有輕微災害	25 至 80 gal
5	強震	牆壁龜裂，牌坊、煙囪傾倒，駕駛汽車者可感覺地震，重家具可能傾倒，設計不良之建築物有相當損壞	80 至 250 gal
6	烈震	房屋倒塌，山崩地裂，地層斷陷，重家具翻倒，駕駛汽車者嚴重受擾，地下管線破裂，建築基礎可能破壞	250 gal 以上

註：1 gal = 1 cm/sec²

國內建築技術規則有關地震力之規定，在民國 71 年做過大幅度的修正，而後本著規則與規範分立原則，於民國 86 年再做大幅度的變動，在規則中僅做原則性的規定，而將分析計算方法納入規範中。

回顧民國 71 年頒佈之建築技術規則建築構造編第四十六條，有關局部構造物所受橫力 F_p 之規定如下：

$$F_p = Z I C_p W_p \quad (2.5)$$

其中

Z = 震區係數，強震區為 1.0，中震區為 0.8，弱震區為 0.6

I = 用途係數，依建築物之重要性，其值分別為 1.50，1.25 及 1.0

C_p = 局部震力係數， C_p 值大於 1.25 者， I 值不必大於 1.0，詳表 5

W_p = 局部建築物之重量

表 5 局部建築物分類及 C_p 值

局部建築物類別	橫力之方向	C_p
外牆	垂直牆面	0.35
裝飾物及附屬物	任一方向	1.25
建築物外裝預鑄非結構用帷幕牆版之接頭	任一方向	2.50

若視帷幕牆為「裝飾物及附屬物」，則

$$F_p = 1.25 Z W_p = K_H W_p \quad (2.6a)$$

帷幕牆接頭部份之橫力為

$$F_p = 2.50 Z W_p = K_H W_p \quad (2.6b)$$

帷幕牆設計地震橫力係數 K_H 整理如表 6 所示。

表 6 帷幕牆設計地震橫力係數 K_H (民國 71 年版)

	強震區	中震區	弱震區
帷幕牆	1.25	1.00	0.75
帷幕牆接頭	2.50	2.00	1.50

依據民國 86 修正公佈之耐震設計規則及規範中，有關建築結構主體之地震力規定已朝韌性設計方向做了大幅度的修正，然而附屬於建築物之結構物部份構體及非結構構材之最小設計總橫力 F_p 之計算

式仍與舊版一樣，僅對係數值做調整：

$$F_p = Z I C_p W_p = K_H W_p \quad (2.7)$$

其中

Z = 震區水平加速度係數，為與重力加速度之比值，地震一甲區為 0.33，地震一乙區為 0.28，地震二區為 0.23，地震三區為 0.18

I = 用途係數，依建築物類別，其值分別為 1.50，1.25 及 1.0

C_p = 局部震力係數，若視帷幕牆為「裝飾物及附屬物」，其值為 2.0

W_p = 構體的重量

依據(2.7)式計算之地震力適用於設計構材及其與結構體之接頭與錨定，因此帷幕牆設計地震橫力係數 K_H 整理如表 7 所示。

表 7 帷幕牆設計地震橫力係數 K_H (民國 86 年版)

用途係數(I)	地震一甲區	地震一乙區	地震二區	地震三區
1.50	0.99	0.84	0.69	0.54
1.25	0.825	0.70	0.575	0.45
1.00	0.66	0.56	0.46	0.36

註：橫力係數 $K_H \geq 1.4 \times \frac{\text{該層主體結構所分配之設計地震力}}{\text{該層重量}}$

比較新舊版本之地震橫力係數可知，舊版設計地震力較新版大出許多，且接頭設計亦較新版保守。參考日本建築學會於 1996 年出版之「建築工事標準仕様書·同解説 JASS 14」，有關帷幕牆設計用水平震度係數採用 1.0，設計用垂直震度係數採用 0.5。雖然橫力係數不一致，惟金屬帷幕牆之單位重量約在 120 kgf/m² 以下，即使採用最保守之橫力係數 1.25 設計，其橫力 F_p 最大為 150 kgf/m²，與設計風壓比較時，僅約略與低樓層之設計風壓相當。

2.3 結構性能：

帷幕牆承受外力作用或建築結構本體因橫力作用產生層間變位時，皆會造成帷幕牆構件之撓曲變形，因此在做帷幕牆設計時，為使其能維持正常功能，不因外力作用而損壞或掉落，需對構材之容許撓曲變形量做適當之規定，而製作完成之帷幕牆體，再經由試驗確認其結構性能。由於國內在此方面尚未有統一規定，本節彙整本所於民國 81 年委託台灣省建築材料商業同業公會聯合會完成之「帷幕牆工程標準規範與解說之擬定」成果報告、日本建築學會出版之「建築工事標準仕様書・同解說 JASS 14」AAMA 規範及建築技術規則等相關規定，探討帷幕牆相關之結構性能要求。

(一) 耐風壓性能

1. 帷幕牆工程標準規範與解說之擬定

耐風壓性能依以下兩種狀態內之風壓力表示，單位為 kgf/m^2 ：

(1) 不需修補狀態下能繼續使用的界限內。

界限係指帷幕牆各部位不產生有害變形或永久變形之範圍，原則上各構材之撓度應在 $L/150$ 以下 (L ：構材長度)，且小於 20 mm。

(2) 帷幕牆單元無被吹散或脫落之虞的界限內。

一般而言，結構計算所採用之風壓力值，以對應前項(1)之性能值為代表，視實際需要再併列前項(2)之性能值。

2. 建築工事標準仕様書・同解說 JASS 14

(1) 耐風壓性能值，以正壓及負壓表示。

(2) 性能值依據特別說明。若無特別說明，則依據建築基準法施行令第 87 條或建設省告示第 109 號規定之計算值。

(3) 耐風壓性能值，除玻璃以外，支點間距在 4 公尺以下時，主

要部分之撓曲為 $1/150$ 以下，且不超過 20 mm，玻璃及各部分無破損、殘留及有害變形，幾乎無須修補即可持續使用。支點間距超過 4 公尺時，應特別說明其撓曲限制。

(4)性能之確認，係依據主要部分之結構計算或相當於 JIS A 1515 所定之耐風壓試驗。依據試驗時，應記錄試驗內容。

3. Metal Curtain Wall Manual (AAMA)

帷幕牆系統應能承受垂直於牆面之設計風壓，其框架構件之撓度不得超過淨跨距之 $1/175$ ，但若灰泥面或乾牆會受彎曲影響時，撓度不得超過跨距之 $1/360$ 。建築師亦得視需要另定變位限值。

(二) 層間變位吸收性能

1. 帷幕牆工程標準規範與解說之擬定

吸收性能依以下兩種狀態內之層間變位表示，單位為弧度角：

(1)不需修補而能繼續使用的界限內。

隨結構體變形而產生之層間變位，特別是與帷幕牆面平行之變位，應採用上述之性能值；若未予規定，則為 $1/200$ 。

(2)帷幕牆單元無脫落之虞的界限內。

一般而言，結構計算所採用之地震力，以對應前項(1)之性能值為代表，視實際需要再併列前項(2)之性能值。

2. 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 14

層間變位吸收性能，以下述二個狀態之層間變位表示，其單位為弧度角。性能值應依據特別說明。

(1)幾乎無需修補即可持續使用之界限。

(2)帷幕牆部分材料不致脫落之界限。

性能值以主要部分材料之結構計算或試驗求得。JASS 14 規範對層間變位之吸收性能值標準如表 8 所示。另外，日本帷幕牆工業會制定之「帷幕牆性能基準」，其性能等級如表 9 所列。

表 8 金屬帷幕牆層間變位吸收性能(JASS 14)

帷幕牆層間變位	1/400	1/300	1/150
帷幕牆損壞程度	健全可繼續使用	健全可繼續使用	主要部分未損壞

表 9 層間變位吸收性能等級(日本帷幕牆工業會)

層間變位角	條件 1：健全可繼續使用之程度					
	條件 2：主要部分未損壞之程度					
性能等級		1	2	3	4	5

註：帷幕牆應適用何種等級，係依建築物之震動特性與用途而定，一般中高層建築物或鋼骨建築物，最低在等級 2 以上，通常需有等級 3 之程度。

3. Metal Curtain Wall Manual (AAMA)

應依據建築結構之計算結果訂定容許之層間變位，規範建議採用 ANSIA58.1 之相關規定。根據 ANSI/ASCE 7-95 規範內容，容許層間變位(包含非線性變位)視建築物種類及用途而異，變位角介於 1/100 與 1/40 之間。

4. 建築技術規則

- (1)建築構造編第 40 條規定，高聳建築物受風之擺動，不宜超過該層高度千分之一。
- (2)建築設計施工編第 236 條，高層建築物依設計用風力求得之結構體層間位移角不得大於千分之二．五。
- (3)耐震設計規範規定，在地震力作用下，層間相對側向位移不

得超過 0.005，若能證明非結構構材能承受較大層間變位而不致產生影響生命安全之破壞時，上述限制可酌予放寬。

2.4 小結：

(一) 國內目前使用之建築技術規則，有關風力之規定過時老舊，因此本所於民國 85 年委託中華民國結構工程學會完成之「建築物風力規範條文、解說及示範例之研訂」成果報告，不僅提供較合理之風力計算方法，並依據近一、二十年來之風速資料重新釐訂台灣地區之基本設計風速，應較適合建築物及帷幕牆等之設計風壓計算。

(二) ASCE 7-95 規範，針對風力規定做了許多修正，主要變更如下：

1. 基本設計風速由 fastest-mile 變更為 3 秒瞬間風速，主要原因為美國國家氣象服務站(National Weather Service)已淘汰 fastest-miles 風速之量測方法，改以約 3 秒之瞬間風速量測並記錄之。
2. 基本設計風速改為 3 秒瞬間風速，其他相關係數值亦需修正，例如風速垂直分佈指數、地況係數 $K(z)$ 及風壓係數 GC_p 等。
3. 風速壓公式做了小幅度修改，並將地形因素納入計算式中。

$$\text{ASCE 7-88} \quad q_z = 0.00256 K_z (I V)^2 \quad (\text{lb/sq ft}) \quad (2.8)$$

$$\text{ASCE 7-95} \quad q_z = 0.00256 K_z K_{zt} V^2 I \quad (\text{lb/sq ft}) \quad (2.9)$$

$$\text{其中} \quad K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2$$

K_1 ， K_2 及 K_3 可查表求得。

(三) 本報告所陳述之設計風壓計算方法能適用於大部份之建築物，而特殊及超高層建築物，仍應進行風洞試驗。又計算所得之設計風壓為「最小值」，設計者應視建築物實際狀況予以調整。雖

然 ASCE 7-95 規範做了些許修改，但計算步驟仍可適用，未來國內有關風力規範亦可依據中央氣象局發佈之瞬間風速資料，修正台灣地區之基本風速分佈圖及相關之參數值。

(四) 目前世界各國對於建築物結構耐震方面已朝向韌性設計發展，藉由結構構件之非線性變形吸收地震能量，因此結構體所容許之層間變位亦增大。依據 1997 年公佈之 UBC 規範及 ASCE 7-95 規範之內容，最大容許層間變位達 $1/40$ ，未來應根據建築結構計算結果訂定適宜之帷幕牆層間變位吸收性能標準，供帷幕牆設計及試驗之依據。

第三節 氣密性

3.1 氣密性性能試驗方法

金屬帷幕牆及其附屬門、窗氣密性性能試驗依CNS 13971進行。

其內容包括：

適用範圍、用語釋義、試驗方法、重要性與用途、試驗裝置、注意事項、試體、校正測試條件、步驟、計算、報告等項目。

本標準規定帷幕牆及其附屬門、窗在指定試體壓力差下，測定空氣漏氣量。標準狀態係指乾空氣壓力為101.3kPa(10.33tf/m²)，溫度為20.8℃，空氣密度為1.202kg/m³。

3.2 氣密性性能基準

試體室內、外壓力差一般為7.6kgf/m²(75 Pa)，計算固定部分單位面積單位時間之空氣漏氣量應小於1.08 m³/m²h，如計算活動部分開口周圍長度之空氣漏氣量應小於1.50 m³/mh。

第四節 水密性

4.1 靜態水密性性能試驗

金屬帷幕牆及其附屬門、窗靜態水密性性能試驗依CNS 13971進行。其內容包括：

氣壓不超過設計正壓20%下，噴水量3.2 l/min，壓力差800Pa，持續15分鐘後，無未受控制之水侵透。(CNS13974)

4.2 動態水密性性能試驗

金屬帷幕牆及其附屬門、窗動態水密性性能試驗依CNS 13973進行。其內容包括：

在CNS13973動態水密性性能試驗中，噴水量 $3.4\text{L}/\text{m}^2$ 風力產生達設計正風壓20%，無未受控制之水侵透。

4.3帷幕牆水密性性能設計原理的演進

帷幕牆之設計在水密性之改進上，歷經第一代十全密線原理、第二代控漏原理、第三代擋水網及複防線原理、第四代單元式等壓空間原理之演進，目前在水密性之技術水準，已提升許多。以等壓空間設計而言，其理論依據為帷幕牆漏水乃因室外壓力比室內大，造成室外不可控制之水流自牆體縫隙進入室內。因此在牆體製作「氣艙」，並將部分或所有接縫開放，造成開口處室內氣艙壓力大於或等於室外壓力，成為等壓狀況。即使有外部水份進入因無壓力差存在，也可藉排水系統排出。配合單元式構造，為近代帷幕牆設計之新穎方式。

第五節 隔音性

5.1 隔音等級

隔音性以隔音等級表示，依CNS 8465中規定之隔音等級曲線求得，作法為量測建築物隔音等級將量測到之各1/1八度音平均因壓級差設定值轉記於圖一之各基準曲線比較，以最接近量測曲線，且任一頻率基準值減量測值之差不大於2dB之基準曲線為標準隔音等級之基準曲線，該基準曲線與500Hz相交所對應之平均音壓級差，即為評定之隔音等級。

5.2 依建築物使用訂定之防音性能

建築技術規則對於建築防音係規定分界牆、分間牆，對於外牆並未規定。由於生活水準之提升，居住者對建築防音性能之水準要

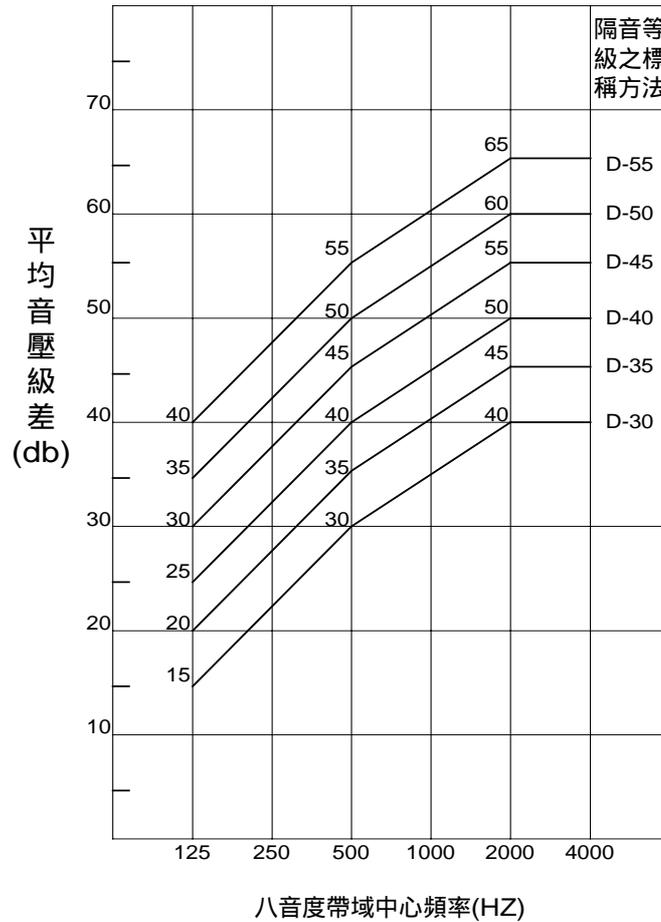


圖1 平均音壓級差隔音等級之基準頻率特性與其標稱方法

求日漸提高，因此在草擬之噪音管制法修正草案內容中明定鄰接或面對交通運輸系統及航空噪音防制區內之建築物，應具備防音設施，始得向主管建築機關請領建造執照。相關條文有

第二十八條 「臨接八公尺以上道路及面對高速公路、一般鐵路、高速鐵路、大眾捷運系統及其他經各級主管機關公告之交通噪音嚴重地區等交通運輸系統之建築物，其臨接或面對交通運輸系統之門、窗及外牆，應採用具備防音功能之建材，始的向主管建築機關請領建造執照。

前項交通噪音嚴重地區認定標準、面對交通運輸系統之距離及防音功能建材之標準、審驗作業程序，由中央主管機關會商有關機關定之。」

第三十八條 「各級航空噪音防制區內之建築物，應採用具備防音功能之建材，始得向主管建築機關請領建造執照。

前項建築物所使用防音功能之建材標準、審驗作業程序、由中央主管建築機關會商有關機關定之。」

這種採受體保護方式，即要求建築物設置防音措施，立法將對建築物之防音設定標準、審驗作業程序。就建築物使用者之立場，當外在環境噪音不可避免時，仍應將金屬帷幕牆防音納入構造設計考量。

5.3 影響金屬帷幕牆隔音性能之主要因素

由金屬帷幕牆之構成來看，影響其隔音性能之主要因素有三：

1. 板材之隔音性能：

金屬帷幕牆表面佔面積比率最高者為玻璃及腰牆(spandel)，因此其隔音性通常有某種程度代表金屬帷幕牆之隔音性能。以固定窗玻璃而言，玻璃之透過損失值在中低音域隨著玻璃厚度之增加而提高，在高音域則因重合效應而使透過損失減低，且當玻璃厚度增加面密度提高時，重合頻率(f_c)有往低頻移動之趨勢。以建築物常用3mm~8mm之玻璃板為例，其重合頻率在2k~5k之間。

2.開口率間隙之大小：

間隙為造成漏音之主要來源，一隔音性能為60dB的材質，當有0.1%之開口時，其隔音性能降為30dB，而1%的開口時隔音性能降為20dB。金屬帷幕牆之構造及施工品質均將影響構件之間隙。

3.金屬框之隔音性：

金屬框由於質量輕及中空構造，造成隔音性能降低，必須在設計時注意，以提高隔音性能。

由於金屬帷幕牆尺寸很大，不易以試驗測定隔音性能，也有以過去資料找出同級品設定具有相同隔音性能。日本帷幕牆工業會所定之帷幕牆隔音性能以開口部的隔音性能作代表，分為五級做評估。

表10 帷幕牆隔音性能等級（日本帷幕牆工業會）

隔音等級	Ts-20	Ts-25	Ts-30	Ts-35	
性能等級	1	2	3	4	5

第六節 隔熱性

金屬帷幕牆的隔熱性一直受到關切，業界努力提升其性能值。從文獻得知，香港抽樣調查1982-1992 十一年內83個商業建築外殼設計，顯示牆的平均熱傳透率(OTTV)分布狀況。大約有三分之二的建築物，符合外牆的平均熱傳透率 $35\text{W}/\text{m}^2$ 標準限制。由於金屬帷幕牆普遍具有比較大的開窗比率，因此其平均熱傳透率數值較高。但是，採用金屬帷幕牆的建築大多採用遮蔽係數較低的反射玻璃，可以稍微平衡過來。鋼筋混凝土貼磁磚外牆分布於 $15\text{-}40\text{W}/\text{m}^2$ 較為集中，金屬帷幕牆分布於 $10\text{-}45\text{W}/\text{m}^2$ 較為分散。因此金屬帷幕牆慎選建材及構造方

式，仍然可以有良好的隔熱性能，並符合法規的規定。

6.1 建築技術規則規定之建築物外殼耗能量

為節約建築物使用能源，建築技術規則規定同一棟或連棟建築物之新建或增建部分，最低地面以上樓層之總樓地板面積超過二千平方公尺，建築物外殼耗能量、外殼等架開窗率及平均熱傳透率。

建築物外殼耗能量Envelope Load小於之基準值ENVLOAD's

- ◆ 辦公廳類 110 kwh/m²-fl-area-yr
- ◆ 百貨商場類 300 kwh/m²-fl-area-yr
- ◆ 旅館類 130 kwh/m²-fl-area-yr
- ◆ 醫院類 180 kwh/m²-fl-area-yr

住宿類建築外殼等價開窗率計算值應低於百分之十六且其不透光部位之平均熱傳透率，屋頂應低於1.5 w/m²，外牆應低於3.5 w/m²。

6.2 改善金屬帷幕牆耗能之方法

金屬帷幕牆應選用具有良好隔熱性構造及材料，減少耗能，有效之作法包括：

1. 開窗部份為帷幕牆空調耗能之主要因素，因此減少開窗率，可提昇建築物空調節能，然而應與建築物採光計畫，利用自然採光，減少照明耗電一併考量。

2. 面向東及西之牆應減少開窗率。

3. 採用遮蔽係數低之玻璃，除全反射玻璃易造成周遭眩光，採用時應注意方向及配置外，低輻射 (Low-E) 玻璃以可見光高透過率及太陽熱能傳導低之特性，為一種具節能功效之玻璃。

金屬帷幕牆較傳統建築物鋼筋混凝土外牆式砌磚外牆重量減輕許多，一般鋼筋混凝土造牆重約300—500公斤／平方公尺，金屬帷幕牆僅30—60公斤／平方公尺，對於結構體荷重可以減輕許多，在建築物高層化時，如能兼顧節能需求，此項優勢更為明顯。

第三章 金屬帷幕牆構成材料及規格標準

金屬帷幕牆為以金屬作為框架，包覆玻璃、金屬板、石材等版材作為牆面，牆面承載由框架承受，藉填縫材再傳達於建築結構。為維持金屬帷幕牆之外觀，並使金屬帷幕牆達到耐久性需求，近年來表面處理材料技術發展極迅速，而成為金屬帷幕牆構成之一部份。構成材料之標準為設計者制訂金屬帷幕牆構成材料規格之主要方式，金屬帷幕牆之性能亦必須藉符合設計之材料達成，而材料因其材質、組成之特性，在設計、施工以至使用維護階段均有特別的注意事項。

第一節 金屬構材

1.1 鋁合金

(1) 鋁及鋁合金之特性

鋁合金用於金屬帷幕牆主要基於以下特性：

- ◆ 熔點低，介於540到600℃，利於以擠出方式製成形狀複雜之斷面。其適合擠出的溫度約在400到500℃之間。
- ◆ 質輕，比重約為鋼鐵1/3，對結構之負擔較輕。而其強度範圍較大，強度可達到高強度鋼之強度。
- ◆ 表面處理後，外觀質感佳，且抗腐蝕能力良好。
- ◆ 由於鋁合金熔點低又具抗腐蝕能力，因此回收比例高，再溶能源需求低，為符合環保訴求之建材。

(2) 使用鋁合金之注意事項：

- ◆ 導熱係數高，因此作為板材使用時，背面須被覆隔熱纖維材料或做成三明治式的複合材料，以二層鋁板夾一層導熱係數低之材料，提昇隔熱效果。
- ◆ 在嚴重的火災時，鋁料會熔化，不像鋼料僅僅是軟化。

而鋁料通常不作防火被覆以免其特質無法顯現。

- ◆鋁料較鋼料彈性模數低，因此受力後撓度較大，也較容易拙屈。且其熱膨脹係數也較鋼料高。

(3) 鋁及鋁合金之國家標準

CNS 2253 鋁及鋁合金之片及板

適用範圍：使用鋁料經軋軋法製成之鋁片（厚度超過0.15至6.34mm）及鋁板（厚度超過6.34mm）。

內容：鋁片之品質含機械性質、彎曲半徑、許可差。
金屬帷幕牆常用鋁材1100-H14、3003-H14及5005-H14

表11 鋁及鋁合金之機械性質

合金符號鍊度	標稱厚度 (mm)		抗拉強度 kgf / mm ²		降伏強度 kgf / mm ²		伸長率 (最小) %	
	超過	以下	最小	最大	最小	最大	50mm	5D (4.65 A)
1100-H14	0.20	0.32	11.2	14.7	9.6	-	1	-
	0.32	0.63	11.2	14.7	9.6	-	2	-
	0.63	1.20	11.2	14.7	9.6	-	3	-
	1.20	6.30	11.2	14.7	9.6	-	5	-
	6.30	25.00	11.2	14.7	9.6	-	7	6
3003-H14	0.20	0.32	14.2	18.3	11.7	-	1	-
	0.32	0.63	14.2	18.3	11.7	-	2	-
	0.63	1.20	14.2	18.3	11.7	-	3	-
	1.20	6.30	14.2	18.3	11.7	-	5	-
	6.30	25.00	14.2	18.3	11.7	-	8	7
5005-H14	0.20	0.32	14.7	18.9	11.7	-	1	-

	0.32	0.63	14.7	18.9	11.7	-	1	-
	0.63	1.20	14.7	18.9	11.7	-	2	-
	1.20	6.30	14.7	18.9	11.7	-	3	-
	6.30	25.00	14.7	18.9	11.7	-	8	7

引用標準：CNS 2068 鋁合金

CNS 2254 鋁片及鋁之檢驗法。

CNS 2257 鋁擠型條

適用範圍：使用鋁及鋁合金，經擠壓法製成之各種鋁線、鋁桿、鋁棒、鋁型之鋁擠型。

內 容：鋁擠型之品質含機械性質、許可差。金屬帷幕牆常用鋁擠型6063-T5及6061-T6之機械性質如表12

表12 鋁擠型之機械性質

合金符號鍊度	標稱厚度 (mm)		抗拉強度 kgf / mm ²	降伏強度 kgf / mm ²	伸 長 率 (最小) %	
	超 過	以 下			50mm	5D
6061-T6		6.3	26以上	24以上	8	
	6.3		26以上	24以上	10	9
6063-T5		12.5	15以上	11以上	8	7
	12.5	12.5	14以上	10以上		7

CNS 2608 鋁及鋁合金之合金種類及鍊度符號

適用範圍：

鋁合金之合金種類、編號

鋁合金包括鍛鋁合金及鑄鋁合金，以鍛鋁合金而言，其編號以四位數字表示，合金編號第一位數字表示主要合金元素。第三位與第四位數字表示不同化學成分之合金識別。但1xxx系之三、四位數字表純度。第二位數字，0表示原來合金，其他數字即表示不純物規定或添加加微量元素不同之改良合金。而鍛鋁合金中金屬元素含量另以表列規定。

鋁合金之煉度符號

基本符號有F, O, H, W, T

F：製造後之原狀態者

O：退火後之狀態

H：經加工硬化者

W：經固溶化熱處理

T：經熱處理使其成為F, O, H以外之穩定質別者。

細分符號：H及T之細分符號及O之特殊煉度符號。

CNS 2254 鋁及鋁合金之片及板檢驗法

採樣：

鋁片板之化學成分分析，原則上以鋁液分析為主，每一爐於澆鑄時取澆鑄試樣一個。

鋁片板之採樣應在同一爐號、煉度、合金編號之製品任取之。

鋁片機械性質採樣按每公噸或其以下為一批，每批取一個試驗。鋁板與每二公噸為一批，取一個試樣。如須彎鉤試驗者，每批加抽一個試樣。

檢驗：

含外觀檢查、尺度檢查、化學成分分析（依CNS 2069〔鋁及鋁合金化學檢驗法之規定〕、鋁片板之機械性質依CNS 2111〔金屬材料拉伸試驗法〕試驗之，其他一般事項依CNS 4195〔非鐵金屬材料之檢驗通則〕之規定。

1.2不鏽鋼

不鏽鋼含有鉻、鎳等成分，鉻元素與空氣中氧結合後，形成皮膜，防止進一步氧化作用，依成分可分為：

鉻系不鏽鋼：含18%鉻之18鉻系不鏽鋼多用於內裝如編號SUS304不鏽鋼

鉻鎳系不鏽鋼：含18%鉻及8%之鎳為18-8系不鏽鋼可作外裝及內裝如編號SUS304、SUS316不鏽鋼

不鏽鋼建材之特性：

- ◆耐蝕性優良：容易維修
- ◆強度高：斷面尺寸較鋁薄
- ◆耐火性良好：比鋼、鋁耐火性高
- ◆熱膨脹性低：可做成較大尺度構件，不至因溫差而彎曲
- ◆熱傳導性小：具有良好之保溫性

不鏽鋼建材之維護保養：

不鏽鋼建材受到鐵粉、灰塵附著或空氣中亞硫酸氣體影響破壞不鏽鋼建材表面的不氧化皮膜，並妨害皮膜的再生，造成生鏽的現象。維修方法首先要清除附著物及鏽斑，選用適當的中性清洗劑，用海綿或布擦拭，在嚴重鏽蝕處使用15%稀釋硝酸液清除，甚至要用砂紙或不鏽鋼刷子研磨擦拭。清除工作完成後，必須留意用清水將表面完全清洗乾淨。

第二節 版材

2.1玻璃

金屬帷幕牆中採用玻璃時主要考量為安全及節能，從安全的角度而言，玻璃需要具備耐擊性能，因此將玻璃製成強化玻璃、膠合玻璃或鐵絲網玻璃。從節能的角度可採用有色玻璃、金屬反射玻璃、低輻射玻璃或將玻璃做成複層，玻璃主要在防止太陽輻射熱進入室內（冷房作用時），以及減少熱能之傳導。對於前者，玻璃可加以噴塗金屬膜、或加色，成為全反射玻璃，半反射玻璃，LOW-E玻璃。對於後者不僅以玻璃加厚方式，且作成複層玻璃藉空氣層阻隔熱傳導。玻璃相關國家標準：

平板玻璃：CNS 823普通平板玻璃、2442浮式平板玻璃2441壓花玻璃、4341有色吸熱平板玻璃，GSA DD-G451d，ASTM C 1036

硬化玻璃：CNS2217、2218，GSA DD-G1403C，ASTM C 1048

強化及膠合玻璃：CNS 1183（強化玻璃），CNS 8405（膠合玻璃），ANSI Z97.1-1984

玻璃之選用，依據設計構想，從相關材料中選出合用之產品。因此對於玻璃之特性、標準應加以釐清。

(1) 從節能的考量選用玻璃

台灣地處亞熱帶，建築物耗能之控制，主要是在減少夏天使用冷氣負荷。金屬帷幕牆由於其構造，及開窗面積，冷房顯熱負荷較之其他外牆高。建築技術規則第四十五條之四之規定，辦公廳類、百貨商場類、旅館類、醫院類建築物之外殼耗能量。金屬帷幕牆在玻璃部分影響外殼耗能量ENVLOAD 結果，包括外殼熱損失係數及外殼日射取得係數，外殼熱損失係數可藉降低外殼部位熱傳透率即降低外殼部

位熱傳透率（U值）以改善外殼耗能量，外殼日射取得係數可藉減少玻璃日射透過率以獲得改善。日射透過率又與玻璃之遮蔽係數成正比。

阻隔太陽輻射熱，在玻璃的選用上，一度採用發射（Tinted）玻璃，以減少太陽輻射熱。但是單一發射玻璃對熱並不會逸散，而傳至內。把百葉簾窗起來時，也導致簾子溫度上升，結果輻射的紅外線與原來也幾乎一樣。雙層玻璃其中外層用發射玻璃，其效果較佳（大約再減20% 15%遮蔽係數），由於吸收之熱被室外風所吹走，而不會經由空氣層進入室內。

遮蔽係數（Shading Coefficient）之計算：

遮蔽係數為透過玻璃進入之太陽熱能之比率除以0.87（0.87為3mm清玻璃透過太陽熱能之比率）。其量測以太陽垂直照射，計算太陽輻射直接穿透量及玻璃吸收熱之後再傳入室內之量。

在美國ASHRAE / IES標準，90.1-1989用來決定牆之平均U值及透光面積。此標準經常更新，必須定期諮詢專家。此規範適用於所有新建築除了用於製造生產或獨戶及集合住宅在三層樓以下。

性能規範相當複雜而需要用電腦計算。已有MS-DOS版本之程式可資採用。性能規範限於在指定規範中規定之玻璃區域，而指定規範依據許多使用用途及目的變數，如同性能規範，它針對不同建築組件列出性能替代。

指定規範採用不同地區平均西曬吸收太陽熱及其加熱及冷氣調節溫度及日數。一季之溫度及日數是每日平均溫度減去基本溫度。

雙層玻璃（Insulating Glass）是由兩片玻璃中間隔著乾燥空氣產生而成。隔熱效果特佳，是理想的節省能源建材。因中間係乾空氣，

所以有防霧效果。

在雙層玻璃低輻射玻璃(Low-E Glass)單元中間空氣層中填充滯留性氣體，對於絕緣性質更能提高。一般常用之填充氣體為氬 (Ar)，因為氬具惰性且取得成本低。氬填充可提高雙層低輻射玻璃R值達33%。二氧化碳之傳導性與氬相當但其滯留性在合用邊緣。六氟化硫(SF6)隔音性佳，在歐洲也有採用，但其黏滯性太低。氪氣 (Krypton) 傳導性甚佳 (低)，但其滯留性在多數應用場合太低。

在雙層玻璃中填充氣體需要特殊的技巧。雙層玻璃對於阻隔熱傳導效果極佳，從資料顯示其U值在0.6 2.04之間，比起1B磚牆單面貼磁磚之隔熱效果尤佳。

然而就ENVLOAD (建築對外殼耗能量設計)，外殼日射取得係數MK 中，玻璃單位面積之影響較實牆部份大很多。

U值之計算：

有效U值計算依據窗之尺寸及其邊緣之相關，其估計係以各部份U值及面積比例代入下式求得：

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{cog}} \times (A_{\text{igu}} - A_{\text{edge}}) + (U_{\text{edge}} \times A_{\text{edge}})}{A_{\text{igu}}}$$

U_{edge} 為 U_{cog} 之函數由圖求得， A_{igu} 為不計入邊緣之絕緣面積。 A_{edge} 為邊緣面積在這部分，熱經由玻璃進入邊緣間隙條，導熱較快。鋁邊緣條其邊緣帶寬度為60公分。

熱橋效應也合發生在窗框，整個窗子含框之 U_{overall} 由 U_{frame} 及 U_{eff} 決定：

$$U_{\text{overall}} = \frac{U_{\text{eff}} \times A_{\text{igu}} + U_{\text{frame}} \times A_{\text{frame}}}{A_{\text{igu}} + A_{\text{frame}}}$$

其中 U_{frame} 為窗框投影面積。 A_{igu} 為隔離玻璃面積。

反射玻璃使用注意事項

(METAL COATED REFLECTIVE GLASS)

反射玻璃是浮式玻璃 (FLOAT GLASS) 表面上做金屬氧化物處理的玻璃。能反射大量的日光、熱能，減低冷氣設備負擔，具有半反射鏡功能，使建物姿色萬千。

反射玻璃在製造工程中有嚴格管理，但仍免不了有些小缺陷。反射像稍微扭曲，及每一批貨在加工上的些微色差，實難避免。在設計及施工時應注意之事項如下：（資料來源台北市玻璃工會）

1.反射玻璃只單面做金屬反射膜處理，無論反射膜在室內或室外一邊都要統一按裝。

2.外壁如為磁磚，反射膜應朝室內裝。

3.一般的帷幕牆通常2-3個月洗一次，但水泥牆或三合土牆時，應每個月洗一次。

4.清掃時，注意附在清掃用具上之砂塵，或固體物，以免傷到玻璃反射膜面。通常用清水清洗，如遇到不易清除之頑固污垢，須先用適量之中性洗劑。

5.不要用含砥粒，強酸、強鹼等成分洗劑清掃。

6.為避免反射玻璃之色差發生，每一棟樓之使用玻璃量，一定要一次定貨。

(2) 從安全考量選用玻璃

玻璃應具有足夠強度以避免破碎或墜落造成意外，玻璃在不同部位，也有不同之考量。強化玻璃、膠合玻璃之抗撞擊性可從測試標準看出。

◆ 強化玻璃

將平板玻璃加熱接近軟化點時，在玻璃表面急速冷卻，使表面產

生壓應力，而中心層產力拉應力。當玻璃遭受撞擊時對玻璃表面產生之拉應力被玻璃本身之壓應力抵銷，避免玻璃破裂。其強度為普通玻璃之五倍，且破壞時，成為豆粒大小的顆粒，減少對人體產生嚴重傷害之機會。

CNS檢測之安全項目：(CNS 2218)

耐衝擊性：以1040g鐵球自1M自由落體下墜，在610×610mm試樣6片中，破1片以內。

◆ 膠合玻璃

為兩片玻璃間夾入pvb中間膜而成，因中間膜強韌而富粘著力之特性，玻璃在受衝擊下不易被貫穿，且破損後玻璃片不飛散。由於中間膜有阻隔太陽光中的紅外線，具節能效果。亦可阻隔紫外線，可防止室內傢俱、窗簾褪色，並保護人體受過多紫外線照射。同時中間膜可提高隔音效果。

耐衝擊性：依照CNS 1184 檢驗，取六塊試樣，其中五塊以上符合下列二項之一時為合格。

耐貫穿性：依照CNS 1184 檢驗，取四塊試樣，於30cm以上，230cm以下之高度向膠合玻璃衝擊使構成膠合玻璃之板玻璃二塊均破壞，但破壞部分不得有75cm直徑之球能自由通過此洞。

強化玻璃表面是一層壓縮應力層，內部則有引張應力層與之對應而保持平衡狀態醫療。當表面的傷痕延伸到內部引張應力層時，就會造成破裂。這種傷痕可分為幾種：

- ◆ 硬物碰傷、熔接時的火花、飛來物體等引起的傷痕。
- ◆ 搬運及儲存時玻璃撞傷。嵌裝時玻璃的損傷。外力撞擊
- ◆ 熱應力及系統應力的破壞。

- ◆ 在玻璃中偶然存在的雜質所引起的傷痕。

強化玻璃破裂時的特徵：

強化玻璃只要局部受損破裂，就會失去應力的平衡，而引起全面碎裂。碎片有的是成粒粒碎片飛散，有的仍附著在一起，成為一片碎片聚合塊。發生破裂時，在其附近的人物，可能會受到雨點般顆粒的敲打，也可能會遭受大塊碎片聚合塊的撞擊。如碎片聚合塊夠大，可能會傷及人體。

強化玻璃的削型或鑽孔：

玻璃經削型或鑽孔後，其周邊組織的強度會大大地被削弱，在承受外力的部位，應儘量避免此類加工：如非加工不可，則須選用強化膠合玻璃。

在下述各部位使用強化玻璃時，希望能採用強化膠合玻璃：

- ◆ 天井的頂蓋、天窗、採光天窗等水平或近平狀態使用的玻璃。
。
- ◆ 大樓外牆垂直使用，如有掉落會傷及地面上物體及人體之虞的玻璃。
- ◆ 扶手或護欄，如破裂時可能導致人體或物體掉落之虞的玻璃。
。

2.2 石材

目前帷幕牆建築採用薄石材相當普遍。其中，最常用的石材有花崗岩（厚度大約 3 公分），以及石灰岩（厚度至少 4 公分）。這種以薄石板嵌入帷幕牆金屬骨架成為非開窗的部位(Spandrel)。岩石為天然材料，強度與解理成分有關，並非均質。由於這種五公分厚度以下的石材在建築產業的應用相對來說還相當的新，業界尚欠

缺足夠的經驗及資訊，因此採用時應謹慎處理。

從文獻中之案例研究有下述問題：

- ◆隱藏的裂縫：由於沒有執行岩相試驗與足尺的板件試驗，因此，在試體試驗過程中未能偵測出來，而到組裝完成後才發現。一個跨越石板寬度方向的裂縫對其極限強度有相當的影響。在此個案中，強度降低約80%。當此個案發現有此問題後，即針對所有石材板件進行全面檢查，結果更換了好幾百片的石板。
- ◆在惡劣天候環境下薄石材產生翹曲變形。由於沒有執行老化試驗或岩相分析試驗，建築物完成沒多久，石材就因惡劣天候產生變形，結果只好將所有石材拆除重置。
- ◆一種不常用的石材形式只執行了ASTM C99的破裂模數試驗。當工程設計完成後，執行ASTM C880的彎曲強度試驗後發現，石材的極限強度只有原先試驗數據的一半。整個帷幕牆只好重新設計。
- ◆所提供的石材物理特性數據與實際工程所採用石材來自兩個完全不同的礦場。在本個案中，兩個礦場所生產的石材名稱與形式都相同，但是實際的強度有顯著的差異。

一般來說施工規範（或施工說明書）中通常要求抗壓強度、破裂模數、密度、以及吸水性等四種基本的試驗。其相關規範如下。

ASTM C170 抗壓強度

ASTM C99 破裂模數

ASTM C97 密度

ASTM C97 吸水性

CNS 13976 (參考標準ASTM C880) 規定石材彎曲強度試驗，採簡支樑四分點載重法，並採乾濕兩種試驗，試體長度約為厚度之10倍，寬度為厚度之1.5倍，且厚度至少在25mm以上，建議尺度為長度300mm，寬度38mm，厚度25mm。將試體置於跨距支承座上，在調整兩個四分之一跨距施力點與試體輕輕接觸。試驗機之負載以4.5kgf/min及0.6mm/min之速率進行直至試體壞為止，紀錄最大負載以計算撓曲強度。

最近ASTM C880試驗的試體尺寸變化有許多的討論，也有了修改版本。在此修改版本中，試體的寬度增為20公分，跨度增為90公分。厚度與表面修飾仍然維持以專案實際要求者為基準，由外裝飾面施加载重。這樣的試驗所得的彎曲強度結果比較接近實際工程個案的條件，而石材中有大型結晶與天然顆粒者也因試體尺寸變大而比較有利。由於靜載重在長跨度方向所產生的彎曲應力可能相當顯著，必須納入極限彎曲強度的分析當中。

2.3夾心材料板材

應用在金屬帷幕牆之夾心材料板材一般由上下二層面層及中間層組成，面層可為各式金屬板或積層板(如碳纖維、玻璃纖維積層板)，中間層可為金屬蜂巢結構成為鋁蜂巢板或以隔熱性佳之填充材料構成複合鋁板。複合鋁板與實心鋁板剛性相近，而重量較輕，鋁蜂巢板剛性較實心鋁板高更多。在制訂規範時可依據材料廠商之建議，一般而言包含下列內容：

◆組成規格：上、下層鋁料厚度、材質、中間成材質厚度

- ◊機械特性：材料剛性、慣性力矩、張力強度等。
- ◊抗火特性：火延伸性、煙發生率、不燃材料等。
- ◊漆層處理：乾膜厚、鉛筆硬度、結構型態、漆附著力、抗鹽性、抗潮濕性、抗酸鹼性、顏色保持度、亮度保持、抗粉塵性、抗腐蝕性等。

系列產品：

鋁蜂巢板Honeycomb , Alucore

鋁合金板高壓石礦物填充Alucobond (Astm C365-94)

第三節 表面處理

金屬帷幕牆通用之表面處理有：塗料及陽極處理，設計時基於耐候、色彩之考量，選擇適合之材料。

3.1 塗料

帷幕牆塗料

種類：依塗料之化學成份分為：

丙烯酸樹脂系(Acrylic Resin) , 即壓克力配合三聚氰酸銨樹脂所製成之熱固性烘烤型塗料。具有良好之光澤保持性、保色性及耐候性。

聚銨基甲酸脂系(Polyurethane Resin) , 簡稱PU塗料，由含有多數氨基酸脂鍵之數脂所構成。耐候性、耐水性、耐藥品性及耐磨耗性具甚優異。為一熱可塑性聚合物，又分為一液型及二液型兩種。

矽氧樹脂系(Silicone Rsin) : 為矽力康樹脂，具有優良之耐熱性、耐候性、耐酸性、耐水性及耐磨耗性，用於需要耐熱性設備，鋼鐵結

構物或建築物外裝。

氟碳樹脂系(Fluorocarbon resin)：又分為：PVdF氟碳樹脂，以NWWALT公司之kynar-500氟碳樹脂為代表。PVdF系塗料之特點為超耐候性，耐腐蝕性，耐熱性，耐塞性、耐磨耗性，耐汙染性，但由於採用高溫烘烤造成管理上的困難，而不適於大型構造物，且被塗物材質必須能耐230°C之高溫烘烤，要具備高溫烘烤設備，塗膜光澤受限在30-50之間，不易產生鮮艷的顏色。FEVE氟碳樹脂系，以日本旭硝子公司於1982年上市之Lumiflon氟碳樹脂為代表。為溶劑型塗料亦分為需要中溫烘烤之一液型及常溫硬化之二液型。FEVE系塗料具有PVdF系塗料之各種優點，硬化溫度範圍很廣，光澤範圍大10~85，又可得鮮豔之顏色，塗裝作業及補修重塗與一般溶劑性塗料相同，容易施工。

氟碳樹脂以超耐候性受到廣泛的採用，但成本也較高昂。而100%固形之粉體氟碳塗料以及水溶性型之氟碳塗料應用將成趨勢以符合環保法規。目前帷幕牆用塗料皆屬高分子有機塗料，表面硬度只能達到3H，在帷幕牆之搬運，組裝，使用上均難免刮傷。未來硬度5H以上，高耐候性(20年)的無機高分子塗料為應用之趨勢。

試驗方法：

- ◆ ISO 2360 厚度測試、ISO 2818 亮度(耐候)試驗、ISO (ASTM D2794)耐撞擊試驗、ISO 1520 附著力試驗、ISO 1519 彎曲試驗、BS 6496 壓力鍋煮沸試驗、ISO 9227 酸性鹽霧試驗、ISO 化學藥物試驗。
- ◆ AAMA605.2 建築用鋁擠型料及牆板料的高性能有機塗料塗裝規範

一般通則：

目測檢視乾膜塗裝面沒有垂流、流漆起泡或距10英尺遠90度角檢視外露面沒有瑕疵。

以SATM D. 1400-87檢測塗裝總膜厚，至少30 μ 以上。

AAMA605.2建築用鋁擠型料及牆板料的高性能有機塗料塗裝規範中規定採用之試驗方法有包括顏色的一致性、光澤度依 ASTM D 523使用60度光澤設量測、乾膜的硬度參照ASTM 3363的規範作鉛筆硬度試驗，並以ASTM D 3363判定。塗膜的密著性試驗有乾膜密著試驗(百格試驗)下濕式密著性試驗及沸水密著性試驗。耐化學性有耐衝擊性、耐磨性、耐化學性、耐灰泥性、耐硝酸性、耐清潔劑、耐腐蝕性有耐濕性、耐鹽霧性、耐候性依ASTM D2244判定經曝曬後之試驗片色差，並依ASTM D659判定粉化等級，依ASTM D523以60度光澤計量測光澤保持率。

3.2陽極處理

鋁合金與水中氧或氫氧離子反應形成氧化膜($-Al_2O_3$)，利用此一方法得到耐久之鍍膜，進而得到裝飾或其他功能的效果稱為陽極處理，陽極處理後之鋁材尚須經染色及封孔流程，完成整個程序。

第四節 填縫材

4.1填縫劑之選用

應徵詢填縫劑供應商之意見，考慮重點包括：

- ◆填縫劑施用位置材料，以及是否為結構性運用。
- ◆確定設計風壓(應與帷幕牆本身設計一致)
- ◆玻璃尺寸(以決定填縫接著之寬度)

- ◆填縫劑與接著材料之相容性，尤須注意填縫劑中之油性物質是否會污染接著材料表面。

4.2 施工

首先材料表面清理，避免填縫劑與結著材料分離，非多孔性材料可以溶劑沾濕的乾淨布擦拭清潔表面，再用另一塊乾淨的布將表面的溶劑和雜質拭去。多孔面材料如水泥、花崗石、大理石等以高壓水柱或揮發性溶劑清洗表面，再用壓縮空氣將表面和空隙吹乾，再以底漆塗抹。填縫施打前將相容性之隔片及膠條置入，使玻璃保持適當的位置，依設計之填縫位置及形狀充填。填縫完成後應抹平，以呈現平順的外觀。填充劑之儲存溫度應依供應商之規定。

4.3 填縫劑適用標準

ASTM C1248 Standard Test Method for Staining of Porous Substrate by Joint Sealants 測試填縫劑之抗污染性，測試樣本石材依規定之厚度及表面處理。

ASTM C1193 Standard Guide for Use of Joint Sealants 填縫施工指針

ASTM C1192 Standard Guide for Evaluating Failure of Structural Sealant Glazing 結構矽力康填縫估計指針

ASTM C1394 Standard Guide for In-situ Structural Silicone Glazing Evaluation 工地檢測結構矽力康填縫評估指針

ASTM C1087 樣品相容性測試。

第四章 金屬帷幕牆之設計製造施工

第一節 金屬帷幕牆之設計

金屬帷幕牆之設計係由建築師、帷幕牆顧問、帷幕牆廠商，藉助風雨試驗設備及風洞模擬試驗之結果，諮詢結構工程師、材料廠商、之專業意見共同完成，設計流程如表13，程序包括：

1. 建築師進行帷幕牆的概念設計
2. 建築師或帷幕牆顧問建立性能為基準的帷幕牆設計參數
3. 工程發包後，帷幕牆廠商根據性能基準參數設計帷幕牆草圖。
4. 與整體帷幕牆設計的同時，設計樣本試驗帷幕牆
5. 在帷幕牆製造前，測試樣本
6. 根據樣本試驗修正帷幕牆設計
7. 建築師確認帷幕牆設計，由帷幕牆廠商進行製造與施工

第二節 金屬帷幕牆之製造施工

金屬帷幕牆之施工大致上可分為

1. 工廠製作：包含進料、落樣、切割、加工等程序。
2. 工地按裝：包含放樣、安裝固定繫件、帷幕牆吊裝、玻璃按裝、填縫劑施工等程序。

由於系統之不同，帷幕牆之施做也有極大差異。直料式帷幕牆，直橫料係在工地組裝，接頭之防漏在工地施做；腰板式帷幕牆之腰板單元在工地固定於，外漏防水矽力康縫由工地施工；單元式帷幕牆係在工廠組裝單元，運到工地吊掛，水平單元接口處由工地施打矽力康設計。等壓空間原理設計之單元式帷幕牆之支架在工地按裝，小單元在工廠組裝運到工地吊掛，四周接縫採開放式設計。

第三節 金屬帷幕牆之檢測

3.1 金屬帷幕牆的性能試驗

於金屬帷幕牆設計與現場安裝之前進行性能試驗，以達成建築物完工後無缺失之要求。

性能試驗結果可以作一些簡單和價廉的修正工作，改正設計、製造、安裝的缺失。避免在工程現場裝置完成後再於修改的高昂代價。因此性能試驗的目的包括仔細檢測牆面及構件，如窗、門、嵌版的性能是否達到指定層級標準。而此認定對於發生毛病時的責任歸屬頗為重要。另一目的為找出發生問題的癥結所在，以便採取補救措施。

完整的性能試驗樣本由足尺的元件組合而成，和帷幕牆實際的尺寸相同，是昂貴且複雜的，各項標準並非完全必要的，乃是非強制性規範，目的在提供進行測試可資依循的標準。是否需要進行測試或作何種測試應依情況而定。例如標準的商業牆面系統在發展階段經過嚴格的測試，也接受實際使用的考驗，便可以性能檢定證明書取代。但是未被驗證過的新設計，便需要作徹底的牆面性能試驗。

足尺樣本的設計：樣本衡量試驗室大小，以9公尺寬12公尺高為度，至少包含帷幕牆所有典型的狀況。例如，平坦的區域、轉角、斜坡、交界、退縮、水平中斷、端點等部位。樣本中必須包含集水、控制、排水等系統特性，以觀察整體系統的性能。

足尺樣本的施工：應由實際施工人員來執行樣本的組裝工作，藉由足尺樣本的施工，讓帷幕牆的建築商、設計建築師、設計顧問瞭解如何有效安裝帷幕牆系統。實際執行正式試驗前，安裝試體的工人通常希望預先測試，以免施工錯誤造成正式試驗時結果太差。而試驗室的人員也希望能預先測試以確定試驗艙本身的漏氣狀況。假若在測試

前發現施工技術上的問題，作一些修補的動作，應做成書面紀錄。並在試體安裝與預先測試的階段，與相關的設計人員一起來觀察與紀錄整個程序這些修補行動究竟對設計有無副作用，瞭解原設計實際上到底能否順利安裝。

試驗結果的闡釋：ASTM E331及E547水密性的定義係指在指定的試體兩面氣壓差條件下，水穿透超過試體最內側的垂直面，不包括中間層與零件。水停留在排水管道、泛水、及窗坎不算失敗。但是水一旦進入到帷幕牆內部，可能使絕緣材料或其他材料吸水飽和造成相當嚴重的問題。因此在試驗中，若有水進入帷幕牆內部，則應審慎評估其可能產生的損壞。而對於表面填縫密封的帷幕牆，應該不允許任何的水穿透帷幕牆的外表層。

長期性能試驗：性能試驗通常只能反應全新帷幕牆的性能。且在樣本的施工中，每個單元的施工細節都比實際施工仔細，尤其是兩面皆採填縫處理的帷幕牆設計，在樣本試驗中漏水的機率不高。實際使用中的建築物，因為材料老化或填縫材料相關的問題，導致大多數的帷幕牆都會有水穿過外表層的封料。在此條件下，問題的重點是這些進來的水是否可排出去。因此，對老化後的帷幕牆防水性能與可行的修補方法必須詳加評估。

在表面密封而內部排水的帷幕牆足尺樣本試驗中，為模擬局部填縫受損後的水密性，可用刀片隨機的將填縫材料割破約10%長度，然後再執行標準的水密性試驗。水將由這些破損的開口進入帷幕牆內部的集水與排水（控制）系統中，以評估與檢驗此第二道防線的功能。也可以模擬外部填縫材料損壞時，水可能行經的路徑，直接將水噴灑進入帷幕牆內部的集水與排水（控制）系統中，以評估其老化後的水

密性。

足尺樣本試驗結果的應用：

足尺樣本試驗報告是一個關鍵性的學習工具，應該要詳細紀錄試驗過程中對樣本的每項改變以及其對帷幕牆性能所產生的影響。因此而產生的設計變更應該在足尺樣本試驗竣工圖中明確記載。而帷幕牆安裝者也必須瞭解樣本中的變更所產生的影響關鍵。經由樣本試驗所獲得的經驗必須週知負責設計與施工的所有人員。以確保在實際製造與施工過程中，所有的經驗都發揮其效果。

3.2試驗時之先後順序。

帷幕牆及其附屬門、窗之主要物理性能試驗包括預施壓力、氣密性能、第一次靜態水密性能、動態水密性能、正負風壓結構性能、第二次靜態水密性能、設計值層間變位性能、第三次靜態水密性能、1.5倍風壓結構性能、2倍設計值層間變位性、參考用風壓結構性能之破壞試驗。物理性能試驗順序

1. 預施壓力：正風壓設計值之50%。
2. 氣密性能試驗。
3. 第一次靜態密性能試驗。
4. 動態水密性能試驗。
5. 正風壓結構性能試驗。
6. 負風壓結構性能試驗。
7. 第二次靜態密性能試驗。
8. 設計值之層間變位性能試驗。
9. 第三次靜態水密性能試驗。
10. 1.5倍正風壓結構性能試驗。

11.1.5倍正風壓結構性能試驗。

12.2倍設計值之層間變位性能試驗。

正負風壓結構性能試驗：依CNS 13972之規定於指定位置上施以設計值之正風壓與負風壓。位置與壓力值應標示於立面圖及必要之圖面上。

依設計值實施風壓結構性能試驗，其變形量不應超過淨跨距之參考數據，且不應有玻璃破裂或嵌板、繫件、固定件產生永久性變形或損壞情形；當帷幕牆施以1.5倍設計值正負風壓結構性能試驗時，永久變形量不應超過其淨跨距之0.2%。

風壓結構性能試驗時，其風壓為設計值之1.5倍，作為其安全係數，若施以不同風壓設計值時，應於立面圖上明確標示出其位置。最低之風壓設計值應依當地法規規定。計算後或經由風洞試驗所決定之風壓值不得少於法規規定，若計算後或試驗所之風壓值小於法規規定值時，則應採用法規規定值改善。

動態水密性能試驗：依CNS13973施以相等於靜態體壓力差，在此動態之氣體壓力差下，不得發生漏水現象。

3.3金屬帷幕牆性能檢測需要設備

1. 測試艙(pressure chamber): 測試艙為一密閉良好之箱形體或類似裝置，試體可以置入或緊靠做測試。測試時，試體兩表面須由送風機補充空氣以產生正或負壓力差，且此空氣不能有嚴重之滲漏。測試艙須能承受所使用之壓力差，試體之兩表面須各有一個靜壓力孔，以量測壓力差，壓力孔之位置須不受補充空氣之影響。另出氣口之位置須避免氣體直接衝擊到試體。

2. 空氣供給系統：可控制之鼓風機排氣風扇，或可逆向式之鼓風機，可提供特定壓差下之空氣流量，且此系統在指定之壓力差下，須能提供足夠時間之互定空氣流量，以取得空氣量讀數。
3. 壓力測定器：用以測定壓力之裝置，精度達設定壓力之±2%或2.5Pa(0.255kgf/m²)其較大者。
4. 氣體流量計：用以量測流入測試艙或流經試體之空氣流量，流量在9.44×10⁻⁴ (m³/s) 以下之情況下，許可差不得超過±5%；流量在小於前者時，許可差不得超過±10%(4)。
5. 造風設備(wind generating device)如飛機引擎及螺旋槳，其所產生之風壓，能對外牆之主要構件及配件作一平均變形量，其變形量等於靜態正風壓20%時之變形量。該螺旋槳之直徑不得少於試體區域最大邊尺度之一半，但無需大於4.11m。

表 14 金屬帷幕牆性能檢測設備

試驗法	測試艙	空氣供給系統	壓力測定器	氣體流量計	撓度量測計	造風設備	噴水系統
氣密性能	A	A	A	A			
正負風壓結構性能	A	A	A		A		
靜態水密性能	A	A	A		A		A
動態水密性能	A	A	A		A	A	A
層間變位性能	A						

3.4未來可採用的一些試驗技術

金屬帷幕牆的性能試驗乃是模擬建築物生命週期中可能發生的各種荷重及天候條件，試驗條件以最接近實際狀況者為佳，在文獻中

建議未來採用的一些試驗技術如下，可作為研究建立試驗方法之參考

。

1. 較高壓的靜態壓力艙，亦即300Pa，以執行空氣滲透試驗。
2. 對主要城市同時出現強風與大雨的機率研究。（以台灣之環境而言，在颱風侵襲時，大多同時出現強風與大雨，因此設計時必須試驗，同時出現強風與大雨的狀況。）
3. 增加原型試體的數量，例如增加為3個。
4. 將溫度變化循環納入，以測試填縫材、襯墊條、接頭、與特殊玻璃鑲嵌材料在溫度變化時的效應。最近試驗的一個案例採用攝氏[-10,95]度的範圍，進行50個循環的試驗。
5. 最近傾向較大的原型試體，以涵蓋所有相關的結構，及正確模擬各種邊界條件。當然這也同時配合高層建築跨度變大的趨勢。目前，正在考慮進行試驗的最大試體尺寸約為10公尺高，22公尺長。
6. 在試驗前應對複雜形狀的建築物外表面採用電腦模擬，以確定試體的那些地方應該裝設位移計，較精確量取必要的數據

。

第五章 結論

1. 建築技術規則，有關風力之規定修訂可參照：
 - ◆ 本所於民國85年委託中華民國結構工程學會完成之「建築物風力規範條文、解說及示範例之研訂」成果報告，不僅提供較合理之風力計算方法，並依據近一、二十年來之風速資料重新釐訂台灣地區之基本設計風速，應較適合建築物及帷幕牆等之設計風壓計算。
 - ◆ ASCE 7-95規範，針對風力基本設計風速由fastest-mile變更為3秒瞬間風速。其他相關係數值亦需修正，例如風速垂直分佈指數、地況係數 $K(z)$ 及風壓係數 GC_p 等。風速壓公式做了小幅度修改，並將地形因素納入計算式中。
2. 目前世界各國對於建築物結構耐震方面已朝向韌性設計發展，藉由結構構件之非線性變形吸收地震能量，因此結構體所容許之層間變位亦增大。未來應根據建築結構計算結果訂定適宜之帷幕牆層間變位吸收性能標準，供帷幕牆設計及試驗之依據。
3. 金屬帷幕牆之設計性能需經過風雨試驗的驗證，因此宜規定在一定高度或層數之上之建築採用金屬帷幕牆，應依相關規範、標準進行試驗之項目。而風雨試驗相關的制度，如風雨試驗室設置規定、試驗報告的運用、風雨試驗程序均有待建立。
4. 金屬帷幕牆具有輕量化、美觀之特點，過去為人質疑者為在隔熱性之效果，近年來建材科技之進步，配合適當的設計，金屬帷幕牆亦可達到節能之需求。相關資訊應加以宣導，以適切的運用發揮建材的特性。

參考文獻

中文文獻

- C1. 田蒙潔, 劉王寶, 從美國建築法規的發展看台灣建築法規未來, 空間雜誌 114 期
- C2. 郭炳宏, AAMA 金屬帷幕牆手冊摘譯介紹, 帷幕牆會刊 1994 4
- C3. 中華民國帷幕牆技術發展協會, CWA 建議的帷幕牆 CNS 國家標準, 八十七年一月五日。
- C4. 蔡益超、陳瑞華、項維邦, 「建築物風力規範條文、解說及示範例之研訂」, 民國 85 年, 內政部建築研究所
- C5. 「建築技術規則」, 民國 88 年, 內政部
- C6. 黃哲盟、陳文樹, 「帷幕牆系統之分類比較」, 1994/9, 空間雜誌, 建築技術
- C7. 陳慶銘、王榮吉、施乃中, 「帷幕牆工程標準規範與解說之擬定」, 民國 81 年, 內政部建築研究所籌備處
- C8. 「建築物耐震設計規範與解說」, 民國 86 年, 內政部
- C9. 郭炳宏, 帷幕牆系統設計概念, 帷幕牆會刊 1994.11,
- C10. 玻璃在風暴中的結構設計, 原作者: Joseph E. Minor, 朱淑美譯, 帷幕牆會刊 1997 7
- C11. 氣環單元式帷幕牆簡介, 天瑞國際事業股份有限公司, 帷幕牆會刊 1997 12
- C12. 帷幕牆用塗料特性、應用與展望, 劉慶龍, 帷幕牆會刊 1996 4
- C13. 鋁材保養方法, 張榮吉, 帷幕牆會刊 1996 4
- C14. 認識不鏽鋼建材, 高篤志, 帷幕牆會刊 1996 1
- C15. 不鏽鋼建材的維護保養, 高篤志, 帷幕牆會刊 1996 4
- C16. 鍍鈦不鏽鋼建材的發展與應用, 王仁, 帷幕牆會刊 1996 4
- C17. 林樹均、葉均蔚等, 材料工程實驗與原理, 全華科技圖書公司
- C18. 羅醒亞, 新建材新工法, 詹氏圖書公司
- C19. 夾心材料在帷幕牆之應用, 鐘坤良, 帷幕牆會刊 1995.11
- C20. 建築外殼節能計畫, 林憲德, 建築物節約能源查核人員培訓班教材
- C21. 吳殷俊宏, Low E 玻璃簡介, 玻璃建材歸範解說製程介紹研討會, 中華民國帷幕牆發展協會
- C22. 張雅聰, CNS 相對之規範建材, 玻璃建材歸範解說製程介紹研討會, 中華民國帷幕牆發展協會
- C23. 林彥忠, 單元式金屬帷幕牆設計與施工之基礎研究, 逢甲大學建築及都市計

畫研究所碩士論文，1998

- C24. 蔡守智，建材特性與營建，詹氏圖書公司，民國七十六年
- C25. 林憲德，建築節能是提昇玻璃帷幕牆品質的契機，帷幕牆會刊 1995.11
- C26. 李阿萬譯，日本如何提高鋁門窗與帷幕牆技能，帷幕牆會刊 1995.11
- C27. 中央氣象局網站，<http://www.cwb.gov.tw/>

英文文獻

- E1. Kishor C. Mehta, Richard D. Marshall and Dale C. Perry, "Guide to the use of the Wind Load Provisions of ASCE 7-88"
- E2. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ANSI/ASCE 7-88
- E3. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ANSI/ASCE 7-95.
- E4. "Metal Curtain Wall Manual", American Architectural Manufacturers Association (AAMA).
- E5. W.W. Roonan & J.F. Howell, Sirowet – A Comprehensive Dynamic Full Scale Curtain Wall Testing Procedure, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, V36, (1990) .
- E6. Joseph C. Lam, Energy Efficiency of Commercial Building Envelope Designs in Honk Kong, Journal of Thermal Insulation and Building Envelopes, V18, Jan. 1995.
- E7. Yoshino, Development of Photovoltaic Modules Integrated with a Metal Curtain Wall, Solar Energy Materials and Solar Cells, V47, N1-4, 1997
- E8. J.R. Bailey, J.E. Minor, and R.W. Tock, Reponse of Structurally Glazed Insulating Glass Units To Wind Pressures, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, V36, 1990.
- E9. Mehdi S. Zarghamee & Rasko P. Ojdrovic, Seismic Design for Curtain Walls, The Construction Specifier, Sept. 1996.
- E10. Jeffrey A. Bayer & Charles D. Clift, Use of Physical Property Data and Testing in the Design of Curtain Wall, International Journal of Rock Mechanic Mining Science & Geo-mechanic Abstract, V30, N7, 1993.
- E11. R.S. Mattews, M.R.C. Bury, D Redfearn, Investigation of Dynamic Water Penetration Tests for Curtain Wall, Journal of Wind Engineering And Industrial Aerodynamics 60(1996)1-6

- E12. Zarghamee, M.S., Schwartz, T.A., and Kan, F.W., Evaluation of reliability of building envelopes subjected to wind effects, Structures Congress - Proceedings Building to Last Proceedings of the 1997 15th Structures Congress, Apr 13-16 1997, Portland. Vol. 1, No. Part 1.
- E13. Michael A. West, Deflection Criteria For Spandrel Construction, Modern Steel Construction, June 1994.

日文文獻

- J1. 建築工事標準仕様書同解説 JASS 14 , 日本建築學會 , 1996。

附錄 1: 帷幕牆設計風壓計算例

(一) 建築物概述

某辦公大樓座落於台北市,建築物高度為 50 m,平面尺寸為 30 m ×30 m,帷幕牆採用立柱式單元系統,標準立柱跨度為 3.5 m,支承於各層樓板,立柱間隔為 1.5 m,單元版片尺寸為 1.5 m×1.75 m

(二) 設計風壓計算

步驟一：決定地況常數

假設本辦公大樓雖位於市區內,然而其周圍環境不符合地況 A 之條件,因此以地況 B 設計之。

由表知, $\alpha = 0.25$

$$z_g = 400 \text{ m}$$

步驟二：選擇基本設計風速

此建築物座落於台北市,由基本設計風速分佈圖得知,

$$V_{10}(C) = 39.93 \text{ m/s}$$

步驟三：決定用途係數

此建築物為純辦公大樓,屬於第五類建築物。

用途係數 $I = 1.0$

步驟四：計算風速壓

$$q(z) = 0.0625 \times K(z) \times [I V_{10}(C)]^2 = 99.65 K(z)$$

$$z > 5\text{m 時} \quad K(z) = 2.774 \times \left(\frac{z}{400}\right)^{0.5}$$

$$z \leq 5\text{m 時} \quad K(z) = 2.774 \times \left(\frac{5}{400}\right)^{0.5} = 0.31$$

$K(z)$ 及 $q(z)$ 之計算結果如附表 1 所示。

附表 1

樓層	高度 z (m)	$K(z)$	$q(z)$ (kgf/m ²)	備註
-	5 以下	0.31	30.9	
2F	8	0.39	38.9	
4F	15	0.54	53.8	
6F	22	0.65	64.8	
8F	29	0.75	74.7	
10F	36	0.83	82.7	
12F	43	0.91	90.7	
14F	50	0.98	97.7	= $q(h)$

步驟五：計算帷幕牆之設計風壓

本幢建築物高度 $h > 18$ m

$$\text{當 } GC_p \geq 0 \quad p = q(z)[(GC_p) - (GC_{pi})]$$

$$\text{當 } GC_p < 0 \quad p = q(h)(GC_p) - q(z)(GC_{pi})$$

GC_p 值如附表 2 所示。

附表 2

帷幕牆構件	位置	受風面積 (m ²)	GC_p	
			正壓	負壓
立柱	中央區(區域 5)	5.3	1.45	-1.65
	角隅 (區域 6)	5.3	1.45	-2.70
	角隅 (區域 7)	5.3	1.45	-3.75
板片	中央區(區域 5)	2.6	1.53	-1.65
	角隅 (區域 6)	2.6	1.53	-2.70
	角隅 (區域 7)	2.6	1.53	-3.75

依據 ASCE 7-88 之說明，計算內風壓係數牆開口面積時，可不計一般窗戶之開口面積，因此內風壓係數為

$$GC_{pi} = \pm 0.375$$

計算設計風壓時，正負風壓均應考慮，以求得最大風壓組合。不同高度及位置之設計風壓計算結果如附表 3 所示。

角隅範圍 $a = 0.5 \times h = 0.5 \times 50 = 25$ m

或 $a = 0.05 \times \text{最小寬} = 0.05 \times 30 = 1.5 \text{ m}$ 取小值

附表 3

位置	樓層	高度 (m)	設計風壓(kgf/m ²)			
			立柱		板片	
			正壓	負壓	正壓	負壓
中央區 (區域 5)	-	0~5	56.4	-172.8	58.9	-172.8
	2F	5~8	71.0	-175.8	74.1	-175.8
	3F~4F	8~15	98.2	-181.4	102.5	-181.4
	5F~6F	15~22	118.3	-185.5	123.4	-185.5
	7F~8F	22~29	136.3	-189.2	142.3	-189.2
	9F~10F	29~36	150.9	-192.2	157.5	-192.2
	11F~12F	36~43	165.5	-195.2	172.8	-195.2
	13F~14F	43~50	178.3	-197.8	186.1	-197.8
角隅 (區域 6)	-	0~5	56.4	-275.4	58.9	-275.4
	2F	5~8	71.0	-278.4	74.1	-278.4
	3F~4F	8~15	98.2	-284.0	102.5	-284.0
	5F~6F	15~22	118.3	-288.1	123.4	-288.1
	7F~8F	22~29	136.3	-291.8	142.3	-291.8
	9F~10F	29~36	150.9	-294.8	157.5	-294.8
	11F~12F	36~43	165.5	-297.8	172.8	-297.8
	13F~14F	43~50	178.3	-300.4	186.1	-300.4
角隅 (區域 7)	-	0~5	56.4	-378.0	58.9	-378.0
	2F	5~8	71.0	-381.0	74.1	-381.0
	3F~4F	8~15	98.2	-386.6	102.5	-386.6
	5F~6F	15~22	118.3	-390.7	123.4	-390.7
	7F~8F	22~29	136.3	-394.4	142.3	-394.4
	9F~10F	29~36	150.9	-397.4	157.5	-397.4
	11F~12F	36~43	165.5	-400.4	172.8	-400.4
	13F~14F	43~50	178.3	-403.0	186.1	-403.0

附錄 2 雙層玻璃性能規格表 Insulating Glass Spec.

(資料來源台北市玻璃工會)

Category 種類	Outdoor 外層玻璃 Thickness 厚度	Indoors 內層玻璃 Thickness 厚度	Visible Light Trans. V.T% 可視光 透過率	Solar Heat 太陽熱能							Shading 係數
				Retreat % 反射 率	Absorb.% 吸收率			Direct Trans. % 直接透 率	Total Heat Trans. H.T.% 總透過率	Relative Heat Gain BTU/HR-F T ² 總熱透過 率	
					Absorb 吸收	Radiated To Outdoors 再輻射射 出	Radiated To Indoors 再輻射射 出				
	BR-3	CLR-3	61	9	32	26	6	59	65	191	0.75
	BR-5	CLR-5	50	7	48	39	9	45	54	161	0.62
	BR-6	CLR-6	45	7	53	43	10	40	50	151	0.57
	BR-8	CLR-8	37	6	63	51	12	31	43	131	0.49
	BR-4	CLR-4	72	8	40	32	8	62	60	178	0.69
	BR-5	CLR-5	70	7	47	38	9	46	55	164	0.57
	BR-6	CLR-6	67	7	53	43	10	40	50	151	0.51
	BR-8	CLR-8	62	6	62	50	12	32	44	134	0.44
	BR-10	CLR-10	57	5	70	57	13	25	38	118	0.78
	BR-3	CLR-3	73	8	30	24	6	62	68	200	0.66
	BR-5	CLR-5	68	7	44	36	8	49	57	170	0.62
	BR-6	CLR-6	65	6	49	40	9	45	54	161	0.64
	BR-8	CLR-8	61	6	58	47	11	36	47	142	
Tinted Glass	TG-CL-YG-10-6		10	35	57	49	8	8	16	52	0.18
	TG-CL-CL-SL-14-6		14	24	65	56	9	11	20	60	0.22
	TG-CL-BR-20-6		20	15	69	58	11	16	27	84	0.32
	TG-CL-BL-20-6		20	16	69	61	8	15	23	73	0.27
	TG-BR-SL-8-6	CLR-6	8	12	82	70	12	6	18	57	0.21
	TG-CR-SL-12-6		11	15	77	66	11	8	19	59	0.22
	TG-BL-BL-16-6		14	8	80	69	11	12	23	70	0.26
	TG-BL-SL-12-6		12	16	75	64	11	10	21	64	0.24
	TG-GR-BL-15-6		14	10	79	68	11	11	22	67	0.25
	TG-CL-LVC-6		30	29	34	29	5	37	42	129	0.48
	TG-CL-LVC-6		26	17	61	52	9	22	31	99	0.36
	TG-BL-LVC-6	CLR-6	25	16	61	52	9	23	32	101	0.37
	TG-BR-LVC-6		17	10	68	58	10	22	32	101	0.37
	TG-DG-LVC-6		5	6	78	67	11	16	27	88	0.31

附錄3 期中報告評核意見表

內政部建築研究所	
八十八年度建築研究計畫期中報告評核意見表	
計畫案	建築工程自動化-88年度自行研究計畫
計畫名稱	金屬帷幕牆之推廣應用
執行單位	內政部建築研究所工程技術組
主持人	毛犖
執行期間	自 87 年 9 月 1 日起至 88 年 6 月 30 日止
<p>預期成果:</p> <ol style="list-style-type: none"> 釐清建築法規、帷幕牆規範及相關標準之內容，使其應用具一致性，並提出建立規範體系之建議。 <ul style="list-style-type: none"> 建築法規涵蓋之內容 採用現行規範之合理方式 制訂本國規範之內容及步驟 從帷幕牆之設計、製造施工流程中及業界產銷現況了解帷幕牆在建築上應用之問題點，並提出改善建議。 探討帷幕牆之後續研究發展課題，作為推動依據。 	
<p>審查意見：</p> <ol style="list-style-type: none"> 產業之生存空間被擠壓，在求生存之條件考量下，目前很多性能都被忽視，因此規範上應多考量各種材質之最低安全係數及設計標準。 應該在各種試驗方法多提供訊息，目前業者喜歡 copy 外國產品，但多缺乏試驗數據，各種零組件之試驗方法應設法普及，且強制性的要求提供試驗數據。 其餘意見，請參閱附件。 	

審核委員：黃清毅

內政部建築研究所

八十八年度建築研究計畫期中報告評核意見表

計畫案	建築工程自動化-88 年度自行研究計畫
計畫名稱	金屬帷幕牆之推廣應用
執行單位	內政部建築研究所工程技術組
主持人	毛犖
執行期間	自 87 年 9 月 1 日起至 88 年 6 月 30 日止
預期成果:	<ol style="list-style-type: none">釐清建築法規、帷幕牆規範及相關標準之內容，使其應用具一致性，並提出建立規範體系之建議。<ul style="list-style-type: none">· 建築法規涵蓋之內容· 採用現行規範之合理方式· 制訂本國規範之內容及步驟從帷幕牆之設計、製造施工流程中及業界產銷現況了解帷幕牆在建築上應用之問題點，並提出改善建議。探討帷幕牆之後續研究發展課題，作為推動依據。
審查意見：	<ol style="list-style-type: none">一般文詞修正，如原稿所示。現行帷幕牆有關之 CNS 外，相關性能試驗項目尚有：<p>隔熱性能試驗之此屬節約能源之考慮，與內政部之政令有關。法規中，就建築外殼之耗能量規定上限基準值，並訂定計算外殼耗能量之歸範。事實上帷幕牆之外殼耗能量對於主題(金屬帷幕牆)金屬之熱傳導、空氣熱對流、日光之熱輻射、金屬帷幕牆之表面處理、隔熱及斷熱設計皆相關。推廣及應用時，需留意。</p><p>材料隔音性能之建築物造價高昂，且使用年限長達二、三十年以上金屬帷幕牆如有此項瑕疵(或無他項)，所造成之損失將難以彌補。以風雨試驗來驗證帷幕牆性能，僅是建築物品質管理之最基本要求。</p><p>此外金屬帷幕牆之防蝕性、耐燃性、(金屬不耐高溫)、表面處理之耐候性、塗裝之穩定性能，皆是金屬帷幕牆設計與推廣應用時之重要考慮項目。</p>層間變位性能試驗在考驗帷幕牆吸收測向位移的能力，且層間變位試驗後，須就金屬帷幕牆之結構、水密、氣密性能再次進行試驗，方是以證明件建築物在非災難之地震作用或強風吹拂下，皆不會損及帷幕牆本身之性能應為推廣應用時不可缺乏之項目也。

審核委員：曾正雄

內政部建築研究所

八十八年度建築研究計畫期中報告評核意見表

計畫案	建築工程自動化-88年度自行研究計畫
計畫名稱	金屬帷幕牆之推廣應用
執行單位	內政部建築研究所工程技術組
主持人	毛犖
執行期間	自 87 年 9 月 1 日起至 88 年 6 月 30 日止
預期成果:	<ol style="list-style-type: none">釐清建築法規、帷幕牆規範及相關標準之內容，使其應用具一致性，並提出建立規範體系之建議。<ul style="list-style-type: none">· 建築法規涵蓋之內容· 採用現行規範之合理方式· 制訂本國規範之內容及步驟從帷幕牆之設計、製造施工流程中及業界產銷現況了解帷幕牆在建築上應用之問題點，並提出改善建議。探討帷幕牆之後續研究發展課題，作為推動依據。
審查意見：	<ol style="list-style-type: none">第二章之第二節起是否依 CNS14280 帷幕牆及其附屬門、窗物理性能試驗總則之一試驗順序一來寫，可能會好些，以防「結果」不一樣。第二章所提之結構性能，在 CNS 中只針對正、負風壓來探討，而層間變位性能試驗是另闢一節說明，可能會好些。是否「增加一章」探討工程驗收及維修會好些？請檢討

審核委員：林文賢