

第三章 台北國際金融中心帷幕牆工程之特點

3.1 本案為目前世界上最高建築

總高 508m 之台北國際金融中心自 1997 年中開始規劃興建，目前已完成結構、裝修工程，並於 2004 年 4 月 15 日獲得全世界最高樓之認證，塔樓於 2004 年 10 月取得使用執照並正式啟用。帷幕牆總面積達 116,000 M²，亦是全球超高層建築中量體最大者。本案同時是國內第一個建築 BOT 開發案，營造成本達新台幣 250 億以上。

目前全世界著名之超高層帷幕牆建築列舉如下：

一、高雄 TC Tower 85 層大樓(蕭天健，1997)

1. 興建期間：1990~2000
2. 樓高：347.6M
3. 基地範圍：80M*150M
4. 總樓地板面積：322,600 M²
5. 帷幕牆面積/單元數量：93,000 M²/27,300 片
6. 阻尼器型式、數量、位置：主動式 TMD*2 於 78F
7. 震區及所在地區風力等級：弱震區、風力 200 級。
8. 標準版片尺寸：寬度有 108.4、108.8、109.2、109.4cm 四種；長度有 3.2、3.5、3.6、4.0、4.05、4.5、5.0、5.95、6.0m 九種。
9. 轉角單元設計方式：採拼接單元及轉角單元二種。
10. 擠型斷面深度：標準 200mm、轉角 230mm；斜面 270mm。
11. 耐風壓性能：P=+581.5kgf/m² 及 p=-1295.6 kgf/m² 下，支點跨距<3.96m，撓度應在 1/175 以下。
12. 變位性能：層間最大變形量 1/200，垂直變位，12F 以上每層 13mm，12F 為 22mm。溫差變位連接部位可吸收正常狀況下 +/-55.6 C 變位，在 7 C~71 C 時，不應有不良影響。
13. 氣密性能：內外壓差 30.5 kgf/m² 時，通氣量須低於：固定部：1.64 m³/hrm²；開窗部：2.06 m³/hrm²。
14. 水密性能：內外壓差 73.3 kgf/m² 時，靜態及動態水密性測試均不得有漏水現象。
15. 安裝精度要求：各向之偏移量在任一構件上，每 12' 為 0.125" (每 3658mm 為 3.2mm) 以下，總長誤差不得超過 6.4mm。在任一點之實際位置與圖面上之偏移不得超過 9.5mm，或任一方向每 12' 之誤差為 0.125' 以下；鑲嵌玻璃依尺寸、規格及四周吃深等。

二、吉隆坡 Petronas Twin Tower(Cesar Pelli & Michael J. Crosbie, 2001)

1. 業主：Kuala Lumpur city center Berhad; Petroliam Nasional Berhad.
2. 建築師：Cesar Pelli & Associates/New Haven Connecticut.
3. 結構設計：Thornton-Tomasetti and Ranhill
4. 土木工程顧問：Ove Arup & Partners, Manchester, England.
5. 大地顧問：STS Consultants, Ltd.
6. MEP 顧問：Flack+ Kurtz.
7. 帷幕牆顧問：Larson Engineering. ; IBA Consultant
8. 興建期間：~1998
9. 造價：16 億美金
10. 塔樓高度：451.9m
11. 總樓層數：88 (88F/B4)
12. 上部結構高度：378m (不含塔尖)
13. 塔尖高度：73.575m
14. 總樓地板面積：218,000 m² (每棟)
15. 單層樓地板面積：低層 2623.4 m²、高層 2089.3 m²
16. 標準層樓高：4m
17. 高架地板高度：125mm (8F~72F)
18. 空中大廳(Sky lobby)：41F~42F
19. 連接空橋(Sky Bridge)：高度 170m;長度 58.4m;寬度 5.29m.
20. 結構系統：中央核與圓形管架構系統, 80ksi 高強度混凝土.
21. 基礎：筏基版厚 4.5m, 混凝土強度 6,000psi, 13,200 m³.
基樁 208 支斷面 2.8m*1.2m 之矩形樁;長度 60~115m
22. 帷幕牆(Exterior Cladding)：水平式框架之可視部玻璃&窗間帶不銹鋼包鋁, 85,000 m² (6F 以上) .
23. 帷幕牆承包商：Cupples International.
24. 帷幕牆單元數量：31,000 .
25. 風洞測試顧問：RWDI
26. 工程承攬：
Tower #1---Mayjus JV
MMC Engineering & Construction Co., Ltd.
Tower #2---SKJ JV(Samsung、KukDong、Syarikat Jasatera)
27. 主要材料：預拌混凝土 160,000 m³、鋼材&鋼筋 36,910t、帷幕牆材料為鋁及不鏽鋼，其中不銹鋼包鋁 65,000 m²、可視部玻璃 77,000 m² .

- 28. 電梯、扶梯：雙層電梯（8-37F）-6 部*1600kg.（每棟）
雙層電梯（44-83F）-3 部*1600kg.（每棟）
Sky lobby 電梯（41-42F）-2 部*2100kg.（每棟）
電扶梯：10 部（每棟）

三、香港國際金融中心二期(SkyscraperPage，2005)

1. 業主：Sun Hung Kai Properties Ltd.；Henderson Land Development Ltd.；Sun Chung Estate company；IFC Development Ltd.
2. 位置：香港維多利亞港旁
3. 興建期間：~2003
4. 建築師：Cesar Pelli & Associates/ Rocco Design
5. 結構設計顧問：Arup, HK
6. 高度：415m
7. 總樓層數：88
8. 鋼構材料用量：398,000 t
9. 混凝土材料用量：500,000 m³
10. 主承包商：E Man-Sanfield J.V. Construction Co.,
11. 帷幕牆承包商：Permasteelisa
12. 工法：結構體採 Fast tracking 施工，以連續移動之滑動模板構築中央核之 SRC 構造，周圍之鋼構緊跟於後吊裝組立，再鋪設 Deck、預埋鐵件及澆置樓版，接著進行帷幕牆安裝及內部裝修工程。

四、上海金茂大樓(SkyscraperPage，2005)

1. 業主：中國上海外貿中心
2. 建築師&結構設計：Skidmore, Owings & Merrill；上海建築設計學院；中國東方建築設計學院
3. 總承包商：上海金茂大樓公司
4. 室內設計：Bergman+ Hamann Architect.
5. 風洞測試：Boundary Layer Wind Tunnel Research Lab.
6. 興建期間：~1998
7. 樓高：421m（含塔尖）
8. 總樓地板面積：322,600 m²
9. 總樓層數：88
10. 帷幕牆系統設計：Manntech Fassadenbefahr systems GmbH

11. 帷幕牆承包商：Josef Gartner GmbH
12. 帷幕牆面積：93,000 m²
13. 帷幕牆單元數量：27,300 片

五、Sears Tower(SkyscraperPage, 2005)

1. 業主：Sears Roebuck & Co. (美國伊利諾州芝加哥市)
2. 建築師：Skidmore, Owings & Merrill
3. 結構設計：Skidmore, Owings & Merrill
4. 大地顧問：STS Consultants, Ltd.
5. 興建期間：1970~1974
6. 建築面積：底部平面邊長 68.7m*68.7m
7. 樓高：442m (含塔尖)
8. 總樓地板面積：418,000 m²
9. 總樓層數：110F/B3F
10. 鋼材用量：76,000t
11. 帷幕牆面積：約 105,000 m²

表 3.1 全世界超高層帷幕牆大樓資料比較表

案別	Sears Tower	上海金茂大樓	香港國際金融中心二期	Petronas Twin Tower	台北國際金融中心
興建期間	1970~1974	~1998	2003~2004	~1998	1998~2004
高度 (m)	442	421	420	451.9	508
總樓層數	110F	88F	88F	88F	101F
總樓地板面積 (m ²)	418,000 m ²	322,600 m ²	NA	218,000 m ² (each tower)	412,000 m ²
建築總造價	NA	NA	NA	16 億美金	280 億台幣
鋼材用量	76,000 t	NA	NA	36,910 t	119,000 t
帷幕牆面積	105,000 m ²	93,000 m ²	85,000 m ²	85,000 m ²	116,000 m ²
單元數量	NA	27,300	NA	31,000	16,000 (<91F)
帷幕牆形式	單元式	單元式	單元式	單元式	單元式
帷幕牆承包商	Cupples International	Josef Gartner	Permasteelisa	Cupples International	Builder Federal Josef Gartner

3.2 本案位於多地震帶及常發生颱風地區

台灣位於環太平洋地區歐亞板塊，二十世紀(1900-1999)台灣地區發生災害性地震(中央氣象局災害地震彙總)共計有 89 次，累計造成死亡

人數 7,971 人，其中以 1999.9.21 之南投集集大地震為台灣島內規模最大地震，車籠埔斷層活動，錯動長達 80 公里，南投、台中縣災情慘重。2000 年迄今發生之災害性地震則有 4 次，累計造成死亡人數 11 人。相對於上述之全世界超高層帷幕牆大樓，台北國際金融中心顯然更接近常發生地震之斷層帶。(中央氣象局)

本案基地位於台北盆地東南隅，基地南側有存疑性活動逆斷層(台北斷層)通過，由區域性地貌研判並分別於規劃、設計與施工各階段做工址調查，共執行了 155 孔鑽探取樣及大量之各式室內及現地試驗，以了解各地層水文分佈與工程特性；對台北斷層之確實位置及其活動性之評估與調查，除檢視大量文獻及既有調查資料外，並進行基地外之鑽探與大量之化石鑑定、岩相分析及碳 14 定年；確定台北斷層係距基地東南角約 200 公尺，且其至少四萬五千年來未有活動之跡象，工程上可視為非活動斷層(陳斗生，2001)。請參閱下圖。

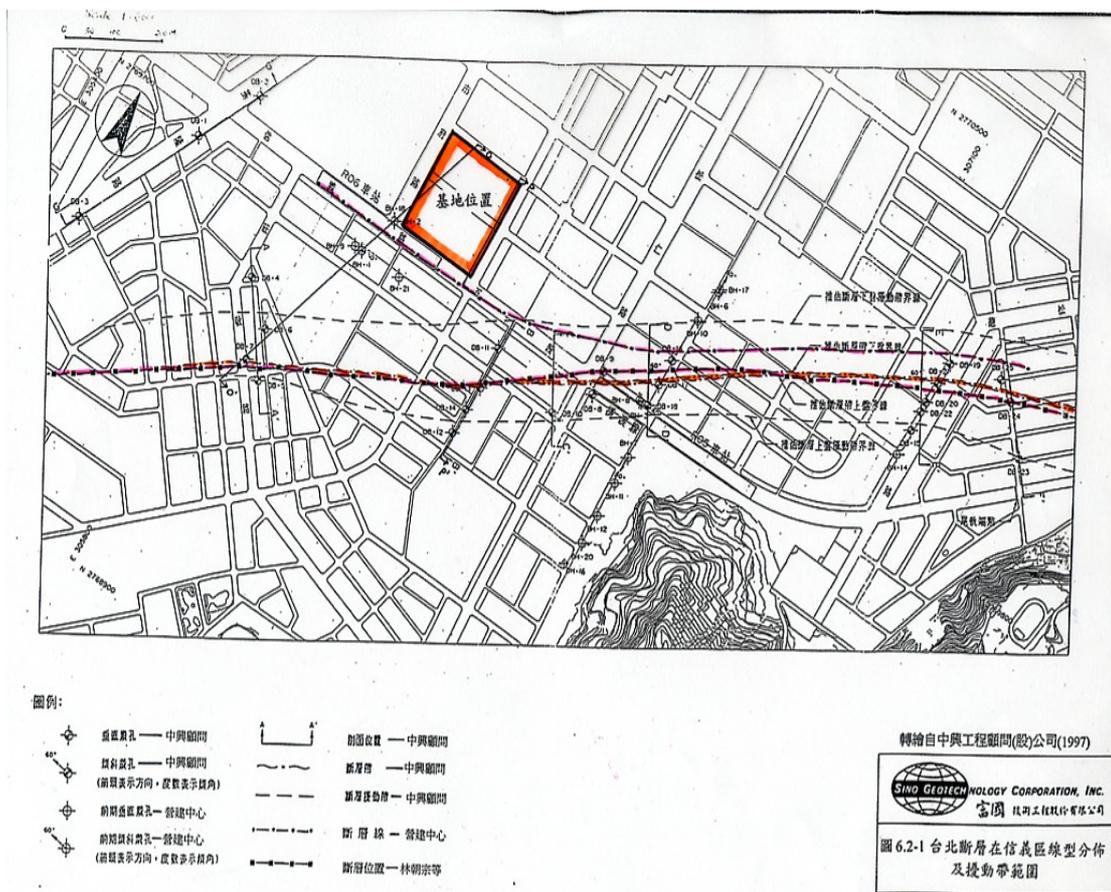


圖 3.1 台北斷層在信義區線型分佈及擾動帶範圍(陳斗生，2001)

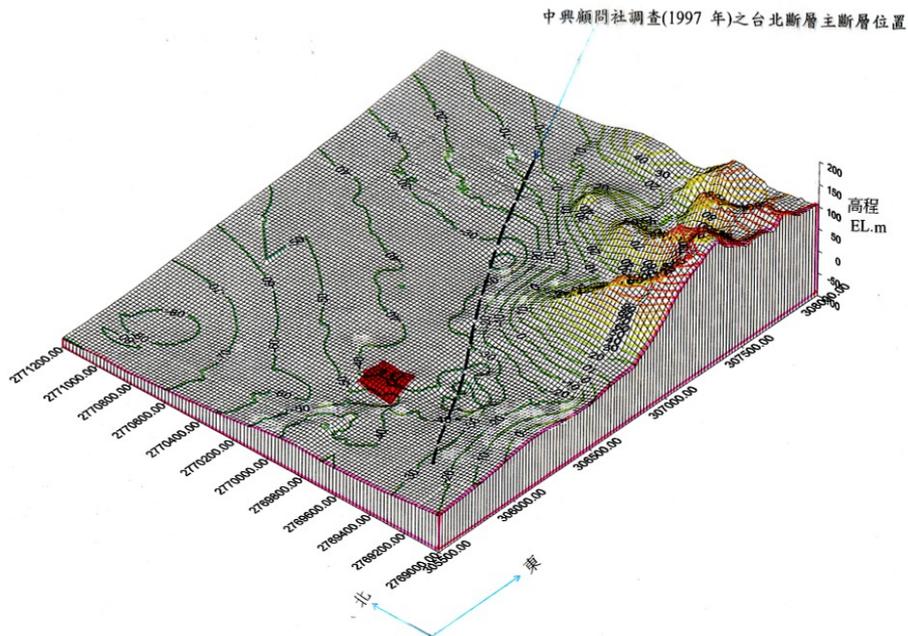


圖 3.2 中興顧問社調查(1997)之台北斷層主斷層位置(陳斗生，2001)

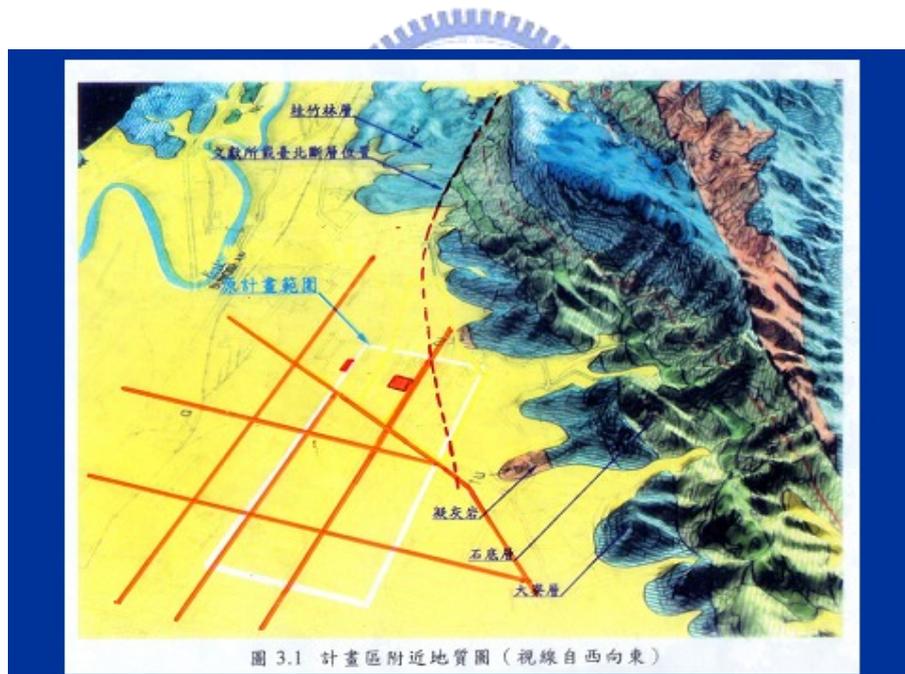


圖 3.3 基地附近地形鳥瞰圖(改繪自中興工程，1997)

自 1939 年至 2005 年台灣地區發生颱風(依中央氣象局發布侵台者)共計約 200 次，平均每年有 3~4 次颱風侵襲台灣，造成生命與財產非常大之損失。(中央氣象局)

3.3 本案帷幕牆面積龐大且造型設計複雜、分區繁多

台北國際金融中心之帷幕牆面積高達 $116,000 \text{ m}^2$ ，是目前世界上超

高層帷幕牆建築中量體最大者。帷幕牆設計圖說量大且修正版次多，送審程序耗時，圖說管理及整合不易。

帷幕牆配合建築規劃分區，除了分區多達37區外，分屬台灣、泰國、中國大陸、日本及新加坡各地工廠製造或供應商提供成品/材料，其中27~90F Zone 15,16,17之標準單元版片由泰國廠生產、Zone 24之不銹鋼造型裝飾物材料由日本進口，在台灣製造、Zone 5造型百葉及裙樓屋頂造型由中國大陸東莞廠生產、Zone 3石材安裝之熱浸鍍鋅鋼柱由新加坡供應商提供，分區不同代表其運輸、儲存方式與一般國內廠商方式不同，也將增加運輸風險、報關業務、提貨手續及進場時程配合所衍生之問題。

3.4 本案帷幕牆工程管理具全球化資源規劃與佈局

一、材料供應全球化：

鋁擠型材料由泰國工廠提供，玻璃、矽膠(結構型及防水填縫型)、隔熱棉、鍍鋅鋼架、採光罩鍍鋅鋼管、橡膠披水條等均來自全由各地。

二、設計、製造工廠分布於亞洲各地：

設計部門設於香港，單元版片製造工廠分布於泰國、中國東莞、台灣桃園等；其中塔樓標準單元版片(27-90F)由泰國工廠製造，經由貨櫃裝箱海運至台灣北部港口，再驗關提貨運至台北金融中心工地；裙樓RF造型鋁裝飾件由東莞工廠製造，亦經由貨櫃裝箱海運至台灣北部港口，再驗關提貨運至台北金融中心工地。

三、工程團隊跨國組成：

專案團隊成員來自中、美、英、義、德、新加坡、港、菲等各國，技術支援亦來自義、德、港等各國。現場施工承包商除了本國專業協力廠商外，尚包含新加坡、日、泰、菲等各國。

3.5 界面協調工作繁多及專案資源規劃、統籌分配不易

一、為了整合界面協調工作，主包商於每週週一至週六 13:00 召開工事協調會，與各承包商及業主指定承包商協調工作動線、進場順序、分區施作及安全宣導事宜。主包商亦設置專任物流管理員，負責施工電梯、吊車、堆高機等設施之使用調配。

二、本建築工程專案資源包含假設工程、揚吊設備，如施工電梯、

塔式吊車、堆高機、接物平台(Sky deck)等，由於資源有限且承包商使用時機重疊非常多，故除由主承包商裁決外，對於資源需求能及早規劃者(通常為一週前)將可優先使用，數量龐大之材料如隔間用板材與外牆帷幕單元版片等均應盡量利用夜間或假日進場，以避免影響其他廠商之作業。

三、主承包商於各樓層澆置混凝土時受機電設施及管道等影響，致採分次施工而無法將完整樓面交付使用，影響各樓層儲放空間及般運動線。而在 34F、42F、50F、58F、66F、74F、82F、90F 等退縮露台處因受二次施工及機房設備影響，無法將當樓層之單元版片儲放於該樓層，增加吊裝之複雜度與困難度。

四、帷幕牆標之揚重及搬運設備需求量大，為配合標準帷幕牆單元(尺寸為：長 4.2m*寬 1.5m)之垂直運送，主包之假設工程特別訂製特殊規格之載貨施工電梯車箱。

3.6 合約管理、履約保證、預付款保證與保留款等規定特殊

一、 合約範圍：

本案合約範圍涵蓋所有帷幕牆、鋁包板、商店不銹鋼作工程、入口雨庇及所有屋頂版(裙、塔樓 RF、塔樓 34F、42F、50F、58F、66F、74F、82F、90F 等退縮露台)之防水工程。業主之發包策略傾向於整棟大樓之平、立面外殼所有部分之滲漏水問題全部交予本案承包商負責，介面清楚而且完整。傳統國內之建築工程發包策略則傾向於專業性之考量，亦即防水工程由專業承包商承攬，其利弊得失雖見仁見智，但在各種分項工程計畫審查與監造層層監督下，帷幕牆承包商概括承受防水工程之責任施工，並委由國內之專業承包商施作，技術上絕對可行。

二、 合約管理：

配合業主於裙樓部分之購物中心(Shopping Mall)取得部分使用執照，俾能提早營運，及塔樓完工取得使用執照。裙、塔樓之帷幕牆工程分別設立多階段里程碑，並訂定逾期違約罰款起算日。分包合約的工作須按照里程碑(mile stone)日期和裙樓、塔樓各自的完工日期完成。

三、 總價、履約保證、預付款保證與保留款：

本案工程合約總價之百分之八十以簽約當時匯率的比例折算成美金，每次付款將按百分之二十當地貨幣和百分之八十美金的比例支付。所以工程計價金額受進度完成且可計價時之匯率影

響，此乃國際標工程之特性，與國內廠家一律採當地貨幣計價不同，此一總價合約以國人持用本國貨幣而言，實乃一浮動金額之總價。

承包商提供履約保證函，其金額按工程進度遞減：即當實現第一、第二、第三里程碑日期時，分別要求減少 1/3 履約保證金。預付款為簽訂決標通知書後的 10 日內支付，該款項將按百分之二十當地貨幣和百分之八十美金的比例支付，但承包商應先提供預付款保證函，其金額亦按前項之工程進度遞減。

保留款的比例約為百分之五，總額不超過分包合約總價的百分之五。雙方同意半數之保留款以現金支付，剩餘半數之保留款需提供保留款保證函。現金部分在主合約整個工程開具移交證明後 30 天內支付，保留款保證函將保持有效，直到分包合約規定的保留款支付日期後三個月，但不遲於某約定之期限。

3.7 超高標準之嚴格品質管制：(KTRT，1996；C.Y.L，2000)

帷幕牆之電銲品質要求比照鋼構標，雖帷幕牆之電銲構件如一二次鐵件、風力桿件大都屬於非主要構件，但本案之營建管理及業主監造單位均要求帷幕牆標之電銲工需具備各等級(含 3F、3G)電銲執照，不論原證照是否在有效期間，一律在工地重新考試，以確保電銲品質(目前一般大樓之帷幕牆工程並未要求電銲工具備電銲執照，或已持有證照並不須重新考試)。而由於裙樓與塔樓之鋼板材質不同 (SN490 及 SM570)，於裙樓擔任電銲工作之合格電銲工不得逕自到塔樓從事電銲工作，因鋼板材質(特性)不同造成焊接程序亦不相同所致。

帷幕牆之電銲品質要求，除了填角銲由 SGS 專業人員實施目視檢查外，另外要求所有銲道應有 5% 之磁粉探傷檢驗合格報告(全、半滲透銲亦同)。如電銲位置需除銹及事後作防銹塗裝，亦應自主檢查及請監造/CM 單位檢驗合格後才可實施全銲及防銹塗裝。帷幕牆之電銲工實施手銲時，需隨身攜帶銲條保溫筒(通電狀態)，以確保銲條品質。另外為了避免無合格證照之電銲，監造/CM 單位要求所有合格之電銲工將証照影本與員工編號分別貼於安全帽左右側，隨時備查。

依據合約規範及施工計劃程序書作成單項工程施工計劃書(含品質管理檢查表)；無單項工程施工計劃書的單項工程項目，仍應依據合約規範及施工計劃書，作成單項工程的品質管理檢查表。工事主辦制訂檢查表時，如合約中的工程項目已載明檢查標準者，優先納入檢查表中。對特殊工程項目，可要求分包商依工程承攬合約規範及專業技

術提送品質管理檢查項目及檢查表。工事主辦執行品質檢查結果時，除表列項目外，對是否影響後續工程的施工品質、施工安全、工期影響、施工成本等事項，儘可能的予以考慮。

3.8 安裝便捷兼具高經濟效益之鐵件接合系統

本案之鐵件接合系統設計簡單、安裝便捷（詳見照片 4-1 及圖 4.17-4.20），在單元吊裝定位後即無需作調整動作，有別於國內常見之帷幕牆繫件（詳如圖 3.4），採用二次鐵件須進出調整後再與一次鐵件或預埋件焊接；而調整左右又需借助於二次鐵件上之長形孔；調整吊裝後單元之水平亦設計高程調整螺絲；為了防止單元滑動又設計了止滑螺絲，整個系統複雜而過程瑣碎。

再就一次及二次鐵件之位置與形狀，本案單元與鐵件之接合位置在樓版外，預埋件與樓版面齊平，窗台板可緊貼單元安裝而節省空間；傳統單元式帷幕牆繫件之接合位置大多在預埋件上方，佔去室內周圍至少約 20cm 之空間，在地價高昂之都市空間造成非常大之浪費。

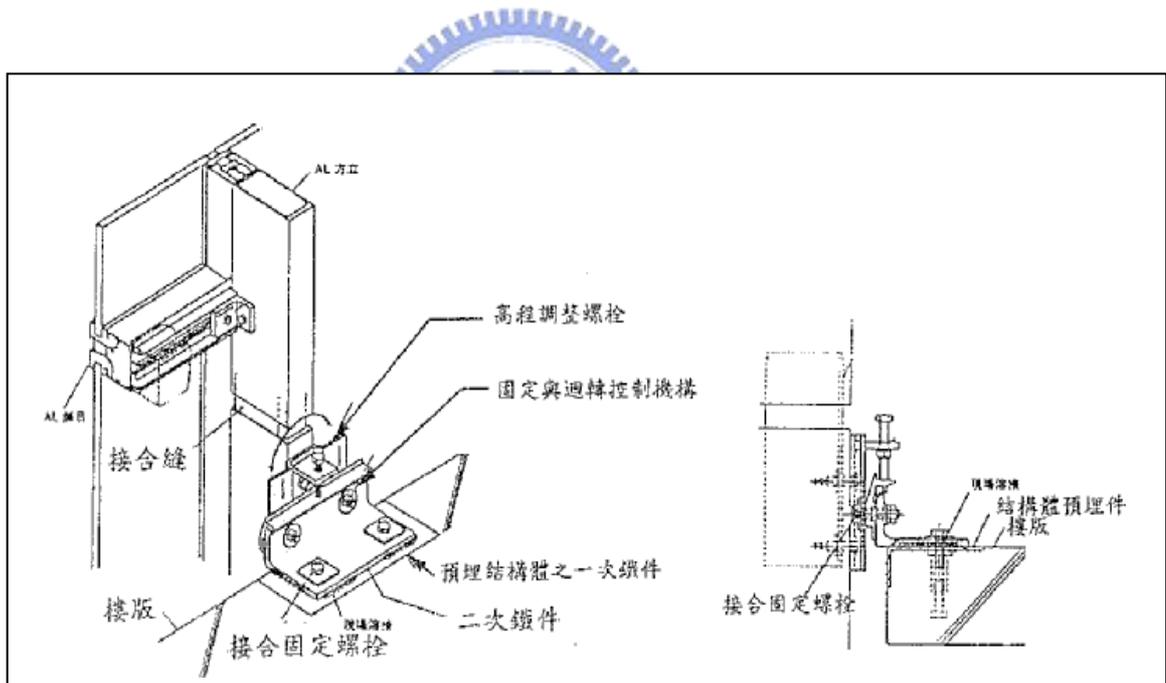


圖 3.4 國內常見之帷幕牆繫件型式(陳震宇，2000)