

# 台北國際金融中心帷幕牆施工之探討

研究生:許燕輝

指導教授:王維志

國立交通大學工學院營建技術與管理研究所碩士班

## 中文摘要

一個具有代表性與指標性之超高層大樓專案，往往為了突顯其原創性造型與象徵意義以及闡述「新天空即新文化」意涵的鞭策下，複雜而多變化的外牆設計表現自然隨之產生，對於營建工程技術與管理者而言，專案工程的推展將更具挑戰性與使命感。

帷幕牆工程在整個營造上，是屬於高層次的技術，舉凡設計、選材、製造、運輸、儲存、安裝施工、品管檢驗及營建管理都需要專業工程師的全心投入與辛勞付出，才能提高整體工程品質。

與帷幕牆工程相關的工程介面極多（例如鋼構、空調水電、內外部裝修、電梯、洗窗機及防水等工程等），且整合協調工作複雜多樣，因此，工程師必須具備廣泛的專業知識及圓熟的溝通協調能力才能勝任，且有效地控制整體工程的進度、品質與成本。

本研究首先透過文獻回顧之探討，再以台北國際金融中心新建工程為例，經由工地現場管理的詳實紀錄，進而有系統的分析檢討，揭示超高層大樓帷幕牆工程營建管理的策略與重點，並提供各項問題解決方案或改善對策。其中，對於工程執行中所遭遇之困難及管理上常見之問題，透過業主、監造單位及專業顧問所組成之整個營建管理團隊，逐一克服問題，並匯集成 NCR、FMP、RFI 與 TS 等詳加分析，對於將來高層建築帷幕牆施工管理具參考價值。

關鍵詞：超高層大樓、帷幕牆工程、NCR（不符合規定）、FMP（現場改善建議）、RFI（圖說釋疑/要求澄清）、TS（技術送審）

# Investigation of the Curtain Wall Construction of Taipei Financial Center Project

Student : Yen-Hui Hsu

Advisor : Dr. Wei-Chih Wang

Department of Civil Engineering  
National Chiao Tung University

## Abstract

A representative and characteristic skyscraper construction project, for its outstanding original model and symbolic meaning, In addition to expound the idea “New sky is new culture”, a complicated & changeable design of façade coming out naturally, to the technique of construction and the project manager, It is full of challenge and tough mission to promote the project.

In the procedure of construction for a high rise building, curtain wall engineering is a task of high level technique, such as design 、 material selection 、 fabrication 、 delivery 、 storage 、 installation 、 QA & construction management. All the aspects of the project, which professional engineers are required to fulfill wholeheartedly, and sequentially the project quality can be upgraded .

There are so many interfaces of curtain wall related engineering ( ex. Steel structure 、 air condition 、 MEP 、 interior & exterior decoration 、 elevator 、 gondola and waterproofing etc ) . Both integration and coordination are complex and varied, therefore, the engineer should have wide spread professional knowledge and tactful communication / coordination ability to fulfill the tough mission, and efficiently control the schedule 、 quality & cost.

In this case study, first and foremost, we cast a look behind the historic records, then investigate and approach. Secondly, by means of Taipei Financial Center Project, adopt detail record and accurate log of site management. For systemic analysis and research , to illustrate the construction management strategy and key issue of curtain wall engineering for super high-rise building, Simultaneously, we offer the solution option or improved proposal.

The construction management team consisted of Client 、 supervisor and professional consultant. The project team solve the most problems step by step, and gathering all key issue & problems categorized into NCR 、 FMP 、 RFI & TS . It would be highlighted and become very valuable reference of the façade engineering for high rise building construction.



**Keyword : Skyscraper 、 Curtain Wall 、 NCR ( Non-Conformance Report ) 、 FMP  
( Field Modification Proposal ) 、 RFI ( Request For Information ) 、 TS  
( Technical Submission )**

## 謝誌

承蒙恩師 王維志教授於研究期間的指導，本人於學業知識與待人處世各方面均受益良多。尤其論文寫作期間，在專業領域的引導，培養學生縝密思維與邏輯思考的能力，淬鍊出洞析問題本質、突破迷失的卓越競爭力，在此深表由衷的感佩與激賞。

感謝 曾仁杰老師、楊智斌老師、余文德老師於論文口試時，對論文的詳實指正與建議，讓學生在專業知識上有更深的體悟。

感謝 陳春盛教授、吳永照教授、梁樾老師、陳威仁老師、林欽榮老師、楊宗翰老師、蕭炎泉教授平時對學生的無私奉獻與關心，使學生能順利完成學業。

感謝 研究所好友家立、勤治、文琥，以及內人佳玲、謝建築師季中、劉副總經理啟成等在研究所期間給予之協助與鼓勵。

感謝 交大專班同學怡樵、道清、瑜良、武宗、震宇、興國、陽樓、明遠、渝閔、文彬、木村、國順、庚芳、授青、錦緞、炳宏、瓊芳、玉釗、千季、佳珊、迺中、瓊瑩的相互扶持。

感謝 台灣科大同學一峰、志評、詩毅、振棋、新泉、國維、國烈、李明、隆峰、偉基、學偉、偉銘、薛姐、國祥、馥堂、俊豪、清南、金面、明祥、治國、哲宗、丹綺、緯邦、堅俊、宗沛、景輝、玫英、秀丹、清忠的砥礪互勉。

感謝 Josef Gartner 同仁 Ping、Andy、Dave、Song、Yao、Arthur、Tommy、Claire、Sabrina、Teresa、Jimmy、Walter 之鼎力支持與照顧。

感謝 TFC 肇德、繼雷；Turner 松華、升福、Jenny、Eric；SGS 世慶、錫銘、書隆；三星營造 Richard、慶虔、冠伯、隆基、德房、邵唏、智邦；KTRT 建仲、國良、樂權、明強、文樞；新日鐵 Tony、中鋼構 Money、萬居；礁溪鋼鐵昶廷；鼎順水電世奇；開立空調神鵬；安全捲門博文；九如輕隔間進保、清雲；防火被覆良和淑瑩、恆越耀明；崇友電梯/扶梯良春；久竣塔吊薜蘭等於施工期間之協調與熱心相助。

# 目 錄

封面		
授權書		
審定書		
中文摘要	.....	i
英文摘要	.....	ii
誌謝	.....	iv
目錄	.....	v
表目錄	.....	viii
圖目錄	.....	ix
照片目錄	.....	xi
第一章	緒論.....	1
1.1	研究動機.....	1
1.2	研究問題.....	1
1.3	研究目的.....	3
1.4	研究範圍.....	3
1.5	研究步驟.....	4
第二章	文獻回顧.....	5
2.1	超高層大樓之定義與特點.....	5
2.1.1	超高層大樓之定義.....	5
2.1.2	超高層大樓之工程特點.....	5
2.2	帷幕牆之定義、種類、特性及相關試驗.....	5
2.2.1	帷幕牆之定義.....	5
2.2.2	帷幕牆之種類.....	5
2.2.3	帷幕牆之特性.....	9
2.2.4	帷幕牆代表性系統比較.....	9
2.2.5	帷幕牆設計規劃之相關試驗.....	10
2.3	帷幕牆工程相關文獻.....	15
2.3.1	單元式帷幕牆之個案研究-以 T&C Tower 為例.....	15
2.3.2	單元式帷幕牆於設計階段施工性之改善.....	15
2.3.3	帷幕牆安裝鐵件接合機制之探究.....	15
2.3.4	單元式鋁帷幕牆防火構法之研究.....	16
2.3.5	帷幕牆風雨試驗標準作業之研擬.....	16
2.3.6	單元式鋁帷幕牆防火構法之研究.....	16
2.3.7	Management of Prefabrication for Complex Cladding.....	17

第三章	台北國際金融中心帷幕牆工程之特點.....	20
3.1	本案為目前世界上最高建築.....	20
3.2	本案位於多地震帶及常發生颱風地區.....	23
3.3	本案帷幕牆面積龐大且造型設計複雜、分區繁多.....	25
3.4	本案帷幕牆工程管理具全球化資源規劃與佈局.....	26
3.5	界面協調工作繁多及專案資源規劃、統籌分配不易.....	26
3.6	合約管理、履約保證、預付款保證與保留款等規定特殊.....	27
3.7	超高標準之嚴格品質管制.....	28
3.8	安裝便捷兼具高經濟效益之鐵件接合系統.....	29
第四章	本案帷幕牆工程規劃與執行.....	30
4.1	本案建築摘要資訊.....	30
4.1.1	本案規劃概要.....	30
4.1.2	設計理念與風格.....	30
4.1.3	抗風耐震與結構系統設計.....	31
4.1.4	基礎結構.....	32
4.1.5	阻尼系統.....	32
4.2	本案帷幕牆工程規劃.....	32
4.3	工程概要與分區.....	45
4.4	工程採購及協力廠商分包方式.....	46
4.4.1	工廠製造.....	47
4.4.2	工地現場安裝及施工.....	48
4.5	施工材料及供應商.....	49
4.6	單元生產計畫.....	51
4.6.1	單元材料生產流程.....	51
4.6.2	單元組裝流程.....	51
4.7	單元組裝進度.....	53
4.8	單元運輸計畫.....	55
4.9	工地材料驗收、揚吊及儲存.....	56
4.10	工地安裝施工.....	59
4.11	繫件安裝.....	61
4.12	單元安裝.....	64
4.13	工程預定進度表.....	70
第五章	本案例帷幕牆工程施工管理探討.....	73
5.1	不符合規定 NCR (Non-Conformance Report) 檢討.....	73
5.2	現場改善建議 FMP (Field Modification Proposal) 檢討.....	78
5.3	圖說釋疑/要求澄清 RFI (Request For Information) 檢討.....	80
5.4	技術送審 TS (Technical Submission) 檢討.....	82



5.4.1	各階段技術送審之內容.....	82
5.4.2	技術送審之流程及其結果之代號與意義.....	84
5.5	施工進度與介面檢討.....	87
5.6	其他缺失原因與改善對策.....	89
5.6.1	品質管理.....	89
5.6.2	現場施工管理.....	93
5.6.3	安全管理.....	97
5.6.4	設計圖說與製造整合問題.....	103
第六章	結論與建議.....	104
6.1	結論與建議.....	104
6.1.1	結論.....	104
6.1.2	建議.....	104
6.2	後續研究建議.....	105
參考文獻	.....	106
附錄一	不符合規定(NCR)彙整表.....	108
附錄二	現場改善建議(FMP)彙整表.....	117
附錄三	圖說釋疑/要求澄清(RFI)彙整表.....	123
附錄四	塔樓結構進度與帷幕牆單元安裝日程對照表.....	134
附錄五	論文審查意見表.....	138

## 表目錄

表 2.1	金屬帷幕牆之種類.....	6
表 2.2	帷幕牆之特性.....	9
表 2.3	帷幕牆代表性系統比較.....	9
表 2.4	風雨試驗( #1 及 #2 ) 之步驟.....	12
表 2.5	風雨試驗( #3 ) 之步驟.....	13
表 2.6	相關帷幕牆論文比較表.....	18
表 3.1	全世界超高層帷幕牆大樓資料比較表.....	23
表 4.1	專案團隊權責分工表.....	39
表 4.2	帷幕牆分區表.....	45
表 4.3	帷幕牆材料及供應商明細.....	49
表 4.4	主要材料項目及數量.....	50
表 4.5	裙樓單元安裝及儲存計畫.....	53
表 4.6	塔樓單元安裝及儲存計畫.....	54
表 4.7	單元組裝人力需求.....	55
表 4.8	裙樓單元運輸計畫.....	56
表 4.9	塔樓單元運輸計畫.....	56
表 4.10	裙樓揚吊及儲存計畫.....	58
表 4.11	塔樓揚吊及儲存計畫.....	58
表 4.12	台北金融中心工程整體預定進度表.....	71
表 4.13	帷幕牆工程預定進度表.....	72
表 5.1	NCR 發生原因之缺失類別及內容.....	73
表 5.2	NCR 發生原因分析表.....	75
表 5.3	FMP 發生原因之缺失類別及內容.....	78
表 5.4	FMP 發生原因分析表.....	79
表 5.5	RFI 發生原因分析表.....	80
表 5.6	技術送審結果之代號與意義.....	85
表 5.7	技術送審代號、狀態與數量、比例統計表.....	85
表 5.8	審查核准所需時間與所佔比例統計表.....	86
表 5.9	火災與材料墜落事故之具體安全實施對策.....	100



## 圖目錄

圖 1.1	研究步驟.....	4
圖 2.1	直橫料系統.....	6
圖 2.2	格板系統.....	7
圖 2.3	窗間牆系統.....	7
圖 2.4	單元式系統.....	8
圖 2.5	複合式系統.....	8
圖 2.6	實體模型試驗流程圖.....	14
圖 3.1	台北斷層在信義區線型分佈及擾動帶範圍.....	24
圖 3.2	中興顧問社調查(1997)之台北斷層主斷層位置.....	25
圖 3.3	基地附近地形鳥瞰圖.....	25
圖 3.4	國內常見之帷幕牆繫件型式.....	29
圖 4.1	工廠製造檢驗流程圖.....	35
圖 4.2	專案組織架構.....	36
圖 4.3	PCM 團隊組織架構.....	37
圖 4.4	主承包商團隊組織架構.....	38
圖 4.5	承包商施工計畫送審流程圖.....	41
圖 4.6	承包商文件送審流程圖.....	42
圖 4.7	圖說釋疑/要求澄清 (RFI) 流程圖.....	43
圖 4.8	施工及材料/設備檢驗流程 (工地內、外).....	44
圖 4.9	帷幕牆單元材料生產流程.....	51
圖 4.10	單元組立檢驗流程.....	52
圖 4.11	裙樓單元安裝及儲存計畫.....	53
圖 4.12	塔樓單元安裝及儲存計畫.....	54
圖 4.13	材料驗收,揚吊及儲存流程圖.....	57
圖 4.14	工地安裝作業檢驗流程圖.....	60
圖 4.15	預埋件安裝流程圖.....	61
圖 4.16	繫件安裝流程圖.....	62
圖 4.17	標準層樓版繫件平面圖.....	62
圖 4.18	標準層樓版繫件剖面圖.....	63
圖 4.19	標準層柱、樑繫件平面圖.....	63
圖 4.20	標準層柱、樑繫件剖面圖.....	64
圖 4.21	裙樓帷幕牆分區圖 a.....	66
圖 4.22	裙樓帷幕牆分區圖 b.....	67
圖 4.23	裙樓帷幕牆分區圖 c.....	68
圖 4.24	塔樓帷幕牆分區圖.....	69
圖 5.1	NCR 發生原因柏拉圖分析.....	75
圖 5.2	NCR 發生原因分布圖.....	75

圖 5.3	施工品質不良之因果系統圖.....	76
圖 5.4	Low E 雙層低輻射熱強化玻璃.....	77
圖 5.5	FMP 之成因柏拉圖分析.....	79
圖 5.6	FMP 之成因及其分布比例.....	80
圖 5.7	RFI 之成因柏拉圖分析.....	81
圖 5.8	RFI 之成因及其分布比例.....	81
圖 5.9	技術審查流程圖.....	84



## 照片目錄

照片 2.1	風洞試驗模型.....	11
照片 2.2	風洞試驗所得風壓分布圖.....	11
照片 4.1	標準預埋件樣式.....	61
照片 4.2	裙樓單元吊裝.....	64
照片 4.3	塔樓角隅單元吊裝.....	65
照片 4.4	塔樓不銹鋼造型吊裝.....	65
照片 5.1	二次鐵件缺失情形.....	89
照片 5.2	窗簾合施工缺失 a.....	90
照片 5.3	窗簾合施工缺失 b.....	90
照片 5.4	伸縮縫水平蓋板施工缺失 a.....	91
照片 5.5	伸縮縫水平蓋板施工缺失 b.....	91
照片 5.6	加勁鈹焊接缺失.....	92
照片 5.7	不鏽鋼造型飾物安裝缺失 a.....	92
照片 5.8	不鏽鋼造型飾物安裝缺失 b.....	92
照片 5.9	現場施工管理缺失(室內之塔樓外牆造型飾物).....	93
照片 5.10	塔樓角隅加勁鈹焊接未於防火被覆前完成.....	94
照片 5.11	塔樓角隅加勁鈹焊接位置.....	94
照片 5.12	轉角單元二次鐵件之預埋件遺漏補作.....	94
照片 5.13	角隅不鏽鋼造型支撐 H 鋼組立及焊接進度落後.....	94
照片 5.14	露台落水管與為幕牆補牆角鋼衝突.....	95
照片 5.15	伸縮縫垂直蓋板施工缺失 a.....	96
照片 5.16	伸縮縫垂直蓋板施工缺失 b.....	96
照片 5.17	不鏽鋼造型飾物施工架安全措施不當.....	96
照片 5.18	火災事故：裙樓東北側屋頂採光罩旁鋁包鈹.....	97
照片 5.19	火災事故：裙樓南側屋頂露台.....	98
照片 5.20	塔樓電銲銲渣掉落防止措施 a.....	99
照片 5.21	塔樓電銲銲渣掉落防止措施 b.....	99
照片 5.22	墜落事故：塔樓 90F 鐵件搬運不慎飛落地面.....	99
照片 5.23	墜落事故：塔樓 90F 鐵件搬運不慎墜落損害地面之汽車... ..	99
照片 5.24	墜落事故：塔樓未獲安檢合格之小型伸縮臂吊車.....	100
照片 5.25	塔樓入口鈎掛式鋁鈹及泛水尺寸錯誤.....	101
照片 5.26	塔樓中央不鏽鋼造型飾物之背鈹尺寸不符.....	101