

『台北 101 大樓』  
結構工程施工監造紀錄

內政部建築研究所委託研究報告

093-301070000G3-021

# 「台北 101 大樓 結構工程施工監造紀錄」

受委託者： 內政部建築研究所

永峻工程顧問股份有限公司

研究主持人：何明錦

協同主持人：甘錫滢、謝紹松

顧 問：許茂雄、莊憲正、王正雄

研 究 員：鍾俊宏、吳秋仲、洪添財、

朱卿伯、張文龍

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國九十三年十二月

## 目次

表次.....	V
圖次.....	VI
摘要.....	X II
英文摘要.....	X IV
第一章 緒論.....	1-1
第一節 研究緣起與背景.....	1-1
第二節 研究內容.....	1-3
第二章 工程概述.....	2-1
第一節 工程概要.....	2-1
第二節 團隊組成與權責分工.....	2-3
第三節 工程進度.....	2-11
第四節 工程大事紀錄.....	2-12
第五節 結構系統概要.....	2-16
第六節 『台北 101』成長紀錄.....	2-19
第三章 結構材料與品質管控.....	3-1
第一節 結構材料設計需求.....	3-1
第二節 鋼筋.....	3-4
第三節 鋼鈹.....	3-4
第四節 混凝土及配比設計.....	3-9
第五節 新拌混凝土工作性試驗與核定流程...3-15	
第四章 基礎工程.....	4-1
第一節 試樁工程.....	4-1

第二節	連續壁工程.....	4-4
第三節	基樁工程.....	4-12
第五章	深開挖工程.....	5-1
第一節	深開挖工法與考量.....	5-1
第二節	開挖程序.....	5-3
第三節	深開挖安全監測.....	5-7
第六章	鋼筋混凝土工程.....	6-1
第一節	混凝土先期品質管制計劃.....	6-1
第二節	4.7M 厚度巨積混凝土基礎版.....	6-1
第三節	超高層混凝土泵送灌漿施工規劃.....	6-5
第四節	2.4×3M 巨柱與 10,000Psi 柱內灌漿...6-6	
第五節	超高層樓版施工.....	6-10
第六節	混凝土品質管理委員會.....	6-11
第七節	檢驗與試驗.....	6-14
第八節	鋼筋檢驗要點.....	6-19
第七章	鋼結構工程.....	7-1
第一節	鋼柱規劃與考量.....	7-1
第二節	巨柱.....	7-2
第三節	鋼柱分節規劃與考量.....	7-3
第四節	垂直吊運設備- 塔式吊車.....	7-7
第五節	塔樓鋼結構工程接合詳細.....	7-14
第六節	巨柱製造與施工.....	7-22
第七節	韌性接頭與施工.....	7-25
第八節	長跨距採光罩桁架.....	7-27

第九節	電焊方法與程序.....	7-29
第十節	塔尖頂升工程.....	7-33
第十一節	品質檢驗與管制.....	7-42
第八章	防火被覆工程.....	8-1
第一節	防火被覆工程概要.....	8-1
第二節	施工程序.....	8-3
第三節	檢驗與試驗.....	8-4
第九章	調質阻尼器工程.....	9-1
第一節	工程概要.....	9-1
第二節	塔尖阻尼器.....	9-3
第三節	質量塊施工流程.....	9-3
第十章	331 震害.....	10-1
第一節	331 震害概要.....	10-1
第二節	緊急應變處理.....	10-1
第三節	結構損壞評估、檢驗與修復.....	10-4
第四節	後續改善措施.....	10-8
第十一章	臨時施工電梯.....	11-1
第一節	臨時施工電梯簡介.....	11-1
第二節	臨時施工電梯構造.....	11-1
第三節	臨時施工電梯平面配置與接合.....	11-3
第四節	臨時施工電梯設計及檢核.....	11-4
第五節	臨時施工電梯外觀相片.....	11-4

致謝.....	A-1
附錄一 連續壁工程施工品質相關管制表格.....	A-3
附錄二 基樁工程施工品質相關管制表格.....	A-4
附錄三 鋼構工程施工品質相關管制表格.....	A-5
參考書目.....	A-6

## 表次

表 2.1	工程概要說明.....	2-2
表 2.2	專案團隊權責分工表.....	2-6
表 2.3	施工進度表.....	2-11
表 2.4	工程大事紀錄.....	2-12
表 3.1	混凝土基本需求與特別需求.....	3-2
表 3.2	鋼材規格.....	3-3
表 3.3	鋼筋材料物理性質統計結果.....	3-4
表 3.4	SM570M 鋼板材質規格與說明.....	3-6
表 3.5	SM570M 鋼板材質統計表-新日本製鐵.....	3-7
表 3.6	SM570M 鋼板材質統計表-中國鋼鐵.....	3-7
表 3.7	SN490C 鋼板材質統計表-中國鋼鐵.....	3-8
表 3.8	SN490B 鋼板材質統計表-中國鋼鐵.....	3-8
表 3.9	自充填混凝土配比表.....	3-12
表 4.1	樁長與岩盤施工紀錄表.....	4-19
表 5.1	監測項目說明.....	5-8
表 6.1	品管委員會討論議題分類與比例.....	6-12
表 6.2	6,000Psi 基礎版配比調整過程.....	6-13
表 7.1	巨柱分節重量與長度概要.....	7-5
表 7.2	塔吊相關資料.....	7-8

## 圖次

圖 2.1	臺北國際金融中心新建工程透視圖.....	2-1
圖 2.2	主要結構工程施工進度差異統計示意圖...2-12	
圖 2.3	建築/結構標準層平面及立面示意圖.....	2-17
圖 2.4	巨型構架結構系統概述.....	2-19
圖 3.1	SM570M 鋼板標示樣式.....	3-5
圖 3.2	高性能混凝土坍流度試驗.....	3-9
圖 3.3	富貝萊特水泥晶像圖.....	3-9
圖 3.4	6,000 與 10,000Psi 抗壓強度統計曲線...3-14	
圖 3.5	圓筒貫入器尺寸.....	3-15
圖 3.6	圓筒貫入試驗量測.....	3-15
圖 3.7	全量通過試驗裝置與尺寸.....	3-17
圖 3.8	全量通過試驗施工相片.....	3-17
圖 3.9	新拌混凝土工作性檢驗統計比較(坍度/坍流度/U 型/貫入錐) .....	3-19
圖 3.10	混凝土核定流程與品管檢驗試驗項目...3-20	
圖 4.1	靜動試樁系統配置示意圖圖.....	4-2
圖 4.2	基樁靜載重試驗.....	4-3
圖 4.3	基樁靜動載重試驗.....	4-3
圖 4.4	連續壁配置平面示意圖.....	4-5

圖 4.5	連續壁與扶壁之單元分割.....	4-6
圖 4.6	連續壁與扶壁之單元分割.....	4-6
圖 5.1	開挖工法之規劃示意圖.....	5-2
圖 5.2	塔樓雙順打工法支撐配置平面圖.....	5-2
圖 5.3	塔樓雙順打工法支撐配置立面圖.....	5-3
圖 5.4	塔樓及裙樓開挖程序差異示意圖.....	5-4
圖 5.5	地下室結構體完成進度差異示意圖.....	5-5
圖 5.6	塔樓開挖變位監測結果.....	5-6
圖 5.7	監測儀器配置平面圖.....	5-9
圖 6.1	塔樓基礎版澆置分區與施工順序.....	6-3
圖 6.2	塔樓基礎版施工縫示意圖.....	6-4
圖 6.3	塔樓基礎版施工縫施工相片.....	6-4
圖 6.4	超高層混凝土泵送灌漿管配置規劃.....	6-5
圖 6.5	巨柱剖面圖.....	6-7
圖 6.6	巨柱施工相片.....	6-7
圖 6.7	實尺寸模擬試驗試體.....	6-9
圖 6.8	泵送充填過程.....	6-9
圖 6.9	實尺寸模擬試驗完成.....	6-9
圖 6.10	柱內鋼筋籠.....	6-9
圖 6.11	柱內灌漿坍流度試驗.....	6-10

圖 6.12	柱內灌漿施工.....	6-10
圖 6.13	柱內灌漿入口設備.....	6-10
圖 6.14	429M 柱內灌漿完成.....	6-10
圖 6.15	垂直灌漿管配置與接合.....	6-11
圖 6.16	樓版灌漿.....	6-11
圖 6.17	樓版灌漿前查驗(91FL).....	6-11
圖 6.18	樓版施工縫.....	6-11
圖 6.19	塔樓基礎版下層筋.....	6-21
圖 6.20	塔樓基礎版剪力筋.....	6-22
圖 6.21	塔樓基礎版鋼筋組立.....	6-22
圖 6.22	塔樓基礎版上層筋.....	6-23
圖 6.23	裙樓 1F 版鋼筋綁紮與澆置混凝土... 6-23	6-23
圖 6.24	塔樓高層區樓版配筋與現場管口坍塌度測試.....	6-24
圖 6.25	塔樓高層區樓版配筋與澆置混凝土... 6-24	6-24
圖 7.1	巨柱斷面變化與剖面示意圖.....	7-2
圖 7.2	鋼柱(C2-B2 節)吊裝施工相片.....	7-5
圖 7.3	塔樓鋼柱分節配置示意圖.....	7-6
圖 7.4	塔樓區塔吊配置示意圖.....	7-7
圖 7.5	塔樓低樓區塔吊臨時支撐施工相片.....	7-9

圖 7.6	塔樓低樓區塔吊爬昇示意圖	7-10
圖 7.7	塔樓高樓區塔吊爬昇示意圖	7-10
圖 7.8	塔吊爬升作業步驟示意圖	7-11
圖 7.9	救援吊車(370R)拆除(高度約 400M)	7-13
圖 7.10	鋼鈹落樣標記	7-22
圖 7.11	鋼鈹端部接合處開槽	7-22
圖 7.12	鋼鈹落樣標記(4 片組成)	7-24
圖 7.13	鋼鈹(立鈹)端部開槽	7-24
圖 7.14	柱面鈹與立鈹(RIB)焊接	7-24
圖 7.15	柱面鈹與立鈹焊接後整型	7-24
圖 7.16	柱面鈹彎折整型	7-25
圖 7.17	箱型鋼柱組合	7-25
圖 7.18	箱型柱角隅 SAW 焊接預熱	7-25
圖 7.19	箱型柱角隅 SAW 焊接	7-25
圖 7.20	韌性切割型狀與尺寸	7-26
圖 7.21	組合型鋼之翼鈹與腹鈹接合處，採用提高一 等級之開槽銲接方式	7-27
圖 7.22	組合型鋼之翼鈹與腹鈹接合處，端部再以回 頭銲形成一平滑圓順	7-27
圖 7.23	銲後並切除翼鈹兩端多餘銲道及以研磨處 理	7-27

圖 7.24	銲後並切除翼板兩端多餘銲道及以研磨處理	7-27
圖 7.25	採光罩結構分析模式	7-28
圖 7.26	採光罩施工完成	7-28
圖 7.27	採光罩結構完成	7-29
圖 7.28	採光罩屋頂桁架	7-29
圖 7.29	巨柱焊接順序與預熱設備配置圖	7-32
圖 7.30	巨柱焊接預熱設備配置圖	7-32
圖 7.31	塔樓區焊接分區計劃	7-33
圖 7.32	塔尖以 90 公尺塔節之塔吊安裝方式(初期規劃)	7-34
圖 7.33	塔尖頂升油壓千斤頂	7-35
圖 7.34	安裝塔尖(P1~P5 節)	7-37
圖 7.35	安裝塔尖(P6~P10 節及不鏽鋼包板)	7-38
圖 7.36	頂升前示意(各項設施配置位置)	7-39
圖 7.37	頂升後示意(各項設施配置位置)	7-40
圖 7.38	頂升完成	7-41
圖 7.39	頂升過程 2003.10.8-09:42	7-42
圖 7.40	頂升過程 2003.10.8-12:59	7-42
圖 7.41	頂升過程 2003.10.9-10:36	7-42
圖 7.42	頂升完成 2003.10.9-17:10	7-42

圖 7.43	本工程監造組織架構表 .....	7-46
圖 9.1	調質阻尼器配置示意 .....	9-1
圖 9.2	質量塊裁切後於工廠預裝 .....	9-4
圖 9.3	質量塊工廠預裝完成與修改 .....	9-4
圖 9.4	質量塊底座支架(Cradle)吊裝完成 .....	9-5
圖 9.5	質量塊吊裝與電銲 .....	9-5
圖 9.6	下半部質量塊吊裝 .....	9-6
圖 9.7	下半部質量塊吊裝與校正 .....	9-6
圖 9.8	質量塊吊裝完成 .....	9-7
圖 9.9	質量塊塗裝完成 .....	9-7
圖 10.1	T/C#2 倒塌墜落 .....	10-1
圖 10.2	331 震害受損構件清查紀錄樣式 .....	10-7
圖 10.3	使用鋼索將配重塊固定 .....	10-8
圖 10.4	塔節接合處焊接及增加立鈹 .....	10-9
圖 10.5	塔節內增設鋼索防墜落 .....	10-9
圖 11.1	臨時施工電梯施工相片 .....	11-2
圖 11.2	平面示意圖 .....	11-3
圖 11.3	斜拉桿與結構體接合詳圖 .....	11-3
圖 11.4	平台及連絡棧橋施工相片 .....	11-5
圖 11.5	臨時施工電梯施工相片 .....	11-6

## 摘 要

關鍵詞：台北 101 大樓、TAIPEI 101、結構監造、結構施工

### 一、研究緣起

台北 101 大樓為一項由政府與民間企業首次攜手合作的大型 BOT 建築開發案，建築規模分為塔樓及裙樓，塔樓為地上 101 層、高度 508 公尺的超高層大樓，其主要規劃用途為金融機構辦公室；裙樓為地上六層的購物商場，地下室共五層並貫穿全基地，主要用途為商場及停車場。本工程座落於台北市信義計劃區內，基地西側緊鄰市府路與台北世貿展覽館，北側為台北市政府大樓。在眾人的矚目下，世界最高建築-台北 101 大樓已昂首聳立於台北新天空，其整體工程亦已於民國 93 年 12 月完工完成。

「Bringing Taipei to The World」一直是業主團隊期望打造的遠大願景，在國際觀的思維考量下，安全、品質與專業分工是本工程最重要訴求，而參與本工程設計、監造與施工團隊則均為國、內外優秀國際團隊所組成。

本研究單位有幸實質參予興建台北 101 大樓之結構設計與監造工作長達七年時間，若能經由本研究案對結構工程施工與監造之詳實紀錄與評估，相信定能作為日後興建大樓之參考，以及有助於提昇國內結構工程規劃、設計、監造與施工之整體良好品質水準。

## 二、研究方法及過程

本研究方法主要由原結構設計監造單位之駐地結構顧問群，針對結構工程要項與特殊重點，進行台北 101 大樓七年以來之監造與施工紀錄蒐集、整理、分析、評估、歸納與撰寫紀錄。

## 三、重要發現

本研究計劃主要內容包含結構材料與品質檢驗管控、基礎工程、深開挖工程、混凝土工程、鋼結構工程、防火被覆工程、調質阻尼器工程、331 震害等等之整體結構施工與監造紀錄。

本研究旨在蒐集與綜整本工程艱困與特殊之結構施工技術以及專業分工與嚴謹之結構監造歷程，而此廣泛完整範圍之紀錄均是日後任何一項建築結構工程所必須經歷與面對之部份與課題。台北 101 結合了國內、外優秀團隊進行聯合承攬施工與監造，除了成就了世界第一之三項建築物高度殊榮外，世界各大媒體雜誌亦爭相報導為工程奇蹟之首，若能因此引進國內、外之結構工程先進技術進而根留台灣，相信對台灣結構工程技術之提昇必能有所助益。

## 四、主要建議事項

若能提供作為國內營建相關產業之產、官、學界之參考，相信將有助於提昇整體建築結構規劃、設計、施工品質以及結構監造之能力與水準。

除了結構工程外，台北 101 其他相關工程如建築、機電、安全衛生、防災...等等之規劃、設計、施工與監造亦為值得研究與紀錄之課題。

## ABSTRACT

Keywords: TAIPEI 101, Structural supervision · Construction

The Taipei 101 Building, the first BOT development project incorporated by government and the private enterprises, is composed of tower and podium areas. The Tower is a 508 meter-height super high-rise building with 101 floors above ground and mainly for financial office uses. The Podium is a six-story height shopping mall. Two areas are connected each other by the five-story basement and serves as supermarket, food court, and parking lots. The building is located in the heart of Shin-Yi District of Taipei City, Taiwan. Taipei word trade center (TWTC) is located at the west side of the building and the Taipei city government is at the north region. The building construction has been completed at December 2004 and become the tallest building in the world.

“Bring Taipei to the World” is always the ambitious goal for the whole team of the builders. Safety, Quality, and Professional Specialization are the top priorities of this project. Under the consideration of internationalization, the team is consisted of local and foreign outstanding engineers that are responsible for the design, supervision and construction of this project

It has been our great honor to participate in the building structural design and the construction supervision of the Taipei 101 building for over seven years. The construction records and evaluations are collected through this research. It will be become a helpful documentation as reference for future projects. We would like to share these treasure experiences with other developer/ architect/ engineer to improve the quality of the structural planning, design, supervision and construction for local structural engineering society.

## 第一章 緒論

### 第一節 研究緣起與背景

#### 一、研究緣起

台北 101 大樓為政府與民間企業首次攜手合作的大型BOT建築開發案，建築規模分為塔樓及裙樓，塔樓為地上 101 層、高度 508 公尺的超高層大樓，其主要規劃用途為金融機構辦公室；裙樓為地上六層的購物商場，地下室共五層並貫穿全基地，主要用途為商場及停車場。本工程座落於台北市信義計劃區內，基地西側緊鄰市府路與台北世貿展覽館，北側為台北市政府大樓，基地形狀略呈正方形，其長寬各約 175M、基地面積 30,277M<sup>2</sup>，總樓地版面積 374,220 M<sup>2</sup>。

台北 101 大樓自 1997 年規劃開始，舉凡安全、環境、交通、消防、建築造型、結構安全、施工技術等等均受到國內、外各界的高度注視與關切，其中特別是直接影響生命與財產安全的結構工程部份，其重要性不言而喻。

從開始著手規劃興建的 66 層到現今 101 層的超高層大樓，『TAIPEI 101』成為了世界最高建築物大樓的代名詞，然而在飽受地震、颱風等天災侵襲以及坐落於台北盆地軟弱地質的台北 101 大樓，相較於其他國家超高層大樓的環境與條件，台北 101 大樓有著截然不同的困難與挑戰。在選用邊設計、邊施工的模式下，業主-台北金融大樓股份有限公司選擇了結合國內、外優秀國際團隊進

行聯合承攬規劃設計與營建施工，在結構施工與監造部份，如 4500 噸的驗證試樁、入岩 25M 的長樁鑽掘、不同介面與工法的地下深開挖工程、特殊鋼板及鋁材的研發與量產、高強度自充填混凝土配比的反覆拌合與試驗、4.7M 深度實心基礎版之澆置與養護、429M 高度的巨柱柱內灌漿規劃與驗證、445M 高度的樓版泵送施工、巨型鋼柱分節與吊運設備規劃、巨柱製造電鋸工法與程序控制、鋼構現場吊裝與電鋸、裙樓 80M 跨距之造型屋頂構架製造與安裝、5.5M 直徑大型 TMD 質量塊吊裝電鋸、508M 高度之塔尖頂昇施工等等均為本工程艱困的施工特性。

如何設計與建造一個兼具使用性、結構安全、工進快速與成本合理的新地標，是所有業主團隊、設計監造與施工團隊的工程師們日夜思考與檢討的課題，雖然本工程在施工中遭遇 331 地震造成塔式吊車墜落之意外事故，然而在所有團隊的努力不懈下，台北 101 之結構工程終告圓滿完成。

本研究之主要目的為蒐集與整理有關本工程結構工程施工與監造過程之完整記錄，其預期達成之目標如下：

- 1、短期目標：紀錄與公佈世界第一高樓之結構施工與監造興建過程，期能同步提昇國內營建施工技術與監造施工品質。
- 2、中期目標：提供爾後開發業者、設計、監造、管理與施工單位於興建高層建築時執行品質、成本、進度、安全管制之參考，期能提昇國內超高層建築結構之營建水平。
- 3、長期目標：作為爾後產、官、學單位於研議與修訂超高層建築結構相關之建管法令、設計與施工規範、勞安政策、專業監造、品質管制與保證之參考資料。

## 第二節 研究內容

為具體記錄台北 101 大樓之結構施工與監造成果，本計畫進行下述之研究內容：

- 1、工程概要紀錄。
- 2、結構材料品質檢驗與管控紀錄。
- 3、試樁、連續壁、基樁等基礎工程施工監造記錄。
- 4、深開挖工程施工監造記錄。
- 5、鋼筋混凝土工程施工監造記錄。
- 6、鋼結構工程施工監造記錄。
- 7、防火被覆工程施工監造記錄。
- 8、調質阻尼器工程施工監造記錄
- 9、331 震害施工監造記錄。。
- 10、臨時施工電梯施工監造記錄

## 第二章 工程概述

### 第一節 工程概要

『台北 101 大樓』新建工程為一項由政府與民間企業攜手打造之大型BOT建築開發案，建築設計為塔、裙樓各一棟，塔樓為地上 101 層之超高層大樓，其規劃用途主要為金融機構辦公室，裙樓為地上六層之購物商場，地下室共五層並連通全基地，其主要用途為商場及停車場，建築總樓地版面積約 374,220 M<sup>2</sup>，圖 2.1 為本工程之建築透視圖。

圖 2.1：臺北國際金融中心新建工程透視圖



本工程座落於台北市信義計劃區內，基地西側緊鄰市府路與台北世貿展覽館，北側為台北市政府大樓，基地形狀略呈正方形，其長寬各約 175M，基地面積約 30,277M<sup>2</sup>。

本工程業方代表為國內多家大型企業組成之台北金融大樓股份有限公司，建築設計監造為李祖原建築師事務所、結構設計監造為永峻工程顧問股份有限公司、機電設計監造為大陸設備工程公司，營建管理為美商端拿公司，總承包商為日商熊谷組、華熊、榮工、大友為營造聯合承攬。自 1997 年中開始著手規劃本工程迄今，在業主、設計監造團隊及營造施工團隊的努力與合作之下，其整體工程已於 2004 年 12 月施作完成，表 2.1 為本工程之概要說明。

表 2.1:工程概要說明

工程名稱：台北101大樓(TAIPEI 101)	基地面積：30,277 M <sup>2</sup>
業主：台北金融大樓股份有限公司	建築面積：15,081 M <sup>2</sup>
工程地點：台北市信義計畫區	總樓地板面積：374,220 M <sup>2</sup>
建築設計監造：李祖原建築師事務所	施工規模：
結構設計監造：永峻工程顧問股份有限公司	● 鋼骨量：107,000 Ton
機電設計監造：大陸工程設備股份有限公司	● 鋼筋量：28,288 Ton
營建管理顧問：美商端拿公司	● 混凝土量：242,852 M <sup>3</sup>
總承包商：熊谷-華熊-榮工-大友為聯合承攬	● 模板量：226,135 M <sup>2</sup>
規模：地下5層；地上101層；高度508公尺	● 帷幕牆：115,000 M <sup>2</sup>
結構系統：地上:S構造；地下:SRC/RC構造	● 土方量：542,116 M <sup>3</sup>
用途：	工程大事記：
● B5~B2：停車場	● 86年7月：取得開發權
● B1~5F：購物中心	● 87年1月：動土典禮
● 6~84F：辦公室	● 88年7月：主體工程開工
● 85~88F：餐廳	● 92年7月：上梁典禮
● 89、91F：觀景層	● 92年11月：裙樓商場開幕
● 92以上：通訊層、機房	● 93年12月：預定塔樓開幕

## 第二節 團隊組成與權責分工

『台北 101 大樓』共 101 層，建築高度 508 公尺，為目前最高的建築物，其投資金額高達約 580 億元，且從規劃興建至完工使用長達約 7 年時間，因此參與本大樓的投資興建、規劃設計與監造、營造施工與營運管理等等的團隊均為一龐大及國際性的組合，而各單位組織的權責與分工則是維繫整體團隊運作良好與否的根本。

### 一、業主團隊與設計監造顧問團隊

業主由 14 家國內大型企業組合而成，並成立台北金融大樓股份有限公司負責大樓的所有事務，其組成如下：

業	主：	台北金融大樓股份有限公司
股東	團隊：	中華開發
		新光人壽
		中聯信託
		台新銀行
		捷和建設
		宏泰人壽
		華新麗華
		中國信託
		台灣證券交易所
		世華銀行
		中國人壽
		交通銀行
		國泰人壽
		中華電信

設計及監造顧問團隊亦為一國際性組合團隊，其主要成員說明如下：

1. 建築設計監造：李祖原建築師事務所
2. 結構設計監造：永峻工程顧問股份有限公司
3. 結構顧問(Peer Review)：Thornton-Tomasetti Engineers, USA
4. 機電設計監造：大陸設備工程顧問有限公司
5. 機電顧問(Peer Review)：LEHR Associates Consulting Engineers, USA

6. 風洞試驗顧問：Romwan Willams Davies & Irwin Inc., Canada (RWDI)
7. 大地顧問：富國技術工程顧問股份有限公司
8. 交通顧問：鼎漢國際工程顧問股份有限公司
9. 防災顧問：工業技術研究院-環安中心
10. 安全顧問：Kroll Schiff Associates, USA
11. 環評顧問：中聯環保科技工程公司
12. 電梯顧問：Lerch Bates Associates, USA
13. 帷幕牆顧問：ALT美商艾勒泰工程顧問股份有限公司、康普工程顧問公司
14. 能源顧問：Hartman Associates, USA
15. 景觀顧問：地靈工程顧問公司
16. 水景顧問：Crystal Fountains, Canada
17. 燈光顧問：T. KONDOS Associates Inc., USA
18. 隔間/通風顧問：Shen Milsom & Wilke, Ltd., USA (SMW)
19. 商場規劃顧問：FRCH Design Worldwide, USA
20. 商場經營規劃：Lend Lease 澳商聯盛國際企業股份有限公司
21. 指標系統：Architectural Graphics
22. 門、五金顧問：津泉實業有限公司
23. 營建管理顧問：Turner International美商端拿國際實業股份有限公司

## 二、施工團隊

因本工程選用『Fast Track』-邊設計邊施工模式，施工團隊之進駐亦隨設計規劃完成階段陸續施工，其階段性主要分為雜項工程、基礎工程、主結構第一期工程及第二期裝修工程等等，其中各大主要工種亦採指定分包模式發包施工，其

主要工種與承包廠商說明如下：

1. 試樁工程：九泰營造公司(BP01)
2. 假設工程總承包商：達欣工程公司(BP02)
3. 連續壁工程：世久營造公司(BP03)
4. 觀測系統/監測工程：三聯科技公司(BP04)
5. 基樁工程：同豐營造公司(BP05)
6. 總承包商-第一期：熊谷組-華熊-榮工-大友為 聯合承攬(BP06)
7. 鋼結構工程：新日鐵-中鋼構 聯合承攬(BP07)
8. 電梯/電扶梯工程：崇友實業公司、日商-Toshiba 公司(BP08)
9. 機械電力水管工程：鼎順工程公司(BP10)
10. 空調能源自動控制工程：開立-欣菱 聯合承攬 (BP11)
11. 第三者鋼結構工程檢驗單位-(上部結構)：SGS-台灣檢驗科技公司(BP12)
12. 第三者鋼結構工程檢驗單位-(逆打鋼柱)：全國工程檢驗公司(BP13)
13. 第三者測量：鴻達工程公司(BP14)
14. 基樁逆打鋼柱工程：中鋼結構公司(BP15)
15. 玻璃景觀模擬試驗結構工程：達欣工程公司(BP18)
16. 風阻尼器工程：Motioneering, Canada(BP20)
17. 第二期內部裝修工程：韓商三星營造公司(BP21)
18. 第一節鋼結構工程：中鋼結構公司(BP22)
19. 燈光工程：蘭克斯公司(BP23)
20. 保全系統工程：西門子公司(BP24)
21. 長期監測工程-基樁：三聯科技公司(BP25)
22. 第三者鋼結構檢驗-(裙樓第一節鋼構程)：SGS-台灣檢驗科技公司(BP26)
23. 室外噴泉工程：榮民工程公司(BP30)

24. 帷幕牆工程：港商美國聯合公司(BP09)、德商嘉特納公司(BP33)

25. 人行天橋工程：榮民工程公司(BP34)

### 三、權責分工

本工程業主、營建管理顧問、建築師及顧問群及總包商間施工階段之工作項目主要包含工地安排、建管作業、動員、進度、階段報告、會議、文件及圖說審查、檢驗試驗、接收、結算變更、結案、合約及價款等等，其權責區分如表 2.2。

表 2.2 專案團隊權責分工表

表 2.2 專案團隊權責分工表					
項次	工作項目	業主	營建管理顧問	建築師及顧問群	總承包商
	P = Perform 執行; S = Supervise 監督; R = Review & Approve 審查及核准; A = Advise 建議; - = Not Assigned 未指派	Owner-TFCC	PM/CM - TSI	A-CYL; S-EVG; M-CEC	GC-KTRT JV
<b>1.0</b>	<b>工地安排(Site Setup)</b>				
1.1	地質鑽探調查	A	A	P	-
1.2	測量	A	R	R	P
1.3	環境影響評估	P	A	P	-
1.4	安衛計劃	A	R	A	P
1.5	臨時水電	R	R	A	P
1.6	工務所及辦公室	R	R	A	P
1.7	工地臨時倉儲	R	R	A	P
1.8	停車場 / 施工道路	R	R	A	P
1.9	移交	R	R	A	P
1.10	現場圍籬	A	R	A	P
1.11	工地識別證管理辦法	R	R	A	P

表 2.2 專案團隊權責分工表

表 2.2 專案團隊權責分工表					
項次	工作項目	業主	營建管理顧問	建築師及顧問群	總承包商
	P = Perform 執行; S = Supervise 監督; R = Review & Approve 審查及核准; A = Advise 建議; - = Not Assigned 未指派	Owner-TFCC	PM/CM - TSI	A-CYL; S-EVG; M-CEC	GC-KTRT JV
1.12	訪客進入工地	R	A	A	P
<b>2.0</b>	<b>建管作業(Permit)</b>				
2.1	建照變更設計	S	A	P	-
2.2	放樣勘驗	R	S	R	P
2.3	各階段勘驗	R	S	R	P
<b>3.0</b>	<b>動員(Mobilization)</b>				
3.1	施工方法	A	R	A	P
3.2	動員計劃	A	R	A	P
3.3	施工計劃書	R	R	R	P
<b>4.0</b>	<b>進度(Schedule)</b>				
4.1	進度計劃	A	R	A	P
4.2	90 天進度表	A	R	A	P
4.3	月進度表	A	R	A	P
4.4	施工圖送審進度表	A	R	A	P
4.5	進度追蹤	A	R	A	P
4.6	修正進度計劃(趕工)	A	R	A	P
4.7	更新進度計劃(變更)	A	R	A	P
4.8	專案材料及設備採購進度表	A	R	A	P
4.9	每週更新送審進度表	A	R	A	P
4.10	趕工計劃	A	R	A	P
<b>5.0</b>	<b>階段報告(Periodic Report)</b>				
5.1	日報表	A	R	A	P
5.2	週報表	A	R	A	P
5.3	月報表	A	R	A	P
5.4	品質月報	A	R	R	P
5.5	安衛報告	A	R	A	P
<b>6.0</b>	<b>會議(Meeting)</b>				

台北 101 大樓結構工程施工監造紀錄

表 2.2 專案團隊權責分工表					
項次	工作項目	業主	營建管理顧問	建築師及顧問群	總承包商
	P = Perform 執行; S = Supervise 監督; R = Review & Approve 審查及核准; A = Advise 建議; - = Not Assigned 未指派	Owner-TFCC	PM/CM-TSI	A-CYL; S-EVG; M-CEC	GC-KTRT JV
6.1	分包協調會	A	S	-	P
6.2	協調會議	A	R	A	P
6.3	施工前安全會議	S	P	-	P
6.4	定期每月安全會議	A	R	A	P
6.5	安全委員會	S	R	A	P
6.6	每日進度會議	S	P	-	P
6.7	工具箱會議	-	S	-	P
6.8	開工協調會	S	P	A	P
6.9	專案會議	P	P	P	A
6.10	每週進度會議	A	P	A	P
6.11	假設工程協調會議	-	R	A	P
<b>7.0</b>	<b>施工計劃/施工大樣圖/樣品審查(MS/SD/SP)</b>				
7.1	送審程序及進度控管	-	S	A	P
7.2	施工計劃/施工大樣圖/樣品	R	S	R	P
7.3	施工大樣圖/樣品文件完整性審查	-	S	R	P
7.4	施工大樣圖/樣品施工可行性審查	R	P	R	-
7.5	施工大樣圖/樣品設計原意審查	-	-	P	-
7.6	變更施工計劃	R	S	R	P
7.7	變更施工計劃文件完整性審查	-	S	-	P
7.8	變更施工計劃施工可行性審查	-	P	A	-
7.9	變更施工計劃設計原意審查	-	-	P	-
<b>8.0</b>	<b>檢驗(Inspection)</b>				
8.1	雙週定期安全檢查	-	S	-	P
8.2	制定專案管理及協調作業程序	R	P	A	-
8.3	建立品質管制標準及作業程序	R	P	A	-
8.4	第三者檢驗單位監管	R	P	A	-
8.5	總包品質系統	S	R	A	P

表 2.2 專案團隊權責分工表

表 2.2 專案團隊權責分工表					
項次	工作項目	業主	營建管理顧問	建築師及顧問群	總承包商
	P = Perform 執行; S = Supervise 監督; R = Review & Approve 審查及核准; A = Advise 建議; - = Not Assigned 未指派		Owner-TFCC	PM/CM-TSI	A-CYL; S-EVG; M-CEC
8.6	總包兩階段品質計劃	S	R	A	P
8.7	總包詳細品質計劃	S	R	A	P
8.8	工廠抽驗及監督	-	S	R	P
8.9	材料試驗及檢驗	-	S	R	P
8.10	查核有關材料規格、品質及其證明文件	-	A	R	P
8.11	工程檢驗及試驗成果	-	S	P	P
8.12	現場取樣與工地檢驗	-	S	P	P
8.13	實體模型驗證	-	A	R	P
8.14	產品規格與憑證查驗	-	S	R	P
8.15	缺點改善通知	-	P	P	
8.16	缺點改善	A	S	R	P
8.17	施工記錄	-	R	A	P
<b>9.0 接收流程(Acceptance Procedure)</b>					
9.1	裙樓部分使用執照	R	S	R	P
9.2	塔樓使用執照	R	S	R	P
9.3	人員訓練	-	S	-	P
9.4	操作及維修手冊	-	R	-	P
<b>10.0 結算/變更</b>					
10.1	最終結算書及書面結算單	R	R	R	P
10.2	設計變更	R	A	P	P
10.3	施工變更	R	S	R	P
<b>11.0 結案</b>					
11.1	更新整合施工圖記錄	-	S	-	P
11.2	工程變更精確記錄	-	S	-	P
11.3	竣工圖	-	S	R	P
11.4	初驗	A	S	A	P

台北 101 大樓結構工程施工監造紀錄

表 2.2 專案團隊權責分工表					
項次	工作項目	業主	營建管理顧問	建築師及顧問群	總承包商
	P = Perform 執行; S = Supervise 監督; R = Review & Approve 審查及核准; A = Advise 建議; - = Not Assigned 未指派	Owner-TFCC	PM/CM - TSI	A-CYL; S-EVG; M-CEC	GC-KTRT JV
11.5	初驗準備缺失清單	-	S	-	P
11.6	初驗缺失改善確認	-	S	-	P
11.7	複驗	-	S	R	P
11.8	複驗準備缺失清單	-	S	P	-
11.9	複驗缺失改善確認	-	S	R	-
11.10	完工證明書	R	P	A	-
11.11	操作及維修手冊格式	-	R	-	P
11.12	監督機電設備運轉測試	-	S	S	P
11.13	檔案文件	-	P	-	-
11.14	工程接收	R	P	A	-
11.15	保固完成證書	R	P	A	-
<b>12.0 合約(Contract)</b>					
12.1	總包契約文件解釋	R	P	A	-
12.2	圖說及設計之疑義或衝突解釋	-	-	P	-
12.3	法規、標準或本地規定衝突之澄清	R	P	A	-
12.4	工地變更指示	R	P	-	-
12.5	總包索賠之處理	R	P	A	-
12.6	總包違約之處理	R	P	A	-
<b>13.0 價款(Payment)</b>					
13.1	現金流量估算表	R	R	-	P
13.2	修正之現金流量估算表	R	R	-	P
13.3	每月底前共同執行工地進度查核	-	S	-	P
13.4	期中付款證書	R	P	A	-
13.5	變更追加減帳	R	S	A	P
13.6	最終結算書稿本	R	S	A	P

### 第三節 工程進度

本工程之主要階段性進度如下：

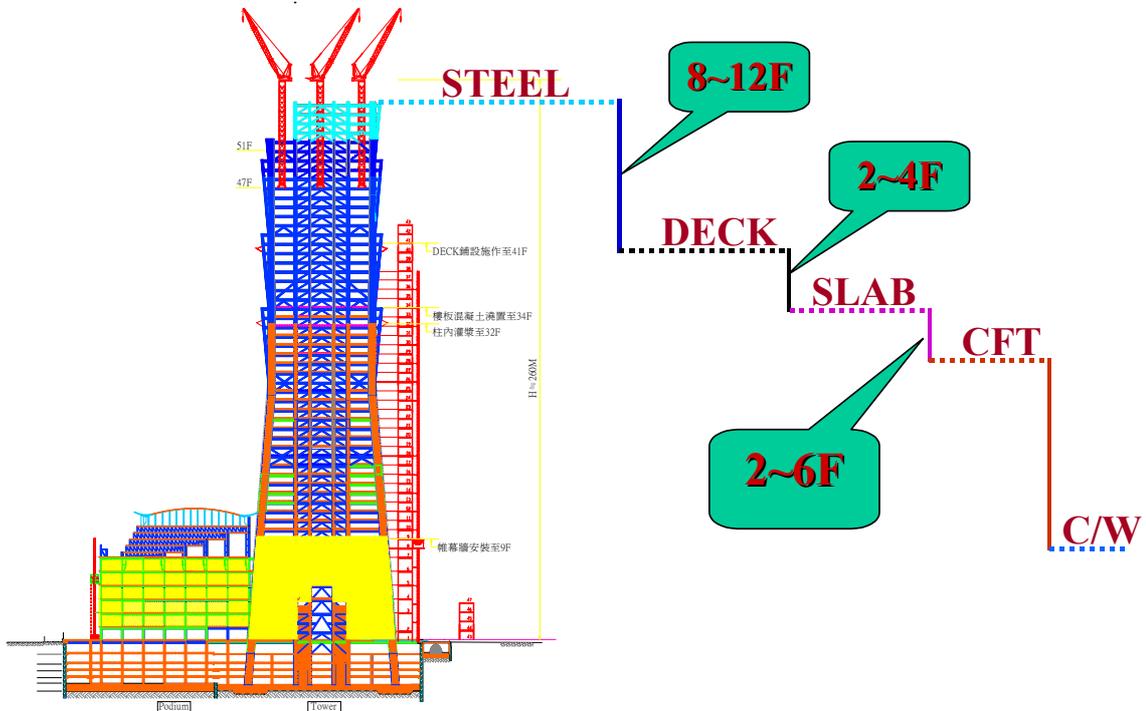
- 1997 年 7 月 :取得開發權
- 1998 年 1 月 :動土典禮
- 1999 年 7 月 :主體工程開工
- 2003 年 7 月 :塔樓上梁典禮
- 2003 年 11 月 :裙樓商場開幕
- 2004 年 12 月 :塔樓開幕

各階段工項之進度表如表 2.3，另外經統計各主要結構工程施工進度差異詳圖 2.2。其中鋼結構吊裝與鋼承板鋪設差異平均約 8~12 樓層(2~3 節次)；鋼承版與樓版灌漿差異平均約 2~4 樓層；柱內灌漿(CFT)與樓版灌漿則差異平均約 2~6 樓層。

表 2.3:施工進度表

工種		1998												1999												2000												2001												2002												2003												2004											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
基礎工程	試樁工程	■																																																																																			
	連續壁工程	■																																																																																			
	基樁工程					■																																																																															
塔樓	開挖工程(雙順打)					■																																																																															
	鋼骨工程									■																																																																											
	混凝土	地下層									■																																																																										
		地上層																	■																																																																		
		柱內灌漿									■																																																																										
帷幕牆工程																					■																																																																
裙樓	開挖工程(逆打)					■																																																																															
	鋼骨工程					■																																																																															
	混凝土	地下層					■																																																																														
		地上層					■																																																																														
	帷幕牆工程													■																																																																							

圖 2.2：主要結構工程施工進度差異統計示意圖



#### 第四節 工程大事紀錄

本工程自開工動土開始至今之結構工程大事紀錄詳如表 2.4。

表 2.4 工程大事紀錄

日期			表2.4 工程大事記錄
年	月	日	
1998	1	13	開工動土典禮
		20	試樁工程開始(BP01)
	2	28	發出雜項工程總包商開工通知(BP02)
	4	15	連續壁工程開始(BP02)
		27	雜項工程申報開工獲准
	6	30	連續壁單元試挖
	10	3	塔樓區連續壁單元施作完成

## 第二章工程概述

日期			表2.4 工程大事記錄
年	月	日	
		15	基樁工程決標
		19	發出基樁工程開工通知(BP05 . BP19)
	11	15 塔樓基樁開工	
	12	9 裙樓基樁開工	
1999	4	3	發出鋼構製造工程(BP07)決標通知書-新日鐵&中鋼結構JV
		30	發出總包工程(BP06)決標通知書-熊谷組.華熊.榮工處.大友為JV
	5	7 總包工程開工協調會	
	6	2	總包商舉行裙樓區開工典禮
		-	總承包商進場接管
	7	30	裙樓第3.4區移交給總承包商
		15	裙樓塔吊安裝
		-	裙樓基樁實質完工
		-	塔樓基樁樁底改良施作
	8	7	完成第1號塔吊
		9	塔樓基樁實質完工 88/8/9
		-	業主口頭同意配合政府主管飛航變更調整建物高度
	9	14	塔樓區第1層支撐開始施作
		21	921大地震,台北4級
		-	構台第一階支撐架設
	10	-	10000PSI混凝土模擬泵送試驗(1m*1m*1m試體)
	11	26	11/26-裙樓第1層樓版第1次澆置混凝土
12	-	配合裙樓變更設計而停工並進行臨時安全支撐補強措施	
2000	1	-	巨積澆置混凝土之斷熱試驗
		-	基樁開挖面之驗證樁載重試驗
		-	塔樓開挖至GL-21.8m
		-	塔樓基礎版30cm-RC版,鋼筋組立,澆置混凝土
	2	-	塔樓基礎版巨柱降挖區開挖,架設支撐,鋼筋組立.
		-	樁頭處混凝土澆置
		-	鋼構高韌性接頭模擬試驗-台灣科技大學
	3	-	塔樓基礎版降挖區,鋼筋組立,澆置混凝土
		-	塔樓基礎版基礎螺栓安裝
	4	6	開始澆置塔樓區大底混凝土
		-	塔樓基礎版鋼筋組立與澆置混凝土

台北 101 大樓結構工程施工監造紀錄

日期			表2.4 工程大事記錄
年	月	日	
2001	5	31	完成澆置塔樓區大底混凝土
		-	塔樓基礎版鋼筋組立與澆置混凝土完成
		-	鋼構MOCK UP試驗於台科大試驗
	6	2	完成塔樓基礎版鋼筋組立與混凝土澆置
		7	舉行塔樓立柱典禮
		25	裙樓B2F-2區開始開挖至GL-10.05m
	7	15	裙樓第2節柱開始吊裝
		20	裙樓B1F完成澆置混凝土
	8	-	B2節第一支巨柱工廠製造完成,進場送交工地安裝。
		-	裙樓B3F自第2-1區開始進行開挖作業。
	9	10	花蓮地震-芮氏規模6.2
		30	塔樓區巨柱開始電焊
	10	17	裙樓B4F自第2-3區開始進行開挖作業。
		30	塔樓區#B1節鋼結構 進料完成
	11	5	塔樓區#S1 開始進料吊裝
		18	裙樓B3F完成澆置混凝土
	12	12	舉行鋼構工地進度會議
		19	裙樓2區第5階開挖
	2001	1	4
13			裙樓B4F完成澆置混凝土
2		3	裙樓2區筏基鋼筋開始綁紮
		8	裙樓3區第5階開挖
3		6	裙樓區SKY-LIGHT桁架開始吊裝
		27	裙樓土方開挖完成
4		30	複合樓版全尺寸試驗(3組)
5		6	裙樓FS版完成澆置混凝土
		-	裙樓TR6安裝
		-	塔樓第4階支撐開始拆除
6		2	塔樓B4F樓版完成澆置混凝土
		13	裙樓TR6上梁典禮
		15	塔樓第4階支撐拆除完成
		27	複合樓版全尺寸試驗3組(台科大)
8		11	08/11,現場輕質混凝土實體模型試驗
		11	911恐怖攻擊事件-美國紐約世貿大樓倒塌

## 第二章工程概述

日期			表2.4 工程大事記錄
年	月	日	
		13	裙樓3區4~5F帷幕牆開始安裝
	10	15	skylight-輕質混凝土第2次 MOCK UP 試驗
2002	1	18	塔樓柱內灌漿至20F
		29	塔樓B5F高架樓版澆置混凝土(南側)
	3	31	331地震 ,#2&#4塔吊掉落 , #1塔吊配重塊掉落( PM2:52 )
		1	台北市政府發出停工令予KTRT
	5	-	331大地震現場勘驗，331大地震清查報告整理
		14	塔樓23F以下獲准復工
	6	26	331-塔樓1F南側-樓版開始RC損害敲除作業
		29	331-裙樓6F-樓版開始RC損害敲除作業
	12	14	塔樓1F南側-樓版修護,澆置混凝土
		20	B2F~B5F第1次消防檢查完成
		-	POP開始檢查
	2003	1	15
2		28	裙樓6F-2區TR1火災
4		8	FSD檢驗完成
5		23	取得部分使用執照
7		2	塔樓上梁典禮
10		9	塔尖開始爬升完成
		17	塔尖微調典禮
		31	裙樓移交完成
11		14	裙樓101MALL開幕
		21	塔樓91F帷幕牆吊運構件掉落,101MALL停業1天,塔樓中午開始停工
		21	塔樓中午開始停工
12		10	台東成功地震規模6.6,台北2級
	26	塔樓復工	
	29	塔樓97F~101F,RC-slab回封	
2004	1	28	開始拆除施工電梯
	2	29	施工電梯拆除完成
	3	29	安裝拆除用之救援塔吊(370R)- 準備拆除最後一台塔吊
	4	-	拆除最後一台塔吊(B塔吊;4/15~25)
	5	4	安裝定肢型吊車(SDD 20/15)-- 準備拆除救援塔吊370R
		-	拆除救援塔吊370R(5/12~13)

## 第五節 結構系統概要

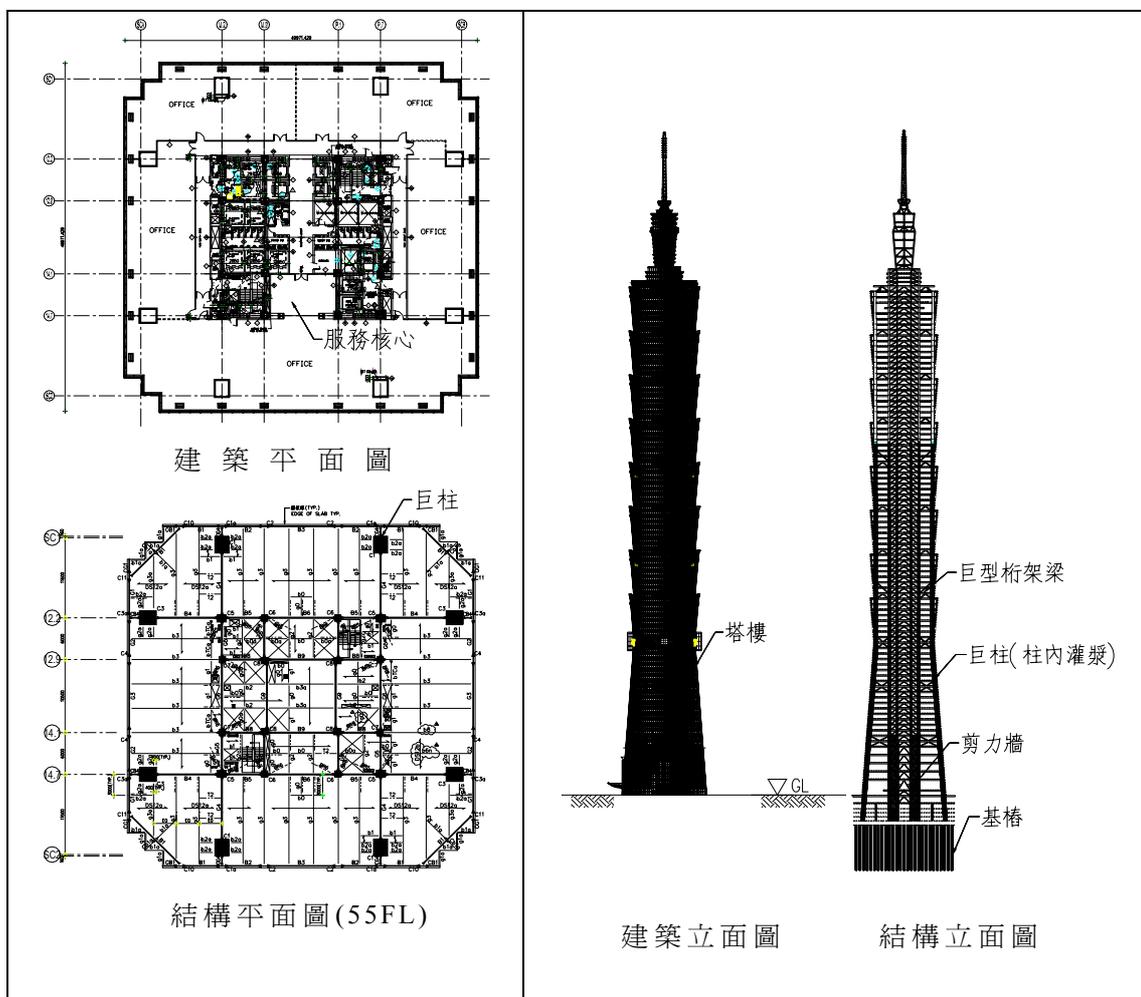
台北 101 大樓為一項由政府與民間企業首次攜手合作的大型 BOT 建築開發案，建築規模分為塔樓及裙樓，塔樓為地上 101 層、高度 508 公尺的超高層大樓，其主要規劃用途為金融機構辦公室；裙樓為地上六層的購物商場，地下室共五層並貫穿全基地，主要用途為商場及停車場。本工程之地上結構體包含一棟 101 層的塔樓及一棟 6 層的裙樓，二棟結構體於地上部份以伸縮縫完全斷開；地下室共有五層且塔、裙樓相連。地上層結構除了塔樓鋼柱大部分皆以高強度混凝土灌注之外，其餘為純鋼骨結構；另外 B1 層為 SRC 梁柱構造，B2 至 B4 層為 RC 無梁版構造，圖 2.3 為建築與結構之標準層平面及立面示意。

101 層塔樓的結構系統以井字形的巨型構架 (Mega Frame) 為主，巨型構架在每八層樓設置一或二層樓高之巨型桁架梁，並與巨型外柱及核心斜撐構架組成近似 11 層樓高的巨型結構 (Mega Structure)。塔樓的結構系統分為垂直力系統及側力系統，茲概述如下：

### 一、垂直力系統

混凝土直接承載於兼具模板及結構用途之鋼承板，並與鋼承板結合成複合樓版，剪力釘則將鋼梁及混凝土連結成合成梁 (Composite Beam)，荷重傳遞路徑則經由複合樓版、合成梁、柱及基礎。

圖 2.3：建築/結構標準層平面及立面示意圖



柱位之規劃簡單歸納為內柱與外柱，服務核心內共有 16 支箱形內柱，箱型內柱由 4 片鋼板經由電銲組合而成，中低層部份並以內灌混凝土增加勁度與強度；外柱則隨著樓層高度而有不同的配置，在 26 層以下均為與帷幕牆平行的斜柱，其每側各配置二支巨柱及二支次巨柱，其中巨柱及次巨柱皆為內灌混凝土之長方形鋼柱，另外每層配置 4 支雙斜角柱，角柱為內灌混凝土之方形鋼柱。而 26 層以上則在每側配置

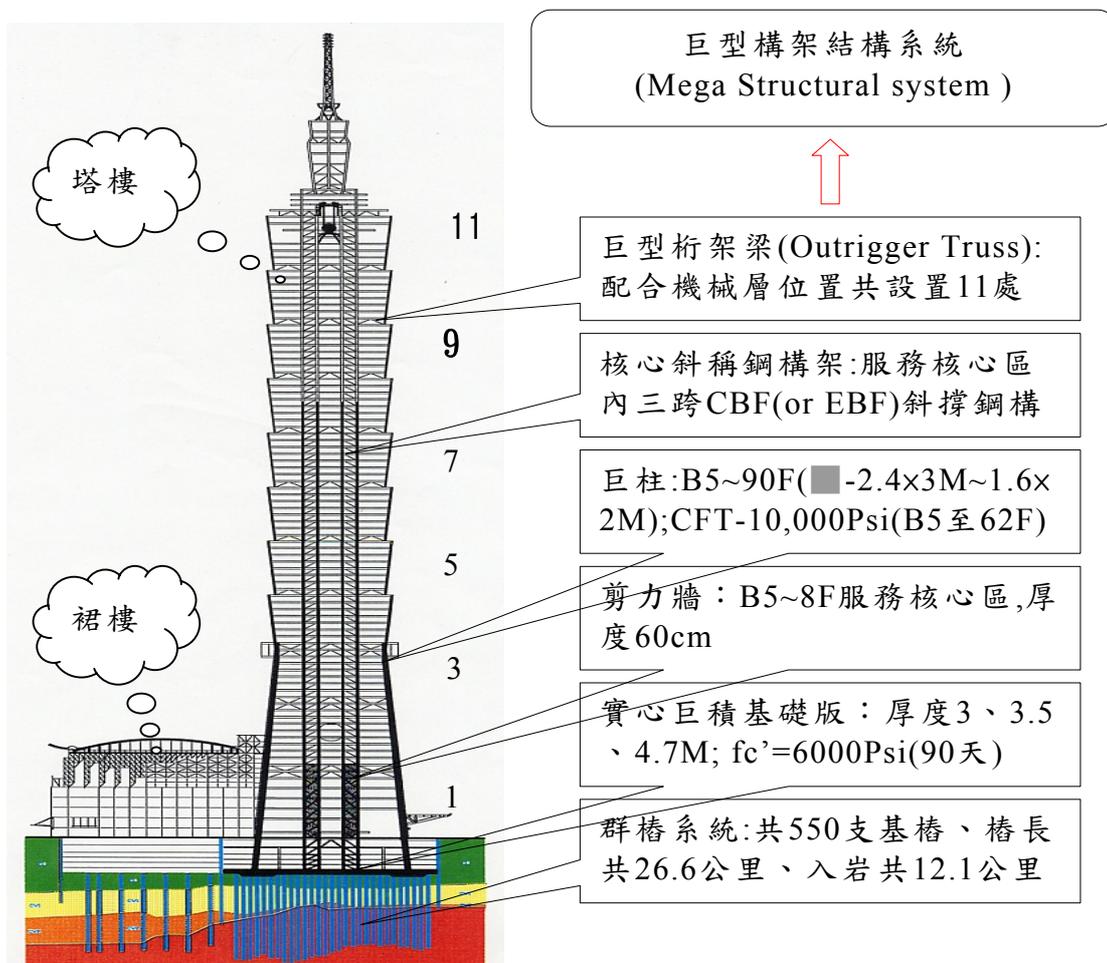
二支鉛直巨柱及 6 支 H 形斜柱，其中 H 形斜柱與外圍邊梁組成之構架配合每 8 層建築立面形成一獨立單元，並在建築"斗底"處經由巨型桁架梁傳遞垂直力予巨柱。另外因 91 層至 101 層樓地版面積明顯減小，每側則配置方形鋼柱並將載重直接傳遞至 91 層以下之服務核心鋼柱。

## 二、側力系統：

側力由服務核心內之斜撐構架、內外柱之間的巨型桁架梁、外柱及外圍平行帷幕牆面之抗彎矩構架共同承擔，其中巨柱、斜撐構架及巨型桁架梁提供主要的側向勁度。服務核心內的梁柱則大部份均以斜撐相連結以提供勁度，其中外側的正中間跨度設置一倒 V 形同心斜撐，邊跨則配置單一斜撐，另外部份邊跨的斜撐為了配合建築樓梯或電梯開門之需求而有些微偏心，另外在八樓以下，服務核心內之斜撐構架外則設計包覆 60 公分厚的 RC 剪力牆。服務核心與巨柱及次巨柱之間，則配合建築規劃之 11 處機械層設置巨型桁架梁。結構系統在設計過程以抗彎構架及同心斜撐構架組成之二元系統視之。

側力由服務核心內之斜撐構架、內外柱之間的巨型桁架梁、外柱及外圍平行帷幕牆面之抗彎矩構架共同承擔，其中巨柱、斜撐構架及巨型桁架梁提供主要的側向勁度。配合建築規劃之 11 處機械層則設置巨型桁架梁，其結構行為猶如一 11 層巨型構架結構系統，其主要結構系統規劃說明詳圖 2.4。

圖 2.4、巨型構架結構系統概述



## 第六節 『台北 101』 成長紀錄

從基礎施工至『台北 101』完成，本工程各階段性之施工紀錄相片如下：

台北 101 大樓結構工程施工監造紀錄



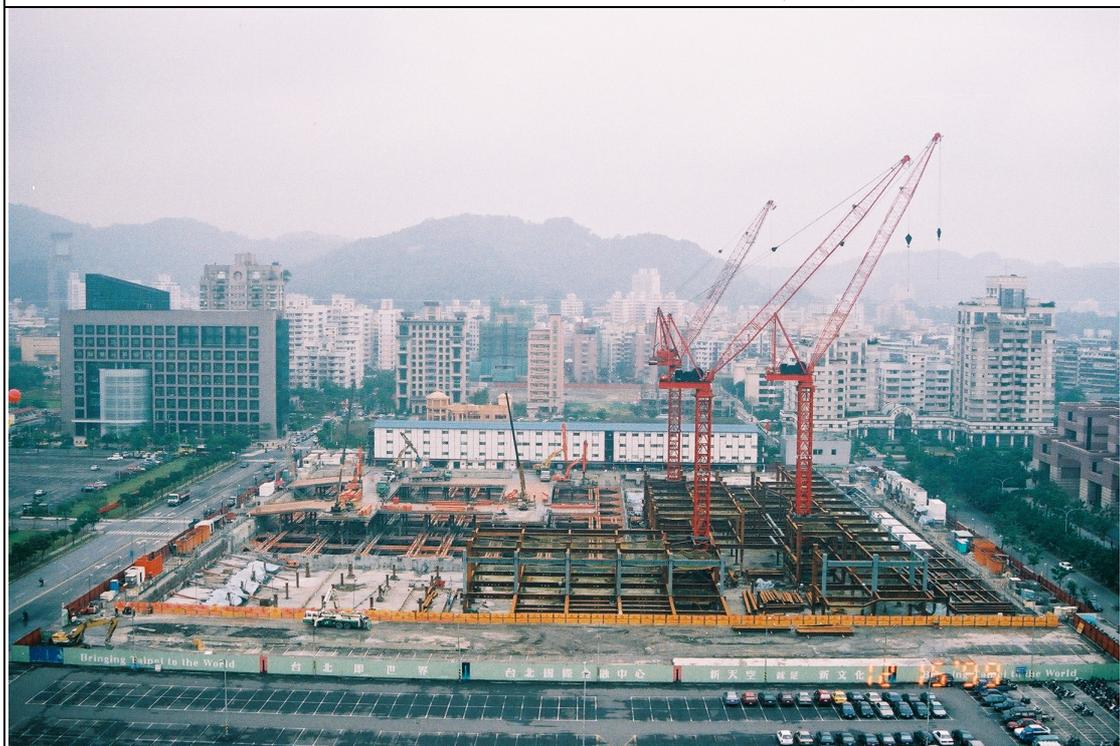
1998.05.13-連續壁工程沉殿池與鋪面整地施工



1998.08.03-連續壁工程施工



1999.10.15-塔樓第一階開挖及裙樓塔吊安裝施工



1999.12.15-塔樓深開挖、裙樓安裝第一節鋼結構

台北 101 大樓結構工程施工監造紀錄



2000.09.01-塔樓安裝塔吊完成、裙樓吊裝第二節鋼結構



2000.11.10-塔樓吊裝第一節鋼構、裙樓吊裝第三節鋼結構



2001.05.12-塔樓安裝第三節、裙樓吊裝屋頂桁架



2001.09.13-塔樓 17FL 完成、裙樓屋頂桁架完成

台北 101 大樓結構工程施工監造紀錄



2001.11.16-塔樓 36FL



2002.02.20-塔樓 52FL



2002.11.13-塔樓 63FL



2003.01.04-塔樓 74FL



2003.03.30-塔樓 87FL



2003.12.15-塔樓完成



2004.03.10

台北 101 大樓結構工程施工監造紀錄



2004.04.10



2004.04.20



2004.06.29

台北 101 大樓結構工程施工監造紀錄



## 第三章 結構材料與品質管控

### 第一節 結構材料設計需求

本工程主要結構材料設計規格、需求及強度說明如下：

#### 1、鋼筋

#6 以上(含#6):CNS 560 A2006 SD420W熱軋鋼筋， $F_y \geq 4200$  kgf/cm<sup>2</sup>；#5 以下(含#5)：CNS 560 SD280 熱軋鋼筋， $F_y \geq 2800$  kgf/cm<sup>2</sup>；鋼筋採用非水淬鋼筋。

#### 2、焊接鋼線網

CNS 6919 G3132 壓痕異型竹節鋼線網， $F_y \geq 4080$  kgf/cm<sup>2</sup>。

#### 3、混凝土

本工程混凝土構造特性之需求包含連續壁之水密性、塔樓基礎版之巨積混凝土、高強度及高流動性之柱內灌漿、地下室大面積混凝土澆置、剪力牆之自充填性、裙樓屋頂採光罩構架之泡沫輕質骨材混凝土、高樓層樓版之輸送施工性等等。為確保混凝土滿足構造需求、施工性、耐久性與品質之要求，施工前特別針對個別混凝土之需求訂定混凝土配比設計及施工特別條款如表 3.1，其中增訂之需求除了混凝土工作性需求外，亦增訂水泥量及乾縮應變之限制，而柱內灌漿部分亦增訂施工前之實體模型試驗以確保施工品質。

#### 4、鋼材：

鋼材規格設計需求如表 3.2。

#### 5、螺栓

(1).高強度螺栓：JIS B 1186 F10T， $F_u \geq 10200$  kgf/cm<sup>2</sup>。

(2).基礎螺栓：ASTM A449， $F_u \geq 4200 \text{ kgf/cm}^2$ 。

(3).假固定螺栓：ASTM A307， $F_u \geq 4200 \text{ kgf/cm}^2$ 。

**6、剪力釘：**

ASTM A108， $F_u \geq 4550 \text{ kgf/cm}^2$ 。

**7、鋼承板：**

ASTM A446 Grade D， $F_y \geq 3500 \text{ kgf/cm}^2$ ，雙面鍍鋅量 $\geq 275 \text{ g/m}^2$  (相當於ASTM A653 SS Grade 50 G90)。

**表 3.1 混凝土基本需求與特別需求**

基本需求			特別需求
範圍	齡期(天)	設計強度(Psi)	
主樓區之基礎	90	6,000	大底水泥用量 $\leq 250 \text{ kg/m}^3$ BF版水泥用量 $\leq 300 \text{ kg/m}^3$ 剪力牆具高流動性+ 乾縮應變 $\leq 450 \times 10^{-6} \text{ m/m}$ 或經驗證可避免 收縮裂縫為原則。
主樓區地下室、1F 之混凝土板、樑及 1F-8F 之剪力牆	28		
主樓區 BSF 樓版 及墊底 RC 版	28	4,000	依施工需求設計工作性 乾縮應變 $\leq 450 \times 10^{-6} \text{ m/m}$ 或經驗證可避免 收縮裂縫為原則。
裙樓區之基礎、地 下室及 1F 混凝土 板、樑			
二層(含)以上各 層樓版	28	4,000	需經泵送性能測試保證能輸送至高於各該 層的工作性。
主樓區箱形柱內灌 混凝土	90	10,000	具備高流動性 <sup>+</sup> ，經模型及mock-up test 驗 證填模效果(剪力隔板下氣泡量小於5%) 自體收縮 $\leq 300 \times 10^{-6} \text{ m/m}$ (90 天)
備註： +高流動性需求：拌和(含 60 分鐘)坍度 $250 \pm 20 \text{ mm}$ ；拌和(含 60 分鐘)坍流度 $600 \pm 100 \text{ mm}$ ； 不產生析離及泌水現象，並符合鋼筋間隙通過性試驗(U 形箱試驗)二級測試標準。 *未標示高流動性需求範圍，坍度應符合 $220 \pm 20 \text{ mm}$ ，斜坡道及 RC 樓梯可依需求調整工作性。			

表 3.2 鋼材規格

使用範圍	材質規格	鋼材強度規格			特殊規格說明
		降伏強度範圍	極限強度範圍	最高降伏比*	
主樓區	小梁	A572 Gr. 50	$f_y \geq 3520 \text{ kg/cm}^2$	$f_u \geq 4550 \text{ kg/cm}^2$	—
	大樑	SM570M (特別註明者除外)	$5200 \text{ kg/cm}^2 \geq f_y \geq 4200 \text{ kg/cm}^2$	$7300 \text{ kg/cm}^2 \geq f_u \geq 5800 \text{ kg/cm}^2$	0.85 (板厚 $\leq 40\text{mm}$ )
	斜撐				0.8(板厚 $> 40\text{mm}$ )
	H 柱				0.85
	箱型柱				0.85
箱型柱	SM570M				均需進行厚度方向斷面縮減率之試驗
裙樓區	小梁	A572 Gr. 50	$f_y \geq 3520 \text{ kg/cm}^2$	$f_u \geq 4550 \text{ kg/cm}^2$	—
	大樑	CNS 13812	12~40mm(含)	$6200 \text{ kg/cm}^2 \geq f_u \geq 5000 \text{ kg/cm}^2$	0.8
	斜撐	G3262	$4500 \text{ kg/cm}^2 \geq f_y \geq$		
	H 柱	SN490B	$3300 \text{ kg/cm}^2$ ;		
	箱型柱	CNS 13812 G3262 SN490C	$40 \sim 100\text{mm}$ (含) $4200 \text{ kg/cm}^2 \geq f_y \geq$ $3000 \text{ kg/cm}^2$		

備註:

- (1).柱內加勁板使用同柱鈹相同材質之鋼板；斜撐加勁板、梁之連接板使用與斜撐及梁之相同材質。
- (2).接合板之材質與接合構材之規格相同，兩種不同規格之材質使用接合板接合時，除非特別註明，得使用較低強度之材質。
- (3).所有槽形鋼、角鋼、格柵板、及樓梯鋼料使用 ASTM A36、或 CNS2473 G3039 SS400 之材質。

## 第二節 鋼筋

本工程之鋼筋材料之取樣試驗依據 CNS 560 A2006 之規定辦理，經選取部分物理試驗統計結果詳如表 3.3。其中 SD420W 之平均降伏強度( $F_y$ )為 4530 kgf/cm<sup>2</sup>、平均極限抗拉強度( $F_u$ )為 6840 kgf/cm<sup>2</sup>、平均極限抗拉強度與降伏強度之比值 1.51，此比值大於規範要求之 1.25 下限值。

表 3.3 鋼筋材料物理性質統計結果

供 應 商		東和						備註
材 質		SD28			SD42W			
物 理 性 質 符號(單位)		降伏點 $f_y$ (kg/mm <sup>2</sup> )	抗拉強度 $f_u$ (kg/mm <sup>2</sup> )	伸長率 (%)	降伏點 $f_y$ (kg/mm <sup>2</sup> )	抗拉強度 $f_u$ (kg/mm <sup>2</sup> )	伸長率 (%)	
規 範 要 求		≥28.0	≥49.0	≥14.0%	42~55	≥63.0	≥12.0%	
設 計 值		28.0	49.0	14.0%	42.0	63.0	12.0%	
實 際 抽 樣 試 驗 結 果	平 均 值	39.6	59.2	24.9%	45.3	68.4	18.9%	
	百 分 比	142%	121%	178%	108%	109%	157%	
	標 準 偏 差	2.8	3.5	0.031	8.3	12.4	0.062	
	變 異 係 數	7.1%	5.9%	12.4%	18.4%	18.2%	33.1%	
	取 樣 個 數	67			362			<b>429</b>
	代 表 噸 數	1,477			7,967			<b>9,444</b>
取 樣 結 果		均合格						

## 第三節 鋼板

### 一、 SM570M 高強度、韌性與施工性鋼板

鋼板材質之選擇為鋼結構工程規劃設計之基本要項，而其材質性能則直接影響結構設計需求與施工難易度，如同一般超高層建築，高強度鋼板之選用有其必要性，然而除了強度之外，韌性需求與施工性亦為結構工程師選用鋼板材質之重要考量。

使用於本工程塔樓之 SM570M(M:Modified) 鋼板為一針對 CNS 2947 G3057 SM570 材質作修訂之特殊規格，鋼板厚度最大為 80mm，圖 3.1 為本工程鋼板之標示樣式，表 3.4 為其修訂後規格與說明。其中主要之增訂特性為針對厚板與高強度鋼板之韌性與銲接施工性需求。韌性部分之修訂項目包含限制最高降伏強度、限制降伏比、厚度方向斷面縮減率與衝擊吸收能量等等；銲接施工性部分則包含限制碳當量及銲接冷裂敏感係數以有助於銲接之施作及較低之銲接前預熱溫度需求。另外為確保鋼板之品質，並增訂施作超音波檢測。

其他部分之鋼板材質選擇，裙樓鋼柱採用 SN490C、大樑為 SN490B，小梁則選用 ASTM A572 Gr.50 材質，整體工程之用鋼量約為 10 萬 7 千噸。

圖 3.1 SM570M 鋼板標示樣式

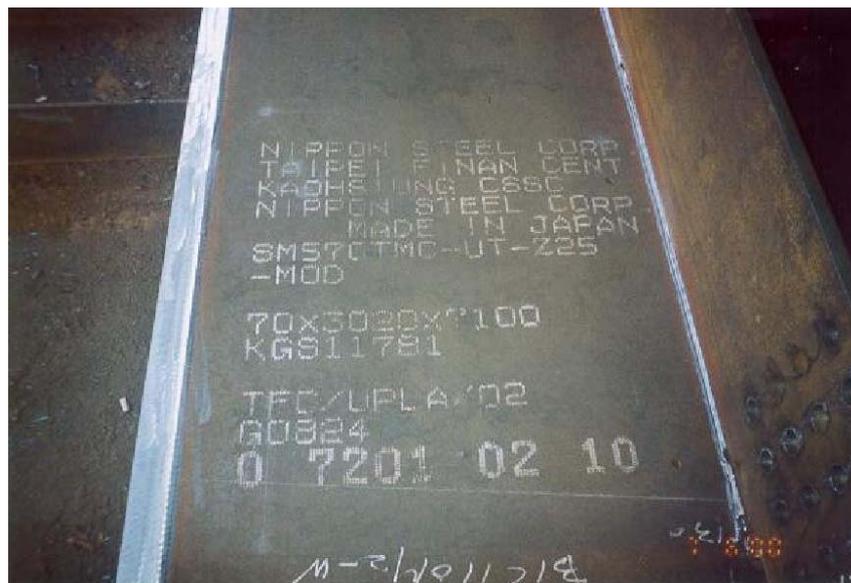


表 3.4 「SM570M 鋼板材質規格與說明」

項目	規 格	備 註
1.強度	1.1 降伏強度(Fy)： $4200 \leq Fy \leq 5200 \text{Kgf/cm}^2$ 1.2 極限強度(Fu)： $5800 \leq Fu \leq 7300 \text{Kgf/cm}^2$	1.1 增訂降伏強度上限
2.韌性	2.1 降伏比： 箱型柱、H 柱( $Fy/ Fu \leq 0.85$ ) 大樑、斜撐(鈹厚 $\leq 40\text{mm}$ , $Fy/ Fu \leq 0.85$ ) 大樑、斜撐(鈹厚 $> 40\text{mm}$ , $Fy/ Fu \leq 0.8$ ) 2.2 厚度方向斷面縮減率： 個別值 $\geq 15\%$ 、三個平均值 $\geq 25\%$ 2.3 軋延方向衝擊吸收能： 鈹厚 $\geq 12\text{mm}$ ，1/4 鈹厚位置 $\geq 47\text{J}(-5^\circ\text{C})$ 鈹厚 $\geq 50\text{mm}$ ，增定 1/2 鈹厚位置 $\geq 27\text{J}(-5^\circ\text{C})$	2.1 增訂降伏比上限  2.2 增訂斷面縮減率 (同 SN490C) 2.3 增訂 1/4 及 1/2 鈹 厚位置之衝擊吸 收能
3.其他	3.1 碳當量：鈹厚 $\leq 40\text{mm}$ ， $Ceq \leq 0.44\%$ ； 鈹厚 $> 40\text{mm}$ ， $Ceq \leq 0.46\%$ 3.2 冷裂敏感係數：鈹厚 $\leq 40\text{mm}$ ， $Pcm \leq 0.26$ ； 鈹厚 $> 40\text{mm}$ ， $Pcm \leq 0.29$ 3.3 超音波檢測：鈹厚 $\geq 13\text{mm}$ ，符合 JIS G0901Y 要求	3.1/3.2 增訂碳當量及 銲接冷裂敏感係 數上限 (同 SN490B) 3.3 增訂超音波檢測 要求

## 二、鋼板材質之品質統計結果

本工程之鋼板主要由中國鋼鐵公司及日本新日鐵公司供料，經統計實際採用鋼板之物化性統計分析結果詳如表 3.5~表 3.8。

表 3.5 為新日鐵公司供料之 SM570M 材質統計表、表 3.6 為中鋼公司供料之 SM570M 材質統計表、表 3.7 為 SN490C 之材質統計表、表 3.8 為 SN490B 之材質統計表，經統計結果顯示本工程之鋼鈹品質均勻與良好，而且各項機械性質、韌性需求及銲接施工性之要求均能滿足原設計需求。

表 3.5 SM570M 鋼板材質統計表-新日本製鐵

統計數量：218 筆

統計重量：2,396. 噸

供應商：新日本製鐵株式會社

項次	規範值	拉伸試驗				衝擊試驗		化性試驗														
		降伏強度	極限強度	伸長量	斷面縮率	降伏比	平均值 (T/4)	平均值 (T/2)	C	Mn	P	S	Si	Cu	Ni	Cr	Mo	Al	Ceq	Nb	Pcm	V
		N/mm <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )	N/mm <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )	%	%	%	J (-5°C)	J (-5°C)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
板厚: 40 ~ 50mm 規範值	>430 (>44)	570-720 (58-73)	>20	-	<85(柱) <80(樑)	>47	-	<18	<160	<35	<35	<55	-	-	-	-	-	<44	-	<28	-	
板厚: 40 ~ 50mm 試驗值	47	65	30	76	72%	305	296	10	135	11	2	25	1	2	2	0	-	34	2	18	-	
板厚: 50 ~ 75mm 規範值	>430 (>44)	570-720 (58-73)	>20	>25	<85(柱) <80(樑)	>47	>27	<18	<160	<35	<35	<55	-	-	-	-	-	<47	-	<30	-	
板厚: 50 ~ 75mm 試驗值	48	65	28	69	75%	312	270	10	145	10	2	25	1	1	2	0	-	36	2	19	-	
平均值	48	65	29	70	74%	291	253	10	145	10	2	26	1	2	2	0.2	-	36	2	19	-	
標準差	1.7	1.8	1.5	7.3	2%	53.9	70.3	0.4	8.5	2.0	0.5	0.5	0.0	0.5	0.1	0.4	-	1.5	0.5	0.7	-	
變異數	4%	3%	5%	10%	3%	19%	28%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
最大值	51	70	32	80	81%	406	423	11	155	15	2	26	1	2	3	1	-	38	3	20	-	
最小值	44	61	24	50	68%	29	106	9	133	6	0	24	1	1	2	0	-	33	2	17	-	

表 3.6 SM570M 鋼板材質統計表-中鋼結構

統計數量：404 筆

統計重量：2,298. 噸

供應商：中國鋼鐵(股)公司

項次	規範值	拉伸試驗				衝擊試驗		化性試驗														
		降伏強度	極限強度	伸長量	斷面縮率	降伏比	平均值 (T/4)	平均值 (T/2)	C	Mn	P	S	Si	Cu	Ni	Cr	Mo	Al	Ceq	Nb	Pcm	V
		N/mm <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )	N/mm <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )	%	%	%	J (-5°C)	J (-5°C)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
板厚: ~ 12mm 規範值	>460 (>47)	570-720 (58-73)	>19	-	<85	-	-	<18	<160	<35	<35	<55	-	-	-	-	-	<44	-	<28	-	
板厚: ~ 12mm 試驗值	484	613	30	-	79%	-	-	17	122	18	3	30	1	1	15	0	24	42	20	25	43	
板厚: 12 ~ 16mm 規範值	>460 (>47)	570-720 (58-73)	>19	-	<85	>47	-	<18	<160	<35	<35	<55	-	-	-	-	-	<44	-	<28	-	
板厚: 12 ~ 16mm 試驗值	466	599	34	-	78%	178	-	16	113	15	4	24	1	1	15	0	19	39	14	23	24	
板厚: 16 ~ 20mm 規範值	>450 (>46)	570-720 (58-73)	>26	-	<85	>47	-	<18	<160	<35	<35	<55	-	-	-	-	-	<44	-	<28	-	
板厚: 16 ~ 20mm 試驗值	480	609	38	-	79%	181	-	15	113	16	4	25	1	1	13	0	22	38	16	23	25	
板厚: 20 ~ 40mm 規範值	>450 (>46)	570-720 (58-73)	>20	-	<85	>47	-	<18	<160	<35	<35	<55	-	-	-	-	-	<44	-	<28	-	
板厚: 20 ~ 40mm 試驗值	465	595	27	-	78%	229	-	13	123	13	3	24	1	1	12	0	21	37	22	20	33	
板厚: 40 ~ 50mm 規範值	>430 (>44)	570-720 (58-73)	>20	-	<85(柱) <80(樑)	>47	-	<18	<160	<35	<35	<55	-	-	-	-	-	<44	-	<28	-	
板厚: 40 ~ 50mm 試驗值	456	591	29	38	77%	247	164	13	126	13	3	25	1	2	12	0	21	37	23	21	36	
板厚: 50 ~ 75mm 規範值	>430 (>44)	570-720 (58-73)	>20	>25	<85(柱) <80(樑)	>47	>27	<18	<160	<35	<35	<55	-	-	-	-	-	<47	-	<30	-	
板厚: 50 ~ 75mm 試驗值	457	583	31	58	78%	237	161	13	136	9	2	27	1	1	12	0	20	39	26	22	40	
平均值	465	598	29	55	78%	225	162	13	123	13	3	25	1	1	12	0.1	22	38	21	21	32	
標準差	16.5	15.3	4.4	8.0	2%	40.8	58.4	1.6	8.3	3.7	1.3	2.5	0.3	0.5	2.0	0.3	5.1	1.6	4.5	1.6	6.0	
變異數	4%	3%	15%	14%	3%	18%	36%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
最大值	509	652	45	71	85%	294	264	18	229	20	6	31	2	3	18	1	44	43	30	28	47	
最小值	425	473	20	33	71%	105	66	11	111	7	1	20	0	1	2	0	14	35	12	19	22	

表 3.7 SN490C 鋼板材質統計表-中鋼結構

統計數量：142 筆

統計重量：1,386. 噸

供應商：中國鋼鐵(股)公司

項次	規範值	拉伸試驗					衝擊值	化性試驗											
		降伏強度	極限強度	伸長量	斷面縮率	降伏比	平均值 (T/2)	C *100	Mn *100	P *1000	S *1000	Si *100	Ni *100	Cr *100	Mo *100	Al *1000	Ceq. *100	Pcm *100	V *1000
		N/mm <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )	N/mm <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )	%	%	%	J (0°C)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
板厚: 16~40mm 規範值	325-445	490-610	>21	-	<80	>27	<18	<160	<20	<8	<55	-	-	-	-	<44	<29	-	
平均值	353	533	28	66	66%	214	15	142	14	3	33	2	3	0.7	27	41	24	5	
標準差	20.7	11.6	1.1	6.2	4%	17.7	0.7	3.1	2.2	0.8	2.4	1.0	1.4	0.9	5.8	1.1	0.8	0.6	
變異數	6%	2%	4%	9%	5%	8%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
最大值	413	565	30	75	76%	255	17	148	18	5	37	5	7	3	46	43	26	6	
最小值	326	493	24	33	60%	158	14	130	10	1	28	1	2	0	18	39	23	4	

表 3.8 SN490B 鋼板材質統計表-中鋼結構

統計數量：83 筆

統計重量：682.17 噸

供應商：中國鋼鐵(股)公司

項次	規範值	拉伸試驗				衝擊試驗	化性試驗										
		降伏強度	極限強度	伸長量	降伏比	平均值 (T/4)	C *100	Mn *100	P *1000	S *1000	Si *100	Ni *100	Cr *100	Mo *100	Al *1000	Ceq. *100	V *1000
		N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%	%	J (0°C)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
板厚: 6~12mm 規範值	>325	490-610	>17	-	-	<18	<160	<30	<15	<55	-	-	-	-	44	-	
板厚: 6~12mm 試驗值	389	540	25	72%	-	16	138	16	6	33	1	5	1	15	42	2	
板厚: 12~16mm 規範值	325-445	490-610	>17	<80	>27	<20	<160	<30	<15	<55	-	-	-	-	44	-	
板厚: 12~16mm 試驗值	395	534	25	74%	175	15	136	17	5	33	2	4	1	25	40	4	
板厚: 16mm 規範值	325-445	490-610	>21	<80	>27	<20	<160	<30	<15	<55	-	-	-	-	44	-	
板厚: 16mm 試驗值	405	535	25	76%	191	15	136	15	6	33	2	3	0	27	40	4	
板厚: 16~40mm 規範值	325-445	490-610	>21	<80	>27	<20	<160	<30	<15	<55	-	-	-	-	44	-	
板厚: 16~40mm 試驗值	397	547	25	73%	199	15	142	16	5	34	2	3	0	24	41	5	
平均值	396	542	25	73%	196	15	141	16	6	34	2	3	1	24	41	4	
標準差	20.6	12.6	2.1	3%	31.9	0.7	5.2	2.9	1.6	1.4	0.5	2.6	0.5	6.3	1.0	0.9	
變異數	5%	2%	8%	5%	16%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
最大值	432	565	33	78%	247	16	153	21	9	36	3	14	1	36	44	6	
最小值	328	518	21	61%	138	13	133	11	1	31	1	2	0	11	39	2	

## 第四節 混凝土及配比設計

為了確保基本混凝土材料之配比、規格、乾縮量及性能皆能符合品質需求，本工程在設計階段及施工中以結合產、官、學界專家之模式，並配合構造特性及施工性等需求予以反覆試驗、討論及修正之作法，以確保鋼筋混凝土之施工品質及達到營建施工自動化之目標。其構造特性之需求如連續壁之水密性、塔樓基礎版之巨積混凝土、高強度、高流動性之柱內灌漿、地下室大面積混凝土澆置、剪力牆之自充填性、裙樓屋頂採光罩構架之泡沫輕質骨材混凝土、高樓層樓版之輸送施工性等等。因此本工程大部分所採用之混凝土均為兼具構造需求、施工性與耐久性之高性能混凝土。

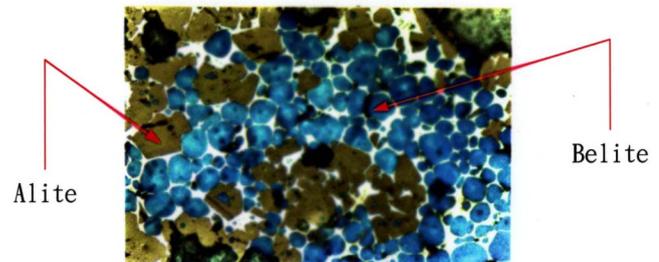
圖 3.2 高性能混凝土坍流度試驗



### 一、高性能水泥

(台灣水泥公司提供)本工程塔樓之基礎版為深度 3.0~4.7M 厚之巨積鋼筋混凝土實心版，設計強度為 6,000psi，另箱型鋼柱之柱內灌漿採 10,000psi 之高流動性混凝土，兩者均無拆模或早期強度之需求，其設計強度齡期規劃為 90 天，水泥則採用富貝萊特水泥 (Belite Rich Cement)，施工結果顯示其成效良好。

圖 3.3 富貝萊特水泥晶相圖



(資料提供:台灣水泥公司)

富貝萊特水泥為一以Belite礦物結晶作為主要成分之水泥，其C<sub>2</sub>S含量一般約為 40~70%，其特性為低水化熱、高流動性、高後期強度及高耐久性，因此又稱為高性能水泥。

1、選用考量:

- (1).柱內灌漿部分由箱型鋼柱包覆，無拆模之需求。
- (2).設計強度需求齡期規劃延長為 90 天，無早期強度之需求。
- (3).圓形 Belite 礦物結晶體，有益於柱內灌漿流動充填工作性，亦有助於減低超高樓部位灌漿配管之摩擦與流度損失。
- (4).符合巨柱內灌混凝土之低乾縮量及低水化熱設計需求。
- (5).考量高強度柱內灌漿之重要性與困難度，減低過多混合礦物摻料因為品質穩定性不佳問題而衍生之風險。

2、試驗結果:

- (1).矽酸二鈣(C<sub>2</sub>S)含量約為 55%，其含量為I型水泥之 2 倍。
- (2).設計齡期之自體收縮試驗結果約為 270~300×10<sup>-6</sup>m/m。
- (3).經實尺寸泵送試驗結果顯示其工作性與自充填性良好。

## 二、石灰石微粉末

石灰石微粉末為一以碳酸鈣(CaCO<sub>3</sub>)為主要成分之惰性材料，本工程在 10,000Psi柱內灌漿及 6,000Psi剪力牆配比中添加石灰石微粉末。

1、選用考量:

- (1).細骨材粒徑分佈狀況為影響混凝土泵送之重要因素，針對骨材篩分析結果酌量加入石灰石微粉末將有助於增加泵送工作性。
- (2).化學活性甚低，在考量不增加礦物摻料用量以滿足高樓泵送工作性之原則下，石灰石微粉末之添加將有助於流動性

與泵送工作性，此特性亦有助於減少化學摻料之單位用量。

- (3).提高自充填特性及降低含氣量。
- (4).有降低混凝土黏性之特性，將有助於泵送工作性。
- (5).可減低泌水率，將可改善鋼柱之柱內隔板下空隙量。

## 2、試驗結果:

- (1).石灰石微粉末比重 2.71，細度 4690g/cm<sup>2</sup>，碳酸鈣含量佔 95%。
- (2).石灰石微粉末是否會浮出造成鋼筋握裹強度之降低曾為疑慮之一，經進行鋼筋握裹力拉拔比對試驗，添加石灰石微粉末與否，其握裹強度無明顯差異。
- (3).經進行簡易之浮水量試驗，添加石灰石微粉末之浮水量約僅為未添加之一半。
- (4).實體泵送試驗比對，添加石灰石微粉末之柱內隔板下空隙量較未添加試體少。

## 三、10,000 Psi 高強度自充填混凝土

為考量巨型構架結構系統與整體施工進度之需求，巨柱型式之選擇由箱型鋼柱及柱內灌漿結合而成，柱內灌漿除了利用箱型鋼柱為既成的結構模板外，柱內混凝土亦提供整體結構勁度與強度需求。

柱內灌漿施工程序為由下往上壓送以達到確實的充填性，灌漿口則於柱內設置向上之導引管，每次灌漿之高度以一節鋼柱約 3 層樓為限，一次灌漿時間以不超過 1.5 小時為原則，施作前需確認供料足夠後才開始施作。為考量灌漿時對鋼柱產生之側壓力影響，除設置柱內加勁板及圍束鋼筋外，部分小鋼柱並設計拉桿予以圍束，另外為了減少柱外灌漿開孔之現場補強工作，灌漿口之補強以

廠內補強為主。

柱內灌漿為強度 10,000psi(700Kg/cm<sup>2</sup>)之高性能混凝土，為達到高流動性與充填性，新拌混凝土之工作性要求為 60±10 公分之高坍流度，且不得產生泌水與骨材析離，另外為了減少混凝土乾縮及增進耐久性之考量，設計齡期訂定為 90 天，並限制混凝土自體收縮量，以達到低水量、低水泥量、低乾縮量及高耐久性之設計需求，施工前則規劃施作兩次實尺寸模擬泵送試驗以確認施作品質與施工可行性。

實際施工採用之配比詳表 3.9 所示，施工至今其坍流度約 65~70 公分，設計齡期之強度約 12,000psi，並有持續上升之趨勢。高性能混凝土配比之管控，以各料源之品質穩定性及管控為重，施工中以定期抽樣並進行料源之品質統計分析以確保施工品質。

表 3.9、自充填混凝土配比表

設計 強度  (齡期)	使用位置 / 使用量  (m <sup>3</sup> )	粗骨 材最 大粒 徑  (in)	坍 度  (cm)	坍 流 度  (cm)	單位用量 (kg/m <sup>3</sup> )											抗壓 強度  psi
					水  W	水膠比  W/(C+F)	膠結材料				石灰 石微 粉末 LS	細骨 材 S	粗骨 材 G	摻料 HP		
							水泥 C	Type	爐石 F1	飛灰 F2					矽灰 F3	
4,000 psi (28天)	2FL(含) 以上樓板 / 30,700	1/2"	25±2	60±10	175	0.398	220	I	120	100	-	-	900	846	4.80	6,564
					175	0.365	240	I	140	100	-	-	796	879	5.00	7,286
6,000 psi (90天)	基礎版 / 28,100	3/4"	25±2	60±10	155	0.397	210	II	100	80	-	-	1,006	844	3.60	9,479
		1"	25±2	60±10	155	0.390	207	II	95	95	-	-	877	954	4.00	8,729
6,000 psi (28天)	剪力牆 / 3,600	1/2"	25±2	60±10	155	0.397	250	I	90	50	-	100	993	768	5.07	6,979
10,000 psi (90天)	柱內灌漿 / 23,900	1/2"	25±2	60±10	160	0.308	340	Belite -Rich	150	-	30	-	957	760	6.24	11,957
					155	0.310	340	Belite -Rich	130	-	30	80	920	772	7.25	11,757

#### 四、自充填混凝土配比設計

歷經反覆之檢討與試驗，本工程選用自充填混凝土之結構部位為 10,000Psi 箱型鋼柱柱內灌漿、塔樓巨積實心基礎版、剪力牆以及高層樓板等等，其採用配比詳表 3.9，本工程實際使用配比設計之特性如下說明：

##### 1、低用水量:

單位用水量為 155~175kg/M<sup>3</sup>之低用水量配比設計。

##### 2、低水泥量與水泥型別選用:

採用低水泥量配比設計，塔樓巨積實心基礎版依其特性採用 II 型水泥，10,000Psi 柱內灌漿則採用富貝萊特水泥。

##### 3、礦物摻料:

礦物摻料選用爐石粉、飛灰及矽灰，其替代水泥量百分比約為 30~50%。

##### 4、粗、細骨材:

粗骨材最大粒徑主要設計採用 1/2” ，塔樓基礎版為巨積混凝土並且無緊密鋼筋間距配置問題，其粗骨材最大粒徑採用 3/4” 及 1” ，剪力牆及柱內灌漿部分予以添加使用石灰石微粉末。

##### 5、化學摻料:

化學摻料均採用符合 CNS 12833 A2245 流動化混凝土用化學摻料第 II 型塑化劑，其減水率最少 18%以上。

##### 6、高流動性與自充填性配比設計:

採用高流動性之工作性配比設計以達成免搗實與自充填之施工特性與良好施工品質。

##### 7、抗壓強度:

經統計各級混凝土設計齡期抗壓強度約為設計需求之 120%~180%，其中 6,000Psi 基礎版及 10,000Psi 柱內灌漿之強度發展曲線詳圖 3.4，由該曲線得知其晚期強度仍持續發展增加。

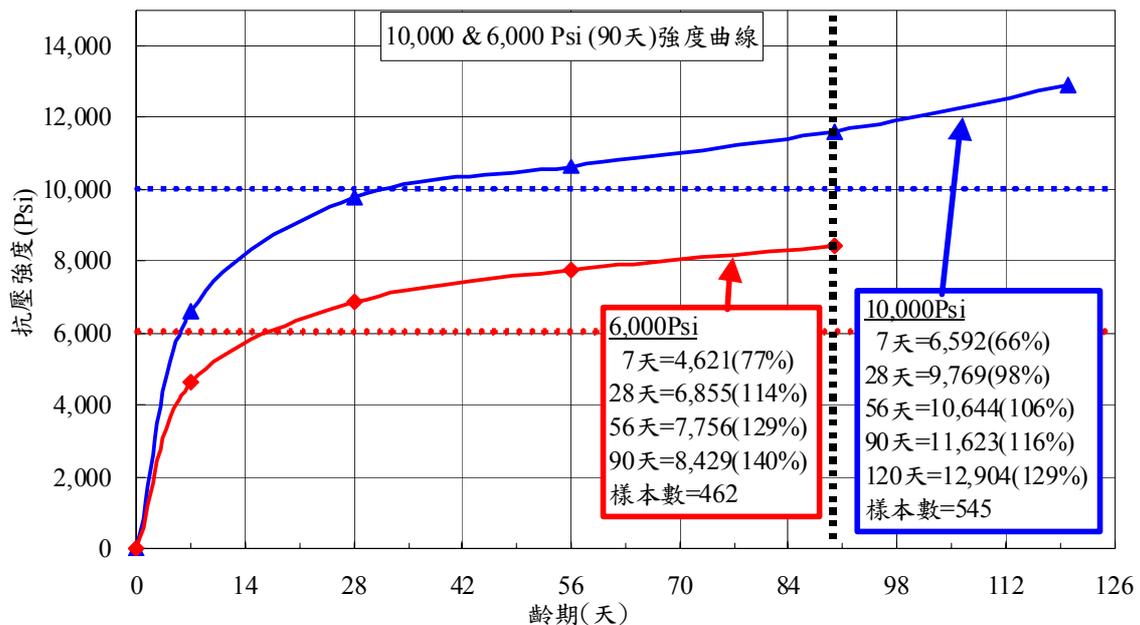
#### 8、乾縮試驗結果:

乾縮試驗依據ASTM C157 規範進行乾燥收縮量量測，其試驗條件為 23°C 室溫下以 75%相對溼度下進行養護，其設計齡期之乾縮試驗結果約為  $380\sim440\times 10^{-6}\text{m/m}$ 。

#### 9、營建施工自動化之目標:

整體配比設計採用低水量、低水泥量、低乾縮量、高流動性、自充填性、高品質及高耐久性之原則，以達成營建施工自動化之目標。

圖 3.4、6,000 與 10,000Psi 抗壓強度統計曲線



## 第五節 新拌混凝土工作性試驗與混凝土核定流程

### 一、圓筒貫入試驗：

本工程採用圓筒貫入試驗作為新拌混凝土之材料析離抵抗性檢驗，其特性為配備簡單及攜帶便利，且可迅速判定材料之析離抵抗狀態，圖 3.5 及圖 3.6 為圓筒貫入試驗器尺寸與量測相片。

#### 1、試驗順序：

- (1).裝入混凝土於 5L 之塑膠筒內。
- (2).3 秒鐘時間將圓筒貫入試驗器貫入至管顎位置。
- (3).保持 10 秒鐘後迅速拔出並讀取流入漿量。

#### 2、試驗結果判定：

- (1).流入漿量在 20~40mm 範圍將可確保其良好析離抵抗性。
- (2).流入漿量在未滿 20mm 時，顯示其黏性偏高且充填性不良。
- (3).流入漿量在超過 40mm 時，顯示混凝土趨於析離狀態。

圖 3.5、圓筒貫入器尺寸

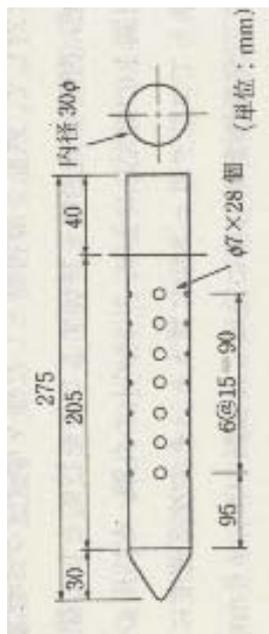


圖 3.6、圓筒貫入試驗量測



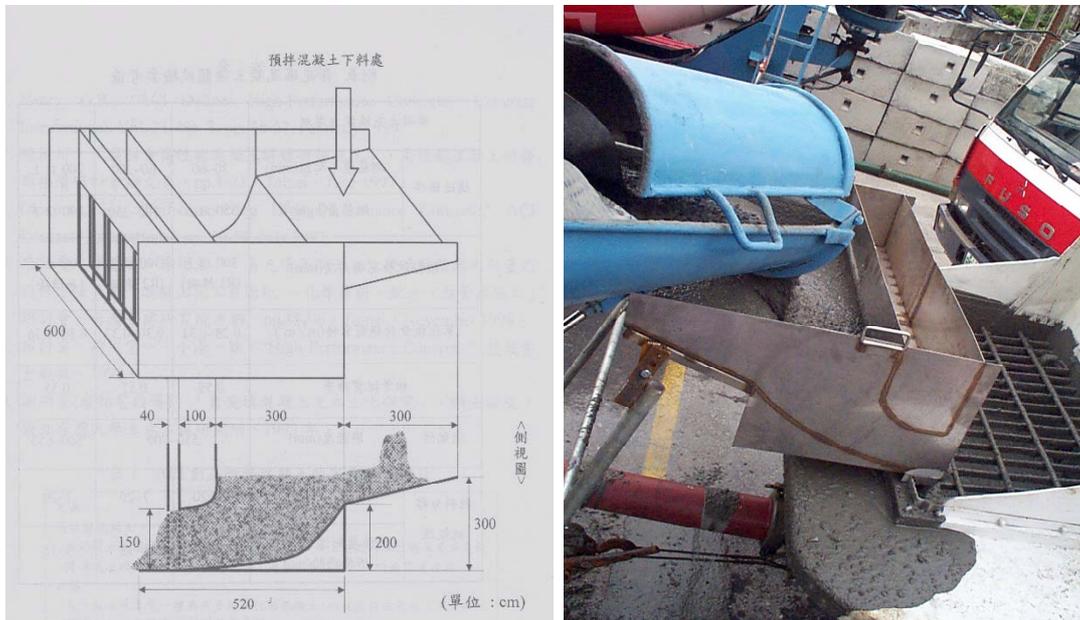
## 二、混凝土全量通過試驗：

混凝土全量通過試驗為用以查核運抵工地之混凝土充填能力，混凝土通過此裝置後流入泵送車即可驗證確保其自充填性能。圖 3.7 及圖 3.8 為混凝土全量通過試驗裝置尺寸與相片。本工程柱內灌漿部分於初期採用此裝置進行施工，惟量產穩定後則予以取消此裝置試驗。

### 1、適用性檢討與施工考量：

- (1).此裝置高出泵送車 30 公分，需設置斜坡引道予預拌混凝土車倒車進入，因本工程塔樓採雙順打工法，混凝土澆置有甚長時間須於設置於臨時施工構台上，而施工構台之動線及安全性不良。
- (2).前緣下料處深度淺，預拌車無法持續大量傾卸供料，巨柱柱內灌漿因尺寸大，且限制單支於 1.5 小時內完成，其泵送速率需求大，裝置此試驗將不敷施工需求。
- (3).黏性較高之混凝土，其流動速率緩慢，泵送速率減小。
- (4).障礙鋼筋隨時間持續附著混凝土漿，通過間距變小。
- (5).供料速率慢時，泵送車打設將斷斷續續，對超高樓泵送性不利。
- (6).柱內灌漿之構造設計並無鋼筋配置過密狀況。
- (7).綜合考量下，在混凝土量產穩定後予以取消此試驗，並改以坍流度試驗取代。

圖 3.7、全量通過試驗裝置與尺寸圖 3.8、全量通過試驗施工相片



### 三、新拌混凝土工作性試驗與比較：

本工程曾針對坍度、坍流度、U 型箱及圓筒貫入器等等新拌混凝土工作性試驗進行量測比較，其統計結果詳圖 3.9 所示，其統計觀察結果並回饋修正後續之量產檢驗標準，以符合實際施工所需。

#### 1、坍度試驗：

- (1).試驗結果範圍為 26~28.5 公分。
- (2).平均值為 27 公分、標準偏差為 0.6 公分、變異係數為 2.2%。
- (3).坍度試驗並非設定為判定流動工作性之基準。
- (4).與其他試驗比較，其變異係數小顯示其工作性判定敏感度偏低。
- (5).後續仍持續進行量測，惟取消坍度上限值限制，且只作為骨材析離程度之參考判定。

#### 2、坍流度試驗：

- (1).試驗結果範圍為 53~72 公分。

(2).平均值為 63.9 公分、標準偏差為 5 公分、變異係數為 7.8%。

(3).實際觀察大於 70 公分之坍流度下，混凝土之析離及泌水程度並無不良狀況。

(4).修訂後續坍流度標準為  $65\pm 10$  公分。

3、U 型箱試驗：

(1).試驗結果範圍為 32~38 公分。

(2).平均值為 36.5 公分、標準偏差為 1.7 公分、變異係數為 4.7%。

(3).修訂取消後續量產階段之驗證。

4、圓筒貫入器試驗：

(1).試驗結果範圍為 23~42 公分。

(2).平均值為 31.2 公分、標準偏差為 5 公分、變異係數為 16%。

(3).其檢驗之變異性較大。

(4).後續仍持續使用之,惟作為判別之參考值。

**四、混凝土檢驗試驗流程與品管事項：**

本工程之整體混凝土核定流程與品管檢驗試驗項目詳圖 3.10。

混凝土之核定與檢驗試驗流程主要包含如下：

- 1、廠商資格審查。
- 2、驗廠及料源訪視。
- 3、配比計劃。
- 4、試拌及廠拌。
- 5、廠內新拌混凝土量產品質檢驗。
- 6、工地新拌混凝土取樣試驗。
- 7、試驗室混凝土試驗。
- 8、定期品質管制分析與回饋。

圖 3.9、新拌混凝土工作性檢驗統計比較  
(坍度/坍流度/U 型/貫入錐)

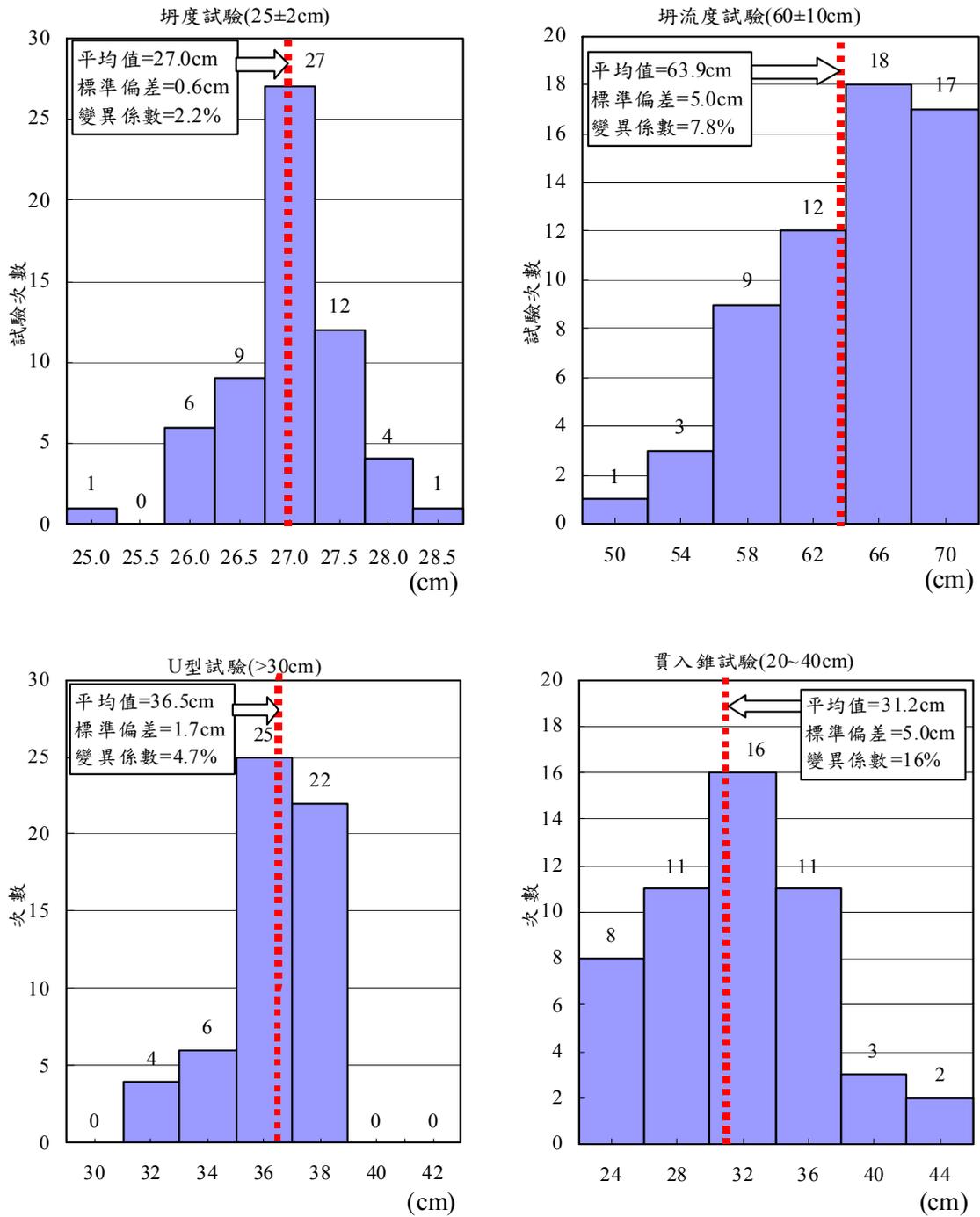
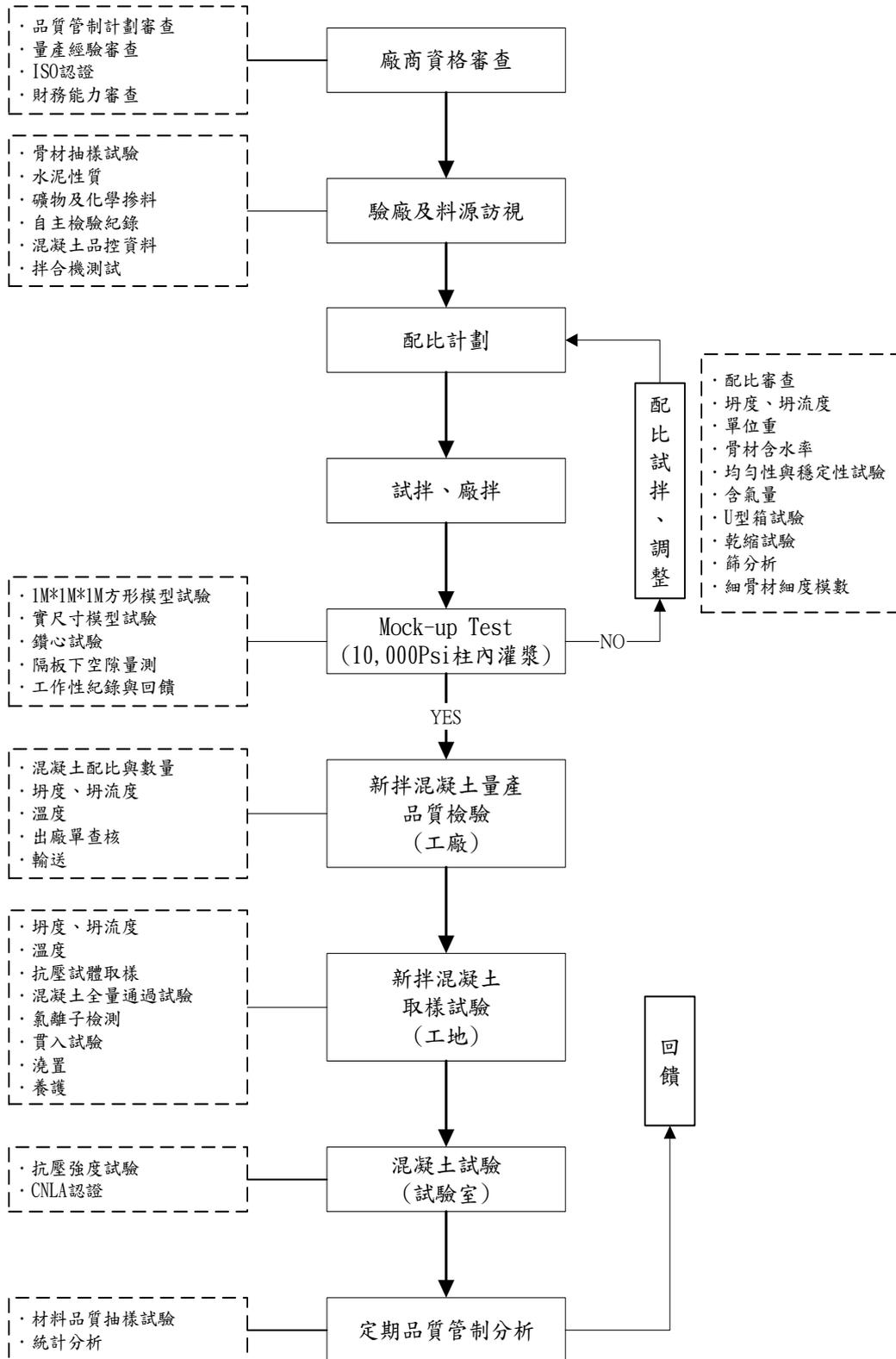


圖 3.10、混凝土核定流程與品管檢驗試驗項目



## 第四章 基礎工程

### 第一節 試樁工程

試樁工程依施作時程分為前期試樁及驗證試樁，前期試樁之目的在於求得基樁設計所需之土壤及岩盤摩擦力、承载力與彈性模數，並據以反應於基樁設計中。前期試樁之規劃試驗荷重為基樁之理論極限載重或破壞值，以達到基樁經濟性設計之試樁目的。又因基樁較長且入岩甚長之設計需求，基樁工法之適用性、工率、施作品質等等，亦為前期試樁評估與檢討之項目。

前期試樁共施作 8 組基樁靜載重試驗，基樁施工工法分為全套管與反循環工法，部分反力錨樁規劃於永久結構樁位，以降低營建成本。為了達到實際極限荷重及經濟性設計之考量，試驗反力設備均以理論基樁極限荷重之 1.25 倍施作，試驗過程則視荷重及沉陷曲線決定是否持續加載至破壞。試驗結果顯示，壓力試樁最大之實際承載荷重為 4,100 噸，拉拔試樁最大為 2,200 噸。

為驗證基樁施工品質符合設計承载力需求，因此規劃施工中與基樁完工後之驗證試樁，其試驗荷重為容許設計承载力的 1.5 倍。驗證試樁共施作 11 組基樁載重試驗，其中 5 組為靜載重試驗，6 組為靜動(Statnamic)載重試驗。其中為瞭解基樁實際受力行為，並於開挖完成後之地下 21M 處施作 2 組靜動載重試驗。

靜動試樁為一結合靜載重與動力載重試驗之試樁方法，圖 4.1 為配置示意圖，其原理係利用燃燒氣室所產生之壓力使反力配重塊昇高，並同時產生一反力向下加載於試驗樁使之產生位移，再利用

荷重計與快速資料擷取系統紀錄樁頂之荷重與位移曲線。本工程之靜動試樁荷重規劃最大約為 2000 噸，相較於靜力試樁，靜動試樁有試驗快速、節省反力錨樁、較無偏心荷重、可適用斜樁等等優點。

圖 4.2 為靜載重試驗施工相片，其錨樁採用四支，反力鋼樑共三支工字型配置，荷重計採用 8 顆 500 噸之油壓千斤頂施作，圖 4.3 為靜動試驗施工相片。

圖 4.1 靜動試樁系統配置示意圖

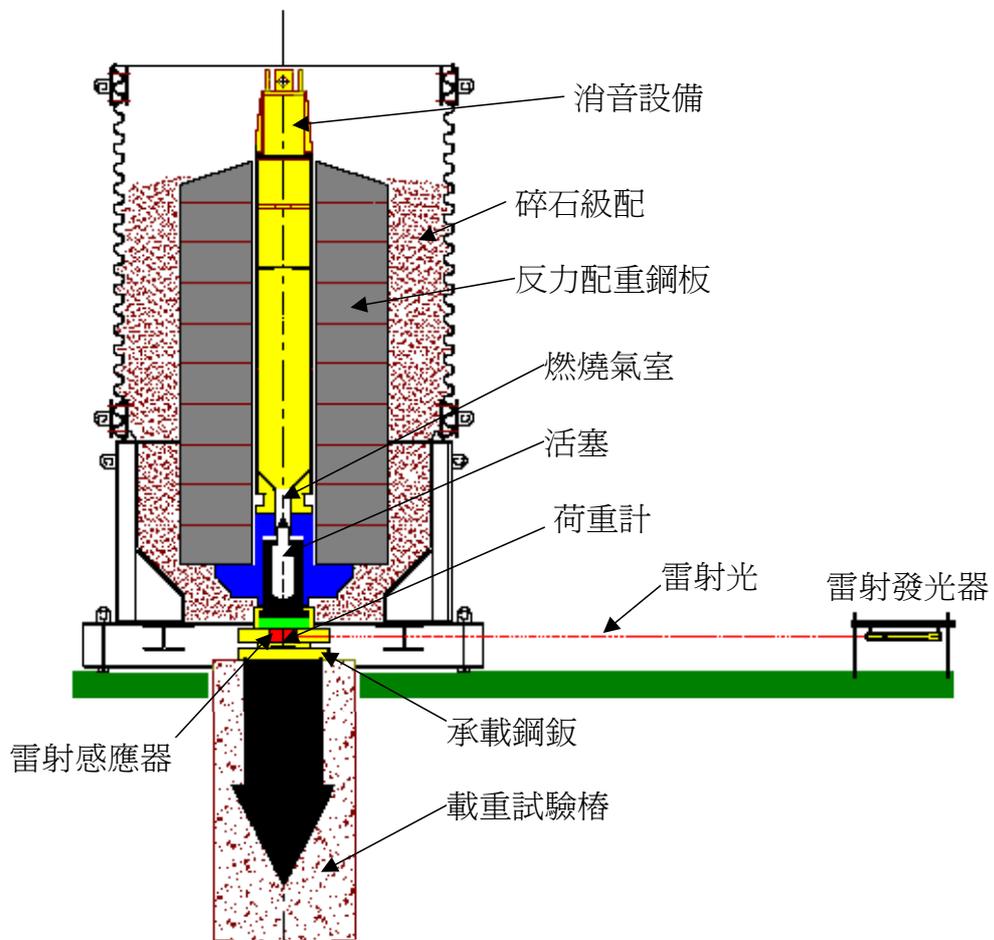


圖 4.2 基樁靜載重試驗



圖 4.3 基樁靜動載重試驗



## 第二節 連續壁工程

### 一、連續壁工程概要

地下室外牆之構築採用國內常用 MHL 工法之地下連續壁，其用途兼具開挖之臨時擋土壁、及地下室之永久結構外牆。工程概要如下：

- (1).連續壁總長度：1029 M。
- (2).連續壁總面積：43262 M<sup>2</sup>。
  - A. 連續壁及壁樁厚度：120 cm。
  - B. 內扶壁厚度：90 cm。
  - C.連續壁深度：分為 55M、45M、42M、36M。
  - D.連續壁單元數：210 單元。

### 二、施工規劃與配置考量

連續壁之設計與規劃，除了考慮開挖臨時擋土之施工安全外，整體施工進度之配合、開挖工法與程序、承载力之需求、地質條件、尺寸效應等等亦為規劃考量項目。

圖 4.4 為全區連續壁配置及用途示意圖，外圍連續壁及壁樁厚度採 120cm，因基地寬廣且地層深度變化不均，為經濟性考量，其施作長度及形式共分 4 種。

為配合塔、裙樓之整體施工進度規劃及不同深開挖工法之需求，塔、裙樓間自 B1FL 以下規劃一施工介面地中壁，該地中壁之設置除了作為施工介面及平衡不均勻側壓之外，並得以限制塔樓之臨時安全支撐長度約為 100M 以下，以避免安全支撐過長而造成預力損失與支撐效果減低。

另外為了貫通塔、裙樓之地下室車道出入動線，地下室施工完

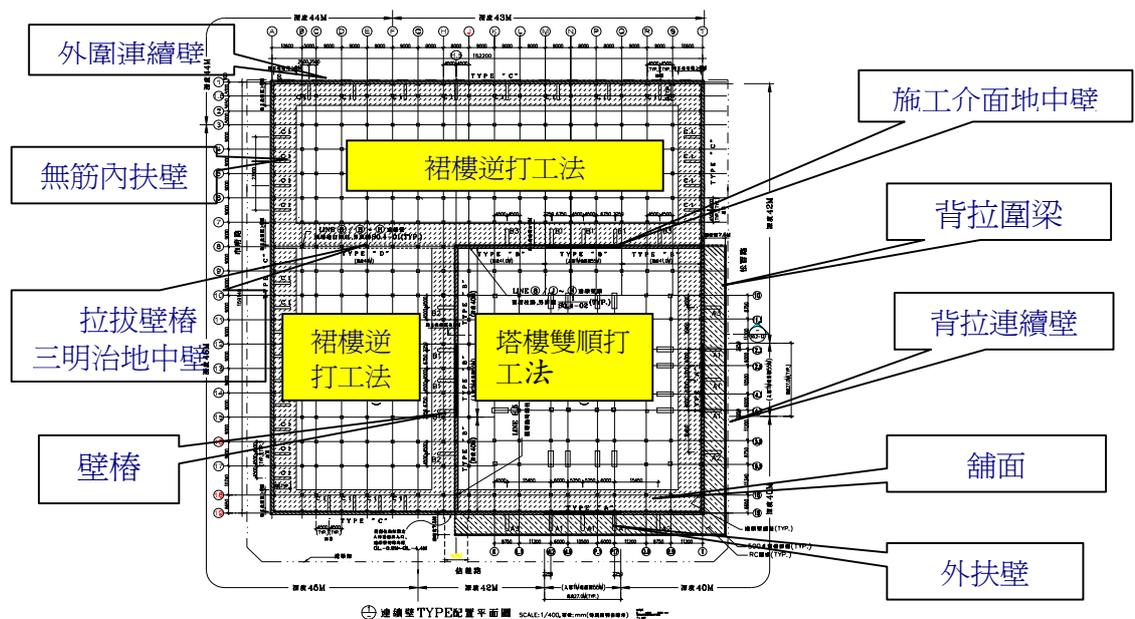
成後則視建築需要開口位置予以敲除。

為減少深開挖造成之連續壁側向變位與地表沉陷，裙樓規劃設置無筋之低強度混凝土內扶壁，內扶壁與外圍連續壁之接合採 T 形連續接頭並設置剪力摩擦鋼筋以增強接合效果。

考量西側鄰房、大尺寸開挖影響及平衡塔、裙樓側壓變位，於軸線處設置了一道兼具壁樁與地中壁用途之連續壁，為考量開挖施工之敲除工作性，其最終開挖面以上配合逐次開挖深度採回填碎石級配與低強度混凝土互層之三明治式作法。

塔樓區採雙順打構築，每側規劃五道有筋外扶壁，其用途作為減少側向變位與增加勁度、兼具壁樁及平衡施工介面不均勻側壓等等，另外為了避免第一階開挖深度過深造成塔樓後續開挖對壁體變位過大，於連續壁外側施作 60cm 背拉連續壁替代一層水平支撐。

圖 4.4 連續壁配置平面示意圖



### 三、單元分割

本工程之連續壁之單元分割，其標準公單元規劃長度為 5.5M~7M，標準母單元規劃長度為 3M 及 3.6M，圖 4.5 為連續壁與內、外扶壁之單元分割，為配合 T 型連續接頭之需求，於扶壁處均設置為公單元(例如 A27 單元)。圖 4.6 為地中壁三向角隅接合處之單元分割，地中壁採用轉角連續之公單元(B22 單元)，逆打鋼柱處需埋設於連續壁，因此亦規劃為公單元(D17 單元)，接近角隅處則配合單元長度之需求設置一較短母單元(D16 單元)。

圖 4.5 連續壁與扶壁之單元分割

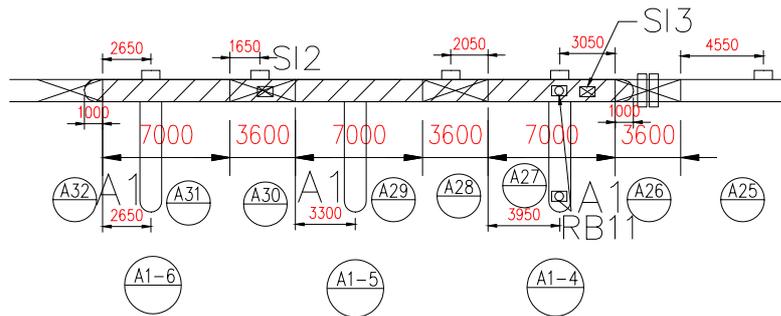
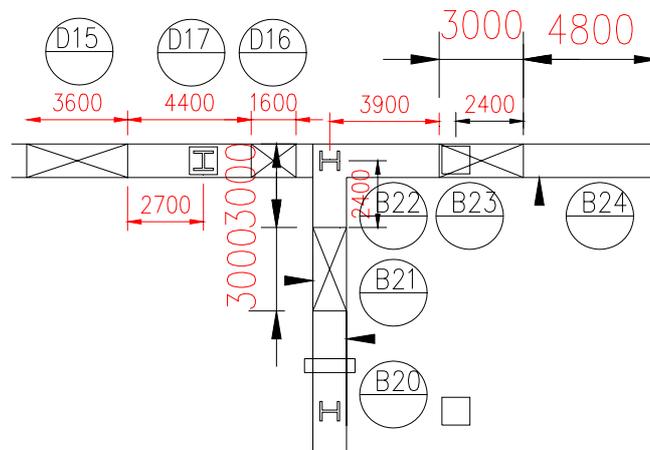


圖 4.6 連續壁與扶壁之單元分割



#### 四、沉泥處理：

連續壁之沉泥處理程序說明如下：

- (1).每單元完成挖掘時，必須確實依據接頭型式清理單元接頭，每個接頭清理時必須通知監造單位認可。
- (2).槽溝挖掘完成後於鋼筋籠吊放前至少靜置 30 分鐘以上。
- (3).檢定槽溝內之穩定液情形，以深水取樣器取樣，做 PH 值及含砂量檢測，若不合格穩定液需再重新調置。
- (4).用特密管及高壓空氣幫浦(AIR-LIFT)反循環吸泵抽取底部之泥屑及沉泥，完成後始可放置鋼筋籠。
- (3).本工程連續壁於鋼筋籠吊放完成，混凝土澆灌前需再次施作(AIR-LIFT)之沉泥厚度不得大於 10 公分。

#### 五、T 型連續扶壁

為減少深開挖造成之連續壁側向變位與地表沉陷，裙樓規劃設置無筋之低強度混凝土內扶壁，內扶壁與外圍連續壁之接合採 T 形連續接頭並設置剪力摩擦鋼筋以增強接合效果。

由於是連續性 T 型接合，改良了傳統工法分開施作造成間隔或未接觸之缺點，而 T 型單元之挖掘，為避免開挖中造成角隅軟弱土壤坍方，開挖前於頂部施作高壓固結灌漿。

連續壁與扶壁採用不同強度混凝土，其介面以薄鋼板隔開，灌漿施工時則同時施作，並且控制連續壁部位之灌漿深度高於扶壁以避免劣質混凝土進入外側連續壁中。經開挖階段及監測結果驗證，T 型扶壁之效果相當良好。

## 六、監造檢驗重點

(1).施工精度要求：對於連續壁位置、垂直度及厚度必須確保其施工精度為原則，施工容許誤差如下：

A.連續壁溝槽深：公單元： $+50\text{cm}$ ， $-0.00\text{m}$ 、母單元： $+100\text{cm}$ ， $-0.00\text{m}$ 。

B.垂直度：最大偏差斜率小於  $1/300$ ，且小於 5 公分取小者。  
壁體中心線： $\pm 2.5$  公分。

C.鋼筋籠高程： $\pm 3.0$  公分。(垂直方向)

D.鋼筋籠位置： $\pm 5.0$  公分。(水平方向)

E.鋼筋保護層：8 公分。

F.壁體斷面：在全長內均不得小於設計斷面。

(2).連續壁需入岩時：

連續壁特別指定入岩之承載層時，其承載層之確認，承包商於挖掘至該承載層時，應將該土層樣品留存，經監造單位之判岩認可。

(3).超音波壁體檢測

A.每單元連續壁均須做超音波檢測。

B.母單元於靠近端板處做兩條；除了了解垂直度外，同時了解混凝土澆置時是否有可能漏漿。

C.公單元做一條，了解垂直度；另外於混凝土澆置完後抽驗檢測兩側端板是否有嚴重變形。

D.超音波測定儀器性能必須良好。超音波測試時應先確實定心及定位，承包人應將測試記錄送交業主及監造人工地工程師存查。

(4).鋼筋籠之組立及吊放

- A. 因本工程壁體深度較深，承包商為減少鋼筋搭接，由原本 3 段鋼筋籠，變更為 2 段鋼筋籠，以減少鋼筋籠重量、及減少吊放時程，但部分鋼筋需於現場施作電腦控制自動瓦斯壓接，此部份並施作 100%非破壞超音波檢測。
  - B. 鋼筋籠製作應銲接牢靠，以防止鋼筋籠於保管、搬運和吊裝時變形及保持澆置混凝土時主副鋼筋之正確位置。
  - C. 鋼筋籠組立時應以水平支撐筋、水平斜撐筋及垂直斜撐筋和水平筋電焊構成堅固的空間桁架，確確實實的焊牢。電焊時不得焊蝕損傷到主筋。
  - D. 鋼筋籠外側應墊以條形鋼護耳(SPACER)，每 3m(上下間距)一條，以免鋼筋與孔壁接觸，並於母單元裝置帆布。
  - E. 吊裝時不得有變形、彎曲及節點鬆脫情況發生，鋼筋應搭接於應力最小處，且須繪施工圖，經業主及監造人工地工程師之核可。
  - F. 槽溝挖掘完成鑽孔且孔底處理完成後，將預先紮好之鋼筋籠吊入孔內，應注意儘量吊直緩慢放下，避免碰損孔壁並保持鋼筋籠置於正確位置。
  - G. 如吊放至中途發現鋼筋籠無法放入時不得強行壓入，應隨即吊起並查明原因修正後再行施工。
  - H. 鋼筋籠如有變形，亦應即刻吊起以修正後再行放入。
- (5).澆置混凝土：
- A. 各組特密管應平均搗灌，維持大約相等之混凝土量，混凝土面的高差在 50cm 以內。
  - B. 特密管底部應保持埋入混凝土面 1.5 公尺至 2 公尺內。
  - C. 公單元時特密管距母單元端板保持在 60 公分以內，母單元

時距端板保持 1.2m 以內，每單元連續壁至少使用 2 支特密管，兩特密管間隔保持在 3 公尺以內為原則。空打部份之特密管抽拔時應避免碰到槽溝壁，以免砂土崩落與混凝土混淆，而影響品質。

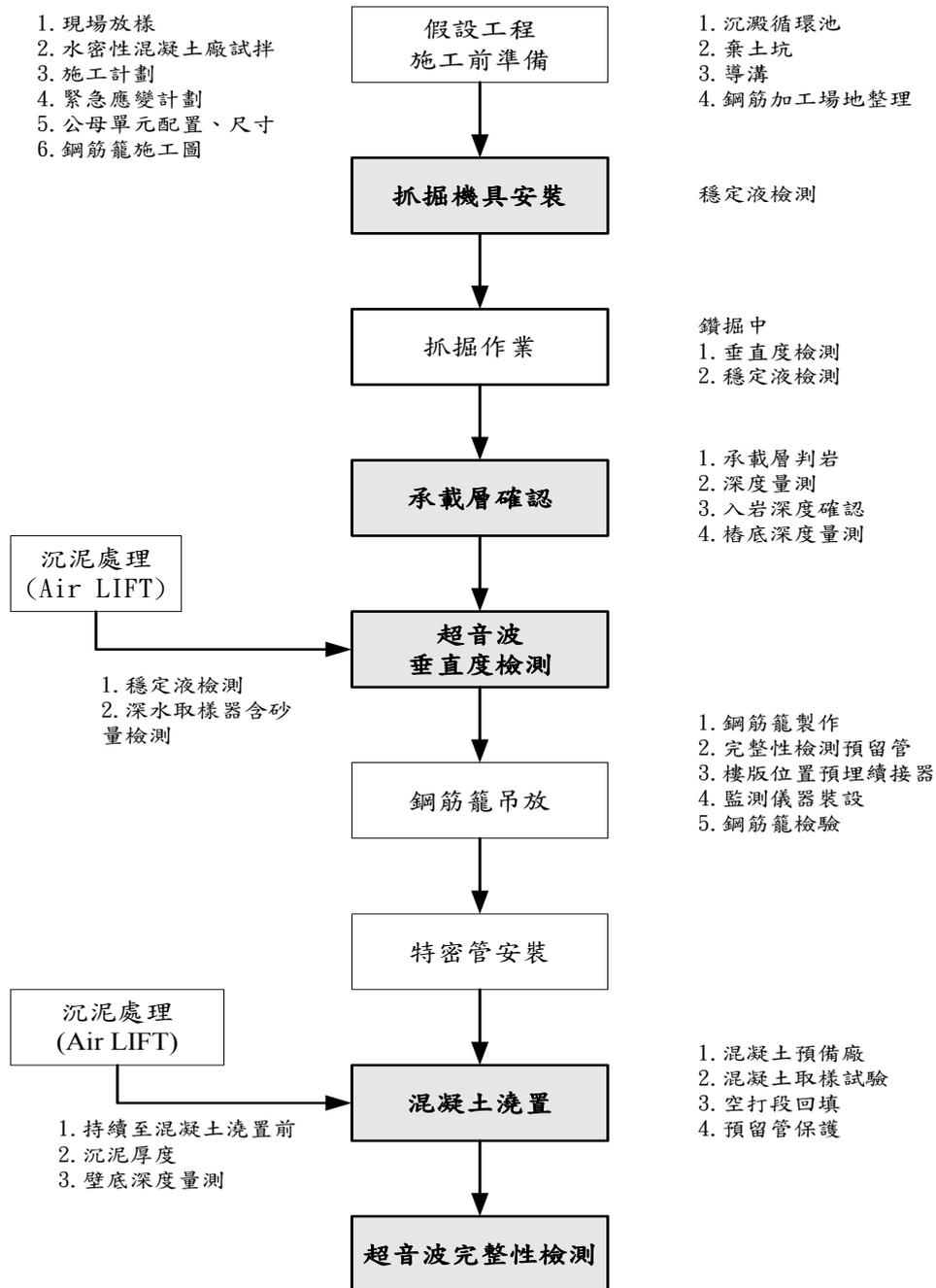
D. 連續壁混凝土應灌滿至指定設計樁頂高度或設計樓層之梁底以上約 70 公分，以確保鑿除至設計高程之混凝土不含污泥、雜物。

(6). 完整性檢測

所有連續壁均需預埋  $\phi 2"4\text{mm}$  厚 PVC 管測線間距  $\leq 1.5\text{m}$ ，做完整性檢測，以了解壁體混凝土之均質分佈情形及了解單元接頭淤泥之處理情形；除另有規定外，公母單元接頭必須全面檢測，其餘檢測之總量為埋管數之  $1/3$ ，應挑選混凝土澆置記錄中不良單元施作。

七、施工程序與品質管制

連續壁工程 工地作業品質管制流程圖



### 第三節 基樁工程

#### 一、基樁工程概要

基礎型式之選擇及施工品質將影響本工程整體結構之安全，由於本工程之地質為台北盆地內之沖積軟弱土層，其較堅實岩盤位於地表下約 40~60 公尺不等，綜合施工工法、施工品質與經濟性等等考量，本工程塔樓基礎型式規劃選擇群樁系統。

因基地內岩盤高程約呈 20 公尺落差之不均勻變化，為取得較正確之岩盤深度以提供作基樁設計參考，同時亦簡化基樁施工時之材料準備與施作深度判斷，設計前則規劃施作相當數量之補充鑽探以求得整個工區之岩盤等高線。

工程概要如下：

- (1).基樁數量：塔樓 380 支  $\phi$  150cm，裙樓 166 支  $\phi$  200cm。
- (2).基樁樁長：塔樓樁長約介於 62~81M，平均約 71M。
- (3).裙樓樁長約介於 57~81M，平均約 68M。
- (4).基樁入岩深度：

塔樓入岩約介於 15~33M，平均入岩深度約為 23M。

裙樓入岩約介於 5~29M，平均入岩深度約為 15M。

- (5).基樁構造：

A.混凝土材料 主樓區  $f_c' = 320 \text{ kg/cm}^2$

裙樓區  $f_c' = 245 \text{ kg/cm}^2$

樁頂皆預留 SA 級鋼筋續接器。

B.鋼筋材料 #6 以上(含#6) SD420W,  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

#6 以下(含#6，箍筋) SD280,  $f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$

C.完整性檢測管 4- $\phi$  2" PVC 管

#### D. 樁底改良預埋管 2- $\phi$ 5" GIP 管

### 二、施工規劃與配置考量

基礎型式之選擇及施工品質將影響本工程整體結構之安全，基樁施工工法依前期試樁之結果而採用反循環工法，長樁之鑽掘垂直度控制方法除了在鑽機機台下施作 P.C. 承載以及定時檢核鑽桿垂直度外，並於鑽掘過程中施作數次超音波垂直度檢測以確保基樁垂直度。由於岩盤鑽掘深度較深，鑽掘施工困難度及機具功率為一重要考量因素，然因所屬地層為較新鮮岩盤，其岩盤段之平均鑽掘速率約為每小時 2M。

### 三、鑽掘中沉泥處理

- (1). 穩定液管理—檢測粘滯度、比重、PH 值、含砂量。
- (2). 鑽機循環抽取沈澱物—到預定深度後，第一次沉泥處理。
- (3). 吊放鋼筋籠及特密管後以空氣上揚法(Air-Lift)—第二次沉泥處理。
- (4). 吊放逆打鋼柱後 Air-Lift 持續至澆置混凝土前—第三次沉泥處理。

### 四、樁底改良灌漿

本工程採樁底清洗改良灌漿工法以確實清除樁底沉泥與提高承載力，施作程序首先預埋 2- $\phi$ 5" 鋼管並配合鋼筋籠同時吊放，待混凝土灌漿完成約一週後，以鑽孔機鑽穿破樁底混凝土至岩盤並以高壓水噴射及反覆沖洗至清水回流，然後再以水泥漿進行低壓填縫改良灌漿。經鑽孔驗證取樣結果，樁底幾無沉泥，顯示其效果良好。

## 五、施工程序與監造檢驗重點

### (1). 施工方式與程序：

- A. 特密管管底使用實心分離球（保麗龍材質），並於保麗龍球上方之特密管內填充 30~50cm 厚度之保麗龍碎片，以確實分離特密管內混凝土及穩定液。
- B. 裙樓區為逆打工法開挖，採「先插法」吊放逆打鋼柱，除於鋼筋籠吊放後進行沈泥處理外，並於鋼柱吊放後再增加一次沈泥處理。
- C. 考量機具設備及工程進度，鋼筋籠及鋼柱吊放後之樁底沈泥清理工作採用空氣上揚法 (Air-Lift)，利用高壓空壓機組將足夠壓力（約 10~12kg/cm<sup>2</sup>）的空氣由底部注入，抽取樁底沈澱物至水尺量測感覺為非沈泥的間接觸感。
- D. 埋設兩支樁底改良管及四支完整性檢測管，其中樁底改良管底部高於鋼筋籠底部 50cm，完整性檢測管則僅略高於鋼筋籠底部。
- E. 每支基樁於鑽掘完成取管後均將鑽頭送至工地內之鑽頭檢修工廠，更換或換新磨損嚴重鑽齒，可增加鑽掘速率外，同時也可保持鑽孔較佳之垂直度。

### (2). 品質與檢驗：

#### A. 樁位之放樣檢核：

施工前必須先準確測定樁位及高程，由監造單位核對無誤，始可進行施工，施工期間亦需隨時校核，使每支樁位均準確無誤為原則。

#### B. 崩坍之檢驗：

反循環樁鑽掘完成，孔底之淤泥清除乾淨後，應俟監造單位

檢查孔徑及孔深均符合規定，始可吊裝鋼筋籠並澆置混凝土。吊裝鋼筋籠時或吊裝完成後，如發生崩坍應將鋼筋籠取出，清除崩坍之土再行安設鋼筋籠澆置混凝土。澆置混凝土時若再有崩坍，應立即停止澆置混凝土，待坍方連同新澆置混凝土清除後，再繼續澆置。必要時承包商並應再用超音波測定裝置測定其孔徑孔壁崩坍情況。

C. 岩層開始及承載層(樁底高程)之確認需經監造單位認可簽認。

D. 孔壁超音波檢核：

反循環樁每支基樁除非有特別說明外，需做兩方向超音波探測，了解壁體之垂直度及有無坍塌之現象。

E. 鋼筋籠製作檢驗。

F. 沉泥厚度之量測檢核：

工程司每次量測沉泥厚度至少定點量測三處，且必須使用同一支量測尺量測，量測結果必須和樁底高程深度(即第二次定點量測記錄)作比較，其容許誤差平均數為 $\pm 5$  cm，且樁底量測之感覺必須為非沉泥的間接觸感，如無法滿足要求，則必須再處理至符合規定。

G. 鋼筋籠放置完成後，隨即放置特密管，接合處必需密合不滲水，管底離樁底約 10cm，並依鑽掘樁孔之深度，配置特密管之長度，每支特密管之長度為 3m，所有使用之特密管長除最頂三支之長度為調整長度之不等長管外，其餘之管長需均等，不等長之管不得放入樁內使用。

H. 混凝土澆置時，特密管須經常埋入混凝土內至少 2m，每次

提昇特密管前，需先行估計埋留混凝土內之管長，避免影響混凝土品質或使管無法拔出。

- I. 混凝土開始澆置最佳時間為樁底沉泥抽取後，因此承包商必須預估每個環節之工作時間，以便決定混凝土開始出車到場澆置時間。混凝土澆置準備工作完成後，經工程司檢查核准，始可出車，其出車次應加以控制，不得太密集，以免出廠時間與澆置時間相差過久，影響品質；車次太過於稀少，亦將影響混凝土之澆置品質，致使已澆置之混凝土發生初凝。
- J. 澆置混凝土時，應經常保持保護管內水位在地下水位上 1.5m 以上之高度。
- K. 混凝土須連續澆置，一次完成，如施工中途因故停留時間稍長，不得已時可將特密管上下稍微抽動，但其速度不宜太快、幅度亦不宜太大、避免澆置之混凝土形成冷縮縫。
- L. 每次澆置混凝土所準備使用預拌混凝土廠商，承包商均應備份二家以上之預備廠家，方可同意澆置混凝土。
- M. 每支基樁之施工過程，自鑽掘、吊放鋼筋籠至澆置混凝土必須連續不斷，直至完成為止。
- N. 基樁完成後，樁頂至地面間之孔穴應以碎石級配填平，並蓋以鐵板，附加區隔與標示以免危險。
- O. 樁體內埋設監測儀器、樁底改良管、完整性檢驗時，則承包商搗灌混凝土時，需特別小心避免直接碰觸。
- P. 完整性檢驗：除非另有規定外，所有基樁均需預埋 4 支  $\phi$  2" 厚 PVC 管，於混凝土澆置七天後做完整性檢測，以了解基樁於澆置完成後混凝土斷面之完整性、連續性，是否含

有土壤、灰泥、蜂窩或斷樁之現象。

## 六、基樁工程施工品質評估與說明：

### (1).材料：

主要材料混凝土、鋼筋、及鋼筋續接器等，經施工中取樣之試驗結果均合格，其中混凝土強度約為設計需求之 1.5 倍，將有助於提高基樁之結構承載力及降低基樁彈性縮短量。

### (2).施作時程：

95%均屬正常施作時程，以品質評估而言，95%正常施作時程已屬良好施工品質。

### (3).樁長：

實作施工紀錄詳表 4.1，實作樁長均較設計需求樁長深，塔樓區深約 80 公分、裙樓區深約 50 公分，將有助於提供額外之承載力及安全係數。

### (4).混凝土澆置量：

實際澆置量均大於設計需求量，塔樓區平均增加約 10%，裙樓區平均增加約 5%，顯示平均品質良好。

### (5).混凝土澆置記錄：

塔樓區 98%及裙樓區 95%之混凝土澆置記錄正常，由於本工址地盤層次主要為軟弱黏土、透水性佳之崩積層及軟硬不一之岩盤，加上樁長、入岩深等施工困難度因素。以整體品質而言，已屬良好施工品質。

### (6).施工品管與品保：

施工 QC/QA 組織與流程，施工品質流程業經同豐營造、達欣工程、全程監工單位-中興工程顧問及設計監造團隊(永

峻、富國公司)層層檢核。

(7).樁底改良：

A.塔樓區樁底改良成效驗證，鑽心取樣 3 孔，均無沈泥，成效良好。

D.裙樓區原設計並未要求樁底改良或樁底清洗灌漿，依鑽心結果顯示沈泥量平均約 10~15 公分。

(8).驗證試樁：

已施作七組驗證試樁結果均滿足設計需求。

表 4.1 樁長與岩盤施工計錄表

## 塔樓區

	設計需求				實際施作			
	樁底 高程	岩盤 高程 (預估)	最少 入岩 (預估)	設計 樁長	樁底 高程	岩盤 高程 (判岩)	入岩 深度 (判岩)	實際 樁長
	(GL- m)	(GL- m)	(m)	(m)	(GL- m)	(GL- m)	(m)	(m)
合計	26,871.65	13,347.90	6,399.00	13,675.00	27,317.33	13,459.51	6,691.08	13,860.00
支數	381支	285支	278支	285支	381支	285支	278支	284支
平均	70.53	46.83	23.02	47.98	71.70	47.23	24.07	48.80
	平均樁底高程： (實測-設計)高程= 71.7-70.53 = <b>1.17m(增加)</b>							
	平均岩盤高程： (實測-設計)高程= 47.23-46.83 = <b>0.39m(增加)</b>							
	平均最少入岩： (實測-設計)入岩深度= 24.07-23.02 = <b>1.05m(增加)</b>							
	平均樁長： (實測-設計)樁長= 48.8-47.98 = <b>0.82m(增加)</b>							

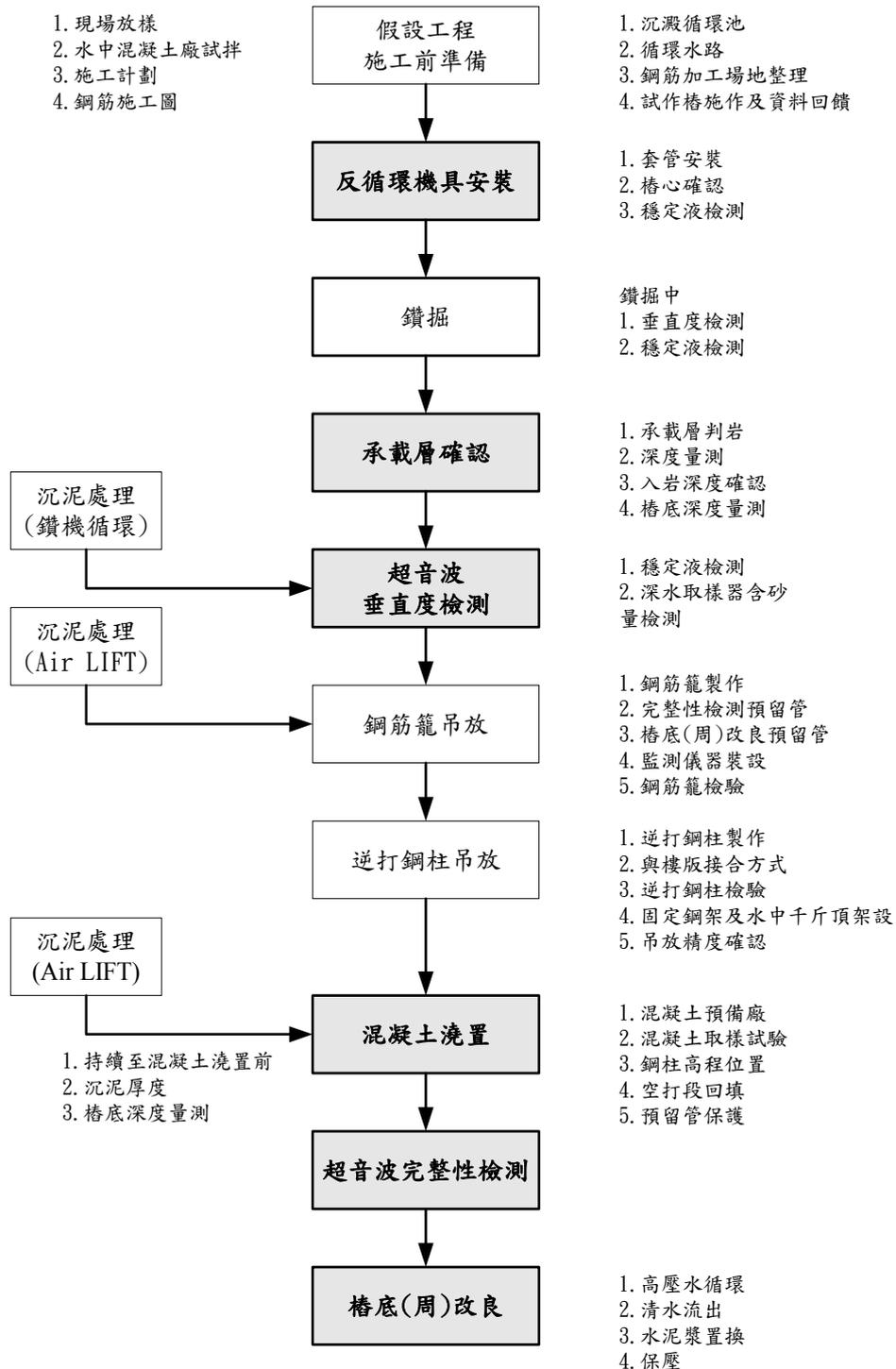
## 群樓區

	設計需求				實際施作			
	樁底 高程	岩盤 高程 (預估)	最少 入岩	設計 樁長	樁底 高程	岩盤 高程 (判岩)	入岩 深度 (判岩)	實際 樁長
	(GL- m)	(GL- m)	(m)	(m)	(GL- m)	(GL- m)	(m)	(m)
合計	10,970.25	7,362.70	2,070.20	6,560.40	11,036.23	7,429.12	2,161.60	6,498.58
支數	161支	140支	138支	141支	161支	140支	138支	139支
平均	68.14	52.59	15.00	46.53	68.55	53.07	15.66	46.75
	平均樁底高程： (實測-設計)高程= 68.55-68.14 = <b>0.41m(增加)</b>							
	平均岩盤高程： (實測-設計)高程= 53.07-52.59 = <b>0.47m(增加)</b>							
	平均最少入岩： (實測-設計)入岩深度= 15.66-15 = <b>0.66m(增加)</b>							
	平均樁長： (實測-設計)樁長= 46.75-46.53 = <b>0.22m(增加)</b>							

- 備註：1. 本表僅統計需判岩基樁  
2. 實際施作樁底高程為鋼筋籠吊放前量測深度

七.施工程序與品質管制：

**場鑄反循環基樁工程 工地作業品質管制流程圖**



連續壁導溝



連續壁鋼筋籠吊放





連續壁抓掘機



基樁鑽掘機

基樁鋼筋籠



沉泥 AIR LIFT 處理



台北 101 大樓結構工程施工監造紀錄

## 第五章 深開挖工程

### 第一節 深開挖工法與考量

本工程開挖深度為 21.65~23.5M，土方量約 54 萬立方，其深開挖工法、程序及擋土支撐之規劃將影響開挖安全性、施作動線、施工介面、工程進度與施作成本，且其規劃與連續壁、基樁、結構構造等等息息相關。

開挖工法之規劃詳圖 5.1 所示，塔樓區除了配合群樁基礎及鋼柱底版設計尺寸需求外，為考量工程進度與工區內有限之動線與置料空間，因此規劃雙順打工法，其施作程序為基礎底版完成及鋼柱吊裝至出地面後即施作 1FL 樓版，施工則區分為 B5FL 向上及 1FL 往上同時施作之雙施工面。

為考量整體工程進度之配合、大面積開挖、施工動線及基礎型式等等，裙樓區規劃採先行施作 1FL 之逆打工法，為區隔塔、裙樓不同工法之施作介面，則規劃施工介面地中壁及扶壁藉以平衡不同開挖程序所產生之側壓應力，而連接塔、裙樓施工介面之地中壁則於地下結構體完成後視車道位置予以敲除以利連通塔、裙樓。

圖 5.2 為塔樓擋土支撐平面配置示意圖，其兩向均規劃 8 道、每道 4 撐、支撐間距 11M 之水平安全支撐。因土壤為軟弱黏土且堅實土質深度頗深，考量整體支撐系統之安全、施作尺寸精度及避免影響後續斜向鋼柱之吊裝，中間柱及構台柱均配合基樁位置並以埋入基樁之方式施作。

圖 5.1- 開挖工法之規劃示意圖(塔樓雙順打工法、裙樓逆打工法)

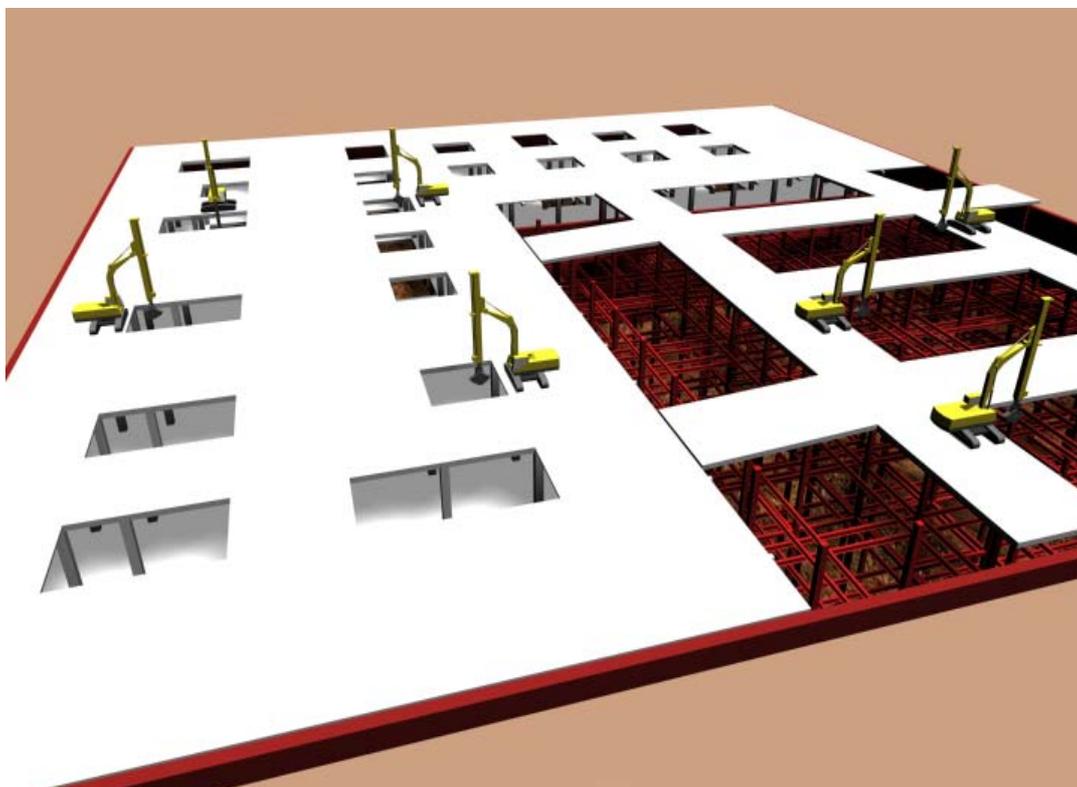
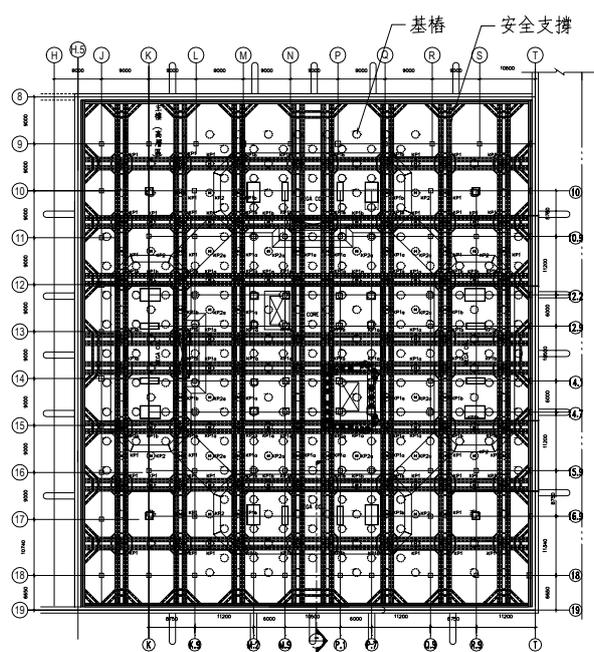
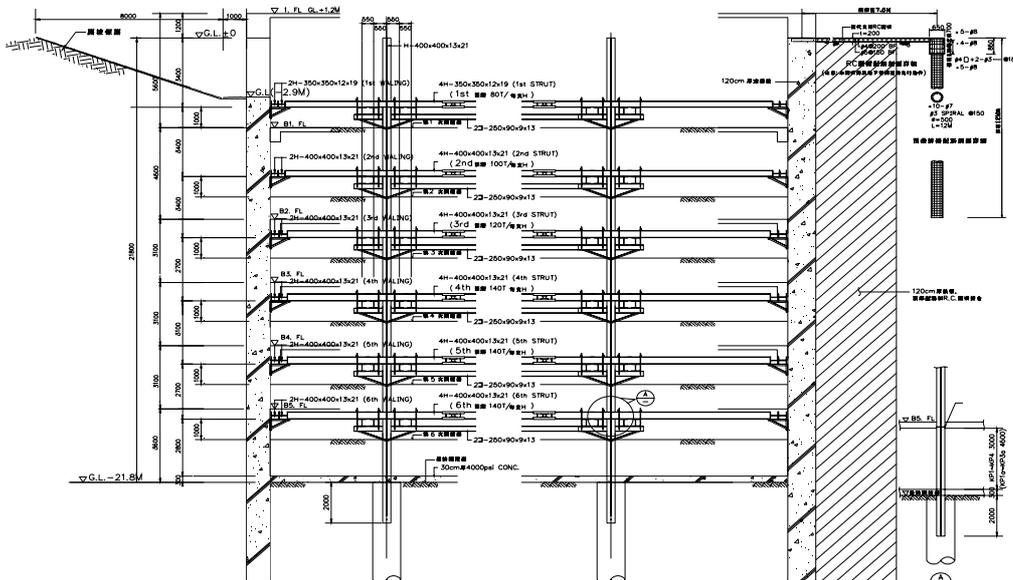


圖 5.2 塔樓雙順打工法支撐平面圖



如圖 5.3 所示，塔樓支撐在立面上共規劃 6 層擋土支撐，塔樓外側之背拉連續壁及背拉圍梁之設置目的為規劃取代第一層支撐及區隔塔、裙樓施工介面，另外最終開挖面規劃施作 30 公分厚之 4,000psi 大底鋪面鋼筋混凝土，其考量主要為基礎版施作時間甚長，施作較厚及強度較高之鋪面將有助於抵擋側向土壓及抑制側向變位。

圖 5.3 塔樓雙順打工法支撐立面圖



## 第二節 開挖程序

為達到業主進度要求之最大效益，以及必須兼顧臨時開挖施工之安全，因此塔、裙樓不同工法之施工介面及相互開挖程序便顯得相當重要。

然而因採用邊設計、邊施工之模式，裙樓部分因為業主管運單位之大幅度變更設計而停工約一年，因此初期配合業主進度需求所

規劃之開挖施工程序便與實際施工有所不同，圖 5.4 為開挖程序差異示意圖，圖 5.5 為地下結構體完成進度差異示意圖。

原規劃塔、裙樓開挖採用同時施工程序，其間之介面僅一道 120 公分之地中壁以及裙樓區壁樁支撐塔樓所傳遞之支撐應力與土壓力。

實際施工之開挖程序則為裙樓開挖至 B1F 後即停工，而塔樓則持續開挖施工至最終開挖面。實際開挖程序相較於原規劃方案，因為塔樓開挖階段仍處於 4 面由被動土壓所圍束，其支撐應力傳遞與傳統開挖方式相同，因此除了裙樓區第一階段開挖後因軟弱黏土造成之壁體潛變變形與地表沉陷以外，整體開挖程序為較安全與趨於保守之開挖施工方式，圖 5.6 為塔樓連續壁體變位之開挖監測結果，原設計壁體側向變位分析約為 9 公分，實際側向變位約為 6 公分。

圖 5.4- 塔樓及裙樓開挖程序差異示意圖

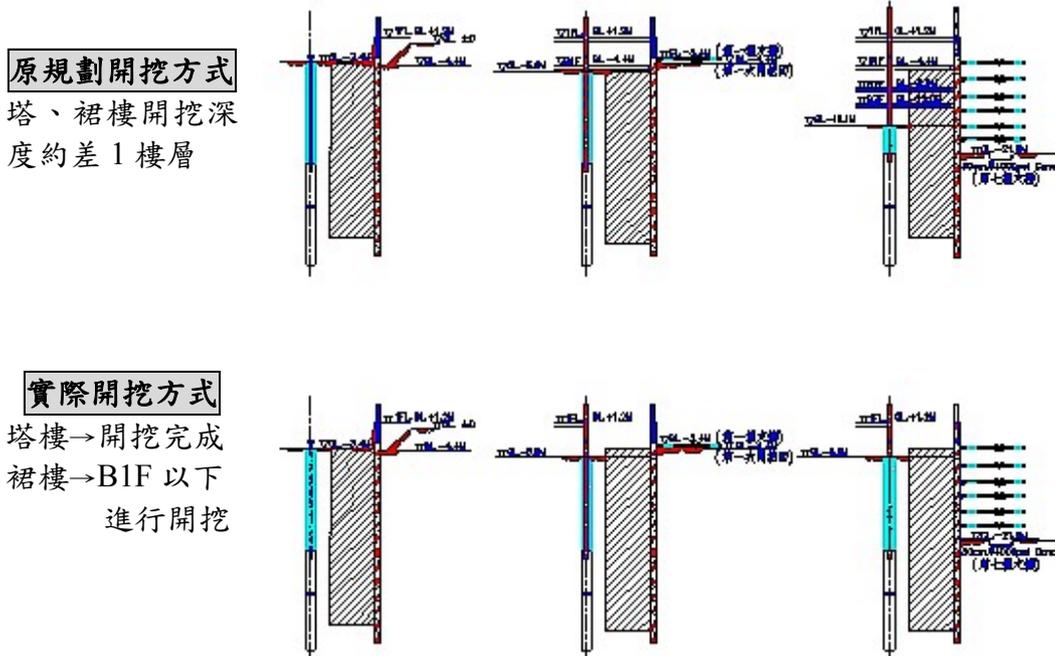


圖 5.5 地下結構體完成進度差異示意圖

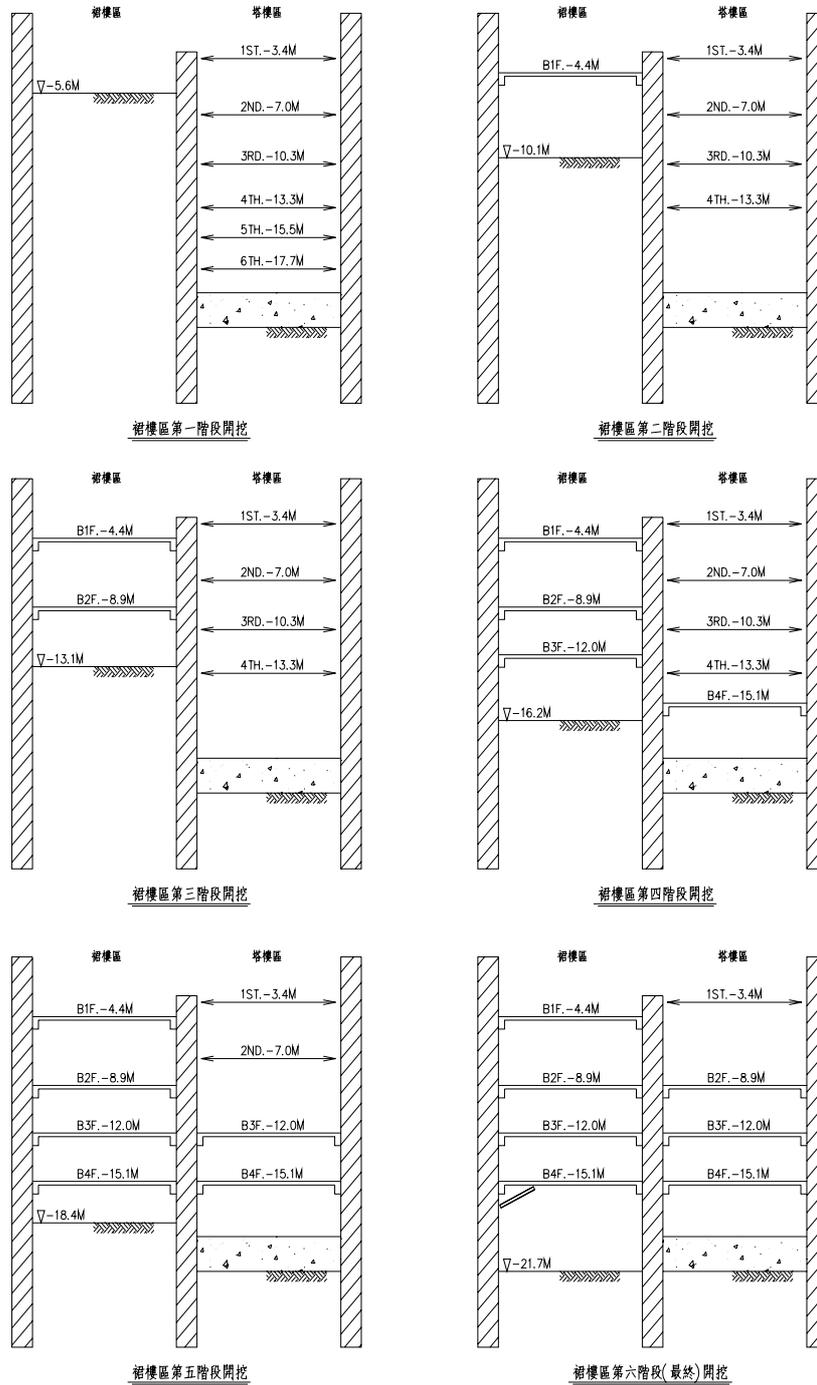
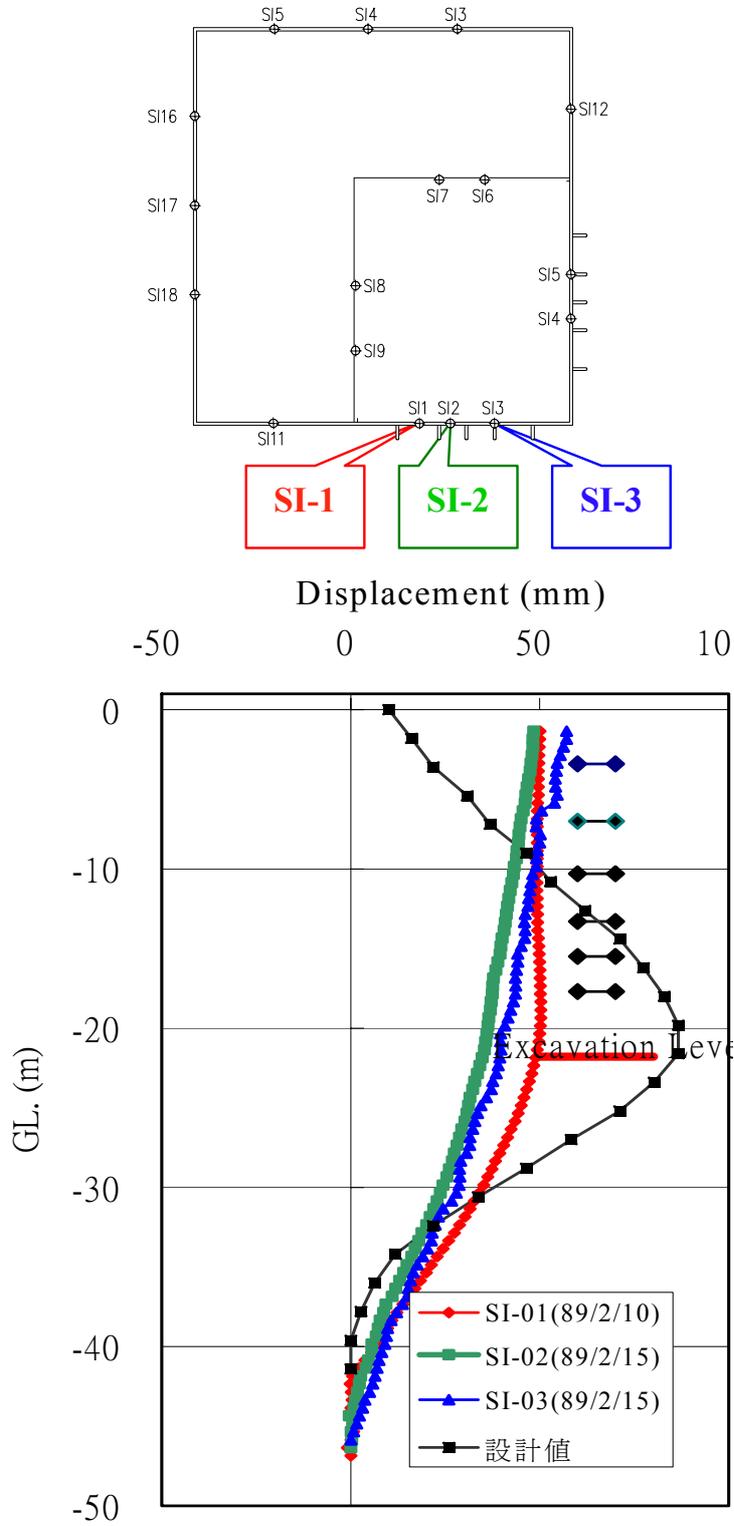


圖 5.6 塔樓開挖變位監測結果



### 第三節 深開挖安全監測

本工程因開挖面積大，且工址位屬台北盆地之軟弱黏土層，為了解臨時開挖之施工狀況，開挖過程中均設置各項觀測系統並採用自動觀測系統以確實掌握開挖中各項應力、應變之變化以維施工安全。

#### 一、監測目的

經由施工前、後之各項位移、應力、土壤工程性質之觀測以達到下述監測目的。

- 1、及早掌握施工狀況之變化，提供預警。
- 2、分析研判問題癥結及事前預防。
- 3、確保施工中新建及舊有建物之安全。
- 4、回饋分析，修正施工步驟。
- 5、設計回饋。
- 6、工程安全及經濟目的。

#### 二、管理值種類及定義：

- 1、第一管理值(預警值)-約為第二管理值之 70%~80% 。
- 2、第二管理值(警戒值)-理論設計值或經驗設計值 。
- 3、第三管理值(行動值)-材料降伏值或經驗降伏值 。

#### 三、管理值說明：

- 1、小於第一管理值--繼續施工，正常頻率觀測。
- 2、介於一、二管理值--繼續施工，注意施工中變化。
- 3、介於二、三管理值--繼續施工，增加觀測頻率，準備應變措施。
- 4、大於第三管理值--暫停施工，檢討原因，適當補強措施。

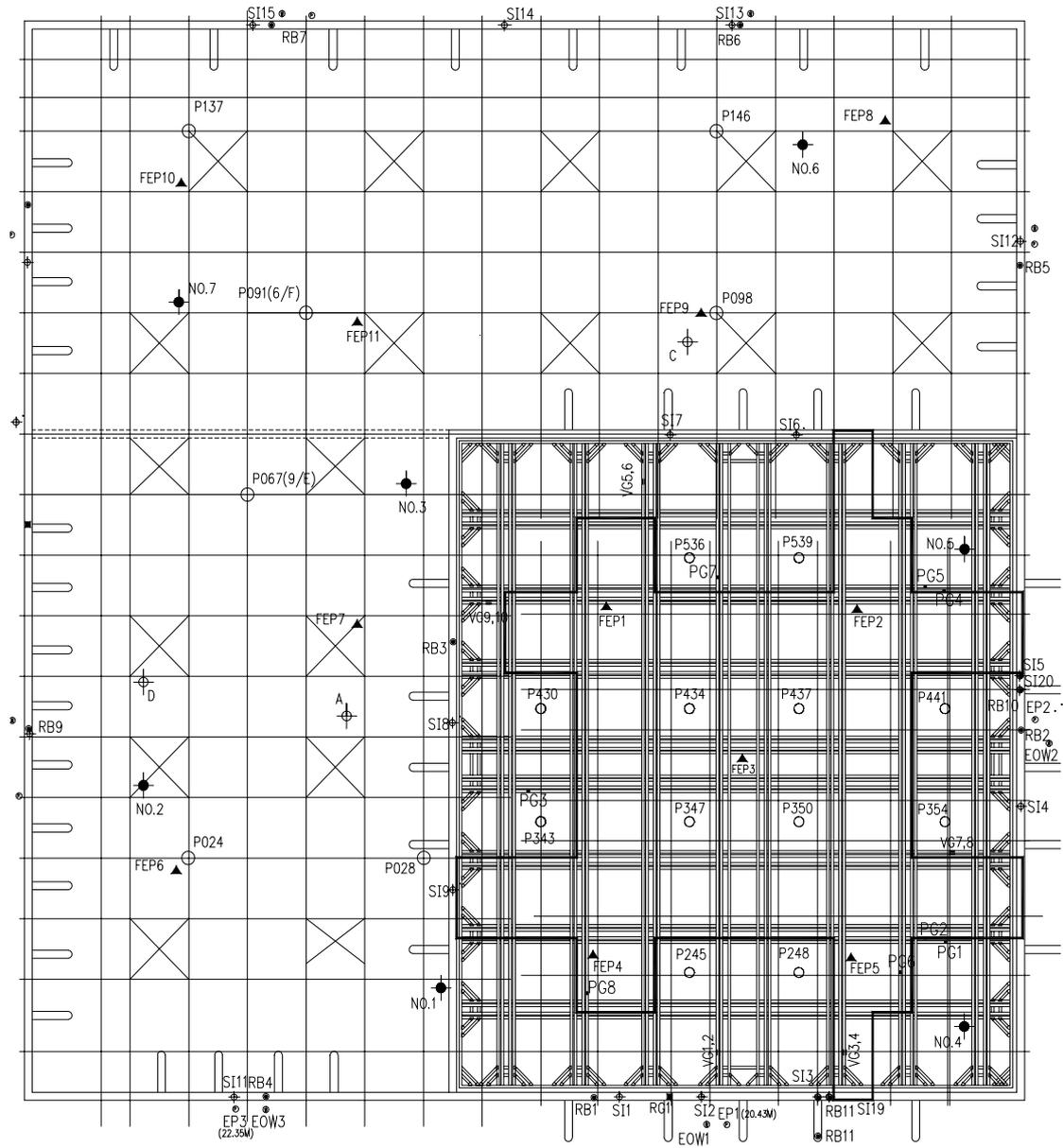
四、監測儀器種類：

本工程之監測項目、儀器、數量及頻率詳表 5.1；監測儀器配置示意圖詳圖 5.7。

表 5.1 監測項目說明

No	代號	觀測項目	儀器	數量	觀測頻率
1	SI	連續壁側向變位	傾斜儀	17	每週兩次，開挖及支撐預壓前後各一次
2	RB	連續壁主筋應力	鋼筋計	11	自動觀測至地下室完成
3	RG	連續壁水平筋應力	鋼筋計	2	自動觀測至地下室完成
4	VG	支撐應力	支撐應變計	164	自動觀測至地下室完成
5	EOW	地下水水位	水位觀測計	8	自動觀測至地下室完成
6	EP	地下水壓	水壓計	14	自動觀測至地下室完成
7	FEP	筏基底板水壓	水壓計	11	自動觀測至地下室完成
8	TI	建物傾斜量	建物傾斜計	6	每週兩次，開挖及支撐預壓前後各一次
9	HE	中間柱沉陷隆起	水準儀,沉陷標尺	36	開挖及支撐預壓前後各一次
10	RHE	逆打鋼柱沉陷隆起	水準儀,沉陷標尺	120	開挖前後各一次
11	FSTM	基礎沉陷	水準儀,沉陷標尺	132	地下室完成前每各月一次,地下室完成至裝修完成階段每兩個月一次
12	STM	周圍沉陷	水準儀,沉陷標尺	145	每週一次至地下室完成
13	BM	半永久性水準基準點	水準儀	2	定期每個月校正一次

圖 5.7 監測儀器配置平面圖





塔樓構台架設



塔樓第一階支撐架設



塔樓開挖至完成面



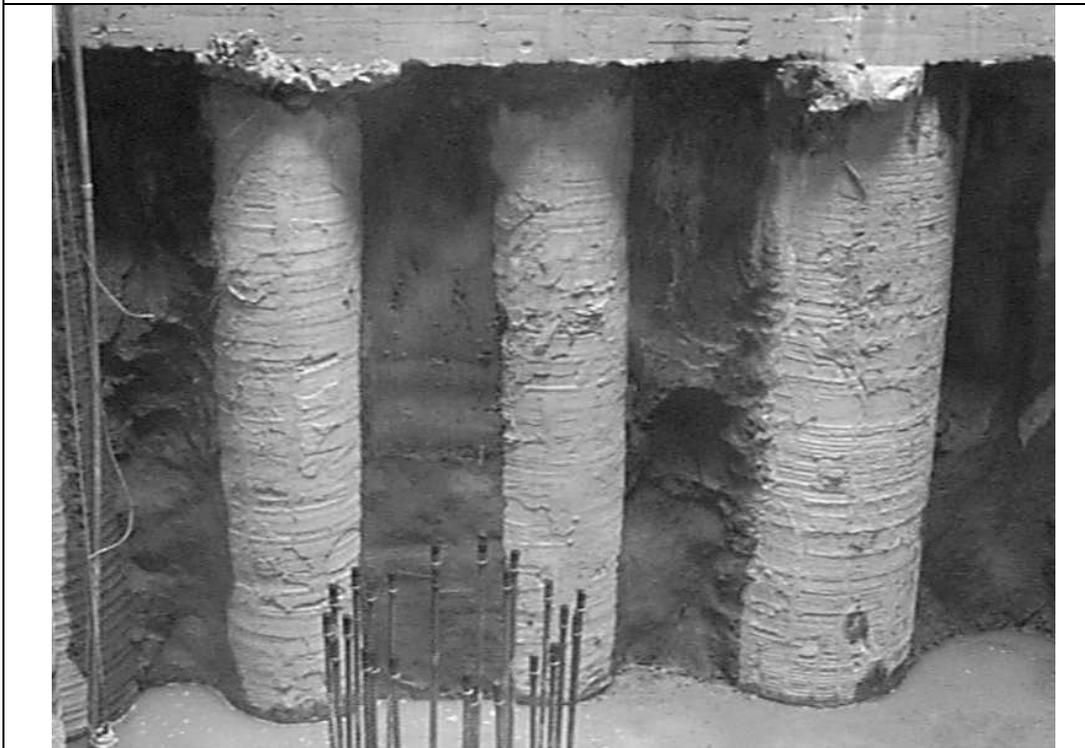
塔樓6階支撐之排列



裙樓逆打工法伸縮臂 20 公尺取土機



塔樓電梯機坑開挖深度 GL-27.8 M



塔樓電梯機坑基樁外貌



塔樓第一層安全支撐



塔樓第二層安全支撐



裙樓逆打開挖



塔樓中間柱與安全支撐接合

台北 101 大樓結構工程施工監造紀錄

## 第六章 鋼筋混凝土工程

本工程鋼筋混凝土構造特性之需求包含連續壁之水密性、塔樓基礎版之巨積混凝土、高強度及高流動性之柱內灌漿、地下室大面積混凝土澆置、剪力牆之自充填性、裙樓屋頂採光罩構架之泡沫輕質骨材混凝土、高樓層樓版之輸送施工性等等。

為確保混凝土滿足構造需求、施工性、耐久性與品質之要求，混凝土材料部分在施工前特別針對個別混凝土之需求訂定混凝土配比設計及施工特別條款，其中增訂之需求除了混凝土工作性需求外，亦增訂水泥量及乾縮應變之限制，而柱內灌漿部分亦增訂施工前之實體模型試驗以確保施工品質。

### 第一節 混凝土先期品質管制計劃

為確保混凝土工程之施工品質，本工程於 87 年 7 月特別委託中華民國結構工程學會進行混凝土施工前之先期品質管制計劃，而該計劃研究成果則奠定本工程混凝土設計與施工之基礎，其研究計劃成果包含混凝土性能建立與規範建議、料源評鑑及供料品質評估、預拌廠產能及產量評估、品質保證制度建議、供料能力分析、泵送能力分析、10,000Psi 自充填混凝土模型泵送試驗等等。

### 第二節 4.7M 厚度巨積混凝土基礎版

為有效及均勻傳遞荷重至樁基礎，塔樓基礎版採用厚度 3.0~4.7M 之實心巨積鋼筋混凝土版。為避免水平施工縫及保持整體結構之連續性，其混凝土採一次全深度澆置工法，巨積混凝土之

施工考量包含混凝土材料、乾縮、澆置分區、澆置順序、邊界束制條件、養護方法、分析、監測與回饋等等。

為有效減少混凝土材料本身之乾縮與水化熱，混凝土配比採用低水量、低水泥量與 II 型水泥，另外為了達到確實之充填、連續澆置與克服混凝土搗實之困難，工作性設計為高流度之自充填性混凝土，另外為了降低新拌混凝土初始溫度，採用冰水為拌合水。

### 一、澆置分區與施工程序

圖 6.1 為澆置分區與施工順序示意圖，分區之施工縫位置除了選擇應力較低處及減少垂直施工接縫之外，混凝土一次澆置數量、澆置時間與供料之配合、各分區之澆置時間間隔、分區邊界束制應力條件、塔吊基座區域之優先施作等等均為考量之因素，另最後一區之配置將可待 1~8 區完成澆置並達足夠勁度後即可拆除上層安全支撐。施工順序則以間隔式跳躍灌漿方式方式規劃施工，其目的為透過延長鄰近分區之施工時間差異以減低溫度收縮應力與邊界束制效應。

### 二、澆置分區施工縫

圖 6.2、6.3 為澆置分區施工縫示意圖與施工相片，垂直施工縫之處理採用槽型免拆模板作為剪力樺，並配置剪力摩擦筋，因深度較大以及採用高流動性混凝土，其施工縫之免拆模板以槽鋼加勁並加鉸背拉鋼筋以避免灌漿側壓過大造成變形或漏漿。

### 三、養護與監測

在規定養護期間及終止過程，對混凝土施予適當養護措施，面溫與心溫之溫差亦訂定管理值在 30 °C 以內，施工前並以熱傳導分析並訂定溫差管理值，各施工分區並於不同深度設置溫度監測儀器

以了解溫度差異並回饋養護之方法與時間。養護之目的在減少環境溫度對混凝土造成內外溫差過大而導致裂縫之產生，其養護方法及監測結果說明如下：

- 1、混凝土上表面使用兩層塑膠帆布以及一層麻布覆蓋其上之絕緣保溫養護方式，養護維持約 3 個星期。
- 2、側表面施工縫處為使鋼筋得以通過以及免拆模板之施作，於混凝土澆置完成，覆蓋單層帆布以利後續鋼筋搭接施工作業。
- 3、施作結果顯示絕對溫升最大約 75 °C，面溫與心溫差異控制在 30 °C 以內，溫度變化則在 3 週後趨於平穩。

圖 6.1 塔樓基礎版澆置分區與施工順序圖

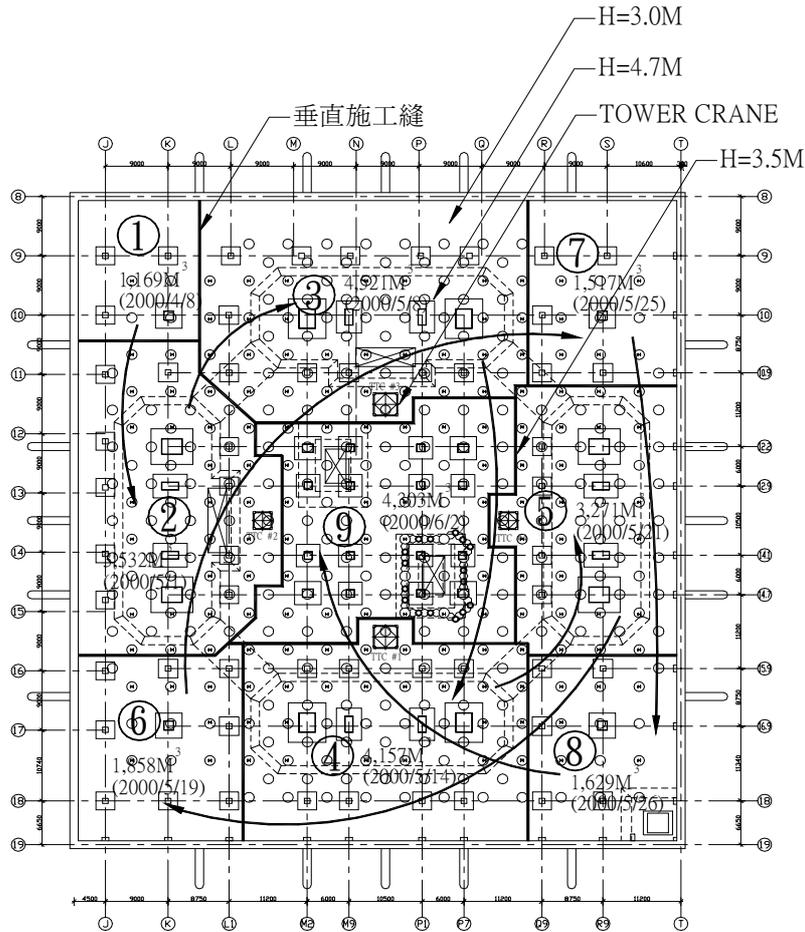


圖 6.2 塔樓基礎版施工縫示意圖

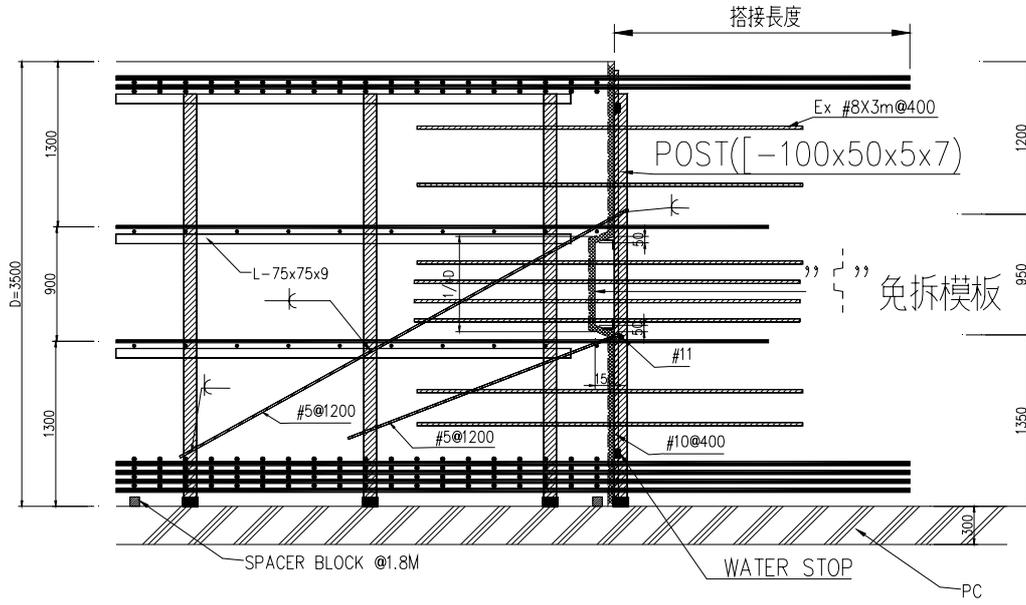


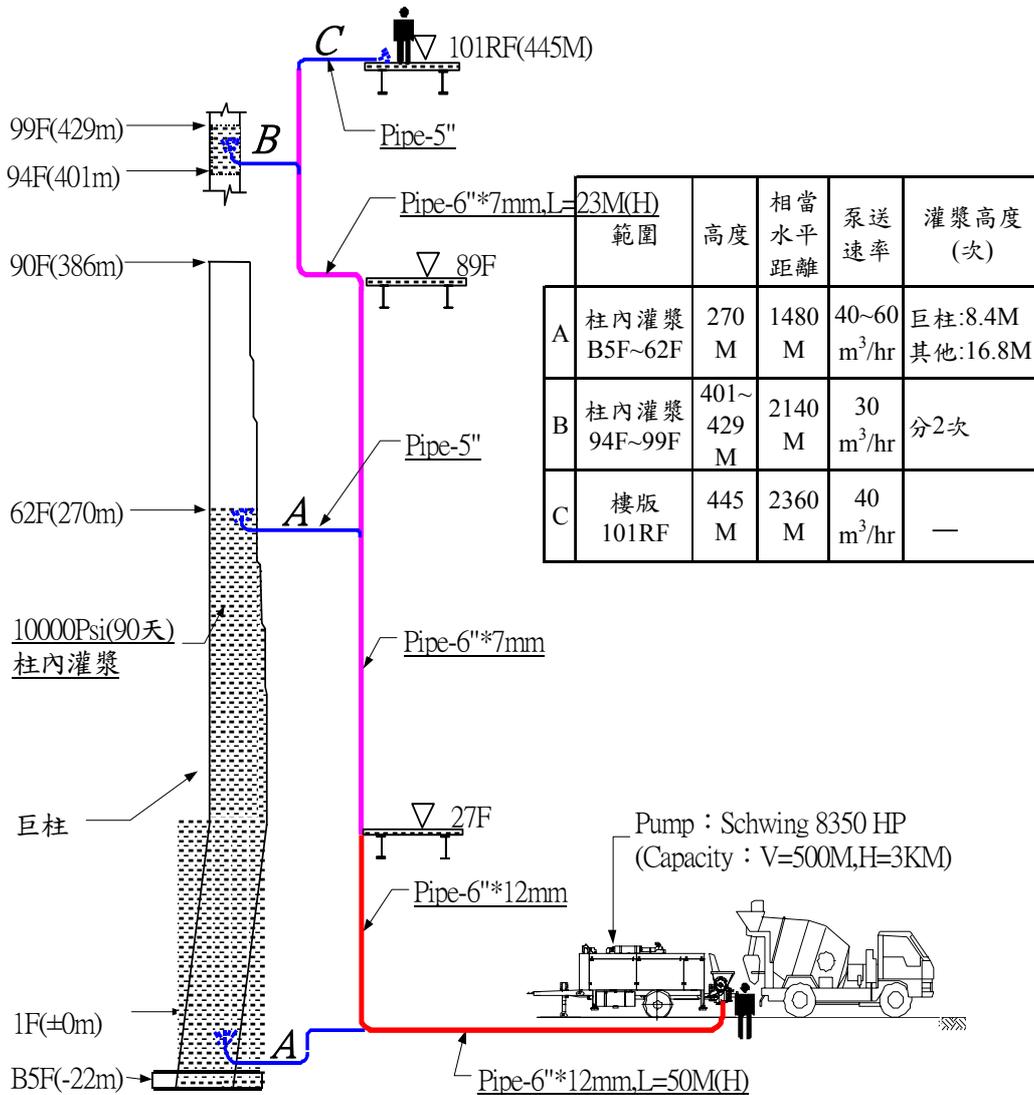
圖 6.3 塔樓基礎版施工縫施工相片



### 第三節 超高層混凝土泵送灌漿施工規劃

本工程較特殊部位之超高層混凝土泵送灌漿管配置規劃詳圖 6.4 所示，其施工規劃特性為均採用一次泵送至目標高度為原則，垂直立管採用 6" 直徑灌漿管以減少泵送摩擦與流度損失，灌漿管壁厚亦考量壓力之差異而隨高度變化，其配置路徑並以盡量減少彎折為原則，實際泵送機壓力最高達約 220Bar，而經泵送後之實測坍流度損失約為 5~10 公分。

圖 6.4 超高層混凝土泵送灌漿管配置規劃



## 第四節 2.4×3M 巨柱與 10,000Psi 柱內灌漿

為考量巨型構架結構系統與整體施工進度之需求，巨柱型式之選擇由箱型鋼柱及柱內灌漿結合而成，柱內灌漿除了利用箱型鋼柱為既成的結構模板外，柱內混凝土亦提供整體結構勁度與強度需求。

柱內灌漿為強度 10,000psi(700Kg/cm<sup>2</sup>)之高流動性自充填混凝土，為達到高流動性與充填性，新拌混凝土之工作性要求為 60±10 公分之高坍流度，且不得產生泌水與骨材析離，另外為了減少混凝土乾縮及增進耐久性之考量，設計齡期訂定為 90 天，並限制混凝土自體收縮量，以達到低水量、低水泥量、低乾縮量及高耐久性之設計需求，施工前則規劃施作兩次實尺寸模擬泵送試驗以確認施作品質與施工可行性。

### 一、巨柱規劃與考量：

- 1、主要巨柱共配置 8 支，巨柱尺寸由 B5FL(□-2.4×3.0M)~90FL(□-1.6×2.0M)，柱內灌漿範圍由 B5FL~62FL，施作高度 270M，10,000Psi 使用量共 23,900M<sup>3</sup>，巨柱設計剖面與施工相片詳圖 6.5、6.6。
- 2、柱內灌漿施工程序為由下往上泵送以達到確實的充填性，灌漿口則於柱內設置向上之直徑 5”導引管以有利於向上充填及減低材料析離程度，施作前需確認供料足夠後才開始施作。
- 3、為考量灌漿時對鋼柱產生之側壓力影響，配合柱內加勁板位置設置柱內加勁板及圍束鋼筋，小柱部分則設置井字拉桿予以圍束。

- 4、箱型鋼柱 4 角隅採用全長全滲透之潛弧焊接(SAW)，為了減少柱外灌漿開孔之現場補強工作，灌漿口之補強以廠內補強為主。
- 5、每次灌漿之高度以一節鋼柱為限，單柱灌漿時間以不超過 1.5 小時為原則。
- 6、柱面設置氣孔以利於受火時消散蒸氣壓，該氣孔並用以觀察柱內灌漿時之施作高度。

圖 6.5 巨柱剖面圖

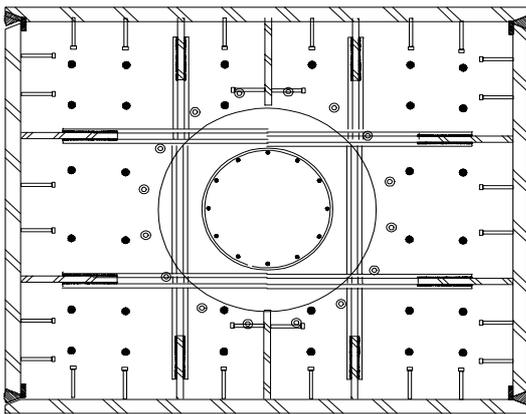


圖 6.6 巨柱施工相片



## 二、施工前實尺寸模型試驗：

為確保柱內灌漿施工之可行性與施工品質，本工程於施工前特別進行 1M 立方之箱形模擬試驗及三組模擬 62 樓施作條件之實尺寸模擬泵送試驗，其試驗結果並作為回饋後續量產施工計劃之修定與檢討。

### 1、箱型模擬試驗(Box Test)：

1M 立方之箱形模擬試驗主要在混凝土配比經廠拌、試拌及試驗結果達到設計需求後，以實際採用之混凝土泵送車模擬壓送至

62 樓層高度時之混凝土變化及管線壓力，其水平管線配置共 276 公尺並循環共 5 次，檢驗試驗項目包含坍流度、空氣量、溫度、泵送壓力之變化、抗壓強度試驗以及其他新拌混凝土之工作性試驗(L 型、U 型、V 型)等等。

## 2、實尺寸模擬試驗(Mock-up Test)：

箱型模擬試驗完成後，經檢討修改混凝土配比後，選用兩種不同高性能減水劑之配比設計進行實尺寸模擬試驗，試驗尺寸為比照 62 樓最高處柱內灌漿之巨柱尺寸及一次打設高度予以施作，其長、寬及高度分別為 2.4M×2.0M×8.4M，施作程序為模擬約半小時後出料至現場進行相關新拌混凝土工作性試驗，然後泵送經由 391 公尺之水平輸送管並直接進行柱內灌漿打設，其檢試驗項目除了工作性之檢討試驗外，主要項目為混凝土經壓送後之品質變化、泵送性能確認、柱內灌漿拆模後之施工品質以及柱內隔版下空隙量量測確認等等。

## 三、柱內灌漿施工結果

- 1、實際泵送速率約為每小時 40~60M<sup>3</sup>，巨柱部分每分鐘約僅上升 8~10 公分，其上升速率緩慢。
- 2、由於量產速率及施工時間之限制，巨柱部分約每 2 層樓澆置一次，其餘部分平均為每 4 層樓、高度 16.8 公尺灌漿一次。
- 3、為考量施工荷重之持續增加、灌漿施工安全性及整體後續進度之配合，樓版灌漿完畢後隨即進行柱內灌漿，實際樓板與柱內灌漿施作樓層差異為 2~6 個樓層。
- 4、最大泵送壓力約控制在泵送機具能量之四分之三範圍，部分灌漿壓力變大時則予以調降泵送速度。

相關施工紀錄相片詳圖 6.7~6.10。

圖 6.7 實尺寸模擬試驗試體



圖 6.8 泵送充填過程



圖 6.9 實尺寸模擬試驗完成



圖 6.10 柱內鋼筋籠



#### 四、401~429 公尺柱內灌漿：

331 地震後，因為配合業主指示基於工期考量、塔尖頂昇工法之採用與配合修改，以及簡化 90 樓以上之建築及結構系統等等原因進行塔樓頂部變更設計，由於 95 樓以上由原設計之 12 支柱斷面簡化為 4 支，因此除了增加斜撐、加大鋼柱板厚與斷面外，並規劃設計 94~99 樓、施作高度為 401~429 公尺之 10,000Psi 柱內灌漿以加強結構勁度與強度。

- 1、為確保其施工可行性，施作前於 80F、88F 及 93F 樓版灌漿時同步進行共 3 次之模擬試驗與檢討因應措施。
- 2、調整加大混凝土坍流度標準為 72 公分，以避免過大之泵送坍

流度損失。

3、調降泵送速率至  $30\text{M}^3/\text{hr}$ ，降低泵送壓力約為機具能量之 70%。

4、實際施工時待頂部出料口位置之混凝土滿足流動性需求時再

予以接入柱內進行灌漿，施工相片詳圖 6.11~圖 6.14。

圖 6.11 柱內灌漿坍流度試驗

圖 6.12 柱內灌漿施工



圖 6.13 柱內灌漿入口設備

圖 6.14 429M 柱內灌漿完成



## 第五節 超高層樓版施工

為考量超高層樓板泵送工作性以確保施工品質，因此樓版混凝土部份亦選用高流動性之自充填混凝土，施工中並隨著施作樓層之高度增加而作些許配比之微調，超高樓層部位在風力過大時則設置側面帆布防護以避免造成乾縮龜裂問題，養護方式則採用噴灑養護

膜方式施作以避免濕式水養護影響同步進行之較低樓層裝修施工，另外由於自充填混凝土之採用，其凝結時間較長之特性使得約 8~10 個小時後方能進行整體粉光施工。樓版灌漿管配管與灌漿施工相片詳圖 6.15~6.18。

圖 6.15 垂直灌漿管配置與接合



圖 6.16、樓版灌漿



圖 6.17 樓版灌漿前查驗(91FL)



圖 6.18、樓版施工縫



## 第六節 混凝土品質管理委員會

為了確保混凝土之施工品質，本工程在施工階段中特別成立了混凝土品質管理委員會組織，其參與成員包含業主代表、設計監造單位、專案管理單位、總承包商、分包商及國內外顧問等等，其目的主要為透過所有參與單位充分與及時的討論決議以達成兼顧品質、成本、工期與安全的整體工程目標。

### 一、品管委員會討論議題：

本工程混凝土品管理委員會自 88 年 11 月至 92 年 7 月期間共召開 11 次委員會議，其相關討論議題如表 6.1 所示，其中以材料與配比、10,000Psi 柱內灌漿、基礎版巨積混凝土及後澆帶工法等等為主要檢討之工程事項。

表 6.1 品管委員會討論議題分類與比例

會議次數 議 題	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	%
1 材料與配比	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	100%
2 10000Psi 柱內灌漿	◆		◆	◆	◆	◆		◆	◆		◆	80%
3 基礎版巨積混凝土	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆					65%
4 後澆帶	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆					65%
5 膨脹混凝土		◆		◆	◆	◆	◆					45%
6 品管與試驗		◆	◆		◆	◆				◆		45%
7 養護		◆				◆						20%
8 其他	◆			◆					◆	◆	◆	45%

### 二、配比設計之修訂與考量

本工程混凝土材料與配比为最常检讨的部分，以塔楼巨积混凝土基础版配比为为例，由两家混凝土材料供应商前后共调整过 24 种不同配比，其主要调整过程详表 6.2。

#### 1、第一次配比修訂(配比 A→配比 B)：

- (1).乾縮試驗結果不滿足設計需求。
- (2).7 天短期抗壓強度達設計需求之 95%，早期強度偏高並不符原設計規劃延長 90 天齡期之設計原意。
- (3).經進行配比之絕對溫升試驗，其溫差過高，將不利於巨積混凝土之構造特性需求。
- (4).基礎版位置無鋼筋間距過密之問題。

(5).經檢討修訂改用 II 型水泥、減少水泥量、減少爐石量及加大粗骨材最大粒徑尺寸。

2、第二次配比修訂(配比 B→配比 C)：

(1).其主要配比調整原因為考量全深度 3~3.5M 以一次澆置之施工規劃，其深層部位混凝土搗實不易且品質掌控不良而修訂為高流動性之自充填混凝土。

(2).施工分區為 9 個區塊，其單次灌漿量最多達 4,500M<sup>3</sup>，適度加長混凝土初凝時間亦為考量因素之一。

(3).降低用水量將有助於減少乾縮應變。

(4).經檢討修訂採用自充填混凝土配比設計並減低用水量，另化學摻料用量則隨之增加以達成減水與流動性需求。

表 6.2、6,000Psi 基礎版配比調整過程

配 比 修 改	坍 度  cm	坍 流 度  cm	粗 骨 材 最 大 粒 徑  in.	單 位 用 量(Kg/M <sup>3</sup> )								強 度  — 90 天	乾 縮 量  — 90 天	備 註		
				水  W	膠 結 材 料			骨 材		摻 劑  HP	≥ 6000 Psi				≤450 ×10 <sup>-6</sup> m/m	
					水 泥 型 號	水 泥	爐 石	飛 灰	粗 骨 材							細 骨 材
					Type	C	F1	F2	G							S
<b>A</b>	22±2	—	1/2"	175	Type <b>I</b>	250	200	50	813	894	2.75	5700* 95%*	510 113%	*7 天 齡期		
	↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓								
<b>B</b>	22±2	—	3/4"	170	Type <b>II</b>	210	120	80	835	956	2.67	8871 148%	429 95%			
	↓	↓	↓	↓							↓					
<b>C</b>	25±2	60± 10	3/4"	155	Type <b>II</b>	210	100	80	954	877	3.90	8743 146%	399 89%	SCC		

## 第七節 檢驗與試驗

### 一、送審圖說、施工計劃

承包商於施工前須提出詳細的鋼筋、混凝土施工計劃送業主及設計監造團隊審核認可後方可施作；其內容包含鋼筋或鋼筋籠之加工、製作、組立、運輸、吊裝等以及加工製作之設備場地、方法以及模板、混凝土、鋼骨…等工作項目間施工流程之配合及說明。

### 二、鋼筋施工製作圖

承包商依設計圖繪製鋼筋施工製作圖，送業主及設計監造團隊審核認可後方可製作；鋼筋製作圖內容包含鋼筋尺寸，加工形狀、排置位置、錨錠及支墊等，並應就構材配筋複雜、高程變化及設計監造團隊認為需加詳細標示的部位繪製詳圖送審。

### 三、鋼筋、焊接鋼線網材料

承包商於材料進場均應查驗該批材料之出廠證明，並由承包商自主檢查後，申請材料檢驗並提送業主及設計監造團隊核驗。現場會同抽取樣品送往經業主及設計監造團隊認可之檢驗機構(需符合 CNLA 之試驗室)，依 CNS 檢驗規範進行檢驗，經物理試驗（必要時須作化學成份分析及非水淬鋼筋試驗）符合規定後方可加工使用。

### 四、混凝土材料

結構體施作期間於工地設置混凝土抗壓實驗室，並符合 CNLA 試驗室認證。

混凝土取樣頻率為以同一結構體連續澆置之混凝土為一批，每

100m<sup>3</sup>或每 450m<sup>2</sup>澆置面積至少取樣一組試體，不足前述規定之餘數按一規定值計。設計齡期 28 天者每組取 6 個試體，設計齡期 90 天者每組取 9 個試體。

試體尺寸為 15φ×30H cm圓柱試體，10,000PSI 混凝土因考量抗壓機器之能量，採用 10φ×20H cm之圓柱試體。

### 五、鋼筋保護層及支墊

- 1、鋼筋保護層隔離支墊混凝土澆置前應將鋼筋保護層利用隔離支墊隔離並固定，使其在混凝土澆置中不發生位移。
- 2、梁、版鋼筋保護層隔離支墊須以專用之硬質塑膠製品作支墊；頂層筋時樓版必須以小號鋼筋彎製成之椅墊，梁則必須以大號墊筋支持於樓版之模板上，惟此椅墊或大號墊筋均不得直接接觸模板；支墊強度必須足以承受其上之重量，不被壓碎變形。
- 3、柱筋之保護層之隔離支墊必須使用專用之硬質塑膠製品(圓形夾片)作支墊；矩形柱每個高程每邊至少需設置 2 只，垂直間距每 2M 設置一處，每支柱至少 16 只。
- 4、基礎梁版保護層隔離支墊：本工程於塔樓基礎版施工時，即考量支墊強度，承包商訂製 10\*10\*10cm 6000PSI 強度之細粒料混凝土支墊；頂層鋼筋使用型鋼及角鋼組合構架置於混凝土支墊上。
- 5、保護層需依結構位置、是否與水或土接觸、外露面、室外結構物判定保護層厚度。

### 六、柱筋之排置要點

本工程裙樓地下室採用逆打工法，柱主筋採鋼筋續接器續接，

該續接器位置則配合開挖設置於開挖面上，其排置要點如下：

- 1、若因逆打鋼柱吊放時位置偏差，造成需要額外加補強鋼筋，  
  承包人必須提出改善或補強方式經認可後方可施工。
- 2、柱外箍筋必須是一完整的閉合箍筋，且施做 135 度的彎鉤平均交錯分佈於柱的四個角隅。
- 3、內箍繫筋的製作必須必須是一端 135 或 180 度的彎鉤，另一端 90 度彎鉤，左右交錯分佈。
- 4、內箍排繫原則，至少為每隔一支主筋必須有一支內箍，主筋淨間距大於 15 cm 或主筋為束筋時，則必須每支主筋均必須加內箍。
- 5、柱梁接頭內箍筋之施工必須配合梁筋之施工，於梁下層筋排放後立即套入柱箍後再排放梁上層筋。柱梁接頭外箍之做法亦為一完整的閉合箍筋。

#### 七、梁鋼筋之排置要點

- 1、梁鋼筋之排繫必須考慮柱梁箍筋之排繫順序。
- 2、梁箍筋須做 135 或 180 度彎鉤。
- 3、梁與梁正交處箍筋必須一向箍筋通過，原則為大梁方向或支承梁方向通過，若俟小梁主筋放置完成即不易施作。
- 4、梁主筋排於第二層時，則第二層主筋之排繫儘量靠近第一層，淨距約 35 mm 需使用 #10 SPACER BAR 每間隔 1 M(±) 固定確實。
- 5、梁筋之保護層須確實控制妥當，因此箍筋之製作必須尺寸準確，過大或太小之箍筋均應廢棄不能使用。
- 6、梁穿孔補強須確實施作，且須事先放樣，將孔位預先留設，否則事後不易留設孔，補強筋也不易施作。

#### 八、基礎梁鋼筋之排紮要點

- 1、基礎梁鋼筋之排紮必須於基礎版底層筋先行佈置完成後再施作基礎梁之鋼筋。
- 2、基礎大梁與基礎小梁相交處，基礎大梁之箍筋於小梁之位置須設置梁箍筋。
- 3、群樁之樁頂於基礎範圍之錨錠長內樁筋須加箍筋。
- 4、梁筋保護層須確實控制妥當，因此箍筋之製作必須尺寸準確，過大或太小之箍筋均應廢棄不能使用。
- 5、箍筋主筋之固定必須確實，使箍筋不致因混凝土之澆灌移位，造成間距不均。
- 6、基礎梁與柱相交之柱帽斜角圍束加強筋須確實施作。

#### 九、基礎版鋼筋之排紮要點

- 1、基礎版筋之排紮須於基礎梁及柱位放樣完成後，即先行佈置基礎版之下層鋼筋，俟基礎梁鋼筋排紮完成後再佈置基礎版之上層筋。
- 2、基礎版之下層筋不可在梁內搭接，必須於淨跨距  $1/4$  以上位置搭接；版之上層筋原則上須在基礎梁內搭接。
- 3、下層筋必須使用混凝土支墊，上層筋使用鋼筋彎製成之椅墊，其密度應不致使鋼筋下陷、鬆脫。
- 4、中間支柱拔除孔內鋼筋必須先行補強於開孔之四邊。

#### 十、樓板鋼筋之排紮要點

- 1、樓版鋼筋之排紮必須於柱、牆、大梁、小梁完成後施作。
- 2、樓版筋之排紮必須於模板上先行放樣，將鋼筋位置放樣於樓板上，然後鋼筋依照放樣之位置排放。

- 3、樓版下層筋除有特別說明外原則上應於梁內搭接。
- 4、樓版上層筋儘量不在梁位搭接，應延伸至相鄰版淨跨距 1/4 以上位置搭接。
- 5、樓版鋼筋排紮必須確實用鐵絲綁紮固定，不致因施工人員之走動造成鬆脫。
- 6、同時下層筋必須使用硬質塑膠支墊，上層筋使用鋼筋彎製成之椅墊，其密度應不致使鋼筋下陷、鬆脫，其間距不得大於 1 M ×1 M 之面積。
- 7、為確保上層筋之保護層於梁位均需加一支施工筋，此施工筋需緊貼梁箍，同時將此樓版筋、施工筋及梁箍綁紮成一體，使不致鬆脫。
- 8、懸臂版配筋時上層筋必須延伸一倍以上懸臂版長度以外處搭接，且上層筋必須確實墊高，防止陷下，以確保品質。
- 9、樓版開口或角隅補強筋須確實施作，於補強筋處或埋設水電管交叉處或格子梁處應注意鋼筋是否會突出混凝土面。
- 10、水電配管之埋設不得過於集中，太過集中設法分散或作補強。
- 11、中間支柱之預留孔，或拆模之人孔必須先行補強於開孔之四周。

#### 十一、樓版焊接鋼線網之排置要點

- 1、承包人施工前須提出樓版配筋佈置圖，詳細說明搭接情形及位置。
- 2、搭接處將造成樓板混凝土凹凸不平或增加太多的混凝土量，承包商搭接方式採用單筋搭接，即僅續接之一端為單筋，而單筋之長度至少須 400mm 長內無另一向鋼筋，即利用此單筋長插入另一端已排好之雙向鋼線網再用鐵絲綁紮固定，此種

方式除搭接不增加混凝土厚度，也可滿足樓板配筋採用截斷筋方式配筋原則。

- 3、搭接位置儘量在應力較小之位置，其搭接部份須用 20#鐵絲綁紮固定確實，不致因施工人員走動造成鬆脫。
- 4、樓版熔接鋼線網之施作應從下層先行配筋完成，俟水電設備管完成後再配上層網線網及部份開口補強或角隅補強配合圖面施做。
- 5、鋼線網之保護層至少 2cm，上層筋之椅墊間距約 1M×1M(±)。
- 6、樓版鋼線網配筋方式，需注意下層筋伸入梁內錨錠長至少 200 mm 以上，短向搭接位置不可在同一線上。

## 第八節 鋼筋檢驗要點

鋼筋施工及查驗時之檢驗要點及注意事項，茲說明如下：

- 1、連續壁預留 coupler 是否因施工不慎造成損壞。
- 2、連續壁邊梁預留剪力筋遭不當施工切除。
- 3、連續壁邊梁劣質混凝土未敲除，即進行植筋作業，導致植筋埋入深度不足。
- 4、基礎大梁與基礎大梁及柱相交處，一向梁箍筋未施作。
- 5、基礎大梁與基礎小梁相交處，大梁未設箍筋。
- 6、基礎大梁與基礎大梁及柱相交處，柱帽斜角加強筋未施作。
- 7、基礎內群樁之錨錠筋未設基樁箍筋。
- 8、柱箍筋因設備開關原因，間距參差不齊未依柱列帶及中間帶配置。
- 9、柱箍筋未設 135 度彎鉤，且未四個方向互相交錯。

- 10、柱梁接頭之箍筋未依規定施作、數量不足。
- 11、柱繫筋 90 度彎鉤長度不足。
- 12、大小梁正交，於大梁處未設置箍筋。
- 13、梁穿孔補強筋未依設計圖方式補強。
- 14、梁箍筋下層未和梁主筋綁紮。
- 15、梁箍筋未施作 135 度彎鉤，且未交錯。
- 16、梁鋼筋支數不足、加筋位置錯誤或不足。
- 17、版加筋位置及長度，未依設計圖施作。
- 18、版角隅補強筋配置不當造成樓板太厚。
- 19、版鋼筋於梁側處起始距離太大(>5CM)。
- 20、臨時開口及分區施工縫補強筋間距及號數未依設計圖施作、位置未置於中央。
- 21、牆開口、樓版開口補強筋未加縱橫斜向補強筋。
- 22、RC 牆位置致柱、梁需增加尺寸處，未施作增打處補強筋。
- 23、牆筋號數、間距、及交接處補強筋錯誤 及繫筋間距錯誤。
- 24、樓梯施工縫預留筋及補強筋未依設計圖施作，平台轉折補強筋未加強。
- 25、彎鉤內徑錯誤、長度不足、彎入錨錠位置錯誤。
- 26、梁、版高低差變化處補強筋需注意。
- 27、箍筋間距參差不齊未依柱列帶及中間帶配置。
- 28、水電配管任意移動，影響鋼筋間距。
- 29、澆置混凝土時因輸送管振動而使鋼筋位移或造成保護層不足或太大。
- 30、澆置混凝土未鋪設工作架板，使施工人員任意踩踏鋼筋，造成鋼筋位移。

- 31、鋼筋之清潔：澆置前所有鋼筋上之污泥、油漬、浮銹或其他足以降低握裹力之雜質均應清除潔淨。
- 32、逆打柱偏位補強筋(梁及柱)放置位置錯誤、或支數不足。
- 33、止水帶未施作、未確實填塞止水膏、放置太久失效。
- 34、施工縫處免拆模板浮漿、或鋼筋污染未確實清除。
- 35、版、樑、柱保護層太大或不足，致使鋼筋貼模板。
- 36、鋼筋保護層支墊數量不足或未施作。

本工程鋼筋施工相片詳圖 6.19~圖 6.25。

圖 6.19 塔樓基礎版下層筋



圖 6.20 塔樓基礎版剪力筋



圖 6.21 塔樓基礎版鋼筋組立



圖 6.22 塔樓基礎版上層筋



圖 6.23 裙樓 1F 版鋼筋綁紮與澆置混凝土



圖 6.24 塔樓高層區樓版配筋與現場管口坍流度測試



圖 6.25 塔樓高層區樓版配筋與混凝土澆置



## 第七章 鋼結構工程

### 第一節 鋼柱規劃與考量

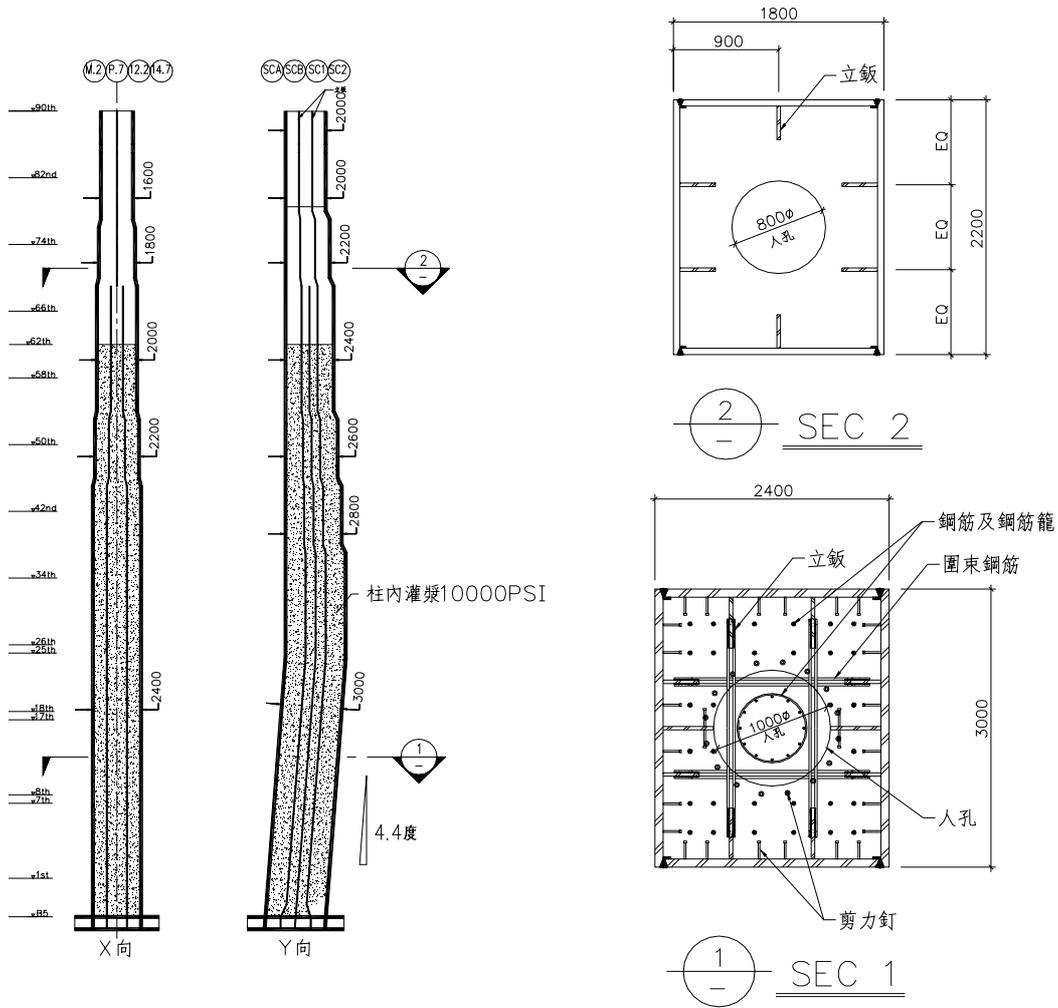
本工程主要結構為鋼結構構造，而肩負承載與傳遞本超高層大樓主要荷重構件為鋼柱系統，塔樓鋼柱之規劃設計考量包含配合建築立面造型、使用空間、結構安全及結構之應力傳遞路徑等等。建築所規劃之電梯、樓梯、管道間及走道皆集中於塔樓之中心部位，因此服務核心內之 4 角隅共 16 支內柱均位於同一鉛直位置。又帷幕牆由地面至 25 層約成 4.4 度角、共 8.4 公尺之尺寸退縮，25 層以下之外柱結構規劃則配合建築立面為漸縮之斜柱，並由地下 5 層基礎層開始退縮以利柱應力傳遞，其退縮尺寸約為 10 公尺，另四角柱則為雙向斜柱。25 層以上之建築立面為每 8 層為一個單元之變化造型，其外柱結構規劃則以鉛直柱位及懸挑方式處理。

斜柱之設計除了在製造上將有許多大、小梁尺寸需逐層配合平面退縮變化外，其製造及預裝尺寸精度、塔吊及吊裝之規劃與補強、調整及測量之配合與回饋、以及銲接變形之控制等等均為施工技術上需克服之課題。

柱斷面之變化除了配合結構應力與勁度需求外，並儘量予以簡化為原則以利施工，以最大巨柱尺寸為例，其柱尺寸變化由□-2.4M×3.0M 共分 6 處漸縮至□-1.6M×2.0M，每次退縮 200mm，漸縮段則以一層樓高之斜率施作，退縮之位置則配合一般建築需求採由兩側往中心、由內側往外側之原則施作。另鋼板厚度則由 80mm 漸縮至 50mm，每次變化之厚度為 5mm。若整合尺寸與板厚變化則

共分為 9 段，圖 7.1 所示為巨柱斷面變化及剖面示意圖。

圖 7.1 巨柱斷面變化及剖面示意圖



## 第二節 巨柱 (Mega Column)

巨柱為本工程巨型結構系統之主要構件，巨柱型式之選擇及設計除了決定於強度與勁度之設計需求外，亦為影響本工程結構安全、施工進度與施工難易度之重要因素，其設計斷面如圖 7.1 所示，

巨柱型式採類似橋樑墩柱之大尺寸鋼柱及柱內灌漿為考量，其最大尺寸為 2.4M×3.0M，各柱面並設置 2~3 片之垂直立板，垂直立板之設計除考量強度與鋼板寬厚比之外，各立板並以井字型鋼筋電鍍對接以增加圍束效果及防止柱內灌漿壓力產生之變形，各節之立板接合則採用工地螺栓接合設計，以避免柱內工地銲接並取代柱外臨時假固定續接，另每一節柱頂螺栓孔亦可作為吊裝施工時之臨時吊點，而廠內則以預裝方式以確保接合尺寸精確度需求。

柱內橫隔板則規劃施做人孔與穿筋孔以利柱內銲接工作、柱內螺栓鎖固、鋼筋連通與灌漿流通孔用途。另鋼柱柱板內側與橫隔板則設置剪力釘以達到複合斷面之應力傳遞需求。柱內鋼筋與鋼筋籠則兼具溫度鋼筋與提供強度之設置需求，柱內鋼筋採廠內施作，而鋼筋籠之吊放則須待螺栓接合完成後再以吊裝插入人孔方式施作。

### 第三節 鋼柱分節規劃與考量

本工程鋼構分節施工規劃之考量原則說明如下：

#### 一、鋼板製作尺度之限制

由於本工程最大鋼柱柱面板鋼板最厚達 80mm、且最大鋼柱斷面為 3000\*2400mm，因此需考量與配合鋼板供應商之單一鋼板最大產能(鋼胚大小)而規劃分節之位置；本工程鋼板供應由中國鋼鐵公司以及日本新日本製鐵公司提供，其最大單一鋼板最大產能分別為 12 噸及 16 噸。

#### 二、塔吊吊運能量與作業範圍之限制

塔吊之吊運能量與作業範圍，需配合塔吊位置、塔吊型式等等之規劃外，單節重量、工地材料鋼骨材料暫存置料區域、起吊位置、起吊方式等等亦需一併事先規劃考慮。

以本工程最重巨柱構件之吊裝為例，其規劃由南、北兩部塔吊(T/C#1、#3)配合地面 150 噸級油壓移動式吊車，負責全部 8 支巨柱之起吊與吊運作業。

### 三、運輸載重與尺度限制

對於超長(18M)、超寬(2.5M)、超高(4.2M)、及超重(35 噸)之構件，除應協調各有關單位以符合一般公路運輸法之規定外，工地之運輸動線、構台、暫存區域之結構補強等等，均需事先妥善規劃安排。

### 四、儘可能減少工地現場接合之施工規劃考量

為減少鋼柱對接合焊接工作量、工地現場接合之次數，以縮短工地安裝電銲之施工工期。

### 五、符合結構設計需求之工地接合樓層限制

因本工程為巨型構架結構系統，宏觀之結構受力行為近似一 11 層之巨型結構，為了考量避開高應力及勁度變化處即為工地接合弱點，結構設計上共規劃 23 個樓層為限制工地接合樓層節次，其中包含 1 樓挑空與應力最大處、柱斷面轉折處、巨型桁架梁之上、下樓層以及 62 層柱內灌漿勁度轉變處等等。

本工程之標準鋼構分節由 B5 至 101 層共分 35 節次，標準節次為單節 4 層樓高共 16.8M 為原則，另外，最大巨柱(C1 與 C3)則受上述之鋼板生產尺寸、塔吊吊運能量、與設計需求之限制共細分為 54 個節次，亦即大部分單一標準節次內之巨柱細分為 2 節組合而成，其中最大單節鋼柱重量達 86.7 噸，表 7.1 為主要巨柱分節之重量與長度概要說明，圖 7.2 為巨柱吊裝施工相片，圖 7.3 為本工程鋼柱分節詳細圖。

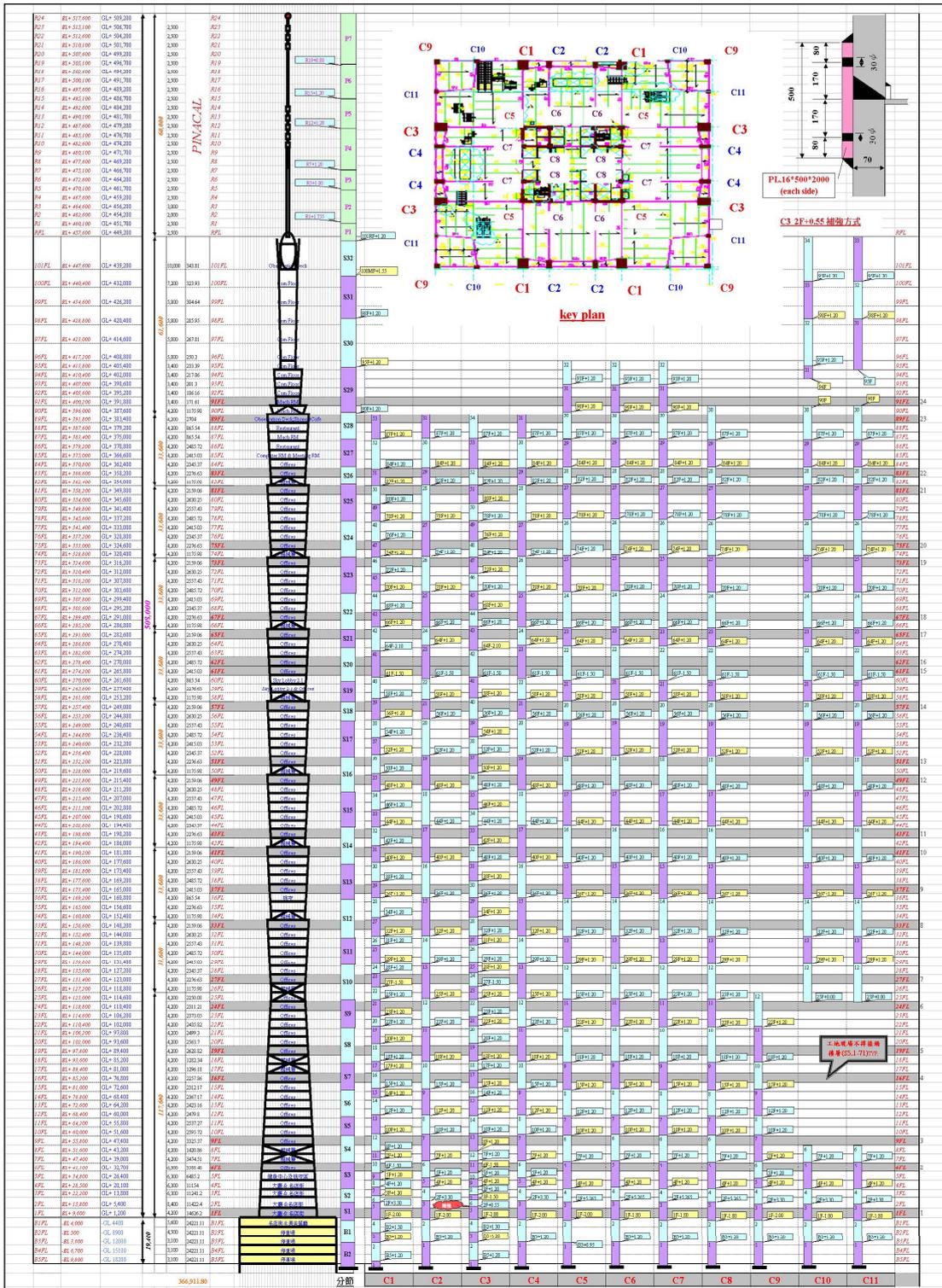
表 7.1 巨柱(C1~C5、C9 鋼柱)分節重量與長度概要

巨柱編號		C1	C2	C3	C4	C5	C9	備註
配置樓層		B5~90F	B5~26F	B5~90F	B5~26F	B5~95F	B5~26F	B5~90F 標準分成 32 節
總數量(節)		53	12	<b>54</b>	12	<b>32</b>	12	
重量 (噸)	總重量	3,126	669	3,126	669	1,345	492	表列重量不含連接板及托架等二次加工鐵件。
	最大重	<b>86.7</b>	58.4	82.1	58.4	74.4	59.6	
	最小重	29	3.2	24.5	3.2	11.7	21.5	
長度 (M)	總長度	406	136.9	406	136.9	423.5	136.9	
	最大長	12.6	16.8	12.6	16.8	<b>18.9</b>	16.8	
	最小長	1.2	6.3	1.2	6.3	5.6	6.3	

圖 7.2 巨柱(C2-B2 節)吊裝施工相片



圖 7.3 塔樓鋼柱分節配置示意圖

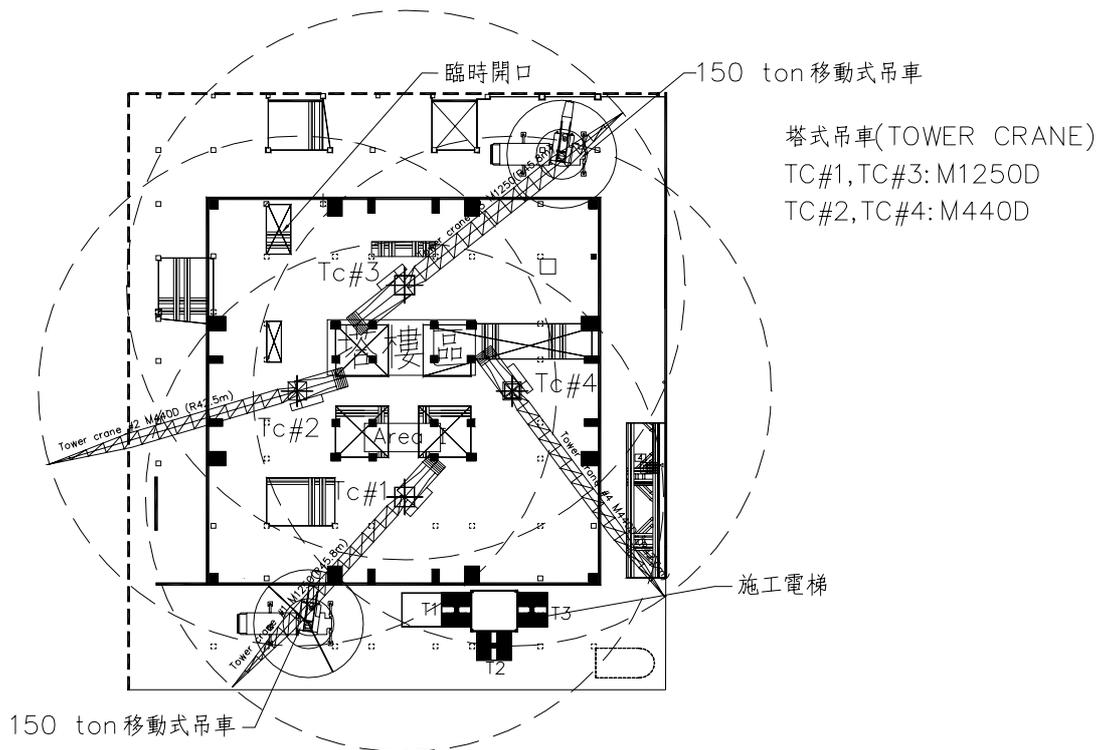


## 第四節 垂直吊運設備-塔式吊車

### 一、塔式吊車之配置

本工程主要之垂直吊運設備採用 8 部塔式吊車(Tower Crane)，塔樓配合吊運荷重能量需求以及吊裝效率之考量，共規劃 4 部高吊運能量塔吊，其平面配置如圖 7.4 所示；裙樓亦因平面尺寸約達 150 公尺，且第 2、3 部主要規劃為吊裝長跨距採光罩桁架之用，因此亦配置 4 部塔吊。

圖 7.4 塔樓區塔吊配置示意圖



塔樓南、北側各配置一台型號為 M1250D 之塔吊(TC #1、TC #3)，其吊運能量約為 2,200T-M；東、西側則各配置一台型號為

M440D 之塔吊(TC #2、TC #4)，其吊運能量約為 650T-M，主要構件之地面置料區則配合動線集中於東北側與西南側，另外為了配合巨柱之起吊，並配置 2 部 150 噸級移動式吊車於 1 樓堆料暫存區配合卸貨、與安裝起吊作業，表 7.2 為本工程之塔吊相關資料。

表 7.2 塔吊相關資料

項目/編號	T/C #1	T/C #2	T/C #3	T/C #4
(1).設置位址	南側 (信義路)	西側	北側	東側 (松智路)
(2).製造廠商	澳洲生產(Favelle Favco Cranes Pty Ltd. -Australia)			
(3).種類型式	塔型俯仰伸臂式			
(4).代理廠商	神洲建機工程股份有限公司			
(5).型號	M1250DX	M440D(331震 後改為 M600D)	M1250DX	M440D(331震 後改為 M600DS.8)
(6).塔節尺寸	3.5M*3.5M	2.7M*2.7M	3.5M*3.5M	2.7M*2.7M
(7).塔節高度	48M	48M	48M	48M
(8).桁架長度	45.8M	45.8M	45.8M	45.8M
(9).最大半徑	42.5M	42.5M	42.5M	42.5M
(10).最大荷重	100 Ton	50 Ton	100 Ton	50 Ton
(11).塔節頂部 至桁架頂端	最大48.6M 最小23.1M	最大48.6M 最小12.1M	最大48.6M 最小23.1M	最大48.6M 最小12.1M
(12).安裝最高 時塔節底部	EL.+357.0M (83F)	EL.+357.0M (83F)	EL.+357.0M (83F)	EL.+390.6M (91F)
(13).安裝最高 時桁架頂端	EL.+453.6M (相當於R2)	EL.+453.6M (相當於R2)	EL.+453.6M (相當於R2)	EL.+487.2M (相當於R16)

## 二、塔式吊車之支撐與補強

塔吊臨時補強之安全性、轉用性、簡易性與否以及現場安裝組立銲接進度之配合，將為影響吊裝進度之關鍵。因此除了與永久構件接合之連接版外，本工程支撐補強構件均可重複使用並轉用於後續之樓層。圖 7.5 為塔吊補強施工相片，其中補強構件包含塔吊支承樑、水平及垂直斜撐等構件等等。

初期階段於地下室部分之鋼骨安裝時，塔式吊車之固定方式採自立式，亦即直接將塔式吊車之底部固定裝設於穩固之 B5F 基礎版結構上。中期階段(1F~26F)當鋼骨安裝至 4F 時，配合低層區(1F~26F)之分節配置位置，配合以每一節次安裝完成後爬升一次之原則，塔吊則固定於每 4 個樓層。後期階段(26F~90F)之標準樓層區之鋼骨安裝時，塔式吊車爬升規劃仍以每一節次(4 樓層)完成後爬升一次之原則，塔吊爬升樓層配合每 8 層一次之機械層巨型桁架梁，如此將可省略臨時垂直斜撐之施作及提高吊裝施工之安全。

圖 7.5 塔樓低樓區塔吊臨時支撐施工相片



### 三、塔式吊車之爬升作業

本工程塔吊爬升樓層，配合鋼骨分節之配置，以每安裝一節爬升一次以及四部塔吊輪流爬升為原則，其四部塔吊爬升時間約為 2 個工作天，除了低層區(1F~26F)規劃每 3~4 樓層爬昇一次外，標準層(27F~90F)以 4 個樓層爬升一次，合計爬昇共 24 次。圖 7.6、7.7. 為爬升作業之規劃配置示意圖。

圖 7.6 塔樓低樓區塔吊爬昇示意圖

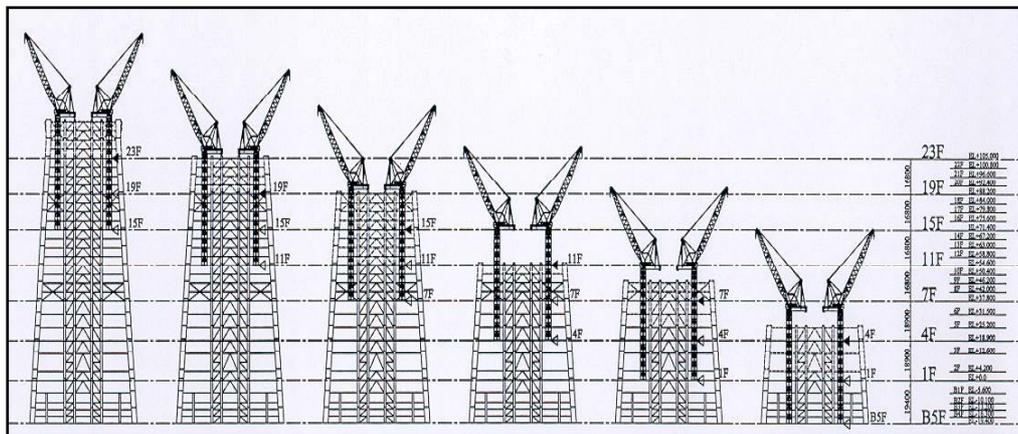
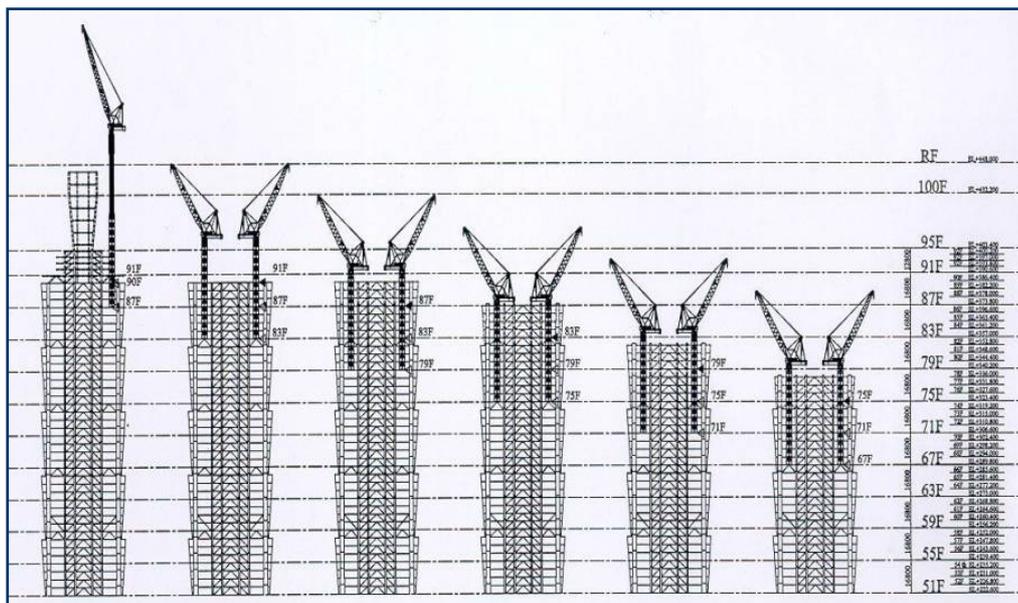


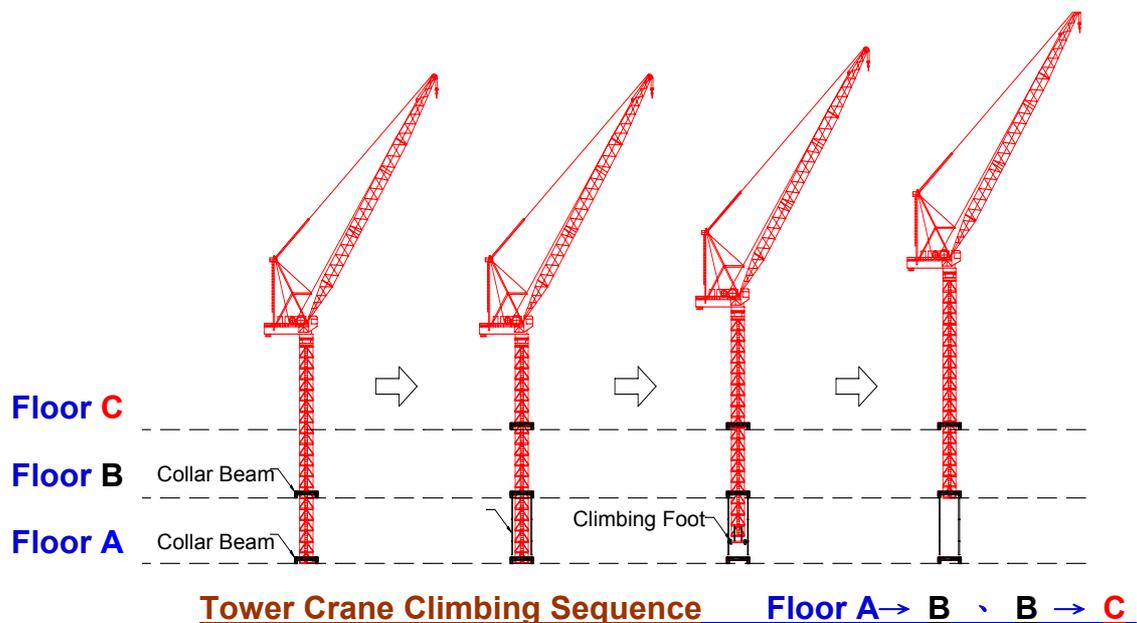
圖 7.7 塔樓高樓區塔吊爬昇示意圖



本工程塔吊爬升作業之步驟如下，圖 7.8 為其流程示意圖：

- 1、步驟 1：塔吊固定於Floor A -Floor B，塔節以圍束樑(Collar Beam)固定，作用配合塔吊位置配置之塔吊支承樑(Support Beam)，與建築物之永久結構樑柱及支撐補強水平與垂直斜撐接合。
- 2、步驟 2：於預定爬升之樓層(Floor C)安裝圍束樑、塔吊支承樑及支撐補強水平與垂直斜撐；將塔吊爬升梯(Climbing Ladder)安裝於Floor B，準備爬升(塔吊掛勾需吊起配重塊，以保持塔吊於爬升過程中之直立與平衡)。
- 3、步驟 3：塔吊以爬升梯爬升至Floor C。
- 4、步驟 4：塔吊爬升到定位Floor C(固定於Floor B -Floor C)，爬升完成；Floor A之圍束樑、塔吊支承樑及支撐補強水平與垂直斜撐等拆除，待下次爬升前安裝於下一塔吊固定樓層。

7.8 塔吊爬升作業步驟示意圖



#### 四、塔式吊車拆除

本工程塔式吊車之拆除，4 部塔吊於第 22 次爬升(84F~87F)後，並完成 S30 節(91F~96F)鋼骨安裝後，採用塔吊拆除塔吊之方式拆除 3 部塔吊；但剩下 1 部之最終塔吊(T/C #B)之拆除，因此時 T/C #B 塔節頂部高度約為地上 438.6M，無法以一般油壓移動式吊車拆除、且高度達 438.6M、塔吊最大節塊重量達 17 噸、以及風力等因素，使得拆除塔吊用的救援吊車之掛勾(Hook)、捲揚機(Winch)與鋼索(Wire/ Cable)等規劃選用更是另一項困難的挑戰。

使用拆除塔吊之救援吊車機具，共計 3 組循環：計救援吊車(FAVCO 370R)、簡易型定肢吊車(SDD 20/15-無塔節)、簡易型定肢吊車(SDD 3/17)，此三部救援吊車均為澳洲 FAVELLE FAVCO CRANES PTY LTD 公司原廠提供，期間並派遣專業機械控制技師現場指導與操作以維安全。

拆除歷時月 2 個月餘(自 2004.3.20 起至 2004.6.10 止)，因適逢梅雨、西南氣流旺盛季節，風力的因素更是拆除作業中最棘手的難題，以免撞壞帷幕牆、或影響附近道路交通與人員之安全，在『確認再確認、檢查再檢查』的最高原則下，全體鋼構安裝施工人員終於完成本工程最後一項艱難考驗。

整個塔吊拆除作業之流程與方法，概述如下：

##### 1、先將 3 部塔吊拆除：

考量後續吊運工作量之減少、避免塔吊位置後續作業之延誤、及最後塔吊拆除之空間與作業範圍對後續工程之影響。4 部塔吊於第 22 次爬升(84F~87F)後，並完成 S30 節(91F~96F)鋼骨安裝後，以塔吊拆除塔吊之方式，先將 3 部塔吊拆除，僅留下東側 T/C #B 塔吊。

2、T/C #B 塔吊爬升：

為配合後續之鋼骨與塔尖頂升及其設備之吊運，T/C #B 進行第 23 次爬升(87F~91F)、第 24 次爬升(91F~96F)，考量後續拆除之救援吊車(Rescue Crane)設置位置及高度之能量限制與困難度，規劃 87F 以上之塔吊區(塔節位置)之樓版保留後續混凝土作業，以利 T/C#B 塔吊拆除前高度回降至 87F。

3、進行後續之鋼骨及塔尖頂升所需設備之吊運完成。

4、T/C#B 塔吊高度先回降至 87F。

5、安裝救援吊車(FAVCO 370R)於 90F。

6、以救援吊車(FAVCO 370R)拆除 T/C#B 塔吊。

7、安裝定肢型(Stiff Leg)吊車(SDD 20/15-無塔節)於 91F。

8、以定肢型吊車(SDD 20/15)拆除救援吊車。

9、安裝定肢型吊車(SDD 3/17-無塔節)於 91F。

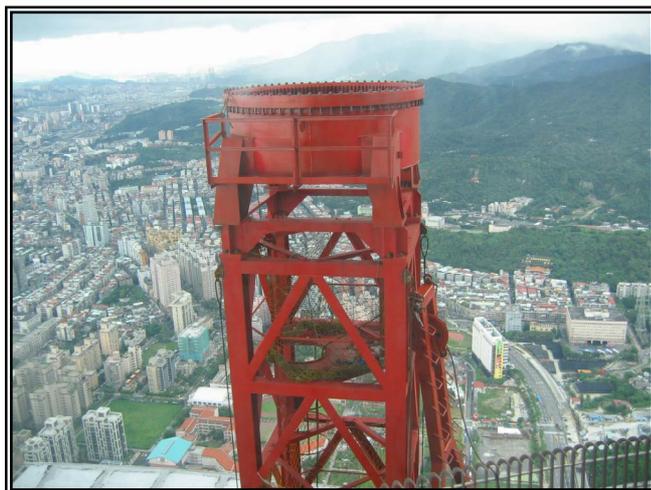
10、以定肢型吊車(SDD 3/17)拆除(SDD 20/15)吊車。

11、以人工及捲揚機  
將吊車(SDD 3/17)  
拆除，並以室內電  
梯運送回地面層。

12、完成塔吊拆除。

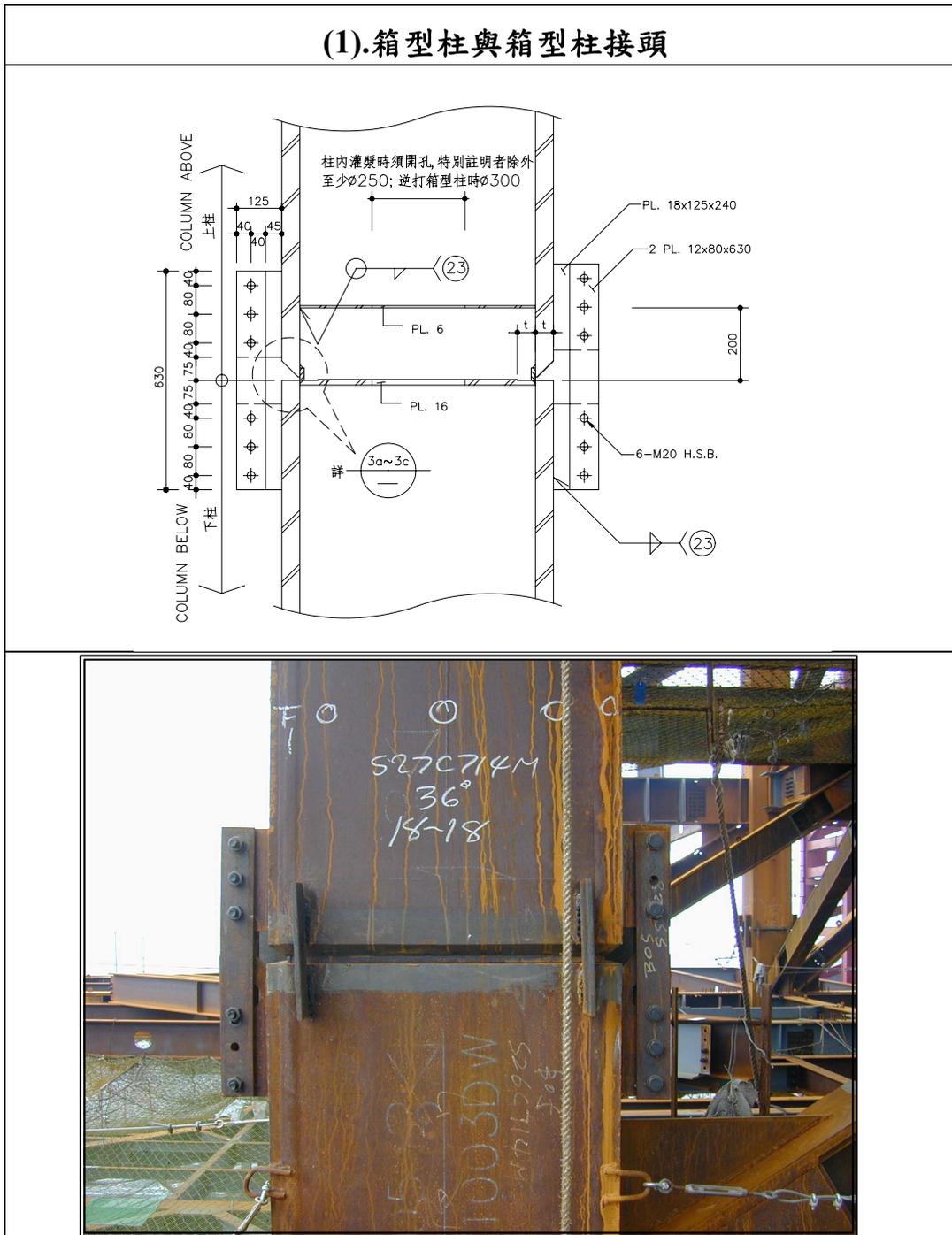
圖 7.9 為救援吊車  
(370R)拆除施工中相片。

圖 7.9 救援吊車(370R)拆除(高度約 400M)

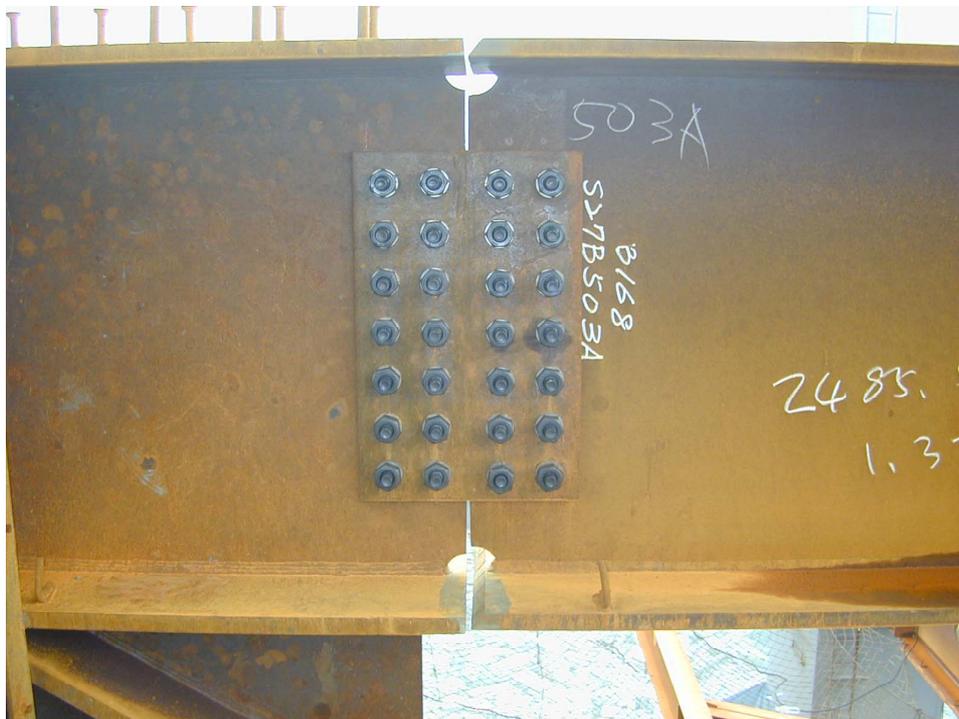
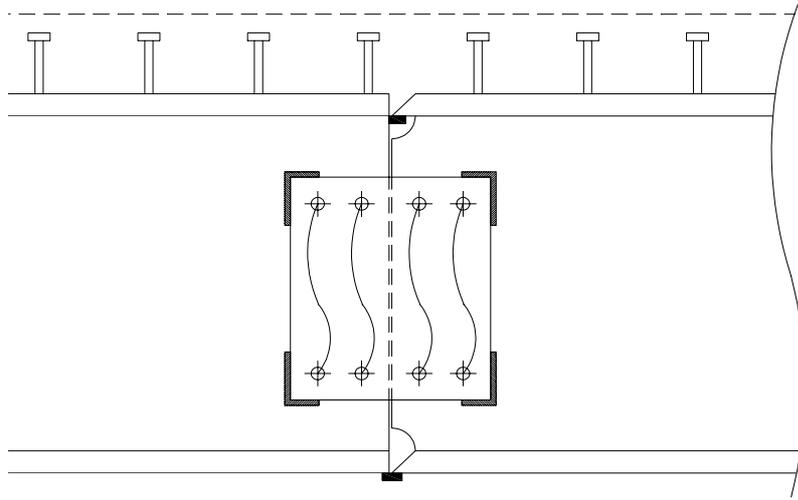


### 第五節 鋼結構工程接合詳細

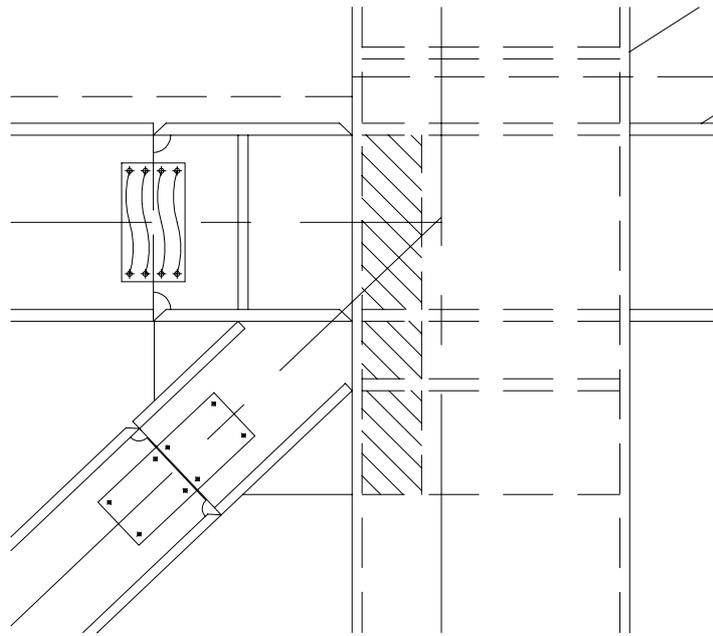
下述為鋼結構工程主要接合相片與設計圖面比較示意圖。



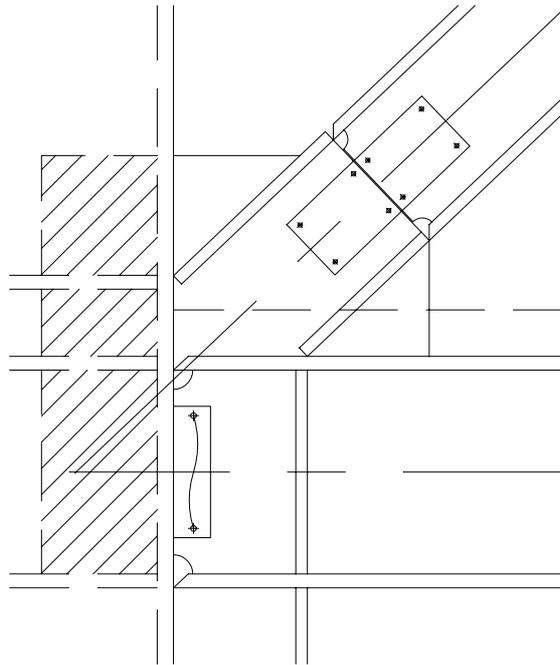
(2).大樑與大樑(托架) 接頭



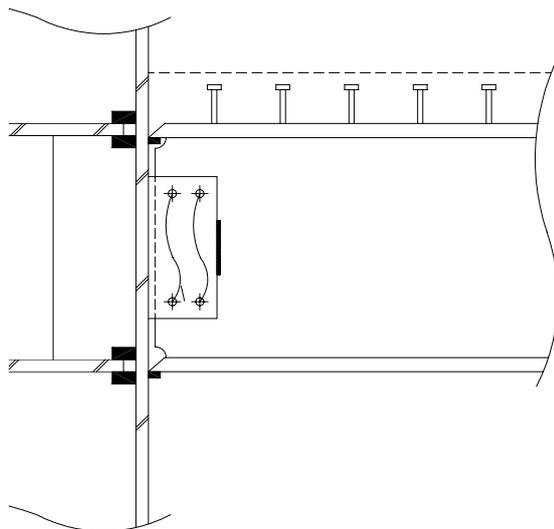
(3). 垂直斜撐(頂部)與樑柱接頭



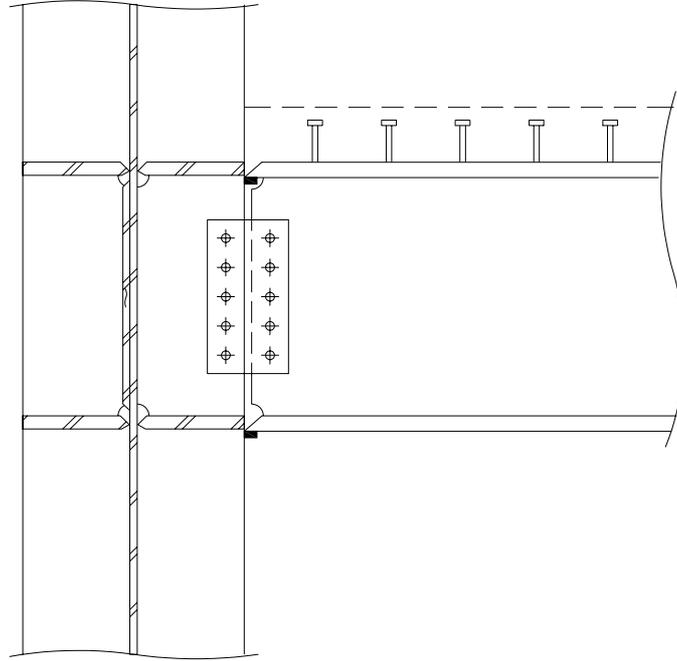
(4). 垂直斜撐(底部)與樑柱接頭



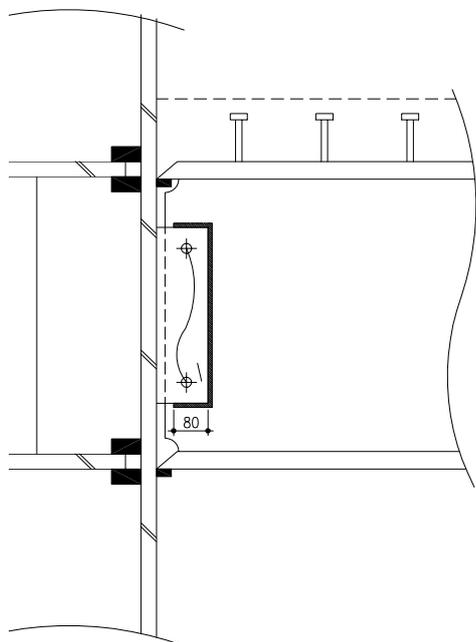
(5). 鋼樑與箱型鋼柱接頭



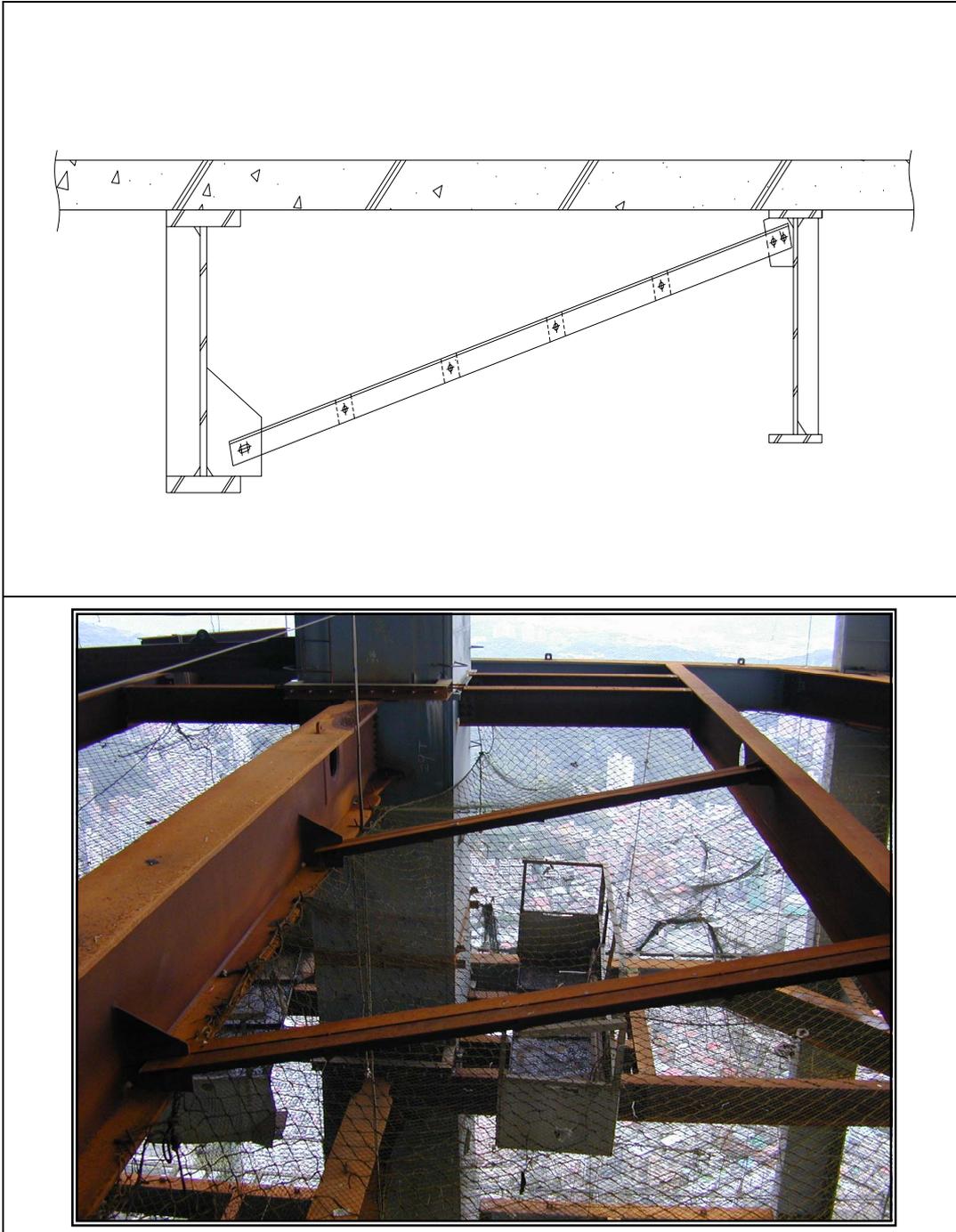
(6). 鋼樑與 H 型鋼柱(弱軸)接頭



(7). 鋼樑與 H 型鋼柱(強軸)接頭



(8). 大樑與小樑間側向支撐接頭



## 第六節 巨柱製造與施工

### 一、製作施工方式

本工程巨柱之製作施工方式，除依照施工規範製造加工精度與容許差之要求外，更配合結構設計之柱內立板、柱內鋼筋、人孔及鋼筋籠等設施，更增加巨柱製造之困難度，下列依序為巨柱之施工步驟流程：

- (1).鋼板落樣與切割：將施工詳細圖之放樣資料，傳送到電腦控

制瓦斯切割機(NC

Cutting Machine)落樣

及標記於鋼板上，如

圖 7.10；除放樣(落樣)

外亦可進行鋼板切割

作業。包含所有箱型

巨柱組立用之面板、

柱內立板、橫隔板。

圖 7.10 鋼板落樣標記



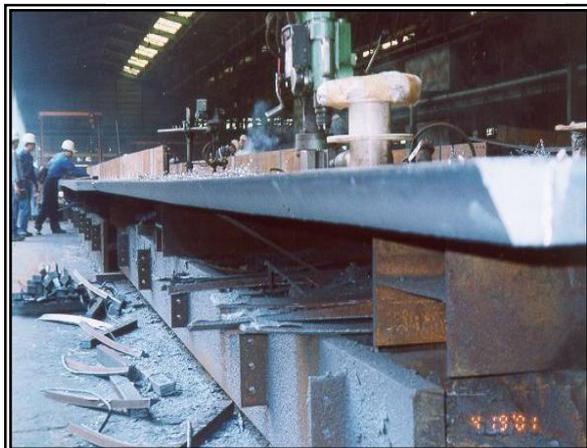
- (2).開槽：利用半自動切

割機(IK-12)進行所需

之角度開槽作業，如

圖 7.11。

圖 7.11 鋼板端部接合處



- (3).校正整型：檢查切割、

開槽後鋼板之平整

度，並針對超出容許

範圍者，利用 1500 噸

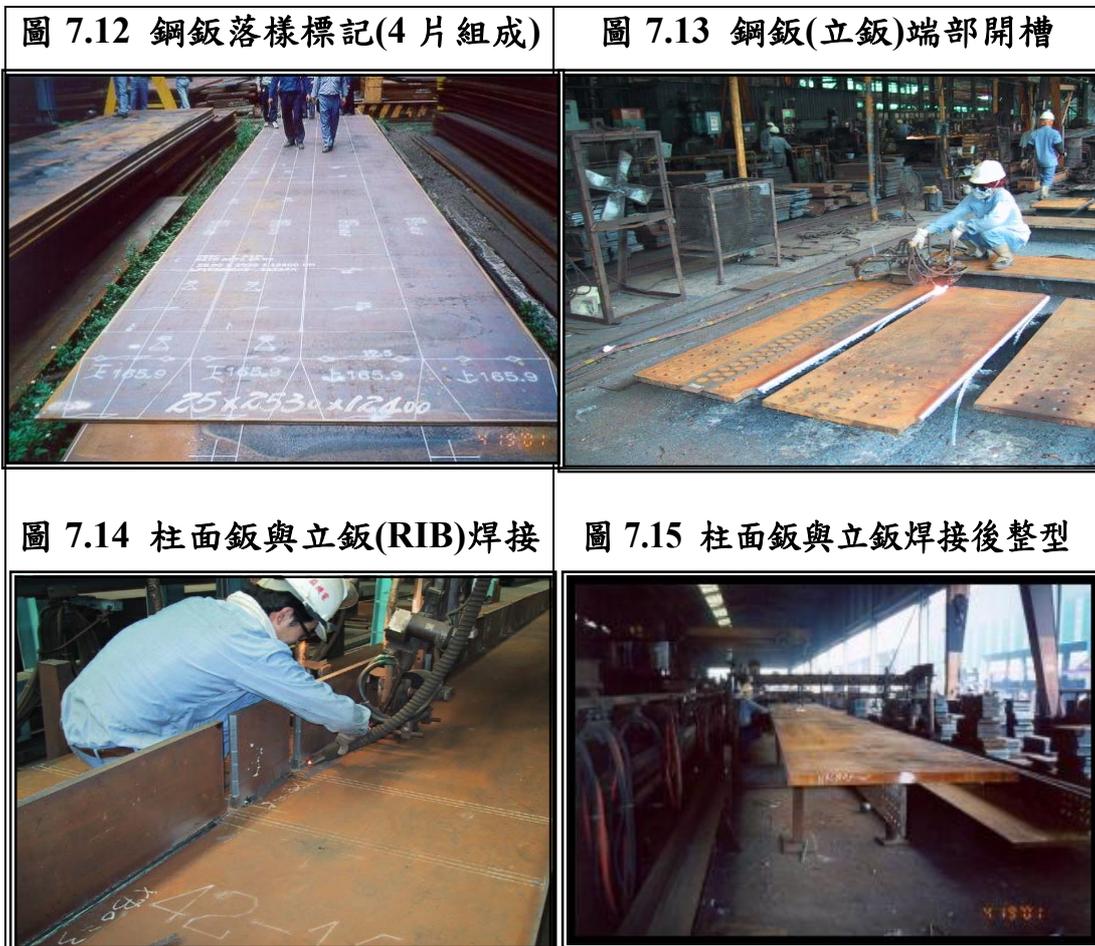
壓床進行校正整型作業。

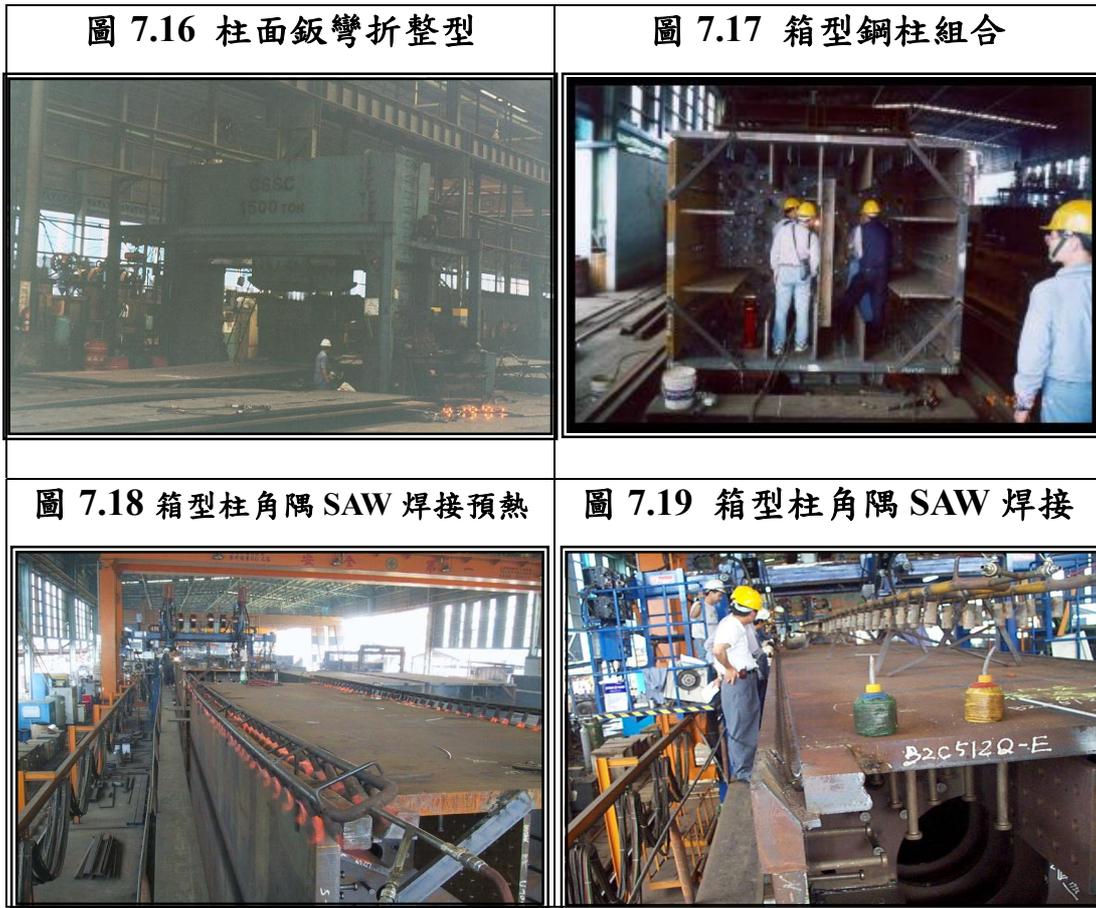
- (4).小組合鈹片：將檢查校正後之各面鈹，依放樣資料組立點焊背固定襯鈹、柱內立鈹。
- (5).鈹片電焊：利用門型潛弧自動電焊機焊接柱內立鈹與面鈹接合焊道，並同時使用 2 支鉚槍兩邊同時焊接，以防止及減少焊接變形。
- (6).檢查焊道並檢查變形平整度，如需要使用加熱整型校正。
- (7).大組合節塊(Block)：將完成小組合焊接與電焊之 4 塊鈹片及柱內橫隔鈹，組合成箱型鋼柱之節塊。
- (8).面鈹角隅焊接：使用全自動潛弧電焊機焊接(SAW)，進行箱型柱四角隅之焊接、並採兩邊同時焊接；A 面之焊道填滿約 1/3 時，翻轉至 B 面、待 B 面已 SAW 焊滿後，再翻面回 A 面並進行其餘之 2/3 焊道，以防止焊接應力造成龜裂及造成變形。
- (9).柱內橫隔鈹焊接：利用 GMAW、FCAW、及 SMAW 焊接方式，進行柱內橫隔鈹與柱內鋼筋之焊接作業。
- (10).檢驗：進行焊道之非破壞檢驗與組合箱型柱之精度檢查；以超音波檢測(UT) 100%檢驗全滲透焊接之焊道、以磁粒檢測(MT) 5%檢驗重要之填角焊焊道；並依施工規範檢查箱型柱之相關尺度與精度。
- (11).整修與整型：前述非破壞檢驗瑕疵缺陷與精度不良者，必須在二次加工前完成整修或整型。
- (12).二次加工：完成一次加工後箱型柱，開始進行二次加工之螺栓孔位鑽孔、連接鈹組立焊接等作業。

(13).假組立：二次加工後之成品前，為確保報工地安裝良好之精度控制，需事先於製造工廠完成本節鋼柱上下接合之鋼柱對接接頭假組立，以確認螺栓孔位與工地柱對接接頭之間細精度。

(14).塗裝成品：完成噴砂與鋅粉底漆塗裝，經最終之成品檢驗合格後，即可送至儲存區堆放。

(15).流程照片，如圖 7.12~圖 7.19。





### 第七節 韌性接頭與施工

為確保梁柱接頭之韌性容量能滿足設計需求，本工程以非線性動力分析後，求得塑性鉸較大之梁柱接頭位置，並於該接頭之鋼梁上、下翼鈹處施以韌性切割以增加消能效果，其切割形狀及尺寸，如圖 7.20 所示。

本工程施工前委託台灣科技大學進行多組實體反覆載重試驗，以確認實際施工可滿足接頭設計之韌性需求。

梁柱接頭之韌性與破壞模式，與接頭銲接施工細部處理密不可分，本工程之施作方式如下：

- (1). 組合型鋼之翼鈹與腹鈹接合處端部 100mm 範圍長度內，以採

用提高一等級之開槽銲接方式處理，且端部再以回頭銲形成一平滑圓順、半徑  $R=45\text{mm}$  之銲接孔(Access Hole)、以避免應力集中，如圖 7.21、圖 7.22。

(2.) 銲後並切除翼板兩端多餘銲道及以研磨處理，如圖 7.23~圖 7.24。

圖 7.20 韌性切割型狀與尺寸

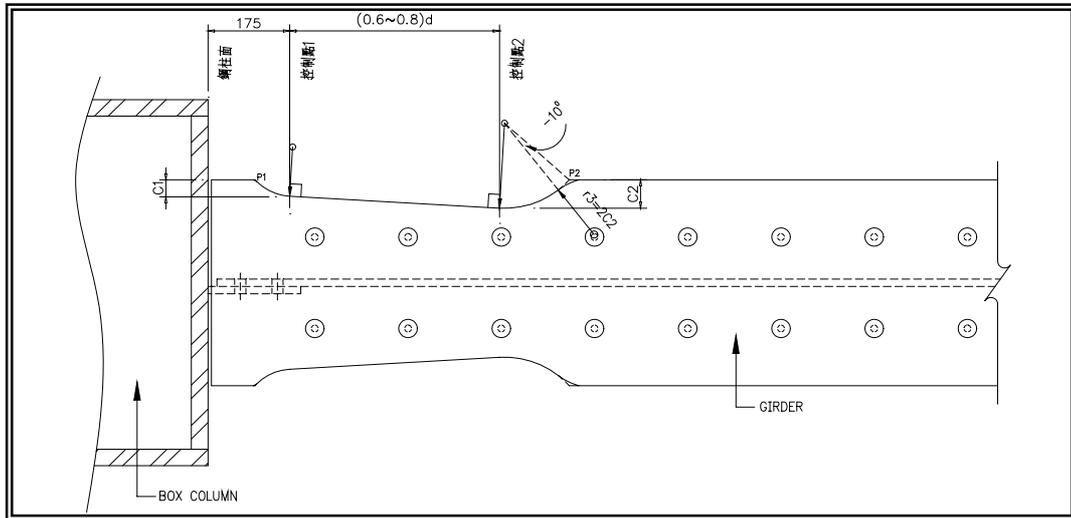


圖 7.21 組合型鋼之翼板與腹板接合處，採用提高一等級之開槽銲接方式



圖 7.22 組合型鋼之翼板與腹板接合處，端部再以回頭銲形成一平滑圓順



圖 7.23 銲後並切除翼板兩端多餘銲道及以研磨處理



圖 7.24 銲後並切除翼板兩端多餘銲道及以研磨處理



## 第八節 長跨距採光罩桁架

裙樓屋頂結構為配合階梯式採光罩造型之構架，其長寬各約 70M，如圖 7.25、7.26 為採光罩構架立面示意圖及施工相片。結構上共有 12 道垂直桁架對稱配置，每個垂直桁架間則配合階梯尺寸設置水平斜撐。其中頂部為一『如意』造型之三維空間桁架，跨距約 80M，主桁架構造由兩支直徑 600mm 雙曲率圓管上弦、一支直徑 750mm 直管下弦以及沿著曲率尺寸變化並連接上、下弦圓管之「T」字造型構架所組成，其中「T」字造型構架之間距為 4.2M、

寬度及高度最大約為 10M，主桁架兩端則以 4 支直徑 1.2M 圓管鋼柱及斜撐作支承，另外為配合建築造型及裝飾之設計要求，採光罩構架所用材質均為鋼材。

圖 7.25 採光罩結構分析模式

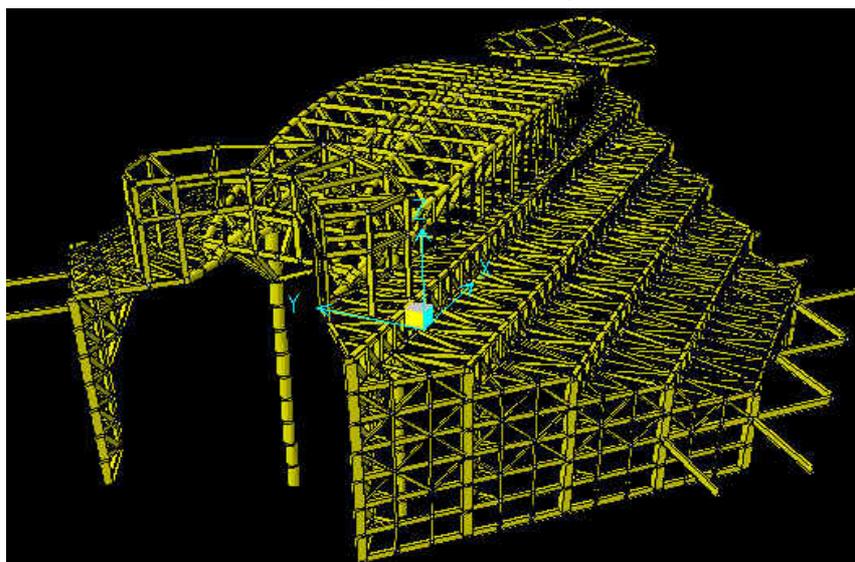


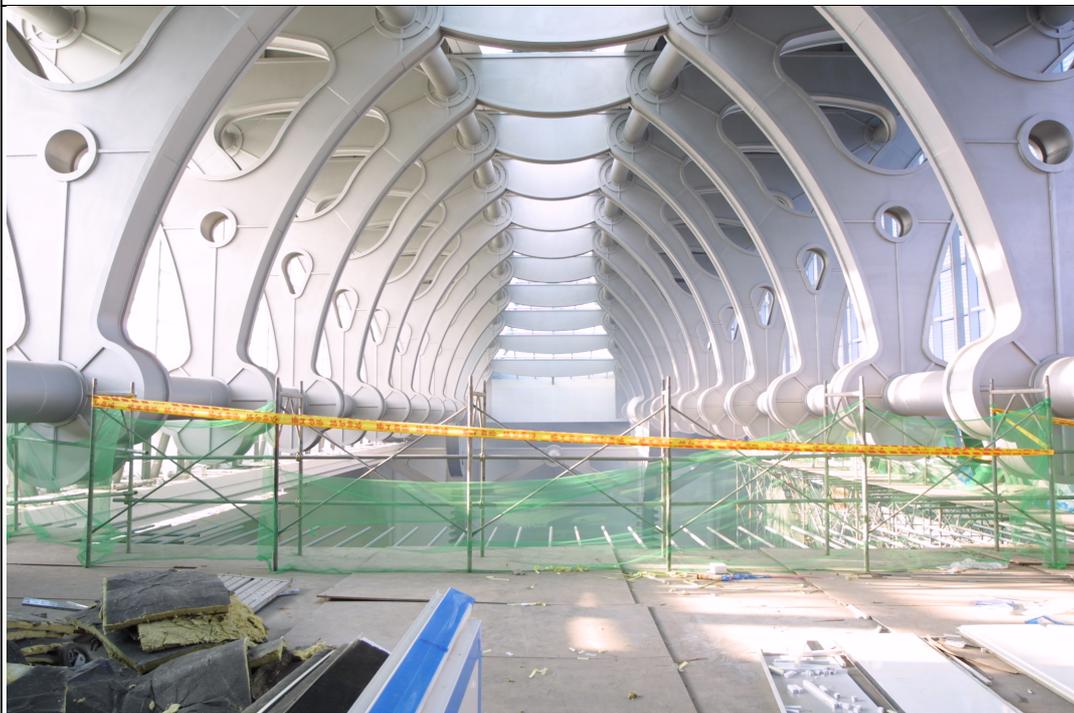
圖 7.26 採光罩施工完成



圖 7.27 採光罩結構完成



圖 7.28 採光罩屋頂桁架



## 第九節 電焊方法與程序

本工程之電焊作業，考量電銲品質、電銲量大、電銲時間與功率及高樓層之風力影響，塔樓工地銲接方法主要採用包藥銲線電弧銲接(FCAW)，其銲線強度配合鋼板材質採用 80Ksi 等級之低氫系銲線。

### 一、焊接作業與品管

本工程針對電焊作業(由其是巨柱)之焊接方法、焊接程序、焊接技術等等均需於施工前提出電焊施工計劃書與品管計劃書並經審查認可。

本工程焊接品管計劃書內容包含焊工考試及教育訓練手冊，焊接材料之儲存與使用，焊材之管理、焊接設備、預熱設備之裝置與配置、焊接順序與焊層堆疊工法、以及焊接中可能發生之問題與對策等。

### 二、巨柱全尺寸模擬焊接試驗

本工程為配合工地巨柱之焊接作業，於施工先前製作 1500\*1500\*80mm 之實體鋼柱，於施工現場進行模擬焊接試驗，以確認本工程所製作焊接程序書之預熱溫度、實際焊接濕度溫度、保溫與焊接時間之控制等周邊條件，以確認焊接技工對規劃之焊接順序與焊層堆積工法等作業之執行成效，以便作必要之修正或檢討。

經施作實體模擬試驗後，除鋼柱角隅之順序與堆積方式稍作修正外，經焊接後之超音波檢測結果均合格、且量測 80mm 焊接位置之焊道縮收量在 2mm 以內，更確認巨柱焊接之施工性與可執行度。

### 三、巨柱焊接作業

本工程巨柱之工地焊接之電銲部分採用 6 名銲工同時施作，銲接順序及方向如圖 6.39 所示，為考量對稱銲接以控制銲接變形，其中長向左、右側各配置 2 人，短向內、外側則各配置 1 人，銲接中並以同一方向施作，且同步注意各處銲接量之均勻控制，其現況每個接頭之平均累計施作時間約為 14 小時。

因厚板、柱尺寸大、效率、連續性銲接及施工安全之考量，其銲接前之預熱方法採用電熱片施作，實際施作中約 1 個小時即可達 110°C 之最小預熱溫度，因所需銲接時間長，若銲接中斷時，電熱片可持續保溫以確保銲道之層間溫度，如圖 7.27、7.28。

另外，工廠內除了配合尺寸與荷重需求進行相關設備之擴充與調整外，電銲方法則盡量以全自動或半自動銲接方法為主，以達電銲施工效率及品質，如柱面板與垂直立板採用兩邊同時施作之潛弧銲接(SAW)、巨柱四角隅採用三極潛弧銲接、邊長 1.6 公尺以下之箱型柱內隔板採用電熱氣體電弧銲接(EGW)，另外巨柱內之橫隔板、圍束鋼筋及加勁板部分則需由銲工經由人孔進入柱內以氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)施作。



#### 四、塔樓區工地焊接分區計劃

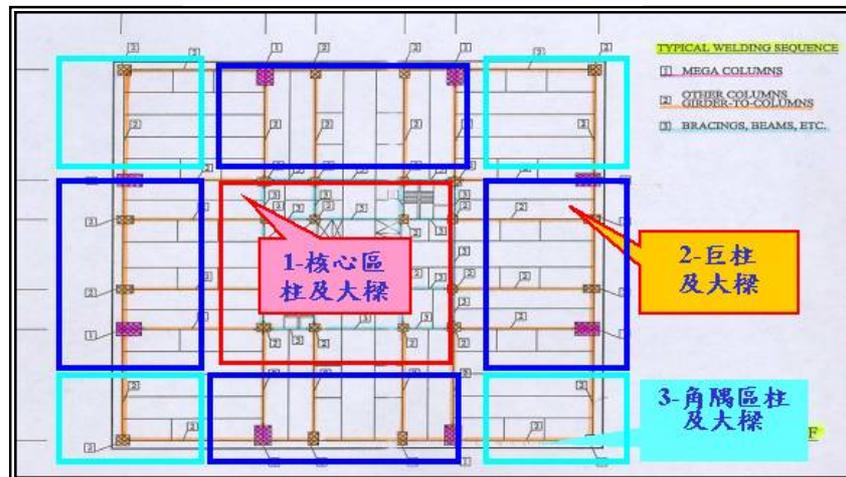
塔樓區之工地柱-柱、樑-柱接頭之焊接分區計劃，除配合整體安裝進度之安裝作業、垂度精度校正與調整、高強度螺栓鎖固作業等之順序外，應考量當節焊接作業是否影響後續塔吊爬升、次節鋼骨安裝之進度。

因此，焊接分區之規劃必須配合焊接機具、焊接技工人力等條件。本工程焊接設備與焊接方式，除局部剷修或補焊採用 SMAW、GMAW(少數之斜撐封鈑)外、全部採用 FCAW。焊接技工分成三個小組：柱柱接頭焊接(約 20 人)、樑柱接頭焊接(約 20 人)、斜撐接頭焊接(約 20 人、含後續剷修)，平均焊接技工人數約 60 人。

分區計劃及順序，依序為：

- (1).核心區：中間 16 支鋼柱之柱柱、樑柱接頭。
- (2).巨柱區：四面各 2 支 C1(或 C3)巨柱之柱柱、樑柱接頭。
- (3).角隅區：四角隅之樑柱接頭。
- (4).塔吊區以外之斜撐：除塔吊區之立面垂直斜撐需配合塔吊爬升作業之支撐補強作業外，其餘部分之斜撐接頭之焊接作業。

圖 7.31 塔樓區焊接分區



## 第十節 塔尖頂升工程

本工程建築物最頂端高度為 508 公尺，其中塔尖(Pinnacle)之高度 45 公尺、加上底部與主結構結合之部分 10 公尺、總高度達 55 公尺；因此鋼結構工程之安裝作業，初期規劃為利用南側之 T/C#1 之最大塔式吊車，拆除上部桁架及旋轉盤等部位後，留下塔節 48 公尺、再將 T/C#4 裝在上部，成為塔節高度 90 公尺之塔式吊車，以進行後續塔尖部分鋼結構工程等吊運作業，外牆不鏽鋼鋼板則需以臨時施工鷹架進行組裝及施工，如圖 7.30。

由於 2002.3.31 之 331 地震造成本工程 2 部塔吊倒塌掉落後，除考量塔式吊車(臨時性施工機械)之地震力放大

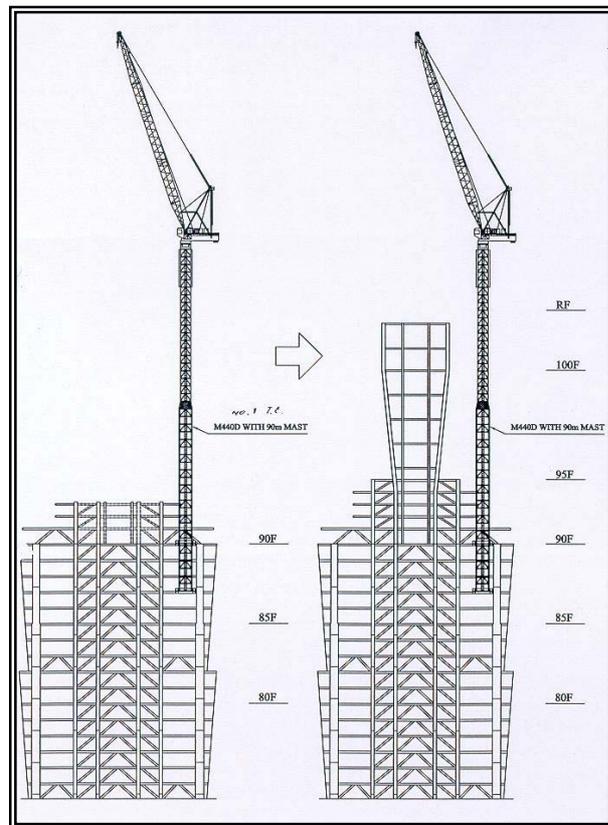
效應、除重新檢討 90 公尺塔節之塔吊施工安全外，主管機關-台北市政府要求，對於 331 震後復工要求後，所有再安裝之塔吊塔節高度不得過高並增加額外之防止墜落裝置。

因此，取消原先初期規劃之『90 公尺塔節之塔吊安裝』方式，改採用較安全之『頂升(Jack-Up)』工法。

### 一、塔尖構造概要

(1). 定義：樓層位置 R2 ~ R24。

圖 7.32 塔尖以 90 公尺塔節之塔吊安裝方式(初期規劃)



- (2).高程：EL.+453.0M ~ +508.0M。
- (3).高度：55.0M (含底部與主構接合段之 R2~R6)、 45.0M (不含 R2~R6)。
- (4).寬度：4100\*4100~1600\*1600(柱邊-柱邊)、 4620\*4620~2120\*2120(外包板-外包板)。
- (5).重量：463 t。(含鋼骨、R8 以上外飾不鏽鋼包板及臨時鐵件)。

## 二、頂升工程概要說明

- (1).專業頂昇承商：新日鐵-中鋼結構聯合承攬(台灣威勝利公司)。
- (2).千斤頂：8 組 VSL SLU-330。
- (3).鋼纜(strands)：4 組- 31 條鋼線+ 4 組- 25 條鋼線。
- (4).鋼線直徑：15.2mm (0.6")。
- (5).頂升工期：3 工作天 8 組。
- (6).頂升距離：40.3 M。

## 三、頂升工法設備與概要

### (1).設備：

A.油壓千斤頂- SLU-220/550M。如圖 6.42。

B.鋼纜- 16 條 15.2mm(0.6")。 **圖 7.33 塔尖頂升油壓千斤**

### (2).支架：

A.臨時作業平台- 96F+1.4M。

B.千斤頂支架- R6F，以原結構支 4 支 C8 柱延伸 7060mm 長，於南、北兩側設置 2050mm 寬；東西側設置 750mm 寬之工作平台。



- C. 錨定點(托架) - 托架焊接 R6F 上的 4 支 C10 柱的南、北面上。
- D. 尾部穩定器(Stabilizer)- 尾部穩定器由 4 支 C10 柱的 R2 往下延伸 4500mm，分成兩個樓層，並設置大樑及斜撐。
- E. 引導架- 引導架設計用來提供在 96F 組裝中的塔尖、頂升操作中、及頂升完成後最後接合作業的水平穩定。
- F. 水平支架- 自 97F 以上從 C8 柱延平面 450 伸到千斤頂支架，總共 19 層，最小間距 3600mm 以銅板固定在前端以減少磨擦力，並塗抹潤滑油。
- G. 上導軌- 設置於 R6~R8 間，長度為 4590mm。
- H. 下導軌- 設置於底部 4 支柱的尾部穩定器上，長度為 4100mm。

#### 四、頂升作業之操作

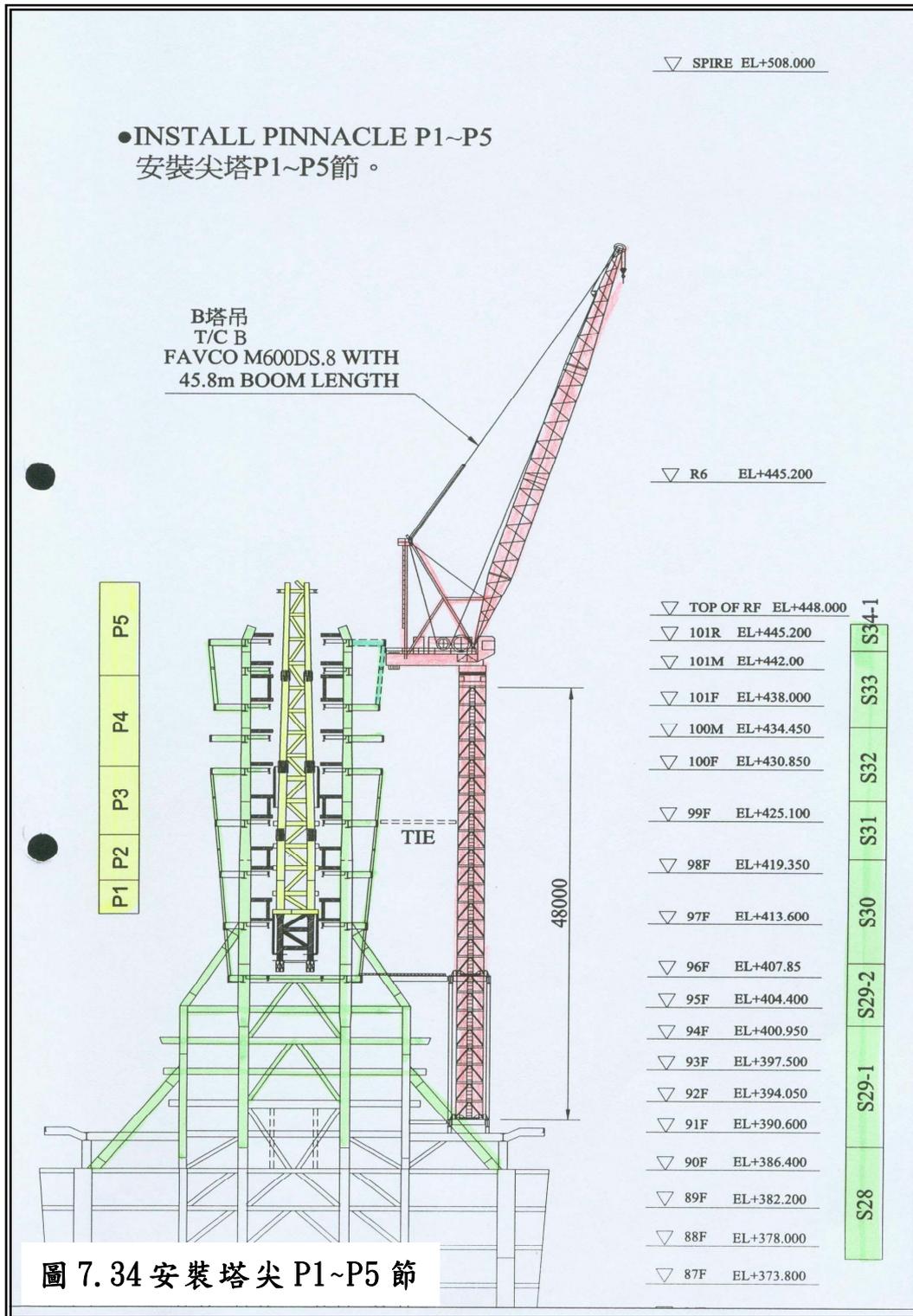
- (1). 將鋼纜、錨定頭(Anchor Head) 固定在支撐托架、及千斤頂上。
- (2). 固定油壓管、電纜等。
- (3). 試頂升- 試頂升塔尖約 100mm，並保持 1 小時，檢查鋼纜與千斤頂之握裹狀況等。
- (4). 頂升作業- 預定每小時頂升速度 6M、全部頂升工期 2~3 天。

#### 五、頂升作業之設定條件

- (1). 風速：小於 20m/sec。
- (2). 工期：尖塔爬升階段時間 3 天。(2003.10.7~10.9。
- (3). 地震：採用歷時分析，PGA=0.18G；爬升作業中，若遇到地震時，上層臨時水平構架仍可由鋼纜、上部梁及下層水平構架來支撐。

六、頂升階段示意圖及照片。

(1).安裝塔尖 P1~P5 節(共 10 節)



(2) 安裝塔尖 P6~P10 節及不鏽鋼包板

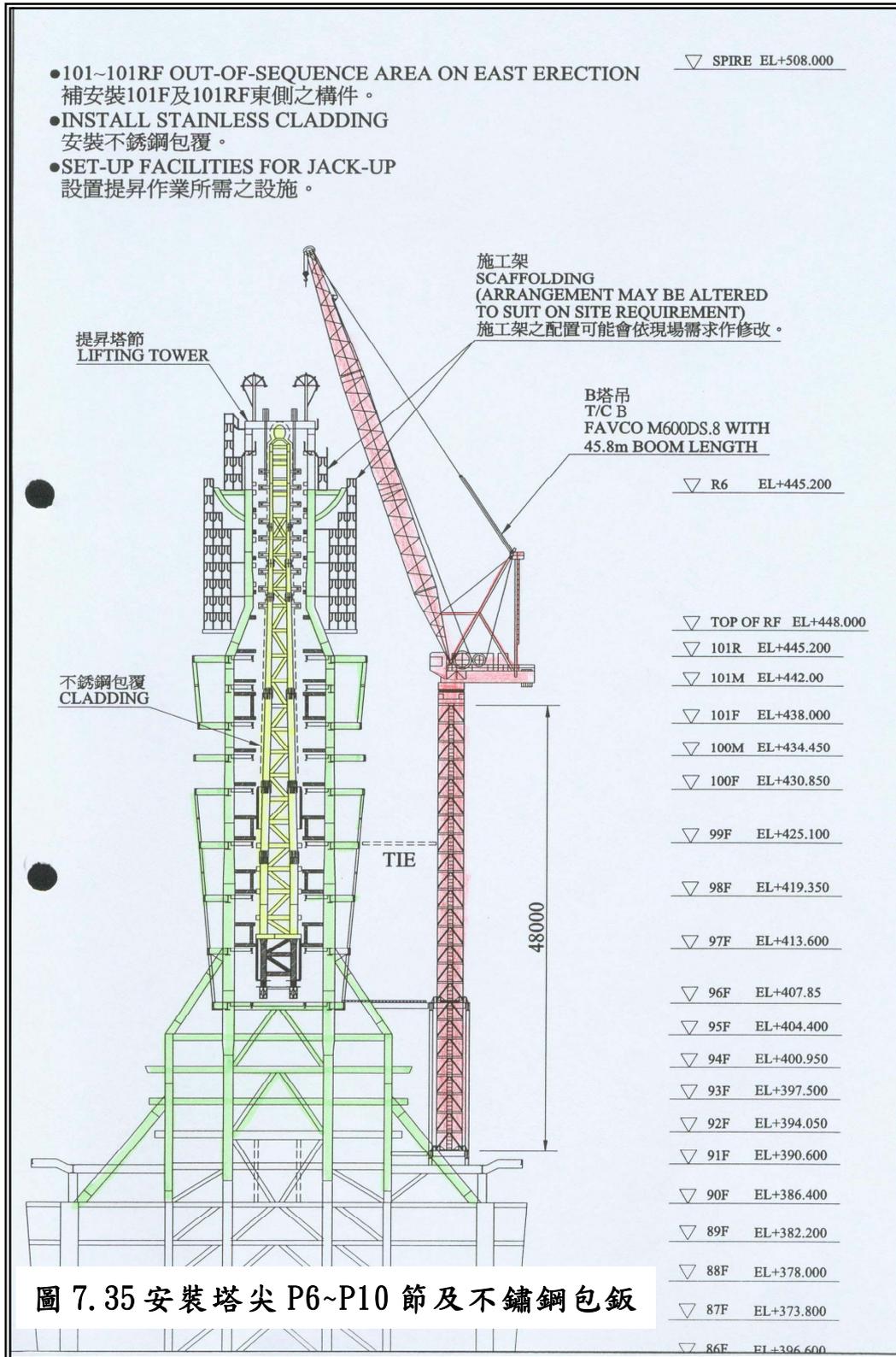


圖 7.35 安裝塔尖 P6~P10 節及不鏽鋼包板

(3)頂升前示意(各項設施配置位置)

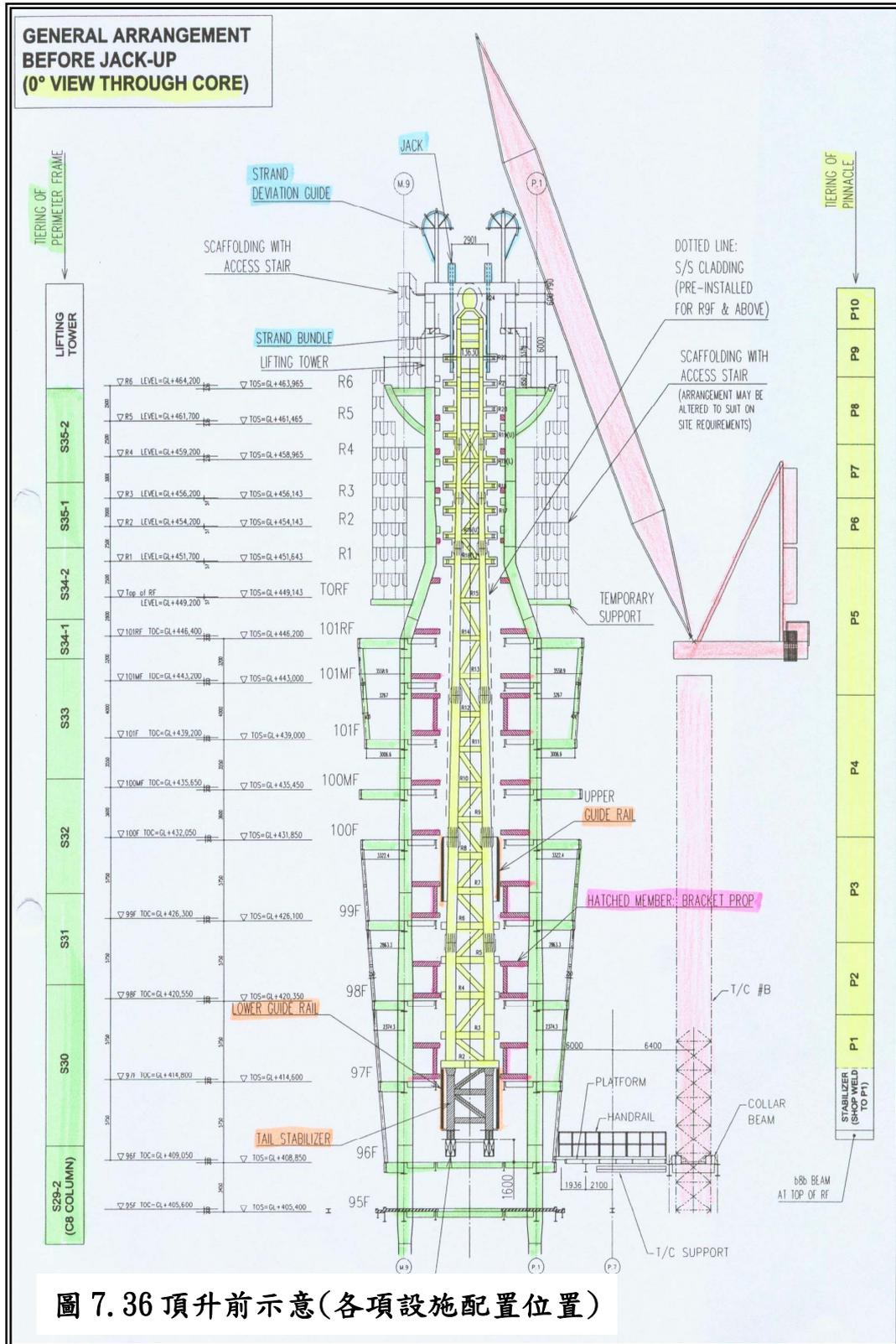


圖 7.36 頂升前示意(各項設施配置位置)

(4)頂升後示意(各項設施配置位置)。

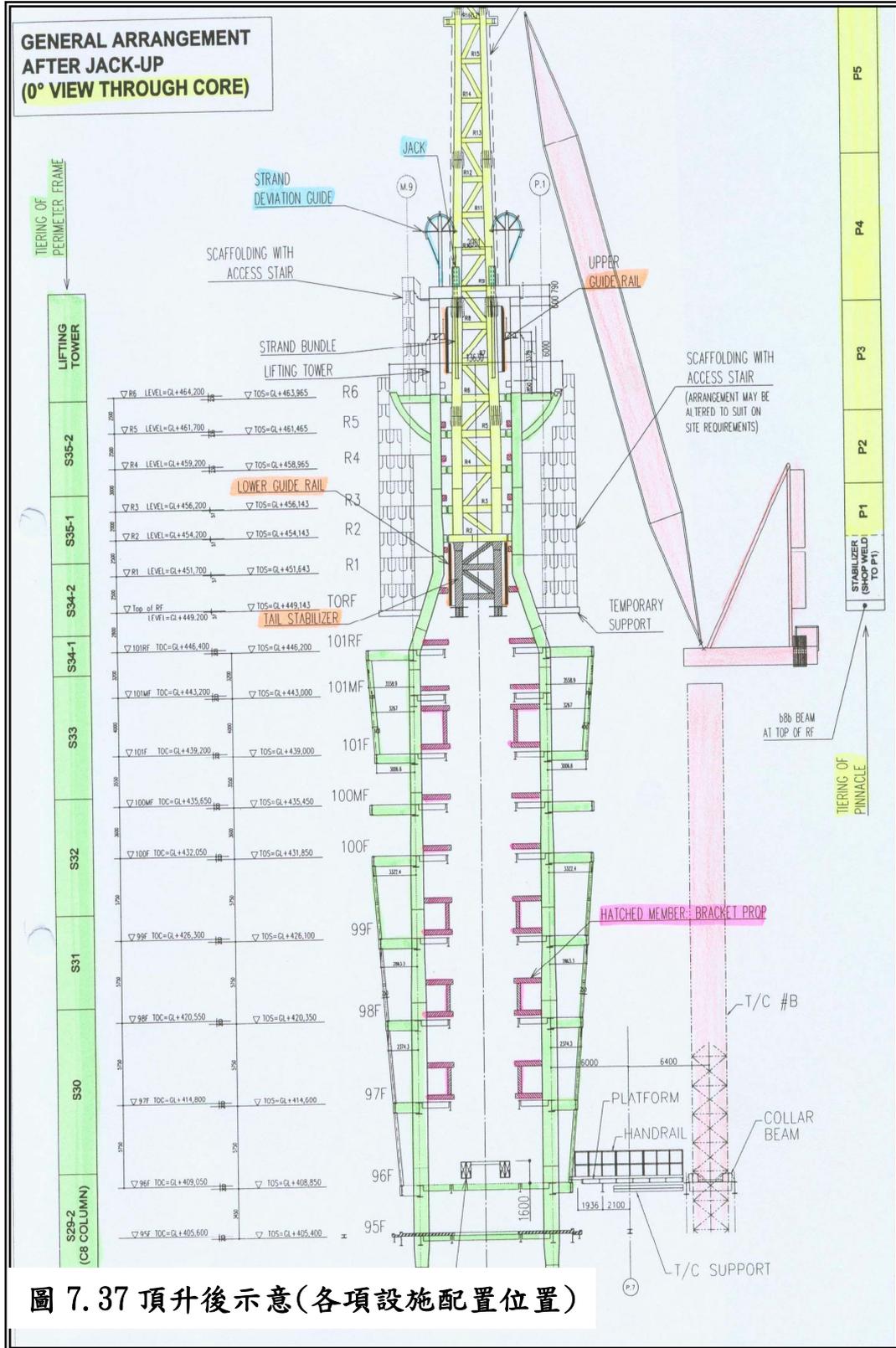


圖 7.37 頂升後示意(各項設施配置位置)

(5)頂升完成

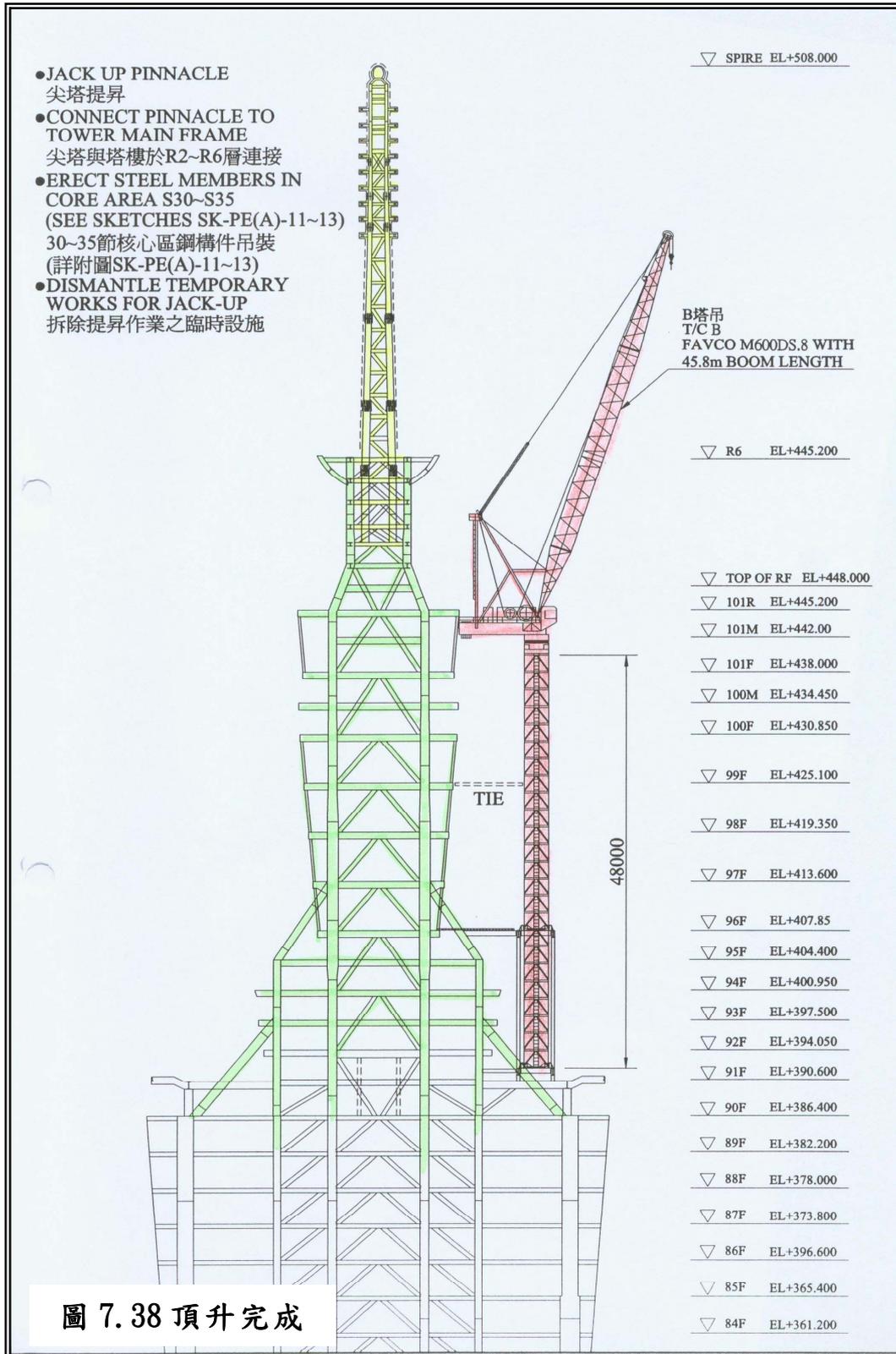


圖 7.38 頂升完成



## 第十一節 品質檢驗與管制

為因應鋼結構工程之專業檢驗工作(含焊道非破壞性檢驗)、及提昇鋼結構工程之施工品質，所有鋼結構工程(包含逆打鋼柱之製造、主體結構之製造安裝等)均委託獨立第三者檢驗單位，分別為：逆打鋼柱工程之製造(駐廠)第三者檢驗單位- 全國工程檢驗有限公司、主體鋼結構工程(製造及安裝) 第三者檢驗單位- 台灣科技檢驗股份有限公司(SGS)，其中主體鋼結構工程(製造及安裝) 第三者檢驗單位- 台灣科技檢驗股份有限公司為本工程鋼結構之主要檢驗單位、其服務工作之範圍概要如下：

### 一、鋼結構工程(製造及安裝) 第三者檢驗服務範圍

1. 依據相關技術規範、程序所建立最新版之規定，執行本工程鋼結構工程所需之第三者檢驗服務工作。
2. 服務範圍包含工廠生產與工地安裝之鋼結構的檢查及檢驗工作。
3. 提供合格的人選，負責協助審核現有鋼結構承包商製造工廠的 QA/QC 程序，審核項目如下：
  - a. 材料之來源與品質證明文件證書。
  - b. 儲存。
  - c. 落樣。
  - d. 裁切、組合。
  - e. 工廠之焊接技工、程序、材料及焊接過程檢驗。
  - f. 非破壞檢驗程序與檢驗結果報告。
  - g. 噴砂與塗裝。
  - h. 最終成品檢驗。

- i. 紀錄之保存與審核。  
根據執行檢驗與審核結論、檢驗者必須準備一總結報告。
4. 提供合格的人選，負責審核現有鋼結構承包商工地現場的 QA/QC 程序，審核項目如下：
  - a. 構件成品與工地使用材料之進場檢驗。
  - b. 材料儲存。
  - c. 構件安裝作業。
  - d. 測量與精度校正作業。
  - e. 螺栓安裝與鎖固作業。
  - f. 工地焊接技工、焊接程序、焊接材料、焊接過程檢驗。
  - g. 剪力釘與鋼承板安裝焊接作業。
  - h. 非破壞檢驗程序與檢驗結果報告。
  - i. 紀錄之保存與審核。
5. 除鋼結構承包廠商本身所做的廠內檢驗，檢驗者提供獨立的第三者檢測服務，以確保符合整體 QA/QC 需求。
6. 任何不符合之項目或程序，將會導致本工程品質的低劣時，檢驗者應向業主與監造單位提出報告。
7. 監督工廠製造過程與工地安裝作業流程。
8. 執行檢驗人員應具有(不低於)CNS 13588 非破壞檢測人員資格檢定與授證規定之初級檢測員(NDT Level I)資格；整理與填寫檢測結果與判定評估檢測報告人員應具有(不低於)CNS 13588 非破壞檢測人員資格檢定與授證規定之中級檢測師(NDT Level II)資格，且該資格應與執行檢測之 UT、RT、MT、PT、與 VT 的背景資格相同。
9. 查驗並確認每一位執行本工程焊接工作之焊接技工，應具

有本工程規範之焊工資格及證書。

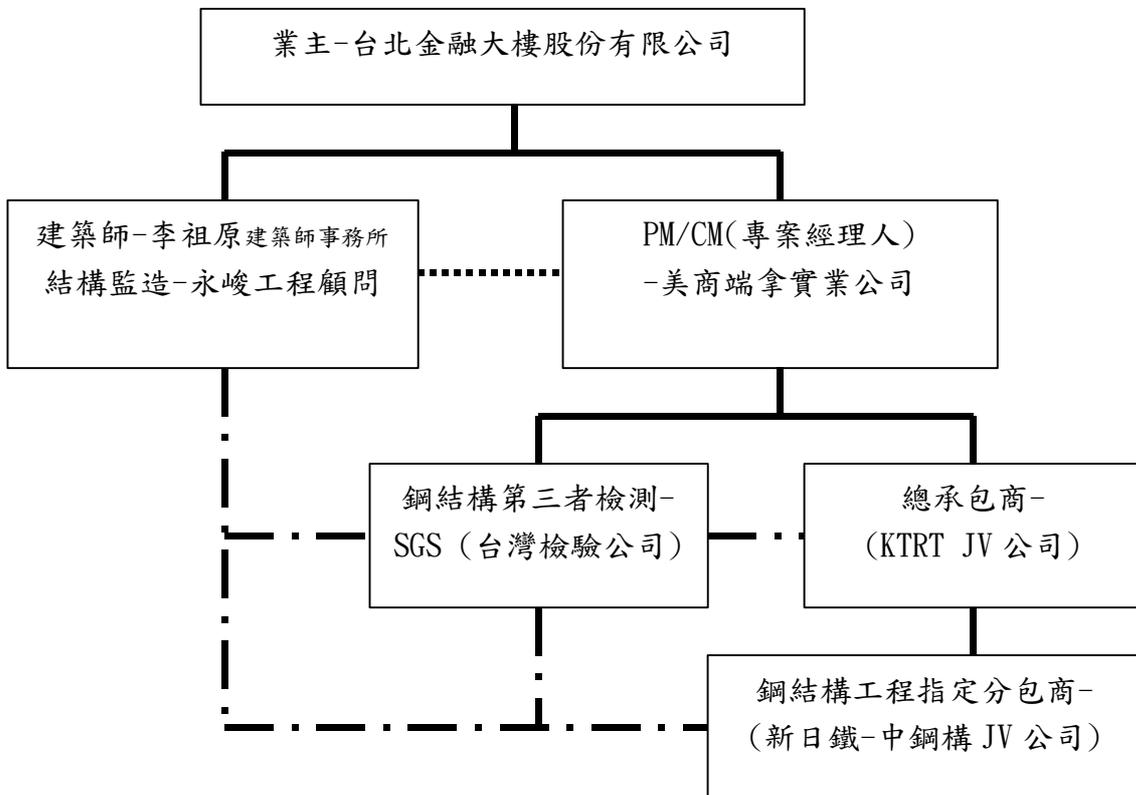
10. 工廠製造與工地安裝檢驗：

- a. 查驗製造工作是否完全按照規定之 QA/QC 程序執行，並包括檢驗紀錄之審核，同時確保修正步驟是依照 AWS 標準、先前已送審通過之檢測程序及合約文件執行。
- b. 在鋼板組裝時，檢驗人員應執行複測之抽驗檢測，檢驗人員應確認由工廠執行之抽驗頻率是依照合約規範及適當之標準。檢驗者應依照抽驗檢測失敗(不合格)之次數來增加檢測，直到符合規範中所提之可接收的程度。
- c. 執行全部焊道 100% 之目視檢測(VT)、檢查焊接程序(WPS)，以確保焊接工作依照標準執行。
- d. 執行目視檢驗與構件成品之抽驗，不論構件是否運離生產線或已存放完待運，缺失之修補與改善仍應執行。
- e. 監督承包商執行精度校正與測量作業，並依承包商所提之測量報告抽驗實際計測數據，所有安裝精度均需符合本工程之鋼結構工程施工規範之要求。
- f. 執行剪力釘焊道目視檢查，並依規範檢測頻率執行敲擊試驗。
- g. 執行焊道之非破壞檢測數量，除工程合約另有規定外，檢測數量與頻率應不少於鋼結構承包商自主檢查之 50% 超音波檢測(UT)，如全滲透焊接檢驗需抽驗 50% 之焊道、填角焊及非全滲透焊接檢驗需抽驗主要件至少實施 3% 之焊道磁粒檢測(MT)或液滲檢測(PT)。

## 二、鋼結構工程監造組織架構

圖 7.43 本工程監造組織架

行政指揮系統      \_\_\_\_\_  
協調溝通關係      .....  
督導稽核系統      - . - . - .



## 第八章 防火被覆工程

### 第一節 防火被覆工程概要

為確保本工程之鋼構於高溫情況下，依照建築法規，必須在鋼材外露表面，噴上合於防火時效之被覆材料，以保護鋼骨結構之安全。

#### 一、工程範圍

- (1).除非另有說明者除外，本工程所有大小梁、柱、斜撐、側(背)撐材、拉桿、樓層間之層間塞、鋼承板和梁間之小間塞等，噴塗防火被覆、及防火被覆表面處理之防塵保護膜，所需之一切材料、人工及施工機具等費用均包含在內。
- (2).除非另有說明者除外，本工程所有鋼承板其上混凝土厚度無法滿足二小時之防火時效，噴塗防火被覆所需之一切材料、人工及施工機具等費用均包含在內。
- (3).本工程所有材料或成品之試驗費用，於規範規定之次數範圍內，均由承包人負責。試驗不合格再加試之數量，亦需由承包人負責。

#### 二、防火被覆材料

本工程防火被覆採用 UL 分類之 CEMENTITIOUS MIXTURES 之濕式噴覆類材料，並符合 ASTM E119、BS 476 PART 8、JIS A-1304 規定標準，其被覆厚度根據 UL 手冊、及 UL 證實核可之計算方式推算，並經內政部核可厚度之防火材料。

本工程防火被覆採用美國 W. R. Grace 之 MONOKOTE MK6，承包商於施工前必須提出下書資料，並經業主及監造單位審核核可後，方可使用：

- (1). 承攬人需提出詳細的施工計劃。
- (2). 由原製造廠出具防火材料出廠證明，其為進口者，須提送我國海關進口證明。
- (3). 擬使用廠牌防火材料物理性能之試驗報告及不含石棉成份的試驗報告證明。
- (4). 該使用成品應經建築主管機關同意或經中央主管建築機關審核認可備案者，且其噴覆厚度不得少於所核准的厚度。
- (5). 材料產品被覆厚度計算書及該項計算書所根據之 UL 263 防火試驗報告。
- (6). 由原製造廠出具之授權當地承攬人施工之證明，經同意方得採用該項材料。

### 三、防火時效要求

- (1). 本工程所有鋼結構構件之防火時效要求：
  - 三小時防火時效區：塔樓 1F~88F。
  - 二小時防火時效區：裙樓 B1F~6F，塔樓 89F~101F。
- (2). 本工程之防火被覆厚度要求、除依防火時效厚度計算外，特別主要構件(鋼柱及斜撐)構件規定最低噴覆厚度：
  - 三小時防火時效區：最低噴灑厚度不得少於 30mm。
  - 二小時防火時效區：最低噴灑厚度不得少於 25mm。

## 第二節 施工程序

1. 防火被覆材料送審
2. 現場試噴
3. 施工計劃
4. 噴覆厚度計算書

施工前準備

各設備之五金  
吊具預焊鐵件

防火被覆  
噴覆前檢驗

1. 鋼網安裝
2. 地面防護
3. 厚度放樣指示
4. 釘安裝
5. 外圍防護網吊放
6. 鋼材表面清潔

噴覆

1. 現場取樣
2. 現場單位重檢測
3. 分二次噴覆需間隔  
12~24Hr

厚度檢驗

養護

防塵保護膜施作

試驗

現場拉拔試驗

試驗室

1. 乾密度試驗
2. 粘著強度試驗
3. 抗壓強度試驗

### 第三節 檢驗與試驗

#### 一、防火被覆物性要求

項 目	可接受標準	試驗標準
密 度	240 kg/m <sup>3</sup> 以上	ASTM E605
黏 著 強 度	1220 kgf/m <sup>3</sup> 以上	ASTM E736
抗 壓 強 度	2500 kgf/m <sup>3</sup> 以上	ASTM E761
抗 撓 曲	無裂痕及剝離	ASTM E759
抗 衝 擊	無裂痕及剝離	ASTM E760
抗 銹 蝕	無銹蝕	ASTM E937
落 塵 量	0.269g/m <sup>2</sup>	ASTM E859

#### 二、材料檢驗

施工完成之防火被覆材料，依需要於各樓層抽驗其密度、厚度、黏著與抗壓強度，並依據 ASTM 之標準送交指定之試驗機構檢驗之。

##### (1).厚度檢驗

每一層或每 1000 平方公尺樓版面積取一格間(Bay)之梁柱為試樣，按 ASTM E605 量試其厚度，不合規定者應予噴塗加厚。

##### (2).密度檢驗

每一層或每 1000 平方公尺樓版面積取一組試樣，每組試樣應含梁下翼緣底、梁腹板、梁上翼緣底及柱板等各部位抽取，按 ASTM E605 之規定量測，密度不合規定者應予鑿除重行施工。

(3).黏著強度和抗壓強度檢驗

每一層或每 1000 平方公尺樓版面積取一組試樣，每組三個，按 ASTM E736，ASTM E761 方式測試，強度不合格者應予鑿除或由承包商提出補強方法經工程司認可。

三、現場厚度檢驗表格

詳如卷末附錄。

四、其他事項

- (1).補強鋼網應為 1.845 kg/ m<sup>2</sup>鑽石型網；H 形梁之腹板深度超過 400 mm，翼板超過 300 mm 寬及箱形柱、H 形柱、斜撐、圓形柱之四個面均須使用 1.845 kg/ m<sup>2</sup>鑽石型網，加強其附著力；加強網的覆蓋率須均勻分佈，面積至少為需加強面積的 25%；固定方式採用擊釘，間距約 250 mm(±)，排列方式為相互交錯；鑽石型鋼網需表面鍍鋅或防鏽，且防鹼之底漆。其他方式之補強則須經 UL 之試驗，並提出 UL 試驗報告為證。
- (2).鋼料表面清理：因部分構件從製造到噴覆時程過久，施工前鋼料表面需確實清潔，將灰塵、污垢、鏽蝕、鬆動之浮鏽等其他有礙附著之雜質先清除，並經查驗合格後才得進行後續作業。
- (3).掛勾等附件須先施作：因超高層大樓，機電管線、空調、消防、電信、保全設備、裝修工程等，因部分設備位置未能定案、及變更等因素，部分附著於鋼構之各類五金，如掛勾、管線支架、夾具、套管等，未能於施做防火被覆前完成，爾後施作時需刮除再回補，增加工期及影響週遭環境。

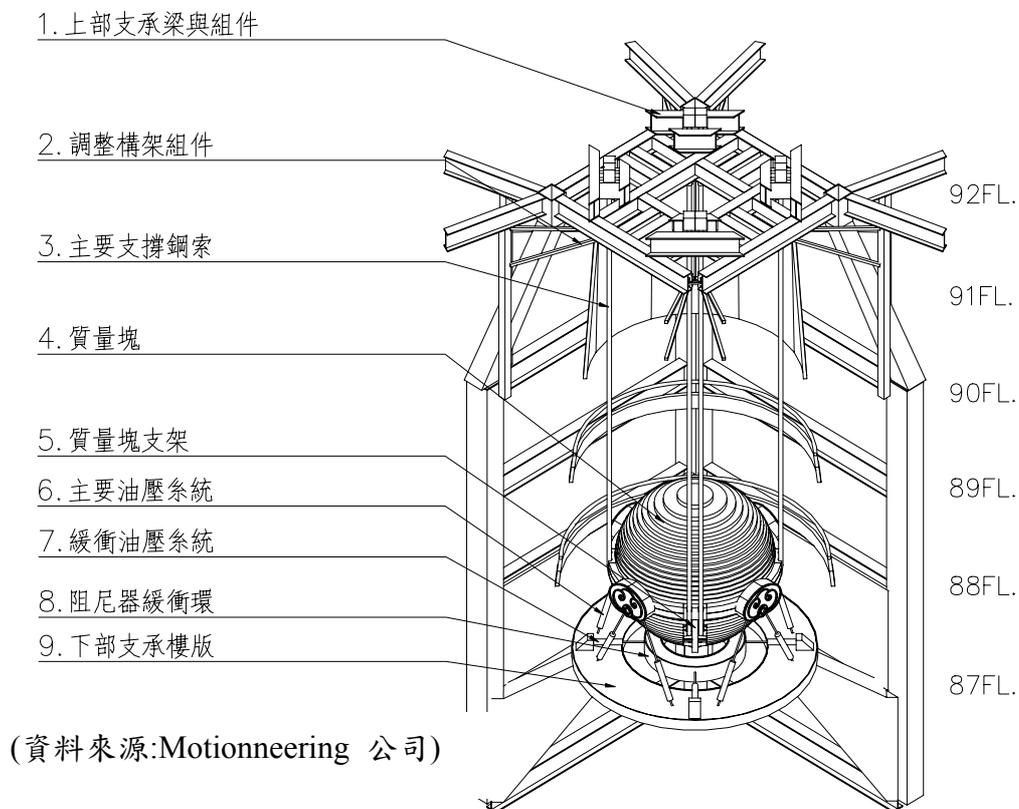
- (4).因超高速電梯之防火材料受風速影響、易剝落及產生粉塵，經檢核須採包覆石綿板，以避免防火材料受風壓影響，但因電梯空間有限，於此範圍柱位改用塗佈式水泥系列防火被覆 Z146。
- (5).施工計劃原規劃混凝土澆置完成養護後，即開始清潔作業、防護措施、噴覆，但本大樓為超高樓層約於高樓層因風速太大無法施作安全防護措施、而易污染週遭環境，故待帷幕牆安裝完成，才進行噴覆作業。
- (6).塔尖預先於 96F 組裝後再爬昇至定位，且塔尖內部作業空間有限，防火被覆施作困難，效果不佳，塔尖部位則選用防火漆。

## 第九章 調質阻尼器工程

### 第一節 工程概要

調質阻尼器 TMD(Tuned Mass Damper,以下簡稱 TMD)為一針對本大樓需求量身定做的被動阻尼系統，其位置設置於 87F~92F 的核心位置，其主要目的為調諧及減低大樓受風力吹襲時之擺動，以確保大樓人員工作時的舒適度而設置。而有別於一般傳統隱藏式阻尼系統，Taipei 101-TMD 結合了建築機能與結構功能之考量，在 88FL 及 89FL 將可一窺阻尼系統的整體運作，其各組件之組成詳圖 9.1。

圖 9.1：調質阻尼器配置



TMD 約可減少大樓受風力時的 40%擺動量，而 TMD 平均在一年內將會有幾次來回擺動約 35 公分。因 TMD 與大樓擺動週期相同，其擺動約 7 秒一次來回循環，因此在日常運轉的情況下，TMD 的作用與擺動並非顯而易見。當罕見的大颱風來襲時，例如 100 年回歸期發生一次的大颱風作用下，經分析 TMD 將來回擺動 100 公分，而經過特殊設計的緩衝系統(Bumper System)，將用來預防與減低超過 100 公分擺動時之影響。

#### 一、TMD 組件說明：

##### (1).質量塊(Mass Block)：

直徑 5.5 公尺，由 41 層 12.5 公分厚之實心鋼板堆疊焊接而成的金色球體質量塊，其重量達 660 公噸。

##### (2).鋼索(Cable)：

球體質量塊由 8 條直徑 9 公分、長度 42 公尺的鋼索串聯，並懸吊於 92 樓。為確保其柔性與延長使用年限，每支鋼索均由超過 2000 條獨立小鋼線所組成，而其自重下之安全係數約達 9，亦即每一支鋼索均足以支撐 TMD 全部重量。

##### (3).調整構架 (Tuning Frame)：

調整構架位於 91 樓，經由串聯束制所有懸吊鋼索，並於後續量測實際大樓擺動週期頻率，並調整鋼索擺動長度以使大樓及 TMD 之擺動週期相同，以確保 TMD 被動反向作用及達到最大的消能功效。

##### (4).主要油壓粘滯性阻尼器：

TMD 質量塊下共設置 8 支斜向的大型油壓粘滯性阻尼器 (Primary Hydraulic Viscous Damper)，其設計概念在於自動的吸收球體質量塊擺動時之衝擊能量，並藉由大樓的擺動來

抵消所吸收的能量。

(5).緩衝系統(Bumper System)：

TMD 質量塊下放置一可限制球體質量塊擺動的緩衝環 (Bumper Ring) ，緩衝環則連結 8 支水平向大型緩衝油壓粘滯性阻尼器(Snubber Hydraulic Viscous Damper) ，其設計目的在於抑制罕見的大颱風、或大地震作用時，造成 TMD 來回擺動超過 100 公分之消能及束制安全系統。

## 第二節 塔尖阻尼器

高度達 450~508 公尺範圍的細長塔尖(Pinnacle)內，亦設置了兩個小型調質阻尼器，每個質量塊為 6 公噸，其設置目的為降低鋼結構的疲勞應力。經分析估計，在塔尖平均每年約有 18 萬次的來回擺動，此擺動頻率與位移將因過度反覆擺動而造成鋼結構的疲勞，而 Pinnacle-TMD 的設置將可減少 40%的塔尖擺動量。

## 第三節 質量塊施工流程

調質阻尼器質量塊之施工流程詳如下述圖示說明。

圖 9.2 質量塊裁切後於工廠預裝



圖 9.3 質量塊工廠預裝完成與修改



圖 9.4 質量塊底座支架(Cradle)吊裝完成



圖 9.5 質量塊吊裝與電銲



圖 9.6 下半部質量塊吊裝

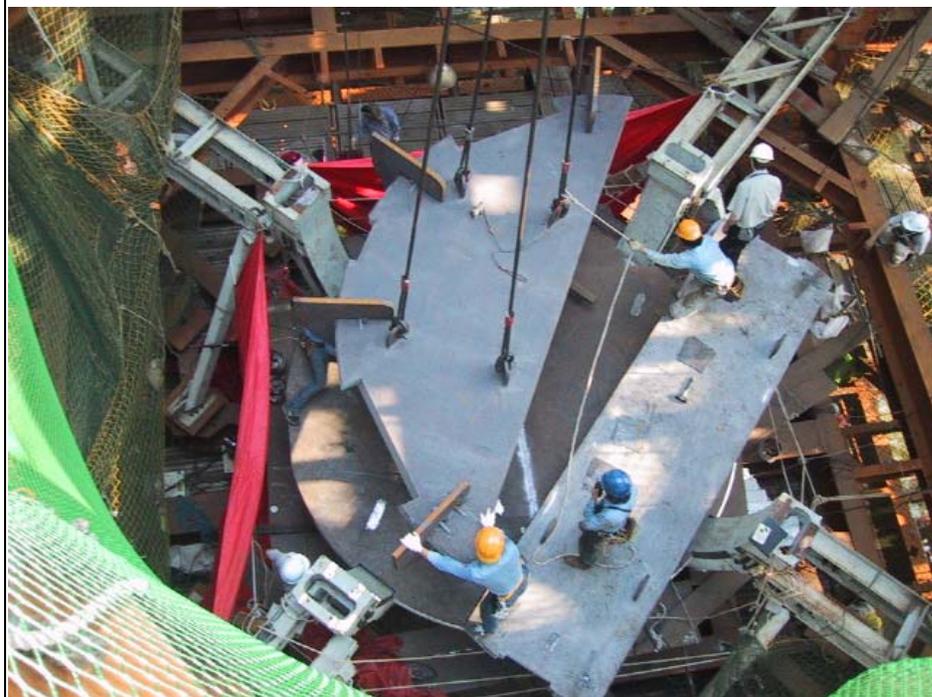


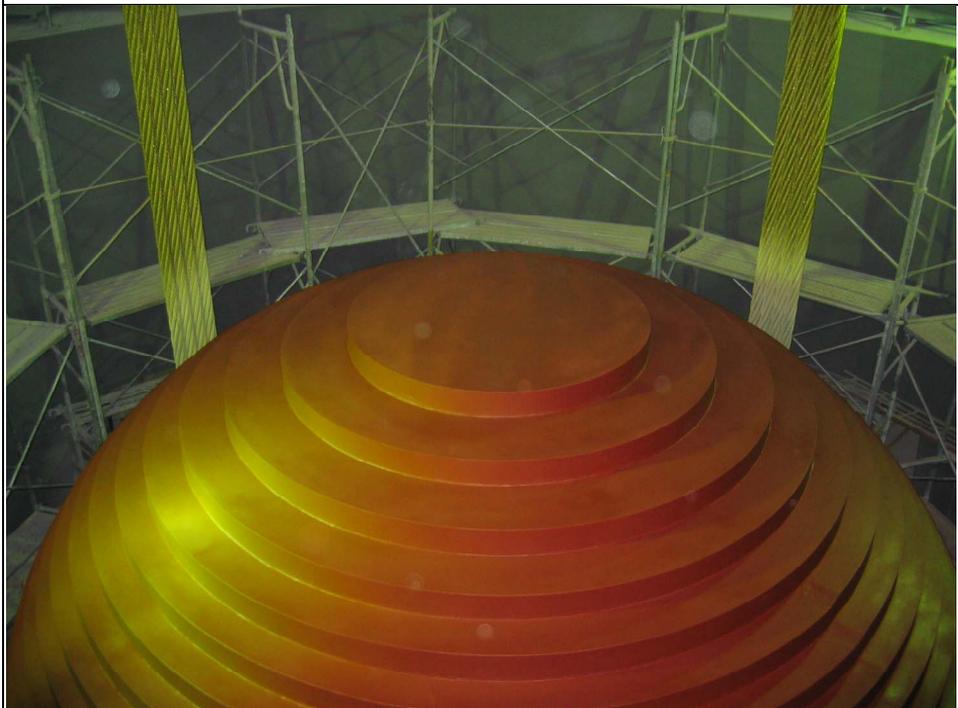
圖 9.7 下半部質量塊吊裝與校正



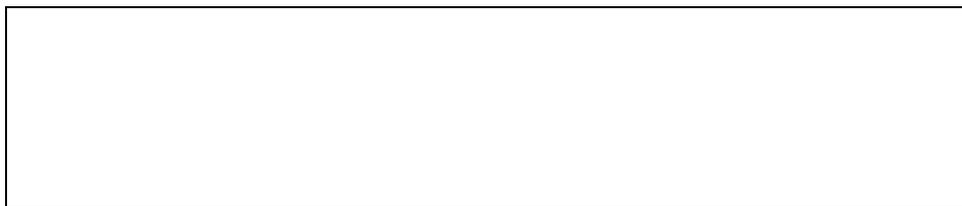
圖 9.8 質量塊吊裝完成



圖 9.9 質量塊塗裝完成



台北 101 大樓結構工程施工監造紀錄



## 第十章 331 震害

### 第一節 331 震害概要

2002 年 3 月 31 日下午 2 點 52 分在花蓮外海發生規模 6.8 的強震，震源在花蓮秀林以東 44.3 公里處，震源深度 9.6 公里，屬極淺層地震，而台北地區震度為 5 級。當時本工程主結構體已建造至第 52 層，並正在進行 53~56 層鋼構吊裝作業，這些作業都由塔節底部安置固定於 47 層之 4 部塔式吊車執行，強震發生時 T/C #2、T/C #4 兩部吊車分別發生斷裂倒塌並往下墜落，如圖 10.1。主要震害損壞包含鋼結構構件、混凝土樓版、施工機具及附屬設備等等。



圖 10.1 T/C#2 倒塌墜落

### 第二節 緊急應變處理

本工程自 331 震害發生後，除了積極進行現場救援與協助相關單位調查工作外，並針對因為地震停工後之復工所需之相關作業，成立跨單位之相關委員會與特殊委員會，以有效、迅速、即時掌握最新訊息與因應對策。

#### 一、業主-管理-設計監造-承商委員會

本委員會由業主、營建管理顧問、設計監造單位及承包商所成

立跨單位之主要委員會，依下述小組之分工，由各公司與單位派員參加協助與處理相關事宜，各小組分別為：

(1).保險理賠小組。

負責保險公司之理賠相關所需作業、公正單位之鑑定、及損壞內容之資料蒐集與舉證作業等。

(2).安全修復工作小組。

負責工地現場之原有安全設施損壞或新增之防護設施之修復、復原及設置等作業。

(3).檢驗修改試驗及復原小組。

負責本工程已施作完成部分，因震害損壞或未損壞部分之檢測、檢查、勘驗、鑑定等作業，以及後續改善與復原工作之對策等作業。

(4).臨時設施小組。

負責工地現場既有之設施設備因損壞後之臨時設施，如臨時水電系統、復原工作之人員及材料運輸設備等。

(5).商務小組。

負責處理未完成之工程估驗、計價、付款等因震害停止之後續相關商務。

(6).材料交運小組。

負責處理即將送工工地、或進口交運之材料之後續相關連續與暫時儲存事宜。

(7).永久工程復工介面小組。

負責研擬與協調復工後，各承包商施作之工作內容、施工位置、施工動線與進度等介面事宜。

(8).進度計劃小組。

負責研擬與規劃後續整體之施工進度，以及裙樓開幕等相關完成點之評估等進度事宜。

(9).塔吊小組。

負責研擬與規劃後續整體之施工進度，以及裙樓開幕等相關完成點之評估等進度事宜。

## 二、鋼結構瑕疵處理委員會

本委員會由業主指示由駐地結構顧問為召集人，成員包括業主、PM/CM、第三者獨立檢測單位(SGS)、總承包商(KTRT)、鋼結構指定包商(NSC-CSSC JV)及其非壞檢驗(CND)等承包商代表、並邀請國內外學術單位專業教授所組成，負責處理下述鋼結構工程之事宜，分別為：

(1).焊道之非破壞檢驗。

訂定接合焊道之非破壞檢測(UT & MT)之檢測位置、樓層、及檢測頻率與分工。

(2).非破壞檢驗結果分析。

依 SGS 與 CND 所執行之非破壞檢測(UT & MT)之檢測結果報告、分析瑕疵種類、位置與原因；並確定瑕疵位置之再檢測。

(3).焊道之取樣委託試驗。

針對焊道非破壞檢測(UT & MT)之檢測結果，為進一步確認與分析檢討瑕疵種類與原因，決定現場取樣並送交 SGS 及日本焊接研究所實驗室進行實驗，並比對試驗結果。

(4).焊道瑕疵之處理方式。

所有非破壞檢測(UT & MT)檢測結果之瑕疵，經檢討分析瑕疵之種類、位置與原因後，依據相關可接收瑕疵之標準及參考設計原意，提出各瑕疵之處理方式或補強原則。

### 第三節 結構損壞評估、檢驗與修復

331 震害所造成之結構工程之損壞、檢驗與修復，由各分項作業組成小組，進行損壞內容之評估，並作成受損部位清查紀錄、其內容包含：構件編號、區域、位置、結構分類、損壞原因、損壞程度、損壞內容描述、檢(試)驗、補強(修改)方式、其他記事、會勘人員、平(立)面標示圖、及照片等資料，以作為後續損壞修復及保險求償之依據。

#### 一、損壞評估

331 震害結構工程受損部位之損壞評估，由本公司依照損壞程度之輕重，分類為下述四種：

(1).嚴重損壞(損壞程度- A 級)：

本級之損壞構件或部位，為嚴重損壞，即使修復(或已無法修復)已無法達到原有設計需求，一般如樓板混凝土龜裂、破損、鋼柱(或鋼樑)之組合箱型柱(H 型鋼)嚴重扭曲變形。

(2).中度損壞(損壞程度- B 級)：

本級之損壞構件或部位，為中度損壞，可以修復或修復或增加必要之補強，即可達到原有設計需求，一般如鋼柱(或鋼樑)之多處主要連接板斷裂、扭曲、或變形。

(3).輕微損壞(損壞程度- C 級)：

本級之損壞構件或部位，為輕度損壞，可以修復或修復

或增加必要之補強，即可達到原有設計需求，一般如小樑之連接板斷裂、扭曲、或變形。

(4).其他 (損壞程度-D 級)：

本級之損壞構件或部位，已確定構件受損、但因現場進行清查勘驗之當時，標的物被覆蓋為隱(掩)蔽、或因無安全通道可到達，基於安全考量，待現場復工清理及相關安衛設施完成後，再進一步檢視後才確認損壞等級。

## 二、損壞檢驗

331 震害結構工程之受損部位與構件之檢驗，除鋼結構部分由鋼結構瑕疵處理委會主辦外，其餘結構工程，均由結構監造單位及委託第三者鑑定單位(台北市結構技師公會)，提出本工程因 331 震害所影響之已施做部位之檢(試)驗。其中包含：

(1).混凝土鑽心取樣強度試驗：

主要針對 331 地震之前一周內澆至混凝土部分，以確認混凝土強度。

(2).焊道非破壞檢驗：

主要針對本工程全部已施工完成構件之焊道接頭，除直接被掉落倒塌物擊中之構件及相鄰一跨距之全部電焊接頭、塔吊固定樓層範圍間(47F~51F)外，另依結構分析選擇受力較大樓層之主要構件進行 UT+MT 檢測。

(3).焊道位置取樣檢驗：

因 25F、26F 之巨柱，因非破壞檢測後發現部分焊道內之瑕疵，為進一步確認與分析本次 331 震後所檢測之瑕疵原因，於現場巨柱焊道接頭位置，鑽心取樣 3 處，委託 SGS 及日本焊接研究所進行物性與化性實驗(包含：微觀、硬度

試驗、抗拉試驗、巨觀金相、化性分析、放射線檢測等等)。

### 三、損壞修復

依前述之結構損壞評估後，以滿足結構需求為前提，配合修復作業之難易度、施工性、工期等綜合考量後，有關損壞之修復方式：

#### (1).鋼結構工程：

##### A. 小樑：

全部更換新品、重新製作，不論其損壞程度。

##### B. 大樑、斜撐：

損壞程度為 A 級(嚴重損壞)者，更換新品、重新製作，損壞程度為 B 級(中度損壞)及 C 級(輕微損壞)者，同意承包商提復原改善與補強方案，經認可核准後，據以修復。

##### C. 鋼柱：

損壞程度為 A 級者，更換新品、重新製作，損壞程度為 B 級與 C 級者，同意承包商提復原改善與補強方案，經認可核准後，據以修復。

#### (B).混凝土工程：

所有因倒塌或掉落物所損壞之混凝土部位，不論其損壞程度，原則上均敲除重新澆置混凝土；敲除範圍依本公司提出之清查紀錄範圍為準。

#### (C).防火被覆工程：

所有鋼結構工程構件表面之防火被覆材料、或重新製造之新品，防火被覆之後必須依照原施工圖面所計算之最小厚度重新噴塗或補足。

### 四、受損構件部位清查紀錄

本公司提出之受損構件清查紀錄(乙冊、420 頁)，樣式如下：

 <b>永峻工程顧問</b> Evergreen Consulting Eng., Inc.		臺北國際金融中心新建工程 331 震災 鋼結構工程構件受損部位清查紀錄	
構件編號	N17B401C	區域	節次 S17_塔樓區 55 樓_北區
結構分類	<input type="checkbox"/> 柱 <input checked="" type="checkbox"/> 大樑 <input type="checkbox"/> 小樑 <input type="checkbox"/> 斜撐 <input type="checkbox"/> 側撐 <input type="checkbox"/> 支柱 <input type="checkbox"/> 其他	位置	Line: 12.2- / ~ SCA-M.2 SS-7-55F-006
損壞原因	<input type="checkbox"/> #1塔吊配重塊掉落壓壞 <input checked="" type="checkbox"/> #2塔吊倒塌壓壞 <input type="checkbox"/> #4塔吊倒塌壓壞 <input type="checkbox"/> 其他	損壞程度	<input checked="" type="checkbox"/> A. 嚴重損壞 <input type="checkbox"/> B. 中度損壞 <input type="checkbox"/> C. 輕微損壞 <input type="checkbox"/> 其他
損害內容描述	1. 東面鋼梁翼銼與腹銼接合處嚴重變形，翼銼局部撞擊凹陷陷痕。 2. 西面之翼銼與腹銼接合處變形(Web已被切2孔,拆除用)。 3. 上、下翼銼多處撞擊凹痕。 4. 南面的小梁連接銼變形(2處)。 5. 北面的鋼梁穿孔處之補強封板，銼道被撞擊撕裂。 6. 已安裝，遭撞擊後掉落在52F處。		
補/試驗	1. 更換新品。		
補強	1. 已拆下置於1F北區置料場。 2. 本鋼梁有多處方形穿孔及補強，小梁彎矩接合連接銼。		
其他記事	(Blank space for additional notes)		
會勘人員	Evergreen: 洪添財/張文龍 P/CM: 葉升福 KTRT JV: 遠藤明裕/陳建仲 NSC-CSSC JV: 江口 真木 莊永治/李委華 會勘日期: 2002/4/13 10:00~12:00 am		

圖 10.2 331 震害受損構件清查紀錄樣式

## 第四節 後續改善措施

除前述 331 震害所造成之結構工程之損壞修復外，針對本工程之塔式吊車之後續改善與補強措施，經台北市政府勞檢處委託國家地震中心審查後，雖然塔式吊車為臨時性機械設備，現行國家標準規範圍對其耐震需求(地震回歸期)無法比照本工程之永久性建築物耐震標準，但仍以『容許破壞、不可倒塌』為前提，作為本工程塔式吊車之後續補強措施，其中包含：

### 一、提昇塔吊本體強度

塔吊本體之塔節(Mast)之強度需求，除滿足 CNS 6426(起重機鋼結構部份之計算標準) 基本要求之耐震標準(自重 20%之水平負荷)外，再提昇耐震標準，以工址 20 年超越機率 10%之地震歷時。

### 二、增加配重塊之固定：

使用鋼索將配重塊固定，防止搖晃時飛落。因原製造廠商之配重塊，並無任何固定措施、採自重方式支撐；鑒於 331 震害重 T/C#1 之配重塊因塔吊受牽引撞擊後，上下搖動後，所有配重塊飛出掉落。



圖 10.3 使用鋼索將配重塊固定

### 三、加強塔節接頭強度：

重新安裝之塔節接頭螺栓全部更換為新品，為加強塔節接頭之強度，不計螺栓強度、接合強度需求再以等值之焊接及增加立板方式接合。



圖 10.4 塔節接合處焊接及增加立板

### 四、增設塔節防墜落裝置

基於『容許破壞、不可倒塌』為前提，塔節內部中央使用四條鋼索貫穿固定，鋼索之強度以能承受塔吊強度為準，防止塔節再度因超越設定回歸期之地震規模，即使因塔節達到破壞變形、但四條鋼索仍足以可承受全部塔吊重量、不致墜落。



圖 10.5 塔節內增設鋼索防墜落

## 第十一章 臨時施工電梯

### 第一節 臨時施工電梯簡介

臨時施工電梯之設置主要目的為提供施工階段之材料、機具、設備以及施工人員等等之垂直運輸機具，其規劃設置需考量用量需求、工地配置動線、工程進度、結構補強、臨時施工安全衛生、拆除及復原影響等等整體施工規劃。臨時施工電梯由總包商規劃、分析設計與製造施工並需經業主團隊之審核認可後予以施作。

由於超高層以及建築立面之多樣變化，尤其塔樓 27 樓以下至地面退縮 8.4 公尺，使得連通施工電梯支撐塔架之距離加大，而側稱構件若過長亦較無支撐效益，單柱垂直荷重約達 90 噸，因此臨時支撐構架之安全性以及永久結構之補強與接合顯得格外注重。

總包商共規劃 6 部臨時施工電梯，其位置在建築物外之南側，其中 2 部電梯至 66 樓，其餘 4 部電梯可達 91 樓。每部承載荷重約 3 噸，載運人數約 30 人。

### 第二節 臨時施工電梯構造

依圖 11.1 所示施工相片，臨時施工電梯之組成構件可分為：

- (1).基座
- (2).電梯本體
- (3).共同塔及側撐
- (4).平台
- (5).連絡棧橋
- (6).護網欄杆

圖 11.1 臨時施工電梯施工相片





## 第四節 臨時施工電梯安全設計理念及檢核要點

### 一、水平地震力

根據分析結果使用水平地震力 1G 來檢核水平連桿梁、施工走道、及共同塔等結構是否安全。

### 二、強度設計

使用容許應力法(ASD)檢核桿件應力是否滿足規範要求。

### 三、共同塔基座

主要承受垂直力，於塔樓 1 樓南側樓版及鋼梁需增加額外補強。

### 四、連絡棧橋

主要考量水平設計力，由地震力及風力二者中取大值控制，高樓處皆由風力控制桿件、接合部設計；因建築物外牆傾斜而增加施工電梯及建物距離，以每四層設計一道水平連桿長度需增長，在受到反復水平力作用時挫屈強度及抗拉強度差距變大，而且挫屈後桿件之強度會降低，因此桿件及接合部主要設計考量成強度抵抗型。

### 五、施工電梯本體

依施工電梯廠商提供之計算書，總承包商(KTRT)進行下述三項檢核：

- (1). 檢核施工電梯塔節(Mast)與共同塔(Common Tower)接合強度。
- (2). 檢核施工電梯塔節(Mast)接合強度。
- (3). 檢核車箱部份與軌道接合強度。

## 六、施工電梯基本概要

- (1).製造廠商 ALIMAK
- (2).塔節總高度  $H=398.2M$
- (3).上升高度  $Lh=393.3M$
- (4).作業時最大風速 20 M/sec
- (5).非作業時最大風速 69.8 M/sec
- (6).塔節安裝風速考量 15 M/sec

## 第五節 臨時施工電梯外觀相片

圖 11.4 平台及連絡棧橋相片



圖 11.5 臨時施工電梯施工相片



## 致 謝

一棟代表城市地標的超高層建築物的誕生，除了代表該城市國家的高經濟成長能力的象徵外，也代表該城市國家營建技術能力的整體表現。本公司同仁有幸恭逢其盛能全程參與本案結構工程之規劃設計與施工監造。在整個結構規劃設計與施工過程中，由於在業主及建築師對結構安全與施工品質的堅持以及對本公司結構專業技術能力之支持與信賴下，才使得本公司能有機會竭盡所能的協助業主打造世界第一-『台北 101』的夢想，本公司在此致上由衷之敬意與感謝。

七年多來有許許多多國內、外學術界與工程界之學者專家熱心提供寶貴建議與指導，並協助解決設計與施工困難。此外如何設計與建造一個兼具使用性、結構安全、工進快速與成本合理的台灣新地標，是所有設計、監造與施工團隊的工程師們日夜思考與檢討的課題，在業主、設計監造顧問團隊、營建施工團隊以及無數材料及施工廠商的工作夥伴們通力合作與努力下，台北 101 大樓工程方得以順利施工完成，由於他們的努力與無私的奉獻，本超高層大樓方得順利完工，可謂是團隊共同創造出『台北第一』、『台灣第一』與『世界第一』的奇蹟，在此謹誌由衷謝忱。

本公司在施工期間承蒙台北金融大樓股份有限公司之指導，以及駐地監造顧問團隊-李祖原建築師事務所、大陸設備工程公司、富國工程技術公司、美商端拿公司、SGS 檢驗科技公司、中興顧問工程公司之協助，再此特予申謝。

本公司受業主委託派駐結構顧問工程師長駐工地進行專業結構監造達 6 年半時間，合計共 385 個人月，亦即平均每月約有 5 名結構工程師全程駐地結構監造。期間本公司所派駐之結構工程師為鍾俊宏、吳秋仲、洪添財、朱卿伯、張文龍、陳靜怡、趙庸成、李中彥、楊智偉、洪崇淋、陳昭榮、林勵君、陳語禎、孫念華等等，在此謹向駐地結構監造團隊成員之努力與辛勞表示由衷感謝。

特別感念的是 331 地震後，由於台北市政府、勞檢處、國家地震中心、台大地震中心、台北市結構技師公會以及高健章教授、蔡克銓教授、陳生金教授、業主-林鴻明總經理、沈雲飛副總經理、高橋正行總工程師、葉炎順協理、陳魚經理、韓兆年副理、張繼雷副理、高肇德課長、龔伯琦襄理、SGS-陳東明經理、陳錫銘先生、楊書隆先生、KTRT JV-內山幸三所長、李宗焜副所長、林培元副所長、遠藤明裕工事長、新日鐵-中鋼結構 JV-牛尾好孝所長、胡國凱副總裁、江口真木副所長、中鋼結構-李健成副總經理、邱均生助理副總經理、日本焊接技術研究所-永德俊裕所長、東建工程顧問-蔡東和技師、中檢公司-陳國興總經理、余金賢經理、楊添興先生、Thornton-Tomasetti-Mr.Velivasakis Manny、Lehigh University-Prof. John W. Fisher..等等不計其數的學者、專家及所有工地之夥伴們大力與無私的協助、指導與團隊努力，方能使震後如期、如質與安全的完成結構修護工作。

本研究案承蒙內政部建築研究所提供經費，研究期間復蒙王亭復協理、邱昌平顧問、洪思閩技師、陳澤修建築師、葉祥海組長、鍾肇滿技師、蔡得時技師、蔡益超教授、詹添全教授等專家學者熱心指導研究方向並提供寶貴意見，本研究方得以順利完成，在此致上最誠摯之感謝。

附錄一

附錄一

連續壁工程施工品質相關管制表格

# 臺北國際金融中心新建工程 連續壁工程單元施工彙整表

提送日期：87年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

單元編號：\_\_\_\_\_。

單元型式： TYPE  A  B  C  D  公  / 母  單元  
扶壁  A(1  2  3 ) B(1  2  3 ) C1

提送相關檢驗表：

- 彙整表  連續壁工程單元施工彙整報表
- A  連續壁單元施工記錄表
- B-1  } 連續壁施工檢查核對表
- B-2  }
- C  穩定液檢驗記錄表
- D  連續壁鋼筋籠檢查表
- E  連續壁混凝土施工記錄表
- F-1  } 連續壁混凝土澆置記錄表
- F-2  }
- F-3  }
- G  超音波檢測表，計 \_\_\_\_\_ 張
- H  氯離子檢測記錄表，計 \_\_\_\_\_ 張
- I  平面位置圖、施工大樣圖…等，計 \_\_\_\_\_ 張
- J  逆打鋼柱檢驗記錄表
- K  障礙處理說明，計 \_\_\_\_\_ 張

共\_\_\_\_\_頁

審核意見：

---



---



---



---



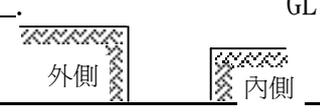
---

※備註：連續壁單元施工相關檢驗表,請於單元完成2日內提送(一式四份)。

業 主	監 造 單 位	世久營造 工地負責人
		請加蓋工地專用章

# 臺北國際金融中心新建工程 連續壁單元施工記錄表

A表

1. 單元編號：_____。 施作時程：自87年____月____日____：____。	
至87年____月____日____：____。	
計施作總工時：____：____。	
2. 單元型式：	TYPE <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> 公 <input type="checkbox"/> /母 <input type="checkbox"/> 單元 扶壁 <input type="checkbox"/> A(1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ) B(1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> ) C1 <input type="checkbox"/>
3. 單元尺寸：	壁厚：_____m. 深度：_____m. 寬度：_____m.
4. 導溝面高程：	GL _____。 GL _____。
	
5. 挖掘時程：	開始 87年____月____日____：____。 完成 87年____月____日____：____。計 ____：____。 掘土數量：_____m <sup>3</sup> . MASAGO作業手：_____。
6. 端版清洗所費時間：	____：____ ~ ____：____，計 ____：____。
7. 沉泥處理所費時間：	____：____ ~ ____：____，計 ____：____。
8. 超音波測試所費時間：	____：____ ~ ____：____，計 ____：____。
9. 鋼筋籠吊放時程：	開始 87年____月____日____：____。 完成 87年____月____日____：____。計 ____：____。 重量_____噸。
10. 特密管吊放時程：	開始 87年____月____日____：____。 完成 87年____月____日____：____。 節數_____節。
11. 澆置混凝土時程：	開始 87年____月____日____：____。 完成 87年____月____日____：____。計 ____：____。 預拌混凝土廠：_____廠 品管人員：_____。 試體個數：____組____個，編號：____~____。
12. 遇到障礙處理時程：	開始 87年____月____日____：____。 完成 87年____月____日____：____。計 ____：____。
工程記事：	
世久營造探勘股份有限公司	
監 造 單 位	工地負責人
	現場工程師
	請加蓋工地專用章

臺北國際金融中心新建工程  
連續壁施工檢查核對表

B-1表

單元編號：\_\_\_\_\_

\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

施工階段	檢 驗 項 目		承 包 商 初 驗		監 造 單 位 複 驗		改善意見
			檢 測 值	檢 驗 者	是否合格	複 驗 者	
挖    掘   前	1.	現場負責人及實驗室負責人確認 日班( ) 夜班( )			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	2.	材料(水、皂土、添加劑等)之貯存量			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	3.	穩定液新鮮液之貯存量(3小時預製)			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	4.	穩定液檢驗			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	5.	穩定液配比			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	6.	循環槽沈澱池棄土運輸			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	7.	廢液沈沙池棄土運輸			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	8.	鑽機設定位置(定平、定心、偏位計歸零)			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
挖    掘   中	1.	鑽挖刀數及順序是否正確			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	2.	開挖壁面之穩定性			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	3.	垂直度確認 (<1/300且<5cm, 取小者)			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	4.	深度確認(公單元0~+50cm, 母單元0~+100cm)			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	5.	穩定液檢驗			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	6.	穩定液液面高度控制			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	7.	穩定液急速流失之處理			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	8.	其他水流水溝槽中之防止			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	9.	循環槽沈澱池棄土運輸			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	10.	鋼筋籠製作檢驗			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		

臺北國際金融中心新建工程  
連續壁施工檢查核對表

B-2表

單元編號： \_\_\_\_\_

\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

施工階段	檢 驗 項 目		承 包 商 初 驗		監 造 單 位 複 驗		改善意見
			檢 測 值	檢 驗 者	是否合格	複 驗 者	
挖 掘 後	1.	端板清洗			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	2.	穩定液檢驗			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	3.	超音波探測			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
鋼 筋 籠 吊 放 前	1.	深度確認			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	2.	底部流濬及泥屑清除確認			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	3.	鋼筋籠檢驗合格記錄（施工圖）			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	4.	吊放位置，高程確認			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
鋼 筋 籠 吊 放 後	1.	變形之防止			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	2.	吊放位置及垂直度、正反面			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	3.	觀測系統儀器配合吊放			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	4.	續接及補筋			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	5.	位置、高程確認及固定措施			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
吊 放 特 密 管	1.	特密管之檢查(變形、破裂、塞管、水密性)			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	2.	組合記錄，插入深度			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	3.	栓塞			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		

# 臺北國際金融中心新建工程

## 穩定液檢驗記錄表

單元編號：\_\_\_\_\_

\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

使用穩定液名稱：超泥漿第二代穩定液(Kwik-Vis)

試驗編號	檢驗時機 挖掘/澆置	檢 驗		取樣深度 m	比 重	黏滯性 (SEC)	酸鹼度 (PH)	含砂量 (%)	承 包 商 檢 驗 者	監造單位 複 驗 者	備 註
		日 期	時 間								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	/	:								
規範值					1.00~1.10	32~36	8.5~11.5	挖掘中<5% 澆置中<2%			C表

臺北國際金融中心新建工程  
連續壁鋼筋籠檢查表

D表

單元編號：\_\_\_\_\_。

\_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

項次	檢 驗 項 目	承 包 商 初 驗		監 造 單 位 複 驗		備 註
		檢 驗 結 果	檢 驗 者	是 否 合 格	複 驗 者	
1	鋼筋物性化性試驗是否合乎規範規定?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
2	鋼筋無幅射污染證明是否出具且抽測?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
3	鋼筋出廠證明文件是否完整?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
4	鋼筋籠施工大樣圖是否審核?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
5	鋼筋籠內外側主筋號數、長度、按放是否正確?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
6	鋼筋籠內外側副筋號數、長度、按放是否正確?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
7	鋼筋籠內外側補強筋號數、長度、按放是否正確?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
8	鋼筋籠剪力筋是否依設計數量、位置安放?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
9	鋼筋籠剪力釘鋼板是否依設計數量、位置安放?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
10	電腦瓦斯壓接相關檢測是否合格?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
11	預留筋是否依要求安放?(柱筋、樑筋、續接器)	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
12	各段搭接長度是否依圖說規定預設?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
12	焊點是否牢固無鬆脫現象?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
13	預留筋位置的夾板是否依要求安放?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
14	端板是否焊接牢固且端板間距一致?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
15	吊放時吊點或支承點是否焊接牢固?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
16	吊放接處之剪力筋是否依規定排放?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
17	吊放搭接處之端板是否接續牢固?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
18	吊放搭接處之端板是否穿孔且將副筋穿過?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
19	吊筋長度是否正確?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
20	監測系統安裝是否正確?(灌漿前確認)	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
21	完整性檢測管材質厚度管徑是否正確?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
22	護耳是否依規定設置?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
23	尼龍布、三夾板...等是否鎖固?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
24	特密管預留位置是否正確?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
工 程 重 要 記 事						



# 臺北國際金融中心新建工程

## 連續壁混凝土澆置記錄表

單元編號：\_\_\_\_\_。

\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

車次	車號	出廠時間	到達時間	混凝土量	下料時間	終了時間	澆置深度			特密管深度			碎石深		起管數			試驗			備註			
							左	中	右	左	中	右	左	右	左	中	右	坍度	氣離子	試體				
1	-	:	:		:	:																		
2	-	:	:		:	:																		
3	-	:	:		:	:																		
4	-	:	:		:	:																		
5	-	:	:		:	:																		
6	-	:	:		:	:																		
7	-	:	:		:	:																		
8	-	:	:		:	:																		
9	-	:	:		:	:																		
10	-	:	:		:	:																		
11	-	:	:		:	:																		
12	-	:	:		:	:																		
13	-	:	:		:	:																		
14	-	:	:		:	:																		
15	-	:	:		:	:																		
16	-	:	:		:	:																		
17	-	:	:		:	:																	F-1表	
18	-	:	:		:	:																		
19	-	:	:		:	:																		
20	-	:	:		:	:																		

監造單位：

世久營造工地負責人：

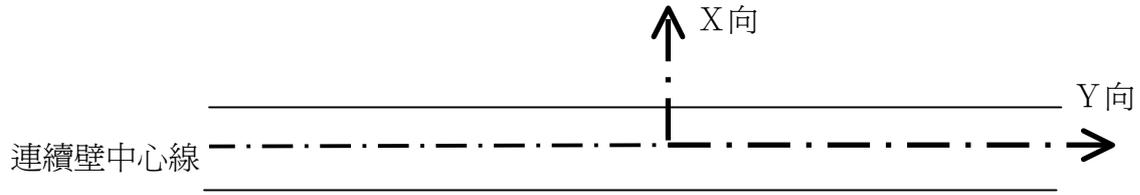
現場工程師：

臺北國際金融中心新建工程  
超音波檢測表

G表

單元編號：\_\_\_\_\_.

\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日



X  Y  向，檢測者：\_\_\_\_\_.

監造單位

世久營造

臺北國際金融中心新建工程

導溝施工檢驗表

施工位置：\_\_\_\_\_

\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

品質管制項目		承 包 商 初 驗		監 造 單 位 複 驗		備 註
		檢 驗 值	檢 驗 者	複 檢 結 果	複 驗 者	
導溝寬度				是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		125cm
導溝深度				是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		>1.8m或至老土層
導溝壁厚				是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		≥25cm
鋪面厚度				是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		≥20cm
中心線精準度				是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
高程測定	內導溝			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	外導溝			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
鋼 筋	號數間距			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		#4or#5, @20cm
	保護層			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		≥2.5cm
	搭接			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		>40D
模 版	垂直度			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	平整度			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
混 凝 土	設計強度			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	坍度			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		每次澆置
	氯離子			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		每次澆置
	試體			是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		1組/( <100m <sup>3</sup> )
監 造 單 位			世久營造探勘工程股份有限公司			
			工 地 負 責 人		現 場 工 程 師	

臺北國際金融中心新建工程  
氬離子檢測記錄表

H表

單元編號：

\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

車次：                  平均：	車次：                  平均：	車次：                  平均：
車次：                  平均：	車次：                  平均：	車次：                  平均：

監造單位

世久營造

預拌混凝土廠

臺北國際金融中心新建工程  
平面位置圖、施工大樣圖

I 表

單元編號： \_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

單元型式： TYPE  A  B  C  D  公/母 單元  
扶壁  A(1 2 3) B(1 2 3) C1

平面位置圖,計\_\_\_\_\_張

施工大樣圖,計\_\_\_\_\_張

小計\_\_\_\_\_張

請複印成A4 size

臺北國際金融中心新建工程  
逆打鋼柱檢驗記錄表

J表

單元編號：\_\_\_\_\_

\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

施工階段	檢驗項目		承包商初驗		監造單位複驗		改善意見
			檢測結果	檢驗者	是否合格	複驗者	
廠內製	1. 鋼材出廠證明文件是否完整?	鋼柱	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
		剪力釘	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
		續接器	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	2. 鋼材無幅射污染證明是否出具且抽測?	鋼柱	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
		剪力釘	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
		續接器	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	3. 鋼材物性化性等相關試驗是否合乎規範規定?	鋼柱	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
		剪力釘	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
		續接器	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	4. 逆打鋼柱施工大樣圖是否審核?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	5. 鋼柱接合、加勁版焊道尺寸目視是否合格?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	6. 鋼柱焊道目視及超音波檢測報告是否合格?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	7. 鋼柱最大偏心率是否合乎規範規定?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	8. 鋼柱尺寸是否正確?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	9. 剪力釘位置、尺寸、數量是否正確?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
10. 剪力釘焊道目視及錘擊檢查是否合格?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
11. 續接器位置、尺寸、數量是否正確?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
12. 續接器焊道目視檢查是否合格?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
13. 保護鋼板位置、尺寸、數量是否正確?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
14. 保護鋼板焊道目視檢查是否合格?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
15. 中心線、方向線標示是否正確?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
現場埋設	1. 導桿接合方式、長度是否合乎規範規定?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	2. 導桿與鋼柱垂直度是否符合?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	3. 工作架位置、平整度檢測是否合格?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	4. 鋼柱吊放垂直度-X向偏差值?		mm		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		請標示方向
	5. 鋼柱吊放垂直度-Y向偏差值?		mm		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		請標示方向
	6. 澆置完成超音波檢測垂直度-X向偏差值?		mm		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		請標示方向
	7. 澆置完成超音波檢測垂直度-Y向偏差值?		mm		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		請標示方向
	8. 鋼柱頂面高程偏差值?		mm		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		



附錄二

附錄二

基樁工程施工品質相關管制表格

# 臺北國際金融中心新建工程

## 施工記錄彙整表

1. 提送日期:\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

2. 基樁編號:\_\_\_\_\_

3. 提送相關檢驗表:

- A  (塔樓區)基樁施工時程表
- A-1  (裙樓區)基樁施工時程表
- B-1  } 塔樓區基樁檢查表 (1/4)
- B-2  } 塔樓區基樁檢查表 (2/4)
- B-3  } 裙樓區基樁檢查表 (3/4)
- B-4  } 裙樓區基樁檢查表 (4/4)
- B-5  基樁深度量測記錄表
- C  基樁超泥漿試驗記錄表
- D  鋼筋籠/預埋管檢查表
- E  混凝土材料驗收管控記錄表
- F  特密管-抽拔/埋入深控制表
- G  超音波檢測表,計 張
- H  氣離子檢測記錄表,計 張
- I  平面位置圖,施工大樣圖...等,計 張
- J-1  鋼柱進場檢驗表
- J-2  逆打(臨時)鋼柱檢驗記錄表
- K  鑽掘記錄表(Operating Record)
- L  樁周灌漿記錄表(Skin Grouting Record)
- M  樁底灌漿記錄表(Base Grouting Record)
- N  (塔/裙樓區)基樁-障礙處理說明表

共\_\_\_\_\_頁

4.備註:

承包商現場工程師

中興顧問

監造單位

# (塔樓區)基樁檢查表

B-1 表

工程名稱: 臺北國際金融中心新建工程

施作日期: 年 月 日 ~ 年 月 日

基樁編號:

1/4

項目	檢查項目	承包商現場工程師		中興顧問初驗		監造單位複驗		備註
		合格否?	檢驗者	合格否?	檢驗者	合格否?	檢驗者	
1	<b>鑽掘定位:</b> (樁中心±5 cm) a. 套管安裝。 b. 套管頂高程 東. GL _____ 西. GL _____ 南. GL _____ 北. GL _____	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
2	<b>定心:</b> 掘削機定位(對準中心)	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
3	<b>鑽掘:</b> 垂直度檢驗(KODEN)	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
4	<b>穩定液:</b> 詳附表C。	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
5	<b>岩盤確認:</b>	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
6	<b>樁長確認:</b>	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
7	<b>沉泥處理(Air-Lift):</b> 處理後樁底高程量測	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
8	<b>超音波檢測:</b> a. 開挖面 < 10 cm 水平偏差。 b. 垂直度 < 1/200 樁長。	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
9	<b>鋼筋籠吊放:</b> a. 鋼筋籠/預埋管安裝 (詳附表D)。 b. 護耳/Spacer(6個@2m) c. 高程: ±15 cm	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		

# (塔樓區)基樁檢查表

B-2 表

工程名稱: 臺北國際金融中心新建工程

施作日期: 年 月 日 ~ 年 月 日

基樁編號:

2/4

項目	檢查項目	承包商現場工程師		中興顧問初驗		監造單位複驗		備註
		合格否?	檢驗者	合格否?	檢驗者	合格否?	檢驗者	
10	<b>特密管吊放:</b> 長度: m 詳附表F。	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
11	<b>澆置前 Air-Lift 處理</b> a. 含砂量 $S < 1\%$ b. 詳附表C。	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
12	<b>樁長/沉泥量確認:</b>	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
13	<b>混凝土澆置: (<math>320\text{kg}/\text{cm}^2</math>)</b> a. 坍度 ( $20 \pm 2\text{cm}$ ), b. 試體(詳附表E)。	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
14	<b>特密管抽取:</b> 埋入深度 2m(詳附表F)。	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
15	<b>中間柱吊放:</b> a. 柱頂任一方向偏位 $< 7.5\text{cm}$ , b. 合計最大偏位 $< 12.5\text{cm}$ c. 垂直度 $< 1/300$ , 斜率 $\leq 7.5\text{cm}$	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
16	<b>空打回填 1000psi 混凝土</b> (有中間柱者)(詳附表E): ※基樁澆置完成 24 小時施作。	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
17	<b>樁底灌漿:</b> 詳附表____	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
工程記事								

# (裙樓區)基樁檢查表

B-3 表

工程名稱: 臺北國際金融中心新建工程

施作日期: 年 月 日 ~ 年 月 日

基樁編號:

3/4

項目	檢查項目	承包商現場工程師		中興顧問初驗		監造單位複驗		備註
		合格否?	檢驗者	合格否?	檢驗者	合格否?	檢驗者	
1	鑽掘定位: (樁中心±5 cm) a. 套管安裝。 b. 套管頂高程 東. GL _____ 西. GL _____ 南. GL _____ 北. GL _____	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
2	定心: 掘削機定位(對準中心)	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
3	鑽掘: 水準氣泡	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
4	穩定液: 詳附表C。	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
5	岩盤確認:	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
6	樁長計算確認:	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
7	沉泥處理(鑽機處理):	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
8	超音波檢測: a. 開挖面 < 10 cm 水平偏差。 b. 垂直度 < 1/200 樁長。	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
9	鋼筋籠吊放: a. 鋼筋籠/預埋管安裝 (詳附表D)。 b. 護耳/Spacer(6 個@2m) c. 高程: ±15 cm	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		

# (裙樓區)基樁檢查表

B-4 表

工程名稱: 臺北國際金融中心新建工程

施作日期: 年 月 日 ~ 年 月 日

基樁編號:

4/4

項目	檢查項目	承包商現場工程師		中興顧問初驗		監造單位複驗		備註
		合格否?	檢驗者	合格否?	檢驗者	合格否?	檢驗者	
10	<b>逆打鋼柱吊放:</b> a. 柱頂任一方向偏位 < 5 cm b. 合計最大偏位 < 75cm c. 垂直度 < 1/300, 斜率 ≤ 7.5cm ,	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
11	<b>特密管吊放:</b> a. 每支長度:    m b. 詳附表F	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
12	<b>沉泥處理(Air-Lift)</b> a. 含砂量 S < 1%: b. 處理後樁底高程(Gl.       )	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
13	<b>樁長/沉泥量確認:</b>	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
14	<b>混凝土澆置: (245kg/cm<sup>2</sup>)</b> a. 坍度 (20±2cm) b. 試體 (詳附表F)。	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
14	<b>特密管抽取:</b> 埋入深度 2m(詳附表F)。	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
15	<b>空打回填碎石級配:</b> 基樁澆置完成 24 小時施作。	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
16	<b>樁周灌漿:</b> 詳附表L	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		
工程記事								



# 鋼筋籠 / 預埋管檢查表

D 表

工程名稱: 臺北國際金融中心新建工程

施作日期: 年 月 日 ~ 年 月 日

基樁編號:

項目	檢查項目	承包商現場工程師		中興顧問初驗		監造單位複驗		備註
		合格否?	檢驗者	合格否?	檢驗者	合格否?	檢驗者	
鋼 筋 籠 檢 查	1	鋼筋施工圖是否審核?	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>	
	2	鋼筋材料是否已取樣送審合格?	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>	
	3	A. 第一節(上)鋼筋籠檢查重點; 主筋: 支數, 號數, 長度, 間距是否正確? 外箍: 支數, 號數, 長度, 間距, 搭接長前後錯開是否正確? 主筋搭接長: 是否標示正確?	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>	
		B. 第二節鋼筋籠檢查重點; 主筋: 支數, 號數, 長度, 間距是否正確? 外箍: 支數, 號數, 長度, 間距, 搭接長前後錯開是否正確? 主筋搭接長: 是否標示正確?	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>	
		C. 第三節鋼筋籠檢查重點; 主筋: 支數, 號數, 長度, 間距是否正確? 外箍: 支數, 號數, 長度, 間距, 搭接長前後錯開是否正確? 主筋搭接長: 是否標示正確?	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>	
		D. 第四節鋼筋籠檢查重點; 主筋: 支數, 號數, 長度, 間距是否正確? 外箍: 支數, 號數, 長度, 間距, 搭接長前後錯開是否正確? 主筋搭接長: 是否標示正確?	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>	
	4	完整性試驗 2" PVC 管, 4 支是否固定牢固?	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>	
	5	樁底灌漿管 3 支, FLAT-JACK 是否固定牢固?	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>	
	6	鑽心取樣管φ5 1/2", 2 支是否固定牢固?	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>	
	7	樁周灌漿管(20 mm, 10 支)(裙), 是否固定牢固?	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>	
	8	監測儀器, 是否安裝完成?	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>	
鋼 筋 籠 吊 放 搭 接	9	吊點處是否牢固?	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>	
	10	第一節頂端之續接器是否已保護?	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>	
	11	每次搭接長是否正確?	是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/>	

# 臺北國際金融中心新建工程

## 基樁混凝土澆置記錄表

單元編號：\_\_\_\_\_。

\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

車次	車號	出廠時間	到達時間	混凝土量	下料時間	終了時間	澆置深度			特密管深度			碎石深		起管數			試驗			備註			
							左	中	右	左	中	右	左	右	左	中	右	坍度	氣離子	試體				
1	-	:	:		:	:																		
2	-	:	:		:	:																		
3	-	:	:		:	:																		
4	-	:	:		:	:																		
5	-	:	:		:	:																		
6	-	:	:		:	:																		
7	-	:	:		:	:																		
8	-	:	:		:	:																		
9	-	:	:		:	:																		
10	-	:	:		:	:																		
11	-	:	:		:	:																		
12	-	:	:		:	:																		
13	-	:	:		:	:																		
14	-	:	:		:	:																		
15	-	:	:		:	:																		
16	-	:	:		:	:																		
17	-	:	:		:	:																	F-1表	
18	-	:	:		:	:																		
19	-	:	:		:	:																		
20	-	:	:		:	:																		

監造單位：

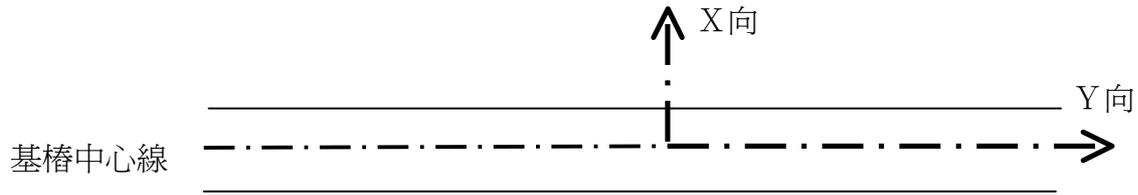
承包商：

臺北國際金融中心新建工程  
超音波檢測表

G表

單元編號：\_\_\_\_\_.

\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日



X  Y  向，檢測者：\_\_\_\_\_.

# 臺北國際金融中心新建工程 氮離子檢測記錄表

H表

基樁編號: \_\_\_\_\_

年    月    日

車次:    平均:	車次:    平均:	車次:    平均:
車次:    平均:	車次:    平均:	車次:    平均:

承包商現  
場工程師

中興顧問

監造單位

預拌混  
凝土廠

臺北國際金融中心新建工程  
平面位置圖、施工大樣圖

1表

基樁編號: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

平面位置圖，計 \_\_\_\_\_ 張

施工大樣圖，計 \_\_\_\_\_ 張

小計 \_\_\_\_\_ 張

請複印成 A3 size

臺北國際金融中心新建工程  
逆打鋼柱檢驗記錄表

J表

單元編號：\_\_\_\_\_

\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

施工階段	檢驗項目			承包商初驗		監造單位複驗		改善意見
				檢測結果	檢驗者	是否合格	複驗者	
廠 內 製 造	1.	鋼材出廠證明文件是否完整?	鋼柱	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
			剪力釘	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
			續接器	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	2.	鋼材無幅射污染證明是否出具且抽測?	鋼柱	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
			剪力釘	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
			續接器	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	3.	鋼材物性化性等相關試驗是否合乎規範規定?	鋼柱	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
			剪力釘	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
			續接器	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	4.	逆打鋼柱施工大樣圖是否審核?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	5.	鋼柱接合、加勁版焊道尺寸目視是否合格?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	6.	鋼柱焊道目視及超音波檢測報告是否合格?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	7.	鋼柱最大偏心率是否合乎規範規定?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	8.	鋼柱尺寸是否正確?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	9.	剪力釘位置、尺寸、數量是否正確?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
10.	剪力釘焊道目視及錘擊檢查是否合格?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
11.	續接器位置、尺寸、數量是否正確?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
12.	續接器焊道目視檢查是否合格?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
13.	保護鋼板位置、尺寸、數量是否正確?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
14.	保護鋼板焊道目視檢查是否合格?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
15.	中心線、方向線標示是否正確?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
現 場 埋 設	1.	導桿接合方式、長度是否合乎規範規定?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	2.	導桿與鋼柱垂直度是否符合?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	3.	工作架位置、平整度檢測是否合格?		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
	4.	鋼柱吊放垂直度-X向偏差值?		mm		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	請標示方向	
	5.	鋼柱吊放垂直度-Y向偏差值?		mm		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	請標示方向	
	6.	澆置完成超音波檢測垂直度-X向偏差值?		mm		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	請標示方向	
	7.	澆置完成超音波檢測垂直度-Y向偏差值?		mm		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	請標示方向	
	8.	鋼柱頂面高程偏差值?		mm		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		

# 臺北國際金融中心

## 鋼柱進場檢驗表

總承商：達欣工程股份有限公司

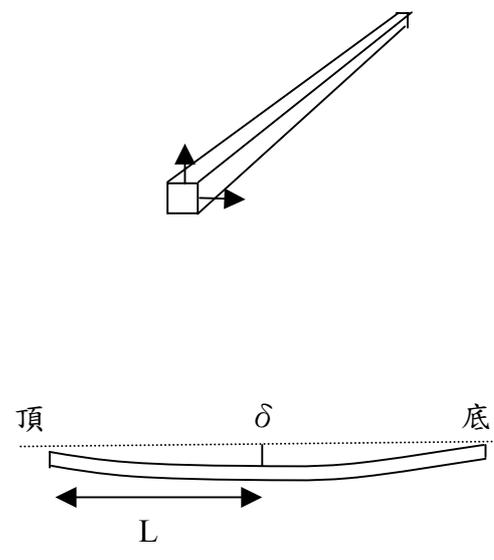
鋼柱編號：\_\_\_\_\_

進場日期：\_\_\_\_\_

重量/尺寸：\_\_\_\_\_

長度(L)：\_\_\_\_\_

高 程：(頂)EL. \_\_\_\_\_ ~EL. \_\_\_\_\_ (底)

鋼柱編號：			說 明
方向	$\delta$ (mm)	L(m)	
剪力釘數 目及直徑	數量	直徑	
續 接 器	數量	直徑	
備註/註明：			
鋼印方向			
噴漆字體	30×30mm		
			<p>Note: 檢驗方式為二人同時分別兩端，將水線拉緊，以目測量測最大 <math>\delta</math> 值後用微標尺量出正確值(mm)。</p>

中興顧問：

施工廠商  
工地主任：

施工廠商  
品管人員：



附錄三

附錄三

鋼結構工程施工品質相關管制表格

施工品質管理標準													▽為查驗 ○為抽驗
工程項目	管理要領											管理紀錄	
	管理項目	管理標準	權責區分				檢查時機	檢查方法	檢查頻率	不合標準值之處 置方法			
			業主團隊		承包商								
			監造單位	第三者檢 驗單位	總承包商 品管人員	鋼構包商 品管人員							
計劃階段	施工計劃書	製造及品管計劃書	施工規範 05100-1.5.1	▽	▽	▽	▽	施工前	---	---	依審查意見修正 後重新送審	文件送審五聯單、 審查意見單	
	施工圖	詳細施工(製造)圖	施工規範 05100-1.5.2	▽	▽	▽	▽	施工前或 製造前	---	---	依審查意見修正 後重新送審	文件送審五聯單、 審查意見單	
材料階段	材料進場	鋼板材料	施工規範 05100-2.2.1	▽	▽	▽	▽	進場時	抽取樣品 委外試驗	每 500 噸取樣 一組	退貨	檢驗申請單、 試驗報告(查對表)	
		熱軋型鋼料	施工規範 05100-2.2.1	▽	▽	▽	▽	進場時	抽取樣品 委外試驗	每 500 噸取樣 一組	退貨	檢驗申請單、 試驗報告(查對表)	
		零星鋼料	施工規範 05100-2.2.2	▽	▽	▽	▽	進場時	抽取樣品 委外試驗	每 5 噸取樣一 組	退貨	檢驗申請單、 試驗報告(查對表)	
		鋼板超音波檢測	施工規範 05100-2.2.3	▽	▽	▽	▽	供應商 出廠時	依 JIS G 0901	板厚超過 25mm 鋼板	退貨	原出廠品質證明書	
		無輻射污染證明書	施工規範 05100-2.2.4	▽	▽	▽	▽	供應商 出廠時	依原能會檢測 要點及檢測儀	所有鋼料	退貨	原出廠品質證明書	
		焊接材料	施工規範 05100-3.2.3	▽	▽	▽	▽	焊接時	抽取樣品 委外試驗	每種焊接材料 取樣一組	退貨	檢驗申請單、 試驗報告(查對表)	
		高強度螺栓材料	施工規範 05100-2.2.5	▽	▽	▽	▽	進場時	抽取樣品 委外試驗	每批號 3000 組取樣一組	退貨	檢驗申請單、 試驗報告(查對表)	

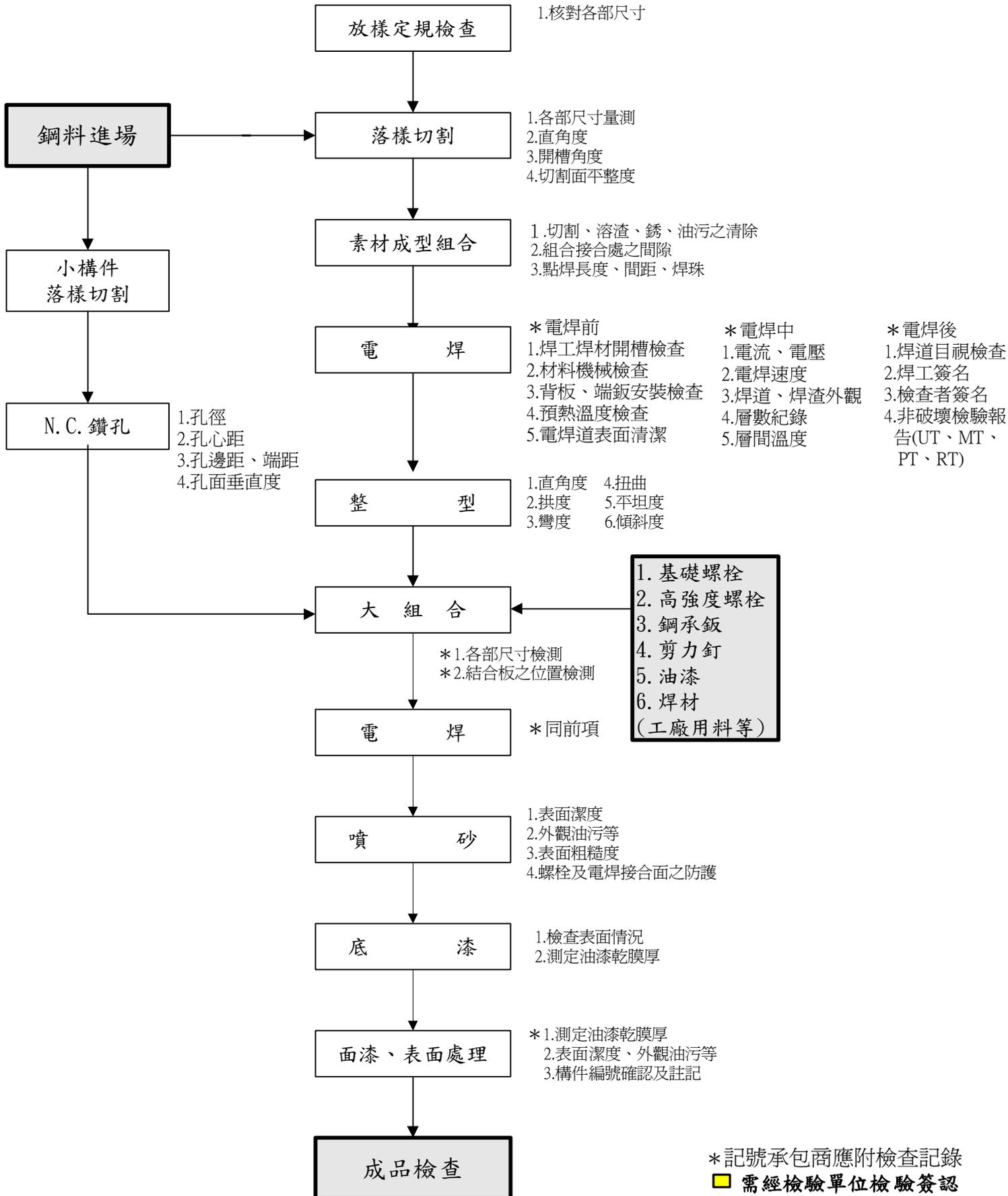
施工品質管理標準												▽為查驗 ○為抽驗
工程項目	管理項目	管理標準	管理要領				檢查時機	檢查方法	檢查頻率	不合標準值之處 置方法	管理紀錄	
			權責區分									
			業主團隊		承包商							
			監造單位	第三者檢 驗單位	總承包商 品管人員	鋼構包商 品管人員						
	剪力釘材料	施工規範 05100-2.2.6	▽	▽	▽	▽	進場時	抽取樣品 委外試驗	每批號 5000 組取樣一組	退貨	檢驗申請單、 試驗報告(查對表)	
	基礎螺栓材料	設計圖 S1.1-01	▽	▽	▽	▽	進場時	抽取樣品 委外試驗	每批每種直徑 取樣一組	退貨	檢驗申請單、 試驗報告(查對表)	
	鋼筋材料	設計圖 S1.1-01	▽	▽	▽	▽	進場時	抽取樣品 委外試驗	每 25 噸取樣 一組	退貨	檢驗申請單、 試驗報告(查對表)	
	油漆材料	施工規範 05100-4.3.3	▽	▽	▽	▽	進場時	抽取樣品 委外試驗	每批每型號材 料取樣一組	退貨	檢驗申請單試驗報 告(查對表)	
施 工 階 段	工廠製造	鋼料放樣	施工規範 05100-3.1.1 & 3.10.1	○	▽	▽	▽	無法接合或 安裝時	繪製 1:1 圖面	原圖不符或 施工不便時	業主及監造單位 核對決定	會勘紀錄
		鋼捲尺	施工規範 05100-3.1.1.A	○	▽	▽	▽	放樣前	工地與工廠比 對	誤差值大於 1mm 以上時	依補正值修正或 更換尺	作成丈量補正值表 供後續使用時修正
		切割表面精度	施工規範 05100-3.1.5.K	○	▽	▽	▽	斷面切割後	製具量規檢測	每一構件	補焊或研磨	現場標示、 查驗表
		開槽表面精度	施工規範 05100-3.1.6.B	○	▽	▽	▽	開槽切割後	製具量規檢測	每一構件	補焊或研磨	現場標示、 查驗表
		鑽孔孔徑	施工規範 05100-3.1.7.K	○	▽	▽	▽	鑽孔後	製具量規檢測	每一構件	補強或補焊後重 新鑽孔	現場標示、 查驗表

施工品質管理標準											▽為查驗 ○為抽驗
工程項目	管理項目	管理標準	管理要領				檢查時機	檢查方法	檢查頻率	不合標準值之處 置方法	管理紀錄
			權責區分								
			業主團隊		承包商						
			監造單位	第三者檢 驗單位	總承包商 品管人員	鋼構包商 品管人員					
	螺栓孔位	施工規範 05100-圖 3.1.9a	○	▽	▽	▽	鑽孔後	製具量規檢測	每一構件	補強或補焊後重 新鑽孔	現場標示、 查驗表
	加熱整型溫度 限制	施工規範 05100- 3.1.8.D	○	▽	▽	▽	熱整後	溫度計量測	每一構件	立即停止	現場標示、 查驗表
	焊接技工	施工規範 05100- 3.2.2.A & 3.10.2.B.(1)	○	▽	▽	▽	焊接前及 電焊中	檢查識別證	每日	立即停止焊接及 已焊接部分檢討 處置方式	查驗表
	焊接材料規格	施工規範 05100- 3.2.3.B & 3.10.2.A.(1) (6)	○	▽	▽	▽	焊接前	目視檢查焊材 標示編號	每日	立即停止焊接及 已焊接部分檢討 處置方式	查驗表
	焊接材料烘乾	施工規範 05100- 3.2.3.D-G	○	▽	▽	▽	焊接前	目視檢查	每日	再烘乾	查驗表
	焊接程序書	施工規範 05100- 3.2.5	▽	▽	▽	▽	焊接前	依 AWS D1.1 規範進行焊接 程序檢定	每一焊接程序	重新修正焊接程 序條件後再檢定	檢驗申請單、 焊接程序檢定紀錄
	開槽(根部)背 襯板、端板組 立	施工規範 05100- 3.2.5.E&F、 3.10.2.A.(2)&(3)、 圖 3.2.9-1	○	▽	▽	▽	焊接前	目視檢查及製 具量規檢測	每一處	重新修改、組立 後再複驗	檢驗申請單、 現場標示

施工品質管理標準												▽為查驗 ○為抽驗
工程項目	管理項目	管理標準	管理要領				檢查時機	檢查方法	檢查頻率	不合標準值之處 置方法	管理紀錄	
			權責區分									
			業主團隊		承包商							
			監造單位	第三者檢 驗單位	總承包商 品管人員	鋼構包商 品管人員						
	焊接預熱	施工規範 05100-3.2.5.D & 3.10.2.A.(5)	○	▽	▽	▽	焊接前	溫度計量測	每日	依焊接程序書再預熱	現場標示、查驗表	
	焊接電壓、電流	施工規範 05100-3.10.2.B.(4)	○	▽	▽	▽	焊接中	三用電錶量測	每日	依焊接程序書修正為數值	現場標示、查驗表	
	焊道外觀目視測	施工規範 05100-3.10.2.C.(1) (2)	○	▽	▽	▽	焊接後	目視檢測及焊道規量測	每一處	依施工規範 05100-圖 3.11.9 修補	現場標示、查驗表	
	焊道非破壞檢驗	施工規範 05100-3.10.3	○	▽	▽	▽	焊接後	超音波檢測及磁粒檢測	全滲透焊道(100%)、填角焊(5%)	剷修重(補)焊、並 100%複驗合格	現場標示、非破壞檢測報告	
	製造成品檢驗	施工規範 05100-圖 3.9.1.b-1	▽	▽	▽	▽	製造後、噴砂塗裝前	製具或量規	每一構件、	修改後、複驗合格	檢驗申請單、試驗報告(查對表)	
	噴砂(表面處理)	施工規範 05100-4.1.1	○	▽	▽	▽	噴砂後	表面粗造度量具	每一構件	重新噴砂	現場標示、檢測報告	
	底漆、面漆(表面塗裝)	施工規範 05100-4.2	○	▽	▽	▽	油漆完全乾燥後	膜厚計	每一構件、每 10m <sup>2</sup> 一測點	補足需求厚度	現場標示、檢測報告	



# 鋼結構工程 工廠製作品質管制流程圖





## 鋼結構工程 工廠製作品質管制查對表 總表

項次	表號	材料名稱	依據規範	備註
1	EG-SS-FAC-1	鋼材(SM507M)	S1.1-01& CNS 2947 G3057-92 SM570 修訂	1 page.
2	EG-SS-FAC-2	鋼材(SN490C)	S1.1-01& JIS G3136	1 page.
3	EG-SS-FAC-3	鋼材(SN490B)	S1.1-01& JIS G3136	1 page.
4	EG-SS-FAC-4	鋼材(A572 Gr.50)	S1.1-01& ASTM A572 Gr.50	1 page.
5	EG-SS-FAC-5	鋼材(A36)	S1.1-01& ASTM A36	1 page.
6	EG-SS-FAC-6	剪力釘(STUD)	ASTM A108 Type B	1 page.
7	EG-SS-FAC-7~8	高強度螺栓(HSB)	JIS B1186 F10T	2 pages.
8	EG-SS-FAC-9~10	竹節鋼筋(SD42W)	S1.1-01& CNS 560 A2006	2 pages.
9	EG-SS-FAC-11	竹節鋼筋(SD28)	S1.1-01& CNS 560 A2006	1 page.
10	EG-SS-FAC-12	鋼筋續接器	CNS 2111 & MOIS 860026	1 page.
11	EG-SS-FAC-13	無機鋅粉底漆	CNS 4937 K2088	1 page.
12	EG-SS-FAC-14 (SN490、A572Gr50)	焊材 SMAW E7016、E7018、E7027	AWS A5.1	1 page.
13	EG-SS-FAC-15 (SN490、A572Gr50)	焊材 SMAW E7014、E7015、E7028	AWS A5.1	1 page.
14	EG-SS-FAC-16 (SN490、A572Gr50)	焊材 SAW E7**-EM12K	AWS A5.17	1 page.
15	EG-SS-FAC-17 (SN490、A572Gr50)	焊材 SAW F7XX-EM12K	AWS A5.20	1 page.
16	EG-SS-FAC-18 (SN490、A572Gr50)	焊材 FCAW E7*T-*(Except-2,3,10,-GS)	AWS A5.20	1 page.
17	EG-SS-FAC-19	焊材 GMAW ER70S-*	AWS A5.18	1 page.
18	EG-SS-FAC-20	鋼骨構件成品	05100-圖 3.9.1~2	1 page.

審核人員：

表號:EG-SS-FAC- 0



項次	表號	材料名稱	依據規範	備註
19	EG-SS-FAC-21	焊材 SMAW E8016X	AWS A5.5	1 page.
20	EG-SS-FAC-22	焊材 SAW F8X-EXXX-X	AWS A5.23	1 page.
21	EG-SS-FAC-23	焊材 GMAW ER80S-G	AWS A5.28	1 page.
22	EG-SS-FAC-24	焊材 FCAW E8xT1-NiL.NiM	AWS A5.29	1 page.
23	EG-SS-FAC-25	焊材 SESNET FES80-ES-G-W	AWS A5.25	1 page.
24	EG-SS-FAC-26	焊材 SESNET FES70-ES-G-W	AWS A5.25	1 page.
25	EG-SS-FAC-27	焊材 EGW EG80T-G	AWS A5.27	1 page.

審核人員：

表號:EG-SS-FAC- 1



## 鋼結構工程 工廠製作品質管制查對表

材料名稱: 鋼材 SM570M (塔樓用) 廠商送審文號: DTM- /ENG-

項次	分項	審核查對項目	單位	依據規範	檢驗標準	查對結果		備註
						符合	不符合	
1	物理性質	F <sub>y</sub> 降伏點 Yield Point	kg/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	S1.1-01	4200~5200 (412~510)			
2		F <sub>u</sub> 抗拉強度 Tensile Strength	kg/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	S1.1-01	5800~7300 (569~716)			
3		降伏比 Yield Ratio (F <sub>y</sub> /F <sub>u</sub> )	%	S1.1-01	≤85.			鈹厚 ≤40mm 之大樑、斜撐
					≤80.			鈹厚 > 40mm 之大樑、斜撐
					≤85.			所有 H 柱、箱型柱
4	伸長量 Elongation		%	CNS 2947 G3057-92 S570M	≥19.			鈹厚~16mm(含)
					≥26.			鈹厚 16~20mm(含)
					≥20.			鈹厚 20mm~
5	斷面收縮率(厚度方向) Contraction (Through-thickness)	%	CNS 13812 G3262-97 SN490C	≥15.			鈹厚 ≥50.mm 時 個別試驗值	
				≥25.			三次試驗值平均	
6	衝擊吸收能 Charpy Absorption Energy 試驗溫度 -5°C	J. (kgf-m)	CNS 2947 G3057-92 S570M	≥47. (≥4.8)				
				S1.1-01	≥27. (≥2.76)			鈹厚 ≥50.mm 時 1/2 鈹厚位置
7	化學性質	C 碳 Carbon	%	CNS 2947 G3057-92 S570M	≤0.18			鈹厚 100mm 以下
8		Si 矽 Silicon			≤0.55			
9		Mn 錳 Manganese			≤1.60			
10		P 磷 Phosphorus			≤0.035			
11		S 硫 Sulfur			≤0.035			
12		C <sub>eq</sub> 碳當量 Carbon Equivalent			≤0.44			鈹厚 50mm 以下
					≤0.47			鈹厚 50~100mm
13	P <sub>cm</sub> 化性組合敏感量 Chemical Composition on Sensitivity			≤0.28			C <sub>eq</sub> & P <sub>cm</sub> 二選一	
				≤0.30			鈹厚 50mm 以下 鈹厚 50~100mm	
14	其他性質	UT 超音波檢測(原廠) Ultrasonic Test		JIS G3136	Acceptance (JIS G0901)			
15		UT 夾層超音波檢測 Ultrasonic Test		S1.1-01	Acceptance (JIS G0901 y)			鈹厚大於 13mm(含)
16		無輻射污染證明		05100-2.2.4	無輻射			

審核人員:

表號: EG-SS-FAC-1



## 鋼結構工程 工廠製作品質管制查對表

材料名稱: 鋼材 SN490C      廠商送審文號: DTM-      /ENG-

項次	分項	審核查對項目	單位	依據規範	檢驗標準	查對結果		備註
						符合	不符合	
1	物理性質	F <sub>y</sub> 降伏點 Yield Point	kg/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	S1.1-01	3300~4500 (325~445)			For 12~40(incl.)mm
2		3000~4200 (294~412)					For 40~100(incl.)mm	
3		F <sub>u</sub> 抗拉強度 Tensile Strength	kg/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	S1.1-01	5000~6200 (490~610)			
4		降伏比 Yield Ratio (F <sub>y</sub> /F <sub>u</sub> )	%	S1.1-01	≤ 80			
5		伸長量 Elongation	%	JIS G3136	≥ 17.			鈹厚 6~16mm(含)
6	斷面收縮率(厚度方向) Contraction (Through-thickness)	%	JIS G3136	≥ 21.			鈹厚 16~40mm(含)	
				≥ 23.			鈹厚 40~100mm(含)	
				≥ 15.			任何一次試驗值	
7	吸收能 Charpy Absorption Energy	J.	JIS G3136	≥ 27.			三次試驗值平均	
8	化學性質	C 碳 Carbon	%	JIS G3136	≤ 0.18			鈹厚 16~50mm(含)
9		C 碳 Carbon	%	JIS G3136	≤ 0.20			鈹厚 50~100mm(含)
10		Si 矽 Silicon	%	JIS G3136	≤ 0.55			
11		Mn 錳 Manganese	%	JIS G3136	≤ 1.60			
12		P 磷 Phosphorus	%	JIS G3136	≤ 0.020			
13		S 硫 Sulfur	%	JIS G3136	≤ 0.008			
14		C <sub>eq</sub> 碳當量 Carbon Equivalent	%	JIS G3136	≤ 0.44			鈹厚 16~40mm(含)
					≤ 0.46			鈹厚 40~100mm(含)
15		P <sub>cm</sub> 化性組合敏感量 Chemical Composition on Sensitivity	%	JIS G3136	≤ 0.29			C <sub>eq</sub> & P <sub>cm</sub> 二選一
16	其他性質	UT 超音波檢測(原廠) Ultrasonic Test		JIS G3136	Acceptance (JIS G0901)			
17		UT 夾層超音波檢測 Ultrasonic Test		05100-2.2.3	Acceptance (JIS G0801)			鈹厚大於 25mm(含)
18		無輻射污染證明		05100-2.2.4	無輻射			
19		其他						

審核人員:

表號:EG-SS-FAC- 2



## 鋼結構工程 工廠製作品質管制查對表

材料名稱: 鋼材 SN490B      廠商送審文號: DTM-      /ENG-

項次	分項	審核查對項目	單位	依據規範	檢驗標準	查對結果		備註	
						符合	不符合		
1	物理性質	F <sub>y</sub> 降伏點 Yield Point	kg/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	S1.1-01	3300~4500 (325~445)				
2		F <sub>u</sub> 抗拉強度 Tensile Strength	kg/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	S1.1-01	5000~6200 (490~610)				
3		降伏比 Yield Ratio (F <sub>y</sub> /F <sub>u</sub> )	%	S1.1-01	≤ 80				
4		伸長量 Elongation		%	JIS G3136	≥ 17.			鈹厚 6~16mm(含)
				%	JIS G3136	≥ 21.			鈹厚 16~40mm(含)
			%	JIS G3136	≥ 23.			鈹厚 40~100mm(含)	
5	吸收能 Charpy Absorption Energy	J.	JIS G3136	≥ 27.					
6	化學性質	C 碳 Carbon	%	JIS G3136	≤ 0.18			鈹厚 16~50mm(含)	
7		C 碳 Carbon	%	JIS G3136	≤ 0.20			鈹厚 50~100mm(含)	
8		Si 矽 Silicon	%	JIS G3136	≤ 0.55				
9		Mn 錳 Manganese	%	JIS G3136	≤ 1.60				
10		P 磷 Phosphorus	%	JIS G3136	≤ 0.030				
11		S 硫 Sulfur	%	JIS G3136	≤ 0.015				
12		C <sub>eq</sub> 碳當量 Carbon Equivalent	%	JIS G3136	≤ 0.44			鈹厚 16~40mm(含)	
		%	JIS G3136	≤ 0.46			鈹厚 40~100mm(含)		
13	P <sub>cm</sub> 化性組合敏感量 Chemical Composition on Sensitivity	%	JIS G3136	≤ 0.29			C <sub>eq</sub> & P <sub>cm</sub> 二選一		
14	其他性質	UT 超音波檢測(原廠) Ultrasonic Test		JIS G3136	Acceptance (JIS G0901)				
15		UT 夾層超音波檢測 Ultrasonic Test		05100-2.2.3	Acceptance (JIS G0801)			鈹厚大於 25mm(含)	
16		無輻射污染證明		05100-2.2.4	無輻射				
17		其他							
		取樣標準							

審核人員:

表號: EG-SS-FAC-3



## 鋼結構工程 工廠製作品質管制查對表

材料名稱: 鋼材 ASTM A572 Gr.50      廠商送審文號: DTM-      /ENG-

項次	分項	審核查對項目	單位	依據規範	檢驗標準	查對結果		備註
						符合	不符合	
1	物理性質	F <sub>y</sub> 降伏點 Yield Point	kg/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	S1.1-01	≥ 3520 (≥ 345)			
2		F <sub>u</sub> 抗拉強度 Tensile Strength	kg/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	S1.1-01	≥ 4550 (≥ 450)			
3		伸長量 Elongation	%	ASTM A572	≥ 18.			200mm
			%	ASTM A572	≥ 21.			50mm
4	化學性質	C 碳 Carbon	%	ASTM A572	≤ 0.23			板厚 16~50mm(含)
5		Mn 錳 Manganese	%	ASTM A572	≤ 1.35			
6		P 磷 Phosphorus	%	ASTM A572	≤ 0.04			
7		S 硫 Sulfur	%	ASTM A572	≤ 0.05			
8		Si 矽 Silicon	%	ASTM A572	≤ 0.40			板厚 ≤ 40mm(含)
			%	ASTM A572	0.15~0.40			板厚 > 40mm
9	其他性質	無輻射污染證明		05100-2.2.4	無輻射			
10		其他						
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23		取樣標準						

審核人員:

表號: EG-SS-FAC- 4



## 鋼結構工程 工廠製作品質管制查對表

材料名稱: 鋼材 ASTM A36

廠商送審文號:

項次	分項	審核查對項目	單位	依據規範	檢驗標準	查對結果		備註
						符合	不符合	
1	物理性質	F <sub>y</sub> 降伏點 Yield Point	kg/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	S1.1-01	≥ 2450 (≥ 250)			
2		F <sub>u</sub> 抗拉強度 Tensile Strength	kg/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	ASTM A36	3925~5400 (400~550)			
3		伸長量 Elongation	%	ASTM A36	≥ 20. (200mm)			For plates & bars
			%	ASTM A36	≥ 23. (50mm)			For plates & bars
			%	ASTM A36	≥ 20. (200mm)			For shapes
			%	ASTM A36	≥ 21. (50mm)			For shapes
4	化學性質	C 碳 Carbon	%	ASTM A36	≤ 0.26			For shapes
5		Mn 錳 Manganese	%	ASTM A36	-----			For shapes
6		P 磷 Phosphorus	%	ASTM A36	≤ 0.04			For shapes
7		S 硫 Sulfur	%	ASTM A36	≤ 0.05			For shapes
8		Si 矽 Silicon	%	ASTM A36	≤ 0.40			For shapes
9		Cu 銅 Copper	%	ASTM A36	≥ 0.20			For shapes (For copper steel)
10	其他性質	無輻射污染證明		05100-2.2.4	無輻射			
11		其他						
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21		取樣標準						

審核人員:

表號: EG-SS-FAC- 5



## 鋼結構工程 工廠製作品質管制查對表

材料名稱: 剪力釘(Stud) ASTM A108 Gr.1018 廠商送審文號: DTM- /ENG-

項次	分項	審核查對項目	單位	依據規範	檢驗標準	查對結果		備註
						符合	不符合	
1	物理	F <sub>y</sub> 降伏強度 Yield Strength	psi (N/mm <sup>2</sup> )	ASTM A108 Type B	≥ 50,000. (≥ 345)			(≥ 35.2kgf/mm <sup>2</sup> )
2	性質	F <sub>u</sub> 抗拉強度 Tensile Strength	psi (N/mm <sup>2</sup> )	ASTM A108 Type B	≥ 60,000. (≥ 415)			(≥ 42.3kgf/mm <sup>2</sup> )
3		伸長量 Elongation	%	ASTM A108 Type B	≥ 20			
4		斷面縮率 Reduction	%	ASTM A108 Type B	≥ 50.			
5	化學性質	C 碳 Carbon	%	ASTM A108	0.15~0.20			
6		Mn 錳 Manganese	%	ASTM A108	0.60~0.90			
7		P 磷 Phosphorus	%	ASTM A108	≤ 0.040			
8		S 硫 Sulfur	%	ASTM A108	≤ 0.050			
9		Si 矽 Silicon	%	ASTM A108				可視需而定
10	其他性質	無輻射污染證明		05100-2.2.4	無輻射污染			
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19		取樣標準	支	05100-	每種直徑、爐號，取3支			

審核人員:

表號: EG-SS-FAC- 6



## 鋼結構工程 工廠製作品質管制查對表

材料名稱:高強度螺栓(HTB) JIS B1186 F10T 廠商送審文號: DTM- /ENG-

項次	分項	審核查對項目	單位	依據規範	檢驗標準	查對結果		備註
						符合	不符合	
1	機械性質	降伏強度 Proof stress	Kgf/mm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	JIS B1186 F10T	≥ 90. (≥ 882.6)			以螺栓製作試片
2		抗拉強度 Tensile Strength	Kgf/mm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	JIS B1186 F10T	100.~120. (980.7~1176.8)			以螺栓製作試片
3		伸長量 Elongation	%	JIS B1186 F10T	≥ 14			以螺栓製作試片
4		斷面縮率 Reduction Of Area	%	JIS B1186 F10T	≥ 40.			以螺栓製作試片
5		M16-全尺寸抗拉負荷 Full-Size Tensile Load	Kgf (kN)	JIS B1186 F10T	15,700. (154.0)			以螺栓及螺帽整組
6		M20-全尺寸抗拉負荷 Full-Size Tensile Load	Kgf (kN)	JIS B1186 F10T	24,500. (240.3)			以螺栓及螺帽整組
7		M22-全尺寸抗拉負荷 Full-Size Tensile Load	Kgf (kN)	JIS B1186 F10T	30,300. (297.1)			以螺栓及螺帽整組
8		M24-全尺寸抗拉負荷 Full-Size Tensile Load	Kgf (kN)	JIS B1186 F10T	35,300. (346.2)			以螺栓及螺帽整組
9		螺帽保證荷重 Guaranteed Load of Load		同直徑螺栓	同全尺寸抗拉負荷			以螺栓及螺帽整組
10		螺栓硬度 Bolt Hardness	H <sub>R</sub> C	JIS B1186 F10T	27~38			
11		螺帽硬度 Nut Hardness		JIS B1186 F10T	H <sub>R</sub> B 95~ H <sub>R</sub> C 35			
12		墊片硬度 Washer Hardness	H <sub>R</sub> C	JIS B1186 F35	35~45			
13		轉矩係數平均值 Mean OF Torque		JIS B1186 F10T	0.110~0.150			A 級 (Class A)
14		Coefficient Values $\kappa = (T/(d*N))*1000$		JIS B1186 F10T	0.150~0.190			B 級 (Class B)
15		轉矩係數標準偏差 Standard Deviation		JIS B1186 F10T	≤ 0.010			A 級 (Class A)
16		OF Torque Coefficient		JIS B1186 F10T	≤ 0.013			B 級 (Class B)
17		M16 螺栓軸力 Axial Force Of Bolt	Kgf (kN)	JIS B1186 F10T	9,870~13,400. (96.79~131.4)			
18		M20 螺栓軸力 Axial Force Of Bolt	Kgf (kN)	JIS B1186 F10T	15400.~20900. (151.0~205.0)			

審核人員:

表號:EG-SS-FAC- 7





## 鋼結構工程 工廠製作品質管制查對表

材料名稱:竹節鋼筋(SD42W) 廠商送審文號:DTM- /ENG-

項次	分項	審核查對項目	單位	依據規範	檢驗標準	查對結果		備註
						符合	不符合	
1	物理性質	F <sub>y</sub> 降伏點 Yield Point	kg/ mm <sup>2</sup>	CNS 560 A2006	42~45			
2		F <sub>u</sub> 抗拉強度 Tensile Strength	kg/ mm <sup>2</sup>	CNS 560 A2006	≥ 63.			
3		伸長量 Elongation	%	CNS 560 A2006	≥ 12.			
4		彎曲試驗 Bending Test		CNS 560 A2006	無裂痕			
5	單位質量	#6-單位質量 Unit Mass	Kg/m	CNS 560 A2006	2.138~2.363			標稱質量:2.25
6		#7-單位質量 Unit Mass	Kg/m	CNS 560 A2006	2.888~3.192			標稱質量:3.04
7		#8-單位質量 Unit Mass	Kg/m	CNS 560 A2006	3.781~4.179			標稱質量:3.98
8		#9-單位質量 Unit Mass	Kg/m	CNS 560 A2006	4.877~5.283			標稱質量:5.08
9		#10-單位質量 Unit Mass	Kg/m	CNS 560 A2006	6.314~6.646			標稱質量:6.39
10		#11-單位質量 Unit Mass	Kg/m	CNS 560 A2006	7.854~8.216			標稱質量:7.90
11	節距	#6-節距 Pitch	mm	CNS 560 A2006	≤ 13.3			
12		#7-節距 Pitch	mm	CNS 560 A2006	≤ 15.6			
13		#8-節距 Pitch	mm	CNS 560 A2006	≤ 17.8			
14		#9-節距 Pitch	mm	CNS 560 A2006	≤ 20.1			
15		#10-節距 Pitch	mm	CNS 560 A2006	≤ 22.6			
16		#11-節距 Pitch	mm	CNS 560 A2006	≤ 25.1			
17	節高	#6-節高 Height	mm	CNS 560 A2006	1.0~2.0			
18		#7-節高 Height	mm	CNS 560 A2006	1.1~2.2			
19		#8-節高 Height	mm	CNS 560 A2006	1.3~2.6			
20		#9-節高 Height	mm	CNS 560 A2006	1.4~2.8			

審核人員:

表號:EG-SS-FAC- 9



21	#10-節高 Height	mm	CNS 560 A2006	1.6~3.2			
22	#11-節高 Height	mm	CNS 560 A2006	1.8~3.6			
23	脊寬	#6-脊寬 Width	mm	CNS 560 A2006	7.5		
24		#7-脊寬 Width	mm	CNS 560 A2006	8.7		
25		#8-脊寬 Width	mm	CNS 560 A2006	10.0		
26		#9-脊寬 Width	mm	CNS 560 A2006	11.3		
27		#10-脊寬 Width	mm	CNS 560 A2006	12.6		
28		#11-脊寬 Width	mm	CNS 560 A2006	14.1		
29	化學性質	C 碳 Carbon	%	CNS 560 A2006	≤0.33		
30		Mn 錳 Manganese	%	CNS 560 A2006	≤1.56		
31		P 磷 Phosphorus	%	CNS 560 A2006	≤0.043		
32		S 硫 Sulfur	%	CNS 560 A2006	≤0.053		
33		Si 矽 Silicon	%	CNS 560 A2006	≤0.55		
34		C <sub>eq</sub> 碳當量 Carbon Equivalent	%	CNS 560 A2006			
35	其他性質	無輻射污染證明		05100-2.2.4	無輻射		
		其他					
	取樣標準	支	03121-1.5.3.B	每種直徑、爐號 25 噸，取 1 支			

審核人員：

表號:EG-SS-FAC- 10



## 鋼結構工程 工廠製作品質管制查對表

材料名稱:竹節鋼筋(SD28) 廠商送審文號: DTM- /ENG-

項次	分項	審核查對項目	單位	依據規範	檢驗標準	查對結果		備註
						符合	不符合	
1	物理性質	F <sub>y</sub> 降伏點 Yield Point	kg/mm <sup>2</sup>	CNS 560 A2006	≥28.			
2		F <sub>u</sub> 抗拉強度 Tensile Strength	kg/mm <sup>2</sup>	CNS 560 A2006	≥49.			
3		伸長量 Elongation	%	CNS 560 A2006	≥14.			
4		彎曲試驗 Bending Test		CNS 560 A2006	無裂痕			
5	單位質量	#3-單位質量 Unit Mass	Kg/m	CNS 560 A2006	0.521~0.599			標撐質量:0.56±7%
6		#4-單位質量 Unit Mass	Kg/m	CNS 560 A2006	0.924~1.063			標撐質量:0.994±7%
7		#5-單位質量 Unit Mass	Kg/m	CNS 560 A2006	1.451~1.669			標撐質量:1.56±7%
8	節距	#3-節距 Pitch	mm	CNS 560 A2006	≤6.7			
9		#4-節距 Pitch	mm	CNS 560 A2006	≤8.9			
10		#5-節距 Pitch	mm	CNS 560 A2006	≤11.1			
11	節高	#3-節高 Height	mm	CNS 560 A2006	0.4~0.8			
12		#4-節高 Height	mm	CNS 560 A2006	0.5~1.0			
13		#5-節高 Height	mm	CNS 560 A2006	0.7~1.4			
14	脊寬	#3-脊寬 Width	mm	CNS 560 A2006	3.7			
15		#4-脊寬 Width	mm	CNS 560 A2006	5.0			
16		#5-脊寬 Width	mm	CNS 560 A2006	6.2			
17	其他	P 磷 Phosphorus	%	CNS 560 A2006	≤0.060			
18		S 硫 Sulfur	%	CNS 560 A2006	≤0.060			
19	其他	無輻射污染證明		05100-2.2.4	無輻射			
		取樣標準	支	03121-1.5.3.B	每種直徑、爐號 25噸,取1支			

審核人員:

表號:EG-SS-FAC- 11





## 鋼結構工程 工廠製作品質管制查對表

材料名稱: 無機鋅粉底漆

廠商送審文號: DTM- /ENG-

項次	審核查對項目	單位	依據規範	檢驗標準	查對結果		備註
					符合	不符合	
1	容器內狀態		CNS 4937 K2088	無堅硬結塊且均勻, 良好			
2	混合性		CNS 4937 K2088	主劑與鋅粉易於調勻			
3	作業性		CNS 4937 K2088	無礙刷圖與無氣噴塗作業			
4	乾燥時間	小時	CNS 4937 K2088	≤4.0(半堅結)			
5	塗膜外觀		CNS 4937 K2088	需正常			
6	粗粒		CNS 4937 K2088	粉劑流存於試驗篩 0.045 CNS 386 上不得操過 2.0%			
7	混合後可用時間	小時	CNS 4937 K2088	≥8.0			
8	塗膜加熱試驗		CNS 4937 K2088	無起泡、龜裂、軟化等現象			400°C 烘烤 48 小時後
9	耐沸水性		CNS 4937 K2088	無生鏽、軟化、剝離等現象			經 3 小時沸水
10	耐揮發油性		CNS 4937 K2088	無生鏽、軟化、剝離等現象			浸高級汽油 (CNS 1469) 240 小時
11	鹽水噴霧試驗		CNS 4937 K2088	無生鏽、起泡、剝離等現象			經 240 小時鹽水 (5%NaCl)
12	混合漆中加熱殘分	%	CNS 4937 K2088	≥75.0			
13	加熱殘分中鋅量	%	CNS 4937 K2088	≥80.0			
14	標示		CNS 4937 K2088	名稱、製造廠商名或商標、製造年月日或製造批號、混合方法、安全注意事項			
	取樣標準	支					檢驗依 CNS 11584 檢驗法

審核人員:

表號: EG-SS-FAC- 13

施工品質管理標準													▽為查驗 ○為抽驗
工程項目	管理項目	管理標準	管理要領					檢查時機	檢查方法	檢查頻率	不合標準值之處 置方法	管理紀錄	
			權責區分										
			業主團隊		承包商								
			監造單位	第三者檢 驗單位	總承包商 品管人員	鋼構包商 品管人員							
計劃 階段	施工計劃	安裝施工計劃書	施工規範 05100-1.5.1	▽	▽	▽	▽	施工前	---	---	依審查意見修正 後重新送審	文件送審五聯單、 審查意見單	
	施工圖	詳細施工(製造)圖	施工規範 05100-1.5.2	▽	▽	▽	▽	施工前或 製造前	---	---	依審查意見修正 後重新送審	文件送審五聯單、 審查意見單	
材料 階段	材料進場	構件製造成品	施工規範 05100-圖 3.9.1.b-1	▽	▽	▽	▽	進場時	查閱構件工廠 檢驗品質文件	每一構件、	退貨	檢驗申請單、 試驗報告(查對表)	
		焊接材料	施工規範 05100-3.2.3	▽	▽	▽	▽	焊接時	抽取樣品 委外試驗	每種焊接材料 取樣一組	退貨	檢驗申請單、 試驗報告(查對表)	
		高強度螺栓材料	施工規範 05100-2.2.5	▽	▽	▽	▽	進場時	抽取樣品 委外試驗	每批 3000 組 取樣一組	退貨	檢驗申請單、 試驗報告(查對表)	
		高強度螺栓軸 力轉矩係數值 試驗	施工規範 05100-3.7.4	▽	▽	▽	▽	進場後 栓固前	現場取樣試驗	每批螺栓第一 次施工前(取 樣 30 組)	退貨	檢驗申請單、 試驗報告(查對表)	
		剪力釘材料	施工規範 05100-2.2.6	▽	▽	▽	▽	進場時	抽取樣品 委外試驗	每批 5000 組 取樣一組	退貨	檢驗申請單、 試驗報告(查對表)	
		鋼承板材料及 成品試驗	施工規範 05120-1.5.1	▽	▽	▽	▽	進場時	抽取樣品 委外試驗	每樓層為單位 每 2000m <sup>2</sup> 取 樣一組	退貨	檢驗申請單、 試驗報告(查對表)	

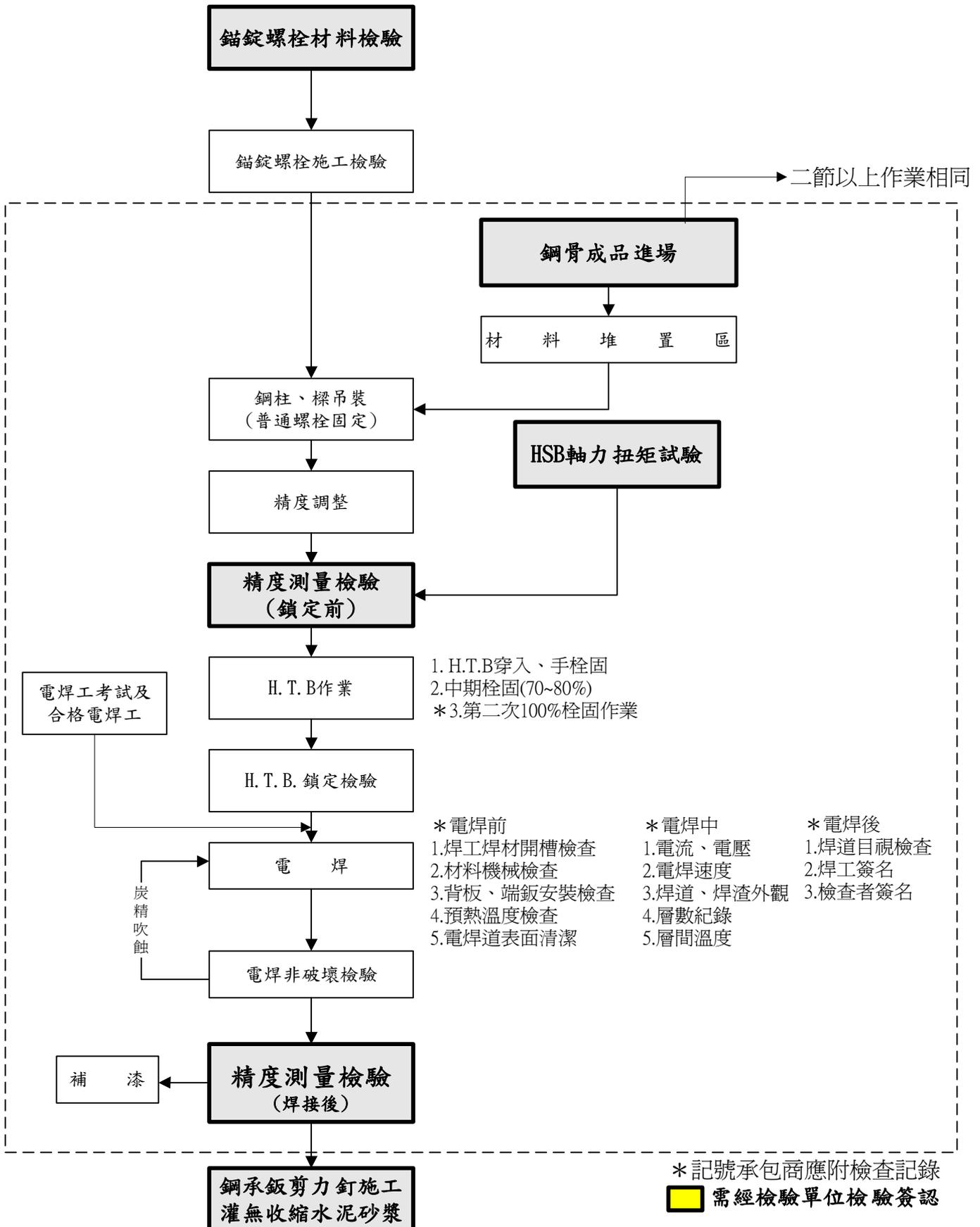
施工品質管理標準													▽為查驗 ○為抽驗
工程項目	管理要領											管理紀錄	
	管理項目	管理標準	權責區分				檢查時機	檢查方法	檢查頻率	不合標準值之處 置方法			
			業主團隊		承包商								
			監造單位	第三者檢 驗單位	總承包商 品管人員	鋼構包商 品管人員							
	基礎螺栓材料	設計圖 S1.1-01	▽	▽	▽	▽	進場時	抽取樣品 委外試驗	每批每種直徑 取樣一組	退貨	檢驗申請單、 試驗報告(查對表)		
施 工 階 段	基礎螺栓埋設 精度測量檢驗	施工規範 05100- 3.9.2.A.	○	▽	▽	▽	埋設後、混 凝土灌將前	經緯儀、水準 儀、鋼尺	每一組柱位螺 栓群	修改	檢驗申請單、查驗 表		
	鋼柱安裝精度 測量檢驗(焊 接前)	施工規範 05100- 3.9.2.B.	○	▽	▽	▽	安裝校正後 (焊接前)	經緯儀、水準 儀、鋼尺	每一柱位	再校正	檢驗申請單、查驗 表		
	鋼樑安裝精度 測量檢驗	施工規範 05100- 3.9.2.B.	○	▽	▽	▽	安裝校正後	水準儀、鋼尺	每一樑位	修正	檢驗申請單、查驗 表		
	高強度螺栓鎖 斷檢查	施工規範 05100- 3.7.9	○	▽	▽	▽	鎖斷後	全數目視檢查	每一螺栓	鎖斷或、 更換新品再鎖斷	檢驗申請單、查驗 表		
	高強度螺栓扭 力檢查	施工規範 05100- 3.7.9	○	▽	▽	▽	鎖斷後	扭力扳手	每一螺栓群 10%取 1 根	更換新品鎖斷後 再複驗合格	檢驗申請單、查驗 表		
	焊接技工	施工規範 05100- 3.2.2.A & 3.10.2.B.(1)	○	▽	▽	▽	焊接前及 電焊中	檢查識別證	每日	立即停止焊接及 已焊接部分檢討 處置方式	查驗表		
	焊接材料規格	施工規範 05100- 3.2.3.B & 3.10.2.A.(1) (6)	○	▽	▽	▽	焊接前	目視檢查焊材 標示編號	每日	立即停止焊接及 已焊接部分檢討 處置方式	查驗表		

施工品質管理標準												▽為查驗 ○為抽驗
工程項目	管理項目	管理標準	管理要領				檢查時機	檢查方法	檢查頻率	不合標準值之處 置方法	管理紀錄	
			權責區分									
			業主團隊		承包商							
			監造單位	第三者檢 驗單位	總承包商 品管人員	鋼構包商 品管人員						
	焊接材料烘乾	施工規範 05100-3.2.3.D-G	○	▽	▽	▽	焊接前	目視檢查	每日	再烘乾	查驗表	
	焊接程序書	施工規範 05100-3.2.5	▽	▽	▽	▽	焊接前	依 AWS D1.1 規範進行焊接程序檢定	每一焊接程序	重新修正焊接程序條件後再檢定	檢驗申請單、 焊接程序檢定紀錄	
	開槽(根部)背襯板、端板組立	施工規範 05100-3.2.5.E&F、 3.10.2.A.(2)&(3)、 圖 3.2.9-1	○	▽	▽	▽	焊接前	目視檢查及製具量規檢測	每一處	重新修改、組立後再複驗	檢驗申請單、 現場標示	
	焊接預熱	施工規範 05100-3.2.5.D & 3.10.2.A.(5)	○	▽	▽	▽	焊接前	溫度計量測	每日	依焊接程序書再預熱	現場標示、 查驗表	
	焊接電壓、電流	施工規範 05100-3.10.2.B.(4)	○	▽	▽	▽	焊接中	三用電錶量測	每日	依焊接程序書修正為數值	現場標示、 查驗表	
	焊道外觀目視測	施工規範 05100-3.10.2.C.(1) (2)	○	▽	▽	▽	焊接後	目視檢測及焊道規量測	每一處	依施工規範 05100-圖 3.11.9 修補	現場標示、 查驗表	

施工品質管理標準											▽為查驗 ○為抽驗
工程項目	管理項目	管理標準	管理要領				檢查時機	檢查方法	檢查頻率	不合標準值之處 置方法	管理紀錄
			權責區分								
			業主團隊		承包商						
			監造單位	第三者檢 驗單位	總承包商 品管人員	鋼構包商 品管人員					
	焊道非破壞檢 驗	施工規範 05100- 3.10.3	○	▽	▽	▽	焊接後	超音波檢測及 磁粒檢測	全滲透焊道 (100%)、 填角焊(5%)	剷修重(補)焊、 並 100%複驗合 格	現場標示、 非破壞檢測報告
	鋼柱安裝精度 測量檢驗(焊 接後)	施工規範 05100- 3.9.2.B.	○	▽	▽	▽	焊接後	經緯儀、水準 儀、鋼尺	每一柱位	再校正	檢驗申請單、查驗 表
	鋼樑安裝精度 測量檢驗	施工規範 05100- 3.9.2.B.	○	▽	▽	▽	安裝校正後	水準儀、鋼尺	每一樑位	修改	檢驗申請單、查驗 表
	鋼承板安裝鋪 設	施工規範 05120- 3.3	○	▽	▽	▽	鋪設後	製具或量規	每一樓層、	修改	檢驗申請單、 試驗報告(查對表)
	剪力釘植焊鋪 設	施工規範 05110- 2.2.6.B.(2)	○	▽	▽	▽	植焊後	現場敲擊	每 100 只 抽取 1 只	補焊或重新植焊 並複驗合格	檢驗申請單、 試驗報告(查對表)



# 鋼結構工程 工地作業品質管制流程圖





## 鋼結構工程 工地作業品質管制查對表 總表

項次	表號	材料名稱	依據規範	備註
1	EG-SS-SIT-1	基礎螺栓材料檢驗 (A449)	ASTM A449	1 page.
2	EG-SS-SIT-2	基礎螺栓材料檢驗 (A307 GR. C)	ASTM A307 Gr. C	1 page.
3	EG-SS-SIT-3	鋼骨構件進場成品	05100-圖 3.9.1b	1 page.
4	EG-SS-SIT-4	高強度螺栓軸力、扭矩係數試驗	JIS B1186 F10T	1 page.
5	EG-SS-SIT-5	精度測量檢驗(電焊前)	05100-3.9.2.B	1 page.
6	EG-SS-SIT-6	精度測量檢驗(電焊後)	05100-3.9.2.B	1 page.
7	EG-SS-SIT-7	無收縮水泥灌漿	05100-3.5.7.C	1 page.
8	EG-SS-SIT-8	鋼承板材料	ASTM A446 Gr. D & ASTM A525 G90)	1 page.
9	EG-SS-SIT-9	鋼承板/剪力釘(施工後)	ASTM A446 Gr. D & ASTM A108	1 page.

查證人員：\_\_\_\_\_ 日期：\_\_\_\_\_ :

表號：EG-SS-SIT-01



## 工程材料抽驗品質管制 查對表

作業項目: 螺栓材料檢驗 (ASTM A449)

送審文號: \_\_\_\_\_ / 廠商: \_\_\_\_\_

項次	分項	審核查對項目	單位	依據規範	檢驗標準	查對結果		備註
						符合	不符合	
1	物理性質	F <sub>y</sub> 降伏點 Yield Point	N/mm <sup>2</sup> (ksi)	ASTM A449	≥ 400. (≥ 58.)			Dia. 38~75mm
2		F <sub>u</sub> 抗拉強度 Tensile Strength	N/mm <sup>2</sup> (ksi)	ASTM A449	≥ 620. (≥ 90.)			Dia. 38~75mm
3		伸長量 Elongation	%	ASTM A449	≥ 14.			In 4D
4		斷面收縮率 Reduction of Area	%	ASTM A449	≥ 35.			
5		螺栓硬度 Hardness of Bolt	HR <sub>C</sub> (Brinell)	ASTM A449	----- (183~235)			Dia. 38~75mm
6	螺帽硬度 Hardness of Nut	HR <sub>B</sub> (Brinell)	ASTM F436 type 1	----- (116~302)			Dia. 38~75mm	
7	墊片硬度 Hardness of Washer	HR <sub>B</sub> (Brinell)	ASTM A563 GR.A	----- (38~45)			Dia. 38~75mm	
8	化學性質	C 碳 Carbon	%	ASTM A449	0.25~0.58			
9		Mn 錳 Manganese	%	JIS G3136	≥ 0.57			
10		P 磷 Phosphorus	%	JIS G3136	≤ 0.048			
9		S 硫 Sulfur	%	JIS G3136	≤ 0.058			
11	其他性質	無輻射污染證明		05100-2.2.4	無輻射			
12	其他性質	其他						

查證人員: \_\_\_\_\_ 日期: \_\_\_\_\_ :

表號: EG-SS-SIT-01



## 鋼結構工程 工地作業品質管制查對表

作業項目：基礎螺栓材料檢驗 (ASTM A307 Gr. C)

送審文號： \_\_\_\_\_ / 廠商： \_\_\_\_\_

項次	分項	審核查對項目	單位	依據規範	檢驗標準	查對結果		備註
						符合	不符合	
1	物理性質	F <sub>y</sub> 降伏點 Yield Point	N/mm <sup>2</sup> (ksi)	ASTM A307 Gr.C	≥ 250. (≥ 36.)			Conforming to A36
2	物理性質	F <sub>u</sub> 抗拉強度 Tensile Strength	N/mm <sup>2</sup> (ksi)	ASTM A307 Gr.C	400~550. (58~80)			
3		伸長量 Elongation	%	ASTM A307 Gr.C	≥ 20. ≥ 23.			In 200mm In 50mm
4	化學性質	C 碳 Carbon	%	ASTM A307 Gr.C	≤ 0.27			Conforming to A36 For dia. 20~40mm
5		Mn 錳 Manganese	%	ASTM A307 Gr.C	0.60~0.90			Ditto
6		P 磷 Phosphorus	%	ASTM A307 Gr.C	≤ 0.04			Ditto
7		S 硫 Sulfur	%	ASTM A307 Gr.C	≤ 0.05			Ditto
8		Si 矽 Silicon	%	ASTM A307 Gr.C	≤ 0.40			Ditto
9		Cu 銅 Copper	%	ASTM A307 Gr.C	≥ 0.20			Ditto,(when)
10	其他性質	無輻射污染證明		05100-2.2.4	無輻射			
11	其他性質	其他						

查證人員： \_\_\_\_\_ 日期： \_\_\_\_\_ :

表號:EG-SS-SIT-02



## 鋼結構工程 工地作業品質管制查對表

材料名稱: 鋼骨構件進場成品

送審文號: \_\_\_\_\_ / 廠商: \_\_\_\_\_

項次	分項	查證項目	依據規範	查證標準	查證頻率	查證結果		備註
						合格	不合格	
1	品質文 件 查 證	鋼板、剪力釘等材料是否完成取樣及合格試驗報告。	05100-2.2.1	合格材料	每一構件			
2		製造詳細圖(Shop Drawing)是否已完成審核	05100-1.5.2	審核結果: "A" 或 "B"	每一構件			
3		製造期間之品質改善通知單(NCR), 缺失是否已改善並回覆完成。		已改善回覆	每一構件			
4		分包商製程自主檢查及成品檢驗報告, 已完成並提送。		已完成	每一構件			
5		第三者單位簽認合格之分包商前項報告, 且無缺失。		已完成	每一構件			
6		總包商已完成進場合格成品之自主檢查報告。		已完成	每一構件			
7		總包商提報'工程檢驗/申請單'。		已完成	每一構件(可分批)			
8	進 場 成 品 查 證	鋼構件之儲存。	05100- 3.6.C	底部加墊視等	每一構件			
9		成品外觀、銲道品質及塗裝膜厚等作目視檢查。	05100-圖 3.11.3-1、2	合格	≈10% & ≥1			
10		剪力釘敲擊測試。	05100- 3.8.4	合格	≈1% & ≥1			
11		開槽斜切角度。	05100-圖 3.2.9-2(7)	$\Delta a \geq -2.5^0$	≈10% & ≥1			
12		梁的長度。	05100-圖 3.9.1b(1)	$\Delta L \leq \pm 3. \text{mm}$	≈10% & ≥1			
13		柱的長度。	05100-圖 3.9.1b(2)	$\Delta L \leq \pm 3. \text{mm}$	≈10% & ≥1			(L<10.M)
14				$\Delta L \leq \pm 4. \text{mm}$	≈10% & ≥1			(L≥10.M)
15		梁的彎曲。	05100-圖 3.9.1b(4)	$e \leq L/1000,$ & $e \leq 10. \text{mm}$	≈10% & ≥1			
16		柱的彎曲。	05100-圖 3.9.1b(5)	$e \leq L/1500,$ & $e \leq 5. \text{mm}$	≈10% & ≥1			
17	其他							

查證人員: \_\_\_\_\_ 日期: \_\_\_\_\_ :

表號: EG-SS-SIT-03



## 鋼結構工程 工地作業品質管制查對表

作業項目:高強度螺栓軸力、扭矩係數試驗

送審文號: \_\_\_\_\_ / 廠商: \_\_\_\_\_

項次	分項	查證項目	依據規範	查證標準	查證頻率	查證結果		備註
						合格	不合格	
1	品質文件	承商之高張力螺栓出廠證明及試驗報告已認可。	05100-2.2.5	合格	所有螺栓			
2		承商之高張力螺栓進廠材料抽驗及試驗報告已認可。	05100-3.7.1	合格	抽驗螺栓			
3		總包商提報'工程檢驗/申請單'。		已完成	所有螺栓			
4	現場作業查對	進場螺栓批號是否與原提送之出廠證明相符。		相符	所有螺栓			
5		軸力值 kgf (kN)	JIS B1186 F10T	15,400~20,900 (151.0~205.0)	抽驗螺栓			M20
				19,100~25,900 (187.3~254.0)	抽驗螺栓			M22
				22,00~30,100 (217.7~295.2)	抽驗螺栓			M24
6		扭力值 kgf-m (kN-m)	JIS B1186 F10T	39,930~54,450 (392~534)	抽驗螺栓			M20
7				54,450~74,250 (534~728)	抽驗螺栓			M22
8				69,036~94,140 (677~924)	抽驗螺栓			M24
9		扭力係數 K	JIS B1186 F10T	0.110~0.150	抽驗螺栓			
10		扭力係數標準偏差 S	JIS B1186 F10T	< 0.010	抽驗螺栓			
11		現場轉矩係數之標準偏差、變異係數與原製造廠知識驗結果比較	05100-3.7.4.(1)	< 50%	抽驗螺栓			
12		其他						

查證人員: \_\_\_\_\_ 日期: \_\_\_\_\_

表號: EG-SS-SIT-04



## 鋼結構工程 工地作業品質管制查對表

作業項目：精度測量檢驗(電焊前)

送審文號： \_\_\_\_\_ / 廠商： \_\_\_\_\_

項次	分項	查證項目	依據規範	查證標準	查證頻率	查證結果		備註
						合格	不合格	
1	品質文 件查 證	承商之柱頂高程測量完成成果容許誤差。	05100-3.9.2.B	$\Delta L \leq \pm 3 \text{ mm}$ (相鄰)	每一構件			
2		承商之梁水平度測量完成成果容許誤差。	05100-3.9.2.-2	圖 $e \leq L/1000 + 3$ , & $e \leq 10 \text{ mm}$	每一構件			
3		承商之柱垂度測量完成成果容許誤差。	05100-3.9.2.-2	圖 $e \leq H/1000$ & $e \leq 10 \text{ mm}$	每一構件			
4		安裝期間之品質改善通知單(NCR)，缺失是否已改善並回覆完成。		已改善回覆	每一構件			
5		第三者單位簽認合格之分包商前項報告，且無缺失。		已完成	每一構件			
6		總包商提報'工程檢驗/申請單'。		已完成	每一構件			
		其他						

查證人員： \_\_\_\_\_ 日期： \_\_\_\_\_

表號：EG-SS-SIT-05



## 鋼結構工程 工地作業品質管制查對表

作業項目：精度測量檢驗(電焊後)

送審文號： / 廠商：

項次	分項	查證項目	依據規範	查證標準	查證頻率	查證結果		備註	
						合格	不合格		
1	品質文件查證	相鄰柱頂之高程誤差值。	05100-3.9.2.B	$\Delta L \leq \pm 3. \text{mm}$	每一構件				
2		單節鋼柱之最大傾斜值。	05100-3.9.2.-2	$e \leq L/1000$ & $e \leq 10. \text{mm}$	每一構件				
3		多節柱之累積傾斜值。	05100-3.9.2.-2	$e \leq 25. \text{mm}$	每一內柱			$\leq 20F$	
				$e \leq 25 + 0.8 / \text{加一層}$	每一內柱			$> 20F$	
				$e \leq 50. \text{mm}$					
				$e \leq 25. \text{mm}$	每一外柱			$\leq 20F$ 外傾	
				$e \leq 50. \text{mm}$	每一外柱			$\leq 20F$ 內傾	
		$e \leq 25 + 1.6 / \text{加一層}$	每一外柱			$> 20F$ 外傾			
		$e \leq 50. \text{mm}$	每一外柱			$> 20F$ 內傾			
4	建物之水平彎曲	05100-3.9.2.-2	$e \leq L/2500$ & $e \leq 25. \text{mm}$	每一外柱					
5	梁中心點之撓度	05100-3.9.2.-2	$e \leq L/1000 + 3$ & $e \leq 10. \text{mm}$	每一梁構件					
6	梁之水平度	05100-3.9.2.-2 圖	$e \leq L/1000 + 3$ & $e \leq 10. \text{mm}$	每一梁構件					
7	其他								

查證人員： \_\_\_\_\_ 日期： \_\_\_\_\_ :

表號：EG-SS-SIT-06



## 鋼結構工程 工地作業品質管制查對表

材料名稱：無收縮水泥灌漿

送審文號： / 廠商：

項次	分項	審核查對項目	依據規範	查證標準	查證頻率	查對結果		備註
						符合	不符合	
1	品質文 件查 證	施工計劃書是否送審認可	05100-3.5.7.C	合格	所有用料			檢驗法： ASTM C827
2		材料配比是否送審認可	05100-3.5.7.C	合格	所有用料			
3		膨脹率 %	05100-3.5.7.C	0~0.4	0~0.4			檢驗法： ASTM C827
4		泌水率 %	05100-3.5.7.C	0. (不得有浮水)	所有用料			檢驗法： ASTM C243
5		抗壓強度 kg/cm2(psi)	05100-3.5.7.C	≥350. (≥5,000.)	所有用料			7天
				≥560. (≥8,000.)	所有用料			28天
	≥700. (≥10,000.)			所有用料			28天(塔樓區)	
6	流動性 cm	05100-3.5.7.C	≥25.	所有用料			檢驗法： ASTM C230	
7	現場 作 業 查 對	鋼柱底板與混凝土基礎 表面之清潔及不實混凝土 鑿除	05100-3.5.7.A	合格	所有部位			
8		現場使用之無收縮灌漿 材料之流動性 cm	05100-3.5.7.C	≥25.	≥30% 當日拌合量			
9		現場使用之無收縮灌漿 劑材料之包裝	05100-3.5.7.C	工廠拌合完成 品	工廠拌合完 成品			
10		抗壓強度試體取樣 (50*50*50mm)	05100-3.5.7.C	每組三個	≥30% 每處巨柱			
11		其他						

查證人員： \_\_\_\_\_ 日期： \_\_\_\_\_ :

表號：EG-SS-SIT-07



## 鋼結構工程 工地作業品質管制查對表

作業項目: 鋼承板材料 (ASTM A446 Gr.D & ASTM A525 G90)

送審文號: \_\_\_\_\_ / 廠商: \_\_\_\_\_

項次	分項	審核查對項目	單位	依據規範	檢驗標準	查對結果		備註
						符合	不符合	
1	物理性質	F <sub>y</sub> 降伏點 Yield Point	N/mm <sup>2</sup> (ksi)	ASTM A446 Gr.D	≥ 345 (≥ 50.)			Mpa= N/mm <sup>2</sup>
2		F <sub>u</sub> 抗拉強度 Tensile Strength	N/mm <sup>2</sup> (ksi)	ASTM A446 Gr.D	≥ 450 (≥ 65.)			
3		伸長量 Elongation	%	ASTM A446 Gr.D	≥ 12.			In 50mm
4		厚度容許差 Thickness Tolerance	mm (in.)	ASTM A446 Gr.D(A525)	±0.1016 (±0.004)			板厚:0.584~1.09(含) 板寬:812~1016
					±0.127 (±0.005)			板厚:1.09~1.54(含) 板寬:812~1016
					±0.1524 (±0.006)			板厚:1.54~1.91(含) 板寬:812~1016
5		雙面鍍鋅量 Weight of Coating Both Sides Galvanized	g/m <sup>2</sup> (oz/ft <sup>2</sup> )	ASTM A525 G90	≥ 275. (≥ 0.90)			三個測量值 305.g/m <sup>2</sup> =1.oz/ft <sup>2</sup>
					≥ 244. (≥ 0.80)			單一測量值
6	化學性質	C 碳 Carbon	%	ASTM A446 Gr.D	≤ 0.40			
7		P 磷 Phosphorus	%	ASTM A446 Gr.D	≤ 0.20			
8		S 硫 Sulfur	%	ASTM A446 Gr.D	≤ 0.04			
9		Cu 銅 Copper	%	ASTM A446 Gr.D	≤ 0.20			視規範需要
10	其他性質	無輻射污染證明		05100-2.2.4	無輻射			
11		其他						

查證人員: \_\_\_\_\_ 日期: \_\_\_\_\_

表號: EG-SS-SIT-08



## 鋼結構工程 工地作業品質管制查對表

作業項目：鋼承板/剪力釘 (施工後) (ASTM A446 Gr. D & ASTM A525 G90)

送審文號： \_\_\_\_\_ / 廠商： \_\_\_\_\_

項次	分項	審核查對項目	依據規範	檢驗標準	查對結果		備註
					符合	不符合	
1	品質文件	鋼承板材料完成取樣及合格之試驗報告。	05120-1.5.1	ASTM A446 Gr.D			
2		剪力釘材料完成取樣及合格之試驗報告。	05120-1.5.3.A	ASTM A108			
3		植釘機施工前之測試。	05120-1.5.3.B	30 <sup>0</sup>			2 只
4		現場剪力釘施工後之測試。	05120-1.5.3.B	15 <sup>0</sup>			1/100
5		雙面鍍鋅量 Weight of Coating Both Sides Galvanized	ASTM A525 G90	≥ 275. (≥ 0.90)			三個測量值 305.g/m <sup>2</sup> =1.oz/ft <sup>2</sup>
			≥ 244. (≥ 0.80)			單一測量值	
6	化學性質	C 碳 Carbon	ASTM A446 Gr.D	≤ 0.40			
7		P 磷 Phosphorus	ASTM A446 Gr.D	≤ 0.20			
8		S 硫 Sulfur	ASTM A446 Gr.D	≤ 0.04			
9		Cu 銅 Copper	ASTM A446 Gr.D	≤ 0.20			視規範需要
10	其他性質	無輻射污染證明	05100-2.2.4	無輻射			
11	其他性質	其他					

查證人員： \_\_\_\_\_ 日期： \_\_\_\_\_ :

表號:EG-SS-SIT-09

## 參考書目

### 中文部分

日出東方-台北 101 大樓，台灣建築，民國 92 年 12 月。

謝紹松、鍾俊宏，“臺北國際金融中心之結構技術與其設計考量概述”，第二屆海峽兩岸及香港鋼結構技術論文集，2001 年。

「台北 101 大樓結構工程規劃設計紀錄」，內政部建築研究所委託研究報告，2003 年。

謝紹松、甘錫滢、王正雄、莊憲正、許茂雄，“臺北國際金融中心摩天大樓結構方案評估”，第四屆中日建築結構技術交流會論文集，1999。

鍾俊宏、謝紹松、甘錫滢，“台北 101 自充填混凝土施工案例”，2003 自充填混凝土應用研討會論文集，2003 年。

張敬昌、鍾俊宏、謝紹松、甘錫滢，臺北國際金融中心巨柱之結構設計與施工考量，中華民國鋼結構協會，會員大會論文集，臺北，2002 年。

鍾俊宏、謝紹松、甘錫滢，“台北 101 之結構施工與監造概要”，美華營建法規與管理政策國際研討會論文集，2004 年。

黃兆龍，臺北國際金融中心超高層大樓新建工程-高性能混凝土先期品質管制報告，中華民國結構工程學會，臺北，1999 年。

台北 101 大樓結構工程之相關合約、圖說、施工規範、施工計劃書、監造紀錄、施工紀錄、施工詳細圖..等等。

## 外文部分

1. Maw-Shyong Sheu, Jiun-Hong Jong, Ching-Chang Chang, Chao-Hsin Chou and Lee-Chuan Ting, "Design and Failure of High-Rise Building Structures in Taiwan", Journal of The International Association for Shell and Spatial Structures:IASS, Vol.45, 2004.
2. Shaw-Song Shieh, Ching-Chang Chang and Jiun-Hong Jong 2003, "Structural Design of Composite Super-Columns for the Taipei 101 Tower", Proceedings of the International Workshop on Steel and Concrete Composite Construction, Taipei, Taiwan.
3. Council on Tall Buildings and Urban Habitat, "Structural Systems for Tall Buildings," New York, McGraw-Hill, 1995.
4. 「高流動混凝土之材料、配比、製造與施工指針及解說」，日本建築學會,1997 年。