



勞工安全衛生研究報告

超高樓層工程風力及地震力之影響評估與 預防措施(一)

**Wind and Seismic Effects during Construction of
High-Rise Buildings
Evaluation and Safety Guidelines**

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所委託研究報告

超高樓層工程風力及地震力之影響評估與 預防措施(一)

Wind and Seismic Effects during Construction of High-Rise Buildings Evaluation and Safety Guidelines

研究主持人：黃昭勳、林正平

計畫主辦單位：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

計畫研究單位：台北科技大學

研究期間：中華民國九十二年三月八日至九十二年十一月三十日

本研究報告僅供參考用不代表本所意見

非經本所書面同意不得對外發表

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所 編印

超高樓層工程風力及地震力之影響評估與預防措施(一)

著(編、譯)者：黃昭勳、林正平

出版機關：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

221 台北縣汐止市橫科路 407 巷 99 號

電話：02-26607600 <http://www.iosh.gov.tw/>

出版年月：中華民國九十三年三月

版(刷)次：一版一刷

定價：二五〇 元

展售處：

三民書局

<http://www.sanmin.com.tw/>

台北市中正區重慶南路一段 61 號

電話：02-23617511

台北市中山區復興北路 386 號

電話：02-25006600

國家書坊台視總店

<http://www.govbooks.com.tw/>

台北市松山區八德路三段 10 號 B1

電話：02-25781515#643

五南文化廣場

台中市中區中山路 2 號 B1

電話：04-22260330

新進圖書廣場

彰化市光復路 177 號

電話：04-7252792

青年書局

高雄市苓雅區青年一路 141 號 3 樓

電話：07-3324910

- 本書同時登載於本所網站之「出版中心」，網址為 <http://www.iosh.gov.tw/>。
- 本所保留所有權利。欲利用本書全部或部分內容者，須徵求行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所同意或書面授權。

【版權所有，翻印必究】

GPN: 1009300271

摘 要

本研究之的主要目的在探討風力及地震力在超高樓層工程施工過程中可能造成的影響，並針對各種可能發生的災害提出相關對策與法規上的建議。研究中蒐集了美日等國在勞工安全及工程設計方面之相關法規，並與國內之現行法規進行比較。分析中根據國內營造工程施工災害之統計資料來探討超高層建築物在施工階段可能發生的危害因素，並透過案例研究對風力及地震力在超高層建築物施工過程中可能造成之影響進行評估。以有限元素法進行施工期間，塔式起重機、施工電梯及施工架等臨時構造物，與建築物本體間因風力及地震力的影響之所可能造成的危害。最後再根據上述之研究結果對施工作業與結構設計提出安全上的建議，以作為主管機關未來在法規制訂上之參考。

關鍵詞：超高層建築物、臨時構造物、地震力載重、風力載重、風險評估

Abstract

This project is to conduct a research on local and foreign regulations regarding safety of construction workers during the construction of high-rise buildings. By comparing information and data collected during previous studies and analyzing real incidents, modification on current regulations or new guidelines will be developed based on our research findings. Finite element method was used to evaluate the influence of wind and seismic loading during the construction. Conclusions obtained in this project will be organized in a handbook to provide contractors as well as government officials' a reference to enhance both worker and structural safety during construction of high-rise buildings.

Key Words: High-rise Buildings, Temporary Structure, Wind Load, Seismic Load, Safety Evaluation

目 錄

摘 要.....	i
Abstract	ii
目錄.....	iii
圖目錄.....	v
表目錄.....	viii
第一章 緒論.....	1
第一節 動機與目的.....	1
第二節 研究方法與步驟.....	3
第三節 研究流程.....	4
第二章 作業流程及施工災害分析.....	5
第一節 假設工程之作業流程.....	5
第二節 施工災害分析與探討.....	15
第三節 災害預防對策.....	28
第四節 小結.....	32
第三章 風力對超高樓層工程之影響.....	33
第一節 風力相關法規探討.....	33
第二節 風力特性與危害度分析.....	43
第三節 風力對假設工程之影響.....	48
第四節 風力載重之計算.....	52
第四章 地震力對超高樓層工程之影響.....	54
第一節 地震力相關法規探討.....	54
第二節 地震力特性與危害度分析.....	64
第三節 地震力對假設工程之影響.....	67
第四節 地震載重計算.....	92
第五章 假設工程施工作業相關法規.....	96
第六章 結論與建議.....	112

第一節 結論.....	112
第二節 建議.....	113
誌謝.....	115
參考文獻.....	116
附錄一.....	120
附錄二.....	132

圖目錄

圖 1-1	本計畫之研究流程.....	4
圖 2-1	固定式起重機安裝作業流程圖.....	6
圖 2-2	固定式起重機施工作業流程.....	7
圖 2-3	固定式起重機拆除作業流程.....	8
圖 2-4	施工架安裝作業流程.....	10
圖 2-5	施工架拆除作業流程.....	11
圖 2-6	施工電梯安裝作業流程.....	13
圖 2-7	施工電梯拆除作業流程.....	14
圖 2-8	土木專業之資歷.....	18
圖 2-9	從事之工作類型.....	18
圖 2-10	參與高超層建築之經驗.....	19
圖 2-11	工地現場實務之經驗.....	19
圖 2-12	災害發生之經驗.....	19
圖 2-13	國內超高層管理制度之評價.....	20
圖 2-14	針對超高層勞工建立安全制度之需要性.....	20
圖 2-15	政府應針對超高層制定管理法令需要性.....	21
圖 2-16	政府應督促超高層工程安全計畫需要性.....	21
圖 2-17	超高層合約中是否應加重勞工安全之預算.....	22
圖 2-18	是否應舉辦勞工安全訓練班.....	22
圖 2-19	雇主是否應加強危險性機具之勞工安全管理.....	22
圖 2-20	安全措施是否不足.....	23
圖 2-21	管理人員是否失當.....	23
圖 2-22	安全教育訓練是否落實.....	24
圖 2-23	天候是否影響勞工安全.....	24
圖 2-24	結構設計不良是否影響勞工安全.....	25
圖 2-25	養護不良是否影響勞工安全.....	25
圖 2-26	危險機具操作不當是否影響勞工安全.....	26
圖 2-27	物料管理不當是否影響勞工安全.....	26

圖 2-28 純屬意外，無法避免.....	26
圖 3-1 台灣地區風力級區之分布.....	35
圖 3-2 結構強度 (R) 與載重 (Q) 之或然率密度曲線.....	43
圖 3-3 結構物發生破壞之或然率分布曲線.....	45
圖 3-4 台灣地區高層建築物之工期函數.....	46
圖 3-5 建築物施工中風力對起重機之影響.....	49
圖 3-6 風力對施工架之影響.....	50
圖 3-7 施工架各部分之名稱.....	51
圖 3-8 施工電梯主要結構元件.....	52
圖 4-1 各測站之地表加速度歷時.....	70
圖 4-2 各測站之正規化地表加速度反應譜.....	71
圖 4-3 主結構平面圖.....	72
圖 4-4 主結構立面圖.....	73
圖 4-5 固定式起重機.....	73
圖 4-6 主結構之構件斷面尺寸.....	74
圖 4-7 塔吊結構之斷面尺寸.....	75
圖 4-8 樓層平面.....	76
圖 4-9 塔吊固定方式.....	76
圖 4-10 各施工階段之結構基本振動週期 (第一振態)	78
圖 4-11 水平力計算.....	80
圖 4-12 塔吊於不同施工階段之水平地震力係數 (東西向)	81
圖 4-13 塔吊於不同施工階段之水平地震力係數 (南北向)	81
圖 4-14 塔吊之正規化水平地震力係數 (東西向, $PGA = 1.0G$)	82
圖 4-15 塔吊之正規化水平地震力係數 (南北向, $PGA = 1.0G$)	82
圖 4-16 施工架設置方式.....	84
圖 4-17 鋼管施工架各部位名稱及尺寸.....	85
圖 4-18 施工架各構材之斷面尺寸.....	86
圖 4-19 各施工階段之施工架架設位置.....	87
圖 4-20 施工架於不同施工階段之壁連座受力總和 (南北向, $PGA = 1.0G$)	88
圖 4-21 塔柱之構件及斷面尺寸.....	89
圖 4-22 各施工階段之施工電梯機箱位置.....	90

圖 4-23 施工電梯水平固定架之正規化水平剪力係數（東西向 ,PGA=1.0G） 91

圖 4-24 施工電梯水平固定架之正規化軸力係數（南北向 ,PGA=1.0G） 91

表目錄

表 2.1	常見之固定式起重機災害原因.....	15
表 2.2	施工架災害原因分析.....	16
表 2.3	施工電梯作業危害分析.....	17
表 2.4	超高層建築勞工安全管理問卷調查分類表.....	27
表 2.5	固定式起重機使用程序注意事項.....	29
表 2.6	施工架災害原因及防制對策.....	30
表 2.7	施工電梯作業災害及防治對策.....	31
表 3.1	建築技術規則（建築構造編）.....	34
表 3.2	空腹高聳建築物之風壓力形狀因數 C	34
表 3.3	台灣地區各風力區之建築物設計風壓力（單位： kgf/m^2 ）.....	35
表 3.4	建築物風力規範條文、解說、及示範例之訂定.....	36
表 3.5	建築工程施工規範（鋼結構施工規範）.....	36
表 3.6	CNS 6426 起重機鋼結構部分之計算標準.....	37
表 3.7	風力係數 C	37
表 3.8	被吊物之受壓面積.....	38
表 3.9	高度、地況、及陣風因素綜合係數 C_e	38
表 3.10	風壓係數 C_q	40
表 3.11	標準高度 10 M（33 FT）之停滯風壓 q_s	40
表 3.12	重要性係數 I_w	41
表 3.13	假設工程之設計風壓.....	41
表 3.14	施工中臨時性結構之設計風速折減係數.....	42
表 3.15	台灣地區高層建築之施工期.....	46
表 3.16	臨時性結構物與永久性結構物之設計風速（50 年回歸期）之比值， R	47
表 4.1	建築技術規則（建築構造編）法規內容.....	55
表 4.2	建築技術規則法規內容（高層建築編）.....	58
表 4.3	鋼結構規範中假設工程部分與 CNS 起重機設計法規之比較.....	58
表 4.4	建築物與公路橋樑耐震設計規範之比較.....	59

表 4.5 設計地震力與地震回歸期之關係..... 60

表 4.6 地震係數 C_A 61

表 4.7 土壤性質分類..... 61

表 4.8 近斷層係數 N_A 61

表 4.9 重要性係數 I 62

表 4.10 近斷層係數 N_V 62

表 4.11 各種結構設計標準所對應之性能等級及對應之地震風險..... 65

表 4.12 地震發生機率與對應之回歸週期..... 66

表 4.13 各性能等級所對應之可靠度指標..... 66

表 4.14 各種施工期所對應之設計地震回歸期及地表水平加速度係數..... 67

表 4.15 結構本體及塔吊基座構材性質..... 78

表 4.16 分析模型資料..... 78

表 4.17 塔吊水平方向設計地震力， V 93

表 4.18 施工架平行壁連座方向之設計地震力， P 94

表 4.19 施工電梯於垂直建築物外牆方向之設計地震力， P 95

表 4.20 施工電梯平行於建築物外牆之水平地震力， V 95

表 5-1 我國與日本相關人的安全管理法規對照表..... 97

表 5-2 我國與日本相關人的安全管理法規對照表(續)..... 98

表 5-3 我國與日本相關人的安全管理法規對照表(續)..... 99

表 5-4 我國與日本相關人的安全管理法規對照表(續)..... 100

表 5-5 我國與日本相關人的安全管理法規對照表(續)..... 101

表 5-6 我國與日本相關人的安全管理法規對照表(續)..... 102

表 5-7 我國與日本相關人的安全管理法規對照表(續)..... 103

表 5-8 我國與日本相關人的安全管理法規對照表(續)..... 104

表 5-9 我國與日本相關環境的安全管理法規對照表..... 105

表 5-10 我國與日本相關機械的安全管理法規對照表..... 106

表 5-11 我國與日本相關超高樓層工程的安全管理法規對照表..... 107

表 5-12 我國與日本相關超高樓層工程的安全管理法規對照表(續)..... 108

表 5-13 法規之墜落相關規定對照表..... 109

表 5-14 勞工法規之崩塌倒塌相關對照表..... 110

表 5-15 起重升降機具安全規則..... 110

第一章 緒論

第一節 動機與目的

超高樓層工程乃是一種具有高度挑戰性的工作，無論在先期的建築設計及結構分析，或者在施工階段的流程規劃以及施工管理，各項作業所需的準備措施均十分複雜。尤其在高樓層區域的施工作業及塔吊組裝等過程中，更需面對風力及地震力的影響，其技術要求及危險性更高於一般工程。

本計畫的主要目的在探討風力及地震力在超高層建築物施工過程中可能造成的影響，並針對各種可能發生的災害提出相關對策與法規上的建議，其流程如圖 1-1 所示。爲了符合台灣營建業之發展概況，擴大研究的範圍與適用性，因此本研究中所定義的超高層建築物包括所有高度在 50 公尺或 15 層樓（含）以上之建築物，在接下來的報告中首先將根據國內營造工程之災害統計資料進行分析，並藉由案例之研究探討超高樓層工程施工階段可能發生的主要危害因素；其次則針對風力及地震力對超高層建築物施工安全之影響進行評估，並研擬相關之因應對策；再來則是參考各國在超高樓層工程之相關法規，並與現行之勞工安全相關法規進行比較；最後根據以上結論，提出結構設計與施工作業上的建議，以作爲主管機關及營建業者之參考。此外，本研究預計在期末報告中提出「超高樓層工程施工安全技術手冊」草案，以作爲超高樓層工程之施工安全準則，降低意外發生之機會。

超高層建築物與中低層建築物除了在「高度」上的差異之外，在下列各方面亦有所區別：

一、技術層面

超高層建築因高度及樓層數提高，結構底層之垂直載重亦隨之增加，而結構物受到的地震力及風力影響亦較一般建築爲大，因此在結構設計上必須力求精確；此外，建築物內部之各項設備、以及施工與消防設施的規劃均需考慮高度上的問題，因此亦有較高的技術要求。

二、安全性

由於超高層建築中上方之樓層遠離地面，一旦發生災害，救災工作將十分困

難，因此必須仰賴周全之消防設備及防災設計，以確保建築物使用者之生命與財產安全。

三、使用密度

一棟超高層建築物的使用人數動輒數千人，甚至數萬人，其規模儼若一座小城市，因此在使用上所需要的設備以及配合設施之複雜程度遠超過傳統建築的需求。

四、環境衝擊

超高層建築物由於體積與高度的因素，對周遭之都市景觀及社區環境均會產生一定程度的衝擊；加上進出大樓的人數眾多，對於附近之公共設施及交通狀況等亦會造成極大的影響。

五、指標性

超高層大樓由於結構上的負荷較高，樑柱等構件必須佔用相當大的空間，加上公共設施及機械設備所佔的面積甚大，其單位面積的使用成本較一般建築物高出甚多，因此在多數狀況下並不符合經濟效益。然而許多超高層大樓的興建目的乃是作為國力或企業實力的象徵，因此其指標性意義往往大於實質意義。

第二節 研究方法與步驟

一、文獻回顧法

蒐集有關超高層建築施工、假設工程施作以及勞工職業災害之論文、期刊、研究報告、調查報告、勞安法規及建築法規等文獻參考，以了解在超高層建築的假設工程中造成職業災害的原因，而進行有系統之歸納整理分析，來作安全之評估。

二、比較分析法

針對蒐集之文獻與資料探討超高層建築與一般建築的假設工程，在施作當中可能產生的職業災害之差異性作比較，並經由比較分析結果研擬降低假設工程職業災害之防治對策。

三、統計分析法

使用統計學中的次數分配法，了解超高層建築中假設工程佔整體工程職業災害的比例，和職業災害類型的分析，及利用交叉分析法，來找出危害安全的因素與勞工災害的相互關係，以統計圖表或數據來探討分析，以作為研究之依據。

四、專家座談法

研究中針對超高層建築的假設工程部份之相關施工安全建議，經過初步整理後，即邀請超高層建築施工的專家學者，以及相關勞工安全的中央或地方單位代表，進行專家座談，提出應修正及增刪意見，以作為後續研究之重要參考。

第三節 研究流程

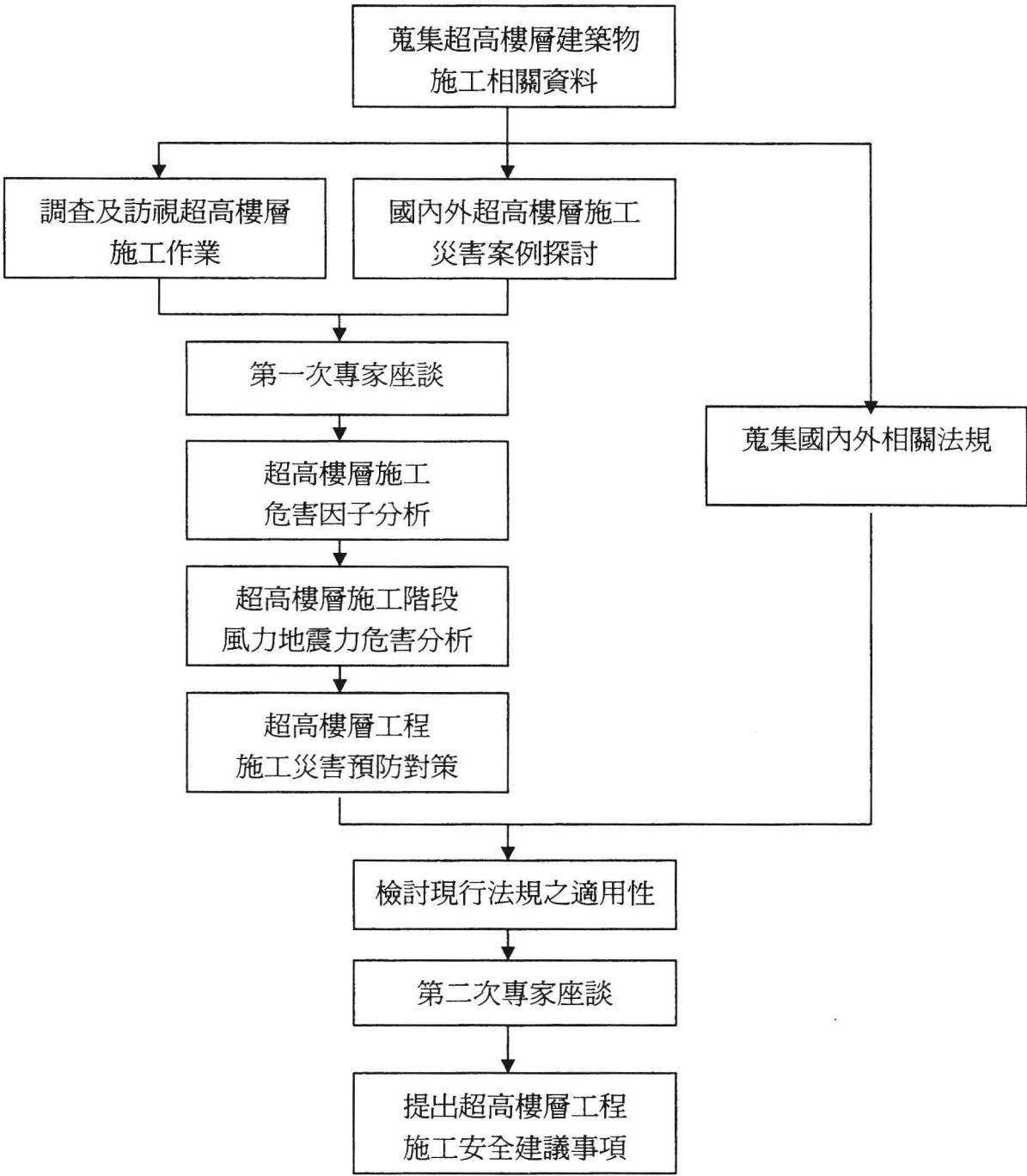


圖 1-1 本計畫之研究流程

第二章 作業流程及施工災害分析

第一節 假設工程之作業流程

本研究主要針對超高樓層施工時所需假設工程中之固定式起重機、施工架作業及施工電梯作業。超高樓層工程施工多位處於高空作業，施工階段當使用大量起重機及臨時電梯來作為輔助，因此各作業流程必須事先規劃，以進行後續施工作業的運作是相當重要。最後以各作業流程分析可能產生之施工災害，及其施工階段的施工安全，以及風力及地震力對其施工所造成之影響進行評估。

(一) 固定式起重機

超高樓層建築中大多以固定式起重機做為鋼構件儲存堆置、搬運組裝之首要選擇。其優點在於它能自立且可任意迴旋，同時可藉爬昇而達到高揚程作業的需求。剛開始時從組立到起重機能自立的程度，待鋼件組立到與迴旋體大約同高時，起重機開始藉鋼構架之結構體的支持而爬昇以進行往上進一步的鋼件組立，依此反覆爬昇而達到高層鋼構組立的要求。下列為固定式起重機之作業流程：