

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所委託研究報告



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(二)

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

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(二)

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

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：國立台北科技大學

研究期間：中華民國九十三年二月至九十三年十一月

印製日期：中華民國九十四年二月

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所
中華民國九十四年二月

超高樓層工程風力及地震力之影響評估與預防措施. 二 = Wind and seismic effects during construction of high-rise buildings evaluation and safety guidelines. II /

黃昭勳. 林正平研究主持.-- 一版. -- 臺北

縣汐止市 : 勞委會勞安所, 民 94

面 ; 公分

參考書目: 面

ISBN 986-00-0378-5 (平裝)

1. 施工管理 2. 防災工程 - 管理
441.527

94002286

超高樓層工程風力及地震力之影響評估與預防措施(二)

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: 中華民國九十四年二月

版(刷)次: 一版一刷

定價: 300 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 6 號

電話: 04-22260330

新進圖書廣場

彰化市中正路二段 5 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: 1009400449

ISBN 986-00-0378-5

摘要

本研究中針對超高層建築物之結構及工程特性探討風力及地震力對超高樓層工程可能造成之影響。分析中主要依人員、環境、及機具等三方面探討施工過程中可能發生之危害因素，並根據風力及地震力之特性及危害度分析擬定適當之危害預防措施及管理規範，以減少施工人員可能受到的危害。

因風力及地震力對超高樓層易造成動力放大的作用，因此包括塔式起重機、施工電梯及施工架等臨時構造物應妥為設計，尤其是錨定的部份應特別加強。此外有鑑於超高樓層工程在災害救援及人員疏散方面之困難度較一般結構物為高，研究中亦針對超高層建築物施工中之人員機具管制措施及消防管理提出多項建議，並針對施工中可能發生之各種災害擬定相關之緊急應變程序，以降低災害可能造成之影響。報告書最後並根據現行勞工安全法規中若干過於原則性之敘述及部份未盡完備之處提出具體之修訂建議，以作為主管機關及營造業者之參考。

關鍵詞：超高樓層工程、風力、地震力、緊急應變程序

Abstract

This ongoing research is to study the effects of winds and earthquakes on high-rise buildings as well as on the safety and wealth of field workers during the construction of the buildings. Factors leading to or increasing the level of damages were identified and categorized through human, environmental, and instrumental aspects based on natural and probabilistic characteristics of winds and earthquakes.

Because winds and earthquakes will cause dynamic amplification effect to the high-rise buildings, the tower cranes, elevators, scaffolds, and especially their anchorages should be well designed. Considering the difficulty of evacuation and rescue in high-rise buildings during a disastrous event, the study also looks into measures of improvement in the management of human, machine operation, and fire in site, and corresponding emergency procedures were recommended to minimize possible damages in actual events. Based on findings of this research, modifications on current regulations are proposed which would provide both the authority and contractors a reference to enhance the safety and health of worker during the construction of high-rise buildings.

Keywords: High-Rise Building, Wind, Earthquake, Emergency Procedure

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 研究動機.....	1
第二節 研究目的.....	3
第三節 研究方法.....	3
第四節 研究流程.....	5
第二章 工程災害分析.....	6
第一節 風力特性與危害度分析.....	6
第二節 風力對臨時性工程之影響.....	11
第三節 地震力特性與危害度分析.....	17
第四節 地震力對臨時性工程之影響.....	20
第五節 火災對施工過程之影響.....	40
第六節 施工災害案例.....	46
第七節 施工災害統計.....	52
第八節 施工安全管理問卷調查.....	57
第三章 危害預防措施與管理規範.....	70
第一節 主體結構施工作業.....	70
第二節 固定式起重機.....	74
第三節 施工架.....	82
第四節 升降機.....	87
第四章 人員機具管制措施.....	92
第一節 人員管制措施.....	92

第二節 施工機具及設備之管制措施..... 97

第三節 消防管理措施..... 116

第五章 法規修正建議..... 122

第一節 勞工安全衛生相關法規..... 124

第二節 固定式起重機相關法規..... 127

第三節 施工架相關法規..... 130

第四節 升降機相關法規..... 131

第六章 緊急應變程序..... 134

第一節 施工中防火管理措施..... 134

第二節 超高樓層工程火災緊急應變程序..... 141

第七章 結論與建議..... 147

第一節 結論..... 147

第二節 建議..... 147

誌謝..... 149

參考文獻..... 150

附錄一..... 153

附錄二..... 161

附錄三..... 180

圖目錄

圖 1.1 研究流程圖.....	5
圖 2-1 結構強度 (R) 與載重 (Q) 之或然率密度曲線.....	7
圖 2-2 結構物發生破壞之或然率分布曲線.....	8
圖 2-3 台灣地區高層建築物之工期函數.....	10
圖 2-4 建築物施工中風力對起重機之影響.....	12
圖 2-5 風力對施工架之影響.....	13
圖 2-6 施工架各部分之名稱.....	14
圖 2-7 施工電梯主要結構元件.....	15
圖 2-8 台灣地區風力級區之分布[7].....	16
圖 2-10 主結構立面圖.....	21
圖 2-11 固定式起重機.....	21
圖 2-12 塔吊固定方式.....	22
圖 2-13 各施工階段之結構基本振動週期 (第一振態)	23
圖 2-14 水平力計算.....	26
圖 2-15 塔吊於不同施工階段之水平地震力係數 (東西向)	27
圖 2-16 塔吊於不同施工階段之水平地震力係數 (南北向)	27
圖 2-17 塔吊之正規化水平地震力係數 (東西向, $PGA = 1.0G$)	28
圖 2-18 塔吊之正規化水平地震力係數 (南北向, $PGA = 1.0G$)	28
圖 2-19 各類地盤水平向正規化加速度反應譜係數[9].....	29
圖 2-20 不同地盤中塔吊之正規化水平地震力係數 (東西向)	29
圖 2-21 不同地盤中塔吊之正規化水平地震力係數 (南北向).....	30
圖 2-22 各施工階段之施工架架設位置.....	31
圖 2-23 施工架於不同施工階段之壁連座受力總和 (南北向, $PGA = 1.0G$)	32
圖 2-24 各施工階段之升降機機箱位置.....	33
圖 2-25 升降機水平固定架之正規化軸力係數 (東西向, $PGA=1.0G$)	34
圖 2-26 升降機水平固定架之正規化軸力係數 (南北向, $PGA=1.0G$)	34
圖 2-27 火場人類行為表現示意圖[18].....	46
圖 2-28 台北國際金融中心施工中飛落之鐵片.....	47
圖 2-29 台北國際金融中心西側#2 塔吊破壞照片.....	48

圖 2-30 台北國際金融中心塔吊墜落照片 49

圖 2-31 塔吊倒塌砸毀車輛..... 49

圖 2-32 長谷世貿大樓火災(中國時報，1992.4.29)..... 51

圖 2-33 營建業職業災害千人率(民國 76 年至民國 91 年)[20] 53

圖 2-34 營建業各災害類型缺失發生次數統計圖（民國 85 年至 89 年） 53

圖 2-35 營建業各災害類型發生次數統計圖（民國 85 年至 89 年） 54

圖 2-36 土木專業領域資歷..... 57

圖 2-37 從事之工程類型..... 58

圖 2-38 擔任施工現場職務..... 58

圖 2-39 發生勞工安全事件或施工災害..... 59

圖 2-40 超高樓層工程主要潛在之危害..... 59

圖 2-41 超高樓層工程施工安全管理優劣之主要原因..... 60

圖 2-42 施工人員是否接受過安全衛生教育訓練..... 61

圖 2-43 是否落實工地例行安全檢查..... 61

圖 2-44 工地依規定舉辦緊急應變演練..... 62

圖 2-45 對安全作業優良之勞工予以表揚獎勵..... 62

圖 2-46 對不重視安全之勞工予以告誡或懲罰..... 63

圖 2-47 起重機之設計及安裝時曾考慮地震力造成之危害..... 63

圖 2-48 規定一定風速以上停止起重機吊裝作業..... 64

圖 2-49 規定起重機之吊運升降速度..... 64

圖 2-50 颱風警報發佈後進行施工機具之防颱..... 65

圖 2-51 是否訂有消防防護計畫..... 66

圖 2-52 主管機關是否不定期派員至工地抽查..... 66

圖 2-53 工地定時進行自主檢查..... 67

圖 2-54 是否適當控制火載量..... 67

圖 2-55 各樓層是否設置避難指示燈..... 68

圖 2-56 是否規劃臨時避難場所供災害發生時之避難空間..... 68

圖 2-57 高層部分是否設置臨時蓄水池供消防搶救..... 69

圖 2-58 是否定期舉辦消防演習..... 69

圖 3-1 主體結構施工作業流程..... 71

圖 3-2 固定式起重機安裝作業流程圖..... 75

圖 3-3 固定式起重機吊裝作業流程圖..... 76

圖 3-4 固定式起重機爬升作業流程圖..... 77

圖 3-5 固定式起重機拆除作業流程圖..... 78

圖 3-6 固定式起重機作業流程..... 79

圖 3-7 施工架組裝作業流程圖..... 83

圖 3-8 施工架拆除作業流程圖..... 84

圖 3-9 升降機組裝作業流程圖..... 88

圖 3-10 升降機拆除作業流程圖..... 89

圖 6-1 避難路線圖..... 137

圖 6-2 超高樓層工程消防搶救特性要因圖..... 139

圖 6-3 雲梯車迴轉距離示意圖..... 140

圖 6-4 火災第一階段緊急應變流程..... 142

圖 6-5 火災第二階段緊急應變流程..... 144

表目錄

表 1.1 民國 88 年至 90 年全產業、營造業職業災害千人率[1]	1
表 2.1 台灣地區高層建築之施工期[3]	9
表 2.2 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	11
表 2.3 台灣地區各風力區之建築物設計風壓力（單位：KGF/M ² ）	16
表 2.4 各種結構設計標準所對應之性能等級及對應之地震風險[8]	18
表 2.5 地震發生機率與對應之回歸週期[8]	19
表 2.6 各性能等級所對應之可靠度指標	19
表 2.7 設計地震力與地震回歸期之關係	37
表 2.8 塔吊水平方向設計地震力，V	37
表 2.9 施工架平行壁連座方向之設計地震力，P	38
表 2.10 升降機於垂直建築物外牆方向之設計地震力，P	39
表 2.11 升降機平行於建築物外牆之水平地震力，V	40
表 2.12 火場中人員行為特性表	43
表 2.13 火場人類行為表現表	45
表 2.14 各國超高樓層工程災害案例	55
表 3.1 主體結構施工作業危害分析表	72
表 3.2 固定式起重機作業危害分析表	80
表 3.3 施工架作業危害分析表	85
表 3.4 升降機作業危害分析表	90
表 4.1 人員管制措施表	93
表 4.2 勞工安全檢查表	96
表 4.3 固定式起重機管制措施表	98
表 4.4 施工架管制措施表	101
表 4.5 升降機管制措施表	104
表 4.6 固定式起重機安裝作業安全檢查表	106
表 4.7 固定式起重機爬升作業安全檢查表	107
表 4.8 固定式起重機吊裝作業安全檢查表	108
表 4.9 固定式起重機拆除作業安全檢查表	109
表 4.10 施工架組裝作業安全檢查表	110

表 4.11 施工架使用階段安全檢查表..... 111

表 4.12 施工架拆除作業安全檢查表..... 112

表 4.13 升降機組裝作業安全檢查表..... 113

表 4.14 升降機使用階段安全檢查表..... 114

表 4.15 升降機拆除作業安全檢查表..... 115

表 4.16 電焊火花防護措施..... 117

表 4.17 揮發性溶劑作業管制措施..... 118

表 4.18 高壓氣體管制措施..... 119

表 4.19 電氣火災預防對策..... 120

表 4.20 消防安全檢查表..... 121

表 5.1 地震震度分級表..... 129

表 6.1 各國安全層設置情況..... 136

表 6.2 D 值表..... 140

表 6.3 火災第一階段緊急應變程序表..... 143

表 6.4 火災第二階段緊急應變程序表..... 145

第一章 緒論

第一節 研究動機

我國營造業發生職業災害的比率相較於其它產業一向偏高(見表 1.1)，因此對於營建工程災害的防止工作多年來均被政府視為施政重點之一。為有效地降低營造災害發生的比率，勞動檢查法第二十六條中特別規定「一定規模以上營造工程應於施工前進行安全評估」，冀期營造事業單位能預先掌握工程施工中可能發生的重大危害狀況及防制對策，以主動防範的方式進一步提升營建業之安全管理。而隨著工程規模逐漸擴大及技術的要求增高，營造業職業災害日益嚴重。尤其超高層建築物必須於較大的高度及範圍進行實施施工及支援作業，因此如何提供勞工一個安全的施工環境，乃是亟需探討的課題。

表 1.1 民國 88 年至 90 年全產業、營造業職業災害千人率[1]

年	全產業				營造業			
	合計	傷害	殘廢	死亡	合計	傷害	殘廢	死亡
88	4.415	3.699	0.631	0.085	11.495	10.330	0.962	0.203
89	4.965	4.223	0.665	0.077	13.402	12.144	1.034	0.223
90	4.898	4.212	0.618	0.069	13.582	12.303	1.069	0.210
平均	4.759	4.045	0.638	0.077	12.826	11.592	1.022	0.212

隨著國內經濟發展及國際化，過去幾年來政府積極推動各項重大公共工程及行政法規的革新以提高國家競爭力。然而隨著都市地區的發展以及土地的高度開發及利用，工程上的災害時有所聞。加上近年來國內陸續發生了數起的重大天然災害和公共安全事故，如林肯大郡土崩、921 大地震、桃芝颱風、納莉颱風、以及 331 地震等，均造成人民生命財產的重大損失。因此，要如何強化各種工程之安全措施及防災機制，為保障勞工生命安全之重點。

另一方面，隨著經濟繁榮、人口成長，寸土寸金的情況愈趨嚴重，迫使都市的建築愈趨向高樓發展。以台灣為例，近年來超高層建築如雨後春筍般逐漸聳立在大都市中，隨著超高樓層工程技術大幅運用，營造業面臨的技術問題也

愈趨繁雜，而超高樓層工程的施工更是面臨考驗。以台北國際金融中心為例，於民國 91 年 331 地震中發生起重機支架倒塌，導致包括施工人員及過往汽車駕駛等數人喪生；該建築物在復工後，次年 1 月又於施工期間發生火災，雖未造成人員傷亡，但已暴露出超高層建築物施工安全上的種種問題。若未能確實掌握施工安全事項，稍一不慎，即可能造成無法彌補的生命財產損失。因此事前必須確實掌握建築物在施工時可能遭遇的種種狀況，尤其必須針對在風力及地震力作用下的各種結構反應，妥善訂定施工及安全計劃，並於施工中謹慎為之，必要時須輔以安全觀測系統，檢討結構物是否仍在安全範圍之內，以避免災變發生。

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。因此在施工前確實掌握施工程序及安全措施，妥善規劃吊裝計劃，輔以安全觀測系統，並於施工中提高警覺，以避免災變發生。

根據台灣營建研究中心對超高層建築之相關研究，超高層建築在施工上具有下列特性：

- 一、平面規劃簡潔，各樓層之作業項目大致相同，故施工具多層的重覆性；
- 二、採用工業化的生產方式，於工廠中大量迅速生產、預製組件再於現場安裝，以減少揚重負荷，以達到工業化生產效益；
- 三、耐震需求較高，施工品質相對較高；
- 四、工程規模龐大且施工項目眾多，無論在機具、材料、或者是施工單位的組成上均極其繁雜，因此需要良好的施工管理與安全維護體系；
- 五、由於建築物基礎較深，地下部分在技術上之要求較高，因此須慎選施工方法，並建立完善的監測系統，以確保施工安全；
- 六、設備系統繁複，必須妥為規劃以配合整體工程之施工；
- 七、為因應樓高因素，在揚重及吊裝作業上必須詳細規劃其作業程序與範圍；
- 八、工期較長，投資風險較大，須進行謹慎的經濟、財務、及施工可行性分析；

九、在管理上須具備全員參與與整體經營之觀念，互相協調聯繫，並針對問題點採取適當的對策。[2]

第二節 研究目的

本研究針對台灣地區超高樓層工程之施工作業進行調查，並根據施工災害案例、危害分析、問卷調查等不同角度對超高樓層工程施工上之安全問題進行思考，以求增進超高樓層工程之安全性。為確保安全措施之具體可行，超高樓層工程本身與施工之安全問題應一併考量，並進行超高樓層工程施工階段風力及地震力之危害評估及預防措施的訂定，據以提出現有相關法規修正建議及危險性工作場所審查暨檢查與評估建議。此外，本研究將根據工地現場人員、環境、及機具等因素，以工程與管理的角度來探討可能之危害因素，並擬訂下列參考準則：

- 一、超高樓層工程施工期間，風力及地震力之危害預防措施與管理規範。
 - 二、超高樓層工程施工期間，人員機具之管制措施及緊急應變程序。
 - 三、固定式起重機、施工架及升降機安全管理法規之修正建議。
 - 四、針對現行「危險性工作場所審查暨檢查辦法」提出火災、風力、及地震力之相關檢查項目及查核表。
 - 五、編訂超高層工程施工期間之火災、風災、及震災之預防及緊急應變指引。
- 以提供主管機關及營造業者之參考，並作為勞工教育訓練之教材，避免職業災害之發生。

第三節 研究方法

一、文獻回顧

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、案例研究

藉由案例之研究探討超高層建築與一般建築物中之假設工程在施工中可能產生的災害進行比較，並根據分析之結果研擬相關之防治對策。

三、問卷調查

以問卷調查之方式，瞭解營建從業人員對於超高樓層工程施工安全及防火管理之看法，做為研擬施工安全管理措施之參考依據。

四、專家座談

研究中將邀請專家學者針對超高層建築物在施工中之各種安全問題進行專家座談，並根據與會學者之建議進行補充及修正，或作為後續研究之參考。

第四節 研究流程

本研究中預計根據下列流程進行分析：

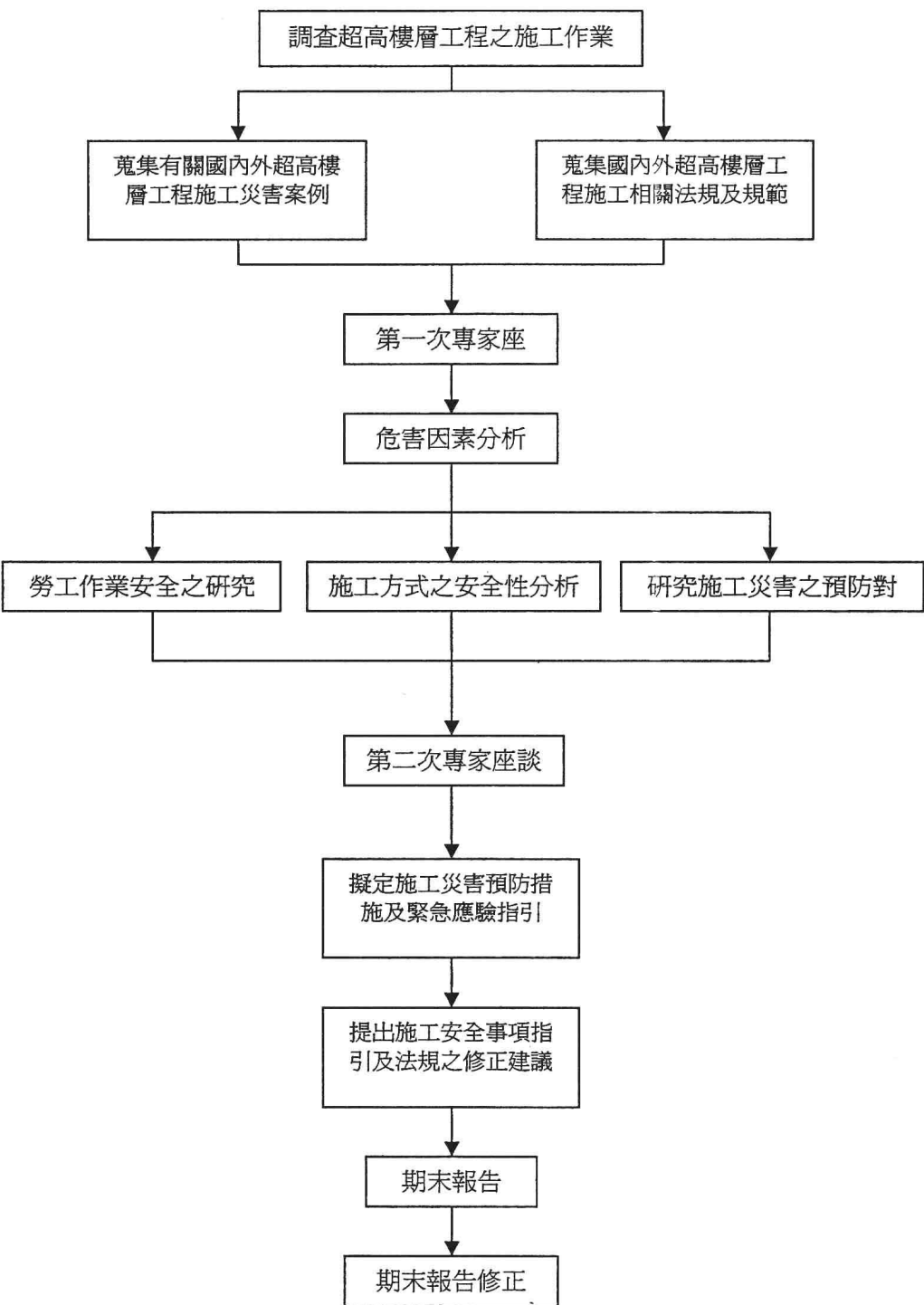


圖 1.1 研究流程圖