

高樓結構

王博夫譯

茂榮圖書有限公司

高 速 結 繩

王 偉 著

廣東圖書有限公司

HIGH-RISE BUILDING STRUCTURES

高 樓 結 構

譯 者：王 博 夫

發行人：林 素 瓊

發行所：茂榮圖書有限公司

地 址：台北市長安西路 118 號

郵政劃撥：台 北 1 6 0 1 4 號

電 話：5 7 1 3 5 6 8

登 記 證：局版台業字第 0273 號

初 版：中華民國 69 年 10 月 15 日

版權所有 翻印必究 定價新台幣 225 元

序 言

本書之目的在於依序地探討高樓結構，不同的建築骨架之組合，乃源自對結構組合的解析。自平面、高度、立體等觀點來比較已被確認的及尚在搬倡階段的高樓結構系統。建築結構的幾何排列以其對外力的反應而顯現出來，這些外力的複雜性常非文字所能描述。本書致力於把複雜的結構工程領域以簡明的詞句描述，期使任何關懷建築的人士皆能瞭解。

因為高樓的作用難以明確表出，應著重於視覺上及言語描述上的分析。建築物在量方面的分析探索之重要性，同於質方面效用的評估，並使數學及工程力學維持基本的水準。不同型式的建築組合之設計，大致上是遵守廣被接受的美國混凝土機構（ACI），美國鋼結構協會（AISC），結構黏土產品協會之章程（SCPI），本書將簡述此些章程。

本書第二章描述建築物的荷載複雜性，讀者如果不熟悉高樓建築結構的基本原則，可先學習

第三章的高樓建築結構，該章並配合幾合原則，歷史淵源，以及其他設計上試考慮的事項。第四章及第八章探索建築物支撐結構的首要系統，包括垂直的建築面例如構架、牆壁，以及水平平面如樓板結構。第五章討論普通建築結構概念上的觀點。第七章是大膽地設計一些典型的建築結構。第六和第十章探索不常見的建築形式及結構原理。第九章簡短討論建築裝配及建築過程中的預製要素。

本書在分析的部分，討論整個建築物的所有結構要素，這些方法將使學生更瞭解結構行為，而學校的結構課程常只注重元體和組合的設計及分析，並不視真正的建築內涵及建築結構為所有結構程序的一部分。

本書亦介紹建築師，而建築師不但確定建築物的主要形式，也應有自信地表達結構及資料之強度與美感。爲了達到此種靈感性，他應瞭解在施工組合中，各種力表現的自然法則，對自然科學須具備合理的知識，它們爲設計上重要的決定因素，並成爲與結構工程師合作的基礎。

本書可作爲建築學的教科書，使學生具備統計學的知識，並能設計混凝土及鋼要素。本書的許多結構例子，幫助學生參考高樓設計的彫刻、繪畫、攝影課程。本書亦幫助初次建築設計的年青建築師，使他們對建築物的結構行為有整體的認識。以比較爲基礎（如目錄）並參考其他資料後所呈現的建築物，爲結構工程師及建築設計者的真實財富。

對摩天樓結構的處理僅為介紹性而已，但藉著執行標準的討論而確定建造程序，使讀者讚賞高樓結構，作為未來適應性及創造設計的基礎。

WOLFGANG SCHUELLER

西拉克斯，紐約

1976年11月

目 錄

第一章 導 論	1 ~ 4
(一)城市的高樓	1 ~ 3
(二)高樓及其支撐結構	3 ~ 4
第二章 高樓的載重作用	5 ~ 58
(一)恒 載	7
(二)活 載	8 ~ 11
(三)施工載重	11
(四)雪雨及冰塊載重	12 ~ 13
(五)風載重	13 ~ 22
(六)地震載重	22 ~ 45
(七)水及地層壓力載重	46 ~ 47
(八)抑制材料體變化所產生的載重	47 ~ 55
(九)衝擊及動態載重	55 ~ 57
(十)驟風載重	57
(十一)載重的組合	57 ~ 58
第三章 高樓結構導論	59 ~ 72
(一)高樓的發展	59 ~ 62
(二)一般的高樓結構	62 ~ 67
(三)規劃時，一般的考慮事項	67 ~ 71
第四章 垂直結構平面	73 ~ 96
(一)垂直力的散佈	73 ~ 77
(二)側向力的散佈	77 ~ 85
(三)最好的底樓空間	86
(四)剪力牆排列	86 ~ 90

(五)在側向橫力影響下，剪力牆 的行爲·····	90 ~ 95
第五章 一般的高樓結構及受載重 影響的行爲·····	97 ~ 138
(一)承載牆結構·····	98 ~ 103
(二)剪力核心結構·····	103 ~ 107
(三)剛性構架系統·····	107 ~ 113
(四)構架，剪力牆系統·····	113 ~ 117
(五)無樑板建築結構·····	117 ~ 118
(六)剪力桁架交互作用系統及剛 性帶狀桁架·····	118 ~ 120
(七)管狀系統·····	120 ~ 135
(八)高樓結構系統之比較·····	135 ~ 138
第六章 控制建築搖擺的其他設計 方法·····	139 ~ 148
(一)有效的建築式樣·····	140 ~ 143
(二)反作用力式或動態反應·····	143 ~ 147
第七章 概略結構分析及建築設計·····	149 ~ 222
(一)承重牆建築的概略分析·····	149 ~ 170
交叉牆·····	149 ~ 156
長 牆·····	156 ~ 170
(二)剛性構架結構·····	170 ~ 207
垂直載重的概略分析·····	172 ~ 177
側向載重的概略分析·····	177 ~ 189
剛性構架建築物的概略設計·····	189 ~ 201
剛向構架的側向變形·····	201 ~ 207
(三)剛性構架·····	207 ~ 222
剪力牆結構·····	207 ~ 209

Vierendeel 結構	209 ~ 218
中空管結構	218 ~ 222
第八章 樓板結構或水平建築平面	223 ~ 244
(一)樓板構架系統	224 ~ 235
(二)水平支撐	235 ~ 236
(三)合成樓板系統	236 ~ 244
第九章 和組合單元體方式有關的	
高樓	245 ~ 268
(一)骨架構架系統	251 ~ 256
(二)承重牆護牆板系統	256 ~ 262
(三)護牆板—構架系統	262 ~ 264
(四)多層箱匣系統	265 ~ 268
第十章 其他高樓結構	269 ~ 296
(一)深樑系統	269 ~ 270
(二)高樓懸置系統	271 ~ 283
(三)氣壓式高樓	284 ~ 288
(四)用於高樓的空間構架	288 ~ 292
(五)膠囊建築	293 ~ 296
附 錄	
名詞~中英對照	297 ~ 306

第 1 章

導 論

高樓和城市有密切的關係，是人口密集的自然產物，為土地不足及地價昂貴的犧牲品，密集的高樓建築物，是設計者對環境的表達及建築目的的反應。高樓可獨自建立——可垂直的、傾斜的、水平及密集的式樣——也可直接和其他建築物相連，形成建築區。這二種方法，都可使建築物形成隔離的物體。未來的高樓，可能成為城市的整體部分，大樓或活動的空地，可交互排列成多用途的運輸系統。

高樓的高度可從十層至一百層以上。較複雜的規劃，須決定密集高樓的高度，有些因素如業主的需求，土地的價值、土地的位置、環境的關係等都需要考慮。至於其他因素如建築物的支撐、公共設施、生態上的衝擊、景觀等也應加以考慮。

§ 城市的高樓

高樓隨著城市而發展，工業革命以後，世界

各地都有都市化的現象，19世紀起，美國已開始都市化。人們從鄉村往城市遷移，增加城市的人口密度，這種壓力發展出鋼筋建材、電梯、能量供應系統等科技。

本世紀初期，住宅區多為20層樓，中間只以狹窄的街道相隔，形成市區峽谷，在最小的土地面積內居住最多的居民，這種處理過程，使人們和城市產生衝擊，人們和城市，像是有機體般交互作用，幾乎不能加以規劃。對於採光、通風以及公共活動需求，形成獨立建造的摩天樓，而它所取代的高樓區，有相同的人口密度。在合理的經濟效益下，現今的科技，很容易製造摩天樓。

從科技和物質的空間而言，很容易了解高樓的設計，至於它考慮的人類需求及空間利用，仍繼續發展中。高樓內的居民互不來往，並和街道上的生活互相隔離，這是設計者欲克服的問題。

在某種程度上，一些規章限制了城市的大樓，乃因不考慮城市建築物的整體性和動態性。密集大樓所產生的效果相當重要，有些摩天樓如芝加哥的109層Sears Tower有1/4英里高，它對城市的衝擊很明顯，這種大樓的電力系統，足以供給城市居民147,000人使用，空調系統能供6,000戶住宅使用，電梯每天須要輸送16,500使用者至大樓各部分，可把電梯視為死巷系統，會議室好比廣場，所用的電梯，有各種不同速度，依照所往樓層數目，決定所使用之電梯種類，這種大樓包括所有設施及休息場所，理論上人們可生活其中而不離開，一些設施如購物、遊樂、

消遣、健康、教育、安全、運輸、停車、廢物等設施，相當於小城市的公共設施，好比城市中的城市。這種微妙的交互系統之設計，須要有系統的規劃為社會、生態、經濟、政治等的產物，而不是只考慮大樓本身及附近環境而已。

許多大都會的區域，高樓是人口不斷容集的解決之道，不能因為它的非人文效果，或擱置科技成就而加以拒絕。而教育上及其他研究機構，亦須更積極且系統化探討高樓環境，以改善生活狀況。

§ 高樓及其支撐結構

高樓的設計，不論用於公寓、辦公室、學校、醫院、或其他多用途的場所，都須要一群不同訓練的設計者。建築師必須使這群人同心協力，完成建材使用，設施及活動空間的設計。建築師不能再任意設計，乃因他被封閉的摩天樓以及建材的有效使用所限制。他也必須知道和安全，防火、保健等需求有關的規章。

建築師探索大樓的整體設計，其支撐構造和大樓設計互相伴隨著，不能視為無關的附屬品，雖然這種整體設計是任何建築師必須採用，應知高樓須要更複雜的支撐系統。自然上及環境上的壓力。是最重要的決定因素，建築物必須克服地心引力，風力及地震力。其外表必須和溫度，空氣壓力，內外部的溼度相協調。且建材均須適應這些壓力，使這些壓力傳至地面時產生最低的效果。

建築師了解建築程序和這些壓力及其來源，在設計過程的早期中，即能表達出來。進一步和結構工程師交換意見。建築師必須具有工程原理上的基本認識，才能和結構專家合作，謀求善策。

結構上的元素，是建築物的骨幹，建築師如能操作這些元素，並表現建築物所具備的精神，就能把該建築物的目的表達出來，並和不同的活動系統產生交互作用。

第 2 章

高樓的載重作用

建築物的載重，可直接來自自然的力量或人們本身的重量。亦即有二種基本負荷：自然地理及人爲的。（圖 2.1）

自然地理的力量，來自於自然界不斷的變化，可進一步劃分為重力，大氣及地震的力量，僅以重力方面而言，建築物本身的重量稱為恒載，這種負荷，隨著建築物的壽命永遠存在。改變建築物時，重力效應也改變，會產生載重變化，大氣上的負荷，隨著時間、地點、風向、溫度、溼度、雨雪及冰塊等而變化。地震上的力量來自地層的移動。

載重的人爲因素可由於車輛、電梯、機械、人們走動及其他裝備等而改變。進一步而言，這種力量在建造過程中即已產生，爲了建築物的穩定性，應有引導力量的預應力行爲。

自然地理及人爲的來源常是互相依賴的，質量、大小、形狀、材料影響自然地理的壓力。建築元素受了溫度、溼度的變化，也會改變載重。

SOURCES OF BUILDING LOADS

MAN-MADE

DYNAMIC (TIME VARIATION)

LOCKED-IN STRESSES

GEOPHYSICAL

GRAVITATIONAL

METEOROLOGICAL

SEISMOLOGICAL

ELECTROMAGNETIC

NUCLEAR

WEAK FORCES

WATER, EARTH

DEAD

CONSTRUCTION

DIFFERENTIAL

SETTLEMENT

OCCUPANCY

IMPACT

DOMESTIC

PUBLIC

FACTORY

CYCLIC (VIBRATIONAL)

RELATIVELY

STEADY

RANDOM

RESIDUAL

LACK OF FIT

PRESTRESSING

RESTRAINED VOLUME

WIND

SNOW, RAIN

ICICLES

DUST

LONG-TERM

LOADING

TEMPERATURE

CHANGE

ANISOTROPY

WATER

EXPANSION

CONTRACTION

STEADY

SHOCK

QUICK

CRACK

SLIP

SLIDING

ROLLING

WELDING

PRODUCTION

HANDLING

IMPACT

COLLISION

CONTACT

CHANGES

OF

STRUCTURE

OF

BUILDING

LOADS

Fig. 2.1

仔細研究建築物對載重作用的反應，可使以後產生的問題減少，達到結構上的效率。設計者必須了解這些作用力以及各種載重作用，建築物才能獲得安全並發揮其功能。下列一些章節，將討論這些作用力，以及它們對建築物的載重作用。

§ 恒載

建築物受到重力而產生載重，可分為動態和靜態二方面。靜態的載重是建築物永遠存在的部分，動態載重是短暫的，隨著時間和季節而改變。也是建築物內部空間的一種作用函數。

恒載可定義為：建築物的每種元素所產生的靜態作用力，這種作用力是由於建築物本身重量元素如樓板、平頂、牆壁、衣櫥、櫥櫃及機械等的重量。所有這些元素的重量組合，構成建築物的恒載。

很容易確定建材的重量，估計恒載時，常產生 15 % ~ 20 % 或更多的誤差。這是因為在準確分析時，產生許多問題（參考 2.1 a）。在設計過程的早期，分析者不可能準確的預測尚未被選擇的建材重量，一些非結構上的質料，包括護牆板、平頂系統、自來水管、排水溝、電綫及內部特別需要的元素。這些固體元素的重量，以及細木製品，作為剛體結構，只是大略估計基本的建材重量，並非所有產品的規格都一樣，在模殼工作時，注入的水泥常產生 1/2 英吋的誤差。

這些例子顯示出，缺乏準確的資料，恒載就不能準確的估計。

§ 活載

活載和恒載在特徵上有所不同，它們是善變的且不能加以預測，活載的改變不只持續一段時間，也是放置物體的作用函數。這種改變的時期不一定，所以不可能用固定的詞句預測活載。

建築物內部的物體，或建築物本身所產生的載重稱為佔用載重。這種載重包括居民、家俱、移動的間壁、書本、檔案櫃、保險櫃、裝飾櫃、機械裝置物（如計算機、商用機器）、汽車、公共裝置物，以及所有半永久性或暫時的載重。這些東西不是建築物本身的一部分，但是對建築物產生作用力，一般不包括在恒載之內。

高樓結構具有潛在的可變性，幾乎不可能預測結構活載期間內不同的佔用值，這種結果只由建築法規及安全因素說明最有可能的載重狀況。

載重值為等效的均佈載及確定的集中載重，等效的均佈載反應出可變的，真實的載重狀況，由於真實載重值比較保守，探討許多辦公大樓佔用載重，顯示出 40 psf 的最大載重常設計為 80 psf，公寓的載重顯示出 10 年內最大的載重密度為 26 psf，確常採納 40 psf（參考 2.1 a）。

集中載重常集中於臨界性的區域，如樓梯、平頂、停車室（變換輪胎的頂重器），以及其他容易受密集壓力破壞的區域。

規章通常太過於保守，因常要考慮預期不到的因素，最低的安全因子決定於不能控制的狀況