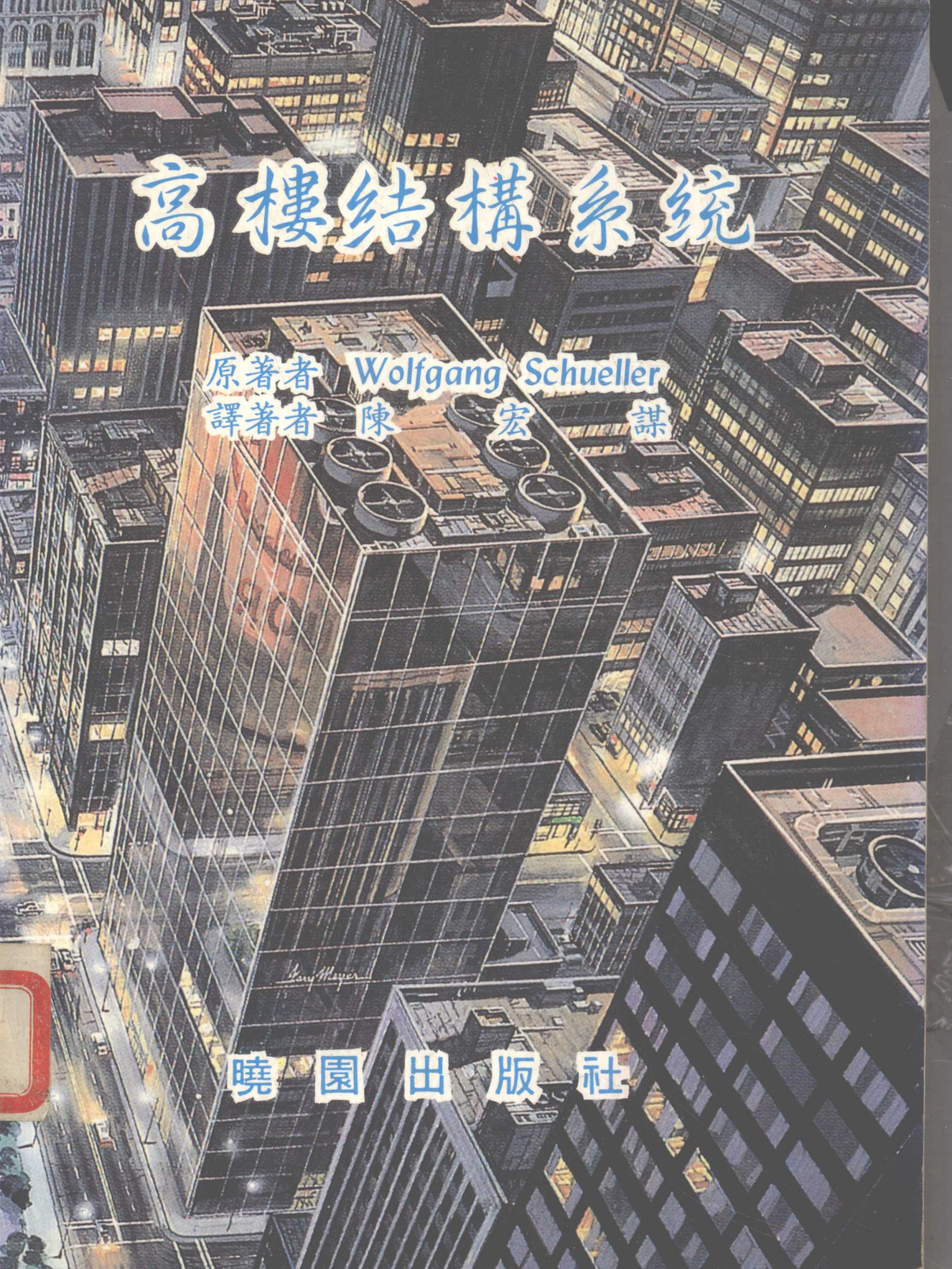




高樓結構系統

原著者 Wolfgang Schueller
譯著者 陳宏謀

曉園出版社

高樓結構系統

原著者 Wolfgang Schueller

譯著者 陳 宏 謀

曉園出版社有限公司
HSIAO-YUAN PUBLICATION COMPANY LIMITED

版權所有・翻印必究

初 版

1986年9月第一次印刷發行

高樓結構系綱

平裝本定價：新臺幣 250元

原著者：Wolfgang Schueller

譯著者：陳 宏

發行人：黃 旭 政

發行所：曉園出版社有限公司

HSIAO-YUAN PUBLICATION COMPANY LIMITED

臺北市青田街7巷5號

電話：(02) 394-9931 三線

郵撥：1075734-4 號

門市部(1)：臺北市新生南路三段96號之三

電話：3917012・3947375

門市部(2)：臺北市重慶南路一段61號地下樓

電話：三一四九五八〇

門市部(3)：臺北縣淡水鎮英專路71號

電話：六二一七八四〇

門市部(4)：臺中市西屯區文華路113號

電話：(04)251-2759・254-6663

印刷所：遠 大 印 刷 廠

臺北市武成街36巷16弄15號

出版登記：局版臺業字第 1244 號

著作執照：臺內著字第 號

譯 序

譯者過去曾在大學建築系裏教授結構系統，並輔導過二百多個建築系朋友通過國家建築師考試，深深地覺得很少有建築師真的了解結構的行為，往往在進行結構設計時，總是免不了要回頭修改建築設計，以達到結構的要求與原則。這是很浪費時間與金錢的事，也是建築進步的一項阻礙。假如做為一個建築師，能對結構的系統與行為有深刻的了解，那麼在設計之前，能做合理的佈置、適合於空間要求的結構系統，則留給工程師的工作，就變得非常輕鬆了。

譯者很久就想對學建築的朋友做一些事，剛巧幾年前在美國一家書局看到這本原版書，深深覺得書中內容很適合學建築的朋友，深盼本書的出版能給國內的建築界帶來較實際的幫助。

本書的出版，特別要感謝江式鴻友在百忙中抽空校閱手稿，以及曉園出版社全體同仁的辛勞。

譯 者 陳 宏 謀

1986.9.12.於清華園

原 序

本書之目的在對高層建築結構作一有次序的探討。不同建築骨架之組合乃導源於對其結構組件 (Structural components) 之解析。事實上已建造或規劃中之高樓，其結構系統係依平面、立面及三度空間的觀點來權衡。而建築結構之幾何次序，則是以對複雜性一如其相關敘述所示之外力作用的反應方式來詮釋。本書以淺顯易懂之文字來描述結構工程之繁瑣範疇，以期任何與建築營造相關人士皆能領會。

因為高樓結構行為是相當難以明確表達的，因此本書基本重心，乃在於提供視覺的和敘述性的分析。定量分析方法在模擬建築結構的定性行為上為一重要門徑。並使數學（依計算尺精確度為準）和工程力學保持在基本水平。不同類型之建築組件的設計，大致根據美國混凝土學會 (American Concrete Institute) (ACI)、美國鋼構造學會 (American Institute of Steel Construction) (AISC) 和結構黏土產品學會 (Structural Clay Products Institute) (SCPI) 等規範的單純考慮而定，本書將概略地複述相關的內容片段。

於第二章描述有關負載作用的複雜性。而不

熟悉高層建築結構基本原理的讀者，可先行研讀第三章的一般高層建築結構，其內容以介紹高樓之相關幾何原理、歷史沿革，以及其他設計考慮事項為主。第四章和第八章探討建築支撐結構的主要次系統(The primary subsystems): 包括建築垂直平面(The vertical building planes), 即構架和牆，以及水平平面(The horizontal planes), 即樓層結構(Floor structures)。一般建築結構之討論是依第五章的內容觀點來進行。于第七章中近似地設計了數種典型的建築結構。第六章和第十章則探討有關不同於一般所使用的建築型態及結構原理。而第九章則主要論及一些建築組合(The building assemblage)的預製構材(The prefab elements), 以及營造的部分程序。

在本書的分析部份中，結構構材的考慮是以整棟建築物之關連性為依歸，這種方式將更加促進學生對結構行為的瞭解，因為在學校結構課程中常常僅考慮到組件及聯結的分析與設計，而不考慮實際的建築關連性，或建築結構是全面結構次序中的一部份。

本書也初步地導引建築造型的主要設計人——建築師，他必須要有表達建築結構和材料與生俱來自然美的自信。為了獲致此種靈感，建築師必須在建築組合中，從力的表現反應上明瞭自然法則。也就是說，他需要擁有對物理科學(The physical sciences)的合理知識，這是一個與

結構工程師共同從事建設性合作之必要基礎，也是非常重要的關鍵因素。

本書著述之原意在提供學校中，建築或營建科系同學的結構科目教材。必須具備有關靜力學、混凝土和鋼等構材設計的基本知識。書中所列舉的許多建築結構實例，乃是對從事高樓建築設計之工作室的發展有極佳的參考價值。此外，本書更可幫助初次從事建築設計的青年工程師，發展出其對建築物之結構行為的整體性直覺感應。在一比較性的原則下（亦即歸類）與參考資料一併展現的實際建築物，對於執業的結構工程師及建築設計師而言應該是一筆有價值的資產。

本書對摩天大樓結構的處理僅止於初步介紹而已。然而希望經由行為準則的討論以建立次序的程序，使讀者在讚賞高層建築結構之餘，並打下未來適應性與創造性設計的根基，是所至盼！

WOLFGANG SCHUELLER

西拉鳩斯，紐約

1976，11

致 謝

本書為作者在 1973 ~ 1974 學年于紐約州、西拉鳩斯大學 (Syracuse university) 之建築學院任教時，擔任指導高層建築結構研討課程下的自然產物。我由衷地感激在我指導之下，參與各種不同主題的徹底探究以及準備許多繪圖工作的下列同學們：Nicholas Baldo , Ansar Burney, Brian Buttner , Fred Lorenc , Joseph Peckelis , David Petty , Andrew Quient, Samuel Rashkin, Leslie Reiss , Michael Stellato , Lori Vallario , and David Wildnauer 。

本人同樣地真心感謝西拉鳩斯大學建築學院的 Siegfried Synder 教授所賜予的審稿、評論，以及諸多建設性的提議。同時對於我的助手 Pete Blewett 、Richard Correll 和 Joe Lomonaco 他們三位對插圖的準備和修正工作在此亦十分感謝。

對於本書之出版編輯和發行人的誠摯支持，我亦同樣感激。

我承認由於許多人對於建築物之設計及研究的貢獻，而為本書打下問世的基礎。他們的芳名太多了以致不能在此一一登錄，而於參考資料

和圖例說明欄中提出。

並感謝 Sue Merriett 小姐，她為本書的手稿耐心地打字實功不可沒。又此書大多係由 Martha Gerwitz 打初稿，她的鼎力相助同樣令我感激不盡。

W. S.

目 錄

第一章 導 論 1

- ① 城市中的高樓建築 1
- ② 高樓建築及其支撐結構 3

第二章 高樓建築的負載作用 5

- ① 靜載重 7
- ② 活載重 8
- ③ 施工載重 11
- ④ 雪、雨和冰載重 12
- ⑤ 風載重 14
- ⑥ 地震載重 23
- ⑦ 水壓和土壓載重 45
- ⑧ 由束制材料之體積變化而生的載重 47
- ⑨ 衝擊和動態載重 56
- ⑩ 爆炸載重 57
- ⑪ 載重的組合 58

第三章 高層建築結構導論 59

- ① 高層建築的發展 59
- ② 一般高層建築結構 62
- ③ 一般規劃考慮事項 67

第四章 垂直的結構平面 73

- ① 垂直力的傳佈 73

- ② 橫力的傳佈 77
- ③ 剪力牆佈置 89
- ④ 在橫向載重下的剪力牆行爲 91

第五章 一般的高層建築結構及其在載重下之行爲 97

- ① 承重牆結構 97
- ② 剪力核心結構 103
- ③ 剛構架系統 108
- ④ 牆樑結構 112
- ⑤ 構架——剪力牆建築系統 114
- ⑥ 無樑版建築結構 118
- ⑦ 具剛性帶狀桁架的剪力牆——構架交互系統 119
- ⑧ 管式系統 122
- ⑨ 合成建築物 132
- ⑩ 高層結構系統的比較 136

第六章 控制建築物側傾的其他設計方法 141

- ① 有效率的建築型態 141
- ② 中和力或動態反應 145

第七章 建築物的近似結構分析與設計 151

- ① 承重牆建築物的近似分析 151
- ② 剛構架結構 172
- ③ 剛構架 - 剪力牆結構 209
- ④ 維侖第爾結構 211
- ⑤ 中空管結構 220

第八章 樓層結構或水平建築平面 225

- ① 樓層架構系統 226

- ② 水平支撐 235
- ③ 合成樓層系統 237

第九章 與組合套件有關的高層建築物 247

- ① 骨架構架系統 252
- ② 承重牆版系統 257
- ③ 版 - 構架系統 262
- ④ 多層箱式系統 265

第十章 其他的高層建築結構 271

- ① 深樑系統 271
- ② 高層懸吊系統 271
- ③ 充氣式高層建築物 286
- ④ 應用於高層建築物的空間構架 290
- ⑤ 囊胞式建築 295

建築物插圖說明 299

參考資料 309

索引 317

第一章

導論

高層建築與城市之間有著密切關係，它是人口集中、土地不足和昂貴地價下的自然反映。高層建築之量體是出自設計工程師們對於周遭環境狀態的闡釋，以及他們對建築使用目的之反應下所發展演進的結果。一座高層建築可以自由聳立——也就是說，垂直且細長的或水平而龐大的——或者和其他高樓建築（Tall buildings）緊鄰而形成一建築群區。於以上兩種情況中，建築物在基本上是個隔離獨立的物體。然而不論未來的高樓建築能成為一大的建築有機體中多麼必要的一份子，城市仍是由多階層活動系統（Multilevel movement systems）所相互結合之建築群或活動單元的所在地。

所謂高層建築，其範圍從十層以上一直高至超過一百層皆稱之。要決定一座建築的高度或量體須經過一相當複雜的規畫程序。有些因素必須考慮的是業主對土地使用的需求，以及和周遭環境相關連的土地位置所在。例如提供該建築物及其使用者必要的設施，或者該建築的生態衝擊以及景觀上的風景特性等等。

1 城市中的高樓建築

高層建築的發展動態一向是緊密地跟隨著城市的成長。隨著工業化年代而萌芽的都市進化程序，一直不斷地在世界各角落蓬勃興起。美國的這種都市化程序啓蒙於十九世紀；人們紛紛自鄉間移居至城市地區，因而迫

2 高層建築結構

使城市人口密度節節上升。由於人口壓力而發展出輕質鋼欄柵結構 (The lightweight steel cage structure) 、電梯和能源供應系統，這些乃是高密度垂直化城市所必須的科技。

在本世紀之初，每隔一條街道之間的建築街廓約廿層樓高，彼此以窄狹的街道相隔而形成市區峽谷 (Urban canyons) 。最受關切的問題乃在如何於一塊極小面積之土地上安置大量的人口。由於人和城市間所產生的擁擠和衝突像一個相互作用的有機體，幾乎已成了一個無法設計考慮的因素。有關公共活動場所對陽光、空氣和地面開放空間之需求，導致獨立建造的摩天大樓逐步演進。因為這種摩天大樓至少要能供應它所取代的建築街廓內的等量人口密度需求，所以它就要建造的更高。然而現代的科技已經太足以容許用一種經濟化之合理成本來建造單一的摩天大樓了。

從科技或材料空間的觀點而言，高樓建築的設計還相當地容易明瞭，然而有關行為空間的考慮事項，也就是人類需求和空間包容性的確認，則仍然停留在一個早期發展的階段。大樓內居民的相互孤立和老死不相往來，以及市井生活情趣的喪失是設計者正在極力克服的問題。

雖然城市中高樓建築的密度，在某種程度上受到分區管制規則的約束，但是此項設計並非建立在整個動態都市的結構關連上。而這種高樓建築群密集之都市環境的影響效果是極端重要的。像芝加哥 109 層樓且超過 $\frac{1}{4}$ 哩高的 Sears Tower，這樣的都市摩天大樓所產生之衝擊是非常顯明的。此座大樓的電力系統足以供應一個 147,000 人居住的城市需求，而它的複雜空調系統可供給 6,000 個住家冷氣。為數 102 部的電梯每天輸送 16,500 人到大樓的各個角落。這許多電梯可視為死巷街道系統 (The dead-end street system)，而空中梯廳 (The sky lobby) 好比廣場，經此人們可

從建築的某處到達另一處，且其中不是以乘坐直達快速雙層電梯（Double-deck, express elevators）到達另一空中梯廳，就是以乘坐區域性低速梭車電梯（Low speed shuttle elevators）的方式到達。由於建築物包含所有的必須設施及以舒適享受，理論上人們永遠離不開它。像購物、款待、休閒、健康、教育、安全、輸送、停車、公用事業、垃圾，以及衛生下水道等種種供應設施相當於一座小城市所需要的設備。這種尺度的一座建築物形成了大城市中的小城市。這樣錯綜複雜的交互作用系統之設計，不僅需要對都市四周，並且還要對其所處之環境作社會性的、生態性的、經濟性的，以及政治暗示性的種種系統規劃。

對許多都會區域而言，高樓建築是解決人口密度持續成長的唯一辦法。而不應以其會產生非人性的效果，就受到棄絕或僅視之為科技成就的象徵。相反地，教育性及其他的研究機構應加緊地對高層建築環境及其內容作有系統之探討，以改進其現狀。

2 高樓建築及其支撐結構

不論是作為公寓、辦公室、學校，或醫院這種單一使用目標，或是規劃為多目標使用之高樓建築，其設計工作都需要一個小組人員來從事於不同之設計控制、材料製造，以及建築營造。建築師要調合這群人員共同協力，以期使不同的材料、服務和活動部門發揮整體工作力量。建築師不再有設計自由，他不但受到摩天大樓封閉外形和建材之有效使用的必要性所限制，還要詳細考慮到更多有關於複雜安全性、火災，以及健康上必備設施等規範。

建築師必須將大樓作整體系統性之設計，其中實質支撐結構（The physical support structure）為隨著建築物之設計而成長的有機體；亦即結構不可個別

地視之爲工程師後來才會插進機能空間的不相關附加物。雖然這種設計方法應該應用於任何建築設計上去，可是以高樓之尺度而言，它需要相當複雜的結構支撐系統，其中物理的、環境的力量爲基本設計的決定因子是很重要的事。建築物必須抗衡垂直重力、地表上風的水平力和地下的地震力。建築物包覆（The building envelope）必須調解由於內外環境所形成之溫度、濕度，及氣壓上的差異。結構構材則必須經得起這些力量作用。又構材的設計安排和彼此連結，必須能夠吸收所有的這些力量，並且以至少的努力將這些力量安全地導入地下。

對前述這些力量及其來源很敏感，並且已對結構次序充分瞭解的建築師，都能夠於早期的設計階段中做出合理的設計。他能與結構工程師交換意見，因爲他也能說內行話。這也就是說，對工程原理具有基本認識的建築師能夠和結構工程專家合作以謀最佳善策。

結構構材是建築體的必要骨幹，而最能運用這些結構構材，以使它們清楚地展現建築物精神的人乃是建築師，因此也就確定並反映出包容不同活動系統交互作用之目的所在。

第二章

高樓建築的負載作用

作用於結構體上的負載都是由大自然或人類自身所造成的。也就是說建築物負載有兩大基本來源：地球物理的和人爲的（圖 2-1）。

這些由於大自然之持續變化所造成的地球物理力，可細分為重力、氣象力和地震力。由於重力的影響，因而作用於結構體上的建築物自重所產生之力量稱為靜載重，而且隨著建築物的壽命長短終其一身永無變化。曾經改變使用性質的建築物，也會於某段時間內因為重力效應而產生負載變化。氣象性負載（Meteorological loads）隨時間、地點而變化，且以風、溫度、濕度、雨、雪和冰等型態出現。而地震力是由於地殼的不規則運動（也就是地震）所引起產生的。

人爲負載之來源或許是由於車輛、電梯、機器等等所產生的各種震動，也或許是由於人和裝備設施的移動，也可能是爆炸或衝擊的結果。此外，在營造和施工階段中可將各種力量鎖入（locked）結構體內。而一個建築物的穩定性則需要有能誘導（induce）各種力量的預力行爲。

為建築物負載來源的地球物理力和人爲力是相互依存的。一建築物的量體、大小、形狀，和材料影響到地球物理力對其之作用。舉例來說，如果建築構材受到溫度和濕度變化反應的限制，則許多力量將被誘導入結構體內。

必須要對建築物負載作用的理論反應作仔細研究，才能確立未來問題之解決和結構效率的實現。設計師