

建築結構概念

薩瓦多里合著
郝嘉昌譯
劉嘉

臺隆書店出版

建築譯叢 IX

王錦堂主編

建築結構概念

薩瓦多里 合著
郝勒
劉嘉昌 譯

臺隆書店出版

建築譯叢 IX 建築結構概念 STRUCTURE IN ARCHITECTURE

主編：王錦堂 著者：Mario Salvadori, Robert Heller

譯者：劉嘉昌

發行所：臺隆書店 臺北市衡陽路75號 電話：3314807號

發行人：張宗河 郵政劃撥帳戶12935號

印刷者：永美美術印刷廠 臺北市中華路二段157巷2號

中華民國七十三年三月二十日五版發行

登記證 行政院新聞局局版臺業字第〇九八三號

有版權 不准翻印

定價新臺幣160元

譯者序

這是一本祇講觀念而不談數理解析的結構學，書中對結構的闡釋祇用文辭而不用符號與公式，在國外大學的建築系裏有開「結構哲學」這門課的，這本書就相當於這種性質。本書中包括的範圍很廣，討論到一些複雜的問題，舉凡結構系統、原理、變化以及其對視覺的反映，都有論列，尤其是着重近代結構系統，薄殼、膜、纜索以及充氣結構等。

本書的著作薩多瓦里教授曾在羅馬大學得土木工程及數學哲學博士學位。現任美哥倫比亞大學教授，並主持建築學院工藝系。

他也是一位職業的工程師，他曾參與設計紐約曼哈頓C B S鋼筋混凝土摩天樓、耶魯大學珍貴圖書館。是一位國際知名的薄殼專家，尤其是他是第一個在美國設計拉線屋頂的工程師。

他的協助人，羅伯特·希勒是維吉尼亞工藝學院工程力學系的教授。

結構本身不單單是一個支承建築空間的要素而已，它本身也是一個體系，它有它的個性、要求、與原則。「建築」固然是隨「機能」產生的，但「機能」也是遵循「結構的要求」而達成的，因為解決機能的方式遠較解決結構的方式為多！換言之，結構的限制遠較機能的限制為多的緣故吧！

目前世界各地那些矚目的名建築物，大多數是由結構而出發的，

如雪梨的歌劇院、道格拉斯航空站、IBM 大樓、柏林國家議會堂等。

譯者過去曾擔任建築師的工程師多年，讓我深深地覺得很少有建築師真的了解結構的行為（來龍去脈）（這種情形在國外好一些），在進行結構設計時，總是免不了要回頭修改建築設計，以附合結構的要求與原則。這是很浪費時間與金錢的事，也是建築進步的一項阻礙。假如一個建築師能對結構行為有深刻的了解，在初步設計時，可選擇適合於空間要求的結構系統，並能做合理的佈置，則留給工程師的工作，就變為輕鬆了；他也可能從結構的途徑上導出一個意想不到的成果。最低限度要知道，凡是簡單清楚而明瞭的結構系統，就是又合理而又經濟的系統。

譯者很早就想對專攻建築的人們來了解結構行為上做點事，但是，先是爲了忙生活，後來又忙着出國，就一直未能了却這個心願。這次是因爲主編人王錦堂兄請我來翻譯這本書，我想這也許可以用它來個開宗明義的第一章吧！（這方面的書有好幾本，但寫的方式均不同，有的是從建築形態出發的，而這本書是從行為出發的。）所以就慨然的應允了！

譯者深盼本書的出版能給國內的建築界帶來新的認識，則譯者幸甚！

譯者 1972/9/10 於丹佛

納威序

在這本撰寫得顧慮週全的著書中，薩瓦多里教授努力以赴的目的，乃是想把結構方面的理論與實務之間最嚴重的差距之一，予以消除。他的目標是想在結構直覺與結構科學知識之間，建築一座橋樑；前者多少是屬於意識的，是全人類所共有的，後者則是以數學上各項公理為基礎，將其實際的物理狀況作一明白的陳述。

在此一差距上建起橋樑是可能的，這沒有人懷疑，如果它實現了，該是十分受用的。

爲了創造一項結構，並配以恰當的比例，必須同時遵循直覺的和數學的兩種途徑。

遠古時代建有許多偉大建築，當時科學理論並不存在，這證明了直覺的效率和能力。

新的理論繼續不斷的在發展，其進步情形可能於更偉大、更大膽的結構工程中呈現。

如果在建築工程方面日益增加的繁劇活動中所遭遇到的種種新問題，能在結構的創造上一一予以有效解決的話，我們人性的直覺能力，和非人性的，客觀的，切實的，活力充沛的結構科學，必可臻於和諧的結合。

換句話說，理論必須在直覺中尋覓出一種能賦予各種公式以生命的力量，使其更具人性和理性，而減少其非人性的技術脆弱性。另一方面，各種公式必須能給我們精確的結果，能使我們可以「最少的支出而獲得最大的效果」，蓋因這是全人類活動的終極目標。

薩瓦多里在本書中常舉出明顯，而且有時是最淺近的例子，目的是在統一此兩種觀點（以前我幾乎老是說，這兩種心理狀態），如果要這兩種觀點能使所有偉大結構產生本質上的統一，必須將之投入一種獨一無二的綜合程序之中。

未來的建築師，如果能對本書作深度的研讀並加以思考，他會發現，它是相當有用的，因為即使是他們把一個結構的最後計算委由專業人員去做，但首先他們必須自己去創作出來，並作成正確的比例才行。祇有如此，才能使一個健康的，富有生氣的，更能美觀的結構產生。

薩瓦多里教授能承擔這一件決非輕易的工作，我覺得我們應該特別的感謝他。

庇爾·魯奇·納威 (Pier Luigi Nervi)

著者序

本書之撰述，係以下列人士為對象：

喜愛美觀的建築物，而想明瞭這些建築物如何能屹立不墮者；

想設計出美觀的建築物，而又要這些建築物能屹立不墮者；

曾經設計過美觀的建築物，而想知道這些建築物能屹立不墮之道理者。

本書所敘述的各種結構觀念，曾於一九五五至一九六〇年在普林斯敦大學建築研究所，用數學的方式講授過，由一九六〇年迄今則在哥倫比亞大學之建築研究所講述。由一九六一年起，此等觀念省去數學部份乃作為哥倫比亞大學建築系新生的課程，並以羅伯特·希勒(Robert Heller)所製作的各種模型及影片作為輔助教材。

本人深切的感謝下列人士：

羅伯特·希勒博士，他是我的朋友，同事，而且是合作研究的人，他協助構想說明圖，並提供許多建設性的意見；

保羅·威林格 (Paul Weidlinger)，他是我的朋友，同事，他是我在結構上的良知支持者，並代為校閱手稿；

我的學生們，對於我這一套「結構牢雜子」，竟能欣然接納；
我羅馬大學的理論數學老師們，他們把我腦子所想的轉變為數學形式，而且常容許我超越此限度；

查爾斯·R·考伯特 (Charles R. Colbert)，我的朋友，哥倫比亞大學院長，他鼓勵我嘗試結構方面這條直覺途徑；

慕爾·甘德 (Merle Guenther) 夫人，她專誠的打字整理我的手稿；

學徒廳 (Prentice Hall) 的尼古拉斯·C·羅曼納利 (Nicholas C. Romanelli)，及羅伯特·卡羅拉 (Robert Carola) 兩先生，為本書作設計，並在編排上諸多協助；

費利克斯·古柏 (Felix Cooper) 先生，幫忙繪製插圖；

此外，尚有許多朋友，在此其姓名不勝一一枚舉，他們在集思研撰本書的短促而緊縮的數年期間，惠予關注支持，本書始得完成。

麻里奧·薩瓦多里 一九六二年六月於紐約

目 錄

譯 者 序

納 威 序

著 者 序

1 建築結構

1.1	歷史發展.....	4
1.2	當前建築意趣.....	6
1.3	建築師與工程師.....	7
1.4	結構與直覺.....	8

2 結構負荷

2.1	結構之用途.....	12
2.2	負荷.....	14
2.3	靜負荷.....	16
2.4	活負荷.....	19
2.5	熱與沉陷負荷.....	22
2.6	動力負荷.....	28

3	結構材料	
3.1	結構材料之基本性質	38
3.2	材料常數與安全因數	44
3.3	現代的人造材料	48
4	結構要求	
4.1	基本要求	56
4.2	平衡	56
4.3	穩定	62
4.4	強度	66
4.5	機能性	68
4.6	經濟	69
4.7	美觀	72
4.8	最佳結構	74
5	應力的基本狀況	
5.1	簡單張力	78
5.2	簡單壓力	81
5.3	簡單剪力	86
5.4	簡單彎力	92
6	張力和壓力結構	
6.1	纜索	98
6.2	桁架	108
6.3	索拱	116
6.4	纜索屋頂	118
6.5	空間結構	126

7 樑

7.1	懸臂樑	132
7.2	簡支樑	144
7.3	固定樑與連續樑	152
7.4	二次彎曲應力	160

8 框架與拱架

8.1	連樑柱	168
8.2	簡框架	170
8.3	複框架	178
8.4	山形框架與拱架	185
8.5	拱屋頂	196

9 結構行為要點

9.1	簡單應力如何簡單	202
9.2	最大應力	206
9.3	塑性流變的重要性	214

10 格子樑、平板與摺板

10.1	負荷之双向傳遞	224
10.2	矩形格子樑	226
10.3	斜格子樑	234
10.4	板	236
10.5	肋板	252
10.6	板之保留強度	256
10.7	摺板	262

11 膜

11.1	膜	272
11.2	膜應力	281
11.3	膜之主曲率及主應力	286

12 薄 殼

12.1	抗型結構	294
12.2	曲率	296
12.3	旋轉面	302
12.4	平移面	304
12.5	直線面	308
12.6	複合面	312
12.7	圓屋頂之膜作用	316
12.8	圓屋頂之彎曲應力	322
12.9	圓筒之膜作用	330
12.10	圓筒之彎曲應力	332
12.11	同向平移殼之應力	342
12.12	鞍狀殼作用	344
12.13	海扇及其他類型之殼	350
12.14	薄殼施工問題	354

13 結 論

13.1	直覺與知識	360
13.2	質與量的知識	361

Structure in Architecture

Chapter One

建築結構

1.1 歷史發展

結構是建築中的基本構件 (component)，它永遠是這樣。無論是人們爲自己或是爲家人構築一簡單的窩棚 (shelter)，或是圍築一寬敞的場所，作爲千百人禮拜、交易、議政、或娛樂之用，都必須依各種材料形成某種形狀，使用一定數量的材料，來建造建築物，以抗拒地球的引力和其他危險的負荷。它必須能抗禦風雨、雷電、地震、及火災，並在可能範圍內，其所耗用的勞力和材料，對建物之效用而言，必須是合宜的。從極早時期起，人類即具有美感的能力，一切構築的構想，都是依據某些美學的原則而形成，此一觀點，常比強度和經濟的要求，更來得迫切。

因此，可能結構總是被認爲是極爲重要的，而且就某一意義言，是決定建築的因素。然而，事實又不盡然。往昔甚至現代所建造的莊嚴堂皇的建築物，有許多就顯然未曾重視其結構之適當與否。萬神殿 (parthenon)，其富麗堂皇如斯，其大理石結構形式，係典型的木構造，就其結構而言，則是一種錯誤。事實上，木材是一種能承受張力的材料，而水平方向的構材 (element) 須具有抗張力和抗壓力，用木材最爲合適，而石材祇能承受壓力。水平構材使用石材，必須減小其長