

A

Architecture Dramatic 丛书

建筑结构设计精髓

[日] 深泽义和 著
刘云俊 译

· 写给建筑师的结构设计读本

中国建筑工业出版社

Architecture Dramatic



Architecture Dramatic 丛书

建筑结构设计精髓

[日] 深泽义和 著

刘云俊 译

中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字：01-2008-5852 号

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构设计精髓/ (日) 深泽义和著; 刘云俊译.

北京: 中国建筑工业出版社, 2010. 12

(Architecture Dramatic 丛书)

ISBN 978-7-112-12495-4

I. ①建… II. ①深…②刘… III. ①建筑结构 -
结构设计 IV. TU 318

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 188290 号

Japanese title: 'Ii-Kenchiku'wo tsukuru Kouzou-Sekkei no Essensu
by Yoshikazu Fukasawa

Copyright © 2007 by Yoshikazu Fukasawa

Original Japanese edition

published by SHOKOKUSHA Publishing Co., Ltd., Tokyo, Japan

责任编辑: 白玉美 刘文昕

责任设计: 陈 旭

责任校对: 马 赛 姜小莲

Architecture Dramatic 丛书

建筑结构设计精髓

[日] 深泽义和 著

刘云俊 译

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京嘉泰利德公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/32 印张: 7¼ 字数: 208 千字

2011 年 1 月第一版 2011 年 1 月第一次印刷

定价: 25.00 元

ISBN 978-7-112-12495-4

(19707)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前言

所谓“好的建筑”，究竟是指什么样的建筑呢？

对这一问题的看法也许会多种多样的。由于建筑物是一种结构物，因此如果有人认为“完美的结构形式是好的建筑的条件”，恐怕谁也不会反对。亦即，“好的建筑”必须具有“好的结构”。

基于这一点，建筑师要想造出“好的建筑”，都必须殚精竭虑、采用各种方法设计出“好的结构”。

然而，作为方法之一的结构技术并不简单。说起结构技术，原本给人感觉就是在沙场上堆堆沙山，或是将木材堆积在一起。这就像在延长线上做游戏一样，只需利用初步的数学、力学和材料学知识就完全可以搞定。可是，随着科学技术的发展，如今的结构技术精细多了，而且涉及的领域亦更加宽泛。为了能够很好地运用结构技术，或许有必要对从前的相关知识进行一些梳理。

有鉴于此，作为本书编写的一大原则是，不仅对结构技术的基础知识给予足够的重视，而且还具有针对性地涉及各种实践技术，并尽可能把结构技术阐述得简明易懂。

但是，现今的建筑设计实务，一般都是通过建筑师与结构工程师的互动来完成的。人们普遍认为，这种互动的重要性体现在，可以让合作顺利地进行下去。本书的内容亦试图让建筑师们认识到，具备一定的结构技术水准，也是这种合作的充分条件之一。这也许并非是轻而易举就能够做到的，

但笔者期待书中的一些内容，可以用做建筑师与结构工程师合作的题材。

说起要处理的结构种类，我们将较熟悉的大厦型的建筑，即由基础、柱、梁、楼板和墙壁组成的结构作为重点。采用的结构材料主要是混凝土和钢材之类；木质结构则没有列为研究对象。尽管如此，笔者认为，随着对本书内容理解的不断深入，其他一些结构类型也同样能够掌握。

第1~5章讲述的，主要是有关结构设计基础、材料的结构性和力学原理等内容。对于这些知识，读者想必已经学过很多。即使从设计实务角度被认为很重要的，即真正掌握基础知识并能够实际应用，要做到这一点似乎也没有必要从头到尾泛泛地讲解。从这一观点出发，在书中的前5章我们只打算较细致地讲述最基本的东西。读者只要做到理解就可以，不必加以记忆。只需将其放在身边，当用得到的时候，可便于翻阅和查找。

第6章和第7章，讲述了结构设计的目的和进行的方法。截至第5章，读者对有关结构设计的基础知识应该有了一定的了解；不过，那还只是知识而已。仅靠掌握的这些知识，并不能自动地生成结构设计，还需要一种打算做点儿什么的意向。即确认结构设计的目的和目标。只有这样做，才能够朝着寻找优秀结构设计方法的方向发展。

我们在这里坚持的那种确保安全并非结构设计唯一目的的主张，也许会招来人们的一些非议。

如上所述，自第1~7章的内容，可以应用到个别的结构设计中；但作为实践的帮手，从第8~10章，则针对一般性的结构设计课题结合多个实例来进行讨论。

第11章的内容，则是对结构工程师进行的具体结构设计

实务中的结构图、结构计算书和监理的内容及意图所做的说明。希望读者通过对这些内容的了解，能够与结构工程师的合作更加密切融洽。

但愿本书可以对建筑师与结构工程师的合作有所帮助，并通过他们富有成效的合作，营造出更多的“好的建筑”。

目 录

前言	3
----	---

第 1 章 恰当地利用钢材和混凝土

1 钢材的力学性质	12
2 选择钢材的方法	18
3 混凝土的力学性质	21
4 防止混凝土收缩龟裂的对策	24
5 选择混凝土的方法	27
6 选择钢筋的方法	30

第 2 章 有关梁的力学一般性问题

1 抗弯刚度与弯矩	36
2 悬臂梁的力学	40
3 悬臂梁力学应用	45
4 简支梁的力学	49
5 简支梁力学应用	52
6 两端固定梁的力学	54
7 简支梁与两端固定梁比较	58
8 一端固定、另一端支承梁的力学	60
9 格子梁的力学	63
10 连续梁的连续	64

第3章 了解框架的结构分析

1 框架结构分析原理	72
2 分析弹性变形和塑性变形的的方法	73
3 塑性化的含义	75
4 结构分析的切入点	76
5 摸清力的传导方式	77
6 各个要素的荷载变形关系	80
7 支点的条件	82
8 节点的应力及变形	83
9 对框架结构分析结果的确认	84

第4章 了解振动分析

1 振动分析原理	90
2 特征值分析	94
3 即时响应分析	98
4 振动分析的利用	98

第5章 有关地基、基础和桩的力学 一般性问题

1 地基的力学性质	104
2 地内应力与沉降量	105
3 桩的力学	108
4 基础的应力	112

第 6 章 理解结构设计的目的

1 何谓结构设计	118
2 结构设计的目的	120
3 为达到目的要解决的课题	122
4 为达到目的应采取的方针	126
5 目标性能的设定	126
6 确定设计荷载的方法	131
7 临界值的设定	139

第 7 章 做到最佳化

1 构思的方法	146
2 假设的方法	149
3 最佳化的技巧	151

第 8 章 应对地震灾害

1 抗震设计的课题	156
2 应对地震灾害的措施	158
3 总体设计的重点	159
4 确保细部的可靠性	168
5 关于非结构构件的地震对策	172
6 对抗震诊断的考虑	177
7 抗震加固的方法	180

第 9 章 稳固支承建筑物

1 传导给地基的荷载	184
2 地基的强度	186
3 在冲积层的承载	187
4 判断打桩与否	189
5 桩的选择方法	191

第 10 章 在构筑坚固的柱、梁和 楼板方面下工夫

1 设法构筑结实的柱子	198
2 使梁强度高的关键	202
3 减轻楼板振动的方法	208
4 尽量让楼板薄一些	213

第 11 章 了解结构设计实践

1 结构设计图的构成	218
2 结构设计图的确认	219
3 结构计算书的构成	221
4 结构计算书的确认	224
5 监理方法	225
6 检查方法	228

后记	230
----	-----

第1章

恰当地利用钢材和混凝土

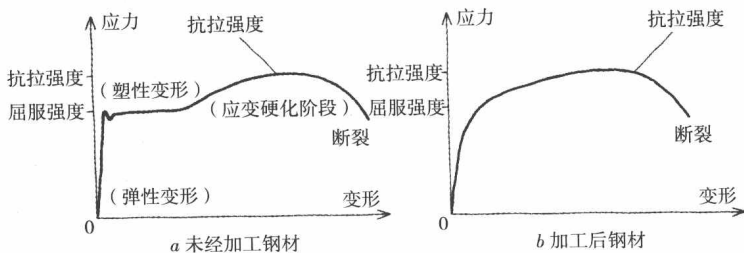


图 1 钢材的应力与变形的关系

钢材和混凝土是形成结构体的典型材料。了解它们的性质并能够恰当加以利用，是结构设计的基础。当然，从作为结构体这方面来讲，了解其力学的性质是第一位的。除此之外，最好事先在头脑里对钢材和混凝土的加工处理过程有一个较为清晰的概念。而且，由于结构体就是建筑物的本体，因此还应该从耐久性和是否美观的角度对其进行审视。只有在对上面的种种都了如指掌的基础上，才能够将“好的结构”变成现实。

1 钢材的力学性质

首先，让我们来讨论一下钢材的力学性质。

从弹性到塑性

当拉伸钢材时，最初钢材会随着拉伸力的大小，按比例伸展。但要不了多久，再接着拉伸下去，钢材便突然急剧伸展；这时，假如再进一步用力拉伸的话，钢材便会断裂。

图 1 则表现了这种力与伸展（应力与变形）的关系。如果换成力学的术语，我们把一开始的比例伸展部分称为弹性；急剧伸展阶段被称为屈服，并将这种状态看做是塑性化的表现；接着进一步被用力拉伸的状态叫应变硬化，随后即断裂。

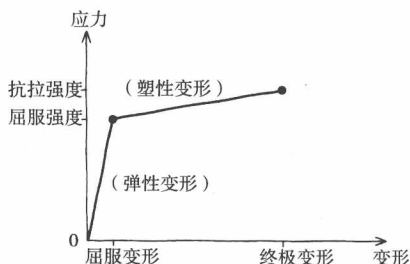


图2 钢材基本的力学性质

具有像图1 a那样典型性状的是未经加工的钢材；如果是经过冷加工的钢材，在像图1 b那样屈服之后，仍然可以伸展很长的一段距离。

仔细观察，二者之间多少有些区别；但在具有弹性变形阶段、塑性和拉伸到最后就会断裂，却是它们的共同性质。为了简单明了起见，我们把这一性质用图2来表示。图2表现的内容就是钢材力学性质的基本知识。

我们的目的是要正确地利用这种力学性质，从这一角度出发，有必要再对其内容和含义作些更详细的阐述。

首先是弹性变形阶段。这一阶段决定了不同材质的刚度，即弹性模量（ E ）。至于变形与应力的关系，则以 $\sigma = E\varepsilon$ 来表示。尽管钢材的种类形形色色，但其弹性模量却大体上是一致的，即 $2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 。

再来说说屈服点。由于钢材的种类不同，其屈服点的差异很大。有屈服点低至 100 N/mm^2 的钢材，也有用于高强度螺栓、屈服点高达 1000 N/mm^2 的钢材。通常情况下使用的钢材，其屈服点基本是 235 N/mm^2 和 325 N/mm^2 。在超高层建筑中，有时也采用屈服点为 440 N/mm^2 的高强度钢材。

现在，我们将 $\sigma = 235 \text{ N/mm}^2$ 代入刚才表示变形与应力关系的式中，结果 $\varepsilon \approx 0.001$ 。这样，我们就了解到，普通钢材只要产生 0.1% 左右的变形，就会进入屈服状态。

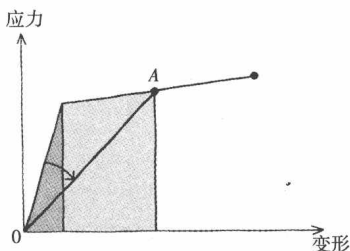


图3 塑性化阶段的能量与等效刚性

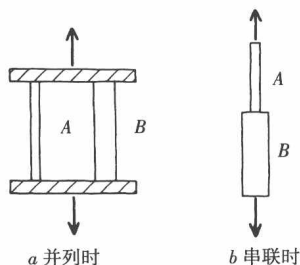


图4 拉伸两种钢材时

钢材的塑性变形具有重要作用

实际上，钢材在屈服以后的塑性变形阶段具有重要的意义，让我们试着对这一点做些考察。

如图3所示，假如用力使钢材塑性化，直达A点。这时，钢材内部聚集的能量会扩展到整个网影部分。将其与处于弹性阶段的三角形阴影部分的能量相比，可以看出要大得多。

然后，再将A点与原点连接，这条斜线可以用来表示刚度。与弹性相比，刚度则显得很低。低的刚度虽然也是一个不足之处，可是从另外的角度看，有时也是一个优点。

如图4所示，同时拉伸两种钢材，假设其中一种钢材已经塑性化，它的刚度自然也很低，分配到它上面的力在减少；而将更多的力转移到另外一种钢材上。这样一来，两种钢材的能力都得到了充分的发挥。

同样，我们再试着考察一下将两种钢材串联布置的状况。当其中一种钢材塑性化之后，则另一种钢材开始拉伸，作为整体其拉伸程度都已达到极限。这时，先已塑性化的钢材必须具有这样的强度，即在另一种钢材拉伸之前它不会断裂。我们把屈服强度相对于抗拉强度的比值称为屈强比（= 屈服强度 / 抗拉强度）。这一比值越小越好。

在实践中，一般都像图5那样，在一根做拉伸试验用的



图5 在拉伸材料上开孔时



图6 屈曲

钢材上钻个孔，这个孔关系到拉伸试验时的安全性。钢材带孔的部分其应力当然要大些，并会先于其他部分塑性化。然而，正因为开孔后钢材有了缺陷，屈服比也变小，在断裂之前，其余部分已经塑性化。作为整体，其拉伸能力发挥到了极致。

从拉伸能力的角度看，具有很大的图2中的终极变形值十分重要。终极变形相对于屈服变形的比值被称为伸长率，它是拉伸能力的指标。

钢材利用要点

我们现在整理一下此前讲述的有关合理利用钢材性质的原则，基本是如下两点。

- ①如果需要较大的弹性强度，则选择高强度的材料；
- ②如果有可能塑性化，则选择屈服比小、拉伸能力强的钢材。

压缩和屈曲

让我们再看看压缩钢材时的情形。压缩与拉伸时的情况基本相同，但成为问题的是，会产生一种被称为屈曲的奇异现象。因此，有必要考察一下屈曲现象究竟是怎么回事。

如图6所示，读者一定都有过这样的经验，假如用力向下压直立的钢条，钢条会突然弯曲。我们把这样的现象称为屈曲。由于这时弯曲的钢条具有一定的弯矩，因此只要这样

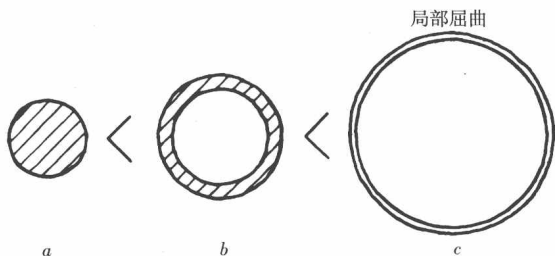


图 7 相同截面面积的屈曲强度

继续压下去，最终钢条会被破坏。

现在再来看看钢条的截面。很显然，如图 7 所示，即使截面积相同， b 则比 a 更不容易弯曲；当然，由此也可理解屈曲同样是困难的。这就是我们将在后面“梁的力学”部分（第 5 章）还要加以阐述的抗弯刚度的重要性问题。

另外，还有一个弯曲形式问题。为了抑制钢条的屈曲，任何人都能想到像图 8 那样压住钢条的中间位置。在这种情况下，钢条会像图中那样出现两段 $1/2$ 的弯曲。假如是这样的弯曲形式，与钢条中间未被压住的场合相比，则需要 4 倍的力才能够使其屈曲。

假如为了加大钢条的抗弯刚度，制成图 7c 那样较薄的截面，一旦产生屈曲，则完全是另一种状态，即出现像图 9 那样被称为局部屈曲的不稳定现象。

承压钢材使用要点

综上所述，我们可以了解到，为了合理地使用承受压缩力的钢材，就必须注意钢材的屈曲现象。下面列举几条承压钢材使用的原则。

- ①加大抗弯刚度；
- ②截面不能过薄；
- ③根据需求和可能，防止横向移动。