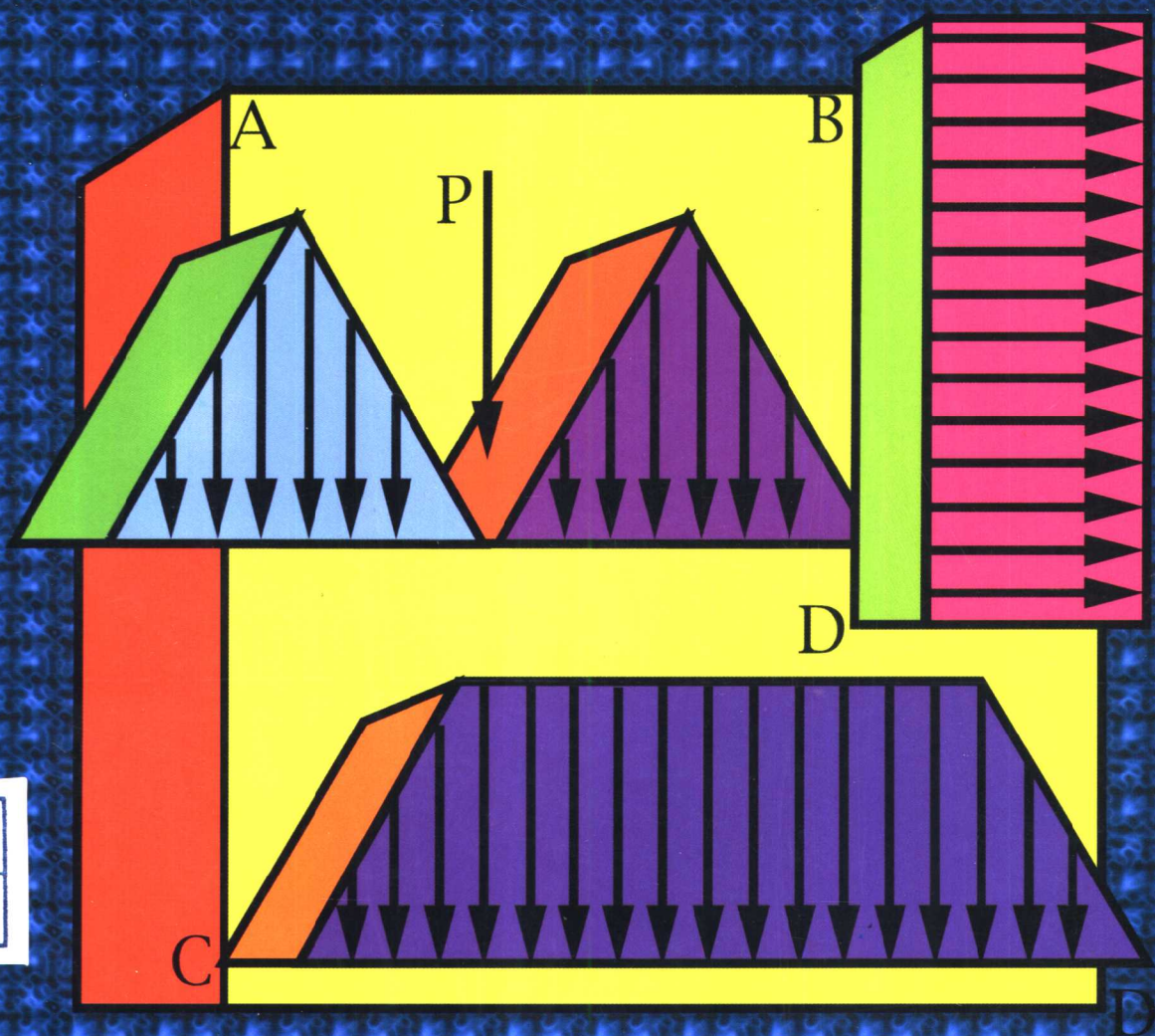




建筑结构 设计计算

HM 科学丛书 2000 OHM 科学丛书 2000 OHM 科学丛书 2000 OHM 科学丛书 2000 OHM 科学丛书

〔日〕 山田 修 著



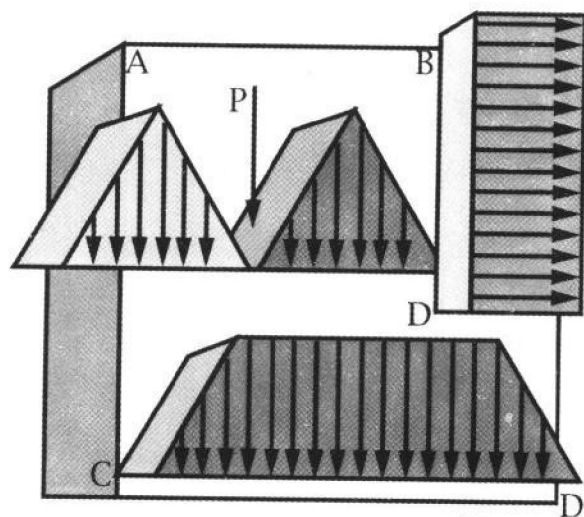
科学出版社 OHM 社

TU3
9.

OHM 科学丛书

图解建筑结构 设计计算

〔日〕 山田 修 著
卢有杰 译
卢莉云



111260

科学出版社

OHM 社

图字:01-1999-1848 号

Original Japanese edition

Yasashii Kenchiku no Kozo Sekkei Keisan

by Osamu Yamada

Copyright © 1998 by Osamu Yamada

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition is co-published by Ohmsha, Ltd. and Science Press.

Copyright © 2000

All rights reserved.

本书中文版版权为科学出版社和 OHM 社所共有

やさしい建築の構造設計計算

山田 修 オーム社 1999 第1版第2刷

图书在版编目(CIP)数据

图解建筑结构设计计算/[日]山田修著;卢有杰,卢莉云译.-北京:科学出版社,2000.10
ISBN 7-03-004180-1

I. 图… II. ①山…②卢…③卢… III. 建筑结构-结构设计-计算方法-图解
IV. TU318-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 64138 号

北京东方科龙电脑图文制作有限公司 制作

科学出版社 OHM 社 出版

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2000 年 10 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2000 年 10 月第一次印刷 印张:11 3/4 插页:2

印数:1—4 000

字数:265 000

定 价: 30.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前言

建筑结构设计领域,由于办公自动化而完全实现了程序化。完全程序化体现在建筑设计制图方面,就是采用 CAD 技术。结构设计程序化和制图 CAD 是现代两项巨大的技术革新。

但是,在实际建筑结构设计中使用时,如果不知道如何选择适合于具体结构的程序,不知道如何判断程序计算过程是否正确,该设计就会变成只能听命于机器操作的“架空设计”。而判断的标准,就是身为结构设计基础的结构力学,就是用手做的结构计算。

所有的 CAD 程序系统,都立足于这个基础和用手做的结构计算之上。忘记了这一点,认准“计算机设计的才正确”的人,在年轻的结构设计人员和学生中间大有人在。

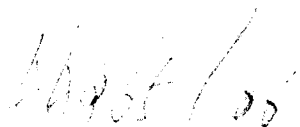
这本书就是打算奉献给这些人的。本书以本人旧作《图解钢筋混凝土与钢结构设计基础知识》为基础,使用了现代结构设计用的国际单位制(SI)单位之后,重新改写而成。

例如,混凝土设计标准强度、钢筋长期允许应力等就分别写成了 $F_c = 210\text{N/cm}^2$ 和 $SD295A = 1600\text{N/cm}^2$ 。

为了掌握建筑结构设计,“基础学习”的重要性即使在机械化与省力化不断进展的今天,也仍然与昔日一样。基础是变不了的。

最后,对于本书编写时从实际工作的立场给予指导的青柳英之先生(青柳结构设计有限公司)、为本书提供资料的关西建筑设计事务所协会以及给予了照顾的欧姆出版社各位先生,在这里特别表示深深的谢意,真诚地十分感谢。

山田 修



写在学习本书之前

建筑物的结构在所有载荷作用于自身时不但不能破坏、不发生形变或振动,还要牢固地站立于大地之上,保护活动于建筑物内外的人们安全。

为了设计出安全的建筑物,必须充分研究建筑物的用途、规模、地基条件以及结构材料等各种各样的设计条件,制定出适合于该建筑物的合理的结构规划是非常重要的。此外,还应当考虑材料的经济性。一言以蔽之,就是如何建造安全而又结实的建筑物。

在这一阶段,运用建筑物的一般设计知识以及结构力学的基础知识,就要像用自己的手足一样自如。所以,建筑物安全性和经济性这一大局,可以说在结构计算前一阶段的结构规划时就已经确定了。这就是人们常说的,“设计高明否,全由规划定”。

这样,根据结构规划确定了骨架形式和布置等事项之后,才转入结构计算的具体作业。由于计算作业的性质是手工操作,要有一定顺序。首先从荷载计算开始,经过内力和各构件以及连接的计算,最后再计算基础,至此,结构计算的流水作业才算结束。在上述操作过程中,将立体结构物分解成若干平面骨架,将风压和地震力动荷载作为静荷载计算,将活荷载当作均布荷载,将建筑物当作弹性体处理等,都作出了与建筑物实际状态有相当不同的假设,思考方法也相当不同。

另外,在考虑了所用材料长期和短期内力产生的允许应力之后,在将各结构构件的设计内力控制在允许范围之内的时候,还应考虑最不利的内力组合(参照下表)。

内力组合表

内力种类	荷载状态	一般地区	建设省令第86条2项补充说明的多雪地区	备 注
长期内力	平 常	$G+P$	$G+P+S$	
短期内力	积雪时	$G+P+S$	$G+P+S$	
	暴风时	$G+P+W$	$G+P+W$	研究建筑物倾覆、柱的拔出情况时, P 的数值可减少。
			$G+P+S+W$	
	地震时	$G+P+K$	$G+P+S+K$	

符号: G 为恒载内力;
 P 为活载内力;
 S 为雪荷载内力;
 W 为风荷载内力;
 K 为地震荷载内力。

计算内力或各构件时,必须非常灵活地运用在结构力学中学习到的基础知识。

钢筋混凝土结构计算已经有一个格式化流程,按照这个格式化程序,一步一步地走下去,就能大致领会其要领。钢结构设计的重要之处,在于决定使外荷载能够顺畅地通过各构件,并直接从基础传到地基上去的骨架形式和柱的布置。随后的各构件,若遵循一个程序化的流程,计算起来就比较简单了。

就结构规划整体而言需要指出的是,“初学者应当注意避免复杂的平面和立面构成,构件及其布置应当匀称”是最保险的方法。也正是这一点,从设计构思的角度来看,反而成了经得起推敲的一种方法。有了好的结构,好的构思也就有了。

那么,本书避免过于复杂的理论说明,各构件的截面假定也结合初学者的特点,试着以简单、扼要、大胆的文字加以介绍。因而,我们不下“那些数值正确”这种结论,只是作为一个大致标准请读者看一看,希望他们在把这本书当作结构设计入门而灵活使用的同时,产生进一步深入学习更高深的结构设计的愿望。

另外,因为已经作出了结构计算以外的各种规定,所以在绘制结构图纸时,还请于计算结果之外遵守这类规定。在进行正式的结构设计时,请参考建筑学会的各种结构计算规范和说明等,继续深入地学习。

本书毕竟是作为“钢筋混凝土结构与钢结构结构计算入门”而写的,所以过于高深的理论或公式等等就舍掉了。尽管如此,不能说光看这本书不能搞钢筋混凝土与钢结构设计。

对于初级技术员承担的结构设计,只要如上所述灵活地使用本书就能触类旁通,所以请以看漫画那样的轻松心情从头至尾将本书读完。

此外,各节插入的建筑学会的图表等,如使用口取纸整理成的“某种图表”就能作为相当实用的业务资料而灵活使用。

请不要着急,一页一页地慢慢翻开看吧!

目 录

写在学习本书之前

第 1 章 钢筋混凝土结构设计

1.1 钢筋混凝土结构——“夫妻齐心协力建成之物”	3
1.2 结构布置是结构计算的基础	6
1.3 结构计算书形式与内容	10
1.4 作为内力计算的训练,扎扎实实地 做好准备计算	17
1.5 用弯矩分配法计算竖向荷载内力, 用武藤法计算水平荷载内力	26
1.6 梁的设计——受拉侧须配多少钢筋?	39
1.7 板的设计——好比是两个烤饼用的铁丝网 叠在一起	58
1.8 柱设计——钢筋关于重心对称配置	64
1.9 基础设计——什么事都是脚下重要	77
1.10 楼梯设计——看作支撑在墙体上的悬臂梁	86

第 2 章 钢结构设计

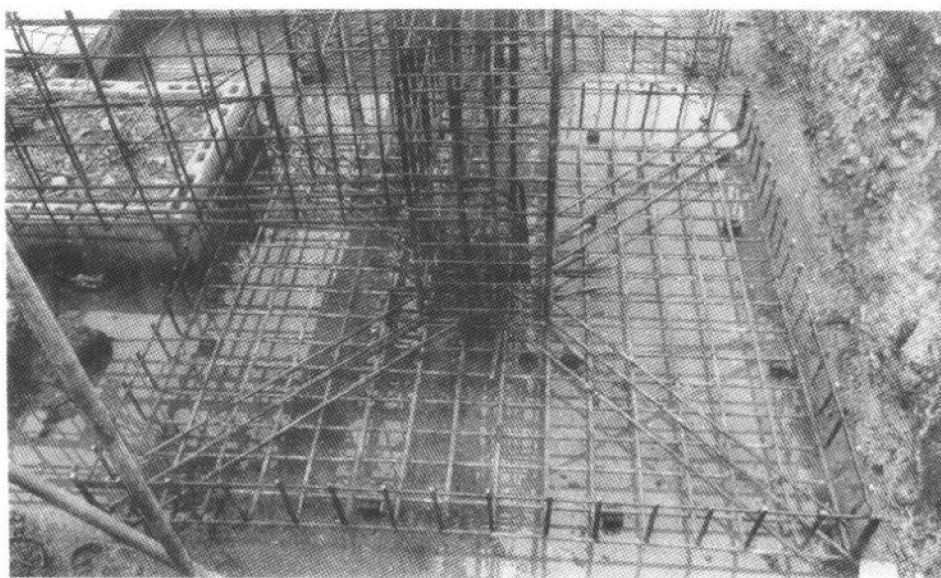
2.1 钢结构先生!不能过分相信其强韧性!	91
2.2 基本事项,抓住建筑物要点	94
2.3 板的设计——检查弯曲和挠度	102

2.4	次梁等设计——把 f_c 看成 f_t 假定截面	105
2.5	框架准备计算——以次梁为大致标准, 假定梁柱截面	110
2.6	主梁设计与连接计算——与次梁思路一样	122
2.7	柱设计——考虑轴力与对截面主轴的屈曲	129
2.8	柱脚设计——埋入式柱脚	137
2.9	基础和基础梁设计——注意偏心基础的计算	140
2.10	楼梯设计——当作倾斜简支梁处理	146

附 录

1	荷载及外力	151
2	截面的各种系数	156
3	主梁内力和挠度	157
4	截面特性表(1)	160
5	截面特性表(2)	162
6	截面特性表(3)	164
7	截面特性表(4)	166
8	截面特性表(5)	167
9	截面特性表(6)	168
10	截面特性表(7)	169
11	铆钉、螺栓以及高强螺栓螺距、行距标准	170
12	高强螺栓允许承载力表	171
13	建筑基准法有关结构强度的规定	171
14	结构力学主要符号	173
15	希腊字母	174

第 1 章 钢筋混凝土结构设计



▲ 柱脚部配筋

独立柱基础仅承担柱轴力，从柱传来的弯矩由刚性的基础梁承担（眼前的基础梁高度超过了一米）。

在混凝土垫层上面，基础底板配筋互相垂直，对角方向配加固筋。这样的作法使基础底板配筋对于冲切也能有效地发挥作用。

最近，为了便于配置柱筋，省略加固筋的例子很多。

梁的配筋 ▶

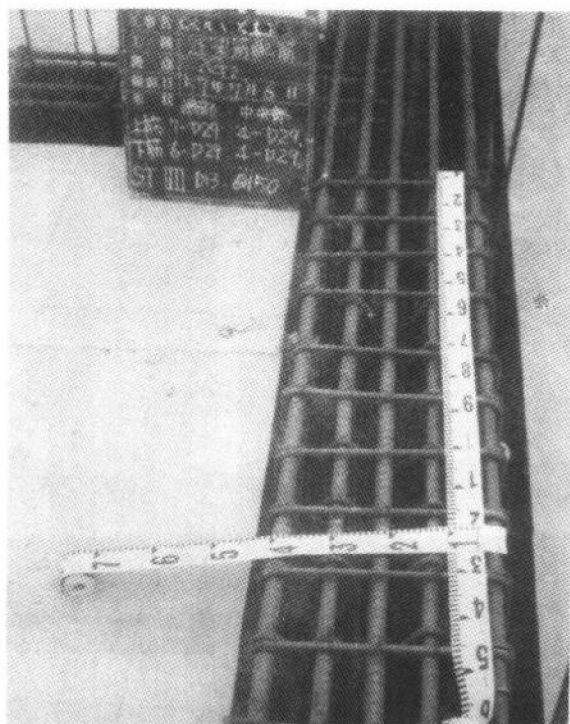
这是高层建筑2层的梁（50×80cm）端部配筋。D29，可是很粗的钢筋，这里是分两层配置的（上5根，下2根）（由表1.20可知，若用D13，5根→47cm，也可以）。

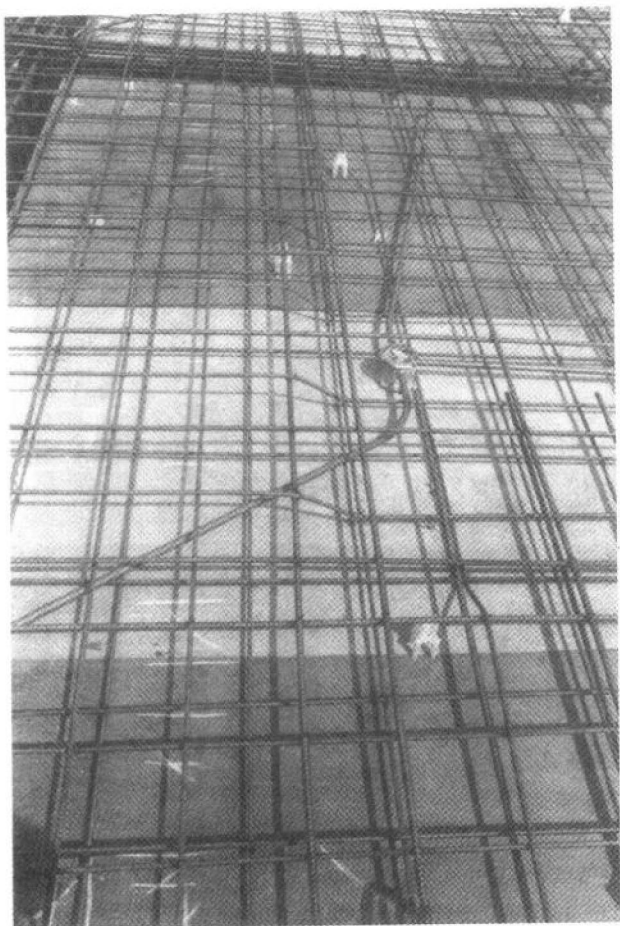
箍筋黑板上写的是双层布置，用D13，间距15cm。最小配箍率为0.2%以上

$$(\text{箍筋间距}) = \frac{5.8(4-D13)}{50(\text{梁宽}) \times 0.002} = 50.8\text{cm} ,$$

但是同1/2D(40cm)或者45cm以内比较起来，40cm也是可能的。

梁主筋一增加，箍筋当然也就增加。





◀ 楼板配筋

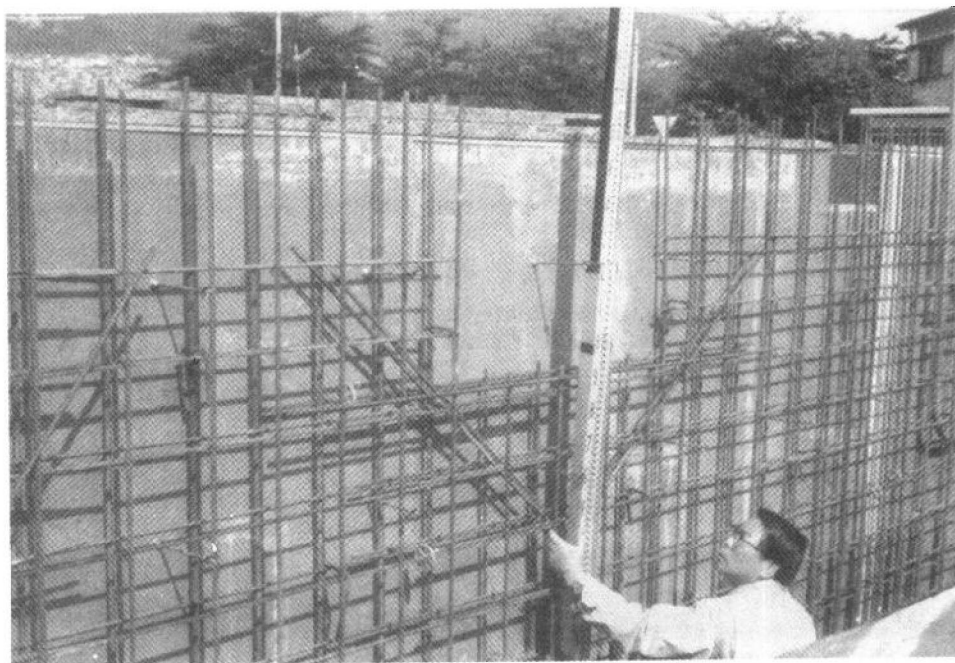
根据建筑学会钢筋混凝土结构计算规范修订本的规定，对于板厚度的要求严格了起来。同以前做过了的楼板相比，厚度必须增加2~3cm。这张照片中，板厚为15cm，而板配筋用了D13。

受拉钢筋弯折的位置，各方向都是在短向有效跨度1/4的地方。

弯起钢筋按照理论设计是好方法，但最近为了省事采用了双重钢筋网配筋方式。

▼ 抗震墙配筋图

抗震墙是承担水平力的重要结构构件。这张照片中，墙厚15cm，墙配筋双面用D13，横竖两个方向间距为20cm。上部开洞处四周配2-D13加固筋，在洞口四角处也配2-D13，且做成大V字形，大大地加强了开洞处。



1.1 钢筋混凝土结构——“夫妻齐心协力建成之物”

钢筋混凝土结构,英文是 Reinforced Concrete,字面意思是用钢加强了混凝土。

然而,如图 1.1 所示,钢筋混凝土结构使用了钢筋和混凝土这两种不同的材料,根据力学原理灵活地利用了这两种材料各自的长处,使其结合成为完整的结构物,非常有道理。

材 料	优 点	缺 点
钢 筋	① 抗拉强度高→ SD295A $\sigma_s f = 2000 \text{ N/cm}^2$ ② 有延性→ $E = 2.1 \times 10^6 \text{ N/cm}^2$ 应力应变曲线,证明了其延性	① 在压力作用下屈曲→由于是杆件,有向外 挠曲倾向 ② 耐火性差→像软糖似地弯曲下来,强度跟着降低 ③ 接触空气会生锈→形成氧化铁,从表面上剥落下来
混 凝 土	① 抗压强度较高 $F_c = 210 \text{ N/cm}^2$ $\sigma_c f_c = 70 \text{ N/cm}^2$ ② 很耐火→耐火性好 ③ 耐久性好→柱、梁混凝土保护层 做成3cm厚,等到其中钢筋生锈时, 约需60~70年	① 抗拉强度弱→计算截面时,取 $\sigma_s f = 0$ (抗拉 强度是抗压强度的1/10) ② 无延性→ E 比钢筋小, $E_c = 2.1 \times 10^5 \times \left(\frac{\gamma}{2.3}\right)^{1.5} \times \sqrt{\frac{F_c}{200}}$ 符号: γ 为混凝土容重 [t/m ³] F_c 为混凝土设计标准强度 [N/cm ²]

[注] 混凝土弹性模量代入常用的 $F_c = 210 \text{ N/cm}^2$, $\gamma = 2.3 \text{ t/m}^3$,则得 $E_c = 2.1 \times 10^5 \text{ N/cm}^2$,钢筋的 E_s 是 $2.1 \times 10^6 \text{ N/cm}^2$,所以说,钢筋的延性是混凝土的10倍。

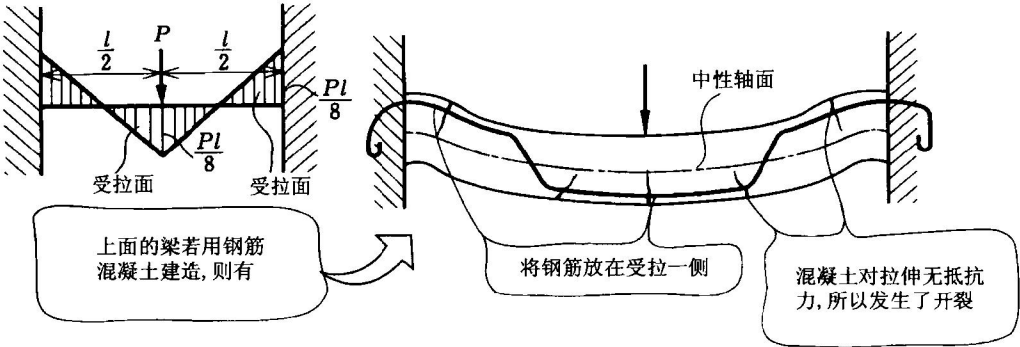


图 1.1

婚宴致辞

“诸位,想必都知道钢筋混凝土建筑物吧!”→

钢筋混凝土建筑物是由钢筋骨架与混凝土肌体构筑而成。

身体健壮的黑色钢筋先生是今日新郎,柔软蓬松的白色细粉混凝土乃今宵新娘。

全体愕然,这是与
会场气氛全然无关
的话,先发制人。

正如大家所见,新郎就像钢筋那样强壮,但若原样随便扔在那里,就容易生锈或受火烧之苦,最终会变得一无用处。即使没有这样坏朋友的诱惑,仅靠自己细长的骨架,也无法自立。将这些弱点严实而又温柔保护起来的,是这位刚拌和好的柔软混凝土新娘。

一方面,新娘虽然巾帼不让须眉,如同混凝土一样结实,永久地健康。但是,如果就是这样原样不动,一碰到拉力作用就会暴露出脆弱的本性,在关键时刻,混凝土由于没有延性,将破碎得一塌糊涂。实实在在克服这些弱点,作为建筑物中心而振作起来的,还是不屈不挠的新郎钢筋先生。

可是,也有人说“夫妻不是一家人”。这种说法的意思大概是由于成长环境不同,性格、性质当然不相同。如此这般,双方虽然是性质各异的两家人,一旦千里姻缘一线牵,互结连理之后,绝不指责对方缺点,主动地以己之长保护对方,互相依赖,何愁建不成坚固的建筑物。

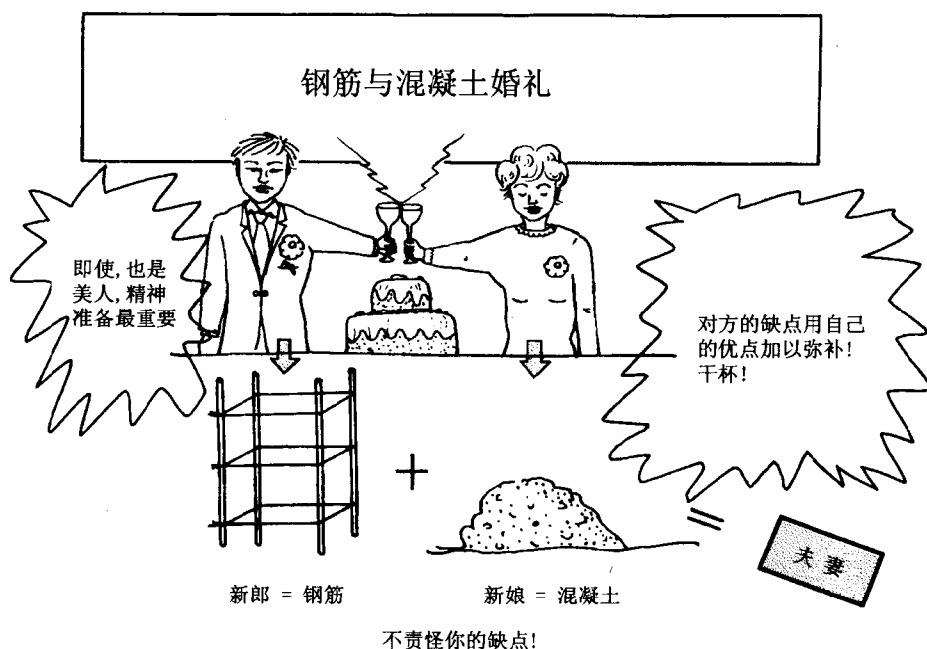


图 1.2

这种以深厚的友情支撑的“夫妻情丝”建筑物,叫做钢筋混凝土建筑物。

而且,这建筑物随着日月的流逝混凝土逐渐硬化起来,新郎即使想离婚,也自然一年比一年难。即使混凝土不硬化,为了使钢筋不从混凝土里拔出来,一般也在钢筋端部弯出钩来(类似于手指弯曲的姿态)。

这就好像新郎的手一下子弯过来搂住了新娘。也只有将钢筋弯折、切断,才绝对不会脱离新娘。要的就是这样!彼此紧紧拥抱,完全成为一个整体,只是一个时间问题。

有一句话要说给新郎听明白。调教新娘可是要趁着混凝土刚拌好的时候!现在,混凝土新娘照模板原样流进来,等硬化了以后,后悔可就晚了。为了避免以后“老婆固执起来,千斤顶也搬不动”的麻烦,这里对新郎多少有些偏袒,请新娘不要见怪!

不过,有一件事很合适。这就是两种材料线膨胀系数几乎都一样。钢筋伸长 1cm,混凝土若不跟着也伸长 1cm,建筑物可就没办法成为一个整体。主人如果说往右,夫人要不跟着也说往右,事情可就难办了。冬季时请一起收缩,夏季时一块儿伸长。

希望钢筋混凝土建筑物从今日起,新郎、新娘同心协力,牢固扎根于大地,经受一切考验和外力,做一个纹丝不动的、坚韧而牢固的建筑物。正像人间所言,“你活 100,我活 99,一块儿白头度春秋”,钢筋混凝土结构寿命长久。在这个百年人生出发的今日,祝愿钢筋新郎和混凝土新娘共同协力结合成一个紧密的整体。

1.2 结构布置是结构计算的基础

建筑物的结构计算仅仅是一个计算过程。结构计算的基础是根据结构力学知识制定的结构规划。

根据荷载、地基和场地条件等,对于设计构思时确定的平面和立面,还应从结构的角度再次进行全面充分的研究,包括平面和立面的形状、骨架、抗震墙布置以及地基的种类和形态。结构骨架简单,平面和立面都均衡,力的传递途径在理论上也能解释清楚是很重要的。即使建筑物形状复杂,也要设法将其整理得均匀整齐。其中一般注意事项由图1.3和表1.1表示。

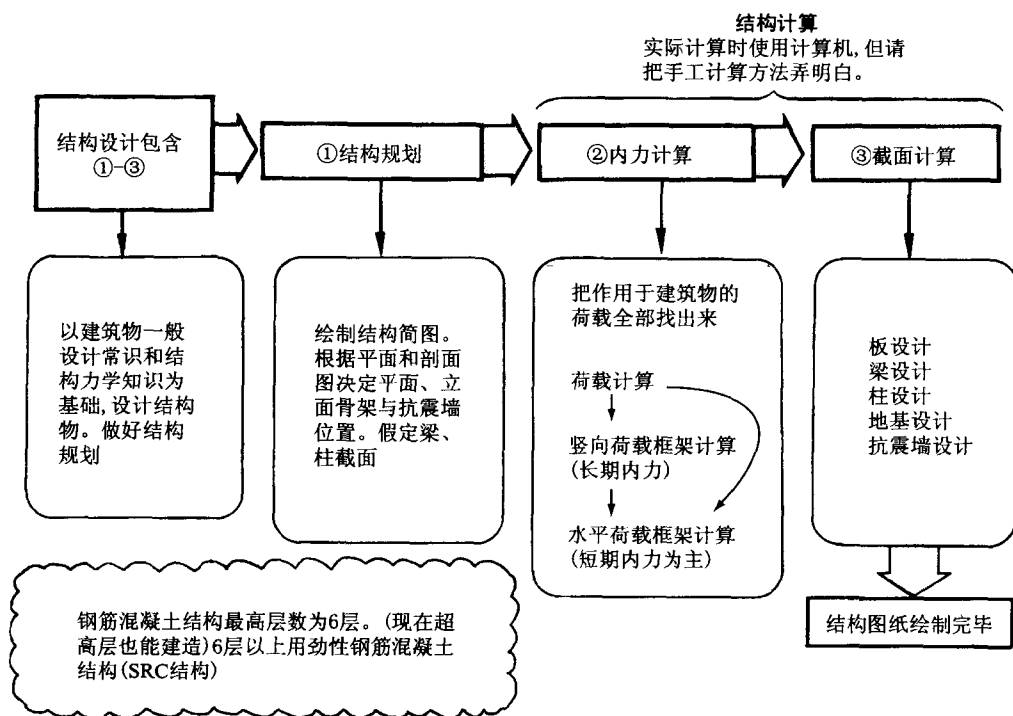


图 1.3

1.2.1 柱、梁截面假定

实际应用时,以表 1.2“柱、梁截面假定”作为大致参考标准。在内力计算之前假定柱、梁截面无论如何都是必要的。

但是,构件截面大,刚度比也就大,因此而承担的内力也就增加。另外,缩小混凝土截面积,就需要增加钢筋用量(从施工的角度,混凝土浇筑起来就困难了)。

表 1.1 结构规划注意事项

要 点	注 意 事 项	
平 面	①尽量用匀称的框架,对称的平面 ②抗震墙 x,y 两个方向都要均衡地布置(重心与刚心尽量一致) ③避免局部应力集中	
立 面	①高度一致 ②层数不同的建筑物,屋顶突出的建筑物,按抗震要求将建筑物分区,使用不同的结构 ③抗震墙上层与下层对齐	
梁	①D 为跨度的 $1/8 \sim 1/12$ (最好 $1/10$ 左右) ②$b = (1/2 \sim 1/2.5)D$ ($b = 30, 35, 40\text{cm}$) 【加腋的情况】 ③末端处 $D = \text{跨中的 } D \times (1.2 \sim 1.4)$ ④加腋高度 $\approx \text{跨中高度 } (1/5 \sim 1/3)D$ (最好 $\alpha \approx 20^\circ$)	
柱	①跨度 $\approx 5 \sim 9\text{m}$ (最好 6m 左右) ②$A = l \times l' = 30 \sim 50\text{m}^2$ (最好 40m^2 左右) ③截面:最上层为 $40\text{cm} \times 40\text{cm}$,每下一层增加 5cm	

[注] 梁、柱参照表 1.2 的截面假定表。

混凝土截面大,少用钢筋就行了(刚性大,延性就小)。若问哪个经济? 答曰根据当时市场材料价格而定。

总而言之,合适的混凝土与钢筋用量,应在基本保持平衡,保证最小混凝土截面的同时,还应该满足必要的钢筋用量。

表 1.2 柱、梁截面假定[cm]

构件	层	正方形柱或梁跨中		长方形柱或梁末端	
		$A = 30\text{m}^2$ 左右	$A = 40\text{m}^2$ 左右	$A = 30\text{m}^2$ 左右	$A = 40\text{m}^2$ 左右
柱	6 层	40×40	50×50	40×40	50×50
	5 层	45×45	55×55	40×50	50×60
	4 层	50×50	60×60	40×60	50×70
	3 层	55×55	65×65	50×60	50×80
	2 层	60×60	70×70	50×70	55×90
	1 层	65×65	75×75	55×75	60×90

续表

构件	层	正方形柱或梁跨中		长方形柱或梁末端	
		$A = 30\text{m}^2$ 左右	$A = 40\text{m}^2$ 左右	$A = 30\text{m}^2$ 左右	$A = 40\text{m}^2$ 左右
梁		$b \times D$	$b \times D$	末端加腋时	
	顶层	30 × 50	30 × 60	$D =$ 左栏的 $D + (10 \sim 20)\text{cm}$ 但是,没有必要时不要加腋(最近不加腋的例子很多)	
	5 层	30 × 55	30 × 65		
	4 层	30 × 60	35 × 65		
	3 层	35 × 60	35 × 70		
	2 层	40 × 60	40 × 75		
	1 层	40 × 65	40 × 80		

[注] ①表中数值是以 $F_c = 180\text{N}/\text{cm}^2$ 为大致标准假定的最小截面。因而当 $F_c > 180\text{N}/\text{cm}^2$ 时,可以减小截面。
还有,表中数值在没有抗震墙时以及让抗震墙承担全部水平力的 30% 时,可以分别减少 5cm。
②对于 3 层建筑物,从上向下顺序假定。也就是说,6 层→3 层,5 层→2 层作交替取值。
③跨度过小,柱子数就增加,柱和梁的截面不能按比例缩小,所以不经济。因此跨度大约 5~7m 较好。
④柱和梁,随着向下层走,每下一层增加 5cm。从计算和施工的角度不采用 2cm,3cm 这样零碎的数值。

1.2.2 抗震墙的布置

抗震墙是承担水平力的重要结构构件,所以平面和立面的布置都应均衡(参见图 1.4),其四周以柱和梁充分加固。

[说明]

- ①墙厚 12cm 以上,而且为墙壁内侧高度的 1/30 以上。
 - ②墙配筋用 D10 以上,间距在单层配筋时为 20cm 以下,而在双层错列配筋时为 30cm 以下。
 - ③墙厚在 20cm 以上时配置双层筋。
 - ④开口处周围加固筋(四角处用斜筋)全部使用 D13 以上。
- 作用于抗震墙的水平力(地震力),如果同抗震墙连结的基础坚固,就可以让抗震墙承担相当大的力,但是在实际应用时也可以将表 1.3 作为大致的标准。

表 1.3 抗震墙水平力的分担比例

层	对于某楼层全部水平力,该楼层抗震墙水平力的分担比例(%)
6	10 ~ 20
5	20 ~ 30
4	20 ~ 30
3	30 ~ 40
2	30 ~ 40
1	40 ~ 50
	(在地下 1 层以下四周全都是外墙时,50 ~ 60)

[注] ①表中数值以墙的平面布置占 x 方向(y 方向)全部跨度数的 1/3 以上的情况为标准。
②墙的布置占 x 方向(y 方向)全跨度数的 1/4~1/5 时,表中数值减少 20% 左右。
③实际计算时,以水平力分布系数 D 验算抗震墙分担的水平力比例。

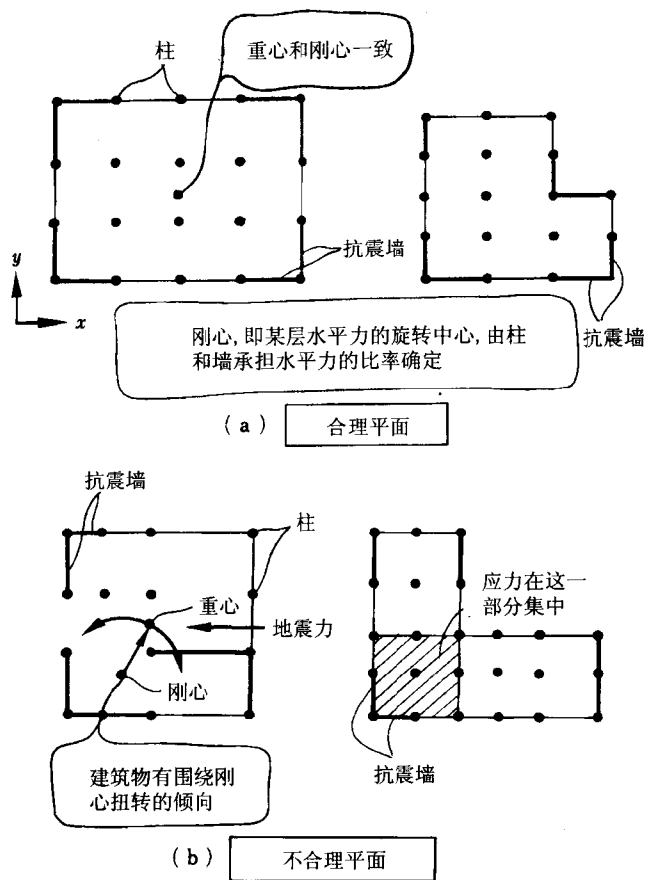


图 1.4