

建筑结构

计算入门

浙江科学技术出版社



Jianzhu

Jiegou

金琛
金国强
金国砥

编写



建筑结构计算入门

浙江科学技术出版社

内 容 提 要

本书共 4 章, 主要介绍建筑基础计算、木结构计算、桁架支模计算和附属物计算等方面的基本知识和技能。

本书内容由浅入深, 易学易懂, 对于建筑结构初学者是一本很好的人门读物。本书可作为培训教材, 对于建筑施工、管理人员也有一定的参考价值。

建筑结构计算入门

金 琛 金国强 编写
金国砥

浙江科学技术出版社出版
浙江印刷集团公司印刷
浙江省新华书店发行

*

开本 787×1092 1/32 印张 8.5 字数 198 000

1998 年 4 月 第 一 版

1998 年 4 月 第一次印刷

ISBN7-5341-1086-6/TU·39

定 价: 12.00 元

责任编辑: 朱振东

封面设计: 金 晖

责任校对: 张 宁

前 言

随着改革开放的深入,我国的综合国力有了很大提高,建筑业也正日新月异地发展。为了满足基层管理和施工技术人员的需求,编者结合自己几十年的实践经验,编写了这本建筑结构计算的入门读物。

本书从实际情况出发,着重介绍基础计算、木结构计算、桁架支模计算和附属构筑物计算等方面的知识。在系统地论述建筑基础理论知识的同时,有针对性地阐释了常见的疑难问题,具有极强的现实指导性和应用性。在内容安排上,把基本技能与生产实践相结合,编排了大量图表和实例,力求深入浅出,使读者易读、易学、易懂,特别是让青年读者能较快地掌握建筑结构计算的基本技能。

本书可供建筑结构初学者阅读学习,也可作为中技、职高学校的培训教材和建筑施工、管理人员的参考书。

在本书的编写过程中,得到了唐森兴、胡熙荣、蒋苏华、陈国良、桑杰、韩永坤等同志的帮助,在此表示衷心的感谢!

编者从事建筑结构计算五十余年,虽年过八十,仍希望为我国的建筑业出一份力,所以特地编写了这本书。由于水平有限,书中如有疏漏,敬请读者批评指正。

编者

1997年7月

目 录

第一章 基础计算	(1)
第一节 土壤的承载力	(1)
第二节 基础设计	(19)
第三节 桩基础设计	(83)
第四节 挡土墙设计	(98)
第五节 基础沉陷量计算	(124)
第二章 木结构计算	(145)
第一节 木屋架设计	(145)
第二节 锯齿式屋架设计	(183)
第三节 楼地板及木搁栅计算	(188)
第三章 桁架支模计算	(196)
第一节 桁架支模	(196)
第二节 一般支模	(223)
第三节 拼接式桁架、升降式顶撑及定型模板 轧具的综合使用	(231)
第四节 支模工具及其应用	(233)
第四章 附属构筑物计算	(238)
第一节 烟囱设计	(238)
第二节 多层刚架计算	(248)

第一章 基础计算

第一节 土壤的承载力

建筑物的重量是由基础传递到基底的土壤上。了解建筑基地的土质情况和土壤的承载力，是设计前的重要工作。如果盲目地进行设计，必然会导致不良后果，轻则造成不应有的浪费，重则危及建筑物的安全。所以，在设计前必须进行土壤钻探试验，借以了解土层构造、土壤物理特性和地下水位等，同时还要调查研究当地冰冻线深度及周围已建工程的沉陷情况。即使不具备钻探条件，也应进行必要的荷载试验，然后再根据具体情况从设计上采取相应措施，以避免可能发生的沉陷或不等沉陷，使建筑物安全可靠。

土壤是极为复杂的，通过科学试验得出的数据，也不可能完全符合实际情况。因此，施工人员在施工过程中发现问题时要及时向设计人员反映，以便尽早处理，绝不能只凭经验随意改变设计方案。

一、土壤的类别和承载力

1. 岩石类土壤

岩石类土壤包括风化与未风化的岩石，其承载力极大。

2. 砂砾土

砂砾土包括大于 1 厘米的砾石，并夹有粗细砂，其承载力

很大。

3. 砂土

砂土的承载力主要取决于土壤的疏密程度。

4. 砂质云母土

砂质云母土是砂和淤泥、粘土的混合土壤。当含砂量较大时，其承载力尚好，可作为基础。

5. 淤泥质云母土

当淤泥质云母土中淤泥成分较多而砂和粘土成分很少时，浸到水后就呈流动状态，这种土壤无承载力。

6. 粘土

粘土的粘结力很大，但含水过多会降低其承载力，在地下水位较低且土层干燥时可作为基础。

7. 砂质粘土

砂质粘土中，砂占 50% 以上，粘土占 30% 以上。当土壤干燥时，其承载力很大。

8. 耕植土

耕植土的承载力与所含的有机物、砂、粘土及淤泥等成分的多寡而异。当含砂量多时，其特性与砂质云母土相同；当淤泥量较多时，其特性与淤泥质云母土相同；当含砂与粘土成分较多时，其特性与砂质粘土相同。

9. 砖瓦屑堆积土

砖瓦屑堆积土中所含砖瓦碎石的成分及其堆积情况很复杂，因此其承载力即使在同一段距离内也有悬殊的差异。如果以这种土壤作为基础，必须采取可靠的措施，否则会引起局部沉陷，影响建筑物的安全。

二、土壤容许承载力的确定

1. 按规范确定土壤的容许承载力

按规范确定土壤的容许承载力，就是通过计算来确定土层在承受建筑物的重量后其实际的压力是否小于规范所规定的容许承载力。若实际压力小于容许承载力，表示建筑物在该土层上是安全的，否则就必须变动基础的承托面积，重新核算直至满足要求为止。但是，规范中的容许承载力是在基础的宽限为60~100厘米，基础埋置深度为200厘米，而且未破坏土壤的天然结构的条件下测定的。因此，按照土壤钻探及荷载试验选用容许承载力时，还必须考虑基础宽度和埋置深度的修正系数。

(1) 砂土的容许承载力。砂土的容许承载力见表1-1，在选用时应注意土质情况和荷载条件（选用其他土壤的容许承载力时均应注意这点）。表1-1中， $[P_2]$ 是指基础埋置深度为2米的容许承载力。

表 1-1 砂土的容许承载力 $[P_2]$

单位：千克/厘米²

类 别	情况及条件		1	2	3	备 注
			只考虑主 要 荷 载	考虑主要 荷载及附 加 荷 载	考虑特殊 荷 载	
粗 砂 或 砾 砂	不论湿 度如何	密实的	4.5	5.5	6.5	若以砾砂、粗砂 或中砂按15~ 20厘米分层， 加水夯实作为 垫层，则 $[P_2]$ 以 中密条件选用
		中密的	3.5	4.0	5.0	
中 砂	不论湿 度如何	密实的	3.5	4.0	5.0	
		中密的	2.5	3.0	4.0	

续表

类别	情况及条件		1	2	3	备 注
			只考虑主要荷载	考虑主要荷载及附加荷载	考虑特殊荷载	
细砂	稍湿的	密实的	3.0	3.5	4.5	若基坑施工时采用明沟排水,应在图纸中注明,以免饱和细砂、粉砂及粘质砂土由于地下水涌而松软,密实度降低
		中密的	2.0	2.5	3.0	
	很湿的和饱和的	密实的	2.5	3.0	3.5	
		中密的	1.5	1.8	2.0	
		密实的	2.5	3.0	4.0	
		中密的	2.0	2.5	3.5	
粉砂	稍湿的	密实的	2.5	3.0	4.0	砂土按密实度分: (1) $D \leq \frac{1}{3}$, 松散的 (2) $D = \frac{1}{3}$, 中密的 (3) $D = \frac{2}{3} \sim 1$, 密实的
		中密的	2.0	2.5	3.5	
	很湿的	密实的	2.0	2.5	3.0	
		中密的	1.5	2.0	2.5	
	饱和的	密实的	1.5	1.8	2.0	
		中密的	1.0	1.2	1.5	

注: (1) 主要荷载包括建筑物自重、雪重、活重、土压及水压等。

(2) 附加荷载是指风力和不正常的冲力。

(3) 特殊荷载是指地震及水灾时的水压力。

(2) 粘质砂土的容许承载力见表 1-2。

表 1-2 粘质砂土的容许承载力 $[P_1]$

单位: 千克/厘米²

情况及条件		1	2	3	备 注
		只考虑主 要 荷 载	考虑主要荷载 及附加荷载	考虑特殊 荷 载	
$q=0.5$	$B=0$	3.0	3.5	4.0	(1) q 为孔隙比, B 为稠度 (2) 对于 q 及 B 的中间值, 可按插入法求 (3) $B<0$ 的坚硬土, 仍用 $B=0$ 栏的数值
	$B=1$	2.5	3.0	3.3	
$q=0.7$	$B=0$	2.5	3.0	3.3	
	$B=1$	1.5	1.8	2.0	

(3) 砂质粘土的容许承载力见表 1-3。

表 1-3 砂质粘土的容许承载力 $[P_2]$

单位: 千克/厘米²

情况及条件		1	2	3	备 注
		只考虑主 要 荷 载	考虑主要荷载 及附加荷载	考虑特殊 荷 载	
$q=0.5$	$B=0$	3.0	3.5	4.0	对于 $B<0$ 的坚硬土, 其容许承载力按 $B=0$ 栏的数值再提高 20%
	$B=1$	2.5	3.0	3.3	
$q=0.7$	$B=0$	2.5	3.0	3.3	
	$B=1$	1.8	2.0	2.2	
$q=1.0$	$B=0$	2.0	2.5	3.0	
	$B=1$	1.0	1.2	1.3	

(4) 粘土的容许承载力见表 1-4。

表 1-4 粘土的容许承载力 $[P_2]$ 单位: 千克/厘米²

情况及条件		1	2	3	备 注
		只考虑主要荷载	考虑主要荷载及附加荷载	考虑特殊荷载	
$q=0.6$	$B=0$	5.0	6.0	7.0	说明同表 1-3
	$B=1$	3.0	3.5	4.0	
$q=0.8$	$B=0$	3.3	3.5	4.0	
	$B=1$	2.0	2.5	2.8	
$q=1.1$	$B=0$	2.5	3.0	3.3	
	$B=1$	1.0	1.2	1.3	

(5) 大块碎石类土的容许承载力见表 1-5。

表 1-5 大块碎石类土的容许承载力 $[P_2]$ 单位: 千克/厘米²

类别	情况及条件	1	2	3	备 注
		只考虑主要荷载	考虑主要荷载及附加荷载	考虑特殊荷载	
碎石 或 卵石	带粘土的	6.0	7.0	8.5	承载力按其孔隙中所含粘土的稠度而定
	不带粘土的	2.5~4.0	3.0~5.0	3.5~5.5	
角砾 或 圆砾	结构岩石组成	5.0	6.0	7.0	
	沉积岩石组成	3.0	3.5	4.0	

〔例 1-1〕已知基土为很湿的中密细砂, 假设基础宽度 $b=$

1.0 米,埋置深度 $h=2.00$ 米,试按第二类荷载求基土的容许承载力。

解:因基宽与基深均符合规范,所以容许承载力可由表 1-1 直接查得,即 $[P_2]=1.8$ 千克/厘米²。

〔例 1-2〕假设基宽 $b=2.5$ 米,其他条件与例 1-1 相同,试求基土的容许承载力。

解:因规范规定,当基础宽度 $b \geq 5$ 米而其他条件都符合规范时,容许承载力为表中查得的数值再乘上相应的系数:

(1) 对于大块碎石类土及砂土(不包括粉砂),可以乘上 1.5。

(2) 对于粉砂和粘土,可以乘上 1.2。

所以当 $b=5.0$ 米时,容许承载力为:

$$[P_2] = 1.8 \times 1.5 = 2.7 \text{ (千克/厘米}^2\text{)}$$

由于本例中 $b=2.5$ 米,再按插入法求得修正后的容许承载力为:

$$[P_2'] = 1.8 + \frac{2.5-2}{5.0-2} \times (2.7-1.8) = 1.95 \text{ (千克/厘米}^2\text{)}$$

另外,也可按表 1-6 来计算近似值。

表 1-6 基宽大于 1 米时土壤容许承载力的修正系数 K

K 基础宽度 值 (米)	1.0 以下	2.0	3.0	4.0	5.0	备 注
土 壤 种 类						
大块碎石类土 及砂土	1.00	1.10	1.25	1.35	1.50	在任何情况下,取值不得超过考虑特殊荷载时所确定的容许承载力
粉砂及粘土	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	

因 $b=2.5$ 米，按插入法求得修正系数为：

$$K = \frac{(1.05 + 1.10)}{2} \approx 1.08$$

由于 $b=1.0$ 米时 $[P_2] = 1.8$ 千克/厘米²，所以修正后的容许承载力为：

$$[P_2'] = 1.8K = 1.8 \times 1.08 \approx 1.94 \text{ (千克/厘米}^2\text{)}$$

〔例 1-3〕已知基土为粘土，孔隙比 $q=0.7$ ，稠度 $B=0.5$ ，基宽 $b=1.0$ 米，基深 $h=1.0$ 米，试按第二类荷载求基土的容许承载力。

解：因规范规定，当基础埋置深度 $h < 2.0$ 米时，容许承载力应按下列规定采用：

(1) 当 $h=0$ 时，容许承载力为 $h=2.0$ 米时的 $1/2$ 。

(2) 当 $0 < h < 2.0$ 米时，用插入法求解。

根据表 1-4 按插入法求得 $h=2$ 米、 $B=0$ 、 $q=0.7$ 时的容许承载力为：

$$[P_2] = \frac{6.0 + 3.5}{2} = 4.75 \text{ (千克/厘米}^2\text{)}$$

再求得 $h=2$ 米、 $B=1$ 、 $q=0.7$ 时的容许承载力为：

$$[P_2'] = \frac{3.5 + 2.5}{2} = 3.0 \text{ (千克/厘米}^2\text{)}$$

由此可得 $h=2$ 米、 $B=0.5$ 、 $q=0.7$ 时的容许承载力为：

$$[P_2''] = \frac{3.0 + 4.75}{2} \approx 3.88 \text{ (千克/厘米}^2\text{)}$$

所以，当 $h=0$ 时的容许承载力为：

$$[P_0] = [P_2''] \times \frac{1}{2} = 3.88 \times \frac{1}{2} = 1.94 \text{ (千克/厘米}^2\text{)}$$

则修正后的容许承载力应为：

$$[P_1] = 1.94 + \frac{1-0}{2-0} \times (3.88 - 1.94) = 2.91 \text{ (千克/厘米}^2\text{)}$$

为简化计算，也可按表 1-7 来求解近似值。

表 1-7 基础埋置深度小于 2 米时土壤容许承载力的修正系数 K

埋置深度 (米)	K 值	备 注
0.5	0.63	(1) 先按土壤类别查出 $[P_2]$ ；再按深度在本表中查出修正系数 K ，所求的容许承载力即为 $[P] = K [P_2]$ (2) 深度从自然地面算起
0.75	0.69	
1.00	0.75	
1.25	0.81	
1.50	0.87	
1.75	0.93	
2.00	1.00	

因 $[P_2''] = 3.88$ 千克/厘米²，所以 $h=1$ 米时的容许承载力为：

$$[P_1] = K [P_2''] = 0.75 \times 3.88 = 2.91 \text{ (千克/厘米}^2\text{)}$$

〔例 1-4〕已知基础埋置在粘土上，其深度从设计地面标高至基底面为 2.6 米（挖土情况），假设粘土孔隙比 $q=0.7$ ，稠度 $B=0$ ，试按第二类荷载计算基土的容许承载力。

解：规范规定，以未破坏天然结构的大块碎石类土、砂土、粘土作为基础，如果受压层范围内土质相同且基础底部埋置在周围土壤的表面以下大于 2.0 米，基土容许承载力的计算公式如下：

$$[P_h] = [P_2] + K' r (h - 200)$$

式中 h 是基础埋置深度（从天然地面标高算起，如地面已挖土整平，可从设计地面标高算起），厘米；

$[P_2]$ 是按土壤类别和荷载情况从表中查得的容许承载

力, 千克/厘米²;

r 是位于基础底面以上各层基土的容重的平均值, 千克/厘米³;

K' 是系数, 参见表 1-8。

表 1-8 系数 K'

基 土 种 类	K' 值
大块碎石类土及砂土	2.5
粘质砂土、砂质粘土 (包括很湿的大孔土)	2.0
粘土	1.5
稍湿的大孔土	1.0

因 $q=0.7$ 、 $B=0$, 并且按第二类荷载计算承载力, 从表 1-3 查得 $[P_2]=3$ 千克/厘米², 再由表 1-8 得 $K'=2$, 若 $r=0.0018$ 千克/厘米³, 则基土的容许承载力为:

$$[P_{2.6}] = [P_2] + K' r (h - 200) = 3 + 2.0 \times 0.0018 \times (260 - 200) \approx 3.22 (\text{千克/厘米}^2)$$

为了便于计算, 也可以按表 1-9 来确定容许承载力。

表 1-9 基础埋置深度大于 2 米时土壤容许承载力的修正值 n

单位: 千克/厘米²

土壤容重 (千克/厘米 ³)	土 壤 种 类	埋 置 深 度 (米)							
		2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
0.001 4	大块碎石类土及砂土	0.17	0.35	0.52	0.70	0.87	1.05	1.22	1.40
	砂质云母土及砂质粘土	0.14	0.28	0.42	0.56	0.70	0.84	0.98	1.12
	粘土	0.10	0.21	0.31	0.42	0.52	0.63	0.73	0.84
	大块碎石类土及砂土	0.19	0.40	0.59	0.80	1.00	1.10	1.40	1.60

续表

土壤容重 (千克/厘米 ³)	土 壤 种 类	埋 置 深 度 (米)							
		2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
0.001 6	砂质云母土 及砂质粘土	0.16	0.32	0.48	0.64	0.80	0.96	1.20	1.28
	粘土	0.12	0.24	0.35	0.48	0.60	0.72	0.83	0.95
	大块碎石类 土及砂土	0.22	0.45	0.69	0.90	1.12	1.35	1.57	1.80
0.001 8	砂质云母土 及砂质粘土	0.18	0.36	0.54	0.72	0.90	1.08	1.26	1.42
	粘土	0.13	0.27	0.40	0.54	0.67	0.81	0.94	1.08
	大块碎石类 土及砂土	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
0.002 0	砂质云母土 及砂质粘土	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60
	粘土	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.05	1.20
	大块碎石类 土及砂土	0.27	0.55	0.83	1.10	1.37	1.65	1.92	2.20
0.002 2	砂质云母土 及砂质粘土	0.22	0.44	0.66	0.88	1.10	1.32	1.54	1.76
	粘土	0.16	0.33	0.49	0.66	0.83	0.99	1.16	1.33
	大块碎石类 土及砂土	0.30	0.60	0.90	1.20	1.50	1.80	2.10	2.40
0.002 4	砂质云母土 及砂质粘土	0.24	0.48	0.72	0.96	1.20	1.44	1.68	1.96
	粘土	0.18	0.36	0.54	0.72	0.90	1.08	1.26	1.44

注：(1) 中间值用插入法求。

(2) 容许承载力 $[P] = [P_s] + n$ 。

因基土 $r=0.0018$ 千克/厘米³，按插入法求得 $h=2.6$ 米时的修正值为：

$$n = \frac{0.36 - 0.18}{3.0 - 2.5} + 0.18 = 0.54 \text{ (千克/厘米}^2\text{)}$$

再由表 1-3 得 $[P_2] = 3$ 千克/厘米²，所以基土的容许承载力为：

$$[P_{2.6}] = [P_2] + n = 3 + 0.54 = 3.54 \text{ (千克/厘米}^2\text{)}$$

与按计算所得的值相近。

(6) 地下室墙基及柱基土壤的容许承载力。地下室墙基及柱基土壤的容许承载力的计算公式如下：

$$[P_n] = \frac{2+t}{4} [P_z]$$

式中 $[P_n]$ 是基础埋置深度处的容许承载力，千克/厘米²；

t 是地下室地面标高至基础底面标高的距离，米；

$[P_z]$ 是地下室地面以下 2 米处的容许承载力，千克/厘米²。

〔例 1-5〕如图 1-1 所示，地下室基土是砂质粘土， $q=0.5$ ， $B=1$ ， $r=0.0018$ 千克/厘米³，试求基土的容许承载力。

解：假设按第一类荷载计算容许承载力。因 $q=0.5$ 、 $B=1$ ，查表 1-3 得 $[P_2] = 2.5$ 千克/厘米²，再由表 1-8 得 $K'=2.0$ ，而：

$$z = 3.0 + 1.1 = 4.1 \text{ (米)}$$

所以地下室地面以下 2 米处的土壤容许承载力为：

$$\begin{aligned} [P_z] &= [P_2] + K'r(z-200) \\ &= 2.5 + 2.0 \times 0.0018 \times (410 - 200) \\ &\approx 3.25 \text{ (千克/厘米}^2\text{)} \end{aligned}$$

则基土的容许承载力为：

$$[P_n] = \frac{2+t}{4} [P_z] = \frac{2+0.9}{4} \times 3.25 \approx 2.35 \text{ (千克/厘米}^2\text{)}$$

要注意在地下室施工前，应根据土壤性质采取适当的技术