

建筑施工 简易计算

第2版

江正荣 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



建筑施工简易计算

第2版

江正荣 等编著

机械工业出版社

新版在内容和范围上较1版均有所扩大,主要内容有:土方工程,基坑工程,地基与基础工程,砌体与墙体工程,脚手架工程,模板工程,钢筋工程,混凝土与大体积混凝土工程,预应力混凝土工程,结构吊装工程,钢结构工程,木结构工程,防水与防腐蚀工程,装饰装修工程,冬期施工等。

本书供建筑施工人员及工程监理人员使用,也可供建筑类大专院校师生作教学辅助读物。

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工简易计算/江正荣等编著. —2版. —北京:机械工业出版社, 2008.4

ISBN 978-7-111-11819-0

I. 建… II. 江… III. 建筑工程—工程施工—计算方法 IV. TU71

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第052454号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:范秋涛 版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:姚毅 责任印制:李妍

北京蓝海印刷有限公司印刷

2008年6月第2版第1次印刷

184mm×260mm·25.25印张·627千字

标准书号:ISBN 978-7-111-11819-0

定价:48.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 68327259

封面无防伪标均为盗版

第2版前言

《建筑施工简易计算》问世,已历四载,先后印刷7次,总印数达2.3万册,受到建筑界广大读者的欢迎和关爱,在此谨表示衷心的感谢和诚执的敬意。

进入新世纪以来,国家经济建设步伐加快,建筑工业蓬勃发展,开发和创新了许多新技术、新工艺和新的实用施工计算方法。特别是加入WTO后,为适应建筑业与国际接轨的需要,国家对建筑工程勘察设计、施工质量验收规范及行业标准等进行了全面修订和制定,并颁布执行。除此之外,国务院为了保证建设工程安全施工,还颁布了《建筑工程安全生产管理条例》,要求对一定规模的危险性较大的分部分项工程,如基坑支护与降水、土方开挖、模板、起重吊装、脚手架以及拆除、爆破等,施工前必须进行安全验算,使施工做到科学化、定量化、信息化,以保障建筑施工操作和建筑物使用安全。有鉴于这一新的形势,本书1版中有部分计算项目已显得陈旧或过时,有必要进行一次全面修订、补充和更新,将近年来出现的最新成果和简易计算反映进去,以适应新世纪建筑工业迅猛发展的迫切需要,推动建筑科学技术进步。

这次修订,将一些陈旧、过时、不常用或可有可无的项目删去;增加补充一些近年新出现应用日广的新施工项目的施工计算,特别是《建筑工程安全生产管理条例》中要求施工验算的分项工程的计算。对常用、具有普遍意义的计算项目仍保留或仅作适当精简。如根据国家新修订的设计规范和工程施工质量验收规范的内容,对使用旧规范的各节进行全面修订,改用新规范计算。新版在内容和范围上较1版均有所扩大,使全书内容更加配套、全面、完整,更加充实,以满足一般工程施工计算的需要。

1版的体例、写法保持不变,采用文字与图表相结合,理论与实践相结合,每节附有典型的计算实例,以便于读者参照应用,达到举一反三的效果。新版内容在层次上对上篇、续篇作了一些必要的调整,使其更加系统,保留了原“简明、扼要、系统、实用”的特点,以便于读者查找、阅读和掌握应用。

在修订中,作者虽尽了最大努力,但限于学识和水平,书中可能还存在不少问题和可商榷之处,恳切希望专家和广大读者多加帮助教正,使臻完善。

参加本手册编写修订工作的还有:谈军、秦翀、李花、程道广、张晓光、王爱华、马晨霞等同志,全书由江正荣统稿。

江正荣

第1版前言

在建筑施工中,为了进行施工准备、编制施工方案、制定安全技术措施和处理技术问题,对工程质量和操作安全进行有效的控制,常常需要针对施工的各个方面进行必要的计算,以期用比较科学、定量的方法,获得最优的施工技术效果和经济效益。

本书的编写,旨在有选择性地介绍一些施工中最常用、最基本的简易施工计算,以便于现场技术人员和高级技工掌握和应用,以期增进知识积累,帮助解决一些现场简易计算问题,有利于工作开展,技术素质、现代化管理水平和工程质量的提高,以推动建筑企业科技进步、创新和发展,以适应改革开放、现代化施工技术飞跃发展的迫切需要。

本书内容包括15个方面,即土方工程、基坑工程、地基与桩基工程、砌体与墙体工程、脚手架工程、模板工程、钢筋工程、混凝土工程、大体积混凝土工程、预应力混凝土工程、结构吊装工程、钢结构工程、木结构工程、防水工程以及冬期施工等,总计有132项施工计算,基本涵盖了建筑施工计算的主要应用领域。

本书在取材上注重实际应用,内容做到精练、系统、完整,并使理论与实践相结合。在编写方面力求做到简明扼要,通俗易懂,深入浅出,概念清楚,数据齐全,并富有创新和启发性。对每项计算除介绍基本原理、适用场合、计算公式外,还附有一些实用图表,对所列公式有的作了简单推导,有的限于篇幅,虽未作烦琐冗长的推导,但都较详细地阐明公式每一符号的物理意义,并附有必要的参考数据,便于现场基层技术人员和高级技工理解和实际应用;在论述每项计算方法之后,都附有1~2个典型的计算实例,便于读者加深理解、掌握和参照应用,收到举一反三,触类旁通的效果。

本书均按照国家最新修订的2002年系列新建筑设计规范和建筑工程施工质量验收规范以及新颁布的技术标准、规程、法定计量单位、符号等进行编写。

施工计算是一门综合性系统科学技术,理论性、实践性和技术性较强,涉及面广,难度较大,它涉及的专业和内容十分广阔,与其他许多专业学科互相渗透交叉,各地区施工条件不尽相同,计算对象千变万化,掌握它需要有一定的基础知识,而这门计算技术目前还处在开发和发展阶段,有许多模糊、复杂的计算问题,还需要继续不断地去研究、探索,不断完善,以适应建筑施工科学发展的需要。本书很难集中、全面地介绍所有施工计算问题,只能有选择地重点介绍工业与民用建筑施工中常遇到的典型、先进、成熟,具有普遍意义的简易施工计算,以便施工中根据情况、条件灵活地选择,参照应用。读者遇到的施工简易计算问题,一般查阅本书,可以基本得到解决。

本书作者尽了很大努力,参考了大量国内专家、作者出版的文献和发表的研究计算

成果, 谨向这些同志表示衷心感谢和诚挚的敬意。由于作者的学识和水平有限, 书中可能存在不少这样或那样的问题和可商榷、修正之处, 恳请专家和广大读者多提宝贵意见, 帮助改进, 使之不断充实、完善。

参加本书编写工作的还有江微微、程道广、李长春、汪颢、江茜、张光辉、樊兆阳等同志, 全书由江正荣统稿, 还有罗慧芬同志承担了大部分书稿抄写工作, 谨致谢忱。

江正荣

2003年4月

1	.....	1.1
2	.....	1.2
3	.....	1.3
4	.....	1.4
5	.....	1.5
6	.....	1.6
7	.....	1.7
8	.....	1.8
9	.....	1.9
10	.....	1.10
11	.....	1.11
12	.....	1.12
13	.....	1.13
14	.....	1.14
15	.....	1.15
16	.....	1.16
17	.....	1.17
18	.....	1.18
19	.....	1.19
20	.....	1.20
21	.....	1.21
22	.....	1.22
23	.....	1.23
24	.....	1.24
25	.....	1.25
26	.....	1.26
27	.....	1.27
28	.....	1.28
29	.....	1.29
30	.....	1.30
31	.....	1.31
32	.....	1.32
33	.....	1.33
34	.....	1.34
35	.....	1.35
36	.....	1.36
37	.....	1.37
38	.....	1.38
39	.....	1.39
40	.....	1.40
41	.....	1.41
42	.....	1.42
43	.....	1.43
44	.....	1.44
45	.....	1.45
46	.....	1.46
47	.....	1.47
48	.....	1.48
49	.....	1.49
50	.....	1.50
51	.....	1.51
52	.....	1.52
53	.....	1.53
54	.....	1.54
55	.....	1.55
56	.....	1.56
57	.....	1.57
58	.....	1.58
59	.....	1.59
60	.....	1.60
61	.....	1.61
62	.....	1.62
63	.....	1.63
64	.....	1.64
65	.....	1.65
66	.....	1.66
67	.....	1.67
68	.....	1.68
69	.....	1.69
70	.....	1.70
71	.....	1.71
72	.....	1.72
73	.....	1.73
74	.....	1.74
75	.....	1.75
76	.....	1.76
77	.....	1.77
78	.....	1.78
79	.....	1.79
80	.....	1.80
81	.....	1.81
82	.....	1.82
83	.....	1.83
84	.....	1.84
85	.....	1.85
86	.....	1.86
87	.....	1.87
88	.....	1.88
89	.....	1.89
90	.....	1.90
91	.....	1.91
92	.....	1.92
93	.....	1.93
94	.....	1.94
95	.....	1.95
96	.....	1.96
97	.....	1.97
98	.....	1.98
99	.....	1.99
100	.....	1.100

目 录

第2版前言

第1版前言

1 土方工程	1
1.1 土的压缩系数和压缩模量计算	1
1.2 土的变形模量计算	3
1.3 土的可松性与压缩性计算	4
1.4 场地平整高度简易计算	6
1.5 场地平整横截面法简易计算	9
1.6 场地平整方格网法计算	11
1.7 边坡土方量图算法计算	14
1.8 边坡土方查表法简易计算	17
1.9 场地平整土方平衡与调配计算	19
1.10 基坑、基槽土方量计算	23
1.11 施工简单土坡稳定性分析与验算	25
2 基坑工程	28
2.1 土压力计算	28
2.1.1 主动土压力计算	28
2.1.2 被动土压力计算	31
2.2 特殊情况下土压力计算	33
2.2.1 填土面上有均布荷载土压力计算	33
2.2.2 墙背面垂直, 填土面倾斜, 上无荷载土压力计算	34
2.2.3 填土面上有局部均布荷载土压力计算	36
2.2.4 墙后填土有地下水压力计算	38
2.3 基坑(槽、管沟)连续水平板式支撑计算	39
2.4 基坑(槽、管沟)连续垂直板式支撑计算	43
2.5 挡土灌注桩支护计算	45
2.5.1 桩顶设锚杆(或支撑)拉结的计算	46
2.5.2 桩为悬臂顶部无拉结的计算	49
2.5.3 桩上部设土层锚杆的计算	52
2.5.4 挡土灌注桩截面的计算	52
2.5.5 锚桩埋设深度计算	54
2.6 挡土灌注桩截面配筋的节约简易计算	55
2.7 组合式挡土桩支护计算	58

2.8 土层锚杆施工计算	59
2.8.1 锚杆承载力计算	59
2.8.2 挡土桩埋入深度及锚杆水平力计算	60
2.8.3 锚杆稳定性验算	64
2.9 人工挖孔桩护壁厚度计算	66
2.9.1 混凝土护壁厚度计算	66
2.9.2 砖砌护壁厚度计算	68
2.10 沉井施工计算	69
2.10.1 沉井制作承垫木铺设数量和砂垫层铺设厚度计算	69
2.10.2 垫架拆除井壁强度验算	70
2.10.3 沉井下沉验算	73
2.10.4 沉井封底计算	75
2.10.5 沉井渗水量计算	77
2.10.6 沉井下沉稳定性验算	78
2.10.7 沉井抗浮稳定性验算	79
2.10.8 沉井地基承载力验算	80
2.11 简易挡土墙稳定性分析与计算	80
2.12 土的渗透系数计算	84
2.13 基坑明沟排水计算	85
2.14 轻型井点降水计算	88
2.15 排水机械需用台数计算	91
3 地基与基础工程	92
3.1 地基承载力修正计算	92
3.2 按土的抗剪强度确定地基承载力计算	93
3.3 按荷载试验 $P-S$ 曲线确定地基承载力计算	94
3.4 换土垫层厚度与宽度计算	95
3.5 强夯加固地基影响深度计算	97
3.6 灰土挤密桩施工计算	97
3.7 砂石桩施工计算	99
3.8 水泥粉煤灰碎石桩法加固地基施工计算	102
3.9 复合地基承载力和压缩模量计算	104
3.10 打桩屈曲荷载和锤击压应力计算	105
3.11 打桩控制贯入度计算	107
3.12 灌注桩导管法水中灌注混凝土施工计算	107
3.13 排桩、墙泥浆护壁临界深度的计算	109
3.14 动测法测定桩基承载力计算	111
4 砌体与墙体工程	114
4.1 砌筑砂浆配合比计算	114

4.2	粉煤灰砂浆配合比计算	117
4.3	砂浆强度的换算	120
4.4	砖墙排砖计算	122
4.5	砖墙用料计算	124
4.6	砌体材料用量的简易计算	126
4.7	砌砖墙、柱施工允许自由高度的计算	127
5	脚手架工程	129
5.1	扣件式钢管脚手架立杆允许承载力及搭设高度计算	129
5.2	脚手架立杆底座和地基承载力验算	131
5.3	门式钢管脚手架计算	132
5.4	扣件式钢管脚手架配件配备量计算	137
5.5	扣件式钢管井架计算	139
5.6	格构式型钢井架计算	142
6	模板工程	147
6.1	模板用量计算	147
6.2	混凝土对模板的侧压力计算	150
6.3	混凝土对水平模板的冲击荷载计算	151
6.4	现浇混凝土模板简易计算	153
6.4.1	现浇混凝土梁模板简易计算	154
6.4.2	现浇混凝土柱模板简易计算	158
6.4.3	现浇混凝土墙模板简易计算	162
6.5	现浇混凝土墙大模板计算	164
6.6	大模板的稳定性简易分析与计算	171
6.7	模板构件临界长度的计算	173
7	钢筋工程	177
7.1	钢筋代换原则与基本计算	177
7.2	钢筋等强代换的查表简易计算	180
7.3	冷轧扭钢筋代换计算	184
7.4	钢筋等弯矩代换计算	186
7.5	钢筋代换的抗剪承载力简易计算	187
7.6	钢筋下料长度基本计算	189
7.7	构件缩尺配筋下料长度计算	194
7.7.1	梯形构件配筋下料长度计算	194
7.7.2	圆形构件配筋下料长度计算	195
7.7.3	圆形切块构件配筋下料长度计算	196
7.7.4	圆形构件向心配筋下料长度计算	197

7.8 特殊形状配筋下料长度计算	199
7.8.1 曲线配筋下料长度计算	199
7.8.2 螺旋箍筋下料长度计算	201
7.8.3 悬臂斜梁弯筋下料长度计算	203
8 混凝土与大体积混凝土工程	204
8.1 普通混凝土配合比计算	204
8.2 粉煤灰混凝土配合比计算	210
8.3 掺外加剂混凝土配合比计算	213
8.4 抗渗混凝土配合比计算	216
8.5 泵送混凝土配合比计算	219
8.6 混凝土拌制配料计算	222
8.7 混凝土浇灌计算	223
8.7.1 混凝土浇灌强度及浇灌时间计算	223
8.7.2 混凝土搅拌设备需用量及生产率计算	224
8.7.3 混凝土搅拌站生产率计算	225
8.8 泵送混凝土施工计算	226
8.8.1 泵送混凝土初凝时间和用量的计算	226
8.8.2 混凝土泵车(或泵)输送能力计算	228
8.8.3 混凝土泵车(或泵)需用数量计算	231
8.8.4 混凝土泵车(或泵)生产率计算	232
8.8.5 混凝土搅拌运输车需用数量计算	233
8.9 水泥水化热计算	233
8.10 混凝土绝热温升计算	234
8.11 混凝土内部实际最高温度计算	235
8.12 混凝土表面温度计算	236
8.13 混凝土弹性模量计算	238
8.14 混凝土浇筑前裂缝控制施工计算	238
8.15 混凝土浇筑后裂缝控制施工计算	243
8.16 混凝土保温养护所需保温(隔热)材料厚度计算	249
8.17 混凝土蓄水养护温度裂缝控制计算	250
9 预应力混凝土工程	252
9.1 预应力墩式台座的计算	252
9.2 预应力槽式台座的计算	259
9.3 简易预应力换埋式台座计算	264
9.4 预应力钢筋张拉力计算	266
9.5 预应力筋张拉设备的选用计算	267
9.6 预应力筋下料长度计算	268
9.6.1 预应力钢丝束下料长度计算	268

9.6.2 预应力钢绞线下料长度计算	269
9.6.3 长线台座预应力钢筋下料长度计算	270
9.6.4 长线台座预应力钢丝和钢绞线下料长度计算	271
9.7 无粘结预应力筋下料长度计算	272
9.8 预应力筋张拉伸长值计算	272
10 结构吊装工程	276
10.1 吊装绳索简易计算	276
10.1.1 白棕绳容许拉力计算	276
10.1.2 钢丝绳容许拉力计算	277
10.2 吊装吊具计算	280
10.2.1 卡环计算	280
10.2.2 绳卡计算	281
10.2.3 滑轮与滑轮组计算	282
10.2.4 横吊梁计算	289
10.3 卷扬机牵引力计算	294
10.4 锚碇计算	296
10.4.1 垂直(桩式)锚碇计算	296
10.4.2 水平锚碇计算	297
10.5 起重机工作参数选用计算	301
10.6 起重机臂杆长度计算	302
10.7 起重机稳定性验算	305
10.7.1 履带式起重机稳定性验算	305
10.7.2 塔式起重机稳定性验算	307
10.8 起重机最大安全起重量及性能参数计算	309
10.9 附着式塔式起重机的附着计算	310
10.10 塔式起重机的地基与基础计算	314
10.11 起重机需用数量计算	316
11 钢结构工程	318
11.1 钢材重量基本计算	318
11.2 钢材重量简易计算	318
11.3 钢板与型钢号料长度计算	319
11.3.1 钢板号料长度计算	319
11.3.2 圆钢、扁钢、钢管号料长度计算	321
11.3.3 角钢、槽钢、工字钢号料长度计算	323
11.4 钢结构零件加工计算	326
11.4.1 冲剪下料冲剪力计算	326
11.4.2 零件压弯计算	327
11.4.3 冲孔冲裁力计算	330
11.4.4 火焰矫正收缩应力计算	330

11.5	普通螺栓的直径和长度计算	331
11.6	高强度螺栓需用长度计算	332
11.7	高强度螺栓工艺参数计算	333
11.7.1	高强度螺栓受剪承载力计算	333
11.7.2	高强度螺栓抗滑移系数计算	334
11.7.3	高强度螺栓紧固轴力计算	335
11.7.4	高强度螺栓扭矩的计算	335
12	木结构工程	337
12.1	木材材积计算	337
12.2	木材含水率和平衡含水率计算	339
12.3	木材质量密度计算与换算	341
12.4	木材的力学性能与换算	342
12.5	木材的干缩率和干缩系数计算	343
12.6	木梁、柱简易计算	344
12.7	三角形结构斜长简易计算	346
12.8	木结构坡度系数的计算	347
13	防水与防腐蚀工程	350
13.1	防水屋面混凝土收缩值计算	350
13.2	防水屋面分格缝间距计算	352
13.3	防水屋面板块分格缝宽度计算	353
13.4	防水屋面板块抗裂性验算	353
13.5	刚性防水屋面预应力混凝土板块施工计算	354
13.6	刚性防水屋面钢丝网用量简易计算	356
13.7	刚性防水屋面开裂值计算	357
13.8	沥青玛蹄脂配合比成分计算	359
13.9	钠水玻璃模数和模数调整计算	359
13.10	钾水玻璃模数和模数调整计算	361
14	装饰装修工程	363
14.1	抹灰工程材料用量计算	363
14.2	饰面工程材料用量计算	364
14.3	贴墙材料用量计算	364
14.4	内饰面砖装饰的排砖计算	365
14.5	常用装饰材料的损耗率估算	367
14.6	植筋钻孔深度、特征值和用胶量计算	367
15	冬期施工	370
15.1	土壤冻结深度计算	370

15.2	松土保温冻结深度计算	371
15.3	覆盖保温材料防止地基冻结计算	372
15.4	地基容许遭冻深度和变形值计算	373
15.5	混凝土组成材料加热计算	374
15.6	混凝土拌合物温度计算	375
15.7	混凝土拌合物温度图表法简易计算	377
15.8	混凝土运输和浇筑成形温度计算	378
15.9	混凝土养护硬化平均温度计算	380
15.10	混凝土蓄热法计算	381
15.10.1	混凝土蓄热法简易计算	382
15.10.2	混凝土蓄热规范法计算	385
15.11	混凝土当量时间和当量温度计算	388
15.12	混凝土早期强度的估算	389

参考文献	392
------------	-----

1 土方工程

1.1 土的压缩系数和压缩模量计算

1. 土的压缩系数计算

压缩系数表示土在单位压力下孔隙比的变化。通常用压缩系数来表示土的压缩性，其值由原状土的压缩性试验确定。土的压缩系数可按式(1-1)计算：

$$\alpha = 1000 \times \frac{e_1 - e_2}{p_2 - p_1} \quad (1-1)$$

式中 α ——土的压缩系数 (MPa^{-1})；

1000——单位换算系数；

p_1 、 p_2 ——固结压力 (kPa)；

e_1 、 e_2 ——相对应于 p_1 、 p_2 时的孔隙比。

由式(1-1)知，压缩系数愈大，土的压缩性也愈大。但土的压缩系数并不是常数，而是随压力 p_1 、 p_2 的数值的变化而变化。在评价地基压缩性时，一般取 $p_1 = 100\text{kPa}$ 、 $p_2 = 200\text{kPa}$ ，并将相应的压缩系数记作 α_{1-2} 。在《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)中按 α_{1-2} 的大小将地基的压缩性划分为低、中、高压压缩性三类：

1) 当 $\alpha_{1-2} < 0.1\text{MPa}^{-1}$ 时，为低压缩性土。

2) 当 $0.1\text{MPa}^{-1} \leq \alpha_{1-2} < 0.5\text{MPa}^{-1}$ 时，为中压缩性土。

3) 当 $\alpha_{1-2} \geq 0.5\text{MPa}^{-1}$ 时，为高压压缩性土。

【例 1-1】工程地基土由室内压缩性试验知，当固结压力 $p_1 = 100\text{kPa}$ 时，孔隙比 $e_1 = 0.623$ ； $p_2 = 200\text{kPa}$ 时， $e_2 = 0.548$ ，试求土的压缩系数，并评价该土层的压缩性高低。

【解】根据已知试验数据由式(1-1)可求得土的压缩系数为：

$$\begin{aligned} \alpha_{1-2} &= 1000 \times \frac{e_1 - e_2}{p_2 - p_1} = 1000 \times \frac{0.623 - 0.548}{200 - 100} \text{MPa}^{-1} \\ &= 0.75 \text{MPa}^{-1} \end{aligned}$$

因 $\alpha_{1-2} = 0.75 > 0.5\text{MPa}^{-1}$ ，故知该土层为高压压缩性土。

2. 土的压缩模量计算

工程上还常用室内试验求压缩模量 E_s ，作为土的压缩性指标。土的压缩模量可按式计算：

$$E_s = \frac{1 + e_0}{\alpha} \quad (1-2)$$

式中 E_s ——土的压缩模量 (MPa);
 e_0 ——地基土的天然 (自重压力下) 孔隙比;
 α ——从土的自重应力至土的自重附加应力段的压缩系数 (MPa^{-1})。

由式 (1-2) 知, 压缩模量与压缩系数相反, 压缩模量愈大, 土的压缩性愈小; 反之, 压缩模量愈小, 土的压缩性愈大。为了对比土的压缩性, 工程上常采用 $p_1 = 100\text{kPa}$ 和 $p_2 = 200\text{kPa}$ 压力段所确定的压缩模量, 作为评定土的压缩性指标。则式 (1-2) 可写成:

$$E_{s(1-2)} = \frac{1 + e_0}{\alpha_{1-2}} \tag{1-3}$$

式中 $E_{s(1-2)}$ ——相应于 $p = 100\text{kPa}$, $p_2 = 200\text{kPa}$ 时土的压缩模量 (MPa);
 α_{1-2} —— $p = 100\text{kPa}$ 、 $p_2 = 200\text{kPa}$ 时土的压缩系数。

用压缩模量划分压缩性等级和评价土的压缩性可按表 1-1 规定。

表 1-1 地基土按 E_s 值划分压缩性等级的规定

室内压缩模量 E_s/MPa	压 缩 等 级	室内压缩模量 E_s/MPa	压 缩 等 级
<2	特高压缩性	7.6 ~ 11	中压缩性
2 ~ 4	高压缩性	11.1 ~ 15	中低压缩性
4.1 ~ 7.5	中高压缩性	>15	低压缩性

【例 1-2】 工程地基土由室内压缩性试验知土的压缩系数 $\alpha_{1-2} = 0.43\text{MPa}^{-1}$, 土的天然 (自重压力下) 孔隙比 $e_0 = 0.95$, 试求土的压缩模量并评定土的压缩性等级。

【解】 根据已知试验数据由式 (1-3) 得:

$$E_{s(1-2)} = \frac{1 + e_0}{\alpha_{1-2}} = \frac{1 + 0.95\text{MPa}}{0.43\text{MPa}} = 4.53\text{MPa}$$

由表 1-1 知, $E_{s(1-2)}$ 在 4.1 ~ 7.5MPa 之间, 属于中高压缩性土。

3. 土的变形模量与压缩模量之间的关系

土的变形模量与压缩模量之间存在一定的数学关系。土的变形模量 E_0 与压缩模量 E_s 的关系可按弹性理论得出, 即

$$E_0 = \beta E_s \tag{1-4}$$

式中 β ——与土的泊松比 μ 有关的系数, $\beta = 1 - \frac{2\mu^2}{1 - \mu^2}$; 也可由表 1-2 查得。

表 1-2 土的泊松比 μ 与系数 β 参考表

项次	土的种类与状态		μ	β
1	碎石土		0.15 ~ 0.20	0.95 ~ 0.90
2	砂土		0.20 ~ 0.25	0.90 ~ 0.83
3	粉土		0.25	0.83
4	粉质粘土	坚硬状态	0.25	0.83
		可塑状态	0.30	0.74
		软塑及流塑状态	0.35	0.62

(续)

项次	土的种类与状态		μ	β
5	粘土	坚硬状态	0.25	0.83
		可塑状态	0.35	0.62
		软塑及流塑状态	0.42	0.39

【例 1-3】 地基土为粉质粘土，呈可塑状态，土的泊松比 $\mu=0.30$ ，由试验求得土的压缩模量 $E_s=5.5\text{N/mm}^2$ ，试求土的变形模量。

【解】 由 $\mu=0.30$ 可求得：

$$\beta=1-\frac{2\mu^2}{1-\mu^2}=1-\frac{2\times0.3^2}{1-0.3^2}=0.80$$

由式 (1-4) 得：

$$E_0=\beta E_s=0.80\times5.5\text{N/mm}^2=4.4\text{N/mm}^2$$

故知，土的变形模量为 4.4N/mm^2 。

1.2 土的变形模量计算

土的变形模量，系通过野外荷载试验，得出荷载板底面的应力 p 与其下沉量 S 的关系曲线 (图 1-1)，选用一直线段，采用弹性力学公式，可反算地基土的变形模量 E_0 (MPa)，其计算公式为

$$E_0=0.88(1-\nu^2)\sqrt{A}\frac{p}{S} \tag{1-5}$$

或
$$E_0=\omega(1-\nu^2)\frac{p_{cr}b}{S_1}\times10^{-3} \tag{1-6}$$

式中 ν ——土的泊松比，为有侧胀竖向压缩时土的侧向应变与竖向压缩应变的比值 (侧向膨胀系数)，对碎石类土为 0.15 ~ 0.2；对砂类土为 0.20 ~ 0.25；对粉土为 0.25；对粉质粘土为 0.25 ~ 0.35 (硬塑 ~ 软塑)；对粘土为 0.25 ~ 0.42 (硬塑 ~ 软塑)；

A ——荷载板的底面积 (mm^2)；通常用 $500\text{mm}\times500\text{mm}$ 、 $707\text{mm}\times707\text{mm}$ 和 $1000\text{mm}\times1000\text{mm}$ 三种；

p ——荷载板底面的应力 (MPa)，同时 $p\leq p_b$ ；

p_b ——荷载与下沉保持直线比例的界限应力 (MPa)；

S ——当应力为 p 时，荷载板下所发生的下沉量 (mm)；

ω ——沉降量系数，刚性正方形荷载板 $\omega=0.88$ ；刚性圆形荷载板 $\omega=0.79$ ；

p_{cr} —— p - S 曲线直线段终点对应的应力 (kPa)；

S_1 ——与直线段终点所对应的沉降量 (mm)；

b ——承压板宽度或直径 (mm)。

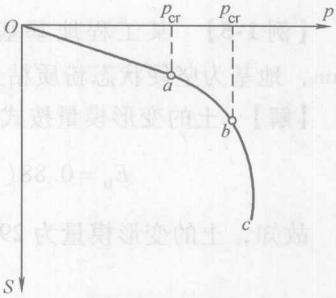


图 1-1 荷载板应力 p 与沉降量 S 的关系曲线

地基土的变形模量 E_0 的参考值见表 1-3。

表 1-3 土的变形模量 E_0 (MPa)

土的 种 类		E_0	
砾石及卵石	65 ~ 54	密实的	中密的
碎石	65 ~ 29		
砂石	42 ~ 14		
粗砂、砾砂	28.0	36.0	
中砂	42.0	31.0	
干的细砂	36.0	25.0	
湿的及饱和的细砂	31.0	19.0	
干的粉砂	21.0	17.5	
湿的粉砂	17.5	14.0	
饱和的粉砂	14.0	9.0	
干的粉土	16.0	12.5	
湿的粉砂	12.5	9.0	
饱和的粉砂	9.0	5.0	
粉土	59 ~ 16	16 ~ 4	
粉质粘土	36 ~ 16	16 ~ 4	
淤泥	3		
泥炭	2 ~ 4		
处于流动状态的粘性土、粉土	3		

【例 1-4】 某工程基坑通过荷载试验，已知 $A = 500000\text{mm}^2$ ， $p = 0.3\text{MPa}$ ， $S = 6\text{mm}$ ，地基为软塑粘土， $\nu = 0.42$ ，求土的变形模量。

【解】 土的变形模量按式 (1-5) 得

$$E_0 = 0.88(1 - 0.42^2) \sqrt{500000} \times \frac{0.3}{6} \text{MPa} = 25.9\text{MPa}$$

【例 1-5】 某工程地基基坑通过野外荷载试验，已知 $b = 707\text{mm}$ ， $p_{cr} = 300\text{kPa}$ ， $S = 6\text{mm}$ ，地基为坚硬状态粉质粘土， $\nu = 0.25$ 。试求土的变形模量。

【解】 土的变形模量按式 (1-6) 得

$$E_0 = 0.88(1 - 0.25^2) \frac{300 \times 707}{6} \times 10^{-3} \text{MPa} = 29.16\text{MPa}$$

故知，土的变形模量为 29.16MPa。

1.3 土的可松性与压缩性计算

1. 土的可松性计算

土的可松性是指土经过挖掘后组织破坏、体积增加的性质，以后虽经回填压实，仍不能恢复成原来的体积。土的可松性程度一般以可松性系数表示，它是挖填土方时计算土方机械生产率、回填土方量、运输机具数量、进行场地平整规划竖向设计、土方平衡调配的重要参数。

土的可松性，根据其开挖后和经回填压实后增加体积量的不同，分为最初可松性系数和最后可松性系数，按下式计算：

最初可松性系数

$$K_1 = \frac{V_2}{V_1} \tag{1-7}$$

最后可松性系数

$$K_2 = \frac{V_3}{V_1} \tag{1-8}$$