



2015 执业资格考试丛书

一级注册结构工程师专业考试 规范条文熟悉·理解·应用 **地基与基础**

2015

孙惠镐 编著

中国建筑工业出版社

执业资格考试丛书

一级注册结构工程师专业考试
规范条文熟悉·理解·应用
地基与基础

孙惠镐 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

一级注册结构工程师专业考试规范条文熟悉·理解·应用 地基
与基础/孙惠镐编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 1
(执业资格考试丛书)
ISBN 978-7-112-17482-9

I. ①一… II. ①孙… III. ①建筑结构-工程师-资格考试-自学参
考资料②地基-工程师-资格考试-自学参考资料③基础 (工程)-工程
师-资格考试-自学参考资料 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 265746 号

本书为参加一级注册结构工程师专业考试的“应试”教材。本书以现行各本结构规范为核心展开, 以让考生最大程度的熟悉、理解规范条文并最终能灵活运用规范条文快速正确解题为最终目的, 因此本书的章节顺序和内容与相对应的结构规范的章节顺序和内容完全一致。本书通过系统阐述结构规范条文和历年真题、详解各类综合选择题和连体计算题、总结快速解体思路和技巧等方式作为帮助考生正确理解和应用规范条文的重要实践环节。本书主要内容为一级注册结构工程师专业考试中地基与基础等部分的内容。

本书可供参加一、二级注册结构工程师专业考试的考生考前复习使用, 也可作为结构工程师日常学习规范条文的工具书。

责任编辑: 何玮珂

责任设计: 李志立

责任校对: 李美娜 刘梦然

执业资格考试丛书
一级注册结构工程师专业考试
规范条文熟悉·理解·应用
地基与基础
孙惠镐 编著

*

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
北京红光制版公司制版
北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15 $\frac{3}{4}$ 字数: 388 千字
2015 年 1 月第一版 2015 年 1 月第一次印刷

定价: 39.00 元

ISBN 978-7-112-17482-9
(26701)

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

建筑地基与基础，对每个结构工程师来说是一门既熟悉又生疏的一门学科。

“熟悉”是指每一项建筑工程（已立项），无论是高层还是多层、单跨（包括大跨）还是多跨、结构形式复杂还是简单，均有勘察单位提供的地质勘察报告，其内容涉及探孔平面布置，地质剖面图，土层的名称、土层的物理力学性质，建议的持力层土质、相应的标高，地下水位标高和地基土承载力特征值 f_{ak} 等。结构工程师根据地质勘察报告提供的资料，确定基础形式、基底标高、持力层土质，并进行相应的基础承载力、变形等计算。

“生疏”是指注册结构工程专业考试所涉及的地基基础内容，与结构工程师在建筑工程中所接触的地基基础的内容相比，既广泛又深入。所谓“广泛”是指地基与基础有关的设计规范所涉及地基土类型、基础形式、基础计算等内容所涉及的面很宽，例如地基中软弱地基、填土地基、岩石地基、冻土地基和复合地基等，这对一位经验丰富的结构工程师，也难免生疏；再如桩基有混凝土预制桩、各种灌注桩、钢管桩和嵌岩桩等；除摩擦桩、端承桩外，有软弱下卧层、负摩阻力、抗拔桩等特殊情况下桩。所谓“深入”是指有关的地基与基础设计规范，其内容有科研成果，有工程经验，还涉及不同地区、不同地质条件，有很多的计算公式、计算表格。这对参加注册结构专业考试的结构工程师来说，需要进一步学习才能掌握。

本书是一本参加一级注册结构工程师专业考试地基与基础课的应试教材。其宗旨是帮助考生提高对规范的理解和解决实际工作的能力。也就是提高读者“熟悉、理解和应用”规范条文的能力。

1. 熟悉规范条文

1) 本书依据历年地基与基础考题的内容，对涉及地基与基础考题有关的设计规范进行编写。这些规范有：

- (1) 《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011；
- (2) 《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008；
- (3) 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2012；
- (4) 《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010。

2) 本书每节的编写顺序与相应各规范的每节的顺序一致，有利于读者将本书与相应的规范对照进行学习，有利于熟悉规范条文。

3) 本书包括各有关规范中的主要公式、表格、注释及说明和构造要求等考试内容。

2. 理解规范条文

本教材内容完全围绕规范条文展开，目的是使规范条文的物理意义、地基与基础的计算（公式、表格）思路更清晰，而且文字很简练。

本书与其他一级注册结构工程师各种辅导教材也有明显区别：(1) 这些辅导教材大多以历年考题为中心，延伸到规范、条文、公式、图表以及计算方法；而本教材以与地基与

基础考题相关的条文为中心展开,也就是说,读者应首先熟悉规范条文、公式和图表,随后再做考题;(2)本教材每一节后均有练习题,练习题为历年考题,目的是使读者通过练习题对规范的条文、公式有进一步的熟悉和理解。

3. 应用规范条文

正确应用规范条文主要的途径是做练习题。教材每一节最后均有练习题,练习题有答案和解题方法。练习题与每一节的内容相互衔接,其目的是帮助读者在熟悉、理解规范的基础上,如何结合考题正确应用规范条文快速正确地解题。本书练习题有120道,约有8年地基与基础考题,其中包括2008年~2012年的全部考题,考题有相当大的覆盖面,能较全面地反映近几年考题变化的趋势。

4. 提高解题能力

近年来地基与基础的考题有两个特点:1. 选择题难度加大;2. 计算题计算量增加。其结果是查规范条文的时间不够,计算的时间增加。因此,提高解题能力就是适应考题的变化。

1) 选择题

(1) 简化答题。写出规范简称、规范条文、正确、不正确(或错误)。

(2) 排除法。(A)、(B)、(C)和(D)四项,最好四项都能找到相应的规范和规范条文;如果找到三项,另外一项采用排除法,确定正确或不正确。

(3) 选择题有I、II、III、IV和(A)、(B)、(C)、(D)的情况下,规范查出I、II、III和IV时先打上√或×,这样(A)、(B)、(C)和(D)正确与否很快可以判别。

2) 计算题

(1) 无论是单体题或连体题,首先要根据考题要求,找出规范名称、条文和主要计算公式,然后由考题给出的条件逐一计算公式中的每一个符号相应的数值,解出正确的答案。

(2) 连体题主要集中在:①地基计算;②挡土墙计算;③基础计算;④桩基计算;⑤承台计算;⑥地基处理。

根据2013年“地基与基础”考题涉及规范条文范围的变化,2015年版新增第五章附录,分三节:第一节地基、单桩、复合地基、锚杆承载力特征值;第二节桩的施工;第三节地下建筑。此外,还增加了2013年地基与基础14道考题及详解。

虽然作者有地基与基础的教学经验,一定数量建筑工程基础设计、地基处理的实践,也曾经有短暂的地质勘探经历。但毕竟第一次编写一级注册结构工程师应试的地基与基础培训教材,且时间较短,书中有不妥之处或错误的地方,望请予批评指正,作者在第二版中给予改正。本书编写练习题时,有刘安民、叶锦秋等人参与解答工作,作者对几位参与者表示感谢。

目 录

第一章 地基与基础	1
第一节 基本规定	1
第二节 岩土分类及工程特性指标	7
第三节 地基计算	10
第四节 山区地基	35
第五节 软弱地基	53
第六节 基础	60
第七节 基坑工程	88
第二章 建筑桩基	99
第一节 基本设计规定	99
第二节 桩基构造	103
第三节 桩基计算	107
第四节 承台计算	139
第五节 练习题	148
第三章 建筑地基处理与场地	161
第一节 建筑地基处理	161
第二节 场地、地基和基础	196
第四章 提高解题能力	208
第一节 选择题	208
第二节 计算题	211
第三节 2013 年地基与基础考题	223
第五章 附录	233
第一节 地基、单桩、复合地基、锚杆承载力特征值	233
第二节 桩的施工	239
第三节 地下建筑	241
参考文献	244

第一章 地基与基础

第一节 基本规定

一、地基基础设计等级

建筑物可分为上部结构和下部结构两个部分，下部结构即基础。基础的作用是支承上部结构，并将上部结构的荷载传给地基（图 1-1）。所谓地基就是承受基础传来荷载的土层。

地基基础设计等级的划分应考虑下列因素：

- 1. 地基的复杂程度；
- 2. 建筑物规模和功能特征（建筑物重要性、高度、体型复杂情况等）；
- 3. 地下结构（基础）的情况（地下室的层数、开挖深度等）；
- 4. 由于地基问题可能造成建筑物破坏或影响正常使用的程度。

地基基础的设计等级分：甲级、乙级和丙级三级，见表 1-1。

地基基础设计等级 表 1-1

设计等级	建筑和地基类型
甲级	重要的工业与民用建筑物 30 层以上的高层建筑 体型复杂，层数相差超过 10 层的高低层连成一体建筑物 大面积的多层地下建筑物（如地下车库、商场、运动场等） 对地基变形有特殊要求的建筑物 复杂地质条件下的坡上建筑物（包括高边坡） 对原有工程影响较大的新建建筑物 场地和地基条件复杂的一般建筑物 位于复杂地质条件及软土地区的二层及二层以上地下室的基坑工程 开挖深度大于 15m 的基坑工程 周边环境条件复杂、环境保护要求高的基坑工程
乙级	除甲级、丙级以外的工业与民用建筑物 除甲级、丙级以外的基坑工程
丙级	场地和地基条件简单、荷载分布均匀的七层及七层以下民用建筑及一般工业建筑；次要的轻型建筑物 非软土地区且场地地质条件简单、基坑周边环境条件简单、环境保护要求不高且开挖深度小于 5.0m 的基坑工程

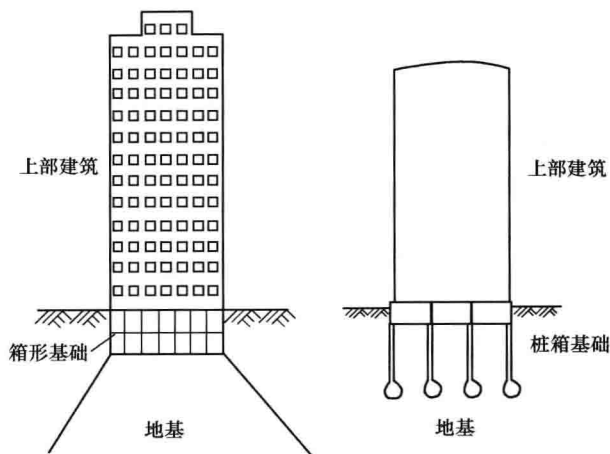


图 1-1 地基及基础示意图

二、地基基础设计

在进行地基基础设计时，不能将地基、基础和上部结构分别考虑，而应将这三者统一起来考虑。基础承上启下，将上部结构荷载传至地基，地基承受基础传来荷载后产生变形，由于变形的大小、不均匀性，影响最大的是上部结构。因此，地基基础设计根据地基基础设计等级及长期荷载作用下，进行以下计算：

- 1. 地基计算均应满足地基承载力计算的有关规定；
- 2. 甲级、乙级建筑物，均进行地基变形设计；
- 3. 丙级建筑物，有下列情况之一时，应作变形验算：

可不作地基变形验算的设计等级为丙级的建筑物范围 表 1-2

地基主要 受力层情 况	地基承载力特征值 f_{ak} (kPa)			$80 \leq f_{ak}$ < 100	$100 \leq f_{ak}$ < 130	$130 \leq f_{ak}$ < 160	$160 \leq f_{ak}$ < 200	$200 \leq f_{ak}$ < 300
	各土层坡度 (%)			≤ 5	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10
建筑类型	砌体承重结构、框架结构 (层数)			≤ 5	≤ 5	≤ 6	≤ 6	≤ 7
	单层排架结构 (6m 柱距)	单跨	吊车额定起重量(t)	10~15	15~20	20~30	30~50	50~100
			厂房跨度(m)	≤ 18	≤ 24	≤ 30	≤ 30	≤ 30
		多跨	吊车额定起重量(t)	5~10	10~15	15~20	20~30	30~75
			厂房跨度(m)	≤ 18	≤ 24	≤ 30	≤ 30	≤ 30

续表

地基主要受力层情况	地基承载力特征值 f_{ak} (kPa)		$80 \leq f_{ak} < 100$	$100 \leq f_{ak} < 130$	$130 \leq f_{ak} < 160$	$160 \leq f_{ak} < 200$	$200 \leq f_{ak} < 300$
	各土层坡度 (%)		≤ 5	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10
建筑类型	烟囱	高度 (m)	≤ 40	≤ 50	≤ 75		≤ 100
	水塔	高度 (m)	≤ 20	≤ 30	≤ 30		≤ 30
		容积 (m ³)	50~100	100~200	200~300	300~500	500~1000

注：1 地基主要受力层系指条形基础底面下深度为 $3b$ (b 为基础底面宽度)，独立基础下为 $1.5b$ ，且厚度均不小于 5m 的范围 (二层以下一般的民用建筑除外)；
2 地基主要受力层中如有承载力特征值小于 130kPa 的土层，表中砌体承重结构的设计，应符合本规范第 7 章的有关要求；
3 表中砌体承重结构和框架结构均指民用建筑，对于工业建筑可按厂房高度、荷载情况折合成与其相当的民用建筑层数；
4 表中吊车额定起重量、烟囱高度和水塔容积的数值系指最大值。

1) 地基承载力特征值小于 130kPa，且体型复杂的建筑；

2) 在基础上及其附近有地面堆载或相邻基础荷载差异较大，可能引起地基产生过大的不均匀沉降时；

3) 软弱地基上的建筑物存在偏心荷载时；

4) 相邻建筑距离过近，可能发生倾斜时；

5) 地基内有厚度较大或厚薄不均的填土，其自重固结未完成时。

4. 对经常受水平荷载作用的高层建筑、高耸结构和挡土墙等，以及建造在斜坡上或边坡附近的建筑物和构筑物，尚应验算其稳定性；

5. 基坑工程应进行稳定性验算；

6. 当地下水埋藏较浅，建筑地下室或地下构筑物存在上浮问题时，尚应进行抗浮验算。

三、岩土工程勘察

1. 勘察阶段的划分

1) 可行性研究勘察 (选址勘察)，目的是为了取得选址主要岩土工程指标，对地基的稳定性和适宜性进行评价，一般大型工程有此勘察阶段。

2) 初步勘察 (初勘)，适应初步设计或扩大初步设计。初勘要基本查明建设场地的稳定性并作出评价。为了确定建筑总平面布置，对主要建筑物的地基基础方案及不良地质现象的防治方案作出论证。

初步勘察勘探线、勘探点间距见表 1-3，勘探孔深度见表 1-4。

初步勘察勘探线、勘探点间距 (m) 表 1-3

地基复杂程度等级	勘探线间距	勘探点间距
一级 (复杂)	50~100	30~50
二级 (中等复杂)	75~150	40~100
三级 (简单)	150~300	75~200

注：1 表中间距不适用于地球物理勘探；
2 控制性勘探点宜占勘探点总数的 $1/5 \sim 1/3$ ，且每个地貌单元均应有控制性勘探点；
3 地基复杂程度等级划分见《岩土工程勘察规范》GB 50021；
4 地基复杂程度等级详见《岩土工程勘察规范》GB 50021。

初步勘察勘探孔深度 (m)

表 1-4

工程重要性等级	一般性勘探孔	控制性勘探孔
一级 (重要工程)	≥ 15	≥ 30
二级 (一般工程)	10~15	15~30
三级 (次要工程)	6~10	10~20

注：1. 勘探孔包括钻孔、探井和原位测试孔等；
2. 特殊用途的钻孔除外；
3. 工程重要性等级详见《岩土工程勘察规范》GB 50021。

3) 详细勘察 (技勘)，是为施工图设计提供可靠的岩土工程条件和各项依据。勘察目的和主要内容有：

- (1) 查明建筑范围内的地层结构、土 (岩) 的物理力学性质、对地基的承载力、压缩性、稳定性作出评价；
 - (2) 查明地下水的埋藏条件 (潜水或滞水)、侵蚀性、必要时还需测试地层的渗透性和水位变化规律；
 - (3) 提供不良地质现象的防治工程所需要的指标和技术参数；
 - (4) 判定地基土 (岩) 和地下水在建筑物施工和使用期间可能产生的变化及对建筑物的影响；
 - (5) 若设计可能采用桩基，则尚需提供桩基的设计技术参数；
 - (6) 地震区尚应提供地基抗震所需的技术资料；
 - (7) 其他情况如地基土的污染的处理等。
- 4) 施工勘察，施工勘察不是一个固定的勘察阶段。其目的是配合设计和施工，解决与施工有关的岩土工程问题，并提供相应的岩土工程数据。

2. 地基的评价

地基评价宜采用钻探取样、室内土工试验、触探，并结合其他原位测试方法。

- 1) 甲级建筑物应提供载荷试验指标、抗剪强度指标、变形参数指标和触探资料；
- 2) 乙级建筑物应提供抗剪强度指标、变形参数指标和触探资料；
- 3) 丙级建筑物应提供触探及必要的钻探和土工试验资料。

3. 建筑物地基均应进行施工验槽

四、作用效应和抗力限值

- 1. 按地基承载力确定基础底面积及埋深或按单桩承载力确定桩数时，传至基础或承台底面上的作用效应应按正常使用极限状态下作用的标准组合；相应的抗力应采用地基承载力特征值或单桩承载力特征值；
- 2. 计算地基变形时，传至基础底面上的作用效应应按正常使用极限状态下作用的准永久组合，不应计入风荷载和地震作用；相应的限值应为地基变形允许值；
- 3. 计算挡土墙、地基或滑坡稳定以及基础抗浮稳定时，作用效应应按承载能力极限状态下作用的基本组合，但其分项系数均为 1.0；
- 4. 在确定基础或桩基承台高度、支挡结构截面、计算基础或支挡结构内力、确定配筋和验算材料强度时，上部结构传来的作用效应和相应的基底反力、挡土墙土压力以及滑坡推力，应按承载能力极限状态下作用的基本组合，采用相应的分项系数；当需要验算基

础裂缝宽度时,应按正常使用极限状态下作用的标准组合;

5. 基础设计安全等级、结构设计使用年限、结构重要性系数应按有关规范的规定采用,但结构重要性系数 γ_0 不应小于 1.0。

五、作用组合的效应设计值

1. 正常使用极限状态下,标准组合的效应设计值 S_k 应按下式确定:

$$S_k = S_{Gk} + S_{Q1k} + \psi_{c2} S_{Q2k} + \cdots + \psi_{cn} S_{Qnk} \quad (1-1)$$

式中 S_{Gk} ——永久作用标准值 G_k 的效应;

S_{Qik} ——第 i 个可变作用标准值 Q_{ik} 的效应;

ψ_{ci} ——第 i 个可变作用 Q_i 的组合值系数,按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定取值。

2. 准永久组合的效应设计值 S_k 应按下式确定:

$$S_k = S_{Gk} + \psi_{q1} S_{Q1k} + \psi_{q2} S_{Q2k} + \cdots + \psi_{qn} S_{Qnk} \quad (1-2)$$

式中 ψ_{qi} ——第 i 个可变作用的准永久值系数,按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定取值。

3. 承载力极限状态下,由可变作用控制的基本组合的效应设计值 S_d ,应按下式确定:

$$S_d = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} + \gamma_{Q2} \psi_{c2} S_{Q2k} + \cdots + \gamma_{Qn} \psi_{cn} S_{Qnk} \quad (1-3)$$

式中 γ_G ——永久作用的分项系数,按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定取值;

γ_{Qi} ——第 i 个可变作用的分项系数,按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定取值。

4. 对由永久作用控制的基本组合,也可采用简化规则,基本组合的效应设计值 S_d 可按下式确定:

$$S_d = 1.35 S_k \quad (1-4)$$

式中 S_k ——标准组合的作用效应设计值。

六、练习题

题 1. 下列关于地基基础设计等级及地基变形设计要求的论述,其中何项是不正确的? (2010)①

(A) 场地和地基条件复杂的一般建筑物的地基基础设计等级为甲级

(B) 位于复杂地质条件及软土地区的单层地下室的基坑工程的地基基础设计等级为乙级

(C) 按地基变形设计或应作变形验算且需进行地基处理的建筑物或构筑物,应对处理后的地基进行变形验算

(D) 场地和地基条件简单、荷载分布均匀的 6 层框架结构,采用天然地基,其持力层的地基承载力特征值为 120kPa 时,建筑物可不进行地基变形计算

① 本书中所有的例题和习题如引自历年真题的,均在题后以方括号或圆括号注明其具体年份,希望引起考生注意和重视。

答案: (D)

解答: 根据《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 (以下简称《地规》) 第 3.0.1 条表 3.0.1, (A) 项正确。(B) 项在《地规》表 3.0.1 中, 由于非二层地下室, 所以不是甲级、也非丙级, (B) 项也正确。根据《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2012 第 3.0.5 条第 2 款, (C) 项也正确。

根据《地规》表 3.0.1, 地基条件简单、荷载分布均匀的 6 层框架为丙级, 由《地规》表 3.0.3, 地基承载力特征值 $f_{ak}=120\text{kPa}$, 框架结构层数 ≤ 5 层时, 可不作地基变形验算, 故 (D) 项不正确。

题 2. 下列关于地基设计的一些主张, 其中何项是正确的? (2006)

(A) 设计等级为甲级的建筑物, 应按地基变形设计, 其他等级的建筑物可仅作承载力验算

(B) 设计等级为甲、乙级的建筑物, 应按地基变形设计, 丙级建筑物可仅作承载力验算

(C) 设计等级为甲、乙级的建筑物, 在满足承载力计算的前提下, 应按地基变形设计; 丙级建筑物满足《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 规定的相关条件时, 可仅作承载力验算

(D) 所有设计等级的建筑物均应按地基变形设计

答案: (C)

解答: 根据《地规》第 3.0.2 条第 1 款、第 2 款, 甲级、乙级建筑物均应作地基变形设计和承载力验算, 故 (A) 项不正确。

根据《地规》第 3.0.2 条第 1 款、第 3 款, 丙级建筑物应作承载力验算, 也有可能作变形验算。

根据《地规》第 3.0.2 条第 2 款, 甲、乙级建筑均应按地基变形设计; 在满足第 3.0.3 条规定条件时, 丙级建筑物仅作承载力验算。

(D) 项是不正确的。

题 3. 在进行建筑地基基础设计时, 关于所采用的荷载效应最不利组合与相应的抗力限值的下述内容, 其中何项是不正确的? (2007)

(A) 按地基承载力确定基础底面积时, 传至基础的荷载效应按正常使用极限状态下荷载效应的标准组合; 相应的抗力采用地基承载力特征值

(B) 计算地基变形时, 传至基础底面上的荷载效应按正常使用极限状态下荷载效应的标准组合; 相应的限值应为相关规范规定的地基变形允许值

(C) 计算挡土墙土压力、斜坡稳定时, 荷载效应应按承载能力极限状态下荷载效应的基本组合, 但其分项系数均为 1.0

(D) 计算基础内力, 确定其配筋和验算材料强度时, 上部结构传来的荷载效应组合及相应的基底反力, 应按承载力极限状态下荷载效应的基本组合, 采用相应的分项系数

答案: (B)

解答: 根据《地规》第 3.0.5 条第 1 款, (A) 项正确; 第 3.0.5 条第 3 款, (C) 项正确; 第 3.0.5 条第 4 款, (D) 项正确。

根据《地规》第 3.0.5 条第 2 款, 取准永久组合非标准组合, 故 (B) 项不正确。

第二节 岩土分类及工程特性指标

一、岩土的分类

作为建筑地基的岩土，可分为岩石、碎石土、砂土、粉土、黏性土和人工填土。

1) 岩石

岩石的坚硬程度应根据岩块的饱和单轴抗压强度 f_{rk} 按表 1-5 分类。

岩石坚硬程度的划分 表 1-5

坚硬程度类别	坚硬岩	较硬岩	较软岩	软岩	极软岩
饱和单轴抗压强度 标准值 f_{rk} (MPa)	$f_{rk} > 60$	$60 \geq f_{rk} > 30$	$30 \geq f_{rk} > 15$	$15 \geq f_{rk} > 5$	$f_{rk} \leq 5$

当缺乏饱和单轴抗压强度资料或不能进行该项试验时，可在现场通过观察，根据岩石的风化程度定性划分为：未风化、微分化、中等风化、强分化和全风化。

岩石根据岩体的完整程度按表 1-6 进行划分。

岩体完整程度划分 表 1-6

完整程度等级	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
完整性指数	> 0.75	$0.75 \sim 0.55$	$0.55 \sim 0.35$	$0.35 \sim 0.15$	< 0.15

注：完整性指数为岩体纵波波速与岩块纵波波速之比的平方。选定岩体、岩块测定波速时应有代表性。

2) 碎石土

碎石土为粒径大于 2mm 的颗粒含量超过全重 50% 的土，碎石土的分类见表 1-7。

碎石土的分类 表 1-7

土的名称	颗粒形状	粒组含量
漂石 块石	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 200mm 的颗粒含量超过全重 50%
卵石 碎石	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 20mm 的颗粒含量超过全重 50%
圆砾 角砾	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 2mm 的颗粒含量超过全重 50%

注：分类时应根据粒组含量栏从上到下以最先符合者确定。

碎石土的密实度的划分见表 1-8。

碎石土的密实度 表 1-8

重型圆锥动力触探锤击数 $N_{63.5}$	密 实 度	重型圆锥动力触探锤击数 $N_{63.5}$	密 实 度
$N_{63.5} \leq 5$	松 散	$10 < N_{63.5} \leq 20$	中 密
$5 < N_{63.5} \leq 10$	稍 密	$N_{63.5} > 20$	密 实

注：1. 本表适用于平均粒径小于或等于 50mm 且最大粒径不超过 100mm 的卵石、碎石、圆砾、角砾。对于平均粒径大于 50mm 或最大粒径大于 100mm 的碎石土，可按本规范附录 B 鉴别其密实度；

2. 表内 $N_{63.5}$ 为经综合修正后的平均值。

3) 砂土

砂土为粒径大于 2mm 的颗粒含量不超过全重 50%、粒径大于 0.75mm 颗粒超过全重 50% 的土。按表 1-9 进行分类。

砂 土 的 分 类 表 1-9

土的名称	粒 组 含 量
砾 砂	粒径大于 2mm 的颗粒含量占全重 25%~50%
粗 砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒含量超过全重 50%
中 砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒含量超过全重 50%
细 砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒含量超过全重 85%
粉 砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒含量超过全重 50%

注：分类时应根据粒组含量栏从上到下以最先符合者确定。

砂土的密实度可按表 1-10 进行分类。

砂土的密实度 表 1-10

标准贯入试验锤击数 N	密 实 度
$N \leq 10$	松 散
$10 < N \leq 15$	稍 密
$15 < N \leq 30$	中 密
$N > 30$	密 实

注：当用静力触探探头阻力判定砂土的密实度时，可根据当地经验确定。

4) 黏性土

(1) 塑限、液限、塑性指数、液性指数

塑限：土由可塑状态变化到半固体状态的界限含水量，以 w_p 表示。

液限：土由流动状态变成可塑状态的界限含水量，以 w_L 表示。

塑性指数 I_p ： $I_p = w_L - w_p$ ，即液限与塑性之差称塑性指数，反映可塑状态下的含水量范围。

液性指数 I_L ：即天然含水量和塑限之差与塑指数之比值。

$$I_L = \frac{w - w_p}{I_p} = \frac{w - w_p}{w_L - w_p} \tag{1-5}$$

(2) 黏性土的分类

黏性土为塑性指数 I_p 大于 10 的土，可按表 1-11 进行分类。

黏 性 土 的 分 类 表 1-11

塑性指数 I_p	土的名称
$I_p > 17$	黏 土
$10 < I_p \leq 17$	粉质黏土

注：塑性指数由相应于 76g 圆锥体沉入土样中深度为 10mm 时测定的液限计算而得。

(3) 黏性土的状态

黏性土的状态，可按表 1-12 进行分类。

黏 性 土 的 状 态 表 1-12

液性指数 I_L	状 态
$I_L \leq 0$	坚 硬
$0 < I_L \leq 0.25$	硬 塑
$0.25 < I_L \leq 0.75$	可 塑
$0.75 < I_L \leq 1$	软 塑
$I_L > 1$	流 塑

注：当用静力触探探头阻力或标准贯入试验锤击数判定黏性土的状态时，可根据当地经验确定。

(4) 粉土塑性指数

粉土介于砂土与黏性土之间，塑性指数 $I_p \leq 10$ 且粒径大于 0.75mm 的颗粒含量不超过全重 50% 的土。

(5) 淤泥、淤泥质土

淤泥在静水或缓慢流水环境中沉积，并经生物化学作用形成，其天然含水量大于液限，天然孔隙比大于或等于 1.5 的黏性土。

当天然含水量大于液限，而天然孔隙比小于 1.5 但大于或等于 1.0 的黏性土或粉土为淤泥质土。

(6) 红黏土、次生红黏土

红黏土为碳酸盐岩系的岩石，经红土化作用形成的高塑性黏土，液限一般大于 50%，红黏土经再搬运后仍保留其基本特征，其液限大于 45% 的土为次生红黏土。

5) 人工填土

人工填土根据其组成和成因，可分为素填土、压实填土、杂填土和冲填土。素填土由碎石土、砂土、粉土、黏性土等组成的填土。经过压实或夯实的素填土为压实填土。杂填土含有建筑垃圾、工业废料、生活垃圾等杂物的填土。冲填土为由水力冲填泥砂形成的填土。

6) 膨胀土

膨胀土为土中黏粒成分主要由亲水矿物组成，同时具有显著的吸水膨胀和失水收缩特性，其自由膨胀率大于或等于 40% 的黏性土。

7) 湿陷性土

湿陷性土为浸水后产生附加沉降，其湿陷系数大于等于 0.015 的土。

二、土的工程特性指标

土的工程特性指标包括：强度指标、压缩性指标、静力触探探头阻力、动力触探锤击数、标准贯入试验锤击数和载荷试验承载力等。

地基土工程特性指标的代表值分为：标准值、平均值和特征值。抗剪强度指标取标准值，压缩性指标取平均值，载荷试验承载力取特征值。

1) 载荷试验

载荷试验包括浅层平板载荷试验，适用于浅层地基；深层平板载荷试验，适用于深层地基。

2) 土的抗剪强度指标

土的抗剪强度指标可采用原状土室内剪切试验、无侧限抗压强度试验、现场剪切试验和十字板剪切试验等方法。室内剪切试验应选择三轴压缩试验中的不固结不排水试验。在验算坡体的稳定性时, 应进行野外大型剪切试验。

3) 土的压缩性指标

土的压缩性指标可采用原状土室内压缩试验、原位浅层或深层平板试验或旁压试验等。

地基土的压缩性可按 $p_1 = 100\text{kPa}$, $p_2 = 200\text{kPa}$ 时相对应的压缩系数值 a_{1-2} 进行评价:

- (1) 当 $a_{1-2} < 0.1\text{MPa}^{-1}$ 时, 为低压缩性土;
- (2) 当 $0.1\text{MPa}^{-1} \leq a_{1-2} < 0.5\text{MPa}^{-1}$ 时, 为中压缩性土;
- (3) 当 $a_{1-2} \geq 0.5\text{MPa}^{-1}$ 时, 为高压缩性土。

在一般情况下, 对于硬塑或坚硬状态的土具有较高的承载力, 处于软塑或流塑状态的土具有较低的承载力, 建造在这种土上的房屋, 其沉降往往很大, 且长期不易稳定。

三、练习题

题 1. 根据地质资料, 其黏土层天然含水量 $w = 35\%$, 液限 $w_L = 52\%$, 塑限 $w_p = 23\%$, 土的压缩系数 $a_{1-2} = 0.12\text{MPa}^{-1}$, $a_{2-3} = 0.09\text{MPa}^{-1}$ 。试问: 下列关于该土层的状态及压缩性评价, 何项是正确的? (2012)

- (A) 可塑、中压缩性土
- (B) 硬塑、低压缩性土
- (C) 软塑、中压缩性土
- (D) 可塑、低压缩性土

答案: (A)

解答: 根据《建筑地基基础设计规范》第 4.1.10 条

$$I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p} = \frac{35 - 23}{52 - 23} = \frac{12}{29} = 0.41$$

$0.25 < I_L < 0.75$, 为可塑。

根据《地规》第 4.2.6 条, $0.1\text{MPa}^{-1} < a_{1-2} = 0.12\text{MPa}^{-1} < 0.5\text{MPa}^{-1}$, 该土层为中压缩性土。

第三节 地基计算

一、基础埋置深度

建筑物基础埋置深度的确定需要考虑很多因素:

1. 考虑建筑物的情况, 如非地震区的高层建筑, 在竖向荷载和水平风荷载作用下, 基础的埋置深度应满足: (1) 地基承载力; (2) 地基变形; (3) 地基的稳定性; (4) 岩石地基上抗滑稳定性。

2. 在抗震设防区, 高层建筑有地下室, 采用天然地基上的箱形和筏形基础时, 考虑水平地震作用下上部结构整体的稳定性, 基础埋置深度不宜小于建筑物高度的 1/15, 桩箱或桩筏基 (不计桩长) 不宜小于建筑物高度的 1/18。

3. 工程地质和水文地质条件

- 1) 从工程地质（地质勘察报告的地质剖面图）条件，首先确定持力层的土层和标高，其次持力层下有没有软弱的下卧层。持力层在满足承载力、变形和稳定的前提下，宜利用上层土作持力层，除岩石地基外，基础埋深不宜小于 0.5m。
- 2) 水文地质条件即地下水位。基础宜埋在地下水位以上，如埋在地下水位以下时，施工时应采取措施防止持力层扰动。当基础埋在易风化的岩层上，在基坑开挖后立即铺筑垫层。
4. 相邻建筑物基础的影响。新建建筑物基础埋深不宜大于原有建筑基础。当埋深大于原有建筑基础时，两基础间应保持一定净距。
5. 冰冻深度的影响，一般情况下基础埋深宜在冰冻深度以下。

二、季节性冻土地基

1. 冻结深度

季节性冻土地基的场地，冻结深度应按下式进行计算：

$$z_d = z_0 \cdot \psi_{zs} \cdot \psi_{zw} \cdot \psi_{ze} \tag{1-6}$$

- 式中 z_d ——场地冻结深度（m），当有实测资料时按 $z_d=h'-\Delta z$ 计算；
 h' ——最大冻深出现时场地最大冻土层厚度（m）；
 Δz ——最大冻深出现时场地地表冻胀量（m）；
 z_0 ——标准冻结深度（m）；当无实测资料时，按本规范附录 F 采用；
 ψ_{zs} ——土的类别对冻结深度的影响系数，按表 1-13 采用；
 ψ_{zw} ——土的冻胀性对冻结深度的影响系数，按表 1-14 采用；
 ψ_{ze} ——环境对冻结深度的影响系数，按表 1-15 采用。

土的类别对冻结深度的影响系数

表 1-13

土的类别	影响系数 ψ_{zs}
黏性土	1. 00
细砂、粉砂、粉土	1. 20
中、粗、砾砂	1. 30
大块碎石土	1. 40

土的冻胀性对冻结深度

的影响系数

表 1-14

冻 胀 性	影响系数 ψ_{zw}
不冻胀	1. 00
弱冻胀	0. 95
冻胀	0. 90
强冻胀	0. 85
特强冻胀	0. 80

环境对冻结深度的影响系数

表 1-15

周围环境	影响系数 ψ_{ze}
村、镇、旷野	1. 00
城市近郊	0. 95
城市市区	0. 90

注：环境影响系数一项，当城市市区人口为 20 万～50 万时，按城市近郊取值；当城市市区人口大于 50 万小于或等于 100 万时，只计入市区影响；当城市市区人口超过 100 万时，除计入市区影响外，尚应考虑 5km 以内的郊区近郊影响系数。

2. 地基土的冻胀类别

地基土的冻胀类别分为：不冻胀、弱冻胀、冻胀、强冻胀和特强冻胀见表 1-16。