

# 贵州省住房和城乡建设厅文件

黔建科通〔2018〕11号

---

## 关于发布《贵州建筑地基基础设计规范》 等3项贵州省工程建设地方标准的通知

各市（州）住房和城乡建设局，贵安新区规划建设局，仁怀市、威宁县住房和城乡建设局，各有关单位：

由贵州省建筑设计研究院有限责任公司和贵阳建筑勘察设计院有限公司主编的《贵州建筑地基基础设计规范》、《贵州省建筑岩土工程技术规范》，以及贵阳建筑勘察设计院有限公司、贵州省建筑设计研究院有限责任公司、中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司主编的《贵州省建筑桩基设计与施工技术规程》等3项标准已编制完成，在通过我厅组织的专家审查并经公示无异后，

现予发布。《贵州建筑地基基础设计规范》编号为DBJ52/T045-2018，自2018年2月1日起实施。《贵州省建筑岩土工程技术规范》编号为DBJ52/T046-2018，自2018年2月1日起实施。《贵州省建筑桩基设计与施工技术规程》编号为DBJ52/T088-2018，自2018年2月1日起实施。

以上标准由贵州省住房和城乡建设厅负责管理和解释。在该标准执行过程中如有意见和建议，请随时反馈给省住房和城乡建设厅建筑节能与科技处。



中华人民共和国工程建设地方标准

DBJ

DBJ52/45-2018

备案号:

## 贵州建筑地基基础设计规范

Code for design of building foundation of Guizhou

2018-01-10 发布

2018-02-01 实施

贵州省住房和城乡建设厅 发布



中华人民共和国工程建设地方标准

贵州建筑地基基础设计规范

Code for design of building foundation of Guizhou

**DBJ52/T045—2018**

主编单位：贵州省建筑设计研究院有限责任公司

贵阳建筑勘察设计有限公司

批准部门：贵州省住房和城乡建设厅

施行日期：2018 年 02 月 01 日

**2018 贵阳**



# 前 言

本规范根据贵州省住房和城乡建设厅黔建科通[2013]529 号文件要求,总结了《贵州建筑地基基础设计规范》(DB22/45-2004)使用情况以及工程实践经验,参考了国内有关标准、规范,经多次讨论审查、广泛征求意见,修订而成。

本规范共 10 章 11 个附录,主要内容包括:建筑地基基础设计的基本规定、地基计算、各类地基(红粘土地基、填土地基、砂卵石地基、岩石及岩溶地基、土岩组合地基)基础设计、边坡及基坑支护设计、地基基础的检验与监测等。

本次修订的主要内容有:

1. 补充了建筑基坑工程设计等级的划分;
2. 补充了岩溶地基上应进行稳定性验算的规定;
3. 增加了地下室抗浮设计水位的取值规定;
4. 增加了红粘土根据含水比、静力触探比贯入阻力进行状态分类;
5. 调整了岩石地基承载力特征值的确定方法;
6. 增加了在地基变形计算深度范围内有刚性下卧层时的地

基变形计算；

7. 补充了非压实与压实填土地基设计、施工、检测方面的要求；
8. 调整了土岩组合地基的适用范围；
9. 修订了扩展基础受剪承载力计算；
10. 增加了不均匀土质地基上采用文克尔（winkler）模型按弹性地基梁计算的内容；
11. 增加了嵌岩桩的计算；
12. 增加了对桩身裂缝宽度的验算要求；
13. 增加了边坡支护结构材料要求；
14. 增加了包括场地稳定性评价、建筑设计、勘察与施工要求的《坡地建筑工程》。

希望各单位在使用本规范的过程中，结合工程实际，加强经验总结和资料积累，以便为今后进一步修订提供技术依据。

本规范由贵州省住房和城乡建设厅归口管理，由主编单位负责具体技术内容的解释。

**主编单位：**贵州省建筑设计研究院有限责任公司

贵阳建筑勘察设计有限公司



**参编单位（排序不分先后）：**

贵州省工程设计质量监督站

贵阳市工程设计质量监督站

贵阳市建筑设计院有限公司

贵州同盛建筑设计有限公司

中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司

贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司

贵州省建筑工程勘察院

贵州正业工程技术投资有限公司

贵州中建建筑科研设计院有限公司

中铁二院贵阳勘察设计研究院有限责任公司

贵州省水利水电勘测设计研究院

贵州省煤矿设计研究院

贵州地质工程勘察设计研究院

贵州有色地质工程勘察公司

贵州地矿基础工程有限公司

贵州建工集团有限公司

贵州开磷设计研究院有限责任公司

贵州开磷建设集团有限公司

中天城投集团贵阳房地产开发有限公司

昆明捷程桩工有限责任公司

**本规范编制委员会：**

主任委员：毛方益

名誉主任：李光荣

副主任委员：金幸初 袁志英 许家强 陈宗强

郝江南 李卫民

顾问专家：张洪生 张先茂 杨世忠 高岱

常大美 李佑方

**主要起草人：**陈宗强 郝江南 赖庆文 董云 朱志强

黄质宏 莫安儒 杨力列 杨振杰 龙万学

肖万春 金幸初 袁志英 李卫民 李光耀

**参编人员：**（排序不分先后）

李光荣 许家强 莫志刚 须六平 袁凌云

沈志平 沈春勇 何文勇 朱彦 张建忠

彭煜 田硕 罗晓倩 周忠德 白晓冬

詹黔花 潘佩瑶 张君恺 段启杉 张建

廖卫红 李文洪 安源远 陈文学 丁修平

袁代江 刘富华

**主要审查专家：**毛方益 叶敬 柯东升 李泽晖 周平忠

包太 刘发祥 汤启明 任廷坚 马钊

# 目 次

1	总则 .....	1
2	术语和符号 .....	2
2.1	术语 .....	2
2.2	符号 .....	4
3	基本规定 .....	7
3.1	设计原则 .....	7
3.2	地基岩土分类 .....	11
3.3	工程特性指标 .....	17
4	地基计算 .....	19
4.1	基础埋置深度 .....	19
4.2	地基承载力计算 .....	21
4.3	地基变形验算 .....	29
4.4	地基稳定性验算 .....	37
5	土质地基 .....	39
5.1	红粘土地基 .....	39
5.2	填土地基 .....	41
5.3	砂卵石地基 .....	45
6	岩石及岩溶地基 .....	47

6.1	岩石地基 .....	47
6.2	岩溶地基 .....	49
6.3	岩溶地基的处理与利用 .....	52
7	土岩组合地基 .....	54
7.1	一般规定 .....	54
7.2	地基处理与构造措施 .....	55
8	基础 .....	59
8.1	无筋扩展基础 .....	59
8.2	扩展基础 .....	60
8.3	柱下条形基础 .....	64
8.4	筏形基础 .....	67
8.5	桩基础 .....	71
9	边坡及基坑 .....	81
9.1	一般规定 .....	81
9.2	支护结构材料 .....	81
9.3	坡地建筑工程 .....	82
10	检验与监测 .....	84
10.1	检验 .....	84
10.2	监测 .....	85

附录 A 土（岩）地基承载力特征值表.....88

附录 B 地基土浅层平板载荷试验要点 .....92

附录 C 深层平板载荷试验要点 .....95

附录 D 岩石单轴抗压强度试验要点 .....97

附录 E 抗剪强度指标  $c$ 、 $\frac{1}{16}$ 标准值 .....99

附录 F 岩基载荷试验要点 .....101

附录 G 附加应力系数  $\alpha$ 、平均附加应力系数  $\bar{\alpha}$  .....103

附录 H 石芽地基或基岩的稳定计算.....107

附录 J 砂卵石地基压缩模量与变形模量的换算  
及变形简化计算 .....109

附录 K 用词及用语说明.....112

附录 L 引用标准名录 .....113

条文说明.....114

# Contents

1	General provisions .....	1
2	Terminology and symbols .....	2
2.1	Terms .....	2
2.2	Symbols.....	4
3	The basic provisions.....	7
3.1	Design principles.....	7
3.2	Classification of soil.....	11
3.3	The engineering property index.....	17
4	Foundation calculation.....	19
4.1	The buried depth of foundation .....	19
4.2	Calculation of bearing capacity of foundation .....	21
4.3	Foundation deformation calculation.....	29
4.4	Foundation stability computations.....	37
5	Soil foundation .....	39
5.1	Red clay foundation.....	39
5.2	Filled-in ground.....	41
5.3	Sand and gravel foundation.....	45
6	Rock and Karst foundation .....	47
6.1	Rock foundation .....	47
6.2	Karst foundation.....	49

6.3	Treatment and utilization of Karst	
	foundation .....	52
7	Soil rock composite foundation .....	54
7.1	Regulations .....	54
7.2	Foundation treatment and construction	
	measures .....	55
8	Basics .....	59
8.1	Non reinforced spread foundation .....	59
8.2	Spread foundation .....	60
8.3	Strip foundation under column .....	64
8.4	Raft foundation .....	67
8.5	Pile foundation .....	71
9	Slope and foundation pit .....	81
9.1	Regulations .....	81
9.2	Support structure material .....	81
9.3	Hillside building engineering.....	82
10	Inspection and monitoring .....	84
10.1	Test .....	84
10.2	Monitor .....	85
Appendix A	Soil (rock) values of foundation bearing	
	capacity .....	88
Appendix B	Soil shallow plate loading test points.....	92
Appendix C	Deep plate loading test points .....	95

Appendix D	Test of uniaxial compressive strength of rock.....	97
Appendix E	Shear strength index $c$ , $\frac{1}{16}$ standard value.....	99
Appendix F	Rock loading test points .....	101
Appendix G	Additional stress coefficient $\alpha$ &The average additional stress Coefficient $\bar{\alpha}$ .....	103
Appendix H	Calculation of foundation stone bud or rock stability.....	107
Appendix J	Sand and gravel foundation compression conversion modulus and deformation modulus.....	109
Appendix K	Use words and expressions.....	112
Appendix L	List of Quoted Standards .....	113
	Explanation of Provisions .....	114



# 1 总 则

**1.0.1** 贵州地区有其独特的地质条件，为了在建筑地基基础设计中，贯彻执行国家技术经济政策，结合地方特点，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于一般工业与民用建筑（包括构筑物）的地基基础设计。对于地下挖空区、机械振动作用下的地基基础设计，以及当基础处于侵蚀性环境或受高温、冷冻等影响时，应符合国家现行有关标准、规范的规定。

**1.0.3** 地基基础设计，应坚持因地制宜、依山就势，充分利用岩土工程条件，合理布局，就地取材，保护环境和节约资源的原则。

**1.0.4** 地基基础设计，应根据岩土工程勘察资料，综合考虑结构类型、材料与施工条件等因素，精心设计。

**1.0.5** 地基基础设计，除应执行本规范外，尚应符合现行国家、行业和地方技术法规、技术标准、规范的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 地基 Subgrade, Foundation soils

支承建筑物或构筑物基础及地面荷载的土体或岩体。

#### 2.1.2 基础 Foundation

将结构所承受的各种作用传递到地基上的结构组成部分。

#### 2.1.3 地基承载力特征值 Characteristic value of subgrade bearing capacity

指由荷载试验测定的地基压力变形曲线线性变形段内规定的变形所对应的压力值，其最大值为比例界限值。

#### 2.1.4 地基变形允许值 Allowable subsoil deformation

为保证建筑物或构筑物处在正常使用极限状态下而确定的变形控制值。

#### 2.1.5 土岩组合地基 Soil-rock composite subgrade

建筑地基（或沉降缝分隔区段的建筑地基）的主要受力层范围内，存在有部分为岩石（或石芽、大块孤石）和部分为土质的地基。

#### 2.1.6 岩溶地基 Karst subgrade

可溶性岩石受水的溶解作用和伴随的机械作用所形成的诸如石芽、溶沟、溶槽、溶洞等地貌的地基。

#### 2.1.7 地基处理 Ground treatment

为提高地基的承载力，改善其变形性质或渗透性质等而采取的人工方法。

#### 2.1.8 复合地基 Composite subgrade, Composite foundation

部分土体被增强或被置换，而形成的由地基土和增强体共同承担荷载的人工地基。

#### 2.1.9 扩展基础 Spread foundation

将上部结构传来的荷载，通过向侧边扩展成一定底面积，使作用在基底的压应力等于或小于地基土的承载力，而基础内部的应力应同时满足材料本身的强度要求，起到压力扩散作用的钢筋混凝土基础。

#### 2.1.10 无筋扩展基础 Non-reinforced spread foundation

以毛石、混凝土或毛石混凝土等为材料，且不需配置钢筋的墙下条形基础或柱下独立基础。

#### 2.1.11 筏板基础 Raft foundation

支承整个建筑物或构筑物的大面积整体钢筋混凝土板式或梁板式基础。

### 2.1.12 桩基础 Pile foundation

由设置于岩土中的桩和联接于桩顶端的承台组成的基础。

### 2.1.13 支挡结构 Retaining structure

使岩土边坡保持稳定、控制边坡位移而兴建的结构物。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 作用和作用效应

$E_a$  — 主动土压力；

$H$  — 作用于基础（或桩）顶面的水平力；

$F$  — 基础顶面竖向力；

$s$  — 沉降量；

$G$  — 恒载；

$M$  — 作用于基础底面的力矩或截面的弯矩；

$p$  — 基础底面处的平均压力；

$p_o$  — 基础底面处的平均附加压力；

$Q$  — 桩基中单桩所受竖向力。

### 2.2.2 材料性能和结构构件抗力

$E_s$  — 土的压缩模量；

$q_{pa}$  — 桩端土的承载力特征值；

$q_{sa}$ — 桩周土的摩擦力特征值；

$R_a$ — 单桩竖向承载力特征值；

$R_t$ — 锚杆抗拔承载力特征值；

$\omega$  — 土的含水量；

$\omega_L$ — 液限；

$\omega_P$ — 塑限；

$C$  — 粘聚力；

$f_a$  — 修正后的地基承载力特征值；

$f_{ak}$  — 地基承载力特征值；

$f_{rk}$  — 岩石饱和单轴抗压强度标准值；

$\gamma$  — 土的重力密度（简称土的重度）；

$\delta$  — 墙背与墙后土的摩擦角；

$\theta$  — 地基的压力扩散角；

$\mu$ — 土与挡土墙基底间的摩擦系数；

$\frac{1}{16}$  — 内摩擦角；

$a$  — 压缩系数；

$e$ — 孔隙比。

### 2.2.3 几何参数

$A$  — 基础底面面积；

$b$  — 基础底面宽度（最小边长），或力矩作用方向的基础底面边长；

$d$  — 基础埋置深度，桩身直径；

$H_o$  — 基础高度；

$L$  — 房屋长度或沉降缝分隔单元长度；

$l$  — 基础底面长度；

$u$  — 周长；

$z_n$  — 地基沉降计算深度；

$\beta$  — 边坡与水平面的夹角。

#### 2.2.4 设计参数和计算系数

$\bar{\alpha}$  — 平均附加应力系数；

$\eta_b$  — 基础宽度的承载力修正系数；

$\eta_d$  — 基础深度的承载力修正系数；

$\psi_s$  — 沉降计算经验系数。

### 3 基本规定

#### 3.1 设计原则

3.1.1 地基基础设计应根据场地地质情况、建筑物规模、功能特征以及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，按表 3.1.1 确定相应的地基基础设计等级。

表 3.1.1 地基基础设计等级

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 层的高低层连体建筑物 大面积的地下车库、商场、运动场等多层地下建筑物 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 复杂地质条件及软土地基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 基坑周围环境条件复杂、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

续表

设计等级	建筑和地基类型
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 非软土地且地质条件简单、周围环境条件简单、环境保护要求不高且开挖深度小于 5m 的基坑工程

3.1.2 根据建筑物地基基础设计等级和长期荷载作用下地基变形对上部结构的影响程度，地基基础设计应符合下列规定：

- 1 所有建筑物的地基计算均应满足承载力计算的有关规定；
- 2 地基基础设计等级为甲、乙级的建筑物，除完整、较完整、较破碎的硬质岩石地基外，均应进行地基变形设计；
- 3 设计等级为丙级的建筑物，遇下列情况之一时，应作变形验算：
  - 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；
  - 3) 持力层的岩土性能或厚度差异变化较大；
  - 4) 软弱地基上存在偏心荷载的建筑物；
  - 5) 相邻建筑物距离较近，可能引发倾斜；
  - 6) 填土地基。



4 下列情况应进行地基稳定性验算：

- 1) 高层建筑、高耸结构和挡土构筑物工程；
- 2) 斜坡上或边坡附近的建（构）筑物；
- 3) 承受较大水平推力的建筑物；
- 4) 相邻基础埋深相差较大的建筑物；
- 5) 持力层基岩有临空面的建筑物；
- 6) 持力层土、岩层有软弱夹层的建筑物；
- 7) 除另有规定外，利用岩溶顶板作为基础持力层的建筑物；
- 8) 基坑工程。

5 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，应进行抗浮验算和抗渗设计。

3.1.3 地基基础设计所采用的荷载作用最不利组合与相应的抗力限值应符合下列规定：

- 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荷载作用应按正常使用极限状态下荷载作用的标准组合，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，基础底面上的荷载作用应按正常使用

极限状态下荷载作用的准永久组合，不计入风荷载和地震作用，相应的限值应采用地基变形允许值；

3 计算挡土墙土压力、地基或斜坡稳定以及滑坡推力、基础抗浮稳定时，荷载作用应按承载能力极限状态下荷载作用的基本组合，但其分项系数均为1.0；

4 在确定基础或承台高度、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，上部结构传来的荷载作用组合和相应的基底反力，应按承载能力极限状态下荷载作用的基本组合，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荷载作用标准组合；

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  $\gamma_0$  不应小于1.0。

3.1.4 地下室抗浮设计水位，应根据场地实际情况，按以下规定分析确定：

1 抗浮设计水位应根据场地长期地下水观测资料，采用峰值水位。当无长期观测资料时，应收集邻近建筑抗浮设防情况，结合场地地形地貌、地下水补给、径流、排泄

条件以及周围环境等因素综合确定；

- 2 低洼场地的建筑地下室底板置于不透水层以上时，抗浮水位应取场地有效排水标高；
- 3 临近河流、湖泊的地下建（构）筑物，当无天然隔水屏障或未采取隔水措施时，抗浮水位应取相邻河流、湖泊 50 年一遇最高洪水位；
- 4 抗浮设计水位应在基坑开挖后，由勘察、设计、施工单位共同现场复核验证。

3.1.5 当地下水和地基土对建筑材料有腐蚀性时，应对基础采取防腐蚀措施。

3.1.6 地基基础设计应考虑地下建（构）筑物建成后，由于水文地质条件的改变对环境的影响。

## 3.2 地基岩土分类

3.2.1 常遇的建筑地基岩土类型，可分为土质地基、岩石及岩溶地基、土岩组合地基三种类型。

3.2.2 土质地基可按土的成因、粒径大小、塑性指数等进行分类。

- 1 红粘土专指碳酸盐岩系的岩石经红土化作用形成的高

塑性粘性土，其液限一般大于 50%。红粘土经再搬运后仍保留其基本特征，其液限大于 45%的为次生红粘土。红粘土应根据其含水比  $a_w$  或静力触探比贯入阻力  $P_s$  进行状态分类（表 3.2.2-1）。

表 3.2.2-1 红粘土的状态分类

状 态	含水比 $a_w$	静力触探比贯入阻力 $P_s$ (kPa)
坚 硬	$a_w \leq 0.55$	$P_s \geq 2300$
硬 塑	$0.55 < a_w \leq 0.70$	$2300 > P_s \geq 1300$
可 塑	$0.70 < a_w \leq 0.85$	$1300 > P_s \geq 700$
软 塑	$0.85 < a_w \leq 1.00$	$700 > P_s \geq 200$
流 塑	$a_w > 1.00$	$P_s < 200$

注：  $a_w = \omega / \omega_L$

2 粘性土，根据其塑性指数  $I_p$  划分地基亚类， $I_p > 17$  为粘土， $10 < I_p \leq 17$  为粉质粘土。粘性土根据其液性指数  $I_L$  可按表 3.2.2-2 分为坚硬、硬塑、可塑、软塑、流塑状态。

表 3.2.2-2 粘性土的状态分类

液性指数 $I_L$	状态	液性指数 $I_L$	状态
$I_L \leq 0$	坚硬	$0.75 < I_L \leq 1$	软塑
$0 < I_L \leq 0.25$	硬塑	$I_L > 1$	流塑
$0.25 < I_L \leq 0.75$	可塑		

- 3 填土根据堆填方式分为非压实填土与压实填土。非压实填土是指由人类生产和生活废弃物在地表自然堆填而成，按其物质组成可分为：素填土、杂填土、工业废料填土及混合填土。压实填土是对选定的填料，按压实标准，有组织填筑的土层，按压实方法可分为：重锤夯实、机械碾压和强夯等。
- 4 混合土是指缺乏中间粒径的细粒土与粗粒土混杂土。当碎石土中粒径小于 0.075mm 的细粒土含量超过全重的 25%时，为粗粒混合土；当粉土或粘性土中粒径大于 2mm 粗粒土含量超过全重的 25%时，为细粒混合土。
- 5 淤泥为在静水或缓慢的流水环境中沉积，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 的粘性土。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 时的粘性土或粉土为淤泥质土。
- 6 砂卵石土是指在河流的河床、河漫滩或阶地上，经冲积形成，以粗颗粒形状的圆形及亚圆形卵石（粒径大于 20mm 的颗粒含量超过全重 50%）为主、孔隙充填砂砾。
- 7 碎石土及砂土分类按现行《建筑地基基础设计规范》

GB50007 规定。

3.2.3 岩石的坚硬程度应根据岩石单轴抗压强度标准值  $f_{rk}$  按表 3.2.3 划分。

表 3.2.3 岩石坚硬程度划分

坚硬程度类别	硬质岩		软质岩		极软岩
	坚硬岩	较硬岩	较软岩	软岩	
$f_{rk}$ (MPa)	$f_{rk}>60$	$30<f_{rk}\leq 60$	$15<f_{rk}\leq 30$	$5<f_{rk}\leq 15$	$f_{rk}\leq 5$
代表性岩石	硅质岩、玄武岩	白云岩、石灰岩、砂岩	泥灰岩、泥质砂岩	泥岩、页岩、砂质泥岩	风化软岩、全风化岩

注：  $f_{rk}$  为岩石饱和单轴抗压强度标准值，对以泥质成分为主的岩石，不能做饱和抗压试验时，可用天然单轴抗压强度。

3.2.4 岩体完整程度应根据岩体完整性指数按表 3.2.4 划分。

表 3.2.4 岩体完整程度划分

完整性指数 ( $K_v$ )	$>0.75$	$0.75\sim 0.55$	$0.55\sim 0.35$	$0.35\sim 0.15$	$<0.15$
完整程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎

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。

3.2.5 岩体基本质量等级应根据其坚硬程度、完整程度按表 3.2.5 划分。

表 3.2.5 岩体基本质量等级划分

<div>完整程度 坚硬程度</div>	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
坚硬岩	I	II	III	IV	V
较硬岩	II	III	IV	IV	V
较软岩	III	IV	IV	V	V
软 岩	IV	IV	V	V	V
极软岩	V	V	V	V	V

3.2.6 岩石的风化程度应根据岩体的相关特征按表 3.2.6 划分。

表 3.2.6 岩石风化程度划分

风化程度	特 征
未风化	岩质新鲜，结构无风化迹象
微风化	岩质新鲜，结构稍有风化迹象，结构面完全闭合
中风化	1、结构面清晰 2、岩体被节理、裂隙分割成块状（20～50cm），裂隙中填充少量风化物。锤击声脆，且不易击碎 3、用镐难挖掘，岩心钻方可钻进

续表

风化程度	特    征
强风化	1、结构面不甚清晰，矿物成分已显著变化 2、岩体被节理、裂隙分割成碎石状（2~20cm），碎石用手可以折断 3、用镐可以挖掘，手摇钻不易钻进
全风化	1、结构面不清晰，矿物成分已全部变化 2、手摇钻可以钻进

3.2.7 岩溶地基的岩石坚硬性和岩体完整性，仍按本规范 3.2.3、3.2.4 条确定，并按表 3.2.7 划分岩溶发育程度。

**表 3.2.7 岩溶发育程度划分**

岩溶发育程度 分类	判定条件
强发育	1) 地表有较多岩溶塌陷、漏斗、洼地、泉眼； 2) 溶沟（溶槽）、石芽密布，相邻钻孔间溶蚀基岩面高差大于 5m； 3) 地下有暗河、伏流分布； 4) 钻孔见洞隙率大于 30%，或线岩溶率大于 20%； 5) 串珠状竖向溶洞发育深度达 20m 以上
中等发育	介于强发育和弱发育之间
弱发育	1) 地表无岩溶塌陷、漏斗； 2) 溶沟（溶槽）较发育，相邻钻孔间溶蚀基岩面高差小于 2m； 3) 钻孔见洞隙率小于 10%，或线岩溶率小于 5%

3.2.8 土岩组合地基是指主要受力层由土和岩石组合而成的地



基。

### **3.3 工程特性指标**

**3.3.1** 岩土的工程特性指标包括强度指标、压缩性指标及静力触探探头阻力、标准贯入试验锤击数、圆锥动力触探锤击数、载荷试验承载力等各种原位测试特性指标。

**3.3.2** 地基岩土工程特性指标的代表值应分别为标准值、平均值及特征值。抗剪强度指标应取标准值，压缩性指标应取平均值，载荷试验承载力应取特征值。

**3.3.3** 地基土载荷试验包括浅层平板载荷试验和深层平板载荷试验。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。浅层平板载荷试验应符合本规范附录 B《地基土浅层平板载荷试验要点》，深层平板载荷试验应符合本规范附录 C《深层平板载荷试验要点》。

**3.3.4** 岩石、岩石结构面的抗剪强度指标，可采用试样直径或边长不小于 50mm、高度与之相等的直剪试验，试验数量不应少于 6 组。验算坡体的稳定性时，对于已有剪切破裂面或其它软弱结构面的抗剪强度，应进行野外大型剪切试验，试验数量不应少于 3 组。

**3.3.5** 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、十字板剪切试验等方法测定。当采用室内剪切试验确定时,宜选择自重压力下不固结不排水三轴压缩试验或直剪仪快剪试验,无条件时也可采用直剪仪进行固结快剪试验。每层土的试验数量不应少于 6 组。

**3.3.6** 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载荷试验确定。当采用压缩试验确定压缩模量时,试验所施加的最大压力应超过土自重压力与预计的附加压力之和,试验成果采用  $e-p$  曲线表示。地基土的压缩性可按  $p_1$  为 100kPa,  $p_2$  为 200kPa 时相对应的压缩系数值  $a_{1-2}$  划分为低、中、高压缩性、并按以下规定进行评价:

- 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,为高压性土。

**3.3.7** 岩石地基承载力特征值按本规范 4.2.8~4.2.10 条确定。

## 4 地基计算

### 4.1 基础埋置深度

4.1.1 建筑物基础的埋置深度，应按下列条件确定：

1 建筑物的用途，有无地下室、设备基础和地下设施，基础的形式及构造；

2 作用在地基上的荷载大小和性质；

3 场地工程地质与水文地质条件；

4 相邻建筑物基础的埋深；

5 地基土胀缩性及大气的影响。

4.1.2 在满足地基稳定和变形要求的前提下，基础宜浅埋。当上层土（岩）的承载力大于下层土（岩）时，宜充分利用上层土（岩）作持力层。

4.1.3 土质地基及软岩、极软岩地基上的建筑物基础埋置深度不宜小于 0.5m；岩石地基上建筑物的基础埋置深度，除另有规定外，不宜小于 0.2m。

4.1.4 高层建筑宜设地下室，基础埋置深度应满足地基承载力、变形和稳定性的要求。

天然土质地基上的高层建筑箱形基础和筏形基础的埋置深度不宜小于建筑物高度的  $1/15$ ，桩基、桩筏或桩箱基础的承台、筏板、箱基底板埋置深度不宜小于建筑物高度的  $1/20$ 。

位于岩石地基上的高层建筑，其基础埋置深度应满足抗滑稳定性要求。

**4.1.5** 基础宜埋置在地下水位以上，当必须埋置到地下水位以下时，应采取确保地基土（岩）在施工中不受扰动的有效措施。

**4.1.6** 基础埋置于易风化、易软化、裂隙发育的岩石上时，基础底面岩石不宜裸露在大气中，基坑开挖后应立即浇注混凝土垫层进行封闭。

**4.1.7** 当基础下岩土界面为斜坡面时，基础宽度方向的深度不宜有差异。条形基础在长度方向可设置台阶，土质地基每级台阶高度不宜大于 500mm，长度不宜小于台阶高度的 2 倍；岩石地基基底台阶，可根据岩石原表面的坡度及基础材料确定，但台阶高度不宜大于 1000mm，长度不宜小于台阶高度。

**4.1.8** 七层及七层以下的砌体房屋，当地基为完整的硬质岩石时，可直接在整平的岩石地基上砌筑上部结构，但室外散水应采用混凝土铺设，散水坡度不宜小于 5%，厚度不宜小于 100mm，当紧靠基础有室外排水明沟时，基础底面标高应低于排水沟底。

## 4.2 地基承载力计算

4.2.1 建筑物基础底面的压力，应满足下列条件：

1 当轴心荷载作用时：

$$p_k \leq f_a \quad (4.2.1-1)$$

式中  $p_k$  一相应于荷载作用标准组合时，基础底面处的平均压力值（kPa）；

$f_a$  一修正后的地基承载力特征值（kPa）。

2 当为偏心荷载作用时，除符合式（4.2.1-1）要求外，尚应符合下式要求：

$$p_{kmax} \leq 1.2f_a \quad (4.2.1-2)$$

式中  $p_{kmax}$  一相应于荷载作用标准组合时，基础底面的最大压力值（kPa）。

4.2.2 基础底面的压力，对于土质地基及软岩、极软岩地基，可按下列公式确定：

1 当轴心荷载作用时：

$$p_k = \frac{F_k + G_k}{A} \quad (4.2.2-1)$$

式中  $F_k$  一相应于荷载作用标准组合时，上部结构传至基础顶面的竖向力值（kN）；

$G_k$  一基础自重和基础上土重的标准值（kN）；

$A$ —基础底面面积 ( $\text{m}^2$ )。

2 当偏心荷载作用时:

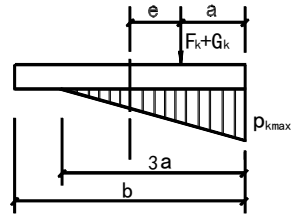
$$p_{k\max} = \frac{F_k + G_k}{A} + \frac{M_k}{W} \quad (4.2.2-2)$$

$$p_{k\min} = \frac{F_k + G_k}{A} - \frac{M_k}{W} \quad (4.2.2-3)$$

式中  $M_k$ —相应于荷载作用标准组合时, 作用于基础底面的力矩值 ( $\text{kN} \cdot \text{m}$ ) ;

$W$ —基础底面的抵抗矩 ( $\text{m}^3$ ) ;

$p_{k\min}$ —相应于荷载作用标准组合时, 基础底面边缘的最小压力值 ( $\text{kPa}$ ) 。



3 当基础底面为矩形、偏心距  $e > b/6$  时 (图

图4.2.2 偏心荷载 ( $e > b/6$ ) 下基底压力计算示意图

$b$ —力矩作用方向基础底面边长

4.2.2),  $p_{k\max}$  应按下

式计算:

$$p_{k\max} = \frac{2(F_k + G_k)}{3la} \quad (4.2.2-4)$$

式中  $l$ —垂直于力矩作用方向的基础底面边长 ( $\text{m}$ ) ;

$a$ —合力作用点至基础底面最大压力边缘的距离 (m)。

4.2.3 地基承载力特征值应根据地基基础设计等级由载荷试验或其他原位测试、公式计算、并结合工程实践经验等方法综合确定，也可参照本规范附录 A《土（岩）地基承载力特征值表》确定。

4.2.4 当基础埋置深度大于 0.5m 或基础宽度大于 3m 时，通过载荷试验或其它原位测试、参照本规范附录 A《土（岩）地基承载力特征值表》等方法确定的地基承载力特征值，应按式 (4.2.4) 进行深度和宽度修正：

$$f_a = f_{ak} + \eta_b \gamma (b - 3) + \eta_d \gamma_m (d - 0.5) \quad (4.2.4)$$

式中  $f_a$ —经深度和宽度修正后的地基承载力特征值 (kPa)；

$f_{ak}$ —地基承载力特征值 (kPa)；

$\gamma$ —基础底面以下土的重度 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )，地下水位以下取浮重度；

$\gamma_m$ —基础底面以上土体重度 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ ) 的加权平均值，地下水位以

下取浮重度；

$b$ —基础底面宽度 (m)， $b$  小于 3m 时按 3m 计算， $b$  大于

6m 时按 6m 计算；

$d$ —基础埋置深度 (m)，一般从室外地面标高算起。在填

方整平区，当基础完工后立即回填土方（压实系数不

小于 0.94），再进行上部结构施工，应自填土地面标高算起；当上部结构施工完成后再回填土方时，应从天然地面标高算起。对于采用箱形基础或筏形基础的地下室，基础埋置深度自室外地面算起。当采用独立基础或条形基础时，应从室内地面标高算起。

$\eta_b$ 、 $\eta_d$ —基础宽度和埋置深度的地基承载力修正系数，根据基底持力层土类按表 4.2.4 采用。

表 4.2.4 地基承载力宽度和深度修正系数

岩 土 类 别		$\eta_b$	$\eta_d$
淤泥和淤泥质土 人工填土 e 或 $I_L$ 大于等于 0.85 的粘性土		0	1.0
红粘土	含水比 $\alpha_w \leq 0.8$	0	1.2
	含水比 $\alpha_w > 0.8$	0.15	1.4
大面积 压实填土	压实系数大于 0.95、粘粒含量 $\rho_c \geq 10\%$ 的粉土	0	1.5
	最大干密度大于 $2100\text{kg/m}^3$ 的级配砂石	0	2.0
粉土	粘粒含量 $\rho_c \geq 10\%$ 的粉土	0.3	1.5
	粘粒含量 $\rho_c < 10\%$ 的粉土	0.5	2.0
e 或 $I_L$ 均小于 0.85 的粘性土		0.3	1.6
粉砂、细砂（不包括很湿与饱和时的稍密状态）		2.0	3.0
中砂、细砂、砾砂和碎石（砂卵石）土		3.0	4.4

续表



岩 土 类 别		$\eta_b$	$\eta_d$
风化岩石	全风化	0	2.0
	强风化	0	3.0

注：1 地基承载力特征值按本规范附录 C《深层平板载荷试验要点》确定  
时 $\eta_d$ 取 0；

- 2 破碎、极破碎岩石地基，可分别参照本表中强风化、全风化的地基承载力修正系数取值，其他状态下的岩石不进行修正；
- 3 含水比是指土的天然含水量与液限的比值；
- 4 大面积压实填土是指填土范围大于两倍基础宽度的填土。

4.2.5 当荷载偏心距  $e$  小于或等于 0.033 倍基础底面宽度时，土质地基承载力特征值，根据土的抗剪强度指标可按下式计算，并应满足变形要求：

$$f_a = M_b \gamma b + M_d \gamma_m d + M_c c_k \tag{4.2.5}$$

式中  $f_a$  —由土的抗剪强度指标确定的地基承载力特征值(kPa)；

$M_b$ 、 $M_d$ 、 $M_c$ —地基承载力系数，按表 4.2.5 确定；

$b$  —基础底面宽度（m），大于 6m 时按 6m 取值；对于砂土，小于 3m 时按 3m 取值；

$c_k$  —基底下—倍短边宽深度内土的粘聚力标准值(kPa)。

表 4.2.5 地基承载力系数  $M_b$ 、 $M_d$ 、 $M_c$

土的内摩 擦角标准 值 $\phi_k$ (°)	$M_b$	$M_d$	$M_c$	土的内摩 擦角标准 值 $\phi_k$ (°)	$M_b$	$M_d$	$M_c$
0	0	1.00	3.14	22	0.61	3.44	6.04
2	0.03	1.12	3.32	24	0.80	3.87	6.45
4	0.06	1.25	3.51	26	1.10	4.37	6.90
6	0.10	1.39	3.71	28	1.40	4.93	7.40
8	0.14	1.55	3.93	30	1.90	5.59	7.95
10	0.18	1.73	4.17	32	2.60	6.35	8.55
12	0.23	1.94	4.42	34	3.40	7.21	9.22
14	0.29	2.17	4.69	36	4.20	8.25	9.97
16	0.36	2.43	5.00	38	5.00	9.44	10.80
18	0.43	2.72	5.31	40	5.80	10.84	11.73
20	0.51	3.06	5.66				

**4.2.6** 当地基受力层范围内有软弱下卧层时,应按下式验算地基承载力:

$$p_z + p_{cz} \leq f_{az} \quad (4.2.6-1)$$

式中  $p_z$ —相应于荷载作用标准组合时,软弱下卧层顶面处的附加压力值 (kPa) ;

$p_{cz}$ —软弱下卧层顶面处地基土的自重压力值 (kPa) ;

$f_{az}$ —软弱下卧层顶面处经深度修正后的地基承载力特征

值 (kPa) 。

对于条形基础和矩形基础，式 (4.2.6-1) 中的  $p_z$  值可按下列公式简化计算：

条形基础

$$p_z = \frac{b(p_k - p_c)}{b + 2z \tan \theta} \quad (4.2.6-2)$$

矩形基础

$$p_z = \frac{l b (p_k - p_c)}{(b + 2z \tan \theta) (l + 2z \tan \theta)} \quad (4.2.6-3)$$

式中  $b$  — 矩形基础或条形基础底边的宽度 (m) ；

$l$  — 矩形基础底边的长度 (m) ；

$p_c$  — 基础底面处土的自重压力值 (kPa) ；

$z$  — 基础底面至软弱下卧层的距离 (m) ；

$\theta$  — 地基压力扩散线与垂直线的夹角 (°)，可按表 4.2.6 采用。

表 4.2.6 地基压力扩散角  $\theta$  和  $\tan \theta$  值

$E_{s1}/E_{s2}$	$z = 0.25 \ b$		$z \geq 0.50 \ b$	
	$\theta$	$\tan \theta$	$\theta$	$\tan \theta$
1	$4^{\circ}$	0.070	$12^{\circ}$	0.213
3	$6^{\circ}$	0.105	$23^{\circ}$	0.424
5	$10^{\circ}$	0.176	$25^{\circ}$	0.466
10	$20^{\circ}$	0.364	$30^{\circ}$	0.577

注：1  $E_{s1}$  为上层土压缩模量； $E_{s2}$ 为下层土压缩模量；

2  $z < 0.25b$ 时取 $\theta=0^{\circ}$ ，必要时，可由试验确定， $z\geq 0.50b$ 时 $\theta$ 值不变。

4.2.7 对于沉降已经稳定的建筑或经过预压的地基，可适当提高地基承载力。

4.2.8 完整、较完整、较破碎的岩石地基承载力特征值 $f_a$ 应按本规范附录 F《岩基载荷试验要点》确定，也可根据饱和单轴抗压强度按下式确定：

$$f_a = \psi_r f_{rk} \tag{4.2.8}$$

式中  $f_a$  —岩石地基承载力特征值（kPa）；

$f_{rk}$  —岩石饱和单轴抗压强度标准值（kPa），按本规范附

录 D《岩石单轴抗压强度试验要点》确定；

$\psi_r$ —折减系数。根据岩体完整程度以及岩石结构面的间距、宽度、产状和组合综合确定，当岩体完整且裂隙不发育时取 0.50，对较完整岩体取 0.20~0.50，对较破碎岩体可取 0.10~0.20；

- 注： 1 上述折减系数未考虑施工期及建筑物使用后风化作用的继续；
- 2 对于软质岩石在确保施工期及使用期不致遭水浸泡时，也可采用天然湿度的试样，不进行饱和处理。
- 3 对大面积平坦岩石地基，其折减系数 $\psi_r$ 可根据岩体完整程度取其中较大值；对于石芽地基、岩石边坡地基，应根据岩体完整程度取其中较小值。

**4.2.9** 现场无法取样的较破碎、破碎、极破碎的岩石、薄层状岩石和软质岩石的地基承载力特征值应按本规范附录 B《地基土浅层平板载荷试验要点》确定。

### **4.3 地基变形验算**

- 4.3.1** 建筑物的地基变形计算值，不应大于地基变形允许值。
- 4.3.2** 地基变形特征分为：沉降量、沉降差、倾斜、局部倾斜。
- 4.3.3** 在计算地基变形时，应符合下列规定：

- 1 由于建筑地基不均匀、荷载差异很大、体型复杂等因素

引起的地基变形，对于砌体承重结构应由局部倾斜值控制；对于框架结构和单层排架结构应由相邻柱基的沉降差控制；

- 2 对于多、高层建筑和高耸结构应由倾斜值控制，必要时尚应控制平均沉降量；
- 3 必要时需分别预估建筑物在施工期间和使用期间的地基变形值，以便预留建筑物有关部位之间的净空，或考虑连接方法和施工顺序。

4.3.4 建筑物的地基变形允许值，按表 4.3.4 规定采用。对表中未包括的建筑物，其地基变形允许值应根据上部结构对地基变形的适应能力和使用上的要求确定。

表 4.3.4 建筑物地基变形允许值

变 形 特 征	地基土类别	
	中、低压缩性土	高压缩性土
砌体承重结构基础的局部倾斜	0.002	0.003
工业与民用建筑相邻柱基的沉降差		
（1）框架结构	0.002 <i>l</i>	0.003 <i>l</i>
（2）砌体墙填充的边排柱	0.0007 <i>l</i>	0.001 <i>l</i>
（3）当基础不均匀沉降时不产生附加应力的结构	0.005 <i>l</i>	0.005 <i>l</i>

续表

变 形 特 征	地基土类别	
	中、低压缩性土	高压缩性土
单层排架结构（柱距 6m）柱基的沉降量（mm）	（120）	200
桥式吊车轨面的倾斜（按不调整轨道考虑）纵向	0.004	
横向	0.003	
多层和高层建筑的整体倾斜		
$H_{\delta\lambda}^{\circ}24$	0.004	
$24\frac{\circ}{\delta}H_{\delta\lambda}^{\circ}60$	0.003	
$60\frac{\circ}{\delta}H_{\delta\lambda}^{\circ}100$	0.0025	
$H_{\delta\lambda}^{\circ}\overrightarrow{AB}100$	0.002	
体型简单的高层建筑基础的平均沉降量（mm）	200	
高耸结构基础的倾斜		
$H_{\delta\lambda}^{\circ}20$	0.008	
$20\frac{\circ}{\delta}H_{\delta\lambda}^{\circ}50$	0.006	
$50\frac{\circ}{\delta}H_{\delta\lambda}^{\circ}100$	0.005	
$100\frac{\circ}{\delta}H_{\delta\lambda}^{\circ}150$	0.004	
$150\frac{\circ}{\delta}H_{\delta\lambda}^{\circ}200$	0.003	
$200\frac{\circ}{\delta}H_{\delta\lambda}^{\circ}250$	0.002	
高耸结构基础的沉降量（mm）		
$H_{\delta\lambda}^{\circ}100$	400	
$100\frac{\circ}{\delta}H_{\delta\lambda}^{\circ}200$	300	
$200\frac{\circ}{\delta}H_{\delta\lambda}^{\circ}250$	200	

注：1 本表数值为建筑物地基实际最终变形允许值；

2 有括号者仅适用于中压缩性土；

3  $l$  为相邻柱基的中心距离 (mm) ;  $H_s$  为自室外地面起算的建筑物高度 (m) ;

4 倾斜指基础倾斜方向两端点的沉降差与其距离的比值;

5 局部倾斜指砌体承重结构沿纵向 6~10m 内基础两点的沉降差与其距离的比值。

4.3.5 计算土质地基变形量时,地基内的应力分布,可采用各向同性均质线性变形体理论,地基最终变形量  $s$  (mm) 可按式 (4.3.5-1) 计算。

$$s = \psi_s s'_s = \psi_s \sum_{i=1}^n \frac{p_o}{E_{si}} (z_i \bar{\alpha}_i - z_{i-1} \bar{\alpha}_{i-1}) \quad (4.3.5-1)$$

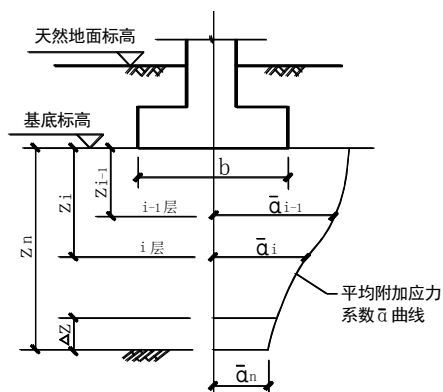


图 4.3.5 基础沉降计算的地基分层示意图

式中  $s'_s$  一按分层总和法计算出的地基变形量;



$\psi_s$ —地基的沉降计算经验系数，根据地区沉降观测资料或

按工程类比法由勘察单位提供，无地区经验时，可采

用表 4.3.5 的数值；

$n$ —地基变形计算深度范围内所划分的土层数(图 4.3.5)；

$p_0$ —对应于荷载作用准永久组合时的基础底面处的附加压

力 (kPa) ；

$E_{si}$ —基础底面下第  $i$  层土的压缩模量 (MPa)，应取土的

自重压力至土的自重压力与附加压力之和的压力段

计算；

$z_i$ 、 $z_{i-1}$ —基础底面至第  $i$  层、第  $i-1$  层土底面的距离 (m) ；

$\bar{\alpha}_i$ 、 $\bar{\alpha}_{i-1}$ —基础底面计算点至第  $i$  层土、第  $i-1$  层土底面范围内平

均附加应力系数。当采用角点法计算地基变形时，

按现行《建筑地基基础设计规范》GB50007 的有

关规定确定；当采用基础中心点计算时，按本规

范附录 G《附加应力系数  $\alpha$ 、平均附加应力系数

$\bar{\alpha}$ 》确定。对于具有刚性下卧层(岩层)的地基，

其附加应力系数按本规范附录 G 采用。

**表 4.3.5 沉降计算经验系数  $\psi_s$**

$\overline{E}_s$ (MPa) 基底附加压力	2.5	4.0	7.0	15.0	20.0
$p_o \leq f_{ak}$	1.4	1.3	1.0	0.4	0.2
$p_o \leq 0.75 f_{ak}$	1.1	1.0	0.7	0.4	0.2

注：  $\overline{E}_s$  为变形计算深度范围内压缩模量的当量值，应按下式计算：

$$\overline{E}_s = \frac{\sum A_i}{\sum \frac{A_i}{E_{si}}} = \frac{p_o z_n \overline{\alpha_n}}{s'} \qquad (4.3.5-2)$$

式中  $A_i$  —第  $i$  层土附加应力系数沿土层厚度的积分值。

4.3.6 地基变形计算深度  $z_n$ （图 4.3.5）应符合下式要求：

$$\Delta s'_n \leq 0.025 \sum_{i=1}^n \Delta s'_i \qquad (4.3.6)$$

式中  $\Delta s'_i$  —在计算深度范围内，第  $i$  层土的计算变形值；

$\Delta s'_n$  —在由计算深度向上取厚度为  $\Delta z$  的土层计算变形值，

$\Delta z$  见图 4.3.5 并按表 4.3.6 确定。

如确定的计算深度下部仍有较软土层时，应继续计算，直至满足要求为止。

表 4.3.6  $\Delta z$

$b$ (m)	$b \leq 2$	$2 \leq b \leq 4$	$4 \leq b \leq 8$	$8 \leq b$
$\Delta z$ (m)	0.3	0.6	0.8	1.0

4.3.7 当无相邻荷载影响，基础宽度在 1m～30m 范围内时，基础

中点的地基变形计算深度也可按下式简化计算：

$$z_n = b (2.5 - 0.4 \ln b) \quad (4.3.7)$$

式中  $b$  —基础宽度 (m)。

在计算深度范围内存在基岩时， $z_n$  可取至变形模量大于 100MPa 基岩表面；当存在较厚的坚硬粘性土层，其孔隙比小于 0.5、压缩模量大于 50MPa，或存在较厚的密实砂卵石层，其压缩模量大于 80MPa 时， $z_n$  可取至该层土表面。

**4.3.8** 计算地基变形时，应考虑相邻荷载的影响，其值可按应力叠加原理，采用角点法计算。

**4.3.9** 均质较完整岩石地基的最终变形量可采用弹性理论公式计算，且认为建筑物施工期间已完成全部变形量。

$$s = b p_0 \frac{1 - \mu^2}{E_0} k_{con} \quad (4.3.9)$$

式中  $b$  —基础短边尺寸；

$\mu$  —岩石的泊松比；

$p_0$  —对应于荷载作用准永久组合时的基础底面处的附加压力 (kPa) ；

$E_0$  —岩石的变形模量；

$k_{con}$  —变形系数，按表 4.3.9 采用。

**表 4.3.9 变形系数表**

$l/b$	圆形	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	$\geq 10$
$k_{con}$	0.79	0.88	1.08	1.22	1.44	1.61	1.72	2.12

注：  $l$  为矩形基础底面长边尺寸。

**4.3.10** 在地基变形计算深度范围内有刚性下卧层时,应考虑其影响,可按式计算地基的变形:

$$s_{gz} = \beta_{gz} s_z \quad (4.3.10)$$

式中:  $s_{gz}$ —具刚性下卧层时,地基土的变形量 (mm);

$\beta_{gz}$ —刚性下卧层对上覆土层的变形增大系数,按表 4.3.10 采用;

$s_z$ —变形计算深度相当于实际土层厚度按本规范第 4.3.5 条计算确定的地基最终变形量 (mm)。

**表 4.3.10 具有刚性下卧层时地基变形增大系数  $\beta_{gz}$**

$h/b$	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
$\beta_{gz}$	1.26	1.17	1.12	1.09	1.00

注:  $h$  — 基底下的土层厚度,  $b$  — 基础底面宽度。

**4.3.11** 在土岩组合地基中,七层及七层以下砌体房屋,当条形基础下土层最小厚度大于或等于 3 倍基础宽度、独立基础下土层最小厚度大于或等于 2.5 倍基础宽度时,可按均质地基考虑,

但计算地基土的应力时应考虑下卧刚性岩层的影响。

**4.3.12** 完整、较完整、较破碎的硬质岩石地基以外的甲级建筑物，以及复合地基或软弱地基上的乙级建筑物，除应进行地基变形量计算外，尚应在施工期间及使用期间进行沉降变形观测。

## **4.4 地基稳定性验算**

**4.4.1** 建筑场地规划设计时，应避免在边坡塌滑区和滑坡、崩塌及岩溶、土洞强烈发育地区建造建（构）筑物，当必须在以上地区建造建筑物时，应结合地基基础设计要求，按照有关规定采取有效整治措施。

**4.4.2** 土质地基以及强风化和全风化岩石地基，其地基稳定性可采用圆弧滑动面法验算，其稳定安全系数不应小于 1.35。

**4.4.3** 具有外倾结构面岩石地基，应考虑岩石结构面的最不利组合，按刚体极限平衡计算法验算，其稳定安全系数不应小于 1.35。

**4.4.4** 地质条件复杂或破坏后果严重的边坡工程，当按上述 4.4.2、4.4.3 条方法验算时，其稳定安全系数还应提高。

**4.4.5** 地基稳定性可采用圆弧滑动面法进行验算。最危险的滑动面上诸力对滑动中心所产生的抗滑力矩与滑动力矩应符合下

式要求：

$$M_R / M_S \geq 1.2 \quad (4.4.5)$$

式中：  $M_S$ —滑动力矩（kN·m）；

$M_R$ —抗滑力矩（kN·m）。

**4.4.6** 建筑地下室或地下构筑物存在上浮问题时，应按下式验算抗浮稳定性：

$$G_K / N_{FK} \geq 1.05 \quad (4.4.6)$$

式中：  $G_K$ —建（构）物自重及压重之和（kN）；

$N_{FK}$ —浮力作用值（kN）。

## 5 土质地基

### 5.1 红粘土地基

5.1.1 红粘土地基基础设计应取得下列工程勘察资料：

- 1 沿基础轴线的工程地质剖面，图中应有按不同红粘土状态划分的土质单元；
- 2 取得各土质单元的地基计算参数，如重度  $\gamma$ 、地基承载力特征值  $f_{ak}$ 、内摩擦角标准值  $\phi_k$ 、粘聚力标准值  $C_k$  等。  
  
需验算地基变形的工程，应附有各土质单元的平均压缩曲线；
- 3 需验算地基收缩变形的工程，应有大气影响深度内各层土的收缩系数、地表下 1m 处土的天然含水量和塑限含水量；
- 4 地下水的类型、水位、水量及其动态。

5.1.2 红粘土地基基础设计除应符合本规范 3.1.2 条的规定外，尚应满足下列要求：

- 1 采用天然地基时，基础宜浅埋，应充分利用上部坚硬、硬塑土层作持力层；
- 2 低层、多层建筑应优先采用天然地基；

- 3 沉降计算深度范围内有基岩时，应按刚性下卧层条件下的附加应力计算地基变形量。

5.1.3 位于坡顶上的建筑，除应满足本规范 3.1.2 条规定外，有下列情况之一时，还应对地基进行稳定性验算：

- 1 基础外侧有陡坎，其基础底面外边线至陡坎的水平距离小于 2.5 倍基础宽度或 2.5m；
- 2 下伏基岩表面倾向临空面；
- 3 下伏基岩存在外倾结构面。

5.1.4 均质土坡的稳定性验算可采用圆弧滑动法，最危险滑动面上的稳定安全系数为 1.35。如土层厚度不大，下伏基岩面倾向临空面、下伏基岩存在外倾软弱结构面，或下部为软土时，可采用平面或折线滑动面验算，其稳定安全系数为 1.35。

5.1.5 用于稳定性验算的抗剪强度指标，宜将粘聚力标准值  $C_k$  乘以 0.5 的折减系数、内摩擦角标准值  $\frac{1}{16}$  乘以 0.8 的折减系数。

5.1.6 三层及三层以下的砌体建筑，当建筑长度与高度之比大于 3 时，应考虑红粘土地基收缩变形对上部结构的影响，采取有效的防水保湿措施；对高温设备基础则应采取隔热保湿措施。

## 5.2 填土地基



5.2.1 填土地基，应根据场地地形地质情况、建筑使用功能、结构要求、施工作业条件等进行填土地基设计，提出试验、检验、施工及质量控制等要求。

5.2.2 地基处理利用前，应选择有代表性的地段，设置试验区，其数量与范围视工程复杂程度、规模与技术要求确定，通过试验性施工及相应检测，验证处理方法的适用性和设计参数的正确性。未经检验查明和不符合质量要求的填土，不得作为建筑地基。

5.2.3 压实填土填料应符合下列规定：

- 1 级配良好的中粗砂或碎石土；
- 2 性能稳定且无污染的工业废料；
- 3 以砾石、卵石或块石作填料，分层重锤夯实时最大粒径不宜大于 400mm，分层碾压时最大粒径不宜大于 200mm，强夯时不宜大于 800mm；
- 4 以粘性土、粉土、红粘土作填料时，其含水量宜为最优含水量，可采用击实试验确定；
- 5 采用土料回填时，可配合使用土工材料；
- 6 挖高填低或开山填沟的土料和石料，应符合设计要求；
- 7 不得使用淤泥、耕土、膨胀性土以及有机质含量大于 5% 的土作填料。

5.2.4 压实填土施工应符合下列规定：

- 1 压实地基和夯实地基施工应符合现行《建筑地基处理技术规范》JGJ79 的有关规定；
- 2 铺填料前应清除或处理场地内填土层下的耕植土和软弱土层；
- 3 分层填料的厚度、分层压实的遍数，应根据所选用的压实设备，通过试验确定；
- 4 在雨季、冬季进行压实填土施工时，应采取防雨、防冻措施，防止填料（粉质粘土、粉土）受雨水淋湿或冻结，并应采取措施防止出现“橡皮”土；
- 5 压实填土的施工缝各层应错开搭接，在施工缝的搭接处，应适当增加压实遍数；
- 6 压实填土施工结束后，应及时进行基础施工。

5.2.5 压实填土的压实质量应根据建筑物的结构类型和压实填土所在的部位按表 5.2.5 压实系数 $\lambda_c$ 控制。

5.2.6 非压实填土，回填年限 10 年以上的粘土和粉质粘土以及回填年限 5 年以上的粉土、砂土和碎石土，当填土的均匀性与密实性较好，自重作用下变形已基本稳定，在进行现场载荷试验、室内试验或触探试验检验后，可作为安全等级为三级的建筑地基，

当有可靠经验时，也可作为安全等级为二级的建筑地基。

表 5.2.5 压实填土地基压实系数 $\lambda_c$ 控制值

结构类型	填土部位	压实系数 ( $\lambda_c$ )	控制含水量 (%)
砌体承重结构 及框架结构	在地基主要受力层范围内	$\geq 0.97$	$w_{op} \pm 2$
	在地基主要受力层范围以下	$\geq 0.95$	
排架结构	在地基主要受力层范围内	$\geq 0.96$	
	在地基主要受力层范围以下	$\geq 0.94$	
地坪垫层以下及基础底面标高以上		$\geq 0.94$	

注：压实系数 $\lambda_c$ ，为填土的实际干密度  $\rho_d$  与最大干密度  $\rho_{dmax}$  之比； $w_{op}$  为最优含水量。

5.2.7 填土地基承载力特征值应按下列要求确定：

- 1 经处理后的非压实填土地基承载力特征值应通过载荷试验确定；当采用复合地基时，应按《建筑地基处理技术规范》JGJ79 的有关规定确定。
- 2 未经加固或新近填筑的粘性土填土中的端承桩基，应考虑桩周土固结对桩产生负摩擦作用。

5.2.8 填土地基除应满足地基承载力要求外，尚应按地基变形控制进行设计。

5.2.9 填土地基的稳定性验算应符合下列要求：

- 1 当填土底面坡度大于 20%或存在软弱层时，应验算其滑动稳定；
  - 2 填土地基的稳定性验算，粘性土填土可采用圆弧滑动面法，粗粒土及砂性土填土可采用直线滑动面法；
  - 3 压实填土的边坡允许值（高宽比）应由计算确定，当初步确定时，可根据填料性质，填土厚度按表 5.2.9 的数据取用。对边坡高度超过表列高度的压实填土，可分级放坡，每隔 6~8m 设一道边坡平台，平台宽度为 1~3m；
  - 4 位于斜坡上的压实填土及对边坡高度超过表 5.2.9 所列高度的压实填土，应进行稳定性验算。
- 5.2.10 填土地基应考虑建筑物上部结构与地基基础的共同作用，合理选择基础形式、加强上部结构构造、控制施工顺序等。
- 5.2.11 填土地基应合理设置排水系统，设置隔水层等防渗措施。
- 5.2.12 填土地基上的建筑物，均应在施工及使用过程中进行沉降观测。

表 5.2.9 压实填土地基的边坡允许值

填土类别	填土厚度 H (m)				压实
	边坡允许值 (高宽比)				系数
	H≤5	5<H≤10	10<H≤15	15<H≤20	$\lambda_c$
不易风化的石块	1:1	1:1.25	1:1.50	1:1.75	0.94 ~ 0.97
碎石、卵石	1:1.25	1:1.50	1:1.75	1:2.00	
砂夹石 (其中碎石、卵石占全重 30~50%)	1:1.25	1:1.50	1:1.75	—	
土夹石 (其中碎石、卵石占全重 30~50%)	1:1.25	1:1.50	—	—	
红粘土	1:1.25	1:1.75	—	—	

注：对于砂土或充填物为砂土的碎石土，其边坡坡度允许值均按自然休止角确定。

5.3 砂卵石地基

- 5.3.1 砂卵石地基，应查明地基均匀性、地下水等情况，提供满足设计要求的有关工程地质资料。
- 5.3.2 采用天然砂卵石地基时，基础宜浅埋，充分利用砂卵石层作为持力层。
- 5.3.3 砂卵石地基基础设计应符合本规范 3.1.2 及 4.3.4 条的规定。
- 5.3.4 砂卵石地基的变形计算可采用分层总和法，其压缩模量

与变形模量的换算可按本规范附录 J.0.1。高层建筑的箱形和筏形基础可利用变形模量直接计算地基的最终变形量，其计算方法可按本规范附录 J.0.2。

**5.3.5** 同一建筑结构单元，应避免部分以砂卵石、部分以岩石作为基础持力层，当不可避免时，应根据实际情况对地基进行处理、合理选择基础形式、加强上部结构构造等综合措施。

**5.3.6** 当卵石层下存在软弱土、砂或砂透镜体，不能满足地基承载力或地基变形要求时，可采用置换、加密、高压旋喷注浆等方法进行地基处理。

**5.3.7** 砂卵石地基上，地基基础设计等级为甲级的建(构)筑物，均应在施工及使用过程中进行沉降观测。

## 6 岩石及岩溶地基

### 6.1 岩石地基

#### 6.1.1 岩石地基工程勘察应满足下列要求：

- 1 应查明场地及地基地质条件，分析有无不利或不良地质现象，评价场地及地基稳定性；
- 2 应查明基岩面起伏情况、岩性及其组合关系、软弱岩层与软弱夹层的性状及分布、岩石完整性、岩层产状、断层、破碎带、挤压带、节理的规模、产状与性状、岩石风化特征及厚度、岩石与结构面物理力学特性、水文地质条件；
- 3 划分风化程度，提出坚硬程度和完整程度，划分岩体质量单元，明确各单元物理力学性质指标和承载力特征值及软弱结构面强度值；
- 4 论述场地与地基所处水文地质单元，分析地下水的补给、径流、排泄条件及地下水动态，提供地下水位和抗浮计算水位，评价地下水的腐蚀性。对基坑施工、桩基施工涌水进行预测，对建筑物地基排水必要性和工程措施提出建议；
- 5 根据建筑物特性、基础荷载及工程地质特性，对持力层、基础型式进行必要的分析比较，并提出建议；
- 6 当地基存在软弱夹层、断层、破碎带、裂隙等不利地质时，

应提出基础底面高程、清挖深度要求及施工开挖防护措施等建议。

#### 6.1.2 岩石地基基础设计应符合下列要求：

- 1 地基基础在满足地基承载力条件下，同一建筑结构单元内，处于软硬互层、岩体变形模量差异 2 倍以上、地基基础设计等级为甲、乙级建筑物地基，应作变形验算，对主要受力层范围内存在软弱下卧层时，应验算下卧层承载能力和变形；
- 2 对处于斜坡上的建筑场地及地基，以及存在临空面、存在结构面不利组合的地基应进行抗滑移和抗倾覆稳定验算。完整岩石地基的应力扩散角可采用  $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ ，软质岩石取小值，硬质岩石取大值，并应考虑岩石结构面的不利影；
- 3 地下室底板处于地下水位以下时，应进行抗浮验算；
- 4 基坑或桩基施工期抽水，应考虑对周围环境及地面沉降、塌陷等不利影响；
- 5 基坑或边坡开挖应控制爆破，软岩表面应封闭保护或预留保护层。

#### 6.1.3 同一建筑结构单元的基础，置于完整、较完整、较破碎岩石地基上时，可采用多种形式的基础。



6.1.4 置于硬质岩石上的条形基础、筏形基础以及地下室底板，宜加设隔离层。

## 6.2 岩溶地基

6.2.1 岩溶地基工程勘察，除应满足本规范 6.1.1 条的要求，还应提出以下成果资料：

- 1 场地基岩面等高线图、上覆土层等厚线图，夹层岩土、溶沟（溶槽）、溶洞、裂隙、土洞等岩溶现象的平面、剖面分布图；
- 2 溶沟（溶槽）、溶洞及裂隙等的埋深、分布形态、规模、充填情况、充填物性状、地下水活动情况；
- 3 岩体主要结构面倾向、倾角和岩体及结构面物理力学指标，以及溶洞顶板岩体厚度、岩体质量等级和极限抗拉强度；
- 4 土洞的埋深、尺寸、顶部土层厚度与性状，水的活动情况与土洞发展的趋势等；
- 5 地表水状况，地下水类型、水位及变幅、补给来源、流向、流量、岩体透水性以及其对土洞、溶洞、充填物冲蚀、潜蚀等不利影响的预测分析与评价；
- 6 根据本规范 3.2.7 条判定划分岩溶发育程度。

6.2.2 地基基础设计等级为甲级、乙级的建筑物宜避开溶洞、土洞等岩溶强发育地段。

6.2.3 存在下列情况之一的场地或地段，未经处理，不应作为建筑物地基：

- 1 浅层溶洞成群分布，洞径大，且不稳定的地段；
- 2 漏斗、溶槽等浅藏，充填土体软弱的地段；
- 3 土洞或塌陷成群分布的地段；
- 4 岩溶水排泄不畅，可能造成淹没的地段。

6.2.4 完整、较完整的硬质岩石地基，当岩溶洞体较小，且满足下列条件之一时，可不考虑岩溶对地基稳定性的影响：

- 1 基础底面大于溶洞平面尺寸，并有足够的支承长度；
- 2 顶板岩石厚度大于或等于洞的跨度，且无不利结构面。

6.2.5 地基基础设计等级为丙级且荷载较小的建筑物，当符合下列条件之一时，可不考虑岩溶对地基稳定的影响：

- 1 基础底面以下土层厚度大于独立基础宽度 3 倍或条形基础宽度的 6 倍，且不具备形成土洞或其它地面变形的条件时；
- 2 基础底面与洞体顶板间土层厚度小于独立基础宽度的 3 倍或条形基础宽度的 6 倍，岩溶洞隙或漏斗完全充填，其

充填物承载力特征值不小于 150kPa，且无被水冲蚀的可能时；

- 3 基底下铅直洞隙平面面积小于基底面积的 25%，且基底岩石面积满足上部荷载的要求时。

**6.2.6** 当不符合上述 6.2.4、6.2.5 条条件时，应进行洞体稳定性分析，基础附近有洞隙形成临空面时，应验算向临空面倾覆或沿不利结构面滑移的稳定性。

**6.2.7** 溶洞顶板岩体为完整、较完整的硬质岩，洞体形态清楚、顶板岩体力学性能参数可靠，将顶板岩体视作梁、板、拱等自承重结构进行力学分析，满足承载能力和稳定要求时，其顶板可作为建筑地基使用，但应加强构造措施。

**6.2.8** 土洞与塌陷场地的分析与处理：

- 1 土洞的处理，可采用清除洞内塌落物后分层回填；塌陷的处理，可采用清除塌陷体后分层回填，必要时可铺设土工布；
- 2 在地下水强烈活动于岩土交界面区域，除已查明的土洞之外，施工时还应沿基槽进一步查明基础下土洞的分布位置；
- 3 应分析人工降水诱发土洞产生或地表塌陷的可能性及其对周围环境和建筑物的影响；

- 4 由地表水形成的土洞或塌陷地段,应采取地表截流、引流、防渗或堵漏等措施。

### **6.3 岩溶地基的处理与利用**

**6.3.1** 对地基稳定性有影响的岩溶洞隙,应根据其位置、规模、埋深、围岩稳定性和水文地质条件综合分析,因地制宜地采取处理措施。

**6.3.2** 对地下岩溶管道水应采取疏导,避免改变其径流、排泄条件,不应强抽排。

**6.3.3** 对规模较小的岩溶洞隙,可采用镶补、嵌塞与跨盖等方法处理。

**6.3.4** 对规模较大的岩溶洞隙,可采用混凝土梁、板和拱等结构跨越,也可采用混凝土、浆砌块石等填塞措施以及洞底支撑或调整柱距等方法进行处理。跨越结构应有可靠的支承面,梁式结构在岩石上的支承长度应大于梁高的 1.5 倍。

**6.3.5** 当采用调整桩距方法处理岩溶洞隙时,桩的设计应符合下列规定,根据不同条件选择:

- 1 桩底以下 3 倍桩底直径及 5m 深度范围内无影响桩基稳定性的洞隙分布,桩端应全断面嵌入岩体不小于 500mm,应

力扩散范围不存在临空面,或经验算其深度已满足不向临空面滑移的部位。桩底应经严格鉴定,必要时可采用钎钻、钻孔、雷达测试等验证;

- 2 当基坑涌水可以抽排、孔壁稳定,可采用人工挖孔桩。当基坑涌水量较大,抽排将引起环境及相邻建(构)筑物不良影响,孔底涌泥沙或孔壁为淤泥类土,存在洞隙等,人工挖孔无法护壁时,宜采用机械成孔桩;
- 3 当桩端以下 3 倍桩底直径及 5m 深度范围内存在影响地基稳定性的洞隙时,桩应穿越溶洞,置于下部稳定岩体上;
- 4 人工挖孔桩底部有不大于 25%的面积仍为洞隙充填物,难以挖除时,可在桩底设置钢筋混凝土底板,底板应有可靠支承,并采取有效措施防止底板不向残留洞隙滑移,也可在该部位设置机械成孔桩。

**6.3.6** 岩溶强发育地段,采用桩基困难时,可采用箱、筏基础。

**6.3.7** 对土洞或塌陷,应根据其成因、发育程度及埋深,采用疏排地表水、控制地下水抽排、挖填、灌填、强夯、结构跨越等方法处理。

## 7 土岩组合地基

### 7.1 一般规定

7.1.1 同一建筑结构单元内，地基的主要受力层范围内，遇有下列情况之一时，属于土岩组合地基：

- 1 部份为土质地基，另一部份为岩石地基；
- 2 基岩起伏多变，覆盖土层厚度相差较大；
- 3 石芽出露或大块孤石。

7.1.2 建筑平面及体型简单规则，底部框架砌体房屋以外的七层及七层以下砌体结构，可采用土岩组合地基。

7.1.3 土岩组合地基设计应考虑石芽的稳定性及岩溶土洞对地基稳定性的影响，出露石芽的稳定性可按本规范附录 H《石芽地基或基岩的稳定计算》方法验算，岩溶、土洞对土岩组合地基的影响可按本规范有关规定处理。

7.1.4 地基基础设计时，应考虑土岩组合地基的不均匀性可能引起地基产生过大的不均匀沉降。

7.1.5 土岩组合地基中，土质部分为硬塑红粘土，其厚度不小于 1.0m，基底下无单独石芽或大块孤石，当同时满足以下两条件时，可不作地基变形验算。

- 1 土质部分的基础底面压力，符合下式要求：

$$p_k \leq (0.75 \sim 0.90) f_a \quad (7.1.5)$$

式中系数取值：七层房屋取 0.75；五层以下取 0.9；六至五层按 0.75~0.9 之间取值。

2 上部结构整体性较好，地基处理与构造措施满足本规范 7.2 节的规定。

7.1.6 石芽、孤石、岩石表层为强风化粉（砂）、石膏等杂质，未查明土性和厚度、未检验其压缩性，不应直接作为地基持力层或褥垫。

7.1.7 局部范围内存在较厚的软弱下卧层时，应按式（4.2.6-1）验算其承载力，并考虑刚性基岩的影响计算土中附加应力和地基不均匀沉降。如不满足要求，可采用碎石置换或在此处采用桩基础。

7.1.8 在地基压缩性相差较大的部位，宜结合建筑平面形状，荷载条件设置沉降缝，沉降缝宽度按计算确定，且不应小于 60mm。

7.1.9 基坑开挖达到设计要求后，应进行验槽。

## 7.2 地基处理与构造措施

7.2.1 对同一建筑结构单元，部分为土质、部分为岩石的地基，当其中岩石地基为中风化、微风化硬质岩石时，按土质、岩石地

基各占平面面积大小采取如下措施：

- 1 当房屋长高比大于 2.5，土岩成片各占面积相近时，宜在土岩接合部位设置沉降缝；
- 2 如局部为较小面积的土质地基，可在土质地基部位设置桩或墩，在其上采用基础梁跨越，基础梁与岩石地基上的基础整体连接；
- 3 如局部为较小面积的岩石地基，可在岩基上作褥垫，在土岩接合部位的墙体段不宜开设孔洞，且在该墙段内，沿墙高设置  $2\Phi 6@500$  钢筋，伸入交接处两边墙段内长度  $1000\text{mm}\sim 2000\text{mm}$ 。

**7.2.2** 部分为土质、部分为岩石的地基，当其岩石地基为强风化时，可采用式（7.1.5）确定基础底面积，在土岩交接处的墙体内不宜开设孔洞，且在该墙段内按照上述 7.2.1 条第 3 款设置钢筋。

**7.2.3** 基岩起伏多变、覆盖土层厚度相差较大的地基，当局部土层厚度不大于 0.5m，且基岩为硬质岩石时，应将该处土层挖除作换填处理，在其交接处按照上述 7.2.1 条第 3 款设置钢筋。

**7.2.4** 对于石芽密布并有出露的地基，应根据石芽间距、位置、石芽间土质条件采取以下措施：



- 1 房屋外墙转角及窗间墙下为稳定石芽,石芽间距小于 2m,其间为硬塑红粘土时,可不进行地基处理;
  - 2 门、窗洞口下出露石芽,应将洞口上门窗过梁加长及加强洞口下基础圈梁;
  - 3 房屋外墙转角及个别窗间墙下无石芽出露,且土层较厚时,可在该处设置桩基础,其上设置基础梁;
  - 4 石芽间为较厚软塑或可塑状态土层时,可在其土层上采用基础梁,支承在稳定石芽地基上,按石芽的承载力特征值设计梁端支承面积,且支承长度不应小于 600mm、宽度应大于墙厚+100mm;当软塑或可塑土层较薄时,可采用碎石置换,按碎石承载力特征值确定基底面积。
  - 5 石芽间距超过 2m,石芽间仍为硬塑状态红粘土时,可在石芽与基础接触部位作褥垫。
- 7.2.5** 对于大块孤石或个别石芽出露的地基,宜在基础与岩石接触部位作褥垫,并在土岩交接处墙段内按照本规范 7.2.1 第 3 款设置钢筋,或采用基础梁跨越孤石、石芽,梁底预留不小于 50mm 的空隙,梁端支承在坚硬土层上,按式 (7.1.5) 确定基底面积。
- 7.2.6** 褥垫可采用中砂、粗砂等材料,其厚度宜取 300~500mm,夯填度宜根据试验确定,当无资料时,对于褥垫材料为中砂、粗

砂的夯填度取  $0.87 \pm 0.05$ 。

注：夯填度为褥垫夯实后的厚度与虚铺厚度的比值。

# 8 基 础

## 8.1 无筋扩展基础

8.1.1 无筋扩展基础是指以砖、毛石、混凝土或毛石混凝土等为材料，且不需配置钢筋的墙下条形基础或柱下独立基础。无筋扩展基础适用于多层民用建筑和轻型厂房。

8.1.2 无筋扩展基础台阶的宽高比应满足表 8.1.2 的要求。

表 8.1.2 无筋扩展基础台阶宽高比允许值

基础材料	质量要求	台阶宽高比的允许值			
		$p_k \leq 100$	$100 < p_k \leq 200$	$200 < p_k \leq 300$	$300 < p_k \leq 500$
混凝土基础	C20 混凝土	1:1.00	1:1.00	1:1.25	1:1.50
毛石混凝土基础	C20 混凝土	1:1.00	1:1.25	1:1.50	1:1.75
砖基础	MU10 砖 M5 砂浆	1:1.50	1:1.50	1:1.50	—
毛石基础	M5 砂浆	1:1.25	1:1.50	—	—

注：1  $p_k$ 为荷载作用标准组合时基础底面处的平均压力值（kPa）；

2 当基础由不同的材料叠合组成时，应对接触部份作抗压验算；

3 毛石混凝土基础是指在基础中掺入 20%~30%未风化、微风化、中风化块石，块石的块径不应大于 300mm、抗压强度不应小于

30MPa。毛石混凝土基础台阶厚度不宜小于 400mm；

- 4 毛石基础材料的石料，抗压强度不应小于 30MPa，且不应采用强风化岩石。石料块径不小于 300mm，且应有较平整的上、下面。  
毛石基础台阶不宜小于两层块石或三层毛石，每阶厚度 400mm～600mm，伸出宽度不宜大于 200mm；
- 5 平均压力值大于 300kPa 的混凝土或毛石混凝土基础，应进行受剪承载力验算。

## 8.2 扩展基础

8.2.1 扩展基础包括柱下钢筋混凝土独立基础和墙下钢筋混凝土条形基础。扩展基础的构造应符合下列要求：

- 1 锥形基础边缘高度，不宜小于 200mm；阶梯形基础的每阶高度，宜为 300～500mm；
- 2 垫层厚度不小于 70mm，垫层混凝土强度等级不低于 C10；
- 3 底板受力钢筋配筋率不应小于 0.15%，直径不宜小于 10mm，间距不宜大于 200mm、且不宜小于 100mm，当有垫层时钢筋保护层厚度不小于 40mm，无垫层时不小于 70mm；
- 4 混凝土的强度等级不应低于 C25，并应符合耐久性、防腐蚀的要求，当柱、墙的混凝土强度等级大于基础的混凝土

土强度等级时，应验算基础的局部受压承载力。

- 5 柱下基础预留插筋的数量、直径以及钢筋的种类应与柱内纵向受力钢筋相同。插筋的锚固长度及与柱内纵向受力钢筋的搭接长度，应符合现行《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定；
- 6 独立基础长宽比不宜大于 2；
- 7 双柱或多柱下联体基础，基础顶部应计算配置受力钢筋；
- 8 上部荷载重心宜与扩展基础底面形心重合，当偏心矩大于基础偏心方向边长的 3% 时，需验算偏心产生的附加影响；
- 9 钢柱基础的钢柱底板边到基础顶面边缘的距离不应小于 150mm，地脚螺栓中心到基础顶面边缘的距离不应小于 5 倍地脚螺栓直径，且不小于 150mm。

**8.2.2** 扩展基础的计算应符合现行《建筑地基基础设计规范》GB50007 和《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关要求。当基础置于岩石地基上时，应验算柱边或墙边缘以及变阶处基础受剪承载力：

- 1 岩体基本质量等级为 I、II 级时，受剪承载力可按式 (8.2.2-1) 计算：

$$V_s \leq 1.4 \frac{4-\lambda}{3} f_t b h_0 \quad (8.2.2-1)$$

- 2 岩体基本质量等级为Ⅲ级时，受剪承载力可按式  
(8.2.2-2) 计算：

$$V_s \leq 1.4 \frac{4-\lambda}{3} \beta_{hs} f_t b h_0 \quad (8.2.2-2)$$

- 3 岩体基本质量等级为Ⅳ级时，受剪承载力可按式  
(8.2.2-3) 计算：

$$V_s \leq (1+0.16\lambda) \frac{4-\lambda}{3} \beta_{hs} f_t b h_0 \quad (8.2.2-3)$$

式中  $V_s$ —相应于荷载作用基本组合时的地基土单位面积净反力  
产生的截面剪力设计值 (kN)；其值等于计算截面外  
侧基底面积上净反力的总和；

$\lambda$ —基础台阶宽度  $a$  与台阶的高度  $h$  之比， $\lambda$  应  $\leq 2.5$ ；当  
 $\lambda < 1.0$  时取  $\lambda = 1.0$ ；

$\beta_{hs}$ —截面高度影响系数， $\beta_{hs} = (800/h_0)^{1/4}$ ，高度  $h_0 < 800\text{mm}$   
时取  $h_0 = 800$ ， $h_0 > 2000\text{mm}$  时取  $h_0 = 2000$ ；

$f_t$ —混凝土轴心抗拉强度设计值 (kPa)；

$b$ —基础受剪截面的计算宽度 (m)，按现行《建筑地基  
基础设计规范》GB50007 的有关规定取值；

$h_0$ —基础受剪截面的有效高度 (m)。

- 4 当基础底面短边尺寸小于或等于柱宽加两倍基础有效高度时，尚应验算柱与基础交接处和基础变阶处截面处受弯承载力不小于由计算截面外侧基底面积上净反力的总和产生的弯矩设计值。

**8.2.3** 完整、较完整硬质岩石地基以及完整的软质岩石地基，基础嵌入基岩的深度  $h$  不小于 0.5m，且满足式 (8.2.3) 要求时，可不考虑基顶弯距和水平力对基底压力的影响，嵌岩段侧面宜配置直径不小于 8mm、间距不大于 150mm 的双向抗裂钢筋。

$$h \geq \sqrt{\frac{M_k(1 + \frac{H_k}{2M_k}h)}{0.166 f_a b}} \quad (8.2.3)$$

式中  $M_k$ —相应于荷载作用标准组合作用于基岩顶面的弯距 (kN · m) ；

$H_k$ —相应于荷载作用标准组合作用于基岩顶面的水平力 (kN) ；

$f_a$ —岩石地基承载力特征值 (kPa)，按本规范 4.2.8 条确定；

$b$ —垂直于弯矩作用方向的基础宽度 (m)。

### 8.3 柱下条形基础

8.3.1 柱下条形基础的截面一般为倒 T 形，由柱下基础梁和底部翼板组成。柱下条形基础的构造，除应符合本规范 8.2.1 条规定外，尚应符合下列要求：

- 1 基础梁的高度应按地基净反力计算确定，宜为柱距的  $1/4 \sim 1/8$ 。翼板厚度不应小于 200mm，当厚度大于 250mm 时，宜用变厚翼板，其坡度不宜大于 1:3。
- 2 条形基础的端部应向外伸出，其长度不宜小于相邻第一跨距的  $1/4$ 。
- 3 现浇柱与条形基础梁交接处，其尺寸不应小于图 8.3.1 (a) 的规定；对于交叉条形基础，当交叉基础梁的宽度小于柱截面的边长时，交叉基础梁连接处应设置八字角，柱角和八字角之间的净距不宜小于 50mm，见图 8.3.1(b)。
- 4 基础梁的配筋构造应符合现行《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定。基础梁顶部和底部的纵向受力钢筋除满足计算要求外，顶部钢筋宜全部贯通，底部通长钢筋不应少于底部受力钢筋总面积的  $1/3$ 。



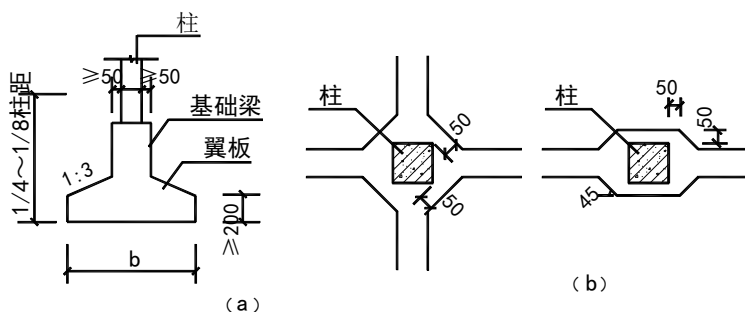


图 8.3.1 柱下条形基础构造

5 条形基础混凝土的强度等级不应低于 C25，并应符合耐久性、防腐蚀的要求，当基础梁的混凝土强度等级低于柱的混凝土强度等级时，应验算局部受压承载力。

8.3.2 柱下条形基础的计算，其基底面积应符合本规范第 4 章的有关要求外，尚应符合下列规定：

- 1 对于均匀的土质或均匀的软岩、极软岩地基，上部结构刚度较好、荷载分布比较均匀、柱距相差不大、竖向荷载的重心与基础形心间的偏心距不大于基础长度的 3%，且基础梁高度不小于  $1/6$  柱距时，基础底面应力可按直线分布，基础梁的内力可按连续梁计算，但边跨跨中弯矩及第一内支座弯矩值宜乘以 1.2 的系数；当条形基础的形心与上部荷载合力中心不符合上述要求时，可延长

- 条基端柱外部长度进行调整，其延伸长度为相应边跨长的  $1/4 \sim 1/3$ ；当采用直线分布计算条基的内力时，应验算支座处剪力是否平衡，并予以调整。
- 2 当不满足第 1 款条件时，宜采用文克尔（winkler）地基模型按弹性地基梁计算，基床系数  $k$  值应按静荷载试验结果并参照表 8.3.2 经验值确定；
  - 3 基础梁交叉点上的柱荷载，应按交叉处梁的刚度或变形协调原则进行分配，其内力可按第 1 款规定计算；
  - 4 当存在扭矩时，应作抗扭验算；
  - 5 底部翼板的计算同墙下条形基础。

表 8.3.2 基床系数  $k$  经验值

地基土种类	特征	$k$ ( $10^4\text{kN/m}^3$ )
淤泥质土、有机质土或新填土	密实	0.1~0.5
粘土、粉质粘土	软塑	1.0~2.0
	可塑	2.0~4.0
	硬塑	4.0~10.0
砂土	松散	1.0~1.5
	中密	1.5~2.5
	密实	2.5~4.0

续表

地基土种类	特征	$k$ ( $10^4\text{kN/m}^3$ )
碎石、卵石、砾石土	松散	1.5~2.5
	中密	2.5~4.0
	密实	5.0~10.0
含粘性土的卵石、砾石土	密实	8.0~15.0
人工夯实粉质粘土	密实	10.0~20.0

8.4 筏形基础

8.4.1 筏形基础可采用梁板式筏基和平板式筏基。

8.4.2 筏形基础的平面尺寸及埋置深度应满足地基承载力、地基变形和建筑物整体稳定性要求。

8.4.3 对单幢建筑物，在地基土比较均匀的条件下，基底平面形心宜与结构竖向永久荷载重心重合。当不能重合时，在荷载作用准永久组合下，偏心距  $e$  应符合下式要求：

$$e \leq 0.1 W / A \tag{8.4.3}$$

式中  $W$  —与偏心距方向一致的基础底面边缘抵抗矩；

$A$  —基础底面积。

8.4.4 地基均匀条件下的筏形基础可适当加设悬臂部分以扩大基底面积和调整偏心距，梁板式筏基挑出长度不宜大于上部结构

端开间柱距的  $1/3$ ，平板式筏基挑出长度不宜大于上部结构端开间柱距的  $1/3$ 。

**8.4.5** 筏形基础的混凝土强度等级，对于高层建筑不应低于 C30、多层房屋不应低于 C25，并应符合耐久性、防腐蚀的要求，当有地下室时，还应符合抗渗性能的要求。

**8.4.6** 梁板式筏基底板，除应计算正截面受弯承载力外，其厚度尚应满足受冲切承载力、受剪切承载力的要求。

高层建筑的梁板式筏基，其底板厚度与最大双向板格的短边净跨之比不应小于  $1/20$ ，且板厚不应小于 300 mm。高层建筑地下室底层柱、剪力墙与梁板式筏基基础梁边缘的距离不应小于 50 mm。

**8.4.7** 平板式筏基的板厚除应满足受冲切承载力的要求外，尚应验算距内筒边缘或柱边缘  $h_0$  处筏板的受剪承载力，且板厚不应小于 400mm。

- 1 筏板计算应考虑作用在冲切临界面重心上的不平衡弯矩产生的附加剪力，对于内筒下的筏板，应考虑内筒根部弯距的影响；
- 2 当柱荷载较大，等厚度筏板的受冲切承载力不能满足要求时，可采用在筏板上面增设柱墩、局部增加筏板厚度，

或配置抗冲切箍筋等方法；

- 3 当筏板变厚度时，应验算变厚度处筏板的受剪承载力；  
当变化较大时，宜在变阶处加腋；

- 4 当筏板的厚度大于 2000mm 时，宜在板厚中间部位设置直径不小于 12mm、间距不大于 300mm 的双向钢筋网，钢筋网的竖向间距不宜大于 1000mm。

**8.4.8** 对于均匀的土质地基或软岩、极软岩地基，上部结构刚度较好、梁板式筏基梁的高跨比或平板式筏基板的厚跨比不小于  $1/6$ ，且相邻柱荷载及柱间距的变化不超过 20% 时，筏形基础可仅考虑局部弯曲作用，筏形基础的内力，可按基底反力直线分布进行计算，计算时基底反力应扣除底板自重及其上填土的自重，当有地下水时尚应进行抗浮验算。

当不满足上述要求时，筏形基础宜采用文克尔（winkler）地基模型按弹性地基梁方法进行分析计算，基床系数  $k$  值应按静荷载试验结果并参照表 8.3.2 经验值确定。

**8.4.9** 按基底反力直线分布计算的梁板式筏基，其基础梁的内力可按连续梁分析，边跨跨中弯距以及第一内支座的弯距值宜乘以 1.2 系数。梁板式筏基的底板和基础梁的配筋除满足计算要求外，纵横方向的底部钢筋尚应有  $1/2 \sim 1/3$  贯通全跨，且其配筋

率不应小于 0.15%，顶部钢筋按计算配筋全部连通。

**8.4.10** 按基底反力直线分布计算的平板式筏基，可按柱下板带和跨中板带分别进行内力分析。平板式筏基柱下板带和跨中板带的底部钢筋应有  $1/2 \sim 1/3$  贯通全跨，且配筋率不应小于 0.15%；顶部钢筋应按计算配筋全部连通。

**8.4.11** 梁板式筏基的基础梁除满足正截面受弯及斜截面受剪承载力外，尚应按现行《混凝土结构设计规范》GB50010 有关规定验算柱下基础梁顶面的局部受压承载力。

**8.4.12** 筏板的地下室外墙施工缝宜设置在距筏板顶面 500mm 处，并应设置通长止水带。

**8.4.13** 筏形基础地下室施工完毕后，应及时进行基坑回填工作。回填基坑时，应先清除基坑中的杂物，并应在相对的两侧或四周同时回填并分层夯实。

**8.4.14** 岩石地基上的平板式筏基，由上部荷载产生的基底压力集中分布在柱或墙边  $45^\circ$  冲切锥体范围内，其基底压力可按直线分布计算，但应根据基岩的风化程度和完整情况考虑部分基底压力向冲切锥体以外扩散，必要时，可按上述基底压力分布特性建模分析计算。

## 8.5 桩基础

8.5.1 本节桩基础仅限于低承台混凝土大直径机械成孔和人工挖孔灌注桩。人工挖孔桩适用于穿越无地下水或水量不多以及孔壁不易坍塌的土层。

8.5.2 人工挖孔桩孔深  $h$  不宜大于 25m；孔深 8m 以下时，桩径  $D$ （不含护壁）不应小于 900mm，孔深 8~16m 时，桩径不应小于 1000mm，孔深 16m 以上时，桩径不应小于 1200mm。

8.5.3 按桩的承载力性状可分为摩擦桩、端承桩、嵌岩桩。持力层为硬质岩石时，宜采用端承桩；软质岩石或土质地基，宜采用摩擦端承桩；完整、较完整的岩石地基，且上部荷载较大时，宜采用嵌岩桩。

同一建筑结构单元内，不应混合采用摩擦桩和端承桩或嵌岩桩，岩石地基上可以同时采用端承桩和嵌岩桩。

8.5.4 桩和桩基的构造，应符合下列要求：

- 1 摩擦桩的中心距不宜小于 3 倍桩身直径，端承桩的中心距不宜小于 2 倍桩径，扩底桩不宜小于 1.5 倍扩底直径，扩底净距不宜小于 1 米；
- 2 端承桩桩端全断面嵌入持力层岩石的深度，地基基础设计等级为甲、乙级的建筑物不应小于 500mm；丙级建筑

物，软质岩石时不宜小于 500mm，完整、较完整硬质岩石时不宜小于 200mm；

- 3 端承桩下存在有软弱层、断裂带或洞穴时，应验算岩石的冲切强度和下卧层承载力；应力扩散范围内存在临空面、陡坡、鹰嘴等情况时，应验算桩的稳定性；

- 4 桩底宜在同一标高上。对于端承桩，当相邻桩的桩底高差大于 1 倍桩的中心距时，应验算桩的稳定性，在岩溶或有软弱层分布地段，应查明桩底以下是否存在临空面、陡坡、鹰嘴以及其他不良地质等情况。群桩承台下

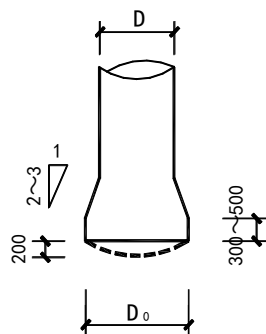


图 8.5.4

的桩长相差过大时，还应考虑桩顶作用效应对桩的影响；

- 5 扩底桩的桩底直径不宜大于 2 倍桩径，在软质岩石或土层上的桩底面宜为弧形，矢高 200mm，对硬质岩石上的桩底面可为平底，扩底局部尺寸如图 8.5.4；
- 6 一柱一桩时，应在桩顶两个主轴方向上设置联系梁。当桩与柱的截面直径之比大于 2 时，可不设置或仅单方向设



置联系梁，但宜设置承台或桩帽；

**7 桩身配筋率：**

1) 抗拔桩、受水平荷载和弯矩较大的桩的桩身配筋应经计算确定；

2) 桩身最小配筋率不宜小于  $0.2\% \sim 0.65\%$ （小直径桩取大值）。

**8 桩的配筋长度：**

1) 受水平荷载和弯矩较大的桩，配筋长度应通过计算确定；

2) 桩基承台下存在淤泥或淤泥质土时，配筋应穿过淤泥或淤泥质土层；

3) 端承桩、抗拔桩以及坡地和岸边的桩应通长配筋；

4) 桩径大于 600mm 的机械成孔灌注桩，构造钢筋的长度不宜小于桩长的  $2/3$ 。

**9 桩身主筋混凝土保护层厚度不应小于 50mm，水下灌注时不应小于 60mm；**

**10 桩顶嵌入承台或桩帽的长度不宜小于 50mm，桩身主筋伸入承台或桩帽内应满足锚固长度要求。**

**8.5.5 桩基承台除应满足抗冲切、抗剪切、抗弯承载力和上部**

结构的要求外，其构造尚应符合下列规定：

- 1 承台最小厚度不应小于 400 mm；
- 2 承台边缘至桩外边缘的距离不小于 150 mm；墙下条形承台梁，桩的外边缘至承台梁边缘的距离不小于 75 mm。

8.5.6 桩帽边至桩边不宜小于 100mm，桩帽高度不宜小于 1000mm，并上下各配置直径不小于 12mm、间距不大于 150mm 的双向钢筋。

8.5.7 单桩承载力计算应符合下列规定：

- 1 轴心竖向力作用下

$$Q_k \leq R_d \quad (8.5.7-1)$$

偏心竖向力作用下，除满足公式（8.5.7-1）外，尚应满足下式要求：

$$Q_{ik \max} \leq 1.2 R_d \quad (8.5.7-2)$$

式中  $R_d$ —单桩竖向承载力特征值（kN）；

$Q_k$ —相应于荷载作用标准组合竖向力作用下，单桩的平均竖向力（kN）；

$Q_{ik}$ —相应于荷载作用标准组合偏心竖向力作用下，第  $i$  根桩的竖向力（kN）；

- 2 水平力作用下

$$H_{ik} \leq R_{hd} \quad (8.5.7-3)$$

式中  $H_{ik}$ —相应于荷载作用标准组合作用下任一单桩的水平力 (kN) ;

$R_{ha}$ —单桩水平承载力特征值 (kN) 。

#### 8.5.8 单桩竖向承载力特征值 $R_a$ 的确定应符合下列规定:

- 1 地基基础设计等级为甲、乙级的建筑物, 当为土质地基或软质岩石地基时, 单桩竖向承载力特征值应通过竖向静载荷试验确定。在同一条件下的试桩数量不宜少于总桩数的 1%, 且不应少于 3 根, 桩的静载荷试验可按现行《建筑地基基础设计规范》GB50007 进行。
- 2 设计等级为丙级的建筑物, 当无条件进行桩的静载荷试验时, 可采用静力触探及标贯试验参数确定, 或根据具体情况参考条件类似的荷载试验资料确定。
- 3 端承桩桩端以下 3 倍桩底直径及 5m 深度范围内应无软弱夹层、断裂破碎带和洞穴分布, 并应在桩底应力扩散范围内无岩体临空面。桩端岩石地基承载力特征值, 当桩端无沉渣时, 对完整、较完整的岩石地基, 应根据岩石饱和单轴抗压强度标准值按本规范 4.2.8 条确定, 或按本规范附录 F《岩基载荷试验要点》确定; 对软质岩石地基, 应按本规范附录 C《深层平板载荷试验要点》确

定。

8.5.9 单桩竖向承载力特征值  $R_a$  可按下列表达式计算：

1 端承桩的竖向承载力特征值  $R_a$

$$R_a = q_{pa} A_p \quad (8.5.9-1)$$

式中  $q_{pa}$ —桩端岩石承载力特征值 (kPa)。

$A_p$ —桩底端横截面面积 ( $m^2$ )；

2 摩擦端承桩的竖向承载力特征值为桩端阻承载力特征值与桩侧阻承载力特征值之和

$$R_a = q_{pa} A_p + \mu_p \sum q_{sia} L_i \quad (8.5.9-2)$$

式中  $q_{pa}$ 、 $q_{sia}$ —桩端端阻力、桩侧阻力特征值 (kPa)，由当地静载荷试验结果统计分析确定；

$\mu_p$ —桩身周长 (m)；

$L_i$ —第  $i$  层岩土厚度 (m)；

3 完整、较完整岩石地基的嵌岩桩的竖向承载力特征值  $R_a$  为嵌岩段总阻力特征值与桩侧土的总阻力特征值之和

$$R_a = \frac{1}{2} \zeta_r f_{rk} A_p + \mu_p \sum q_{sia} L_i \quad (8.5.9-3)$$

式中  $f_{rk}$ —岩石饱和单轴抗压强度标准值 (kPa)，粘土岩取天然湿度单轴抗压强度标准值；

$\zeta_r$ —嵌岩段侧阻和端阻综合系数，与嵌岩深径比  $h_r/d$ 、岩石软硬程度和成桩工艺有关，可按表 8.5.9 采用；表中数值适用于泥浆护壁成桩，对于干作业成桩（清底干净）和泥浆护壁成桩后注浆， $\zeta_r$  应取表列数值的 1.2 倍。

表 8.5.9 嵌岩段侧阻和端阻综合系数  $\zeta_r$

嵌岩深径比 $h_r/d$	0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
极软岩、 软岩	0.60	0.80	0.95	1.18	1.35	1.48	1.57	1.63	1.66	1.70
较硬岩、 坚硬岩	0.45	0.65	0.81	0.90	1.00	1.04				

注：1 极软岩、软岩指  $f_{rk} \leq 15\text{MPa}$ ，较硬岩、坚硬岩指  $f_{rk} > 30\text{MPa}$ ，介于二者之间的较软岩采用内插取值。

2  $h_r$  为桩身嵌岩深度，当岩面倾斜时，以坡下方嵌岩深度为准；当  $h_r/d$  为非表列值时， $\zeta_r$  可内插取值。

8.5.10 桩身混凝土强度应满足桩的承载力设计要求，且不应低于 C25。

1 桩轴心受压时

$$Q \leq \psi_c A_p f_c \tag{8.5.10}$$

式中  $Q$  —相应于荷载作用基本组合时的单桩竖向力设计值 (kN)；

$f_c$ —混凝土轴心抗压强度设计值 (kPa)；

$A_p$ —桩身横截面面积 ( $\text{m}^2$ )；

$\psi_c$ —工作条件系数，水下灌注桩取 0.6，其它取 0.7。

- 2 当作用在桩顶的荷载以水平力或弯矩为主时，应验算桩的水平承载力，必要时尚应验算桩的水平位移和桩的裂缝。

#### 8.5.11 桩身裂缝宽度验算应符合下列要求：

- 1 对抗拔桩、长期受水平荷载作用以及干湿交替环境的桩，其最大裂缝宽度不应大于 0.2mm；
- 2 当地下水和地基土对桩身无腐蚀性时，最大裂缝宽度不应大于 0.3mm；
- 3 裂缝宽度验算，钢筋保护层厚度大于 30mm 时取 30mm。

#### 8.5.12 当端承桩嵌入基岩的深度 $h$ 满足下列要求时，可不考虑桩顶水平力或弯矩对基底压力的影响。

- 1 当基岩顶仅有弯矩作用时

$$\text{圆形截面桩} \quad h \geq \sqrt{\frac{M_k}{0.131 f_a D}} \quad (8.5.12-1)$$

$$\text{矩形截面桩} \quad h \geq \sqrt{\frac{M_k}{0.166 f_a b}} \quad (8.5.12-2)$$

2 当基岩顶有弯矩和水平力同时作用时，

$$\text{圆形截面桩} \quad h \geq \sqrt{\frac{M_k (1 + \frac{H_k}{2M_k} h)}{0.131 f_a D}} \quad (8.5.12-3)$$

$$\text{矩形截面桩} \quad h \geq \sqrt{\frac{M_k (1 + \frac{H_k}{2M_k} h)}{0.166 f_a b}} \quad (8.5.12-4)$$

式中  $M_k$ —相应于荷载作用标准组合作用于基岩顶面的弯矩

(kN · m) ；

$H_k$ —相应于荷载作用标准组合作用于基岩顶面的水平力

(kN) ；

$f_a$ —岩石地基承载力特征值 (kPa) ， 按本规范 4.2.8 条

确定；

$D$ —桩的直径 (m) ；

$b$ —垂直于弯矩作用方向的基础宽度 (m) 。

**8.5.13** 承台或桩帽的混凝土强度等级不应低于 C25。当承台或桩帽的混凝土强度等级低于柱的混凝土强度等级时，应验算承台或桩帽局部受压承载力。

**8.5.14** 承台之间的连接应符合下列要求：

- 1 单桩承台，宜在两个互相垂直的方向上设置联系梁；
- 2 两桩承台，宜在其短向设置联系梁；
- 3 联系梁顶面宜与承台位于同一标高。联系梁的宽度不应小于 250mm，梁的高度可取承台中心距的  $1/10 \sim 1/15$ ；
- 4 联系梁的主筋应按计算确定，上、下纵筋的最小配筋率为 0.2%、直径不应小于 12 mm 且不应少于 2 根，并应按受拉要求锚入承台或桩帽。
- 5 联系梁配筋计算时，除按梁上实际荷载作用外，还应按相邻柱上最大轴力的 5% 作为拉力计算配筋。



## 9 边坡及基坑

### 9.1 一般规定

9.1.1 支护结构的荷载取值及荷载作用计算应符合现行国家相关标准的规定。

9.1.2 边坡和基坑支护工程，施工前应根据场地地质情况、设计文件等编制安全施工专项方案。

9.1.3 工程边坡设计应合理设置排水、截水系统、喷浆、喷射混凝土、种植植物防护等措施。

### 9.2 支护结构材料

9.2.1 支护结构材料应符合以下要求：

- 1 预应力锚索宜采用无粘结预应力钢绞线，自由段应采取镀（涂）防腐层等有效防腐措施；
- 2 锚杆、锚索的防腐处理应符合《建筑边坡工程技术规范》GB50330 的有关规定；
- 3 混凝土强度等级不应低于 C30，锚杆、锚索注浆浆料应采用微膨胀水泥砂浆，其强度等级不应低于 M30；
- 4 桩、柱、梁、墙板的钢筋保护层厚度不应小于 50mm。

### 9.3 坡地建筑工程

9.3.1 位于坡地上的建筑应进行专门的场地及地基稳定性评价，评价内容应包括工程地质、水文地质、建筑物作用效应、施工开挖、使用期内地下水和地表水的影响等。

9.3.2 建筑物应避开高陡的坡体边缘、古滑坡、塌滑区域、存在不利结构面岩体的区域。

9.3.3 建筑设计应合理利用地形，采用稳定性较好的接地方式。倾斜型或阶梯型接地方式的建筑，建筑物底部宜为台阶型，掉层、跌落、错层及跌错建筑，斜坡宜设置成阶梯。

9.3.4 高度大于 60m 的建筑，水平风荷载宜取 100 年基本风压；高层建筑应考虑地震动参数的放大作用，重点设防类的建筑和高度大于 60m 的建筑宜按设防地震（中震）作用设计地基基础。

9.3.5 坡地建筑的稳定性验算应符合下列要求：

- 1 高度大于 60m 的建筑，基础埋深不满足本规范要求时，宜取罕遇地震作用验算稳定性，并采取有效措施；
- 2 超限的高层建筑或超限的大跨度建筑宜按罕遇地震作用验算边坡稳定性并达到地震工况下的稳定状态；
- 3 采用桩基的建筑物，当按设防烈度地震作用和罕遇地震作用验算稳定性时，可考虑桩基的抗滑作用，桩端嵌入

滑动面以下稳定岩土层的深度不宜小于  $4.0/\alpha$  ( $\alpha$  为桩的水平变形系数)。

- 4 采用拟静力法进行地震稳定性计算时, 建筑边坡岩体和土体的综合水平地震系数  $\alpha_w$ , 6 度 (0.05g) 时取 0.025、7 度 (0.10g) 时取 0.05、7 度 (0.15g) 时取 0.075。

**9.3.6** 基础应将荷载直接传至边坡潜在破裂面以下足够深度的稳定岩土层内。

**9.3.7** 建筑结构兼做支挡结构时, 应考虑地基基础与上部结构的共同作用及变形协调。

**9.3.8** 坡地建筑地基应在充分保护和利用原有排水体系的前提下, 合理设置排水、截水系统, 保证排水的顺畅。坡地的排水设计时应结合边坡的排水与坡面保护, 构成坡顶与坡面相结合的排水系统。必要时应对边坡长期监测并进行定期维护。

**9.3.9** 坡地建筑的边坡工程应进行包括抗震计算的专项设计, 宜采用动态勘察、动态设计以及信息化施工, 必要时应长期监测并定期维护。

## 10 检验与监测

### 10.1 检 验

**10.1.1** 基槽（基坑）开挖后，应进行基槽检验。当基槽检验发现与勘察报告和设计文件不一致、或遇到异常情况时，应结合具体情况提出进行施工勘察等处理意见。

**10.1.2** 压实填土地基，在压实填土的过程中，应分层取样检验土的干密度和含水量。每  $50\sim 100\text{ m}^2$  面积内应有一个检验点，根据检验结果求得的压实系数，不应低于表 5.2.5 的规定，对碎石土干密度不应低于  $2.0\text{ t/m}^3$ 。

山区坡地填土，除清除坡面草皮、耕土、软土、杂填土外，尚应将表面挖成阶梯形，以保证填土整体稳定。

**10.1.3** 对混凝土灌注桩，应提供经确认的施工过程有关参数，包括原材料的力学性能检验报告、试件留置数量及制作养护方法、混凝土抗压强度试验报告、钢筋笼制作质量检查报告。施工完成后尚应进行桩顶标高、桩位偏差等检验。

**10.1.4** 人工挖孔桩终孔时，应进行桩端持力层检验。一柱一桩的大直径端承灌注桩，应视岩性检验桩底下 3 倍桩端直径及 5m 深度范围内有无空洞、破碎带、软弱夹层等不良地质条件。

10.1.5 工程基桩的桩身质量和承载力检验、检测应符合现行国家、地方和行业标准的规定。

10.1.6 复合地基（碎石桩、水泥土搅拌桩等）除应进行静荷载试验外，尚应进行竖向增强体及周边土的质量检验。

10.1.7 抗浮锚杆完成后应进行抗拔力检验，检验数量不应少于锚杆总数的 3%，且不应少于 6 根。

10.1.8 永久性边坡支护结构工程，应对锚杆（索）的防腐处理以及桩、柱、梁、墙板的钢筋连接及保护层厚度质量进行检验。

10.1.9 边坡及基坑支护工程应采取信息化施工、加强施工监测，质量检验、检测应符合现行国家、地方和行业标准的规定。

## 10.2 监 测

10.2.1 大面积填方等地基处理工程，应对地面沉降进行长期监测，施工过程中还应对土体变形、孔隙水压力等进行监测。

10.2.2 工程周边有建（构）筑和重要设施，施工过程中需要降水（桩的成孔或基坑降水）时，应对地下水位变化和建（构）筑和重要设施进行监测。

10.2.3 预应力锚杆施工完成后应对锁定的预应力进行监测，监测锚杆数量不应少于总数的 10%，且不应少于 6 根。

10.2.4 基坑开挖应根据设计要求进行监测，实施动态设计和信息化施工。

10.2.5 基坑开挖监测内容包括支护结构的内力和变形，地下水位变化及周边建（构）筑物、地下管线等市政设施的沉降和位移等，监测内容可按照表 10.2.5 选择。

表 10.2.5 基坑监测项目选择表

监测项目 地基基础 设计等级	支护 结构 水平 位移	监控范围内 建(构)筑物 沉降与地下 管线变形	土方 分层 开挖 标高	地下 水位	锚杆、 锚索 拉力	支撑 轴力 或 变形
甲级	√	√	√	√	√	√
乙级	√	√	√	√	√	△
监测项目 地基基础 设计等级	立柱 变形	桩墙内力	基坑 底隆 起	土体 侧向 变形	孔隙 水压 力	土压 力
甲级	√	√	√	√	△	△
乙级	△	△	△	△	△	△

注：√为必测项目，△为宜测项目。

10.2.6 基坑开挖对邻近建（构）筑物的变形监控应考虑基坑开挖造成的附加沉降与原有沉降的叠加。基坑开挖前应对周围建筑及

市政设施进行检测，并经各方认可。

**10.2.7** 边坡工程施工过程中，应严格记录气象条件、挖方、填方、堆载等情况。爆破开挖时，应监控爆破对周边环境的影响。土石方工程完成后，尚应对边坡的水平位移和竖向位移进行监测，直到变形稳定为止，对永久性边坡不应少于三年。

**10.2.8** 下列建筑物应在施工期间及使用期间进行沉降观测：

- 1 非硬质岩石上的甲级建筑物；
- 2 复合地基或软弱地基上的甲、乙级建筑物；
- 3 加层、扩建建筑物；
- 4 受邻近深基坑开挖施工影响或受场地地下水等环境因素变化影响的建筑物；
- 5 需要积累建筑经验或进行设计反分析的工程。

**10.2.9** 施工期间的监测、验收资料应作为检验建筑物地基基础工程质量和竣工验收的主要依据。

附录 A 土（岩）地基承载力特征值表

A. 0. 1 根据野外鉴别结果，或根据土的颗粒级配，确定地基承载力特征值时，可根据附表 A. 0. 1-1、附表 A. 0. 1-2 确定。

表 A. 0. 1-1 岩石地基承载力特征值  $f_a$  (kPa)

岩石类别	强风化 (破碎)	中等风化 (较破碎)	微风化 (完整)
硬质岩石	750~2000	2000~6000	$\overrightarrow{AB}6000$
软质岩石	220~750	750~2200	2200~5000
极软质岩石	180~300	300~750	750~2200

注：1 承载力特征值，如取用大于 4000kPa 时，应由试验确定；

2 对于强风化的岩石，当与残积土难于区分时按土考虑。

表 A. 0. 1-2 碎石土地基承载力特征值  $f_{ak}$  (kPa)

<div>密实度</div> <div>土的名称</div>	稍 密	中 密	密 实
卵 石	300~500	500~800	800~1000
碎 石	250~400	400~700	700~900
圆 砾	200~300	300~500	500~700
角 砾	200~250	250~400	400~600



注：1 表中数值适用于骨架颗粒空隙全部由中砂、粗砂或硬塑、坚硬状态的  
粘性土或稍湿的粉土所充填；

2 当粗颗粒为中等风化或强风化时，可按其风化程度适当降低承载力，当颗粒间呈半胶结状时，可适当提高承载力。

**A.0.2** 根据室内试验测得的物理力学指标平均值确定地基承载力特征值时，按附表 A.0.2-1、附表 A.0.2-2 中的承载力基本值乘以回归修正系数  $\psi_f$ 。

1 回归修正系数  $\psi_f$ ，应按式 (A.0.2-1) 计算：

$$\psi_f = 1 - \left( \frac{2.884}{\sqrt{n}} + \frac{7.918}{n^2} \right) \delta \quad (\text{A.0.2-1})$$

式中  $n$  — 据以查表的土性指标参加统计的数据数；

$\delta$  — 变异系数，按式 (A.0.2-2) 计算。

$$\delta = \frac{\sigma}{\mu} \quad (\text{A.0.2-2})$$

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i}{n} \quad (\text{A.0.2-3})$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \mu_i^2 - n\mu^2}{n-1}} \quad (\text{A.0.2-4})$$

式中  $\mu$  — 据以查表的某一土性指标试验平均值；

$\sigma$ —标准差。

2 当表中并列二个指标时，变异系数应按式（A. 0. 2-5）计算：

$$\delta = \delta_1 + \sqrt{4} \delta_2 \qquad \qquad \qquad (\text{A. 0. 2-5})$$

式中  $\delta_1$ 、 $\delta_2$  —分别为第一指标和第二指标的变异系数；

$\sqrt{4}$  —第二指标的折减系数，见相应表的注。

表 A. 0. 2-1    淤泥及淤泥质土地基承载力基本值（kPa）

天然含水量 $\frac{1}{15750}$ （%）	36	40	45	50	55	65	75
承载力基本值 $f_o$	100	90	80	70	60	50	40

表 A. 0. 2-2    粘性土地基承载力基本值（kPa）

第二指标 液性 指数 $I_L$ 第一指标 孔隙比 $e$	0	0. 25	0. 50	0. 75	1. 00	1. 20
0. 5	475	430	390	(360)	—	—
0. 6	400	360	325	295	(265)	—
0. 7	325	295	265	240	210	170
0. 8	275	240	220	200	170	135

<div> <div>第二指标</div> <div>液性</div> <div>指数</div> <div><math>I_L</math></div> </div> <div> <div>第一指标</div> <div>孔隙比 <math>e</math></div> </div>	0	0.25	0.50	0.75	1.00	1.20
0.9	230	210	190	170	135	105
1.0	200	180	160	135	115	—
1.1	—	160	135	115	105	—

注：1 有括号者仅供内插用；

2 折减系数  $\bar{4} = 0.1$ 。

A.0.3 根据含水比  $\alpha_w$  指标确定红粘土地基承载力特征值时，按附表 A.0.3 取用。

表 A.0.3 红粘土承载力特征值  $f_{ak}$ （kPa）

含水比 $\alpha_w$	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
红粘土	350	300	260	230	210	190
次生红粘土	250	220	190	170	150	140
含水比 $\alpha_w$	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	
红粘土	170	150	130	120	110	
次生红粘土	130	120	110	105	100	

注：  $\alpha_w = w/w_L$ ， $w$ ——土的含水量， $w_L$ ——液限。

## 附录 B 地基土浅层平板载荷试验要点

**B.0.1** 地基土浅层平板载荷试验可适用于确定浅部地基土层的承压板下应力主要影响范围内的承载力。承压板面积不应小于  $0.25\text{m}^2$ ，对于软土不应小于  $0.5\text{m}^2$ 。

**B.0.2** 试验基坑宽度不应小于承压板宽度或直径的三倍。应保持试验土层的原状结构和天然湿度。宜在拟试压表面用粗砂或中砂层找平，其厚度不超过 20mm。

**B.0.3** 加荷分级不应少于 8 级。最大加载量不应小于设计要求的两倍。

**B.0.4** 每级加载后，按间隔 10、10、10、15、15min，以后为每隔半小时测读一次沉降量，当在连续两小时内，每小时的沉降量小于 0.1mm 时，则认为已趋稳定，可加下一级荷载。

**B.0.5** 当出现下列情况之一时，即可终止加载：

- 1 承压板周围的土明显地侧向挤出；
- 2 沉降  $s$  急骤增大，荷载-沉降 ( $p-s$ ) 曲线出现陡降段；
- 3 在某一级荷载下，24 小时内沉降速率不能达到稳定；
- 4 沉降量与承压板宽度或直径之比大于或等于 0.06。

当满足前三种情况之一时，其对应的前一级荷载定为极限荷载。

**B.0.6 承载力特征值的确定应符合下列规定：**

- 1 当  $p-s$  曲线上有比例界限时，取该比例界限所对应的荷载值；
- 2 当极限荷载小于对应比例界限的荷载值的 2 倍时，取极限荷载值的一半；
- 3 当不能按上述二款要求确定时，当承压板面积为  $0.25 \sim 0.50\text{m}^2$ ，可取  $s/b = 0.01 \sim 0.015$  所对应的荷载，但其值不应大于最大加载量的一半。

**B.0.7** 同一土层参加统计的试验点不应少于三点，当试验实测值的极差不超过其平均值的 30% 时，取此平均值作为该土层的地基承载力特征值  $f_{ak}$ 。

**B.0.8 土质地基的变形模量，采用下式进行计算：**

$$E_0 = \omega(1 - \mu^2) \frac{pb}{s} \quad (\text{B.0.8})$$

式中  $E_0$ —土的变形模量；

$p$ — 荷载试验  $p-s$  曲线比例界限点对应的荷载 (kPa)；

$s$  —与荷载  $p$  相对应的承压板的沉降量；

$b$ — 承压板的直径或宽度 (mm)；

$\frac{1}{15750}$ —沉降系数：刚性方形承压板  $\frac{1}{15750}$ 取 0.88，刚性圆形承压板  $\frac{1}{15750}$ 取 0.79；

.00—土的泊松比，可按附表 D. 0. 8 采用。

附表 B. 0. 8 土的泊松比

土的名称与状态	泊松比
碎石土	0. 22~0. 30
砂土、粉土	0. 20~0. 25
粉质粘土： 坚硬状态	0. 25
可塑状态	0. 30
软塑或流塑状态	0. 35
粘土： 坚硬状态	0. 25
可塑状态	0. 30
软塑或流塑状	0. 42

## 附录 C 深层平板载荷试验要点

C.0.1 深层平板载荷试验可适用于确定深部地基土层及大直径桩桩端土层在承压板下应力主要影响范围内的承载力。

C.0.2 深层平板载荷试验的承压板采用直径为 0.8m 的刚性板，紧靠承压板周围外侧的土层高度应不少于 80cm。

C.0.3 加荷等级可按预估极限承载力的 1/10~1/15 分级施加。

C.0.4 每级加荷后，第一个小时内按间隔 10、10、10、15、15min，以后为每隔半小时测读一次沉降。当在连续两小时内，每小时的沉降量小于 0.1mm 时，则认为已趋稳定，可加下一级荷载。

C.0.5 当出现下列情况之一时，可终止加载：

- 1 沉降  $s$  急骤增大，荷载-沉降（ $p-s$ ）曲线上有可判定极限承载力的陡降段，且  $s$  超过 0.04d（ $d$  为承压板直径）；
- 2 在某级荷载下，24 小时内沉降速率不能达到稳定；
- 3 本级沉降量大于前一级沉降量的 5 倍；
- 4 当持力层土层坚硬，沉降量很小时，最大加载量不小于设计要求的 2 倍。

C.0.6 承载力特征值的确定应符合下列规定：

- 1 当  $p-s$  曲线上有比例界限时，取该比例界限所对应的荷载值；
- 2 满足前三条终止加载条件之一时，其对应的前一级荷载定为极限荷载，当该值小于对应比例界限的荷载值的 2 倍时，取极限荷载值的一半；
- 3 不能按上述三款要求确定时，可取  $s/d = 0.01 \sim 0.015$  所对应的荷载值，但其值不应大于最大加载量的一半。

**C.0.7** 同一土层参加统计的试验点不应少于三点，当试验实测值的极差不超过其平均值的 30% 时，取此平均值作为该土层的地基承载力特征值  $f_{ak}$ 。



## 附录 D 岩石单轴抗压强度试验要点

D.0.1 试料可用钻孔的岩心或坑、槽探中采取的岩块。

D.0.2 试样采用圆柱体标准试样，一般试样直径  $d$  为 50mm，高  $h$  为 100mm。

D.0.3 在进行岩石的单轴抗压试验前，首先对试样进行饱和处理，在进行岩石的单轴抗压试验时，其加载速度以每秒 500～800kPa 为宜，连续加载直至试样完全破坏时终止试验。试样破坏后，应立即记下最大加载和对试样断口进行描述，并详细记录岩石的破坏形态。同类岩石的试验数据量不应少于 6 个。

D.0.4 根据参加统计的一组试样的试验值计算其平均值、标准差、变异系数，取岩石饱和单轴抗压强度的标准值为：

$$f_{rk} = \psi f_{rm} \quad (\text{D.0.4-1})$$

$$\psi = 1 - \left( \frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right) \delta \quad (\text{D.0.4-2})$$

式中  $f_{rm}$  —岩石饱和单轴抗压强度平均值；

$f_{rk}$  —岩石饱和单轴抗压强度标准值；

$\psi$  —统计修正系数；

$n$  —试样个数;

$\square$ —变异系数, 按本规范式 (E. 0. 1-1) 计算。

## 附录 E 抗剪强度指标 $c$ 、 $\frac{1}{16}$ 标准值

E. 0. 1 内摩擦角标准值  $\frac{1}{16}_k$ 、粘聚力标准值  $c_k$ ，可按下列规定计算：

- 1 根据室内  $n$  组三轴压缩试验的结果，按下列公式计算某一土性指标的变异系数、试验平均值和标准差：

$$\delta = \sigma / \mu \quad (\text{E. 0. 1-1})$$

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i}{n} \quad (\text{E. 0. 1-2})$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \mu_i^2 - n\mu^2}{n-1}} \quad (\text{E. 0. 1-3})$$

式中  $\delta$ —变异系数；

$\mu$ —试验平均值；

$\frac{1}{16}$ —标准差。

- 2 按下列公式计算内摩擦角和粘聚力的统计修正系数  $\square_{\frac{1}{16}}$ 、

$\square_c$ ：

$$\psi_{\varphi} = 1 - \left( \frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right) \delta_{\varphi} \quad (\text{E. 0. 1-4})$$

$$\psi_c = 1 - \left( \frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right) \delta_c \quad (\text{E. 0. 1-5})$$

式中  $\square_{\frac{1}{16}}$ —内摩擦角的统计修正系数；

$\square_c$  —粘聚力的统计修正系数；

$\square_{\frac{1}{16}}$ — 内摩擦角的变异系数；

$\square_c$  — 粘聚力的变异系数。

$$3 \quad \varphi_k = \psi_{\varphi} \varphi_m \quad (\text{E. 0. 1-6})$$

$$c_k = \psi_c \varphi_m \quad (\text{E. 0. 1-7})$$

式中  $\frac{1}{16_m}$ —内摩擦角的试验平均值；

$c_m$ —粘聚力的试验平均值。

## 附录 F 岩基载荷试验要点

**F.0.1** 本附录适用于确定完整、较完整、较破碎岩基作为天然地基或桩基础持力层时的承载力。

**F.0.2** 采用圆形刚性承压板，直径为 300mm。当岩石埋藏深度较大时，可采用钢筋混凝土桩，但桩周需采取措施以消除桩身与土之间的摩擦力。

**F.0.3** 测量系统的初始稳定读数观测：加压前，每隔 10min 读数一次，连续三次读数不变可开始试验。

**F.0.4** 加载方式：单循环加载，荷载逐级递增直到破坏，然后分级卸载。

**F.0.5** 荷载分级：第一级加载值为预估设计荷载的  $1/5$ ，以后每级为  $1/10$ 。

**F.0.6** 沉降量测读：加载后立即读数，以后每 10min 读数一次。

**F.0.7** 稳定标准：连续三次读数之差均不大于 0.01mm。

**F.0.8** 终止加载条件：当出现下述现象之一时，即可终止加载：

- 1 沉降量读数不断变化，在 24 小时内，沉降速率有增大的趋势；

## 2 压力加不上或勉强加上而不能保持稳定。

注：若限于加载能力，荷载也应增加到不少于设计要求的两倍。

**F.0.9 卸载观测：**每级卸载为加载时的两倍，如为奇数，第一级可为三倍。每级卸载后，隔 10min 测读一次，测读三次后可卸下一级荷载。全部卸载后，当测读到半小时回弹量小于 0.01mm 时，即认为稳定。

### **F.0.10 岩石地基承载力的确定**

- 1 对应于  $p-s$  曲线上起始直线段的终点为比例界限。符合终止加载条件的前一级荷载为极限荷载。将极限荷载除以 3 的安全系数，所得值与对应于比例界限的荷载相比较，取小值；
- 2 每个场地载荷试验的数量不应少于 3 个，取最小值作为岩石地基承载力特征值。
- 3 岩石地基承载力不进行深度和宽度修正。

## 附录 G 附加应力系数 $\alpha$ 、平均附加应力 系数 $\bar{\alpha}$

G.0.1 矩形面积上均布荷载作用下，通过中心点竖线上的平均附加应力系数  $\bar{\alpha}$ （表 G.0.1）。

G.0.2 圆形和矩形面积上均布荷载作用下，基础中心轴与刚性岩层交点处的附加应力系数  $\alpha_n$ （表 G.0.2）。

G.0.3 当有刚性下卧岩层时（图 G.0.3），基底中心处到第  $i$  层

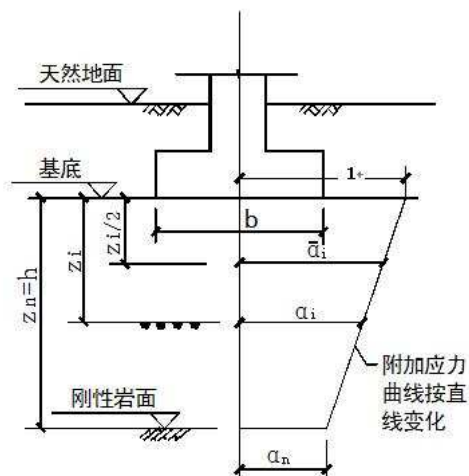


图 G.0.3 刚性下卧岩层基底中心处的附加应力曲线

土底面的  $z_i$  深度处附加应力系数  $\alpha_i$  及其  $z_i$  深度范围内平均附加应力系数  $\bar{\alpha}_i$  ( $i=1\cdots n$ ) 按以下公式计算:

$$\alpha_i=1-(\frac{1-\alpha_n}{z_n})z_i \qquad (G.0.3-1)$$

$$\bar{\alpha}_i=\frac{1+\alpha_i}{2} \qquad (G.0.3-2)$$

$$\bar{\alpha}_n=\frac{1+\alpha_n}{2} \qquad (G.0.3-3)$$

附表 G.0.1 矩形面积上均布荷载作用下通过中心点竖线上的平均附加应力系数  $\bar{\alpha}$

$z/b \backslash l/b$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	5.0	>10 (条形)
0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0.1	0.997	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998
0.2	0.987	0.990	0.991	0.992	0.992	0.992	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993
0.3	0.967	0.973	0.976	0.978	0.979	0.979	0.980	0.980	0.981	0.981	0.981	0.981	0.981
0.4	0.936	0.974	0.953	0.956	0.958	0.965	0.961	0.962	0.962	0.963	0.963	0.963	0.963
0.5	0.900	0.915	0.924	0.929	0.933	0.935	0.937	0.939	0.939	0.940	0.940	0.940	0.940
0.6	0.858	0.878	0.890	0.898	0.903	0.906	0.910	0.912	0.913	0.914	0.914	0.915	0.915
0.7	0.816	0.840	0.855	0.865	0.871	0.876	0.881	0.884	0.885	0.886	0.887	0.887	0.888
0.8	0.775	0.801	0.819	0.831	0.839	0.844	0.851	0.855	0.857	0.858	0.859	0.860	0.860
0.9	0.735	0.764	0.784	0.797	0.806	0.813	0.821	0.826	0.829	0.830	0.831	0.832	0.833
1.0	0.698	0.728	0.749	0.764	0.775	0.783	0.792	0.798	0.801	0.803	0.804	0.806	0.807
1.1	0.663	0.694	0.717	0.733	0.744	0.753	0.764	0.771	0.775	0.777	0.779	0.780	0.782
1.2	0.631	0.663	0.686	0.703	0.715	0.725	0.737	0.744	0.749	0.752	0.754	0.750	0.758
1.3	0.601	0.633	0.657	0.674	0.688	0.698	0.711	0.719	0.725	0.728	0.730	0.733	0.735
1.4	0.573	0.605	0.629	0.648	0.661	0.672	0.687	0.696	0.701	0.705	0.708	0.711	0.714
1.5	0.548	0.580	0.604	0.622	0.637	0.648	0.664	0.672	0.679	0.683	0.686	0.690	0.693
1.6	0.524	0.556	0.580	0.599	0.613	0.625	0.641	0.651	0.658	0.663	0.666	0.670	0.675
1.7	0.502	0.533	0.558	0.577	0.591	0.603	0.620	0.631	0.638	0.643	0.646	0.651	0.656
1.8	0.482	0.513	0.537	0.566	0.571	0.583	0.600	0.611	0.619	0.624	0.629	0.633	0.638

注: b—矩形的短边, l—矩形的长边, z—荷载作用面起算的深度。



续表

$\begin{array}{c} l/b \\ z/b \end{array}$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	5.0	>10 (条形)
1.9	0.463	0.468	0.517	0.536	0.551	0.563	0.581	0.593	0.601	0.606	0.610	0.616	0.622
2.0	0.446	0.475	0.499	0.518	0.533	0.545	0.563	0.575	0.584	0.590	0.594	0.600	0.600
2.1	0.429	0.459	0.482	0.500	0.515	0.528	0.546	0.559	0.567	0.574	0.578	0.585	0.591
2.2	0.414	0.443	0.466	0.484	0.499	0.511	0.530	0.543	0.552	0.558	0.563	0.570	0.577
2.3	0.400	0.428	0.451	0.469	0.484	0.496	0.515	0.528	0.537	0.544	0.548	0.556	0.564
2.4	0.387	0.414	0.436	0.454	0.469	0.481	0.500	0.513	0.523	0.530	0.535	0.543	0.551
2.5	0.374	0.401	0.423	0.441	0.455	0.468	0.486	0.500	0.509	0.510	0.522	0.530	0.539
2.6	0.362	0.389	0.410	0.428	0.442	0.455	0.473	0.487	0.496	0.504	0.509	0.518	0.528
2.7	0.351	0.377	0.398	0.416	0.430	0.442	0.461	0.474	0.484	0.492	0.497	0.506	0.517
2.8	0.341	0.366	0.387	0.404	0.418	0.430	0.449	0.463	0.472	0.480	0.486	0.495	0.506
2.9	0.331	0.356	0.377	0.393	0.407	0.419	0.438	0.451	0.461	0.469	0.475	0.485	0.496
3.0	0.322	0.346	0.366	0.383	0.397	0.409	0.427	0.441	0.451	0.459	0.465	0.474	0.487
3.1	0.313	0.337	0.357	0.373	0.387	0.398	0.417	0.430	0.440	0.448	0.454	0.464	0.477
3.2	0.305	0.328	0.348	0.364	0.377	0.388	0.407	0.420	0.431	0.439	0.445	0.455	0.468
3.3	0.297	0.320	0.339	0.355	0.368	0.379	0.397	0.411	0.421	0.429	0.436	0.446	0.460
3.4	0.289	0.312	0.331	0.346	0.359	0.371	0.388	0.402	0.412	0.421	0.427	0.437	0.452
3.5	0.282	0.304	0.323	0.338	0.351	0.362	0.380	0.393	0.403	0.403	0.418	0.429	0.444
3.6	0.276	0.297	0.315	0.330	0.343	0.354	0.372	0.385	0.395	0.403	0.410	0.421	0.436
3.7	0.269	0.290	0.308	0.323	0.335	0.346	0.364	0.377	0.387	0.395	0.402	0.413	0.429
3.8	0.263	0.284	0.301	0.316	0.328	0.339	0.356	0.369	0.379	0.388	0.394	0.405	0.422
3.9	0.257	0.277	0.294	0.309	0.321	0.332	0.349	0.362	0.372	0.380	0.387	0.398	0.415
4.0	0.251	0.271	0.288	0.302	0.314	0.325	0.342	0.355	0.365	0.373	0.379	0.391	0.408
4.1	0.246	0.265	0.282	0.296	0.308	0.318	0.335	0.348	0.358	0.366	0.372	0.384	0.402
4.2	0.241	0.260	0.276	0.290	0.302	0.312	0.328	0.341	0.352	0.359	0.366	0.377	0.390
4.3	0.236	0.255	0.270	0.284	0.296	0.306	0.322	0.335	0.345	0.353	0.359	0.371	0.390
4.4	0.231	0.250	0.265	0.278	0.290	0.300	0.316	0.329	0.339	0.347	0.353	0.365	0.384
4.5	0.226	0.245	0.260	0.273	0.285	0.294	0.310	0.323	0.333	0.341	0.347	0.359	0.378
4.6	0.222	0.240	0.255	0.268	0.279	0.289	0.305	0.317	0.327	0.335	0.341	0.353	0.373
4.7	0.218	0.235	0.250	0.263	0.274	0.284	0.299	0.312	0.321	0.329	0.336	0.347	0.367
4.8	0.214	0.231	0.245	0.258	0.269	0.279	0.294	0.306	0.316	0.324	0.330	0.342	0.362
4.9	0.210	0.227	0.241	0.253	0.265	0.274	0.289	0.301	0.311	0.319	0.325	0.337	0.357
5.0	0.206	0.223	0.233	0.249	0.260	0.269	0.284	0.296	0.306	0.313	0.320	0.332	0.352

注：b—矩形的短边， $l$ —矩形的长边， $z$ —荷载作用面起算的深度。

附表 G. 0. 2 圆形和矩形均布荷载作用下基础中心轴与刚性岩层交点处的  
附加应力系数  $\alpha_n$

$\frac{h}{b}$	圆形 (直径=b)	长方形基础的长宽比				$\frac{l}{b} > 10$ (条基)
		$\frac{l}{b} = 1$	$\frac{l}{b} = 2$	$\frac{l}{b} = 3$	$\frac{l}{b} = 10$	
0	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000
0. 125	1. 009	1. 009	1. 009	1. 009	1. 009	1. 009
0. 250	1. 064	1. 053	1. 033	1. 033	1. 033	1. 033
0. 375	1. 072	1. 082	1. 059	1. 059	1. 059	1. 059
0. 500	0. 965	1. 027	1. 039	1. 026	1. 025	1. 025
0. 750	0. 684	0. 762	0. 912	0. 911	0. 902	0. 902
1. 00	0. 473	0. 541	0. 717	0. 769	0. 761	0. 761
1. 25	0. 335	0. 395	0. 593	0. 651	0. 636	0. 636
1. 50	0. 249	0. 298	0. 474	0. 549	0. 560	0. 560
2. 00	0. 148	0. 186	0. 314	0. 392	0. 439	0. 439
2. 50	0. 098	0. 125	0. 222	0. 287	0. 359	0. 359
3. 50	0. 051	0. 065	0. 113	0. 170	0. 262	0. 262
5. 00	0. 025	0. 032	0. 064	0. 093	0. 181	0. 185
10. 00	0. 006	0. 008	0. 016	0. 024	0. 068	0. 086
25. 00	0. 001	0. 001	0. 003	0. 005	0. 014	0. 037
	0	0	0	0	0	0

注：h—深度，b—矩形的短边， $l$ —矩形的长边。

## 附录 H 石芽地基或基岩的稳定计算

### H.0.1 具有单一外倾软弱结构面的出露石芽或基岩 (图 H.0.1)

抗滑动稳定性应满足下式要求:

$$\frac{tg\phi}{tg\alpha} + \frac{CLb}{G \sin \alpha} \geq 1.35 \quad (\text{H.0.1})$$

式中  $\phi$ ——外倾滑动结构面的内摩擦角 ( $^{\circ}$ )；

$C$  ——外倾滑动结构面的粘聚力 (kPa) ;

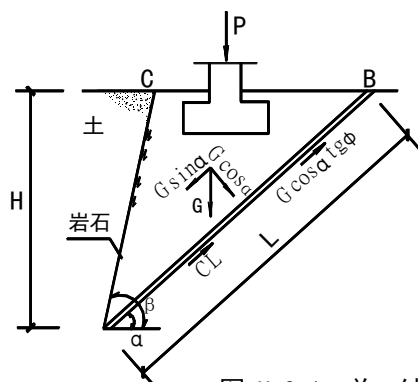
 $\alpha$ ——外倾滑动结构面倾角 ( $^{\circ}$ )；

图 H.0.1 单一结构面石芽地基基础

$L$  — 滑动岩体的滑动面长 (m),  $L=H/\sin\alpha$ ;

$H$  —滑动岩体高 (m) ;

$b$  —滑动面平均宽度 (m) ;

$G$  —滑动岩体自重 (包括基础自重)  $W$  与基础顶面集中荷载  $P$  的合力 (kN/m) , 即  $G = W + P$

**H. 0. 2** 出露石芽或基岩按式 (H. 0. 1) 验算稳定性时应满足以下条件:

- 1 外倾滑动结构面的走向应与石芽或基岩坡面平行或接近平行 (约在  $30^\circ$  范围内) ;
- 2 外倾滑动结构面应在坡面露出, 即外倾滑动结构面的倾角  $\alpha$  应小于基岩或石芽坡面的倾角  $\beta$ , 即  $\alpha < \beta$ 。

**H. 0. 3** 当外倾滑动结构面内有地下水时, 应考虑其地下水的影响。

## 附录J 砂卵石地基压缩模量与变形模量的换算及变形简化计算

**J. 0. 1** 砂卵石地基可根据原位试验得出的变形模量  $E_0$ , 按下式计算压缩模量  $E_s$ :

$$E_s = \frac{1}{\beta} E_0 \quad (\text{J. 0. 1-1})$$

$$\beta = 1 - \frac{2\mu^2}{1-\mu} \quad (\text{J. 0. 1-2})$$

式中  $E_s$ 、 $E_0$ —分别为砂卵石土的压缩模量和变形模量;

$\mu$ —砂卵石土的泊松比, 0. 22~0. 30。

**J. 0. 2** 对于砂卵石地基上高层建筑下的箱形及筏形基础, 可利用变形模量按下式计算最终变形量  $s$  (mm):

$$s = p_k b \eta \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i - \delta_{i-1}}{E_{0i}} \quad (\text{J. 0. 2-1})$$

式中  $p_k$ —对应于荷载效应准永久组合时基础底面处的平均压

力标准值 (kPa);

$b$ —基础底面宽度 (m);

$\eta$ —修正系数, 可查表 J. 0. 2-1 确定;

$\delta_i$ 、 $\delta_{i-1}$ —与基础长宽比及基础底面至第  $i$  层土和第  $i-1$

层土底面的距离  $z$  有关的无因次系数，可查表

J. 0. 2-3 确定；

$E_{0i}$  —基础底面下第  $i$  层土按载荷试验求得的变形模量  
(MPa)。

表 J. 0. 2-1  $\eta$  系数表

$m=2z_n/b$	$0 < m \leq 0.5$	$0.5 < m \leq 1$	$1 < m \leq 2$	$2 < m \leq 3$	$3 < m \leq 5$	$m > 5$
$\eta$	1.00	0.95	0.90	0.80	0.75	0.70

注： $z_n$ ——岩层的埋藏深度或压缩层深度， $b$ ——基础底面宽度。

按上式计算变形量时，地基压缩层深度  $z_n$  按下式确定：

$$z_n = \kappa (z_m + \xi b) \quad (\text{J. 0. 2-2})$$

式中  $z_m$  —与基础长宽比有关的经验值，按表 J. 0. 2-2 确定；

$\xi$  —系数，按表 J. 0. 2-2 确定；

$\kappa$  —调整系数，取 0.3。

表 J. 0. 2-2  $z_m$  值和  $\xi$  系数表

$l/b$	1	2	3	4	5
$z_m$	11.60	12.40	12.50	12.70	13.20
$\xi$	0.42	0.49	0.53	0.60	0.62

表 J.0.2-3  $\delta_i$  系数表

$m=2z/b$	圆形基础 $b=2r$	矩形基础 $n=l/b$						条形基础 $n \geq 10$
		1.00	1.40	1.80	2.40	3.20	5.00	
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.40	0.067	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.104
0.80	0.163	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.208
1.20	0.262	0.299	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.311
1.60	0.346	0.380	0.394	0.397	0.397	0.397	0.397	0.412
2.00	0.411	0.446	0.472	0.482	0.486	0.486	0.486	0.511
2.40	0.461	0.499	0.538	0.556	0.565	0.567	0.567	0.605
2.80	0.501	0.542	0.592	0.618	0.635	0.640	0.640	0.687
3.20	0.532	0.577	0.637	0.671	0.696	0.707	0.709	0.763
3.60	0.558	0.606	0.676	0.717	0.750	0.768	0.772	0.831
4.00	0.579	0.630	0.708	0.756	0.796	0.820	0.830	0.892
4.40	0.596	0.650	0.735	0.789	0.837	0.867	0.883	0.949
4.80	0.611	0.668	0.759	0.819	0.873	0.908	0.932	1.001
5.20	0.624	0.683	0.780	0.884	0.904	0.948	0.977	1.050
5.60	0.635	0.697	0.798	0.867	0.933	0.981	1.018	1.095
6.00	0.645	0.708	0.814	0.887	0.958	1.011	1.056	1.138
6.40	0.653	0.719	0.828	0.904	0.980	1.031	1.090	1.178
6.80	0.661	0.728	0.841	0.920	1.000	1.065	1.122	1.215
7.20	0.668	0.736	0.852	0.935	1.019	1.088	1.152	1.251
7.60	0.674	0.744	0.863	0.948	1.036	1.109	1.180	1.285
8.00	0.679	0.751	0.872	0.960	1.051	1.128	1.205	1.316
8.40	0.684	0.757	0.881	0.970	1.065	1.146	1.229	1.347
8.80	0.689	0.762	0.888	0.980	1.078	1.162	1.251	1.376
9.20	0.693	0.768	0.896	0.989	1.089	1.178	1.272	1.404
9.60	0.697	0.772	0.902	0.998	1.100	1.192	1.291	1.431
10.00	0.700	0.777	0.908	1.005	1.110	1.205	1.309	1.456
11.00	0.705	0.786	0.992	1.022	1.132	1.233	1.349	1.506
12.00	0.710	0.794	0.933	1.037	1.151	1.257	1.384	1.550

注：  $l$ 、 $b$ —分别为矩形基础的长度与宽度（米）， $z$ —为基础底面至该层土底面的距离（米）， $r$ —圆形基础的半径（米）。

## 附录 K 用词及用语说明

**K.0.1** 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词,说明如下:

1 表示严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”。

2 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”或“可”;反面词采用“不宜”。

**K.0.2** 条文引用语如下:

1 指明必须按有关标准和规范执行的写法为:

“应按……执行”或“应符合……要求”。

2 非必须按所指定的标准和规范执行的写法为:

“可参照……”。



## 附录 L 引用标准名录

《建筑地基基础设计规范》	GB 50007
《岩土工程勘察规范》	GB 50021
《建筑边坡工程技术规范》	GB 50330
《建筑结构荷载规范》	GB50009
《混凝土结构设计规范》	GB50010
《建筑抗震设计规范》	GB50011
《混凝土结构工程施工规范》	GB 50666
《混凝土结构工程施工质量验收规范》	GB 50204
《建筑桩基技术规范》	JGJ 94
《高层建筑混凝土结构设计技术规程》	JGJ3
《建筑地基处理技术规范》	JGJ 79
《建筑基坑支护技术规程》	JGJ120
《膨胀土地区建筑技术规范》	GBJ 112
《贵州建筑岩土工程技术规范》	DB22/46

贵州省地方标准

贵州建筑地基基础设计规范

DBJ52/T045-2018

条文说明

# 目 次

1 总则 .....	118
3 基本规定 .....	120
3.1 设计原则 .....	120
4 地基计算 .....	121
4.1 基础埋置深度 .....	121
4.2 地基承载力计算 .....	121
4.3 地基变形验算 .....	125
4.4 地基稳定性验算 .....	127
5 土质地基 .....	128
5.1 红粘土地基 .....	128
5.2 填土地基 .....	130
5.3 砂卵石地基 .....	131
6 岩石及岩溶地基 .....	134
6.1 岩石地基 .....	134
6.2 岩溶地基 .....	135
7 土岩组合地基 .....	136

7.1	一般规定	136
7.2	地基处理与构造措施	137
8	基础	139
8.1	无筋扩展基础	139
8.2	扩展基础	141
8.4	筏形基础	145
8.5	桩基础	146
9	边坡及基坑	150
9.3	坡地建筑工程	150
10	检验与监测	154
10.1	检验	154
10.2	监测	155

# 1 总 则

1.0.1 贵州地处山区，喀斯特地貌，地质条件独特，建筑地基复杂。多年来，省内各勘察、设计、施工单位在建筑地基基础工程中积累了不少经验，取得了很多成果。为使我省在地基基础设计时推广成功经验，共享成果，贯彻执行国家和地方技术法规，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保工程质量，制定本规范，共同遵循。

1.0.2 本规范适用于我省建筑地基基础设计，对于市政工程以及条件相适应的构筑物也可参照执行。

对于淤泥及淤泥质土以及其他特殊土质的地基基础设计，按国家现行相关技术标准、规范执行。

1.0.3、1.0.4 为节约资源，规定了地基基础设计要充分利用自然地形和工程地质条件，综合考虑结构类型，合理采用基础形式，精心设计，节约建设投资。

1.0.5 地基基础设计中，除应遵守本规范的规定外，尚应遵守国家技术和地方技术法规、《建筑地基基础设计规范》GB50007、《建筑抗震设计规范》GB50011、《建筑边坡工程技术规范》GB50330、

《岩土工程勘察规范》GB50021、《建筑结构荷载规范》GB50009、  
《混凝土结构设计规范》GB50010、《高层建筑混凝土结构设计技术规程》JGJ3 等技术标准的规定。

## 3 基本规定

### 3.1 设计原则

3.1.1 地基基础设计等级，根据场地的地质情况、建筑物规模、功能特征以及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，分为甲级、乙级、丙级。

3.1.2 结合我省工程地质情况及工程实践经验，完整、较完整的硬质岩石地基上的甲、乙级建筑物可以不作地基变形设计。我省地处山区，地质条件复杂，对建筑地基的稳定性应有较高的要求，本规范列出了 8 种情况进行稳定性验算。

3.1.5 杂填土、工业废料填土、混合填土地基以及周围有废弃物堆放等情况的建筑地基，都可能对建筑材料有腐蚀性。

## 4 地基计算

### 4.1 基础埋置深度

4.1.6 本条规定是为避免基岩受大气影响，加速基岩风化，降低基岩承载力，如某工程裸露白云质基岩，一年后原较完整中风化基岩表层，近 10cm 厚风化成疏松破碎状态。

### 4.2 地基承载力计算

4.2.2 试验及理论分析，影响基底压力分布的因素较多，工程设计计算时不可能一一考虑，对于土质地基（包括极软、极破碎岩石地基）上的柱下独立基础、墙下条形基础，基础底面尺寸较小，同时基础相对刚度很大，一般基底压力分布可近似地按直线分布的图形计算，即可采用公式（4.2.2-1）、（4.2.2-2）、（4.2.2-3）进行简化计算。

由于岩石地基沉降变形小，对于岩石地基上的基础，其相对刚度较小，理论计算分析：基底压力向荷载作用点附近集中，向基础边缘方向逐渐减小。采用文克尔（winkler）地基模型计算，



结果表明当柔度指数  $\lambda L < \pi/4 \approx 0.8$  ( $\lambda = \sqrt[4]{\frac{K}{4E_c I}}$ ，式中 K 为地

基集中基床系数， $E_c$ 、 $I$  分别为基础材料弹性模量和截面惯性矩， $L$  为基础长），可认为该基础为绝对刚性，基底压力可采用上述呈直线变化的简化公式计算。对于岩石地基上的柱下独立基础，一般尺寸很小，如其底面尺寸均位于冲切角以内，为便于计算，也可采用基底压力呈直线分布的简化公式(4.2.2-1)、(4.2.2-2)、(4.2.2-3)计算，显然是偏于安全的。对于土质地基及岩石地基上其它梁板式基础，以及不均匀性地基的基础，如采用简化计算公式计算基底压力可能误差较大，应慎重采用。

4.2.3 土(岩)地基特征值是我省执行《建筑地基基础设计规范》GBJ7-89 实践经验的总结，根据我省多个工程调查总结及多个岩土地基载荷试验资料，并考虑现行《建筑地基基础设计规范》GB50007，按地基承载力确定基础底面积时，传至基础上的荷载效应应按正常使用极限状态下荷载效应的标准组合取值，以及岩石地基的分类作了新的修订，所以本规范附录 A 对 GBJ7-89 附录五土(岩)的承载力标准值作了一定修改。

4.2.4 由于强风化、全风化岩石，其性质接近土质，地基可按均质考虑，其地基承载力特征值，尚应按深度修正。

式(4.2.4)中,关于填方整平区基础埋置深度 $d$ ,当基础完工后立即回填土方(压实系数 $\lambda_c$ 不小于0.94),再进行上部结构施工,可自填土地面标高算起,但当计算地基变形时尚应考虑填土自重在地基中产生的附加应力。

4.2.5 式(4.2.5)是假设地基为均质、各向同性的半无限体,按弹性理论公式推得,当地基主要受力层范围内存在有下卧刚性岩层时,应根据地基岩土分布实际情况分析后采用,对于地表为斜坡面时不宜采用该公式计算。

4.2.6 软弱下卧层验算的主要问题是确定分布在软弱层顶面的压力,目前有三种方法:1)将双层地基假定为均质地基计算,按照附加应力曲线,确定软弱土层顶面的压力,该方法适用于两土层性质相差不大,如两土层性质相差很大时,其误差较大;2)按双层地基理论,根据两土层不同变形性质,直接求出软弱层顶面的压力,该方法计算较麻烦也缺乏试验资料,根据该理论解:当上层较硬的土层厚度小于或等于受荷面积宽度的四分之一时,验算时可不考虑地基的不均匀性,即认为下述扩散角法中 $\theta=0^\circ$ ;3)压力扩散角法,现行《建筑地基基础设计规范》GB50007根据试验结合理论分析提出了地基压力扩散角 $\theta$ 表,应用方便可靠。本规范根据我省土层分布情况,在表中增补了 $E_{s1}/E_{s2}=1$ 时地基压

力扩散角  $\theta$  值及  $\tan \theta$  值。

4.2.8 对于完整、较完整和较破碎的岩石地基承载力特征值，当按本规范附录 D《岩石单轴抗压强度试验要点》确定时，由于其试件尺寸较小包含的裂隙（结构面）很少，甚至不含裂隙，因而其抗压强度较高，而地基岩体是含有一定量的裂隙结构面，因而应乘折减系数  $\psi_r$ 。

考虑本地区柱状石芽地基受力状态，与平坦无起伏的岩石地基不同，可能与单轴受力状态相近，则在现场作简单模拟试验，将中风化的白云质灰岩，人工凿成直径为 250mm，高度为 500mm 的石柱，垂直加载至破坏，极限抗压强度为 7.10MPa，比上述具有明显裂隙试件的单轴抗压强度值  $f_a=7.944\text{MPa}$  还低，显然这是由于该试件尺寸较大，含有裂隙（结构面）所致，因此对于石芽地基如采用单轴抗压强度确定岩石地基承载力，应根据不同完整程度按规范取相应折减系数  $\psi_r$  最小值。

岩石单轴抗压强度由岩石的坚硬程度确定，岩石坚硬程度，应主要考虑岩石的成分、结构及其成因，还应考虑岩石受风化作用的程度，以及岩石受水作用后的软化、吸水反应情况。基础埋置于易风化、易软化、裂隙发育的岩石上时，基础底面岩石不宜裸露在大气中，基坑开挖后应立即浇注混凝土垫层进行封闭，软

岩表面应进行封闭保护或预留保护层,本规范第 4.1.6 和第 6.1.2 也做了规定。

### 4.3 地基变形验算

4.3.5 地基土中附加应力分布,考虑下卧刚性岩层对土中附加应力有应力集中的影响,在附录 G 中增设了相应的附加应力系数、平均附加应力系数表格及计算式,其最终沉降计算式不变,式 (4.3.5-1) 中沉降计算经验系数  $\psi_s$ ,本地区尚无沉降观测资料及经验,则参考采用现行《建筑地基基础设计规范》GB50007 中表 5.3.5 中数值。为简化计算,根据推导,确定沉降计算经验系  $\psi_s$  时,其  $\bar{E}_s$  值可按式 (4.3.5-2) 计算。

4.3.7 在计算深度范围内存在基岩时,参照原苏联规范,地基变形计算深度  $z_n$  可算至其变形模量  $E_0$  为 100MPa 的岩石表面,这样对可不计算的下卧刚性岩层有较明确的定量标准。

4.3.9 式 (4.3.9) 是根据弹性理论将岩石地基作为均质各向同性直线变形体按三向受力状态求得。因此该公式适用于均质的岩石地基,其相应变形系数 (表 4.3.9) 适用于中心荷载作用下刚性基础,式中岩石地基变形模量  $E$ 。应通过载荷试验按该式反算求得,试验观测地基的沉降变形值  $s$  为  $p \sim s$  曲线比例界限 (或地

基承载力特征值)相应的变形值且为该段稳定的最后永久变形值, 包含有弹性变形及不可恢复的塑性变形值。式中泊松比(侧膨胀系数)可由室内试验或按经验取值, 采用该公式计算岩石地基竖向变形是假设变形模量  $E_0$  为沿深度不变。

4.3.11 该条明确了丙级建筑地基土主要受力层深度为  $3B$ 。通过计算, 对宽度为  $B$  的条形基础, 其地基分别为具有下卧刚性岩层上覆土层厚度为  $3B$ , 及不具有下卧刚性岩层的均质土层地基, 当两种土层的压缩性相同, 按分层总和法原理计算两种地基基础中心点下沉量, 两者相近。根据调查某学校多幢 5~6 层 60~70 米长教学楼砌体结构, 混凝土条形(局部柱下独立基础)基础, 地基为红粘土, 深度不等, 但等于或大于  $3B$ , 分别建于上个世纪 50 年代和 50 年代初, 按一般地基基础设计未作任何处理至今完好。根据以上所述, 当最小土层厚度大于或等于  $3B$  时可按均质地基考虑。

4.3.12 建筑物的沉降观测能反映地基的实际变形以及地基变形对建筑物的影响过程, 系统的沉降观测资料是验证建筑物地基基础设计方案是否正确, 地基事故是否需及时处理, 以及施工质量是否合格的重要依据, 也是建筑物地基容许变形值的参考。通过对沉降计算值与实测值的比较还可判断计算值的可靠性, 为沉降

计算经验系数的确定提供资料，因此本条规定置于完整、较完整的硬质岩石地基以外的甲级建筑物以及复合地基或软弱地基上的乙级建筑物，除进行地基变形量计算外，尚应在施工期内及使用期间进行沉降变形观测。

#### 4.4 地基稳定性验算

4.4.2 对于均匀的土质地基边坡，及其性质近似土质的软岩，极软岩，破碎、极破碎较均匀的岩石地基边坡，在一定条件下，可看作平面问题，按圆弧法进行稳定分析，采用最不利滑动面相应的最小安全系数判断其稳定性。

4.4.3 对于具有结构面或软弱结构面岩石地基边坡，当稳定性受外倾结构面（外倾结构面走向与岩坡面走向夹角小于  $30^\circ$ ）控制，对可能产生平面滑动的岩石地基边坡宜采用平面滑动法进行计算；对可能产生折线滑动的边坡宜采用折线滑动面法进行计算。对于具有两组或多组结构面的交线倾向于临空面的岩石边坡，可采用棱形体（楔形四面体）分割法进行计算。

## 5 土质地基

### 5.1 红粘土地基

5.1.1 现行《建筑地基基础设计规范》GB50007 计算地基变形量时所采用的压缩模量  $E_{si}$  为基础底面下第  $i$  层土的压缩模量(MPa), 应取土的自重压力与附加压力之和的压力段计算, 而不是固定取用  $P=100\sim 200\text{kPa}$  压力段的  $E_s$  值。为满足这一取值条件, 应取得各层土的压缩曲线, 红粘土是按状态划分土质单元(分层)的, 因此本条第 3 款规定需验算地基变形的工程, 应取得各土质单元的平均压缩曲线, 根据计算土层的实际埋深和附加应力的的大小计算该压力段的  $E_{si}$  值。

大量试验研究资料表明, 红粘土的胀缩性能以收缩为主, 在  $50\text{kPa}$  荷载作用下的膨胀率  $\delta_{ep}\leq 0$ 。因此, 一般情况下只需验算地基的收缩变形量。根据现行《膨胀土地基建筑技术规范》GBJ12 数据, 可计算得贵阳地区土的湿度系数  $\psi_w=0.196$ , 由表 3.2.5 中查得大气影响深度  $d_a\approx 3\text{m}$ 。省内其余地区的大气影响深度, 可参照贵阳地区的气候差异相应确定。

5.1.2 红粘土覆盖在碳酸盐岩上, 由于常有岩溶现象, 至使红粘

土层厚变化极大，厚度小于地基变形计算深度  $z_n$  的地段，由于刚性下卧层（非压缩性的基岩）的存在，附加应力相应增大，地基变形量也相应增大。基底下红粘土层厚小于  $z_n$  的现象广泛存在，因此地基变形验算应考虑刚性下卧层影响。

现行《建筑地基基础设计规范》GB50007 规范条文说明表 10 列出了《带式基础下非压缩性地基上面土层中的最大压应力系数》如下表所列，当矩形基础长短边之比大于 2 时可参考表列数值。

$z/h$	非压缩性土层的埋深		
	$h=b$	$h=2b$	$h=5b$
1.0	1.000	1.00	1.00
0.8	1.009	0.99	0.82
0.6	1.020	0.92	0.57
0.4	1.024	0.84	0.44
0.2	1.023	0.78	0.37
0	1.022	0.76	0.36

注：表中  $h$  为基岩上覆土层厚度； $b$  为条形基础半宽； $z$  为纵座标。

5.1.3 本条第 1 款规定基础底面外边线至陡坎的水平距离小于 2.5 倍基础宽度应进行地基稳定性验算，这是根据现行《建筑地基基础设计规范》GB50007 式（5.4.2-1、2）简化而得。

5.1.4 现行各技术规范对边坡稳定性检算的稳定安全系数取值



不统一，如《建筑地基基础设计规范》GB50007 规定采用圆弧滑动面法进行验算时，要求  $M_R/M_S \geq 1.2$  ( $M_S$  为滑动力矩， $M_R$  为抗滑力矩)；《建筑边坡工程技术规范》GB50330 边坡稳定安全系数中，对安全等级为一级时取 1.35，二级时取 1.30。结合我省地质环境条件的复杂性，为安全起见，本条参照《建筑边坡工程技术规范》GB50330 安全等级为一级时取值。

5.1.5 用于稳定性验算的抗剪强度指标，粘聚力标准值和内摩擦角标准值取值，参照了铁道部、水利部行业标准折减。

## 5.2 填土地基

5.2.2 填土地基的利用，可根据建筑体型、结构与荷载情况及填料性能等，结合现场条件、工期要求及地区经验综合比选，提出一、二种地基处理方法，在加固试验区进行施工试验，根据试验结果对加固效果、技术经济、环境影响等分析确定。

对压实填土，根据使用要求确定填料材质的质量指标，并对填料进行技术经济比选，验算场地在堆填加载条件下地基与填筑体的承载力、可能变形及稳定性。

填土质量检测方法应按多指标多方法的原则确保检测数据可靠、

正确。

5.2.7 填土地基承载力特征值可按载荷试验或原位试验、公式计算，并结合工程经验综合确定。承载力特征值的确定应同时满足下卧层顶面承载力特征值的要求。

5.2.8 填土地基主要由变形控制。

5.2.10 填土地基应充分考虑填土地基基础与上部结构的协同工作，选择处理措施时，优先考虑对地基的处理与加固，并相应采取适应地基不均沉降的建筑和结构措施。当地基承载力或变形不能满足要求时，可选用机械、振动碾压、换填、复合地基或强夯法处理。

### 5.3 砂卵石地基

5.3.1 砂卵石地基上适用的原位测试方法主要是圆锥动力触探（重型  $N_{63.5}$  或超重型  $N_{120}$ ）。亦可采用浅层平板载荷试验及深层平板载荷试验。根据成都地区的研究成果，以超重型圆锥动力触探（ $N_{120}$ ）最为适宜，并编制了根据超重型圆锥动力触探锤击数  $N_{120}$  进行砂卵石地基的密实度划分和确定砂卵石地基的承载力特征值  $f_a$  及变形模量  $E_0$  的对应关系表，见下二表：

砂卵石地基的密实度划分

<div>密实度</div> <div>触探类型</div>	松散	稍密	中密	密实
$N_{120}$	$N_{120} \leq 4$	$4 < N_{120} \leq 7$	$7 < N_{120} \leq 10$	$N_{120} > 10$

砂卵石地基的承载力特征值  $f_a$  及变形模量  $E_0$

$N_{120}$	3	4	5	6	7	8
$f_a$ (kPa)	240	320	400	480	560	640
$E_0$ (MPa)	16.0	21.0	26.0	31.0	36.5	42.0
$N_{120}$	9	10	11	12	14	16
$f_a$ (kPa)	720	800	850	900	950	1000
$E_0$ (MPa)	47.5	53.0	56.5	60.0	62.5	65.0

5.3.4 分层总和法是计算地基变形的经典方法。但砂卵石地基难于取得原状土样，主要是靠现场原位测试得出其变形模量  $E_0$ ，而进行沉降计算时需用的指标是压缩模量  $E_s$ ， $E_0$  与  $E_s$  可用本规范附录 J 的相关公式计算。附录 J 式 (J.0.1-1) 在成都地区砂卵石地基中应用，其理论计算与观测结果的符合性较好。成都地区根据超重型圆锥动力触探锤击数  $N_{120}$  给出了砂卵石地基的  $\beta$  值，见下表：

砂卵石地基的  $\beta$  值

$N_{120}$	$4 < N_{120} \leq 7$	$7 < N_{120} \leq 10$	$N_{120} > 10$
$\beta$	$0.88 \sim 0.80$	$0.80 \sim 0.74$	$0.74$

## 6 岩石及岩溶地基

### 6.1 岩石地基

6.1.2 在岩石地基中，持力层范围内软、硬岩互层的现象是常见的，有时软弱岩层深度较大，若要求全部去除而使施工难度加大，因此本规范提出经过分析验算软弱岩层的承载力和变形来确定是否可利用。

上部荷载通过基础传到不可压缩的岩石地基上，基底应力以直接传递为主，应力呈柱形发布，当荷载不断增加使岩石裂缝被压密产生微弱的沉降而卸荷，此时部分荷载转移到冲切锥范围以外扩散，基底压力呈钟形分布。在此基础上提出了当需验算岩石下卧层强度时，其基底压力扩散角为  $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 。

当岩石起伏较大，当基础置于硬质岩石上时，因地基刚度大，同一建筑结构单元中允许使用两种以上的不同基础型式，如挖孔桩与独立柱基并用，条基与独立柱基并用等。

6.1.4 体积较大的混凝土直接浇注在硬质岩石上，混凝土的收缩受到基岩的约束将会使混凝土产生裂缝，因此，应结合建筑防水、防潮等做法设置隔离层。

## 6.2 岩溶地基

6.2.1 当前使用的勘查手段难以准确地界定岩溶的范围大小和岩溶周边岩石的性状，不能满足设计需要，所以，当勘察发现有溶洞、裂隙等不良地质条件时，应加密钻孔，要基本上能绘出其规模及边界线，提供处理这些不良地质现象的依据。

6.2.2 在岩溶发育地区宜增加初步勘查阶段，大体查明岩溶洞穴的分布，使建筑总图布置时将主体建筑避开岩溶发育地带。

6.2.3 当岩溶上部覆盖层较厚、岩石起伏不大且覆盖层的地基承载力特征值和基础沉降值能满足要求时，宜采用刚度较大的箱、筏基础。

## 7 土岩组合地基

### 7.1 一般规定

7.1.2 由于土岩组合地基的不均匀性,可能产生过大的不均匀沉降,影响建筑物正常使用或造成结构损坏,因而对沉降敏感性结构的多层底部框架砌体房屋,当采用土岩组合地基时,应进行地基评价。

7.1.3 在土岩组合地基中,常存在溶洞、土洞、具有临空面的出露岩体或单个石芽,也常存在有沿软弱结构面滑动和场地滑坡的可能性。由于岩体或石芽与周围土体的抗剪强度和岩体内结构面的抗剪强度一般不能同步发挥,故附录 H 计算式中未考虑岩体和石芽与周围土体的作用,同时也偏于安全。另外出露基岩和石芽的稳定验算未考虑滑动岩体受转动力矩的影响,即破坏只是考虑滑动破坏,因此对于具有陡倾不连续面的陡坡基岩(石芽)还应考虑可能产生的倾倒崩塌破坏。

按本规范附录 H 对出露基岩和单个石芽稳定验算,如不能满足要求,应采用预应力锚杆等方法处理。

7.1.5 土岩组合地基,其工程地质条件较为复杂,岩面起伏变化

大、土层厚度及性质差别较大，地质勘察很难查明岩土分布详细情况，地基反力及沉降变形也很难通过理论计算确定，根据我省多年工作实践经验，总结及理论分析，对七层及七层以下砌体房屋可不作地基变形验算，但应满足本条相应条件要求。

按式（7.1.5）验算地基承载力，实际上也是为了降低基底压力以及减少地基沉降量或沉降差，同时考虑土岩组合地基的基底压力不均匀性。

根据地基与基础共同作用计算分析，岩石地基压缩性小，抵抗变形能力强，故岩石地基处的基底压力大于临近土质地基处的基底压力，另外，土层厚度较薄处的基底压力常常大于土层厚度较厚处的基底压力，甚至可能大于平均基底压力，因此，考虑多种不利情况，则将承载力特征值乘于折减系数（0.75~0.90）。

## 7.2 地基处理与构造措施

7.2.1~7.2.6 为了防止过大的不均匀沉降造成结构损坏，影响建筑正常工作，除按式（7.1.5）控制减小基底压力外，还针对土岩组合地基、土岩不同的分布情况提出了相应设计要求、构造及地基处理措施，概括起来有如下两个方面：

1) 加强上部结构整体性以抵抗变形的能力。除按抗震设防



要求设置抗震构造柱及圈梁外，还应在土岩交结处沿墙高度设置拉结钢筋，避免在该段墙体开设门窗孔洞；在大面积出露基岩与土质地基交接处设置沉降缝。

2) 对地基进行处理。一种是全褥处理方案，即将出露基岩凿槽设置褥垫，改善土岩交接处变形条件，避免地基反力在基岩处集中墙身产生裂缝。另一种是全刚方案，即将面积较少且土层较深的土质地基处采用人工挖孔桩与岩石地基间加设基础梁，如果石芽之间土层较浅，则可采用碎石置换，因为碎石地基承载力高，压缩变形小且在施工中完成，水稳定性好。

## 8 基 础

### 8.1 无筋扩展基础

8.1.2 山区地基通常遇到强风化岩或卵石地基,其地基承载力特征值往往大于 300kPa,为满足设计需要,增加了基底平均压力为 300~500kPa 的台阶宽高比允许值。

无筋扩展式基础刚度大,当荷载作用于基础上时,轴向力在一定范围内向下传递,在此角度范围内基础只承受压力,不致因弯剪强度不足而破坏,此角度即为本规范表 8.1.2 中基础台阶宽高比允许值,其值确定如下:

1) 按混凝土受弯承载力确定无筋扩展基础的宽高比。

按现行《混凝土设计规范》GB50010 规定

$$M \leq \gamma f_{ct} \omega$$

混凝土强度等级 C15,取  $\gamma = 1.5$ ,基础台阶宽度  $b=1$ ,  $f_{ct}=0.55f_t$

$$M = \frac{1.5 f_{ct} h^2}{6} = \frac{1.5 \times 0.55 f_t h^2}{6} = 0.1375 f_t h^2$$

若阶梯形基础阶高为  $h$ ,阶宽为  $a$

$$M = \frac{l}{2} [p] a^2 b = \frac{l}{2} [p] a^2$$

$$\text{即} \quad M = \frac{I}{2} [p] a^2 b = 0.1375 f_t h^2$$

$$\frac{a^2}{h^2} = \frac{0.1375 f_t}{0.5 [p]} = 0.275 \frac{f_t}{[p]}$$

$$\text{或} \quad \frac{a}{h} = \sqrt{0.275 \frac{f_t}{[p]}} = 0.52 \sqrt{\frac{f_t}{[p]}}$$

以基底平均压力 500kPa 代入则得:

$$\frac{a}{h} = 0.52 \times 1.349 = 0.7015$$

即台阶宽高比为 1:1.425, 取 1:1.5

2) 按现行《建筑地基基础设计规范》GB50007 条文说明, 基础变阶处受剪承载力为

$$V_s \leq 0.366 f_t A$$

$$\text{即} \quad [p] a = 0.366 f_t A = 0.366 f_t h$$

$$\frac{a}{h} = \frac{0.366 f_t}{[p]} = 0.666$$

台阶高宽比取 1:1.5

根据以上计算, C15 混凝土基础当基底平均压力值为 300~500kPa 时, 其台阶宽高比取 1:1.5。

C15 毛石混凝土基础的台阶宽高比, 比 C15 混凝土时适当提高, 取值为 1:1.75。

当基底平均压力 $>500\text{kPa}$ 时,如仍按 $V_s \leq 0.366 f_t A$ 计算基础受剪承载力,基础宽高比设计过小,经济性差且不甚合理;因试验数据少,建议设计改为配筋扩展基础或仍取基底平均压力 $=500\text{kPa}$ 。

## 8.2 扩展基础

8.2.1 考虑到基础多处于二 a 类环境中,按现行《混凝土设计规范》GB50010 规定,其混凝土最低等级为 C25,故此改扩展基础混凝土强度等级不应低于 C25,具体按基础使用年限和环境类别确定。

8.2.2 岩石地基上的扩展基础,由于地基承载力较高,基底面积较小,基底长边和短边台阶的宽高比均小于 2.5,甚至小于 1。贵州省规范 DBJ22/45-2004 根据扩展基础底板的受力特点,将台阶的宽高比小于 2.5 的扩展基础视为一倒置的均布荷载作用下的悬臂深受弯构件,近似地按混凝土深受弯构件受剪承载力计算和规定,导出了岩石地基上扩展基础的受剪承载力计算公式:

$$V = 1.4 \frac{(4-\lambda)}{3} \beta_{hs} f_t b h_0$$

$\lambda$ 为基础台阶宽高比,  $\lambda \leq 2.5$ , 当  $\lambda \leq 1$  时,取  $\lambda=1$ 。

$\lambda$  由 2.5-1.0 时,受剪承载力系数由 0.7-1.4 连续变化,在  $\lambda=1.0$  时,受剪承载力系数为最大值 1.4,是一般混凝土梁受剪承载力的两倍。再引入截面高度系数  $\beta_{hs}$ , 当  $h$  不大于 800mm 时取 1.0, 当  $h$  大于 2000mm 时取 0.9, 其间接线性内插法取用。

下面对一轴心受压混凝土柱下扩展基础（柱 1300mm×1300mm, 轴压力设计值  $F=32000\text{kN}$ , 基础混凝土为 C30），用不同的方法计算基础高度（详附表）。比较其结果可以看到，按本规范计算的基础高度均比不考虑抗剪计算的高度大，而且随地基承载力的提高，增大的幅度愈大。

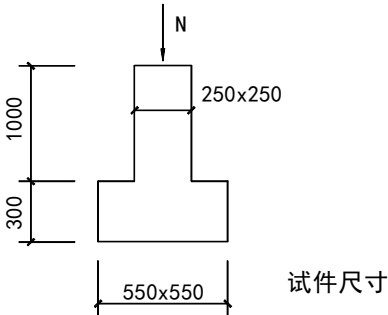
**附表： 基础计算高度  $h(\text{mm})$  （取  $h=h_0+50$ ）**

地基承载力特征值(kPa)	1500	2500	3500	4500
方形基础边长(mm)	4200	3200	2700	2400
台阶宽度(mm)	1450	950	700	550
基底净反力设计值(kPa)	1760	3070	4335	5501
剪力设计值(kN)	10718	9335	8193	7261
不考虑抗剪计算的基础高度 $h$ (mm)	1500	1000	750	600
按混凝土规范受剪公式计算的基础高度 $h$ (mm)	2900	3290	3420	3400
按本规范公式计算的基础高度 $h$ (mm)	1500	1670	1730	1730

为验证安全性，在工程现场作了两组静载试验。试件按设计荷载 1000kN，地基承载力特征值 4000kPa、混凝土 C30 计算，扩展基础底面尺寸为 550×550（mm），计算基础高度为 300mm，底板钢筋按构造配 3 φ 10@200。加载最大达 1800kN（见图表），试验结果，基础均未出现裂缝或产生剪切破坏。

试验结果统计表

组数	试件号	加载时混凝土强度	最大荷载 N (kN)	最大基底压力 (kPa)	未继续加载原因
1	1 号	C40	1450	4800	柱顶端局压开裂
	2 号	C40	1800	6000	堆载不足
2	1 号	C50	1630	5400	柱顶端局压开裂
	2 号	C50	1800	6000	堆载不足
	3 号	C20	1800	6000	1270kN 时柱顶端局压开裂 堆载不足
	4 号	C30	1450	4800	柱顶端局压开裂
	5 号	C30	970	3200	混凝土浇注有空洞 柱顶端局压开裂



DBJ22/45-2004 将  $V = 1.4 \frac{(4-\lambda)}{3} \beta_{hs} f_t b h_0$  作为基础置于完整、较完整的硬质岩石地基上时的扩展基础的受剪承载力计算公式,与按《建筑地基基础设计规范》GB50007 受剪承载力公式计算的基础高度相比较要小得多,也比较合理。

根据近年来中国建筑科学研究院、重庆大学、贵州省建筑设计研究院有限责任公司、贵州大学、广西大学等科研院校的研究成果,结合《建筑地基基础设计规范》GB50007、《混凝土设计规范》GB50010、广东省地基基础规范 DBJ-15-31-2003 和美国 ACI318 等规范,岩石地基上的扩展基础的基底反力分布、破坏模式和岩体的变形模量、基础的弹性模量、基础的高宽比、配筋率、基础底面和侧面和岩体的界面状况、岩石的完整性等多因素有关,各种计算公式不尽相同,给出的抗剪验算截面都只是某种工程地质条件下某种基础形式的一种定性判断。本条结合工程实践经验和国内外研究成果,参考黄熙龄、郭天强、白生翔和重庆大学、贵州省建筑设计研究院有限责任公司等的相关研究,根据悬臂深弯构件在不同岩体上受力特点,既保证基础有一定的刚度控制基底应力均匀分布,又考虑常规基础配筋率和岩石软硬程度对破坏模式和承载力的影响,给出了不同基本质量等级的岩石地基上基础的受剪承载力计算公式。

研究表明,《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011 第 8.2.11 条底板弯矩不一定是受力最不利情况,因此对于岩石地基上的基础尚应验算柱与基础交接处和基础变阶处截面的受弯承载力,计算弯矩设计值的受荷面积和基底反力均按 GB50007-2011 第 8.2.9 条,取计算截面外侧基底面积上净反力的总和所产生的弯矩设计值。

#### 8.4 筏形基础

8.4.14 岩石地基属于不可压缩地基,可以认为是刚性地基,墙、柱下基础底板冲切锥以内部分竖向刚度无穷大。按就近传递原则,墙、柱荷载将通过刚度无穷大的冲切锥,直接传给刚度同样无穷大的地基,压力集中在冲切锥范围内呈柱状分布。只有随着荷载的增加,岩石的裂隙被压密,产生微小沉降时才卸荷,将一小部分压力扩散到冲切锥以外的基础板上,压力发生转移。转移值的大小随变形情况(地基变形、底板弹塑性变形)而定。地基变形愈大(地基愈软)、底板变形愈小(刚度愈大)则转移值愈大。

由于岩石地基变形很小,冲切锥以外的基础底板为有限刚度,因此,转移的压力很小,扩散的范围也不大。实际工程中往往是由于岩层较破碎、岩溶发育,不便采用独立柱基或桩基的情况下才改而采用筏基。按此模型计算的平板式筏基,能较好地满足由



于岩体破碎、岩溶发育等地基不均匀产生的底板弯矩和不均匀沉降的要求,配筋量较基底压力按直线分布计算时小。

## 8.5 桩 基 础

8.5.3 当持力层为硬质中、微风化岩石时,由于施工掘进困难,桩型宜采用端承桩,而在软度岩石中(如泥岩、页岩)桩端提供的承载力较小,而桩侧提供的侧阻承载力往往占有较大份额,而施工挖进容易,所以在软质岩石中建议采用摩擦型端承桩。

当地下水水量较大,抽水造成地面塌陷对周围环境及对临近建(构)筑物造成破坏是不可忽视的,不宜采用人工挖孔桩方案。

8.5.4 在硬质岩石中,当上部荷载较大、桩数较多,桩的间距达不到规定时,端承型挖孔桩扩大头之间的净距可以为零,但应跳挖施工以保证施工安全。

对于硬质岩石地基上的桩基础,为保证桩的稳定性,当为甲、乙级建筑时,桩全断面嵌入岩石的深度不宜小于 500mm,当为丙级建筑时,考虑到开凿硬质岩石施工困难,要求桩全断面嵌入岩石的深度不宜小于 200mm。

桂林市建筑设计院对柳州银都大厦工程核心筒筏板下挖孔群桩的承载力进行测试,当桩的刚度差异很大时,桩的承载力是不

相同的，短桩的刚度大，短桩的应力集中明显。鉴于此，所以在桩筏基础中的布桩中建议桩的长短不宜相差过大。

本规范对桩端扩大头的细部尺寸作出了建议，为保证桩头混凝土的浇注质量，增加了直线段，在硬质岩石中桩底难以掘成锅底形，改为平底。

8.5.6 摩擦端承桩  $R_d = q_{pa}A_p + \mu_p \sum q_{sia}L_i$ ，主要在软质岩石或土质地基中采用，由于软质岩石或土质地基自身变形模量小，加之岩体中的节理裂隙在竖向荷载的作用下闭合形成塑性变形，侧阻力和端阻力发挥的比例不尽相同。桩载试验表明，软岩、极软岩摩擦端承桩 p-s 曲线直线段侧阻力发挥百分之百时，端阻力  $q_{pa}A_p$  发挥不足设计值的 30%，较软岩端阻力  $q_{pa}A_p$  发挥不超过 40%，当端阻力完全发挥至设计值时，较软岩侧阻力达极限状态，极软岩、软岩侧壁岩体剪切破坏，并产生较大的沉降。因此，桩端端阻力特征值  $q_{pa}$ 、桩侧阻力特征值  $q_{sia}$ ，需要进行当地静载荷试验，由静载荷试验结果统计分析确定。

8.5.12 圆形截面桩嵌入岩石的深度 h 的计算公式按下列假定导出：

1) 嵌入岩石深度范围内应力图形按两个相等三角形变化（下图所示）；

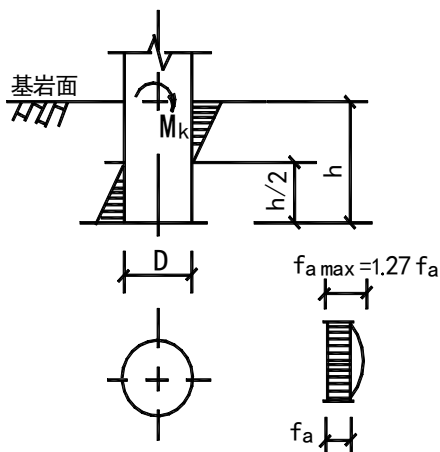
2) 桩侧压力分布假定最大地基承载力特征值  $f_{a\max}=1.27f_a$ ;

3) 计算时假定弯矩全部

由孔壁承受, 不考虑  
岩石对桩底的抵抗  
作用, 并忽略桩顶的  
水平力;

4) 岩石水平地基承载力

特征值为  $f_a$



$$M_k = \frac{1}{2} f_a \times \frac{2}{3} h \cdot \frac{h}{2} \cdot D = \frac{f_a D}{6} h^2$$

$$h = \sqrt{\frac{M_k}{f_a D / (1.27 \times 6)}} = \sqrt{\frac{M_k}{0.131 f_a D}}$$

对于矩形截面桩, 嵌入岩石深度  $h$  基本与圆形截面桩相同,  
不同之处在于园形截面桩的桩侧压力分布假定为最大地基承载力  
特征值  $f_{a\max}=1.27f_a$ , 因此, 矩形截面桩嵌入岩石深度  $h$  的计算公

式为: 
$$h = \sqrt{\frac{M_k}{0.166 f_a b}}$$

式中  $b$ —垂直于弯矩作用方向的基础宽度。

## 9 边坡及基坑

### 9.3 坡地建筑工程

9.3.1、9.3.2 边坡工程应进行详细的工程地质勘察，查清岩石结构面所在位置，对边坡稳定性作出准确的评价，对周围环境的

危害性应作出预测；应提供边坡设计所需要的各项参数。建筑物的布局应依山就势，避免大挖大填。平整场地时，应采取合理的施工顺序和方法，避免滑坡、崩塌等不良地质现象的发生，保证周边建筑物的安全，环境挡墙等支护结构宜与建筑的基础分开设置。在斜坡或坡顶上建造的高层和重要的建筑物宜采用桩基础、适当降低坡高、减缓坡角等措施。

9.3.5 基岩上覆土层或外倾岩石层边坡应处于静力自稳定状态，否则应设置附加抗滑桩、挡土墙或锚杆等支护结构保证上覆岩土层稳定，确保建（构）筑物基底满足嵌固端要求并使实际嵌固位置满足计算假定。边坡上为避免大挖大填造成埋深不够的建筑物基础底部采用不等高嵌固端时，基础设计应按符合实际计算简图并考虑上部结构受力特点、动力特性及抗滑移和倾覆的对基础影响。高层建筑埋深不足时应采取可靠措施合理设置地下室，加大地下室结构和基础刚度和整体性，增强基础的整体抗滑移和倾覆能力。支护结构和桩基尚应按相关规范和规程验算水平承载力、变形和抗拔承载力。

参考重庆《建筑地基基础设计规范》DBJ50-047，对无外倾结构面、岩体完整、较完整或较破碎且稳定的岩质边坡，边坡地基承载力特征值可根据平地地基承载力特征值折减确定，折减系

数对基础外边缘与坡脚连线倾角大于或等于  $75^{\circ}$  的边坡可取  $0.33\sim 0.50$ , 对基础外边缘与坡脚连线倾角大于或等于  $50^{\circ}$  的边坡可取  $0.5\sim 0.67$ , 对基础外边缘与坡脚连线倾角大于或等于  $15^{\circ}$  的边坡可取  $0.67\sim 0.85$ , 对基础外边缘与坡脚连线倾角小于  $15^{\circ}$  的边坡可取  $0.85\sim 1.0$ 。

验算坡地、岸边桩基整体稳定性时采用综合安全系数法, 边坡稳定安全系数按照《建筑边坡工程技术规范》GB50330 一级边坡中边坡类型和工况取值; 当需要作罕遇地震(大震)作用复核时, 边坡稳定安全系数 1.15, 边坡达到《建筑边坡工程技术规范》GB50330 地震工况下稳定状态。大型复杂边坡上有超限的重要高层或大跨建筑时, 尚宜补充岩土动参数的测定和地震作用下动力有限元分析或累积残积位移方法等边坡稳定分析。

地震稳定性计算多采用极限平衡法和静力数值计算法, 《建筑边坡工程技术规范》GB50330 对其上无重要建筑物的边坡, 岩体和土体的综合水平地震系数在 7 度时取 0.025, 《构筑物抗震设计规范》GB50191 对有构筑物的斜坡综合水平地震系数在 7 度时取 0.035, 因建筑物一般比构筑物重要, 并考虑到基础震后修复的困难性, 本规范对边坡基础稳定性的抗震设防目标设定为: 当遭受相当于本地区抗震设防烈度的地震影响时, 不能损坏, 一般无

需修理即可使用；当遭受高于本地区抗震设防烈度的地震影响，容许部分受损但不能完全失效，综合水平地震系数比 GB50330 提高一度，比 GB50191 提高约半度取值。

9.3.6 建造于边坡斜面上的建筑桩基，附加重力荷载改变了原来的静力平衡使整体稳定安全系数有所降低，宜采用嵌岩灌注桩，且基桩水平抗震承载力宜满足平整场地不计承台侧壁弹性土体水平抗力条件下的验算要求，使之满足基底嵌固端要求和边坡上工程桩的可靠性。考虑到桩侧阻力尚要在滑动面上传递竖向荷载产生的径向分力和切向分力等不利情况，参考《建筑地基基础设计规范(上海)》DBJ08-11，整体稳定性验算一般不宜考虑工程桩基的抗滑作用，稳定性不满足时宜设置支护结构及加长桩深，地震设防区尚应验算最不利荷载效应组合下基桩水平承载力。当采用设防地震（中震）作用验算整体稳定性时，可考虑桩基承担不大于 10%总抗滑力的抗滑作用，桩端嵌入滑动面以下稳定土层的深度不宜小于  $4.0/\alpha$  或不宜小于 5 倍桩径；取罕遇地震作用验算时，可考虑桩基承担抗滑作用，桩身抗剪承载力标准值可考虑桩身轴向压力（桩顶轴压力标准值扣除滑动面以上桩的总极限侧阻力）影响，按现行《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算。

## 10 检验与监测

### 10.1 检验

10.1.4 人工挖孔桩应逐孔进行终孔验收，终孔验收的重点是持力层的岩土特征。对单柱单桩的大直径嵌岩桩，承载能力主要取



决于嵌岩段岩性特征和下卧层的持力性状，终孔时，应用钻机或风钻对孔底下 3d 或 5m 深度范围内持力层进行检验，直径大于 1.5m 的桩在周边检验不应少于 3 点，查明是否存在溶洞、破碎带和软弱夹层等，遇异常应提供岩芯抗压强度试验报告。

10.1.5 桩基工程事故，有相当部分是因桩身存在严重的质量问题而造成的。桩基施工完成后，合理地选取工程桩进行完整性检测，评定工程桩质量十分重要。常用桩基完整性检测方法有钻孔抽芯法、声波透射法、高应变动力检测法、低应变动力检测法等。

钻孔抽芯法通过钻取混凝土芯样和桩底持力层岩芯，既可直观地判别桩身混凝土的连续性，持力层岩土特征及沉渣情况，又可通过芯样试压，了解混凝土和岩样的强度，是大直径桩的重要检测方法。声波透射法通过预埋管逐个剖面检测桩身质量，既能可靠地发现桩身缺陷，又能合理地评定缺陷的位置，大小和形态，不足之处是需要预埋管，检测时缺乏随机性，且只能有效检测桩身质量。实际工作中，如果预埋 PVC 管与钢筋笼固定不牢或固定点距离大于 2 米，在振动器的作用下，预埋管壁与桩身容易出现空腔，使声波不能透视（只有反射），一般透视率在 30%~35%，为达到好的效果，预埋管与钢筋笼固定点宜小于 1m（或埋管直径 6~8 倍）并固定牢固。在工作中，将声波透射法与钻孔抽芯法有

机地结合起来进行大直径桩质量检测是科学、合理的，且是切实有效的检测手段。

## 10.2 监 测

10.2.6 监测值的变化和周边建（构）筑物、管网允许的最大沉降变形是确定监控报警标准的主要因素，其中周边建（构）筑物原有的沉降与基坑开挖造成的附加沉降叠加后，不能超过允许的最大沉降变形值。业主应会同监测单位应在基坑开挖前对附近民房进行裂缝调查，设置标志，避免不必要的损失。