

第2章 浅基础

2.3 基础埋置深度的选择

本节重点：基础埋置深度的概念、持力层、
下卧层

本节难点：基础埋置深度的概念

- 基础埋置深度（简称埋深）是指基础底面至天然地面的距离。
- 基础埋置深，基底两侧的超载大，地基承载力高，稳定性好；相反，基础埋置浅，工程造价低，施工期短。确定基础埋深，就是选择较理想的土层作为持力层，需要认真分析各方面的情况，处理好安全与经济这一矛盾。
- 原则：在满足地基稳定和变形要求及有关条件的前提下，基础应尽量浅埋。

2.3.1 与建筑物有关的条件

- 确定基础的埋深时，首先要考虑的是建筑物在使用功能和用途方面的要求，例如必须设置地下室、带有地下设施、属于半埋式结构物等。
- 对位于土质地基上的高层建筑，为了满足稳定性要求，其基础埋深应随建筑物高度适当增大。在抗震设防区，筏形和箱形基础的埋深不宜小于建筑物高度的 $1/15$ ；桩筏或桩箱基础的埋深（不计桩长）不宜小于建筑物高度的 $1/18$ 。
- 对位于岩石地基上的高层建筑，基础埋深应满足抗滑要求。受有上拔力的基础如输电塔基础，也要求有较大的埋深以满足抗拔要求。烟囱、水塔等高耸结构均应满足抗倾覆稳定性的要求。

2.3.2 工程地质条件

- 直接支承基础的土层称为**持力层**，其下的各土层称为**下卧层**。
- 为了满足建筑物对地基承载力和地基变形的要求，基础应尽可能埋置在良好的持力层上。
- 当地基受力层（或沉降计算深度）范围内存在软弱下卧层时，软弱下卧层的承载力和地基变形也应满足要求。
- 在选择持力层和基础埋深时，应通过工程地质勘察报告详细了解拟建场地的地层分布、各土层的物理力学性质和地基承载力等资料。

- **良好土层**：坚硬、硬塑或可塑状态的粘性土层；
- 密实或中密状态的砂土层和碎石土层；
- 低、中压缩性的其他土层。
- **软弱土层**：软塑、流塑状态的粘性土层；
- 松散状态的砂土层；
- 未经处理的填土；
- 其他高压缩性土层。

- 下面针对工程中常遇到的四种土层分布情况，说明基础埋深的确定原则。
-
- (1) 在地基受力层范围内，自上而下都是良好土层：这时基础埋深由其他条择和最小埋深确定。
- (2) 自上而下都是软弱土层：对于轻型建筑，仍可考虑按情况 (1)处理。如果地基承载力或地基变形不能滴足要求，则应考虑采用连续基础、人工地基或深基础方案。哪一种方案较好，需要从安全可靠、施工难易、造价高低等方面综合确定。
- (3) 上部为软弱土层而下部为良好土层：这时，持力层的选择取决于上部软弱土层的厚度。一般来说，软弱土层厚度小于**2m**者，应选取下部良好土层作为特力层；若软弱土层较厚，可按情况 (2)处理。

- (4) 上部为良好土层而下部为软弱土层：这种情况在我国沿海地区较为常见，地表普遍存在一层厚度为**2—3m**的所谓“硬壳层”，硬壳层以下为孔隙比大、压缩性高、强度低的软土层。对于一般中小型建筑物，或**6层**以下的住宅，宜选择这一硬壳层作为持力层，基础尽量浅埋，即采用“宽基浅埋”方案，以便加大基底至软弱土层的距离。此时，最好采用钢筋混砚土基础（基础截面高度较小）。
- 当地基持力层顶面倾斜时，同一建筑物的基础可以采用不同的埋深。为保证基础的整体性，墙下无筋基础应沿倾斜方向做成台阶形，并由深到浅逐渐过渡。台阶的做法见图**2-12**。

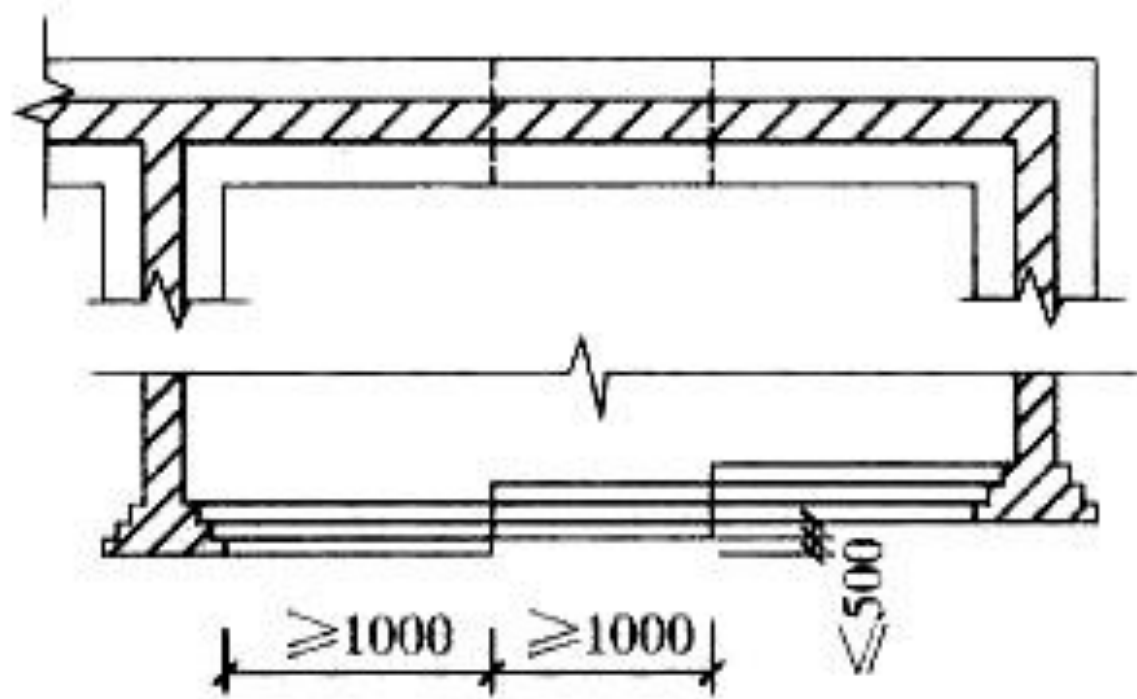


图 2-12 墙基础埋
深变化时台阶做法

概括如下:

I



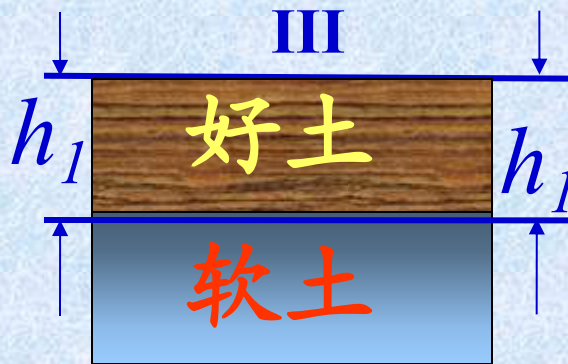
在满足其他要求下
尽量浅埋

II



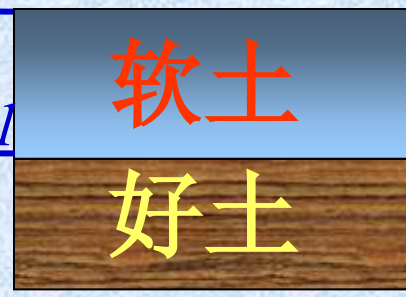
只有低层房屋可用,
否则处理

III



尽量浅埋
但是如 h_1
太小就为
II

IV



$h_1 < 2\text{m}$ 基底
在好土

$h_1 = 2\text{m} \sim 4\text{m}$
高楼好土, 低
楼软土

$h_1 > 4\text{m}$ 桩基
或处理

2.3.3 水文地质条件

- 有地下水存在时，基础应尽量埋置在地下水位以上以避免地下水对基坑开挖、基础施工和使用期间的影晌。对底面低于地下水位的基础，应考虑施工期间的基坑降水、坑壁围护、是否可能产生流砂、涌土等问题，并采取保护地基土不受扰动的措施。对于具有浸蚀性的地下水，应采用抗侵蚀的水泥品种和相应的措施（详见有关勘察规范）。此外，设计时还应该考虑由于地下水的浮托力而引起的基础底板内力的变化、地下室或地下贮罐上浮的可能性以及地下室的防渗问题。

- 当持力层下埋藏有承压含水层时，为防止坑底土被承压水冲破（即流土），要求坑底土的总覆盖压力大于承压含水层顶部的静水压力（图2-13），即

- $$\gamma_h > \gamma_w h_w \quad (2-1)$$

式中： γ ——土的重度，对潜水位以下的土取饱和重度；

- γ_w ——水的重度；
 h ——基坑底面至承压含水层顶面的距离；
 h_w ——承压水位。

- 如式(2-1)无法得到满足, 则应设法降低承压水头或减小基础埋深。对于平面尺寸较大的基础, 在满足式(2.1)的要求时, 还应有不小于1.1的安全系数。

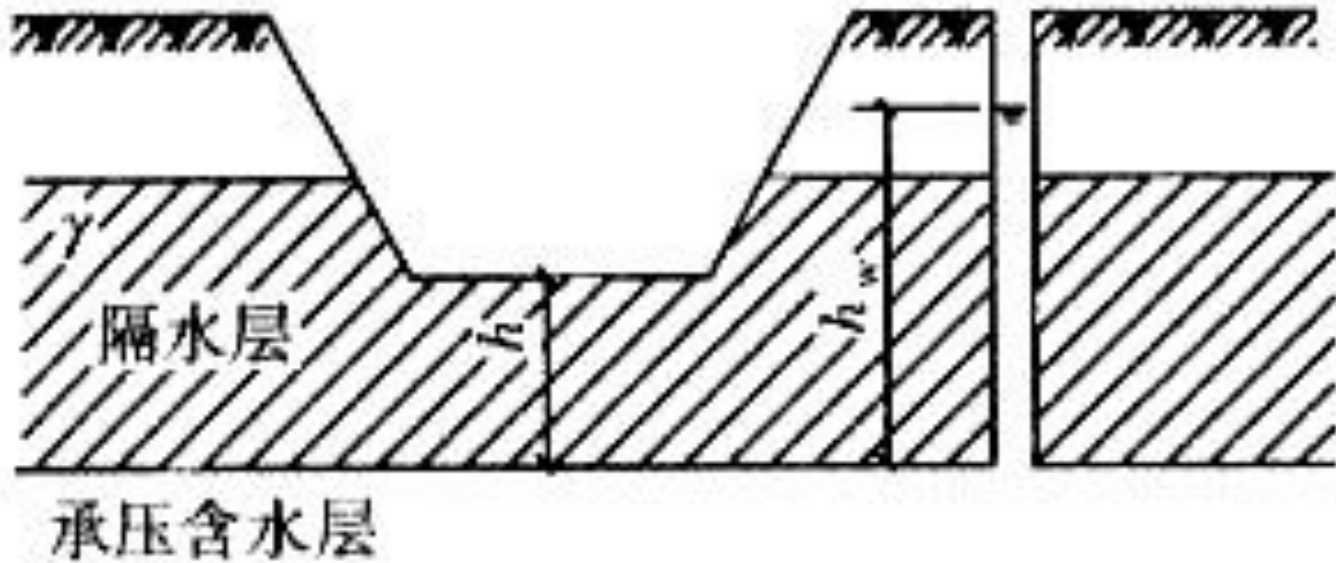


图 2-13 基坑下埋藏有
承压含水层的情况

2.3.4 地基冻融条件

土的冻胀性对埋深的影响 (P18)

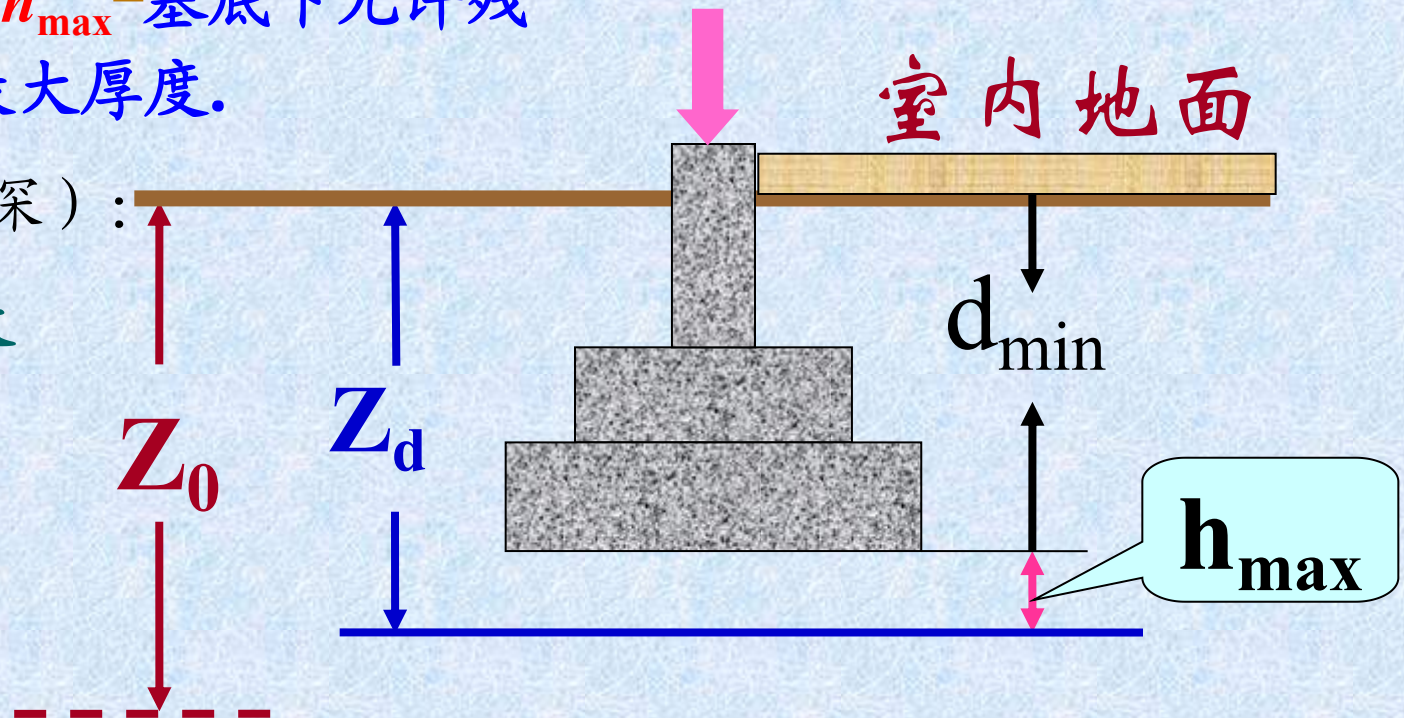
$$d_{\min} = z_d - h_{\max}$$

$$z_d = z_0 \cdot \psi_{zs} \cdot \psi_{zw} \cdot \psi_{ze}$$

z_d —设计冻深, h_{\max} —基底下允许残留冻土层的最大厚度。

z_0 (标准冻深):

多年实测最大冻结深度的平均值。



2.3.5 场地环境条件

在满足承载力的条件下尽量浅埋。省工省时省料，但是有如下**基本要求**：

(1) D 大于50cm,(表土扰动, 植物, 冻融, 冲刷)

(2) 基础顶距离表土大于10cm, (保护)

(3) 桥梁基础要求在冲刷深度以下.



(4)

- 靠近原有建筑物修建新基础时，如基坑深度超过原有基础的埋深，则可能引起原有基础下沉或倾斜。因此，新基础的埋深不宜超过原有基础的底面，否则新、旧基础间应保持一定的净距，其值不宜小于两基础底面高差的1—2倍（土质好时可取低值），如图2-14所示。如不能满足这一要求，则在基础施工期间应采取有效措施以保证邻近原有建筑物的安全。例如：新建条形基础分段开挖修筑；基坑壁设临时加固支撑；事先打人板桩或设置其他挡土结构；对原有建筑物地基进行加固，等等。——基坑支护

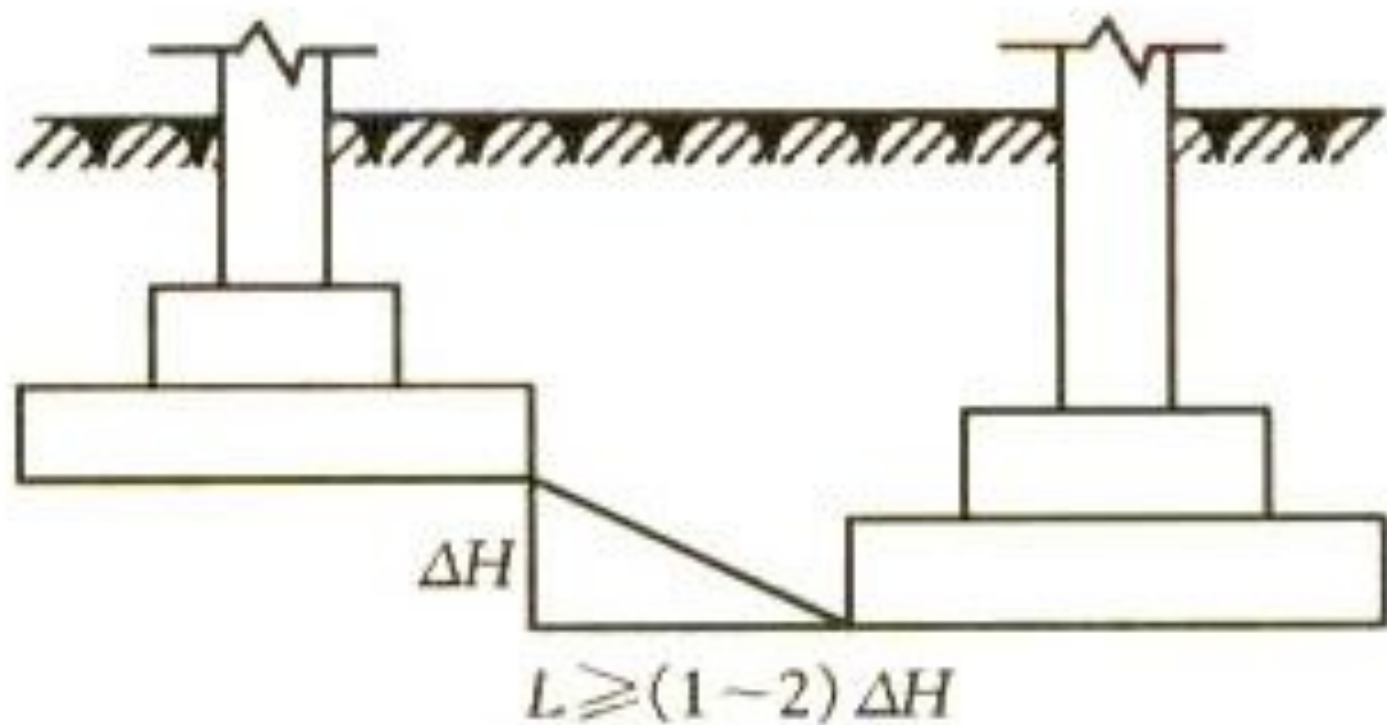


图 2-14 不同埋深的相邻基础

2. 4

浅基础的地基承载

本节重点：地基承载力特征值、地基承载力特征值的确定、地基变形的种类。
本节难点：地基承载力特征值的确定。

2.4.1 地基承载力概念

- 地基承载力是指地基承受荷载的能力。
- **地基承载力特征值**（characteristic value of subgrade bearing capacity）：指由载荷试验测定的地基土压力变形曲线线性变形内规定的变形所对应的压力值,其最大值为比例界限值，以 f_{ak} 表示。

$$\bullet f_{ak} = a \cdot P_u / K \quad (2 - 3)$$

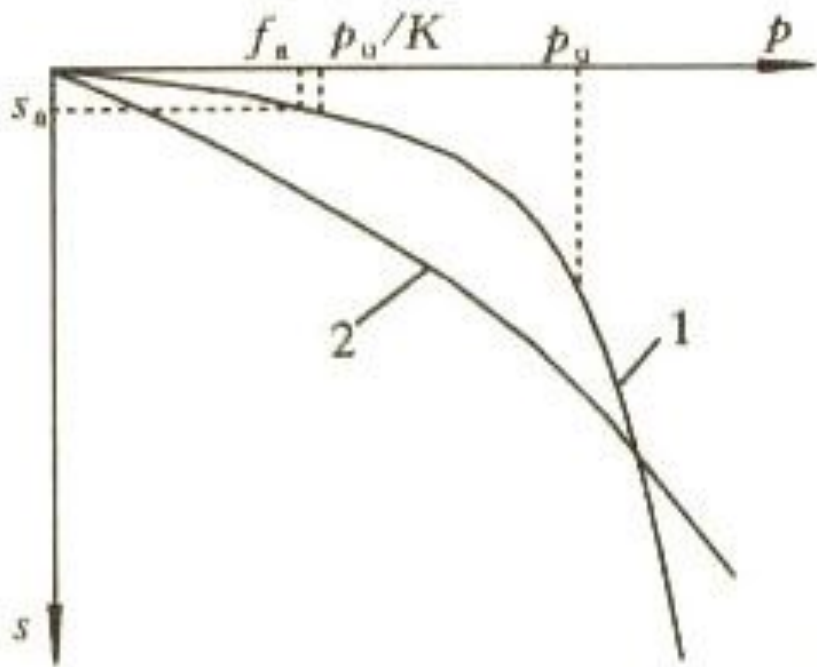


图 2-15 荷载-沉降关系曲线

取决条件:

第一, 要有一定的强度安全储备;

第二, 地基变形不应大于相应的允许值。

地基承载力特征值 f_{ak} 是允许沉降 s_a 的函数。 s_a 愈大, f_{ak} 就愈大; 如果不允许地基产生沉降 ($s_a = 0$), 那么地基承载力将为零。

地基承载力的大小是由地基变形允许值控制的。

2.4.2 地基承载力值的确定

- 影响承载力的因素主要有：土的成因及堆积年代；土的物理力学性质；基础埋深；基底尺寸；上部结构形式。
- 确定承载力特征值的方法有：
 - (1) 根据土的强度理论公式确定
 - (2) 按载荷试验确定；
 - (3) 按动力、静力触探等方法确定； (???)
 - (4) 经验法确定，可用于次要的小型建筑物或为参考性数据。

1. 根据土的强度理论公式确定承载力特征值

- (1) 地基极限承载力理论公式
- 根据建筑物地基等级、荷载性质、抗剪强度指标的可靠程度以及地基条件等因素，可取临塑荷载 P_{cr} 作为承载力值，也可用汉森、太沙基等极限荷载 P_u 除以安全系数，得到承载力值特征值。

$$\bullet f_a = p_u / K \quad (2-4)$$

(2) 规范推荐的理论公式

- 《建筑地基基础设计规范》（GB5007—2011）规定，当基底偏心距 $e \leq l/30$ （ l 为基础荷载偏心方向的边长）时，根据土的抗剪强度指标确定的地基承载力特征值可按下列公式计算：

$$f_a = M_b \gamma b + M_d \gamma_m d + M_c c_k \quad (2-5)$$

- 式中： b —基础底面宽度，大于 6m 按 6m 考虑，对于砂土，小于 3m 时按 3m 考虑；
- M_b 、 M_d 、 M_c —承载力系数，按 φ_k 值查表 2-3；
- γ_m —基底以上土的加权平均重度，地下水位以下取有效重度。
- φ_k 、 c_k —基底下一倍基宽深度内土的内摩擦角标准值、粘聚力标准值。

- 事实上，公式（ 2 -5 ）相当于临界荷载 $P_{1/4}$ ，只不过规范对 $\varphi_k \geq 24^\circ$ 的 M_b 值结合载荷试验数据予以提高。另外，对偏心距的限制，主要是避免基底压力分布很不均匀的情况出现。使用土的强度理论公式确定承载力特征值时，应进行地基变形验算。

承载力系数 M_b 、 M_d 、 M_c 表 2-3

| 土的内摩擦角标准值 ϕ_k (°) | M_b | M_d | M_c | 土的内摩擦角标准值 ϕ_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 | | | | |

按抗剪强度指标确定地基承载力

抗剪强度指标标准值 c_k 、 φ_k

a. 根据室内 n 组三轴试验结果，计算土性指标的平均值、标准差和变异系数

平均值

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mu_i$$

标准差

$$\sigma = \sqrt{(\sum_{i=1}^n \mu_i^2 - n\mu^2)/(n-1)}$$

变异系数

$$\delta = \sigma / \mu$$

b. 计算内摩擦角和粘聚力的统计修正

$$\psi_\varphi = 1 - \left(\frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right) \delta_\varphi$$

$$\psi_c = 1 - \left(\frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right) \delta_c$$

系数 ψ_φ 、 ψ_c

c. 计算内摩擦角和粘聚力的标准值

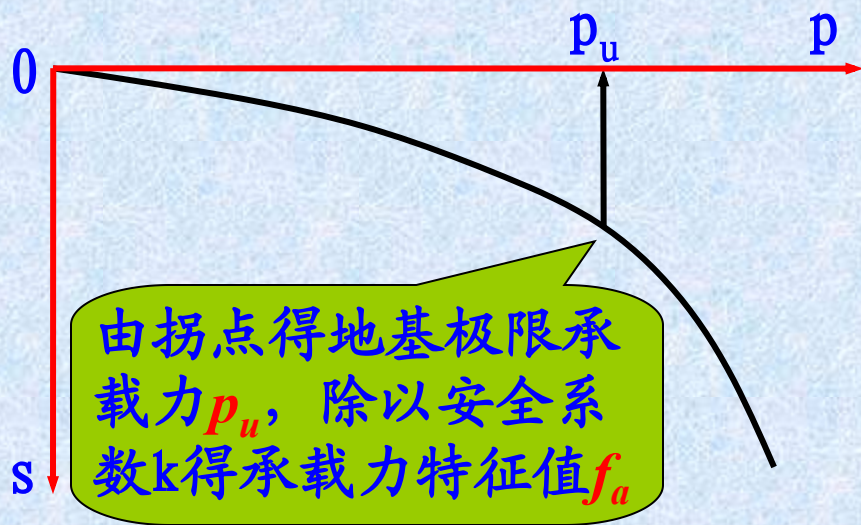
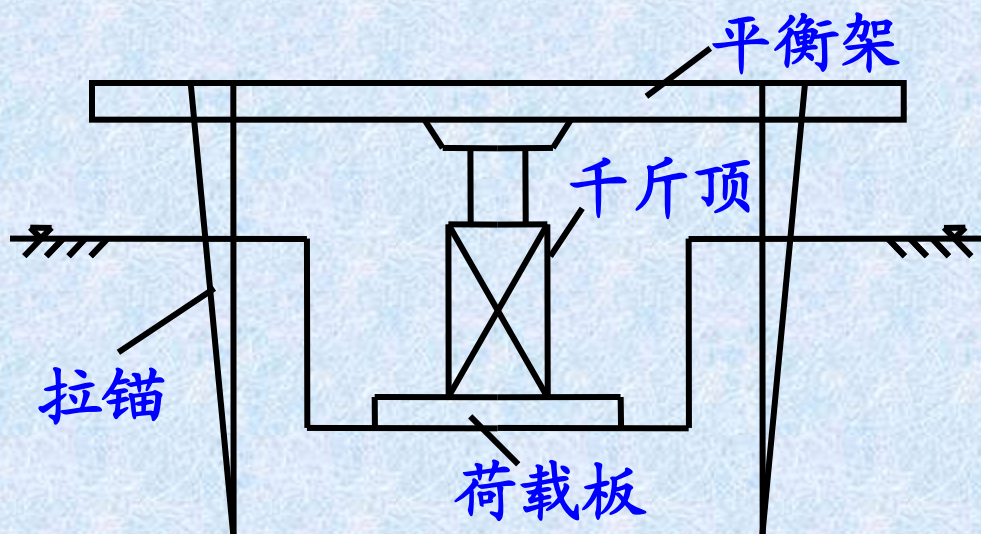
$$\varphi_k = \psi_\varphi \mu_\varphi$$

$$c_k = \psi_c \mu_c$$

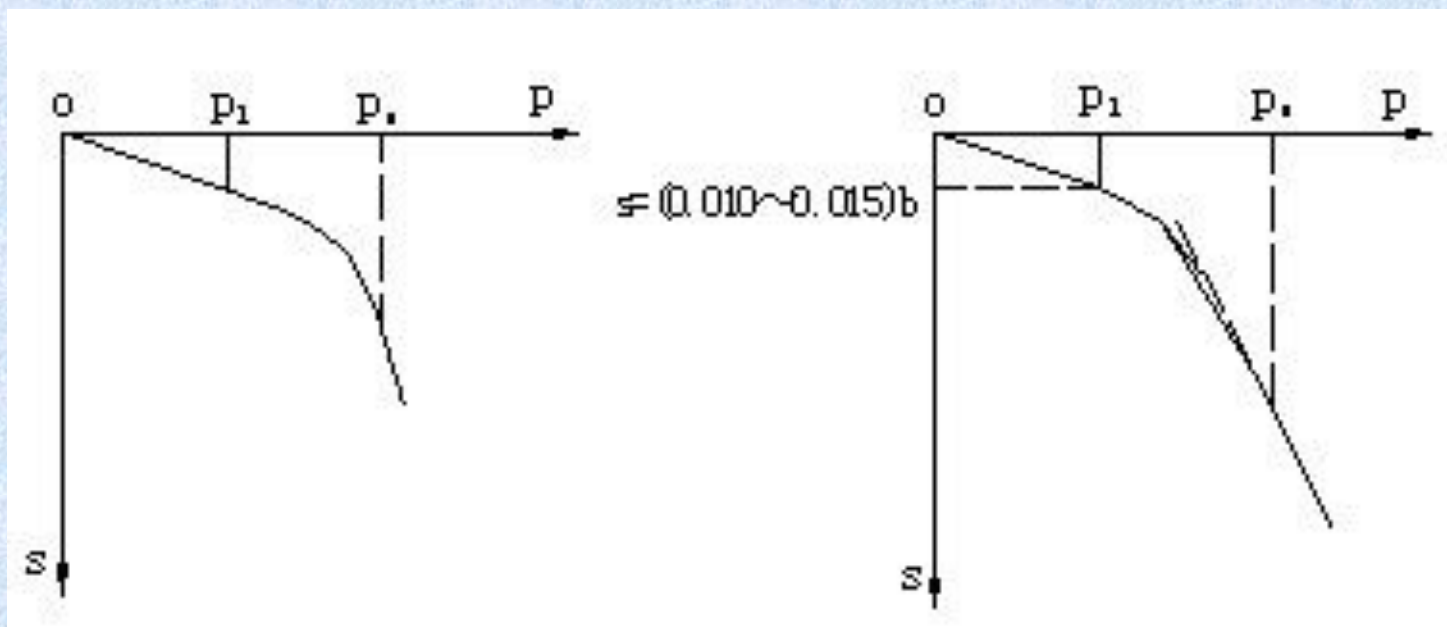
2. 载荷试验确定承载力特征值

- 载荷试验主要有浅层平板载荷试验和深层平板载荷试验。浅层平板载荷试验的承压板面积不应小于 0.25m^2 ，对于软土不应小于 0.5m^2 ，可测定浅部地基土层在承压板下应力主要影响范围内的承载力。深层载荷试验的承压板一般采用直径为 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 ，可测定深部地基土层在承压板下应力主要影响范围内的承载力。

- 地基载荷试验法



- 载荷试验都是按分级加荷，逐级稳定，直到破坏的试验步骤进行，最后得到 $P \sim S$ 曲线，具体的试验要点和土层压坏标准见《建筑地基基础设计规范》（**GB5007—2011**），据 $P \sim S$ 曲线（图 3—13），确定承载力特征值 f_{ak} 的规定如下：



(a) 低压缩性土

(b) 高压缩性土

图 3-13 按载荷试验成果确定地基承载力标准值

据 $P \sim S$ 曲线(图 3—13),确定承载力特征值 f_{ak} 的规定如下:

- (1) 当 $P \sim S$ 曲线上有比例界限时,取该比例界限所对应的荷载值;
- (2) 当极限荷载小于比例界限荷载值的 2 倍时,取其极限荷载值的一半;
- (3) 当不能按以上方法确定时,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。
- (4) 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,取其平均值作为该土层的地基承载力特征值 f_{ak} 。

3. 按动力、静力触探等方法确定承载力特征值 *

- 原位测试方法除载荷试验外，还有**动力触探、静力触探、十字板剪切试验和旁压试验**等方法。
- 动力触探有轻型（ N_{10} ）、重型（ $N_{63.5}$ ）和超重型（ N_{120} ）之分，静力触探有单桥探头和双桥探头之分，各地应以载荷试验数据为基础，积累和建立相应的测试数据与土承载力的相关关系。这种相关关系具有地区性、经验性，对于大量建设的丙级地基基础是非常适用、经济和迅速的，对于设计等级为甲、乙级的地基基础应按确定承载力特征值的多种方法综合确定。

4. 按规范承载力表确定*

- 我国各地区规范给出了按野外鉴别结果、室内物理、力学指标，或现场动力触探试脸锤击数查取地基承载力特征值的表格。这些表格是将各地区载荷试验资料经回归分析并结合经验编制的。表2-4给出的是砂土按标准贯入试验锤击数 N 查取承载力特征值的表格。

砂土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

表 2-4

| N | 10 | 15 | 30 | 50 |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| 土类 | | | | |
| 中砂、粗砂 | 180 | 250 | 340 | 500 |
| 粉砂、细砂 | 140 | 180 | 250 | 340 |

- 按照载荷试验或触探等原位测试、经验值等方法确定的承载力特征值，在地基基础设计中，应考虑基础埋深（超载）和基底尺寸的效应，《建筑地基基础设计规范》（GB5007—2011）规定，对基础宽度大于 3m 或埋置深度大于 0.5m 时，尚应按下式进行修正：

$$f_a = f_{ak} + \eta_d \gamma_m (d - 0.5) + \eta_b \gamma (b - 3) \quad (2-14)$$

式中： f_a — 修正后的地基承载力特征值；

f_{ak} — 地基承载力特征值；

η_b 、 η_d — 基础宽度和埋深的地基承载力修正系数，查表 2-5；

γ — 基底持力层土的天然重度，地下水位以下取有效重度 γ' ；

b — 基础底面宽度，当 $b < 3m$ 按 3m 计，当 $b > 6m$ 按 6m 计；

d — 基础埋置深度，当 $d < 0.5\text{m}$ 按 0.5m 计。一般自室外地面标高算起。在填方整平地区，可自填土地面标高算起，但填土在上部结构施工后完成时，应从天然地面标高算起。对于地下室，如采用整体的箱形基础或筏基时，基础埋置深度自室外地面标高算起，当采用独立基础或条形基础时，应从室内地面标高算起。

承载力修正系数

表 2-5

| 土的种类 | | η_b | η_d |
|--|---|----------|----------|
| 淤泥和淤泥质土 | | 0 | 1.0 |
| 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 $a_w > 0.8$ | 0 | 1.2 |
| | 含水比 $a_w \leq 0.8$ | 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 最大干密度大于 2.1t/m^3 的级配 砂石 | 0 | 1.5 |
| | | 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 粉砂、细砂（不包括很湿与饱和时的稍密状态） 中砂、粗砂、砾砂和碎石土 | | 0.3 | 1.6 |
| | | 2.0 | 3.0 |
| | | 3.0 | 4.4 |

5. 按建筑经验确定

- 在拟建场地附近，常有不同时期建造的工程，根据这些工程的结构类型，基础形式，地基条件和使用情况，可作为次要的小型建筑物或为参考性数据。

2.4.3 地基变形验算

- 按前述方法确定的地基承载力特征值虽然已可保证建筑物在防止地基剪切破坏方面具有足够的安全度。但地基承载力特征值与地基变形有关。
- 所以满足地基承载力要求不一定能保证地基变形满足要求。
- 如果地基变形超出了允许的范围，就必须降低地基承载力特征值，以保证建筑物的正常使用和安全可靠。
- 在常规设计中，一般的步骤是先确定持力层的承载力特征值，然后按要求选定基础底面尺寸（保证地基承载力要求），最后（必要时）验算地基变形。

- 地基变形验算的要求是：建筑物的地基变形计算值 Δ 应不大于**地基变形允许值 $[\Delta]$** ，即要求满足下列条件：

- $\Delta \leq [\Delta]$ (2-15)

- 地基变形按其特征可分为四种：

- 沉降量**—独立基础中心点的沉降值或整幢建筑物基础的平均沉降值；

- 沉降差**—相邻两个柱基的沉降量之差；

- 倾斜**—基础倾斜方向两端点的沉降差与其距离的比值

- 局部倾斜**—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。

- 规范[第5.3.3条] 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，(1) 对于砌体承重结构应由局部倾斜控制；(2) 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；(3) 对于多层或高层建筑和高耸结构应由倾斜值控制；

- **2.、在必要情况下，需要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分之间的净空，考虑连接方法和施工顺序。此时，一般建筑物在施工期间完成的沉降量，对于砂土可认为其最终沉降量已基本完成80%以上，对于低压缩粘性土可认为已完成最终沉降量的50%-80%，对于中压缩粘性土可认为已完成20%-50%，对于高压缩粘性土可认为已完成5%-20%。**

- **[第5.3.4条]** 建筑物的地基变形允许值，可按表[5.3.4]规定采用。对表中未包括的其他建筑物的地基变形允许值，可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。

建筑物的地基变形允许值

[5.3.4]

| 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 | 0.0021 | 0.0031 |
| (2) 砖石墙填充的边排柱 | 0.00071 | 0.0011 |
| (3) 当基础不均匀沉降时不产生附加应力的结构 | 0.0051 | 0.0051 |
| 单层排架结构（柱距为 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 |
| 多层和高层建筑基础的倾斜 $H_g \leq 24$ | | 0.004 |
| $24 < H_g \leq 60$ | | 0.003 |
| $60 < H_g \leq 100$ | | 0.0025 |
| $H_g > 100$ | | 0.002 |

建筑物的地基变形允许值

[5.3.4]

| 变形特征 | 地基土类别 | |
|--------------------------------|---------|-------|
| | 中、低压缩性土 | 高压缩性土 |
| 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 $H/g \leq 20$ | 0.008 | |
| $20 < H/g \leq 50$ | 0.003 | |
| $50 < H/g \leq 100$ | 0.006 | |
| $100 < H/g \leq 150$ | 0.005 | |
| $150 < H/g \leq 200$ | 0.004 | |
| $200 < H/g \leq 250$ | 0.002 | |
| 高耸结构基础的沉降量 (mm) $H/g \leq 100$ | 400 | |
| $100 < H/g \leq 200$ | 300 | |
| $200 < H/g \leq 250$ $</H</H$ | 200 | |

- 注：
1. 本表数值为建筑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/g 为自室外地面起算的建筑物高度 (m)；

- 一般来说，如果建筑物均匀下沉，那么即使沉降量较大，也不会对结构本身造成损坏，但可能会影响到建筑物的正常使用，或使邻近建筑物倾斜，或导致与建筑物有联系的其他设施的损坏。例如，单层排架结构的沉降量过大会造成桥式吊车净空不够而影响使用；高耸结构（如烟囱、水塔等）沉降量过大会将烟道（或管道）拉裂。砌体承重结构对地基的不均匀沉降是很敏感的，其损坏主要是由于墙体挠曲引起局部出现斜裂缝，故砌体承重结构的地基变形由局部倾斜控制。

- 框架结构和单层排架结构主要因相邻柱基的沉降差使构件受剪扭曲而损坏，因此其地茎变形由沉降差控制。
- 高耸结构和高层建筑的整体刚度很大，可近似视为刚性结构，其地基变形应由建筑物的整体倾斜控制，必要时应控制平均沉降量。
- 地基土层的不均匀分布以及邻近建筑物的影响是高耸结构和高层建筑产生倾科的重要原因。这类结构物的重心高，基础倾斜使重心侧向移动引起的偏心矩荷载，不仅使基底边缘压力增加而影响倾植稳定性，还会产生附加弯矩。因此，倾斜允许值应随结构高度的增加而递减。

- 高层建筑横向整体倾斜允许值主要取决于人们视觉的敏感程度，倾斜值到达明显可见的程度时大致为 $1/250$ （ 0.004 ），而结构损坏则大致当倾斜达到 $1/150$ 时开始。
- 目前的地基沉降计算方法还比较粗，因此，对于重要的或体型复杂的建筑物，或使用上对不均匀沉降有严格要求的建筑物，应进行系统的地基沉降观测。通过对观测结果的分析，一方面可以对计算方法进行验证，修正土的参数取值；另一方面可以预测沉降发展的趋势，如果最终沉降可能超出允许范围，则应及时采取处理措施。

2. 5 基础底面尺寸的确定

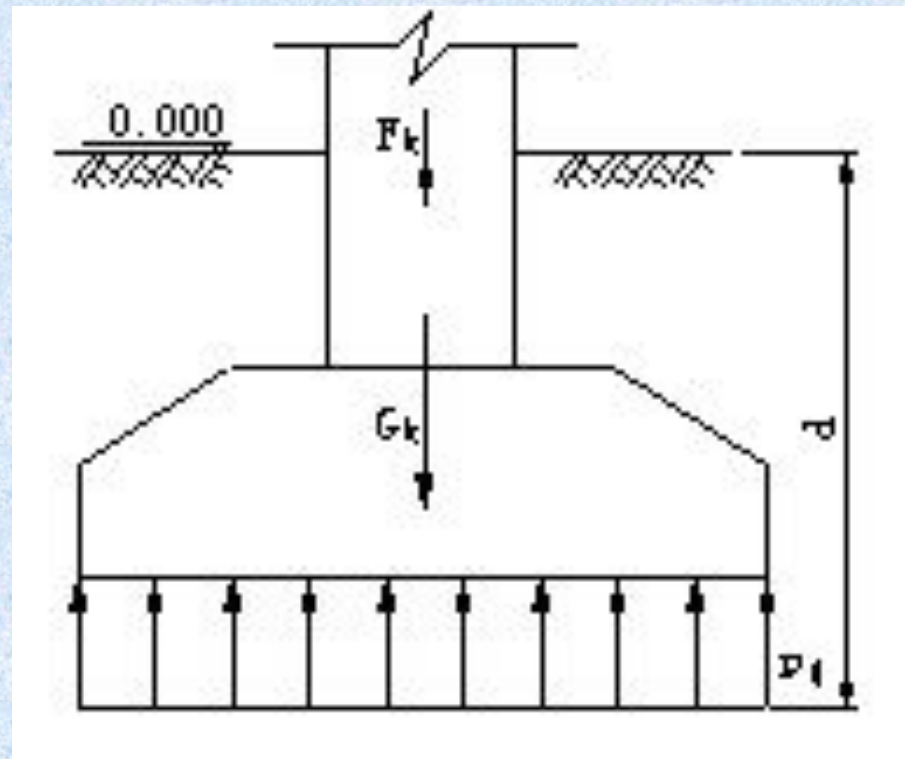
本节重点：**轴心受压基础、偏心受压基础、下卧层验算**

本节难点：**下卧层验算**

2. 5. 1 按持力层承载力确定基底尺寸

1. 轴心受压基础

作用在基底形心的荷载只有竖向荷载，没有力矩荷载存在的情况，为轴心受压基础（右图）。



- 在轴心荷载作用下，要求基底压力小于或等于修正后的地基承载力特征值，即：

$$\bullet P_k \leq f_a \quad (2-16)$$

- 式中： f_a ——修正后的地基持力层承载力特征值；

P_k ——相应于荷载效应标准基基组合时，基础底面处的平均压力值，按下式计算：

$$\bullet P_k = (F_k + G_k) / A \quad (2-17)$$

- 式中 F_k ——相应于荷载效应标准组合时，上部结构传至基础顶面的竖向荷力值；
- G_k ——基础及基础上填土的平均土重，一般取 $G_k = \gamma_G A d$ (γ_G 为基础及回填土的平均重度，可 $\gamma_G = 20 \text{kN/m}^3$ 计算，在地下水下取

- $\gamma_G = \gamma_G A d - \gamma_w A h_w$

- d — 基础平均埋置深度；
- A — 基础底面积。
- 基础底面积计算公式：

- $A \geq F_k / (f_a - \gamma_G d + \gamma_w h_w) \quad (2-18)$

如果采用方形基础，则 $A = b \times b$ ，有：

$$b \geq \sqrt{\frac{F_k}{f_a - \gamma_G d + \gamma_w h_w}} \quad (2-19)$$

对于墙下条形基础，可沿基础长方向取单位长度1m进行计算，荷载也为相应的线荷载（kN/m）。则条形基础宽度为：

$$b \geq \frac{F_k}{f_a - \gamma_G d + \gamma_w h_w} \quad (2-20)$$

在上面的计算中，一般先要对地基承载力特征值 f_{ak} 进行深度修正，然后按计算得到的基底宽度 b ，再考虑是否需要 f_{ak} 进行宽度修正。如需要，修正后重新计算基底宽度，如此反复计算一二次即可。最后确定的基底尺寸 b 和 l 均应为100的倍数。

2. 偏心荷载作用

- 对偏心荷载作用下的基础，除应满足式（2-16）的要求外，尚应满足以下附加条件：

- $$P_{k\max} \leq 1.2f_a \quad (2-21)$$

式中， $P_{k\max}$ — 相应于荷载效应标准组合时按直线分布假设计算的基底边缘处的最大压力值；

f_a — 修正后的地基承载力特征值。

对常见的单向偏心矩形基础，当偏心距 $e \leq l/6$ 时，基底最大压力可按下式计算：

$$p_{k\max} = \frac{F_k}{bl} + \gamma_G d - \gamma_w h_w + \frac{6M_k}{bl^2} \quad (2-22)$$

或

$$p_{k\max} = p_k \left(1 + \frac{6e}{l}\right) \quad (2-23)$$

- 式中： l —偏心方向的基础边长，一般为基础长边边长；
- b —垂直于偏心方向的基础边长，一般为基础短边边长；
- M_k —相应于荷载效应标准组合时，基础所有荷载对基底形心的合力矩；
- e —偏心距。 $e = M_k / (F_k + G_k)$ ；
- 其余符号愈义同前。

- 为了保证基础不致过分倾斜，通常还要求偏心距 e 应满足下列条件：

$$\bullet e \leq l/6 \quad (2-24)$$

- 一般认为，在中、高压缩性地基上的基础，或有吊车的厂房柱基础， e 不宜大于 $l/6$ ；对低压缩性地基上的基础，当考虑短暂作用的偏心荷载时， e 可放宽至 $l/4$ 。
- 确定矩形基础底面尺寸时，为了同时满足式(2-16)、(2-21)和(2-24)的条件，一般可按下述步骤进行：
 - (1) 进行深度修正，初步确定修正后的地基承载力特征值。

- (2) 根据荷载偏心情况, 将按轴心荷载作用计算得到的基底面积增大10%-40%, 即取

$$A = (1.1 \sim 1.4) \frac{F_k}{f_a - \gamma_G d + \gamma_w h_w} \quad (3-25)$$

- (3) 选取基底长边 l 与短边 b 的比值 n (一般取 $n \leq 2$), 于是有:

$$b = \sqrt{A/n} \quad (2-26)$$

$$l = nb \quad (2-27)$$

- (4) 考虑是否应对地基承载力进行宽度修正。如需要, 在承载力修正后, 重复上述(2)、(3)两个步骤, 使所取宽度前后一致。

- (5) 计算谊心距 e 和基底最大压力 P_{kmax} ，并验算是否满足式(2-21)和(2-24)的要求。

(6) 若 b 、 l 取值不适当 (太大或太小)，可调整尺寸再行验算，如此反复一二次，使可定出合适的尺寸。

2.5.2 地基软弱下卧层承载力验算

- 当地基受力层范围内存在承载力显著低于持力层的软弱下卧层时，还必须对软弱下卧层进行承载力验算。要求作用在软弱下卧层顶面处的总压力不超过它经深度修正后的承载力特征值，即

$$\sigma_z + \sigma_{cz} \leq f_{az} \quad (2-28)$$

- 式中 σ_z — 相应于荷载效应标准组合时软弱下卧层顶面处的附加压力值；
- σ_{cz} — 软弱下卧层顶面处土的自重压力值；
- f_{az} — 软弱下卧层顶面处经深度修正后的承载力特征值。
- 关于 σ_z 的计算，《建筑地基基础设计规范》GB50007-2002 通过试验研究并参照双层地基理论解，提出按压力扩散角的简化计算方法（图 2-17）。

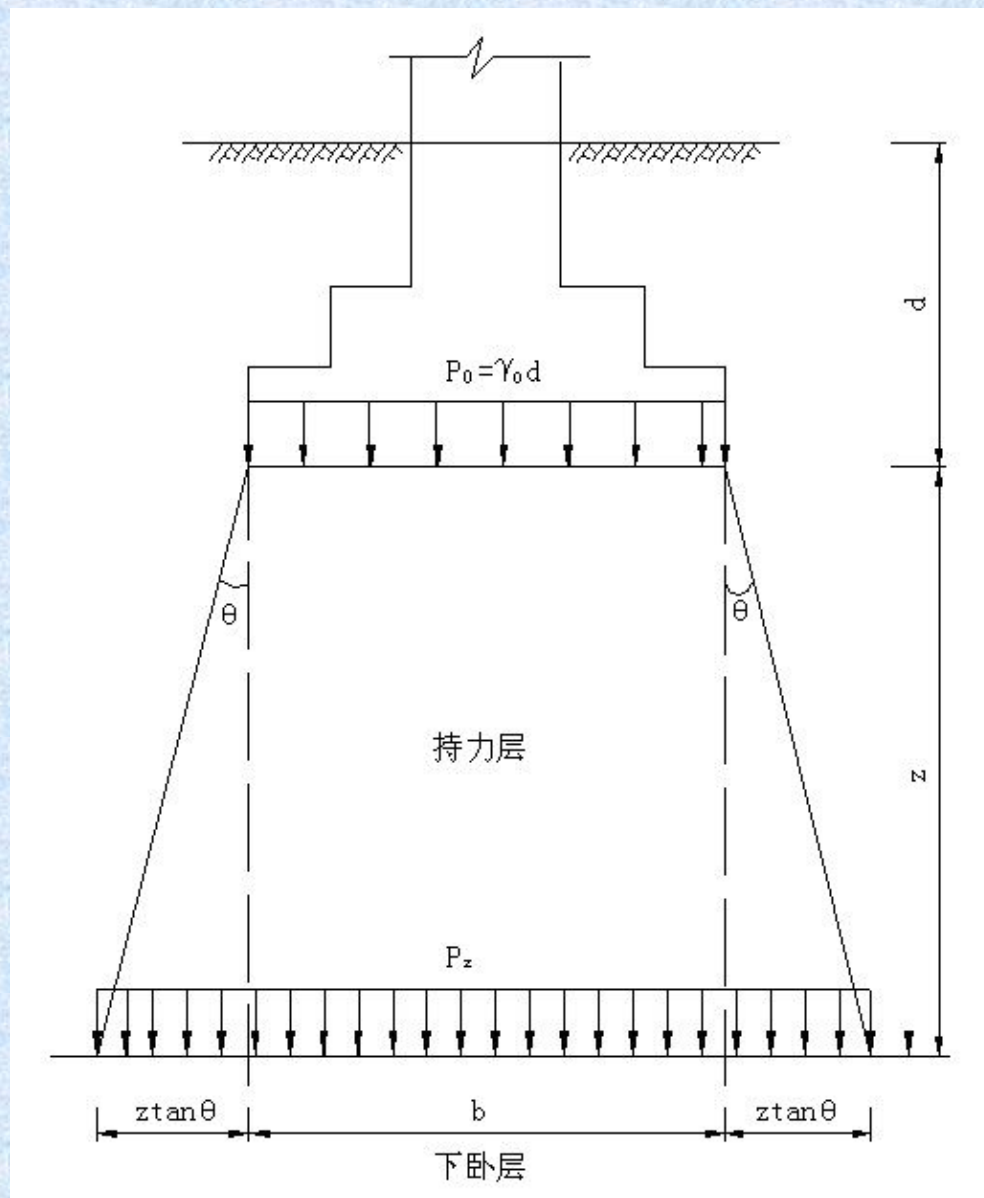


图2-17 软弱下卧层验算

条形基础：
$$\sigma_z = \frac{b(p_k - \sigma_{cd})}{b + 2z \tan \theta} \quad (2-29)$$

矩形基础：
$$\sigma_z = \frac{bl(p_k - \sigma_{cd})}{(l + 2z \tan \theta)(b + 2z \tan \theta)} \quad (2-30)$$

式中 b — 矩形基础和条形基础底边的宽度；
 l — 矩形基础底边的长度；
 P_c — 基础底面处土的自重压力标准值；
 z — 基础底面至软弱下卧层顶面的距离；
 θ — 压力扩散角，按表（ 2-7 ）采用。

地基压力扩散角 θ 表 2-7

| E_{s1}/E_{s2} | $z/b=0.25$ | $z/b=0.50$ |
|-----------------|------------|------------|
| 1 | 4° | 12° |
| 3 | 6° | 23° |
| 5 | 10° | 25° |
| 10 | 20° | 30° |

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

（2）当 $z/b < 0.25$ 时，一般取 $\theta = 0^\circ$ ，必要时由试验确定；

$z/b > 0.5$ 时， θ 值不变。

2.5.3 按允许沉降差调整基础底面尺寸(自学)

• 2.5.4 地基稳定性验算

- 对于经常承受水平荷载作用的高层建筑、高耸结构，以及建造在斜坡上或边坡附近的建筑物和构筑物，应对地基进行稳定性验算。
- 在水平荷载和竖向荷载的共同作用下，基础可能和深层土层一起发生整体滑动破坏。这种地基破坏通常采用圆弧滑动面法进行验算要求最危险的滑动面上诸力对滑动圆弧的圆心所产生的抗滑力矩 M_r 与滑动力矩 M_s 之比应符合下式要求：

$$K=M_r/M_s \geq 1.2 \quad (2-42)$$

对修建于坡高和坡角不太大的稳定土坡坡顶的基础（图2-18），当垂直于坡顶边缘线的基础底面边长 $b \leq 3\text{m}$ 时，如基础底面外缘至坡顶边缘的水平距离 a 不小于 2.5m ，且符合下式要求：

$$a \geq \xi b - d / \tan \beta \quad (2-43)$$

则土坡坡面附近由基础所引起的附加压力不影响土坡的稳定性。

式中 β 为土坡坡角， d 为基础埋深，系数 ξ 取3.5（对条形基础）或2.5（对矩形基础和圆形基础）。

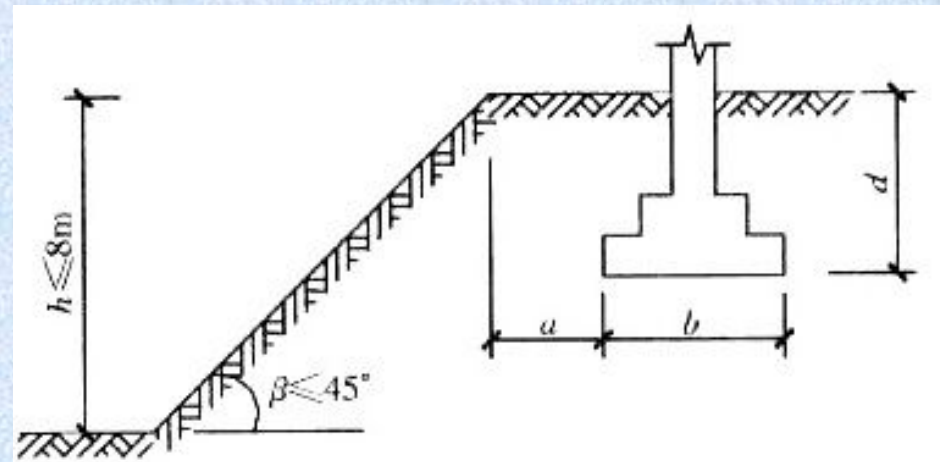


图 2-18 基础底面外缘至坡顶的水平距离示意图

- 当式(2-43)的要求不能得到满足时，可以根据基底平均压力按圆弧滑动面法进行土坡稳定验算，以确定基础距坡顶边缘的距离和基础埋深。