

地基与基础的计算

Е. Ф. 維諾庫洛夫 編

俞 伯 译

中国工业出版社

86.336
743

地基与基础的計算

(工业与民用建筑)

Е.Ф.維諾庫洛夫 編

俞 伯 譯



中国工业出版社

本书詳述土力学基本知識，如物理力学特性、土中应力分布、土的变形等，并用按极限状态的計算方法，对各种类型的地基与基础作了系統的講解。

本书的特点是內容丰富、系統，能起“簡明手冊”的作用。书中列有大量的計算表格与示意图，能大大地簡化計算过程。

本书可供土建設計与施工技術人員及土建院校师生参考。

РАСЧЕТЫ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

Е. Ф. Винокуров

Издательство Академии Наук Белорусской ССР
Минск 1960

* * *

地基与基础的計算

俞 伯 譯

*

中国工业出版社建筑圖書編輯室編輯（北京佟麟閣路丙10号）

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路丙10号）

（北京市书刊出版事业許可証出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华書店北京发行所发行·各地新华書店經售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $9^{1/4}$ ·插頁1 字数239,000

1963年2月北京第一版·1963年2月北京第一次印刷

印数0001—3400·定价(10—6)1.45元

*

統一书号：15165·1576(建工-218)

第二版序言

关于地基与基础的設計和施工問題，已出版过不少技术書籍。但是，到目前为止还缺少一本具体而簡明地叙述地基与基础的基本計算方法的实用参考書。

本書可作为施工和設計单位的工程技术人員的手冊，它提供了工业和民用建筑物地基与基础的設計和計算所必需的最低要求資料。如果希望推广这些資料来解决一些特殊的問題，作者建議利用列于書后的参考書籍。

本書第一版“地基与基础的計算方法”于1958年問世。从各单位及各方人士的很多来信和所提出的問題来看，都表示在設計工业与民用建筑物的地基与基础时，极需本書作为实践上的指导。当正备第二版时，作者也考虑了書評中及来信中的批評意見。

在1958~1959年期間已出版了一系列設計地基基础的法規文件，同时也由于土力学与基础工程的領域不断的发展，便促使重編本書的內容，改变若干篇，并插入新的材料。

苏联学者发展了按极限状态設計房屋与建筑物地基的新的原理，它与按許可压力設計地基比較起来，确是更进一步。这种設計地基的原理为本国和外国的土力学与基础工程的专家们所公認，为第四届国际土力学會議所通过，而它反映在本書中。

此外，补充了設計不連續基础和人工地基方面的新資料、风荷载的計算以及大大減輕設計工作的新表格。

显然这本簡明的手冊仍会有一些缺点，因此作者将衷心地接受一切批評、建議和期望。

当正备第一版原稿时，技术科学博士H.B. 拉列金和M.Φ. 馬卡罗契金、技术科学副博士K.E. 耶戈洛夫曾提出一系列很宝贵的指示，作者深深地表示感謝。

当編写第二版原稿时，对技术科学博士、苏联科学院院士H.A. 崔托維奇的有价值的商酌和实际的指导，避免了本書个别缺憾之处，深致謝意。

目 录

第二版序言

第一章 土的物理力学特性	(1)
1. 比重	(1)
2. 容重	(2)
3. 土的孔隙率与孔隙比	(3)
4. 土的含水量与饱和度	(5)
5. 粒径级配	(6)
6. 土的塑性	(9)
7. 渗透系数	(10)
8. 毛细管水的上升	(12)
9. 内摩擦角和凝聚力	(12)
10. 压缩系数	(14)
11. 侧压力系数与横向膨胀系数	(17)
12. 大孔隙比与相对湿陷系数	(18)
13. 地基的计算强度	(20)
14. 总变形模量	(25)
第二章 基础的埋置深度	(28)
1. 考虑到房屋或结构物的技术要求	(29)
2. 地质剖面	(29)
3. 土的冻结深度	(32)
4. 考虑到地下水位的位置	(34)
5. 土的承载量及其变形	(35)
第三章 房屋和结构物基础的计算	(39)
1. 作用于房屋基础台阶上的荷载的计算	(39)

2. 条形基础及单独基础尺寸的决定	(48)
3. 条形基础和柱基础的計算	(51)
4. 不連續装配基础的計算	(53)
5. 地下室墙上的主动土压力	(56)
6. 地下室墙計算方案的选择	(60)
7. 地下室墙的可能計算方案	(62)
8. 地下室墙断面的計算	(63)
9. 地下室墙的基础尺寸的校核	(74)
第四章 柔性基础的設計	(75)
1. 弹性地基上 結構物按福斯-文克勒假設的計算原理	(76)
2. 按总变形法的基础計算原理	(78)
3. 弹性地基上結構物的計算 (M. И. 戈尔布諾夫-波薩 多夫方法)	(80)
4. 弹性地基上基础梁和板的計算 (Б. Н. 热莫契金方法)	(135)
第五章 土中的应力分布	(150)
1. 土中应力的种类	(150)
2. 空間問題情况下的应力分布	(151)
3. 平面問題情况下的应力分布	(166)
4. 在弹性半平面体内压应力分布的若干問題	(169)
第六章 土的变形	(171)
1. 基础稳定 (最終) 沉陷的决定	(172)
2. 当有刚性下臥层时基础最終沉陷的决定	(185)
3. 基础沉陷随着時間而衰减的計算	(188)
4. 大孔土的压密变形	(201)
5. 建筑物的相对变位及傾斜	(202)
6. 規定的結構极限变形	(208)
第七章 人工地基	(210)
1. 土的压实方法	(210)
2. 土的加固方法	(219)
3. 土的間接加固方法	(227)

第八章 桩基	(229)
1. 单根悬桩的工作原理	(230)
2. 单桩的承载力	(231)
3. 桩群的工作原理	(235)
4. 垂直荷载的桩基	(236)
5. 垂直和水平荷载时桩基的设计	(242)
第九章 深基础	(244)
1. 深置基础的计算	(244)
2. 沉井	(252)
3. 沉箱基础	(261)
第十章 与天然地基和基础施工有关的计算	(267)
1. 基坑壁的支撑计算	(268)
2. 饱和土中的施工	(276)
参考书目	(286)

第一章 土的物理力学特性

为了更好地选择地基，确定土的計算强度以及评价所设计的建筑物的稳定性，首先必須查明建筑場地的地質构造、地下水位的位置和土的基本物理力学性質。因此便要进行勘察和試驗研究工作。

同建筑物设计的三个阶段（初步设计、技术设计和施工图）相适应的工程地質和水文地質勘察可分为初步的（踏勘的）和詳細的两种。

初步的勘察主要根据文献和地方志的材料繪出区域的一般特性。进行詳細的勘察是为了收集完备的原始資料，以作为編制建筑物技术和施工设计之用。因此，这种勘察需要用精密的仪器測量該地段，以及进行詳尽的地質和水文地質探测，探测至土的受压层深度为止，亦即达到这样一个深度：在这范围内由于建筑物重量所引起的附加应力能够使土产生压缩变形。

当设计特别重要的建筑物时，若干钻孔应达到岩层，以校核代表建筑物場地地質构造的一般特性的正确性。

野外工程地質勘察工作往往总与建筑場地的土工室内試驗同时进行。通过这些試驗所測定出的地基土的物理力学特性，来闡明修筑建筑物在技术上和经济上的合理性。

下面講述比較重要的地基土的物理力学特性。

1. 比 重

绝对密实状态的土的单位体积的重量称为比重，其因次为克/厘米³或吨/米³。

比重在实验室里以一玻璃容器——比重瓶来測定。測定的方

法随着土中的化学成分以及水溶盐的含量而定。

一些土的比重的数值列于表 1。

表 1

土 的 名 称	比 重 (吨/米 ³)
砾石、卵石	2.65~2.80
砂	2.60~2.70
亚砂土	2.60~2.70
亚粘土	2.65~2.75
粘土	2.70~2.80
泥炭状土	2.00~2.20
泥炭	1.29~1.61

2.容 重

天然状态的土的单位体积的重量称为容重，其因次为 克/厘米³或吨/米³。

在实践中尚有干容重、湿容重和潜容重之分。

干容重即单位土体中土粒骨架之重，不包括空隙中的水重。

$$\gamma_{\text{cyx}} = \gamma_{\text{yd}} (1 - n), \quad (1)$$

式中: γ_{cyx} ——干容重;

γ_{yd} ——比重;

n ——天然结构的土的孔隙率，以小数表之。

包括水分在内的天然结构的土的容重称为湿容重，以下式表示:

$$\gamma_w = \gamma_{\text{cyx}} (1 + 0.01W\%), \quad (2)$$

式中: γ_w ——湿容重;

γ_{cyx} ——干容重;

W ——土的天然含水量，以百分数表之。

如果土中空隙充满水分，但土不处于悬浮状态（例如，地下水位以下的粘性土），则湿容重以下式表之:

$$\gamma_w = \gamma_{\text{yd}} (1 - n) + n\gamma_B, \quad (3)$$

式中: γ_w ——水的比重, 等于 1。

处于水中的砂性土或沉积土的容重, 按照阿基米德原理减小。这种潜容重按下式计算:

$$\gamma_w = (\gamma_{\text{砂}} - 1)(1 - n)。(4)$$

在野外或实验室内经常只测定湿容重, 是应用间接的测定法——环刀法或蜡封法。

一些土的湿容重的数值列于表 2。

表 2

土 的 名 称	孔 隙 比	容 重 (吨/米 ³)
粘土	0.5	1.80~2.10
	0.6	1.70~2.10
	0.8	1.70~1.90
	1.1	1.60~1.80
亚粘土	0.5	1.80~2.05
	0.7	1.75~1.95
	1.0	1.70~1.80
亚砂土	0.5	1.70~2.00
	0.7	1.50~1.90
砂土		
粉砂	—	1.80~2.05
稍湿细砂	—	1.60~2.00
很湿或饱和的细砂	—	1.80~2.00
中砂	—	1.60~1.90
粗砂及砾石	—	1.75~1.85
泥炭	—	0.55~1.02

3. 土的孔隙率与孔隙比

孔隙率是土样中空隙体积与土样体积之比, 以百分数表示。孔隙率代表土的强度, 孔隙率愈大, 土愈疏松, 因之强度也小。

土的孔隙率分成两种类型:

a) 粒状及碎片状的非胶结性的岩土 (砂、卵石等) 的孔隙

率，它与土粒間的空隙大小有关。

6) 粘性岩土的空隙率，它不但与团粒结构之間的空隙大小有关，而且与团粒內部的空隙尺寸，亦即矿物顆粒之間的空隙有关。

干砂或干粘性土的空隙率以下式表示：

$$n = \frac{\gamma_{yd} - \gamma_{cux}}{\gamma_{yd}} 100\%。 \tag{5}$$

湿土的空隙率以下列公式来计算：

$$n = \left[1 - \frac{\gamma_w}{\gamma_{yd}(1 + 0.01W\%)} \right] 100\%。 \tag{6}$$

必須指出，上面所列出諸公式只适用于沒有膨胀性能的土。

表 3

土 的 名 称	空隙率 (%)
砂土	25~50
黄土状亚粘土	25~50
軟粘土	50~70
硬粘土	15~30

如果应用这些公式于膨胀性的粘性土，則所得到的空隙率就超过真实的数值，因为土的部分空隙被处于凝胶状态的胶体所占据。

表 3 中列出若干种土的空隙率一般数值。

当計算地基时，往往利用孔隙比比利用空隙率更方便。孔隙比是土的空隙体积与矿物顆粒体积之比：

$$\varepsilon = \frac{n}{100 - n}， \tag{7}$$

或

$$\varepsilon = \frac{\gamma_{yd}(1 + 0.01W\%)}{\gamma_w} - 1。 \tag{8}$$

孔隙比可能为整数或小数。如果 $\varepsilon = 1$ ，則土样的50%体积为空隙，而其余50%为土粒所占据。

粘性土按照其孔隙比的大小分成下列几种：

- 小孔隙的 $0.5 \geq e$,
- 中等孔隙的 $0.5 < e \leq 0.7$,
- 很大孔隙的 $e > 0.7$.

砂性土随着孔隙比可分成紧密的、中密的及疏松的三种（表4）。

表 4

砂性土的种类	密 实 状 态		
	紧 密 的	中 密 的	疏 松 的
砾砂（粗粒和中粒）	$e < 0.55$	$0.55 \leq e \leq 0.65$	$e > 0.65$
细砂	$e < 0.60$	$0.60 \leq e \leq 0.70$	$e > 0.70$
粉砂	$e < 0.60$	$0.60 \leq e \leq 0.80$	$e > 0.80$

4.土的含水量与饱和度

在设计实践中，土的湿度分为二种基本指标：即含水量与饱和度。

含水量是土空隙中水的重量与土粒重量之比，以百分数表示：

$$W = \frac{A - B}{B} 100\% , \tag{9}$$

- 式中：A ——含水状态时土的重量；
- B ——经温度105° C烘干的土重。

饱和度是土空隙中水的重量与全部空隙中最大可能地充满水时的水重之比。

$$G = \frac{W \gamma_{yd} (100 - n)}{100 n \gamma_w} , \tag{10}$$

或

$$G = \frac{W\gamma_{yA}}{100\varepsilon\gamma_B}, \quad (11)$$

式中: γ_B ——水的比重。

土按照饱和度可分为:

稍湿的	$0.0 < G \leq 0.5,$
很湿的	$0.5 < G \leq 0.8,$
饱和的	$0.8 < G \leq 1.0。$

5. 粒 径 级 配

粒径级配给出组成土骨架的颗粒大小组合的一种表示方法, 每一粒径组的含量可用土骨架总重的百分数来表示。

如果进行同类土的粒径分析, 则按照所研究土的各种粒径组合的大小来决定其名称(表5)。

表 5

土 的 名 称	粒径大小(毫米)	土 的 名 称	粒径大小(毫米)
漂石(圆粒的)或块石 (棱角的)		粗粒	20~10
粗粒	大于800	中粒	10~4
中粒	800~400	细粒	4~2
细粒	400~200	砂	
卵石(圆粒的)或碎石 (棱角的)		粗粒	2~0.5
很粗的	200~100	中粒	0.5~0.25
粗粒	100~60	细粒	0.25~0.05
中粒	60~40	粉土	
细粒	40~20	粗粒	0.05~0.01
砾石(圆粒的)或角砾 (棱角的)		细粒	0.01~0.005
		粘土	0.005~0.001
		胶体颗粒	小于0.001

天然土经常由各种级配的土组合而成。根据建筑法规, 这种土可再分为:

a) 粘性土, 它的塑性指数大于1;

6) 砂性土，在干燥时呈松散状，不具有可塑性，大于2毫米土粒的含量按重量计小于50%；

в) 大块碎石类土，不具有粘结性，大于2毫米的结晶岩土或沉积岩土的碎块含量超过全部重量的50%；

г) 岩石，颗粒间密致地联系着（粘结和胶结在一起的）的变质岩、火成岩和沉积岩，在地下形成整体或类似砌块石的裂缝层。

目前对于天然土的颗粒级配的分析，有下列几种最常用的方法：

1. 筛分法，适用于粒径大于0.1毫米的土。

2. 薩巴宁 (Сабанин) 法，使大于0.25毫米的土粒从0.25到0.01毫米（或小于0.01毫米）的范围内分析出来。通常这方法适用于细砂土，或者与筛分法合并使用。

3. 移液管法，依靠该法可使大于0.25毫米的土粒从0.25到0.001毫米（或小于0.001毫米）的范围内分析出来。这方法适用于粘性土、亚砂土和细砂。

4. 魯特科夫斯基 (Рутковский) 法，可用以测定砾石、粗砂、砂、粉砂和粘性土的含量。

5. 比重计法，用以分析小于0.25毫米的土粒级配。

用任何一种方法测定了土的粒径级配之后，分析的结果就可画在循环流水作业表上，或者以三角图来表示，或者也可用不均匀曲线表示。不均匀曲线具有优越性，它给出计算不均匀系数的可能性，这系数是小于土样总重60%的粒径（控制直径）与小于土样总重10%的粒径（有效直径）之比。如果不均匀系数小于7，土是均匀的；自7到30是中等均匀的；大于30是不均匀的。

根据天然土粒径分析的结果，可决定其名称（表6）。

砂土和粗粒土，可按表7分类。

如果含有植物质残余的砂性或粘性土土样在105°C 温度下烘干后，以矿物颗粒的重量计对于砂性土大于3%，对于粘性土大于5%，就都应按照附加规定来处理。当植物质残余占11~60%，

則在土的命名前面加上“泥炭状”字样。

包含植物質残余大于60%的土，称为泥炭土。

表 6

土 的 名 称	粘土顆粒 (0.005~0.001毫米) 的含量 (以%計)
粘土	
重粘土	60
中等粘土	25~60
亚粘土	12~25
亚砂土	3~12
砂土	小于 3

表 7

土 的 名 称	土粒占干土总重的級配
---------	------------

大块碎石类土

碎石类土 (若圓顆粒占多数时为卵石类土)	直径大于10毫米的顆粒超过全重的50%
角砾类土 (若圓顆粒占多数时为圓砾类土)	直径大于 2 毫米的顆粒超过全重的50%

砂 类 土

砂土:	
砾砂	直径大于 2 毫米的顆粒超过全重的25%
粗砂	直径大于 0.5 毫米的顆粒超过全重的50%
中砂	直径大于0.25毫米的顆粒超过全重的50%
細砂	直径大于 0.1 毫米的顆粒超过全重的75%
粉砂	直径大于 0.1 毫米的顆粒少于全重的75%

附注: 确定土的名称时, 将土按粒径大小的重量百分比加以統計, 首先为大于 10 毫米的顆粒, 其次为大于 2 毫米顆粒, 再其次为大于 0.5毫米顆粒……等等, 按表中排列的次序以最先适合的名称命名。

岩石类土根据饱和状态下的抗压极限强度以及在水中的可溶性和軟化性来划分。若在飽和状态下抗压极限强度小于50 公斤/

厘米²（泥灰岩、硅化粘土、粘土質-硅質胶結的砂岩）或者軟化的和可溶的（石膏、石膏質砂岩）的岩石类土，称为半岩石类土。

土的軟化性以軟化系数来表示，該系数是在饱和时和在风干状态时的抗压极限强度之比。若軟化系数 $K < 0.75$ ，則土是可軟化的。

6. 土的 塑 性

随着水分的含量，粘性土可能处于固体、流体或塑性状态。塑性是这种稠度状态，即当在某一含水量范围内，土在外荷載影响下改变其形状但不出現表面的变形（裂縫）。

有两种含水量值可决定土的塑性特征：

a) 塑性下限（塑限） W_p —— 土自固体状态进入塑性状态的界限；

6) 塑性上限（液限） W_L —— 土自塑性状态进入流动状态的界限。

建筑法規將天然条件下的土划分成三种可能的稠度：

$W \leq 1.2W_p$ —— 固体的，

$W_L > W > 1.2W_p$ —— 塑性的，

$W \geq W_L$ —— 流动的，

W —— 土的含水量。

在野外，土的近似稠度可用A.M.华西利耶夫(Васильев)圓錐仪来决定（表8）。

表 8

76克重圓錐沉入的深度（毫米）	土 的 天 然 稠 度
$h < 2$	固体的
$2 \leq h < 3$	半固体的，微有塑性
$3 \leq h < 7$	可塑的
$7 \leq h < 10$	极易塑成任何形状
$h > 10$	流动的

在实验室内，塑性下限和上限可用各种方法来决定，其中最通用的有：a) 阿太堡 (Аттерберг) 法；б) 华西利耶夫法 (用以决定 W_T)。

塑性的定量性质可用塑性指数来表示。塑性指数是液限与塑限含水量值之差 $W_{\Pi} = W_T - W_P$ 。(12)

塑性指数是一个很重要的特征指标，根据它可以决定土的命名 (表 9)。

表 9

土 的 名 称	塑 性 指 数
砂土	$W_{\Pi} \leq 0$
亚砂土	$1 \leq W_{\Pi} \leq 7$
亚粘土	$7 < W_{\Pi} \leq 17$
粘土	$W_{\Pi} > 17$
瘦粘土	$17 < W_{\Pi} \leq 30$
正常的粘土	$30 < W_{\Pi} \leq 60$
肥粘土	$60 < W_{\Pi} \leq 100$
很肥的粘土	$W_{\Pi} > 100$

7. 渗 透 系 数

当解决水在土的空隙内流动有关的各种问题时，先有下列各假定：

- a) 土认为完全均匀的；
- б) 土体中任何一点的性质都是相同的；
- в) 液体不可压缩；
- г) 地下水的运动是连续的，并符合达西定律：

$$V = KI,$$
(13)

式中： K ——渗透系数；
 I ——水力坡降。

渗透系数是土的透水程度的指标。根据达西定律，它是当坡降等于 1 时的渗水速度。必须指出，所指流速并不是地下水在空隙