

中等专业学校教学用书

地基与基础

曾富宝編著



中国工业出版社

中等专业学校教学用书



地基与基础

曾富宝編著

中国工业出版社

前 言

本书的原稿是編者在南京建筑工程学校执教时（工业与民用建筑专业）所用的讲义，于1954年即具雛型。嗣后由于苏联地基规范 $\text{HиТУ}127-55$ 的問世，各种新資料的充实，以及经历了各项政治运动和教学方面的改革，在边教边改中逐漸充实了这本讲义的内容。今年的教学革命中，采用这本讲义的师生們又提出了很多宝贵的意見，使它进一步的符合新的教学大綱的精神。

这本书主要是根据南京建筑工程学校所編的“地基基础”教学大綱，并参照其他一些兄弟学校同門課的大綱編写而成的。在編写过程中，笔者深感教材建設的繁重及其对提高教学质量的重大意义。虽然参閱了一些国内外的有关书刊，以及国内若干院校的教学資料，力图把它編好，但是由于水平所限，不妥之处是难免的。希望采用本书的教师和同学們，提出宝贵的意見，以便再版时予以更正。

編者 識于南京

1960年12月

本书是在南京建筑工程学校工业与民用建筑专业所用的讲义基础上编写成的。

全书内容共包括土的物理力学性质，地基内的应力分布，地基变形的计算，按极限状态计算地基，土压力理论，天然地基上的浅基础、深基础、人工地基、大孔土地基、软土地基等十一章。

地 基 与 基 础

曾富宝编著

*

中国工业出版社建筑图书编辑室编辑（北京修撰路丙10号）

中国工业出版社出版（北京修撰路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张7·字数146,000

1961年7月北京第一版·1962年8月北京第三次印刷

印数3,388—4,830·定价（9-4）0.69元

*

统一书号：K15165·519（建工-38）

目 录

第一章	緒論	7
§ 1—1	地基与基础的概念	7
§ 1—2	地基的种类	7
§ 1—3	苏联在地基与基础方面的偉大成就	8
§ 1—4	我国在地基与基础方面的成就	10
第二章	土的物理力学性质	13
§ 2—1	土的組成及空隙中的水分	13
§ 2—2	土的物理性质指标	14
§ 2—3	土的分类	19
§ 2—4	土的經驗鑑定法	21
§ 2—5	荷載試驗	21
§ 2—6	壓縮曲綫和压密定律	28
§ 2—7	无側向膨脹时土的壓縮量	31
§ 2—8	土的側压力系数	33
§ 2—9	綫流渗透定律	34
§ 2—10	土的抗剪强度	36
§ 2—11	地基的勘察	40
第三章	地基內的应力分布	43
§ 3—1	基础底面下压应力的分布	43
§ 3—2	集中荷載作用下半无限体中的应力	47
§ 3—3	均布荷載作用于圓面积上时地基內的垂直应力	50
§ 3—4	均布荷載作用于矩形面积上时地基內的垂直应力	58
§ 3—5	条形荷載下地基內的应力分布	64
§ 3—6	土的自重应力	70

§ 3—7	土的附加应力和地基的受压层.....	71
第四章	地基变形的计算.....	76
§ 4—1	计算地基变形的意义.....	76
§ 4—2	用压缩曲线计算基础的沉降量.....	76
§ 4—3	用HиTY 127-55方法计算基础的沉降量	79
§ 4—4	用叶高洛夫方法计算基础的沉降量.....	86
§ 4—5	基础的倾斜计算.....	94
§ 4—6	沉降和时间的关系.....	96
§ 4—7	邻近基础的相互影响.....	97
§ 4—8	用变形模量来表示地基压缩性的变化.....	98
§ 4—9	基础的容许沉降量与容许沉降差.....	99
第五章	按极限状态计算地基	102
§ 5—1	概說	102
§ 5—2	地基的标准强度	103
§ 5—3	考虑到地基内塑性区的发展来确定地基的强度	110
§ 5—4	按稳定性计算地基	116
§ 5—5	确定地基承载能力的具体步骤	122
第六章	土压力理论.....	124
§ 6—1	土压力的作用形式	124
§ 6—2	摩尔圆的应用	125
§ 6—3	朗肯理论	128
§ 6—4	库伦理论	134
§ 6—5	近代土压力理论	137
第七章	天然地基上的浅基础	142
§ 7—1	概說	142
§ 7—2	基础的种类	142
§ 7—3	刚性基础和柔性基础	143
§ 7—4	基础埋置深度的决定	147

§ 7—5	刚性基础的构造	153
§ 7—6	中心受压刚性基础的计算	153
§ 7—7	偏心受压刚性基础的计算	161
§ 7—8	灰土基础	165
§ 7—9	沉降缝的设置原则	166
第八章	天然地基上的深基础	168
§ 8—1	概述	168
§ 8—2	沉井的构造和施工	168
§ 8—3	沉箱的构造和施工	172
第九章	人工地基	175
§ 9—1	采用人工地基的原则	175
§ 9—2	重锤夯实法	175
§ 9—3	砂垫层法	176
§ 9—4	砂桩加固法	180
§ 9—5	硅化法	184
§ 9—6	电化学加固法	185
§ 9—7	桩基概论	187
§ 9—8	单桩承载能力的确定	190
§ 9—9	桩基的计算	197
第十章	大孔土地基	206
§ 10—1	概论	206
§ 10—2	湿陷性的计算指标和湿陷量的计算	207
§ 10—3	对于不同等级大孔土地基的各种建筑措施	211
§ 10—4	基础的砌置深度	213
§ 10—5	大孔土地基的标准强度	213
第十一章	软土地基	216
§ 11—1	概述	216
§ 11—2	减少建筑物的沉降	217
§ 11—3	争取均匀沉降	218
§ 11—4	结构上的措施	219

第一章 緒 論

§ 1—1 地基与基础的概念

任何建筑物都必须建造在地基上，它的支承方式如图1-1所示。建筑物的全部荷载是通过基础为媒介而传递到支持基础的地基上去。因此，基础是建筑物的下层部分，而地基乃是支持整个建筑物全部荷载的全部地层。

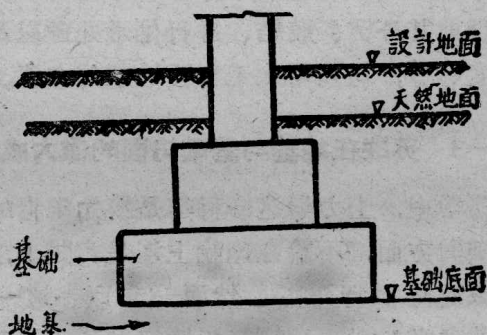


图 1-1 地基和基础

地基基础的基本科学是“土力学”。土力学乃是以力学的方法来研究土的科学。

我们在进行地基设计时，所根据的原理大部都出自土力学的范围内者，但由于这些原理的基本假设与实际情况均有不同程度的出入，故其结论也是非常近似的。

§ 1—2 地基的种类

地基可分为两大类，即天然地基与人工地基。

如果地基不經人工的办法使其强度提高，即能担负其所承受的建筑物的重量者，这种地基叫做天然地基。

造在天然地基上的基础，一般又有浅基与深基之分：如果基础的砌置深度小于基础宽度的四倍，或在任何情况下小于5米者，称做浅基；如果砌置深度大于基础宽度的四倍者，即称深基。由于深基在施工时常要涉及地下水的排除问题，并且土方工程往往也较大，故其施工恒比浅基要复杂得多。

如果地基經用人工的方法使其强度提高后才能支持建筑物的重量者，则这种經用人工方法加强以后的地基叫做人工地基。諸如把地基夯实、胶結、进行化学处理以及打砂桩以增加地基强度等等，均为用人工加强地基的方法。

§ 1—3 苏联在地基与基础方面的偉大成就

在各門科学中，土力学这一科学是较为年青的，因而在“地基与基础”方面，不論在理論上还是实践上，都有着极其广闊的領域尙待进行开拓。然而，苏联在这一方面的成就，正和其他科学一样，已經远远地超过了其他国家。

远在1869年，俄国的工程师卡尔洛維奇(В.М.Карлов-ич)就发表了和地基与基础有关的第一本书籍。杰出的工程师庫就莫夫(В.И.Кудюмов)，于1889年就用模型試驗确定了砂土在荷載作用下达到毀裂时滑裂面的形式。这一工作的完成，对于地基稳定的理論問題，有着极其重大的貢獻。嗣后德国的学者帕萊特(Prandtl)于1920年才根据这一滑裂面的形式而得出在不計塑性平衡範圍內土重的情況下的地基极限荷載的公式。格尔塞万諾夫(Н.М.Герсеванов)教授在1917年的著作中，公布了他的极其著名的打桩公式，并于1931年

出版了他的主要著作“土体动力学原理”。特莫赫夫斯基（В.К.Дмоховский）教授于1917年发表了他的桩的静荷载公式。

除此以外，阿別列夫（Ю.М.Абелев）教授对于大孔土的研究；苏联科学院通訊院士崔托維奇（Н.А.Цытович）教授和苏姆金（М.И.Сумгин）等对永冻土的研究；弗洛林（В.А.Флорин）院士对土体压密理論的研究；以及索科洛夫斯基（В.В.Соколовский）等学者对于松散体极限平衡理論的研究，都获得了极其显著的成就。

苏联以其最先进的理論与經驗，用规范的形式来加以规定了。在1955年，苏联公布的“房屋和工业結構物天然地基設計标准及技术规范”（简称НигТУ127-55），便是世界上最先进的规范。不但如此，在苏联，正在对这一规范作进一步的修訂。

苏联在基础工程方面取得了极其巨大的成就，例如在軟土地基上建造大型的水工結構物；在高压縮性地基上建造巨大的工业与民用建筑物；广泛地采用装配式基础；采用新型的方法代替沉箱以建筑桥墩；創造和运用了新的施工方法，例如振动下沉桩、大直徑的管柱、采用新的降低地下水位的方法等；此外也解决了許多复杂的土力学的理論問題。

苏联在这一方面的成就是巨大的，我們不可能一一詳加叙述。在这里，只是介紹一个概况而已。

现在，苏联正在进入一个全面开展共产主义建設时期。在实现七年計劃中，基本建設占着很重要的地位，而在建筑工程总量中，地基和基础在造价或劳动量上，都占着不小的比重，为了完成和超額完成这一宏偉的七年計劃，苏联的土力学、地基和基础方面的工作者們，必然会作出更加出色的

貢獻。

§ 1—4 我国在地基和基础方面的成就

我国在历史上虽无关于土力学、地基和基础方面的整套理論，但从我們祖先遺留下来的遺產来看，也可以看出我国劳动人民在这一方面的成就是巨大的。例如在殷商的时代就已开始用打桩的方法来加强地基；我国古代劳动人民創造的灰土基础，到目前尚在推广應用和进行研究；其他如許多偉大的建築物，象天坛、故宫、赵州桥、万里长城等等，其所以能保存到現在，除了其在上层結構方面的合理性外，在基础方面也肯定是有了一定的研究的。

然而，由于封建皇朝和国民党的統治，抹煞了劳动人民的智慧、阻碍了我国科学事业的发展。

解放以后，由于党和政府的重視，社会主义建設的需要，这一科学获得了极其巨大的发展。現在，把解放十年（1949—1959）来，我国在这一方面的成就作一极其簡要的介紹：

1. 在天然地基方面：

我国的工程技術人員，学习并运用了苏联的先进理論和經驗，以及苏联最先进的地基規範—— $\text{HиТУ } 127-55$ ，从而在祖国的社会主义建設事业中發揮了巨大的作用。如所周知，按极限状态計算不仅是当代結構計算中的最先进的方法，也是地基計算中的最先进方法。在我国，对于重大的建筑物和情况复杂的地基，有些也已經运用了按极限状态計算地基的方法。應該指出，按极限状态計算地基問題是我們的方向，是应予大力推广的，因而我国有关的研究部門，也正在对这一最先进的計算方法作进一步的研究。

在土力学的理論方面，我国学者对于地基的变形問題以及地基內的应力分布問題，都作了很多研究；此外，对于軟粘土的流变性质問題，也作了一定的研究。

2. 在人工地基方面：

砂垫层在我国应用頗广，从而取得了很多經驗。它在經濟上、技术上都有着极大的意义，因而是值得推广的地基处理方法。

灰土地基的使用也很广。灰土不仅可以作为加强地基而作为換土的材料，也可作为建筑物的基础，这种基础就称为灰土基础。現在，五、六层楼以下的民用房屋，有很多是采用灰土基础的。

砂桩是一种加固深层軟土的方法，可以节省鋼材、水泥和木材。在我国也已将砂桩应用于加固工业与民用建筑物的地基工程中，并且取得了不少經驗。

石灰桩是加固軟土地基的一种方法，个别工程已經采用了这一方法。但是，对于石灰桩的性能，目前尙未能很好的掌握，仍須作进一步的研究。因而这一方法的推广，尙有待于将来。

在电化学加固方面，我国也已經收到了良好的效果。

3. 在深基础方面：

我国在沉箱工程方面，在工业建設中已經积累了不少經驗。

在深基础的施工方面，冻结法也取得了很多成績。

在桩基方面，由于大規模社会主义建設事业的开展，打桩工程的規模也日益巨大，并且桩的种类繁多。在我国，已經应用了許多新型結構的桩，例如管柱鋼筋混凝土桩，加翼桩，預应力鋼筋混凝土桩，抽筋式預应力混凝土桩，就地灌

注桩，以及就地灌注扩大桩等。

4. 在黄土地基方面：

我国黄土地域很广，占全国总面积的6%，其中在陕西、山西、甘肃三省和河南、青海、宁夏的一部分地区，复盖着湿陷性的黄土。关于黄土地基的处理问题，在生产中已经掌握了许多方法，主要的是重锤夯实法。重锤夯实法可以减少黄土的湿陷性和渗水性，提高其形变模量，从而提高其强度。此外，黄土地基的热加固方法，在我国也已经采用。

以上所述，仅仅是解放十年来我国在地基与基础方面成就的概要。在解放以前，地基基础这门科学在建筑事业中几乎是一个空白点，但在解放后，由于党和政府的重视，使这门科学得到了巨大的发展。然而，为了高速度地建设社会主义祖国，以便迅速地改变我国一穷二白的面貌，我们必须尽速地发展与提高土力学、地基与基础的科学技术水平，学习苏联的先进经验，使之有效地用于我国的社会主义建设事业。在地基基础的各个方面，我们必须推广各种先进经验，大搞群众运动、大搞技术革新和技术革命，采用土洋结合的办法，以便迅速地提高这一科学的水平，从而使我国的地基与基础方面的科学技术，取得更伟大的成就。

第二章 土的物理力学性质

§ 2—1 土的組成及空隙中的水分

岩石因受物理风化或化学风化作用而成松散的顆粒，在工程上称之为“土”。所謂物理风化作用者，諸如风力、水力的侵蝕，溫度的变化，以及岩石裂縫中的水分因結冰而膨脹等；所謂化学风化作用者，則如岩石与空气中的氧气发生氧化作用，以及与水相作用而分解等。

砂和礫石等便是因物理风化所形成，而粘土类土則为化学风化作用的产物。

土可以认为是由顆粒、液体及气体三者所組成。顆粒与顆粒形成了土的骨架，而在其空隙中則被气体及液体所占有。土的潤湿情况在理論上是这样鑑別的：当空隙中无液体时，称为“干土”；当空隙被液体所充滿时，称为“飽和土”，在这二者之間者，称为“湿土”。但在实际上决无如此理想的干土和飽和土，通常我們是按照规范中的規定来判別土的潤湿程度。

土体空隙中含的水分由于受到极复杂的物理、化学作用，故其性质就和普通的水大不相同。

苏联学者列別捷夫（А.Ф. Лебедев）在1918—1936年間，对土中水分的形态作了詳尽的研究。他的意見认为，当溫度高于零度时，土中水分的主要形态可分为：

1. 水汽 它們充滿于土体的自由空隙中，能由压力較高的地方向压力較低的地方流动；

2. 吸着水 是凝結在土顆粒表面的水。如由烘箱中取出

的干土置于空气中，便要吸收空气中的水分而使土重增加，这就是土具有吸着水的明証。因为顆粒表面有着极大的电分子力的作用，故吸着水的性质与普通水就有极大的差别。吸着水的比重大于1，因电分子力的作用而紧密地吸附于顆粒表面，其厚度通常不超过0.003微米（1微米=0.001毫米），不能流动，近固体状态。含有吸着水的土体，看起来和干土相同；

3. 薄膜水 是由于电分子力吸引的作用而粘結在顆粒外面的水分，其所处地位是在吸着水的外面，它具有粘結力。粘結力的大小随着和顆粒外表面的距离增加而减小，在薄膜水的外表面处，其性质便和普通水相同了；

吸着水和薄膜水，統称为粘結水。

4. 自由水 这是在分子作用力以外的水分，其性质和普通水完全相同，毛細管水及地下水即屬此类。毛細管水是因水在土中的微細孔隙中的毛細現象而形成；地下水則处在地下水位以下，能由压力高处流向压力低处。

§ 2—2 土的物理性质指标

用以代表土的物理性质的指标很多，今将其主要指标說明如下：

在計算时，将土体认为是由空气、水分（即液体）及固体（即顆粒）三部分所組成，如图2-1所示。在本书中，引入了下面的符号：

V_a ——空气的体积；

g_a ——空气的重量，在計算时可以略去不計；

V_w ——水分的体积；

V_2 ——空隙的体积；

V_1 ——固体的体积;

V ——土体的总体积;

g_2 ——水分的重量;

g_1 ——固体的重量;

g ——土体的总重量;

Δ ——水的容重。

在实用上, 最主要的物理性质指标为:

(1) 颗粒容重 Δ_1 :

表示单位体积颗粒的重量。即

$$\Delta_1 = \frac{g_1}{V_1};$$

(2) 土的容重 γ :

表示单位体积土的重量。即

$$\gamma = \frac{g}{V};$$

(3) 孔隙比 ε :

土中空隙体积与颗粒体积之比。即

$$\varepsilon = \frac{V_2}{V_1};$$

(4) 孔隙率 n :

土中空隙体积与土的总体积之比, 以百分数表示。即

$$n = \frac{V_2}{V} \times 100\%;$$

(5) 含水量 ω :

土中水分的重量与颗粒重量之比, 通常也用百分数表示。即

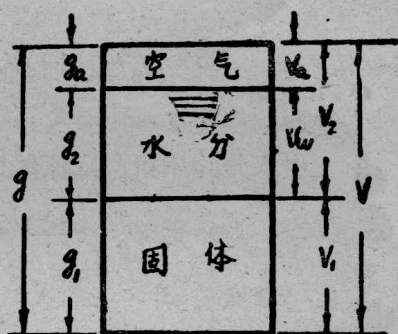


图 2-1 土体的组成

$$\omega = \frac{g_2}{g_1} \times 100\%;$$

(6) 饱和度 G :

土中水分的体积与空隙体积之比, 以百分数表示。即

$$G = \frac{V_w}{V_2} \times 100\%;$$

(7) 稠性限度:

粘性土因含水量的变化, 其性质也往往随之变化甚大, 可能成为流动的、可塑的、或固体的状态。关于发生这种变化时的临界含水量, 统称为“稠性限度”。

就用于地基工程上之稠性限度而言, 最有用的有下列二种。它们都用含水量来表示。

(a) 液性限度 w_m :

比这时的含水量稍增加一些时, 土即成为流动状态。这也就是说, 液性限度即土即将成为流动状态时的临界含水量, 以 w_m 表示。液性限度也可简称“液限”;

(b) 塑性限度 w_p :

比这时的含水量稍减一些时, 土即丧失其可塑性, 而呈固体状态。就是说, 塑性限度即土即将丧失其可塑性时的临界含水量, 以 w_p 表示。塑性限度也可简称“塑限”。

今将液限和塑限的测定方法叙述如下:

(a) 液限的测定:

仪器是采用苏联学者华西里耶夫 (А. М. Васильев) 所创之圆锥式液限仪, 如图2-2所示。圆锥体成 30° , 高度为 45 公厘, 重 76 克, 为不锈钢制成。在圆锥尖处有一细裂痕, 离圆锥尖为 10 毫米。在试验时, 如圆锥体恰陷入土样内 10 毫米, 则其含水量即为其液限;