

中等专业学校教材試用本

工 程 地 質 学

(土力学与地基基础部分)

宣化地質学校編



中国工业出版社

中等专业学校教材試用本



工 程 地 質 学

(土力学与地基基础部分)

宣化地质学校編

中国工业出版社

本書共分八章，內容包括：土力學與地基基礎精論；土內應力分布的理論；求附加應力和自重應力的方法；建築物沉陷量和沉陷速度的計算；土的極限平衡理論；求地基許可耐壓力的方法；斜坡穩定性的計算；擋土牆上的土壓力及山地壓力的計算；天然地基上的淺基础和深基础的設計和施工；以及人工地基等。

本書各章均附有習題和復習思考題。

本書可作為中等地質學校水文地質及工程地質專業的教材，也可供從事實際工作的幹部學習參考之用。

工 程 地 質 學

(土力學與地基基礎部分)

宣化地質學校編

中國工業出版社出版 (北京德勝門外大街10號)
(北京市書刊出版業營業許可證出字第110號)

地質印刷廠印刷

新華書店科技發行所發行·各地新華書店經營

開本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印張 $6^{1/8}$ 插頁2 字數131,000
1961年7月北京第一版 1961年7月北京第一次印刷
印數0001—2,533 定價(9—4)0.63元

統一書號：15165 533 (地質—5)

目 录

結論	5
§ 1. 地基、基础与土力学的概念	5
§ 2. 土力学与地基基础在国民經济中的意义	7
§ 3. 土力学与地基基础的发展簡史	8
第一章 土內应力的分布	13
§ 1. 土內应力的一般概念	13
§ 2. 集中力作用下地基中的附加应力	14
§ 3. 基础底面上压力的分布	19
§ 4. 矩形均布荷載作用下地基中的附加应力	23
§ 5. 圓形均布荷載作用下地基中的附加应力	30
§ 6. 用部分总和法求地基中的附加应力	31
§ 7. 条形荷載作用下地基中的附加应力	34
§ 8. 土的自重应力	41
第二章 建筑物地基的沉降	47
§ 1. 土的变形和沉降的一般概念	47
§ 2. 在无側胀的压縮下地基沉降量的計算	51
§ 3. 用分层总和法求地基的沉降量	54
§ 4. 用等值层法求地基的沉降量	61
§ 5. 沉降速度的計算	64
§ 6. 許可沉降量和許可不均匀沉降量	67
第三章 地基的强度和稳定性	72
§ 1. 地基的强度和稳定性的一般概念	72
§ 2. 土的极限平衡理論	73
§ 3. 根据塑性变形区的范围不能超出某—限度来确定 地基的許可耐压力	80
§ 4. 根据极限荷載确定地基的許可耐压力	87

§ 5.	用地基规范确定地基的许可耐压力	90
第四章	斜坡稳定性的计算	100
§ 1.	斜坡稳定性的一般概念	100
§ 2.	条分法斜坡稳定性的计算	100
§ 3.	水平力法斜坡稳定性的计算	105
§ 4.	稳定斜坡法斜坡稳定性的计算	111
§ 5.	当有渗流通过斜坡时斜坡稳定性的计算	115
第五章	挡土墙上的土压力及山地压力的计算	123
§ 1.	挡土墙上土压力的一般概念	123
§ 2.	用朗金理论求挡土墙上的土压力	126
§ 3.	用库仑理论求挡土墙上的土压力	133
§ 4.	山地压力的计算	137
第六章	天然地基上的浅基础	146
§ 1.	概述	146
§ 2.	天然地基上浅基础的类型	148
§ 3.	基础埋置深度的选择	155
§ 4.	天然地基上浅基础的设计	158
§ 5.	天然地基上浅基础的施工	166
第七章	天然地基上的深基础	180
§ 1.	概述	180
§ 2.	沉井	180
§ 3.	沉箱	182
§ 4.	管柱钻孔法	185
第八章	人工地基	187
§ 1.	概述	187
§ 2.	人工土基	188
§ 3.	桩基	192
	主要参考文献目录	199

緒 論

§ 1 地基、基础与土力学的概念

絕大多数建筑物（如房屋、堤坝、道路等）都建造在地壳表层的岩石上面。承受这个建筑物重量的全部土层叫做这个建筑物的地基。

一般建筑物由二部分构成，在地面或水面以上的部分称为上部结构，在地面或水面以下的部分称为下部结构。下部结构也就是建筑物的基础。基础的作用是把建筑物的重量和作用在建筑物上的荷载传布到在它下面的地基上去。

图 1 表明一个柱子或墙在地下部分的大概布置。从图中可以看出基础与上部结构和地基之间的关系。图 2 表明一个重力坝造在石基上面的情况。这种情况下，坝身和坝的基础部分实际上是一个整体，并没有明显的分界。

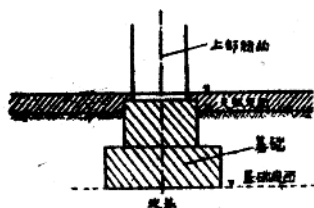


图 1 地基和基础

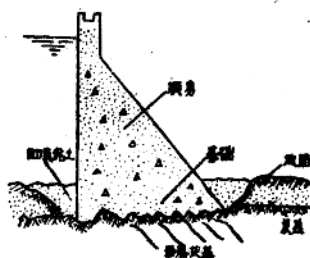


图 2 重力坝的地基

当岩层作为建筑物的地基时，由于建筑物的重量和作用在建筑物上的荷载，通过基础传递到地基中去，因此使地基

土体内部产生应力和变形。这种变形表现为地基沉陷和强度稳定性的破坏，因而直接影响建筑物基础及其上部结构的安全。土力学就是一門运用力学专门来研究土体内部的应力和变形的科学。

土的自重同样在土体内产生应力，但是由于天然形成的土层中共作用的期間已很长（在几千年以上），所以一般說来由于这种应力作用而产生的变形已經完成。然而，在某些情况下，例如开挖人工边坡、挖掘地下坑道等，便会使土内的应力重新分布，因而亦将发生变形，产生人工边坡的滑动，地下坑道頂板的塌落等。因此土力学对于这些情况下土内的应力和变形也要加以研究。

由于土内的应力和变形与土的物理力学性质有着密切的关系，因此土力学还必须研究与工程建筑有关的土的物理力学性质。但是，土的物理力学性质已在工程岩石学中有詳細的研究，所以本教材中将这一部分內容加以刪略。

坚硬岩石具有很大的强度，并且是不可压缩或压缩性很小的，所以当它們作为建筑物的地基时，不致产生过度的变形，因此它們的承載能力一般是沒有問題的。松軟的土（如砾石、砂、粘土等）具有与坚硬岩石完全不同的特性——松軟性，它們不是連續的固体，而是由許多单独的固体顆粒所組成的物体，这些顆粒之間沒有粘結或者粘結的强度比顆粒本身的强度要小得多。因此，松軟的土具有一些特殊的性质——孔隙性、压缩性、渗透性、內摩擦等。这些性质使松軟土的强度大大低于坚硬岩石，对于作为建筑物的地基是不利的。同时，松軟土在地壳表面的分布很广。所以，土力学的主要研究对象是松軟土。

在了解了地基土体内部的应力和变形之后，我們便能正

确地設計建筑物的基础，如选择建造基础所用的材料、基础的砌置深度、构造和形状，以及施工的方法等。当地基土的强度不足时，还必须用人工加固的方法加强地基的强度，使其满足建筑物对地基的要求。因此，土力学与地基基础之間有着密切的关系。

§ 2 土力学与地基基础在国民經济中的意义

任何建筑物的地基是否稳固，都将直接影响建筑物的安全。例如地基承受建筑物的重量之后，通常都要发生变形，因而引起建筑物的沉陷。当建筑物的沉陷过大或不均匀时，将使建筑物毁坏，特别是現代巨大規模的工业与民用建筑物不但本身有巨大的重量，而且它們的结构一般还不容許地基产生較大的不均匀沉陷。水工建筑物除了产生巨大的垂直荷載之外，一般都受水平荷載，更可能由于稳定性的丧失而引起建筑物的滑动。例如美国的加里佛利斯堤坝的潰决，就是由于地基土抵抗不住巨大的水平荷載而产生滑动所致。由此可见，研究土內的应力和变形，預先計算出建筑物的可能沉陷量，了解地基的强度和稳定性，对于建筑物的结构和地基基础的設計具有重要的意义。

我們可以举出很多由于对地基的沉陷和强度稳定性估計不足，而造成建筑物破坏的实例。例如某紡織厂的主厂房刚建好不久，就有一百多根柱子发生严重下沉，有的沉了20厘米左右，造成了极大損失。某水閘修成后，由于不均匀沉陷，产生很大裂縫。

但是，在另一方面也有不少由于正确地利用了土力学的原理，成功地处理地基的例子。例如汉水某分水閘，造在軟粘土层上，由于事先預算了它可能产生巨大的沉陷，因而事

先采用了預压加固的措施处理了地基，使水閘的沉陷大为减小。苏联在1926—1933年修建的斯維尔水电站是利用土力学知識正确处理地基沉陷設計問題的卓越范例。該坝的地基是100米厚的可压缩粘上层。在当时世界上还没有遇到过在这种地基上修建混凝土坝和水电站的經驗。当时的美国顧問認為在这样的地基上修建水电站是危险的荒謬的主意。然而，苏联的科学家和工程师展开了大規模的研究工作，根据沉陷計算和施工过程中的觀測，他們断定主厂房当水庫裝滿水后将向上游傾斜 0.35° 左右。由于渦輪机必須在水庫裝水前安裝，而計算傾斜度又超过渦輪机所能容許的数值，于是决定在安裝渦輪机时，先向下游傾斜，使得水位升高后正好垂直。結果証明，当水庫裝滿水后渦輪机軸果然垂直，与預料一致。1933年12月斯維尔水电站开始发电，向全世界証实了在非石基上筑坝和建立水电站的可能性，显示苏联科学的輝煌成就，創造了正确运用土力学原理处理地基問題卓越实例。

§ 3 土力学与地基基础的发展簡史

土力学与地基基础象其他的科学一样，是从人类改造自然的工程实践中发展起来的，这些实践的經驗，归納在一起提高为系統的理論，就成为科学。

我国勤劳勇敢的劳动人民，早在几千年前就积累了丰富的建筑地基与基础的經驗。壮丽的牌坊、巍峨的佛塔、安静的寺院、奇巧的桥梁、宏伟的宮殿以及高大的城墙等，它們都具有坚固的基础和稳定的地基。直到現在很多巨大規模的建筑物仍被保留下来。例如唐朝佛光寺大殿、薊县独乐寺的山門和观音閣、北京的故宮、天坛等；由于这些古代建筑物

采用单独基础（柱基），把柱子立在石基上，因而基础十分稳固。这种基础类型和现代的鋼架或鋼筋混凝土建筑的基础十分相似。成千上万的桥梁如西安的灞桥、北京的卢沟桥、河北的赵川桥、四川的竹索桥等，采用了各式各样的桥墩基础形式，以符合当地的地形及地质条件。在基础工程方面，很早就采用打灰土的方法，这种方法直到今天仍被广泛应用。可想而知，我国古代在地基与基础的建筑技术方面已经达到了相当高的水平。但是在封建制度的統治下，統治階級根本不重視劳动人民的經驗和技术，許多丰富的加固基础和改造地基的方法失传，当然更不可能加以系統的总结和科学的論証。

十七世紀以后，由于西方資本主义的发展，刺激了工程建筑事业的发展，使土力学与地基基础也相应地得到发展。1773年法国科学家庫仑发表了著名的土压力滑楔理論和土的抗剪强度公式；1856年法国工程师达尔西創立了砂土渗透性的理論和大家所熟悉的达尔西公式，为后来土力学的創立打下了基础。一直到1869年出版了俄国著名学者卡尔洛維奇所著的世界第一本“地基与基础”教程。1879年—1881年俄国学者进行了关于土內应力分布最初的实验研究。1925年美国学者太沙基完成了“土的建筑力学”一書比較系統地論述了土的物理力学性质，对土力学的发展具有一定的功績，但是由于資產階級的机械观点所致，在此著作中尚有一系列錯誤的原理、不明确性和假定性。因此，对土內应力和变形方面的研究是十分零碎和片段的，土力学还没有作为一門独立的科学出現。

1917年十月社会主义革命以后，苏联在几个五年計劃的年代里，建筑工程出現空前未有的技术規模，这便給苏联建

筑工程师和科学家提出了一系列新的研究任务，为土力学的发展开辟了新的广阔的道路。H. M. 格尔謝万諾夫在1931年发表的“土体动力学基础”是近代土力学的主要著作之一，他第一次提出了关于飽和土及其在荷載作用下变形的正确理論。由于建筑工程的实际需要，苏联开展了土的物理力学性质的研究。例如 M. M. 菲拉托夫对土的胶体特性的研究；Ю. M. 阿別列夫、H. Я. 捷尼索夫等对黃土及多年冻土的物理力学性质的研究，均取得了很大的成就。由于土的力学性质研究，通过大規模工程建設得到了发展，因此在这一期間里，土力学終于成为一門独立的科学发展起来。在1935年出版的 H. A. 崔托維奇所著的“土力学”，第一次对土力学作了系統的总結。

在苏联宏伟的社会主义和共产主义建設中，苏联在地基与基础的設計及施工方面也取得了卓越的成就。如气压沉箱的施工技术达到了很高的水平。在桥墩施工方面創造了“管柱鑽孔法”，不仅大大提高了施工效率，而且也避免了在水下工作的困难。人工加固地基方面，B. A. 尔查尼欽等創造了砂化法，在修筑莫斯科地下鉄道时被广泛地采用。因此，苏联在土力学与地基基础方面的科学技术水平已远远地超过了资本主义国家。

近百年来，半封建半殖民地的旧中国，在封建主义和帝国主义的压迫下，經濟上处于极其落后的状态，因此在地基基础的科学技术方面也是极端落后的。在工程建筑方面，常常是在沒有地基土的實驗分析資料的情况下进行建筑而发生問題，有的盲目地使用桩基，加大安全系数，給工程上带来严重的浪費。解放前，我国只有两三个規模狭小的土工實驗室，更沒有适合于为配合地基基础設計用的鑽探設備。

1949年全国解放以后，在党和政府领导下，展开了大规模的社会主义建设，由于苏联的无私援助和我国人民的忘我劳动，超额并提前完成了二个五年计划的主要经济指标。基本建设的规模也是空前未有的。很多巨大规模的建设工程是在旧社会不敢想象的，如武汉长江大桥、黄河三门峡水力枢纽工程、治淮工程、鞍钢、武钢、包钢等钢铁基地、长春第一汽车工厂以及无数的工业民用建筑、铁路公路建筑和水利工程建筑，都已经建设起来。这些工程建筑的实践大大地推动了我国土力学与地基基础科学技术的发展。特别是1958年以来我国的工程建筑在总路线、大跃进和人民公社的三面红旗光辉照耀下出现了世界上罕见的速度和规模。北京的十大建筑物（如北京车站、人民大会堂等），利用了十几个月的时间就已建成，并在质量上达到了先进的国际水平。

工程建筑事业的蓬勃发展，促使我国土力学与地基基础科学技术的飞跃发展。建筑工程部、水电部等有关工业部门的基本建设单位相应成立了地质勘测单位和土工试验室。中国科学院土建研究所、建筑工程部建筑技术研究院以及水电部、铁道部等都相应地成立了土力学和地基基础方面的研究机构，并作出了有价值的研究成果。各高等及中等工业院校也都开设了土力学与地基基础的课程。1953年8月间，中国科学院和建筑工程部在北京联合召开了第一次全国性的工程地基土壤检验会议，在会上围绕着土质勘探、检验及地基设计理论等问题进行了讨论，并交流了经验，为全国各单位在工程地基土壤工作的进一步发展奠定了基础。1955年春，水电部召开了水利科学实验研究会议，对土工方面问题也进行了讨论。1956年6月间水电部召开土工专业会议，制定了统一的土工试验操作规程。1959年建筑工程部召开了地基基础

會議，对促进地基基础的設計和施工技术方面的发展也起了很大的作用，并制定了我国工业和民用建筑地基发展和稳定性計算的統一规范。这些會議不仅指导了我国社会主义建設中的工程建筑实践，而且丰富了土力学与地基基础的科学宝库。我国土力学与地基基础方面的科学技术水平已經进入到世界先进水平的行列。

在今后我国的伟大社会主义建設中，由于工程建筑事业的发展，将对土力学与地基基础的研究提出愈来愈多的要求和新的問題。因此，进一步研究土力学与地基基础，使它更好地为社会主义建設服务，已是我国科学工作者的艰巨而光荣的任务。

第一章 土內应力的分布

§1 土內应力的一般概念

为了研究在建筑物作用下土內的变形，必須首先研究土內应力的分布情况。只有知道了土內应力的数值才能解决建筑物地基沉降量和强度稳定性的計算問題。因此研究土內应力的分布具有很大的实际意义。

所謂土內应力，就是土体的任何一部分，作用在其邻近部分的单位面积上的力。

土內应力是由两种力的作用結果而产生的。一种是由于土的自重作用而产生的应力，这种应力称为自重应力。另一种是由于在土体上建筑物的荷重作用而产生的应力，这种应力称为附加应力。

表示土內某点的应力情况，可用平行于直角坐标的平面分出一个微小的立方体（见图1-1）来表示。此时，立方体的每一个面上作用的应力分量可用下列符号表示：

σ_x ——豎向应力；

σ_y ——水平法向应力，作用在 y 軸的方向上；

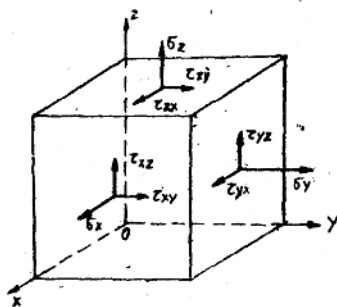


图 1-1 地基土体中某一点的应力分量

σ_x ——水平法向应力，作用在X軸的方向上；

τ_{xz} 、 τ_{xy} ——切向应力，作用在垂直于x軸的平面上；

τ_{yz} 、 τ_{yx} ——切向应力，作用在垂直于y軸的平面上；

τ_{zx} 、 τ_{zy} ——切向应力，作用在垂直于z軸的平面上；

建筑物地基的沉陷是由于豎向应力 σ_z 作用的结果，因此在計算地基沉陷量时，必須首先求出豎向应力 σ_z 的数值。

当地下建筑物（如下水道沟管）的附近新修筑建筑物时，便使地下建筑物的側面受到附加的水平法向应力 σ_y ，此时必須求出 σ_y 的数值来驗算地下建筑物側壁的强度。

当建筑物地基中的切向应力 τ 超过地基土体的抗剪强度时，土体就会发生剪裂破坏，建筑物的稳定性也将受到威胁。因此，在評定地基的强度和稳定性时，必須首先求得切向应力 τ 的数值。

由上述可知，研究地基中的应力具有很大的实际意义。所以下面各节我們分別研究在各种外荷作用下地基中的应力。

§2 集中力作用下地基中的附加应力

集中力作用下地基中的附加应力是研究土內附加应力分布的基本课题，由此出发，应用加法（积分）可以得到在实际的、更复杂的荷載作用下的应力情况。

在研究土內的应力时，首先假定，土是均匀的直綫变形体（即应力与变形之間的关系是直綫性的）。布西奈斯克根据这一假定，运用弹性理論得出了在集中力作用下地基中任一点的应力公式：

$$\sigma_z = \frac{3p}{2c} \times \frac{z^3}{R^5} \quad (1-1)$$

$$\left. \begin{aligned}
 \sigma_y &= \frac{3p}{2\pi} \left[\frac{y^2 z}{R^5} + \frac{1-2\mu}{3} \left(\frac{1}{R(R+z)} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. - \frac{(2R+z)y^2}{(R+z)^2 R^3} - \frac{z}{R^3} \right) \right] \\
 \sigma_x &= \frac{3p}{2\pi} \left[\frac{x^2 z}{R^5} + \frac{1-2\mu}{3} \left(\frac{1}{R(R+z)} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. - \frac{(2R+z)x^2}{(R+z)^2 R^3} - \frac{z}{R^3} \right) \right] \\
 \tau_{xy} &= \frac{3p}{2\pi} \times \frac{xyz}{R^5} \\
 \tau_{yx} &= \frac{3p}{2\pi} \times \frac{xyz}{R^5} \\
 \tau_{xy} &= \frac{3p}{2\pi} \left[\frac{xyz}{R^5} - \frac{1-2\mu}{3} \right. \\
 &\quad \left. \frac{(2R+z)xy}{(R+z)^2 R^3} \right]
 \end{aligned} \right\} (1-2)$$

式中 p ——集中力；

μ ——侧膨胀系数；

其余符号见图 1-2。

为了计算竖向应力 σ_z 的方便起见，用 $R = \sqrt{r^2 + z^2}$ 代入公式 (1-1) 得：

$$\begin{aligned}
 \sigma_z &= \frac{3p}{2\pi z^2} \cdot \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{r}{z} \right)^2 \right]^{\frac{5}{2}}} \\
 &= K \cdot \frac{p}{z^2} \qquad (1-3)
 \end{aligned}$$

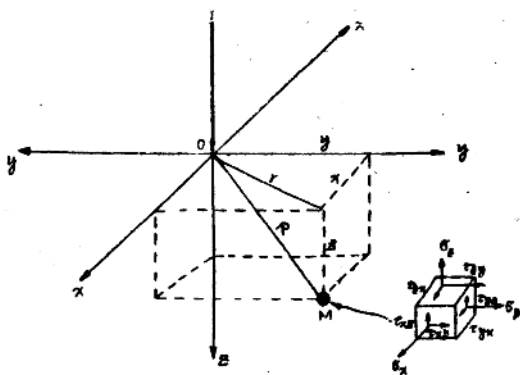


图 1-2 在集中力作用下任一点的应力

式中 $K = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{r}{z}\right)^2\right]^{\frac{5}{2}}}$; 利用表 1-1, 知道

了 $\frac{r}{z}$, 就可以求得 K 。

如果在地面上有几个集中力作用(见图 1-3), 则岩石内任一点的应力可当作由单独作用的应力总和来计算。按图 1-3 的符号, 则某点的竖向应力为:

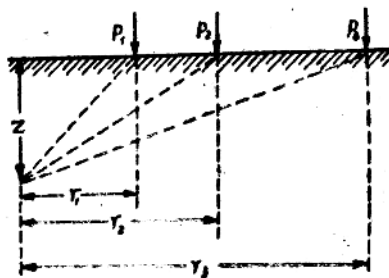


图 1-3 几个集中力作用略图