

21

世纪高等职业技术教育规划教材

土木工程类

付润生 主编

王晓谋 主审

基础工程

Jichu Gongcheng



西南交通大学出版社

[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

21 世纪高等职业技术教育规划教材——土木工程类

基 础 工 程

付润生 主编

王晓谋 主审

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

基础工程 / 付润生主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2006.10

21 世纪高等职业技术教育规划教材. 土木工程类
ISBN 7-81104-439-0

I. 基... II. 付... III. 地基—基础 (工程)—高等学校: 技术学校—教材 IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 098866 号

21 世纪高等职业技术教育规划教材——土木工程类

基 础 工 程

付润生 主编

*

责任编辑 张 波

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 15.25

字数: 379 千字 印数: 1—3 000 册

2006 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 7-81104-439-0

定价: 22.00 元

图书如有印装问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书是根据高职高专土建类铁道工程专业人才培养目标、教学理念和要求,结合当前铁路建设发展的实际情况,参照最新修订的《铁路桥涵地基基础设计规范》、《铁路桥涵地基基础施工规范》及其他岩土工程新规范、新的操作规程编写的。

本书共八章,内容涉及桥梁及其他建筑工程的明挖基础、沉井基础、桩基础和管柱基础的主要设计概念和施工工法、测量方法及内容、深水基础、特殊土地基和地基处理。编写时注意突出了高职高专以应用和操作为主的教学特点,在理论联系实际的同时主要突出施工实践,强调可操作性和对新工法的介绍。同时根据铁路、公路工程点多线长,涉及不同土质区域较多,而且随着铁路、公路建筑工程等级的不断提高,地基处理的频率越来越高的现状,对湿陷性黄土等特殊土地基和地基处理作了有针对性的介绍。

本书由陕西铁路工程职业技术学院付润生主编,并编写绪论,第一、二、三、六、七、八章;陕西铁路工程职业技术学院焦胜军副教授编写第四、五章。全书由付润生统稿。

本书主审王晓谋教授极其仔细地审阅和修改了全书,提出了很多极有裨益的修改意见和建议,在此表示诚挚的谢意。

由于编者理论水平和实践经验所限,书中错误和不当之处在所难免,敬请读者不吝赐教!

编 者

2006年7月

目 录

绪 论	1
第一章 概 述	3
第一节 地 基	3
第二节 基 础	9
思考题	12
练习题	12
第二章 天然地基上浅基础设计	14
第一节 基础的构造形式和砌体材料	14
第二节 基础的埋置深度	15
第三节 桥墩明挖基础设计	17
第四节 桥台明挖基础设计	22
思考题	28
练习题	29
第三章 浅基础设计	30
第一节 基础施工测量	30
第二节 旱地上浅基础的施工	32
第三节 水中基础施工	41
第四节 钢板桩设计计算与施工	55
第五节 基底检验及处理	64
思考题	65
练习题	66
第四章 桩 基 础	68
第一节 桩基础的类型与构造	68
第二节 桩基础的设计原则	71
第三节 单桩的轴向容许承载力	73
第四节 群桩作用及检算	78
第五节 考虑土的弹性抗力时桩基础的计算	80
第六节 刚性桩(刚性基础)	83
第七节 弹性桩(弹性基础)	88
第八节 桩基础施工前的调查和准备	98

第九节 挖孔桩施工	100
第十节 钻孔桩施工	103
第十一节 预制桩的构造与施工	122
第十二节 管柱基础	125
思考题	131
练习题	132
第五章 沉井基础	133
第一节 沉井的类型和构造	133
第二节 沉井施工主要方法及程序	137
第三节 挖井基础	156
思考题	158
练习题	158
第六章 其他基础简介	160
思考题	167
第七章 特殊土地基	168
第一节 湿陷性黄土地基	168
第二节 软土地基	175
第三节 膨胀土地基	181
第四节 多年冻土地基	186
思考题	192
练习题	192
第八章 地基处理	194
第一节 概 述	194
第二节 换填垫层法	196
第三节 预压法	202
第四节 复合地基	220
第五节 其他几种地基处理技术简介	231
思考题	236
参考文献	237

绪 论

一、本课程的任务及内容

万丈高楼平地起，任何建筑物都建造在特定的地层上。建筑物直接与地壳表层接触的结构物称为基础。修建在河床土层中的称为水中基础，其他则为旱地基础。为了使基础的稳定，基础应埋入地下一定深度，一般埋置深度不大于 5 m 的称为浅基础；反之，因浅层土质不良，需将基础埋置于较深的良好土层，用特殊施工方法建造起来的称为深基础。而承受基础并受其荷载影响的地层则称为地基，如图 0.1 所示。未加处理就可以满足设计要求直接将基础修建在上面的地基称为天然地基；因为承载力不足或稳定性差等原因不能满足设计要求，需人工进行加固处理的地基，工程上称为人工地基。

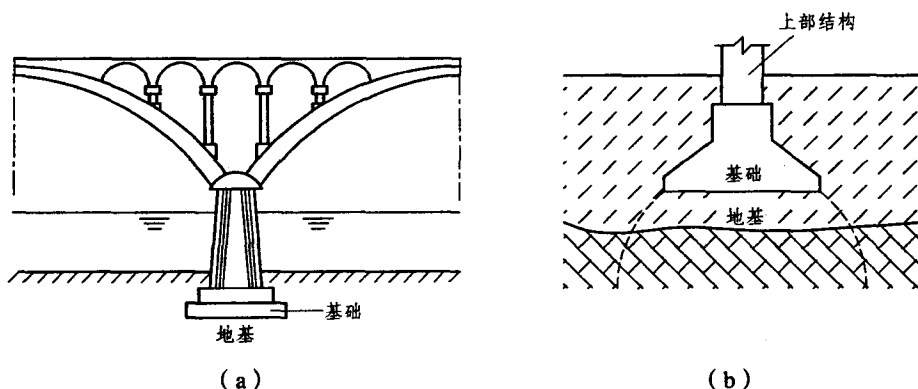


图 0.1 地基与基础

一个建筑物使用寿命的长短，使用功能的优劣，除了与其主体结构设计与施工是否坚固合理有关之外，基础工程的勘测、设计与施工质量的好坏也有直接影响。基础工程施工常在地下或水下进行，往往需挡土挡水，施工难度大，所占工程造价比例高，工期较长。基础又是隐蔽工程，一旦出现问题，修复补救十分困难。因此，基础工程在土木工程中占有十分重要的地位。

本课程的任务就是阐述在建筑物荷载作用下，地基、基础和主体结构三部分彼此联系、又相互制约的内在规律。设计时应怎样根据地质勘察资料，综合考虑三者之间的相互作用、变形协调与施工条件，进行经济技术比较，选取安全可靠、经济合理、技术先进、施工简便的地基基础方案。根据设计要求怎样组织行之有效的施工，提高工艺水平和施工质量，怎样趋利避害缩短工期、增加社会效益。

本课程以铁路桥梁墩台的基础为主要内容，扼要的介绍地基、基础设计的基本理论和原则；全面、系统的介绍各种类型基础的施工方法和工艺程序。

二、本课程的特点和学习要求

地基、基础设计是否符合实际情况，除了与对地质水文条件的认知程度有关之外，还与土力学理论有很大关系，而目前土力学理论并非十分成熟和完善。这是因为土是散状颗粒体的集合体，它的成因和空间分布构成了土的多样性，与连续介质相比，更具复杂性。而且在自然环境湿度、温度、水流、压力和振动的影响下，土会产生显著的性质变化，存在许多不确定性。而土力学在对土进行研究时对土进行了大量的简化，尽量抓住其性质的主要方面，围绕这种主要性质又作了一系列假设，使其符合当时解决该问题所具有的科学水平，使原本较复杂的土被较简单的研究模型所代替，所产生的用于生产实际的方法和公式大多是半理论半经验的产物。这些决定了本课程的主要特点，因此，学习地基基础相关知识，必须扎根于试验、实践活动，注重总结成功的经验，提炼精华，不断丰富、发展和完善相关理论。

基础工程是土木工程专业的一门重要的专业课。其内容涉及学科较多，如工程地质、土力学与土质学、水力学、桥涵水文、材料力学、结构力学、结构设计原理和桥梁工程。因此要学好地基基础课程，首先必须很好地掌握上述先修课程的基本内容和基本原理，为学好本课程打好基础。同时还要认真向实践学习，建立必要的地基基础方面的感性知识，从实践中进一步增强对各种地基土的认识，才能掌握学习上的主动权。

我国地域辽阔，分布着各种各样具有独特物性的土类。某些土类作为地基（如湿陷性黄土、软土、膨胀土、红黏土、冻土）具有其特殊性质而必须针对其特性采取相应的工程措施。因此必须牢固建立地基基础具有明显的区域特性的概念。且天然地层的性质和分布也因地质、深度而存在很大差异。故具体问题必须具体对待，而基础施工又往往涉及防水、排水、水下灌注混凝土等复杂施工问题，对于同样的基础结构，因为所处地域不同，或参与施工的主要人员的主要经历不同，就可能采用或必须采用风格各异的施工方法。所以，基础的建造、不良地基的人工处理，乃至基础结构的设计，可谓方法众多，精彩纷呈，既有其共性，也体现出独特的个性。要掌握这些知识，根据自然条件做出最优设计，或根据实际情况制定最佳施工方案，选择先进的施工机具，以求达到安全、高效、低耗的建造基础的目的，除应具备厚实的地基基础理论功底，还需要有较丰富的实践经验。作为学习者，首先应掌握解决这些问题的理论知识、原理、手段及路径；同时应注重向实践学习，做到理论联系实际，通过各个教学环节，紧密结合工程实际，才能真正掌握处理地基基础问题的方法和技巧。提高分析问题、解决问题的能力。

土木工程建筑物种类较多，不同行业有不同的专门规范。故本课程涉及的规范比较多，而不论是基础工程的设计还是施工，都必须严格遵守规范、规程。因此，在理论学习阶段应以学科知识体系为主，弄清基础工程设计尤其是施工中的主要内容和基本方法；还应根据专业特点，熟悉和使用行业规范。

第一章 概 论

第一节 地 基

地基指直接承载基础、受基础荷载影响的那部分土层。

一、地基的类别

以是否经过人为加工处理地基分为天然地基和人工地基两大类。

(1) 天然地基。凡在未经人工加固过的土层上直接修建基础的地基称为天然地基。它施工简单、费用低廉、工期较短，因此一般情况下应尽量采用天然地基。

(2) 人工地基。当地基承载力不足或压缩变形大，不能满足设计要求时，可以针对不同情况对地基土进行加固处理。目的是增加地基的强度和稳定性，减少地基的变形。这就形成了人工地基。

工程实践中还会碰到一些特殊情况，如世界闻名的意大利比萨斜塔、中国的虎丘塔及很常见的建筑物倾斜，都是因为地基不均匀变形所致。要让它们正常发挥功能，就必须对它们进行加固。

综上所述可以看出，人工地基可分为两大类：一类是在建筑物修建以前，在基坑开挖时即进行人工处理；一类是在建筑物已经修建以后对地基的加固。加固和处理方法很多，目前我国成熟的施工技术就有十多种，后面将专题进行讨论。

二、地基容许承载力

地基承载力是地基土单位面积上承受荷载的能力。通常把地基不致失稳时地基土单位面积上所能承受的最大荷载称为地基极限承载力。地基容许承载力是指考虑一定安全储备后的地基承载力。容许承载力是基础设计，桥梁的墩台和房屋的上部结构设计的前提。用容许承载力可以保证地基有一定的安全储备，提高了上部结构的安全性。

地基容许承载力必须同时满足两个基本条件：一是要保证地基的强度和稳定性，不致因外荷载超过地基强度，而地基被剪坏挤出，引起建筑物倾斜或坍塌；二是要保证基础的沉降量限定在容许范围以内，不能因基础沉降量过大使建筑物的正常使用受到影响。

确定地基容许承载力是一项比较复杂的工作，主要考虑以下几方面的影响因素：

(1) 考虑土的堆积年代。在天然状态下，土的堆积年代越久，成岩程度越高，承载力也越大，反之则小。

(2) 不同成因的土，具有不同的承载力。对同一类型的土，一般地说，冲洪积成因的承载力，要比坡积成因的大。

(3) 不同力学指标的土, 其承载力也不相同。

(4) 黏土具有亲水性, 含水量超过一定限度时, 承载力就要降低。地下水位大幅度升降会影响地基变形。湿陷性黄土遇水湿陷; 膨胀土遇水膨胀, 失水收缩。这些对承载力都有影响。

(5) 建筑物的结构形式、体型、整体刚度、重要性以及使用要求不同, 对沉降的要求也不同, 因而对承载力的选取也不同。

(6) 基础尺寸及埋深对承载力也有影响。

可根据实际情况选用原位静载试验、触探试验、旁压仪试验、室内试验、邻近旧基础调查对比以及弹性理论公式的计算分析来确定地基容许承载力, 也可以按照规范规定的方法确定。

按《铁路桥涵地基基础设计规范》(以下简称《桥规》) 确定地基容许承载力, 方法简便, 只要取得土的有关物理力学指标, 即可求得地基容许承载力。同时只需对地基进行强度检算, 不必作变形检算, 这就大大减少了设计工作量。所以, 按《桥规》确定地基容许承载力这种方法在工程中应用最广。

按《桥规》确定地基容许承载力时, 常把建筑物基础以下土层分成两种: 直接承受建筑物荷载的土层称为持力层; 位于持力层下面的各土层称为下卧层。无论是持力层还是下卧层, 作用在这些土层顶面上的竖直压应力, 都必须小于或等于地基的容许承载力, 否则应改变设计。

1. 持力层的容许承载力

地基容许承载力由基本承载力 σ_0 和基础的宽度修正及深度修正组成。

基本承载力 σ_0 是根据各类地基土的物理力学性质及荷载试验资料的统计分析与国内实践, 并参照国内外规范综合考虑编制的。所谓基本承载力 σ_0 系指基础最小边宽 $b \leq 2\text{ m}$ 、基础埋深 $h \leq 3\text{ m}$ 时的工程地质条件简单的一般桥涵地基的承载力。故当基础的最小边宽及埋深符合上述条件时, 可直接用基本承载力 σ_0 作为地基的容许承载力, 而不需加任何修正。如经原位测试(荷载试验、静力触探、动力触探、旁压仪及十字板剪切试验等)、理论公式计算、邻近旧基础的调查对比、既有地区建筑经验的调查, 其承载力可不受《桥规》中基本承载力 σ_0 表列数值的限制。对于地质条件和结构均较复杂的桥涵地基, 其承载力宜经原位测试确定。各类土地基的基本承载力 σ_0 表列数值允许内插。

当 $b > 2\text{ m}$ 、 $h > 3\text{ m}$ 且 $h/b \geq 4$ 时, 地质条件和结构均较复杂时则要进一步考虑基础宽度、埋深、墩台基础的水深及既有桥涵多年运营压密等因素统筹确定。地基的容许承载力 $[\sigma]$ 按《桥规》所示的公式计算

$$[\sigma] = \sigma_0 + k_1 \gamma_1 (b - 2) + k_2 \gamma_2 (h - 3) \quad (1.1)$$

式中 $[\sigma]$ ——地基容许承载力 (kPa)。

σ_0 ——地基土的基本承载力 (kPa)。

b ——基础的最小边宽度 (m), 对于矩形基础为短边宽度; 对于圆形或正多边形基础为 $\sqrt{F}$ [F 为基础的底面面积 (m^2)], 大于 10 m 时按 10 m 计算。

h ——基础底面的埋置深度 (m), 对于受水流冲刷的墩台, 由一般冲刷线算起; 不受水流冲刷者, 由天然地面算起; 位于挖方内, 由开挖后地面算起。

γ_1 ——基底以下持力层土的天然重度 (kN/m^3)；如持力层在水面以下，且为透水土，应取浮重度。

γ_2 ——基底以上土的天然重度的平均值 (kN/m^3)；如持力层在水面以下，且为透水土，水中部分应采用浮重度；如为不透水土，不论基底以上水中部分土的透水性质如何，应采用饱和重度。

k_1 、 k_2 ——宽度、深度修正系数，按持力层土的性质决定，见表 1.1。

表 1.1 宽度、深度修正系数

土的类别 系数	黏 性 土				黄 土		砂 类 土								碎 石 类 土			
	Q ₄ 的冲洪积土		Q ₃ 及其以前的冲洪积土	残积土	新黄土	老黄土	粉 砂		细 砂		中 砂		砾 砂、粗 砂		砾石、圆砾、角砾		卵石土	
	I ₁ <0.5	I ₁ ≥0.5					中密	密实	中密	密实	中密	密实	中密	密实	中密	密实	中密	密实
k ₁	0	0	0	0	0	0	1	1.2	1.5	2	2	3	2	4	2	4	3	4
k ₂	2.5	1.5	2.5	1.5	1.5	1.5	2	2.5	3	4	4	5.5	5	6	5	6	6	10

- 注：① 节理不发育或较发育的岩石不做宽深修正，节理发育或很发育的岩石， k_1 、 k_2 可参照碎石类土的系数；但对已风化成砂、土状者，则参照砂类土、黏性土的系数；
② 稍松散的砂类土和松散状态的碎石类土， k_1 、 k_2 值可采用表列中密值的 50%；
③ 冻土的 $k_1 = 0$ 、 $k_2 = 0$ 。

在实际运用时，先按基底持力层土壤查出其基本承载力 σ_0 ，再根据基础的实际尺寸、埋置深度和基础所在位置的水文地质资料，按式 (1.1) 及有关规定，即可计算出地基的容许承载力 $[\sigma]$ 。

在计算地基的容许承载力时，《桥规》还对承载力提高作了以下规定：

(1) 墩台建在水中，基底土为不透水层，常水位高出一般冲刷线每高出 1 m，容许承载力 $[\sigma]$ 可增加 10 kPa。因为当地基土为不透水层时，常水位至一般冲刷线高度内的单位面积上的水柱重量，常年压在不透水的基底面的土层上，等于增加了地基的容许承载力。

(2) 设计荷载为主力 + 附加力时，地基的容许承载力 $[\sigma]$ 可提高 20%。因为一般墩台设计时，在主力作用下，地基土受压大致相同，土的承载力分布接近矩形，而且主力中有的是恒定不变的（如恒载、土压力），有的出现得较为频繁。但活载和附加力同时作用于基底的机会则相对少得多。虽然这时基底压力图线是梯形分布的，即一侧边缘有超过主力作用下的增大值，这对整个地基来说，只是局部的、暂时的现象，不会影响到安全使用。况且附加力的方向大多是可逆的，超载的边缘也是互换的。为了防止出现过大的不均匀压力分布，故作了不超过 20% 的规定和限制。

(3) 既有桥墩台的地基因多年运营被压密，其基本承载力可予以提高，但提高不应超过 25%，这里只考虑基本承载力的提高，因为容许承载力包含着宽度、深度修正，如基础不改建，就只是土被压密基本承载力提高了，而基础的宽、深两个因素没有改变，故只提高基本承载力。

2. 软弱下卧层的容许承载力

持力层以下的土层不一定就比持力层土的性质好，具有软弱下卧层的情况是较常见的。

软弱下卧层,指基底以下某一深度处有一层或两层比持力层土的承载力低的土层。如图 1.1 所示,基底土为卵石土,作为基础的持力层,下一层为粉砂层,再下一层又为卵石土。粉砂层的承载力比持力层卵石土的承载力低,这个粉砂层就是软弱下卧层。

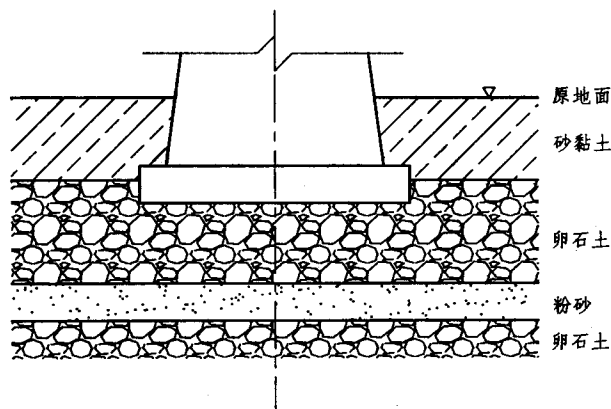


图 1.1 软弱下卧层

持力层下存在软弱下卧层时,则必须检算软弱下卧层的容许承载力,要求其满足设计应力的需求,以保证基础的安全可靠。

作用在软弱下卧层顶面的压应力有两种:一是软弱下卧层顶面以上土的自重应力 $\gamma(h+z)$;二是基底传来的附加应力 $\alpha(\sigma_b - \gamma \cdot h)$ 。《桥规》规定,作用力 σ_H 必须小于软弱下卧层的容许承载力。即

$$\sigma_H = \gamma(h+z) + \alpha(\sigma_b - \gamma \cdot h) \leq [\sigma] \quad (1.2)$$

式中 σ_H ——软弱下卧层顶面上的压应力 (kPa)。

σ_b ——基底压应力 (kPa)。

当 $\frac{z}{b} > 1$ 或 $\left(\frac{z}{d} > 1\right)$ 时, σ_b 采用基底平均压应力。

当 $\frac{z}{b} \leq 1$ 或 $\left(\frac{z}{d} \leq 1\right)$ 时, σ_b 按基底压应力图形采用距最大应力点 $\frac{b}{4} \sim \frac{b}{3}$ 或 $\left(\frac{d}{4} \sim \frac{d}{3}\right)$ 处的

应力值 (对于三角形和前后侧应力差较大的梯形图形,可采用上述 $\frac{b}{4}$ 点处的应

力值;对于前后侧应力差较小的梯形图形,可采用上述 $\frac{b}{3}$ 点处的应力值;具体

做法是根据 $\sigma_{\max}$ 及 $\sigma_{\min}$ 和基础短边宽度 b (m) 基础直径 d (m) 按比例求 $\frac{b}{4}$ 或

$\frac{b}{3}$ 点处的应力值)。

γ ——土的重度,采用软弱下卧层顶面以上各层土的加权平均值 (kN/m^3)。

h ——基底埋置深度 (m),对于受水流冲刷的墩台,由一般冲刷线算起;不受水流冲刷者,由天然地面算起;位于挖方内,由开挖后地面算起。

z ——自基底到软弱下卧层顶面的距离 (m)。

α ——下卧层附加应力系数,见《桥规》附录 C。

$[\sigma]$ ——软弱下卧土层的容许承载力 (kPa),计算方法与持力层 $[\sigma]$ 的计算方法相同。

三、几种确定地基承载力方法的比较

确定地基承载力的方法有原位荷载测试、触探试验、理论公式计算和按《桥规》规定方法确定等。实际工作中应选用哪种方法，则要根据情况具体分析才能确定。

原位荷载测试是在模拟地基受建筑物荷载的作用条件和保证地基土的自然条件下进行的，同时还可以测定土在荷载作用下的变化过程和土的变形模量等。因此，它是确定地基容许承载力几种方法中和最可靠的方法，在地基土各主要受力层的土质没有悬殊变化时，尤其如此。《桥规》中提供的地基土基本承载力和容许承载力经验数据和经验公式，都是在统计分析和对比了大量荷载试验资料的基础上得出的。所以，荷载试验是确定地基土承载力的直接的基本方法。凡是比较复杂的重大工程，都应做荷载试验。但在现场做荷载试验费工时，又只能确定浅层土的承载力，故在一般桥涵和建筑物地基工程中是不做荷载试验的。

触探法也是一种原位测试手段。与荷载试验相比，触探法的显著优点是简捷经济。当静力触探和荷载试验之间建立起了地区性的相关关系之后，静力触探的可靠性不亚于荷载试验。静力触探的贯入阻力是地基土物理力学性质的综合反映，同时还可以取得完整的阻力随深度变化的曲线。它提供的确定地基容许承载力的参数，往往比常规的钻探、取样和试验的结果更为完整和准确。但局限性在于目前还不能用于碎石类土地层，机理的研究也不够深入，在实际生产中的应用多属经验方法，许多情况下需要与钻探、取样和试验配合。动力触探在其结果已经和荷载试验、土工试验、其他测试方式结果建立了相关关系的地区，其触探结果也是比较可靠的。但目前我国总结、积累的动力触探的资料和经验，还需进一步补充和完善；与动力触探相关的《工程地质手册》提供的数据，其最大适用深度仅为 20 m。不少情况下，动力触探还需与钻探配合。

计算地基土承载力的理论公式有很多，土力学中作过大量的介绍。用这些公式和其他方法配合使用，有时可以挖掘地基承载力的潜力，提高地基基础设计的精度。但必须要非常注意地基、基础的实际情况，合理的选择土的抗剪强度指标 ϕ 、 c 值。

按本节详细阐述过的《桥规》方法确定地基容许承载力，方法简便，只要取得有关的物理力学指标，即可求得地基容许承载力。而且当采用《桥规》提供的经验数据和经验公式时，地基只需进行强度检算，不必作沉降检算，这就大大减少了设计工作量。故这种方法在工程中应用最为广泛。但应强调的是，《桥规》提供的地基基本承载力是和地基土的分类密不可分的，一定要正确的确定土的类型，才能正确的确定基本承载力。

我们国家对建筑物是分级分类的，什么类型的建筑物应该用什么手段来确定地基土的基本承载力，各行业都有较明确的规定。在确定大型工程或重要建筑物地基的承载力时，一定要采用多种方法。因为各种方法都有一定的局限性和适应范围，不同的测试方法对各种土往往表现出不同的敏感性。而地质条件又是很复杂的，采用多种方法就可以取长补短，提供比较全面的资料，减少片面性，不致造成分析判断错误。如对于地质条件和结构比较复杂或重要的桥涵工程的地基，其容许承载力就不应单纯按《桥规》提供的方法确定，而应经原位测试确定。

四、土的力学性质对建筑物的影响

在土力学的学习中已经了解和初步掌握了土力学的三大定律，即土的压缩性（压密定

律)、土的透水性(渗透定律)及土的抗剪强度(摩擦定律)。要使修建在地面上的建筑物牢固可靠、经久耐用,就必须了解并掌握建筑物和地基之间的相互作用和影响关系,探索其变化规律,才能正确地进行基础的设计、施工。

1. 土的压缩性对工程建筑物的影响

土是散状颗粒体的集合体,内部存在孔隙,受到表面压力作用后体积会收缩。故压缩性是研究在不同压力下孔隙体积的变化,即压力与孔隙比之间的关系。土工试验可以得到压缩系数、压缩模量,它们都标志土的压缩性。一种土压缩性大,表明在同样压力作用下基础的沉降量大,超出容许值,就影响建筑物的正常使用。当基础范围内的地基土层薄厚不均时,很容易产生不均匀沉降,使建筑物倾斜,这是设计、施工都不允许的。压缩性大必然承载力低,认识到这种关系,进行基础设计时,才能首先考虑地基的压缩沉降对其容许承载力的影响,做到上部结构与地基基础的相互匹配和协调工作。

2. 土的透水性对工程建筑物的影响

土具有孔隙,故土体内可以形成弯弯曲曲的通道使地下水在其中流动,使土具有渗透性。不同的土,其渗透性能的差别很大。土的压缩实际是孔隙水排出、有效压力增长的过程,饱和土要压缩变形(即沉降),必须先把孔隙水排出,才能使土中孔隙减少,土体压缩。孔隙水排出越快,则土的压缩速率也越快。这就是压缩与时间之间的关系。对土的渗透性进行研究,主要是用来分析修建在饱和黏土层上的建筑物的沉降如何随时间而增长,何时终结。施工中也常用来估算基坑中单位时间涌水量的大小。

渗透是水在重力作用下存在水头差的情况下产生的。水头差越大,渗流速度越快。渗流水的体积力,推动和夹带土体一起流动,就形成流砂、管涌现象。它是所有基坑工程和路基工程应严加防治的,以减少其对工程建设的危害。

3. 土的抗剪强度对工程建筑物的影响

土与弹性材料相比,它不均匀也不连续,土粒之间的连接强度远小于土粒本身的强度,在外力作用下的破坏主要是土粒之间发生剪切位移引起的。所以,土的强度就是抵抗这种剪切的能力——土的抗剪强度。

地基土和土工建筑物的破坏,大多数是剪切破坏,路基边坡的垮塌、建筑物地基的失稳,都是土中某一面上的剪应力超过了土的抗剪强度造成的。所以,土的抗剪强度就成为地基稳定和土工建筑物稳定的关键影响因素。掌握抗剪强度和土的类别、含水量高低、建筑物荷载的作用形式、荷载的变化规律,是设计、施工人员至关重要的工作前提。只有服从、运用这种规律,抓住土的抗剪强度对建筑物影响的关键,才能恰到好处的既能保证地基、土工建筑物的安全稳定,又能充分发挥土的相关力学性能,使建筑物既安全又经济。

4. 砂土振动液化对工程建筑物的影响

饱和砂土地基在受振动时“液化”是引起工程建筑物破坏的主要因素之一。砂土液化的原因是饱和砂土受到振动后趋于密实,振动瞬间孔隙水又不能及时排出,造成孔隙水压力迅速增大,减小了土粒间的有效应力,因而降低了土体的抗剪强度。在不断的振动中,孔隙水压力不断增高,土粒间的有效应力不断减小,当有效应力减小至零时,砂土的抗剪强度就等于零,砂土丧失承载能力,这种现象称为“振动液化”。液化给建筑物造成的后果是灾害性的,

下沉、倾斜甚至倒塌。1964 年日本新潟地震，震级 7.5 级，震中距新潟 56 km，由于饱和松砂层中出现“液化”现象，造成约 2 890 幢建筑物倒塌或遭受重大破坏，许多建筑物在“液化”土层上沉降 1 m 以上，并伴随有严重的倾斜现象。我国 1976 年唐山大地震，严重“液化”地区喷水高度高达 8 m，厂房沉降 1 m。天津地震时，海河古道及新近沉积土地区有近 3 000 个喷水冒砂口成群出现，一般冒砂量为 $0.1 \sim 1 \text{ m}^3$ ，最可达 5 m^3 。由此可见砂土振动液化对工程建筑物的影响之巨是超乎想像的。世界各国已经对此足够重视，纷纷采取各种措施加以预防。

第二节 基 础

基础是建筑物底部的一个比建筑物底部尺寸稍大、承上传下的结构。其顶面上的所有荷载都通过它传给地基。

一、基础类型及适用条件

1. 明挖基础

在明挖基坑中建筑的基础称为明挖基础。根据基坑大小与深浅、有无地下水及水量的大小等情况的不同，可采用直接放坡开挖、坑壁支护开挖、设置围堰堵水后开挖等施工方式。施工简单，需要的施工机具较少，如无特殊情况应优先采用。其结构形式一般为刚性实体，自上而下逐层放大，因此，又称为扩大基础。桥梁墩台基础常用的是砌石基础和混凝土基础两种，具体可根据实际需要和材料供应情况确定，最适合在旱地浅基础使用。

2. 沉井基础

沉井是一种竖直的井筒状结构物，如图 1.2 所示。沉井既是基础，又是施工时的挡水和挡土结构物，在桥梁工程中得到较广泛的应用。适宜在地基承载力较大的土层处于地层较深处，不太透水的土层或桥梁墩台基础需要埋置很深，因其他原因不宜采用桩基础时采用。施工时从井筒中间挖土，使井体失去支撑而在自重作用下逐渐下沉，到设计位置后经用混凝土封底、填充，即成为沉井基础。

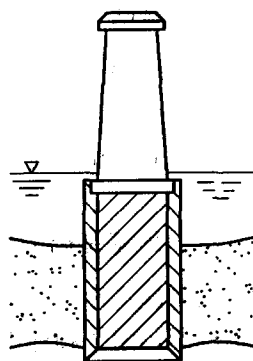
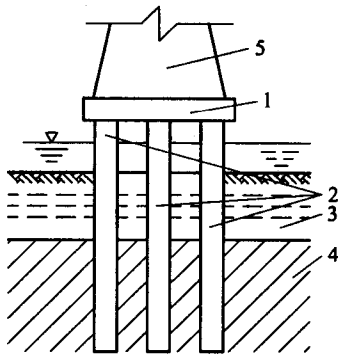


图 1.2 沉井基础

3. 桩基础

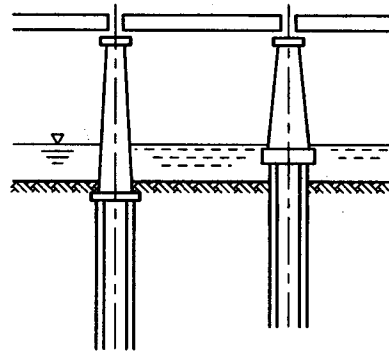
桩基础是将上部结构荷载通过设在土中的桩传递给下部坚硬土层的基础形式。它由若干根桩和承台两部分组成，如图 1.3 所示。并按承台所在位置分为高承台桩基础和低承台桩基础，如图 1.4 所示；按受力条件分端承桩、摩擦桩；按施工条件分为预制桩、就地灌注桩；按挤土效应分为大量排土桩、小量排土桩和不排土桩；按所用材料分为钢桩、木桩、混凝土桩和钢筋混凝土桩。

用桩代替深基础，可以减少材料的用量，加快施工速度，同时桩还可以预制和定型化生产，因此大型桥梁墩台的基础多半都是采用桩基础的。



1—承台；2—桩；3—松软土层；
4—持力层；5—墩身

图 1.3 桩基础



(a) 低桩承台 (b) 高桩承台

图 1.4 高桩承台和低桩承台

桩基础适用于浅层土质较差，深层土体承载力较高，采用其他基础形式不经济；地基沉降量较大和建筑物对地基的不均匀沉降较敏感；施工水位或地下水位较高，河床冲刷较大，河床不稳定或冲刷深度不易确定而采用浅基础施工困难时。

4. 管柱基础

通常将采用大直径预制管桩的桩基础称为管柱基础，它与大直径的桩基础和小直径的沉井基础的主要区别在于：管柱的柱底是钻孔嵌入岩层中的。靠柱底嵌入岩层和柱顶嵌入刚性承台来减少柱的自由长度并提高整个基础的刚度，而不是靠桩侧土体的弹性抗力或专靠加大基础的体积与重量来提高基础的刚度。

管柱基础一般适用于深水、有覆盖层或无覆盖层、岩面起伏较大等条件。

5. 其他类型深基础

除上述几种基础外，还有沉井承台钻孔桩基础、双承台钢管柱基础、钢沉井加管柱基础、双壁钢围堰钻孔基础、浮式钢筋混凝土沉井基础等。

二、地基基础的设计原则

任何建筑物在设计的时候，总是要考虑三方面的问题：① 保证建筑物的质量，即要求建筑物稳固、耐久和适用；② 保证设计的经济性，即要求总造价尽可能的低廉；③ 保证设计的可行性，也就是根据当时、当地的具体情况，如技术方面的实现能力和水平、材料和机械设备的供应条件、施工现场其他的具体条件等，实现设计方案没有困难，是否切实可行。全面考虑和权衡这三方面的问题是各项工程总的设计原则，当然也是地基基础设计必须严格遵循的原则。

三、建筑物对地基与基础的要求

要保证建筑物的质量，首先要保证有可靠的地基与基础，否则整个建筑物将遭到损坏或影响正常使用。例如基础的不均匀沉降，可导致上部结构产生裂缝或使建筑物发生倾斜；地基设置不当，地基承载力不够，还有可能使整个建筑物倒塌。而已建成的建筑物一旦由于地

基基础方面的原因而出现事故，往往很难加固处理。同时地基基础部分的造价在总造价中占有较大比重。所以不管从保证建筑物的质量方面，还是从建设的经济合理性方面考虑，地基和基础的设计和施工都是整个建筑物形成过程当中的十分重要的组成部分。

为了使全国有一个统一的设计依据和执行标准，各基本建设部门都通过长期的统计和积累，形成了具有行业特点的技术规范，它们都是根据我国现有的生产技术水平、实际经验和科学研究的成果，结合各专业的特殊要求编制出来的。是进行建筑物设计和施工所必须遵循的准则，任何单位和个人都不能例外。铁道部对《铁路桥涵地基和基础设计规范》，从解放到现在已多次修订，对铁路桥涵地基和基础的设计，提出了详尽而周到的要求，可归纳为以下几点：

(1) 根据水文、地质、地形、上部结构、荷载、材料供应和施工条件合理的选择基础的类型。

(2) 保证地基基础具有足够的强度、稳定和耐久性。

(3) 基础不应设置在软硬不均匀的地基上，应避开断层、滑坡、挤压破碎带、石灰岩溶洞及溶沟、黄土陷穴与暗洞或局部软弱等不良地质。

(4) 考虑地基土的冻胀性，防止地基土发生冻胀。地基土的冻胀对建筑物是十分有害的，土冻胀时虽然承载力很高 但其所产生的冻胀力足以将基础向上抬起，而冻土一旦融化，土中含水量很大，会使地基承载力突然下降，导致基础产生很大沉陷，这是不能允许的。所以高寒地区，这一点必须予以考虑。

设计地基基础时，必须全面考虑上述要求，以保证设计的技术经济的合理性。而要做到这一点，必须在着手设计以前首先掌握必要、准确、详尽且足够的资料。

四、基础设计所需资料及工作内容

1. 应收集和掌握以下资料

(1) 基础所在位置的基本情况。

线路：线路等级、平道还是坡道、直线还是曲线、单线还是多线、轨底高程等；

桥跨结构：类型、跨度、全长、梁高、支座形式等；

墩台：截面形状、空心还是实心、墩高及使用材料等；

地形：主要指桥梁中线处的河床纵断面、水流方向、正交还是斜交，桥位受地形控制还是受水文控制；

水文：高水位、低水位、施工水位、流速、流量、冲刷深度等；

地质：桥址处的地质柱状图，图上标明历史沉积土层的排列，各土层厚度及其物理、力学性质，土中有无大孤石、漂卵石等，岩面高程及其倾斜度，基岩中有无断层、溶洞、破碎带等；

(2) 技术力量：国内机具设备、技术状况及技术水平等。

(3) 当地情况：建筑材料、电力供应、交通运输条件、人文民风等。

2. 设计计算工作内容

(1) 选择基础类型，即地基基础方案和施工方法设计。

(2) 确定基础埋置深度。

(3) 拟订基础的细部尺寸。