

全国建筑施工企业
项目经理培训教材

施工项目 技术知识

全国建筑施工企业项目经理培训教材编写委员会

中国建筑工业出版社



全国建筑施工企业项目经理培训教材

施工项目技术知识

全国建筑施工企业项目经理培训教材编写委员会

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本书包括地基与基础, 砖石结构, 混凝土, 钢筋混凝土结构, 预应力混凝土结构, 钢结构, 空间结构, 防水工程, 装饰施工, 地面工程等十章内容。

本书是全国建筑企业项目经理培训教材, 也可供施工技术人员及有关专业师生学习、参考。

全国建筑施工企业项目经理培训教材

施工项目技术知识

全国建筑施工企业项目经理培训教材编写委员会

中国建筑工业出版社出版发行(北京西郊百万庄)

北京市兴顺印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 22 字数: 532千字

1997年9月第一版 1997年12月第二次印刷

印数: 3,001—6,500册 定价: 27.00元

ISBN 7-112-02671-7

TU·2041(8523)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

全国建筑施工企业项目经理培训教材 编写委员会成员名单

主任委员：

姚 兵 建设部总工程师、建筑业司司长

副主任委员：

秦兰仪 建设部人事教育劳动司巡视员

吴之乃 建设部建筑业司副司长

委员（按姓氏笔画排序）：

王瑞芝 北方交通大学工业与建筑管理工程系教授

毛鹤琴 重庆建筑大学管理工程学院院长、教授

田金信 哈尔滨建筑大学管理工程系主任、教授

丛培经 北京建筑工程学院管理工程系教授

朱 嫵 清华大学土木工程系教授

杜 训 东南大学土木工程系教授

吴 涛 中国建筑业协会工程项目管理专业委员会会长

吴之乃 建设部建筑业司副司长

何伯洲 哈尔滨建筑大学管理工程系教授、高级律师

何伯森 天津大学管理工程系教授

张 毅 建设部建筑业司工程建设处处长

张远林 重庆建筑大学副校长、副教授

范运林 天津大学管理工程系教授

郁志桐 北京市城建集团总公司总经理

郎荣桑 中国人民大学投资经济系主任、教授

姚 兵 建设部总工程师、建筑业司司长

姚建平 上海建工（集团）总公司副总经理

秦兰仪 建设部人事教育劳动司巡视员

耿品惠 建设部人事教育劳动司培训处处长

办公室主任：

吴 涛（兼）

办公室副主任

李燕鹏 建设部建筑业司工程建设处副处长

张卫星 中国建筑业协会工程项目管理专业委员会秘书长

序

随着我国建筑业和基本建设管理体制改革的不断深化,建筑施工企业的生产方式和组织结构发生了深刻的变化,以工程项目管理为核心的企业生产经营管理体制已基本形成,建筑施工企业普遍实行了项目经理负责制和项目成本核算制。同时,工程项目管理作为一门应用科学,其理论研究也逐渐得到了各方面的重视,并在实践中不断发展。

工程项目是建筑施工企业面向建筑市场的窗口,工程项目管理是企业管理的基础。作为对工程项目施工过程全面负责的项目经理素质的高低,直接反映了企业的形象和信誉,决定着企业经营效果的好坏。为了培养和建立一支职业化的懂技术、会管理、善经营的建筑施工企业项目经理队伍,高质量、高水平、高效益地搞好工程建设,建设部决定对全国建筑施工企业项目经理实行资质管理,持证上岗,并于1995年1月以建建[1995]1号文件修订颁发了《建筑施工企业项目经理资质管理办法》。

在总结了前一阶段的培训工作的基础上,本着把项目经理培训的重点放在工程项目管理上的原则,按照注重理论联系实际,加强操作性、通用性、实用性,做到学以致用为指导思想,建设部建筑业司决定重新成立全国建筑施工企业项目经理培训教材编写委员会,组织编写《施工项目管理概论》、《工程招投标与合同管理》、《施工组织设计与进度管理》、《施工项目质量与安全管理》、《施工项目成本管理》、《施工项目技术知识》、《计算机辅助施工项目管理》等七册全国建筑施工企业项目经理培训教材及《全国建筑施工企业项目经理培训考试大纲》。

新编的全国建筑施工企业项目经理培训教材,根据建筑施工企业项目经理实际工作的需要,概括地总结了工程项目管理的实践经验,全面系统地论述了工程项目管理的知识,并对传统的项目管理理论有所创新;增加了案例教学的内容,通俗实用,操作性、针对性强;适应社会主义市场经济和现代化大生产的要求,体现了改革的精神;吸收借鉴了国际上通行的工程项目管理做法、经验和现代化的管理方法。

我们真诚地希望广大项目经理通过这套培训教材的学习,提高自己的理论水平,增强管理能力。我们也希望已经按原培训教材参加过培训的项目经理,通过自学新编的六册培训教材,补充新的知识,进一步提高自身素质。

由于编写时间较紧,本套教材难免存在不足之处,请广大项目经理和读者批评指正。

全国建筑施工企业项目经理培训教材编写委员会

1997年6月

前 言

为落实邓小平同志关于科学技术是第一生产力的思想，使建筑业企业项目经理真正达到“懂技术、善经营、会管理”的要求，在“全国建筑施工企业项目经理培训教材编写委员会”的统一组织下，由中国工程院黄熙龄、吴中伟院士等十位专家、学者，编写了本册教材。

本册教材根据当前建筑业企业项目经理的技术素质状况，针对项目经理在施工项目管理中需要掌握的技术知识，注重理论联系实际，融科学性、实用性于一体，侧重应用技术，深入浅出，比较全面地阐述了建筑施工技术的基本理论和工艺原理；介绍了当今世界先进的建筑施工技术方法及其发展趋势；通过案例分析，指出了工程项目施工中应注意的关键技术和处理方法。对于广大项目经理，特别是具有施工生产经验、但缺乏系统的技术理论知识的项目经理，增强对设计意图，以及标准、规范的理解能力和处理工程技术难题的应变能力，提高技术素质和管理水平是十分必要的。对于经过专业技术学历教育的项目经理，适应形势的发展，补充和更新技术知识，也是很有意义的。

本册教材共分十章，依次分别由黄熙龄院士、万墨林教授级高级工程师、吴中伟院士和韩素芳教授级高级工程师、夏靖华教授级高级工程师、杜拱辰研究员、陈云波教授级高级工程师、蓝天研究员、李承刚教授级高级工程师、毛鹤琴教授和艾永祥高级工程师编写。全书由何健安、萧绍统教授级高级工程师主审。

建设部科技委顾问、原国家建工总局副局长张哲民同志对本册教材的编写工作给予了热情的支持和指导，在此表示感谢。

全套教材由北京建筑工程学院丛培经教授统稿。

目 录

第一章 地基与基础	1
第一节 地基土的物理性质及分类	1
第二节 土的压缩性及地基沉降	5
第三节 地基承载力	11
第四节 地下水工程特性及降水措施	15
第五节 软弱地基与特殊土地基	20
第六节 地基开挖与支护	39
第七节 常用地基检验技术	43
第八节 桩基制作与施工	47
第二章 砖石结构	59
第一节 砖石结构特征	59
第二节 砖石结构的材料	65
第三节 砖石结构的砌筑方法	70
第四节 砖石砌体质量通病的防治	72
第五节 砖石砌体的质量检测	75
第三章 混凝土	87
第一节 混凝土的基本概念	87
第二节 混凝土的原材料及其对混凝土性能的影响	89
第三节 混凝土配合比	95
第四节 混凝土制作工艺的几个问题	98
第五节 混凝土的质量控制	100
第六节 混凝土技术的发展	108
第四节 钢筋混凝土结构	112
第一节 基本概念及材料	112
第二节 基本构件的特点	128
第三节 结构体系	139
第四节 质量控制要点及修补加固	154
第五章 预应力混凝土结构	162
第一节 基本概念	162
第二节 预应力高强钢材与高强混凝土	172
第三节 预应力混凝土工艺	176
第四节 预应力损失值	180
第五节 预应力混凝土对房屋建筑的影响	180
第六节 预应力混凝土专业化生产的发展趋势	187
第六章 钢结构	191
第一节 钢结构构件的制作	191

第二节	钢结构构件的焊接	199
第三节	钢结构构件的安装	213
第七章	空间结构	231
第一节	空间结构的基本概念和特点	231
第二节	空间结构的形式及其适用范围	236
第三节	空间网格结构的材料与节点构造	251
第四节	大跨度屋盖结构的施工方法	255
第八章	防水工程	260
第一节	建筑防水的分类与等级	260
第二节	防水材料	263
第三节	屋面防水施工	268
第四节	外墙面防水施工	277
第五节	地下室防水施工	279
第六节	防水工程质量控制	286
第九章	装饰工程	289
第一节	装饰工程概述	289
第二节	抹灰工程	290
第三节	饰面板(砖)工程	300
第四节	门窗工程	306
第五节	裱糊工程	308
第六节	涂料工程	311
第七节	刷浆工程	320
第十章	地面工程	322
第一节	地面工程概述	322
第二节	构造层的施工	323
第三节	地面面层施工	325

第一章 地基与基础

第一节 地基土的物理性质及分类

土的物理性质及分类是地基设计与施工的基础,是勘察工作及勘察报告的重要内容。作为建筑物的地基,对土的性质及分类方法不同于农业土壤、工业用土,它以反映地基的承载力、变形、水的渗透性及其对建筑物的影响为标准。例如土的化学成分对农业土壤分类很重要,但对地基土分类意义很小。

一、土的组成及特征指标

土的成因非常复杂,类别很多。但总的说来它是由矿物颗粒、水和空气组成的物体。在颗粒之间存在较多的孔隙,当孔隙为水所充满时称为饱和土;孔隙中部分为水,另一部分为空气或其他气体时称为非饱和土。地下水位以下的土为饱和土,地下水位以上一般为非饱和土。

土粒按其直径与矿物成分可粗分为两大类。粒径大于 0.074mm 者为砂、砾类,它们是长石、石英长期风化的碎屑,质地坚硬,性质稳定,颗粒间呈点状接触,其强度决定于颗粒级配,粒径愈均匀者级配愈差,其密实度及强度亦愈低。粒径小于 0.005mm 者为粘粒类,其中小于 0.002mm 者称为胶粒。这类物质的矿物成分为高岭石、伊利石和蒙脱石,属次生矿物,颗粒为扁片状,多呈层状排列,有吸附作用,遇水膨胀,失水收缩。土体中粘粒含量愈多,其性质愈复杂,结构性强,透水性差。土体强度与地基承载力受含水量影响,含水量低的粘性土强度高,含水量高的其强度低。

在评价土的物理性质及分类时,需考虑土中颗粒的体积及重量、土中含水量。它反映土的组成比例。对粘性土还要考虑土的塑性特征。现就常用的指标及其意义分别叙述如下。

1. 基本指标

土的密度 ρ 单位土体积的重量(g/cm^3)。可直接用环刀切土或现场挖标准坑取土求其重量。为了保证质量,应量测体积并及时称重,以防止水分蒸发。

含水量 w 孔隙中水的重量与土骨架重量之比,以百分数表示。试验前称好土重,在烘箱常温 105℃ 时烘 12 小时后再称土重,即得水的重量。在现场可直接用酒精烧土,取得试后干土的重量。

土粒相对密度(比重) d_s 。一般可不作,取 2.65~2.70。

2. 反映土的密实状态的指标

干密度(干容重) ρ_d 单位容积内土粒的重量。一般用来控制填土的质量。该值可按式(1-1)求出。

$$\rho_d = \frac{\rho_w d_s}{1 + 0.01 w d_s} \quad (1-1)$$

ρ_w ——水的密度，取 $1\text{kg}/\text{cm}^3$

良好的级配砂石，填土的干密度可超过 $2.1\text{g}/\text{cm}^3$ ，粉质粘土、粘质粉土与石屑作为混合填料时，其干密度可超过 $1.8\text{g}/\text{cm}^3$ ，纯粘土只能达到 $1.55\text{g}/\text{cm}^3$ 。故粘土不宜作为填土材料。

孔隙比 e 土体中孔隙与土粒体积之比。

$$e = \frac{\rho_w d_s (1 + 0.01w)}{\rho} - 1 \quad (1-2)$$

孔隙比是一个极为重要的指标，它用以确定土的压缩性、相对密度、固结度等计算指标；还是评价粉土的承载力的主要指标。

不均匀系数 K_u 评价砂土级配及均匀性的指数，根据小于颗粒直径的土粒在土体总重中的百分数的试验曲线确定。图 1-1 纵坐标为小于某粒径的土粒总重所占的百分数，横坐标为粒径。 d_{60} 为小于该直径的土粒总重占 60%， d_{10} 为小于该直径的土粒总重占 10%。

$$K_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1-3)$$

当 $K_u > 15$ ，为级配良好的砂；

$5 < K_u \leq 15$ ，为中等级配的砂；

$K_u \leq 5$ ，为砂粒均匀，级配不良的砂。

级配不良的砂，密实度很差，松散不易压实，易于液化，承载力低，不能作为地基处理的材料。

从唐山地震震害调查中发现平均粒径 d_{50} 为 $0.07 \sim 0.09\text{mm}$ 之间的砂最易液化。

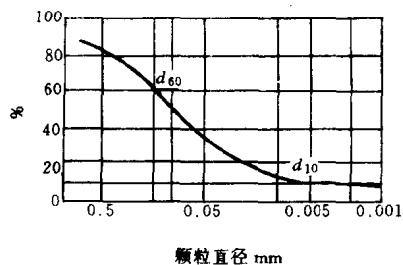


图 1-1 颗粒级配曲线

3. 反映土的塑性的指标

粘性土含水量的变化引起粘性土体从固态到塑性体及流体状态的变化。作为状态变化的界限含水量指标为塑限 w_p 和液限 w_L 。

塑限 土体从固态转变到塑性状态的界限含水量，它相当于在手中搓出条至 3mm 时出现断裂的含水量。

液限 土体从塑性状态转变到流动状态时的界限含水量，可用落锥法测定。

塑限及液限主要用于粘性土力学性质的评价，对粉土效果较差。粘性土的塑限可用来确定填土的最佳含水量、冻胀分类，与膨胀土天然含水量的最小值也有密切关系。液限反映土的变形性质接近流变体。建筑物后期沉降可能延长数十年而不稳定就是含水量达到液限后的实例。在基坑开挖过程中，含水量在塑限附近的土质边坡比较稳定，只有干裂崩塌的可能性。但对含水量等于液限的淤泥，其边坡极易滑动，事故较多。故塑限、液限指标具有实用价值。

用来描述粘性土状态的指标为液性指数 I_L 。

$$I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p} \quad (1-4)$$

当 $0 < I_L \leq 0.25$ ，硬塑状态；

$0.25 < I_L \leq 0.75$, 可塑状态;

$0.75 < I_L \leq 1$, 软塑状态;

$I_L > 1$, 流塑状态;

$I_L < 0$, 坚硬状态。

从式 (2-4) 中看出, 天然含水量 w 大于塑限后, $I_L > 0$, 土进入塑性状态; 当 $w = w_L$ 时, $I_L = 1$, 土进入流动状态。在地基土的承载力评价时, I_L 是极重要的指标。

塑性指数 I_p 是粘性土分类的指标, 它与土中粘粒含量有密切关系。

$$I_p = w_L - w_p \quad (1-5)$$

据统计, 粘粒含量在 30% 左右时, I_p 约为 17。该值用来划分粘土与粉质粘土。

二、岩土分类

岩土的分类方法很多, 作为建筑物地基一般可分为岩石、碎石土、砂、粉土、粘性土等五类:

1. 岩石类

凡饱和单轴抗压强度大于或等于 30MPa 以上者为硬质岩石; 小于 30MPa 的岩石称为软质岩石。

岩质新鲜的称微风化。岩石被节理、裂隙分割成块状 (20~50cm), 裂隙中填有少量风化物称为中等风化。节理裂隙发育, 岩石分割成 2~20cm 的碎块, 用手可折断时称为强风化。风化程度应由有经验的地质工程师鉴别。

岩石是良好的地基, 但是不均匀性较大, 且岩石起伏往往不易查清。在作为桩尖持力层时, 应特别注意。

2. 碎石类土

按粒组含量及颗粒形状分为漂石和块石、卵石和碎石、圆砾和角砾。

漂石和块石: 粒径大于 200mm 的颗粒超过全重 60%;

卵石和碎石: 粒径大于 20mm 的颗粒超过全重 50%;

圆砾和角砾: 粒径大于 2mm 的颗粒占全重 50%。

碎石土在其骨架颗粒空隙中全部为砂所充填时称为砂卵石, 其承载力由密实度决定。如果空隙中为粘土所充填时, 要根据土的状态、骨架的密实情况确定其工程性质。对漂石或块石类土因其直径过大, 往往造成钻探及钻孔灌注桩施工的困难, 有时还有误将大块孤石判为大块碎石土的可能。

3. 砂类土

砂土根据其颗粒直径大小及所占的重量的比例, 按筛分法定名。

砾砂: 粒径大于 2mm 的颗粒占全重 25%~50%;

粗砂: 粒径大于 0.5mm 的颗粒占全重 50%;

中砂: 粒径大于 0.25mm 的颗粒占全重 50%;

细砂: 粒径大于 0.075mm 的颗粒占全重 85%;

粉砂: 粒径大于 0.075mm 的颗粒占全重 50%。

上述分类可通过标准筛用筛分法确定。

级配良好的砂是较好的地基, 透水性强, 加荷后稳定快。但同样有它的问题, 例如难以取原状土, 必需通过标准贯入试验间接确定其密实度; 水下砂往往在抽水过程中形成管

涌、流砂；干砂又不易夯实，需用掺水夯实法；粉细砂在地震时易于液化等。

关于砂的密实度一般用标准贯入击数 N 判定：

密实： $N > 30$ ；

中密： $15 < N \leq 30$ ；

稍密： $10 < N \leq 15$ ；

松散： $N < 10$ 。

稍密和松散的砂应通过振动夯实法振密后，才可作为地基。

4. 粉土

指粒径 $0.075 \sim 0.005\text{mm}$ 的颗粒占全重 50% 以上、粘粒含量小于 17%、砂粒含量小于 50% 的土。如果用塑性指数划分，其 $I_p \leq 10$ 。粉土由粉粒、砂粒、粘粒三种物质组成，根据含量又可细分为：

砂质粉土：砂的含量 40%~50%；

粉土：粉粒含量 60%~70%；

粘质粉土：粘粒含量为 10%~17%。

砂质粉土接近砂的性质，是可能液化的土。粘质粉土接近粘性土性质，它不会液化。用颗分法划分粉土比塑性指数法要准确而适用些。

5. 粘性土

按塑性指数分类：

粉质粘土： $10 < I_p \leq 17$ ；

粘土： $I_p > 17$ 。

粉质粘土属于粘性土类；它具有粘结力及摩阻力，渗透性次于砂土，可用手搓成 $0.5 \sim 2\text{mm}$ 的土条，在自重下可断裂。当其含水量在塑限左右捣碎后，用手捏紧，松手下落成散粒状时，最易夯实。在工程中常用作填土材料。

粘土性质极为复杂，其矿物成份含量对工程性质有显著的影响。粘土渗透性很差，摩擦角很低。吸水后成流塑状，强度很低，易于滑坡。干燥后又可开裂，引起基坑崩坍。当粘土的含水量在塑限左右时，具有很高的强度，不易捣碎，也难于夯实，所以对粘土性质的评估极为重要。

三、特殊土类

我国地质条件很复杂，常见的特殊土有湿陷性黄土、淤泥、膨胀土、季节性冻土、多年冻土、盐渍土等。

湿陷性黄土分布在甘肃、陕西、河南及山西和青海部分地区。有可见的大孔，含水量低，多分布在气候干燥地区。该土粉质含量多，孔隙比大于 1，遇水则沉陷，故称湿陷性土。在工程中除干燥车间外，通常要进行处理，消除湿陷性后才可作为天然地基。

淤泥及淤泥质土分布于沿海、沿湖地区，灰黑色，含有机质，孔隙比 $1 \sim 2.7$ 不等，抗剪强度变化幅度较大，地基承载力 $30 \sim 100\text{kPa}$ ，房屋沉降以数十厘米计，属高压缩性低强度的饱和软粘土。深基坑支护稳定性问题极为重要。

泥炭及泥炭化土为含腐化植物量极高的不均匀性高压缩性土，含水量 $100\% \sim 300\%$ ，密度很小，固体物质较少，几乎没有承载力，透水性尚好，排水较易，我国云贵山区有少量分布。

膨胀土分布于我国云南、广西、湖北、河南、安徽等十余省市区。在膨胀土出露于地表的地方房屋损坏率大，尤以坡地房屋的损坏为最。

膨胀土有膨胀收缩性质，其主要因素是土中含有蒙脱石矿物，然而在水分补给或者没有水份转移的条件，它的性质不会发挥，即使有所发挥，也不会对建筑物造成危害。这些外部条件，如施工供水、破坏植被、挖填方、气候干湿交替等都足以破坏土中水原有的平衡状态，使水份蒸发、转移，造成房屋上升、下降、水平移动等现象，由此引起房屋的损坏。治理原则在于控制影响内因的外部条件，例如增加基础埋置深度，及时封闭裸露边坡，集中排水都是有效的措施。

多年冻土及季节性冻土主要位于寒冷地区。冻深以上土层因土温低于摄氏零度，土中水结冰，冰的膨胀使土产生膨胀。待春天来临，土温上升，土中冰融，又造成土的融沉。常见的春天翻浆就是冰融现象造成的。除砂土的冻胀较小外，由于粘性土内粘粒矿物的吸附能力，具有转移水份的作用，凡地下水位离冻深线 2m 以内的土层都可能因水不断向低温转移而得到补给，产生强弱不等的冻胀现象。所以冻土并非土的本身具有的性质，而是气温变化在土中引起的水的物理变化造成的现象。防治措施最好的方法只有两条：一是将基础埋在冻深线以下；二是采用架空层或其它措施隔断一切热源、冷源对土的现状的影响。后者是在冻结深度较大或多年冻土区很有效的办法。

同理，在设计施工中由于对土的冻胀现象未加注意也可能造成人为冻害。如冷藏库未设架空层造成库内低温传给地基，引起冻害；冬季施工基坑开挖后未及时保温，造成基土冻胀等。

盐渍土：土中易溶盐超过 0.5% 时即属盐渍土。常见的盐类为氯化盐、碳酸盐和硫酸盐等，它对混凝土有侵蚀性。为防止腐蚀常在基础四周加涂沥青层。

可溶盐浸水后可溶解，硫酸盐吸水还有膨胀性。青海格尔木地区采用岩盐铺路，是在压实情况下进行的。

总之，土的分类可帮助我们根据其属性及时采取相应的措施。但是，土的成因复杂、地区性很强，分类可解决大部分设计施工问题，也制定了相应的规范。应当注意还存在许多特殊问题，这就需要经过试验研究。例如，软土的性质有共性，但各地很不相同，不能照搬照抄。最好的方法是吸收当地成功的经验和失败的教训，根据工程要求加以深化。遇到疑难问题应由专门从事岩土工程的技术专家解决。

第二节 土的压缩性与地基沉降

一、土的压缩性

土是可压缩体。在静压力下土的孔隙比将从原有的状态减少到新的孔隙比。孔隙比的减少说明土体的固体颗粒密实度的增加。压力愈大，孔隙比减少愈多，土体愈密实。这种物理现象称为压缩。

在自然沉积过程中，除了残积土以外都有一个长期的压缩过程。例如在江河入海处的三角洲，随着上游携带的泥砂逐渐堆积成陆地，上覆土的重量使深层的土粒逐渐压缩成较密实的土层。沉积岩如泥岩、页岩、石灰岩都是在亿万年堆积过程中形成的。

由于土的压缩，建在土上的建筑物将产生沉降。沉降的大小及均匀性危及建筑物的安

全和正常使用。所以，地基的压缩性是地基设计中非常重要的指标。

土的压缩性确定方法仍然沿用有侧限压缩条件下的压缩系数。

如图 1-2，将土样放入金属环内，在土上施加均匀压力。由于土被限制在环内，只能在垂直方向压缩变形，故称为有侧限压缩。压缩曲线见图 1-3。图中纵坐标为孔隙比 e ，横坐标为压力 p 。取曲线中 ab 段，该段的斜率 a 称为压缩系数。

$$a = \frac{e_1 - e_2}{p_2 - p_1} \quad (1-6)$$

在勘察报告中，计算压缩系数 a 时，取 $p_2 = 200\text{kPa}$ ， $p_1 = 100\text{kPa}$ 。 e_1 为 p_1 所对应的孔隙比， e_2 为 p_2 所对应的孔隙比。

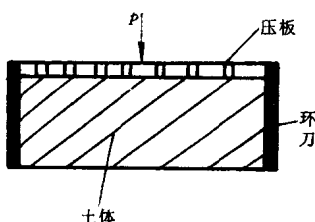


图 1-2 压缩模型示意

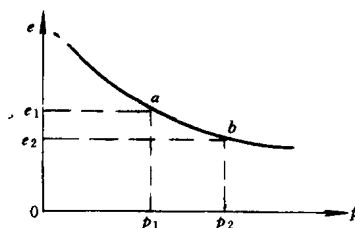


图 1-3 压缩试验 $e-p$ 曲线

当 $a_{1-2} < 0.1\text{MPa}^{-1}$ ，称为低压缩性土；

$a_{1-2} \geq 0.5\text{MPa}^{-1}$ ，称为高压缩性土；

a_{1-2} 在两者之间时，称为中压缩性土。

在计算沉降时，常习用压缩模量 E_s (kPa)。

$$E_s = \frac{1 + e_0}{a} \quad (1-7)$$

外国勘察报告中压缩曲线用 $e-\log p$ 曲线表示， C_c 称土的压缩指数。

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log p} \quad (1-8)$$

有时，也用体积压缩系数 m_v 表示。

$$m_v = \frac{a}{1 + e_0} = \frac{1}{E_s} \quad (1-9)$$

低压缩土是良好的地基，除了高层建筑及地质不均匀时需要考虑地基的沉降问题外，多层建筑及一般工业建筑均不必考虑。

中压缩性土上的多层建筑并不总是满足沉降要求的；至于高压缩土地基情况较为复杂，工程事故较多，设计施工的出发点首先是地基的变形问题，即使是承载力也是按变形取值的。

二、沉降特征

建筑物的沉降特征决定于上部结构与地基的相互作用。例如：结构刚度较大的烟囱，其结果只可能是竖向下沉或倾斜。地基均匀时沉降将是均匀的，地基不均匀则会倾斜。又如高层与低层相连，低层部分可能因高层下沉多而开裂。如果两个高层并排，距离过近，就可能出现相对倾斜。因此，根据地质条件、建筑结构及体型，它的沉降都具有一定的规律，并表现出某些特征。沉降计算的目的在于预测建筑物的沉降属于那类特征，是否会超过结

构的承受能力,影响建筑物的正常使用,并在设计时予以考虑。

建筑物沉降的特征可分为:沉降、相对弯曲、局部倾斜、倾斜、沉降差等。

1. 沉降

沉降指建筑物某点的下沉值。刚性建筑,如水塔、烟囱、体型简单的高层建筑等,当土层均匀时实测沉降一般比较均匀,计算沉降宜用多点计算值取其平均数。面积较小的独立基础,则用基础中点计算沉降值。

2. 相对弯曲

相对弯曲指弯曲部分矢高 f 与弦长 L 之比(图1-4)。砖砌体相对弯曲的允许值:砂类土及硬塑粘性土为0.0007,软塑至流塑状粘性土为0.001;当配有圈梁及钢筋砖圈梁时,分别为0.001及0.0013。如果房屋呈反向挠曲,允许值为0.0005。

上述相对弯曲值可用来预测房屋的损坏可能性,只要从施工期间开始沉降观测到沉降稳定为止,实测相对弯曲不超过容许值时,墙体不致开裂。

从计算值预测相对弯曲是很难准确的。原因在于计算时未考虑上部结构刚度对地基变形的调整作用,故计算值偏大。因此,在我国规范未规定计算相对弯曲值。

3. 局部倾斜

由于房屋体型复杂、刚度变化、荷载差异以及地质不均等因素,均可能在拐角部位、纵墙转折处、高低层连接处、地质突变处出现沉降差异称为局部倾斜,如图1-5A、B部位。局部倾斜计算长度一般6~10m,按隔墙距离考虑。沉降差与计算距离的比值即为局部倾斜值。对中、低压缩性土上的砌体结构该值不得超过0.002,对高压压缩性土不得超过0.003。

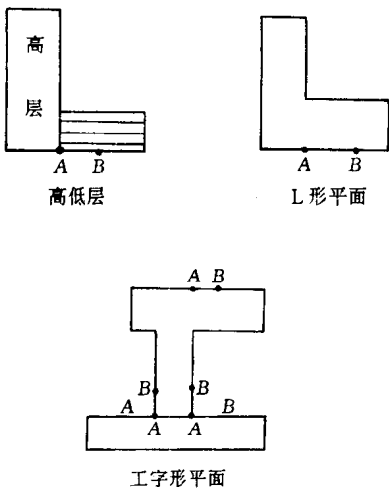


图1-5 局部倾斜出现部位

- (1) 土层不均;
- (2) 偏心荷载较大;

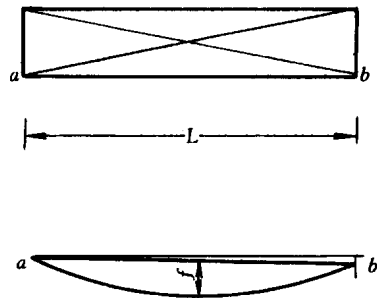


图1-4 房屋相对弯曲

在工程中,凡局部倾斜不满足的部位多数用沉降缝处理,也可用复合地基、桩基、箱基处理。

特殊土地基上的房屋事故较多的原因除了上述因素造成局部倾斜过大以外,冻胀、融沉、膨胀、湿陷、热源引起收缩和热溶洞均可造成局部损坏,采取一般处理方法很难有效。

由于施工或使用中大量抽水也可造成局部倾斜、房屋开裂。深井抽水影响面积更大,可造成百余米范围内不均匀下沉。所以在分析问题时要周密考虑,以便采取相应的预防措施。

4. 倾斜

指单独基础或刚度较好的高耸结构物整体基础在倾斜方向上两端点的沉降差与距离的比值。

引起倾斜的因素为:

- (3) 两高耸结构物距离较近;
- (4) 结构物一侧有大面积地面负荷。

上述四种因素在高压缩土地区房屋设计时应密切注意。施工期间也需将料场设置在离建筑物 12m 以外的地方。在中、低压缩性土层上的高层建筑, 由于埋深较大, 到目前为止尚未出现严重的倾斜和相对倾斜的事例。

高层建筑允许倾斜值: 100m 高度以上的建筑为 0.0015, 100m 以下的为 0.002。它是由建筑使用功能及居住者的心理适应能力决定的。

高耸结构允许倾斜值: 高度超过 200m 时为 0.002; 150~200m 之间时为 0.003, 100~150m 之间时为 0.004。但是, 对反应塔、高炉等的允许倾斜值还应根据工艺要求确定。

高层建筑倾斜允许值极为重要, 它不仅涉及使用要求能否满足, 一旦超过允许值, 几乎难以纠编, 后果极为严重。设计上要求选择良好的场地, 杜绝不均匀沉降的可能性, 必需按变形设计, 包括在场地开挖后地下水的浮力可能造成的不均匀浮起。降水应进行到结构的荷载超过浮力后才能结束。某工程基坑开挖后未考虑暴雨造成的地下水上升问题, 在地下结构尚未完成前出现不均匀上浮达 20cm 多, 抽水后亦未能恢复原位, 造成了处理困难。

建筑物倾斜的其它因素还有: 临坡建筑基础埋深不够, 边坡排水不良, 坡脚被水冲刷, 地基土有可液化粉砂层, 以及地下采空区塌陷等。以上因素属于稳定问题, 对这类地基的倾斜不能用沉降计算方法预估。具体的做法是治山、治水、治液化, 这类治理措施可从有关资料中查阅。

5. 排架结构相邻柱基的沉降差

排架结构具有较大的适应不均匀变形能力。存在的问题是吊车的滑轨及填充墙的开裂。在高压缩性土地区还有因地面堆料引起柱基础偏转下沉, 造成柱的受弯破坏。从目前日益发展的商品房质量标准看, 围护墙体开裂可能被认为是不合法的, 要求赔偿呼声很高。如果地基设计要保证围护墙不开裂, 困难较大。国际上多用活动墙板代替砌体的做法值得重视。

规范规定柱间差异沉降允许值, 纵向为 4‰, 横向为 3‰, 系由吊车运转工艺要求确定的。对无吊车的排架结构只规定了最大沉降量: 中、低压缩性地基土为 12cm, 高压缩地基土为 20cm。如果考虑墙体开裂, 则按墙体相对弯曲值计算, 其允许值为 1‰。换句话说, 在 12m 范围内, 柱间差 1.2cm 就将造成墙体的开裂。柱间填充墙的允许沉降差为 0.7‰~1‰, 如果填充物为大块玻璃, 其允许值更小。解决的最佳方法是在柱及窗框之间设橡胶垫带, 避免柱的下沉引起窗框的变形。

上述五类沉降特征可指导设计师怎样根据不同结构和建筑体型, 选择最危险的部位去进行地基变形计算, 及在可能破坏的部位采取措施。盲目的进行变形计算不仅脱离实际, 而且可能因错误的估计造成事故及财力浪费。

三、沉降计算

建筑物基础任一点沉降可按简化公式计算。

基础底面以下土中各水平截面上的压力分布如图 1-6。 p 为均布压力, 只考虑静载和折减后的活载。仓库荷载应全部考虑。由于基础埋深 d 处的原有土重 γd 已全部挖出, 故计算沉降时亦应全部减去, 减去后的压力称为附加压力, 用 p_0 表示。

$$p_0 = p - \gamma d \quad (1-10)$$

式中 γ 为土的重度 (原称容重), 在地下水位以下的土体应减去水的浮力。如果地下室属于整体结构, 式中作用荷载 p 亦需考虑浮力作用。

地基中压力分布分为两类: (1) 在天然土体自重作用下的压力, 它随深度而增加, 用 $\gamma(d+z)$ 表示 (图 1-6)。该压力下土的压缩变形早已完成, 在基坑挖土卸荷期有少量的回弹变形。(2) 由基础传给地基的压力系按弹性理论导出的, 它有两个特性: 当基础面积相等时, 传到土中的压力随深度扩散, 逐渐减少。当压力不变时, 基础面积愈大, 压力扩散愈深, 其值也愈大 (图 1-7)。该特性说明基础的沉降与基础面积大小有关。基底压力相同时, 大基础沉降比小基础沉降大若干倍。这就是为什么要计算沉降的原因。

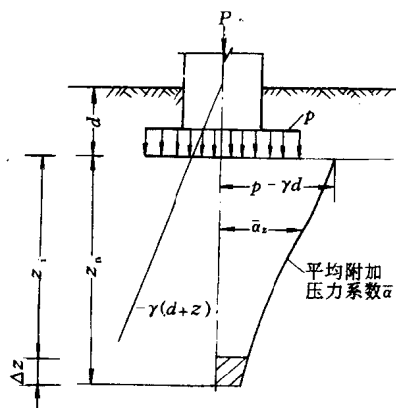


图 1-6 附加应力分布图

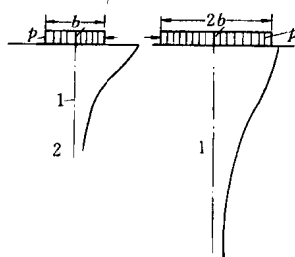


图 1-7 基础面积对应力扩散的影响

矩形荷载分布下中点沉降, 当地基均匀时按式 2-11 计算:

$$s = \phi_s \frac{p_0}{E_s} z_n \bar{\alpha} \quad (1-11)$$

式中 s ——地基点下沉量;

p_0 ——附加压力;

E_s ——土的压缩模量;

ϕ_s ——沉降经验修正系数, 见表 2-1;

z_n ——沉降计算深度;

$\bar{\alpha}$ ——平均附加压力系数, 按表 2-2 采用。

沉降计算深度按下式计算

$$\Delta s'_n \leq 0.025 \sum_{i=1}^n \Delta s'_i \quad (1-12)$$

式中 $\Delta s'_i$ ——在计算深度范围内, 第 i 层土不乘修正系数的沉降计算值;

$\Delta s'_n$ ——由计算深度 z_n 向上取 Δz 厚度计算沉降值, Δz 取 $0.4 \ln b$ 。

平面复杂的基础也可化成等面积的矩形基础计算, 可使沉降计算简化, 但可提高快速估算沉降的能力, 有助于总体设计方案的选择。