

土木工程系列

高等学校“十一五”规划教材

基坑工程

主 编 刘宗仁
副主编 刘雪雁

哈尔滨工业大学出版社

高等学校“十一五”规划教材土木工程系列

基 坑 工 程

主 编 刘宗仁
副主编 刘雪雁

哈爾濱工業大學出版社

内 容 简 介

本书收集了大量的工程实践资料和最新研究成果,全面深入地阐述了基坑工程支护体系的设计、施工、开挖和监测等内容,反映了基坑工程支护体系的应用性和实践性。全书共分8章,分别为:绪论、基坑工程设计原则及荷载、水泥土墙工程、土钉墙工程、锚杆工程、排桩与地下连续墙工程、支撑体系、逆作工程等。本书理论分析深入,实践性强,重应用。

本书可作为高等学校结构工程专业研究生教材,也可作为土木工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

基坑工程/刘宗仁主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2008.4

ISBN 978-7-5603-2694-8

I.基… II.刘… III.基坑-工程施工 IV.TU46

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 057969 号

策划编辑 郝庆多

责任编辑 张 瑞

封面设计 卞秉利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451 - 86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 18.75 字数 400 千字

版 次 2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-2694-8

印 数 1~3 000

定 价 35.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

我国高层建筑的大量兴建和地下空间的开发利用,导致基坑工程开挖深度不断加深和开挖面积不断增大,促进了基坑工程的设计和施工的发展。

基坑工程包括基坑支护体系设计、施工、开挖、降水和监测,是相互关联、综合性很强的系统工程。涉及到工程地质、土力学、基础工程、结构力学、施工技术、测试技术、环境岩土工程等学科,由于设计计算方法尚建立在经验或半经验的基础上,使得基坑工程设计与施工处于不确定状态,其结果是基坑工程失效事故频频发生,高于主体结构工程,损失严重;过分强调安全性,进行超指标设计与施工,造成惊人的浪费。

基坑工程的大量实践,为我国基坑工程建设积累了大量的成功经验,取得了不少失效的教训,为改进完善设计计算理论,提高基坑工程的设计与施工水平,确保基坑工程的安全和经济合理,开拓了新的研究领域。

本书收集了大量的工程实践和硕士研究生的有关基坑工程的论文资料,进行了分析研究和总结,结合基坑工程规范和规程,为结构工程专业学生编写了该教材。本书理论分析全面深入,实践应用性强,内容丰富,供教学用书,也可作为土木工程专业技术人员的参考用书。

本书由哈尔滨工业大学土木工程学院刘宗仁教授任主编,并编写第1章;吉林建筑工程学院刘雪雁副教授任副主编,并和李守涛硕士编写第8章;哈尔滨工业大学齐加连副教授编写第2章;哈尔滨工业大学刘凯博士编写第3章;哈尔滨工业大学姜庆远副教授编写第4章;哈尔滨工业大学耿建勳讲师编写第5章;哈尔滨工业大学王绍君副教授和刘少军工程师编写第6章;哈尔滨工业大学杨跃副教授编写第7章。全书由刘宗仁教授和刘雪雁副教授统稿。本书编写过程中引用了各种论文、参考文献,在此向原作者表示谢意。

由于作者水平所限,书中难免有不当之处,恳请各位专家和广大读者批评指正。

编 者

2007年10月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 基坑工程的分类和特点	1
1.2 基坑工程的设计与施工	2
1.3 基坑工程的发展	4
第 2 章 基坑工程设计原则及荷载	7
2.1 基坑工程设计的内容及依据	7
2.2 土压力的种类	9
2.3 主动土压力和被动土压力	13
2.4 作用在支护结构上的土压力	18
2.5 水平荷载与抗力取值	22
第 3 章 水泥土墙工程	25
3.1 水泥土搅拌桩(深层搅拌桩)	25
3.2 高压喷射注浆桩	43
3.3 水泥土墙的设计	64
3.4 水泥土墙的质量检测	70
第 4 章 土钉墙工程	77
4.1 土钉墙支护的原理和特点	77
4.2 土钉墙的作用和构造	78
4.3 土钉墙的设计	80
4.4 土钉墙的施工	83
4.5 土钉墙的检测和监测	85
第 5 章 锚杆工程	87
5.1 锚杆的构造及类型	87
5.2 锚杆的设计	90
5.3 锚杆的施工	101
5.4 检测与监测	112
第 6 章 排桩与地下连续墙	116
6.1 排桩与地下连续墙的组成与特点	116
6.2 排桩墙挡土结构的设计计算	121
6.3 排桩与地下连续墙的施工与检测	172

第 7 章 支撑体系	204
7.1 支撑体系的选型与构造	205
7.2 支撑体系的设计	217
7.3 支撑体系的施工	224
第 8 章 逆作工程	233
8.1 概述	233
8.2 逆作法工艺	238
8.3 逆作法设计	247
8.4 逆作法施工技术	269
8.5 逆作法施工安全监测	285
参考文献	292

第1章 绪 论

随着科学技术的发展,近20年来,尤其是近10年来基坑工程在数量上急剧增加,在技术上也有了长足的进步。20世纪70年代末,国内只在少数大型工程项目中有开挖深度达10 m以上的基坑工程,而且是在较少或没有相邻建筑和地下结构物的地区。至20世纪80年代后期,尤其在20世纪90年代,我国大量的城市高层建筑如雨后春笋,这些高层建筑一般都有1~3层的地下室,相应地带来了基坑的开挖施工,一般的基坑工程开挖深度通常为6~15 m。另一方面,一些大城市的地铁工程也相继开始建设施工,随之亦带来大量的地下基坑工程。由于高层和其他地下工程的基坑施工经常遇到各种不同的技术问题,包括极其复杂的工程地质和水文地质条件,致使许多基坑工程成为当地建筑工程中投资大、难度高、风险也大的技术工程,从而引起有关主管部门和工程界的广泛重视。

经过大量的工程实践,大大丰富和提高了我国在基坑工程领域的技术水平。目前,我国已经颁布了部分基坑工程全国性的行业标准和省市的基坑工程标准。这些标准的出现,为我国在基坑工程中的设计、施工和工程技术发展奠定了良好的基础。同时,随人们对建筑功能和施工技术要求的提高,基坑工程领域的相关技术水平也会越来越高,并不断向前发展。

建筑基坑工程的设计与施工,既要保证整个支护结构在施工中的安全,又要控制结构和其周围土体的变形,以保证周围环境(相邻建筑、道路及地下公共设施等)的安全。在安全的前提下,设计要合理,能节省造价、方便施工、缩短工期。要提高基坑工程的设计与施工质量,必须正确选择土压力计算方法和参数,充分估计水土等各种因素对基坑安全的影响,选择合理的支护结构体系,同时还要有丰富的设计和施工经验。

1.1 基坑工程的分类和特点

1.1.1 基坑工程的分类

1. 放坡开挖

放坡开挖是施工简单、经济实用的方法,在空旷地区或周围环境允许时能保证边坡稳定的条件下应优先选用。

但是在城市建筑稠密地区,往往不具备放坡开挖的条件。因为放坡开挖需要基坑平面以外有足够的空间供放坡之用,如在此空间内存在临近建(构)筑物基础、地下管线、运输道路等,都不允许放坡,此时就只能采用在支护结构保护下进行垂直开挖的施工方法。

2. 支护开挖

支护开挖是由地面向下开挖的一个地下空间。基坑四周为垂直的挡土结构,挡土结构一般是在开挖面基底有一定插入深度的板墙结构。常用挡土材料为混凝土、钢、木等,有

钢板桩、钢筋混凝土板桩、柱列式灌注桩、水泥土搅拌桩、地下连续墙等。

根据基坑深度的不同,板墙可以是悬臂的,但更多的是单撑和多撑式(单锚式或多锚式)结构,支撑的目的是为板墙结构提供弹性支撑点,以控制墙体的弯矩至该墙体断面的合理允许范围,达到经济合理的工程要求。支撑的类型可以是基坑内部受压体系或基坑外部受拉体系。

1.1.2 基坑工程的特点

目前我国基坑开挖与支护具有以下特点:

- ① 建筑趋向高层化,基坑向大深度方向发展。
- ② 基坑开挖面积大,长度和宽度达到百余米的占相当比例,给支护体系带来困难。
- ③ 在较软弱的地基土、高水位及其他复杂场地条件下开挖基坑,很容易产生土体滑移、基坑失稳、桩体变位、基坑隆起、支挡结构严重漏水、流土以致破损,对周围建筑物、地下构筑物、管线造成很大影响。
- ④ 岩土性质千变万化,地层埋藏条件、水文地质条件的复杂性和不均匀性往往造成勘察所得数据离散性大,难以代表土层的总体情况,给基坑工程的设计和施工增加了难度。
- ⑤ 随着旧城改造工程的发展,基坑工程的施工条件均很差,在相邻场地的施工过程中,例如打桩、降水、挖土及基础浇筑混凝土等工序会发生相互制约与影响,增加协调工作的难度。
- ⑥ 基坑工程施工周期长,常需要经历多次降雨等不同气候,场地狭窄、重物堆放、振动等许多不利因素影响,使其安全度的不确定性较大,这些都会对基坑稳定产生不利影响。

在基坑工程施工中,对支护结构的首要要求是创造条件便于基坑土方的开挖,但在建(构)筑物稠密地区更重要的是保护周围环境。采用支护结构开挖基坑,基坑工程的费用要提高,一般情况下工期也要延长,因此应对支护结构进行精心的设计和施工。

1.2 基坑工程的设计与施工

基坑工程设计包括勘察、支护结构设计、降水设计(地下水位控制)、土方开挖方案设计、监测和环境保护方案设计等内容。基坑工程设计的特殊性是与施工密不可分,其施工的每一阶段,外荷载、结构体系等都在变化;施工工艺和施工顺序的变化、支撑形成时间的长短、支撑拆除的顺序和方式、基坑尺寸的大小及气温的变化,都影响最后的计算结果。因此,详细了解各个施工工况,对正确进行基坑设计十分重要。

1.2.1 基坑工程设计

1. 基坑工程设计的原则

- ① 安全可靠:满足支护结构本身强度、稳定性以及变形的要求,确保周围环境的安全;

② 经济合理性:在支护结构安全可靠的前提下,要从工期、材料、设备、人工以及环境保护等方面综合确定具有明显技术经济效果的方案;

③ 施工便利并保证工期:在安全可靠、经济合理的原则下,最大限度地满足方便施工的条件(如合理的支撑布置,便于挖土施工),以缩短工期;

④ 采用分项系数表示的极限状态设计方法:承载能力极限状态,对应于支护结构达到最大承载能力或土体失稳、过大变形导致支护结构或基坑周边环境破坏,正常使用极限状态,对应于支护结构的变形已经妨碍地下结构施工,或影响基坑周边环境的正常使用功能。

基坑支护结构均应进行承载能力极限状态的计算,对于安全等级为一级及对支护结构变形有限定的二级建筑基坑侧壁,还应对基坑周边环境及支护结构变形进行验算。

2. 基坑工程设计的内容

- ① 支护体系的方案比较和选型;
- ② 支护结构的强度和变形验算;
- ③ 基坑内外土体的稳定性验算;
- ④ 维护墙的抗渗验算;
- ⑤ 降水要求和降水方案;
- ⑥ 确定挖土的工况及挖土、运土的主要措施;
- ⑦ 确定环境保护的要求及相关措施;
- ⑧ 监测的内容。

3. 基坑工程设计前应收集以下资料

- ① 岩土工程的勘察报告;
- ② 邻近建(构)筑物和地下设施的类型、分布情况和结构质量、管件接头等资料;
- ③ 用地退界线及红线范围图、场地地下管线图、建筑总平面图、地下结构平面图和剖面图。

上述资料,有的由勘察、设计单位提供,有的向有关的市政管理部门收集,有的还需要通过检测和调查才能取得。

4. 基坑工程设计时应考虑的荷载

- ① 土压力、水压力;
- ② 地面超载;
- ③ 影响范围内建(构)筑物产生的侧向荷载;
- ④ 施工荷载及邻近基础工程施工(如打桩、基坑开挖、降水等)的影响;
- ⑤ 需要时,宜结合工程经验考虑温度影响和混凝土收缩、徐变引起的作用及挖土和支撑施工的时空效应。

1.2.2 基坑工程施工

基坑工程施工是基坑工程的重要组成部分,要严格按照设计要求和有关施工规范、规程进行施工。

1. 编制施工组织设计或施工方案

基坑工程的施工应根据支护结构形式、地下结构、开挖深度、地质条件、周围环境、工期、气候和地面荷载等有关资料编制施工组织设计或施工方案。内容应包括工程概况、地质资料、降水设计、挖土方案、施工组织、支护结构变形控制、监测方案 and 环境保护措施。

2. 加强现场施工管理

(1) 控制施工质量

选择合理的支撑结构,严格控制 and 检测施工质量差的部位。如钢管支撑支点数量少,连接不牢固的部位;钢管与斜撑、支撑焊接质量不好,经常发生焊缝拉裂的部位;钢管使用多年,壁厚变薄,结果部分钢管变形大,节点遭破坏,而后整体破坏的部位。

(2) 严禁超挖

基坑工程施工应遵循“开槽支撑、先撑后挖、分层开挖、严禁超挖”的原则,超挖是不好的施工方法,将会引发险情甚至事故。

(3) 基坑内降水施工

挖土前两周,要进行基坑内降水以保证坑内的良好施工条件。如坑内开挖不降水,由于开挖坡度较陡和挖土振动的影响,土的强度有所降低,土体将发生滑动,导致维护墙倾斜,工程桩移位,甚至桩身断裂。

3. 监测工作

深基坑工程中的监测工作是指指导施工、避免事故发生的必要措施,也是进行信息化施工的手段;监测也是检验设计理论的正确性和发展设计理论的重要依据。

1.3 基坑工程的发展

随着经济的不断发展,我国城市化水平不断提高,预计 2010 年及本世纪中叶可以达到 45% 和 65%。实施城市可持续发展必须节约资源,保护环境,实现城市经济建设和资源、环境的相互协调。目前城市发展与土地资源紧张的矛盾是持续城市化面临的最大挑战之一,出路在于节约城市土地资源,开发利用空中和地下空间,城市向三维空间发展,开发利用地下空间是缓解城市发展中诸多矛盾的有效措施。

高层建筑的大量兴起和城市地下空间的开发利用,必然带来一系列基坑开挖与支护的问题。大量地下空间的开挖位于建筑密集的地区,几乎没有什么土建工程比在建筑物或构筑物旁边进行开挖更难了。这使得深基坑开挖与支护难度日益增大,也促进了深基坑工程分析方法和施工工艺的发展。基坑工程的重要性和复杂性日益突出。

1.3.1 基坑工程是综合技术的系统工程

基坑工程是与众多因素相关的综合技术。如场地勘察、基坑设计、施工、监测、现场管理以及相邻场地施工的影响。基坑设计和施工涉及地质条件、岩土性质、场地环境、工作要求、气候变化、地下水动态、施工程序和方法等许多复杂问题,是理论上尚待发展的综合技术学科。

1. 基坑工程尚属新兴学科领域

20世纪90年代基坑工程有了全面发展,并取得了宝贵的经验。但是,目前还没有有一种基坑工程计算理论能一次在计算中概况全部土质的复杂性质。每一种计算理论都是在某些简化假定的前提下建立的,具有一定的局限性。而且,无论计算技术如何先进,实际计算结果不可能超越其参数测定的精确程度。因此,基坑工程支护失效率较高,工程投资费用也高。

2. 不确定性因素对基坑工程的影响

① 由于地基土的非均匀性,设计计算时对土的力学性能参数取值可能与实际值存在较大的误差,造成受力分析不准确而误导设计。

② 作用外力的不确定性使得结构设计对支护体系的参数取值具有不真实性,造成设计受力与现实情况产生误差。

③ 变形的不确定性更难以准确确定支护体系在施工中的变形量,增加了不安全因素。

④ 周围环境的突变对基坑的冲击在施工中难以预料和控制。

目前在基坑工程中发生工程事故的概率往往高于主体工程。由于存在以上不确定因素,很难对基坑工程的设计与施工定出一套标准模式,或用一套严密的理论计算方法把握施工过程中可能发生的变化。

3. 尚未形成技术与施工的专为队伍

1.3.2 基坑工程应探讨研究的问题

实践表明,基坑工程的相关技术发展至今天,已迫切需要理论来指导、充实和完善。基坑工程的稳定性、支护结构的内力和变形以及周围地层的位移对周围建筑物和地下管线等的影响及保护分析,目前尚不能准确得出定量的结果。但是,有关地基的稳定及变形的理论,对解决这类实际工程问题仍然有非常重要的指导意义。

1. 发展基坑工程学科

在理论上,经典的土力学已不能满足基坑工程的要求,考虑应力路径(卸载)的作用,土的各向异性、土的流变性、土的扰动、土与支护结构的共同作用等的计量理论以及有限单元法理论和系统工程等软科学的研究理论将逐渐形成一类专门的学科——基坑工程学。

为了防止在设计和施工中发生失误,基坑工程设计者在运用任何一种理论分析及问题计算时,有必要同时考虑这种理论所未曾计入的其他影响因素,并进行综合分析判断。从不同角度用不同理论进行分析,并以大量有关的工程实际资料 and 实践经验为参考做出判断。

2. 加强基坑工程设计和施工的配合

基坑工程的设计广义上应包括勘察、支护结构设计、施工、监测和周围环境的保护等几个方面的内容,比其他基础工程更突出的特殊性是:其设计与施工完全相互依赖,密不可分,施工的每一个阶段,结构体系和外面的荷载都在变化,而且施工工艺的变化、挖土次序和位置的变化、支撑和留土时间的变化等都非常复杂,而且对最后的结果有直接的影响,绝非最后的设计计算简图所能单独决定的。目前的设计理论尚不完善,对设计参数的

选取还需改进,还不能事先完全考虑诸多复杂因素,在基坑工程施工处理不当时,可能会出现一些意外的情况,要求设计、施工人员加以重视,并密切配合,加强监测分析,及时发现和解决问题,及时总结经验。

3. 基坑工程设计与施工的实践

城市基坑工程通常处于房屋和生命线工程的密集地区,为保护这些已建建筑物和构筑物的正常使用和安全运营,尚需对基坑工程引起的周围地层移动限制在一定变形值之内,也即分别要求挡土墙结构的水平位移和其邻近地层的垂直沉降限制在某标准值之内,甚至也限制墙体垂直沉降和地层的水平移动值满足周围环境的要求,以变形控制值为控制标准,用设计基坑工程的方法取代单纯验算强度和稳定性的传统做法。在软土地区,变形在控制设计限值方面起着主导作用。

采取理论计算、监测数据和工程经验相结合的办法,以求基坑工程设计更加合理和经济。一是重视理论研究,对影响基坑工程的诸多因素,如水土压力、防水措施、邻近建筑物、道路管线、邻近施工、周边动静荷载等均应做充分估计,在围护结构设计时亦应做充分的考虑,既保证支护结构安全,又确保了周围环境的安全;二是重视施工质量,使钢筋混凝土灌注桩、围梁、帽梁、卸荷板、钢支撑的施工都达到设计的受力标准,水泥搅拌桩止水帷幕达到较好的固土止水效果,保证基坑的安全施工;三是选择正确的施工方法并注意信息化施工,挖土时分层开挖,严密监测围护结构和周围环境的变化。保证维护结构的安全,使基坑工程安全地按计划施工。

第 2 章 基坑工程设计原则及荷载

2.1 基坑工程设计的内容及依据

2.1.1 两种极限状态

基坑支护结构极限状态可分为两类。

1. 承载能力极限状态

承载能力极限状态系指对应于支护结构达到最大承载能力或土体失稳、过大变形导致支护结构或基坑周围环境破坏。

2. 正常使用极限状态

正常使用极限状态系指对应于支护结构的变形已妨碍地下结构施工或影响周边环境的正常使用功能。

2.1.2 基坑工程设计的基本原则

基坑支护结构应采用分项系数表示的极限状态设计表达式进行设计,其设计原则是,使设计和施工做到技术先进、经济合理,确保基坑边坡稳定,基坑周围建筑物、道路及地下设施安全,具体体现在以下几个方面:

- ① 在满足支护结构本身强度、稳定性和变形要求的同时,确保周围环境的安全;
- ② 在保证安全可靠的前提下,设计方案应具有较好的技术经济和环境效应;
- ③ 为基坑支护工程施工和基础施工提供最大限度的施工方便。

2.1.3 基坑工程的安全等级

根据支护结构失效及土体失稳或过大变形对基坑周边环境及地下结构施工影响的严重程度,将基坑工程分为三个安全等级,其安全等级划分及设计时所采用的重要性系数 γ_0 见表 2.1。

表 2.1 基坑侧壁安全等级与重要性系数 γ_0

安全等级	破坏后果	γ_0
一级	支护结构破坏、土体失稳或过大变形对基坑周边环境及地下结构施工影响很严重	1.10
二级	支护结构破坏、土体失稳或过大变形对基坑周边环境及地下结构施工影响一般	1.00
三级	支护结构破坏、土体失稳或过大变形对基坑周边环境及地下结构施工影响不严重	0.90

2.1.4 基坑工程的设计内容

基坑支护设计内容应包括对支护结构计算和验算、质量检测及施工监控的要求。

1. 承载能力极限状态的计算

基坑支护结构均应进行承载能力极限状态的计算,计算内容应包括:

- ① 根据基坑支护形式及其受力特点进行土体稳定性计算;
- ② 基坑支护结构的受压、受弯、受剪承载力计算;
- ③ 当有锚杆或支撑时,应对其进行承载力计算和稳定性验算。

2. 正常使用极限状态的计算

对于安全等级为一级及对支护结构变形有限制的二级建筑基坑侧壁,尚应对基坑周边环境及支护结构变形进行验算。

3. 地下水控制计算和验算

对于基底位于地下水位以下的基坑,应进行地下水控制计算和验算,其计算和验算内容包括:

- ① 抗渗透稳定性验算;
- ② 基坑底突涌稳定性验算;
- ③ 根据支护结构设计要求进行地下水位控制计算;
- ④ 对支护结构的计算和验算、质量检测,提出对施工监测的要求。

2.1.5 基坑工程的设计依据

基坑工程设计与施工应综合考虑工程地质与水文地质条件、基础类型、基坑开挖深度、降排水条件、周边环境对基坑侧壁位移的要求、基坑周边荷载、施工季节、支护结构使用期限等因素,做到因地制宜、合理设计、精心施工、严格监控。归纳起来,总结为以下几方面。

1. 国家及地区的有关规范及规程

基坑工程设计与施工应严格按照国家及地区的有关规范及规程,由中国建筑科学研究院主编的《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—99)于1999年施行,该规程为强制性行业标准。除该强制性行业标准外,尚应符合国家现行的有关标准、规范和规程的规定。例如,《建筑地基基坑设计规范》(GB 5007—2002);《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002);《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—94);《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001);《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002);《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)等。另外,考虑各地区工程地质及水文地质条件的差异,有些地区、城市(例如,上海、广东、深圳等)也编制了相应的地方规程,设计者也应结合工程所在地的地方规程适当予以考虑。

2. 场地岩土工程地质勘察资料

基坑工程设计与施工应充分考虑场地的工程地质资料及水文地质资料。各建筑场地的工程地质条件及水文地质条件差异很大,往往这些条件对支护结构的形式及支护措施

起到控制性作用。值得一提的是一般的岩土工程勘察报告往往侧重给出满足建筑物的地基基础设计所需的岩土物理、力学参数,对基坑工程设计与施工所需的参数及勘测深度考虑不足,获得各参数所采用的试验方法也不一定满足基坑工程设计与施工的要求。因此,需要设计者尽量参与岩土工程勘察计划的制订,对岩土工程勘察报告提出要求。

3. 周围环境资料

周围环境资料包括影响范围内建筑物及构筑物的结构类型、层数、基础类型、埋深、基础荷载大小及上部结构现状;各类地下设施,包括上下水、电缆、煤气、污水、雨水、热力等管线或管道的分布和现状;场地周围和邻近地区地表水汇流、排泄情况,地下水管渗漏情况以及对基坑开挖的影响程度;基坑四周道路的距离、交通、路基、路面结构及车辆载重情况等;建筑红线要求;地下障碍物情况。

4. 主体结构的设计资料

了解主体结构的平面图、剖面图、桩位布置图等。

5. 施工条件

要充分考虑建筑场地的空间供给、工期要求、噪声及振动影响、当地的技术条件、设备条件等。

2.2 土压力的种类

2.2.1 定义

在建筑工程中,遇到在土坡上、下修筑建筑物时,为了防止土坡发生滑坡和坍塌,需用各种类型的挡土结构物加以支挡,挡土墙是最常用的支挡结构物。土体作用在挡土墙上的压力称为土压力。土压力的大小是挡土墙设计的重要依据。根据挡土墙的位移及墙后土体的应力状态,将土压力分为三类:静止土压力、主动土压力和被动土压力。

1. 静止土压力

静止土压力是在挡土墙(支护体)施工过程中土体不受扰动并在建造后不发生位移的条件下,挡土墙(支护体)后填土处于弹性平衡状态,此时墙(支护体)背上的土压力称为静止土压力。

2. 主动土压力

挡土墙(支护体)发生离开土体方向的位移,当挡土墙(支护体)的位移达到一定程度时,其后的土体达到极限平衡状态,此时的土压力减小至最小,称为主动土压力。

3. 被动土压力

挡土墙(支护体)在外力作用下,发生挤向土体的位移,当挡土墙(支护体)的位移达到一定程度时,其后的土体达到极限平衡状态,此时的土压力达到最大值,称为被动土压力。

2.2.2 静止土压力的计算

高度为 H 的挡土墙,在距离填土表面为 z 处的静止土压力强度为

$$\sigma_0 = \gamma z K_0 \quad (2.1)$$

作用在挡土墙背上的静止土压力合力为

$$E_0 = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_0 \quad (2.2)$$

式中 K_0 ——静止土压力系数;

γ ——土的重度。

静止土压力的计算关键是静止土压力系数 K_0 的确定。静止土压力系数 K_0 理论上为 $\frac{\mu}{1-\mu}$, μ 为土体泊松比。 K_0 可由室内的或现场的静止侧压力试验测定,在缺乏试验资料时,可按经验公式确定。

关于静止土压力系数有很多学者分别给出了经验公式表达式,表 2.2 给出了一些学者的研究成果。

表 2.2 静止土压力系数 K_0 经验公式

序 号	作 者	K_0	发表时间
1	Jaky	$1 - \sin \varphi'$	1944
2	Fraser	$0.9(1 - \sin \varphi')$	1957
3	Dewet	$\frac{1 - \sin^2 \varphi'}{1 + 2\sin^2 \varphi'}$	1961
4	Kezdi	$\left(1 + \frac{2}{3} \sin \varphi'\right) \frac{1 - \sin \varphi'}{1 + \sin \varphi'}$	1962
5	Hendron	$\frac{1}{2} \left(\frac{1 + \frac{\sqrt{6}}{8} - 3 \frac{\sqrt{6}}{8} \sin \varphi'}{1 + \frac{\sqrt{6}}{8} + 3 \frac{\sqrt{6}}{8} \sin \varphi'} \right)$	1963
6	Brooker	$0.9 - \sin \varphi'$	1965
7	Berger	$\frac{(1 + \sqrt{0.5 \sin \varphi'})(1 - \sin \varphi')}{1 + \sin \varphi'}$	1966
8	Sawada	$\frac{\sqrt{1 - 0.6 \cos 2\varphi'} - \sqrt{0.1 \sin 2\varphi'}}{\sqrt{1 - 0.6 \cos 2\varphi'} + \sqrt{0.1 \sin \varphi'}}$	1966
9	山口	$\frac{1 - 0.004 \tan \varphi'}{1 - \sin \varphi'}$	1972
10	Alpan	$0.19 + 0.23 \lg I_p$	1974

除此之外,一些学者也给出了静止土压力系数 K_0 的经验数值,见表 2.3。

表 2.3 静止土压力系数 K_0 的经验数值

试验者	土 类	K_0
Kerzaghi(1920)	重塑黏土	0.7 ~ 0.76
Beane(1941)	天然黏土	0.50
	重塑黏土	0.70
Zabtaliouf(1948)	重塑黏土	0.50
Bishop(1957)	天然砂质黏土	0.43
	重塑黏土	0.70
	压实黏土	0.43 ~ 0.60
Semonth(1958)	天然黏土	0.48
	粉质灵敏黏土	0.51 ~ 0.52
华东水利学院(1958) (1964)	天然黏土	0.50
	重塑黏土	0.65
河海大学(1976)	天然黏土	0.57
	天然壤土	0.48
	压实壤土	0.65
南京水利科研所(1974)	天然黏土	0.54
同济大学(1979)	上海软土	0.64

2.2.3 影响土压力的因素

作用于基坑挡土结构上的土压力大小及分布与许多因素有关,这也是难以精确确定土压力的主要原因。这些因素主要有:土类别及土的计算指标;计算理论;支护结构的刚度及位移;有无支点及支点的位置和反力大小;所开挖的基坑大小及几何形状;地下水位;施工方法、施工工序和施工过程;外界的荷载与温度变化等。

1. 土类别及土的计算指标

从式(2.1)及表2.2和2.3可见,土压力的大小显然受土的天然重度和土类别的影响。土的天然重度越大,土压力也越大,同时,静止土压力系数 K_0 与土的有效内摩擦角相关,一般土的有效内摩擦角越大,土压力也越大。

2. 计算理论

现广泛应用的朗肯土压力理论及库仑土压力理论,各有其理论成立的假设和适用条件,正是这些假设使其应用受到限制,而实际工程的条件往往与理想的理论条件相差甚远,所以,只能在理论计算的基础上结合具体工程的情况进行调整或修正。

3. 支护结构的刚度及位移

如前所述,静止土压力是在挡土墙不发生位移的条件下的土压力。主动土压力是挡土墙发生离开土体方向的位移,且位移达到一定程度时的土压力。被动土压力是挡土墙在外