

新世纪土木工程专业系列教材

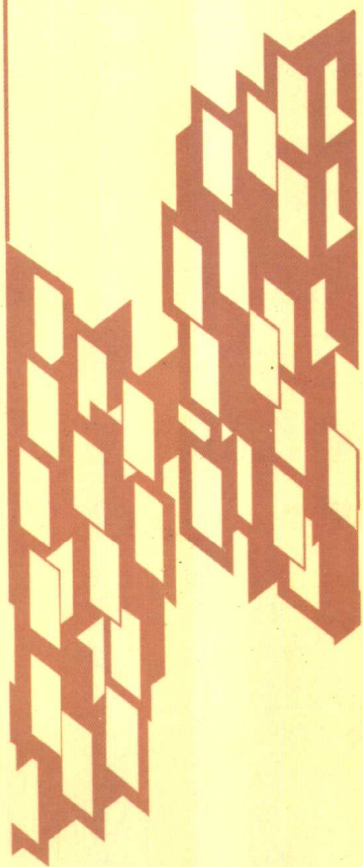


地下结构工程

DIXIA JIEGOU GONGCHENG

龚维明 童小东 编 著
缪林昌 穆保岗

蒋永生 主 审



东南大学出版社

新世纪土木工程专业系列教材

地下结构工程

龚维明 童小东 编著
缪林昌 穆保岗
蒋永生 主审

东南大学出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了大开挖基坑工程、新奥法隧道、浅埋基础、盾构衬砌结构、顶管法、沉井、沉管、地下工程施工对环境影响、地下结构与岩土共同作用等。

在本书的编写中适当介绍了目前工程中应用的新兴技术,如 SMW 工法、逆作拱墙、施工对环境的影响等。每章开头部分提出了学习目的和教学要求,每章后均编有思考题,便于学生复习和巩固学习内容。

本书可作为土木工程专业本科生的教材,也适用于电大、职大、函大、网大和自学考试等同类专业学生的学习,并可供有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地下结构工程/龚维明等编著. —南京:东南
大学出版社,2004.2

(新世纪土木工程专业系列教材)

ISBN 7-81089-259-2

I. 地... II. 龚... III. 地下结构:结构工程—
高等学校—教材 IV. TU94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 093978 号

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 丹阳人民印刷厂印刷

开本:787 mm×1092 mm 1/16 印张:13.5 字数:337 千字

2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月第 1 次印刷

印数:1~4000 册 定价:24.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向我社发行科调换。电话:025-83795801)

新世纪土木工程专业系列教材编委会

顾 问 丁大钧 容柏生 沙庆林

主 任 吕志涛

副主任 蒋永生 陈荣生 邱洪兴 黄晓明

委 员 (以姓氏笔画为序)

丁大钧 王 炜 冯 健 叶见曙 石名磊 刘松玉 吕志涛

成 虎 李峻利 李爱群 沈 杰 沙庆林 邱洪兴 陆可人

舒贛平 陈荣生 单 建 周明华 胡伍生 唐人卫 郭正兴

钱培舒 曹双寅 黄晓明 龚维明 程建川 容柏生 蒋永生

序

东南大学是教育部直属重点高等学校,在 20 世纪 90 年代后期,作为主持单位开展了国家级“20 世纪土建类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”课题的研究,提出了由土木工程专业指导委员会采纳的“土木工程专业人才培养的知识结构和能力结构”的建议。在此基础上,根据土木工程专业指导委员会提出的“土木工程专业本科(四年制)培养方案”,修订了土木工程专业教学计划,确立了新的课程体系,明确了教学内容,开展了教学实践,组织了教材编写。这一改革成果,获得了 2000 年教学成果国家级二等奖。

这套新世纪土木工程专业系列教材的编写和出版是教学改革的继续和深化,编写的宗旨是:根据土木工程专业知识结构中关于学科和专业基础知识、专业知识以及相邻学科知识的要求,实现课程体系的整体优化;拓宽专业口径,实现学科和专业基础课程的通用化;将专业课程作为一种载体,使学生获得工程训练和能力的培养。

新世纪土木工程专业系列教材具有下列特色:

1. 符合新世纪对土木工程专业的要求

土木工程专业毕业生应能在房屋建筑、隧道与地下建筑、公路与城市道路、铁道工程、交通工程、桥梁、矿山建筑等的设计、施工、管理、研究、教育、投资和开发部门从事技术或管理工作,这是新世纪对土木工程专业的要求。面对如此宽广的领域,只能从终身教育观念出发,把对学生未来发展起重要作用的基础知识作为优先选择的内容。因此,本系列的专业基础课教材,既打通了工程类各学科基础,又打通了力学、土木工程、交通运输工程、水利工程等大类学科基础,以基本原理为主,实现了通用化、综合化。例如工程结构设计原理教材,既整合了建筑结构和桥梁结构等内容,又将混凝土、钢、砌体等不同材料结构有机地综合在一起。

2. 专业课程教材分为建筑工程类、交通土建类、地下工程类三个系列

由于各校原有基础和条件的不同,按土木工程要求开设专业课程的困难较大。本系列专业课教材从实际出发,与设课群组相结合,将专业课程教材分为建筑工程类、交通土建类、地下工程类三个系列。每一系列包括有工程项目的规划、选型或选线设计、结构设计、施工、检测或试验等专业课系列,使自然科学、工程技术、管理、人文学科乃至艺术交叉综合,并强调了工程综合训练。不同课群组可以交叉选课。专业系列课程十分强调贯彻理论联系实际的教学原则,融知识和能力为一体,避免成为职业的界定,而主要成为能力培养的载体。

3. 教材内容具有现代性,用整合方法大力精减

对本系列教材的内容,本编委会特别要求不仅具有原理性、基础性,还要求具有现代性,纳入最新知识及发展趋向。例如,现代施工技术教材包括了当代最先进的施工技术。

在土木工程专业教学计划中,专业基础课(平台课)及专业课的学时较少。对此,除了少而精的方法外,本系列教材通过整合的方法有效地进行了精减。整合的面较宽,包括了土木工程

各领域共性内容的整合,不同材料在结构、施工等教材中的整合,还包括课堂教学内容与实践环节的整合,可以认为其整合力度在国内是最大的。这样做,不只是为了精减学时,更主要的是可淡化细节了解,强化学习概念和综合思维,有助于知识与能力的协调发展。

4. 发挥东南大学的办学优势

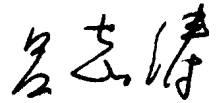
东南大学原有的建筑工程、交通土建专业具有 80 年的历史,有一批国内外著名的专家、教授。他们一贯严谨治学,代代相传。按土木工程专业办学,有土木工程和交通运输工程两个一级学科博士点、土木工程学科博士后流动站及教育部重点实验室的支撑。近十年已编写出版教材及参考书 40 余本,其中 9 本教材获国家和部、省级奖,4 门课程列为江苏省一类优秀课程,5 本教材被列为全国推荐教材。在本系列教材编写过程中,实行了老中青相结合,老教师主要担任主审,有丰富教学经验的中青年教授、教学骨干担任主编,从而保证了原有优势的发挥,继承和发扬了东南大学原有的办学传统。

新世纪土木工程专业系列教材肩负着“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”的重任。因此,为了出精品,一方面对整合力度大的教材坚持经过试用修改后出版,另一方面希望大家在积极选用本系列教材中,提出宝贵的意见和建议。

愿广大读者与我们一起把握时代的脉搏,使本系列教材不断充实、更新并适应形势的发展,为培养新世纪土木工程高级专门人才作出贡献。

最后,在这里特别指出,这套系列教材,在编写出版过程中,得到了其他高校教师的大力支持,还受到作为本系列教材顾问的专家、院士的指点。在此,我们向他们一并致以深深的谢意。同时,对东南大学出版社所作出的努力表示感谢。

中国工程院院士



2001 年 9 月

前 言

地下结构工程是土木工程专业的主干课程之一。根据教育部新的普通高等学校本科专业目录,原建筑工程、交通土建工程、桥梁工程、地下工程等多个专业合并为土木工程专业。当前人才培养模式已向宽专业口径发展,原有教材远远不能满足现在专业要求。为了适应土木工程专业课程教学的要求,编写本书。

由于地下结构工程涉及面广,不同地下结构有各自的规范。本书力图考虑学科发展新水平,结合新规范,着重从基本概念、基础理论角度讲解主要的地下结构,反映地下结构的成熟成果与观点。全书重点突出,深入浅出,加强了各章之间的相互衔接,各章还附有习题及思考题。同时,由于相关专业的参考书籍也较多,学习时可以结合参考文献课外阅读其他的专著。

本书第1、2、3章由龚维明编写,第4、7、8章由童小东编写,第5、9章由穆保岗编写,第6、10、11章由缪林昌编写。本书由龚维明主编,蒋永生主审。

希望读者在使用过程中多提意见,使本书日臻完善。

龚维明

2003.6

目 录

1	绪论	(1)
1.1	地下结构的用途	(1)
1.2	地下结构型式	(1)
1.3	设计内容	(4)
1.4	计算原则	(5)
1.5	本课程的内容和任务	(6)
2	大开挖基坑工程	(8)
2.1	竖直开挖	(8)
2.2	放坡开挖	(8)
2.3	基坑边坡失稳的防止措施	(11)
2.4	地下水的处理	(12)
3	深基坑工程	(15)
3.1	概述	(15)
3.2	支护结构方案及选择	(15)
3.3	支护结构上的作用	(17)
3.4	排桩、地下连续墙	(20)
3.5	土层锚杆	(26)
3.6	水泥土墙	(34)
3.7	土钉墙	(39)
3.8	SMW 工法	(44)
3.9	逆作拱墙	(46)
3.10	逆作法施工	(48)
4	新奥法与锚喷支护	(51)
4.1	概述	(51)
4.2	隧道围岩压力的确定	(53)
4.3	锚喷支护结构	(60)
5	浅埋的地下结构	(79)
5.1	概述	(79)
5.2	一般浅埋地下结构形式	(81)
5.3	矩形闭合框架的计算	(83)
5.4	构造要求	(87)
6	盾构衬砌结构	(91)
6.1	概述	(91)
6.2	盾构构造和分类	(93)

6.3	盾构推进及衬砌拼装	(99)
6.4	装配式圆形衬砌构造	(102)
6.5	内力计算与管片结构设计	(104)
7	顶管法	(113)
7.1	概述	(113)
7.2	顶管工程设计	(114)
7.3	常用顶管工具管	(120)
7.4	中继环	(122)
7.5	管道及其接口	(123)
7.6	顶管法施工主要技术措施	(125)
8	沉井基础	(128)
8.1	概述	(128)
8.2	沉井构造	(130)
8.3	沉井结构设计计算	(132)
9	沉管结构	(144)
9.1	概述	(144)
9.2	沉管结构设计	(145)
9.3	接缝管段处理与防水措施	(148)
9.4	管段沉设与水下连接	(151)
9.5	管段接头	(153)
9.6	沉管基础	(154)
10	地下工程施工环境影响与保护	(158)
10.1	基坑开挖工程的环境土工问题	(158)
10.2	地下水对环境的影响	(167)
10.3	盾构掘进对环境影响的理论与预测	(175)
11	地基与结构的非线性特征和共同作用	(185)
11.1	概述	(185)
11.2	土的本构模型	(185)
11.3	钢筋混凝土材料变形性质的非线性特征	(192)
11.4	地基土与基础结构的非线性共同作用	(194)
11.5	地下工程反分析	(199)
	参考文献	(203)

1 绪论

本章简单介绍了地下结构的用途、地下结构型式,设计的内容与设计的原则,从而了解本课程的主要内容和学习要求。

1.1 地下结构的用途

地下结构是指保留上部地层(山体或土层)的前提下,在开挖出能提供某种用途的地下空间内修建的结构物,统称为地下结构。

地下空间的利用为各类建筑工程的选址开辟了广阔的前景。当前,地下空间已开始作为极其重要的自然资源加以开发,在我国各领域已有大量使用,特别是人口密集和交通繁忙的市区,地下空间的开发与日俱增。

按照不同用途,地下工程可分为下列九类:

- (1) 交通隧道,如铁路隧道、公路隧道、城市地下铁道及水底隧道等;
- (2) 水工隧洞,如水力发电站的各种输水隧洞,为农业灌溉开凿的输水隧洞以及给水排水隧洞等;
- (3) 矿山巷道,如各类矿山的运输巷道及开采井巷等;
- (4) 地下仓库,如粮食、油料、酿酒和水果、蔬菜等的储藏库,鱼肉食品的冷藏库,车库以及核废渣封存库等;
- (5) 地下工厂,如水力或火力发电站的地下厂房以及各种轻、重工业的地下厂房等;
- (6) 地下民用与公共建筑,如地下商店、图书馆、体育馆、展览厅、影剧院、旅馆、餐厅、住宅及其综合建筑体系——城市地下街等;
- (7) 地下市政工程,如给水工程、污水、管路、线路、废物处理中心等;
- (8) 人防工程,如人员隐蔽部、指挥所、疏散干道、连接通道、医院、救护站及大楼防空地下室,根据以战为主、平战结合的原则,这些建筑物平时可用作办公室、会议室、工厂仓库、食堂和招待所等;
- (9) 国防地下工程,如飞机库、舰艇库、武器库、弹药库、作战指挥所、通讯枢纽、军医院和各类野战工事以及永备筑城工事等。

近年来我国兴建了大量高层建筑及许多大型市政地下设施,由此产生了大量深基坑工程。基坑工程开挖、围护设计理论及施工技术是我国基本建设迫切需要发展的综合技术学科。

1.2 地下结构型式

地下结构的形状和尺寸根据其用途、地形、地质、施工和结构性能等条件差异而不同,通过勘测和初步设计来加以选用。按照其相对于地表面的位置,地下结构可以是水平的(称为水平坑道)、倾斜的(称为斜井)和竖直的(称为竖井)。按水平坑道埋置深度的不同,又可分为浅埋

和深埋两种。土层中的浅埋结构根据个别地区经验,一般是指覆土厚度仅 5 m 以内而不采用暗挖法修建的结构。

结构型式首先由受力条件来控制,即在一定地质条件的土水压力下和一定的爆炸与地震等动载下求出最合理和经济的结构型式。地下结构断面可以有如图 1-1 的几种型式。矩形隧道的直线构件不利于抗弯,故在荷载较小,即地质较好、跨度较小或埋深较浅时常被采用。圆形隧道受到均匀径向压力时,弯矩为零,可充分发挥混凝土结构的抗压强度,当地质较差时应优先采用。其余四种型式按具体荷载和尺寸决定,如顶压较大则用直墙拱形,大跨度结构可用落地拱,底板常做成仰拱式。



图 1-1 地下结构型式

结构型式也受使用要求的制约,一个地下建筑物必须考虑使用需要,如人行通道,可做成单跨矩形或拱形结构;地下铁道车站或地下医院等应采用多跨结构,既减少内力,又利于使用;飞机库因中间不能设柱而常用大跨度落地拱;作为工业车间时矩形隧道接近使用情况;当欲利用拱形空间放置通风等管道时,亦可做成直墙拱形或圆形隧道。

施工方案是决定地下结构型式的重要因素之一,在使用和地质条件相同情况下,由于施工方法不同而采用不同的结构型式。

综合地质、使用、施工三方面因素,地下结构常见的型式有以下几种:

(1) 附建式结构:是房屋建筑下面的地下室,一般有承重的外墙、内墙(地下室作为大厅用时则为内柱)和板或梁板式平底结构,如图 1-2 所示。

(2) 浅埋式结构:平面呈方形或长方形,当顶板做成平顶时,常用梁板式结构。地下指挥所可以采用平面呈条形的单跨或多跨结构,为节省材料顶部可做成拱形,如一般人员掩蔽部常做成直墙拱形结构,如图 1-3a;如平面为条形的地下铁道等大中型结构,则常做成矩形框架结构,如图 1-3b 所示。

(3) 地道式结构:采用矿山法暗挖施工,有直墙拱形结构(图 1-4)或曲墙式结构。

(4) 沉井法结构:沉井施工时需要在沉井底部挖土,顶部出土,故施工时的沉井为一开口的井筒结构,水平断面一般做成方形,也有圆形,可以单孔也可以多孔,沉至要求标高后再做底板、顶板,如图 1-5 所示。

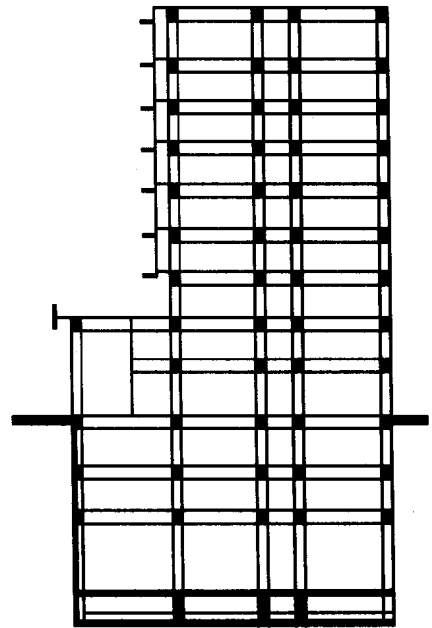
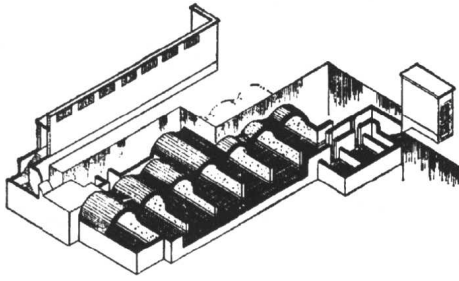
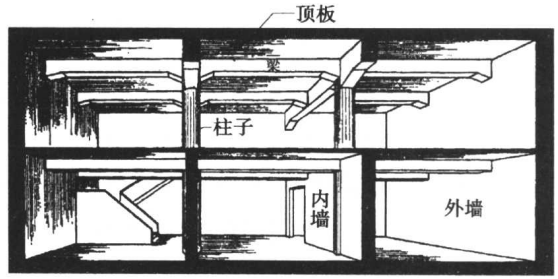


图 1-2 附建结构



(a)



(b)

图 1-3 浅埋式结构

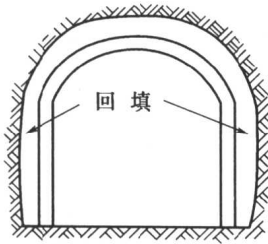


图 1-4 地道式结构

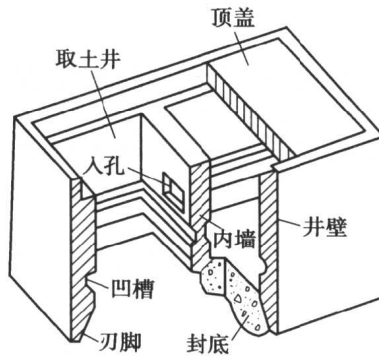


图 1-5 沉井

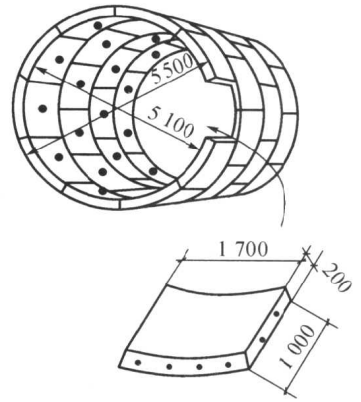


图 1-6 盾构

(5) 盾构法结构:盾构推进时,以圆形为最好,故常采用装配式圆形衬砌,也有做成方形和半圆形的,如图 1-6 所示。

(6) 连续墙结构:先建造两条连续墙,然后在中间挖土,修建底板、顶板和中间楼层,如图 1-7 所示。

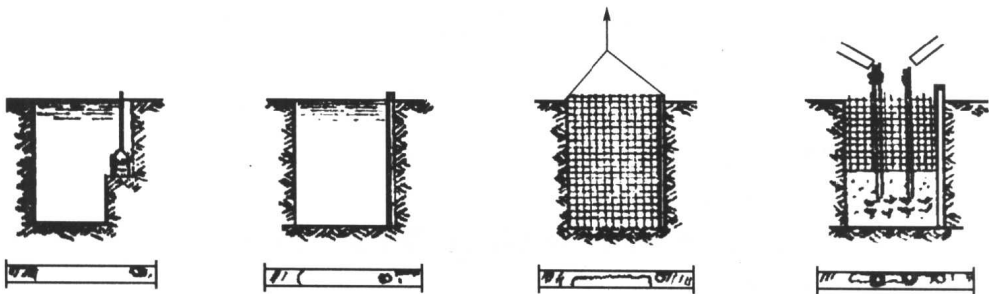


图 1-7 地下连续墙结构

(7) 顶管结构:以千斤顶顶进就位的地下结构称为顶管结构。断面小而长的顶管结构一般采用圆形结构,断面大而短时可采用矩形结构或多跨箱涵结构。图 1-8 是顶管结构的一种典型形式。

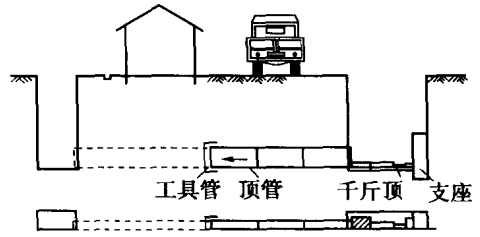


图 1-8 顶管

(8) 沉管法结构:一般做成箱形结构,两端加以临时封口,运至预定水面处,沉放至设计位置,如图 1-9 所示。

(9) 基坑工程:由地面向下开挖的一个地下空间,四周一般为垂直的挡土结构。

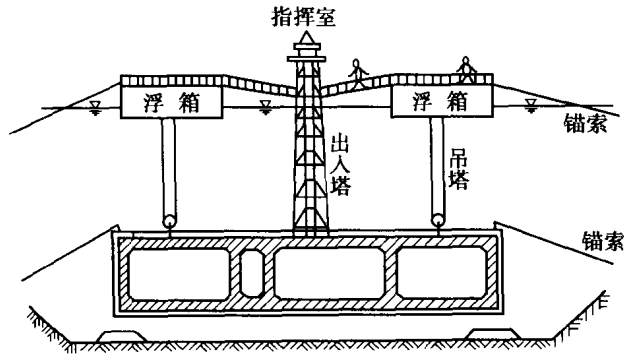


图 1-9 沉管

1.3 设计内容

修建地下结构工程,必须遵循基本建设程序,进行勘察、设计与施工。设计分工艺设计、规划设计、建筑设计、防护设计、结构设计、设备设计等。结构设计工作一般分初步设计和施工图设计两个阶段。

初步设计中的结构设计部分,主要任务是在满足使用要求下,解决设计方案技术上的可能性与经济上的合理性,并提出投资、材料、施工等指标。

初步设计的内容大体是:

- (1) 工程防护等级、三防要求与动载标准的确定;
- (2) 确定埋置深度与施工方法;
- (3) 草算荷载值;
- (4) 选择建筑材料;
- (5) 选定结构型式和布置;
- (6) 估算结构跨度、高度、顶板、底板及边墙厚度等主要尺寸;
- (7) 绘制初步设计结构图;
- (8) 估算工程材料数量及财务概算。

结构型式及其主要尺寸的确定,一般可通过同类工程的类比法,吸取国内外已建工程的经验教训,提出数据。必要时可用查表或近似计算方法求出内力,并按经济合理的含钢率初步配

置钢筋。

将地下工程的初步设计图纸附以说明书,送交有关主管部门审定批准后,才可进行下一步的技术设计。

技术设计主要是解决结构的强度、刚度和稳定、抗裂性等问题,并提供施工时结构各部件的具体细节尺寸及连接大样。

(1) 计算荷载,按建筑用途、防护等级、地震级别、埋置深度和土层情况等求出作用在结构上的各种荷载值;

(2) 计算简图,根据实际结构和计算工具情况,拟定出恰当的计算图式;

(3) 内力分析,选择结构内力计算方法,得出结构各控制设计截面的内力;

(4) 内力组合,在各种荷载内力分别计算的基础上,对最不利的可能情况进行内力组合,求出各控制截面的最大设计内力值;

(5) 配筋设计,通过截面强度和裂缝计算得出受力钢筋,并确定必要的分布钢筋与架立钢筋;

(6) 绘制结构施工详图,如结构平面图、结构构件配筋图、节点详图,还有通风、水、电和其他内部设备的预埋件图;

(7) 材料、工程数量和工程财务预算。

1.4 计算原则

1) 使用规范

当前,在地下结构设计中实行的规范、技术措施、条例等有多种。有的沿用地面建筑的设计规范。设计时应遵守各有关规范中强制性条文的规定。

2) 设计标准

(1) 根据建筑用途、防护等级、地震等级等确定地下建筑物的荷载。此外,各种地下建筑工程均应承受正常使用时的静力荷载。

(2) 地下建筑工程建筑材料的选用,一般不得低于表 1-1 所列数据。

表 1-1 材料选用表

材料名称	现浇混凝土	预制混凝土	砖	砂浆
强度等级	C15	C20	Mu7.5	M5

钢材一般用 RPB235、RHB335 级;防炮(炸)弹局部作用的整体式工程或遮弹层混凝土用 C30。

(3) 地下衬砌结构一般为超静定结构,其内力在弹性阶段按结构力学计算。考虑抗爆动荷载时,允许考虑由塑性变形引起的内力重分布。

(4) 截面计算原则。

结构截面计算时,按可靠度原则进行,一般进行强度、裂缝(抗裂度或裂缝宽度)和变形的验算等。混凝土和砖石结构仅需进行强度计算,并在必要时验算结构的稳定性。

钢筋混凝土结构在施工和正常使用阶段的静荷载作用下,除强度计算外,一般验算其裂缝宽度,根据工程的重要性,限制裂缝宽度小于 0.10~0.20 mm,但不允许出现通透裂缝。对较

重要的结构则不能开裂,即应验算抗裂度。

钢筋混凝土结构在爆炸动载作用下只需进行强度计算,不作裂缝验算。因为在爆炸情况下,只要求结构不倒塌,允许出现裂缝,日后可作修固。

(5) 材料强度指标。

一般采用工业与民用建筑规范中的规定值,亦应区分情况参照水利、交通和人防、国防等专门规范。

结构在动载作用下,材料强度可以提高,提高系数见有关规定。

3) 计算理论

(1) 计算原理

地下结构的计算理论较多地应用以文克尔假定的基础局部变形理论以及以弹性理论为基础的变形理论。

地下结构与地面结构不同之处在于地下结构周围都被土层包围着,在外部主动荷载作用下,衬砌发生变形,由于衬砌外围与地层紧密接触,因此衬砌向地层方向变形的部分会受到来自地层的抵抗力。这种抵抗力称为地层弹性抗力,属于被动性质,其数值大小和分布规律与衬砌的变形有关。与其他主动荷载不同,弹性抗力限制了结构的变形,故改善了结构的受力情况,如图 1-10 所示。

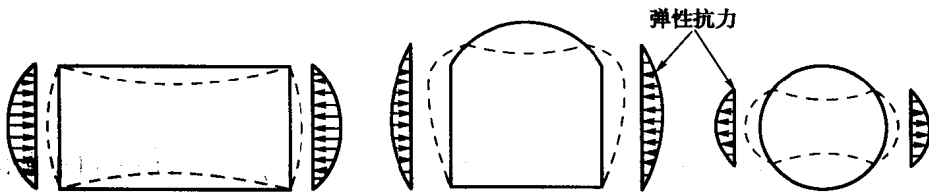


图 1-10 土层被动抗力

拱形、圆形等有跨变结构的弹性抗力作用显著。而矩形结构的抗力作用较小,在软土中常忽略不计。在计算中是否考虑弹性抗力的作用,以及如何考虑,应视具体的地层条件、结构型式而定。

(2) 计算方法

土层地下建筑结构的计算方法有:一般结构力学法、弹性地基梁法、矩阵分析法。近来发展用连续介质力学的有限单元法来计算结构与地层的内力,并进而考虑弹塑性、非线性、粘弹性的计算方法。诚然,随着科学技术的发展,必然会创造出更切合实际的计算方法。

目前,城市建设中,深基坑越来越多,且越来越复杂,并往往成为决定工程成败的关键,它涉及土力学、基础工程、结构力学和原位测试技术等多学科的交叉,本书第 3 章将专门进行讲解。

1.5 本课程的内容和任务

本课程是土木工程的一门专业课。课程的任务是使学生通过学习,获得地下结构工程的基础知识,掌握地下结构工程的技术性能、应用方法及施工工艺,以便在今后的工作实践中能正确选择与合理设计地下结构,亦可为进一步学习其他专业课打下基础。

本课程主要讲述各类基坑工程及设计,各种型式的地下结构计算方法,包括:大开挖基坑、深基坑工程、浅埋式结构、新奥法隧道、盾构衬砌结构、沉井结构、沉管结构、顶管结构、数值计算方法、环境保护等。

为了加深了解地下结构工程型式及施工工艺,培养科学研究能力,树立严谨的科学态度,必须结合课堂讲授的内容,加强实践。本课程根据课堂教学要求,对主要地下结构安排了软件的应用练习。

2 大开挖基坑工程

本章介绍的大开挖基坑工程是指不采用支撑而采用直立或放坡进行开挖的基坑工程,由于其费用低、工期短,是首要考虑的开挖方式。要求掌握竖直和放坡开挖设计方法,基坑边坡失稳的防止措施以及地下水处理的主要方法。

2.1 竖直开挖

该法适用于开挖深度不大、无地下水、基坑土质条件较好的场地。竖直开挖时坑壁自然稳定的最大临界深度 H_c 。可按下式估算

$$H_c = \frac{4c}{\gamma\sqrt{K_a}} \quad (2-1)$$

式中 c ——坑壁土的粘聚力标准值(kPa);

γ ——坑壁土的天然重度(kN/m³);

K_a ——主动土压力系数,当基坑侧壁的顶部地表面与水平面夹角 $\beta=0$ 时, $K_a = \tan^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$; 当 $\beta>0$ 时,采用朗肯主动土压力系数, φ 为坑壁土的内摩擦角标准值。

使用式(2-1)时,宜采用 1.2~1.5 的安全系数。当基坑附近有超载时,应重新验算坑壁的稳定性;当坑壁因吸水或失水等原因,一旦形成裂缝时,公式不成立;对黄土及具有裂隙的胀缩性土,该式不适用。

在无地下水的情况下,各种软土直立开槽的容许深度可以参考表 2-1 的值。

表 2-1 无地下水时直立开槽的允许高度

土层类别	高度允许值/m
密实、中密的砂土和碎石类石(充填物为砂土)	1.00
硬塑、可塑的粘质粉土及粉质粘土	1.25
硬塑、可塑的粘性土和碎石类石(充填物为粘性土)	1.50
坚硬的粘性土	2.00

2.2 放坡开挖

2.2.1 放坡开挖分类

无支护的放坡开挖,是一种普遍采用的基坑开挖方法。开挖深度可深可浅,主要取决于场地条件。根据地下水条件及排水方式可分为:

(1) 无地下水的一般放坡开挖