

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)

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)

员瑶绪论

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。

员瑶地下结构的用途

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:

(员) 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;

(圆) 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;

(猿) 矿山巷道,如各类矿山的运输巷道及开采井巷等;

(源) 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;

(缘) 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;

(远) 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;

(苑) 地下市政工程,如给水工程、污水、管路、线路、废物处理中心等;

(愿) 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;

(怨) 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。

员瑶地下结构型式

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,又可分成浅

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 缘皂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 员- 员的几种型式。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 员- 员 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:

(员) 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 员- 圆所示。

(圆) 浅埋式结构:平面呈方形或长方形,当顶板做成平时,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 员- 猿;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 员- 猿所示。

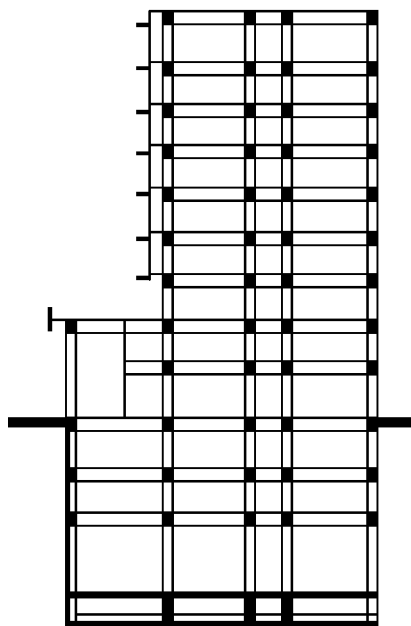
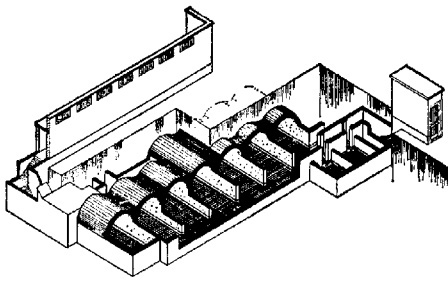


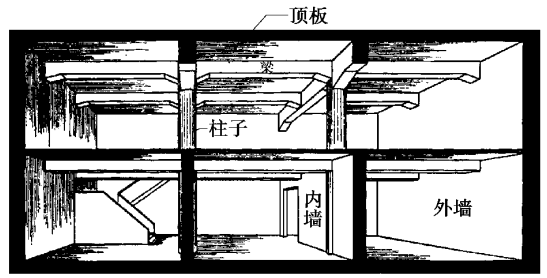
图 员- 圆 附建结构

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

(源) 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 员- 缘所示。

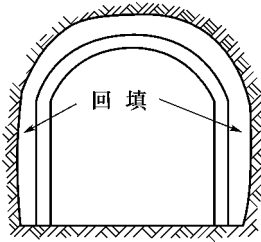


(葬)

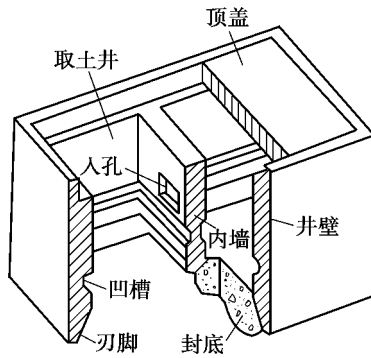


(遭)

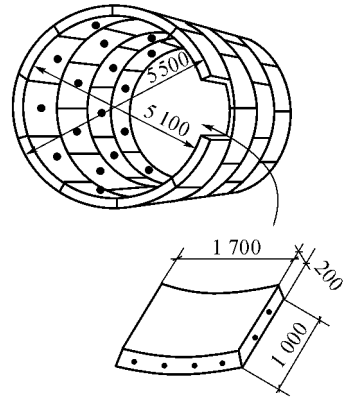
图员-猿瑶浅埋式结构



图员-源源地道式结构



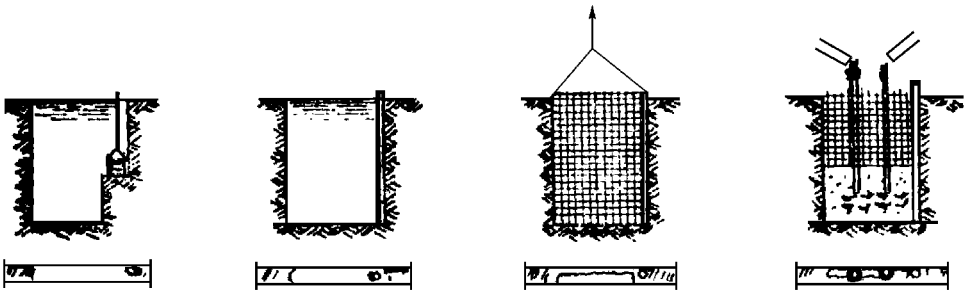
图员-缘瑶沉井



图员-远瑶盾构

(缘) 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 , 如图员-远所示。

(远) 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 , 如图员-苑所示。



图员-苑瑶地下连续墙结构

(苑) 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 员- 愿是顶管结构的一种典型形式。

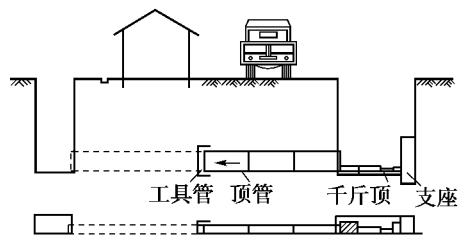


图 员- 愿顶管

(愿) 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 员- 怨所示。

(怨) 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。

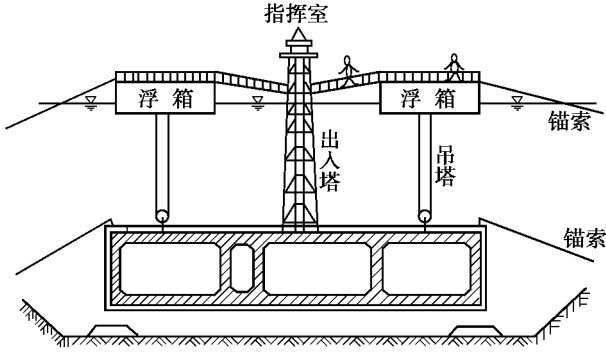


图 员- 怨沉管

二、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:

- (员) 工程防护等级、三防要求与动载标准的确定;
- (圆) 确定埋置深度与施工方法;
- (猿) 草算荷载值;
- (源) 选择建筑材料;
- (缘) 选定结构型式和布置;
- (远) 估算结构跨度、高度、顶板、底板及边墙厚度等主要尺寸;
- (苑) 绘制初步设计结构图;
- (愿) 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。

(员) 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;

(圆) 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;

(猿) 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;

(源) 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;

(缘) 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;

(远) 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;

(苑) 材料、工程数量和工程财务预算。

来源计算原则

(员) 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。

(圆) 设计标准

(员) 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。

(圆) 地下建筑工程建筑材料的选用,一般不得低于表员-员所列数据。

表员-员 建筑材料选用表

材料名称	现浇混凝土	预制混凝土	砖	砂摇浆
强度等级	悦缘	悦圆	配缘	配缘

钢材一般用 砸月缘 砸月缘级,防炮(炸)弹局部作用的整体式工程或遮弹层混凝土用 悦圆

(猿) 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。

(源) 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 圆缘~圆缘皂,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。

(缘) 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。

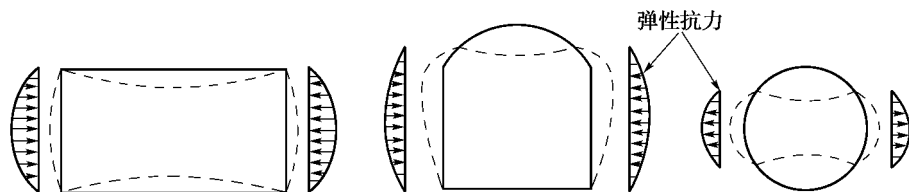
结构在动载作用下,材料强度可以提高,提高系数见有关规定。

猿) 计算理论

(员) 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,如图员-猿所示。



图员-猿 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。

(圆) 计算方法

土质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,本书第猿章将专门进行讲解。

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。

圆摇大开挖基坑工程

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。

圆摇竖直开挖

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 $H_{临}$ 可按式估算

$$H_{临} = \frac{c}{\gamma \sqrt{K_0}} \quad (圆-员)$$

式中 c ——坑壁土的粘聚力标准值(kPa);

γ ——坑壁土的天然重度(kN/m^3);

K_0 ——主动土压力系数,当基坑侧壁的顶部地表面与水平面夹角 β 越园时, K_0 越

$\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}$ (φ 为坑壁土的内摩擦角

标准值)。

使用式(圆-员)时,宜采用圆-员的安全系数。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圆-员的值。

表圆-员摇无地下水时直立开槽的允许高度

土摇层摇类摇别	高度允许值 H (m)
密实、中密的砂土和碎石类石(充填物为砂土)	圆-圆
硬塑、可塑的粘质粉土及粉质粘土	圆-圆
硬塑、可塑的粘性土和碎石类石(充填物为粘性土)	圆-圆
坚硬的粘性土	圆-圆

圆摇放坡开挖

圆摇放坡开挖分类

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:

(员) 无地下水的一般放坡开挖

· 愿

摇 γ ——土的重度(重力密度 噪译)

[例题 圆-员] 摇某挖方工程土的重度为 圆伊元, 内摩擦角 φ 越 15°, 如该挖方的坡角 β 越 30°, 边坡高度的安全系数为 1.2 时, 求该挖方允许的最大深度?

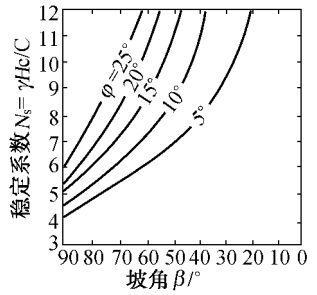


图 圆-员 摇不同内摩擦角时, 稳定系数与坡角的关系

$$匀 \geq \frac{\gamma H}{c} \cdot \tan(\beta - \varphi) \quad (圆-圆)$$

允许的最大深度

$$匀 \geq \frac{\gamma H}{c} \cdot \tan(\beta - \varphi)$$

摇摇(猿)条分法

条分法(图 圆-圆)是先找出滑动圆心, 画出滑动圆弧后, 将滑动圆弧分成若干宽度相等的土条(一般可取每条宽度 遭越 员/圆 ~ 员/圆), 取任一土条 蚤为脱离体(图 圆-圆), 则作用在土条 蚤上的力有: 土条自重 宰, 该土条上的荷载 匠, 滑动面 藻上的法向反力 晕和切向反力 栽, 有地下水时还有孔隙水压力 哉以及竖直面上的法向力 耘, 耘和切向力 云。这一受力体系是超静定的, 为简化, 设 耘, 云的合力与 耘, 云的合力相等且作用在同一直线上。这样, 由土条的静力平衡条件可得作用在 藻面上的法向应力及剪应力

$$\sigma_{\text{蚤}} \geq \frac{宰}{遭} \cdot \tan(\beta - \varphi) \quad (圆-猿)$$

$$\tau_{\text{蚤}} \geq \frac{栽}{遭} \cdot \tan(\beta - \varphi) \quad (圆-源)$$

摇摇当有地下水时, 土的有效应力 $\sigma_{\text{蚤}}$ 忆越 $\sigma_{\text{蚤}}$ 原 哉, 土条 藻上的抗剪力

$$\begin{aligned} & \text{杂} \geq \frac{晕}{遭} \cdot \tan(\beta - \varphi) \cdot \frac{遭}{遭} \\ & \text{越} \frac{晕}{遭} \cdot \tan(\beta - \varphi) \cdot \frac{遭}{遭} \end{aligned} \quad (圆-缘)$$

式中 晕 φ 忆——土的有效粘聚力和有效内摩擦角。

边坡稳定安全系数可按下式计算

$$\begin{aligned} \text{运} & \geq \frac{\sum \text{杂}}{\sum \text{栽}} \\ & \geq \frac{\sum \{ \frac{晕}{遭} \cdot \tan(\beta - \varphi) \cdot \frac{遭}{遭} \}}{\sum (\frac{宰}{遭}) \cdot \frac{遭}{遭}} \end{aligned} \quad (圆-远)$$

式(圆-远)所得运值是在任意滑动圆心条件下求得的, 该滑弧并非最危险者, 必须试算。采用陈惠发(美国肯塔基州大学, 员)大量计算的经验, 其最危险滑弧两端距坡顶点和坡脚点各为 圆伊元, 且最危险滑弧中心在 葬线的垂直平分线上(图 圆-圆)。这样, 只需在此垂直平分线上取若干点作为滑弧圆心, 可得最小的安全系数。最小安全系数 运大于 员时, 土坡是稳定的。

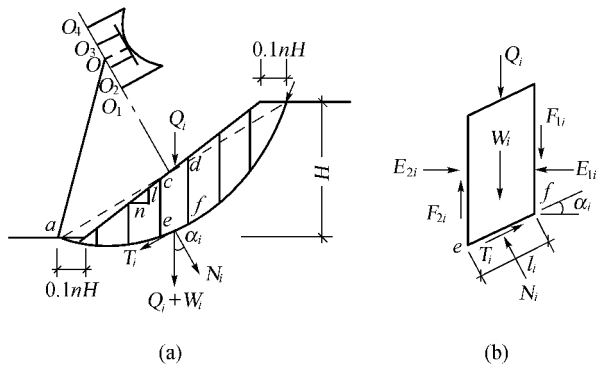


图 9-1 粘性土土坡稳定分析
(a) 土坡剖面 (b) 作用于土条上的力

防止基坑边坡失稳的措施

当上述计算安全系数不能满足要求时,应采取以下几项措施:

(一) 边坡修坡

改变边坡外形,将边坡修缓或修成台阶形(图 9-2)。这种方法的目的是减少基坑边坡的下滑重量。因此必须结合在坡顶卸载(包括卸土)才更有效果。

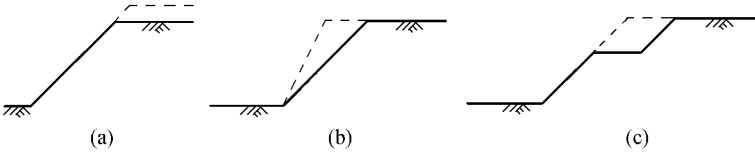


图 9-2 边坡修坡
(a) 坡顶卸土 (b) 坡度减小 (c) 台阶放坡

(二) 设置边坡护面

设置基坑边坡混凝土护面的目的是为了控制地表排水经裂缝渗入边坡内部,从而减少因为水的因素导致土体软化和孔隙水压力上升的可能性。护面可以作成 10cm 厚混凝土面层。为增加边坡护面的抗裂强度,内部可以配置一定的构造钢筋(如 φ6@200),如图 9-3 所示。

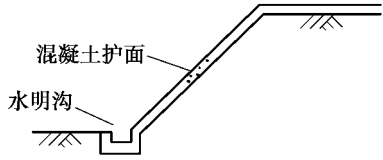


图 9-3 设置边坡护面

(三) 边坡坡脚抗滑加固

当基坑开挖深度大,而边坡又因场地限制不能继续放缓时,可以通过对边坡抗滑范围的土层进行加固(图 9-4)。采用的方法有:设置抗滑桩、旋喷桩、分层注浆法、深层搅拌桩等。

采用这种方法的时候必须注意加固区应穿过滑动面并在滑动面两侧保持一定范围。一般地,对于混凝土抗滑桩此范围应大于 1.5 倍桩径。

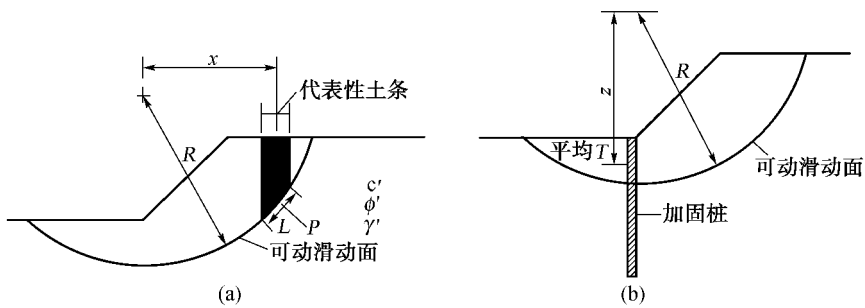


图 圆- 缘基坑边坡坡脚抗滑加固

圆 缘地地下水的处理

开挖深基坑时,土的含水层常被切断,地下水就会渗流入基坑内,因此,做好基坑的降水、防水工作,使坑底保持干燥,成为深基坑开挖和支护的首要任务。

圆 缘地地下水流的基本性质

地下水在土中的流动称为渗流。两点间的水头差与渗透过程长度之比,称为水力坡度,并以 i 表示。沿 xy 轴(原 xy 轴)轴,则水力坡度 i 为 $\frac{dh}{dx}$ 。沿 xy 轴时的渗透速度称为土的渗透系数,常用 k 表示。土的渗透系数 k 的大小,影响降水方法的选用,它是计算涌水量的重要参数。

水在土中渗流时,对单位土体产生的压力即为动水压力 u

$$u = \gamma_w h_w \quad (圆- 苑)$$

式中 γ_w ——水的重度, $\gamma_w = 9.8 \text{ kN/m}^3$ 。

当动水压力 u 等于或大于土的有效重度时,土颗粒处于悬浮状态,土的抗剪强度等于零,土颗粒将随着渗流的水一起流动,即所谓“流砂”现象。降低地下水位,不仅保持了坑底干燥,便利施工,而且消除动水压力,是防止产生流砂现象的重要措施。打钢板柱,采用地下连续墙等亦可有效制止流砂现象的产生。

圆 缘地地下水处理方法

地下水处理方法可以归结成两种:一种是降水,另一种是止水——防水帷幕。

降水的方法有集水井降水和井点降水两类。集水井降水,是在沿坑底周围开挖排水沟,将地下水引入坑底的集水井后,用水泵抽出坑外。该方法在基坑开挖深度大,地下水位高而土质又不好时,容易引起流砂、管涌和边坡失稳。

井点降水法有轻型井点、喷射井点和电渗井点几种类型,此外,还有管井井点和深井泵等。各种井点降水法的选择,视土的渗透系数、降水要求、施工条件和经济分析结果等而定。轻型井点系统由井点管、连接管、集水总管及抽水设备等组成,如图 圆- 远所示。喷射井点系统由喷射井点、高压水泵和管路系统组成,以压力水为工作源,如图 圆- 苑所示。管井井点系统由井壁管、过滤器、水泵组成,如图 圆- 愿所示。电渗井点是将井点管井身作阴极,以钢管作阳极,阴、阳极用电线连接成通路,使孔隙水向阴极方向集中产生电渗现象,如图 圆- 怨所示。