

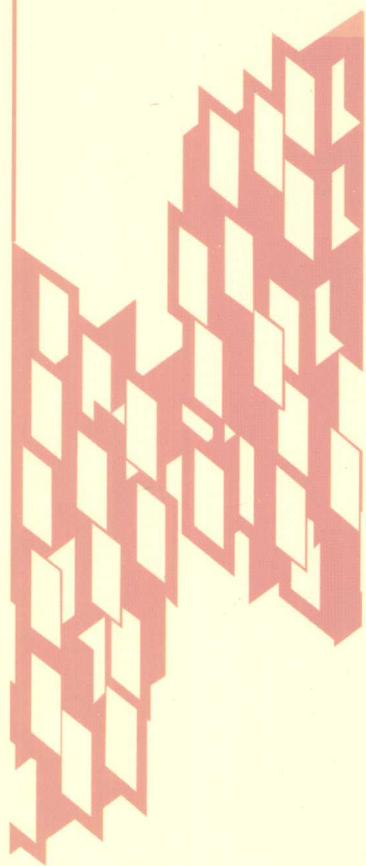
新世纪土木工程专业系列教材



桩基工程

ZHUANGJI GONGCHENG

穆保岗 编著
龚维明 主审



东南大学出版社

新世纪土木工程专业系列教材

桩 基 工 程

穆保岗 编著
龚维明 主审

东南大学出版社
· 南 京 ·

内 容 提 要

本书主要介绍了桩基的分类、单桩的竖向承载力和变形计算、群桩的竖向承载力和变形计算、桩的水平承载力计算、桩基检测、桩的设计工程案例等。

本书在编写过程中穿插了《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)、《建筑桩基检测技术规范》(JGJ 106—2003)、《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D 63—2007)的部分内容,每章后均编有思考题,方便复习和巩固学习内容。

本书可作为高等院校土木工程本科专业的教学用书,也可供结构工程、岩土工程、交通工程专业研究生、设计和施工人员借鉴参考。

图书在版编目(CIP)数据

桩基工程 / 穆保岗编著. —南京:东南大学出版社,
2009.5

(新世纪土木工程专业系列教材/吕志涛主编)

ISBN 978-7-5641-1496-1

I. 桩… II. 穆… III. 桩基础—高等学校—教材
IV. TU473.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 064428 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:江 汉

网 址:<http://press.seu.edu.cn>

电子邮件:press@seu.edu.cn

全国各地新华书店经销 南京京新印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:10.25 字数:250 千字

2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5641-1496-1

印数:1~2500 册 定价:35.00 元(附光盘一张)

本社图书若有印装质量问题,请直接与读者服务部联系。电话(传真):025-83792328

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
舒赣平	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,还得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

前 言

桩基础在土木工程行业应用非常广泛,但是长期以来,国内高校缺乏关于桩基础方面的面向从课堂教学转向熟练设计之间过渡阶段的指导性用书。本书在桩基基本原理方面并不过多展开叙述,重点放在根据国家规范和工程经验而进行的工程设计应用。写作风格力求简练,内容以实用为主,穿插插图、照片和典型的设计工程实例,工程应用贴近工程实践,为设计人员从入门到精通提供可操作的借鉴。

“桩基工程”现为东南大学本科四年级专业选修课,也可供结构工程、岩土工程专业研究生参考使用。部分内容已在东南大学四年级中作为讲义使用5年。

本教材在编写过程中参考了国内外同行的研究成果,得到东南大学建筑设计研究院韩重庆高级工程师提供的宝贵设计素材,硕士研究生班笑、刘芳进行了部分文字的录入工作,在此表示衷心感谢。

本教材配有相应的教学辅助光盘,方便读者使用。

作者

2009年4月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 桩基的发展史	(1)
1.2 桩基的分类	(3)
1.2.1 按桩的功能分类	(3)
1.2.2 按挤土效应划分	(3)
1.2.3 按桩的施工方法分类	(3)
1.2.4 按照桩的承载性状分类	(12)
1.2.5 按桩体材料分类	(12)
1.3 桩基础的作用及桩型选择	(13)
1.3.1 桩基础的作用	(13)
1.3.2 桩基础常规设计的内容和步骤	(13)
1.3.3 桩型选择	(13)
2 竖向荷载下桩基的承载力和变形	(16)
2.1 单桩竖向承载力计算	(16)
2.1.1 桩侧阻力和桩端阻力的性状	(17)
2.1.2 单桩承载力计算	(19)
2.2 规范方法确定单桩承载力	(22)
2.2.1 《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)	(22)
2.2.2 《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D 63—2007)	(24)
2.3 单桩竖向沉降的计算方法	(31)
2.3.1 综述	(31)
2.3.2 荷载传递法	(31)
2.3.3 弹性理论法	(32)
2.3.4 剪切变形法	(33)
2.3.5 有限元分析法	(35)
2.3.6 其他简化计算方法	(35)
2.4 群桩竖向承载力	(37)
2.4.1 群桩效应	(37)
2.4.2 桩土共同作用	(44)
2.4.3 群桩的承载力计算	(46)
2.5 群桩的沉降计算	(49)
2.5.1 概述	(49)
2.5.2 按等代墩基计算群桩沉降	(49)
3 水平荷载下桩基的承载力和变形	(51)
3.1 概述	(51)
3.2 刚性短桩和弹性长桩的判别	(52)

3.2.1	桩土特征系数·····	(52)
3.2.2	桩的换算长度·····	(52)
3.2.3	桩的计算宽度·····	(53)
3.3	刚性短桩的极限平衡分析·····	(54)
3.3.1	黏性土中的短桩·····	(55)
3.3.2	砂土中的短桩·····	(56)
3.3.3	桩的位移·····	(58)
3.4	线弹性地基反力法计算弹性长桩·····	(58)
3.4.1	桩的挠曲微分方程·····	(58)
3.4.2	地基水平反力系数 k 的获得·····	(60)
3.5	横向荷载下的承载力特性和群桩效应·····	(61)
3.5.1	横向荷载下灌注桩·····	(61)
3.5.2	群桩基础·····	(63)
3.5.3	单排桩的概念与力的分配·····	(65)
3.5.4	多排桩的概念与力的分配·····	(65)
3.5.5	“ m 法”计算桩的内力和位移·····	(66)
4	桩基检测·····	(71)
4.1	桩身完整性检测·····	(71)
4.1.1	反射波法检测桩基完整性·····	(71)
4.1.2	声波透射法检测桩基完整性·····	(75)
4.1.3	机械阻抗法·····	(81)
4.1.4	钻芯法·····	(84)
4.2	基桩承载力检测·····	(87)
4.2.1	高应变测试法·····	(87)
4.2.2	桩的静荷载试验·····	(91)
4.3	国家规范规定的桩基检测内容及要点·····	(94)
4.3.1	《建筑桩基检测技术规范》(JGJ 106—2003)规定·····	(94)
4.3.2	单桩竖向抗压静载试验的基本要求·····	(95)
4.3.3	单桩竖向抗拔静载试验·····	(97)
4.3.4	单桩水平静载试验·····	(97)
4.4	检测报告样本——某大桥试验桩轴向承载力静载试验报告·····	(100)
4.4.1	概述·····	(100)
4.4.2	试验依据·····	(100)
4.4.3	试验方法·····	(100)
4.4.4	试验资料分析整理·····	(103)
4.4.5	结论·····	(108)
4.4.6	附件·····	(108)
5	桩基础实用设计·····	(110)
5.1	桩基设计流程·····	(110)

5.1.1	岩土勘探要点通知单的书写	(110)
5.1.2	桩基类型的初选	(111)
5.1.3	桩基础的设计等级与设计原则	(112)
5.1.4	桩基初步设计	(113)
5.1.5	桩身及承台结构设计	(114)
5.1.6	现场试桩要求通知单的书写	(115)
5.1.7	桩基施工后的验收要求	(115)
5.2	各种桩基设计的典型实例	(116)
5.2.1	钻孔灌注桩的工程实例	(116)
5.2.2	人工挖孔桩的工程实例	(120)
5.2.3	沉管灌注桩的工程实例	(126)
5.2.4	预应力管桩的工程实例	(129)
5.2.5	桥梁桩基础的表达方式	(134)
6	桩基后压浆技术	(136)
6.1	桩基发展现状	(136)
6.2	后压浆技术的应用	(136)
6.2.1	后压浆的作用机理	(136)
6.2.2	土层注浆机理分析	(138)
6.2.3	苏通大桥应用后压浆技术的现场试验	(139)
6.3	灌注桩后注浆的规范规定(JGJ 94—2008)	(145)
6.3.1	后注浆装置的设置	(145)
6.3.2	浆液参数	(146)
6.3.3	施工控制	(146)
6.3.4	后注浆桩基承载力及工程质量检查和验收	(147)
	参考文献	(148)

1 绪 论

1.1 桩基的发展史

任何建筑物都建造在一定的地层上,建筑物的全部荷载都由它下面的地层来承担。受建筑物影响的那一部分地层称为地基,建筑物与地基接触的部分称为基础。基础根据埋置深度分为浅基础和深基础。通常将埋置深度较浅(一般在数米以内),且施工简单的基础称为浅基础;若浅层土质不良,需将基础置于较深的良好土层上,且施工较复杂时称为深基础。当需设置深基础时常采用桩基础或沉井基础,而我国公路桥梁、建筑工程应用最多的深基础是桩基础。

在土木工程建设中,近年来各种大型建筑物、构筑物日益增多,规模愈来愈大,对基础工程的要求越来越高。为了有效地把结构的上部荷载传递到周围土层土壤深处承载能力较大的土层上,桩基础被广泛应用到土木工程中。近十余年来桩基工程在高层建筑中的广泛应用,无论是施工技术、设计理论还是工程实践都有了长足的进步。

桩基础的定义:

《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)定义:由设置于岩土中的桩和联结于桩顶端的承台组成的基础。

《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)定义:由设置于岩土中的桩和与桩顶联结的承台共同组成的基础或由柱与桩直接联结的单桩基础。

桩基础作为一种古老的基础形式,应用历史悠久,至今已有 12 000~14 000 年历史。

在我国,宋《营造法式》中就载有“临水筑基”一节。到明、清年间桩基技术更趋完善,在清《工部工程做法》等古文文献中对桩基材料、排列布置和施工方法等方面都有了具体规定。图 1-1 所示上海龙华塔,7 层,40.4 m,相当于 13 层楼高,初建于三国东吴时期(公元 220—280 年),重建于宋代(公元 977 年),用木桩,桩周用灰土防腐,是中国古代软基上建筑高层的范例。

国外的桩基发展起源于 19 世纪 20 年代,采用铸铁板桩修筑围堰码头,20 世纪初,美国开始出现大量 H 型钢和方形预制钢筋混凝土桩。第二次世界大战后,随着钢铁技术的发展,各种直径的无缝钢管开始被作为桩材开始应用。1949 年美国雷蒙德公司最早用离心机生产了预应力钢筋混凝土管桩。

我国铁路系统 20 世纪 50 年代开始生产使用预制钢筋混凝土桩,预应力管桩在我国也普遍应用于工程中,如武汉长江大桥、南京长江大桥、潼关黄河大桥等桥梁工程;1963 年在河南安阳冯宿桥的两座桥台中首先使用钻孔灌注桩,随后,钻孔灌注桩因其高承载力、低投资、小振动、无挤土等优点得到众多青睐。

早期使用的钻孔灌注桩,桩长和桩径都很小,单桩承载力也较低。改革开放以来,特别是



图 1-1 上海龙华塔外貌

20 世纪 90 年代以后,我国修建了大批的跨海跨江大桥,钻孔灌注桩作为一种适应性很强的基础,得到了广泛的应用。绝大多数重要或较重要桥梁工程均采用钻孔灌注桩作为基础形式,钢筋混凝土钻孔灌注桩已被公认为安全可靠且极为有效的基础形式之一,1985 年,河南省郑州黄河大桥,桩深 70 m,桩径 2.2 m;1989 年,武汉长江公路桥,桩长 65 m,桩径 2.5 m;1990 年,铜陵长江大桥,深 100 m,桩径 2.8 m。日前,我国桥梁工程中桩长已有达 140 m,桩径 3.0 m,单桩承载力高达 130 000 kN。

随着桩基设计理论和施工工艺的不断进步,钻孔灌注桩的桩长、桩径也越来越大。近年来,桩基已经成为高层建筑的主要基础形式。

国内已建及在建工程的大直径钻孔灌注桩如表 1-1 所示。

表 1-1 部分国内超长直径钻孔灌注桩概况

工程项目名称	桩径(m)	桩长(m)	桩端持力层	静载测试结果(kN)
五河口大桥	2.50	95.00	黏土	65 937
京杭运河大桥	2.50	85.00	细砂	46 939
灌河大桥	2.50	96.00	黏土	50 309
东海大桥	2.50	110.00	粉细砂	41 275
跨苏申外港	2.00	97.50	亚砂夹粉砂	30 917
江阴大桥	1.80	90.00	风化岩	27 000
无锡蓉湖大桥	1.50	88.50	砾砂	34 142
杭州湾大桥	2.80	120.00	粉砂	67 233
苏通大桥	2.50	117	粉砂	48 587
无锡八佰伴商贸中心工程	1.00	72.00	粉砂	14 700
郑州市金博大城	1.00	76.93	黏土	16 800

桩基的发展过程,主要体现在两个方面,即桩的材料和成桩工艺方法。

桩材经历了从木桩、铸铁板桩、型钢桩、钢管桩、预制桩、预应力钢筋混凝土桩、灌注桩的发展过程。

从成桩工艺来看,从打入桩开始,发展了灌注桩(包括沉管灌注桩和钻孔灌注桩)、静压桩、螺旋桩等。

打入桩的工艺从手锤、自由落锤发展到蒸汽驱动、柴油驱动和压缩空气驱动的各种动力打桩机、静力压桩机。目前使用较为普遍的是就地灌注桩,就地灌注桩又可以分为人工挖孔桩、沉管灌注桩和钻孔灌注桩。钻孔灌注桩随着钻孔机械不断改进,成孔半径也已经达到 4 m 以上,出现了孔底压浆和周边压浆等新工艺。

1.2 桩基的分类

桩基分类方法众多:

1.2.1 按桩的功能分类

1) 抗轴向压力的桩

一般工业民用建筑的桩基,在正常工作条件下(不考虑地震作用),主要承受上部传来的竖向荷载。抗压桩从桩的荷载传递机理又可划分为摩擦桩、端承桩、端承摩擦桩和摩擦端承桩。

2) 抗横向压的桩

港口码头的板桩,基坑的支护桩等主要承受作用于桩上的水平荷载,桩身主要承受弯矩,其整体稳定依靠桩侧土的被动土压力或水平支撑和拉锚来平衡。

3) 抗拔桩

主要承受作用在桩上的拉拔荷载,如板桩墙后的锚桩,高层建筑多层地下室设置的抗浮桩,抗拔桩的抵抗力主要是桩侧摩阻力。

显然,许多实际工程的桩同时承受竖向和横向荷载,或者同时考虑拉压荷载。

1.2.2 按挤土效应划分

1) 挤土桩

在成桩过程中,桩周的土体被挤密或挤开,使桩周土受到严重扰动而原始结构被破坏。预制砼桩、封底钢管桩和混凝土管桩、沉管式就地灌注桩施工时由于采取的施工方法导致了上述影响。

2) 部分挤土桩

在成桩过程中,桩周围的土体仅受到轻微的扰动,桩周土体变化不明显。这类桩体有 I 型和 H 型钢桩、钢板桩、开口钢管桩、螺旋桩等。

3) 非挤土桩

成桩过程中,相同体积的土体被挖出,桩周土体受到较小的扰动,但会出现应力松弛现象,包括干作业法钻(挖)孔灌注桩、泥浆护壁法钻孔灌注桩、套管护壁法钻孔灌注桩、人工挖孔桩等。

1.2.3 按桩的施工方法分类

1) 打入桩

对于预制桩,常采用自由落锤、蒸汽锤、柴油锤、压缩空气锤和振动锤等打桩设施。锤击沉桩法是利用桩锤落到桩顶上的冲击力来克服土对桩的阻力,使桩沉到预定的深度或达到持力层的一种打桩施工方法。锤击沉桩是混凝土预制桩常用的沉桩方法,它施工速度快、机械化程度高、适用范围广,但施工时有冲撞噪声和对地表层有振动,在城区和夜间施工有所限制。

桩的施打原则是重锤低击,这样桩锤对桩头的冲击小,回弹也小,桩头不易损坏,大部分能量都用于克服桩身与土的摩阻力和桩尖阻力上,桩能较快地沉入土中。

打桩设备一般包括桩锤、桩架和动力装置三个部分。

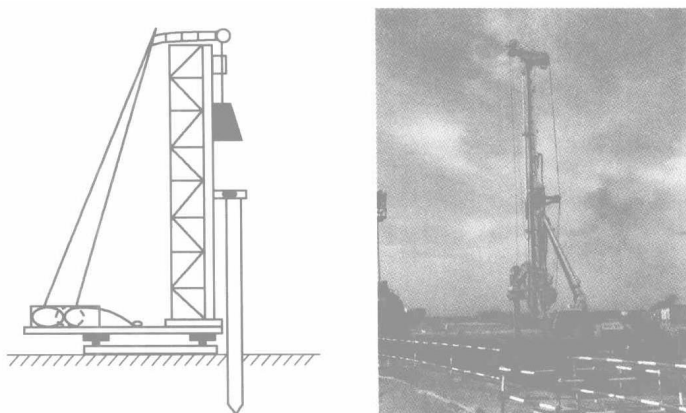


图 1-2 打入桩施工示意图

桩锤可选用落锤、汽锤、柴油打桩锤和振动锤。落锤一般由铸铁制成。有穿心锤和龙门锤两种,重0.2~2 t。它利用绳索或钢丝绳通过吊钩由卷扬机沿桩架导杆提升到一定高度,然后自由落下击打桩顶(图 1-2)。汽锤则是以高压蒸汽或压缩空气为动力的打桩机械,有单动汽锤和双动汽锤两种(图 1-3)。柴油打桩锤利用燃油爆炸来推动活塞往返运动进行锤击打桩,柴油桩锤、桩架与动力设备配套组成柴油打桩机。振动锤是利用机械强迫振动,通过桩帽传到桩上使桩下沉。桩架一般用钢材制作,按移动方式可以分为轮胎式、履带式、轨道式等,是支持桩身和桩锤,在打桩过程中引导桩的方向及维持桩的稳定,并保证桩锤沿着所要求方向冲击的设备,一般由底盘、导向杆、起吊设备、撑杆等组成。履带式桩架操作灵活,移动方便,适用于各种预制桩和灌注桩的施工,如图 1-4 所示。

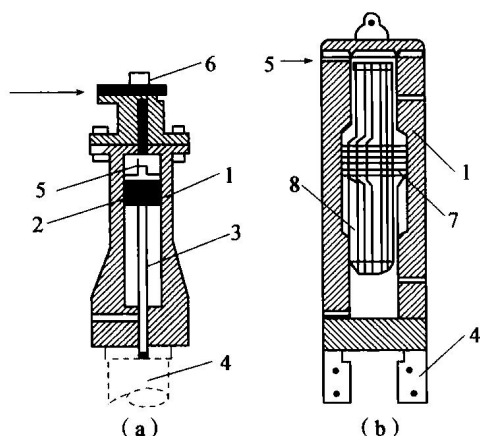


图 1-3 汽锤示意图

(a) 单动汽锤; (b) 双动汽锤
1—汽缸; 2—活塞; 3—活塞杆; 4—桩;
5—活塞上部; 6—换向阀门;
7—锤的垫座; 8—冲击部分

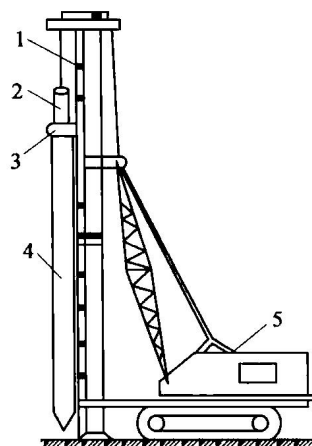


图 1-4 履带式桩架

1—导架; 2—桩锤; 3—桩帽;
4—桩; 5—吊车

打桩机械的动力装置是根据所选桩锤而定的。当采用空气锤时,应配备空气压缩机;当选用蒸汽锤时,则要配备蒸汽锅炉和绞盘。

由于打入桩施工时有明显的挤土效应,打桩顺序直接影响到桩基的质量和施工速度,应根据桩距大小、桩长、桩的设计标高、平面布置、周边环境等综合考虑,合理确定打桩顺序。打桩

顺序一般分为逐段打设(图 1-5 a,适用于桩距较大)、自中部向四周打设(图 1-5 b,适用于桩距较小)和由中间向两侧打设(图 1-5 c,适用于桩距较小)三种,宜按先深后浅、先大后小、先长后短的顺序进行打桩。

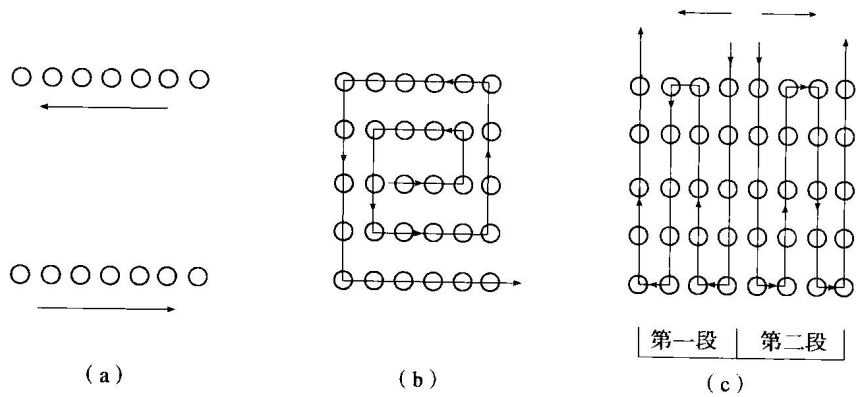


图 1-5 打桩顺序示意图

2) 就地灌注桩

灌注桩,是在现场采用钻孔机械(或人工)将地层钻挖成预定孔径和深度的孔后,将预制成一定形状的钢筋骨架放入孔内,然后在孔内灌入流动的混凝土而形成桩基。又可以分为沉管灌注桩(带桩靴、无桩靴沉管式灌注桩、薄壳沉管灌注桩)和钻孔灌注桩(螺旋钻孔桩、泥浆护壁钻孔灌注桩)、人工挖孔桩。

(1) 沉管灌注桩

利用锤击打桩设备或振动沉桩设备,将带有钢筋混凝土的桩尖(或钢板靴)或带有活瓣式桩靴的钢管沉入土中(钢管直径应与桩的设计尺寸一致),形成桩孔,然后放入钢筋骨架并浇筑混凝土,随之拔出套管,利用拔管时的振动将混凝土捣实,便形成所需要的灌注桩。根据沉桩方式利用锤击沉桩设备沉管、拔管成桩,称为锤击沉管灌注桩;利用振动器振动沉管、拔管成桩,称为振动沉管灌注桩(图 1-6)。

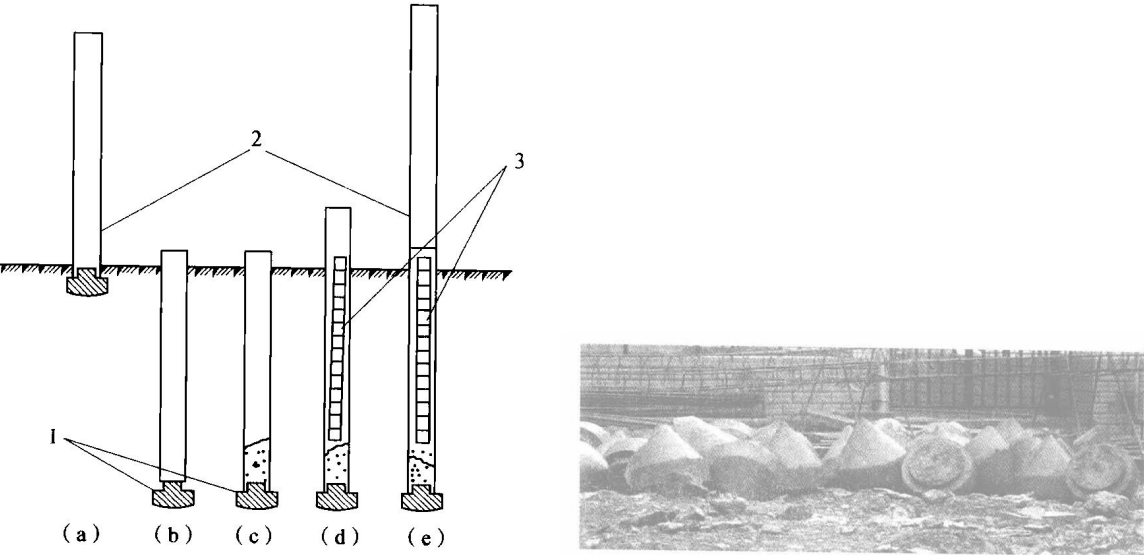


图 1-6 沉管灌注桩施工及预制桩靴

(a) 就位;(b) 沉管;(c) 浇筑;(d) 下笼;(e) 拔管 1- 桩靴;2- 钢管;3- 钢筋笼

单打法(又称一次拔管法):拔管时,每提升 0.5~1.0 m,振动 5~10 s,然后再拔管 0.5~1.0 m,这样反复进行,直至全部拔出。

复打法:第一次浇筑混凝土时,不放置钢筋笼,在同一桩孔内连续进行两次单打(相当于第二次沉管是在第一次浇筑完毕后的素混凝土桩体上),扩大桩体半径并增大挤密效应,施工时,应保证前后两次沉管轴线重合,并在混凝土初凝之前进行。

沉管施工时应避免颈缩、断桩和吊脚桩现象。当拔管过快或混凝土量少,或混凝土拌和物和易性差时,周围淤泥质土趁机填充过来,会形成颈缩,减小桩体截面有效面积。当桩距离太近,相邻桩施工时混凝土还未具备足够的强度,已形成的桩受挤压而断裂,采用跳打法或等已成型的桩混凝土达到 60% 设计强度后,再进行下根桩的施工会减少断桩现象。当地下水压力大时,或预制桩尖被打坏,或由于桩尖活瓣受土压力,拔管至一定高度才张开,使得混凝土下落,造成桩底部混凝土隔空或松软,形成吊脚桩。

(2) 钻孔灌注桩

在地面用机械方法取土成孔的灌注桩,其施工顺序主要分四大步:埋设护筒和制备泥浆、成孔、沉放钢筋笼、导管法浇灌水下混凝土成桩。

① 护筒的作用

固定桩孔位置,保护孔口,防止地面水流入,增加孔内水压力,防止塌孔,成孔时引导钻头的方向。护筒一般用 10 mm 左右厚的钢板,为增加刚度防止变形,在护筒上、下和中部的外侧各焊一道加劲肋,保证护筒坚固、耐用、不易变形和装卸方便。

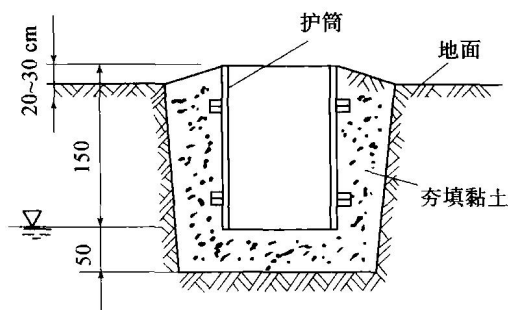
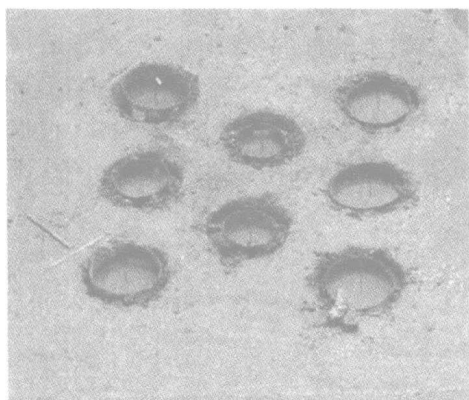


图 1-7 护筒

② 泥浆的作用

在钻孔过程中,向孔中注入相对密度为 1.1~1.5 的泥浆,使桩孔内孔壁土层中的孔隙渗填密实,避免孔内漏水,保持护筒内水压稳定;泥浆相对密度大,加大了孔内的水压力,可以稳固孔壁,防止塌孔;通过循环泥浆可将切削的泥石渣悬浮后排出,起到携砂、排土的作用。钻孔灌注桩孔壁稳定性除与泥浆特性、泥皮、钻孔深度等有关外,还与钻孔场区的工程和水文地质条件、孔径、成孔时间等有关。

对于一个特定工程,一些影响因素如场区的工程和水文地质条件、孔径、周围环境等都是固定的,所以必须要关注成孔时间。所谓成孔时间,就是指从钻孔开始到混凝土浇筑完毕这一段时间,包括待灌时间和灌注时间。成孔时间过长,会引起孔壁塌孔,所以要尽量缩短灌注时

间。因此,成孔时间的控制对于钻孔灌注桩孔壁稳定性有着至关重要的影响。

成孔时间是个抽象的概念,它对孔壁稳定性的影响通过改变泥浆的各因素来加以体现。泥浆在钻孔后,搅拌护壁过程中,逐渐与土中细小颗粒结合,形成泥皮,黏附于孔壁上。同时,成孔过程中,由于钻孔使孔壁的侧向压力解除。成孔后在地层中形成了较大的自由面,破坏了地层本身的压力平衡,引起地层压力向自由面释放。在应力释放的情况下,会出现应力松弛现象(图 1-8),并造成孔壁土粒向孔中央方向扩张。扩张到一定程度时,孔壁周边土体处于塑性状态,孔壁周围的土体的平衡要靠泥浆的压力来提供。当泥浆提供的压力达到足以支撑孔壁周边土的塑性应力时,桩周土处于平衡状态,这时孔壁稳定。与此同时,泥浆与土相互结合,随着时间的推进对孔壁稳定发挥着有利的作用。但这相对于后期的浇筑混凝土和清孔等一系列程序来说,只是一个近乎瞬间的过程。

泥浆实现其护壁价值之后,其中的土质颗粒会继续不断黏附在孔壁表面上,形成泥皮,随着成孔时间的推进,越来越厚。泥皮过厚,对孔壁的稳定性有着不利的影响。同时,泥浆中的水分不断地向孔壁周围的土体渗透,土体在泥浆的浸泡下软化,其承受静水压力作用减小,此过程的成孔时间越长,这种作用越明显;而且,如果成孔时间较长,致使孔周边土体应力松弛愈加明显,土体软化也越严重,以致对孔壁稳定产生不利的影响。

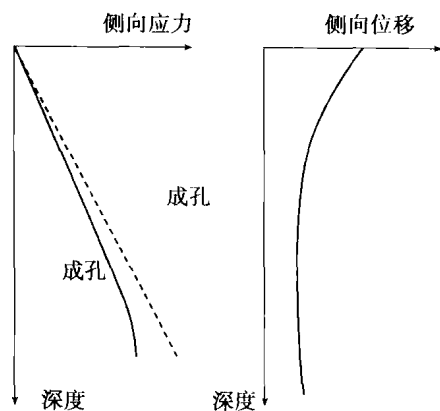


图 1-8 成孔后孔周土的应力及位移

③ 成孔机械

水下钻孔桩成孔过程中,钻孔灌注桩因成孔的机械不同通常有以下几种成孔施工方法:螺旋钻机成孔法,潜水钻机成孔法,冲击钻机成孔法,冲抓钻机成孔法。

螺旋钻机成孔法:干作业成孔一般采用螺旋钻机钻孔,螺旋钻头外径分别为 $\phi 400\text{ mm}$ 、 $\phi 500\text{ mm}$ 、 $\phi 600\text{ mm}$,钻孔深度相应为 12 m、10 m、8 m。干作业成孔灌注桩适用于地下水位以上的黏性土、粉土、填土、中等密实以上的砂土、风化岩层。不适于有地下水的土层和淤泥质土。一般顺序如下:

钻机就位,钻杆垂直对准桩位中心,开钻时先慢后快,减少钻杆的摇晃,及时纠正钻孔的偏斜或位移。

钻孔至规定要求深度后,进行孔底清土。清孔的目的是将孔内的浮土、虚土取出,减少桩的沉降。方法是钻机在原深处空转清土,然后停止旋转,提钻卸土。

钢筋骨架的主筋、箍筋、直径、根数、间距及主筋保护层应符合设计规定,绑扎牢固,防止