



复杂条件下 长大直径桥梁桩基计算 理论与试验研究

王星华 汪优 王建 等 著

F

UZA TIAOJIANXIA

CHANGDA ZHIJING QIAOLIANG ZHUANGJI JISUAN

LILUN YU SHIYAN YANJIU

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

铁路科技图书出版基金资助出版

复杂条件下长大直径桥梁桩基 计算理论与试验研究

王星华 汪 优 王 建 等 著

中国铁道出版社

2018年·北京

内 容 提 要

在铁路桥梁结构的建造过程中,沿线软土、软岩等不良地质条件对于桥梁桩基的设计和施工存在极大地威胁,并影响结构后期的耐久性和运营成本。从保证列车安全运营和结构安全使用的角度出发,有必要针对高速列车运动荷载下桥梁基桩承载特性及桩土共同工作机理进行深入系统的研究。本书依托京沪高速铁路和宜万铁路的建设过程,系统考察红层软岩、硬质软岩、软岩、软土等复杂地基条件,对长大直径桩基竖向承载机理、稳定性、动力特性和施工阶段控制技术展开深入研究。采用理论研究与分析、计算机数值模拟仿真分析、室内模型实验和大型现场试验相结合的方法,解决了一系列相关的关键技术难题,研究成果有针对性地解决了复杂条件下长大直径桥梁桩基计算理论、设计方法和试验观测等方面的技术问题。

本书主要面向土木工程、岩土工程、交通运输工程等专业的工程技术人员和研究人员,也可作为高等院校相关专业研究生教材。

图书在版编目(CIP)数据

复杂条件下长大直径桥梁桩基计算理论与试验研究/
王星华等著. —北京:中国铁道出版社,2018. 1
ISBN 978-7-113-23740-0

I. ①复… II. ①王… III. ①大直径桩—桩基础—计
算②大直径桩—桩基础—试验 IV. ①TU473. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 212438 号

书 名: 复杂条件下长大直径桥梁桩基计算理论与试验研究
作 者: 王星华 汪 优 王 建 等

策 划: 江新锡
责任编辑: 王 健 编辑部电话: 010-51873065
封面设计: 郑春鹏
责任校对: 苗 丹
责任印制: 高春晓

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街 8 号)
网 址: <http://www.tdpress.com>
印 刷: 北京盛通印刷股份有限公司
版 次: 2018 年 1 月第 1 版 2018 年 1 月第 1 次印刷
开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 24 字数: 598 千
书 号: ISBN 978-7-113-23740-0
定 价: 148.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)
打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

编写委员会

主 任：王星华

副主任：汪 优 王 建

委 员：印长俊 安爱军 王振宇 章 敏

廖文华 蒋孝辉

前 言

我国地域辽阔,各类软土、软岩等不良地层分布甚广,为跨越不良地层和特殊的地理环境,在公路和铁路建设中大跨度桥梁结构被广泛应用,如若不能很好地控制桩基的施工质量和工后沉降,将会影响施工安全和工程成本,以及之后的安全运营。在国家自然科学基金(No. 51308552)、湖南省科技厅重点项目基金(No. 04SK2008)、中交股份有限公司重点科技项目(No. 2008-ZJKJ-02-E)与中铁一局(集团)桥梁工程有限公司科技计划等研究基金的资助下,研究团队历时近10年,从考察深厚软土地区和西部软岩地区的特殊地基条件入手,对超长、大直径桩基竖向承载机理、桩土共同工作特性和施工控制技术展开了深入研究。理论研究成果目前已在京沪高速铁路和宜万铁路工程中得到了成功的应用,取得了良好的社会效益和经济效益。

多年的科研生涯,一边感受着工程技术和理论发展的日新月异,一边体会到工程技术人员的求学若渴,特组织撰写本书,回顾总结多年研究成果与工程实践。本书在撰写过程中,以承载机理和计算方法为主线,结合模型试验、原位测试和数值仿真,循序渐进、深入浅出的反映了科学研究的脉络和技术路线,便于读者学习和理解,力求突出桩基工程研究和发展的最新成果,进一步推动桩基计算基本理论和施工实践的进步,以期展现土木工程发展的最新态势和成就,为桥梁工程、岩土工程和工程测试等学科的发展贡献绵薄之力。

国内外有关复杂地基条件下长大直径桩基和高桥墩桩基竖向承载机理与计算方法研究方面虽已有相关文献或图书,但比较系统的针对红层软岩、硬土软岩、软岩地区等特殊地基条件下长大直径桩基和高桥墩桩基承载机理及计算方法,既结合理论分析、数值模拟,又结合室内模型试验和大型现场试验的书籍还未见报道;同时,本书以京沪高速铁路和宜万铁路桥梁桩基设计和施工中遇到的技术问题为主要线索,其研究成果直接应用于京沪高速铁路土建六标段、沪宁城际铁路工程站前Ⅶ标段和宜万铁路渡口河特大桥建设工程的设计、施工和运维,在同类书籍中也不多见,本书内容丰富了桥梁工程、桩基工程和岩土工程的相关技术理论体系。本书的研究成果对我国复杂地基条件下长大直径桩基的设计理论及施工控制技术具有重要指导意义,极大地推动了桩基计算基本理论和施工实践的进

步,促进了桥梁工程、岩土工程和工程测试等学科的发展,社会效益、经济效益和国防建设的意义巨大。

在本书撰写过程中,得到了各方面的关心和指导,赵明华教授为本书撰写提供了许多宝贵的资料和建议,使得本书的内容更为翔实,更能反映当今桩基工程领域的成就和最新进展,在此表示诚挚的谢意。同时,在撰写本书过程中,引用了诸多公开发表的文献资料,无法向作者一一致谢,这些宝贵的文献资料反映了桩基工程的发展历程、知识体系和先进水平,是本书赖以存在的基础,本书能将蕴含丰富内容的相关文献资料呈现给读者,是撰写者的荣幸。

本书梳理了作者多年来的科研过程及成果,以其指导的多名研究生的博士学位论文、硕士学位论文为基础,再次总结归纳而成。王星华教授、汪优副教授和王建教授级高工共同确定撰写大纲,王星华教授最后统稿审定。各章节分工如下:第一章由王星华教授撰写,第二章由汪优副教授、印长俊副教授、章敏博士、廖文华高工撰写,第三、四章由王星华教授、印长俊副教授撰写,第五章由王星华教授撰写,第六章由章敏博士、王振宇博士撰写,第七章由汪优副教授撰写,第八、九章由崔科宇教授级高工、王建教授级高工、汪优副教授、印长俊副教授、章敏博士、王振宇博士撰写,第十章由汪优副教授、印长俊副教授、章敏博士撰写,第十一章由王星华、章敏、汪优、王振宇编写。学生刘圆圆、方晓慧也为本书的撰写付出了辛勤劳动,在他们的帮助下才得以将多年积累的科研成果与工程资料撰写成文。

最后,本书的出版得到了铁路科技图书出版基金的资助,感谢中国铁道出版社工程编辑部有关工作人员为本书的出版所付出的辛勤劳动和努力。

当然,在本书的撰写过程中虽力求内容的准确,但鉴于笔者水平有限及各种学术观点的碰撞,错讹之处实难避免,恳请广大读者和同行共同探究、不吝赐教。

著 者

2016年12月

目 录

1 绪 论	1
1.1 桩基础的起源	1
1.2 桩基础概况与分类	5
2 复杂条件下长大直径桥梁桩基荷载传递机理	9
2.1 长大直径桩基基本理论与计算方法介绍	9
2.2 红层软岩长大直径桥梁嵌岩桩荷载传递机理	22
2.3 硬土软岩考虑粗糙度影响的桩基荷载传递机理	24
2.4 软岩长大直径桥梁嵌岩桩复合桩基荷载传递机理	27
2.5 高桥墩长大直径桩稳定性及荷载传递机理	29
2.6 长大直径桥梁桩基动力荷载传递机理	35
3 红层软岩长大直径桥梁嵌岩桩基计算方法	40
3.1 红层软岩概述	40
3.2 软岩嵌岩桩竖向承载力确定方法	43
3.3 桩—土—岩共同作用的非线性计算	49
3.4 嵌岩桩极限承载力的预测	52
3.5 利用正交试验分析进行嵌岩桩优化设计	52
3.6 嵌岩桩设计优化影响因素的敏感性分析	57
3.7 小 结	58
4 硬土软岩考虑粗糙度影响的桩基计算方法	60
4.1 硬土软岩的强度特征	60
4.2 桩端阻力传递规律	63
4.3 桩土界面研究	64
4.4 桩的理论计算	68
4.5 小 结	74
5 软岩长大直径桥梁嵌岩桩残余应变计算方法	75
5.1 软岩概述	75

5.2	残余应变的概念	76
5.3	残余应变的产生机理	78
5.4	大直径嵌岩灌注桩残余应变监测结果与分析	89
5.5	小 结	97
6	复杂条件下长大直径桥梁桩基动力计算方法	98
6.1	埋置振源下非饱和土地基的动力 Green 函数解答	98
6.2	非饱和土半空间中单桩竖向振动特性研究	119
7	高桥墩桩基屈曲机理及其计算方法	150
7.1	引 言	150
7.2	高桥墩桩基屈曲的原因与类型	150
7.3	高桥墩桩基屈曲分析计算方法	156
7.4	高桥墩桩基屈曲的能量法解答	162
7.5	基于能量法解答的影响因素分析	167
7.6	小 结	170
8	桩基模型试验	171
8.1	桩基荷载传递规律研究的试验方法	171
8.2	红层嵌岩桩原型桩试验	175
8.3	群桩—土—承台模型静载试验	188
8.4	带台单桩轴向循环荷载模型试验	205
9	现场原位试验	215
9.1	软岩中长大直径嵌岩桩复合桩基的原型观测	215
9.2	深厚软土地区桩基础沉降现场试验	233
9.3	硬土软岩中长大直径桥梁桩基现场原位观测试验	246
10	长大直径桥梁桩基有限元仿真分析	266
10.1	长大直径钻孔灌注桩承载力仿真分析	266
10.2	红层软岩中嵌岩桩工作性状有限元分析	284
10.3	硬土软岩中考虑粗糙度影响的单桩和群桩	300
10.4	高墩长大直径群桩基础仿真分析	306
10.5	深厚软土地区群桩基础数值模拟	331
11	软弱地基铁路桥涵桩基础工后沉降施工控制措施研究	344
11.1	概 述	344

11.2 监测区域存在的地质灾害·····	344
11.3 工后沉降控制的前期措施·····	346
11.4 工程适应性措施·····	348
11.5 桩后压浆技术在沉降控制中的应用·····	350
参考文献·····	360

1 | 绪 论

1.1 桩基础的起源

桩基础在中国起源于距今六七千年以前的新石器时代。

中国的考古学家于 1973 年和 1978 年相继在长江下游以南浙江省东部余姚市的河姆渡村发掘了新石器时代的文化遗址,出土了占地约 4 万 m^2 的木桩和木结构遗存。经放射性碳 14 测定,该遗址的浅层第二、第三文化层大约距今 6 000 年,深层第四文化层大约距今 7000 年。河姆渡遗址是太平洋西岸迄今发现的时间最早的一处文化遗址,也是环太平洋地区迄今发现的规模最大、最具有典型意义的一处文化遗址和木桩遗存,如图 1-1 和图 1-2 所示。

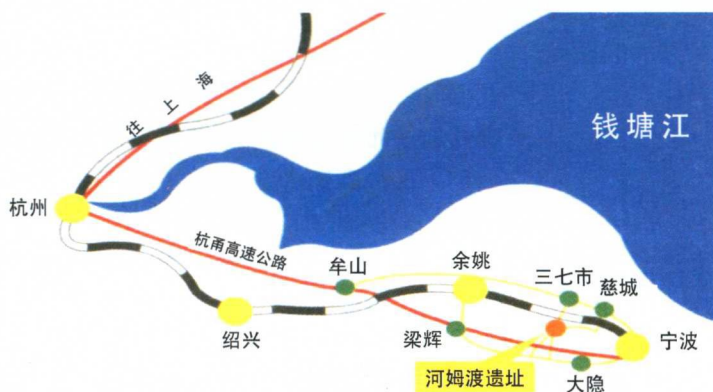


图 1-1 河姆渡文化遗址位置图



图 1-2 河姆渡出土木桩现场

据报道,美国肯塔基大学的考古学家曾于 1981 年在太平洋东南沿岸智利的蒙特维尔德附近的森林里发现了一间支承于木桩上的木屋,经放射性碳 14 测定,据称是距今约 12 000~

14 000年前的文化遗存。它可能比中国的河姆渡遗址大约还早 6 000~7 000 年。但是该木屋遗存迄今未闻有任何后续报道。

中国的考古学家自 1996 年 10 月至 1997 年 1 月,又在浙江余姚市的鲞山(东距河姆渡约 10 km)等地发掘了木桩遗迹,其时代与河姆渡遗址相同。

河姆渡出土文物表明,人类在新石器时代,已具备了制桩和打桩的成套工具,其中包括使今人十分惊奇的带有木柄且用榫卯结合的石斧、石凿、石槌、木槌,以及用动物骨骼制成的锐利的刀具等。

河姆渡现今海拔高程平均约 3~4 m。所发掘的第四文化层位于今自然地面以下约 -3.25~-3.80 m。其所出土的数百根木桩或直立,或微斜,大多高出当时地面约 0.8~1 m。如图 1-2 所示木桩,其截面有圆形、方形和板状三种。圆桩直径约 60~180 mm 不等;方桩尺寸约 60 mm×100 mm~150 mm×180 mm 不等;板桩厚度约 14~40 mm,宽度约 100~500 mm 不等。桩的入土深度一般为 400~500 mm,承重桩的入土深度约 1 m 多;桩的下端均被削尖。

考古研究认为,根据这些木桩的排列规律及其附近所出现的众多的带有榫头、卯口或互相绑扎(当时已用绳绑扎)的大小梁、龙骨和地板等木构件推测,这些木桩应是 3 栋高架木屋的桩基础。木屋的纵长×进深大致分别是 26.4 m×6.9 m,21.6 m×7.5 m 和 11.6 m×6.9 m。研究认为,该处古地貌应是背山面水的一片沼泽。木屋采用高架,主要是为了临空避水防潮;木屋较长,乃是氏族共居之所需。

河姆渡高架木屋的上部形态在发掘时已荡无痕迹。但据史料记载此类建筑物在古代曾流行于我国长江中下游、东南沿海、云贵高地及海南岛等地,亦流行于环太平洋沿岸的其他地区。它在中国建筑史上被称为“干阑式建筑”。这种高架木屋,先民不仅用来居住,而且也作仓储和豢养牲畜之用。经研究认为,其形成过程和典型的外貌可追溯如图 1-3 所示。它表明,“干阑式建筑”乃起源于人类的“巢居”生活。图 1-4 是今人在河姆渡遗址仿建的“干阑式建筑”一角。图 1-5 为河姆渡遗址博物馆外景。

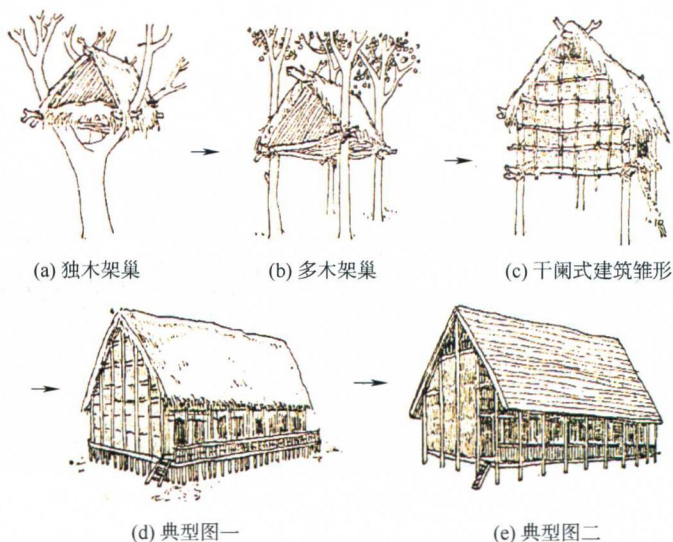


图 1-3 “干阑式建筑”的形成过程



图 1-4 河姆渡遗址仿建的“干阑式建筑”一角



图 1-5 河姆渡遗址博物馆外景

河姆渡第二文化层处于今自然地面以下约 $-1.20\sim-1.80\text{ m}$ 处。此处还发掘了一口 $2\text{ m}\times 2\text{ m}$ 的方形水井遗址。井孔四壁有紧密排列的直径约 60 mm 的木桩挡土,其顶端有4根水平木呈直角相交构成井圈,水平木与水平木相交处用榫卯结合,直至出土时仍未松动。考古研究认为,这是我国迄今所知最早的人工水井,如图1-6所示。

在现场还可看到该水井系处于一直径约 6 m 的锅底形土坑的底部,土坑周边又有木桩排列呈栅状围护。以上说明了采用桩作为挡土围护结构,至少也可以上溯至新石器时代。

中国考古学家又于2002年底在浙江杭州市西部的余杭良渚文化遗址群南侧,发现了木桩遗存。良渚文化期晚于河姆渡文化期约1000年。由于木桩遗存具有一定的布列规律,乃于2003年予以正式发掘,揭露面积 855 m^2 ,发掘了木桩140余根,其中部分木桩往水域伸展,宽约 1 m ,长达 10 m 。木桩直径多在 $50\sim 150\text{ mm}$ 之间,最粗者达 215 mm 。木桩尖部皆经削劈,加工痕迹明显。称为卞家山文化遗址,如图1-7~图1-9所示。



图 1-6 河姆渡第二文化层出土水井遗址
——用桩作为挡土结构物的起源

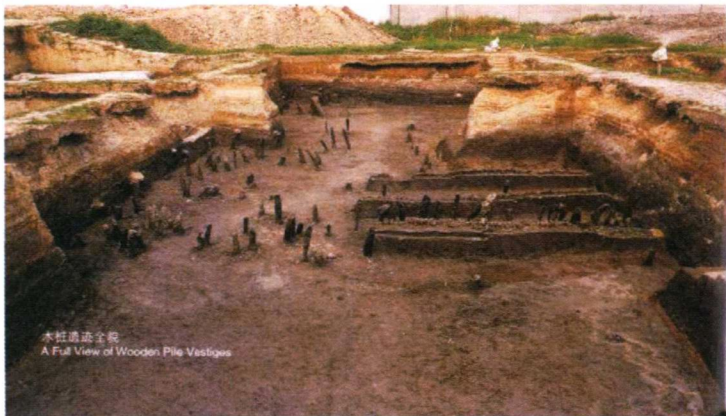


图 1-7 卞家山文化遗址木桩出土现场



图 1-8 木桩与地层的关系



图 1-9 往水中延伸的木桩

四川成都处于长江中游,在我国历史上有“古蜀文化”的记载。1985~1986 年,我国的考古学家在成都十二桥发现了商代晚期(距今约 3 000 年)的大型木结构建筑遗存,总面积达 15 000 m^2 以上,其中有支承于桩的小型“干阑式建筑”的遗迹,如图 1-10~图 1-11 所示。



图 1-10 成都十二桥商代晚期的“干阑式建筑”遗存

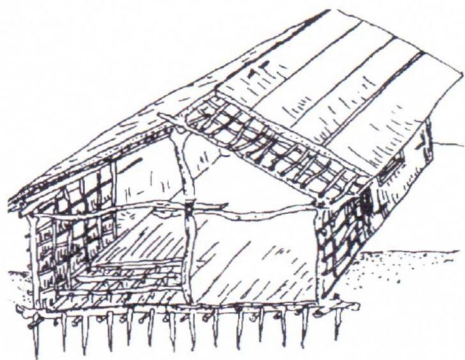


图 1-11 成都十二桥商代“干阑式建筑”

桩基础用于桥梁,历史也极为悠久。据《水经注》记载,公元前 532 年在今山西汾水上建成的三十墩柱木柱梁桥,即为桩柱式桥墩。我国秦代的渭桥、隋朝的郑州超化寺、五代的杭州湾大海堤、南京的石头城和上海的龙华塔等,都是我国古代桩基础的应用典范。英国现存罗马时代修建的桥梁工程及河滨住宅中的木桩基础等均是桩基础在桥梁工程早期应用的成功范例。19 世纪 20 年代开始使用钢板桩修筑围堰和码头,到 20 世纪初,美国出现了各种形式的型钢,在密西西比河上的钢桥开始大量采用钢桩基础,随后在世界各地逐渐推广。20 世纪初钢筋混凝土预制构件问世后,出现了钢筋混凝土预制桩,以后又广泛采用抗裂能力高的预应力钢筋混凝土桩。1949 年,美国雷蒙德混凝土桩公司最早用离心机生产预应力钢筋混凝土管桩,并将其应用于桥梁、港口工程中。随着大型钻孔机械的发展,出现了钻孔灌注桩,20 世纪 50~60 年代,我国的铁路和公路桥梁开始大量采用钻孔灌注桩和挖孔灌注桩。目前,我国桥梁工程中最大桩径已超过 5 m,基桩入土深度已达 100 m 以上。

我国桩基础的快速发展是在 20 世纪的 50 年代,当时多采用木桩基础,虽然钢筋混凝土和钢桩也有应用,但数量较少,桩的制造工艺和施工质量均不高,如 20 世纪 30 年代建造的钱塘

江大桥就曾采用木桩和钢筋混凝土桩基础。20 世纪 50 年代以后,木桩逐渐被钢筋混凝土桩和预应力混凝土桩所代替,工程中开始普遍采用普通钢筋混凝土预制管桩和方桩基础,如武汉长江大桥、余姚江大桥、奉化江大桥、南京长江大桥及潼关黄河大桥等。由于普通钢筋混凝土管桩的抗裂能力不强,尤其在沉桩过程中,桩身防止横向裂缝的能力较差,1966 年丰台桥梁厂开始研制先张法预应力离心混凝土管桩,并于 1966 年正式投入成批生产。

我国自 1955 年在武汉长江大桥和南京长江大桥先后以管桩钻桩下到基岩持力层后再浇筑混凝土。60 年代初,在河南省安阳冯宿河大桥两座桥台的修建中首先成功地应用了人工冲击钻和回转钻成孔的钻孔灌注桩基础,接着在河南竹竿河和白河两座大桥扩大应用,并在国内其他一些省、市相继推广。1965 年交通部在河南省南阳市召开了钻孔桩技术鉴定会,认为它是一项重大的技术革新,是在当时我国客观条件下的一种多快好省的桥梁基础施工方法,决定在全国推广。因钻孔灌注桩施工技术具有工艺简单、承载力大、适用性强等突出的优越性,很快被公路工程技术人员认同并接受,成为公路桥梁基础的首选形式。

1.2 桩基础概况与分类

根据《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008),桩基是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与柱直接联结的单桩基础;复合桩基是由基桩和承台下地基土共同承担荷载的桩基础;复合基桩是单桩及其对应面积的承台下地基土组成的复合承载基桩。《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D 63—2007)中定义桩基础是由桩以及联结桩顶的承台或系梁所组成的基础;它没有复合桩基的概念,只有群桩基础的概念,其定义为由两根及以上的基桩组成的桩基础。《铁路桥涵地基与基础设计规范》(TB 10093—2017)中定义桩基础是由基桩和承台板构成的基础。《港口工程桩基规范》(JTS 167-4—2012)对桩基础没有明确的定义。

桩基础作为一种常用的基础形式,具有承载力高、稳定性好、沉降量小而均匀、便于机械化施工及适用性强等特点,不仅能有效地承受竖向压力,还能承受水平荷载和上拔力,并能作为抗震地区的减震措施。所以,根据工程实践经验,在下列情况下可考虑选用桩基础方案:

(1) 荷载较大,地基的上部土层软弱,持力层埋深较大,采用浅基础或人工地基在技术上、经济上不合理时;

(2) 河床冲刷较大,河道不稳定或冲刷深度不易准确计算,若采用浅基础施工困难或不能保证基础安全时;

(3) 当上部结构对不均匀沉降敏感或沉降量过大时;

(4) 当施工水位或地下水位较高时;

(5) 在地震区,需加强结构物的抗震能力时,可用桩基础穿过可液化土层,以消除或减轻震害。

1.2.1 按承载性质分类

桩基础按其承载性质可以分为摩擦桩、端承桩、端承摩擦桩、摩擦端承桩四种,摩擦桩是在竖向极限荷载作用下,桩顶荷载由桩侧阻力承受;端承桩是在竖向极限荷载作用下,桩顶荷载由桩端阻力承受;端承摩擦桩是在竖向极限荷载作用下,桩顶荷载主要由桩侧阻力承受,部分

由桩端阻力承受;摩擦端承桩是在竖向极限荷载作用下,桩顶荷载主要由桩端阻力承受,部分由桩侧阻力承受。竖直桩是常用于承受垂直力,斜桩是为了承受较大水平力,一般用于拱桥桥台。端承桩和摩擦桩如图 1-12 所示。

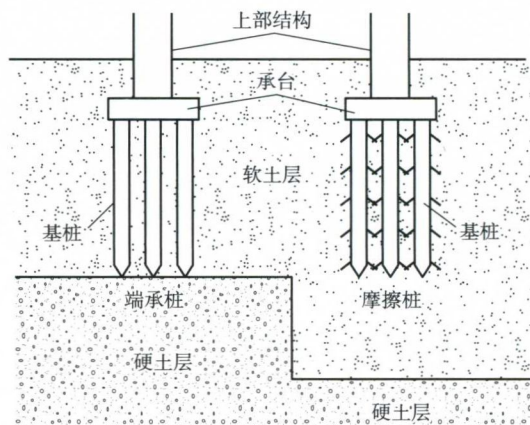


图 1-12 端承桩和摩擦桩示意图

1.2.2 按桩径大小分类

按桩径大小分,可分为如下几种:

(1)小桩, $d \leq 250 \text{ mm}$

由于桩径小,施工机械、施工场地、施工方法较为简单,多用于基础加固和复合桩基础(如:树根桩)。

(2)中桩, $250 \text{ mm} < d < 800 \text{ mm}$

成桩方法和施工工艺繁多,工业与民用建筑物中大量使用,是目前使用最多的一类桩。

(3)大桩, $d \geq 800 \text{ mm}$

桩径大且桩端不可扩大,单桩承载力高,近 20 年发展快,多用于重型建筑物、构筑物、港口码头、公路铁路桥涵等工程。

1.2.3 按施工方法分类

按施工方法可分为沉桩、钻孔桩、挖孔桩,其中沉桩又分为锤击沉桩法、振动沉桩法、射水沉桩法、静力压桩法、钻孔埋置桩法。

(1)沉桩

锤击沉桩法一般适用于松散、中密砂土、黏土,桩锤有坠锤、单动汽锤、双动汽锤、柴油机锤、液压锤等,可根据土质情况选用适用的桩锤;振动沉桩法一般适用于砂土,硬塑及软塑的黏土和中密及较松的碎石土;射水沉桩法适用在密实砂土、碎石土的土层中,用锤击法或振动法沉桩有困难时,可用射水法配合进行;静力压桩法在标准贯入度 $N < 20$ 的软黏土中,可用特制的液压机或机力千斤顶或卷扬机等设备沉入各种类型的桩;钻孔埋置桩法为钻孔后,将预制的钢筋混凝土圆形有底空心桩埋入,并在桩周压注水泥砂浆固结而成,适用于在黏土、砂土、碎石土中埋置大量的大直径圆桩。滑轮组压桩法及打入桩施工如图 1-13、图 1-14 所示。

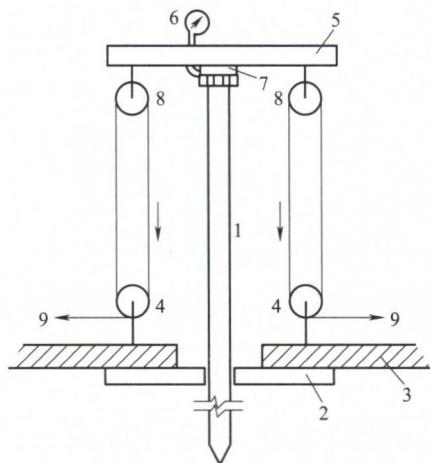


图 1-13 滑轮组压桩法示意图

1—桩身；2—锚梁；3—压桩架底梁；4—定滑轮；5—压梁；
6—压力表；7—测力计；8—动滑轮；9—接绞车钢丝绳



图 1-14 打入桩施工图片

(2) 钻孔灌注桩

适用于黏土、砂土、砾卵石、碎石、岩石等各类土层；挖孔灌注桩适用于无地下水或少量地下水，且较密实的土层或风化岩层，若空气污染物超标，必须采取通风措施。具体适用条件如下：

①荷载较大，地基上部土层软弱，适宜的地基持力层位置较深，采用浅基础或人工地基在技术上、经济上不合理时。

②河床冲刷较大，河道不稳定或冲刷深度不易计算正确，如采用浅基础施工困难或不能保证基础安全时。

③当地基计算沉降过大或结构物对不均匀沉降敏感时，采用桩基础穿过松软（高压缩）土层，将荷载传到较坚实（低压缩性）土层，减少结构物沉降并使沉降较均匀。另外桩基础还能增强结构物的抗震能力。

④当施工水位或地下水位较高时。

1.2.4 按桩身的材料分类

(1) 钢筋混凝土桩

可以预制也可以现浇。根据设计，桩的长度和截面尺寸可任意选择。

(2) 钢桩

常用的有直径 250~1 200 mm 的钢管桩和宽翼工字形钢桩。钢桩的承载力较大，起吊、运输、沉桩、接桩都较方便，但消耗钢材多，造价高。我国目前只在少数重点工程中使用。如上海宝山钢铁总厂工程中，重要的和高速运转的设备基础和柱基础使用了大量的直径 914.4 mm 和 600 mm，长 60 mm 左右的钢管桩。

(3) 木桩

目前已很少使用，只在某些加固工程或能就地取材的临时工程中使用。在地下水位以下时，木材有很好的耐久性，而在干湿交替的环境下，极易腐蚀。

(4)砂石桩

主要用于地基加固,挤密土壤。

(5)灰土桩

主要用于地基加固与消除湿陷性。

1.2.5 按承台位置的高低分类

(1)高承台桩基础

承台底面高于地面,它的受力和变形不同于低承台桩基础。一般应用在桥梁、码头工程中。

(2)低承台桩基础

承台底面低于地面,一般用于房屋建筑工程中。

1.2.6 按截面形状分类

(1)方形截面桩

制作、运输和堆放比较方便,截面边长一般为 250~550 mm。

(2)圆形空心桩

用离心旋转法在工厂中预制,它具有用料省、自重轻、表面积大等特点。国内铁路行业已有定型产品,其直径有 300 mm、450 mm 和 550 mm,管壁厚 80 mm,每节长度 2~12 m 不等。

1.2.7 按成孔方式分类

(1)非挤土桩

钻(冲或挖)孔灌注桩及先钻孔后再打入的预制桩,因设置过程中清除孔中土体,桩周土不受排挤作用,并可能向桩孔内移动,使土的抗剪强度降低,桩侧摩阻力有所减小。常见的非挤土桩有泥浆护壁灌注桩、人工挖孔灌注桩,应用较广。

(2)部分挤土桩

冲击成孔灌注桩、H 型钢桩、开口钢管桩和开口预应力混凝土管桩等。在桩的设置过程中对桩周土体稍有排挤作用,但土的强度荷变形性质变化不大。

(3)挤土桩

实心的预制桩、下端封闭的管桩、木桩以及沉管灌注桩等在锤击和振动贯入过程中都要将桩位处的土体大量排挤开,使土体结构严重扰动破坏,对土的强度及变形性质影响较大。