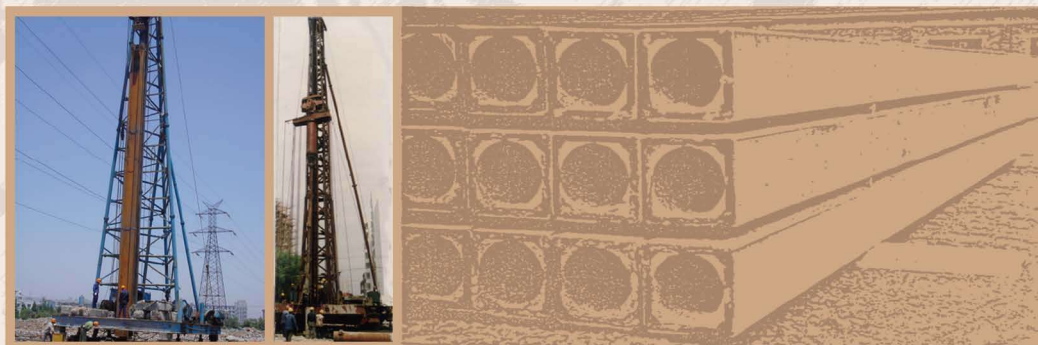
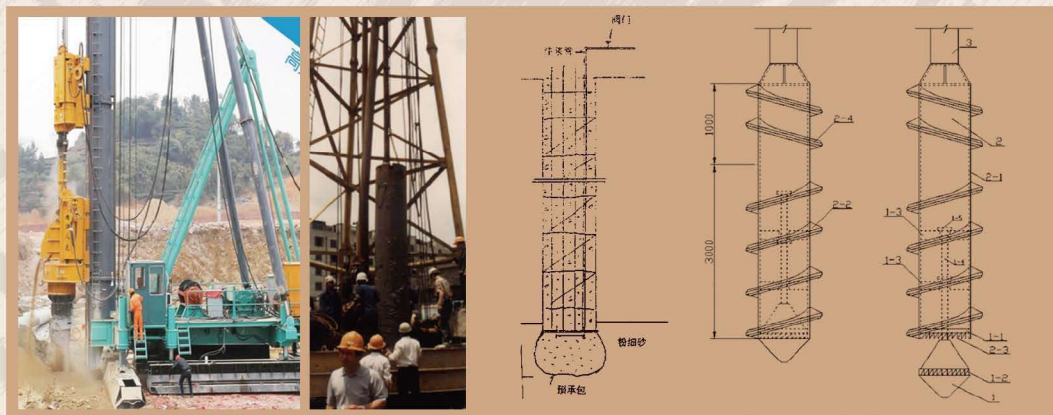


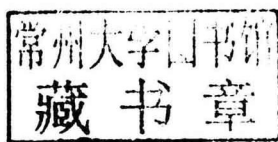
建筑桩基的绿色创新技术

孔清华 桂淞莉 孔超 编著



建筑桩基的绿色创新技术

孔清华 桂淞莉 孔 超 编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书围绕建筑桩基创新技术主题介绍预制桩(预应力圆管桩、预应力空心方桩、钢筋混凝土预制桩)、钻孔桩(钻孔灌注桩、冲孔灌注桩、人工挖孔灌注桩、钻孔支盘桩)和沉管灌注桩(等径沉管桩、夯扩桩、载体桩)等,对企业的创新有启示的作用。本书可供勘察、设计、科研与专业工程技术人员阅读使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑桩基的绿色创新技术/孔清华,桂淞莉,孔超
编著. —上海:同济大学出版社,2017.3

ISBN 978-7-5608-6751-9

I. ①建… II. ①孔… ②桂… ③孔… III. ①桩
基础研究 IV. ①TU473.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 029338 号

建筑桩基的绿色创新技术

孔清华 桂淞莉 孔 超 编著

责任编辑 高晓辉 马继兰

责任校对 徐春莲

封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 浙江广育爱多印务有限公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 25.5

字 数 636 000

版 次 2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-6751-9

定 价 168.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

作者简介

孔清华,浙江华展工程研究设计院顾问总工程师,教授级高级工程师,国家注册一级结构工程师,宁波市劳动模范、市人大代表。中国土木工程学会土力学及岩土工程分会桩基础专业委员会委员。

孔清华生于 1937 年 2 月,1958 年由上海市市东中学毕业进入合肥工业大学,在大学攻读矿山机电专业、应用数学专业以及土木系工民建专业,1963 年毕业后在机械工业部第四设计研究院从事研究工作。1980 年,借调至由宁波市经委组建的宁波市工业建筑设计院,1983 年正式调入设计院,任副院长;1984 年调入宁波市机电工业研究设计院,任副院长、总工程师,改制后更名为浙江华展工程研究设计院,1997 年退休后返聘留任至今。



自 1980 年主持建筑设计工作后,首先迫切要解决建筑基础问题,开始研究宁波深厚软土地层桩基础理论与应用设计。后逐渐对桩基础产生浓厚的兴趣,连续 36 年从未间断地对各类不同地质条件的桩基础相适应施工的桩型研究与工程应用开发,获建筑岩土工程相关专业的授权中国专利近百项,其中授权的发明专利达 40 余项,先后获省市一等奖、二等奖、科技进步奖,获浙江省发明专利金奖与一等奖,获得宁波市优秀科技人员称号,为宁波市级劳动模范、市人大代表。

先后聘任为中国地质大学、浙江大学宁波理工学院、宁波工程学院、河南理工大学等的兼职教授,中国地质大学北京研究生院博士研究生校外导师,浙江大学宁波理工学院的硕士研究生校外导师,同济大学工程硕士研究生的校外导师等。

组织和发起创建浙江华展工程研究所设计院内刊《桩基工程》杂志,后联合同济大学、浙江大学将内刊《桩基工程》杂志变更为联合创办的《岩土工程师》杂志,编辑部设在浙江华展院,每年出版 4 期(季刊)。孔清华任《岩土工程师》杂志的编委会副主任委员,该杂志连续出版 15 年。《岩土工程师》出版的论文被引用率较高,在学术界有一定影响。

序

认识孔清华教授级高级工程师已经有三十多年了,知道他是一位很勤奋的人,而且有许多新的构思,敢于创新,善于创新,在桩基、地基处理和基坑支护结构等领域的设计和施工方面都是很有成就的。他虽然年事已高,但仍然思维敏捷,不断有新的概念和新的方法提出来。而且,他还取得了很多的专利,推动地基基础领域的技术进步,在岩土工程界是并不多见的一位奇人。

最近,他准备出版专著《建筑桩基的绿色创新技术》,希望我写个序。这本书内容丰富,除了介绍沿海软土的工程性质外,还重点介绍了挤土施工的沉管灌注桩、沉管式干取土的灌注桩与提高桩端阻力的桩、钢筋混凝土咬合连续桩墙与干作业地下连续墙等几种新的桩型与新的施工方法。介绍了既有建筑物的地基与桩基、疑难地基上的桩基施工技术、施工桩机与装备和专利技术说明书选编等内容。

他在书中介绍了许多很有特色的桩型和工法,例如采用有扩底的桩、组合的桩、预制大头的桩,T形截面和工形截面的桩等,以适应不同的土类和不同的施工方法;在桩基施工机械方面,他也进行了许多的研究和改革,提出了螺旋沉拔施工的压灌混凝土桩与双动力套管跟进的凿岩桩、长短螺纹组合的螺旋桩、正转旋拧沉入土层与反转旋拧上退的带螺纹的灌注桩;双动力套管跟进的潜孔锤高速凿岩的嵌岩灌注桩、植入高强预应力管桩的嵌岩管桩等采用不同的设备和不同的施工方法所形成的各种不同的桩型。

在这本书中,还通过案例讨论了处理疑难地基的施工技术。如穿越劈山填海厚达22米石块高填土的桩基施工技术、穿越山坡滚下的孤岩群已埋入软土中的桩基施工技术、山丘隐流水入侵灌注桩的防治以及海岸外移岸边厚层护岸抛石上的桩基工程、无黏性土胶结的颗粒土上桩型选择与施工方法等特殊工程问题的处理方法。

对于既有建筑地基与桩基,主要介绍了采用刚性桩复合地基,基础的托换,桩的补强与软土中悬浮隧道的止沉托换技术,运用软地基处理技术的拓展,以及对含有污染土层与重金属超标的农耕土壤净化处理等工程技术。

他不仅对桩工技术有深入的研究,而且还对桩工机械也有颇为独到的研究心得和探索,提出了深基坑的工法桩机、螺旋沉拔施工的工法桩机、潜孔锤凿岩施工的桩机等机械设备;还有在干取土、干提土、干排土,有扩底装置,钢模管的接长、加翼而成的异形截面、振动锤与夹具等方面都有研究和创新。

在这本书中,还写入了包括劈山填海高填方地基的成桩装置与成桩方法、挤土型钢筋混凝土螺杆桩成桩装置与成桩方法、软土地层中可回收的伞状承压地锚和干取土矩形灌注桩成桩装置与成桩的方法等 26 个专利技术。

桩工技术的特点是因地质条件而异,因施工设备而异,针对不同的地质条件采用不同的设备与施工方法,就形成了不同的桩工技术。这个特色在这本书中体现得非常地充分。因此,这并不是是一本普通的技术读物,而贯穿于全书的是体现了孔清华教授级高级工程师的技术特色脉络、并富有创造性的工程研究的汇总。

这本书对于岩土工程师是非常好的参考书,对于从事地基基础设计的结构工程师也是不可缺少的读本,而对于从事基础工程施工的工程师则更是一本可以随身查用的手册。



2017 年 1 月 3 日于同济园

前 言

桩基承载力是桩基设计的重要参数,提高单桩承载力、降低桩基工程造价是桩基研究和发展的方向;桩基施工过程中应以节省国家资源,满足节能减排和节材环保的高要求为目标。全书围绕建筑桩基的绿色创新技术(简称绿色桩基)展开创新研究开发,均是符合节能减排可持续发展要求的桩基施工技术。

全书是孔清华教授级高级工程师在浙江华展工程研究设计院进行工程设计实践中研发的各类建筑桩基创新技术,以知识产权为背景的原创性专著。全文沿着改革开放与城市化的进程,由沿海软土向内陆推进,建设用地由平原向山丘荒坡与山地岩基进展,均围绕建筑桩基创新的技术的介绍,对企业的创新有启示的作用。创新是无止境的,启示能使企业在工程实践中可产生新的创新技术。

创新对企业而言是提高工效、减少用料、降低成本,使企业利润最大化,运用知识产权的法律保护将创新技术的拓展到全国层面。对于国家层面而言:桩的承载力值提高到由桩截面强度控制,同样满足工程要求可以节省很多工程用桩;对于基坑工程的围护桩,是承受侧向土压力的受弯杆件,采用符合受弯截面特性的截面(矩形、T形与工形截面),可减少桩的截面配筋的钢筋量35%~48%,混凝土用量20%~35%,减少工程桩的用量,基坑围护桩中节省大比例的钢筋与水泥。如果这些技能能够全面推广应用,可以节省天文数字的钢筋与水泥。因生产钢筋与水泥需要可燃煤,工程中节省建材资源可减少生产建材资源过程中消耗的能源,也可减少如煤燃烧产生二氧化碳对地球的排放,采用无泥浆施工可以消除施工泥浆对环境的污染。

建筑岩土工程包括建筑地基与基坑工程,其中基础有天然地基(浅基)与桩基(深基础),基坑有支挡土体的结构物(桩、墙、支撑、土钉、锚杆等)与用稳定边坡、台阶放坡或对土体加固使边坡稳定,是最有创新潜力的最活跃的学科。

全书不含常规的型桩有预制桩(预应力圆管桩、预应力空心方桩、钢筋混凝土预制桩),钻孔桩(钻孔灌注桩、冲孔灌注桩、人工挖孔灌注桩、钻孔支盘桩),沉管灌注桩(等径沉管桩、夯扩桩、载体桩)等,一些具有发展的常规的型桩列入本书。深厚软土、山丘颗粒土地层、山地嵌岩的创新型桩型,对技术的取舍,体现“人取我舍为大勇,人舍我取为大智”的精神,将桩工技术入选在本专著中。

全书分为8章:

第1章:主要讲述土性指标与桩的承载性状,其中重点以宁波为例介绍了东南沿海地区深厚软土层的相关性能指标,再者介绍了单桩的承载性状及其计算方法。

第2章:挤土施工的沉管灌注桩。在深厚饱和软土地层建立沉管灌注桩质保系,研究应用各类的沉管灌注桩的桩型,如等径的灌注桩、静压扩底桩、组合桩、预制大头桩等的沉管灌注,基坑工程应用的T形截面、工形截面的沉管灌注支护桩等。

第3章:沉管式干取土灌注桩与提高桩端阻力的桩。主要介绍无泥浆施工的沉管式干取土桩,其中取土形式有筒式取土、高效提土、挤压排土等。采用干取土方式将钢模管内土体取净,置入钢筋笼与混凝土振动拔出钢模管成桩。介绍通过桩端扩底、桩底后注浆、桩底埋设预承包的预承力桩、嵌岩灌注桩等,力求使桩端阻值最大化。基坑工程介绍最佳的受弯截面特性如T形、工形的支护桩,节材节能,消除泥浆污染。

第4章:钢筋混凝土咬合连续桩墙与干作业地下连续墙。本章深基坑工程中用于支挡侧向土压力的桩墙是带钢翼凸边的钢模管,采用沉管式施工,在管内取出干土有提土施工、排土施工、筒式取土等。钢凸边置于钢模管底的外侧,矩形置于长边近中部处、矩形或圆形均为后桩切前桩的凸边混凝土的沉管施工、后桩的混凝土与前桩的凸边混凝土在初凝前沿桩长咬接成整体桩墙,双模管互导施工的0.25~0.5 m厚薄壁墙,0.6~1.2 m厚常厚墙均为无接缝墙体的设计与施工的支护与防渗合一咬合型连续桩墙与干作业连续墙。

第5章:螺旋沉拔施工的压灌混凝土桩与双动力套管跟进凿岩桩。本章主要介绍螺旋沉拔施工的长螺旋桩,适用于山丘颗粒土地层施工的粗螺纹钻杆的长螺旋桩、大扭矩的长螺旋桩;减少扭矩扭矩带结合子的短截粗螺纹钻头、正反粗螺纹钻头、锥底状钻头接光管钻杆的短螺旋桩;长短螺纹组合的螺旋桩,正转旋拧沉入土层,反转旋拧上退的带螺纹的灌注桩;双动力套管跟进的潜孔锤高速凿岩的嵌岩灌注桩、植入高强预应力管桩的嵌岩管桩等;以及螺旋沉拔施工各类桩型的发展历史、施工程序、适用条件、桩承载力值与成桩质量的可靠性分析。

第6章:既有建筑地基与桩基。主要介绍刚性桩复合地基,基础的托换,桩的补强与软土中悬浮隧道的止沉托换,运用软地基处理技术的拓展,以及对含污染土层与重金属超标的农耕土壤净化处理等技术。

第7章:疑难地基上的桩基施工技术。通过案例介绍穿越劈山填海厚达22 m石块高填土桩基施工技术、穿越山坡滚下的弧岩群已埋入软土中的桩基施工技术、山丘隐流水入侵灌注桩的防治、海岸外移岸边厚层护岸抛石上的桩基工程、无黏性土胶结的颗粒土桩型选择与施工等。

第8章:施工桩机与装备。由桩基历史的发展到目前的桩基施工的桩机,由多功能桩机到专业的工法桩机如深基坑的工法桩机、螺旋沉拔施工的工法桩机、潜孔锤凿岩施工的桩机等;施工装备有干取土、干提土、干排土机械,有扩底装置,有利于钢模管的接长、加翼成

异形截面、振动锤与夹具等。

附录为结合著作介绍选取的具有代表性的一些发明专利说明书。将专利说明书编入本书是希望桩基技术研究者能直观了解技术的核心,希望对加速桩基技术发展有帮助。建筑工程桩的专利有石料高填土的成桩装置与方法、钢管护壁旋挖取土灌注桩、螺旋沉拔后插筋挤密桩、带螺纹的灌注桩、双动力潜孔锤凿岩的高效嵌灌注桩与植入岩层的高强预应力管桩等;基坑围护工程专利有矩形、T形、工形截面的灌注桩、圆形截面与矩形截面的无缝刚性咬合的支护桩、双模管互导施工的地下连续墙等,既有建筑地基加固的技术有注浆锚杆桩、病桩治理等。

全书结合孔清华教授级高级工程师在桩基领域40余年积累的实践笔记,由孔清华、桂淞莉、孔超编著,吴才德、庄作成、沈俊杰、孔红斌、翁功伟、龚迪快、许冠、王洁栋、陈忠等同志参与了部分章节的撰写工作。

高大钊教授、魏道燊教授、桂业琨教授级高级工程师、张旷成大师提出了不少真挚意见,为本书的最终定稿作出了重大的贡献,谨此致谢。

本书可供桩工机械生产企业选择工法桩机的生产,桩基工程施工企业找适合本企业的创新技术,适应激烈市场竞争与企业生产的转型参考。可供勘察、设计、科研与大专院校的岩土工程专业师生与技术人员深入作科研课题研究,硕士、博士研究生的学位研究课题选题和工程中实际应用作参考。

岩土桩基工程学科发展,任重而道远。本书仅做了一点初步探索和尝试,限于水平及出版时间比较仓促,对这些问题的研究尚浅,希望能够起到抛砖引玉的作用,不足之处敬请批评指正。著作通讯邮箱为:wykm16@163.com。

目 录

作者简介

序

前言

1 土性指标与桩的承载性状	1
1.1 地基土的计算参数与合理性取值	1
1.1.1 深厚软土地层及桩的承载力参数	1
1.1.2 山丘地基颗粒土地层	9
1.1.3 旋拧沉拔施工桩基技术的创新点	15
1.2 竖向荷载作用下单桩计算理论	16
1.2.1 桩的工作状态与竖向承载力计算	16
1.2.2 特殊条件下桩基竖向承载力验算	24
1.2.3 单桩竖向抗拔承载力计算	28
1.3 基坑工程的围护桩设计与计算	29
1.3.1 基坑工程设计的基本规定	29
1.3.2 桩排式支护结构的基坑验算	34
1.3.3 悬臂式围护桩排的基坑工程	38
1.3.4 内支撑的支护桩排的基坑工程	42
2 挤土型沉管灌注桩	48
2.1 沉管灌注桩施工的质保体系	48
2.1.1 软土地层施工建立的质保体系的过程	48
2.1.2 挤土施工的土体位移量计算	56
2.2 挤土施工的沉管灌注桩与扩底灌注桩技术	58
2.2.1 沉管灌注桩在软土地层挤土施工的成桩质量研究	58
2.2.2 由沉管灌注桩调节桩长的预应力管桩	62
2.2.3 静压扩底沉管灌注桩	67
2.2.4 预制大头平底型沉管灌注桩	73
2.2.5 钢筋混凝土空心方桩	76
2.3 挤土型 T 形、工形截面沉管灌注桩	83
2.3.1 挤土型 T 形截面沉管灌注桩	83

2.3.2 挤土型工形截面沉管灌注桩	91
3 沉管式干取土灌注桩与提高桩端阻力的桩	100
3.1 沉管式干取土灌注桩	100
3.1.1 全桩长钢管护壁干取土灌注桩	100
3.1.2 沉管式干取土嵌岩灌注桩	104
3.1.3 干取土扩底灌注桩	112
3.2 沉管式施工提高桩端阻力的桩型	119
3.2.1 提高桩端阻值的高承载力值的桩型——预承力灌注桩	119
3.2.2 桩底后压浆桩	124
3.3 取土型异形截面沉管式灌注桩	134
3.3.1 异形截面灌注桩的规格内力与技术特性	134
3.3.2 桩配筋的内力与优化	139
3.3.3 取土型异形截面灌注桩的施工	146
4 钢筋混凝土咬合连续桩墙与干作业地下连续墙	161
4.1 咬合连续桩墙	161
4.1.1 咬合桩的意义	161
4.1.2 支护桩间的咬合方式	162
4.1.3 桩墙施工的凸边混凝土与桩的咬合	163
4.2 矩形截面咬合的连续桩墙	163
4.2.1 矩形连续桩墙的计算与咬合	163
4.2.2 矩形咬合桩墙的设计	167
4.3 圆形截面咬合的连续桩墙	169
4.3.1 沉管式钢筋混凝土圆形截面咬合的连续桩墙	169
4.3.2 钢筋混凝土咬合筒形灌注桩的桩墙	170
4.4 干作业双钢模管互导地连墙与沉板式篱笆墙	175
4.4.1 双钢模管互导施工的钢筋混凝土地下连续墙	175
4.4.2 篱笆式干作业地下连续墙与防渗帷幕	183
5 螺旋沉拔施工的压灌混凝土桩与双动力套管跟进凿岩桩	191
5.1 螺旋沉拔施工与长螺旋桩压灌混凝土灌注桩	191
5.1.1 螺旋沉拔施工简述	191
5.1.2 粗螺纹钻杆的长螺旋压灌的混凝土桩	194
5.1.3 大扭矩长螺旋的压混凝土嵌岩灌注桩	202
5.2 短螺旋桩与长短螺旋组合的螺旋桩技术	205
5.2.1 橄榄状双向螺纹钻头的短螺旋桩技术	205
5.2.2 带结合子的螺纹钻头接光管钻杆的短螺旋桩	210
5.2.3 长短螺旋组合的螺旋桩技术	215
5.3 螺旋施工带螺纹的灌注桩	225

5.3.1	施工螺纹灌注桩的条件与发展概况	225
5.3.2	带螺纹的灌注桩的施工	229
5.4	双动力套管跟进潜孔锤凿岩的嵌岩桩	232
5.4.1	双动力套管跟进潜孔锤施工技术 with 案例	232
5.4.2	山丘与山地的地基嵌岩桩基施工技术 with 案例	239
6	既有建(构)筑物的地坪止沉与基础托换	247
6.1	既有建筑的软土地基加固	247
6.1.1	与建筑物同步施工的刚性桩复合桩基	247
6.1.2	十字形截面沉管灌注桩在复合桩基中的应用	249
6.1.3	刚柔组合桩复合地基	253
6.1.4	既有建筑的刚性桩复合地基	257
6.2	既有建(构)筑物的基础托换	262
6.2.1	既有建(构)筑物的托换桩	262
6.2.2	基础的托换实例	268
6.3	既有建(构)筑物的岩土工程问题	279
6.3.1	悬浮在淤泥质土层的地铁隧道沉降	279
6.3.2	建筑工程的岩土工程问题	286
6.4	软地基处理与污染耕植土的净化处理	294
6.4.1	真空排水袋装砂井软地基的处理方法	294
6.4.2	农耕污染土壤的净化处理技术	296
7	疑难地基上的桩基施工技术	302
7.1	桩基础的成桩施工方法与桩承载力值分析	302
7.1.1	概述	302
7.1.2	桩基础的成桩施工方法与分析	302
7.2	疑难地基上的桩基施工技术的实例	306
7.2.1	穿越石料填海 22 m 的高填土地基的桩基施工技术	306
7.2.2	穿越悬浮淤泥中弧岩的桩基施工技术	309
7.2.3	地层内的隐流水对成桩质量影响	311
7.2.4	海岸堤坝抛填大块石地基的桩基施工	313
7.2.5	无黏性土胶结的粗颗粒土地层的施工桩基	315
8	桩工施工机械	322
8.1	施工桩机与装备	322
8.1.1	多功能液压步履的静压桩机	322
8.1.2	螺旋沉拔后插筋施工的桩工机械	327
8.1.3	双动力(双回旋)潜孔锤凿岩桩机	331
8.2	干取土的装置	334
8.2.1	筒式取土装置	335

8.2.2 干提土装置	337
8.2.3 干排土装置	338
8.3 振动锤	339
8.3.1 振动锤	339
8.3.2 潜孔锤	345
附录 专利技术选编	347
A.1 建筑桩基的工程桩技术	347
A.1.1 劈山填海高填方地基的成桩装置与成桩方法	347
A.1.2 一种桩心注浆静压锚杆桩	349
A.1.3 挤土型钢筋混凝土螺杆桩成桩装置与成桩方法	350
A.1.4 一种干取土钢筋混凝土螺杆桩成桩装置与成桩方法	352
A.1.5 一种带结合子螺纹桩钻头	354
A.1.6 一种钢管护壁超强嵌岩灌注桩的成桩装置与方法	355
A.1.7 同步沉管与旋挖取土的螺纹灌注桩	357
A.1.8 旋压凿岩植入嵌岩预应力管桩	359
A.1.9 一种旋压凿岩植入桩底后注浆的嵌岩预应力管桩	360
A.1.10 全桩长钢管护壁同步沉管与旋挖取土的灌注桩	361
A.1.11 一种带螺母抱合同步机构的螺纹灌注桩成桩装置	363
A.1.12 预应力钢筋混凝土螺纹管桩	365
A.1.13 一种桩底后注浆扩底灌注桩	366
A.1.14 螺旋旋后插筋挤密灌注桩	368
A.1.15 带双螺旋钻杆的成桩装置与成桩方法	370
A.2 基坑围护技术专利	372
A.2.1 干取土咬合型矩形灌注桩成桩装置与成桩方法	372
A.2.2 带活瓣桩靴矩形沉管混凝土灌注桩的成桩装置	373
A.2.3 沉管式带侧翼矩形混凝土灌注桩的成桩装置	374
A.2.4 预制钢筋混凝土工字形支护桩	376
A.2.5 离心浇筑预应力钢筋混凝土工形截面支护桩	377
A.2.6 一种软土地层中可回收的伞状承压地锚	378
A.2.7 双模管互导干提土地下连续墙	379
A.2.8 高频振压干排土灌注桩的成桩装置与方法	381
A.2.9 一种干取土矩形灌注桩成桩装置与成桩方法	382
A.2.10 同步提土压灌矩形灌注桩成桩装置与方法	384
A.2.11 一种钢筋混凝土咬合筒形灌注桩	386
A.3 其他专利选编	387
A.3.1 一种预应力管桩的弯裂病害桩修复治理装置及其治理方法	387
A.3.2 桩体自平衡静载荷测定方法	389
A.3.3 一种真空排水袋装砂井软地基处理方法	391

1 土性指标与桩的承载性状

本章提要

黏土与粉质黏土的液性指数 I_L 表示土的坚硬性,粉土的孔隙比 e ,碎石土与砂土的 $N_{63.5}$ 准贯入击数均表示土的密实程度。土的坚硬及密实能使桩高承载力,而桩体混凝土的密实度能影响桩周土的固结,也与桩的承载性状有关。从桩的受力传递分析桩端的刺入变形直接影响桩的承载力的发挥,桩端阻值大刺入变形小,桩的承载力高。借助宁波地区软土地基各类桩型的土性指标中的估算参数及山丘颗粒土地层用旋拧施工入土的压灌混凝土施工工艺的各类桩型,以及山地岩石地基的高效凿岩施工的机械,产生的各类桩型的承载性状均与土性指标、桩体混凝土密实性与桩周土固结的亲土性,以及桩端持力层土的阻力大小直接影响桩的承载力值。

1.1 地基土的计算参数与合理性取值

1.1.1 深厚软土地层及桩的承载力参数

深厚软土地层地基土的计算参数及合理性取值以典型的宁波地区为例进行介绍。宁波市地质情况多为深厚软土区,主要涉及海曙、镇海、江东、江北、北仑、鄞州六区,均为海相沉积相。深厚软土区是宁波地区城市建设中遇到的主要地质地层。

1. 宁波地区(市区)典型土层的划分(表 1-1)

表 1-1 宁波市区岩土分层简略汇总表

层序		工程地质层组	岩土类别	顶板埋深/m	厚度/m
①	①-1	人工堆积层	填土	0	0~5
	①-2	第一较软土层	黄褐色黏性土	0~2	0~2
②	②-1	第一软土层	淤泥质土或淤泥	1~5	0~3
	②-2		灰色软塑黏性土或淤泥质土	2~6	0~3
	②-3		淤泥质土或淤泥	4~6	5~20
③	③-1	第二较软土层	灰、青灰色粉质黏土	7~22	0~13
	③-1		灰、青灰色粉砂或粉土	8~20	0~6
	③-2		淤泥质粉质黏土	10~20	0~8

(续表)

层序		工程地质层组	岩土类别	顶板埋深/m	厚度/m
④	④-1	第二软土层	淤泥质土	12~25	0~3
	④-2		灰色软塑黏性土(局部为淤泥质土)	13~32	0~16
⑤	⑤-1	第一硬土层	褐黄色黏土	13~40	0~17
	⑤-2		褐黄色粉质黏土(局部为黏土)	15~45	0~18
	⑤-3		褐黄色粉土	18~50	0~16
	⑤-4		褐黄色粉质黏土	20~50	0~15
	⑤-5		褐黄色粉土、粉质黏土	20~50	0~10
⑥	⑥-1	第三较软土层	灰色软塑黏土或粉质黏土	20~55	0~18
	⑥-2		灰色软~可塑粉质黏土	20~60	0~18
	⑥-2		灰色粉土、粉质黏土夹粉土	20~60	0~11
	⑥-3		灰色软~可塑黏土	25~60	0~10
⑦	⑦-1	第二硬土层	灰黑、暗绿色黏性土	30~65	0~12
	⑦-2		灰绿色粉质黏土(局部夹粉土)	35~65	0~12
⑧		第一砾、砂层	砾、砂(局部夹粉质黏土层)	40~75	10~25
⑨		第三硬土层	可~硬塑黏性土(局部软塑)	40~82	0~30
⑩		第二砾、砂层	砾、砂(局部为含砾砂黏性土)	50~90	10~15
⑪		残坡积层	混合土	各地不一	
⑫		基岩	沉积岩、火山碎屑岩、玄武岩等		

2. 土的物理性指标与力学性指标之间的相关性

根据对宁波地区进行大量的工程实践经验和实测资料对比分析统计,统计得出宁波地区土的物性指标与力学指标(主要是指双桥静力触探锥头阻力 q_c ,静力触探侧阻力 f_s)具有一定相关性和对比性(表1-2)。

表 1-2 宁波市区岩土物理力学性质指标简表

土层	液性(标贯)指标	q_c/MPa	E_{s1-2}/MPa	状态
第一较软土层	$0.25 < I_L \leq 0.75$	0.50~1.20	4.0~6.0	可塑—软塑
	$0.75 < I_L \leq 1.00$	0.25~0.50	2.0~4.0	
第一软土层 灰色淤泥质黏土、 粉质黏土	$I_L \geq 1.50$	0.15~0.25	< 2.0	流塑—软塑
	$1.00 < I_L < 1.5$	0.25~0.35	2.0~2.5	
	$0.75 < I_L \leq 1.00$	0.35~0.50	2.5~3.0	
第二较软土层 灰色粉砂、含黏性土 粉砂	$N < 5$	< 1.50	2.5~4.0	松散—中密
	$5 < N \leq 15$	1.50~6.00	4.0~7.0	
	$15 < N \leq 30$	> 6.0	> 7.0	
第二软土层 灰色淤泥质黏土 粉质黏土	$1.00 < I_L \leq 1.50$	0.60~1.20	2.5~4.0	流塑—软塑
	$0.75 < I_L \leq 1.00$	1.20~1.50	4.0~6.0	

(续表)

土层	液性(标贯)指标	q_c/MPa	E_{s1-2}/MPa	状态
第一硬土层 黄褐色黏土、 粉质黏土、粉土	$0.75 < I_L \leq 1.00$ (粉土 $e > 0.9$)	1.50~2.00 (粉土 2.00~3.00)	5.0~7.0	软塑—硬塑 (粉土:稍密—密实)
	$0.5 < I_L \leq 0.75$ (粉土 $0.8 < e \leq 0.9$)	2.00~2.50 (粉土 3.00~4.00)	7.0~8.5	
	$0.25 < I_L \leq 0.5$ (粉土 $0.75 \leq e \leq 0.8$)	2.5~3.00 (粉土 4.00~6.00)	8.5~10.0	
	$I_L \leq 0.25$ (粉土 $e < 0.75$)	> 3.00 (粉土 > 6.00)	> 10.0	
第三较软土层 灰色黏土、粉质黏土	$0.75 < I_L \leq 1.0$	< 2.00	4.5~6.0	软塑—可塑
	$0.25 < I_L \leq 0.75$	2.00~4.00	6.0~8.0	
第二硬土层 灰黑、灰绿色黏土、 粉质黏土	$0.25 < I_L \leq 0.75$	2.50~4.50	6.0~10.0	可塑—硬塑
	$I_L \leq 0.25$	> 4.50	> 10.0	
第一砾、砂层	$N(N_{63.5}) > 15$		≥ 9.0	中密—密实
第三硬土层	$I_L < 0.75$ (局部 $0.75 < I_L \leq 1.0$)		≥ 6.0	可塑—坚硬 (局部软塑)
第二砾、砂层	$N_{63.5} > 15$		≥ 9.0	中密—密实
残坡积层	性质差异较明显,不均一			
基岩	坚硬岩:熔结凝灰岩、玄武岩;较硬岩:中—微风化凝灰岩,较软—软岩:泥质砂岩等			

3. 桩基承载力估算参数取值对比(表 1-3)

表 1-3 混凝土预制桩极限侧阻力标准值 q_{sik} 对比

土层名称	顶板埋深/m	土的状态	桩基规范/kPa	浙江省标准/kPa	宁波市标准/kPa
密实填土	—	—	22~30	16~24	16~23
①黏性土	0~2	$0.75 < I_L \leq 1.0$	40~55	24~36	33~38
		$0.25 < I_L \leq 0.75$	55~70	40~60	40~45
②淤泥质土、淤泥、 软塑黏性土	1~6	$I_L > 1.0$	24~40	8~20	16~20
		$0.75 < I_L \leq 1.0$	40~50	24~36	20~23
③粉土—粉砂 ③粉细砂	7~22	稍密	26~46	24~35	25~38
		中密	46~66	35~60	38~45
		稍密	24~48	40~60	40~60
		中密	48~66	50~70	50~70
		密实	66~88	60~80	60~80
④淤泥质土、粉质 黏土	12~32	$I_L > 1.0$	24~40	16~30	20~22
		$0.75 < I_L \leq 1.0$	40~55	24~44	22~27
⑤黏土、粉质黏土	13~50	$0.75 < I_L \leq 1.0$	40~55	24~44	38~50
		$0.25 < I_L \leq 0.75$	55~70	40~70	50~70
		$0 < I_L < 0.25$	86~98	60~80	70~80