

·宝钢工程长桩的特点 / 宝钢工程长桩应用概况和工程地质特点 / 长桩持力层的选择和停锤标准 / 桩基沉降长期发展规律 · 钢管桩和钢管混凝土桩 / 钢管桩 (SP桩) 的试验分析与应用 / 钢管混凝土桩 (SCP桩) 的试验分析与应用 · 预应力高强度混凝土管桩 / 预应力高强度混凝土管桩 (PHC桩) 的试验 / PHC长桩的土芯问题 / PHC长桩的工程应用 · 薄壁钢管离心混凝土管桩 / 薄壁钢管离心混凝土管桩 (TSC桩) 试验与可靠性 / TSC桩的工程应用

王怀忠 著

THEORY AND PRACTICE OF
THE LONG PILES IN
BAOSTEEL PROJECTS

宝钢工程长桩 理论与实践

上海科学技术出版社

宝钢工程长桩理论与实践

Theory and Practice of the Long Piles in Baosteel Projects

王怀忠 著

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

宝钢工程长桩理论与实践/王怀忠著. —上海:上海科学技术出版社, 2010. 10

ISBN 978—7—5478—0505—3

I. ①宝... II. ①王... III. ①桩基础—工程施工
IV. ①TU473. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 181763 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社^{出版、发行}

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 13. 25

字数:184 千字

2010 年 10 月第 1 版 2010 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978—7—5478—0505—3/TU·76

定价:50. 00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

谨以此书献给宝钢的创业者

内容提要

本书结合宝钢工程钢管桩、钢管混凝土桩、预应力高强度混凝土管桩和薄壁钢管离心混凝土管桩等长桩桩型的应用,比较系统地阐述了宝钢工程长桩在理论和实践所取得的进展。

本书第一部分介绍宝钢工程长桩的特点,包括工程地质特点、长桩持力层的选择和停锤标准、桩基础沉降长期发展规律;第二部分为钢管桩和钢管混凝土桩在工程试验和应用中的技术问题;第三部分为预应力高强度混凝土管桩工程试验、土芯问题以及施工应用问题;第四部分为薄壁钢管离心混凝土管桩研究开发和工程应用中的工程试验、力学性能试验以及设计施工问题。本书还介绍了宝钢工程长桩的一些关键技术,如施工因素对桩端持力层沉降的影响、管桩的土芯问题、预应力高强度混凝土管桩的打桩施工可靠度问题、薄壁钢管离心混凝土管桩的特殊力学性能检验、钢管和混凝土动力相互作用,以及打桩引起的非线性侧向振动问题等。

本书积宝钢基本建设采用长桩和特长桩基础的丰富实践,汇集了许多独到的实践经验、理论研究、计算分析和大量数据资料,其内容涉及桩基设计和施工的各个方面,这些内容在教科书和国内外文献中都属十分罕见,非常宝贵,对从事桩基设计、施工和科研的广大业界人士均有重要的参考借鉴价值,还可供从事工业与民用建筑工程、交通工程、港口工程、建筑材料、工程力学研究、设计、施工与试验检测的广大科技人员参考和借鉴,并可作为上述专业研究生和高年级本科生的学习参考书。

序

宝钢的建设得到了全国人民的关心和支持,多年来宝钢基本建设在我国软土地基首次大规模使用钢管桩作为深桩基础,其桩基工程也一直得到国内外业界的关注。经过三十余载的工程实践,宝钢建设者对钢管桩、钢管混凝土桩、预应力高强度混凝土管桩和薄壁钢管离心混凝土管桩等多种长桩桩型进行了不懈的探索,在桩基工程方面走出了一条独特的学习与创新之路,使工程质量达到严格苛求的标准,有力地保证了数亿元工程投资的节约。

国内外关于桩基工程方面的文献浩如烟海,这些专业知识对宝钢的桩基工程起到了巨大的指导作用。但就宝钢的桩基工程而言,经常是实践领先于理论,实践中出现的很多问题在规范、手册和教科书中都找不到答案。因此,宝钢自一期工程开始,在应用每一种桩型之前都要进行小规模打桩试验和静载荷试验,以掌握桩型、地质条件和打桩机械相互之间的适应性,确定桩体承载力,为设计取值、制定停锤标准和确定质量检验方法提供必要依据,并对大规模桩基工程应用时可能发生的问题进行预研和评估;在大规模桩基工程中密切关注其应用效果,并对实践中发生的新问题及时研究处理。因此,宝钢的桩基工程可说是理论与实践密切结合又相互促进的典范。

本书作者王怀忠首席工程师 1992 年于同济大学获工学博士学位,1995 年于上海大学完成力学博士后研究工作之后来到宝钢。在宝钢这块热土上,作者有幸得到陆兆琦先生、王铁梦先生、任嘉鼎先生、孔祥恭先生、龚友明师傅等宝钢第一代创业者的勉励和惠赠,得到了许多有

关钢管桩和钢管混凝土桩方面珍贵的工程技术资料,再结合自己在宝钢工程长桩,特别是预应力高强度混凝土管桩和薄壁钢管离心混凝土管桩方面深入而系统的工作,着重将一些在规范、手册和教科书中反映不到的宝贵技术成果整理汇集成册。作者凝聚十五年来上述各种桩基理论与实践的探讨完成本书,弥足珍贵。此值虎年新春,我谨向岩土工程界同仁推荐此书,希望能够为大家的工程实践和教学科研工作提供参考和借鉴。

陈 钧

中国科学院(技术科学部)院士

同济大学资深荣誉一级教授

中国土木工程学会顾问、名誉理事(前副理事长)

庚寅岁首于同济园

目 录

第 1 部分 宝钢工程长桩的特点

1

第 1 章 宝钢工程长桩应用概况和工程地质特点	3
1.1 宝钢工程长桩应用概况	3
1.2 工程地质勘探的发展变化	5
1.3 地基土的构成与分布特征	7
1.4 长桩持力层附近地层分布特征	10
1.5 桩基工程所涉及的地基土工程特征	12
1.6 地下水和腐蚀性	13
1.7 地基土强度所确定的长桩轴向承载力估算	17
1.8 地基土强度所确定的长桩侧向承载力估算	20
第 2 章 长桩持力层的选择和停锤标准	22
2.1 长桩持力层的选择	22
2.2 钢管桩的停锤标准	23
2.3 打入桩超孔隙水压力的测量结果	24
2.4 打入桩持力层超孔隙水压力消散规律	28
2.5 打入桩的贯入阻力	32
2.6 沉桩施工因素对桩端沉降的影响	35
第 3 章 桩基础沉降长期发展规律	38
3.1 长桩和中长桩沉降比较	38
3.2 高炉基础沉降	46
3.3 其他冶金设备基础沉降	49

第 2 部分 钢管桩和钢管混凝土桩

53

第 4 章 钢管桩(SP 桩)的试验分析与应用	55
4.1 钢管桩的工程应用概况	55
4.2 首次钢管桩打桩和静载压力试验	56
4.3 单桩轴向静荷载试验结果	59
4.4 钢管桩的承载力	60
4.5 基坑开挖引起钢管桩上部侧弯位移	61
4.6 大直径钢管桩试验	70
第 5 章 钢管混凝土桩(SCP 桩)的试验分析与应用	79
5.1 首次钢管混凝土桩静荷载试验	79
5.2 桩尖型 $\phi 406.4$ mm 钢管混凝土桩试验	83
5.3 打桩引起的桩底端侧弯	89
5.4 隔板型 $\phi 609.6$ mm 钢管混凝土桩试验	92
5.5 桩顶与承台连接构造	98
5.6 马迹山港工程 $\phi 2\ 800$ mm 嵌岩桩试验	100
5.7 钢管混凝土桩的工程应用	103

第 3 部分 预应力高强度混凝土管桩

105

第 6 章 预应力高强度混凝土管桩(PHC 桩)的试验	107
6.1 PHC 长桩应用的技术条件	107
6.2 PHC 长桩的打桩和静载压力试验	108
6.3 PHC 长桩的特殊轴向静载压力试验	118
第 7 章 PHC 长桩的土芯问题	123
7.1 桩内土芯和水位高度测量结果	123
7.2 桩附近土层钻探调查	127
7.3 桩内土芯钻探调查	128
7.4 打桩过程中桩内土芯涌动机理	130
7.5 停锤后桩内土芯涌动机理	132
7.6 桩端阻力	134
7.7 单桩静载压力试验时桩内土芯和水位情况	135

7.8 桩内土芯问题的对策	136
第8章 PHC长桩的工程应用	140
8.1 打入PHC长桩施工的可靠度分析	140
8.2 PHC长桩的桩材质量控制	147
8.3 PHC长桩的施工技术	149
8.4 PHC长桩的工程应用	152
8.5 PHC长桩的桩基质量检验	153

第4部分 薄壁钢管离心混凝土管桩

157

第9章 薄壁钢管离心混凝土管桩(TSC桩)试验与可靠度	159
9.1 现场条件的需求	159
9.2 TSC桩的打桩试验和静荷载试验	160
9.3 TSC桩的其他力学性能试验	169
9.4 TSC桩材轴向承载力可靠度分析	174
第10章 TSC桩的工程应用	182
10.1 TSC桩的桩材质量控制	182
10.2 打入TSC桩的混凝土与钢管共同工作机理	183
10.3 打桩诱发的非线性侧向振动问题	185
10.4 TSC桩工程应用情况	193
10.5 TSC桩基质量检验	193
后记	195

Contents

Part 1 Properties of the long piles in Baosteel projects

1

Chapter 1 Application of long piles and geology condition of Baosteel projects	3
1.1 Application of long piles in Baosteel projects	3
1.2 Development of engineering geology investigation	5
1.3 Constitution and distribution character of soil layers	7
1.4 Soil layer distribution character near bearing layer	10
1.5 Properties of soil layers concerning long pile	12
1.6 Underground water and corrosion	13
1.7 Estimation of axial load bearing capacity of long pile determined by soil layers	17
1.8 Estimation of lateral load bearing capacity of long pile determined by soil layers	20
Chapter 2 Choose of bearing layer for long pile and cease-driving criteria	22
2.1 Choose of bearing layer for long pile	22
2.2 Cease-driving criteria for steel tubular pile	23
2.3 Measured results of pore-pressure induced by driven piles	24
2.4 Disperse of pore-pressure induced by driven pile	28
2.5 Penetration resistance of driven pile	32

1

2.6	Effect of installation factor on settlement of pile tip	35
Chapter 3	Long term development of pile settlement	38
3.1	Settlement comparison between long pile and mid-long pile	38
3.2	Settlement of burst furnace base	46
3.3	Settlement of other metallurgical equipment base	49

Part 2 Steel tubular pile and concrete filled steel tubular pile

53

Chapter 4	Test and Application of Steel tubular pile (SP pile)	55
4.1	Application of steel tubular piles to project	55
4.2	First pile-driving test and static load test of steel tubular piles	56
4.3	Results of single pile static axial load test	59
4.4	Load bearing capacity of steel tubular pile	60
4.5	Lateral bending of top part of steel tubular pile induced by excavation	61
4.6	Pile-driving test and static load test of steel tubular piles in large diameter	70
Chapter 5	Test and Application of Concrete filled steel tubular pile (SCP pile)	79
5.1	First static load test of SCP piles	79
5.2	Test of SCP ϕ 406.4 mm with closed sharp tip	83
5.3	Lateral bending of bottom part of steel tubular pile induced by pile driving	89
5.4	Test of SCP ϕ 609.6 mm with higher closed bottom	92
5.5	Details of joint between SCP pile top and base slab	98
5.6	Test of ϕ 2800 mm rock-socketed piles in Majishan port project	100
5.7	Application of SCP piles	103

Part 3 Pre-stressed high performance concrete tubular pile

105

Chapter 6 Test of pre-stressed high performance concrete tubular pile (PHC pile)	107
6.1 Technological condition of PHC long pile application	107
6.2 Pile-driving test and static load test of PHC long piles	108
6.3 Special static axial load tests of PHC long piles	118
Chapter 7 Problems of soil plug of PHC long pile	123
7.1 Results of measured soil plug and water level in the tube of PHC pile	123
7.2 Drilling investigation of soil layers near PHC pile	127
7.3 Drilling investigation of soil plug in the tube of PHC pile	128
7.4 Growth of soil plug in the tube during pile driving	130
7.5 Growth of soil plug in the tube after pile driving	132
7.6 Resistance of pile bottom	134
7.7 Soil plug and water level in the tube during static load test	135
7.8 Solution to the problems of soil plug	136
Chapter 8 Application of PHC long pile to project	140
8.1 Reliability analysis of PHC long pile driving	140
8.2 Quality control for members of PHC long piles	147
8.3 Construction technology of PHC long piles	149
8.4 Application of PHC long piles to project	152
8.5 Quality inspection of PHC long piles	153

Part 4 Centrifugal concrete filled thin wall steel tubular pile

157

Chapter 9 Test and reliability of centrifugal concrete filled thin wall steel tubular pile (TSC pile)	159
--	-----

9.1	Requirement of project site condition	159
9.2	Pile-driving test and static load test of TSC piles	160
9.3	Other mechanical property tests of TSC piles	169
9.4	Reliability analysis of axial load bearing capacity of TSC pile member	174
Chapter 10	Application of TSC pile to project	182
10.1	Quality control for members of TSC piles	182
10.2	Interaction between steel tube and concrete of TSC pile-driving	183
10.3	Nonlinear lateral vibration induced by pile-driving	185
10.4	Application of TSC piles to project	193
10.5	Quality inspection of TSC piles	193
Acknowledgement		195

第 1 部分

宝钢工程长桩的特点

第 1 章

宝钢工程长桩应用概况和 工程地质特点

1.1 宝钢工程长桩应用概况

宝钢的厂房及设备基础对沉降、差异沉降和水平位移都有严格的控制要求,根据地质条件,宝钢工程采用约 60 m 长桩、45 m 中长桩和 30 m 短桩三种桩基系列。中日双方于 1979 年根据宝钢的地质条件和日本类似地质条件的钢厂建设经验共同确定的《上海宝山钢铁总厂通用技术说明书》中给出三种桩基系列桩长及桩材的选择标准。自宝钢二期工程起,中方在工厂设计统一技术规定中进一步明确三种桩基系列桩长及桩材的选择标准。

表 1-1 宝钢一至三期工程常用桩基系列的特点

桩长	30 m	40~45 m	约 60 m
桩尖进入地层	粉质黏土⑤ ₁	粉质黏土⑤ ₃ 或砂质粉土⑦ ₁ 表面	砂质粉土⑦ ₁ 下部 或粉细砂⑨ ₁
桩材种类	混凝土方桩	预应力混凝土管桩	钢管桩
桩材规格	RC400×400 PCφ550×100	PCφ550×100	SPφ406.4×(10~12.7) SPφ609.6×(10~12.7) SPφ914.4×(10~14.6)
桩尖	方锥形混凝土桩尖	圆锥形混凝土桩尖	少量钢管桩尖外加套箍
轴向承载力 (标准值)	RC400×400: 700 kN RCφ550×100: 750 kN	桩长 40 m: 1 500 kN 桩长 45 m: 1 850 kN	SPφ406.4×10: 1 600 kN SPφ609.6×10: 2 400 kN SPφ914.4×10: 3 600 kN