

FJECSA

T 13/FJECSA 003-2019

预制桩工程技术规程

Technical specification for precast pile engineering

2019-12-30 发布

2020-02-01 实施

福建省工程建设科学技术标准化协会

发 布

福建省工程建设科学技术标准化协会标准

预制桩工程技术规程

Technical specification for precast pile engineering

T 13/FJECSA 003-2019

主 编 单 位：福建省建筑科学研究院有限责任公司
福建省建筑设计研究院有限公司
福 建 建 华 建 材 有 限 公 司

批 准 单 位：福建省工程建设科学技术标准化协会
实 施 日 期：2 0 2 0 年 0 2 月 0 1 日

福建省工程建设科学技术标准化协会

公 告

关于发布协会标准

《预制桩工程技术规程》的公告

根据福建省工程建设科学技术标准化协会《2019 年第一批福建省工程建设协会标准制定计划》的要求，福建省建筑科学研究院有限责任公司、福建省建筑设计研究院有限公司、福建建华建材有限公司等单位编制的《预制桩工程技术规程》，经本协会组织有关专家审查，现批准发布，编号为 T 13/FJECSA003-2019。自 2020 年 2 月 1 日起施行。

福建省工程建设科学技术标准化协会
2019 年 12 月 30 日

前 言

根据福建省工程建设科学技术标准化协会关于发布《2019年第一批福建省工程建设协会标准制定计划》的通知（[2019]01号）的要求，由福建省建筑科学研究院有限责任公司、福建省建筑设计研究院有限公司、福建建华建材有限公司会同有关勘察、设计、施工、检测、科研院所和高校等单位共同编制完成。

本规程在编制过程中，编制组经广泛调查研究，结合福建省实际情况，参考国内外有关先进技术标准，并在广泛征求意见的基础上，形成本规程。

本规程主要技术内容是：1、总则；2、术语和符号；3、基本规定；4、设计；5、施工；6、质量检验与验收及附录。

本规程由福建省工程建设科学技术标准化协会归口负责管理，福建省建筑科学研究院有限责任公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请寄送规程编制组（地址：福州市高新区万福中心3号楼福建省建筑科学研究院有限责任公司，邮政编码 350108（47505583@qq.com），以便今后修订时参考。

本 标 准 主 编 单 位：福建省建筑科学研究院有限责任公司
福建省建筑设计研究院有限公司
福建建华建材有限公司

本 标 准 参 编 单 位：福建省交通规划设计院有限公司
福州市规划勘测设计研究总院
厦门合立道工程设计集团股份有限公司

厦门上城建筑设计有限公司
福建嘉博联合设计有限公司
福建博宇建筑设计有限公司
福建省集泰建筑设计有限公司
福建汇筑工程设计有限公司
厦门中建东北设计院有限公司
深圳市市政设计研究院有限公司
福建陆海工程勘测勘察设计有限公司
福建省电力勘测设计院
福建永福电力设计股份有限公司
福建省水利水电勘测设计研究院
福建省地质工程勘察院
福建省闽东工程勘察院
福建岩土工程勘察研究院有限公司
福建省建专岩土工程有限公司
核工业华南工程勘察院
中国京冶工程技术有限公司
厦门地质工程勘察院
华侨大学建筑工程施工图审查事务
泉州市建设工程施工图审查中心有
限公司
厦门市建设工程施工图审查所
漳州市建设工程施工图咨询审查有
限公司
龙岩市建筑工程施工图设计审查所
福州大学
华侨大学
福建省建工集团福州分公司

中建海峡建设发展有限公司
福建六建集团有限公司
厦门特房建设工程集团有限公司
福建建中建设科技有限责任公司
福建省岩田基础工程技术有限公司
厦门海升基础建设工程有限公司
福建磊全建设工程有限公司。

本标准主要起草人员：陈振建 晏 音 戴一鸣 游建华
潘海文 卢伟煌 李绍祥 赖树钦
肖 伟 施建日 卢才金 郭文坤
郭天祥 李 桐 陈树枝 蔡仙发
黄茂德 何伯干 陈云彬 苏世灼
夏 昌 陈志波 刘银芳 陈为群
肖泽荣 温召旺 曾庆有 李碧青
陈寿标 吴树延 朱宏栋 杨冬明
陈伟恩 王 震 李志伟 李 嫣
王钦华 吴鸿志 吴寿明 林更亮
曾祥源 王 辉 李 寰 何文林
王世杰 陈庆猛 余国良 洪瑞达
张 健 乔 明 郑小文 叶茂青
本标准主要审查人员：龚晓南 侯伟生 黄 强 陈培建
林功丁 刘金福 吴平春

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	基本规定	7
4	设 计	8
4.1	一般规定	8
4.2	桩基工程	11
4.3	地基处理	18
4.4	支护工程	19
4.5	防腐设计	20
4.6	水泥土劲性复合桩	24
5	施 工	27
5.1	一般规定	27
5.2	吊装、运输及堆放	29
5.3	静压法	30
5.4	锤击法	30
5.5	振动法	31
5.6	植桩法	32
5.7	接桩与截桩	33
6	质量检验与验收	37
6.1	质量检验	37
6.2	工程验收	39

附录 A	预应力混凝土空心方桩力学性能参数表	41
附录 B	部分常用预应力实心方桩力学性能参数参考表.....	43
附录 C	部分常用方形预制竖向劲性体力学性能参数参考表...	46
附录 D	部分常用圆形预制竖向劲性体力学性能参数参考表 ..	47
附录 E	部分常用护壁桩构造及力学性能参数参考表.....	49
附录 F	部分常用超高强混凝土管桩（UHC）力学性能参数参考表	52
附录 G	混合配筋预应力混凝土管桩（PRC）力学性能参数表	61
附录 H	部分常用预制高强混凝土薄壁钢管桩（SC）性能参数参考表	69
附录 J	部分常用波浪桩构造及力学性能参数参考表.....	72
附录 K	竹节桩力学性能参数参考表.....	77
附录 L	抗拔桩力学性能参数表.....	95
附录 M	常用预制桩接头机械连接构造.....	105
附录 N	静压桩机及适用范围参数表	107
附录 P	锤击法机械选择及适用范围参数表	109
附录 Q	植入法沉桩施工记录表	113
附录 R	预制桩力学性能计算方法和算例	115
本规程用词说明		123
引用标准名录.....		124
附：条文说明		125

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols.....	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	4
3	Basic Requirements	7
4	Design.....	8
4.1	General Requirements	8
4.2	Pile Foundation Engineering	11
4.3	Composite Foundation.....	18
4.4	Retaining and Protecting Engineering.....	19
4.5	Anticorrosion Design.....	20
4.6	Pipe Pile Embedded in Cement Soil	24
5	Construction	27
5.1	General Requirements	27
5.2	Lift,Transport and Stack	29
5.3	Jacked Driving Method	30
5.4	Hammer-driving Method	30
5.5	Vibrating-driving Method.....	31
5.6	Method of Planting Pile.....	32
5.7	Connecting and Cutting of Pile	33
6	Quality Inspection and Acceptance	37
6.1	Quality Inspection	37
6.2	Construction Quality Acceptance	39
Appendix A Mechanical Performance Parameters of Prestressed		

	Concrete Hollow Square Piles	41
Appendix B	Mechanical Performance Parameters of Prestressed Concrete Solid Square Piles	43
Appendix C	Mechanical Performance Parameters of Square Prefabricated Stiff Tube for Composite Foundation..	46
Appendix D	Mechanical Performance Parameters of Circular Prefabricated Stiff Tube for Composite Foundation..	47
Appendix E	Structures and Mechanical Performance Parameters of Wall Postures piles	49
Appendix F	Mechanical Performance Parameters of Ultra High Strength Concrete Pipe Piles	52
Appendix G	Mechanical Performance Parameters of Prestressed Concrete Pipe Piles of Mixed Reinforcement	61
Appendix H	Mechanical Performance Parameters of Thin Walled Steel Pipe and Concrete Composite Piles	69
Appendix J	Structures and Mechanical Performance Parameters of Prestressed Concrete Corrugated Sheet Piles.....	72
Appendix K	Mechanical Performance Parameters of Bamboo Piles	77
Appendix L	Mechanical Performance Parameters of Prestressed Concrete Uplift Piles	95
Appendix M	Mechanical Connection Structures of Common Prefabricated Pile Joint	105
Appendix N	Parameter Table of Hydrostatic Pressure Pile Driver and Application	107
Appendix P	Reference Table of Weight Choice of Diesel Hammer and Application.....	109
Appendix Q	Construction Record Table of Planting Pile.....	113
Appendix R	Calculation method of mechanical properties and Example of precast pile.....	115

Explanation of Wording in This Standard.....	123
List of Quoted Standards.....	124
Addition: Explanation of Provisions.....	125

1 总 则

1.0.1 为了在预制桩的工程应用中，贯彻国家的技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、节约资源、保护环境、保证质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工业与民用建筑、公路与市政、水利与电力、轨道交通等工程预制桩的设计、施工、检验和验收。

1.0.3 本规程依据现行国家及行业的技术标准，结合福建省岩土工程的具体情况及工程经验并参考国内工程应用的经验编制。预制桩工程必须坚持因地制宜，就地取材，合理设计，精心施工的原则。

1.0.4 预制桩的设计、施工、检验和验收，除应符合本规程的规定外，尚应符合现行国家和地方有关强制性标准或条文的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 钢筋混凝土预制桩 reinforced concrete precast pile

采用现代工艺工厂化制造的钢筋混凝土实心或空心的方形、圆形或其他形状的桩,包括预应力混凝土管桩、混合配筋混凝土管桩、预应力(非预应力、部分预应力)混凝土实心(空心)方桩、超高强预应力混凝土管桩、预制混凝土异型桩以及钢管混凝土管桩等(简称预制桩)。

2.1.2 预应力混凝土管桩 prestressed concrete pipe pile

采用预应力和离心工艺成型的圆环形截面的预应力钢筋混凝土预制桩,简称管桩。桩身混凝土强度等级 C60 的管桩称为混凝土管桩(简称 PC 管桩),桩身混凝土强度等级 C80 的管桩称为高强混凝土管桩(简称 PHC 管桩)。

2.1.3 混合配筋混凝土管桩 prestressed concrete pipe pile of mixed reinforcement

主筋配筋形式为预应力钢棒和普通钢筋组合布置的高强混凝土管桩称为混合配筋混凝土管桩(简称 PRC 管桩)。

2.1.4 预应力混凝土实心方桩 prestressed concrete solid square pile

采用预应力钢棒和箍筋滚焊成钢筋笼,通过先张法工艺和自密实混凝土(C60 及以上)浇筑成型的实心方形桩称为预应力混凝土实心方桩(简称为 YFZ 桩)。

2.1.5 预应力混凝土空心方桩 prestressed concrete hollow square pile

采用预应力和离心工艺成型的外方内圆形截面的预应力钢筋

混凝土预制空心方桩,主要由正方形桩身、端头板和钢套箍等组成。桩身混凝土强度等级 C60 的方桩称为混凝土空心方桩(简称 PS 桩),桩身混凝土强度等级 C80 的方桩称为高强混凝土空心方桩(简称 PHS 桩)。

2.1.6 超高强预应力混凝土管桩 ultra high strength concrete pipe pile

桩身混凝土强度等级>C100 的预应力混凝土管桩(简称 UHC 管桩)。

2.1.7 钢管混凝土管桩 thin walled steel pipe and concrete composite pile

采用 Q235B、Q355B 或 Q500B 等材质的直缝或螺旋焊接成型的钢管内泵入混凝土,离心成型的混凝土强度等级不低于 C80 的管桩,简称 SC 桩。

2.1.8 护壁桩 wall postures pile

采用混合配筋,桩身呈卡口式的壁体式预制混凝土桩,称为护壁桩。可根据使用要求在桩间注浆的多功能支护桩。

2.1.9 竹节桩 bamboo pile

采用预应力和离心工艺生产的、桩身设置有环向或同时设置环向及纵向肋的预应力混凝土桩。

2.1.10 平板桩 prestressed concrete slab pile

“一”字形板桩,根据生产工艺及形状分为离心空心混凝土平板桩或实心混凝土板桩。

2.1.11 波浪桩 prestressed concrete corrugated sheet pile

外观呈波浪状的混凝土板桩,根据连接形式及外观表现分为“S”型或“M”型波浪状。

2.1.12 U 型板桩 prestressed concrete U-shaped sheet pile

外观呈“U”字状的混凝土板桩。

2.1.13 水泥土劲性复合桩 pipe pile embedded in cement soil

由旋喷法、搅拌法形成的水泥土桩与同心植入的预制桩复合形

成的基桩。

2.1.14 内芯 inner core

水泥土劲性复合桩的预制桩部分。

2.1.15 外芯 outer core

水泥土劲性复合桩的水泥土部分。

2.1.16 抱箍式机械接头 anchor ear mechanical joint

使用抱箍机械卡作为连接结构形式的机械接头。

2.1.17 膨胀咬合式机械接头 expansive occlusal mechanical joint

使用弹簧片配合卡扣作为连接结构形式的机械接头。

2.1.18 预制竖向劲性体 prefabricated stiff tube for composite foundation

也称预制竖向增强体，即采用预应力和离心工艺生产的、桩身设置有满足制作、吊装、运输及设计要求的钢筋，强度不小于 C60、壁厚满足截面设计要求的预应力混凝土桩，简称 PST。

2.1.19 斜桩 bevel pile

根据受力需要，按桩轴线与垂线成一定角度所成的桩。

2.2 符号

2.2.1 作用和作用效应

F_k ——荷载效应标准组合下，作用于桩基承台顶面的竖向力；

G_k ——桩基承台及承台上土的自重标准值，对稳定的地下水位以下部分应扣除水的浮力；

N_k ——荷载效应标准组合轴心竖向力作用下，基桩或复合基桩的平均竖向力；

N_{ik} ——荷载效应标准组合偏心竖向力作用下，第 i 基桩或复合基桩的竖向力；

M_{xk}, M_{yk} ——荷载效应标准组合下，作用于承台底面，绕通过桩群形心的 x, y 主轴的力矩

H_k ——荷载效应标准组合下，作用于桩基承台底面的

水平力；

H_{ik} ——荷载效应标准组合下，作用于第 i 基桩或复合基桩的水平力；

σ_z ——作用于软弱下卧层顶面的附加应力。

2.2.2 抗力和材料性能

R_a ——单桩竖向承载力特征值；

q_{pk} ——桩端极限端阻力；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

R_{ha} ——单桩水平承载力特征值；

T_{gk} ——群桩呈整体破坏时基桩的抗拔极限承载力标准值；

T_{uk} ——群桩呈非整体破坏时基桩的抗拔极限承载力标准值；

G_{gp} ——群桩基础所包围体积的桩土总自重除以总桩数，地下水位以下取浮重度；

G_p ——基桩自重，地下水位以下取浮重度；

T_{uk} ——基桩抗拔极限承载力标准值；

q_{sik} ——桩侧表面第 i 层土的抗压极限侧阻力标准值；

f_{az} ——软弱下卧层经深度修正的地基承载力特征值。

2.2.3 几何参数

x_i, x_j, y_i, y_j ——第 i, j 基桩或复合基桩至 x, y 轴的距离；

A_p ——桩底端横截面面积；

u_p ——桩身周边长度；

l_i ——第 i 层岩土厚度；

EI ——桩身抗弯刚度；

E_c ——混凝土弹性模量；

I_0 ——桩身截面惯性矩；

u_i ——第 i 桩身周长；

γ_m ——软弱层顶面以上各土层重度（地下水位以下取浮重度）按厚度加权平均值；

z_i ——软弱层顶面以上第 i 土层厚度；

- t ——硬持力层厚度；
 A_0 、 B_0 ——桩群外缘矩形底面的长、短边边长；
 θ ——桩端硬持力层压力扩散角。

2.2.4 计算系数

- φ_c ——成桩工艺系数；
 χ_{0a} ——桩顶容许水平位移；
 ν_χ ——桩顶水平位移系数；
 m ——桩侧土水平抗力系数的比例系数；
 λ_i ——抗拔系数。

3 基本规定

3.0.1 预制桩的设计应综合考虑岩土工程条件、结构类型、使用功能、荷载特征、施工条件及环境等因素，应结合地方经验，因地制宜进行设计。

3.0.2 沉桩工艺应根据具体的地质情况、工程特点、施工条件及对周边环境影响等因素综合确定。

3.0.3 施工前应进行试沉桩施工以确定沉桩控制参数。

3.0.4 施工过程中应根据施工工艺及周边环境条件进行相关监测，完工后按规定进行桩身完整性和承载力检验。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 预制桩设计应具备以下资料：

- 1 岩土工程勘察文件；
- 2 建筑场地及环境条件资料；
- 3 建筑物结构类型、荷载、使用条件及要求；
- 4 施工条件等有关资料。

4.1.2 预制桩的耐久性应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046 的环境类别的有关规定。

4.1.3 预制桩的截面选型可按表4.1.3选择，其中预应力空心方桩相关参数参考附录A，预应力实心方桩相关参数参考附录B、方形预制竖向劲性体相关参数参考附录C，圆形预制竖向劲性体相关参数参考附录D、护壁桩相关参数参考附录E、超高强混凝土管桩相关参数参考附录F，混合配筋混凝土管桩相关参数参考附录G、钢管混凝土管桩相关参数参考附录H、波浪桩相关参数参考附录J，竹节桩相关参数参考附录K。

4.1.4 预制桩的接头应满足等强度设计原则。

4.1.5 抗拔桩设计应满足裂缝控制要求并采用机械连接，抗拔桩的相关参数参考附录 L，机械连接构造参考附录 M。

表 4.1.3 预制桩截面形式及选型表

桩型		制作工艺	混凝土强度等级	截面形式	适用土层	施工方法	主要适用工程类型
方形桩	空心方桩	离心法	C80	截面为外方内圆的空心桩，截面边长 300mm~1400mm	软土、黏性土、砂土、卵砾石、强风化岩	锤击法、静压法、植入法（中掘法）	桩基础
	实心方桩	振捣法	C60~C80	截面为正方形的实心桩，边长 300mm~600mm			
	预制竖向劲性体	离心法	C60~C80	截面为外方内圆的空心桩，截面边长 300mm~600mm	软土、黏性土、砂土、卵砾石、强风化岩	锤击法、静压法、植入法	地基处理
	护壁桩	离心法	C80	截面为外方内圆的空心桩，截面边长 400mm-800mm	软土、黏性土、砂土、卵砾石、强风化岩	锤击法、振动法、静压法、植桩法	支护工程
圆形桩	管桩	离心法	C60~C80	截面为圆环形的桩，直径为 400mm~1200mm	软土、黏性土、砂土、卵砾石、强风化岩	锤击法、静压法、植入法（中掘法）	桩基础
	超高强混凝土管桩	离心法	C105~C125				桩基础、支护工程
	混合配筋混凝土管桩	离心法	C80				
	钢管混凝土管桩	离心法	C80	截面为圆环形的混凝土外包钢管桩，直径为 400mm~1200mm			
	预制竖向劲性体	离心法	C60~C80	截面为圆环形的桩，直径为 400mm~600mm			

续表 4.1.3

桩型		制作工艺	混凝土强度等级	截面形式	适用土层	施工方法	主要适用工程类型
异性	波浪桩	离心法	C80	截面为半圆环形的桩，截面高度 250mm-600mm	软土、黏性土、砂土	锤击法、振动法、静压法、植桩法	支护工程
	U 形板桩	振捣法	C60	截面为 U 形的异形桩，截面宽度为 1000mm			
	竹节桩	离心法	C80	截面为圆形变截面的异形桩	软土、黏性土、砂土	锤击法、振动法、静压法、植桩法	桩基础
平板形桩	平板桩	振捣法	C60	截面为矩形的实心桩，宽度为 600mm，截面高度为 200mm-300mm	软土、黏性土、砂土	锤击法、振动法、植桩法	支护工程
	空心平板桩	离心法	C60~C80	截面为矩形的空心桩，截面宽度为 600mm-1300mm		锤击法、振动法、植桩法	支护工程

注：对植入法成桩，视沉桩设备成孔能力，适用地层增加碎块状强风化、中风化岩层等相应岩

4.2 桩基工程

4.2.1 桩基持力层选择应考虑下列因素：

1 结构类型、使用功能、荷载性质、单桩承载力大小、变形控制要求等。

2 桩端应进入工程性能较好的岩土层，当有多个持力层可供选择时，应进行经济、技术对比。

4.2.2 桩基持力层为遇水易软化岩土层，应采用一体化桩尖。

4.2.3 基桩的布置应符合下列条件：

1 桩的最小间距应符合表 4.2.3 的规定：

表 4.2.3 预制桩的最小中心距

土类及成桩工艺		排数不少于 3 排且桩数不少于 9 根的摩擦型桩基	其他情况
部分挤土桩	非饱和土、饱和和非黏性土	$3.5d$	$3.0d$
	饱和黏性土	$4.0d$	$3.5d$
挤土桩	非饱和土、饱和和非黏性土	$4.0d$	$3.5d$
	饱和黏性土	$4.5d$	$4.0d$
植入桩		$3.0d$	$3.0d$

注：1 当预制桩的间距选用本表中“部分挤土桩的最小中心距取值”，应采取有效消除挤土作用的措施。

2 d ——采用植入法时，代表芯桩的直径。

2 桩端进入持力层深度，对于黏性土、粉土不宜小于 $2.0d$ ；砂土不宜小于 $1.5d$ ；碎石土不宜小于 $1.0d$ ；当存在软弱下卧层时，桩端以下持力层厚度应经过验算确定且不宜小于 $4.0d$ ；

3 采用植入法嵌岩的预制桩，成孔全断面入岩深度不宜小于 $1.0d$ 且不小于 0.5m ；

4 抗震设防区桩基的设计应满足下列原则：桩端进入液化土层以下稳定土层的长度（不包括桩尖部分）应按计算确定；对于碎石土，砾、粗、中砂，密实粉土，坚硬黏土尚不应小于（2~3） d ，对于其他非岩石土尚不宜小于（4~5） d ；

4.2.4 桩基设计应进行桩身承载力与地基承载力验算，桩身承载力应同时满足使用阶段和施工阶段的承载力要求，当桩端以下存在软弱下卧层时，应验算软弱下卧层的地基承载力。

4.2.5 位于坡地和岸边的桩基应进行地基稳定性验算，且应考虑土层滑移对桩基产生的附加水平推力。

4.2.6 对水平位移有严格限制的桩基，应验算其水平位移。

4.2.7 主要承受水平荷载的或接头在深厚软土层中的桩基工程应选用机械接头。

4.2.8 设计单桩竖向承载力应符合下列规定：

1 基础设计等级为甲级的建筑桩基，应通过单桩竖向静载荷试验确定单桩竖向承载力特征值。

2 基础设计等级为乙级的建筑桩基，当地质条件简单时，可参照地质条件相同的试桩资料，结合静力触探等原位测试和经验参数综合确定；其余均应通过单桩静载试验确定；

3 基础设计等级为丙级的建筑桩基，可根据原位测试和经验参数确定；

4 当根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系确定单桩竖向极限承载力标准值时，宜按下式估算：

$$R_a = \frac{q_{pk} A_p + u_p \sum q_{sik} l_i}{2} \quad (4.2.8-1)$$

式中 R_a ——单桩竖向承载力特征值(kN)；

q_{pk} 、 q_{sik} ——桩端极限端阻力标准值、桩侧极限阻力标准值(kPa)，由当地静载荷试验结果统计分析算得(无当地资料时，可参照表 4.2.8 使用)；

A_p ——桩底端横截面面积(m^2)；

u_p ——桩身周边长度(m);

l_i ——第 i 层岩土厚度(m)。

5 桩顶荷载基本组合设计值不得超过桩身混凝土轴心抗压强度设计值，应满足下式要求：

$$N \leq \varphi_c f_c A \tag{4.2.8-2}$$

式中 φ_c ——成桩工艺系数，宜取 0.8~1.0 ；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值(kPa)。

表 4.2.8 桩侧阻力 q_{sk} 极限值与桩端阻力 q_{pk} 极限值经验参数

土类	土的状态	桩侧阻力 q_{sk} 极限标准值 (kPa)	桩端阻力 q_{pk} 极限标准值 (kPa)
杂填土	—	20~50	—
淤泥	—	12~25	—
淤泥质土	—	25~40	—
黏土/粉质黏土	可塑	30~55	2000~4000
	硬塑	50~75	3000~6000
	坚硬	70~90	5000~8000
砂质黏土	可塑	40~70	3000~5000
	硬塑	60~80	4000~7000
	坚硬	70~95	6000~9000
粉土	稍密	30~50	2500~3500
	中密	40~70	3000~5500
	密实	60~90	4000~7500
粉土	稍密	30~50	2500~3500
	中密	40~70	3000~5500
	密实	60~90	4000~7500
粉细砂	稍密	40~60	2000~3000
	中密	50~80	3000~5500
	密实	70~90	4500~7500
中砂	稍密	50~70	3000~4500
	中密	70~90	4000~7000
	密实	80~120	6500~9500

续表 4.2.8

粗砂	中密 密实	60~80	3000~5000
		80~100	5000~8000
		90~125	7000~10000
砾砂	稍密	60~90	3000~6000
	中密	80~110	6000~9000
	密实	95~130	8000~11000
圆砾、角砾	中密	90~120	7500~9500
	密实	100~150	9000~12000
碎石土	稍密	70~90	6000~8500
	中密	90~130	8000~11000
	密实	110~160	11000~15000
残积黏性土	可塑	45~80	2500~5000
	硬塑	70~95	4000~7000
	坚硬	90~110	6000~9000
残积（砾）质 黏性土	可塑	50~85	3000~6000
	硬塑	75~100	5000~8000
	坚硬	95~115	7000~10000
全风化岩	—	90~120	6000~10000
砂土状强风化岩	—	100~130	8000~12000

注：对采用植入法成桩时，取桩侧阻力 q_{sk} 极限值与桩端阻力 q_{pk} 极限值的下限并根据经验作适当修正。

6 当采用植入法成桩，预制桩的桩端置于完整、较完整基岩时，其单桩竖向极限承载力由桩周土总极限侧阻力和嵌岩段总极限阻力组成。当根据岩石单轴抗压强度确定单桩竖向极限承载力标准值时，可按下列公式计算：

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{rk} \quad (4.2.8-3)$$

$$Q_{sk} = u \sum q_{sik} l_i \quad (4.2.8-4)$$

$$Q_{rk} = \zeta_r f_{rk} A_p \quad (4.2.8-5)$$

式中， Q_{sk} 、 Q_{rk} ——分别为土的总极限侧阻力标准值、嵌岩段总极限阻力标准值；

f_{rk} ——岩土饱和单轴抗压强度标准值，黏土岩取天然湿度单轴抗压强度标准值；

ζ_r ——桩嵌岩段侧阻和端阻综合系数，与嵌岩深径比 h_r/d 、岩石软硬程度和成桩工艺有关，可按表 4.2.8-2 采用；表中数值适用于泥浆护壁成桩，对于干作业成孔（清底干净）和泥浆护壁成桩后注浆， ζ_r 应取表列数值的 1.2 倍。

表 4.2.8-2 桩嵌岩段侧阻和端阻综合系数 ζ_r

嵌岩深径比 h_r/d	0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
极软岩/软岩	0.60	0.80	0.95	1.18	1.35	1.48	1.57	1.63	1.66	1.7
较硬岩/坚硬岩	0.45	0.65	0.81	0.90	1.00	1.04	—	—	—	—

注：1 极软岩、软岩指 $f_{rk} \leq 15\text{Mpa}$ ，较硬岩、坚硬岩指 $f_{rk} > 30\text{Mpa}$ ，介于二者之间可内插取值。

2 h_r 为桩身嵌岩深度，当岩面倾斜时，以坡下方嵌岩深度为准；当 h_r/d 非表列值时， ζ_r 可内插取值。

4.2.9 单桩水平承载力特征值应通过单桩水平静荷载试验确定，初步设计时，可按式进行估算：

$$R_{ha} = 0.75 \frac{\alpha^3 EI}{v_x} \chi_{0a} \quad (4.2.9)$$

式中 R_{ha} ——单桩水平承载力特征值(kN)；

α ——桩的水平变形系数(1/m)，按本规程第 4.2.10 条确定；

EI ——桩身抗弯刚度(kN·m²)；对于钢筋混凝土桩，

$EI=0.85E_cI_0$ ，其中 E_c 为混凝土弹性模量， I_0 为桩身截面惯性矩：圆形截面取 $I_0=W_0d_0/2$ ；矩形截面取 $I_0=W_0b_0/2$ ；

χ_{0a} ——桩顶容许水平位移(m)；

v_x ——桩顶水平位移系数，可按表 4.2.9 取值。

表 4.2.9 预制桩桩顶水平位移系数 ν_x

桩顶约束情况	桩的换算深度 ah	管桩桩顶水平位移系数 ν_x
铰接	4.0	2.441
	3.5	2.502
	3.0	2.727
	2.8	2.905
	2.6	3.163
	2.4	3.526
刚接	4.0	0.940
	3.5	0.970
	3.0	1.028
	2.8	1.055
	2.6	1.079
	2.4	1.095

注：1 当单桩基础与单排桩基纵向轴线与水平力方向垂直时，按桩顶铰接考虑；

2 当 $ah > 4$ 时，取 $ah = 4.0$ （ h 表示预制桩入土深度）。

4.2.10 桩的水平变形系数和桩侧土水平抗力系数的比例系数 m 可按下列规定确定：

1 桩的水平变形系数

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{mb_0}{EI}} \quad (4.2.10)$$

式中： m ——桩侧土水平抗力系数的比例系数；

b_0 ——桩身的计算宽度（m）；

EI ——桩身抗弯刚度，按本规程第 4.2.9 条的规定计算。

圆形桩：当直径 $d \leq 1\text{m}$ 时， $b_0 = 0.9(1.5d + 0.5)$ ；

当直径 $d > 1\text{m}$ 时， $b_0 = 0.9(d + 1)$ ；

方形桩：当边宽 $b \leq 1\text{m}$ 时， $b_0 = 1.5b + 0.5$ ；

当边宽 $b > 1\text{m}$ 时， $b_0 = b + 1$ ；

2 桩侧土水平抗力系数的比例系数 m ，宜通过单桩水平静载

试验确定，当无静载试验资料时，可按表 4.2.10 取值。

表 4.2.10 预制桩侧土水平抗力系数的比例系数 m 值

序 8 号	地基土类别	预制桩	
		m 值 (MN/m ⁴)	相应桩顶面处水 平位移 (mm)
1	淤泥，淤泥质土，饱和湿陷性黄土	2.0~4.5	10
2	流塑、软塑黏性土，松散粉土，松 散粉细砂，松散或稍密填土	4.5~6.0	10
3	可塑黏性土，稍密粉土，中密填 土，稍密粉砂	6.0~10	10
4	硬塑、坚硬黏性土，中密或密实粉 土，中密中粗砂，密实老填土	10~22	10

注：1 当桩顶位移大于 10mm 时， m 值宜适当降低；反之，可适当提高；
2 当水平荷载为长期荷载时，应将表列数值乘以 0.4 后采用；
3 当桩侧面土为几种土层组成时，应求得主要影响深度 $h_m=2(d+1)(m)$ 范围内的 m 值作为
计算值。

4.2.11 对于设计等级为甲级及乙级建筑桩基，基桩的抗拔极限承载力应通过现场单桩上拔静载试验确定。

4.2.12 抗拔桩的端板、钢筋、接头的连接应满足与桩身等强度的设计要求。

4.2.13 预制空心混凝土桩作为抗拔桩，桩头与基础的连接宜采用填芯钢筋笼与基础相连接，填芯混凝土高度应通过计算确定，且满足不小于 $6.0d$ 及 $3m$ 的要求，填芯钢筋笼长度同填芯高度。

4.2.14 预制空心混凝土桩作为抗压桩，桩头与基础的连接宜采用填芯钢筋笼与基础相连接，填芯混凝土高度宜满足不小于 $3.0d$ 及 $1.5m$ 的要求，填芯钢筋笼长度同填芯高度。

4.3 地基处理

4.3.1 当采用预制桩作为复合地基竖向劲性体时,应根据地质条件、工程特点及地基处理要求结合地方经验进行设计。

4.3.2 预制竖向劲性体复合地基应进行承载力、变形及稳定性验算,当存在软弱下卧层时,尚应进行软弱下卧层的验算。

4.3.3 预制竖向劲性体的截面尺寸、间距应按复合地基承载力设计要求,考虑土层情况、施工机具、施工工法等因素综合确定。

4.3.4 预制竖向劲性体复合地基应在基础(填筑体)及竖向劲性体之间设置褥垫层(加筋垫层),并符合下列规定:

1 褥垫层(加筋垫层)厚度宜取劲性体(桩帽)直径或边长的1/2且不宜小于200mm;当采用多桩型复合地基时,宜取对复合地基承载力贡献大的劲性体桩径或边长的1/2且不宜小于200mm;

2 褥垫层材料可选用中粗砂、最大粒径不大于25mm的级配砂石;

3 桩顶应采用填芯混凝土或预制桩帽等方式封闭;

4 砂石褥垫层夯填压实系数不应小于0.93;

5 土工加筋网应满足拉应力要求。

4.3.5 预制竖向劲性体配筋应满足生产、施工及吊运的要求,同时应满足复合地基计算要求,预制竖向劲性体的连接可采用铆接或插销连接。预制竖向劲性体规格及配筋可参照附录C、D选用。

4.3.6 预制竖向劲性体结构竖向抗压承载力设计值 R_p 按下式计算。

$$R = \varphi_c f_c A \quad (4.3.6)$$

式中: R ——强度确定的竖向抗压承载力设计值(kN);

φ_c ——劲性体成桩工艺系数,可取0.8-1.0;

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值(N/mm²);

A ——劲性体横截面面积(mm²);

4.3.7 复合地基设计可参照现行国家标准《复合地基技术规范》GB T50783 和行业标准《地基处理技术规范》JGJ 79 等进行,复合地基承载力及预制竖向劲性体承载力应通过载荷试验确定。

4.4 支护工程

4.4.1 预制桩支护设计可参考《建筑基坑支护技术规程》JGJ120 和《建筑地基基础技术规程》DBJ 13 的相关规定。

4.4.2 预制混凝土支护桩应根据支护结构的受力特点选型，基坑支护宜选用混合配筋桩或薄壁钢管混凝土桩；当采用两节桩时，接桩应满足等强度设计原则，宜采用钢板搭接焊接或机械接头。

4.4.3 支护桩的选型应进行技术经济比较，可参照表 4.1.3 综合确定，力学性能可参见附录。

4.4.4 预制桩支护设计应符合下列规定：

1 悬臂式支护适用于深度小于 7m 的基坑工程，双排桩支护适用于深度小于 10m 的基坑工程；

2 排桩-预应力锚杆支护或排桩-内支撑支护适用于深度不宜大于 12m；

3 当基坑不同位置的周边环境条件、土层性状、基坑深度等不同时，可分别采用不同的支护形式；

4 当需要设置截水帷幕时，可采用水泥土墙内插预制桩的方式，水泥土墙可根据土层情况、施工对周边环境扰动程度，选用搅拌水泥土连续墙、旋喷水泥土连续墙、渠式切割连续墙等。

4.4.5 预制混凝土桩支护结构类型，应根据基坑深度或挡土高度、场地地质条件、周边环境要求、使用要求、施工条件、经济指标、环保性能和工期等因素综合确定。初步选型可参照表 4.4.5。

表 4.4.5 预制混凝土支护桩支护结构型式选型表

支护结构形式	适用范围
悬臂桩支护结构	适用于挡土高度不高、地面荷载不大且对位移控制要求不高的支护结构
双排桩支护结构	适用于挡土高度不高、地面荷载不大，但对位移控制要求较严格的支护结构

续表 4.4.5

锚拉式支护结构	锚杆式	适用于挡土高度较高、对位移控制要求较严格的支护结构
	锚碇式	适用于挡土高度较高、具备施工锚碇条件的支护结构
	斜拉桩式	适用于后方场地狭窄、设置锚碇或锚杆有困难的支护结构
支撑式支护结构		适用于挡土高度较高、对位移控制要求较严格、设置锚杆或锚碇有困难的支护结构

4.4.6 预制桩支护工程应满足下列构造要求：

1 支护用预制桩接头不宜超出 1 个；悬臂式支护时，宜采用单节桩。

2 排桩桩顶应设置冠梁，其混凝土强度等级不小于 C30。

4.4.7 当采用两节桩时，接桩位置不宜设在计算最大弯矩或剪力的位置。

4.5 防腐设计

4.5.1 预制桩防腐应根据地下水、土对建筑材料的腐蚀性等级，污染土和地下水对钢筋混凝土桩和预应力混凝土桩的腐蚀性等级进行设计，当判定环境类型为干湿交替时，应明确干湿交替区间范围和最低水位、最高水位以及毛细水升降高度，并明确需采取防腐措施的区间范围。

4.5.2 桩基承台以下存在对钢结构和混凝土有中等及强腐蚀性的场地，宜选用满足防腐设计要求的预制钢筋混凝土桩、预应力高强混凝土桩和预应力混凝土桩。

4.5.3 预制桩桩身防腐设计应满足表 4.5.3-1 和表 4.5.3-2 的规定：

表 4.5.3-1 桩身混凝土防护要求

桩型	保护措施和要求		腐蚀介质和强度等级								
			SO42-			Cl-			PH 值		
			强	中	弱	强	中	弱	强	中	弱
预应力高强混凝土管桩	1.提高桩身混凝土耐腐蚀性能	抗硫酸盐等级	KS150 $\geq$ 0.85	KS120 $\geq$ 0.85	可不防护			可不防护			可不防护
		28d 龄期氯离子迁移系数 DRCM(10-12m2/S)				$\leq$ 4.0	$\leq$ 7.0				
	2.增加混凝土腐蚀裕量 (mm)		$\geq$ 20	$\geq$ 10					$\geq$ 30	$\geq$ 20	
预应力钢筋混凝土桩	1.提高桩身混凝土耐腐蚀性能	抗硫酸盐等级	KS150 $\geq$ 0.85	KS120 $\geq$ 0.85	可不防护			可不防护			可不防护
		28d 龄期氯离子迁移系数 DRCM (10-12m2/S)				$\leq$ 5.0	$\leq$ 8.0				
	2.增加混凝土腐蚀裕量 (mm)		$\geq$ 20	$\geq$ 10					$\geq$ 30	$\geq$ 20	
预制钢筋混凝土桩	1.提高桩身混凝土耐腐蚀性能	抗硫酸盐等级	KS120 $\geq$ 0.85	KS120 $\geq$ 0.80							
		28d 龄期氯离子迁移系数 DRCM(10-12m2/S)				$\leq$ 5.0	$\leq$ 8.0				
	2.增加混凝土腐蚀裕量 (mm)		$\geq$ 30	$\geq$ 20					$\geq$ 30	$\geq$ 20	

表 4.5.3-2 桩身混凝土防腐设计要求

类型	最低强度等级	最大水胶比	抗渗等级	钢筋保护层厚度(mm)	胶凝材料中氯离子含量(%)	碱含量(kg/m³)	胶凝材料最少用量(kg/m³)
预应力高强混凝土桩	C80	0.35	≥P12	35	≤0.06	≤3.0	430
预应力混凝土桩	C60	0.4	≥P12	35	≤0.06	≤3.0	400
预制钢筋混凝土桩	C40	0.4	≥P10	45	≤0.08	≤3.0	320

注：1 本表适用设计使用年限为 50 年，桩基础所处的地下水、土的腐蚀介质主要为 SO_4^{2-} 和 Cl^- 环境。当土中含有酸性液体 $\text{PH} \leq 3.0$ 、环境水中 $\text{Cl}^- \geq 20000\text{g/l}$ 时，以及设计使用年限 100 年的防护措施应专门研究。

2 桩身混凝土的材料可根据防腐要求，采用抗硫酸盐硫酸盐水泥，也可在普通水泥中掺入抗硫酸盐的外加剂、掺入矿物掺和料、钢筋阻锈剂；当桩身混凝土采用或掺入耐腐蚀材料后已能满足防腐性能要求时，可不再采用表中 2 的技术措施。

3 在预制桩中，不得采用单一亚硝酸盐类的阻锈剂。

4 在中、强腐蚀条件中，预应力高强混凝土管桩和预应力混凝土管桩应采用 AB 型及以上型号，且最小壁厚应 $\geq 95\text{mm}$ 。

5 当有两类以上介质同时作用时，应分别满足各自防护要求，但相同的防护措施可不迭加。

6 氯离子迁移系数和抗硫酸盐等级检测试验方法按现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T50082 执行，当采用劲性复合桩技术作为腐蚀场地的工程桩时，宜满足本规定的相应要求。

4.6 水泥土劲性复合桩

4.6.1 水泥土劲性复合桩适用于淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土以及人工填土等地基。若在其他地质条件使用和无工程经验的地区使用，应通过试验确定其适用性。

4.6.2 当水泥土劲性复合桩用于复合地基时，作为芯桩的预制桩桩身强度不宜小于 C60；当水泥土劲性复合桩用于桩基础时，桩身强度不宜小于 C80 且应满足桩身承载力的要求。

4.6.3 水泥土劲性复合桩的预制桩的桩身构造要求应符合现行行业标准《劲性复合桩技术规程》JGJ/T 327 及《水泥土复合管桩基础技术规程》JGJ/T 330 相关构造要求。

4.6.4 当预制桩作为水泥土劲性复合桩的芯桩用于抗拔桩工程时，桩身承载力及裂缝控制宜按预制桩桩身进行控制；预制桩作为芯桩时，桩间距不应小于 $4.0d$ ，且不应小于 $2.5D$ （ D 为复合桩外芯直径）；预制桩应同承台可靠连接。

4.6.5 水泥土劲性复合桩单桩竖向抗压承载力设计应符合下列规定：

1 水泥土劲性复合桩单桩竖向抗压承载力特征值应根据单桩竖向抗压载荷试验确定；

2 初步设计时，水泥土劲性复合桩竖向抗压承载力特征值应根据复合桩破坏面分别选择以下的计算方式进行估算：

1) 水泥土劲性复合桩桩侧破坏面位于内、外芯界面时，基桩竖向抗压承载力特征值可按下列公式估算：

$$\text{长芯桩: } R_a = u^c q_{sa}^c l^c + u^c \sum q_{sja}^c l_j + q_{pa}^c A_p^c \quad (4.6.5-1)$$

$$\text{短芯桩和等芯桩: } R_a = u^c q_{sa}^c l^c + q_{pa}^c A_p^c \quad (4.6.5-2)$$

式中 R_a ——水泥土劲性复合桩单桩竖向抗压承载力特征值(kN)；

u^c ——水泥土劲性复合桩内芯桩身周长 (m)；

l^c 、 l_j ——分别为水泥土劲性复合桩复合段长度和非复合段第 j 土层厚度 (m)；

A_p^c ——水泥土劲性复合桩内芯桩身截面积 (m^2) ;

q_{sa}^c ——水泥土劲性复合桩复合段内芯侧阻力特征值(kPa) ,
宜按地区经验取值。无地区经验时, 宜取室内相同配
比水泥土试块在标准条件下 90d 龄期的立方体(边长
70.7mm) 无侧限抗压强度的 (0.04-0.08) 倍;

q_{sja}^c ——水泥土劲性复合桩非复合段内芯第 j 土层侧阻力特征
值 (kPa) , 可按地区经验取值。也可根据内芯桩型按
现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94 取值;

q_{pa}^c ——水泥土劲性复合桩内芯桩端土的端阻力特征值(kPa) ,
可按地区经验取值; 对长芯桩与等芯桩也可根据内芯
桩型按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 取
值。

2) 水泥土劲性复合桩桩侧破坏面位于外芯和桩周土的界面时,
基桩竖向抗压承载力特征值可按下列公式估算:

$$\text{长芯桩: } R_a = u \sum \xi_{si} q_{sia} l_i + u^c \sum q_{sja}^c l_j + q_{pa}^c A_p^c \quad (4.6.5-3)$$

$$\text{短芯桩和等芯桩: } R_a = u \sum \xi_{si} q_{sia} l_i + \alpha \xi_p q_{pa} A_p \quad (4.6.5-4)$$

式中 u ——水泥土劲性复合桩复合段桩身周长 (m) ;

l_i ——水泥土劲性复合桩复合段底 i 层土厚度 (m) ;

A_p ——水泥土劲性复合桩桩身截面积 (m^2) ;

q_{sia} ——水泥土劲性复合桩复合段外芯第 i 层土侧阻力特征
值 (kPa) , 宜按地区经验取值。无经验时, 可按表
4.6.5-1 取值;

q_{pa} ——水泥土劲性复合桩桩端阻力特征值 (kPa) , 宜按地区
经验取值。也可取桩端地基土未经修正的承载力特征
值;

α ——水泥土劲性复合桩桩端天然地基土承载力折减系数,
取 0.70~1.00;

ξ_{si} 、 ξ_p ——分别为水泥土劲性复合桩第 i 层土侧阻力调整系数及

端阻力调整系数，宜按地区经验取值。无经验时，可按本规程表 4.6.5-2 取值。

表 4.6.5-1 水泥土劲性复合桩外芯桩周土的侧阻力特征值 q_{sa} (kPa)

土的名称	土的状态		侧阻力特征值
人工填土	稍密~中密		10~18
淤泥	-		6~9
淤泥质土	-		10~14
黏性土	流塑	$I_L > 1$	12~19
	软塑	$0.75 < I_L \leq 1$	19~25
	软可塑	$0.5 < I_L \leq 0.75$	25~34
	硬可塑	$0.25 < I_L \leq 0.5$	34~42
	硬塑	$0 < I_L \leq 0.25$	42~48
	坚硬	$I_L \leq 1$	48~51
粉土	稍密	$0.9 < e$	12~22
	中密	$0.75 < e \leq 0.9$	22~32
	密实	$e \leq 0.75$	32~42
粉砂	稍密	$10 < N \leq 15$	11~23
	中密	$15 < N \leq 30$	23~32
	密实	$30 < N$	32~43
细砂	稍密	$10 < N \leq 15$	13~25
	中密	$15 < N \leq 30$	25~34
	密实	$N > 30$	34~45

表 4.6.5-2 水泥土劲性复合桩土侧阻力调整系数 ξ_{si} 及端阻力 ξ_p 调整系数

调整系数	土的类型				
	淤泥	黏性土	粉土	粉砂	细砂
ξ_{si}	1.3~1.6	1.5~1.8	1.5~1.9	1.7~2.1	1.8~2.3
ξ_p	--	2.0~2.2	2.0~2.4	2.3~2.7	2.5~2.9

注：当劲性复合桩外芯为干法搅拌桩时，取高值；外芯为湿法搅拌桩或旋喷桩时，取低值；内芯为预制桩时，取高值；内外芯截面面积比值大时，取高值。

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.1 沉桩施工前应完成下列准备工作：

1 调查施工场地及毗邻区域内的上空、地下和地上管线、建(构)筑物及障碍物，判断可能影响施工或受施工影响的范围和程度，作出相应的安全技术措施；

2 场地应满足桩机正常运行的要求；

3 各种设施能满足安全文明施工要求。

5.1.2 沉桩施工前，应进行试验性施工，确定施工参数，并应具备下列文件和资料：

1 拟建场地的岩土工程勘察报告；

2 桩基础施工图、施工组织设计或施工方案；

3 主要施工设备的技术性能资料；

4 预制桩产品试验报告、合格证及说明书。

5.1.3 预制桩沉桩应符合下列要求：

1 沉桩前桩位做好标记，桩机就位后对准桩位允许偏差 $\pm 20\text{mm}$ 。

2 送桩器应有足够的强度和刚度，送桩器长度应满足送桩深度的要求；送桩前，桩露出地面高度宜为 $0.3\sim 0.5\text{m}$ 。

3 当桩端持力层为黏性土时，应以标高控制为主，贯入度或压桩力控制为辅；当桩端持力层为密实砂性土时，应以贯入度或压桩力控制为主，标高控制为辅；当采用植桩法工艺时，桩端持力层为坚硬岩土层时，应以嵌入持力层深度控制为主。

4 首节桩插入时，垂直度偏差不得大于 0.5% ；施工过程中桩身垂直度偏差不得大于 1.0% 。

5.1.4 遇下列情况时，可采用引孔、植桩法或其他有效施工措施进

行沉桩：

1 当挤土型预制桩的最小间距无法满足桩基技术规范中的相关规定或挤土效应对周边影响较大时；

2 当遇到密实的砂土、碎（卵）石土等硬土夹层，桩端难于沉到设计标高时；

3 当遇到坚硬岩、较硬岩层或遇有飘石、孤石时。

5.1.5 遇下列特殊情况之一时，应暂停沉桩，研究处理后方可继续施工：

1 压桩力或沉桩贯入度异常突变；压桩不到位，或总锤击数超过规定值。沉桩过程出现异常声响；

2 沉桩入土深度与设计要求差异大；地层条件与岩土工程勘察报告明显不符；

3 桩头混凝土剥落、破碎，或桩身出现裂缝或破碎；

4 地面明显隆起、邻桩上浮或水平位移过大。

5.1.6 施工过程中应观测桩身的垂直度及桩顶水平偏位值。

1 应检查第一节桩定位时的垂直度；当垂直度偏差不大于 0.5% 时，方可施工；

2 在施工过程中，应及时抽检桩身垂直度；

3 送桩前，应对桩身垂直度进行检查。

5.1.7 施工过程中，应监测施工对周围环境的影响。监测应符合下列规定：

1 应根据施工组织方案检查工程桩的施工顺序；

2 当施工振动或挤土可能危及周边的建筑物、道路、市政设施时，应对周边建（构）筑物的变形及裂缝情况进行监测；

3 对挤土效应明显或大面积群桩基础，应抽样监测已施工工程桩的上浮量及桩顶偏位值，工程桩的监测数量不应少于 1% 且不得少于 10 根。

5.2 吊装、运输及堆放

5.2.1 预制桩的吊装、移桩应符合下列规定：

- 1 预制桩在吊装过程中应轻吊轻放，严禁碰撞、滚落；
- 2 预制桩的吊运应满足设计吊、堆点要求；应采用吊机取桩，严禁拖拉移桩；
- 3 预制桩的起吊点位置如下所示：

1) 预制桩长度不大于 15m，宜采用两点起吊，起吊位置如图 5.2.1-1 所示；

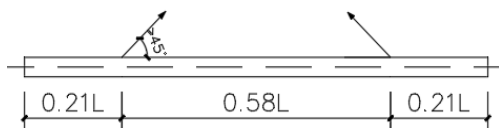


图 5.2.1-1 长度不大于 15m 的预制桩起吊点位置示意图

2) 预制桩长度大于 15m 且小于 30m，应采用四点吊，吊点位置如图 5.2.1-1 所示；

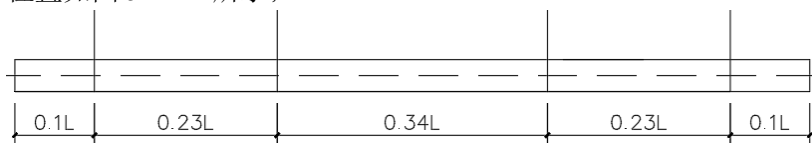


图 5.2.1-2 长度大于 15m 且不大于 30m 的预制桩起吊点位置示意图

3) 当长度大于 30m，应采用多点吊，吊点位置应另行验算。

5.2.2 预制桩运输宜采用平板车或驳船，装卸及运输时应采取防止桩滑移与损伤的措施，避免多次倒运。

5.2.3 预制桩的现场堆放应符合下列规定：

- 1 堆放场地应平整坚实，排水条件良好；
- 2 堆放时应采取支垫措施，支垫材料宜选用长方木或枕木，不得使用有棱角的金属构件；
- 3 应按不同规格、长度及施工流水顺序分类堆放；堆叠的层数

应满足地基承载力的要求。

5.3 静压法

5.3.1 静压沉桩可选用顶压式或抱压式沉桩工法。压桩机型号和配重选择可参考附录 N 进行选取。

5.3.2 场地承载力应满足压桩机接地压力的要求以保证压桩机的稳定。

5.3.3 压桩过程中应记录沉桩过程中的各种情况，包括压桩时间、桩位编号、桩身表观情况、入土深度和对应的压桩力、终压持荷时间等。

5.3.4 沉桩时应符合下列要求：

1 压桩机应保持水平；稳压压桩力不得小于终压力，稳定压桩的时间宜为 5~10s；

2 宜连续将桩沉到设计标高，尽量缩短中间停顿时间，避免在接近持力层时接桩；

3 斜桩下桩过程中，桩架宜与桩的设计倾斜度保持一致。

5.3.5 静压法施工过程应根据设计要求的终压力、试压桩结果，确定终压控制标准。

5.4 锤击法

5.4.1 桩机的选择应满足沉桩施工的设计技术要求，并具有足够的强度、刚度和稳定性。

5.4.2 根据设计要求、工程地质条件、预制桩类型、入土深度或试桩资料选择合适的锤型、型号、锤重选择及适用范围可参考附录 P。

5.4.3 桩帽及锤垫、桩垫的选择应符合下列要求：

1 桩帽应与桩截面相匹配，具有足够的刚度、强度和耐打性，桩帽与桩头之间应设置弹性桩垫，出现破损时应及时更换；桩帽与桩周围的间隙宜为 5~10mm；

2 桩帽的上部与桩锤之间需设置锤垫，压实厚度宜为

120mm~150mm，并设置排气孔；打桩前应进行检查、校正或更换；

5.4.4 锤击法施工应符合下列要求：

1 施工应设置机械臂导向架并及时调整机座和桩架，使桩锤上下运动轨迹与桩身横截面形心重合；

2 宜采用重锤低击施工工艺，应控制锤击数，防止桩身疲劳破坏；

3 根据现场环境要求采取防挤土、噪声措施；

4 斜桩下桩过程中，桩架宜与桩的设计倾斜度保持一致。

5.4.5 收锤标准可按类似场地工程经验初定，无类似经验时，可参考附录 P 初定，最终根据现场试桩情况综合确定。

5.5 振动法

5.5.1 振动锤功率及频率大小应根据地质条件、预制桩型号、入土深度、场地周边环境和当地工程经验等因素确定。

5.5.2 振动沉桩采用的桩机机座和桩架应与锤型相匹配。

5.5.3 振动锤夹具应具有足够的强度及刚度，夹具应与桩体紧密贴合；

5.5.4 振动法施工应符合下列要求：

1 应确保桩身中心线应与激振力中心相重合，防止偏心振动。

2 采取有效措施减少振动、噪声对周边环境的影响。

3 振动锤打宜保持桩体持续贯入，贯入速率应根据地层情况、周边环境、预制桩规格和工程经验等综合确定；

5.5.5 当采用振动法辅助植桩施工时，应符合下列要求：

1 初始沉桩时应采用小动能，以免出现快速下沉现象；

2 到达设计标高时应根据持力层情况确定振动力及贯入速率。

5.6 植桩法

5.6.1 植桩法指预先用钻机、搅拌（旋喷）桩机或其他各种成孔设备在桩位处成孔并灌注（干法成孔）或置换（泥浆护壁成孔）水泥浆、水泥砂浆或细石混凝土等或形成搅拌（旋喷）桩，随即将预制桩沉入其中的施工方法，包括冲（钻）成孔植桩、旋挖成孔植桩、螺旋取土压灌成孔植桩、潜孔锤成孔植桩及水泥土搅拌（旋喷）植桩等。

5.6.2 当采用冲孔、钻孔、挖孔等机械成孔植桩时，应符合下列要求：

1 植桩法成孔应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94中相应工艺的施工规定要求；

2 成孔直径宜比预制桩直径或截面外接圆直径大 200mm 或以上（根据桩长与倾斜度综合控制）；

3 干法成孔后应及时灌入水泥浆、水泥砂浆或细石混凝土，灌入料配合比应符合设计要求，采用导管灌入桩孔。

5.6.3 搅拌（旋喷）法沉桩应满足现行行业标准《劲性复合桩技术规程》JGJ/T 327 或《水泥土复合管桩基础技术规程》JGJ/T 330 的规定。

5.6.4 搅拌桩或旋喷桩施工完成后应及时植桩，间隔时间在搅拌桩完成后不宜超过（6~8）h、旋喷桩完成后不宜超过（3~4）h；冬季施工时宜取大值、夏季施工时宜取小值。

5.6.5 搅拌桩或旋喷桩植桩法施工应符合下列要求：

1 搅拌桩或旋喷桩直径应根据土层的工程地质性质确定，成桩直径宜大于预制桩直径 100mm 及以上；

2 施工前需查明施工区域的地下障碍物，如有障碍物需对其清理并回填素土；

3 搅拌桩或旋喷桩成孔施工及植桩施工应保证连续性；

4 搅拌桩或旋喷桩成孔深度应达到设计深度；

- 5 宜采用 42.5 级普通硅酸盐水泥，水泥掺入量不小于 15%。
- 5.6.6 在植入法施工过程中，采用静压、锤击、振动辅助预制桩沉桩时，施工过程的控制应符合相关工艺要求。
- 5.6.7 施工前应进行植桩工艺试验和静载试验，确定施工工艺和施工参数。

5.7 接桩与截桩

5.7.1 在满足设计配桩要求的前提下，合理配桩并避免在桩尖接近密实砂土、碎石、卵石等硬土层时进行接桩。

5.7.2 焊接接桩除应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 和行业标准《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81 中二级焊缝的规定外，尚应符合下列要求：

1 入土部分桩段的桩头宜高出地面 0.5~1.0m，上下节桩保持顺直错位偏差不得大于 2mm；焊接后自然冷却时间不应少于 5min；

2 下节桩的桩头处宜设置导向箍或其他导向措施。预制桩各部位的尺寸允许偏差应符合表 5.7.2 的规定。

表 5.7.2 预制桩的尺寸允许偏差

序号	项 目		允 许 偏 差
1	L		$\pm 0.5\%L$
2	端部倾斜		$\leq 0.5\%D$
3	D	300mm~700mm	-2 至+5
		800mm 及以上	-4 至+7
4	t		+20
5	保护层厚度		0 至+5
6	桩身弯曲度	$L \leq 15\text{m}$	$\leq L/1000$
		$15\text{m} \leq L \leq 30\text{m}$	$\leq L/2000$

续表 5.7.2

序号	项 目		允 许 偏 差
7	端板	端板平整度	≤ 0.5
		外径	-1 至 0
		内径	-2 至 0
		厚度	允许正偏差

3 上、下节桩接头端板坡口应洁净、干燥，且焊接处应刷至露出金属光泽；

4 手工焊接时宜先在坡口四周上对称点焊 4 点~6 点，待上、下节桩固定后拆除导向箍再分层焊接，焊接宜对称进行；

5 焊接层数不得少于 2 层，内层焊渣必须清理干净后方能施焊外层，焊缝应饱满连续；

6 手工电弧焊接时，第一层宜用 $\Phi 3.2\text{mm}$ 电焊条施焊，保证根部焊透。第二层可用粗焊条，宜采用 E43 型系列焊条；采用二氧化碳气体保护焊时，焊丝宜采用 ER50-6 型；

7 桩接头焊好后应进行外观检查，检查合格后必须经自然冷却，方可继续沉桩。严禁浇水冷却，或不冷却就继续沉桩；

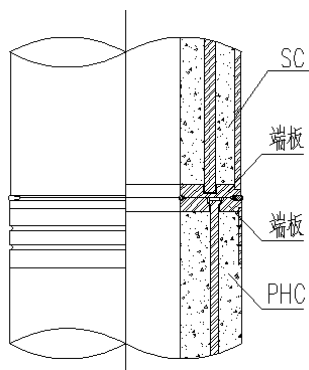
8 钢桩尖或者混凝土桩尖宜在工厂内焊接；当在工地焊接时，宜在堆放现场焊接。严禁桩起吊后点焊、仰焊做法；

9 桩身接头焊接外露部分应作防锈处理；

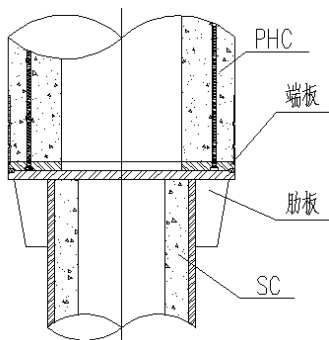
10 雨天焊接时，应采取防雨措施。

5.7.3 管桩和 SC 桩焊接接桩除符合本规程 5.7.2 条的规定，尚应符合以下规定：

1 焊接接桩形式宜按图 5.7.3 进行施工；



(a) 等径 SC 和 PHC 焊接接桩



(b) 不等径 SC 和 PHC 焊接接桩

图 5.7.3 焊接接桩形式

2 为减少变形和内应力，管节焊接接桩时宜对称施焊；

3 SC 桩的钢管、肋板应在工厂内加工完成并作防锈处理，表面涂层材料、工艺、厚度等符合设计要求。

5.7.4 预制桩采用机械连接方式时，其间隙应采用环氧沥青填料填满，应符合下列规定：

1 连接前，连接处的桩端端板头板必须清理干净；

2 入土桩节的桩头宜高出地面 0.5~1.0m；

3 采用专用的连接接头应对准上下节桩，并符合相应机械连接

方式操作规定的规定，固定正确、牢固。

5.7.5 预制桩截桩应采用锯桩器，严禁采用大锤横向敲击截桩或强行扳拉截桩。对实心桩，锯桩位置应在预留锚固钢筋的顶部，预留锚固钢筋范围的混凝土应人工小锤凿除。

6 质量检验与验收

6.1 质量检验

6.1.1 预制桩质量检验宜按单位工程进行抽检，当工程规模大、施工方法不同或使用不同生产厂家的预制桩时，可将单位工程划分为若干个检验批，并按检验批进行抽检。

6.1.2 对进场的预制桩成品质量应进行下列检验：

- 1 应按照设计图纸要求，对预制桩的规格和型号进行逐条检查；
- 2 应对预制桩的尺寸偏差和外观质量进行抽检。抽查数量不应少于预制桩桩节总数的 2%，同一检验批中，当抽检结果出现一节预制桩不符合质量要求时，应加倍检查，若再发现有不合格的预制桩，该检验批的预制桩不得使用；
- 3 应对预制桩端板几何尺寸进行抽检。抽查数量不应少于预制桩桩节总数的 2%，凡端板厚度或电焊坡口尺寸不合格的桩，不得使用；
- 4 应对预制桩的主筋或预应力钢筋数量和直径、螺旋筋或箍筋直径和间距、螺旋筋或箍筋加密区的长度、以及钢筋混凝土保护层厚度进行抽检；每个检验批抽检桩节数不应少于 2 根，同一检验批中，当发现有不合格的预制桩，该检验批的预制桩不得使用。

6.1.3 施工记录应按下列规定进行审核：

- 1 当配置施工自动记录仪时，应检查自动记录仪是否正常，对所记录的各种施工数据进行逻辑分析判断；
- 2 当采用人工记录时，应检查作业班组是否安排专人记录，记录内容是否齐全、真实、清楚；
- 3 工程桩施工完成后，施工记录应经旁站监理人员签名确认，

方可作为施工记录。

6.1.4 桩基施工后应对桩顶标高和桩位偏差进行检测，检测结果应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 的有关规定。

6.1.5 工程桩施工完毕后，工程桩单桩承载力和桩身完整性应进行抽样检测，检测数量和检测方法应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的有关规定。

6.1.6 对水泥土桩中植入预制桩的劲性复合桩，其单桩承载力试验宜采用静载试验。

6.1.7 对于复合地基，除应对工程桩单桩承载力和桩身完整性进行抽样检测，还应进行复合地基平板载荷试验，检测数量和检测方法应符合现行行业标准《建筑地基检测技术规范》JGJ 340 的有关规定。对设计要求消除地基液化、湿陷性的，应进行桩间土的液化及湿陷性检验。

6.1.8 采用冲孔、钻孔、挖孔等机械成孔植桩时，应对成孔的中心位置、孔深、孔径、垂直度、孔底沉渣厚度进行检验；干作业条件下成孔后应对大直径桩桩底持力层进行检验；成孔后填充料配合比可按设计要求进行检验，成桩后桩身检测应满足 6.1.5 规定。

6.1.9 采用搅拌桩或旋喷桩成桩后，应待填充或搅拌物外芯 28d 后进行承载力检测，试验应在设计标高处进行，每个单体工程的检测数量不应少于工程桩总数的 1%，且不应少于 3 根（组）。

6.2 工程验收

6.2.1 预制桩的桩顶标高、桩位偏差和桩身垂直度的验收，应符合下列规定：

- 1 当桩顶标高与施工现场标高一致时，可待全部预制桩施工完毕后一次性验收；
- 2 全部预制桩施工结束，并开挖到设计标高后再进行竣工验收。

6.2.2 桩基验收时应提供下列资料：

- 1 桩基设计文件和施工图，包括施工图纸会审记录、设计变更资料；
- 2 桩位测量放线图，包括工程基线复核签证单；
- 3 岩土工程勘察报告；
- 4 施工组织设计及施工方案；
- 5 预制桩出厂合格证、产品说明书；
- 6 施工记录汇总，包括桩位编号图；
- 7 现场用桩检查资料，包括预制桩的规格型号，尺寸偏差和外观质量，预应力钢棒的数量和直径，螺旋筋的直径和间距，螺旋筋加密区的长度，钢筋混凝土保护层厚度，桩端板和桩尖的尺寸，预应力钢棒和螺旋筋抽检、接头焊缝验收记录等汇总资料；
- 8 桩基工程竣工图；
- 9 桩顶标高、桩顶平面位置、垂直度偏差检测结果；
- 10 预应力钢棒、螺旋筋、桩端板材质检验报告，管桩混凝土强度检测报告；
- 11 桩身完整性检测报告；
- 12 单桩承载力检测报告，对预制桩复合地基还应有复合地基承载力检测报告；
- 13 监测资料；
- 14 发生质量事故时的处理记录；
- 15 施工技术措施记录。

6.2.3 工程验收尚应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 的有关规定。

附录 A 预应力混凝土空心方桩力学性能参数表

表 A.0.1 预应力空心方桩 PHS 桩力学性能指标(C80)

规格	边长 B (mm)	内径 D (mm)	单节 长度 L (m)	混凝土 强度等 级	型号	抗裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	抗弯承载力 设计值 M_u (kN·m)	竖向抗压承 载力设计值 R_p (kN)	抗剪承载力 设计值 Q (kN)
PHS-350(170)	350	170	≤ 12	C80	A	62	79	2936	129
					AB	73	106		138
PHS-400(220)	400	220	≤ 14	C80	A	87	103	3349	153
					AB	107	148		165
PHS-450(260)	450	260	≤ 15	C80	A	120	154	4585	199
					AB	144	207		211
					B	175	276		228
PHS-500(310)	500	310	≤ 15	C80	A	157	197	5504	227
					AB	198	286		246
					B	234	380		266

续表 A.0.1

规格	边长 B (mm)	内径 D (mm)	单节 长度 L (m)	混凝土 强度等 级	型号	抗裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	抗弯承载力 设计值 M_u (kN·m)	竖向抗压承 载力设计值 R_p (kN)	抗剪承载 力设计值 Q (kN)
PHS-550(350)	550	350	≤15	C80	A	204	255	6174	265
					AB	258	373		288
					B	308	485		309
PHS-600(400)	600	400	≤15	C80	A	254	312	6885	296
					AB	326	468		323
					B	398	625		350

注：1 根据工程设计需要也可对规格、型号、强度、配筋及桩长进行调整，其力学指标应另行计算。

2 计算公式依据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑地基基础设计规范》GB 50007 执行。

3 参数未做成桩系数调整。

附录 B 部分常用预应力实心方桩力学性能参数参考表

表 B.0.1 预应力实心方桩 PHS 桩力学性能指标(C60)

边长 $B(\text{m})$	单节 长度 $L(\text{m})$	型 号	配筋规 格	螺 旋 筋 规 格	混 凝 土 有 效 预 应 力 σ_{pc} (MPa)	抗弯性能			抗压性 能	抗拉性能		抗剪性 能	理论 重量 (kg/m)
						抗裂弯 矩 M_{cr} (kN·m)	抗弯承 载力设 计值 M (kN·m)	抗弯承 载力极 限值 M_u (kN·m)		抗拉标准 值(一级裂 缝控制) N_{pc} (kN)	抗拉承 载力设 计值 N_{pj} (kN)	抗剪承 载力设 计值 $Q(\text{kN})$	
250	≤13	A	4φ9.0	3.0	3.16	20.3	26.6	31.9	1719	201	216	95	162
		B	4φ10.7		4.41	23.8	36.1	43.3		283	306	95	162
		C	4φ12.6		6.01	28.5	47.4	56.9		389	424	94	161
300	≤15	A	8φ9.0	4.0	4.31	40.4	57.7	69.2	2475	398	433	151	233
		B	8φ10.7		5.97	48.6	76.9	92.2		557	611	151	232
		C	8φ12.6		8.07	59.3	98.3	118.0		763	848	150	231

续表 B.0.1

边长 $B(\text{m})$	单节 长度 $L(\text{m})$	型 号	配筋规 格	螺 旋 筋 规 格	混凝土 有效预 应力 σ_{pc} (MPa)	抗弯性能			抗压性 能	抗拉性能		抗剪性 能	理论 重量 (kg/m)
						抗裂弯 矩 M_{cr} (kN·m)	抗弯承 载力设 计值 M (kN·m)	抗弯承 载力极 限值 M_u (kN·m)		抗拉标准 值（一级 裂缝控 制） N_{pc} (kN)	抗拉承 载力设 计值 N_{pj} (kN)		
350	≤15	A	8φ9.0	4.0	3.24	56.0	70.6	84.7	3369	404	433	202	317
		B	8φ10.7		4.49	65.8	95.7	114.8		565	611	202	317
		C	8φ12.6		6.15	78.9	125.4	150.5		781	848	201	316
400	≤16	A	12φ9.0	4.0	3.73	89.2	118.8	142.6	4400	609	649	261	414
		B	12φ10.7		5.17	106.1	159.9	191.9		853	917	260	413
		C	12φ12.6		6.96	127.6	207.6	249.1		1162	1272	260	412
450	≤18	A	12φ10.7	5.0	4.14	131.6	187.3	224.7	5569	858	917	362	524
		B	12φ12.6		5.62	156.6	246.7	296.1		1177	1272	361	523
		C	16φ12.6		7.30	185.0	289.8	347.8		1544	1696	361	521
500	≤20	A	16φ10.7	5.0	4.46	185.4	274.8	329.7	6875	1144	1223	439	646
		B	16φ12.6		6.03	221.8	360.5	432.6		1563	1696	438	645
		C	20φ12.6		7.38	253.3	406.8	488.2		1929	2120	438	644

续表 B.0.1

边长 $B(\text{m})$	单节 长度 $L(\text{m})$	型 号	配筋格 格	螺 旋 筋 规 格	混凝土 有效预 应力 σ_{pc} (MPa)	抗弯性能			抗压性 能	抗拉性能		抗剪性 能	理论 重量 (kg/m)	
						抗裂弯 矩 M_{cr} (kN·m)	抗弯承 载力设 计值 M (kN·m)	抗弯承 载力极 限值 M_u (kN·m)		抗压承 载力设 计值 R_p (kN)	抗拉标准 值（一级 裂缝控 制） N_{pc} (kN)			抗拉承 载力设 计值 N_{pj} (kN)
550	≤ 20	A	16φ10.7	6.0	3.73	221.9	326.6	392.0	8319		1152	1223	578	783
		B	20φ10.7		4.60	248.1	376.4	451.7			1429	1529	578	782
		C	20φ12.6		6.21	298.0	493.0	591.6			1951	2120	577	780
600	≤ 22	A	20φ10.7	6.0	3.91	292.1	439.7	527.6	9900		1438	1529	675	931
		B	24φ10.7		4.63	320.6	493.4	592.1			1714	1834	675	930
		C	24φ12.6		6.26	385.9	646.1	775.3			2340	2544	674	928

注:1 预应力实心方桩的长度包括桩身与接头,但不包含附加配件。

2 根据工程设计需要也可对规格、型号、强度、配筋及桩长进行调整,其力学指标应另行计算。

3 计算公式依据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑地基基础设计规范》GB 50007 执行。

4 参数未做成桩系数调整。

附录 C 部分常用方形预制竖向劲性体力学性能参数参考表

表 C.0.1 方形预制竖向劲性体力学性能指标

规格	壁厚	型号	配筋	箍筋直径 (mm)	单节桩 长 L (m)	混凝土有效预 压应力	桩身抗裂 弯矩 (kN·m)	桩身竖 向承载 力设计 值 (kN)	桩身结 构抗剪 承载力 设计值 (kN)	桩身结 构抗拉 承载力 设计值 (kN)	抗拉标 准值(一 级裂缝) (kN)
300(180)	60	A	4Φ 9.0	4.0	≤11	3.51	40	1488	45	219	226
350(230)	60	A	4Φ 9.0	4.0	≤12	2.83	55	2519	56	219	229

- 注：1 根据工程设计需要也可对规格、型号、强度、配筋及桩长进行调整，其力学指标应另行计算。
- 2 计算公式依据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑地基基础设计规范》GB 50007 执行。
- 3 本表格混凝土强度等级取 C60，Φ 为 1420MPa 预应力钢棒。
- 4 本表计算值按混凝土强度等级 C60 得出，实际工程中采用 C70、C80 级别时，可按设计复核增大相应承载力数值。
- 5 参数未做成桩系数调整。

附录 D 部分常用圆形预制竖向劲性体力学性能参数参考表

表 D.0.1 圆形预制竖向劲性体力学性能指标

外径 D (mm)	壁厚 t (mm)	配筋数量 及直径	允许单节长度 (m)	混凝土有效预 应力值 (MPa)	开裂弯矩 (kN·m)	极限弯矩 (kN·m)	竖向抗压承载 力设计值 (kN)
300	60	6 Φ 7.1	≤ 10	4.59	24	35	1244
		7 Φ 7.1	≤ 11	5.29	25	40	
		6 Φ 9.0	≤ 12	7.00	30	52	
350	60	7 Φ 7.1	≤ 11	4.45	35	49	1503
		8 Φ 7.1	≤ 12	5.03	37	55	
		8 Φ 9.0	≤ 13	7.63	46	82	
400	60	7 Φ 7.1	≤ 12	3.84	45	58	1762
		6 Φ 9.0	≤ 13	5.13	52	78	

续表 D.0.1

外径 D (mm)	壁厚 t (mm)	配筋数量 及直径	允许单节长度 (m)	混凝土有效预 应力值 (MPa)	开裂弯矩 (kN·m)	极限弯矩 (kN·m)	竖向抗压承载 力设计值 (kN)
400	60	8Φ9.0	≤14	6.64	60	99	1762
		7Φ10.7	≤15	7.95	67	117	
450	60	7Φ7.1	≤13	3.37	57	68	2022
		8Φ7.1	≤14	3.82	60	77	
		8Φ9.0	≤15	5.88	74	116	
500	65	9Φ7.1	≤13	3.58	79	97	2443
		10Φ7.1	≤14	3.95	82	107	
		12Φ7.1	≤15	4.67	89	126	
550	65	11Φ7.1	≤14	3.90	102	131	2724
		12Φ7.1	≤15	4.23	106	141	
600	65	12Φ7.1	≤15	3.86	125	157	3004

注：1 根据工程设计需要也可对规格、型号、强度、配筋及桩长进行调整，其力学指标应另行计算。

2 计算公式依据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑地基基础设计规范》GB 50007 执行。

3 混凝土强度等级取 C60，Φ为 1420MPa 预应力钢棒。

4 参数未做成桩系数调整。

附录 E 部分常用护壁桩构造及力学性能参数参考表

- E.0.1 护壁桩构造（图 E.0.1）应符合下列规定：**
- 1 桩端箍筋加密区长度应为 2.0m，间距应为 45mm，非加密区箍筋间距应为 80mm；
 - 2 桩头端板应根据工程需求确定是否设置；
 - 3 侧向连接孔应采用统一尺寸。

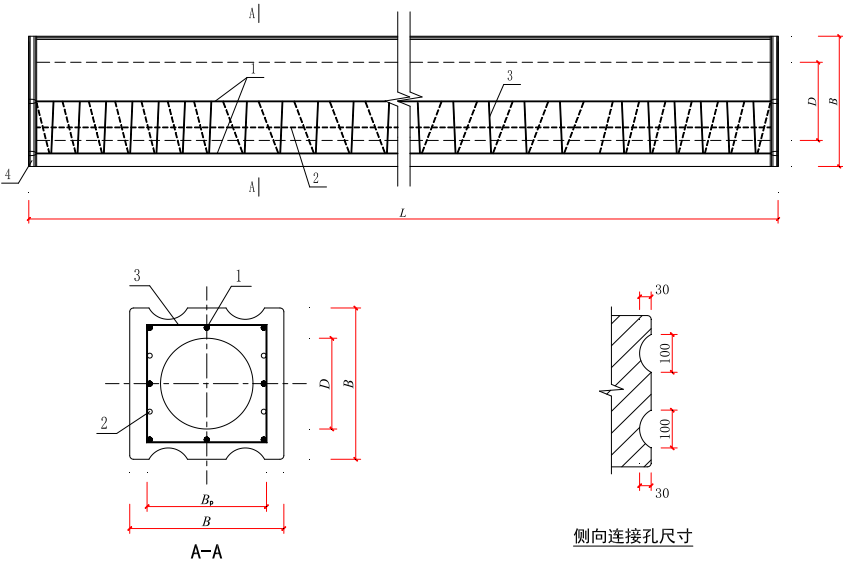


图 E.0.1 护壁桩结构及配筋图

1—预应力钢筋；2—非预应力钢筋；3—箍筋；4—端板

E.0.2 部分常用护壁桩配筋、截面参数及力学性能应符合表 E.0.2 的规定。

表 E.0.2 护壁桩截面参数及力学性能参数参考表(C80)

边长 B (mm)	内径 D (mm)	型号	单节 桩长 L (m)	预应力钢 筋配筋	非预 应力 钢筋 配筋	箍筋 规格	极限弯 矩标准 值 M_u (kN·m)	抗弯承 载力设 计值 M (kN·m)	抗裂弯 矩 M_{cr} (kN· m)	抗剪承 载力设 计值 V (kN)	抗弯刚度 EI (MN·m ²)	理论 重量 (kg/m)
400	240	I	≤14	8 Φ 10.7	4 Φ 18	Φ b5	212	161	98	220	69	250
		II	≤16	8 Φ 12.6	6 Φ 18	Φ b5	270	202	118	220	69	
450	290	I	≤16	10 Φ 10.7	6 Φ 18	Φ b5	327	251	142	255	109	323
		II	≤17	10 Φ 10.7	6 Φ 18	Φ b5	413	311	172	256	110	
500	340	I	≤17	12 Φ 10.7	6 Φ 18	Φ b5	425	323	191	290	161	379
		II	≤18	12 Φ 12.6	6 Φ 18	Φ b5	543	406	231	291	162	
550	380	I	≤17	12 Φ 10.7	6 Φ 20	Φ b5	510	392	231	336	233	452
		II	≤18	12 Φ 12.6	6 Φ 18	Φ b5	611	457	273	337	233	
		III	≤18	12 Φ 12.6	6 Φ 20	Φ b5	643	486	277	337	235	

续表 E.0.2

边长 B (mm)	内径 D (mm)	型 号	单节 桩长 L (m)	预应力钢 筋配筋	非预应力 钢筋配筋	箍筋 规格	极限弯 矩标准 值 M_u (kN·m)	抗弯承 载力设 计值 M (kN·m)	抗裂弯 矩 M_{cr} (kN·m)	抗剪承 载力设 计值 V (kN)	抗弯刚度 EI (MN·m ²)	理论 重量 (kg/m)
600	420	I	≤18	14 Φ 10.7	8 Φ 20	Φ 5	706	546	300	387	331	531
		II	≤18	14 Φ 12.6	8 Φ 18	Φ 5	836	628	355	387	330	
		III	≤18	14 Φ 12.6	8 Φ 20	Φ 5	883	671	360	388	335	
650	460	I	≤18	16 Φ 10.7	8 Φ 22	Φ 6	890	692	377	492	455	617
		II	≤18	16 Φ 12.6	8 Φ 20	Φ 6	1050	793	446	493	454	
		III	≤18	16 Φ 12.6	8 Φ 22	Φ 6	1107	845	452	494	459	
700	500	I	≤18	18 Φ 10.7	10 Φ 22	Φ 6	1139	891	469	553	613	708
		II	≤18	18 Φ 12.6	10 Φ 20	Φ 6	1327	1008	553	553	611	
		III	≤18	18 Φ 12.6	10 Φ 22	Φ 6	1405	1078	561	555	620	
800	580	I	≤17	22 Φ 10.7	12 Φ 22	Φ 6	1613	1261	674	682	1032	909
		II	≤18	22 Φ 12.6	12 Φ 20	Φ 6	1884	1429	793	682	1028	
		III	≤18	22 Φ 12.6	12 Φ 22	Φ 6	1994	1528	805	684	1042	

注：1 根据工程设计需要也可对规格、型号、强度、配筋及桩长进行调整，其力学指标应另行计算。

2 计算公式依据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑地基基础设计规范》GB 50007 执行。

附录 F 部分常用超高强混凝土管桩（UHC）

力学性能参数参考表

F.0.1 超高强混凝土轴心抗压极限强度、轴心抗拉极限强度、弹性模量按表 F.0.1 采用。

表 F.0.1 超高强混凝土管桩（UHC）混凝土极限强度标准值、弹性模量

混凝土强度等级	f_{ck}	f_{tk}	E_c
C105	63.4	3.75	3.95
C125	72.4	4.46	4.04

注： f_{ck} ——混凝土轴心抗压强度标准值（MPa）； f_{tk} ——混凝土轴心抗拉强度标准值（MPa）； E_c ——混凝土的弹性模量（ $\times 10^4$ MPa）。

F.0.2 部分常用超高强混凝土管桩（UHC）的抗弯性能指标表 E.0.2、E.0.3 的要求。

表 F.0.2 部分常用 UHC 管桩力学性能指标(C105)

规格(代号-外径-壁厚)	型号	单节允许长度 L (m)	主筋数量与直径(mm)	螺旋 筋直 径 (mm)	混凝土有效预压应力 σ_{ce} (MPa)	预应力 钢 棒分 布圆 周直 径 D_p (mm)	桩身受 弯承载 力设计 值[M] (kN·m)	桩身受 剪承载 力设计 值[V] (kN)	桩身轴 心受拉 承载力 设计值 [N] (kN)	桩身轴 心受压 承载力 设计值 (未考 虑压屈 影响)[R] (kN)	按标准 组合计 算的抗 裂弯矩 $M_k \leq$ (kN·m)	按标准 组合计 算的抗 裂拉力 $N_k \leq$ (kN)	理论重 量 (kg/m)
UHC400 (95)	I	12	7Φ9.0	4	4.31	308	65	165	381	4215	68	401	237
	II	13	7Φ10.7	4	5.90	308	89	185	536	4215	78	552	
	III	14	10Φ10.7	4	8.09	308	121	209	765	4215	92	766	
	IV	15	13Φ10.7	4	10.10	308	150	229	995	4215	105	968	
UHC500 (100)	I	14	11Φ9.0	5	4.86	406	132	233	598	5818	131	625	327
	II	15	11Φ10.7	5	6.63	406	180	261	842	5818	151	859	
	III	16	11Φ12.6	5	8.83	406	239	293	1169	5818	178	1158	
	IV	17	13Φ12.6	5	10.15	406	273	311	1381	5818	194	1343	

续表 F.0.2

规格(代号-外径-壁厚)	型号	单节允许长度 L (m)	主筋数量与直径(mm)	螺旋 筋直 径 (mm)	混凝土有效预压应力 σ_{ce} (MPa)	预应力 钢 棒分 布圆 周直 径 D_p (mm)	桩身受 弯承载 力设计 值 $[M]$ (kN·m)	桩身受 剪承载 力设计 值 $[V]$ (kN)	桩身轴 心受拉 承载力 设计值 $[N]$ (kN)	桩身轴 心受压 承载力 设计值 (未考 虑压屈 影响) $[R]$ (kN)	按标准 组合计 算的抗 裂弯矩 $M_k \leq$ (kN·m)	按标准 组合计 算的抗 裂拉力 $N_k \leq$ (kN)	理论重 量 (kg/m)
UHC500 (125)	I	13	12Φ9.0	5	4.55	406	137	274	653	6818	137	685	383
	II	14	12Φ10.7	5	6.22	406	187	307	918	6818	158	943	
	III	15	12Φ12.6	5	8.30	406	249	345	1275	6818	185	1273	
	IV	16	15Φ12.6	5	10.03	406	299	373	1594	6818	208	1553	
UHC600 (110)	I	15	14Φ9.0	5	4.61	506	207	305	762	7840	213	798	440
	II	16	14Φ10.7	5	6.30	506	283	342	1071	7840	246	1099	
	III	18	14Φ12.6	5	8.41	506	377	384	1488	7840	288	1483	
	IV	19	17Φ12.6	5	9.91	506	441	411	1806	7840	319	1763	
UHC600 (130)	I	15	16Φ9.0	5	4.65	506	228	352	870	8887	229	912	499
	II	16	16Φ10.7	5	6.34	506	312	396	1224	8887	265	1255	
	III	17	16Φ12.6	5	8.46	506	415	444	1700	8887	310	1693	
	IV	19	20Φ12.6	5	10.22	506	498	480	2125	8887	349	2065	

续表 F.0.2

规格(代号-外径-壁厚)	型号	单节允许长度 L (m)	主筋数量与直径(mm)	螺旋 筋直 径 (mm)	混凝土有效预压应力 σ_{ce} (MPa)	预应力 钢 棒分 布圆 周直 径 D_p (mm)	桩身受 弯承载 力设计 值 $[M]$ (kN·m)	桩身受 剪承载 力设计 值 $[V]$ (kN)	桩身轴 心受拉 承载力 设计值 $[N]$ (kN)	桩身轴 心受压 承载力 设计值 (未考 虑压屈 影响) $[R]$ (kN)	按标准 组合计 算的抗 裂弯矩 $M_k \leq$ (kN·m)	按标准 组合计 算的抗 裂拉力 $N_k \leq$ (kN)	理论重 量 (kg/m)
UHC700 (110)	I	17	12Φ10.7	6	4.62	590	300	364	918	9440	314	962	530
	II	18	24Φ9.0	6	6.37	590	414	410	1306	9440	364	1338	
	III	20	24Φ10.7	6	8.59	590	555	462	1836	9440	429	1826	
	IV	22	24Φ12.6	6	11.28	590	718	518	2550	9440	511	2438	
UHC700 (130)	I	16	13Φ10.7	6	4.40	590	316	413	995	10778	334	1045	605
	II	20	26Φ9.0	6	6.07	590	437	465	1414	10778	386	1455	
	III	22	26Φ10.7	6	8.21	590	589	523	1989	10778	454	1988	
	IV	24	26Φ12.6	6	10.81	590	766	587	2763	10778	539	2660	
UHC800 (110)	I	19	15Φ10.7	6	4.91	690	436	433	1148	11040	448	1198	620
	II	20	15Φ12.6	6	6.62	690	588	484	1594	11040	515	1628	
	III	22	30Φ10.7	6	9.09	690	801	550	2295	11040	616	2266	
	IV	24	30Φ12.6	6	11.90	690	1031	616	3188	11040	735	3019	

续表 F.0.2

规格(代号-外径-壁厚)	型号	单节允许长度 L (m)	主筋数量与直径(mm)	螺旋 筋直 径 (mm)	混凝土有效预 压应 力 σ_{ce} (MPa)	预应 力钢 棒分 布圆 周直 径 D_p (mm)	桩身受 弯承载 力设计 值 $[M]$ (kN·m)	桩身受 剪承载 力设计 值 $[V]$ (kN)	桩身轴 心受拉 承载力 设计值 $[N]$ (kN)	桩身轴 心受压 承载力 设计值 (未考 虑压屈 影响) $[R]$ (kN)	按标准 组合计 算的抗 裂弯矩 $M_k \leq$ (kN·m)	按标准 组合计 算的抗 裂拉力 $N_k \leq$ (kN)	理论重 量 (kg/m)
UHC1000 (130)	I	21	32Φ9.0	6	4.99	880	834	647	1741	16451	852	1816	924
	II	23	32Φ10.7	6	6.80	880	1135	727	2448	16451	988	2494	
	III	25	32Φ12.6	6	9.04	880	1500	816	3400	16451	1162	3360	
	IV	26	32Φ14	8	10.76	880	1798	878	4189	16451	1298	4037	

注: 1 根据工程设计需要也可对规格、型号、强度、配筋及桩长进行调整, 其力学性能应另行计算。

2 参数未做成桩系数调整。

表 F.0.3 部分常用 UHC 管桩力学性能指标(C125)

规格(代号-外径-壁厚)	型号	单节允许长度 L (m)	主筋数量与直径(mm)	螺旋 筋直 径 (mm)	混凝土有效预 压应 力 σ_{ce} (MPa)	预应 力钢 棒分 布圆 周直 径 D_p (mm)	桩身受 弯承载 力设计 值 $[M]$ (kN·m)	桩身受 剪承载 力设计 值 $[V]$ (kN)	桩身轴 心受拉 承载力 设计值 $[N]$ (kN)	桩身轴 心受压 承载力 设计值 (未考 虑压屈 影响) $[R]$ (kN)	按标准 组合计 算的抗 裂弯矩 $M_k \leq$ (kN·m)	按标准 组合计 算的抗 裂拉力 $N_k \leq$ (kN)	理论重 量 (kg/m)
UHC400 (95)	I	12	7Φ9.0	4	4.32	308	65	185	381	4706	76	401	237
	II	13	7Φ10.7	4	5.91	308	89	206	536	4706	86	552	
	III	14	10Φ10.7	4	8.11	308	122	232	765	4706	100	767	
	IV	15	13Φ10.7	4	10.13	308	152	254	995	4706	113	969	
UHC500 (100)	I	14	11Φ9.0	5	4.87	406	133	260	598	6497	146	625	327
	II	15	11Φ10.7	5	6.64	406	182	291	842	6497	166	860	
	III	16	11Φ12.6	5	8.85	406	242	325	1169	6497	193	1160	
	IV	17	13Φ12.6	5	10.18	406	277	344	1381	6497	209	1345	
UHC500 (125)	I	13	12Φ9.0	5	4.56	406	137	307	653	7613	153	685	383
	II	14	12Φ10.7	5	6.22	406	188	343	918	7613	174	943	
	III	15	12Φ12.6	5	8.32	406	252	383	1275	7613	201	1274	
	IV	16	15Φ12.6	5	10.05	406	304	413	1594	7613	224	1554	

续表 F.0.3

规格(代号-外径-壁厚)	型号	单节允许长度 L (m)	主筋数量与直径(mm)	螺旋 筋直 径 (mm)	混凝土有效预压应力 σ_{ce} (MPa)	预应力 钢 棒分 布圆 周直 径 D_p (mm)	桩身受 弯承载 力设计 值 $[M]$ (kN·m)	桩身受 剪承载 力设计 值 $[V]$ (kN)	桩身轴 心受拉 承载力 设计值 $[N]$ (kN)	桩身轴 心受压 承载力 设计值 (未考 虑压屈 影响) $[R]$ (kN)	按标准 组合计 算的抗 裂弯矩 $M_k \leq$ (kN·m)	按标准 组合计 算的抗 裂拉力 $N_k \leq$ (kN)	理论重 量 (kg/m)
UHC600 (110)	I	15	14Φ9.0	5	4.62	506	208	342	762	8754	238	799	440
	II	16	14Φ10.7	5	6.31	506	285	382	1071	8754	271	1099	
	III	18	14Φ12.6	5	8.42	506	381	427	1488	8754	313	1484	
	IV	19	17Φ12.6	5	9.93	506	448	456	1806	8754	344	1765	
UHC600 (130)	I	15	16Φ9.0	5	4.65	506	229	395	870	9924	255	912	499
	II	16	16Φ10.7	5	6.35	506	314	441	1224	9924	291	1256	
	III	17	16Φ12.6	5	8.48	506	420	493	1700	9924	337	1695	
	IV	19	20Φ12.6	5	10.24	506	505	532	2125	9924	376	2067	
UHC700 (110)	I	17	12Φ10.7	6	4.62	590	301	408	918	10541	350	962	530
	II	18	24Φ9.0	6	6.38	590	417	457	1306	10541	401	1339	
	III	20	24Φ10.7	6	8.60	590	561	513	1836	10541	466	1828	
	IV	22	24Φ12.6	6	11.32	590	732	574	2550	10541	548	2441	

续表 F.0.3

规格(代号-外径-壁厚)	型号	单节允许长度 L (m)	主筋数量与直径(mm)	螺旋 筋直 径 (mm)	混凝土有效预压应力 σ_{ce} (MPa)	预应力 钢 棒分 布圆 周直 径 D_p (mm)	桩身受 弯承载 力设计 值 $[M]$ (kN·m)	桩身受 剪承载 力设计 值 $[V]$ (kN)	桩身轴 心受拉 承载力 设计值 $[N]$ (kN)	桩身轴 心受压 承载力 设计值 (未考 虑压屈 影响) $[R]$ (kN)	按标准 组合计 算的抗 裂弯矩 $M_k \leq$ (kN·m)	按标准 组合计 算的抗 裂拉力 $N_k \leq$ (kN)	理论重 量 (kg/m)
UHC700 (130)	I	16	13Φ10.7	6	4.40	590	317	463	995	12035	373	1046	605
	II	18	26Φ9.0	6	6.08	590	440	519	1414	12035	426	1456	
	III	19	26Φ10.7	6	8.22	590	595	582	1989	12035	494	1990	
	IV	21	26Φ12.6	6	10.84	590	780	650	2763	12035	580	2663	
UHC800 (110)	I	19	15Φ10.7	6	4.92	690	438	484	1148	12328	498	1199	620
	II	20	15Φ12.6	6	6.63	690	592	539	1594	12328	566	1629	
	III	22	30Φ10.7	6	9.11	690	812	610	2295	12328	667	2269	
	IV	24	30Φ12.6	6	11.94	690	1052	682	3188	12328	787	3023	
UHC800 (130)	I	18	16Φ10.7	6	4.60	690	457	548	1224	1224	14147	532	711
	II	19	16Φ12.6	6	6.21	690	620	609	1700	1700	14147	602	
	III	21	32Φ10.7	6	8.56	690	854	688	2448	2448	14147	707	
	IV	23	32Φ12.6	6	11.26	690	1116	770	3400	3400	14147	832	

续表 F.0.3

规格(代号-外径-壁厚)	型号	单节允许长度 L (m)	主筋数量与直径(mm)	螺旋 筋直 径 (mm)	混凝土有效预 压应 力 σ_{ce} (MPa)	预应 力钢 棒分 布圆 周直 径 D_p (mm)	桩身受 弯承载 力设计 值 $[M]$ (kN·m)	桩身受 剪承载 力设计 值 $[V]$ (kN)	桩身轴 心受拉 承载力 设计值 $[N]$ (kN)	桩身轴 心受压 承载力 设计值 (未考 虑压屈 影响) $[R]$ (kN)	按标准 组合计 算的抗 裂弯矩 $M_k \leq$ (kN·m)	按标准 组合计 算的抗 裂拉力 $N_k \leq$ (kN)	理论重 量 (kg/m)
UHC1000 (130)	I	21	32Φ9.0	6	5.00	880	838	724	1741	1741	16370	947	924
	II	23	32Φ10.7	6	6.81	880	1145	810	2448	2448	18370	1084	
	III	25	32Φ12.6	6	9.06	880	1520	905	3400	3400	18370	1259	
	IV	26	32Φ14.0	8	10.79	880	1800	972	4189	4189	18370	1396	

注： 1 根据工程设计需要也可对规格、型号、强度、配筋及桩长进行调整，其力学性能应另行计算。

2 参数未做成桩系数调整。

附录 G 混合配筋预应力混凝土管桩（PRC）力学性能参数表

表 G.0.1 PRC 管桩桩身配筋及相关参数表(I型)

规格 (代号-外径-壁厚)	型号	单节长度 L (m)	预应力钢筋数量及直径 (mm)	非预应力钢筋数量及直径 (mm)	螺旋钢筋直径 (mm)	混凝土有效预应力 σ_{pe} (MPa)	抗弯性能			抗拉性能		抗压承载力设计值 R_p (kN)	理论质量 (kg/m)
							抗裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	设计弯矩 M (kN·m)	极限弯矩 M_u (kN·m)	按标准组合计算的抗裂拉力 N_k (kN)	桩身轴心受拉承载力设计值 N_l (kN)		
PRCI400 (95)	AB	13	7 ϕ 10.7	7 Φ 10	4	5.90	72	116	151	553	536	3268	237
PRCI400 (95)	B	14	10 ϕ 10.7	10 Φ 10	4	8.09	86	156	204	767	765		
PRCI400 (95)	D	15	10 ϕ 12.6	10 Φ 10	4	10.63	103	188	248	1025	1063		

续表 G.0.1

规格 (代号-外径-壁厚)	型号	单节长度 L (m)	预应力钢筋数量及直径 (mm)	非预应力钢筋数量及直径 (mm)	螺旋钢筋直径 (mm)	混凝土有效预压应力 σ_{pc} (MPa)	抗弯性能			抗拉性能		抗压承载力设计值 R_p (kN)	理论质量 (kg/m)
							抗裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	设计弯矩 M (kN·m)	极限弯矩 M_u (kN·m)	按标准组合计算的抗裂拉力 N_k (kN)	桩身轴心受拉承载力设计值 N_l (kN)		
PRCI450 (95)	AB	14	8 ϕ 10.7	8 Φ 10	4	5.80	98	155	201	633	612	3804	275
PRCI450 (95)	B	15	12 ϕ 10.7	12 Φ 10	4	8.30	120	217	283	918	918		
PRCI450 (95)	D	17	7 ϕ 12.6	12 Φ 10	4	10.90	144	260	343	1225	1275		
PRCI500 (100)	AB	15	11 ϕ 10.7	11 Φ 12	5	6.64	142	258	330	863	842	4511	327
PRCI500 (100)	B	16	14 ϕ 10.7	14 Φ 12	5	8.22	161	313	402	1076	1071		
PRCI500 (100)	C	17	11 ϕ 12.6	11 Φ 12	5	8.83	168	309	403	1161	1169		

续表 G.0.1

规格 (代号-外径-壁厚)	型号	单节长度 L (m)	预应力 钢筋数量及直径 (mm)	非预应力 钢筋数量及直径 (mm)	螺旋 钢筋直径 (mm)	混凝土 有效预 压应力 σ_{pc} (MPa)	抗弯性能			抗拉性能		抗压承载力设计值 R_p (kN)	理论质量 (kg/m)
							抗裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	设计弯矩 M (kN·m)	极限弯矩 M_u (kN·m)	按标准组合计算的抗裂拉力 N_k (kN)	桩身轴心受拉承载力设计值 N_l (kN)		
PRCI500 (100)	D	18	14 ϕ 12.6	14 Φ 12	5	10.79	192	368	481	1436	1488	4511	327
PRCI500 (125)	AB	14	12 ϕ 10.7	12 Φ 12	5	6.23	148	271	348	946	918	5287	383
PRCI500 (125)	B	15	14 ϕ 10.7	14 Φ 12	5	7.15	160	309	397	1091	1071		
PRCI500 (125)	C	16	12 ϕ 12.6	12 Φ 12	5	8.30	175	328	427	1276	1275		
PRCI500 (125)	D	16	14 ϕ 12.6	14 Φ 12	5	9.46	190	369	482	1464	1488		
PRCI550 (110)	AB	16	12 ϕ 10.7	12 Φ 12	5	6.05	180	316	405	946	918	5459	395

续表 G.0.1

规格 (代号-外径-壁厚)	型号	单节长度 L (m)	预应力 钢筋数量及直径 (mm)	非预应力钢筋数量及直径 (mm)	螺旋 钢筋直径 (mm)	混凝土 有效预 压应力 σ_{pc} (MPa)	抗弯性能			抗拉性能		抗压承载力设计值 R_p (kN)	理论质量 (kg/m)
							抗裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	设计弯矩 M (kN·m)	极限弯矩 M_u (kN·m)	按标准组合计算的抗裂拉力 N_k (kN)	桩身轴心受拉承载力设计值 N_l (kN)		
PRCI550 (110)	B	17	12φ12.6	12 ￠12	5	8.08	212	382	497	1280	1275	5459	395
PRCI550 (110)	C	18	15φ12.6	15 ￠12	5	9.76	239	453	591	1562	1594		
PRCI550 (110)	D	18	16φ12.6	16 ￠12	5	10.30	218	474	619	1654	1700		
PRCI550 (125)	AB	15	14φ10.7	14 ￠12	5	6.40	194	356	457	1402	1071	5992	434
PRCI550 (125)	B	17	14φ12.6	14 ￠12	5	8.51	230	429	560	1484	1488		
PRCI550 (125)	C	18	17φ12.6	17 ￠12	5	10.02	256	497	649	1764	1806		

续表 G.0.1

规格 (代号-外 径-壁厚)	型 号	单 节 长 度 L (m)	预应力 钢筋数 量及直 径 (mm)	非预应 力钢筋 数量及 直径 (mm)	螺旋 筋直 径 (mm)	混凝土 有效预 压应力 σ_{pc} (MPa)	抗弯性能			抗拉性能		抗压承 载力设 计值 R_p (kN)	理论 质量 (kg/ m)
							抗裂弯 矩 M_{cr} (kN·m)	设计弯 矩 M (kN·m)	极限弯 矩 M_u (kN·m)	按标准 组合计 算的抗 裂拉力 N_k (kN)	桩身轴心 受拉承载 力设计值 N_l (kN)		
PRCI550 (125)	D	18	18φ12.6	18Φ12	5	10.51	264	518	677	1855	1913	5992	434
PRCI600 (110)	AB	17	14φ10.7	14Φ12	5	6.31	230	407	522	1403	1071	6079	440
PRCI600 (110)	B	17	16φ10.7	16Φ12	5	7.11	246	455	585	1248	1224		
PRCI600 (110)	C	18	14φ12.6	14Φ12	5	8.41	272	491	639	1486	1488		
PRCI600 (110)	D	19	16φ12.6	16Φ12	5	9.42	292	543	708	1675	1700		
PRCI600 (130)	AB	16	16φ10.7	16Φ12	5	6.36	247	451	579	1260	1224	6891	499

续表 G.0.1

规格 (代号-外径-壁厚)	型号	单节长度 L (m)	预应力 钢筋数量及直径 (mm)	非预应力 钢筋数量及直径 (mm)	螺旋 钢筋直径 (mm)	混凝土 有效预 压应力 σ_{pc} (MPa)	抗弯性能			抗拉性能		抗压承 载力设计值 $R_p(\text{kN})$)	理论 质量 (kg/m)
							抗裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	设计弯矩 M (kN·m)	极限弯矩 M_u (kN·m)	按标准 组合计算的抗裂拉力 $N_k(\text{kN})$	桩身轴心 受拉承载力设计值 $N_l(\text{kN})$		
PRCI600 (130)	B	17	18φ10.7	18 ￠12	5	7.06	262	498	640	1405	1377	6891	499
PRCI600 (130)	C	18	16φ12.6	16 ￠12	5	8.47	293	544	709	1697	1700		
PRCI600 (130)	D	18	18φ12.6	18 ￠12	5	9.36	312	596	777	1886	1913		
PRCI700 (110)	AB	19	18φ10.7	18 ￠12	6	6.70	350	618	793	1411	1377	7320	530
PRCI700 (110)	B	20	22φ10.7	22 ￠12	6	7.99	388	726	934	1697	1683		
PRCI700 (110)	C	21	20φ12.6	20 ￠12	6	9.72	439	801	1044	2084	2125		

续表 G.0.1

规格 (代号-外 径-壁厚)	型 号	单 节 长 度 L (m)	预应力 钢筋数 量及直 径 (mm)	非预应力 钢筋数 量及直 径 (mm)	螺旋 筋直 径 (mm)	混凝土 有效预 压应力 σ_{pc} (MPa)	抗弯性能			抗拉性能		抗压承 载力设 计值 R_p (kN)	理论 质量 (kg/ m)
							抗裂弯 矩 M_{cr} (kN·m)	设计弯 矩 M (kN·m)	极限弯 矩 M_u (kN·m)	按标准 组合计 算的抗 裂拉力 N_k (kN)	桩身轴心 受拉承载 力设计值 N_l (kN)		
PRCI700 (110)	D	22	22 ϕ 12.6	22 Φ 12	6	10.51	463	857	1118	2267	2338	7320	530
PRCI700 (130)	AB	18	18 ϕ 10.7	18 Φ 12	6	5.94	356	616	789	1425	1377	8357	605
PRCI700 (130)	B	19	22 ϕ 10.7	22 Φ 12	6	7.11	393	728	936	1716	1683		
PRCI700 (130)	C	20	20 ϕ 12.6	20 Φ 12	6	8.69	443	809	1054	2115	2125		
PRCI700 (130)	D	20	22 ϕ 12.6	22 Φ 12	6	9.42	467	870	1134	2303	2338		
PRCI800 (110)	B	21	24 ϕ 10.7	24 Φ 12	6	7.52	519	940	1208	1862	1636	8560	620

续表 G.0.1

规格 (代号-外径-壁厚)	型号	单节长度 L (m)	预应力 钢筋数量及直径 (mm)	非预应力 钢筋数量及直径 (mm)	螺旋 钢筋直径 (mm)	混凝土 有效预 压应力 σ_{pc} (MPa)	抗弯性能			抗拉性能		抗压承载力设计值 R_p (kN)	理论质量 (kg/m)
							抗裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	设计弯矩 M (kN·m)	极限弯矩 M_u (kN·m)	按标准组合计算的抗裂拉力 N_k (kN)	桩身轴心受拉承载力设计值 N_l (kN)		
PRCI800 (110)	C	23	24φ12.6	24 ￠12	6	9.93	618	1116	1455	2494	2550	8560	620
PRCI800 (130)	B	20	24φ10.7	24 ￠12	6	6.66	531	945	1212	1883	1836	9823	711
PRCI800 (130)	C	22	24φ12.6	24 ￠12	6	8.84	629	1134	1478	2532	2550		
PRCI1000 (130)	B	22	26φ10.7	26 ￠12	6	5.65	839	1360	1740	2065	1989	12756	924
PRCI1000 (130)	C	24	26φ12.6	26 ￠12	6	7.56	984	1651	2145	2792	2763		

注： 1 根据工程设计需要也可对规格、型号、强度、配筋及桩长进行调整，其力学性能应另行计算。
2 参数未做成桩系数调整。

附录 H 部分常用预制高强混凝土薄壁钢管桩

(SC) 性能参数参考表

按产品采用的钢管材质牌号，SC 桩分二种型号：采用 Q235B 的为I型，采用 Q345B 的为II型。例如：SC 桩为I型、桩公称直径 400mm、桩壁厚 90mm、钢管壁厚 6mm、单节长度 12m 的 SC 桩，其标记为：SC-I-400-90-6-12；

表 H.0.1 预制高强混凝土薄壁钢管桩 SC 桩力学性能指标(C80)

SC 桩力学性能表						
公称直径(mm)	钢管厚(mm)	壁厚(mm)	桩身极限弯矩设计值 (kN·m)		桩身轴向承载力设计值 (kN)	
			I型	II型	I型	II型
400	6	90	291	373	5423	5974
	7		333	426	5649	6290
	8		374	478	5874	6609
	9		413	529	6099	6919
	10		452	579	6321	7231
500	6	100	465	596	7546	8239
	7		532	682	7831	8637
	8		598	766	8116	9036
	9		662	848	8400	9431
	10		725	928	8681	9827
	12		847	1085	9243	10611
	14		966	1237	9799	11389

续表 H.0.1

公称直径(mm)	钢管厚 (mm)	壁厚 (mm)	桩身极限弯矩设计值 (kN·m)		桩身轴向承载力设计值 (kN)	
			I型	II型	I型	II型
600	6	110	680	874	9933	10767
	7		780	1000	10277	11249
	8		877	1124	10621	11730
	9		972	1245	10964	12209
	10		1065	1363	11306	12686
	12		1246	1595	11984	13636
	14		1421	1820	12659	14579
	16		1592	2040	13329	15516
800	6	110	1223	1571	13869	14986
	7		1403	1800	14331	15633
	8		1579	2024	14794	16279
	9		1751	2243	15254	16923
	10		1920	2458	15714	17566
	12		2248	2877	16630	18847
	14		2566	3286	17541	20121
	16		2877	3685	18447	21389
	18		3180	4078	19350	22649
1000	8	130	2524	3238	21183	23046
	9		2802	3592	21761	23854
	10		3074	3939	22340	24663
	12		3605	4616	23493	26274
	14		4121	5275	24640	27880
	16		4623	5918	25783	29479
	18		5114	6550	26921	31070
	20		5596	7171	28056	32654

续表

公称直径(mm)	钢管厚 (mm)	壁厚 (mm)	桩身极限弯矩设计值 (kN·m)		桩身轴向承载力设计值 (kN)	
			I型	II型	I型	II型
1200	8	150	3697	4751	28627	30867

注：1 根据工程设计需要也可对规格、型号、强度、配筋及桩长进行调整，其力学性能应另行计算。

2 参数未做成桩系数调整。

附录 J 部分常用波浪桩构造及力学性能参数

参考表

J.0.1 波浪桩构造（图 J.0.1）应符合下列规定：

- 1 桩端箍筋加密区长度应为 2.0m，间距应为 45mm，非加密区箍筋间距应为 80mm；
- 2 桩头端板应根据工程需求确定是否设置。

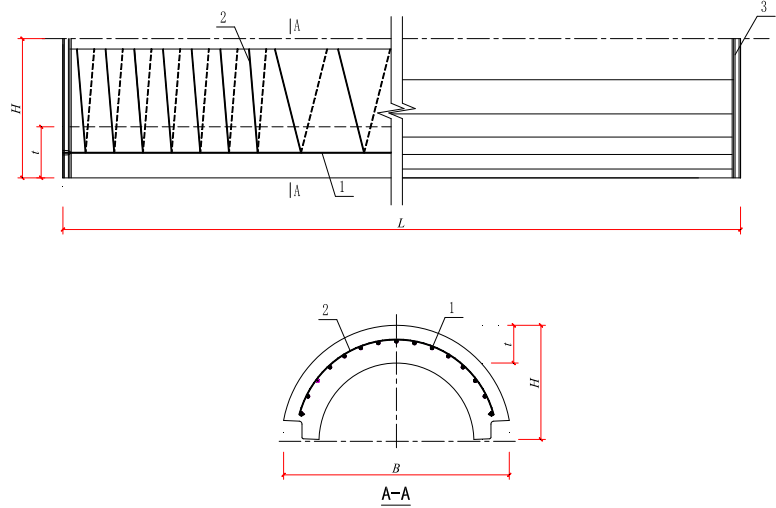


图 J.0.1 波浪桩结构及配筋图
1—预应力钢筋；2—箍筋；3—端板

J.0.2 波浪桩配筋、截面参数及力学性能应符合表 J.0.2-1 及表 J.0.2-2 的规定。

表 J.0.2-1 波浪桩截面参数及力学性能表（开口向上）

截面高度 H (mm)	壁厚 t (mm)	截面 宽度 B (mm)	混凝土强度等级	型号	单节桩长 L (m)	预应力 钢筋配筋	箍筋规格	抗裂弯矩 M_{cr} (kN•m)	抗弯承载力设计值 M (kN•m)	极限弯矩标准值 M_u (kN•m)	抗剪承载力设计值 V (kN)	竖向承载力设计值 R_p (kN)	理论重量 (kg/m)
250	100	488	C80	I	≤10	5 ϕ 9.0	ϕ b5	14	38	46	97	1095	142
				II	≤12	5 ϕ 10.7	ϕ b5	18	52	63	104		
				III	≤12	5 ϕ 12.6	ϕ b5	23	70	85	112		
300	110	588		I	≤15	7 ϕ 10.7	ϕ b5	31	91	109	142	1488	193
				II	≤15	8 ϕ 10.7	ϕ b5	34	103	123	146		
				III	≤15	7 ϕ 12.6	ϕ b5	40	122	146	154		
				IV	≤15	8 ϕ 12.6	ϕ b5	45	137	164	160		
350	130	686		I	≤15	10 ϕ 10.7	ϕ b6	51	150	181	196	2044	265
				II	≤15	11 ϕ 10.7	ϕ b6	55	164	197	201		
				III	≤15	10 ϕ 12.6	ϕ b6	66	201	241	214		
				IV	≤15	11 ϕ 12.6	ϕ b6	72	219	261	220		

续表 J.0.2-1

截面高度 H (mm)	壁厚 t (mm)	截面宽度 B (mm)	混凝土强度等级	型号	单节桩长 L (m)	预应力钢筋配筋	箍筋规格	抗裂弯矩 M _{cr} (kN•m)	抗弯承载力设计值 M (kN•m)	极限弯矩标准值 Mu (kN•m)	抗剪承载力设计值 V (kN)	竖向承载力设计值 R _p (kN)	理论重量 (kg/m)	
400	130	787	C80	I	≤15	8 φ 10.7	φ b6	49	146	177	212	1095	316	
				II	≤15	8 φ 12.6	φ b6	62	200	240	224			
				III	≤15	14 φ 10.7	φ b6	82	247	296	243			
				IV	≤15	14 φ 12.6	φ b6	110	329	392	267			
500	130	989		I	≤15	14 φ 10.7	φ b6	117	334	401	300	3204	416	
				II	≤15	14 φ 12.6	φ b6	153	451	538	324			
600	150	1189		I	≤15	14 φ 10.7	φ b6	157	409	494	397	4504	585	
				II	≤15	14 φ 12.6	φ b8	199	559	671	421			

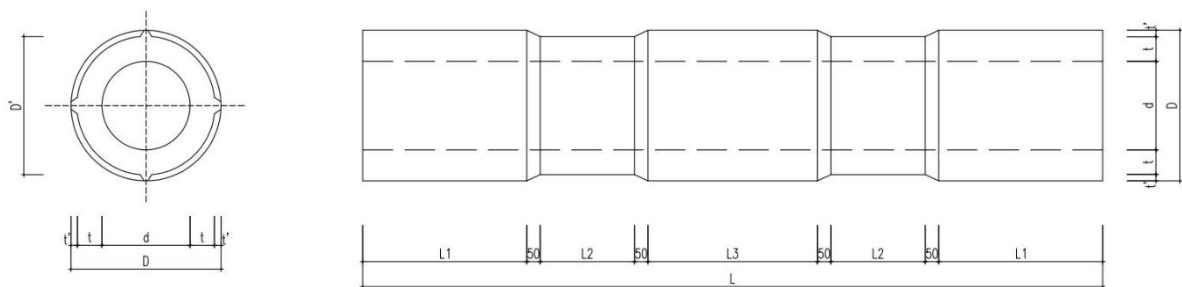
表 J.0.2-2 波浪桩截面参数及力学性能表（开口向下）

截面高度 H (mm)	壁厚 t (mm)	截面宽度 B (mm)	混凝土强度等级	型号	单节桩长 L (m)	预应力钢筋配筋	箍筋规格	抗裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	抗弯承载力设计值 M (kN·m)	极限弯矩标准值 M_u (kN·m)	抗剪承载力设计值 V (kN)	竖向承载力设计值 R_p (kN)	理论重量 (kg/m)
250	100	488	C80	I	≤10	5 φ 9.0	φ b5	12	15	34	97	1095	142
				II	≤12	5 φ 10.7	φ b5	15	21	43	104		
				III	≤12	5 φ 12.6	φ b5	19	27	51	112		
300	110	588		I	≤15	7 φ 10.7	φ b5	25	37	74	142	1488	193
				II	≤15	8 φ 10.7	φ b5	28	41	80	146		
				III	≤15	7 φ 12.6	φ b5	33	47	88	154		
				IV	≤15	8 φ 12.6	φ b5	37	51	93	160		
350	130	686		I	≤15	10 φ 10.7	φ b6	41	60	120	196	2044	265
				II	≤15	11 φ 10.7	φ b6	44	65	127	201		
				III	≤15	10 φ 12.6	φ b6	54	77	143	214		
				IV	≤15	11 φ 12.6	φ b6	59	82	149	220		

续表 J.0.2-2

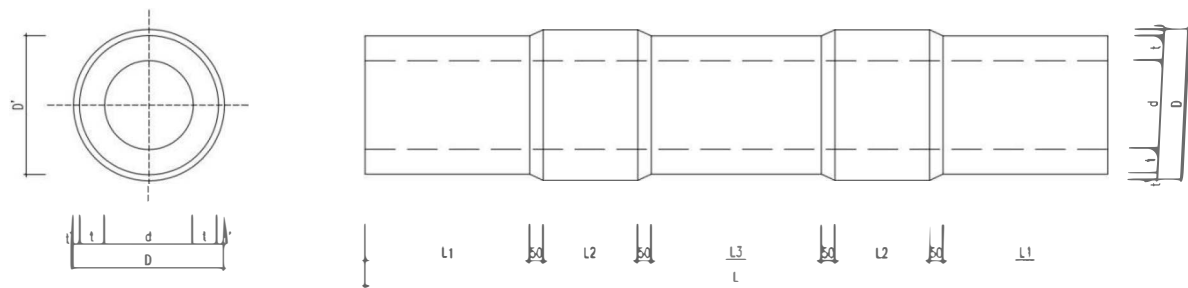
截面高度 H (mm)	壁厚 t (mm)	截面 宽度 B (mm)	混凝土强度等级	型号	单节桩 长 L (m)	预应力 钢筋配 筋	箍筋 规格	抗裂弯 矩 M_{cr} (kN• m)	抗弯承 载力设计值 M (kN•m)	极限弯 矩标准 值 M_u (kN•m)	抗剪承 载力设计值 V (kN)	竖向承 载力设计值 R_p (kN)	理论 重量 (kg/ m)
400	130	787	C80	I	≤15	8 ϕ 10.7	ϕ b6	38	61	130	212	2430	316
				II	≤15	8 ϕ 12.6	ϕ b6	49	82	164	224		
				III	≤15	14 ϕ 10.7	ϕ b6	65	99	188	243		
				IV	≤15	14 ϕ 12.6	ϕ b6	88	123	218	267		
500	130	989		I	≤15	14 ϕ 10.7	ϕ b6	88	140	277	300	3204	416
				II	≤15	14 ϕ 12.6	ϕ b6	116	181	336	324		
600	150	1189		I	≤15	14 ϕ 10.7	ϕ b6	117	177	370	397	4504	585
				II	≤15	14 ϕ 12.6	ϕ b8	150	237	469	421		

附录 K 桩力学性能参数参 表



I 型竹节桩图示

D ——最大外径； D' ——最小外径； d ——内径； L ——长度； t ——最小壁厚； t' ——凹节长度； L_1 ——尾凸长度； L_2 ——中凹长度； L_3 ——中凸长度； L_4 ——头凸长度；



II型竹节桩图示

D ——最大外径; D' ——最小外径; d ——内径; L ——长度; t ——最小壁厚; t ——凹节长度; L_1 ——尾凸长度; L_2 ——中凹长度; L_3 ——中凸长度; L_4 ——头凸长度;

表 K.0.1 I 型竹节桩的基本几何尺寸

最大外径 D (mm)	最小外径 D' (mm)	壁厚 ($t+t'$) (mm)	凹节壁厚 $t' /$ (mm)	内径 d /mm	L /m	L_1 /m	L_2 /m	L_3 /m	L_4 /m
400	370	95	15	180	≤ 14	400~2500	400~1700	400~1700	400~2500
450	420	95	15	230	≤ 14				
500	460	100/110/125	20	260/240/210	≤ 16				
550	510	100/110/125	20	310/290/360	≤ 16				
600	560	110/130	20	340/300	≤ 17				
700	650	110/130	25	430/390	≤ 20				
800	740	110/130	30	520/480	≤ 30				

注：根据供需双方协议也可生产其他规格、型号、壁厚及长度的竹节桩，但其力学指标应另行计算。

表 K.0.2 II型竹节桩的基本几何尺寸

最大外径 D (mm)	最小外径 D' (mm)	壁厚 t /mm	秃节壁厚 t' / (mm)	内径 d /mm	L /m	L_1 /m	L_2 /m	L_3 /m	L_4 /m
450	400	95	25	210	≤14	400~2500	400~1700	400~1700	400~2500
550	500	100/125	25	300/250	≤16				
650	600	110/130	25	380/340	≤16	400~2500	400~1700	400~1700	400~2500
750	700	110/130	25	580/540	≤17				

注：根据供需双方协议也可生产其他规格、型号、壁厚及长度的竹节桩，但其力学指标应另行计算。

表 K.0.3-1 竹节桩（I 型）桩身配筋表

最大外径 D (mm)	壁厚 ($t+t'$) (mm)	型号	配筋数 (条)	主筋直径 (mm)	主筋分布直径 D_p (mm)	螺旋筋 直径 (mm)	混凝土有效预 压应力 σ_{cc} (MPa)	理论重量 (kg/m)
400	95	A	7	9.0	308	4	4.30	237
		AB	7	10.7			5.87	
		B	10	10.7			8.03	
		C	13	10.7			10.01	
450	95	A	8	9.0	358	4	4.23	275
		AB	8	10.7			5.77	
		B	12	10.7			8.24	
		C	15	10.7			9.94	
450	105	A	8	9.0	358	4	3.95	296
		AB	8	10.7			5.41	
		B	12	10.7			7.75	
		C	15	10.7			9.37	
500	100	A	11	9.0	406	5	4.84	327
		AB	11	10.7			6.59	
		B	11	12.6			8.75	
		C	13	12.6			10.06	

续表 K.0.3-1

最大外径 D (mm)	壁厚 ($t+t'$) (mm)	型号	配筋数 (条)	主筋直径 (mm)	主筋分布直径 D_p (mm)	螺旋筋 直径 (mm)	混凝土有效预 压应力 σ_{ce} (MPa)	理论重量 (kg/m)
500	125	A	12	9.0	406	5	5.03	342
		AB	12	10.7			6.83	
		B	12	12.6			9.06	
		C	15	12.6			10.88	
550	110	A	12	9.0	416	5	4.81	359
		AB	12	10.7			6.54	
		B	12	12.6			8.69	
		C	15	12.6			10.46	
	125	A	14	9.0			5.10	393
		AB	14	10.7			6.92	
		B	14	12.6			9.18	
		C	17	12.6			10.76	
600	110	A	14	9.0	466	5	4.97	404
		AB	14	10.7			6.57	
		B	14	12.6			8.96	
		C	17	12.6			10.52	

续表 K.0.3-1

最大外径 D (mm)	壁厚 ($t+t'$) (mm)	型号	配筋数 (条)	主筋直径 (mm)	主筋分布直径 D_p (mm)	螺旋筋 直径 (mm)	混凝土有效预 压应力 σ_{ce} (MPa)	理论重量 (kg/m)
600	130	A	16	9.0	466	5	5.02	457
		AB	16	10.7			6.82	
		B	16	12.6			9.05	
		C	20	12.6			10.87	
700	110	A	12	10.7	556	6	4.99	485
		AB	24	9.0			6.85	
		B	24	10.7			9.18	
		C	24	12.6			11.97	
	130	A	13	10.7	556	6	4.77	552
		AB	26	9.0			6.55	
		B	26	10.7			8.80	
		C	26	12.6			11.51	
800	110	A	15	10.7	636	6	5.31	566
		AB	15	12.6			7.12	
		B	30	10.7			9.72	
		C	30	12.3			12.62	

续表 K.0.3-1

最大外径 D (mm)	壁厚 ($t+t'$) (mm)	型号	配筋数 (条)	主筋直径 (mm)	主筋分布直径 D_p (mm)	螺旋筋 直径 (mm)	混凝土有效预 压应力 σ_{cc} (MPa)	理论重量 (kg/m)
800	130	A	16	10.7	556	6	4.98	648
		AB	16	12.6			6.70	
		B	32	10.7			9.17	
		C	32	12.6			11.96	

表 K.0.3-2 竹节桩（I 型）桩身力学性能表

外径 D (mm)	型号	桩身轴心受 压承载力设 计值 R , kN	桩身正截面 受弯承载力 设计值 M , kN	桩身正截面 受弯承载力 极限值 M_u , kN	桩身轴心受 拉承载力设 计值 N , kN	桩身受剪承 载力设计值 Q , kN	按标准组合计 算的抗裂弯矩 $M_k \leq (\text{kN} \cdot \text{m})$	按标准组合 计算的抗裂 拉力 $N_k \leq$ (kN)
400 (95)	A	2288	64	85	381	146	60	399
	AB		87	115	536	164	70	550
	B		117	157	765	187	84	762
	C		144	193	995	205	97	961
450 (95)	A	2663	85	113	435	166	82	457
	AB		116	154	612	187	95	629
	B		163	218	918	216	117	911
	C		193	260	1148	234	132	1110
450 (105)	A	2860	83	110	435	176	83	459
	AB		114	151	612	198	96	632
	B		161	215	918	229	117	918
	C		192	258	1148	248	132	1120
500 (100)	A	3158	131	173	598	206	118	623
	AB		176	234	842	233	138	855
	B		231	308	1169	262	164	1151
	C		261	352	1381	278	180	1333

续表 K.0.3-2

外径 D (内径) (mm)	型号	桩身轴心受压承载力设计值 R , kN	桩身正截面受弯承载力设计值 M , kN	桩身正截面受弯承载力极限值 M_u , kN	桩身轴心受拉承载力设计值 N , kN	桩身受剪承载力设计值 Q , kN	按标准组合计算的抗裂弯矩 $M_k \leq (\text{kN} \cdot \text{m})$	按标准组合计算的抗裂拉力 $N_k \leq (\text{kN})$
500 (110)	A	3040	97	129	598	206	79	622
	AB		131	174	842	232	93	853
	B		171	229	1169	261	111	1146
	C		194	261	1381	277	122	1327
500 (125)	A	3306	102	135	653	229	82	678
	AB		138	184	918	258	97	930
	B		180	242	1257	291	115	1250
	C		212	288	1594	315	131	1518
550 (110)	A	3474	121	161	653	228	102	680
	AB		164	219	918	257	120	934
	B		215	288	1275	289	143	1257
	C		254	343	1594	313	162	1529
550 (125)	A	3799	136	181	762	260	110	790
	AB		184	245	1071	293	129	1084
	B		240	322	1488	330	154	1456
	C		277	375	1806	353	172	1724

续表 K.0.3-2

外径 D (内径) (mm)	型号	桩身轴心受压承载力设计值 R , kN	桩身正截面受弯承载力设计值 M , kN	桩身正截面受弯承载力极限值 M_u , kN	桩身轴心受拉承载力设计值 N , kN	桩身受剪承载力设计值 Q , kN	按标准组合计算的抗裂弯矩 $M_k \leq (\text{kN} \cdot \text{m})$	按标准组合计算的抗裂拉力 $N_k \leq (\text{kN})$
600 (110)	A	3908	159		762	257	133	792
	AB		214	285	1071	290	156	1086
	B		280	375	1488	327	186	1461
	C		323	436	1806	350	207	1731
600 (130)	A	4413	174	232	870	297	142	904
	AB		235	314	1224	336	167	1240
	B		308	413	1700	378	199	1667
	C		363	491	2125	409	226	2025
700 (110)	A	4690	229	304	918	306	195	954
	AB		313	416	1306	346	230	1322
	B		411	552	1836	391	276	1797
	C		520	706	2550	439	333	2386
700 (130)	A	5337	241	321	995	346	206	1037
	AB		330	440	1414	392	242	1439
	B		437	587	1989	443	290	1958
	C		556	755	2763	498	350	2605

续表 K.0.3-2

外径 D (内径) (mm)	型号	桩身轴心受压承载力设计值 R , kN	桩身正截面受弯承载力设计值 M , kN	桩身正截面受弯承载力极限值 M_u , kN	桩身轴心受拉承载力设计值 N , kN	桩身受剪承载力设计值 Q , kN	按标准组合计算的抗裂弯矩 $M_k \leq (\text{kN} \cdot \text{m})$	按标准组合计算的抗裂拉力 $N_k \leq (\text{kN})$
800 (110)	A	5471	332	439	1148	363	277	1187
	AB		441	586	1594	408	325	1608
	B		587	789	2295	465	396	2227
	C		736	1002	3188	521	478	2950
800 (130)	A	6261	346	459	1224	409	293	1272
	AB		462	615	1700	459	342	1726
	B		621	834	2448	524	415	2396
	C		786	1067	3400	588	501	3182

表 K.0.3-3 竹节桩（Ⅱ型）桩身配筋表

最大外径 D (mm)	最小外径 D' (mm)	壁厚 ($t+t'$) (mm)	型号	配筋数 (条)	主筋直径 (mm)	主筋分布 直径 D_p (mm)	螺旋筋直 径 (mm)	混凝土有效预压应 力 σ_{ce} (MPa)	理论重量 (kg/m)
450	400	95	A	7	9.0	309	4	4.30	237
			AB	7	10.7			5.87	
			B	10	10.7			8.03	
			C	13	10.7			10.01	
		105	A	7	9.0	358	4	4.04	253
			AB	7	10.7			5.52	
			B	10	10.7			7.58	
			C	13	10.7			9.47	
550	500	100	A	11	9.0	406	5	4.84	327
			AB	11	10.7			6.59	
			B	11	12.6			8.75	
			C	13	12.6			10.06	
		110	A	11	9.0	406	5	4.54	350
			AB	11	10.7			6.19	
			B	11	12.6			8.25	
			C	13	12.6			9.49	

续表 K.0.3-3

最大外径 D (mm)	最小外径 D' (mm)	壁厚 ($t+t'$) (mm)	型号	配筋数 (条)	主筋直径 (mm)	主筋分布 直径 D_p (mm)	螺旋筋直 径 (mm)	混凝土有效预压应 力 σ_{ce} (MPa)	理论重量 (kg/m)
550	500	125	A	12	9.0	406	5	4.53	383
			AB	12	10.7			6.18	
			B	12	12.6			8.24	
			C	15	12.6			9.93	
650	600	110	A	14	9.0	506	5	4.60	440
			AB	14	10.7			6.26	
			B	14	12.6			8.34	
			C	17	12.6			9.81	
		130	A	16	9.0	506	5	4.63	499
			AB	16	10.7			6.31	
			B	16	12.6			8.40	
			C	20	12.6			10.12	
750	700	110	A	12	10.7	590	6	4.60	530
			AB	24	9.0			6.33	
			B	24	10.7			8.52	
			C	24	12.6			11.16	

续表 K.0.3-3

最大外径 D (mm)	最小外径 D' (mm)	壁厚 ($t+t'$) (mm)	型号	配筋数 (条)	主筋直径 (mm)	主筋分布 直径 D_p (mm)	螺旋筋直 径 (mm)	混凝土有效预压应 力 σ_{ce} (MPa)	理论重量 (kg/m)
750	700	130	A	13	10.7	590	6	4.38	605
			AB	26	9.0			6.04	
			B	26	10.7			8.14	
			C	26	12.6			10.70	

表 K.0.3-4 竹节桩（II型）桩身力学性能表

规格	型号	桩身轴心受压承载力设计值 R , kN	桩身正截面受弯承载力设计值 M , kN	桩身正截面受弯承载力极限值 M_u , kN	桩身轴心受拉承载力设计值 N , kN	桩身受剪承载力设计值 Q , kN	按标准组合计算的抗裂弯矩 $M_k \leq (\text{kN} \cdot \text{m})$	按标准组合计算的抗裂拉力 $N_k \leq (\text{kN})$
450 (400) -95	A	2288	54	72	381	146	48	399
	AB		74	98	536	164	56	550
	B		100	133	765	187	67	762
	C		122	164	995	205	78	961
450 (400) -105	A	2445	53	70	381	155	48	401
	AB		72	96	536	174	56	552
	B		98	131	765	198	67	767
	C		121	162	995	218	77	969
550 (500) -100	A	3158	111	147	598	206	94	623
	AB		150	199	842	233	110	855
	B		196	262	1169	262	131	1151
	C		222	299	1381	278	144	1333
550 (500) -110	A	3387	109	145	598	218	95	626
	AB		148	197	842	246	110	860
	B		195	261	1169	277	131	1160
	C		222	298	1381	294	143	1345

续表 K.0.3-4

规格	型号	桩身轴心受 压承载力设 计值 R , kN	桩身正截 面受弯承 载力设计 值 M , kN	桩身正截面 受弯承载力 极限值 M_u , kN	桩身轴心受 拉承载力设 计值 N , kN	桩身受剪承 载力设计值 Q , kN	按标准组合计 算的抗裂弯矩 $M_k \leq (\text{kN} \cdot \text{m})$	按标准组合计 算的抗裂拉力 $N_k \leq (\text{kN})$
550 (500) -125	A	3701	115	153	653	243	98	683
	AB		156	208	918	273	115	939
	B		206	276	1275	308	136	1233
	C		245	330	1594	33	154	1542
650 (600) -110	A	4255	174	231	762	270	153	796
	AB		236	314	1071	305	179	1094
	B		310	415	1488	343	212	1474
	C		360	484	1806	368	236	1750
650 (600) -130	A	4824	192	255	870	312	164	909
	AB		260	347	1224	352	192	1249
	B		342	459	1700	396	228	1683
	C		406	548	2125	429	258	2050
750 (700) -110	A	5124	252	333	918	322	225	959
	AB		345	457	1306	365	265	1332
	B		456	609	1836	413	316	1815
	C		581	784	2550	464	380	2418

续表 K.0.3-4

规格	型号	桩身轴心受 压承载力设 计值 R , kN	桩身正截 面受弯承 载力设计 值 M , kN	桩身正截面 受弯承载力 极限值 M_u , kN	桩身轴心受 拉承载力设 计值 N , kN	桩身受剪承 载力设计值 Q , kN	按标准组合计 算的抗裂弯矩 $M_k \leq (\text{kN} \cdot \text{m})$	按标准组合计 算的抗裂拉力 $N_k \leq (\text{kN})$
750 (700) -130	A	5850	266	352	995	366	239	1042
	AB		365	484	1414	413	280	1449
	B		486	649	1989	467	333	1977
	C		622	840	2763	525	401	2640

附录 L 抗拔桩力学性能参数表

表 L.0.1-1 抗拔桩 PHA 桩身配筋表（预应力混凝土用钢棒 1420MPa）

规格(mm)	壁厚(mm)	混凝土强度等级	单节允许长度 L (m)	型号	主筋数量与直径 (mm)	螺旋筋直径(mm)	混凝土有效预压应力 σ_{pc} (MPa)	理论质量 (kg/m)
400	95	C80	13	A	7 Φ 10.7	4	5.87	237
			14	AB	8 Φ 10.7		6.61	
			15	B	10 Φ 10.7		8.03	
500	100	C80	15	A	10 Φ 10.7	5	6.05	327
			15	AB	12 Φ 10.7		7.11	
			15	B	12 Φ 12.6		9.41	
	110	C80	14	A	10 Φ 10.7	5	5.68	350
			15	AB	12 Φ 10.7		6.69	
			15	B	12 Φ 12.6		8.88	

续表 L.0.1-1

规格(mm)	壁厚(mm)	混凝土强度等级	单节允许长度 L (m)	型号	主筋数量与直径(mm)	螺旋筋直径(mm)	混凝土有效预压应力 σ_{pc} (MPa)	理论质量(kg/m)
500	125	C80	14	A	12 Φ 10.7	5	5.24	383
			15	AB	14 Φ 10.7		6.18	
			15	B	12 Φ 12.6		8.24	
600	110	C80	15	A	13 Φ 10.7	5	5.86	440
			16	AB	18 Φ 10.7		7.81	
			19	B	18 Φ 12.6		10.28	
	130	C80	15	A	13 Φ 10.7	5	5.23	499
			17	AB	18 Φ 10.7		7.0	
			18	B	18 Φ 12.6		9.27	
800	110	C80	20	A	15 Φ 12.6	6	6.58	620
			22	AB	30 Φ 10.7		9.01	
			24	B	30 Φ 12.6		11.76	
	130	C80	19	A	16 Φ 12.6	6	6.16	711
			21	AB	32 Φ 10.7		8.47	
			23	B	32 Φ 12.6		11.1	
1000	130	C80	23	A	32 Φ 10.7	6	6.75	924
			25	AB	32 Φ 12.6		8.97	
			26	B	32 Φ 14.0	8	10.65	

续表 L.0.1-1

规格(mm)	壁厚(mm)	混凝土强度等级	单节允许长度 L (m)	型号	主筋数量与直径(mm)	螺旋筋直径(mm)	混凝土有效预压应力 σ_{pc} (MPa)	理论质量(kg/m)
1200	150	C80	25	A	30 Φ 12.6	6	6.36	1286
			27	AB	45 Φ 12.6		9.04	
			29	B	45 Φ 14.0	8	10.73	

表 L.0.1-2 抗拔桩 PHA 桩数力学性能表（预应力混凝土用钢棒 1420MPa）

规格(mm)	型号	抗弯性能		抗压性能	抗拉性能		抗剪性能
		抗裂弯矩 M_{cr} (kN · m)	设计弯矩 M (kN · m)	抗压承载力设计值 R_p (kN)	抗拉承载力设计值 N_t (kN)	按标准组合计算的抗裂拉力 N_k (kN)	抗剪承载力设计值 V (kN)
400-95	A	70	87	3268	536	550	164
	AB	75	98		612	622	172
	B	84	117		765	762	187
500-100	A	132	162	4511	765	784	225
	AB	144	190		918	926	240
	B	172	246		1275	1243	270
500-110	A	132	160	4838	765	788	238
	AB	144	188		918	932	254
	B	171	245		1275	1253	285
500-125	A	132	156	5287	918	792	256
	AB	144	184		1071	939	273
	B	170	242		1275	1266	308
600-110	A	216	260	6079	995	1021	297
	AB	254	343		1377	1376	334
	B	305	442		1913	1840	375
600-130	A	218	255	6891	995	1030	327
	AB	255	339		1377	1392	367

续表 L.0.1-2

规格(mm)	型号	抗弯性能		抗压性能	抗拉性能		抗剪性能	
		抗裂弯矩 M_{cr} (kN · m)	设计弯矩 M (kN · m)	抗压承载力设计值 R_p (kN)	抗拉承载力设计值 N_f (kN)	按标准组合计算的抗裂拉力 N_k (kN)	抗剪承载力设计值 V (kN)	
600-130	B	304	441	6891	1913	1869	413	
800-110	A	469	575	8560	1594	1620	431	
	AB	568	773		2295	2252	491	
	B	685	977		3188	2993	551	
800-130	A	496	604	9823	1700	1739	485	
	AB	599	818		2448	2422	553	
	B	716	1029		3400	3228	622	
1200-130	A	901	1111	12756	2448	2483	648	
	AB	1071	1449		3400	3338	729	
	B	1205	1689		4189	4006	785	
1200-150	A	1469	1762	17763	3188	3251	880	
	AB	1817	2452		4781	4689	1017	
	B	2045	2857		5891	5626	1096	

表 L.0.1-3 抗拔桩 PHA 桩身配筋表（预应力混凝土用钢棒 1570MPa）

规格(mm)	壁厚(mm)	混凝土强度等级	单节允许长度 L (m)	型号	主筋数量与直径 (mm)	螺旋筋直径 (mm)	混凝土有效预压应力 σ_{pc} (MPa)	理论质量 (kg/m)
400	95	C80	13	A	7 Φ 10.7	4	6.51	237
			14	AB	8 Φ 10.7		7.33	
			15	B	10 Φ 10.7		8.9	
500	100	C80	15	A	10 Φ 10.7	5	6.71	327
			16	AB	12 Φ 10.7		7.89	
			17	B	12 Φ 12.6		10.44	
	110	C80	15	A	10 Φ 10.7	5	6.3	350
			15	AB	12 Φ 10.7		7.41	
			17	B	12 Φ 12.6		9.85	
	125	C80	14	A	12 Φ 10.7	5	5.81	383
			15	AB	14 Φ 10.7		6.85	
			16	B	12 Φ 12.6		9.13	
600	110	C80	17	A	13 Φ 10.7	5	6.5	440
			18	AB	18 Φ 10.7		8.66	
			20	B	18 Φ 12.6		11.4	

续表 L.0.1-3

规格(mm)	壁厚(mm)	混凝土强度等级	单节允许长度 $L(\text{m})$	型号	主筋数量与直径 (mm)	螺旋筋直径(mm)	混凝土有效预 压应力 σ_{pc} (MPa)	理论质量 (kg/m)
600	130	C80	16	A	$13\Phi 10.7$	5	5.8	499
			17	AB	$18\Phi 10.7$		7.76	
			19	B	$18\Phi 12.6$		10.28	
800	110	C80	21	A	$15\Phi 12.6$	6	7.29	620
			23	AB	$30\Phi 10.7$		9.99	
			25	B	$30\Phi 12.6$		13.05	
	130	C80	20	A	$16\Phi 12.6$	6	6.83	711
			22	AB	$32\Phi 10.7$		9.93	
			24	B	$32\Phi 12.6$		12.32	
1000	130	C80	23	A	$32\Phi 10.7$	6	7.49	924
			26	AB	$32\Phi 12.6$		9.94	
			27	B	$32\Phi 14.0$	8	11.81	
1200	150	C80	25	A	$30\Phi 12.6$	6	7.06	1286
			28	AB	$45\Phi 12.6$		10.02	
			30	B	$45\Phi 14.0$	8	11.9	

表 L.0.1-4 抗拔桩 PHA 桩数力学性能表（预应力混凝土用钢棒 1570MPa）

规格(mm)	型号	抗弯性能		抗压性能	抗拉性能		抗剪性能
		抗裂弯矩 M_{cr} (kN · m)	设计弯矩 M (kN · m)	抗压承载力设计值 R_p (kN)	抗拉承载力设计值 N_t (kN)	按标准组合计算的抗裂拉力 N_k (kN)	抗剪承载力设计值 V (kN)
400-95	A	74	95	3268	589	610	171
	AB	79	106		673	690	180
	B	89	127		842	845	195
500-100	A	139	177	4511	842	869	234
	AB	153	206		1010	1027	250
	B	183	264		1403	1379	282
500-110	A	139	175	4838	842	873	248
	AB	152	204		1010	1033	265
	B	183	264		1403	1390	298
500-125	A	139	171	5287	842	879	267
	AB	152	200		1010	1041	285
	B	181	261		1403	1404	322
600-110	A	227	284	6079	1094	1133	309
	AB	270	371		1515	1526	348
	B	326	471		2104	2040	392

续表 L.0.1-4

规格(mm)	型号	抗弯性能		抗压性能	抗拉性能		抗剪性能
		抗裂弯矩 M_{cr} (kN · m)	设计弯矩 M (kN · m)	抗压承载力设计值 R_p (kN)	抗拉承载力设计值 N_f (kN)	按标准组合计算的抗裂拉力 N_k (kN)	抗剪承载力设计值 V (kN)
600-130	A	229	278	6891	1094	1142	341
	AB	270	367		1515	1543	383
	B	325	473		2104	2073	432
800-110	A	496	625	8560	1753	1797	449
	AB	606	830		2525	2497	513
	B	735	1033		3506	3320	577
800-130	A	524	658	9823	1870	1928	506
	AB	637	881		2693	2686	578
	B	767	1092		3740	3580	651
800-130	A	524	658	9823	1870	1928	506
	AB	637	881		2693	2686	578
	B	767	1092		3740	3580	651
1000-130	A	953	1206	12756	2693	2753	676
	AB	1142	1557		3740	3702	762
	B	1290	1798		4608	4443	821

续表

规格(mm)	型号	抗弯性能		抗压性能	抗拉性能		抗剪性能
		抗裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	设计弯矩 M (kN·m)	抗压承载力设计值 R_p (kN)	抗拉承载力设计值 N_t (kN)	按标准组合计算的抗裂拉力 N_k (kN)	抗剪承载力设计值 V (kN)
1200-150	A	1552	1916	17763	3506	3605	917
	AB	1937	2634		5259	5201	1064
	B	2188	3040		6480	6240	1147

- 注：1.本规程中的抗拔桩定义为：利用桩身与土层的摩擦力来抵抗竖向抗拔力的专用预制桩，简称 PHA。
- 2 根据工程设计需要也可对规格、型号、强度、配筋及桩长进行调整，其力学指标应另行计算。
- 3 计算公式依据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑地基基础设计规范》GB 50007 执行。
- 4 参数未做成桩系数调整。

附录 M 常用预制桩接头机械连接构造

M.0.1 抱箍式接头构造可参照图 M.0.1。

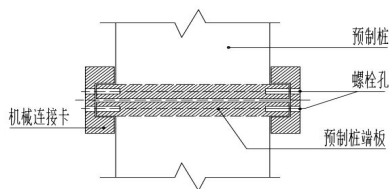


图 M.0.1 抱箍式接头构造示意图

M.0.2 膨胀咬合式接头构造可参照图 M.0.2。

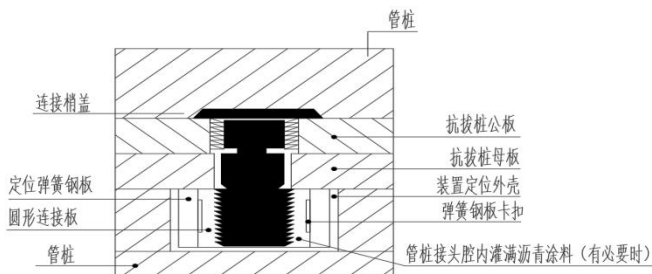


图 M.0.2 膨胀咬合式接头构造示意图

M.0.3 膨胀咬合式及插销式接头构造可参照图 M.0.3。

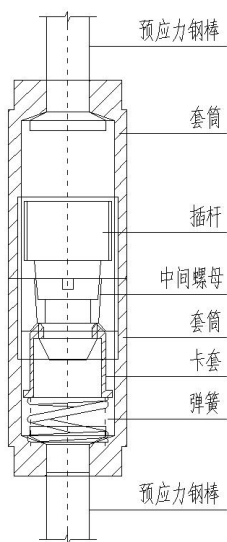


图 M.0.3 插销式接头构造示意图

附录 N 静压桩机及适用范围参数表

N.0.1 静压桩机适用范围参数表可按表 N.0.1 进行取值。

表 N.0.1 静压桩机适用范围参数表

压桩机型号 项目 (吨位)		160~180	240~280	300~360	400~460	500~600	800~1000	1200~1400
适用 管 桩	最小桩径 (mm)	300	300	400	400	500	500	600
	最大桩径 (mm)	400	500	500	550	600	800	800
单桩承载力特征值 (kN)		500~1000	800~1500	1000~1900	1500~2500	1800~2800	2800~3600	4000~4800

续表 N.0.1

压桩机型号 项目 (吨位)	160~180	240~280	300~360	400~460	500~600	800~1000	1200~1400
桩端持力层	中密~密实砂层、硬塑~坚硬粘土层	密实砂层、坚硬粘土层、全风化岩层	密实砂层、坚硬粘土层、全风化岩层	密实砂层、坚硬粘土层、全风化岩层、强风化岩层	密实砂层、坚硬粘土层、全风化岩层、强风化岩层	密实砂层、坚硬粘土层、全风化岩层、强风化岩层	密实砂层、坚硬粘土层、全风化岩层、强风化岩层
桩端持力层标贯值	20~25	20~35	30~40	30~50	30~55	35~60	30~65
穿透中密~密实砂层厚度 (m)	约 1.5	1.5~2.5	2~3	2~4	3~5	4~6	4~6

注：1 压桩机应根据工程地质条件、估算的最大压桩阻力、单桩极限承载力、入土深度及桩身强度并结合地区经验等因素综合考虑后选用；

2 最大压桩力为理论最大压桩力，压桩时压桩机提供的最大压桩力约为其机架重量和配重之和的 0.8 倍；

3 本表中静压桩机施工边、角桩及正常桩时，与邻近建（构）筑物施工的最小距离宜为 2m~5m。

附录 P 锤击法机械选择及适用范围参数表

表 P.0.1 柴油锤性能参考表

柴油锤型号	35	45	50	62	72	80	100	120
冲击体质量 (t)	3.5	4.5	5.0	6.2	7.2	8.0	10.0	12.0
锤体总质量 (t)	7.2~8.2	9.2~10.5	9.2~11.0	12.5~15.0	18.4	17.4~20.5	20.0	20.0
常用冲程 (m)	1.8~2.3	1.8~2.3	1.8~3.2	1.9~3.6	1.8~2.5	2.0~3.4	2.0~3.4	2.0~3.4
适用管桩规格	Ø300~Ø400	Ø300~Ø400	Ø400~Ø500	Ø400~Ø500	Ø500~Ø600	Ø600	>Ø600	>Ø600
单桩竖向承载力特征值适用范围 (kN)	400~1200	600~1600	800~1800	1600~2600	1800~3000	2000~3500	>3700	>3700

续表 P.0.1

柴油锤型号	35	45	50	62	72	80	100	120
桩尖可进入的 岩土层	密实砂层 坚硬土层 全风化岩	密实砂层 坚硬土层 强风化岩	强风化岩 (N>50)	强风化岩 (N>50)	强风化岩 (N>50)	强风化岩 (N>50)	强风化岩 (N>50)	强风化岩 (N>50)
常用收锤贯入 度 (mm/10 击)	20~30	20~50	20~50	20~50	30~60	30~60	70~120	70~120

注: 1 本表仅供选锤用, 选择时宜重锤低击。

2 本表适用于桩长 16m~60m, 且桩端进入硬土层有一定深度。

3 本表中的柴油锤施工时, 与邻近建(构)筑物的最小距离宜为 1.5m。

表 P.0.2 选择液压锤性能参考表

液压锤型号	5"~8"	10"~14"	14"~16"	16~20"	20~25"	25~30"
锤芯质量 (t)	5	10	14	16	20	25
	8	12	16	20	25	30
		14				
锤总重量 (t)	8.3~12.9	16.4~21	21~23.7	23.7~29.5	29.5~41.5	41.5~46.4
最大打击能(KJ)	60~120	150~210	210~240	240~300	300~375	375~450
适用管桩规格	Φ 300	Φ 400	Φ 500	Φ 700	Φ 900	Φ 1200
	Φ 400	Φ 500	Φ 600	Φ 800	Φ 1000	Φ 1400
单桩竖向承载力 特征值适用范围 (kN)	500~1500	800~1800	1600~2600	1800~3500		
桩尖可进入的岩 土层	密实砂层坚硬 土层强风化岩	强风化岩 (N>50)	强风化岩 (N>50)	强风化岩 (N>50)	强风化岩 (N>50)	强风化岩 (N>50)
常用收锤贯入度 (mm/10 击)	20-40	20-40	20-50	30-60	30-60	30-60

表 P.0.3 部分常用振动锤性能参考表

分类	型号、名称	技术性能	适用桩孔直径 (cm)	最大桩孔深度 (m)
振动打桩机	70-80 振动打桩机	激振力 70-80 (kN)	22-27	5-6
	100-150 振动打桩机	激振力 100-150 (kN)	27-33	6-7
	150-200 振动打桩机	激振力 150-200 (kN)	33-40	7-8
	ZJ40	激振力 230-260 (kN)	35-40	18
	ZJ60	激振力 280-345 (kN)	40-50	25
	DZ25	激振力 550 (kN)	40-50	25

附录 Q 植入法沉桩施工记录表

工程名称：施工 单 位：

建设单位：总包单位：

施工日期：桩 号：

桩型及规格		设计承载力特征值(kN)		配桩	
钻孔深度		实际钻孔深度		自然地面标高	
钻孔直径		扩孔部分直径		扩孔部分高度	
桩顶设计标高		桩顶实际标高		±0	
钻孔过程记录					
序号	接杆米数	开始钻孔时间	钻孔完成时间	备注	
1					
2					
修孔、扩孔及拔杆过程记录					
项目		开始时间	完成时间		
修孔过程					
扩孔过程					
拔杆过程					

植桩过程记录								
序号	桩型		植入桩机型号	开始接桩时间	接桩完成时间	开始沉桩时间	沉桩完成时间	
1								
2								
总桩长				桩校正完成时间				
备注								
水泥浆情况	桩端用水量(kg)	桩周用水量(kg)	用水量合计(kg)	桩端水泥用量(kg)	桩周水泥用量(kg)	水泥量合计(kg)	桩端水灰比	桩周水灰比
设计用量								
实际用量								
专业监理工程师： 年 月 日			专业质量检查员： 年 月 日			记录： 年 月 日		

附录 R 预制桩力学性能计算方法和算例

(以圆形预制竖向劲性体为例，其他桩型参考计算)

R.0.1 预制竖向劲性体的混凝土有效预压应力的计算按式 R.0.1-1~式 R.0.1-5。

1 预应力放张后预应力钢筋的拉应力 σ_{pt} (N/mm²)

$$\sigma_{pt} = \frac{\sigma_{con}}{1 + n' \frac{A_p}{A_c}} \quad (R.0.1-1)$$

式中： σ_{con} ——预应力钢筋的初始张拉应力，单位为牛顿每平方毫米 (N/mm²)， $\sigma_{con} = 0.7f_{ptk}$ ；

f_{ptk} ——预应力钢筋的抗拉强度，单位为牛顿每平方毫米 (N/mm²)；

A_p ——预应力钢筋的横截面积，单位为平方毫米 (mm²)；

A_c ——预制竖向劲性体混凝土的横截面积，单位为平方毫米 (mm²)；

n' ——预应力钢筋的弹性模量与放张时混凝土的弹性模量之比。

2 混凝土的徐变及混凝土的收缩引起的预应力钢筋拉应力损失 $\Delta \sigma_{p\psi}$ (N/mm²)

$$\Delta\sigma_{p\psi} = \frac{n \cdot \psi \cdot \sigma_{cpt} + E_s \cdot \delta_s}{1 + n \cdot \frac{\sigma_{cpt}}{\sigma_{pt}} \cdot (1 + \frac{\psi}{2})} \quad (R.0.1-2)$$

$$\sigma_{cpt} = \frac{\sigma_{pt} \cdot A_p}{A_c} \quad (R.0.1-3)$$

式中： σ_{cpt} ——放张后混凝土的预压应力（N/mm²）；
 n ——预应力钢筋的弹性模量与管桩混凝土的弹性模量之比；
 ψ ——混凝土的徐变系数，取2.0；
 δ_s ——混凝土的收缩率，取 1.5×10^{-4} ；
 E_s ——预应力钢筋的弹性模量（N/mm²）。

3 预应力钢筋因松弛引起的拉应力的损失 $\Delta\sigma_r$ （N/mm²）

$$\Delta\sigma_r = \gamma_0 \cdot (\sigma_{pt} - 2\Delta\sigma_{p\psi}) \quad (R.0.1-4)$$

式中： γ_0 ——预应力钢筋的松弛系数，取2.5%。

4 预应力钢筋的有效拉应力 σ_{pe} （N/mm²）

$$\sigma_{pe} = \sigma_{pt} - \Delta\sigma_{p\psi} - \Delta\sigma_r \quad (R.0.1-5)$$

5 预制竖向劲性体混凝土的有效预压应力 σ_{ce} （N/mm²）

$$\sigma_{ce} = \frac{\sigma_{pe} \cdot A_p}{A_c} \quad (R.0.1-6)$$

R.0.2 预制竖向劲性体抗裂弯矩 M_{cr} 按式 C.2-1~式 C.2-3 计算

$$M_{cr} = (\sigma_{ce} + \gamma f_{tk}) \times W_0 \quad (R.0.2-1)$$

式中： M_{cr} ——按荷载效应的标准组合计算的弯矩值（kN·m）；
 γ ——考虑离心工艺影响及截面抵抗矩塑性影响的综合因素，对 C60 取 $\gamma=2.0$ ，对 C80 取 $\gamma=1.9$ ；
 f_{tk} ——混凝土抗拉强度标准值（N/mm²）；
 W_0 ——截面换算弹性抵抗矩（mm³）；

$$W_0 = 2 \frac{I_0}{D} \quad (\text{R.0.2-2})$$

$$I_0 = \frac{\pi(r_2^4 - r_1^4)}{4} + \frac{(\frac{E_s}{E_c} - 1)A_p r_p^2}{2} \quad (\text{R.0.2-3})$$

式中： I_0 ——预制竖向劲性体截面惯性矩（ mm^4 ）；

r_p ——预应力钢筋所在圆周的半径（ mm ）；

E_s ——钢筋弹性模量（ N/mm^2 ）；

E_c ——混凝土弹性模量（ N/mm^2 ）。

R.0.3 极限弯矩 M_u 按式 N.0.3-1~式 N.0.3-3 计算。

$$M_u = \alpha_l f_{ck} A (r_1 + r_2) \frac{\sin \pi \alpha}{2\pi} + f_{py} A_p r_p \frac{\sin \pi \alpha}{\pi} + (f_{ptk} - \sigma_{p0}) A_p r_p \frac{\sin \pi \alpha_t}{\pi} \quad (\text{R.0.3-1})$$

$$\alpha = \frac{0.55 \sigma_{p0} A_p + 0.45 f_{ptk} A_p}{\alpha_l f_{ck} A + f_{py} A_p + 0.45 (f_{ptk} - \sigma_{p0}) A_p} \quad (\text{R.0.3-2})$$

$$\alpha_t = 0.45(1 - \alpha) \quad (\text{R.0.3-3})$$

式中： M_u ——预制竖向劲性体极限弯矩（ $\text{kN} \cdot \text{m}$ ）；

A_c ——预制竖向劲性体横截面面积（ mm^2 ）；

A_p ——全部纵向预应力钢筋的横截面积（ mm^2 ）；

r_1 、 r_2 ——预制竖向劲性体环形截面的内、外半径（ mm ）；

r_p ——纵向预应力钢筋分布圆的半径（ mm ）；

α_l ——混凝土矩形应力图的应力值与轴心抗压强度设计值之比，对 C60 取 $=0.98$ ，对 C80 取 $=0.94$ ；其间按线性内插法确定；

α ——矩形应力图中，混凝土受压区面积与全截面面积的比值；

α_t ——矩形应力图中，纵向受拉预应力钢筋达到屈服强

度的钢筋面积与全部纵向预应力钢筋截面面积的比值；

f_{ck} ——混凝土轴心抗压强度标准值（N/mm²）；

f_{ptk} ——预应力钢筋抗拉强度标准值（N/mm²）；

f_{py}' ——预应力钢筋抗压强度标准值（N/mm²）；

σ_{po} ——预应力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时的预应力钢筋应力。

R.0.4 预制竖向劲性体结构竖向抗压承载力设计值 R_p 按式 N.4 计算。

$$R_p = \varphi_c f_c A \quad (R.0.4)$$

式中： R_p ——强度确定的竖向抗压承载力设计值（kN）；

φ_c ——预制竖向劲性体沉桩工艺系数，本规程取 0.7。

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值（N/mm²）；

A ——预制竖向劲性体横截面面积（mm²）；

R.0.5 预制竖向劲性体的理论重量 G 按式 N.0.5 计算。

$$G = \rho A_c \quad (R.0.5)$$

取混凝土密度： $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$ 。

N.0.6 预制竖向劲性体吊装验算时，劲性的最大长度 l 按式 N.0.6 计算。

$$\mu M \leq M_{cr} \quad (R.0.6)$$

式中： M ——吊装时正截面弯矩（kN·m），当采用两端钩吊法时 $M = ql^2/8$ ；

q ——预制竖向劲性体米重（kN/m）；

l ——预制竖向劲性体长度（m）；

M_{cr} ——预制竖向劲性体脱模时的抗裂弯矩（kN·m）；

μ ——起吊动力系数，宜取 $\mu=1.5$ 。

R.0.7 算例 1 PST-400-60 力学性能

以外径 400mm，壁厚 60mm，混凝土等级 C60 的劲性体为算例，计算其力学性能及起吊长度验算。

设预应力钢筋取 7 ϕ 10.7，则有：

预应力钢筋面积： $A_p=90 \times 7=630\text{mm}^2$

预制竖向劲性体横截面面积：

$$A=\frac{\pi}{4}[400^2-(400-2 \times 60)^2]=64088\text{mm}^2$$

预制竖向劲性体混凝土横截面面积：

$$A_c=64088-630=63458\text{mm}^2$$

C60 混凝土的弹性模量 $E_c=36000\text{ MPa}$ ，预应力钢筋的弹性模量 $E_s=200000\text{ MPa}$

放张时预应力混凝土钢筋与放张时混凝土（C45）的弹性模量之比：

$$n'=\frac{E_s}{E_c}=\frac{200000}{33500}=5.970$$

纵向预应力钢筋分布圆的半径 $r_p=D_p/2=340/2=170\text{ mm}$ 。

配筋 7 ϕ 10.7 的 400（60）劲性体的混凝土有效预压应力值、抗裂弯矩值、极限弯矩值、竖向抗压承载力设计值计算如下：

R.0.8 混凝土有效预压应力计算：

1 预应力放张后预应力钢筋的拉应力：

$$\sigma_{pt}=\frac{\sigma_{con}}{1+n'\frac{A_p}{A_c}}=\frac{0.7 \times 1420}{1+5.970 \times \frac{630}{63458}}=938.38\text{MPa}$$

放张后混凝土预压应力:

$$\sigma_{\text{cpt}} = \frac{\sigma_{\text{pt}} \cdot A_{\text{p}}}{A_{\text{c}}} = \frac{938.38 \times 630}{63458} = 9.32 \text{MPa}$$

混凝土的蠕变及收缩引起的预应力钢筋拉应力强度损失:

$$\begin{aligned} \Delta \sigma_{\text{p}\psi} &= \frac{n \cdot \psi \cdot \sigma_{\text{cpt}} + E_{\text{s}} \cdot \delta_{\text{s}}}{1 + n \cdot \frac{\sigma_{\text{cpt}}}{\sigma_{\text{pt}}} \cdot (1 + \frac{\psi}{2})} \\ &= \frac{\frac{200000}{36000} \times 2 \times 9.32 + 200000 \times 0.00015}{1 + \frac{200000}{36000} \times \frac{9.32}{938.38} \times (1 + \frac{2.0}{2})} = 120.25 \text{MPa} \end{aligned}$$

预应力钢筋因松弛引起的拉应力强度损失:

$$\Delta \sigma_{\text{r}} = \gamma_0 \cdot (\sigma_{\text{pt}} - 2 \Delta \sigma_{\text{p}\psi}) = 2.5\% \times (938.38 - 2 \times 120.25) = 17.45 \text{MPa}$$

预应力钢筋的有效拉应力:

$$\sigma_{\text{pe}} = \sigma_{\text{pt}} - \Delta \sigma_{\text{p}\psi} - \Delta \sigma_{\text{r}} = 938.38 - 120.25 - 17.45 = 800.68 \text{MPa}$$

则混凝土有效预压应力值为:

$$\sigma_{\text{ce}} = \frac{\sigma_{\text{pe}} \cdot A_{\text{p}}}{A_{\text{c}}} = \frac{800.68 \times 630}{63458} = 7.95 \text{MPa}$$

2 预制竖向劲性体抗裂弯矩 M_{cr} 计算

$$\begin{aligned} I_0 &= \frac{\pi(r_2^4 - r_1^4)}{4} + \frac{(\frac{E_{\text{s}}}{E_{\text{c}}} - 1)A_{\text{p}}r_{\text{p}}^2}{2} \\ &= \frac{\pi(200^4 - 140^4)}{4} + \frac{[(\frac{200000}{36000} - 1) \times 630 \times 170^2]}{2} = 99639003 \text{mm}^4 \\ W_0 &= 2 \frac{I_0}{D} = \frac{2 \times 99639003}{400} = 4981950.02 \text{mm}^3 \end{aligned}$$

则:

$$M_{\text{cr}} = (\sigma_{\text{ce}} + \gamma f_{\text{tk}}) \times W_0 = \frac{(7.95 + 2.0 \times 2.85) \times 4981950.02}{10^6} = 66.6 \text{kN} \cdot \text{m}$$

3 极限弯矩 M_u 计算

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{0.55\sigma_{p0}A_p + 0.45f_{ptk}A_p}{\alpha_l f_{ck}A + f_{py}A_p + 0.45(f_{ptk} - \sigma_{p0})A_p} \\ &= \frac{0.55 \times 800.68 \times 630 + 0.45 \times 1420 \times 630}{0.98 \times 38.5 \times 64088 + 400 \times 630 + 0.45 \times (1420 - 800.68) \times 630} = 0.2390 \\ \alpha_t &= 0.45(1 - \alpha) = 0.45 \times (1 - 0.2390) = 0.3425 \\ M_u &= \alpha_l f_{ck}A(r_1 + r_2) \frac{\sin \pi \alpha}{2\pi} + f_{py}A_p r_p \frac{\sin \pi \alpha}{\pi} + (f_{ptk} - \sigma_{p0})A_p r_p \frac{\sin \pi \alpha_t}{\pi} \\ &= 0.98 \times 38.5 \times 64088 \times (200 + 140) \times \frac{\sin 0.2390\pi}{2\pi} + 400 \times 630 \times 170 \times \frac{\sin 0.2390\pi}{\pi} \\ &\quad + (1420 - 800.68) \times 630 \times 170 \times \frac{\sin 0.3425\pi}{\pi} \\ &= 117.1 \text{ kN} \cdot \text{m}\end{aligned}$$

4 预制竖向劲性体竖向抗压承载力设计值 R_p 计算

$$R_p = \varphi_c f_c A = 0.7 \times 27.5 \times 64088 = 1234 \text{ kN}$$

5 理论重量 G 计算

混凝土密度取 $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$,

$$\text{则 } G = \rho A_c = 2500 \times 64088 = 160 \text{ kg/m}$$

6 采用两端钩吊时, 最大起吊长度 l 计算

由 $\frac{1}{8}ql^2 \times \mu \leq M_{cr}$ 得, $l \leq \sqrt{\frac{8M_{cr}}{q\mu}}$, 其中 $q = 160 \times 9.8 \times 10^{-3} = 1.568 \text{ kN/m}$

$$q = 160 \times 9.8 \times 10^{-3} = 1.568 \text{ kN/m}, \text{ 动力系数 } \mu = 1.5, \text{ 则 } l \leq \sqrt{\frac{8M_{cr}}{q\mu}} =$$

$$\sqrt{\frac{8 \times 66.6}{1.568 \times 1.5}} = 15.05 \text{ m}, \text{ 取 } l = 15 \text{ m}。$$

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 条文中指明应按其他相关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476;
- 2 《先张法预应力离心混凝土异型桩》GB 31039;
- 3 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202;
- 4 《建筑地基基础设计规范》GB 50007;
- 5 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204;
- 6 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205;
- 7 《混凝土结构设计规范》GB 50010;
- 8 《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046;
- 9 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330;
- 10 《建筑基坑工程检测技术规范》GB 50497;
- 11 《复合地基技术规范》GB/T 50783;
- 12 《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81;
- 13 《建筑桩基技术规范》JGJ 94;
- 14 《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106;
- 15 《预应力混凝土空心方桩》JG/T 197;
- 16 《薄壁钢管混凝土管桩》JG/T 272;
- 17 《劲性复合桩技术规程》JGJ/T 327;
- 18 《水泥土复合管桩基础技术规程》JGJ/T 330;
- 19 《随钻跟管桩技术规程》JGJ/T 344;
- 20 《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406;
- 21 《预应力混凝土方桩》JC 934;
- 22 《港口工程混凝土结构设计规范》JTJ 267;
- 23 《建筑地基基础设计规范》DBJ13-07;
- 24 《先张法预应力混凝土管桩基础技术规程》DBJ13。

福建省工程建设科学技术标准化协会标准

预制桩工程技术规程

T 13/FJECSA 003-2019

条 文 说 明

目 次

1 总 则	126
2 术语和符号	127
3 基本规定	128
4 设 计	129
4.1 一般规定	129
4.2 桩基工程	132
4.3 地基处理	134
4.4 支护工程	135
4.5 防腐设计	137
4.6 水泥土劲性复合桩	138
5 施 工	140
5.1 一般规定	140
5.5 振动法	140
5.6 植桩法	140
5.7 接桩与截桩	141
6 质量检验与验收	142
6.1 质量检验	142

1 总 则

1.0.1 本规程的预制桩包括钢筋混凝土预制桩及钢管混凝土预制桩。

2 术语和符号

2.1 术语

本规程术语部分，根据预制混凝土桩的强度、形状、桩身性能要求等，针对目前行业内使用频次较高的桩型进行了标准化规定。

3 基本规定

3.0.1 本条为桩基设计的基本条件，在综合考虑地质条件、结构形式、荷载特征、使用功能、施工条件，了解工程所在地的预制桩生产条件和能力能否匹配设计要求的基础上，选择合理桩型和持力层、计算承载力、合理布桩。

3.0.2 设计过程对预制桩的施工工艺选择应综合考虑场地的适应性及周边环境对施工条件的限制。

4 设 计

4.1 一般规定

4.1.2 二、三类环境桩基结构耐久性设计，对于混凝土的基本要求应根据现行《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定执行，最大水灰比、最小水泥用量、混凝土最低强度等级、混凝土的最大碱离子含量、最大碱含量应符合相应的规定。防腐作法应严格按照《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 预制桩相关章节规定要求。

4.1.3 本条说明预制桩各种截面形式与选型的相关内容。应正确理解各类桩截面形式的特点，如预应力空心方桩与管桩在相同边长或直径的情况下，空心方桩与周围土体的接触面更大，则侧摩阻力更高；预应力实心方桩在抗腐蚀和抗剪方面性能更优；预制竖向劲性体适合在地基处理中使用，其配筋不用考虑水平荷载的影响，只需考虑吊装和施工要求；护壁桩独特的凹槽构造设计，在凹槽内灌入水泥浆或水泥砂浆能起到一定的止水效果；超高强混凝土管桩（C105-C125）不仅可解决管桩穿透密实砂层、粘土层问题，还可使管桩竖向抗压承载力得到充分发挥，在桩基础工程中更具明显的优势。

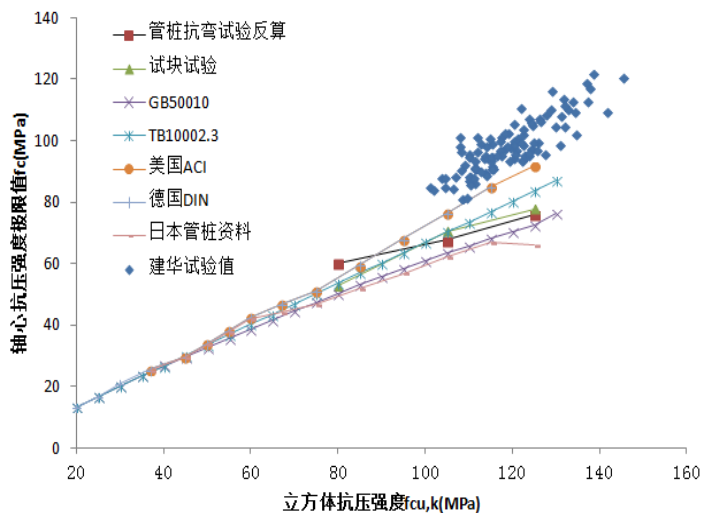


图 4.1.3-1 轴心抗压强度结果对比图

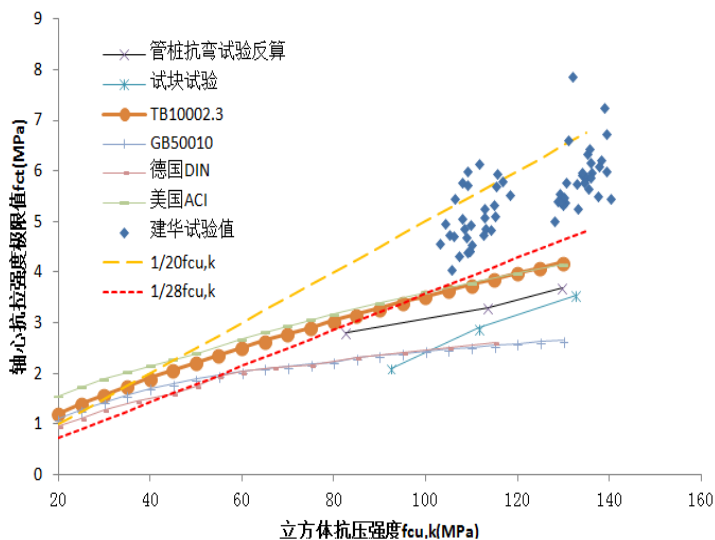


图 4.1.3-2 轴心抗拉强度结果对比图

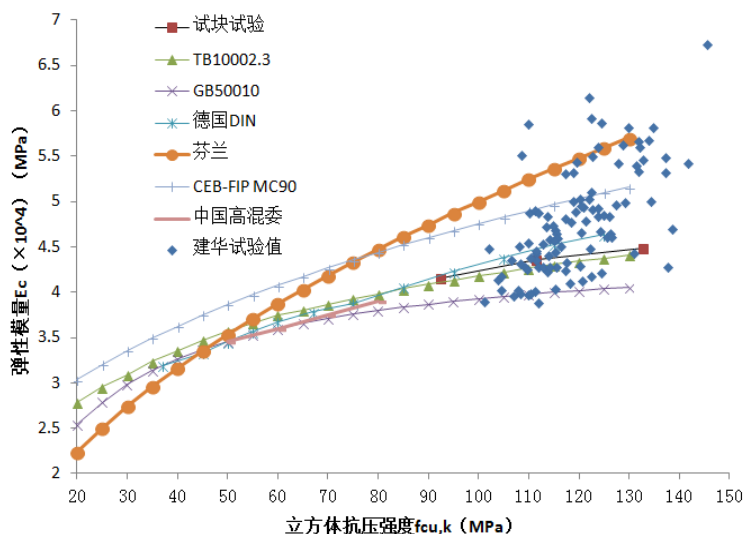


图 4.1.3-3 弹性模量对比图

从上述试验数据中可以看出, (1) 高强混凝土的轴心抗压强度、轴心抗拉强度以及弹性模量都随强度等级的提高而增长, 但增长幅度各有不同。抗拉强度以及弹性模量增长幅度与比例远低于抗压强度的提高。(2) 根据两组试验结果, 对于高强混凝土 (C80 以后) 轴心抗压强度, 建议采用 GB50010 顺延结果进行计算评价, 以此得出超高强混凝土管桩抗压承载力推荐值; 对于轴心抗拉强度, 建议保守选取 1/28 倍立方体抗压强度; 对于弹性模量, 建议采用德国规范的评价指标。

4.1.4 预制桩的机械连接是预制桩工程的重要组成部分, 接头的连接质量与强度影响到桩基工程的施工安全与质量。预制桩的连接主要通过端板焊接、机械连接或端板焊接与机械连接组合连接等方式, 不同的连接方式对施工质量的控制及现场施工人员的水平要求也不一样。接头不管采用哪种形式的机械连接, 均要求满足与设计要求的等强度设计要求。目前机械连接的做法较为多样, 原则上设计

过程应根据项目的情况合理选用，本规程仅仅将目前福建地区市面上常用的机械连接做法做了介绍，设计单位应根据工程情况合理选用。

4.2 桩基工程

4.2.3 桩基最小中心距规定主要基于两个因素，其一是减小群桩效应，有效发挥桩的承载力。一般来说，桩间距越小，桩基相互影响越明显，桩基的承载力和支承刚度因桩土互相作用而降低。其二是减小沉桩工艺对桩身质量的影响。对预制桩而言，通常采用锤击或静压施工，为挤土桩，为减小挤土负面效应，在饱和粘性土和密实土层条件下，桩距应适当加大，特别是对于桩的排列与数量较多的群桩。当采用挤土效应非常小的植入法沉桩，桩间距可参照非挤土桩的间距要求。

关于桩端持力层选择和进入持力层的深度要求。桩端持力层是影响桩基承载力的关键性因素，不仅制约桩端阻力而且影响侧阻力的发挥，因此选择较硬土层为桩端持力层至关重要；其次，应保证桩端进入持力层的深度，有效发挥其承载力。进入持力层的深度除考虑承载性状外应同沉桩工艺可行性相结合。

4.2.5 坡地、岸边建筑桩基的设计，关键是确保其整体稳定性，一旦失稳既影响自身建筑物的安全也会波及相邻建筑的安全。整体稳定性涉及这样三个方面问题：一是建筑场地必须是稳定的，如果存在软弱土层或岩土界面等潜在滑移面，必须将桩支承于稳定岩土层以下足够深度，并验算桩基的整体稳定性和基桩的水平承载力；二是建筑桩基外缘与坡顶的水平距离必须符合有关规范规定；边坡自身必须是稳定的或经整治后确保其稳定性；三是成桩过程不得产生挤土效应。

4.2.6 桩基水平位移包括长期水平荷载、高烈度区水平地震作用以及风荷载等引起的水平位移。

4.2.8 目前对单桩竖向极限承载力计算受土强度参数、成桩工艺、计算模式不确定性影响的可靠度分析仍处于探索阶段的情况下,单桩竖向极限承载力仍以静载试验为最可靠的确定方法,其次是利用地质条件相同的试桩资料 and 原位测试及端阻力、侧阻力与土的物理指标的经验关系参数确定。单桩竖向极限承载力的确定要把握两点,一是以单桩静载试验为主要依据,二是要重视综合判定的思想。试验单桩极限承载力标准值指通过不少于 2 根的单桩现场静载试验确定的,反映特定地质条件、桩型与工艺、几何尺寸的单桩极限承载力代表值。计算单桩极限承载力标准值指根据特定地质条件、桩型与工艺、几何尺寸、以极限侧阻力标准值和极限端阻力标准值的统计经验值计算的单桩极限承载力标准值。

关于植桩法采用的填充砂浆料强度普遍高于桩侧土的强度,故侧阻力极限值经验参数取值暂按灌注桩对应的参数进行参考设计,实际偏保守。在实际工程数据得到一定的数量之后再行对本条文的数据进行修改。

目前行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008 中的预应力管桩成桩工艺系数取值为 0.85, 国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011 预应力管桩取为 0.55~0.65。由此可见,目前各规范关于预应力管桩桩身强度的计算和成桩工艺系数取值存在一些差异,根据表中所列预应力混凝土管桩桩身强度计算公式计算得到的数值差别较大,考虑到近年来新型沉桩工艺的发展,本规程取值 0.8~1.0。预应力桩工艺系数取值应关注桩身出厂质量并考虑场地条件、施工方式等因素。施工工艺对沉桩完成后的工程桩桩身质量取值影响较大,故建议设计师综合考虑施工工艺的影响,针对不同的施工工艺对单桩承载力进行折减。抱压及锤击施工对桩身影响较大,故建议取低值;顶压施工取中值;而采用植桩等非挤土工艺沉桩,对桩身影响较小,故建议取高值。

4.2.12 预制桩作为抗拔桩使用,除了桩身满足抗拔要求,此外还应该考虑包括焊接强度、端头板厚度以及桩顶与承台的连接构造

(包括填芯、插筋等)。从理论计算来看, 端板与预应力钢棒连接强度是抗拔桩的薄弱环节, 当预制桩作为抗拔桩的时候, 宜对端板厚度做适当的加强。当采用空心预制桩作抗拔桩时候, 预制桩内采用微膨胀混凝土填芯并内设插筋是预制桩与承台连接较好的方式。本规程规定的多种计算方式, 供设计师在设计抗拔桩过程中可能产生的不利节点处的计算提供计算依据, 确保整体设计过程, 连接处的构造能满足工程抗拔需求。当实心桩作为抗拔桩, 应采用合理的机械连接以确保工程质量可靠性。

4.3 地基处理

4.3.1 近年来, 以预制桩作为竖向劲性体(又称增强体)的多桩型复合地基在地基处理工程中得到广泛应用。如湿陷性黄土地区, 先采用挤土的灰土桩处理湿陷性, 再施工预制桩形成复合地基或作为桩基; 或者再如液化土, 先采用碎石桩挤密消除液化, 再施工预制桩形成复合地基或作为桩基。《复合地基技术规范》GB/T50783 提出了多种复合地基形式, 选用合适的复合地基形式可以取得较好的社会效益和经济效益。

4.3.2 在深厚软土地基, 为了减小复合地基的沉降, 应采用较长的桩体, 尽量减小加固区下卧土层的压缩量, 可采用刚度较大的桩体形成复合地基。劲性体及其他形式的预制刚性桩非常契合相关规定的高强度、长桩长的技术设定。

4.3.3 相对于桩基而言, 复合地基中桩间距的确定可适当放宽。

4.3.4 复合地基需要设置褥垫层, 但褥垫层设置的厚度, 目前尚缺乏系统研究并且认识存在分歧。理论分析与模型试验结果表明, 桩径确定后, 在桩间距(或置换率)不变的前提下, 褥垫层厚度与单桩承载力发挥度密切关联, 厚度越大劲性体单桩承载力发挥度越小。但对刚性基础条件下刚性桩复合地基而言, 褥垫层厚度较小, 桩间土承载力发挥度较小, 可能影响地基处理的经济性。因此, 褥垫层

厚度应根据桩的间距或者置换率、桩的竖向变形刚度、上部结构对沉降的要求等综合确定。夯填度为夯实后的厚度与虚铺厚度的比值。本条规定基于垫层材料产生滑动的一般性认识和工程经验，设计时可根据具体情况选用。建议房建的软土地基处理采用此数值，市政道路的地基处理可适当调整。

4.3.5 地基处理工程中，劲性体的桩身配筋要考虑生产及施工过程吊运可能产生的影响。

4.3.7 应考虑施工时的挤土效应可能引起增强体的偏位、倾斜、桩身上浮等问题，这些问题都将影响单桩承载力和地基处理效果。

4.4 支护工程

4.4.1 当预制桩作为支护工程桩的时候，应注意综合考虑地质及施工因素。

4.4.2 根据天津大学郑刚等（2017）的研究，典型混合配筋预应力混凝土管桩与普通 A 型预应力混凝土管桩滞回曲线如图 1 所示。桩身位移延性系数 2.6~3.9，平均值为 3.25，混合配筋管桩的变形延性和耗能能力比普通管桩显著提高。

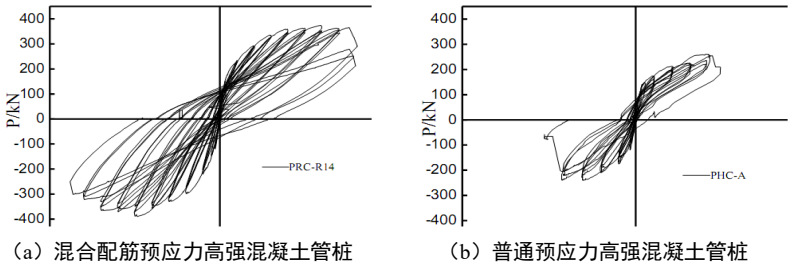


图 1 管桩滞回曲线图

4.4.3~4.4.5 预制桩运用于基坑支护工程在我国已经有 10 多年的历史，为了保证预制桩基坑工程的安全，促进预制桩支护技术的健康发展，对基坑工程中的支护形式做一些限制。有条件的地区，在逐步积累经验后可以适当放宽适用范围。当计算的挠度或挠曲变形

超过限制要求时，可以采用增加锚杆或支撑排数、减少排桩间距、调整管桩直径等方法减少扰度或扰曲变形值。

4.4.6 用于支护的预制桩原则上宜采用单节桩，当需要接桩时应严格控制接头数量。排桩间距要求主要考虑排桩外侧土体形成拱效应的条件。

4.4.7 由于支护的预制桩主要承受水平力产生的弯矩和剪力，其所承受的弯矩和剪力远高于用于建筑桩基础的接头要求。预制桩的连接主要是通过端板焊接、机械连接或端板焊接与机械连接组合连接等方式，不同的连接方式的接头抗弯性能也不一致，对于现场施工人员的水平要求也不一样。故为控制接头的连接质量，确保基坑的稳定，接头不管采用哪种连接形式，均应满足与桩身等强度的设计要求，且接桩位置不宜设在计算最大弯矩或剪力的位置。

4.5 防腐设计

4.5.2 预制钢筋混凝土桩（实心桩）的混凝土密实性高，质量容易控制。近年来，由于离心成型工艺方法的完善及高强混凝土的发展，包含预应力混凝土管桩在内的预制桩在沿海地区的工业与民用建筑中逐步得到推广使用。预制桩具有强度高、施工工期短、造价低等优势，已成为沿海地区常用的桩基础形式之一。而在填海造地的区域，一般地基均存在一定的腐蚀性，为满足耐久性的要求，行业内对预制桩的耐久性性能进行了研究，通过调整混凝土配方，增加保护层厚度，改变接头的连接形式，使得预制桩在腐蚀环境下的耐久性有了提高。标准组通过调研，并收集了多组针对预制桩混凝土的试验和检测资料，证明采取一定措施后，混凝土桩可以在一定的腐蚀环境中满足耐久性的要求。根据不同的技术要求，离心成型空心桩的品种有数种，预应力混凝土异型管桩和预应力空心方形管桩等可参照本规程对管桩的规定执行。在 pH 值为强腐蚀时，要有一定的限制。如在某些酸性介质作用下，混凝土的抗渗性能也无法抵御酸性介质的侵蚀。因此，pH 值为强腐蚀条件下，如超过一定限值，需经专门研究。

4.5.3 本规程对混凝土桩身的防护提出三种并列的措施。当有防腐要求时，可组合采用，采用其中一种措施是最低的要求。表 4.5.3 注 2 所述的混凝土也包括普通混凝土。在硫酸根离子、氯离子介质腐蚀条件下，提出桩身采用耐腐蚀材料制作的措施是个治本的办法，当已能满足防腐蚀性能要求时，可以不再考虑其他防护措施。

在硫酸根离子介质腐蚀条件下，桩身可采用抗硫酸盐硅酸盐水泥混凝土或掺入抗硫酸盐的外加剂、矿物掺和料的普通硅酸盐水泥混凝土制作。

在氯离子介质腐蚀条件下，可在混凝土内掺入钢筋阻锈剂、矿物掺和料。采用抗硫酸盐硅酸盐水泥和掺入抗硫酸盐的外加剂、钢筋阻锈剂、矿物掺和料等外加剂。

本规程对于混凝土桩采用增加混凝土腐蚀裕量的方法,是为了保证桩基在腐蚀环境下的使用安全,在结构计算或构造所需要的截面尺寸以外增加的腐蚀损耗预见量,欧洲规范称之为“牺牲层”,结构计算时不能考虑。腐蚀裕量是一种传统的方法,目前钢桩就是采用此法。其数值参照国内外有关资料确定,是最小下限要求。硫酸根离子和酸性介质(pH 值)对混凝土的腐蚀,本规程采用了增加混凝土腐蚀裕量的措施;而氯离子是对钢筋的腐蚀,不推荐采用增加混凝土腐蚀裕量的措施。当预制桩需要采取表面防护措施时,桩表面可采用环氧沥青、聚氨酯(氰凝)的涂层。这些涂层在国内均有使用经验,在细粒土的地层中,打桩时一般不会完全磨损,上部桩基本无磨损。另外,在此次修编过程中收集了大量混凝土耐久性试验资料,相对于蒸压工艺的构件,免蒸压工艺生产的预制构件有一定的耐久性优势。当腐蚀等级为强时,混凝土灌注桩因混凝土硬化之前过早与腐蚀性介质接触,所以不宜采用。建议进行论证研究后,采取可靠措施时采用。

4.5.5 预制桩的接桩处是耐久性的薄弱环节,故接桩数量应尽量减少,接桩位置宜位于非腐蚀性土层中且构造应严密。处于腐蚀环境中空心桩的接头,推荐采用钢制接桩零件不外露的机械式连接,并将接缝处采用环氧树脂密封,防止腐蚀性介质进入桩内,避免形成连接处内外双面受腐蚀作用的不利情况。接桩的机械连接方式可采用抱箍式接头、膨胀咬合接头和插销式接头连接等机械连接形式。接桩方式不能采用硫磺胶泥连接,对抗地震不利。

接桩钢零件采用耐磨涂层防护时,可选择“快干型”的涂料。

4.6 水泥土劲性复合桩

4.6.4 劲性复合桩的芯桩可分为长芯、短芯及等芯复合桩,但芯桩的有效桩长原则上不小于 6m。

4.6.5 本条在估算劲性复合桩的承载力时，考虑了两种破坏模式，即芯桩与外芯之间接触面的破坏以及桩周土的破坏。本条提供的劲性复合桩侧阻力特征值、劲性复合桩端阻力特征值的取值及外芯侧阻力调整系数、端阻力调整系数是根据 25 个工程的完整实测资料及大量的工程实践经验确定的。劲性复合桩复合段内芯侧阻力特征值取水泥土室内试块无侧限抗压强度的（0.04~0.08）倍。对于劲性复合桩分段复合的情况，承载力计算时，可将分段复合桩分为长芯桩、等芯桩或短芯桩的组合形式，按各段桩型计算承载力后相加得到。

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.1~5.1.2 施工前的资料准备应综合考虑多种因素，一是地形、地质条件等，可以作为选择合适施工设备的依据；二是场地现状及周围环境，包括影响桩基施工的高压架空线、地下电缆、地下管线、位于桩位处的旧建筑物基础、杂填土中的石块、地下构筑物等资料，同时考虑施工对周边环境的影响。

5.1.4 在本条的地质条件下使用预制桩，一般建议采用引孔、射水及植桩。引孔对于易产生塌孔及产生偏孔的地质条件不建议使用，射水容易对周边环境产生影响且射水的可靠性较低，具有较大的局限性。植桩法为近几年出现的适用性较强的工艺，合理的使用可解决类似的地质条件问题。

5.1.5 福建地区地质较为多变，施工过程应关注沉桩异常。沉桩异常一般与地质、设计、施工、预制桩质量等有关，遇到本条所列情况之一均应先暂停打桩并及时报设计、监理等有关人员，以便进行原因分析，研究采取合理的解决措施。

5.5 振动法

5.5.1 振动法沉桩适用于摩擦型桩、植入法沉桩、基坑支护桩，适用的地层包括软黏土、黏性土、砂土、砾石等。

5.6 植桩法

5.6.1 目前，植桩已经在福建部分区域使用，整体效果较好，部分工程使用中存在“吊脚桩”的问题。成孔完成后应严格按照标准对孔

底进行清渣处理；对于复杂的地质，采用同步植入注浆管，并使用后注浆工艺能有效解决此技术工艺问题。

5.7 接桩与截桩

5.7.1 预制桩接桩时需要的时间较长，停歇在接近硬土层（碎石、卵石、砂层）的预制桩再进行沉桩时，易造成沉桩困难的情况，影响桩基质量。

5.7.5 预制桩截桩应采用锯桩器。先行锯桩应采取有效措施防止桩头开裂。若截桩时出现严重的裂缝应继续下移截桩，将裂缝段去除。

6 质量检验与验收

6.1 质量检验

6.1.4 由于施工方法或工序不合理,或未结合地质条件科学合理地选择桩型,不少工程出现诸如浮桩或桩偏位等问题。故应通过加强监测来控制工程质量。

6.1.7~6.1.10 在本规程中,预制桩的三种使用方式,分别为基础中的桩基,复合地基处理中的桩基及支护结构中的桩基。以上工程都需要对工程桩桩身质量完整性和单桩承载力进行抽检。单桩承载力检测,包含单桩竖向抗压承载力,单桩竖向抗拔承载力和单桩水平承载力。检测单桩竖向抗压承载力可采用静载试验和高应变法,检测桩身质量完整性可采用低应变法和高应变法。

此外,本规程规定,对水泥土桩中植入预制桩的桩基础,应采用静载试验对水泥土复合桩的单桩承载力进行试验;对预制桩复合地基,还应进行复合地基平板载荷试验,对设计要求消除地基液化、湿陷性,应进行桩间土的液化、湿陷性检验。

