

云南省工程建设地方标准

预应力混凝土实心方桩应用技术规程

Technical Specification for Prestressed
Concrete Solid Square Piles

DBJ 53/T—90—2018

主编单位：强力控股集团股份有限公司

云南建筑技术发展中心

批准部门：云南省住房和城乡建设厅

施行日期：2018 年 9 月 1 日

云南出版集团公司

云南科技出版社

2018 昆 明

云南省工程建设地方标准
预应力混凝土实心方桩应用技术规程

Technical specification for Prestressed Concrete Solid Square Piles
DBJ 53/T—90—2018

*

云南出版集团公司
云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼, 邮编: 650034)
昆明市五华区理焯教育印务有限公司印制 全国新华书店经销
开本: 850mm × 1168mm 1/32 印张: 2.875 字数: 72 千字

2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 2000 册 定价: 28.00 元

统一书号: 175587 · 012

版权所有 翻印必究

云南省住房和城乡建设厅文件

云建标〔2018〕94号

云南省住房和城乡建设厅关于 发布预应力混凝土实心方桩应用 技术规程的通知

各州、市住房和城乡建设局，滇中新区规划建设管理部，有关单位：

《预应力混凝土实心方桩应用技术规程》已经省住房城乡建设厅审查通过，现批准为云南省工程建设地方标准，编号为DBJ53/T-90-2018。本标准自2018年9月1日起实施。

本标准由云南省住房和城乡建设厅负责管理，云南建筑技术发展中心负责解释。

云南省住房和城乡建设厅

2018年5月8日

前 言

本规程是根据云南省住房和城乡建设厅《关于印发云南省2014年工程建设地方标准制订修订计划的通知》（云建标函〔2014〕221号）的要求，由强力控股集团股份有限公司、云南建筑技术发展中心会同有关单位共同编制而成。

本规程共有6章7个附录，主要内容有：总则，术语和符号，产品规格、构造、制作和质量要求，设计，施工，工程质量检验、监测与验收。考虑到先张法预应力混凝土实心方桩的产品属性，特将其产品参数、图例在附录中表述。

本规程由云南省住房和城乡建设厅负责管理，由强力控股集团股份有限公司和云南建筑技术发展中心负责具体内容解释。在执行过程中，请各单位结合工程实践，总结经验，并将意见和建议反馈给强力控股集团股份有限公司（地址：昆明市官渡区新亚洲体育城星都总部基地B幢1单元12层技术部，邮编：650206）或云南建筑技术发展中心（地址：昆明市西昌路169号，邮编：650034）。

本规程主编单位：强力控股集团股份有限公司
云南建筑技术发展中心

本规程参编单位：云南省设计院集团
昆明市建筑设计研究院有限公司
云南省建筑工程设计院
昆明理工大学
云南人防建筑设计院有限公司

本规程主要起草人：盛晓宁 刘建华 吴 丹 何 喜
胡炳新 潘 文 张志强 王宏伟

董卫青	李 超	邵云海	刘梦琼
褚青青	范文华	杨继明	孔红萍
翟联金	杨 柱	杨 严	潘 哲
李春平	黎永宁	李 达	李永逵
吴汝莉	杨光华		

本规程主要审查人：	甘永辉	曾 建	许卫强	余稚明
	徐国民	苏 力	丁 玎	谢宇翔

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	2
3	规格、构造、制作和质量要求	5
3.1	规格分类	5
3.2	构 造	6
3.3	制作要求	6
3.4	产品质量要求	8
4	设 计	10
4.1	一般规定	10
4.2	桩基承载力计算	14
4.3	桩身承载力计算	17
4.4	桩基抗震验算	17
4.5	桩基构造	18
5	施 工	20
5.1	一般规定	20
5.2	实心方桩的吊运与堆放	22
5.3	静压法沉桩	23
5.4	锤击法沉桩	24
5.5	实心方桩的拼接	26
5.6	承台施工	27
6	工程质量检验、监测与验收	29
6.1	一般规定	29
6.2	质量检验	29

6.3	工程监测	31
6.4	工程验收	31
附录 A	实心方桩配筋和力学性能	33
表 A.1	预应力混凝土实心方桩 (SC) 配筋和力学性能	33
表 A.2	预应力高强混凝土实心方桩 (SHC) 配筋和力学性能	35
附录 B	实心方桩结构配筋示意图	37
附录 C	桩身大样详图	38
C.1	端板详图	38
C.2	抗压桩套箍详图	41
C.3	抗拔桩端板套箍 (桩箍及端头连接做法)	42
C.4	混凝土桩尖详图	43
C.5	带钢靴桩尖详图	44
附录 D	实心方桩尺寸允许偏差及外观要求	45
D.1	实心方桩各部位的尺寸允许偏差	45
D.2	实心方桩各外观质量要求	46
附录 E	各段桩身连接	47
E.1	抗压桩连接焊接详图	47
E.2	抗拔桩连接接头 (桩箍及附加角钢连接做法)	48
附录 F	桩顶与承台连接详图	49
F.1	有端板连接详图	49
F.2	截桩处理详图	50
F.3	接桩处理详图	51
附录 G	桩身材料抗力计算	52
G.1	计算参数与规定	52
G.2	混凝土方桩的结构计算	53
本规程用词说明		58
引用标准名目		59
条文说明		61

CONTENTS

1	General	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Specifications, Structure, Fabrication and Quality Requirement	5
3.1	Classification of Specification	5
3.2	Structure	6
3.3	Fabrication Requirement	6
3.4	Product Quality Requirement	8
4	Design	10
4.1	General Provision	10
4.2	Calculation of Pile Foundation Bearing Capacity	14
4.3	Calculation of Pile Shaft Bearing Capacity	17
4.4	Antiseismic Checking Calculation of Pile Foundation	17
4.5	Pile Foundation Structure	18
5	Construction	20
5.1	General Provision	20
5.2	Hoisting, Transportation and Storage of Solid Square Piles	22
5.3	Static Pressure Pile – sinking	23
5.4	Hammering Pile – sinking	24
5.5	Splicing of Solid Square Piles	26
5.6	Construction of Bearing Platform	27
6	Inspection, Monitoring and Acceptance of Engineering Quality	29

6. 1	General Provision	29
6. 2	Quality Inspection	29
6. 3	Project Monitoring	31
6. 4	Acceptance of Project	31
Appendix A	Reinforcement Assembly and Mechanical Property of Solid Square Piles	33
Table A1	Reinforcement Assembly and Mechanical Property of Prestressed Concrete (SC) Solid Square Piles	33
Table A2	Reinforcement Assembly and Mechanical Property of Prestressed High – strength Concrete (SHC) Solid Square Piles	35
Appendix B	Schematic Diagram for Structural Reinforcement Assembly of Solid Square Piles	37
Appendix C	Detail Drawing of Pile Shaft	38
C. 1	Detail Drawing of Endplate	39
C. 2	Detail Drawing of Compressive Pile Hoop	41
C. 3	Endplate Hoop of Uplift Pile (Connection Practice of Pile Hoop and Pile Tip)	42
C. 4	Detail Drawing of Concrete Pile Toe	43
C. 5	Detail Drawing of Pile Toe with Steel Pile Shoe	44
Appendix D	Permissible Variation in Dimension of Solid Square Piles And Appearance Requirement	45
D. 1	Permissible Variation in Dimension of each part of Solid Square Piles	45
D. 2	Appearance Quality Requirement of Solid Square Piles	46
Appendix E	Connection of Each Section of Piles	47
E. 1	Detail Drawing of Welded Connection of Compressive Piles	47
E. 2	Uplift Pile Connection Joint (Connection Practice of Pile Hoop and Additional Angle Steel)	48
Appendix F	Detail Drawing of Pile Top and Cushion Cap Connection	49

F. 1	Detail Drawing of Connection through Endplate	49
F. 2	Detail Drawing of Pile Cutting Treatment	50
F. 3	Detail Drawing of Pile Extension	51
Appendix G	Resistance Calculation of Pile Shaft Materials	52
G. 1	Calculation Parameters and Stipulations	52
G. 2	Structural Calculation of Concrete Square Piles	53
Explanation of Wording in This Specification	58
Reference Standards Directory	59
Explanation of Provisions	61

1 总 则

1.0.1 为规范云南省先张法预应力混凝土实心方桩在基础工程中的应用，贯彻执行国家环保节能的技术经济政策，做到安全适用、经济合理、技术先进、确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于云南省建设工程预应力混凝土实心方桩低桩承台基础工程桩的制作、设计、施工及质量检测和工程验收，其他行业可参照本规程执行。

1.0.3 预应力混凝土实心方桩基础工程的生产、设计、施工与验收除应执行本规程外，尚应符合《建筑桩基技术规范》JGJ 94 和国家及云南省有关现行标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 实心方桩 solid square piles

本规程所指实心方桩为采用振动密实的先张法预应力混凝土方形截面桩的简称。

2.1.2 先张法预应力 pretensioned prestressing

是在混凝土构件浇筑前，先对受力抗拉主筋张拉预应力至弹性控制要求，待制作成的构件混凝土达到一定强度后，放张预应力筋，使钢筋的弹性回缩对混凝土产生预加压力，从而使混凝土构件获得预加抗拉应力，其方法称为先张法预应力。

2.1.3 实心方桩基础 solid square pile foundation

由打（压）入岩土层中的实心方桩和连接于桩顶的承台共同组成的建（构）筑物基础，在本规程中也简称为“桩基”。

2.1.4 送桩 pile follower

打（压）桩过程中，借助送桩器将桩顶沉至地面以下的工序。

2.1.5 收锤标准 condition for stop hammering

将桩锤击至设计深度附近时终止锤击的控制要求和条件。

2.1.6 终压标准 condition for stop pressing

将桩静压至设计深度附近时压桩终止的控制要求和条件。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应

F_k ——相应于荷载效应标准组合时，作用于桩基承台顶面的竖向力；

G_k ——桩基承台和承台上土自重标准值；

H_k ——相应于荷载效应标准组合时，作用于桩基承台底面的水平力；

H_{ik} ——相应于荷载效应标准组合时，作用于第 i 基桩或复合基桩顶处的水平力；

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

N_k ——相应于荷载效应标准组合时，轴心竖向力作用下，基桩或复合基桩的平均竖向力；

N_{Ek} ——相应于地震作用效应和荷载效应标准组合时，轴心竖向力作用下，基桩或复合基桩平均竖向力；

$N_{Ek \max}$ ——相应于地震作用效应和荷载效应标准组合时，偏心竖向力作用下，基桩或复合基桩的最大竖向力。

2.2.2 抗力和材料性能

Q_{sk} 、 Q_{pk} ——单桩总极限侧阻力、总极限端阻力标准值；

q_{sik} ——桩侧第 i 层土的极限侧阻力标准值；

q_{pk} ——桩端持力层的极限端阻力标准值；

Q_{uk} ——单桩竖向极限承载力标准值；

R ——基桩或复合基桩竖向承载力特征值；

R_a ——单桩竖向承载力特征值；

R_h ——单桩基础或群桩中基桩的水平承载力特征值；

R_p ——桩身结构抗压承载力设计值。

2.2.3 几何参数

A ——预应力混凝土实心方桩桩身截面面积；

A_{py} ——预应力钢筋截面面积；

l_i ——桩穿越第 i 层土（岩）的厚度；

u ——桩身周长。

2.2.4 计算系数

K ——安全系数；

ψ_c ——基桩成桩工艺系数。

3 规格、构造、制作和质量要求

3.1 规格分类

3.1.1 实心方桩按混凝土强度分为：预应力高强混凝土实心方桩（代号 SHC）、预应力混凝土实心方桩（代号 SC）。

3.1.2 实心方桩按边长主要分为：300mm、350mm、400mm、450mm、500mm、550mm、600mm。

3.1.3 实心方桩按配筋数量及对应抗弯性能或有效预压应力值分为：A 型、AB 型和 B 型，可按附录 A 选用。

3.1.4 实心方桩标记代号按表 3.1.4 表示。

表 3.1.4 方桩代号与规格选用

代号	预应力高强混凝土 实心方桩（SHC）	预应力混凝土 实心方桩（SC）
混凝土强度等级	C80	C60
桩型	A 型、AB 型、B 型	
规格（mm）	300、350、400、450、500、550、600	

桩身标记位置：距离端头 1000mm ~ 1500mm 处。同时还应标志制造厂的厂名、产品注册商标、制造日期及桩的编号、合格标识等。

标记表述：

SC（SHC） - ×× ××× - ×× - J（T 或 G）

代号 - 型号 边长 - 桩长 - 带桩尖(T:混凝土或 G:钢)

例如：SC 桩、AB 型、边长为 400mm × 400mm，桩长 12m 带混凝土桩尖的标记为：

SC - AB400 - 12 - J（T）

3.2 构造

3.2.1 钢筋骨架应符合下列规定：

1 预应力钢筋应沿方桩周边均匀配置，最小配筋率不低于 0.5%，且不少于 8 根；

2 实心方桩螺旋箍筋的直径应符合下列要求：边长 300mm ~ 350mm 不小于 4mm；边长 400mm ~ 500mm 不小于 5mm；边长 550mm ~ 600mm 不小于 6mm；

3 实心方桩两端 5 倍边长（1500mm ~ 3000mm）范围内螺旋箍筋的间距宜为 $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ ，其余位置的间距宜为 $100\text{mm} \pm 5\text{mm}$ ；

4 实心方桩的预应力筋混凝土保护层厚度不应小于 35mm；

5 钢筋骨架做法详见附录 B。

3.2.2 实心方桩的连接可采用焊接法或其他可靠的连接方法。

3.2.3 每根工程桩的接头数量不宜超过 3 个。

3.3 制作要求

3.3.1 混凝土及搅拌混凝土用水泥、骨料、水和外加剂应符合下列要求：

1 制作预应力方桩的混凝土质量应符合《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定，并按照该标准的要求进行检验；

2 水泥应采用强度等级不低于 42.5 级的通用硅酸盐水泥，其质量应符合《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定；

3 细骨料宜采用洁净的天然硬质中粗砂或人工砂，质量应符合《建设用砂》GB/T 14684 的有关规定；

4 粗骨料宜采用碎石或破碎的卵石，其质量应符合《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 的规定；碎石的岩体抗压强度宜大于所配混凝土强度的 1.5 倍；

5 混凝土拌和水不得含有影响水泥正常凝结和硬化的有害杂质和油质，其质量应符合《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定；

6 外加剂质量应符合《混凝土外加剂》GB 8076 的规定，不得采用含有氯盐或有害物的外加剂。

3.3.2 钢材质量应满足下列要求：

1 预应力钢筋采用抗拉强度为 1420MPa、35 级延性的低松弛预应力混凝土用螺旋槽钢棒，其质量应符合《预应力混凝土用钢棒》GB/T 5223 的规定；

2 螺旋箍筋采用冷拔低碳钢丝或低碳钢热轧圆盘条，其质量应分别符合《混凝土制品用冷拔低碳钢丝》JC/T 540，《低碳钢热轧圆盘条》GB/T 701 的规定；

3 端板、桩套箍和桩尖采用的钢材质量应符合《碳素结构钢》GB/T 700 中关于 Q235B 的规定。做法详见附录 C，并应符合《先张法预应力混凝土管桩用端板》JCT 947 的规定；

4 焊条质量应符合《碳钢焊条》GB/T 5117 的规定。现场焊缝质量除注明者可例外，不应低于二级；

5 桩尖采用钢板桩靴时，其钢板材质应符合《碳素结构钢》GB/T 700 的有关规定，材料的机械性能不应低于 Q235B 钢的要求，桩尖制作和焊接应符合《钢结构焊接规范》GB 50661 的要求。做法详见附录 C。

3.3.3 钢筋的加工应符合下列规定：

1 钢筋应清除油污，不应有局部弯曲，端面应平整，单根方桩同束预应力钢筋下料长度的绝对误差：桩长小于或等于 15m 时不得大于 1.5mm，桩长大于 15m 时不得大于 2mm；预应力钢筋骨架编笼应采用滚焊机成笼，钢筋笼装配时不得变形、松散；

2 预应力钢筋镦头宜采用热镦工艺，预应力钢筋镦头强度不得低于预应力钢筋材料强度标准值的 90%；镦头不得有裂纹、偏心，厚度卡位后不得高出端头板面；

3 预应力筋和螺旋箍筋焊接点的强度损失不得大于预应力钢筋材料强度标准值的 5%，松脱的焊点应用钢丝绑扎。

3.3.4 采用先张法预应力工艺，预应力钢筋的张拉控制应力取为 0.7 倍的钢筋抗拉强度标准值，每根钢筋的张拉应力及对应钢

筋的张拉力见表 G. 1. 2。在应力控制同时还应检测预应力钢筋的伸长值。当发现两者关系异常时，应检查、分析原因并及时处理。

3.3.5 混凝土配料应采用电子秤称量，误差控制应符合《预拌混凝土》GB/T 14902 的相关规定。混凝土应采用强制式搅拌机进行搅拌。

3.3.6 混凝土的浇灌应均匀布料、振捣成型。灌注混凝土时，应由桩顶部分往桩尖方向进行，必须连续灌注不得中断，并边浇边振，以保证桩身混凝土密实。对桩顶、桩尖部分应加强振捣避免闭气产生气孔或不密实现象。

3.3.7 蒸汽养护工艺应按预养、升温、恒温、降温四个阶段进行，其中升温速率每小时不宜超过 25℃，恒温温度不宜超过 90℃。

3.3.8 预应力钢筋放张时，与实心方桩相同条件养护下混凝土试件的抗压强度不得低于桩身设计强度的 75%。

3.3.9 实心方桩的分节长度可在规格长度内根据施工及运输条件调整。

3.4 产品质量要求

3.4.1 实心方桩的混凝土强度等级应符合下列要求：

- 1 SHC 实心方桩不得低于 C80；
- 2 SC 实心方桩不得低于 C60；
- 3 试件应备有标准养护试块抗压强度作为评定依据，混凝土抗压强度检验评定按《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 执行；

4 混凝土质量控制应符合《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。当采用自密实混凝土生产工艺时，还应符合《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T 283 的规定。

3.4.2 实心方桩的配筋、抗裂弯矩、抗剪承载力、竖向承载力、最大桩节长度等的规格与构造应符合附录 A – 附录 C 要求。

- 3.4.3** 实心方桩的尺寸允许偏差应符合附录 D 的规定。
- 3.4.4** 实心方桩的外观质量应符合附录 E 的要求。
- 3.4.5** 实心方桩的制作应符合《预制钢筋混凝土方桩》JC 934 和《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476 标准中相应工艺的质量要求。
- 3.4.6** 实心方桩桩身混凝土强度须满足产品强度等级要求方可出厂。
- 3.4.7** 出厂的实心方桩产品应具有相应的报验资料及合格证。

4 设 计

4.1 一般规定

4.1.1 根据建筑物规模、功能特征、对差异变形的适应性、场地地基和建筑物体形的复杂性以及由于桩基问题可能造成建筑破坏或影响正常使用的程度，应将实心方桩基础设计分为三个设计等级，设计时应按表 4.1.1 进行划分。

表 4.1.1 实心方桩基础设计等级

设计等级	建筑类型
甲级	(1) 重要的建筑； (2) 30 层以上或高度超过 100m 的高层建筑； (3) 体形复杂且层数相差超过 10 层的高低层（含纯地下室）连体的建筑； (4) 20 层以上框架——核心筒结构及其他对差异沉降有特殊要求的建筑； (5) 场地和地基条件复杂的 7 层以上的一般建筑及坡地、岸边建筑； (6) 对相邻既有工程影响较大的建筑。
乙级	除甲、丙级以外的建筑。
丙级	场地和地基条件简单、荷载分布均匀的 7 层及 7 层以下的一般建筑；次要的轻型建筑物。

4.1.2 桩基不同具体条件下的承载能力、稳定验算、抗力分析、耐久性、沉降控制等要求，应符合《建筑桩基技术规范》JGJ 94 相关规定。

- 4.1.3** 预应力混凝土实心方桩不宜用于下列地质条件：
- 1 土层中夹有难以消除的孤石、障碍物；
 - 2 岩面埋藏较浅、倾斜较大且实心方桩难以贯入或贯入过浅不利桩身稳定的坚硬岩土层；
 - 3 岩溶地区、风化岩地区等。
- 4.1.4** 实心方桩基础设计应具备以下资料：
- 1 岩土勘察报告；
 - 2 建筑场地与环境条件资料，包括地上及地下管线、地下构造物的分布，临近建筑物或构造物的地基基础情况，施工机械进退场及现场作业条件，防振、防噪音要求；
 - 3 拟建建筑物的有关资料；
 - 4 施工条件及施工设备的有关资料；
 - 5 实心方桩的选型依据附录 A 执行。
- 4.1.5** 实心方桩的选用应结合工程场地的地质情况，建筑物结构类型、荷载性质、桩的使用功能、施工设备和条件、施工经验等进行综合考虑。
- 4.1.6** 实心方桩的布置应符合下列要求：
- 1 桩的最小中心距应符合表 4.1.6 的规定；

表 4.1.6 实心方桩的最小中心距

桩基情况		最小中心距
排数不少于 3 排且桩数 不少于 9 根的桩基	非饱和黏性土	4.0d
	饱和黏性土	4.5d
其他情况	非饱和土、饱和非黏性土	3.5d
	饱和黏性土	4.0d

注：1 d 为实心方桩的边长，在各附录对应图、表及计算中，另引注为 B、b 等；

2 当施工中采取减小挤土效应的可靠措施时，表中最小中心距可根据工程经验适当减小。但非饱和黏土不得小于 3.2d，饱和黏土不得小于 3.5d。

2 排列基桩时，尽可能使桩群承载力合力点与竖向永久荷载合力作用点重合，并使桩基受水平力和力矩较大方向有较大的抗弯截面模量；

3 宜选择均匀的较硬土层作为桩端持力层。桩端全断面进入持力层的深度应符合下列规定：对黏性土、粉土，不宜小于 $2d$ ；砂土不宜小于 $1.5d$ ；碎石类土不宜小于 $1d$ ；当存在软弱下卧层时，桩端以下硬持力层厚度不宜小于 $4d$ ，并应视软弱下卧层性质，另行验算其承载力。

4.1.7 桩长的确定应注意以下要求：

1 桩的长径比应符合下列规定：采用静压沉桩时，不宜大于90；采用锤击沉桩时，不宜大于80；

2 当桩穿越厚度较大的淤泥等软弱土层、承台底面有可液化土层或为高承台桩基时，应考虑桩的稳定性及其对承载力的影响；

3 当为多节桩拼接时，可根据桩所承受的竖向力及水平力的大小，采用最上面一节桩的抗力高于下节桩抗力对应的型号进行选型设计；

4 多节桩的接头位置宜避开较软弱、中等以上液化的土层。

4.1.8 实心方桩基础设计时，所采用的作用效应组合与相应的抗力应符合下列规定：

1 当确定桩数量和布桩时，应采用传至承台底面的荷载效应标准组合；相应的抗力应采用基桩或复合基桩承载力特征值；

2 计算荷载作用下的桩基沉降和水平位移时，应采用传至承台底面的荷载效应准永久组合；计算水平地震作用、风荷载作用下的基桩水平位移时，应采用水平地震作用、风荷载效应标准组合；

3 当需要验算建筑桩基的整体稳定性时，应采用荷载效应标准组合；抗震设防区应采用地震作用效应和荷载效应的标准组合；

4 在计算桩基结构承载力、确定尺寸和配筋时，应采用传

至承台顶面荷载效应的基本组合；当进行承台和桩身抗裂控制验算时，应按照现行的《混凝土结构设计规范》GB 50010 确定相应的裂缝控制等级，并采用相应的荷载效应标准组合或荷载效应准永久组合；

5 桩基结构安全等级、结构设计使用年限和结构重要性系数应按现行有关建筑结构标准的规定执行，重要性系数应不小于 1.0；

6 对桩基结构进行抗震验算时，其承载力调整系数应按《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定采用。

4.1.9 实心方桩桩基应根据具体条件分别进行下列承载力计算和稳定性验算：

1 应根据桩基的使用功能和受力特征分别进行桩基的竖向承载力计算和水平承载力计算；

2 应对桩身和承台结构承载力进行计算；

3 当桩端平面以下存在软弱下卧层时，应进行软弱下卧层承载力计算；

4 对位于坡地、岸边的桩基，应进行整体稳定性验算；

5 对于抗浮、抗拔桩基，应进行基桩和群桩的抗拔承载力计算；

6 对于抗震设防区的桩基，对有抗震承载力计算要求的，应进行相关验算。

4.1.10 下列实心方桩桩基应进行沉降计算：

1 设计等级为甲级的非深厚坚硬持力层的建筑桩基；

2 体型复杂、荷载分布显著不均匀或桩端平面以下存在软弱土层的设计等级为乙级的建筑物桩基以及摩擦型桩基；

3 软土地基多层建筑减沉复合疏桩基。

4.1.11 对受水平荷载较大，或对水平位移有严格限制的建筑桩基，应计算其水平位移。

4.1.12 特殊条件下的桩基应符合《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

4.2 桩基承载力计算

4.2.1 对于一般建筑和受水平力（包括力矩与水平剪力）较小的高层建筑群桩基础，应按下列公式计算柱、墙、核心筒群桩中基桩或复合基桩的桩顶作用效应：

1 轴心竖向力作用下

$$N_k = \frac{F_k + G_k}{n} \quad (4.2.1-1)$$

2 偏心竖向力作用下

$$N_{ik} = \frac{F_k + G_k}{n} \pm \frac{M_{xk} y_i}{\sum y_j^2} \pm \frac{M_{yk} x_i}{\sum x_j^2} \quad (4.2.1-2)$$

3 水平力作用下

$$H_{ik} = \frac{H_k}{n} \quad (4.2.1-3)$$

式中： F_k ——相应于荷载效应标准组合时，作用于桩基承台顶面的竖向力；

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

N_k ——相应于荷载效应标准组合时，轴心竖向力作用下，基桩或复合基桩的平均竖向力；

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

H_k ——相应于荷载效应标准组合时，作用于桩基承台底面的水平力；

H_{ik} ——相应于荷载效应标准组合时，作用于第 i 基桩或复合基桩顶处的水平力；

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

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

n ——桩基中的桩数。

4.2.2 桩基竖向承载力应按下列式计算：

1 轴心竖向力作用下

$$N_k \leq R \quad (4.2.2-1)$$

式中： R ——基桩或复合基桩竖向承载力特征值，按《建筑桩基技术规范》JGJ 94 计算。当不考虑承台效应时，应取

$$R = R_a \quad (4.2.2-2)$$

式中： R_a ——单桩竖向承载力特征值。

2 偏心竖向力作用下，除满足 (4.2.2-1) 外，尚应符合下列要求：

$$N_{ik \max} \leq 1.2 R \quad (4.2.2-3)$$

式中： $N_{ik \max}$ ——相应于荷载效应标准组合时，偏心竖向力作用下，桩顶最大竖向力。

3 水平荷载作用下

$$H_{ik} \leq R_h \quad (4.2.2-4)$$

式中： R_h ——单桩基础或群桩中基桩的水平承载力特征值，对于单桩桩基，可取单桩的水平承载力特征值；

H_{ik} ——荷载效应标准组合下，作用于 i 基桩或复合基桩的水平力。

4.2.3 单桩竖向承载力特征值 R_a 应按下列式确定：

$$R_a = \frac{1}{K} Q_{uk} \quad (4.2.3)$$

式中： Q_{uk} ——单桩竖向极限承载力标准值；

K ——安全系数，取 $K=2$ 。

4.2.4 单桩竖向极限承载力标准值的确定应符合下列规定：

1 单桩竖向极限承载力标准值应通过单桩竖向静载荷试验确定。在同一条件下的试桩数量，不宜少于总桩数的 1%，且不应少于 3 根。当预计桩数小于 50 根时，检测数量不小于 2 根。

2 初步设计时，单桩竖向极限承载力标准值可按下式估算：

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum q_{sik} l_i + q_{pk} A \quad (4.2.4-1)$$

式中： Q_{sk} 、 Q_{pk} ——单桩总极限侧阻力、总极限端阻力标准值；

q_{sik} ——桩侧第 i 层土的极限侧阻力标准值；

q_{pk} ——极限端阻力标准值；

A ——桩身截面面积；

u ——桩身周长；

l_i ——桩穿越第 i 层土（岩）的厚度。

3 单桩竖向极限承载力标准值的确定，应符合桩身材料强度竖向承载力极限值要求：

$$Q_{uk} \leq R_u \quad (4.2.4-2)$$

式中： R_u ——桩身轴心受压工况的极限抗压承载力，按附录 G 计算。

4.2.5 对于端承型桩基、桩数少于 4 根的摩擦型桩下独立桩基、或由于地层土性、使用条件等因素不宜考虑承台效应时，基桩竖向承载力特征值应取单桩竖向承载力特征值。

4.2.6 对于符合下列条件之一的摩擦型桩基，宜考虑承台效应确定其复合基桩的竖向承载力特征值，承台效应的确定方法可参照《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的相关规定执行：

- 1 上部结构整体刚度较好、体型简单的建（构）筑物；
- 2 对差异沉降适应性较强的排架结构和柔性构筑物；
- 3 按变刚度调平原则设计的桩基刚度相对弱化区；
- 4 多层建筑软土地基的减沉复合疏桩基础。

4.2.7 单桩水平承载力特征值应通过单桩水平静载试验确定。

4.2.8 当桩基承受上拔力时，应进行单桩抗拔承载力验算、方桩桩身抗拉承载力验算、桩身抗裂验算和方桩接头承载力验算。

4.2.9 单桩抗拔极限承载力特征值应通过现场单桩上拔静荷载试验确定。

4.2.10 单桩竖向、水平承载能力试验方法按《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 规定执行。

4.3 桩身承载力计算

4.3.1 桩身承载力的计算，应考虑轴心受压、抗拉、斜截面受剪、正截面受弯的验算进行综合受力分析：

1 一般构件受力条件计算时，按《混凝土结构设计规范》GB 50010 相关要求进行计算；

2 考虑桩基受力条件计算时，应结合《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑桩基技术规范》JGJ 94、《建筑抗震设计规范》GB 50011 等相关要求进行计算；

3 考虑工艺要求的计算参数，对应产品应有相关说明，或对需要的受力工作参数按附录 A 相关列表选用。

4.3.2 桩身抗力强度计算取值，按正常受力条件为依据：

1 对于桩身抗压强度，除考虑竖向承载力设计值要求，对应施工瞬间加载最大值及静载实验极限值，应采用桩身竖向承载力极限值进行控制；

2 考虑到基桩使用环境影响，桩身抗弯强度取值应为抗裂弯矩标准值；

3 桩身抗拉力的取值依据，应不得大于张拉控制力对应的承载力设计值；

4 对于抗拉力较大的接桩焊缝，必要时应进行复核，不足时按附录 F.2 进行加固。

4.3.3 桩身抗水平力计算，应根据受力及场地稳定条件、场地区域地震烈度、承台周边及桩身周围土层分布情况等进行分析，根据桩身受力特点，结合《建筑抗震设计规范》GB 50011 等桩基部分的对应条款，按照《建筑桩基技术规范》JGJ 94 相关要求进行计算。

4.3.4 桩身承载力的计算详见附录 G。

4.4 桩基抗震验算

4.4.1 桩基抗震验算按《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《建

筑桩基技术规范》JGJ 94 相关要求进行计算。

4.4.2 桩基在液化土中的抗震验算，按照《建筑抗震设计规范》GB 50011 条款执行。

4.5 桩基构造

4.5.1 实心方桩与承台连接时，桩顶嵌入承台深度不应小于 50mm（宜取 70mm ~ 100mm）；伸入承台的纵向钢筋应符合下列规定：

1 当采用桩内的纵向钢筋直接与承台锚固时，锚固长度应不小于抗拉锚固构造要求，且不小于 500mm；

2 对于抗拔桩，应确保方桩与承台的连接构造能满足其抗拔承载力要求；

3 做法参见附录 F。

4.5.2 实心方桩拼接成整桩时其连接尚应符合本规程 5.5 节的有关规定。

4.5.3 承台之间的连接应符合下列要求：

1 采用单桩承台时，应在两个互相垂直的方向上设置连系梁。采用两桩承台时，应在其短向设置连系梁；

2 抗震设防建筑柱下独立承台，宜在两个主轴方向设置连系梁；

3 连系梁顶宜与承台顶位于同一标高，连系梁宽度不应小于 250mm，高度可取承台中心距的 $1/10 \sim 1/15$ ，且不小于 400mm；

4 连系梁配筋应根据计算确定，并满足《混凝土结构设计规范》GB 50010 关于纵向受力筋最小配筋率的有关规定，且纵筋不宜小于上下各 2 Φ 14，位于同一轴线上的相邻跨连系梁纵筋应连通。抗震设防建筑按抗震受拉构件要求锚入承台柱脚内。

4.5.4 桩基承台的构造要求应符合《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定。承台有效埋置深度不宜小于 600mm。在季节性冻土及膨胀土地区，其承台埋深及处理措施，应按现行有关规范执行。

4.5.5 对抗震设防区的实心方桩基础，承台周围的回填土，应符合《建筑地基基础设计规范》GB 50007 关于压实填土的有关规定；当承台周围为可液化土或地基承载力特征值小于 40kPa 的软土时，宜对承台外一定范围的土进行处理或换填。

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.1 实心方桩施工前应具备下列文件和资料：

- 1 拟建场地的岩土工程勘察文件；
- 2 经审查批准的设计施工图文件、图纸技术交底及会议纪要；
- 3 实心方桩生产厂家的质检文件，产品出厂合格证及说明书。

5.1.2 实心方桩施工前应完成下列准备工作：

- 1 查阅岩土工程勘察报告，熟悉设计图纸；
- 2 桩机设备选择除应满足桩的最大压桩力要求外，尚应根据沉桩深度范围内穿越坚硬夹层的难易程度综合确定；
- 3 调查施工场地和毗邻区域内的地下及地上管线、地下建（构）筑物及障碍物；处理场地内影响桩基施工的地上及地下障碍物，或制定相应的安全防护措施；
- 4 编制实心方桩施工组织设计或专项施工方案；
- 5 施工场地应三通一平，保证场地排水通畅；对于施工道路和松软场地应进行处理，以满足材料运输和桩机正常运行要求；
- 6 建立测量放线坐标观测控制系统。

5.1.3 当沉桩施工对周围建（构）筑物的正常使用和安全可能造成影响时，应采取减少振动和挤土效应的措施，必要时可对周围建（构）筑物进行加固处理并设置观测点，当桩位毗邻边坡时，应考虑沉桩与边坡稳定性的相互影响。

5.1.4 沉桩顺序应根据施工现场的特点及桩基础平面布置确定，

宜遵循下列原则：

1 对于桩筏基桩，宜自中间向两个方向或向四周对称施工；当一侧毗邻建（构）筑物、地下管线时，宜从毗邻建（构）筑物、地下管线等的一侧由近到远施工；

2 根据桩长和桩顶设计标高，宜先长后短，先低后高；

3 根据桩的规格和承载力要求，宜先大后小；

4 根据建筑物重要程度的主辅，宜先主后辅；

5 当工程采用不同工艺的桩型时，应先施工实心方桩后施工非挤土桩。

5.1.5 在施工大面积密集群桩时，为减少挤土效应的影响可采用以下措施：

1 在场地四周开挖防振沟；

2 设置隔离桩带；

3 全部或者部分采用引孔取土措施；

4 设置袋装砂井或塑料排水板，消除部分超孔隙水压力的影响；

5 控制沉桩速率。

5.1.6 当沉桩施工可能危及邻近建（构）筑物的正常使用和安全时，除采取 5.1.5 条措施外，必要时可对邻近建（构）筑物进行加固处理并设置沉降观测点。

5.1.7 具有基坑工程的桩基，应符合下列规定：

1 合理确定工程桩和基坑工程的施工顺序；

2 桩间土有需挖除的饱和黏性土、粉土分布时，开挖宜在沉桩完成 15 天后实施；

3 挖土宜分层均匀，并注意取土不平衡对工程桩的影响；

4 严禁边沉桩边开挖基坑；

5 严禁挖土机械碰撞桩体。

5.1.8 对于场地土存在坚硬状态黏性土、中密以上的粉土、砂土、碎石土和全风化、强风化基岩时，应根据各岩土层组成的力学特性、类似工程经验、桩的结构、强度、形式和设备能力等综

合考虑其沉桩的可能性；当无法准确判断时，宜在工程桩施工前进行沉桩工艺试验。

5.1.9 沉桩施工中，施工记录应由专人如实填写，并经现场监理工程师确认。

5.1.10 当地质条件与原勘察报告不符时，应进行施工勘察验证。

5.1.11 当对应施工场地标高，按桩顶设计标高需送桩时，施工完成后，须对桩顶标高进行复核，必要时对反弹超标的桩应进行复位处理。

5.2 实心方桩的吊运与堆放

5.2.1 实心方桩的吊运应符合下列规定：

1 混凝土达到设计强度 75% 及以上方可起吊，达到 100% 方可运输；

2 吊运过程中应轻吊轻放，严禁抛掷、碰撞；

3 吊装桩时宜采用两点支吊法，两个吊点距离桩端宜为 $0.21L$ (L 为单节桩长度，且不含桩尖)，起吊时，钢丝绳与桩的内夹角不应小于 45° ；

4 施工吊装采用单点吊桩时，应进行吊点验算，并保证起吊缓慢进行；

5 制作、吊装、运输时，吊运动力系数为 1.5。

5.2.2 实心方桩的堆放应符合下列规定：

1 堆放场地应平整坚实，吊点处应设垫块，且无高于垫块的硬质突出物；

2 实心方桩在厂区堆放要求：按两点吊设置桩下平直垫块；对边长 300mm ~ 350mm 堆放层数最多 10 层，边长 400mm ~ 550mm 堆放层数最多 6 层，边长 600mm 堆放层数最多 4 层。各层垫块须上下层对齐；

3 垫块宜选用耐压的方木，不得使用有棱角的金属构件。最下层与地面接触的垫块应有足够的宽度和高度；

4 实心方桩在施工现场应单层平放；按两点吊取桩时，可堆放两层，并须于吊点处设上下层对齐的垫块。不得在两层桩上采用单点吊方式取桩；

5 施工现场应按桩的规格、长度及桩基施工顺序分别堆放。

5.2.3 实心方桩的取桩应符合下列规定：

1 不得采用拖桩方式取桩，以防产生隐性断桩；

2 实心方桩的取桩应遵循自上而下，自外而内的顺序，严禁从中间向两侧取桩；

3 当实心方桩堆放超过 1 层时，取桩时不得在叠层桩上单点吊桩，须采用多点吊取桩，严禁拖桩而损伤下层桩。

5.3 静压法沉桩

5.3.1 静压实心方桩的施工方法分抱压法和顶压法。

5.3.2 静压桩机的选择应综合考虑施工场地的具体情况，包括周围环境、地质条件等，并符合下列要求：

1 桩机的型号和配重根据基桩承载力、工程勘察文件、试沉桩资料等确定，静压法桩机压桩的总吨位（含配重）应为最大压桩力的 1.2 倍以上；

2 桩机最大压桩力不应小于设计单桩竖向极限承载力标准值，必要时可由现场试验确定；

3 施工场地应满足边桩施工机械设备及人员操作的要求。

5.3.3 静压法沉桩施工应符合下列规定：

1 压桩前应将桩机平台调至水平，压桩时应在两个垂直方向同时校测桩身垂直度，压桩过程中桩机平台应始终保持水平；

2 第一节桩的垂直度偏差不得大于 0.2%，施工中桩身整体垂直度偏差不应超过 1%，严禁用移动桩机的方式强行纠偏；

3 每一节桩应一次性连续压（送）到位；

4 应尽量避免在桩尖接近硬夹层或桩端持力层时接桩。

5.3.4 施工中遇到下列情况之一时，应暂停沉桩，及时与参建各方相关人员研究处理：

- 1 桩身漂移、倾斜、跑位；
- 2 桩顶或桩身混凝土剥落、破碎；
- 3 压桩力与勘察报告中的土层性质有明显差异，出现异常；
- 4 桩尖虽未到达设计标高，但已达到最大压桩力；
- 5 桩尖已达到设计标高，但压桩力与试桩结果差异较大；
- 6 同一承台或相邻的桩，沉桩深度相差超过 1 倍桩间距；
- 7 已施工的桩顶上浮或水平位移过大。

5.3.5 静压法沉桩的终压标准的确定应符合下列规定：

1 应结合地质条件、试沉桩情况、桩的规格和长度、沉桩压力、桩端持力层等因素，会同建设、勘察、设计、施工、监理等共同协商后确定；

2 工程桩的施工宜以设计桩长或标高控制为主，以终桩压力为辅，并应确认相关控制依据；

3 对于桩身可能穿过浅埋硬土夹层时，不得因压力达到最大值要求而确定为终桩压力，并应具备有穿越硬土夹层措施。

5.3.6 对于顶压法压桩工艺，应注意桩身入土前的竖向稳定影响，选择安全可靠的最大压桩力。

5.3.7 上段桩身处于较厚的饱和软土层时，为防止抬机而引起桩身出现失稳、折断或开裂，应按桩机上油压表的工作压力控制最终压桩力。

5.3.8 当浅层土层较为坚硬，直接压桩难以到位时，可采取引孔或扰土后的压桩工艺施工，引孔直径不宜大于所施工的实心方桩边长，孔深度宜根据试桩确定，并确保引孔的垂直度。

5.3.9 当有难以穿透的土层分布时，可在实心方桩下段桩增设桩尖。

5.4 锤击法沉桩

5.4.1 锤击法施工实心方桩，沉桩设备应综合考虑下列因素：

- 1 施工噪音及振动对周边环境的影响程度；
- 2 宜选用柴油打桩机或液压锤打桩机，选用的打桩机架必

须具有足够的强度、刚度和稳定性，并与所挂柴油锤相匹配；

3 打桩锤的选用，应根据工程地质条件、单桩竖向承载力、桩的规格、入土深度等因素综合考虑，并遵循重锤轻击的原则；

4 确保选锤合理、桩帽匹配的条件下，应保证桩帽具有足够的强度、刚度及耐打性。

5.4.2 锤击法沉桩施工应符合下列规定：

1 桩帽宜为外接圆形，套桩头用的筒体深度宜取 350mm ~ 400mm，内径应比实心方桩边长的对角线大 10mm ~ 20mm；

2 桩帽与桩头之间应设置弹性衬垫，衬垫可采用麻袋、硬纸板、草垫等弹性衬垫材料，厚度应均匀且经锤击后的厚度不宜小于 120mm。打桩期间应经常检查衬垫的情况，并及时更换或补充；

3 桩帽与桩锤之间应设锤垫，锤垫可采用竖纹硬木或盘圆层叠的钢丝绳，其厚度宜为 150mm ~ 200mm；

4 第一节方桩插入时，垂直度偏差不得大于 0.2%，如偏差过大宜拔出重插。施打过程中，应及时在两个垂直方向校测桩身垂直度，桩身整体垂直度偏差不应超过 1%；

5 施打过程中，桩锤和桩帽或送桩器与方桩的中心线应重合；

6 每一节桩应一次连续沉入，应避免在桩尖接近设计持力层时接桩。

5.4.3 施工中遇到下列情况之一时，应暂停沉桩施工，及时与参建各方相关人员研究处理：

1 桩身飘移、倾斜、跑位；

2 桩顶或桩身混凝土剥落、破碎；

3 贯入度与勘察报告中的土层性质有明显差异，出现异常；

4 桩尖虽未到达设计标高，但收锤时最后三阵 10 击的贯入度值已趋于零；

5 桩尖已达到设计标高，但收锤时最后三阵 10 击的贯入度值大于设计规定；

- 6 同一承台或相邻的桩，沉桩深度相差超过 1 倍桩间距；
 - 7 已施工的桩顶上浮或水平位移过大。
- 5.4.4** 桩锤的选用按《建筑桩基技术规范》JGJ 94 相关规定执行。
- 5.4.5** 锤击法沉桩的终锤标准应符合下列规定：
- 1 应结合地质条件、试沉桩情况、桩的规格和长度、锤重、桩端持力层、最后贯入度等，会同建设、勘察、设计、施工、监理等共同协商后确定；
 - 2 工程桩的施工宜以设计桩长或标高控制为主，以贯入度为辅，并应确认相关控制依据；
 - 3 对于桩身可能穿过浅埋硬土夹层时，不得因贯入度达到要求而确定为终锤；
 - 4 每根桩的总锤击数 SHC 桩、SC 桩，分别不宜超过 2500 锤、2000 锤；最后 1.0m 的锤击数分别不宜超过 300 锤、250 锤。

5.5 实心方桩的拼接

- 5.5.1** 实心方桩的连接采用端板焊接，焊缝连接抗力强度不得小于对应桩身强度。实心方桩用作受拉（抗拔）桩和在抗震设防地区使用时，宜优先采用 CO₂ 气体保护焊。
- 5.5.2** 接桩焊接除应符合《钢结构焊接规范》GB 50661 的要求外，尚应符合下列规定：
- 1 实心方桩接长时，其入土桩段的桩头宜高出地面 1.0m 左右，保证接桩操作合理空间；
 - 2 接桩时上下节桩端错位不应大于 2mm；
 - 3 接桩就位纠偏时，不得横向敲打；
 - 4 预应力混凝土实心方桩应保持上下桩端头板结合紧密，不宜在上下桩端头板间塞垫件或在接缝不闭合的情况下强行焊接；
 - 5 焊接前应把端板坡口上的浮锈及污物清理干净；
 - 6 焊接时宜先在坡口上对称点焊（4~6）点，待上下桩节

固定后，再分层施焊。焊接宜由 2 个焊工对称进行；

7 焊缝应分两层以上施焊，内层焊渣必须清理干净后方可施焊外层，焊缝应连续饱满，每道焊缝必须引弧，根部必须焊透。焊接部分不得有凹痕、咬边、焊瘤、夹渣、裂缝等。焊接后应实行外观检查，发现有缺陷时应及时整改，同一道焊缝整改次数不得超过 2 次。焊接质量应符合《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定；

8 宜缩短接桩时间，焊接接头应自然冷却后方可继续沉桩，自然冷却时间不宜少于 8min，严禁不经冷却或用水冷却即沉桩；雨天施工时，应有防雨措施；

9 对于重要工程的焊接接头质量宜采用探伤检测，同一工程探伤抽检数量不得少于 3 个接头；

10 采用 CO₂ 气体保护焊时，作业区必须设置防风措施；

11 焊接接头应进行隐蔽工程验收。

5.6 承台施工

5.6.1 基槽开挖应注意以下事宜：

1 各承台标高不统一时，开挖应先浅后深，并有防止相互扰动措施；

2 对于高于桩顶设计标高的桩，其桩间土采用机械开挖时，应有避免损坏桩身的保障措施；

3 已施工工程桩的基坑开挖，不得因放坡或支护体的水平变形等，影响桩身垂直度要求。

5.6.2 桩身与承台的连接应符合以下要求：

1 进入承台的桩头要保证其完整、坚实，不符合要求的应进行加强处理；

2 桩头入承台插筋的加设等工作，需保证焊接连接的质量符合设计要求。

5.6.3 混凝土浇筑与基槽回填：

1 有桩头低于设计桩顶标高且须接桩的情况时，其桩身混

凝土不得与承台混凝土一并浇筑；

2 基槽回填应尽量采用原槽浇灌；

3 设有砖胎膜的基槽回填，或回填缝隙过小、过深不便夯实填料的情况，可采用不低于 M2 的水硬性砂浆料回填。

6 工程质量检验、监测与验收

6.1 一般规定

6.1.1 本节规定与现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202、《建筑桩基技术规范》JGJ 94 及《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 配套使用。

6.1.2 在地基基础分部工程中，实心方桩划分为一个分项工程；在工程桩施工前，应按国家现行相关规范、规程编制检验批划分方案，报监理方审核确定，并以现场验收形式为主。

6.1.3 实心方桩应进行产品进场验收工作。进入施工现场的成品桩，应以同一生产厂家、同一规格型号划分检验批，由施工单位或购桩单位对成品桩质量进行检验验收，并要求生产厂家提供产品合格证和有效期内的型式检验报告，经检查认定合格后，报监理方复检。

6.1.4 每一个检验批施工结束，施工单位自检合格后报监理方复验评定。

6.2 质量检验

6.2.1 施工前应按设计要求和有关标准对进入施工现场的成品桩、电焊条的质量等进行检验，应包括下列内容：

- 1 成品桩产品合格证及出厂检验报告；
- 2 桩的类型、规格、型号和桩身混凝土强度；
- 3 成品桩质量应符合 3.4 节的相关规定；
- 4 成品桩运输、吊装过程中实心方桩有无损坏等情况；
- 5 焊条产品合格证书、规格和品种。

6.2.2 对于重要工程，或者对桩身质量存有疑问需要核验时，应由具有专项检测资质的检测单位对成品桩质量进行检测。

出厂产品混凝土强度可用《高强混凝土检测技术规程》JGJ/T 294 检验。必要时，可采用《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ 384 检验。

6.2.3 施工单位应根据设计图纸和坐标对桩位进行定位放线，允许误差应为：群桩， $\pm 20\text{mm}$ ；单排桩， $\pm 10\text{mm}$ ；桩位放线验收合格后方可进行沉桩施工。

6.2.4 当桩身上、下节采用端板焊接时，焊缝质量应符合表 6.2.4 的规定。

表 6.2.4 电焊接桩焊缝检验标准

检查项目	允许偏差或允许值（mm）	检查方法
上下端部错口	小于边长的 0.3% 且不得大于 2	用钢尺测量
焊缝咬边深度	≤ 0.5	焊缝检查仪
焊缝焊接质量外观	无气孔、无焊瘤、无夹渣、无裂缝	直观
焊缝探伤检验	满足设计要求	不应低于二级

6.2.5 施工结束后应对工程桩进行下列检验：

- 1 桩位允许偏差应符合表 6.2.5 规定；
- 2 截桩后桩顶标高允许偏差为 $\pm 25\text{mm}$ ；
- 3 宜先进行桩身完整性检测，再进行承载力检测。

表 6.2.5 桩位允许偏差值

序号	项目	允许偏差（mm）
1	带有基础梁的桩：	
	(1) 垂直基础梁的中心线	$100 + 0.01H$
	(2) 沿基础梁的中心线	$150 + 0.01H$
2	桩数为（1～3）根桩基中的桩	100
3	桩数为（4～16）根桩基中的桩	1/2 边长
4	桩数大于 16 根桩基中的桩：	
	(1) 最外边的桩	1/3 边长
	(2) 中间桩	1/2 边长
注：H 为施工现场地面标高与桩顶设计标高的距离		

6.2.6 桩身完整性检测宜采用高应变动测法，单节桩时，也可采用低应变动测法。抽检数量不宜少于总桩数的 10%，且不少于 10 根。

6.2.7 工程桩承载力检验应采用静载试验法，且应符合下列规定：

1 对于地基基础设计等级为甲级和乙级的桩基，检验桩数不宜小于总桩数的 1%，且不宜少于 3 根；当总桩数少于 50 根时，不应少于 2 根；

2 静载法实验前，应对照施工时的桩顶标高进行复核，并予记录。有条件时可进行低应变动测法，以备为对比分析数据使用；

3 在工程桩上进行承载力检验的最大加载值，由设计单位确定，承载力检验不能满足设计要求时，应由设计单位提出处理方案，经施工单位实施后，再进行验收。

6.2.8 桩基础主控项目应全部符合《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 及《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 相关规定，发现问题应及时处理直至符合要求。

6.3 工程监测

6.3.1 当对周边环境保护要求严格，或者布桩较密时，应对打桩过程中可能造成的土体隆起和位移、邻桩桩顶标高及桩位位移、孔隙水压力变化等进行监测。

6.3.2 打桩区域附近有河堤、边坡或者在桩基附近进行深基坑开挖时，应进行桩位水平位移监测。

6.3.3 桩基础建筑物的沉降观测，观测精度由设计单位确定，观测方法应按《建筑变形测量规程》JGJ/T 8 执行。沉降观测资料应作为地基基础分部工程和单位工程验收的必备资料之一。

6.4 工程验收

6.4.1 施工单位应在各检验批验收合格的基础上提出分项工程

验收的申请报告，分项工程验收应在监理工程师（或建设单位项目技术负责人）的主持下进行，并应有设计单位和勘察单位的代表参加。

6.4.2 实心方桩基础工程竣工验收时，应具备下列文件和资料：

- 1 岩土工程勘察报告；**
- 2 桩基设计施工图、图纸会审纪要、设计变更通知书等；**
- 3 经审定的施工组织设计或施工方案，包括实施过程中的变更通知书等；**
- 4 开工报告和分项工程验收申请报告；**
- 5 桩位测量放线图，包括工程基线复核签证单；**
- 6 实心方桩出厂合格证；**
- 7 实心方桩的进场验收记录；**
- 8 实心方桩的焊接材料合格证和检验报告；**
- 9 实心方桩的接桩隐蔽验收记录；**
- 10 实心方桩施工记录及桩位编号图；**
- 11 桩基工程竣工图；**
- 12 基桩静荷载试验报告和桩身质量检验记录、检测报告；**
- 13 质量事故处理记录；**
- 14 检验批质量验收记录；**
- 15 分项工程质量验收报告。**

表 A.1 预应力混凝土实心方桩 (SC) 配筋和力学性能

方桩分类	规格 (mm)	混凝土强度等级	型号	单节桩身长度 (m)	预应力钢筋	螺旋钢筋规格	混凝土有效预应力 (N/mm ²)	抗裂弯矩标准值 M_{cr} (kN·m)	桩身弯矩设计值 M_u (kN·m)	桩身受拉承载力设计值 N(kN)	桩身混凝土竖向承载力极限值 R_u (kN)	桩身混凝土竖向承载力设计值 R_p (kN)	桩身混凝土抗剪力设计值 V (kN)	理论重量 (kg/m)
预应力混凝土实心方桩 (SC)	300 × 300	C60	A	≤10	8Φ9.0	Φ4	4.92	34.97	46.60	430	2172	1608	151	234
			AB	≤12	8Φ10.7		6.67	42.84	63.81	610			157	
			B	≤13	8Φ12.6		9.21	54.27	83.79	842			159	
	A		≤11	12Φ9.0	Φ4	5.42	59.1	74.15	644	2956	2190	205	319	
	AB		≤13	12Φ10.7		7.45	73.6	101.49	911			213		
	B		≤14	12Φ12.6		10.09	92.47	133.05	1263			221		
	A		≤12	16Φ9.0	Φ5	5.53	89.39	107.97	860	3861	2860	284	416	
	AB		≤14	16Φ10.7		7.6	111.47	148.01	1215			295		
	B		≤15	16Φ12.6		9.94	136.43	195.12	1685			309		

续表 A.1

方桩 分类	规格 (mm)	混凝土强 度等 级	型 号	单节 桩身 长度 (m)	预应 力 钢筋	螺旋 筋 规格	混凝土 有效预 压应力 (N/mm ²)	抗裂弯 矩标准 值 M_{cr} (kN·m)	桩身弯 矩设计 值 M_u (kN·m)	桩身受 拉承载 力设计 值 N(kN)	桩身混 凝土强 度竖向 承载力 极限值 R_u (kN)	桩身混 凝土强 度竖向 承载力 设计值 R_p (kN)	桩身混 凝土强 度抗剪 承载力 设计值 V (kN)	理论 重量 (kg/m)
预应 力混 凝土 实心 方桩 (SC)	450 × 450	C60	A	≤12	16Φ9.0	Φ ^b 5	4.37	109.65	124.67	860	4887	3620	349	527
			AB	≤14	16Φ10.7		6.01	134.56	172.60	1215			360	
			B	≤15	16Φ12.6		7.85	162.5	231.82	1685			374	
	A		≤13	20Φ9.0	Φ ^b 5	4.33	149.58	168.11	1075	6032	4468	432	650	
	AB		≤15	20Φ10.7		6.05	185.41	232.89	1519			447		
	B		≤15	20Φ12.6		7.95	225.0	313.08	2106			457		
	A		≤15	20Φ10.7	Φ ^b 5	5.02	218.23	261.50	1519	7300	5407	526	786	
	AB		≤15	20Φ12.6		6.92	270.91	354.18	2106			552		
	A		≤15	24Φ10.7	Φ ^b 6	5.07	285.12	320.53	1823	8687	6435	640	936	
	AB		≤15	24Φ12.6		6.98	353.88	390.58	2527			687		

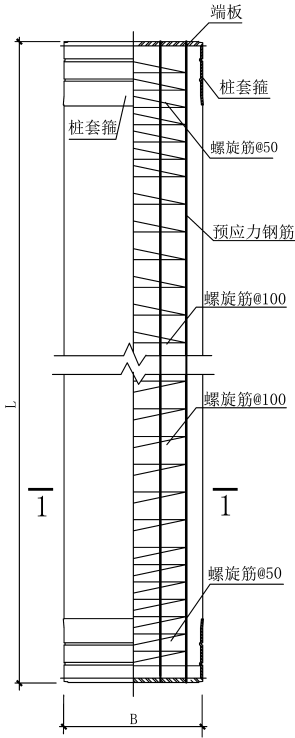
表 A.2 预应力高强混凝土实心方桩(SHC)配筋和力学性能

方桩分类	规格 (mm)	混凝土强度等级	型号	单节桩身长度 (m)	预应力钢筋	螺旋 筋 规格	混凝土 有效预 压应力 (N/mm ²)	抗裂弯 矩标准 值 M_{cr} (kN·m)	桩身弯 矩设计 值 M_u (kN·m)	桩身受 拉承载 力设计 值 N (kN)	桩身混 凝土强 度竖向 承载力 极限值 R_u (kN)	桩身混 凝土强 度竖向 承载力 设计值 R_p (kN)	桩身混 凝土强 度抗剪 承载力 设计值 V (kN)	理论 重量 (kg/m)
预应 力高 强混 凝土 实心 方桩 (SHC)	300 × 300	C80	A	≤10	8Φ9.0	Φ ^b 4	4.92	36.14	47.21	434	3050	2260	161	234
			AB	≤12	8Φ10.7		6.67	44.01	65.32	610			167	
			B	≤13	8Φ12.6		9.21	55.44	87.45	842			175	
	A		≤11	12Φ9.0	Φ ^b 4	5.42	60.96	75.19	644	4160	3080	219	319	
	AB		≤13	12Φ10.7		7.45	75.46	103.95	911			228		
	B		≤14	12Φ12.6		10.09	94.33	139.16	1263			234		
	A		≤12	16Φ9.0	Φ ^b 5	5.53	92.16	109.39	860	5430	4020	302	416	
	AB		≤14	16Φ10.7		7.6	114.24	151.42	1215			313		
	B		≤15	16Φ12.6		9.94	139.2	203.33	1685			328		

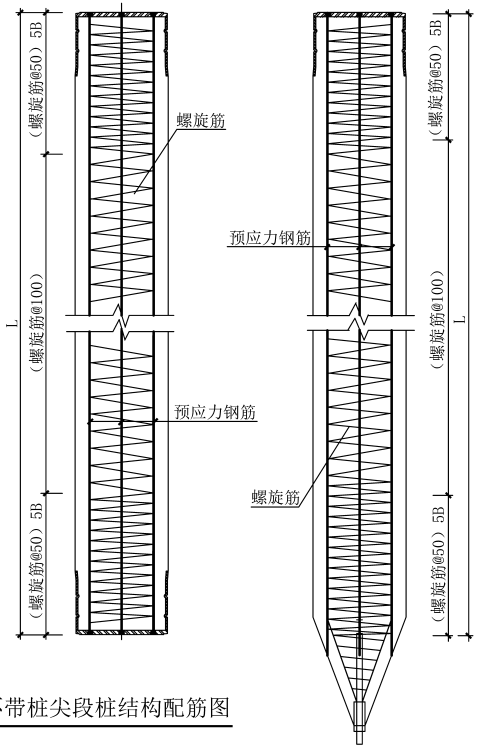
续表 A.2

方桩 分类	规格 (mm)	混凝土强 度等 级	型 号	单节 桩身 长度 (m)	预应 力 钢筋	螺旋 筋 规格	混凝土 有效预 压应力 (N/mm ²)	抗裂弯 矩标准 值 M_{cr} (kN·m)	桩身弯 矩设计 值 M_u (kN·m)	桩身受 拉承载 力设计 值 N (kN)	桩身混 凝土强 度竖向 承载力 极限值 R_u (kN)	桩身混 凝土强 度竖向 承载力 设计值 R_p (kN)	桩身混 凝土强 度抗剪 承载力 设计值 V (kN)	理论 重量 (kg/m)	
预应 力高 强混 凝土 实心 方桩 (SHC)	450 × 450	C80	A	≤12	16Φ9.0	Φ ^b 5	4.37	113.6	125.82	860	6870	5090	372	527	
			AB	≤14	16Φ10.7		6.01	138.51	175.24	1215			384		
			B	≤15	16Φ12.6		7.85	166.46	237.79	1685			398		
	500 × 500		A	≤13	20Φ9.0	Φ ^b 5	4.33	155.0	169.60	1075	8480	6280	461	650	
			AB	≤15	20Φ10.7		6.05	190.83	263.31	1519			476		
			B	≤15	20Φ12.6		7.95	230.41	320.89	2106			487		
	550 × 550		A	≤15	20Φ10.7	Φ ^b 5	5.02	225.44	265.03	1519	10300	7601	557	786	
			AB	≤15	20Φ12.6		6.92	278.12	360.64	2106			585		
			600 × 600	A	≤15	24Φ10.7	Φ ^b 6	5.07	294.48	338.93	1823	12210	9046	678	936
				AB	≤15	24Φ12.6		6.98	363.24	397.57	2527			728	

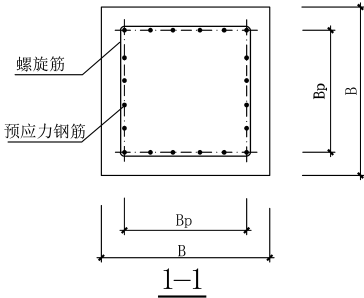
附录B 实心方桩结构配筋示意图



方桩结构配筋图



不带桩尖段桩结构配筋图



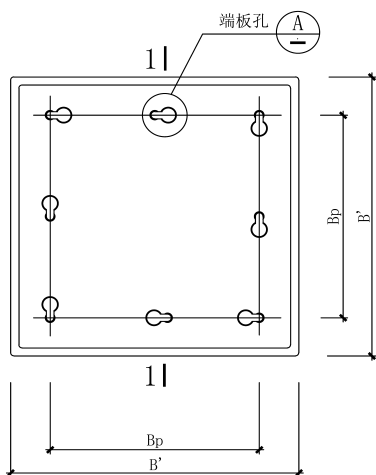
下段带桩尖桩结构配筋图

说明:

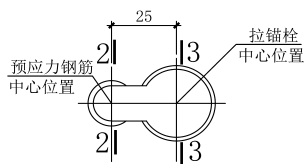
1. 预应力钢筋及螺旋箍筋的规格数量详见附录A;
2. 端板详见附录C;
3. 桩套箍详见附录C对应样图。

附录C 桩身大样详图

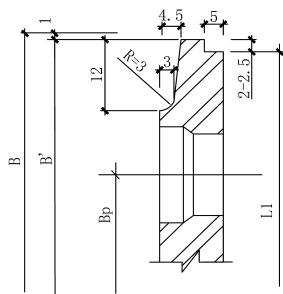
C.1 端板详图



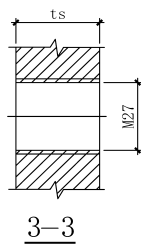
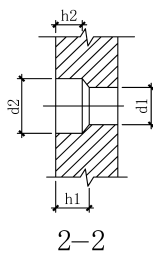
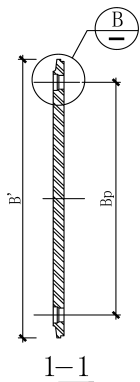
端板平面图



端板孔详图



端板边缘详图



说明:

1. 两端板孔之间距离偏差不得大于0.5mm;
2. 端板参数详见附录表C.1;
3. 端板孔位置根据预应力钢筋位置定位, 本图以8根钢筋桩为例, 其他按此放样;
4. 用作抗拉桩加强套箍板时, 端板的套箍板位置不再设定位开槽口, 详见附录C.3。

表 C.1 端板参数表

桩边长 B(mm)	型号	预应力钢筋	B _p (mm)	B'(mm)	L ₁ (mm)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	t _s (mm)
300×300	A	8Φ9.0	204	298	292.5	10	18	8	5	16
	AB	8Φ9.0				10	18	8	5	18
	B	8Φ10.7				12	20	9.5	6.5	22
350×350	A	12Φ9.0	254	348	342.5	10	18	8	5	16
	AB	12Φ10.7				12	20	9.5	6.5	18
	B	12Φ12.6				12	20	9.5	6.5	22
400×400	A	16Φ9.0	304	398	392.5	10	18	8	5	18
	AB	16Φ10.7				12	20	9.5	6.5	20
	B	16Φ12.6				14	22	11	8	22
450×450	A	16Φ9.0	354	448	442.5	10	18	8	5	18
	AB	16Φ10.7				12	20	9.5	6.5	20
	B	16Φ12.6				14	22	11	8	22

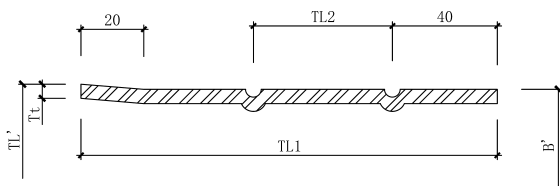
续表 C.1

桩边长 B(mm)	型号	预应力钢筋	Bp(mm)	B'(mm)	L1(mm)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	t _s (mm)
500×500	A	20Φ10.7	404	498	492.5	12	20	9.5	6.5	20
	AB	20Φ12.6				14	22	11	8	22
	B	20Φ12.6				14	22	11	8	22
550×550	A	20Φ10.7	454	548	542.5	12	20	9.5	6.5	20
	AB	20Φ12.6				14	22	11	8	22
600×600	A	24Φ10.7	504	598	592.5	12	20	9.5	6.5	20
	AB	24Φ12.6				14	22	11	8	22

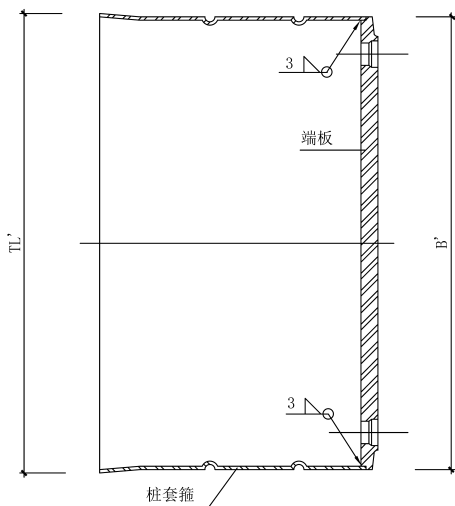
C.2 抗压桩套箍详图

表C.2 桩套箍参数表 (mm)

方桩边长	300	350	400	450	500	550	600
桩套箍	B'	298	348	398	448	498	548
	TL'	304	354	404	454	504	554
	Tt	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	TL1	120	120	150	150	150	150
	TL2	40	40	50	50	50	50

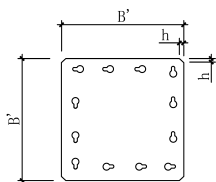


桩套箍剖面详图

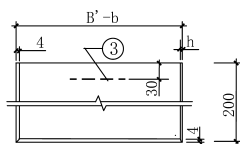


桩套箍与端板连接详图

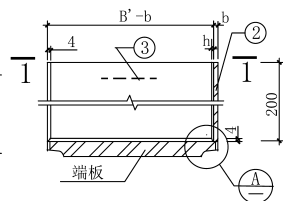
C.3 抗拔桩端板套箍 (桩箍与端头板连接做法)



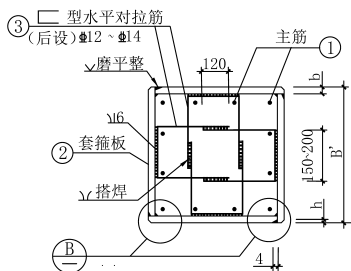
套箍端板切角做法



套箍板②正立面

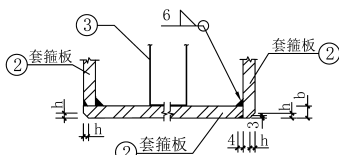


套箍板与端板连接



1-1

注: ③平面定位应避开①筋



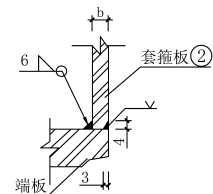
各套箍板②连接

表C.3 端板套箍尺寸表(mm)

方桩规格	B	h	b
300×300	300	2.6	6
350×350	350	2.6	6
400×400	400	2.6	8
450×450	450	3.8	8
500×500	500	3.8	8
550×550	550	4.5	10
600×600	600	4.5	10

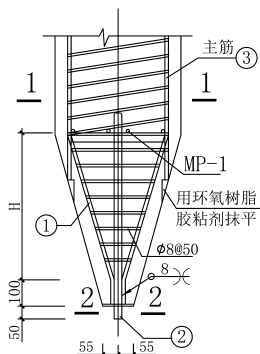
说明:

1. 当桩端板对接焊接抗力不满足抗拔要求时, 应按本图做加强处理至满足抗拔要求;
2. ③筋为放置②套箍板时现场与其焊接。可事前与①筋临时定位绑结, 正式定位与搭焊调整为准;
3. 为便于生产, 切角h可成桩后打磨。压角钢处突出的焊缝须打磨平整;
4. 抗拉接头可只针对性能设置, 即对于最上节桩, 可只设在下接头。同理, 对最下节桩只设在上接头, 中间桩两头设;
5. 对于桩端板对接焊缝抗拉强度经计算及试验能满足要求的可不设。

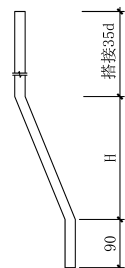


套箍与端板连接

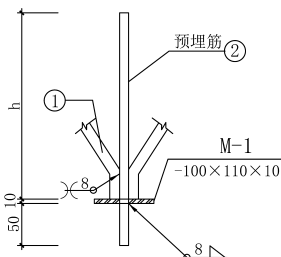
C.4 混凝土桩尖详图



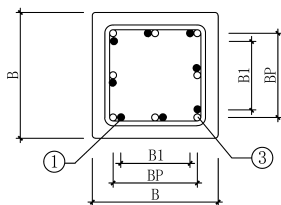
混凝土桩尖做法



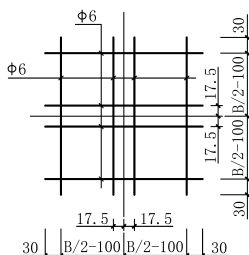
①号筋大样图



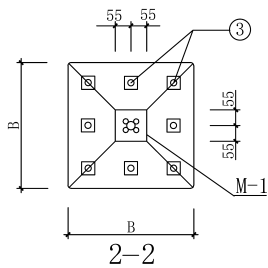
②预埋筋与桩尖钢筋连接图



1-1



MP-1筋网平面



2-2

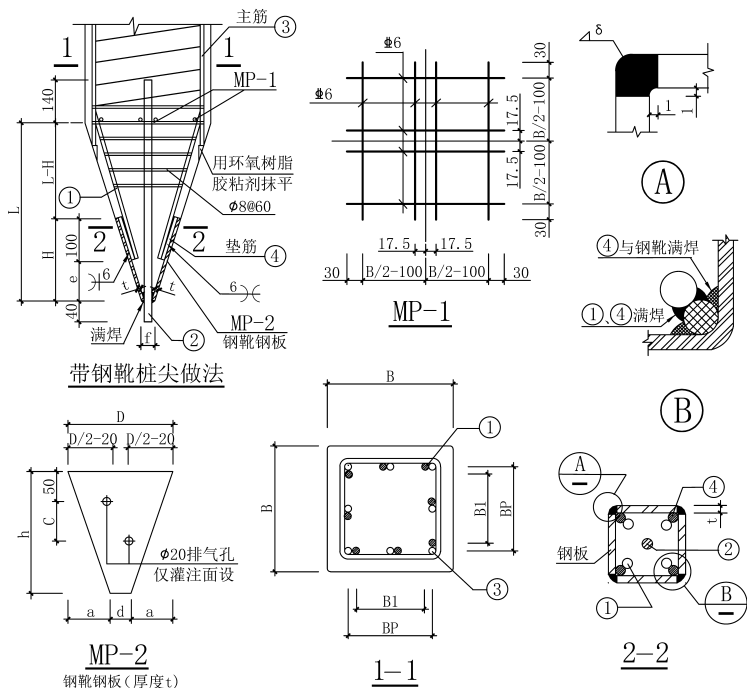
表C.4 桩尖尺寸表 (mm)

方桩规格	B	B1	H	h	①	②	③
300×300	300	182	300	440	Φ14	Φ25	对应 各 主 筋
350×350	350	229	300	440	Φ14	Φ25	
400×400	400	278	400	540	Φ16	Φ25	
450×450	450	318	400	540	Φ16	Φ25	
500×500	500	365	500	640	Φ20	Φ28	
550×550	550	415	500	640	Φ20	Φ28	
600×600	600	463	600	740	Φ22	Φ28	

注: 1. 除特别注明外, 焊缝厚度均为8mm;

2. 本图以8根主筋为例说明, 其他情况类推。

C.5 带钢靴桩尖详图



表C.5

桩尖尺寸表(mm)

方桩规格	B	B1	t	L	H	①	②	f	h	D	d	a	c	e	δ
300×300	300	182	8	400	200	$\phi 14$	$\phi 28$	46	211	164	30	67	80	60	8
350×350	350	229	8	400	200	$\phi 14$	$\phi 28$	45	216	189	29	80	80	60	8
400×400	400	278	8	500	250	$\phi 16$	$\phi 28$	46	267	214	30	57	100	110	8
450×450	450	318	10	500	250	$\phi 16$	$\phi 30$	51	271	240	32	104	100	110	10
500×500	500	365	10	600	250	$\phi 20$	$\phi 30$	51	322	265	31	117	100	110	10
550×550	550	415	10	600	250	$\phi 20$	$\phi 30$	52	327	290	32	129	100	110	10
600×600	600	463	10	700	350	$\phi 22$	$\phi 32$	54	378	316	34	141	100	160	10

注：1. 除特别注明外，焊缝厚度均为8mm； 2. 本图以8根主筋为例说明，其他情况类推；

3. 垫筋④大小及是否需要，在保证质量的条件下可根据具体制作情况调整。

附录 D 实心方桩尺寸允许偏差及外观要求

D.1 实心方桩各部位的尺寸允许偏

实心方桩各部位的尺寸允许偏差应符合表 D.1 的规定。

表 D.1 实心方桩的尺寸允许偏差值

单位：mm

序号	项目	允许偏差
1	桩长	桩长的 5‰
2	横截面边长	± 5
3	桩顶对角线之差	≤ 10
4	保护层厚度	0 至 5 范围
5	桩身弯曲度	≤ 1‰桩长
6	桩尖中心线	< 10
7	桩顶平面倾斜	≤ 5‰边长
8	主筋间距	± 5
9	箍筋间距或螺旋筋的螺距	± 5
10	端板接桩焊接剖口尺寸（详附录 C.1 ㉔大样）	0 ~ +0. 5

D.2 实心方桩各外观质量要求

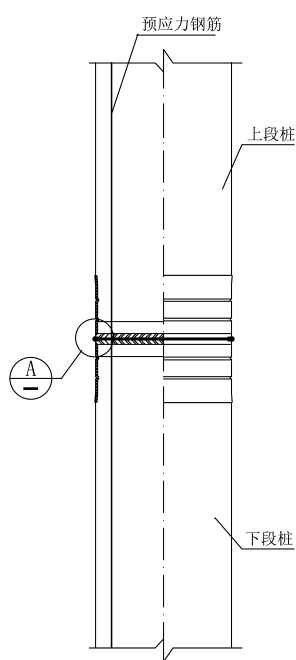
实心方桩的外观质量要求应符合表 D.2 要求。

表 D.2 实心方桩的外观质量要求

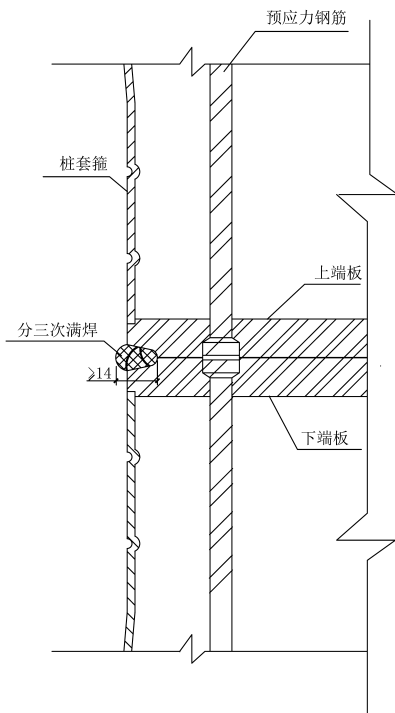
项目	质量要求
成品桩外形	表面平整、密实，颜色均匀
黏皮和麻面	局部黏皮和麻面累计面积不大于桩身总计表面积的 0.5%，其深度不得大于 5mm，且应作有效的修补
局部蜂窝、掉角	局部蜂窝和掉角的累计面积不大于桩身总计表面积的 0.5%，其深度不得大于 10mm，并不得过分集中，且应作有效的修补
局部磕损	磕损深度不大于 10mm，每处面积不大于 50cm^2 ，且应作有效的修补
外表面露筋	不允许
表面裂缝	不允许出现受力引起的横向或纵向裂缝。对于混凝土的收缩裂缝，其深度 $< 20\text{mm}$ ，宽度 $< 0.15\text{mm}$ ，横向裂缝不超过边长的一半
桩端面平整	桩端面混凝土及预应力钢筋锚头不得高出端板平面
断筋、脱头	不允许
桩套箍（钢裙板）凹陷	凹陷深度不得大于 10mm，每处面积不大于 16cm^2
桩接头及桩套箍钢裙板与混凝土结合处的空洞和蜂窝	不允许

附录E 各段桩身连接

E.1 抗压桩连接焊接详图

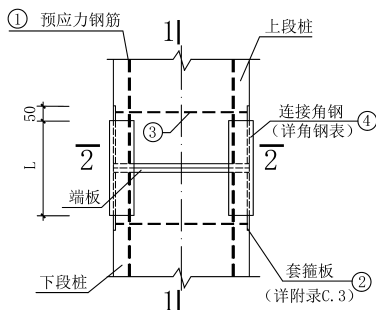


常规接桩方式

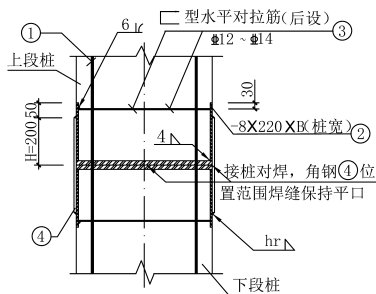


① 接桩详图

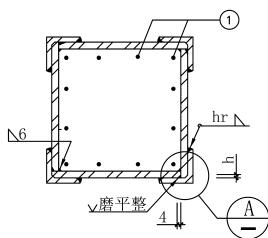
E.2 抗拔桩连接接头 (桩箍与附加角钢连接做法)



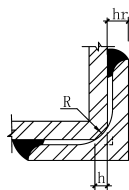
抗拔板连接大样



1-1



2-2



A 连接角钢

表C5 抗拔用连接角钢参数表(mm)

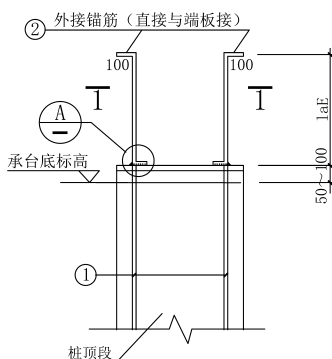
方桩边长		300	350	400	450	500	550	600
外包角钢	型号	L63X6	L63X6	L63X8	L75X8	L75X8	L100X10	L100X10
	L	400	400	400	400	400	400	400
	h	2.6	2.6	2.6	3.8	3.8	4.5	4.5
	R	7	7	7	9	9	12	12
	hr	6	6	8	8	8	10	10

说明:

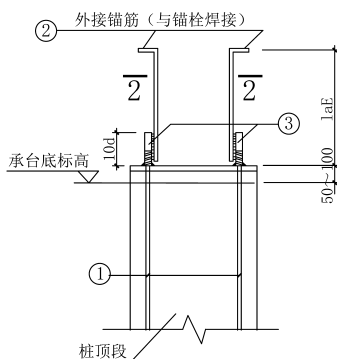
1. 抗拔桩接头强度, 是否等于桩身预应力张拉力, 决定着抗拔力是否可取桩身抗拉强度的问题, 故接头焊缝是关键。经核验, 小抗拔力的桩, 在确保焊缝质量的条件能满足要求, 但现场可靠度及过大抗拔力要求的桩, 保证度偏低。为此提出附加抗拔拉接角钢加固要求, 供生产及设计参用, 具体控制要求由设计确定。
2. 设计控制尺寸主要是角钢④长度(L)及对应焊缝长度。
3. “h”视选用角钢④的阻角圆弧尺寸核定。

附录F 桩顶与承台连接详图

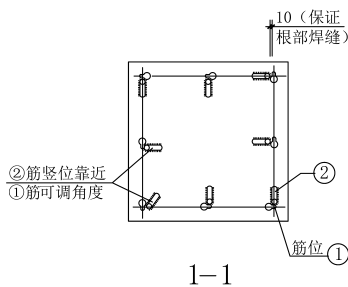
F.1 有端板连接详图



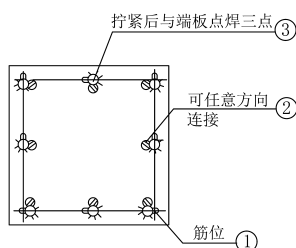
方法1



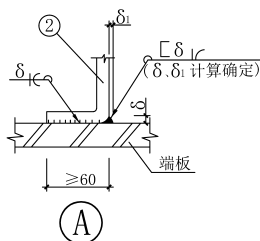
方法2



1-1



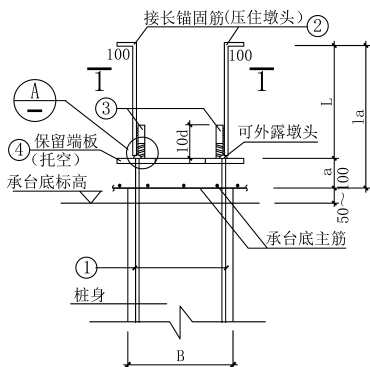
2-2



说明:

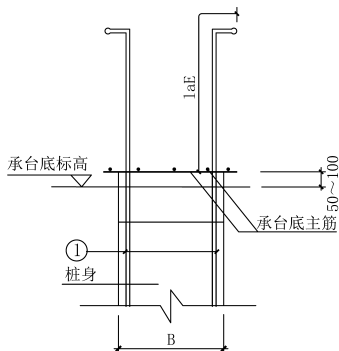
- ①筋为桩身主筋, ②筋为附加锚入承台内主筋, 由设计核算选用。③筋为利用端板螺孔附设过渡连接螺栓杆 (M27, 可请厂方加工), 拧紧后与端板三点焊, 外伸段与②筋搭焊;
- “方法1”为②筋直接与端板焊接法; “方法2”为②筋利用过渡栓杆③与端板焊接, 建议用在抗拔桩或①筋过密的端板。
- ③筋为HPB300钢筋; ②筋对应①筋强度要求的HPB300或HRB400钢筋。

F.2 截桩处理详图



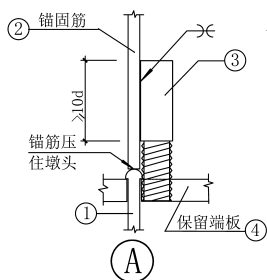
方法1

(用于截桩后主钢筋
固长度小于 $1aE$ 时)

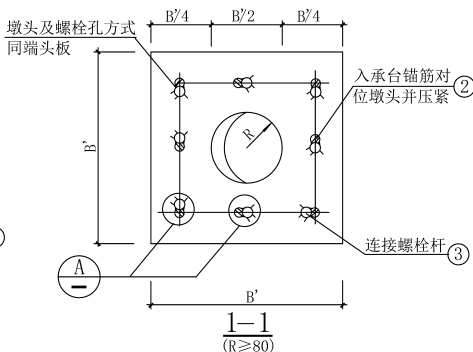


方法2

(用于①钢筋桩头
后留长大于 $1aE$ 时)

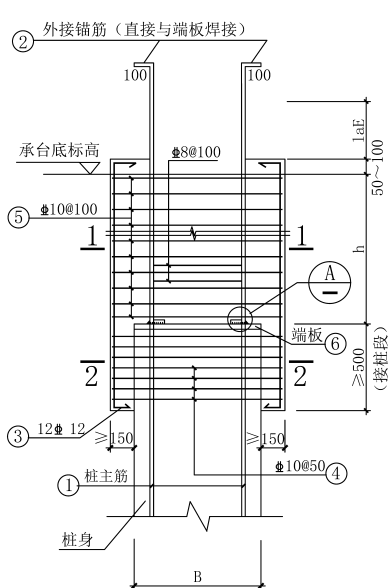


(③为M27栓杆, 用HPB300钢
筋加工; ④为保留的端板)



- 注: 1. 本大样用于桩顶标高终压后高于承台底标高, 为保持承台底标高不变时, 须进行部分桩顶截桩的桩入承台锚固做法。保留的端板④用于固定主筋, 并起连接锚固筋作用;
2. “a”为截桩后主筋外露长度, 且小于埋入承台锚固长度 $1aE$ 要求;
3. “L”为接长锚固筋长度(锚固长度构造按 $1a-a$ 确定, $100 \leq a \leq 300$, 当 $a > 300$ 时取300, $a < 100$ 时取为0);
4. “d”为接长锚固筋①或②直径, 当为②时其强度及直径须对应①筋抗力值;
5. “ $1a$ ”用于抗压桩时为 $60d$, 用于抗拔桩时为 $70d$, 对应承台砼强度应 $\geq C30$;
6. 截桩时不允许破坏桩内预应力主筋①, 并保持竖直状态。对多余的桩顶砼破除, 不得横向大力敲击, 用截桩器时, 要保证不触伤主筋①, 或针对性分区控制使用。“R”为端板拆卸后开孔半径, 用于保证承台混凝土浇筑质量。

F.3 接桩处理详图

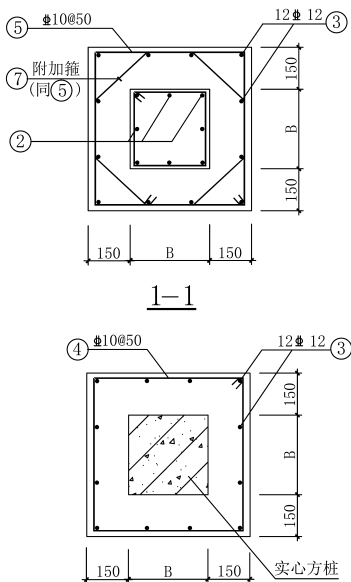


桩顶接桩与承台连接大样

注: 1. “h”为实际桩顶到设计桩顶标高差;
2. 接桩砼强度应对应桩设计抗压强度, 或对应接桩截面面积相吻合的抗压强度;
3. ②筋应对应①筋强度换算确定, 且确保可焊接性;
4. 当桩身边长大于450时, ③筋应增设附加箍筋。

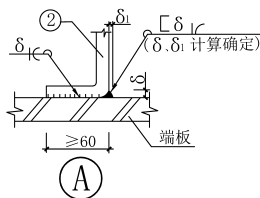
说明:

1. 本大样用于桩顶桩顶终压时超送情况，须采用接桩方式完成桩与承台的连接；
2. 接桩砼强度应根据基桩最大抗压承载力进行设计分析后确定。当用作抗拔桩时②筋须对应①筋抗力要求进行核确定，且确保可焊接性；
3. 钢筋：Φ为HRB300级别，Φ为HRB400级别。



2-2

注: 接桩部分砼强度, 要考虑桩对其局部抗压强度影响分析, 并依此确定截面最小尺寸及对应混凝土强度的选择。



附录 G 桩身材料抗力计算

G.1 计算参数与规定

G.1.1 预应力钢筋（代号 PCB - 1420 - 35 - L - HG）的力学性能见表 G.1.1 - 1，几何性能见表 G.1.1 - 2，其他种类预应力钢筋可参考代换使用。

表 G.1.1 - 1 PCB - 1420 - 35 - L - HG 钢棒的力学性能

符号	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ (N/mm ²)	抗拉强度标准值 f_{ptk} (N/mm ²)	抗拉强度设计值 f_{py} (N/mm ²)	抗压强度设计值 f'_{py} (N/mm ²)	延伸率 (%)	1000h 松弛值 (%)	弹性模量 E_s (N/mm ²)
ΦD	≥ 1280	≥ 1420	≥ 1000	≥ 400	≥ 7	≤ 2.0	2.0×10^5

注：1 表中是 1000h 松弛值指初始应力为 70% 抗拉强度时的松弛值；

2 “D” 为钢筋直径。

表 G.1.1 - 2 PCB - 1420 - 35 - L - HG 钢棒的几何性能

公称直径 (mm)	外轮廓直径 (mm)	公称截面积 (mm ²)	理论重量 (kg/m)
9.0	9.15	64.0	0.502
10.7	11.10	90.0	0.707
12.6	13.10	125.0	0.981

G.1.2 张拉控制应力

预应力钢筋的张力控制应力取值不大于钢筋抗拉强度标准值的 0.7 倍，即钢筋张拉应力及每根钢筋的张拉力见表 G.1.2。

表 G.1.2 各直径预应力钢筋的张拉控制应力及对应钢筋的张拉力

公称直径 (mm)	9.0	10.7	12.6
张拉控制应力 σ_{com} (N/mm ² 或 MPa)	994		
每根钢筋张拉力 (kN)	63.62	89.46	124.25

注：1 由于实际张拉时会存在机具磨阻影响，按应变控制要求，拉力会略大于理论张拉值。

2 混凝土有效预压应力 (σ_{pc}) 的计算方桩考虑三种引起预应力损失的因素，包括张拉端锚具变形和钢筋内缩（计算取 3mm），预应力钢筋的应力松弛以及混凝土的收缩和徐变。

G.2 混凝土方桩的结构计算

G.2.1 桩身抗裂弯矩计算

用于桩身吊装、堆放等纯受弯工况的计算：

$$M_{cr} = (\sigma_{pc} + r f_{tk}) W \quad (G.2.1)$$

式中： M_{cr} ——桩身抗裂弯矩标准值；

r ——桩身脱模强度调整系数。如蒸养时按 0.75 取值；出厂时按 1 取值，附录 A 为出厂值；

σ_{pc} ——桩身截面混凝土有效预压应力；

f_{tk} ——桩身混凝土抗拉强度标准值；

W ——桩截面受拉边缘的弹性抵抗距。

G.2.2 桩身正截面抗弯弯矩计算

1 以配合抗弯实验形式纯受弯工况的计算：

$$M_u \leq \alpha_1 f_c b x (h_o - x/2) \quad (G.2.2-1)$$

混凝土受压区高度应按下列公式确定：

$$\alpha_1 f_c b x = f_{py} A_p$$

混凝土受压区高度尚应符合下列条件：

$$x \leq \xi_b h_o \quad (G.2.2-2)$$

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{0.002}{\varepsilon_{cu}} + \frac{f_{by} - \sigma_{po}}{E_s \varepsilon_{cu}}}$$

按实际配筋核算桩的抗弯设计值：

$$M_u \leq f_{py} A_p (h_o - x/2) \quad (G. 2. 2 - 3)$$

式中： M_u ——桩身正截面抗弯设计值；

f_{py} ——预应力钢筋的抗拉强度设计值，取 994N/mm^2 （按

$$f_{py} = 0.7f_{ptk} = 0.7 \times 1420 = 994\text{N/mm}^2$$
）；

h_o ——单侧受拉预应力钢筋合力点至混凝土受压区外边缘的距离， $h_o = h - a'_p$ （ a'_p 对应取值约为 40mm ，详附录 C1，按 $a'_p = (B - B_p) / 2$ 确定）；

x ——等效矩形应力图形的混凝土受压区高度；

A_p ——桩身单侧预应力受拉钢筋截面积；

b ——桩身边长；

α_1 ——系数，对混凝土强度 C60 取 0.98，C80 取 0.94；

ξ_b ——相对，界限受压区高度；

β_1 ——系数，对应混凝土强度 C60 取 0.78，C80 取 0.74；

ε_{cu} ——可按 0.003 取值；

E_s ——预应力钢筋的弹性模量，按 $2 \times 10^5\text{N/mm}^2$ 取；

σ_{po} ——预应力钢筋的张拉预应力扣除预应力损失的应力值；

f_c ——桩身混凝土抗压强度设计值（存在考虑预压应力的影响）。

2 对于正常使用状态的桩身抗弯强度，应根据实际受力条件，结合基桩抗水平力、偏心受压构件等状况进行相应分析计算，但附录 A 表的弯矩值对偏压计算有约束性作用。

G. 2. 3 预应力混凝土实心方桩桩身抗剪承载力设计值按下式计算

以配合抗剪实验形式纯受剪工况的计算：

$$V \leq V_{cs} + V_p \quad (G. 2. 3 - 1)$$

$$V_{cs} = 0.7f_t b h_o + f_{yv} A_{sv} \cdot h_o / s \quad (G. 2. 3 - 2)$$

$$V_{po} = 0.05N_{po} \quad (G. 2. 3 - 3)$$

式中: V_{cs} ——构件斜截面上混凝土和箍筋的受剪承载力设计值;

V_p ——由预加力所提高的构件受剪承载力设计值;

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值;

f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值;

A_{sv} ——配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积, $A_{sv} = n \cdot A_{svl}$, 其中 n 为在同一个截面内箍筋的肢数, A_{svl} 为单肢箍筋的截面面积;

s ——沿构件长度方向箍筋的间距;

b ——矩形截面的宽度, T 形或 I 形截面的腹板宽度;

h_o ——构件截面的有效高度;

N_{po} ——计算截面上混凝土法向预应力等于零时的预加力, 按《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 第 6.3.4 条执行。根据桩身均匀预应力特点, 按附表 B “混凝土有效预压应力” 的 1/4 对应力取值。

G.2.4 桩身结构竖向抗压承载力设计值及极限值的计算

1 按无纵向弯曲影响条件下桩身轴心受压工况的抗压强度设计值计算:

$$R_p = \psi_c f_c A \quad (\text{G.2.4-1})$$

2 桩身穿越可液化土或不排水抗剪强度小于 10kPa 的软弱土层的基桩, 应考虑压曲影响, 桩身轴心受压承载力应符合以下要求:

$$R_p = \varphi \psi_c f_c A \quad (\text{G.2.4-2})$$

式中: R_p ——桩身结构抗压承载力设计值;

A ——桩身截面面积;

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值;

ψ_c ——承载力调整系数, 考虑工艺及对应混凝土强度的影响, C60 混凝土取 0.65; C80 混凝土取 0.70;

φ ——受压稳定系数, 按《建筑桩基技术规范》JGJ 94 相关条款计算。

3 按无纵向弯曲影响条件下轴心受压工况的极限抗压承载力计算:

$$R_u \leq 1.35 R_p \quad (\text{G. 2. 4 - 3})$$

式中: R_u ——桩身轴心受压工况的极限抗压承载力。

4 单桩竖向抗压承载力特征值:

$$R_a = R_u / 2 \quad (\text{G. 2. 4 - 4})$$

$$\text{或 } R_a = Q_{uk} / 2 \quad (\text{G. 2. 4 - 5})$$

式中: R_a ——单桩竖向承载力特征值 (kN)。取 Q_{uk} 及 R_u 对应的较小者;

Q_{uk} ——单桩竖向极限承载力标准值 (kN)。按 G. 2. 4 条及静载实验确定。

G. 2. 5 方桩的正截面轴心受拉承载力设计值计算

1 方桩的正截面轴心受拉承载力, 应取下列两式计算结果中的较小值:

$$N_l \leq 0.85 f_{py} A_{py} \quad (\text{G. 2. 5 - 1})$$

$$N_l \leq \sigma_{pe} A \quad (\text{G. 2. 5 - 2})$$

式中: N_l ——应于荷载效应基本组合时, 桩顶轴向拉力设计值;

A_{py} ——预应力钢筋截面面积;

σ_{pe} ——桩身混凝土有效预压应力 (已考虑预应力损失影响);

f_{py} ——预应力抗拉强度设计值 (994 N/mm²);

A ——桩身截面面积。

2 当考虑基桩有拉、压受力转换作用存在时, 还应满足桩身符合受拉计算的抗拔承载力, 并符合其他相关现行标准的规定。

G. 2. 6 吊装与堆放验算

方桩吊装验算的动力系数取 1.5, 桩身结构自重产生的最大吊装弯矩 (M_{\max}) 应不得大于桩的抗裂弯矩。

采用两点吊法, M_{\max} 的计算方法如下:

$$M_{\max} = (0.5q \times (0.214L)^2) \times 1.5 \quad (\text{G. 2. 6 - 1})$$

采用一点吊法， M_{\max} 的计算方法如下：

$$M_{\max} = (0.5q \times (0.31L)^2) \times 1.5 \quad (\text{G. 2. 6 - 2})$$

式中： M_{\max} ——最大吊装弯矩（kN·m）；

q ——方桩理论重量（kN/m）；

L ——单桩节长度（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，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格的，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，在正常情况下均应这样做的用词：

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用词；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。非必须按所指定的标准、规范或其他执行时，写法为“可参照……”。

引用标准名目

- 1 《先张法预应力混凝土管桩》 GB 13476
- 2 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 3 《混凝土质量控制标准》 GB 50164
- 4 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 5 《建设用砂》 GB/T 14684
- 6 《建设用卵石、碎石》 GB/T 14685
- 7 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 8 《混凝土外加剂》 GB 8076
- 9 《预应力混凝土用钢棒》 GB/T 5223. 3
- 10 《混凝土制品用冷拔低碳钢丝》 JC/T 540
- 11 《低碳钢热轧圆盘条》 GB/T 701
- 12 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 13 《先张法预应力混凝土管桩用端板》 JCT 947
- 14 《碳钢焊条》 GB/T 5117
- 15 《预拌混凝土》 GB/T 14902
- 16 《普通混凝土力学性能试验方法标准》 GB/T 50081
- 17 《自密实混凝土应用技术规程》 JGJ/T 283
- 18 《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107
- 19 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 20 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 21 《高层建筑岩土工程勘察规范》 JGJ 72
- 22 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 23 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
- 24 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 25 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》 GB 50202

- 26 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 27 《建筑基桩检测技术规范》 JGJ 106
- 28 《建筑变形测量规程》 JGJ 8
- 29 《回弹法检测混凝土强度技术规程》 JGJ/T 23
- 30 《高强混凝土检测技术规程》 JGJ/T 249
- 31 《钻芯法检测混凝土强度技术规程》 CECS 03
- 32 《预应力混凝土管桩》 10G 409

云南省工程建设地方标准

预应力混凝土实心方桩 应用技术规范

DBJ 53/T—90—2018

条文说明

目 次

1	总 则	64
2	术语和符号	65
2.1	术 语	65
2.2	符 号	65
3	规格、构造、制作和质量要求	66
3.1	规格分类	66
3.2	构 造	66
3.3	制作要求	66
3.4	产品质量要求	67
4	设 计	68
4.1	一般规定	68
4.2	桩基承载力计算	69
4.3	桩身承载力计算	69
4.4	桩基抗震验算	70
4.5	桩基构造	70
5	施 工	71
5.1	一般规定	71
5.2	实心方桩的吊运与堆放	72
5.3	静压法沉桩	72
5.4	锤击法沉桩	73
5.5	实心方桩的拼接	73
5.6	承台施工	73
6	工程质量检验、监测与验收	75
6.1	一般规定	75
6.2	质量检验	75

6.3	工程监测	75
附录 G	桩身材料抗力计算	77
G.2	混凝土方桩的结构计算	77

1 总 则

1.0.1 根据现场试验和工程实践表明，在一定条件下先张法预应力混凝土实心方桩（以下简称“实心方桩”）基础有如下特点：

1 实心方桩其材料具有强度高、耐压性、耐打性好等特性，一般摩擦端承桩及端承摩擦桩均适用。

2 实心方桩能体现三方面工程特点：一是可用混凝土管桩的养护工艺；二是具有钢桩、管桩对接焊接的特点；三是现有检测方法可实现对实心方桩检验工作。

3 实心方桩的施工具有挤土桩特性，故施工还要注意存在挤土效应的影响。

1.0.2 除低桩承台外的其他运用，应按相关标准复核计算。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 本规程定义的实心方桩，参考了国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476 的管桩定义、建材行业标准《预制钢筋混凝土方桩》JC 934 的方桩定义，以及管桩、方桩基础在国内应用中所形成的一些习惯用语。为便于使用本规程，将部分常用的习惯用语列为术语，即把“先张法预应力实心方桩”简化为“实心方桩”。

2.2 符 号

为便于使用本规程，将常用的符号列入，其他和本规程相关的符号可参见各章节具体标注及相关现行规范、规程。

3 规格、构造、制作和质量要求

3.1 规格分类

3.1.4 参考国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476 规定，对实心方桩进行分类。SC 桩是指混凝土强度等级不低于 C60（用“预应力混凝土”表达）的实心方桩；SHC 桩是指混凝土强度等级不低于 C80（用“预应力高强混凝土”表达）的实心方桩，SC、SHC 桩的规格确定，既考虑了云南省目前生产的状况，也考虑了今后工程建设的需要，本规程选用了相应的方桩规格列入其中。

3.2 构造

3.2.1 本实心方桩应用技术规程，按《混凝土结构设计规范》GB 50010 环境类别二 b 进行耐久性设计。当基础的环境、地质条件对桩有侵蚀性时，应根据使用条件按有关规范采取有效的防腐措施。

3.3 制作要求

3.3.8 为确保方桩质量，本规程规定：放张预应力筋时，为防止放张压力破坏及脱模对混凝土的抗压强度的要求，特规定均不得低于桩身设计强度的 75%。混凝土拌合物应在搅拌站喂料工序中随机取样并制作试件，一组与实心方桩同条件养护，一组放到标准养护室养护，养护混凝土抗压强度试验按《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 方法执行，桩身强度以标准养护条件下检验结果为准。

3.3.9 《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476 标准中没有提及

生产工艺，为此，本节对主要生产工艺提出了一些原则性要求。

3.4 产品质量要求

3.4.1 标准养护试块涉及到试块尺寸的标准是 $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的要求，且为 28 天标准养护时间的问题。结合生产实际，应有与混凝土质量相关标准相吻合的对比试块为依据。

3.4.6 实心方桩的可靠性与混凝土的强度有关，而混凝土的强度又与养护方法对应龄期有关。通常桩身混凝土强度采用蒸养方法后，会缩短对应 100% 设计强度的标准龄期，为保证桩身材料性能的稳定性，还要有一定的存放龄期做保证。故本规程规定：桩身常压蒸养养护后达到 100% 的设计强度时，还应停放满 7 天龄期后方可沉桩；如有其他有效措施且有试验数据表明，桩身混凝土试块抗压强度对应的标养试块，其 7 天龄期满足设计强度 100% 时，可按停放龄期不得少于一天控制。桩身的混凝土试块应与桩同条件养护，其检验强度值作为桩身强度依据。

4 设 计

4.1 一般规定

4.1.1 国家现行《建筑地基基础设计规范》GB 50007 中，明确了建筑地基基础设计等级的概念，结合《建筑桩基技术规范》JGJ 94 采用三个设计等级来划分不同的建筑物桩基的要求。本规程直接引用设计等级来划分不同的建筑物实心方桩基础的设计等级。

4.1.2 本条系根据一般情况下桩基设计所要求具备的资料做出规定，在特殊情况下，还应增加有关资料，以满足设计要求。

4.1.3 相关资料的收集，需通过现场踏勘、收集、分析等工作来确定。

4.1.4 拟建建筑物的有关资料应包括：

- 1) 总平面布置图，地下室或首层结构平面图；
- 2) 上部结构类型，荷重大小、分布及性质，生产工艺或使用功能对基础沉降、水平变位的要求；
- 3) 建筑结构的安全等级。

4.1.5 确认符合于选用实心方桩的场地、具有满足施工设备工作要求的基本条件、保证现场供桩的环境条件及设备要求。

4.1.6 实心方桩的布置要求，是在参考有关规范对桩布置要求的基础上，考虑方桩的特殊要求提出来的。桩端平面以下存在软弱下卧层时，要求桩端以下硬持力层厚度不宜小于 $4d$ ，是考虑充分发挥硬持力层的承载作用，软弱下卧层本身的承载力验算应根据软弱下卧层性质及桩基应力传递扩散情况具体考虑，不宜简单认定满足 $4d$ 要求便可不作软弱下卧层的承载力验算。

4.1.7 对于多段连接的方桩，根据经验和云南省抗震设防烈度

地区使用预制桩的概念设计和构造设计要求，最上面一节桩的长度完整，能有效发挥预制桩的抗震效率，同时也符合方桩施工的受力特性和桩的受力机理。

4.2 桩基承载力计算

4.2.1 群桩中单桩桩顶竖向力采用了正常使用极限状态标准组合下的竖向合力，承台及承台上土自重采用标准值，其意义在于以荷载标准组合值确定桩数，与天然地基确定基础尺寸的原则相一致。同时避免了设计值、标准值相混淆的可能性，便于应用。

4.2.3 桩身轴心受压工况的极限抗压承载力 R_u 由材料条件确定，而单桩竖向极限承载力标准值 Q_{uk} 由土体约束力产生，故在确定单桩竖向承载力特征值 R_a 时，既不能超越桩身抗力条件，又要充分利用土体能够提供的约束力反力条件，从而体现安全经济的要求。

4.2.5 为保证方桩设计的可靠性，除设计等级为丙级的建筑物桩基外，单桩竖向极限承载力标准值应用竖向静载荷试验确定。确定单桩极限承载力标准值时，还应重视类似工程、邻近工程的经验。当采用经验公式进行估算时，桩端端阻力、侧阻力特征值应由当地静载荷试验结果统计分析求得，或采用岩土工程勘察报告提交的数值。全省各地的地质条件不一，本规程未列出各土层的阻力标准值的统一参考值。

4.2.7 对存在需要考虑承担水平力的桩基，当无法通过计算确认单桩水平承载力特征值时，应结合场地实际情况进行单桩抗水平力静载试验。

4.3 桩身承载力计算

4.3.2 施工或实验荷载值，超过桩身材料竖向承载力极限值时，会导致桩的抗力不可回复性的破坏，故应加以限制。

4.4 桩基抗震验算

4.4.1 根据桩基抗震性能一般比同类结构的天然地基要好，但场地条件不同，桩的抗震能力有别，《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《建筑桩基技术规范》JGJ 94 均有相关要求要求进行计算。

4.5 桩基构造

4.5.1 实心方桩与承台的连接采用两种方式，其连接形式可按附录 D 处理。对抗拔桩，本规程编制组所做的不同径钢棒在普通混凝土中的抗拔试验表明，钢棒与混凝土粘接良好。

4.5.3 承台间设置联系梁，有利于传递、分配柱底剪力、弯矩，改善整个建筑物桩基的协同工作能力，也符合结构内力分析时柱底假定为固端的计算模式。对于有抗震要求的柱下独立承台，应尽可能在两个主轴方向都设置联系梁，这主要是考虑地震作用下，建筑物各单独基础之间所受剪力、弯矩是非同步的，利用承台之间的联系梁进行传递和分配是十分有利的。

4.5.5 提高承台周围回填土的质量，能改善桩基在水平力作用下的工作性能。

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.2 施工前的工作准备，对现场环境适用条件的调查是较为具体且必要的内容：

1 建筑场区内高空和地下的障碍物是指影响方桩施工的高压架空线、地下电缆，位于桩位处的旧建筑物基础，地下管线和杂填土中的石块等，这些障碍物应在方桩施工前清除或妥善处理，否则会妨碍施工，延误工期，影响沉桩质量。

2 对于实心方桩后于基坑工程施工的情况，应就桩基施工对基坑工程可能产生的不利影响进行分析评估，并采取消除或减轻不利影响的措施。

3 现场环境条件应体现在施工组织设计、用电安全专项等方案中。

5.1.3 为避免和减少沉桩时挤土对周围建（构）筑物、道路、地下管线的影响，应选用有针对性的技术措施加以处理，如可采取四周开挖防挤（震）沟，采用钻孔取土后植桩下沉，合理安排打桩顺序等措施。方桩施工之前，应根据地质情况和设计要求采用上述一种或几种措施，有效地清除挤土影响对周边环境的危害。

通常情况下，应避免在相邻工程的基坑附近打挤土型的方桩，因为桩机自重和挤土效应会严重影响该基坑边坡或围护结构的稳定和安全。如必须这样做时，应视具体情况对应采取的措施，进行多方案比较，通过论证和相关方同意后才能实施。

5.1.11 工程桩施工后或场地开挖前的桩顶标高复核，目的在于对可能施工后引起的桩身向上反弹形成的吊脚桩，创造一个复位

的场地条件。是否反弹超标可由设计判断，一般施工完成后即可复检确认反弹情况或消除反弹影响，或由实验验证反弹对承载力的影响。

5.2 实心方桩的吊运与堆放

5.2.1 单节方桩长度一般小于 16m，且施加了预应力，在方桩两端距桩端 0.21 倍桩长处用钢丝绳绑住（或桩身设置起吊点），吊钩进行水平起吊，在装车时每层桩之间需有垫木并一车桩应绑固成一体，防止晃动。

5.2.2 现场堆放场地经特殊处理后，在保证吊点方便穿吊绳的条件下，允许方桩着地平放。方桩在施工现场一般不会堆得太高，大多为随卸随用或单层堆放在桩机附近，较大的工地如布置有集中堆场时，场地应平整压实，因现场条件不同于工厂，故将叠层堆放的层数减少，并在每层之间加垫木。

5.2.3 方桩施工常利用桩机拖拉取桩，本条规定当采用这种方法取桩时，应限制单层堆放，如堆放超过一层时，采用吊机取桩。拖拉方桩时应对桩的拖地端加以保护，一般可采用废轮胎或其他弹性材料衬垫，以此对桩的拖地端加以保护。

5.3 静压法沉桩

5.3.1 静力压桩设备选用的桩机设备应是证照齐全的正常厂家所生产的主流产品（并非淘汰型号），且该设备的性能应能适宜方桩的施工。

5.3.2 静压桩机总吨位（含配重）应是最大压桩力的（1.2 ~ 1.5）倍，是为了防止静压桩机压桩过程中遇到“硬夹层”时，被压桩反力抬升易造成桩身被折断。

5.3.3 对第一节方桩下插时垂直度偏差值不得大于 0.2% 的要求，是因为第一节桩的垂直度是保证整根桩垂直度的关键，若桩身垂直度偏大，且入土不深时，应拔出沉入部分，经调整使桩身垂直重插。如有异常偏差或倾斜应分析原因，并立刻采取校正

措施。

5.3.6 考虑到顶压式压桩机沉桩和抱压式压桩机送桩过程中，送桩器与桩顶部若不是全截面接触，局部受压会造成桩顶部混凝土压坏，故应确保送桩器与桩顶部全截面接触，必要时可增设弹性垫块。

5.4 锤击法沉桩

5.4.4 桩的总贯入阻力的大小与土质、桩尖型式、桩长等因素有关。只有当所选用桩锤的冲击力大于桩的总贯入阻力时，桩才能穿透土层打入到设计深度。但桩锤的冲击力过大将会使桩产生过大锤击应力而引起桩的疲劳破坏。基于避免因打桩过程造成桩身结构性隐患考虑，应注意锤击工艺的选择及相应实验可靠性的确定，方作为全面工程桩施工组织的依据。

5.5 实心方桩的拼接

5.5.1 焊缝连接抗力强度包括抗拉、压、弯、剪等对应要求。 CO_2 气体保护焊接桩，质量较普通焊接桩质量更可靠，且焊接时间短。因为 CO_2 气体保护焊是以 CO_2 作为保护气体介质，依靠焊丝和焊件之间产生电弧来熔化金属进行焊接，以 CO_2 气体在电弧周围造成局部的保护层，以防止有害气体的入侵，保证焊接过程的稳定性，从而能获得高质量的焊缝。故接桩焊接宜优先采用 CO_2 气体保护焊。

5.6 承台施工

5.6.3 承台混凝土的浇筑与基槽回填，是桩基施工质量控制的重要环节：

1 不允许桩身与承台一并浇筑混凝土，是因其他工序施工会影响接桩质量，或影响桩身对高等级混凝土的要求。

2 承台与土体的紧密结合，能保证其水平力的有效传递，对桩抵抗水平力有利。

3 因不易夯实的回填料，使承台与土体间形成无相互传力关系，对承台及桩抵抗水平力极为不利。采用 M2 的水硬性砂浆作为回填料，或不因回填挤压使砖胎膜受损，其两天后的强度一般会大于土体天然强度，成本低又能浇筑密实，可以达到使承台与土体紧密结合的目的。

6 工程质量检验、监测与验收

6.1 一般规定

6.1.3 按照《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的规定，质量验收按单位工程、分部（子分部）工程、分项工程和检验批进行划分。检验批有两大类，一是材料（含半成品、成品）检验批，二是施工检验批。成品桩按其规定属第一类。进入施工现场的实心方桩按检验批进行划分。

6.2 质量检验

6.2.1 成品桩质量检验，重点是运输、吊装过程中实心方桩有无损坏（桩身是否有纵向、环向裂缝；桩端板下混凝土是否密实，桩端面平整度，桩身弯曲度等）。

6.2.7 在工程桩上进行承载力检验与设计阶段的试桩不同，必须设定最大加载值，其值应由设计单位书面提出。规定其检验方法应采用静载荷（慢速维持荷载法）试验的方法进行，是因为采用快速维持荷载法或高应变法进行承载力检验时，由于其试验结果存在误差，容易在工程验收时产生争议，承载力是桩基工程验收的主控项目，其定量标准不应出现负误差值。

6.2.8 桩基主控项目和一般项目的划分，应按《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 第 5.3.4 条规定执行。

6.3 工程监测

6.3.1 关于沉降观测一项，在“施工质量验收系列规范”（含《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202）中没有提及，

而在《建筑地基基础设计规范》GB 50007 中第 10.2.9 条作了规定。以变形控制设计是桩基设计时的重要原则，实心方桩基础的变形验算需要长期地积累大量的沉降观测资料。

附录 G 桩身材料抗力计算

G.2 混凝土方桩的结构计算

G.2.2 根据产品抗弯实验测定，其实验值是大于计算值的，附录 A 表是依据计算值编录的。

G.2.4 桩身结构竖向抗压承载力设计值及极限值主要由材料强度及工艺条件决定：

1 桩身轴心受压强度设计值计算公式，根据《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 及《建筑桩基技术规范》JGJ 94—2008 关于基桩承载力工艺（工作）系数取值的说明，前者为预应力桩 0.55 ~ 0.65，非预应力桩 0.75；后者为 0.85。两者有不统一的情况。而结合基桩一般特征值小于设计值的情况，参照《预应力混凝土管桩》10G 409 图集 0.7 的工艺系数，按已有可行工程经验，注意到不同强度混凝土在相同有效预压应力的作用下，对桩身抗压强度损耗的占比有别，故对 C60 混凝土 ψ_c 取 0.65，C80 混凝土 ψ_c 取 0.7。

2 桩身极限抗压强度系参考《建筑桩基技术规范》JGJ 94 中 5.8 条的条文说明“4”，对极限受压承载力计算值 R_u 的分析计算并调整确定，公式为： $R_u = 2R_p / 1.35$ ，即 $R_u = 1.48R_p$ 。其中 R_p 对应的是混凝土强度设计值 f_c ，而 1.48 系数的放大效应已超过对应的混凝土强度标准值 f_{ck} ，结合静载试验及施工压桩力为短期荷载的特点及对安全的考虑，应取小于或等于 $1.35R_p$ 作为极限抗压承载力为妥。使其施工时的最大压力能够控制在混凝土强度标准值内，按已有工程经验是可行的。

3 考虑到实际施工不可控因素较多，在使用极限荷载值时，必要时应作适当的折减控制，特别是可能存在压力突然升高不易

控制的情况，应适当折减最大压力值，以确保基桩的安全施工。以此得条件及对应控制到的桩的特征值，均会小于桩身强度设计值，故取值结果满足可控的安全要求。

G.2.5 桩的轴心受拉承载力，均按预应力主筋受力为计算依据：

1 桩的正截面轴心受拉承载力计算，是在考虑控制桩身抗拉受力时桩身不出现裂缝为条件的，即最大抗拉承载力限度不能超过桩身的预压应力；

2 系数 0.85 为经验值，考虑了应力损失等影响的折减。

G.2.6 吊装与堆放的验算，涉及对产品质量的保障：

1 最大吊装弯矩是依据吊点处最大桩身悬臂长度进行复核的，其计算结果可对照附录 A 表的“抗裂弯矩”。

2 由于吊桩产生的弯矩是短期荷载作用力，故可不考虑荷载分项系数 1.35，但考虑了动力系数取 1.5。而平时堆放时的支点在符合吊点位置的条件下，其悬臂荷载分项系数 1.35 小于吊桩动力系数取 1.5，可以认为被涵盖。