

预应力混凝土实心方桩

批准部门：辽宁省住房和城乡建设厅
主编单位：辽宁省建筑标准设计研究院有限责任公司
参编单位：辽宁晖祥工程技术有限公司
实行日期： 年 月 日

批准文号：
统一编号：DBJT05-367
图集号：辽2024G406

主编单位负责人：
主编单位技术负责人：
技术审定人：
设计负责人：

目 录

目录	1	焊接接桩桩套箍详图	22
编制说明	2~14	机械接桩桩头及网片详图	23
焊接连接方桩配筋图	15	机械接桩详图	24
机械连接方桩配筋图	16	桩顶与承台连接详图	25
预应力混凝土（PS）实心方桩选用表	17	吊环制作详图	26
预应力高强混凝土（PHS）实心方桩选用表	18	方桩选用示例	27~29
混凝土锥型桩尖详图	19	桩锤选择参考表	30
焊接接桩端板详图	20	静压桩机选择参考表	31
焊接接桩端板参数	21		

编制说明

1 编制依据

《工程结构通用规范》	GB 55001-2021
《混凝土结构通用规范》	GB 55008-2021
《建筑与市政地基基础通用规范》	GB 55003-2021
《建筑与市政工程抗震通用规范》	GB 55002-2021
《建筑地基基础设计规范》	GB 50007-2011
《建筑桩基技术规范》	JGJ 94-2008
《建筑结构荷载规范》	GB 50009-2012
《混凝土结构设计标准》	GB/T 50010-2010(2024年版)
《建筑抗震设计标准》	GB/T 50011-2010(2024年版)
《岩土工程勘察规范》	GB 50021-2001(2009年版)
《钢结构设计标准》	GB 50017-2017
《建筑结构可靠性设计统一标准》	GB 50068-2018
《工业建筑防腐蚀设计标准》	GB/T 50046-2018
《混凝土结构耐久性设计标准》	GB/T 50476-2019
《建筑地基基础技术规范》	DB 21/T 907-2015
《建筑地基处理技术规范》	JGJ 79-2012
《建筑工程抗浮技术标准》	JGJ 476-2019
《混凝土结构工程施工质量验收标准》	GB 50204-2015

《建筑地基基础工程施工质量验收标准》	GB 50202-2018
《混凝土质量控制标准》	GB 50164-2011
《预应力混凝土实心方桩》	JC/T 2723-2022

2 适用范围

2.1 本图集为先张法、振动密实成型并常压蒸汽带模养护工艺制作的预应力混凝土实心方桩(代号PS)和预应力高强混凝土实心方桩(代号PHS),适用于抗震设防烈度8度及以下地区的工业与民用建筑、构筑物等工程的低承台桩基础。铁路、公路与桥梁、港口、市政、水利等工程可参考使用,但尚应符合相关行业标准。

2.2 本图集实心方桩主要考虑承受竖向荷载,当同时承受水平荷载、地震作用时,应结合场地实际状况和工程结构类型,另行验算。

2.3 本图集实心方桩有两种不同的配筋率。分别为 $0.4\% \leq \rho < 0.5\%$ 、 $\rho \geq 0.5\%$,设计人员应根据工程具体情况、执行的设计标准、规范、规程等要求选用配筋率、桩型及沉桩方式。

2.4 本图集实心方桩按二b类环境类别进行耐久性设计。当基础处于三a、三b类环境时,应按现行国家标准的要求对所选桩型进行桩身混凝土抗裂验算和配筋复核,并结合本说明第6章的防腐蚀措施参照使用。

2.5 本图集实心方桩设计工作年限为50年,结构重要性系数 γ_0 取1.0。

3 方桩的分类及标记

3.1 实心方桩按桩身混凝土有效预压应力值(σ_{ce})分为A型和B型两种:

A型 $2.9\text{N/mm}^2 \leq \sigma_{ce} < 4.0\text{N/mm}^2$;

B型 $4.0\text{N/mm}^2 \leq \sigma_{ce} \leq 5.8\text{N/mm}^2$.

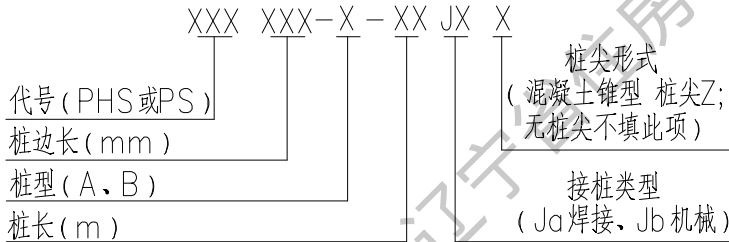
3.2 实心方桩按混凝土强度等级分为: 预应力混凝土实心方桩, 强度C60(代号PS)。预应力高强混凝土实心方桩, 强度C80(代号PHS)。

3.3 本图集实心方桩按截面分为: 250mm×250mm~600mm×600mm八种规格。

3.4 本图集提供了两种接桩类型: 焊接接桩(端板焊接)和机械接桩(上螺下顶膨胀啮合体接桩扣)。

3.5 本图集桩尖类型可选用无桩尖和混凝土锥型桩尖。

3.6 编号



例: 边长为500mm, 长度12米的A型预应力高强混凝土实心方桩, 强度C80(代号PHS), 采用端板焊接接桩方式和混凝土锥型桩尖的

实心方桩标记为:

PHS 500 — A — 12 Ja Z

4 材料

4.1 混凝土

4.1.1 本图集的预应力混凝土方桩采用的混凝土质量应符合《混凝土质量控制标准》GB 50164、《混凝土结构工程施工质量验收标准》GB50204的规定, 并按上述标准的要求进行检验。

4.1.2 混凝土力学性能

表4.1.2 混凝土强度指标及弹性模量

混凝土 强度等级	轴心抗压强度 标准值 f_{ck} (N/mm ²)	轴心抗拉强度 标准值 f_{tk} (N/mm ²)	轴心抗压强度 设计值 f_c (N/mm ²)	轴心抗拉强度 设计值 f_t (N/mm ²)	弹性模量 E_c (N/mm ²)
C60	38.5	2.85	27.5	2.04	3.60×10^4
C80	50.2	3.11	35.9	2.22	3.80×10^4

4.1.3 预应力混凝土方桩应采用强度等级不低于42.5级的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥, 水泥熟料中C₃A含量不宜大于8%。水泥质量应符合《通用硅酸盐水泥》GB175的规定。

4.1.4 细骨料宜采用洁净的天然硬质中粗砂, 细度模数宜为2.5~3.2; 采用人工砂时, 细度模数宜为2.5~3.5。质量应符合《建筑用砂》GB/T14684的有关规定, 且含泥量不大于1.0%, 氯离子含量不大

于0.01%，硫化物及硫酸盐含量不大于0.5%。

4.1.5 粗骨料应采用碎石，不得采用卵石。最大粒径不应大于25mm。配制C80级混凝土时，最大粒径不宜大于20mm。且不得超过钢筋净距的3/4，质量应符合《建筑用卵石、碎石》GB/T14685的有关规定，含泥量不大于0.5%，硫化物及硫酸盐含量不大于0.5%。

4.1.6 对有抗冻、抗渗或其它特殊要求的实心方桩，其所使用的材料应符合相关标准的规定。

4.1.7 混凝土拌合用水质量应符合《混凝土用水标准》JGJ63的规定。

4.1.8 外加剂应使用高效减水剂，质量应符合《混凝土外加剂》GB8076的规定，严禁使用氯盐类外加剂。

4.1.9 掺合料宜采用矿渣微粉或硅砂粉、粉煤灰等，其质量应分别符合GB/T18046、JC/T950、GB/T1596的有关规定。当采用其他品种的掺合料时，应通过试验鉴定，确认符合实心方桩混凝土质量要求时方可使用。

4.1.10 桩身混凝土的水溶性氯离子最大含量不得超过0.06%，碱含量不得超过3.0kg/m³。环境类别为一类时，桩身混凝土的水胶比不得超过0.6，环境类别为二a类时，桩身混凝土的水胶比不得超过0.55；环境类别为二b类时，水胶比不得超过0.50。

4.2 钢材

4.2.1 预应力钢筋应采用抗拉强度不小于1420MPa、35级延性低

松弛预应力混凝土用螺旋槽钢棒（代号PCB-1420-35-L-HG），其质量应符合《预应力混凝土用钢棒》GB/T5223.3-2017的有关规定，几何特性及理论质量、力学性能应分别符合表4.2.1-1和表4.2.1-2的要求。

表4.2.1-1螺旋槽钢棒（PCB-1420-35-L-HG）几何特性及理论质量

公称直径 (D _n) (mm)	外轮廓直径 (D) (mm)	公称截面面积 (S _n) (mm ²)	每米长理论重量 (g/m)
9.0	9.25	64	502
10.7	11.10	90	707
12.6	13.10	125	981

注：a. 本图集均用公称直径表示；

b. 本图集均按公称截面面积计算；

C. 上表公称直径标准未提及的按上表性能特殊定制或采用高一规格公称直径预应力钢筋。

表4.2.1-2 螺旋槽钢棒（PCB-1420-35-L-HG）力学性能

符号	规定塑性延伸强度	抗拉强度标准值 f _{ptk}	抗拉强度设计值 f _{py}	抗压强度设计值 f' _{py}	断后伸长率 Lo=8D _n A(%)	弹性模量 Es (MPa)	1000h 应力松弛率 (初始应力为 70%抗拉强度) (%)
Φ ^D	≥1280 (MPa)	≥1420 (MPa)	≥1005 (MPa)	≥400 (MPa)	≥7.0	2×10 ⁵	≤2.0

4.2.2 螺旋箍筋及加强内箍筋采用低碳钢、混凝土制品用冷拔低碳钢丝,质量应分别符合《低碳钢热轧圆盘条》GB/T701、《混凝土制品用冷拔低碳钢丝》JC/T540的规定。冷拔低碳钢丝CDW550(Φ^b)抗拉强度标准值: $f_{stk}=550\text{N/mm}^2$ 。抗拉强度设计值:

$f_y=320\text{N/mm}^2$ 。

4.2.3 桩端板采用Q235B钢,其质量应符合《碳素结构钢》GB/T700的规定。

4.2.4 吊环应采用HPB300级钢筋,质量应符合《钢筋混凝土用钢》GB 1499.1的规定,严禁采用冷加工钢筋。

4.2.5 本图集集中的钢材连接所用的焊条宜采用E43xx型,质量应符合《碳钢焊条》GB/T5117的有关规定。

5 构造

5.1 实心方桩的预应力钢筋应沿桩周对称布置,并不得少于四根,对称偏差允许 $\pm 5\text{mm}$;各种规格实心方桩的配筋见第17页、第18页表。

5.2 实心方桩钢筋的混凝土保护层厚度 $\geq 45\text{mm}$ 。

5.3 实心方桩的预应力主筋应通长设置,严禁接头。

5.4 实心方桩的箍筋采用螺旋箍筋,纵向钢筋和箍筋应紧密连接。

5.5 实心方桩单节桩长度宜大于等于6m,小于等于15m。

5.6 实心方桩螺旋箍筋在两端加密区的螺距为50mm,加密区长度不小于3倍桩边长,且不小于1200mm,非加密区的螺距为100mm,

螺旋箍筋螺距允许偏差 $\pm 5\text{mm}$;螺旋箍筋的直径应满足以下要求:桩截面边长450mm及以下不应小于4mm;边长500~600mm不应小于5mm。承受较大水平荷载,抗震设防区位于液化土范围的实心方桩,应根据具体工程设计的要求确定箍筋的螺距和加密范围。

5.7 用作受拉(抗拔)的实心方桩宜采用机械接桩并按第17页和第18页表桩身结构抗拉承载力设计值进行验算;当采用焊接接桩时需增设端板锚固筋并加大端板坡口焊面积。锚固筋宜采用钢筋混凝土用热轧带肋钢筋,质量应符合《钢筋混凝土用钢 第2部分热轧带肋钢筋》GB 1499.2的规定。

6. 防腐

6.1 环境类别为三a、三b类和中等腐蚀环境时,预应力实心方桩应采取防腐措施。防腐桩除箍筋保护层厚度、混凝土材料和钢材防腐蚀增量有所不同,桩身强度和配筋量可参考本图集的对应桩型。设计人员应根据现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关要求对所选桩型进行裂缝控制、配筋核算,如有必要应适当增加配筋量。预应力实心方桩在腐蚀环境中应符合以下要求:

6.2 桩所处环境的环境类别按现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB 50010的有关规定确定。腐蚀环境对桩的腐蚀性等级按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021的有关规定确定。

6.3 桩身混凝土抗渗等级不应低于P10。

6.4 环境类别为三a类、三b类时，桩身混凝土的水溶性氯离子最大含量不得超过0.06%，碱含量不得超过3.0kg/m³。环境类别为三a类时，桩身混凝土的水胶比不得超过0.45；环境类别为三b类时，水胶比不得超过0.40。

6.5 腐蚀性环境用桩应根据腐蚀介质种类采用恰当的水泥品种、矿物成分、掺合料及外加剂，掺合料及外加剂应符合相应标准，并应检验外加剂与其他组成的相容性。

6.6 防腐蚀方桩宜采用整根桩，当需要接桩时，宜减少接头数量，接头宜设置于腐蚀性较弱或非污染土中。

6.7 防腐蚀方桩采用焊接法接桩时，宜增加焊缝厚度；采用机械连接接桩时，宜在桩钢的构件上涂防腐蚀耐磨涂层。

6.8 桩身防护措施按照现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046和《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476的规定执行，并应满足表6.7的要求；

6.9 桩基承台与垫层的防腐蚀措施应符合有关标准的要求。

6.10 环境类别为三b类时，实心方桩预应力钢筋的混凝土保护层厚度≥50mm。

表6.8 预应力混凝土方桩防腐蚀防护措施

防护措施		腐 蚀 性 等 级					
		SO ₄ ²⁻		Cl ⁻		PH值	
		中 等	弱、微	中 等	弱、微	中 等	弱、微
(1) 提高桩身混凝土的耐腐蚀性能	抗硫酸盐等级	KS120 ≥0.80	可不防护	—	可不防护	—	可不防护
	28d龄期氯离子迁移系数D _{RCM} (10 ⁻¹² m²/s)	—		≤8.0		—	
	(2) 增加混凝土保护层厚度(mm)	≥+20		—		≥+20	
(3) 表面涂刷防腐蚀涂层厚度(mm)		≥0.3		≥0.3		≥0.3	

- 注：1、在SO₄²⁻、Cl⁻的介质作用下，桩身混凝土材料可以根据防腐蚀要求，采用抗硫酸盐硅酸盐水泥，也可以在普通水泥中掺入抗硫酸盐的外加剂，或掺入矿物掺合料，钢筋阻锈剂；当桩身混凝土或掺入防腐蚀外加剂后已能满足防腐蚀性能要求，并在可以保证沉桩过程中桩表面不致受损、开裂的前提下，可以不再采用增加混凝土保护层厚度和表面涂层的措施。
- 2、外加剂质量应符合现行国家标准《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。掺合料不得对桩产生有害影响。使用前必须对其相关性能和质量进行试验验证。
- 3、当桩身采用的混凝土不能满足防腐蚀性能时，可采用增加混凝土保护层厚度或表面涂刷防腐蚀涂层的措施。
- 4、桩身涂刷防腐蚀涂层的长度范围应大于腐蚀环境的范围。
- 5、当两种介质同时作用时，应分别满足各自的防护要求，但相同的防护措施不叠加。
- 6、表中“—”表示可不采用此项指标控制。

编 制 说 明

7、氯离子迁移系数和抗硫酸盐等级检测方法按国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T50082执行。

6.11 桩中不得采用单一亚硝酸盐类的阻锈剂。

6.12 当桩表面涂刷防腐涂料时，桩的竖向承载力应通过试验确定。估算桩竖向承载力时，可不计涂层范围内的侧阻力。

6.13 处于以氯离子为主的腐蚀环境土层的桩，连接应采用机械式接头，对接处加环氧树脂密封胶密封；机械接头钢零件的保护层厚度不应小于纵向钢筋的混凝土保护层厚度；焊接时，应增加2mm焊缝厚度的腐蚀裕量并涂刷防腐耐磨涂层 $500\mu\text{m}$ 。

7. 设计计算

7.1 设计参数与规定：

7.1.1 张拉控制应力取0.7倍的钢筋抗拉强度标准值，即 $\sigma_{\text{con}}=0.7f_{\text{ptk}}$ 。

7.1.2 桩在制作、运输、起吊和沉桩阶段构件安全等级为三级，相应的构件重要性系数为0.9，桩身自重分项系数取1.35。

7.1.3 对于锤击桩，锤击压应力不应大于桩身混凝土的轴心抗压强度设计值。锤击拉应力宜小于1.2倍桩身混凝土轴心抗拉强度设计值。

7.2 预应力损失值

计算过程不考虑蒸汽养护所引起的预应力损失。主要考虑以下三个方面的预应力损失：

7.2.1 张拉锚具变形和钢筋内缩引起的预应力损失值 σ_{l1} 应按下式计算：

$$\sigma_{l1} = \frac{a}{l} E_s$$

式中： a — 张拉端锚具变形和预应力筋内缩值（mm）；

l — 张拉端至锚固端之间的距离（mm）；

E_s — 预应力钢筋的弹性模量。

7.2.2 预应力钢筋应力松弛（低松弛）引起的预应力损失值 σ_{l4} 应按下式计算：

$$\sigma_{l4} = 0.125 \left(\frac{\sigma_{\text{con}}}{f_{\text{ptk}}} - 0.5 \right) \sigma_{\text{con}}$$

式中 σ_{con} — 预应力钢筋张拉控制应力；

f_{ptk} — 预应力钢筋抗拉强度标准值。

7.2.3 混凝土收缩徐变引起的预应力损失值 σ_{l5} 应按下式计算：

$$\sigma_{l5} = \frac{60 + 340 \frac{\sigma_{\text{pc}}}{f'_{\text{cu}}}}{1 + 15 \rho}$$

式中 σ_{pc} — 预应力筋合力点处的混凝土法向压应力；

f'_{cu} — 施加预应力时混凝土立方体抗压强度；

ρ — 实心方桩横截面面积配筋率。

7.3 力学性能计算

7.3.1 方桩的混凝土有效预压应力应符合《混凝土结构设计标准》GB50010的有关规定，按下式计算：

$$\sigma_{\text{pc}} = (\sigma_{\text{con}} - \sigma_l) A_p / A_0$$

式中 σ_{pc} — 方桩混凝土有效预压应力；

σ_{con} —预应力钢筋张拉控制应力 $\sigma_{con}=0.7f_{ptk}$;

σ_L —预应力钢筋的预应力总损失;

A_p —方桩纵向预应力钢筋总横截面积;

A_o —截面换算面积, $A_o=A_n+[(E_s/E_c)-1]A_p$

E_s —预应力钢棒的弹性模量;

E_c —混凝土受压和受拉的弹性模量;

A_n —方桩净截面积;

7.3.2 方桩抗裂弯矩应按下式计算:

$$M_{cr}=(\sigma_{pc}+\gamma f_{tk})W_o$$

式中 M_{cr} —桩身正截面抗裂弯矩;

γ —混凝土构件的截面抵抗矩塑性影响系数;

W_o —方桩混凝土受拉边缘弹性抵抗矩换算值。

7.3.3 方桩正截面受弯承载力应按下式计算:

$$M_u=\sum[f_{py}A_{pi}(h_{pi}-0.5x)]$$

$$\alpha_1 f_c b x = \sum f_{py} A_{pi} + \sum (\sigma_{po} - f_{pi}') A_{pi}'$$

当 $x < 2a'$ 时, 取为 $2a'$ 。

式中 M_u —桩身正截面抗弯承载力设计值;

σ_{pi}, f_{py} —第*i*排预应力钢筋抗拉计算应力值、抗压强度设计值;

A_{pi}, A_{pi}' —第*i*排受拉、受压区纵向预应力钢筋的截面积;

h_{pi} —第*i*排受拉预应力钢筋至混凝土受压区外边缘的距离;

x —等效矩形应力图的混凝土受压区高度;

a' —受压区纵向钢筋合力点至截面受压边缘的距离;

b —方桩边长;

α_1 —系数, 按《混凝土结构设计标准》GB50010 确定;

f_c —桩身混凝土抗压强度设计值;

σ_{po} —受压区纵向预应力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时的预应力筋应力;

7.3.4 方桩轴心受压承载力设计值应按下式计算:

$$R_p=\psi_c f_c A$$

式中 R_p —桩身混凝土强度确定的轴心受压承载力设计值;

A —桩身截面面积;

ψ_c —实心方桩成桩工艺系数, 取0.60~0.70, 桩周土为软土、松散粉土、粉砂时 ψ_c 宜取低值。本图集提供的受压承载力设计值取 $\psi_c=0.7$ 计算。

7.3.5 单节方桩桩身轴心受拉承载力设计值应按下式计算:

$$N_{pu}=f_{py} A_p$$

7.3.6 多节方桩桩身轴心受拉承载力设计值应按下式计算:

$$N_{pu}=C f_{py} A_p$$

式中 C —考虑预应力钢筋墩头有端板连接处受力不均匀等因素的影响而取的折减系数, 取 $C=0.85$ 。

7.3.7 方桩桩身轴心受拉承载力标准值,裂缝控制等级取一级时,应按下式计算:

$$N_k \leq \sigma_{pc} A_0$$

7.3.8 方桩桩身轴心受拉承载力标准值,裂缝控制等级取二级时,应按下式计算:

$$N_k - \sigma_{pc} A_0 \leq f_{tk} A_0$$

7.3.9 桩身结构抗剪承载力设计值按下式计算:

$$V = V_{cs} + V_p$$

$$V_{cs} = 0.7 f_t b h_0 + f_{yv} (A_{sv} / s) h_0$$

$$V_p = 0.05 N_{p0}$$

式中 V — 桩身抗剪承载力设计值;

V_{cs} — 方桩斜截面混凝土和箍筋的受剪承载力设计值;

V_p — 由预应力所提高的实心方桩受剪承载力设计值。

8. 选用原则

8.1 实心方桩的力学性能详见本图集第17页、18页。

8.2 设计人员应结合工程地质情况、上部结构的特点、抗震设防烈度、荷载大小及性质、施工条件、沉桩设备等因素,综合分析后选用。

8.3 液化土和震陷土中的实心方桩,设计人员应根据相关规范的规定,对本图集中方桩采用的箍筋直径、间距及加密区长度做调整。

8.4 摩擦桩的长径比不宜大于100;当摩擦桩需要穿越较厚的硬土层

时,其长径比不宜大于80;端承桩的长径比不宜大于80。如遇不良地质等情况时应进行相应的承载能力计算和稳定性验算。

8.5 混凝土锥型桩尖适用于需穿越较厚坚硬夹层,入岩及遇孤石的地质环境。设计者可根据工程实际地质环境确定采用无桩尖或有桩尖施工。

8.6 多节桩接桩施工,需要考虑地质条件、桩架的有效高度、制作现场条件、运输和装卸能力。接桩接头数量不宜超过3个,节数及每节长度应根据现场实际情况确定。

8.7 抗浮多节桩接桩施工,应采用机械连接方式接桩,当有可靠的检测方法时可采用端板焊接方式接桩,接桩接头数量不宜超过2个。

9. 生产制作要求

9.1 工厂在桩制作生产前应充分了解工程地质勘察报告及设计要求,并根据腐蚀类型及程度有针对性地进行材料选择、配比。

9.2 桩的制作质量标准应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定。

9.3 端板应按本图集设计制作,焊缝饱满,孔距均匀。

9.4 混凝土搅拌应采用微机控制的强制搅拌机;每根实心方桩用混凝土的搅拌次数不宜超过两次;混凝土塌落度宜控制在40mm~60mm。

9.5 混凝土的搅拌、布料所需时间不宜超过30min。

9.6 预应力混凝土实心方桩采用常压蒸汽带模养护,介质为饱和蒸汽,养护制度应符合相关生产工艺技术规程的规定。

9.7 预应力钢筋放张时, 实心方桩的立方体抗压强度标准值不得低于45Mpa。预应力钢筋放张顺序应采用对称、相互交错放张。

9.8 桩的混凝土试块应与方桩同时同条件压蒸养护, 方桩的强度以混凝土试块强度判定。

10. 桩的吊运堆存

10.1 当预应力钢筋混凝土方桩的混凝土强度达到设计强度的100%时方可起吊和运输。

10.2 在方桩吊运过程中, 尽可能保证各吊钩均匀受力, 不应有横向裂缝。

10.3 堆存场地必须平整、坚实。

10.4 实心方桩应按类别、规格、型号、长度按两点法进行分别堆放, 最下层的支点位置放在垫木上, 且垫木应放置在同一水平面; 堆放层数: 桩边长 $450\text{mm}\sim 600\text{mm}\leq 7$ 层, $250\text{mm}\sim 400\text{mm}\leq 9$ 层。

10.5 实心方桩运输过程中应满足0.21倍桩长两点法位置要求, 并垫以楔木防止滑动, 严禁层与层之间的垫木与桩端的距离不等而造成错位, 运输过程中应捆绑牢固防止滑动和滚落。

10.6 吊点位置及起吊方式应根据桩长按图10.1所示进行选择。

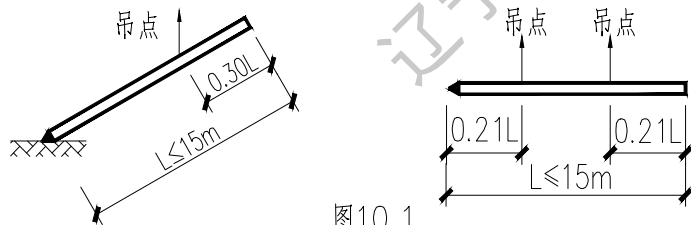


图10.1

11 产品质量检验

11.1 生产过程中, 应按现行有关标准对进厂的钢筋进行复检, 对混凝土的原材料、拌合物及混凝土强度进行复检。

11.2 混凝土在拌制和浇筑过程中, 应检查混凝土原材料质量和用量, 每班不少于2次; 检查混凝土坍落度, 每班不少于2次。

11.3 在混凝土配合比相同的条件下, 每拌制100盘或1个工作班拌制的混凝土不足100盘时, 应同时制作三组试件, 其中一组试件检验预应力钢筋放张时混凝土抗压强度, 一组试件检验28d的混凝土抗压强度, 另一组备用或检验方桩出厂时的混凝土抗压强度。

11.4 实心方桩的外观质量应符合下列要求, 并符合表11.4的规定。

1) 表面平整、密实, 掉角深度不应超过10mm, 局部蜂窝和掉角的缺损面积不应超过全部桩表面积的0.5%, 且不得过分集中。

2) 局部粘皮和麻面累计面积不应大于桩总表面的0.5%; 每处粘皮和麻面面积不应超过全部桩表面积的0.5%, 且不得过分集中。

3) 混凝土收缩裂缝宽度不得大于0.10mm, 横向裂缝长度不得超过边长的1/2。

4) 桩端面混凝土应平整, 机械连接桩扣不得高出桩身表面。

12 构件验收

12.1 实心方桩出厂时, 应按批提供产品合格证, 其内容应包括: 合格证编号, 采用标准编号或图集号, 方桩品种、规格、型号、长度、产品

表11.4 预应力钢筋混凝土方桩的允许偏差

偏差名称	允许偏差值（mm）
(1)横截面边长	±5
(2)桩顶对角线之差	10
(3)保护层厚度	±5
(4)桩身弯曲矢高	不大于1%桩长， 且不大于20
(5)桩尖中心线	10
(6)桩顶平面对桩中心线的倾斜	≤3
(7)主筋间距	±5
(8)螺旋筋的螺距	±20
(9)吊环对桩纵轴线的偏差	±20
(10)下节或上节桩的接头对中心线的倾斜	2
(11)中节桩两个接头对桩中心线倾斜之和	3

数量，混凝土强度等级，制造日期或方桩编号，制造厂名，出厂日期，检验号签名或盖章（可用检验员代号表示）。

12.2 工地验收资料应包括设计文件、方桩出厂检验报告、方桩产品合格证。

13 型式检验

13.1 检验条件：有下列情况之一时，均应进行型式检验。

- 1) 新产品投产或老产品转厂生产的试制定型鉴定。
- 2) 当结构、材料、工艺有较大改变时。
- 3) 正常生产每半年进行一次。
- 4) 停产半年以上恢复生产时。
- 5) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

13.2 检验项目：包括混凝土抗压强度、外观质量、尺寸允许偏差、保护层厚度、抗弯性能等项目。

13.3 抽样：在同品种、同规格、同型号的出厂检验合格产品中随机抽取10根进行外观质量和尺寸允许偏差检验，10根中随机抽取两根进行抗弯性能检验。抗弯试验完成后，在两根中抽取一根，于方桩中部同一断面的三处不同部位测量保护层厚度。

13.4 实心方桩的抗裂弯矩检验值取抗裂弯矩计算值的1.0倍，抗弯弯矩检验值取抗弯承载力设计值的1.25倍。

13.5 判定规则：

- 1) 混凝土抗压强度：检查同批次方桩用混凝土抗压强度检验的原始记录。
- 2) 外观质量及尺寸允许偏差：若抽取10根方桩全部符合第11.4条的规定，则判为合格；若有三根及以上不符合，则判为不合格；若有两

根及以下不符合，应从同批产品中抽取加倍数量进行复验，复验产品全部符合，判为合格，若仍有一根不合格，则判为不合格。

3) 抗弯性能：若所抽两根全部符合要求，则判抗弯性能合格；若有一根不符合，应从同批产品中抽取加倍数量进行复验，复验结果若仍有一根不合格，则判抗弯性能不合格；若所抽两根全部不符合，则判抗弯性能为不合格，且不得复检。

4) 保护层厚度：若所抽取一根方桩的三个数值全部符合本图集5.2条的则判定为合格。若所抽一根方桩有一个数值不符合的则抽取加倍数量的方桩进行复验，复验结果若仍有一根不符合，则判定保护层厚度不合格，且不得复检。

5) 总判断：在混凝土抗压强度、保护层厚度、抗弯性能合格的基础上外观质量和尺寸允许偏差全部合格时，则判该批产品为合格，否则判定为不合格。

14 实心方桩的施工要求

14.1 现场堆放、取桩及吊运应符合下列规定：

- 1) 实心方桩运至施工现场时应进行检查验收，其规格、批号、制作日期应符合相应的验收批号内容，严禁使用有裂缝或缺陷的方桩。
- 2) 实心方桩运至现场后应按不同规格、长度及施工流程顺序分别堆放。
- 3) 当施工场地条件允许时，宜单层堆放；叠层堆放及运输过程堆码时，边长450mm~600mm的方桩不宜超过3层，边长250mm~

400mm的方桩不宜超过4层。

4) 应在垂直于实心方桩长度方向的地面上设置两道垫木，垫木应分别置于桩端0.21倍桩长处，垫木宜采用耐压的长木方或枕木，防止滑落。

5) 实心方桩叠层堆放超过两层时，不得拖拉取桩，应采用吊机取桩。

6) 实心方桩叠层堆放不超过两层时，可拖拉取桩，但桩的拖地端应用废旧轮胎等弹性材料进行保护。

7) 单吊点的位置宜设在0.3倍桩长处，双吊点起吊时应在0.21倍桩长处设置吊点。

14.2 沉桩

14.2.1 应根据设计文件、工程勘察报告、施工场地周边环境等选择合适的沉桩机械。

14.2.2 实心方桩沉桩机械分为锤击机械和静压机械。锤击机械通常采用柴油锤和液压锤；静压法沉桩机械宜采用液压式机械，按施工方法分为顶压式和抱压式两种。

14.2.3 锤击法沉桩

1) 锤击总击数可根据锤重和地基土质条件控制，选用与方桩相适应的桩锤。在一定的锤击能量下，沉桩全过程中锤击总数可控制在1500至2000击左右，或按地区经验控制。

2) 桩帽和送桩器与方桩之间的间隙应为5mm~10mm；桩锤与桩帽、桩帽或送桩器与桩顶之间必须加设弹性衬垫，衬垫厚度应均匀，且

锤击压实后的厚度不宜小于120mm；在打桩期间应经常检查，及时更换和补充。

14.2.4 静压法沉桩

采用顶压式桩机时，桩帽之间必须加设弹性衬垫；采取抱压式桩机时，应选择夹持摩擦力大而夹持力小的夹具。压桩机应按额定总重配制压重，不宜小于单桩极限承载力的1.2倍；应避免因配重不足而产生桩架被抬起的现象。

14.2.5 沉桩应确保桩锤、桩帽或送桩器与桩身在同一轴线上。第一节桩插入地面时的垂直度偏差不得超过3%。

14.2.6 沉桩过程中，应经常观测桩身的垂直度，桩身垂直度偏差不得超过5%。当桩身进入硬土层后，严禁采用移动桩架等强行回扳的方法纠偏。

14.2.7 每根桩应一次性连续打（压）到底，接桩、送桩应连续进行，尽量减少中间停歇时间。

14.2.8 沉桩过程中，出现贯入度反常、桩身倾斜、移位、桩身或桩顶破损等异常情况时，应停止沉桩，待查明原因并进行必要的处理后，方可继续进行施工。

14.2.9 在沉桩过程中，当桩头破裂时，应立即停止施工，并去除破裂部分松动的混凝土。去除干净后立即用环氧树脂、水泥、芳香胺拌合料进行浇筑，强度达到桩身强度后方可继续施工。

14.2.10 冬季施工的实心方桩工程应按《建筑工程冬季施工规范》JGJ 104的有关规定，根据地基的主要冻土性能指标，采取相应的措施。

14.2.11 采用其他沉桩方法时应按有关规定执行。

14.3 实心方桩的接桩

14.3.1 焊接接桩的要求

1) 接桩时，其入土部分方桩的桩头宜高出地面0.8m~1.2m。接头数量不宜超过三个；有特殊要求时，方桩的接头应根据工程地质情况采取有效的防护措施。

2) 接桩前，必须先检查并确认桩头质量合格，上下端面清理干净，然后在下桩头处设置导向箍，以便于上桩就位。

3) 焊接时宜先在坡口四角上点焊，待上下桩节固定后拆除导向箍再分层对称施焊，焊接层数宜为3层，内层焊渣必须清理干净后方可施焊外层，焊缝应饱满、连续，且根部必须焊透，焊接质量符合《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

4) 焊接接头应在自然冷却后方可继续沉桩，冷却时间不宜少于8min，严禁用冷水冷却或施焊后立即沉桩。

14.3.2 机械连接接桩的要求

1) 采取机械接桩，其机械接头强度不小于桩身强度的1.3倍，密封材料应具备混凝土修复、抗压、抗拉、抗弯、抗剪的综合性能指标要求，

在设计时按整桩考虑。接桩时,上下节桩的中心偏差不得大于5mm,节点弯曲矢高不得大于桩长的1/1000,且不得大于15mm。

2) 上下节桩连接成整桩时,接头连接强度不应小于方桩桩身强度,必须确保锤击回弹时无缝隙。

3) 机械连接简称“上螺下顶”,接桩、卡扣的安装顺序应符合下列规定:
第一步:检查桩两端制作的尺寸偏差及连接卡扣件,无受损后方可起吊施工。

第二步:卸下上、下节桩两端的保护装置后,清理接头残物。

第三步:将插杆安装在上节桩的小螺帽上,在下节桩的大螺帽里安装弹簧、垫片、卡片及中间螺帽,用专用检测工具检测中间螺帽端面与插杆平台距桩端面深度,允许偏差见表14.3.2-1。

第四步:在专人指挥下,将插杆与中间套的轴线移到同一条直线上,缓缓插入,严禁碰撞。

4) 桩连接的尺寸允许偏差、检查工具和检查方法应符合表14.3.2-2的规定。

5) 连接时,必须准确对准4个以上孔方可插入,待确认上下节桩完全连接后方可开始压桩。

6) 拼接后的上节桩压入地下3m后方可拆卸起吊钢绳。

7) 抱压式桩机安放定位器时应正确,依靠定位器将上下节桩对齐,严禁抱压式桩机平台与机械连接实心方桩桩身不在90°时进行沉桩。

表14.3.2-1 上下桩之间连接安装允许偏差

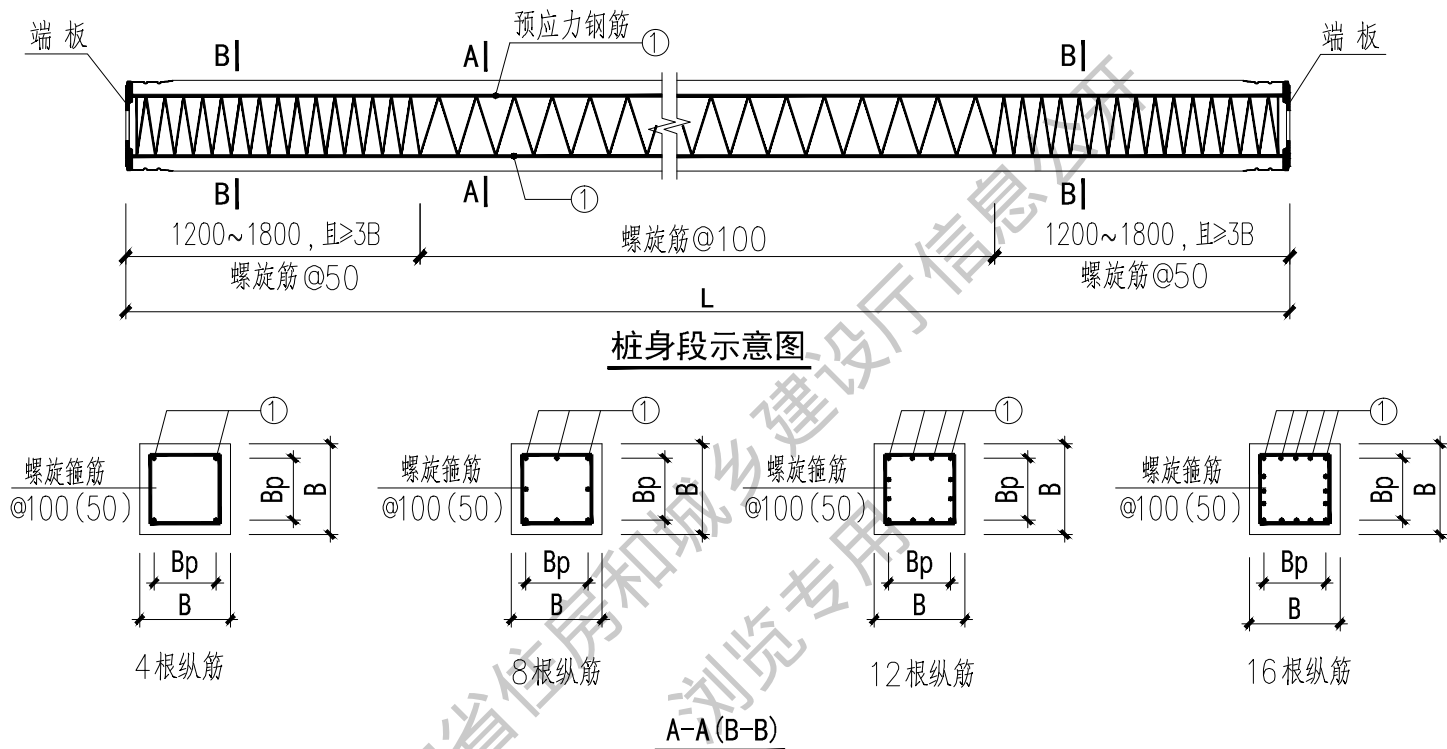
序号	项目	深度 (mm)	允许偏差 (mm)	测点数
1	连接大小螺帽距桩端面深度	3.0	±0.3	按连接大小螺帽个数
2	插杆平台距桩端面深度	1.5	±0.5	按插杆个数
3	中间螺帽端面距桩端面深度	1.5	±0.5	按中间螺帽个数

表14.3.2-2 拼接桩的尺寸允许偏差、检查工具和检查方法

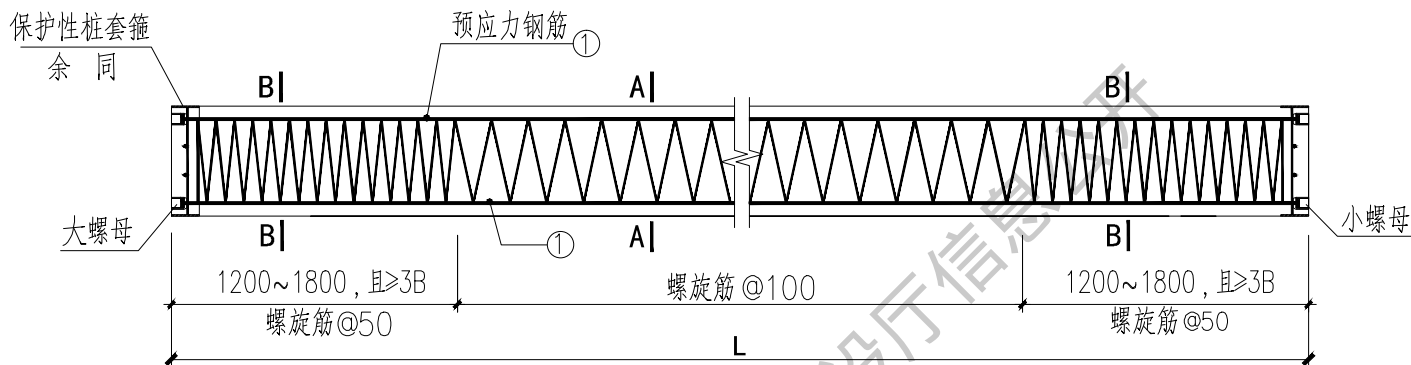
序号	项 目	允许偏差 (mm)	检查工具和检查方法	测点数
1	拼接桩长度	±0.3% L	用钢卷尺测量	1
2	桩身弯曲	≤ L/1000 且≤30	将拉线紧靠桩的两端部,用钢直尺测量其弯曲处的最大距离	1
3	两端面间隙	≤2	用塞尺测量	1
4	连接件安装	≤0.05	用塞尺测量	按连接孔数

15 其它

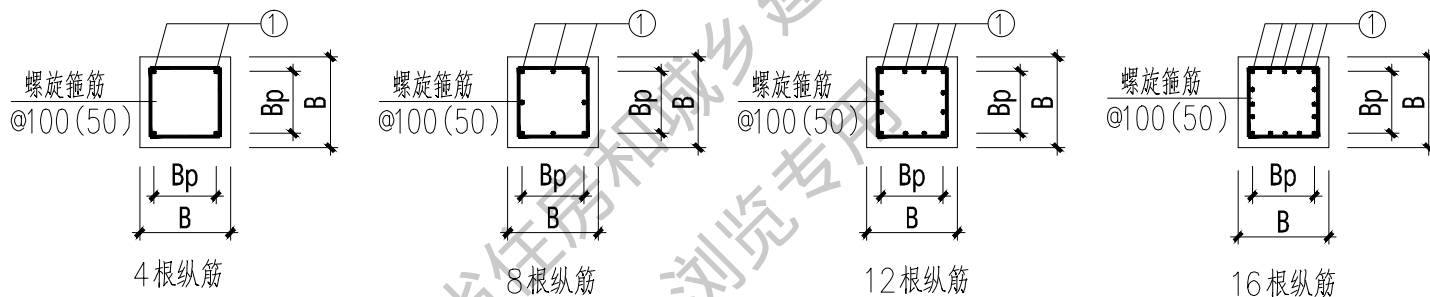
15.1 本图集尺寸均以毫米为单位,未注尺寸的按单体工程设计。



- 注： 1 ①号筋为预应力筋，钢筋规格及数量详见本图集第17、18页。
 2 焊接接桩端板详见本图集第20页。
 3 图中 B_p 为预应力钢筋中心距。
 4 L 为桩长度。
 5 当需要采用有桩尖实心方桩时宜采用本图集第19页桩尖类型。



桩身段示意图



A-A (B-B)

- 注：1 ①号筋为预应力筋，钢筋规格及数量详见本图集第17、18页。
2 机械接桩详见本图集第24页。
3 图中 B_p 为预应力钢筋中心距。
4 L 为桩长度。
5 当需要采用有桩尖实心方桩时宜采用本图集第19页桩尖类型。

预应力混凝土(PS)实心方桩选用表

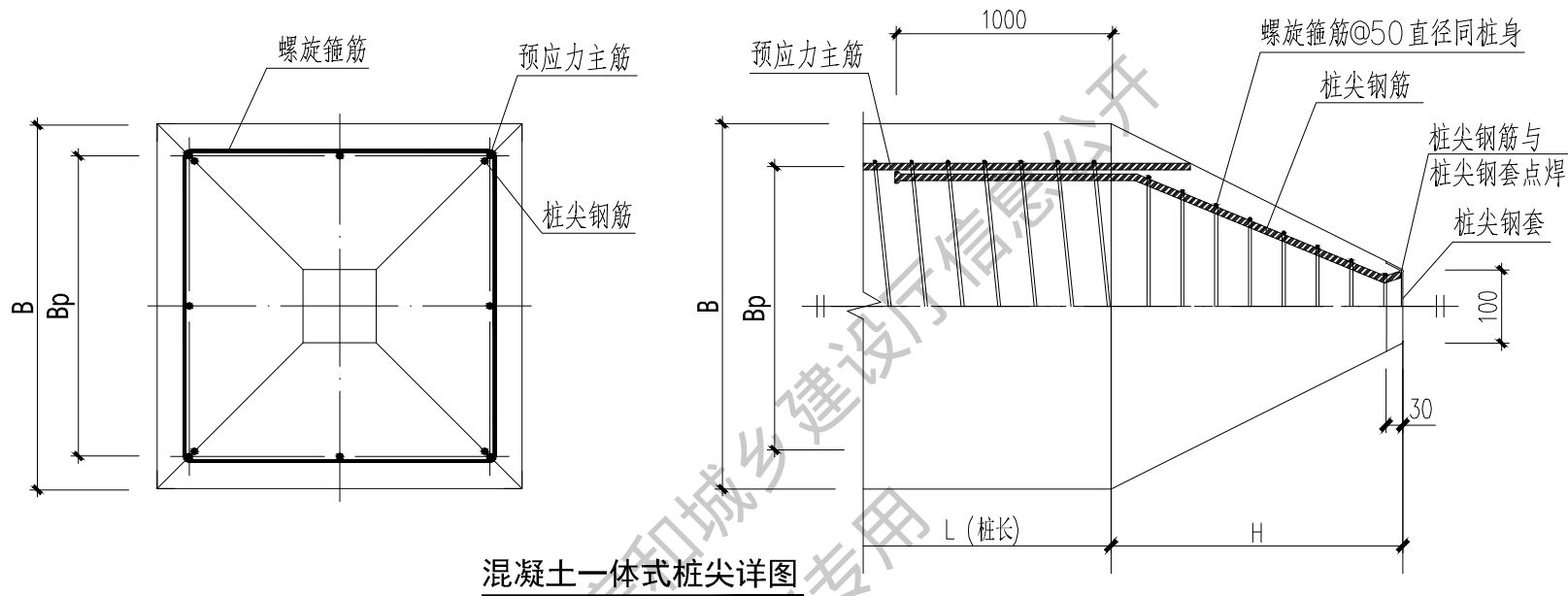
代号	边长 B (mm)	单节桩长 L (m)	混凝土强度等级	桩型	预应力钢筋 ①	预应力钢筋配筋率 (%)	螺旋筋	混凝土有效预压应力 σ_{pc} (N/mm ²)	抗裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	抗弯承载力设计值 M_u (kN·m)	桩身抗压承载力设计值 R_p (kN)	单节桩身结构抗拉承载力设计值 N_{pu} (kN)	桩身结构抗剪承载力设计值 V (kN)	预应力钢筋中心距 B_p (mm)	理论重量 (kg/m)
PS	250	≤12	C60	A	4Φ ^D 10.7	0.57	Φ ^b 4	3.01	20	28	1203	257	96	141	156
	300	≤13		B	8Φ ^D 10.7	0.80	Φ ^b 4	5.70	48	71	1733	724	152	191	225
	350	≤12		A	8Φ ^D 9.0	0.42	Φ ^b 4	3.07	55	63	2358	515	192	243	306
		≤13		B	8Φ ^D 10.7	0.59	Φ ^b 4	4.25	64	89	2358	724	199	241	
	400	≤15		A	8Φ ^D 10.7	0.45	Φ ^b 4	3.29	85	107	3080	724	253	291	400
		≤15		B	8Φ ^D 12.6	0.62	Φ ^b 4	4.51	99	149	3080	1005	263	289	
	450	≤15		A	12Φ ^D 10.7	0.53	Φ ^b 4	3.88	128	188	3898	1085	327	341	506
		≤15		B	12Φ ^D 12.6	0.74	Φ ^b 4	5.29	153	261	3898	1508	341	339	
	500	≤15		A	12Φ ^D 10.7	0.43	Φ ^b 5	3.17	157	215	4813	1085	416	389	625
		≤15		B	12Φ ^D 12.6	0.60	Φ ^b 5	4.34	184	298	4813	1508	430	387	
	550	≤15		A	16Φ ^D 10.7	0.47	Φ ^b 5	3.48	216	323	5823	1447	506	439	756
		≤15		B	16Φ ^D 12.6	0.66	Φ ^b 5	4.75	256	447	5823	2010	526	437	
	600	≤15		A	16Φ ^D 10.7	0.40	Φ ^b 5	2.94	257	359	6930	1447	591	489	900
		≤15		B	16Φ ^D 12.6	0.55	Φ ^b 5	4.03	300	504	6930	2010	611	487	

预应力混凝土(PS)实心方桩选用表

预应力高强混凝土 (PHS) 实心方桩选用表

代号	边长 B (mm)	单节桩长 L (m)	混凝土强度等级	桩型	预应力钢筋 ①	预应力钢筋配筋率 (%)	螺旋筋	混凝土有效预应力 σ_{pc} (N/mm ²)	抗裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	抗弯承载力设计值 M_u (kN·m)	桩身抗压承载力设计值 R_p (kN)	单节桩身结构抗拉承载力设计值 N_{pu} (kN)	桩身结构抗剪承载力设计值 V (kN)	预应力钢筋中心距 B_p (mm)	理论重量 (kg/m)
PHS	250	≤12	C80	A	4 Φ ^D 10.7	0.57	Φ ^b 4	3.01	20	28	1571	257	96	141	156
	300	≤13		B	8 Φ ^D 10.7	0.80	Φ ^b 4	5.71	50	71	2262	724	161	191	225
	350	≤12		A	8 Φ ^D 9.0	0.42	Φ ^b 4	3.07	58	63	3078	515	205	243	306
		≤13		B	8 Φ ^D 10.7	0.59	Φ ^b 4	4.26	67	89	3078	724	212	241	
	400	≤15		A	8 Φ ^D 10.7	0.45	Φ ^b 4	3.30	89	107	4021	724	271	291	400
		≤15		B	8 Φ ^D 12.6	0.62	Φ ^b 4	4.52	104	149	4021	1005	280	289	
	450	≤15		A	12 Φ ^D 10.7	0.53	Φ ^b 4	3.88	134	188	5089	1085	350	341	506
		≤15		B	12 Φ ^D 12.6	0.74	Φ ^b 4	5.30	159	261	5089	1508	364	339	
	500	≤15		A	12 Φ ^D 10.7	0.43	Φ ^b 5	3.17	165	215	6283	1085	444	389	625
		≤15		B	12 Φ ^D 12.6	0.60	Φ ^b 5	4.34	192	298	6283	1508	459	387	
	550	≤15		A	16 Φ ^D 10.7	0.47	Φ ^b 5	3.48	227	323	7602	1447	541	439	756
		≤15		B	16 Φ ^D 12.6	0.66	Φ ^b 5	4.76	266	448	7602	2010	560	437	
	600	≤15		A	16 Φ ^D 10.7	0.40	Φ ^b 5	2.94	270	359	9047	1447	633	489	900
		≤15		B	16 Φ ^D 12.6	0.55	Φ ^b 5	4.04	313	498	9047	2010	652	487	

预应力高强混凝土 (PHS) 实心方桩
选用表

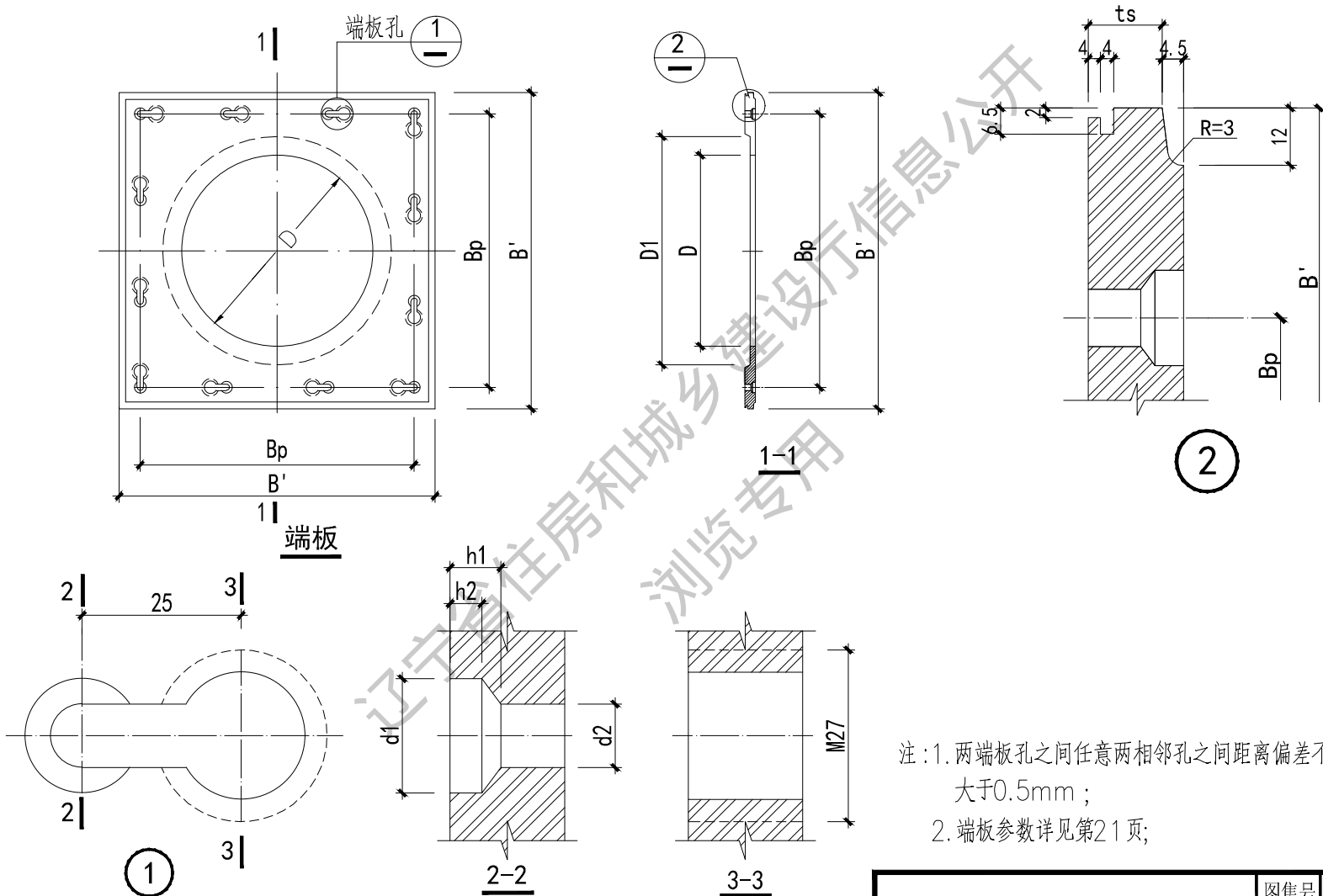


混凝土一体式桩尖详图

桩尖参数表

桩 边 长 (B)	250	300	350	400	450	500	550	600
H	—	200	250	300	350	400	450	500
桩 尖 钢 筋	4 Φ ^p 9.0					8 Φ ^p 9.0		
桩尖钢套厚度	3mm							

注：桩尖钢筋采用预应力混凝土用螺旋槽钢棒。



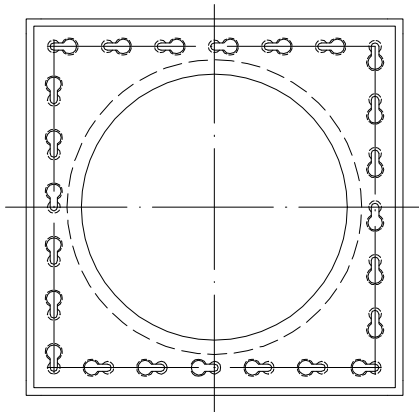
注:1. 两端板孔之间任意两相邻孔之间距离偏差不得大于0.5mm;
2. 端板参数详见第21页;

焊接接桩端板详图

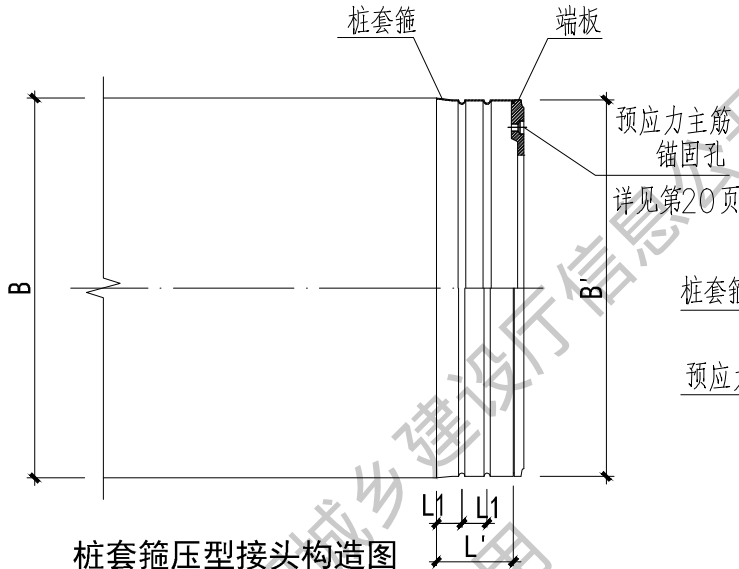
图集号	辽2024G406
页 号	20

焊接接桩端板参数

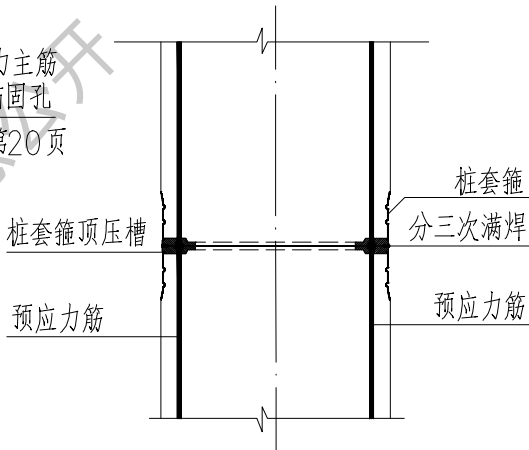
边长 B (mm)	分 组	预应力钢筋 ①	B' (mm)	B _p (mm)	D (mm)	D ₁ (mm)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	t _s (mm)
250	A	4 Φ ^D 10.7	248	146	100	110	20	12	9.5	6	20
300	B	8 Φ ^D 10.7	298	196	150	160	20	12	9.5	6	20
350	A	8 Φ ^D 9.0	348	246	200	210	18	10	8	6	18
	B	8 Φ ^D 10.7					20	12	9.5	6	20
400	A	8 Φ ^D 10.7	398	296	250	260	20	12	9.5	6	20
	B	8 Φ ^D 12.6					23	14	11	7	22
450	A	12Φ ^D 10.7	448	346	300	310	20	12	9.5	6	20
	B	12Φ ^D 12.6					23	14	11	7	22
500	A	12Φ ^D 10.7	498	396	350	360	20	12	9.5	6	20
	B	12Φ ^D 12.6					23	14	11	7	22
550	A	16Φ ^D 10.7	548	446	400	410	20	12	9.5	6	20
	B	16Φ ^D 12.6					23	14	11	7	22
600	A	16Φ ^D 10.7	598	496	450	460	20	12	9.5	6	20
	B	16Φ ^D 12.6					23	14	11	7	22



预应力主筋端板平面图



桩套箍压型接头构造图

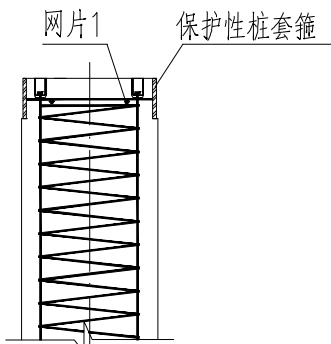


焊接接桩详图

桩套箍参数表

项目	名称	桩边长 (B)	250	300	350	400	450	500	550	600
端 板	端板边长 (B')		248	298	348	398	448	498	548	598
桩套箍 (mm)	宽 度 (L')		100	100	100	100	120	120	120	120
	厚 度 (t)		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
	L1		40	40	40	40	50	50	50	50

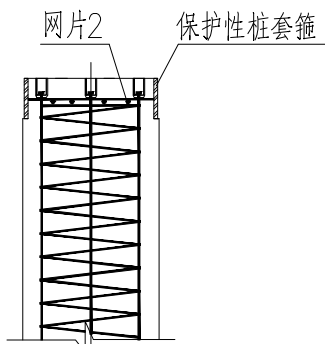
注：1. 桩接头由桩套箍和端板挤压折弯或对焊组合而成。
2. 桩套箍材质为Q235钢。



①

桩头配筋类型一

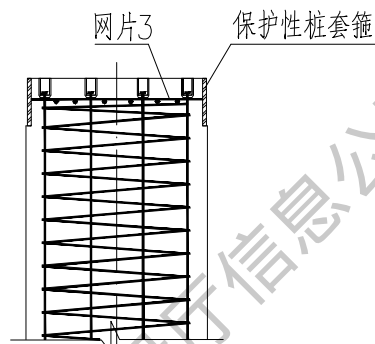
注：用于纵筋根数为4的桩型。



②

桩头配筋类型二

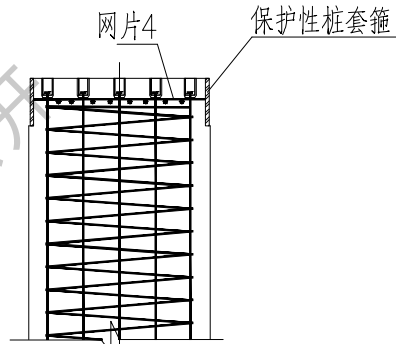
注：用于纵筋根数为8的桩型。



③

桩头配筋类型三

注：用于纵筋根数为12的桩型。



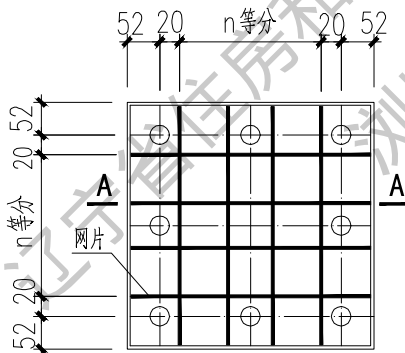
④

桩头配筋类型四

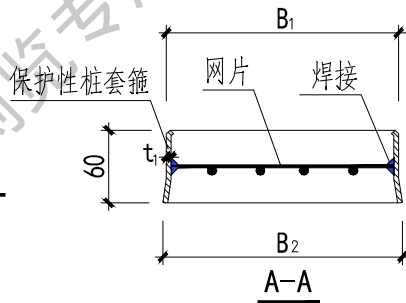
注：用于纵筋根数为16的桩型。

保护性桩套箍参数表

桩边长 B (mm)	边 长 B ₁ (mm)	边 长 B ₂ (mm)	厚 度 t ₁ (mm)
250	248	254	2
300	298	304	2
350	348	354	2
400	398	404	2
450	448	454	2
500	498	504	2
550	548	554	2
600	598	604	2



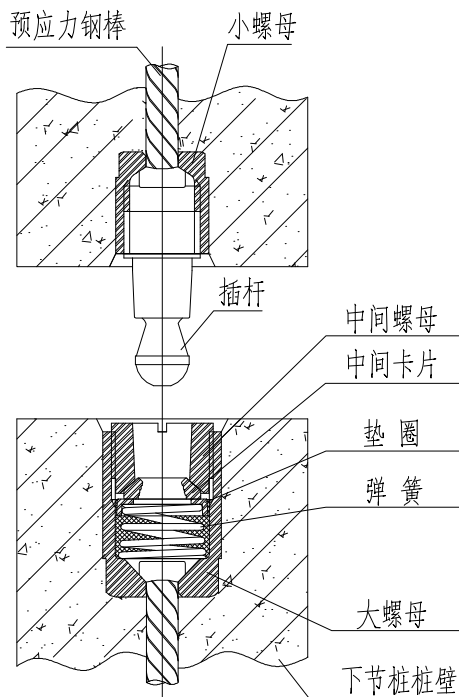
桩头平面示意图



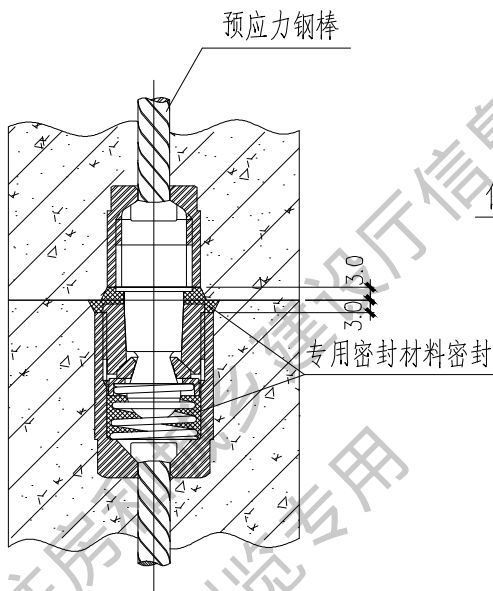
桩端网片参数表

网 片	n	钢 筋
网片1	1	4 ϕ^b6
网片2	3	8 ϕ^b6
网片3	5	12 ϕ^b6
网片4	7	16 ϕ^b6

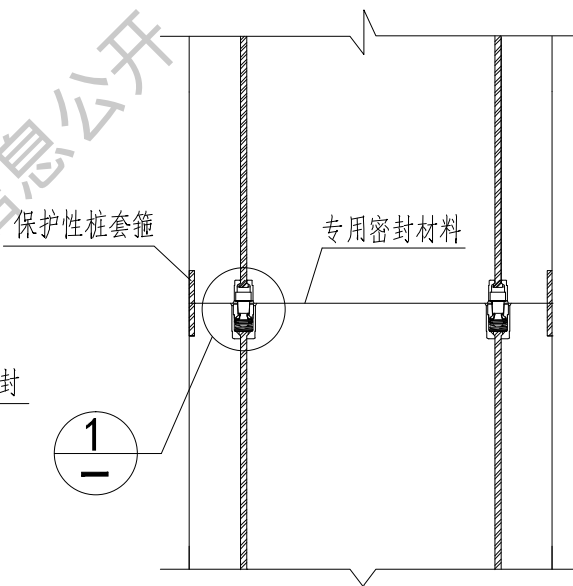
注：网片与桩套箍焊接连接。



接桩对孔位

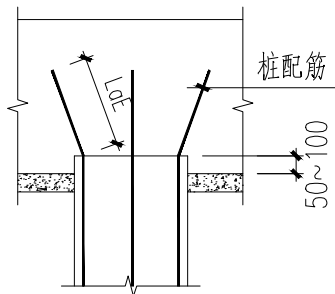


① 完整密合位

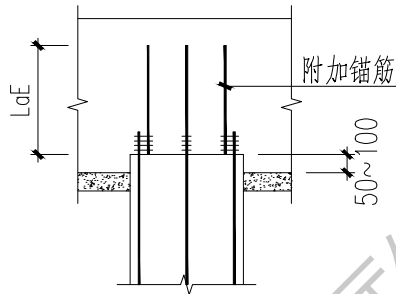


机械连接详图

注：1 用于各种规格的连接件各部件的强度应大于相配套钢棒设计强度的1.3倍。



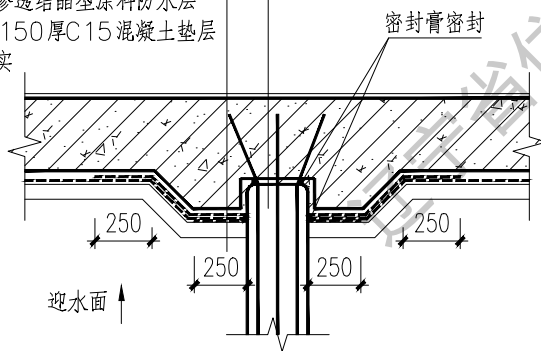
桩顶与承台连接详图一



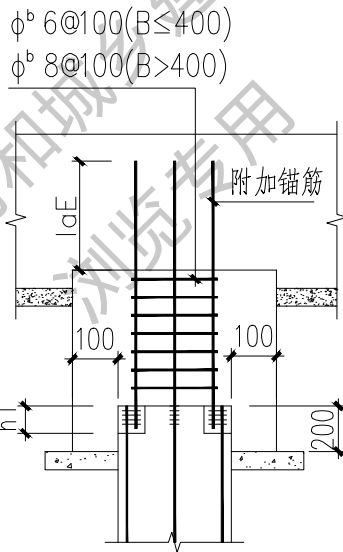
桩顶与承台连接详图二

防水钢筋混凝土底板及承台
50厚 $\geq$ C20细石混凝土保护层
隔离层
附加防水层
防水层
附加防水层
水泥基渗透结晶型涂料防水层
100~150厚C15混凝土垫层
素土夯实

面层(见具体工程设计)
防水钢筋混凝土底板
20厚1:2聚合物水泥砂浆防水层
水泥基渗透结晶型涂料防水层
钢筋混凝土桩头(清理干净)



桩头防水构造

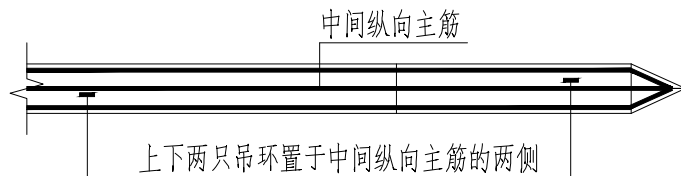


桩顶与承台连接详图三

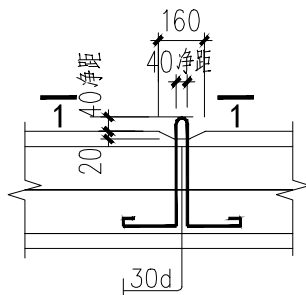
- 注：1. 桩身全部纵向钢筋全部锚入承台，锚固长度 $10d$ 按现行规范取值，且不得小于500mm。
2. 当桩顶标高高于设计标高时，剔除后保留主筋长度不小于锚固长度时，桩顶与承台连接选用详图一。剔除后保留主筋长度小于锚固长度时，桩顶与与承台连接选用详图二。
3. 当桩顶标高低于设计标高时，桩顶与承台连接选用详图三。
4. 在详图三中，剔除高度 h_1 超出主筋与锚筋的搭接长度20mm。
5. 钢筋与钢筋的焊缝长度单面焊时不小于 $10d$ ，双面焊时不小于 $5d$ ， d 为锚筋直径。
6. 附加锚筋的直径及数量由设计者根据工程实际情况确定。

桩顶与承台连接详图

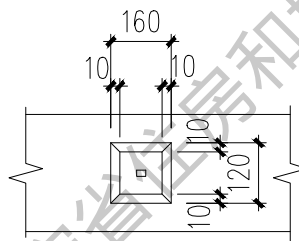
图集号	辽2024G406
页号	25



图一



吊环构造图



1-1

- 注：1. 起吊、吊立应根据施工经验，按安全、可靠原则在吊点位置采用吊环及绑扎并用方式。
2. 吊环的位置应埋设在中间主筋的两侧（见图一），使桩在起吊时不发生侧向倾斜。吊环锚脚埋入混凝土内不得小于30倍吊环钢筋直径，并与桩的主筋绑扎牢固或采取其它措施保证可靠连接（见吊环构造图）；
3. 本图集中方桩设计选用桩长包含桩尖部分，当计算工程量时应将桩尖部分计算在内。
4. 验算每个吊环按2个截面计算的吊环拉应力不应大于 $50\text{N}/\text{mm}^2$ 。

方 桩 选 用 示 例

1. 受压预应力混凝土实心方桩设计选用示例

1.1 某工程土层参数见下表。

桩顶以下土层参数一览表

土层 编号	土层名称	桩极限侧阻力 标准值 q_{sik} (kPa)	桩极限端阻力 标准值 Q_{pk} (kPa)	土层顶标高 (m)
2	淤泥质土	22	—	-2.500
3	粘 土	38	—	-3.700
4	粉质黏土	55	—	-7.200
5	粉质黏土	70	2500	-24.400
6	粉质黏土夹碎石	72	2700	-35.700

1.2 桩顶标高-2.50m，桩长36m，桩端持力层为 6 层粉质黏土夹碎石。桩端采用混凝土锥型桩尖，选用桩型

PHS 400-A-12 Ja Z一根,PHS 400-A-12 Ja 两根。

单桩竖向极限承载力标准值：

$$Q_{uk}=u\sum q_{sik}l_i+q_{pk}A_p=3788.8kN$$

单桩竖向承载力特征值：

$$R_a=\frac{Q_{uk}}{2}=1894kN$$

1.3 桩顶荷载效应组合值

1.3.1 荷载效应标准组合：

单桩平均竖向力标准值： $N_k=1300kN$

单桩最大竖向力标准值： $N_{kmax}=1870kN$

单桩桩顶处的水平力标准值： $H_k=40kN$

1.3.2 荷载效应基本组合：

单桩最大竖向力设计值： $N=2431kN$

单桩桩顶处的水平力设计值： $H=56kN$

1.3.3 地震作用效应与其它荷载效应标准组合：

单桩平均竖向力标准值： $N_{Ek}=1530kN$

单桩最大竖向力标准值： $N_{Ekmax}=2190kN$

1.3.4 地震作用效应与其它荷载效应基本组合：

单桩最大竖向力设计值： $N_E=2890kN$

1.4 单桩竖向承载力验算

平均竖向力标准值： $N_k=1300kN < R_a=1894kN$ 满足；

最大竖向力标准值： $N_{kmax}=1870kN < 1.2R_a=2273kN$ 满足；

地震作用效应参与组合下：

平均竖向力标准值： $N_{Ek}=1530kN < 1.25R_a=2368kN$ 满足；

最大竖向力标准值： $N_{Ekmax}=2190kN < 1.5R_a=2841kN$ 满足；

1.5 方桩桩身轴心受压承载力验算:

1.5.1 桩身轴心受压承载力设计值,查本图集第18页表;

$$[R_p]=4021\text{kN}$$

单桩轴向压力设计值: $N=2431\text{kN}<[R_p]=4021\text{kN}$ 满足。

1.5.2 地震荷载组合下单桩轴向压力设计值:

$$N=2890\text{kN}<1.25[R_p]=5026\text{kN} \text{ 满足。}$$

桩身轴心抗震受压承载力满足要求(根据《建筑抗震设计规范》的相关规定:单桩的竖向和水平向抗震承载力特征值,均可比非抗震设计时提高25%)。

1.6 单桩水平承载力验算:

单桩水平承载力特征值按《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008

式 5.7.2-2 计算:

$$R_{ha}=0.75\frac{\alpha^3EI}{\nu_x}x_{0a}=120\text{kN}$$

式中水平变形系数:

$$\alpha=\sqrt[5]{\frac{mb_0}{EI}}=0.65/\text{m}$$

桩侧土水平抗力系数的比例系数按《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008附录C公式C0.2-1计算:

$$m=\frac{m_1h_1^2+m_2(2h_1+h_2)h_2}{h_m^2}=5.72\text{MN}/\text{m}^4$$

其中 $h_m=2(d+1)=2.8\text{m}$, $h_1=1.2\text{m}$, $h_2=1.8\text{m}$

$$m_1=4.5\text{MN}/\text{m}^4, m_2=6\text{MN}/\text{m}^4$$

计算宽度: $b_0=1.5b+0.5=1.1\text{m}$

桩身抗弯刚度: $EI=0.85E_cI_0=54.9\text{N}/\text{mm}^2$

$$I_0=\frac{b}{6}[b^2+2(\alpha_E-1)\rho_g b_0^2]\frac{b_0}{2}=5.72\text{m}^4$$

桩顶允许水平位移: $x_{0a}=10\text{mm}$

查《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008,表5.7.2得 $\nu_x=0.94$ 。

单桩桩顶水平力标准值 $H_k=40\text{kN}<R_{ha}=120\text{kN}$ 满足要求。

桩身受剪承载力设计值,查本图集第18页, $[V]=271\text{kN}$ 。

单桩桩顶水平力设计值: $H=53\text{kN}<[V]$ 满足要求。

2. 抗拔预应力混凝土实心方桩设计选用示例

2.1 某工程土层参数见下表。

抗拔桩桩顶以下土层参数一览表

土层 编号	土层名称	桩极限侧阻力标准值 q_{sik} (kPa)	抗拔系数 λ_i	土层顶标高 (m)
2	淤泥质土	22	0.7	-2.500
3	黏土	38	0.7	-3.700
4	粉质黏土	55	0.7	-7.200
5	粉质黏土	70	0.7	-24.400

方桩选用示例

2.2 桩顶标高-2.50m，桩长24米，桩端持力层为5层粉质黏土。
选用桩型PHS 400-A-12 Jb Z 和 PHS 400-A-12 Jb，
桩端采用混凝土锥型桩尖。地下水位标高-2.00m。

2.3 荷载效应组合值

单桩竖向拔力标准值： $N_k=320\text{kN}$

单桩竖向拔力设计值： $N=415\text{kN}$

2.4 单桩抗拔承载力验算

单桩抗拔极限承载力标准值： $T_{uk}=\sum \lambda_i q_{sik} u_i l_i = 1403.0\text{kN}$

单桩自重： $G_p=96\text{kN}$

单桩竖向拔力标准值： $N_k=320\text{kN} < T_{uk}/2 + G_p = 797.5\text{kN}$ 满足。

2.5 方桩桩身轴心受拉承载力验算

方桩桩身轴心受拉承载力计算中，查本图集第18页表， $[N]=724\text{kN}$

单桩竖向拔力设计值： $N=415\text{kN} < [N]$ 满足要求。

桩 锤 选 择 参 考 表

柴 油 锤 型 号 项 目			柴 油 锤 (t)							
			12 [#] ~19 [#]	18 [#] ~22 [#]	25 [#]	32 [#] ~36 [#]	40 [#] ~50 [#]	60 [#] ~62 [#]	72 [#]	63 [#] ~80 [#]
冲击体质量 (t)			2.5	1.2 2.5	1.8 2.2	2.5	4.0 4.5 4.6 5.0	6.0 6.2	7.2	6.3~8.0
锤体总质量 (t)			2.7~3.0	4.3~4.7	5.6~6.2	7.2~8.2	9.2~11.0	12.5~150	18.4	16.8~20.5
常 用 冲 程 (m)			1.2~1.5	1.5~2.0	1.5~2.2	1.6~3.2	1.8~3.2	1.9~3.6	1.9~2.5	2.0~3.6
适用预制方桩边长 (mm)			250	250~300	250~300	300~400	350~450	450~500	500	500~600
粘性土	一般进入深度 (m)		1.5~2.0	1.5~2.5	1.5~2.5	2.0~3.0	2.5~3.5	3.0~4.0	3.0~5.0	3.0~5.0
	桩尖可达到静力触探平均值 (Mpa)		2~3	3~4	4	5	>5	>5	>5	>10
砂 土	一般进入深度 (m)		0.5~1.5	0.5~2.0	0.5~1.5	1.0~2.0	1.5~2.5	2.0~3.0	2.5~3.5	3.0~5.0
	桩尖可达到静力触探平均值 (Mpa)		15~20	15~20	20~30	30~40	40~45	45~50	50	>50
岩 石 (软质)	桩尖可进入深度 (m)	强风化			0.5	0.5~1.0	1.0~1.5	1.5~2.5	2.0~3.0	3.0~5.0
		中风化				表 层	表 层	0.5~1.0	1.0~1.5	1.0~2.0
	锤的常用控制贯入度 (mm/10击)			20~50	20~50	20~40	20~50	20~50	20~50	30~70

桩锤选择参考表

静压桩机选择参考表

项 目 \ 压桩机型号	160~180	240~280	300~380	400~460	500~560	680~800
最大压桩力 (kN)	1600~1800	2400~2800	3000~3600	4000~4600	5000~5600	6800~8000
适用的桩规格 (mm)	200~300	300~350	350~400	400~450	450~500	500~600
单桩抗压承载力设计值 (kN)	800~1800	1800~2800	2500~3600	3300~4600	4200~5600	5200~7500
桩端持力层	中密~密实砂层、 硬塑~坚硬黏土层、 残积土层	密实砂层、 坚硬黏土层、 全风化岩层	密实砂层、 坚硬黏土层、 全风化岩层	密实砂层、 坚硬黏土层、 全风化岩层、 强风化岩层	密实砂层、 坚硬黏土层、 全风化岩层、 强风化岩层	密实砂层、 坚硬黏土层、 全风化岩层、 强风化岩层
桩端持力层标贯值 (N)	20~25	20~35	30~40	30~50	30~55	30~60
穿透中密、密实砂层厚度 (m)	约2	2~3	3~4	5~6	5~8	5~9

静压桩机选择参考表