
宁波市抗拔预制桩设计与施工

技术细则

Technical code of design and construction for
precast pile against uplift of Ningbo

目 录

1	总 则	3
2	术语和符号	4
2.1	术 语	4
2.2	符 号	4
3	基本规定	7
4	岩土工程勘察	9
4.1	一般规定	9
4.2	勘察	9
4.3	设防水位	错误! 未定义书签。
5	材料及产品制作要求	11
5.1	一般规定	11
5.2	材料	11
5.3	桩身制作	13
6	设计	15
6.1	一般规定	15
6.2	桩基计算	17
6.3	桩基构造要求	21
6.4	防腐蚀要求	22
7	施工	23
7.1	一般规定	23
7.2	现场堆放、吊运	24
7.3	接桩及与承台的连接	25
7.4	静压法沉桩	27
7.5	锤击法沉桩	28
7.6	植入法沉桩	29
7.7	基坑开挖、桩顶施工及施工抗浮	30
8	检验与验收	32
8.1	一般规定	32
8.2	施工前检验	错误! 未定义书签。
8.3	施工过程检验	错误! 未定义书签。
8.4	施工后检验	错误! 未定义书签。
8.5	验收	错误! 未定义书签。
附录 A	连接接头的施工记录资料要求	36
附录 B	静压沉桩施工记录表	38
附录 C	锤击沉桩施工记录表	39
附录 D	植入法沉桩施工记录表	41
附录 E	桩顶与承台连接施工记录表	42
附录 F	引用标准名录	44
附:	条文说明	44

1 总 则

1.0.1 为了在抗拔预制桩设计与施工中贯彻执行地方技术经济政策，做到安全适用、经济合理、技术先进、质量可靠、保护环境，制定本细则。

1.0.2 本规程适用于宁波市各类建、构筑物抗浮使用的抗拔预制桩工程的勘察、生产、设计、施工和检验与验收。

1.0.3 预制桩的生产、设计及施工应综合考虑工程地质和水文地质条件、荷载类型及大小、使用功能、预制桩的供应条件、施工技术水平与环境，结合地方经验，做到因地制宜，合理选择桩型和连接接头型式、确定施工工艺，精心设计，节约资源，强化施工质量控制。

1.0.4 宁波市抗拔预制桩工程的勘察、生产、设计、施工和检验与验收，除应符合本细则外，尚应符合国家、行业和地方现行标准的规定。当抗拔桩兼做承压桩或承受水平荷载时，还应进行对应验算，并满足相关规范的有关规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 抗拔混凝土预制桩 precast pile against uplift

设置在地基中与地下结构底板共同承担地下水浮力或上部结构荷载产生向上作用力的预制混凝土基桩。

2.1.2 焊接连接 welding joint

仅采用焊接将上、下节桩的端板焊接连接的连接方式。

2.1.3 插卡式机械连接 mechanical joint with clamping rod

通过固定在上节桩下端的插杆插入下节桩的卡接孔内，形成有效连接的机械连接方式。

2.1.4 抱箍式机械连接 mechanical joint with hoop chucking

通过卡箍将上、下节桩端板的外挑缘口卡紧定，形成有效连接的机械连接方式。

2.1.5 销钉式机械连接 mechanical joint with dowel bar

通过 X 形的销钉插入上、下节桩的梯形连接槽内，形成有效连接的机械连接方式。

2.1.6 浆锚连接 anchoring joint with grouting

通过灌浆料将连接件固定在上、下节桩相应的位置，灌浆料强度形成后形成有效连接的方式。

2.1.7 复合型连接 composite joint

同一个接头中，同时采用两种或两种以上连接的接桩型式。

2.2 符号

2.2.1 作用和作用效应

G_a ——建筑结构自重、附加物自重、抗拔桩抗拔力设计值总和；

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；

$N_{w,k}$ ——浮力设计值；

N_t ——相应于作用的基本组合时的单桩竖向拉力设计值；

N_{tk} ——作用效应标准组合作用下，考虑使用期间抗浮稳定安全系数 K_w 后，桩顶的竖向拔力。

2.2.2 抗力和材料性能

f_n ——填芯混凝土与桩内壁的粘结强度设计值；

f_{py} ——预应力钢筋抗拉强度设计值；

f_v ——端板材料抗剪强度设计值；

f_y ——非预应力钢筋抗拉强度设计值；

f_{yt} ——填芯混凝土纵向钢筋抗拉强度设计值；

R_{ta} ——单桩竖向抗拔承载力特征值；

T_1 ——按端板孔口抗剪强度确定的单桩抗拔承载力设计值；

T_{ga} ——群桩呈整体破坏时基桩的抗拔承载力特征值；

T_{ua} ——群桩呈非整体破坏时基桩的抗拔承载力特征值；

σ_{pc} ——管桩混凝土有效预压应力。

2.2.3 几何参数

A_p ——全部纵向预应力钢筋面积；

A_s ——全部纵向非预应力钢筋面积；

A_{st} ——填芯内纵向钢筋的总截面积；

B ——方形预制桩的边长；

D ——管桩的直径；

D_1 ——管桩或空心方桩的空心内径；

d_1 、 d_2 ——端板预应力钢筋锚固孔上口、下口直径；

h_1 、 h_2 ——端板预应力钢筋锚固孔上口、下口距端板顶距离；

L_a ——填芯混凝土高度；

n_k ——预应力钢筋数量；

t_s ——端板厚度；

u_l ——桩群外围周长；

u_p ——桩外轮廓周长；

2.2.4 计算系数

C ——考虑预应力钢筋墩头与端板连接处受力不均匀等因素影响的折减系数；

k_1 ——经验折减系数；

K_w ——抗浮稳定安全系数；

λ_i ——抗拔系数；

公开征求意见稿

3 基本规定

3.0.1 抗拔预制桩工程应按下列两类极限状态设计：

1 承载能力极限状态：基桩达到最大承载能力、桩顶与承台连接失效、整体失稳或发生不适于继续承载的变形；

2 正常使用极限状态：基桩达到建筑物正常使用所规定的变形限值，或达到耐久性要求的某项限值。

3.0.2 抗拔预制桩工程设计等级应根据工程地质和水文地质条件的复杂程度、地基基础设计等级、使用功能要求及抗浮失效可能造成的对正常使用影响程度或危害程度等划分为三个设计等级，并按表 3.0.2 确定。

表 3.0.2 抗拔预制桩工程设计等级

抗浮设计等级	建筑工程特征
甲级	1 工程地质和水文地质条件复杂场地的工程； 2 设计地坪低于防洪设防水位或处于经常被淹没场地的工程； 3 埋深较大和结构荷载分布变化较大的工程； 4 对上浮、隆起及其裂缝等有特殊要求的工程； 5 抗浮失效危害严重的工程； 6 《建筑地基基础设计规范》GB 50007 规定设计等级为甲级的工程； 7 进行抗浮治理的既有工程
乙级	除甲级、丙级以外的工程
丙级	1 工程地质和水文地质条件简单的工程； 2 抗浮失效对工程安全危害不严重的工程； 3 《建筑地基基础设计规范》GB 50007 规定设计等级为丙级的工程； 4 临时性工程

3.0.3 场地水文地质条件的复杂程度宜按表 3.0.3 确定。

表 3.0.3 水文地质条件复杂程度划分

复杂程度	水文地质特征
复杂	地质构造复杂、地下水类型多（3 种以上）； 含水层岩性多样、厚度和层面坡度变化大；

	<p>存在多层含水层（3层以上）、水力联系复杂；</p> <p>地下水的补给、径流和排泄条件复杂；</p> <p>地下水动态变化规律不明确</p>
中等	<p>地质构造复杂、地下水类型较多（2~3种）；</p> <p>含水层岩性多样、厚度和层面坡度变化较大；</p> <p>多层含水层（2~3层）水利联系较复杂；</p> <p>地下水的补给、径流和排泄条件较复杂；</p> <p>地下水动态变化规律基本明确</p>
简单	<p>地质构造简单、地下水类型单一；</p> <p>含水层岩性单一、厚度和层面坡度变化小且稳定；</p> <p>地下水的补给、径流和排泄条件明确；</p> <p>地下水动态变化规律明确</p>

3.0.4 抗拔预制桩应进行下列计算和验算

- 1 单桩抗拔承载力和群桩抗拔承载力计算；
- 2 桩身承载力验算；
- 3 桩身抗裂验算；
- 4 桩端与承台连接强度验算；
- 5 带端板预制桩的端板锚固钢筋的计算。

3.0.5 抗拔预制桩在结构设计中采用的作用效应组合与抗力限值应符合下列规定：

- 1 按抗拔承载力确定桩数量时，传至桩顶的作用效应应按正常使用极限状态下作用的标准组合，相应的抗力应采用抗拔承载力特征值；
- 2 进行桩身承载力、接头承载力及桩顶与承台连接承载力验算时，作用效应应按承载力极限状态下作用的基本组合，相应的分项系数为 1.35，构件相应的抗力应采用承载力设计值；
- 3 进行桩身抗裂验算时，作用效应应按正常使用极限状态下作用的标准组合，相应的分项系数为 1.0，预制桩相应的抗力应采用预制桩的桩身抗裂承载力。

3.0.6 桩型及连接接头采用新工艺时，应经过充分的力学性能试验，并按要求编制浙江省或宁波市地方标准后，方可在设计中选用。

4 岩土工程勘察

4.1 一般规定

4.1.1 抗拔预制桩工程勘察可与场地岩土工程勘察结合开展，抗浮设计等级为甲级的工程、抗浮等级为乙级且场地水文地质条件复杂的工程，应进行抗浮专项勘察。

4.1.2 抗拔预制桩工程勘察应根据勘察等级，采用针对性的技术手段查明场地水文地质及环境特征，分析和评价岩土体的渗透性、地表水与地下水动态变化规律及其对工程抗浮安全性的影响，提供抗浮设防水位建议值及抗浮设计与施工所需的参数。

4.1.3 抗拔预制桩工程详细勘察阶段应包括下列内容：

- 1 查明场地各土层的分布、物理力学性质和变化规律，提供详细的场地岩土工程勘察资料和岩土设计参数；
- 2 查明水文地质条件，评价地下水对桩基施工的影响，判定水质对建筑材料的腐蚀性；
- 3 查明不良地质作用、可液化土层和特殊岩土的分布及其对预制桩工程的危害程度，提出防治建议；
- 4 推荐合理的抗拔预制桩方案，评价其沉桩可行性，论证沉桩施工条件及其对环境的影响。

4.2 勘察

4.2.1 抗拔制桩工程勘察应以钻探为主，结合原位测试等综合勘察方法进行。

4.2.2 抗拔预制桩工程勘察应符合下列要求：

- 1 勘探线应垂直地貌单元边界线、地质构造线和地层界线；
- 2 勘探点间距宜为 20~30m，当水文地质条件复杂时，勘探孔间距宜为 10~15m。同一水文地质单元不应少于 3 个点；
- 3 勘探深度应大于抗拔预制桩桩底深度的 1.2 倍；
- 4 对多层含水层，勘探应深至预计抗拔预制桩底端以下含水层不少于 3m，承压水层进入深度不少于 2m；当需利用勘探孔进行抽水试验时，勘探深度应深至含水层不少于 5m。

4.2.3 采取土试样和进行原位测试应满足岩土工程评价要求，并符合下列规定：

- 1 采取土试样和进行原位测试的勘探孔的数量，应根据地层结构、地基土的均匀性和设计要求确定，且不应少于勘探孔总数的 1/2，钻探取土试样孔的数量不应少于勘探孔总数的 1/3；
- 2 每个场地每一层主要土层的原状土试样或原位测试数据不应少于 6 件（组）；桩端持力层为岩质地基时，应采取不少于 6 组代表性岩样；
- 3 在地基主要受力层内，对厚度大于 0.5m 的夹层或透镜体，应采取土试样进行原位测

试；

- 4 当土层性质不均匀时，应增加采取土试样或原位测试的数量；
- 5 对于软土、黏性土、粉土和砂土的原位测试手段宜采取静力触探和标准贯入试验；

对于碎石土宜采用重型或超重型圆锥动力触探试验。

4.2.4 抗拔预制桩工程勘察的水文地质参数试验包括抽水试验、注水试验、压水试验、渗水试验、连通试验等。水文地质参数及其测试应符合相关规范的规定。

4.2.5 地下水对建筑工程影响分析评价应包括以下内容：

- 1 应根据实测数据或地方经验分析对地下结构底板的抬升作用程度；
- 2 有渗流时，应进行渗流计算及其影响程度分析；
- 3 当地下结构底板下存在承压水时，应分析隆起的可能性；
- 4 对特殊性岩土场地应评价地下水位变化所产生的软化、胀缩和潜蚀等影响程度；
- 5 受潮汐波动及其渗流影响的场地，应分析地下水的分布及其动态特征，评估对场地水文地质环境条件可能造成的影响。

4.2.6 勘察成果应包括下列主要内容：

- 1 场地区域气象与水文地质条件，近5年和历史最高地下水文，地下水长期监测等资料分析和利用；

- 2 地下水类型和勘察期水位及其动态变化规律，补给与排泄条件、与地表水的水力联系，水位变化影响因素及趋势分析和评价；

- 3 存在不同类型地下水时，应提供不同类型地下水的水位、混合水位，并分析相互影响程度；

- 4 承压含水层、渗流场地产生潜蚀、管涌、隆起等破坏的可能性及状态分析；
- 5 地下水水位变化对场地及周边环境可能产生的危害分析和评价，并提出防治建议；
- 6 工程活动引起场地地下水水位、补给、径流、排泄等条件变化及其对环境影响评价；
- 7 提供抗拔预制桩工程设计所需的参数及抗浮设防水位建议值；
- 8 评价地下水对预制桩施工的影响，判定水质对预制桩的腐蚀性；
- 9 评价预制桩沉桩可行性，地质条件对预制桩施工的影响，及预制桩施工对周边环境的影响。

4.2.7 抗拔预制桩兼做承压桩使用，其勘察尚应满足承压桩基工程勘察的各项要求。

5 材料及产品制作要求

5.1 一般规定

5.1.1 抗拔预制桩宜选用预应力混凝土预制桩,其预应力主筋可采用预应力混凝土用钢棒或预应力混凝土用钢绞线。

5.1.2 抗拔预制桩可根据工程需要设置非预应力钢筋,非预应力钢筋宜选用钢筋混凝土用热轧带肋钢筋,非预应力钢筋可通长配置或非通长配置。

5.1.3 抗拔预制桩的主筋应符合下列规定:

1 抗拔预应力桩的预应力主筋最小配筋率不应低于 0.6%,抗拔普通实心方桩的纵向主筋最小配筋率不应低于 0.8%。

2 预应力主筋数量不应少于 7 根,采用预应力混凝土用钢棒时,直径不应小于 9.0mm,采用预应力混凝土用钢绞线时,直径不应小于 11.1mm。

5.1.4 抗拔预制桩的混凝土强度不应低于 C60。

5.2 材料

5.2.1 水泥宜采用强度等级不低于 42.5 级的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或免压蒸硅酸盐水泥,其中硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定,免压蒸硅酸盐水泥质量应符合现行国家标准《免压蒸管桩硅酸盐水泥》GB/T 34189 的规定。

5.2.2 骨料包括粗骨料和细骨料,并应符合下列规定:

1 细骨料宜采用硬质天然砂或机制砂。天然砂的细度模数宜为 2.5~3.2,机制砂的细度模数可为 2.5~3.5,质量应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 中的规定;

2 粗骨料宜采用碎石或破碎的卵石,最大粒径不应大于 25mm,且不应超过钢筋净距的 3/4,质量应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 的规定;

3 对于有抗冻、抗渗或其他特殊要求的预制,采用的粗骨料和细骨料应符合相关标准的规定。

5.2.3 预应力主筋采用预应力混凝土用钢棒时,其质量应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢棒》GB/T 5223.3 中低松弛螺旋槽钢棒的规定,且抗拉强度标准值不应小于 1420MPa、规定非比例延伸强度不应小于 1280MPa,1000h 应力松弛率不应大于 2.0%,断后伸长率应大于国家标准《预应力混凝土用钢棒》GB/T 5223.3-2017 表 7 中延性 35 级的规定要求,基本尺寸应符合表 5.2.3 的规定;

表 5.2.3 预应力混凝土用钢棒的基本尺寸

公称直径 (mm)	基本直径及 允许偏差	公称截面面积 (mm ²)	理论重量 (kg/m)
--------------	---------------	------------------------------	----------------

	(mm)		
9.0	9.15±0.20	64.0	0.502
10.7	11.10±0.20	90.0	0.707
12.6	13.10±0.20	125.0	0.981

5.2.4 预应力主筋采用预应力混凝土用钢绞线时，宜采用 1×7 结构钢绞线，其质量应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的有关规定，基本尺寸应符合表 4.2.4 的规定；

表 5.2.4 预应力混凝土用钢绞线的基本尺寸

公称直径 (mm)	允许偏差 (mm)	公称截面面积 (mm ²)	理论重量 (kg/m)
11.1	+0.40 -0.15	74.2	0.582
12.7	+0.40 -0.15	98.7	0.775
15.2	+0.40 -0.15	140.0	1.101

5.2.5 非预应力主筋宜采用钢筋混凝土用热轧带肋钢筋，其质量应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 的规定。

5.2.6 螺旋箍筋宜采用低碳钢热轧圆盘条、混凝土制品用冷拔低碳钢丝，其质量应分别符合现行国家标准《低碳钢热轧圆盘条》GB/T 701 和现行行业标准《混凝土制品用冷拔低碳钢丝》JC/T 540 的规定。

5.2.7 需要设置端部锚固钢筋时，锚固钢筋宜采用低碳钢热轧圆盘条、钢筋混凝土用热轧光圆钢筋或钢筋混凝土用热轧带肋钢筋，其质量应分别符合现行国家标准《低碳钢热轧圆盘条》GB/T 701、《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1、《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2 的规定。

5.2.8 桩端设置端板时，端板所用钢材的性能不应低于 Q235B 钢的要求，桩套箍所用钢材的性能不应低于 Q235 钢的要求，其质量均应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的规定。端板最小厚度应满足表 5.2.8 的要求，并满足相关规范的规定。

表 5.2.8 端板最小厚度 (mm)

钢棒直径	9.0	10.7	12.6
端板最小厚度	18	20	24

5.2.9 当采用机械连接时，各连接件材质及精度应满足连接接头受力及接桩施工的要求，并符合相关规范的规定。

5.2.10 混凝土拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

5.2.11 混凝土外加剂应经试验验证，适合预制桩生产工艺，并符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定。

5.2.12 掺合料宜采用矿渣微粉、粉煤灰、硅灰或蒸养混凝土制品用掺合料等，并应符合下列要求：

- 1 矿渣微粉的质量应符合国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046-2017 表 1 中 S95 级的规定；
- 2 粉煤灰的质量应符合国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596-2017 中 II 级的规定；
- 3 硅灰应符合国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690 的规定；
- 4 蒸养混凝土制品用掺合料应符合现行行业标准《蒸养混凝土制品用掺合料》JC/T 2554 的规定。

5.3 桩身制作

5.3.1 抗拔预制桩螺旋筋的直径、间距应符合表 5.3.1 的规定。

表 5.3.1-1 管桩螺旋筋直径

管桩外径(mm)	螺旋筋直径(mm)	非加密区箍筋净间距(mm)	加密区箍筋净间距(mm)	加密区最小长度(mm)
400	4	80	50	2000
500	5	80	50	2000
600	5	80	50	2400
700	6	80	50	2800
800	6	80	50	3200
1000	6~8	80	50	4000

表 5.3.1-2 空心方桩螺旋筋直径

空心方桩边长(mm)	螺旋筋直径(mm)	非加密区箍筋间距(mm)	加密区箍筋间距(mm)	加密区最小长度(mm)
350~450	4	100	50	2000
500~600	5	100	50	2000

表 5.3.1-3 实心方桩螺旋筋直径

实心方桩边长(mm)	螺旋筋直径(mm)	非加密区箍筋间距(mm)	加密区箍筋间距(mm)	加密区最小长度(mm)
350、400	4	100	50	2000
450、500	5	100	50	2000
550	6	100	50	2200
600	6	100	50	2400

5.3.2 根据设计需要桩端设置锚固钢筋时，锚固钢筋与端板的连接强度不应低于钢筋强度。

5.3.3 桩身配置非预应力钢筋作为受力筋时，非预应力钢筋与端板的连接强度不应低于钢筋强度；配置通长非预应力钢筋且钢筋需要分段设置时，钢筋的连接应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

5.3.4 钢筋的加工应符合下列规定：

- 1 钢筋应清除油污，切断前应保持平直，不应有局部弯曲，切断后端面应平整。同根

预制桩中预应力钢筋长度的相对差值：长度小于 15m 时不应大于 1.5mm，长度大于 15m 时不应大于 2mm；

2 预应力钢筋墩头部位的抗拉强度不应低于该材料抗拉强度的 90%；

3 预应力钢筋和螺旋箍筋焊接点的强度损失不应大于该材料标准强度的 5%，松脱的焊点应用钢丝绑扎。

5.3.5 抗拔预制桩生产用混凝土质量控制应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定，并按该标准的要求进行检验。

5.3.6 抗拔预制桩放张时，混凝土的抗压强度不应 C45；桩身混凝土强度不低于 C80，且采用免蒸压工艺时，放张时混凝土强度不应低于 C70；产品出厂时，混凝土的抗压强度不应低于设计强度。

5.3.7 抗拔预制桩采用常压蒸汽养护时，蒸养后在常温下的停放时间不宜小于 7d；采用高压蒸汽养护时，蒸养后在常温下的停放时间不宜小于 1d。

6 设计

6.1 一般规定

6.1.1 抗拔预制桩选型时，应结合工程地质情况，结构荷载特点、大小及性质，经综合分析后合理选用预制桩桩型、接桩方式及沉桩工艺。

6.1.2 确定抗拔预制桩规格时，除应满足受力要求外，尚应符合下列规定：

- 1 采用圆形截面预制桩时，桩身直径不应小于 400mm；
- 2 采用方形截面预制桩时，桩身边长不应小于 350mm；
- 3 采用异形预制桩，桩身截面尺寸按异形预制桩最小外轮廓计。

6.1.3 抗拔预制桩设计时，在满足设计要求及接桩条件的情况下，可采用不同桩型、不同型号或规格的预制桩进行接桩的配桩方式。

6.1.4 抗拔预制桩在沉桩过程中遇到难以进入或穿透的硬土层时，或静压和锤击挤土效应对周围环境影响较大时，可采用植入法进行沉桩，也可采用引孔、设置挤土沟等方式辅助沉桩。

6.1.5 抗拔预制桩最小中心距应符合表 6.1.5 的规定值

表 6.1.5 抗拔预制桩最小中心距

土类及桩基情况		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
挤土桩	饱和黏性土	$4.5D (B)$	$4.0D (B)$
	非饱和土、饱和非黏性土	$4.0D (B)$	$3.5D (B)$
部分挤土桩	饱和黏性土	$4.0D (B)$	$3.5D (B)$
	非饱和土、饱和非黏性土	$3.5D (B)$	$3.0D (B)$
非挤土植入桩		$3.0D (B)$	$3.0D (B)$

注：1 D ——管桩直径，当为异形管桩时， D 取肋部直径；

2 B ——方形预制桩边长，当为异形方桩时， B 取肋部边长；

3 当纵横向桩距不等时，其最小中心距应满足“其他情况”一栏；

4 “部分挤土桩”指沉桩时采取引孔或应力释放孔等措施的管桩基础；

5 采用植入法沉桩时，预制桩的中心距尚应满足相关规范的规定。

6.1.6 抗拔预制桩最上一节桩主要处于淤泥或淤泥质土层中时，该节桩长度不宜小于 10m，应对其采取以下加强措施之一：

- 1 第一节桩采用实心桩，边长不小于 400mm，且混凝土强度不应低于 C60；
- 2 第一节桩采用管桩，直径不小于 500mm，混凝土强度不应低于 C80，且管桩壁厚不小于 110mm 或通长配置不低于 0.6% 的非预应力钢筋；

3 第一节桩采用空心方桩，边长不小于 450mm，混凝土强度不应低于 C80，且壁厚不小于 100mm 或通长配置不低于 0.6%的非预应力钢筋。

6.1.7 利用多节桩拼接成的预制桩作为抗拔桩时，抗拔承载力计算应满足下列规定：

- 1 接头仅采用焊接连接时，抗拔承载力宜按上部一节桩计算；
- 2 接头仅采用机械连接时，抗拔承载力宜按上部两节桩计算；
- 3 接头采用复合型连接时，抗拔承载力计算不应超过上部三节；
- 4 任何情况下，抗拔承载力计算均不应超过上部三节。

6.1.8 抗拔预制桩与承台连接可采用以下几种方式，设计应根据工程情况合理选用。

- 1 空心预制桩作为抗拔桩时，可采用钢筋混凝土填芯的方式；
- 2 预制桩设置有端板时，可采用钢板焊接转换锚固钢筋的方式；
- 3 可采用机械转换接头将锚固钢筋固定在张拉螺栓孔的方式；
- 4 当单桩抗拔力较大时，不宜单独采用填芯的方式。

6.1.9 设置端板的预制桩用作抗拔桩时，应设置端板锚固钢筋，锚固钢筋的配筋面积及长度应满足端板与桩身连接的受力要求，且不小于表 6.1.9 的要求。

表 6.1.9-1 管桩最小锚固钢筋配筋表

管桩外径 (mm)	锚固钢筋数量	锚固钢筋直径	锚固钢筋长度
400	4	12	480
500	4	14	560
600	6	14	560
700	6	16	640
800	8	18	720
1000	8	20	800

表 6.1.9-2 空心方桩最小锚固钢筋配筋表

空心方桩边长 (mm)	锚固钢筋数量	锚固钢筋直径	锚固钢筋长度
350	4	12	480
400	4	14	560
450	4	16	640
500	8	14	560
550	8	14	560
600	8	16	640

表 6.1.9-3 实心方桩最小锚固钢筋配筋表

实心方桩边长 (mm)	锚固钢筋数量	锚固钢筋直径	锚固钢筋长度
350	4	14	560
400	4	16	640
450	4	18	720
500	8	14	560
550	8	16	640

600	8	18	720
-----	---	----	-----

6.1.10 当抗拔预制桩施工完成后桩顶标高低于设计标高时，应进行接桩至承台底标高，并符合下列规定：

- 1 预制桩的外边缘与接桩现浇段外边缘平面距离不应小于 150mm，桩顶嵌入截桩现浇段深度不应小于 200mm；
- 2 桩顶至承台间连接段混凝土强度等级宜比承台混凝土强度等级提高一级；
- 3 桩顶至承台间连接段纵向钢筋，按连接段横截面计算配筋率不应小于 0.6%，直径不应小于 16mm，间距不应大于 200mm；连接段应配置封闭箍筋，箍筋直径不应小于 8mm，间距不应大于 200。连接段配筋除应满足构造要求外，还应满足承载力及裂缝验算要求；
- 4 桩顶锚固钢筋锚入连接段长度，及连接段纵向钢筋锚入承台的长度，均应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

6.1.11 抗拔预制桩需要截桩时，桩顶与承台的连接应符合下列规定：

- 1 空心桩采用钢筋混凝土填芯传递抗拔力时，应符合第 6.2.9 条、第 6.3.1 条的规定；
- 2 预制桩采用锚固钢筋连接转换件连接预应力钢筋时，转换连接处承载力不应小于预应力钢筋承载力；
- 3 配置非预应力钢筋的预制桩，应将非预应力钢筋凿出后，用同直径锚固钢筋进行等强焊接。

6.1.12 设计应验算静载试桩的桩身强度，桩身抗拉强度设计值不宜低于抗拔静载试桩最大加载值，必要时可对进行抗拔静载的基桩进行配筋加强。

6.2 桩基计算

6.2.1 抗拔预制桩工程抗浮稳定性应符合下式规定：

$$G_a / N_{w,k} \geq K_w \quad (6.2.1)$$

式中： G_a ——建筑结构自重、附加物自重、抗拔桩抗拔力等抗浮力设计值总和；

$N_{w,k}$ ——浮力设计值；

K_w ——抗浮稳定安全系数，按表 6.2.1 确定。

表 6.2.1 抗浮稳定安全系数

抗浮工程设计等级	施工期间抗浮稳定安全系数 K_w	使用期间抗浮稳定安全系数 K_w
甲级	1.05	1.10
乙级	1.00	1.05
丙级	0.95	1.00

6.2.2 承受竖向拔力的预制桩，应符合下式要求：

$$N_{tk} \propto R_{ta} \quad (6.2.2)$$

式中： N_{tk} ——作用效应标准组合作用下，考虑使用期间抗浮稳定安全系数 K_w 后，桩顶的竖向拔力；

R_{ta} ——单桩竖向抗拔承载力特征值。

6.2.3 承受拔力的预制桩，应按下列公式同时验算群桩基础呈整体破坏和呈非整体破坏时基桩的抗拔承载力：

$$N_{tk} \propto T_{ga}, G_{gp} \quad (6.3.3-1)$$

$$N_{tk} \propto T_{ua}, G_p \quad (6.3.3-2)$$

式中： T_{ga} ——群桩呈整体破坏时基桩的抗拔承载力特征值；

T_{ua} ——群桩呈非整体破坏时基桩的抗拔承载力特征值；

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。

6.2.4 单桩竖向抗拔承载力特征值的确定应符合下列要求：

1 单桩抗拔承载力特征值应通过单桩竖向抗拔静载荷试验后确定。最终确定的抗拔承载力特征值不宜大于公式 6.2.4-1 及 6.2.4-2 计算结果。

2 在初步设计时可按下式估算：

1) 单桩或群桩呈非整体破坏时，抗拔承载力特征值可按下式计算：

$$T_{ua} > u_p \sum \lambda_i q_{sia} l_i \quad (6.2.4-1)$$

式中： λ_i ——抗拔系数，按勘察报告取值。勘察报告未提供时，可按表 6.2.4 取值。

u_p ——桩外轮廓周长，异形预制桩外轮廓取值应符合相关规范的规定，且不应超过最大截面处的外轮廓周长。

表 6.2.4 抗拔系数 λ

土 类	λ 值
淤泥、淤泥质土	0.80~0.85
砂土	0.50~0.60
黏性土、粉土	0.70~0.80
残积土，全、强风化岩	0.60~0.70

2) 群桩呈整体破坏时，基桩的抗拔承载力特征值可按下式计算：

$$T_{ga} > \frac{1}{n} u_i \sum \lambda_i q_{sia} l_i \quad (6.2.4-2)$$

式中： u_i ——桩群外围周长。

6.2.5 对于桩身周围有液化土层的低承台桩基，当承台底面上、下分别有厚度不小于 1.5m、1.0m 的非液化土或非软弱土层时，可将液化土层侧阻参数乘以土层液化影响折减系数计算。土层液化影响折减系数 ψ_l 可按表 6.2.5 确定。

表 6.2.5 土层液化折减系数 ψ_l

$\lambda_N > N/N_{cr}$	地下结构底板算起的液化土层深度 d_L (m)	ψ_l
$\lambda_N \infty 0.6$	$d_L \infty 10$	0.0
	$10 = d_L \infty 20$	1/3
$0.6 = \lambda_N \infty 0.8$	$d_L \infty 10$	1/3
	$10 = d_L \infty 20$	2/3
$0.8 = \lambda_N \infty 1.0$	$d_L \infty 10$	2/3
	$10 = d_L \infty 20$	1.0

6.2.6 桩身轴心受拉承载力验算时，仅配置预应力钢筋的预制桩应符合式 6.2.6-1 的要求，同时配置预应力钢筋和通长非预应力钢筋的预制桩应符合 6.2.6-2 的要求：

$$N_t \infty C f_{py} A_p \quad (6.2.6-1)$$

$$N_t \infty C f_{py} A_p, f_y A_s \quad (6.2.6-2)$$

式中： N_t ——相应于作用的基本组合时的单桩竖向拉力设计值；

C ——考虑预应力钢筋墩头与端板连接处受力不均匀等因素影响的折减系数，取 0.85；

f_{py} ——预应力钢筋抗拉强度设计值；

A_p ——全部纵向预应力钢筋面积；

f_y ——非预应力钢筋抗拉强度设计值；

A_s ——全部纵向非预应力钢筋面积。

6.2.7 桩身轴心受拉抗裂验算时，裂缝控制等级宜取一级，并满足下式的要求：

$$N_{tk} \infty \sigma_{pc} A_0 \quad (6.2.7)$$

式中： σ_{pc} ——抗拔预制桩混凝土有效预压应力；

A_0 ——抗拔预制桩的截面换算面积， $A_0 > A$ ， $[\int E_s / E_c \cdot 1] A$ 。

6.2.8 通过端板连接传力的预制桩，应根据端板孔口（预应力筋墩头锚固处，如图 6.2.8 所示）的抗剪强度确定单桩抗拔承载力。如不能满足设计要求，应按计算设置桩端锚固钢筋，并不应低于 6.1.9 的规定。

按端板孔口抗剪强度确定单桩抗拔承载力时，应满足下式要求：

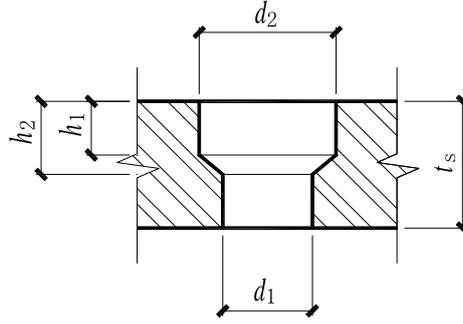


图 6.2.8 端板与预应力钢筋连接孔示意图

$$N_t \propto T_1 > 0.75n_k \pi \frac{d_1, d_2^*}{2} \left(\in \frac{h_1, h_2}{2} \right) f_v \quad (6.2.8)$$

其中：\$T_1\$——按端板孔口抗剪强度确定的单桩抗拔承载力设计值；

\$n_k\$——预应力钢筋数量；

\$d_1\$、\$d_2\$——端板预应力钢筋锚固孔上口、下口直径；

\$t_s\$——端板厚度；

\$h_1\$、\$h_2\$——端板预应力钢筋锚固孔上口、下口距端板顶距离；

\$f_v\$——端板材料抗剪强度设计值，Q235 钢材可取 \$120\text{N/mm}^2\$。

6.2.9 空心预制桩利用钢筋混凝土填芯进行抗拔传力时，填芯抗拔承载力应按下列公式计算，并取小值。

$$N_t \propto k_1 \pi D_1 L_a f_n \quad (6.2.9-1)$$

$$N_t \propto A_{st} f_{yt} \quad (6.2.9-2)$$

式中：\$k_1\$——经验折减系数，取 0.7；

\$D_1\$——空心桩的空心内径；

\$L_a\$——填芯混凝土高度；

\$f_n\$——填芯混凝土与桩内壁的粘结强度设计值，宜由现场试验确定，当缺乏试验时，

C30 微膨胀混凝土建议取 \$350\text{kPa}\$；

\$A_{st}\$——填芯内纵向钢筋的总截面积；

f_{yt} ——填芯混凝土纵向钢筋抗拉强度设计值。

6.2.10 设置端板的抗拔预制桩，采用钢板焊接转换锚固钢筋进行抗拔传力时，应满足下列要求：

1 锚固钢筋应采用热轧带肋钢筋，并参考公式 2.9.2-2 计算锚固钢筋。锚固钢筋配筋率按桩外轮廓实心截面计算不应小于 0.8%，数量不应少于 4 根，且不应少于预应力主筋的 1/2；

2 应对钢板及焊缝尺寸进行计算，并满足现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定；

3 焊缝质量不应低于二级，并满足现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

6.2.11 利用机械转换接头将锚固钢筋固定在张拉螺栓孔的方式进行抗拔传力时，连接件数量不应少于 4 根且不应少于预应力主筋的 1/2，相关连接构件应经力学试验验证满足设计要求。具体连接件的设计、施工及验收应符合相关规范的规定。

6.3 桩基构造要求

6.3.1 采用空心预制桩进行抗拔时，桩顶的填芯混凝土应采用补偿收缩混凝土或微膨胀混凝土。灌注深度及配筋应符合下列要求：

1 仅利用钢筋混凝土填芯传递抗拔力的空心预制桩，应仅考虑最上一节桩的抗拔力，且该节桩全长填芯并通长配置钢筋，并应满足 6.2.9 条的规定。填芯钢筋按桩外轮廓实心截面计算配筋率不应小于 0.8%，并不应少于 4 根。填芯混凝土强度等级应比承台或基础梁提高一个等级，且不应低于 C30；

2 采用钢板焊接转换锚固钢筋，或利用机械转换接头连接锚固钢筋传递抗拔力的空心预制桩，灌注深度不应小于 3 倍边长（直径）和 1.5m 的较大值。填芯混凝土强度等级不应低于承台或基础梁，且不应低于 C30。

6.3.2 抗拔预制桩与承台连接时，应符合下列要求：

1 预制桩顶嵌入承台内的长度不宜小于 50mm，预制桩边长或直径不小于 800mm 时不宜小于 100mm；

2 桩顶锚固钢筋伸入承台或基础梁内的锚固长度，应按相关规范确定，并不应小于 40 倍钢筋直径。

6.3.3 预制桩上、下节桩拼接应符合下列规定：

1 预制桩上、下节桩拼接应保证桩身内纵向钢筋等效传力。任一单桩的接头数量不宜超过 3 个；

2 接头处极限抗弯承载力、极限抗剪承载力、极限抗拉承载力均不应低于桩身相应的极限值。

6.4 防腐蚀要求

6.4.1 符合下列条件的抗拔预制桩工程，应根据场地的环境类别、腐蚀性等级与作用类型、结构设计使用年限等，采取相应的防腐蚀措施：

- 1 地下水与海水有联系的场地；
- 2 具有化学腐蚀性的工厂旧址场地；
- 3 地下水或土壤具有腐蚀性的其他场地。

6.4.2 在强腐蚀、中腐蚀性环境中，抗拔预制桩的裂缝控制等级应取一级。

6.4.3 在强腐蚀、中腐蚀性环境中，应符合下列规定：

- 1 实心抗拔预制桩桩身混凝土强度不应低于 C60；
- 2 空心抗拔预制桩桩身混凝土强度不应低于 C80；
- 3 桩身配筋应在满足设计要求的基础上，进行适当的加强。

6.4.4 腐蚀环境中的抗拔预制桩设计应符合下列规定：

- 1 在满足工程受力的前提下，合理选择桩型，并对桩身进行适当加强；
- 2 尽量减少接桩，接桩应优先选用防腐蚀性能好的连接接头做法；
- 3 合理进行配桩，保证接头进入无腐蚀污染土层或腐蚀性等级相对较低的土层；
- 4 污染土层的抗拔桩除应在生产时采取措施外，还应根据现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB/T 50046 采取防腐蚀措施。当桩的表面涂有防腐蚀涂料，在确定承载力时，不宜计入涂层范围内的桩侧阻力；

5 腐蚀环境下采用空心桩抗拔，当桩端位于砂层或遇水易软化的风化岩层时，可根据穿过的土层性质、打（压）桩力的大小以及挤土程度选择十字形闭口桩尖或锥型闭口型桩尖。采用钢桩尖时，桩尖焊缝应连续饱满不渗水。首节桩沉入土层后，立即向桩内孔底部灌注不少于 2m 高的微膨胀混凝土进行封底，封底混凝土强度等级不应低于 C30；

- 6 采用植入法施工的抗拔预制桩，防腐蚀要求可适当降低。

6.4.5 腐蚀环境的抗拔预制桩工程，除应满足本规程的规定外，尚应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046 的规定。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 抗拔预制桩施工前，应具备下列文件和资料：

- 1 拟建场地的工程地质和水文地质勘察报告、国土及规划部门测量验收报告；
- 2 拟建场地与周边环境的有关资料；
- 3 经审查批准的施工图设计文件及设计交底、图纸会审记录；
- 4 现场或其它可供参考的试桩资料和附近类似桩基工程的经验资料；
- 5 预制桩的产品合格证及型式检验报告。

7.1.2 抗拔预制桩施工前应做好下列准备工作：

- 1 组织有关单位会审图纸，形成图纸会审记录；
- 2 完成三通一平、场地排水畅通，并满足打桩所需的地面承载力；
- 3 处理场内影响沉桩施工的高空及地下障碍物，遇架空高压线应做好安全防护；
- 4 编制施工组织设计和桩基施工专项方案；
- 5 设置高程控制点和轴线定位点；
- 6 选定进场的打桩设备，其性能满足设计的技术要求；
- 7 施工现场必须的工作人员到位，各工种配套齐备，对桩基施工作业人员进行技术安全交底；
- 8 在不受施工影响的地方设置基桩轴线的水准基点，并按施工要求标注轴线定位控制点，且标记明显并做好保护。

7.1.3 在对工程环境条件分析后确定抗拔预制桩施工可能影响附近建（构）筑物、道路、架空线路、地下管线正常使用和安全时，应采取有效的减少震动和挤土影响的措施。

7.1.4 沉桩场地应平整，场地地基承载力应满足压桩机接地压力的要求，当不能满足时，应采取有效措施保证压桩机的稳定。

7.1.5 沉桩可采用锤击、静压或植入法等沉桩方式。

7.1.6 接桩需要焊接时，接头焊缝应做可靠的防锈处理。

7.1.7 在正式开工前须先作 1~3 根试沉桩，试沉桩应符合本规程相关章节的规定。

7.1.8 桩基施工前，应根据建筑布置、布桩设计、场地情况及沉桩方法等制定合理的沉桩顺序，必要时，可采取一定的技术措施减小挤土影响。

7.1.9 送桩时，送桩器应满足下列要求：

- 1 施工现场应采用专制钢质送桩器，送桩器应有足够的强度、刚度和耐打性。送桩器长度应满足送桩深度的要求，弯曲度不应大于 1/1000；
- 2 送桩器上下两端面应平整，且与送桩器中心轴线相垂直；
- 3 空心预制桩采用锤击法沉桩时，送桩器下端面应开孔，使预制桩的内腔与外界连通；

4 送桩器应与所施工桩基相匹配；

5 送桩作业时，送桩器与桩头之间应设置 1~2 层麻袋或硬纸板等衬垫。内填弹性衬垫压实后的厚度不宜小于 60mm；

6 施工现场应采用专制钢质送桩器，不得采用工程用桩做送桩器。

7.1.10 沉桩过程，沉桩施工记录、连接接头施工记录及桩顶与承台施工记录，均应有完整记录。

7.1.11 施工完成桩位所留孔洞，应采取有效措施进行防护，避免人员掉入的风险。

7.1.12 施工安全和文物、环境保护等应按有关规定执行。

7.2 现场堆放、吊运

7.2.1 预制桩的现场堆放应符合下列规定：

1 堆放场地应坚实、平整，并有可靠排水措施；

2 预制桩应按不同品种、规格、长度及施工流程分类堆放，严禁混堆；

3 场地许可时宜单层堆放，需叠层堆放时，垂直于桩长度方向设置两道垫木，垫木应分别位于距桩端 0.21 倍桩长处；采用多支点堆放时上下层支垫不应错位。垫木支承点应在同一水平面上，底层最外缘桩的垫木处用木楔塞紧；

4 需叠层堆放时，边长或直径为 300mm~400mm 的桩不宜超过 3 层，500mm~600mm 的预制桩不宜超过 2 层，700mm 及以上规格的预制桩不宜超过 1 层。堆叠层数还应满足地基承载力的要求。

7.2.2 桩的吊运应符合下列规定：

1 出厂吊运前应做出厂检查，其规格、批号、制作日期应符合所供工程的验收批号内容；

2 吊运过程中应轻起轻放，保持平稳，严禁抛掷、碰撞、滚落；

3 不宜在施工现场多次倒运；

4 预制桩单节长度 L 不宜大于 15m，吊装宜采用两支点法或两头钩吊法，两支点法在两吊点位置距离桩端宜为 0.21（如图 6.2.2-1 所示），吊索与桩段水平夹角不得小于 45° ；

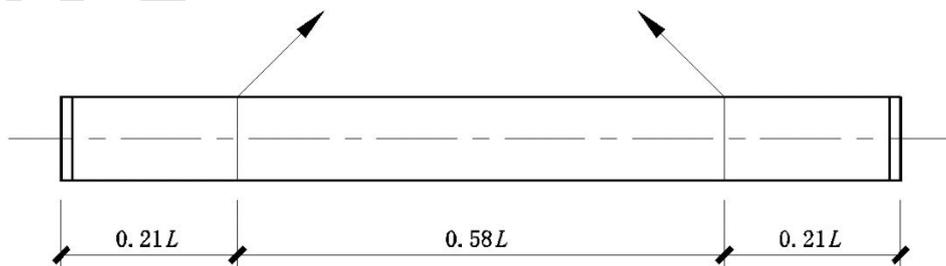


图 6.2.2-1 两支点起吊示意图

5 长度 L 大于 15m 且不大于 30m 的单节桩或拼接桩，应采用四支点吊（如图 6.2.2-2 所示）；

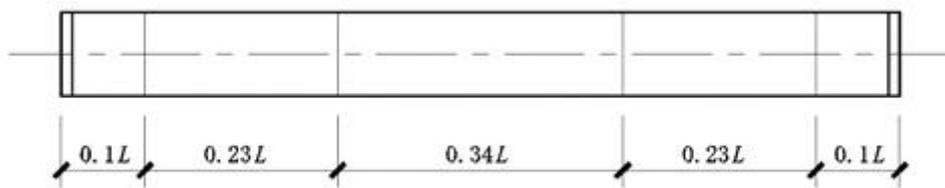


图 6.2.2-2 四支点起吊示意图

6 吊运前应进行吊装验算。

7.2.3 取桩应用吊机按两支点法或四支点法的要求取桩，严禁拖拉取桩。

7.3 接桩及与承台的连接

7.3.1 接桩涉及到焊接时，焊条的选用应符合设计和现行国家标准的要求，接桩焊接除应满足现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定外，还应符合下列要求：

- 1 接桩时其入土部分的预制桩桩头宜高出地面 0.5~1.0m；
- 2 接桩前应先将下节桩的接头处清理干净，设置导向箍以方便上节桩的正确就位，接桩时上下节桩中心线偏差宜不大于 2mm，节点弯曲矢高不应大于桩段长的 0.1%，且不应大于 20mm；
- 3 对接前，上下节桩端坡口表面应洁净、干燥，焊接处应刷至露出金属光泽；
- 4 焊接方式优先选用二氧化碳气体保护焊；
- 5 焊接时宜先在坡口圆周上对称点焊 4~6 点，待上下节桩固定后拆除导向箍，再分层施焊，施焊宜由二个持证上岗的焊工对称进行；
- 6 拼接处坡口槽电焊应分三层对称进行，内层焊必须清理干净后方可施焊外一层，焊缝应连续饱满，其外观质量应符合二级焊缝的要求；
- 7 施焊完成的桩接头应自然冷却后才能连续沉桩，自然冷却时间锤击法沉桩时不应少于 10min，静压法沉桩时不应少于 8min，采用二氧化碳气体保护焊时不应少于 3min。严禁用水冷却焊缝和焊好即沉桩；
- 8 雨天焊接时，焊接施工位置应采取防雨措施。

7.3.2 采用插卡式机械连接方式接桩时，应符合下列要求：

- 1 接桩前应检查桩两端机械连接相关部件的尺寸及损伤情况，满足接桩要求后方可起吊；
- 2 接桩时其入土部分的预制桩桩头宜高出地面 0.5~1.0m；
- 3 接桩时，卸下桩两端的机械连接结构保护装置后，清理接头残留物；
- 4 上、下节桩定位、上下节桩对接后接头处的弯曲矢高等应满足机械连接结构的安装精度要求；
- 5 下节桩的卡接孔内应注满专用防腐密封材料，接桩端面应全截面涂抹专用防腐密封材料，防腐密封材料及其施工操作应满足相关规范的规定；

6 上节桩插杆插入下节桩时，应避免插杆与桩端产生重大碰撞导致桩身损伤或插杆弯曲，应确保所有插杆均插入下节桩相应卡接孔内并卡紧。

7.3.3 采用销钉式机械连接方式接桩时，应符合下列规定：

- 1 销钉式机械连接预制桩沉桩工艺宜采用抱压法或植入法，采用顶压法或锤击法时，应对端板采取保护措施；
- 2 销钉式机械连接应与端板焊接连接同时选用；
- 3 沉桩前，检查桩端板、连接槽及销钉的尺寸偏差应满足施工要求，并清理干净端板及连接槽的泥沙、污物等；
- 4 接桩时其入土部分的预制桩桩头宜高出地面 0.5~1.0m，检查桩头端板及连接槽是否有影响接桩的磕损，并清理桩端面、定位孔内、连接槽内的泥沙等杂物；
- 5 通过定位销钉与定位孔的对接，实现上下节桩的精确对位后，将接桩插销插入连接槽，插入后的销钉不应凸出端板边外轮廓；
- 6 将上、下节端板进行焊接封闭，焊接施工应符合 7.3.1 条的规定。

7.3.4 采用抱箍式机械连接方式接桩时，应符合下列规定：

- 1 抱箍式机械连接预制桩沉桩工艺宜采用抱压法或植入法，采用顶压法或锤击法时，应对端板采取保护措施；
- 2 沉桩前，检查桩端板、端板处卡槽、卡箍等尺寸偏差应满足施工要求，并清理干净端板及卡槽的泥沙、污物等；
- 3 卡箍可分为多段安装，通过螺栓连接固定在端板上将上、下节桩卡紧，或通过焊接将其形成一个封闭环将上、下节桩卡紧；
- 4 应采用专用工具测量卡箍卡入深度，并应满足相关规范的规定；
- 5 上、下节桩端板需要增加焊接连接时，焊接施工应满足 7.3.1 条的规定，焊缝不得凸出端板外轮廓线，避免影响卡箍施工。

7.3.5 采用浆锚式连接施工时，应符合下列规定：

- 1 浆锚式连接应与端板焊接连接同时选用；
- 2 接桩前应清理干净下节桩桩顶注浆锚固空腔及上节桩下端的浆锚连接件；
- 3 在规定的时间内将调配好的灌浆料倒入注浆锚固空腔内，灌浆料的用量应确保能充满整个空腔；
- 4 将上节桩的浆锚连接件插入注浆锚固空腔；
- 5 将上下节端板进行焊接封闭，焊接施工应满足 7.3.1 条的规定。

7.3.6 采用其他连接方式接桩时，其施工应符合相关规范的规定。

7.3.7 采用钢筋混凝土填芯的方式连接桩顶与承台时，施工应符合下列规定：

- 1 采用水冲或其他方式清理预制桩空腔内的泥土，并将空腔内壁清理干净，清理完成后应复核清理深度及清理质量；

2 按设计要求制作钢筋孔，复核钢筋数量、直径、钢筋笼长度，将钢筋笼放入预制桩空腔内并固定；

3 灌注混凝土，并采取有效措施进行振捣，确保填芯混凝土的密实；

4 填芯施工应在底板钢筋绑扎之前完成，不应与底板一起浇筑。

7.3.8 采用钢板焊接转换锚固钢筋的方式连接桩顶与承台时，施工应符合下列规定：

1 将桩端端面清理干净，保持表面洁净、干燥，焊接处应刷至露出金属光泽；

2 按设计要求，将钢板均匀焊接在端面，并将锚固钢筋焊接在钢板上，焊缝质量要求二级；

3 雨天焊接时，焊接施工位置应采取防雨措施；

4 如果选用空心预制桩作为抗拔桩，应按设计要求进行填芯，填芯混凝土宜与承台一起浇筑。

7.3.9 采用机械转换接头将锚固钢筋固定在张拉螺栓孔的方式连接桩顶与承台时，施工应符合下列规定：

1 将桩端需要固定锚固钢筋的张拉螺栓孔清理干净，并复核张拉螺栓孔在沉桩过程中是否损伤；

2 按设计要求，通过专用的机械转换接头拧入张拉螺栓孔内，将锚固钢筋固定在端面；

3 如果选用空心预制桩作为抗拔桩，应按设计要求进行填芯，填芯混凝土宜与承台一起浇筑。

7.3.11 抗拔预制桩不宜截桩。如遇特殊情况确需截桩时，应采取有效措施，确保截桩后桩身的质量不受损坏。截桩应采用专用设备，严禁采用大锤横向敲击截桩或强行扳拉截桩。

7.4 静压法沉桩

7.4.1 压桩机的型号和配重可根据设计要求和工程地质报告或试桩资料等因素选择。

7.4.2 压桩机的每件配重必须经过核实并将其重量标记在该件配重的外露表面，总配重（包括桩架本身重量）不宜小于单桩极限承载力的 1.2 倍。

7.4.3 静压沉桩施工时应符合下列要求：

1 首节桩插入时，垂直度偏差不应大于 0.5°；

2 压桩时压桩机应保持水平；

3 沉桩宜连续一次性将桩沉到设计标高，尽量缩短中间停顿时间，应避免在接近持力层时接桩。

7.4.4 沉桩过程中出现压桩力异常，桩身漂移、倾斜、上浮，桩身及桩顶破损或挤土效应严

重导致附近房屋及市政设施开裂受损等现象时，应暂停压桩作业，并分析原因，进行必要的处理后，方可继续施工。

7.4.5 终压控制标准应符合下列规定：

- 1 终压标准应根据设计要求、试沉桩情况、桩端进入持力层情况及沉桩压力等因素，结合临近工程沉桩经验，由勘察、设计、施工、监理等有关单位共同商定；
- 2 摩擦桩和端承摩擦桩以桩顶标高控制为主，终压力控制为辅；摩擦端承桩和端承桩以最终压桩力控制为准；
- 3 试沉桩过程中，当沉桩进入设计标高后压桩力仍较小，待 24h 后采取与桩的设计极限承载力相等的压桩力进行复压，如果桩身稳定，即可按试沉桩的桩长和标高进行施工，否则应进行适当调整。压桩力可根据试桩资料和桩端进入持力层的要求来确定；
- 4 当压桩力已达到终压力或桩端已到达持力层时，应采取稳压措施。当压桩力小于 3000kN 时，稳压时间不宜超过 10s，当压桩力大于 3000kN 时，稳压时间不宜超过 5s。

7.5 锤击法沉桩

7.5.1 锤击式打桩机应根据不同的场地条件和工程特点选用合理选择打桩机；打桩锤宜选用液压打桩锤或柴油打桩锤，不得采用自由落锤。打桩机的桩架和底盘应满足沉桩施工的技术要求，具有足够的强度、刚度和稳定性，并应与所挂打桩锤相匹配。

7.5.2 锤击式打桩机锤重可根据设计要求和工程地质报告或根据试桩资料合理选择。

7.5.3 桩帽及垫层的设置应符合下列规定：

- 1 桩帽应有足够的强度、刚度和耐打性；
- 2 桩帽下部套桩头用的套筒应与桩端尺寸适配，其中心应与锤垫中心重合，筒体深度应为 350mm~400mm；
- 3 桩帽套筒应与施打的预制桩规格相匹配，严禁使用过渡性钢套用大桩帽打小规格桩；
- 4 打桩时桩帽套筒底面与桩头之间应设置弹性衬垫。桩垫经锤击压实后的厚度应为 120mm~150mm，且应在打桩期间经常检查，及时更换或补充；
- 5 桩帽上部直接接触打桩锤或送桩器的部位应设置“锤垫”，锤垫应用坚纹硬木或盘绕叠层的钢丝绳制作，其厚度应为 150mm~200mm，打桩前应进行检查、校正或更换。

7.5.4 锤击施工时应符合下列规定：

- 1 桩锤和桩帽与桩圆周的间隙应为 5mm~10mm；
- 2 第一节桩起吊就位插入地面后应认真检查桩位及桩身垂直度偏差。桩位偏差不得大于 20mm。桩身垂直度偏差宜先用长条水准尺粗校，然后用两台经纬仪或两个吊线锤在互为 90°的方向上进行检测，校正后的垂直度偏差不得大于 0.5%。必要时，宜将桩拔起并在孔洞内填沙后重插；
- 3 桩锤、桩帽或送桩帽应和桩身在同一中心线上，并随时检查桩身的垂直度。当桩身垂直度偏差超过 0.8%时，应找出原因设法纠正；

4 沉桩宜连续一次性将桩沉到设计标高，尽量减少停锤时间，确需停锤时也应选择沉入的桩较浅时并尽量缩短停锤时间，且尽可能避免在接近设计深度时进行接桩；

5 第一节桩遇上表层厚度较大的淤泥质土或松软的回填土时，应利用锤自重将桩压入，并控制桩入土速度，以防桩身倾斜；

6 锤击施打过程中，宜重锤低击，适当控制锤击数，以防桩身疲劳破坏。在桩底端进入硬土层后，严禁用移动桩架等强行回扳的方法纠偏。

7.5.5 沉桩过程中出现贯入度反常，桩身漂移、倾斜、有严重回弹或桩身、桩顶破损，应暂停压桩作业，并分析原因，进行必要的处理后，方可继续施工。

7.5.6 打桩的最后贯入度的量测应符合下列要求：

- 1 桩头和桩身应完好；
- 2 柴油锤油门设在 1~2 档且跳动正常；液压锤落距约为 80cm 且跳动正常；
- 3 桩锤、桩帽、桩身及送桩器中心线重合；
- 4 桩帽及送桩器套筒内衬垫厚度应符合本规程规定；
- 5 打桩结束前即完成测定。

7.5.7 收锤标准应符合下列规定：

1 收锤标准应考虑地质条件、桩承载性状、单桩承载力特征值、桩规格、桩端持力层及进入持力层要求、打桩锤性能规格及冲击能量等因素，参考相同地质条件和临近工程的沉桩经验综合确定，并根据试沉桩的情况，由勘察、设计、施工、监理等有关单位共同商定；

2 摩擦桩应按桩长和桩顶标高控制；桩端位于一般土层的端承摩擦桩，以控制桩端设计标高为主，贯入度控制为辅；桩端达到坚硬、硬塑的黏性土及中密以上粉土、砂土、碎石类土、风化岩时，以贯入度控制为主，桩端标高控制为辅；

3 任一单桩的总锤击数和最后 1m 沉桩锤击数应控制，并符下列规定：

- 1) PHC 及 PRC 桩的总锤击数不宜超过 2000 击，最后 1.0m 的锤击数不宜超过 300 击；
- 2) PC 桩的总锤击数不宜超过 1500 击，最后 1.0m 的锤击数不宜超过 250 击。

4 当以贯入度控制时，最后贯入度不宜小于 30mm/10 击。当持力层为较薄的强风化岩层，且下卧层为中、微风化岩层时，最后贯入度不应小于 25mm/10 击。

7.6 植入法沉桩

7.6.1 植入法包括静钻根植法、劲性法及其他植入法。采用植入法沉桩时，施工前宜进行沉桩工艺试验及静载试验，确定施工工艺的适用性以及施工各项参数。

7.6.2 静钻根植法适用于填土、淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土、砂土、碎石土、砾石土、全风化岩、强风化岩及中风化软岩等地层，施工应符合现行地方标准《静钻根植桩基础技术规程》DB 33/T 1134 的有关规定。

7.6.3 静钻根植法的施工应按照设计要求进行钻孔和扩底，然后注入桩端水泥浆和桩周水泥

浆，最后将桩植入钻成孔内至设计标高。植入过程应符合下列要求：

- 1 采用专用设备进行钻孔施工，钻至设计深度后宜进行 2~4 次修孔，桩端扩底分 3~5 次逐步进行至设计扩底直径；
- 2 按要求注入水泥浆，并将水泥浆与土搅拌混合均匀，注浆中止位置应保证纸皇后水泥土溢至设计桩顶标高；
- 3 桩的植入应与注浆保持连续，植桩应在水泥浆初凝前完成；
- 4 植桩时，应对桩进行定位并复核垂直度，桩位允许偏差为 30mm，垂直度允许偏差为 0.5%；
- 5 当最后一节桩沉至地面附近时，应采用送桩器将桩进行固定、校正和送桩。

7.6.4 劲性法适用于淤泥、淤泥质土、黏性土、粉土、砂土以及人工填土等地层，施工应符合现行行业标准《劲性复合桩技术规程》JGJ/T 327 和《水泥土复合管桩基础技术规程》JGJ/T 330 的有关规定。

7.6.5 劲性法沉桩施工应按下列步骤进行：

- 1 劲性法沉桩宜选用整体式施工机械，并具备高压喷射和机械搅拌功能；
- 2 采用旋喷搅拌法施工水泥土桩，提升过程持续出浆，停浆面高出桩顶设计标高不应小于 500mm；
- 3 将预制桩同心植入水泥土桩中至设计标高，植桩应在水泥土初凝前完成；
- 4 植桩时，应对桩进行定位并复核垂直度，桩位允许偏差为 30mm，垂直度允许偏差为 0.5%；
- 5 当最后一节桩沉至地面附近时，应采用送桩器将桩进行固定、校正和送桩。

7.6.6 采用植入法施工的空心桩，应采取有效措施避免水泥土及浮浆进入最上一节桩的空腔内。

7.7 基坑开挖、桩顶施工及施工抗浮

7.7.1 抗拔预制桩工程基坑开挖宜在桩基施工完成后进行，严禁边打桩边开挖基坑。基坑开挖影响范围内土层以饱和黏性土、粉土的地区，开挖宜在桩基施工完成 15d 后进行。

7.7.2 抗拔预制桩工程基坑开挖过程应符合下列规定：

- 1 应按分层、分段、对称、均衡、适时的原则进行开挖，分段最大尺寸不宜大于 30m。开挖影响范围内有淤泥或淤泥质土时，相邻施工段高差不宜超过 1.5m，其它情况不宜超过 2.5m；
- 2 应根据场地具体土层性状，经计算复核后确定开挖临时坡的坡率及坡高，确保开挖期间临时坡的稳定性；
- 3 开挖出的土方应及时外运，坡顶不得有影响稳定性的堆载及施工设备停放。场地内开挖影响范围以外区域进行堆土时，应计算复核堆土区域的地基承载力及堆土坡面的整体稳定性，并应满足有关规范的规定。

7.7.3 应避免挖土机械和运土车辆在基坑中运行而影响桩基质量,必要时应进行适当的地基处理。当桩顶以下 3m 范围内存在淤泥或淤泥质土,基坑开挖到桩顶附近时,施工机械下方必须设置刚度足够的钢板或路基板。

7.7.4 机械开挖应小心操作,不得碰及桩身,挖到离桩顶标高 0.4m 以上时,宜改用人工挖除桩顶余土。

7.7.5 结构施工期间,在满足结构设计抗浮条件之前,应复核每一个不利施工工况的抗浮稳定性,如不能满足设计要求,应采取抽水、底板底减压、增加压重等措施,确保施工期间的抗浮稳定性。

公开征求意见稿

8 检验与验收

8.1 一般规定

8.1.1 抗拔预制桩工程施工质量验收宜按单位工程进行，当工程规模大、施工方法不同、桩型不同或使用不同生产厂家的预制桩时，可划分为若干个检验批。检验批施工质量应分别按主控项目和一般项目验收。

8.1.2 抗拔预制桩工程的检验按时间顺序可分为以下三个阶段：

- 1 施工前应检验预制桩构造尺寸及外观质量，复核轴线和桩位；
- 2 施工过程中应检验接桩质量、成桩工艺技术指标、垂直度及桩顶标高等；
- 3 施工结束后应对承载力及桩身完整性进行检验。

8.1.3 施工前及施工过程中所进行的检验项目应制作表格，并应做相应记录、校审存档。

8.1.4 抗拔预制桩工程验收资料应包括下列内容：

- 1 预制桩出厂合格证；
- 2 预制桩进场验收记录；
- 3 桩位测量放线图、桩位复核签证单；
- 4 岩土工程勘察报告；
- 5 设计文件和图纸会审记录；
- 6 经批准的施工组织设计或专项施工方案及技术交底资料；
- 7 施工记录、桩位编号图；
- 8 接桩隐蔽验收记录、相关资料；
- 9 包含桩位实测偏位情况、布桩位置、试桩位置等内容的工程竣工图；
- 10 质量事故处理记录；
- 11 试沉桩记录；
- 12 桩身完整性和基桩承载力检测报告。

8.1.5 抗拔预制桩工程施工质量验收应符合现行国家标准《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标准》GB 50202 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

8.2 主控项目

8.2.1 抗拔预制桩施工完成后应进行桩身完整性检测，并符合下列要求：

- 1 当抗拔预制桩基础设计等级为甲级时，检测数量不应少于总桩数的 30%，且不应少于 20 根；其他管桩基础抽检数量不应小于总桩数的 20%，且不应少于 10 根；
- 2 每个柱下承台检测桩数不应少于 1 根；
- 3 桩身完整性检测方法宜采用低应变反射波法，当低应变反射波法不能全面评价基桩完整性时，可采用高应变法、孔中摄像法、旁孔透射波法等进行补充、验证。

8.2.2 当抗拔预制桩工程符合下列条件之一时，应采用静载荷试验进行承载力检测，其他抗拔预制桩工程宜采用静载荷试验进行承载力检测。检测数量不应少于同一条件下管桩分项工程总桩数的 1%，且不应少于 3 根；当总桩数小于 50 根时，检测数量不应少于 2 根。

- 1 设计等级为甲级的抗拔预制桩工程；
- 2 施工过程中变更了工艺参数或施工质量出现了异常的抗拔预制桩工程；
- 4 地基条件复杂的抗拔预制桩工程；
- 5 本地区采用的新桩型或新工艺的抗拔预制桩工程；
- 6 施工过程中由于挤土效应上浮或偏位的群桩的抗拔预制桩工程。

8.2.3 采用植入法沉桩的抗拔预制桩工程，植桩施工所用的水泥进场时，应对其品种、代号、强度等级、包装或散装编号、出厂日期等进行检查，并应对水泥的强度、安定性和凝结时间进行检验，检验结果应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定，检查数量和检验方法应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收统一标准》的规定。

8.3 一般项目

8.3.1 预制桩进场时应对其质量进行检查和检测，并应满足下列要求：

- 1 根据设计图纸要求，对预制桩规格和型号进行逐一检查，且应核查预制桩龄期应满足施工工艺的要求；
- 2 应对预制桩外观质量和尺寸偏差进行抽检，检验数量不应少于总桩节数的 2.5%。同一检验批中，如发现不合格产品，应加倍检查；
- 3 对设置端板的预制桩，应对端板几何尺寸进行抽检，抽检数量不应少于总桩节数的 2.5%，检测结果应符合相关规范的有关规定；
- 4、应对桩身主筋数量和直径、箍筋直径和间距、螺旋筋加密区长度以及混凝土保护层厚度进行抽检；桩端设置锚固钢筋时应检验锚固钢筋数量、直径应满足设计要求。每个检验批抽检桩节数不应少于两根，检测结果应符合相关规范的有关规定；
- 5、采用插卡式机械连接的预制桩，应抽检插杆、锁片、卡件等连接相关部件的外观、尺寸、材质等。检验数量：同一批号、同一类型、同一规格的部件，不超过 1000 个为一批，每批随机抽取 10 个进行检验；
- 6、采用销钉式机械连接的预制桩，应抽检端板卡槽、定位销钉、销钉等连接相关部件的定位、尺寸、材质等。检验数量：同一批号、同一类型、同一规格的部件，不超过 1000 个为一批，每批随机抽取 10 个进行检验；
- 7、采用抱箍式机械连接的预制桩，应抽检端板卡槽尺寸、卡箍的尺寸及弧度、材质等，检验数量不应少于连接件总数的 2.5%；
- 8、采用浆锚连接的预制桩，应对锚固空腔的尺寸、深度，浆锚连接件的尺寸、钢板厚度、材质等进行抽检检验数量不应少于连接件总数的 2.5%；
- 9、检验发现不合格产品，应扩大检验，且不合格产品不应在抗拔预制桩工程中使用。

8.3.2 抗拔预制桩桩位偏差应符合表 8.3.2 的规定。

表 8.3.2 管桩桩位允许偏差

序号	检查项目		允许偏差 (mm)
1	带有基础梁的桩	垂直基础梁的中心线	$\leq 100+0.01H$
2		沿基础梁的中心线	$\leq 150+0.01H$
3	承台桩	桩数为 1 根~3 根桩基中的桩	$\leq 100+0.01H$
4		桩数大于或等于 4 根桩基中的桩	$\leq 1/2$ 桩径+0.01 H

注：表中 H 为桩基施工面至设计桩顶的距离 (mm)。

8.3.3 采用焊接时，接桩采用的焊材应符合设计要求，焊接质量应符合表 8.3.3 的要求，并应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的有关规定。

表 8.3.3 焊接质量检验标准

序	检查项目		允许值或偏差	检查方法及要求
1	焊缝处上下节端部错口		外径 $\geq 700\text{mm}$	$\leq 3\text{mm}$
			外径 $< 700\text{mm}$	$\leq 2\text{mm}$
2	焊缝咬边深度		$\leq 0.5\text{mm}$	焊缝检查仪
3	焊缝加强层高度		$\leq 2\text{mm}$	焊缝检查仪
4	焊缝加强层宽度		$\leq 3\text{mm}$	焊缝检查仪
5	焊缝电焊质量外观		无气孔，无焊瘤，无裂缝	目测法
6	焊缝探伤检验		满足设计要求	按设计要求
7	电焊结束后 停歇时间	锤击法	≥ 10 (3) min	用表计时
		静压法、 植入法	≥ 8 (3) min	
8	上、下节平面偏差		$\leq 10\text{mm}$	用钢尺量
9	节点弯曲矢高		同桩体弯曲要求	用钢尺量

注：电焊结束后停歇时间项括号内为采用二氧化碳气体保护焊时的数值。

8.2.4 施工前应对植桩法用的水泥、浆锚连接所用的灌浆料等原材料质量进行检验。

8.2.5 桩顶与承台连接用的填芯混凝土、钢筋、钢板等原材料应符合相关要求；采用机械连接转换锚固钢筋连接时，应检验相关连接件的产品合格证、原材料质量证明书、型式检验报告，且进场时应进行连接件受拉承载力抽检，同一个验收批抽检数量不应少于 3 个。

8.3.6 静压法施工终压标准应符合本规程 7.4.5 条的规定，锤击法收锤标准应符合本规程 7.5.7 的规定。

8.3.7 抗拔预制桩施工完成后，桩顶标高允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ 。

8.3.8 对静压法或锤击法沉桩的抗拔预制桩，桩身垂直度允许偏差为 1.0%，对于植入法沉桩的抗拔预制桩，桩身垂直度允许偏差为 0.5%。

8.3.9 采用植入法沉桩时，水泥土或混凝土的检验要求及试验方法应符合相关规范的有关规定。

8.3.10 采用插卡式机械连接时，接桩质量应符合下列规定：

- 1、所有插卡式机械连接件在接桩前已按相关规范的要求安装完成；
- 2、接桩前，端面已清理干净并按要求涂刷环氧树脂或其他密封材料；
- 3、所有插杆均插入卡接孔内，完成卡接。

8.3.11 采用销钉式机械连接时，接桩质量应符合下列规定：

- 1、接桩前，检查桩端面、端板连接槽及定位销钉等是否存在施工导致的变形；
- 2、确保所有销钉均已插入连接槽到位，并卡接紧密；
- 3、相关焊接的质量应符合第 8.3.3 条的规定。

8.3.12 采用抱箍式机械连接时，接桩质量应符合下列规定：

- 1、接桩前，检查桩端面应平整、干净，侧面连接卡板无变形；
- 2、检查两节桩对位偏差应满足接桩要求；
- 3、如采用焊接时，相关焊接的质量应符合第 8.3.3 条的规定，且焊缝高度不应高出端板外缘；
- 4、检查卡箍卡进深度及检查卡紧固定措施，并应满足设计及相关规范的有关规定；

8.3.13 采用浆锚连接时，接桩质量应符合下列规定：

- 1、接桩前，检查下节桩注浆锚固空腔内、上节桩的浆锚连接件应清理干净；
- 2、检查灌浆料的流动度应满足设计及相关规范的有关规定；
- 3、检查灌浆料的灌入用量等，应确保浆锚连接件插入后能充满锚固空腔；
- 4、相关焊接的质量应符合第 8.3.3 条的规定。

8.3.14 桩顶与承台连接的验收应满足下列规定：

1 当采用填芯混凝土传递抗拔力时，填芯混凝土的施工应有详细记录，包括空心桩内腔清理、填芯钢筋笼的制作、填芯混凝土的用量等，填芯混凝土应留试样进行性能检测，并应满足设计要求；

2 当采用钢板转换锚固钢筋传递抗拔力时，应检查钢板尺寸、锚固钢筋直径及长度，检验焊缝质量，焊缝质量等级不低于二级，并应满足设计要求；

3 当采用机械连接转换锚固钢筋传递抗拔力时，应核对转换连接件的规格尺寸、合格证明，安装完成后应对安装的连接件逐个检查，并应满足相关规范的有关规定。

附录 A 连接接头的施工记录资料要求

A.0.1 所有涉及抗拔的连接接头，包括上、下节桩的接桩，及桩顶钢筋混凝土填芯与承台的连接，施工过程及施工质量均应留有影像资料作为验收依据。

A.0.2 抗拔型预制桩施工前，设计单位应对预制桩接桩要求进行技术交底，并提出施工质量影像资料要求。监理单位应按设计交底要求，对施工过程及施工完成节点摄像或拍照，并应符合本附录的规定。

A.0.3 抗拔型预制桩应在端头附近明显位置印有桩节的编号，编号可以是原桩节自带数字码，也可以是施工现场编号。影像资料中应可清晰看到桩节编号。

A.0.4 采用焊接连接方式接桩时，其施工记录应符合下列规定：

- 1 上节桩就位后，应通过视频记录坡口一圈，视频应反映端板坡口是否洁净、干燥，露出金属光泽；
- 2 焊接施工前，应采用专用工具测量上下节桩中心线偏差，并通过照片记录；
- 3 分三层满焊的过程，应采取视频的方式记录；
- 4 焊接完成后的焊缝，应采取照片或视频的方式清晰记录。

A.0.5 采用插卡式机械连接方式接桩时，施工记录应符合下列规定：

- 1 接桩前应对上节桩上端及上节桩下端拍照，记录桩端机械连接相关部件及损伤情况；
- 2 下节桩端板涂抹防腐密封材料后，应进行拍照记录；
- 3 上节桩插杆安装完毕后，应检查插杆安装情况及精度，并通过视频记录；
- 4 上接桩插杆插入下节桩的过程，应拍摄视频完整记录，视频应能清晰反映插杆数量及是否弯曲，并完整、清晰地记录插杆插入情况；
- 5 接桩完成后的连接接头，应采取照片或视频的方式清晰记录。

A.0.6 采用销钉式机械连接方式接桩时，施工记录应符合下列规定：

- 1 接桩前应对上节桩下端及下节桩上端拍照，记录端板、连接槽的洁净度和平整度情况；
- 2 上、下节桩对位、定位销钉与定位孔对接，应拍摄视频完整记录；
- 3 销钉插入完成后，应拍摄视频完整记录整个接头的销钉插入情况；
- 4 接桩完成后的连接接头，应采取照片或视频的方式清晰记录。

A.0.7 采用抱箍式机械连接方式接桩时，施工记录应符合下列规定：

- 1 上节桩就位后，应通过视频记录接头一圈，视频应反映上下节桩对接精准度、端板卡槽是否变形；
- 2 卡箍安装过程应拍摄视频完整记录。安装完成后，卡箍卡入深度的检验过程也应进行视频记录；

-
- 3 接桩过程中涉及的焊接，应拍摄视频完整记录；
 - 4 接桩完成后的连接接头，应采取照片或视频的方式清晰记录。

A.0.8 采用浆锚式连接施工时，施工记录应符合下列规定：

- 1 下节桩就位后，灌浆料倒入注浆锚固空腔内，并应照片或视频记录空腔内的浆量；
- 2 上接桩连接插入下节桩的过程，应拍摄视频完整记录；
- 3 焊接完成后的焊缝，应采取照片或视频的方式清晰记录。

公开征求意见稿

附录 C 锤击沉桩施工记录表

表 C.0.1 锤击沉桩施工记录表

施工单位:

第 页

工程名称				工程地址				打桩顺序号														
管桩外径	mm	管桩壁厚	mm	质量等级	接头形式			管桩生产厂														
桩位编号	桩尖形式			桩机型号	桩锤类型			单桩承载力特征值	kN													
锤 击 记 录																						
桩节顺序 (从底至顶)	节长及桩身号 (m)	锤规格及落距	锤击起止时间			每米沉桩锤击数															累计 总数	电焊接时间 (min) 及焊缝外 观质量
			日	时	分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
第一节																						
第二节																						

续表 C.0.1 锤击沉桩施工记录表

锤击记录

桩节顺序 (从底至顶)	节长及桩身号 (m)	锤规格及落距	锤击起止时间			每米沉桩锤击数															累计 总数	电焊焊接时间 (min) 及焊缝外观 质量					
			日	时	分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15							
第一节																											
第二节																											
收锤时间		月 日 时		锤规格落距		最后贯入度		mm/10 击		mm/10 击		mm/10 击															
配桩长度		m		送桩深度		m		桩入土深度		m		桩高出自然地面		m		桩顶状况											
经灯光或孔内摄像检查后的基本情况												用开口桩时, 管内 进土高度		m		天气											
																填表日期		年 月 日									
记录员				班组长				工地负责人				监理代表															

附录 D 植入法沉桩施工记录表

表 D.0.1 根植桩施工记录表

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		±0.000				
钻孔过程								
序号	接杆米数	开始钻孔时间	钻孔完成时间	备注				
1								
2								
3								
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								
3								
总桩长			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)	水泥用量合计 (kg)	桩端水灰比	桩周水灰比
专业监理工程师:			专业质量检查员:			记录:		
年 月 日			年 月 日			年 月 日		

注: 植入法施工工艺中不区分桩端和桩周水泥用量时, 可合并填写。

附录 E 桩顶与承台连接施工记录表

1 钢筋混凝土填芯施工记录表

表 E.0.1 桩顶钢筋混凝土填芯施工记录表

工程名称: _____ 施工单位: _____
建设单位: _____ 总包单位: _____
施工日期: _____ 桩号: _____

填芯设计要求			
最上节预制桩型及规格		抗拔承载力特征值 (kN)	
桩顶完成标高		是否截桩/接桩	
设计填芯深度 (m)		填芯主筋数量及直径 (mm)	
填芯箍筋直径及间距 (mm)		填芯主筋锚固长度 (mm)	
填芯混凝土强度			
填芯施工记录			
预制桩空腔清理方式		预制桩空腔清理用时	
加工后钢筋笼主筋直径 (mm)		加工后钢筋笼主筋总长度 (m)	
加工后钢筋笼箍筋直径 (mm)		加工后钢筋笼箍筋间距 (mm)	
填芯混凝土膨胀添加剂类型		填芯混凝土膨胀添加剂用量	
填芯混凝土强度		填芯混凝土用量 (m ³)	

2 钢板焊接锚固钢筋施工记录表

表 E.0.2 钢板焊接锚固钢筋施工记录表

工程名称: _____ 施工单位: _____
建设单位: _____ 总包单位: _____
施工日期: _____ 桩号: _____

钢板焊接锚固钢筋设计要求			
最上节预制桩型及规格		抗拔承载力特征值 (kN)	
桩顶完成标高		是否截桩/接桩	
如果截桩, 接桩后处理方案			
锚固钢筋数量 (根)		锚固钢筋直径 (mm)	
锚固钢筋长度 (mm)		转换钢板尺寸规格	

		(宽*高*厚)	
焊缝高度 (mm)		填芯混凝土强度及深度要求 (空心桩)	
钢板焊接锚固钢筋施工记录			
锚固钢筋数量 (根)		锚固钢筋直径 (mm)	
锚固钢筋长度 (mm)		转换钢板尺寸规格 (宽*高*厚)	
焊接施工开始时间		焊接施工结束时间	
焊缝高度		填芯混凝土用量 (m ³)	

3 机械连接转换锚固钢筋施工记录表

表 E.0.3 机械连接转换锚固钢筋施工记录表

工程名称: _____ 施工单位: _____
 建设单位: _____ 总包单位: _____
 施工日期: _____ 桩号: _____

机械连接转换锚固钢筋设计要求			
最上节预制桩型及规格		抗拔承载力特征值 (kN)	
桩顶完成标高		是否截桩/接桩	
如果截桩, 接桩后处理方案			
机械连接转换锚固钢筋型号		参考标准	
机械连接转换锚固钢筋数量		锚固钢筋长度	
机械连接转换锚固钢筋安装紧固要求		填芯混凝土强度及深度要求 (空心桩)	
机械连接转换锚固钢筋施工记录			
机械连接转换锚固钢筋型号		机械连接转换锚固钢筋数量	
锚固钢筋长度 (mm)		机械连接转换锚固钢筋安装效果	
填芯混凝土用量 (m ³)			

附录 F 引用标准名录

1. 《工程结构通用规范》 GB 55001
2. 《混凝土结构通用规范》 GB55008
3. 《建筑与市政地基基础通用规范》 GB55003
4. 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
5. 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
6. 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
7. 《钢结构设计标准》 GB 50017
8. 《钢结构焊接规范》 GB 50661
9. 《工业建筑防腐蚀设计标准》 GB/T 50046
10. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
11. 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》 GB 50202
12. 《混凝土质量控制标准》 GB 50164
13. 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
14. 《混凝土外加剂》 GB 8076
15. 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
16. 《建设用砂》 GB/T 14684
17. 《免压蒸管桩硅酸盐水泥》 GB/T 34189
18. 《建设用卵石、碎石》 GB/T 14685
19. 《预应力混凝土用钢棒》 GB/T 5223.3
20. 《预应力混凝土用钢绞线》 GB/T 5224
21. 《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》 GB/T 1499.2
22. 《低碳钢热轧圆盘条》 GB/T 701
23. 《碳素结构钢》 GB/T 700
24. 《建筑桩基技术规范》 JGJ94
25. 《建筑工程抗浮技术标准》 JGJ 476
26. 《建筑桩基检测技术规范》 JGJ 106
27. 《混凝土用水标准》 JGJ 63
28. 《混凝土制品用冷拔低碳钢丝》 JC/T 540
29. 《建筑地基基础设计规范》 DB 33/T 1136

条文说明

公开征求意见稿

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.3 插卡式机械连接，目前宁波在用的连接型式较多的有弹卡式机械连接和螺锁式机械连接，也有其他的连接型式。插卡式机械连接的预制桩通常为无端板桩型，目前也有产品在插卡式机械连接的基础上，增加端板设置，并进行焊接加强。

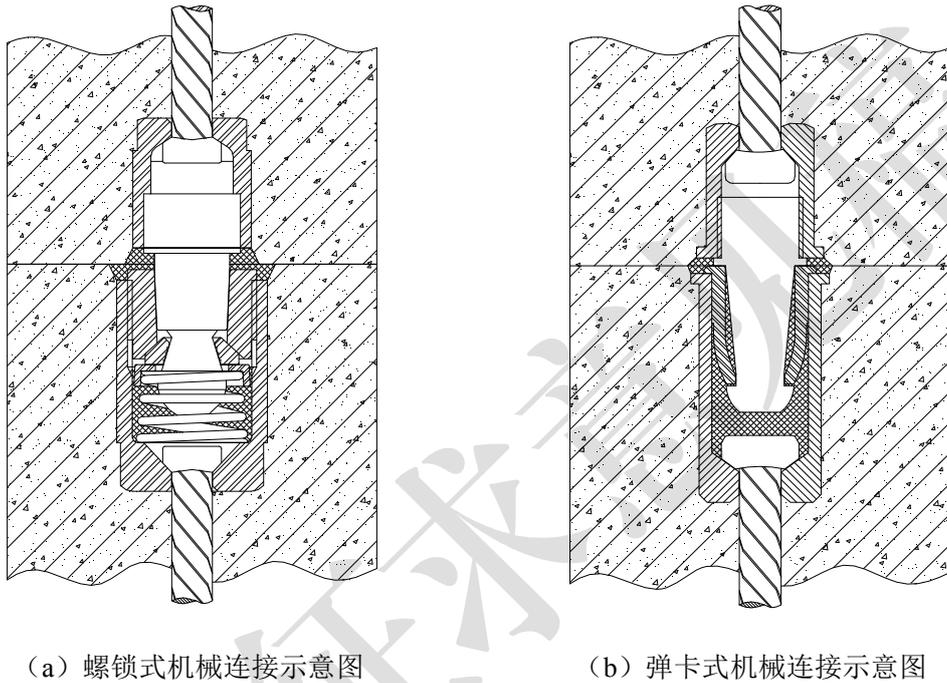


图 2.1.2 插卡式机械连接示意图

2.1.4 抱箍式机械连接是通过固定在端板外缘的卡箍将上、下节桩进行有效连接。抱箍式机械连接可以单独使用，也可以结合端板焊接一起使用。

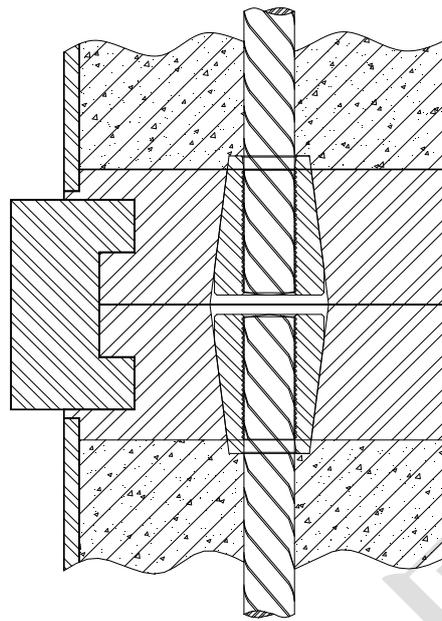


图 2.1.3 抱箍式机械连接示意图

2.1.5 销钉式机械连接通常与端板焊接一起使用。连接件的销钉是一个类 X 形的插接件，上、下节桩的端板都有有外口窄内口宽的梯形槽，销钉完全插入后将上、下节端板固定在一起，进行焊接后最终形成销钉式机械连接。

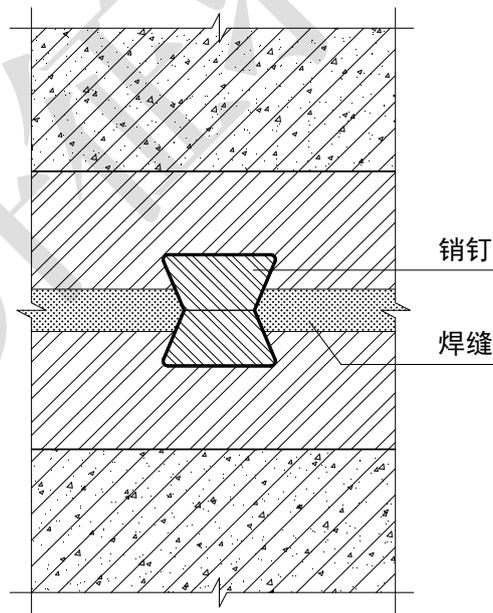


图 2.1.4 销钉式机械连接示意图

2.1.6 浆锚连接应与端板焊接一起使用。连接接头上节桩内应预埋连接件，下节桩预留注浆空腔。接桩时，采用高强灌浆料注入注浆空腔，将上节桩的连接件插入注浆空腔内，并确保注浆空腔内充满空腔，最后将上、下节端板进行焊接后，形成浆锚连接+焊接的复合连接形

式。

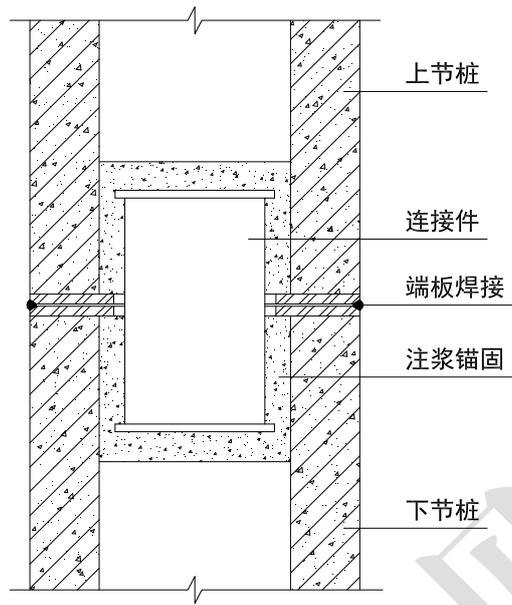


图 2.1.5 浆锚连接+焊接示意图

公开征求意见

3 基本规定

3.0.4 抗拔预制桩的承载力主要有三个方面

- 1 基桩的承载力。涉及到的是单桩抗拔承载力和群桩抗拔承载力的计算；
- 2 预制桩桩身承载力。主要设计到桩身受拉承载力设计值验算、桩身抗裂验算；
- 3 桩端与承台连接强度验算。

3.0.6 除常规所用管桩、空心方桩等成熟桩型外，新桩型及新型的连接接头均需通过充分的力学性能试验研究其承载力及承载特性。充分的力学性能试验包括抗弯、抗剪、抗拉等承载力的检测，在力学试验过程中，应对试验加载过程中的变形情况、裂缝开展、最终发生破坏的模式等应有详细的描述及分析，以便相关人员选用时，可以进行合理的选型及设计。进行力学试验的实验室应具有浙江省市场监督管理局颁发的检验检测机构资质认定证书，参与试验的工作人员应具有建设工程检测人员培训合格证书，检测用到的仪器设备应具有校准证书且在有效期内。

4 岩土工程勘察

4.1 一般规定

4.1.1 抗拔预制桩工程勘察应采用针对性的技术手段查明场地水文地质及环境特征,分析和评价岩土体的渗透性、地下水动态变化规律及其对工程抗浮安全性的影响,提供抗浮设防水位建议值及抗浮设计与施工所需的参数。抗浮设计等级参照现行行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 相关规定执行。

4.2 勘察

4.2.2 本条规定了勘探点、线的布置原则及勘探深度。

1 勘探点、线布设应根据地貌单元、地质构造和地层界线特点进行布设。

2 勘探点间距一般根据场地水文地质条件复杂程度确定。水文地质条件简单或中等时,勘探点间距宜为 20~30m;水文地质条件复杂时,勘探点间距宜为 10~15m。

勘探点数量应能控制建筑场地范围内地下水位变化情况,当建筑跨不同地质单元时,同一水文地质单元不应少于 3 个,便于查明不同水文地质单元地下水动态变化情况。

3 勘探孔深度应根据预制桩抗拔深度、对建筑物有影响的地下水埋深及其他设计要求综合确定。当抗拔预制桩既作抗拔桩又作承压桩,且抗拔桩节数少于总桩节数时,勘探深度可按抗拔桩节底深度的 1.2 倍确定,并满足承压桩的相关要求。

4 勘探孔深度应满足测量地下水位和进行相应水文地质试验的要求,同时应满足为抗浮设计提供参数和施工的要求。当仅测量地下水位时,勘探孔深度应至含水层顶面以下一定深度;当需要进行水文地质试验时,其深度和试验要求应符合现行国家标准《供水水文地质勘查规范》GB 50027。

5 材料及产品制作要求

5.1 一般规定

5.1.1 预应力混凝土预制桩是指桩身预应力主筋配筋率不低于 0.5%的预制桩。仅配置非预应力钢筋，或同时配置预应力钢筋和非预应力钢筋，但预应力钢筋配筋率低于 0.5%的预制桩按普通预制桩考虑。

5.2 材料

5.2.8 预应力主筋采用钢棒时，应按钢棒的直径确定端板的厚度。当桩身配置不同直径钢棒时，端板厚度按大直径钢棒确定；当桩身配置表 4.2.8 以外规格的钢棒时，应按比该钢棒尺寸大的规格确定端板厚度，当抗拔力较大时，应根据受力要求增加端板厚度；当端板不作为主要连接受力时，端板厚度可适当减小。

当主筋采用钢绞线时，端板的厚度除应满足其生产、设计及施工的要求外，还满足连接接头的受力要求，并确保接头强度大于桩身强度。

6 设计

6.1 一般规定

6.1.3 抗拔预制桩的桩身内力变化较大，有些基桩仅有一节或两节承担抗拔力，承担抗拔力的桩节应符合抗拔桩的设计要求，不承担抗拔力的桩节可不按抗拔桩要求执行。

6.1.6 宁波的淤泥或淤泥质土地区，预制桩工程最大的问题是地下室开挖过程中对基桩的影响。根据桩基施工过程中的反馈，土体的不均衡开挖，重型施工设备在桩顶上方行走，以及挖土机械对桩身的磕碰等都会对桩身有较大影响，桩的上部可能会承受较大的水平力和弯矩，很多工程的检测结果也表明，第一节桩缺陷导致的二类、三类桩比例非常大。

考虑多种因素，建议尽量加大最上一节桩节长度。考虑第一节桩在施工阶段可能会承受较大的水平力和弯矩，设计阶段应对第一节桩进行针对性加强。选用实心桩、配置非预应力钢筋、提高桩身混凝土强度、选用厚壁空心桩型等，能在很大程度上提高第一节桩的抗弯、抗剪承载力。

6.1.7 合格的预制桩，其桩身力学性能可以得到保证。采用多节预制桩拼接成的抗拔预制桩，其性能的关键在于接头。因此，合理的选择接头连接型式，必要的时候进行专项设计并经专家论证，都是提高基桩抗拔承载可靠性的有效措施。

1 焊接是最传统的预制桩接头连接型式，由于其连接方便，适用性好，一直以来都是预制桩接头最主流的连接方式。接头焊接要求分三层满焊，且焊接完成后需要有 8~10min 的静停时间，施工过程中往往难以实现，且焊接施工受工人水平、天气条件等因素影响较大，导致其连接性能的可靠性较低，因此，在《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011 的条文说明中就明确“预应力管桩作为抗拔桩使用时宜采用单节管桩”。本规程将其范围扩大至预制桩，当接头仅采用焊接连接时，抗拔承载力宜按上部一节桩计算。

2 经过力学性能试验验证的机械连接接头，只要接头按相关规范进行施工，其性能基本可以得到保障。为保证机械连接接头的力学性能，通常各连接部件的精度要求非常高，生产或施工过程中导致的细微误差都可能导致不能完整连接。因此，本规程提出，接头仅采用式机械连接时，抗拔承载力宜按上部两节桩计算。

3 本条中的复合型连接的意思是采取两种以上的连接方式，如机械连接+焊接、浆锚连接+焊接等。

当预制桩采用可靠的自动化焊接，并采取非挤土植桩工艺的沉桩时，可不受本条限制，并符合宁波市其它相关标准的规定。同时，抗拔连接接头仅采用焊接连接时，应验算焊缝强

度，并满足下式的规定：

$$N_t \propto l_w h_e f_t^w / 3.6 \quad (6.1.7)$$

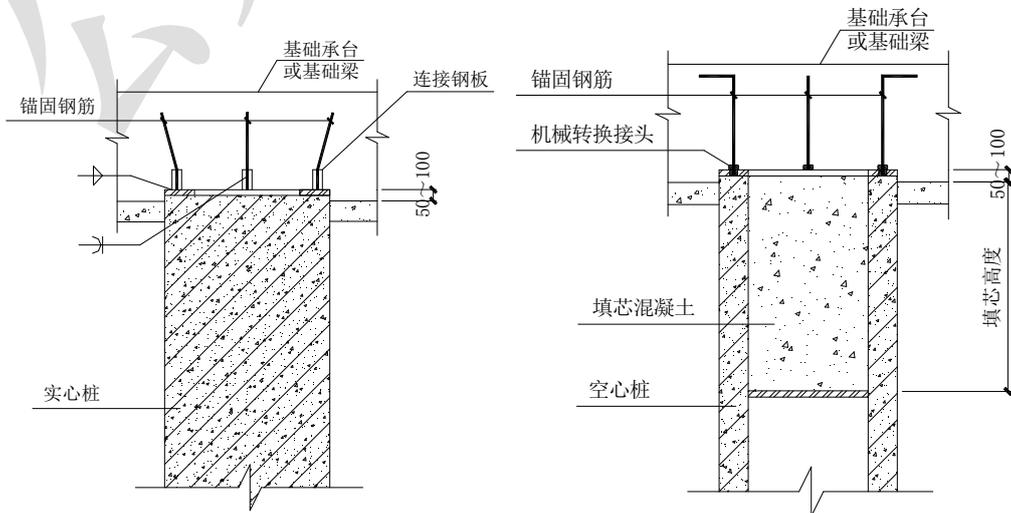
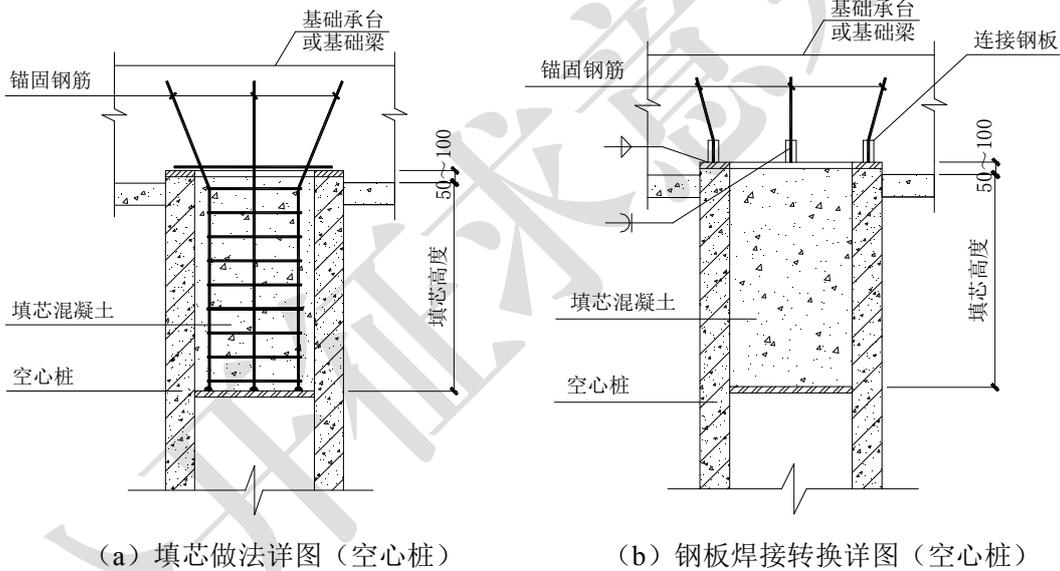
式中： l_w ——焊接连接的焊缝长度，取焊缝中点所在圆的周长；

h_e ——焊接连接的焊缝计算厚度，取 $0.75 S$ ；

S ——焊缝坡口根部至焊缝表面的最短距离，通常取 12mm ；

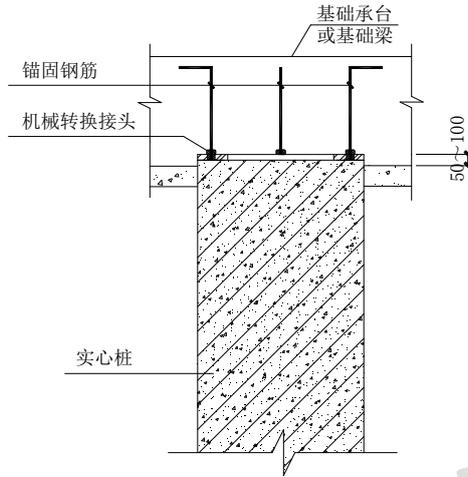
f_t^w ——焊缝抗拉强度设计值，取 $170\text{N}/\text{mm}^2$ 。

6.1.8 空心预制桩用作抗拔桩时，桩顶与承台的连接传力，目前主要采用填芯方式。由于空心桩内腔直径较小，填芯质量难以保证，且施工程序较为复杂。目前带端板的预制桩与承台的连接还有两种方式：采用钢板焊接转换锚固钢筋的方式，以及利用机械转换接头将锚固钢筋固定在张拉螺栓孔的方式。采用钢板焊接转换锚固钢筋时，设计应明确钢板的尺寸、焊缝的高度、相关施工要求等；采用机械转换接头将锚固钢筋固定在张拉螺栓孔时，机械转换接头应有相关的产品标准，及设计、施工、验收标准。



(c) 钢板焊接转换详图 (实心桩)

(d) 机械连接转换详图 (空心桩)



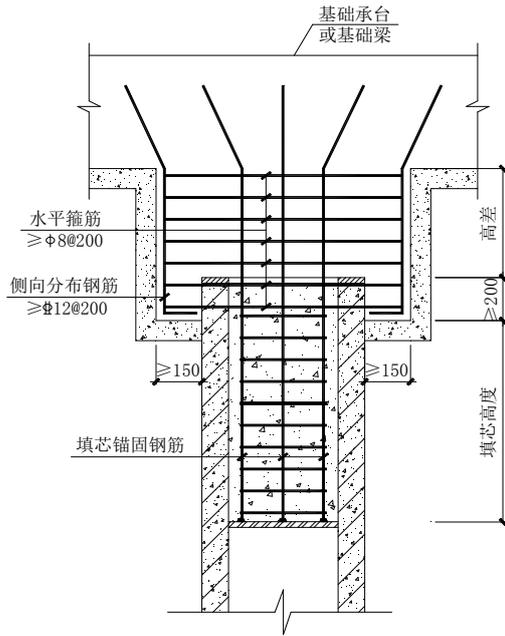
(e) 机械连接转换详图 (实心桩)

6.1.9 预制桩用作抗拔桩时,其桩身强度、连接接头性能等直接影响基桩抗拔承载力及可靠性。设计过程中,选择合理的桩型并不能完全保证抗拔桩的可靠性,需要对关键节点进行细化,避免生产与设计的脱节。

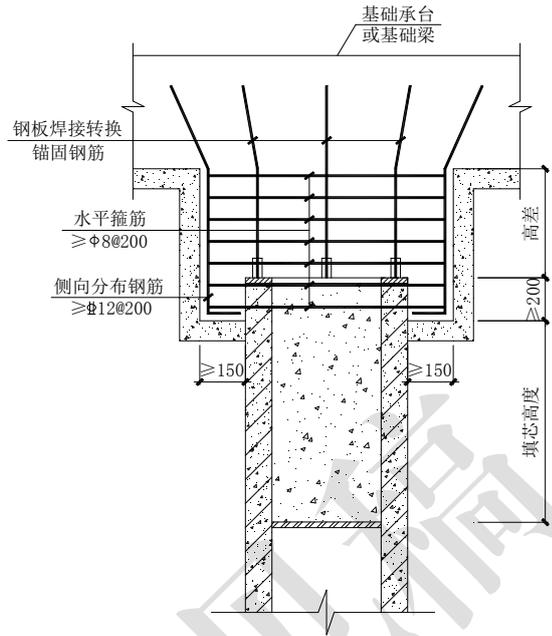
大量试验表明,采用端板连接的预制桩,在拉力或弯矩作用下,往往是钢棒从端板里拉脱从而发生破坏。除了两节桩的连接处外,预制桩与承台连接同样可能存在问题。因此,设置端板的预制桩用作抗拔桩时,应对承担抗拔力的预制桩进行深化,复核钢棒与端板的连接强度,并合理设置锚固钢筋。

当锚固钢筋直径小于表 6.1.9 中的规定时,应增加数量,并确保锚固钢筋总面积不低于表中的规定。锚固钢筋长度不应小于 40 倍的钢筋直径。

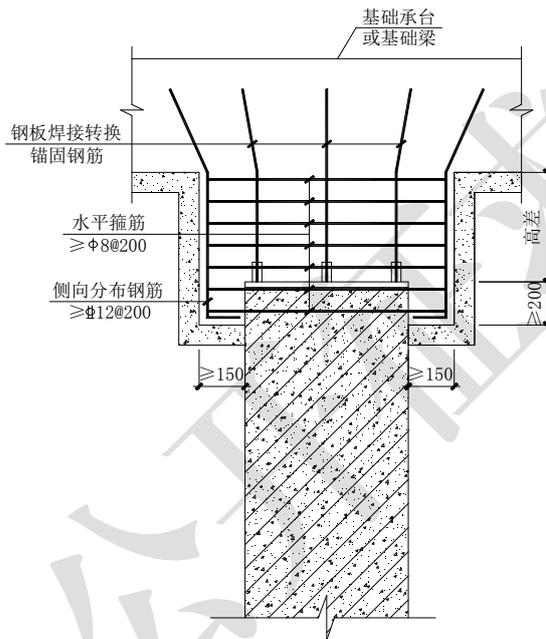
6.1.11 当抗拔预制桩施工完成后桩顶标高低于设计标高时,应进行接桩,接桩做法可参考下图。锚固钢筋及侧向分布钢筋均应锚入承台并满足锚固要求。



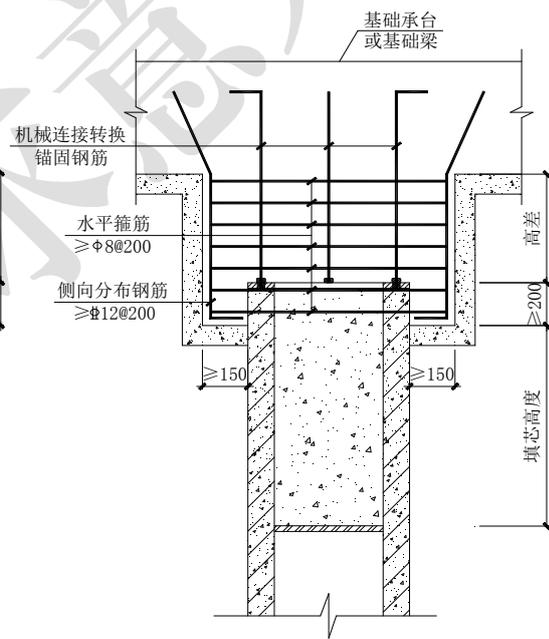
(a) 填芯锚固钢筋接桩 (空心桩)



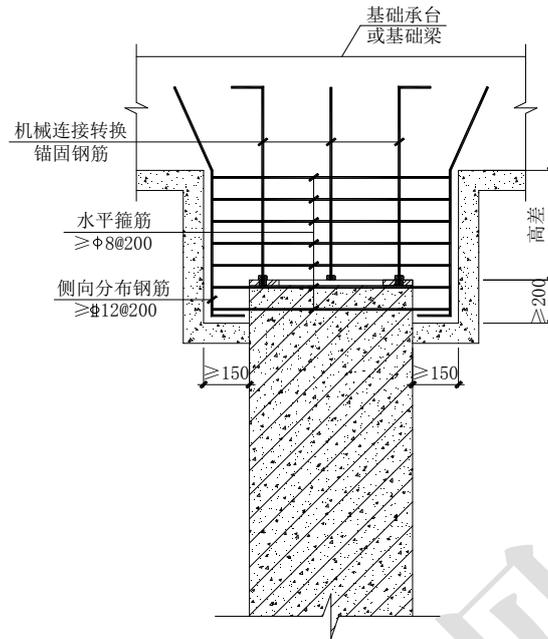
(b) 钢板焊接转换锚固钢筋接桩 (空心桩)



(c) 钢板焊接转换锚固钢筋接桩 (实心桩)



(d) 机械连接转换锚固钢筋接桩 (空心桩)



(e) 机械连接转换锚固钢筋接桩（实心桩）

6.1.11 抗拔预制桩接桩后，桩顶的端板或张拉螺母均已被截除。空心桩可以采用钢筋混凝土填芯的方式与承台传力，也可采用锚固钢筋连接转换件进行传力；实心桩必须采用锚固钢筋连接转换件进行传力；桩身配置的非预应力钢筋可以通过焊接锚固钢筋的方式锚入承台。

6.1.12 静载试桩的基桩，在桩顶设计标高以上尚有一段桩未计入承载力特征值，因此静载试桩的极限抗拔荷载通常比抗拔承载力特征值的 2 倍大，甚至静载试桩抗拔力大于桩身极限抗拉强度标准值，这种情况会导致静载过程中桩身发生断裂破坏或端板拉脱。在设计过程中应对静载试桩的桩身强度进行验算，应符合现行行业规范《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的有关规定，必要时可采用高配筋率型号的桩，或者对桩身配筋进行加强。

6.2 桩基计算

6.2.4 规程中对预制桩作为抗拔桩使用的桩节数量都做出规定，工程桩的桩节数往往都大于抗拔的桩节数，如果仅按抗拔静载试验确定单桩抗拔承载力，则忽视了接头连接可靠性带来的问题。故本条规定最终确定的抗拔承载力特征值不宜大于估算值。

6.2.6 式 6.2.6 仅考虑桩身配筋的因素，预制桩最大的拉力设计值，设计中该公式验算的前提是，端板按 6.2.8 条配置了足够的锚固钢筋。

6.2.7 抗拔预制桩需要进行桩身轴心受拉抗裂验算。受拉抗裂验算时，裂缝控制等级宜取一级。同时配置预应力钢筋和非预应力钢筋时，裂缝控制等级可按相关规范确定。

6.2.9 通过端板传力的预制桩，桩身强度最薄弱的地方在于端板与钢棒的连接传力。端板孔口（预应力筋墩头锚固处）的抗剪强度远低于钢棒的抗拉强度，抗弯试验和抗拉试验发生破坏也经常是墩头从端板孔中拉脱出来。为了保证基桩的抗拉强度，除了合理选择桩型、接

头方式以外,还应该进行验算端板孔口墩头处的抗剪强度。如果根据计算不需设置锚固钢筋,或设计需设置锚固钢筋且配筋数量不大于 6.1.9 条的规定时,应配置不小于 6.1.9 条规定的锚固钢筋;如果计算需配置锚固钢筋且配筋面积大于 6.1.9 条的规定时,应配置不小于计算值的锚固钢筋,并考虑锚固钢筋均匀分布的要求,合理设置。

考虑到端板孔口并不是封闭的,是开口的,公式 6.2.8 对端板孔口抗剪承载力进行了折减,折减系数取值为 0.75。单个端板孔口承载力 N_1 可参考下表选用。

钢棒直径	d_1 (mm)	d_2 (mm)	t_s (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	N_1 (kN)
9.0	10	18	18	6.0	9.0	41.54
10.7	12	20	20	6.5	9.5	54.26
12.6	14	22	24	8.0	11.0	73.76

6.2.10 空心抗拔预制桩与承台的连接,目前常用做法通常是采用填芯的方式。填芯内纵向钢筋数量及锚固入承台的长度,可以根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 计算。对于混凝土填芯的填芯高度,宜根据现场试验确定填芯混凝土与桩内壁的极限摩阻系数,后计算填芯高度,本规程也给出了极限摩阻系数标准值的建议值。填芯混凝土浇筑前,应先将空心桩内壁清理干净,并采用微膨胀混凝土等措施,以提高填芯混凝土与管桩桩身混凝土的整体性。采用填芯传递抗拔力时,设计应明确填芯钢筋笼的主筋、箍筋及托板等尺寸及数量,明确填芯长度及微膨胀混凝土的技术要求。

预制桩抗拔力较大时,不宜单独采用钢筋混凝土填芯的方式传递抗拔力,建议采用钢筋混凝土填芯结合机械连接或钢板焊接转换锚固钢筋一起使用。

6.2.11 设置端板的预制桩,可以利用钢板焊接转换锚固钢筋的方式进行抗拔传力,并确保焊接转换连接受力可靠。采用钢板焊接转换锚固钢筋时,设计应验算并明确钢板尺寸、钢板与端板焊接焊缝尺寸、钢板与锚固钢筋焊接焊缝尺寸等,并明确焊缝等级。

6.2.12 目前工程中也存在利用机械转换接头将锚固钢筋固定在张拉螺栓孔的连接方式。采用机械转换接头转换锚固钢筋时,相关连接件应有产品标准,且其设计、施工及验收等应有相关规范作为依据。设计应根据相关规范,明确连接件型号和数量、施工及验收要求等。

6.3 桩基构造要求

6.3.1 空心预制桩用作抗拔桩时,桩顶均要设置填芯混凝土。填芯混凝土可以提供一定的抗拔力,也可以提高桩顶区域的抗剪、抗弯承载能力。

1 空心预制桩用作抗拔时,桩顶与承台的拉力传递通常是利用桩顶区域填芯混凝土来承担。空心桩内壁清理干净,并采用微膨胀混凝土灌注密实,方可让填芯混凝土有效传递抗拔力,而施工现场往往难以实现。因此,在设计过程中,在不断的提高填芯高度的要求,本

规程中提出填芯高度不应小于 10 倍边长（直径）和 5.0m 的较大值。

2 实心桩桩顶与承台的连接往往是通过钢板焊接转换锚固钢筋，或利用机械转换接头连接锚固钢筋，该连接方式在空心桩中同样可以使用。直接通过连接于端板上的锚固钢筋与承台连接，不需要通过填芯的方式传递拉力，因此填芯的要求可以适当降低。为保证桩上部抗弯和抗剪承载能力，明确填芯深度不应小于 3 倍边长（直径）和 1.5m 的较大值。

3 当空心预制桩抗拔力较大时，桩顶与承台传力宜同时考虑钢筋混凝土填芯和机械连接转换或钢板焊接转换锚固钢筋，并根据分配抗拔力大小，验算钢筋混凝土填芯，机械连接转换锚固钢筋或钢板焊接转换锚固钢筋。同时采用两种连接，可靠性相对较高，最低要求可适当降低。

6.4 防腐蚀要求

6.4.1 腐蚀环境中的地下结构，尤其是承受拉力为主的抗拔桩，其耐久性对于建筑的长期安全使用有着决定性的意义。

1 海洋环境中的无防腐措施的普通钢筋混凝土结构，其使用寿命大大降低，因此在地下水与海水有联系的场地设置抗拔桩时，应采取防腐蚀措施。勘察单位在岩土工程勘察报告中应明确，场地中的地下水与海水是否有联系。

2 具有化学腐蚀性的化工厂旧址场地，是指产生具有腐蚀性化工产品的工程拆迁后，在旧址上拟建建筑的场地。

3 地下水与土壤有腐蚀性的其他场地，是指根据现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 及其他现行规范，判断其地下水与土壤具有腐蚀性的场地。

6.4.2 抗拔预制桩桩身配置的预应力钢筋处于高应力状态，且预应力主筋均为高强度钢筋，直径较小，对腐蚀比较敏感，在腐蚀性介质和拉力共同作用下，容易产生应力腐蚀倾向。如果桩身产生裂缝，预应力混凝土桩的腐蚀程度比普通钢筋混凝土构件严重，故应从严控制。根据国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046-2018 中 4.2.4 条，强腐蚀环境、中腐蚀环境中，预应力混凝土结构抗裂控制等级应按一级控制。

6.4.4 腐蚀环境对于预制桩桩身和连接接头均有较大影响，为确保抗拔桩在设计使用年限内的可靠性，应对桩型进行合理的选择和加强。

1 预制桩在满足工程受力的前提下，合理选择桩型，并对桩身配筋进行适当加强；

2 预制桩的连接接头一定会有钢制部件，包括端板、机械连接件等。预制桩耐久性的关键点在于连接部位的焊缝或机械连接件的抗腐蚀能力。减少接头数量，选用抗腐蚀性更好的连接接头，有利于提高抗拔桩防腐蚀的可靠性；

3 合理配置预制桩桩节长度，让连接接头尽量进入无腐蚀污染土层或腐蚀性等级相对较低的土层，有利于提高预制桩连接可靠性；

5 采用空心桩抗拔，当桩端位于砂层或遇水易软化的风化岩层时，腐蚀性的地下水进入桩内孔，会增加桩内壁混凝土及接头处的腐蚀程度，采用混凝土进行封底有利于增强空心

桩内孔的防腐蚀；而桩端位于渗透性较弱的土层（如黏性土）时，腐蚀性地下水进入桩内孔较少，可以不考虑封底措施。当桩端位于其他渗透性较好的土层，也需进行孔底灌浆。

6 目前在用的植桩法施工预制桩，在桩身外会包裹一层水泥土，对腐蚀性离子有一定隔绝作用，可很大程度降低腐蚀环境对基桩的影响。设计过程中，根据植桩法的施工工艺及相关构造，可适当降低防腐蚀要求。

6.4.5 腐蚀环境的抗拔预制桩，根据场地腐蚀程度，桩身的混凝土基本要求及其防护要求等，均应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046 的有关规定。其中桩身混凝土强度不小于 C80 的预制桩，包括预应力高强混凝土管桩、预应力高强混凝土空心方桩、复合配筋先张法预应力混凝土管桩等，均可参照规范中的预应力高强混凝土管桩相关要求执行；桩身混凝土强度低于 C80，但不小于 C60 的预制桩，包括预应力混凝土管桩、预应力混凝土空心方桩、预应力混凝土实心方桩等，均可参照规范中的预应力混凝土管桩相关要求执行。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.3 当施工可能影响附近建（构）筑物、道路、架空线路、地下管线正常使用和安全时，应调整施工工艺或沉桩施工顺序，并可采取下列一种或多种辅助措施：

- 1 锤击沉桩时，宜采用“重锤轻击”法施工；
- 2 在施工场地与被保护对象间开挖缓冲沟或设置应力释放孔；
- 3 在桩位采取引孔措施；
- 4 在饱和软土地区设置砂井或塑料排水板；
- 5 采用植入法等非挤土沉桩工艺施工；
- 6 控制沉桩速率，优化沉桩流程；
- 7 必要时应对建（构）筑物进行加固，对道路和地下管线采取保护措施，并设置观测点进行专业监测。

7.1.4 软土地区，必须充分考虑地基承载力问题。因为地基承载力不足导致施工桩基倾倒的事件也是偶有发生，对施工的安全性影响很大。当承载力不能满足时，可采取下列措施：

- 1 铺垫道渣层并进行碾压；
- 2 铺设路基箱，沿打桩机走向铺平放稳。

7.1.7 试沉桩的目的是为了了解桩的可打性和检验承载能力，验证所选用桩机和锤重是否合理，并经勘察、设计、施工、建设、监理、质监等部门共同确定控制收锤（或静压、植桩施工工艺）的控制指标。

7.3 接桩及与承台的连接

7.3.1 预制桩拼接处坡口槽电焊层数定为三层是为了减少和控制焊接产生的变形，确保接桩质量，焊缝应连续饱满，整个焊接过程应留有视频资料。由于现场接桩后很快就沉桩，焊缝无法采取超声波等手段进行检测，因此，外观质量检验就显得尤为重要。

7.3.2 本条中的插卡式机械连接，目前宁波市应用相对较多的插卡式机械连接包括螺锁式机械连接和弹卡式机械连接。

采用插卡式机械连接接桩时，必须要确保连接的有效性。插卡式机械连接对于生产、施工等过程中的精度要求相对较高，施工前接头处的残留物必须要彻底清理干净，接桩应确保所有的插杆均插入下节桩的卡接孔内，并确保有效卡紧。

接桩端面涂抹专用防腐密封材料，可以避免机械连接件与地下水直接接触，可以有效的避免接头的腐蚀问题，也可以避免小应变过程中的误判。

7.3.3 销钉式机械连接对于端平面、连接槽及销钉的精度要求非常高，应避免沉桩过程对端板、连接槽等产生变形及磕损，施工前应清理干净相关连接部件。销钉完全插入连接槽才能

确保端板受力均匀可靠，因此施工过程应确保销钉完全进入连接槽。

7.3.4 抱箍式机械连接的种类比较多，但其特点都一致，通过外环卡箍将上、下节桩端板外挑缘固定在一起。为了让抱箍式机械连接受力可靠，端板的生产加工、接桩施工过程中，对于精度的要求也非常高。因此，应避免沉桩过程对端板产生变形及磕损，施工前应清理干净端面，并尽量减小施工前卡箍的变形。

7.3.5 浆锚式连接的强度不能在短时间内形成，必须与端板焊接连接同时选用。浆锚式连接接头性能取决于灌浆料的强度及其充盈性，施工过程应确保灌浆料现场调配并在规定时间内使用，灌浆料的用量并确保能充满整个空腔。

7.3.10 抗拔桩接头的强度直接影响基桩的抗拔承载力。接头属于隐蔽工程，只能在施工过程中进行严格的监督，接头需要承受拉力时，应对接桩过程留有影音资料，作为后续验收或溯源的依据。

7.6 植入法沉桩

7.6.1 植入法是利用专用的钻机在桩位钻孔后灌注适量水泥浆、水泥砂浆、细石混凝土等，或采用搅拌、旋喷形成水泥土桩，然后将预制桩植入其中的沉桩施工方法。目前宁波市使用最多的是静钻根植法，劲性法也有多个工程得到实施。采用植入法施工前宜进行沉桩施工工艺试验及静载试验，确定施工工艺及设备在该工程中的适用性，并确定水泥掺量、水灰比等施工工艺参数。

7.7 基坑开挖、桩顶施工及施工抗浮

7.7.1 预制桩的施工对场地土扰动较大，沉桩设备的移动，预制桩沉桩过程中的挤土等，都会导致土体中的孔隙水压力增加，有效应力减小，土体的基坑设计参数也会受到影响。因此，基坑开挖宜在桩基施工完成后进行，在饱和黏性土、粉土地区如果沉桩挤土等扰动比较大时，宜在桩基施工完成 15d 后进行。必要时，基坑开挖计算应考虑挤土相应对土层参数的影响。

7.7.2 宁波的大部分地区，基坑开挖涉及范围都是以软土为主，很容易造成场地内土层的整体失稳、滑动，桩身承受的水平力会非常大，会导致大范围工程桩发生偏斜，甚至断裂。因此，基坑开挖应按分层、分段、对称、均衡、适时的原则进行，并限制每层开挖厚度，以确保开挖期间临时坡的稳定性。另外，开挖出的土方应及时外运，短时间不能外运的土方也不得堆载临时坡顶附近。

7.7.3 土方开挖阶段，通常会用到很多大型机械和车辆，重量几十吨至上百吨，且运行过程中会有较大的振动，对于其下的地基土及其中的预制桩影响较大。当桩顶以下一定范围内存在淤泥或淤泥质土等软土土层时，未采取任何措施的施工机械运行很可能导致预制桩顶产生偏斜。因此，当桩顶以下 3m 范围存在淤泥或淤泥质土，开挖至桩顶附近时，应在施工机械行经区域铺设钢板或路基板，并确保施工机械行经区域桩顶上方土层厚度不小于 1.5m。

7.7.5 施工阶段，地下室底板后浇带完成封闭，但顶板覆土未完成、结构施工未达到设计抗

浮条件时，极易发生地下室抗浮失效，近年已经有多起类似施工发生。《建筑工程抗浮技术标准》JGJ/T 476-2019 的 3.0.3 条中明确了施工阶段的抗浮稳定性验算及要求。在施工方案明确后，应对施工阶段的抗浮稳定性进行验算，并应满足 6.2.1 条的规定。

公开征求意见稿

8 检验与验收

8.3 一般项目

8.3.14 桩顶与承台的连接，是抗拔桩受力最大的节点，也是容易被忽视的节点。现在越来越多的地下室发生上浮事故，其中也有相当一部分是发生在桩顶与承台的连接破坏。加强桩顶与承台的连接质量和可靠性就非常重要。

1 采用填芯混凝土进行传力，其关键要素包括：①桩内腔清理干净；②填芯长度满足要求，并全长配置网片；③浇筑微膨胀混凝土。为加强填芯抗拔的可靠性，必须从三个方面加强质量管理及相关验收要求：

2 目前带端板的预制桩，与承台的连接也经常采用通过钢板转换锚固钢筋传递抗拔力，需要通过两次焊接才能将锚固钢筋有效的连接在端板上。焊缝的强度直接关联到锚固钢筋的可靠性，因此，需要严格控制现场焊接质量；

3 采用机械连接转换锚固钢筋传递抗拔力时，机械连接件应有相关的产品标准，设计、施工及验收的相关规范，施工完成后按规范进行验收。