

ICS 91.100.30

CCS Q14

JSSX

江苏省勘察设计行业协会团体标准

T/JSSX XX/0—2024

预应力混凝土空心方桩

Prestressed concrete spun square pile foundation

(初稿)

2024 - 11 - 30 发布

2024 - 12 - 1 实施

目 次

前 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 分类与连接 2

5 原材料及一般要求 5

6 技术要求 7

7 试验方法 8

8 检验规则 11

9 标志 14

10 贮存和运输 14

附录 A 桩身力学性能参数表 16

附录 B 接桩处连接结构—I 型接头 21

附录 C 接桩处连接结构—II 型接头 22

附录 D 接桩处连接结构—III 型接头 24

附录 E 端板结构及参数表 25

附录 F 桩顶与承台连接结构 27

附录 G 桩顶张拉套筒结构及参数 31

附录 H 桩身力学性能计算 32

前 言

本文件按照国家标准化管理委员会、民政部制定的（国标委联〔2019〕1号）《团体标准管理规定》和 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》以及江苏省勘察设计行业协会的相关规定与要求编制。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省勘察设计行业协会管理，金陵科技学院负责解释。本文件在执行过程中如有修改意见或建议，请反馈至金陵科技学院（地址：南京市江宁区弘景大道 99 号，邮政编码：211169）。

本文件负责起草单位：三和（江苏）供应链有限公司

江苏诚意桩业科技发展有限公司

金陵科技学院

本文件参加起草单位：江苏省建筑设计研究院有限公司

南京市建设工程施工图设计审查中心

江苏铭城建筑设计院有限公司

江苏久鼎嘉和工程设计咨询有限公司

太仓市水利工程建设管理处

盐城市质量技术监督综合检验检测中心

南京中艺建筑设计院股份有限公司

南京南大岩土工程技术有限公司

太仓市水利市政设计有限公司

江苏浩森建筑设计有限公司

大洲设计咨询集团有限公司

南京汇联建材科技发展有限公司

江苏诚意建设工程科技有限公司

江苏三和建设有限公司

苏州三和管桩有限公司

盐城三和管桩有限公司

宿迁三和管桩有限公司

泰州三和管桩有限公司

苏州建院营造股份有限公司

江苏尚骏明建设工程有限公司

广东和骏基础建筑工程有限公司

江苏上之信建设有限公司

苏厦建设集团有限公司

中亿丰建设集团股份有限公司

本文件主要起草人：蔡鸿、曹虎、缪海林、陆坚强、黄玉楼、王成功、王超、胡毅、张扬、李龙、徐嵘、周广鹏、陆洋、郭健、秦伟、朱青、王蔚、叶继权、俞功力、唐晓峰、张青松、蒋光中、孙飞、王锦泉、谢余飞、杨果、刘阳、李源辉、王美树、黄晓军、于海珠、解俊杨、王磊、曹强、马国栋、王筠、陈晓洪、陈育志。

本文件主要审查人：

本文件为首次发布。

预应力混凝土空心方桩

1 范围

本文件规定了预应力混凝土空心方桩的品种、规格、标记、结构尺寸和连接方式、原材料及一般要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、贮存、吊装和运输、产品合格证等。

本文件适用于抗震设防烈度 8 度（设计基本地震加速度值为 0.20g）及以下地区的工业与民用建筑物、构筑物的低承台基桩。市政、桥梁、铁路、公路、电力、港口、航道、水利等工程中使用预应力混凝土空心方桩，应符合国家相关现行标准的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 175 通用硅酸盐水泥

GB 50007 建筑地基基础设计规范

GB 50009 建筑结构荷载规范

GB 50017 钢结构设计标准

GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范

GB 50164 混凝土质量控制标准

GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准

GB/T 50010 混凝土结构设计标准

GB/T 50011 建筑抗震设计标准

GB/T 699 优质碳素结构钢

GB/T 700 碳素结构钢

GB/T 701 低碳钢热轧圆盘条

GB/T 1596-2017 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条

GB/T 5223.3 预应力混凝土用钢棒

GB/T 8110 熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝

GB/T 13476 先张法预应力混凝土管桩

GB/T 14685 建设用卵石、碎石

GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉

GB/T 18736-2017 高强高性能混凝土用矿物外加剂

GB/T 19496 钻芯检测离心高强混凝土抗压强度试验方法
GB/T 34189 免压蒸管桩硅酸盐水泥
GB/T 50046 工业建筑防腐蚀设计标准
GB 50068 建筑结构可靠性设计统一标准
GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性试验方法标准
JC/T 950-2005 预应力高强混凝土管桩用硅砂粉
JC/T 966 预应力混凝土用钢棒镦头机
JC/T 2029 预应力离心混凝土空心方桩
JC/T 2239 预应力离心混凝土空心方桩用端板
JGJ 19 冷拔低碳钢丝应用技术规程
JGJ 63 混凝土用水标准
JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准
JGJ 94 建筑桩基技术规范
JGJ 106 建筑基桩检测技术规范
JG 197 预应力混凝土空心方桩
JGJ 476 建筑工程抗浮技术标准
T/CECS 253 地基基础孔内成像检测标准
DB32/T 4285 预应力混凝土空心方桩基础技术规程
DB32/T 3916 建筑地基基础检测规程
WB/T 1117 预应力混凝土管桩物流管理服务规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 预应力混凝土空心方桩

采用钢筋骨架自动编笼技术、先张法预应力张拉工艺、混凝土布料技术（或合模泵送技术）和混凝土离心成型技术（或非离心成型技术）制成的一种外方内圆截面空心桩。

注：简称空心方桩。

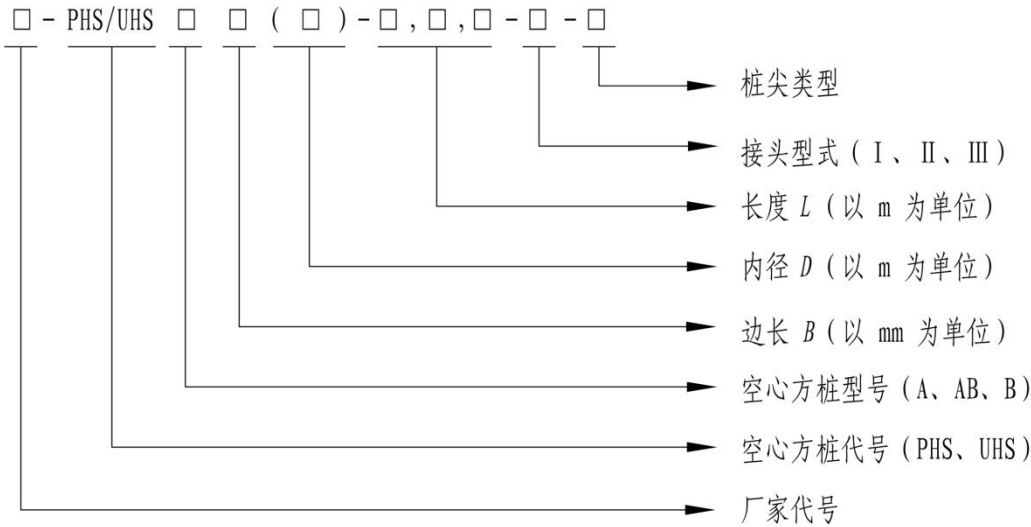
4 分类与连接

4.1 空心方桩按混凝土强度等级分为 C80 和 C105，分别为预应力高强混凝土空心方桩（代号 PHS）和预应力超高强混凝土空心方桩（代号 UHS）。

4.2 空心方桩按桩身配筋率不同可分为 A 型、AB 型和 B 型三种类型，A 型配筋率不宜低于 0.5%，AB 型配筋率不宜低于 0.6%，B 型配筋率不宜低于 0.8%。

4.3 空心方桩按其边长分为 350 mm、400 mm、450 mm、500 mm、550 mm、600 mm 等规格。

空心方桩的标记方式如下：



注：空心方桩的连接接头分为 I 型、II 型、III 型接头，除 I 型为抗压桩连接接头，其余均为抗拔桩连接接头。I 型接头为焊接连接，参见附录 B；II 型接头为燕尾楔式机械—连续四角焊接连接，参见附录 C；III 型接头为卡扣式机械连接，参见附录 D。

示例 1：边长 400 mm，内径 240 mm，总长 24 m，分 2 节，单节长度 12 m，接头采用燕尾楔式机械—连续四角焊接连接，桩尖类型为 a，混凝土强度等级为 C80 的 AB 型空心方桩的标记为：

CY-PHS AB 400(240)-12,12-II-a

示例 2：边长 400 mm，内径 240 mm，总长 36 m，分 3 节，单节长度 12 m，采用焊接连接，桩尖类型为 a，混凝土强度等级为 C105 的 AB 型空心方桩的标记为：

SH-UHS AB 400(240)-12,12,12-I-a

4.4 空心方桩的结构形式和基本几何尺寸分别符合图 1 和表 1 的规定，配筋及桩身力学性能应符合附录 A 的规定。

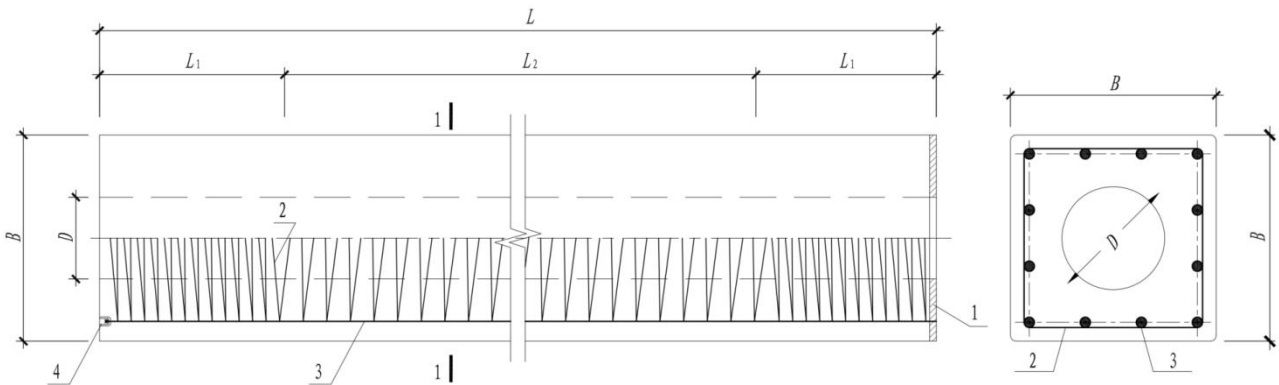


图 1 空心方桩的结构形式

标引序号和符号说明：

- 1——端板；2——螺旋筋；3——预应力钢棒；4——张拉机械套筒；
 B ——边长； D ——内径； L ——桩长； L_1 ——桩端加密区长度； L_2 ——非加密区长度。

表 1 空心方桩的基本几何尺寸

边长 <i>B</i> (mm)	内径 <i>D</i> (mm)	型号	两点钩吊单 桩长度 <i>L</i> (m)	边长 <i>B</i> (mm)	内径 <i>D</i> (mm)	型号	两点钩吊单 桩长度 <i>L</i> (m)
350	190	A	≤12	500	300	A	≤13
		AB	≤13			AB	≤14
		B	≤15			B	≤16
350	170	A	≤11	500	280	—	—
		AB	≤13			AB	≤14
		B	≤14			B	≤16
*350	150	A	≤12	*500	220	—	—
		AB	≤13			AB	≤13
		B	≤14			B	≤15
400	240	A	≤12	550	350	A	≤13
		AB	≤13			AB	≤14
		B	≤15			B	≤16
400	220	A	≤12	550	310	A	≤14
		AB	≤13			AB	≤15
		B	≤14			B	≤17
400	200	—	—	*550	250	A	≤14
		AB	≤13			AB	≤15
		B	≤14			B	≤17
*400	180	A	≤12	600	400	A	≤14
		AB	≤13			AB	≤15
		B	≤14			B	≤17
450	250	A	≤13	600	360	A	≤15
		AB	≤14			AB	≤17
		B	≤16			B	≤18
*450	200	A	≤12	*600	300	A	≤15
		AB	≤13			AB	≤16
		B	≤14			B	≤17
500	310	A	≤13	注：1 表中带“*”号的桩型为厚壁空心方桩。 2 根据工程设计需要也可生产其他规格、桩型的空心方桩。			
		AB	≤14				
		B	≤16				

4.5 多节空心方桩连接时，可采用焊接连接、机械连接或机械连接加焊接复合连接。设计宜减少接头数量，接桩宜在桩尖穿过硬土层后进行。承压空心方桩接头上下节桩端板处应采焊接，接头数量不宜超过 3 个；抗拔空心方桩机械连接接头采用机械连接加焊接复合连接方式，接头数量不宜超过 1 个，机械连接接头宜位于桩顶 10m 以下。

4.6 空心方桩桩节之间的连接方式参见附录 B ～附录 D 。

4.7 空心方桩端板的构造及参数参见附录 E 。

4.8 空心方桩桩顶与承台连接构造参见附录 F。

4.9 空心方桩桩顶张拉套筒的构造及参数参见附录 G。

4.10 空心方桩基础设计与施工，应综合考虑工程地质与水文地质条件、上部结构类型、荷载特征、施工技术条件与环境；应因地制宜，合理选择桩型和沉桩工艺，加强施工质量控制与管理。

5 原材料及一般要求

5.1 原材料

5.1.1 水泥

水泥宜选用硅酸盐水泥普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐或免压蒸管桩硅酸盐水泥，PHS 空心方桩水泥强度等级不宜低于 42.5 级，UHS 空心方桩水泥强度等级不应低于 52.5 级，其质量应符合 GB 175、GB/T 34189 的相关规定。

5.1.2 骨料

5.1.2.1 细骨料宜采用天然硬质中粗砂或机制砂，不应采用海砂。天然砂的细度模数宜为 2.5~3.2，含泥量不宜大于 1%；采用机制砂时，细度模数可为 2.5~3.5，当 MB 值不大于 1.4 或快速试验合格时，石粉含量不宜大于 5%，且泥块含量为 0.2%，当 MB 值大于 1.4 或快速试验不合格时，石粉含量不宜大于 1%，且泥块含量为 0.2%，机制砂的单级最大压碎指标不应大于 20%。细骨料中氯离子含量不应大于 0.01%，硫化物及硫酸盐含量不应大于 0.5%，其他质量应符合 GB/T 14684 中 I 类砂的规定。

5.1.2.2 粗骨料宜采用碎石或破碎的卵石，母岩强度不宜低于 120N/mm^2 ，PHS 空心方桩压碎指标不宜大于 10%，UHS 空心方桩压碎指标不宜大于 6%，坚固性指标不应大于 8%，其最大粒径不应大于 25mm，且不得超过钢筋净距的 3/4，质量应符合 GB/T 14685 中 I 类碎石的规定，且针状、片状颗粒含量不应大于 5%，含泥量不大于 0.5%，且泥块含量为 0.1%，硫化物及硫酸盐含量不大于 0.5%，PHS 空心方桩碎石的岩体抗压强度宜大于所配混凝土强度的 1.5 倍，UHS 空心方桩碎石的岩体抗压强度宜大于所配混凝土强度的 1.2 倍。

5.1.2.3 对于有抗渗、抗腐蚀或其他特殊要求的空心方桩，其所使用的骨料应符合相关标准的规定。

5.1.3 水

混凝土拌合用水的质量应符合 JGJ 63 的规定。

5.1.4 外加剂

质量应符合 GB 50119 的规定，不应使用氯盐类外加剂，宜优先采用高效减水剂。

5.1.5 掺合料

宜采用硅砂粉、矿渣微粉、粉煤灰或硅灰，硅砂粉的质量应符合 JC/T 950-2005 中表 1 的有关规定；矿渣微粉的质量不应低于 GB/T 18046-2017 表 1 中 S95 级的有关规定；粉煤灰的质量不低于 GB/T 1596-2017 中 II 级 F 类的有关规定；硅粉的质量应符合 GB/T 18736-2017 中表 1 的有关规定。当采用其他品种的掺合料时，应通过试验鉴定，确认符合空心方桩混凝土质量要求时，方可使用。

5.1.6 钢材

5.1.6.1 预应力钢筋宜采用预应力混凝土用钢棒，其质量应符合 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 1420 MPa、规定塑性延伸强度不应小于 1280 MPa、1000 h 应力松弛率不

应大于 2.0%，断后伸长率不应小于 7%。

5.1.6.2 预应力混凝土用钢棒的几何特性及理论重量符合表 2 的要求。

表 2 预应力混凝土用钢棒的几何特性及理论质量

公称直径 (mm)	公称截面积 (mm ²)	理论质量 (kg/m)
7.1	40.0	0.314
7.9	49.0	0.385
9.0	64.0	0.502
9.5	71.0	0.557
10.7	90.0	0.707
12.6	125.0	0.981

5.1.6.3 预应力钢筋的张拉采用应力、应变双向控制法，但以应力控制为主。控制应力 $\sigma_{con}=0.7f_{ptk}$ ，其中 f_{ptk} 为钢筋的抗拉强度标准值。

5.1.6.4 螺旋筋宜采用低碳钢热轧圆盘条、混凝土制品用冷拔低碳钢丝，质量应分别符合 GB/T 701、JGJ 19 的规定。

5.1.6.5 端板的材质性能应符合 JC/T 2239 的要求，桩尖及桩套箍的材质性能应符合 GB/T 700 中 Q235B 的规定，端板的结构及参数参见附录 B。

5.1.6.6 焊接可采用气体保护电弧焊、氩弧焊等形式。桩节、桩尖等制作过程中的焊缝质量不应低于二级，沉桩过程中的现场焊缝质量除注明外，均不低于二级。

5.1.6.7 钢桩尖的材质性能符合 GB/T700 中 Q235B 的规定。

5.1.6.8 机械接头连接件的材质性能应符合 GB/T 699、GB/T 700、GB/T 3077 的规定。

5.1.6.9 空心方桩用于抗拔时，机械连接接头处端板应设置锚固钢筋，锚固钢筋应采用非预应力钢筋，按桩身截面积配筋率不应小于 0.5%，并不应少于 4 根，有效长度不应小于 35 倍锚固钢筋直径。

5.2 一般要求

5.2.1 预应力钢筋及钢筋骨架的加工

5.2.1.1 钢筋应清除油污，切断前应保持平直，不应有局部弯曲，切断后端部应平整。同根超高强管 桩中钢筋长度的相对差值：长度小于或等于 15 m 时不应大于 1.5 mm，长度大于 15 m 时不应大于 2 mm。

5.2.1.2 当钢筋设置镦头时，钢筋镦头部位的强度不应低于该材料抗拉强度标准值的 90%。墩头的外形尺寸应符合 JC/T 2126.6 的相关规定，并不应有裂纹或歪斜。

5.2.1.3 空心方桩用于抗压其预应力筋配筋率不宜小于 0.5%，抗拔桩预应力筋配筋率不宜小于 0.6%。

5.2.1.4 空心方桩螺旋筋的直径不应小于表 3 的规定。螺旋箍筋间距为 80mm，每节桩两端不应小于 4B（B 为桩边长）且不小于 2000mm 长度范围内箍筋加密间距为 50mm。骨架成型后，预应力钢筋间距允许偏差为 ±5mm，螺旋筋螺距允许偏差加密区为 ±5mm，非加密区为 ±5mm。

表 3 空心方桩螺旋筋直径

空心方桩边长（mm）	螺旋箍筋直径（mm）	空心方桩边长（mm）	螺旋箍筋直径（mm）
350	4	500	5
400	4	550	5
450	5	600	6

5.2.1.5 预应力钢筋和螺旋筋焊接点的强度损失不应大于该材料抗拉强度的 5%。

5.2.2 耐久性

对于有特殊要求及腐蚀环境下的空心方桩，应对其原材料、混凝土配合比和生产工艺等相关技术进行控制，并按设计要求对混凝土保护层等采取相应措施，耐久性能指标应符合 GB/T 50046 的有关规定。

5.2.3 混凝土质量控制

制作空心方桩的混凝土质量等级宜符合 GB 50164 的规定。

5.2.4 混凝土抗压强度标准值

空心方桩脱模放张时，与空心方桩相同条件养护下混凝土立方体抗压强度标准值不得低于桩身混凝土设计强度的 75%。

6 技术要求

6.1 混凝土

6.1.1 产品出厂时，空心方桩用混凝土抗压强度不得低于其混凝土设计强度等级值。

6.1.2 预应力高强混凝土空心方桩（PHS）用混凝土强度等级不应低于 C80，预应力超高强混凝土空心方桩（UHS）用混凝土强度等级不应低于 C105 混凝土强度指标及弹性模量应按表 4 采用。

表 4 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)	轴心抗压强度设计值 f_c (N/mm ²)	轴心抗拉强度标准值 f_{tk} (N/mm ²)	轴心抗拉强度设计值 f_t (N/mm ²)	混凝土弹性模量 E_c (N/mm ²)
C80	50.2	35.9	3.11	2.22	3.80×10^4
C105	63.4	45.3	3.75	2.68	3.95×10^4

6.2 外观质量

6.2.1 桩身外表面应平整，无粘皮、麻面和蜂窝；内表面混凝土应无塌落；内外表面应无露筋；桩身合缝不应漏浆；接头和桩套箍与桩身结合面处应无漏浆、空洞和蜂窝。

6.2.2 桩身表面不应出现环向和纵向裂缝，但龟裂、水纹和壁浮浆层中的收缩裂缝不在此限。

6.2.3 空心方桩断面混凝土和预应力钢筋锚头不应高出端板面，预应力钢筋应无断筋和脱头，桩套箍凹

陷深度不应大于 10 mm。

6.3 尺寸允许偏差

空心方桩各部位的尺寸允许偏差应符合表 5 的规定。

表 5 空心方桩尺寸允许偏差 (mm)

序号	项目	允许偏差
1	桩段长度 L	$+0.5\% L, -0.5\% L$
2	端部倾斜	$\leq 0.5\% B$
3	边长 B	$+4, -2$
4	内径 D	$0, -20$
5	最小壁厚 t	$+10, 0$
6	保护层厚度	$+5, 0$
7	端板端面平面度	≤ 0.5
8	桩身弯曲度	$\leq L / 1000$
9	($B \leq 400\text{mm}$) 张拉螺栓孔深	$+5, 0$

6.4 保护层厚度

空心方桩最外层钢筋的保护层厚度不应小于 35mm；用于特殊要求环境时，保护层厚度应符合相关标准或规程的要求。

6.5 机械连接件

机械连接件现场抽检项应包括极限抗拉强度试验、加工和安装质量检验。机械连接接头按照同规格连续生产 500 件为一个批次，不足 500 件的按照一批次计算。每个批次抽取 3 件做极限抗拉试验。相关判定要求及检验批次扩大的情况按 JGJ 107 的规定执行。

6.6 抗弯性能

6.6.1 空心方桩的抗弯性能指标不应低于附录 A 的规定。

6.6.2 空心方桩接头处极限弯矩不应低于桩身极限弯矩。

6.7 桩身力学性能计算

空心方桩的桩身力学性能计算方法参见附录 J。

7 试验方法

7.1 混凝土抗压强度

7.1.1 混凝土拌合物应在搅拌站（楼）或喂料工序中随机抽取，制作的试件尺寸应符合 GB/T 50107 的规定，并与空心方桩同条件养护。

7.1.2 每拌制 100 盘或一个工作班拌制的同配合比混凝土不足 100 盘时按以下方法操作。

a) 采用免压蒸工艺的空心方桩，应制作 4 组及以上标准试件。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，一组试件检验空心方桩出厂时的混凝土抗压强度，其余组备用。

b) 采用压蒸养护工艺的空心方桩，应制作 4 组及以上标准试件。其中：一组试件检验预应力钢筋放张时混凝土抗压强度，一组试件检验出釜后 1d 的混凝土抗压强度，一组试件检验空心方桩出厂时的混凝土抗压强度，其余组备用。

7.1.3 检验预应力钢筋放张时混凝土抗压强度的试件，拆模后进行混凝土抗压强度检验。

7.1.4 检验空心方桩混凝土强度等级的试件，拆模后放入标准养护室养护至 28d 进行混凝土抗压强度检验。

7.1.5 检验出厂强度的试件，拆模后与空心方桩同条件养护，空心方桩出厂时进行混凝土抗压强度检验。

7.1.6 混凝土抗压强度试验方法应符合 GB/T 50081 的有关规定。

7.1.7 混凝土耐久性试验方法应符合 GB/T 50082 的有关规定。

7.2 外观质量

外观质量的检测工具和检测方法见表 6。

表 6 外观质量的检测工具和检测方法

序号	项目		检测工具与检测方法	测量工具 分度值
1	粘皮和麻面		目测	—
2	桩身合缝漏浆		用深度游标卡尺测量漏浆深度，精确至 0.1	0.02
			用钢卷尺测量漏浆长度，精确至 1	1
3	混凝土局部磕损		目测	—
4	内外表面露筋		目测	—
5	表面裂缝		用 20 倍读数放大镜测量，精确至 0.01	0.01
6	桩端面平整度		用钢直尺立起横放在端板面上缓慢旋转，用塞尺测量最大间隙，精确至 0.1	0.02
7	断筋、脱头		目测	—
8	内表面混凝土塌落		目测	—
9	桩与端板结合面	漏浆	用深度游标卡尺测量漏浆深度，精确至 0.1	0.02
			用钢卷尺测量漏浆长度，精确至 1	1
		空洞和蜂窝	目测	—

7.3 尺寸偏差

外观质量和尺寸允许偏差的检查工具与方法见表 7，其中端板的厚度、外观质量和尺寸允许偏差检测按 JC/T 947 的有关规定执行。

表 7 尺寸允许偏差的检查工具与方法

序号	检查项目	检查工具和方法	测量工具 分度值/mm
1	长度 L	用钢卷尺测量，精确至 1mm	1
2	桩端部倾斜	将直角靠尺的一边紧靠桩身，另一边与端板紧靠，测其最大间隙处，精确至 1mm	0.5
3	边长 B	用卡尺或钢直尺在同一断面测定相互垂直的两边长，取其平均值，精确至 1mm	1
4	内径 D	用卡尺或钢直尺在同一断面相互垂直的方向测定两处内径，取其平均值，精确至 1mm	1
5	最小壁厚 t	用卡尺或钢直尺在同一断面最小壁厚相互垂直处测其壁厚，取其平均值，精确至 1mm	0.5
6	保护层厚度	用深度游标卡尺在空心方桩中部同一断面的两处不同部位测量，精确至 0.1mm	0.05
7	桩身弯曲度	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，精确至 1mm	0.5
8	B≤400mm，张拉螺栓孔深超过端板厚度	用钢卷尺垂直插入张拉螺栓孔测量，精确至 1mm	0.5
9	端板端面平面度	用钢直尺立起横放，在端板面上缓慢旋转，用塞尺测量最大间隙，精确到 0.1mm	0.02

7.4 抗弯试验

7.4.1 空心方桩抗弯试验方法应参照《预应力混凝土空心方桩》JG/T 197 附录 B 执行。当加载至附录 A 中的开裂弯矩时，预应力混凝土空心方桩桩身不应出现裂缝。

7.4.2 当加载至附录 A 中的极限弯矩时，空心方桩不应出现下列任何一种情况：

- a) 受拉区混凝土受力裂缝宽度达到 1.5mm；
- b) 受拉钢筋被拉断；
- c) 受压区混凝土破坏。

7.4.3 空心方桩机械连接接头抗弯性能应按《预应力混凝土空心方桩基础技术规程》DB32/T 4285 第 4.3.3 条文执行。空心方桩机械接头抗弯性能的弯矩检测值按桩身受弯承载力设计值的 1.0 倍取值。

7.5 抗剪试验

7.5.1 空心方桩抗剪性能试验方法应参照《预应力混凝土空心方桩》JG/T 197 附录 C 执行。

7.5.2 空心方桩机械连接接头抗剪性能应按《预应力混凝土空心方桩基础技术规程》DB32/T 4285 第 4.3.3 条文执行。抗拔空心方桩机械接头抗剪性能的受剪设计值按桩身受剪承载力设计值的 1.1 倍取值。

7.6 抗拉试验

7.6.1 空心方桩不做单节桩抗拉性能试验。

7.6.2 机械连接接头的抗拔空心方桩抗拉性能试验方法应参照《预应力混凝土空心方桩基础技术规程》DB32/T 4285 附录 L 执行，其机械连接接头的抗拉性能应按《预应力混凝土空心方桩基础技术规程》DB32/T 4285 第 4.3.3 条文执行。抗拔空心方桩机械接头抗拉性能的受拉设计值按桩身受拉承载力设计值的 1.25

倍取值。

7.7 混凝土保护层厚度

7.7.1 混凝土保护层厚度的检测可采用下列方法，当进行仲裁或发生争议时以破损法测量为准：

a) 破损法：用分度值为 0.1mm 的深度游标卡尺或钢直尺在空心方桩中部与桩身轴线相垂直的同一截面上均匀分布的 3 处不同部位测量，精确至 1mm；

b) 非破损法：用分度值为 1mm 的混凝土保护层测定仪在空心方桩中部与桩身轴线相垂直的同一圆周上均匀分布的 3 处不同部位测量，精确至 1mm。

7.7.2 仲裁方法为破损法。

8 检验规则

8.1 检验分类

检验分出厂检验和型式检验。

8.2 出厂检验

8.2.1 检验项目

检验项目包括混凝土抗压强度、外观质量、尺寸允许偏差和开裂弯矩。

8.2.2 批量和抽样

8.2.2.1 混凝土抗压强度

批量和抽样 GB/T 50107 的有关规定执行。

8.2.2.2 外观质量和尺寸偏差

以同品种、同规格、同型号的空心方桩连续生产 300000 m 为一批，但在三个月内生产总数不足 300000 m 时仍作为一批，随机抽取 10 根进行检验。

8.2.2.3 开裂弯矩

在外观质量和尺寸允许偏差检验合格的同批次抽样产品中随机抽取 2 根进行开裂弯矩的检验。

8.2.3 判定规则

8.2.3.1 混凝土抗压强度

检查同批次空心方桩用混凝土抗压强度检验的原始记录，评定按 GB/T 50107 的有关规定执行。

8.2.3.2 外观质量

若抽取的 10 根空心方桩全部符合 6.2 的规定，则判外观质量为合格；若有 3 根及以上不符合 6.2 的规定，则判外观质量为不合格；若有 2 根或 1 根不符合 6.2 的规定，应从同批产品中再抽取 20 根进行复

验，复验产品全部符合 6.2 的规定，则去除之前的不合格品，判外观质量为合格，若仍有 1 根不符合 6.2 的规定，则判外观质量为不合格。

8.2.3.3 尺寸偏差

若抽取的 10 根空心方桩全部符合 6.3 的规定，则判尺寸偏差为合格；若有 3 根及以上不符合 6.3 的规定，则判尺寸偏差为不合格；若有 2 根或 1 根不符合 6.3 的规定，应从同批产品中再抽取 20 根进行复验，复验产品全部符合 6.3 的规定，则去除之前的不合格品，判尺寸偏差为合格，若仍有 1 根不符合 6.3 的规定，则判尺寸偏差为不合格。

8.2.3.4 开裂弯矩

若所抽 2 根全部符合 7.4.1 条的规定，则判开裂弯矩合格；若所抽 2 根全部不符合 7.4.1 条的规定，则判开裂弯矩为不合格；若有 1 根不符合 7.4.1 条的规定，应从同批产品中再抽取 4 根进行复验，复验结果全部符合 7.4.1 条的规定，则去除之前的不合格品，判开裂弯矩合格，若复验结果仍有 1 根不符合 7.4.1 条的规定，则判开裂弯矩不合格。

8.2.3.5 总判定

混凝土抗压强度、外观质量、尺寸允许偏差、开裂弯矩全部合格，则判该批产品为合格，否则判为不合格。

8.3 型式检验

8.3.1 检验条件

有下列情况之一时均应进行型式检验：

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

8.3.2 检验项目

混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差、抗弯性能、混凝土保护层。必要时由双方协商，还可增加试验项目。

注：如无特殊要求，空心方桩接头处的抗弯性能可以不检验。

8.3.3 批量和抽样

8.3.3.1 混凝土抗压强度

随机抽取受检批空心方桩用混凝土抗压强度检验的原始记录。

8.3.3.2 外观质量和尺寸偏差

以同品种、同规格、同型号、连续生产的 300000 m 出厂检验合格产品为一批，但 3 个月内连续生产总量不足 300000 m 时仍可作为一批。在受检批中随机抽取 10 根进行外观质量和尺寸允许偏差的检验。

8.3.3.3 抗弯性能

在外观质量和尺寸偏差检验合格的同批次抽样产品中随机抽取 2 根进行抗弯性能的检验。

8.3.3.4 混凝土保护层

在抗弯性能试验用的抽样产品中随机抽取 1 根进行混凝土保护层厚度的检验。采用破损法检验时，在抗弯性能试验完成后进行。

8.3.4 判定规则

8.3.4.1 混凝土抗压强度

检查受检批空心方桩用混凝土抗压强度检验的原始记录，评定按 GB/T 50107 的有关规定执行。

8.3.4.2 外观质量

若抽取的 10 根空心方桩全部符合 6.2 的规定，则判外观质量为合格；若有 3 根及以上不符合 6.2 的规定，则判外观质量为不合格；若有 2 根或 1 根不符合 6.2 的规定，应从同批产品中再抽取 20 根进行复验，复验产品全部符合 6.2 的规定，则去除之前的不合格品，判外观质量为合格，若仍有 1 根不符合 6.2 的规定，则判外观质量为不合格。

8.3.4.3 尺寸偏差

若抽取的 10 根空心方桩全部符合 6.3 的规定，则判尺寸偏差为合格；若有 3 根及以上不符合 6.3 的规定，则判尺寸偏差为不合格；若有 2 根或 1 根不符合 6.3 的规定，应从同批产品中再抽取 20 根进行复验，复验产品全部符合 6.3 的规定，则去除之前的不合格品，判尺寸偏差为合格，若仍有 1 根不符合 6.3 的规定，则判尺寸偏差为不合格。

8.3.4.4 抗弯性能

若所抽 2 根全部符合 7.4.1 和 7.4.2 的规定，则判抗弯性能合格；若所抽 2 根全部不符合 7.4.1 和 7.4.2 的规定，则判抗弯性能为不合格，且不应复检；若有 1 根不符合 7.4.1 和 7.4.2 的规定，应从同批产品中再抽取 4 根进行复验，复验结果全部符合 7.4.1 和 7.4.2 的规定，则去除之前不合格品，判抗弯性能合格，若仍有 1 根不符合 7.4.1 和 7.4.2 的规定，则判抗弯性能不合格。

8.3.4.5 混凝土保护层

若所抽 1 根中有 8 个及以上数值符合 6.4 的规定，则判混凝土保护层厚度为合格；若所抽 1 根中的有 3 个数值不符合 6.4 的规定，则判混凝土保护层厚度为不合格且不应复检，若有 2 个数值不符合 6.4 的规

定，应从同批产品中再抽取 2 根进行复验结果全部符合 6.4 的规定，则去除之前的不合格品，判混凝土保护层厚度为合格，若仍有 1 根不符合 6.4 的规定，则判混凝土保护层厚度不合格。

8.3.4.6 总判定

混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差、抗弯性能和混凝土保护层厚度全部合格，则判该批产品为合格，否则判为不合格。

9 标志

9.1 产品标志应位于距端头 1000mm~1500mm 处的空心方桩外表面。

9.2 产品出厂时，附有产品合格证，产品合格证应包括下列内容：

- a) 合格证编号；
- b) 本标准编号；
- c) 空心方桩规格、长度及内径；
- d) 混凝土抗压强度；
- e) 外观质量、尺寸偏差；
- f) 抗弯性能；
- g) 空心方桩编号；
- h) 制造厂厂名、制造日期、出厂日期；
- i) 检验员签名或盖章（可用检验员代号表示）。

10 贮存和运输

10.1 贮存

10.1.1 空心方桩贮存场地应坚实平整。

10.1.2 空心方桩堆放时，长度不大于 15m 的空心方桩，最下层宜按图 2 所示的两支点位置放在垫木上；长度大于 15m 的空心方桩及拼接桩，最下层应采用多支垫堆放，垫木应均匀放置且在同一水平面上，各层间的垫木应上下对齐材质一致。

注：若堆场地基经过加固处理，也可以采用着地平放。

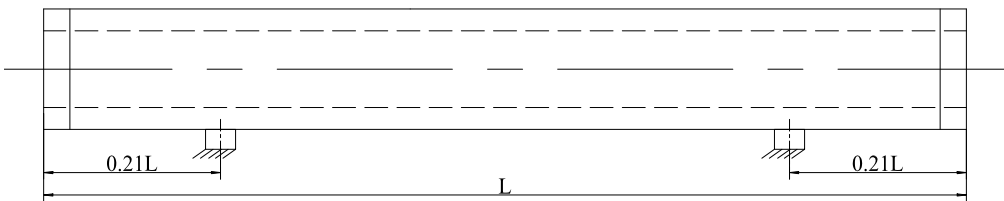


图 2 两支点法位置

10.1.3 空心方桩应按规格、类型、型号、长度分别堆放，堆放过程中应采用可靠的防滑、防滚等安全措施。堆放层数不宜超过表 8 的规定。

表 8 空心方桩堆放层数

空方边长/mm	350	400	450	500	550	600
堆放层数	≤7	≤6	≤6	≤5	≤5	≤4

10.2 吊装

10.2.1 长度不大于 15m 时，宜采用两点吊（见图 3）或两端钩吊法。

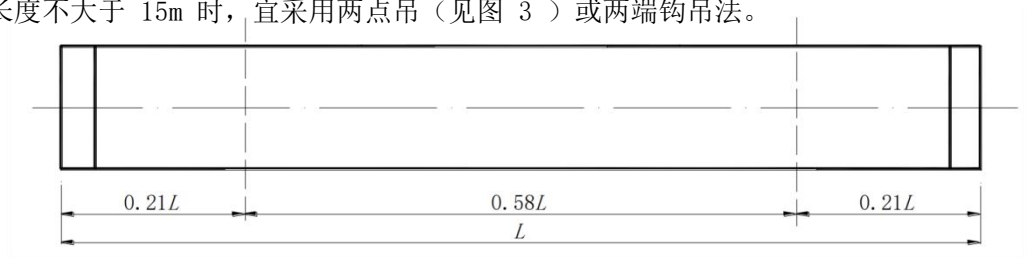


图 3 两点吊吊点位置示意图

10.2.2 长度大于 15m 且小于 30m 的空心方桩或拼接桩，应按图 4 采用四点吊。

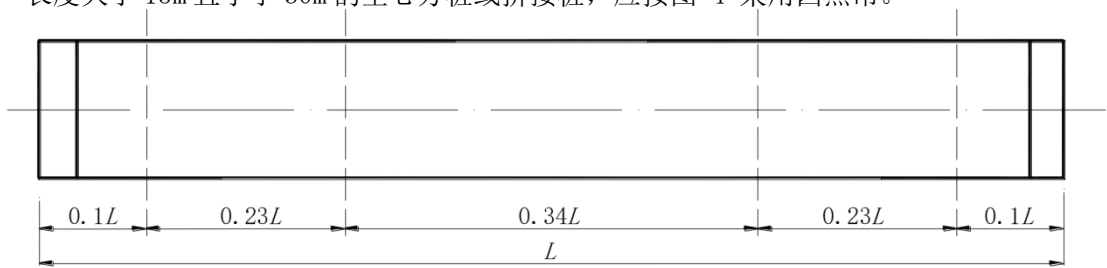


图 4 四点吊吊点位置示意图

10.2.3 长度大于 30m 的空心方桩或拼接桩，应采用多点吊，吊点位置应另行验算。

10.2.4 吊点位置应符合设计要求，允许偏差为±200mm。除两端钩吊外，吊索应与空心方桩纵轴线垂直。

10.2.5 空心方桩装卸应轻起轻放，严禁抛掷、碰撞、滚落。

10.3 运输

10.3.1 空心方桩吊运应符合 10.2 的规定。

10.3.2 空心方桩在运输过程中的支撑要求应符合 10.1.2 的规定，各层间也应设置垫木，垫木应上下对齐材质一致，同层垫木应保持同一平面。

10.3.3 空心方桩运输过程中应采用可靠的防滑、防滚等安全措施。

附 录 A

(规范性附录)

桩身力学性能参数表

表 A.1 预应力高强混凝土空心方桩（PHS）配筋及力学性能表

边长 B (mm)	内径 D (mm)	单节 长度 L (m)	型号	预应力钢筋 数量及直径	螺旋筋 规格	混凝土 有效预压 应力 σ_{pc} (N/mm ²)	开裂弯矩 M_{cr} (kN · m)	受弯 承载力 设计值 M (kN · m)	受弯 承载力 检验值 M_u (kN · m)	桩身竖向 受压承载 力设计值 R_p (kN)	桩身竖向 受拉承载 力设计值 N_l (kN)	钢筋墩头 确定的 受拉承载 力设计值 N_{py} (kN)	一般环境 桩身竖向 受拉承载 力检验值 N_u (kN)	桩身结构 受剪承载 力设计值 V (kN)	两端钩吊 单节桩 最大桩长 (m)	理论 质量 (kg/m)
350	190	5 ~ 16	A	12 Φ^D 7.1	Φ^b 4	4.23	58	63	85	2197	—	—	—	133 (113)	≤ 12	240
			AB	12 Φ^D 9.0		6.54	75	101	136		637	695	940	144 (113)	≤ 13	
			B	12 Φ^D 10.7		8.88	93	142	191		877	977	1184	155 (113)	≤ 15	
350	170	5 ~ 16	A	12 Φ^D 7.1	Φ^b 4	4.00	58	63	85	2329	—	—	—	142 (122)	≤ 11	255
			AB	12 Φ^D 9.0		6.20	74	101	136		639	695	960	153 (122)	≤ 13	
			B	12 Φ^D 10.7		8.43	91	142	191		881	977	1205	164 (122)	≤ 14	
*350	150	5 ~ 16	A	12 Φ^D 7.9	Φ^b 4	4.62	63	77	104	2446	—	—	—	155 (130)	≤ 12	267
			AB	12 Φ^D 9.0		5.93	73	101	136		641	695	977	162 (130)	≤ 13	
			B	12 Φ^D 10.7		8.07	90	142	191		884	977	1224	173 (130)	≤ 14	
400	240	5 ~ 17	A	12 Φ^D 7.9	Φ^b 4	4.25	85	92	124	2678	—	—	—	159 (134)	≤ 12	293
			AB	12 Φ^D 9.0		5.45	98	120	162		644	695	1011	166 (134)	≤ 13	
			B	12 Φ^D 10.7		7.44	119	169	228		889	977	1260	177 (134)	≤ 15	
400	220	5 ~ 17	A	12 Φ^D 7.9	Φ^b 4	4.01	85	92	124	2847	—	—	—	169 (144)	≤ 12	311
			AB	12 Φ^D 9.0		5.15	97	120	162		645	695	1035	176 (144)	≤ 13	
			B	12 Φ^D 10.7		7.05	118	169	228		892	977	1286	187 (144)	≤ 14	

续表A. 1

边长 B (mm)	内径 D (mm)	单节 长度 L (m)	型号	预应力钢筋 数量及直径	螺旋筋 规格	混凝土 有效预压 应力 σ_{pc} (N/mm ²)	开裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	受弯 承载力 设计值 M (kN·m)	受弯 承载力 检验值 M_u (kN·m)	桩身竖向 受压承载 力设计值 R_p (kN)	桩身竖向 受拉承载 力设计值 N_t (kN)	钢筋墩头 确定的 受拉承载 力设计值 N_{py} (kN)	一般环境 桩身竖向 受拉承载 力检验值 N (kN)	桩身结构 受剪承载 力设计值 V (kN)	两端钩吊 单节桩 最大桩长 (m)	理论 质量 (kg/m)
400	200	5~17	AB	12 Φ^D 9.0	$\Phi^b 4$	4.90	96	120	162	3001	647	695	1057	186 (154)	≤ 13	328
			B	12 Φ^D 10.7		6.72	116	169	228		895	977	1309	198 (154)	≤ 14	
*400	180	5~17	A	12 Φ^D 9.0	$\Phi^b 4$	4.70	95	120	162	3140	—	—	—	196 (164)	≤ 12	343
			AB	12 Φ^D 10.7		6.44	115	169	228		897	977	1330	208 (164)	≤ 13	
			B	12 Φ^D 12.6		8.66	141	234	316		1211	1357	1659	223 (164)	≤ 14	
450	250	5~17	A	12 Φ^D 9.0	$\Phi^b 5$	4.16	122	138	186	3580	—	—	—	232 (200)	≤ 13	391
			AB	12 Φ^D 10.7		5.71	147	194	262		903	977	1394	243 (200)	≤ 14	
			B	12 Φ^D 12.6		7.70	178	269	363		1211	1357	1728	259 (200)	≤ 16	
*450	200	5~17	A	12 Φ^D 9.5	$\Phi^b 5$	4.13	127	153	206	3992	—	—	—	263 (228)	≤ 12	436
			AB	12 Φ^D 10.7		5.16	143	194	262		907	977	1454	272 (228)	≤ 13	
			B	12 Φ^D 12.6		6.98	173	269	363		1211	1357	1791	288 (228)	≤ 14	
500	310	5~17	A	12 Φ^D 9.5	$\Phi^b 5$	4.06	161	174	235	4072	—	—	—	257 (228)	≤ 13	445
			AB	12 Φ^D 10.7		5.07	181	221	298		908	977	1465	266 (228)	≤ 14	
			B	12 Φ^D 12.6		6.86	219	307	414		1211	1357	1804	281 (228)	≤ 16	
500	300	5~17	A	12 Φ^D 9.5	$\Phi^b 5$	3.96	160	174	235	4184	—	—	—	263 (228)	≤ 13	457
			AB	12 Φ^D 10.7		4.94	181	221	298		909	977	1481	272 (228)	≤ 14	
			B	12 Φ^D 12.6		6.69	218	307	414		1211	1357	1820	288 (228)	≤ 16	
500	280	5~17	AB	12 Φ^D 10.7	$\Phi^b 5$	4.72	180	221	298	4397	911	977	1511	285 (240)	≤ 14	481
			B	12 Φ^D 12.6		6.40	216	307	414		1211	1357	1852	301 (240)	≤ 16	
*500	220	5~17	A	12 Φ^D 10.7	$\Phi^b 5$	4.22	176	221	298	4947	—	—	—	324 (279)	≤ 13	541
			AB	12 Φ^D 12.6		5.74	210	307	414		1211	1357	1933	340 (279)	≤ 15	

续表A. 1

边长 B (mm)	内径 D (mm)	单节 长度 L (m)	型号	预应力钢筋 数量及直径	螺旋筋 规格	混凝土 有效预压 应力 σ_{pc} (N/mm ²)	开裂弯矩 M_{cr} (kN · m)	受弯 承载力 设计值 M (kN · m)	受弯 承载力 检验值 M_u (kN · m)	桩身竖向 受压承载 力设计值 R_p (kN)	桩身竖向 受拉承载 力设计值 N_1 (kN)	钢筋墩头 确定的 受拉承载 力设计值 N_{py} (kN)	一般环境 桩身竖向 受拉承载 力检验值 N_u (kN)	桩身结构 受剪承载 力设计值 V (kN)	两端钩吊 单节桩 最大桩长 (m)	理论 质量 (kg/m)
550	350	5 ~ 17	A	16 Φ^D 9.0	$\Phi^b 5$	4.12	213	235	317	4814	—	—	—	299 (256)	≤ 13	526
			AB	16 Φ^D 10.7		5.67	255	331	446		1204	1302	1865	315 (256)	≤ 14	
			B	16 Φ^D 12.6		7.65	310	459	620		1615	1809	2311	335 (256)	≤ 16	
550	310	5 ~ 17	A	16 Φ^D 9.5	$\Phi^b 5$	4.15	223	235	317	5298	—	—	—	332 (285)	≤ 14	579
			AB	16 Φ^D 10.7		5.19	252	331	446		1209	1302	1935	344 (285)	≤ 15	
			B	16 Φ^D 12.6		7.01	305	459	620		1615	1809	2385	364 (285)	≤ 17	
*550	250	5 ~ 17	A	20 Φ^D 9.0	$\Phi^b 5$	4.19	233	294	397	5913	—	—	—	380 (327)	≤ 14	646
			AB	20 Φ^D 10.7		5.76	279	413	558		1504	1628	2316	400 (327)	≤ 15	
			B	20 Φ^D 12.6		7.77	340	574	775		2019	2261	2872	426 (327)	≤ 17	
600	400	5 ~ 17	A	20 Φ^D 9.0	$\Phi^b 6$	4.51	284	326	440	5468	—	—	—	375 (322)	≤ 14	598
			AB	20 Φ^D 10.7		6.19	342	459	619		1498	1628	2251	394 (322)	≤ 15	
			B	20 Φ^D 12.6		8.33	418	624	842		2019	2261	2802	419 (322)	≤ 17	
600	360	5 ~ 18	A	20 Φ^D 9.0	$\Phi^b 6$	4.12	283	326	440	6025	—	—	—	406 (353)	≤ 15	659
			AB	20 Φ^D 10.7		5.66	339	459	619		1505	1628	2332	426 (353)	≤ 17	
			B	20 Φ^D 12.6		7.64	412	624	842		2019	2261	2890	452 (353)	≤ 18	
*600	300	5 ~ 17	A	20 Φ^D 9.5	$\Phi^b 6$	4.08	294	326	488	6751	—	—	—	459 (400)	≤ 15	738
			AB	20 Φ^D 10.7		5.09	333	459	619		1513	1628	2437	474 (400)	≤ 16	
			B	20 Φ^D 12.6		6.89	402	637	860		2019	2261	3000	500 (400)	≤ 17	

注：1 表中桩身竖向受压承载力设计值未考虑桩身压屈影响；桩身竖向受压承载力设计值对应的竖向受压承载力特征值，本图集取 $R_a=R_p/1.45$ 。
2 桩身结构受拉承载力设计值对应的竖向受拉承载力特征值，本图集取 $N_k=N_1/1.35$ （仅考虑水浮力的影响，其他情况由设计人员根据实际情况选用）。

表 A.2 预应力超高强混凝土空心方桩（UHS）配筋及力学性能表

边长 B (mm)	内径 D (mm)	单节 长度 L (m)	型号	预应力钢筋 数量及直径	螺旋筋 规格	混凝土 有效预压 应力 σ_{pc} (N/mm ²)	开裂弯矩 M_{cr} (kN · m)	受弯 承载力 设计值 M (kN · m)	受弯 承载力 检验值 M_u (kN · m)	桩身竖向 受压承载 力设计值 R_p (kN)	桩身竖向 受拉承载 力设计值 N_t (kN)	钢筋墩头 确定的 受拉承载 力设计值 N_{py} (kN)	一般环境 桩身竖向 受拉承载 力检验值 N_u (kN)	桩身结构 受剪承载 力设计值 V (kN)	两端钩吊 单节桩 最大桩长 (m)	理论 质量 (kg/m)
350	190	5 ~ 16	A	12 Φ^D 7.1	Φ^b 4	4.23	64	63	85	2772	—	—	—	151 (131)	≤ 12	240
			AB	12 Φ^D 9.0		6.55	82	101	136		637	695	1002	162 (131)	≤ 13	
			B	12 Φ^D 10.7		8.90	99	142	191		877	977	1246	173 (131)	≤ 15	
350	170	5 ~ 16	A	12 Φ^D 7.1	Φ^b 4	4.00	64	63	85	2939	—	—	—	161 (141)	≤ 12	255
			AB	12 Φ^D 9.0		6.21	81	101	136		639	695	1025	172 (141)	≤ 13	
			B	12 Φ^D 10.7		8.45	97	142	191		880	977	1271	183 (141)	≤ 14	
400	240	5 ~ 17	A	12 Φ^D 7.9	Φ^b 4	4.25	94	92	124	3379	—	—	—	180 (155)	≤ 12	293
			AB	12 Φ^D 9.0		5.46	106	120	162		643	695	1086	187 (155)	≤ 13	
			B	12 Φ^D 10.7		7.46	128	169	228		889	977	1335	198 (155)	≤ 15	
400	220	5 ~ 17	A	12 Φ^D 7.9	Φ^b 4	4.01	93	92	124	3592	—	—	—	192 (167)	≤ 12	311
			AB	12 Φ^D 9.0		5.16	106	120	162		645	695	1114	199 (167)	≤ 13	
			B	12 Φ^D 10.7		7.06	127	169	228		892	977	1366	210 (167)	≤ 14	
400	200	5 ~ 17	AB	12 Φ^D 9.0	Φ^b 4	4.91	105	120	162	3786	647	695	1141	211 (179)	≤ 13	328
			B	12 Φ^D 10.7		6.73	126	169	228		895	977	1393	223 (179)	≤ 14	
450	250	5 ~ 17	A	12 Φ^D 9.0	Φ^b 5	4.16	135	138	186	4517	—	—	—	261 (229)	≤ 13	391
			AB	12 Φ^D 10.7		5.72	159	194	262		903	977	1495	273 (229)	≤ 14	
			B	12 Φ^D 12.6		7.72	191	269	363		1211	1357	1829	288 (229)	≤ 16	
500	310	5 ~ 17	A	12 Φ^D 9.5	Φ^b 5	4.06	177	174	235	5139	—	—	—	289 (253)	≤ 13	445
			AB	12 Φ^D 10.7		5.08	198	221	298		908	977	1579	298 (253)	≤ 14	
			B	12 Φ^D 12.6		6.87	235	307	414		1211	1357	1918	313 (253)	≤ 16	

续表A. 2

边长 B (mm)	内径 D (mm)	单节 长度 L (m)	型号	预应力钢筋 数量及直径	螺旋筋 规格	混凝土 有效预压 应力 σ_{pc} (N/mm ²)	开裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	受弯 承载力 设计值 M (kN·m)	受弯 承载力 检验值 M_u (kN·m)	桩身竖向 受压承载 力设计值 R_p (kN)	桩身竖向 受拉承载 力设计值 N_l (kN)	钢筋墩头 确定的 受拉承载 力设计值 N_{py} (kN)	一般环境 桩身竖向 受拉承载 力检验值 N_u (kN)	桩身结构 受剪承载 力设计值 V (kN)	两端钩吊 单节桩 最大桩长 (m)	理论 质量 (kg/m)
500	300	5~17	A	12 Φ^D 9.5	$\Phi^b 5$	3.96	177	174	235	5280	—	—	—	296(261)	≤13	457
			AB	12 Φ^D 10.7		4.95	198	221	298		909	977	1598	305(261)	≤14	
			B	12 Φ^D 12.6		6.70	235	307	414		1211	1357	1938	321(261)	≤16	
500	280	5~17	AB	12 Φ^D 10.7	$\Phi^b 5$	4.72	197	221	298	5548	911	977	1634	321(276)	≤14	481
			B	12 Φ^D 12.6		6.41	233	307	414		1211	1357	1976	337(276)	≤16	
550	350	5~17	A	16 Φ^D 9.0	$\Phi^b 5$	4.13	235	235	317	6074	—	—	—	337(294)	≤13	526
			AB	16 Φ^D 10.7		5.68	277	331	446		1204	1302	2000	353(294)	≤14	
			B	16 Φ^D 12.6		7.66	332	459	620		1615	1809	2446	373(294)	≤16	
550	310	5~17	A	16 Φ^D 9.5	$\Phi^b 5$	4.16	246	261	352	6685	—	—	—	376(328)	≤14	579
			AB	16 Φ^D 10.7		5.19	275	331	446		1209	1302	2083	387(328)	≤15	
			B	16 Φ^D 12.6		7.03	328	459	620		1615	1809	2534	408(328)	≤17	
600	400	5~17	A	20 Φ^D 9.0	$\Phi^b 6$	4.52	312	326	440	6900	—	—	—	417(364)	≤14	598
			AB	20 Φ^D 10.7		6.20	370	459	619		1498	1628	2404	437(364)	≤15	
			B	20 Φ^D 12.6		8.34	446	645	870		2019	2261	2957	462(364)	≤17	
600	360	5~18	A	20 Φ^D 9.0	$\Phi^b 6$	4.12	312	326	440	7603	—	—	—	455(402)	≤16	659
			AB	20 Φ^D 10.7		5.67	368	459	619		1505	1628	2501	475(402)	≤17	
			B	20 Φ^D 12.6		7.65	442	644	870		2019	2261	3060	501(402)	≤18	

注：1 表中桩身竖向受压承载力设计值未考虑桩身压屈影响；桩身竖向受压承载力设计值对应的竖向受压承载力特征值，本图集取 $R_a=R_p/1.45$ 。
2 桩身结构受拉承载力设计值对应的竖向受拉承载力特征值，本图集取 $N_k=N_l/1.35$ （仅考虑水浮力的影响，其他情况由设计人员根据实际情况选用）。

附 录 B

(资料性附录)

接桩处连接结构—I 型接头

B.1 承压空心方桩上下节桩采用端板焊接连接，接头处连接详见图B.1。

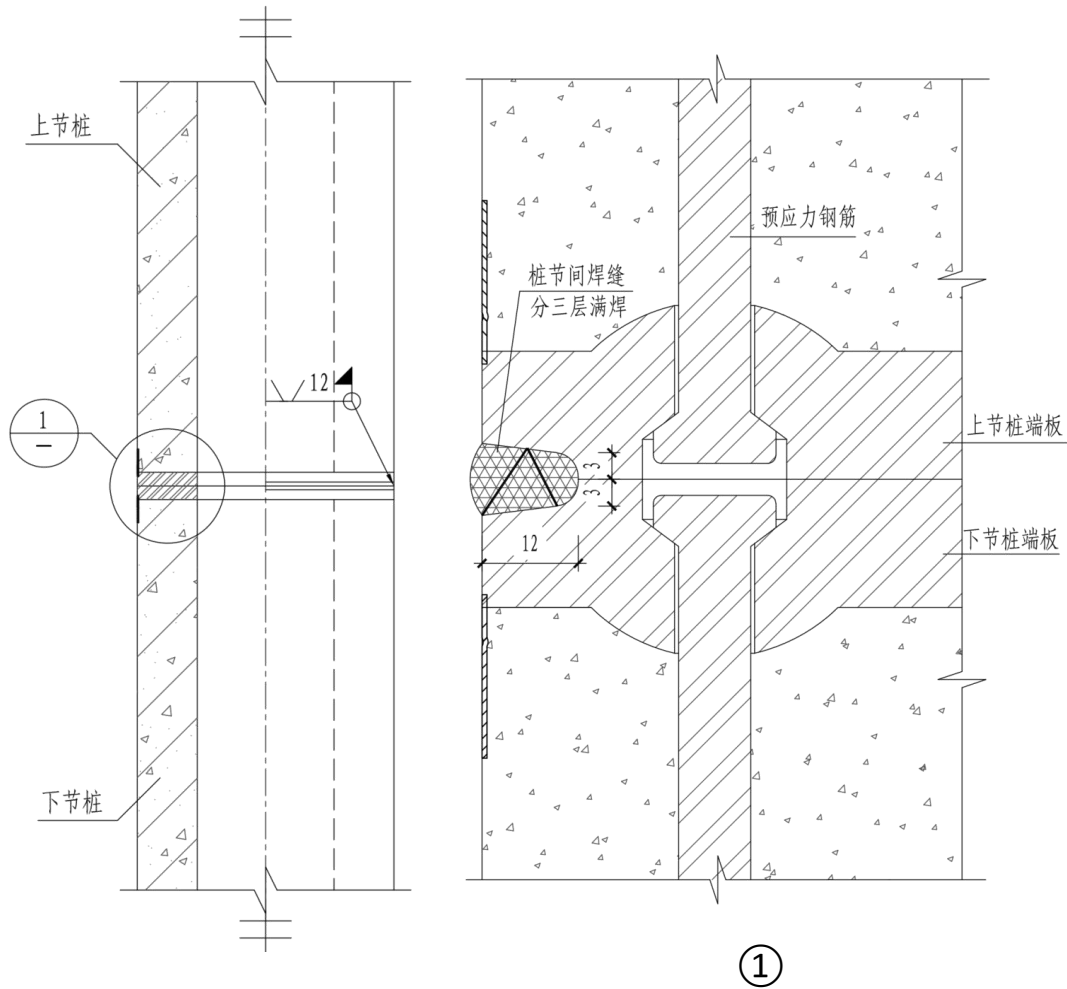


图 B.1 承压空心方桩接桩详图

附录 C

(资料性附录)

接桩处连接结构—II 型接头

C.1 抗拔空心方桩上下节桩采用燕尾楔式机械连接加端板焊接连接，接头处连接详见图C. 1。

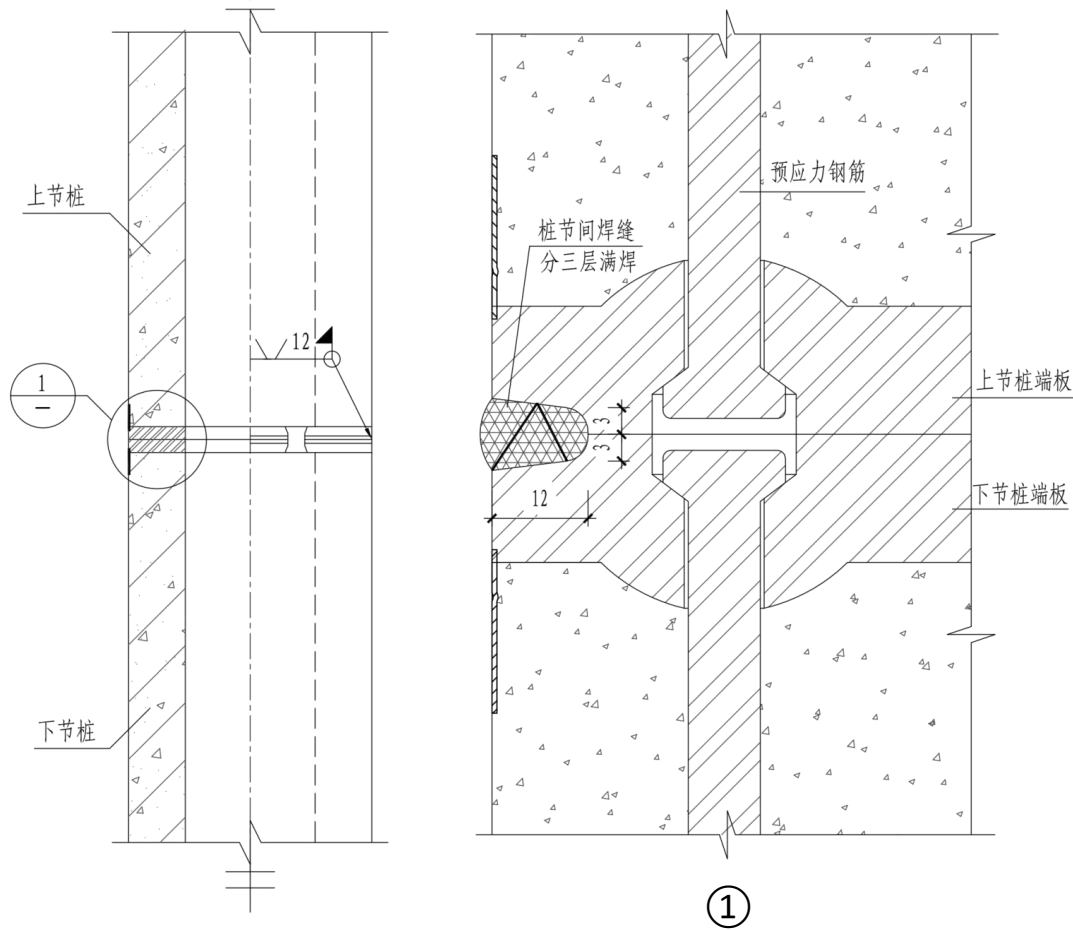


图 C.1 抗拔空心方桩燕尾楔式机械连接接桩详图

C.2 机械连接用燕尾楔参数详见表C. 1，大样详见C. 2。

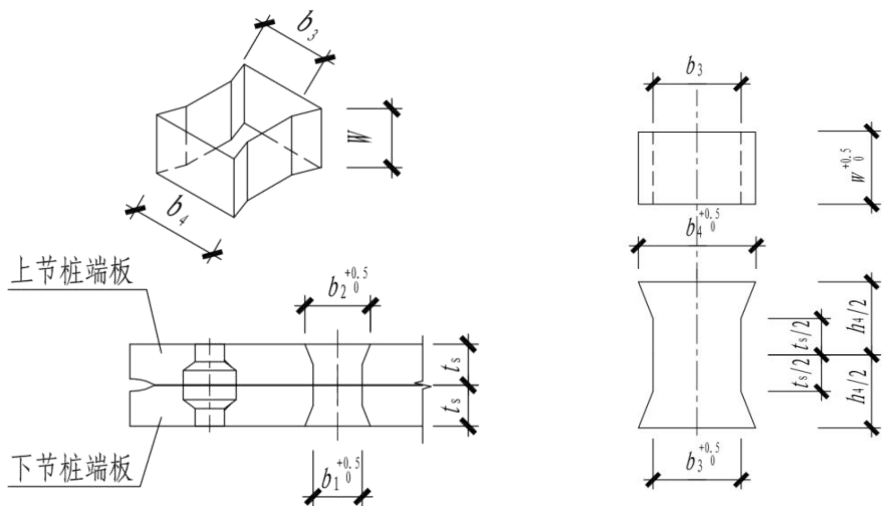


图 C.2 燕尾楔详图

表 C.1 机械连接用燕尾楔参数表

边长 B (mm)	内径 D (mm)	型号	燕尾楔 (块)	t_s (mm)	h_4 (mm)	W (mm)	b_1 (mm)	b_2 (mm)	b_3 (mm)	b_4 (mm)
350	190	AB	8	18	35	20	26	34	25	33
		B	8	20	39	26	26	34	25	33
400	240	AB	8	18	35	20	26	34	25	33
		B	8	20	39	28	26	34	25	33
450	250	AB	8	20	39	28	26	34	25	33
		B	8	22	43	28	34	42	33	41
500	300	AB	8	20	39	28	26	34	25	33
		B	8	22	43	28	34	42	33	41

附 录 D

(资料性附录)

接桩处连接结构—Ⅲ型接头

D.1 抗拔空心方桩上下节桩采用卡扣式机械连接加端板焊接连接，接头处连接详见图D.1。

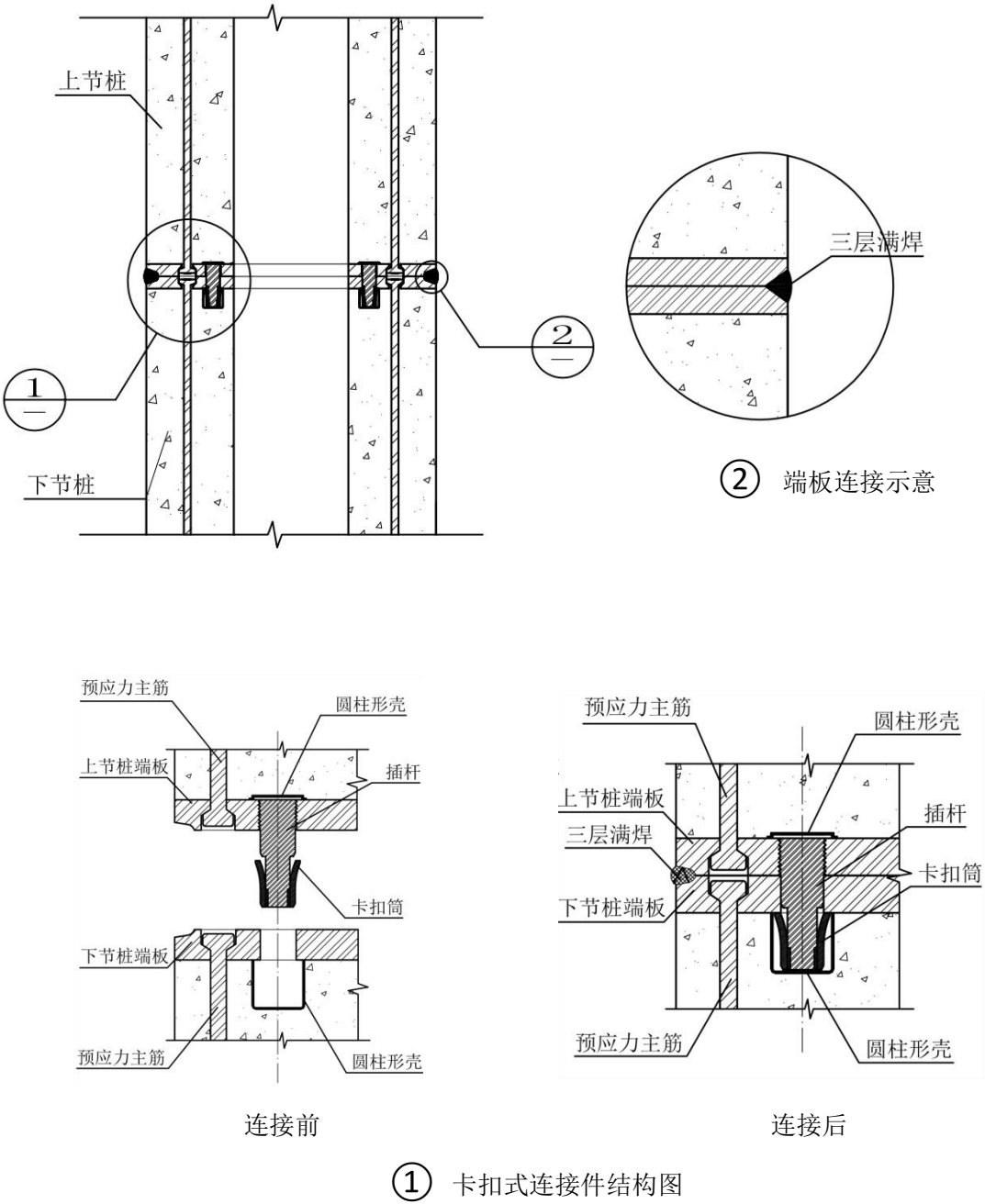


图 D.1 抗拔空心方桩卡扣式机械连接接桩详图

附 录 E

(资料性附录)

端板结构及参数表

E.1 承压空心方桩I型接头端板构造详见图E.1。

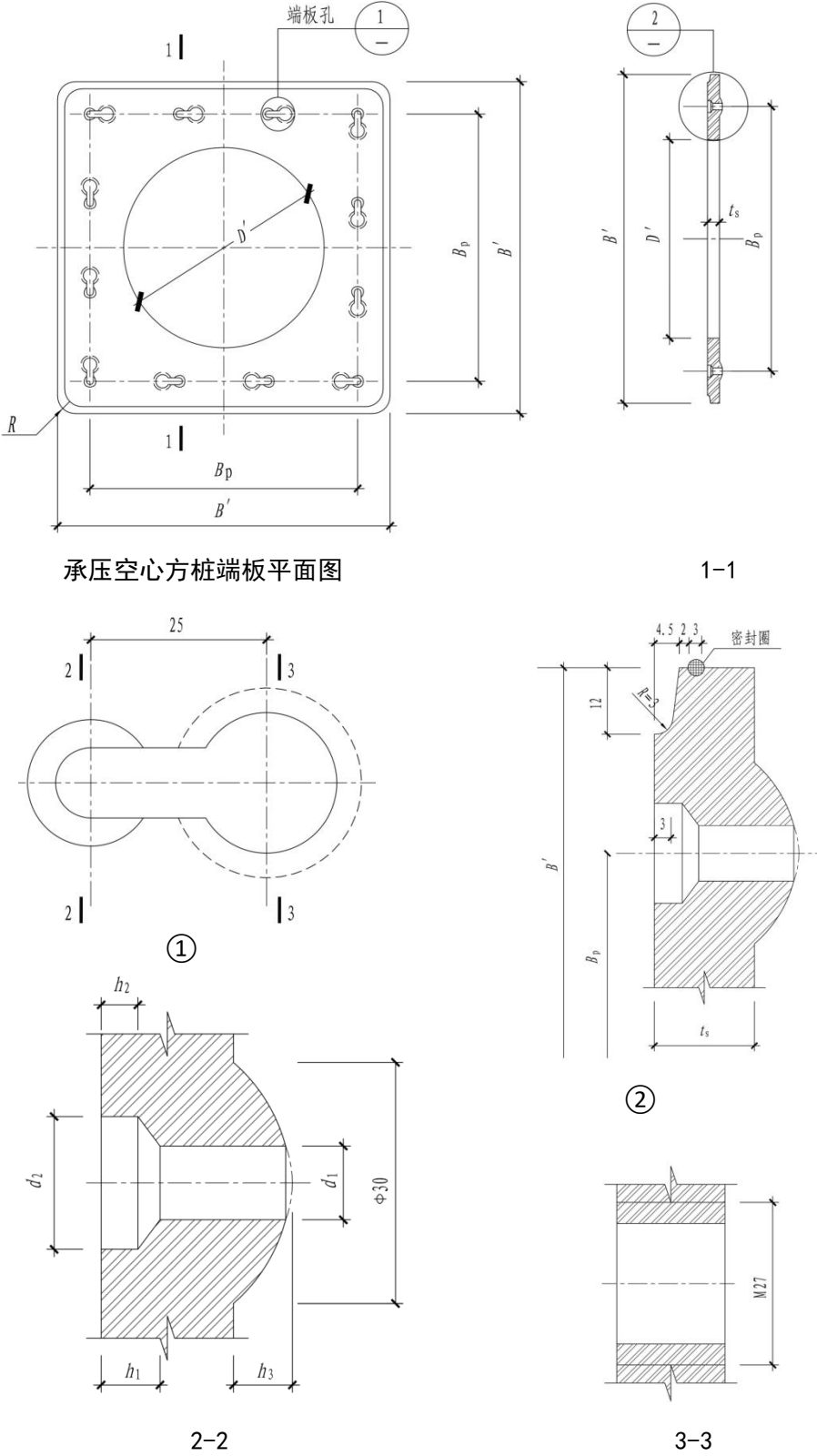


图 E.1 承压空心方桩端板构造详图

E. 2 抗拔空心方桩Ⅱ型接头端板平面图详见图E. 2。

E. 3 抗拔空心方桩Ⅲ型接头端板平面图详见图E. 3。

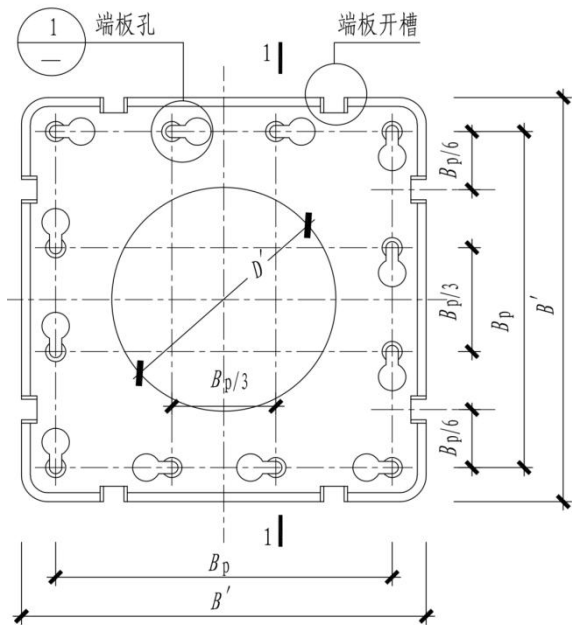
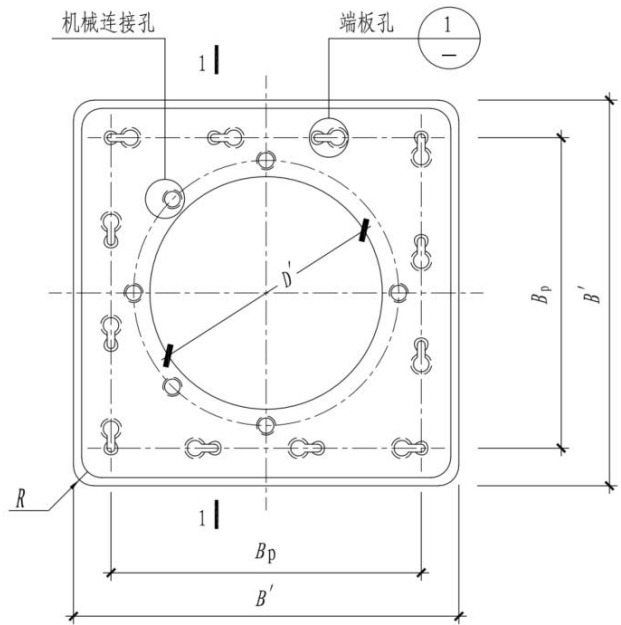


图 E. 2 抗拔空心方桩Ⅱ型接头端板平面图



E. 3 抗拔空心方桩Ⅲ型接头端板平面图

E. 4 空心方桩端板参数详见表E. 1。

表 E. 1 空心方桩端板参数表

边长 B (mm)	内径 D (mm)	型号	端板宽度 B' (mm)	端板内径 D' (mm)	预应力筋中心 距尺寸 B_p (mm)	端板预应力钢筋张拉锚固孔						端板厚度 t_s (mm)	
						d_1 (mm)	d_2 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)		抗压	抗拔
										抗压	抗拔		
350	190/170/150	A	347	190	261	8	16	8.0	5.0	7	—	16	—
		AB				10	18	8.0	5.0	8	8	16	18
		B				12	20	9.5	6.5	8	8	18	20
400	240/220/200/180	A	397	240	311	9	17	8.0	5.0	7	—	16	—
		AB				10	18	8.0	5.0	8	8	16	18
		B				12	20	9.5	6.5	8	8	18	20
450	250/200	A	447	250	357	10	18	8.0	5.0	8	—	16	—
		AB				12	20	9.5	6.5	8	8	18	20
		B				14	22	11.0	8.0	10	10	22	22
500	310/300/280/220	A	497	310	407	10	18	8.0	5.0	8	—	16	—
		AB				12	20	9.5	6.5	8	8	18	20
		B				14	22	11.0	8.0	10	10	22	22
550	350/310/250	A	547	350	457	10	18	8.0	5.0	8	—	16	—
		AB				12	20	9.5	6.5	8	—	18	—
		B				14	22	11.0	8.0	10	—	22	—
600	400/360/300	A	597	400	507	10	18	8.0	5.0	8	—	16	—
		AB				12	20	9.5	6.5	8	—	18	—
		B				14	22	11.0	8.0	10	—	22	—

附 录 F

(资料性附录)

桩顶与承台连接结构

F.1 空心方桩顶部灌注填芯混凝土及其配筋应符合下列要求：

F.1.1 浇灌填芯混凝土前，应将空心方桩内壁浮浆清除干净，并采用内壁涂刷水泥净浆、混凝土界面剂等措施；填芯混凝土强度等级应高于承台或基础梁一级且不应低于C30微膨胀混凝土。也可以采用厂家预填芯方式，预填芯混凝土强度等级应高于承台或基础梁一级且不低于C30微膨胀混凝土，且应在产品合格证中注明。

F.1.2 承压桩填芯混凝土灌注深度不应小于3倍空心方桩边长，且不应小于1.5m；当用于抗震设防烈度8度地区时，填芯长度不应小于空心方桩边长5倍，且不应小于2.0m。厚壁空心方桩用于承压时，填芯长度不应小于0.5m。

F.1.3 承压桩填芯混凝土的连接钢筋配筋率按桩全截面计算，不应小于0.6%，内插筋数量不宜少于6根。当桩顶低于承台需接桩时，连接钢筋的配筋率按接桩截面计算，不应小于0.6%，且接桩的最外一侧构造钢筋不应小于接桩截面的0.15%，钢筋间距不应大于200mm。

F.1.4 抗拔桩填芯混凝土连接钢筋，其内插钢筋数量和长度应通过计算确定，抗拔桩填芯混凝土灌注构造深度不应小于5倍空心方桩边长，且不应小于3.0m；当用于抗震设防烈度8度地区时，填芯长度不应小于空心方桩边长8倍，且不应小于3.5m。

F.1.5 当空心方桩与承台连接方式采用预埋套筒等措施，其预埋套筒数量应通过计算确定，填芯混凝土构造深度不应小于3倍空心方桩边长，且不应小于1.5m；当用于抗震设防烈度8度地区时，填芯长度不应小于空心方桩边长5倍，且不应小于2.0m。

F.2 空心方桩与承台的连接应符合下列规定：

F.2.1 桩顶嵌入承台内长度不应小于50mm，且不应大于100mm。

F.2.2 承压空心方桩桩顶采用填芯混凝土内插钢筋与承台连接时，内插钢筋锚入承台内的有效长度不应小于35倍内插钢筋直径。抗拔空心方桩采用桩身内的全部纵向钢棒直接与承台锚固时，锚固长度应按《混凝土结构设计规范》GB 50010的受拉锚固长度确定。

F.3 当空心方桩桩顶标高与桩顶设计标高一致时, 桩顶与承台连接构造见图G. 1、图G. 2。图G. 1 中②号筋应与①号填芯内插钢筋焊牢, 沿空心方桩外边均匀布置。图G. 2 中②号锚固钢筋应通过张拉机械套筒与预应力钢棒直接连接, 再锚入承台。图示钢筋数量要求详见F. 1. 3、F. 1. 4。

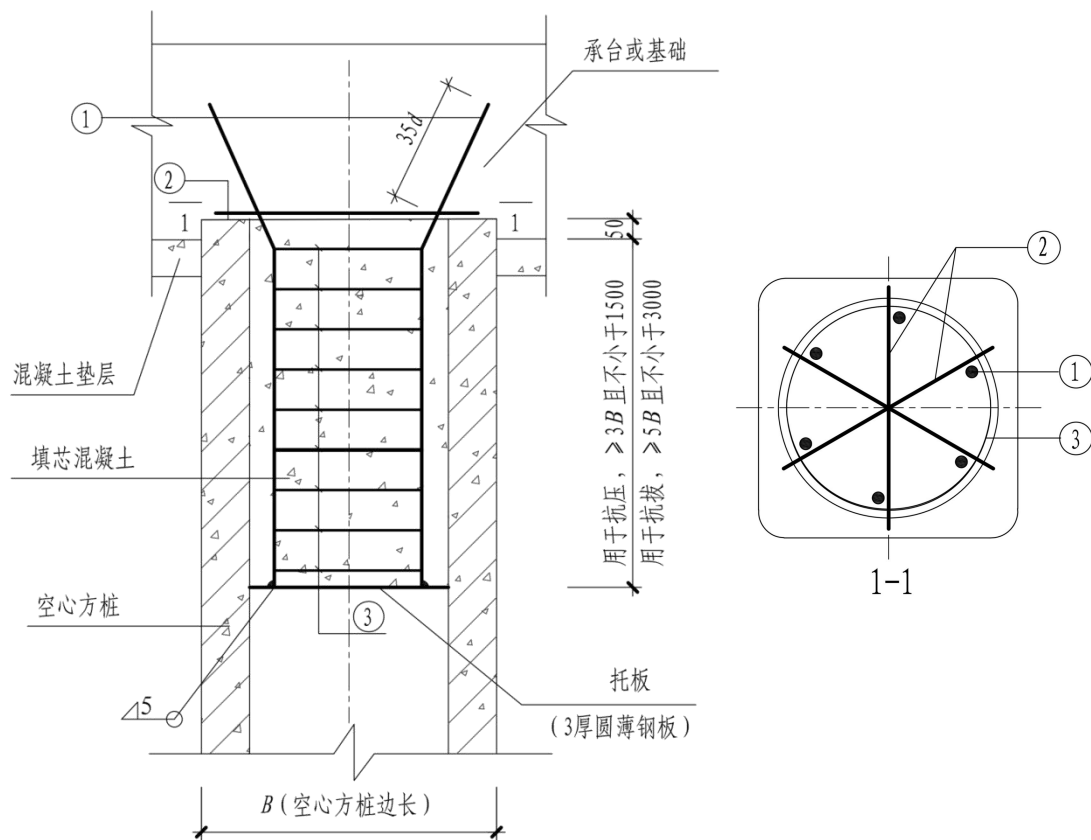


图 F.1 桩顶与承台连接详图 (一) (桩顶标高与桩顶设计标高一致)

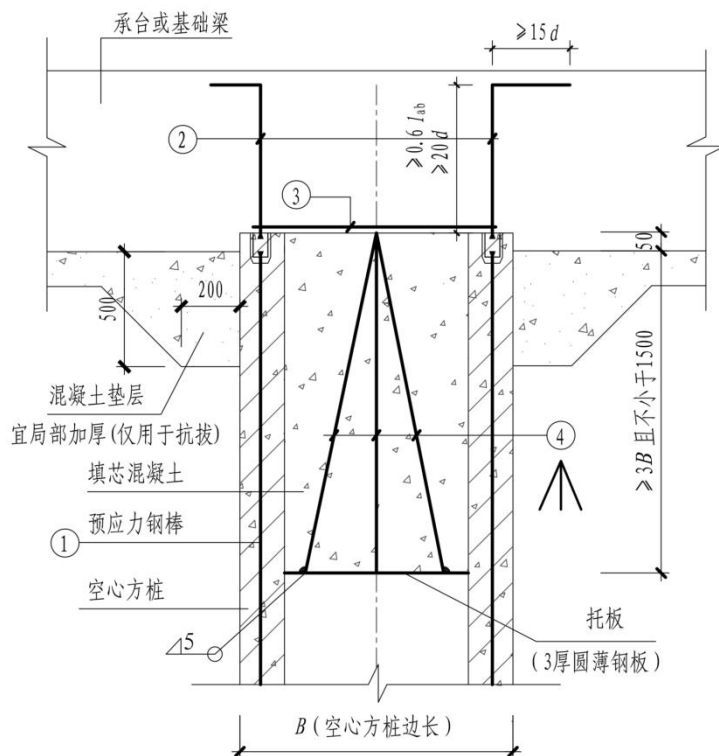


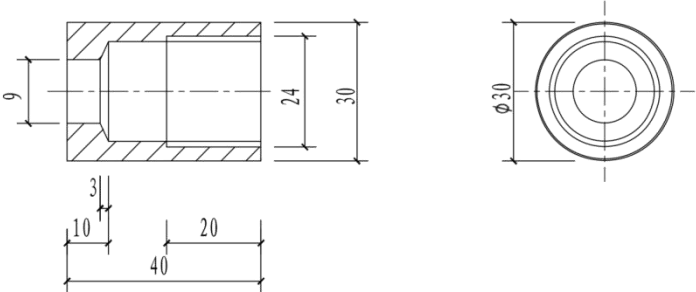
图 F.2 桩顶与承台连接详图(二)(桩顶标高与桩顶设计标高一致)

附 录 G

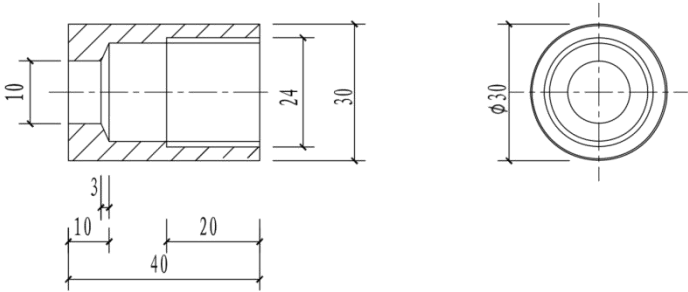
(资料性附录)

桩顶张拉套筒结构及参数

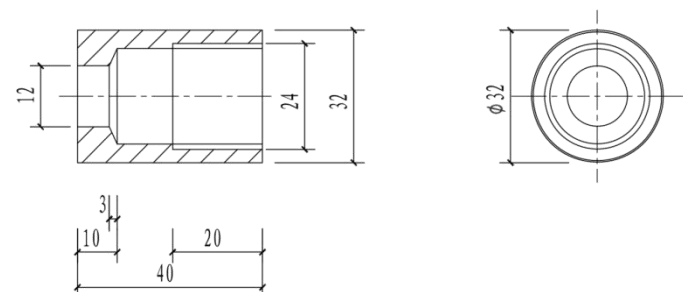
G.1 空心方桩桩顶可以通过张拉套筒与承台进行连接，套筒大样见图H.1。



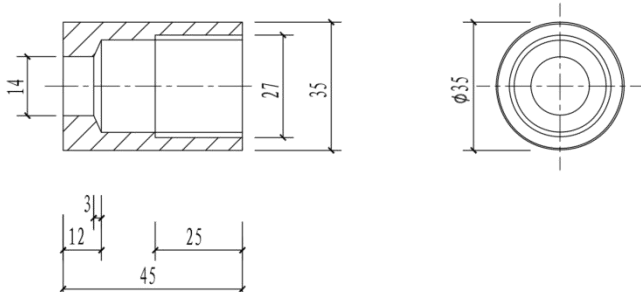
a) 直径 7.1mm、7.9mm 钢棒用套筒



b) 直径9.0mm、9.5mm钢棒用套筒



c) 直径10.7mm钢棒用套筒



d) 直径12.6mm钢棒用套筒

图 G.1 张拉套筒详图

附录 H

(资料性附录)

桩身力学性能计算

H.1 预应力混凝土空心方桩的预应力损失及桩身混凝土有效预压应力值的计算方法,按照GB 50010 的有关规定计算。根据空心方桩的生产工艺特点,预应力损失一般考虑空心方桩中预应力钢棒由于张拉端锚具变形和钢棒内缩引起的预应力损失值 σ_{l1} 、预应力钢棒的应力松弛引起的预应力损失 σ_{l4} 、混凝土收缩和徐变引起的预应力损失 σ_{l5} 。

a) 张拉端锚具变形和钢棒内缩引起的预应力损失值按式 (H.1) 计算:

$$\sigma_{l1} = \frac{\alpha}{l} E_s \quad (\text{H. 1})$$

式中:

α —— 张拉端锚具变形和钢筋内缩值,单位为毫米 (mm) 取值 $\alpha=1\text{mm}$;

l —— 张拉端至锚固端之间的距离,单位为毫米 (mm);

E_s —— 预应力钢筋的弹性模量,单位为牛每平方毫米 (N/mm^2)。

b) 预应力钢筋的应力松弛引起的预应力损失值按式 (H.2) 计算:

$$\sigma_{l4} = 0.125 \left(\frac{\sigma_{\text{con}}}{f_{\text{ptk}}} - 0.5 \right) \sigma_{\text{con}} \quad (\text{H. 2})$$

式中:

σ_{con} —— 预应力钢筋张拉控制力,单位为牛每平方毫米 (N/mm^2);

f_{ptk} —— 预应力钢筋极限强度标准值,单位为牛每平方毫米 (N/mm^2)。

c) 混凝土收缩、徐变引起的预应力损失值按式 (H.3) 计算:

$$\sigma_{l5} = \frac{60 + 340 \frac{\sigma_{\text{pc1}}}{f'_{\text{cu}}}}{1 + 15\rho} \quad (\text{H. 3})$$

式中:

σ_{pc1} —— 考虑混凝土预压前损失时的桩身混凝土有效预压应力,单位为牛每平方毫米 (N/mm^2);

$\sigma_{\text{pc1}} = (\sigma_{\text{con}} - \sigma_{l1} - \sigma_{l4}) A_p / A_0$, 其中 A_p 为预应力钢筋总截面面积 (mm^2); A_0 为桩身换算横截面面积 (mm^2);

f'_{cu} —— 施加预应力时的混凝土立方体抗压强度,单位为牛每平方毫米 (N/mm^2);

ρ —— 空心方桩横截面面积配筋率, $\rho = A_p / A_0$, 其中 A_p 按预应力钢筋总截面面积的一半计算。

d) 总预应力损失值按式 (H.4) 计算:

$$\sigma_l = \sigma_{l1} + \sigma_{l4} + \sigma_{l5} \quad (\text{H. 4})$$

当总预应力损失按以上公式计算值小于 100 N/mm^2 时, 应取总预应力损失为 100 N/mm^2 。

e) 预应力钢筋的有效预拉应力值应按式 (H. 5) 计算:

$$\sigma_{pe} = \sigma_{con} - \sigma_l \quad (\text{H. 5})$$

f) 混凝土的有效预压应力值应按式 (H. 6) 计算:

$$\sigma_{pc} = \frac{\sigma_{pe} A_p}{A_0} \quad (\text{H. 6})$$

H. 2 桩身开裂弯按式 (H. 7) 计算:

$$M_{cr} = (\sigma_{pc} + \gamma f_{tk}) W_0 \quad (\text{H. 7})$$

式中:

γ ——混凝土构件的截面抵抗矩塑性影响系数;

f_{tk} ——空心方桩混凝土抗拉强度标准值, 单位为牛每平方米 (N/mm^2);

W_0 ——预应力混凝土空心方桩受拉边缘弹性抵抗矩换算值, 单位为立方毫米 (mm^3)。

H. 3 桩身正截面受弯承载力设计值按下列规定计算: 空心方桩的正截面受弯承载力计算将内圆孔换算成等截面面积、等惯性矩的长方形孔后, 整体按对应的工字形截面计算。

a) 混凝土受压区高度符合下列条件时:

$$x \leq \xi_b h_0 \quad (\text{H. 8})$$

$$x \geq 2a' \quad (\text{H. 9})$$

1) 当满足下列条件时:

$$\sum \sigma_{pi} A_{pi} \leq \alpha_1 f_c B h_f' \quad (\text{H. 10})$$

受弯承载力设计值按式 (H. 11) 计算:

$$M = \left[\sum \sigma_{pi} A_{pi} \left(h_i - \frac{x}{2} \right) \right] / 10^6 \quad (\text{H. 11})$$

混凝土受压区高度按公式 (H. 12) 确定:

$$\alpha_1 f_c B x = \sum \sigma_{pi} A_{pi} \quad (\text{H. 12})$$

2) 当满足下列条件时:

$$\sum \sigma_{pi} A_{pi} > \alpha_1 f_c B h_f' \quad (\text{H. 13})$$

受弯承载力设计值按式 (H. 14)、式 (H. 15) 计算:

$$M = \left[\sum \sigma_{pi} A_{pi} (h_i - x_t) \right] / 10^6 \quad (\text{H. 14})$$

$$x_t = \frac{\frac{1}{2}(B-b)h_f'^2 + \frac{1}{2}bx^2}{(B-b)h_f' + bx} \quad (\text{H. 15})$$

混凝土受压区高度按式 (H. 16) 确定:

$$\alpha_1 f_c [bx + (B - b)h_f'] = \sum \sigma_{pi} A_{pi} \quad (\text{H. 16})$$

b) 当 $x < 2a'$ 时, 受弯承载力设计值按式 (J. 17) 计算:

$$M = [f_{py} \sum A_{pi} (h_i - a')] / 10^6 \quad (\text{H. 17})$$

式中:

M ——桩的正截面受弯承载力设计值, 单位为千牛米 ($\text{kN} \cdot \text{m}$);

α_1 ——系数, 按 GB 50010—2010 中 6.2.6 的规定计算, C80 取 0.94, C60 取 0.98;

f_{py} ——预应力钢筋的抗拉强度设计值, 单位为兆帕 (MPa), 取 1005 MPa;

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值, 单位为兆帕 (MPa);

σ_{pi} ——第 i 排预应力钢筋的计算应力值, 单位为兆帕 (MPa);

A_{pi} ——第 i 排预应力钢筋的截面积, 单位为平方毫米 (mm^2);

h_0 ——截面有效高度, 受拉区各层钢筋合力点至截面受压边缘的距离, 单位为毫米 (mm);

h_i ——第 i 排预应力钢筋距离混凝土受压区外边缘的距离, 单位为毫米 (mm);

x ——等效矩形应力图形的混凝土受压区高度, 单位为毫米 (mm);

x_t ——混凝土受压区高度超过翼缘高度后, 形成的 T 形受压区面积形心距离混凝土受压区外边缘的距离, 单位为毫米 (mm);

ξ_b ——相对界限受压区高度;

a' ——受压区纵向钢筋合力点至截面受压边缘的距离, 单位为毫米 (mm);

B ——空心方桩的外边长, 单位为毫米 (mm);

b ——工型截面的腹板宽度, 单位为毫米 (mm);

h_f' ——工型截面受压区的翼缘高度, 单位为毫米 (mm)。

H. 4 桩身正截面受弯承载力检验值按式 (H. 18) 计算:

$$M_u = [\gamma_u] M \quad (\text{H. 18})$$

式中:

$[\gamma_u]$ ——空心方桩受弯承载力检验系数。取 $[\gamma_u] = 1.35$ 。

H. 5 桩身正截面受剪承载力设计值按式 (H. 19) 计算:

$$V_0 = 0.7 f_t b h_0 + 1.0 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \sin \theta + 0.05 \sigma_{pc} A_0 \quad (\text{H. 19})$$

式中:

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值，单位为牛每平方米（ N/mm^2 ）；

b ——空心方桩截面换算成等面积、等惯性矩的工型截面的腹板宽度，单位为毫米（ mm ）；

h_0 —— 截面有效高度，单位为毫米（ mm ）；

f_{yv} —— 箍筋强度设计值，单位为兆帕（ MPa ）；

A_{sv} —— 配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积，单位为平方毫米（ mm^2 ）；

S —— 沿空心方桩长度方向的箍筋间距，单位为毫米（ mm ）；

θ —— 箍筋与纵向轴线的夹角，单位为度（ $^\circ$ ）。

H.6 桩身正截面受剪承载力检验值按式（H.20）计算：

$$V_u = [\gamma_u] V_0 \quad (\text{H. 20})$$

式中：

$[\gamma_u]$ —— 空心方桩受剪承载力检验系数。取 $[\gamma_u]=1.40$ 。