

ICS 91.100.30

CCS Q14

JC

中华人民共和国建材行业标准

JC/T ×××—××××

先张法预应力高性能预制混凝土桩

High performance pretensioned precast concrete piles

(征求意见稿)

(本稿完成日期: 2025 年 1 月)

202×-××-××发布

202×-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分类和标记	2
5 一般要求	6
6 技术要求	7
7 试验方法	10
8 检验规则	12
9 标志、产品合格证	14
10 贮存、吊装和运输	14
附录 A (规范性) 高性能桩抗弯、抗剪性能	17
附录 B (资料性) 高性能桩抗压、抗拉性能	23
附录 C (资料性) 高性能桩桩身性能计算方法	29

前 言

本文件按照 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》的规定起草。

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这些专利的责任。

本文件由中国建筑材料联合会提出。

本文件由全国水泥制品标准技术委员会（SAC/TC 197）归口。

本文件起草单位：……

本文件主要起草人：……

先张法预应力高性能预制混凝土桩

1 范围

本文件规定了先张法预应力高性能预制混凝土桩（以下简称高性能桩）产品的分类和标记、一般要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、产品合格证以及贮存、吊装和运输等。

本文件适用于工业与民用建筑、市政、桥梁、铁路、公路、机场、港口、水利、电力等工程使用的先张法预应力高性能预制混凝土桩。

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/T 700 碳素结构钢
- GB/T 701 低碳钢热轧圆盘条
- GB 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋
- GB/T 1596—2017 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB/T 5223.3-2017 预应力混凝土用钢棒
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 13476 先张法预应力混凝土管桩
- GB/T 14684—2022 建设用砂
- GB/T 14685—2022 建设用卵石、碎石
- GB/T 18046—2017 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 41054—2021 高性能混凝土技术条件
- GB/T 50081 普通混凝土力学性能试验方法标准
- GB/T 50082 混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
- GB/T 50046 工业建筑防腐蚀设计标准
- GB 50164 混凝土质量控制标准
- GB 55008 混凝土结构通用规范
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JG/T 197 预应力混凝土空心方桩
- JC/T 540 混凝土制品用冷拔低碳钢丝
- JC/T 947 先张法预应力混凝土管桩用端板
- JC/T 950 预应力高强混凝土管桩用硅砂粉
- JC/T 2239 预应力离心混凝土空心方桩用端板
- JC/T 2723 预应力混凝土实心方桩

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高性能混凝土 high performance concrete

以建设工程设计、施工和使用对混凝土性能特点要求为总体目标，选用优质常规原材料，合理掺加外加剂和矿物掺合料，采用较低水胶比并优化配合比，通过预拌和绿色生产方式以及严格的施工措施，制成具有优异的拌合物性能、力学性能、耐久性能和长期性能的混凝土。

[来源：GB/T 41054—2021,3.1]

3.2

超高强混凝土桩 prestressed ultra-high strength concrete piles

混凝土强度等级为 C100 及以上的先张法预应力高性能预制混凝土桩。

3.3

混合配筋混凝土桩 pretensioned and mixed reinforced concrete piles

纵向受力钢筋为预应力钢筋和普通钢筋混合配置的先张法预应力高性能预制混凝土桩。

3.4

先张法预应力高性能预制混凝土桩 high performance pretensioned concrete piles

采用高性能混凝土或调整配筋形式提升桩身性能的先张法预应力混凝土预制桩。

4 分类和标记

4.1 品种和代号

4.1.1 高性能桩按截面形式及配筋形式分为先张法预应力超高强混凝土管桩、先张法预应力超高强混凝土空心方桩、先张法预应力超高强混凝土实心方桩、先张法混合配筋预应力混凝土管桩、先张法混合配筋预应力混凝土空心方桩、先张法混合配筋预应力混凝土实心方桩，各高性能桩的品种名称、简称与代号见表1。

表 1 高性能桩品种名称、简称与代号分类表

品种名称	简称	代号	桩身混凝土强度等级
先张法预应力超高强混凝土管桩	超高强管桩	UHC	C105、C125
先张法预应力超高强混凝土空心方桩	超高强空心方桩	UHS	
先张法预应力超高强混凝土实心方桩	超高强实心方桩	UHP	
先张法混合配筋预应力混凝土管桩	混合配筋管桩	PRC	≥C80
先张法混合配筋预应力混凝土空心方桩	混合配筋空心方桩	PRS	
先张法混合配筋预应力混凝土实心方桩	混合配筋实心方桩	PRP	≥C60

注：1 采用高性能混凝土或耐腐蚀措施的高性能管桩、高性能空心方桩，其品种代号宜分别符合 GB/T 13476 和 JG/T 197 的规定；
2 采用高性能混凝土或采用耐腐蚀措施的高性能实心方桩，其品种代号宜符合 JC/T 2723 的规定。

4.1.2 高性能桩按混凝土有效预压应力值或桩身抗弯性能分为AB型、B型、C型等。

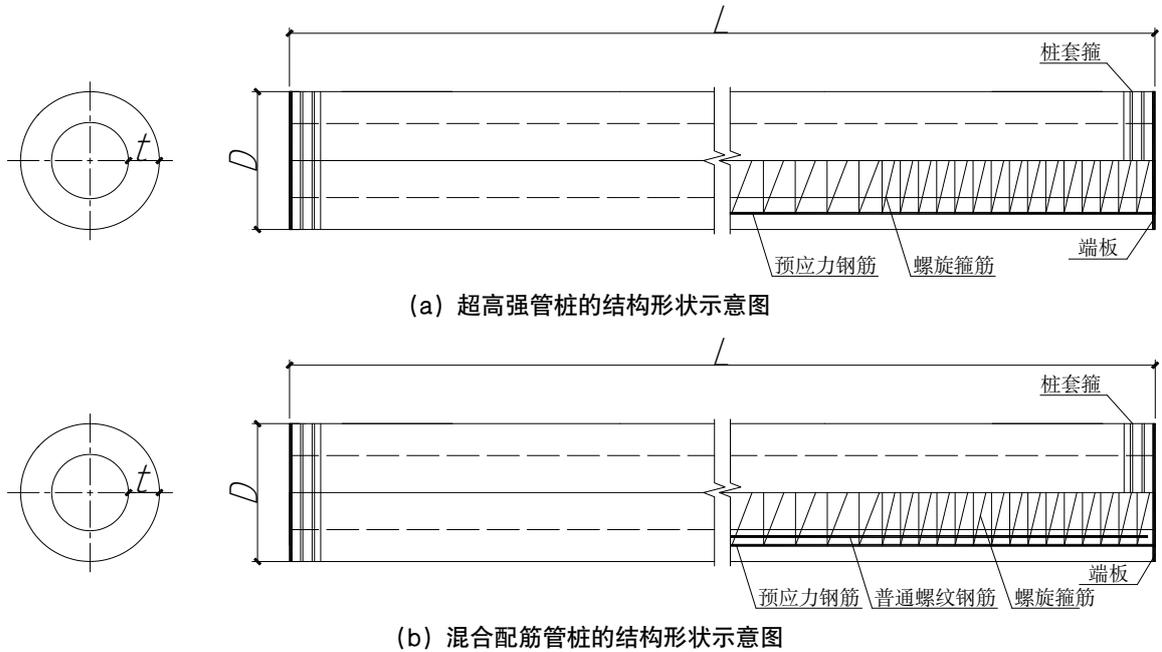
4.2 规格

4.2.1 高性能桩管桩按外径分为400mm、450mm、500mm、550mm、600mm、700mm、800mm、1000mm、1200mm、1300mm、1400mm等规格。

4.2.2 高性能空心方桩和高性能实心方桩按截面边长分为350mm、400mm、450mm、500mm、550mm、600mm、700mm等规格。

4.3 结构尺寸

高性能桩的结构形状见图1~图3，基本几何尺寸宜符合表2~表4的规定。



标引符号说明:

t —壁厚;

L —桩长;

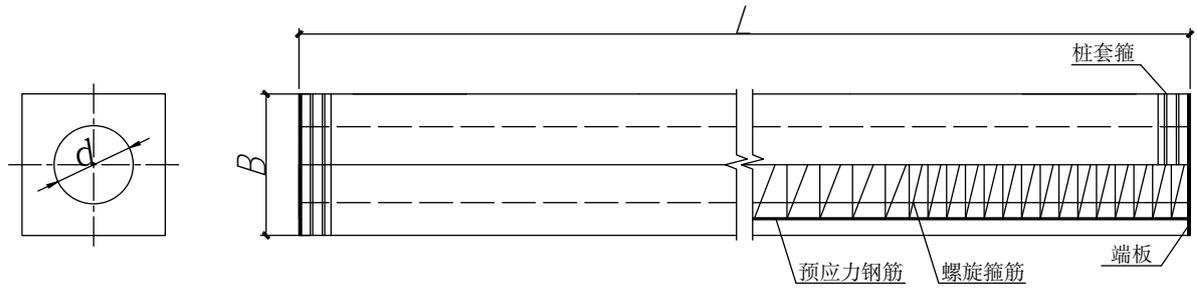
D —外径;

图 1 超高强管桩、混合配筋管桩的结构形状示意图

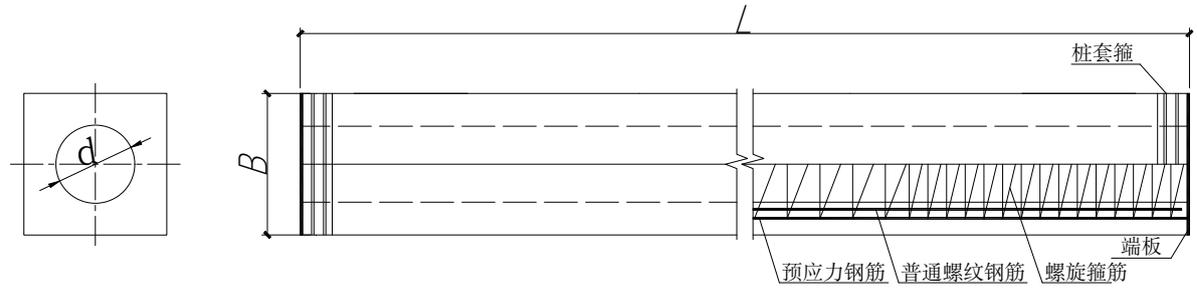
表 2 超高强管桩、混合配筋管桩的基本尺寸

外径 D (mm)	型号	最小壁厚 t (mm)
400	AB、B、C	95
450	AB、B、C	95
500	AB、B、C	100
550	AB、B、C	110
600	AB、B、C	110
700	AB、B、C	110
800	AB、B、C	110
1000	AB、B、C	130
1200	AB、B、C	150
1300	AB、B、C	150
1400	AB、B、C	150

注: 1 根据工程设计需要也可生产其他规格、型号、壁厚的超高强管桩、混合配筋管桩;
2 单节桩长应满足生产、吊运及施工等要求。



(a) 超高强空心方桩的结构形状示意图



(b) 混合配筋空心方桩的结构形状示意图

标引符号说明:

d —内径;

L —桩长;

B —边长;

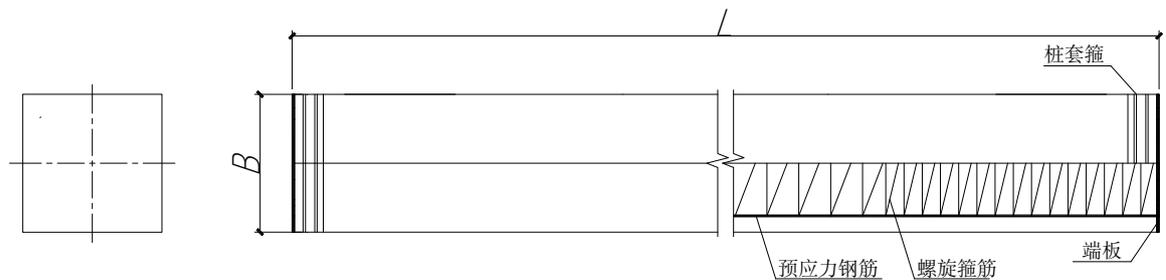
图 2 超高强空心方桩、混合配筋空心方桩的结构形式

表 3 超高强空心方桩、混合配筋空心方桩的基本几何尺寸

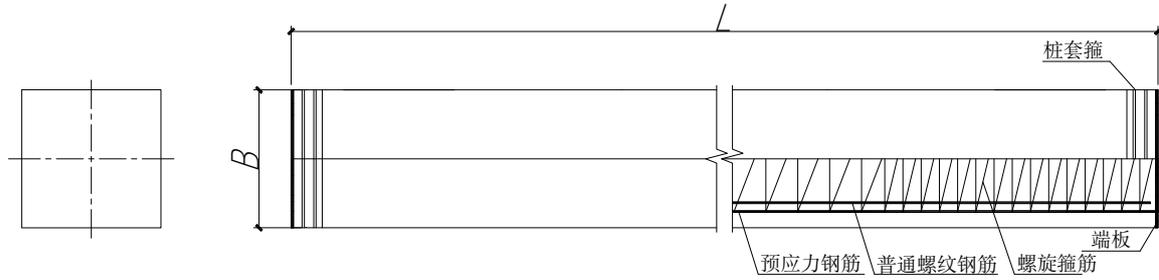
边长 B (mm)	型号	最大内径 d (mm)
350	AB、B、C	170
400	AB、B、C	220
450	AB、B、C	260
500	AB、B、C	310
550	AB、B、C	350
600	AB、B、C	400
650	AB、B、C	450
700	AB、B、C	500

注: 1 根据工程设计需要也可生产其他规格、型号、内径的超高强空心方桩、混合配筋空心方桩;

2 单节桩长应满足生产、吊运及施工等要求。



(a) 超高强实心方桩的结构形状示意图



(b) 混合配筋实心方桩的结构形状示意图

标引符号说明:

d —内径;

L —桩长;

B —边长;

图 3 超高强实心方桩、混合配筋实心方桩的结构形状示意图

表 4 超高强实心方桩、混合配筋实心方桩的基本几何尺寸

边长 B (mm)	型号
350	AB、B、C
400	AB、B、C
450	AB、B、C
500	AB、B、C
550	AB、B、C
600	AB、B、C
650	AB、B、C
700	AB、B、C

注: 1 根据工程设计需要也可生产其他规格、型号的超高强实心方桩、混合配筋实心方桩;
2 单节桩长应满足生产、吊运及施工等要求。

4.4 标记

高性能桩以代号、外径（截面边长）、型号、壁厚（内径）-长度、混凝土强度等级、耐腐蚀（标记为 F，未采用耐腐蚀措施时不标记）及本文件编号顺序进行标记

示例 1:

外径 400mm、壁厚 95mm、长度 12m、混凝土强度等级为 C105 的 AB 型超高强管桩的标记为:

UHC 400 AB 95-12 C105 JC/T ×××—××××

示例 2:

边长 400mm、内径 220mm、长度 12m、混凝土强度等级为 C105 的 AB 型超高强空心方桩的标记为:

UHS 400 AB 220-12 C105 JC/T ×××—××××

示例 3:

外径 400mm、壁厚 95mm、长度 12m、混凝土强度等级为 C80 的 AB 型混合配筋管桩的标记为:

PRC 400 AB 95-12 C80 JC/T ×××—××××

示例 4:

外径 400mm、壁厚 95mm、长度 12m、混凝土强度等级为 C80、具有耐腐蚀性的 AB 型管桩的标记为:

PHC 400 AB 95-12 C80 F JC/T ×××—××××

示例 5:

边长 400mm、长度 12m、混凝土强度等级为 C80 的 AB 型混合配筋实心方桩的标记为:

5 一般要求

5.1 原材料

5.1.1 水泥

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，其质量应符合 GB 175 的规定。

5.1.2 骨料

5.1.2.1 细骨料宜采用硬质天然砂或机制砂，其质量应符合 GB/T 14684-2022 中Ⅰ类砂的规定。混凝土强度等级 C105 以上时，机制砂的单级最大压碎指标不应大于 15%。

5.1.2.2 粗骨料宜采用碎石或破碎的卵石，其质量应符合 GB/T 14685-2022 中Ⅰ类碎石的规定。混凝土强度等级 C105 以上时，碎石或卵石的压碎指标不宜大于 8%。碎石或卵石的针、片状颗粒含量不应大于 5%。

5.1.2.3 对于有抗冻、抗渗或其他特殊要求的高性能桩，其所使用的骨料应符合相关标准的有关规定。

5.1.3 钢材

5.1.3.1 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 5223.3-2017 的规定，且抗拉强度不应小于 1420MPa，规定塑性延伸强度不应小于 1280MPa，1000h 应力松弛率不应大于 2.0%，断后伸长率不应小于 GB/T 5223.3-2017 表 7 中延性 35 级的规定要求。

5.1.3.2 纵向受力普通钢筋宜采用热轧带肋钢筋，有抗震要求时，应采用热轧带肋抗震钢筋，其质量应符合 GB 1499.2 的规定。

5.1.3.3 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 GB/T 701、JC/T 540 的规定。

5.1.3.4 端板的性能应符合 JC/T 947、JC/T 2239 的规定。当采用其他结构及性能的端板时，应经试验验证，确认质量满足要求时方可使用。

5.1.3.5 桩套箍材质的性能应符合 GB/T 700 中 Q235 的规定。

5.1.3.6 当端部需设置锚固钢筋时，锚固钢筋宜采用低碳钢热轧圆盘条或钢筋混凝土用热轧带肋钢筋，其质量应分别符合 GB/T 701、GB 1499.2 的规定。

5.1.4 水

混凝土拌合用水的质量应符合 JGJ 63 的规定。

5.1.5 外加剂

外加剂的质量应符合 GB 8076 的规定，严禁使用氯盐类外加剂。

5.1.6 掺合料

5.1.6.1 掺合料宜采用矿渣微粉、粉煤灰、硅灰、硅砂粉、蒸养混凝土制品用掺合料等，其中：

- a) 矿渣微粉的质量不低于 GB/T 18046-2017 表 1 中 S95 级的要求；
- b) 粉煤灰的质量不低于 GB/T 1596-2017 中Ⅱ级 F 类的要求；
- c) 硅灰的质量应符合 GB/T 18736-2017 中表 1 的规定；
- d) 硅砂粉的质量应符合 JC/T 950 的规定；
- e) 蒸养混凝土制品用掺合料的质量应符合 JC/T 2554 的规定。

5.1.6.2 当采用其他品种的掺合料时，应通过试验鉴定，确认符合高性能桩混凝土质量要求时，方可使用。

5.2 钢筋及钢筋骨架的加工

5.2.1 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。同根高性能桩中钢筋长度的相对差值：长度小于或等于15m时不应大于1.5mm，长度大于15m时不应大于2mm。

5.2.2 预应力钢筋镦头部位的强度不应低于该材料抗拉标准强度的90%。镦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。

5.2.3 用于桩基工程的高性能桩，其预应力钢筋的最小配筋率不应低于 0.5%，并不应少于 6 根。

5.2.4 螺旋箍筋的直径不应小于表 5 的规定。两端螺旋箍筋加密区长度为外径或边长的 3 倍~5 倍，且不应小于 2000mm，螺旋箍筋的净间距为 50mm，其余部分螺旋箍筋的净间距为 80mm。当需全程加密时，螺旋箍筋的全程净间距不宜大于 65mm。

表 5 螺旋箍筋直径

外径或边长/mm	型号	螺旋箍筋直径/mm	外径或边长/mm	型号	螺旋箍筋直径/mm
350~450	AB、B、C	4	1000~1200	AB、B	6
500~600	AB、B、C	5		C	8
700	AB、B、C	6	1300~1400	AB	7
800	AB、B、C	6		B、C	8

5.2.2.3 钢筋和螺旋箍筋的焊接点的强度损失不应大于该材料抗拉强度的 5%。

5.2.2.4 骨架成型后，各部分尺寸应符合如下要求：

- a) 预应力钢筋净间距偏差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ ；
- b) 螺旋箍筋的净间距偏差不应超过 $\pm 5\text{mm}$ 。

5.2.2.5 高性能桩一般可不设端部锚固钢筋，当需要设置端部锚固钢筋时，应符合设计文件的要求。混合配筋桩设置锚固钢筋时，锚固钢筋的长度应符合设计文件要求且不宜小于 $50d_m$ (d_m 为锚固钢筋直径)。

5.2.3 多节高性能桩连接时，可采用焊接连接、机械连接或焊接加机械组合连接。

5.3 混凝土

5.3.1 混凝土质量控制应符合 GB 50164、GB 55008的规定。

5.3.2 预应力钢筋放张时，高性能桩的混凝土抗压强度不应低于45MPa，其中超高强混凝土桩的混凝土抗压强度不宜低于70MPa。

5.3.3 产品出厂时，高性能桩用混凝土抗压强度不应低于其混凝土设计强度等级值。

5.4 接头及桩身

5.4.1 位于强腐蚀环境、污染土层、干湿交替中的接头，接桩钢零件应涂刷防腐耐磨涂层或增加钢零件厚度，其腐蚀裕量不小于2mm，其他防护尚应符合GB/T 50046的有关规定。

5.4.2 用于强腐蚀环境、污染土层、干湿交替中的高性能桩，宜采用免压蒸工艺。

5.4.3 高性能桩的抗压性能、抗拉性能见附录B。

6 技术要求

6.1 混凝土性能

混凝土强度等级为 C60、C80、C105和 C125的混凝土性能参数应按表6采用。

表6 混凝土性能参数表

单位为牛每平方米

混凝土强度等级	混凝土轴心抗压强度标准值 f_{ck}	混凝土轴心抗压强度设计值 f_c	混凝土轴心抗拉强度标准值 f_{tk}	混凝土轴心抗拉强度设计值 f_t	混凝土弹性模量 E_c
C60	38.5	27.5	2.85	2.04	36000
C80	50.2	35.9	3.11	2.22	38000
C105	63.4	45.3	3.75	2.68	39500
C125	72.4	51.7	4.46	3.19	40400

6.2 外观质量及尺寸允许偏差

6.2.1 外观质量应符合表 7 的规定。

表 7 高性能桩的外观质量

序号	项 目	外 观 质 量 要 求	
1	粘皮和麻面	局部粘皮和麻面累计面积不应大于桩总外表面的 0.5%；每处粘皮和麻面的深度不应大于 5mm，且应修补。	
2	桩身合缝漏浆	漏浆深度不应大于 5mm，每处漏浆长度不应大于 300mm，累计长度不应大于高性能桩长度的 10%，或对称漏浆的搭接长度不应大于 100mm，且应修补。	
3	局部磕损	局部磕损深度不应大于 5mm，每处面积不应大于 5000mm ² ，且应修补。	
4	内外表面露筋	不允许	
5	表面裂缝	不应出现环向和纵向裂缝，但龟裂、水纹和内壁浮浆层中的收缩裂缝不在此限。	
6	桩端面平整度	桩端面混凝土和预应力钢筋锚头不应高出端板平面。	
7	断筋、脱头	不允许	
8	桩套箍凹陷	凹陷深度不应大于 10mm。	
9	内表面混凝土塌落	不允许	
10	接头和桩套箍与桩身结合面	漏 浆	漏浆深度不应大于 5mm，漏浆长度不应大于周长的 1/6，且应修补。
		空洞和蜂窝	不允许

6.2.2 高性能桩各部位的尺寸允许偏差应符合表 8 的规定。

表 8 高性能桩的尺寸允许偏差

单位为毫米

序号	项 目	允许偏差	
1	桩长 L	$\pm 0.5\% L$	
2	端部倾斜	$\leq 0.5\% D (B)$	
3	边长 B 或外径 D	350mm ~ 700mm	+5 -2
		800mm ~ 1400mm	+7 -4
4	最小壁厚 t 或最大内径 d	+20 0	
5	桩身弯曲度	$L \leq 15m$	$\leq L/1000$
		$15m < L \leq 30m$	$\leq L/2000$
6	端 板	端面平面度	≤ 0.5
		外 径	0 -1
		边 长	0 -3
		内 径	0 -2

		厚度	正偏差不限 0
--	--	----	------------

6.3 混凝土保护层

6.3.1 高性能桩的钢筋混凝土保护层厚度不应小于35mm。

6.3.2 用于特殊要求环境下的高性能桩，保护层厚度尚应符合相关标准的规定。

6.4 抗弯性能

高性能桩的抗弯性能指标应符合附录A的要求。

6.5 抗剪性能

高性能桩的抗剪性能指标应符合附录A的要求。

6.6 耐久性

6.6.1 具有耐腐蚀要求的高性能混凝土及桩身防腐要求应符合表 9 和表 10 的规定：

表 9 具有耐腐蚀要求的高性能桩混凝土防腐要求

混凝土强度等级	最大水胶比	抗渗等级	钢筋最小保护层厚度 (mm)	胶凝材料中 Cl 含量 (%)	碱含量 (kg/m ³)	胶材最小用量 (kg/m ³)
C60	0.40	≥P12	35	≤0.06	≤3.0	400
C80	0.35	≥P12	35	≤0.06	≤3.0	430

表 10 具有耐腐蚀要求的高性能桩桩身防腐要求

保护措施和要求		腐蚀性介质和强度等级								
		SO ₄ ²⁻			Cl ⁻			抗冻耐久性指数 DF%(抗冻等级)		
		强	中	弱	强	中	弱	强	中	弱
提高桩身混凝土耐腐蚀性能 (50 年)	电通量(C)	≤800	≤1000	可不防护	≤800	≤1000	可不防护	≥70 (F300)	≥70 (F250)	可不防护
	抗硫酸盐等级	KS150 ≥0.75	KS120 ≥0.75		—	—				
	氯离子迁移系数 D _{RCM} (10 ⁻¹² m ² /s)	—	—		≤4.0	≤7.0				
提高桩身混凝土耐腐蚀性能 (100 年)	电通量(C)	≤600	≤800	可不防护	≤600	≤800	可不防护	≥70 (F300)	≥70 (F250)	可不防护
	抗硫酸盐等级	KS150 ≥0.85	KS120 ≥0.85		—	—				
	氯离子迁移系数 D _{RCM} (10 ⁻¹² m ² /s)	—	—		≤3.0	≤5.0				

6.6.2 当高性能桩的耐腐蚀混凝土不满足本标准表 10 规定的防腐指标要求时，应采取相应措施进行防护，并应符合表 11 的要求。

表 11 高性能桩桩身防护要求

保护措施和要求	腐蚀性介质和强度等级								
	SO ₄ ²⁻			Cl ⁻			pH 值		
	强	中	弱	强	中	弱	强	中	弱
1.增加钢筋混凝土保护层厚度 (mm)	≥10	≥5	可不防护	≥10	≥5	可不防护	≥10	≥5	可不防护

2.表面涂刷防腐涂层厚度 (μm)	≥500	≥300		≥500	≥300		≥500	≥300	
-------------------	------	------	--	------	------	--	------	------	--

7 试验方法

7.1 混凝土抗压强度

7.1.1 混凝土试件的留置

7.1.1.1 当混凝土配合比调整或原材料发生变更时，应制作 3 组标准试件，并与高性能桩同条件养护。

7.1.1.2 每一个工作班连续 12 小时内拌制的同配合比混凝土：

a) 采用免压蒸工艺的高性能桩，应制作 3 组试件。其中：一组试件检验高性能桩脱模时混凝土抗压强度，一组试件检验 3d 的混凝土抗压强度，其余组备用。

b) 采用蒸压养护工艺的高性能桩，应制作 3 组试件。其中：一组试件检验高性能桩脱模时混凝土抗压强度，一组试件检验压蒸出釜后 1d 或冷却至常温的混凝土抗压强度，其余组备用。

7.1.2 高性能桩混凝土抗压强度

7.1.2.1 检验高性能桩强度等级，采用免压蒸养护工艺时，拆模后放入标准养护室养护至 28d。采用压蒸养护工艺时，并与高性能桩同条件养护，出釜后冷却至常温。

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

7.2 抗弯试验

7.2.1 高性能桩的抗弯试验应符合 GB/T 13476、JG/T 197、JC/T 2723 的规定。

7.2.2 当加载至附录 A 中的开裂弯矩时，桩身不应出现裂缝。

7.2.3 当加载至附录 A 中的极限弯矩时，桩身不应出现下列任何一种情况：

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

7.2.4 高性能桩接头处极限弯矩不应低于桩身极限弯矩。

7.3 抗剪试验

7.3.1 高性能桩的抗剪试验应符合 GB/T 13476、JG/T 197、JC/T 2723 的规定。

7.3.2 当加载至附录 A 中的开裂剪力时，桩身不应出现裂缝。

7.3.3 当加载至附录 A 中的极限剪力时，桩身不应出现下列任何一种情况：

- a) 桩身混凝土斜裂缝宽度达到 1.5mm；
- b) 沿斜截面混凝土斜压破坏。

7.3.4 高性能桩接头处极限剪力不应低于桩身极限剪力。

7.4 混凝土耐久性试验方法

7.5.1 混凝土试件

采用与高性能桩同条件养护试件进行检测。

7.5.2 混凝土电通量值

按 GB/T50082 的规定进行, 采用抗氯离子渗透试验的电通量法。

7.5.3 氯离子迁移系数

按 GB/T 50082 的规定进行, 采用抗氯离子渗透试验的 RCM 法。

7.5.4 抗硫酸盐侵蚀

按 GB/T50082 的规定进行, 采用抗硫酸盐侵蚀试验。

7.5.5 抗冻融破坏

按 GB/T50082 的规定进行, 采用快冻法抗冻试验。

7.5 混凝土保护层厚度

7.5.1 取桩身中部及距两端 1~3m 范围与桩身轴线相垂直的三个截面或圆周进行混凝土保护层厚度的检测, 可采用下列方法:

a) 破损法: 用分度值为 0.1mm 的深度游标卡尺或钢直尺在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同一圆周上均匀分布的 3 处不同部位测量, 精确至 1mm。

7.5.2 当进行仲裁或发生争议时以破损法测量为准。

7.6 尺寸的检查

尺寸的检查工具与方法见表 12, 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12 尺寸允许偏差的检查工具与方法

序号	检查项目	检查工具与检查方法	测量精度值(mm)
1	长度	用钢卷尺测量, 精确至1mm	1
2	外径	用卡尺或钢直尺在同一断面测定相互垂直的两外径, 取其平均值, 精确至1mm	1
3	边长	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	用卡尺或钢直尺在同一断面测定相互垂直的两内径, 取其平均值, 精确至 1mm	1
5	壁厚	用混凝土厚度测定仪或卡尺或钢直尺在与桩身轴线相垂直的同一截面测量相互垂直直径上的4个壁厚, 取其平均值, 精确至1mm	0.5
6	桩端部倾斜	将直角靠尺的一边紧靠高性能桩桩身, 另一边与端板紧靠, 测其最大间隙处, 精确至1mm	0.5
7	桩身弯曲度	将拉线紧靠高性能桩的两端部, 用钢直尺测量其弯曲处的最大距离, 精确至 1mm	0.5
8	漏浆长度	用钢卷尺测量, 精确至1mm	1
9	漏浆深度	用深度游标卡尺测量, 精确至0.1mm	0.02
10	裂缝宽度	用20倍读数放大镜测量, 精确至0.01mm	0.01

11	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,精确至0.1mm。	0.02
----	---------	---------------------------------------	------

8 检验规则

8.1 出厂检验

8.1.1 检验项目包括混凝土抗压强度、开裂弯矩、外观质量、尺寸允许偏差(不包括保护层厚度)、混凝土耐久性性能(涉及耐久性时)。

8.1.2 批量和抽样

8.1.2.1 混凝土抗压强度

批量和抽样按 GB/T 50107 的有关规定执行。

8.1.2.2 外观质量和尺寸允许偏差

以同品种、同规格、同型号的高性能桩连续生产 300000m 为一批,但在三个月内生产总数不足 300000m 时仍作为一批,随机抽取 10 根进行逐根检验。

8.1.2.3 抗裂弯矩

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。

8.1.2.4 混凝土耐久性能

一年内,同一种配合比的混凝土,检验批不应少于一个;同一检验批,按设计要求与工程需要的检验项目应至少完成一组试验。其中,抗硫酸盐腐蚀和抗冻融破坏检测项,提供型式检验报告。

8.1.3 判定规则

8.1.3.1 混凝土抗压强度

检查同批次高性能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。

8.1.3.2 开裂弯矩

若所抽 2 根全部符合 7.2.2 的规定,则判开裂弯矩合格;若所抽 2 根全部不符合 7.2.2 的规定,则判开裂弯矩为不合格;若有 1 根不符合 7.2.2 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 7.2.2 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 7.2.2 的规定,则判开裂弯矩不合格。

8.1.3.3 外观质量

若抽取的 10 根高性能桩全部符合 6.2.1 的规定,则判外观质量为合格;若有根及上不符合 6.2.1 的规定,则判外观质量为不合格;若有 2 根或 1 根不符合 6.2.1 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 6.2.1 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 6.2.1 的规定,则判外观质量为不合格。

8.1.3.4 尺寸允许偏差

若抽取的 10 根高性能桩全部符合 6.2.2 的规定,则判尺寸允许偏差为合格;若有 3 根及以上不符合

6.2.2 的规定, 则判尺寸允许偏差为不合格; 若有 2 根及以下不符合 6.2.2 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 6.2.2 的规定, 则去除之前的不合格品, 判尺寸允许偏差为合格, 若仍有 1 根不符合 6.2.2 的规定, 则判尺寸允许偏差为不合格。

8.1.3.5 混凝土耐久性能

混凝土耐久性能达到 6.6 表 11 中相应要求时, 判定为合格, 否则判耐久性能为不合格。

8.1.4 总判定

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

8.2 型式检验

8.2.1 检验条件

有下列情况之一时应进行型式检验:

- 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) 停产半年以上恢复生产时;
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

8.2.2 检验项目

检验项目包括混凝土抗压强度、抗弯性能、混凝土保护层厚度、混凝土耐久性能、外观质量和尺寸允许偏差, 必要时由双方协商, 还可增加试验项目。

注: 如无特殊要求, 高性能桩接头处的抗弯性能和抗剪性能可以不检验。

8.2.3 检验频次

抗硫酸盐侵蚀和抗冻融破坏检测项每年进行一次; 其他检测项, 每半年进行一次。

8.2.4 抽样

8.2.4.1 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 2 根进行抗弯性能检验。

8.2.4.2 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。

8.2.5 判定规则

8.2.5.1 混凝土抗压强度

检验同批次高性能桩用混凝土备用试件的抗压强度, 或检查同批次高性能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。

8.2.5.2 抗弯性能

若所抽 2 根全部符合 7.2.2 和 7.2.3 的规定, 则判抗弯性能合格; 若所抽 2 根全部不符合 7.2.2 和 7.2.3 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 7.2.2 和 7.2.3 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 7.2.2 和 7.2.3 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 7.2.2 和 7.2.3 的规定，则判抗弯性能不合格。

8.2.4.3 混凝土保护层厚度

若所抽 1 根中有 8 个及以上数值符合 6.3 的规定，则判混凝土保护层厚度为合格；若所抽 1 根中有 3 个数值不符合 6.3 的规定，则判混凝土保护层厚度为不合格；若有 2 个数值不符合 6.3 的规定，应从同批产品中再抽取 2 根进行复验，复验结果全部符合 6.3 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 6.3 的规定，则判混凝土保护层厚度不合格，且不应复检。

8.2.4.4 外观质量

按 8.1.3.3 的规定进行。

8.3.4.5 尺寸允许偏差

按 8.1.3.4 的规定进行。

8.3.4.6 混凝土耐久性能

按 8.1.3.5 的规定进行。

8.3.4.7 总判定

混凝土抗压强度、抗弯性能、混凝土保护层厚度、混凝土耐久性能、外观质量和尺寸允许偏差全部合格，则判该批产品为合格，否则判为不合格。

9 标志、产品合格证

9.1 标志

9.1.1 标志应标在高性能桩表面距端头 1000 mm ~ 1500 mm 处。

9.1.2 标志应包含制造厂厂名或注册商标、高性能桩标记、制造日期或高性能桩编号等。

9.2 产品合格证

产品合格证应包括下列内容：

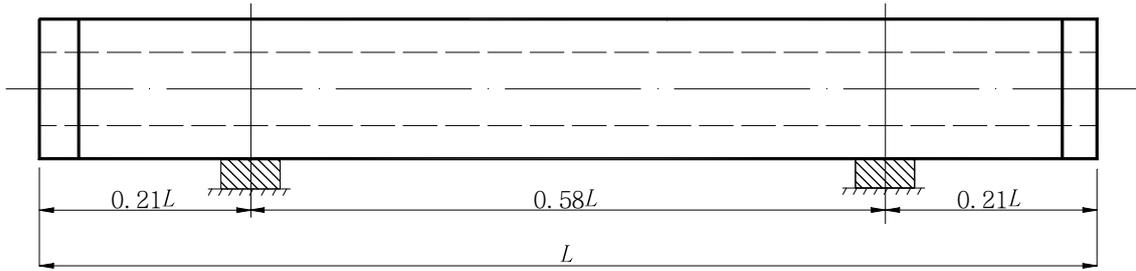
- a) 合格证编号、本文件编号；
- b) 高性能桩品种、规格、型号、长度、壁厚及数量等；
- c) 混凝土强度等级；
- d) 尺寸偏差；
- e) 制造厂厂名、制造日期、出厂日期；
- f) 检验员签名或盖章(可用检验员代号表示)。

10 贮存、吊装和运输

10.1 贮存

10.1.1 高性能桩堆放场地应坚实平整，有排水措施。

10.1.2 高性能桩堆放时，最下层宜按两点简支在垫木上（如图4所示），垫木支承点应在同一水平面上，并采取防滑、防滚等安全措施。若堆放场地地基经过特殊处理，也可采用着地平放。



标引符号说明:

L —桩长

图 4 两支点法位置

10.1.3 高性能桩应按规格、类型、型号、壁厚、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 13 的规定。

表 13 高性能桩堆放层数

外径或边长/mm	350~400	500~600	700~1000	1200	1300~1400
堆放层数	9	7	5 (4)	4 (3)	3 (2)

注：高性能桩及拼接桩长度超过 15m 时采用括号内数字。

10.1.4 长度小于 15m 的单节高性能桩的吊装采用两支点法或两头钩吊法，长度大于 15m 的单节高性能桩的吊装采用多点吊。吊钩与高性能桩的水平夹角不小于 45° 。单吊点起吊时，严禁拖行。装卸应轻起轻放，严禁抛掷、碰撞、滚落。

10.2 吊装

10.2.1 长度不大于 15m 且符合表 1 规定长度的高性能桩，宜采用两点吊（见图 5）或两头钩吊法。

10.2.2 长度大于 15m 且小于 30m 的高性能桩或拼接桩，应按图 6 采用四点吊。

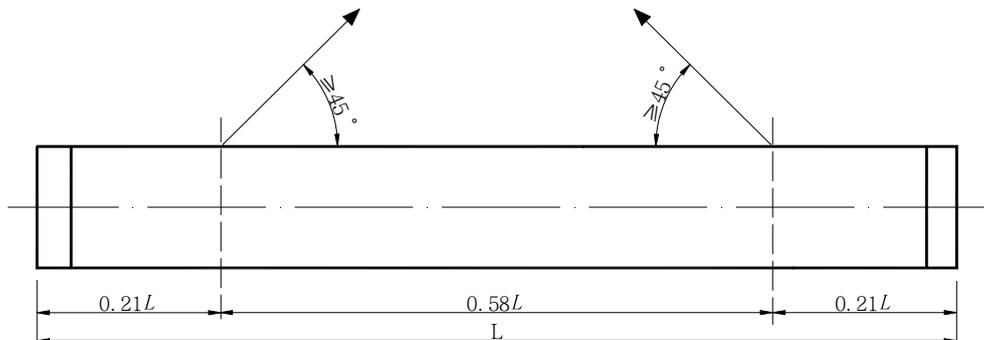


图 5 两点吊吊点位置示意图

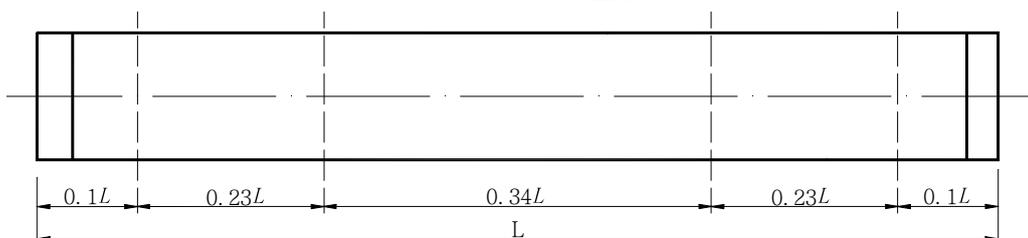


图 6 四点吊吊点位置示意图

10.2.3 长度大于 30m 或为拼接桩，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 $\pm 200\text{mm}$ 。除两端钩吊外，吊索应与高性能桩纵轴线垂直。

10.2.5 高性能桩装卸应轻起轻放，严禁抛掷、碰撞、滚落。

10.3 运输

10.3.1 高性能桩的吊运应符合 10.2 的规定。

10.3.2 高性能桩在运输过程中的支承要求应符合 10.1.2 规定，各层间也应设置垫木，垫木应上下对齐，材质一致，同层垫木应保持在同一平面。

10.3.3 高性能桩运输过程中应采用可靠的防滑、防滚等安全措施且应捆绑牢固。

附录 A
(规范性)
高性能桩抗弯、抗剪性能

A.1 常用超高强管桩的抗弯性能、抗剪性能不应低于表 A.1~表 A.2 的规定。

表 A.1 常用超高强管桩的抗弯、抗剪性能表 (C105)

规格	型号	壁厚 mm	配筋数量及 规格	预应力钢筋所在 圆周直径 D_p (mm)	开裂弯矩 kN·m	极限弯矩 kN·m	开裂剪力 kN	极限剪力 kN
UHC400 (95)	AB	95	7 ϕ 10.7	308	77	117	177	235
	B		10 ϕ 10.7		91	161	185	263
	C		13 ϕ 10.7		103	201	193	286
UHC500 (100)	AB	100	11 ϕ 10.7	406	150	239	248	331
	B		11 ϕ 12.6		175	319	260	367
	C		13 ϕ 12.6		191	366	267	387
UHC500 (120)	AB	120	12 ϕ 10.7	406	157	251	281	380
	B		12 ϕ 12.6		183	336	294	422
	C		15 ϕ 12.6		206	406	305	453
UHC600 (110)	AB	110	14 ϕ 10.7	506	244	376	331	434
	B		14 ϕ 12.6		284	503	347	482
	C		17 ϕ 12.6		314	593	358	513
UHC600 (130)	AB	130	16 ϕ 10.7	506	262	415	376	502
	B		16 ϕ 12.6		306	556	394	556
	C		20 ϕ 12.6		344	671	409	598
UHC700 (110)	AB	110	24 ϕ 9.0	590	360	547	400	520
	B		24 ϕ 10.7		424	739	419	579
	C		24 ϕ 12.6		503	969	443	643
UHC700 (130)	AB	130	26 ϕ 9.0	590	382	579	453	590
	B		26 ϕ 10.7		448	785	475	657
	C		26 ϕ 12.6		531	1034	502	730
UHC800 (110)	AB	110	15 ϕ 12.6	690	510	778	470	612
	B		30 ϕ 10.7		608	1070	496	688
	C		30 ϕ 12.6		724	1397	525	764
UHC800 (130)	AB	130	16 ϕ 12.6	690	541	816	534	693
	B		32 ϕ 10.7		643	1128	562	777
	C		32 ϕ 12.6		764	1481	594	863

表 A.2 超高强管桩的抗弯、抗剪性能表 (C125)

规格	型号	壁厚 mm	配筋数量 及规格	预应力钢筋所 在圆周直径 D_p (mm)	开裂弯矩 kN·m	极限弯矩 kN·m	开裂剪力 kN	极限剪力 kN
UHC400 (95)	AB	95	7 ϕ 10.7	308	85	118	206	239
	B		10 ϕ 10.7		99	163	215	267
	C		13 ϕ 10.7		112	205	223	290
UHC500 (100)	AB	100	11 ϕ 10.7	406	165	241	288	336
	B		11 ϕ 12.6		190	324	300	372
	C		13 ϕ 12.6		206	374	307	393
UHC500 (120)	AB	120	12 ϕ 10.7	406	173	253	327	386
	B		12 ϕ 12.6		199	341	340	428
	C		15 ϕ 12.6		222	414	351	460
UHC600 (110)	AB	110	14 ϕ 10.7	506	268	379	386	441
	B		14 ϕ 12.6		309	510	401	489
	C		17 ϕ 12.6		339	604	412	520
UHC600 (130)	AB	130	16 ϕ 10.7	506	288	419	438	509
	B		16 ϕ 12.6		333	564	455	565
	C		20 ϕ 12.6		371	684	470	607
UHC700 (110)	AB	110	24 ϕ 9.0	590	397	553	465	528
	B		24 ϕ 10.7		461	751	485	588
	C		24 ϕ 12.6		540	992	509	653
UHC700 (130)	AB	130	26 ϕ 9.0	590	422	584	528	600
	B		26 ϕ 10.7		488	796	550	667
	C		26 ϕ 12.6		572	1057	576	741
UHC800 (110)	AB	110	15 ϕ 12.6	690	560	786	546	622
	B		30 ϕ 10.7		659	1088	572	698
	C		30 ϕ 12.6		776	1432	602	775
UHC800 (130)	AB	130	16 ϕ 12.6	690	596	824	622	703
	B		32 ϕ 10.7		699	1145	650	788
	C		32 ϕ 12.6		820	1515	682	876

A.2 常用超高强空心方桩的抗弯性能、抗剪性能应不低于表 A.3~A.4 的规定。

表 A.3 超高强空心方桩的抗弯、抗剪性能表 (C105)

规格	型号	内径 mm	配筋数量及 规格	预应力钢筋所 在矩形边长 B_p (mm)	开裂弯矩 $kN \cdot m$	极限弯矩 $kN \cdot m$	开裂剪力 kN	极限剪力 kN
UHS350(170)	AB	170	8 ϕ 9	259	64	86	180	237
	B		8 ϕ 10.7		76	122	188	249
	C		8 ϕ 12.6		92	169	199	264
UHS400(220)	AB	220	8 ϕ 10.7	309	100	144	218	287
	B		12 ϕ 10.7		124	216	232	306
	C		12 ϕ 12.6		151	300	248	329
UHS450(250)	AB	250	12 ϕ 10.7	357	156	250	283	402
	B		12 ϕ 12.6		187	347	300	425
	C		16 ϕ 12.6		224	458	318	451
UHS500(310)	AB	310	12 ϕ 10.7	407	194	284	307	439
	B		12 ϕ 12.6		230	394	324	461
	C		16 ϕ 12.6		273	525	343	488
UHS550(350)	AB	350	16 ϕ 10.7	457	271	423	369	518
	B		16 ϕ 12.6		325	588	390	548
	C		20 ϕ 12.6		373	725	409	575
UHS600(400)	AB	400	20 ϕ 10.7	507	362	585	420	588
	B		20 ϕ 12.6		438	813	447	625
	C		24 ϕ 12.6		491	950	466	652

表 A.4 超高强空心方桩的抗弯、抗剪性能表 (C125)

规格	型号	内径 mm	配筋数量及 规格	预应力钢筋所 在矩形边长 B_p (mm)	开裂弯矩 $kN \cdot m$	极限弯矩 $kN \cdot m$	开裂剪力 kN	极限剪力 kN
UHS350(170)	AB	170	8 ϕ 9	259	71	86	210	268
	B		8 ϕ 10.7		83	122	218	279
	C		8 ϕ 12.6		99	169	229	294
UHS400(220)	AB	220	8 ϕ 10.7	309	110	144	254	323
	B		12 ϕ 10.7		135	216	268	343
	C		12 ϕ 12.6		162	300	285	366
UHS450(250)	AB	250	12 ϕ 10.7	357	170	250	329	448
	B		12 ϕ 12.6		202	347	345	471
	C		16 ϕ 12.6		239	463	365	498
UHS500(310)	AB	310	12 ϕ 10.7	407	213	284	358	489
	B		12 ϕ 12.6		250	394	374	512
	C		16 ϕ 12.6		294	525	393	539
UHS550(350)	AB	350	16 ϕ 10.7	457	296	423	428	578
	B		16 ϕ 12.6		352	588	450	608
	C		20 ϕ 12.6		400	734	469	635
UHS600(400)	AB	400	20 ϕ 10.7	507	394	585	487	655
	B		20 ϕ 12.6		471	813	514	693
	C		24 ϕ 12.6		525	968	533	719

A.3 常用超高强实心方桩的抗弯性能、抗剪性能应不低于表 A.5~A.6 的规定

表 A.5 超高强实心方桩的抗弯、抗剪性能表 (C105)

规格	型号	配筋数量及规格	预应力钢筋所在矩形边长 B_p (mm)	开裂弯矩 $kN \cdot m$	极限弯矩 $kN \cdot m$	开裂剪力 kN	极限剪力 kN
UHP350	AB	8 ϕ 10.7	259	77	122	314	365
	B	8 ϕ 12.6		90	169	325	380
	C	8 ϕ 14		101	208	333	392
UHP400	AB	12 ϕ 10.7	309	122	216	421	484
	B	12 ϕ 12.6		145	300	437	507
	C	12 ϕ 14		164	359	451	525
UHP450	AB	12 ϕ 12.6	357	180	347	544	649
	B	16 ϕ 12.6		210	453	563	676
	C	16 ϕ 14		239	533	581	701
UHP500	AB	16 ϕ 12.6	407	254	525	683	806
	B	20 ϕ 12.6		288	629	702	833
	C	20 ϕ 14		327	739	724	864
UHP550	AB	16 ϕ 12.6	457	302	588	816	949
	B	20 ϕ 12.6		340	719	836	977
	C	20 ϕ 14		384	852	858	1008
UHP600	AB	20 ϕ 12.6	507	399	807	982	1182
	B	24 ϕ 12.6		440	941	1001	1209
	C	24 ϕ 14		498	1115	1028	1246

表 A.6 超高强实心方桩的抗弯、抗剪性能表 (C125)

规格	型号	配筋数量及规格	预应力钢筋所在矩形边长 B_p (mm)	开裂弯矩 $kN \cdot m$	极限弯矩 $kN \cdot m$	开裂剪力 kN	极限剪力 kN
UHP350	AB	8 ϕ 10.7	259	85	122	368	419
	B	8 ϕ 12.6		99	169	379	434
	C	8 ϕ 14		110	208	388	447
UHP400	AB	12 ϕ 10.7	309	135	216	493	556
	B	12 ϕ 12.6		158	300	509	579
	C	12 ϕ 14		177	370	523	598
UHP450	AB	12 ϕ 12.6	357	197	347	636	742
	B	16 ϕ 12.6		228	463	655	769
	C	16 ϕ 14		257	549	673	794
UHP500	AB	16 ϕ 12.6	407	277	525	798	922
	B	20 ϕ 12.6		311	645	817	949
	C	20 ϕ 14		352	762	840	980
UHP550	AB	16 ϕ 12.6	457	332	588	956	1090
	B	20 ϕ 12.6		370	733	976	1118
	C	20 ϕ 14		415	874	998	1149
UHP600	AB	20 ϕ 12.6	507	437	813	1149	1350
	B	24 ϕ 12.6		479	960	1169	1378
	C	24 ϕ 14		537	1144	1196	1415

A.4 常用混合配筋管桩的抗弯性能、抗剪性能应不低于表 A.7 的规定。

表 A.7 常用混合配筋管桩的抗弯、抗剪性能表 (C80)

规格	型号	壁厚 mm	预应力钢棒 数量及规格	普通螺纹 钢数量及 规格	预应力钢筋所 在圆周直径 D_p (mm)	开裂弯矩 kN·m	极限弯矩 kN·m	开裂 剪力 kN	极限 剪力 kN
PRC400(95)	AB	95	7 ϕ 10.7	7 ϕ 12	308	71	198	149	198
	B		10 ϕ 10.7	10 ϕ 12		85	222	157	222
	C		13 ϕ 10.7	10 ϕ 12		96	240	164	240
PRC500(100)	AB	100	11 ϕ 10.7	10 ϕ 12	406	138	279	210	279
	B		11 ϕ 12.6	11 ϕ 14		165	309	221	309
	C		13 ϕ 12.6	13 ϕ 14		181	325	227	325
PRC500(120)	AB	120	12 ϕ 10.7	12 ϕ 12	406	145	321	238	321
	B		12 ϕ 12.6	12 ϕ 14		172	356	250	356
	C		15 ϕ 12.6	15 ϕ 14		195	381	259	381
PRC600(110)	AB	110	14 ϕ 10.7	14 ϕ 12	506	225	367	281	367
	B		14 ϕ 12.6	14 ϕ 14		267	406	295	406
	C		17 ϕ 12.6	17 ϕ 14		297	431	304	431
PRC600(130)	AB	130	16 ϕ 10.7	16 ϕ 12	506	243	424	318	424
	B		16 ϕ 12.6	16 ϕ 14		288	469	334	469
	C		20 ϕ 12.6	20 ϕ 14		327	502	347	502
PRC700(110)	AB	110	24 ϕ 9	24 ϕ 10	590	333	439	338	439
	B		24 ϕ 10.7	24 ϕ 12		398	488	356	488
	C		24 ϕ 12.6	24 ϕ 14		477	539	376	539
PRC700(130)	AB	130	26 ϕ 9.0	26 ϕ 10	590	353	498	384	498
	B		26 ϕ 10.7	26 ϕ 12		421	554	403	554
	C		26 ϕ 12.6	26 ϕ 14		505	613	426	613
PRC800(110)	AB	110	15 ϕ 12.6	15 ϕ 14	690	472	517	398	517
	B		30 ϕ 10.7	30 ϕ 12		572	579	421	579
	C		30 ϕ 12.6	30 ϕ 14		688	639	445	639
PRC800(130)	AB	130	16 ϕ 12.6	16 ϕ 14	690	500	585	452	585
	B		32 ϕ 10.7	32 ϕ 12		605	655	477	655
	C		32 ϕ 12.6	32 ϕ 14		727	724	505	724

A.5 常用混合配筋空心方桩的抗弯、抗剪性能应不低于表 A.8 的规定。

表 A.8 常用混合配筋空心方桩的抗弯、抗剪性能表 (C80)

规格	型号	内径 mm	预应力钢棒数量及规格	普通螺纹钢数量及规格	预应力钢筋所在矩形边长 B_p (mm)	开裂弯矩 kN·m	极限弯矩 kN·m	开裂剪力 kN	极限剪力 kN
PRS350(170)	AB	170	8 ϕ 9	8 ϕ 12	259	59	141	153	210
	B		8 ϕ 10.7	8 ϕ 14		71	196	161	194
	C		8 ϕ 12.6	8 ϕ 14		86	241	171	209
PRS400(220)	AB	220	8 ϕ 10.7	8 ϕ 12	309	92	209	186	222
	B		12 ϕ 10.7	12 ϕ 14		117	343	200	242
	C		12 ϕ 12.6	12 ϕ 14		144	402	215	264
PRS450(250)	AB	250	12 ϕ 10.7	12 ϕ 12	357	145	363	242	304
	B		12 ϕ 12.6	12 ϕ 14		177	481	258	326
	C		12 ϕ 14	12 ϕ 14		202	538	271	344
PRS500(310)	AB	310	12 ϕ 10.7	12 ϕ 12	407	179	412	262	330
	B		12 ϕ 12.6	12 ϕ 14		216	558	278	352
	C		12 ϕ 14	12 ϕ 14		246	630	291	370
PRS550(350)	AB	350	16 ϕ 10.7	16 ϕ 12	457	252	614	315	394
	B		16 ϕ 12.6	16 ϕ 14		307	808	336	424
	C		16 ϕ 14	16 ϕ 14		351	907	354	448
PRS600(400)	AB	400	20 ϕ 10.7	20 ϕ 12	507	339	835	360	450
	B		20 ϕ 12.6	20 ϕ 14		415	1095	387	487
	C		20 ϕ 14	20 ϕ 14		476	1226	408	517

A.6 常用混合配筋实心方桩的抗弯、抗剪性能应不低于表 A.9 的规定

表 A.9 常用混合配筋实心方桩的抗弯、抗剪性能表 (60)

规格	型号	预应力钢棒数量及规格	普通螺纹钢数量及规格	预应力钢筋所在矩形边长 B_p (mm)	开裂弯矩 kN·m	极限弯矩 kN·m	开裂剪力 kN	极限剪力 kN
PRP350	AB	8 ϕ 10.7	8 ϕ 12	257	71	176	265	315
	B	8 ϕ 12.6	8 ϕ 14		84	241	276	330
PRP400	AB	8 ϕ 12.6	8 ϕ 14	309	109	289	353	414
	B	8 ϕ 14	8 ϕ 14		122	330	362	427
PRP450	AB	12 ϕ 12.6	12 ϕ 12	357	167	447	461	565
	B	12 ϕ 14	12 ϕ 14		190	538	474	584
PRP500	AB	16 ϕ 12.6	16 ϕ 14	407	240	704	579	702
	B	16 ϕ 14	16 ϕ 14		271	782	597	726
PRP550	AB	16 ϕ 12.6	16 ϕ 12	457	281	749	690	822
	B	16 ϕ 14	16 ϕ 14		318	906	708	847
PRP600	AB	20 ϕ 12.6	20 ϕ 12	507	373	1014	830	1029
	B	20 ϕ 14	20 ϕ 14		424	1224	852	1060

A.7 高性能桩的抗弯承载力设计值等于极限弯矩除以 1.35，抗剪承载力设计值等于极限剪力除以 1.4。

A.8 根据工程设计需要也可生产其他规格、型号、壁厚的高性能管桩、混合配筋管桩，其桩身力学可按附录 C 的计算方法进行计算。

A.9 采用高性能混凝土或耐腐蚀措施的高性能管桩、高性能空心方桩的抗弯性能、抗剪性能应分别符合 GB/T 13476、JG/T 197 的规定。

A.10 采用高性能混凝土或耐腐蚀措施的高性能实心方桩的抗弯性能、抗剪性能应符合 JC/T 2723 的规定。

附录 B
(资料性)
高性能桩抗压、抗拉性能

B.1 超高强管桩的抗压、抗拉性能见表 B.1~表 B.2。

表 B.1 超高强管桩抗压、抗拉性能参数表 (C105)

规格	型号	壁厚 mm	配筋数量及 规格	轴心受压承载力设计 值 kN		轴心受拉承载力 设计值 kN	桩身抗裂拉力 kN	
				抱压式 锤击式	顶压式		一级裂缝控 制等级	二级裂缝控 制等级
UHC400 (95)	AB	95	7 ϕ 10.7	2886	3299	536	540	891
	B		10 ϕ 10.7			765	748	1103
	C		13 ϕ 10.7			995	944	1304
UHC500 (100)	AB	100	11 ϕ 10.7	3985	4554	842	840	1326
	B		11 ϕ 12.6			1169	1131	1623
	C		13 ϕ 12.6			1381	1311	1807
UHC500 (120)	AB	120	12 ϕ 10.7	4543	5192	918	920	1473
	B		12 ϕ 12.6			1275	1240	1800
	C		15 ϕ 12.6			1594	1510	2076
UHC600 (110)	AB	110	14 ϕ 10.7	5370	6137	1071	1074	1728
	B		14 ϕ 12.6			1488	1448	2110
	C		17 ϕ 12.6			1806	1720	2388
UHC600 (130)	AB	130	16 ϕ 10.7	6087	6956	1224	1227	1968
	B		16 ϕ 12.6			1700	1654	2404
	C		20 ϕ 12.6			2125	2015	2772
UHC700 (110)	AB	110	24 ϕ 9.0	6465	7389	1306	1308	2096
	B		24 ϕ 10.7			1836	1783	2581
	C		24 ϕ 12.6			2550	2378	3188
UHC700 (130)	AB	130	26 ϕ 9.0	7382	8436	1414	1422	2321
	B		26 ϕ 10.7			1989	1942	2851
	C		26 ϕ 12.6			2763	2595	3517
UHC800 (110)	AB	110	15 ϕ 12.6	7561	8641	1594	1591	2514
	B		30 ϕ 10.7			2295	2213	3148
	C		30 ϕ 12.6			3188	2943	3895
UHC800 (130)	AB	130	16 ϕ 12.6	8677	9916	1700	1707	2763
	B		32 ϕ 10.7			2448	2379	3449
	C		32 ϕ 12.6			3400	3173	4260

表 B.2 超高强管桩抗压、抗拉性能参数表 (C125)

规格	型号	壁厚 mm	配筋数量及 规格	轴心受压承载力设计 值 kN		轴心受拉承载力 设计值 kN	桩身抗裂拉力 kN	
				抱压式 锤击式	顶压式		一级裂缝控 制等级	二级裂缝控 制等级
UHC400 (95)	AB	95	7 ϕ 10.7	3294	3765	536	540	957
	B		10 ϕ 10.7			765	749	1171
	C		13 ϕ 10.7			995	945	1372
UHC500 (100)	AB	100	11 ϕ 10.7	4548	5197	842	841	1419
	B		11 ϕ 12.6			1169	1132	1717
	C		13 ϕ 12.6			1381	1312	1901
UHC500 (120)	AB	120	12 ϕ 10.7	5184	5925	918	920	1578
	B		12 ϕ 12.6			1275	1241	1906
	C		15 ϕ 12.6			1594	1512	2184
UHC600 (110)	AB	110	14 ϕ 10.7	6128	7004	1071	1075	1852
	B		14 ϕ 12.6			1488	1450	2236
	C		17 ϕ 12.6			1806	1722	2515
UHC600 (130)	AB	130	16 ϕ 10.7	6947	7939	1224	1227	2109
	B		16 ϕ 12.6			1700	1655	2547
	C		20 ϕ 12.6			2125	2017	2917
UHC700 (110)	AB	110	24 ϕ 9.0	7379	8433	1306	1309	2245
	B		24 ϕ 10.7			1836	1785	2732
	C		24 ϕ 12.6			2550	2381	3343
UHC700 (130)	AB	130	26 ϕ 9.0	8425	9628	1414	1423	2491
	B		26 ϕ 10.7			1989	1944	3023
	C		26 ϕ 12.6			2763	2598	3694
UHC800 (110)	AB	110	15 ϕ 12.6	8629	9862	1594	1592	2689
	B		30 ϕ 10.7			2295	2215	3326
	C		30 ϕ 12.6			3188	2947	4077
UHC800 (130)	AB	130	16 ϕ 12.6	9903	11317	1700	1708	2964
	B		32 ϕ 10.7			2448	2381	3652
	C		32 ϕ 12.6			3400	3177	4468

B.2 超高强空心方桩的抗压、抗拉性能见表 B.3~表 B.4。

表 B.3 超高强空心方桩抗压、抗拉性能参数表 (C105)

规格	型号	内径 mm	配筋数量及 规格	轴心受压承载力设计 值 kN		轴心受拉承载力设计 值 kN	桩身抗裂拉力 kN				
				抱压式 锤击式	顶压式		一级裂缝控制 等级	二级裂缝控制 等级			
UHS350(170)	AB	170	8 ϕ 9	2939	3617	461	411	793			
	B		8 ϕ 10.7						648	574	959
	C		8 ϕ 12.6						900	789	1179
UHS400(220)	AB	220	8 ϕ 10.7	3592	4421	648	576	1045			
	B		12 ϕ 10.7						972	856	1330
	C		12 ϕ 12.6						1350	1175	1655
UHS450(250)	AB	250	12 ϕ 10.7	4517	5560	972	861	1453			
	B		12 ϕ 12.6						1350	1185	1783
	C		16 ϕ 12.6						1800	1562	2168
UHS500(310)	AB	310	12 ϕ 10.7	5139	6325	972	864	1535			
	B		12 ϕ 12.6						1350	1189	1867
	C		16 ϕ 12.6						1800	1571	2256
UHS550(350)	AB	350	16 ϕ 10.7	6074	7476	1296	1148	1944			
	B		16 ϕ 12.6						1800	1580	2384
	C		20 ϕ 12.6						2250	1959	2771
UHS600(400)	AB	400	20 ϕ 10.7	6900	8492	1620	1432	2338			
	B		20 ϕ 12.6						2250	1968	2885
	C		24 ϕ 12.6						2700	2346	3270

表 B.4 超高强空心方桩抗压、抗拉性能参数表 (C125)

规格	型号	内径 mm	配筋数量及 规格	轴心受压承载力设计 值 kN		轴心受拉承载力设计 值 kN	桩身抗裂拉力 kN				
				抱压式 锤击式	顶压式		一级裂缝控制 等级	二级裂缝控制 等级			
UHS350(170)	AB	170	8 ϕ 9	3354	4128	461	413	867			
	B		8 ϕ 10.7						648	577	1034
	C		8 ϕ 12.6						900	795	1257
UHS400(220)	AB	220	8 ϕ 10.7	4099	5045	648	579	1136			
	B		12 ϕ 10.7						972	861	1424
	C		12 ϕ 12.6						1350	1184	1755
UHS450(250)	AB	250	12 ϕ 10.7	5155	6345	972	865	1569			
	B		12 ϕ 12.6						1350	1193	1903
	C		16 ϕ 12.6						1800	1576	2296
UHS500(310)	AB	310	12 ϕ 10.7	5865	7218	972	868	1665			
	B		12 ϕ 12.6						1350	1197	2001
	C		16 ϕ 12.6						1800	1583	2396
UHS550(350)	AB	350	16 ϕ 10.7	6932	8532	1296	1154	2100			
	B		16 ϕ 12.6						1800	1591	2546
	C		20 ϕ 12.6						2250	1975	2939
UHS600(400)	AB	400	20 ϕ 10.7	7875	9692	1620	1440	2517			
	B		20 ϕ 12.6						2250	1983	3072
	C		24 ϕ 12.6						2700	2366	3464

B.3 超高强实心方桩的抗压、抗拉性能见表 B.5~表 B.6。

表 B.5 超高强实心方桩抗压、抗拉性能参数表 (C105)

规格	型号	配筋数量及规格	轴心受压承载力设计值 kN		轴心受拉承载力设计值 kN	桩身抗裂拉力 kN	
			抱压式 锤击式	顶压式		一级裂缝控制 等级	二级裂缝控制 等级
UHP350	AB	8 ϕ 10.7	3607	4439	648	577	1047
	B	8 ϕ 12.6			900	794	1269
	C	8 ϕ 14.0			1109	972	1450
UHP400	AB	12 ϕ 10.7	4711	5798	972	862	1479
	B	12 ϕ 12.6			1350	1186	1809
	C	12 ϕ 14			1663	1451	2079
UHP450	AB	12 ϕ 12.6	5963	7339	1350	1194	1977
	B	16 ϕ 12.6			1800	1579	2369
	C	16 ϕ 14			2218	1930	2727
UHP500	AB	16 ϕ 12.6	7361	9060	1800	1589	2557
	B	20 ϕ 12.6			2250	1973	2948
	C	20 ϕ 14.0			2772	2412	3396
UHP550	AB	16 ϕ 12.6	8907	10963	1800	1597	2762
	B	20 ϕ 12.6			2250	1985	3157
	C	20 ϕ 14.0			2772	2429	3610
UHP600	AB	20 ϕ 12.6	10600	13046	2250	1994	3382
	B	24 ϕ 12.6			2700	2381	3777
	C	24 ϕ 14			3326	2914	4320

表 B.6 超高强实心方桩抗压、抗拉性能参数表 (C125)

规格	型号	配筋数量及规格	轴心受压承载力设计值 kN		轴心受拉承载力设计值 kN	桩身抗裂拉力 kN	
			抱压式 锤击式	顶压式		一级裂缝控制 等级	二级裂缝控制 等级
UHP350	AB	8 ϕ 10.7	4117	5067	648	579	1138
	B	8 ϕ 12.6			900	799	1363
	C	8 ϕ 14.0			1109	979	1547
UHP400	AB	12 ϕ 10.7	5377	6618	972	866	1599
	B	12 ϕ 12.6			1350	1194	1934
	C	12 ϕ 14			1663	1462	2208
UHP450	AB	12 ϕ 12.6	6805	8375	1350	1201	2130
	B	16 ϕ 12.6			1800	1590	2528
	C	16 ϕ 14.0			2218	1946	2893
UHP500	AB	16 ϕ 12.6	8401	10340	1800	1598	2748
	B	20 ϕ 12.6			2250	1986	3145
	C	20 ϕ 14.0			2772	2432	3601
UHP550	AB	16 ϕ 12.6	10166	12511	1800	1605	2989
	B	20 ϕ 12.6			2250	1996	3389
	C	20 ϕ 14.0			2772	2446	3849
UHP600	AB	20 ϕ 12.6	12098	14890	2250	2004	3653
	B	24 ϕ 12.6			2700	2395	4053
	C	24 ϕ 14.0			3326	2935	4605

B.4 混合配筋空心方桩的抗压、抗拉性能见表 B.7。

表 B.7 混合配筋管桩抗压、抗拉性能参数表 (C80)

规格	型号	壁厚 mm	预应力钢棒数 量及规格	普通钢棒数 量及规格	轴心受压承载力 设计值 kN		轴心受拉承 载力设计值 kN	桩身抗裂拉力 kN	
					抱压式 锤击式	顶压式		一级裂缝 控制等级	二级裂缝 控制等级
PRC400(95)	AB	95	7 ϕ 10.7	7 ϕ 12	2288	2614	536	538	840
	B		10 ϕ 10.7	10 ϕ 12			765	744	1054
	C		13 ϕ 10.7	10 ϕ 12			995	924	1238
PRC500(100)	AB	100	11 ϕ 10.7	10 ϕ 12	3158	3609	842	834	1253
	B		11 ϕ 12.6	11 ϕ 14			1169	1123	1555
	C		13 ϕ 12.6	13 ϕ 14			1381	1298	1737
PRC500(120)	AB	120	12 ϕ 10.7	12 ϕ 12	3600	4114	918	917	1394
	B		12 ϕ 12.6	12 ϕ 14			1275	1232	1721
	C		15 ϕ 12.6	15 ϕ 14			1594	1495	1996
PRC600(110)	AB	110	14 ϕ 10.7	14 ϕ 12	4255	4863	1071	1071	1635
	B		14 ϕ 12.6	14 ϕ 14			1488	1439	2017
	C		17 ϕ 12.6	17 ϕ 14			1806	1705	2294
PRC600(130)	AB	130	16 ϕ 10.7	16 ϕ 12	4824	5513	1224	1223	1863
	B		16 ϕ 12.6	16 ϕ 14			1700	1643	2299
	C		20 ϕ 12.6	20 ϕ 14			2125	1995	2666
PRC700(110)	AB	110	24 ϕ 9	24 ϕ 10	5124	5856	1306	1303	1982
	B		24 ϕ 10.7	24 ϕ 12			1836	1773	2471
	C		24 ϕ 12.6	24 ϕ 14			2550	2350	3073
PRC700(130)	AB	130	26 ϕ 9	26 ϕ 10	5850	6686	1414	1417	2190
	B		26 ϕ 10.7	26 ϕ 12			1989	1932	2726
	C		26 ϕ 12.6	26 ϕ 14			2763	2567	3387
PRC800(110)	AB	110	15 ϕ 12.6	15 ϕ 14	5992	6848	1594	1584	2382
	B		30 ϕ 10.7	30 ϕ 12			2295	2198	3021
	C		30 ϕ 12.6	30 ϕ 14			3188	2905	3758
PRC800(130)	AB	130	16 ϕ 12.6	16 ϕ 14	6876	7859	1700	1701	2611
	B		32 ϕ 10.7	32 ϕ 12			2448	2365	3303
	C		32 ϕ 12.6	32 ϕ 14			3400	3137	4106

B.5 混合配筋空心方桩的抗压、抗拉性能见表 B.8。

表 B.8 混合配筋空心方桩抗压、抗拉性能参数表 (C80)

规格	型号	内径 mm	预应力钢棒数量 及规格	普通钢棒数量 及规格	轴心受压承载力 设计值 kN		轴心受拉承载力 设计值 kN	桩身抗裂拉力 kN	
					抱压式 锤击式	顶压式		一级裂缝 控制等级	二级裂缝 控制等级
PRS350(170)	AB	170	8φ9	8φ12	2329	2866	787	409	738
	B		8φ10.7	8φ14			1091	569	905
	C		8φ12.6	8φ14			1343	780	1120
PRS400(220)	AB	220	8φ10.7	8φ12	2847	3503	974	572	973
	B		12φ10.7	12φ14			1637	848	1266
	C		12φ12.6	12φ14			2015	1160	1583
PRS450(250)	AB	250	12φ10.7	12φ12	3580	4406	1461	854	1363
	B		12φ12.6	12φ14			2015	1172	1693
	C		12φ14	12φ14			2328	1429	1955
PRS500(310)	AB	310	12φ10.7	12φ12	4072	5012	1461	857	1432
	B		12φ12.6	12φ14			2015	1178	1765
	C		12φ14	12φ14			2328	1438	2030
PRS550(350)	AB	350	16φ10.7	16φ12	4814	5925	1947	1139	1824
	B		16φ12.6	16φ14			2687	1563	2264
	C		16φ14	16φ14			3104	1906	2613
PRS600(400)	AB	400	20φ10.7	20φ12	5468	6730	2434	1419	2202
	B		20φ12.6	20φ14			3358	1946	2748
	C		20φ14	20φ14			3880	2371	3182

B.6 混合配筋实心方桩的抗压、抗拉性能见表 B.9。

表 B.8 混合配筋实心方桩抗压、抗拉性能参数表 (C60)

规格	型号	预应力钢棒数量 及规格	普通钢棒数量 及规格	轴心受压承载力 设计值 kN		轴心受拉承载力 设计值 kN	桩身抗裂拉力 kN	
				抱压式 锤击式	顶压式		一级裂缝控 制等级	二级裂缝控 制等级
PRP350	AB	8φ10.7	8φ12	2859	3518	974	572	975
	B	8φ12.6	8φ14			1343	787	1197
PRP400	AB	8φ12.6	8φ14	3734	4595	1343	794	1321
	B	8φ14	8φ14			1552	971	1501
PRP450	AB	12φ12.6	12φ12	4725	5816	1839	1184	1851
	B	12φ14	12φ14			2328	1447	2126
PRP500	AB	16φ12.6	16φ14	5834	7180	2687	1574	2411
	B	16φ14	16φ14			3104	1923	2766
PRP550	AB	16φ12.6	16φ12	7059	8688	2451	1584	2575
	B	16φ14	16φ14			3104	1938	2944
PRP600	AB	20φ12.6	20φ12	8401	10339	3064	1977	3160
	B	20φ14	20φ14			3880	2418	3619

B.7 采用高性能混凝土或耐腐蚀措施的高性能管桩、高性能空心方桩的抗压性能、抗拉性能应符合现行相关标准的规定。

B.8 采用高性能混凝土或耐腐蚀措施的高性能实心方桩的抗压性能、抗拉性能应符合现行相关标准的规定。

附录 C

(资料性)

高性能桩桩身性能计算方法

C.1 高性能管桩的混凝土有效预压应力计算方法见 GB/T 13476, 桩身开裂弯矩、桩身受弯极限弯矩、桩身受剪开裂剪力、桩身受剪极限剪力、轴心受压承载力、轴心受拉承载力、桩身抗裂拉力可按 (1) ~ (5) 的方法进行计算。

(1) 按荷载标准组合计算的桩身抗裂弯矩按式 (C.1) ~式 (C.3) 计算:

$$M_k = (\sigma_{pc} + \gamma f_{tk}) \times W_0 \quad \#(C.1)$$

$$W_0 = \frac{2I_0}{D} \quad \#(C.2)$$

$$I_0 = \frac{\pi (r_2^4 - r_1^4)}{4} + \frac{[(\frac{E_s}{E_c}) - 1] A_p r_p^2}{2} \quad \#(C.3)$$

式中: M_k —按荷载效应的标准组合计算的弯矩值 (kN·m) ;

σ_{pc} —混凝土有效预压应力 (N/mm²) ;

γ —考虑离心工艺影响及截面抵抗矩塑性影响的综合因素, 对 C60 取 $\gamma=2.0$, C80 及以上取 $\gamma=1.9$;

f_{tk} —混凝土抗拉强度标准值 (N/mm²) ;

W_0 —截面换算弹性抵抗矩 (mm³) ;

I_0 —高性能管桩截面惯性矩 (mm⁴) ;

r_1 、 r_2 —高性能管桩环形截面的内、外半径 (mm) ;

r_p —预应力钢筋所在圆周的半径 (mm) ;

E_s —钢筋弹性模量 (N/mm²) ;

E_c —混凝土弹性模量 (N/mm²) 。

(2) 桩身抗弯承载力极限值按式 (C.4) ~式 (C.6) 计算:

$$M_u = \alpha_1 f_{ck} A (r_1 + r_2) \frac{\sin \pi \alpha}{2\pi} + f'_{py} A_p r_p \frac{\sin \pi \alpha}{\pi} + (f_{ptk} - \sigma_{p0}) A_p r_p \frac{\sin \pi \alpha_t}{\pi} \quad \#(C.4)$$

$$\alpha = \frac{0.55 \sigma_{p0} A_p + 0.45 f_{ptk} A_p}{\alpha_1 f_{ck} A + f'_{py} A_p + 0.45 (f_{ptk} - \sigma_{p0}) A_p} \quad \#(C.5)$$

$$\alpha_t = 0.45 (1 - \alpha) \quad \#(C.6)$$

式中: M_u —桩身抗弯承载力极限值 (kN·m) ;

A —高性能管桩有效横截面面积 (mm²) ;

A_p —预应力钢筋的总横截面面积 (mm²) ;

α_1 —混凝土矩形应力图的应力值与轴心抗压强度标准值之比, 对 C60 取 $=0.98$, C80 及以上取 $=0.94$;

α —混凝土受压区面积与全截面面积的比值;

α_t —纵向受拉预应力钢筋达到屈服强度的钢筋面积与全部纵向预应力钢筋截面面积的比值,

当 $a > 2/3$ 时, 取 $\alpha_t = 0$;

f_{ck} —混凝土轴心抗压强度标准值 (N/mm²) ;

f_{pyk} —预应力钢筋抗拉强度标准值 (N/mm²) ;

f_{py}' —预应力钢筋抗压强度标准值 (N/mm²) ;

σ_{p0} —预应力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时的预应力钢筋应力 (N/mm²), $\sigma_{p0} = \sigma_{pe}$ 。

(3) 桩身开裂剪力按式 (C.7) 计算:

$$V_{cr} = 0.7f_{tk}(A_D - A_d) + 0.05(A_D - A_d)\sigma_{pc} \quad (C.7)$$

式中: V_{cr} —桩身开裂剪力 (kN) ;

A_D —高性能管桩外环截面等效矩形截面面积 (mm²) ;

A_d —高性能管桩内环截面等效矩形截面面积 (mm²) 。

(4) 桩身抗剪承载力极限剪力按式 (C.8) ~式 (C.10) 计算:

$$V \leq \frac{tI}{S_0} \sqrt{(\sigma_{ce} + 2\phi_t f_{tk})^2 - \sigma_{pc}^2} \quad (C.8)$$

$$I = \frac{\pi}{64}(r_2^4 - r_1^4) \quad (C.9)$$

$$S_0 = \frac{2}{3}(r_2^3 - r_1^3) \quad (C.10)$$

式中: V —高性能管桩抗剪承载力设计值 (kN) ;

t —壁厚 (mm) ;

I —截面对中心轴的惯性矩;

S_0 —支柱半个圆环的面积对中心轴的面积矩;

ϕ_t —混凝土抗拉强度变异性调整系数, $\phi_t = 0.7$ 。

(5) 桩身轴心受压承载力设计值 (未考虑压屈影响) 按式 (C.11) 计算:

$$R = \psi_c f_c A \quad (C.11)$$

式中: R —高性能管桩轴心受压承载力设计值(kN);

ψ_c —高性能管桩沉桩工艺系数, 对采用抱压式或锤击式施工时取 0.7, 对采用顶压式施工时取 0.8。

(6) 桩身抗拉承载力设计值按式 (C.12) 计算:

$$N_t \leq 0.85f_{py}A_p \quad (C.12)$$

式中: N_t —桩身轴心受拉承载力设计值(kN)。

(7) 桩身抗裂拉力按式 (C.13) ~式 (C.14) 计算:

1) 对于严格要求不出现裂缝的高性能管桩, 其裂缝控制等级为一级时:

$$N_k \leq \sigma_{pc} A_0 \quad \text{(C. 13)}$$

式中: N_k —按标准组合计算的抗裂拉力(kN);

A_0 —截面换算面积(mm²).

2) 对于一般要求不出现裂缝的高性能管桩, 其裂缝控制等级为二级时:

$$N_k \leq (\sigma_{pc} + f_{tk}) A_0 \quad \text{(C. 14)}$$

C.2 高性能空心方桩和高性能实心方桩的混凝土有效预压应力计算方法见 JG/T 197, 桩身开裂弯矩、桩身受弯极限弯矩、桩身受剪开裂剪力、桩身受剪极限剪力可按式 (C.15) ~式 (C.20) 进行计算、轴心受压承载力、轴心受拉承载力、桩身抗裂拉力可按式 (C.11) ~式 (C.14) 进行计算。

(1) 按荷载标准组合计算的桩身抗裂弯矩按式 (C.15) 计算

$$M_{cr} = (\sigma_{pc} + \gamma f_{tk}) W_0 \quad \text{(C.15)}$$

式中: γ —混凝土构件的截面抵抗矩塑性影响系数, 取 1.35;

W_0 —桩换算截面受拉边缘弹性抵抗矩, mm³。

(2) 桩身抗弯承载力极限值

空心方桩的正截面抗弯弯矩计算将内圆孔换算成等截面、等惯性矩的方孔后, 整体按对应的 I 型截面计算。满足下列条件时,

$$\sum f_{pi} A_{pi} \leq \alpha_1 f_c B h_f'$$

$$M_u = 1.25 \times \sum \sigma_{pi} \cdot A_{pi} (h_i - \frac{x}{2})$$

混凝土受压区高度按下式 (C.16) 确定:

$$\alpha_1 f_c B x = \sum \sigma_{pi} A_{pi} \quad \text{(C.16)}$$

满足下列条件时,

$$\sum f_{py} A_{pi} > \alpha_1 f_c B h_f'$$

$$M_u = 1.25 \times \sum f_{py} \cdot A_{pi} (h_i - \frac{x_t}{2})$$

$$x_t = \frac{\frac{1}{2}(B-b)h_f^2 + \frac{1}{2}bx^2}{(B-b)h_f + bx}$$

混凝土受压区高度按下式(C.17)确定:

$$\alpha_1 f_c [bx + (B-b)h_f'] = \sum \sigma_{pi} A_{pi} \quad \text{(C.17)}$$

按上述公式计算时, 混凝土受压区高度尚应符合下列条件:

$$x \leq \xi_b h_0$$

$$x \geq 2a'$$

当 $x < 2a'$ 时, 桩身极限弯矩按式 (C.18) 计算:

$$M_u = 1.25 \times [f_{py} \sum A_{pi} (h_i - a')] \quad (C.18)$$

(3) 桩身开裂剪力按式 (C.19) 计算:

$$V_{cr} = 0.7 f_{tk} (A_D - A_d) + 0.05 (A_D - A_d) \sigma_{pc} \quad (C.19)$$

式中: V_{cr} —桩身开裂剪力 (kN) ;

A_D —高性能空心方桩矩形截面面积 (mm^2) ;

A_d —高性能空心方桩内环截面等效矩形截面面积 (mm^2) 。

(4) 桩身极限剪力按式 (C.20) 计算:

$$V_u = \frac{1.75}{\lambda + 1} f_{tk} b h_0 + f_{yk} \frac{A_{sv}}{S} h_0 + 0.05 N_{p0} \quad (C.20)$$

式中: V_u —高性能空心方桩桩身极限剪力 (kN) ;

λ —偏心受压构件计算截面的剪跨比, 取 $\lambda = 1.5$;

N_{p0} —计算截面上混凝土法向预应力等于零时的预加力 (N/mm^2) 。