

河北省工程建设标准
长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合
地基技术标准

Technical Standard for composite foundation of
long screw drilling cast-in-place pile

DB 13 (J) / T123—20XX

(征求意见稿)

主编单位：中土大地国际建筑设计有限公司

批准部门：河北省住房和城乡建设厅

施行日期：

河北省工程建设工程标准编制研究中心

2020 石家庄

前 言

本标准是由中土大地国际建筑设计有限公司会同有关设计、勘察、施工单位,对《长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基技术规程》DB 13(J)/T123—2011进行修订而成。

在修订过程中,规程修订组开展了专题调研,总结了长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基技术的工程实践经验,与相关的国家和行业标准规范进行了协调,并在广泛征求意见、反复修改的基础上,最后经审查定稿。

本标准主要技术内容包括:总则、术语和符号、基本规定、复合地基设计、施工和质量检验。

本标准修订在章节上进行了调整,内容上有了较大增补和修改,主要有:

- 1、对长螺旋钻孔泵压混凝土桩的适用性进行了补充;
- 2、对术语、符号进行了调整和补充;
- 3、在基本规定中,对复合地基设计进行等级划分,对复合地基设计应必备的资料,提出了具体要求,对桩的耐久性设计进行了规定;
- 4、对岩土工程勘察单列一章,并补充了对勘察报告内容的要求。
- 5、在设计计算方面,引入端阻力发挥系数,对复合地基承载力修正系数,规定了具体值;
- 5、在施工方面,对成孔的要求进行了细化,增加了对施工安全的要求。

本标准由河北省工程建设工程标准编制研究中心负责管理,由中土大地国际建筑设计有限公司负责具体技术内容的解释。本标准执行过程中如发现需要修改和补充之处,请将意见和有关资料寄送中土大地国际建筑设计有限公司(地址:石家庄市长安区体育北大街石纺路中土国际 14 层;邮编:050000,联系电话:0311-85898269/66708102),以供今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位和主要起草人名单:

主编单位:中土大地国际建筑设计有限公司

参编单位:

主要起草人：周保良 张树雄

参编人员（以姓氏笔划为序）：

审查人员：

目 次

1 总 则.....	1
2 术语和符号.....	2
2.1 术 语.....	2
2.2 符 号.....	2
3 基本规定.....	4
4 岩土工程勘察要求.....	6
5 复合地基设计.....	9
5.1 一般规定.....	9
5.2 复合地基设计基本资料.....	10
5.3 设 计.....	11
6 施 工.....	15
6.1 施工准备.....	15
6.2 材 料.....	15
6.3 成 孔.....	16
6.4 成 桩.....	17
6.5 褥垫层.....	18
6.6 施工安全管理.....	18
7 质量检验.....	20
7.1 成桩质量检查.....	20
7.2 复合地基检测	20
7.3 工程验收.....	21
附录 A 长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基载荷试验要点.....	22
附录 B 长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基单桩静载荷试验要点.....	24
附录 C 长螺旋钻孔泵压混凝土桩施工记录.....	26
附录 D 本规程用词说明.....	27
条文说明	28

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols.....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	2
3	Basic Requirements.....	4
4	Requirements for Investigation of Geotechnical Engineering.....	6
5	Composite Foundation Design.....	9
5.1	General Requirements.....	9
5.2	Basic Data of Composite Foundation Design.....	10
5.3	Design.....	11
6	Construction.....	15
6.1	Construction Preparation.....	15
6.2	Materials.....	15
6.3	Pore-forming.....	16
6.4	Pile-forming.....	17
6.5	Cushion.....	18
6.6	Construction Safety Management.....	18
7	Inspection.....	20
7.1	The Quality Check of Pile-forming.....	20
7.2	Composite Foundation Inspection.....	20
7.3	Engineering Acceptance.....	21
Appendix A	Key Points for Load Test on Composite Foundation with Long Screw Drilling Cast-in-place Single Pile.....	22
Appendix B	Key Points for Load Test on Composite Foundation with Long Screw Drilling Cast-in-place Pile.....	24
Appendix C	Construction Records of Long Screw Drilling Cast-in-place Pile.....	26
Appendix D	Explanation of wording in this Specification.....	27
Addition:	Explanation of Provisions.....	28

1 总 则

1.0.1 为在长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基设计和施工中贯彻执行国家的有关技术经济政策，做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量、保护环境，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基的勘察、设计、施工、质量检验及验收。

1.0.3 采用长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基应综合考虑建筑功能、岩土工程条件、施工与材料供应、环境条件等因素。

1.0.4 长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基的设计、施工、质量检验及验收，除符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 长螺旋钻孔泵压混凝土桩 long screw drilling cast-in-place pile

使用长螺旋钻机成孔，成孔后自空心钻杆向孔内泵压混凝土，边压入混凝土边提钻而形成的桩。

2.1.2 长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基 Composite foundation of long screw drilling cast-in-place pile

长螺旋钻孔泵压混凝土桩与桩间土共同承担荷载形成的人工地基。

2.1.3 面积置换率 replacement ratio

复合地基中桩的横截面积与桩所承担的复合地基面积的比值。

2.1.4 褥垫层 mattress

在基础底面与复合土层之间铺设的，起传递和调整桩土荷载分配作用的柔性材料垫层。

2.1.5 夯填度 thickness ratio of rammed cushion to filled

褥垫层铺设时，压实厚度与虚铺厚度的比值。

2.2 符号

2.2.1 材料性能、抗力、几何参数等

A_p ——桩身截面面积、桩端底面积；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

f_{cu} ——混凝土试块（边长 150mm 立方体）标准养护 28 天立方体抗

压强度平均值；

f_{ak} ——天然地基承载力特征值；

f_{spk} ——复合地基承载力特征值；

l_i ——第 i 层土的厚度；

m ——面积置换率；

q_{pk} ——桩端土极限端阻力标准值；

q_{sik} ——桩侧第 i 层土的极限侧阻力标准值；

Q_{uk} ——单桩竖向极限承载力标准值；

R_a ——单桩竖向承载力特征值；

U_p ——桩身截面周长。

2.2.2 计算系数

λ ——单桩承载力发挥系数；

α_p ——桩端阻力发挥系数；

β ——桩间土承载力发挥系数；

K ——安全系数；

ζ ——复合土层的压缩模量与天然地基压缩模量的比值；

ψ_c ——长螺旋钻孔泵压混凝土桩施工工艺系数。

3 基本规定

3.0.1 长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基适用于黏性土、粉土、砂土和人工填土。

3.0.2 当长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基用于湿陷性黄土、新近沉积土、液化土等特殊性地基处理时，尚应满足相应现行标准的要求。

3.0.3 根据建筑规模、功能特征、对差异变形的适应性、场地地基和建筑物体形的复杂性以及由于复合地基问题可能造成建筑物破坏或影响正常使用的程度，将复合地基设计分为三个等级。复合地基设计时，应根据表 3.0.3 确定设计等级。

表 3.0.3 复合地基设计等级

设计等级	建筑和地基类型
甲级	(1) 重要工业与民用建筑物； (2) 体形复杂且层数相差超过 10 层的高低层连成一体建筑物； (3) 30 层以上（含 30 层或高度 100m 及以上高耸构筑物）的高层建筑； (4) 场地和地基条件复杂的一般建筑物及坡上建筑物； (5) 对原有工程影响较大的新建建筑物； (6) 对地基变形有特殊要求的建筑物。
乙级	除甲级、丙级以外的建筑物。
丙级	场地和地基条件简单、荷载分布均匀的 7 层及 7 层以下民用建筑及一般工业建筑；次要的轻型建筑物。

3.0.4 对特别重要的建筑物或地质条件特别复杂的情况，当采用长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基方案时，应进行专门论证。

3.0.5 符合下列条件之一的建筑，应在场地有代表性的区域进行试验性施工和测试，以检验设计参数、施工工艺的适应性和处理效果。

- 1 复合地基设计等级为甲级；
- 2 场地水文地质、工程地质条件复杂；

3 对软土、硬黏土、碎石土等应按地区经验或通过现场试验确定其适用性。

4 当地缺乏长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基工程经验。

3.0.6 按地基变形设计或应作变形验算且需进行地基处理的建筑物或构筑物，应对处理后的地基进行变形验算。

3.0.7 对建造在处理后的地基上受较大水平荷载或位于斜坡上的建筑物及构筑物，应进行地基稳定性验算。

3.0.8 复合地基施工结束后，应进行质量检验和验收。

3.0.9 建筑物在施工期间及使用期间应进行变形观测，直至变形达到稳定为止。

4 岩土工程勘察要求

4.0.1 复合地基的详细勘察,除满足现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关要求外,尚应满足复合地基设计的要求。

4.0.2 勘探点平面布置应符合下列规定:

1 当高层建筑平面为矩形时应按双排布设,为不规则形状时,应在凸出部位的角点和凹进的阴角布设勘探点;

2 在高层建筑层数、荷载和建筑体形变异较大位置,应布设勘探点;

3 对复合地基设计等级为甲级的高层建筑应在中心点或电梯井、核心筒部位布设勘探点;

4 勘探点间距应控制在 15m~30m。当相邻两个勘探点揭露出的桩端持力层层面坡度大于 10%或持力层起伏较大、地层分布复杂、土层的性质或状态在水平方向分布变化较大、存在影响成桩的土层时,应适当加密勘探点。

4.0.3 应布置不少于 1/3 的勘探孔为控制性孔,且不少于 2 个。对于复合地基设计等级为甲级的,应布置不少于 3 个控制性孔。控制性孔应穿透桩端平面以下压缩层厚度;一般性勘探孔应深入预计桩端平面以下不小于 3m。

4.0.4 在勘探深度范围内的每一土层,均应采取不扰动试样进行室内试验或根据土质情况选用有效的原位测试方法进行测试。

4.0.5 勘察报告应提供地基土的质量密度、压缩模量、承载力特征值,以及桩的极限侧阻力标准值和极限端阻力标准值等设计所需参数。并对桩端持力层提出建议。

4.0.6 桩的极限侧阻力标准值和极限端阻力标准值，当无地区经验时，可根据土的物理指标按表 4.0.6-1 和表 4.0.6-2 确定。

表 4.0.6-1 桩的极限侧阻力标准值 $q_{s,sk}$ (kPa)

土的名称	土的状态	桩侧阻力
填土		18~26
淤泥		10~16
淤泥质土		18~26
黏性土	$l_L > 1$	20~34
	$0.75 < l_L \leq 1$	34~48
	$0.50 < l_L \leq 0.75$	48~62
	$0.25 < l_L \leq 0.5$	62~76
	$0 < l_L \leq 0.25$	76~86
	$l_L \leq 0$	86~96
粉土	$e > 0.9$	20~40
	$0.75 \leq e \leq 0.9$	40~60
	$e < 0.75$	60~80
粉细砂	稍密	20~40
	中密	40~60
	密实	60~80
中砂	中密	50~70
	密实	70~90
粗砂	中密	70~90
	密实	90~110
砾砂	中密、密实	110~130
角砾、圆砾	中密、密实	135~150
碎石、卵石	中密、密实	150~170

表 4.0.6-2 桩的极限端阻力标准值 q_{pk} (kPa)

土的名称	土的状态	桩入土深度 (m)		
		>5	>10	>15
黏性土	$0.75 < l_L \leq 1$	200~400	400~700	700~950
	$0.50 < l_L \leq 0.75$	420~630	740~950	950~1200
	$0.25 < l_L \leq 0.5$	850~1100	1500~1700	1700~1900
	$0 < l_L \leq 0.25$	1600~1800	2200~2400	2600~2800
粉土	$0.75 \leq e \leq 0.9$	600~1000	1000~1400	1400~1600
	$e < 0.75$	1200~1700	1400~1900	1600~2100
粉砂	稍密	500~900	1000~1400	1500~1700

	中密、密实	850~1000	1500~1700	1700~1900
细砂	中密、密实	1200~1400	1900~2100	2200~2400
中砂		1800~2000	2800~3000	3300~3500
粗砂		2900~3200	4200~4600	4900~5200
砾砂	中密、密实	3200~5300		
角砾、圆砾		3600~5800		
碎石、卵石		4000~6300		

注：砂土和碎石类土中桩的极限端阻力取值，应综合考虑土的密实度，桩端进入持力层的深度比 h_b/d ，土愈密实， h_b/d 愈大，取值愈高。

4.0.7 勘察报告应包括以下内容：

- 1 复合地基设计所需的岩土物理力学参数及原位测试参数。
- 2 对建筑场地的不良地质作用，如滑坡、崩塌、泥石流、岩溶、土洞、采空区等，有明确判断结论和防治方案。
- 3 地下水埋藏情况、类型，水位变化幅度及水、土的腐蚀性评价。
- 4 地基土的冻胀性、湿陷性、膨胀性、液化等评价。
- 5 建筑场地所在地区的抗震设防烈度和建筑场地类别。

5 复合地基设计

5.1 一般规定

5.1.1 桩的平面布置应符合下列要求：

1 在基础范围内布桩，桩中心与基础边缘的距离不宜小于桩径的 1 倍；桩的边缘与基础边缘的距离，条形基础不宜小于 75mm，其他基础不宜小于 150mm；特殊情况下可考虑在基础外增加护桩。

2 复合地基的布桩，可按均匀布置；当上部结构荷载分布相差较大或地基不均匀时，应根据承载力和变形要求布桩。

3 桩直径宜为 0.4m~0.6m。直径超过 0.6m 时，应进行专门论证。

4 桩间距应根据设计要求的复合地基承载力、岩土性质等确定，桩的最大中心间距不宜大于 5 倍桩径，桩的最小中心距应按表 5.1.1 确定。

5 桩长应按实际岩土工程条件、工程设计要求等因素综合确定。一般应选择承载力较高的硬土层作为桩端持力层，桩端进入持力层深度应大于 1 倍桩径。当硬土层埋藏较深时，桩端可不达到硬土层，但应满足承载力及沉降的要求。当存在软弱下卧层时，桩端以下持力层厚度不应小于 3 倍桩径。

表 5.1.1 桩的最小中心距

排数不少于 3 排，且桩数不少于 9 根的摩擦型桩复合地基	其他情况
3.0 倍桩径	2.5 倍桩径

5.1.2 褥垫层的铺设应满足下列规定：

1 复合土层以上应铺设褥垫层，其厚度宜取 150mm~300mm。当需要桩承担较多荷载时，宜取较低值；需要土承担较多荷载时，宜取较高值。

2 褥垫层铺设范围应超出基础边缘不小于褥垫层厚度。

3 褥垫层的夯填度不得大于 0.9。褥垫层夯填度应通过试验确定。

4 褥垫层材料宜用中砂、粗砂、碎石、级配砂石。碎石、级配砂石的最大粒径不宜大于 30mm。

5.1.3 经过处理后的地基，当按地基承载力确定基础底面积及埋深而需对本标准确定的地基承载力特征值进行修正时，应符合下列规定：

1 基础宽度的地基承载力修正系数取零。

2 基础埋深的地基承载力修正系数取 1.0；对于设计等级为甲级的地基承载力修正系数取 0。

5.2 复合地基设计基本资料

5.2.1 符合要求的岩土工程勘察报告。

5.2.2 建筑场地与环境条件的有关资料：

1 建筑场地现状，包括交通设施、高压架空线、地下管线和地下构筑物的分布。

2 相邻建筑物重要性等级、基础形式及埋置深度，以及可能采用的复合地基设计情况。

3 附近类似工程地质条件的复合地基资料。

4 弃土条件。

5.2.3 需要搜集建（构）筑物的下列资料：

- 1 总平面布置图、基础平面布置图和剖面图等。
- 2 结构及基础类型、荷载、变形和使用条件要求。
- 3 使用功能和建筑结构的重要性等级。

5.2.4 复合地基施工应具备以下条件：

- 1 施工机械设备对地质条件的适应性。
- 2 水、电及建筑材料的供应条件。
- 3 施工机械的进出场及现场运行条件。

5.3 设计

5.3.1 对于符合 3.0.5 条规定之一的复合地基承载力特征值，应通过现场复合地基载荷试验确定。其他情况或初步设计时，可按式 (5.3.1) 计算确定。

$$f_{\text{spk}} = m \lambda R_a / A_p + \beta (1 - m) f_{\text{ak}} \quad (5.3.1)$$

式中： f_{spk} ——复合地基承载力特征值（kPa）；

m ——面积置换率；

λ ——单桩承载力发挥系数，可取 $\lambda=0.7\sim 1.0$ ，当基底面积较大、桩长较短、满堂布桩、桩距较小、褥垫层厚时可取较低值，反之可取较高值；

R_a ——复合地基中单桩竖向承载力特征值（kN）；

A_p ——桩身截面面积（ m^2 ）；

β ——桩间土承载力发挥系数，且取 $\beta=0.75\sim 0.90$ ，对变形

要求严格的建筑物取较低值，一般建筑物可取较高值；

f_{ak} ——天然地基承载力特征值（kPa）。

5.3.2 复合地基设计等级为甲级的建（构）筑物，对于通过现场载荷试验确定的复合地基承载力特征值，以及初步设计时按公式(5.3.1)计算的复合地基承载力特征值，应按 0.9 的系数进行折减。

5.3.3 复合地基中单桩竖向承载力特征值 R_a 的取值，应符合下列规定：

1 单桩竖向极限承载力标准值 Q_{uk} 应按现行《建筑桩基技术规范》JGJ 94 有关规定确定。

2 确定单桩竖向承载力特征值 R_a 时，按下式计算：

$$R_a = Q_{uk} / K \quad (5.3.3)$$

式中： Q_{uk} ——桩竖向极限承载力标准值（kN）

K ——安全系数，取 $K=2.0$

5.3.4 当采用现场载荷试验确定单桩竖向极限承载力标准值 Q_{uk} 时，在同一条件下的试桩数量不宜小于总桩数的 1%，且不应小于 3 根。试验及单桩竖向极限承载力取值按现行《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定执行。

5.3.5 当根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系确定 Q_{uk} 时可按下式计算：

$$Q_{uk} = U_p \sum q_{sik} l_i + \alpha_p q_{pk} A_p \quad (5.3.5)$$

式中： U_p ——桩身截面周长（m）；

q_{sik} ——桩侧第 i 层土的极限侧阻力标准值（kPa），当无经验时，按表 4.0.6-1 取值；

q_{pk} ——桩端土极限端阻力标准值 (kPa)，当无经验时，按 4.0.6-2 取值；

α_p ——桩端土端阻力发挥系数，按地区经验确定；

l_i ——第 i 层土的厚度 (m)；

A_p ——桩端底面积 (m^2)。

5.3.6 桩身混凝土强度等级应按以下要求进行验算：

1 当采用质量稳定的搅拌方法时按下式确定：

$$R_a \leq \psi_c f_c A_p \quad (5.3.6-1)$$

式中： ψ_c ——长螺旋钻孔泵压混凝土桩施工工艺系数，无地下水时取 $\psi_c=0.7$ ，有地下水时取 $\psi_c=0.6$ ；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值 (kPa)，按现行《混凝土结构设计规范》GB 50010 取值；

A_p ——桩身截面面积 (m^2)。

2 当采用质量不易控制的搅拌方法时，桩体试块抗压强度标准值应满足下式要求：

$$R_a \leq \frac{1}{4} f_{cu} A_p \quad (5.3.6-2)$$

式中： f_{cu} ——桩体材料试块 (边长 150mm 立方体) 标准养护 28 天立方体抗压强度平均值 (kPa)。

5.3.7 地基处理后的变形计算按国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定执行。复合土层的分层与天然地基相同，各复合土层的压缩模量等于该层天然地基压缩模量的 ζ 倍。 ζ 值可按下式确定：

$$\zeta = f_{spk} / f_{ak} \quad (5.3.7)$$

式中： f_{ak} ——天然地基承载力特征值（kPa）。

有可靠依据及成熟经验时，也可采用其他理论方法计算。

5.3.8 地基变形计算深度应大于复合土层的厚度，并满足《建筑地基基础设计规范》GB 50007 地基变形计算深度的有关规定。

5.3.9 变形计算经验系数 ψ_s 根据地区沉降观测资料经验确定，无地区经验时可根据变形计算深度范围内压缩模量的当量值（ \bar{E}_s ）按表 5.3.9 取值。

表 5.3.9 复合地基变形计算经验系数 ψ_s

\bar{E}_s (MPa)	4.0	7.0	15.0	20.0	35.0
ψ_s	1.0	0.7	0.4	0.25	0.2

5.3.10 当桩端以下存在软弱下卧层时，应按《建筑地基基础设计规范》GB 50007 有关规定验算软弱下卧层的承载力。

5.3.11 桩的耐久性应根据设计使用年限、环境类别，以及水、土对混凝土的腐蚀性等级，按国家现行相关规范、标准进行设计。

6 施 工

6.1 施工准备

6.1.1 施工前应具备下列资料：

- 1 建筑场地岩土工程勘察资料，当场地较复杂时尚应作必要的补充勘察。
- 2 建（构）筑物基础施工图及复合地基施工图。
- 3 建筑物场地和邻近区域内的地上、地下管线及障碍物等的调查资料。

6.1.2 施工前应具备下列条件：

- 1 影响施工的管线及障碍已经清除。
- 2 施工用水、用电有保证，道路畅通，施工场地平整。
- 3 建（构）筑物的方位、标高的控制桩已设定。

6.1.3 施工前应编制施工组织设计，其主要内容包括：施工平面及桩位布置图；施工组织机构、人员配置；施工顺序；材料、备品、备件供应计划；进度计划；质量控制、安全保证和季节性施工技术措施。

6.2 材 料

6.2.1 施工所用混凝土应首选预拌混凝土；当不具备预拌混凝土供应条件时，可现场搅拌。进场的水泥、砂、石料、粉煤灰等材料，应根据有关规范进行质量检验，合格后方可使用。桩身混凝土强度等级不低于C20。混凝土配合比应根据地基承载力所需的桩身强度和泵送的需要确

定。

6.2.2 混凝土坍落度宜为 160~220mm，混凝土到达施工现场后，应进行坍落度的检查，实测混凝土坍落度与要求混凝土坍落度之间的允许偏差为±20mm。

6.2.3 粗骨料可采用卵石或碎石，其最大粒径不宜大于 30mm。

6.2.4 混凝土缓凝时间不少于 6h。

6.2.5 施工期间，每台班制作混凝土试块一组，标准养护，并送检 28 天强度。

6.2.6 当混凝土需添加外加剂时，应符合设计要求；外加剂的品种及掺量，必须根据施工及气候条件等因素对混凝土性能的要求通过试验确定。外加剂的性能应符合有关标准，具有合格证及相关检验报告。

6.3 成 孔

6.3.1 成孔施工除应执行国家有关规范外，尚应按下列要求及步骤操作：

1 检查钻杆垂直度，钻机就位并调整机身，使钻杆垂直对准桩位中心，确保桩身垂直度偏差≤1%。

2 开钻前，需将混凝土泵的料斗及管线用清水湿润，然后搅拌一定的水泥砂浆进行泵送，并将所有砂浆泵出管外。

3 封住钻头阀门，使钻杆向下移动至钻头触及地面，开动钻机旋转钻头，一般应先慢后快。

4 根据设计桩长，确定钻孔深度并在钻机塔身相应位置作醒目标

记。

5 钻杆下钻到预定深度，现场施工技术人员根据地质勘察报告以及实际钻孔出土观察分析，是否达到设计要求的土层。

6 在施工过程中，应及时、准确填写长螺旋钻孔泵压混凝土桩施工记录。

6.3.2 成孔施工的允许偏差应满足表 6.3.2 要求。

表 6.3.2 成孔施工的允许偏差

成孔方法	桩径偏差 (mm)	桩顶标高偏 差 (mm)	垂直度 允许偏差 (%)	桩位允许偏差 (mm)	
				条形复合地基沿垂直 轴线方向和群桩复合 地基中的边桩	条形复合地基沿轴线 方向和群桩复合地基 中间桩
长螺旋钻机	+50 0	+30 -50	1	70	150

6.3.3 成孔的控制深度不应小于设计桩长。

6.3.4 施工成孔时发现地层与勘察资料不符时，应查明情况，会同复合地基设计单位采取有效处理措施。

6.4 成 桩

6.4.1 长螺旋钻孔泵压混凝土成桩施工除应执行国家有关规范外，尚应符合下列要求：

1 施工时应采用强度不低于设计要求的混凝土；

2 长螺旋钻孔、管内泵压混凝土成桩施工在钻至设计深度后，应停止钻杆钻动；当钻杆芯管充满混凝土后方可提钻，禁止先提钻再泵料；

3 应一边泵送混凝土一边提钻，提钻速度应根据土层情况确定，且

提钻速度应与混凝土泵送量相匹配，以保证管内有一定高度的混凝土，宜控制在 2.0~3.5m/min；

4 宜连续匀速提钻灌注，遇到饱和砂土或饱和粉土层时，不得停泵等料；如遇淤泥质土，提钻速度应适当放慢；

5 施工时，桩顶标高应高出设计桩顶标高，高出长度应根据桩距、布桩形式，现场地质条件和成桩顺序等综合确定，不宜小于 0.5m；

6 成桩过程中必须保证排气阀正常工作，防止成桩过程中堵管；

7 泵送混凝土时，料斗内混凝土的高度不得低于 400mm，避免泵送时吸入空气，造成堵管；

8 成桩过程中，应严格控制混凝土灌注量，充盈系数不得小于 1.0；

9 施工时设置专人监测成孔、成桩质量，在混凝土浇筑过程中，应及时、准确填写长螺旋钻孔泵压混凝土桩施工记录表，发现问题及时处理；

10 冬季施工时，桩顶应采取防冻措施。

6.5 褥垫层

6.5.1 褥垫层铺设厚度应均匀，厚度允许偏差±10mm。

6.5.2 褥垫层铺设，应充分密实，夯填度满足设计要求。

6.6 施工安全管理

6.6.1 施工人员必须遵守和执行现行的安全生产法规、制度。

6.6.2 在施工前全面检查机械，进行试运转，严禁带故障作业。

6.6.3 机械司机，在施工操作时，注意机械运转情况，发现异常情况要

及时纠正，防止机械倾斜、倾倒。

6.6.4 钻孔时，应先将钻杆缓慢放下，使钻头对准桩位，当电流表无负荷时即可开钻。在钻孔过程中，当电流表超过额定电流时，应放慢下钻速度。

6.6.5 钻孔时如卡钻，应立即切断电源，停止下钻，未查明原因前，不得强行启动。

6.6.6 作业中，当需改变钻杆回转方向时，应待钻杆完全停转后再进行。

6.6.7 钻孔时，遇机架摇晃、移动、偏斜或钻头内发出有异常的响声时，应立即停钻，经处理后方可继续施工。

6.6.8 钻机作业中，电缆应有专人负责收放，如遇停电，应将各控制器放置零位，切断电源，并及时将钻杆全部从孔内拔出，使钻头接触地面。

6.6.9 钻孔时，严禁用手清除螺旋片中的泥土，发现紧固螺栓松动时，应立即停机重新紧固后方可继续施工。

6.6.10 电工、电焊工、司机，必须持有特种作业操作证方准上岗。

6.6.11 夜间施工应有足够的照明。

7 质量检验

7.1 成桩质量检查

7.1.1 长螺旋钻孔泵压混凝土桩的成桩质量检查主要包括成孔、混凝土质量及灌注等三个方面。

7.1.2 应对孔径、孔位、孔深、垂直度进行检查，并填写相应的质量检查记录。

7.1.3 混凝土搅拌应对原材料质量与计量、混凝土配合比、坍落度、混凝土强度等级等进行检查并记录；预拌混凝土应有合格证及搅拌站提供的有关质量检查资料。

7.1.4 混凝土灌注应检查单桩灌注方量，灌注完成时间等。

7.2 复合地基检测

7.2.1 复合地基检测包括复合地基承载力检测和桩身质量检测。

7.2.2 承载力检测宜在施工结束 28 天后进行，其桩身强度应满足试验荷载条件。

7.2.3 复合地基承载力应由单桩或多桩复合地基载荷试验确定，检测数量应不少于总桩数的 0.5%，且不少于 3 点。对设计等级为甲级的复合地基，检测数量应不少于总桩数的 1.0%，且不少于 3 点。复合地基载荷试验方法按本规程附录 A 执行。

7.2.4 除按 7.2.3 条的规定进行复合地基检测外，尚应采用载荷试验对单桩竖向承载力进行检测，检测数量不少于按总桩数的 0.5%，且不少于 3 点。对设计等级为甲级的复合地基，检测数量应不少于总桩数的

1.0%，且不少于 3 点。复合地基单桩载荷试验方法按本规程附录 B 执行。

7.2.5 成桩后，应进行成桩质量检测。检测方法应采用可靠的动测法，抽检数量不应少于总桩数的 20%，且不少于 10 根。复合地基设计等级为甲级或设计有要求时，不少于总桩数的 30%抽检；对成桩可靠性差的，应按 100%检测。

7.3 工程验收

7.3.1 工程验收宜包括下列资料：

- 1 岩土工程勘察报告。
- 2 水泥等材料合格证、检验报告。
- 3 混凝土强度试验报告。
- 4 长螺旋钻孔泵压混凝土桩施工及竣工图。
- 5 施工记录（施工记录格式参见附录 C）。
- 6 设计变更通知书、事故处理记录。
- 7 竣工报告。
- 8 桩身质量检验报告。
- 9 复合地基承载力检测报告。
- 10 单桩竖向承载力检测报告。

附录 A 长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基 载荷试验要点

A.0.1 本试验要点适用于单桩复合地基载荷试验和多桩复合地基载荷试验。

A.0.2 单桩复合地基载荷试验的压板可用圆形或方形，面积为一根桩承担的处理面积；多桩复合地基载荷试验的压板可用方形或矩形式，其尺寸按实际桩数所承担的处理面积确定。桩的中心（或形心）应与承压板中心保持一致，并与荷载作用点相重合。

A.0.3 压板底高程应与基础底面设计高程相适应，压板下应铺设中砂或粗砂垫层，垫层厚度取 50~150mm，桩身强度高时取大值。试验标高处的试坑长度和宽度，应不小于承压板尺寸的 3 倍。基准梁的支点应设在试坑之外。

A.0.4 试验前应采取措施，防止试验场地地基土含水量变化或地基土扰动，以免影响试验结果。

A.0.5 加荷等级可分为 8~12 级，最大加载压力不应小于设计要求值的 2 倍。

A.0.6 每加一级荷载，在加荷前后应各读记压板沉降一次，以后每 0.5h 读记一次。当 1h 内沉降增量小于 0.1mm 时，即可加下一级荷载。

A.0.7 当出现下列现象之一时，可终止试验：

- 1 沉降急骤增大、土被挤出或承压板周围出现明显的裂缝。
- 2 累计的沉降量已大于压板宽度或直径的 6%。
- 3 当达不到极限荷载，而最大加载压力已大于设计要求压力值的 2

倍。

A.0.8 卸荷级数可为加载级数的 50%，等量进行，每卸一级，间隔 0.5h，读记回弹量，待卸完全部荷载后间隔 3h 读记总回弹量。

A.0.9 复合地基承载力特征值的确定：

1 当压力~沉降曲线上极限荷载能确定，而其值不小于对应比例界限的 2 倍时，可取该比例界限所对应的荷载；当其值小于对应比例界限荷载值的 2 倍时，可取极限荷载的一半。

2 当压力~沉降曲线是平缓的光滑曲线时，可按相对变形值确定，其值不应大于最大加荷量的一半。当以中密~密实状态的细砂、中砂、粗砂为主的地基可取 s/b 或 $s/d=0.008$ 所对应的压力；当以松散~稍密状态的细砂、中砂、粗砂，以及粉砂、粉土、粘性土为主的地基可取 s/b 或 $s/d=0.010$ 所对应的压力。（注：这里的 b 、 d 为压板宽度或直径）

A.0.10 试验点的数量不应少于 3 点，当满足其极差不超过平均值的 30% 时，取其平均值为复合地基承载力特征值。

附录 B 长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基 单桩静载荷试验要点

- B.0.1** 本试验要点适用于复合地基单桩竖向抗压静载荷试验。
- B.0.2** 试验应采用慢速维持荷载法。
- B.0.3** 试验提供的反力装置可采用锚桩法或堆载法。当采用堆载法加载时应符合下列规定：
- 1 堆载支点施加于地基的压应力不宜超过地基承载力特征值；
 - 2 堆载的支墩位置以不对试桩和基准桩的测试产生较大影响确定，无法避开时应采取有效措施；
 - 3 堆载量大时，可利用工程桩作为堆载支点；
 - 4 试验反力装置的承重能力应满足试验加载要求。
- B.0.4** 堆载支点以及试桩、锚桩、基准桩之间的中心距离应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定。
- B.0.5** 试压前应对桩头进行加固处理，强度高的桩，桩顶宜设置带水平钢筋网片的混凝土桩帽或采用钢护筒桩帽，其混凝土宜提高强度等级和采用早强剂。桩帽高度不宜小于 1 倍桩的直径。
- B.0.6** 桩帽下复合地基单桩的桩顶标高及地基土标高应与设计标高一致，加固桩头前应凿成平面。
- B.0.7** 百分表架设位置宜在桩顶标高位置。
- B.0.8** 开始试验的时间、加载分级、测读沉降量的时间、稳定标准及卸载观测等应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。
- B.0.9** 当出现下列条件之一时可终止加载：

1 当荷载-沉降(Q-s) 曲线上有可判定极限承载力的陡降段, 且桩顶总沉降量超过 40mm;

2 $\frac{\Delta_{sn+1}}{\Delta_{sn}} \geq 2$, 且经 24h 沉降尚未稳定;

3 桩身破坏, 桩顶变形急剧增大;

4 当桩长超过 25m, Q-s 曲线呈缓变形时, 桩顶总沉降量大于 60mm~80mm;

5 验收检验时, 最大加载量不应小于设计单桩承载力特征值的 2 倍。

注: Δ_{sn} ——第 n 级荷载的沉降增量; Δ_{sn+1} ——第 n+1 级荷载的沉降增量。

B. 0. 10 单桩竖向抗压极限承载力的确定应符合下列规定:

1 作荷载-沉降(Q-s) 曲线和其他辅助分析所需的曲线;

2 曲线陡降段明显时, 取相应于陡降段起点的荷载值;

3 当出现本规范第 B. 0. 9 条第 2 款的情况时, 取前一级荷载值;

4 Q-s 曲线呈缓变型时, 取桩顶总沉降量 s 为 40mm 所对应的荷载值;

5 按上述方法判断有困难时, 可结合其他辅助分析方法综合判定;

6 参加统计的试桩, 当满足其极差不超过平均值的 30% 时, 设计可取其平均值为单桩极限承载力; 极差超过平均值的 30% 时, 应分析离差过大的原因, 结合工程具体情况确定单桩极限承载力; 需要时应增加试桩数量。工程验收时应视建筑物结构、基础形式综合评价, 对于桩数少于 5 根的独立基础或桩数少于 3 排的条形基础, 应取最低值。

B. 0. 11 将单桩极限承载力除以安全系数 2, 为单桩承载力特征值。

附录 D 本规程用词说明

D.0.1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1 表示很严格,非这样做不可的:正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。

2 表示严格,在正常情况下均应这样做的:正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

3 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:正面词采用“宜”或“可”,反面词采用“不宜”。

D.0.2 条文中指明必须按其他有关标准和规范执行时的写法为“应按……执行”或“应符合……的要求(或规定)”。

河北省工程建设标准

长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基
技术标准

DB 13 (J) /T123—20XX

条文说明

目 次

1 总则	30
3 基本规定	30
4 岩土工程勘察要求	32
5 复合地基设计	32
5.1 一般规定	32
5.2 复合地基设计基本资料	33
5.3 设计	34
6 施工	36
6.3 成孔	36
7 质量检验	36

1 总 则

1.0.1 近年来，地基处理技术发展很快，特别是复合地基技术，在工程建设中得到了越来越广泛的应用。《长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基技术规程》，自 2011 年 9 月 1 日实施以来，对长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基的设计、施工、检验及验收起到了较好的指导作用。这期间各设计、施工单位积累了大量的工程经验。同时，很多国家规范、行业标准都进行了修订。为了与国家、行业标准相适应，更是为了本标准更加丰富和完善，特进行修订。

1.0.2 长螺旋钻孔泵压混凝土桩工艺广泛地应用于工业与民用建筑和市政工程项目，但作为一种复合地基施工工艺，不仅限于这些领域，近年来，在电力、公路、铁路行业也多有应用。

1.0.3 长螺旋钻孔泵压混凝土桩工艺，虽然应用广泛，但也受到很多因素的制约。比如当建筑物变形要求严格、承载力要求较高时，复合地基方案难以达到；岩土工程条件复杂，难以成桩；动力、材料供应紧张；场地狭窄、施工扰民等。这些因素都决定着该工艺实施的可能性。因此，应综合考虑各种因素后，确定其可行性。

3 基本规定

3.0.1 长螺旋钻孔泵压混凝土桩工艺的特点，决定了该桩型适用于所有长螺旋可以成孔的地层，且在地下水位以下也可以成孔灌注而无需泥浆护壁，解决了塌孔、缩径等问题，无泥浆污染，适用的土层范围较大。但多年的施工经验表明，当穿越淤泥质土时易串桩、桩径加大等问题。因此，应进行现场可行性试验，试验内容可包括成桩工艺性试验和承载

力验证等。

另外，人工填土，是指自然堆填时间超过 5 年的粉土或 8 年以上的粘性土，已完成自重固结，以及按质量标准施工的填土。对尚未完成自重固结的人工填土，不宜采用本标准规定的复合地基工艺。

3.0.2 刚性桩复合地基用于湿陷性黄土、新近沉积土等特殊土时，其受力、变形情况较为复杂，应该更加慎重，故本条给予特别强调。

3.0.3 复合地基设计等级的规定，系引用《建筑桩基技术规范》JGJ94 的规定。该种刚性桩复合地基现在常用于高层建筑等一级建筑物，其荷载大、底面积大、附加应力影响深、沉降要求严格，与一般建筑有明显不同，故复合地基设计中有必要加以区别。

对特别重要的建筑物或地质条件特别复杂的下列情况，当采用长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基方案时，应进行专门论证。

1. 《高层建筑岩土工程勘察标准》规定，勘察等级为甲级的高层建筑，30 层以上或超过 100m 的高层建筑；

2. 工程地质条件比较复杂的软土、高水位地区，采用此工艺容易产生质量问题，或者虽然建筑物高度不是很大，但对变形要求也很严格，复合地基需要提高承载力的幅度较大（例如达到 4~5 倍）；

3. 地基土具强腐蚀性。

3.0.4 参照《建筑地基基础设计规范》GB50007、《建筑桩基技术规范》JGJ94 确定地基承载力、桩基承载力的有关原则，本标准规定宜在有代表性的场地上进行相应的现场试验或试验性施工，并进行必要的测试，以检验设计参数和处理效果，验证设计。要求对复合地基设计等级为甲级的建筑、地质条件复杂场地上的乙级和丙级建筑，以及缺乏当地工程

经验的建筑，应进行现场试验性施工。当勘察数据可靠性高，设计、施工具有较丰富的经验时，乙级、丙级可以不进行施工前试验，以便缩短工期。

4 岩土工程勘察要求

该章是本次修订的新增内容，主要参考了《建筑桩基技术规范》JGJ94 的相关条文，并结合长螺旋泵压混凝土桩的特点进行了调整。在勘探点的平面布置、勘探深度及取样和原位测试的数量进行了规定。

5 复合地基设计

5.1 一般规定

5.1.1 布桩原则

1 长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基中的单桩，不是一般复合地基意义上的竖向加强体，而是将桩头承受的荷载直接向下传入深部土层的刚度很大的单桩。由于泵压混凝土桩的桩身强度通常为 C15~C25，桩身强度很高，故该种复合地基属于刚性桩复合地基，其受力情况更类似于复合基桩，因此一般可在基础范围布桩。但对于侧限很弱的土体（如松散的填土、淤泥质土等），可在基础外围布置护桩；或者对复合地基承载力要求较高（有的达到 400kPa 以上）的独立基础，位于建筑物边、角的基础常受到弯矩作用，这种情况下也可布置护桩。

2 对桩排列的规定，目的在于避免不均匀沉降或倾斜。

3 桩的直径主要由施工机具决定，但也不宜直径太大，使单桩承载力过高。

4 桩的最小中心距系按桩基规范确定，此规定是为防止群桩效应造成承载力显著降低而造成浪费或不安全。复合地基因桩头铺设褥垫层，土的承载力发挥较大，同时沉降也较大，所以不仅存在土中竖向应力增加造成摩阻力的增加，而且存在土层沉降大于桩身沉降产生的负摩阻力。据有关分析，基础底面积大，荷载高时，负摩阻段可长达桩长的30%。因此，本规程参照国家标准《建筑桩基技术规范》JGJ94对最小桩间距做出规定。

5 复合地基的单桩进入持力层的深度可以较桩基础中的单桩进入持力层的深度浅一些。但复合地基的设计应遵从一般设计原则，进行承载力极限状态和正常使用极限状态两方面的验算，即满足承载力及沉降要求。就承载力而言，存在着一个有效桩长，桩长大于有效桩长后，承载力不再随着桩长的增加而增加或增加的幅度很小，从这一角度来讲，桩长不宜太大，但增加桩长对减少沉降是有益的。因此，应控制合适的长径比，根据经验，一般情况下，长径比不宜大于50，对桩侧土不排水抗剪强度较低的（小于10kPa），长径比不宜大于40。

5.1.2 复合地基的桩顶应铺设褥垫层。褥垫层能调整桩土应力比，减少桩头应力集中，利于桩间土承载力的发挥。

5.1.3 复合地基承载力的修正，与其他规范、标准的规定是一致的，因为本规程的工艺是其他规范所没有的，在以往的使用过程中，对深、宽修正系数的取值多有疑问，因此本条特别给予强调。

5.2 复合地基设计基本资料

长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基单桩承载力确定，系采用了桩基

规范有关理论，施工工艺与桩基础没有区别，故勘察要求及所需资料与桩基设计、施工基本相同。岩土工程勘察文件、建筑场地的与环境条件、建筑物和施工条件等相关资料，是复合地基设计的输入性资料，是必须掌握的。在复合地基设计之前，应通过搜集、现场踏勘和向委托单位索要等方法取得。但并不仅限这些，设计人员认为必不可少的其他资料，也应设法取得。

5.3 设计

5.3.1 复合地基承载力特征值的确定是复合地基设计的重要内容之一，也是难点之一。因此本条规定了复合地基承载力应通过现场复合地基载荷试验确定之外，特别指出，对甲级建筑物必要时应结合桩土变形协调分析综合确定。

本规程复合地基承载力公式（5.3.1）是本标准重要公式之一。该式引进了几个系数，有别于其他规范复合地基承载力计算，是实践经验的总结。

α ——为单桩承载力发挥系数，取值范围 0.7~1.0。公式中加入该系数是为了考虑单桩与群桩工作状态不同带来的差别（即群桩效应）及褥垫层对单桩承载力发挥值的影响。实践证明，在单桩复合地基载荷试验中，单桩发挥的承载力也难以达到 R_a ，因而褥垫层的影响不宜忽略。

β ——桩间土承载力发挥系数，一般取 0.75~0.90，对变形要求愈高的建筑物应取值愈低。

R_a ——单桩竖向承载力特征值，可用载荷试验求得或经验参数法计算。也可用其他有经验的原位测试方法求得，可参照现行桩基技术规范

执行。

对于复合地基设计等级为甲级的建筑物，目前仍存在研究不够、理论滞后的问题，有待于不断总结工程经验和提高理论水平分析，因此本标准本着提高安全度的考虑，要求对复合地基承载力进行折减，以体现建筑物的重要性。

5.3.4 桩端土端阻力发挥系数 α_p 与增强体的荷载传递性质、增强体长度以及桩土相对刚度密切相关，可地区经验取值。当没有经验时可按 0.8~1.0 取值，长径大于 50（对桩侧土不排水抗剪强度小于 10kPa 的软土，长径比大于 40）取低值，其他情况取高值。

5.3.5 桩身混凝土强度的验算，本标准推荐了两个公式。第 1 个公式 $R_a \leq \psi_c f_c A_p$ ，系根据桩基规范的相关规定，结合长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基的特点，对有关公式进行了变换，这是由于该工艺一般使用预拌混凝土，能够保证混凝土的质量，且强度一般较高。在实际实施过程中，存在没有预拌混凝土供应，施工单位需自行搅拌的情况，混凝土质量不容易控制，因此，本规程推荐了第 2 个公式 $R_a \leq 1/4 f_{cu} A_p$ 。对于复合地基设计等级为甲级的高层建筑，为了确保建筑安全，桩身强度一般应按提高一个强度等级采用。

5.3.6 本标准规定复合地基的变形计算可以采用复合模量法，按国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 的有关规定执行，是为了方便地利用成熟的公式、经验参数、计算程序。实际上，复合地基的荷载传递相当复杂，复合模量法仅是一种最为简便的近似方法，故本标准特别规定有可靠依据及成熟经验时，也是可采用其他理论方法进行变形计算。

应该指出的是，在复合模量计算时，考虑到复合土层在实际受力中，大部分的力由桩承担，桩间土分担的部分较少，不会超过天然地基承载力，因此，桩间土模量的取值应是低压力段的，原则上应按天然地基承载力所对应的压力段取值，一般可按 100~200kPa 的模量取值。另外，计算复合土层的压缩模量与天然地基压缩模量的比值 ζ 时，公式中天然地基承载力特征值 f_{ak} ，一般取基础持力层的承载力特征值。

5.3.9 经处理后的地基，当在受力层范围内仍存在软弱下卧层时，应进行软弱下卧层地基承载力验算。对有粘结强度的增强体复合地基（如按本标准采用的复合地基），可按“实体深基础法”验算。

当桩端土承载力比处理土层承载力大得较多时，一般不需验算桩端土的承载力，但当桩端土承载力比处理土层承载力大得不多，或由于处理土层较厚，桩未穿透处理土层时，应对桩端土承载力进行验算。

6 施工

6.3 成孔

6.3.2 由于旧规程在桩径偏差方面规定的不详细，在工程实践中，有的工程出现较多负偏差的情况，使工程验收存在较多争议，因此本次修订，参考了《建筑地基基础工程施工质量验收标准》（GB50202-2018）的有关规定，桩径不应出现负偏差。

7 质量检验

7.2.2 从成桩到开始试验的间歇时间一般不宜少于 28 天。如果想缩短

时间，可以采取添加早强剂，或者提高混凝土强度标号等措施，在桩身强度达到设计要求的前提下，对于砂类土不应少于 10d，对于粉土和粘性土不应少于 15d。