

前 言

本标准根据河北省住房和城乡建设厅《河北省工程建设标准和标准设计复审结果的通知》（冀建节科〔2021〕2号）的要求，由中土大地国际建筑设计有限公司会同有关单位在原《长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基技术规程》DB13(J)/T123-2011的基础上修编而成。

本标准共分7章和3个附录。主要技术内容包括：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 岩土工程勘察要求；5. 复合地基设计；6. 施工；7. 质量检验与验收。

本次修编的主要内容包括：

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；
4. 对岩土工程勘察要求单列一章，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。
6. 在施工方面，对成孔的要求进行了细化，调整了桩顶标高偏差要求。

本标准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，由河北省绿色建筑推广与建设工程标准编制中心负责管理。

标准执行过程中如有意见或建议，请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；邮编：050046，联系电话：0311-66708116，邮箱：ztzlb2019

@163.com)，以供今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和审查人员名单：

主编单位：中土大地国际建筑设计有限公司

参编单位：河北建筑设计研究院有限责任公司

中国兵器工业北方勘察设计研究院有限公司

河北建研建筑设计有限公司

河北金地工程勘察设计有限责任公司

廊坊市城市建设勘察院

中国地质科学院工程勘察院

河北龙和岩土工程有限公司

冀北中原岩土工程有限公司

邢台华鑫勘察基础工程有限公司

河北水文工程地质勘察院

河北凯瑞达岩土工程有限公司

唐山中冶地岩土工程有限公司

中冶地勘岩土工程有限责任公司

河北安拓土木工程有限公司

明达海洋工程有限公司

河北地矿建设工程集团公司

主要起草人：周保良 张树雄（以下按姓氏笔划为序）

于春磊 马亚利 王少众 王长科 王立华

王海周 付永社 付兴 白俊本 刘一强

刘学智 刘席军 刘素娟 刘鸿鹏 关鹏

米拓 孙东坤 杨占新 花力臻 李予红

李红运 李强 坑立强 吴增辉 汪飞

张延记 张映超 张高峰 张超 张瑞林

孟凡象 陈鸣阅 陈党 陈娟娟 郑鑫燃

胡水净 胡艳东 段万喜 姜鹏展 贾彦龙
黄 彬 常淑敏 崔 铠 梁耀哲 葛文昌
董胜伟 谢悦生 靳艳娇 甄彦敏 翟宏君
主要审查人：贾文华 徐志欣 杨志红 孙立川 雷 霆
刘 勇 杨海鹏

住房城乡建设厅信息公开浏览专用

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	10
5.1	一般规定	10
5.2	复合地基设计基本资料	11
5.3	设计	12
6	施工	16
6.1	施工准备	16
6.2	材料	16
6.3	成孔	17
6.4	成桩	18
6.5	褥垫层	19
6.6	施工安全管理	19
7	质量检验与验收	21
7.1	成桩质量检查	21
7.2	复合地基检测	21
7.3	工程验收	22
附录 A	长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基载荷试验要点	23
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	

.....	25
附录 C 长螺旋钻孔泵压混凝土桩施工记录.....	27
本标准用词说明.....	28
引用标准名录.....	29
附：条文说明.....	31

住房城乡建设厅信息公开浏览专用

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	10
5.1	General Requirements	10
5.2	Basic Data of Composite Foundation Design	11
5.3	Design	12
6	Construction	16
6.1	Construction Preparation	16
6.2	Materials	16
6.3	Pore-forming	17
6.4	Pile-forming	18
6.5	Cushion	19
6.6	Construction Safety Management	19
7	Inspection and Acceptance	21
7.1	The Quality Check of Pile-forming	21
7.2	Composite Foundation Inspection	21
7.3	Engineering Acceptance	22
Appendix A	Key Points for Load Test on Composite Foundation with Long Screw Drilling Cast-in-place Single Pile	23

Appendix B Key Points for Load Test on Composite Foundation
with Long Screw Drilling Cast-in-place Pile.....25

Appendix C Construction Records of Long Screw Drilling Cast-in-
place Pile..... 27

Explanation of Wording in This Specification.....28

List of Quoted Standards..... 29

Addition: Explanation of Provisions..... 31

住房城乡建设厅信息公开浏览专用

1 总 则

1.0.1 为规范长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基技术的应用，做到安全适用、经济合理、确保质量、保护环境，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于河北省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勘察、设计、施工、质量检验及验收，除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和河北省现行有关标准的规定。

住房城乡建设厅信息公开举报电话

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 主要符号

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；

\bar{E}_s —— 压缩模量的当量值；

- 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 —— 复合地基承载力特征值与基础底面下天然地基承载力特征值的比值；
- 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处理黏性土、粉土、砂土和人工填土等地基。

3.0.2 当长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基用于处理湿陷性黄土、新近沉积土、液化土等特殊性地基时，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的建筑物； (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 对采用长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基方案的建筑物，当满足下列情况之一时，应进行专门论证：

- 1 勘察等级为甲级的高层建筑；
- 2 工程地质条件复杂；
- 3 地基土具强腐蚀性。

3.0.5 复合地基施工前,应通过现场试验确定长螺旋钻孔泵压混凝土桩地基处理的适用性和处理效果。

3.0.6 按地基变形设计或应做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沉降变形监测,直至变形达到稳定为止。

住房城乡建设厅信息公开浏览专用

4 岩土工程勘察要求

4.0.1 复合地基的详细勘察，除应满足本标准的要求外，尚应满足现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021和《工程勘察通用规范》GB55017的有关要求。

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周边和角点布置，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的位置，应布设勘探点；

3 对于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 每栋建筑应布置不少于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。相邻的建筑，勘探点共用时控制性勘探点的数量不应少于勘探点总数的1/2。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_{sik} (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	$I_L > 1$	20~34
	$0.75 < I_L \leq 1$	34~48
	$0.50 < I_L \leq 0.75$	48~62
	$0.25 < I_L \leq 0.5$	62~76
	$0 < I_L \leq 0.25$	76~86
	$I_L \leq 0$	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

注：各种风化岩或残积土的极限侧阻力取值，可根据风化物的岩性和状态，参照表中数据取值。

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	$0.75 < I_L \leq 1$	200~400	400~700	700~950
	$0.50 < I_L \leq 0.75$	420~630	740~950	950~1200
	$0.25 < I_L \leq 0.5$	850~1100	1500~1700	1700~1900
	$0 < I_L \leq 0.25$	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		3200~5300		
角砾、圆砾	中密、密实	3600~5800		
碎石、卵石		4000~6300		

注: 1. 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径比 h_b/d , 土愈密实, h_b/d 愈大, 取值愈高。

2. 各种风化岩或残积土的极限端阻力, 可按风化物的岩性和状态, 参照表中数据取值。

4.0.7 勘察报告应包含以下主要内容:

1 分析地基基础方案, 论证复合地基方案的可行性, 提供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, 如岩溶、土洞、采空区等, 应有明确的评价结论和防治建议。

3 对成桩有影响的地下旧基础、防空洞、孤石、胶结层等不

利埋藏物，应进行描述和评价。

4 提供地下水埋藏情况、类型，水位变化幅度等情况，评价水、土的腐蚀性。

5 对地基土的冻胀性、湿陷性、膨胀性、液化等进行评价。

6 提供建筑场地所在地区的抗震设防烈度和建筑场地类别。

住房城乡建设厅信息公开浏览专用

5 复合地基设计

5.1 一般规定

5.1.1 桩的平面布置宜符合下列要求：

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，且不宜大于桩间距的1/2；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400mm~600mm。

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 褥垫层夯填度应通过试验确定，且夯填度不得大于0.9。

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要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。

5.2 复合地基设计基本资料

5.2.1 复合地基设计时，应取得岩土工程勘察报告。勘察文件内容应满足本标准4.0.7条的要求。

5.2.2 与复合地基有关的建筑场地与环境条件资料应包含以下内容：

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、地基基础形式及埋置深度；

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 拟建建（构）筑物的设计资料应包含以下内容：

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。

5.3 设 计

5.3.1 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。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、褥垫层厚径比大时可取较低值，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，可取 $\beta = 0.75 \sim 0.90$ ，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的有关规定确定。

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： R_a —— 复合地基中单桩竖向承载力特征值 (kN)；

Q_{uk} —— 桩竖向极限承载力标准值 (kN)；

K —— 安全系数，取 $K=2$ 。

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。试验方法及单桩竖向极限承载力取值按现行《建筑桩基检测技术规范》JGJ 106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，按表4.0.6-2取值；

α_p —— 桩端土端阻力发挥系数，可按0.8~1.0取值；

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
行国家标准《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：

$$R_a \leq 0.25 f_{cu} A_p \quad (5.3.6-2)$$

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

3 桩身混凝土强度等级不应低于 C20。

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 \overline{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

\overline{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，按国家现行相关技术标准进行设计。

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、建筑物轴线已测放。

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；工艺流程、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符合设计要求。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160mm~220mm，实测混凝土塌落度与要求混凝土塌落度之间的允许偏差为 ± 20 mm。

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 预拌混凝土缓凝时间不宜少于6h。

6.2.5 施工期间，每台班制作混凝土试块不少于一组，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 根据桩平面布置图，结合有关的基准线和建筑物基础平面图，采用全站仪、经纬仪进行桩的定位，有条件时，可使用打桩导航仪定位；桩位确定后，现场应做好标记，并经复核无误方可进行下一步工序；

2 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；

3 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；

4 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；

5 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;

6 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;

7 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的要求。

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	≤1/6D	≤2/5D

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、结构设计、勘察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,应停止钻杆转动;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2.0m/min~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，且不宜小于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，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。
- 6.6.12** 如果场地标高远大于桩顶标高，需留有空孔时，应对空孔进行回填或封盖。

7 质量检验与验收

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、单桩竖向抗压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标准附录 A 执行。

7.2.4 复合地基承载力检测值应满足复合地基设计值的要求。

7.2.5 除按7.2.3条的规定进行复合地基承载力检测外，尚应采用载荷试验对单桩竖向抗压承载力进行检测，检测数量不少于总桩

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。复合地基单桩竖向抗压载荷试验方法按本标准附录 B 执行。

7.2.6 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，抽检数量不少于总桩数的30%，且不少于10根；对成桩可靠性差的，应按100%检测。

7.3 工程验收

7.3.1 复合地基做为隐蔽工程应在基础施工前进行验收，并形成验收文件。工程验收应在自检合格的基础上进行。

7.3.2 工程验收应包括下列资料：

- 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（施工记录格式参见本标准附录 C）；
- 6 设计变更通知书、事故处理记录；
- 7 竣工报告；
- 8 复合地基质量检验报告。

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 试验应采用慢速维持荷载法。

A.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荷要求。

A.0.4 单桩复合地基载荷试验的承压板可用圆形或矩形，面积为一根桩承担的处理面积；多桩复合地基载荷试验的承压板可用方形或矩形，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.0.5 承压板底高程应与基础底面设计高程相适应，承压板下应铺设中砂或粗砂垫层，垫层厚度取100mm~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.0.6 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.0.7 加荷等级可分为8级~12级，最大加载压力不应小于设计

要求值的2倍。

A.0.8 每加一级荷载，在加荷前后应各读记承压板沉降一次，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.0.9 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承压板宽度或直径的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.0.10 卸荷级数可为加荷级数的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.0.11 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、黏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 为承压板宽度或直径）

A.0.12 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荷要求。

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 $\frac{\Delta S_{n+1}}{\Delta S_n} \geq 2$, 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: ΔS_n ——第 n 级荷载的沉降增量;

ΔS_{n+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 当出现本标准第 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 C 长螺旋钻孔泵压混凝土桩施工记录

工程名称: _____ 设计桩长: _____ 混凝土强度等级: _____
 施工单位: _____ 设计桩径: _____ 混凝土坍落度: _____
 监理单位: _____ 设计桩顶标高: _____ 钻机编号: _____

序号	桩号	施工日期	开始时间	结束时间	孔深 (m)	实际桩长 (m)	孔径 (mm)	桩顶标高 (m)	垂直度	混凝土灌注量 (m ³)	充盈系数	备注

施工负责人: _____ 技术负责人: _____ 记录员: _____ 监理工程师: _____

本标准用词说明

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”;反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准、规范执行时,写法为“应按……执行”或“应符合……的规定(或要求)”。

引用标准名录

- 1 《工程勘察通用规范》 GB 55017
- 2 《建筑与市政地基基础通用规范》 GB 55003
- 3 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 4 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 5 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
- 6 《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79
- 7 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》 GB 50202
- 8 《高层建筑岩土工程勘察标准》 JGJ/T 72

住房和城乡建设厅信息公开浏览专用

住房城乡建设厅信息公开浏览专用

河北省工程建设地方标准

长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基 技术标准

DB13 (J) / T 8514-2023

条文说明

住房和城乡建设厅信息公开浏览专用

制定说明

《长螺旋钻孔泵压混凝土桩复合地基技术标准》DB13(J)/T 8514-2023，经河北省住房和城乡建设厅 2023 年 2 月 8 日以第 12 号公告批准发布。

为便于有关人员在使用本标准时能正确理解和执行有关条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握条文规定的参考。

目 次

1	总则	34
3	基本规定	35
4	岩土工程勘察要求	37
5	复合地基设计	38
5.1	一般规定	38
5.3	设计	39
6	施工	42
6.3	成孔	42
7	质量检验与验收	43
7.2	复合地基检测	43

住房城乡建设厅信息公开浏览专用

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。

1.0.3 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，适用的土层范围较广。但多年的施工经验表明，当穿越淤泥质土等软土时易发生串桩、桩径加大等问题；遇硬黏土、碎石土时钻进困难，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年以上的黏性土，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，参考了《建筑桩基技术规范》JGJ 94和《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关内容综合确定。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。

3.0.4 对重要建筑物或地质条件特别复杂的，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》JGJ/T72-2017第8.4.1条规定：“勘察等级为甲级的高层建筑拟采用复合地基方案时，尚应

进行充分论证。”

目前，对复合地基仍存在研究不够、理论滞后的问题(工作机理、沉降分析、抗震性能等)。个别工程存在以下现象：竣工后沉降量较大，不均匀沉降，抗震性能研究甚少，桩身混凝土难以保证达到较高的设计强度等级等，因此，复合地基方案仍有待于不断总结工程经验和提高理论分析水平，对勘察等级为甲级的高层建筑拟采用复合地基方案时，需极其谨慎。

2 对岩性岩相变化较大，以及软土地区等工程地质条件复杂时，采用此工艺容易产生质量问题。

3 地基土有强腐蚀性时，混凝土灌注桩因混凝土硬化之前过早与腐蚀性介质接触，所以一般不宜采用。应进行论证研究后，采取可靠措施时采用。

3.0.5 根据现行国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003的规定，本标准要求施工前在现场上进行相应的试验性施工，以确定该工艺的适用性，并检验设计参数和处理效果，验证设计。

4 岩土工程勘察要求

4.0.6 关于桩的极限侧阻力标准值和极限端阻力标准值的确定，本标准主要借鉴了《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008的内容，并根据河北省的地层情况和工程经验进行了部分调整；另外，对于风化岩和残积土的极限侧阻力和端阻力取值，由于岩石的种类很多，其风化程度差别较大，并且风化后的残积土岩性和状态也是千差万别，很难按统一标准确定，因此，本标准建议各种风化岩或残积土的极限端阻力，可按风化物的岩性和状态按表4.0.6-1和表4.0.6-2取值。

4.0.7 勘察报告内容应全面，本条列举的6款，是复合地基设计必不可少的内容。

住房城乡建设厅信息公开网

5 复合地基设计

5.1 一般规定

5.1.1 桩的平面布置要求。

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增强体，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不低于 C20，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基层，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，本标准参照现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94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，即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。褥垫层厚度宜为桩径的40%~60%，本标准推荐了常用厚度值150mm~300mm。

5.1.3 复合地基承载力的修正，与其他规范、标准的规定基本一致，因为本标准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。

5.3 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。

复合地基承载力公式（5.3.1）是本标准的重要公式之一。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。

λ ——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。

5.3.2 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。

5.3.5 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，可根据地区经验取值。当没有经验时可按0.8~1.0取值，长径比大于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。

5.3.6 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，本标准推荐了第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。

5.3.7 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》GB 50007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100kPa~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。

5.3.10 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 由于旧标准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 质量检验与验收

7.2 复合地基检测

7.2.2 从成桩到开始试验的间歇时间一般不宜少于28d。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等级等措施，但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，对于粉土和黏性土不应少于15d。

7.2.4 复合地基承载力检测值应满足复合地基设计值的要求，一般有以下三种情况。第一，复合地基承载力的设计值，在满足结构设计要求的复合地基承载力的同时，也满足对建筑物沉降的要求，可按结构设计要求的复合地基承载力值进行检测；第二，由于结构设计对建筑物沉降要求比较严格，当需要满足沉降的要求时，复合地基承载力设计值计算过高，应按复合地基设计的较高值进行检测；第三，对于复合地基设计等级为甲级的建筑物，应按折减前的复合地基承载力进行检测。