

福建省工程建设地方标准

DB

工程建设地方标准编号：DBJ/T13-242-2016

住房和城乡建设部备案号：J13488-2016

福建省可控刚度桩筏基础技术规程

Technical Code for Piled Raft Foundation of

Controlled Stiffness in Fujian

2016-7-5 发布

2016-11-1 实施

福建省住房和城乡建设厅 发布

福建省工程建设地方标准

福建省可控刚度桩筏基础技术规程

Technical Code for Piled Raft Foundation of
Controlled Stiffness in Fujian

工程建设地方标准编号：DBJ/T13-242-2016

住房和城乡建设部备案号：J13488-2016

主编单位：中建海峡建设发展有限公司
南京工业大学

批准部门：福建省住房和城乡建设厅

实施日期：2016年11月1日

福建省住房和城乡建设厅关于发布省工程建设地方标准《福建省可控刚度桩筏基础技术规程》的通知

闽建科〔2016〕24号

各设区市建设局（建委），平潭综合实验区交通与建设局，各有关单位：

由中建海峡建设发展有限公司和南京工业大学共同主编的《福建省可控刚度桩筏基础技术规程》，经审查，批准为福建省工程建设地方标准，编号 DBJ/T13-242-2016，自 2016 年 11 月 1 日起实施。在执行过程中，有何问题和意见请函告省厅建筑节能与科技处。

该标准由省厅负责管理。

福建省住房与城乡建设厅
2016年7月5日

关于同意福建省《福建省可控刚度桩筏基础 技术规程》等地方标准备案的函

建标标备〔2016〕146号

福建省住房和城乡建设厅：

你厅报送的《关于工程建设地方标准〈福建省可控刚度桩筏基础技术规程〉备案的函》已收悉。经研究，同意该标准作为“中华人民共和国工程建设地方标准”备案，其备案号为：J13488-2016。

该标准的备案号，将刊登在国家工程建设标准化信息网和近期出版的《工程建设标准化》刊物上。

建设部标准定额司

2016年7月21日

前 言

根据《福建省住房和城乡建设厅办公室关于印发福建省住房和城乡建设系统 2015 年第三批科学技术项目计划的通知》要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，在广泛征求意见的基础上，制定了本规程。

本规程的主要技术内容：总则；术语和符号；基本规定；基础构造；设计计算；施工；检验与验收。

本规程由福建省住房和城乡建设厅负责管理，由中建海峡建设发展有限公司和南京工业大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送福建省住房和城乡建设厅建筑节能与科学技术处（地址：福州市北大路 242 号，邮编：350001）或中建海峡建设发展有限公司（地址：福州市鼓楼区琴亭路 58 号，邮政编码：350003），以供今后修订时参考。

本规程主编单位：中建海峡建设发展有限公司
南京工业大学

本规程参编单位：福建省华荣建设集团有限公司
千易建设集团有限公司
福建荣建建设集团有限公司
福建新华夏建工有限公司
厦门市广厦工程建设有限公司
福州市第三建筑工程公司
龙岩市西安建筑工程有限公司
厦门市吉兴集团建设有限公司
福建省建筑科学研究院

福建省建筑工程施工图审查中心
福建省建设工程质量安全监督总站
福建省注册执业管理中心
厦门合立道工程设计集团股份有限公司
厦门新区建筑设计院有限公司
中元（厦门）工程设计研究院有限公司
南京新吉泰岩土工程有限公司
南工天健（厦门）工程技术有限公司

本规程主要起草人员：江 泳 林树枝 周 峰 彭伙水
郑 勇 吴平春 郭天祥 赖艳芳
王旭东 吴开辉 陈振建 张树传
李学明 陈新锡 何 波 屈 伟
郑 兴 陈国钦 张 峰 林向棋
郭瑞江 郑奶松 陈 勇 邱仁宗
吴河通 李冬英 郭子源
本规程主要审查人员：刘松玉 简文彬 林功丁 吴铭炳
廖文彬 李镇华 郑忠双

目 录

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	主要符号	3
3	基本规定	5
3.1	一般规定	5
3.2	刚度调节装置的选择与布置	6
4	基础构造	7
4.1	基桩构造	7
4.2	筏板构造	7
4.3	桩筏连接构造	7
5	设计计算	9
5.1	一般规定	9
5.2	地基、基础承载力确定	9
5.3	地基、基础承载力验算	12
5.4	地基、基础沉降计算	15
5.5	刚度调节装置计算	17
6	施工	21
6.1	一般规定	21
6.2	刚度调节装置施工	22
7	检验与验收	23
7.1	检验	23
7.2	验收	24
	附录 A 刚度调节装置安装质量检验记录表	26
	附录 B 可控刚度桩筏基础专项验收记录表	27
	本规程用词说明	28

引用标准名录	29
<u>附：</u> 条文说明	30

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
	2.1 Terms	2
	2.2 Main Symbols	3
3	Basic Requirements	5
	3.1 General Requirement	5
	3.2 Selection and Arrangement of Stiffness Adjustor	6
4	Structure of Foundation	7
	4.1 Pile Structure	7
	4.2 Raft Structure	7
	4.3 Connecting Structure of Piled Raft	7
5	Calculation of Design	9
	5.1 General Requirement	9
	5.2 Determination of Foundation Bearing Capacity	9
	5.3 Checking of Foundation Bearing Capacity	12
	5.4 Calculation of Foundation Deformation	15
	5.5 Calculation of Stiffness Adjustor	17
6	Construction	21
	6.1 General Requirement	21
	6.2 Construction of Stiffness Adjustor	22
7	Inspection and Acceptance	23
	7.1 Inspection	23
	7.2 Acceptance	24
	Appendix A: Installation Quality Inspection Record Form of Stiffness	

Adjustor	26
Appendix B : Specific Acceptance Record Form of Piled Raft Foundation of Controlled Stiffness	27
Explanation of Wording in This Code	28
List of Quoted Standards	29
Addition: Explanation of Provisions.....	30

1 总则

1.0.1 为促进可控刚度桩筏基础技术的应用与发展，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于可控刚度桩筏基础的设计、施工以及质量检验和验收。

1.0.3 可控刚度桩筏基础设计与施工，应综合考虑工程地质与水文地质条件、建筑结构特点、使用功能、荷载特征、施工技术条件与环境；应重视地方经验，注重概念设计，合理选择桩型、成桩工艺，优化布桩，节约资源。

1.0.4 可控刚度桩筏基础在进行设计、施工及验收时，除应符合本规程的规定外，尚应符合现行国家相关标准、规范的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 桩基础 pile foundation

由设置于岩土中的桩和连接于桩顶的承台组成的基础或由桩与柱直接连接的单桩基础。

2.1.2 筏形基础 raft foundation

柱下或墙下连续的平板式或梁板式钢筋混凝土基础

2.1.3 桩筏基础 piled raft foundation

由桩基础和连接于桩顶的筏形基础所组成的混合基础形式。

2.1.4 刚度系数 stiffness coefficients

地基所受竖向压力与相应变形的比例系数。

2.1.5 支承刚度 bearing stiffness

桩基础或刚度调节装置支承建筑物(构筑物)上部结构荷载的有效竖向刚度。

2.1.6 桩土共同作用 pile-soil interaction

桩基础与地基土协同工作,共同承担上部结构荷载。

2.1.7 复合桩基 composite pile foundation

由基桩和筏板(承台)下地基土共同承担上部结构荷载的基础。

2.1.8 刚度调节装置 stiffness adjustor

设置于可靠支承面之间,在满足承载力和变形的条件下,用于调节接触点支承刚度的专门装置。

2.1.9 可控刚度桩筏基础 piled raft foundation of controlled stiffness

在桩顶设置刚度调节装置,以优化与调节桩、土支承刚度大小与分布的桩筏基础。

2.1.10 变刚度调平设计 optimized design of pile foundation stiffness to reduce differential settlement

考虑上部结构形式、荷载和地层分布以及相互作用效应，通过调整桩径、桩长、桩距或通过桩顶设置刚度调节装置等方法改变基桩支承刚度分布，以使建筑物沉降趋于均匀，改善筏板（承台）内力分布的设计方法。

2.2 主要符号

d —桩身设计直径；

R_a —单桩竖向承载力特征值；

Q_{uk} —单桩竖向极限承载力标准值；

K —安全系数；

F_k —相应于荷载效应标准组合时，上部结构传至基础顶面的竖向力值；

G_k —基础自重和基础上的土重之和，在稳定的地下水位以下部分，应扣除水的浮力；

f_a —修正后的地基承载力特征值；

n —桩基中基桩的数量；

A_c —筏板底扣除桩基截面积的净面积；

A —筏板基础的基底面积；

A_p —桩基中单桩的截面积；

K_s —地基土刚度系数；

A'_c —实现桩土共同作用时，与每根桩协同工作的地基土面积的平均值；

k_c —设置刚度调节装置的基桩复合支承刚度；

k_a —刚度调节装置支承刚度；

k_p —基桩支承刚度；

S_s —地基土承担荷载引起的相应变形；

S_a —桩基分担荷载引起的刚度调节装置相应变形；
 S_p —桩基分担荷载引起的桩基相应变形；
 ζ —地基土分担建筑物荷载的比例系数；
 ζ —桩基础分担建筑物荷载的比例系数；
 Q_o —建筑物旧桩基础承担的荷载；
 Q_n —建筑物新桩基础承担的荷载；
 n_o —建筑物旧桩数量；
 n_n —建筑物新桩数量；
 k_{op} —建筑物旧桩的支承刚度；
 k_{np} —建筑物新桩的支承刚度；
 Q_r —相对坚硬处（或基岩面）桩基础分担的上部结构荷载标准组合值；
 Q_w —相对软弱处桩基础或桩土体系分担的上部结构荷载标准组合值；
 A_w —相对软弱处需考虑地基承载力部分的有效净面积；
 n_r —相对坚硬处（或基岩面）基桩数量；
 n_w —相对软弱处基桩数量；
 k_{wp} —相对软弱处桩基础的支承刚度；
 K_{ws} —相对软弱处地基土的刚度系数。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 可控刚度桩筏基础主要适用于以下情况：

- 1 桩、土变形不协调需考虑桩土共同作用；
- 2 以减小差异沉降和筏板（承台）内力为目标，需要进行变刚度调平设计；
- 3 不同支承刚度的新、旧桩基共同承担上部结构荷载；
- 4 特殊地质条件下地基刚度系数严重不均匀；
- 5 上述两种或多种情况的组合。

3.1.2 可控刚度桩筏基础设计前应进行建筑场地的岩土工程勘察，勘察应满足现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和福建省地方标准《岩土工程勘察规范》DBJ 13-84 的有关要求。

3.1.3 岩土工程勘察报告应提供各岩土层的物理力学性质等资料，提供与设计要求相对应的地基承载力及变形模量指标，并对设计与施工应注意的问题提出建议。

3.1.4 建筑物地基均应进行施工验槽。如地质条件与原勘察报告不符时，应进行施工勘察。

3.1.5 可控刚度桩筏基础设计时，所采用的作用效应组合与相应的抗力限值应符合下列规定：

- 1 确定筏板面积和桩数时，应采用传至筏板底面的荷载效应标准组合；相应抗力应采用地基承载力特征值和单桩承载力特征值；
- 2 计算荷载作用下的基础沉降时，应采用传至基础底面的荷载效应准永久组合，不应计入风荷载和地震作用；相应的限值应为地基变形允许值；
- 3 在进行基础构件承载力计算、确定配筋和验算材料强度时，

应采用传至基础顶面的荷载效应基本组合；当进行筏板和桩身裂缝控制验算时，应分别采用荷载效应标准组合和荷载效应准永久组合。

3.1.6 可控刚度桩筏基础桩型与成桩工艺应根据建筑物结构类型、荷载性质、桩的使用功能、穿越土层、桩端持力层、地下水位、施工设备、施工环境、施工经验，按照安全适用、经济合理的原则选择。

3.1.7 排列基桩时，宜使桩群承载力合力点与竖向永久荷载合力作用点重合，宜将桩相对集中布置于剪力墙、核心筒及框架柱等竖向构件下。

3.1.8 可控刚度桩筏基础的埋置深度应满足地基承载力、变形和稳定性要求。

3.1.9 刚度调节装置完成调节工作后，桩顶空腔应进行封闭，桩顶封闭应注重过程监控，确保质量。

3.1.10 刚度调节装置下桩顶混凝土应进行局部受压承载力验算。

3.2 刚度调节装置的选择与布置

3.2.1 可控刚度桩筏基础设置的刚度调节装置必须满足基础设计对承载能力、有效调节变形以及支承刚度的要求；刚度调节装置承载力应大于设计要求的桩身承载力，有效调节变形量应大于设计要求的变形量，支承刚度大小应满足设计要求。

3.2.2 刚度调节装置竖向荷载-变形受力曲线应呈线性特征；刚度调节装置在承受荷载过程中，荷载-变形受力曲线不应出现回折现象。

3.2.3 刚度调节装置应采取可靠的防腐蚀措施，应保证在工作阶段内不发生影响其工作性能的腐蚀。

3.2.4 刚度调节装置竖向高度不应大于直径的 50%，刚度调节装置在桩顶应对称均匀布置，总面积不应大于基桩有效截面面积的 50%。

4 基础构造

4.1 基桩构造

4.1.1 可控刚度桩筏基础基桩应按下列规定配筋：

1 当桩身直径为 300mm~2000mm 时，正截面配筋率可取 0.65%~0.2%（小直径桩取高值）；对受荷载特别大的桩和嵌岩端承桩应根据计算确定配筋率，并不应小于上述规定值；

2 应沿桩身等截面或变截面通长配筋。

4.1.2 桩身混凝土及混凝土保护层厚度应符合下列要求：

1 桩身混凝土强度等级不得小于 C25；

2 灌注桩主筋的混凝土保护层厚度不应小于 35mm，水下灌注桩的主筋混凝土保护层厚度不得小于 50mm。

4.2 筏板构造

4.2.1 筏板的形式应根据地基土质、上部结构体系、柱距、荷载大小以及施工条件等因素综合确定，宜优先采用平板式筏基，不宜采用梁肋朝下的梁板式筏基。梁板式和平板式的构造和配筋应满足现行行业标准《高层建筑筏型与箱型基础技术规范》JGJ 6 的要求。

4.3 桩筏连接构造

4.3.1 可控刚度桩筏基础的桩筏连接应满足以下要求：

1 桩顶连接构造应保证刚度调节装置在工作期间能正常发挥作用，刚度调节装置退出工作后，通过注浆等可靠措施，应达到桩基础的原有竖向受压承载力。如有设计要求，应达到桩基础原有竖向抗拔和水平承载力。

2 桩顶预埋件安装应保留 300mm 以上采用二次浇筑，二次浇筑前不应截断原桩身钢筋，在桩顶处向内弯曲。二次浇筑混凝土强度等级应不低于 C30。

3 桩顶二次浇筑混凝土应设置两层水平构造钢筋网，钢筋直径不小于 10mm、间距不大于 150mm。每个刚度调节装置下方应设置底座，底座钢板的厚度不宜小于 10mm，直径不应小于刚度调节装置直径。

4 应采取有效措施保证刚度调节装置在安装及筏板施工期间不发生水平向位移。

5 刚度调节装置安装完毕之后，应采用粗砂将桩顶与垫层之间的空隙填充密实。

6 基桩和筏板连接处的空腔在刚度调节装置完成调节工作后，应采用注浆法将空腔密实充填。注浆管应采用镀锌钢管，数量不应少于 2 根，直径不小于 40mm，壁厚不小于 3mm。注浆体应具备自密实、高强及微膨胀的特性。

5 设计计算

5.1 一般规定

5.1.1 桩端全断面进入持力层的深度：对于黏性土、粉土不宜小于 $2.0d$ ，且不应小于 2m ；砂土不宜小于 $1.5d$ ，且不应小于 1.5m ；碎石类土不宜小于 $1d$ ，且不应小于 1m 。当存在软弱下卧层时，桩端以下硬持力层厚度不宜小于 $4d$ 。

5.1.2 可控刚度桩筏基础如遇孤石作为桩端持力层，应采取有效措施保证桩端与孤石的连接，直径（厚度）小于 $2d$ 或小于 2m 的孤石不宜作为基桩的持力层。

5.1.3 对于嵌岩桩，嵌岩深度应综合荷载、上覆土层、基岩、桩径、桩长诸因素确定；对于嵌入倾斜的完整和较完整岩的全断面深度不宜小于 $0.4d$ 且不小于 0.5m ，倾斜度大于 30% 的中风化岩，宜根据倾斜度及岩石完整性适当加大嵌岩深度；对于嵌入平整、完整的坚硬岩和较硬岩的深度不宜小于 $0.2d$ ，且不应小于 0.2m 。

5.1.4 在进行可控刚度桩筏基础的设计时，宜进行上部结构-桩-土-刚度调节装置-筏板共同作用的整体分析。

5.1.5 当进行单桩竖向承载力计算时，应按照现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的要求对受压桩正截面受压承载力进行验算。

5.2 地基、基础承载力确定

5.2.1 地基承载力特征值可由现场载荷试验或其它原位测试、公式计算，并结合工程实践经验等方法综合确定。如现场条件允许应采用现场载荷试验，载荷试验应布置在有代表性的地点，每个场地不

宜少于 3 个，当场地内岩土体分布不均时，应适当增如数量。

5.2.2 地基承载力特征值应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定进行深度和宽度修正。

5.2.3 设计采用的单桩竖向极限承载力标准值应符合下列规定：

- 1 设计等级为甲级的建筑桩基，应通过单桩静载试验确定；
- 2 设计等级为乙级的建筑桩基，当地质条件简单时，可参照地质条件相同的试桩资料，结合静力触探等原位测试和经验参数综合确定，其余均应通过单桩静载试验确定；
- 3 设计等级为丙级的建筑桩基，可根据原位测试和经验参数确定。

5.2.4 单桩竖向承载力特征值 R_a 应按下列公式确定：

$$R_a = Q_{uk} / K \quad (5.2.4)$$

式中 Q_{uk} —单桩竖向极限承载力标准值 (kN)；

K —安全系数，取 $K=2$ 。

5.2.5 当根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系确定单桩竖向极限承载力标准值时，宜按下式估算：

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum q_{sik} l_i + q_{pk} A_p \quad (5.2.5)$$

式中 Q_{sk} 、 Q_{pk} —分别为总极限侧阻力标准值和总极限端阻力标准值 (kN)；

u —桩身周长 (m)；

q_{sik} —桩侧第 i 层土的极限侧阻力标准值 (kPa)；

l_i —桩周第 i 层土的厚度 (m)；

q_{pk} —极限端阻力标准值 (kPa)；

A_p —桩基中单桩的截面积 (m^2)。

5.2.6 根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系，确定大直径桩单桩极限承载力标准值时，可按下式计算：

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum \psi_{si} q_{sik} l_i + \psi_p q_{pk} A_p \quad (5.2.6)$$

式中 q_{sik} —桩侧第 i 层土极限侧阻力标准值, 对于扩底桩斜面及变截面以上 $2d$ 长度范围不计侧阻力 (kPa);

q_{pk} —桩径为 800mm 的极限端阻力标准值 (kPa);

ψ_{si} 、 ψ_p —大直径桩侧阻力、端阻力尺寸效应系数, 按表 5.2.6 取值;

u —桩身周长, 当人工挖孔桩桩周护壁为振捣密实的混凝土时, 桩身周长可按护壁外直径计算 (m)。

表 5.2.6 大直径灌注桩侧阻力尺寸效应系数 ψ_{si} 、端阻力尺寸效应系数 ψ_p

土类型	黏性土、粉土	砂土、碎石类土
ψ_{si}	$(0.8/d)^{1/5}$	$(0.8/d)^{1/3}$
ψ_p	$(0.8/D)^{1/4}$	$(0.8/D)^{1/3}$

5.2.7 当桩基础采用后注浆技术, 并符合《建筑桩基技术规范》JGJ 94 关于后注浆技术实施规定的条件时, 则后注浆单桩极限承载力标准值可按下列式估算:

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{gsk} + Q_{gpk} = u \sum q_{sjk} l_j + u \sum \beta_{si} q_{sik} l_{gi} + \beta_p q_{pk} A_p \quad (5.2.7)$$

式中 Q_{sk} —后注浆非竖向增强段的总极限侧阻力标准值 (kN);

Q_{gsk} —后注浆竖向增强段的总极限侧阻力标准值 (kN);

Q_{gpk} —后注浆总极限端阻力标准值 (kN);

u —桩身周长 (m);

l_j —后注浆非竖向增强段第 j 层土厚度 (m);

l_{gi} —后注浆竖向增强段内第 i 层土厚度 (m): 对于泥浆护壁成孔灌注桩, 当为单一桩端后注浆时, 竖向增强段为桩端以上 12m; 当为桩端、桩侧复式注浆时, 竖向增强段为桩端以上 12m 及各桩侧注浆断面以上 12m, 重叠部分应扣除; 对于干作业灌注桩, 竖向增强段为桩端以上、桩侧注浆断面上下各 6m;

q_{sik} 、 q_{sjk} 、 q_{pk} —分别为后注浆竖向增强段第 i 土层初始极限

侧阻力标准值、非竖向增强段第 j 土层初始极限侧阻力标准值、初始极限端阻力标准值 (kPa); 根据《建筑桩基技术规范》JGJ 94 第 5.3.5 条确定;

β_{si} 、 β_p —分别为后注浆侧阻力、端阻力增强系数, 无当地经验时, 可按表 5.2.7 取值。对于桩径大于 800mm 的桩, 应按表 5.2.6 进行侧阻和端阻尺寸效应修正。

表 5.2.7 后注浆侧阻力增强系数 β_{si} 、端阻力增强系数 β_p

土层名称	淤泥 淤泥质土	黏性土 粉土	粉砂 细砂	中砂	粗砂 砾砂	砾石 卵石	全风化岩 强风化岩
β_{si}	1.2~1.3	1.4~1.8	1.6~2.0	1.7~2.1	2.0~2.5	2.4~3.0	1.4~1.8
β_p	—	2.2~2.5	2.4~2.8	2.6~3.0	3.0~3.5	3.2~4.0	2.0~2.4

注: 干作业钻、挖孔桩, β_p 按表列值乘以小于 1.0 的折减系数。当桩端持力层为黏性土或粉土时, 折减系数取 0.6; 为砂土或碎石土时, 取 0.8。

5.3 地基、基础承载力验算

5.3.1 可控刚度桩筏基础应用于充分发挥地基承载力, 实现桩土共同作用时, 桩基数量初步确定可按式计算:

$$n \geq \frac{F_k + G_k - f_a A_c}{R_a} \quad (5.3.1)$$

式中 F_k —相应于荷载效应标准组合时, 上部结构传至基础顶面的竖向力值 (kN);

G_k —基础自重和基础上的土重之和, 在稳定的地下水位以下的部分, 应扣除水的浮力(kN);

f_a —修正后的地基承载力特征值 (kPa);

n —桩基中基桩的数量;

R_a —单桩竖向承载力特征值 (kN);

A_c —筏板底扣除桩基截面积的净面积 (m^2), $A_c = A - A_p \cdot n$;

A —筏板基础的基底面积 (m^2);

A_p —桩基中单桩的截面积 (m^2)。

5.3.2 可控刚度桩筏基础不考虑桩土共同作用, 桩基数量初步确定, 可按下式计算:

$$n \geq \frac{F_k + G_k}{R_a} \quad (5.3.2)$$

5.3.3 可控刚度桩筏基础筏板底地基土压力应符合下列公式规定:

1 当受轴心荷载作用时

$$p_k \leq f_a \quad (5.3.3-1)$$

式中 p_k —相应于荷载效应标准组合时, 基础底面处的平均压力值 (kPa)。

2 当受偏心荷载作用时, 除应符合式 (5.3.3-1) 规定外, 尚应符合下式规定:

$$p_{k\max} \leq 1.2 f_a \quad (5.3.3-2)$$

式中 $p_{k\max}$ —相应于荷载效应标准组合时, 基础底面边缘的最大压力值 (kPa)。

3 非抗震设防时, 除应符合式(5.3.3-1)、式(5.3.3-2)的规定外, 尚应符合下式规定:

$$p_{k\min} \geq 0 \quad (5.3.3-3)$$

式中 $p_{k\min}$ —相应于荷载效应标准组合时, 基础底面边缘的最小压力值 (kPa)。

5.3.4 可控刚度桩筏基础基桩竖向承载力应符合下列要求:

1 荷载效应标准组合:

轴心竖向力作用下

$$N_k \leq R_a \quad (5.3.4-1)$$

偏心竖向力作用下，除满足上式外，尚应满足下式的要求：

$$N_{k\max} \leq 1.2R_a \quad (5.3.4-2)$$

2 地震作用效应和荷载效应标准组合：

轴心竖向力作用下

$$N_{Ek} \leq 1.25R_a \quad (5.3.4-3)$$

偏心竖向力作用下，除满足上式外，尚应满足下式的要求：

$$N_{Ek\max} \leq 1.5R_a \quad (5.3.4-4)$$

式中 N_k —荷载效应标准组合轴心竖向力作用下，基桩的平均竖向力 (kN)；

$N_{k\max}$ —荷载效应标准组合偏心竖向力作用下，桩顶最大竖向力(kN)；

N_{Ek} —地震作用效应和荷载效应标准组合下，基桩的平均竖向力(kN)；

$N_{Ek\max}$ —地震作用效应和荷载效应标准组合下，基桩的最大竖向力(kN)。

5.3.5 对于抗震设防的高层建筑，可控刚度桩筏基础的基底土压力除应符合第 5.3.3 条的要求外，尚应按下列公式验算地基抗震承载力：

$$p_{kE} \leq f_{aE} \quad (5.3.5-1)$$

$$p_{\max} \leq 1.2 f_{aE} \quad (5.3.5-2)$$

$$f_{aE} = \zeta_a f_a \quad (5.3.5-3)$$

式中 p_{kE} —相应于地震作用效应标准组合时，基础底面的平均压力值 (kPa)；

p_{\max} —相应于地震作用效应标准组合时，基础底面边缘的最大压力值 (kPa)；

f_{aE} —调整后的地基抗震承载力 (kPa)；

ζ_a —地基抗震承载力调整系数，按表 5.3.5 确定。

在地震作用下，对于高宽比大于 4 的高层建筑，基础底面不

宜出现零应力区；对于其它建筑，当基础底面边缘出现零应力时，零应力区的面积不应超过基础底面面积的 15%。

表 5.3.5 地基抗震承载力调整系数 ζ_a

岩土名称和性状	ζ_a
岩石，密实的碎石土，密实的砾、粗中砂， $f_{ak} \leq 300\text{kPa}$ 的黏性土和粉土	1.5
中密、稍密的碎石土，中密和稍密的砾、粗、中砂，密实和中密的细、粉砂， $150\text{kPa} \leq f_{ak} < 300\text{kPa}$ 的黏性土和粉土	1.3
稍密的细、粉砂， $100\text{kPa} \leq f_{ak} < 150\text{kPa}$ 的黏性土和粉土，新近沉积的黏性土和粉土	1.1
淤泥，淤泥质土，松散的砂，填土	1.0

注： f_{ak} 为未经修正的地基承载力特征值。

5.4 地基、基础沉降计算

5.4.1 可控刚度桩筏基础的地基沉降变形计算值，不应大于建筑物的地基沉降变形允许值，建筑物的地基沉降变形允许值应按地区经验确定，当无地区经验时应参照现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定执行。

5.4.2 地基土刚度系数 K_s 可根据地基土所承担实际荷载以及在该荷载作用下地基土产生的相应变形计算得到，如下式所示：

$$K_s = p / s \quad (5.4.2)$$

式中 p —基底地基土所受荷载 (kPa)；

s —该荷载作用下地基土产生的沉降 (m)。

5.4.3 可控刚度桩筏基础的最终沉降 S 可按下式计算：

$$S = S_s \quad (5.4.3-1)$$

$$\text{或： } S = S_a + S_p \quad (5.4.3-2)$$

式中 S_s —地基土承担荷载引起的基础土变形 (m);

S_a —桩基分担荷载引起的刚度调节装置变形 (m);

S_p —桩基分担荷载引起的桩基变形 (m), 具体计算可参照现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 执行。

其中, 地基土承担荷载引起的基础土变形 S_s , 宜采用土的变形模量按下式计算:

$$S_s = p_k b \eta \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i - \delta_{i-1}}{E_{0i}} \quad (5.4.3-3)$$

式中: p_k —长期效应组合下的基底地基土的平均压力标准值 (kPa);

b —基础底面宽度 (m);

δ_i 、 δ_{i-1} —与基础长宽比 L/b 及基础底面至第 i 层土和第 $i-1$ 层土底面的距离深度 z 有关的无因次系数, 可按现行行业标准《高层建筑筏型与箱型基础技术规范》JGJ 6 确定;

E_{0i} —基础底面下第 i 层土的变形模量 (MPa), 通过试验或按地区经验确定;

η —沉降计算修正系数, 可按表 5.4.3 确定。

表 5.4.3 修正系数 η

$m=2z_n/b$	$0 < m \leq 0.5$	$0.5 < m \leq 1$	$1 < m \leq 2$	$2 < m \leq 3$	$3 < m \leq 5$	$5 < m \leq \infty$
η	1.00	0.95	0.90	0.80	0.75	0.70

5.4.4 按式(5.4.3-3)进行地基土变形计算时, 沉降计算深度 z_n 宜按下式计算:

$$z_n = (z_m + \alpha b) \beta \quad (5.4.4)$$

式中: z_m —与基础长宽比有关的经验值 (m), 可按表 5.4.4-1 确定;

α —折减系数, 可按表 5.4.4-1 确定;

β —调整系数, 可按表 5.4.4-2 确定。

表 5.4.4-1 z_m 值与折减系数 α

L/b	≤ 1	2	3	4	≥ 5
z_m	11.6	12.4	12.5	12.7	13.2
α	0.42	0.49	0.53	0.60	1.00

表 5.4.4-2 调整系数 β

土类	碎石	砂土	粉土	黏性土	软土
β	0.30	0.50	0.60	0.75	1.00

5.5 刚度调节装置计算

5.5.1 刚度调节装置用于桩土共同作用时，其支承刚度 k_a 的大小可按照下式计算：

$$\frac{\zeta}{k_c} = \frac{\xi}{A'_c \cdot K_s} \quad (5.5.1-1)$$

$$A'_c = \frac{A_c}{n} \quad (5.5.1-2)$$

$$k_a = \frac{k_p \cdot k_c}{k_p - k_c} \quad (5.5.1-3)$$

式中： ζ —桩基础分担荷载的比例系数；

ξ —地基土分担荷载的比例系数；

A'_c —实现桩土共同作用时，与每根桩协同工作的地基土面积的平均值 (m^2)；

K_s —地基土的刚度系数 (kN/m^3)；

k_c —设置刚度调节装置的基桩复合支承刚度 (kN/m), 由基桩支承刚度 k_p 和刚度调节装置支承刚度 k_a 串联而成, 当基桩为嵌岩端承桩时, $k_c \approx k_a$ 。

5.5.2 当刚度调节装置用于以减少建筑物差异沉降和筏板内力为目标的变刚度调平设计时, 刚度调节装置与桩基础以及地基土形成的复合支承刚度在筏板基础平面内的分布应符合《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的要求, 并进行上部结构-筏板-刚度调节装置-桩-土共同作用整体分析。

5.5.3 刚度调节装置用于调节新、旧桩基不同支承刚度, 共同承担上部结构荷载时, 刚度调节装置支承刚度可按下式进行计算:

1 当刚度调节装置用于调节新桩的支承刚度时,

$$Q_o / n_o k_{op} = Q_n / n_n k_c \quad (5.5.3-1)$$

$$k_a = \frac{k_{np} \cdot k_c}{k_{np} - k_c} \quad (5.5.3-2)$$

式中 Q_o —建筑物旧桩部分承担的荷载 (kN);

Q_n —建筑物新桩部分承担的荷载 (kN);

n_o —建筑物旧桩数量;

n_n —建筑物新桩数量;

k_{op} —建筑物旧桩的支承刚度 (kN/m), 可通过单桩静载试验确定;

k_c —设置刚度调节装置的新桩复合支承刚度 (kN/m), 由新桩支承刚度 k_{np} 和刚度调节装置支承刚度 k_a 串联而成, 新桩支承刚度亦可通过单桩静载试验确定。

2 当刚度调节装置用于调节旧桩的支承刚度时,

$$Q_o / n_o k_c = Q_n / n_n k_{np} \quad (5.5.3-3)$$

$$k_a = \frac{k_{op} \cdot k_c}{k_{op} - k_c} \quad (5.5.3-4)$$

式中 k_{np} —建筑物新桩的支承刚度 (kN/m)，可通过单桩静载试验确定；

k_c —设置刚度调节装置的旧桩复合支承刚度 (kN/m)，由旧桩支承刚度 k_{op} 和刚度调节装置支承刚度 k_a 串联而成，旧桩支承刚度亦可通过单桩静载试验确定。

5.5.4 刚度调节装置用于桩基支承刚度差异较大或土岩结合地基等地基土支承刚度严重不均匀的情况时，其支承刚度可按照下式计算：

$$\frac{Q_r}{n_r k_c} = \frac{Q_w}{n_w k_{wp} + A_w \cdot K_{ws}} \quad (\text{考虑地基土作用}) \quad (5.5.4-1)$$

$$\frac{Q_r}{n_r k_c} = \frac{Q_w}{n_w k_{wp}} \quad (\text{不考虑地基土作用}) \quad (5.5.4-2)$$

$$k_a = \frac{k_p \cdot k_c}{k_p - k_c} \quad (5.5.4-3)$$

式中： Q_r —相对坚硬处（或基岩面）桩基础分担的上部结构荷载标准组合值 (kN)；

Q_w —相对软弱处桩基础或桩土体系分担的上部结构荷载标准组合值 (kN)；

k_c —相对坚硬处（或基岩面）设置刚度调节装置的基桩（或墩基）复合支承刚度 (kN/m)，由基桩（或墩基）支承刚度 k_p 和刚度调节装置支承刚度 k_a 串联而成，当基桩（或墩基）嵌岩时， $k_c \approx k_a$ ；

A_w —相对软弱处需考虑地基承载力部分的有效净面积 (m^2);

n_r —相对坚硬处 (或基岩面) 基桩数量;

n_w —相对软弱处基桩数量;

k_{wp} —相对软弱处桩基础的支承刚度 (kN/m);

K_{ws} —相对软弱处地基土的刚度系数 (kN/m^3)。

5.5.5 刚度调节装置应用于以上两种或两种以上情况时, 其支承刚度应同时满足设计要求, 并进行桩-土-刚度调节装置-筏板共同作用的整体分析。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 土方开挖时，应采取减少基底土体扰动的保护措施，机械挖土时，基底以上 300mm~500mm 厚土层应采用人工挖除，严禁超挖。

6.1.2 基础施工过程中地下水位保持在基底 500mm 以下，地表水应及时排除。

6.1.3 基础施工前应进行地基验槽，符合要求后立即浇筑 C15 以上等级的混凝土垫层，垫层混凝土强度达到设计强度的 70%后，方可进行后续工序施工。

6.1.4 桩顶刚度调节装置安装前，必须对基桩的平面位置及桩顶标高进行复核。

6.1.5 施工过程中，应对刚度调节装置采取切实可靠的保护措施，确保刚度调节装置的坐标方位和平整度；确保变形标识杆等测试装置不受到外力冲击。

6.1.6 基础施工过程中，应有保护周边环境、工程桩、基坑支护结构、降水设施的技术措施。

6.1.7 材料及设施应符合下列规定：

1 刚度调节装置必须选用正规厂家生产的产品，必须具备出厂合格证和性能检测报告；

2 刚度调节装置的承载能力、变形能力和支承刚度应符合设计要求；

3 上盖板、底座、侧护板所使用的钢材必须有足够的刚度，上盖板、底座厚度不应少于 10mm；

4 变形标识杆的刻度应精确，必要时作标定；

5 注浆管应保持畅通、不被堵塞或损坏；

6 基坑四周的回填密实度不低于 0.94，材料宜采用颗粒级配良好的砂石，砂石的最大粒径不宜大于 50mm；采用粘土回填时，有机质等杂质含量不应大于 5%。

6.1.8 基桩与筏板的施工应满足现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 与《高层建筑筏型与箱型基础技术规范》JGJ 6 的要求。

6.2 刚度调节装置施工

6.2.1 桩顶超灌混凝土应凿除干净，露出新鲜密实的混凝土平面，二次浇筑的桩顶混凝土厚度不应少于 300mm。

6.2.2 底座的倾斜度不应大于 1%。

6.2.3 刚度调节装置的平面位置误差不应大于 10mm，标高误差不应大于 5mm。

6.2.4 刚度调节装置与底座之间应有可靠的限位措施；变形标识杆与底座应栓接牢固，垂直度偏差不应大于 1%。

6.2.5 上盖板和侧护板应有可靠的固定措施，其就位后不应受到外力冲击而移动或倾斜。

6.2.6 桩顶二次浇筑混凝土应保证浇筑后的桩身承载力不低于原桩身承载力，并应连续浇筑，振捣密实，混凝土浇筑完成后应静置 30min，抹平，收光，再复核混凝土面标高及平整度。

6.2.7 桩顶二次浇筑的混凝土应采用毛毡或塑料薄膜覆盖养护，养护时间不应少于 7d。

6.2.8 上盖板、支座及侧护板组成的空腔内除刚度调节装置、变形标识杆外不应有其他杂物，在上盖板封口时应检查并清理干净。

6.2.9 注浆材料宜选用商品灌浆料。

6.2.10 注浆压力应不小于 0.5MPa，注浆应连续一次完成，注满后应保持压力 3min 以上；注浆完成后应将注浆管口封紧严密。

7 检验与验收

7.1 检验

7.1.1 基坑开挖后，建设单位应会同各责任主体进行基底持力层检验。

7.1.2 刚度调节装置的生产加工应符合设计要求，对进场使用的刚度调节装置应进行承载力、变形及支承刚度的检验，检验数量不得少于刚度调节装置总数的1%，且不得少于3个。

7.1.3 如采用人工挖孔桩，则应对开挖尺寸、中心偏移、孔壁岩土性质进行检验；人工挖孔桩终孔时，应逐孔进行桩端持力层检验，复验孔底持力层土（岩）性及孔底虚土厚度。

7.1.4 工程桩施工完成后应进行桩身质量检验。桩身质量除对预留混凝土试件进行强度等级检验外，尚应进行现场检测。检测方法可采用可靠的动测法，对于大直径桩还可采取钻芯法、声波透射法；检测数量可根据现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106确定。

7.1.5 对施工完成后的工程桩应按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的要求进行桩基竖向承载力检验。

7.1.6 刚度调节装置安装质量检验应满足表 7.1.6 的规定。

表 7.1.6 刚度调节装置安装质量检验

检验项目		检验指标
1	底座顶标高	误差 $\leq 5\text{mm}$
2	底座平面位置	位置偏差 $\leq 10\text{mm}$
3	变形标杆（可选）	螺栓连接后焊牢，螺栓接长
4	底座定位螺栓	螺栓连接后焊牢

5	二次浇筑外观	外观无瑕疵，呈圆形，偏差 $\leq 5\text{mm}$
6	刚度调节装置	落于底座定位螺栓，水平不移动
7	上盖板	与底座中心重合，偏差 $\leq 5\text{mm}$
8	注浆管安装	注浆管与上盖板栓接后满焊
9	注浆管接长	专用接头，如遇墙柱，90°弯头接出
10	侧护板	焊点间距 $\leq 10\text{mm}$ ，与上盖板缝隙 $\leq 0.5\text{mm}$

7.1.7 刚度调节装置安装质量检验记录可按附录 A 执行。

7.1.8 刚度调节装置的压缩量可通过位移传感器进行监测，也可通过变形标识杆直接量测。

7.1.9 对于按照本规程规定进行设计的建筑物，在其施工过程及建成后，应进行系统的沉降观测直至建筑物沉降稳定。

7.1.10 建筑物沉降监测应委托具备资质的第三方单位进行，观测点的布置，应能全面反映建筑物地基变形特征并结合地质情况、建筑物结构特点和荷载分布确定。

7.1.11 沉降观测次数和时间应符合下列规定：施工期间至建筑物竣工期间的沉降观测应随施工进度进行，可在基础底板完成后开始观测，每施工完成一层观测一次；建筑物主体封顶后，沉降观测宜 1-2 月进行一次；建筑物竣工验收后，沉降观测宜 2-3 月进行一次。

7.1.12 地基沉降的稳定标准应由沉降量和时间关系曲线判定，当最后 3 次观测的平均沉降量均不大于 $2\sqrt{2}$ 倍测量中误差或平均沉降速率小于 0.01mm/d ，则认为已进入沉降稳定阶段。

7.2 验收

7.2.1 可控刚度桩筏基础除应按照现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的要求正常验收外，尚应进行专项验收，包括下列资料：

1 岩土工程勘察报告、桩基施工图、图纸会审纪要、设计变更单等；

- 2 刚度调节装置的合格证明和出厂检测报告；
- 3 刚度调节装置安装质量检验记录；
- 4 刚度调节装置性能检测报告；
- 5 其他必须提供的文件和记录。

7.2.2 可控刚度桩筏基础专项验收可按本规程附录 B 执行。

7.2.3 可控刚度桩筏基础中筏板（承台）验收除应符合本节规定外，尚应符合现行国家标准《建筑地基基础施工质量验收规范》GB 50202 的规定。

附录 A 刚度调节装置安装质量检验记录

表 A 刚度调节装置安装质量检验记录

工程名称						设计单位						桩基类型			
施工单位						监理单位						检验依据			
桩号	日期	底座标高		底座平面		二次浇筑		上盖板		侧护板		注浆管		变形标杆 (√)	备注
		误差 (mm)	结论 (√)	误差 (mm)	结论 (√)	误差 (mm)	结论 (√)	误差 (mm)	结论 (√)	焊缝 (√)	缝隙 (√)	接头 (√)	接长 (√)		

安装：

校核：

检验：

附录 B 可控刚度桩筏基础专项验收记录

表 B 可控刚度桩筏基础专项验收记录

工程名称		桩基类型	
施工单位		桩基数量	
监理单位		验收日期	
序号	具体验收内容	检查评定	验收意见
1	设计资料		
2	变更文件		
3	合格证及出厂报告		
4	性能检测报告		
5	质量检验记录表		
整体验收结论:			
验收单位	施工单位		负责人
	生产单位		负责人
	勘察单位		负责人
	设计单位		负责人
	监理单位		负责人
	建设单位		负责人

本规程用词说明

1 为了便于在执行本规程条文时区别对待，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”。表示有选择，在一定条件下可以这样做的：

正面词采用“可”；反面词采用“不可”。

2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……要求(或规定)”或“应按……执行”。非必须按所指定标准、规范执行时，写法为“可参照……执行”。

引用标准名录

- 1 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 2 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 3 《建筑地基基础施工质量验收规范》 GB 50202
- 4 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
- 5 《岩土工程勘察规范》 DBJ 13-84
- 6 《建筑桩基检测技术规范》 JGJ 106
- 7 《高层建筑筏型与箱型基础技术规范》 JGJ 6

福建省工程建设地方标准

福建省可控刚度桩筏基础技术规程

Technical Code for Piled Raft Foundation of

Controlled Stiffness in Fujian

工程建设地方标准编号：DBJ/T13-242-2016

住房和城乡建设部备案号：J13488-2016

条文说明

制定说明

《福建省可控刚度桩筏基础技术规程》DB/T13-242-2016，经住房和城乡建设厅 2016 年 7 月 5 日以闽建科〔2016〕24 号公告批准、发布。

本规程制订过程中，编制组进行了广泛深入的调查研究，同时参考了国内外相关先进技术法规、技术标准，通过试验取得了可控刚度桩筏基础的重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《福建省可控刚度桩筏基础技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，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规程规定的参考。

目 录

1	总则	33
3	基本规定	35
3.1	一般规定	35
3.2	刚度调节装置的选择与布置	39
4	基础构造	41
4.2	筏板构造	41
4.3	桩筏连接构造	41
5	设计计算	44
5.1	一般规定	44
5.2	地基、基础承载力确定	45
5.3	地基、基础承载力验算	45
5.4	地基、基础沉降计算	46
5.5	刚度调节装置计算	47
6	施工	49
6.1	一般规定	49
6.2	刚度调节装置施工	49
7	检验与验收	53
7.1	检验	53
7.2	验收	53

1 总则

1.0.1-1.0.4 可控刚度桩筏基础的核心原理由南京工业大学最早提出，历时十余年不断深化、完善，经过几十项工程实践的验证，相关理论已经成熟可靠。为了更好地推广该技术，服务福建省工程建设，南京工业大学联合中建海峡建设发展有限公司，组织专家编制了本规程，并承诺关于本规程的设计理论、计算方法等技术成果供福建省内各企事业单位无偿使用。

可控刚度桩筏基础作为一种高层建筑地基基础新技术，已经在福建省地区得到一定规模的推广使用，实践证明可取得显著的经济效益和社会效益。在设计与施工过程中要实现安全适用、技术先进、经济合理、确保质量的目标，需综合考虑以下因素：

1 地质条件。建设场地的工程地质条件和水文地质条件，包括土层分布特征和岩性、土性、地下水赋存状态与水质等，是决定是否使用可控刚度桩筏基础以及能否做好可控刚度桩筏基础设计与施工的关键因素。因此，场地勘察资料的完整、可靠、准确，以及设计和施工者对于勘察资料做出正确理解和应用均非常重要。

2 上部结构类型、使用功能与荷载特征。不同的上部结构类型对于抵抗或适应桩基础差异沉降的性能不同。另外建筑物使用功能是确定桩基础设计等级的依据之一，也在一定程度上决定了建筑物荷载分布特征，而荷载的大小与分布情况是确定桩型、桩的几何参数、刚度调节装置的设计参数以及桩基支承刚度的分布规律所应考虑的主要因素。

3 施工技术条件与环境。桩基础在满足设计要求的前提下，尚应注意成桩设备与工艺的现有条件，力求做到技术先进、实际可行和质量可靠。同时应综合考虑桩基础在施工过程中对地基土承载性能和周边环境的影响。

4 注重概念设计。可控刚度桩筏基础的概念设计应在现行相关规范框架范围内，考虑桩、土、筏板、刚度调节装置以及上部结构相互作用对于基础承载力和变形的影响，以实现满足荷载和抗力整体平衡和局部平衡的同时，降低桩基础的使用数量，最大程度减小差异沉降，降低筏板内力和上部结构次应力的目标。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 可控刚度桩筏基础主要适用于以下情况：

1 桩、土变形不协调需考虑桩土共同作用。

正常情况下，桩土的支承刚度存在显著的差异，因此要实现桩土共同作用，则必须要保证桩土的变形协调。软土地区的桩基础，持力层性质一般，可通过人为使桩顶荷载接近或达到桩基极限承载力，使其发生向下“刺入变形”的方式，来协调桩土变形。非软土地区的桩基础，桩端可以入岩或持力层性质良好，支承刚度较大，由于桩无法向下“刺入变形”或“刺入变形”量很小，如不采取一定的措施，桩土变形往往无法协调，共同作用亦无法实现。此时比软土地区更有利用价值的良好天然地基弃之不用，极为可惜。

为了解决非软土地区支承刚度较大的桩基础较难实现桩土共同作用的难题，近年来南京工业大学在厦门地区开创性地提出可控刚度桩筏基础概念，该桩筏基础通过在桩顶与筏板之间设置刚度调节装置，优化与调整桩基支承刚度，使桩基的支承刚度与地基土支承刚度相匹配，从而保证桩土变形协调，最终实现桩土始终发挥作用，同步承担上部结构荷载的目标。虽然均是考虑桩土共同作用，充分发挥地基土承载潜力，但常规意义上的复合桩基与可控刚度桩筏基础的作用机理有显著差异，具体如图 1 所示。

2 以减小差异沉降和筏板（承台）内力为目标，需要进行变刚度调平设计。

多年的理论研究与工程实践表明，差异沉降是导致基础内力和上部结构次应力增大、板厚与配筋增加的根源所在。因此，无论是单幢高层还是大底盘多塔结构，考虑建筑物上部结构—基础（桩筏）

一地基的共同作用下，保证建筑物筏板的差异沉降接近或等于零，是建筑物基础乃至上部结构保持最优状态的根本。

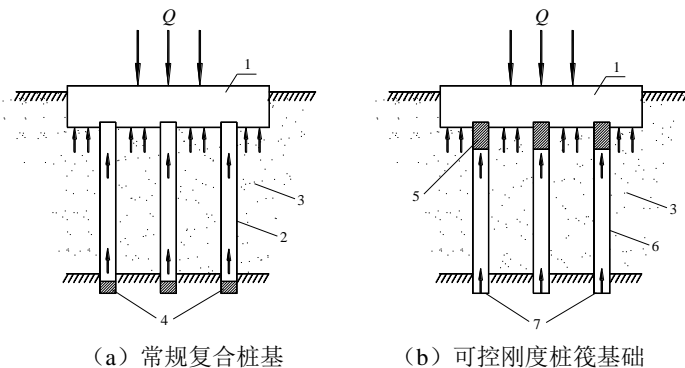


图 1 可控刚度桩筏基础和常规复合桩基共同作用模式对比示意图

- 1—筏板；2—摩擦型桩；3—桩间土；4—桩端刺入量；5—刚度调节装置；
6—端承型桩；7—低压缩或不可压缩土层

土与结构物共同作用研究表明，不同的上部结构、基础（桩筏）与地基的刚度分布均会对建筑物的内力与变形产生影响。上部结构由于受到使用功能的制约，一般很难对其进行调整。筏板和其它形式基础，可通过变化厚度、设置肋梁、缩小墙距（箱基）等方法来调整基础刚度分布，但是效果并不明显，付出的代价却很大。因此对地基与桩基构成的支承体的支承刚度进行可控、合理的优化与调整才是差异沉降控制设计最有效的方法。《建筑桩基技术规范》JGJ94 建议的变刚度调平设计主要通过调整桩径、桩长、桩距等改变基桩支承刚度分布，本规程采用可控刚度桩筏基础的概念，通过刚度调节装置来对整个基础的支承刚度分布按需要进行较精确的人为调控与优化，达到建筑物零差异沉降的目标，另外刚度调节装置不受任何地质条件和上部结构形式的束缚，具有广泛的适应性。可控刚度桩筏基础的变刚度调平设计示意如图 2（a）所示。

3 不同支承刚度的新、旧桩基共同承担上部结构荷载。

目前桩基被大量使用，建筑物拆除时，由于土体固结作用，遗留在地基中完好的旧桩和新桩支承刚度相差悬殊，很难再利用，不仅浪费而且给新桩的施工带来巨大的困难。可以预见，随着社会的进一步发展，上述问题将越来越普遍也越来越严重。如果通过在桩端设置刚度调节装置，协调新旧桩的变形，实现新旧桩的共同作用，则完全可能解决上述问题。因此可控刚度桩筏基础不仅可以解决建筑物旧桩给新桩施工带来的困难，而且通过对旧桩的利用还可以取得良好的经济效益。建筑物新、旧桩基共同承担结构荷载示意如图 2 (b) 所示。

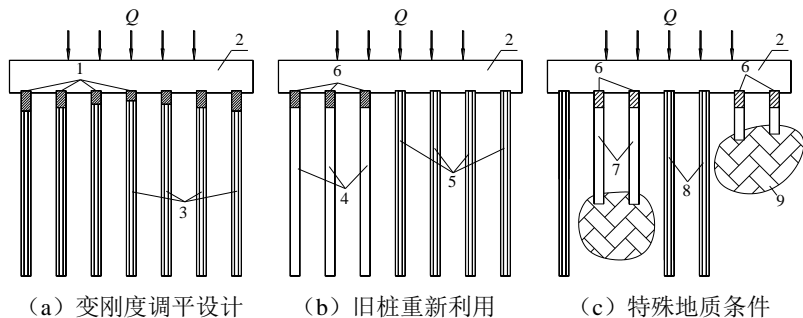


图 2 可控刚度桩筏基础应用范围示意图

1—不同支承刚度的刚度调节装置；2—筏板；3—工程桩；4—大刚度基桩；5—小刚度基桩；6—刚度调节装置；7—端承桩；8—摩擦桩；9—孤石

4 特殊地质条件下地基支承刚度严重不均匀时。

花岗岩残积土地区的典型地质条件就是土中经常会残留大小不一、数量众多且随机分布的球状孤石，即使桩数较少，桩基施工仍经常需穿越孤石，不仅非常困难，而且耗时耗力。而对于可控刚度桩筏基础来说，设置的刚度调节装置能协调不同支承条件下的桩土变形（保证不同支承刚度的桩基共存），故桩基施工过程中如遇孤石，则直接将桩支承于孤石之上，如不遇孤石则桩长按设计要求正常成桩，这样即使地质条件再复杂也便于桩基施工。除了花岗岩

残积土中残留孤石的情况外，地基支承刚度分布不均匀的土岩组合地基、岩溶地基以及基岩面起伏较大的复杂地质条件均可采用可控刚度桩筏基础形式，具体如图 2（c）所示。

5 上述两种或多种情况的组合。

可控刚度桩筏基础中刚度调节装置具有相当的自适应性，设计合理，可以适用于以上两种或多种情况的组合，目前也已经有多项成功的工程实践。

3.1.6 决定桩基础桩型和成桩工艺的因素众多，设计与施工者在具体实施时，可结合当地的成熟经验，参考现行规范和标准，综合决定。一般来说灌注桩单桩承载力较大，同时可结合桩端扩大头、桩端（侧）后注浆等技术手段，容易实现用尽量少的桩数即可满足设计要求，从而达到节约造价的目的。另外灌注桩还具有土层适应性强，施工时没有挤土效应，对地基土扰动较少，有利于地基土的保护等优点，因此可控刚度桩筏基础的桩型本规程推荐使用灌注桩。

3.1.8 在确定基础的埋置深度时，必须同时满足地基承载力、变形和稳定性的要求。另外一定的埋置深度才能保证基础的抗倾覆和抗滑移稳定性，也能使地基土的承载力得到充分发挥。考虑到可控刚度桩筏基础桩可提供抗拔力的连接构造较复杂且造价偏高，通常按不提供抗拔力的连接构造考虑，此时建筑物基础埋深宜按天然地基或复合地基的基础埋置深度要求来确定。当可控刚度桩筏基础按提供抗拔力的连接构造设置时，其基础埋深仍可按照桩基础的要求执行。

3.1.9 刚度调节装置完成调节工作后，桩顶空腔应进行封闭，封闭时间原则上应该在建筑物荷载施加完毕后进行，当建筑物沉降较小并趋于稳定时也可以提前进行，具体由设计单位综合考虑项目现场情况后确定。桩顶封闭应注重过程监控，确保质量。

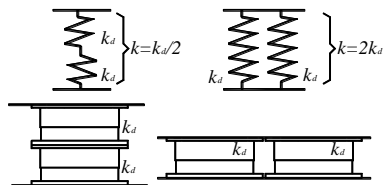
3.1.10 为防止刚度调节装置下桩顶混凝土局部压碎，应进行局部受压承载力验算。

3.2 刚度调节装置的选择与布置

3.2.1 刚度调节装置工作期间，作为调节基桩支承刚度和支承建筑物荷载的主要部件，必须具有“大吨位”和“大变形”的特点。为确保调节的可靠性和有效性，刚度调节装置最终承载力应大于设计要求的桩身承载力，通常情况下不应小于 5000kN；当刚度调节装置用于桩土共同作用时，其有效调节变形量应大于地基土在设计承载力作用下的变形量，且应留有足够富余量。当刚度调节装置用于调节建筑物基础差异沉降时，其有效调节变形量应大于差异沉降量的 1.5 倍。



图 3 刚度调节装置的种类



(a) 串联 (b) 并联

图 4 刚度调节装置的串、并联组合

满足上述要求并经工程实践多次验证可行的刚度调节装置主要有这几种形式（如图 3 所示）：1、橡胶支座；2、碟型弹簧；3、

刚度调节器,为安全起见,其它形式的各种装置目前不适用本规程。上述刚度调节装置根据受荷大小和变形能力的需要,可进行串联和并联组合,以更好地满足设计的需求(如图4所示)。

3.2.2 刚度调节装置荷载-变形受力曲线应呈线性特征,才能有效保证桩基础和地基始终按设计桩、土分担比共同承担上部结构荷载和调节不同支承刚度桩基的变形差,本技术规程的设计理论与计算方法均是基于刚度调节装置的上述特征。为防止刚度调节装置在受荷过程中意外退出工作,必须保证刚度调节装置在受荷过程中,荷载-变形受力曲线不能出现回折现象,如图5所示。

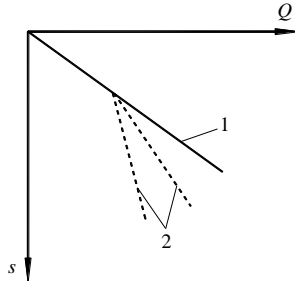


图5 荷载-位移受力曲线回折示意图

1—正常曲线; 2—回折曲线

3.2.3 刚度调节装置虽为临时性结构构件,但其通常需在地下环境、高应力状态下连续工作3-5年时间,因此必须确保该段时间内刚度调节装置不发生影响其工作性能的腐蚀。

3.2.4 为保证刚度调节装置的竖向受压稳定性,对刚度调节装置高径比作了规定;为保证桩顶封闭灌浆料能对刚度调节装置形成有效包裹与保护,对刚度调节装置与基桩有效截面积比做了规定。

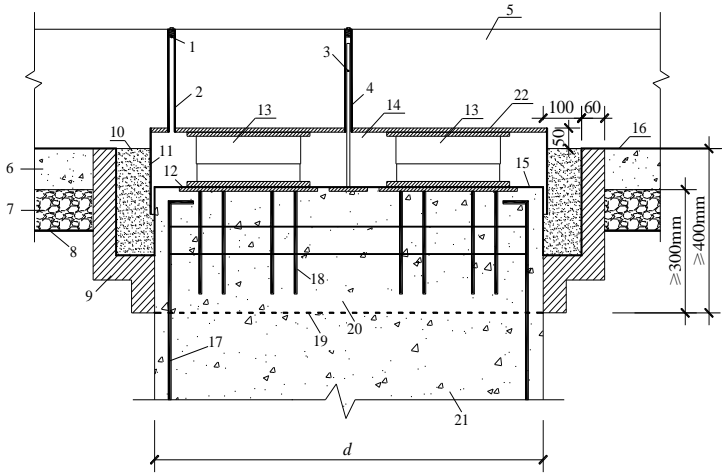
4 基础构造

4.2 筏板构造

4.2.1 和常规桩筏基础相比，可控刚度桩筏基础本身对筏板的构造并无特别要求，但是从方便施工和有利于保护地基土不受施工扰动的角度来说，宜优先采用平板式筏基，不宜采用梁肋朝下的梁板式筏基。

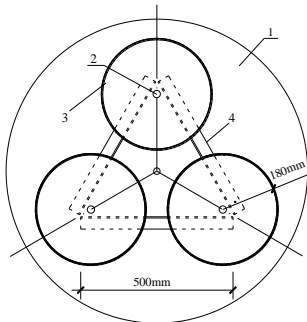
4.3 桩筏连接构造

4.3.1 满足本条要求的可控刚度桩筏基础的桩筏连接构造，可参考图 6 所示的三台刚度调节装置并联于灌注桩顶设计，有护壁的灌注桩桩筏连接构造可参考图 7 设计。在满足本条要求的前提下也可由设计单位自行设计。



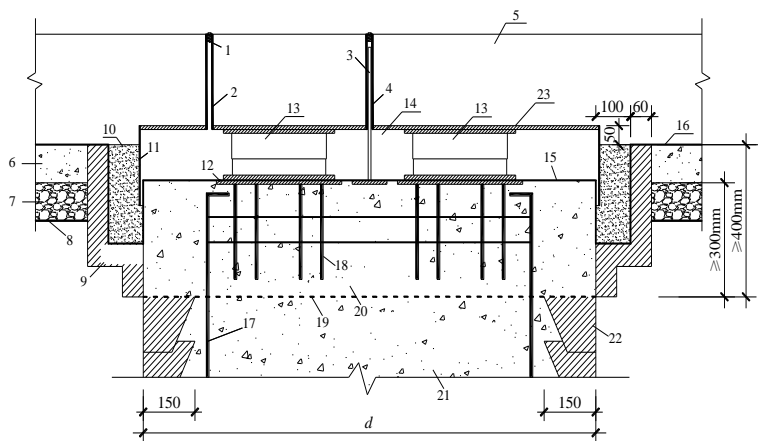
(a) 剖面示意图

1—防水用堵头；2—注浆管；3—变形标识杆（可选）；4—注浆管；5—筏板；
6—垫层；7—倒滤层（可选）；8—土工布（可选）；9—砖胎膜；10—填砂；
11—侧护板；12—底座；13—刚度调节装置；14—空腔；15—基桩顶面；16
—筏板底面；17—主筋；18—传力筋；19—第一次浇筑混凝土面；20—二次
浇筑混凝土；21—基桩；22—上盖板



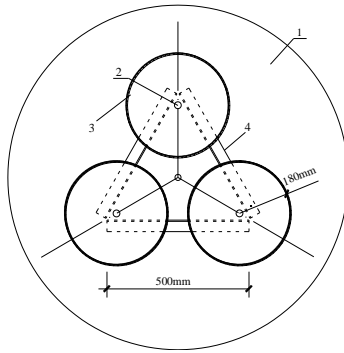
(b) 平面示意图

1—空腔；2—定位螺栓；3—10mm 厚钢板；4—L40×4 角钢
图 6 桩筏连接构造示意图（无护壁灌注桩）



(a) 剖面示意图

1—防水用堵头；2—注浆管；3—变形标识杆（可选）；4—注浆管；5—筏板；
6—垫层；7—倒滤层（可选）；8—土工布（可选）；9—砖胎膜；10—填砂；
11—侧护板；12—底座；13—刚度调节装置；14—空腔；15—基桩顶面；16
—筏板底面；17—主筋；18—传力筋；19—第一次浇筑混凝土面；20—二次
浇筑混凝土；21—基桩；22—护壁；23—上盖板



(b) 平面示意图

1—空腔；2—定位螺栓；3—10mm 厚钢板；4—L40×4 角钢

图 7 桩筏连接构造示意图（有护壁灌注桩）

5 设计计算

5.1 一般规定

5.1.1 关于桩端持力层选择和进入持力层的深度要求是影响基桩承载力能否有效发挥的关键因素。本条是根据《建筑物桩基技术规范》JGJ 94 相应要求并结合地方经验综合确定的，部分要求高于《建筑物桩基技术规范》JGJ 94。

5.1.2 在福建省的可控刚度桩筏基础工程实践中，多次遇到花岗岩残积土中分布有大量直径不等的球状风化孤石的情况，孤石水平方向随机分布，且密度较大，纵深方向呈串珠分布，其岩性多为微风化花岗岩，也有中、强风化花岗岩，部分孤石岩性为微风化花岗岩核心，外包中、强风化外壳（如图 8 所示）。孤石的存在会对常规基础的施工和检测造成巨大的困难，实践证明常规方法（如冲凿桩等）均无法或很难施工。



图 8 孤石串状分布及其外观

由于设置于桩顶的刚度调节装置可在一定程度调整基桩之间的支承刚度差，因此当可控刚度桩筏基础桩型为人工挖孔桩时，可将桩端支承于直径大于 $2d$ 且大于 $2m$ 的孤石上，起到类似桩端扩大头的作用，具体实施步骤如下：

- 1) 探明孤石直径是否大于 $2d$ 且大于 $2m$;
- 2) 当孤石直径小于 $2m$ 或孤石在孔内占有面积不大于 $2/3$ 时, 将孔内孤石凿除并开挖至设计深度;
- 3) 当孤石直径大于 $2m$ 且孤石在孔内占有面积大于 $2/3$ 时, 人工挖孔桩终止在孤石上并用锚筋使桩底与孤石可靠连接。

当采用其它桩型时, 应采用有效措施探明孤石尺寸, 并保证桩端全断面进入孤石不小于 $0.4d$ 且不小于 $0.5m$ 。

5.1.3 关于嵌岩桩的嵌岩深度原则上应按计算确定, 本条是结合现行各规范相关规定并根据工程经验综合确定, 供设计人员参考。

5.2 地基、基础承载力确定

5.2.1 地基承载力特征值的确定在条件允许的前提下应采用载荷试验来确定, 当载荷试验条件不允许时, 可采用其它原位测试、公式计算和理论分析等方法, 但至少应通过两种以上的方法互相印证。

5.2.3 单桩竖向静载试验应按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 执行。

5.2.4-5.2.7 该部分内容按照现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94 执行。

5.3 地基、基础承载力验算

5.3.1 按本条公式计算桩基数量时, 必须确保地基承载力得到充分发挥, 桩、土在受荷过程中始终共同分担荷载, 这与其它形式的桩土共同作用理论中需考虑地基承载力发挥程度有显著不同。可控刚度桩筏基础用于实现桩土共同作用时, 桩、土支承刚度差异由刚度调节装置协调, 故可以满足上述要求, 在正常使用过程中桩基承担的平均荷载基本接近基桩竖向承载力特征值。

5.3.2 当可控刚度桩筏基础不考虑桩土共同作用时, 其桩数的确定方法同常规桩基。

5.4 地基、基础沉降计算

5.4.2 本规程中地基土刚度系数 K_s 与基床系数的概念不一样，刚度系数 K_s 主要用来计算刚度调节装置的刚度大小，影响地基土刚度系数 K_s 值的因素包括：土的类型、基础埋深、基础底面积的形状、基础的刚度及荷载作用的时间等因素。试验表明，在相同压力作用下，地基土刚度系数 K_s 随基础宽度的增加而减小，在基底压力和基底面积相同的情况下，矩形基础下土的 K_s 值比方形的大。对于同一基础，土的 K_s 值随埋置深度的增加而增大。试验还表明，粘性土的 K_s 值随作用时间的增长而减小。因此， K_s 值不是一个常量，它的确是一个较复杂的问题，有一定的经验性。本规程中 K_s 值的大小应主要反应基础影响深度范围内地基土的性质，设计人员在较准确估算建筑物基础平均沉降的情况下，地基土刚度系数 K_s 可按地基土所受实际荷载以及在该荷载作用下地基土产生的沉降计算得到。

5.4.3 本条给出的是计算可控刚度桩筏基础沉降的一般公式 $S=S_s$ 或 $S=S_a+S_p$ 。其中， S_s 为地基土承担荷载引起的沉降，已实施可控刚度桩筏基础工程实践表明，按变形模量计算地基沉降较为准确，故建议取土的变形模量，按筏型基础进行计算。另外桩基的存在客观上起到了减小基础沉降的作用，此处没有考虑，基于偏安全的考虑； S_p 为桩基承担荷载引起的沉降量，严格意义上应再加上桩身的弹性压缩量，但通常可忽略。当桩基为嵌岩端承桩时， S_p 近似等于零； S_a 为刚度调节装置的压缩量。

与天然地基以及常规桩基相比，可控刚度桩筏基础的沉降计算相对复杂，影响其沉降特性的因素也较多，但根据可控刚度桩筏基础的工作机理，在其承载的全过程中，设置刚度调节装置的基桩与地基土的变形始终是协调的，因此建议按照计算地基土沉降 S_s 的方式来计算整体桩筏基础的沉降，避免了可控刚度桩筏基础较复杂的受力过程。

当基桩中部分为嵌岩桩，部分为非嵌岩端承桩（即建筑物下部分布有不同支承刚度的桩基），并且在成桩前不能对各桩承载特性准确性（分类）与定量（桩长），此时可控刚度桩筏基础的沉降计算更为复杂，宜通过桩-土-刚度调节装置-筏板共同作用的整体分析对沉降计算进行校核。

高层建筑桩筏基础的沉降计算与一般中小型基础有所不同，高层建筑除具有基础面积大、埋置深的特点外，还需考虑基坑开挖引起的地基回弹等因素的影响。除按本规程建议的方法外，设计人员还可以根据工程的具体情况选择其它方法进行沉降计算，进行比较，相互验证。

5.5 刚度调节装置计算

5.5.1 刚度调节装置支承刚度的大小是否合理，直接决定了可控刚度桩筏基础的设计和应用能否成功，刚度调节装置支承刚度的大小，应根据其具体应用情况，分别计算。当刚度调节装置用于实现端承型桩基桩土共同作用时，为保证桩、土在相应荷载作用下的变形协调，就必须使桩、土的支承刚度协调。桩筏基础中桩和地基土分别可看做一些桩弹簧和若干土弹簧，与每根桩弹簧匹配的土弹簧数量可通过基底总面积除以总桩数来近似求得，具体如图 9（a）和（b）所示。从图 9 可以看出，当桩弹簧和与之配套的土弹簧刚度相匹配时，桩、土变形协调，可保证共同承担荷载。

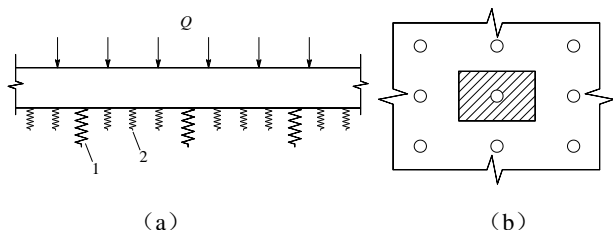


图 9 桩土共同作用简化示意图

1—桩弹簧；2—土弹簧

5.5.2 桩筏基础的变刚度调平应注重概念设计，当桩土支承刚度分布不能或较难通过变桩长、变桩径、变桩距等方法来调整时，可直接通过刚度调节装置来实现。刚度调节装置与基桩串联后形成的复合单桩与土的支承刚度在筏板平面内的分布规律仍应遵守《建筑桩基技术规范》 JGJ94 第 3.1.8 条的规定。

5.5.3 新、旧桩基共同承担上部结构荷载所面临的最大问题是两者的支承刚度有较大悬殊，如不处理，会给建筑物带来差异沉降和筏板内力过大的问题。目前对于此类问题的常规处理方法主要是清除或者截断处理：拔除耗时、耗力，拔除后的桩孔需回填，且对原场地造成严重侵扰；将筏板底向下一定范围内的旧桩截断，然后通过砂石回填，当新桩位与旧桩位冲突时，除了新桩避让旧桩外别无它法。以上方法不仅不能从根本上解决问题，而且造成极大的浪费。对于新、旧桩支承刚度悬殊的问题，可直接通过刚度调节装置来协调，通常情况下旧桩支承刚度大，可通过在桩顶串联调节装置，串联后的旧桩与新桩在各自荷载作用下保证变形协调即可。当新桩支承刚度大时亦可采用相同的方法实现。

5.5.4 地基岩石面起伏较大或土岩结合地基等地基土支承刚度严重不均匀的情况时，若采用可控刚度桩筏基础，当基岩外露时，必须采取措施（如虚铺的砂垫层或泡沫软垫层等）隔离基岩与筏板的直接接触，以保证刚度调节装置的有效工作。

5.5.5 当刚度调节装置同时应用于两种或两种以上情况时，整个桩筏体系的工作性状将会变得复杂，此时应通过桩-土-刚度调节装置-筏板共同作用的整体分析结果来指导设计。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1-6.1.8 可控刚度桩筏基础与常规桩筏基础在施工过程中的差异主要集中在两点：一是刚度调节装置的施工，施工时应严格按照本规程的规定执行，保证做到刚度调节装置的受力可靠和桩端后浇注混凝土的质量满足要求；二是应采取有效措施保证地基土在土方开挖以及基础施工过程中不被扰动，这一点在刚度调节装置桩筏基础用于桩土共同作用，充分发挥和利用地基承载力时，尤其重要。

6.2 刚度调节装置施工

6.2.1-6.2.8 桩顶刚度调节装置的施工可参考以下安装流程进行：

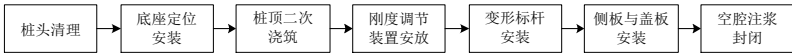


图 10 刚度调节装置安装流程

1 桩头清理。桩顶标高超过设计标高的基桩，超出部分应去除。为方便刚度调节装置底座的固定安装，应保留基桩中的竖向受力钢筋高出设计标高约 150mm 并向内弯曲，当桩顶标高低于设计标高时，应用相同直径和等级的钢筋将基桩竖向受力钢筋引至高出设计标高 150mm 左右。由于桩顶需要进行混凝土的二次浇筑，因此桩头的清理应严格按照二次浇筑的要求进行，对于薄弱混凝土层或个别突出骨料应用风镐凿去，并用钢丝刷或压力水洗刷以保证桩头的清洁。

2 刚度调节装置下底座定位安装。由于单个刚度调节装置的最大承受荷载可能达到 5000kN 以上，因此为了防止桩顶混凝土的局

部压碎，在每个刚度调节装置的下面设置底座，底座下设置 4 根直径不小于 12mm 长度不小于 250mm 的构造钢筋，底座下后浇混凝土中设两层构造钢筋网。底座垫板的直径不小于刚度调节装置直径，具体尺寸可按照荷载和混凝土等级复核。另外为方便刚度调节装置的快速定位安装，宜在每个底座的中心设置定位螺母。



(a) 底座定位安装



(b) 桩顶二次浇筑



(c) 刚度调节装置安装



(d) 侧护板与盖板安装

图 11 刚度调节装置安装示意图

具体安装时应严格控制刚度调节装置底座的标高，整个底座通过底座构造钢筋与基桩竖向受力钢筋焊接固定，焊点不少于 6 个，以保证底座在二次浇筑过程中不被扰动偏位，如图 11(a)所示。

3 桩顶混凝土二次浇筑。刚度调节装置底座安装完毕后，将桩顶清理干净并用水湿润后进行桩顶混凝土的二次浇筑。二次浇筑后的桩身承载力应不小于原桩身承载力，应充分振捣密实，24 小时后方可拆模，如图 11(b)所示。

4 刚度调节装置安放。安装时，应注意区分刚度调节装置的正反。刚度调节装置下盖板底设置有 $\Phi 25\text{mm}$ 的定位孔，安装时可据此进行定位，以防止水平移位。刚度调节装置定位安放后的外观如图 11(c)所示。

5 变形标识杆安装。刚度调节装置的荷载-变形受力曲线近似呈线性特征，如果能够测得刚度调节装置的绝对变形量，便可推知基桩所承担的荷载，不仅可以对刚度调节装置的工作状态进行充分的了解，而且可以与设计值相互验证。基于这样的考虑，底座中间设置了变形标识杆，该变形标识杆可直观量测到刚度调节装置的绝对变形压缩量。这里应该特别指出，上述变形标识杆测出的变形值为刚度调节装置的绝对变形量，勿与建筑物的沉降量相混淆。当基桩为嵌岩端承桩，桩端沉降可忽略不计时，上述两值可近似相等。

6 刚度调节装置侧护板与上盖板安装。刚度调节装置侧护板与上盖板的主要作用是将刚度调节装置封闭在独立的空间里，在建筑物沉降稳定前，确保刚度调节装置正常发挥作用，不受混凝土或其他异物侵扰影响。侧护板与上盖板安装完成后的桩顶外观如图 11(d)所示。建筑物的沉降发展过程大约为 2-3 年，在建筑物沉降稳定后，可通过上盖板上设置的注浆孔将刚度调节装置间的空腔注浆封闭，增加桩顶的耐久性。

6.2.9-6.2.10 ①注浆料选择。桩顶空腔注浆无法振捣，注浆料必须保证较高的流动性，且具有高强、自密实和微膨胀的效果，宜选用商品灌浆料；②除锈、清洗。当注浆管有锈迹时，可采用特制钢丝刷人工除锈，并清洗注浆管中的泥沙，必要时可加入化学除锈试剂。人工除锈完成后用高压水清洗注浆管；③抽水、洗孔。采用自吸泵或真空泵排出桩顶空腔中地下水，保证桩顶注浆的注浆质量。抽水后开始洗孔，洗孔宜采用 1:1 水泥净浆，当管口有水泥浆返回时，即可停止洗孔。④注浆。为保证注浆效果，宜将注浆管接高至底板面以上 0.5m 并宜设置阀门，当一个管在注浆时，

其余管的阀门应在返浆后关闭，同时进行 0.5MPa 压力注浆。完成注浆并稳压 3min 后进行封闭，待注浆体凝固后方可拆除阀门。⑤ 注浆管清除。注浆完成后一个星期，在管底筏板表面凿 50mm 深直径 100mm 的圆形小坑，将注浆管割断并用钢板焊接封闭，封闭后的小坑用砂浆修补。

7 检验与验收

7.1 检验

7.1.1-7.1.12 可控刚度桩筏基础的质量检查应遵守现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB50202 和行业标准《建筑桩基检测技术规范》JGJ106 的相关标准执行。对于具体的监测项目，如条件允许，除此处规定的沉降观测外，本规程建议增加深层沉降、基底土反力、桩顶反力以及刚度调节装置反力等监测内容。详实、可靠的现场监测结果对验证和完善可控刚度桩筏基础设计理论有重要的理论与实践意义。

7.2 验收

7.2.1-7.2.3 验收主要包括地基土、桩基、刚度调节装置三部分内容，其中地基土与桩基部分可参照现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 和现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94 的要求执行，刚度调节装置验收应严格按照设计要求进行。