

福建省工程建设地方标准 DB

工程建设地方标准编号：DBJ/T13-28-2016

住房和城乡建设部备案号：J13442-2016

---

## 福建省基础工程钻芯法检测技术规程

Technical specification of core drilling method for

Foundation engineering in Fujian

2016-05-06 发布

2016-08-01 实施

福建省住房和城乡建设厅

福建省工程建设地方标准

# 福建省基础工程钻芯法检测技术规程

Technical specification of core drilling method for  
Foundation engineering in Fujian

工程建设地方标准编号：DBJ/T13-28-2016

住房和城乡建设部备案号：J13442-2016

主编单位：福建省建筑设计研究院

批准部门：福建省住房和城乡建设厅

施行日期：2016 年 08 月 01 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《福建省基础工程

钻芯法检测技术规程》的通知

闽建科[2016]19 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：

由福建省建筑设计研究院主编的《福建省基础工程钻芯  
法检测技术规程》，经审查，批准为福建省工程建设地方标  
准，编号 DBJ/T13-28-2016，自 2016 年 8 月 1 日起实施。原  
《基桩钻芯法检测技术规程》DBJ13-28-1999 同时废止。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。

福建省住房和城乡建设厅

2016 年 5 月 6 日

关于同意福建省《福建省基础工程钻芯法检测技术规程》

地方标准备案的函

建标标备[2016]109 号

福建省住房和城乡建设厅：

你厅《关于报送福建省工程建设地方标准〈福建省基础工程钻芯法检测技术规程〉备案的函》（闽建科函[2016]43号）、《关于报送省工程建设地方标准〈福建省钢铁渣粉混凝土应用技术规程〉备案的函》（闽建科函[2016]44号）收悉。经研究，同意该2项标准作为“中华人民共和国工程建设地方标准”备案，其备案号为：

福建省基础工程钻芯法检测技术规程	J13442-2016
------------------	-------------

福建省钢铁渣粉混凝土应用技术规程	J13443-2016
------------------	-------------

该2项标准的备案号，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。

住房和城乡建设部标准定额司

2016年5月24日



## 前 言

本规程是根据福建省住房和城乡建设厅《关于 2014 年度工程建设行业标准修订计划的通知》省建标[2014]45 号文的要求，由福建省建筑设计研究院会同有关勘察、设计、研究和检测单位，对《基桩钻芯法检测技术规程》DBJ13-28-1999 修订而成。

在规程修订过程中，进行了调查分析和对比试验，认真总结了近年来我省钻芯法检测技术和施工经验，并以多种方式征求了有关单位的意见，最后经审查定稿。

本规程共分十章和四个附录，主要技术内容有：总则、术语和符号、基本规定、检测设备、现场检测技术要求、芯样试件截取与抗压强度试验、检测成果的分析与判定、检测结果质量评定、验证与扩大检测和承载力验算与补强处理技术及有关附录。

本规程修订的主要内容：

1 总则中，扩大钻芯法检测基础工程技术的应用范围。工程实践经验证明，在民用建筑和市政基础工程质量检测中，钻芯法不但适用于各类混凝土灌注桩，凡是可采用钻芯法检测技术评定工程质量的基础工程地下结构，如：地下连续墙和竖向增强体（系指复合地基中强度等级为 C8~C15 有粘结强度的深层搅拌桩、旋喷桩、CFG 桩的统称）等，均列入本“规程”检测适用范围。因此，评审专家意见：标准名称建议改为《基础工程钻芯法检测技术规程》；

2 现场检测技术要求中，增加地下连续墙和竖向增强体（深层搅拌桩、旋喷桩、CFG 桩）的钻芯法技术要求和质量评定方法；补充按不同桩径，确定钻芯孔数及开孔位置；补充根据桩底持力层岩土性状，采用不同的试验方法；

3 芯样试件截取与抗压强度试验中，补充混凝土芯样试件截取位置和要求；增加对桩底岩石芯样抗压强度试验；

4 在检测成果的分析与判定中，补充两孔、三孔桩身完整性分类特征与评定；

5 混凝土芯样抗压强度评定中，补充基桩（墙）混凝土芯样强度平均最小检测值进行质量评定的要求和规定；

6 增加验证与扩大检测和承载力验算与补强处理技术;

7 补充附录 B 钻芯法检测记录表和附录 D 补强处理方法与技术要求。

本规程由福建省建筑设计研究院负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中如有意见或建议,请寄送福州市通湖路 188 号邮编 350001,福建省建筑设计研究院规范、规程管理办公室。

本规程主编单位: 福建省建筑设计研究院

本规程参编单位: 福建天闽建设工程检测有限公司

福州市建筑设计院

福建省建设工程物探试验检测中心

福建省地质工程研究院

福建省永正工程质量检测有限公司

福建泉州勘测设计院有限公司

福建省闽宏建材实业有限公司

福建省华荣建设集团有限公司

本规程主要起草人员: 林胜天 董金荣 朱德昌 蔡洪美 邓鼎兴

晁鹏飞 李清华 李春林

本规程主要审查人员: 赖树钦 施 峰 严可煊 郑也平 张秀义

梁晓劼 陈 苓

## 目 次

1	总则 .....	1
2	术语和符号 .....	2
2.1	术语 .....	2
2.2	符号 .....	3
3	基本规定 .....	5
3.1	一般规定 .....	5
3.2	检测桩（槽段）的数量 .....	6
3.3	检测芯样直径 .....	6
4	检测设备 .....	7
4.1	检测机具一般规定 .....	7
4.2	芯样锯切机与平整要求 .....	7
4.3	压力试验机选择与技术要求 .....	7
5	现场检测技术要求 .....	9
5.1	一般规定 .....	9
5.2	检测芯样孔数和开孔位置 .....	9
5.3	持力层检测技术要求 .....	10
5.4	现场芯样编录技术要求 .....	11
6	芯样试件截取与抗压强度试验 .....	12
6.1	一般规定 .....	12
6.2	芯样试件截取数量 .....	12
6.3	芯样试件加工技术要求 .....	12
6.4	芯样试件抗压强度试验 .....	13
7	检测成果的分析与判定 .....	14
7.1	桩（墙）身完整性判定标准 .....	14
7.2	芯样试件抗压强度评定方法 .....	15
7.3	持力层岩土性状判定 .....	17
7.4	沉渣厚度判定 .....	18
7.5	桩长、墙深允许误差 .....	18

8	检测结果质量评定 .....	20
8.1	一般规定 .....	20
8.2	检测质量评定标准 .....	20
9	验证与扩大检测 .....	23
9.1	验证 .....	23
9.2	扩大检测 .....	23
10	承载力验算与补强处理技术 .....	24
10.1	承载力验算 .....	24
10.2	补强处理技术 .....	24
附录 A	检测报告的基本要求 .....	25
附录 B	钻芯法检测记录表 .....	27
附录 C	混凝土芯样加工及技术要求 .....	29
附录 D	补强处理方法与技术要求 .....	30
	本规程用词说明 .....	35
	引用标准名录 .....	36
	附：条文说明 .....	37

## Contents

1	General provision·····	1
2	Terms and symbols ·····	2
2.1	Terms·····	2
2.2	Symbols ·····	3
3	General requirement ·····	5
3.1	Basic requirement ·····	5
3.2	Number of the test pile(wall segment) ·····	6
3.3	Diameter of test core sample ·····	6
4	Test equipment ·····	7
4.1	Basic requirement of test machines and tools·····	7
4.2	Core sample sawing machine and planeness requirement·····	7
4.3	Selection of compression test machine and technical requirement·····	7
5	Technical requirement of in-situ test ·····	9
5.1	Basic requirement·····	9
5.2	Number of sampled borehole and borehole location ·····	9
5.3	Technical requirement of bearing stratum detection ·····	10
5.4	Technical requirement of in-situ core sample record ·····	11
6	Core sample processing and compression strength test ·····	12
6.1	Basic requirement ·····	12
6.2	Number of core sample processed ·····	12
6.3	Technical requirement of core sample treatment ·····	12
6.4	Compression strength test of core sample·····	13
7	Analysis and determination of test result ·····	14
7.1	Determination criterion of pile(wall) integrity ·····	14
7.2	Evaluation method of core sample compression strength·····	15
7.3	Identification of bearing stratum character ·····	17
7.4	Determination of sediment thickness·····	18
7.5	Allowance error of pile length or wall depth·····	18

8	Quality evaluation of test result	20
8.1	Basic requirement	20
8.2	Evaluation criterion of test quality	20
9	Verification and extension test	23
9.1	Verification	23
9.2	Extension test	23
10	Checking of bearing capacity and remedial treatment technique	24
10.1	Checking of bearing capacity	24
10.2	Remedial treatment technique	24
Appendix A	General requirement of test report	25
Appendix B	Test record of core drilling method	27
Appendix C	Treatment of concrete core sample and technical requirement	29
Appendix D	Remedial treatment method and technical requirement	30
	Explanation of terms in this specification	35
	List of quoted standards	36
	Addition: Explanation of provisions	37

## 1 总 则

1.0.1 为统一福建地区基础工程钻芯法检测技术标准，使钻芯法更好用于基础工程检测，做到技术先进、绿色环保、安全可靠和确保工程质量，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于民用建筑和市政基础工程，各类混凝土灌注桩、地下连续墙（以下简称墙）和竖向增强体（深层搅拌桩、旋喷桩、CFG 桩）的检测与质量评定。

1.0.3 基础工程钻芯法检测除应符合本规程外，尚应符合国家、行业和福建省有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 基础工程 foundation engineering

是研究地下结构结构与岩土相互作用共同承担上部结构物，所产生的各种变形和稳定性问题。

#### 2.1.2 灌注桩 cast-in-place pile

通过机械钻孔、人工挖掘或钢管挤土等手段成孔，然后在孔内放置钢筋笼灌注混凝土形成的桩。

#### 2.1.3 地下连续墙 diaphragm wall

用专用的挖掘设备，采用泥浆护壁，开挖出具有一定宽度和深度的槽，在槽内放置钢筋笼，浇筑混凝土，形成单元槽段。将若干单元槽段按一定构造连接成连续的钢筋混凝土墙。

#### 2.1.4 深层搅拌桩 deep mixing column

通过深层搅拌法在地基形成的圆柱形加固桩体。

#### 2.1.5 旋喷桩 jet grouting column

通过高压喷射注浆法在地基形成的圆柱形加固桩体。

#### 2.1.6 水泥粉煤灰碎石桩（CFG 桩） cement-fly ash-gravel pile

由水泥、粉煤灰、碎石等混合料加水拌合，在土中灌注形成有黏结强度的桩体。

#### 2.1.7 竖向增强体 reinforcement body(piles)

系指强度等级为 C8~C15 有黏结强度的旋喷桩、深层搅拌桩和 CFG 桩统称。

#### 2.1.8 钻芯法 core drilling method

用钻机钻取芯样以检测桩长、墙深，桩（墙）身缺陷，桩（墙）底沉渣厚度以及桩（墙）身混凝土强度、密实性和连续性，判定桩（墙）端岩土性状的方法。

#### 2.1.9 桩（墙）身完整性 integrity of pile and wall

反映桩（墙）身截面尺寸相对变化、桩（墙）身材料密实性和连续性综合定性指标。

#### 2.1.10 桩（墙）身缺陷 defects in the pile and wall

桩（墙）身存在松散、断裂、夹泥、蜂窝、沟槽、破碎等，使桩（墙）身完整性



恶化，在一定程度上造成桩(墙)身结构强度和耐久性降低的现象统称。

#### 2.1.11 芯样质量指标 core sample quality index

在钻进中连续钻取的芯样，回次钻进所取芯样中，长度大于 10cm 的芯样段长度之和与该回次钻探芯样总进尺的比值。以百分数表示。

#### 2.1.12 芯样采取率 core sampling rate

钻进中采得的芯样长度之和与实际钻探总进尺比值。以百分率表示。

#### 2.1.13 双塞袖阀管注浆法 double sleeve valve pip grouting method

通过特设的单向袖阀花管和双塞注浆枪压送到原钻芯孔中去，水泥浆在压力作用下通过注浆管浆液渗透到桩身、墙身缺陷部位裂隙中和底部沉渣，置换、充填和挤密其中的空隙，在缺陷部位形成致密胶结物，达到修复提高缺陷部位和沉渣的强度。

#### 2.1.14 复合注浆法 composite grouting method

复合注浆法是将双塞袖阀管注浆法和高压旋喷注浆法进行时序结合发挥两种注浆技术优势的一种新型注浆技术。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 抗力与材料性能

$f_{cu,k}$  ——设计混凝土或水泥土抗压强度标准值；

$f_{cu,i}$  ——第 i 组混凝土试件抗压强度代表值；

$f_{cu}$  ——设计混凝土或水泥土抗压强度；

$f_{cu}^c$  ——芯样试件混凝土或水泥土抗压强度；

$f_{cu,min}$  ——芯样试件混凝土或水泥土抗压强度平均值中最小检测值；

$f_{rm}$  ——岩石饱和单轴抗压强度平均值；

$f_{rk}$  ——岩石饱和单轴抗压强度标准值；

$f_c$  ——混凝土轴心抗压强度检测值；

$f_y'$  ——纵向主筋抗压强度设计值；

$m_{f_{cu}}$  ——芯样试件混凝土抗压强度平均值；

$N_{63.5}$ ——重型圆锥动力触探试验锤击数；

$N$ ——标准贯入试验锤击数；

$P$ ——芯样试件抗压试验破坏荷载；

$Q$ ——单桩竖向承载力设计值；

$R$ ——芯样试件岩石饱和抗压强度；

$S_{fcu}$ ——芯样试件混凝土抗压强度标准差。

### 2.2.2 几何参数

$A_p$ ——基桩设计横截面积；

$A_s$ ——纵向主筋截面面积；

$D$ ——桩身直径；

$d$ ——芯样试件的平均直径；

$h$ ——芯样试件高度。

### 2.2.3 计算系数

$\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4$ ——混凝土试度的合格评定系数；

$\beta$ ——混凝土芯样试件抗压强度修正系数。

### 2.2.4 其他

$\varphi$ ——统计修正系数；

$\delta$ ——变异系数；

$n$ ——试件个数；

$N$ ——试件组数。

### 3 基本规定

#### 3.1 一般规定

3.1.1 钻芯法检测工作前，应调查、收集下列资料：

- 1 工程名称及勘察、设计、施工、建设单位名称；
- 2 检测类型、检测号，桩径或墙厚与槽段长度、施工桩长或墙深，桩、墙顶埋深，检测数量及总桩数或总槽段；
- 3 设计桩、墙顶标高和施工成孔桩或墙底标高；
- 4 设计混凝土强度等级，桩（墙）纵向配筋和横向箍筋情况，桩端或墙底持力层性状和单桩竖向承载力设计值；
- 5 成桩或成墙日期、施工记录和混凝土或水泥土标准试块抗压强度试验报告；
- 6 岩土工程勘察报告，桩（墙）设计大样图和桩、墙布置平面位置图等。

3.1.2 受检桩（墙槽段）号应由设计、质监及监理（建设）方有关人员考虑施工质量等因素后共同商定。

3.1.3 受检桩（墙）的钻芯孔位应由建设单位，施工单位会同监理单位，根据施工实际情况，准确确定并标示钻芯孔号及桩（墙）的中心位置和槽段走向。

3.1.4 钻芯时，桩身或墙身混凝土龄期为 $600^{\circ}\text{C}$ 天或受检桩（墙）同条件养护试件强度应达到设计要求。

3.1.5 钻芯后，如果桩、墙质量和持力层满足设计要求时，应对钻芯后留下的孔洞及时采用 $0.3\text{MPa}\sim 0.5\text{MPa}$ 压力，从孔底往上用42.5等级普通硅酸盐水泥，水灰比 $0.5\sim 0.6$ 的水泥净浆回灌填补；当桩身、墙身有空洞、夹泥等缺陷，或沉渣、持力层未能满足设计要求，则应封存留待处理。

3.1.6 钻芯机具的操作及芯样加工、试验，应由有资质的检测单位和持证上岗的人员完成，并应遵守国家有关安全生产、劳动保护和技术规程的规定。钻取芯样及芯样加工、测量的主要检测仪器与设备均应有产品合格证，计量器具应有检定证书。

3.1.7 检测工作完成后，应按本规程附录A的有关内容编写检测报告。

### 3.2 检测桩（槽段）的数量

3.2.1 混凝土灌注桩，对一般工程按总桩数的 1.0%且不少于 3 根；当工程桩总数在 50 根以内时，钻芯检测桩不应少于 2 根；对端承型大直径灌注桩或设计等级为甲级的大直径灌注桩，抽检数量不应少于总桩数的 10%且不应少于 10 根。

3.2.2 地下连续墙，作为承重结构不应少于总槽段的 2.0%，且每项工程不得少于 5 个槽段；当地下连续墙作为临时性结构时，抽检数量不应少于总槽段数的 1.0%且不得少于 3 个槽段。

3.2.3 竖向增强体，钻芯检测桩的数量应为总桩数的 0.5%~1.0%，且不应少于 3 根。

### 3.3 检测芯样直径

3.3.1 混凝土灌注桩和地下连续墙，钻取的芯样直径不宜小于骨料最大粒径的 3 倍，在任何情况下不得小于骨料最大粒径的 2 倍，且芯样直径不宜小于 80mm。

3.3.2 竖向增强体，钻取的芯样试件直径不宜小于 70mm。

## 4 检测设备

### 4.1 检测机具一般规定

4.1.1 检测机具必须选用振动小、调速范围广、扭矩大、液压操纵的高速钻机，钻进机具设备参数的钻机应符合下列要求：

- 1 钻机应配用钻压不低于 20kN；
- 2 钻速应选用 350r/min~850r/min；
- 3 转速调节范围不少于 4 档；
- 4 冲洗液排水量应选择 50L/min~160L/min 的泥浆泵。

4.1.2 钻孔取芯采用金刚石钻探工艺，宜根据混凝土强度等级选用粒度、浓度、胎体硬度适合的金钢石钻头。钻头胎体不得有肉眼可见的裂纹、缺角、少角、倾斜及喇叭口变形。或根据水泥土强度选用薄壁合金钢钻头。

4.1.3 取芯工具应采用单动性能好，各部件同心度符合要求，管材无伤裂的单动双管钻具，并配以扩孔器、卡簧、扶正器及可捞取松软渣样的钻具。钻杆应顺直，直径宜为 42 mm~50mm。

4.1.4 钻取芯样及芯样加工、试验的主要设备、仪器均应定期校正、检验并在有效期限内使用。

### 4.2 芯样锯切机与平整要求

4.2.1 锯切芯样应采用双刀截取，锯切机应具有冷却系统和牢固夹紧芯样的装置，配套使用的人造金刚石圆锯片应有足够的刚度。

4.2.2 芯样试件锯切不平整时，宜采用补平装置（或研磨机）进行端面加工，除保证芯样的平整外，尚应保证端面与轴线垂直。

### 4.3 压力试验机选择与技术要求

4.3.1 压力试验机除应符合现行国家标准《液压式压力试验机》GB/T 3722 中的技术要求外，其测量精度为±1.0%。

4.3.2 压力机应能连续加载而不发生冲击，并具有足够的吨位，试件破坏荷载宜大于压力机全量程的 20%，且小于压力机全量程的 80%。

4.3.3 压力机应具有加荷速率指示装置或加荷控制装置，加荷速率应根据混凝土设计强度和试件尺寸大小经计算确定，不宜太快并能均匀、连续地加荷。

4.3.4 压力机的承压板，必须具有足够的刚度，球座灵活轻便，板面必须平整光滑。

4.3.5 承压板的直径应不小于试样的承压面积，厚度应不小于 25mm，承压面的平面度公差为 0.04mm，表面硬度不小于 55HRC。

## 5 现场检测技术要求

### 5.1 一般规定

5.1.1 钻机设备安装必须水平、周正、稳固，钻机立轴、天轮中心与孔口应在同一条中心线上。

5.1.2 钻芯时应经常对钻机立轴进行校正，及时纠正立轴偏差，保证钻芯孔垂直度偏差 $\leq 0.5\%$ ，孔深误差 $\leq 1.0\%$ ，钻孔混凝土芯样采取率 $\geq 90\%$ ，钻孔水泥土芯样采取率 $\geq 80\%$ ，持力层岩芯采取率 $\geq 80\%$ 。

5.1.3 当出现钻芯孔与桩体偏离时，应立即停机记录，分析原因。当有争议时，可进行钻孔测斜，以判断是受检桩倾斜超过规范要求或钻孔倾斜超出规定要求。

5.1.4 每回次进尺不宜太长，对混凝土灌注桩、地下连续墙，一般控制在 1.5m 内；对复合地基增强体控制在 1.2m 内。回次终孔必须用卡簧卡取芯样，提钻卸取芯样时，应拧卸钻头和扩孔器，严禁敲打卸芯。

5.1.5 钻芯孔钻至接近桩端或墙底时，为检测底部沉渣或虚土厚度，应采用减压、慢速钻进，若遇钻具突降，应立即停钻、停泵，及时丈量机上余尺，准确记录孔深及有关情况，并采用适宜的施工工艺取出沉渣或虚土。

5.1.6 取出的芯样要自上而下按顺序编号排列，不得颠倒、丢失、更换，芯样上应写明孔号、回次数、起至深度、回收块数、总块数、块号，并在取样试验前及时拍摄芯样全长彩色照片。取出的芯样待取样后，应由见证人验收，并移交建设单位保存，保存期限视工程情况而定。

5.1.7 采取的芯样试件，应置于温度及湿度变化小的环境中，不得暴晒。运输芯样试件时，应采用专用的抗振动装置芯样箱，试件之间应用柔软缓冲材料填实。

### 5.2 检测芯样孔数和开孔位置

5.2.1 混凝土灌注桩，钻取芯样孔数和开孔位置应根据桩的直径大小确定：

1 桩径小于 1.2m 时，钻 1 个孔；桩径为 1.2m~1.6m 时，钻 2 个孔；桩径大于 1.6m 的桩，钻 3 个孔；

2 开孔位置：钻芯孔仅为 1 个孔时，宜在距桩中心 10cm~15cm；钻芯孔为两个或两个以上，宜在距桩中心 0.15D~0.25D 内均匀对称布置。

5.2.2 地下连续墙，钻取芯样孔数和开孔位置应按单个槽段长度确定：

1 槽段长度小于 4.0m, 每槽段钻 1 个孔; 槽段长 4.0m~6.0m, 每槽段钻 2 个孔; 槽段长大于 6.0m, 每槽段钻 3 个孔;

2 当钻芯孔仅为一个时, 宜在槽段中心位置开孔; 当钻芯孔为二个时, 宜在距槽段接头 1.0m~1.5m 的范围内开孔; 当钻芯孔为二个以上时, 两端孔宜在距槽段接头 1.0m~1.5m 的范围内开孔, 其它钻孔宜在两端孔之间均匀布置。

5.2.3 竖向增强体, 钻取芯样孔数和开孔位置应按桩径大小确定:

1 桩径小于或等于 1.0m 时, 钻芯孔数为 1 个孔; 桩径大于 1.0m 时为 2 个孔;

2 开孔位置: 钻芯孔仅为 1 个孔时, 宜在桩中心位置开孔; 钻芯孔为 2 个时, 宜在距桩中心 0.15D~0.25D 内均匀对称布置。

### 5.3 持力层检测技术要求

5.3.1 持力层钻探深度应符合下列要求:

1 混凝土灌注桩桩底持力层钻探, 对每根受检的桩钻入持力层深度, 不得少于一孔, 其钻芯孔深度应满足设计要求, 且不少于 3.0m。若属嵌岩桩设计未有明确要求时, 其钻芯孔钻入持力层深度不应小于 3 倍桩径, 且不应少于 5.0m。其它钻芯孔不应少于 0.5m, 并取出持力层岩土芯样;

2 地下连续墙墙底持力层钻探, 对每个受检槽段钻入持力层深度, 至少应有一孔钻至满足设计要求的深度, 且不少于 3.0m。若设计未有设计要求时, 其钻芯孔钻入持力层深度不应小于三倍墙厚或 3.0m; 对其它钻芯孔钻入持力层深度不应少于 0.5m, 并取出持力层岩土芯样;

3 竖向增强体桩底持力层钻探, 对每根受检桩应钻入持力层深度, 至少应有一孔钻至满足设计要求, 且不小于 1.0m; 其它钻芯孔不应少于 0.5m, 并取出持力层芯样。

5.3.2 持力层试验应符合下列要求:

1 持力层为中、微风化岩时, 宜截取 1~3 组每组三块岩石芯样做单轴饱和抗压强度试验;

2 对砂土状强风化岩、全风化岩、残积土及砂土、粘性土类土层, 宜采用原位标准贯入试验, 试验采用自动脱钩的自由落锤法, 贯入器先打入土中 15cm 后, 开始并记录每贯入 10cm 的锤击数, 累计 30cm 的锤击数即为标准贯入试验锤



击数  $N$  (击/30cm)；

3 对碎石类土、碎块状强风化岩，宜采用原位圆锥动力触探试验，试验采取连续贯入方法，记录每贯入 10cm 的锤击数  $N_{63.5}$  (击/10cm)，当连续三次  $N_{63.5} > 50$  时，可停止试验或改用超重型动力触探。碎石类土，也可选用室内颗粒分析试验方法。

#### 5.4 现场芯样编录技术要求

5.4.1 现场记录表应填写及时、准确、真实、齐全，并由钻机班组长签字；项目技术负责人应在现场检查、校对编录的芯样。

5.4.2 混凝土灌注桩或地下连续墙，对芯样编录时应注意观察，混凝土的胶结性状，骨料大小及均匀性，芯样长短、断口吻合情况以及芯样上的气孔、蜂窝麻面、沟槽、破碎、松散、夹泥、断桩等缺陷，沉渣或虚土厚度，以及桩端持力层性状并作详细的记录。

5.4.3 竖向增强体应注意观察水泥土芯样的连续性、完整性，搅拌纹理清晰程度、有无水泥粒块，芯样侧面表面光滑程度、有无气孔、蜂窝麻面、沟槽或芯样破碎、松散、夹泥现象以及桩端持力层性状，并应按本工程附录 B 有关要求记录、编录和图件制作。

5.4.4 持力层岩土性状描述、试验方法和判定，应有工程地质专业人员参与，并应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

## 6 芯样试件截取与抗压强度试验

### 6.1 一般规定

6.1.1 芯样试件截取上部芯样位置距桩、墙顶设计标高，不宜大于 1 倍桩径或 1.0m，下部芯样位置距桩、墙底不宜大于 1 倍桩径或 1.0m，中间芯样宜等间距截取。

6.1.2 芯样侧面有较多气孔，严重蜂窝麻面、连续沟槽或局部混凝土芯样骨料分布不均匀等，缺陷位置能取样时，应截取一组芯样进行混凝土抗压试验。

6.1.3 同一桩或墙的钻芯孔数超过 1 个时，如其中一个孔在某深度存在缺陷时，应在其它孔的相同深度处截取芯样进行混凝土抗压试验。

6.1.4 混凝土（水泥土）抗压强度试验芯样应采用标准尺寸试件，高度和直径之比为 1:1。当有特殊情况，非标准尺寸试件芯样强度可按条文说明中的换算系数，换算成标准尺寸芯样强度。

### 6.2 芯样试件截取数量

6.2.1 混凝土灌注桩、地下连续墙，当桩长、墙深小于 10m 时，每孔应截取两组，每组三块芯样；当桩长、墙深为 10m~30m，每孔应在上、中、下选取三组，每组三块芯样；当桩长、墙深大于 30m 时，每孔应截取不少于 4 组，每组三块芯样。选取的试件应具有代表性。

6.2.2 竖向增强体，桩身抗压强度试验芯样，每孔应从受检测桩截取上、中、下三组，每组两块，不应少于 6 块芯样。

### 6.3 芯样试件加工技术要求

6.3.1 芯样试件内不应含有钢筋。芯样试件加工应按附录 C 中有关规定进行。

6.3.2 芯样试件尺寸偏差及外观质量超过下列数值时，不得用作抗压强度试验：

- 1 芯样混凝土粗骨料最大粒径大于芯样试件平均直径 0.5 倍时；
- 2 芯样高度小于  $0.95d$ （ $d$  为芯样试件平均直径）或大于  $1.05d$  时；
- 3 沿芯样高度任一直径与平均直径相差达 2mm 以上；
- 4 芯样试件端面的不平整度在 100mm 长度内超过 0.1mm；
- 5 芯样试件端面与轴线的不垂直度超过  $2^\circ$ ；
- 6 芯样有裂缝或有其它较大缺陷。

## 6.4 芯样试件抗压强度试验

6.4.1 芯样试件的抗压强度试验应按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法》GB/T 50081 的有关规定进行。

6.4.2 混凝土芯样设计抗压强度 $\geq 20\text{MPa}$ 时,试件应在 $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 清水中浸泡 40 h~48h,从水中取出后立即进行抗压试验;水泥石芯样宜保持天然湿度状态,当芯样试件制作完成可立即进行抗压强度试验。

6.4.3 芯样试件的混凝土抗压强度应按下列公式计算:

$$f_{cu}^c = \beta \frac{4P}{\pi d^2} \quad (6.4.3)$$

式中:  $f_{cu}^c$ —芯样试件混凝土或水泥石抗压强度 (MPa) 精确至 0.1 MPa;

$P$ —芯样试件抗压试验测得的破坏荷载 (N);

$d$ ——芯样试件的平均直径 (mm);

$\beta$ ——混凝土灌注桩和地下连续墙,混凝土芯样试件抗压强度修正系数,

取 1/0.88;水泥石桩抗压强度修正系数,取 1.0。

6.4.4 混凝土试件抗压强度试验后,当发现芯样试件平均直径小于 2 倍试件内混凝土粗骨料最大粒径,且强度值异常时,该试件的强度值不得参与统计平均。

6.4.5 当桩端持力层为中、微风化岩时,芯样试件的抗压强度试验应按现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的有关规定进行。

6.4.6 桩底岩石芯样试件单轴抗压强度应按下列公式计算:

$$R = \frac{4P}{\pi d^2} \quad (6.4.6)$$

式中:  $R$ ——芯样试件岩石饱和抗压强度 (MPa) 精确至 0.1 MPa;

$P$ ——岩石芯样试件抗压试验测得的破坏荷载 (N);

$d$ ——岩石芯样试件的平均直径 (mm)。

## 7 检测成果的分析与判定

### 7.1 桩（墙）身完整性判定标准

7.1.1 混凝土灌注桩身、墙身完整性应按表 7.1.1 中的特征和类别规定进行综合判定。

表 7.1.1 桩身、墙身完整性判定标准

类别	特征		
	单孔	两孔	三孔
I (完整)	混凝土芯样连续、完整、胶结好，芯样侧面表面光滑、骨料分布均匀，芯样呈长柱状、断口吻合。		
	芯样侧面无气孔或仅见少量气孔。	局部芯样侧面无气孔或有少量气孔、蜂窝麻面、沟槽。但在两孔的同一深度部位的芯样中未同时出现。否则应判为 II 类。	局部芯样侧面无气孔或有少量气孔、蜂窝麻面、沟槽。但在三孔的同一深度部位的芯样中未同时出现。否则应判为 II 类。
II (基本完整)	混凝土芯样连续、完整、胶结较好，芯样侧面表面光滑、骨料分布基本均匀、芯样呈柱状、断口基本吻合。		
	局部芯样侧面有蜂窝麻面、沟槽或较多气孔。	局部芯样侧面有较多气孔、严重蜂窝麻面、连续沟槽或局部混凝土芯样骨料分布不均匀。但在两孔的同一深度部位的芯样中未同时出现。否则应判为 III 类。	局部芯样侧面有较多气孔、严重蜂窝麻面、连续沟槽或局部混凝土芯样骨料分布不均匀。但在三孔的同一深度部位的芯样中未同时出现。否则应判为 III 类。
III (明显缺陷)	大部分混凝土芯样胶结较好，无松散、夹泥现象，但有下列情况之一：		
	1 芯样不连续，多呈短柱状或块状。 2 局部混凝土芯样破碎段长度不大于 10cm。	1 芯样不连续，多呈短柱状或块状。 2 任一孔局部混凝土芯样破碎段长度大于 10cm，但不大于 15cm，且另一孔的同一深度部位的混凝土芯样质量完好。否则应判为 IV 类。	1 芯样不连续，多呈短柱状或块状。 2 任一孔局部混凝土芯样破碎段长度大于 10cm 但不大于 20cm，且另外两孔的同一深度部位的混凝土芯样质量完好。 3 任一孔局部混凝土芯样松散段长度不大于 10cm 且另外两孔的同一深度部位的混凝土芯样质量完好。否则应判为 IV 类。
IV (严重缺陷)	有下列情况之一：		
	1 因混凝土胶结质量差而难以钻进。 2 混凝土芯样任一段松散或夹泥。 3 局部混凝土芯样破碎长度大于 10cm。	1 任一孔因混凝土胶结质量差而难以钻进。 2 混凝土芯样任一段松散或夹泥。 3 任一孔局部混凝土芯样破碎长度大于 15cm。 4 两孔在同一深度部位的混凝土芯样破碎。	1 任一孔因混凝土胶结质量差而难以钻进。 2 混凝土芯样任一段松散或夹泥段长度大于 10cm。 3 任一孔局部混凝土芯样破碎长度大于 20cm。 4 其中两孔在同一深度部位的混凝土芯样破碎、夹泥或松散。

7.1.2 竖向增强体完整性应按表 7.1.2 中的特征和类别规定进行判定。

表 7.1.2 竖向增强体完整性判定标准

类别	芯样特征		芯样质量指标
	单孔	两孔	
I 类 (完整)	水泥石芯样连续、完整，搅拌纹理清晰、无水泥粒块，芯样侧面表面光滑，芯样呈长柱状、断口基本吻合。		>90%
II 类 (基本完整)	水泥石芯样连续、较完整，搅拌纹理较不连续、含水泥粒块且颗粒直径小于 2cm，芯样呈柱状、短柱状，断口基本吻合。		90~75%
	芯样侧面局部有蜂窝麻面、沟槽或较多气孔。	芯样侧面局部有蜂窝麻面、沟槽较多或较严重。 但在两孔的同一深度部位芯样中未同时出现。否则应判为 III 类。	
III 类 (明显缺陷)	大部分水泥石芯样完整，无松散、夹泥现象。但有下列情况之一，出现段长度不大于 20cm:		74~60%
	1. 水泥石芯样呈碎块状或散体状。 2. 水泥石无搅拌纹理，夹水泥块或较多水泥富集块，且水泥石颗粒直径大于 2cm。	1. 水泥石芯样呈碎块状或散体状。 2. 水泥石无搅拌纹理，夹水泥块或较多水泥富集块，且水泥石颗粒直径大于 2cm。 但在两孔的同一深度部位芯样中未同时出现上述情况。否则应判为 IV 类。	
IV 类 (严重缺陷)	有下列情况之一，出现段长度大于 20cm:		<60%
	1. 因水泥石胶结质量差而难以钻进。 2. 水泥石芯样任一段松散，无水泥，原土状。 3. 水泥石芯样呈碎块状或散体状。	1. 任一孔因水泥石胶结质量差而难以钻进。 2. 任一孔水泥石芯样任一段松散，无水泥，原土状。 3. 两孔在同一深度部位水泥石芯样呈碎块状或散体状。	

7.2 芯样试件抗压强度评定方法

7.2.1 芯样试件抗压强度应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 中的有关规定进行评定，并符合下列要求：

1 对于大直径超长桩，当芯样试件不少于 10 组时，可按标准差未知方案统计法评定，其强度应同时满足下列要求：

$$m_{fcu} \geq \lambda_1 S_{fcu} + f_{cu,k} \tag{7.2.1-1}$$

$$f_{cu,min} \geq \lambda_2 f_{cu,k} \tag{7.2.1-2}$$

芯样抗压强度的平均值应按式计算：

$$m_{fcu} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n f_{cu,i} \quad (7.2.1-3)$$

芯样抗压强度的标准差应按式计算：

$$S_{fcu} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - N m_{fcu}^2}{N-1}} \quad (7.2.1-4)$$

表 7.2.1-1 混凝土强度的合格评定系数

芯样试件组数 (N)	10-14	15-19	≥20
$\lambda_1$	1.15	1.05	0.95
$\lambda_2$	0.90	0.85	

2 当芯样试件少于 10 组时，可采用非统计法评定，其强度应同时满足下列要求：

$$m_{fcu} \geq \lambda_3 f_{cu,k} \quad (7.2.1-5)$$

$$f_{cu,min} \geq \lambda_4 f_{cu,k} \quad (7.2.1-6)$$

表 7.2.1-2 混凝土强度的非统计法合格评定系数

混凝土强度等级	<C60	≥C60
$\lambda_3$	1.15	1.10
$\lambda_4$	0.95	

以上公式中： $m_{fcu}$ -----芯样试件混凝土抗压强度平均值（MPa）；

$S_{fcu}$ -----芯样试件混凝土抗压强度标准差（MPa），当混凝土强度标准差计算值小于 2.5 MPa 时，应取 2.5 MPa；

$f_{cu,min}$ -----芯样试件混凝土抗压强度平均值中最小检测值（MPa）；

$f_{cu,k}$ -----设计混凝土抗压强度标准值（MPa）；

$f_{cu,i}$ -----第 i 组试件混凝土抗压强度代表值（MPa）；

N——试件组数；

$\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ ——混凝土抗压强度的合格评定系数，按表

7.2.1-1 或 7.2.1-2 取用。

3 当检测结果满足上述的规定时，则该桩（墙）混凝土强度应评为合格；当不能满足上述规定时，该桩（墙）混凝土强度应评为不合格。

7.2.2 采用桩、墙受力构件特性的评定方法，应符合下列要求：

1 桩（墙）中若干组芯样强度平均值中的最小代表值，作为该桩（槽段）的强度检测值进行评定；

2 混凝土灌注桩和地下连续墙，取一组三块试件强度的平均值，作为该组混凝土芯样试件抗压强度代表值；

3 竖向增强体，取一组二块试件强度的平均值，作为该组芯样试件抗压强度代表值；

4 同一受检桩或槽段在同一深度有两组或两组以上芯样试件时，取该深度处平均值作为强度代表值；

5 受检桩或槽段中，不同深度位置的芯样试件抗压强度代表值中最小值作为该桩芯样试件抗压强度检测值；

6 芯样试件抗压强度平均值中最小检测值，应大于或等于混凝土或水泥土设计抗压强度等级。当该桩或槽段的混凝土或水泥土强度平均值中最小检测值，不满足下列公式时，则不满足设计要求。

$$f_{cu,min} \geq f_{cu} \quad (7.2.2)$$

式中： $f_{cu,min}$ ——芯样试件混凝土或水泥土抗压强度平均值中最小检测值

(MPa)；

$f_{cu}$ ——=设计混凝土或水泥土抗压强度 (MPa)。

### 7.3 持力层岩土性状判定

7.3.1 当持力层为中-微风化岩时，岩石芯样抗压强度试件取一组三块，只提供岩石芯样试件饱和单轴抗压强度平均值，不应提供岩石饱和单轴抗压强度标准值。

7.3.2 当同一受检桩或槽段底部有两组或两组以上岩石芯样试件时，宜按现行

国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 规定，统计试件的平均值、标准差、变异系数和标准值。岩石饱和单轴抗压强度标准值计算公式为：

$$f_{rk} = \varphi \bullet f_{rm} \tag{7.3.2-1}$$

$$\varphi = 1 - \left( \frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right) \delta \tag{7.3.2-2}$$

式中：  $f_{rm}$  -----岩石饱和单轴抗压强度平均值（MPa）；

$f_{rk}$  -----岩石饱和单轴抗压强度标准值（MPa）；

$\varphi$  -----统计修正系数；

$n$  -----试件个数；

$\delta$  -----变异系数。

7.3.3 桩（墙）底部持力层性状为岩体时，应提供岩石饱和单轴抗压强度试验值；对强风化岩及其它土层，按本规程第 5.3.2 条 2、3 款要求，采用原位圆锥动力触探、室内颗粒分析试验或标准贯入试验等成果，综合判定桩端持力层岩土性状。

7.4 沉渣厚度判定

7.4.1 各类混凝土灌注桩和承重式地下连续墙，桩（墙）底部与持力层嵌固良好无沉渣或沉渣厚度应满足设计要求。

7.4.2 底部沉渣厚度不满足设计要求，应判定为不合格。

7.5 桩长、墙深允许误差

7.5.1 检测桩长或墙深允许误差，是以桩或墙已经全断面嵌入设计选用的持力层，且经验算承载力满足设计要求为原则。

7.5.2 混凝土灌注桩和地下连续墙，检测桩长或墙深与施工桩长或墙深允许误差，应按表 7.5.2 中的误差值规定进行判定。

表 7.5.2 桩长或墙深允许误差判定标准

判定 \ 类型 允许误差	端承型桩或承重墙	摩擦型桩或非承重墙
满足设计要求	0	0
基本满足设计要求	≤-5cm	≤-10cm



经承载力验算合格	$\leq -10\text{cm}$	$\leq -20\text{cm}$
不满足设计要求	$> -10\text{cm}$	$> -20\text{cm}$

7.5.3 竖向增强体，检测桩长与施工桩长允许误差，应按表 7.5.3 中的误差值规定进行判定。

表 7.5.3 桩长允许误差判定标准

允许误差	0	$\leq -10\text{cm}$	$\leq -20\text{cm}$	$> -20\text{cm}$
判定结果	满足设计要求	基本满足设计要求	经承载力验算合格	不满足设计要求

## 8 检测结果质量评定

### 8.1 一般规定

8.1.1 钻芯法检测质量评定，应按单桩（或单个槽段）进行。从桩长或墙深，桩身或墙身完整性、混凝土（水泥土）抗压强度，沉渣或虚土厚度和持力层岩土性状以及存在其它问题等进行综合评定。

8.1.2 检测单位应对所检测的桩、墙的质量是否合格，应做出科学、合理的结论。在评定中，合格桩（墙）必须同时满足规定的质量评定指标要求，只要其中一项指标不满足设计要求，即为不合格桩（墙）。

### 8.2 检测质量评定标准

8.2.1 混凝土灌注桩、地下连续墙检测质量应按表 8.2.1 评定。

表 8.2.1 混凝土灌注桩、地下连续墙质量评定标准

项目 标准 评定结果		桩身完整性	混凝土强度	桩底沉渣	持力层性状	桩长
合格桩	满足设计或规程要求的桩	桩身完整。完整性类别属Ⅰ类桩。	混凝土胶结好，芯样试验抗压强度评定为合格或平均值中最小检测值达到设计值。	桩、墙底无沉渣或虚土，嵌固好。	符合设计选用的桩端持力层	检测桩长或墙深与施工记录相符合。
	基本满足设计或规程要求的桩	桩身基本完整。完整性类别属Ⅱ类桩。 芯样侧面有较多气孔、严重蜂窝麻面严重或沟槽连续或就局部混凝土芯样骨料分布不均，且在两或三孔的同一深度部位的芯样中同时出现；但该深度部位的混凝土芯样试件抗压强度代表值满足设计要求，可判为Ⅱ类，否则应判为Ⅲ类。	混凝土胶结较好，芯样试验抗压强度评定为合格或平均值中最小检测值达到设计要求。	桩、墙底无沉渣或虚土，嵌固好。	同上。	检测桩长或墙深不应小于施工桩长或墙深，的5cm（端承型）、10cm（摩擦型）。
不合格桩	建议工程处理或设计验算的桩	桩身明显缺陷 桩身完整性类别属Ⅲ类桩。	芯样试验抗压强度评定为不合格或平均值中最小检测值未达到或接近设计要求。但经承载力验算可满足设计要求。	桩、墙底沉渣或虚土厚度略大于设计要求。	比设计选用的持力层强度差。	检测桩长或墙深不应小于施工桩长或墙深的10cm（端承型）、20cm（摩擦型）。
	不满足设计或规程要求的桩	桩身严重缺陷的桩，桩身完整性类别属Ⅳ类桩。	芯样试验抗压强度评定为不合格或平均值中最小检测值达不到设计要求。或经承载力验算仍不满足设计要求。	桩、墙底沉渣或虚土不满足设计要求。	未达到设计持力层。	检测桩长或槽深小于施工桩长或墙深10cm（端承型）、20cm（摩擦型）。

注：1 桩（墙）身完整性分类标准，详见表 7.1.1。

2 桩（墙）身完整性类别为Ⅲ类桩，必须进行承载力验算或工程处理后酌情使用。

8.2.2 竖向增强体检测质量应按表 8.2.2 评定。

表 8.2.2 竖向增强体质量评定标准

项目 标准 评定结果		桩身完整性	混凝土强度	持力层性状	桩长
合格桩	I 满足设计或规程要求的桩	桩身完整。完整性类别属 I 类桩。芯样质量指标 >90%。	混凝土搅拌均匀连续，芯样试验抗压强度平均值中最小检测值达到设计值。	符合设计选用的桩端持力层。	检测桩长与施工桩长相符，
	II 基本满足设计或规程要求的桩	桩身基本完整。完整性类别属 II 类桩。芯样质量指标 75~90%。搅拌较连续、侧面蜂窝麻面较严重，但对应部位的水泥土芯样试件抗压强度满足设计要求、可判为 II 类，否则应判为 III 类。 搅拌较连续、侧面蜂窝麻面较严重，且在两孔的同一深度中同时出现，但对应部位的水泥土芯样试件抗压强度满足设计要求、可判为 II 类，否则应判为 III 类。	混凝土搅拌较均匀、较部连续、有蜂窝麻面，芯样试验抗压强度平均值中最小检测值达到设计要求。	同上。	检测桩长不应小于施工桩长的 10cm。
不合格桩	III 建议工程处理或设计验算的桩。	桩身明显缺陷。桩身完整性类别属 III 类桩。芯样质量指标 60~75%。	芯样试验抗压强度平均值中最小检测值未达到或接近设计要求。但经承载力验算可满足设计要求。	比设计选用的持力层强度差。	检测桩长不应小于施工桩长的 20cm。
	IV 不满足设计或规程要求的桩。	桩身严重缺陷的桩。桩身完整性类别属 IV 类桩。芯样质量指标 <60%。	芯样试验抗压强度平均值中最小检测值达不到设计要求。或经承载力验算仍不满足设计要求。	未达到设计持力层。	检测桩长小于施工桩长的 20cm。

注：1 竖向增强体（深层搅拌桩、旋喷桩、CFG 桩），桩身完整性分类标准，详见 7.1.2 表。

2 竖向增强体不考虑桩底沉渣厚度判定问题。

## 9 验证与扩大检测

### 9.1 验证

9.1.1 对检测结果产生争议时，为确认检测结论的可靠性，宜进行验证检测。

当验证检测为见证测时，宜以验证检测结论为验收依据。

9.1.2 当钻芯检测发现桩身或墙身混凝土强度平均值中最小检测值，未能达到设计强度等级或对检测结果认为有异常时，对采用单孔钻芯检测宜在同一基桩或地下连续墙，增加一个钻芯孔进行验证；对增强体浅部缺陷可采用开挖验证，也可在同一增强体增加钻孔，并根据前、后钻芯结果对受检桩或墙质量重新进行综合评价。

### 9.2 扩大检测

9.2.1 当检测中不合格桩（槽段）数量，占受检桩（槽段）总桩数的比例较大时，应进行扩大检测为补强或设计变更提供依据。

9.2.2 钻芯法检测中如发现Ⅲ、Ⅳ类桩或槽段之和大于抽检桩或槽段数的 20% 时，应按原抽检比例扩大抽检。或按设计要求扩大抽检比例，并应得到工程建设有关方的确认。

## 10 承载力验算与补强处理技术

### 10.1 承载力验算

10.1.1 当灌注桩或地下连续墙某槽段的混凝土芯样试件抗压强度不合格,或芯样强度平均值中的最小检测值,未达到混凝土设计强度等级要求时,宜采用桩身材料强度进行承载力验算。

10.1.2 桩(墙)承载力验算时,宜采用下式计算该桩(墙)承载力设计值,供设计处理时参考使用。

1 考虑纵向主筋与箍筋作用:

$$Q \leq f_c A_p + 0.9 f_y A_s \quad (10.1.2-1)$$

2 不考虑纵向主筋与箍筋作用:

$$Q \leq f_c A_p \quad (10.1.2-2)$$

式中:  $Q$ —单桩竖向承载力设计值 ( $N$ );

$A_p$ —桩身截面面积 ( $mm^2$ );

$A_s$ —纵向主筋截面面积 ( $mm^2$ );

$f_y$ —纵向主筋抗压强度设计值 ( $N/mm^2$ );

$f_c$ —芯样试件混凝土轴心抗压强度检测值 ( $N/mm^2$ )。

### 10.2 补强处理技术

10.2.1 当桩身或墙身有破碎、空洞、断裂、夹泥等缺陷或桩(墙)底部沉渣厚度不满足设计要求的桩,宜提出补强处理方案。在选用补强处理技术与方法时,应按照设计要求或采取双塞袖阀管注浆法、复合注浆法和补桩法等意见和建议。

10.2.2 双塞袖阀管注浆法和复合注浆法,是利用钻芯孔进行二次高压注浆技术,对桩身或墙身缺陷、底部沉渣进行补强处理。补强工艺流程、施工主要参数和施工质量控制要点,按附录 D 补强处理方法与技术要求有关规定执行。

10.2.3 经补强技术处理的桩、墙,宜采用声波透射法、低应变法或高应变法试验合格后才能使用,对重要建筑物或主要受力部位的桩、墙,宜选用声波透射法重新检测合格或结合其它补强措施。

## 附录 A 检测报告的基本要求

A. 0.1 检测报告必须有检测人员、项目负责人、报告审核人和批准人签名。

A. 0.2 检测报告应包括下列几个方面的内容：

1 工程概况

- 1) 工程名称及地理位置；
- 2) 桩、墙类型和混凝土强度设计等级；
- 3) 桩径或墙厚、桩长、墙深；
- 4) 桩、墙端持力层；
- 5) 检测数量；
- 6) 检测单位；
- 7) 检测日期。
- 8) 完成工作量情况。

2 检测目的和芯样抗压试验要求。

3 钻孔取芯设备及工艺。

4 钻孔取芯检测结果（按单桩或地下连续墙槽段进行）

- 1) 取芯工作情况；
- 2) 设计标高以下桩（墙）身混凝土芯样外观质量描述；
- 3) 混凝土芯样抗压强度。

5 检测结果质量评述

- 1) 桩、墙的完整性；
- 2) 桩身、墙身混凝土抗压强度；
- 3) 桩、墙的嵌固状况与底部沉渣或虚土；
- 4) 桩长、墙深和桩、墙端持力层性状。

6 结论与建议

- 1) 检测的基桩或槽段是否满足设计要求；
- 2) 对不合格Ⅲ类桩或墙，宜提出设计验算结果或补强加固处理意见。

7 存在问题

A. 0.3 检测报告应附以下资料：

1 钻芯法检测工程概况表和芯样综合柱状图；

- 2 能反映桩身混凝土质量特征的芯样全长彩色照片及相应说明；
- 3 混凝土芯样抗压强度试验报告；
- 4 钻芯验桩孔（墙）深度未达到桩底前，已偏离工程桩，应提供钻芯验桩钻孔的垂直度报告；
- 5 桩或地下连续墙钻芯法检测委托书。



附录 B 钻芯法检测记录表

B. 0. 1 钻芯法检测现场操作记录和芯样编录应分别按表 B. 0. 1. 1 和表 B. 0. 1. 2 的格式记录。

表 B. 0. 1. 1 钻芯法检测现场操作记录表

工程名称									
桩（墙）号					孔号				
时间		钻进（m）			芯样 编号	芯样 长度	残留 芯样	芯 样 采 取 率 %	芯样初步描述及芯样质量指标和 异常情况记录
自	至	自	至	计					
检测日期					机长：		记录：		

表 B. 0. 1. 2 钻芯法检测芯样编录表

工程名称				日期		
桩（墙）号/ 钻芯孔号		桩径或墙厚			混凝土设计强度 等级	
项目	分段（层） 深度（m）	芯样描述			取样编号 取样深度	备注
桩（墙）身混 凝土		混凝土芯样连续、完整程度，表面 光滑程度，骨料大小及分布情况， 芯样长短、断口吻合状态，芯样气 孔、蜂窝麻面、沟槽的大小和分布 范围、桩身、墙身夹泥、断桩、断 墙情况和严重程度。				
桩（墙）底沉 渣		桩底嵌固情况，沉渣或虚土厚度。				
持力层		分层描述，岩土名称、芯样颜色、 结构、构造，裂隙发育程度，坚硬 及风化程度。			当持力层为岩体 时，应取岩样（强 风化或土层的动 力触探或标准贯 入试验结果）。	
检测单位：		记录员：			检测人员：	

B. 0. 2 检测芯样综合柱状图应按表 B. 0. 2 的格式记录和描述。

表 B. 0. 2 钻芯法检测芯样综合柱状图

工程名称							
桩（墙）号/孔号		混凝土设计强度等级			桩（墙）顶标高：	开孔时间：	
施工桩长或墙深：		设计桩径或墙厚：			钻孔深度：	终孔时间：	
层序号	层底标高（m）	层底深度（m）	分层厚度（m）	混凝土/岩土芯柱状图（比例尺）	桩身混凝土、持力层描述	序号 芯样强度/深度（m）	备注
编制：					校核：		
注：							

## 附录 C 混凝土芯样加工及技术要求

C.0.1 采用锯切机加工芯样试件时，应采用双刀锯截取并将芯样固定，使锯切平面垂直于芯样轴线。锯切过程中应冷却人造金刚石圆锯片和芯样。

C.0.2 锯切后的芯样，当不能满足平整度及垂直度要求时，宜采用以下方法进行端面加工：

- 1 在磨平机上磨平；

- 2 用水泥砂浆（或水泥净浆）或硫磺胶泥等材料在专用补平装置上补平。水泥砂浆（或水泥净浆）补平厚度不宜大于 5.0mm，硫磺胶泥（或硫磺）补平厚度不宜大于 1.5mm。补平层应与芯样结合牢固，以使受压时补平层与芯样的结合面不提前破坏。

C.0.3 芯样在试验前应对其几何尺寸作下列测量：

- 1 平均直径：用游标卡尺测量芯样中部，在相互垂直的两个位置上，取其二次测量的算术平均值，精确到 0.5mm；

- 2 芯样高度：用钢卷尺或钢板尺进行测量，精确至 1.0mm；

- 3 垂直度：用游标量角器测量两个端面与母线的夹角，精确至 0.1 度；

- 4 平整度：用钢板尺或角尺紧靠在芯样端面上，一面转动钢板尺，一面用塞尺测量与芯样端面之间的缝隙。

## 附录 D 补强处理方法与技术要求

### D.0.1 双塞袖阀管注浆法

通过特设的袖阀管和双塞注浆器压送到原钻芯孔中去,水泥浆在压力作用下通过注浆管浆液渗透到检测桩身或墙身及底部缺陷部位的裂隙或沉渣中,充填和挤密其中的空隙,在缺陷部位形成致密胶结物,达到修复提高缺陷部位的混凝土强度,以满足设计对桩、墙体的质量要求。

施工工序,包括原钻芯孔——高压喷射清洗——孔内灌壳料——袖阀管注浆等几个主要的环节。

#### 1 注浆工艺流程:

1) 对钻芯孔采用压力水冲洗孔,冲洗岩粉、铁屑、杂物,直至孔口返清水为止;

2) 在原钻芯孔内先后放入两根注浆钢管。

#### 2 方案一:

1) 在钻芯孔中放入第一根 $\phi 15$ 下端开口注浆管,下至离孔底 10cm;

2) 对钻芯孔内灌套壳料,套壳料又称封闭水泥浆,其作用是封闭单向袖阀管和钻芯孔之间的空隙,迫使从灌浆孔内开环,压出的浆液挤破套壳料注入并修复桩(墙)身、桩底缺陷;

3) 灌壳料时应从下而上进行,当钻芯孔中充满封闭水泥浆至孔口后,拔出注浆管;

4) 第二根在充满封闭水泥浆的钻芯孔中,迅速插入内径 $\phi 50$ 单向注浆袖阀管,并分段在注浆钢管侧壁,按梅花形钻上 4 排孔径为 8.0mm 小孔,竖向孔距 50mm 的花管,花管段外包橡皮套;

5) 花管长度及埋设位置对应桩身缺陷部位;

6) 插入钻孔时袖阀管露出地面 10cm~20cm,管端为锥形堵头封闭,管内充满清水,管口加盖保护。

#### 3 方案二:

1) 在原钻芯孔中同时放入两根注浆管,一根单向袖阀管、一根下端开口的注浆管;

2) 注浆管在孔壁与袖阀管之间的环状间隙里下入孔底，再从孔底往上逐步灌注填料（或叫套壳料）至孔口后拔出注浆管；

3) 待套壳料凝结后达到固管止浆作用。以防袖阀管压力注浆时浆液沿孔壁、管壁向上流串，并防止各灌浆段互相串浆；

4) 填料的强度要适宜。套壳料强度必须兼备开环和防止串浆的双重需要；

5) 要求填料在水下能凝固，收缩性小，早期强度高，在高压下产生脆性破坏。

#### 4 开环注浆：

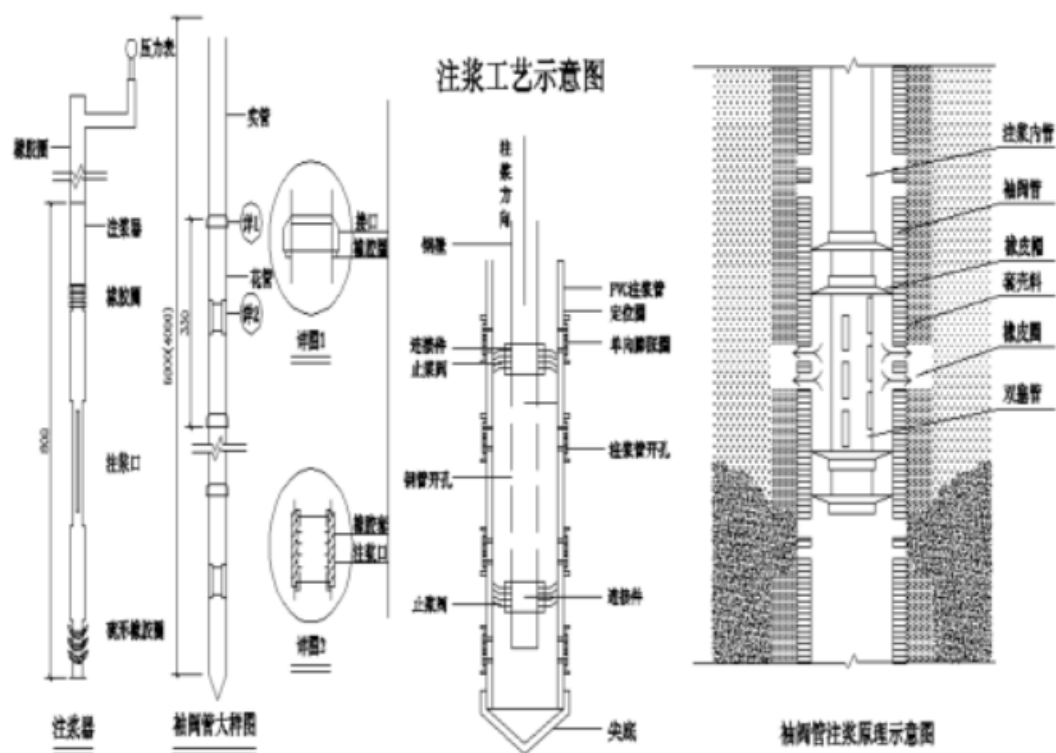
1) 在套壳料封闭泥浆达到一定强度后（初凝后 6 小时），在单向袖阀管内插入双向密封注浆器，进行分层劈裂或压密注浆；

2) 快速加大压力开环，使浆液顶开单向袖阀管外橡皮套，挤破套壳料，并沿着裂缝扩散到，本次注浆的缺陷部位进行压力充填、挤密加固；

3) 注浆一般从底部向上移地，每段注浆达到一定的压力和水泥浆量后，提起一段对另一处缺陷部位再注浆，这样重复进行；

4) 分段注浆完成后，提起双向密封注浆器，单向袖阀花管即留在注浆后的钻芯孔中。

图 D. 0. 1 袖阀管注浆工艺示意图



### 5 注浆施工主要参数

1) 注浆施工浆液材料: (1) 注浆水泥采用强度等级为 42.5 级的普通硅酸盐, 为了获得较高的固结体强度, 采用高强度的 52.5 级的普通硅酸盐水泥;

(2) 外加剂。套壳料和单向袖阀管注浆时,水泥浆还宜外加防干裂剂、速凝剂、早强剂及减水剂等物质;(3) 水灰比。套壳料注浆水灰比采用 0.5~0.6;袖阀管注浆水灰比采用  $\geq 0.5$ 。

2) 注浆施工工艺技术:(1) 注浆速度,套壳料注浆泵量控制在30L/min~40L/min,袖阀管注浆泵量与缺陷程度有关,桩、墙底部沉渣 $\leq 75\text{L/min}$ ,一般缺陷控制在10 L/min~30L/min,缺陷严重,缺陷区连通性好,浆液流动相对较快,必要时采用间歇式注浆;(2) 注浆压力,套壳料注浆以填充取芯孔位为目的,压力控制在0.3 Mpa~0.5Mpa,袖阀管注浆初始开塞压力为2.0Mpa~3.0Mpa,正常压力为3.0 Mpa~5.0Mpa;(3) 压浆量控制,套壳料注浆以孔口冒浆为标准,袖阀管注浆在终压作用下,吸浆量逐步减少并稳定为标准,如局部连通性较好,可采用间歇注浆等方法。

### 6 注浆施工质量控制要点:

1) 注浆施工前应制定注浆方案, 确定有关技术参数;

2) 注意在袖阀管内下入双塞注浆枪时, 应将注浆出浆部位对准花管上的欲开环注浆的环排孔位, 并压紧止浆栓塞, 再用稀浆快速升压开环;

3) 打通袖阀管注浆管, 应在套壳料注浆结束后 6 小时进行 (初凝后终凝前);

4) 注浆过程中, 时刻留意注浆压力变化, 在注浆过程中出现压力骤然下降、上升或大量冒浆等异常情况时, 应查明产生的原因及时采取措施。

#### D. 0. 2 复合注浆法

桩芯孔复合注浆法是将袖阀管注浆法和高压旋喷注浆法的理论为基础, 进行时序结合发挥两种注浆技术优势的一种新型注浆技术。

施工工序, 包括原桩芯孔——高压旋喷清洗——高压旋喷注浆——袖阀管注浆等几个主要的环节。

##### 1 复合注浆法的浆液材料:

1) 主剂水泥: 一般采用强度等级为 42. 5 级或 52. 5 级的早强型普通硅酸盐水泥;

2) 外加剂: 常用外加剂为速凝剂、早强剂和减水剂等;

3) 浆液水灰比通常先用稀浆 0. 7: 1, 随后渐浓 0. 4: 1, 在可灌的条件下, 尽量采用 0. 5: 1。

##### 2 复合注浆法加固缺陷桩基的工艺技术:

1) 在原桩芯孔上建立孔口注浆装置;

2) 孔口注浆装置采用预埋设的方式固定在桩顶注浆孔口;

3) 采用水泥浆或水泥水玻璃浆液将孔口装置与钻芯孔之间的间隙固定密封;

4) 孔口注浆装置既要满足高压旋喷注浆的要求, 又要满足袖阀花管注浆要求。

##### 3 高压旋喷清洗:

1) 对钻芯孔采用高压旋喷清洗;

2) 清洗用自来水, 出水压力 2 0MPa~25MPa, 旋转速率为 20r/min~40r/min, 提升速度为 10cm/min~12cm/min;

3) 对缺陷位置清洗 2-3 遍, 清洗至返出的水流干净或基本不含泥沙为

止。

#### 4 高压旋喷注浆：

1) 采用单管喷射法，将注浆管分段下入孔底后，喷射头对缺陷段以及上下结合段从下而上进行高压旋喷注浆；

2) 注浆压力 20MPa~25MPa，旋转速度控制在 20r/min~40r/min，提升速度为 10cm/min~15cm/min；

3) 水泥浆液浓度，按水灰比 0.5~0.6 或按设计强度要求；

4) 每孔旋喷注浆至孔口返浆并达到进浆浓度为止。

#### 5 袖阀花管注浆：

1) 在高压旋喷注浆结束后水泥浆液初凝前，迅速压入一根  $\phi 50$  管端为锥形堵头封闭的单向袖阀钢管；

2) 分段制作的注浆花管（单向阀管），花管长度及埋设位置对应桩身或墙身缺陷部位或桩底；

3) 注浆时把密封双塞的注浆器，插入单向阀管内喷射浆液，并逐步提升注浆器，使浆液在静态液压下注入桩（墙）体缺陷部位，即可实现逐段分层注浆目的；

4) 在单向袖阀管内，注浆开始时采用较稀的浆液和较低的注浆压力，随后逐渐增加浆液浓度及加大注浆压力，直至设计注浆量和注浆压力为止（注浆浆液浓度大，水灰比不大于 0.5，一般袖阀管注浆在浆液终凝前需进行 2~3 次灌注）。其目的是通过增大浆液浓度来达到提高注浆体强度；

5) 阀管压浆压力大小视实际情况灵活掌控，对桩基或地下连续墙缺陷进行加固补强注浆时，采用 1.0MPa~5.0MPa；注浆压力需根据每个工程的注浆部位进行注浆压力设计。

6 封孔：袖阀管注浆结束后，若注浆孔口冒浆，需对孔口进行封闭处理，防止浆液流出；若注浆结束后孔内浆液有流失，需补灌浆液到注浆孔内浆液饱满为止。

#### 7 施工质量控制与保证措施：

1) 根据钻芯孔中发现的桩身、桩底实际缺陷情况，确定各种施工工序的交替实施等。当高压旋喷注浆完毕，应速拔出注浆管并插入袖阀管，但为防止



浆液凝固收缩影响桩顶高程，必要时可在原孔位采用冒浆回灌或第二次注浆等措施；

2) 严格保证清洗力度，一方面保证足够的清洗时间，另一方面确认清洗返回水流中不含泥沙或很少泥沙时才停止清洗；

3) 为切实保证注浆压力，输送浆液的管路不宜过长，且在喷射注浆前要检查高压设备和管路系统，设备的压力和排量必须满足设计要求，管路系统的密封圈必须良好，各通道和喷嘴内不得有杂物；

4) 注意在袖阀管内下入双塞注浆器时，应将注浆出浆部位对准花管上的欲开环注浆的环排孔位，并压紧止浆栓塞，再用稀浆快速升压开环；

5) 在袖阀管注浆过程中出现压力骤然下降、上升或大量冒浆等异常情况时，应查明产生的原因及时采取措施；

6) 混凝土灌注桩、地下连续墙，水泥必须采用不低于强度等级为 42.5 级的普通硅酸盐水泥，并严格控制浆液水灰比；

7) 施工中应如实记录高压旋喷注浆和袖阀管注浆的各项参数和出现异常现象。

## 本规程用词说明

- 1 为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，非这样做不可的用词：

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用词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

- 3) 表示允许稍选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

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 条文中指明应按其它有关标准、规范执行时，写法为“应符合.....的规定”或“应按.....执行”。

## 引用标准名录

- 1 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 2 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 3 《普通混凝土力学性能试验方法》GB/T 50081
- 4 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
- 5 《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266
- 6 《液压式压力试验机》GB/T 3722

福建省工程建设地方标准

## 福建省基础工程钻芯法检测技术规程

Technical specification of core drilling method for

Foundation engineering in Fujian

工程建设地方标准编号：DBJ/T13-28-2016

住房和城乡建设部备案号：J13442-2016

条文说明

## 修订说明

《福建省基础工程钻芯法检测技术规程》DBJ/T 13-28-2016, 经福建省住房和城乡建设厅 2016 年 5 月 6 日以闽建科[2016]19 号批准发布, 并经住房和城乡建设部 2016 年 5 月 24 日以建标标备[2016]109 号文批准备案。

本规程是在《基桩钻芯法检测技术规程》DBJ 13-28-1999 的基础上修订而成的。上一版主编单位是福建省建筑设计研究院, 参编单位是福建省建筑科学研究院、福州市建筑工程质量监督站、厦门市建筑科学研究院。主要参编人林胜天、柳春、张敏、柯仁群、董金荣、施峰。

本次修订的主要技术内容是:

1 总则中, 扩大钻芯法检测基础工程技术的应用范围。工程实践经验证明, 在民用建筑和市政基础工程质量检测中, 钻芯法不但适用于各类混凝土灌注桩, 凡是可采用钻芯法检测技术评定工程质量的基础工程地下结构, 如: 地下连续墙和竖向增强体(系指强度等级为 C8~C15 有粘结强度的深层搅拌桩、旋喷桩、CFG 桩统称)等, 均列入本“规程”检测适用范围。因此, 评审专家意见标准名称建议改为《福建省基础工程钻芯法检测技术规程》;

2 现场检测技术要求中, 增加地下连续墙和竖向增强体(深层搅拌桩、旋喷桩、CFG 桩)的钻芯法技术要求和质量评定方法; 补充按不同桩径, 确定钻芯孔数及开孔位置; 补充根据桩底持力层岩土性状, 采用不同的试验方法;

3 芯样试件截取与抗压强度试验中, 补充混凝土芯样试件截取位置和要求; 增加对桩底岩石芯样抗压强度试验, 试验要求应符合现行国家有关技术标准要求;

4 在检测成果的分析与判定中, 补充两孔、三孔桩身完整性分类特征与评定;

5 混凝土芯样抗压强度评定中, 补充桩(墙)混凝土芯样强度最小检测值进行质量评定的要求和规定;

6 增加验证与扩大检测和承载力验算与补强处理技术;

7 补充附录 B 钻芯法检测记录表包括: 钻芯法检测现场操作记录表; 钻芯法检测芯样编录表; 钻芯法检测芯样综合柱状图; 附录 D 补强处理方法与技术要求。

本规程修订过程中, 编制组对我国基础工程检测的现状进行了调查研究, 并总结了《基桩钻芯法检测技术规程》DBJ 13-28-1999 实施 15 年来的实践经验、

存在问题。同时参考了国内外先进的检测技术方法并与国内相关标准相协调。通过调研、征求意见，对增加和修订的内容进行反复讨论、分析、论征，并针对存在的问题，开展了混凝土各类试件强度试验对比工作，为本规程的修订提供了依据。

为便于广大工程检测、设计、施工、监理、科研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，《福建省基础工程钻芯法检测技术规程》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、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程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 次

1	总则 .....	43
2	术语和符号 .....	45
2.1	术语 .....	45
3	基本规定 .....	47
3.1	一般规定 .....	47
3.2	检测桩(槽段)的数量 .....	49
3.3	检测芯样直径 .....	49
4	检测设备 .....	51
4.1	检测机具一般规定 .....	51
4.2	芯样锯切机与平整要求 .....	54
4.3	压力试验机选择与技术要求 .....	54
5	现场检测技术要求 .....	56
5.1	一般规定 .....	56
5.2	检测芯样孔数和开孔位置 .....	56
5.3	持力层检测技术要求 .....	57
5.4	现场芯样编录技术要求 .....	57
6	芯样试件截取与抗压强度试验 .....	59
6.1	一般规定 .....	59
6.2	芯样试件截取数量 .....	60
6.3	芯样试件加工技术要求 .....	60
6.4	芯样试件抗压强度试验 .....	62
7	检测成果的分析与判定 .....	64
7.1	桩(墙)身完整性判定标准 .....	64
7.2	芯样试件抗压强度评定方法 .....	64
7.3	持力层岩土性状判定 .....	66
7.4	沉渣厚度判定 .....	67
7.5	桩长、墙深允许误差 .....	67
8	检测结果质量评定 .....	69

8.1	一般规定 .....	69
8.2	检测质量评定标准 .....	69
9	验证与扩大检测 .....	71
9.1	验证 .....	71
9.2	扩大检测 .....	71
10	承载力验算与补强处理技术 .....	71
10.1	承载力验算 .....	72
10.2	补强处理技术 .....	73



## 1 总 则

1.0.1 钻芯法是对建（构）筑物、路桥、码头、大坝和深基坑等，地下工程结构质量检测的一种科学、直观、实用的重要方法。

冲（钻）孔混凝土灌注桩、旋挖混凝土灌注桩、沉管或人工挖孔桩和竖向增强体（深层搅拌桩、旋喷桩、CFG 桩等）是福建地区民用建筑和市政工程所采用的主要基础类型；地下连续墙既做挡土结构，也可做承重结构的一部分。由于它们都属于隐蔽结构物，当地质条件复杂、施工技术水平和经验等存在诸多不确定因素，将影响施工质量，在施工中易出现各种缺陷。由于这类型地下结构成桩、成墙质量可靠性较低，工程事故中，有相当部分是因桩身缺陷或桩底沉渣存在严重质量问题而造成的。因此，加强全面质量管理，加强对地下工程结构质量检测，保证工程质量和安全都是十分重要。尤其是当受设备或现场条件限制无法检测单桩竖向抗压承载力时，对于嵌岩桩或超过试验能力的大直径混凝土灌注桩，桩身缺陷和混凝土强度、桩端持力层性状和桩底沉渣对基桩的承载力影响极大，故对此类桩钻芯法检测是尤其重要的。

我省 1999 年编制并颁布实施的《基桩钻芯法检测技术规程》，对于当时指导“钻芯法检测”过程中，解决了因技术水平参差不齐存在操作方法和质量评定标准问题；对统一福建地区基础工程钻芯法检测技术标准、规范检测市场，促进我省钻芯法检测技术进步，提高检测工作质量，为设计和施工验收提供可靠依据，确保工程安全，都起到了重要的指导作用，获得了较大的经济效益和社会效益。本次修订基于钻芯法检测技术又有了较快的健康发展，进一步总结近十几年来钻芯法检测实践经验，做到技术先进，安全可靠，更好地服务于基础工程检测工作。

1.0.2 钻芯法检测技术，基本不受场地条件限制，从钻芯检测方法来看，一是钻取芯样，二是评价芯样。钻取芯样来说，只要能够将检测对象的芯样钻取出来，就可以采用钻芯法进行检测评价。从我省工程实践来看，众多工程检测成功实例证明，钻芯法检测不但适用于各类混凝土灌注桩，也是评定地下连续墙和竖向增强体（深层搅拌桩、旋喷桩、CFG 桩）等，民用建筑和市政基础工程，成桩、墙质量检测的一种有效的方法。本次规程修订的宗旨是，扩大并适当调整钻芯法检测技术适用范围。因此，评审专家意见，标准名称建议改为《福建省基础工程钻芯法检测技术规程》。钻芯法检测的主要内容有五项：

1 检测桩身或墙身完整性、芯样连续性、骨料分布均匀性以及有无破碎、松散、夹泥和断桩等；

2 桩身或墙身芯样胶结状态，混凝土强度检测值是否满足设计要求；

3 桩端或墙底持力层的岩土性状（强度）和厚度是否符合设计要求；

4 桩端或墙底沉渣或虚土厚度是否符合设计或规范要求；

5 施工记录桩长或墙深是否正确。

1.0.3 钻芯法检测技术，所涉及的学科较为广泛，它是以金刚石或合金钢钻探技术和施工工艺以及岩土工程和结构受力分析为基础的一种检测方法，检测工作涉及到从仪器设备、检测方法到科学分析评定等诸多方面。因此本“规程”修订编制时还应考虑与国家有关的技术标准规定：如《岩土工程勘察规范》；《普通混凝土力学性能试验方法》；《建筑地基基础设计规范》；《建筑桩基设计规范》；《建筑地基处理技术规范》；《工程岩体试验方法标准》和《地质岩芯钻探规程》等相协调。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

2.1.1~2.1.7 本规程根据《建筑桩基技术规范》、《建筑地基基础设计规范》、《建筑基坑支护设计规程》和《建筑地基处理技术规范》等，将民用建筑和市政基础工程，钻芯法检测适用范围分为桩和地下连续墙，它既是桩基础、承重墙，又可作为挡土防渗漏结构。为了便于确定检测数量和检测技术要求以及检测成果质量评定，检测根据具体对象又可分为：混凝土灌注桩、地下连续墙和竖向增强体。混凝土灌注桩包括：冲钻孔灌注桩、人工挖孔灌注桩、沉管灌注桩和螺旋钻孔灌注桩等；竖向增强体包括：深层搅拌桩、旋喷桩和 CFG 桩（水泥粉煤灰碎石桩）。

2.1.8 钻芯法，是钻取芯样的一种检测评定桩、墙质量的方法。刚开始采用“钻芯法”时，主要在检测混凝土灌注桩方面应用较广。随着检测技术的发展，其检测适用范围已逐渐扩大，目前检测对象还包括：地下连续墙和竖向增强体等。这种方法具有科学、直观、实用等特点，一次完整、成功的钻芯检测，可以得到桩长或墙深、桩身或墙身混凝土强度、桩端或墙底沉渣厚度和桩身或墙身完整性的情况，并判定或鉴别桩端或墙底持力层的岩土性状。

2.1.9 桩（墙）身完整性是一个综合定性指标，而非严格的定量指标。衡量桩身完整性标准是桩身缺陷的程度，对桩身结构承载力的影响来划分的。如：完整、轻微缺陷、明显缺陷和严重缺陷等进行分类。

2.1.10 桩（墙）身缺陷，一般是指在桩身混凝土芯样中见有气孔、蜂窝、沟槽，即认为对桩身结构承载力影响较小；当芯样中出现松散、夹泥和破碎，就认为对桩身结构承载力影响较大；尤其对同一基桩的钻芯孔数大于一个，其中一孔深度存在上述缺陷，且在任一孔同一深度部位的芯样中同时出现则影响更为严重。因此，对桩身缺陷的描述有三个指标，即缺陷位置、缺陷类型（性质）和缺陷程度。

2.1.11 芯样质量指标是参照岩石质量指标 RQD 评判分类方法确定的。该方法认为钻探获得的芯样其完整程度与芯样的原始裂隙、硬度和均匀程度等状态有关。根据 RQD 值大小和钻芯法工程经验，将混凝土芯样和水泥土芯样的芯样质量指标划分为四级：

混凝土芯样质量指标， $\geq 95\%$ 为Ⅰ级； $85\% \sim 95\%$ 为Ⅱ级； $75\% \sim 85\%$ 为Ⅲ

级；<75%为IV级。

水泥土芯样质量指标， $\geq 90\%$ 为I级；75%~90%为II级；60%~75%为III级；<60%为IV级。

2.1.12 芯样采取率是反映钻探质量的指标，它和混凝土的破碎程度、钻探技术和质量控制有关。原本混凝土很完整，取出机械破碎的芯样采取率很低，说明钻探技术水平差。取出的芯样已失去了反映原位混凝土特征的意义。因此，它是评价钻探技术质量的重要指标之一。

2.1.13、2.1.14 注浆加固一般可分为：建筑地基层部加固、既有建（构）筑物地基加固、防渗结构注浆加固和桩、地下连续墙完整性缺陷，底部沉渣加固处理等。注浆加固方法多采用静压注浆加固、水泥搅拌注浆加固和高压旋喷注浆加固等。本规程提出的双塞袖阀管注浆法（即单向袖阀花管与双塞注浆器相结合）和复合注浆法（高压旋喷注浆与双塞袖阀管注浆相结合）主要是针对基桩、地下连续墙完整性缺陷和底部沉渣，采用二次注浆的一种实用、有效局部补强加固处理方法。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 为了正确地对灌注桩、地下连续墙和竖向增强体的质量进行检测和评价，做到有的放矢，检测单位在承担钻芯法检测工作前，应了解检测工程项目的目的任务与委托方的具体要求和工程设计、施工的概况。因此，除工程建设委托方提供的基本工程情况外，还要求检测单位应尽可能详细进行调查、收集有关受检桩或地下连续墙的技术资料。并按表 3.1.1-1、3.1.1-2 填写：

表 3.1.1-1 工程概况

工程名称					
工程地点					
建设单位					
设计单位					
勘察单位					
施工单位			开工日期		
结构型式			层数		
桩（墙）类型			桩径（墙厚）mm		
单桩（墙）竖向承载力设计值（KN）		混凝土强度设计等级（MPa）		纵向配筋与横向箍筋	
工程桩（墙）总数			检测桩（墙）数		
设计、施工桩长或墙深（m）			设计桩（墙）持力层		

表 3.1.1-2 受检桩或地下连续墙设计施工概况表

桩号或槽段号	桩径或墙厚 cm	混凝土设计强度 MPa	设计桩或墙顶标高 m	检测时桩或墙顶标高 m	施工桩或墙底标高 m	施工桩长或墙深 m	成桩或成墙日期	设计桩端或墙底持力层	单桩承载力设计值 kN	桩(墙)底沉渣厚度要求 m
备注										

3.1.2、3.1.3 受检桩（墙槽段）号应在施工完成后，由设计人员综合考虑施工质量等因素与有关单位共同确定。钻芯孔的开孔位置的准确性与检测桩、墙的中心位置有直接关系，按《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008 第 6.2.4 条规定，不同成孔、成桩施工是允许桩位有一定偏差范围的。若按桩基设计图纸放样定位，其偏差将影响钻芯检测质量和效果，导致可能出现偏离桩身或墙体。

3.1.4 混凝土强度是与养护时间长短相关的一种材料，在正常养护的条件下，砼强度将随龄期的增长而不断发展，最初 7d~14d 内强度发展较快（一般 7 天可达到设计强度等级的 60%~70%；14 天可达到设计强度等级的 80%~90%），以后逐渐缓慢，28d 达到设计强度（是以年平均温度  $20^{\circ}\text{C}$  计算，28 天  $\approx 600^{\circ}\text{C}$  天），现在工程质检以  $600^{\circ}\text{C}$  天实测抗压强度值，确定混凝土的强度等级。虽然 28d 后强度仍在发展，在 35d 后的强度增长极小，其增长过程可延续数十年之久，但已无工程检测实用意义。

3.1.5 钻芯法属于局部破损的检测方法，钻取芯样后将影响桩、墙的结构受力性能的正常发挥。因此，对满足设计要求的应及时对孔洞进行修补，修补的混凝土强度应比原设计强度提高一个强度等级效果较好，以保证桩、墙的工作性能。但考虑到当检测确认桩身混凝土强度偏低或有明显缺陷或桩底沉渣厚度略超规范要求，如果能经过工程验算和补强加固处理后，还可利用的桩或地下连续墙，所以提出宜先封存留待设计处理的规定。

3.1.6 本条是对为社会提供公证数据的产品质量检验机构的计量检定、测试的能力和可靠性的考核，具体包括：

- 1 计量检定、测试设备的性能；
- 2 计量检定、测试设备的工作环境和人员的操作技能；
- 3 保证量值统一，准确的措施及检测数据公正可靠的管理制度。

我国《计量法》要求，检测所用的计量器具必须送到国家法定计量检定单位进行定期检定，且使用时应在计量检定有效期内，在有效期内有条件检测单位，可建立校准装置进行自校，发现问题应重新检定，以保证检测数据的可靠性和可溯性。

另外，钻芯法检测，一是采用现场钻探机具，具有潜在危险性作业；二是采

用金刚石岩芯钻探技术和施工工艺,钻取混凝土芯样和岩土芯样的钻探操作技术水平要求很高,否则会因钻取芯样的质量,而影响对基桩质量做出误判。

因此,根据国家《劳动法》:第六十八条用人单位应当建立职业培训制度,按照国家规定提取和使用职业培训经费,根据本单位实际,有计划地对劳动者进行职业培训。从事技术工种的劳动者,上岗前必须经过培训。

第九十二条生产经营单位的主要负责人未履行本法规定的安全生产管理职责,导致发生生产安全事故的,由安全生产监督管理部门依照规定处以罚款。

国家《安全生产法》:第二十一条 生产经营单位应当对从业人员进行安全生产教育和培训,保证从业人员具备必要的安全生产知识,熟悉有关的安全生产规章制度和安全操作规程,掌握本岗位的安全操作技能。未经安全生产教育和培训合格的从业人员,不得上岗作业。

### 3.2 检测桩(槽段)的数量

3.2.1~3.2.3 钻芯法检测,是为验证设计结果或为工程验收提供依据的。检验桩数量过多,检测费用高,效率低。因此,要求受检桩或槽段的数量只要具有代表性,能在有限的抽检数量中,能充分暴露桩基或地下连续墙存在的质量问题即可。

本条在抽检数量方面考虑三种情况,并规定了不同的检测数量:

1 针对各类混凝土灌注桩或地下连续墙,一般工程,本检测方法抽检桩数量比例小,因除采用钻芯法检测外,还会做静载试验或声波透射法、高、低应变法检测等;

2 以钻芯法为主要的检测方法抽检桩数量比例大,如:端承型大直径灌注桩或超过静载试验能力的嵌岩桩和地下连续墙等。同时也参照《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑桩基检测技术规范》JGJ 106 和《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 中的有关检测数量的规定;

3 对竖向增强体(深层搅拌桩、旋喷桩和 CFG 桩)进行检测时,检测数量主要考虑与《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 和《建筑地基检测技术规程》DBJ/T 13-146 有关规定,保持相对一致性。

### 3.3 检测芯样直径

3.3.1、3.3.2 不同直径芯样的抗压强度,存在尺寸效应的影响。从钻芯法的实

际工程应用看，试件的尺寸必须尽量小些，这样可减少了对原混凝土构件的破损程度。但如果芯样的直径过小，则有时在芯样的横断面上骨料所占的比例很大，在芯样受压时约束横向变形的抗力就减小很多，其结果会使芯样的强度降低。因此，在国内外的一些规程中规定，芯样直径的尺寸应大于 2-3 倍最大骨料粒径的尺寸。以前大多数混凝土是在施工现场搅拌，采用的粗骨料最大粒径一般为 31.5mm 或 40mm；因此，标准芯样直径为公称直径 100mm。现在大多数采用商品混凝土，粗骨料最大粒径一般为 20mm。为此，混凝土灌注桩和地下连续墙芯样直径，不宜小于 80mm；竖向增强体的水泥土桩等芯样直径不宜小于 70mm。



4 检测设备

4. 1 检测机具一般规定

4. 1. 1 钻进机具设备的钻压、钻速和冲洗液的泵量等的参数，是参照《地质岩芯钻探规程》DZ/T 0227-2010 有关规定的。

1 金刚石或薄壁合金钢钻头钻进的钻压，不论是计算钻压值或表列数字都是正常钻进的钻压，实际生产中应根据具体情况进行调节。混凝土或岩石完整、硬度高、中等研磨性，宜采用大钻压；水泥土或岩石较软、研磨性强、裂隙发育、破碎、不均质等，应采用小钻压。

金刚石晶形完整、椭圆化、抛光处理的可采用大钻压；晶形有缺陷、品级低的应选用小钻压；同样浓度的钻头，金刚石颗粒大的用小钻压，颗粒小用大钻压。

新钻头下孔，其唇部形状与孔底形状不适应，其钻压需减轻到正常钻压的1/4~1/5，经过一段时间磨合后，再增到正常钻压。

表 4. 1. 1-1 不同直径钻头所需压力值 (单位为 kN)

钻头种类	钻头直径 (mm)				
	48	60	76	96	120-150
表镶	0.5-1.0 (初压力) 3.0-6.0 (正常压力)	1.0-2.0 (初压力) 4.0-7.5 (正常压力)	1.0-2.0 (初压力) 6.0-10.0 (正常压力)	2.50 (初压力) 8.0-11.0 (正常压力)	3.0-3.50 (初压力) 10.0-14.0 (正常压力)
孕镶	4.0-7.0	4.5-8.5	6.0-10.0	8.0-15.0	12.0-20
合金钢			5-7	6-8	8-12

2 金刚石或合金钢钻头钻进的转速

钻进中钻头转速是决定钻进效率的重要参数之一。在一定条件下，转速愈高，则钻速也愈高，这已被试验所证实。孕镶钻头的金刚石颗粒细小，切入混凝土或岩石浅，只有靠单位时间内进行多次破碎才能获得高效。因此，要求转速更高，以圆周线速度计，一般为 1. 5 m/s~3.0m/s。

表镶钻头因为金刚石出刃大，受到振动易损伤，所以转速应该相对较低，圆周线速度 1.0m/s~2.0m/s。

不论是计算或查表，都可以看出，转速的调节范围是很大的。钻进中，要根据具体情况进行选择。

从混凝土、岩石或水泥土性质来说，若较硬、完整、质均，可选用高转速；若较软、破碎，层理发育，宜选用低转速。

从钻头质量来说，钻头质量好，金刚石品级高，宜采用高转速；若钻头质劣，金刚石品级低，宜采用低转速。此外，调节转速还要考虑到金刚石的粒度：颗粒小选高转速，颗粒大选低转速。

表 4.1.1-2 不同直径的钻头转速 (r/min)

钻头种类	48	60	76	96	120-150
孕镶钻头	750-1500	600-1200	400-850	350-700	260-520
表镶钻头	500-1000	400-800	300-550	250-500	180-350
合金钢钻头			100-500	70-400	50-200

如金刚石粒度为 10 粒/克拉，直径为 2.1mm，钻头回转线速度为 1.5m/s。若换用粒度 30 粒/克拉、直径为 1.5mm 金刚石的钻头时，允许圆周线速度为 1.95m/s。当稳定性差、高速回转振动加剧时，圆周线速度可取小一些。

新钻头下孔，须用低速试钻数分钟、无异状后，再转入正常转速。  
正常钻进中，如发现孔内有异常响声、激烈振动或转矩增大等现象时，则须立即降低转速仔细观察。

当级配不合理(孔径与钻杆直径差值大)、钻孔弯曲等时，都不能用高转速。  
由于机械钻速是随转速呈直线变化的。因此，在容许范围内尽量采用高转速钻进。但是，在钻压不变情况下，转速升高到一定限度时，钻速有不再增长的趋势，这是由于金刚石在激烈摩擦中损坏所致。所以，转速要与钻压配合运用，即转速升高到一定限度时，势必降低钻压。

表 4.1.1-3 钻头钻进转数划分为四级：

高转数	700~1000r/min 以上；
中转数	400~600r/min；
低转数	200~300r/min；
最低转数	100r/min 以下。

3 金刚石或合金钢钻头钻进冲洗液

在破碎钻进过程中，沿着移动方向的功消耗于破碎混凝土或水泥土（岩石）和克服摩擦上。试验证明，消耗在摩擦上的功是很大的。摩擦功转化为热能可使金刚石强度降低、石墨化而导致早期磨损。按能量转换计算，钻进中在正常钻压、转速情况下，如断绝冷却 2min，钻头便烧毁。因此，金刚石钻进时必须充分冷却钻头。

钻进中的钻头，其工作面下的间隙很小，钻头前面的混凝土（岩石）颗粒被压皱凸起的混凝土（岩石）抬起，对胎体进行削蚀。部分岩屑颗粒被挤压在钻头下遭到重复破碎，无益地磨损钻头。被挤压的岩粉还会垫起钻头，阻碍其破碎岩石，这就需要强大的冲洗液把岩粉及时带走并排出孔外。

此外，高速回转的钻具与孔壁激烈摩擦，其摩擦阻力是很大的，这也需要冲洗液来润滑。

冲洗液量的确定：  
综上所述，钻头钻进的冲洗液量应从以下三方面来考虑：保证钻头充分冷却；保证把岩粉从钻头下带走，和把岩粉排出孔外。

无论是计算冲洗量或表中所列泵量，在实际应用中要根据具体情况进行调节。如钻速高、岩石粗糙或研磨性强等，应采用大泵量；反之应采用小泵量。此外，泵量还要随着钻孔的延伸适当增加。

泵量大，对冷却钻头、清除岩粉都是有益的。但泵量太大，泵压势必升高，会促使钻压降低。高速液流有时对孔壁有冲刷作用，并对不稳定混凝土（岩层）或水泥土会加剧其恶化。

经验证明，钻进对冲洗液量的要求并不是太严的，但是必须保证不断供应，钻进中不允许有片刻停水；钻杆接头严密不漏水，确保水泵工作良好，最好不用分流方式调节泵量。

表 4.1.1-4 冲洗液推荐泵量(L/min)

钻头直径/mm	48	60	76	96	120-150
金刚石	25-45	30-45	40-65	50-80	60-160
合金钢			50-120	60-150	80-200

4.2.2、4.2.3 钻芯取样机应具有足够的刚度、操作灵活、固定和移动方便，并应有冷却系统。钻取芯样的真实程度与所用的钻具有很大关系，它会直接影响混凝土完整性的类别判定。因此，为了保证芯样不被机械破损，确保取芯的质量，

钻具必须选用：1) 钻芯用的钻具必需采用单动双管，要明确禁止使用单动单管。2) 钻杆宜选用较粗且顺直其刚度大的，与孔壁的间隙就小，钻芯取样机主轴的径向跳动就小。3) 扩孔器与扶正器使用起修整孔壁、保持孔径，扶正钻头及钻具，保持孔内钻具稳定性，减轻钻头负担、延长钻头寿命的作用。4) 打捞器主要用来打捞残留、脱落芯样或取松软渣样的钻具；5) 钻取芯样时宜采用外径91-130mm的金刚石或人造金刚石薄壁钻头。钻头胎体有肉眼可见的裂缝、缺边、少角、倾斜及喇叭口变形等，不仅降低钻头寿命，而且影响钻芯质量。

4.2.4 对用于为社会提供公正数据的计量器具、检测设备，按照计量器具、检测设备的技术特性、质量性能及国家对计量器具、检测设备的管理要求，应送计量检定机构定期检定的，经检定取得合格证后继续使用。计量器具未按期检定或经检定不合格仍继续使用的，应按照《中华人民共和国计量法实施细则》第四十六条的规定处罚。

## 4.2 芯样锯切机与平整要求

4.2.1 从地下结构、构件中钻取出的芯样，端面往往是高低不平、长短不一，按高径比为1:1的要求时，必需采用双刀截取，锯切机锯切成一定长度且端面平整的芯样。芯样在锯切过程中，应防止由于受到振动、夹持不紧、偏斜等因素的影响，芯样端面的平整度及垂直度有时不能满足试验要求。因此。锯切前一定要将芯样固定，并使芯样的轴线与金刚石园锯片垂直。锯片时的线速度以40m/s~45m/s为宜。锯切过程中为了保证冷却充分，冷却水要注入到锯片上。

4.2.2 芯样试件进行抗压试验，对端面平整度及垂直度的要求很高。为此，可采用研磨或补平方法解决。若采用磨平或补平处理，补平厚度将对芯样抗压强度有一定影响。为了保证芯样的补平效果，补平厚度不能超出本规程第6.3.2条文说明中规定的要求。

## 4.3 压力试验机选择与技术要求

4.3.2、4.3.3 压力机全量程是否满足规范要求，压力机连续加载过程中，关键问题是否按照不同混凝土强度等级所规定的加荷速率问题。因为，压力机的全量程总吨位区间和连续加载速率，都可能会影响对混凝土强度的正确评价。因此，压力机加载应尽量避免速度过快或太慢，速率过快易产生冲击力，会产生混凝土试块或混凝土芯样瞬间强度突然增高，是个“冲击强度”，速率太慢强度低，为

了统一正确的试验结果，所以国家对混凝土强度抗压试验有速率要求：小于 C30 的加载速率取  $0.3 \text{ MPa/s} \sim 0.5 \text{ MPa/s}$ ；C30-C60 加载速率取  $0.50 \text{ MPa/s} \sim 0.8 \text{ MPa/s}$ ；大于 C60 加载速率取  $0.8 \text{ MPa/s} \sim 1.0 \text{ MPa/s}$ 。

例如：某桩基工程设计混凝土抗压强度为 C30，芯样试件直径为 800mm，进行芯样试件抗压强度试验时，加载速率采用  $12.0 \text{ kN/s} \sim 14.0 \text{ kN/s}$ ，得出抗压强度最高值为  $51.90 \text{ MPa}$ ，平均值为  $44.20 \text{ MPa}$ ，高出原设计强度为  $30 \text{ MPa}$ 。经分析认为得出高强度的原因，是误用 150 立方体标准试块加载速率进行试验结果。在后来试验时加载速率经过计算按  $4.0 \text{ kN/s} \sim 5.0 \text{ kN/s}$  进行试验，得出抗压强度最高值为  $39.30 \text{ MPa}$ ，平均值为  $32.60 \text{ MPa}$ 。可见“冲击强度”，对试验结果影响是很大的，为避免产生误判，对这个问题值得引起重视。因此，要求在进行抗压强度试验时，应根据芯样或标准试块的设计混凝土强度和试件尺寸大小，通过计算并对试验单位提出具体的加载速率要求。

## 5 现场检测技术要求

### 5.1 一般规定

5.1.1~5.1.3 钻芯机的机器设备，在现场作业之前应精心安装，认真检查。避免在钻进过程中，因钻芯机固定不稳，容易发生晃动和位移，这不仅容易发生卡钻或芯样折断等，影响钻芯质量问题；而且还存在安全隐患或可能发生安全生产事故。因此，要求钻机安装要认真负责，在钻进过程中，应加强监控钻机的稳定性，确保钻芯孔的垂直度，当钻芯孔垂直度偏差大于 0.5%，钻芯孔偏离桩身或墙体时，应立即停机。有争议时应安排专业队伍进行钻孔测斜查找原因，以判定是工程桩倾斜超过规范要求还是钻芯孔倾斜过大，并提交钻芯验桩钻孔的垂直度报告。

新的《地基规范》及《桩基规范》均取消了对桩的长细比的限制，以免制约超长桩的应用。同理关于钻芯法检测长径比的规定问题，有的规定为  $\frac{l}{D} \leq 30$ ，如果这样规定有可能也存在有制约钻芯法检测的应用。钻芯法检测桩长应按钻芯孔垂直度偏差小于 0.5% 的规定来计算确定较为合理。因此，本规程不再另行规定。

5.1.4、5.1.5 钻进取芯操作人员必须精力集中。注意进尺、返水大小，返水颜色变化。特别要注意接近桩底时，若不采取减压、减速措施，可能会遗漏桩底沉渣或虚土做出误判。芯样钻取时，由于钻探机械振动已对混凝土芯样的连续、完整性受到一定的影响，若提钻卸芯时再采取敲打等野蛮操作，将对芯样产生人为破坏，影响对混凝土质量判定。

5.1.6 取出芯样后，应由上而下按回次顺序放进芯样箱中，芯样侧面上应清晰标明孔号、回次数、起至深度、回收块数、总块数、块号。宜写成带分数的形式，如  $2\frac{3}{5}$  表示第二回次共有 5 块芯样，本块芯样为第 3 块。并附能反映桩身混凝土质量特征的芯样全长彩色照片及相应说明。为了加强检测质量的追溯性，要求在试验完成后，由检测单位将芯样移交委托单位封样保存。保存时间由建设单位和监理单位根据工程实际商定或至少保留到基础工程验收。

### 5.2 检测芯样孔数和开孔位置

5.2.1~5.2.3 钻芯法检测由于受到受检桩桩径截面小或槽段长度的问题，虽然

比高、低应变法和声波透射法有更直观的一面，但也有“一孔之见”代表性差的一面。因此，本次修订按照检测桩径大小或槽段长度，对钻芯孔数做了调整：<1.2m 桩径钻（≤4m 长每槽段）1 个孔，1.2m~1.6m 桩径（槽段长 4.0m~6.0m）钻 2 个孔，本次规程修订时，又对桩径大于 1.6m（槽段长大于 6.0m）钻 3 个孔的钻芯孔数作了补充规定，以提高钻芯孔的代表性。开孔位置是考虑导管附近的混凝土质量相对较差，不具有代表性，同时也方便第二个孔的位置。

### 5.3 持力层检测技术要求

5.3.1 对持力层钻探深度要求，主要考虑便于确定和判定持力层的岩土性状以及满足各种试验要求。另外，根据《建筑地基基础设计规范》GB 50007 规定：对嵌岩灌注桩桩端以下三倍桩径且不小于 5m 范围内应无软弱夹层、断裂破碎带和洞穴分布，且在桩底应力扩散范围内应无岩体临空面。虽然施工前已进行岩土工程勘察，但因钻孔数量有限，对较复杂的地质条件，很难全面弄清岩石、土层的分布情况。因为桩端持力层岩土性状的准确判断直接关系到受检桩的使用和安全。因此，应对桩端持力层进行足够深度的钻探。

5.3.2 持力层试验当桩底持力层为中、微风化岩时，应取一组三块岩石芯样做岩石抗压强度试验，并提供强度平均值；若需确定岩石饱和单轴抗压强度标准值时，宜取二组及其以上岩石芯样并按《建筑地基基础设计规范》GB 50007 规定执行。

当桩底持力层为粘性土、砂性土、残积土、全风化岩、砂土强风化岩宜采用标准贯入试验；当桩底持力层为碎石土类、碎块状强风化岩，宜采用圆锥动力触探试验，试验宜在桩底 50cm 内进行，并判断持力层性状（强度）是否符合并满足设计要求。碎石土类可采用室内颗粒分析试验成果定性分析评定。

### 5.4 现场芯样编录技术要求

5.4.1 芯样编录、描述的准确性，是对所检测的桩、墙质量是否合格，做出科学、合理的评价的重要依据。为此，要求芯样编录要真实、全面。

5.4.2 混凝土桩或地下连续墙：

1 桩身或墙身完整性，应从混凝土芯样连续、完整程度，芯样长短、断口吻合状态，芯样气孔、蜂窝麻面、沟槽的大小、破碎程度和分布范围、桩身、墙身夹泥、断桩、断墙情况和严重程度进行描述评定；

2 桩身、墙身混凝土强度，应按混凝土芯样试件抗压强度试验结果，混凝土芯样表面平整光滑程度、混凝土胶结状态、混凝土搅拌和骨料大小及分布均匀程度，有无破碎或夹泥等进行描述评定；

3 桩端或墙底部沉渣或虚土应按沉渣虚土厚度、沉渣或虚土的状态进行描述评定；

4 桩端或墙底持力层，应从持力层的埋深、厚度，持力层强度及性状进行描述评定。

5.4.3 竖向增强体：着重描述水泥土搅拌是否均匀、连续，有无土块和水泥块等，及桩端进入持力层的情况进行详细评述。

5.4.4 关于桩端持力层岩土性状的描述、判定应注意要有工程地质专业人员参与，并应符合《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定，是因为持力层描述专业性强，岩土性状种类多且较为复杂，为了尽可能避免出现误判，影响检测成果评定。



## 6 芯样试件截取与抗压强度试验

### 6.1 一般规定

6.1.2 一般来说，蜂窝麻面、沟槽等缺陷部位的强度较正常胶结的混凝土芯样强度低，应尽可能查明质量隐患。因此规程规定：对缺陷部位能取样试验时，应截取一组芯样进行混凝土抗压试验；对于同一基桩钻芯孔数大于一个，其中一孔在某深度存在缺陷时，在其它孔相同深度部位取样进行抗压试验。目的是为了便于设计人员进行结构承载力验算或采取加固处理措施提供依据。

6.1.3 同一桩或地下连续墙的钻芯孔数大于一个，其中一孔某一深度存在缺陷，芯样试件强度可能不满足设计要求，按本规程 7.0.3 条的多孔强度计算原则，在其它孔的相同深度部位取样进行抗压强度试验是非常必要的，在保证结构承载力的前提下，宜尽量减少加固处理费用。

6.1.4 根据条文规定抗压芯样试件的高度和直径之比是应为 1 : 1。根据《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 中规定，是以边长为 150mm 立方体试块的强度作为混凝土强度验收与评定的标准。芯样强度必须转换成立方体试块强度。由于尺寸效应的影响，这种转换包括两部分内容：1 标准尺寸（高径比=1）芯样强度换算成立方体试块强度；2 非标准尺寸（高径比 $\neq$ 1）芯样强度换算成标准尺寸芯样强度，即不同高径比换算系数 $\xi$ 取值按表 6.1.4 选用。不同高径比的芯样试件混凝土强度换算系数表 6.1.4，是引用建筑物上部结构、构件，钻芯法检测混凝土强度技术规程资料，是根据国内外科研单位，通过不同混凝土强度等级和不同高径比芯样抗压强度试验成果经统计得到的，试验表明高径比越大，抗压强度越低。为了避免对芯样高径比进行修正，本规程原则上规定高径比应为 1.0，表 6.1.4 中所列出的换算系数，仅供在特殊情况时使用。

另外，根据国内有关研究部门研究，直径为 100 毫米的芯样抗压强度试验结果有明显的规律性，它随着高径比的增加，其抗压强度是降低的。而直径 70 毫米和 50 毫米的芯样抗压强度试验结果则出现了若干不规律现象，有的高径比大的试件抗压强度反而高于高径比小的试件；在高径比相当的情况下，小直径芯样抗压强度低于大直径的试件。出现这种现象的原因在于小直径芯样对骨料尺寸的影响更加敏感，试件强度的离散更大。经国内研究单位试验结果多数趋于采用高

径比等于 1.0，可避免因不同高径比的芯样试件，混凝土强度换算系数而产生误差。

表 6.1.4 芯样试件混凝土强度换算系数

高 径 比 h/d	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
系数 $\xi$	1.00	1.04	1.07	1.10	1.13	1.15	1.17	1.19	1.20	1.22	1.24

6.2 芯样试件截取数量

6.2.1、6.2.2 当桩身混凝土芯样较为均匀时，每孔按上、中、下三个部位截取芯样试件，既要考虑到芯样的代表性，又能客观反映桩身混凝土强度的实际分布状况；若混凝土芯样均匀性较差或桩长大于 30 米时，为提高芯样代表性应适当增加取样数量，也可按桩长每增加 10 米多取三组芯样试件。另外，考虑到竖向增强体水泥土芯样试件的强度较低，芯样成型制作的难度较大，采用每孔截取 6 个试件比较合适。

6.3 芯样试件加工及技术要求

6.3.1 芯样试件抗压强度试验是反映混凝土的强度，如果芯样试件内含有钢筋，则不能反映混凝土的实际强度。因此，芯样试件不得含有钢筋。

6.3.2 芯样锯切应采用双刀不宜采单刀，同时要避免在锯切过程中，由于受到振动、夹持不紧、偏斜等因素影响芯样质量，当芯样端面的平整度及垂直度有不能满足试验要求，此时需采用专用机具进行磨平或补平处理。试验证明补平厚度对芯样抗压强度有一定影响，补平层越厚则强度越低。当硫磺胶泥(或硫磺)厚度为 7mm~8mm 时，比厚度为 0.5mm~1.5mm 的强度低 9.2%左右。同样，用水泥浆修补较厚时，在养护期间易产生一些小裂纹，也会降低抗压强度，故其补平厚度不宜大于 5 mm。

      钻芯过程中，由于受到钻机振动、钻头偏摆等因素的影响，芯样的直径在各个方向并不十分均匀，故只能用平均直径表示。

      平均直径的测量精度问题，对于直径为 100mm 的芯样，当测量精度为 0.5mm，

其截面积误差为 0.89%。为了使截面积误差限制在 1% 以内，故规定平均直径精度为 0.5mm。

由于芯样长度对抗压强度的影响与截面相比要小，故精度放宽到 1mm。

芯样端面与轴线的垂直度可用游标量角器进行测量。测量时将游标量角器的两只脚分别紧贴于芯样侧面和端面，测出其最大偏差，一个端面测完后再测另一端面。

在测定平整度时，将钢板尺立起横放在在芯样端面上，然后慢慢旋转  $360^{\circ}$ ，用塞尺测量其最大间隙。

芯样试件尺寸偏差与混凝土粗骨料大小，对抗压强度的影响较大，因此，规程中对试样提出一些要求：

1 混凝土芯样粗骨料太大，影响抗压强度的真实性和代表性。国际上取芯法标准和我国对立方体试块，对最大骨料粒径不宜大于芯样试件直径的 0.5 倍都有相同的规定。因此，要求采取芯样的钻头内径时，应按最大骨料粒径来满足这一规定；

2 不同高径比的芯样试件换算成标准高径比芯样试件强度时，需要乘以相应的修正系数。为了避免修正系数影响试验结果的准确性，规定芯样试件高径比为 1。因此，芯样试件高度小于  $0.95d$  ( $d$  为芯样试件平均直径) 或大于  $1.05d$  时不能用来进行抗压试验；

3 中科院等单位测试表明，对磨平法、水泥净浆补平和硫磺胶泥补平芯样，端面平整度控制在 0.05mm 范围内是比较困难的，对于不平整度达 0.1mm 的芯样抗压试验证明，对芯样抗压强度无明显影响；

4 芯样端面与轴线的垂直度，可用游标量角器进行测量。测量时将游标量角器的两只脚分别紧贴于芯样侧面和端面，测出其最大偏差；

关于芯样端面与垂直轴线的偏差，根据中科院对偏离轴线在  $2^{\circ}$  以内的芯样，试验证明对抗压强度的影响没有明显影响，因此，要求凡是采用补平器补平的芯样，其端面与垂直轴线的偏差一般都不允许超过  $2^{\circ}$ 。

5 芯样试件中有缺边、掉角等小缺陷允许进行修补，但对于有裂缝芯样强度损失难以估算时，不能作为抗压试验用的试件。

## 6.4 芯样试件抗压强度试验

6.4.2 芯样试件的含水量对抗压强度有一定的影响，含水量愈高则强度愈低。一般来说，强度等级高的混凝土强度降低较少，而强度等级低的混凝土强度降低较多。在建筑工程中有很大部分混凝土构件是在自然干燥状态下工作，如内墙板、梁、柱等等。但也有一部分混凝土构件是在潮湿状态下工作，如地基基础、桩、地下连续墙等等。因此，本次“规程”修订时，对混凝土芯样试件在抗压强度试验前，是否需要进行清水浸泡问题进行了 76 组 228 个试样对比试验：即标准试块混凝土芯样试件和桩身芯样试件在抗压强度试验前，采用清水浸泡 40h-48h，与不采用清水浸泡立即进行抗压强度对比试验。对比试验结果表明：强度等级 C30，芯样直径为 100mm，36 组数据 108 个试件清水浸泡与不浸泡比值的平均值为 0.844；强度等级 C35，芯样直径为 85mm，40 组数据 120 个试件清水浸泡与不浸泡比值的平均值为 0.860。根据国内一些单位试验，泡水之后的芯样比自然干燥芯样强度下降 7%~22.1%，平均下降 14%，本次试验结果下降 14%~15.6%。为保证工程安全，芯样试件的抗压状态应根据构件实际工作条件的含水程度而决定。根据检测地下工程结构的工作环境状态，本条规定，芯样试件应在  $(20\pm5)^{\circ}\text{C}$  清水中浸泡 40h-48h，从水中取出后立即进行抗压试验。但对低黏结度  $<20\text{MPa}$  的钻芯试件，风干和浸水均可使芯样破坏，无法试验。因此，应封样保持天然湿度，做天然湿度的极限抗压强度试验。

6.4.3 关于桩身混凝土芯样试件的强度换算值问题，混凝土芯样试件的强度值，不等于在施工现场取样、成型与构件同条件养护试块的抗压强度，也不等于标准养护 28 天的试块抗压强度值。据国外的一些试验结果，由于受到施工、养护等条件的影响，结构混凝土强度一般仅为标准强度的 75%~80%左右，国际标准草案为 75%~85%。据中国建筑科学研究院结构所对试验用墙板的取芯试验证明，龄期 28 天的芯样试件强度换算值也仅为标准强度的 86%，为同条件养护试块的 88%。而桩和地下连续墙混凝土强度值在 28 天后还会有增长。由此可见，结构混凝土强度只要达到标准强度的 88%，即可满足结构的设计安全度。因此，原规程中综合尺寸效应、机械扰动等因素，取混凝土芯样试件抗压强度换算系数为 0.88。目前国内各地也普遍认同，芯样强度低于在施工现场取样、成型，同条件养护标准试块的抗压强度；也低于标准养护 28 天的立方体试块抗压强度。

(广东省有 137 组数据,表明在桩身混凝土中的钻芯强度与立方体强度的比值的统计平均值为 0.749)。广东省《建筑地基基础检测规范》DBJ 15-60-2008,混凝土芯样试件抗压强度换算系数取 0.88。但目前全国尚无采用一个统一的修正系数来反映芯样强度与立方体强度的差异。因此,我省本次“规程”修订时,对修正系数问题,进行了两种方法对比试验:第一种对比试验:即在标准立方体试块中钻取芯样进行抗压强度试验与标准立方体试块抗压强度试验进行对比。对比试验混凝土强度等级为 C30,根据 82 组试样对比试验结果表明:标准尺寸芯样直径为 100mm 与标准 150mm 立方体试块抗压强度比值的统计平均值为 0.848。第二种对比试验:是在桩身混凝土中钻取芯样抗压强度与标准立方体试块抗压强度进行对比试验,混凝土设计强度等级 C35,芯样直径为 85mm,根据各 120 组,对比试验结果表明:混凝土芯样试件与标准立方体试块抗压强度比值的统计平均值为 0.856。

因此,本次规程修订时,认为按原“规程”取混凝土芯样试件抗压强度修正系数为 0.88 是合适的。对水泥土桩,由于本次“规程”修订时,未进行水泥土芯样抗压强度对比试验。因此,水泥土桩芯样试件抗压强度修正系数取 1.0。

**6.4.5、6.4.6** 岩石芯样单轴抗压强度计算参照《工程岩体试验方法标准》GB/T 0266-2013。岩石单轴抗压强度试验是测定岩石在无侧限条件下,受轴向压力作用破坏时,单位面积上所承受的载荷。岩石芯样单轴抗压强度是岩石饱和状态下的强度,试件高径比为 2.0~2.5,加载速度对岩石抗压强度测试结果有一定影响,试验规定按每秒 0.5MPa~1.0MPa 的加载速度,与当前国内外习惯使用的加载速度一致。对软弱岩石,加载速度视情况再适当降低。

## 7 检测成果的分析与判定

### 7.1 桩（墙）身完整性判定标准

7.1.1、7.1.2 本次修订对混凝土桩（墙）身完整性判定，按单孔、双孔、三孔；竖向增强体，按单孔、两孔进行了细分，例如：同一根受检桩，不同钻芯孔、不同深度、各种缺陷形态及大小，存在许多组合，这样操作更符合实际情况。但桩身完整性分类：1）是针对缺陷是否影响结构承载力的原则规定的；2）一般单孔判定的缺陷，在双孔或三孔中，另外一孔或两孔不应在同一深度部位出现，否则应按降低一类处理；3）在Ⅰ、Ⅱ类桩中，不应出现破碎、松散或夹泥等缺陷。一般Ⅰ、Ⅱ类桩，桩身完整或桩身有轻微缺陷，不会影响桩身结构承载力的正常发挥，是满足或基本满足设计要求的；Ⅲ类桩，桩身有明显缺陷，对桩身结构承载力有影响，需经设计验算或经工程加固处理的；Ⅳ类桩，是属桩身存在严重缺陷的桩，不能满足设计要求。

对于竖向增强体，有的认为桩身完整性判定标准要求过高，很多深层搅拌桩、旋喷桩和 CFG 桩难以达到规程中的规定，经分析认为主要原因是桩身强度太低，钻芯过程易破碎。因此，本次规程修订时对桩身强度做了规定，即采用钻芯法检测桩的设计强度等级必须达到 C8~C15 否则不适用，以免误判。

### 7.2 芯样试件抗压强度评定方法

7.2.1 根据《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107-2010 规定混凝土强度评定的最小单元是“组”，因此一组三个试件试验所得的芯样试件抗压强度值应归并为一个值即组的强度代表值。在采用统计方法或非统计方法计算评定时，每组混凝土试件强度代表值的确定，应符合下列规定：1 取三个试件强度的算术平均值作为每组试件的强度代表值；2 当一组试件中强度的最大值或最小值与中间值之差超过中间值的 15% 时，取中间值作为该组试件的强度代表值；3 当一组试件中强度的最大值和最小值与中间值之差均超过中间值的 15% 时，该组试件的强度不应作为评定的依据。

按统计方法或非统计方法评定时，两种强度计算公式中，其强度均应同时满足两个不等式，则该基桩混凝土强度评为合格，这种评定合格条件相对严格。因为，采用统计方法，第一个不等式  $m_{fcu} \geq \lambda_1 S_{fcu} + f_{cu,k}$  是以概率论为基础，用可靠

性指标度量桩基的可靠度是比较科学的评价基桩强度的方法,但要求芯样试件数量较多,从工程实践来看,它仅适用两个钻芯孔以上的大直径超长桩;但不论上述两个方法在第一个不等式中要求芯样试件强度不能太离散,平均值不能太低;在第二个不等式  $f_{cu,\min} \geq \lambda_2 f_{cu,k}$  与  $f_{cu,\min} \geq \lambda_4 f_{cu,k}$  中,都是考虑评定对象是结构受力构件,不允许出现过低的小值。

采用标准差未知统计法评定计算实例(一):某桩基工程基桩设计混凝土强度等级为 C30 截取芯样试件 10 组,3 个一组强度的平均值为:33.8、34.2、36.7、29.5、31.6、32.4、32.1、31.8、37.9、32.1。

### 1 计算芯样强度的平均值与标准差

#### 1) 平均值

$$m_{fcu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i} = \frac{1}{10} (33.8 + 34.2 + 36.7 + 29.5 + \dots + 32.1) = 33.21 \text{ N/mm}^2$$

#### 2) 标准差

$$S_{fcu} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - n \cdot m_{fcu}^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(33.8^2 + \dots + 32.1^2) - 10 \times 31.96^2}{10-1}} = 2.5159 \text{ N/mm}^2$$

### 2 选定合格评定系数

$$\lambda_1 = 1.15 \quad (n=10) \quad \lambda_2 = 0.90 \quad (n=10)$$

### 3 求平均值与最小值评定界限

$$1) \text{ 平均值 } [m_{fcu}] = f_{cu,k} + \lambda_1 S_{fcu} = 30.0 + 1.15 \times 2.5159 = 32.89 \text{ N/mm}^2$$

$$2) \text{ 最小值 } [f_{cu,\min}] = \lambda_2 \times f_{cu,k} = 0.90 \times 30.0 = 27.0 \text{ N/mm}^2$$

$$4 \text{ 从实测强度数据找出最小值 } f_{cu,\min} = 29.5 \text{ N/mm}^2$$

### 5 检测结果评定:

$$1) \text{ 平均值条件 } m_{fcu} = 33.21 \text{ N/mm}^2 > [m_{fcu}] = 32.89 \text{ N/mm}^2$$

$$2) \text{ 最小值条件 } f_{cu,\min} = 29.5 \text{ N/mm}^2 > [f_{cu,\min}] = 27.0 \text{ N/mm}^2$$

检测结果表明,两个评定条件均满足要求,该桩混凝土强度评定为合格。这意味着该基桩混凝土强度达到 C30 的强度要求。

采用非统计法评定实例（二）：某桩基工程，设计混凝土强度等级为 C30 截取芯样试件 6 组，3 个一组强度的平均值为：35.0、32.0、34.0、27.0、30.0 和 34.0  $N/mm^2$ 。

计算评定步骤如下：

1 求芯样强度的平均值与最小值

1) 平均值

$$m_{fcu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{cu,i} = \frac{1}{6} (35.0 + 32.0 + \dots + 34.0) = 33.0 N/mm^2$$

2) 最小值  $f_{cu,min} = 27.0 N/mm^2$

2 选定合格评定系数

$$\lambda_3 = 1.15 (< C60) \quad \lambda_4 = 0.95 (< C60)$$

3 计算平均值与最小值评定界限

1) 平均值  $[m_{fcu}] = \lambda_3 f_{cu,k} = 1.15 \times 30.0 = 34.5 N/mm^2$

2) 最小值  $[f_{cu,min}] = \lambda_4 \times f_{cu,k} = 0.95 \times 30.0 = 28.5 N/mm^2$

4 检测结果评定

1) 平均值条件  $m_{fcu} = 33.0 N/mm^2 < [m_{fcu}] = 34.5 N/mm^2$

2) 最小值条件  $f_{cu,min} = 27.0 N/mm^2 < [f_{cu,min}] = 28.5 N/mm^2$

检测结果表明，两个评定条件均未满足要求，该基桩混凝土强度评定为不合格。这意味着该基桩混凝土强度没有到达 C30 的强度要求。

7.2.2 采用混凝土构件受力特性的评定方法，主要是考虑到混凝土桩（墙）作为受力构件，薄弱部位的强度（结构承载力）能否满足使用要求，直接关系到结构安全。因此，本次在混凝土芯样抗压强度评定修定时，增加采用取芯样强度中，一组三个试件强度平均值的最小值，为该桩的混凝土强度检测值，是一种最为简便的评定方法。

### 7.3 持力层岩土性状判定

7.3.1、7.3.2 岩石饱和单轴抗压强度试验是测定岩石在无侧限条件下，受轴向压力作用破坏时，单位面积上所承受的载荷。根据试验样品统计要求，数量不应



少于 6 个，否则没有统计意义。岩样试件高度与直径之比宜为 2.0~2.5；在压力机上可根据岩石强度高低选用，以每秒 0.5MPa~1.0MPa 的加载速度加荷，直到试件破坏为止。

7.3.3 桩（墙）端持力层岩土性状，应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 中有关规定评定。

7.4 沉渣厚度判定

7.4.1、7.4.2 按设计要求混凝土灌注桩和承重式地下连续墙墙体底部应与持力层紧密连接嵌固良好。因此，应该理解为桩（墙）底部沉渣，实际是属于桩身或墙身的组成部份，属桩身或墙身底部的一种严重缺陷，说明桩、墙尚未进入持力层。

7.5 桩长、墙深允许误差

7.5.1、7.5.2 工程实践证明施工或检测都存在桩长、墙深误差问题，如何规定好允许误差范围，将直接影响到检测质量评定。根据《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008 条文说明 5.3.9 条，从表 7.5 中可看出嵌岩深径比为 1.0 时，端阻力、侧阻力系数最高。

表 7.5 嵌岩段侧阻力系数  $\xi_s$  和端阻力系数  $\xi_p$

嵌岩深径比 $h_r/d$		0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
极软岩 软岩	$\xi_s$	0.0	0.052	0.056	0.056	0.054	0.051	0.048	0.045	0.042	0.040
	$\xi_p$	0.60	0.70	0.73	0.73	0.70	0.66	0.61	0.55	0.48	0.42
较硬岩 坚硬岩	$\xi_s$	0.00	0.050	0.052	0.050	0.045	0.040				
	$\xi_p$	0.45	0.55	0.60	0.50	0.46	0.40				
注：表中未列出侧阻和端阻综合系数 $\xi_r$											

《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008 第 3.3.3 条 5 款还规定，桩基持力层应选择较硬土层作为持力层。桩端全断面进入持力层的深度，对于粘性土、粉土不宜小于 2d，砂土不宜小于 1.5d，碎石类土不宜小于 1d；对嵌岩桩嵌入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%，宜适当

加大嵌岩深度；对嵌入平整、完整的坚硬岩和较坚硬的深度不宜小于  $0.2d$ ，且不应小于  $0.2m$ 。

施工桩长或墙深与检测桩长或墙深的允许误差规定，主要考虑所选用的持力层的强度和稳定性。因为它关系到确保桩、墙进入持力层的深度要求，并有效制约端阻力、侧阻力的发挥和承载力。特别要考虑端承桩或嵌岩桩嵌入持力层的深度问题。故本次规程修订时基于上述情况下，并结合钻孔深度允许误差综合考虑确定的。

但评价检测桩长或墙深是否与施工桩长相符合及允许误差时，要注意很重要的前题条件是：1 判定检测桩、墙已全断面进入设计要求的持力层；2 需经过承载力验算后再确定是否满足要求。

## 8 检测结果质量评定

### 8.1 一般规定

8.1.1~8.1.2 检测结果质量评定,对于每一项基础工程来说,检测的方法很多,同时每一种检测数量有限,不可能对整个工程质量做出评定。因此,本条强调仅按照本规程中的五项内容要求:即桩长或墙深,桩身或墙身完整性、混凝土抗压强度,底部沉渣或虚土厚度和持力层性状等,对单桩或单个槽段进行质量评定的规定。并规定在检测中出现有一项检测成果不能满足设计要求时,应判定该受检桩、墙不满足设计要求的结论

### 8.2 检测质量评定标准

8.2.1、8.2.2 影响混凝土灌注桩、地下连续墙或竖向增强体的质量因素是多方面的,如:桩(墙)身完整性、芯样混凝土抗压强度、沉渣厚度、桩持力层岩土性状和桩长、墙深等。其中很关键的一项是对芯样的完整性特征、缺陷分布情况以及芯样强度的评述,应按照表 7.1.1 和表 7.1.2 有关规定进行认真观察、详细记录和科学判定;若同一根桩有两个或两个以上钻芯孔(多于三个钻芯孔的桩身完整性判断参照三孔)时应进行综合判定。但应特别要注意:如果上一缺陷的底部位位置标高与下一缺陷的顶部位位置标高的高差小于 30cm,则定为两缺陷处于同一深度部位;同一根桩有两个或两个以上钻芯孔时,同一缺陷类型在两孔的同一深度部位是否出现?若同一深度部位出现时,该位置存在安全隐患的可能性大,应降低判定类别。例如:桩身完整性Ⅰ类,即无气孔或有少量气孔、蜂窝麻面、沟槽,且在两孔或两孔以上的同一深度部位的芯样中未同时出现;桩身完整性Ⅱ类,即局部有较多气孔、连续的蜂窝麻面、沟槽或局部混凝土芯样骨料分布不均,且在两孔或两孔以上的同一深度部位的芯样中未同时出现;桩身完整性Ⅲ类,任一孔局部混凝土芯样破碎,另外孔的同一深度部位的混凝土芯样质量完好,否则应判为Ⅳ类。

桩、墙质量评定表中,按检测成果质量是否满足设计或规程要求分为两大类四种桩或墙。合格桩:满足设计或规程要求的桩(墙)和基本满足设计或规程要求的桩或墙;不合格桩:建议工程处理或设计验算的桩或墙和不满足设计或规程要求的桩或墙。表 8.2.1、8.2.2 中评定结果不合格桩中,所指的“工程处理”

“承载验算”，是当桩身、墙身芯样试验抗压强度检测值未达到或接近设计要求或完整性类别属Ⅲ类具明显缺陷或底部沉渣厚度超过设计要求时，经设计变更或由原设计单位复核验算，是否可满足结构安全和使用功能要求或需经补强或补桩后方可使用的桩；

钻芯法检测结果质量评定标准应按表 8.2.1、8.2.2 有关要求。评定表中规定，当出现下列情况之一时，应判定该受检桩、墙不满足设计要求：

- 1 桩身、墙身完整性为Ⅲ、Ⅳ类的桩；
- 2 受检桩混凝土芯样试件抗压强度评定为不合格；
- 3 桩、墙底部沉渣厚度不满足设计要求（此项不适用评价竖向增强体）；
- 4 检测桩长或墙深与施工桩长或墙深不符，且超出允许误差值；
- 5 桩、墙底持力层岩土性状、强度未达到设计要求的。

## 9 验证与扩大检测

### 9.1 验证

9.1.1、9.1.2 对检测结果有异议时，原因可能是委托方怀疑检测单位未严格按照规程进行检测，或检测机具设备，或试件取样加工技术，或质量评定技术水平所限难以提供准确的检测结果。因此，选择同一桩或槽段增加钻孔验证也可避免一孔之见。验证检测的目的是确认检测结论的可靠性，当验证检测为见证检测时，宜以验证检测结论为验收依据。

### 9.2 扩大检测

9.2.1、9.2.2 检测结果是否符合要求，是工程质量合格验收的必要条件。因此，本“规程”规定混凝土灌注桩或地下连续墙，凡属Ⅲ、Ⅳ类桩（墙）必须进行工程处理，考虑到混凝土灌注桩或地下连续墙中，如果存在因漏检而未进行处理的Ⅲ、Ⅳ类桩（墙），后果可能很严重。但由于抽检数量及被抽检的桩和地下连续墙的槽段，都是有前提条件和一定程度的局限性。现场施工记录在内的施工质量资料，是确定检测点的重要依据，也是分析事故原因和事故处理的重要依据。若通过原因分析能够锁定可疑桩（墙）发生的范围的，应对该范围扩大检测。

但出现检测结果不符合设计要求的情况时，有的因施工过程中出现的异常现象不及时记录、上报，一旦检测出不合格结果时，不仅造成原因分析的困难，而且还容易引起扩检数量的增加。且在工程实践中，按规程规定的扩大检测比例执行有时偏严，有时偏松，有时甚至是不安全的。因此，在确定扩大检测方案时，需要根据工程具体情况作具体分析，有时甚至可以直接进行设计验算和设计处理而不必进行扩大检测。因此，要求扩大检测宜根据地质条件、基础设计等级、类型、施工质量变异性等因素合理确定，并经过有关各方确认。

## 10 承载力验算与补强处理技术

### 10.1 承载力验算

本章节主要考虑到基础工程地下结构、构件或挡土结构,经过钻芯法检测后,当确认个别芯样混凝土强度偏低、或局部地段存在明显缺陷、或底部沉渣厚度略超规范规定时,如果能通过承载力验算和补强加固处理后,还可利用的桩或地下连续墙,将节省大量工程费用。为此,本次规程修订提出了以下补救措施。

10.1.1、10.1.2 目前建(构)筑物地下工程结构应用混凝土灌注桩和地下连续墙的已经非常广泛,桩身混凝土等级一般跟单桩承载力有关,也就是桩身强度要大于单桩承载力。但是由于其施工条件及工艺的特殊性,桩身局部地段混凝土强度偏低较为常见。

通过钻芯测桩方法判明,在桩身局部地段混凝土强度低于设计强度要求,则可经承载力验算判定。显然,如经准确判定桩身仍具有足够强度承受外力,则不需加桩或加固,其经济效益相当可观。因此,检测报告宜对混凝土强度略低于设计强度要求的桩(墙),通过承载力验算结果提供设计处理时参考。承载力验算有以下两种:

1 《建筑桩基技术规范》JGJ 94 认为钢筋混凝土轴向受压桩承载力计算,涉及以下三方面因素:1)纵向主筋作用;2)箍筋的作用;3)成桩工艺系数。因此,当桩顶以下 5d 范围的桩身螺旋式箍筋间距不大于 100mm 者,桩身受压承载力设计值可考虑纵向主筋按下式计算:

$$Q = f_c A_p + 0.9 f_y A_s$$

2 当桩身配筋不符合上述规定时,受压承载力设计值按下式计算:

$$Q \leq f_c A_p$$

这里需要说明公式中:  $f_c$  是混凝土芯样试件轴心抗压强度设计值,它与混凝土设计强度等级之间的关系问题。

根据《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010 规定:即 C50 以下普通混凝土芯样抗压强度乘以 0.67=混凝土芯样轴心抗压强度标准值;混凝土芯样轴心抗压强度标准值除以混凝土材料分项系数  $\gamma_c$  1.40=混凝土芯样轴心抗压强度设计值。

例如：混凝土抗压强度设计值  $C30 \times 0.67 = 20.1 \text{ MPa}$ （混凝土芯样轴心抗压强度标准值）， $20.1 \div 1.40 = 14.3 \text{ MPa}$ （混凝土芯样轴心抗压强度设计值）。

举例：某桩基工程，设计混凝土灌注桩，桩径为  $800 \text{ mm}$ ，桩长  $45.0 \text{ m}$ ，桩身混凝土抗压强度为  $C30$ ，设计单桩竖向承载力试计值  $Q = 6500 \text{ kN}$ 。该工程基桩质量检测采用钻芯法。桩身混凝土芯样经抗压强度试验结果：检测值（最小值）为  $27.5 \text{ N/mm}^2$ ，小于  $C30$ 。为确定该桩混凝土强度能否满足设计要求，下面按只考虑按桩身混凝土强度进行单桩承载力验算（ $Q \leq f_c A_p$ ）：

单桩承载力设计值： $Q = 6500 \text{ kN}$

混凝土芯样轴心抗压强度标准值： $f_{cu,k} = 27500 \times 0.67 = 18425 \text{ kPa}$

混凝土芯样轴心抗压强度设计值： $f_c = 18425 / 1.4 = 13160.7143 \text{ kPa}$

基桩设计横截面积： $A_p = 0.4^2 \times 3.1416 = 0.502656 \text{ m}^2$

单桩承载力验算值： $Q = 13160.7143 \times 0.502656 = 6615.31 \text{ kN}$

单桩承载力验算值  $6615.31 \text{ kN} \cong$  单桩承载力设计值  $6500 \text{ kN}$ ，芯样混凝土强度可满足设计要求。

## 10.2 补强处理技术

10.2.1、10.2.2 混凝土灌注桩、地下连续墙和地基处理工程，因受岩土工程条件、施工专业技术水平和施工方法不当等复杂因素，许多桩、墙出现桩身缺陷或桩底沉渣，单桩承载力达不到设计的要求，都需要进行加固处理。采用双塞袖阀管注浆法和复合注浆法对桩身缺陷桩底沉渣补强处理技术，是近年来随着各类工程桩的大量应用，以注浆法的理论为基础，结合工程桩的具体条件而发展起来的新兴技术，在国外土木工程建设中得到了广泛的应用。

### 1 双塞袖阀管注浆

袖阀管注浆法，是法国 Soletanche 基础工程公司首创的一种注浆法，于上个世纪 50 年代开始广泛用于国际土木工程界。但这一施工方法的缺点是灌浆段长度和位置是固定的，不能根据缺陷实际情况调整灌浆段长度和位置。

目前常用的注浆有花管注浆和双塞袖阀管注浆两种施工方法。本规程采用双塞袖阀管注浆，即单向袖阀管结合双塞注浆器注浆，这种注浆效果好的优点是，

能定点、定量，一孔能多次、重复注浆是一般花管注浆无法代替的。

双塞袖阀管注浆工法是在袖阀管注浆法基础上改进后的新工法。它以注浆法的理论为基础，结合桩、墙的具体条件，将既有流动性又有胶凝性的浆液，按规定的浓度，通过特设的袖阀管和双塞注浆器压送到原钻芯孔中去，水泥浆在压力作用下通过注浆管浆液渗透到检测桩身、墙身及底部缺陷部位的裂隙或沉渣中，充填和挤密其中的空隙，在缺陷部位形成致密胶结物，达到修复提高缺陷部位的混凝土强度，以满足设计对桩、墙体的质量要求。

这种注浆方法其适应性强，能进行定深、定量、分序、分段、间歇、重复注浆，集中了劈裂注浆法、压（挤）密注浆法与渗入注浆法的优点，且发生冒浆与串浆的可能性很小等特点，被国内公认为最可靠的注浆工法之一。

其施工工艺流程为下述七步骤：

- 1) 钻孔。利用原钻芯孔，认真确定孔内缺陷的位置、类型和程度；
- 2) 高压冲洗原钻芯孔。用清水冲洗孔内杂物，排除粗颗粒渣土，和有缺陷部位软弱成份，以形成可灌性好的空间，增加固结体粘结强度，因此清洗效果是缺陷处理段效果好坏的关键环节；
- 3) 浇注套壳料。在钻芯孔中插入无孔眼的钢管，并通过此管压入套壳料，直至孔内清水完全被顶出孔外为止。套壳料的基本功能为封闭袖阀管与钻芯孔壁之间的环状空间，防止灌浆时浆液到处流窜起到固管止浆。但套壳料（1）力学强度要适宜，高强度套壳料对防止浆液串冒是有利的，但却不利于开环；低强度套壳虽有利于开环，却容易使浆液向上串冒。因此，套壳料的强度必须兼顾开环和防止串浆的需要；（2）收缩性要小，凝结后不致和袖阀管脱开；（3）脆性较高，以增加开环后的破碎程度；
- 4) 插入单向袖阀管，袖阀管可用内径 $\phi 50\text{mm}$ 钢管。把底端封闭的袖阀管压入孔内，袖阀管是浆液进入地层的通道，为使套壳料的厚度均匀，应设法使袖阀管位于钻孔的中心。单向注浆阀管结构主要由注浆段带射浆孔的花管和非注浆段侧壁无孔实管两部分构件组成：（1）单向注浆花管，是一种只能向管外出浆，不能向管内返浆的单向闭合装置。为了进行灌浆花管应根据各缺陷位置、深度与长度设置，管子侧壁与相对应的桩身或墙身缺陷段，进行分段分组设置每组由12~16个梅花形射浆孔，孔径8mm组成；（2）橡皮套，每组射浆



孔的外部都要包裹 1~2 层橡皮套，橡皮套应紧贴花管，为防止橡皮套上下错位，在橡皮套的两边还焊以定位环圈。在把袖阀管放入钻孔时，橡皮套的作用是防止泥浆或套壳料进入管内；灌浆时，橡皮套被灌浆压力冲开，使浆液穿过套壳料进入桩身或墙身缺陷地段，而当停止灌浆时橡皮套又弹回并压紧袖阀管，防止浆液回流进入管内。橡皮套在灌浆过程中起到逆止阀门的作用。

5) 管线连接双塞注浆器。在套壳料达到一定龄期后，在单向袖阀管内下入注浆器，注浆器的中间约 20cm 长开槽孔，在其上下各带有止浆塞，将注浆压力管与单向袖阀管内的注浆器进行连接。因为注浆器具有上下 2 个阻塞器，阻塞器在光滑的袖阀管中可以自由移动，能将浆液限定在注浆区域的任一段范围内进行灌注，达到分段注浆的目的；

6) 开环灌浆。所谓开环是待套壳料初凝具有一定强度后，将带双塞的注浆器从袖阀管中下到注浆位置。注意在袖阀管内下入双塞注浆器时，应将注浆出浆部位对准花管上的欲开环注浆的环排孔位，并压紧止浆栓塞，再用稀浆快速升压开环。通过灌浆泵施加压力把套壳压裂，为浆液进入桩身或墙身缺陷位置打开通路，可见开环质量好坏将直接影响灌浆质量。但打通袖阀管注浆管，应在套壳料注浆结束后 6 小时进行（初凝后终凝前）；

良好的开环标准：(1) 套壳未破坏前，泵压随时间而增大，流量则始终为零；(2) 套壳破坏后，积聚在套壳内的能量突然释放，泵压聚降。在这种情况下，即便开环压力较大，也不会给受灌缺陷段带来危害；(3) 当继续施加泵压时，流量与压力的关系接近无套壳时缺陷段的吸浆量情况，在较小的灌浆压力下，究能产生较大的注入量。

开环方法有慢速法、快速开环和间歇法：(1) 慢速法：用清水或浆液开环，泵压由小到大逐级施加，每级压力须稳定 2~3min，并测读每级压力相应的吸水量，直至套壳开始吸水和压力表压力有所下降时，即为临界开环压力；(2) 快速开环：采用较大的起始泵压、较短的升压间隔时间和较大的压力增值进行开环。开环的标志与慢速法同。当套壳的厚度在同一断面上不一定均匀的，慢速法很可能首先在套壳最薄弱处破坏，导致不均匀的或局部破坏；快速法可在一定程度上克服所述缺点，使套壳破裂程度和均匀性提高；(3) 当采用较大压力仍不能开环时，可在一定时间后再用同样的压力重复开环，一般重复 2~3 次后

即可收效。

7) 灌浆, 在单向袖阀管内放入双向密封注浆芯管, 一般采用自下而上对准桩身或墙身缺陷段分段灌浆。袖阀管灌浆的主要优点: (1) 可根据需要灌注任何一个灌浆段, 还可以重复灌浆; (2) 可使用较高的灌浆压力, 灌浆时冒浆和串浆的可能性小。

注浆施工主要参数:

1) 注浆主剂。主要为水泥, 在某些特殊条件下采用矿渣水泥、火山灰水泥和抗硫酸盐水泥等。对于本规程无特殊要求的灌浆补强工程, 也是应用最广的普通硅酸盐水泥。灌浆补强与混凝土灌注桩或地下连续墙的设计强度有关, 也与普通硅酸盐水泥强度等级和采用的水灰比有密切关系。因此, 目前注浆水泥采用强度等级一般不低于 42.5 级的普通硅酸盐;

2) 水灰比, 即水与水泥的比值。水灰比越小, 水泥浆强度越高; 水灰比越大, 水泥浆强度越低。但水泥浆的和易性与流动性, 又受到水灰比大小的制约。水灰比太小影响水泥浆的易和性、流动性与可灌性; 水灰比太大则影响水泥浆补强加固效果。因此, 一般水灰比采用 0.5~0.6 为宜, 并在水泥浆中外加剂, 以改善水泥浆液的性能, 如: 采取外加减水剂予以处理;

3) 外加剂。混凝土外加剂是指在拌制混凝土的过程中掺入用以改善混凝土性能的物质。混凝土外加剂的掺量一般不大于水泥质量的 5%。混凝土外加剂产品的质量必须符合国家标准《混凝土外加剂》(GB8076-2008) 的规定。按主要功能分为四类: (1) 改善混凝土拌合物流动性、和易性能的外加剂, 包括各种减水剂、引气剂和泵送剂等; (2) 调节混凝土凝结时间、硬化性能的外加剂, 包括缓凝剂、早强剂和速凝剂等; (3) 改善混凝土耐久性的外加剂, 包括引气剂、防水剂和阻锈剂等; (4) 改善混凝土其他性能的外加剂, 包括加气剂、膨胀剂、防冻剂、着色剂、防水剂和泵送剂等。例如: 套壳料为防止混凝土干裂收缩与袖阀管脱开影响注浆效果常用防干裂, 速凝、早强的外加剂; 为增加水泥浆的和易性、流动性及提高水灰比常用减水剂等。只有掺用高效减水剂, 配制高施工性、高强度、高耐久性的高性能混凝土才有可能实现。

4) 注浆速度, 套壳料注浆每分钟泵量大于袖阀管注浆泵量; 袖阀管注浆泵量与缺陷程度有关, 缺陷严重, 缺陷区连通性好, 浆液流动相对较快, 必要

时采用间歇式注浆；

5) 注浆压力。注浆过程中主要通过听声音、看压力、看注浆量（有前面灌浆现场施工性试验取得参考数据）来判断注浆的实施效果。注浆中应密切注意注浆压力的变化。每段注浆时，压力表应出现两次峰值，在注浆刚开始，出现第一次峰值，持续的时间很短；随后压力逐渐下降在一定范围内相对平稳，持续时间在一分钟左右，压力表出现第二次峰值，当出现第二次峰值后，将注浆内管上提进行下一段注浆。压力表出现第一次峰值是由于套壳料引起的，当套壳料被挤碎，这个峰值很快下降；随着浆液的注入，桩身或墙身的缺陷部位地空隙被填充，注浆压力也逐渐增大，达到第二次峰值。结束标准：保持注浆压力(3.0~4.0MPa)下，并稳压 20 分钟，即可结束注浆。

6) 压浆量控制，套壳料注浆以孔口冒浆为标准，袖阀管注浆在终压作用下，吸浆量逐步减少并稳定为标准，如局部连通性较好，可采用间歇注浆、减小水灰比等方法。

## 2 复合注浆法

是将双塞袖阀管注浆法和高压旋喷注浆法进行时序结合发挥两种注浆技术优势的一种新型注浆技术。在实际工程中有些情况，单一的高压注浆技术因其固有的缺陷，有时满足不了各种复杂条件下的工程需要。如何有效的提高补强处理技术是摆在我们工程技术人员面前的一个难题。因此，先采用高压旋喷注浆成桩柱体，再采用双塞袖阀管注浆增强旋喷效果，扩散加固浆液，防止固结收缩，消除注浆盲区。将复合注浆方法应用在桩基础加固中，能充分发挥双塞袖阀管注浆法和高压旋喷注浆法的优点，克服其缺点，适用范围广、加固效果好，能更好地保证加固的成功率和安全性。

采用上述方法，对桩身缺陷和桩底沉渣补强加固处理与其他施工处理方案相比较，既具有大量节约处理费用，施工方法简单、易行的优点，又不改变原有结构形式的作用。

其施工工序，包括原桩芯孔——高压旋喷清洗——高压旋喷注浆——袖阀管注浆等几个主要的环节。

### 复合注浆法的浆液材料

1) 主剂:采用水泥浆为主剂，对加固补强注浆时水泥一般采用强度等级

为 42.5 级的早强型普通硅酸盐水泥。对桩基础或地下连续墙缺陷进行加固补强注浆时，为了获得较高的固结体强度，可采用高强度的 52.5 级的普通硅酸盐水泥；

2) 外加剂和掺和量：常用外加剂为速凝剂、早强剂和减水剂等。用以改善混凝土性能的物质。混凝土外加剂的掺量一般不大于水泥质量的 5%；

3) 浆液水灰比不大于 0.5。当水泥浆出现易和性与流动性问题时，宜在水泥浆中添加外加剂，以改善水泥浆液的性能，如：采取外加减水剂木质素磺酸钙等予以处理。

#### 复合注浆法加固缺陷桩基的工艺技术

1) 在原桩芯孔上建立孔口注浆装置：孔口注浆装置采用预埋设的方式固定在桩顶注浆孔口，采用水泥浆或水泥水玻璃浆液将孔口装置与钻芯孔之间的间隙固定密封。孔口注浆装置既要满足高压旋喷注浆的要求，又要满足双塞袖阀管注浆要求；

2) 高压旋喷清洗：对钻芯孔及桩身或墙身对桩身或墙身、桩底等缺陷段采用高压旋喷清洗。清洗效果是缺陷段处理效果好坏的关键环节，清洗的目的是将原有缺陷段软弱成分清洗干净，以形成可灌性好的空间。严格保证清洗力度，一方面保证足够的清洗时间，另一方面确认清洗返回水流中不含泥沙或很少泥沙时才停止清洗；

3) 高压旋喷注浆：在清洗干净后，将带有硬质合金喷嘴的注浆管下入孔底设计深度后，对缺陷段以及上下结合段从下而上进行高压旋喷注浆，注浆压力不小于 20MPa，旋转速度控制在 10~15 r/min，提升速度为 15~20 cm/min。水泥浆液浓度在保证设计强度的基础上要比不同高压旋喷桩旋喷施工用浆稍浓。每孔旋喷注浆至孔口返浆并达到接近进浆浓度为止。当高压旋喷注浆完毕应速拔出注浆管，为防止浆液凝固收缩影响桩顶高程，必要时可在原孔位采用冒浆回灌或第二次注浆等措施；

4) 双塞袖阀管注浆：在高压旋喷注浆结束后水泥浆液初凝前，迅速压入一根由  $\phi 50$  封底锥形堵头钢管，分段制作的注浆花管（单向阀管），花管长度及埋设位置对应桩身缺陷部位，注浆时把密封双塞的注浆器插入管内喷射浆液，逐步提升芯管，使浆液在静态液压下注入桩（墙）体缺陷部位，即可实现逐段分

层注浆目的。注意在袖阀管内下入双塞注浆枪时，应将注浆出浆部位对准花管上的欲开环注浆的环排孔位，并压紧止浆栓塞，再用稀浆逐级升压或快升压开环。

袖阀管注浆开始时采用较稀的浆液和较低的注浆压力，随后逐渐增加浆液浓度及加大注浆压力，直至设计注浆量和注浆压力为止，一般袖阀管注浆在浆液终凝前需进行 2~3 次灌注。其目的是通过增大浆液浓度来达到提高注浆体强度。阀管压浆压力大小视实际情况灵活掌控，注浆压力需根据每个工程的注浆部位进行注浆压力设计。

10.2.3 补强加固处理是属隐蔽工程，大量工程实践实例证明，补强加固处理地基基础，是一项经验性很强的技术工作。相同的处理工艺，相同的设备，在不同的基础工程上处理效果不尽相同，由于施工检测是控制质量的有效手段。为确保工程安全，必须对处理后的基础工程进行检测。

通过声波透射法、高、低应变法检测可了解：1) 袖阀管分段设置的花管长度及埋设位置，是否对应桩身缺陷部位；2) 袖阀管内下入双塞注浆器时，是否将注浆出浆部位对准花管上的欲开环注浆的环排孔位；3) 注浆施工材料、施工工艺和施工方案是否达到预期效果。若尚未达到设计要求，宜根据施工情况及时调整施工工艺和施工参数，进行二次注浆补强施工补救。并按国家有关规定进行工程质量检验和验收。

对重要工程除了应用上述检测方法外，尽量选用声波透射法检测是最直观、最可靠，最安全，避免受其它因素干扰而产生误判的检测方法。

采用声波透射法检测时应注意的问题：

- 1 当声测管采用两管或三管时，声管材质应选用钢管、镀锌管，若单管声波检测应选用能承受抗压高强度的工程 PVC 管；

- 2 声波透射检测可以利用留在孔内的注浆管，但要求注浆管当完成注浆工作任务后，必需及时注浆将管内残留的泥浆冲洗干净，以备检测时所用。

# www.bzxz.net

免费标准下载网