

江苏建科建筑技术培训中心

取芯法检测

—— 补充讲义 ——



侯玉宾 副教授

参培须知

- 1、参培学员应按课程表和分班表中的内容、时间及要求参加培训。
- 2、参培学员应服从教务安排，不得无故缺席、早退，认真做好笔记，课堂上应将手机调至静音或关机状态。
- 3、培训期间须爱护一切公物，禁止在课桌上乱写乱画，如有损坏须照价赔偿。严禁吸烟，不得随地吐痰，不得乱扔纸屑和其它杂物。
- 4、培训期间学员须自行保管好学习资料及财物，如有遗失责任自负。
- 5、学员食宿自理，住宿请按酒店入住要求办理相关手续。
- 6、参培企业**发票统一快递**，能力水平评价期间不予换领发票。
- 7、本期能力水平评价具体时间和准考证打印，请关注**江苏建科建筑技术培训中心网站 <http://jkpx.jsqjtc.com/>**。
- 8、会务专用房间：民国楼一楼 B101 咨询电话：13770773113 田老师
- 8、培训地点：**南京市鼓楼区中山北路 178 号 华江饭店 民国楼二楼(V288)**。

培训地点路线图



2019年全省第四期建设工程质量检测人员培训班 培训课程及分班表

日期	时间		培训方式	培训项目	参培地区
11.19 ~ 12.09	全天		网络培训	静载试验（检测员班）	缴费完成后自动开通
			网络培训	静载试验（检测工程师班）	
			网络培训	锚杆承载力试验（检测员班）	
			网络培训	锚杆承载力试验（检测工程师班）	
			网络培训	取芯法检测（检测员班）	
			网络培训	取芯法检测（检测工程师班）	
11.24 周日	全天	09:30 ~17:30	报到、办理相关手续，领取培训讲义		
11.25 周一	上午	08:00 ~10:00	面授培训	高应变法检测（检测员班）	全省
	上午	10:00 ~12:00	面授培训	高应变法检测（检测工程师班）	全省
	下午	13:00 ~15:00	面授培训	声波透射法检测（检测员班）	全省
	下午	15:00 ~17:00	面授培训	声波透射法检测（检测工程师班）	全省
11.26 周二	上午	8:30 ~11:30	面授培训	低应变法检测（检测工程师）	全省
	下午	13:30 ~15:00	面授培训	低应变法检测（检测员班）	全省

备注：本期学员请按规定的分班班次参加培训。

目 录

第一节	概述	1
第二节	适用范围	1
第三节	设备	2
第四节	现场操作	8
第五节	芯样试件截取与加工	14
第六节	芯样抗压强度试验	17
第七节	检测数据分析与判定	19
第八节	工程应用实例	29

钻芯法检测

第一节 概述

基桩质量检测方法包括静载试验、高应变法检测、低应变法检测、声波透射法检测和钻芯法检测等。钻芯法检测是一种微破损或局部破损检测方法，该方法具有科学、直观、实用等优点，它借鉴了地质钻探技术，不仅可检测混凝土灌注桩桩身质量，还可检测桩身混凝土强度、桩底沉渣厚度、桩端持力层岩土性状等，在基桩质量检测中应用效果良好。

第二节 适用范围

本方法适用于除检测混凝土灌注桩桩身完整性外，还可以对其桩长、桩身混凝土强度、桩底沉渣厚度进行有效检测，并可以根据需要对桩端持力层岩土性状、入岩深度进行有效判定或鉴别。

理论上讲，钻芯法对所有混凝土灌注桩均可进行检测。但在检测实践中，当受检桩长径比较大时，因基桩垂直度和钻芯孔垂直度均可能有一定偏差，钻芯孔向下容易钻偏出桩身。因此，如果要求对全桩长进行检测，一般在受检桩桩径不宜小于 800mm、长径比不宜大于 30 时效果更好，否则不能钻至桩底的可能性会加大。如果仅仅是为了抽检桩上部的混凝土强度，则检测效果不受桩径和长径比的影像。

工程实践表明，钻芯法是一种检测钻（冲）孔、人工挖孔等现浇混凝土灌注桩成桩质量的有效方法，该方法不受场地条件、混凝土强度等级的限制，特别适用于大直径混凝土灌注桩的桩身质量检测。钻芯法检测的检测目的主要有以下四个方面：

- 1 检测桩身混凝土质量情况，如桩身混凝土胶结状况、有无气孔、蜂窝麻面、松散或断桩等，确定桩身混凝土强度是否符合设计要求，判定桩身完整性类别。
- 2 桩底沉渣厚度是否符合设计或规范的要求。
- 3 桩端持力层的岩土性状（或强度）和厚度是否符合设计或规范要求。
- 4 测定桩长是否与施工记录桩长一致。

若要判断桩的入岩深度，除在桩身钻取芯样外，还需在桩侧紧靠桩身布置钻孔进行钻探，通过桩侧钻孔结果与桩身钻芯结果对比分析可确定桩的入岩深度。钻芯法也可用于检验地下连续墙混凝土强度、完整性、墙深、沉渣厚度以及持力层的岩（土）性状，并广泛应用于水泥土搅拌桩的桩身质量检测中。

第三节 设备

钻芯法检测对设备的要求主要包括四个方面。

一、宜采用液压操纵的高速钻机。钻机设备参数应符合以下规定：

- 1 额定最高转速不低于 790 转 / 分
- 2 转速调节范围不少于 4 档
- 3 额定配用压力不低于 1.5MPa

二、应采用单动双管钻具，并配备相应的孔口管、扩孔器、卡簧、扶正稳定器、及可捞取松软渣样的钻具，钻杆应顺直，直径宜为 50mm。

根据机械破岩方式，钻进方法可分为回转钻进、冲击钻进、螺旋钻进、振动钻进等。在各种钻进工作中，使用最多的是回转钻进。根据所用钻头不同，回转钻进又可分为金刚石钻进、硬质合金钻进、牙轮钻进和钢粒钻进等，一般仅采用金刚石钻进、硬质合金钻进。

回转钻进是给切削具以轴向压力，并在回转力的作用下，转动钻头，连续破碎岩石的方法。回转钻进采用回转钻机带动钻杆转动，钻杆的下面装有钻头，钻杆转动时带动钻头一起转动。但要有效破碎岩石，还必须给钻头施加一定的压力，从而使钻头能够在转动的同时切入破碎岩石。不同的钻机其加压方式也不相同，有的钻机采用液压加压方法，给钻杆施加压力，再通过钻杆把压力传递给钻头；有的则用机械办法给钻杆施加压力；还有的钻机本身没有加压装置，钻进时在钻头的上面接一根或几根厚壁钻杆，借此供给钻头足够的破岩压力。基桩钻芯法检测一般采用液压钻机进行（如图 11-1）。



图 11-1 液压钻机

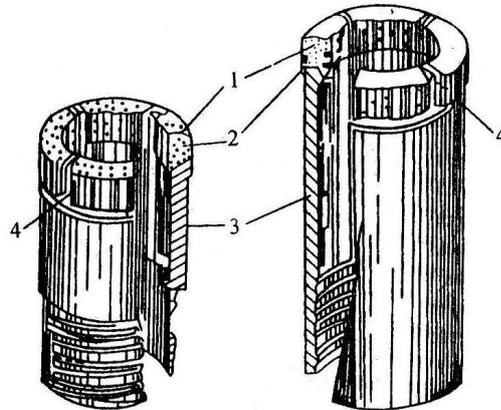
钢粒钻进能通过坚硬岩石，但钻头与切削具是分开的，破碎孔底环状面积大、芯样直径小、芯样易破碎、磨损大、采取率低，不适用于基桩钻芯法检测。硬质合金钻进虽然切削具破坏岩石比较平稳、破碎孔底环状间隙相对较小、孔壁与钻具间隙小、芯样直径大、采取率较好，但是硬质合金钻只适用于小于七级的岩石（按综合指标划分岩石可钻性分级共有十二个级别），不适用于基桩桩身钻芯法检测。金刚石钻头切削刃细、破碎岩石平稳、钻具孔壁间隙小、破碎孔底环状面积小、且由于金刚石较硬、研磨性较强，高速钻进时、芯样受钻具磨损时间短，容易获得比较真实的芯样，是取得第一手真实资料的好办法，因此钻芯法检测应采用金刚石钻进。

灌注桩检测宜采用液压操纵的钻机，并配有相应的钻塔和牢固的底座，机械技术性能良好。应采用带有产品合格证的钻芯设备，钻机的额定最高转速应不低于 790 转 / 分，额定最高转速最好能不低于 1000 转 / 分，转速调节范围应不少于 4 档，额定配用压力应不低于 1.5MPa，配用压力越大钻机可钻孔越深。实践证明，加大钻机的底座重量有利于钻机的稳定性，能保证混凝土芯样质量和取芯率。

钻芯法检测应采用单动双管钻具，并配备相应的孔口管、扩孔器、卡簧、扶正稳定器（又称导向器）、及可捞取松软渣样的钻具。尤其是当桩较长时，应使用扶正稳定器确保钻芯孔的垂直度。早期钻芯法采用单管钻具，实践证明，无法保证混凝土芯样质量。钻杆的粗细也是影响钻孔垂直度的因素之一，选用较粗且平直的钻杆，由于其刚度大，与孔壁的间隙就小，晃动就小，钻孔的垂直度就易保证。钻杆应顺直，直径宜为 50mm。三、应根据混凝土设计强度等级选用合适粒度、浓度、胎体硬度的金刚石钻头，且外径不宜小于 100mm。钻头胎体不得有肉眼可见的裂纹、缺边、少角、倾斜及喇叭口变形。

1) 金刚石钻头基本知识

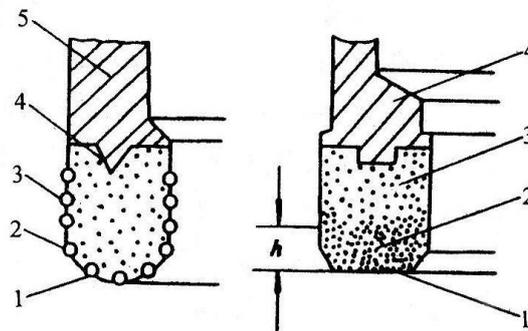
金刚石钻头由三部分组成, 即金刚石、胎体和钻头体。金刚石钻头形式多样, 基本结构如图 11-2 所示。



(a) 表镶钻头 (b) 孕镶钻头
1—金刚石, 2—胎体, 3—钻头体, 4—水口

图 11-2 金刚石钻头结构

金刚石是钻头的刃部, 对于表镶钻头, 金刚石镶嵌在胎体的表层, 如图 11-3a, 孕镶钻头的金刚石是镶嵌在胎体之中, 如图 11-3b。钻头体是指钻头的钢体部分, 用中碳钢制成, 单管钻头的钢体长 71mm, 双管钻头的钢体长 115mm。胎体用于包镶金钢石并与钻头体部分牢固相连, 对胎体的主要要求有: 一是要牢固地包镶金钢石, 对于表镶金钢石更是如此; 二是应有足够的强度, 具有一定的抗冲击能力; 三是要求胎体的硬度、抗冲蚀能力、耐磨性应与所钻介质 (岩体、混凝土等) 的压入硬度、抗压强度、岩粉的冲蚀性、岩石的研磨性相适应。



(a) 表镶钻头 (b) 孕镶钻头

(a) 表镶钻头: 1—底刃金刚石; 2—规径金刚石; 3—侧刃金刚石; 4—胎体; 5—钻头

(b) 孕镶钻头: 1—金刚石; 2—工作部分胎体; 3—非工作部分胎体; 4—钻头体; h —孕镶层高度

图 11-3 金刚石钻头刃部

孕镶金刚石钻头常用胎体硬度及其适用岩层范围见表 11-1。孕镶钻头胎体中单位体积内金刚石含量的多少称为胎体中金刚石的浓度, 其单位为克拉/cm³, 生产厂家一般采用“金刚石制品国际浓度标准”来表示, 即 100%的浓度表示每 1cm³ 中含金刚石 4.39 克拉, 对于不同岩石推荐的金刚石浓度见表 11-2。表镶金刚石钻头胎体表面单面积内金刚石含量的多少称为金刚石在胎体表面分布的密度(简称密度), 以粒/cm² 表示, 对于不同粒度的金刚石应有不同的密度, 常用的密度见表 11-3。金刚石的粒度有两种表示方法, 凡大于 1mm 的金刚石, 通常以粒/克拉(SPC)来表示, 用作于表镶钻头; 直径小于 1mm 的金刚石, 通常以“目”来表示, 用“#”来表示, “目”即网目数, 为筛网每英寸长度内的网眼数, 用作孕镶钻头。大于 1mm 颗粒金刚石又分为, 粗粒: 15~25 粒/克拉; 中粒: 25~40 粒/克拉; 细粒: 40~100 粒/克拉。小于 1mm 颗粒金刚石又分为 24、36、46、60、70、80、100 目等档次。孕镶钻头的人造金刚石粒度与地层的关系见表 11-4。表镶钻头不同粒度的金刚石的适用范围见表 11-5。

表 11-1 钻头胎体硬度及适用范围表

级别	代号	胎体硬度 (HRC)	适用岩层
特软	0	10~20	坚硬致密岩层
软	1	20~30	坚硬的中等研磨性岩层
中软	2	30~35	硬的中等研磨性岩层
中硬	3	35~40	中硬的中等研磨性地层
硬	4	40~45	硬的强研磨性岩层
特硬	5	50	硬、坚硬的强研磨性地层, 硬、脆、碎地

表 11-2 人造孕镶金刚石钻头在不同岩层推荐的金刚石浓度值

代号		1	2	3	4	5
浓度	金刚石制品浓度 (%)	44	50	75	100	125
	相当的体积浓度 (%)	11	12.5	18.8	25	31.5
金刚石的实际含量 (克拉/cm ³)		1.93	2.2	3.3	4.39	5.49
适用岩层		硬-坚硬 弱研磨性	坚硬 弱研磨性	中硬-硬 中等研磨性	硬-中硬强研磨性	

表 11-3 表镶钻头常用金刚石密度表

密度代号	金刚石粒度 (粒/克拉)	钻头胎体上金刚石分布密度 (粒/ cm ²)	适用地层
1	15	≈16	中硬
2	25	≈21	
3	40	≈38	硬
4	55	≈33	
5	75	≈39	硬-坚硬
6	100	≈41	

表 11-4 孕镶钻头金刚石粒度推荐表

金刚石粒度	人造金刚石 (#)	>35/40~45/50	45/50~60/70	60/70~80/100
		天然金刚石 (#)	20/25~30/35	30/35~40/45
岩层		中硬-坚硬		

表 11-5 表镶钻头金刚石粒度推荐表

粒度 (粒/克拉) (SPC)	8~15	15~25	25~40	40~60	60~100
适用岩层	软-中硬	中硬	中硬-硬	硬	硬-坚硬

2) 钻头的选用

应根据混凝土设计强度等级选用合适粒度、浓度、胎体硬度的金刚石钻头, 且外径不宜小于 100mm。为了保证钻芯质量, 应采用符合现行国家专业标准《人造金刚石薄壁钻头》(JC/T 816-1985(1996)) 要求的钻头进行钻芯取样。如钻头胎体有肉眼可见的裂纹裂缝、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。

使用硬质合金钻头, 钻进正常的混凝土, 很难保证混凝土芯样质量。合金钻头价格较低, 对钻取松散部位的混凝土和桩底沉渣, 采用干钻时, 应采用合金钻头。开孔时也可采用合金钻头。

为了避免粗骨料对试件强度的影响, 要求试件尺寸明显大于骨料最大粒径, 如果试件尺寸接近粗骨料粒径, 试件强度可能反映的是粗骨料的强度而不是混凝土的强度。《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204-2011 规定, 检验评定混凝土强度用的混凝土试件的尺寸及强度的尺寸换算系数应按表 11-6 取用。

表 11-6 混凝土试件尺寸及强度的尺寸换算系数

骨料最大粒径 (mm)	试件尺寸(mm)	强度的尺寸换算系数
≤31.5	100×100×100	0.95
≤40	150×150×150	1.00
≤63	200×200×200	1.05

注: 对强度等级为 C60 及以上的混凝土试件, 其强度的尺寸换算系数可通过试验确定。

试验表明, 芯样试件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, 否则试件强度的离散性较大。钻(冲、挖)孔灌注桩和地下连续墙施工中一般选用 20~40mm 的粗骨料。目前, 钻头外径有 76mm、91mm、101mm、110mm、130mm 几种规格, 从经济合理的角度综合考虑, 应选用外径为 101mm 或 110mm 的钻头; 当受检桩采用商品混凝土、骨料最大粒径小于 30mm 时, 可选用外径为 91mm 的钻头; 如果不检测混凝土强度, 可选用外径为 76mm 的钻头。

四、水泵的排水量应为 50~160L / min、泵压为 1.0~2.0MPa。

在各种钻进中, 钻进对冲洗液的要求为: ①冲洗液的性能应能在较大范围内调节, 以便适应钻进各种复杂地层; ②冲洗液应有良好的冷却散热能力和润滑性能; ③冲洗液使用中应能抗外界各种干扰, 性能基本稳定; ④冲洗液的使用应有利于取芯或不妨碍取芯、防斜等工作的进行; ⑤冲洗液应不腐蚀钻具和地面的循环设备, 不污染环境。

冲洗液的主要作用有四点, 一是清洗孔底, 携带和悬浮岩粉; 二是冷却钻头; 三是润滑钻头和钻具; 四是保护孔壁。

基桩钻芯法采用清水钻进。清水钻进的优点是粘度小, 冲洗能力强, 冷却效果好, 可获得较高的机械钻速。水泵的排水量应为 50~160L / min、泵压应为 1.0~2.0MPa。

五、锯切芯样试件用的锯切机应具有冷却系统和牢固夹紧芯样的装置, 配套使用的金刚石圆锯片应有足够刚度。

六、芯样试件端面的补平器和磨平机应满足芯样制作的要求。

第四节 现场操作

一、每根受检桩的钻芯孔数和钻孔位置宜符合下列规定:

1 桩径小于 1.2m 的钻 1~2 孔, 桩径为 1.2~1.6m 的桩钻 2 孔, 桩径大于 1.6m 的桩钻 3 孔。

2 当钻芯孔为一个时, 宜在距桩中心 10~15cm 的位置开孔; 当钻芯孔为两个或两个以上时, 开孔位置宜在距桩中心 0.15~0.25D 内均匀对称布置。

3 对桩端持力层的钻探, 每根受检桩不应少于一孔, 且钻探深度应满足设计要求。

为准确确定桩的中心点, 桩头宜开挖裸露。来不及开挖或不便开挖的桩, 应由经纬仪测出桩位中心。灌注桩在浇注混凝土时存在浇捣不均, 不同深度或同一深度的不同位置混凝土浇捣质量可能不同, 钻芯孔位合理布置, 才能客观反应桩身混凝土的实际情况。当基桩钻芯孔为一个时, 宜在距桩中心 100~150mm 位置开孔, 这主要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布置; 当钻芯孔为两个或两个以上时, 宜在距桩中心 0.15~0.25D 内均匀对称布置。

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安全。《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011 规定: 嵌岩灌注桩要求按端承桩设计, 桩端以下三倍桩径范围内无软弱夹层、断裂破碎带和洞隙分布, 在桩底应力扩散范围内无岩体临空面。虽然施工前已进行岩土工程勘察, 但有时钻孔数量有限, 对较复杂的地质条件, 很难全面弄清岩石、土层的分布情况。因此, 应对桩底持力层进行足够深度的钻探, 每桩至少应有一孔钻至设计要求的深度, 如设计未有明确要求时, 宜钻入持力层 3 倍桩径且不应少于 3m。

二、钻取芯样宜采用液压操纵的高速钻机, 并配置适宜的水泵、孔口管、扩孔器、卡簧、扶正稳定器和可捞取松软渣样的钻具。钻机宜采用岩芯钻探的液压高速钻机, 并配有相应的钻塔和牢固的底座, 机械技术性能良好, 不得使用立轴旷动过大的钻机。钻杆应顺直, 直径宜为 50mm。

钻机设备参数应满足: 额定最高转速不低于 790r/min; 转速调节范围不少于 4 档; 额定配用压力不低于 1.5MPa。

孔口管、扶正稳定器(又称导向器)及可捞取松软渣样的钻具应根据需要选用。桩较长时, 应使用扶正稳定器确保钻芯孔的垂直度。桩顶面与钻机塔座距离大于 2m 时, 宜安装孔口管, 孔口管应垂直且牢固。

三、钻机设备安装必须周正、稳固、底座水平。钻机在钻芯过程中不得发生倾斜、移位,

钻芯孔垂直度偏差不得大于 0.5%。

钻芯设备应精心安装, 钻机立轴中心、天轮中心(天车前沿切点)与孔口中心必须在同一铅垂线上。设备安装后, 应进行试运转, 在确认正常后方能开钻。钻进初始阶段应对钻机立轴进行校正, 及时纠正立轴偏差, 确保钻芯过程不发生倾斜、移位。

金刚石钻头、扩孔器与卡簧的要正确配合使用, 金刚石钻头与岩芯管之间必须安有扩孔器, 用以修正孔壁; 扩孔器外径应比钻头外径大 0.3~0.5mm, 卡簧内径应比钻头内径小 0.3mm 左右; 金刚石钻头和扩孔器应按外径先大后小的排列顺序使用, 同时考虑钻头内径小的先用, 内径大的后用。

桩顶面与钻机塔座距离大于 2m 时, 宜安装孔口管。开孔宜采用合金钻头、开孔深为 0.3~0.5m 后安装孔口管, 孔口管下入时应严格测量垂直度, 然后固定。

钻进过程中, 钻孔内循环水流不得中断, 应根据回水含砂量及颜色调整钻进速度

四、金刚石钻进技术参数和注意事项

1 技术参数

(1) 钻头压力: 钻芯法的钻头压力应根据混凝土芯样的强度与胶结好坏而定, 胶结好、强度高的钻头压力可大, 相反的压力应小; 一般情况初压力为 0.2MPa, 正常压力 1MPa。

(2) 转速: 回次初转速宜为 100r / min 左右, 正常钻进时可以采用高转速, 但芯样胶结强度低的混凝土应采用低转速。

(3) 冲洗液量: 钻芯法宜采用清水钻进, 冲洗液量一般按钻头大小而定。钻头直径为 101mm 时, 其冲洗液流量应为 60~120L / min。

2 金刚石钻进应注意的事项:

(1) 金刚石钻进前, 应将孔底硬质合金捞取干净并磨灭, 然后磨平孔底。

(2) 提钻卸取芯样时, 应使用专门的自由钳拧卸钻头和扩孔器。

(3) 提放钻具时, 钻头不得在地下拖拉; 下钻时金刚石钻头不得碰撞孔口或孔口管上; 发生墩钻或跑钻事故, 应提钻检查钻头, 不得盲目钻进。

(4) 当孔内有掉块、混凝土芯脱落或残留混凝土芯超过 200mm 时, 不得使用新金刚石钻头扫孔, 应使用旧的金刚石钻头或针状合金钻头套扫。

(5) 下钻前金刚石钻头不得下至孔底, 应下至距孔底 200mm 处, 采用轻压慢转扫到孔底, 待钻进正常后再逐步增加压力和转速至正常范围。

(6) 正常钻进时不得随意提动钻具, 以防止混凝土芯堵塞, 发现混凝土芯堵塞时应立

刻提钻，不得继续钻进。

(7) 钻进过程中要随时观察冲洗液量和泵压的变化，正常泵压应为 0.5~1MPa，发现异常应查明原因，立即处理。

钻进中当出现钻芯孔偏出桩体时，应立即停机记录并分析原因。当对钻孔铅直度有争议时，可对钻芯孔倾斜度进行实测，以判断是受检桩倾斜超过规范要求还是钻芯孔倾斜超过规定要求。

五、基桩桩身混凝土钻芯检测，应采用单动双管钻具钻取芯样，严禁使用单动单管钻具。

钻取芯样的真实程度与所用钻具有很大关系，进而直接影响桩身完整性的类别判定。为提高钻取桩身混凝土芯样的完整性，钻芯检测用钻具应为单动双管钻具，明确禁止使用单动单管钻具。

六、每回次钻孔进尺宜控制在 1.5m 内；钻至桩底时，宜采取减压、慢速钻进、干钻等适宜的方法和工艺，钻取沉渣并测定沉渣厚度；对桩底强风化岩层或土层，可采用标准贯入试验、动力触探等方法对桩端持力层的岩土性状进行鉴别。

1 桩身钻芯技术

基桩桩身混凝土钻芯检测，应采用单动双管钻具钻取芯样，严禁使用单动单管钻具。在钻进尤其是前几米的钻进过程中，应经常对钻机立轴垂直度进行校正，可用垂直吊线法校正，即在钻机两侧吊两根与立轴平行的铅垂线，如发现平行出现偏差，应及时纠正立轴偏差，同时应注意钻机塔座的稳定性，确保钻芯过程不发生倾斜、移位。如果发现芯样侧面有明显的波浪状磨痕、或芯样端面有明显磨痕，应查找原因，如重新调整钻头、扩孔器、卡簧的搭配，检查塔座是否牢固稳定等。因为钻进过程中钻孔内循环水流不会中断，因此可根据回水含砂量及颜色。钻探过程中发现异常时，应立即分析其原因，根据发现的问题采用适当的方法和工艺，尽可能地采取芯样，或通过观察回水含砂量及颜色、钻进的速度变化，结合施工记录及已有的地质资料，判断是否钻至桩端持力层，并综合判断缺陷位置和程度，保证检测质量。为保证芯样原始状态，提钻卸取芯样时，应拧卸钻头和扩孔器，严禁敲打卸芯。

应区分松散混凝土和破碎混凝土芯样，松散混凝土芯样完全是施工所致，而破碎混凝土仍处于胶结状态，但施工造成其强度低，钻机机械扰动使之破碎。

松散的混凝土应采用合金钻“烧结法”钻取，必要时应回灌水泥浆护壁，待护壁稳定

后再钻取下一段芯样。钻至桩底时, 为检测桩底沉渣或虚土厚度, 应采用减压、慢速钻进。若遇钻具突降, 应即停钻, 及时测量机上余尺, 准确记录孔深及有关情况。

2 桩底钻芯技术

钻至桩底时, 应采取适宜的钻芯方法和工艺钻取沉渣并测定沉渣厚度。一般说来, 钻至桩底时, 为检测桩底沉渣或虚土厚度, 应采用减压、慢速钻进, 若遇钻具突降, 应立即停钻, 及时测量机上余尺, 准确记录孔深及有关情况。当持力层为中、微风化岩石时, 可将桩底 0.5m 左右的混凝土芯样、0.5m 左右的持力层以及沉渣纳入同一回次。当持力层为中、微风化岩石时, 可将桩底 0.5m 左右的混凝土芯样、0.5m 左右的持力层以及沉渣纳入同一回次。当持力层为强风化岩层或土层时, 钻至桩底时, 立即改用合金钢钻头干钻反循环吸取法等适宜的钻芯方法和工艺钻取沉渣并测定沉渣厚度。

对中、微风化岩的桩端持力层, 可直接钻取岩芯鉴别; 对强风化岩层或土层, 可采用动力触探、标准贯入试验等方法鉴别。试验宜在距桩底 1m 内进行, 并准确记录试验结果; 根据试验结果及钻取芯样综合鉴别岩性。

七、钻取的芯样应按回次顺序放进芯样箱中。检测人员应按本规范表 D.0.1-1 的格式记录钻进情况和钻进异常情况, 对芯样质量进行初步描述, 并应按本规范表 D.0.1-2 的格式对芯样混凝土、桩底沉渣以及桩端持力层详细编录。有条件时, 可采用孔内摄像辅助判断混凝土质量。

检测人员对桩身混凝土芯样的描述包括桩身混凝土钻进深度, 芯样连续性、完整性、胶结情况、表面光滑情况、断口吻合程度、混凝土芯样是否为柱状、骨料大小分布情况, 气孔、蜂窝麻面、沟槽、破碎、夹泥、松散的情况, 以及取样编号和取样位置。

检测人员对持力层的描述包括持力层钻进深度, 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, 以及取样编号和取样位置, 或动力触探、标准贯入试验位置和结果。分层岩层应分别描述。

钻取的芯样应由上而下按回次顺序放置, 每个回次的芯样应排成一排。为了避免丢失或人为调换, 芯样侧面上应清晰标明回次数、块号、本回次总块数, 采用写成带分数的形式是比较好的惟一性标识方法, 具有较好的溯源性, 如第 2 个回次共有 5 块芯样,

在第 3 块芯样上标记 $2\frac{3}{5}$, 那么 $2\frac{3}{5}$ 可以非常清楚地表示出这是第 2 回次的芯样, 第 2 回次共有 5 块芯样, 本块芯样为第 3 块。有时由于现场管理不到位, 现场人员未分工或分

工不合理, 往往未填写或未及时填写钻芯现场记录表, 或填写不规范, 或未使用芯样箱, 芯样未编号或未及时编号, 或编号不符合要求, 芯样随意摆放, 本应能拼接上的, 结果人为地造成芯样拼接不上, 碎块未摆上去, 甚至发生芯样丢失现象。一般来说, 应该一个回次摆成一排。应按表 11-7 的格式及时记录钻进情况和钻进异常情况, 对芯样质量做初步描述, 描述内容包括记录孔号、回次数、起至深度、块数、总块数等信息。

表 11-7 钻芯法检测现场操作记录表 (规范表 D.0.1-1)

桩号		孔号			工程名称			
时间		钻进 (m)			芯样 编号	芯样长度 (m)	残留 芯样	芯样初步描述及 异常情况记录
自	至	自	至	计				
检测日期					机长: 记录: 页次:			

八、应按表 11-8 的格式对芯样混凝土、桩底沉渣以及桩端持力层状况做详细编录。对桩身混凝土芯样的描述包括混凝土钻进深度、芯样连续性、完整性、胶结情况、表面光滑情况、断口吻合程度、混凝土芯是否为柱状、骨料大小分布情况, 气孔、蜂窝麻面、沟槽、破碎、夹泥、松散的情况, 并记录取样编号和取样位置。

对持力层的描述包括持力层钻进深度, 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, 以及取样编号和取样位置, 或动力触探、标准贯入试验位置和结果, 分层岩层应分层进行描述。

表 11-8 钻芯法检测芯样编录表（规范表 D.0.1-2）

工程名称				日期		
桩号/钻芯孔号		桩径		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
桩身混凝土		混凝土钻进深度，芯样连续性、完整性、胶结情况、表面光滑情况、断口吻合程度、混凝土芯是否为柱状、骨料大小分布情况，以及气孔、空洞、蜂窝麻面、沟槽、破碎、夹泥、松散的情况				
桩底沉渣		桩端混凝土与持力层接触情况、沉渣厚度				
持力层		持力层钻进深度，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；分层岩层应分层描述			（强风化或土层时的动力触探或标贯结果）	

检测单位：

记录员：

检测人员：

九、钻芯结束后，应对芯样和钻探标示牌的全貌进行拍照

芯样和钻探标示牌的内容包括：工程名称、桩号、钻芯孔号、芯样试件采取位置、桩长、孔深、检测单位名称等，可将一部分内容在芯样上标识，另一部分标识在指示牌上。应对全貌拍完彩色照片后（参见图 11-4），再截取芯样试件。取样完毕剩余的芯样宜移交委托单位妥善保存。

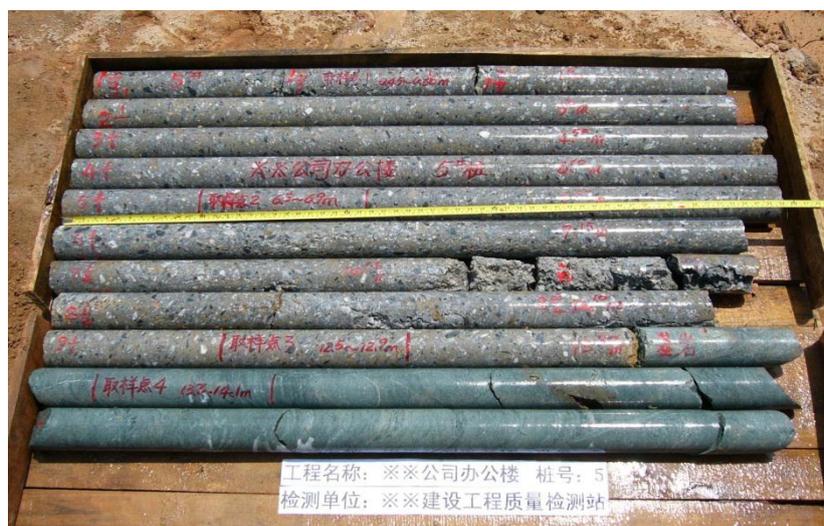


图 11-4 芯样照片示意图

十、当单桩质量评价满足设计要求时，应从钻芯孔孔底往上用水泥浆回灌封闭；当单桩质量评价不满足设计要求时，应封存钻芯孔，留待处理。

钻芯工作完毕，如果钻芯法检测结果满足设计要求时，应对钻芯后留下的孔洞回灌封闭，以保证基桩的工作性能；可采用 0.5~1.0MPa 压力，从钻芯孔孔底往上用水泥浆回灌封闭，水泥浆的水灰比可为 0.5~0.7。如果钻芯法检测结果不满足设计要求时，则应封存钻芯孔，留待处理。钻芯孔可作为桩身桩底高压灌浆加固补强孔。

为了加强基桩质量的追溯性，要求在试验完毕后，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。

第五节 芯样试件截取与加工

一、截取混凝土抗压芯样试件应符合下列规定：

1 当桩长小于 10m 时，每孔应截取 2 组芯样；当桩长为 10m~30m 时，每孔应截取 3 组芯样，当桩长大于 30m 时，每孔应截取芯样不少于 4 组；

2 上部芯样位置距桩顶设计标高不宜大于 1 倍桩径或超过 2m，下部芯样位置距桩底不宜大于 1 倍桩径或超过 2m，中间芯样宜等间距截取；

3 缺陷位置能取样时，应截取 1 组芯样进行混凝土抗压试验；

4 同一基桩的钻芯孔数大于 1 个，且某一孔在某深度存在缺陷时，应在其他孔的该深度处，截取 1 组芯样进行混凝土抗压强度试验。

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，即在钻芯法受检桩的芯样中截取一批芯样试件进行抗压强度试验，采用统计的方法判断混凝土强度是否满足设计要求。但在应用上存在以下一些困难：一是由于基桩施工的特殊性，评价单根受检桩的混凝土强度比评价整个桩基工程的混凝土强度更合理。二是混凝土桩应作为受力构件考虑，薄弱部位的强度（结构承载能力）能否满足使用要求，直接关系到结构安全。综合多种因素考虑，规定按上、中、下截取芯样试件。

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，无论是严把质量关，尽可能查明质量隐患，还是便于设计人员进行结构承载力验算，都有必要对缺陷部位的芯样进行取样试验。因此，缺陷位置能取样试验时，应截取一组芯样进行混凝土抗压试验。

5 如果同一基桩的钻芯孔数大于一个，其中一孔在某深度存在蜂窝麻面、沟槽、

空洞等缺陷，芯样试件强度可能不满足设计要求，按本规范第 7.6.1 条的多孔强度计算原则，在其他孔的相同深度部位取样进行抗压试验是非常必要的，在保证结构承载能力的前提下，减少加固处理费用。由于基桩施工的特殊性，评价单根受检桩的混凝土强度比评价整个桩基工程的混凝土强度更合理。

6 混凝土桩应作为受力构件考虑，薄弱部位的强度（结构承载能力）能否满足使用要求，直接关系到结构安全。

综合多种因素考虑，规定按上、中、下截取芯样试件的原则，同时对缺陷和多孔取样作了规定。

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，无论是严把质量关，尽可能查明质量隐患，还是便于设计人员进行结构承载力验算，都有必要对缺陷部位的芯样进行取样试验。因此，缺陷位置能取样试验时，本条明确规定应截取一组芯样进行混凝土抗压试验。

如果同一基桩的钻芯孔数大于一个，其中一孔在某深度存在蜂窝麻面、沟槽、空洞等缺陷，芯样试件强度可能不满足设计要求，按第 7.6.1 条的多孔强度计算原则，在其他孔的相同深度部位取样进行抗压试验是非常必要的，在保证结构承载能力的前提下，减少加固处理费用。

二、当桩端持力层为中、微风化岩层且岩芯可制作成试件时，应在接近桩底部位 1m 内截取岩石芯样；遇分层岩性时，宜在各分层岩面取样。岩石芯样的加工和测量应符合规范 JGJ106-2014 附录 E 的规定。

由于单个岩石芯样截取的长度至少是其直径的 2 倍，通常在桩底以下 1m 范围内很难截取 3 个完整芯样，因此本次修订取消了原规范截取岩石芯样试件数量为“一组 3 个”的要求。

为便于设计人员对端承力的验算，提供分层岩性的各层强度值是必要的。为保证岩石天然状态，拟截取的岩石芯样应及时密封包装后浸泡在水中，避免暴晒雨淋，特别是软岩。

三、每组混凝土芯样应制作 3 个抗压试件。混凝土芯样试件的加工和测量应符合规范 JGJ106-2014 的规定。

对于基桩混凝土芯样来说, 芯样试件可选择的余地较大, 因此, 为了避免试件强度的离散性较大, 在选取芯样试件时, 应观察芯样侧表面的表观混凝土粗骨料粒径, 确保芯样试件平均直径不小于 2 倍表观混凝土粗骨料最大粒径。

为了避免再对芯样试件高径比进行修正, 规定有效芯样试件的高度不得小于 $0.95d$ 且不得大于 $1.05d$ 时 (d 为芯样试件平均直径)。

附录 E 规定平均直径测量精确至 0.5mm ; 沿试件高度任一直径与平均直径相差达 2mm 以上时不得用作抗压强度试验。这里作以下几点说明:

1 一方面要求直径测量误差小于 1mm , 另一方面允许不同高度处的直径相差大于 1mm , 增大了芯样试件强度的不确定度。考虑到钻芯过程对芯样直径的影响是强度低的地方直径偏小, 而抗压试验时直径偏小的地方容易破坏, 因此, 在测量芯样平均直径时宜选择表观直径偏小的芯样部位。

2 允许沿试件高度任一直径与平均直径相差达 2mm , 极端情况下, 芯样试件的最大直径与最小直径相差可达 4mm , 此时固然满足规范规定, 但是, 当芯样侧表面有明显波浪状时, 应检查钻机的性能, 钻头、扩孔器、卡簧是否合理配置, 机座是否安装稳固, 钻机立轴是否摆动过大, 提高钻机操作人员的技术水平。

3 在诸多因素中, 芯样试件端面的平整度是一个重要的因素, 容易被检测人员忽视, 应引起足够的重视。

规范 JGJ106-2014 附录 E 芯样试件加工和测量

E.0.1 应采用双面锯切机加工芯样试件。芯样加工时应将芯样固定, 锯切平面垂直于芯样轴线。锯切过程中应淋水冷却金刚石圆锯片。

E.0.2 锯切后的芯样试件, 当试件不能满足平整度及垂直度要求时, 应选用以下方法进行端面加工:

在磨平机上磨平;

用水泥砂浆、水泥净浆、硫磺胶泥或硫磺等材料在专用补平装置上补平; 水泥砂浆或水泥净浆的补平厚度不宜大于 5mm , 硫磺胶泥或硫磺的补平厚度不宜大于 1.5mm 。

E.0.3 补平层应与芯样结合牢固, 受压时补平层与芯样的结合面不得提前破坏。

E.0.4 试验前, 应对芯样试件的几何尺寸做下列测量:

- 1 平均直径: 在相互垂直的两个位置上, 用游标卡尺测量芯样表观直径偏小的部位的直径, 取其两次测量的算术平均值, 精确至 0.5mm;
- 2 芯样高度: 用钢卷尺或钢板尺进行测量, 精确至 1mm;
- 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°;
- 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。

E.0.5 芯样试件出现下列情况时, 不得用作抗压或单轴抗压强度试验:

- 1 试件有裂缝或有其他较大缺陷时;
- 2 混凝土芯样试件内含有钢筋时;
- 3 混凝土芯样试件高度小于 0.95d 或大于 1.05d 时 (d 为芯样试件平均直径);
- 4 岩石芯样试件高度小于 2.0d 或大于 2.5d 时;
- 5 沿试件高度任一直径与平均直径相差达 2mm 以上时;
- 6 试件端面的不平整度在 100mm 长度内超过 0.1mm 时;
- 7 试件端面与轴线的不垂直度超过 2°时;
- 8 表观混凝土粗骨料最大粒径大于芯样试件平均直径 0.5 倍时。

第六节 芯样抗压强度试验

钻芯法检测对芯样的抗压强度试验, 应按以下规定进行。

一、芯样试件制作完毕可立即进行抗压强度试验。

混凝土芯样试件的含水量对抗压强度有一定影响, 含水量越大强度越低。这种影响也与混凝土的强度有关, 强度等级高的混凝土的影响要小一些, 强度等级低的混凝土的影响要大一些。据国内一些单位试验分析, 泡水后的芯样强度比干燥状态芯样强度下降 7%~22%, 平均下降 14%。

根据桩的工作环境状态, 试件宜在 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的清水中浸泡一段时间后进行抗压强度试验。如广东省标准《基桩和地下连续墙钻芯检验技术规程》DBJ15-28-2001 规定: 芯样试件宜在与被检测对象混凝土湿度基本一致的条件下进行试验。基桩混凝土一般位于地下水位以下, 考虑到地下水的作用, 应以饱和状态进行试验。按饱和状态进行试验时, 芯样试件在受压前宜在 $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的清水中浸泡 40~48h, 从水中取出后应立即进行抗压强度试验。

根据桩的工作环境状态, 试件宜在 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的清水中浸泡一段时间后进行抗压强度

试验。本条规定芯样试件加工完毕后，即可进行抗压强度试验，一方面考虑到钻芯过程中诸因素影响均使芯样试件强度降低，另一方面是出于方便考虑。

二、混凝土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/T50081-2002 的有关规定执行。

芯样试件抗压破坏时的最大压力值与混凝土标准试件明显不同，芯样试件抗压强度试验时应合理选择压力机的量程和加荷速率，保证试验精度。

三、抗压强度试验后，若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。

当出现截取芯样未能制作成试件、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时，应重新截取芯样试件进行抗压强度试验。条件不具备时，可将另外两个强度的平均值作为该组混凝土芯样试件抗压强度值。在报告中应对有关情况予以说明。

四、混凝土芯样试件抗压强度应按下列公式计算：

$$f_{cu} = \xi \cdot \frac{4P}{\pi d^2} \quad (7.5.4)$$

式中 f_{cu} ——混凝土芯样试件抗压强度（MPa），精确至 0.1MPa；

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）；

ξ ——混凝土芯样试件抗压强度折算系数，应考虑芯样尺寸效应、钻芯机械对芯样扰动和混凝土成型条件的影响，通过试验统计确定；当无试验统计资料时，宜取为 1.0。

混凝土芯样试件的强度值不等于在施工现场取样、成型、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。广东有 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。为考察小芯样取芯的离散性（如尺寸效应、机械扰动等），广东、福建、河南等地 6 家单位在标准立方体试块中钻取芯样进行抗压强度试验（强度等级 C15~C50，芯样直径 68~100mm，共 184 组），目的是排除龄期、振捣和养护条件的差异，但结果表明：芯样试件强度与立方体强度的比值分别为 0.689、0.848、0.895、0.915、1.106、1.106，平均为 0.943，其中有两单位得出了 $\Phi 68$ 、 $\Phi 80$ 芯样强度与 $\Phi 100$ 芯样强度相比均接近于 1.0 的结论。当排除龄期和养护条件（温度、湿度）差异时，尽管普遍认同芯样强度低于立方体强度，尤其是在桩身混凝土

中钻芯更是如此，但上述结果说明：尚不能采用一个统一的折算系数来反映芯样强度与立方体强度的差异。作为行业标准，为了安全起见，本规范暂不推荐采用 $1/0.88$ （国内一些地方标准采用的折算系数）对芯样强度进行提高修正，留待各地根据试验结果进行调整。

五、桩底岩芯单轴抗压强度试验可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011 附录 J 执行。

岩石芯样试件数量按本规范 7.4.3 条每组芯样制作三个芯样抗压试件的规定。当岩石芯样抗压强度试验仅仅是配合判断桩底持力层岩性时，检测报告中可不给出岩石饱和单轴抗压强度标准值，只给出平均值；当需要确定岩石饱和单轴抗压强度标准值时，宜按《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011 附录 J 执行。

第七节 检测数据分析与判定

一、混凝土芯样试件抗压强度代表值应按一组三块试件强度值的平均值确定。同一受检桩同一深度部位有两组或两组以上混凝土芯样试件抗压强度代表值时，取其平均值为该桩该深度处混凝土芯样试件抗压强度代表值。

混凝土强度检验评定的主要依据是《混凝土强度检验评定标准》GB50107-2010，统计计算的对象是标准方法制作和养护的边长为 150mm 的立方体试件，在 28d 龄期，用标准试验方法测得的抗压强度值。但是，当立方体标准试件强度评定不合格或对试块抗压强度的测试结果有怀疑时，需要从混凝土结构中钻取芯样，以测定混凝土的强度。大量数据表明，标准养护立方体试件抗压强度（ f_{0cu} ）比实体结构混凝土强度（ f_s ）高，同条件养护立方体试件抗压强度（ f_{tcu} ）可较真实地反映结构中的实际混凝土强度，钻孔取芯芯样试件的混凝土强度也较真实地反映结构中的实际混凝土强度，但受温湿度和时间等诸多因素的影响。

由于混凝土芯样试件抗压强度的离散性比混凝土标准试件大得多，采用《混凝土强度检验评定标准》GB50107-2010 来计算混凝土芯样试件抗压强度代表值有时会出现无法确定代表值的情况。试验研究证实取平均值的方法是可行的。

1 标准试件强度与芯样试件强度对比

按照统一的混凝土配合比制作一批混凝土立方体试件，每次在振捣台上采用标准方法同时制作六个边长为 150mm 的立方体试件，然后进行标准养护，28 天龄期后，其中

三个试件直接进行抗压强度试验，另外三个试件采用钻芯法制作成直径和高度均为 82mm 的芯样试件进行抗压强度试验，共完成 C15 配合比 13 组，C35 配合比 13 组。此外为探讨试件成型时过度振捣对立方体试件及其对应芯样试件抗压强度的影响，有意识制作了振捣时间过长的 C20 配合比 6 组。

以标准试件强度代表值为横坐标，以芯样试件强度平均值为纵坐标，全部数据分布见图 11-5，从表 11-9 和图 11-5 中可以发现：

(1) 正常振捣成型时，标准试件强度高于芯样试件强度，芯样强度与标准试件强度的比值最大为 0.78，最小为 0.57；采用过原点的线性回归，对第 1~26 组数据进行统计，可得 $y=0.66x$ 。

(2) 过度振捣（振捣时间长）时，标准试件强度低于芯样试件强度，芯样强度与标准试件强度的比值最大为 1.24，最小为 1.06。

对于过度振捣成型的试件，其芯样强度与标准试件强度的比值明显高于正常成型的试件，这是因为试件成型受到过度振捣时，会引起水泥砂浆上浮、粗骨料下沉，混凝土显著分层而导致标准试件强度偏低，但从立方体试件中钻取的芯样在切割加工成试件时，上部的浮浆层被切除，芯样强度反而偏高，因此芯样强度与标准试件强度的比值明显偏大。

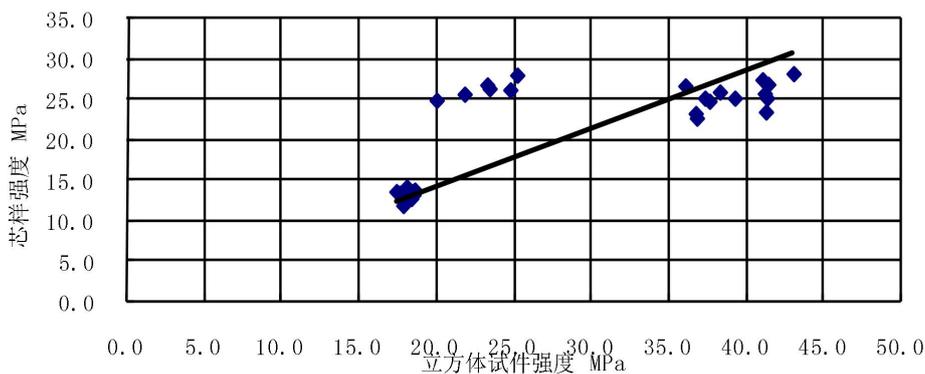


图 11-5 立方体试件—芯样强度关系曲线（试件抽芯 32 组）

表 11-9 试验数据统计结果

试件组数	设计 强度等 级	标准试件			芯样试件			备注
		平均 值 (MP a)	标准 差 (MP a)	变 异 系 数	平均 值 (MP a)	标准 差 (MP a)	变 异 系 数	
13	C15	18.1	0.36	0.0	13.2	0.61	0.05	
13	C35	39.3	2.31	0.0	25.3	1.58	0.06	
6	C20	23.1	1.92	0.0	26.1	1.10	0.04	过度振捣

为排除龄期、振捣和养护条件的差异，考察小芯样取芯的离散性（如尺寸效应、机械扰动等），《建筑基桩检测技术规范》JGJ106-2014 规范编制组委托广东、福建、河南等地 6 家单位进行类似试验，共完成共 184 组对比试验，强度等级为 C15~C50，芯样直径为 68~100mm，但结果表明：芯样试件强度与立方体强度的比值分别为 0.689、0.848、0.895、0.915、1.106、1.106，平均为 0.943，其中有两单位得出了芯样强度与立方体试件强度相比均接近于 1.0 的结论。当排除龄期和养护条件（温度、湿度）差异时，尽管普遍认同芯样强度低于立方体强度，尤其是在桩身混凝土中钻芯更是如此，但上述结果说明：尚不能采用一个统一的折算系数来反映芯样强度与立方体强度的差异。规范 JGJ106-2014 作为行业标准，为了安全起见，暂不推荐采用 1/0.88（国内一些地方标准采用的折算系数）对芯样强度进行提高修正，留待各地根据试验结果进行调整。

2 灌注桩钻孔取芯芯样试件抗压强度与标准试件抗压强度的对比

在进行混凝土灌注桩钻孔取芯芯样试件抗压强度与标准试件抗压强度的对比试验，共完成 6 根桩，为了避免高径比对芯样试件强度的影响，芯样试件的高径比均取为 1。

广州南湖某工程采用人工挖孔灌注桩，桩径 1000mm，设计桩长 15m，在浇灌混凝土时，按理论计算浇注量沿深度方向等间距预留 12 组标准试件，标准试件在现场养护 3~5 天后移至试验室内进行标准养护，全部工程桩施工完毕后进行钻芯法检测，每桩钻一孔，每孔截取 12 组芯样，每组三个试件，进行单轴抗压强度试验。

几点说明：

(1) 立方体标准试件的尺寸为 150mm×150mm×150mm，一组三块试件，其强度代表值按《混凝土强度检验评定标准》GBT50107-2010 的规定计算；

(2) 芯样试件的直径一般为 82mm，高度 83~85mm，高径比接近 1，未按《钻芯法

检测混凝土强度技术规程》CECS 03:88 的规定进行高径比修正，一组三块试件，未按《混凝土强度检验评定标准》GB/T50107-2010 的规定计算强度代表值，而直接取三块试件的强度算术平均值；

(3) 立方体标准试件的龄期均为 28d，由于实际操作的因素，7#桩的芯样试件龄期为 47d，9 号桩的芯样试件龄期为 42d，29 号桩的芯样试件龄期为 29d，50 号桩的芯样试件龄期为 54d，67 号桩的芯样试件龄期为 28d，76 号桩的芯样试件龄期为 43d，强度比值的计算未进行龄期修正；

(4) 深度部位从混凝土桩顶面起计算，标准试件深度部位是按混凝土灌注量进行理论计算的结果，芯样试件深度部位是实测结果，考虑到芯样试件制作的可能性，少数标准试件深度部位与芯样试件深度部位不完全一致，基于标准试件深度部位是理论值，从统计分析的角度，强度应具备可比性。

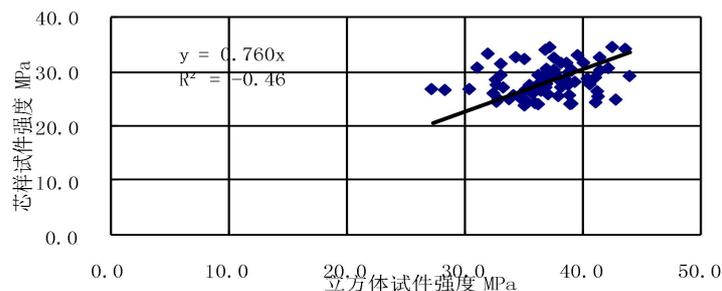


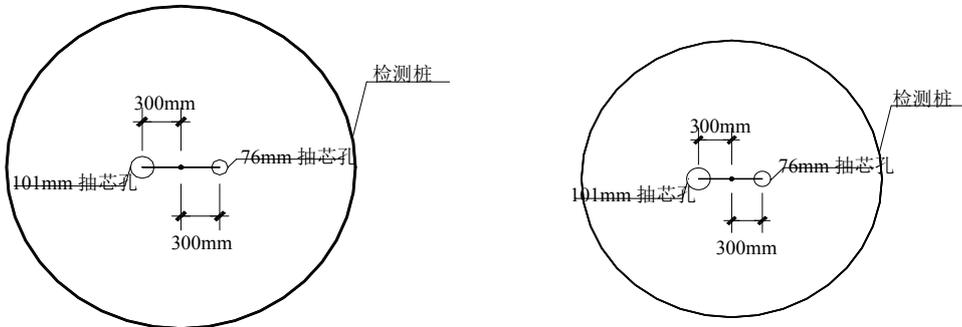
图 11-6 混凝土试块—芯样强度关系曲线

对 71 组试验数据进行统计计算，可得标准试件强度代表值的平均值为 37.0MPa，标准差为 3.5 MPa，变异系数为 0.09，芯样试件强度平均值的平均值为 28.4 MPa，标准差为 2.9 MPa，变异系数为 0.10，标准试件强度代表值的平均值与芯样试件强度平均值的平均值的比值为 0.77。

以标准试件强度代表值为横坐标，以芯样试件强度平均值为纵坐标，71 组数据分布见图 11-6，采用过原点的线性回归，可得 $y=0.76x$ ，从试验结果可以看出，芯样强度与标准试件强度的比值最小为 0.58，最大为 1.04，相差近倍，表明混凝土强度特别是芯样强度离散性较大。

广东省江门市江海区质检站进行类似试验，他们完成了 3 根工程桩的对比试验，8# 桩桩径 1200mm，桩长 11.0m，9# 桩桩径 1200mm，桩长 18.2m，36# 桩桩径 1400mm，桩长 14.0m，设计混凝土强度等级为 20。每根桩按深度等间距预留试件 10~12 组，28 天龄期后进行抗压强度试验。每根桩钻两个孔，如图 6-3，一个孔的钻头直径是 101mm，

另一个孔的钻头直径是 76mm，同样按深度等间距截取 10~12 组芯样，芯样试验时的混凝土龄期为 33 天，抗压试验在同一个压力机上进行。根据试验数据进行分析可得表 11-10，结果表明芯样强度与标准试件强度的比值约为 0.71~0.73。



(a) 1400mm 桩的抽芯孔位置图 (b) 1200mm 桩的抽芯孔位置图

图 11-7 江门某工程桩钻孔布置示意图

表 11-10 江门某工程桩芯样与标准试件强度对比结果

桩号	对比组数	芯样强度与标准试件强度的比值的平均值	
		$\phi 101$ 钻孔	$\phi 76$ 钻孔
8#	10	0.72	0.65
9#	11	0.73	0.68
36#	12	0.75	0.78
合计	33	0.73	0.71

如前所述，每组取三个芯样进行抗压强度试验，三个芯样强度值出来后如何确定该组芯样强度代表值呢？由于混凝土芯样试件抗压强度的离散性比混凝土标准试件大得多，若采用《混凝土强度检验评定标准》GB/T50107-2010 来计算混凝土芯样试件抗压强度代表值，有时会出现无法确定代表值的情况，采用平均值来计算混凝土芯样试件抗压强度代表值是简便的方法，二者之间的差别如何？对数千组数据进行验算，证实取平均值的方法是可行的。图 11-8 给出了部分对比计算结果，设计等级 C20 的桩有 12 根，C25 有 28 根，C30 有 56 根，C40 有 22 根，共 118 根桩。剔除因离散性大无法用《混凝土强度检验评定标准》GBJ107 来计算代表值的情况后，两种方法确定的强度代表值基本一样，线性回归方程为 $y = \dots$ 平均值 (MPa) 相关系数 $\gamma=0.986$ 。图 11-8 中横坐标按《混凝土强度检验评定标准》GBJ107 来计算混凝土芯样试件抗压强度代表值，纵坐标按平均值来计算混凝土芯样试件抗压强度代表值。

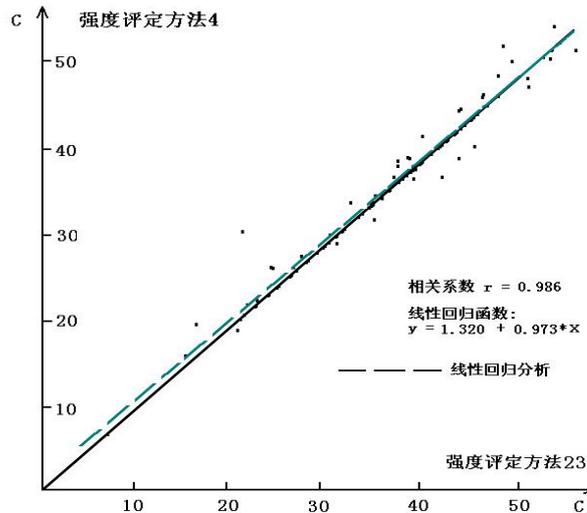


图 11-8 芯样强度代表值与平均值的比较

3 芯样试件抗压强度代表值

混凝土芯样试件的强度值不等于在施工现场取样、成型、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。

同一根桩有两个或两个以上钻芯孔时，应综合考虑各孔芯样强度来评价桩身结构承载能力。取同一深度部位各孔芯样试件抗压强度的平均值作为该深度的混凝土芯样试件抗压强度代表值，是一种简便实用方法。因此，规范 JGJ106-2014 规定取一组三块试件强度值的平均值为该组混凝土芯样试件抗压强度代表值。同一受检桩同一深度部位有两组或两组以上混凝土芯样试件抗压强度代表值时，取其平均值为该桩该深度处混凝土芯样试件抗压强度代表值。

二、受检桩中不同深度位置的混凝土芯样试件抗压强度代表值中的最小值为该桩混凝土芯样试件抗压强度代表值。

虽然桩身轴力上大下小，但从设计角度考虑，桩身承载力受最薄弱部位混凝土强度控制。

三、桩底持力层性状应根据芯样特征、岩石芯样单轴抗压强度试验、动力触探或标准贯入试验结果，综合判定桩底持力层岩土性状。

桩底持力层岩土性状的描述、判定应有工程地质专业人员参与，并应符合《岩土工程勘察规范》GB50021-2009 的有关规定。

四、桩身完整性类别应结合钻芯孔数、现场混凝土芯样特征、芯样单轴抗压强度试验结果，按本规范表 3.5.1 的规定和表 7.6.4 的特征进行综合判定。

当混凝土出现分层现象时, 宜截取分层部位的芯样进行抗压强度试验。当混凝土抗压强度满足设计要求时, 可判为 II 类; 当混凝土抗压强度不满足设计要求或不能制作成芯样试件时, 应判为 IV 类。

对钻芯孔数量多于三孔的的基桩桩身完整性可类比表 7.6.3 的三孔特征进行判定。

11-11 桩身完整性判定(规范表 7.6.3)

类别	特征		
	单孔	两孔	三孔
I	混凝土芯样连续、完整、胶结好, 芯样侧表面光滑、骨料分布均匀, 芯样呈长柱状、断口吻合		
	芯样侧表面仅见少量气孔	局部芯样侧表面有少量气孔、蜂窝麻面、沟槽, 但在另一孔同一深度部位的芯样中未出现, 否则应判为 II 类	局部芯样侧表面有少量气孔、蜂窝麻面、沟槽, 但在三孔同一深度部位的芯样中未同时出现, 否则应判为 II 类
II	混凝土芯样连续、完整、胶结较好, 芯样侧表面较光滑、骨料分布基本均匀, 芯样呈柱状、断口基本吻合。有下列情况之一:		
	<p>1 局部芯样侧表面有蜂窝麻面、沟槽或较多气孔;</p> <p>2 芯样侧表面蜂窝麻面严重、沟槽连续或局部芯样骨料分布极不均匀, 但对应部位的混凝土芯样试件抗压强度检测值满足设计要求, 否则应判为 III 类</p>	<p>1 芯样侧表面有较多气孔、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, 但在两孔同一深度部位的芯样中未同时出现;</p> <p>2 芯样侧表面有较多气孔、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, 且在另一孔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检测值满足设计要求, 否则应判为 III 类;</p> <p>3 任一孔局部混凝土芯样破碎段长度不大于 10cm, 且在另一孔同一深度部位的局部混凝土芯样的外观判定完整性类别为 I 类或 II 类, 否则应判为 III 类或 IV 类</p>	<p>1 芯样侧表面有较多气孔、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, 但在三孔同一深度部位的芯样中未同时出现;</p> <p>2 芯样侧表面有较多气孔、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, 且在任两孔或三孔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检测值满足设计要求, 否则应判为 III 类;</p> <p>3 任一孔局部混凝土芯样破碎段长度不大于 10cm, 且在另两孔同一深度部位的局部混凝土芯样的外观判定完整性类别为 I 类或 II 类, 否则应判为 III 类或 IV 类</p>

III	大部分混凝土芯样胶结较好, 无松散、夹泥现象。 有下列情况之一:	大部分混凝土芯样胶结较好。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 20cm, 且在另一孔同一深度部位的局部混凝土芯样的外观判定完整性类别为 I 类或 II 类, 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 30cm, 且在另两孔同一深度部位的局部混凝土芯样的外观判定完整性类别为 I 类或 II 类, 否则应判为 IV 类; 3 任一孔局部混凝土芯样松散段长度不大于 10cm, 且在另两孔同一深度部位的局部混凝土芯样的外观判定完整性类别为 I 类或 II 类, 否则应判为 IV 类
IV	有下列情况之一:	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 20cm; 4 两孔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 30cm; 4 其中两孔在同一深度部位的混凝土芯样破碎、松散或夹泥

注: 当上一缺陷的底部位置标高与下一缺陷的顶部位置标高的高差小于 30cm 时, 可认定两缺陷处于同一深度部位。

五、成桩质量评价应按单根受检桩进行。当出现下列情况之一时, 应判定该受检桩不满足设计要求:

- 1 混凝土芯样试件抗压强度检测值小于混凝土设计强度等级;
- 2 桩长、桩底沉渣厚度不满足设计要求;
- 3 桩底持力层岩土性状(强度)或厚度不满足设计要求。

当桩基设计资料未作具体规定时, 应按国家现行标准判定成桩质量。

除桩身完整性和芯样试件抗压强度代表值外, 当设计有要求时, 应判断桩底的沉渣厚度、持力层岩土性状(强度)或厚度是否满足或达到设计要求; 否则, 应判断是否满足或达到规范要求。钻芯法可准确测定桩长, 若钻芯法测定桩长与施工记录不符, 应指出; 检测时实测桩长小于施工记录桩长, 有两种情况: 一种是桩端未进入设计要求的持

力层或进入持力层的深度不满足设计要求, 直接影响桩的承载力; 另一种情况是桩端按设计要求进入了持力层, 基本不影响桩的承载力。不论哪种情况, 按桩身完整性定义中连续性的涵义, 均应判为IV类桩。

通过芯样特征对桩身完整性分类, 有比低应变法更直观的一面, 也有一孔之见代表性差的一面。同一根桩有两个或两个以上钻芯孔时, 桩身完整性分类应综合考虑各钻芯孔的芯样质量情况。不同钻芯孔的芯样在同一深度部位均存在缺陷时, 该位置存在安全隐患的可能性大, 桩身缺陷类别应判重些。

在本规范中, 虽然按芯样特征判定完整性和通过芯样试件抗压试验判定桩身强度是否满足设计要求在内容上相对独立, 且表 3.5.1 中的桩身完整性分类是针对缺陷是否影响结构承载力而做出的原则性规定。但是, 除桩身裂隙外, 根据芯样特征描述, 不论缺陷属于哪种类型, 都指明或相对表明桩身混凝土质量差, 即存在低强度区这一共性。因此对于钻芯法, 完整性分类尚应结合芯样强度值综合判定。例如:

1 蜂窝麻面、沟槽、空洞等缺陷程度应根据其芯样强度试验结果判断。若无法取样或不能加工成试件, 缺陷程度应判重些。

2 芯样连续、完整、胶结好或较好、骨料分布均匀或基本均匀、断口吻合或基本吻合; 芯样侧面无表面缺陷, 或虽有气孔、蜂窝麻面、沟槽, 但能够截取芯样制作成试件; 芯样试件抗压强度代表值不小于混凝土设计强度等级; 则判定基桩的混凝土质量满足设计要求。

3 芯样任一段松散、夹泥或分层, 钻进困难甚至无法钻进, 则判定基桩的混凝土质量不满足设计要求; 若仅在一个孔中出现前述缺陷, 而在其他孔同身度部位未出现, 为确保质量, 仍应进行工程处理。

4 局部混凝土破碎、无法取样或虽能取样但无法加工成试件, 一般判定为III类桩。但是, 当钻芯孔数为 3 个时, 若同一深度部位芯样质量均如此, 宜判为IV类桩; 如果仅一孔的芯样质量如此, 且长度小于 10cm, 另两孔同深度部位的芯样试件抗压强度较高, 宜判为II类桩。

除桩身完整性和芯样试件抗压强度代表值外, 当设计有要求时, 应判断桩底的沉渣厚度、持力层岩土性状(强度)或厚度是否满足或达到设计要求; 否则, 应判断是否满足或达到规范要求。

六、钻芯孔偏出桩外时, 仅对有效钻取芯样部分的桩体进行评价。

七、检测报告除应包括本规范第 3.5.3 条规定的内容外，尚应包括下列内容：

- 1 钻芯设备情况；
- 2 检测桩数、钻孔数量、开孔位置，架空高度、混凝土芯进尺、持力层进尺、总进尺，混凝土试件组数、岩石试件个数、圆锥动力触探或标准贯入试验结果；
- 3 按本规范表 D.0.1-3 格式编制的每孔柱状图；
- 4 芯样单轴抗压强度试验结果；
- 5 芯样彩色照片；
- 6 异常情况说明。

表 11-12 钻芯法检测芯样综合柱状图（规范表 D.0.1-3）

桩号/孔号		混凝土设计 强度等级		桩顶标高		开孔时间	
施工桩长		设计桩径		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	芯样强度 序号—— 深度 (m)	备注
				□ □ □			

编制：校核：

注：□代表芯样试件取样位置。

第八节 工程应用实例

工程实例一

某工程采用冲孔灌注桩基础，设计桩径 $\phi 1000\text{mm}$ ，桩身混凝土设计强度等级为 C25，设计桩端持力层设计要求为中风化岩，其中 35 号桩施工桩长 25.40m。

检测结果为：该受检桩桩身混凝土芯样在 18.07~18.67m 段离析松散，其它位置混凝土芯样连续、完整、断口吻合、呈柱状、节长 0.10~1.55m，表面光滑、胶结良好、粗细骨料分布均匀，钻取芯样照片见图 11-9。在良好位置抽检三组混凝土抗压强度代表值满足设计要求。桩底有 20cm 沉渣，沉渣厚度未能满足规范要求。桩端支承于中风化岩，其持力层满足设计为中风化岩的要求。施工记录桩长与抽芯检测出实际桩长基本相符。该受检桩桩身完整性类别为 IV 桩，成桩质量未能满足设计要求。



图 11-9 35 号桩芯样照片

工程实例二

某工程采用人工挖孔灌注桩基础，设计桩径 $\Phi 1600\text{mm}$ ，桩身混凝土设计强度等级为 C30，桩端持力层设计要求为强风化岩，其中 12 号桩施工桩长 25.40m，该桩钻两孔。

检测结果为：该受检桩桩身混凝土芯样在之一孔 4.60~6.30m 段蜂窝发育，钻取芯样照片见图 11-10；在之二孔 22.30~23.10m 段胶结稍差、柱面粗糙，其它位置混凝土芯样连续、完整、断口吻合、呈柱状、节长 0.10~1.44m，表面光滑、胶结基本良好、

粗细骨料分布均匀，钻取芯样照片见图 11-11。5.30~5.70m 缺陷位置混凝土抗压强度：之一孔为 15.7MPa，之二孔为 31.4MPa，代表值为 23.6MPa。22.30~22.70m 缺陷位置混凝土抗压强度：之一孔为 30.4MPa，之二孔为 19.2MPa，代表值为 24.8MPa，其抗压强度代表值未能满足设计要求。桩底无沉渣。桩端支承于强中风化岩，其持力层满足设计为强风化岩的要求。施工记录桩长与钻芯检测出实际桩长基本相符。综合判定该受检桩桩身完整性类别为 III 桩。



图 11-10 12 号桩孔 1 芯样照片



图 11-11 12 号桩孔 2 芯样照片

工程实例三

某工程采用人工挖孔灌注桩基础, 设计桩径 $\Phi 1000\text{mm}$, 桩身混凝土设计强度等级为 C25, 桩端持力层要求为强风化岩, 其中 14 号桩施工桩长 14.20m。

检测结果为: 该受检桩桩身混凝土芯样在 12.40~14.20m 松散, 其它位置连续、结构基本完整, 胶结基本良好; 钻取芯样照片见图 11-12。在基本良好位置抽检混凝土抗压强度代表值满足设计要求。桩底无沉渣。桩端支承于 0.20m 厚中风化岩后, 下为强风化岩, 其持力层满足设计为强风化岩的要求。施工记录桩长与抽芯检测出实际桩长相符。该受检桩桩身完整性类别为 IV 桩, 成桩质量未能满足设计要求。



图 11-12 14 号桩芯样照片

工程实例四

某工程采用冲孔灌注桩基础, 设计桩径 $\Phi 1400\text{mm}$, 桩身混凝土设计强度等级为 C30, 桩端持力层要求为微风化岩, 其中 35 号桩施工桩长 45.70m, 该桩钻两孔。

检测结果为: 该受检桩桩身混凝土芯样在之二孔局部 31.40~32.00m 及 34.60~35.20m 段蜂窝较发育, 柱面较粗糙, 其它位置连续、完整, 胶结基本良好, 钻取芯样照片分别见图 6-9~6-10。混凝土抗压强度代表值满足设计要求, 桩身完整性类别为 II 类桩, 桩底无沉渣。桩端在之一孔支承于 0.6m 厚微风化岩后, 下为 7.3m 溶洞; 之二孔支承于 0.8m 厚微风化岩后, 下为 0.6m 溶洞, 之后为 0.7m 微风化岩后下为 5.6m 溶洞, 其持力层未能满足设计为微风化岩的要求。施工记录桩长与抽芯检测出实际桩长相符。



图 11-13 35 号桩孔 1 芯样照片



图 11-14 35 号桩孔 2 芯样照片

肩负行业责任，为检测人员素质保驾护航！



 025-8545 8112
<http://jkpx.jsgcjc.com>
E-mail: jianketrain@163.com
江苏建科建筑技术培训中心