

DB

甘肃省地方标准

DB62/T 3248 – 2023

备案号: J17139 – 2023

黄土地区基桩检测技术标准

Technical standard for foundation pile inspection
in loess region

2023 – 09 – 06 发布

2023 – 12 – 01 实施

甘肃省住房和城乡建设厅
甘肃省市场监督管理局

联合发布

甘肃省住房和城乡建设厅 甘肃省市场监督管理局

公告

甘建公告〔2023〕231 号

甘肃省住房和城乡建设厅 甘肃省市场监督管理局 关于发布《城市综合管廊工程技术规程》等 9 项甘肃省地方标准的公告

经甘肃省住房和城乡建设厅、甘肃省市场监督管理局共同组织专家审查,现批准发布《城市综合管廊工程技术规程》《黄土地区基桩检测技术标准》《保温装饰板外墙外保温工程技术标准》《装配式混凝土结构施工质量验收标准》《装配式混凝土结构施工安全技术标准》《健康节能建筑技术标准》《建筑与市政基础设施工程勘察文件编制技术标准》《民用建筑信息模型设计交付标准》《建筑工程施工扬尘防治技术标准》等 9 项标准(见附件)为甘肃

省地方标准。

附件:甘肃省地方标准发布信息

甘肃省住房和城乡建设厅 甘肃省市场监督管理局

2023 年 9 月 6 日

附件

甘肃省地方标准发布信息

序号	标准编号	标准名称	主编单位	实施日期
1	DB62/T 3247-2023	城市综合管廊工 程技术规程	中国市政工程西北设计 研究院有限公司	2023 -12 -01
2	DB62/T 3248-2023	黄土地区基桩检 测技术标准	甘肃众联建设工程科技有 限公司、甘肃中建市政工程 勘察设计院有限公司	2023 -12 -01
3	DB62/T 3249-2023	保温装饰板外墙外 保温工程技术标准	甘肃土木工程科学研究 院有限公司	2023 -12 -01
4	DB62/T 3250-2023	装配式混凝土结 构施工质量验收 标准	甘肃第六建设集团股份有 限公司、甘肃省建设投资 (控股)集团有限公司	2023 -12 -01
5	DB62/T 3251-2023	装配式混凝土结 构施工安全技术 标准	甘肃建投河西建设管理 有限公司、甘肃建投科技 研发有限公司	2023 -12 -01
6	DB62/T 3252-2023	健康节能建筑技 术标准	中国建筑科学研究院有限 公司、兰州中建建设科技 有限责任公司	2023 -12 -01
7	DB62/T 3253-2023	建筑与市政基础 设施工程勘察文 件编制技术标准	甘肃中建市政工程勘察 设计院有限公司	2023 -12 -01
8	DB62/T 3254-2023	民用建筑信息模 型设计交付标准	甘肃省建设设计咨询集团有 限公司、甘肃省建筑设计研 究院有限公司	2023 -12 -01
9	DB62/T 3255-2023	建筑工程施工扬 尘防治技术标准	甘肃建投临夏建设管理 有限公司、甘肃建投科技 研发有限公司	2023 -12 -01

前 言

根据甘肃省住房和城乡建设厅《关于下达〈2020 年甘肃省工程建设标准及标准设计编制项目计划〉(第二批)的通知》(甘建标〔2020〕370 号)的要求,标准编制组经过深入调查研究,认真总结实践经验,参考有关国家标准和行业先进经验,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准共分 8 章和 8 个附录,主要内容包括:总则、术语和符号、基本规定、单桩竖向抗压承载力测试、桩侧正摩阻力测试、桩端阻力测试、成孔质量检测、桩底沉渣检测等。

本标准由甘肃省工程建设标准管理办公室负责管理,由甘肃众联建设工程科技有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送至甘肃众联建设工程科技有限公司《黄土地区基桩检测技术标准》编制组(地址:甘肃省兰州市安宁区城临路 5 号,邮箱:gszlmag@163.com,邮编:730060,电话:0931-7753283)。

主 编 单 位:甘肃众联建设工程科技有限公司

甘肃中建市政工程勘察设计院有限公司

参 编 单 位:中国能源建设集团甘肃电力设计院有限公司

国网甘肃省电力公司建设分公司

甘肃省建筑科学研究院(集团)有限公司

甘肃省工程设计研究院有限责任公司

甘肃省建筑设计研究院有限公司

兰州理工大学

甘肃华宇工程检测有限公司

兰州工大工程检测科技有限公司

甘肃华佑自平衡机械制造有限公司

主要起草人:马安刚 张森安 马恒山 张 斌 施辰安
蒋宗鑫 张广平 何腊平 沈秋武 张四江
徐毅明 杨忠平 姚佩歆 叶帅华 陆 齐
岳 峰 朱殿之 梁岩涛 张剑伟 周 莹
李 伟 张富平 徐 珍 马 军 张 鑫
独小序 张 睿 李 晗 张丽娟 吴迎宾
柳进军 李振华 周永文 董鹏飞 曹立人
王建录 马文强 苏鹏鹏 赵文赋

主要审查人:张豫川 鲁海涛 许善分 黄 锐 滕文川
董建华 牛昌林

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	检测工作程序	6
3.3	检测方法选择和检测数量	8
3.4	验证和扩大检测	11
3.5	检测结果评价和检测报告	12
4	单桩竖向抗压承载力测试	14
4.1	一般规定	14
4.2	单桩竖向抗压静载试验	15
4.3	单桩竖向静载浸水试验	19
5	桩侧正摩阻力测试	21
5.1	一般规定	21
5.2	空底桩法测试	21
5.3	自平衡法测试	22
6	桩端阻力测试	24
7	成孔质量检测	27
7.1	一般规定	27
7.2	孔深检测	29
7.3	孔径检测	30

7.4	垂直度检测	31
7.5	沉渣厚度检测	31
8	桩底沉渣检测	34
8.1	一般规定	34
8.2	钻芯法检测	34
8.3	桩底沉渣检测仪检测	35
附录 A	单桩竖向抗压静载试验要点	37
附录 B	单桩竖向静载浸水试验要点	39
附录 C	自平衡静载试验要点	41
附录 D	泥浆相对密度、黏度和含砂率测定	44
附录 E	伞形孔径仪计算孔径的方法	46
附录 F	超声波法计算孔径、垂直度的方法	48
附录 G	顶角测量法计算垂直度的方法	51
附录 H	桩身内力测试要点	52
	本标准用词说明	57
	引用标准名录	58
	附:条文说明	59

1 总 则

1.0.1 为规范黄土地区基桩检测,贯彻执行国家技术经济政策,遵循安全适用、技术先进、经济合理、评价正确的原则,为设计、施工和验收提供可靠依据,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于黄土地区工业与民用建(构)筑物、市政工程构筑物及电力工程建(构)筑物基桩的检测和评价。

1.0.3 黄土地区基桩检测除应符合本标准外,尚应符合国家和甘肃省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 基桩 foundation pile

桩基础中的单桩。

2.1.2 沉渣 sediment

灌注桩混凝土浇筑前,桩孔底部存在的非桩端持力层物质或松散状物质。

2.1.3 桩底沉渣 pile end sediment

灌注桩混凝土浇筑后,完整、密实的桩端混凝土界面与持力层岩(土)面之间存在的不密实体。

2.1.4 桩身完整性 pile integrity

反映桩身长度和截面尺寸相对变化、桩身材料密实性和连续性综合状况的定性指标。

2.1.5 桩身缺陷 pile defects

桩身断裂、裂缝、缩颈、扩颈、夹泥、离析、蜂窝、松散等质量问题的统称。

2.1.6 单桩竖向抗压静载试验 vertical compressive static load test of single pile

桩周土自然含水量状态下,在基桩顶部逐级施加竖向压力,实测被检基桩随时间产生的沉降,以确定相应的单桩竖向抗压承载力的试验方法。

2.1.7 单桩竖向静载浸水试验 single pile vertical static load immersion test

桩周土浸水(饱和)状态下,在基桩顶部逐级施加竖向压力,实测被检基桩随时间产生的沉降,以确定相应的单桩竖向抗压承载力的试验方法。按照浸水时间的不同,可分为先湿法和后湿法。

2.1.8 自平衡静载试验 self balanced static loading test

在桩身中预埋荷载箱,利用桩身自重、桩侧阻力及桩端阻力互相提供反力的试验方法。

2.1.9 非自重湿陷性黄土地场 field of loess noncollapsible under overburden pressure

自重湿陷量实测值或自重湿陷量计算值小于 50mm 的黄土地场。

2.1.10 自重湿陷性黄土地场 field of loess collapsible under overburden pressure

自重湿陷量实测值或自重湿陷量计算值不小于 50mm 的黄土地场。

2.2.11 空底桩 empty at the end of the pile

使桩端处于悬空状态、桩端阻力为零的摩擦桩。

2.2 符 号

2.2.1 作用与作用效应

Q ——试验最大加载值;

Q_{uu} ——上段桩极限加载值;

Q_{ud} ——下段桩极限加载值;

W ——荷载箱上段桩的自重与附加荷载重量之和;

Q_g^n ——负摩阻力引起的基桩下拉荷载值;

N_k ——荷载效应标准组合时,单桩的平均竖向力。

2.2.2 材料性能和抗力

R_a ——单桩竖向抗压承载力特征值;

Q_{skl} ——湿陷下限深度以上土层在自然含水量状态下的桩侧总

极限侧阻力值；

Q_{sk2} ——湿陷下限深度以上土层在饱和状态下的桩侧总极限侧阻力值；

Q_{sk3} ——中性点以下土层桩的总极限侧阻力值；

Q_{ul} ——试验桩单桩总极限侧摩阻力值；

Q_u ——单桩竖向抗压极限承载力测试值；

Q_{pk} ——单桩总极限端阻力值；

q_{pk} ——桩端极限端阻力；

E_p ——桩端混凝土弹性模量。

2.2.3 几何参数

d ——桩径；

d_1 ——桩底沉渣检测仪底板直径；

l ——桩长、有效桩长；

l_1 ——自平衡试验桩上段桩长；

A_p ——承压板或荷载箱底面积；

A_0 ——桩端面积。

2.2.4 计算参数

ΔQ_{sk} ——湿陷下限深度以上的土层，自然含水量状态下与饱和状态下的桩侧总极限侧阻力之差；

γ ——受检桩的抗压摩阻力转换系数；

ψ_p ——大直径灌注桩端阻力尺寸效应系数；

k ——安全系数。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 基桩检测可分为施工前为设计提供依据的试验桩检测和施工后为验收提供依据的工程桩检测。

3.1.2 基桩检测的内容应符合设计要求。设计无明确要求时应进行单桩承载力和桩身完整性检测；大直径混凝土灌注桩、扩底混凝土灌注桩和超长混凝土灌注桩还应进行成孔质量和桩底沉渣检测；必要时进行钢筋笼长度检测。

3.1.3 符合下列条件之一时，施工前应做试验桩的检测。

- 1 设计等级为甲级的桩基础；
- 2 地基条件复杂、设计等级为乙级的桩基础；
- 3 采用泥浆护壁、后注浆工艺的桩及其他施工质量可靠性低的基桩；
- 4 施工工艺不能保证桩底沉渣厚度满足要求的灌注桩；
- 5 桩侧湿陷性土层厚度大于 20m 的基桩；
- 6 本地区采用的新桩型或采用新工艺成桩的基桩；
- 7 设计要求进行试验的基桩。

3.1.4 受检桩应选择具有代表性的基桩。

3.1.5 基桩检测，应根据检测目的和现场条件选择合理的检测方法，并制定切实可行的检测方案及安全保障措施。

3.1.6 桩基工程除应在工程施工前和施工后进行检测外，尚应根据工程需要，在施工过程中进行质量的检测和监测。

3.1.7 低应变法、声波透射法、钻芯法及高应变法应按现行《建

筑桩检测技术规范》JGJ 106 的有关规定执行。磁测井法应按现行《混凝土中钢筋检测技术标准》JGJ/T 152 的有关规定执行。

3.2 检测工作程序

3.2.1 检测工作应按图 3.2.1 的程序进行。

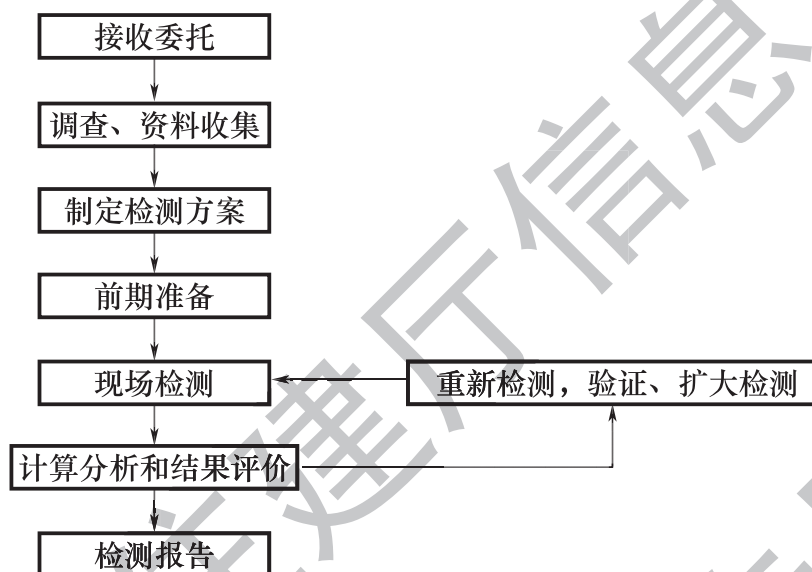


图 3.2.1 检测工作程序框图

3.2.2 调查、资料收集宜包括下列内容：

- 1 收集岩土工程勘察资料、桩基设计文件、施工记录等；
- 2 调查施工工艺和施工中出现的异常情况；
- 3 委托方的目的和具体要求；
- 4 检测项目现场实施的可行性。

3.2.3 编制检测方案时，应根据本标准第 3.2.2 条的调查、资料收集结果，按本标准 3.3 节的要求选择合理的检测方法。

3.2.4 检测方案的内容宜包括：工程概况、工程地质概况、桩基设计要求、施工工艺、检测内容和数量、检测方法、受检桩的选取、检测进度安排、检测所需的机械或人员配合、安全和质量保证措施等。

3.2.5 现场检测工作的实施应按检测方案进行。当出现异常情

况时,应停止检测并调整检测方案。

3.2.6 基桩检测所用的仪器设备应在检定或校准的有效期内;检测前,应对仪器设备进行检查、调试,确认正常后使用。

3.2.7 基桩检测开始时间应符合下列规定:

1 采用低应变反射波法或声波透射法检测时,受检桩混凝土强度不得低于设计强度的 70%,且不得小于 15MPa;

2 混凝土灌注桩进行承载力检测时,桩身混凝土龄期应达到 28d,或同条件养护试件强度达到设计强度要求;

3 承载力检测前的休止时间,除应符合本条第 2 款的规定外,尚应符合表 3.2.7 的规定;

4 成孔质量检测,应在钢筋笼下放前进行,且应在钢筋笼下放后、混凝土浇筑前再进行一次沉渣厚度检测;

5 桩底沉渣检测时受检桩的桩身混凝土强度不应低于 15MPa。

表 3.2.7 承载力检测前休止时间

成孔工艺	桩周土的类别		休止时间(d)
非挤土桩	砂土		7
	粉土(黄土状土)		10
	黏性土	非饱和黏性土	15
		饱和黏性土	25
部分挤土桩	砂土		14
	粉土(黄土状土)		20
黏性土		非饱和黏性土	25
		饱和黏性土	30

注:1 对于泥浆护壁灌注桩,可按部分挤土桩的休止时间;

2 对于挤土桩,宜按部分挤土桩延长休止时间。

3.2.8 验收检测受检桩的选择,应兼顾随机、均匀分布原则,同时还应包括下列基桩:

- 1 设计方认为重要的桩；
- 2 局部地基条件出现异常的桩；
- 3 对施工质量怀疑和施工过程出现异常的桩；
- 4 施工工艺不同的桩。

3.2.9 验收检测时,先进行桩身完整性检测和桩底沉渣检测,后进行承载力检测。承载力检测前还宜对锚桩进行桩身完整性检测,若以工程桩做锚桩,承载力试验完成后还应对锚桩进行桩身完整性检测。

3.2.10 当发现检测数据异常时,应查找原因,重新检测。

3.2.11 当现场操作环境不符合仪器设备使用要求时,应采取有效的防护措施。

3.3 检测方法选择和检测数量

3.3.1 黄土场地上的单桩承载力测试,应符合下列规定:

- 1 为设计提供依据的试桩,桩侧湿陷性黄土层厚度大于 20m 或桩侧填土厚度大于 20m 时,应做单桩竖向静载浸水试验确定单桩承载力;其他情况宜做单桩竖向静载浸水试验确定单桩承载力;由于场地条件受限或水源做浸水试验确有困难时,可在自然含水量状态下试验。

- 2 工程桩的验收检测,可通过自然含水量状态下的单桩竖向抗压静载试验或自平衡静载试验检测单桩承载力。

- 3 当需要提供桩负摩阻力、中性点位置时,应进行单桩竖向静载浸水试验,并应在桩身埋设内力测试元件。桩身内力测试,宜根据测试目的、试验桩型及施工工艺选用电阻应变计式传感器、振弦式传感器、滑动测微计或光纤应变传感器。

3.3.2 为设计提供依据的试验桩,检测数量应满足设计要求和下列规定:

- 1 自然含水量状态试验时,同一条件的试验桩数量不应少于

3 根。单体工程有不同条件的基桩时,宜分别试验;当选取其中一种(或几种)桩型进行试验时,应在桩身埋设应力测试元件,测定桩侧阻力和端阻力的分布情况。建筑面积 100000m² 以上的住宅小区或建筑群,桩基工程所涉及的全部桩型应分别做单桩承载力试验,每种桩型不少于 3 根。

2 人工浸水状态下试验时,同一条件的试验桩数量不应少于 3 根,当场地湿陷类型、地基湿陷等级或桩侧湿陷性土层厚度变化较大时,应增加试验桩数量。

注:同一条件指地基条件及桩长相近,桩端持力层、桩型、桩径、成桩工艺相同。

3.3.3 为验收提供依据的工程桩,单桩竖向抗压承载力检测应符合下列要求:

1 当符合下列条件之一时,应采用单桩竖向抗压静载试验或自平衡静载试验进行验收检测。

- 1) 设计等级为甲级的桩基;
- 2) 桩侧或桩端采用后注浆的桩、施工产生挤土效应的桩;
- 3) 载体桩、扩底桩、支盘桩等异型桩;
- 4) 地质条件复杂或桩施工质量可靠性低的桩;
- 5) 施工过程中工艺变更或施工质量出现异常时;
- 6) 本地区采用的新桩型或新工艺。

2 单位工程,单桩承载力检测的基桩数量,同一条件下不应少于总桩数的 1%,且不得少于 3 根;有多种桩型时,可选取具有代表性的一种桩型。单位工程存在不同施工工艺、不同地基条件或不同持力层时,应按上述数量要求分别进行承载力检测。

3 除本条第 1 款规定外的预制桩和满足高应变法适用检测范围的灌注桩,在正式施工前做过动静载试验对比、取得可靠验证资料的,可采用高应变法进行单桩竖向抗压承载力验收检测。抽检数量不应少于总桩数的 5%,且不得少于 10 根。

3.3.4 基桩完整性检测应按表 3.3.4 选择适当的方法,用一种方法不能全面评价基桩完整性的桩或大直径桩,应采用两种或两种以上的检测方法。

表 3.3.4 桩身完整性检测方法一览表

序号	检测方法	适用条件
1	低应变法	$h \leq 25\text{m}$ (嵌岩桩 $h_r \leq 10\text{m}$); $l/d \leq 30$
2	声波透射法	$d \geq 0.6\text{m}$
3	钻芯法	$d \geq 0.6\text{m}$ 且 $l/d \leq 30$
4	高应变法	低应变法无法判别深部缺陷时,可用此法对深部缺陷进行判别

注: h 为桩的入土长度, h_r 为桩的入岩长度, d 为实心混凝土灌注桩的桩径, l/d 为桩的长径比。

3.3.5 桩身完整性检测数量应符合下列规定:

1 灌注桩抽检数量不应少于总桩数的 30%, 且不得少于 20 根, 墙下布桩或柱下承台布桩时宜全数检验;

2 预制桩的抽检数量不应少于总桩数的 20%, 且不少于 10 根;

3 当出现本标准第 3.2.8 条第 2、3 款规定的桩数较多, 或为了全面了解整个工程基桩的完整性情况时, 应增加检测数量。

3.3.6 采用两种或两种以上检测方法检测桩身完整性时, 应符合下列规定:

1 用低应变法与声波透射法检测桩身完整性时, 低应变法检测的桩数应满足本标准第 3.3.5 条的规定; 声波透射法检测的桩应做低应变法检测, 声波透射法检测的桩数应不少于总桩数的 10%, 且每个承台下的抽检数量不少于 1 根。

2 用低应变法与钻芯法检测桩身完整性时, 低应变法检测的桩数应满足本标准第 3.3.5 条的规定; 钻芯法检测的桩应选在低应变法检测的基桩上, 钻芯法检测的桩数应不少于总桩数的 10%, 且每个承台下的抽检数量不少于 1 根。

3 用声波透射法与钻芯法检测桩身完整性时,声波透射法检测的桩数应满足本标准第 3.3.5 条的规定;钻芯法检测的桩应选在声波透射法检测的基桩上,并宜进行低应变法检测,钻芯法检测的桩应不少于总桩数的 10%,且每个承台下的抽检数量不少于 1 根。

4 用高应变法与其他检测方法检测桩身完整性时,高应变法检测的桩应选在其他检测方法检测的基桩上;高应变法检测的桩应不少于总桩数的 10%,且每个承台下的抽检数量不少于 1 根。

3.3.7 成孔质量及桩底沉渣施工单位应全数自检,第三方检测数量应符合下列规定:

1 为设计提供依据的试验桩,应全数检测;

2 设计等级为甲级,或地质条件复杂,成孔质量可靠性较低的灌注桩,抽检数量不应少于总孔数的 30%,且不得少于 20 根;其他桩基工程的抽检数量不应少于总孔数的 20%,且不得少于 10 根;

3 柱下三桩或三桩以下承台检测数量应不少于 1 根。

3.3.8 钢筋笼长度检测可采用磁测井法,应全数检测。

3.3.9 具有抗拔要求的基桩不应采用自平衡法检测单桩承载力。

3.4 验证和扩大检测

3.4.1 验证检测或扩大检测采用的方法和检测数量应得到工程建设有关方的确认。

3.4.2 单桩竖向抗压承载力验证应采用单桩竖向抗压静载试验。

3.4.3 桩身浅部缺陷可采用开挖验证。

3.4.4 深部桩身或接头存在裂隙的预制桩可采用高应变法验证,管桩可采用孔内摄像的方式验证。

- 3.4.5 单孔钻芯检测发现桩身混凝土存在质量问题时,宜在同一基桩增加钻孔进行验证。
- 3.4.6 对低应变法检测中不能明确桩身完整性类别的桩或Ⅲ类桩,可根据实际情况采用静载试验、钻芯法、高应变法、开挖等方法进行验证检测。
- 3.4.7 桩身混凝土实体强度可在桩顶浅部钻取芯样验证。
- 3.4.8 声波透射法、桩底沉渣检测可采用钻芯法验证。
- 3.4.9 当单桩承载力或钻芯法检测结果不满足设计要求时,应分析原因并扩大检测。
- 3.4.10 当采用低应变法、高应变法和声波透射法检测桩身完整性发现有Ⅲ、Ⅳ类桩存在,且检测数量覆盖的范围不能为补强或设计变更方案提供可靠依据时,宜采用原检测方法在未检桩中继续扩大检测数量。
- 3.4.11 现场成孔质量检测过程中,出现连续3个孔不合格,或在检测过程中不合格的孔数量大于已检测数量的30%时,除进行复测外,应分析原因并经各方协商认定后扩大检测。

3.5 检测结果评价和检测报告

- 3.5.1 为设计提供依据的试验桩,检测结果应明确给出设计要求的参数。
- 3.5.2 工程桩验收检测,检测结果评价应符合下列要求:
- 1 承载力检测应给出受检桩的承载力,并评价单桩承载力是否满足设计要求;
 - 2 桩身完整性检测应给出每根受检桩的桩身完整性类别;
 - 3 成孔质量检测应给出受检孔的孔深、进入持力层深度及各个检测截面的孔径等,并按现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 的相关规定进行评价。
- 3.5.3 检测报告应用词规范、文字简练、结论明确。

3.5.4 检测报告应包含下列内容：

- 1 工程概况,包括委托方名称,工程名称、地点,各参建单位,工程结构形式,建筑层数、高度,桩基础桩型、布桩方式、桩数、桩端持力层,检测日期等;
- 2 工程地质概况;
- 3 检测目的;
- 4 检测依据和检测内容、数量;
- 5 检测方法,检测仪器设备;
- 6 基桩施工概况,包括受检桩的桩长、桩径、桩号、桩顶标高、成桩工艺、桩身混凝土强度等级、桩位图及相关施工记录;
- 7 检测结果评价方法及检测结果;
- 8 与检测内容相应的检测结论;
- 9 附图表(检测桩位平面图、检测数据表、实测与计算分析曲线、检测成果表等);
- 10 现场检测照片。

4 单桩竖向抗压承载力测试

4.1 一般规定

4.1.1 单桩竖向抗压承载力测试的方法分为单桩竖向抗压静载试验、单桩竖向静载浸水试验和自平衡静载试验。

4.1.2 湿陷性黄土场地上为设计提供依据的试验桩,在自然含水量状态下测试单桩竖向抗压承载力时,尚应按本标准第5章的规定测定桩侧湿陷性土层在自然含水量状态下的正摩阻力。

4.1.3 为设计提供依据的试桩,最大加荷量应大于预估的桩侧与桩端极限阻力之和;当基桩的承载力由桩身强度控制时,应按桩身抗压承载力或按设计要求的加载量进行加载。施工验收阶段的工程桩,试验最大加载值应按本章第4.2节或第4.3节的规定取值。

4.1.4 自重湿陷性黄土场地上的工程基桩,单桩竖向承载力验收检测前,检测单位须与设计单位沟通,明确设计单桩承载力特征值时对桩侧负摩阻力的考虑方式和负摩阻力引起的基桩下拉荷载值。

4.1.5 单桩竖向抗压静载试验的加载反力装置提供的反力不应小于最大加载值的1.2倍。最大加载值大于4000kN时,不宜用压重平台提供反力。

4.1.6 工程桩做锚桩时,应验算锚桩的抗拔承载力,并根据验算结果配筋。试验过程中还应监测锚桩的桩顶位移,当锚桩产生位移时应终止加载。

4.1.7 单桩竖向抗压静载试验按本标准附录A执行,单桩竖向静载浸水试验按本标准附录B执行,自平衡静载试验按本标准附录C执行。

4.2 单桩竖向抗压静载试验

4.2.1 工程桩验收检测时,试验最大加载值应符合下列规定:

1 一般场地上的基桩,加载值应不小于设计要求的单桩承载力特征值的 2 倍;

2 非自重湿陷性黄土场地上的基桩,加载值应满足下列公式:

$$Q \geq 2R_a + \Delta Q_{sk} \quad (4.2.1-1)$$

$$\Delta Q_{sk} = Q_{sk1} - Q_{sk2} \quad (4.2.1-2)$$

式中: Q ——试验最大加载值(kN);

R_a ——单桩竖向抗压承载力特征值(kN);

Q_{sk1} ——湿陷下限深度以上土层在自然含水量状态下的桩侧总极限侧阻力值(kN),按本标准第 5 章实测得到;

Q_{sk2} ——湿陷下限深度以上土层在饱和状态下桩的极限侧阻力值(kN);当无实测资料时,可按表 4.2.1-1 的值计算得到;

ΔQ_{sk} ——湿陷下限深度以上的土层,自然含水量状态下与饱和状态下的桩侧总极限侧阻力值之差(kN);按式(4.2.1-2)计算。

表 4.2.1-1 饱和状态下桩的极限侧阻力

序号	桩型	软塑、流塑黄土
1	钻、挖、冲孔灌注桩	20kPa
2	沉管灌注桩、夯扩桩	30kPa

注:其他土类可参考甘肃省地方标准《湿陷性黄土地区建筑灌注桩基技术规程》DB 62/T 25—3084 取值。

3 自重湿陷性黄土场地上的基桩,应根据设计单位在设计单桩承载力特征值时对桩侧负摩阻力考虑方式的不同,按下列要求确定试验最大加载值:

1) 桩侧负摩阻力按对基桩产生下拉荷载考虑[单桩承载力

特征值按式(4.2.1-3)设计]时,按式(4.2.1-4)计算:

$$N_k + Q_g^n \leq R_{a1} \quad (4.2.1-3)$$

$$Q \geq 2R_{a1} + Q_{sk1} \quad (4.2.1-4)$$

2) 桩侧负摩阻力按对单桩承载力的降低考虑[单桩承载力特征值按式(4.2.1-5)设计]时,按式(4.2.1-6)计算:

$$R_{a2} = \frac{Q_{pk} + Q_{sk3}}{k} - Q_g^n \quad (4.2.1-5)$$

$$Q \geq 2(R_{a2} + Q_g^n) + Q_{sk1} \quad (4.2.1-6)$$

式中: R_{a1} ——设计单桩承载力特征值(kN),只计中性点以下部分侧阻力值及端阻力值;

R_{a2} ——设计单桩承载力特征值(kN);

N_k ——荷载效应标准组合时,单桩的平均竖向力(kN);

Q_{sk3} ——中性点以下土层桩的总极限侧阻力值(kN);

Q_{pk} ——单桩总极限端阻力值(kN);

k ——安全系数,取2;

Q_g^n ——负摩阻力引起的基桩下拉荷载值(kN)。按设计要求或单桩竖向静载荷浸水试验的实测数据取值,当无设计要求或实测数据、且桩侧湿陷性土层下限深度不大于20m时,可取表4.2.1-2中的桩侧平均负摩阻力值计算确定。

表 4.2.1-2 湿陷性黄土桩侧平均负摩阻力值

桩周自重 湿陷性土层 厚度(m)	钻(挖)孔 灌注桩 (kPa)	挤土灌 注桩 (kPa)	桩周自重 湿陷性土层 厚度(m)	钻(挖)孔 灌注桩 (kPa)	挤土灌 注桩 (kPa)
5	9	16	12	15	24
6	11	18	14	16	25
7	12	20	16	17	26

续表 4. 2. 1-2

桩周自重 湿陷性土层 厚度(m)	钻(挖)孔 灌注桩 (kPa)	挤土灌 注桩 (kPa)	桩周自重 湿陷性土层 厚度(m)	钻(挖)孔 灌注桩 (kPa)	挤土灌 注桩 (kPa)
8	13	21	18	17	26
9	14	22	20	17	26
10	14	23	—	—	—

4. 2. 2 单桩竖向抗压极限承载力测试值 Q_u 应按下列方法分析确定:

1 当试桩 $Q-s$ 曲线陡降段明显时,取相应于陡降段起点的荷载值;

2 当某级荷载作用下,试桩 $s-lgt$ 曲线尾部出现明显向下弯曲时,取前一级荷载值;

3 当某级荷载作用下,桩顶沉降量大于前一级的荷载作用下的沉降量的 2 倍,且经 24h 尚未达到相对稳定标准时,宜取前一级荷载值;

4 当试桩 $Q-s$ 曲线呈缓变型时,取桩顶总沉降量 $s=40\text{mm}$ 所对应的荷载值;对直径大于或等于 800mm 的桩,可取 $s=0.05D$ 对应的荷载值(D 为桩端直径);当桩长大于 40m 时,宜考虑桩身的压缩;

5 当不满足本条第 1 款~4 款情况时,宜取试验最大加载值。

4. 2. 3 单桩竖向抗压极限承载力 Q_{uk} 取值应符合下列规定:

1 一般场地,取单桩竖向抗压极限承载力测试值;

2 非自重湿陷性黄土场地,按下式计算确定:

$$Q_{uk} = Q_u - \Delta Q_{uk} \quad (4. 2. 3-1)$$

3 自重湿陷性黄土场地,根据对桩侧负摩阻力的考虑方式不同,按下列规定计算确定:

1) 将桩侧负摩阻力按对基桩产生下拉荷载考虑时:

$$Q_{uk} = Q_u - Q_{sk1} \quad (4.2.3-2)$$

2) 将桩侧负摩阻力按对单桩承载力的降低考虑时:

$$Q_{uk} = Q_u - Q_{sk1} - 2Q_g^n \quad (4.2.3-3)$$

4.2.4 为设计提供依据的试桩,单桩竖向抗压极限承载力的统计取值,应符合下列规定:

1 对参加算术平均的试验桩检测结果,当极差不超过平均值的 30% 时,可取其算术平均值作为单桩竖向抗压极限承载力统计值;当极差超过平均值的 30% 时,应分析原因,结合桩型、施工工艺、地基条件、基础形式等工程具体情况综合确定;不能明确极差过大的原因时,宜增加试桩数量;

2 对桩数不大于 3 根的桩基承台,应取最小值。

4.2.5 单桩竖向抗压承载力特征值 R_a 应按下列规定取值。

1 为设计提供依据的试桩,取按本标准第 4.2.4 条确定的单桩竖向抗压极限承载力统计值的 50% ;

2 施工验收阶段的工程桩,取按本标准第 4.2.3 条确定的单桩竖向抗压极限承载力 Q_{uk} 的 50% 。

4.2.6 检测报告除应包括本标准第 3.5.4 条规定的内容外,尚应包括下列内容。

1 受检桩桩周地层分布特征,场地湿陷类型,地基湿陷等级,桩侧湿陷性土层的下限深度、湿陷量;

2 受检桩和锚桩的尺寸、材料强度、配筋情况、混凝土灌注桩的充盈系数以及锚桩数量;

3 加载反力种类,堆载法应指明堆载重量,锚桩法应有反力梁布置平面图;

4 加载、卸载方法;

5 试验结果汇总表、 $Q-s$ 曲线、 $s-lgt$ 曲线;

4.3 单桩竖向静载浸水试验

4.3.1 单桩竖向静载荷浸水试验的最大加载值应符合下列规定：

1 先湿法试验,应加载至极限或符合以下规定：

- 1) 一般场地和非自重湿陷性黄土场地上的基桩,试验最大加载值应不小于设计要求单桩承载力特征值的 2 倍；
- 2) 自重湿陷性黄土场地上的基桩,试验最大加载值应满足下式要求：

$$Q \geq 2R_{a2} + Q_{sk2} \quad (4.3.1)$$

2 后湿法试验,应加载至极限或达到设计荷载的 2 倍。

4.3.2 浸水(饱和)状态下的单桩竖向抗压极限承载力测试值 Q_u ,应在桩顶总沉降量中计入浸水期间桩顶沉降量后,结合本标准第 4.2.2 条的规定取值。

4.3.3 为设计提供依据的试桩,单桩竖向抗压极限承载力 Q_{uk} 应按本标准第 4.2.4 条的规定对测试值进行统计取值。

4.3.4 单桩竖向抗压承载力特征值 R_a 应按下列规定取值。

1 非自重湿陷性黄土场地,为设计提供依据的试桩,取按本标准第 4.3.3 条确定的单桩竖向抗压极限承载力统计值的 50%；施工验收阶段的工程桩,取按本标准第 4.3.2 条确定的单桩竖向抗压极限承载力测试值的 50%；

2 自重湿陷性黄土场地,按下式计算确定：

$$R_{a2} = \frac{Q_{uk} - Q_{sk2}}{k} \quad (4.3.4)$$

式中： Q_{uk} ——单桩竖向抗压极限承载力(kN)。为设计提供依据的试桩,取按本标准第 4.3.3 条确定的统计值；施工验收阶段的工程桩,取按本标准第 4.3.2 条确定的测试值。

4.3.5 检测报告除应包括本标准第3.5.4条、第4.2.6条规定的内容外,还应包含浸水坑的形状、尺寸,浸水的方式,浸水量,浸水时间,浸水期间的桩顶沉降量,试坑及周围地面的沉降量等内容。有条件时提供中性点深度和桩侧摩阻力。

5 桩侧正摩阻力测试

5.1 一般规定

5.1.1 桩侧正摩阻力测试可选用空底桩法、自平衡法以及桩身预埋电阻应变式传感器、振弦式传感器、滑动测微计或光纤式应变传感器等电子元件的桩身内力测试法。

5.1.2 使用空底桩试验时,试验桩有效桩长不宜小于场地自重湿陷性土层下限深度,底部悬空不应小于 1.0m。当场地自重湿陷性土层大于 15m 时可选用自平衡法测试。桩身内力测试适用于桩身横截面尺寸基本恒定或已知的桩。

5.1.3 试桩桩径宜与工程桩桩径相同,当无明确说明时,桩径宜选用 0.8m。

5.1.4 桩周土在饱和状态下的桩侧摩阻力,通过在桩身埋设测试元件的单桩竖向浸水载荷试验获得。

5.2 空底桩法测试

5.2.1 自重湿陷性黄土场地空底桩法检测桩侧正摩阻力试验应在桩周土体处于天然状态下进行,试验方法应按本标准附录 A 执行。

5.2.2 自重湿陷性土层桩侧极限正摩阻力应按下式计算确定:

$$q_{si} = \frac{Q_{ul}}{\pi dl} \quad (5.2.2)$$

式中: Q_{ul} ——试验桩单桩总极限侧摩阻力(kN);

d ——桩径(m);

l ——空底桩有效桩长(m)。

5.2.3 对参加算术平均的试验桩检测结果,当极差不超过平均值的 30% 时,可取其算术平均值作为桩侧极限正摩阻力;当极差超过平均值的 30% 时,应取试验桩的最大值。

5.3 自平衡法测试

5.3.1 自平衡法测试装置如图 5.3.1 所示。自平衡荷载箱宜安装在自重湿陷性土层下限深度处,再根据上段桩长预估试验最大荷载,确定下段桩长,下段桩提供的反力可以为下段桩桩侧阻力或端阻力,亦可为两者合力。

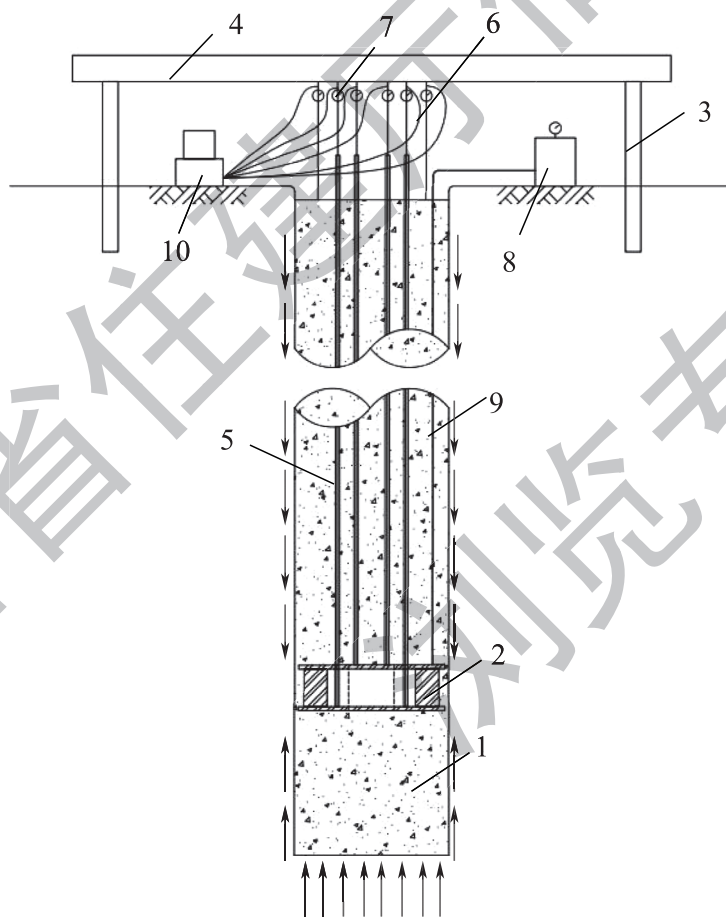


图 5.3.1 自平衡静载试验系统

1—基桩;2—荷载箱;3—基准桩;4—基准梁;5—护套管;6—位移杆(丝);
7—位移传感器;8—油泵;9—高压油管;10—数据采集仪

5.3.2 桩侧自重湿陷性土层总极限正摩阻力按下式计算确定:

$$Q_{ul} = \frac{Q_{uu}}{\gamma} \quad (5.3.2)$$

式中: Q_{uu} ——上段桩极限加载值(kN);

Q_{ul} ——单桩总极限侧摩阻力值(kN);

γ ——受检桩的抗压摩阻力转换系数,根据荷载箱上部桩周土层的类型确定,黏性土、粉土取 0.8,砂土、碎石土取 0.7,岩石取 1.0。

5.3.3 桩侧正摩阻力按下式计算确定:

$$q_{si} = \frac{Q_{ul}}{\pi d l_1} \quad (5.3.3)$$

式中: q_{si} ——桩侧极限正摩阻力(kPa);

d ——桩径(m);

l_1 ——自平衡试验桩上段桩长(m)。

5.3.4 对参加算术平均的试验桩检测结果,当极差不超过平均值的 30% 时,可取其算术平均值作为桩侧极限正摩阻力;当极差超过平均值的 30% 时,应取试验桩的最大值。

6 桩端阻力测试

6.0.1 桩端阻力测试可采用深层平板载荷试验、桩端埋设荷载箱进行自平衡静载试验或预埋电阻应变式传感器、振弦式传感器、滑动测微计或光纤式应变传感器、土压力盒等电子元件测试桩端阻力。

6.0.2 采用深层平板载荷试验测试桩端阻力,试验方法应符合《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 附录 D 的相关规定。

6.0.3 采用自平衡静载试验测试桩端阻力时,应确保桩侧阻力大于桩端阻力,当桩侧阻力不足时,可采取桩顶加设配重等措施。荷载箱应装在桩端,底板应为实心板,直径 0.8m、厚度不小于 20mm。试验方法按本标准附录 C 执行。试验装置系统如图 6.0.3 所示。

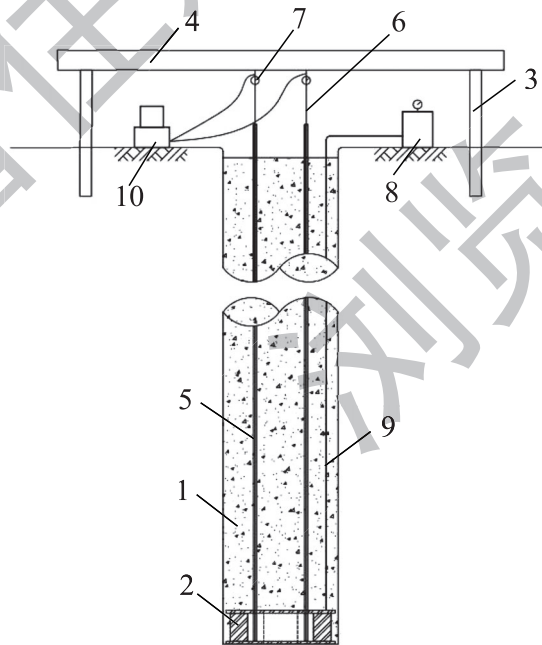


图 6.0.3 桩端埋设荷载箱自平衡法静载荷试验装置系统

1—基桩;2—荷载箱;3—基准桩;4—基准梁;5—护套管;6—位移杆(丝);
7—位移传感器;8—油泵;9—高压油管;10—数据采集仪

6.0.4 荷载箱单向极限加载能力应大于计算加载值的1.2倍;荷载箱的行程应大于试验桩计算变形量的1.5倍。

6.0.5 采用深层平板载荷试验时,桩端极限端阻力按下式计算:

$$q_{pk} = \psi_p \frac{Q_{pk}}{A_p} \quad (6.0.5)$$

式中: q_{pk} ——桩端极限端阻力(kPa);

A_p ——承压板或荷载箱底面积(m^2);

Q_{pk} ——单桩总极限端阻力值(kN);

ψ_p ——大直径灌注桩端阻力尺寸效应系数,按《建筑桩基技术规范》JGJ 94 中的相关规定取值。

6.0.6 采用自平衡静载试验时,桩端极限端阻力按下式计算:

$$q_{pk} = \psi_p \frac{Q_{ud}}{A_p} \quad (6.0.6)$$

式中: Q_{ud} ——单桩总极限端阻力值(kN)。

6.0.7 采用电阻式应变传感器、振弦式传感器,滑动测微计及土压力盒测试时,桩身内力按本标准附录 H 确定,桩的端阻力按下式计算:

$$q_p = \frac{Q_n}{A_0} \quad (6.0.7)$$

式中: q_p ——桩的端阻力(kPa);

Q_n ——桩端的轴力(kN);

A_0 ——桩端面积(m^2)。

6.0.8 采用光纤式应变传感器,桩端阻力按下式计算:

$$q_p = \bar{\varepsilon}_p \cdot E_p \quad (6.0.8)$$

式中: $\bar{\varepsilon}_p$ ——桩端应变平均值;

E_p ——桩端弹性模量(kPa)。

6.0.9 参加统计的测试桩不少于 3 根时,当满足极差不超过平均值的 30% 时,取其平均值作为桩端极限承载力;当极差超过平均值的 30% 时,应分析极差过大的原因,结合工程具体情况综合分析,必要时可增加测试桩数量;测试桩数量少于 3 根时,应取低值。

7 成孔质量检测

7.1 一般规定

7.1.1 基桩成孔质量检测应包含孔深、孔径、垂直度、沉渣厚度等项目。

7.1.2 检测方法应根据桩孔的形状、检测方法适用性及桩孔尺寸按表 7.1.2 合理选用。

表 7.1.2 检测方法、仪器设备及适用性参考表

检测项目	检测方法	仪器设备及器具	检测方法适用性
孔深	测绳法	孔深测绳	—
	钻杆长度复核法	标准卷尺	—
	深度编码法	深度编码器及滑轮	—
孔径	机械接触法	伞形孔径仪	直径或边长大于 3.0m 的桩孔以及变直径桩孔不宜选用
	超声波法	超声波成孔检测仪	泥浆相对密度超过 1.3 或含砂率超过 4% 时不宜选用;直径或边长小于 0.6m 的桩孔不宜选用
	探笼法	探笼装置	变直径桩孔不宜选用
垂直度	顶角测量法	测斜仪及扶正器	直径或边长大于 3.0m 的桩孔及变直径桩孔不宜选用
	圆心拟合法	伞形孔径仪	直径或边长大于 3.0m 的桩孔及变直径桩孔不宜选用

续表 7.1.2

检测项目	检测方法	仪器设备及器具	检测方法适用性
垂直度	超声波法	超声波成孔检测仪	泥浆相对密度超过 1.3 或含砂率超过 4% 时不宜选用;直径或边长小于 0.6m 的桩孔不宜选用
	探笼法	探笼装置	变直径桩孔不宜选用
沉渣厚度	电阻率法	电阻率沉渣检测仪	—
	探针法	探针沉渣检测仪	—
	测锤法	沉渣测锤	—

7.1.3 成孔质量检测,当出现下列情况之一时,宜采用表 7.1.2 中两种或两种以上方法检测。

- 1 验收标准或设计有要求时;
- 2 灌注桩试成孔时;
- 3 桥梁采用灌注桩时;
- 4 采用非等直径灌注桩时;
- 5 桩长大于 30m 时;
- 6 需要对孔壁稳定性进行评价时;
- 7 地质条件对成孔质量影响较大时;
- 8 地质条件复杂场地时;
- 9 采用不同类型机具或不同工艺开始成孔时。

7.1.4 成孔质量抽检应按下列原则确定:

- 1 随机抽样,基本均匀分布;
- 2 对施工质量有疑问的孔;
- 3 不同机具或采用不同工艺开始施工的前 2 个孔;
- 4 地层性质差异大或容易发生偏斜、坍塌、缩径等不利于施工区段内的孔;
- 5 设计认为重要结构部位的桩孔。

7.1.5 成孔质量应符合表 7.1.5 的规定。

表 7.1.5 灌注桩成孔质量检验标准

序号	检验项目			允许偏差
1	桩径	泥浆护壁钻孔桩		$\pm 50\text{mm}$
		套管成孔灌注桩		-20mm
		干成孔灌注桩		-20mm
		人工挖孔桩		$\pm 50\text{mm}$
2	垂直度	泥浆护壁钻孔桩		$< 1\%$
		套管成孔灌注桩		
		干成孔灌注桩		
		人工挖孔桩	混凝土护壁	$< 0.5\%$
			钢套管护壁	$< 1\%$
3	孔深			$+ 300\text{mm}$
4	沉渣厚度	端承桩		$\leq 50\text{mm}$
		摩擦端承、端承摩擦桩		$\leq 100\text{mm}$
		摩擦桩		$\leq 150\text{mm}$

注:1. 桩径允许偏差的负值是指个别断面;

2. 孔深只深不浅,嵌岩桩应确保进入设计要求的嵌岩深度;

3. 对大于30m的超长桩、复杂地质条件等基桩的孔径、沉渣检验标准可适当放宽。

7.2 孔深检测

7.2.1 成孔孔深可采用测绳法、钻杆长度复核法检测,或在孔径、垂直度检测时,利用设备的深度编码器及滑轮同步进行检测。

7.2.2 测绳法检测孔深时,设备应符合下列规定:

1 测绳宜采用钢丝绳;

2 与测绳相连的锥状重物,质量不宜小于2kg、锥角不宜大于 45° 。

7.2.3 测绳法或深度编码器法起算标高应与灌注桩成孔起算标高一致。

7.3 孔径检测

7.3.1 孔径可采用伞形孔径仪、超声波成孔检测仪或探笼装置检测。

7.3.2 伞形孔径仪进行孔径检测应符合下列规定：

1 伞形孔径仪机械臂不宜少于4支,机械臂张开时末端应能接触孔壁；

2 当桩孔局部扩径时,应设置可进入扩径最深处的辅助装置；

3 孔径检测应自孔底向孔口连续进行；

4 仪器降至孔底后,仪器的机械臂应同时张开；

5 探头提升应保持匀速,且不宜大于0.2m/s。

7.3.3 超声波成孔检测仪检测孔径应符合下列规定：

1 超声波仪器的探头应能同时对正交的不少于4个方向进行检测；

2 超声波探头升降速度应能实时调节；

3 超声波探头在遇到孔壁或孔底时应能自动停机；

4 检测宜在清孔完毕、孔中泥浆内气泡消散后进行；

5 检测前,应对仪器系统进行标定,标定应至少进行2次；

6 标定完成后,相关参数在该孔的检测过程中不应变动；

7 仪器探头起始位置应对准护筒或桩孔的中心轴线；

8 应标明检测剖面正交4个方向与实际方位的关系；试成孔、变直径桩孔及直径大于4.0m的桩孔,除应在4个方向检测外,尚应增加检测方向；

9 探头提升应保持匀速,且不宜大于0.3m/s。

7.3.4 探笼法检测孔径时,探笼直径宜较桩孔直径小5cm~

10cm, 笼身等直径段高度宜为 3 倍 ~ 5 倍笼径。

7.4 垂直度检测

7.4.1 垂直度可采用顶角测量法、圆心拟合法、超声波检测仪或探笼装置检测。

7.4.3 顶角测量法进行垂直度检测, 应符合下列规定:

- 1 测斜仪倾角测量范围不应超过 $-15^{\circ} \sim +15^{\circ}$;
- 2 需要扶正器时, 测斜仪应与配套的扶正器稳固连接;
- 3 检测前应在仪器主机上设置孔径、扶正器外径等参数;
- 4 应将测斜仪下降至孔中预设起始深度位置, 测斜仪及扶正器不应碰触孔壁、保持自然垂直状态, 并应在此处做零度值校验;
- 5 测斜仪下行时, 每间隔一定深度应暂停, 待顶角显示值稳定时保存该测点数据;
- 6 每个测点的间距不宜大于 5.0m, 在顶角变化较大处宜加密检测点数, 在接近孔底位置应检测最后一个测点;
- 7 检测中应避开局部明显扩径段; 未能避开时, 数据处理时应剔除局部明显扩径段数据; 当扩径段连续时, 应采用其他方法验证。

7.4.4 圆心拟合法检测垂直度应在伞形孔径仪进行孔径检测时同步检测。

7.4.5 超声波法检测垂直度应在超声波检测仪进行孔径检测时同步检测。

7.4.6 探笼检测垂直度装置应符合本标准第 7.3.4 条的规定。

7.5 沉渣厚度检测

7.5.1 沉渣厚度可采用电阻率法、探针法或测锤法检测。

7.5.2 沉渣厚度检测除应在孔底中心位置检测外, 尚应增设检

测点进行检测,检测点的布置宜符合下列规定:

- 1 直径不大于 0.8m 桩孔,宜增设检测点 2 个,2 个点与中心连线夹角宜为 180° ;
- 2 直径大于 0.8m 的且不大于 1.6m 的桩孔,宜增设检测点 3 个,3 个点与中心连线夹角宜为 120° ;
- 3 直径大于 1.6m 的桩孔,宜增设检测点 4 个,4 个点与中心连线夹角宜为 90° 。

7.5.3 电阻率法检测沉渣厚度应符合下列规定:

- 1 电极系绝缘电阻不宜小于 $50\text{M}\Omega$;
- 2 探头总质量不宜小于 5kg;探头直径不宜大于 10cm,探头总长度不宜小于 80cm;
- 3 探头微电极长度不宜大于 5cm;
- 4 倾角传感器角度误差不宜超过 $\pm 1^{\circ}$;
- 5 探头触碰到孔底后应进行提升,首次提升高度宜为 1.0m,每次提升高度的增加量宜为 0.3m ~ 0.5m,直至探头下沉深度不再增加;
- 6 测量电阻率时,倾角传感器和重力线夹角不应超过 $\pm 5^{\circ}$ 。

7.5.4 探针法检测沉渣厚度应符合下列规定:

- 1 探针最大伸出长度不宜小于 20cm;
- 2 探头质量、探针刚度和截面尺寸应根据泥浆性状等确定,探针行程范围内,应具有刺穿沉渣的能力;
- 3 探头下行到孔底部沉渣层上表面时,探头内的探针应归于初始位置;
- 4 主机控制探针伸出时,应同时记录各伸出长度对应的探头倾斜角度和探针压力;
- 5 探针伸出到量程极限应能自动停止,并保存数据。

7.5.5 测锤法检测沉渣厚应符合下列规定:

- 1 测锤宜采用质量不小于 2kg 的平底金属锤;

- 2 测锤高度和直径之比宜为 $1.5 : 1 \sim 2 : 1$;
- 3 悬挂绳宜为钢丝绳;
- 4 测试起算标高应与孔深测试起算标高一致;
- 5 测锤触碰到孔底后应进行二次提升,提升高度应根据孔深、泥浆性状等确定;
- 6 测锤自由下落时,应能落到沉渣面层。

8 桩底沉渣检测

8.1 一般规定

8.1.1 对旋挖钻孔灌注桩、人工挖孔灌注桩及冲击成孔灌注桩，宜对成桩后的桩底沉渣厚度进行检测。

8.1.2 桩底沉渣厚度可采用钻芯法、抽芯引导管钻芯法、桩端沉渣检测仪或其他可靠的方法进行检测。桩底沉渣检测应在混凝土浇筑完成后 3d ~ 30d 内进行。

8.2 钻芯法检测

8.2.1 桩长较短的基桩，可采用钻芯法检测桩底沉渣厚度；桩长大于 30m 的基桩，宜采用预埋抽芯引导管进行桩底沉渣厚度检测。抽芯引导管钻芯法检测原理如图 8.2.1 所示。

8.2.2 钻芯法检测应符合下列规定：

1 钻进深度应进入桩端持力层不小于 1.0m，芯样直径不应小于 100mm；

2 抽芯引导管宜采用壁厚不小于 3.5mm、内径不小于 135mm 的钢管；

3 管内底部应提前浇筑厚度不小于 0.5m 的混凝土进行封底，安装垂直度不应超过 1%；

4 管底应高于孔底不小于 1m，顶端高出桩顶不小于 0.3m。

8.2.3 桩底沉渣厚度采用直尺测量，记录描述芯样状态，并编号留存芯样影像资料。

8.2.6 钻芯取样孔应采用同等级混凝土充填。

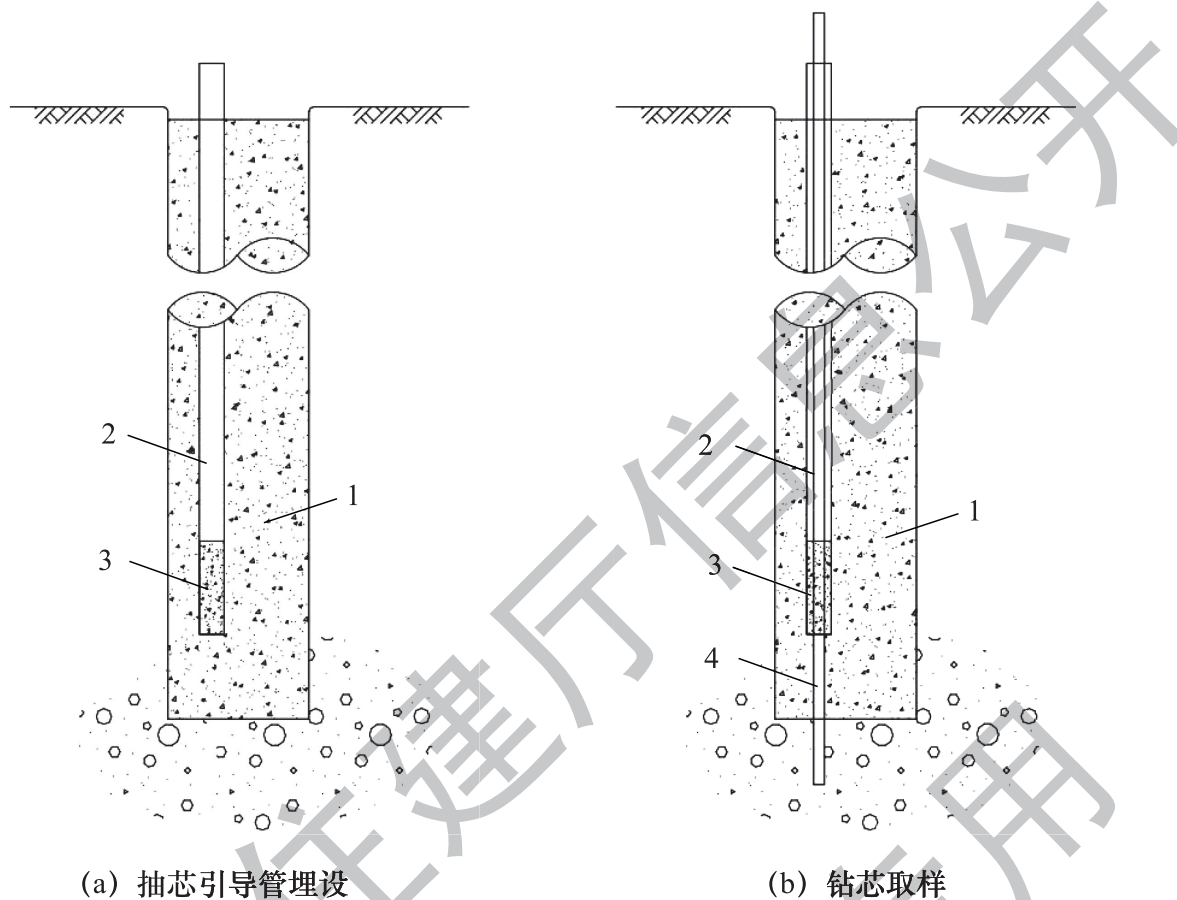


图 8.2.1 抽芯引导管钻芯法原理

1—桩身;2—抽芯引导管;3—封底混凝土;4—钻头

8.3 桩底沉渣检测仪检测

8.3.1 桩底沉渣检测仪使用前应进行标定,检测行程不应小于 120mm,底板直径宜采用 300mm,板厚度不宜小于 20mm。

8.3.2 桩底沉渣检测仪应焊接在钢筋笼底端,底面与钢筋笼底端齐平,当有声测管或桩端注浆管时,应与管底齐平;液压油管和位移丝沿钢筋笼绑扎引至地面,外留长度不宜小于 2m。桩底沉渣检测仪原理如图 8.3.2 所示。

8.3.3 桩底沉渣厚度检测时桩身混凝土强度不应小于 15MPa。

8.3.4 试验采取连续加载,出现下列情况之一时,可终止加载:

- 1 累计沉降量大于 40mm;
- 2 已达桩端极限端阻力标准值。

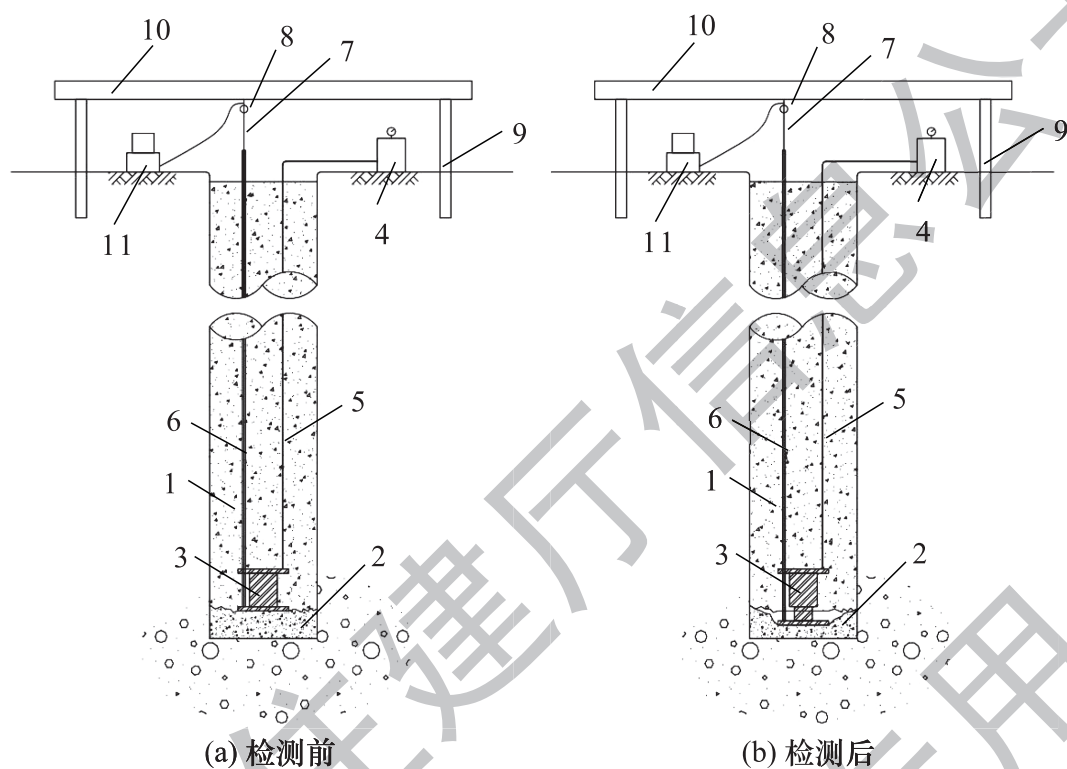


图 8.3.2 桩底沉渣检测仪原理图

- 1—桩身;2—桩底沉渣;3—桩底沉渣检测仪;4—高压油压泵;5—液压油管;
6—位移护筒;7—位移丝(杆);8—位移计;9—基准桩;
10—基准梁;11—数据采集仪

8.3.5 加载至桩端极限端阻力标准值,沉降量小于 40mm,判定为桩底沉渣厚度合格,否则判为不合格。

附录 A 单桩竖向抗压静载试验要点

A. 0. 1 试桩、锚桩(压重平台支墩边)和基准桩之间的中心距离,应符合表 A. 0. 1 的规定。当试桩或锚桩为扩底桩或多支盘桩时,试桩与锚桩的中心距不应小于 2 倍扩大端直径。软土场地压重平台堆载重量较大时,宜增加支墩边与基准桩中心和试桩中心之间的距离,并在试验过程中观测基准桩的竖向位移。

表 A. 0. 1 试桩、锚桩(或压重平台支墩边)和基准桩之间的中心距离

反力装置	距离		
	试桩中心与锚桩中心 (或压重平台支墩边)	试桩中心与 基准桩中心	基准桩中心与锚桩中心 (或压重平台支墩边)
锚桩横梁	$\geq 4(3)D$ 且 $> 2.0\text{m}$	$\geq 4(3)D$ 且 $> 2.0\text{m}$	$\geq 4(3)D$ 且 $> 2.0\text{m}$
压重平台	$\geq 4(3)D$ 且 $> 2.0\text{m}$	$\geq 4(3)D$ 且 $> 2.0\text{m}$	$\geq 4(3)D$ 且 $> 2.0\text{m}$
地锚装置	$\geq 4D$ 且 $> 2.0\text{m}$	$\geq 4(3)D$ 且 $> 2.0\text{m}$	$\geq 4D$ 且 $> 2.0\text{m}$

注:1. D 为试桩、锚桩或地锚的设计直径或边宽,取其较大者;

2. 括号内数值可用于工程桩验收检测时多排桩设计桩中心距离小于 $4D$ 或压重平台支墩下 2 倍~3 倍宽影响范围内的地基土已进行加固处理的情况。

A. 0. 2 单桩竖向抗压静载试验应采用慢速维持荷载法。

A. 0. 3 试验加、卸载方式应符合下列规定:

1 加载应分级进行,且采用逐级等量加载;分级荷载宜为最大加载值或预估极限承载力的 $1/10$,其中,第一级加载量可取分级荷载的 2 倍;

2 卸载应分级进行,每级卸载量宜取加载时分级荷载的 2 倍,且应逐级等量卸载;

3 加、卸载时,应使荷载传递均匀、连续、无冲击,且每级荷载

在维持过程中的变化幅度不得超过分级荷载的 $\pm 10\%$ 。

A. 0. 4 慢速维持荷载法试验应符合下列规定：

1 每级荷载施加后，应分别按第 5min、15min、30min、45min、60min 测读桩顶沉降量，以后每隔 30min 测读一次桩顶沉降量；

2 沉降相对稳定标准：每一小时内的桩顶沉降量不得超过 0. 1mm，并连续出现两次（从分级荷载施加后的第 30min 开始，按 1. 5h 连续三次每 30min 的沉降观测值计算）；

3 当桩顶沉降速率达到相对稳定标准时，可施加下一级荷载；

4 卸载时，每级荷载应维持 1h，分别按第 15min、30min、60min 测读桩顶沉降量后，即可卸下一级荷载；卸载至零后，应测读桩顶残余沉降量，维持时间不得少于 3h，测读时间分别为第 15min、30min，以后每隔 30min 测读一次桩顶残余沉降量。

A. 0. 5 当出现下列情况之一时，可终止加载：

1 某级荷载作用下，桩顶沉降量大于前一级荷载作用下的沉降量的 5 倍，且桩顶总沉降量超过 40mm；

2 某级荷载作用下，桩顶沉降量大于前一级荷载作用下的沉降量的 2 倍，且经 24h 尚未达到本标准第 A. 0. 4 条第 2 款相对稳定标准；

3 已达到设计要求的最大加载值且桩顶沉降达到相对稳定标准；

4 工程桩作锚桩时，锚桩上拔量已达到允许值；

5 荷载-沉降曲线呈缓变型时，可加载至桩顶总沉降量 60mm ~ 80mm；当桩端阻力尚未充分发挥时，可加载至桩顶累计沉降量超过 80mm。

附录 B 单桩竖向静载浸水试验要点

B. 0. 1 本试验要点适用于测试浸水条件下桩侧负摩阻力、中性点深度及桩周土饱和状态下单桩承载力。

B. 0. 2 试验浸水坑应符合下列规定：

1 浸水坑的平面尺寸(边长或直径)：如只测定桩周土饱和状态下的单桩竖向承载力,不宜小于 5m；如需要测定桩侧负摩阻力和中性点深度,不宜小于自重湿陷性黄土层的深度,并不应小于 10m；

2 试坑深度不宜小于 500mm,坑底面应铺 100mm ~ 150mm 厚度的砂、石,在浸水期间,坑内水头高度不宜小于 300mm；

3 可在试坑底面布置一定数量及深度的渗水孔,孔内应填满砂砾。

B. 0. 3 单桩竖向承载力静载荷浸水试验方法,可选择先湿法和后湿法。

B. 0. 4 先湿法进行单桩竖向承载力静载荷浸水试验,应符合下列规定：

1 加载前向试坑内浸水,连续浸水时间不宜少于 10d；过程中应记录桩顶附加沉降量,记录间隔时间不宜大于 6h；

2 桩周湿陷性黄土层达到饱和(饱和度不小于 85%),且桩顶附加沉降量稳定后,在继续浸水条件下对桩顶分级加载至极限荷载或满足本标准第 4. 3. 1 条的规定。

B. 0. 5 后湿法进行单桩竖向承载力静载荷浸水试验,应符合下列规定：

1 应在试坑浸水前,对桩分级加压至设计荷载；

2 在设计荷载下沉降稳定后,维持桩顶荷载不变,向试坑内浸水,连续浸水时间不宜少于 10d,过程中应记录桩顶附加沉降量,记录间隔时间不宜大于 6h;

3 桩周湿陷性黄土层达到饱和,且桩顶附加沉降量稳定后,在继续浸水条件下对桩顶分级加载至极限荷载或设计荷载的 2 倍。

B. 0. 6 进行桩侧负摩阻力和中性点深度测试时,应符合下列要求:

1 宜在浸水试坑内设置观测自重湿陷的浅标点和深标点,实测自重湿陷下限深度;

2 中性点深度附近应埋设有桩身内力测试元件,当中性点深度难以预测时,桩身内力测试元件宜加密埋设,或采用线测法进行内力测试;

3 先湿法桩顶无荷载或后湿法桩顶维持设计荷载,试坑浸水期间,在桩侧负摩阻力值和中性点深度稳定后应暂时停止注水,继续测试负摩阻力和中性点深度不少于 10d,负摩阻力和中性点深度不再增大后,重新注水,继续对桩分级加载;

4 取试验过程中下拉荷载最大时对应的负摩阻力值和中性点深度作为实测值。

B. 0. 7 基准桩或沉降观测基准点应设在浸水影响范围外。桩顶附加沉降量的观测精度应不低于 0. 1mm。

B. 0. 8 试桩和锚桩设置、开始试验时间、试验装置、量测沉降用的仪表应符合本标准第 3 章的相关规定。

B. 0. 9 分级加载额定量,加、卸载的沉降观测应符合本标准附录 A 第 A. 0. 2 条 ~ 第 A. 0. 5 条的要求。

附录 C 自平衡静载试验要点

C.0.1 自平衡静载试验最大加载值转换的桩顶等效荷载不应小于本标准 4.2 节规定的最大加载值。

C.0.2 荷载箱安装应符合下列规定：

- 1 荷载箱应安装在桩身平衡点处；
- 2 预估上段桩侧摩阻力不足时，可在桩顶采取加设一定量的配重；
- 3 荷载箱应平放于桩身的中心，轴心垂直度不应大于 1%。

C.0.3 自平衡静载试验应采用慢速维持荷载法。

C.0.4 试验加、卸载应符合下列规定：

- 1 加载应分级进行，采用逐级等量加载，每次荷载宜为最大加载值的 1/10，其中，第一级加载量可取分级荷载的 2 倍；
- 2 卸载应分级进行，每级卸载量宜取加载时分级荷载的 2 倍，且应逐级等量卸载；
- 3 加、卸载时，应使用荷载传递均匀、连续、无冲击，且每级荷载在维持过程中的变化幅度不得超过分级荷载的 $\pm 10\%$ 。

C.0.5 慢速维持荷载法试验步骤应符合下列规定：

- 1 每级荷载施加后，应分别按第 5min、15min、30min、45min、60min 测读位移，以后每隔 30min 测读一次位移；
- 2 位移相对稳定标准：每 1h 内的位移增量不超过 0.1mm，并连续出现两次（从分级荷载施加后的第 30min 开始，按 1.5h 连续三次每 30min 的位移观测值计算）；
- 3 当位移变化速率达到相对稳定标准时，施加下一级荷载；
- 4 卸载时，每级荷载维持 1h，分别按第 15min、30min、60min

测读位移量后,即可卸下一级荷载;卸载至零后,应测读残余位移,维持时间不得小于 3h,测读时间分别为每 15min、30min,以后每隔 30min 测读一次残余位移量。

C. 0. 6 荷载箱上、下位移出现下列情况之一时,即可终止加载:

1 某级荷载作用下,荷载箱上、下位移增量大于前一级荷载作用下位移增量的 5 倍,且位移总量超过 40mm;

2 某级荷载作用下,荷载箱上、下位移增量大于前一级荷载作用下位移增量的 2 倍,且经 24h 尚未达到相对稳定标准;

3 已达到设计要求的最大加载量,且荷载箱上、下位移达到相对稳定标准;

4 当荷载-位移曲线呈缓变型时,上位移总量可加载至 40mm ~ 60mm;下位移总量加载至 60mm ~ 80mm;

5 荷载已达荷载箱加载极限,或荷载箱两段桩位移已超过荷载箱行程,即可终止加载。

C. 0. 7 上段桩极限加载值 Q_{uu} 和下段桩极限加载值 Q_{ud} 应按下列方法综合确定:

1 根据位移随荷载的变化特征确定:对陡变型曲线,应取曲线发生明显陡变的起始点对应的荷载值;

2 根据位移随时间变化特征确定极限承载力,应取位移与加载时间的单对数曲线尾部出现明显弯曲的前一级荷载值;

3 当出现 C. 0. 6 条第 2 款情况时,宜取前一级荷载箱;

4 对缓变形曲线可根据位移量确定,上段极限加载值取对应位移量为 40mm 时的荷载,当上段桩长大于 40m 时,宜考虑桩身的弹性压缩量;下段桩极限加载值取位移为 40mm 时对应的荷载值,对直径大于或等于 800mm 的桩,可取荷载箱向下位移量为 $0.05D$ (D 为桩端直径)对应的荷载值;

5 当按第 1 款 ~ 4 款不能确定时,宜分别取向上、向下两个方向的最大试验荷载作为上、下段桩极限加载值。

C.0.8 自平衡静载试验单桩竖向抗压极限承载力检测值 Q_u 取值,可按下列式计算:

$$Q_u = \frac{Q_{uu} - W}{\gamma} + Q_{ud} \quad (\text{C.0.8})$$

式中: Q_u ——单桩竖向抗压极限承载力检测值(kN);

Q_{uu} ——上段桩极限加载值(kN);

Q_{ud} ——下段桩极限加载值(kN);

W ——荷载箱上段桩的自重与附加荷载重量之和(kN);附加荷载重量包括桩顶配重或设计桩顶以上超灌高度的重量、空桩段泥浆或回填砂、土自重;

γ ——受检桩的抗压摩阻力转换系数,宜根据实际情况通过相近条件的比对试验和地区经验确定。当无可靠比对试验资料和地区经验时, γ 可取0.8~1.0,长桩及黏性土取大值,短桩或砂土取小值。

C.0.9 单桩竖向抗压极限承载力标准值的统计取值应符合本标准4.2.4条规定,单桩竖向抗压承载力特征值 R_a 取单桩竖向抗压极限承载力标准值的50%。

附录 D 泥浆相对密度、黏度和含砂率测定

- D. 0. 1 泥浆相对密度可采用泥浆比重计测定。
- D. 0. 2 泥浆相对密度测定步骤应符合下列规定：
- 1 应将需要测定的泥浆装满泥浆杯, 加盖并洗净溢出的泥浆;
 - 2 应将泥浆杯置于支架上, 移动游码, 使杠杆呈水平状态;
 - 3 泥浆相对密度应按游码左侧刻度读取。
- D. 0. 3 泥浆比重计在使用前应用清水对仪器进行校正。
- D. 0. 4 泥浆黏度应采用漏斗黏度计测定。
- D. 0. 5 泥浆黏度测定步骤应符合下列规定：
- 1 应将漏斗下面出口堵住;
 - 2 应采用带有隔层的量杯两端分别量取 200mL 和 500mL 泥浆, 通过滤网滤去大砂粒后, 将 700mL 泥浆全部注入漏斗;
 - 3 应释放漏斗下面出口, 使泥浆从漏斗流出, 泥浆黏度应按流满 500mL 量杯所需时间确定。
- D. 0. 6 漏斗黏度计使用前, 应按本标准第 D. 0. 5 条的步骤, 记录注入漏斗 700mL 清水流出 500mL 所需的时间。当流出时间不等于 15s 时, 泥浆黏度应按下式修正:

$$s = \lambda s_t / s_w \quad (D. 0. 6)$$

式中: s ——泥浆黏度(s);

s_t ——泥浆黏度检测值(s);

λ ——黏度常数, 应按 15s 取值;

s_w ——表观黏度(s)。

- D. 0. 7 泥浆含砂率可采用含砂率计测定。

D. 0. 8 泥浆含砂率测定步骤应符合下列规定：

- 1 应把调制好的泥浆 50mL 倒进含砂率计,然后再倒 450mL 清水;
- 2 应将仪器口塞紧,摇动 1min;
- 3 应将仪器竖直静放 3min,泥浆含砂率应为仪器下端沉淀物按 mL 计读的体积除以 500mL,乘以 100%。

附录 E 伞形孔径仪计算孔径的方法

E. 0. 1 伞形孔径仪张角采用电位差检测时,孔径应按下式计算:

$$D = D_0 + kf\Delta V/I \quad (\text{E. 0. 1})$$

式中: D ——测点位置的孔径检测值(m);

D_0 ——孔径起始值(m);

k ——伞形孔径仪标定系数;

f ——伞形孔径仪转换系数(m/ Ω);

ΔV ——测量信号电位差(V);

I ——回定电流源电流(A)。

E. 0. 2 伞形孔径仪张角采用机械臂倾角检测时(图 E. 0. 2),正交方向的孔径应按下列公式计算:

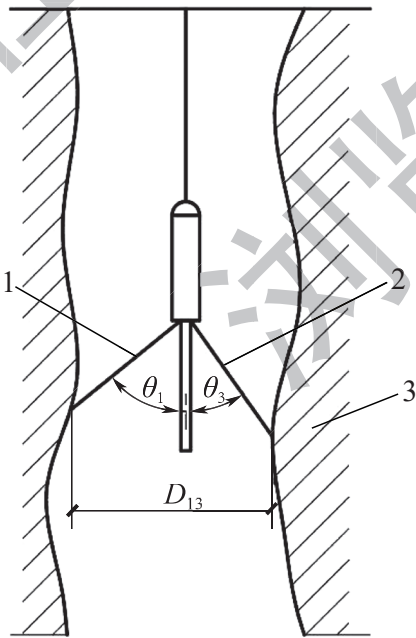


图 E. 0. 2 伞形孔径仪检测原理图

1—机械臂;2—机械臂;3—孔壁

$$D_{13} = L_{\text{arm}} \sin \theta_1 + L_{\text{arm}} \sin \theta_3 \quad (\text{E. 0. 2-1})$$

$$D_{24} = L_{\text{arm}} \sin \theta_2 + L_{\text{arm}} \sin \theta_4 \quad (\text{E. 0. 2-2})$$

式中： D_{13} 、 D_{24} ——分别为测点位置正交 2 个方向的孔径检测值 (m)；

L_{arm} ——机械臂长度 (m)；

θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 ——分别为正交机械臂 1、2、3、4 与铅垂线之间的夹角,其中机械臂 1 和 3 在一平面上,2 和 4 在与之正交的平面上(°)。

附录 F 超声波法计算孔径、垂直度的方法

F.0.1 超声波在泥浆介质中的传播速度应按下式计算：

$$c = \frac{2(l_0 - d)}{t_1 + t_2} \quad (\text{F.0.1})$$

式中： c ——超声波在泥浆介质中的传播速度(m/s)；

l_0 ——现场量取的2个正交方向的孔口内壁间距(m)；

d ——探头直径(m)；

t_1 、 t_2 ——分别为现场实测的2个正交方向孔壁反射信号的声时值(s)。

F.0.2 成孔孔径应按下列方法计算(图 F.0.2)：

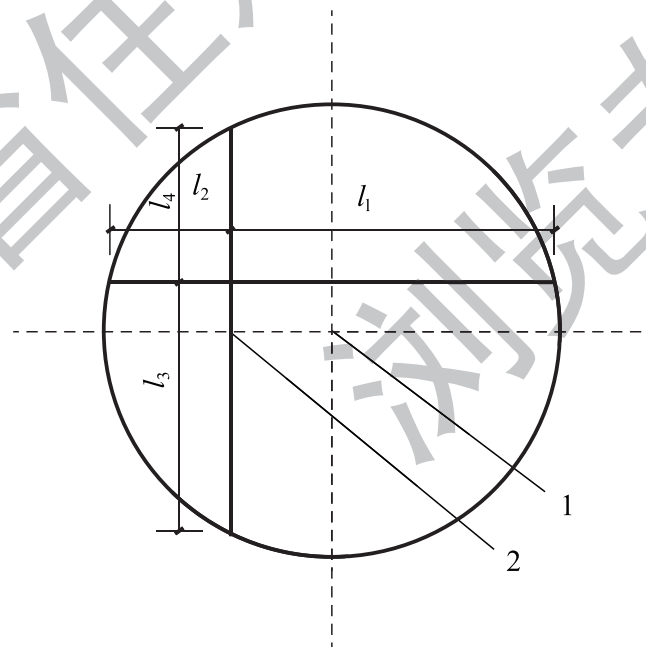


图 F.0.2 超声波法孔径计算示意

1—桩孔中心；2—探头中心

1 探头中心与 4 个方向桩孔壁的距离应按下式计算：

$$l_i = c \cdot \frac{t_i}{2} + \frac{d}{2} \quad (\text{F. 0. 2-1})$$

式中： l_i ——第 i ($i=1, 2, 3, 4$) 方向探头中心与桩孔壁的距离(m)；

t_i ——第 i ($i=1, 2, 3, 4$) 方向上孔壁反射信号的声时值(s)。

2 成孔孔径应按下式计算：

$$D = \sqrt{\left(l_3 - \frac{l_3 + l_4}{2}\right)^2 + \left(\frac{l_1 + l_2}{2}\right)^2} + \sqrt{\left(l_1 - \frac{l_1 + l_2}{2}\right)^2 + \left(\frac{l_3 + l_4}{2}\right)^2} \quad (\text{F. 0. 2-2})$$

式中： D ——测点位置的孔径检测值(m)。

F. 0. 3 成孔偏心距、垂直度应按下列方法计算：

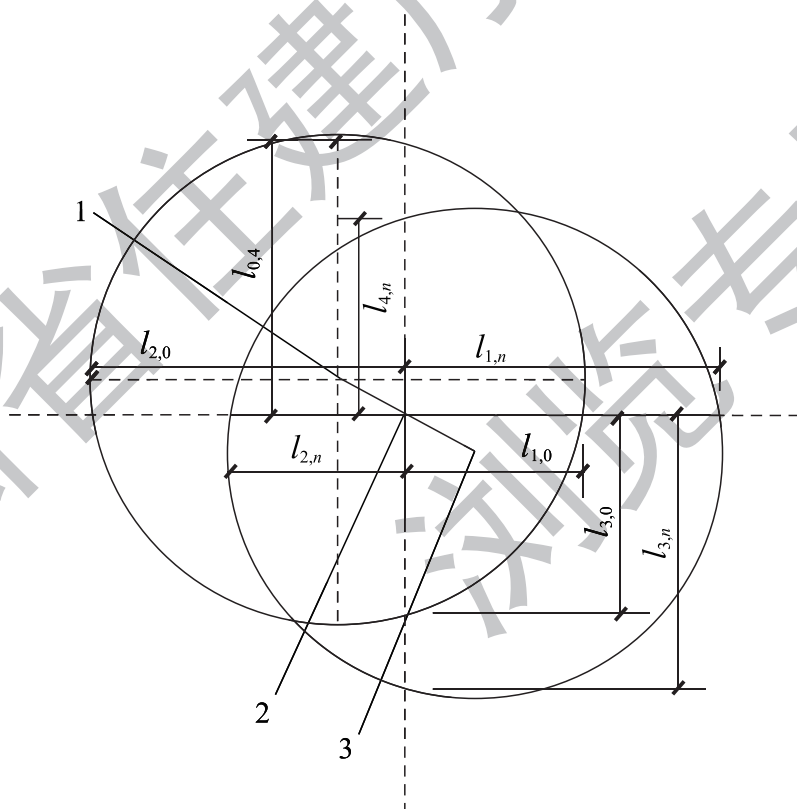


图 F. 0. 3 超声波法偏心距、垂直度计算示意

1—孔口位置桩孔中心；2—探头中心；3—测点 n 位置桩孔中心

1 成孔偏心距(图 F.0.3)应按下式计算:

$$E_n = \sqrt{\left(\frac{l_{1,0} + l_{2,n} - l_{1,n} - l_{2,0}}{2}\right)^2 + \left(\frac{l_{3,0} + l_{4,n} - l_{3,n} - l_{4,0}}{2}\right)^2} \quad (\text{F.0.3-1})$$

式中: E_n ——成孔在第 n 测点处的偏心距;

$l_{i,0}$ ——孔口探头中心距离 i 方向桩孔壁的距离(m);

$l_{i,n}$ ——第 n 测点探头中心距离 i 方向孔壁的距离(m),应按本标准公式(F.0.2-1)计算。

2 成孔垂直度应按下式计算:

$$K_n = (E_n / H_n) \times 100\% \quad (\text{F.0.3-2})$$

式中: K_n ——桩孔在第 n 测点处的垂直度(%);

H_n ——桩孔在第 n 测点处的深度值,由仪器自带的深度计数器同步测得(m)。

附录 G 顶角测量法计算垂直度的方法

G. 0. 1 顶角测量法的成孔偏心距应按下式计算：

$$E = D/2 - d_c/2 + \sum h_i \times \sin[(\theta_i + \theta_{i-1})/2] \quad (\text{G. 0. 1})$$

式中： E ——成孔偏心距(m)；

D ——桩孔孔径(m)；

d_c ——测斜探头或扶正器外径(m)；

θ_i ——第 i 段测点距(m)；

θ_{i-1} ——第 $i-1$ 测点实测顶角($^\circ$)；

h_i ——第 i 段测点距；

G. 0. 2 顶角测量法的成孔垂直度应按下式计算：

$$K = (E/L) \times 100\% \quad (\text{G. 0. 2})$$

式中： K ——成孔垂直度(%)；

L ——实测孔深度(m)。

附录 H 桩身内力测试要点

H. 0. 1 桩身内力测试宜根据测试目的、试验桩型及施工工艺选用电阻应变式传感器、振弦式传感器、滑动测微计或光纤式应变传感器。

H. 0. 2 传感器测量断面应设置在两种不同性质土层的界面处,且距桩顶和桩底的距离不宜小于 1 倍桩径。在地面处或地面以上应设置一个测量断面作为传感器标定断面。传感器标定断面处应对称设置 4 个传感器,其他测量断面处可对称埋设 2 ~ 4 个传感器,当桩径较大或试验要求较高时取高值。

H. 0. 3 采用滑动测微计时,可在桩身内通长埋设 1 根或 1 根以上的测管,测管内宜每隔 1m 设测标或测量断面一个。

H. 0. 4 应变传感器安装,可根据不同桩型选择下列方式:

1 钢桩可将电阻应变计直接粘贴在桩身上,振弦式和光纤式传感器可采用焊接或螺栓连接固定在桩身上;

2 混凝土桩可采用焊接或绑焊工艺将传感器固定在钢筋笼上;对采用蒸汽养护或高压蒸养的混凝土预制桩,应选用耐高温的电阻应变计、粘贴剂和导线。

H. 0. 5 电阻应变式传感器及其连接电缆,应有可靠的防潮绝缘防护措施;正式测试前,传感器及电缆的系统绝缘电阻不得低于 200M Ω 。

H. 0. 6 应变测量所用的仪器,宜具有多点自动测量功能,仪器的分辨力应优于或等于 1 $\mu\epsilon$ 。

H. 0. 7 弦式钢筋计应按主筋直径大小选择,并采用与之匹配的频率仪进行测量。频率仪的分辨力应优于或等于 1Hz,仪器的可

测频率范围应大于桩在最大加载时的频率的 1.2 倍。使用前,应对钢筋计逐个标定,得出压力(拉力)与频率之间的关系。

H. 0. 8 带有接长杆的弦式钢筋计宜焊接在主筋上,不宜采用螺纹连接。

H. 0. 9 滑动测微计测管的埋设应确保测标同桩身位移协调一致,并保持测标清洁。测管安装宜根据下列情况采用不同的方法:

1 对钢管桩,可通过安装在测管上的测标与钢管桩的焊接,将测管固定在桩壁内侧;

2 对非高温养护预制桩,可将测管预埋在预制桩中;管桩可在沉桩后将测管放入中心孔中,用含膨润土的水泥浆充填测管与桩壁间的空隙;

3 对灌注桩,可在浇筑混凝土前将测管绑扎在主筋上,并应采取防止钢筋笼扭曲的措施。

H. 0. 10 滑动测微计测试前后,应进行仪器标定,获得仪器零点和标定系数。

H. 0. 11 当桩身应变与桩身位移需要同时测量时,桩身位移测试应与桩身应变测试同步。

H. 0. 12 土压力盒测试桩端阻力时,压力盒应水平放置,并在压力盒周围放 30mm 左右的细砂,不得含有大颗粒硬物,并将导线沿结构物引出并用套管保护。

H. 0. 13 桩身内力测试数据整理应符合下列规定:

1 采用电阻应变式传感器测量,但未采用六线制长线补偿时,应按下式对实测应变值进行导线电阻修正:

采用半桥测量时:

$$\varepsilon = \varepsilon' \cdot \left(1 + \frac{r}{R}\right) \quad (\text{H. 0. 13-1})$$

采用全桥测量时:

$$\varepsilon = \varepsilon' \cdot \left(1 + \frac{2r}{R}\right) \quad (\text{H. 0. 13-2})$$

式中： ε ——修正后的应变值；

ε' ——修正前的应变值；

r ——导线电阻(Ω)；

R ——应变计电阻(Ω)。

2 采用弦式钢筋计测量时,应根据率定系数将钢筋计的实测频率换算成力值,再将力值换算成与钢筋计断面处混凝土应变相等的钢筋应变值。

3 采用滑动测微计测量时,应按下列公式计算应变值:

$$e = (e' - z_0) \cdot K \quad (\text{H. 0. 13-3})$$

$$\varepsilon = e - e_0 \quad (\text{H. 0. 13-4})$$

式中： e ——仪器读数修正值；

e' ——仪器读数；

z_0 ——仪器零点；

K ——率定系数；

ε ——应变值；

e_0 ——初始测试仪器读数修正值。

4 采用光纤式应变传感器测量时,应按下列公式计算应变值:

$$\varepsilon_i = \frac{f_i - f_i^0 - C_T \cdot \Delta T_i}{C_S} \quad (\text{H. 0. 13-5})$$

$$\bar{\varepsilon}_i = \frac{\sum_{i=1}^N \varepsilon_i}{N} \quad (\text{H. 0. 13-6})$$

式中： ε_i ——外力作用下,某深度处第 i 根光纤测得的桩身应变；

$\bar{\varepsilon}_i$ ——在外力作用下,某深度处桩身 n 根光纤应变的平均值；

f_i^0 ——某深度处第 i 根光纤的初始布里渊散射光频移量(MHz)；

f_i ——外力作用下,某深度处第 i 根光纤的散射光频移量 (MHz);

C_s ——光纤背向布里渊散射光的频移量与光纤应变的比例系数 (MHz/ $\mu\epsilon$),可由光缆供应商提供或者通过光缆标定试验确定;

C_T ——光纤背向布里渊散射光的频移量与光纤温度的比例系数 (MHz/ $^{\circ}\text{C}$),可由光缆供应商提供或者通过光缆标定试验确定;

ΔT_i ——某深度处第 i 根光纤的温度变化。

5 数据处理时,应删除异常测点数据,求出同一断面有效测点的应变平均值,并应按下式计算该断面处的桩身轴力:

$$Q_i = \bar{\epsilon}_i \cdot E_i \cdot A_i \quad (\text{H. 0. 13-7})$$

式中: Q_i ——桩身第 i 断面处轴力(kN);

$\bar{\epsilon}_i$ ——第 i 断面处应变平均值,长期监测时应消除桩身徐变影响;

E_i ——第 i 断面处桩身材料弹性模量(kPa);当混凝土桩桩身测量断面与标定断面两者的材质、配筋一致时,应按标定断面处的应力与应变的比值确定;

A_i ——第 i 断面处桩身截面面积(m^2)。

6 桩身第 i 断面处的钢筋应力应按下式计算:

$$\sigma_{si} = E_s \cdot \epsilon_{si} \quad (\text{H. 0. 13-8})$$

式中: σ_{si} ——桩身第 i 断面处的钢筋应力(kPa);

E_s ——钢筋弹性模量(kPa);

ϵ_{si} ——桩身第 i 断面处的钢筋应变。

7 每级试验荷载下,应将桩身不同断面处的轴力值制成表格,并绘制轴力分布图。桩侧土的分层侧阻力应分别按下式计算:

$$q_{si1} = \frac{Q_i - Q_{i+1}}{u \cdot l_i} \quad (\text{H. 0. 13-9})$$

式中： q_{si1} ——桩第 i 断面与 $i+1$ 断面间侧阻力(kPa)；

i ——桩检测断面顺序号, $i=1, 2, \dots, n$, 并自桩顶以下从小到大排列；

u ——桩身周长(m)；

l_i ——第 i 断面与第 $i+1$ 断面之间的桩长(m)。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“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 《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025
- 3 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202
- 4 《建筑桩基技术规范》JG J 94
- 5 《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106
- 6 《混凝土中钢筋检测技术标准》JGJ/T 152
- 7 《建筑基桩自平衡静载试验技术规程》JGJ/T 403
- 8 《湿陷性黄土地区建筑灌注桩基技术规程》DB62/T 25 – 3084

甘 肃 省 地 方 标 准

黄土地区基桩检测技术标准

DB62/T 3248 – 2023

条 文 说 明

甘肃省住建厅信息公开

浏览专用

目 次

1	总则	63
2	术语和符号	65
2.1	术语	65
3	基本规定	66
3.1	一般规定	66
3.2	检测工作程序	67
3.3	检测方法选择和检测数量	67
3.4	验证和扩大检测	69
3.5	检测结果评价和检测报告	70
4	单桩竖向抗压承载力测试	71
4.2	单桩竖向抗压静载试验	71
4.3	单桩竖向静载浸水试验	73
5	桩侧正摩阻力测试	74
5.1	一般规定	74
5.2	空底桩法测试	75
5.3	自平衡法测试	75
6	桩端阻力测试	76
7	成孔质量检测	77
7.1	一般规定	77
7.2	孔深检测	80
7.3	孔径检测	81
7.4	垂直度检测	84
7.5	沉渣厚度检测	87

8 桩底沉渣检测	90
8.1 一般规定	90
8.2 钻芯法检测	90
8.3 桩底沉渣检测仪检测	90
附录 B 单桩竖向静载浸水试验要点	92

1 总 则

1.0.1 随着我省经济的发展,人口逐渐向城市迁移,城市建设用地逐渐减少,黄土地区各城市向黄土梁峁、沟谷区域等大厚度湿陷性黄土场地发展。如兰州市不得不向周边和平、川什片区、皋兰等区域扩展,大部分建设场地为黄土梁峁削山造地、大挖大填而形成,场地内普遍存在大厚度黄土和填土,同时可靠基桩持力层埋深大,而这类场地的工程多采用桩基础。这类混凝土灌注桩一般都桩径大,桩长较长,桩端一般穿过湿陷性黄土层,进入稳定的非湿陷性地层或粗颗粒、风化基岩。此类场地上的工程,建成后其基桩出现了较多工程事故,为此基桩的承载力、桩身完整性及成桩质量、沉渣厚度等引起建设、设计、施工、检测等单位高度关注。

目前,国内其他省份对大厚度湿陷性黄土和填土地地上的基桩检测重视不够,我省的检测工作也是参差不齐。大多数设计、检测单位对这类场地上基桩的检测按照行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 - 2014 执行,未考虑这类场地上基桩在不同工况下的承载力差异、桩的尺寸效应对低应变法检测的限制、成桩沉渣厚度对单桩承载力的影响等,这些问题给工程验收带来极大困难,若在检测中未发现这些问题,将会给建设工程造成不可预估的重大安全隐患。

本标准在认真总结我省近十余年来工程经验和大量试验研究的基础上,对湿陷性黄土地区基桩的承载力、桩身完整性、成孔质量和成桩沉渣检测的方法做出了明确的规定,以便设计、检测、工程质量监督等单位有关人员使用。

1.0.2 本标准基桩是指混凝土灌注桩、预制桩、钢桩及其他类型桩的试验检测。本标准所指的黄土是自重固结已完成的黄土。对于自重固结尚未完成的大厚度填土地地上的基桩,缺乏工程经验和试验依据,在承载力检测时不能按本标准的要求执行。对复合桩基和刚性桩复合地基中的灌注桩可按本标准的规定执行。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.9 ~ 2.1.10 甘肃省地方标准《湿陷性黄土地区建筑灌注桩基技术规程》DB 62/T 25 - 3084 在单桩承载力的设计计算中,将自重湿陷性的计算值为 50mm 作为是否考虑负摩阻力的界限,故本条做了特别规定,这与《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 中对自重和非自重湿陷性黄土场地的划分有所不同。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 ~ 3.1.2 桩基工程一般按勘察、设计、施工、验收四个阶段进行,设计阶段做试验桩检测,桩基验收前做工程桩检测。不论是试验桩还是工程桩,承载力、桩身完整性、桩端沉渣检测在成桩后进行,成孔质量检测应在钢筋笼下放前进行,且在钢筋笼下放完成并清孔(二次清孔)后、混凝土浇筑前再进行一次渣厚度检测。

我省大部分地区的桩基工程多采用钻(挖)孔大直径混凝土灌注桩和长螺旋压灌混凝土灌注桩,此类桩的施工,首先需成孔,成孔完成后清孔,然后下钢筋笼,最后浇筑混凝土。成孔的质量控制不好,则可能发生扩孔、缩孔、桩孔偏斜、桩端达不到持力层等问题,这些问题将直接影响桩的施工质量,造成桩身承载力不足等问题。因此,通过对桩基开展成孔质量检测,确保成孔质量合乎规范要求,使安全事故或质量隐患在事前得到有效预防,保证工程质量和工期,具有重要的实际意义。再者,成孔质量检测是一种施工过程控制的方法,可起到桩基工程施工过程的质量控制作用,能提前发现问题,做到早发现、早处理,比成桩后处理问题要简单易行,且经济成本低很多。

甘肃众联建设工程科技有限公司近年来在部分工程项目中,对成桩后的桩端沉渣做了试验研究,试验研究表明:有些桩在混凝土浇筑前检测的沉渣厚度满足规范要求,而成桩后又出现沉渣过厚的现象,这必然会造成单桩承载力的不足。对于湿陷性黄

土场地上的工程,这种承载力的不足,当桩周土体处于天然含水量状态时或不会表现出来,而当桩周土浸水后随着桩侧正摩阻力消失和下拉荷载的产生,桩基逐渐下沉,上部结构产生裂缝、出现倾斜,引起工程质量安全事故。此类事故时有发生,尤其是在大厚度黄土场地上。桩端沉渣的形成是复杂的、不可预估的、无法避免的,除了在施工过程中严格控制外,在成桩后抽取一定比例的桩进行检测,根据检测结果确定处理方案,可有效地控制工程质量,做到防患于未然。

3.1.4 试验桩布置应临近地质勘察孔,在湿陷性黄土场地还应结合探井取样土工试验结果综合考虑,试验桩临近应有可参考的探井土工试验资料。

3.1.5 基桩检测过程中,难免会有设备用电、起重作业、深孔作业等带来的安全隐患,为保护人员和仪器设备的安全,必须制定切实可行的安全保障措施。

3.2 检测工作程序

3.2.7 孔底沉渣形成的主要原因有:一是清孔不彻底,成孔过程中产生的沉渣残留在孔底;二是在清孔后到混凝土浇筑之前,下钢筋笼时会碰到孔壁使土体跌落。故而规定在钢筋笼安装后、混凝土浇筑前再进行一次沉渣厚度的检测。

3.3 检测方法选择和检测数量

3.3.1 黄土场地上的桩,桩侧湿陷性黄土浸水会导致桩的承载力降低,在自重湿陷性场地还会产生下拉荷载。《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 和甘肃省地方标准《湿陷性黄土地区建筑灌注桩基技术规程》DB 62/T25 - 3084 均规定湿陷性黄土场地上的桩基按桩侧湿陷性黄土在浸水时的受力状态设计,承载力试验根据场地类型选择不同的水环境是为了满足基桩的设计受力状态。

人工浸水状态下试验受场地、时间、季节等影响,浸水会引起原地基土破坏、场地不均匀沉降、周边场地和建筑物变形等问题。桩侧湿陷性土层厚度不大时,兰州地区通常的做法是制作试桩及空底桩,并在土体处于天然状态下进行竖向静载试验,空底桩测试结果用以确定负摩阻力作用区段土层的总极限正摩阻力,从试桩竖向极限承载力中减去总极限正摩阻力,即为所求的单桩竖向极限承载力。负摩阻力标准值有条件时通过现场试验确定,当桩侧湿陷性土层厚度不大时,可用经验公式估算。

近年来,随着城市规模的扩大,工程建设由低阶地向高阶地发展,在此类场地上的工程基桩,桩侧湿陷性土层厚度一般在 20m ~ 35m,其浸水后产生的负摩阻力究竟如何尚无成熟经验,此类场地上为设计提供依据的试验桩,应在人工浸水状态下试验,一来可为设计提供准确可靠的数据,其次也可为解决此类场地桩基设计提供宝贵资料。

3.3.2 地基条件、桩长、桩端持力层、桩型、桩径、成桩工艺中有一项不同则视为不同条件。

3.3.3 工程桩验收时的承载力检测是主控项目,对整个项目至关重要,本条结合多年来工程实践,规定了在何种条件下工程桩应进行静载试验,其中的设计等级按《湿陷性黄土地区建筑灌注桩基技术规程》DB 62/T25 - 3084 确定。

高应变法作为一种以检测承载力为主的试验方法,目前仍处于发展和完善阶段,还不能完全取代静载试验。此外高应变法有其自身的应用范围,如大直径扩底桩和 $Q-s$ 曲线具有缓变形特征的大直径灌注桩是不适宜采用高应变法检测其承载力的。

对于工程地质条件单一、施工工艺成熟、施工质量有保障的桩,施工前的试桩如果没有破坏又用于实际工程的,试桩结果也可作为验收依据。

3.3.4 低应变法作为一种简单快捷且经济的桩身完整性检测方

法已被广大的工程技术人员认可,以往的大多数工程均采用此法。近年来,随着城市外扩,大部分的工程建设在大厚度黄土场地上,桩长一般 30m ~ 50m、有些桩长达到 60m 以上,低应变法受能量、尺寸效应、仪器性能等的影响,对桩长大于 30m 的桩,要获得可靠的测试信号,对检测人员的能力要求很高,且费时费力,后期对波形的处理也很复杂,一般很难在现场分辨出测试信号的好坏。有些嵌岩桩,当桩身入岩深度较大时,低应变法应力波能量衰减严重,无法采集到桩底反射信号,也就无法判断桩深部的缺陷,影响桩身完整性的评价。

结合近年来的检测经验,将常用的桩身完整性检测方法适用范围总结在表 3.3.4。两种或多种方法并用,可以实现各种方法之间相互补充或验证,提高桩身质量检测的可靠性。

对于预制管桩和有钻孔的混凝土灌注桩,也可用孔中摄像法检测桩身完整性,其原理和操作细节参见中国工程建设标准化协会发布的《基桩孔内摄像检测技术规程》CECS 253。

3.3.5 ~ 3.3.6 低应变法进行桩身完整性检测较为便捷,抽检比例大些有利于控制桩的质量,也易于操作;而声波透射法或钻芯法操作较为复杂,抽检比例可适当减小。

3.4 验证和扩大检测

3.4.1 当检测中出现缺乏依据、无法或难以定论的情况,应进行验证检测,用准确可靠程度(或直观性)高的检测方法来弥补或复核准确可靠度(或直观性)低的检测方法结果的不确定性,称为验证检测。

扩大检测数量宜根据地基条件、桩基设计等级、桩型、施工质量变异性等因素合理确定。

3.4.2 ~ 3.4.8 这 7 条内容提出了验证检测的原则。当需要验证运送至现场某批次混凝土强度或对预留的试块强度和浇筑后的

混凝土强度有异议时,可按结构构件取芯的方式,验证评价桩身实体混凝土强度。注意本条提出的桩实体强度取芯验证与钻芯法有差别,前者只要按《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T 50784,在满足随机抽样的代表性和数量要求的条件下,可以给出具有保证率的检验批混凝土强度推定值;后者常因检测桩数少,缺乏代表性而仅对受检单桩的混凝土强度进行评价。

3.4.9 ~ 3.4.11 扩大检测不是盲目的扩大,要在掌握一定不合格数据的基础上,通过建设单位、设计单位、施工单位、监理单位、检测单位等多方分析原因,协商认定后扩大检测,既要保证工程质量,满足设计要求,还要符合经济合理的原则。

3.5 检测结果评价和检测报告

3.5.4 近年来,在部分工程中发现桩孔混凝土浇筑完成,静置一段时间后,桩顶混凝土下沉较大,尤其在超长桩工程中,有的下沉量在1m以上,有必要在现场检测时充分了解混凝土的浇筑情况,并在检测报告中说明。

4 单桩竖向抗压承载力测试

4.2 单桩竖向抗压静载试验

4.2.1 承载力试验的最大加载值直接决定了单桩承载力的安全系数,现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑桩基技术规范》JGJ 94 和甘肃省地方标准《湿陷性黄土地区建筑灌注桩基技术规程》DB 62/T25 - 3084 均规定基桩承载力设计时采用单桩承载力特征值,安全系数取 2,要满足此安全系数,承载力试验的最大加载值应不小于 2。

非湿陷性土地地上基桩,单桩承载力试验的最大加载值可取设计单桩承载力的 2 倍。当桩侧存在厚度较大的粉土、粉质黏土层及液化土层时,应考虑设计桩侧阻力与试验时桩侧阻力不同引起的承载力偏差。

湿陷性黄土场地上的基桩,自然含水量状态下桩周湿陷性土层发挥对承载力有利的正摩阻力,而当桩周湿陷性黄土浸水后,土质迅速软化桩侧摩阻力降低,在自重湿陷性黄土场地不但侧阻力消失且产生负摩阻力作用。若按照常规做法取单桩承载力特征值的 2 倍作为最大加载值,则安全系数达不到 2,不满足设计要求。桩周湿陷性土层越厚,得出的单桩承载力安全系数越低。有些大厚度湿陷性黄土场地上的工程,按单桩承载力特征值 2 倍确定的试验最大加载值甚至还未达到桩周湿陷性土层在自然含水量状态下发挥的正摩阻力,基桩在自然含水量状态下的承载力完全满足要求,一旦浸水,单桩承载力究竟如何,实则无法评价,为工程验收带来极大困难;若误判为合格,则存在重大的工程安全质量隐患,

科学规范地确定试验最大加载值至关重要。

非自重湿陷性黄土场地上的基桩,现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 规定:非自重湿陷性土层内的桩长部分可取桩周土在饱和状态下的正摩阻力计算单桩承载力;甘肃省地方标准《湿陷性黄土地区建筑灌注桩基技术规程》DB 62/T25 - 3084 规定:当自重湿陷性计算值小于 50mm 时,非自重湿陷性土层内的桩长按饱和状态下的极限正摩阻力计算单桩承载力。根据桩侧湿陷性土层在自然含水量状态与饱和状态所发挥的桩侧阻力不同,可推导出试验加载值的公式。另外需要说明的是,本标准中的非自重湿陷性黄土场地特指自重湿陷量计算值小于 50mm 的场地。

自重湿陷性黄土场地上的基桩,现行国家标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 和甘肃省地方标准《湿陷性黄土地区建筑灌注桩基技术规程》DB 62/T25 - 3084 在单桩承载力设计时,将负摩阻力对基桩产生的下拉荷载计入荷载项;现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 在单桩承载力设计时,将负摩阻力作为对单桩承载力的折减计入抗力项。故而,在单桩承载力试验时,需根据设计对负摩阻力的考虑方式,区别对待。根据桩侧湿陷性土层在自然含水量状态和浸水状态时基桩受力不同、单桩承载力设计时对负摩阻力的考虑方式不同,可推导出最大加载值的计算公式。

本标准表 4.2.1-2 引用了甘肃省地方标准《湿陷性黄土地区建筑灌注桩基技术规程》DB 62/T25 - 3084 - 2014 第 6.4.2 条中桩侧自重湿陷性土层厚度在 20m 以内的桩侧平均负摩阻力值,当桩侧湿陷性土层厚度不大于 20m 时,可根据桩侧自重湿陷性土层的厚度,查表 4.2.1-2 计算得到基桩下拉荷载值。

4.2.3 黄土地区的基桩,单桩竖向抗压极限承载力取值时,应考虑试验时桩侧阻力与设计桩侧阻力的不同,对单桩竖向抗压承载力测试值做不同程度的降低。

桩侧负摩阻力,不论是按对基桩产生下拉荷载考虑,还是按对基桩承载力的降低考虑,基桩可承担的上部荷载作用标准值 N_k 是不变的,均满足 $N_k \leq R_a - Q_g^n$ 的要求。

4.2.5 对于验收检测,尚无要求单桩承载力特征值(或极限值)需要通过多根桩的检测结果统计得到,可以针对受检桩的单桩承载力特征值(或极限值),做出是否满足设计要求的符合性结论。

4.3 单桩竖向静载浸水试验

4.3.4 本条第2款计算确定的单桩承载力特征值已考虑了负摩阻力产生的下拉荷载作用,设计单位在应用时只需满足 $N_k \leq R_a$ 即可,不能再将下拉荷载 Q_g^n 计入到作用项中。若浸水效果不理想,桩侧湿陷性土层未完全发生自重湿陷,设计应用时应考虑负摩阻力作用。

5 桩侧正摩阻力测试

5.1 一般规定

5.1.1 《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 第 5.7.4 条提出,单桩竖向承载力特征值应通过现场静载荷浸水试验确定,但由于浸水试验受施工场地、工期等诸多因素影响,很少能付诸实行,兰州地区通常的做法是:制作试桩或空底桩,并在土体处于天然状态下进行空底桩或试验桩竖向静载试验,用以确定负摩阻力区段土层的总极限正摩阻力,从试桩竖向极限承载力中减去总极限正摩阻力,即为所求单桩的极限承载力。负摩阻力标准值有条件时通过现场试验确定,一般用经验公式估算。试桩进行单桩竖向载荷试验时,可通过预埋电子元件,测试桩身内力,从而得到桩侧各土层的分层抗压侧阻力。

5.1.2 由于自重湿陷性黄土场地,自上而下由于自重压力的不同导致侧摩阻力自上而下呈增大状态,当桩长小于自重湿陷性土层厚度时,所测总极限正摩阻力偏小,为了能更准确地测定负摩阻力区段的总极限正摩阻力,要求空底桩试验桩的有效桩长应不小于自重湿陷性土层的厚度,同时因空底桩施工时,不可避免地会有少许桩身混凝土延缝隙进入空底桩下部悬空部位,为了使测试结果准确,消除端阻力对测试结果的影响,底部悬空不应小于 1.0m。测试极限正摩阻力优先推荐空底桩法,当场地自重湿陷性黄土层较厚时(大于 15m),对配合试验的锚桩或堆重平台要求较高,不经济,可以考虑使用自平衡法检测负摩阻力区段的桩侧极限正摩阻力。

5.2 空底桩法测试

5.2.1 因兰州地区在自重湿陷性黄土场地进行的单桩竖向承载力试验都是在桩周土处于天然状态下进行,所以要求摩阻力测试应该在桩周土体在天然状态下进行试验,以便更准确地确定当前自重湿陷性黄土场地单桩竖向承载力的特征值。

5.2.2 桩周土平均正摩阻力为总极限正摩阻力与桩周面积的比值,是假定将总极限正摩阻力均布于桩周,实际在自重湿陷性黄土场地,由于自上而下自重压力的增大,导致土层自上而下密实度增加,侧摩阻力增加。

5.3 自平衡法测试

5.3.1 宜将荷载箱安装在自重湿陷性土层湿陷下限深度处,如果湿陷下限深度太深,上段桩长不宜小于 10m。上段桩整体处于自重湿陷性土层中,在试验时由下段桩的侧阻力及端阻力提供反力,上段桩向上产生位移,与抗拔桩相似,但要注意的是此时桩的相对位移和正摩阻力方向均与空底桩试验时相反。

5.3.2 因采用自平衡法时,上段桩类似于抗拔桩,桩的位移与摩阻力的方向均与抗压时的方向相反,且方向向下的摩阻力(抗拔承载力)要大于方向向上的摩阻力(抗压承载力),结合甘肃省地方标准《湿陷性黄土地区建筑灌注桩基技术规程》DB 62/T25 - 3084 - 2014 第 6.6.2 条规定制定本条。

6 桩端阻力测试

6.0.1 本条规定,桩端承载力试验加载方式应采用慢速维持荷载法。试验可采用方法有深层平板载荷试验、桩端埋设荷载箱进行自平衡法静载试验、预埋电子元件测试等,一般认为,载荷试验在各种原位测试中是最为可靠的,并以此作为其他原位测试和试验结果的对比依据。但这一认识的正确性是有前提条件的,即基础影响深度范围内的土层变化应均匀。实际地基土层往往是非均质土或多层土,当土层变化复杂时,载荷试验反映的承压板影响范围内地基土的性状与实际基础下地基土的性状将有很大的差异。故在进行载荷试验时,对尺寸效应要有足够的认识。

6.0.3 荷载箱底板为直径 0.8m 的实心板是为了更好地模拟深层平板载荷试验时桩端受力情况,板厚不小于 20mm 是为了使之具有一定刚度,可避免底板受压变形对测试结果的影响。

7 成孔质量检测

7.1 一般规定

7.1.2 本条综合了目前主要的成孔质量检测方法,按检测对象进行了分类,方便检测人员选用。在本标准表 7.1.3 的基础上,为合理选择仪器设备,检测人员应该对各种仪器设备的优、缺点进行较深入的了解。表 7-1 ~ 表 7-4 分别对孔深、孔径、垂直度、沉渣厚度的常用检测方法 & 仪器设备进行了较详细的对比。

表 7-1 孔深检测常用方法及仪器设备综合对比

对比项目	测绳法	深度编码法	钻杆长度复核法
主要仪器设备 及器具	测绳、锥状重物	深度编码器、滑轮	标准卷尺
优点	检测方便、快捷	可与其他检测同步 进行	可到达桩孔最 深处
缺点	锥状重物因泥浆、 沉渣等原因,未必完 全到达持力层顶面	探头因泥浆、沉渣 等原因,未必完全到 达持力层顶面	钻杆长度复核 花费时间较多, 要做一些标识

表 7-2 孔径检测常用方法及仪器设备综合对比

对比项目	机械接触法	超声波法	探笼法
主要仪器设备 及器具	目前主要为伞形孔 径仪	超声波成孔检测仪	探笼装置

续表 7-2

对比项目	机械接触法	超声波法	探笼法
测点间距	测点间距一般较大,测点较少,也可设定小间距,但效率较低	测点间距较小,测点较多	连续探测
孔径适应性	不同大小的孔径,选不同型号的探头;直径 3.0m 以上及支盘桩、扩孔桩等变直径桩孔不宜采用本法检测	适用于仪器能力范围内各孔径、各形状的桩孔,但不宜检测直径或边长小于 0.6m 的桩孔	适合等直径灌注桩桩孔,对变直径桩孔无法检测变径情况
泥浆影响	桩孔内气泡、泥浆相对密度和含砂率对测试结果影响不大,因此工期紧张时宜采用此法	泥浆相对密度超过 1.3,含砂率超过 4%,或桩孔内气泡等对测试结果有影响。等待桩孔内悬浮的泥沙颗粒完全沉淀和气泡消失,可能要花费较长时间	无影响

表 7-3 垂直度检测常用方法及仪器设备综合对比

对比项目	顶角测量法	圆心拟合法	超声波法	探笼法
主要仪器设备	测斜仪、扶正器	伞形孔径仪	超声波成孔检测仪	探笼装置
测点间距	测点间距一般较大,测点较少,也可设定小间距,但效率较低		测点间距较小,测点较多	连续探测

续表 7-3

对比项目	顶角测量法	圆心拟合法	超声波法	探笼法
孔径适应性	不同大小的孔径,选不同型号的探头;不宜检测直径 3.0m 以上的桩孔;对支盘桩、扩孔桩等变直径桩桩孔不宜用此法检测		适用于仪器能力范围内的桩孔径和形状的桩孔,但不宜检测直径或边长小于 0.6m 的桩孔	等直径灌注桩桩孔,对变直径桩孔无法检测变径情况
泥浆影响	桩孔内气泡、泥浆相对密度和含砂率对测试结果影响不大,因此工期紧张时宜采用此法		泥浆相对密度超过 1.3,含砂率超过 4%,或桩孔内气泡等对测试结果有影响。等待桩孔内悬浮的泥沙颗粒完全沉淀和气泡消失,可能要花费较长时间	无影响
操作便捷性	垂直度和孔径需更换探头分次进行	垂直度和孔径同步检测完成	探头升降 1 次,可同步测试桩孔径和垂直度	垂直度和孔径检测同步完成

表 7-4 沉渣厚度检测常用方法及仪器设备综合对比

对比项目	电阻率法	探针法	测锤法
主要仪器设备 及器具	电阻率沉渣检测仪	探针沉渣检测仪	沉渣测锤
适用阶段	因体积较小,可在下导管前检测,也可在下导管后在导管内检测	在下导管前检测	一般在下导管后检测,也可在下导管前检测,其意义不同
地下水影响	地下水含盐量高时不宜采用	无影响	无影响

一些新的检测技术在蓬勃发展,例如:声呐反射探测法是在桩底泥浆中利用声呐探测设备发射弹性波,当声呐遇到桩基底部一定范围内的溶洞、溶蚀裂隙、沉渣等不良地质体时,会产生反射回波,探测设备接收反射回波并根据回波特性可以分析桩底的不良地质体的情况。但因为这些方法在实际工程中应用尚不够广泛,总结的经验较有限,暂时未列入本规程。

7.1.3 探笼法和测锤法因为方法简便,被广泛采用,但探笼法仅采用略小于孔径的小型笼状物进行尝试,没有量化的检测值;而测锤法测量需要凭借人的手感来判断沉渣的顶面位置,易产生人为误差。另外,测绳的长短、松紧和读数都可能产生误差,经验因素比较多,因此,对本标准第 7.1.4 条的情况,应采用 2 种或 2 种以上检测方法相互补充、验证,能有效提高成孔质量检测结果判定的可靠性。

7.1.4 不同类型机具或采用不同工艺开始施工的成孔需要 2 种或 2 种以上方法检测,主要是考虑在施工开始时,施工单位对场地地质条件不完全熟悉,预定的施工工艺可能不尽合理,或各机台施工水平可能参差不齐,通过对其开始施工的成孔进行 2 种或 2 种以上方法检测,能更好地了解施工质量,有助于改进工艺,提高质量,完善施工管理。

7.1.5 基桩成孔检测的质量检验标准应符合国家现行标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202、《建筑地基基础工程施工规范》GB 51004、《建筑桩基技术规范》JGJ 94、《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 和《公路工程质量检验评定标准 第 1 册 土建工程》JTG F80/1 等的有关规定。

7.2 孔深检测

7.2.2 测绳法检测孔深工作原理:将悬挂有锥形重物的带标尺的测绳沿桩孔下探到持力层顶面,读取孔口测绳标尺读数即为孔深。用于孔深检测的深度编码法工作原理:在孔径或垂直度检测

的同时,通过深度编码器计算设备探头下行时带动滑轮转动圈数与每圈周长的乘积,推算孔深。钻杆长度复核法是采用标准卷尺,对钻杆累积进深进行复核确定孔深。

测绳连接的重物应有一定质量和尖锐度才能穿过沉渣层,到达持力层表面和测绳连接的锥状重物示意如图 7-1 所示。

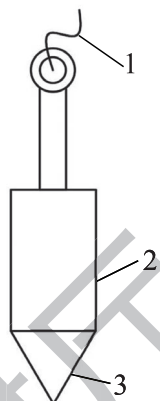


图 7-1 测绳法设备示意

1—测绳;2—锥状重物;3—锥角

7.3 孔径检测

7.3.2 伞形孔径仪检测孔径工作原理:采用类似伞状的机械臂和孔壁紧密接触,通过机械臂上内置的张角传感器或机械臂移动改变电位器电阻值来测量孔径大小。伞形孔径仪在桩孔中工作时的情况,如图 7-2 所示。

目前,大多数伞形孔径仪采用 4 支机械臂,对十字正交方向的孔径进行同步测量,但部分 3 支机械臂的产品,如果能达到测量要求,也可使用。

采用伞形孔径仪对孔径的测量误差,主要产生原因来自 3 个方面:一是随着孔径变大,机械臂挠度引起的误差;二是桩孔壁土层的强度不同,在同一张力下末端嵌入的程度不同引起的误差;三是后期数据处理转化为孔径时的孔径算法误差。对可能产生的误差,需要检测人员根据情况合理评估。

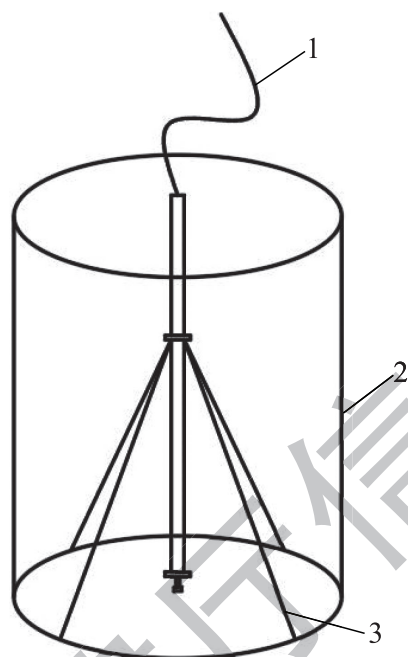


图 7-2 伞形孔径仪在桩孔中工作示意

1—电源及数据电缆;2—孔壁;3—机械臂

机械臂的挠度取决于机械臂材质,机械臂末端弹力取决于弹簧,通过合理地选择机械臂材质,弹簧弹性系数可以把误差控制在允许的范围,如选择钛合金机械臂,挠度变化基本可忽略不计。

机械臂弹力大小取决于弹簧,选择合适的弹簧可以合理地控制机械臂末端的弹力;经研究和分析测试,机械臂张角最大时弹簧对应的机械臂末端弹力为 $3\text{N} \sim 5\text{N}$ 时,能够使机械臂在泥浆中打开并和孔壁轻微贴合而不会对孔壁产生较大影响。

7.3.3 超声波孔径检测的工作原理:将超声探头悬挂在桩孔内,探头 4 个方向的换能器通过发射和接收超声波来测量探头与四壁的距离,通过这些距离来计算当前截面的孔径。超声波成孔检测仪在桩孔中工作时的情况,如图 7-3 所示。

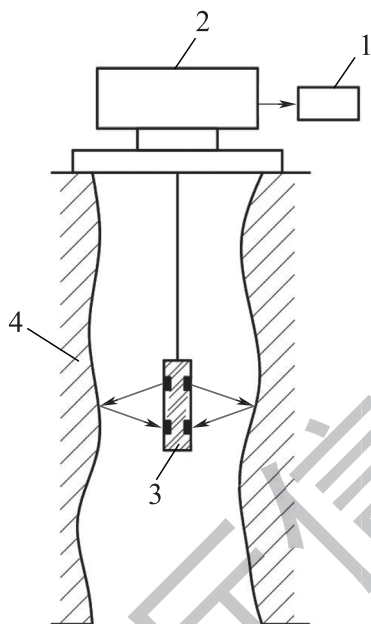


图 7-3 超声波成孔检测仪在桩孔中工作示意

1—主机;2—提升装置;3—声波探头;4—孔壁

本条考虑了超声波法检测时探头部分需占据一定的空间尺寸,还有一部分盲区,故本标准表 3.0.2 规定了最小尺寸不宜小于 0.6m。目前厂家仪器性能说明中的最大可测孔径达到 8.0m,但因现场条件不同,可测范围也可能不同,因此,本方法最大检测能力应由现场确定。

超声波法测量误差来自两个方面:一是桩孔壁不同土层对反射能力不同,二是泥浆中声波的波速是估算值。

本条还对探头的方向及个数进行了规定,至少为 4 个十字交叉的探头,目前,一些先进的仪器已经采用 8 个探头,并采用 3D 剖面描述法,所描绘的剖面图更准确、直观。某研制中的设备采用主机控制探头 360°旋转,连续扫描,从而实现对全孔成孔质量的检测和评价。全角扫描式成孔仪克服了只能在 2 个相互垂直方位进行检测的成孔仪的不足,为全面了解成桩孔状况(孔径、孔深、扩径、缩径、倾向、垂直度等)、保证成孔质量,提供了更充分的信息。

常用的超声波法检测仪器设备,一般通过绞车悬挂传感器进行检测。当采用旋挖机成孔时,可选用连接适配器直接和钻杆连接,更加便捷和安全地进行测试。

7.3.4 探笼法的工作原理:采用小于孔径的笼状物在桩孔中下探,通过判断是否顺利下探用以初步检测孔径和垂直度。探笼直径的确定宜根据钢筋保护层厚度及保护层重要性确定,当保护层要求较高时,探笼直径宜取较高值;笼身等直径段长度宜根据垂直度的要求确定,当垂直度要求较严格时,笼身等直径段长度宜取较高值。探笼装置的外形示意如图 7-4 所示。

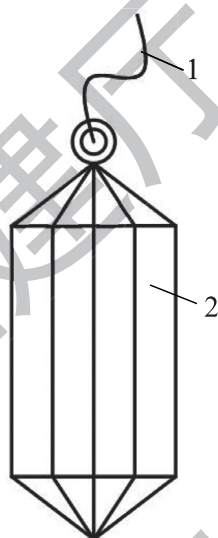


图 7-4 孔径探笼外形示意
1—吊环;2—笼身等直径段

7.4 垂直度检测

7.4.3 顶角测量法的工作原理:将测斜仪从孔顶逐步降至孔底附近,通过测斜仪测量桩孔中不同深度倾斜角变化的几何关系,推算桩孔的垂直度。当采用测斜仪独立工作时,是否配扶正器,配多少尺寸的扶正器,是由孔径和垂直度精度要求决定的。当孔径较大,垂直度精度不满足要求时,可采用“分方位测量法”分若干次

对桩孔不同位置的垂直度进行测量,然后通过计算综合确定。测斜仪和扶正器在桩孔中工作示意,如图 7-5 所示。

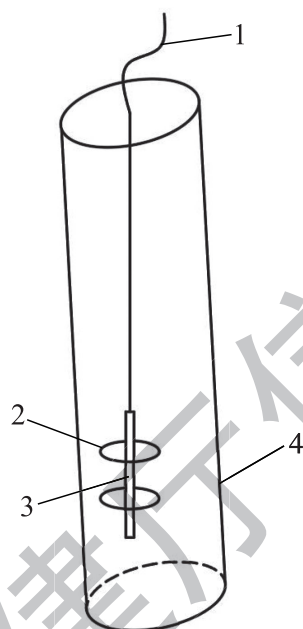


图 7-5 顶角测量法测斜仪和扶正器在桩孔中工作示意

1—电源及数据电缆;2—扶正器;3—测斜仪;4—孔壁

无论是模拟式还是数字式测斜仪均应进行孔口校零,并待其稳定后才能够取值,否则,检测过程可能会出现负值或影响检测数据准确性的情况。

顶角法测斜应自桩孔口向下进行检测,反之就有可能因探头受到电缆的牵引而无法完全接触桩孔壁,使顶角检测值偏小而产生误差。测点宜等间距均匀布置,测点间距过大会影响测试的全面性。提出“在接近孔底位置应检测最后一个测点”,是为了避免现场测试时沉渣过厚,可能造成测斜仪偏斜,使测得的角度不真实;如果在钻杆内倾斜,测斜仪完全进入钻头时可能会卡在钻头中无法提升,因此,本条并不强求必须把最深的测点放在桩孔最底部。桩孔的垂直度以最后一个测点的顶角值为桩孔底顶角值进行计算。

7.4.4 圆心拟合法的工作原理:采用伞形孔径仪进行孔径检测时,记录各机械臂的方位及角度,在桩孔中各深度进行拟合、插值,形成一条由拟合成的圆心连成的空间曲线,该空间曲线再次拟合成空间直线,用此直线相对重力方向的倾斜角度推算垂直度,如图7-6所示。

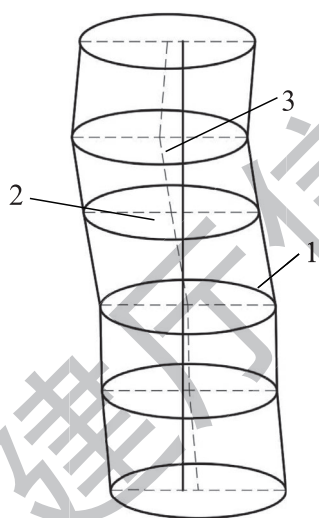


图7-6 圆心拟合法计算垂直度原理示意

1—孔径轮廓线;2—孔径中心线;3—中心拟合线

圆心拟合法计算垂直度的简要原理如下:

灌注桩桩孔在每个深度下的截面可以看作一个圆,若圆的圆心为 O ,则在空间坐标系中,圆心的集合可以表达为下式:

$$O, (x_i, y_i, z_i) (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (7-1)$$

式中: x_i, y_i ——每个深度截面的圆心位置(横、纵坐标);

z_i ——圆心所在截面的深度。

对于空间坐标系中的离散点集 $(x_i, y_i, z_i) (i = 1, 2, 3, \dots, n)$,可以根据最小二乘原理拟合一条空间直线 l ,若该直线与铅垂线的夹角为 α ,其相对于铅垂线的斜率为 k ,则 $k = \tan\alpha$;根据垂直度定义,斜率为桩孔的垂直度,其计算公式如下:

1 当 $x_1 = x_2 = \cdots = x_n$ 时

$$k = \frac{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}{n \sum y_i z_i - \sum y_i \sum z_i} \quad (7-2)$$

该情况实际等效为在 YOZ 平面内进行直线拟合。

2 当 $y_1 = y_2 = \cdots = y_n$ 时

$$k = \frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n \sum x_i z_i - \sum x_i \sum z_i} \quad (7-3)$$

该情况实际等效为在 XOZ 平面内进行直线拟合。

3 当 $z_1 = z_2 = \cdots = z_n$ 时

$$\alpha = 90^\circ, k = \infty \quad (7-4)$$

该情况实际等效为在 XOY 平面内进行直线拟合。

4 当 $x_1, x_2, \cdots, x_n, y_1, y_2, \cdots, y_n, z_1, z_2, \cdots, z_n$ 均不全相等, 则

$$k = \sqrt{\left[\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n \sum x_i z_i - \sum x_i \sum z_i} \right]^2 + \left[\frac{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}{n \sum y_i z_i - \sum y_i \sum z_i} \right]^2} \quad (7-5)$$

7.5 沉渣厚度检测

7.5.3 电阻率法的工作原理: 孔底沉渣或相对密度较大的泥浆与上部颗粒悬浮较好的泥浆存在较明显的电性差异, 采用地球物理勘探常用的微电极探头, 可区分薄层的电阻率差异。它所产生的交变电场在泥浆中基本不受土层影响, 对均匀泥浆测得的电阻率曲线将是一条近似的直线。当电阻率探头进入沉渣和均匀泥浆的分界时, 电阻率会发生变化, 利用电阻率 - 深度曲线的突变点可以确定沉渣的分界位置。电阻率法的微电极探头在桩孔中工作示意, 如图 7-7 所示。

在地下水含盐量高的地区, 各界面电阻率差异不明显, 因此不适合采用电阻率法。

探头电极带电裸露在泥浆中工作, 需要更好的绝缘性能, 且与泥浆电阻率相差较大; 质量太轻不易刺到孔底; 直径太大时, 在导

管壁内检测时易碰到导管壁,长度要大于导管到孔底距离,否则探头倾倒有卡住的可能;微电极长度过大分辨率低,且两点间电阻大了不易测出信号;倾角(姿态)传感器实时掌握探头是否铅直,若倾斜会造成沉渣厚度检测值偏大。

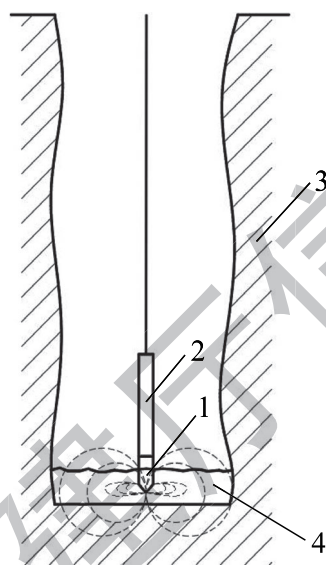


图 7-7 电阻率法的微电极探头在桩孔中工作示意

1—微电极探头;2—配重及电路;3—孔壁;4—沉渣

电阻率法检测沉渣厚度时,反复按不同落距提升探头,目的是使探头能够穿透沉渣层。其终止条件:落距增加时,进入沉渣层的深度不再增加。另外,倾角传感器在检测过程中应基本铅直,如果开始倾角过大,可拉动连接线,纠正其倾角。

7.5.4 探针法工作原理:在一个探头上集成了探针伸缩装置、探针压力传感器(或电流表)和探头倾角传感器。检测时,其底部的浮盘将被沉渣层的上表面阻止,在主机中的程序控制下,机械探针将从浮盘中心处的一个圆孔中伸出,并穿过沉渣层,到达原状土层表面,此时探针受阻,压力值逐渐增大,探头的倾角暂时变化较小;当探头倾角值逐渐增大,压力值逐渐减小。综合压力曲线和探头倾斜角度曲线的变化来给出沉渣厚度的检测结果。探针法在桩孔中工作示意,如图 7-8 所示。

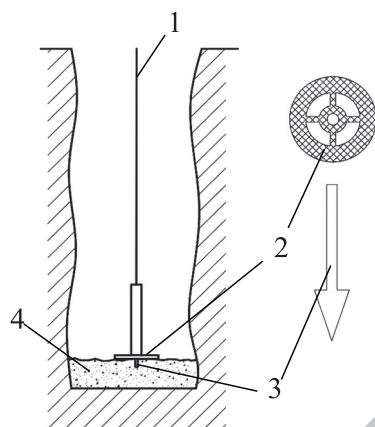


图 7-8 探针法在桩孔中工作示意

1—电源及数据电缆;2—浮盘;3—探针;4—沉渣

采用探针式仪器用于检测沉渣厚度的探头必须具有一定的质量、刚度及截面尺寸,否则可能无法穿透沉渣;探头面积过大,可能造成探头落在沉渣上表面,无法进入沉渣下面的真正持力层。

7.5.5 测锤法工作原理:通过平底测锤(图 7-9)下行到沉渣的上表面的深度和孔深进行比较,其差值即为沉渣厚度。平底是为使重锤落在沉渣表面,不进入沉渣层中以免造成检测误差。因为重锤较重,尼龙绳容易被拉伸,因此一般尼龙绳只适宜 20m 以内的孔深测量;测锤高度和直径比例合理才有一定冲击力,可以克服泥浆浮力。

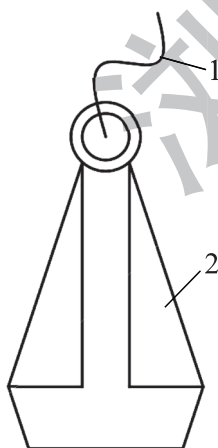


图 7-9 沉渣测锤示意

1—测绳;2—沉渣测锤

8 桩底沉渣检测

8.1 一般规定

8.1.1 易产生桩底成桩沉渣的基桩一般为人工挖孔、旋挖钻孔灌注桩,在下钢筋笼、浇筑混凝土过程中容易使桩周土体掉落形成桩底沉渣。而如长螺旋压灌桩等,由于施工工艺的制约,不易产生成桩沉渣,因此,需要对施工工艺进行分析判断,对易产生桩底沉渣的基桩进行检测。

8.2 钻芯法检测

8.2.3 抽芯引导管应采用在地面悬吊,不应直接落到孔底,如果直接将抽芯引导管落入孔底,由于管的自重,将直接插入桩端沉渣内,浇筑混凝土时混凝土无法进入管底,对管底沉渣无法冲击,使钻取的芯样内部会产生存在沉渣假象。《建筑桩基技术规范》JGJ 94 要求端承桩混凝土浇筑前桩端沉渣厚度应小于 50mm,也就是说小于此值的桩端沉渣在浇筑混凝土后会被冲散,不会对基桩端承力的发挥产生影响。如果将抽芯引导管直接压在沉渣上面,则浇筑混凝土时不会被冲散,而钻芯时会发现存在沉渣,就会造成误判。

8.3 桩底沉渣检测仪检测

8.3.1 桩底沉渣检测仪底板直径取 300mm,是依据《地基基础设计规范》GB 50007 附录 H“岩石地基载荷试验要点”制定。

8.3.3 桩端阻力一般由设计单位提供,也可采用岩土工程勘察

报告所提供的桩端阻力值。

8.3.5 现阶段大多数工程项目在设计时应已经要求采取桩端后注浆,少量工程是为了提高桩端承载力,多数工程是为了处理桩端成桩沉渣。因此,桩端注浆管宜全部埋设,当检测结果不合格时,可采取桩端后注浆方法作为处理桩底沉渣的一种手段。

附录 B 单桩竖向静载浸水试验要点

B. 0. 2 单桩竖向承载力静载荷浸水试验包括两种：一种仅测定桩周土饱和状态下的单桩竖向极限承载力；另一种除测定桩周土饱和状态下的单桩竖向极限承载力外，还可通过桩身内力测试测定桩侧负摩阻力和中性点深度。前者相对简单，可在工程中广泛实施，不要求桩周土发挥或完全发挥自重湿陷量，因此试坑面积可相对小些；后者测试的内容较为全面，要求浸水条件下自重湿陷量充分发挥才能测得相对准确的桩侧负摩阻力和中性点深度，依据现场试坑浸水试验经验，试坑平面尺寸需大于自重湿陷性黄土层深度且大于 10m 才能使得自重湿陷量充分发挥。

B. 0. 3 ~ B. 0. 5 先湿法和后湿法单桩竖向承载力静载浸水试验均可测定桩周土饱和条件下的单桩竖向极限承载力，其区别主要在于先浸水还是先加载。浸水过程中，由于桩周土发生自重湿陷或软化，会导致桩身内力重新分布，可能会产生桩顶浸水附加沉降，该部分沉降应记录并表现在试验成果荷载 - 沉降曲线当中。