

华南理工大学大学城校区“一站式”学生社区服务中心

地基基础检测方案

(低应变法、单桩竖向抗压静载试验、钻芯法、声波透射法、单桩水平静载试验)

编写： 龙伟

审核： 郭志

广东工程建设监理有限公司

2025 年 11 月



目录

第一章 基本概况	2
第二章 检测执行的依据	3
第三章 检测目的和数量	4
第四章 检测方法和技术	6
4.1 低应变法检测	6
4.2 单桩竖向抗压静载试验	7
4.3 钻芯法检测	12
4.4 基桩声波透射法检测	14
4.5 单桩水平静载试验	16

第一章 基本概况

华南理工大学大学城校区“一站式”学生社区服务中心施工总承包位于广东省广州市，项目用地面积约为 14609 m²，拟建建筑面积约为 19161 m²，其中地上建筑面积约为 19161 m²，地上 5 层，建筑高度 23.75m（从屋面完成面计算至室外地坪），最高点 24.20m。

1、根据地铁保护要求，本项目距地铁边线 20m 范围内采用 D1000/800 灌注桩，预估桩长约 30m，桩数 45 根。距地铁边线 20m 范围以外采用 500 预应力管桩，预估桩长约 15~30m（西栋约 20m~30m，东栋平均约 20m）。桩数 164 根。D1000 灌注桩单桩 Ra 取 8500KN。D500 预应力管桩单桩 Ra 取 2000KN。

2、临近地铁 5m 之内灌注桩采用全护筒工艺。

3、地铁结构外边线外侧 20m 范围内基础桩、支护桩施工过程须严格控制桩身垂直度：采用旋挖成孔泥浆护壁等防塌孔措施。地铁结构边线 5m 范围内应设置永久钢护筒，且桩基施工应从现状地面实施确保相邻地铁结构及运营安全。

表 1.1-1 工程桩参数

序号	楼栋	工程桩类型	长度/m
1	东栋	800mm/1000mm 灌注桩	27 根
2		500mm 直径静压管桩	1380（69 根）
3	西栋	800mm/1000mm 灌注桩	18 根
4		500mm 直径静压管桩	2375（95 根）

第二章 检测执行的依据

- 1、广东省标准《建筑地基基础检测规范》（DBJ/T 15-60-2019）；
- 2、广州市城乡建设委员会文件《关于规范建筑工程地基基础检查工作的通知》（穗建规字（2020）30 号）；
- 3、国家标准《建筑地基基础设计规范》（GB 50007-2011）；
- 4、广州市住房和城乡建设局关于规范房屋建筑工程地基基础检测工作的通知 穗建规字【2025】7 号文
- 5、设计方提供的设计图纸和文件要求。

第三章 检测目的和数量

- 1、低应变法:检测桩的桩身完整性,判定桩身缺陷的程度及位置
- 2、单桩竖向抗压静载试验:检测单桩的竖向抗压极限承载力。
- 3、单桩竖向抗拔静载试验:检测单桩的竖向抗拔极限承载力。
- 4、钻芯法检测:检测混凝土灌注桩的桩长、桩身混凝土强度、身缺陷及其位置、桩底沉渣厚度,判定或鉴别桩底持力层岩土性状、判定身完整性类别。
- 5、声波透射法检测:检测桩身完整性,判定桩身缺陷的位置、范围和程度。

表 3.1-1 检测方法及检测数量汇总表

单位工程	检测方法	检测比例	检测数量
东栋 D500 管桩	单桩竖向抗压静载试验	抽检数量为总桩数的 1% 且均不少于 3 根	3 根
	单桩水平静载试验	总桩数 1%, 抽检不少于 3 根。	3 根
	低应变	抽检数量为总桩数的 20%且均不少于 10 根, 每个柱下承台检测桩数 不应少于 1 根	24 根
西栋 D500 管桩	单桩竖向抗压静载试验	抽检数量为总桩数的 1% 且均不少于 3 根	3 根
	单桩水平承载力静载试 验	总桩数 1%, 抽检不少于 3 根。	3 根
	低应变	抽检数量为总桩数的 20%且均不少于 10 根, 每个柱下承台检测桩数 不应少于 1 根	46 根
东栋 D800/1000 灌注桩	抽芯检测	抽检数量不少于总桩数 的 10%且不少于 10 根	10 根
	声波透射法	与抽芯检测合计抽检数 量为总桩数的 30%且不 少于 20 根	10 根
	低应变	抽检数量不少于总桩数 的 10%	7 根
西栋 D800/1000 灌注桩	抽芯检测	抽检数量不少于总桩数 的 10%且不少于 10 根	10 根
	声波透射法	与抽芯检测合计抽检数 量为总桩数的 30%且不 少于 20 根	8 根
	低应变	抽检数量不少于总桩数	/

		的 10%	
--	--	-------	--

注 1：上述检测数量根据广州市城乡建设委员会文件《关于规范建筑工程地基基础检查工作的通知》（穗建规字〔2020〕30 号）编制。

注 2：按随机分布原则确认受检桩位。

注 3：上述检测方式及数量未包含试桩相关检测。

第四章 检测方法和技术

4.1 低应变法检测

1、凿去桩顶浮浆、松散或破损部分，露出坚硬的表面，桩顶表面应平整干净且无积水，并且将检测点和锤击点用砂轮机磨平；

2、桩顶的材质、强度、截面尺寸应与原桩身基本等同；对于预应力管桩，当法兰盘与桩身混凝土之间结合紧密时，可不进行处理，否则应采用电动锯将桩头锯平；妨碍正常测试的桩顶外露主筋应割掉；

3、传感器安装在桩顶面。传感器用黄油作为耦合剂与桩顶面粘接；

4、安装完毕后的传感器必须与桩顶面保持垂直，且紧贴桩顶表面，在信号采集过程中不得产生滑移或松动；

5、对于预应力混凝土管桩，传感器安装时应符合下列规定：

a、传感器安装点及其附近不得有缺损或裂缝；

b、传感器安装点、锤击点与桩顶面圆心构成的平面夹角为 90° 。

6、检测时，合理设置各参数，其中增益应结合激振方式通过现场对比试验确定；

7、检测时必须沿桩轴向激振；每根桩的检测点数不应少于 2 个检测点；

8、检测时应随时检查采集信号的质量，信号应不失真、无零漂现象；

9、不同检测点所得到的信号一致性差时，应分析原因，增加检测点数量。应根据缺陷所在的位置的深浅，及时改变锤击脉冲宽度。当检测长桩的桩底反射信息或深部缺陷时，冲击入射波脉冲应较宽；当检测短桩或浅部缺陷时，冲击入射波脉冲应较窄，同时采样时间间隔应较小。

10、对检测信号应作叠加平均处理，参与叠加平均处理的信号数量不少于 5 个。

11、采用速度传感器检测时，可选择大于 1000Hz 的低通滤波对速度信号进行处理；

12、当桩底信号较弱时，采用指数放大，被放大的信号幅值不应大于入射波的幅值，进行指数放大后的波形尾部应基本回零；

13、当需要时，可使用旋转处理功能，使测试波形尾部基本位于零线附近；

a、根据一维应力波理论对检测信号进行分析；

b、对工程地质条件相近、成桩工艺相同、同一单位施工的桩基，按下列规定确定其

桩基工程的桩基纵波波速平均值：

14、参加统计计算的桩应为 I 类桩，数量不应少于 5 根；

15、实测纵波波速与该桩基工程的纵波波速平均值的差值未超过该桩基工程的纵波波速平均值的 10%，可认为实测纵波波速在正常的范围；

16、渐变的缩颈或离析所产生的反射波的幅值较小，脉冲宽度大于入射波脉冲宽度，相同缺陷程度的桩，突变缺陷所产生的反射波比渐变缺陷所产生的反射波要明显，因此对反射脉冲宽度大于入射波脉冲宽度的缺陷，应从严确定桩的类别；

17、第 i 根桩的桩材纵波波速 C_i 可按下式计算：

$C_i = 2L / \Delta t$ 或 $C_i = 2L \cdot \Delta f$ 式中： L —测点下桩的长度；

Δt —桩底反射波波峰与入射波波峰之间的时差。

4.2 单桩竖向抗压静载试验

1、检测前的准备工作

(1) 现场检测前委托方必须配合完成以下工作：清理场地，保证检测点周围 8m 内无杂物、积水，试坑内需有排水沟和抽水坑，以便及时排水。试验面挖至桩头，并保持受检桩桩顶部高出试坑地面，试坑底面宜与桩承台底标高一致。

(2) 现场检测技术人员需事先了解试验的目的、相应的试验荷载、试验场地情况、所需的设备等，必要时要做好技术方案。

(3) 检测前应收集下列资料：工程地质资料、基础设计资料、施工原始记录、试验点位布置图等。

2、仪器设备的安装

(1) 承压板的选择：宜采用稍大于受检桩头面积的圆形钢板。桩的中心应与承压板中心保持一致，并与荷载作用点相重合。

(2) 千斤顶应放置于试验点中心；千斤顶与主梁要有一定的距离；千斤顶要预留足够的行程（10cm 以上）。

(3) 支承墩的宽度：应根据支承墩底部的地基土承载力和最大试验荷载综合确定，一般不应小于 0.5m，必要时应对地基土承载力进行验算。支承墩与承压板边缘的距离一般不应小于 2m。

(4) 安装加载装置：加载装置的安装应严格按照从主梁→次梁的顺序进行，架设时

应由检测项目负责人现场指挥，架设完毕后经检查认可后进行下一工序。

(5) 安装载重物：最大加载量为承压板面积与复合地基承载力特征值乘积的 2 倍，检测前，堆载一次性堆载到不小于最大试验荷载的 1.2 倍。

(6) 基准梁的安装：打设基准桩，试验点与基准桩的距离不小于 2m。基准梁安装完毕后要保护好，不得碰撞。

(7) 百分表的安装：在压板对称安置 2 个百分表或位移传感器，其中轴要垂直沉降观测面。固定和支承百分表或位移传感器的夹具和基准梁在构造上应确保不受气温、振动及其他外界因素的影响而发生竖向位移。

3、试验方法要点

(1) 试验加载装置：采用人工加压或电动加压的油压千斤顶加载，通过与千斤顶相联的压力表或压力传感器测定油压，并根据千斤顶率定表换算出荷载值。沉降量采用百分表或电子位移传感器测量。沉降观测平面宜在桩顶 200mm 一下位置，测点应固定于桩上，位移测量仪表应固定于基准梁上。试验装置示意图见下图。

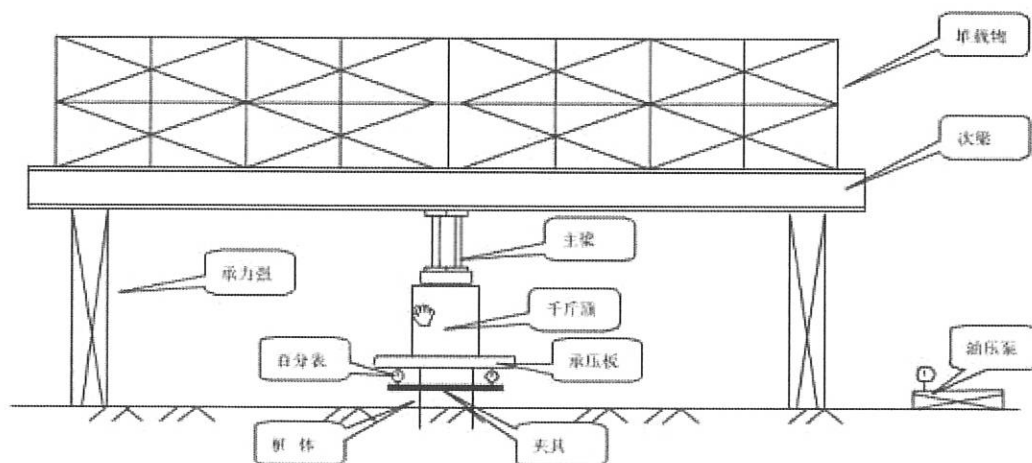


图 4.2-1 试验装置示意图

(2) 加载方法：

加载应分级进行，采用逐级等量加载，每级加荷为预定最大试验荷载的 1/10，快速维持荷载法第一级荷载和第二级荷载的 2 倍。

快速维持荷载法，每级荷载施加后按第 5、15、30 测读桩顶沉降量，以后每隔 15min 测读一次。加载时每级荷载维持时间不应小于一小时，最后 15min 时间间隔的桩顶沉降

量小于相邻 15min 时间间隔的桩顶沉降增量时，可施加下一级荷载。卸载时，每级荷载维持 15min，按第 5、15min 测度桩顶沉降量；卸载至零后，应测度桩顶残余沉降量，维持时间为 2h，测度时间为第 5、15、30min，以后每隔 30min 测度一次。

(3) 施加荷载未达到最大试验荷载，当出现下列情况之一而被迫终止加载时，试验结果不得作为验收依据，应重新进行试验；

- 1) 由于加载系统漏油等原因，无法加载；
- 2) 已达到加载反力装置的最大试验荷载；
- 3) 当工程桩做锚桩时，锚桩上拔量已达到允许值。

(4) 当出现下列情况之一时，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沉量的 5 倍（当桩顶沉降能稳定且总沉降量小于 40mm 时，宜加载至桩顶总沉降量超过 40mm）；

2) 某级荷载作用下，桩顶沉降量大于前一级荷载作用下沉降量的 2 倍，且经 24 小时尚未达到稳定（收敛）标准；

3) 当达不到极限荷载荷载，已达到最大试验荷载，桩顶沉降速率达到相对稳定（收敛）标准；

4) 单荷载-沉降曲线呈缓变型时，可加载至桩顶总沉降量 60~80mm；在特殊情况下，可根据具体要求加载至桩顶累计沉降量超过 80mm。

(5) 单桩竖向抗压极限承载力 Q_u 的确定：

1) 根据沉降随荷载变化的特征确定：对于陡降型曲线，取其发生明显陡降的起始点对应的荷载值。

2) 根据沉降随时间变化的特征确定：取曲线尾部出现明显向下弯曲的前一级荷载值。

3) 某级荷载作用下，桩顶沉降量大于前一级荷载作用下沉降量的 2 倍，且经 24 小时尚未达到稳定（收敛）标准，取前一级荷载值；

4) 当达不到极限荷载荷载，已达到最大试验荷载，桩顶沉降速率达到相对稳定（收敛）标准，桩的竖向抗压极限承载力取大于等于最大试验荷载值；

5) 对于缓变型 $Q-s$ 曲线可根据沉降量确定：对于直径小于 800mm 的桩，宜取 $s=40\text{mm}$ 对应的荷载值；对直径大于或等于 800mm 的桩，可取 $s=0.05d$ （ d 为桩端直径）且 s 不大于 80mm 对应的荷载值；当桩长大于 25m 时，宜考虑桩身弹性压缩量，但竖向抗压极限承

载力对应的总沉降量不得大于 80mm。

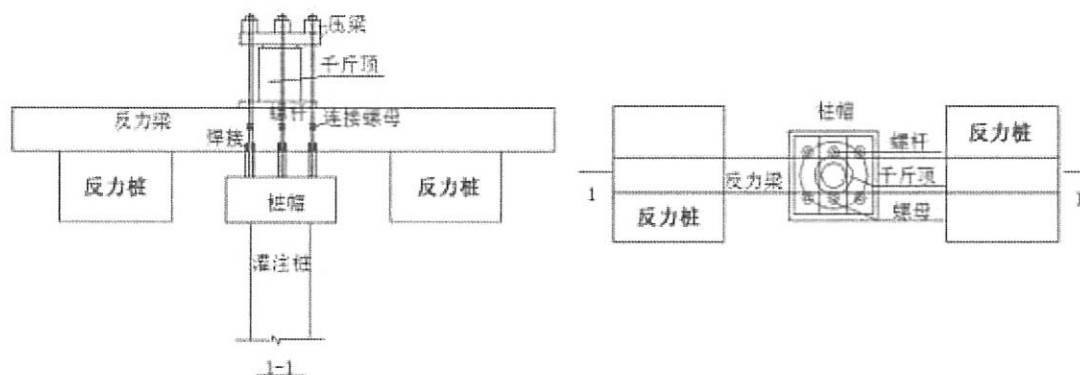
（三）单桩竖向抗拔静载试验

1、仪器设备

（1）静载荷测试仪器采用武汉岩海公司生产的 RS-JYB 型桩基静载荷测试仪、压力表、百分表、穿心千斤顶、连接杆、电（手）动油泵、工字钢及其他附件，其中，传感器的精度不应大于 1%，压力传感器精度优于或等于 0.4 级，试验用压力表、油泵、油管在最大加载时的压力不应超过规定工作压力的 80%，加载反力装置能提供的反力不得小于最大加载量的 1.2 倍。

（2）检测仪器有严格的使用、检查、维修记录；

（3）检测仪器设备及现场联接如下图：



1) 试验采用反力桩提供反力装置，反力桩承受荷载反力通过钢梁传到千斤顶，再由连接杆传至与法兰盘连接的桩帽，上拔工程桩。反力梁的支点重心应与支座中心重合。

2) 千斤顶（组）的中心与桩中心及压重的重心应保持在同一线上。

3) 直径或边宽大于 500mm 的桩，应在其两个方向对称安置 4 个位移测试仪表，直径或边宽小于 500mm 的桩可对称安置 2 个位移测试仪表。

4) 基准梁应具有一定的刚度，梁的一端应固定在基准桩上，另一端应简支于基准桩。

5) 试桩、反力桩（压重平台支墩）和基准桩之间的中心距离应符合规范要求。

2、检测前准备工作

（1）测试前，委托单位还应提供下列资料：

1) 工程名称、地点、建设、勘察、设计、监理、施工单位名称；

2) 工程地质勘察报告；

3) 桩基础施工平面图；

4) 工程桩设计资料和施工记录。

(2) 受检桩的混凝土龄期达到 28 天或预留同条件养护试块强度达到设计强度。

(3) 桩头处理：受检桩桩头应保证平整坚实，没有积水、淤泥、浮浆、裂隙等不良情况；且应露出土面 30~50cm（具体高度视桩头而定）。

(4) 场地要求：场地必须保持平整、坚实，如桩周土为软弱土层，应人工处理或换填，必须达到相应强度。

(5) 其他

1) 供试验用的 220V 和 380V 的电源并保证试验的正常操作，并提供电焊协助。

2) 提供桩基础平面图并标明受检桩所在位置，提供受检桩的施工记录和受检桩附件的地质资料，填写工程概况表及其他所需资料。

3) 在试验前 14 天，必须按要求做好检测桩的桩帽、支墩等。

4、现场检测

(1) 试验最大荷载为单桩竖向抗拔承载力特征值的 2 倍。

(2) 试验采用慢速维持荷载法：

1) 执行广东省标准《建筑地基基础检测规范》（DBJ/T15-60-2019）。

2) 每级荷载为预定最大试验荷载的 1/10，第一级加载可为分级加载的 2 倍。在每一级荷载作用下，按第 5、15、30、45、60min 测读桩顶上拔量，以后每隔 30 分钟测读一次。每一小时内的桩顶上拔量不超过 0.1mm，并连续出现两次（由 1.5h 内的上拔量观测值计算），即可施加下一级荷载。

3) 卸载时，每级卸载为加载时的两倍，每级荷载维持 1h，按第 5、15、30、60min 测读桩顶上拔量，卸载至零后，应测读桩顶残余上拔量，维持时间 3h，测读时间按第 5、15、30min，以后每隔 30min 测读一次。

(3) 试验终止条件：当出现下列情况之一时，可终止加载：

1) 在某级荷载作用下，桩顶上拔量大于前一级荷载作用下的上拔量的 5 倍，且累计上拔量大于 15mm。

2) 当达不到极限荷载，已达到最大试验荷载，桩顶上拔量速率达到相对稳定标准。

3) 按钢筋抗拉强度控制，桩顶上拔荷载达到钢筋强度标准值的 0.9 倍。

4) 按桩顶上拔量控制，当累计桩顶上拔量超过 100mm 时。

5、检测数据的分析与判定

单桩竖向抗拔极限承载力可按下列方法综合判定：

1) 根据上拔量随荷载变化的特征确定：对于陡变型 $U-\delta$ 曲线，取陡升起始点对应的荷载值。（在某级荷载作用下，桩顶上拔量大于前一级荷载作用下的上拔量的 5 倍，且累计上拔量不大于 15mm 时，可不按陡升段处理。）

2) 根据上拔量随时间变化的特征确定：取 $\delta-\lg t$ 曲线斜率明显变陡或曲线尾部明显弯曲的前一级荷载值。

3) 当在某级荷载作用下，桩顶上拔量大于前一级荷载作用下的上拔量的 5 倍，且累计上拔量大于 15mm 时，取前一级荷载。

4) 当达不到极限荷载，已达到最大试验荷载，桩顶上拔量速率达到相对稳定标准时，桩的竖向抗拔极限承载力取大于等于最大试验荷载值。

5) 当在某级荷载下桩身抗拔钢筋断裂时，取其前一级荷载值。

4.3 钻芯法检测

1、检测目的检测桩的桩深、桩身混凝土/水泥土强度、身完整性，判定或鉴别桩底岩土性状。

2、检测原理通过依照相关标准要求用钻机抽取桩身混凝土/水泥土及桩端持力层芯样进行外观查看、量测及力学试验检测混凝土/水泥土强度、长、身完整性类别、混凝土桩沉渣厚度，判定或鉴别端岩土层性状。是一种直观检测桩身施工质量的手段。

3、现场准备(委托方执行)(1)受检桩成桩达到 28d 或预留的同条件养护试件强度达到设计要求；(2)受检桩周围须有至少 2m×3m 平坦场地供钻机摆放，身主筋露出部分不得影响钻机架设，并开挖出桩头；

(3)检测前，委托单位需提供准确的桩顶标高及桩周架设钻机场地标高；

(4)现场需具备“三通一平”，准备 380V 电源，提供清水、照明设备等，有挖掘机等配合。

4、现场检测

(1)钻芯孔位置布置

①桩径小于 1.2m 的桩钻不少于 1 孔，桩径为 1.2~1.6m 的桩钻不少

于 2 孔, 桩径大于 1.6m 的桩钻不少于 3 孔。②当桩基钻芯孔为 1 个时, 宜在距桩中心 100~150mm 位置开孔, 当钻芯孔为 2 个或 2 个以上时, 开孔位置宜在距桩中心 0.15~0.25d 内均对称布置;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(没设计要求时, 竖向抗压桩应小于 3 倍桩径, 且不应少于 5 米:其它桩不少于 1 米);

③异常情况处理

当钻芯过程中出现钻芯孔未钻穿桩底而偏出桩身外时, 须与委托方共同商定委托第三方对钻芯孔进行测孔斜工作, 按规定钻芯孔垂直度允许偏差为 0.5%, 若钻芯孔垂直度超出规定要求, 须重新钻孔钻芯:若钻芯孔垂直度符合规定要求, 就须计算桩的垂直度问题。

(2) 编录取样

①钻芯取样必须认真填写钻探现场记录表、钻芯检测现场编录表等原始资料(注:芯样未编录拍照前, 委托方应保护好芯样的钻取原状, 不得破坏)。

②回次岩芯(砼芯)必须按顺序排列编号、并由技术人员及时描述对芯样和标有工程名称、桩号、钻芯孔号、芯样试件采取位置、桩长、孔

深、检测单位名称的标识牌的全貌进行拍照。③单孔芯样长度小于 10m, 每孔截取 2 组芯样:10m~30m, 每孔截取 3 组芯样;30m~60m, 每孔截取 4 组芯样:大于 60m, 每孔截取不少于 5 组芯样。选取作为抗压强度试验的代表性芯样, 应经过见证确认。芯样在运送前应妥善包装, 并应防止损坏。

钻孔处理

①当单桩质量评价满足设计要求时, 委托方应采用水泥浆对钻孔进行回灌封闭处理。

②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。

③编录取样完毕剩余的芯样应由委托方处理。

5、数据分析

(1)根据现场钻进记录、编录记录及现场照片, 进行桩长、身完整性类别、混凝土桩沉渣厚度检测, 判定或鉴别端岩土层性状。

(2)根据截取的芯样, 并加工进行无侧限抗压试验, 对混凝土/水泥土强度进行评判。

6、扩大抽检说明钻芯法检测结果不满足设计要求时, 应按不满足设计要求的数量加倍扩大抽检。

4.4 基桩声波透射法检测

1、检测目的检测灌注桩的桩身完整性，分析桩身缺陷的位置、范围和程度，判定桩身完整性类别。2、检测原理基桩成孔后，灌注混凝土之前，在桩内沿纵轴预埋若干根声测管。将声波换能器放置声测管中，由桩底往上提拉，用基桩超声波检测仪检测记录桩身各横截面的声学参数，当桩身混凝土存在蜂窝、孔洞、空隙或裂缝等缺陷时，该截面的声学参数会发生异常变化，通过分析综合判定桩身的完整性(见基桩声波透射法检测示意图)。

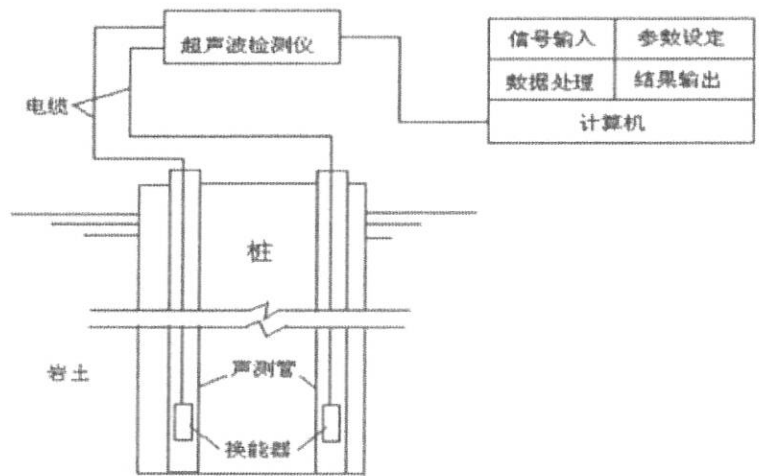


图 4.4-1 基桩声波透射法检测示意图

3、现场准备(委托方执行)

(1) 安装声测管:

1) 声测管材料:宜采用钢(铁)管、钢质波纹管,钢(铁)管宜用

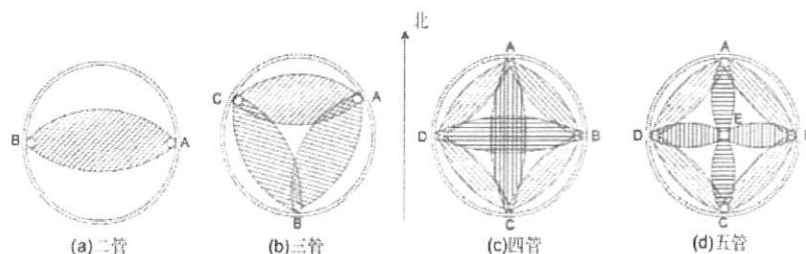
直接连接,不宜焊接,以保证管内畅通。2) 声测管内径宜为 50~60mm。3) 声测管安装:

声测管应下到工程桩底,下端封闭、上端加盖、管内无异物:声测管连接处应光滑过渡,管口应高出桩顶 100mm 以上,且各声测管管口高度宜一致。应采用适宜的方法,固定声测管,使之成桩后相互平行。

4) 声测管埋设数量应符合下列要求:

$d \leq 800\text{mm}$ 埋设 2 根管: $800\text{mm} < d \leq 1600\text{mm}$, 不小于 3 根管: $1600\text{mm} < d \leq 2500\text{mm}$ 时, 不小于 4 根管: $d > 2500\text{mm}$ 时, 不得少于 5

根管。(d 为受检桩设计桩径)5) 声测管应沿桩截面外侧呈对称形状布置, 各声测管之间保持平行, 如下图所示。



(2) 被检测灌注桩的混凝土强度至少达到设计强度的 70%, 或其预留立方体试块强度不得小于 15MPa;

(3) 将各声测管内注满清水, 检查声测管畅通情况, 换能器应能在全程范围内升降顺畅, 否则应采取适当的手段进行处理。4、现场检测:

(1) 按顺时针方向对声测管进行编号, 量测各两管净距, 将各桩声测管口封盖打开检查管内注水情况, 把声波换能器放置管内至管底, 记录测试深度, 当测试深度与施工桩长明显不符应查找原因并立即处理。

(2) 发射与接收声波换能器应以相同标高或保持固定高差同步升降, 测点间距不宜大于 250mm。

(3) 实时显示和记录接收信号的时程曲线, 读取声时、首波峰值和周期值, 宜同时显示频谱曲线及主频值。

(4) 将多根声测管以两根为一个检测剖面进行全组合, 分别对所有检测剖面完成检测。

(5) 在桩身质量可疑的测点周围, 应采用加密测点, 或采用斜测、扇形扫测进行复测, 进一步确定桩身缺陷的位置和范围。

(6) 在同一根桩的各检测剖面的检测过程中, 声波发射电压和仪器设置参数应保持不变。

5、数据分析(1)、桩身缺陷: 以声速临界值、波幅临界值以及 PSD 判据进行综

合判定。(2) 根据桩身混凝土的均匀性, 是否存在缺陷以及缺陷的严重程度将桩身的完整性按四类划分:

【类桩: 桩身各检测横截面完整性类别指数均为 1; II 类桩: 桩身存在完整性类别指数为 2 的检测横截面; III 类桩: 桩身存在完整性类别指数为 3 的检测横截面: 在某深度 50cm

范围内检测横截面完整性类别指数均为 2;

W 类桩:桩身存在完整性类别指数为 4 的检测横截面;在某深度 50cm 范围内检测横截面完整性类别指数均为 3;

6、扩大抽检说明

当采用声波透射法抽检桩身质量所发现的Ⅲ、W 类桩之和大于抽检数的 20%时,应按原抽检比例扩大抽检,当两次抽检的、Ⅳ类之和仍大于抽检桩数的 20%时,该批桩应全数检测。当、Ⅳ类桩之和不大于抽检桩数的 20%时,应研究确定处理方案、扩大抽检的方法和数量,扩大抽检的数量不宜少于该次抽检发现的Ⅲ、W 类桩总数的 2 倍。

4.5 单桩水平静载试验

一、 试验目的

确定单桩水平承载力特征值:为工程设计提供依据。

确定地基土水平抗力系数(比例系数 m 值):这是弹性地基反力法(如 m 法)计算桩身内力和变位的关键参数。

推求桩身弯矩分布:通过测量桩身内力,了解桩身的受力机理和最大弯矩位置。

检验桩基水平承载性能:判断是否满足设计和使用要求。

二、试验方法与加载方式

主要依据中华人民共和国行业标准《建筑基桩检测技术规范》(JGJ106-2014)。

1. 加载方法分类

单向多循环加载法:模拟风浪、制动等反复性水平荷载。适用于需要研究桩身长期性能和承载力的情况。

慢速维持荷载法:模拟长期作用的静止水平荷载(如土压力)。这是最常用、结果最稳定的方法。

其他方法:如单向单循环加载法,应用较少。

目前,慢速维持荷载法是主流和标准推荐的方法。

2. 加载装置

加载装置通常由反力系统、加载系统和量测系统三部分组成。

反力系统:

相邻桩提供反力:最常用的方式。利用工程桩(至少两根)作为反力桩,反力桩与

试验桩的中心距应不小于 4 倍桩径且大于 2.0 米。

专门反力桩/墙：当无条件利用工程桩时，可设置专门的反力装置。

周围土体提供反力（地锚）：适用于浅层土质较好的情况。

反力结构（如钢梁）必须具有足够的强度和刚度。

加载系统：

液压千斤顶：核心加载设备。应在千斤顶与试验桩之间放置球形铰支座，以保证作用力水平通过桩身轴线，避免产生扭矩。

压力传感器或压力表：用于精确控制加载量。

量测系统：

位移量测：

仪器：大量程百分表或电子位移传感器。

布置：在桩顶和地面处各对称布置至少 2 个位移计。地面处位移计用于消除桩身地面以上部分变形对桩顶位移的影响。基准梁应独立、稳定，不受温度、振动影响。

桩身内力/弯矩量测：

仪器：钢筋应力计或混凝土应变计。

布置：沿桩身不同深度预埋传感器，测量桩身应变，进而推算弯矩。

三、试验技术要点与步骤

1. 试验前准备

试桩选择：选择有代表性的桩进行试验。

桩头处理：桩顶应高出地面，强度达到设计要求。桩身混凝土强度应达到设计强度。桩头配筋应加强，防止局部压碎。

仪器安装：按要求安装位移传感器和桩身内力传感器。

2. 加载与位移观测

慢速维持荷载法的加载分级与观测：

加载分级：采用逐级等量加载。每级荷载增量可取预估水平极限承载力的 $1/10 \sim 1/15$ 。

位移观测：每级荷载施加后，按第 5、15、30、45、60 分钟测读桩顶位移，以后每隔 30 分钟测读一次。

相对稳定标准：每小时内的桩顶位移增量不超过 0.1mm，并连续出现两次（从分级荷

载施加后的第 30 分钟开始，按 1.5 小时连续三次每 30 分钟的沉降观测值计算）。

加载至下一级：达到相对稳定后，施加下一级荷载。

3. 终止加载条件

出现下列情况之一时，可终止加载：

桩身折断。

水平位移超过 30-40mm（软土取 40mm）。

水平位移达到设计要求的限值。

当荷载-位移曲线（H-Y_{H0} 曲线）的陡降段明显或出现第二拐点时，荷载已超过极限承载力。

已达到试验最大加载量或反力系统的最大能力。

4. 卸载与观测

卸载应分级进行，每级卸载量为加载增量的 2 倍。卸载后应观测桩顶残余位移，直至变形稳定。

四、数据分析与成果判定

1. 绘制曲线

水平力-力作用点位移曲线（H-Y_{H0} 曲线）：这是最核心的曲线。

水平力-位移梯度曲线（H- $\Delta Y_{H0}/\Delta H$ 曲线）：

水平力-最大弯矩截面钢筋应力曲线（H- σ_g 曲线）：（当埋设有内力传感器时）

2. 确定单桩水平临界荷载（H_{cr}）

水平临界荷载是桩身开裂、受拉区混凝土明显退出工作时的荷载。取下列方法确定的较小值：

H-Y_{H0} 曲线法：曲线出现明显陡降（第一拐点）的起始点对应的前一级荷载。

H- $\Delta Y_{H0}/\Delta H$ 曲线法：曲线第一直线段终点对应的荷载。

H- σ_g 曲线法：曲线第一拐点对应的荷载。

3. 确定单桩水平极限荷载（H_u）

水平极限荷载是桩身达到最大抗弯能力或位移失控时的荷载。取下列方法确定的较小值：

H-Y_{H0} 曲线法：曲线陡降段（第二拐点）的起始点对应的荷载，或位移超过限值对

应的前一级荷载。

H- $\Delta Y_{H0}/\Delta H$ 曲线法：曲线第二直线段终点对应的荷载。

桩身折断或钢筋断裂时的前一级荷载。

4. 确定单桩水平承载力特征值

当桩身配筋率超过 0.65% 时，可取水平临界荷载的 0.75 倍作为单桩水平承载力特征值。

当桩身配筋率低于 0.65% 时，可取水平极限荷载除以安全系数 K（通常取 2）作为单桩水平承载力特征值，并与水平临界荷载比较，取小值。

5. 确定地基土水平抗力系数的比例系数 m

根据试验得到的 H-Y_{H0} 曲线和桩身变形参数，采用弹性地基反力法（如 m 法）进行反演分析，可以计算出地基土的水平抗力系数的比例系数 m 值。具体计算公式可参考 JGJ106-2014 规范。

五、注意事项

边界条件：试验得到的承载力与桩顶约束条件（自由或嵌固）密切相关，设计时需注意。

群桩效应：单桩试验结果不能直接用于群桩，需考虑群桩效应进行折减。

长期效应：静载试验是短期行为，对于长期循环荷载（如风、浪），需考虑土体强度弱化和桩土相互作用的变化。

安全第一：试验过程中，特别是接近极限状态时，应确保人员和设备安全，防止桩身突然断裂造成事故。