

非等截面桩超声波成孔质量检测

韩 亮^{1 2}

(1. 中国地质大学 北京 100083 2. 欧美大地仪器设备有限公司 北京 100062)

摘 要 : 分析了非等截面超声波成孔质量检测的几个主要影响因素 , 给出了相应得改进措施。用工程实例说明超声波反射技术是一种保证非等截面桩成孔质量和成桩质量必不可少的检测方法。

关键词 : 非等截面桩 ; 超声波检测 ; 成孔质量

中图分类号 : P631.4 文献标识码 : A 文章编号 : 1000 - 8918(2005)02 - 0185 - 04

在桩基设计和施工中采用的最主要桩型是直杆等截面桩。近几年来 , 由于大荷载、低成本的要求 , 以及施工机具的不断发展 , 发明了许多非等截面的异型桩 , 如支盘桩、DX 型桩、扩底桩等等。这些桩型主要是在直杆桩孔的基础上在孔的不同部位设置若干个支、承力盘等扩径型部件 , 大大改进了桩周土和桩端土阻力的分布状况 , 在减小桩长、桩径和施工费用的情况下提高了单桩承载力。然而 , 这些桩型的施工质量 , 特别是成孔质量的好坏已直接影响到非等截面桩的应用和推广。人们关心的是完工的支、盘是否与设计相一致 , 能否通过检测得到有关孔和各部件的技术参数。一般的测孔方法使用电阻率井径仪 , 在直杆桩中尚能满足测试要求 , 但在异型桩孔中由于探头需要紧贴孔壁、测量腿与孔轴之间存在夹角、供电电流和接地电阻对测量结果的影响等问题很难测试到孔壁的真实情况。笔者利用超声波反射技术 , 在大量的异型桩孔中通过对影响测试的一些主要因素采取合理的改进措施 , 获得了较为满意的效果。

1 超声波成孔检测的基本原理

超声波是指频率高于 2×10^4 Hz , 并不引起声感的弹性波。超声波成孔检测是利用超声波反射技术 , 将超声波探头以一定的速率放入充满泥浆的钻孔中 , 当发射电路产生的电脉冲加到发射换能器上时 , 换能器垂直孔壁发射出超声波脉冲 , 超声波在泥浆中传播到孔壁后部分被反射 , 反射回来的超声波被接收换能器接收 , 并经过放大、滤波等信号处理后传至记录仪。若已知声波在泥浆中的传播速度为 c , 并确地测定出超声波脉冲从发射至接收所经历的

时间 t , 发射面到反射面之间的距离

$$L = tc/2。 \quad (1)$$

图 1 是一现场实测时记录的结果 , 其中接收到的随时间变化的波形已经根据介质的波速转换为随距离的变化。因而横轴的刻度为距孔中心轴线的距离 , 根据接收波形能够直接读出孔径的大小。

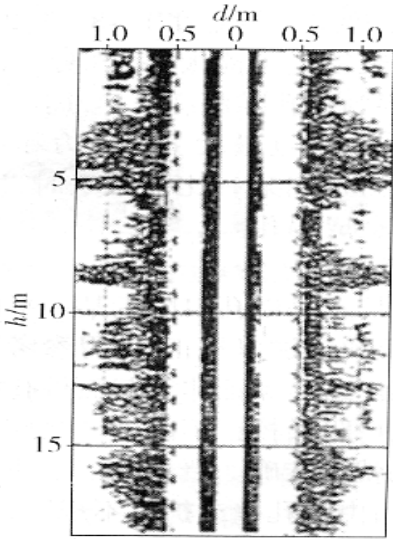


图 1 孔中超声波实测曲线

2 主要影响因素

超声波测孔是一个复杂的过程 , 它的测量精度受多种因素的影响。介质条件影响主要表现在泥浆参数变化引起超声波的衰减 , 公式(2)(日本 KAIJO 公司提供) ,

$$c = a_1 W + a_E + a_3 P , \quad (2)$$

反映出了泥浆温度 W 、密度 E 、压力 P 变化引起声速 c 变化 , 泥浆温度升高声速增高 , 泥浆密度增大 , 声速

变慢。(2)式中 $a_1 \sim a_3$ 为影响因子系数。此外,还有仪器性能参数,如发射频率、电压、发射角及接收波前沿误差等因素的影响。测量方法影响因素主要有仪器对中、测量方位、距离校正和记录灵敏度增益控制等误差。但归纳起来,泥浆密度的控制、距离校正的好坏以及测量方法的调整是最主要的影响因素,它直接决定着测量结果的精度。

2.1 泥浆密度

在非等截面桩孔施工中,首先形成普通直杆桩孔,然后下放特制设备形成支或盘等部件。在成支或盘的过程中,机械设备不可避免地刮碰孔壁。由于地层松散或孔壁护结不好,常常有孔壁塌落情形,使得泥浆中悬浮颗粒增多,泥浆密度密度加大,对超声波传播产生很大的影响。泥浆中悬浮固体颗粒,再加上机械设备剧烈搅动而产生的气泡,对超声波造成严重的散射和衰减。泥浆密度过高对超声波脉冲会造成更大的能量损耗,当泥浆密度超过某一限度后,尽管测试仪器增益很大,由于回波信号太弱而不能接收到。通过大量现场试验,对非等截面桩孔的检测,泥浆密度最好控制在 $1.18 \sim 1.22 \text{ kg/L}$ 。这既要考虑到泥浆密度不能太高,也要考虑到泥浆密度不能太低,因为钻孔随深度增加,周围土体的应力将进行重新调整,一旦最大主压应力和最小主压应力及垂直主应力达到某一比例关系时,即超过土体的抗剪强度而造成塌孔。

2.2 孔口距离校正

孔口距离校正以孔口附近某一平面作为参考平面,对孔壁反射波加以校正,使得参考平面直径与实测孔径相等。这是保证非等截面桩孔检测成败的关键。如果孔口距离校正不准确,实测孔径和支、盘等部件尺寸也就不准确。严重时记录曲线还会发生畸变。实际上,由于孔壁或护筒不规则,距离校正为零几乎是不可能的。为此,可采取一种简易措施,设计一个钢质矩形校正板($0.2 \text{ m} \times 1 \text{ m}$)。校正时贴紧孔壁放入泥浆中,超声波探头对中校正板,这样大大提高了孔口校正的精度。

2.3 测量方法

对于非等截面桩孔的测量,机动灵活的调整测量方法非常重要。与直杆桩孔不同,非等截面桩孔在成孔过程中受到更多的因素影响,对孔壁的强烈改造不可避免地产生局部孔壁倾斜或局部泥浆异常等变化。这时,就需要适当地调整测量方法。

一般来讲,在实际测量前事先了解施工记录,初步知道在哪些部位设置了支或盘等部件。当测量到接近部件时放慢测量速度,最好放在最低速档。这

时由于采样时间加长,相同的采样间隔增加了采样数量,提高了孔壁的分辨率。

在实际测试过程中,由于局部孔斜,测量曲线上一侧方向可以看到支或盘等部件,而另一侧方向曲线断断续续,甚至产生空白区,无法看清部件的轮廓。究其原因是因为发射换能器与接收换能器之间存在一定的夹角,靠近孔壁一侧由于距离太近而超过换能器能够分辨的最小探测距离,称为测试盲区。此时,应根据实测曲线的盲区方向相对调整孔口仪器测试位置,使换能器离开盲区重新进行测量,并记录调整方向和距离供计算钻孔总垂直度使用。

3 实例分析

通过上述影响因素的分析和改进,在大量非等截面桩孔工程中得到应用,取得了较为理想的效果。下面介绍几种常见的非等截面桩孔的实测曲线。

3.1 支盘桩

支盘桩是近几年发展起来的一种新桩型,它由主桩、分支、承力盘及周围挤压密实的填加固结料组成,近似树根桩的根系及功能。具体做法是在成孔后用挤扩或刀削等方法根据设计要求在不同位置上做十字支或承力盘,成形如图2所示。根据设计,在地表以下 17.6 m 、 21.3 m 和 24.2 m 处分别设置3个承力盘,盘中心最大直径为 1.4 m ,盘高 0.8 m 。

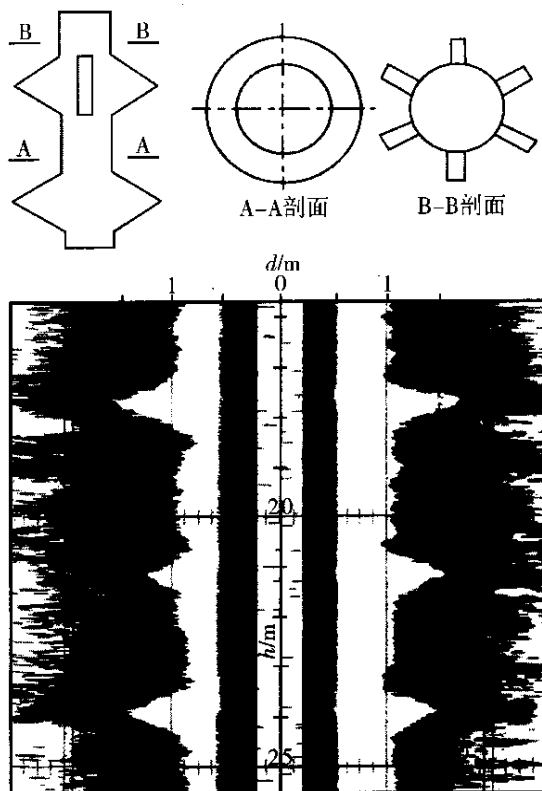


图2 支盘桩设计模型与实测支盘桩孔孔形曲线

从图 2 实测曲线中可以清楚地看出在上述 3 个位置处出现机械强烈挤压过的痕迹并形成空腔,即承力盘形。其中上盘和下盘施工质量较好,盘中心位置、最大盘径、盘高和盘形均满足设计要求,而中盘最大盘径较小且左侧的盘形较差。同时,由于泥浆密度控制合理,噪音较小,曲线呈浓密厚实的强反射。

3.2 扩底桩

扩底桩也是一种提高单桩承载力的桩基形式,在很多地方被采用。施工过程中首先形成直杆桩孔,然后放入扩底装置,通过自重和挤压作用形成底部扩大腔。由于桩底最大直径一般为桩身直径的 2 倍或以上,桩端受力截面积扩大若干倍,大大增加了单桩承载力。

图 3 为某扩底桩工程实测曲线。根据设计,此孔孔深 44.0 m,直杆孔径 1.0 m,扩孔位置 42.0 m,扩孔最大直径 2.0 m。通过改善泥浆条件和测量方法,得到该孔的实测曲线图。由图可见,在 41.8 m 处开始钻孔孔径逐渐扩大,直至孔底。

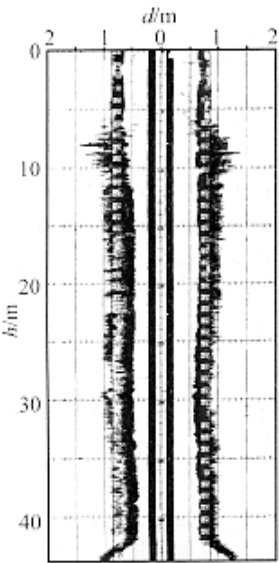


图 3 实测扩底桩孔形

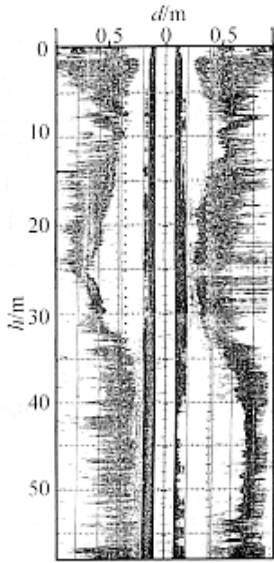


图 4 实测钻孔倾斜孔形

3.3 孔斜桩

大直径钻孔灌注桩施工过程中,钢筋笼下放至某一深度时常常遇到卡堵现象,严重时无法继续下放。一般来讲,钻孔发生了倾斜。钻机固定不稳,偏移初始位置或者钻头碰到地下障碍物都会造成这种情况。这时,人们关心的是钻孔倾斜的确切位置、方位和垂直度,以便有目的地进行复钻。显然,超声波测孔是最佳的解决方法。图 4 即为某工程钻孔发生倾斜时的实测曲线。根据设计,钻孔孔径 800 mm,孔深 59 m。由图可见,从深度 10 m 开始向一侧倾斜,到 25 m 向相反方向倾斜,直至 45 m 左右孔身基本恢复垂直,但孔中轴线已偏离初始位置约 35 cm,整孔呈“S”形状,经计算最大钻孔垂直度高达 2%,远远超过规范要求。

整孔呈“S”形状,经计算最大钻孔垂直度高达 2%,远远超过规范要求。

3.4 地下连续墙

墙宽、墙深和垂直度是衡量地下连续墙施工质量的重要参数。特别是在软土地区,地下连续墙沿深度方向的墙宽和垂直度变化更具有实际意义。从这一点来讲,又是发挥超声波成孔检测技术优势的一个方面。地下连续墙槽中泥浆密度较低,主要是地下水的涌入,对超声波测量非常有利。但需要克服的是连续墙施工中对泥浆剧烈搅动而产生的气泡。图 5 为一地下连续墙实测曲线图,孔壁反射非常清晰,说明孔壁状况良好。同时,也可以看出此连续墙从孔口至孔底孔壁倾斜明显。

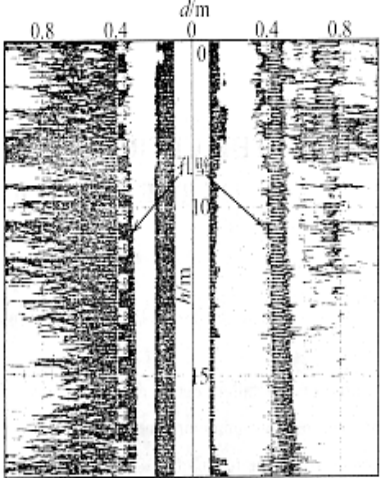


图 5 实测地下连续墙体形状曲线

4 结论与问题

(1)在非等截面桩完整性检测中至今尚没有有效的检测方法,主要原因就是其桩身存在若干个非等截面。这也是制约非等截面桩进一步推广应用的主要因素。低应变动力检测一般是在成桩之后进行,并且只能分辨出桩顶以下第一个非等截面。因此,非等截面桩的成孔检测就尤为重要了。非等截面桩各部件通过成孔质量检测可以在施工过程中及时发现问题并加以处理。通过测试还可以对施工情况进行综合评价,最终选取适合实际场地特点的施工工艺和施工机具。另外,一般来讲如果成孔质量满足设计要求,只要严格控制灌砵程序,成桩质量是容易保障的。因此可以说成孔质量检测既是对施工过程的监测和指导,又是对成桩质量的有利保证,应加大成孔质量检测的力度。

(2)应用超声波反射技术对非等截面桩进行成孔检测是一种科学合理的方法。实际测试过程中应根据具体桩型、地层及泥浆特点,综合分析影响超声

波传播的主要因素,并相应地加以抑制,才能获得反映孔壁真实情况的数据。

(3)通过成孔检测使人们对非等截面桩有了更全面更真实的认识,有助于进一步提高和改进非等截面桩的设计和施工,为设计部门和施工部门提供科学的分析依据。

(4)非等截面桩形状千变万化,给非等截面桩

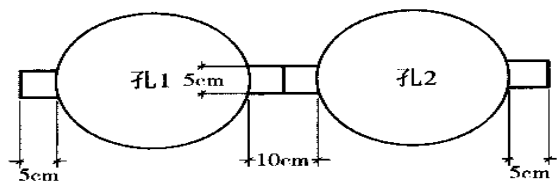


图6 一种基坑围护桩示意

成孔检测提出了许多新的课题。如图6所示的基坑支护方式,采用2个钻孔管桩,桩和耳状连接部分作为一个单元,与两侧的其他同样单元相连接组成基坑帷幕。这种支护方式的关键问题是单元与单元之间的连接部分的好坏直接影响到支护效果。一旦连接不好将会出现渗水或透水,严重时可能威胁基坑的安全。对这样的情况成桩后很难检测其质量,只能在成孔阶段对其进行成孔检测。利用超声波技术进行成孔检测是首选方法,但尚有很多问题需要分析、研究和总结。

参考文献:

- [1] 韩亮. 大直径钻孔灌注桩成孔质量超声检测[J]. 长春科技大学学报, 1999 (29) 22~26.

THE ULTRASONIC TESTING OF THE HOLE QUALITY OF THE NON-EQUAL DIAMETER DRILLING PILE

Han Liang^{1,2}

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Earth Products Limited China, Beijing 100062, China)

Abstract: Based on a detailed analysis of several main factors in the ultrasonic testing of non-equal diameter drilling hole, this paper puts forward some relevant improving measures. From a large number of successful engineering examples, it is believed that the utilization of ultrasonic reflecting technique is an absolutely necessary means for ensuring the hole quality of the non-equal diameter drilling pile.

Key words: non-equal diameter drilling pile; ultrasonic testing; hole quality

作者简介: 韩亮(1970-),男,高级工程师,一直从事工程物探、工程勘察及地基处理等生产和科研工作,1996年毕业于长春地质学院应用地球物理系,获硕士学位,现于中国地质大学工程技术学院攻读博士研究生,公开发表学术论文数篇。

上接 184 页

THE RESULT OF A PS WAVES TEST IN A MORE THAN 400 M DEEP WELL

JIANG Chuan-lin, JIANG Chuan-zhi, Lu Xin-fang

(Geophysical Exploration Party, Henan Bureau of Geology for Coal Field, Zhengzhou 450009, China)

Abstract: This paper describes the result of a test in a more than 400 m deep well. Practice shows that, with the adoption of some measures, the PS wave of single drillhole layer-testing method can break through the limit of one hundred meters. This technique can therefore be used in more extensive application fields.

Key words: single drillhole layer-testing method; PS waves; interval velocity

作者简介: 蒋传琳(1955-),男,工程师,1986年毕业于郑州煤田职工地质学院,现主要从事工程物探和煤田地质物探勘查工作,公开发表学术论文数篇。