

# Discussion on the Problem of Using Directional Measurement Method to Detect the Verticality of Drilled Holes

Haibei Zhong

Nanjing Construction Engineering Quality and Safety Inspection Center, Nanjing, Jiangsu, 210000, China

## Abstract

The hole quality detection of foundation pile is the detection of the hole depth, aperture, sediment thickness and verticality of the cast-in-place pile. In recent years, the pile has developed rapidly and is carried out in the construction stage of foundation pile. It has the advantages of early discovery of problems and low cost of dealing with problems, so it is widely used. Among them, the verticality detection is commonly used in the top angle measurement method, most of which use the way of inclinometer + centralizer for detection. In this paper, the partial orientation measurement method of detecting the verticality of the hole in the pouring pile is studied, and the determination of the detection position of the method and the calculation method of the detection data can be determined in the absence of a suitable centralizer.

## Keywords

cast-in-place pile; hole forming quality detection; hole forming verticality detection; point orientation measurement method

## 分方位测量法检测成孔垂直度的问题探讨

仲海蓓

南京市建筑工程质量安全检测中心, 中国·江苏南京 210000

## 摘 要

基桩成孔质量检测是对灌注桩的孔深、孔径、沉渣厚度以及垂直度四个参数进行的检测, 近几年发展迅速, 在基桩施工阶段进行, 具有发现问题早、处理问题成本低的优点, 因此被广泛采用。其中, 垂直度检测目前常用的是顶角测量法, 大多采用测斜仪+扶正器的方式进行检测。论文对灌注桩成孔垂直度检测的“分方位测量法”进行了研究, 明确了该方法检测位置的确定以及检测数据的计算方法, 通过该方法可以在没有合适扶正器的情况进行成孔垂直度的检测。

## 关键词

灌注桩; 成孔质量检测; 成孔垂直度检测; 分方位测量法

## 1 引言

灌注桩是直接在地基土上用钻、冲、挖等方式成孔, 就地浇筑混凝土而成的桩<sup>[1]</sup>, 是当前使用最为广泛的桩基础类型。近年来, 涉及桩基工程质量问题而直接影响建筑物结构正常使用与安全的事例很多。由于灌注桩的施工有高度的隐蔽性, 而影响因素又多, 如岩土工程条件、施工技术水平等, 所以灌注桩的施工质量具有很多不确定性因素。为此, 加强灌注桩施工过程的质量管理, 提高灌注桩成孔质量, 对确保整个桩基工程的质量和有着重要意义。成孔质量检测是检验灌注桩成孔的有效手段, 可以检测出灌注桩桩孔孔径、孔深、垂直度及沉渣厚度的具体数值, 判定其是否满足规范及设计要求, 避免因成孔不合格导致的基桩质量问题<sup>[2]</sup>。

近年来, 关于灌注桩成孔质量检测的各类规范越来越多, 建筑部 2019 年发布的 T/CECS596—2019《灌注桩成孔质量检测技术规程》在条文说明中提到使用顶角法检测桩孔垂直度, 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, 但规程并未对该方法做出具体说明或规定<sup>[3]</sup>。论文对分方位测量法进行一些探讨, 使其具有实际可操作性, 为编制该方法的作业指导书做准备。

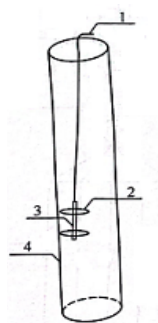
## 2 顶角测量法检测桩孔垂直度工作原理

顶角测量法的工作原理是将测斜仪从孔顶逐步放至孔底附近(示意图见图 1), 如果桩孔倾斜, 测斜仪下放过程中会碰到孔壁, 引起测斜仪倾斜, 通过测量桩孔中不同深度倾斜角变化的几何关系, 即可推算桩孔的垂直度。

现有规范规定顶角测量法检测垂直度时, 可将测斜仪放入未提钻的钻具内或直接放入桩孔内进行。由于在钻具中测量桩孔垂直度设备架设十分不便, 且测量其他成孔参数,

【作者简介】仲海蓓(1985—), 女, 中国江苏如皋人, 硕士, 高级工程师, 从事地基基础工程质量检测研究。

需要在现场等待提钻，时间较长，所以一般垂直度在桩孔中检测。



1—电源及数据电缆；2—扶正器；3—测斜仪；4—孔壁

图 1 顶角测量法测斜仪和扶正器在桩孔中工作示意

由于测斜仪本身直径较小，大约 5cm 左右，放入桩孔中检测时，需要外加扶正器，增大测斜仪的外径，保证测斜仪能够随着桩孔的倾斜而倾斜。扶正圈直径应符合下式要求<sup>[4]</sup>：

$$D \geq d \geq D - 2Hk \quad (1)$$

其中，k 为设计（规范）允许的最大垂直度（%）；D 为设计孔径（m）；H 为实测桩孔深度（m）；d 为扶正器直径（m）。

顶角测量法检测成孔垂直度结果以偏心距和垂直度表示，按下列公式计算：

$$K = (E/H) \times 100\% \quad (2)$$

$$E = D/2 - \psi/2 + \sum_{i=1}^n H_i \sin\left(\frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2}\right) \quad (3)$$

其中，K 为成孔垂直度（%）；E 为成孔偏心距（m）；H 为实测桩孔深度（m）；D 为孔径或钻具内径（m）；ψ 为测斜仪探头或扶正器外径（m）；i 为第 i 个测点；n 为测点总数；H<sub>i</sub> 为第 i 段测点距（m）；θ<sub>i</sub> 为第 i 测点的实测顶角（°）；θ<sub>i+1</sub> 为第 i+1 测点的实测顶角（°）。

### 3 分方位测量法探讨

由上述原理可知，顶角测量法检测桩孔垂直度时必须确保测斜仪与桩孔的倾斜度一致。日常检测中发现，使用测斜仪 + 扶正器检测桩孔垂直度存在以下问题：

①各工程的桩径和桩长都不尽相同，需要使用不同直径的扶正器，而设备厂家通常只配备 1~2 个直径的扶正器，不能满足所有桩孔的检测要求；

②当桩孔偏心距小于扶正器与孔壁之间距离时，测斜仪无法测得；

③检测泥浆护壁灌注桩时，扶正器与泥浆接触面积相对较大，泥浆浮力可能导致测斜仪发生倾斜，对桩孔垂直度造成误判。

分方位测量法可在不使用扶正器的情况进行成孔垂直度测量。该方法是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。由于不使用扶正器，测斜仪放置部位必须接近孔壁位置；考虑桩孔倾斜方向的不确定性，至少需测量出两个正交方向的偏心距，且检测位置需对称布置，经探讨，检测位置如图 2 所示布置。

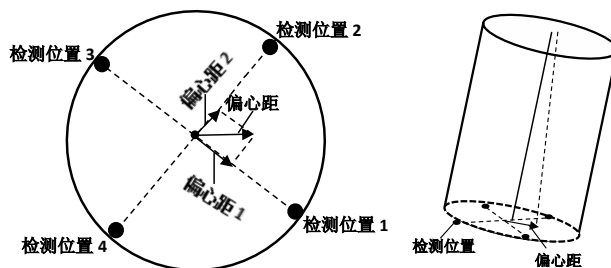


图 2 分方位测量法检测位置示意图

将测斜仪沿着孔壁分别从图 2 中 4 个检测位置往下放，测出四个位置的倾斜角，推算出两个正交方向的偏心距，两个偏心距的矢量和即为桩孔的偏心距：

$$\text{偏心距} = \sqrt{\text{偏心距}^2 + \text{偏心距}^2} \quad (4)$$

### 4 工程实例

某工程桩基工程，工程地质情况良好，采用旋挖干成孔钻孔灌注桩，设计桩径 700mm，设计孔深 30m，成孔垂直度设计要求为不大于 0.5%。对 Z61# 桩孔首先进行了桩径检测，检测结果见图 3，该桩孔孔径变化幅度比较小，无明显扩径、缩颈情况，为垂直度检测排除由孔径变化引起的测量偏差。

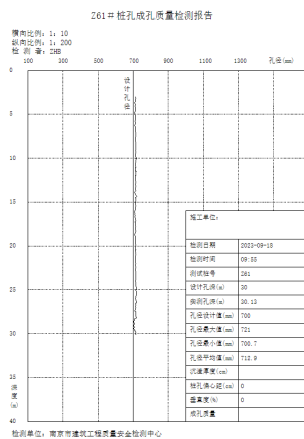


图 3 Z61# 桩孔孔径检测结果

首先用测斜仪 + 扶正器在桩孔中心测量垂直度，按照式（1）计算扶正器的直径应小于 700mm 且大于 400mm，因此选用直径为 450mm 的扶正器，扶正器与孔壁的距离为 125mm。Z61# 桩孔的垂直度测量结果如图 4 所示，测得的偏心距为 13.8cm，垂直度为 0.46%。

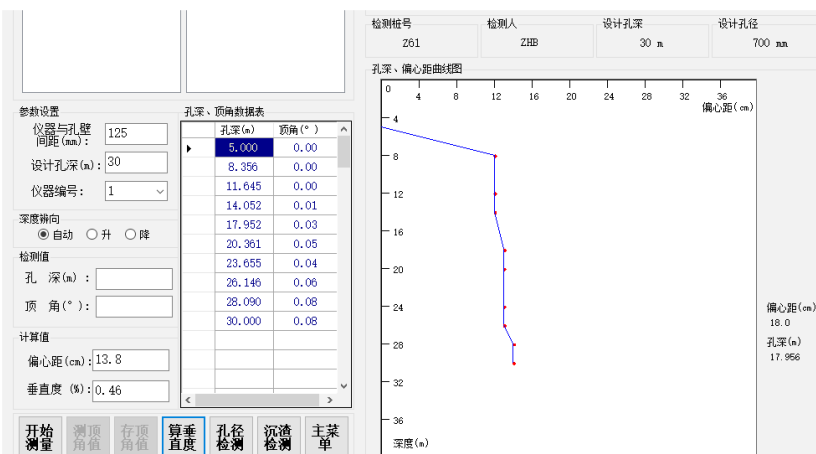


图 4 测斜仪 + 扶正器垂直度检测结果

然后采用分方位测量法对桩孔进行垂直度测量，按照论文所确定的检测位置（如图 2 所示），在任意相互垂直的四个检测位置沿着孔壁下放测斜仪，分别测得四个位置的偏心距，检测结果如图 5 所示。由检测结果可知，沿桩孔倾斜方向的两个检测位置分别测得偏心距 7.5cm 以及 11.6cm；另外两个相对的方向由于与倾斜方向相反，测斜仪不会碰到孔壁，测得的偏心距接近零，不参与计算。根据式 4 计算偏心距  $=\sqrt{7.5^2 + 11.6^2} = 13.81cm$ ，垂直度  $=13.81 \div 300 \times 100\% = 4.6\%$ ，与测斜仪 + 扶正器所测偏心距和垂直度结果一致。

可见，论文所确定的分方位测量的检测位置及计算方法是合理的。

### 5 结语

分方位测量法可不使用扶正器在桩孔中检测桩孔垂直度，具有其独特的优势。论文探讨了分方位测量法检测位置的确定方法，以及测量结果的计算方法，并在实际工程中进行了验证，检测结果与测斜仪 + 扶正器方法一致，为成孔垂直度检测提供了一种可实际操作的新方式。

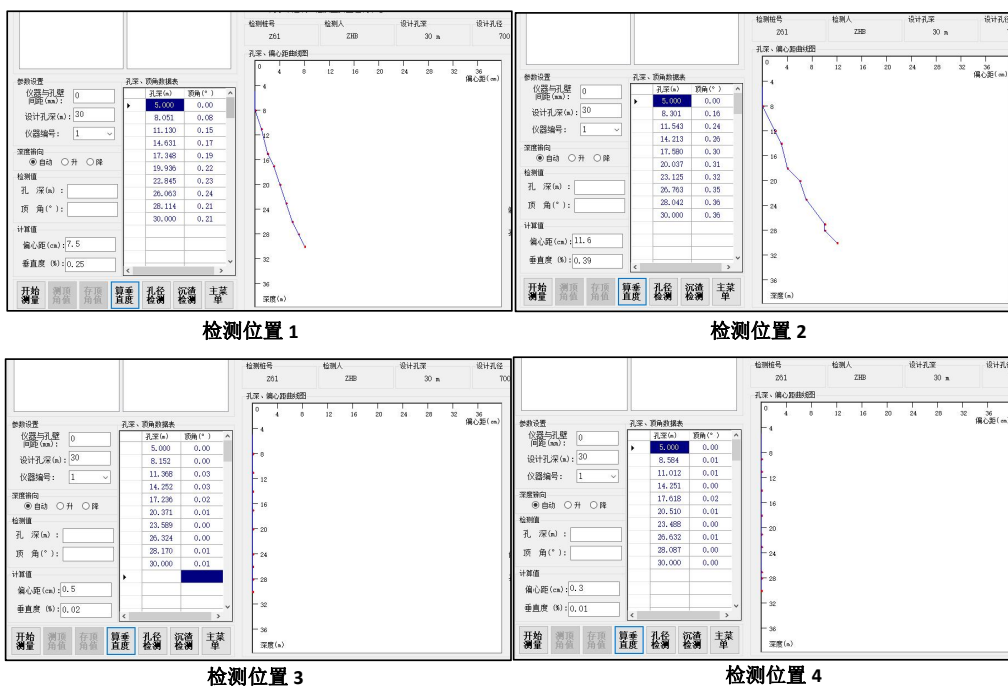


图 5 分方位测量法垂直度检测结果

### 参考文献

[1] 陈凡,徐天平,陈久照,等.基桩质量检测技术[M].北京:中国建筑工业出版社,2014.  
 [2] 仇道刚,陈江林,李俊启.基桩成孔质量检测技术研究探讨[J].工程质量,2023,41(10):54-59.  
 [3] T/CECS 596—2019 灌注桩成孔质量检测技术规程[S].  
 [4] DB32/T4115—2021 钻孔灌注桩成孔、地下连续墙成槽质量检测技术规程[S].