

文章编号:1009-6825(2004)16-0082-02

基桩完整性检测中的波速问题

褚世洪 董志远 于立强

摘要:运用波动力学理论,分析了应力波在三维状态下的纵波波速与一维状态下纵波波速的区别,指出在用反射波法判别基桩浅部缺陷的深度时,应考虑三维效应对应力波波速的影响,所采用的波速应为正常波速的1.2倍。

关键词:反射波法,三维效应,浅部缺陷,纵波波速

中图分类号:TU473.1+6

文献标识码:A

引言

反射波法具有经济、快速、简便和准确性较高等优点,是目前国内基桩完整性检测工作中应用最为广泛、最具代表性的低应变动测方法。该方法采用手锤敲击桩顶,通过安装在桩顶的传感器(速度传感器或加速度传感器)接收来自桩身中的反射波信号,利用一维应力波理论来研究桩土体系的动态响应,反演、分析实测速度信号,从而获得有关桩身完整性的信息。该方法的理论基础是一维应力波理论,而要将一维应力波理论应用于桩中,必须将桩假定为一维线弹性杆件。在检测桩长远大于桩径的细长桩的

中深部缺陷时,该理论近似成立,但当桩径较大,且缺陷位置较浅时,由于桩身浅部的三维效应对应力波传播的影响较大,经常使缺陷位置的判断出现较大误差。在检测实践中,浅部缺陷实际开挖的深度往往比计算的大。下面以应力波理论为基础,从桩身浅部的三维效应出发,探讨应力波在三维状态下的波速与一维纵波波速的区别,指出在运用反射波法判断桩身浅部缺陷的深度时,应充分考虑三维效应对应力波波速的影响,所采用的波速应为正常波速值的1.2倍。

1 三维状态下的应力波纵波波速

预防和处理:1)清除泥包,调节泥浆的相对密度和粘度。2)适当增大泵量,向钻孔内投入适量的砂石以解决泥包糊钻。3)选用出浆口稍大的钻锥。4)若已严重糊钻,应停钻,清除钻渣。

5 断桩

在灌注水下混凝土时,往往由于以下几种原因,造成断桩。1)机具设备出了故障而无备用设备。2)材料没有备足而不能连续。3)由于在施工操作过程中错误判断混凝土量而将导管拔出混凝土面或是由于提升导管太晚,混凝土凝结时间过长,吸力过大等,未能提升导管,无法继续灌注混凝土。4)导管接头密封不严而漏水。5)混凝土配合比不合理,造成了板结阻管。

预防措施:1)混凝土搅拌机、发电机、运输混凝土车、起重机等均应有备用或在有限时间内可迅速到位补充。2)备足材料,如:水泥、砂子、石子。3)配齐高级技术人员检修供电及设备故障。4)技术人员明确分工,准确测量混凝土上升面并记录,保证2m埋管深度,减少对下部混凝土的扰动。

参考文献:

[1]张美卿,王瑞.钻孔灌注桩常见质量事故的预防[J].山西建筑,2001,(4):46-47.

3 掉钻落物

掉钻落物的原因:1)卡钻时强提强扭、用力过大、操作不当,使钻杆或钢丝绳超负荷或疲劳断裂。2)钻杆接头不良或滑丝。3)钢丝绳转向滑轮等易使部件磨损过度而突然断裂。4)操作不慎而落入扳手、撬棍等物。5)电动机接线错误,钻机反向旋转,钻杆松脱。

掉钻的预防措施:1)经常检查钢丝绳、钻杆、钻头、钨金套、卷扬机以及连接装置的接头状况。2)在钻孔前应清除孔内落物,零星铁件等可用电磁铁吸取。3)改善钻头及连接件设计。

掉钻的处理:掉钻后应及时摸清位置,若钻头被沉积物所埋,应首先清孔,使打捞工具能触及钻杆、钻锥。1)使用打捞设备。如打捞叉、打捞钩、打捞活套、打捞钳等。2)如不易打捞且自然条件允许的情况下可派水工打捞。

4 糊钻和埋钻

在钻孔过程中经常遇到糊钻和埋钻,糊钻的特征是在细粒土层或胶泥层钻进时进尺非常缓慢,甚至不见进尺而出现憋泵的现象,在粘土层钻进时泥浆粘度过高,钻渣量大、钻杆内径过小、出浆口堵塞致使钻头被埋。

Construction technology of cast-in-place

bored pile to treat shifting sand layer in Emaohe Bridge work

ZHANG You-quan

(Tiangong Construction Co. Ltd. of Taiyuan Railway Construction Group, Taiyuan 030045, China)

Abstract: Taking the pile foundation work of Emaohe Bridge in Dayun expressway as example, in view of the geological condition that construction on shifting sand layer the prevention and technical treatment are elaborated for cast-in-place bored pile construction in order to ensure construction quality of them.

Key words: bridge work, pile foundation work, cast-in-place bored pile, construction technology

收稿日期:2004-05-13

作者简介:褚世洪(1977-),男,2003年毕业于天津大学结构工程专业,硕士,助工,山东省建筑科学研究院,山东 济南 250031

董志远(1969-),男,1991年毕业于山东建工学院工民建专业,工程师,东营市房地产交易中心,山东 东营 257091

于立强(1962-),男,1984年毕业于青岛建工学院工民建专业,教授级高工,山东省建筑科学研究院,山东 济南 250031

取直角坐标系 $[x, y, z]$, 在三维空间固体介质中传播的应力波的控制方程为:

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_{ij} &= \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}) \\ \sigma_{ij} &= \lambda \epsilon_{kk} \delta_{ij} + 2\mu \epsilon_{ij} \\ \sigma_{ij,i} + F_{bj} &= \rho \ddot{u}_j \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式(1)中各式分别为柯西方程、本构方程、运动方程, u_i 为质点位移, $u_{i,j}$ 表示位移分量 u_i 对空间变量 x_j 的一阶导数; $u_{i,j} = \frac{\partial u_i}{\partial x_j}$, \ddot{u}_i 表示位移分量 u_i 对时间变量 t 的二阶导数; $\ddot{u}_i = \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2}$, F_{bj} 为体力, λ, μ 为 Lamé 弹性常数。

将式(1)用位移 u_i 表示, 并引入梯度算子:

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} i + \frac{\partial}{\partial y} j + \frac{\partial}{\partial z} k \quad (2)$$

式(1)化为波动方程:

$$(\lambda + \mu) \nabla \nabla u + \mu \nabla^2 u + F_b = \rho \ddot{u} \quad (3)$$

式中 $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ 为 Laplace 算子。

材料的体积变化为:

$$\Delta = \epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z = \nabla \cdot u \quad (4)$$

忽略体力 F_b , 方程(3)化为:

$$(\lambda + \mu) \nabla \Delta + \mu \nabla^2 u + F_b = \rho \ddot{u} \quad (5)$$

将式(5)写为展开式:

$$\left. \begin{aligned} (\lambda + \mu) \frac{\partial \Delta}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} &= \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ (\lambda + \mu) \frac{\partial \Delta}{\partial y} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} &= \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \\ (\lambda + \mu) \frac{\partial \Delta}{\partial z} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} &= \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

将式(6)中各式分别对 x, y, z 微分, 然后将各式相加, 得:

$$(\lambda + 2\mu) \nabla^2 \Delta = \rho \frac{\partial^2 \Delta}{\partial t^2} \quad (7)$$

根据弹性系数恒等式 $\lambda + 2\mu = \frac{(1-\nu)E}{(1+\nu)(1-2\nu)}$, 得:

$$\frac{\partial^2 \Delta}{\partial t^2} = \frac{(1-\nu)E}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)} \nabla^2 \Delta = C_L^2 \nabla^2 \Delta \quad (8)$$

式(8)为波动方程, 表示膨胀波 Δ 在介质中以速度 C_L 传播, 其值由下式计算:

$$C_L = \sqrt{\frac{(1-\nu)E}{(1+\nu)(1-2\nu)\rho}} \quad (9)$$

在一维应力波理论中, 假定 σ_z 以外的应力分量为零, 将严格意义上的本构关系即虎克定律 $\sigma_{ij} = \lambda \epsilon_{kk} \delta_{ij} + 2\mu \epsilon_{ij}$ 简化为 $\sigma_z = E \epsilon_z$, 此时, 在桩身中传播的纵波波速:

$$C_b = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (10)$$

如取桩身混凝土材料的泊松比 $\nu = 0.3$, 则:

$$C_L / C_b = \sqrt{\frac{1-\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}} \approx 1.2 \quad (11)$$

式(11)表明, 应力波在三维状态下的纵波波速是一维状态纵波波速的 1.2 倍。

运用反射波法计算桩身缺陷深度时采用的公式为:

$$L' = Ct/2 \quad (12)$$

式中: C ——应力波波速, m/s;

t ——桩身缺陷反射波到达桩头的时, s;

L' ——桩身缺陷的计算深度, m。

由该式可见, 缺陷的计算深度与波速成正比关系。因此, 在计算浅部缺陷的位置时, 除应考虑振源、缺陷、传感器三者之间的传播距离等问题之外, 还应注意所采用的波速应为正常波速的 1.2 倍。

2 工程实例

在某多层砖混结构住宅楼工程的基桩低应变检测中, 18 号桩的实测曲线见图 1。该桩长 12 m, 桩径 350 mm × 350 mm, 混凝土设计强度等级 C30, 正常波速 3 700 m/s。由实测波形曲线可以看出, 在桩身的浅部波形异常, 出现一明显的同相反射, 按正常波速计算出的缺陷深度应为 1.9 m。实际开挖验证发现, 在 2.3 m 处出现裂缝, 缺陷实际深度为计算深度的 1.21 倍, 证明了上述理论分析的正确性。

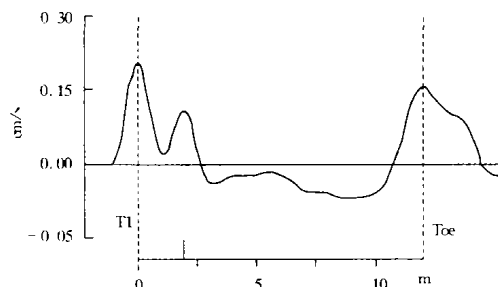


图1 工程桩实测曲线

3 结语

从以上分析可以看出, 在桩的浅部, 由于三维效应的影响较为显著, 使得桩身中应力波的波速比正常值偏大(约为一维状态下正常波速值的 1.2 倍)。因此, 在确定桩身浅部缺陷的深度时, 应充分考虑三维效应对应力波波速的影响, 注意所采用的波速应为一维状态下正常波速值的 1.2 倍, 将计算深度相应扩大 1.2 倍, 以提高缺陷位置识别的准确性。

参考文献:

- [1] 王靖涛. 桩基应力波检测理论及其工程应用[M]. 北京: 地震出版社, 1999.
- [2] 雷林源. 桩基动力学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2000.
- [3] 杨桂通. 土动力学[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2000.

Wave velocity problems in integrity test of pile foundation

CHU Shi-hong¹ DONG Zhi-yuan² YU Li-qiang¹

(1. Shandong Research Institute of Building Science, Jinan 250031, China;

2. Dongying Real Estate Exchange Center, Dongying 257091, China)

Abstract: Applying wave mechanics the differences of the longitudinal speed of stress wave in three-dimension and one dimension status are analyzed. Author points out that the influences of three-dimensional effect on speed of stress wave must be considered when reflection method is used to measure the depth of shallow defects in pile foundation. On this account the practical speed should be considered as 1.2 times larger than normal speed.

Key words: reflection method, three-dimensional effect, shallow defects, speed of longitudinal wave