

沿海厚吹填土地层桩基缩径的控制研究

邹明

(赣中南地质矿产勘查研究院,江西南昌330029)

摘要:根据现场桩基成孔缩径情况和成孔检测资料,并依据工程勘察报告技术参数,分析了沿海厚吹填土地层钻孔灌注桩缩径原因,以及缩径时间与缩径量之间的对应关系,提出了解决厚层吹填土缩径的方法,一是通过添加膨润土或添加剂,增加泥浆的密度等技术指标,以改善泥浆的固壁性能;另外扩径是另一行之有效的有效手段,准确控制扩径量尤为重要。通过现场成孔试验及施工资料,对比分析缩径量与时间的对应关系,找出缩径规律,相对准确地得出需要扩径量,为实际工程施工提供参考依据。

关键词:厚吹填土;桩基;缩径;钻孔灌注桩;孔壁稳定性

中图分类号:TU473 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2015)04-0068-04

Study on Control of Pile Foundation Diameter Reducing in Thick Dredger Fill Formation in Coastal Region/ZOU Ming (Ganzhongnan Institute of Geology and Mineral Exploration, Nanchang Jiangxi 330029, China)

Abstract: According to the situation of pile hole diameter reducing and borehole detection data, and based on the engineering investigation report parameters, the causes of hole diameter reducing in thick dredger fill formation in coastal region and the corresponding relation between time and volume are analyzed. The solving methods were put forward, one is by adding bentonite or additive to increase mud weight and adjust other technical indexes in order to improve the performance of wall consolidation; another is by diameter expanding. And accurate control of the expanding amount is particularly important. With the hole formation test and construction data, the corresponding relation between diameter reducing amount and time is analyzed to find out the diameter reducing rules in order to obtain correct diameter expanding amount to provide the reference for the construction.

Key words: thick dredger fill; pile foundation; diameter reducing; bored grouting pile; borehole stability

0 引言

随着经济的快速发展,土地越来越受到重视,尤其在拥挤的沿海城市,土地资源更显得弥足珍贵。吹填法作为一种围海造陆的手段,在吹填陆地的同时还可以疏浚巷道,是解决沿海城市土地资源紧缺的一种有效经济手段,但同时吹填土的高液限、高含水率、高压缩性,及低干密度、低强度、低渗透性即“三高三低”的特性,对桩基的施工、使用和安全产生很大的影响。

钻孔灌注桩以其施工无挤土、环境噪声小、对地层适应性强及承载力高等优点目前大量用于工程中^[1]。但在较厚吹填土地层条件下使用钻孔灌注桩进行软基加固处理的施工过程中,由于钻孔过程破坏了孔周土体原始应力平衡,孔周边形成应力集中,会出现严重影响工程质量的缩径问题,由此工程上会采取各种应对技术措施,从而又引发出基础工程质量保证与工程工期、经济性等矛盾。如何找到

解决缩径与成本适量增加的平衡点,对工程施工有着非常现实的实际意义。

1 孔壁稳定性影响因素

钻孔桩孔壁失稳的根本原因是由于钻孔过程破坏了孔周土体原始应力平衡,孔周边形成应力集中,孔壁土体受力超过了其强度值,致使土体屈服破坏。

1.1 天然因素

1.1.1 原始地应力

由于天体的引力,地球的自转及构造运动引起的构造应力导致地壳不同部位出现受力不均衡。当这些构造应力超过地壳岩石本身的强度时,便会产生断裂而释放出其能量;反之,便会储存在地壳岩石中,遇到合适的条件,便会表现出来。研究表明,水平地应力的各向异性对孔壁稳定性具有显著的影响,当最大水平地应力与最小水平地应力的比值(σ_H/σ_h)越大,孔壁发生破坏的可能性就越大^[2]。

1.1.2 时间因素

时间因素包括地层固结时间^[3]和成孔时间。实验表明软土地层固结的时间与土体强度成正相关关系。固结过程即土体排出孔隙水,体积逐渐减小,抗剪强度逐渐增加的过程。随着固结时间的增长,固结度逐渐增加,土的蠕变变形逐渐减小,稳定性逐渐增加。

成孔时间的长短对孔壁的稳定性的影响,根据土力学,软土土体具有蠕变特性,随着时间的延长,岩土变形量会增加,当这种变形量达到一定程度,会产生孔内缩径甚至局部坍塌。另外,有的土体经长时间在水中浸泡会膨胀、软化,也会对孔壁产生较大影响。所以,孔壁稳定还必须满足时间因素条件。

1.2 人为因素

1.2.1 泥浆性能

孔壁稳定性基本条件——静力平衡条件^[4]:

$$F + P + \sigma \geq P_0 + kR_0$$

式中: F ——岩土内应力,与岩土性质相关; P ——泥浆水头压力,与泥浆重度相关; σ ——圆环应力,与钻孔半径相关; P_0 ——孔壁岩土的侧压力,与土层参数、厚度相关; k ——附加压力的传递系数,与土体参数相关; R_0 ——地表外荷载产生的附加应力。

根据此平衡条件可以看出,要使得桩孔处于稳定状态,主要通过控制泥浆的重度等参数来达到。

1.2.2 施工工艺

钻孔桩成孔工艺主要有正循环和反循环,在同等条件下,正循环由于泥浆通过泥浆泵强行压入会对孔壁产生正压力,而反循环由于泥浆泵对孔内泥浆的抽吸会对孔壁产生负压力。正循环钻进成孔工

艺对孔壁稳定的影响比反循环成孔工艺更有利^[5]。

1.2.3 附加荷载

主要包括静荷载和动荷载。静荷载主要包括临近建筑物荷载、施工机械设备及桩孔附近的堆载,由上述静力平衡条件公式也可以看出荷载大小与桩孔的距离对其都有重要影响。

工地附近有公路、铁路、工厂和桩孔附近的行走机械设备等能对岩土层产生附加动荷,如果施工的岩土层具有较大灵敏性,如淤泥、淤泥质粘土和粉细砂等地层,在有外界附加动荷情况下,这些岩土层液化而改变岩土原有性质,使其处于流体状或蠕变迅速加剧,造成孔内缩径或坍塌^[6]。

2 工程案例

2.1 地层概况

本文工程拟建场地所处地貌单元属滨海海积滩涂,从区域地质及钻探资料来看,场地上部分布有厚度>80 m的第四系松散沉积物,其中上部40 m左右为软土,属河口相和海相沉积物,为淤泥及淤泥质土,成因时代为第四纪全新世(Q_4);中下部为河流相、湖泊相沉积物,为粘性土和碎砾石层,成因时代为中更新世(Q_3)。缩径问题主要发生在3~9 m处的吹填土层,故将以上部吹填土地层为主展开研究。

吹填土,灰黄色,稍湿,松散状,吹填形成,主要成分为淤泥,含少量粘性土和粉砂,为新近吹填而成,时间<1年,全场分布。淤泥为灰色,流塑状,高灵敏度,高压缩性,韧性高,干剪强度高,摇振反应无,切面光滑,含少量粉砂、贝壳碎片及腐殖质,局部相变为淤泥质粘土。上部已预压排水,含水量相对较小,全场分布。具体参数见表1。

表1 上部土层参数

地 层	最大厚度/ m	含水率 $\omega_0/\%$	重度 $\gamma/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	饱和度 $S_r/\%$	抗剪强度 q_u/kPa	压缩模量 E_{s1-2}/MPa	粘聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/(^\circ)$	灵敏度 S_i
① ₀ 吹填土	10.1	52.8	16.56	97.1	14.2	2.17	9.0	6.2	
② ₁ 淤泥层1	15.9	57.6	16.12	96.2	18.6	1.79	10.0	5.6	6.2
② ₂ 淤泥层2	21.0	54.7	15.95	94.1	26.2	1.62	10.6	5.4	6.1

2.2 成孔泥浆及缩径情况

本次钻进中泥浆工艺采用的是钻孔自然造浆,重度 $\gamma_s = 11 \text{ kN/m}^3$ 。根据上述静力平衡条件,岩土内应力 F 取土体的抗剪强度,圆环应力 σ 与半径有关,无具体参数,忽略圆环应力有利于增大泥浆的重度,对稳定有利,故将其忽略不计。泥浆的水头压力

$P = \gamma_s h$ 。附加荷载 R_0 只有钻塔和钻杆的重力,但钻塔底部支架面积较大,附加应力与土体自重应力相比较小可忽略不计。孔壁岩土的侧压力 P_0 按静止土压力计算:

$$P_0 = K_0 \gamma Z$$

式中: γ ——上覆土层重度; K_0 ——静止土压力系

数,近似的 $K_0 = 1 - \sin\varphi$; Z ——土层厚度。

由静力平衡条件可知,当 $F + P + \sigma = P_0 + kR_0$ 时,孔壁土体处于极限状态,此时的深度 $Z = 1.04$ m。即在深度 1.04 m 以深,土体将逐渐屈服,直至破坏。工程实际缩径情况见表 2。

表 2 实际成孔缩径情况检测表

孔号		B338	B432	4-51	7-21	
设计孔径/mm		600	600	800	800	
测试时间/h	缩径位置/m	最小尺寸/mm	最小尺寸/mm	最小尺寸/mm	最小尺寸/mm	
测试成果	0	3~9	444.2	470.1	735.7	740.7
	1	3~9	439.3	442.3	722.2	720.2
	2	3~9	427.7	439.6	720.8	718.8
	4	3~9	431.6	434.8	712.3	712.9
	6	3~9	422.9	426.9	691.8	693.8
	8	3~9	346.8	352.6	677.8	680.8
	12	3~9	323.5	330.0	622.8	628.8

3 缩径控制措施

根据场地土层性质及参数结合工程经济性,缩径控制主要通过 3 种手段:加长护筒、改善泥浆、钻孔扩径。

3.1 加长护筒

护筒控制缩径效果较好,安全可靠,但超过一定深度,施工难度及成本将成倍增高,本工程缩径主要在 3~9 m 深度,下护筒显然不是一种最合适的手段。

3.2 改善泥浆

改善泥浆是一种有效而经济的方法。本项目钻进过程使用的泥浆是钻孔自成浆,泥浆重度为 11 kN/m^3 ,根据静力平衡条件计算得,在距地平面以下 1.04 m 处,孔壁土体即处于极限状态,向下将发生屈服,直至破坏,且缩径将沿孔深一直产生。而实测缩径发生在 3~9 m 处,计算与实测数据有偏差。分析原因,一是由于忽略了护筒支撑保护和孔壁的圆环应力,护筒支撑和圆环应力对计算稳定性有利,导致缩径实际开始位置与实际有偏差。二是可能由于计算时未考虑上部淤泥层的固结时间,因为土体的固结与土体的流变性、触变性、强度等有着密切的联系,固结时间越长,土体流变性、触变性变小,强度增强。本次施工泥浆重度偏小,建议可加大泥浆的重度。

3.3 钻孔扩径

钻孔扩径较经济、安全地解决了本次施工中遇到的问题,但是扩径量的多少并无确定的理论值作

为施工指导。扩径超过需要值,则会增加工期,增加混凝土用量,从而导致工程成本的上升;扩径不够,则达不到预期的治理缩径的效果。故准确的判断扩径量便显得尤为重要。本文拟根据成孔检测资料,对规定时间的缩径量做出分析,为相对准确的扩径量提供理论依据。图 1、图 2 为本项目典型桩径变化与时间关系图。

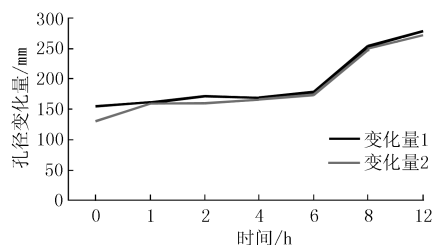


图 1 $\varnothing 600$ mm 桩孔孔径变化量与时间关系

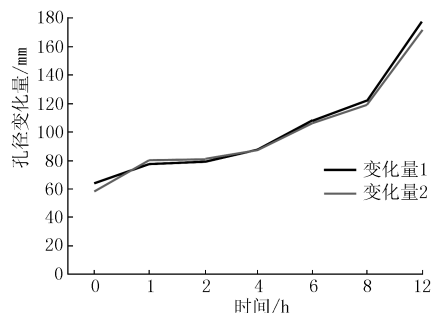


图 2 $\varnothing 800$ mm 桩孔孔径变化量与时间关系

根据上述 2 个曲线图可看出,缩径发生在钻进的刚开始,且缩径量较大,最大缩径量达到 276.5 mm。缩径曲线斜率增大,表明随时间的增长,缩径速率在增大,这与土体的蠕变性有关。由上述曲线可在确定时间计算出缩径大概值,为实际工作的展开提供依据。如本次施工,从钻孔完成至灌浆结束大约 4 h,在 4 h 内,设计 $\varnothing 600$ mm 的桩孔缩径量最大达到 168 mm,所以可提前将孔径扩至 770~800 mm;设计 $\varnothing 800$ mm 的桩在 4 h 内缩径量将达到 87.7 mm,故 $\varnothing 800$ mm 的桩孔可钻至 $\varnothing 870 \sim 900$ mm。而在遇到意外情况,如混凝土供应不及等,也可根据曲线将孔径扩大至需要值。由于钻孔扩径相对其他方案最为简单有效,只要从理论上掌握有效控制最佳扩径增量,并在实际工程得到验证的情况下,该方案应成为解决缩径的主要技术手段。

4 结论与建议

由于吹填土的特殊性及其固结时间短,造成其

工程性质较差,影响桩基施工质量、工期、安全及经济性,因此建议采取以下技术措施改善吹填软土地基地质力学性能。

(1)添加水硬性胶结材料。可在吹填过程中预添加水泥或石灰等水硬性胶结材料以改善其土力学性质,尽可能在施工前进行较长时间的预压固结,以保证施工的顺利进行。

(2)掺填膨润土。掺填膨润土可增大泥浆重度,能够有效增加泥浆的护壁压力,稳定孔壁,防止或减少缩径现象,但此法会增加经济成本,成孔施工中必须综合考虑质量与经济效益关系。

(3)添加外加剂。由于本文工程场地土体的特殊性,可从理论分析计算出缩径发生的必然性,及本工程选用的钻孔自然造浆重度偏低,需增加泥浆的重度,并添加一些氢氧化钠(NaOH)或聚丙烯酰胺等泥浆外加剂既可增加泥浆携渣能力,又能控制孔壁失水量,减少水分进入孔壁地层使土体软化、流动造成的缩径现象。同样该法要综合权衡考虑质量与成本的问题。

(4)预扩径。预扩径是一种简单行之有效的办法,相比加长护筒及改善泥浆性能,其施工难度小,技术上操作简单可行,但准确的扩径量,还需通过力学计算、增加监测频率并完善拟合曲线,从而准确掌握扩径增量,控制成本增加适量,保证桩基工程总体

取得技术和经济效益最佳平衡点。

参考文献:

- [1] 王芳,郭进京,郑忠成.吹填土地基处理方法的讨论[J].岩土工程界,2008,12(6):15-17.
- [2] 罗绍明,朱文鉴.大口径钻孔桩孔壁稳定分析研究[J].探矿工程,2000,(1):35-37.
- [3] 史燕南,俞炯奇,周剑锋,等.吹填淤泥固化室内试验研究[J].水运工程,2014,(5):138-142.
- [4] 龚辉,赵春风.基于统一强度理论桩孔稳定性分析[J].沈阳建筑大学学报(自然科学版),2011,27(2):237-241.
- [5] 张礼中,胡瑞林,李向全,等.土体微观结构定量分析系统及应用[J].地质科技情报,2008,27(1):108-102.
- [6] 孙阳.大直径深长桩施工孔壁稳定性分析与成孔技术研究[D].陕西西安:长安大学,2009:1-77.
- [7] 宋涛,陈志海,张树宝,等.唐山曹妃岛大酒店缩径软层地热深井设计与施工[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(7):24-27.
- [8] 时志兴,翟东旭,张东兴.小口径岩心钻探钻孔缩径的预防与处理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(6):46-49.
- [9] 高全喜.粉细砂层中桩基缩径处理施工技术[J].山西建筑,2008,34(16):96-97.
- [10] 郝延周.桩基成孔施工中防塌泥浆性能试验分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(3):59-62.
- [11] 徐珂,王希源.钻孔灌注桩成桩直径的有效控制[J].住宅科技,1996,(9):37-38.
- [12] 包晓达,罗玲丽,叶国平,等.在吹填土区域已有集群桩加固条件下的钻孔灌注桩施工技术[J].建筑施工,2008,30(11).
- [13] 徐晓博,李慧莹,李传辉,等.超厚软土层小直径超长冲孔灌注桩施工技术研究和应用[J].广州建筑,2012(5).