

扩底支盘注浆桩及其应用

李永伟¹, 王永全²

(1. 山西省勘察设计院, 山西 太原 030013; 2. 中国煤炭地质总局水文二队, 河北 邢台 056004)

摘 要:结合太原第二长途电信枢纽主楼高层建筑桩基工程施工实践,介绍了扩底支盘注浆工法的施工工艺和存在的问题。

关键词:扩底支盘注浆桩;挤扩支盘桩;后压浆;承载力;地基处理

中图分类号:TU473.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1000-3746(2001)S1-0056-02

1 概述

扩底支盘注浆桩是将挤扩支盘工艺与后压浆工艺结合起来,使用挤扩专用设备扩底,成桩后注浆而形成的一种更为合理、可靠的桩型。挤扩支盘桩是列入国家级火炬计划的专利技术,采用液压为动力,机械挤压土层形成承力支盘,充分发挥了桩长范围内各持力层的端承作用,从而大幅度提高了桩的承载力。后压浆工艺是一项新技术,当桩体形成后,使用高压注浆泵通过桩侧和桩底预埋管注入水泥浆,消除沉渣和泥皮等缺陷影响,增大桩侧阻力与端阻力。

扩底支盘注浆桩可适用于一般粘性土、粉土、砂类土、卵砾石、强风化地层,由于挤扩压密作用克服了水下砂性土和粉土不易机械扩孔的困难,广泛用于高层建筑基础、桥梁、地铁施工领域。

扩底支盘注浆桩受力机理明确,竖向承载力高,受荷变形小,抗震性能好,使结构设计优化,大幅度减小承台面积和基础钢筋砼量;可有效缩短工期,节约砼量 50% 以上,降低工程造价 35% 以上,经济效益和社会效益显著,在基础工程领域有着广阔的应用前景。

2 成桩机理

2.1 影响桩承载力发挥的因素

大量静载试验表明:钻孔灌注桩桩侧摩阻力与端阻力的发挥不同步,端阻力仅占其极限荷载的 15% ~ 35%,要充分发挥桩侧摩阻力只需几毫米桩顶位移,而充分发挥桩端阻力的作用需(0.1~0.3) d 的桩顶位移,这么大的位移在工程上是不允许的,

因此桩达到破坏时往往桩端阻力不能充分发挥。使用支盘挤扩桩可增加端承面积,但支盘挤扩的过程中,孔底沉渣很难处理,影响承载力的发挥;而桩端后压浆是消除孔底沉渣影响、提高桩的端承力的有效途径。

2.2 使用支盘挤扩桩增加端承面积

挤扩支盘桩采用液压为动力,机械挤压土层形成完整的圆锥台形支盘腔,桩身的“盘”或“支”支承于较硬土层上,充分利用桩身范围和桩端的较好土层,支盘周围的土体被挤密加固,使挤压后的土体承载力高于原状土。各支盘面积总和比桩身面积增大数倍,使桩的表面积增加,具有异形断面桩的特点,桩端面积比原等截面桩增加 $(D/d)^2$ 倍,变摩擦桩为端承桩。

2.3 后压浆提高桩端承载力机理分析

无论采用何种成孔工艺或二次清孔工艺,或多或少存在孔底沉渣,沉渣是影响灌注桩尤其是端承桩承载力的重要因素之一。由于导管长而细,首灌砼因离析在桩底处产生“虚尖”,桩端砼强度低,也影响单桩承载力。在桩端高压注浆时,浆液渗透到疏松的桩端虚尖及沉渣中,结合形成强度较高的砼,对桩端土层进行挤压、密实、充填,提高了桩端土体的承载力。随着注浆量的增加,水泥浆液一方面不断向由于受泥浆浸泡而松软的桩端持力层中渗透,在桩端形成“梨形体”,增加了桩端的承压面积,从而提高单桩承载力。

2.4 桩侧压浆提高单桩承载力机理分析

泥浆护壁过程中,泥浆颗粒吸附于孔壁形成泥皮,相当于在桩侧涂入一层润滑剂,大大降低了桩侧

收稿日期:2001-05-30

作者简介:李永伟(1967-),男(汉族),山西原平人,山西省勘察设计院工程师,探矿工程专业,从事岩土工程技术管理工作,山西省太原市教化南路 137 号,(0351)4434014。

摩阻力的发挥。其次,桩身砼固结发生体积收缩,使桩身砼与孔壁之间产生间隙,减小侧摩阻力。当水泥浆液沿桩壁上下渗透时,桩侧压浆可以破坏泥皮,充填桩侧砼与周围土体间隙,提高粘结力,当浆液体压力大于桩周土体孔隙水压力时,浆液向桩周土体中渗透,挤压密实受泥浆浸泡而松软的桩壁土,提高了桩侧土体强度;同时浆液渗透到桩侧壁土体中与桩侧土体相结合,相当于增大了桩径,从而提高了单桩承载力。

3 工程实例

3.1 工程概况

太原第二长途电信枢纽主楼工程位于晋祠路。19 层,框支结构,基础埋深约 3 m。采用扩底支盘注浆桩,桩径 800 mm,桩长 43 m,扩底由 $\varnothing 800$ mm 扩至 $\varnothing 2200$ mm,后压浆桩端注浆量按 2.0 t,桩侧注浆量按 0.6 t 和压力指标 2 MPa 以及地表返浆量综合控制。试桩极限承载力 17000 kN。试桩主筋上安装应变片测试桩周摩阻力。扩底支盘注浆桩与等径桩相比,可降低成本 37%,节约资金近 200 万元。

3.2 工程地质资料

场地地貌单元为汾河东岸 I 级阶地,地下水属潜水型,水位埋深 1.90~2.20 m,岩土构成及其特征见表 1。

表 1 地层情况及其特征

层号	岩性名称	层厚 /m	层底埋深 /m	岩性描述	极限侧阻力 标准值/kPa	极限端阻力 标准值/kPa
1	素填土		1.6~2.5	人工回填黄土,褐黄色		
2	粉土	3.9~5.4	6.2~7.2	褐灰色,饱和,灵敏度低	18	
3-1	粉质粘土	1.7~5.0	8.8~11.2	褐灰~灰色,软塑,饱和	22	
3-2	粉细砂	0.3~2.4	10.5~11.8	黄褐~褐灰色,饱和	25	
4-1	粉质粘土	0.7~2.4	12.0~14.0	褐灰~褐色,可塑,饱和	30	
4-2	粉土	0.7~3.3	13.8~17.2	褐黄~黄色,饱和	60	
4-3	粉细砂	0.3~3.1	16.3~18.4	褐黄~褐色,饱和	41	
5-1	粉质粘土	2.6~6.9	19.5~23.5	褐黄~黄色,饱和	40	
5-2	粉土	1.2~5.1	24.6~27.0	褐灰~灰色,饱和	65	1200
5-3	粉细砂	2.1~5.0	28.2~30.6	褐灰色,含少量粗砂	60	
6-1	粉质粘土	3.8~7.2	35.0~32.6	褐~棕褐色,可塑,饱和	60	
6-2	粉细砂	0.8~3.3	38.0~40.0	褐黄色,饱和	60	1200
7-1	粉土	4.2~6.0	43.6~44.7	灰~褐色,饱和,	55	
7-2	粗砂~角砾	4.2~6.4	49.0~50.2	灰色,含灰岩、砂岩碎屑	70	2300

3.3 施工工艺及参数

3.3.1 施工工艺流程

使用意大利 SOLIMEC 公司 R412HD 型旋挖钻机钻孔→挤扩支盘→钻机二次掏渣→安装注浆管吊设钢筋笼→灌注预拌砼→养护 5 天后压浆。

3.3.2 挤扩支盘施工工艺及参数

3.3.2.1 使用设备

JSZK-B 型挤扩机,适应孔径 800 mm,孔深 50 m,支盘最大直径 2200 mm,油泵最大压力 30 MPa,整机质量 6 t。

3.3.2.2 施工工艺

- (1) 挤扩机入孔前必须空载检查,如法兰连接、液压装置、空载压力值、弓压臂伸缩时间等。
- (2) 使用吊车把挤扩机放至孔内 43 m 处,启动液压系统,使油缸活塞杆伸出,推动弓压臂挤压土体,直到弓压臂扩到最大位置,反向操纵液压手柄,使活塞杆收回。观察记录各次的压力值。若持力层

有变化,应根据地层高低确定支盘位置。

(3) 将接长管根据孔口角度盘在原位顺时针旋转 11.25°,重复挤扩动作,挤扩 16 次后即可形成一完整的支盘体。挤扩过程中随着盘体体积的增加,孔口泥浆液面下降,应及时补充泥浆,以防塌孔。

(4) 挤扩过程中可根据液压泵站油压表读数计算挤扩压力,本工程挤扩压力为 20~28 MPa,原设计支盘位置为进入 7-2 层粗砂~角砾 1.5 m,因挤扩压力达到 28 MPa 时仍不能顺利支盘,后支盘位置提高 1.5 m,最终落在 7-1 层粉土与 7-2 层粗砂~角砾变层处。个别桩采取二次挤扩法,先使用 JSZK-A 型挤扩机(适应口径 650 mm,支盘最大直径 1500 mm)挤扩至 $\varnothing 1500$ mm,再使用 JSZK-B 型挤扩机挤扩至 $\varnothing 2200$ mm。

3.3.3 后压浆施工工艺及参数

3.3.3.1 使用设备

(下转第 60 页)

于试桩工程能否达到设计要求,或者通过各种有违规范和设计原则的方法来达到这一目的。其后果是:设计师提供了错误信息;使施工单位不得不加大材料消耗。

技术人员只有在认真理解勘察报告和设计及规范的基础上,规范施工,试桩工程才能真实地为设计提供依据、为工程桩提供指导帮助。

3.2 工程桩工程

工程桩施工技术控制,涉及内容较多,现就小于三桩承台中的基桩施工情况予以强调。对于单桩单柱承台或两(三)桩单柱承台中的基桩施工,特别要注意测量定位的准确性和规范施工的重要性,工序操作和工艺措施必须慎之又慎,此问题不但容易被忽视而且极易引发质量事故。一旦出现质量不合格,则需补桩、扩大承台或多加连梁。同样,多桩或群桩承台中的基桩施工也很重要。

4 基桩检测

基桩检测有动测(一般应用较多的是大小应变无损检测)和静载试验检测 2 种方法,以后者为主,印证前者。

之所以提出这一问题,是由于不合格或不合理的检测结果有时会给施工单位带来较多的负面影响。出现较多的情况是:小应变检测时,探头接触桩

头不真实和曲线解释不合理、静载试验每级加载量过大等。其原因主要是:第一,桩顶清除不彻底,造成探头在破损面上不能很好地传递波速;第二,曲线解释必须和施工工艺方法结合分析,缺少施工记录资料,对施工工艺的不熟悉,只能是以曲线论曲线;第三,静载试验加压必须按规范要求的 $1/15 \sim 1/10$ 进行,不论竖向极限承载力标准值的大小,不分时段、不计沉降量多少,一味地取大值加压,均是不合理的。

从事钻孔灌注桩施工的技术人员必须对基桩检测知识有较多的认识和了解,不论是动测还是静压,尤其是动测中较常用的大小应变无损检测。其检测方法不同,所要达到的目的也不同。对检测过程、检测方法、影响检测效果的因素和检测等级的划分以及加载要求等有所了解,可避免所得的成果被不合理的检测方法所否定。

综上所述,钻孔灌注桩质量控制的技术环节,不仅仅是按设计、规范施工,技术人员必须在紧密结合岩土工程勘察规范、桩基技术规范和检测规范的基础上,从岩土工程勘察报告分析入手,从设计意图出发,以试桩施工为先导,将施工质量控制从实践上的被动操作执行上升到理论上的主动综合分析指导这一高度,才能真正做到整体把握和控制灌注桩单项工程施工质量。

(上接第 57 页)

BW150 型注浆泵;压浆器(带单向阀及阻流器的 $\varnothing 20$ mm 国标黑铁管)。

3.3.3.2 施工工艺

(1)在钢筋笼上装配压浆管、2 根桩端压浆器、1 根桩侧压浆器。桩端压浆器下入孔底,超出笼底 400 mm;桩侧压浆器下至距桩顶 27 m 处。压浆导管连接时,连接器应密封,每下一节应注水检查其密封性。

(2)桩身砼养护 5 天后进行压浆,安装压浆设备、铺设压浆管路后首先注水或稀水泥浆确定管路畅通后方可注浆。

(3)注浆材料选用 425 普通水泥,水灰比 0.6,注浆速度 20 ~ 40 L/min。

(4)注浆顺序:由上而下,桩侧→桩端,注浆间隔时间 6 h。

(5)压浆按注浆量、注浆压力(2 MPa)、浆液返出地面 3 项指标控制,满足任何一项即可结束此部位压浆工作。若注浆压力长时间低于 0.4 MPa 或注浆总量低于 1.2 t 即出现冒浆及桩孔串浆时,应改为间歇压浆,间歇时间为 30 ~ 180 min。

4 存在问题

4.1 适用性

扩底支盘注浆桩属于端承桩,桩长 > 30 m 更显示其优越性。若孔深较大时宜采用多支盘承载力桩。

4.2 设备和工艺有待改进

挤扩支盘机液压动力不足,地层坚硬或盘径较大时不宜成型,孔内情况不能反映到地面上,施工现场检测十分困难,粘性土地层挤扩时支盘腔不规则,弓压臂在挤扩过程中局部产生缩径,与设计盘径有一定差距。