

单管高压旋喷法在深基坑地下水治理中的应用

曾旺¹, 兰凯²

(1. 中冶地集团湖北华亚建设工程有限公司, 湖北 武汉 430081; 2. 中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:根据场区工程及水文地质和环境条件, 选定了武汉市第二医院科教综合楼基坑的防渗止水方案, 即单管高压旋喷法, 详细阐述了其施工工艺。现场实践证明: 所选定的方案截断了上层滞流水体, 开挖时坑壁无滴水, 为后续工程施工提供了便利; 同时单管高压旋喷法施工具有施工简单、造价低、不需要开挖就可以处理隐蔽工程等特点, 非常适于城市深基坑的止水与加固。

关键词:深基坑; 地下水治理; 单管高压旋喷法

中图分类号: TU473.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2007)01-0015-03

Application of Single-pipe High-pressure Jet Grouting Method in Preventing Underwater from Flowing into Deep Foundation Pit/ZENG Wang¹, LAN Kai² (1. Hubei Huaya Construction Engineering Company, ZYD Group, Wuhan Hubei 430081, China; 2. China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China)

Abstract: Considering the engineering geology, hydrogeology and environmental conditions in the site of Sciences & Education Building deep foundation pit project of Wuhan No. 2 Hospital, the single-pipe high-pressure jet grouting method was adopted to prevent underwater from flowing into foundation pit. The process was depicted in details. The practice proves that this method successfully stopped the flow of upper stagnant water. During excavation, no seepage occurs, which facilitated the subsequent construction. And it also proves that single-pipe high-pressure jet grouting method is very suitable for water-prevention and reinforcement of foundation pit in urban areas because of its convenience of construction, low cost and no need for excavation.

Key words: deep foundation pit; underwater prevention; single-pipe high-pressure jet grouting

1 工程概况

拟建的武汉市第二医院科教综合楼位于武汉市第二医院院内, 北侧紧邻胜利街, 施工场地狭小, 但地势较平坦, 环境特殊, 交通方便。该楼为高 14 层的科教综合大楼, 设有 1 层地下室, 基坑开挖深度为 6.0 m。场区内的地下水有上层滞水和承压水 2 种类型: 上层滞水赋存于上部填土中, 受大气降水与城市排水影响; 承压水赋存于砂性土和卵、砾石层中, 与长江水有直接的水力联系。水头在地面下 6.5 m。因此, 在基坑开挖和地下室施工时, 必须预先做好基坑支护及防渗止水工作, 以防止因地下水的活动造成基坑的破坏。

2 防渗止水方案的选定

基坑地下水治理的方法和手段很多^[1], 主要是止水和降水, 必须根据具体情况, 因地制宜, 从安全、环境、经济等方面进行分析、优选。

2.1 场地的工程、水文地质及环境条件

该场区属于长江一级阶地, 在长江水域范围内, 地层结构依次为: 杂填土, 平均厚度为 4.5 m, 中间夹有一层建筑砖等垃圾层; 粘土层, 平均厚为 3~4 m; 以下为粉质粘土, 粉砂及卵、砾石层, 未探明基岩成分。

该基坑工程的突出特点和所需考虑的问题如下。

(1) 从基坑开挖的土层来看, 场地的工程地质条件一般, 坑底下面有 2~3 m 厚的不透水粘土隔水层, 故基坑可不作封底工作, 但开挖时必须严格控制开挖深度, 且要快挖快封。

(2) 场地最突出的问题是: 杂填土中的建筑砖块垃圾层透水性很强。水文地质资料显示, 其渗透系数高达 530 m/d, 为江汉区覆盖层下部强透水砂砾石层的近 25 倍, 容易形成地下水的涌流通道。根据主体工程设计, 开挖基坑时, 主要是在杂填土与第

收稿日期: 2006-08-15

作者简介: 曾旺(1968-), 男(汉族), 湖南益阳人, 中冶地集团湖北华亚建设工程有限公司副总经理、工程师, 水文地质与工程地质专业, 从事基坑工程施工及其技术管理工作, 湖北省武汉市青山区青翠苑 176-5 号, 13971091143; 兰凯(1982-), 男(汉族), 湖北仙桃人, 中国地质大学(武汉)博士研究生, 地质工程专业, 从事基础工程领域的研究工作, 湖北省武汉市中国地质大学(武汉)2200504班, (027)62209851, lankai1012@tom.com。

二层粘性土中进行。基坑的侧壁止水将是本工程基坑开挖成败的关键,应引起高度重视。

(3) 杂填土中上部土层结构松散,易坍塌垮孔,下部建筑砖块垃圾层透水性强,且强度较高和分布不均,若施工地下连续墙,将造成泥浆流失,槽壁垮塌,成槽施工难度大;而深层搅拌类或粉喷桩类的水泥土桩,不但难以实现均匀搅拌,且成桩困难。

(4) 环境方面:东边约 3 m 左右为医院停尸房,北侧紧临胜利街,南侧与西侧为居民区,仅一墙之隔,且南边的长江防渗大堤离基坑边不足 500 m,在北侧胜利街每天都是车水马龙,在施工区地下管线也是纵横交错,稍有不慎,后果十分严重。

由上可知,采用基坑降水难以满足工程要求,宜采用止水方法,与基坑支护相结合,形成支护防渗围护体系。

2.2 基坑围护方案

武汉市第二医院科技综合楼基坑开挖围护体系原设计为 $\phi 1000$ mm、深度为 20 m、间距为 1200 mm 的钻孔灌注排桩,和 $\phi 45$ mm、深度 14 m 的粉喷桩相结合的围护结构。采用 $\phi 1000$ mm 的钻孔灌注排桩作为支护结构是可行的。考虑到现场条件,结合武汉地区类似地质条件下基坑设计经验^[2],经重新核算,支护桩宜作适当调整,靠北侧胜利街因车多人多动载较大,桩长加长至 23 m,东、南侧的桩长保持不变,西边考虑到靠北侧与居民区紧邻无法施工钻孔灌注桩,因此将桩长加到 25 m。与此同时加强角撑、斜撑措施及合理安排基坑工程的施工工序,可以达到开挖施工目的。

2.3 基坑防渗止水方案

在确定基坑的围护体系结构之后,剩下就是止水这一关键工序。由于采用地下连续墙造价过高,施工难度大,而采用深层搅拌或粉喷桩在填土层的砖块垃圾层中达不到设计要求,且施工场地有限,因此只有在支护桩的缝隙上做文章,采用帷幕的方法进行封堵。

由于场地的局限性(北侧连钻孔灌注排桩都无法施工),不能采用摆喷或三层管旋喷工法。而且填土层的砖块垃圾层中空洞多,渗透系数大,采用静压注浆无法控制水泥浆液的扩散半径,容易造成水泥浆液的浪费,成本大大增加。

选用单管高压旋喷工法,就可以克服以上困难。因为该工法相对简单,施工快捷,对周围环境干扰小;同时,单管高压旋喷所形成的旋喷体有一定的刚度,可以作为支承支护结构的一部分,维护基坑的稳

定,也可以改善施工条件。相对其它止水工艺,在确保安全的前提下,该法尚属经济。

鉴于以上原因,最终选择的基坑防渗止水方案为:在已成型的钻孔灌注排桩中心线的中间靠基坑外侧 200 mm 的位置布置旋喷孔,间距与钻孔灌注排桩间距一样均为 1200 mm。在没有钻孔灌注排桩的地方,采用 2 序次施工方式,且在旋喷工作完成后在水泥浆液没有初凝之前加入 $\phi 60$ mm 的钢管作加劲筋。布孔方式见图 1 和图 2。

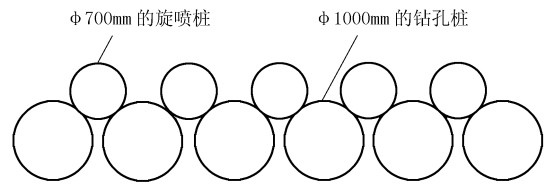


图 1 有钻孔排桩的布孔方式

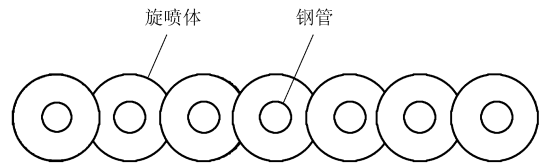


图 2 无钻孔排桩的布孔方式

3 单管高压旋喷施工工艺

基坑止水的关键是旋喷施工,它是在 $\phi 1000$ mm 的钻孔灌注排桩施工完成后进行的。其施工工序流程为:钻孔灌注排桩成桩→单管高压旋喷桩布孔→单管高压旋喷成孔→单管高压旋喷浆→回填封孔→成桩验收→特殊情况处理。

3.1 单管高压旋喷设计参数

单管高压旋喷施工的设计参数^[3]为:总桩数 315 根;桩径 700 和 500 mm;桩间距 1200 和 400 mm;桩深 15 m;旋喷压力是 20 ± 1 MPa;注浆量 40 ~ 60 L/min;水泥浆水灰比 1;旋喷旋转速度 20 ~ 22 r/min;旋喷提升速度 30 ~ 40 cm/min;桩身强度 1 ~ 2 MPa。

3.2 单管高压旋喷施工工艺

3.2.1 施工准备

施工前清理现场,测放轴线,将钻机安放在测放好了的孔位上并应保持垂直,施工时旋喷管的允许倾斜度 $\geq 1.5\%$ 。

3.2.2 钻孔

单管旋喷施工常使用 HT-150B 型钻机,钻孔深度可达 100 m 以上。该机具有轻巧、提升能力强、转速调节挡位多(从 18 r/min 到 532 r/min)的特

点,适宜于各种地层。钻机的就位与设计孔位偏差 ≥ 20 mm。

3.2.3 验收

钻孔达到设计深度后,经过有关部门人员验收确认孔深与孔径。

3.2.4 下喷浆管

钻孔验收完后下入底部带有喷嘴的钻具到设计孔深,当使用HT-150B型钻机钻孔时,下喷浆器具与钻孔两道工序可以合二为一,即钻孔完成时插管作业同时完成。在插管过程中,为防止泥砂堵塞喷嘴或下管困难,可以边喷水边插管。

3.2.5 配料、搅拌浆液

按设计水灰比1进行单桶配料并制成均匀浆液。经过过筛程序筛除1.5 mm以上的粗颗粒,以防粗颗粒混入输浆管而堵塞喷嘴。

3.2.6 喷浆并旋转提升

当带有喷嘴的钻具下到设计孔深和水泥浆液制好后,开始送浆并旋转,待送浆量稳定后在旋转的同时开始提升,喷管的旋转速度控制在 $18 \sim 40$ r/min,提升速度控制在 $22 \sim 30$ cm/min,遇地层变化时上述参数应做相应调整。作业技术人员必须时刻注意检查浆液初凝时间、注浆流量、压力、旋转与提升速度。同时做好施工记录。

3.2.7 验收、完成

当上述工作完毕后,应进行签字确认。同时应将注浆管等机具设备冲洗干净,管内机内不得残存水泥浆。通常是将搅拌机的出口安上逆止阀,将水泥浆关闭,打开清水阀,在地面上清洗,以便将注浆泵和软管及各种水泥浆通道内的浆液全部排除干净。至此一个单管旋喷桩施工结束,移至下一孔位进行重复工作。

3.3 特殊情况处理

在施工过程中,经常有一定数量的土粒会随着浆液沿着喷浆管管壁冒出地面,当冒浆量 $> 20\%$ 或完全不冒浆时,应查明原因和采取相应措施。其原因一般有以下2种:

(1)有时是由于地层中空隙较大,往往引起不冒浆,此时可以在浆液中掺入适量的速凝剂,缩短固结时间,使浆液在一定土层范围内凝固。另外,也可以在空隙地段增大注浆量,填满空隙后再继续旋喷。

(2)主要原因一般是有效范围与注浆量不相适应,注浆量大大超过旋喷固结所需的浆量。可采取

的措施有提高喷射压力、适当缩小喷嘴孔径、加快提升和旋转速度。

5 效果检验

(1)施工开始前,在基坑的东南侧进行了试桩工作,以检验施工设计参数的合理性。试桩完成后,开挖检测表明,桩径在 $600 \sim 815$ mm之间;样品的抗压强度均大于 2 MPa,在 $2.0 \sim 2.45$ MPa之间。说明施工设计参数可以满足要求。

(2)施工完成后,待水泥浆达到一定的凝固时间,基坑开挖检验表明,基坑壁干燥无明显水印,除基坑底部因开挖过深有少量涌水外,整个基坑基本无水,顺利地完成了基坑开挖与浇筑工作,缩短了工期,保证了施工进度。

(3)基于本项目的经验,采用此方法先后对武汉市紫阳路省人民医院住院大楼深基坑、襄樊市电信大楼深基坑和襄樊火车站出站道口基坑进行了止水与加固,均取得了很好的效果。

6 结语

(1)武汉市第二医院科教综合楼的基坑开挖前,采用钻孔灌注排桩与单管高压旋喷桩工法作为防渗止水方案,形成连续隔水墙,截断了上层滞流水体;开挖时坑壁无滴水,方便了施工;开挖过程中没有影响北侧胜利街的人、车正常通行。得到了业主及监理的一致好评。

(2)在无钻孔灌注排桩的西北侧所形成的坑壁连续完整,在基坑开挖时稍加支撑,就满足了基坑开挖要求。为后来的武汉市紫阳路省人民医院住院大楼深基坑、襄樊市电信大楼深基坑和襄樊火车站出站道口基坑止水提供了依据。

(3)实践表明,单管高压旋喷法施工具有施工简单、造价低、不需要开挖就可以处理隐蔽工程等特点,因而非常适用于城市深基坑的止水与加固。值得推广与应用。

参考文献:

- [1] 编委会.地基处理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [2] WBJ 1-7-95.武汉地区深基坑工程技术指南[S].
- [3] 彭振斌.注浆工程设计计算与施工[M].武汉:中国地质大学出版社,1997.