

桩间特定深度帷幕止水在深大基坑工程中的应用

梁成华¹, 王之军¹, 吕海滨²

(1. 北京建材地质工程公司, 北京 100102; 2. 山东正元建设工程有限责任公司, 山东 济南 250014)

摘要:主要介绍了在某深基坑开挖工程中, 针对特定的地下水赋存情况, 有针对性地采取了桩间特定深度帷幕止水措施及施工工艺, 达到止水目的, 节约工期和工程造价。

关键词:基坑支护; 桩间特定深度帷幕止水; 设计与施工

中图分类号: TU473 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)05-0064-03

Application of Water-stop Curtain at Specific Depth between Piles in Large and Deep Foundation Pit Engineering/

LIANG Cheng-hua, WANG Zhi-jun, LÜ Hai-bin (1. Beijing Building Material Geotechnical Engineering Corporation, Beijing 100102, China; 2. Shandong Zhengyuan Construction Engineering Co., Ltd., Jinan Shandong 250014, China)

Abstract: The paper introduced a deep excavation engineering. According to the specific groundwater storage, water-stop curtain at specific depth between piles was applied to shorten construction period and reduce the engineering cost.

Key words: foundation pit support; water-stop curtain at specific depth between piles; design and construction

为保护地下水资源和环境安全, 减少水资源浪费, 实现经济社会可持续发展, 北京市建委及北京市水务局联合下发的关于印发《北京市建设工程施工降水管理办法》(京建科教[2007]1158号): 自2008年3月1日起, 本市所有新开工的工程限制进行施工降水。建设单位或者施工单位应当采用连续墙、护坡桩+桩间旋喷桩、水泥土桩+型钢等帷幕隔水方法, 隔断地下水进入施工区域。根据此项管理办法, 在北京某工程施工中, 针对基坑开挖深度范围内的地下水, 创造性地采取局部深度区域桩间止水帷幕施工工艺, 在节约工期和造价上取得明显效果, 并达到基坑开挖深度范围内的止水目的。

1 工程概况

1.1 工程概况

拟建工程位于北京市朝阳区, 拟建建筑物为酒店和商业办公楼, 地下4层, 基础埋深约20 m, 基坑长235 m, 宽105 m, 属深大基坑, 本工程基坑周边环境条件复杂, 对地下水变化引起的沉降较敏感。

1.2 工程地质条件

场区地层特点自上而下依次为: ①层杂填土, 底标高35.54~39.67 m; ②层砂质粉土、粘质粉土, 底标高31.57~35.54 m; ③层砂质粉土、粘质粉土, 底标高29.06~32.69 m; ④层中粗砂, 底标高22.86

~27.86 m; ⑤层中圆砾, 底标高18.37~23.73 m; ⑥层粉质粘土、重粉质粘土, 底标高15.81~22.68 m; ⑦层中粗砂, ⑦₁层粉细砂, 底标高12.67~15.52 m; ⑧层卵石、圆砾, 底标高8.35~10.67 m; ⑨层粘质粉土、砂质粉土, 底标高1.56~3.56 m。

1.3 水文地质条件

(1) 上层滞水: 水位埋深为2.30~8.10 m, 含水层为①层杂填土, ②层砂质粉土、粘质粉土及③层砂质粉土、粘质粉土。

(2) 潜水: 水位埋深为15.20~17.50 m, 含水层为④层中粗砂及⑤层中圆砾。

(3) 层间水: 水位埋深为23.40~25.40 m, 含水层为⑦层中粗砂, ⑦₁层粉细砂及⑧层卵石、圆砾。

2 地下水处理设计与施工

2.1 地下水处理方案确定

第一层上层滞水, 水位埋深为2.30~8.10 m, 主要赋存于基坑西侧, 为旧管道及生活用水下渗形成, 对该层地下水采用明排的方法导流排走。

第三层地下水为层间潜水, 位于基底以下, 不做处理。

第二层地下水为潜水, 水位埋深为15.20~17.50 m, 本层地下水含水量大, 场区平均分布, 厚度0.5~3 m, 含水层为④层中粗砂及⑤层中圆砾, 渗透

收稿日期: 2010-04-14

作者简介: 梁成华(1976-), 男(汉族), 四川眉山人, 北京建材地质工程公司技术负责, 地质工程专业, 硕士, 从事岩土工程设计与施工管理工作, 北京市望京西路甲50-1号卷石天地大厦4层, fqylch@sina.com; 王之军(1968-), 男(汉族), 河北张家口人, 北京建材地质工程公司副总经理, 地质工程专业, 博士, 从事岩土工程设计与施工管理工作。

系数大(达到 50~518 m/d),补给迅速。主要接受大气降水及侧向径流补给,以侧向径流和越流补给下一层地下水的方式排泄,而且侧向水压较大,受基坑外侧的潜水补给影响严重。潜水层的下部为连续完整的隔水⑥层粉质粘土、重粉质粘土,低压缩性,隔水能力强。

本工程基坑支护上部 11.0 m 采用 1:0.2 坡度的预应力复合土钉墙,11.0 m 以下采用桩锚支护,护坡桩直径 0.8 m,桩间距 1.5 m。第二层层间潜水位于桩顶以下 5~7 m 左右(即桩锚支护的第 2 排锚杆标高附近),位于基底以上,且在基底以上存在明显隔水层,根据《北京市建设工程施工降水管理办法》规定,本工程应采用帷幕止水方案。

该层水为非承压水,对该层水,实施帷幕止水可采用墙后帷幕、桩间帷幕 2 种方式,通常对桩锚支护的基坑止水,可以利用护坡桩的止水性,既达到止水效果,又节约帷幕造价,因此多采用桩间帷幕止水。

从施工工艺分析,桩间帷幕可采用搅拌桩、长螺旋搅喷桩、高压喷射法等。因本工程含水层为砂卵石地层,因此搅拌桩工艺不适合该地层;长螺旋搅喷桩,工艺上可行,但施工在护坡桩施工完后,必须在桩顶部位施工,需要先引孔,后搅喷,该工艺需额外增加较长工期,且搅喷法桩长较长,成本较高,采用大型设备安全风险也较大。高压喷射注浆法适合本工程的施工,但若采用常规施工工艺,需要在桩顶部位施工,同样存在造价偏高和耽误工期问题。

本工程拟采用特定深度范围内桩间高压旋喷注浆止水帷幕施工工艺,在施工安全、工期、经济性、止水工艺的可实施性等方面具有较大的优越性。该工艺采用跟管钻机施工(具有机械设备小、安全风险低的优点);施工作业面正好位于桩支护的第二排锚杆的作业面附近,在施工完锚杆后养护期间,采用锚杆施工用跟管钻机施工帷幕桩,可节约工期;可以对帷幕桩成孔角度任意调整(0~360°),可实施性强;在地下水位附近施工帷幕,在满足止水需要的条件下,可有效减小桩长,节约大量造价。

2.2 区间止水帷幕参数设计

2.2.1 帷幕注浆量设计

(1)本工程注浆目的是为了桩间隔水,因此施工控制标准为保证高压旋喷注浆能在桩间形成一道隔水墙。阻止坡后地下水渗入基坑。

(2)施工控制标准。注浆后的质量指标只能在施工结束后通过现场检测来确定。本工程的施工质量可以通过先期试钻并现场开挖检验,达到止水效

果则施工质量指标达到设计要求。初步设计必须制定一个能保证获得最佳注浆效果的施工控制标准。

在正常情况下注入理论耗量 Q 为:

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 k_1 h_1 (1 + \beta) + \frac{\pi}{4} d_0^2 k_2 h_2$$

式中: Q ——浆液总用量, m^3 ; D ——旋喷桩直径,取 0.8 m; d_0 ——注浆管直径,0.108 m; k_1 ——填充率,一般取 0.75~0.9; h_1 ——旋喷长度,4.5 m; k_2 ——未旋喷范围土的填充率,一般取 0.5~0.75; h_2 ——未旋喷长度,0.5 m; β ——未损失系数,一般取 0.1~0.2。

经计算, $Q = 1.87 m^3$ 。实际施工按此耗量进行控制,要求实际注入量大体与此值相符,若出现较大出入,应分析原因,并及时调整注浆参数(压力、提升速度等)。

2.2.2 确定扩散半径

浆液扩散半径 R 是一个重要参数,它对灌浆工程量及造价具有重要的影响。 R 值可按下面理论公式(maag 公式)进行估算,本工程通过现场注浆试验最终确定施工参数。

$$R = \sqrt{3kpr_0t / (\beta n)}$$

式中: R ——扩散半径; k ——土的渗稳定系数; p ——注浆压力; r_0 ——注浆半径; t ——注浆时间; n ——土的孔隙率; β ——损失系数,一般取 0.1~0.3。

经过初步推算,结合现场试验,确定 $R = 0.6 m$,取有效影响半径为 0.4 m。

在进入槽底粘土层因渗透性较小而不能达到 R 值时,可提高注浆压力或浆液的流动性,必要时还可在局部地区增加钻孔以缩小孔距。

2.2.3 孔位布置

止水帷幕设置于护坡桩之间,护坡桩直径 800 mm,桩间距 1.5 m。

注浆孔在桩间布置,根据浆液有效范围应相互重叠,使被加固土体在平面和深度范围内连成一个整体的原则决定的。根据浆液的有效影响半径 0.4 m,设计注浆孔间距为 0.5 m,每个桩间布孔 2 个,桩间净距为 0.7 m,咬合约 0.3 m,注浆长度 5.0 m(进入隔水层⑥层不少于 1.5 m),采用跟管钻机施工,钻孔倾角约 80°。

2.2.4 注浆压力

注浆压力是指不会使注浆孔口产生变化的前提下可能采用的最大压力,其与被加固土体的上覆土层的压力、泥浆粘度、浆液流量等因素有关,在注浆过程中,注浆压力标准不是一成不变的,根据施工经验,注浆压力为 20 MPa,单孔持续时间为 10~15

min, 转速 20 r/min。实际注浆参数应根据现场试验最终确定。

2.2.5 注浆顺序

注浆顺序必须采用适合于地基条件、现场环境及注浆目的的方式进行, 不宜采用自注浆地带某一端单向推进压注方式, 应按跳孔间隔注浆方式进行, 以防止串浆, 提高注浆孔内浆液的强度与约束性。本方案注浆方式采用跳孔间隔注浆方式进行施工(即同一桩间两点分两次注浆), 以保证施工质量。

本工程上部为砂层, 往下为卵砾石层, 土层的渗透系数随深度而增大, 因此采取自下而上顺序进行高压旋喷注浆。

2.2.6 止水帷幕的设计参数

止水帷幕的设计参数为: 钻孔深度 5 m、钻孔直径 108 mm、钻孔倾角 80°、钻孔间距 0.5 m; 帷幕有效影响半径 0.4 ~ 0.5 m; 注浆方法为高压旋喷; 注浆材料为 P. S. A32.5、水灰比 0.5; 注浆压力 20 MPa。桩间止水帷幕设计见图 1。

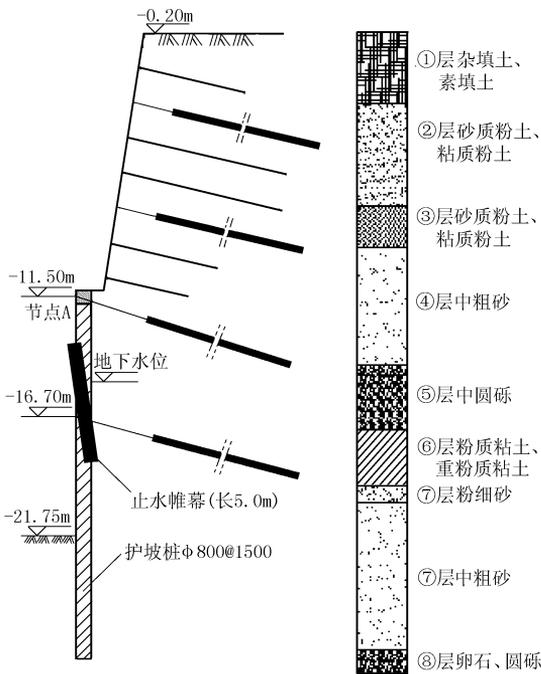


图1 桩间止水帷幕设计布置图

2.3 施工过程简介

本工程施工在位于地下水位以上 1.5 m 左右进行, 注浆长度 5 m, 采用意大利产 C6 型跟管钻机进行施工, 钻头为带有高压喷射孔的硬质合金钻头。注浆泵为 2TGZ-I 型高压注浆泵, 最大注浆压力 25 MPa, 最大流量 73 L/min, 注浆管采用高压注浆管。

注浆施工采用跳打的方式进行, 成孔至设计深度后边提钻边实施高压旋喷注浆至孔口。本工程施

工注浆点 858 点, 累计完成进尺 4290 m。

2.4 施工效果检验

通过实施桩间止水帷幕, 有效的隔断了第二层间潜水对基坑边坡及基槽的影响, 在砂、卵石层中使用帷幕桩止水, 辅助明沟排水的条件下, 保证了基坑的正常开挖。

2.5 该工艺的先进性与优越性

目前在北京地区常用的止水帷幕施工工艺主要有: 单、二、三管高压旋喷桩施工工艺, 长螺旋搅喷桩施工工艺, 深层搅拌桩施工工艺等。相对于以上几种工艺, 跟管钻进施工工艺具有较大优点:

- (1) 设备体积小, 采用步履式跟管钻机, 移动方便;
- (2) 成孔角度自由, 可 360° 自由控制(该特点是采用此新型工艺的最重要的前提条件);
- (3) 施工速度快, 跟管钻机主要用于砂卵石及岩石地层锚杆的施工, 具有较高的施工进尺速度和钻进能力, 能有效的提升施工速度, 注浆速度根据地层条件可无级调整;

(4) 可适用较大的注浆压力, 能很好的保证注浆质量;

(5) 钻机采用全液压控制, 辅助工作少, 能有效的节约劳动力, 提高施工经济效益;

(6) 帷幕桩施工长度和角度可任意控制, 比如本工程控制角度为 80° 左右, 施工长度 5 m, 相对与其他施工工艺, 能有效的节约投资, 本工程若采用搅喷桩的施工工艺, 则施工成本将增加至少 1/3。

基于以上特点和优点, 本工程利用跟管钻机在护坡桩锚杆施工完毕后就地施工帷幕桩, 节约了大量的人力、物力, 同时也节约了工期, 取得了较好的经济效益。

3 结语

(1) 针对本工程影响基坑开挖的地下水的赋存情况, 采取了桩间局部深度范围帷幕止水的处理方式, 取得了较好的止水效果, 满足了施工要求, 并缩短了工期, 降低了造价。

(2) 在本工程中对桩间特定深度帷幕止水的设计及相应的施工工艺实践达到了预期的目的, 对北京地区在砂、卵石含水层中局部进行帷幕止水具有指导意义。

参考文献:

- [1] JGJ/T111-98, 建筑与市政降水工程技术规范[S].
- [2] 京建科教[2007]1158号, 北京市建设工程施工降水管理办法[S].