

粉喷桩连续墙做支护防渗结构的设计及实施

吴保全

(核工业工程勘察院 郑州 450002)

【摘要】 本文通过实际工程阐述了在深大基坑支护、防渗结构方面充分利用了场地岩土工程条件和采用新的简便的施工工艺的情况。对岩土工程设计和实践起到了很好的简化作用。

【Abstract】 To make full use of the geotechnical conditions in-situ and to use new convenient constructive technology in the support and water-tight structure of the deep and large excavation are expounded through engineering cases. It has simplifying affection on the design and practice of geotechnical engineering.

0 前言

河南省郑州金元购物中心位于市内花园口路繁华地带,其地上10层,地下2层,采用箱型基础,埋深7.5m,占地面积为40.6m×68.0m。购物中心基坑与相邻建筑物关系见图1。

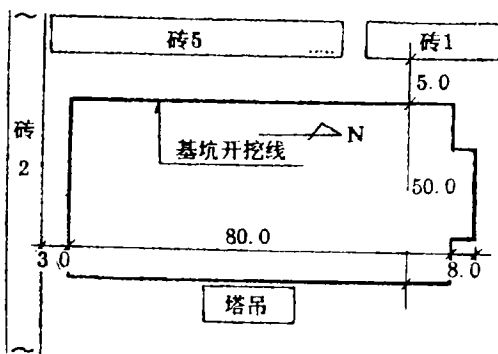


图1 基坑与建筑平面关系(单位:m)

部间夹粉细砂层。厚度为3.2~3.9m,稍密~中密,稍湿~饱和。

(3) 粉质粘土: 褐黄灰色, 间夹豆状姜石。厚度为1.0~4.0m, 硬塑, 饱和。该层分布不均匀(部分钻探孔揭露结果见表1), 且于场地东北角处逐渐变薄或呈间断分布, 详见剖面示意图2。

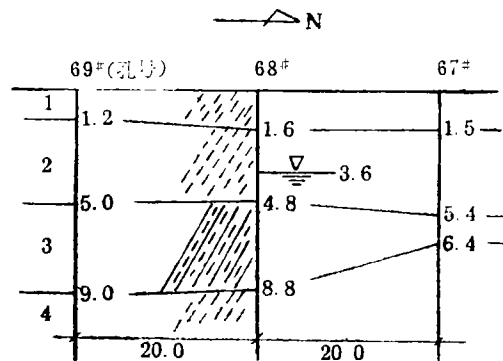


图2 基坑地层剖面图(单位:m)

1 岩土工程条件

场地属黄河冲洪积平原,地势平坦,地貌单一。地层岩性以粉土为主,砂感较强且局部相变为粉细砂,间有粉质粘土层分布。地层结构简单,基坑开挖深度范围内地层自上而下为:

(1) 杂填土: 杂色,场地内分布不均匀,呈嵌状分布于浅黄色粉土层内,系旧房基础、人防工程等组成。厚度为1.0~3.0m。

(2) 粉土: 浅黄色,砂感较强,中低

表1 第三层粉质粘土部分钻孔揭露厚度

内 容	方 向	由 南 到 北		
	孔 号	69	68	67
层顶埋深(m)		5.0	4.8	5.4
层底埋深(m)		9.0	8.8	6.4
层 厚(m)		4.0	4.0	1.0
备 注	69#、68#该层底夹1.0m厚粉土			

(4) 第三层粉质粘土以下地层为粉土与粉细砂互层(岩性叙述从略)。

(5) 以上各地层物理力学性质指标见表2。

表2 地基土物理力学性质综合计算指标

层号	土名	W (%)	γ (kN/m ³)	e	边坡设计参数		f_s (kPa)
					c(kPa)	φ (度)	
2	粉土	18.4	19.2	0.66	25	28.6	160
3	粉质粘土	22.2	20.4	0.63	15	8.8	220
4	粉土	20.4	20.7	0.58	25	40.0	220

粉土粘粒含量<15%, 粉质粘土粘粒含量<25%

渗透系数: $k=4.635\text{m/d}$

2 水文地质概况

2.1 地下水

地下水(潜水)埋深3.6m,受大气降水和地表水补给。因为第3层粉质粘土层于整个金元商贸中心场地范围内呈不连续分布,所以其上和其下有互补性的水力联系,故属于同一潜水含水层。根据抽水试验,地下水位降深5.7m时影响半径达151.8m。

2.2 隔水层的组成

场地的隔水层由粉质粘土组成。尽管第三层粉质粘土分布不均匀,局部由于基坑开挖而被挖掉或挖薄,但是对于9.0m埋深以上地层而言仍起隔水作用。

3 排降基坑内地下水分析

场地150m范围内建筑物林立且属于繁华地带,据调查资料,建筑物均系多层建筑,砖混结构居多,基础为天然浅基,持力层为粉土。再者基坑开挖深度范围内主要为第2层粉土,间夹粉细砂层。不均匀系数 $C_r > 10$,因此,欲使基坑开挖过程顺利和基础及地下室施工安全,就必须采取支护、防渗措施,将防渗措施与第3层粉质粘土相结合使基坑形成与周围无水力联系的独立水文单元。如此即可排除因大量、长时间、大水头差抽降地下水而引起的周围建筑物的附加沉降和差异沉降、基坑边坡流砂等不良现象和危害。

4 设计方案的确定

4.1 确定的原则

(1) 将第三层粉质粘土做为本次排降基坑内地下水的隔水底板。

(2) 将基坑四周封闭,封闭措施同时起边坡支护作用,又与第三层粉质粘土相结合起切断基坑与周围的水力联系作用。

(3) 对基坑仅进行疏干排水。

(4) 封闭结构为施工简易、安全、经济、速度快的帷幕体。

4.2 方案比较及结论

根据表3方案比较:本工程基坑支护、排降水方案选择第3方案。

4.3 水泥土粉喷桩概要

水泥土粉喷桩系采用特殊的搅拌机,两翼叶片式螺旋钻头。正转时刮铲松桩孔内的地基土,反转时风压运送粉体材料(如水泥等)通过主动钻杆、钻头与地基土强制性拌合,从而形成固体混合物并固结为坚硬稳定的加固土体。该种桩体可以呈单桩分布,也可以相互搭接构成连续墙体,从桩型上分:其介于刚性桩和柔性桩之间。由于郑州地区表层新近沉积的粉土砂感强,粘粒含量<15%,含水量30%左右,将其和水泥拌合可以形成单桩承载力达130kN的桩,且桩体形状规则,施工快捷,每天单机施工60~120根桩。环境影响小,无噪音,无振动,无泥浆排放。

表 3 方案比较

内容	1	2	3
支护措施	钻孔灌注桩: 桩长14.0m、桩径800mm	同1	粉喷桩: 桩长7.5m, 桩径500mm
防渗措施	高压旋喷与桩形成防渗帷幕墙	用砖砌桩间空隙	粉喷桩互相搭接形成防渗帷幕墙
排水方式	轻型井点	大口径井点	同1
总造价	120~170万元	120~130万元	60万元以内
总工期	70天	60天	20~30天
环境影响	排废泥浆困难	排废泥浆困难, 易引起流砂和周围建筑沉降	无

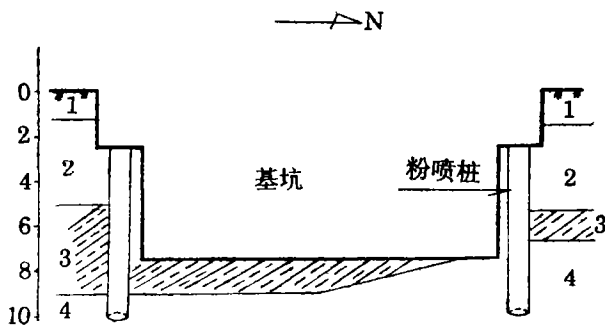


图 3 基坑剖面 (单位: m)

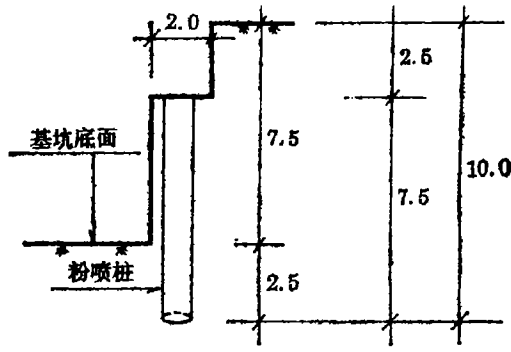


图 4 基坑支护结构 (单位: m)

防渗性好, 渗透系数 $k = 10^{-5} \sim 10^{-6}$ cm/s。

4.4 基坑支护、防渗水方案见图 3。

5 设计

5.1 基坑开挖支护示意图 4。

5.2 帷幕墙体抗管涌插入深度安全系数 k 计算见表 4。

表 4

公 式	$k = \frac{2\gamma' \cdot D}{H \cdot \gamma_w}$	$k = \left(\frac{2D}{H} + 1 \right) \frac{\gamma'}{\gamma_w}$
计算结果	1.4	2.4

注: D ——墙体插入深度(m);
 γ' ——土的浮重度(kN/m^3);
 H ——地下水位到基坑底面的距离(m)。

结论: 按满足抗管涌要求 $k \geq 1.5$, 公式 1 计算结果 $k = 1.4$, 根据场地条件认为此项工程 $k = 1.4$ 基本满足要求。

5.3 基坑支护安全系数验算

(1) 计算参数

$$\varphi = 28.6^\circ,$$

$$c = 25 \text{ kPa},$$

$$\gamma = 20.5 \text{ kN}/\text{m}^3,$$

$$\gamma' = 10.5 \text{ kN}/\text{m}^3,$$

$$H (\text{挡墙高度}) = 7.5 \text{ m},$$

$$h (\text{挡墙嵌入基坑底深度}) = 2.5 \text{ m},$$

$$\gamma_{\text{水泥土}} (\text{水泥土重度}) = 21 \text{ kN}/\text{m}^3,$$

$$q (\text{地表载荷}) = 100 \text{ kN}/\text{m}^2,$$

$$B (\text{挡墙宽度}) = 0.5 \text{ m}.$$

(2) 参考资料

a. 《岩土工程治理手册》深层搅拌。

b. 郑州地区粉土我院主被动土压力系数的计算经验。

(3) 主(k_a)、被(k_p)动土压力系数

$$a. k_a = \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{n} \right) \quad (1.5 \leq n \leq 1.8)$$

$$k_p = \text{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{n} \right)$$

b. $n = 1.6$ 时

$$k_a = 0.26; k_p = 3.81$$

(4) 主动土压力等于零处距地表距离

$$Z_0 = 2c/\gamma\sqrt{k_a} = 4.8 \text{ (m)}$$

(5) 主动力臂

$$h_a = \frac{1}{3}(H - Z_0) = 0.9 \text{ (m)}$$

(6) 主动土压力

$$a. E_{a1} = qH'k_a = 260.0 \text{ (kN/m)}$$

($H' = H + 2.5$ <初次开挖坑深>)

$$b. E_{a2} = \frac{1}{2}(H - Z_0)(\gamma Hk_a - 2c\sqrt{k_a}) = 15.1 \text{ (kN/m)}$$

(水下取浮重度)

$$c. E_a = E_{a1} + E_{a2} = 275.1 \text{ (kN/m)}$$

(7) 被动土压力

$$E_p = \frac{1}{2}\gamma' h^2 k_p + 2ch\sqrt{k_p} = 368.8 \text{ (kN/m)}$$

(8) 被动力臂

a. 基坑底处被动土压力:

$$\sigma_{p1} = 2c\sqrt{k_p} = 97.5 \text{ (kPa)}$$

b. 墙底处被动土压力:

$$\sigma_{p2} = \gamma' h k_p + 2c\sqrt{k_p} = 197.5 \text{ (kPa)}$$

c. 被动力臂 h_p (m):

$$h_p = \left[\frac{1}{2}\sigma_{p1}h^2 + \frac{1}{6}(\sigma_{p2} - \sigma_{p1})h^2 \right] / E_p = 1.1 \text{ (m)}$$

(9) 抗倾覆安全系数

$$a. k_t = (W \cdot b + E_p h_p) / E_a \cdot h_a = 1.71 > 1.5$$

$$b. \text{安全 } \left(W = \gamma_{\text{水}} \cdot B \cdot H; b = \frac{B}{2} \right)$$

(10) 抗滑动稳定性安全系数

$$a. k_s = (E_p + W\mu) / E_a = 1.44 > 1.3$$

b. 安全 (μ 基底摩擦系数 = 0.35)

5.4 防渗、支护帷幕墙平面示意图(见图5)

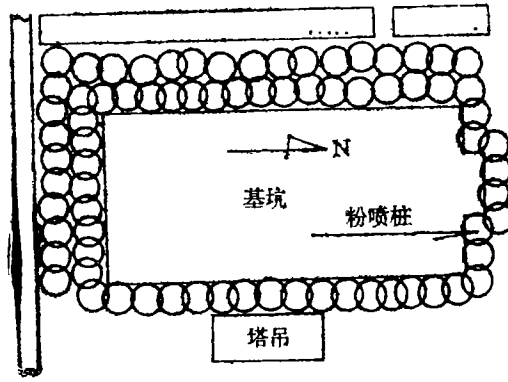


图 5 防渗、支护结构平面图 (示意)

5.5 帷幕墙结构图 (见图 6)

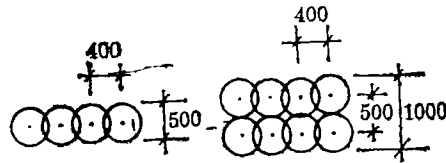


图 6 帷幕墙平面结构图 (单位: mm)

5.6 水泥粉喷桩施工要求

- (1) 水泥: 普通425#;
- (2) 水泥用量: 60kg/m;
- (3) 桩长: 7.5m;
- (4) 余按深层搅拌施工规范执行。

5.7 轻型井点平面布置 (见图 7)

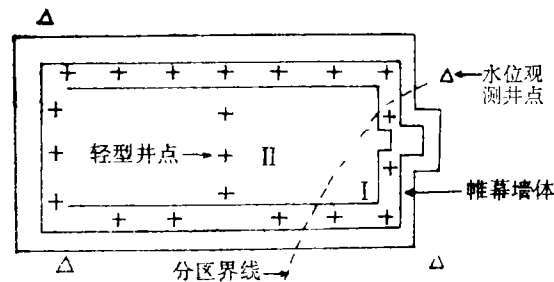


图 7 轻型井点布置图 (示意)

因为图 7 所示 I 区内第三层粉质粘土较薄或局部因基坑开挖而挖除, 所以为消除基坑底部局部所承受的地下水的上扬压力, 井管插入深度应比 II 区的深 1.0 m。

5.8 轻型井管插入深度 (见图 8)

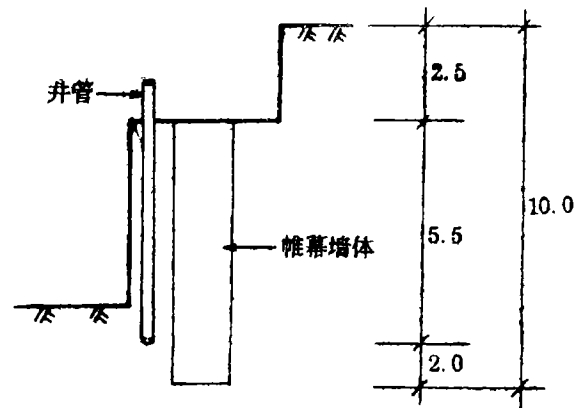


图 8 轻型井管($\phi = 66\text{mm}$)插入深度图
(单位: m)

6 施工效果

粉喷桩施工24天,于1994年1月16日完工,共施工近1200根桩。1994年1月17日使用轻型井点疏干排水,历时3天,基坑内地下水降到设计标高以下,观测资料表明,基坑外围地下水位仅降低0.6m。1月21日进行基坑大开挖,施工过程顺利,第2层粉土和第3层粉质粘土顶部呈稍湿状态,1月27日土方开挖施工完毕。基坑四周边坡呈直立状态,坡壁无渗水、涌水现象。局部桩体外露,桩排列整齐,搭接较规则,桩体与第3层粉质

粘土结合紧密,均无渗水、涌水现象。基坑底部无涌水现象,仅局部因地基土应力释放,地基土内姜石与土间有微细裂纹产生,沿着该裂纹稍有渗水,但是不影响基础施工。4月8日基础底板浇注完毕,4月28日地下室施工完毕,在此期间,基坑边坡没有发生位移和其它破坏现象,达到了预期要求。

7 几点体会

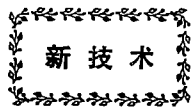
通过金元购物中心工程的勘察、岩土工程设计、施工和监测有以下几点体会:

(1) 充分了解、利用场地的岩土工程条件是岩土工程设计的前提,也是简化岩土工程设计和提高效益、节约资金、提前工期的基础。

(2) 在城市建设中由于场地狭小,周围有建筑物的影响,采用粉喷桩作为基坑护坡、防渗水和流砂的措施简便可行,具有安全、高效、快速的特点。

(3) 采用封闭性防渗的措施避免了由于排降基坑内地下水而对周围产生危害,节约了资金,缩短了工期。

(4) 计算中使用岩石的 c 、 φ 值还有潜力可挖,于今后设计中除充分挖潜外,还应该充分了解粉喷桩的 c 、 φ 值特征。



新技术 预应力土层锚杆技术

为适应软弱土层采用预应力锚杆的需要,冶金部建筑研究总院研究出端部扩大头型锚杆和二次高压灌浆型锚杆,提高了系统的技术成果。

高压灌浆锚杆是采用独特装置,在一次灌浆形成锚固体的基础上,利用高压对锚固段分段两次注浆,也可以多次高压灌浆,从而使浆液冲破一次灌浆形成锚固体扩散和渗透,形成直径较大的扩体。高压分段劈裂注浆,使锚固体形成糖葫芦状的扩大头。这

样,增大了锚固体与土层的接触面积;提高了淤泥质粘土的力学性能。与常压灌浆型预应力锚杆相比,这种二次高压灌浆型预应力锚杆能成倍地提高承载能力,减少塑性变形和蠕变变形,在软弱土层中具有良好的适应性。

该技术的使用,对我国沿海饱和软土地基的工程建设,具有重大实用价值。该技术成果已先后在北京,福建,上海,南京,天津,广州等地的工程中应用,效果良好。

机械部四院勘分院摘自科技信息动态