

深厚砂层基坑支护悬挂式止水方案技术可行性分析

刘智君

(广东省冶金建筑设计研究院, 广东广州 510060)

【摘要】 通过渗流理论分析及数值计算的方法, 论证了在丰富地下水补给的深厚砂层中, 基坑支护采用悬挂式止水方案的可行性及适用条件, 以期用于指导中粗砂层内深基坑的设计与施工实践。

【关键词】 渗流理论; 富水砂层; 悬挂式止水墙; 深基坑

【中图分类号】 TU 942; TU 943.1

【文献标识码】 B

doi: 10. 3969/j. issn. 1007-2993. 2011. 01. 013

Technical Feasibility of Open Anti-underground Water Curtain in Coarse Sand Stratum for Construction Pit Retaining

Liu Zhijun

(Guangdong Metallurgical and Architecture Design Institute Guangzhou 510060, Guangdong, China)

【Abstract】 In the article the author discusses application of open anti-underground water curtain for earth retaining wall of construction pit in deep sandy soil with plenty of underground water supply.

【Key words】 porous flow; saturated sand; anti-porous flow curtain; construction pit

0 引言

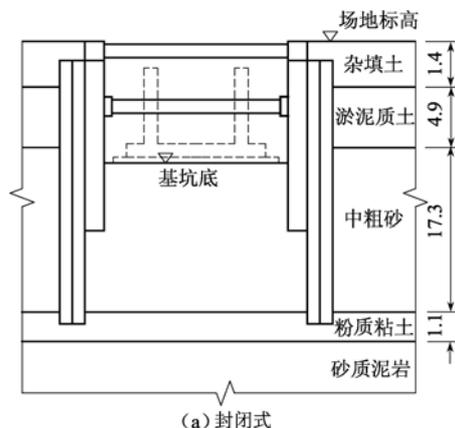
在广州海珠区与花都区, 地下工程的基坑经常遇到深厚中粗砂层, 层厚达 30 m, 层底埋深可达 40 m。砂层含有丰富的地下水。地下工程包括城市道路的明挖隧道、人行过街通道等。这类工程基坑深度一般不大, 主体结构基坑深度 6~10 m, 泵房处最大深度 10~15 m。但这类基坑的支护与止水设计, 往往是设计者十分棘手的问题。采用地下连续墙支护与止水, 深度超过砂层, 虽然安全度较高, 但工程造价令建设单位难以接受; 采用钻孔桩排桩支护, 高压旋喷桩的止水帷幕, 止水帷幕穿透砂层, 而由于对旋喷桩垂直度控制及深层成桩直径的担忧, 使设计者对此方案没有把握。于是, 基坑支护设计者提出了一种支护及止水墙不到底部不透水层, 而悬挂于砂层中的支护方式。这种结构作为一种防渗墙, 已在水利工程水坝中得到应用^[1-3]。但在市政基础设施建设中能否采用悬挂式止水墙, 仍然存在争议, 一是认为这种基坑止水方式, 仍需在坑内进行连续降水作业, 且水量较大; 二是认为止水墙究竟做多深才能保证基坑不发生管涌失稳事故, 即使计算是

安全的, 但设计者及评审者仍然觉得不可靠。

1 悬挂式基坑支护的基本特征

广州市某下沉式道路的基坑的两个比选方案见图 1。图 1(a) 是钻孔桩排桩内支撑支护、外侧双排旋喷桩落底式止水帷幕, 图 1(b) 是排桩内支撑支护、外侧单排旋喷桩悬挂止水墙。

图 1(a) 的方案全面止水, 概念清晰, 不破坏外侧地下水环境; 但双层旋喷桩止水, 由于桩长过大, 将近 30 m, 施工难度大, 施工效果难以检测, 容易发生止水帷幕漏水现象, 经济性也较差^[4]。



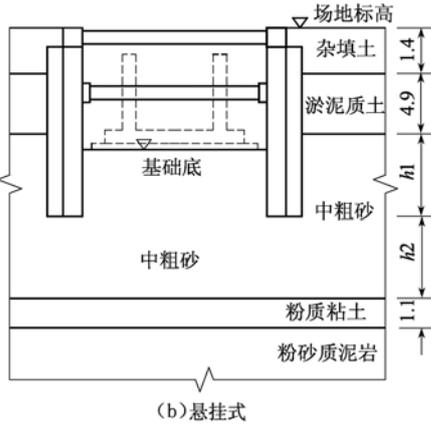


图1 封闭式与悬挂式基坑止水墙(单位:m)

图1(b)方案,采用止水墙增加地下水的渗流路径长度,减少基坑渗水量,但不是全封闭止水。悬挂式支护及止水墙的深度必须增加渗流路径,降低水力坡降,控制基坑渗水量,保证抗渗流、抗管涌的安全要求^[5]。

2 悬挂式基坑支护的渗流分析

2.1 渗流分析的模型

将图1(b)的基坑止水方式简化成计算模型(见图2),采用岩土工程专用有限元分析软件 Geo-slop 进行分析。

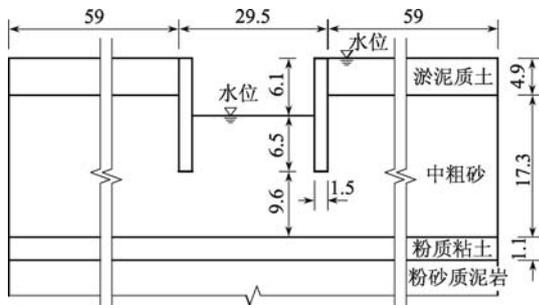


图2 悬挂式止水墙渗流计算模型(单位:m)

由于隧道基坑的长度方向远大于宽度方向,基坑的渗流问题可以简化为二维渗流问题,可选取隧道最深、砂层最厚处的典型断面进行模拟计算。典型断面的各层厚度、土质及渗透系数为:杂填土厚 1.4 m;淤泥质土厚 4.9 m,渗透系数 $k=7 \times 10^{-5}$ cm/s;中粗砂 17.3 m 厚, $k=1 \times 10^{-2}$ cm/s;粉质粘土厚 1.1 m, $k=1 \times 10^{-4}$ cm/s;粉砂质泥岩为下卧基岩,无限厚, $k=1 \times 10^{-6}$ cm/s。

计算模型宽度自止水墙中心至外侧 2 倍基坑宽度,深度至粉砂质泥岩 8 m。

因地下水位以上的杂填土部分不参与渗流计算,故不列入计算模型。止水墙为 $\Phi 1000@1200$ mm 的钻

孔桩加 $\Phi 600$ mm 桩间旋喷桩,厚度按 1500 mm 计算。

模型的边界条件是,粉砂岩底面为不透水边界,渗流量 Q 为零;坑内外的地面水头 H 为已知;止水帷幕为不透水的边界,渗流量 Q 为零;模型两侧的直立为已知水头 H 的边界条件。模型网格采用方格网(见图3)。

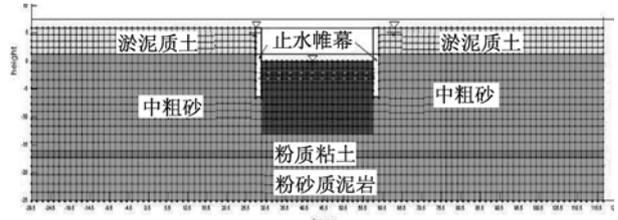


图3 有限元网格划分

2.2 渗流量计算结果

根据本项目的条件,计算出的沿基坑长度方向每延米的渗流量为 2.6996×10^{-4} m³/s,假设一次开挖长度为 60 m,则每小时该段的流量为 58.3 m³。此结果是平面二维渗流分析的结果,本项目为长度方向远大于宽度方向的基坑,开挖施工必然是分段进行,在纵向需放坡并设置台阶,则沿纵向也必然有一定的渗流量,粗略估算纵向渗流量与横向渗流量基本相等,则坑内总渗流量按每小时 120 m³ 估算^[6-7]。

2.3 渗流稳定性

根据有限元分析的渗流场水力坡降分布(见图4),如果忽略土颗粒之间的摩擦力,对于砂性土,粘聚力 $c=0$,则在渗流作用下渗出面土颗粒是否发生流动就取决于作用于土颗粒上的渗透力 f 与土粒浮重度 γ' 的大小。作用在单位土体上的渗透力为

$$f = \gamma_w J^{[8]} \quad (1)$$

式中: J 为水力坡降; γ_w 为水的重度。

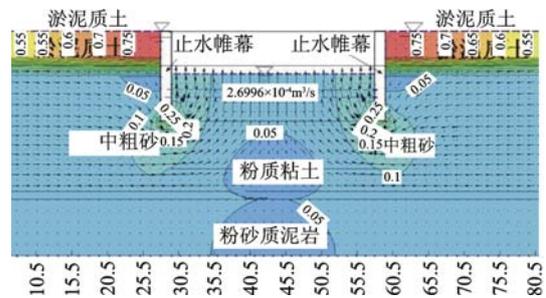


图4 悬挂式止水墙渗流水力坡降分布

在渗流出口下的任意深度处 Z 的土体稳定性,取决于作用于该点以上土体的渗透力与该点上的土的浮重的大小。

首先来看出渗面,即基坑底面处的渗透力,根据图4的结果,渗出面的水力坡降,在靠近止水墙一段为0.1,靠中间段为0.05,则渗透力为 $0.5 \sim 1 \text{ kN/m}^3$,砂的浮重度近似为 8 kN/m^3 ,则 $\frac{\gamma'}{f} > 3$,即渗流稳定的安全系数大于3,是安全的^[9]。

再来检验在止水墙根部的渗流稳定性,该区域的水力坡降为0.25,渗透力为 2.5 kN/m^3 ,该处土的浮重度仍为 8 kN/m^3 ,渗流安全系数仍大于3,也是安全的。

3 悬挂式止水墙的适用条件

首先,悬挂式止水墙基坑是一种需要坑内不断抽水的支护方式,只是当砂层很厚,以至于采用常用的水泥土加固桩,施工能力难以保证质量,采用地下连续墙支护方案,造价受到限制的情况下,可采用的工程方案。其次,本文计算时,将模型侧面假想为一个无穷大的水源,保证坑外水头不变,而实际工程中,坑外的水头是会下降的,下降则必然引起地面的沉降。因此基坑附近不应有较重要的建筑物。第三,实施这样的方案,坑内集水方式须进行专门设计,应采用铺反滤网,干砌片石梯形沟,防止坑内水流携带泥砂流动。最后还需要说明,考虑到施工顺序,沿基坑纵向将采取台阶式开挖,一般最低处的阶段会首先挖好,然后进行主体结构的施工^[10]。

4 结 语

尽管珠三角是经济十分发达的地区,工程建设仍然受到经济因素的制约。城市高层建筑的地下室、市政人行通道、下沉式隧道、污水厂的泵房等地下结构,都有基坑工程,如果选址的场地下是深厚的砂层,基坑的止水措施就十分棘手。由于地下工程施工质量控制手段不完善,施工队伍冒险求效益的机会较大,施工中出现事故的机率较大;岩土性质及地下水分布规律的变异性较大,设计方案的技术措施的变化空间也较大;设计者会

倾向于偏于保守的方案。建设行政主管部门组织的基坑设计审查,主要是对安全的审查,建设单位,特别是政府投资项目的建设单位,为了尽快地、安全地推进工程,方案选择的决策主动权较少。以上原因限制了悬挂式基坑止水方案的应用。但从工程技术角度的分析表明,这种方案是完全可行的,也必然是经济的,只要能够控制施工质量,完全可以大胆使用。

参 考 文 献

- [1] 介玉峰,高波,李广信,等. 无单元法在堤坝防渗墙应力法分析中的应用[J]. 长江科学院院报,2003(4): 30-33.
- [2] 冯晓腊,谢武军,卢智强. 悬挂式止水帷幕对基坑降水的影响[J]. 土工基础,2006(4):33-36.
- [3] 祝卫东. 悬挂式止水帷幕插入深度的数值分析[J]. 水利水电技术,2009(7):19-21.
- [4] 龚晓南. 地基处理手册(第三版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2008:411-463.
- [5] 李向风,王保田,安彦勇. 悬挂式防渗墙结合堤后压渗盖重防渗效果的试验研究[J]. 岩土工程技术,2009(2):75-78.
- [6] 陈新国. 悬挂式止水帷幕对基坑降水影响的定量研究[D]. 岩土工程,2007.
- [7] 姚天强,石振华,曹惠宾. 基坑降水手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2006:17-61.
- [8] 陆培毅,李艳春,陈环. 土力学[M]. 北京:中国建材工业出版社,2000:76-80.
- [9] 钱家欢,殷宗泽. 土工原理与计算(第二版)[M]. 北京:中国水利水电出版社,1996:79-88.
- [10] 刘国彬,王卫东. 基坑工程手册(第二版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2009:240-271.
- [11] 吴吉春,薛禹群,靳孟贵. 地下水动力学[M]. 北京:中国水利水电出版社,2009:181-187.

收稿日期:2010-10-18