

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2021.03.051

# 基坑放坡开挖地下水控制研究

王璐璐

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

**摘要:** 在基坑放坡开挖地下水控制中,止水帷幕对基坑的影响主要有两点:(1)水泥土抗剪强度高,提高了边坡稳定性;(2)水泥土止水帷幕止水,将形成较大的水压力,降低了边坡稳定性。对于哪一种影响因素占主导尚需讨论。现以厦门某引水干渠基坑为例,基于 PLAXIS 2D 有限元模拟进行探讨研究。研究表明:止水帷幕增加了土的刚度,对于基坑稳定和位移都有积极的影响;止水帷幕虽提高了边坡稳定性,但提升效果不大。

**关键词:** 基坑;地下水控制;止水帷幕;PLAXIS 2D

**中图分类号:** TU46+3

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1009-7716(2021)03-0170-03

## 0 引言

地下水控制与基坑工程的安全,以及周边环境的保护都密切相关。在地下水位较高的地区,基坑降水、降压需满足基坑工程安全和方便现场施工的要求。但在环境保护要求较高的区域,基坑降水还需要设置合理的隔水体系并且有通畅的排水系统。因此,进行地下水控制也是基坑工程的设计与施工必须要考虑的重要问题<sup>[1-3]</sup>。

地下水控制主要方法包括积水明排、基坑降水和基坑隔水。在基坑工程中,常常需要组合使用,才能保证地下水处理的合理、可行、有效地实施,如:隔渗帷幕+坑内降水,隔渗帷幕+坑边控制性降水,降水+回灌,部分基坑边降水+部分基坑边截水等<sup>[4-5]</sup>。

基坑放坡开挖是基坑开挖中最简单、传统的方法。随着基坑深度的增加,降低基坑及其周边地区的地下水位,使得深基坑开发区域附近的地下水位发生剧烈的流动,进而改变了土体的应力和土体的结构,使得土体产生了固结压密的现象,在地面上产生了沉降和水位平移。在实际工程中,会采用止水帷幕减少降水对周围的影响。止水帷幕对基坑的影响主要有两点:(1)水泥土抗剪强度高,提高了边坡稳定性;(2)水泥土止水帷幕止水,将形成较大的水压力,降低了边坡稳定性。对于哪一种影响因素占主导尚需讨论。现以厦门某引水干渠基坑为例,基于 PLAXIS 2D 有限元模拟进行探讨研究。

收稿日期:2020-07-15

作者简介:王璐璐(1988—),女,硕士,工程师,主要研究方向:水利及水运工程。

## 1 工程实例

### 1.1 项目概况

厦门某引水干渠改造工程长约 5.75 km,设计流量为 16 m<sup>3</sup>/s(即 138.2 万 t/d),标准断面(内净尺寸)为两孔 B×H=4.3 m×4.5 m 的箱涵。箱涵覆土 1.6~2 m,采用明挖法施工。新建箱涵南侧为新建道路,北侧为老箱涵,为降低工程投资,该工程在具备放坡开挖空间条件的区域采用放坡开挖方式进行施工。基坑走向与箱涵基本平行。基坑宽深开挖边线内无建构筑物的标准段箱涵采用开挖放坡方案进行施工,基坑底宽 10 m,底标高 -3.30 m,两侧分别按 1:1.3 两级放坡。两级坡间设置 2 m 宽马道。放坡坡面采用挂 Φ8@20×20 钢筋网喷 8 cm 厚 C20 混凝土进行边坡支护。在坡顶和坡底各设一条 30 cm×30 cm 排水沟。坡底设置间距 30 m 的降水管井,水位降至基底 0.5 m 以下。放坡剖面图见图 1 所示。

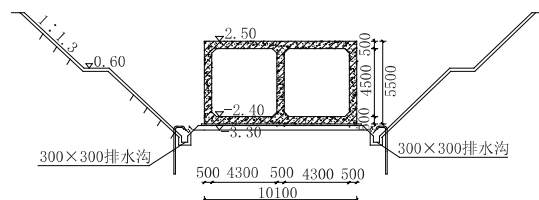


图1 放坡开挖剖面图(单位:mm)

### 1.2 工程地质概况

该工程拟建场地位于吹填区,地质变化较大。拟建箱涵沿线上部地层主要由近代人工填土层(Q4 ml)、第四系全新统海积淤积层(Q4 m)、冲洪积层(Q4al+pl)和第四系残积层(Qel)组成。基底为燕山晚期各风化带中粗粒花岗岩(r52(3)c)。在基坑影响

深度范围内,自地表向下地质情况可归纳如下:

①素填土(Q4 ml):全场地均分布,厚度为 1.50 ~ 13.60 m。

②淤泥质土(Q4 m):该层揭露厚度为0.80 ~ 4.60 m,顶板埋深为 1.50 ~ 12.10 m,顶板标高为 -1.79 ~ 2.75 m。

③<sub>1</sub>粉质黏土(Q4al+pl):该层揭露厚度为 0.90 ~ 9.00 m,顶板埋深为 2.75 ~ 8.60 m,顶板标高为 -4.28 ~ 1.54 m。

③<sub>2</sub>中粗砂(Q4al+pl):该层揭露厚度为 1.00 ~ 4.50 m,顶板埋深为 2.90 ~ 9.80 m,顶板标高为 -5.44 ~ 0.72 m。

④残积砂质黏性土(Qel):该层揭露厚度为 3.90 ~ 17.60 m,顶板埋深为 2.10 ~ 15.00 m,顶板标高为 -10.79 ~ 2.23 m。

⑤全风化花岗岩(r52(3)C):揭露厚度为 1.70 ~ 19.40 m,顶板埋深为 4.30 ~ 25.70 m,顶板标高为 -20.49 ~ 0.29 m。

## 2 PLAXIS 模拟计算

### 2.1 基本假定

为便于分析,计算模型作以下假定:不考虑箱涵接口的影响;基坑和管道纵向长度足够长;基坑周边 5 m 外活载按均布 20 kPa 考虑。

此次计算采用 PLAXIS 2D 进行计算分析,土体本构模型采用摩尔库伦模型,模型简化为平面应变问题,采用二维模型计算。计算时,土体采用三角形平面应变单元模拟。建模时,考虑基坑开挖影响范围,控制模型横向边界与基坑边距离不小于 20 m。

### 2.2 计算模型及模型参数

为更好地研究基坑降水方案,现设置以下两个模型进行比选研究:

方案一:放坡开挖 + 坑内降水;

方案二:放坡开挖 + 坑内降水 + 止水帷幕。

方案一计算网格模型如图 2 所示,计算模型中材料模型采用排水条件下的摩尔 - 库伦模型。将基坑开挖、降水等各工况进行模拟计算。土层参数见表 1 所列。方案二模型也采用排水条件下的摩尔 - 库伦模型,土层参数同表 1,计算模型见图 3 所示。

## 3 结果分析

### 3.1 计算结果

经计算,考虑基坑降水的模型,方案一(放坡开

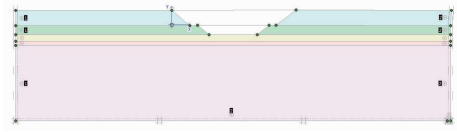


图 2 方案一模型

表 1 土层的物理力学参数表

| 土层名称                         | 素填土    | 淤泥质土  | 粉质黏土   | 中粗砂    | 残积砂质黏性土 |
|------------------------------|--------|-------|--------|--------|---------|
| 材料类型                         | 排水     | 不排水   | 不排水    | 排水     | 不排水     |
| 天然密度 / (g·m <sup>-3</sup> )  | 18.4   | 17    | 18.7   | 19.5   | 18.6    |
| 饱和密度 / (g·m <sup>-3</sup> )  | 19.5   | 19    | 20     | 20.5   | 20      |
| 泊松比                          | 0.35   | 0.3   | 0.35   | 0.3    | 0.35    |
| 弹性模量 / (kN·m <sup>-2</sup> ) | 14 000 | 6 600 | 15 000 | 15 000 | 16 000  |
| 内聚力 / (kN·m <sup>-2</sup> )  | 17.6   | 13.1  | 26     | 5      | 26.4    |
| 内摩擦角 / (°)                   | 13.8   | 3.6   | 14.6   | 28     | 20.4    |

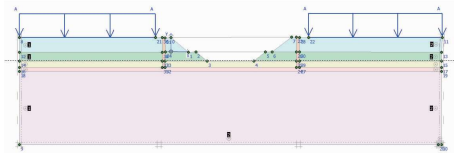


图 3 方案二模型

挖 + 坑内降水)计算总位移如图 4 所示,方案二(放坡开挖 + 坑内降水 + 止水帷幕)计算总位移如图 5 所示。

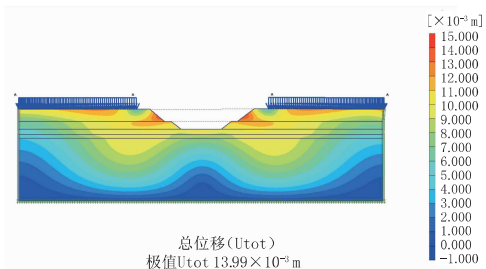


图 4 方案一总位移云图

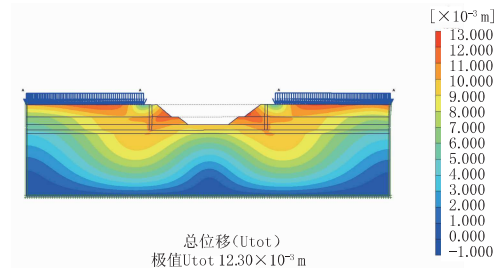


图 5 方案二总位移云图

计算结果显示,由于基坑开挖及降水的影响,方案一引起最大总位移为 13.99 mm,方案二引起最大总位移为 12.30 mm。止水帷幕增加了土的刚度,对于基坑稳定和位移都有积极的影响,方案二最大总位移相较案一较小,不过,减小幅度并不大,仅为

1.69 mm

距离基坑开挖边缘 5 m 处, 每一土层取一点位移, 提取点分布图如图 6 所示。方案一提取点位移曲线图见图 7 所示, 方案二提取点位移曲线图见图 8 所示。由计算结果可知: 方案一位移最大点为位于素填土与淤泥质土之间的 B 点, 最大位移为 11 mm; 位移最小点为地表 A 点 6.558 mm, C、D、E 点位移相差不大, 处于 9.8~9.9 mm 之间。方案二位移最大点 B 点, 最大位移为 10 mm; 位移最小点为 A 点, 最大位移为 4.8 mm, C、D、E 点位移相差不大, 处于 9.5~9.9 mm 之间。

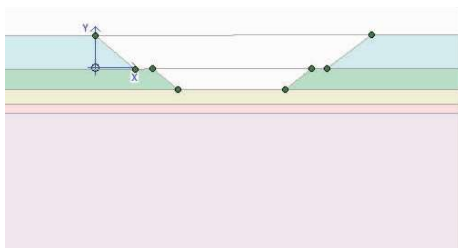


图 6 位移提取点分布图

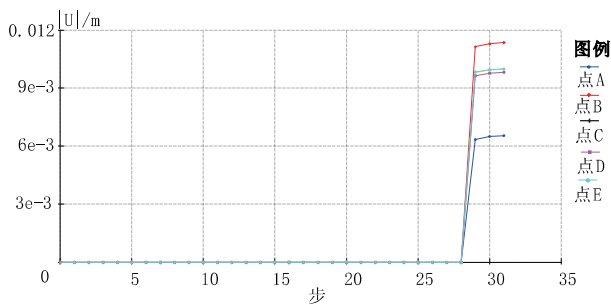


图 7 方案一位移曲线图

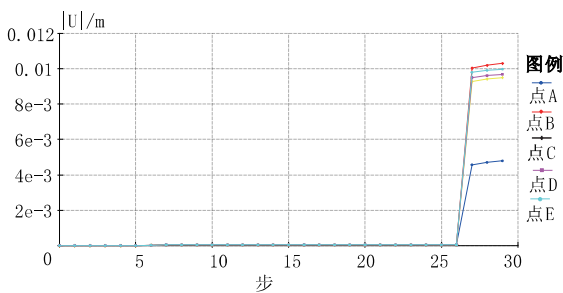


图 8 方案二位移曲线图

### 3.2 方案比选

将前述二个方案从经济性、安全性、工期、位移、稳定等角度进行对比分析, 并列各自优缺点见表 2

所列。可见方案一的费用较低、工期短, 然而安全性较差; 方案二费用高、工期较长、安全性好。方案一、方案二均为可行方案, 止水帷幕提高了边坡稳定性, 但提升效果不大。考虑到经济效益、施工周期因素, 推荐方案一。

表 2 方案比选汇总表

| 项目     | 方案一         | 方案二                |
|--------|-------------|--------------------|
| 方案名称   | 放坡开挖 + 坑内降水 | 放坡开挖 + 坑内降水 + 止水帷幕 |
| 经济性    | 费用低         | 费用高                |
| 安全性    | 差           | 好                  |
| 工期     | 短           | 长                  |
| 最大位移   | 13.99 mm    | 12.30 mm           |
| 边坡稳定系数 | 1.07        | 1.25               |

## 4 结论

(1) 止水帷幕增加了土的刚度, 对于基坑稳定和位移都有积极的影响, 方案二最大总位移相较方案一较小, 不过, 减小幅度并不大, 仅为 1.69 mm。

(2) 基坑纵向位移分析: 位移最大点为位于素填土与淤泥质土之间的 B 点; 位移最小点为地表 A 点, C、D、E 点位移相差不大。

(3) 经综合对比, 方案一、方案二均为可行方案, 止水帷幕提高了边坡稳定性, 但提升效果不大。考虑到经济效益、施工周期因素, 推荐方案一。

### 参考文献:

- [1] 张明, 范建, 赵玉如. 地铁车站改造降水对毗邻轨道交通的影响研究[J]. 水利水电技术, 2019, 50(2): 61-68.
- [2] 王树和, 袁骥, 张举兵. 悬臂桩支护基坑开挖对邻近埋地管线的影响[J]. 北京科技大学学报, 2014, 36(2): 266-273.
- [3] 姚天强, 石振华. 基坑降水手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [4] 叶任寒, 单华锋, 王显椿. 软土地区深基坑开挖变形监测[J]. 地下空间与工程学报, 2016.12(增刊 1): 306-311.
- [5] 刘国彬, 王洪新. 上海浅层粉砂地层承压水对基坑的危害及治理[J]. 岩土工程学报, 2002, 24(6): 790-79.