

双层基坑支护计算及设计

李建林, 梁志超, 张汇睿

(北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京市 100082)

摘 要: 为了研究双层基坑计算模型的合理性,以延崇高速公路(北京段)工程妫水河隧道明挖段双层基坑段为案例,通过对比两种不同计算模型的计算结果,结合基坑监控量测结果,提出双层基坑计算时,外侧基坑单独计算即可,内侧基坑的计算模型需考虑外侧基坑的影响,不可仅简化为荷载考虑,希望为类似工程提供借鉴。

关键词: 双层基坑;支护桩;预应力锚索;基坑计算;监测

中图分类号: TU991.36

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)11-0211-04

0 引言

国际上把 21 世纪作为“人类开发利用地下空间的年代”,城市地下道路作为地下空间的重要组成部分,已经迎来蓬勃发展,采用明挖法施工的城市地下道路越来越多。双层基坑支护型式作为其中一种典型的基坑支护方式也越来越常见,本文以已经完工的实际工程为案例,研究双层基坑的计算模型及设计,希望能为类似的工程设计提供借鉴和参考。

1 工程概况

延崇高速公路(北京段)工程位于延庆区内,为北京市与河北省张家口地区联系的一条重要道路,也是 2019 年北京世运会与 2022 年北京冬奥会的重要联络线。延崇高速公路呈南北走向,南起兴延高速公路,北至市界,线路全长 32.2 km。

延崇高速公路(北京段)工程分为南、北两段进行设计,南段为兴延高速公路至国道 110 段,路线长度 15.2 km,主要工程规模为:互通式立交 4 座,分离式立交 1 座,服务区立交 1 座,特大、大桥 5 座,全线桥梁总长 12.3 km,下穿妫水河隧道 1 座(2 044 m,含拉槽段),涵洞 72 道,服务区 1 座,养护工区 1 座、隧道所 1 座。

延崇高速公路包括主路和辅路,主路为高速公路,设计时速 80 km/h,横断面为单向两车道+连续停车带;辅路为一级公路,设计时速 60 km/h,横断面为单向两车道。妫水河隧道全长 2 044 m,闭合框架段长 1 670 m,南侧 U 型槽段长 234 m,北侧 U 型槽段长 140 m(见图 1)。

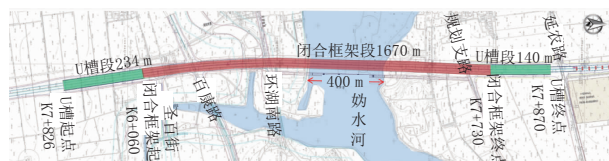


图 1 隧道平面

2 工程与水文地质条件

2.1 工程地质条件

本工程场地自然地面以下 48.00 m 深度范围内的地层按沉积年代及工程性质划分为人工堆积层、新近沉积层及第四纪冲积层三大类,并根据岩性组成、结构、工程性质进一步划分为 10 个大层及亚层,现分述如下:

(1) 人工堆积层(第 1 大层)

表层为一般厚度 0.00~2.30 m(局部钻孔附近填土厚度约 5.80~6.80 m,同时妫水河内因分布有已掩埋的采砂坑,填土厚度最大为 3.50~7.20 m)的人工堆积土层,主要为粉土素填土①层,碎石填土①₁层、细砂素填土①₂层及淤泥①₃层。

(2) 新近沉积层(第 2 大层)

人工堆积层以下为新近沉积的粉砂、细砂②层及粉土②₁层。该大层分布在妫水河河道内及河道北侧,妫水河南侧缺失。

(3) 第四纪冲积层(第 3~10 大层)

人工堆积层及新近沉积层以下为第四纪冲积的粉质黏土③层,粉土③₁层及黏土③₂层;粉质黏土④层,粉土④₁层及黏土④₂层,粉质黏土⑤层,有机质黏土⑤₁层,粉土⑤₂层及细砂、中砂⑤₃层;粉质黏土⑥层,有机质黏土⑥₁层,粉土⑥₂层及粉砂、细砂⑥₃层;粉质黏土⑦层,有机质黏土⑦₁层,粉土⑦₂层及粉砂⑦₃层;粉质黏土⑧层,有机质黏土⑧₁层,粉土⑧₂层及细砂⑧₃层;有机质黏土⑨层,粉质

收稿日期: 2020-05-07

作者简介: 李建林(1989—),男,硕士,工程师,从事隧道与地下工程设计与研究工作。

黏土⑨₁层及粉土⑨₂层;粉质黏土⑩层及有机质黏土⑩₁层。

2.2 水文地质条件

本工程场区地面下约 35 m 深度范围内分布多层地下水,其中,受妫水河历史上不同期次的地质作用,10m 左右深度以内水文地质条件十分复杂,可以分为 I a 亚区(河床区)、I b 亚区(河漫滩区)、II b(南岸阶地区)和 II a(北岸阶地区)4 个区段。35m 深度范围内地下水类型自上而下分别为上层滞水、潜水、层间水和承压水。

(1)上层滞水

该层地下水主要分布在妫河南、北两岸的阶地上(水文地质 II 区),其含水层岩性以含虫孔、粗颗粒的粉质黏土、粘质粉土④₂层中。水文地质勘察及岩土工程勘察期间(2016 年 11 月)于妫河南岸钻孔中量测到该层地下水水位埋深为 3.10~9.50 m,相应水位标高为 475.42~480.31 m,与地形关系密切。上层滞水主要接受大气降水入渗补给,并以蒸发和地下水侧向径流为主要排泄方式。

(2)潜水

主要赋存在妫水河沉积区 10 m 深度左右以内的第 2 大层和第 3 大层中。根据潜水与妫水河水力联系的密切程度,可以进一步细分为 I a 亚区潜水和 I b 亚区潜水。I a 亚区潜水与妫水河地表水水力联系密切,其水位动态与主要受妫水河地表水水位动态控制。I b 亚区潜水主要赋存在一级阶地区的粉砂、细砂③₁层,砂质粉土③₂层和粘质粉土③₃层中,水文地质勘察期间监测到该层地下水水位埋深约 1.50~2.99 m,相应的水位标高约 475.46~475.73 m,该层地下水与妫水河地表水水力联系密切。

(3)层间水

该层地下水主要分布 II a 亚区 12m 深度左右的砂质粉土④₃层、细砂④₄层中,勘察期间(2016 年 11 月)量测的该层地下水水位埋深约 6.69~7.24 m,相应的水位标高约 475.75~475.80 m。该层地下水具有一定的承压性,勘察期间承压水头约为 5.50 m。场区层间水主要接受上覆地下水垂向越流补给,并以垂向越流给下伏含水层为主要排泄方式。

(4)承压水

场区 15.10~38.40 m 深度之间的第 6、7 大层中分布有多个含水透镜体,形成了承压含水岩组。含水层岩性以细砂⑥₂层,黏质粉土、砂质粉土⑦₁层,含虫孔、粗颗粒的粉质黏土⑦₂层和细砂⑦₄层

为主。勘察期间(2016 年 11~12 月)量测的这些含水透镜体中地下水水位埋深约 0.31~5.56 m,相应水位标高为 477.40~478.23 m,承压水头高度约 17.32~31.09 m,具有明显的承压性。场区承压水含水岩组主要接受地下水侧向径流、上覆地下水垂向越流补给,并以侧向径流、人工开采和垂向越流给下伏含水层为主要排泄方式。

根据已有的普详查资料分析,拟建场区历年(自 1955 年以来)最高地下水位接近自然地面,拟建场区近 3~5 a 最高地下水位约为自然地面下 0.5 m。

3 基坑支护设计

3.1 设计原则

依据场地周边环境,结合场地工程地质、水文地质条件,注重对周围人文、社会和自然环境的保护,参考地区基坑工程经验,选取安全可靠、经济适用的基坑围护结构。

3.2 结构设计

本工程隧道均采用明挖法施工,主体结构采用钢筋混凝土闭合框架及 U 型槽结构。单孔结构最大内轮廓净宽 12.7 m,净高 7.4 m,结构内轮廓面积 93.0 m²。根据覆土厚度不同,标准横断面结构全宽 49.7~50.1 m,全高 9.4~10.2 m;顶板厚 1.2~1.4 m,底板厚 1.2~1.4 m,边墙厚 1~1.2 m,中墙厚 0.8 m。

隧道南、北端开口段采用“U”型槽路堑结构,U 型槽结构总宽 52.5 m,侧墙顶部厚 0.8~0.9 m,底部厚 1.5~1.8 m,底板中部厚 1 m,加厚段厚度 1.6~1.8 m。

隧道暗埋段主体结构采用四孔闭合框架结构,见图 2。

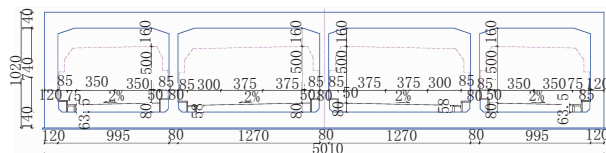


图 2 典型结构横断面(单位:cm)

3.3 基坑支护选型^[1,2]

在基坑设计原则的基础上,本工程综合考虑施工场地临时征地线、周边环境等多个因素,确定各区段基坑支护型式。场地开阔,周边环境影响小时,以放坡开挖为主;征地困难或有其他限制性条件区段,采用支护桩+锚索的支护型式。其中环湖南路(K6+650)至妫水河南岸(K6+880)区段基坑开挖深度 22.0~25.6 m,基坑宽 83.5 m,本段基坑支护型式最终确定为外层采用支护桩+锚索,内层采用支护桩+锚索的基坑支护型式。

图 4 计算模型

经计算,支护结构稳定性及结构强度满足要求,支护结构最大水平位移较原方案有所减小,这是因为内隔墙作为换撑构件充分利用了混凝土的受压特性,所能提供的支点刚度较原钢支撑刚度大。采用该方案实施后,保证了泵房结构质量的同时,工期接近缩短了 2 个月,提高了该项目的社会、经济效益(见图 8)。



图 8 泵房施工现场

3 结 语

本文对南淝河中游重点排口初雨污染控制工程泵房深基坑支护的换撑方案进行了优化分析,结合泵房主体结构的布置情况,采用了一种原支护结构腰梁结合主体结构墙体的新型换撑技术。该方案的实施提高了该工程的社会、经济效益,同时为类似这种无中层板的地下结构基坑支护换撑技术提供了一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 旷启德.深基坑支护体系中倒换撑优化的应用研究[J].工程建设与设计,2019(17): 53-55.
- [2] 杨波,余巍.支撑转换梁体系在基坑支护中的设计与应用[J].南京工程学院学报(自然科学版),2018,16(4): 30-33.
- [3] 倪超,邱嘉敏.狭窄场地内深基坑拆换撑方案的优化与施工[J].中国房地产业,2019,30(4): 158-159.
- [4] 夏乔网.深基坑工程内衬结构替代换撑支护的技术分析[J].地下工程与隧道,2015(3): 37-40,46,52.

~~~~~  
(上接第 214 页)

### 6 结 语

本文以延崇高速公路(北京段)工程妫水河隧道明挖段双层基坑段为案例,通过对比两种不同计算模型的计算结果,结合基坑监控量测结果可知,双层基坑计算时,外侧基坑单独计算即可,内侧基坑的计算模型需考虑外侧基坑的影响,不可仅简化为荷载考虑,工程实践证明是安全合理的,希望为类似工程提供借鉴。

#### 参考文献:

- [1] 董永,和礼红.某深基坑桩锚支护体系设计计算分析[J].土工基础,2015(4):4-8.
- [2] 欧吉青.某深基坑桩锚支护体系计算方法与结果分析[J].南华大学学报,2007(3):73-76.
- [3] 陈飞,高阳,张学焱等.桩锚支护在深基坑工程中的应用[J].土工基础,2017(2):139-142.
- [4] 陈伟.深基坑支护方案设计及实测对比分析[D].辽宁大连:大连理工大学,2018.
- [5] JGJ 120—2012,建筑基坑支护技术规程[S].