

滕州市凤凰隧道顶进下穿高速公路设计方案总结

宿霄男

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津市 300074)

摘 要: 滕州市凤凰隧道和引道工程位于滕州市高铁新区, 双向 6 车道, 全长 2.6 km, 其中顶进部分隧道长 48 m。为更好地完成隧道顶进的设计工作, 对顶进部分进行了着重介绍, 包括跨越方案的比选、支护方案的比选、管幕的设计概况和管幕挠度的计算, 可为采用管幕法支护的类似顶进施工项目提供一定程度的参考。

关键词: 隧道; 下穿高速; 顶进施工; 管幕法

中图分类号: U452.2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)10-0212-03

1 项目概况

滕州市高铁新区以东沙河镇域为主体, 东至市域行政边界, 西至京台高速公路, 南至上营路(104 国道延伸线), 北至规划的红荷大道延伸线和荆河。

滕州凤凰隧道和引道工程位于滕州市高铁新区, 整体呈东西走向。本次项目起点位于吉山路交叉口处, 终点位于首善路交叉口处, 主车道为双向 6 车道, 道路全长 2 600 m。凤凰隧道下穿京台高速和墨子湖, 隧道起点位于来凤大道西侧, 终点位于芳泽巷东侧, 隧道全长 1 751.1 m。其中敞开段全长 447 m, 为 U 型槽结构; 封闭段全长 1 304.1 m, 采用折板拱形单箱双室现浇混凝土闭合箱体结构, 标准段全宽 26.5 m, 断面形式如图 1 所示。

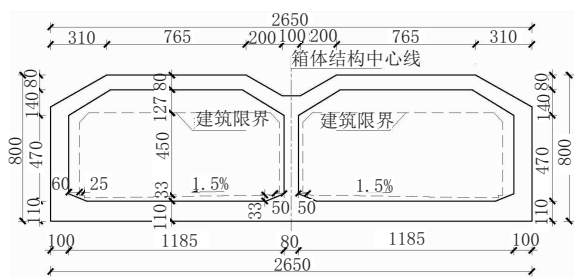


图 1 标准段隧道断面图(单位: cm)

凤凰隧道封闭段在 K0+489.296 处下穿京台高速, 下穿处隧道纵坡 2.539%, 京台高速路基宽 28 m。穿越处立面位置关系如图 2 所示。

2 被交道路概况

现状京台高速断面为双向 4 车道, 其路基约

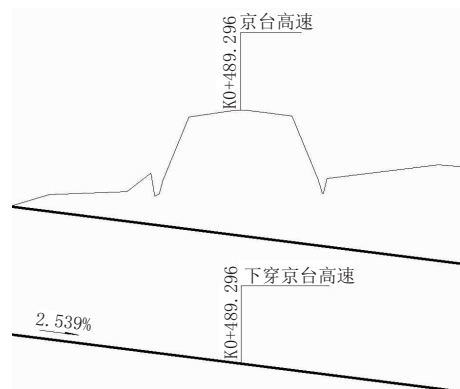


图 2 穿越处立面位置关系图(粗线为隧道)

高出两侧地面 3 m 左右。京台高速南北向穿过滕州市高铁新区, 连接新老城区之间的道路均需要穿越京台高速。高铁新区现状已有穿越京台高速的道路, 分别为荆河东路、S343 省道(北辛路)、S241 省道和若干条村庄道路, 均在京台高速修建前完工, 只需高速路在施工时采用常规桥梁或箱涵跨越被交道路即可。

3 跨越方案

凤凰隧道为在京台高速竣工后才实施的相交道路, 因此不同于以往常规的高速上跨被交道路的方案, 需要进行穿越专项方案的制定。

一般道路穿越高速时, 经常会采用上跨和下穿两种大方案进行对比。但由于凤凰隧道穿越京台高速后 200 m 左右紧接着穿越墨子湖, 穿越墨子湖的方案已经在前期进行过比选, 确定了隧道穿越的方案。因此凤凰隧道穿越京台高速只能采用下穿方案。

由于京台高速属于运营中的高速, 整幅断交明挖施工是不现实的, 因此考虑了高速半幅断交明挖施工、整幅顶进、分幅顶进三种方案。

收稿日期: 2020-04-17

作者简介: 宿霄男(1989—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事桥梁、隧道、道路及交通方面的设计与研究工作。

3.1 半幅断交明挖施工

该方案顾名思义就是对运营中的高速公路进行半幅封闭,通过管理措施将车辆疏导至剩余半幅路通行以降低施工费用。由于京台高速双向4车道,封闭半幅后仅剩双向2车道,通行效率降低50%,对高速运营造成较大的影响,而且4车道变2车道必然会导致车辆的交织汇流,车速会骤然降低,存在较大的运营安全风险,对于京台高速这种车流量较大的高速并不合适。

3.2 顶进施工

顶进施工^[1]是一种广泛应用于穿越现有铁路、机场、市政道路和公路的常见施工方法,是在不影响上部正常运营的情况下,从下部的一侧通过专用的方式顶推前进穿越到另一侧。该方法造价较高,需要专门的支护措施和严格的施工监控措施,但该方法较为成熟,且可保证京台高速的正常运营,尽最大可能降低凤凰隧道施工对高速路的影响,因此最终选定了此种方案。

3.3 分幅顶进

项目中为了减小箱体顶推力,降低施工风险,进一步保障高速运营安全,将原有单箱双室隧道断面优化为两个单箱单室断面进行分别顶进。由于管幕钢管的横向锁口间的抗弯刚度相对较弱,横向中间部分管幕与横向边缘部分的管幕相比,受到的约束较弱,所以顶进过程中的变形也会加大,因此采用分幅顶进的方式还可以降低管棚的竖向变形^[2]。优化后的隧道断面和土层分布如图3所示。

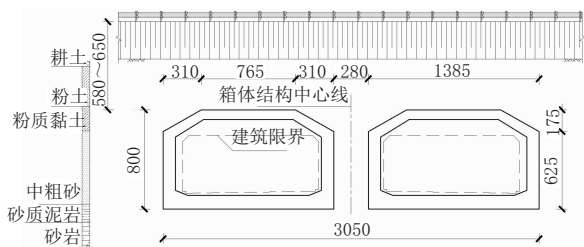


图3 下穿高速顶进段隧道断面图(单位:cm)

4 顶进支撑方案:小管幕、大管幕

顶进施工中为了降低对土体的扰动,通常需要采用超前支护的方式。现阶段国内比较常用的超前支护一般有管棚工法、旋喷法和管幕法等^[3]。

4.1 管棚工法

所谓管棚工法,是指在隧道开挖之前,沿着隧道的开挖断面进行平行钻孔作业,并插入钢管,然后从钢管的内部进行灌浆,以此同外围土体形成一体化管棚系统,提高围岩的抗剪切能力。该方法能够分散管棚上部的负载,使管棚与土体共同

受力,提高外围土体的安全性。

4.2 旋喷法

在旋喷法中,通常采用水平高压旋喷桩使开挖断面周围的土体形成水平加固帷幕,有效增强土体的抗剪指标,减少流沙和滑移的发生,对隧道的安全能够起到较好的保护。但这种技术单桩的长度基本不超过40m,因此对于比较长的顶进施工,需要循环往复分段进行支护,施工工期和成本均较高。

4.3 管幕法

相比管棚工法,管幕法就是将大尺寸的钢管水平插入开挖断面周围,钢管之间通过专门的锁扣进行连接,并在钢管内注入防水材料形成水密性的地下框架,在此框架内顶入箱体。该方法适用的覆土可以比较浅,适用的土质情况较丰富(如砾石土、砂土、粉土、黏土等),对大开挖断面的适用性也较强,且可以有效控制沉降,但缺点是对顶管机具的精度要求较高且埋入的钢管不能回收,且在后期运营中也不起作用,造成了资源浪费,成本较高^[1]。

综合考虑以上三种方法,结合本工程大断面、土层复杂、地面变形要求较高等特点,综合选用管幕法进行顶进施工的超前支护。

5 管幕设计概况

本工程管幕采用直径970mm的Q235螺旋焊接钢管,管壁厚16mm,沿箱体外轮廓线(开挖断面)布设,共设置82根。钢管两侧的锁扣采用热轧轻型10号和14号槽钢双角钢锁扣,如图4所示。

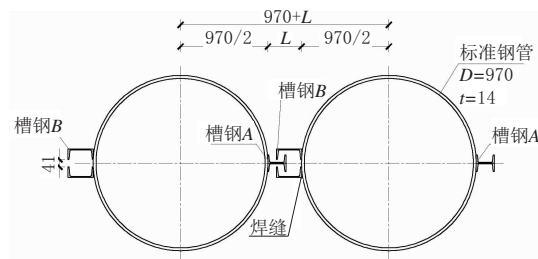


图4 管幕和锁扣断面大样(单位:mm)

钢管可以采用泥水平衡顶管掘进机单侧顶进。受锁口的约束,管幕顶进可以控制在5cm之内。因此为了保证钢管不侵入箱体限界,侧墙和顶板钢管与箱体之间设30cm间隙。

隧道进出口设置管幕的支撑门架。底门架采用双排 $\phi 80$ 钻孔灌注桩支护,顶门架梁采用三根 $\phi 100$ 钻孔灌注桩支护,桩顶设置120cm $\times$ 300cm门架梁,管幕两端均嵌固于门架梁中,如图5所示。

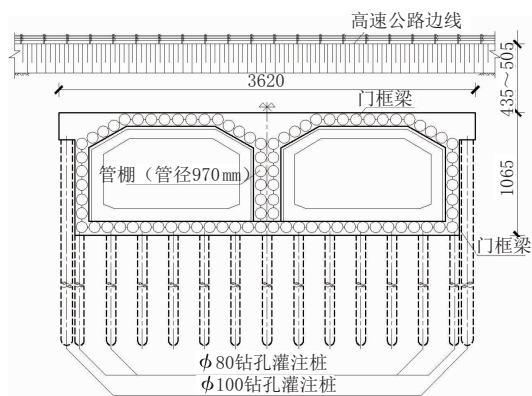


图5 管幕及门架断面图(单位:cm)

6 管幕挠度计算

本工程管幕计算的两个基本假定^[2]如下:

(1)假定开挖面土体的加固不至过强,箱体前方一定范围的土体会沿破裂面向箱体内滑动;假设土体的破裂面为平面且经过箱体底板上边^[2],同时破坏土体满足摩尔库伦强度准则。

(2)假定管幕下方未发生滑动破裂的土体满足文克尔地基模型。

本工程箱体顶进过程中,其前端土体和管幕的分析示意图如图6所示。

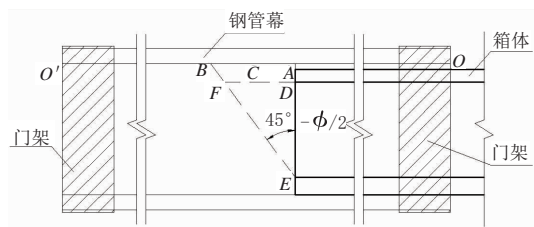


图6 箱体前方土体及管幕分析示意图

图6中 EFB 为前端土体的破裂滑动面,其与箱体前端面的夹角为 $45^\circ - \varphi/2$,因此 DEF 为破坏土体。当破坏土体沿破裂面产生向下滑移时,连同上部 $ABFD$ 范围内的土体共同对钢管幕形成了卸载作用,钢管幕就形成了 O, O' 两端固定于门架, $OA, O'B$ 支撑于弹性地基梁,而 AB 段无支撑的地基梁受力模型,如图7所示。

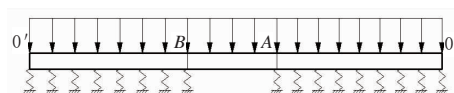


图7 钢管简化计算模型示意图

根据上面的计算模型,采用手算或电算的方式均可进行求解。本工程采用有限元方式求解出的管幕最大变形为15.2 mm,满足施工期间顶部变形的要求。

7 结论

本文详细介绍了滕州市凤凰隧道下穿京台高速段的主要设计方案,包括穿越方案、施工方案、支护方案和管幕变形计算等方面,可为类似的新建路穿越不方便断交的运营中道路的设计提供一定程度的参考。

参考文献:

- [1] 张志新,刘元泉,张满华.公路箱涵顶进施工新技术综述[J].公路,2010(5):50-53.
- [2] 肖世国,夏才出,李向阳,等.管幕内顶进箱涵顶部管幕挠度分析[J].土木工程学报,2005,38(12):109-114.
- [3] 张奇,李祥斌.高速铁路隧道超浅埋下穿高速公路设计探[J].江西建材,2016(10):183-184.

(上接第195页)

够,势必会影响工程的进度,甚至发生人员和经济的损失。

BIM技术作为新时代土木工程领域发展方向,建立基于REVIT软件的桥梁模型,不仅可以减少设计、概算和预算人员的重复工作,提升效率,而且可以使桥梁脱离单调的二维图纸,变得更加形象真实。此外,施工单位利用模型进行施工模拟,

深入了解工艺工法,既可以提升施工质量,又可以减少危险的发生。

参考文献:

- [1] 段雪炜,徐伟.重庆朝天门长江大桥主桥设计与技术特点[J].桥梁建设,2010(2):41-44.
- [2] 潘熙雄,尹平,龚海涛.长沙捞刀河景观桥工程钢箱拱制作技术[J].工业建筑,2016(增刊I):717-721.