

采用浅埋暗挖法修建市政工程的几点体会和建议

张亚军¹ 张项铎²

(1 中铁隧道集团二处 河北三河 101600 2 中铁隧道勘测设计院 洛阳 471009)

摘 要:本文介绍了洛阳东干渠排水隧道工程概况;详述了浅埋暗挖法施工中的开挖防坍、地表沉降、防水排水、喷射混凝土作为永久支护及监控量测等关键问题的解决方法和注意事项。

关键词:浅埋隧道 支护结构 开挖防坍 地表沉降 监控量测

洛阳市东干渠排水工程为梯形断面,下底宽12m,上宽13m,高3m。该干渠需下穿洛界高速公路路基,若以桥梁或明挖隧道和盖挖隧道通过,均需中断高速公路的交通和干扰周围环境,因此,经技术经济比较,穿越高速公路路基采用暗挖隧道通过。但是,在浅埋暗挖法施工中,如何因地制宜地、合理地选择隧道支护结构形式及施工方法;如何处理好地面沉降、结构防排水、开挖防坍、喷射混凝土作业以及监控量测等是需要解决的关键问题。据此,本文就以上问题谈几点体会与建议。

1 工程概况

1.1 暗挖隧道平、纵断面

洛阳市东干渠排水工程下穿洛界高速公路隧道工程长50m,隧道轴线与高速公路斜交角113度;隧道范围内渠面从西向东(从隧道进口向出口),设1.8‰下坡;隧道顶部覆盖厚1.0~2.8m,属超浅埋隧道。

1.2 浅埋隧道横断面

隧道横断面采用三心圆拱直边墙结构,底部设仰拱。断面净宽11米,最大净高6米,支护结构采用复合式衬砌。

1.3 隧道洞门

洞门按斜交正做设计,满足最小进洞条件而定出进出口明暗交界里程。隧道洞门端墙、翼墙按挡土墙考虑,采取沿竖向取窄条方法计算,作用于洞门墙的水平土压力按库仑理论计算,荷载考虑汽车活荷载的影响,并结合工程类比确定洞

门端墙和翼墙的厚度。端墙外露部分用石灰岩块石镶面。

1.4 支护结构

1.4.1 支护形式

本隧道为超浅埋大跨结构,采用浅埋暗挖法设计施工,支护结构采取复合式衬砌;初期支护为超前管棚、格栅钢架网喷混凝土,二次衬砌为模筑钢筋混凝土。

1.4.2 支护参数

隧道支护参数采用工程类比和结构计算相结合的方法确定。首先按照相关工程的实践经验,以工程类比的拟定支护参数,然后进行结构分析与计算,最后根据计算结果调整和确定支护参数。结构计算荷载考虑了垂直土压力、水平土压力、汽车活载(汽超-20)、衬砌自重、温度应力、注浆压力、弹性抗力等,对上述荷载分施工期间和运行期间进行分析与计算。

1.5 防排水

隧道结构为混凝土自防水,模注混凝土抗渗标号为S6;隧道不设变形缝,施工缝设两道膨胀橡胶止水条,做防水处理。

1.6 施工方法

隧道属浅埋暗挖结构,采用CRD工法开挖施工,人工分步开挖,分步支护。施工中应严格按照“管超前、严注浆、短开挖、强支护、勤量测、早封闭”的施工原则进行,以确保高速公路正常运营和施工安全。

1.7 监控测量

现场监控量测是采取浅埋暗挖法设计与施工必不可少的手段,应贯穿于整个施工全过程,及时掌握施工过程中地表沉降和隧道拱顶下沉量,分析二者之间的相互关系,了解支护结构的稳定性和安全度,并根据测量结果,对高速公路采取必要的保护措施,以策安全。

2 工程地质和水文地质条件

2.1 工程地质

隧道洞身从洛界公路路基中穿过,工程场地内分布的地层为第四系全新统,自上而下依次由人工填筑土、冲洪积形成的粉质粘土、砂和卵石组成。

2.1.1 填筑土

该层层厚4.56~4.62米,由卵石土、灰砂等混合土组成。土石等级为III级硬土。

2.1.2 粉质粘土

该层层厚2.36~2.50米,为中压缩土。土石等级为II级普通土。

2.1.3 卵石灰砂岩

该层层厚1.36~2.43米,卵石含量约为55%,充填物主要为砂粘土;砂层为中砂、潮湿、松散。土石等级为I级松土。

2.1.4 卵石

该层为最底层,层厚>11.52米。卵石粒间充填中细砂,局部存在砂透镜体。土石等级为III级硬土。

2.2 水文地质

测区地表水发育,地下水丰富,为孔隙潜水,主要含水地层为卵石夹砂层和卵石层。地下水受水渠和附近河流以及大气降水补给,水位随季节、大气降水及河水水位升降变化显著,水位埋深约10米,水位变化幅度约2米。

3 浅埋暗挖法施工的几点体会和建议

同明挖法相比,浅埋暗挖法具有以下几点优点:

(1) 不受施工气候、场地影响,不干扰交通及不影响城市周边环境;

(2) 不会造成房屋拆迁、管线、道路等的

改移,对于本工程而言,不影响隧道上方高速公路的正常运行;

(3) 减少扰民,社会效益显著。

由于浅埋暗挖法是在实践基础上总结形成的工法,也必定会在实践中不断完善和提高。因此,在设计和施工中应注意以下几个问题:

3.1 开挖防坍

对于上面有动荷载的超浅埋隧道来讲,掌子面开挖防止坍方至关重要,通过工程实例的总结,对于防坍,可采用以下几种方法:

(1) 缩小开挖断面。如全断面开挖预留核心土、台阶法开挖、台阶法开挖留核心土、小导洞超前等开挖方法。

(2) 超前支护。如安超提导管、锚杆、钢插板管棚,超前导管注浆、掌子面帷幕注浆,开挖后顶喷混凝土等方法。

(3) 水的治理。如采用降水、排水以及城市施工中首先排除地表水的方法。

(4) 取得地质超前预报和监控量测资料,以便及时修改设计,指导施工。

防坍的处理原则是在保证土体自稳情况下优先选用简便易行、快速施工的方法。

3.2 过大型重载货车的路面沉降

在地层中掘进,造成地面下沉是必然的,绝对不下沉是不可能的,关键是如何控制地表下沉在安全限度内。

按一般经验,隧道拱顶下沉应大于或等于地表下沉,但在洛阳东干渠隧道工程的施工监测中发现,这种经验并非绝对的,地表下沉有时要大于拱顶下沉,如该工程的量测资料显示,地表下沉极限值为12mm,而拱顶下沉极限值为10mm。分析原因有以下几点:

(1) 地面为高速公路,有川流不息的重吨位货车通过;

(2) 隧道顶部覆盖层厚度太薄,最不利处不足1m;

(3) 不合理的开挖方法造成土体的不均匀扰动,破坏土体的整体性,使土体不均匀下沉等。

由此可见,市政工程中隧道穿行于公(道)路或建筑物下的地表下沉显得错综复杂,而且这种现象随地面埋深变化而变化,埋深越浅,表现愈明显。

一般来讲,控制地表下沉的方法有以下几种:

- (1) 缩短开挖进尺,快速封闭;
- (2) 提高支护强度;
- (3) 控制隧道结构的整体下沉;
- (4) 超前预注浆;
- (5) 地表预注浆;
- (6) 公(道)路路面及建筑物基础加固。

对于浅埋隧道,持力层多为软弱土体,有效控制下沉的方法应该是保证围岩稳定下全断面开挖支护,缩短开挖进尺,快速封闭,但是短尺开挖由于扰动次数增多使掌子面前方的纵向效应增强,延长围岩稳定时间。因此,如何按照具体情况合理地选用施工进尺和施工方法至关重要。

施工进尺和施工方法的确定应按信息反馈,根据监测数据控制地表下沉极值小于地面建筑沉降限值,然后确定施工进尺和施工方法。

对于隧道结构整体下沉,可采取如下处理方法:

- (1) 增加仰拱的喷射混凝土厚度,加大支撑面积;
- (2) 边墙与仰拱的回填注浆加固;
- (3) 改变断面型式,如将平仰拱改为曲仰拱,或做大边墙脚,改善结构的内力分布。

对于本工程属于超浅埋暗挖隧道,且上方高速公路有超重荷载,在施工中采用大管棚配合小导管的钢拱架强支护,短进尺开挖,快速封闭及超前预注浆的方法控制拱顶下沉小于20mm,同时,为了安全起见,还在局部不利地段进行路面预注浆,以加固地层,改善围岩状态,效果良好。

3.3 防排水

浅埋隧道特别是土质的浅埋隧道,水对施工的危害相当大,水的作用有以下两种方式:

(1) 地面水:主要是大气降水引起的地表积水。雨天,地面排水不畅,积水顺回填土中的通道渗漏,沿原状土的毛细孔道渗入土体内,软化土体,降低承载能力,使掌子面开挖扰动土体产生剥落,沉降量增大。喷射砼后,由于砼喷射不密实,地表水仍有从拱顶渗漏的现象。

(2) 地下水:表现为上层滞水、潜水、承压水三种形式。地下水位过高,开挖后掌子面遭浸泡,自然剥落,甚至造成塌方,支护后因喷射砼不密实,地下水浸入砼体中,使砼配筋锈蚀,长期作用,降低钢混强度,仰拱基面有水,喷射砼后质量较差,基底不稳,整体下沉得不到有效控制,支护成型后,拱顶潮湿、滴水,影响隧道使用。

对水的处理大致有以下几种方法:

- (1) 消除地面积水,健全排水设施,修补下水通道;
- (2) 地面注浆截堵地表水;
- (3) 采用合理的降水方法降低地下水作用环境;
- (4) 超前注浆加固地层,改变地下水作用环境;
- (5) 喷射砼掺加防水材料;
- (6) 利用防水材料抹面或复合衬砌加柔性防水材料;
- (7) 结构的外防水;
- (8) 施工缝、沉降缝的防水。

3.4 喷射砼作为永久支护的可能性

从地下工程发展来看,喷射砼作为永久支护是发展方向,据新奥法理论,初期(锚喷)支护是结构受力的主要承担者,二次衬砌仅作强度储备。从本工程的量测资料和使用情况以及相关工程的实践来看,如果解决以下问题,喷射砼作为永久支护在强度上是有保证的。

3.4.1 喷射砼密实度及施工裂缝

为了增强喷砼密度,可以从以下几方面改进:

- (1) 喷射手岗位培训,严格执行操作规程;
- (2) 待初支稳定后安设物件,背后注浆以

及回填注浆前补打;

(3) 背后回填注浆距掌子面2~3M为宜。

对于喷射砼裂缝问题,在本工程中表现比较突出,裂缝一般发生在前一循环架立的拱架与后一循环喷射砼的接缝处,裂缝沿拱圈环向分布。经分析该现象大致有以下几个原因:

1) 该部位是施工中的死角,因排管影响成为不易清理干净三角地带,加之喷射空间回旋余地小,使得该部位支护厚度不足,易发生应力集中;

2) 钢拱架外包砼与两榀拱架间砼刚度不同,若二者沉降不均,则易形成受拉开裂;

3) 由于防水材料掺加不当,改变砼的各项异性;

4) 渗漏水的侵蚀;

5) 未加养护或养护不当;

6) 单位水泥用量过大。

初期支护砼作为永久支护,应当考虑施工缝(沉降缝)的问题。但由于网构钢架喷混凝土结构采用循环施工,整体性大打折扣,使得沉降缝的设置成为难题。若设在两榀架中间的混凝土上,沉降缝要断开,素混凝土的强度难以保障;若设在两榀并立拱中间,由于节点板的存在使得沉降缝过宽,止水条等不能阻止水内渗,为此沉降缝施工时两榀拱架节点板应特殊处理,且沉降缝一侧喷混凝土平齐,缝宽不宜大于30mm。

3.4.2 防水问题

喷射混凝土的结构防水可参考以下建议:

(1) 混凝土喷射密实,无空洞,以防出现厚度不够等薄弱环节,坚持背后回填注浆;

(2) 不提倡使用内掺VEA的防水混凝土实施喷射。

3.4.3 适用范围及要求

(1) 浅埋(埋深小于10米)市政工程,如排水通道、电力管道、煤气管道、通讯管道、人防工程等多种小型地下空间利用工程以及大型厂矿企业的进、出料通道,高层建筑的地下结构,自来水输送管道等;

(2) 地质情况要求有一定自承力的各类

围岩;

(3) 断面型式不限,结构厚度不宜超过350mm。

3.5 监控量测

3.5.1 拱顶下沉值

目前施工现场量测拱顶下沉值采用的方法为:首先焊一直量测端子于拱架上,封闭后用精密水准仪测得初值,然后根据量测频率实施量测,后值与前值之差为拱顶下沉。这种量测方法的假设前提为:

(1) 不考虑开挖后围岩变动情况及对拱架的作用机理,假设拱顶下沉值等于拱架下沉值;

(2) 不考虑开挖扰动的纵向效应。假设测点建立后测得的数值等于拱顶下沉值。

对于浅埋隧道,上述两个假设显然都比较牵强,按第二种假设即使采用回归分析的方法修正下沉值,由于回归公式是以散点图像推算的,该值也是不真实的。

浅埋隧道的拱顶下沉值量测,应采用地面钻孔的方法,使用挠度计或其他仪表测定地面基点与拱顶内壁的位移值,地面钻孔应超前于掌子面1~1.5倍洞径。

3.5.2 建筑物沉降监测

建筑物沉降观测应建立以下测点:倾斜测点和地表测点观测相结合,绘出建筑物沉降曲线,回归分析预估沉降极值。沉降极值根据建筑物的建设资料,如地基基础建设、构造与结构特征等确定下沉及倾斜极值,调整施工方案,控制地表下沉。

3.5.3 验证结构强度

做主应力断面,量测结构(如拱架应力、洞室周边土压力等)的受力情况,量测结果对一次支护的稳定性作充分评价,测点布置选择受力集中部位,按量测结果计算绘制弯距图,检算钢筋混凝土结构的强度是否安全,并根据安全系数重新确定结构型式,尽量降低成本。

参考文献

中铁隧道勘测设计院. 洛阳市东干渠排水隧道工程设计说明书. 2005年10月