

公路浅埋土质隧道塌方后的技术处理措施

徐学深 王俊强

(宁波市交通设计研究院, 宁波 315192)

摘 要 东皋岭隧道地质条件差, 傍山浅埋, 覆盖层薄, 围岩变化复杂, 在开挖施工过程中发生大规模塌方, 塌方量达 11 000 m³。通过对该隧道塌体的边坡临时防护、清碴、开挖、支护等一系列技术处理, 确保了安全、可靠、不留后患、经济和快速施工的预期目标。该经验对今后类似隧道的塌方处理有借鉴作用。

关键词 浅埋隧道 公路隧道 塌方 技术处理

1 工程概况

东皋岭隧道位于浙江省, 为一级公路隧道, 隧道长度 1 110 m, 净宽 12 m, 开挖跨度 14.8 m。由于该隧道连通市区, 兼有城市隧道的功能, 自来水供水管和其它通信管线从隧道管沟内通过。根据地质详勘报告, 出口段有 180 m 属于土质地层, 其物理力学性质变化大, 埋深高度由 6 m 逐渐变化到 16 m, 覆盖厚度与跨度比为 0.41 ~ 1.1, 属于典型浅埋大跨度隧道。

隧道位于一古沟谷中, 地层主要以含粘性土碎石、块石为主, 结构松散, 局部地段夹厚层状软土, 为灰黑色软流塑含砾砂亚粘土。岩层的完整性、稳定性极差, 为 I 类围岩。隧道边墙下部及仰拱位置主要为熔结凝灰岩, 由强风化层逐渐变化为弱风化层。基岩浅部节理发育, 节理面充水, 第四系空隙水下渗

至基岩接触面形成富水带, 雨季时水量较大(图 1)。

2 塌方现状

塌方发生在 K3 + 860 ~ K3 + 889 段, 塌方体长 29 m, 横向宽度 35 m, 形成漏斗状大坑。隧道塌方前, 剩余 39 m 尚未开挖施工, 东湾口上台阶 K3 + 871.8 ~ K3 + 861.6 段已完成开挖和初期支护。塌方后上台阶 K3 + 871.8 ~ K3 + 861.6 段初期支护全部破坏, K3 + 889 ~ K3 + 871.8 段拱腰和拱顶位置的初期支护部分或全部被破坏, 仰拱未破坏(图 2)。

3 塌方技术处理措施

3.1 总体处理原则

为顺利通过尚未开挖的软弱地层和塌方体, 确保安全、可靠、不留后患、经济和快速施工, 采取了下

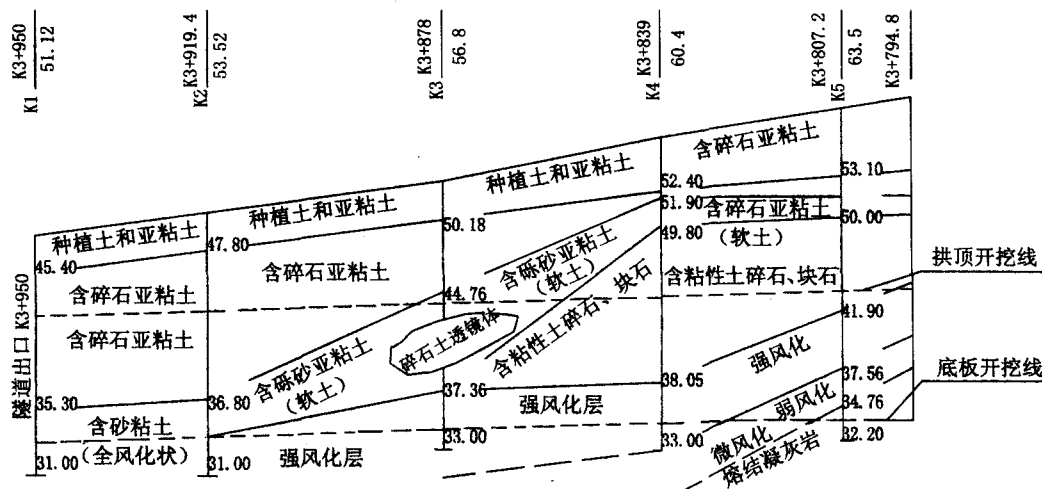


图 1 塌方段地质纵断平面图

Fig. 1 Geological profile of collapsing section

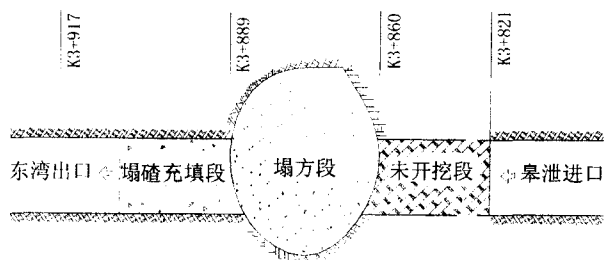


图2 塌方现状平面图

Fig. 2 Plan of collapsing situation

述处理措施。

3.1.1 塌方体边坡的临时防护处理

主要对塌方体边坡进行刷坡、喷浆、挂网处理,将塌方体周围的地表径流水用截水沟引入到隧道前进方向右侧的水沟中。

3.1.2 塌方体的清碴

由于隧道埋深浅,塌方规模大,如果全部清除松散土体,边坡临空面过高可能引发新的边坡滑塌,所以清碴到 K3+871.8,也即上断面初期支护部分破坏而仰拱未破坏的桩号为止。

3.1.3 注浆加固塌方体地层

塌方体 K3+860~K3+871.8 段,拱顶上方松散土体高 6~7 m,考虑边坡稳定、弃碴场地、经济和快速通过塌方区等综合因素,采用小导管注浆加固塌方体地层,整治后进行开挖。

3.1.4 隧道掘进和初期支护

隧道掘进和初期支护分两个工作面同时进行。

皋泄口有 39 m 尚未开挖,继续向前掘进,其开挖和初期支护需严格按设计和规范进行施工。

东湾口随着清碴工作的逐步推进,初期支护紧跟工作面。清碴到 K3+871.8 处,打设小导管、注

浆,然后进行开挖和初期支护施工。

3.1.5 防水层和二次衬砌

当回填土达到 3 m 时,经量测初期支护变形已稳定后,铺设防水层,施作二次模筑钢筋混凝土衬砌。

3.1.6 塌方段的回填和地表恢复

当模筑混凝土达到一定强度后,分层回填,做好相应的防水隔离层,直至恢复地表。处理过程如图 3 所示。

3.2 技术处理措施

塌方处理可按塌方体边坡临时防护、东湾口清碴、开挖、支护和皋泄口的开挖、支护三者作业同时进行。

3.2.1 边坡临时防护

为保证塌方体的边坡稳定,避免受雨水冲刷后出现新的滑塌,需对边坡进行临时防护。

(1) 刷坡. 根据土的自稳能力,对塌方体周围按 1:0.5 坡率进行刷坡,刷坡应从地表无裂缝处开始。当坡率大于 1:0.5 时,顶部坡率可放缓,下部仍按 1:0.5,刷坡线尽量形成光滑曲面。

(2) 挂钢筋网. 刷坡后对边坡进行挂网处理,挂网方法:第一步,沿地表刷坡线往下 2 m 为一进尺,每隔 2 m 纵向环距、3 m 水平向间距,向边坡打设锚定钢筋,锚定钢筋采用 $\phi 22$ II 级钢,长度 90 cm,其中 80 cm 打入土体,10 cm 出露。第二步,沿边坡环向设置 $\phi 16$ 的固定钢筋,环距 2 m,固定钢筋作为钢筋网的固定骨架,固定钢筋与锚定钢筋焊接。第三步,每一进尺的环向固定钢筋施作完毕后,挂钢筋网,钢筋网采用 $\phi 6$ 钢筋,间距 30 cm \times 30 cm,钢筋网与环向固定钢筋间隔绑扎。

(3) 喷混凝土. 挂完网后喷射混凝土,采用 C15

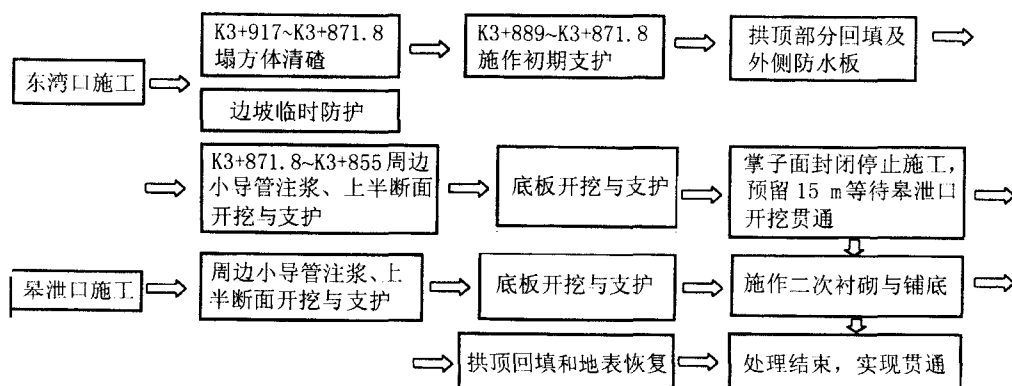


图3 塌方处理流程图

Fig. 3 Flow chart of collapsing treatment

混凝土,厚度6 cm,锚定钢筋的出露部分作为喷混凝土厚度的检查依据。

(4) 截水沟. 地表刷坡线外2 m设置一道35 cm×35 cm的截水沟,将地表径流水引入到右侧水沟中。截水沟表面适当进行喷混凝土处理,以利于排水,截水沟需尽快施作。

3.2.2 东湾口施工技术方案

(1) 洞口出碴. 隧道出碴先进行到拱部初期支护钢架没有变形位置,里程桩号为K3+917~K3+889,松散土体预计4 500 m³,按24小时轮换作业,每天出碴量约800 m³,考虑机械故障等一些不利因素,估计在6天时间内清碴至K3+888。

(2) 初期支护变形格栅钢架的处理. 变形钢架分两种情况:第一种情况为K3+889~K3+883.2段,共有9榀钢架从拱脚到拱顶呈斜面破坏,仰拱钢架未发生变化。第二种情况为K3+883.2~K3+871.8段共有19榀钢架从拱脚到拱顶全部破坏,仰拱钢架未发生变化。当出碴至钢架变形处(K3+889),通过现场量测资料与塌方前的量测资料对比和现场查看,检查初期支护钢架的变形情况,对未发生变形的钢架以尽量不换为原则。

第一种情况的变形钢架替换,钢架主筋由原设计的 $\phi 22$ 变为 $\phi 25$,钢架替换以3榀为一循环作业,分三次完成。当出碴至有架立钢架工作面后,截割已变形的钢架钢筋,量测出需替换钢架的尺寸,分段制作、架立钢架。钢架主筋的有效焊接长度为30 cm,钢架截换后对新老钢架连接处用原设计的“蝴蝶结”填补空档。按原设计每隔2 m设置一道纵向拉筋,为加强两榀钢架之间的联结,每隔2 m增设一道45°的斜拉筋。

第二种情况的变形钢架替换与第一种情况要求相同,但替换应从拱脚位置仰拱钢板连接处开始。

(3) 替换后钢架的喷混凝土. 每一循环的钢架架立后,应马上喷混凝土。喷混凝土前应先加工好外侧木模,木模按开挖轮廓线弧度加工,内侧设置小的木垫块,以保证外侧主筋的混凝土保护层厚度。

(4) 周边小导管安设及注浆. 塌方处K3+871.8~K3+855段采用小导管注浆加固塌方体地层,整治后进行暗挖施工。小导管采用 $\phi 40$ mm焊缝钢管,长5.5 m,开孔长4.9 m,开孔间距30 cm,孔径为 $\phi 10$ mm,尾部0.6 m不开孔。环向间距60~75 cm,纵向排距1.0 m(每2榀钢架),外插角40°。由于小导管钻孔后孔易坍塌,所以在小导管的前端焊接了一个简易一次性钻头,从而将钻孔和顶管同时完成,

缩短了导管安装时间。小导管注浆采用分段后退式注浆,分别注入C-S浆液和水泥单液浆,先注入段长度0.6 m,注入C-S双浆液,加固范围为加固圈最外层1 m范围。其目的是造设止浆壳体,限制后注单浆液的流失。在注入C-S浆液时,将芯管、顶管、止浆塞配套后,装入焊缝钢管到指定位置(图4),采用管钳顺时针旋转顶杆螺母,经过力的传递,使止浆塞膨胀与焊缝钢管内壁密贴,防止浆液流入后注入段;后注入段注入单液水泥浆,使固结体具有较高的强度和较好的耐久性。小导管补强注浆能进一步提高塌方体固结体强度,同时又起到超前支护及注浆锚管的双层加固作用。小导管的布设见图5。

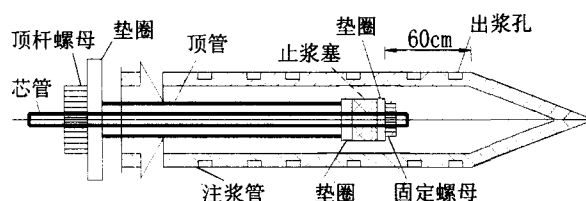


图4 周边小导管注浆止浆塞示意

Fig. 4 Scheme of stopper for grouting conduit

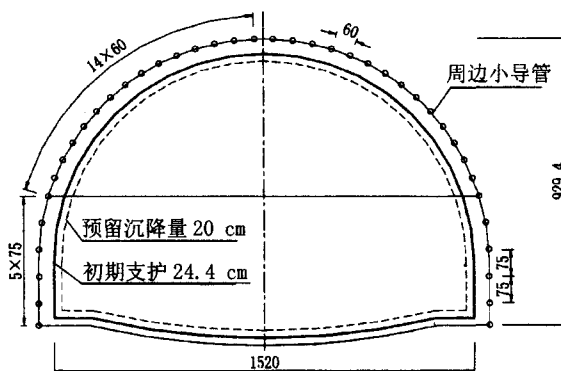


图5 周边小导管注浆孔布置示意(单位:cm)

Fig. 5 Arrangement of peripheral grouting conduits(unit: cm)

双液注浆参数:水泥浆W:C=0.8~1.5:1,水玻璃35Be', C:S=1:1~1:0.3,注浆终压1.5~2 MPa,注浆速度30~60 l/min,凝结时间1~3 min,缓凝剂加入量1%~3%,扩散半径0.8 m。

单液水泥浆参数:W:C=0.8:1~1.5:1,注浆终压1.5 MPa,注浆速度30~60 l/min,凝结时间10~15 h,速凝剂加入量3%~6%,扩散半径0.8 m。

(5) 开挖与初期支护. 开挖与小导管注浆交叉进行。在实际施工中,由于发现注浆后坍塌胶结情况良好,上半断面采用了全断面人工开挖,每循环开挖进尺1 m,支护2榀钢架并挂网喷混凝土,然后进

入下一循环。

(6) 塌方区(K3+889~K3+871.8段)的回填和外侧防水层。随着初期支护的推进,塌方区初期支护的回填应紧跟作业。回填分两部分:第一部分为拱背外侧回填,回填前应先清除松土,采用浆砌片石回填至拱脚与拱顶高度的2/3处;第二部分为拱顶回填,采用粘土分层夯实,回填高度为拱顶3m。

回填前,在喷混凝土外侧设置LDPE复合型防水卷材,以加强防水效果。

3.2.3 皋泄口施工技术方案

皋泄口还有39m尚未开挖施工,应严格按浅埋暗挖法18字方针,即“管超前、严注浆、短进尺、强支护、紧封闭、勤量测”进行施工。

(1) 开挖与支护。根据粘性土夹碎石、块石的土层性质,采用人工风镐开挖方法。施工方法采用正台阶法,环向开挖留核心土,核心土长度大于4m,上台阶高度控制在2.5~3m之间,以利于工作面的稳定和开展。超前支护采用 $\phi 40$ mm的超前注浆小导管,单根长度4.5m,环距为50cm,外插角 25° ,每隔一榀钢架(50cm一榀)打一排小导管,设计注浆量为 6.4 m^3 ,注浆材料和要求与东湾口相同。初期支护为24.4cm的喷混凝土,由外侧向内侧依次为:4cm的钢纤维喷混凝土→钢筋网→16cm的格栅式钢架→3cm的喷混凝土。系统锚杆为 $\phi 22$ mm的药包锚杆。初期支护仰拱封闭。由于下半断面围岩为强、弱风化凝灰岩,开挖进尺1m,分三次进行爆破,在边墙线和底板线位置应加密炮眼,眼距严格控制在45cm以内。适当时应增设空炮眼,增强爆破效果,减少对围岩和已施作初期支护的扰动。

(2) 东湾口掌子面封闭,由皋泄口实现贯通。由于在塌方区整治措施上采取尽快通过的原则,所以施工上增加了技术人员和施工人员,增添了施工设备,以满足作业需要。根据工期安排,快速通过塌方区约需35天,为避免皋泄口施工爆破对塌方区的影响,皋泄口在施工到K3+845、离塌方区K3+860还有15m时,掌子面喷混凝土封闭停止施工。等东湾口施工到K3+855时,掌子面喷混凝土封闭停止施工,由皋泄口掘进实现最后10m(K3+845~K3+855)的贯通。

3.2.4 防水层与二次衬砌的施作

通过现场量测,初期支护变形基本稳定后,应及时组织人员、设备、材料铺设防水层和施作二次衬

砌。根据设计文件,防水层由无纺布和LDPE防水卷材组成,两者分离。二次衬砌为50cm厚C30的模筑钢筋混凝土,仰拱封闭。

3.2.5 塌方段的回填和地表恢复

根据专家的建议,当塌方区段的二次衬砌混凝土施工完毕后,在拱顶原3m回填土的基础上,铺设 $\phi 8$ 钢筋网,打设 $\phi 25$ 垂直锚杆,间距 $2\text{m} \times 2\text{m}$,长度2.5m,并将锚杆和钢筋网焊接,形成土体承载拱,以减轻土体对隧道结构的压力。回填应分层夯实,每向上回填高度为3m厚土层时,都按照以上方法施作。当回填至离原地表高度2m时,表层1m用种植土回填恢复地表,其下一层采用1m厚的粘土回填夯实,作为防水隔离层。恢复地表面层时,与原地貌形成一定的自然坡度,以利于地表水的及时排出。

4 结束语

(1) 在对波及地表的土质浅埋隧道塌方处理中,应针对具体情况采用综合处理的原则。因考虑到水、边坡稳定、加固措施、开挖与支护、拱顶回填等因素及其相互关系,采用全面系统的整治方案。

(2) 在南方多雨地区,隧道塌方施工中处理水是一项重要环节,应通过“截、排、引”等多种手段将地表水和围岩水引排至施工区以外,为掌子面和塌方边坡的稳定创造有利条件。

(3) 考虑时空效应,应及时组织人员,配备足够的设备和材料,快速通过塌方地段。

(4) 在隧道施工中利用注浆加固松散塌方体,为开挖和支护的施工创造安全作业环境,是治理隧道塌方的一种安全有效的手段。

(5) 在回填土体内设置垂直锚杆,以形成土体承载拱,从而减轻土体对隧道结构的压力,在高回填处理中是一种可借鉴的方法。

参考文献

- [1] 王梦恕,关宝树.对东皋岭隧道东湾口29m塌方段的调查分析. 2001-11
- [2] 曹植楹.管棚及注浆加固在隧道塌方治理中的应用.中铁隧道工程局科学研究所第一届学术交流会论文集.2000-11

(收稿日期:2002年1月22日)

〈作者简介〉

徐学深 男 工程师

米家沟隧道渗漏水治理

陈大军

(中铁隧道集团二处, 河北三河县燕郊 101600)

摘 要 米家沟隧道是位于新建铁路神木至延安北段上的一座单线隧道。该隧道由于围岩破碎、节理发育、水平基岩层裂隙水渗透性强, 以及设计与施工等方面的原因, 主体工程完工后, 隧道出现渗漏水现象。文章在分析了渗漏水原因的基础上, 详细地阐述了治理渗漏水所采用的材料及其施工方法, 隧道达到了不漏、不滴、不渗的治理效果。该隧道的渗漏水治理措施可供其他隧道借鉴。

关键词 铁路隧道 隧道漏水 治理

1 工程概况

米家沟隧道位于陕西省绥德县田庄镇米家沟村对面的淮宁河右岸, 为新建铁路神木至延安北段上的一座铁路单线隧道。隧道全长 699 m, 平面位于两条反向曲线上, 呈 S 型, 纵断面沿线路走向为 5% 的上坡。

隧道出露的岩层主要为: 第四系全新统坡冲积层, 第四系上更新统冲积、风积层, 中更新统风积层及三叠系砂岩夹泥岩。岩体节理发育, 表层风化严重。Ⅱ类围岩较破碎, Ⅲ类围岩呈水平状, Ⅳ类围岩整体性较好。

隧道处地表水不甚发育, 地下水主要为第四系孔隙潜水及基岩裂隙水, 受大气降水补给, 以下降泉形式排泄, 水质良好, 对混凝土土工无侵蚀性。

隧道所处地区属黄土高原气候, 冬季较长, 最冷

月平均气温为 -7.5°C , 降雨集中在 7~9 月, 年平均降雨量为 300~400 mm。

2 渗漏水情况及原因分析

本隧道混凝土衬砌采用工字钢台架、组合钢模, 部分地段采用泵送混凝土, 部分地段采用人工入模。衬砌完成后, 在隧道进口 DK259+750~DK259+880 和隧道出口 DK260+180~DK260+230 的拱墙部位出现渗漏水。渗漏水主要出现在施工缝处, 达不到甲方神延总指挥提出的“隧道不漏、不滴、不渗”的要求。经分析, 隧道渗漏水主要有下述几方面的原因。

2.1 地质方面的原因

该隧道所提供的地质资料表明, 地下水量较少, 仅有少量的基岩裂隙水, 因此在隧道防排水设计中全隧道未设防水板, 只是在施工支护与混凝土衬砌

Technical treatment to collapse in shallow buried soil highway tunnel

Xu Xueshen Wang Junqiang

(Ningbo Traffic Design & Research Institute, Ningbo 315192)

Abstract As the geological condition of the shallow buried Donggaoling tunnel is poor and its surrounding rock changing is complex, large scale collapse as to 11 000 m³ has taken place. In this case some countermeasures have been carried out, such as provisional protection to collapsing slope, muck clearing, excavating and supporting, which ensures the safety and realizes the aims of economic and rapid construction. Reference can be taken by the similar projects in the future.

Key words Shallow buried tunnel; Highway tunnel; Collapse; Technical treatment