

# 隧道软弱断层破碎带施工控制技术研究

高攀科<sup>1</sup>, 毛红梅<sup>1</sup>, 宋秀清<sup>1</sup>, 吴恒滨<sup>2</sup>

(1. 陕西铁路工程职业技术学院, 陕西 渭南 714000; 2. 中科院成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

**摘要:**以正阳隧道软弱断层破碎洞段为研究对象,分析了施工过程中出现的坍方、拱顶落石、掌子面涌泥、支护开裂剥落等造成施工障碍的工程难题,结合隧道所处地质条件、地理位置及施工措施等因素拟定安全施工控制技术方案,施工实践效果良好,可供同类工程参考。

**关键词:**隧道;软弱围岩;破碎带;施工控制

中图分类号:U455.49 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2012)10-0069-03

**Study on the Controlling Technology for Tunnel Construction in Soft and Weak Fault Fracture Zone/GAO Pan-ke<sup>1</sup>, MAO Hong-mei<sup>1</sup>, SONG Xiu-qing<sup>1</sup>, WU Heng-bin<sup>2</sup>** (1. Shanxi Railway Institute, Weinan Shanxi 714000, China; 2. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu Sichuan 610041, China)

**Abstract:** With the case of a soft and weak fault breaking segment of Zhengyang tunnel, the study was made on the construction problems of collapse, rock falling from the arch, slurry squeezing out from tunnel face and lining fissuring. Considering the geological conditions, geography position and the construction measures, a controlling technology scheme was made for safe tunnel construction with good practical effects.

**Key words:** tunnel; soft and weak surrounding rock; fracture zone; construction control

## 1 工程地质概况

正阳隧道隧址山体地貌属于构造剥蚀溶蚀地貌,经历了海拔600 m左右、800 m左右2个溶夷谷地的垅岗谷地型岩溶组合地貌和脊状低中山地貌单元,其中三迭系地层一般组成高差在80~100 m左右的溶蚀山丘及洼地,构成垅岗谷地型岩溶组合地貌的中心;二迭系地层多组成浑圆高大的山体,构成垅岗谷地型岩溶组合地貌的边缘;志留系地层多组成鳍脊状山和坪状山。区内山顶海拔最高处为907 m,沟谷最低处海拔约622 m,地形最大切割深度约285 m。左线隧道进口段山坡坡向约170°,自然坡度约18°,出口段山坡坡向约327°,自然坡度约20°;右线隧道进口段山坡坡向约180°,自然坡度约15°,出口段山坡坡向约337°,自然坡度约20°。其中路线走向与区内最高峰山脊走向呈约45°夹角斜交。

正阳隧道YK31+212~428段地质为硬岩和软岩互层,较破碎。裂隙溶裂较多,张开度大都可达1 m,内充填粘土及碎石,裂隙溶隙水发育,局部有股状流,易产生塌方,围岩稳定性差;据超前地质预报显示,YK31+365~320段为软硬岩变化接触带、溶蚀带或裂隙发育带,含水夹泥、溶槽、溶隙。

## 2 施工情况

施工单位在YK31+390~365段洞身开挖支护施工时发现,该段洞身正处于一软弱断层破碎带,并据超前地质预报勘测至YK31+320均为此种地质类型。从已开挖段来看围岩分别有黄色砂粘土夹块石层、灰褐色及黄色塑性粘土层、黄色流塑性砂土层、灰褐色砂土夹孤石层(单颗孤石0.5~3.0 m<sup>3</sup>,重约1.5~7.5 t),并有裂隙水发育,自稳能力极差,施工时多次发生坍方、涌泥等地质灾害(见图1)。



图1 掌子面YK31+371拱部涌泥

隧道埋深90~110 m,地表地貌为一堆积沟谷,主要为砂石土夹孤石(旱地)及水稻田,与隧道内土质相似(见图2)。现地表已出现多条裂缝,地表水

收稿日期:2012-04-11

基金项目:陕西铁路工程职业技术学院科研项目“软岩隧道施工控制理论研究”(2011-42)

作者简介:高攀科(1984-),男(汉族),河南郑县人,陕西铁路工程职业技术学院讲师,桥梁与隧道工程专业,硕士,从事隧道及地下工程研究和教学工作,陕西省渭南市站北路东段1号,gpkky@163.com。

存在下渗现象(见图3)。



图2 隧道地表地貌



图3 隧道地表开裂

为应对 YK31 + 390 ~ 365 段软弱围岩破碎带, 施工中采取了增强初期支护及二衬(S4b 变更为 S5c)及增加超前小导管支护的变更措施。当掌子面开挖至 YK31 + 365 时, 掌子面及拱顶均为直径约  $0.5 \sim 3.0 \text{ m}^3$ , 石块堆积而成, 石块与石块间空隙大, 少有填充物(见图4), 如按常规施工方法开挖掘进极易造成拱部失稳而坍塌。而 YK31 + 380 ~ 365 段已进行的初期支护喷射砼出现了多条裂缝(见图5)。施工单位随即停止了开挖掘进。

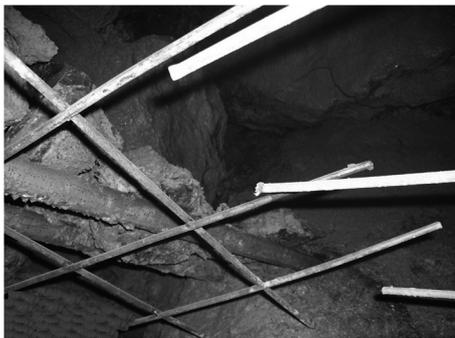


图4 拱部块石堆积层

### 3 软弱破碎带施工控制技术分析

据正阳隧道施工图设计地质描述, 此处存在2条暗河对拟建隧道有较大影响。根据超前地质预报



图5 支护开裂剥落

推测该断层破碎带的长度, 结合掌子面实际开挖地质及地下水状况, 初步推测极有可能与之相连通, 直接危及隧洞继续掘进及人员安全; 如沉降及收敛得不到有效控制, 将造成初期支护及二衬开裂, 影响今后的运营安全。因此, 有必要对该段支护及衬砌进行有针对性采取加强措施。

YK31 + 365 ~ 320 段的掘进施工主要难点(危险因素)在于: 周边围岩主要由块石堆积而成, 块石间少有填充物, 粘结力小, 在未扰动的情況下处于平衡状态, 开挖后新的临空面形成, 一旦有一颗块石失稳就有可能形成联动效应而产生大规模坍塌; 其次初支周边围岩均为块石堆积, 围岩的自稳能力差(拱效应无法形成), 围岩的应力主要由初期支护来承担, 在隧道埋深在 90 ~ 110 m 的情况下初期支护是无法承受其施加的巨大压力的。因此必须采取可靠的超前支护措施(超前自进式锚杆)防止拱部滑塌, 确保施工安全; 其次在初期支护周边一定围岩范围内利用喷射砼及注浆对岩块间的空隙填充密实, 利用其产生的粘结力及相互摩擦力阻止块石间的相互滑移, 使围岩具有一定的自稳能力; 最后通过提高初期支护的钢支撑、钢筋网、锚杆的安全技术标准, 使其能承受较大的围岩应力。

### 4 施工加固处理方案

根据上述施工情况, 针对软弱围岩断层破碎带 YK31 + 365 ~ 320 段采取辅助施工加强、初期支护加强、二衬加强的措施, 采用 S5d 衬砌类型(见图6), 其中局部为 S5c 衬砌, 具体方案分述如下。

#### 4.1 辅助施工

YK31 + 365 ~ 320 段采用自进式锚杆及普通药卷锚杆超前支护。自进式锚杆采用 R38, 长 7 m, 分别在 YK31 + 365、YK31 + 350、YK31 + 335 共设置 3 环;  $\varnothing 22 \text{ mm}$  超前锚杆作为对 R38 自进式锚杆的补充, 每根长 4.0 m, 每环设置 35 根, 1.0 m (2 榀工字

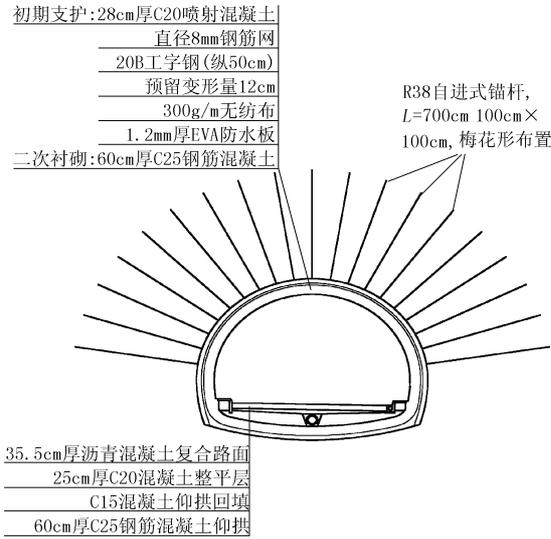


图 6 S5d 衬砌断面图

钢)设一环。

### 4.2 初期支护加强

YK31 + 365 ~ 320 段初期支护采用 20B 工字钢 (S5c 设计 18 号工字钢), 工字钢间距 0.5 m;  $\varnothing 22$  mm 连接筋 0.25 m (S5c 设计 1.0 m); 采用  $\varnothing 14$  mm 双层钢筋网 (S5c 原设计  $\varnothing 8$  mm); 喷射砼将块石间的空隙填充密实; 系统锚杆采用  $\varnothing 42$  mm 小导管 (S5c 设计 D25 中空锚杆), 长 4.0 m (S5c 设计 3.0 m), 并采用水泥水玻璃双液注浆, 注浆参数: 水泥浆水灰比 1: 1, 水泥浆水玻璃体积比 1: 0.5; 预留沉降量设为 12 cm (S5c 设计为 10 cm)。

### 4.3 二次衬砌加强

YK31 + 365 ~ 320 段二衬厚度设计为 60 cm (S5c 设计为 45 cm), 主筋间距设计为 20 cm (S5c 设计为 25 cm)。

## 5 施工注意事项

(1) 严格按步骤施工, 上一工序未施工完不得进入下一道工序施工。

(2) 施工前应由施工技术人员对施工班组进行详细的技术交底, 现场施工负责人现场指挥, 并设有安全防护及专人进行安全观测, 如有异常情况及时进行应对处理。

(3) 坍塌段度过后根据量测数据及时施作二次衬砌, 确保施工安全。

(4) 因操作空间比较狭小, 自钻式锚杆的仰角

应尽量可能的小, 以充分发挥其超前支护作用。

(5) 自钻式锚杆的连接同一断面内的接头数不大于 50%, 相邻钢管的接头须错开 1 m。

(6) 破碎带采用人力风镐开挖, 严禁放炮施工, 以减小对围岩的扰动; 五部法施工时台阶长度宜短, 应及时支护及仰拱衬砌。五部法施工见图 7。

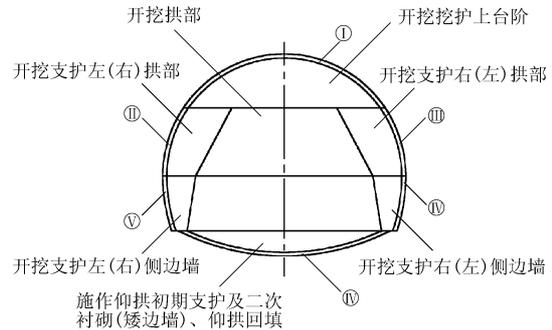


图 7 软弱围岩开挖方案示意图

## 6 结语

由隧道软弱围岩破碎带施工过程治理实践, 得出坑道掘进过程中, 通过监测围岩变形, 并及时采取有效的支护方案, 部分施工塌方是可以避免的。上述施工方案能及时控制软弱围岩快速变形及塌方, 将破碎岩石塌落形成的压力拱下方坑道侧壁的支护与顶部岩石破碎拱圈支护结合起来, 收到良好的治理效果, 可供类似工程参考。

## 参考文献:

- [1] 关宝树. 隧道工程施工要点集 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [2] 徐干成, 白洪才, 郑颖人. 地下工程支护结构 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002.
- [3] 高攀科. 斑竹林隧道软弱围岩变形特征与控制措施研究 [D]. 重庆: 重庆交通大学, 2009.
- [4] 高攀科, 毛红梅, 宋秀清, 等. 渝湘高速公路正阳隧道塌方治理方案研究 [J]. 探矿工程 (岩土钻掘工程), 2011, 38 (9): 93 - 95.
- [5] 许月, 杨文, 张宏博. 软质岩体中浅埋隧道开挖支护的数值模拟 [J]. 土工基础, 2004, 18 (4): 44 - 47.
- [6] 高攀科. 斑竹林隧道软弱围岩段施工监控量测分析 [J]. 公路隧道, 2012, (1): 27 - 29.
- [7] 石雷. 超浅埋暗挖大跨度隧道过饱和富水砂层开挖与支护 [J]. 铁道建设, 2006, (4): 36 - 43.
- [8] 陈秋南, 张永兴, 刘新荣, 等. 隧道塌方区加固后的施工监测与仿真分析 [J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25 (1): 158 - 161.