

西成客运专线范家咀隧道塌方采用的综合治理措施

江海燕, 杨永海

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川成都 610066)

摘要:结合工程实例, 分析了不良地质条件下软弱围岩隧道施工中发生坍塌的原因, 并对洞内塌方段、塌方部位的前后影响段以及洞顶外部的塌方体处理施工技术措施做了详细介绍。经过综合治理, 顺利地通过了塌方地段, 可为类似隧道施工提供借鉴和参考。

关键词:西成客运专线; 隧道; 塌方; 治理; 措施

中图分类号:[TV221.2]; TV51; TV52; TV554; U45 文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)03-0013-04

1 工程概述

西成客运专线 XCZQ - 5 标的范家咀隧道位于陕西省洋县长溪乡境内的秦岭南麓山前丘陵区, 地势东高西低, 地形逐渐变缓, 沟梁相间, 冲沟发育, 相对高差 120 ~ 150 m, 埋深 6 ~ 140 m。隧道起讫里程 DK182 + 556 ~ DK184 + 312.2, 全长 1 756.32 m, 为双线隧道。隧道出口段 1 127.322 m 位于 R = 9 000 m 的曲线上, 其余段落位于直线上; 隧道内为 3‰ 的单面上坡。整条隧道围岩类别为 III ~ V 类, 其中以 IV、V 类围岩居多, 占 80%, 洞身岩性全部为云母石英片岩, 节理裂隙较发育, 基岩裂隙水广泛分布于段内的节理、裂隙中, 水量不大, 对圬工不具侵蚀性。

2 塌塌情况及原因分析

2.1 塌塌情况的发生

范家咀隧道自 2013 年 5 月 3 日进洞施工以来, 截止到 2013 年 10 月 11 日, 进口段完成上断面掘进支护至 DK182 + 873 (317 m), 仰拱施工至 DK182 + 824 (268 m), 二衬施工至 DK182 + 788 (232 m)。

2013 年 10 月 12 日上午, DK182 + 873 ~ DK182 + 876 段采用钻爆法按照两台阶开挖工法施工, 进尺为 3 m, 开挖尺寸为 13.86 m × 11.4 m, 断面面积 132 m², 两台阶施工断面如图 1 所示。

该段开挖爆破完成后, 掌子面左侧有一道宽约 35 cm 左右的软弱夹层, 岩层产状为 NW85°, S, ∠64°, 围岩破碎, 拱部局部掉渣掉块。在出渣完成后, 及时组织作业人员进行了初喷封闭, 厚度

收稿日期:2014-05-08

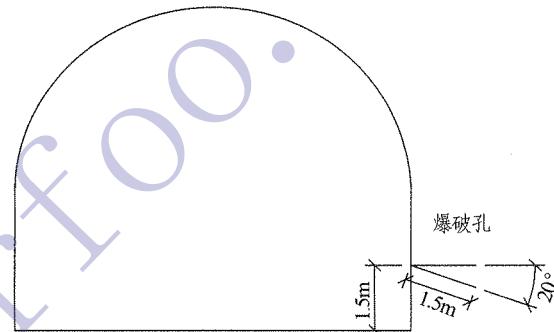


图 1 两台阶法开挖施工断面图

4 cm。初喷结束, 随即进行了 φ22 四肢格栅钢架安装, 间距 1 m。晚上 20:40, 格栅钢架及锁脚锚管、钢筋网片、锚杆施做完成, 正准备进行复喷混凝土施工时, 发现左侧拱顶已初喷混凝土出现开裂, 局部岩体第二次掉块。为保证人员及设备安全, 立即组织人员及设备撤到安全区域, 掌子面暂停施工。随后岩体自左向右呈倾斜状坍出并逐步加剧, 将已经安装好的格栅钢架砸坏, 几分钟时间内即将隧道掌子面封实, 估测拱顶塌腔高度在 4 ~ 5 m 之间, 塌体方量约为 560 m³。坍塌后的施工现场如图 2 所示。

2.2 原因分析

对于此次坍塌, 经综合分析后认为主要因为隧道掌子面围岩地质情况发生突然变化所致。DK182 + 818 ~ DK182 + 938 段原设计为 III 类围岩, 采用 IIIa 型参数支护, 按照两台阶法施工; 在对开挖后的掌子面进行观察后发现: DK182 + 873 到掌子面间围岩为云母石英片岩, 掌子面左侧有一道宽约 35 cm 左右的软弱夹层, 围岩破碎, 云母

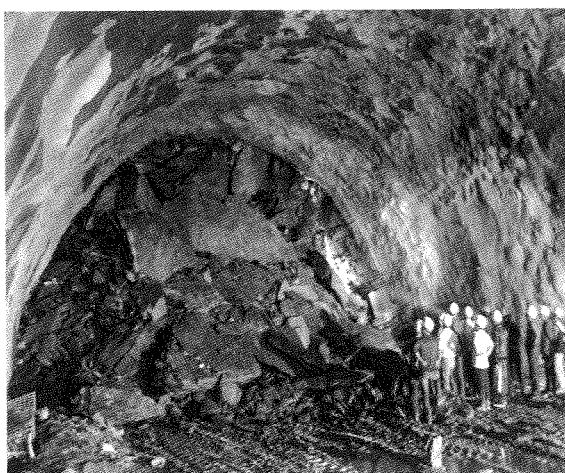


图2 塌方体趋于稳定后的现场照片

含量较高,岩质软,节理裂隙发育,掌子面有轻微渗水,岩体自稳能力大大降低,原设计的支护参数已不能满足施工要求。掌子面不良地质情况分布如图3所示。

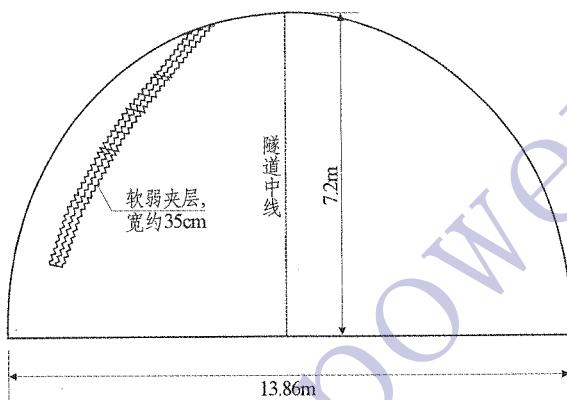


图3 掌子面不良地质情况分布位置图

3 塌方处理采用的方法和技术措施

塌方处理的原则是首先保证未塌方段初期支护的安全和稳固,对围岩进行加固,避免塌方扩大。根据此次塌方的情况和特点,将隧道塌方分为三段进行处理,即塌方部位后面的影响段(DK182+862~DK182+873,计11m);塌方段(DK182+873~DK182+883,计10m);塌方部位前面的影响段(DK182+883~DK182+898,计15m)。另外,在塌体洞顶地表处理设测点进行监测,根据量测数据确定是否需要进行处理。

3.1 塌体洞顶地表处理方案

塌方发生后,立即安排测量人员在塌体洞顶地表按照纵向5m、横向3m间距埋设测点进行监测,该段埋深在90~95m之间,对埋设测点测

得的数据进行了分析,累计最大下沉量为3.8mm,地表稳定,无异常,故不需进行注浆处理。为防止地表水渗入,在塌方体地表周围采用人工开挖一道排水沟的方式将地表水进行引排。

3.2 塌方部位后面的影响段处理方案

该段已按照原设计的Ⅲa衬砌类型完成锚喷网初期支护,支护参数为:拱墙喷射C25混凝土,厚12cm;拱部设φ6.5钢筋网,网格间距为25cm×25cm;拱部设φ25的中空锚杆,边墙设φ22的砂浆锚杆,间距(环×纵)1.2m×1.5m,长3m。

根据现场目测观察,DK182+862~DK182+873段拱墙受塌方影响,初期支护混凝土表面局部出现细小裂缝,共计5条,裂缝宽度3~8mm不等;通过该段围岩监控量测数据获知,隧道拱顶下沉及水平收敛数据均无异常,经综合分析后认为:DK182+873往洞口方向的初期支护基本稳定,只需对DK182+862~DK182+873段上台阶采用套拱进行加固处理即可。

套拱在坍塌体表面采用喷射混凝土封闭及反压石渣回填完成后进行施工,采用I22a型钢制作,纵向间距0.8m,钢架间设φ22的纵向连接钢筋,每榀钢架采用φ42锚管在钢架两侧交错布置,环向间距1.2m,长3m。钢架拱脚深入岩体形成大拱脚,同时在钢架拱脚设四根φ42锁脚锚管,单根长4m。

3.3 洞内坍塌体处理方案

3.3.1 坍塌体封闭

在对坍塌体后面的影响部位进行处理之前,先对塌方体表面渣体采用C25喷射混凝土进行封闭,厚度为25cm。

3.3.2 反压回填石渣形成三台阶作业条件

在坍塌体表面喷射混凝土封闭完成后,从DK182+862处开始采用石渣回填中台阶直至塌体掌子面,以稳固塌体防其再次下滑,形成三台阶开挖的作业平台。

3.3.3 坍塌体的固结

考虑到此次坍塌体数量较多,拱顶压力大,坍塌物均为松散的石英片岩,可压缩性大,为确保施工安全,同时考虑到随后采取的大管棚施工工艺,需要在反压石渣回填完成后对松散的渣体进行注浆固结,以增强其整体性。

沿靠近掌子面第一榀钢架布设φ42小导管,

小导管长3.5 m,环向间距0.4 m,外插角30°~45°,在小导管内注1:1水泥浆。因塌体体内岩石破碎,为确保注浆效果,采用分段前进式注浆,注浆分4次完成,注浆压力为0.8 MPa。

3.3.4 大管棚施工

沿靠近掌子面第一榀钢架外缘布设φ108大管棚,大管棚与之前施工的小导管错开布置,管棚长15 m,环向间距0.4 m,外插角10°~15°(可适当调整),拱部布设范围不小于120°。考虑到管棚施做的难度,将15 m长的管棚分为两期施工,第一次9 m,采用套管跟管成孔;第二次6 m,不跟管、直接钻进成孔,相邻之间搭接长度为2 m。大管棚布设情况如图4所示。

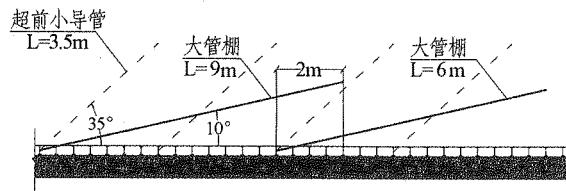


图4 大管棚安设示意图

3.3.5 坍塌体开挖

大管棚施做完成后,采用三台阶七步开挖法进行坍塌体的开挖施工,具体施工方法如图5、6所示。

(1)第一步。上台阶开挖1。开挖前施作超前支护,弧形开挖拱部1,预留核心土。核心土顶部距拱顶1.6 m,两侧距边墙3.2 m,核心土顶部留有3~5 m长的平台。每循环开挖进尺不大于0.5 m。开挖、修整至设计轮廓后立即初喷4 cm厚混凝土,及时铺设钢筋网、架设拱架,紧贴钢架两侧拱脚按斜向下倾角45°打设锁脚锚管,锁脚锚管与钢架采用U形钢筋牢固焊接后喷射至设计厚度。

(2)第二、三步。中台阶开挖2、3。应先开挖边墙一侧,再开挖边墙的另一侧,错开2~3 m的距离,避免上台阶的初期支护在同一位置悬空。边墙每循环开挖进尺不大于1 m。开挖、修整至设计轮廓后立即初喷4 cm厚混凝土,及时铺设钢筋网、架设钢架,紧贴钢架两侧拱脚按斜向下倾角45°打设锁脚锚管,锁脚锚管与钢架采用U形钢筋牢固焊接后喷射至设计厚度。

(3)第四、五步。下台阶开挖4、5,开挖方法同上述(2)中台阶开挖。

(4)第六步。开挖中部上、中、下台阶预留核心土6-1、6-2、6-3。

(5)第七步。仰拱开挖7。

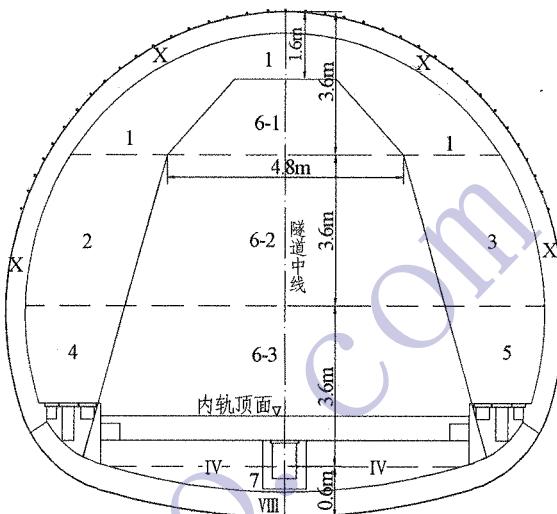


图5 三台阶七步法施工断面图

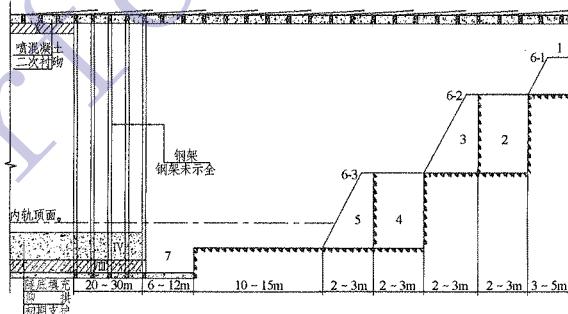


图6 三台阶七步法施工纵断面图

3.3.6 拱顶回填

待塌方体段初期支护喷射混凝土达到设计强度后,委托黄河勘测规划设计有限公司采用RIS地质雷达对该段拱顶塌腔部位进行了检测,通过检测数据获知,拱顶最大脱空高度为3.8 m,塌腔体内采用C20泵送混凝土回填密实。

在拱部初支喷射混凝土时,按照3 m间距提前预埋φ200钢管,同时埋设φ42钢管作为排气孔,排气孔塌腔顶面距离依据泵送回填混凝土次数及每次泵送高度确定。泵送混凝土之前,先泵送0.5 m厚的水泥砂浆形成缓冲层,分两次泵送混凝土,泵送高度受相应排气孔控制,当相应排气孔出浆时,表明已浇筑到相应高度。

3.4 塌方影响段处理方案

塌方体清除后,经过现场查勘并采用TSP法

对前方的围岩地质情况进行了探明,探测数据显示,DK182+883~DK182+898段为塌方体的影响段,平均波速 $V_p=3\text{980 m/s}$, $V_s=2\text{350 m/s}$,泊松比为0.29~0.31,动态杨氏模量为26~28GPa,节理裂隙发育,围岩破碎。为确保施工安全,采用加强支护的方式,将该段围岩由原设计的Ⅲa变更为Vc,按照三台阶七步法进行开挖施工。

3.5 监控量测

为确保隧道施工安全,在开挖后12 h内按照4 m一个断面埋设监控量测反光贴测点,每个量测断面各布置一个拱顶下沉点和两条净空水平收敛测线,每隔4 h用徕卡TS06红外线全站仪进行

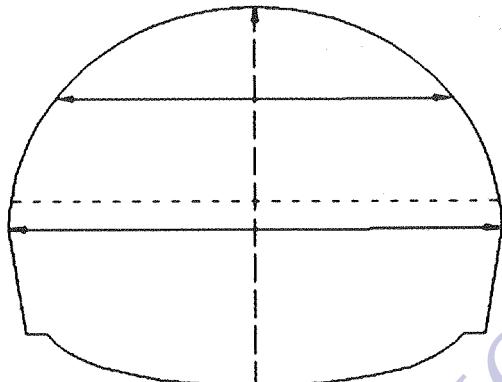


图7 测点布设方式示意图

(上接第6页)

预支护的方法,有利于提高水平旋喷桩的成桩质量,保证隧洞开挖安全的可靠性。

(5)在类似小型水工隧洞中施工大管棚或水平旋喷桩,宜将桩体长度控制在20 m以内;若过长,两桩末端的左右距离将增大,且上下角度偏差

一次测量。测得的具体数据为:拱顶最大下沉值为30.3 mm,最大下沉速率为16.4 mm/d,水平收敛最大变化速率为11.2 mm/d。根据监控量测数据分析、判断,施工中所采取的支护类型和支护参数是有效的,无需调整施工方法和支护参数。监控量测点布设方式如图7所示。

4 经验与教训

本次塌方的整个处理过程为32 d,造成直接经济损失42万元。通过此事件,项目部各级管理人员充分认识到:在隧道开挖施工中,要随时观察围岩变化情况,一旦出现异常情况,要及时将人员、设备撤离至安全地带,避免造成人员伤亡;应高度重视超前地质预报资料,根据所揭示的围岩稳定情况及时采取相应的支护方案,特别是在围岩软硬交替、有较大变化处更要小心谨慎,不可盲目追求施工进度而生硬采用既有的施工方法,施工现场在发现围岩地质条件与设计情况不符、存在安全隐患的情况下,要及时与设计院等相关单位联系,确定变更方案,确保施工安全。

参考文献:

- [1] 铁路隧道工程施工安全技术规程,TB10304-2009[S].

作者简介:

江海燕(1980-),女,陕西宝鸡人,工程师,从事水电及铁路工程施

工技术与管理工作;

杨永海(1980-),男,四川广元人,项目总工程师,工程师,从事水
电及铁路工程施工技术与管理工作.

(责任编辑:李燕辉)

大,末端咬合质量难以保证。在条件允许的情况下,建议掌子面封堵采用加筋混凝土墙体,方能获得良好的堵浆效果。

作者简介:

骆红兵(1982-),男,四川简阳人,项目副经理,工程师,学士,从事

水利水电工程土建施工技术与管理工作.

四川水利职业技术学院举行“第二届‘一战到底’水利水电科普知识大赛”

2014年5月16日,四川水利职业技术学院“第二届‘一战到底’水利水电科普知识大赛”总决赛在该学院崇州校区图书馆演讲厅隆重举行。来自学院各专业的代表以及省水电学会科普专委会的专家、教授参加、观摩了总决赛。本届总决赛通过视频关键词抢答、必答题、不定项选择题和冲刺大奖等四个环节进行角逐,最后评选出获胜者的名次并由学院领导刘建明等以及省水电学会武康定副理事长向获奖选手颁奖。获奖选手与领导、专家们合影留念以纪念这次颇有意义的经历。总决赛后,由学院张智涌主任主持,四川省水利科学研究院副院长刘双美教授级高级工程师为与会同学做了题为《水利水电工程质量控制》的专题学术讲座,受到与会代表的好评。此次总决赛与讲座的举行,必将激发出四川水利职业技术学院广大学生刻苦学习、立志投身水电事业的积极性。四川水利职业技术学院于1957年建校,已毕业人数达40 000多人,该校于2003年升为高职院校,现有学生9 000多人,教职员500多名,设立七系一部,以为水利水电行业培养高素质技术骨干和管理人才为办学宗旨,桃李遍布四川全境乃至全国。此次学术交流活动的举行,将为活跃学院学术氛围起到积极的作用。