

沙哈拉峁隧道塌方原因分析及预防措施

樊红卫

(铁道部第一勘测设计院西安分院 西安 710043)

【摘要】沙哈拉峁隧道位于毛乌苏沙漠的边缘地带,其地理位置特殊,地质状况复杂,在隧道施工过程中出现多次塌方,文中重点分析塌方原因及预防措施,总结了施工经验教训。指出了在黄土地区修建隧道勘测设计应注意的问题。

【关键词】铁路隧道 塌方 原因分析 预防措施

【分类号】U 458.3

1 概述

沙哈拉峁隧道是正在建设中的包西铁路神木北至延安北段的一座隧道,隧道位于陕北榆林地区神木县境内沙哈拉峁村附近,属于毛乌苏沙漠的边缘地带。隧道施工里程为 DK40+885~DK41+590,全长 705m。隧道进口端为活动沙地,洞口附近边坡下层为第四系黄土质砂粘土及黄土质粘砂土,上层覆盖风积沙,厚 2~8m;本地区主导风向 N 35 W,从隧道进口地形和主导风向分析,隧道进口易受沙埋影响。出口山坡上部覆盖 3~5m 厚的黄土质粘砂土和 1~2m 的湖积细砂,下部为厚 20~25m 的老黄土。设计资料显示隧道洞身除进口段有 60m 左右位于第四系黄土质砂粘土及黄土质粘砂土中外,其余洞身段均位于老黄土地层中。

隧道平面位于 $R=500\text{m}$ 的曲线上,纵断面坡度为 9.8%。进口端有 135m 出口端有 50m 位于 II 类围岩,其余洞身段位于 III 类围岩。

隧道进口端划分为 II 类围岩的段落基本上位于第四系黄土质砂粘土及黄土质粘砂土中,土质疏松,埋深较浅。进口段 10m 设计为明洞,另有 55m 设计为采用水平旋喷桩预支护,其余 II 类围岩段采用带小导管预支护的 II 类围岩衬砌;出口 II 类围岩段采用带小导管预支护的 II 类围岩衬砌;其余洞身段采用 III 类围岩减薄衬砌。隧道进口端因受活动沙地的影响,为减少运营养护的困难,在明洞仰坡开挖线外 5m 设一道防沙墙,以便于及时清理移动到洞口的流沙。

2 塌方情况

沙哈拉峁隧道从 1998 年 11 月开始施工到 1999 年 11 月底衬砌贯通,历时一年。在施工过程中遇到比较大的有危害的塌方有五次,虽然没有人员伤亡但造成隧道投资的加大也影响了施工的进度。

第一次塌方出现在进口处, 进口边仰坡开挖过程中不断发生小坍塌, 致使多次进洞失败。后经过设计、施工、监理及石家庄铁道学院的几位教授共同讨论决定对洞口处进行清方减载, 横向对称支撑, 尤其强调派专人在边坡上巡视, 发现有异常情况马上通报。1998年12月13日, 巡视边坡人员发现边坡上的裂缝有逐渐扩大的趋势, 立即通知在边坡下的工作人员撤离, 随后仰坡坡面滑坍, 工作面全部被掩埋。

第二次塌方亦出现于进口处。第一次大的塌方后, 边仰坡经坍塌后均较高陡, 且坡面上出现许多较长的裂缝, 后经几方共同讨论决定对部分处于危险状态的边仰坡进行锚网喷加固。加固边仰坡后拱部的支护工作继续进行。1998年12月15日, 正在进行拱部支护工作的人员发现工作面有掉土现象, 撤除人员后不久, 工作面有少量土体滑塌, 具体情况如图1所示。这次滑塌未给进度造成大的影响, 如果没有锚网喷的防护, 仰坡土体很可能会突然坍塌, 人员无法撤离, 造成伤亡, 并可能引起上部山坡更大的滑动, 造成大的工程事故。

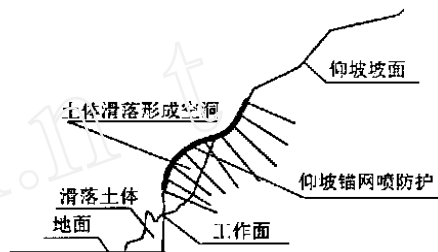


图1 沙哈拉峁隧道进口仰坡锚网喷防护示意图

第三次塌方发生于1999年4月, 位于隧道进口段, 里程为DK40+928。塌方的直接原因是下半断面安装钢支撑时引起拱部失稳, 造成塌方。由于拱部以上均为黄土质砂粘土及黄土质粘砂土, 土体粘结力差, 这次塌方一直影响到地面, 在坡面上形成一个直径20多米, 深5m多的漏斗。

这次塌方主要原因是地下水作用引起。当隧道施工至DK40+928处时右侧边墙基底出现渗水, 由于水量较小施工人员未能引起足够重视, 在未对渗水部位进行任何处理的情况下上导坑继续超前施工, 后来在架设该处边墙钢架时, 由于边墙遇水松软, 导致塌方, 此时上导坑已超前20多米。按照施工进度应该是渗水处的边墙基底已被水浸泡六七天之久, 如果施工人员能够认识到水对土质隧道的危害性, 及早对渗水部位进行处理, 或加快衬砌快速通过, 这次塌方应该能够避免。这次塌方虽没有造成人员伤亡, 但却耗费一个月时间处理塌方。

第四次塌方发生于1999年6月, 位于隧道进口段, 里程为DK40+983~DK40+992。塌方发生在拱部, 地层为黄土粘砂土。

这次塌方的原因是隧道左侧边墙部位出现渗水, 首先导致边墙局部坍塌, 后引起拱部剥落掉块, 最后形成自然拱。这次塌方由于是逐渐剥落, 所以没有造成人员伤亡, 治理塌方费时一周。

第五次塌方发生于1999年8月, 位于隧道出口段, 里程为DK41+254.4~DK41+272。这次塌方发生于老黄土中。隧道出口段从开始施工一直处于老黄土中, 由于土质坚硬, 所以施工单位一直未按设计的正台阶法施工, 而是采用全断面施工, 但出口段开挖至DK41+305处时洞顶上部出现较松软土层, 且老黄土的含水量有明显的增加, 但对围岩情况出现的变化施工人员并未给予足够的重视, 未能及时改变施工方法, 造成坍塌。这次塌方与前几次不同的是, 前几次塌方, 塌方土体都在很短的时间内坍塌, 而这次塌方却持续一周左右。最后的塌方处理就等于是坍塌的土体中重新修建隧道, 难度可想而知。处理这次塌方共费时两个月。

3 塌方原因分析及预防措施

一般来说土质隧道洞口处覆盖较薄, 土质松软, 施工难度较大。沙哈拉峁隧道进口端覆盖半活动风积沙, 施工难度较之一般隧道更大。隧道在进洞过程中遇到多次塌方, 但由于采取了边仰坡巡视和锚网喷防护等简单有效的方法, 使得隧道在进口施工中顺利进洞。

综合分析发生塌方的原因有以下两点, 第一, 设计方面, 隧道围岩的原始资料与实际状况不符, 设计的支护和衬砌不能有效的抵御围岩压力。第二, 施工方面, 施工单位施工经验不足, 也未仔细分析设计图纸, 未按施工规范施工。从沙哈拉峁隧道洞内出现的几次塌方来看, 最根本的原因是地下水的影响。另外的原因是施工人员缺乏经验或对水对土质隧道的的影响未予重视, 未能及时加强支护, 改变施工方法, 最终导致

塌方。

值得注意的是,沙哈拉峁隧道施工过程中,洞内某些段落的围岩状况比塌方段的更差,但却未发生塌方。这说明,施工人员对隧道围岩状况的认识有所提高,在工程措施上吸取了前几次塌方的教训,由此说明,土质隧道的塌方是完全可以避免的,关键在于施工人员应提高基本技能,严格按设计图及规范要求施工。值得一提的是,隧道进口段DK40+895~DK40+908段上覆土层为黄土质砂粘土及风积砂且厚度只有10多米,但由于采用了国内领先的水平旋喷桩支护工艺,快速安全的通过该段。其后DK40+928处的地质状况比该段的要好,但由于施工支护的局限性及施工人员的经验缺乏,导致塌方。

根据在沙哈拉峁隧道配合施工的经历,为避免在黄土隧道施工中出现塌方,应当在以下几方面进行改进或加强。

(1)型钢架的型式设计。根据沙哈拉峁隧道的几次塌方均出现于连接边墙部位钢架处的实际情况,针对现在隧道施工越来越多的要求采用正台阶法施工,先墙后拱衬砌的现状,型钢钢架的型式应加以改进。一是型钢钢架沿隧道纵向每4~5榀用工字钢焊接,使之形成整体,不至于因1榀钢架的拱脚松动而引起拱部塌方。二是在正常的拱部型钢钢架拱脚处加一个斜向下方的支腿,其支点应在开挖范围以外,并以不妨碍边墙钢架的连接为宜,为了改善增加支腿后拱脚的受力状况,在拱脚处设锁脚锚杆,锚杆应和拱脚焊接。

(2)土质隧道的施工方法。开挖断面应圆顺,防止洞室内形成应力集中,造成土体剥落,引起塌方。第二应重视开挖过程中核心土的作用,预留核心土能极好的维持掌子面的三向受力状态,使隧道施工的安全得以保障。其次是掌子面与施工支护及衬砌的间距问题,在没有量测的情况下,对于I~II类围岩应先护后挖,在开挖之前用小导管或超前锚杆进行超前支护,衬砌施工应尽可能的紧跟,II~III类围岩的支护应紧跟开挖,随挖随支护,衬砌距掌子面5~8m;IV类及IV以上围岩的支护需要支护时,支护距开挖面的距离为5~10m。衬砌距掌子面的距离以各工序互不干扰为宜。

(3)隧道变形的监测。隧道开挖后及时掌握围岩的变形状况是非常重要的,但在普遍的非新奥法施工的隧道中,围岩变形的量测被人们忽视。其实,不论是采用新奥法施工还是采用常规的方法施工,及时的掌握围岩的变形状况都是非常必要的。在一般隧道的施工中应该重视拱脚水平收敛及拱顶下沉的量测。根据量测数据及时改变支护及衬砌形式,对于避免塌方事故是非常有用的。

上文提及勘测资料的准确性是隧道勘测人员应特别注意的问题,在沙哈拉峁隧道的地质资料中施工探明的与设计时所用的勘测资料不尽相同。虽然隧道施工过程中,配合施工的设计人员和施工人员紧密结合,根据出现的实际情况及时的变更了施工支护及衬砌,没有因为原始地质资料的问题而给工程带来不便。但勘测资料的准确性却是值得隧道勘测人员注意的问题。

4 结论

隧道施工中的塌方不仅会造成人员伤亡,浪费国家财产,延误工期,而且由于塌方改变了围岩原有的受力状态,更由于在塌方处理中无论采取怎样的方法,围岩也不可能恢复到塌方前的受力状态,给以后的运营留下隐患,所以,隧道勘测人员一定要在勘测工作中对隧道所在地的地形地貌岩层出露状况进行详细的勘探,尤其对于风积、湖积、冲积形成的地层一定要从多角度,采取多种方法进行详细的勘查,得出符合实际的基础资料。设计人员一定要对各种围岩的特性有充分的认识,不应死搬定型图,对于隧道施工支护及衬砌的受力机理进行深刻的分析,对在施工中出现的问题要及时跟踪,提出合理的解决方法。工程施工人员首先要理解设计意图,对设计人员提出的施工注意事项一定要引起足够的重视,针对工程中出现的围岩与设计不符等情况应立即与设计监理等部门协商,及时采取必要的措施,以免延误时机造成不必要的损失。

参 考 文 献

- 1 冯卫星主编. 铁路隧道设计. 成都: 西南交通大学出版社, 1998. 165~ 170
- 2 景诗庭, 王海珍, 孙星亮. 水平钻孔喷射注浆技术的应用与研究展望. 石家庄铁道学院学报, 1999, 12(2): 9~ 12
- 3 周成龙, 漆安建. 海家沟隧道施工技术. 石家庄铁道学院学报, 1999, 12(2): 81~ 85

Cause Analysis for Shahalamao Tunnel Collapse

Fan Hongwei

(Xi'an Branch, The 1st Survey and Design Institute of Railway Ministry, Xi'an 710043)

【Abstract】Shahalamao tunnel is located in the boundary of Maowusu desert. The tunnel is of such characteristics as special geography and complicated geological condition. Collapses happened several times during tunnel construction. This paper analyses the cause of collapse and prevention measures, and sums up the experience and lessons. Finally, matters needing attention are proposed for tunnel survey and design.

【Key words】railway tunnel collapse cause analysis

(责任编辑 刘尧军)