

文章编号: 1005—0523(2007)01—0007—04

盛洪卿隧道变形的现场监测和数值分析

张卫红^{1,2}, 郑明新¹, 郑晓敏²

(1. 华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013; 2. 中铁电气化西安工程总公司, 陕西 西安 73000)

摘要:通过对武九客运专线盛洪卿隧道施工现场监测资料的研究, 结合数值分析论证了该隧道河侧采取回填反压变更设计的科学性, 并探讨了隧道施工监测的新方法. 指出隧道施工监测对于隧道施工质量的提高和运营安全有着重要的指导意义.

关键词:隧道施工; 现场监测; 数值分析

中图分类号: U457.3

文献标识码: A

1 前言

隧道的信息化施工与设计一直是人们长期探讨的问题, 特别是当隧道所处地质环境复杂、设计过程认识不足, 常常导致开挖后出现各种变形而变更设计. 因此, 隧道设计要结合施工开挖过程中出现的新的工程地质情况进行变更并指导后期施工. 虽然国内外一些文献对隧道的施工设计方法进行了大量的研究, 但由于隧道工程地质环境的复杂性、特殊性, 有必要针对具体工程实例进行研究, 以期今后隧道工程设计提供参考依据. 本文通过分析盛洪卿隧道工程的设计、施工资料, 结合现场监测和数值分析探讨该隧道施工的科学性.

目前工程设计多是基于岩体连续介质, 而隧道地质条件又复杂多变, 设计人员很难精确把握地质情况, 当隧道开挖后则常感到地质情况更为复杂、变形严重, 对施工安全及建成后运营构成威胁. 因此, 开展隧道施工现场监控意义重大. 施工监测既可监视围岩是否安全稳定, 又可检验支护结构是否合理, 还可应用现场监测结果来修改设计、指导施工, 特别适于周期长、非确定因素多、地质条件复杂的隧道施工, 以便及时采取措施, 防患于未然.

隧道信息化施工首先要布置监控系统, 从现场围岩开挖及支护过程中获取围岩稳定性及支护设施

的工作状态信息, 并根据这些信息来指导施工决策和支护系统, 修正和确定新的开挖方案及支护参数, 形成开挖和支护—信息反馈—修正参数—开挖和支护的循环, 对提高工效、降低成本、保证安全均有非常重要的作用.

2 盛洪卿隧道工程地质特征

该隧道位于湖北省黄石市铁山丘陵区, 山体相对高差约为 120~210 米, 坡体表部为残坡积土, 褐黄色、硬塑, 具膨胀性, 厚 2~10 米, 下伏基岩为三叠系大冶群灰岩、白云质灰岩等, 灰色、深灰色, 弱风化, 夹少量片岩, 岩溶发育, 以岩溶漏斗、溶沟、溶槽、溶蚀裂隙等为主, 隧道围岩发育多组节理, 并有 4 条断层穿越线路.

从进口到出口围岩级别包括 II、III、IV、V 级, 其中 II 级围岩 1591 米, III 级围岩 311 米, IV 级围岩 401 米, V 级围岩 427 米, 分别占隧道总长分别为 58.2%、11.4%、14.7%、15.7%.

3 隧道工程设计概况

3.1 洞门设计

考虑隧道地处黄石市铁山区, 是目前国内第一条可通过双层集装箱列车的长大复线铁路隧道, 力

求在经济情况下外表美观,同时进口端围岩级别为Ⅱ级,岩土体风化严重、破碎,进口洞门设计图如图1所示.隧道出口端为武昌方向,洞门设计和进口大体相同.

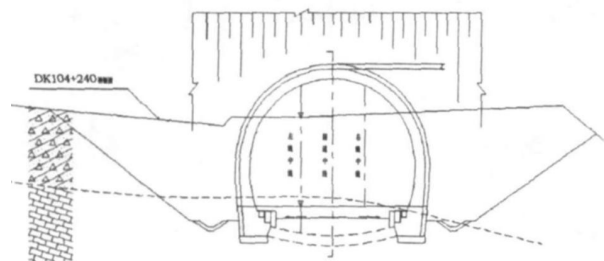


图1 洞门设计图

3.2 洞身设计

该隧道所处的地质环境复杂,考虑围岩类别、水文地质条件、埋置深度、结构工作特点,结合施工条件等通过工程类比和结构计算确定,隧道设计为净空 12.5 米的曲墙带仰拱模筑混凝土衬砌,施工采用整体式模筑混凝土及喷锚施工支护.在穿越岩溶、洞穴地段,对其处理据洞穴大小、有水无水和充填情况

适当扩大地基处理范围,采用混凝土灌注.

4 隧道施工监控及数据分析

4.1 隧道围岩地质特征

据隧道岩质实际情况与施工需要进行地质情况观察记录.隧道地质每次爆破后观察确认围岩名称、类别、岩层倾角,走向及变化情况与趋势,断层、节理、裂隙发育、发展情况、洞内渗水流量等作地质描述,观察频率每循环进行一次.

该隧道 DK104^{+340~371}段在距离山脚边缘约 20 米处通过.该段地表呈台阶状,坡体为块石松散堆积土,基岩出露处于隧道左线中左侧.开挖揭示:围岩为节理发育的片状岩石夹软塑土,节理顺向沟侧,总体属于为Ⅳ类围岩,观测结果见图 2.

4.2 隧道施工监测内容

根据盛洪卿隧道 DK104^{+340~371}段施工需要,结合已有研究提出监测以下 5 个方面:1)工程地质及支护现状的观察;2)地表下沉量观测;3)拱顶下沉量测;4)围岩位移及洞内收敛变形量测;5)裂缝量测.

DK104+340~+371 段开挖面地质情况简图

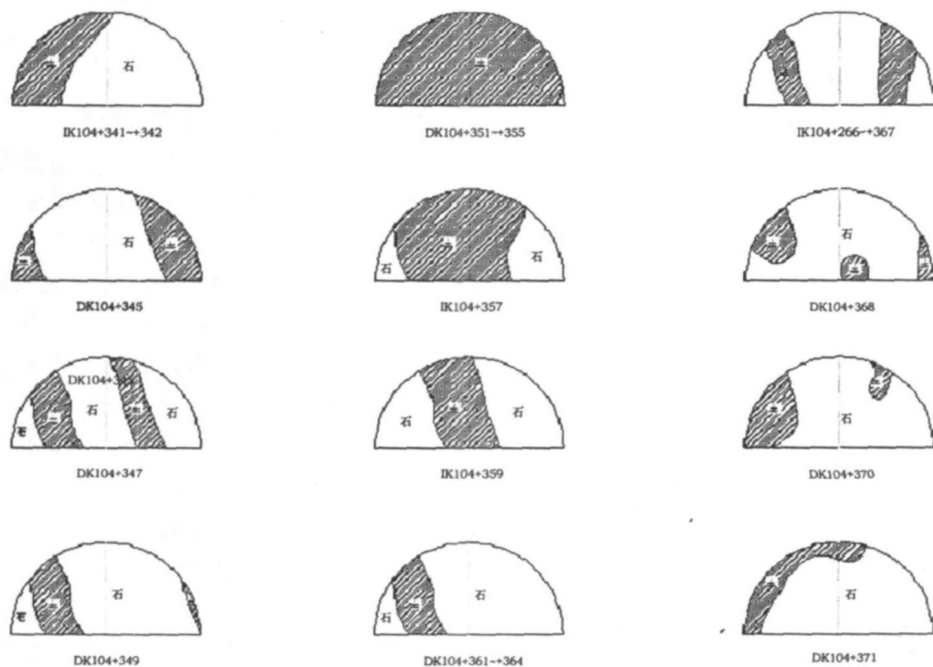


图2 DK104+340~371 段开挖面地质情况简图

4.3 变形监测

1) 支护状况观察

对初期支护和二次衬砌情况进行观察,并注意位移、变形发展趋势,以保证施工安全和反馈支护结构是否合理.量测控制断面在该段隧道每 5 米选取

一个.于 2004 年 3 月 24 日至 4 月 11 日开挖 DK104^{+340~371}段并发现有变形迹象,进而迅速施作临时仰拱及斜撑等进行加固,但效果不很明显.

2) 地表下沉量观测

对盛洪卿隧道 DK104^{+340~+370} 段每 10 米设置一个监测横断面(共 4 个),用以监测该段地表下沉量.选用仪器为 S2 型水准仪、水平尺等.开挖前后及初期支护后立即进行测量;每次爆破后亦进行监测.

3) 拱顶下沉及洞内收敛变形量测在 DK104^{+340~+370} 每 5 米选取一个控制断面.主要用于量测围岩拱顶、拱部、边墙间的相对位移,以此判断围岩的稳定性.主要仪器为收敛计,量测点布置见图 3.量测频率为 1 次/日.

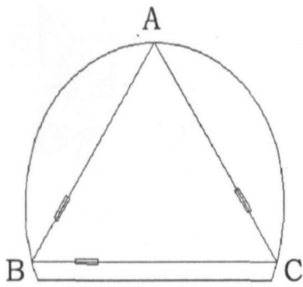


图 3 拱顶下沉及洞内量测点布置图

4.4 围岩位移分析

限于篇幅,这里只列处 DK¹⁰⁴⁺³⁵⁰ 断面拱顶下沉、水平位移及各测线位移的变化情况,见图 4.

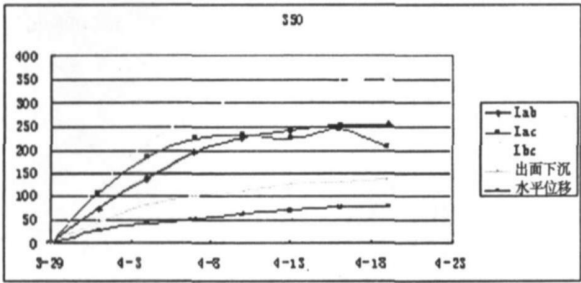


图 4 拱顶下沉 水平位移 各测线位移——时间曲线

可以看出,隧道施工初期,隧道开挖后变形明显,通过临时仰拱及斜撑等进行加固,有一定的效果,但不很明显.随着应采用减重反压等措施减小了偏向压力,隧道变形逐渐被抑制.

5 数值分析

除了现场监测外,有必要开展数值分析.故本文采用 FLAC2 软件针对盛洪卿隧道建立数值分析模型,通过计算探讨滑坡与隧道变形的相互作用机理和作用过程,为工程比选方案提供依据.

5.1 盛洪卿隧道 DK104+340 段计算模型的建立

DK104+340 计算断面建模考虑原始地面及回填反压两种情况.对断面进行网格划分,单元划分及边界条件见图 5.岩体屈服准则采用 Drucker—Plager 准则.

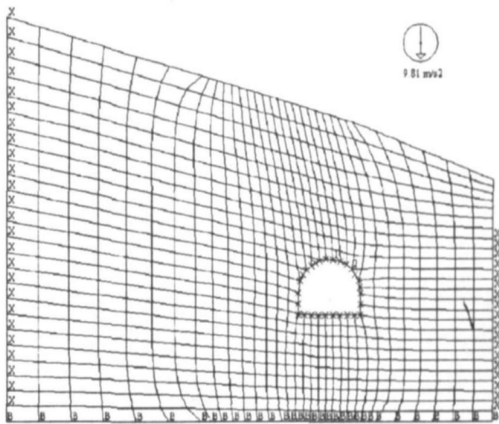


图 5 网格划分和边界条件

参数取值根据《武九铁路盛洪卿隧道工程地质报告》、《工程地质手册》确定,具体表 1.

表 1 计算参数取值

料 属性	弹性 模量/MPa	粘聚力 /MPa	内摩擦 角/°	泊松比 μ	容重 /MN/m ³	单轴抗拉 强度/MPa
回填土	20	0.121	35	0.25	0.019	0
灰岩	7 000	0.025	19	0.43	0.022	4.5

5.2 计算结果分析

计算模型特别注意拱脚及拱顶位移情况,针对拱顶节点、靠山侧拱脚、靠河侧拱脚进行分析,计算位移见图 6.可见,隧道拱顶有约 15 cm 的下沉,可能是隧道开挖引起坡体沿千枚状软弱层发生蠕滑而致;在拱顶及靠山侧拱脚位置位移变化较大,隧道底面由于开挖的应力释放导致向上发生的约 5 cm 的变

形.靠山侧拱脚和靠河侧拱脚的位移变化分别约为 13 cm 和 8 cm,可以看到,由于坡体发生少量滑动导致了隧道的明显偏压,致使靠山一侧拱脚的位移变化较为明显.这与实际监测结果较为一致.而实施回填反压后位移大为减小.

此外,笔者对隧道 DK104⁺³⁷⁰ 段也进行了分析,也说明隧道的开挖导致了上部岩体蠕滑,考虑降雨

入渗则使蠕滑趋势严重. 这种蠕滑导致隧道偏压作用明显, 使得隧道拱顶及靠山侧拱脚变形较大, 因

此, 为达长治久安, 建议在隧道山侧采用抗滑工程, 从根本上减轻山侧岩土体蠕滑而根除隧道病害.

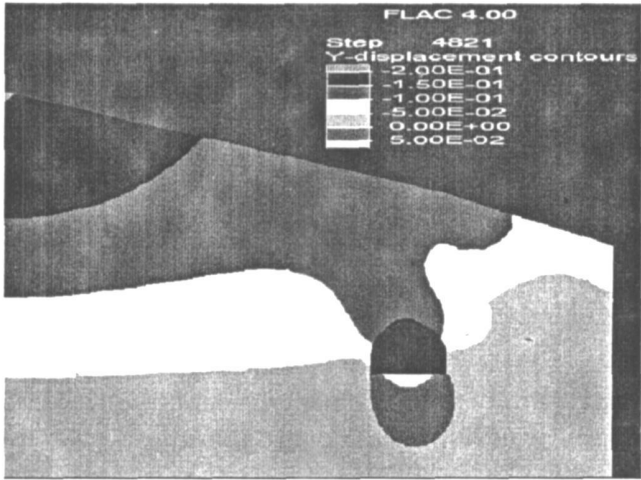


图 6 DK104+340 断面隧道位移等值线图

6 结论

- 1) 现场施工监测和数值分析表明, 武九铁路盛洪卿隧道 DK104+340~+370 段由于隧道的开挖导致了上部岩体的蠕滑, 加之雨水下渗使蠕加剧, 特别是蠕滑导致隧道偏压, 在拱顶及靠山侧拱脚变形明显.
- 2) 隧道施工现场监测与数值分析相结合, 说明变更设计在隧道河侧采取回填反压较为科学、合理. 同时证明隧道施工监测对于隧道施工质量提高具

有重要的指导意义.

参考文献:

[1] 白明洲, 许兆义, 王连俊, 王勐. 复杂岩溶地区隧道施工突水地质灾害研究[J]. 中国安全科学学报, 2006, 16(1): 114—118.

[2] 苏仲杰, 于广明, 杨伦. 地层塌陷的灾害及其防治研究中的关键问题[J]. 中国安全科学学报, 1997, 7(5): 46—50.

[3] 铁道第四勘察设计院地路处. 武九铁路盛洪卿隧道工程地质报告(内部资料). 2002.

Monitoring and Numerical Simulation on the Deformation of Sheng-hong-qing Tunnel

ZHANG Wei-hong^{1,2}, ZHENG Ming-xin¹, ZHENG Xiao-min²

(1. School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013; 2. Xi'an Engineering Corporation of China Electricity, Xi'an 730000, China)

Abstract: Based on the analysis of in-situ monitoring data and the numerical simulation of the deformation of Sheng-hong-qing tunnel along Wujiu railway, it is testified that using back fill along riverside to prevent the creep is reasonable. Moreover, the method of tunnel construction monitor is put up, which has a significant guide to the tunnel construction.

Key words: tunnel construction; in-situ monitoring; numerical simulation