

引水隧洞爆破施工下穿既有铁路隧道监测数据分析

张 聪

中铁第五勘察设计院集团有限公司, 北京 102600

[摘要]根据浙江省某引水隧洞下穿金台铁路既有隧道工程实例,通过数值分析和现场实际监测数据分析,对引水隧洞爆破施工下穿既有铁路隧道过程中对既有隧道结构稳定性影响情况进行分析,从而找出下穿施工过程中的风险点及相应的风险控制方法。

[关键词]引水隧洞;下穿施工;沉降数据;爆破振速;影响分析

DOI: 10.33142/sca.v3i7.2681

中图分类号: U456

文献标识码: A

Analysis of Monitoring Data of the Tunnel under Existing Railway Tunnel in Water Diversion Tunnel Blasting Construction

ZHANG Cong

China Railway Fifth Survey and Design Institute Group Co., Ltd., Beijing, 102600, China

Abstract: According to the engineering example of a diversion tunnel passing through the existing tunnel of Jintai railway in Zhejiang Province, through numerical analysis and field monitoring data analysis, the influence of blasting construction of diversion tunnel under existing railway tunnel on the structural stability of existing tunnel is analyzed, so as to find out the risk points and corresponding risk control methods in the process of undercrossing construction.

Keywords: diversion tunnel; underpass construction; settlement data; blasting vibration velocity; impact analysis

引言

近年来随着基础建设发展的需求,对地下空间的利用越来越多,新建工程与既有地下隧道小净距平行、上跨下穿情况越来越多。临近或下穿既有结构施工风险较大,施工过程控制要求较高,目前国内外已有针对地下结构接近工程施工的研究,但通常只是研究其中的某一个方面,将下穿既有铁路隧道施工过程中的监测情况综合分析研究的例子较少,本文以浙江省某引水隧洞下穿金台铁路紫砂岙隧道工程施工监测为背景,通过对比数据模拟计算与现场监测数据资料,综合研究分析引水隧洞爆破施工下穿既有铁路隧道过程对既有结构物稳定性的影响,对类似下穿施工工程结构稳定性预测及施工控制要点提供理论和实际上的参考。

1 工程概况

本次引水实验洞工程包含下穿金台铁路段引水隧洞和 0#施工支洞,长 500m 和 385m。其中引水隧洞桩号为 K1+606.75~K2+106.75m,引水隧洞衬后断面为城门洞形,尺寸为 5m×5m(宽×高),下穿金台铁路段 100m 衬砌厚度为 1m(含喷混凝土 15cm),底板高程为-8.55~-3.02m。

金台铁路紫砂岙隧道全长 2670m,隧道最大埋深 271m。隧道 DK122+043~DK122+562.76 段位于 R=2500 的曲线上,其余位于直线上,隧道轨顶高程 30.46m,引水隧洞下穿施工时,本隧道已经开挖贯通,下穿段二衬结构施工已完成。

引水工程隧洞与紫砂岙隧道在平面上存在 1 处交汇点:引水隧洞 K1+856.75 处与紫砂岙铁路隧道 DK122+443 处成约 70°角相交,引水隧洞位于铁路隧道下方约 30m 处穿过。

2 测点布置

在新建引水隧洞爆破施工期间,对上方既有紫砂岙隧道结构进行爆破振速、收敛、底板沉降监测,监测范围为:既有紫砂岙隧道 DK122+401.5~DK122+484.5 段。具体测点布置如下:

(1) 净空收敛测点布置

下穿段轴线正上方 DK22+433 处布设一个断面,向两侧间隔 10m 分别布设两个断面,最外侧测点间隔 21.5m,再分别布设一个断面,共布设 7 个监测断面。

(2) 底板沉降测点布设

底板沉降测点布置在隧道底板中间部位，与收敛监测测点处于同一断面。

(3) 爆破振速监测点布设

爆破时监测 3 个断面，即为距离开挖面最近一个监测断面（即 DK22+433 处）处和前后 20m 各一个监测断面。测点安装在拱顶、两侧拱脚及墙脚部位，把传感器固定在既有衬砌结构上。

3 数值模拟分析

3.1 模型建立

根据已有资料，利用 MIDAS-GTS 软件建立三维有限元模型。以既有隧道纵向为 y 轴，隧道横向为 x 轴，竖向为 z 轴，根据经验公式确定模型 x, y, z 尺寸为 80m, 80m, 107m。然后进行网格划分，地层围岩、既有铁路隧道、新建引水隧洞均采用 4 节点四面体实体单元，衬砌采用 3 节点单元模拟。模型整体如下图所示：

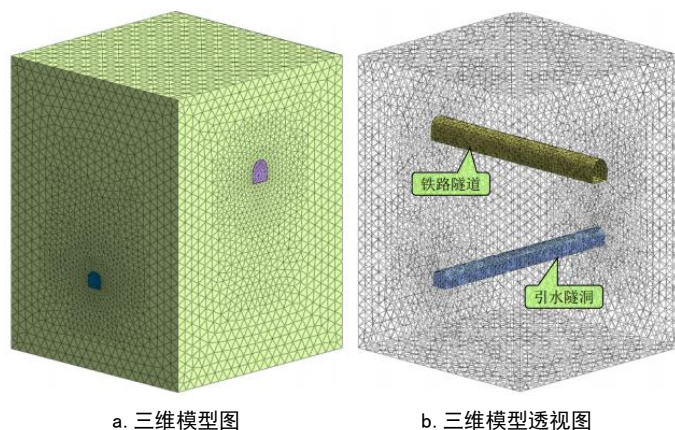


图 1 模型整体图

3.2 参数选取

表 1 主要物理力学参数

地层岩性	弹性模量 (GPa)	泊松比	容重 (kN/m ³)	粘聚力 (MPa)	内摩擦角 (°)	本构模型
凝灰岩	10	0.3	23	1.5	50	M-C
引水隧洞衬砌	32	0.2	25	-	-	弹性
铁路隧道衬砌	30	0.2	23	-	-	弹性

3.3 数值计算结果

(1) 位移分析：引水隧洞开挖后，模型整体竖向及横向位移变形云图如下图：

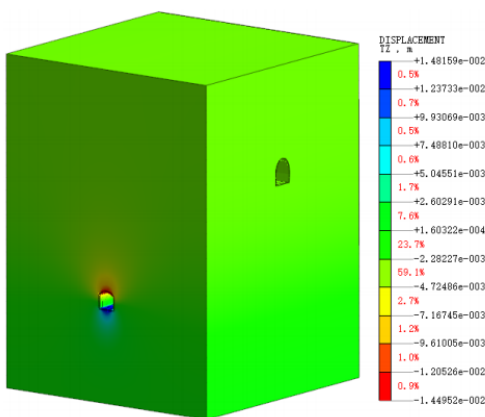


图 2 整体竖向位移云图

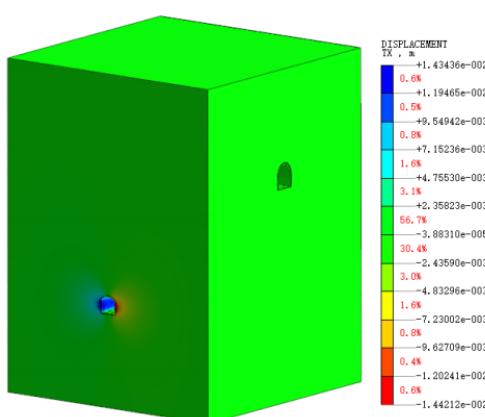


图 3 整体横向位移云图

由图 2~3 可知，引水隧洞下穿既有铁路隧道施工会使整个地层发生一定的竖向位移和侧向位移。其中既有隧道周边竖向位移趋势远大于侧向位移趋势，即既有铁路隧道周边围岩变形以竖向位移为主。其中最大竖向沉降发生在引水隧洞整上方断面的底板区域，最大沉降值约为 3.33mm，小于 5mm 控制值。

(2) 爆破振速分析：通过数值模拟分析得到当新建引水隧洞在既有隧道下方爆破施工时，铁路隧道在较差断面处主要受到垂直方向振速的影响，水平及纵向振速影响均相对较小，说明达到既有隧道拱顶的应力波主要为纵波，且随着应力波向上传递，振速逐渐衰减。

4 现场监测数据分析

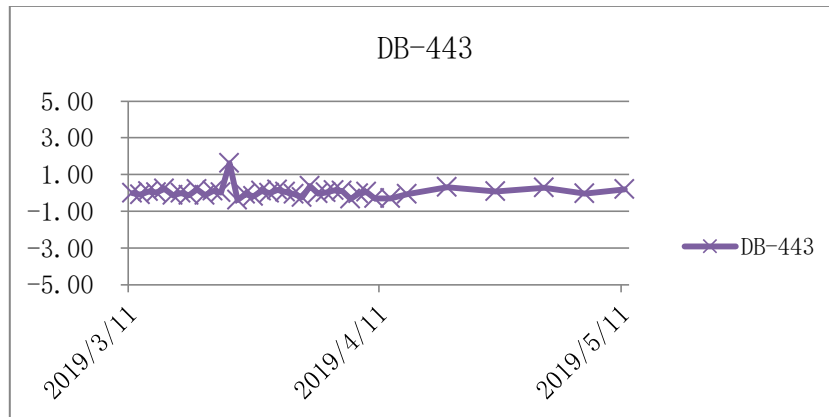


图 4 紫砂吞隧道 DK122+443 监测断面底板沉降曲线图

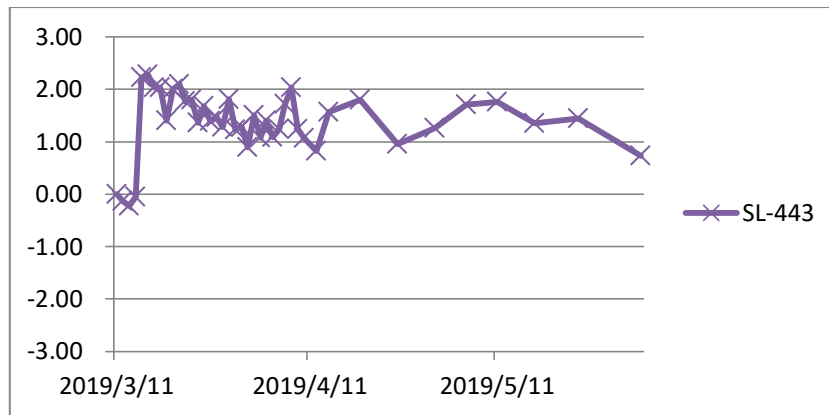


图 5 紫砂吞隧道 DK122+443 监测断面周边收敛曲线图

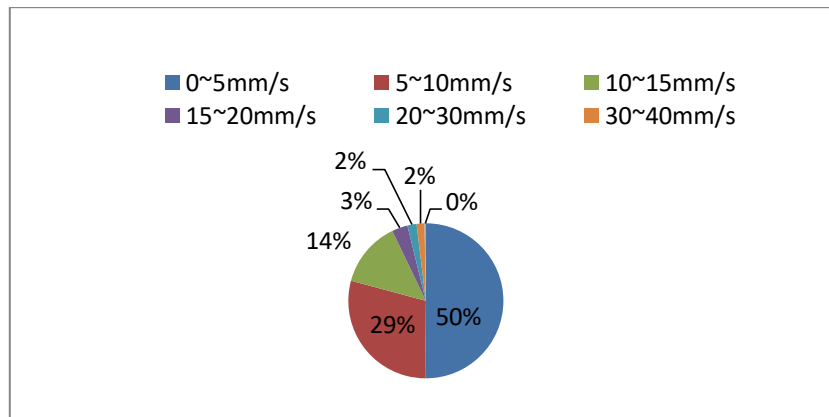


图 6 紫砂吞隧道爆破振速区间统计图

(1)由现场监测数据分析可知,各监测断面周边收敛曲线变化区间为 $-2\sim 2.28\text{mm}$,小于控制值 3mm 。其中DK122+423、DK122+453 监测断面收敛曲线在 2019-4-14 后变化趋于平稳,这与底板沉降点趋于平稳的时间相吻合,均为开挖段面通过测点 100m 后。

(2)主监测断面 DK122+443 收敛曲线在 2019-4-25 后变化趋于平稳,较其它断面稳定较慢,说明相交断面受引水隧道下穿施工影响较其它断面大。

(3)根据统计监测爆破振速在 $0\sim 5\text{mm/s}$ 范围内数据占比最多,约占 50%,其次为 $5\sim 10\text{mm/s}$ 范围内,约 27%,爆破振速相对较小。

5 结论

(1)新建引水隧洞下穿金台铁路既有隧道过程中引起既有隧道底板沉降,沉降值基本在 $-1.3\sim 1.84\text{mm}$ 之间,平均沉降值为 0.63mm ,最大累计沉降值 1.79mm ,与数值分析结果相符。

(2)在开挖面通过测点上方前后时测点沉降最大,约占测点总沉降量的 $2/3$ 左右,开挖面通过测点 100m 后沉降速率趋于稳定。

(3)各断面收敛监测点变化值基本在 $-1.86\sim 2.28$ 之间,平均收敛值为 -0.47mm ,最大累计收敛值 -1.39mm ,与数值分析结果相符。

(4)引水隧洞下穿开挖工程中应采用台阶法开挖通过既有隧道,减小每次开挖面积,减小单次装药量可以有效控制爆破振动强度。

(5)分台阶依次下穿开挖通过时,临空面的形成对减小爆破振动强度非常有效,因此下穿施工时可人为创造临空面以降低爆破震动对既有隧道结果的影响。

[参考文献]

- [1]刘均红.新建引水隧洞下穿既有铁路隧道爆破施工影响研究[J].铁道标准设计,2013(01):94-97.
- [2]王新宇,邵珠山,乔汝佳.小净距下穿铁路隧道爆破振动的响应研究[J].应用力学学报,2013(08):527-531.
- [3]田运生,费鸿禄,左金库,王宁.下穿引水隧洞爆破振动影响新建铁路隧道响应测试[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2013(09):1166-1170.

作者简介:张聪(1988.12-),男,毕业院校:石家庄铁道大学,现就职单位:中铁第五勘察设计院集团有限公司。