

地铁隧道下穿高速公路的围岩变形机理研究

周 建 伟

(中国水利水电第七工程局有限公司,四川 成都 610081)

摘 要:依托深圳地铁 7 号线矿山法隧道下穿广深高速公路工程,综合考虑了上软下硬地层的地质条件,通过对比分析现场监测所得到的结论,揭示了矿山法地铁隧道下穿既有高速公路的围岩变形机理与地表沉降规律。通过研究可知,影响隧道下穿既有构筑物变形的因素主要为地质因素、施工工法因素和隧道间距因素;地表变形规律可分为四个阶段,每个阶段其变形特征有所差异。
关键词:地铁;上软下硬地层;下穿工程;围岩变形;近距离
中图分类号:TV554;TV221;TV223.1;U231+3**文献标识码:**B**文章编号:**1001-2184(2015)06-0058-03

我国大中型城市规模不断扩展,不仅地面建筑日益密集趋于饱和,而且地下空间也不断扩展。为了减小对既有构筑物的影响而进行新线选址日趋困难,致使新建地铁区间隧道工程穿越既有构筑物的概率越来越大^[1]。当隧道建设改变原有地层应力状态,从而引起地层产生位移,造成地表既有构筑物变形失稳^[2]。Ramón^[3]基于非接触测量技术,针对圆形隧道下穿既有构筑物的变形特征,开展了现场监测与数据分析研究。Maria 等^[4]采用数值计算分析方法,结合下穿工程实例,研究了隧道围岩变形规律。曹瑞琅等^[5]结合武广高铁尖峰顶隧道下穿地表高压输电线塔的工程实践,开展了隧道施工前后地层变形监测和分析,提出了控制大变形的工程措施。李栋等^[6]依托重庆花卉园地铁隧道施工,基于隧道稳定性关键影响因素和数值模拟,提出了围岩变形控制措施。朱正国等^[7]基于 ANSYS 二维有限元方法,对新建铁路隧道下穿既有铁路工程开展了数学模拟计算,探讨了不同最大等效应力、地质条件、隧道埋深、隧道结构形式等 96 种工况下的地表沉降特

征。虽然国内外已开展了城市地铁下穿既有构筑物的相关研究工作,但是,针对上软下硬地层这种特殊地质条件与运营高速公路变形控制的高标准方面的研究成果较少。笔者依托深圳地铁 7 号线矿山法隧道下穿广深高速公路工程,在综合考虑了上软下硬地层的地质条件、通过对比分析现场监测所得到的结论,研究了矿山法地铁隧道下穿既有高速公路的围岩变形机理与地表沉降规律。

1 工程概述

深圳地铁 7 号线安托山站~农林站区间段下穿广深高速 4 次(表 1)。该段下穿区域主要地层为第四系全新统人工填筑土、砾(砂)质粘性土,下伏基岩为燕山期花岗岩。区间隧道埋深较大,穿越地层多为强~微风化岩体,施工难度很大。其中下穿广深高速地层及环境的基本特点为:原状残积土为厚达 16~20 m 的砂质土及杂填土、高速公路填土路基及路面结构,隧道洞身上部为残积土(局部是回填土),下部为岩石且富含水,严重影响穿越工程施工及广深高速公路的安全。

2 所采用的关键施工技术

表 1 安~农区间隧道下穿广深高速公路汇总表

位置	里程	长度 /m	围岩类别	埋深 /m	施工方法
左线	DK10+763.009~DK10+830.390	67.381	V、Ⅳ	约 20	台阶法
右线	DK10+751.884~DK10+811.004	59.12	Ⅲ、Ⅳ、V	约 20	全断面法
左线	DK11+105.387~DK11+214.776	109.389	Ⅱ、Ⅲ	约 20	台阶法
右线	DK11+153.549~DK11+257.956	104.407	Ⅳ、V	约 21	台阶法

为了保证新建隧道顺利、安全地下穿广深高

速公路且不对广深高速公路运营产生任何影响,隧道施工建设采用“大管棚+全断面注浆+爆破振速控制”组合方式进行施工。

收稿日期:2015-10-23

3 现场监测与数据分析

3.1 现场监测

为了及时收集、反馈和分析周围环境及支护结构在施工中的变形信息,实现信息化施工,确保施工和周围环境安全。根据施工图、设计单位确定的监测内容要求,隧道内每隔 5 m 设置 1 个断

面,每断面布设 3 个拱顶沉降点,1 对净空收敛监测点;若分台阶开挖,则上、下台阶各设置一对收敛监测点,特殊地段加密(表 2)。

地面沉降监测采用数字水准仪及配套钢瓦水准标尺,隧道内拱顶沉降与净空收敛采用全站仪自由测站法测量。图 1 给出了监测点埋设过程。

表 2 监测内容表

序号	监测项目	测点布置	报警值 /mm	控制值 /mm	备注
1	地表沉降	沿广深高速路肩布设地表沉降点,同一断面监测点间距 2 m	24	30	必测
2	拱顶沉降	5 m 一个断面,每一断面布设 3 个拱顶沉降点	24	30	必测
3	净空收敛	5 m 一个断面,每一断面布设 1 对净空收敛点	16	20	必测
4	初支内力	2 个断面			选测

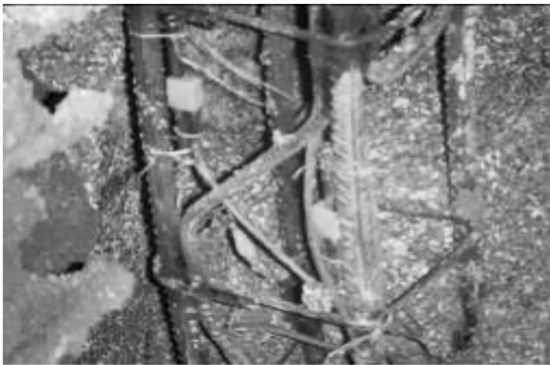


图 1 监测点埋设示意图

3.2 数据分析

图 2 给出了监测断面关键部位初衬内力随时间变化特征曲线。由图 2 可知:该断面初支内力

在开挖后一段时间内呈现不稳定的变化,但是,在开挖一段时间后,初衬的轴力和弯矩均趋于稳定。该隧道洞内施工完成后围岩最终趋于稳定。

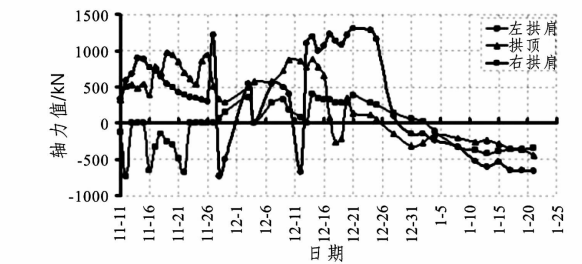
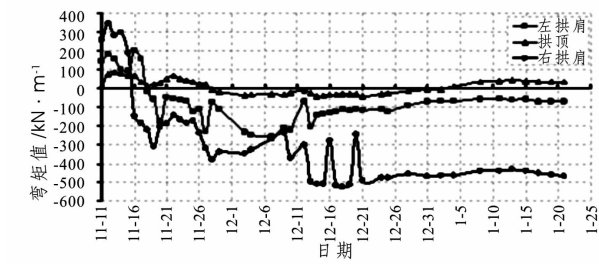


图 2 监测断面关键部位初衬内力随时间变化特征图

图 3 给出了下穿广深高速小里程隧道拱顶沉降曲线。由图 3 可知:(1) 左线小里程拱顶沉降最大值为 21.4 mm,位于监测断面 S/Xtt10 + 785 左处;右线小里程拱顶沉降最大值为 17.9 mm,位于监测断面 S/Xtt10 + 780 处。(2) 随着隧道下穿进尺不断扩大,其各拱顶沉降量逐渐增大,最终达到稳定状态。(3) 拱顶沉降变化曲线较为分散,拱顶沉降速率突变较小。(4) 左线隧道拱顶

沉降量比右线隧道拱顶沉降量大,这是由于右线隧道开挖对左线隧道拱顶沉降产生的施工效应影响所致。

图 4 给出了下穿广深高速小里程隧道围岩变形曲线。由图 4 可知:(1) 围岩收敛变形量随着时间的增长而增大。(2) 左线最大收敛点为 ZS/X010 + 750,其变形值为 8.7 mm;右线最大收敛点为 YS/X010 + 750,其变形值为 6.24 mm。(3)

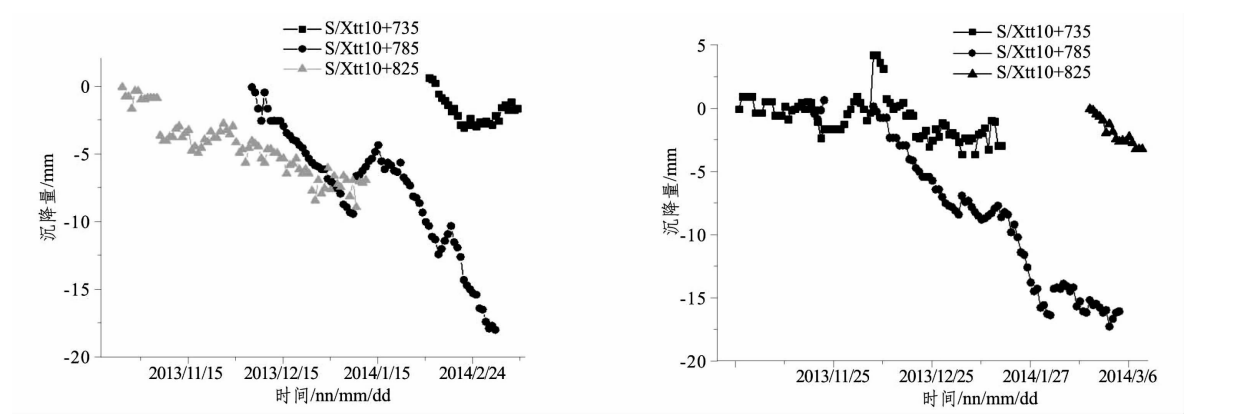


图 3 下穿广深高速小里程隧道拱顶沉降曲线图

随着下穿距离的增加,其隧道围岩变形量逐渐增大;同时,左线受到右线开挖的影响,其变形量相对较大。这是由于隧道近距离平行施工所产生的空间效应影响。

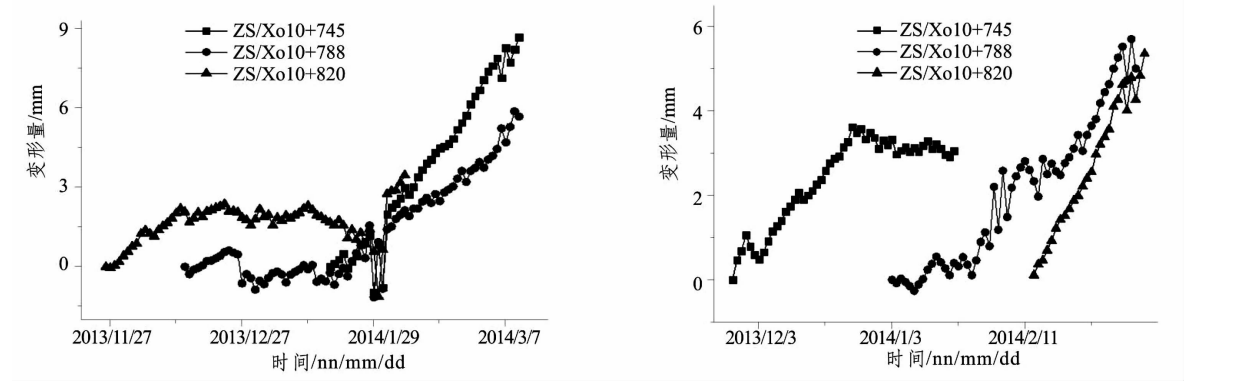


图 4 下穿广深高速小里程隧道围岩变形曲线图

4 结 语

笔者依据深圳地铁 7 号线矿山法隧道下穿广深高速公路工程,综合考虑了上软下硬地层的地质条件,通过对比分析现场监测所得到的结论,揭示了矿山法地铁隧道下穿既有高速公路的围岩变形机理与地表沉降规律。通过研究可知:

- (1)下穿隧道初支内力在开挖后一段时间内呈现不稳定的变化,但是在开挖一段时间后,初衬的轴力和弯矩均趋于稳定。
- (2)随着隧道下穿进尺不断扩大,其各拱顶沉降量逐渐增大,最终达到稳定状态。而左线隧道拱顶沉降量要比右线隧道拱顶沉降量大是由于右线隧道开挖对左线隧道拱顶沉降产生的施工效应影响所致。
- (3)随着下穿距离的增加,其隧道围岩变形量逐渐增大;同时,左线隧道受到右线开挖的影响,其变形量相对较大。这是由于隧道近距离平行施工所产生的空间效应影响所致。
- (4)隧道下穿既有高速公路引起的地表沉降

变形基本上分为四个阶段,即:初期的微小变形沉降阶段、中期的沉降变形剧增阶段和变形缓慢阶段以及后期变形基本稳定阶段。

参考文献:

[1] 王剑晨,张顶立,张成平,房倩,苏洁,杜楠馨.北京地区浅埋暗挖法下穿施工既有隧道变形特点及预测[J].岩石力学与工程学报,2014,33(5):947-956.

[2] 胡群芳,秦家宝.2003-2011年地铁隧道施工事故统计分析[J].地下空间与工程学报,2013,9(3):705-710.

[3] 曹瑞琅,贺少辉,李子峰.偏压富水软岩大断面隧道下穿建筑物地层变形及影响分析[J].岩石力学与工程学报,2012,31(5):982-990.

[4] 李栋,何兴玲,覃乐,康勇,周东平,郭臣业.特大跨超浅埋地铁隧道下穿天桥过程稳定性控制[J].岩石力学与工程学报,2013,32(S2):3637-3642.

[5] 朱正国,李兵兵,李文江,朱永全.新建铁路隧道下穿既有铁路施工引起的地表沉降控制标准研究[J].中国铁道科学,2011,32(5):78-82.

作者简介:
周建伟(1964-),男,四川资中人,工程师,从事施工监测技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)