

Numerical Simulation of New Pedestrian Overcrossing Over Existing Tunnel

Shilei Li

College of Civil Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

Abstract

The paper takes the project of No. 5 overpass rail line project of a pedestrian overcrossing in Chongqing as the research object, use Midas software to establish the corresponding mechanical model, Simulated the impact of the proposed pedestrian overcrossing on the adjacent existing track during construction and operation, to evaluate the feasibility and safety of the construction of the proposed pedestrian overcrossing. The results show that: the deformation of the interval tunnel structure caused by the construction and operation of the proposed project is within the controllable range, and it will not change the deep-buried force state of the original interval tunnel.

Keywords

pedestrian overcrossing; existing tunnel; numerical simulation; evaluation

新建人行天桥上跨既有隧道的数值模拟分析

李石磊

重庆交通大学土木工程学院, 中国·重庆 400074

摘要

论文以重庆市某人行天桥上跨轨道交通五号线工程为研究对象, 运用 Midas 软件建立相应的力学模型, 模拟了拟建人行天桥在施工和运营过程中对邻近既有轨道的影响, 以评估拟建人行天桥施工的可行性和安全性。结果表明: 拟建项目建设及运营使用过程所引起的区间隧道结构变形在可控范围内, 也不会改变原区间隧道深埋受力状态。

关键词

人行天桥; 既有隧道; 数值模拟; 评估

1 引言

近几年, 中国城市轨道交通得到了快速发展, 轨道交通也愈加网络化, 在城市土地资源有限的情况下, 必然会对既有隧道周围的土地和空间进行开发利用。在既有隧道附近修建桥梁、道路及其他建筑时, 会使隧道区域受力平衡状态打破, 应力重新分布, 引起隧道产生内力变化和变形^[1-3]。同时, 由于地铁运营的重要性, 运营期间的地铁隧道对结构变形如沉降、水平位移等控制指标要求极其严格^[4-6]。这些问题都是目前亟待解决的问题。

论文以重庆市两江新区某人行天桥上跨轨道交通五号线工程为研究对象, 采用 MIDAS/GTS 有限元软件建立土与结

构共同作用的有限元模型, 数值模拟分析了轨道控制保护范围内某人形天桥施工、运营对轨道交通五号线的影响, 对方案的可行性和安全性进行了评估。

2 工程概况

项目建设区域位于重庆市北部新区星光大道, 柏林公园附近, 拟建工程沿线地貌属构造剥蚀浅丘地貌, 经周边房屋建设的开挖回填, 现状地形起伏小, 地形平坦。场区内地层有第四系全新统人工填土层、第四系全新统坡残积层、侏罗系中统上沙溪庙组泥岩及砂岩。场区地下水可分为第四系孔隙水和基岩裂隙水, 拟建天桥平面位置如图 1 所示。

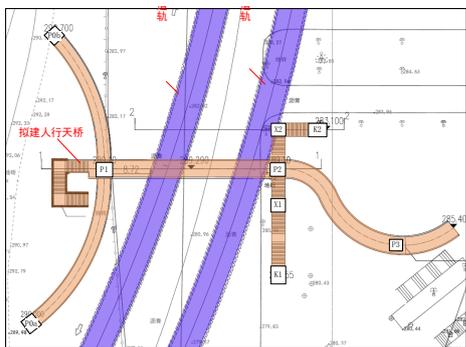


图 1 拟建人行天桥平面位置图

拟建人行天桥位于已运营轨道 5 号线幸福广场站至冉家坝站区间轨道保护范围内。轨道右线外边线距 P1 桥墩基础最小水平距离 8.72m，轨道左线外边线距 P2 桥墩基础最小水平距离 0.89m，X2 桥墩位于轨道左线结构上方，基础与轨道结构平面位置关系如图 2 所示。

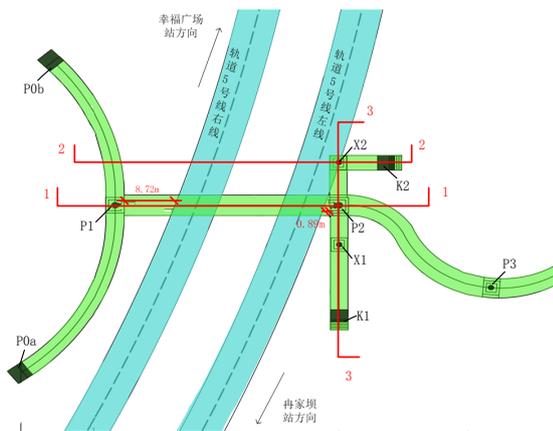


图 2 拟建人行天桥与轨道平面位置关系

3 计算软件与模型参数

3.1 软件简介

本次评估分析选取大型通用有限元软件 MIDAS/GTS 作为计算平台。MIDAS/GTS 主要针对岩土隧道领域的结构分析所需要的功能直接开发的程序，是通用有限元程序与岩土及隧道专业技术的结合^[7]。MIDAS/GTS 提供了各种结构单元来模拟结构部分的作用，包括桁架单元、梁单元、桩单元、板单元以及平面应力单元等结构单元。通过这些单元的设置，可以模拟各种岩土分析中的结构部分^[8]。

3.2 本构模型

本次计算中，岩土体材料采用 M-C 模型。M-C 本构模型是模拟岩土材料最常用的一种模型，该模型包含剪切和拉伸两个模型破坏准则，分别对应不同的流动法则，非常适合

模拟岩土材料的应力 - 应变特征。而区间隧道衬砌结构等采用弹性本构方程。

4 二维有限元计算评估

4.1 1-1 剖面计算模型

为了确保模型有足够的计算精度并尽量减少收敛时间，本次计算对模型范围作出了一定的限定，模型尺寸为 104m × 68m，计算模型如图 3 所示。计算中，将天桥荷载按均布荷载施加在桥墩上，由于二维平面应变模型自身限制，使施加在桥墩上荷载较实际荷载大。

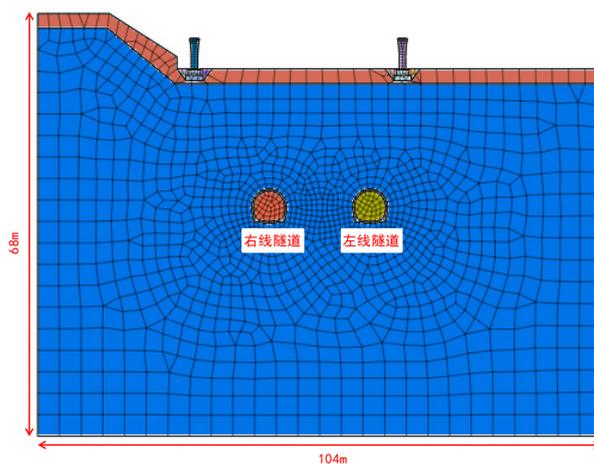


图 3 网格模型

4.2 计算步骤

根据实际施工步骤，本次计算主要施工步骤如下：

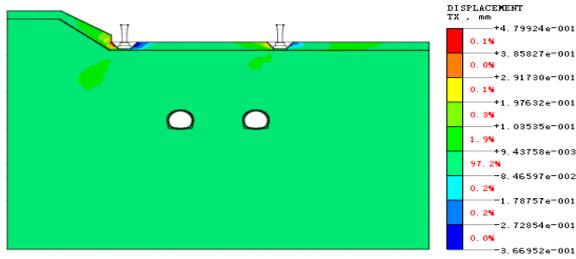
- (1) 初始应力计算，位移清零。
- (2) 地铁隧道开挖及二衬施工，应力、位移计算。
- (3) 位移场清零，应力计算。
- (4) 基础基坑开挖，应力、位移计算。
- (5) 桥墩及扩大基础施工，应力、位移计算。
- (6) 施加荷载，应力、位移计算。

轨道结构位于岩层中且为已运营线路，因此可认为天桥建设时轨道结构及围岩已完成变形，因此在计算分析步骤第 3 步进行位移清零，旨在模拟天桥实施及使用对轨道变形影响，此简化不影响计算结果。

5 计算结果与分析

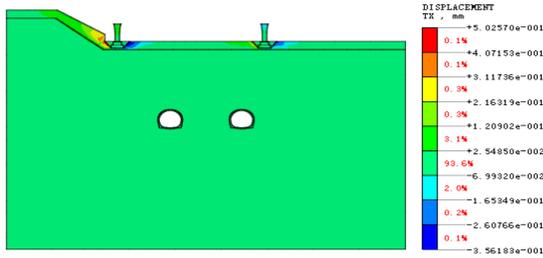
5.1 围岩变形

图 4、5 分别为剖面 1-1 围岩横向变形云图及竖向变形云图。



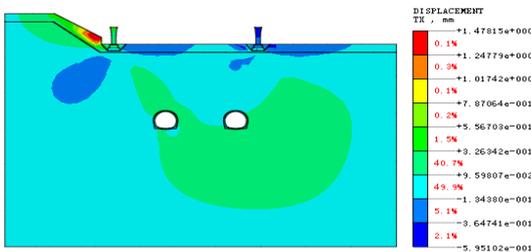
[DATA] 1-1计算, 施工阶段-6, INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, mm

a. 基础基坑开挖



[DATA] 1-1计算, 施工阶段-6, INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, mm

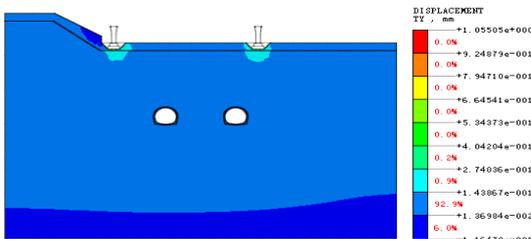
b. 基础建设



[DATA] 1-1计算, 施工阶段-7, INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, mm

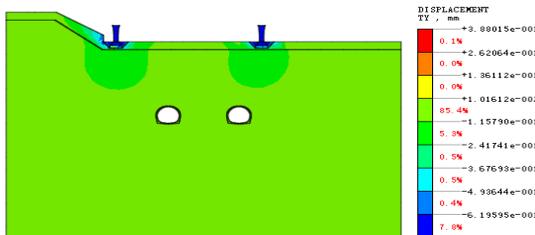
c. 施加上部荷载

图4 地层横向变形云图



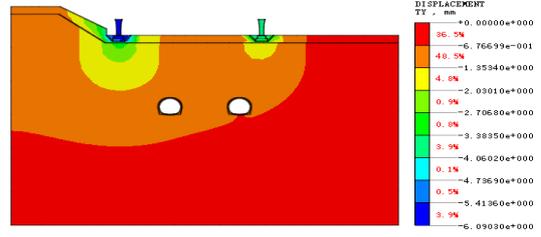
[DATA] 1-1计算, 施工阶段-6, INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, mm

a. 基础基坑开挖



[DATA] 1-1计算, 施工阶段-6, INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, mm

b. 基础建设



[DATA] 1-1计算, 施工阶段-7, INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, mm

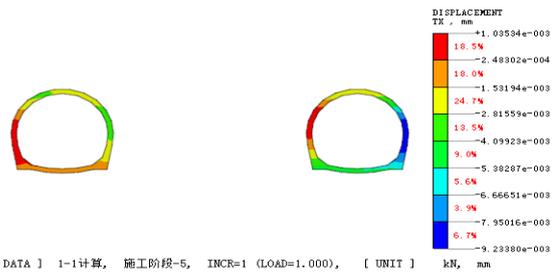
c. 施加上部荷载

图5 地层竖向变形云图

从图中可以看出,天桥施工完成投入使用后地层变形最大,最大横向变形为0.5mm,最大竖向变形为5.65mm。地层变形主要发生在两侧基坑顶部;对于轨道区间隧道结构,天桥施工及运营使用时其变形变化不大,表明天桥施工及使用阶段对轨道区间周边岩体的影响较小。

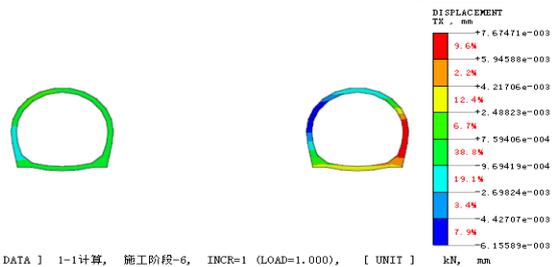
5.2 轨道结构变形

图6、7分别为天桥基础开挖阶段、施工完成使用阶段,隧道衬砌结构横向及竖向变形云图。



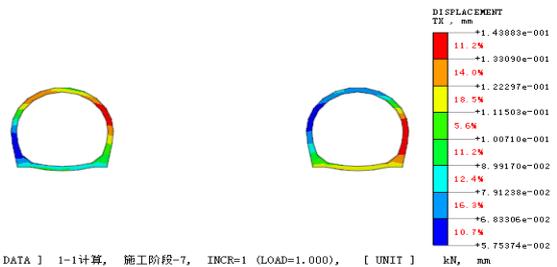
[DATA] 1-1计算, 施工阶段-5, INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, mm

a. 基础基坑开挖



[DATA] 1-1计算, 施工阶段-6, INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, mm

b. 基础建设

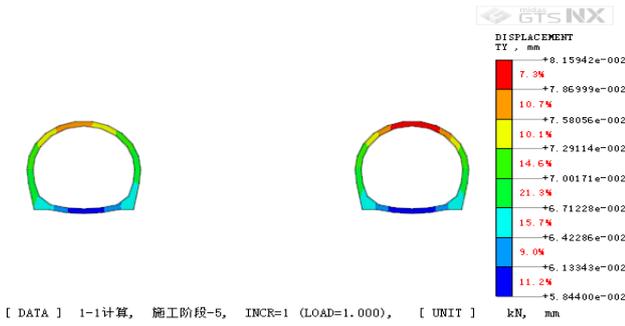


[DATA] 1-1计算, 施工阶段-7, INCR=1 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, mm

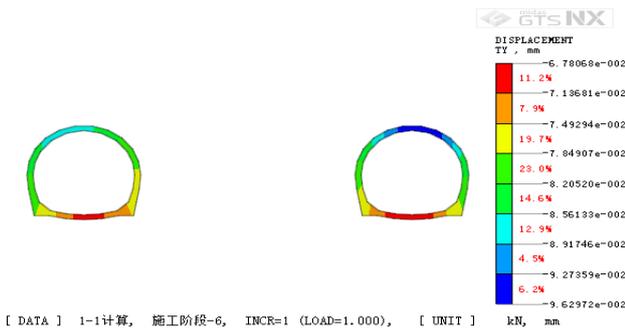
c. 施加上部荷载

图6 隧道衬砌横向变形云图

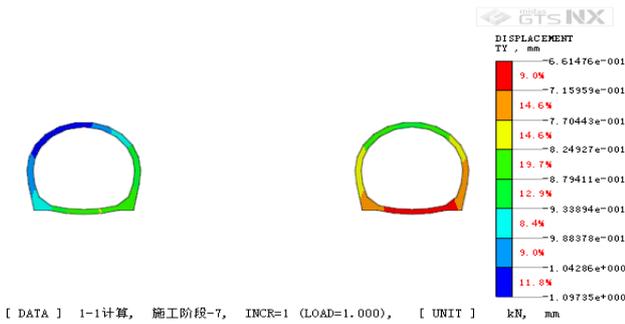
5.3 轨道结构稳定性分析



a. 基础基坑开挖



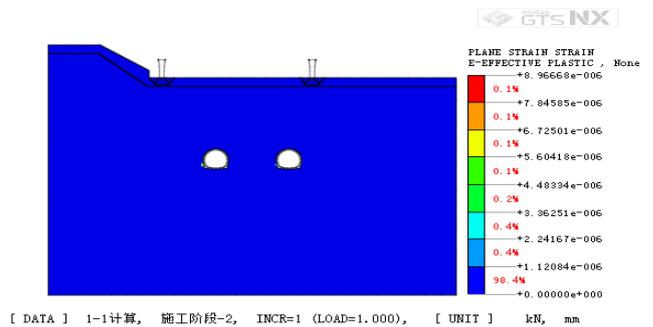
b. 基础建设



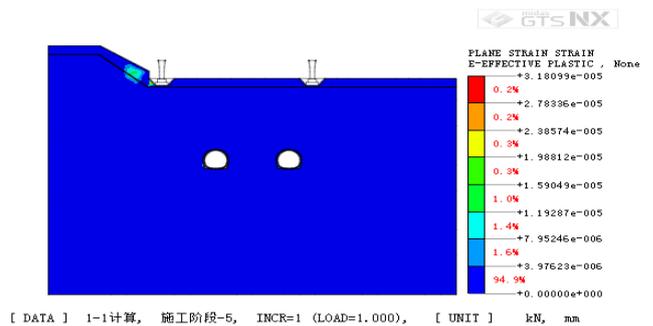
c. 施加上部荷载

图 7 隧道衬砌竖向变形云图

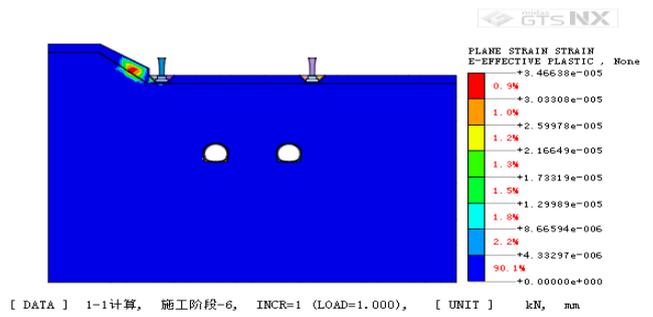
基础基坑开挖时轨道结构最大横向变形为 0.009m, 位于左线区间隧道侧壁, 方向向洞内收敛。最大竖向变形为 0.08m, 位于左线区间隧道拱顶, 方向为向上隆起。天桥建成使用时轨道结构最大横向变形为 0.14mm 左线区间隧道侧壁, 方向指向洞外。最大竖向变形为 1.1mm, 位于右线区间隧道拱顶上, 方向为竖向向下。项目建设及建成投入使用, 区间左线仰拱最大竖向变形为 0.77mm, 区间右线仰拱最大竖向变形为 0.99mm。天桥在建设及建成使用中, 对已运营轨道结构变形影响很小, 均小于 10mm, 仰拱竖向变形均小于 4mm。



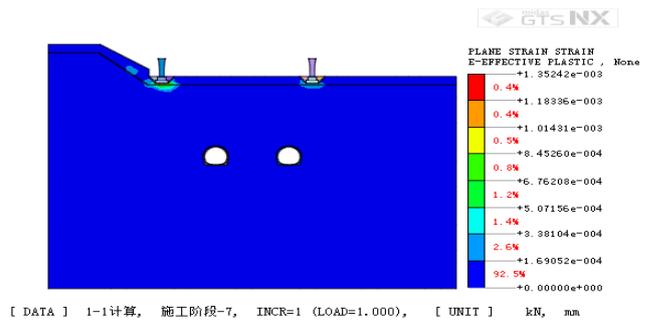
a. 隧道开挖完成



b. 基础基坑开挖完成



c. 基础施工完成



d. 施加上部荷载

图 8 围岩塑性变形云图

由图 8 可知, 轨道隧道建设完成时, 隧道拱脚位置有塑性变形产生。天桥项目建设完成时, 隧道周围塑性变形无扩散现象。由此可判断, 天桥建设不影响轨道结构稳定性。

6 结语

通过数值模拟分析拟建人行天桥施工、运营对轨道交通5号线的影响,分析结果表明:

(1) 拟建项目建设及建成使用所引起区间结构的最大竖向变形为 1.1mm, 最大横向变形为 0.14mm, 均小于 10mm, 仰拱最大竖向变形为 0.99mm, 均小于 4mm, 满足《城市轨道交通结构安全保护技术规范》中轨道交通结构安全控制指标, 因此拟建天桥建设及建成使用不影响轨道结构正常运营。

(2) 拟建项目建设及建成使用均不改变原区间隧道深埋受力状态, 区间隧道结构仍满足原设计要求, 因此项目建设及建成使用不影响轨道结构安全。

参考文献

- [1] 李科, 吴胜忠, 郭军. 城市明挖隧道基坑施工对近接在建建筑物影响的数值模拟研究 [J]. 公路交通技术, 2014(06):58-62.
- [2] 李国龙, 袁长丰, 黄海滨, 等. 高层建筑全过程施工对临近既有隧道影响的数值模拟分析 [J]. 施工技术, 2016(01):45.
- [3] 孙超, 许成杰. 基坑开挖对既有地铁隧道影响的数值分析 [J]. 吉林建筑大学学报, 2017(05):33-36.
- [4] 万蓓菁, 赵狮. 基坑施工对邻近地铁区间隧道影响的数值模拟及监测数据分析 [J]. 土工基础, 2018(05):132-133.
- [5] 张治国, 张谢东, 王卫东. 临近基坑施工对地铁隧道影响的数值模拟分析 [J]. 武汉理工大学学报, 2017(11):93-97.
- [6] 许抒. 三维数值模拟在既有隧道上方进行深基坑开挖工程中的应用 [J]. 建筑施工, 2013(07):599-601.
- [7] 曹顺, 钱德玲, 魏雪云, 等. 隧道基坑开挖卸载对既有地铁的影响与变形控制 [J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2014(12):1479-1482.
- [8] 冯瑞兵. 新建桥梁上跨既有隧道工程的设计与分析 [D]. 江西: 南昌大学, 2016.