

基坑开挖对某既有隧道的变形影响数值分析

谭黎明

(国家林业和草原局昆明勘察设计院, 云南 昆明 650031)

摘要: 结合实际案例, 利用 FLAC3D 有限差分法程序软件包对建筑基坑临近某既有隧道的施工进行数值仿真模拟, 得出基坑开挖卸载会引起隧道发生向上的竖向位移及靠向基坑的水平位移。最大位移均出现在正对基坑开挖的隧道位置, 且呈现距基坑水平距离越小, 位移越大的特征。基坑开挖后, 隧道最大竖向位移值为 2.8 mm(竖直向上), 最大水平位移为 -0.4 mm(靠向基坑方向), 其影响程度很小, 属安全可控范围之内。

关键词: 基坑开挖; 既有隧道; 变形; 数值分析

中图分类号: TU47

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)09-0289-03

0 引言

随着我国城市化进程的快速发展, 城市土地资源由于其巨大的经济价值变的稀缺, 开始呈现密集开发利用的特征。既有城市道路沿线的经济价值和走廊资源成为城市发展的首选地理位置。使得既有道路及其结构物附近进行工程建设活动的现象开始频繁发生, 但在已通车道路上建设构造物, 不仅会破坏原有的道路结构及附属设施, 还会产生交通拥挤和堵塞, 并且可能引发交通事故, 造成巨大的经济损失和不良社会影响。

本文以临近既有过江隧道的某建筑基坑工程为例, 利用 FLAC3D 有限差分法程序软件包对建筑基坑临近隧道的施工进行数值仿真模拟, 分析隧道右侧基坑开挖对隧道的位移影响。本工程案例是城市开发中较为典型的工程案例, 可为此类基坑开挖对既有隧道扰动的影响提供一定的借鉴。

1 工程概况

1.1 新建项目基坑概况

某新建高层建筑项目拟建 5 栋高层建筑, 其中 1#、2# 栋紧邻既有过江隧道。基坑设计深度 3.85 ~ 4.35 m, 采用土钉墙支护, 注浆采用二次高压注浆工艺, 放坡为 1 : 0.5 ~ 1 : 0.75, 根据位置不同, 设置 2 排土钉。

1.2 既有隧道概况

既有隧道为南北走向的并行双孔结构, 双孔最

小间距 18 m, 单孔宽均为 11 m, 净高 7 m, 每孔设置单向两车道, 设计时速 50 km/h。隧道全长 1 910 m, 暗埋段长 1 400 m, 敞开段长 510 m, 临近建筑基坑的隧道顶埋深 10.12 ~ 17.94 m。

根据隧道竣工资料得知该段隧道原为明挖法施工, 原隧道施工基坑采用 $\Phi 800$ mm 的钻孔桩 + 土钉墙围护, 钻孔灌注桩长 14.2 m, 桩间距为 1 m, 采用 C30 水下混凝土; 钻孔灌注桩外侧采用咬合旋喷桩止水, 桩径 600 mm, 桩间距 400 mm, 进入强风化砾岩 1 m。

1.3 新建项目与既有基坑的位置关系

新建项目基坑外边线距离右线隧道最外侧平面 4.690 ~ 6.067 m。基坑底距隧道顶竖向距离 5.77 ~ 13.59 m(如图 1、图 2)。

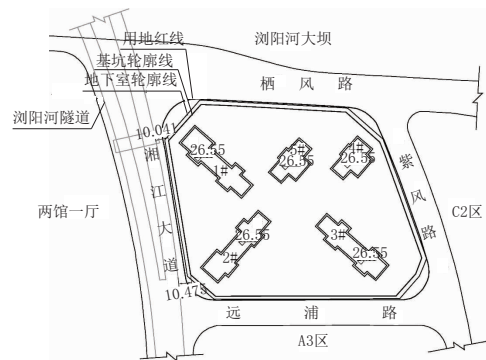


图 1 建筑平面与既有隧道平面位置关系图(单位:m)

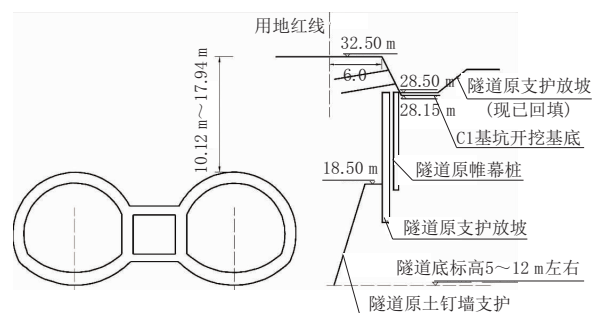


图 2 建筑与既有隧道立面位置关系图

收稿日期: 2022-10-19

作者简介: 谭黎明(1989—), 男, 硕士, 工程师, 注册土木工程师(岩土), 从事岩土工程设计工作。

1.4 工点地质概况

拟建场地范围内分布的地层主要为人工填土层和第四系冲积层,下伏基岩为第三系泥质砂岩。各地层的自上而下分布如下如下:杂填土(Q₄^{al})、粉质黏土(Q₄^{cl})、粉土(Q₄^{pl})、粉砂(Q₄^{sl})、圆砾(Q₃^{sl})、第三系全风化泥质砂岩、第三系强风化泥质砂岩、第三系中风化泥质砂岩。各土层厚度及物理力学指标详见如下表1。

2 基坑开挖对既有隧道的内力及变形数值计算

2.1 计算参数的选取

本次数值采用国际上通用的大型有限差分法程序软件包FLAC3D进行建模计算,模拟该建筑基坑开挖对既有隧道变形产生的影响。数值模拟计算过程中,土体的材料单元设置为Mohr-Coulomb模型,钢筋混凝土、旋挖灌注桩及预制管桩结构单元设置为各向同性弹性模型,主要关注模拟开挖过程中临近隧道及其支护结构的变形和受力。

2.1.1 土层计算参数

据建筑基坑地勘报告,各土层参数详见表1。

表1 土层物理力学指标表

土层名称	重度 $\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	压缩模量 E_s/MPa	内摩擦角 $\varphi/(\text{°})$	黏聚力 c/kPa	土层厚度 /m
杂填土	18	5.1	10	15.16	4.6
粉质黏土	19.5	7	14	11.9	2.9
粉土	19.2	6.5	13.5	24.86	2
粉砂	19.5	12	34	26.51	1
圆砾	21.5	30	35	43.09	1
全风化泥质砂岩	20.5	50	30	1	1.5
强风化泥质粉砂岩	21.5	80	40	0	15.1
中风化泥质粉砂岩	23.5	150	45	0	无限延伸

2.1.2 隧道结构计算参数

隧道衬砌、螺旋钻孔灌注桩等结构的相关计算参数,泊松比取0.17,弹模按照设计图上混凝土标号,依照《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)确定。具体计算参数详见如下表2。

2.2 计算模型的建立

项目整个地块呈四边形,东西长160~180 m,南北长约150 m。地下室开挖标高为28.15 m,楼座基

底标高为26.55 m。基坑设计深度为3.85~4.35 m。

由于基坑开挖与隧道位置的不对称性,对该基坑模拟需要进行三维全断面建模。为减小数值计算规模,同时突出研究的重点和减小边界效应。几何模型按图3取用,在顺隧道方向,模型边界至基坑最外边界线距离设为20 m;在垂直隧道方向,模型计算边界至基坑最外边界线设为200 m,考虑到基坑中3#、4#、5#楼座距隧道距离较远,为减小模型尺寸右侧边界选为基坑中线。

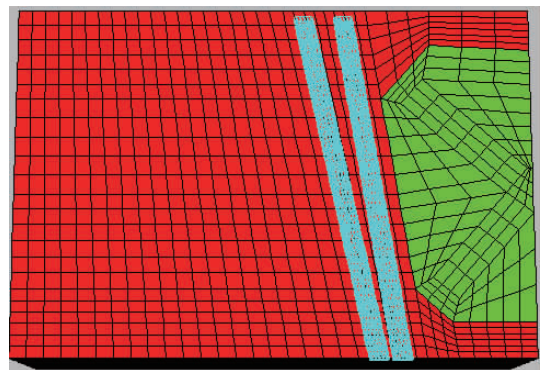


图3 计算模型平面图

对临近基坑的隧道进行以下简化模拟,隧道沿线路埋深不同,南端埋深约为9 m,北端约为19 m,且沿线路不平行。模拟时按隧道埋深浅处计算,且隧道断面等效为圆形,半径为5.6 m。

2.3 计算区域与网格划分

按上述方法,几何模型的平面尺寸约为290×196 m,模型右侧包含1#、2#两个建筑物,模型底部边界取值-100 m。隧道管片结构采用FLAC3D内置的壳单元来模拟。

三维几何模型单元的划分全部采用8节点6面体,共划分为28 331个单元,30 732个节点,1 476个壳单元及771个单元节点。

模型边界条件为:底面约束竖向位移,侧面约束法向位移。

2.4 模拟过程

实际工程中,地层土体由于长期在自重应力的作用下已经处于稳定状态,因此在模拟基坑开挖时,首先需要对基坑模型进行初始应力状态的模拟,即对计算模型进行初始应力场平衡及位移场清零。完成地应力平衡后,进行基坑开挖模拟,共分两次开

表2 隧道衬砌和螺旋钻孔灌注桩计算参数

项目	混凝土标号	弹性模量 E/MPa	泊松比 ν	剪切模量 G/MPa	体积模量 K/MPa	密度 $\rho/(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$
隧道衬砌	C35	33 000	0.17	14 102.56	16 666.67	2 500
钻孔灌注桩	C35	33 000	0.17	14 102.56	16 666.67	2 500

挖。第一次为全断面开挖,一次性开挖至地下室设计标高处(28.15 m),深度为4.3 m。第二次开挖1#、2#主楼基坑处,开挖深度为1.6 m。

3 计算结果分析

基坑开挖在模拟过程中分两次进行,第一次开挖至地下室标高,第二次开挖1#、2#主楼基坑。两次基坑开挖卸载引起既有隧道发生向上变形。计算结果数值如图4、图5所示。

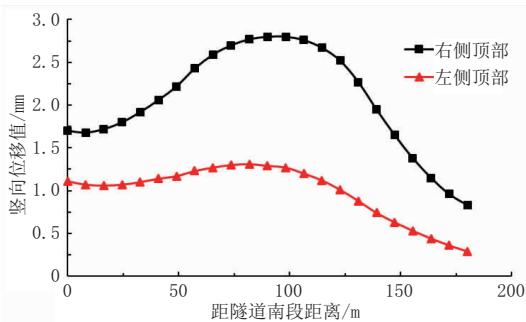


图4 基坑开挖引起的浏阳河隧道竖向位移图

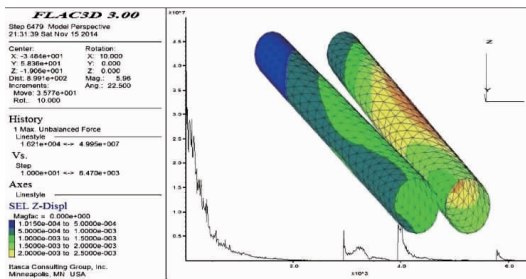


图5 基坑开挖引起隧道竖向位移云图(单位:m)

从图中可以看出,靠近基坑一侧的右侧隧道发生向上的位移大于左侧隧道,其中正对基坑开挖的隧道右侧拱顶向上位移最大,达到2.8 mm,左侧拱顶向上位移最大值为1.31 mm。

图6、图7为基坑开挖卸载引起的既有隧道左右拱顶和底部水平位移图。从图中可以看出,基坑开挖后由于隧道两侧土压力差异影响,隧道向基坑侧发生水平位移,靠近基坑一侧的右侧隧道发生水平的位移大于左侧隧道,正对基坑开挖的隧道部分右侧拱顶水平位移最大值为-0.4 mm,左侧拱顶水平位移最大值为-0.25 mm。

4 结论

通过对某新建项目建筑基坑开挖卸载引起既有

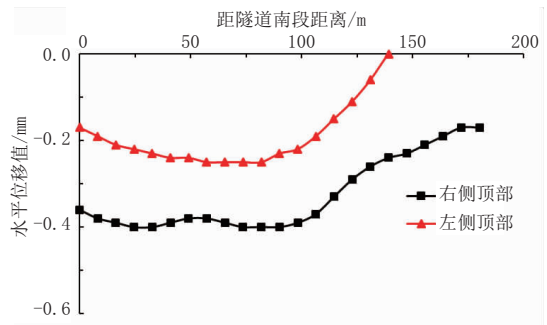


图6 基坑开挖引起的浏阳河隧道水平位移图

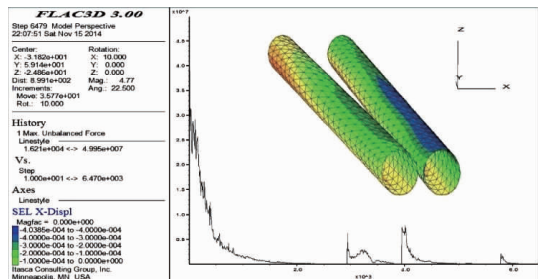


图7 基坑开挖引起隧道水平向位移云图(单位:m)

隧道的变形数值仿真分析得知,基坑开挖卸载会引起隧道发生向上的竖向位移及靠向基坑的水平位移。最大位移均出现在正对基坑开挖的隧道位置,且呈现距基坑水平距离越小,位移越大的特征。隧道最大竖向位移值为2.8 mm(竖直向上),最大水平位移为-0.4 mm(靠向基坑方向)。

综上所述,该项目基坑开挖引起的既有隧道变形值均很小,即基坑开挖对既有隧道结构的影响是安全可控的。

参考文献:

- [1] 李忠超,王超哲,杨新,等.武汉粉砂地层深基坑开挖对既有盾构隧道影响分析[J].安全与环境工程,2022,29(4):187-195.
- [2] 马昆泉,闫腾飞.基坑开挖对既有地铁隧道影响数值研究[J].廊坊师范学院学报(自然科学版),2022,22(2):77-82.
- [3] 石显祥,基于MIDAS的深基坑开挖变形及其对邻近地铁隧道的影响研究[J].矿产与地质,2020,34(6):1189-1194.
- [4] 赵志孟,郑伟锋,刘慧芬.基坑开挖对临近隧道的变形影响分析[J].广东土木与建筑,2021,28(5):71-74.
- [5] 张磊.基坑开挖对邻近隧道的影响分析[J].交通世界,2021(31):9-10.
- [6] 贾瑞晨.基坑开挖对临侧的地铁隧道影响研究[J].应用技术,2021(10):118-121.
- [7] 朱雯婷.基坑开挖对邻近城轨隧道的影响性数值分析[J].工程建设,2020,52(2):18-23.