

基坑开挖对临近地铁隧道变形预测及控制措施

万江升 丁长鑫 苏晓青 殷欣雨

(长春工程学院, 土木工程学院 吉林长春 130000)

摘要:基于隧道开挖的工程实例,运用 Midas GTS NX 软件,建立了尺寸为 115m*120m*40m 的模型,其中基坑的尺寸为 72m*32m*18m,隧道的半径为 3m。采用数值分析模拟的方法,基坑分三层开挖时,基坑坑底隆起变形、围护结构及不同埋深对隧道竖向位移的变化规律。分析了在其他的条件不改变时,改变围护结构的厚度时,基坑开挖三层对隧道变形的影响和变化规律,研究了隧道埋置深度不同时,隧道变形受到的影响和变化规律。

关键词:深基坑开挖;围护结构变形;隧道埋深;数值分析。

Deformation prediction and control measures of adjacent subway tunnel due to foundation pit excavation

Wan jiangsheng, Su xiaoqing, Yin xinyu, Ding changxin

(Changchun Institute of Engineering Changchun, Jilin13000, China)

Abstract: Based on the engineering example of tunnel excavation, the size model of 115m * 120m * 40m is established by using Midas GTS NX software, in which the size of the foundation pit is 72m * 32m * 18m, and the radius of the tunnel is 3m. Using the method of numerical analysis and simulation, the variation law of the uplift deformation, the envelope structure and the vertical displacement of different buried depths in the tunnel is divided into three layers. This paper analyzes the influence and change law of the excavation of the three layers on the tunnel deformation, and studies the influence and change law of the tunnel deformation and the different buried depth of the tunnel

Key words: deep foundation pit excavation; envelope structure deformation; tunnel buried depth; numerical analysis.

引言

随着我国城市化和建筑结构技术的飞速发展,城市规模不断扩大,城市地下空间发挥着越来越重要的作用。基坑开挖过程中,周围土体变化会比较大,随着土方的不断挖出,基坑周围土体原有的受力状土体的传递作用,会传递到已有的地铁隧道结构上,进而使地铁结构也会产生相应状态被破坏,会产生新的附加应力以及变形,这种应力以及变形依靠的应力与变形,当应力以及变形均过大时,地铁结构则会发生破坏,甚至产生安全事故。所以,进行基坑开挖对邻近地铁隧道变形影响的研究,可为邻近隧道开挖影响下的既有地铁隧道在安全控制标准与保护措施积累工程经验,对我国城市地下空间工程的发展有着重要的工程意义。本文以既有的基坑为基础,通过有限元数值模拟,对周边地块基坑开挖施工对邻近地铁隧道的影响进行分析,得出变形结果并总结变形规律。

1 工程简介

拟建工程为某地下停车场,该工程建造地下三层,基坑占地面积 2304 平方米,长度方向为:72 m,宽度方向为:32m,深度为 18m,平面整体呈规则的长方形形状。建筑场地西侧为地铁 4 号线,其地下室外墙与地铁 4 号线的直线距离为 21m,其开挖深度为 13.5m,安全等级一级。根据现场钻探资料可知该地层自上而下分别为杂填土、粘土、粉土、粉细砂、砂岩。

2 模型的计算假设

本文重点分析基坑开挖对邻近既有地铁隧道的变形影响规律,由于实际工程特别复杂、局部处理难以实现还原真实情况为有效建立数值模型,本文为建立有效数值模型做出以下假定:

- 1、土体和结构材料均是均质、连续及各项同性的;
- 2、地表面和各土层呈匀质水平层状分布;
- 3、初始地应力只考虑土体的自重应力;
- 4、假定地铁结构、基坑围护结构及土体之间符合变形协调原则;
- 5、将建筑基坑支护结构的灌注桩均利用等效抗弯刚度等效成地下连续墙。

3 计算参数

模型中各层土参数如表 3.1 所示

图表 3.1

名称	γ (KN/m ³)	μ	C (KPa)	Φ (°)	ES (MPa)
杂填土	17	0.37	8	6	4.5
粘土	20.3	0.33	48	12	8
粉土	20.3	0.3	30	23	15
粉细砂	20	0.3	0	25	8
砂岩	21.8	0.35	30	35	75

模型中主要结构所采用的单元类型如表 3.2 所示

图表 3.2

名称	单元类型
围护结构	2D 板单元
土体	3D 实体单元
混凝土支护	1D 梁单元
隧道管片	2D 板单元

4 模型的建立

为了准确模拟出土体对隧道的影响,计算模型的选取标准范围如下:在 X 方向即东西方向,模型尺寸定为:115m,在 Y 方向即南北方向,模型的尺寸定:120m,在 Z 方向即深度方向,模型的尺寸定为:40m,建立的有限元模型如图 1 所示。

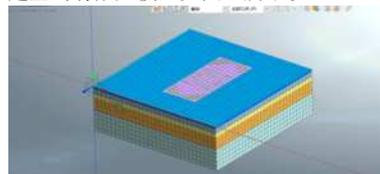


图 1 有限元模型

4.1 边界条件设置

模型 X、Y、Z 三个方向均设置约束,与 X 轴垂直的两个面均采用 X 方向的约束,与 Y 方向垂直的两个面均采用 Y 方向的约束,顶部无约束,为自由面。在设置立柱时,还对立柱设置了其在 Z 方向的转动的立柱约束。

4.2 施工工况的设置

为了使模拟基坑开挖得到的结果更加的贴合实际情况,采用动态模拟施工步骤,在开挖之前首先进行位移清零设置,然后分步开挖基坑并假设支撑,具体工况设置如下:

- 1.进行初始地应力平衡,并进行位移清零;
- 2.施工隧道,进行位移清零;
- 3.施加围护结构(地下连续墙、立柱);
- 4.开挖第一层基坑;
- 5.架设第一层混凝土内支撑;
- 6.开挖第二层基坑;
- 7.架设第二层混凝土内支撑和腰梁;
- 8.开挖第三层基坑;
- 9.架设第三层混凝土内支撑和腰梁。

5 计算结果和分析

过建立三维数值模型,分析得出的结果,导出相应的结果云图,并提取出基坑开挖产生的基坑隆起变形、围护结构变形、坑外土体

沉降、隧道的竖向位移，通过对比分析，得出影响的规律。

6 坑底隆起变形

根据 Midas GTS NX 软件分析计算，得出开挖至 13.5m 时坑底隆起变形云图如图 2 所示 基坑开挖完成后，围护结构向坑内变形移动，所以造成了坑底以下受到挤压作用造成坑底回弹，由图 2 所示，基坑完全开挖之后坑底的最大隆起为 73.19mm。由后处理结果可知，在开挖至 4.5m 后，坑底隆起最大值为 14.37mm，开挖至 9.0m 后，坑底隆起最大值为 35.01mm。结果显示，基底的回弹值与开挖深度有很大的关系（开挖深度越深，坑底回弹值越大）。

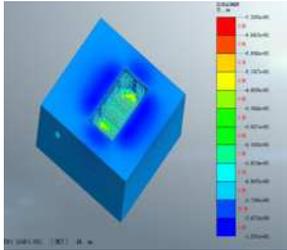


图 2 坑底隆起变形云图

7 围护结构厚度对于隧道位移影响

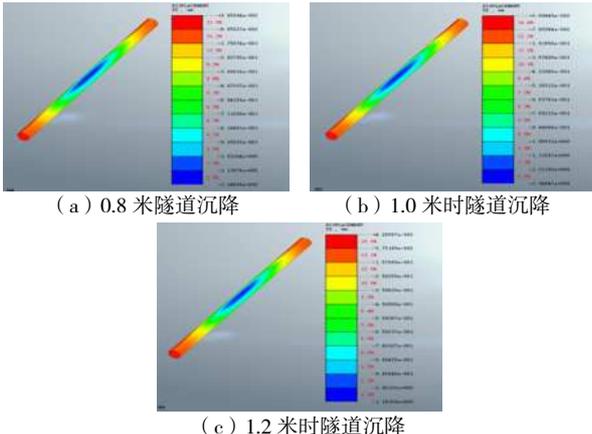


图 3 不同围护结构厚度下隧道的竖向位移

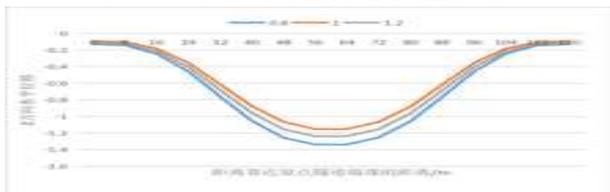
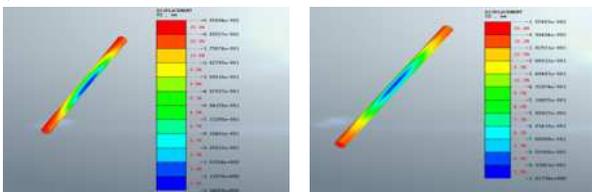


图 4 不同围护结构厚度下隧道竖向位移折线图

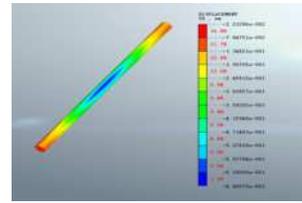
如图 5 所示，当围护结构为 0.8 米时，此时隧道的竖向位移为 1.35mm。当围护结构厚度取 1.0 米时，隧道的竖向位移为 1.24mm。当围护结构厚度取 1.2 米时隧道的竖向位移为 1.16mm。数据显示，围护结构的厚度能影响隧道的竖向位移，竖向位移的变化率在减小，且竖向位移随着围护结构厚度的增加而减小。由云图可知，隧道沉降的最值基本发生在隧道的中部，两侧稍小。图 6 为不同围护结构厚度下隧道竖向位移折线图。

8 隧道埋置深度对隧道位移的影响。

分别取隧道埋深为 13 米、16 米、19 米三个模型进行分析对比研究。



(a) 13 米隧道沉降位移 (b) 16 米隧道沉降位移



(c) 19 米隧道沉降位移

图 5 在不同埋置深度下隧道竖向位移云图

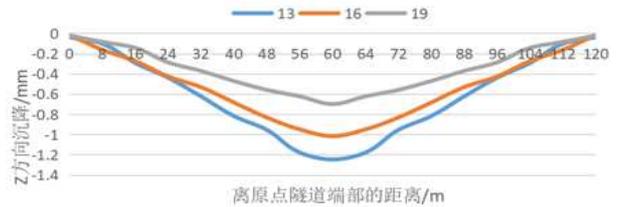


图 6 不同埋置深度下隧道竖向位移折线图

当隧道埋深为 13 米时，隧道的竖向位移为 1.24mm。当隧道埋深为 16 米时，隧道的竖向位移为 1.02mm，竖向位移的变化率为 14.31%。当隧道埋深为 19 米时，隧道的竖向位移为 0.70mm，竖向位移的变化率为 31.38%。数据知，隧道的埋置深度也会影响隧道的沉降，在一定范围内，埋置深度增加，隧道的竖向位移变化率在增大，但位移的绝对值在变小，故埋置深度对隧道的变形影响越小。图 9 是其在不同埋深下隧道各位置沉降变形情况的折线图。

9 总结

本文从理论研究、数值模拟等方面对基坑开挖对于邻近隧道的影响进行了一些总结。主要阐述了利用 Midas GTS NX 软件对基坑开挖进行 3D 数值模拟研究以及基坑开挖对隧道的变形影响。这一部分，详细阐述了基坑开挖造成的坑底土的隆起，围护结构的变形，竖向位移变形的数值变化并且找到一些简单规律。其次，也阐述了对于改变围护结构的厚度和隧道不同的埋深对于隧道变形产生的影响和一些简单的变化规律：

1. 基坑开挖会导致基坑底部土体回弹，且回弹值随着开挖深度的增加而加大，在完全开挖完成后，坑底回弹在基坑中心偏右位置出现最大值。

2. 围护结构厚度对隧道的变形也起着重要的影响，增大围护结构的厚度，能有效地减少隧道的水平位移，增大围护结构的厚度，也能有效地减少隧道的竖向位移，竖向位移的变化率可减小 14.1%。由云图可知，隧道沉降位移的最值基本发生在隧道的中部，两侧稍小。

3. 隧道埋置深度会影响隧道的变形，隧道的埋置深度增加，隧道是竖向位移随着埋置深度加大也会减小，最大竖向位移可减小 43.55%。埋置深度的增加，隧道受到的影响会逐步减小。由云图可知，隧道埋置深度最值基本发生在隧道的中部，两侧稍小。

参考文献：

[1]毛金萍, 郑长江, 周钢祥.深基坑工程设计系统库的构建初探[J].工业建筑.2014.44 (11): 119-122.4.
[2]何世秀, 吴刚刚, 朱志政, 等.深基坑支护设计影响因素的有限元分析[J].岩石力学与工程学报, 2005, 24 (增 2): 5478-5484
[3]孙凯, 许振刚, 刘庭金, 等.深基坑的施工监测及其数值模拟分析[J].岩石力学与工程学报, 2004.23 (2): 293-298
[4]石显祥.基于 MIDAS 的深基坑开挖变形及其对临近地铁隧道的影响研究[J].矿产与地质, 2020, 34 (6): 1189-1194
[5]白云波.临近地铁隧道深基坑开挖影响规律研究[D].辽宁工程技术大学, 2013.

作者简介：万江升（2000.12-），男，汉族，江西抚州人，本科在读，研究方向：基坑工程。

注：本文为 2022 年吉林省创新训练项目基坑开挖对邻近地铁隧道变形预测及控制措施（编号：S202211437133）项目成果。