

基于 Midas 深基坑开挖变形数值分析

丁克伟, 余有治

(安徽建筑大学 土木工程学院, 安徽 合肥 230601)

摘 要:合肥新交通大厦与轨道 1、2 号线相邻,深基坑开挖需要考虑对邻近既有建筑物、重要道路和地下设施的保护,对开挖的稳定和变形控制要求非常严格。本文结合工程实例,通过 Midas/GTS 有限元分析软件,对合肥新交通大厦深基坑开挖做了数值分析,分析了深基坑沉降和位移。在开挖的过程中,随着开挖深度的增加,土体位移也越来越大。基坑开挖会造成基坑中部隆起以及基坑周边的沉降,需要充分重视深基坑开挖造成的影响。

关键词:深基坑;位移;沉降;数值分析

中图分类号:TU411.01

文献标识码:A

文章编号:2095-8382(2016)01-001-06

Midas Numerical Analysis of Deep Foundation Pit Excavation Deformation

DING Kewei, YU Youzhi

(School of Civil Engineering, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601)

Abstract: The Hefei New Traffic Edifice is adjacent to orbital 1, 2. It is necessary to protect nearby existing buildings, roads and underground facilities during deep foundation excavation. The stability of the excavation and deformation control are very strict. This paper, combining with the engineering example, through the finite element analysis software Midas/GTS, has made an numerical analysis of the Hefei New Traffic Edifice and it also analyzes the deep foundation settlement and displacement. In the process of excavation, with the increase of excavation depth, soil displacement is becoming greater and greater. The central uplift of the foundation pit and settlement of the surrounding of the foundation pit will be caused by deep foundation pit excavation, therefore, the effects of deep foundation pit excavation should be attached with great attention.

Key words: deep foundation, displacement, settlement, numerical analysis

0 引 言

基坑变形包含支护结构变形、底部隆起以及基坑四周土体运动^[1]。基坑开挖变化控制设计的难题是基坑周围土体移动,大部分是因为支护结构变形太大,引起围护结构破坏或者造成周围建筑物墙体开裂和倒塌。因此有必要探讨土体运动

和支护结构的变形机制、坑底隆起机制。基坑开挖是荷载卸荷的过程,因为卸荷会造成坑底上覆压力减小,造成土体有着向上的移动,导致围护墙由于两侧压力差的原因出现水平移动,引起基坑周边土体出现移动^[2]。开挖造成的土体运动的主要原因有两个,一个是底部土体隆起,另一个是围护墙的位移,本文主要研究坑底土体隆起。

收稿日期:2015-06-23

基金项目:安徽省科技攻关计划项目资助(1501041133)

作者简介:丁克伟(1962-),男,教授,博士生导师,主要研究方向为计算力学和结构工程。

坑底隆起是土体卸荷导致坑底上覆压力逐步减小,引起土体应力状态改变。当开挖深度较小时,底部土体出现弹性隆起^[3]。当围护墙底是清孔良好的原状土或注浆加固土体时,土体回弹会导致围护墙升高^[4]。底部中间是隆起的最大位置,底部隆起在开挖结束后也会结束。这类坑底隆起一般不会造成基坑周围土体的运动。基坑开挖深度增大会使基坑内外的土体高差逐渐加大,当开挖深度达到一定程度,基坑内部和外部土面高差所产生的加载以及地面各类超载会引起围护墙外侧土体向基坑内移动,导致底部出现向上的塑性隆起^[5-7]。基坑周围有较大的塑性区,会造成地面沉降。基坑隆起的大小与基坑本身特点有关,还与基坑内是不是有桩、基底是否加固、基底土体的残余应力等密切相关^[8]。

1 工程实例分析

1.1 工程概况

新交通大厦位于胜利路与长江东路交口,轨道交通 1、2 号线交汇东南角。服务于交通厅和轨道交通运营控制中心。地块用地面积约 8468m²,建设规模约 93200m²,其中地下共五层(含夹层),地上 40 层,建筑高度 180m。本工程基槽开挖深达 26m,开槽范围较大,在合肥地区属于超深、超大的复杂基坑工程,且在基坑西侧和北侧的大东门站基坑紧密相联及其它重要设施。基坑支护体系的设计需要满足基坑边坡稳定,同时要把对邻近设施的不利影响降到最低^[7]。

1.2 工程地质条件

根据勘察报告提供的资料,场地地层分布自如表 1 所示:

表 1 土层计算参数

土层	容重	层厚	弹性模量	内摩擦角	粘聚力	泊松比
	(kg/m ³)	(m)	(MPa)	(°)	(KPa)	(V)
杂填土	1850	8	25	14	18	0.4
粉土	1980	5	35	15	39	0.4
粘土	2100	13	35	25	10	0.3
强风化泥质沙岩	2100	4	100	30	52	0.25
中风化岩泥质沙岩	1800	60	230	35	56	0.31

1.3 模型建立

建模时,必须要与新交通大厦工程实际情况

相结合,同时要考虑到地铁 1、2 号线的影响,然后给模型施加适当的边界条件,从而建立模型。建立 Midas 模型,在长为 300m,宽为 200m,高为 90m 的区域建立模型,计算模型会产生 102432 个单元,93716 个节点。

1.4 模型的边界条件

模型的表面为自由面,其余五个面施加法向约束。

1.5 开挖过程模拟分析

为了分析基坑对周围土体和邻近建筑物的动态影响,减少施工对周边环境的影响,将通过以下几个步骤进行模拟分析。

(1)整个现场土体和支护结构模型的建立。

(2)在基坑开挖模拟前,对还没有开挖的土体进行自重应力平衡计算,计算出土的初始应力状态。

(3)模拟基坑开挖,顺次开挖,直至坑底。

2 深基坑开挖 MIDAS 模拟结果分析

2.1 基坑开挖的理论分析

由于基坑开挖,土体以前的应力状态会出现变化,应力重分布。因为上面荷载出现改变,引起基坑底部土体受力不均,所以基坑底部出现一定的隆起^[9],周围土体会因为土体朝上的位移而发生变化,基坑在土压力的作用下,会出现一定的位移^[10]。在开挖深度较小的情况下,底部是弹性隆起,特点表现为底部中间位置隆起最大,当基坑较宽且开挖深度达到较大程度,发生塑性隆起,隆起大小会逐步从中间最大改变为两边大中间小。不过对于狭窄的基坑或长条形基坑,仍表现为中间大,两边小。

根据《建筑地基基础设计规范》推出下列公式:

(1)坑周横向最大地面沉降 $\delta_v = \alpha \cdot \delta_h$,式中 δ_h 为围护结构最大水平位移, α 为经验系数, $\alpha = 0.7-1.0$,当 $\delta_h \leq 5\%h_0$ 时, α 可取 0.7。

(2)基坑开挖横向地面曲线各点沉降公式为

$$\delta_{(x)} = \delta_v \exp \left[-\frac{x^2}{\beta (x_0 - x_m)^2} \right] = \alpha \delta_h \exp \left[-\frac{x^2}{\beta (x_0 - x_m)^2} \right], \text{式中 } \delta_{(x)} \text{ 是横向地面}$$

沉降值; $x_m = (0.6 - 0.7)h_0$ (h_0 为开挖深度),黏粒 x_m 含量大于 50% 时,取 0.7,黏粒含量在 20%—30% 时, x_m 取 0.6; α 同上, x_0 为 $(1.5 - 2)h_0$ 。

2.2 深基坑开挖水平位移模拟分析

由图 1~5 开挖水平位移图可以看出在基坑的开挖过程中水平位移的变化情况:

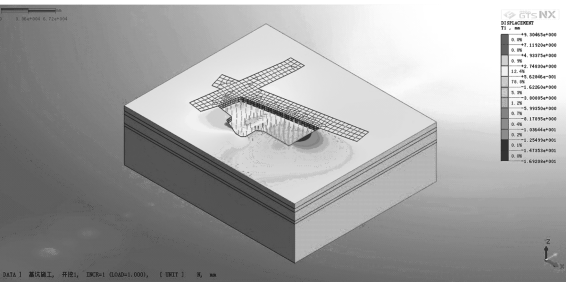


图 1 第一次开挖水平位移图

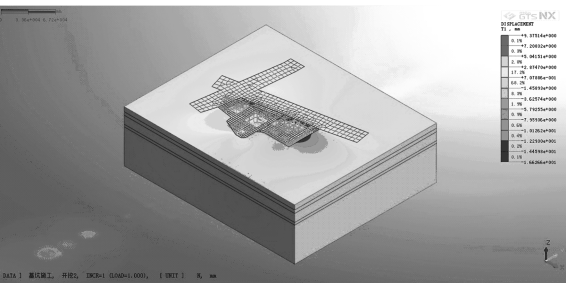


图 2 第二次开挖水平位移图

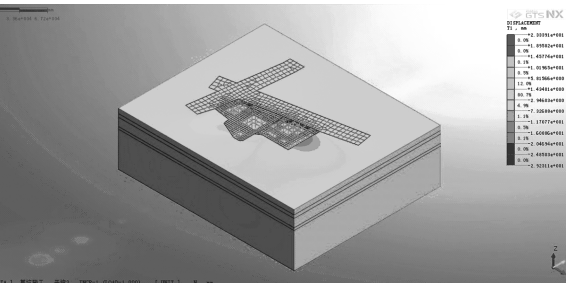


图 3 第三次开挖水平位移图

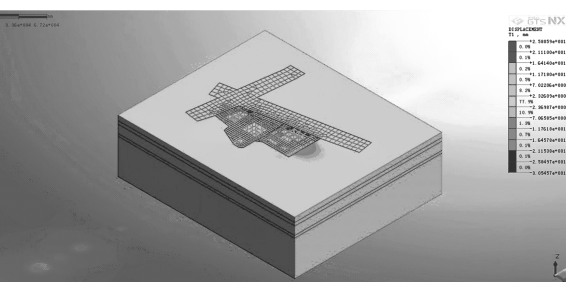


图 4 第四次开挖水平位移图

(1)由图 5 知第一次开挖最大水平位移为 9.30mm,第二次水平开挖最大水平位移为 9.38mm,第三次开挖最大水平位移为 23.34mm,

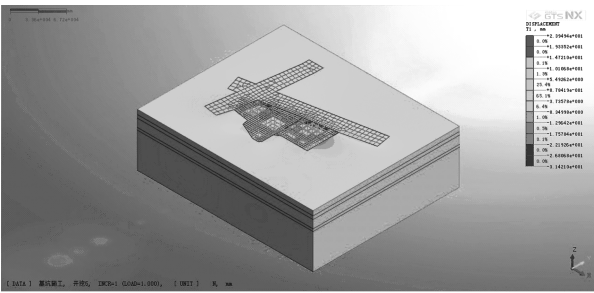


图 5 第五次开挖水平位移图

第四次开挖最大水平位移为 25.81mm,第五次开挖最大水平位移为 23.95mm。

(2)随着开挖深度逐步变大,基坑土体的水平位移也会增大。在前两步开挖过程中,土体位移量较小,但是在后几步的开挖位移量逐步增加。这是因为开挖引起的应力重新分布,造成土体出现移动。

(3)在基坑开挖过程中,开挖深度的逐渐增大,同一点的水平位移也会增大。而且,开挖深度的变大也会导致最大水平位移从坡顶逐步移动到深基坑中下部。

2.3 深基坑开挖纵向位移模拟分析

(1)由图 6—10 知第一次开挖最大纵向位移为 47.25mm,第二次开挖最大纵向位移为 81.76mm,第三次开挖最大纵向位移为 143.25mm,第四次开挖最大纵向位移为 148.12mm,第五次开挖最大纵向位移为 159.27mm。

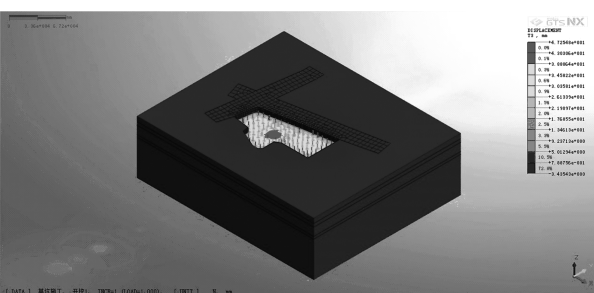


图 6 第一次开挖纵向位移图

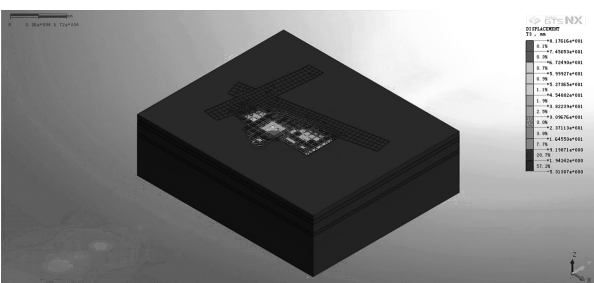


图 7 第二次开挖纵向位移图

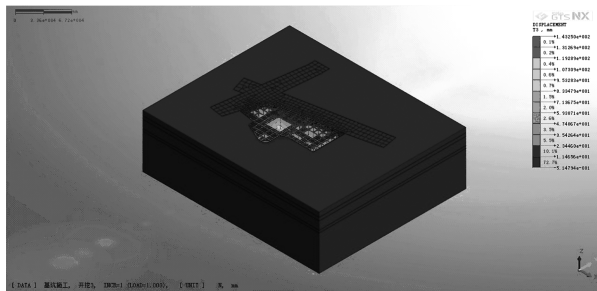


图 8 第三次开挖纵向位移图

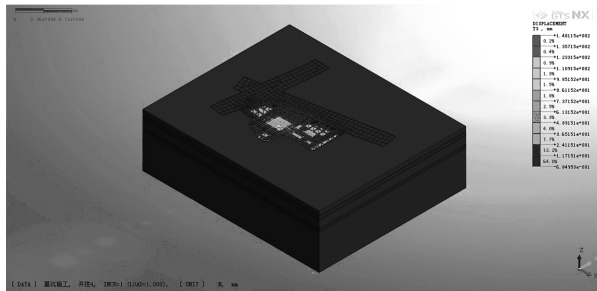


图 9 第四次开挖纵向位移图

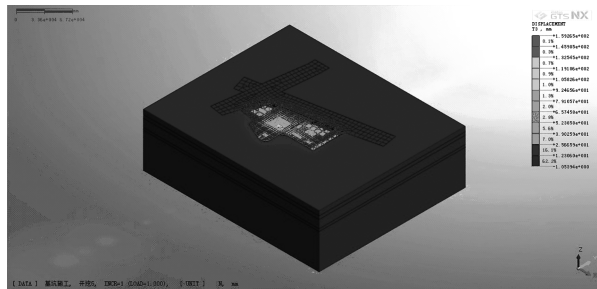


图 10 第五次开挖纵向位移图

(2)在基坑开挖过程中,垂直位移逐步增大,坑底会发生隆起现象,隆起量最大位置是中部,而越接近基坑,地表沉降量也逐渐增加。

(3)在开挖岩土体之后,改变了原有的应力场,引起应力再分布,周围土体逐渐向下移动。

(4)随着开挖深度的增加,深基坑侧壁土体的沉降量也在增加,表明在深基坑开挖支护过程中,地表沉降受开挖的影响,开挖深度的增加会导致地表沉降也增加。

(5)开挖深度较小时,隆起量最大的位置在坑底中部,当开挖到一定深度时,两边比中间大。

2.4 深基坑开挖最大应力模拟分析

从图 11—15 可以明显看出,深基坑的开挖会引起最大主应力的变化,最大主应力会慢慢增加,最大主应力大部分发生在基坑底部、应力集中现象也会发生在底部。

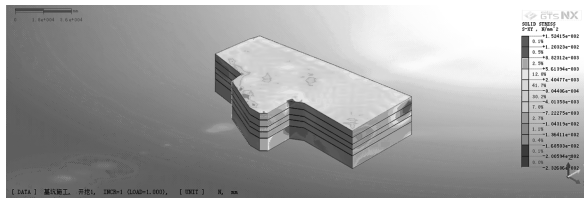


图 11 第一次基坑开挖最大应力图

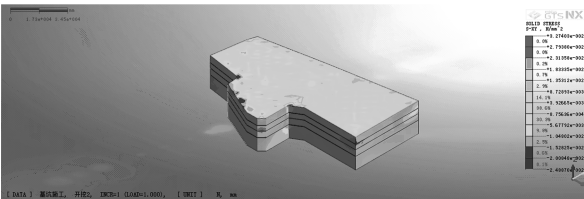


图 12 第二次基坑开挖最大应力图

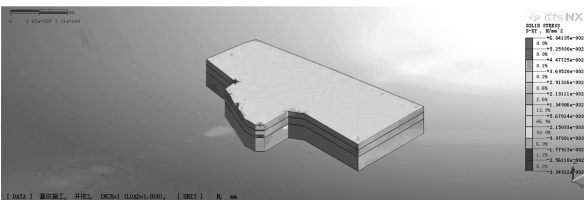


图 13 第三次基坑开挖最大应力图

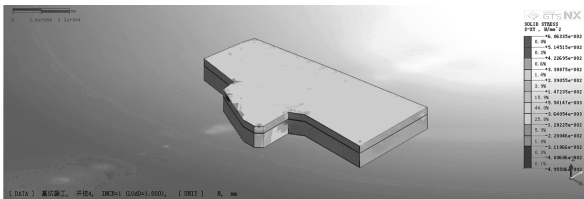


图 14 第四次基坑开挖最大应力图

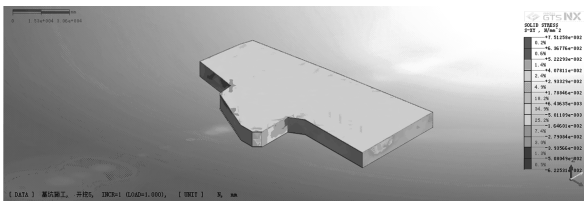


图 15 第五次基坑开挖最大应力图

3 结 论

利用有限元分析软件 Midas 对合肥新交通大厦深基坑进行数值模拟,目的在于找出本工程基坑开挖变形机理,本文总结出以下几点结论:

(1)有限元分析结果与理论分析的结果具有很好的一致性,说明 Midas 模拟基坑开挖是可行的。

(2)由于基坑宽大,开挖较深,在开挖过程中要充分考虑到基坑卸荷造成的土体回弹对基坑及周边的影响。同时基坑中部受开挖卸荷的影响最

大,发生的隆起也是最大。

(3)由于基坑开挖造成的应力重分布,基坑的水平位移也随基坑开挖深度的增大而增大,同一点的水平位移也逐渐增大,开挖深度的变大也会导致最大水平位移从坡顶逐步移动到深基坑中下部。

(4)地表沉降的增加,与深基坑开挖的边缘远近有着密切关系。在一定范围内,处于增加的趋势,然后达到最大沉降,最后沉降渐渐减少趋于零。

参考文献

- 1 李琳,杨敏,熊巨华. 软土地区深基坑变形特性分析[J]. 土木工程学报,2007,04:66-72.
- 2 刘刚,田开洋. 深基坑支护变形机理及实例分析[J]. 岩土工程界,2008,01:48-51.
- 3 杨贵生,李雨润,李雨辰. 超深基坑支护开挖对土体变形影响数值模拟研究[J]. 铁道工程学报,2008,06:32-35.
- 4 齐亮,刘康和. 深基坑支护变形机理及实例分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2005,03:5-8.
- 5 曹力桥. 软土地区深基坑开挖坑底隆起的有限元分析[J]. 岩土工程学报,2013,S2:819-824.
- 6 杨博维. 基于 FLAC~(3D)的深基坑开挖变形数值模拟研究[J]. 水资源与水工程学报,2014,02:24-28.
- 7 胡其志,何世秀,杨雪强. 基坑开挖基底隆起的估算[J]. 土工基础,2001,02:29-30+42.
- 8 刘浩. 非饱和土深基坑变形机理研究[D]. 河北工业大学,2007.
- 9 孙钧,周健,龚晓南,等. 受施工扰动影响土体环境稳定理论与变形控制[J]. 同济大学学报(自然科学版),2004,10:1261-1269.
- 10 徐杨青. 论深基坑工程的概念设计[J]. 资源环境与工程,2006,S1:656-666.