

基于有限元模拟的基坑土层稳定性分析

王传嘉

中铁一局集团第二工程有限公司, 河北 唐山 063004

[摘要] 为了研究车站基础上深基坑开挖的土层变化规律与相关稳定性评价, 采用 ABAQUS 仿真施工软件进行基坑开挖过程中的车站及周围土层进行数值模拟的计算分析, 建立了车站结构的深基坑开挖的模型, 计算了深基坑开挖各个阶段的土体变形趋势以及各个阶段的变形位移。最终以璜溪站工程项目为例, 对所建模型计算的各个阶段的土体变形趋势以及相关应力进行对比, 结果表明: 模拟结果与工程实际开挖完成后现场监测数据基本一致, 进一步证实了所建立模型的准确性。

[关键词] 有限元模拟; 车站基础; 明挖基坑; 稳定性分析

DOI: 10.33142/ec.v7i8.12961

中图分类号: TU46

文献标识码: A

Stability Analysis of Foundation Pit Soil Layer Based on Finite Element Simulation

WANG Chuanjia

China Railway First Group Second Engineering Co., Ltd., Tangshan, Hebei, 063004, China

Abstract: In order to study the changes in soil layers and related stability evaluation of deep foundation pit excavation on the basis of the station, ABAQUS simulation construction software was used to numerically simulate and analyze the station and surrounding soil layers during the excavation process. A model of deep foundation pit excavation for the station structure was established, and the deformation trend and displacement of soil in each stage of deep foundation pit excavation were calculated. Finally, taking the Huangxi Station project as an example, a comparison was made between the soil deformation trends and related stresses calculated by the constructed model at each stage. The results showed that the simulation results were basically consistent with the on-site monitoring data after the actual excavation of the project, further confirming the accuracy of the established model.

Keywords: finite element simulation; station foundation; open cut foundation pit; stability analysis

引言

伴随着我国城市建设的高速发展, 城市内的建设项目也逐年增多^[1], 而现有的城市建设过程中往往会不可避免地对建设项目周围的设施、环境造成影响。尤其是深基坑工程, 在开挖的过程中, 轻则导致周围结构设施的土层发生变化, 重则导致周围结构设施的倾覆^[2]。

高架车站施工工序复杂, 车站结构为地上结构, 容易受到不同程度的扰动^[3], 而车站作为一个有机的整体, 当某个构件发生损坏, 车站整体的使用也会受到影响, 甚至影响车站整体的稳定性^[4]。因此, 临近工程建设对车站局部的变形分析研究就显得十分重要^[5]。因此, 在临近车站的基坑开挖建设过程中, 应重点考虑施工过程对车站及其周围土体的相关影响, 确定车站及其周围土层的稳定性, 保障施工过程顺利稳定地进行^[6]。

本文以璜溪站施工建设项目为工程背景, 采用 ABAQUS 仿真施工软件模拟的车站基础明挖基坑土层车站施工过程中的构件、土体的力学响应规律, 为施工提出建议。并通过动力学分析可以对车站周围土层的变形趋势和位移进行分析研究, 尽心局部加强处理, 可有效节约成本, 降低施工风险。

1 工程概况

璜溪站 (Huangxi Station), 位于江西省南昌市新建

区望城新区龙兴大街与玉壶山大道交汇处璜溪站场地地貌类型为岗埠地貌单元。场地较平整。本站揭露地层情况为: ①1 素填土, ③1 粉质黏土, ⑤2-1 全风化泥质粉砂岩, ⑤2-2 强风化泥质粉砂岩, ⑤2-3 中风化泥质粉砂岩。车站由上到下各土层性质见下图 1。

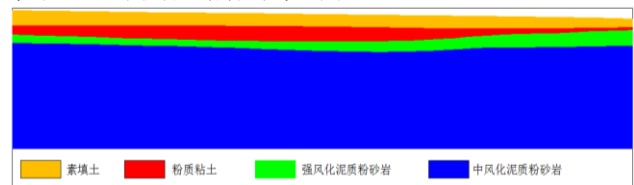


图1 璜溪站地质剖面图

2 数值模型的建立

2.1 模型建立参数

根据现场的工程实际情况, 采用分层开挖的方式进行基坑的开挖模拟, 研究不同节理倾向对基坑的蠕变变形的影响。

有限元模型长 120m, 宽 80m、高 52m, 基坑尺寸如下: 基坑底宽 10m, 顶部宽 20m, 基坑深为 12m, 边坡坡率为 1:0.5, 基坑长度设置为 20m。建立的模型如图 2 所示。在进行数值计算的时候, 选取中风化泥质粉砂岩和粉质黏土的中间参数进行计算。计算参数如下表所示:

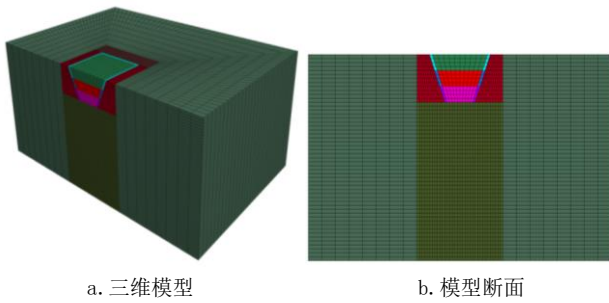


图2 基坑开挖模型

表1 岩石参数

参数	值	单位
密度	17	kN/m ³
体积模量	30	MPa
剪切模量	10	MPa
幂律常数	2.5×10^{-20}	/
幂律指数	3	/
粘聚力	350	kPa
内摩擦角	15	°
剪胀角	10	°
抗拉强度	350	kPa

表2 节理参数

参数	值	单位
倾角	0/45	°
倾向	0	°
粘聚力	30	kPa
内摩擦角	5	°
剪胀角	0	°
抗拉强度	30	kPa

3.3 结果分析

(1) 监测点的布置。基坑的监测点分布在基坑坡顶周围。现场监测点的布置如图4所示。

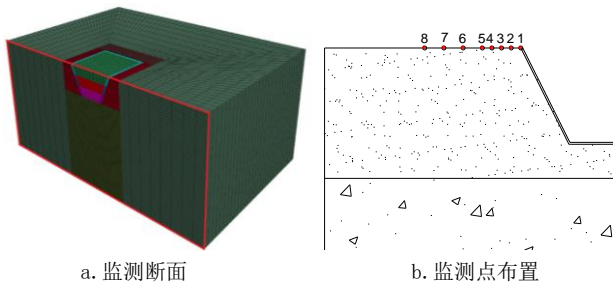


图4 监测点布置图

(2) 不同本构模型的计算结果对比。为了蠕变对数值计算结果有一定的影响，本文首先使用 Mohr-Coulomb 的遍布节理本构模型对基坑进行计算。再考虑工程的时间效应，采用相同的参数进行计算，计算结果对比如图5、6所示。

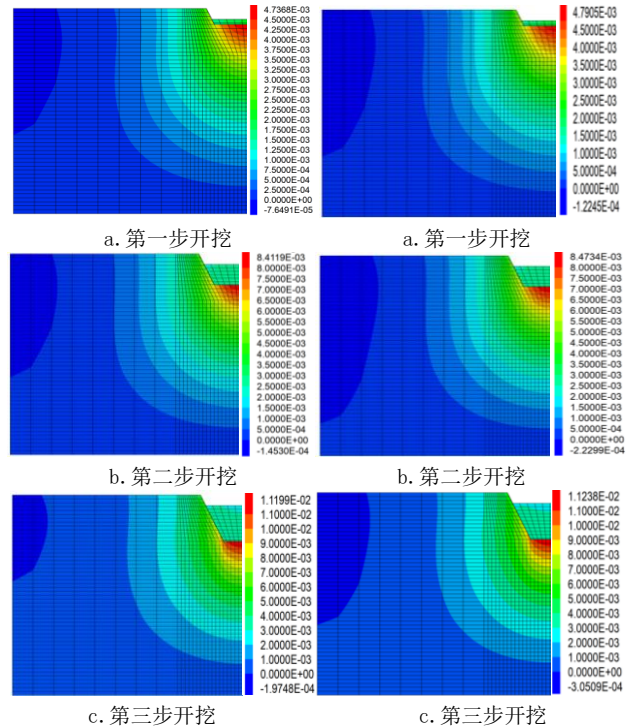


图5 遍布节理模型

图6 遍布节理蠕变模型

在计算参数相同的情况下，考虑时间效应的基坑模型在位移的量级和影响范围上要大于瞬时的遍布节理模型。

(3) 节理对基坑土层变形的影响

在本数值计算模型中，模拟了岩体中不同倾向和倾角的节理存在的情况下，岩体中位移的分布，下图7是模型取不同倾角参数的竖向位移情况。

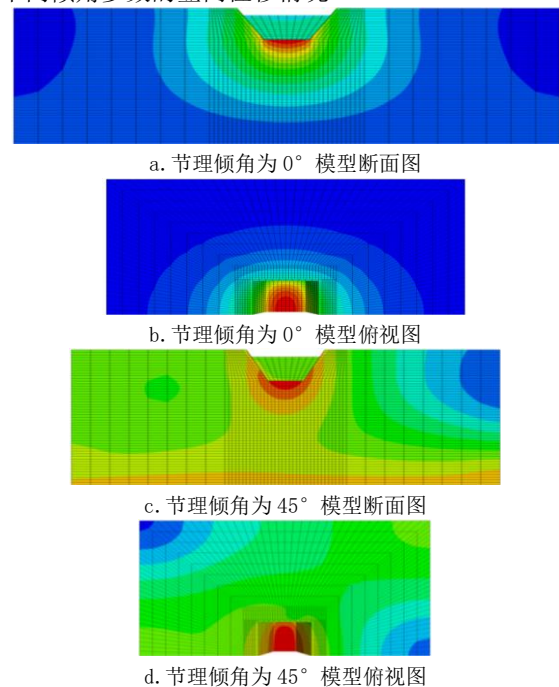


图7 不同节理倾角下岩体的竖向位移

由位移云图 7 可知,当节理的倾角为 0° 的时候,模型并未展现各向异性,此时岩体的竖向位移是对称的,当节理的倾角为 45° 的时候,计算结果展现出了各向异性,基坑两侧边坡上以及两侧的地表位移出现差异。

从图 7 中可以发现,离基坑越远的点受到节理的影响越大,表现出更为强烈的各向异性。

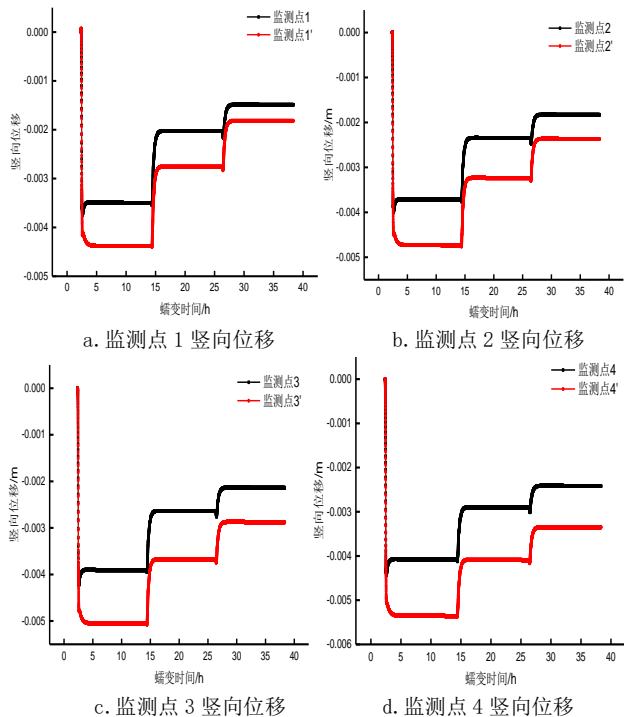


图 8 基坑两侧监测点竖向位移对比

对基坑两侧的监测点进行位移的统计,如下图 8, 9 所示。从监测点的位移曲线可知,距离基坑越近的监测点沉降值越小,土体的回弹值抵消了部分土体的沉降值。从监测点的“时间—位移”曲线可知,基坑开挖后的很短一段时间内,岩体发生较大变形,随后进入减速蠕变阶段与稳定蠕变阶段,岩体的变形速率降低,趋于稳定。因此在实际基坑施工的过程当中,应当在开挖后及时进行支护,以此来提高基坑周围岩体的稳定性。

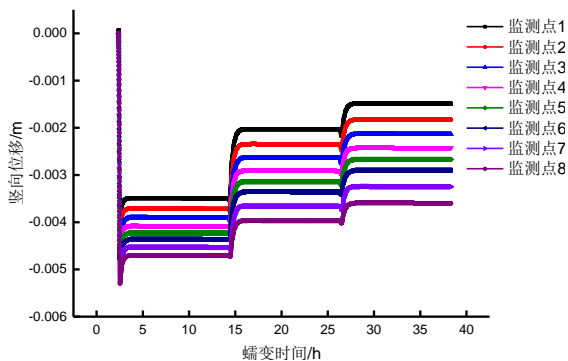


图 9 基坑左侧监测点竖向位移曲线

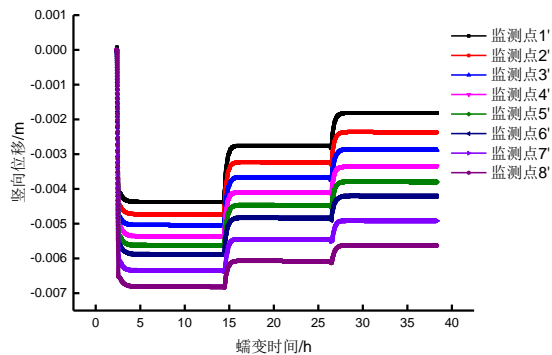


图 10 基坑右侧监测点竖向位移曲线

①塑性区。由实验结果可知,最大剪应力发生的面与最大主应力的面的夹角为 45° ,因此,当节理角度为 45° 时,岩体最容易屈服。

岩体中的节理对岩体的塑性屈服有着很大的影响,节理的存在使岩体中的一部分塑性流动发生在节理面上,因此,计算结果中的塑性区的分布也存在着各向异性的问题。不同节理的塑性区分布如图 11 所示。

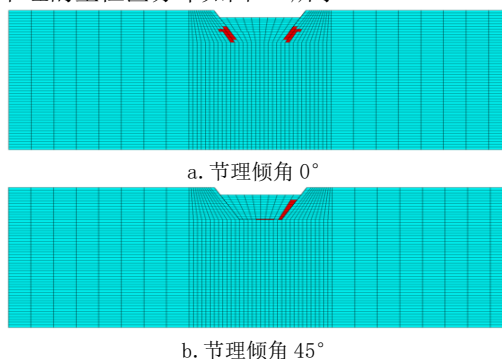


图 11 不同节理倾角下基坑周围岩体的塑性区分布

从图 11 中的塑性区分布可以看出,倾角为 0° 的数值计算结果的塑性区分布是对称的,分布在基坑的坑底两侧。倾角为 45° 的数值计算结果仅分布在右侧,左侧并不存在塑性变形,但是右侧的塑性变形的区域更大,延伸更长,由此可知,塑性变形发生在节理上。

②水平位移。对于基坑的两个侧壁而言,水平位移的方向应该是朝着基坑内部发展的,但是由于节理在岩体中存在着一定的倾角,在相反方向的应力的作用下,基坑侧壁的位移响应也不同,基坑开挖后被释放的地应力与重力的合力,与节理方向一致的,表现为更大的变形,与节理方向垂直或有着比较大角度的,节理的作用就不明显,表现为相对较小的变形,如图 12 所示:

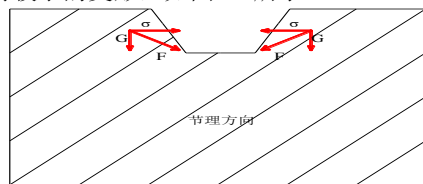


图 12 岩体节理与地应力释放方向的关系

由此可知,在遍布节理的岩体中,基坑侧壁水平位移的大小与节理的倾角有关,为了验证所述,分别对岩体中节理倾角为 0° 和 45° 的基坑开挖进行模拟计算,计算结果如图13所示。从水平方向的位移云图13可以看出,节理的倾角在 0° 和 45° 的情况下,岩体的水平位移有较大差异,当节理倾角为 0° 的时候,基坑两个侧壁上的水平位移是对称的,两侧均向基坑内收敛且位移的大小相同,发生的最大位移为2.79mm。当倾角为 45° 的情况下,基坑左侧的位移明显小于基坑右侧的位移,基坑右侧的边坡的水平位移达到了4mm至5mm,基坑左侧的水平收敛值为2mm至3mm,节理的体现不明显。

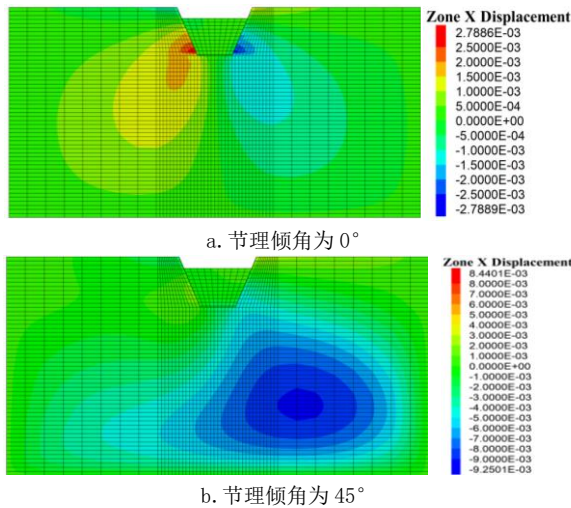


图13 不同节理倾角下岩体的水平位移

4 结论

采用ABAQUS软件对璜溪站工程建设项目数值模拟,分析深基坑开挖对车站结构稳定性的影响,主要结论如下:为了分析深基坑开挖对车站结构稳定性的影响,本文采用两个模型对基坑进行计算,对比计算结果表明,基坑变形的趋势是相同的,坑底出现隆起,坡顶呈现沉降。但是在计算参数相同的情况下,考虑时间效应的基坑模型在

位移的量级和影响范围上要大于瞬时的遍布节理模型,这说明了在考虑岩石蠕变的情况下,岩体的位移情况要更加接近真实情况,基于岩石蠕变的计算结果比仅考虑岩石弹塑性变形的计算结果更有利于施工安全。

本文模拟了岩体中不同倾向和倾角的节理存在的情况下,岩体中竖直位移的分布,当节理的倾角为 0° 的时候,模型并未展现各向异性,此时岩体的竖向位移是对称的,当节理的倾角为 45° 的时候,计算结果展现出了各向异性,且离基坑越远的点受到节理的影响越大,表现出更为强烈的各向异性。

当在存在节理且节理的倾角不为0的岩体中施工基坑时,要采取特殊的支护措施,比如对边坡进行注浆、使用锚杆加固基坑周围的岩体或增加混凝土的喷锚厚度。这些加固措施只需施加在受节理影响较大即可,节约了支护的经济成本。

[参考文献]

- [1]李连祥,韩志霄,张潇潇,等.基于岩体稳定的土岩二元基坑破坏模式[J].山东大学学报(工学版),2024(04):13.
- [2]刘利国,罗家文,朱碧堂.地铁车站狭长基坑支撑异常轴力分析[J].华东交通大学学报,2024(4):13.
- [3]贾彩虹,王翔,王媛.考虑渗流-应力耦合作用的基坑变形研究[J].武汉理工大学学报,2010,32(17):119-122.
- [4]李晓龙.新建航道基坑下穿高铁桥梁对邻近桥墩的影响分析[J].城市轨道交通研究,2024,27(3):188-192.
- [5]杨日林.基坑工程施工对临近地铁隧道结构的安全评价研究[J].价值工程,2024,43(6):52-56.
- [6]王子琪,梁斌,王国辉,等.卵石地层偏压深基坑支护结构力学特性及影响因素分析[J].科学技术与工程,2024,24(6):2503-2511.

作者简介:王传嘉(1987.2—),男,汉族,工程师,辽宁大连,本科,主要从事地下工程、房建及道路施工。