

Finite Element Analysis of Close Engineering of Comprehensive Pipe Corridor in Seasonal Frozen Area

Zewen Hao Yuhao Shangguan Zhanchun Zhang Pengbo Zhang Zhangzun Liu

School of Civil Engineering, Jilin Jianzhu University, Changchun, Jilin, 130000, China

Abstract

Compared with other projects, the comprehensive pipe corridor project develops late, so it will bring a series of underpass projects and near projects, which directly affects the safety and complexity of the project construction, in the soil layer in winter will further aggravate the problem of underpass engineering and near engineering. In order to study the season of urban underground pipe gallery near engineering and under engineering problems, this paper to a near double cabin comprehensive pipe corridor of deep foundation pit engineering as the research object, for whether near existing pipe corridor, and whether for winter construction conditions, through the finite element software to establish numerical model, study the deep foundation pit under different conditions in different excavation depth, to provide some reference for similar engineering.

Keywords

comprehensive pipe corridor; near project; frozen area; finite element analysis

季冻区综合管廊近接工程有限元分析

郝泽文 上官宇昊 张占纯 张彭勃 刘章尊

吉林建筑大学土木工程学院, 中国 · 吉林 长春 130000

摘 要

综合管廊工程相对于其他工程发展较晚, 因此会带来一系列的下穿工程与近接工程, 直接影响着工程建设的安全与复杂程度, 在季冻土地区土层冬天冻结夏季融化会进一步加剧下穿工程与近接工程的问题。为了研究季冻区城市地下综合管廊的近接工程与下穿工程的相关问题, 论文以某一临近双舱综合管廊的深基坑工程为研究对象, 对是否存在接近的既有管廊, 以及是否为冬季施工两个条件, 通过有限元软件建立数值模型, 研究不同工况下深基坑在不同开挖深度时的地表沉降情况, 为相似工程提供一定的参考依据。

关键词

综合管廊; 近接工程; 季冻区; 有限元分析

1 引言

城市综合管廊是指建设在城市地面以下, 将两种或两种以上的市政管线如高压电力电缆、中压电力电缆、通信电缆、燃气管道、给水管道、污水管道、中水管道、热力管道、垃圾管道以及空调管道等集中进行敷设, 设有人员出入口、通风口、吊装口、交叉口、引出口等功能口部, 并包含了消防、排水、电气、监控预报警、通风、标识等附属设施^[1]。城市综合管廊可以解决市政管线反复维修导致的“拉链路”、人行道上电线杆和其他架空线产生的“空中蜘蛛网”、城市排水系统老旧导致的大雨内涝以及湿陷性地区给排水管线渗

漏导致的路面塌陷等问题^[2]。城市综合管廊兼顾城市防灾、集约利用土地、美化城市景观、保障市政管线安全等优势, 是大中型城市高质量发展所必需的也是必然趋势^[3]。

随着中国城镇化建设速度加快, 地下综合管廊已成为众多城市的重要建设内容。由于管廊相对其他地下设施起步较晚, 城市地下空间的开挖深度和规模逐步扩大, 地下管线、地铁隧道及建筑物基础等一系列问题限制新建管廊的建设空间^[4]。该问题在地铁网庞大复杂, 城市下穿隧道交叉施工繁多的一、二线城市尤为突出。此类问题难以规划解决, 意味着综合管廊与既有构筑物叠交情况增多, 叠交必引发节点冲突, 影响近接工程与下穿工程施工^[5]。同时, 新建地下工程不可避免地影响周围环境, 甚至危及既有地下构筑物安全运营, 近年来, 近接工程与下穿施工问题备受专家学者关注。新建近接工程施工导致周围土体挤压、剪切、扭曲和松弛, 改变地层应力场和位移场, 直接影响既有管廊或其他构筑物, 引发位移、变形和破坏^[6]。

【基金项目】吉林建筑大学2023年大学生创新创业训练计划项目（基金项目：S202310191021）。

【作者简介】郝泽文（2002-），男，中国山西平遥人，在读本科生，从事城市地下综合管廊研究。

在中国季节性冻土地区,城市综合管廊需特别关注寒冷建设问题^[7],尤其是在冬季施工时,应全面考虑高寒地区季节性冻土的特点^[8],目前相关研究相对较少。论文拟结合某市某深基坑开挖工程与临近的综合管廊项目,研究管廊上覆土为季节性冻土在冬季冻结和夏季融化两个阶段的力学特性对管廊沉降的影响。通过有限元计算,研究在不同季节施工时选择冻土参数对沉降控制的影响,并提出在季节性冻土环境下深基坑开挖临近既有管廊时的沉降控制措施,为后续相似工程提供一定的理论指导。

2 工程概况及工程地质概况

拟建工程与相关数值模拟为临近既有双舱管廊的深基坑开挖与支护过程,场地上部土为中砂,层厚 20 m,冬季冻土层温度为 -10°C 时,杨氏模量 $E=130\text{MPa}$,泊松比 $\nu=0.28$,密度 $\rho=1900\text{kg/m}^3$,内聚力 $c=40\text{Pa}$,内摩擦角 $\Phi=40^{\circ}$,夏季融土层温度为 10°C 时,杨氏模量 $E=20\text{MPa}$,泊松比 $\nu=0.3$,密度 $\rho=1900\text{kg/m}^3$,内聚力 $c=0\text{Pa}$,内摩擦角 $\Phi=35^{\circ}$ 。下部土为粗砂,层厚 30 m,杨氏模量 $E=60\text{MPa}$,泊松比 $\nu=0.3$,密度 $\rho=1900\text{kg/m}^3$,内聚力 $c=0\text{Pa}$,内摩擦角 $\Phi=35^{\circ}$ 。基坑深度 26m,挡土墙厚 0.8m,在 4.8、9.3 与 14.35 m 深度分别设置三道支撑,限制挡土墙的水平位移,场地最大标准冻结深度为 2.0 m。

3 深基坑开挖临近既有管廊工程仿真模型建立

模型采用有限元计算软件,建立临近既有综合管廊的深基坑工程开挖与支护过程模型。模型假定为平面应变问题,故建立二维平面对称模型,整体研究平面长 $\times$ 宽为 $90\text{m} \times 36\text{m}$,底部采用固定约束,左侧基坑中心线为对称边界,右侧为辊支撑。既有双舱综合管廊双舱管廊距离基坑边界 6m,覆土深度 3m,净高 2.4m,净宽分别为 2.5 m 与 1.6 m,各构件板厚 0.3m,杨氏模量 $E=31500\text{MPa}$,泊松比 $\nu=0.3$,密度 $\rho=2500\text{kg/m}^3$,管廊底板与土层接触为固定约束,顶板与侧墙为辊支撑。随着开挖深度的增加,在 4.8 m、9.3 m 和 14.35 m 处设置支撑,有助于增加挡土墙的整体刚度。

4 数值模拟结果分析

论文通过有限元数值模拟的计算,分别讨论正温环境温度下,有无临近管廊工程条件下深基坑开挖地表沉降的对比,与存在临近既有管廊条件下冬季施工 (-10°C) 与夏季施工 (10°C) 的区别。正温条件下临近既有管廊的基坑开挖后三维模型位移变形如图 1 所示。

4.1 临近既有管廊对深基坑开挖工程的影响

本次模拟分析对比了没有管廊临近与存在既有管廊临近的两种情况对比,无管廊临近时,基坑不同开挖深度后的地表沉降如图 2 所示。随着开挖的进行,可以看到未开

挖区的地表沉降。随着土体不断开挖,沉降位移不断增大,距离挡土墙越远,沉降位移越小。开挖全过程最大的沉降 (17.0mm) 出现在开挖 26 m 深度时贴近挡土墙的地表位置。

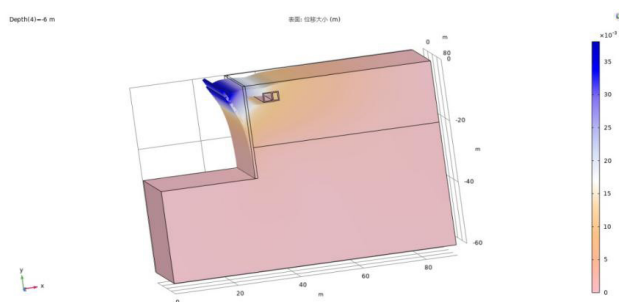


图 1 有管廊临近深基坑开挖后三维模型位移变形

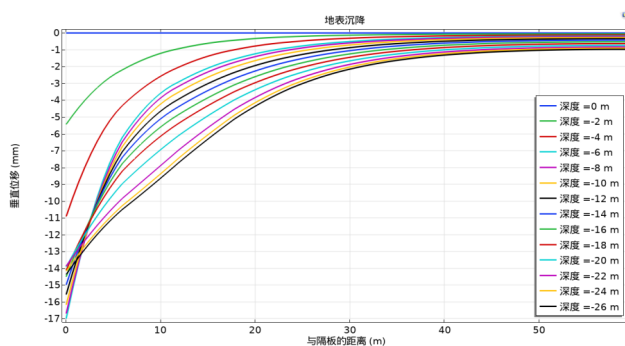


图 2 无管廊临近不同开挖深度后地表沉降

当存在既有管廊的时,地表沉降情况与前者相似,如图 3 所示。但是有管廊的存在限制周围土体塑性变形的发展,管廊上方也就是距挡墙 6~11 m 的地表沉降,相对于前者较小,且最大沉降的数值为 13.8 mm,小于无存在临近管廊的情况。由图 3 开挖深度 26m 曲线距离挡土墙 6~11m 可得到基坑开挖后管廊周围土体的位移情况,由图可以看出沉降较大区域主要集中在管廊中部偏右的位置,且随着的深度增加,沉降量增大,最终导致底板位置土体变形大于顶板位置土体变形,这样必然会改变管廊结构的荷载边界条件,导致管廊构件的内力发生变化。

4.2 冬季施工对临近工程深基坑开挖工程的影响

根据季冻区冻土特性与力学参数,模拟了 -10°C 条件下,冻土深度为 2 m 存在既有管廊的工况,开挖条件与上文相同,不同开挖深度后的地表沉降如图 4 所示。由图 4 可以看出上覆 2 m 深度冻土时,会大大限制基坑附近的地表沉降,最大位置出现在开挖 26 m 深度时距挡墙 5 m 附近,沉降为 11.9 mm,同时曲线变化相对于融土 (见图 3) 更为平缓。这是由于冻土具有更强的力学性能参数,以抵抗基坑开挖所导致的地表沉降变形。由此可见冬季施工时对控制基坑开挖所导致的地表沉降更为有利,但是要注意越冬时冻土融化的融沉现象进一步导致基坑周围的地表沉降。

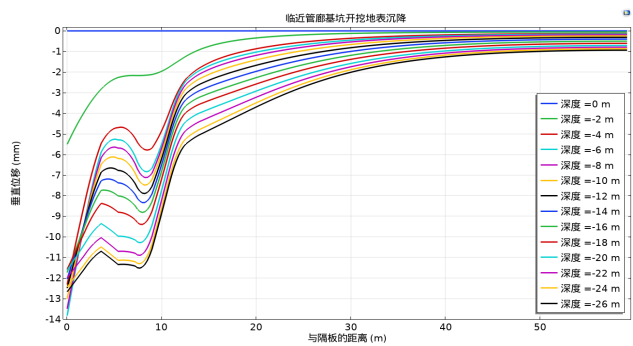


图 3 有管廊临近不同开挖深度后地表沉降

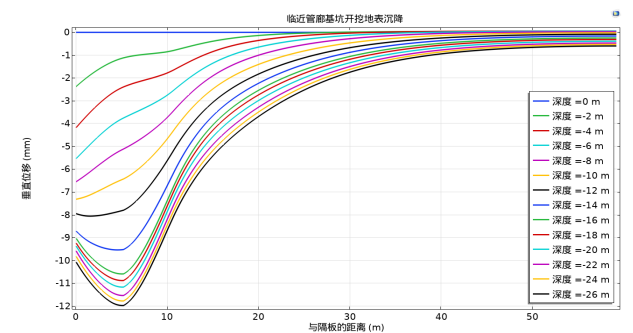


图 4 2m 深度冻土状态下有管廊临近不同开挖深度后地表沉降

5 结论

论文以季冻区既有管廊接近基坑开挖工程为研究对象，探讨了有无既有管廊以及有无上覆冻土对基坑开挖过程中地表沉降的影响。通过建立有限元数值模型，对模拟结果进

行分析，可以得到以下结论：

- ①随着土体不断开挖，沉降位移不断增大，距离挡土墙越远，沉降位移越小。
- ②存在既有管廊时，管廊会限制其上方的地表沉降，从而减小基坑周围地表沉降，但是要注意管廊周围土体变形导致其结构内力发生的变化。
- ③冬季施工时，上覆冻土更强的力学性质可以大大限制地表沉降，但同时要注意冻胀力对管廊结构内力变化的影响，以及工程越冬后冻土融沉后产生的进一步地表沉降。

参考文献

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.GB50838—2015 城市综合管廊工程技术规范[M].北京:中国计划出版社,2015.

[2] 曹彦龙.城市综合管廊工程设计[M].北京:中国建筑工业出版社,2018.

[3] 金兴平.城市综合管廊工程设计指南[M].北京:中国建筑工业出版社,2018.

[4] 钱七虎,陈晓强.国内外地下综合管线廊道发展的现状、问题及对策[J].地下空间与工程学报,2007(2):191-194.

[5] 张志亮.深圳市管廊隧道岩溶条件下穿既有地铁段盾构施工技术[J].工程机械与维修,2023(5):101-103.

[6] 刘志鹏,李永杰.顶管施工综合管廊下穿市政道路及周边管线变形监测[J].智能建筑与智慧城市,2023(7):134-137.

[7] 王英浩,马伟奇,崔广芹.冻土场下综合管廊的地震响应初探[J].公路,2019,64(8):158-162.

[8] 霍俊晨,徐杨宝.综合管廊基坑边坡土体冻融对基坑稳定性的影响[J].中国新技术新产品,2018(5):75-78.