

复合地层深基坑逆作法施工结构变形特征分析

王琦¹, 陈绪新^{1,2}

(1. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津市 300074; 2. 天津大学建筑工程学院, 天津市 300350)

摘要: 深基坑逆作法施工为深基坑开挖常用的方法之一, 通过建立复合地层深基坑逆作法施工三维数值模型, 分析逆作法深基坑土体和支护结构变形特征。研究表明: (1) 逆作法深基坑底部隆起从基坑中心逐步向端部减小, 变形主要集中于立柱桩之间, 立柱桩的挤压组合作用有效抑制基坑土体变形。(2) 随着与开挖基坑边界距离的增大, 地表沉降量逐渐减小, 并最终趋于 0。逆作法深基坑长边最大地表沉降量为 1.97 cm, 短边最大地表沉降量为 2.64 cm。(3) 随着开挖深度的增大, 地连墙水平位移呈现先增大后减小的特征, 在地连墙深度约 7.0 m 位置处, 水平位移曲线出现拐点, 地连墙水平位移逐渐减小, 并最终趋于 0。

关键词: 深基坑; 逆作法施工; 地表沉降; 地连墙

中图分类号: TU46+3

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2024)08-0205-04

0 引言

随着我国城镇建设进程不断加快, 基坑工程建设规模与数量的不断增多, 促进了基坑施工工艺技术的不断进步。深基坑逆作法施工是基坑施工常用的方法之一, 具有降低基坑施工成本、节约施工工期和对周围环境影响小等特点, 研究深基坑逆作法结构变形与受力特征具有重要意义^[1-3]。陈银波等^[4]研究了钢-混凝土组合核心筒逆作法和中心岛+局部逆作法等深基坑施工方法的适应性, 能够有效消除深基坑施工方法中工序复杂、施工质量难以保证的问题。王耀等^[5]通过深基坑有限元数值模型分析上下同步逆作法开挖施工全过程, 重点分析了逆作法深基坑结构的变形规律与受力特征及其对邻近建构筑物的影响。陈东等^[6]以深基坑逆作法设计为研究对象, 重点分析了深基坑逆作法设计中剖面类型、楼层板、栈桥和节点等方面面临的关键问题。夏曾银等^[7]对某采用半逆作法基坑工程开展结构柱现场变形监测, 浅部基坑结构开挖时, 基坑结构柱隆起变形量较小, 伴随着基坑开挖深度的增大, 结构柱隆起变形量逐渐增大。谭宇等^[8]介绍了全逆作法施工过程, 重点阐述了深基坑地连墙、水平支撑和竖向桩柱转换体系的设计。逆作法施工能够有效利用地下空间, 与传统基坑施工方法相比, 施工工序相对简单, 同时对周围

环境和邻近结构的扰动相对较小^[9-10]。因此, 深基坑逆作法施工过程中变形规律与受力特征是基坑工程施工的重要研究内容。

本文以某逆作法深基坑为研究对象, 建立了深基坑逆作法有限元数值分析模型, 分析了逆作法深基坑支护结构变形与地表沉降规律等, 研究成果以期为逆作法深基坑及其支护结构的设计和施工提供基础依据。

1 深基坑数值计算模型

1.1 深基坑模型

为分析深基坑逆作法施工, 基坑土体和结构的变形规律, 基于有限元方法建立深基坑数值计算模型。矩形深基坑尺寸为基坑开挖深度 18.0 m、长度 135 m 和宽度 70 m, 考虑深基坑开挖边界效应的影响, 深基坑数值模型水平方向和垂直方向均取基坑长度的 2.5 倍。因此, 深基坑数值模型尺寸为 340 m × 170 m × 55 m, 如图 1 所示。深基坑逆作法施工数值模型边界条件设置为计算模型下部边界施加固定约束, 两侧边界水平方向固定, 基坑顶部为自由边界, 考虑自重应力影响。

深基坑逆作法施工开挖步骤见表 1。

1.2 力学参数

深基坑逆作法数值计算模型采用莫尔-库仑准则。莫尔-库仑准则是岩土工程稳定性分析的常用准则之一。材料的物理力学参数和支护结构力学参数见表 2 和表 3。

收稿日期: 2024-01-20

作者简介: 王琦(1981—), 男, 博士, 高级工程师, 从事结构设计工作。

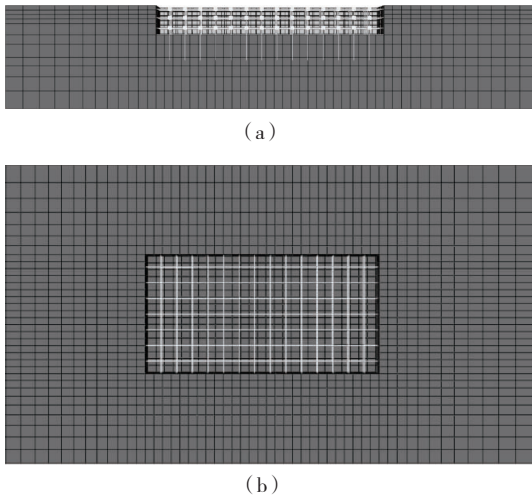


图1 深基坑数值模型

表1 施工步骤

序号	施工内容
1	设置深基坑逆作法模型边界条件,施加荷载,对数值模型地应力平衡
2	施工基坑地下连续墙和立柱桩
3	进行负一层土体开挖施工
4	开挖完成后,及时施作浇筑第一层梁板
5	进行负二层土体开挖施工
6	开挖完成后,及时施作浇筑第二层梁板
7	进行负三层土体开挖施工,直至深基坑底部
8	及时施作浇筑基坑底部底板

表2 材料的物理力学参数

材料	重度 /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	压缩模量 /MPa	黏聚力 /kPa	内摩擦角 /($^{\circ}$)
填土	17.50	1.87	10	12
黏土	18.6	4.6	16	21.8
细砂	19.5	14.99	3	22
泥岩	25.6	23.5	16.6	35

表3 支护结构力学参数

材料	重度 /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	弹性模量 /GPa	泊松比
混凝土	25.0	25	0.2
钢支撑	72.0	210	0.3

2 深基坑数值模型结果

2.1 逆作法深基坑变形分析

深基坑逆作法施工分三步开挖总变形特征,如图2所示,随着基坑开挖,均呈现基坑底部中心位置处隆起,并从基坑中心逐步向端部减小。随着基坑逐步向深部开挖,深基坑坑底隆起逐渐增大,由负一层开挖基坑坑底最大隆起 5.07 cm 增大至负三层开挖的最大隆起 10.78 cm。深基坑逆作法支护结构采用

地连墙、立柱桩和水平梁板等构成,由地连墙和立柱桩产生的支护效果能够较好地控制基坑坑底隆起,地连墙的存在阻止了土体的涌入。根据基坑数值分析结果,基坑坑底最大变形主要集中于立柱桩之间,立柱桩的挤压组合作用有效抑制基坑土体变形。



图2 深基坑分布开挖基坑变形

逆作法深基坑支护结构水平梁板和立柱桩的变形结果如图3所示。第一层水平梁板的变形较大,尤其是梁连接处变形集中,最大值可达 3.14 cm。与水平梁板最大变形位置类似,立柱桩最大变形也为处于第一层水平梁板相同位置,变形值也为 3.14 cm。

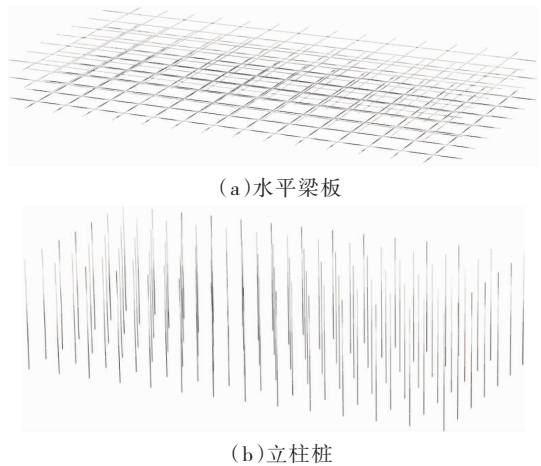


图3 深基坑支护结构

2.2 逆作法深基坑地表变形

逆作法深基坑开挖对周围地表产生扰动,以地连墙、立柱桩和水平梁板等组成的深基坑支护结构能够阻止土体向基坑开挖空间的运动,不同分析步逆作法深基坑地表变形结果如图4和图5所示。

根据图4可以得到,逆作法深基坑第一步开挖,邻近土体变形量相对较小,最大值为 1.32 cm。随着与开挖基坑边界距离的增大,地表沉降量逐渐减小,并最终趋于 0,基坑开挖效应影响逐渐降低。逆作法

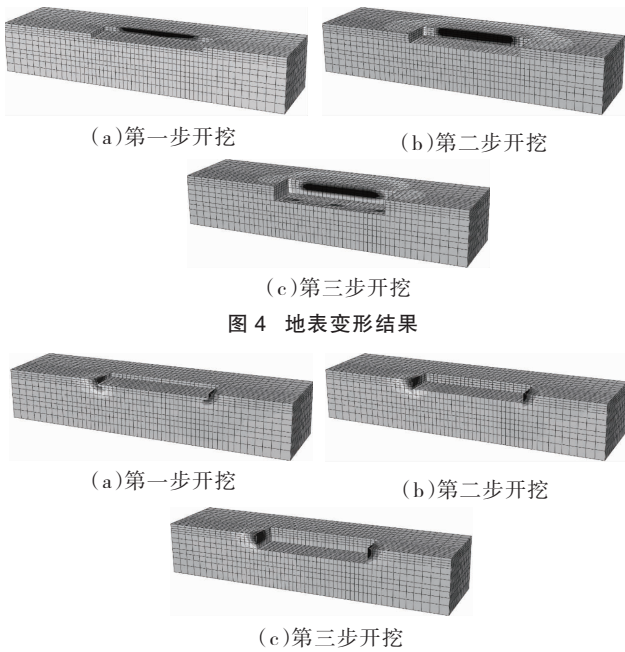


图4 地表变形结果

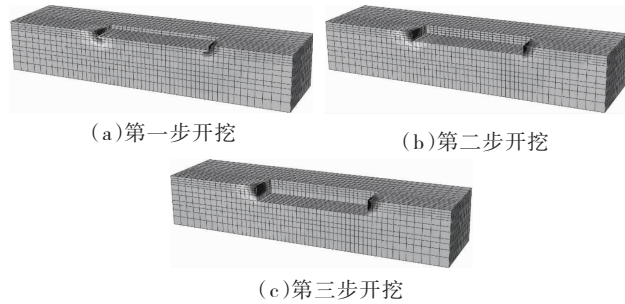


图5 基坑短边侧地表变形

深基坑第二步开挖,与第一步开挖相比,邻近土体变形量增大,最大值为 1.80 cm。随着开挖深度的增加,基坑空间范围进一步扩大,但是,由于基坑地连墙的支护作用,在一定程度上控制基坑土体变形,基坑变形量处于可控制范围内,并且相较第一步开挖基坑变形量仅增大 0.48 cm。逆作法深基坑第三步开挖,基坑最大沉降量为 1.97 cm,与基坑第二步开挖相比,基坑变形量增大 0.17 cm。基坑增加的变形量逐渐变缓,深基坑支护结构地连墙、立柱桩和水平梁板的支护作用下,基坑变形量逐渐趋于稳定。

根据图 5 可以得到,深基坑短边变形特征与深基坑长边变形特征呈现类似特征。逆作法深基坑第一步开挖,邻近土体变形量相对较小,最大值为 1.35 cm。随着与深基坑短边边界距离的增大,深基坑短边邻近地表沉降量逐渐减小,并最终趋于 0。逆作法深基坑第二步开挖,与第一步开挖相比,深基坑短边邻近土体变形量增大,最大值为 2.18 cm,相较第一步开挖基坑变形量增大 0.63 cm。逆作法深基坑第三步开挖,基坑最大沉降量为 2.64 cm,与基坑第二步开挖相比,基坑变形量增大 0.46 cm。

2.3 逆作法深基坑地连墙变形

逆作法深基坑不同开挖步地连墙变形特征如图 6 所示。由此可以得到,随着基坑深度的增加,地连墙的水平位移呈现先增大后减小的特征。第一步开挖,逆作法深基坑开挖深度较小,地连墙水平位移随着基坑深度逐渐减小,最大变形位置是地连墙顶部,为 1.32 cm。随着开挖深度的增大,地连墙水平位移呈

现先增大后减小的特征,在地连墙深度约 7.0 m 位置处,水平位移曲线出现拐点,地连墙水平位移逐渐减小,并最终趋于 0,长边地连墙最大水平位移为 2.54 cm,短边地连墙最大水平位移为 2.92 cm。

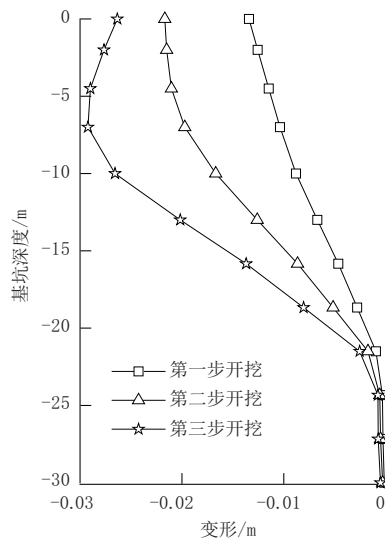
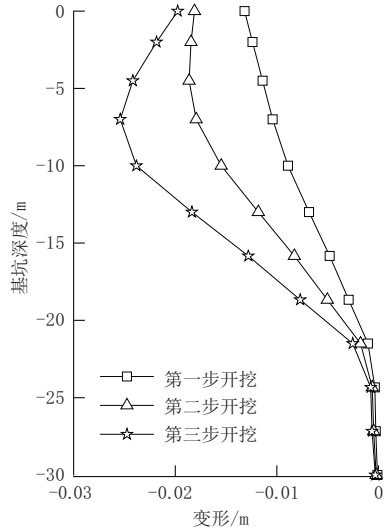


图6 不同开挖步地连墙变形

3 结语

基于逆作法深基坑有限元数值模型,重点分析了逆作法深基坑变形特征、逆作法深基坑地表沉降和深基坑地连墙变形的变化特征,主要研究结论如下:

(1)逆作法深基坑开挖底部中心位置处隆起,并从基坑中心逐步向端部减小。随着基坑逐步向深部开挖,深基坑坑底隆起逐渐增大,最大隆起 10.78 cm,基坑坑底最大变形主要集中于立柱桩之间,立柱桩的挤压组合作用有效抑制基坑土体变形。

(2)随着与开挖基坑边界距离的增大,地表沉降量逐渐减小,并最终趋于 0。逆作法深基坑最大地表

沉降量为 1.97 cm。深基坑短边变形特征与深基坑长边特征类似,基坑最大沉降量为 2.64 cm。深基坑支护结构地连墙、立柱桩和水平梁板的支护作用下,基坑变形量逐渐趋于稳定。

(3)随着开挖深度的增大,地连墙水平位移呈现先增大后减小的特征。在地连墙深度约 7.0 m 位置处,水平位移曲线出现拐点,地连墙水平位移逐渐减小,并最终趋于 0。长边地连墙最大水平位移为 2.54 cm,短边地连墙最大水平位移为 2.92 cm。

参考文献:

- [1] 彭沉彬,姜瑜,张志,等.逆作法超深基坑开挖过程风险监控分析及要点控制[J].特种结构,2022,39(2): 114-119.
- [2] 李广,杨泽平,张敏思,等.复杂环境下深大基坑逆作法拉森钢板桩支护设计[J].建筑结构,2021,51(22): 141-146.
- [3] 张涛,王长祥,张文铸,等.湿陷性黄土地区深埋顶管工作井逆作法设计[J].特种结构,2018,35(1): 50-55.
- [4] 陈银波,苏恒强,陈星,等.地下空间新型逆作法关键技术的联合应用[J].建筑结构,2020,50(16): 45-51.
- [5] 王耀,李兵,杨家新,等.上下同步逆作法深基坑及邻近地铁站变形分析[J].建筑结构,2021,51(15): 124-130.
- [6] 陈东,杨学林,刘晓燕,等.杭州萧山国际机场三期工程陆侧交通中心基坑逆作法设计[J].建筑结构,2022,52(15): 130-135.
- [7] 夏曾银,郑刚,邓旭,等.天津某半逆作法基坑结构柱隆起变形实测分析[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2022,54(5): 657-664,790.
- [8] 谭宇,黄涛,左朝晖,等.全逆作法在城市核心商圈的工程应用[J].建筑结构,2023,53(15): 137-141.
- [9] 陶连金,代希彤,黄美群,等.盖挖逆作法与明挖顺作法施工变形控制对比[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2020,39(2): 136-144.
- [10] 龚模松,刘叔灼,莫海鸿,等.西樵纺织科技大厦地下连续墙+半逆作法内支撑基坑支护设计[J].建筑结构,2019,49(20): 111-115.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com