

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.08.056

浅析锁扣型钢地下连续墙工法的应用

马婧, 黄巍

(上海市合流工程监理有限公司, 上海市 200120)

摘要:为研究如何在有限的中心城区地下空间内建设超深、高刚度的地下连续墙,上海市轨道交通 19 号线世博大道站工程项目在基坑围护施工中引入锁扣型钢地下连续墙施工法,开展该工法的试验研究。阐述了该工法的关键施工工艺,并对其实际应用效果进行了分析。结果表明锁扣型钢地下连续墙在中心城区软体地区深基坑围护施工中具有一定的可行性。该工法钢构件工厂化制作、止水效果好并能节约施工场地,特别是在中心城区场地面积狭小大规模工程的快速施工中能发挥其优越性能。

关键词:基坑围护;锁扣型钢;地下连续墙

中图分类号: TV554+.6

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)08-0208-04

0 引言

随着我国城市化进程的不断推进,地下空间的开发利用程度越来越高,基坑深度不断增加。以上海为例,至2018年上海地下空间开发面积已超7000万m²^[1]。面积达2万m²以上,深度超过20m的基坑工程已大量涌现^[2]。这些深大基坑大多地处市中心区域,施工场地狭小,周边环境复杂,此外,由于上海是典型的软土地区,在地面下普遍沉积有厚层软黏性土,在这样的地质条件下进行基坑施工活动极易产生较大的变形和地表沉降。因此如何在有限的中心城区地下空间内建设超深、高刚度的地下连续墙成为工程技术人员必须面对的课题。

目前,地下连续墙作为明挖深基坑的一种传统围护结构形式已应用多年,但易出现混凝土侵限、绕流、钢筋笼偏离外露等质量问题^[3]。为解决上述问题,日本在20世纪90年代开发了NS-BOX钢制地下连续墙工法,由于其具有省力、薄壁化、现场占地面积小等优点,得到了较多应用^[4]。目前,该工法较多应用在竖井施工中,在地下道路、地铁车站中的应用较少。

为研究钢制地下连续墙施工法在地铁车站中的实际应用效果,2021年,由上海申通地铁建设集团牵头,联合设计及施工单位,在上海轨道交通19号线世博大道站基坑围护施工中引入锁扣型钢地下连

续墙施工法,开展该施工法的试验研究。该工法与日本开发的 NS-BOX 钢制地下连续墙工法的不同之处在于钢构件翼缘两端咬合接头的形式不同,NS-BOX 钢构件形式分为 BX、BH、GH-R 和 BH-R 等形式^[5],本项目采用的钢构件为 CT 锁扣式。这是该工法在国内深基坑工程中的首次应用。

本文以上海轨道交通 19 号线世博大道站工程项目为背景,阐述了锁扣型钢地下连续墙施工法的关键施工工艺,并对车站附属结构的 2 幅锁扣型钢地下连续墙的实际应用效果进行了分析,以供类似工程参考。

1 工程概况

世博大道站为上海轨道交通 19 号线为配合世博文化公园地下空间开发先期实施的车站。其中换乘通道为地下两层结构(局部为地下一层),与 19 号线接口段基坑约为 153 m × 17.7 ~ 47.7 m, 基坑深约 10.09 ~ 18.80 m, 地下两层范围为 800 mm 厚地下连续墙,墙长 33 ~ 40 m; 沿基坑深度方向设置五道支撑(地下一层为三道)。

在南侧换乘通道(地下两层段)与顶管始发井间封堵墙位置设置 2 幅锁扣型钢地下连续墙,见图 1,取代相应位置的常规地下连续墙。锁扣型钢地下连续墙先行施工,后施工两侧常规地下连续墙。锁扣型钢地下连续墙厚度为 1 200 mm, 深度为 60 m, 第 1 幅和第 2 幅幅宽分别为 4.8 m 和 3.2 m。地墙两侧型钢长度为 61.05 m, 中间型钢长度为 59.75 m。锁扣型钢地下墙内插型钢采用 Q345, 填充混凝土设计强度

收稿日期: 2022-06-17

作者简介: 马婧(1994—),女,硕士,从事信息管理工作。

等级C35,抗渗等级为P8。



图1 试验段位置

2 锁扣型钢地下连续墙关键施工工艺

锁扣型钢地下墙工法是使用泥浆护壁成槽后,插入两侧翼缘分别为“T”、“C”字形的H型锁扣型钢,搭接形式为将“T”字形锁扣插入“C”字型锁扣,用以代替常规地下连续墙钢筋笼结构。依次按顺序吊装入槽后,浇筑大流动性混凝土,形成具有高强度、高刚度的锁扣型钢地下连续墙围护结构。

锁扣型钢地下墙的施工方法与一般的钢筋混凝土制地下连续墙基本相同。由于锁扣型钢地下墙的特点是设置锁扣型钢来代替钢筋笼,因此其附带的临时设备容量、施工机械的选择、接头方式等方面与钢筋混凝土制地下连续墙有一些差异。下面仅阐述关键工序施工工艺。

2.1 型钢制作及拼装参数

锁扣型钢为工厂制作产品,加工长度为12 m、13.75 m、14 m、15.3 m、15.75 m、16 m。考虑整体工期、制作工序、开工时间、工程进度等从钢构件加工厂进行订购,不需要现场制作的场地。锁扣型钢构件的形状见图2。

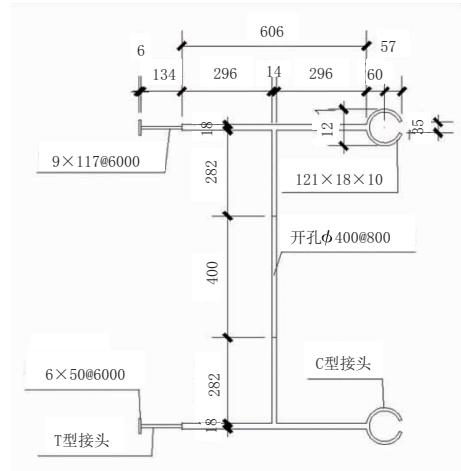


图2 锁扣型钢构件外形图(单位:mm)

试验段为车站附属结构的2幅地连墙。一期槽共7套锁扣型钢,二期槽共4套锁扣型钢,每套分4节进行拼装。锁扣型钢拼装参数见表1。

表1 型钢拼装参数表

型号	拼装规格(机械连接)	总重量
接头型钢	61.05 m:A-1:13.75 m(腹板14 mm)+A-2:16 m(腹板14 mm)+A-3:16 m(腹板14 mm)+A-4:15.3 m(腹板14 mm)	约23 t
锁扣型钢1	59.75 m:B-1:15.75 m(腹板14 mm)+B-2:16 m(腹板18 mm)+B-3:16 m(腹板18 mm)+B-4:12 m(腹板14 mm)	约22 t
锁扣型钢2	C-2:14 m(腹板18 mm)+C-3:16 m(腹板18 mm)+C-4:16 m(腹板14 mm)	约22 t
锁扣型钢3	D-2:16 m(腹板18 mm)+D-3:16 m(腹板18 mm)+D-4:12 m(腹板14 mm)	约22 t
锁扣型钢4	E-2:14 m(腹板18 mm)+E-3:16 m(腹板18 mm)+E-4:16 m(腹板14 mm)	约22 t

2.2 型钢固定拼装

锁扣型钢分4节进行吊装,并用螺栓进行连接。图3为锁扣型钢分节节点。吊装时采用定位架、定位销确保现场型钢接头拼接的垂直精度,并用数字型扭矩控制扳手对螺栓紧固进行检查。图4为定位架。型钢吊放完成后,槽底采用1 m厚的固槽混凝土,槽口采用槽钢形成封闭钢围檩加以固定安装。

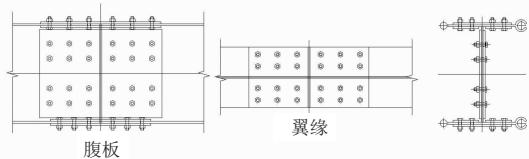


图3 锁扣型钢分节节点

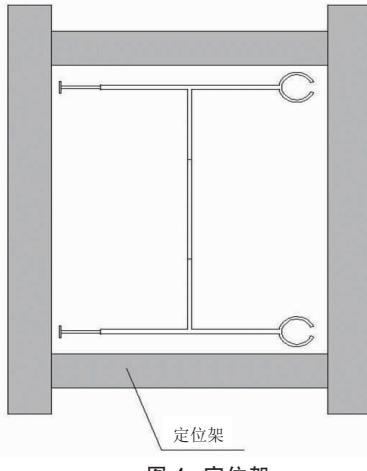


图4 定位架

2.3 混凝土浇灌

由于锁扣型钢地下连续墙不采用传统工艺的钢筋笼,而是锁扣型钢与锁扣型钢直接相互拼接。混凝土通过型钢壁上的圆孔流淌到其他型钢内,并自行密实,且锁扣型钢地下连续墙成槽最深处为60 m,因

此要求混凝土具有大流动性能。单幅墙体混凝土浇筑方量较大,要求混凝土凝结时间比常规混凝土时间长,保坍性能良好。

由于成槽泥浆或者混凝土浇筑可能会将C型口堵塞,因此要将C型口进行保护避免后继槽锁扣型钢不能正常安装。C-T接口形式见图5。型钢吊装前在C口放入水囊,型钢在对接同时对水囊进行连接,水囊的接头位置和型钢接头位置一致。图6为水囊安装示意图。在型钢对接全部到位后,对水囊进行加压,由原本的直径7cm的水囊加压至10cm。混凝土浇灌完成且相邻槽段成槽开挖完成后,将水囊泄压后取出。

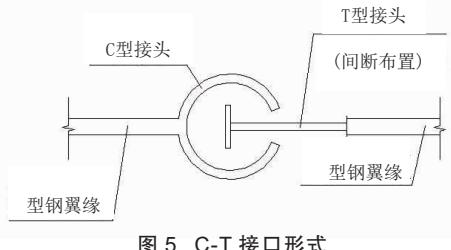


图5 C-T接口形式

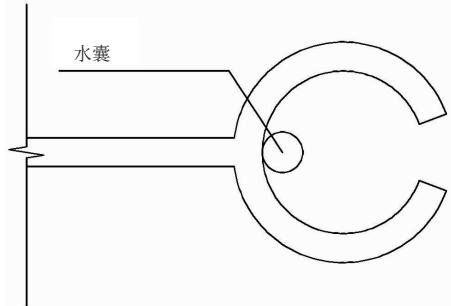


图6 水囊安装示意图

由于锁扣型钢地下连续墙采用CT锁扣(见图5)作为型钢构连接件形成一道整体连续的地下墙,增长了地下水的渗流路径,难以形成渗漏通道,达到了阻水效果,观察开挖面墙体干燥,无渗漏水现象。

2.4 锁扣型钢地连墙与常规地连墙接缝处置

锁扣型钢地下连续墙与常规地下连续墙接缝视作H型钢接头,先期施工锁扣地下连续墙,后期施工常规地下连续墙。常规地下连续墙施工时对锁扣型钢地下连续墙H型钢处绕流混凝土、泥砂等杂物进行刮壁处理后,将后期接头紧贴H型钢放置,见图7。后期槽段施工完成后,于二期基坑一侧接缝施打Φ800@550mm高压旋喷桩、桩长40m进行接缝止水处置。

3 锁扣型钢地下连续墙围护效果分析

选取布设于锁扣型钢地下连续墙上的监测点CX51和常规地下连续墙上的监测点CX58进行监测数据分析。该两点工况相同。点位见图8。

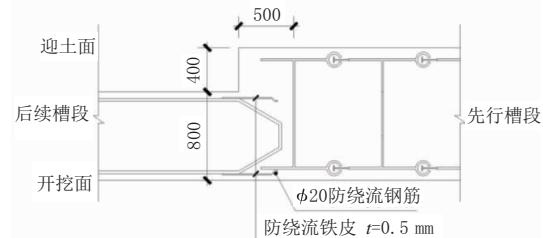
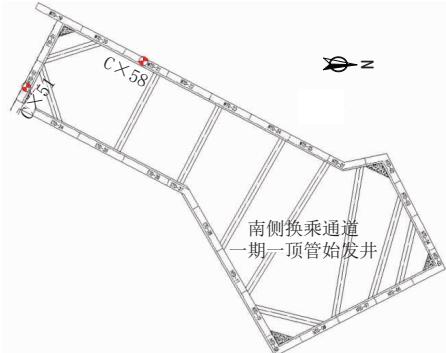
图7 锁扣型钢地连墙与常规地连墙接缝处置示意图
(单位:mm)

图8 监测点位置示意图

顶管始发井基坑于9月5日开挖,9月30日完成封底。图9为点CX51和点CX58围护结构深层水平位移最大累计变形的历时变化曲线。由图可知点CX51最大累计变形为17.64mm,点CX58最大累计变形为24.75mm,点CX51比点CX58的最大累计变形小7.11mm,小了28.7%。

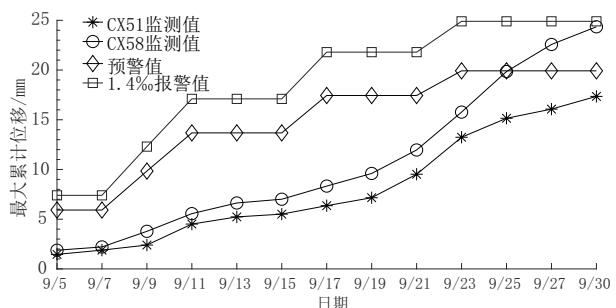


图9 点CX51和点CX58围护结构深层水平位移最大累计变形的历时变化曲线(单位:mm)

考虑到锁扣型钢地下墙相比传统地下墙含钢量增加,这会使墙体刚度增大。为此将点CX51和点CX58墙体深度为18m处的监测数据进行比较,见图10。可以看到,墙体刚度增大时,深层水平位移减小。

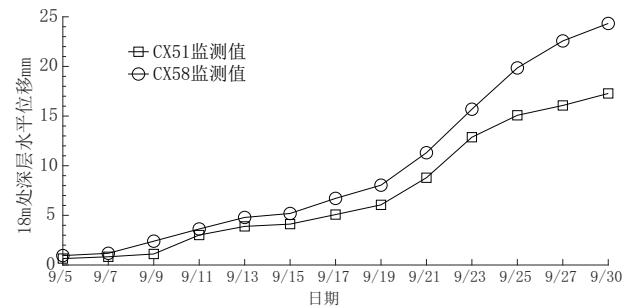


图10 点CX51和点CX58墙体18m处深层水平位移的历时变化曲线(单位:mm)

试验阶段,该位置锁扣型钢地下连续墙围护结构深层水平位移与一般的钢筋混凝土制地下连续墙相比较小。监测结果表明锁扣型钢地下连续墙在本项目深基坑围护施工中是可行的。

4 锁扣型钢地连墙工法与常规地连墙工法的造价指标对比

选取深度为60 m,厚度为1 200 mm,幅宽为3.2 m的单幅地连墙进行比较。表2为单幅常规地墙和锁扣型钢地下墙的材料用量和单价表。表3为单幅常规地连墙和锁扣型钢地连墙的综合单价。经计算,单幅锁扣型钢地连墙造价高1.2倍。由于其刚度大和薄壁化的特点,通过对壁厚的进一步设计优化,后期造价可进一步减少。

表2 单幅地连墙的材料用量和单价表

材料	材料用量	单价	备注
钢筋	40 t	6 000 元/t	常规地连墙
混凝土	230.4 m ³	736 元/m ³	常规地连墙
锁扣型钢构件	88 t	7 370 元/t	锁扣型钢地连墙
大流动性混凝土	230.4 m ³	1 200 元/m ³	锁扣型钢地连墙

表3 单幅地连墙的综合单价

	材料费	机具费	人工费	综合单价
常规地连墙	1 777.7	554.1	78.9	2 410.7
锁扣型钢地连墙	4 014.9	1 091.1	197.5	5 303.5

5 结语

为实现在狭窄的城市空间内修建超深、高刚度的地下连续墙,本项目进行了锁扣型钢地下连续墙施工法的试验研究,得出以下结论:

(1)该工法钢构件工厂化制作,提高了施工质量和施工效率,显著提升现场安全文明施工水平,降低现场制作带来的安全隐患。有利于施工集中管理,平衡施工场地、机械及劳动力等各种资源,降低施工成

(上接第193页)

- [3] 高文超,李国良,塔娜.路网匹配算法综述[J].软件学报,2018,29(2):225–250.
- [4] 曾嘉郦,孙立双,王晓明.北京出租车GPS轨迹数据地图匹配算法研究[J].北京测绘,2019,33(3):255–260.
- [5] 谢彬彬.基于隐马尔科夫模型的出租车OD时序轨迹的道路匹配算法研究[D].长安大学,2020.
- [6] 盛彩英,席唱白,钱天陆,等.浮动车轨迹点地图匹配及插值算法[J].测绘科学,2019,44(8):106–112.
- [7] 张校慧,孙凯,职保平,等.针对复杂道路网络的车辆轨迹地图匹配算法[J].测绘科学,2018,43(8):110–115.

本。设备、生产和人员的管理难度降低,降低管理成本。

(2)锁扣型钢地下墙与一般的钢筋混凝土制地下墙相比无需钢筋笼胎膜场地,能够节约施工场地。围挡时能节约1~2根社会车道,明显改善施工时对社会影响。特别适合于城市建筑密集、施工场地狭小、基坑挖深大的施工项目。

(3)锁扣型钢地下连续墙采用CT锁扣作为型钢构连接件,止水效果好,开挖面墙体无渗漏。

(4)试验阶段,与一般的钢筋混凝土制地连墙相比,单幅锁扣型钢地连墙造价高1.2倍。由于其刚度大和薄壁化的特点,通过对壁厚的进一步设计优化后,材料用量可进一步减少,造价能够控制在传统工法的115%左右。如遇中心城区施工场地狭小的情况下,其经济指标优于传统工法。

综上所述,锁扣型钢地连墙施工法具有钢构件工厂化制作、止水效果好、节约施工场地的优势。在中心城区场地面积狭小的条件下,该工法能最大限度地有效利用施工场地面积,实现快速施工且符合安全文明施工的要求,适用于传统技术难以施工的狭窄地区的地下工程建设。通过本文的工程实例,我们认为该施工法具有可行性,可为类似工程提供经验和参考。

参考文献:

- [1] 方银钢.软土地区深大基坑变形控制措施研究[J].研究成果,2019(7):13–15.
- [2] 贾坚,谢小林,翟杰群,等.软土基坑变形控制的微扰动技术[J].上海交通大学学报,2016,50(10):1651–1657.
- [3] 赵启嘉.预制地下连续墙在地铁工程中的应用研究探讨[J].工程技术,2015(21):96–97.
- [4] 田崎和之.钢制地下连续墙施工法的设计与施工[J].探矿工程译丛,1996(4):6–11,42.
- [5] 谈海斌,陈超平.钢制地下连续墙的设计、施工要点[J].公路工程,2012(12):218–221.
- [6] 周英迪,张兴国,潘晓芳,等.基于出租车轨迹的居民出行时空分析[J].城市勘测,2020(3):17–23.
- [7] 邸少宁,朱杰,郑加柱,等.出租车轨迹数据的南京人群出行模式挖掘[J].测绘科学,2021,46(1):203–212.
- [8] 罗钧韶,潘嘉杰.基于GPS数据挖掘的出租车出行特征分析[J].交通与运输,2020,33(S2):49–54.
- [9] 罗琼,舒红,徐亚瑾,等.移动轨迹数据支持下的城市居民通勤活动分析[J].武汉大学学报(信息科学版),2021,46(5):718–725.
- [10] 杨丁山.基于浮动车轨迹数据的城市路网交通状态判别及关键节点识别[D].重庆:重庆交通大学,2020.