

深浅交替地下连续墙的变形研究

刘丽萍, 高飞, 范松松

(西安工业大学建筑工程学院, 西安 710032)

摘要:深浅交替地下连续墙作为一种新的地下连续墙形式,其应用较其他形式的地下连续墙更为广泛,研究其在基坑工程中的变形规律具有重要意义。通过对某基坑工程中深浅交替地下连续墙的变形性状进行监测,将不同深度处的水平位移以及地下连续墙墙顶沉降量与时间关系进行分析,采用模拟软件进行支护计算,得到各个开挖工况下深浅交替地下连续墙墙体竖向和水平位移的变形规律。

关键词:深浅交替;地下连续墙;水平位移;沉降;数值模拟

中图分类号:TU476.3

文献标志码:A

引言

随着社会的发展,大深度地下空间的利用日益成为城市建设开发的一个重要领域,地下连续墙作为稳定、安全的支护结构越来越多的被运用在基坑工程中^[1-2]。普通地下连续墙存在渗水和墙面平整度低等问题,许多学者^[3-9]对此进行了优化和改进。深浅交替地下连续墙中深槽幅兼作上部结构的基础,在空间利用、节约成本、施工进度等方面具有明显优势。作为一种新的地下连续墙形式,其变形有别于普通地下连续墙,因此充分认识深浅交替地下连续墙挡土结构在开挖过程的变形规律,是进行变形设计和保证基坑安全的基础,对促进地下连续墙更广泛的应用具有重要意义。

结合武汉某深基坑工程为例,采用软件对基坑内采用深浅交替地下连续墙支护开挖状态进行模拟,从而得到围护结构、土体的水平位移与内力特征,与监测数据进行对比和分析,得出深浅交替地下连续墙的变形特性。

1 工程概况

武汉市某还建房地基坑工程施工现场,东北侧为江汉路步行街,东南侧为好乐迪歌厅,西南侧紧靠交通路,西北侧为中山大道。基坑采用盖挖逆作法施工,地下三层主体结构,开挖平均深度15 m,开挖面积6450 m²,基坑形状不规则,最长181.65 m,最宽53 m。地下连续墙深度在30 m~67 m,厚度0.8 m,共56幅。其中,中山大道一侧和花楼街一侧共15幅连续墙深度均为30 m(浅槽幅);交通路一侧41幅为深浅交替幅段,有21幅深槽(深度超过62 m),20幅浅槽(深度为30 m)。基坑安全等级为一级,场地等级为一级,地基等级为二级,岩土工程勘察等级为乙级。

1.1 场地工程地质条件

根据勘测资料,场区内地基土自上而下可分为九层,按物理力学性状的差异又细分为亚层,各土层的工程地质特征见表1^[10]。

收稿日期:2017-10-11

基金项目:陕西省自然科学基金基础研究计划资助项目(2013JM7004);西安工业大学研究生教育教学改革研究项目(XAGDYJ160210)

作者简介:刘丽萍(1974-),女,山西晋中人,副教授,博士,主要从事岩土工程方面的研究,(E-mail)liuandwang123@163.com

表 1 土体特性指数

层号	土层名称	密度 $\gamma/kN/m^3$	承载力 特征值 f_{ok}/kpa	压缩 模量 E_s/Mpa	压缩 模量 E_s/Mpa	抗剪强度			渗透 系数 $Kv/m/d$	静止侧 压系数 $k/m/d$	基床系数 /Mpa/m		桩基极 限侧阻 力特征值 q_{sia}/kpa	桩基极 限端阻 力特征值 q_{pa}/kpa
						C/kpa	$\varphi/^\circ$	$\varphi^k/^\circ$			水平 K_x	竖直 K_y		
1-1	人工杂填土					4	18			0.6				
1-2	人工素填土	18.3	85	4.5		13	8			0.58				
3-1	粘土	18.7	125	6.5	6.0	12	6	0.008	0.55	20	20	27		
3-2	粉质粘土	19.1	120	6.0	5.5	18	10	0.008	0.55	22	22	18		
3-2a	淤质粘土	17.5	60	3.0	4.0	21.0	13.0	0.01	0.68	13	13	10		
3-5	粉质粘土、 粉土、粉 砂互层	18.8						0.01 (垂直)						
		19.4	135	8.0	8.5	10	15		0.47	23	22	22		
		19.2						10 (水平)						
4-2	粉细砂	19.3	160	14.0	18.0		32	16	0.40	40	40	22		
4-2a	粉质粘土	18.8	115	5.5	5.0	16	12	0.008	0.55	24	24	12		
4-3	含砾中粗砂	19.5	260	15.0	35.0		35	20	0.35	34	36	33		
5	砾卵石		300	20								70		
20a-1	强风化泥岩	25.3	$F_0=350$	42						50	50	30	400	
20a-2	中风化泥岩	25.5	$F_0=900$	200				2(Lu)		140	140	80	1200	

1.2 水文地质条件

施工场地地下水按埋藏条件主要为上层滞水和层间承压水。上层滞水主要存在于人工填土层中,含水与透水性不一,地下水位不连续,无统一的自由水面,水位埋深为 0.5 m~2.0 m。场区内主要地下水为承压水,存在于粉砂和中砂土层中,埋深为 38 m~42 m,多数由长江水补给,水位具有季节性变化,年变幅为 3 m~4 m,大气降水对承压水的补给较小。场区内地下水对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋具有微腐蚀性,对钢结构具有弱腐蚀性。地下水位以上的土体混凝土结构和钢筋混凝土结构中钢筋具有微腐蚀性,对钢结构具有强腐蚀性。

2 基坑监测

工程位于武汉市地铁汉江路附近,地处武汉市繁华地段,周边建筑物密集,过往行人和车辆不断,基坑监测等级一级^[10]。基坑开挖面积较大,槽段每隔 20 m 设置观测点,其中 C1~C9 为地连续墙监测槽段(C1、C3、C5、C7 为深槽段,其余为浅槽段),F 为房屋监测,监测点布置如图 1 所示,地连续墙纵断面图如图 2 所示。

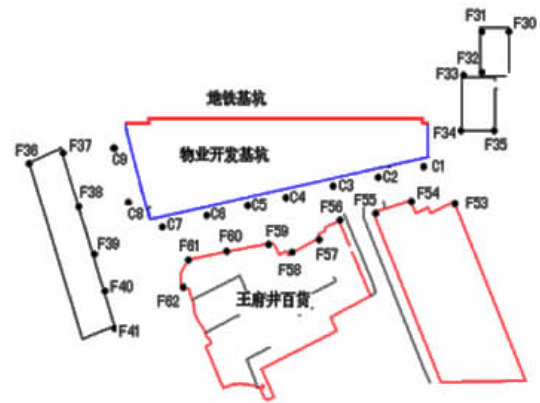


图 1 基坑各监测点布置

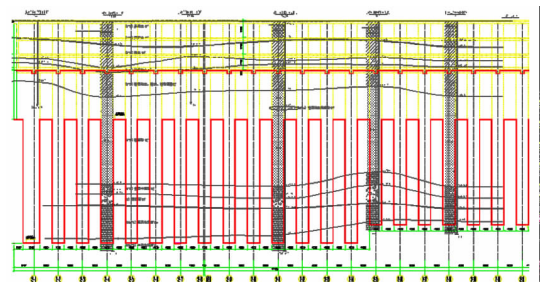


图 2 地连续墙纵断面图

在若干监测点中,本文选取深浅交替墙段上深槽幅段(C5)和浅槽幅段(C4)各一点,并选取浅槽幅段上一点C8,针对深浅交替地下连续墙的变形进行研究。基坑

开挖由东向西分段开挖,监测得到的主要工况下墙体水平位移如图3所示。

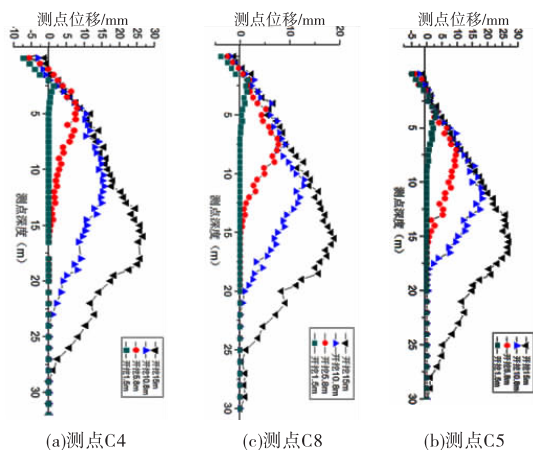


图3 各测点地下连续墙不同深度水平位移

由图3可知,第一个工况下开挖后墙体卸荷,坑外土压力大于坑内土压力,由于顶部设置水平支撑,墙体产生了负向位移。随着基坑的继续开挖,地下连续墙的位移逐渐变大,墙体向坑内凸出,最大侧移深度大致在开挖面附近,符合地下连续墙的变形特征。不同的是各槽幅的最大侧移,深槽幅的侧向位移最小,仅为18.94 mm,浅槽幅比深槽幅段位移大,为24.71 mm,分别为基坑开挖深度的0.12%和0.16%。非深浅交替槽段地下连续墙最大侧移为27.85 mm,约为基坑开挖深度的0.18%。比较C4和C5两点最大位移量,C5点最大变形比C4点小20%左右,C5点地下连续墙体深度超过62 m,而C4点地下连续墙深度仅为30 m,说明地下连续墙的插入深度对变形有很大的限制作用。C4点最大变形量比C8点约小15%,而两幅段地下连续墙的插入深度相同,说明深浅交替槽段中,深槽幅段承载了更多的土压力,并且对浅槽幅段有一定的嵌固能力,可以很好的限制浅槽幅段地下连续墙的侧移。

图4为地下连续墙墙顶沉降量与时间关系图。由于土体的开挖,墙体两侧的摩阻力会变小,墙体上升。土体开挖过程中也伴随着施工降水,水压力减小,会造成墙体下沉。在各施工工况中,由于地基回弹、自重和施工荷载的影响,由图4可知地下连续墙在竖向会呈现反复隆沉的变形现象,但墙顶沉降整体趋势逐渐变大。图4中C4监测点,墙顶沉降值达到最大20.91 mm,大于其他两个监测点的沉降值。C4点位于深浅交替墙段的

浅槽幅段,墙顶沉降大于C5监测点的深槽幅段,说明地下连续墙的插入深度越大,墙顶的沉降量就越小。C4与C8点墙顶沉降量大致相同,说明地下深槽幅段对浅槽幅段地下连续墙的竖向位移影响较小,为减小墙顶沉降而把地下连续墙设计为深浅交替型并不经济。

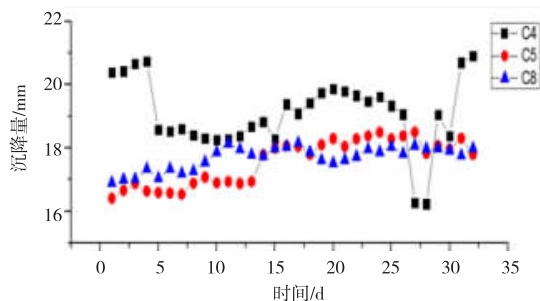


图4 地下连续墙墙顶沉降变化曲线

3 理正软件计算分析

针对本工程采用理正深基坑6.0软件进行支护计算,计算时土的本构模型为弹性模型,考虑固结。内力计算采用增量法^[11],各土层参数见表1,其余基本参数见表2。该软件能够反映基坑开挖过程中的应力应变特征,已被广泛使用^[12-16]。由图5和图6可知,基坑开挖时,地下连续墙的最大位移出现在墙顶处。随着基坑向下开挖,地下连续墙最大位移逐步下移,始终在开挖面附近。C4断面和C5断面处,地下连续墙的最大位移位置大致相同,在工况开挖15 m时出现,位置在开挖面以上2 m左右。C4断面最大位移量为26.21 mm,比实测值24.71 mm略大。C5断面最大位移量为16.89 mm,比实测值18.94 mm略小。

表2 模型计算基本参数

内力计算方法	增量法
规范与规程	《建筑基坑支护技术规范》JGJ 120-99
基坑等级	一级
基坑侧壁重要性系数 γ_0	1.10
基坑深度 H/m	15.000
嵌固深度/m	29.900
墙顶标高/m	0.000
连续墙类型	钢筋混凝土墙
墙厚/m	0.800
混凝土强度等级	C35
有无冠梁	无
放坡级数	0
超载个数	1
支护结构上的水平集中力	0

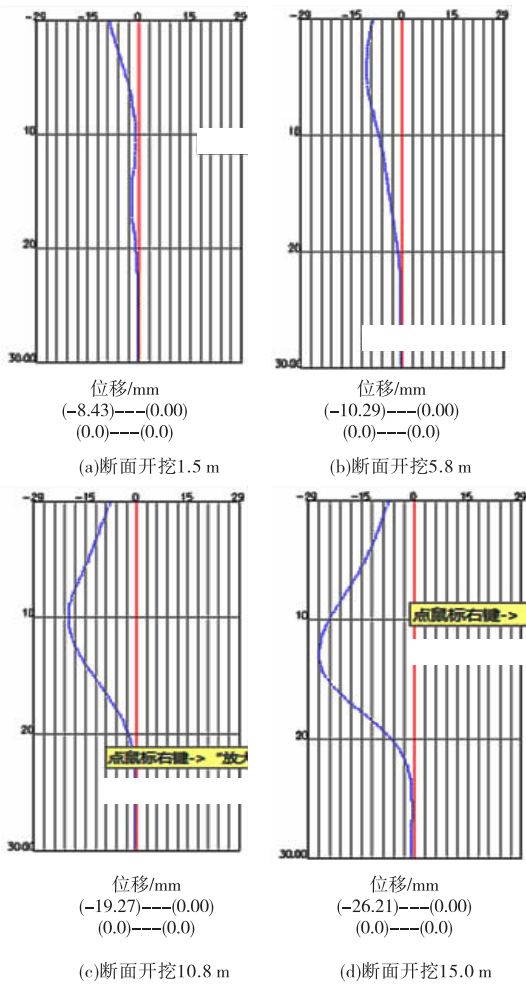


图 5 C4 断面开挖不同深度位移变化

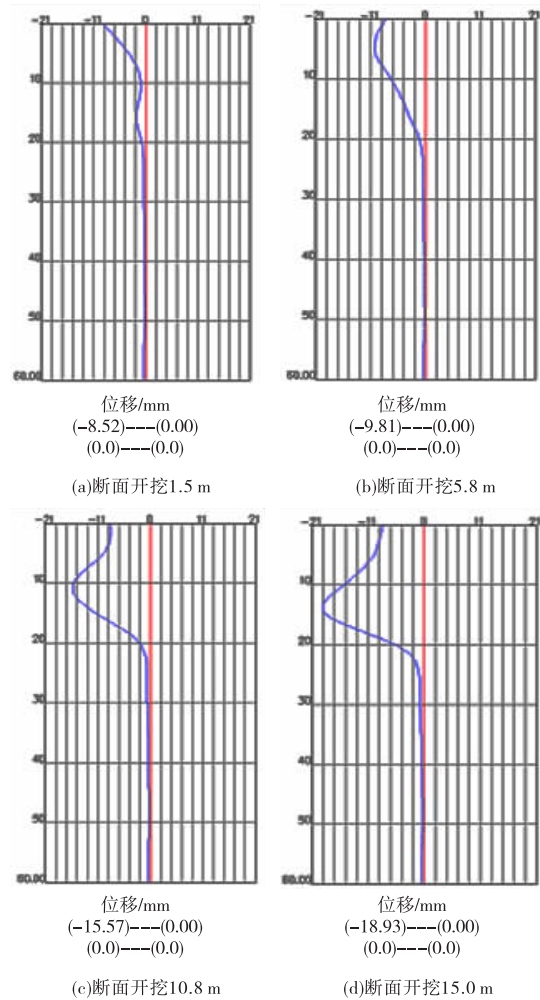


图 6 C5 断面开挖不同深度位移变化

4 计算结果与实测数据对比分析

由图 7 可知,实测结果与理正软件计算结果一致,最大位移都出现在开挖面附近,普通槽段的水平位移最大,深槽幅段位移最小,浅槽幅段位移居中。说明地下连续墙的插入深度越大,位移越小,深槽幅段地下连续墙会影响浅槽幅段地下连续墙位移,对其变形有一定的限制作用。

5 结论

(1) 深浅交替地下连续墙浅槽幅段的最大水平位移远大于深槽幅段,浅槽幅段位移比深槽幅段位移大 24%,加大地下连续墙的的插入深度可以较好的限制水平位移。

(2) 深浅交替地下连续墙浅槽幅段墙体深度与普通槽段墙体深度相同时,浅槽幅段墙体最大水平位移小于

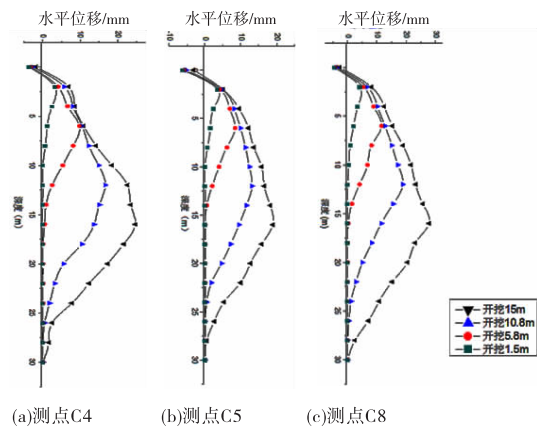


图 7 地下连续墙不同深度水平位移

普通地下连续墙,深槽幅地下连续墙插入深度大,增强了地下连续墙的整体稳定性,很好的限制浅槽幅段地下连续墙的水平位移。

(3) 深浅交替地下连续墙墙顶沉降量,深槽幅段较浅槽幅段小。浅槽幅段沉降较普通地下连续墙相差不

大,为减小墙顶沉降而把地下连续墙设计为深浅交替型并不合理、经济。

参考文献:

- [1] 刘建航,候学渊.基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [2] 丛蔼森.地下连续墙的设计施工与应用[M].北京:中国水利水电出版社,2001.
- [3] 贾坚.软土时空效应原理在基坑工程中应用[J].地下空间与工报,2005,1(4):490-493.
- [4] 徐中华,王建华,王卫东.上海地区深基坑工程中地下连续墙的变形性状[J].土木工程学报,2008,41(8):81-86.
- [5] 丁勇,王平,李鹏飞.基于 botda 的地下连续墙分布式变形监测技术研究[J].岩土工程学报,2014,36(2):501-503.
- [6] 胡军.软弱地层深基坑开挖地下连续墙变形分析[J].现代城市轨道交通,2015(3):47-53.
- [7] 胡文杰,徐洪钟.城市隧道基坑地下连续墙变形特性研究[J].南京工业大学学报,2015,37(4):98-103.
- [8] 唐传政,唐冬云,李宇红.武汉轨道交通6号线某主体车站基坑工程变形问题分析[J].岩土工程学报,2014(s1):198-201.
- [9] 舒志乐,吴海宽,杨大雪,等.基坑开挖的实测分析与短期预测方法探索[J].四川理工学院学报:自然科学版,2017,30(3):56-61.
- [10] JGJ120-2012,建筑基坑支护技术规程[S].
- [11] 杨光华.深基坑支护结构的实用计算方法及其应用[M].北京:地质出版社,2004.
- [12] 李彦东,梁发云,褚峰.软土地区深基坑变形特性三维数值模拟与验证[J].地下空间与工程学报,2011,7(6):1072-1120.
- [13] 袁福昌.排桩支护基坑工程整体性状分析与设计研究[D].南昌:南昌大学,2014.
- [14] 胡坚尉.预制预应力地连墙围护受力及变形分析研究[J].地下空间与工程学报,2016,12(1):276-290.
- [15] 刘佰勇.地下连续墙技术及成墙施工要点[J].技术与市场,2014(4):152-153.
- [16] 钟潜智,蒋忠新,李建新,等.桩锚支护黄土深基坑开挖稳定性分析[J].地下空间与工程学报,2016(s1):364-371.

The Deformation Character Analysis of Diaphragm Wall with Deep Panels Alternate Shallow Panels

LIU Liping, GAO Fei, FAN Songsong

(Department of Civil Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, China)

Abstract: As a new type of underground diaphragm wall, underground diaphragm wall with alternate depth and shade is widely used, which is different from other kinds of underground concrete wall. It is of great significance to study its deformation regularity in foundation pit engineering. Through the monitoring of the deformation of underground diaphragm wall with alternate depth and shade for a foundation pit engineering, the horizontal displacement at different depths and the relationship between the settlement of the top of underground diaphragm wall and time will be analyzed. Base on this, the simulation software is used to do the Supporting Structure calculation to obtain the deformation regularity of vertical and horizontal displacement of underground diaphragm wall under different excavation conditions.

Key words: alternate depth; underground diaphragm wall; horizontal displacement; subsidence; numerical simulation