文章编号:1673-9469(2013)03-0043-03

doi:10.3969/j.issn.1673-9469.2013.03.011

# 超大逆作基坑地下连续墙变形分析

杜春涛1,张建新1,2,王瑞琪1

(1. 天津市软土特性与工程环境重点实验室, 天津 300384;2. 天津城建大学 土木工程学院, 天津 300384)

摘要:本文基于天津滨海新区某深基坑施工监测资料,对超大逆作基坑开挖过程中地下连续墙 水平、竖向位移进行了分析。逆作基坑地连墙水平变形随开挖深度变化近似呈"弓形"分布,水 平位移最大值出现的位置约为基坑开挖面以上1/3 深度处,与顺作法位于基底开挖面附近区 别较大。在竖直方向上,随着开挖深度不断加深,墙体的隆起值不断增加,但每步开挖后墙体隆 起均有一定的滞后性,底层板浇筑后隆起趋于平缓。基坑逆作法相对于顺作法具有变形小、整 体性强的特点。

关键词: 逆作法; 地下连续墙; 变形; 监测分析 中图分类号: TU253 文献标识码: A

# Analysis of underground diaphragm wall deformation in super – sized foundation pit by top – down construction method

DU Chun - tao<sup>1</sup>, ZHANG Jian - xin<sup>1,2</sup>, WANG Rui - qi<sup>1</sup>

(1 Tianjin Key Laboratory of Soft Soil Characteristics and Engineering Environment, Tianjin 300384, China;

2 Tianjin Institute of Urban Construction, Tianjin 300384, China)

Abstract: Based on the monitoring data of a deep foundation pit construction in Tianjin Binhai New Area, this paper analyses the horizontal and vertical displacement of the underground diaphragm wall in the process of super – sized top – down method foundation pit excavation. According the analysis results, the horizontal deformation of the diaphragm wall in top – down method foundation pit, whose distribution is approximately shaped like a bow, changes over the depth of excavation. The maximum horizontal displacement varied significantly between top – down method foundation pit and down – top method foundation pit, occurring at about one – third of the pit depth from the foundation pit excavation surface and in the vicinity of excavation surface, respectively. The wall uplift values, on vertical orientation, increases continuously as the depth of foundation pit becomes increasingly deeper. However, it legs behind each stage of excavation to some extent and tends to be steady after pouring the bottom plate. In addition, the analysis results show that the top – down method has the features of small deformation and strong integrity in contrast with down – top method.

Key words: top - down method; underground diaphragm wall; deformation; monitoring analyzes

逆作法作为近年来新兴的基坑支护技术,由 于其独特的施工工艺在国内外多个深基坑工程中 得以实施,尤其是在交通繁忙,人口密集的城市, 其应用更为广泛<sup>[1-2]</sup>。前人对逆作深基坑工程从 设计方法、施工技术以及检测等方面进行过大量 研究<sup>[1,3-5]</sup>,但由于各工程的具体情况不同,尤其 所处地层条件差异较大,分析结果存在一定的局 限性。

天津滨海新区为典型软土地层条件,地下水 位高,渗透性小,基坑开挖存在着诸多问题。本文 通过天津滨海国际机场扩建配套工程,采用现场 实测资料分析方法,探讨了超深地连墙变形问题, 找出深基坑开挖时支护结构的变形规律,为该地 区类似工程提供借鉴作用。

收稿日期:2013-04-13

作者简介:杜春涛(1988-),男,天津人,硕士,从事深基坑工程的研究。

## 1 工程概况

天津滨海国际机场扩建配套深基坑工程主要 包括地铁2号线机场站、城际铁路机场站、部分换 乘通道、地下停车场,以及航站楼和地下的连接通 道。工程地下结构整体两层,局部三层,地下两层 部分基坑深度为13.0 m,基坑长232m,宽71.32 m ~88.7 m。围护结构采用地下连续墙,墙厚800 mm、1000 mm、1200 mm 三种,墙深28.7~49.2 m。本工程采用盖挖逆作法施工。二层部分施工 工况见表1,该工程地层条件见表2。

## 2 基坑监测设计

由于该工程支护体系受力变形极其复杂,开 挖期间对其进行了围护结构顶部沉降、水平位移、 周边地表沉降变形、围护结构侧向位移、周边建 (构)筑物、桥梁沉降、倾斜等10余项进行了监测。 本文针对地下连续墙变形问题,基于现场监测资 料选取墙体四个典型测点进行了分析,监测点水 平间距约为30 m。

## 3 地下连续墙水平变形分析

测点 SH1 和 SH18 位于基坑的拐角位置,测点 SH16 和 SH17 位于基坑长边中间位置。实测地连墙 四个典型位置处水平位移测斜曲线如图 1 所示。

表1施工工况 Tab.1 Construction steps

工况	工况描述					
工况1	从场地标高+3.9 m 下挖至+1.559 m,浇筑零层板					
工况2	开挖负一层土方至-3.141 m,浇筑负一层底板					
工况3	开挖负二层土方至-8.991 m,浇筑负二层底板					

#### 表 2 场地土层物理力学指标

#### Tab. 2 Mechanical parameters of soil layers

上层	厚痩∕m	ω⁄%	γ⁄kNm <sup>-3</sup>	Įр	c∕kPa	φ⁄°	Es/mPa
素填土	2.0	18.8	26.8	17.8	27	18.9	3.42
淤泥质土	0.8	33.3	28.3	21.1	22	19.0	2.21
粘土	1.7	33.3	18.5	18.9	21	15.5	3.64
淤泥质粉 质粘土	2.5	38.9	17.9	14.8	12	16.5	3.06
粉质粘土	7.9	30.2	18.9	12.6	17	25.0	4.98
粉土	1.3	23.3	19.8	10.2	7	35.5	11.79
粉质粘土	3.4	25.4	19.6	13.6	18	23.5	4.89
粉砂	3.7	20.6	20.3	10.2	5	34.5	12.98
粉质粘土	9.0	26.9	19.3	13.9	28	21.5	6.04
粉砂	3.0	20.9	20.2	10.7	9	33.0	10.31
粉质粘土	4.5	25.2	19.6	14.3	31	22.0	6. 10
粉砂	4	20.0	20.2		5	35.0	15.99
粉质粘土	3.8	26.0	19.5	13.7	26	24.0	5.92
粉砂	8.9	20.4	20.2		5	34.5	13.85



Fig.1 Horizontal displacement of diaphragm wall

### 3.1 地连墙总体变形分析

地下连续墙水平位移均为墙顶和墙底两端变 形小,中间变形大,曲线随深度变化近似"弓形"。 在开挖至基底13 m时,地下连续墙的最大水平位 移值 δmax 为14.5 mm,δmax/H = 1.1‰,远小于 《建筑基坑工程监测技术规范》中结构水平位移控 制要求的容许值范围。表明基坑逆作时,上部结 构板,永久结构刚度较大,对地连墙的变形起到了 较好的约束作用。

逆作法与顺作法不同,逆作基坑在开挖初期 墙体的最大位移出现在基坑口处,随着开挖深度 的增加,墙体水平位移最大值的位置不断下移,挖 至基底时,墙体水平位移最大值出现的位置约为 基坑开挖面以上1/3 深度处,与顺作法位于基底 开挖面附近区别较大。

测点 SH1 和 SH18 水平位移最大值相对 SH16 和 SH17 较小,这是由于测点 SH1S、HE18 处在结 构的拐角处,且开挖最晚。而测点 SH16、SH17 位 于地下连续墙中部,开挖较早,SH16 更靠近中部, 所以变形最大,已达 15.0 mm。实际开挖时,应考 虑基坑开挖的时空效应,重点关注位于基坑长边 中部的变形。

### 3.2 地连墙竖向不同位置变形情况

为了分析墙体变形随时间的变化情况,针对 测点 SH16 在墙体上设置了4个监控点,见图3。



#### 图2 测点位置示意图

Fig. 2 The location of survey point

图 3 为监控点 SH16 水平位移时程曲线。可 见,随着开挖过程的深入,位移变化值不断变大。 墙体下端监控点四位于坑底以下 6 m,其位移值较 小,其变化比较平缓,说明基坑开挖对于坑底以下 部分的地下连续墙变形影响较小;其它三个测点 自监控第 5 周往后均呈现明显增大趋势,可见随 着基坑开挖深度的增加,围护结构的稳定性受到 的影响也随之增大;位移最大的是监控点二,该测 点位于基坑中下部,接近开挖面以上 1/3 深度处; 而测点三位于围护墙体靠近基坑底部,其位移幅 度相对测点二略小。该时程曲线也验证了前述对 测斜曲线的分析。



图3 水平位移时程曲线



## 4 地连墙竖向变形分析

图 4 为地连墙顶监测点 SH16 的竖向位移曲 线。总体来看,随着开挖深度的不断加深,基坑坑 底卸载回弹与自重应力的释放,使得地连墙随着 土体逐渐隆起,但是由于孔隙水压力的消散需要 时间,因此每步开挖卸载后墙体的隆起都有一定 的滞后性,每步开挖结束后隆起的速率逐渐减缓, 浇筑完水平结构板后,由于重力作用,以及结构板 逐渐起作用,抑制了墙体隆起,使得隆起趋于平缓 甚至有所下降。



图4 地连墙竖向变形图



### 5 结论

1) 在盖挖逆作法施工中, 地连墙墙身的水平 变形随开挖深度的增加而逐渐变大, 近似呈"弓 形" 分布, 且墙体的位移明显小于顺作法。

2) 在基坑开挖时,墙体水平位移最大值出现 的位置约为基坑开挖面以上 1/3 深度处,与顺作 法墙体水平位移最大值发生在基底开挖面附近有 显著不同。

(下转第48页)

由规范[1]第5.6.2-3式

$$S_{sp} = 280 \frac{q}{E_s (S_a/d)^2}$$
 (4)

计算得桩土相互作用产生的沉降为 25.8 mm。故地道本身产生的沉降为 115.1 mm。

2)大面积堆载引起的桩端土层附加沉降。大面积堆载引起的桩端土层附加沉降计算简图见图
 2,土层底标高及压缩模量见表3。



图2 沉降计算简图

Fig.2 The sketch of settlement calculation

表3 土层底标高及压缩模量

Tab. 3 Layer bottom level and compression modulus

层号	层底标高/m	Es/MPa
<u>⑥</u> 粉粘	1.72	10.7

煤堆引起的大面积堆载为三角形荷载,地道 中心基地附加压力 P<sub>0</sub> = 200 - (17 × 3.9 + 7 × 17.2) = 13.3 kPa。

据规范<sup>[4]</sup>第5.3.5式,计算得到煤堆大面积 堆载对地道中心引起的附加沉降为1.7 mm,可见 大面积堆载对地道中心桩端以下土层影响很小。

故地道中心总沉降量为116.8 mm。

(上接第45页)

3)在开挖过程中逆作基坑地连墙墙体逐渐隆 起,但每步开挖后隆起有一定的滞后性;开挖结束 后隆起的速率逐渐减缓,底层板浇筑后隆起趋于 平缓。

## 参考文献:

- [1] 徐至钧.建筑深基坑支护的发展与逆作法的应用[J].岩土工程界,2001,4(10):16-17.
- [2] 杨国祥,李 侃,赵锡宏,等.大型超深基坑工程信息化

目前该工程已竣工半年,现场实测沉降仅为 57 mm,远小于116.8 mm 的计算值,说明此法安 全、可靠。

## 6 结语

通过计算和实测表明减沉复合疏桩基础可以 很好地满足设计要求,不仅适用于软土地区,在非 软土地区也可采用,但需要进行技术经济比选,在 满足建筑物结构安全的条件下考虑经济效益,并 且应采取一定的施工措施,满足减沉复合疏桩基 础对承载力的前提要求。由于目前减沉复合疏桩 基础在非软土地区应用不多,工程经验很少,有待 进一步研究。

## 参考文献:

- [1] JGJ94-2008, 建筑桩基技术规范[S].
- [2] 徐奋强,曹云.软土地基复合疏桩基础沉降计算分 析[J].路基工程,2010(4):135-137.
- [3] 龙 鹏. 减沉复合桩基础在水池结构中的应用探讨 [J],特种结构,2010,7(6):39-41.
- [4] GB50007-2011, 建筑地基基础设计规范[S].
- [5]郑 刚,顾晓鲁.减沉桩承载机理的试验及计算分析 [C]//中国土木工程学会桩基学术委员会第2届年会 论文集.北京:中国建材出版社,1994.
- [6] 宰金珉. 复合桩基工作性质分析[C]//中国建筑学会 地基基础学术委员会论文集. 太原:山西高校联合出 版社,1992.
- [7] 宰金珉. 复合桩基设计的新方法[C]//第七届土力学 及基础工程学术会议论文集. 北京:中国建筑工业出 版社, 1994.

(责任编辑 刘存英)

施工与研究[J]. 岩土工程学报,2003,25(4):483-487.

- [3] 戴标兵,范国庆,赵锡宏. 深基坑工程逆作法的实测
  研究[J].工业建筑,2005,35(9):54-63.
- [4] 徐至均,赵锡宏. 逆作法设计与施工[M]. 北京:机械 工业出版社,2002.
- [5] 贾 坚,谢小林.上海软土地区深大基坑卸荷变形机制
  [J].上海交通大学学报,2009,43(6):1005-1010.
  (责任编辑)刘存英)