

DOI: 10.3785/j.issn.2096-7195.2020.03.011

土岩二元地层中地下连续墙成槽变形的研究及应用

张昌桔, 杨守臻

(杭州市市政工程集团有限公司, 浙江 杭州 310014)

摘要: 本文以土岩二元地层基坑工程为背景建立数值模型, 研究地下连续墙在上部土体和下部岩体成槽开挖过程中槽壁周边土体的变形规律; 比较分析成槽施工过程中的监测数据和计算数值, 验证计算分析的合理性。研究表明, 随着地连墙开挖深度的增大, 周边土体的水平位移和地表沉降均增大, 且水平位移增幅大于地表沉降位移增幅, 其中最大水平位移的位置随着开挖深度的增加逐渐向下移动。

关键词: 土岩二元地层; 地下连续墙; 成槽; 变形

中图分类号: TU47

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2020)03-0236-05

Research and application on deformation of diaphragm wall trench in dual-structure strata

ZHANG Chang-ju, YANG Shou-zhen

(Hangzhou Municipal Engineering Group Co., Ltd., Hangzhou 310014, China)

Abstract: Based on a foundation pit engineering in dual-structure strata, this paper established a numerical model to study the deformation rules of soil surrounding the diaphragm wall during the excavation process of the dual-structure strata (the overlaying soil and the underlaying rock). The rationality of the numerical simulation was verified by the comparison of the monitoring data with the calculated result in the process of trench construction. The results show that the horizontal displacement and surface settlement of the surrounding soil increase with the increase of the excavation depth of the diaphragm wall. Moreover, the increase of horizontal displacement is greater than that of surface settlement, and the position of maximum horizontal displacement gradually moves downward with the increase of excavation depth.

Key words: dual-structure strata; diaphragm wall; trench construction; deformation

0 引言

地下连续墙是在地下工程和基础工程中广泛应用的一种施工技术。目前, 地下连续墙在软土中的施工技术已经相当成熟, 国内外学者做了大量的研究工作, 通过实测和数值模拟两种方式对软土中地连墙成槽施工引起周边土体变形进行了深入研究^[1-4], 形成了如下成果: 地下连续墙成槽过程中, 机械施工超载和槽壁开挖卸荷会使槽段周围土体产生侧向应力, 由于泥浆产生的侧向压力不足以抵抗土体的侧向应力, 槽壁产生指向地连墙方向的土体位移, 该位移会随施工超载和成槽时间的增大而

增加。硬岩地层地连墙成槽施工对槽壁周边土体的影响, 学者和工程技术人员的研究较少。

本文以大毛坞~仁和大道供水管道工程 G1 工作井为背景, 通过有限元软件 and 实际监测数据, 研究在土岩二元地层中, 地连墙成槽开挖引起的槽壁周边土体变形规律, 为类似工程提供参考。

1 工程概况

大毛坞~仁和大道供水管道工程线路总长 28.6 km, 包括大毛坞~屏峰节点钻爆法施工隧洞 (8.0 km)、屏峰节点~留和节点直埋管道 (0.4 km)

收稿日期: 2020-04-27

基金项目: 杭州市建设科研项目 (2018027)

作者简介: 张昌桔 (1987—), 男, 重庆荣昌人, 学士, 主要从事隧道与地下工程设计工作。E-mail: 663996093@qq.com。

以及留和节点~仁和节点盾构隧洞(20.2km)。盾构隧道共设8个工作井,分别设置于留和路南、五常大道北、太美农场西、三墩互通北、祥仓路北、汇周路西、西塘河西和仁和大道东。其中G1工作井长35m,宽15m,深度为32.2m,采用吊脚墙结构形式围护,基坑宽16m,采用100cm厚地下连续墙,基坑围护横断面图如图1所示。

2 地质情况

地连墙墙深不小于23m,且墙底嵌入微风化岩层不小于1m,槽壁影响范围从上至下依次为①₀层填土、⑧₂层含碎石粉质黏土、⑩₁层全风化基岩、⑩₂层强风化基岩、⑩₃层中风化基岩、⑩₄层微风化基岩。强风化以上土体厚17m,下部岩体厚约6m,其中岩石天然单轴抗压强度为19.8~71.5MPa。

3 计算分析

本工程地连墙成槽采用有限元软件PLAXIS进行分析计算。该软件广泛应用于基坑、隧道、边坡、港口等各种复杂岩土工程项目的分析计算中。模型整体尺寸为60m×40m。地连墙成槽23m,分23步开挖,每步开挖1m,各层土体和岩体成槽开挖速度详见表1;槽外地下水位为地面下3m,泥浆液面为地面下1m,泥浆对槽壁和槽底的反压作用等效

压力进行模拟;模型两侧和底面约束采用标准固定边界,泥浆沟槽边界根据深度施加对应等效荷载。模型示意如图2所示,其中A泥浆等效荷载、B为地面超载。

3.1 成槽开挖至全风化层底

地连墙成槽开挖至全风化层底标高(17.0m深)的水平和竖向位移云图,如图3和图4所示,槽壁两侧土体变形基本呈对称关系。从图3中可以看出,最大水平位移发生在约11m深度处,数值为3.74mm;从图4中可以看出,最大竖向位移发生在地表,距离槽壁约3m处,数值为11.19mm。

3.2 成槽开挖至槽底

地连墙成槽开挖至槽底标高(23.0m深)的水平和竖向位移云图,如图5和图6所示,槽壁两侧土体变形基本呈对称关系。从图5中可以看出,最大水平位移发生在约14m深度处,数值为6.07mm;从图6中可以看出,最大竖向位移发生在地表,距离槽壁约3m处,数值为11.19mm。

对比成槽全风化层底和槽底2个工况,随着成槽开挖深度的增大,水平位移和地表沉降均增大,且水平位移增幅明显,而地表沉降位移值增幅却较弱;2个工况下最大位移均发生在土体范围,且最大位移发生的深度在开挖至槽底时更大,这主要是由于岩石开挖慢、土体长时间在施工荷载、成槽卸荷以及泥浆压力作用下产生的变形。

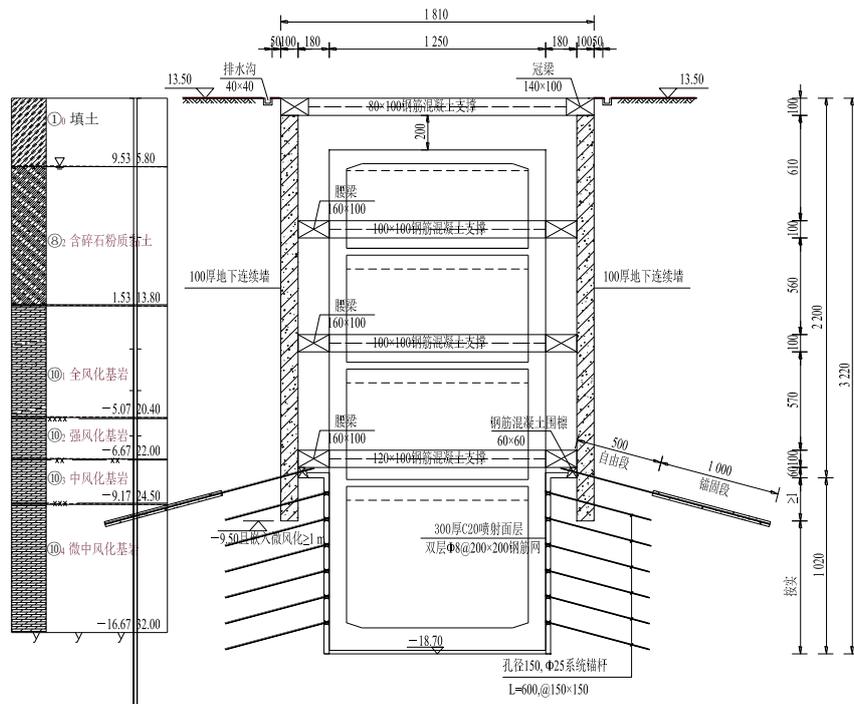


图1 基坑围护横断面图(单位:cm)

Fig. 1 Cross section of foundation pit enclosure (Unit: cm)

表1 土层物理力学参数表

Tab. 1 Physical and mechanical parameters of soil

土层	E_s/MPa	μ	$\varphi/^\circ$	c/kPa	容重/ $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$	平均厚度/m	成槽速度/(d/m)
① ₀ 填土	2.0	0.40	12.0	10.0	18.0	3.5	0.1
⑧ ₂ 含碎石粉质黏土	6.1	0.30	28.6	31.1	20.4	8.0	0.1
⑩ ₁ 层全风化基岩	6.3	0.30	19.0	36.5	19.7	6.6	0.2
⑩ ₂ 层强风化基岩	8.0	0.30	15.0	43.5	21.0 <td 2.4	0.4	
⑩ ₃ 层中风化基岩	15.0	0.25	40.0	1 000	22.0	2.5	3.0
⑩ ₄ 层微风化基岩	20.0	0.20	50.0	2 000	22.0	7.5	5.0

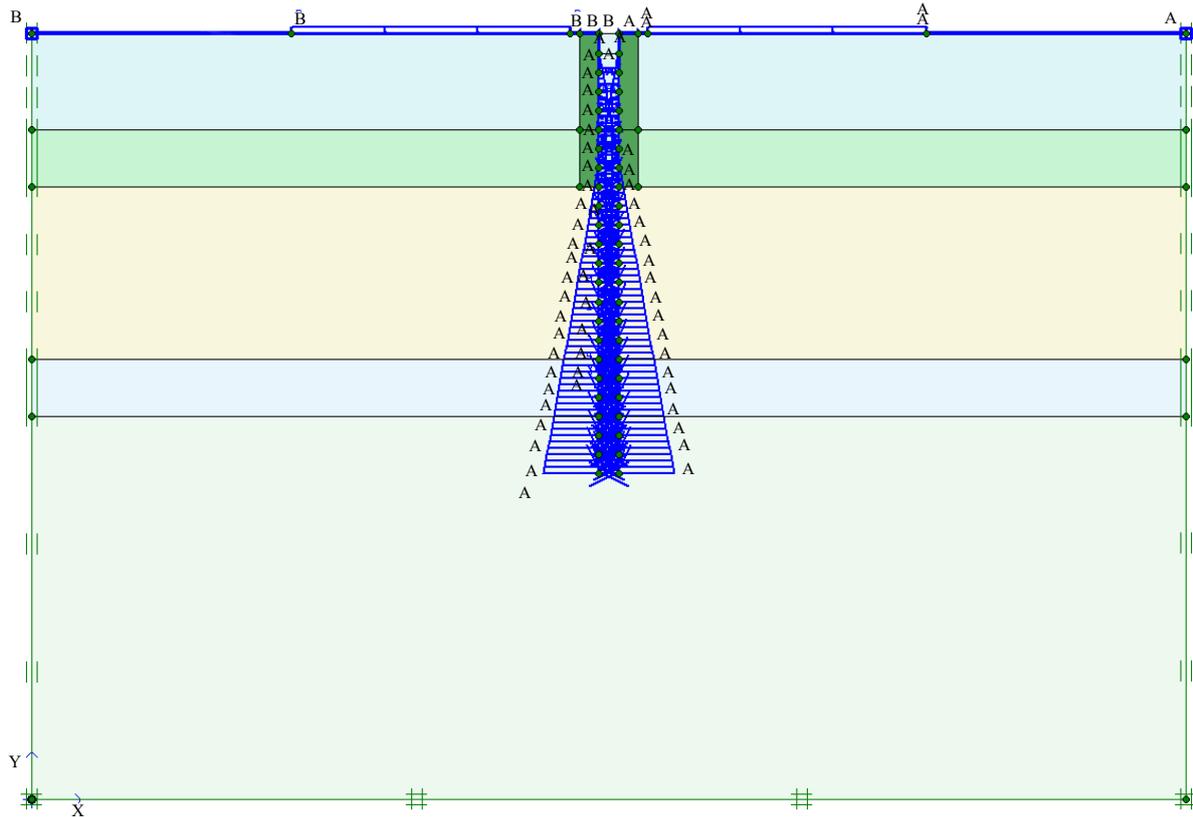


图2 有限元模型

Fig. 2 Finite element model

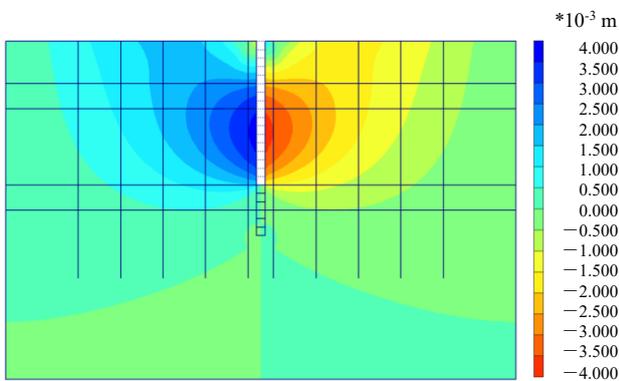


图3 地连墙成槽至全风化层底 (17.0 m) 水平位移云图

Fig. 3 Contour of horizontal displacement of soil when diaphragm wall excavation to 17.0 m

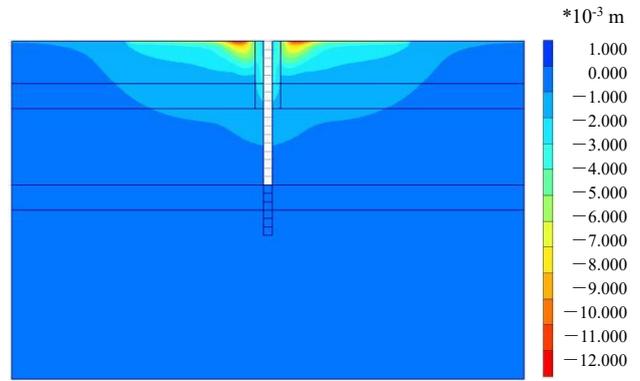


图4 地连墙成槽至全风化层底 (17.0 m) 竖向位移云图

Fig. 4 Contour of vertical displacement of soil when diaphragm wall excavation to 17.0 m

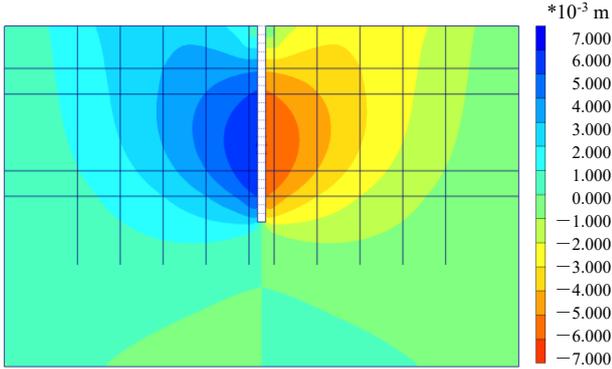


图5 地连墙成槽至槽底 (22.0 m) 水平位移云图
 Fig. 5 Contour of horizontal displacement of soil when diaphragm wall excavation to 22.0 m

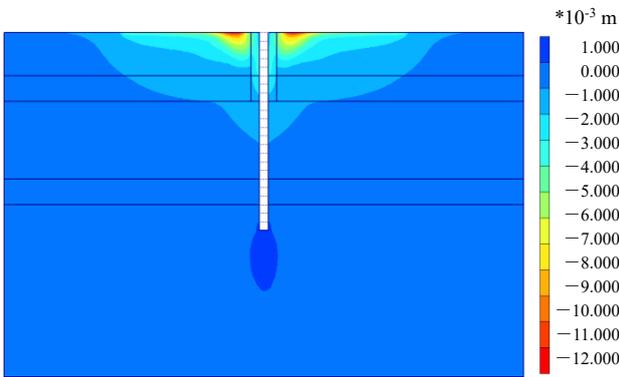


图6 地连墙成槽至槽底 (22.0 m) 水平位移云图
 Fig. 6 Contour of vertical displacement of soil when diaphragm wall excavation to 22.0 m

4 监测数据对比分析

为研究地连墙成槽过程中深层土体的实际位移,在槽壁一侧设置4个土体深层位移测斜监测点,其和槽壁水平距离分别为1.0 m、6.0 m、11.0 m和16.0 m,在地连墙成槽过程中,对各监测点的位移进行监测,并和对应位置的位移计算值进行对比。

在地连墙成槽开挖至全风化层底标高(17.0 m深)时,计算位移和实测位移如图7所示。从图中可以看出,计算和实测位移沿深度的变化趋势是一致的(顶部受地面硬化的影响,实测水平位移较小),最大值发生在约11~12 m深度处,计算的最大水平位移值为3.49 mm,实测的最大水平位移值为2.64 mm;无论是计算还是实测,对同一深度的土体,随着监测点与槽壁距离的增大,水平位移逐渐减小。

在地连墙成槽开挖至槽底标高(23.0 m深)时,计算位移和实测位移如图8所示。从图中可以看出,计算和实测位移沿深度的变化趋势是一致的(顶部受地面硬化的影响,实测水平位移较小),最大值

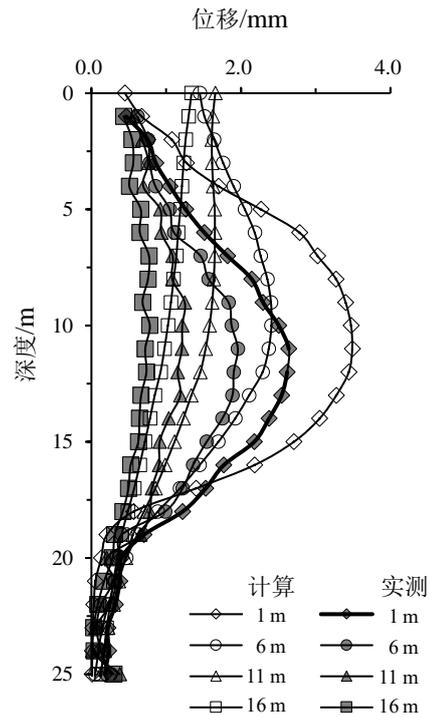


图7 地连墙成槽至全风化层底 (17.0 m) 水平位移图
 Fig. 7 Horizontal displacement of soil when diaphragm wall excavation to 17.0 m

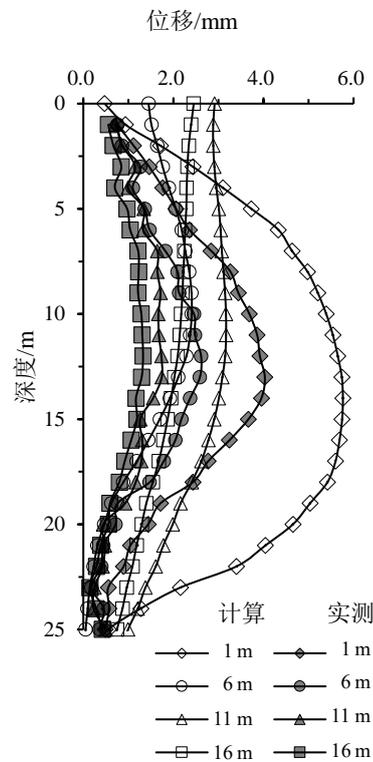


图8 地连墙成槽至槽底 (23.0 m) 水平位移图
 Fig. 8 Horizontal displacement of soil when diaphragm wall excavation to 23.0 m

发生在约13~15 m深度处,计算的最大水平位移值为5.76 mm,实测的最大水平位移值为4.03 mm;

无论是计算还是实测,对同一深度的土体,随着监测点与槽壁距离的增大,水平位移逐渐减小。

对比成槽全风化层底和槽底2个工况,无论是实测还是计算值,随着成槽开挖深度的增大,各深度处的土体水平位移均增大;最大位移均发生在土体范围,且最大位移发生的深度在开挖至槽底时更大。

5 总 结

本文结合土岩二元基坑实例,通过地连墙土、岩成槽计算分析和实际监测数据对比,对成槽开挖的变形总结如下:

(1) 随着成槽开挖深度的增大,槽壁周边土体的水平位移和地表沉降均增大,且水平位移增幅明显,而地表沉降位移值增幅却较微弱;对同一深度的土体,随着土体与槽壁距离的增大,水平位移值逐渐减小。

(2) 在上部土体和下部岩体的先后成槽过程

中,槽壁周边土体最大水平位移均发生在上部土体范围,最大位移发生的深度在开挖至槽底时更大,这主要是由于岩石开挖慢,土体长时间在施工荷载、成槽卸荷以及泥浆压力作用下产生的变形。

参考文献

- [1] 刘国彬,鲁汉新.地下连续墙成槽施工对房屋沉降影响的研究[J].岩土工程学报,2004,26(2):287-289.
- [2] 丁勇春,王建华,夏志凡,等.连续墙施工引起的地层移动现场监测分析[J].西安建筑科技大学学报,2006,38(4):544-549.
- [3] 王轩,雷国辉,施建勇.矩形地连墙槽壁整体稳定分析方法对比研究[J].岩土力学,2006,27(4):549-560.
- [4] 颜荣华,杜明礼,朱明.地下连续墙成槽过程槽壁土体变形测试[J].岩土工程学报,2016,30(2):74-77.
- [5] 张昌桔,杨守臻,姜金斌.山地超深基坑吊脚墙的应用及研究[J].地基处理,2019,1(1):84-90.

【简讯】

2020年(第九届)国际桥梁与隧道技术大会暨展览会

“2020(第九届)国际桥梁与隧道技术大会”将于2020年9月在广州举办。届时大会将围绕国家重大工程规划建设、智能运维、安全保障等一系列关键问题进行深入研讨,推动前沿科学研究和信息技术融合创新,加快新技术、新工艺、新装备的转化应用,促进我国桥隧基础设施产业转型升级和高质量发展,努力将我国建设成为“桥隧强国”,提升国际影响力和知名度。值此机会,组委会诚邀业界专家代表拨冗莅临,共襄盛会!

一、会议主题

创新引领,建养并重

二、时间和地点

时间:2020年9月23日—25日

地点:广州

三、组织机构

指导单位:中国工程院土木、水利与建筑工程学部、中国土木工程学会

主办单位:上海市土木工程学会、同济大学、广东省公路学会、广东省土木建筑学会、江苏省土木建筑学会、上海

市工程建设质量管理协会

官方网站: www.IBTCevents.com

四、会议内容

- (1) 粤港澳大湾区战略交通规划
- (2) 川藏铁路建设关键技术及重大挑战
- (3) 深中通道关键技术与创新
- (4) 重大桥隧工程前沿热点介绍
- (5) 桥隧设计和施工技术创新
- (6) 拟在建桥隧工程最新进展
- (7) 桥隧工程智能运维和安全保障
- (8) 桥隧工程结构安全与健康监测
- (9) 新技术、新材料在桥隧建设和运维中的应用
- (10) 大跨度、特殊结构桥隧施工工艺与装备
- (11) 既有桥隧工程病害整治技术与装备
- (12) 桥隧工业化、信息化现状及趋势

七、组委会秘书处联系方式

联系人:王翔

联系电话:021-51757707

电子邮件: xiang.wang@wintimechina.com