

软土地基地下连续墙施工的环境效应及防治

刘兴旺¹, 潘黎芳^{*2}, 陈卫林¹, 何勇兴¹

(1. 浙江省建筑设计研究院, 浙江 杭州 310006; 2. 浙江理工大学, 浙江 杭州 310018)

摘要: 软土地基中地下连续墙设计与施工不当, 易在成墙施工期间产生过大的土体变形, 不利于邻近的浅基础建筑物、地铁盾构隧道等敏感环境保护对象的保护。本文结合实际工程, 从墙体设计、槽壁加固和成墙施工三个方面分析了地下连续墙成槽施工的环境影响机理, 针对设计与施工存在的主要问题, 提出了墙体优化设计建议, 以及减少槽壁加固和成槽施工环境影响的防治措施。

关键词: 地下连续墙; 环境效应; 软土

中图分类号: TU47

文献标识码: A

文章编号: 2096 - 7195(2019)03 - 0043 - 04

作者简介: 刘兴旺 (1969 -), 男, 江苏兴化人, 博士, 正高级工程师, 主要从事建筑结构及岩土工程的设计与科研工作。E-mail: liuxingwang@ziad.cn。

Environmental effect and prevention of diaphragm wall construction on soft soil foundation

LIU Xing-wang¹, PAN Li-fang^{*2}, CHEN Wei-lin¹, HE Yong-xing¹

(1. Zhejiang Institute of Architecture Design and Research, Hangzhou 310006, China;

2. Zhejiang University of Technology and Science, Hangzhou 310018, China)

Abstract: It is easy to produce excessive soil deformation during the wall construction when the design and construction of the diaphragm wall on soft soil foundation is improper. This can not be conducive to the protection of sensitive environmental protection objects such as shallow foundation buildings and subway shield tunnels. Based on practical engineering, this paper analyzes the environmental impact mechanism of the construction of diaphragm wall from three aspects: Wall design, trench wall reinforcement and wall construction. Based on the problems in design and construction, the wall optimization design proposal is proposed. And the prevention measure is highlighted to reduce the environmental impacts of tank wall reinforcement and slotting construction.

Key words: diaphragm wall; environmental effect; soft soil

0 前言

我国城市化的深入推进使地下空间开发面临新的机遇与挑战, 环境保护已成为设计和施工的控制要素。工程建设全过程均存在着环境影响的潜在因素, 桩墙施工首当其冲, 但由于工程建设初期的环境影响关注度不高, 且桩墙施工的环境影响机理复杂, 人为因素多, 因此桩墙施工的环境影响往往被忽略, 没有得到应有的重视。软土地基由地下连续墙施工引起的环境灾害屡有发生, 不少环境条件较为敏感的基坑工程, 如基坑紧邻既有浅基础建筑物或运营地铁盾构隧道时, 设计从围护墙、内支撑及土体加固等方面采取了一系列加强措施, 但地下连续墙施工阶段, 由于施工不当, 邻近建筑物或盾构隧道产生过大变形而使后续基坑开挖过程控制困难, 导致整个工程建设面临较为严峻的环境保护

局面。因此, 针对一些敏感设施的保护, 外部作业的净距有着严格的要求^[1-2]。

地下连续墙具有整体性强、刚度大和地层适应性好等特点, 在复杂环境条件下的深基坑中应用较多, 但软弱土地基中成墙施工过程对地基土体的扰动较为明显。图1给出了沿海软土地基既有地铁盾构隧道旁侧基坑地下连续墙成墙施工环境影响的统计分析结果, 该图表明, 盾构隧道沉降在0~2 mm范围内的测点约占81%, 水平变形在0~2 mm范围内的测点约占80%, 水平收敛在0~1 mm范围内的测点约占70%, 约5%测点的水平位移和沉降超过3 mm, 经分析, 产生过大变形的原因涉及到成槽、钢筋笼下放、灌注混凝土等地下连续墙施工的全过

基金项目: 浙江省科技计划项目重点研发计划 (2017C03020)

收稿日期: 2019 - 10 - 31

*通讯作者: 潘黎芳 (E-mail: lifpan2000@163.com)

程。为此,本文从墙体设计、槽壁加固和成槽施工等三个方面分析地下连续墙施工对周边环境产生较大影响的主要原因,并提出针对性的设计与施工应对措施。

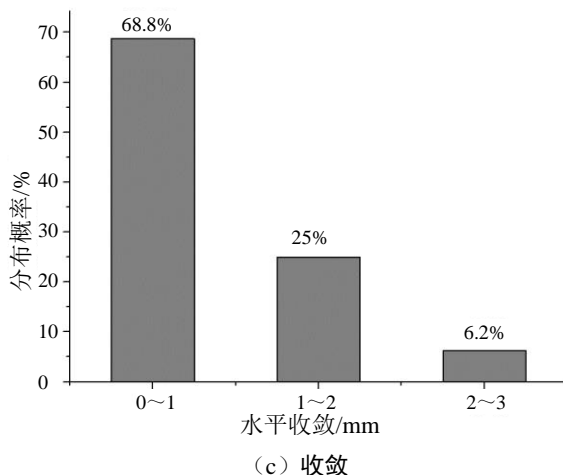
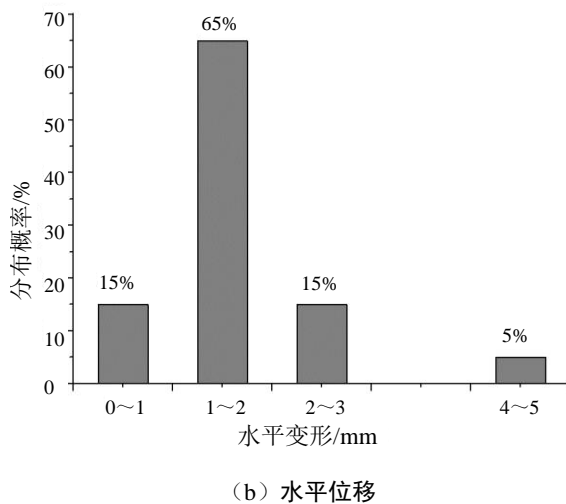
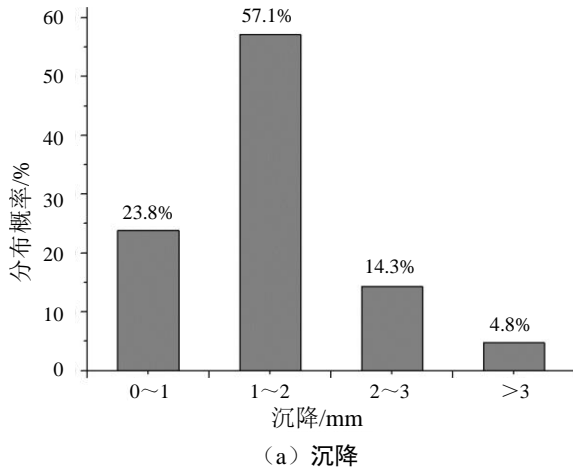


图1 地下连续墙施工引起邻近盾构隧道变形的统计图

Figure 1 Statistical diagram of deformation of adjacent shield tunnel caused by diaphragm wall construction

1 墙体设计

周边环境条件复杂时,从设计计算角度,需要采用较大的墙体刚度、较深的插入深度以满足变形控制要求,但片面追求墙体刚度和深度,可能致使地下连续墙成槽施工的变形控制困难。台湾某基坑工程紧邻既有运营铁路,变形控制要求严格,在轨道侧采用1500 mm厚地下连续墙,工程实施过程的监测数据表明,墙体成槽引起的铁路路基变形大于基坑开挖引起的变形,已成为变形的主要组成部分。因此,墙体设计应综合成槽施工和基坑开挖的环境影响,经技术经济比较,确定合理的墙体厚度、深度和形状,可按下列原则:

(1) 可通过分坑、土体加固和内支撑加强等措施提高围护体系的整体刚度,优化墙体厚度;

(2) 地墙平面布置宜拉直处理,平面形状尽量简单、规则,宜采用“一”字型墙幅,尽量避免采用“T”型或“Π”型等异型墙幅;

(3) 在满足抗隆起稳定要求基础上,优化墙体插入深度;当隔断承压水而需要较深的墙体时,可与单独设置水泥土连续墙截水帷幕方案作技术经济比较;

(4) 单元槽段的长度不宜过大,设计时需要进一步考虑结构受力性能、防水性能等因素后,综合确定单元槽段的长度。

2 槽壁加固

早期的地下连续墙工程,在紧邻既有浅基础建筑物施工时,由于没有采取槽壁加固措施,成槽施工期间引起建筑物沉降常常达到20~40 mm,因此地层不良或环境条件复杂时,宜采取可靠的槽壁加固措施。槽壁加固后,槽壁土体自稳能力得到加强,可有效减少由于压力差产生的槽壁侧向变形,不易坍塌。由于固化作用,槽壁的土颗粒得以保持稳定,保证泥浆的性能。然而由于槽壁加固体更接近保护对象,需充分重视槽壁加固施工过程对周边环境的影响,实际工程建设时,出现较多因槽壁加固措施不当,导致产生过大环境变形的工程实例。曾有项目采用注浆加固致使邻近建筑上抬而产生开裂,某项目采用高压摆喷加固,连续施工且施工速度过快,而致使建筑物单日沉降达8 mm。

槽壁加固设计与施工需考虑下列因素:

(1) 较深的槽壁加固,对环境的影响不容忽视,浅层土体松散,在较小泥浆压力下容易坍塌,对基础埋置深度较浅的建筑物或其他设施,地墙紧邻施工时,应采取加固措施,保证浅层槽壁稳定;

浅层槽壁加固方式以注浆和深层搅拌法居多,传统的单轴、双轴和三轴水泥土搅拌桩,用于较深的地基加固时,环境影响不容忽视,其影响机理主要包括:

a) 强制搅拌过程破坏原状土体结构,邻近土体受到拖带影响;

b) 在软黏土中搅拌时,黏土易粘附在搅拌叶片上,甚至形成泥球,使搅拌不充分,并对邻近土体产生较大扰动;

c) 水泥浆注入以及搅拌过程产生的压力缺少有效的释放通道,累积后对邻近土体形成较高的应力;

d) 对三轴搅拌桩机等自重较大的设备,连续施工时易产生较大的地基沉降。

实际施工时,采取下列措施可减少环境影响:

a) 跳开施工,避免时间和空间上的连续施工;

b) 及时清理粘附在钻杆和叶片上的泥球,可掺入粒组调整材料减少黏土的粘附;

c) 通过在地面设置钢板、硬化地坪等措施,扩散设备自重压力。

(2) 槽壁土体为软弱土时,成槽施工过程建筑物作用于槽壁的附加压力及土体自重压力易使槽壁土体产生较大变形,采取加固措施可有效减少变形,加固深度取决于变形控制要求。

(3) 槽壁加固深度越深,槽壁加固施工过程的变形控制要求越高,技术难度也越大,应综合考虑合理的加固深度及加固方式,且应充分考虑槽壁加固后对地墙成槽施工的影响。近年来渠式切割水泥土连续墙(TRD)由于具有施工过程环境影响小、施工质量好、地层适应性强等优点而广泛应用于复杂环境下较深的槽壁加固,但也有个别项目在成墙施工时使邻近地铁隧道产生较大的变形,究其原因,主要包括:

a) 链状刀具下防时的垂直度控制不力,竖向进尺及水平推进困难,地基扰动大;

b) 推进速度过快,开放长度过大,邻近地基产生过大的累积变形。

针对以上问题,可采取下列应对措施:

a) 地基土体强度较高、槽壁加固较深时,应选用综合性能较好的渠式切割机,链状刀具拼装下放时,应实时监控垂直度偏差并及时采取纠偏措施,确保垂直度满足规范和设计要求;

b) 环境条件复杂或对加固体质量要求较高时,宜采用三步施工法^[3],严格控制开放长度;适当放缓推进速度,以保持地层的平衡和稳定;施工完成后刀具提出时,应缓慢匀速进行,并及时补浆,避免混合泥浆压力突变;槽壁加固体平面尽量减少转折,以减少刀具下放提升的次数。

渠式切割水泥土连续墙施工过程中,插入预制板材,形成渠式切割装配式地下连续墙(TAD),该技术集地下连续墙与渠式切割水泥土连续墙的优点于一体,并避免了地下连续墙成槽施工的环境影响和泥浆排放等问题,施工效率高、速度快,已逐步在工程中应用^[4]。

3 成墙施工

成墙施工包括成槽、沉渣清理、下放钢筋笼和灌注混凝土等主要施工环节,减少成墙施工的环境影响,需要针对各施工环节的环境影响机理,采取针对性的防治措施。

(1) 应选择合理的各单元墙幅成槽次序,环境保护要求较高时宜跳槽施工。相邻槽段连续施工时,对周边地基扰动的叠加效应明显,叠加效应主要包括两方面:

a) 成槽过程中,土体应力释放,周边土体产生向槽内的变形,由于软土变形的滞后效应,变形持续发展;连续施工的长度越长,空间效应越弱,变形叠加越为明显;

b) 墙体混凝土灌注后,由于混凝土重度明显大于土体,混凝土初凝前对槽壁土体形成较大侧压力,邻近墙体紧接成槽时,土体增加的侧压力在成槽区段将引起更大的面向槽内的变形,甚至在槽段交接处会因此产生槽壁局部坍塌、混凝土绕流现象;连续施工的长度越长,相应区域的槽壁土体应力叠加越为明显,环境影响越为显著。

某项目采用800 mm厚地下连续墙,墙深40 m,距离既有盾构隧道约15 m,26幅墙体施工由南至北,依次连续进行,没有跳槽施工,成墙期间产生的地铁盾构隧道最大水平变形达3 mm,图2给出施工期间某测点的水平变形发展曲线。

因此,环境条件复杂时,应根据变形控制要求、土质条件、墙体深度、成槽工艺等选择合理的跳槽施工工艺,待墙体混凝土达到一定强度后再进行邻近墙体的施工。

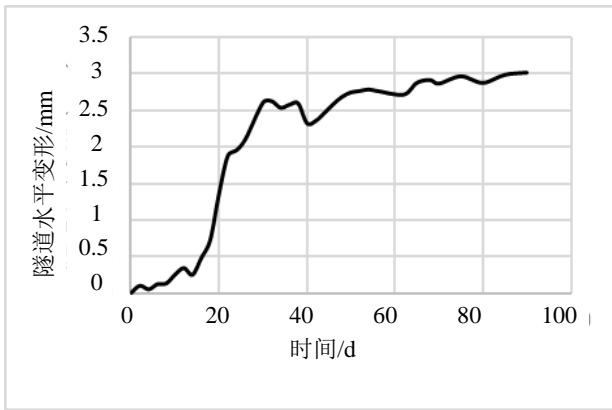


图2 隧道水平变形发展曲线

Figure 2 Horizontal deformation development curve of tunnel

(2) 采用合理的成槽工艺, 提高成槽效率, 减少成槽时间。成槽施工时, 成槽机抓斗应轻放轻提, 避免速度过快形成过大的泥浆压力波动或真空吸力; 注意泥浆液面变化, 出现漏浆现象时应及时分析原因, 并采取有效措施确保泥浆液面稳定; 遇到坚硬地层或深层地下障碍物, 可采取“两钻一抓”或旋挖引孔等组合工艺提高成槽效率。

(3) 各环节的施工应持续、稳定, 一气呵成。成槽结束后, 应跟进沉渣清理、钢筋笼下放以及混凝土灌注等施工, 尽量减少槽壁放置时间; 尽管成槽过程有泥浆护壁措施, 但泥浆比重小于槽壁土体重度, 压力差引起槽壁土体变形, 时间越长, 变形越大, 过大变形甚至引起槽壁坍塌; 槽壁放置时间过长, 护壁泥浆性能趋于劣化, 槽底沉渣加厚, 从而影响后续混凝土灌注质量, 甚至产生接缝夹泥而导致墙缝渗漏水。某项目采用 1000 mm 厚地下连续墙, 墙深 46 m, 最近处距离地铁盾构隧道约 12 m; 某槽段钢筋笼就位后, 由于商品混凝土供应原因, 24 h 后才开始浇筑混凝土, 在槽壁搁置期间邻近盾构隧道水平变形迅速增长, 且后续变形不稳定, 最终变形达 7.9 mm, 图 3 给出施工期间对应最大变形测点的水平变形发展曲线。

4 结 论

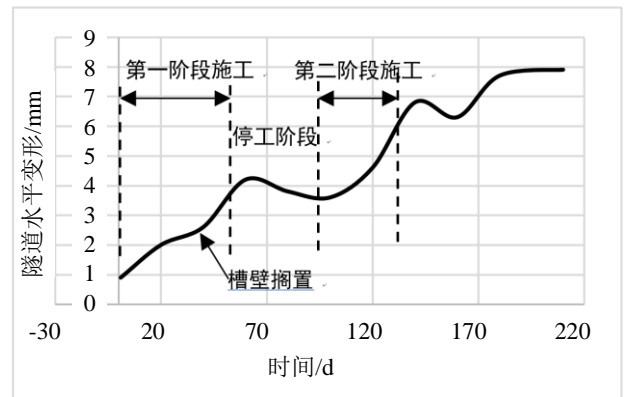


图3 隧道水平变形发展曲线

Figure 3 Horizontal deformation development curve of tunnel

本文从设计与施工角度分析了地下连续墙成槽施工产生较大环境影响的主要原因, 并提出以下防治措施:

(1) 地下连续墙设计应充分重视成墙施工的环境效应, 从墙体选型、墙体厚度和深度方面优化设计;

(2) 环境保护要求较高时, 各单元墙幅宜采取跳槽施工的成墙次序, 各施工环节应紧密衔接, 尽量减少成槽时间和成墙时间;

(3) 槽壁加固可有效减少地下连续墙成槽施工的环境影响, 但加固深度和加固方式应综合考虑工程地质和水文地质条件、成槽要求以及环境特征等因素后合理确定。

参考文献:

- [1] CJJ/T 202-2013. 城市轨道交通结构安全保护技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
- [2] DB33/T 1139-2017. 城市轨道交通结构安全保护技术规范[S]. 北京: 中国建材工业出版社, 2017.
- [3] JGJ/T 303-2013. 渠式切割水泥土连续墙技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
- [4] T/ZS 0029-2019. 渠式切割装配式地下连续墙技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.