

# 深厚卵石地层地连墙成槽稳定性及地层变形特性研究

## Research on the Stability and Deformation Characteristics of Grooved Walls in Thick Pebble Strata

宋乾坤 倪晓荣

Qiankun Song Xiaorong Ni

中国新兴建设开发有限责任公司 中国·北京 100039

China Xinxing Construction & Development Co., Ltd., Beijing, 100039, China

**摘要:** 论文综合分析地下连续墙成槽稳定性影响因素的前提下,通过案例分析,全面掌握深厚卵石地层地下连续墙成槽稳定性与底层变形特性,以此为契机,完善地下连续墙成槽施工方案,满足建筑项目开发建设要求。

**Abstract:** Based on a comprehensive analysis of the factors affecting the stability of underground continuous wall grooving, this paper comprehensively grasps the stability of underground continuous wall grooving in deep pebble formations and the deformation characteristics of the bottom layer through case analysis. Taking this as an opportunity, the construction plan for underground continuous wall grooving is improved to meet the requirements of building project development and construction.

**关键词:** 深厚卵石地层; 连续墙; 成槽稳定性; 地形变形; 基本特性

**Keywords:** deep pebble formation; continuous wall; grooving stability; terrain deformation; basic characteristics

**DOI:** 10.12346/etr.v6i1.8925

## 1 引言

地下连续墙作为成熟的结构形态与建设方案,其效率高、工期短、噪音低、占地少,在地铁项目中得到广泛应用<sup>[1]</sup>。基于地下连续墙所处环境的特殊性与复杂性,在成槽施工中,要认真分析、科学把握影响因素,着眼地层变形情况,采取系列举措,调整地下连续墙成槽技术方案,优化施工流程,实现深厚卵石层条件下地下连续墙成槽施工的全周期管理,实现项目开发效率、建设质量与经济成本全方位调控。

## 2 地下连续墙成槽稳定性影响因素

梳理地下连续墙成槽稳定性的影响因素,引导技术人员形成正确的思维认知,梳理成槽施工规律,为后续深厚卵石层等特殊地质条件下,地下连续墙开发建设活动高质量开展提供借鉴。

地下连续墙成槽施工环节,为保证结构的稳定性,应对槽壁失稳坍塌、混凝土结构超方等问题,防范管线断裂与结构倾斜等情况,技术团队在项目施工过程中,应当针对成槽技术规范,对液态膨润土泥浆进行有效处理,达到控制槽段

外土体变形的目的。根据过往经验,地下连续墙成槽施工的稳定性,受到护壁泥浆性质、场地条件、地下水位、开挖尺寸、施工工艺等因素影响,通过对上述影响因素的高效应对与科学处置,持续强化地下连续墙成槽施工质量。膨润土属于弱胶材料,其悬浮于土壤颗粒中,能够控制槽段底部沉渣;膨润土高于地下水位时,泥浆在压力差作用下,会逐步向槽壁土壤内渗透,填充土壤孔隙,形成不透水的泥皮,有效抵抗槽壁土体压力和水体压力,使得地下连续墙槽段保持稳态。泥皮形成受到施工区域场地条件的影响,如砂性土层中,泥皮形成难度较低;粘性土层中,泥皮形成难度较高<sup>[2]</sup>。针对这种内在联系,技术团队在施工过程中,采取水泥土搅拌桩、高压旋喷桩以及注浆等成槽加固的方式,不断改善地下连续墙槽壁两侧土体的性质,降低泥皮形成难度,保证槽壁稳定性、垂直度、竖向接缝的防渗能力。从静力平衡角度来看,地下连续墙护壁泥浆压力应当超过地下水压力与土压力,只有在这种情况下,泥浆护壁才能够发挥作用。现阶段,泥浆液面高度超出地下水 50cm,才可以将地下连续墙护壁泥浆压力保持合理区间,预防突发槽壁失稳情况发生。地下连续

【作者简介】宋乾坤(1984-),男,中国江苏启东人,硕士,高级工程师,从事地基与基础工程研究。

墙成槽施工环节, 对称的槽段形状, 这种结构布局, 确保地下连续墙槽壁土体径向应力的释放会转移到环向应力中, 形成封闭式的应力拱, 避免整体失稳或者局部失稳等问题。开挖机械自重与施工振动对地下连续墙槽壁稳定性有着一定程度的影响, 在开挖机械自重过大或者施工振动频率过大的情况下, 槽壁泥皮受到冲蚀, 局部结构发生破坏, 诱发地下连续墙整体失稳的风险。

### 3 深厚卵石地层地下连续墙成槽稳定性与地层变形特征分析

结合某工程项目, 论证深厚卵石地层对地下连续墙成槽稳定性产生的影响, 分析地形变形基本特征, 帮助技术人员掌握地下连续墙成槽施工基本要求, 有序调整技术方案, 不断提升成槽施工效能, 防范塌方等安全事故发生。

#### 3.1 完善槽壁稳定性计算体系

在分析深厚卵石地层对地下连续墙成槽稳定性的影响, 探究地形变形特征过程中, 技术人员要运用大数据技术、信息技术, 计算技术, 获取地下连续墙施工区域的地质条件, 依据施工区域地质条件, 建立起相应的槽壁稳定性计算体系, 利用  $x$ 、 $y$ 、 $z$  表示地下连续墙长度、厚度、深度信息, 使用 ABAQUS 软件生成地下连续墙基础部分和开挖部分模型。借助这种槽壁稳定性计算体系, 形成三维空间模型, 来消除二维计算体系误差, 保证地下连续墙成槽稳定性的科学评估。以北京某工程项为例, 在地下连续墙施工环节, 由于整个所处区域存在深厚卵石地层, 成槽施工中, 面临着接缝夹泥夹渣、土层疏松、槽壁局部坍塌等风险。为掌握深厚卵石地层对地下连续墙成槽稳定性的影响, 施工企业组织人员进行施工区域地质资料调查。该工程项目施工区域自上而下分布了人工堆积填土层、一般第四纪沉积层, 分析施工区域物理力学参数如表示 1 所示。

施工区域的地下水类型为第四系松散岩类孔隙潜水, 稳定水位绝对高程 38.6~39.0m。在槽壁稳定性计算体系构建中, 考虑到地下连续墙泥浆液面与地下水高度差值超过 50cm, 经过评估分析, 忽视了地下水渗流影响, 选择深厚

卵石地层的模拟条件, 打造地下连续墙单槽理想模型, 地下连续墙标准槽段厚度为 0.8m, 长度为 6m, 深度为 41m, 使用  $x$ 、 $y$ 、 $z$  三类坐标, 分别表示厚度、长度、深度。获取上述基础性、关键性参数后, 技术人员使用 ABAQUS 软件建立地下连续墙土体网格, 对于土体模型的底面进行固定, 模型的顶面则设置为自由界面, 模型的左右边界采取水平约束。

#### 3.2 建立槽壁稳定性评估模型

深厚卵石地层连续墙在成槽稳定性分析中, 使用 2D Planar 软件进行评估模型的建立, 对于地下连续墙的不同土层, 借助 Drucker-Prager 弹塑性本构模型, 进行土层模拟, 依托上述槽壁稳定性评估模型, 模拟深厚卵石地层环境下地下连续墙槽段开挖进程, 计算自重应力场、槽壁变形量, 考虑到施工要求, 技术人员使用模型评估槽壁稳定性中, 使用空单元模拟对不同阶段槽壁变形量计算结果进行清零, 完成稳定性评估的初始化, 提升地下连续墙成槽稳定性研究的有效性。成都某工程项目针对深厚卵石地层可能对地下连续墙成槽稳定性产生的影响, 技术团队着眼开挖的实际, 利用 2D Planar 软件, 对开挖流程作出模拟, 对槽壁土层则使用 Drucker-Prager 软件, 模拟各个土层的不同形态, 实现对水压力和土压力分布、变化情况的动态反映。为排除干扰因素影响, 降低模拟研究难度, 在评估模型构造环节, 将地下连续墙槽段底部与两侧进行固定, 避免水平位移、垂直位移对成槽稳定性分析的影响。上述准备工作结束后, 技术团队按照稳定性评估模型建立要求, 在每个开挖槽段使用空单元进行模拟, 将开挖后槽壁、槽底受到的重力设定为  $11\text{kN/m}^3$ , 便于迭代计算, 准确掌握地下连续墙成槽施工结束后, 泥浆压力分布情况<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 分析连续墙地层变形特征

运用成槽稳定性评估模型, 可以帮助技术人员全方位掌握深厚卵石地层条件下, 地层地下连续墙成槽稳定性以及地形变形情况, 形成完整的思维认知, 为后续成槽施工方案的优化在提供参考。具体来看, 从成槽稳定性评估模型显示结果来看, 成槽开挖施工中, 槽壁水平向应力会明显增加, 出

表 1 施工区域物理力学参数

地层编号	岩土名称	天然重度 $\gamma/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	压缩模量 Es/MPa	承载力特值 f/kPa	内聚力标值 c/kPa	内摩擦角 $\phi/^\circ$
①	杂填土	18	/	/	10	10
① <sub>1</sub>	素填土	19	8	/	10	10
②	细砂~粉砂	18	5	200	0	28
② <sub>1</sub>	砂质粉土~黏质粉土	20	15	240	20	25
② <sub>2</sub>	粉质黏土	20	8	230	23	21
③	卵石	21	36	300	0	40
④	卵石	21	48	450	0	45
⑤	卵石	22	48	550	0	45
⑥	砾岩	23	/	800	0	70

现压力差,槽壁内侧在这种情况下,会出现水平方向上的变形,诱发水平位移。以北京某工程项目为例,在开挖深度达到33米后,地下连续墙成槽中,槽段内部和外部土体发生变形,但护壁泥浆压力高于槽段的初始压力,这种压力分布情况,使得地下连续墙成槽位移量可以得到有效控制。根据稳定性评估模型,因槽段土体变形引发的地下连续墙水平位移达到1.617mm,符合地下连续墙槽壁水平位移标准。这种情况表明,地下连续墙开挖施工中,利用土体力学加固的方式,不断改善槽底土壤的力学性能,借助这种方式,持续增强地下连续墙成槽的稳定性,应对地层变形,为后续施工活动高质量开展创造便利条件。

## 4 深厚卵石地层地下连续墙成槽施工技术路径

深厚卵石地层环境下,地下连续墙成槽施工中,为保证施工稳定性,降低安全风险,技术人员在整个项目开发周期内,要根据地质条件,创新举措,完善路径,推动地下连续墙施工活动稳妥开展。

### 4.1 加强槽底土壤力学处理

考虑到深厚卵石地层的地质属性,技术团队要认真做好土壤力学处理,处理过程中,针对成槽施工区域的压力条件,采取强夯处理、换填处理等方式,对地下连续墙施工区域的土壤密度、土壤类型作出合理化应对,不断改善土壤基本属性将土壤受力保持在区间范围内,必需受力差距过大,影响成槽稳定性,出现水平位移量超标的情况。

### 4.2 优化成槽施工技术方案

建筑工程成槽施工窗口期较短,施工环境复杂,为更好地应对各类问题,兼顾施工质量、施工效率、施工成本,施工企业在成槽施工中,要有目的地完善技术方案,围绕成槽施工复杂性、隐蔽性等特征,创新技术应用流程,调整技术应用机制,依托行之有效的举措,形成全流程、全方位管理机制。施工技术方案的制定环节,技术人员要加大技术方案评估力度,遵循成槽施工规律,系统评估施工方案可行性,确保施工技术与施工材料类型、施工空间规模、施工人员素养相匹配,消除技术应用误差,发挥技术优势。

### 4.3 做好成槽施工过程管理

为保证深厚卵石地层地下连续墙成槽施工效果,提升槽段结构稳定性,防范地层变形。技术团队在整个施工周期内,要完善成槽施工过程管理模式,避免土壤力学处置不到位、施工技术应用不科学影响施工活动。实际技术应用环节,技

术人员可以选择线路穿越法、布点控制法、界限追踪法等手段,高效完成相关任务。具体来看,在观测点布置环节,为保障观测精准度,应当根据技术规范,沿着地质构造线、地质分割线进行确定,同时结合实际,确定观测点数量,实现工程地质测绘的科学性布局。由于部分地质线较为隐秘,勘察难度较高,工作人员可以使用机械设备,进行挖槽、挖坑作业,实现地质情况的充分暴露,排除干扰因素影响,便于工程地质测绘各项工作稳步开展。

### 4.4 把握连续墙成槽施工要点

针对深厚卵石地层条件下连续墙成槽施工特点,保证施工稳定性,技术团队在整个项目周期内,遵循科学性原则与实用性原则,立足维护槽壁稳定性的总体要求,把握施工技术要点,保证成槽施工质量,控制地形变形体量。具体来看,为有效控制泥浆槽壁的静水侧压力、槽壁涂抹作用、颗粒胶凝作用和三维作用效应,技术人员在施工技术方案的应用中,需要将槽段内护壁泥浆液面保持在合理区间范围内,避免高度过低或者过高等情况发生,同时适当提高泥浆的容重,降低地下连续墙槽段地下水位,抑制涂抹作用与颗粒胶凝作用,实现连续墙成槽质量总体可控,防范槽段塌陷、裂缝等质量问题。整个施工阶段,技术团队在成槽施工前,依据技术规范和技术标准,进行成槽处理,改善土体强度,降低地形变形量,使得地下连续墙结构稳定性达到预期,为后续施工活动高质量开展奠定坚实基础。

## 5 结语

为不断增强深厚卵石地层地下连续墙施工能力,保证施工质量,降低施工风险,形成完备、高效的施工机制。论文从多个维度出发,在掌握地下连续墙成槽稳定性影响因素的前提下,分析相关案例,总结规律,把握关键,明确深厚卵石地层条件下,地下连续墙稳定性特征和地层变形特点,指导技术团队形成正确认知,完善施工路径,调整技术方案,形成实用性强、安全性高、经济性好的施工模式。

## 参考文献

- [1] 黄茂松,宁剑新,俞剑.砂土地层中泥浆护壁地连墙成槽稳定性分析[J].岩石力学与工程学报,2023(7):1767-1777.
- [2] 仇正中,孙晓伟,徐彬彬.砂卵石地层超深防渗墙工艺试验研究[J].中国港湾建设,2021(8):33-37.
- [3] 耿东锋.中厚砂层条件下水泥搅拌桩加固地连墙成槽变形分析研究[J].广东建材,2023(1):66-69.