

# 深基坑围护超深地下连续墙护壁泥浆的研究及应用

张涛<sup>1</sup>, 陈礼仪<sup>1</sup>, 彭建华<sup>2</sup>, 宋保强<sup>2</sup>

(1. 成都理工大学环境与土木工程学院, 四川 成都 610059; 2. 中国建筑西南勘察设计研究院有限公司上海分公司, 上海 200120)

**摘要:**针对苏州中心项目基坑临近地铁侧、隔断承压水的特点,采用超深地连墙进行基坑围护。根据工程重点、难点以及质量控制要求,对地下连续墙成槽过程中的护壁泥浆问题进行了分析研究,提出了泥浆配制、参数控制、泥浆处理的成套方案。现场实际应用表明,所研究的优质护壁泥浆在本工程地连墙的施工中是行之有效的。

**关键词:**基坑围护;承压水;超深地下连续墙;护壁泥浆

**中图分类号:**TU473.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)02-0068-03

**Research on Slurry in Ultra Deep Underground Continuous Wall for Deep Foundation Pit Bracing/ZHANG Tao<sup>1</sup>, CHEN Li-yi<sup>1</sup>, PENG Jian-hua<sup>2</sup>, SONG Bao-qiang<sup>2</sup>** (1. Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan 610059, China; 2. Shanghai Branch, Southwestern Architectural Design Institutes Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

**Abstract:** According to the characteristics of the pit supporting in Suzhou Center project, which is near the subway and severing the confined water, ultra deep underground continuous wall was adopted to brace the foundation pit. Aimed to the engineering key, difficult point and the quality control requirement, the research and analysis were made on the slurry in groove constructing process for the ultra deep underground continuous wall. A whole set of slurry preparation, parameter control and slurry treatment were presented. The practice showed the slurry is very feasible in the underground continuous wall engineering.

**Key words:** foundation pit bracing; confined water; ultra deep underground continuous wall; slurry

## 0 引言

护壁泥浆在地下连续墙成槽中起着非常关键的作用。在许多工程中,由于不重视泥浆往往使工程出现局部坍塌、墙身大面积露筋、接缝夹泥夹渣、接缝漏水、墙身混凝土局部疏松,甚至墙身穿孔造成基坑开挖漏水涌砂等严重影响工程质量的缺陷。考虑超深且临近地铁及承压水等各项复杂条件和实际情况的影响,苏州中心项目基坑围护工程此段超深地连墙的施工质量控制更是本工程的重点和难点,所以泥浆的研究是非常必要的。

## 1 工程概况

苏州中心项目基坑围护工程一标段项目基坑面积约 6.74 万 m<sup>2</sup>,位于苏州园区星港街与苏惠路交叉口,外围护总延长米约 1.2 km,邻地铁侧基坑围护长为 146.35 m,采用 1000 mm 厚的地下连续墙,地墙顶标高 +1.10 m,底标高 -45.0、-48.0 m,自然地面标高约 3.0 m,成槽最深约 52 m,合计 27 幅。

根据勘察报告,成槽过程中泥浆护壁控制以下地层: +3.0 ~ -2.0 m 为①<sub>1a</sub>淤泥、①<sub>1</sub>素填土、①<sub>2</sub>淤泥; -2.0 ~ -3.22 m 为④<sub>1</sub>粘土; -3.22 ~ -

9.12 m 为④<sub>2</sub>粉质粘土; -9.12 ~ -13.02 m 为⑤粉土夹粉质粘土(含承压水); -13.02 ~ -15.61 m 为⑥<sub>1</sub>粉质粘土夹粉土; -15.61 ~ -21.07 m 为⑥<sub>2</sub>粉质粘土; -21.07 ~ -27.51 m 为⑧<sub>1</sub>粘土; -27.51 ~ -37.09 m 为⑨<sub>1</sub>粉质粘土夹粉土; -37.09 ~ -47.00 m 为⑨<sub>2</sub>粉土夹粉砂(含承压水); -47.00 ~ -53.93 m 为⑩<sub>1</sub>粉质粘土。

## 2 地连墙护壁泥浆的功用和性能

### 2.1 泥浆的功用

(1) 优质泥浆的携带作用能够有效地减少或防止沉渣的产生,避免影响地连墙承载能力的发挥。(2) 优质泥浆可以有效的平衡孔内压力,使槽壁形成薄而韧性的泥皮,稳定孔壁,防止成槽过程中孔壁缩径、扩径及坍塌等现象的发生。(3) 适当调整泥浆粘度和密度,形成稳定的孔壁,同时结合其润滑效果,将大大提高成槽的速度。

### 2.2 优质泥浆应具备的性能

(1) 良好的稳定性:经过 24 h 水化后的泥浆应具有一定的稳定性,不应出现离析、沉淀等现象。(2) 薄而韧性的泥皮:在槽壁表面形成一层薄而韧

收稿日期:2012-11-22

作者简介:张涛(1987-),男(汉族),浙江嘉兴人,成都理工大学在读硕士,地质工程专业,四川省成都市成华区成都理工大学银杏园 2 公寓 163 室,645583509@qq.com。

且光滑致密的不透水泥皮,既可以保证孔壁的稳定,又可以保证连续墙的平整度。(3)一定的粘度:泥浆粘度的大小对携带泥砂的能力、泥皮厚度和混凝土灌注是否顺利等会产生直接的影响,必须保证一定的粘度以确保有良好的携砂能力,又不宜过大,以免影响混凝土的顺畅灌注。(4)适当的密度:合适的密度能保持槽壁的稳定。(5)良好的触变性:良好的触变性可以避免土粒、砂粒的迅速沉淀,使混凝土灌注比较顺畅;同时渗入周围土层中的泥浆,因不受扰动而迅速固结,提高孔壁的稳定。

### 3 泥浆的制备

#### 3.1 泥浆的配方

配制泥浆时应首先根据地质条件确定泥浆的粘度和密度。一般应根据选定的指标,以最容易坍塌的土层为控制对象确定泥浆的配方。土层是否容易坍塌主要取决于其土质和地下水情况,当存在地下水和土质颗粒较大时,容易发生坍塌。本工程第⑨<sub>2</sub>粉土夹粉砂层以及此层中的承压水是泥浆配制需要关注的重点。

临地铁侧隔层压水地下连续墙最深的底标高为-48.00 m,故本项目泥浆护壁控制到⑩粉质粘土。参考地下连续墙施工规范结合本场地的实际情况,选择本场地的泥浆配方为(1 m<sup>3</sup>投料量):清水 949.3 kg,膨润土 116.6 kg,纯碱 4.664 kg,CMC 0.583 kg。

#### 3.2 泥浆的性能

配制的新浆性能参数指标:粘度 19~25 s,密度 1.03~1.10 g/cm<sup>3</sup>,含砂率 <4%,失水量 <30 mL/30 min, pH 值 8~9,泥皮厚度 <1 mm。

所配泥浆是否具有工程施工所需要的特性,还需根据选定的配方进行配制试验,以确定是否达到各项性能指标的要求。当没有达到所需的泥浆特性时,需要增减材料的使用量,修正基本配方。

### 4 泥浆性能参数的控制和置换泥浆的处理

#### 4.1 泥浆性能参数的控制

为保证施工过程中泥浆的质量,现场泥浆检测应根据要求,在相应时间和相应位置进行取样测定。具体泥浆的检验时间、位置及试验项目详见表 1。

在地下连续墙工程施工中,每一土层的土质和

表 1 泥浆检验时间、位置及试验项目表

泥浆种类	取样时间和次数	取样位置	试验项目
新鲜泥浆	搅拌泥浆达 100 m <sup>3</sup> 时和放置 24 h 后各取一次	搅拌机内及新鲜泥浆池内	密度、粘度、含砂率、pH 值
供给到槽内的泥浆	在向槽段内供浆前	泥浆泵出口处	同上
槽段内泥浆	每成一个槽段,挖至中间深度和接近成槽结束时,各取样一次	在槽内泥浆的上部供给泥浆影响之处	同上
	钢筋笼放入后,砼浇灌前取样	槽内泥浆的上、中、下 3 个位置	同上
砼置换出泥浆	置换泥浆	开始浇注砼时和砼浇注数米内	同上
	需处理的泥浆	处理前、处理后	同上
	再生调制的泥浆	调制前、调制后	同上

地下水情况各有不同,对成槽过程中泥浆的性能影响各有不同。根据勘察报告得出的各土层特征描述表,参考地下连续墙施工规范,本工地各土层中泥浆参数指标相应的控制范围详见表 2。

表 2 成槽过程中各土层泥浆性能参数表

层号	粘度 /s	密度 / (g·cm <sup>-3</sup> )	含砂率 /%	失水量 / (mL·(30min <sup>-1</sup> ))	pH 值	泥皮厚度 /mm
① <sub>1a</sub> 、① <sub>1</sub> 、② <sub>2</sub>	24~30	1.05~1.10	<4	<20	8~9	<3
④ <sub>1</sub> ~⑨ <sub>1</sub>	20~25	1.05~1.15	<7	<25	8~9	<3
⑨ <sub>2</sub> 、⑩ <sub>1</sub>	25~35	1.05~1.20	<7	<30	8~9	<3

#### 4.2 置换泥浆的处理

混凝土灌注过程置换出来的泥浆,由于与混凝土接触质量恶化,必须根据泥浆检测结果,判别是否可以继续使用,不能使用的必须及时进行调整和处理。调整的借鉴标准见表 3。

表 3 泥浆调整、再生和废弃标准

泥浆种类	密度 / (g·cm <sup>-3</sup> )	含砂率 /%	粘度 /s	失水量 / (mL·(30min <sup>-1</sup> ))	泥皮厚度 /mm	pH 值
需要调整的泥浆	>1.2	>8	>35	>30	>3	>10.5
调整后可以使用的泥浆	<1.15	<5	20~35	<25	<3	8~10
废弃泥浆	粘性土>1.25; 砂性土>1.35	>10	>40	>35	>3.5	<7.0 或 >11.0

注:表内数值为参考值,实际应由开挖后的土质情况决定。

### 5 泥浆质量控制及工程难点

#### 5.1 泥浆质量控制

(1)泥浆制作中每班进行 2 次质量指标检测,新拌泥浆应存放 24 h 后方可使用,补充泥浆时须不断用泥浆泵搅拌。

(2) 泥浆的制作、使用,要严格按技术操作要求进行,不同施工阶段应在适当的时间和位置进行取样试验,按试验结果判断新泥浆的可使用性、再生和修正配合比等措施,确保成槽精度和施工安全。

(3) 施工期间,槽内泥浆面不应低于导墙面 0.3 m,同时槽内泥浆面应高于地下水位 0.5 m 以上。成槽过程中,应随时注意观察槽内泥浆液面和周围施工条件的变化,确保槽内泥浆面保持正常高度。槽段周围要采取排水措施,防止地面水和雨水流入槽内,破坏泥浆性能。

(4) 在槽段开挖结束后,灌注槽段混凝土前,应进行槽段的清底换浆工作,以清除槽底沉渣,置换出槽内稠泥浆,直至沉渣厚度、槽内泥浆指标均符合规范和设计的要求为止。

(5) 混凝土置换出的泥浆,应进行净化调整到需要的指标,与新鲜泥浆混合循环使用,不可调净的泥浆排放到废浆池,用泥浆罐车运输出场。

## 5.2 工程难点

(1) 本工程成槽深度最大约 52 m,在全国来说都是少有的,相应的地层情况就更复杂、多变,所以护壁泥浆的性能指标必须根据每一地层的情况变化而调整,尤其是最易坍塌的地层。

(2) 临近地铁侧,苏州轨道交通运营时间为 6:30~22:30,所以要求在 22:30 之前必须成槽完毕并做好所有下笼、浇筑工序前的准备工作,下笼、浇筑必须在次日 6:00 之前完成,否则不允许此幅槽段的下笼、浇筑,并注浆循环,定时监测泥浆性能。

(3) 承压水对地连墙成槽质量的影响往往很大,含粉性和砂性的土体在承压水作用下,降低了槽内静水压力,使槽段内出现串水现象,如果槽内水位与地下水位差未达到安全范围,破坏了护壁泥皮,就很有可能引起土体的流失,进而发生孔壁垮塌的现象。另外,如果承压水涌入槽内,不仅会稀释槽内泥浆,而且承压水层内泥、砂、砾石随之流入槽内,造成槽内沉渣过多,影响孔壁稳定和成槽质量。所以成槽至⑤、⑨层时,应增加泥浆监测次数,随时观察泥浆性能的变化,必要时适当提高泥浆的密度来保持槽壁的稳定。

## 6 实际应用效果

目前,本工程已经完成 15 幅地连墙,平均成槽用时 9 h 左右,清孔时间为 20~30 min;并且每一幅钢筋笼都顺利下放,均在设计时间内完成。15 幅地连墙成槽过程中各阶段泥浆性能监测平均值见表 4。

表 4 地下连续墙护壁泥浆监测记录表

取样位置	密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	粘度 /s	含砂量/%	胶体率/%	失水量/mL	泥皮厚度/mm	pH 值
14~15 m	1.085	23.9	1~2	98~99	22.5	2.35	8~9
28~30 m	1.087	23.9	3~4	98~99	25.0	2.90	8~9
槽底 (成槽结束)	1.141	24.4	4~7	98~99	15.0	2.20	8~9
槽底 (清槽阶段)	1.137	24.4	2~3	98~99	20.0	1.45	8~9
槽底 (下钢筋笼前)	1.143	24.4	3~4	98~99	15.5	2.15	8~9

上述研究的护壁泥浆在该工程中的运用,取得了很好的效果,各项数据都很好地控制在允许范围内,在未影响轨道交通运行的情况下,保证了后序下钢筋笼和混凝土浇筑等工艺高质快速地完成,并且很好地隔断了地下承压水,没有发生任何承压水突涌稀释泥浆或承压水地层大面积垮塌的事故。

## 7 结语

在地下连续墙施工中,成槽施工的关键工艺之一是合理使用护壁泥浆。在施工之前,应根据土层条件,仔细研究护壁泥浆应具备的性能,根据所选材料和泥浆搅拌器具制订出详尽的泥浆配制计划,配制出符合施工要求的泥浆。在施工过程中,根据施工工艺流程和规范要求的检验指标,制订出泥浆检验规划,在适当的时间用适当位置的泥浆试样检验泥浆的质量,如不满足要求及时进行调整,保证其性能始终能够满足要求,从而保证孔壁的稳定,使连续墙施工能够高质快速的进行。

上述研究的护壁泥浆在苏州中心项目基坑围护工程超深地连墙施工过程中发挥了很好的效果,有力地促进了工程进度和保障了工程质量。

## 参考文献:

- [1] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营:石油大学出版社,2001.
- [2] 李世忠. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [3] 陆震铨,祝国荣. 地下连续墙的理论与实践[M]. 北京:中国铁道出版社,1987.
- [4] DG/TJ 08-2073-2010,地下连续墙施工规范[S].
- [5] 邓广庆. 泥浆在广州某桩基工程施工中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(2):48-49.
- [6] 胡安兵,李小斌,杨敏. 上海某超深桩基工程泥浆试验[J]. 建筑结构,2005,(7).
- [7] 沈慧勇. 杭州市商业银行营业及办公用房深基坑支护技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(6):8-13.
- [8] 刘永杰,左新明,王建华. 地下连续墙技术在深基坑围护中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(7):44-49.
- [9] 孙立宝. 超深地下连续墙施工中若干问题探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(2):51-55.
- [10] 刘志华,周山. 地下连续墙施工技术难点的分析及处理措施[J]. 葛洲坝集团科技,2007,(3):18-20.