

# SMW 工法桩在近地铁处的基坑工程中的运用

宋悦辰

(华昕设计集团有限公司, 江苏 无锡 214072)

**摘要:** 各个城市越来越密集的地铁网络,使得在紧邻地铁处进行市政建设愈发困难。通过基坑围护实例,介绍 SMW 工法桩在近地铁处的基坑工程中的运用,阐述设计思路,分析施工要点,最后总结 SMW 工法桩在此环境下的优点,以供相关人员进行参考。

**关键词:** SMW 工法桩;三轴水泥土搅拌桩;基坑支护;地铁

**中图分类号:** U455.4

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2023)02-0217-03

## 0 引言

近年来随着我国基础建设的全面发展,轨道交通成为了支撑城市发展的重要力量。各个城市越来越密集的地铁轨道网络,使得在紧邻地铁处进行市政建设也显得愈发困难。因地铁隧道在施工至运营期间对于其上方的荷载变化有着非常高的要求,导致市政结构的基坑开挖及围护形式时刻影响着地铁结构的安全。因此,如何在地铁上方及周边进行市政道路、桥梁等的基坑设计及施工成为设计院和施工单位比较头疼的问题。本文通过某工程的箱涵基坑围护实例,探讨 SMW 工法桩在受地铁影响的基坑支护中的设计思路及施工要点。

## 1 工程概况

### 1.1 项目简介

拟新建箱涵位于无锡市新吴区长江路上,桥梁跨径布置为  $2 \times 6$  m 钢筋混凝土箱涵,所在河道为远期规划河道,现状为厂区及广场,桥梁全长 13.2 m,总宽 40 m。拟建箱涵位于长江路地铁 3 号线的正上方,箱涵基坑深约 6 m,箱涵基础底设计标高为  $-2.0$  m,此处地铁区间结构顶标高为  $-10.6$  m。

### 1.2 工程地质及水文概况

土质情况根据长江路桥涵勘察资料,场地在垂深 20 m 范围内,场地土层主要为第四纪冲湖积相沉积,各土层特征描述及工程地质特性如下:

①层杂填土,杂色,结构松散。地质性能较差。②层黏土,可塑、局部硬塑,工程地质性能较好。③层

粉质黏土,软塑~可塑。工程地质性能一般。④<sub>1</sub>层粉土,稍密~中密,工程地质性能一般。④<sub>2</sub>层粉土夹粉砂,中密~密实,工程地质性能一般。⑤层粉质黏土,流塑,地质性能较差。⑥层黏土,硬塑,土质均匀,工程地质性能较好。

地下水:含水层为④<sub>1</sub>层粉土及④<sub>2</sub>层粉土夹粉砂,地下水类型属微承压水。

### 1.3 项目难点分析

本项目基坑深 6 m,地铁区间结构顶离箱涵基坑底仅有 8.5 m,厚度较浅,一旦进行大开挖,会造成地铁上浮,对地铁结构造成不可估量的破坏。同时施工机械对土层的扰动以及后期基坑降水等,都会对地铁有或多或少的影 响。常用的基坑围护方案,如钢筋混凝土灌注桩围护,其施工简便,但却无法控制基坑开挖量,且造价较高;高压旋喷桩适合软土地基,但利用高压喷射水泥浆,对土体扰动较大,地铁上使用较少;SMW 工法桩相比于其他围护,经济性高,适用于空间受限制的场合,在地铁工程施工中广泛使用。结合项目特点,本工程采用 SMW 工法桩对箱涵基坑进行支护,该方法经济有效,对土层的扰动较小,配合合理的设计计算,可以将基坑开挖对地铁的影响降至最低。

## 2 项目基坑设计

### 2.1 工法桩选型

一般情况而言,SMW 工法桩适用于淤泥质土、粉土、黏性土、砂性土等软土地基。本工程在三轴搅拌桩有效范围内的土层为杂填土、粉质黏土、粉土等。型钢水泥土搅拌墙中三轴水泥土搅拌桩的直径宜采用 650 mm、850 mm、1 000 mm;内插的型钢宜采用 H 型钢<sup>[1]</sup>。不同直径搅拌桩和不同截面型钢桩对应一定的

收稿日期: 2022-08-18

作者简介: 宋悦辰(1989—),男,工学学士,工程师,从事路桥设计工作。

基坑开挖深度限值<sup>[2]</sup>。根据本工程的特点,基坑采用  $\phi 850$  的水泥搅拌桩和 H700  $\times$  300 型钢桩进行围护。

## 2.2 基坑围护设计

本项目在基坑的四周采用 SMW 工法桩进行围护,基坑断面图详见图 1。搅拌桩采用  $\phi 850@600$  三轴水泥搅拌桩,搅拌桩桩底标高为  $-7.0$  m,桩长为  $10.8$  m,与地铁区间结构保持不小于  $3$  m 的安全间距。搅拌桩内插入 H700  $\times$  300  $\times$  13  $\times$  24 型钢桩,型钢桩桩长  $11.8$  m,型钢采用插一跳一的布置方式。基坑垂直开挖,基底设置满布  $\phi 850@600$  水泥搅拌桩,SMW 工法桩桩身与箱涵侧壁间留  $10$  cm,喷射混凝土作为箱涵外模。基坑内在圈梁处设置  $\phi 609 \times 16$  钢管横撑或斜撑,一端固定,一端活动。

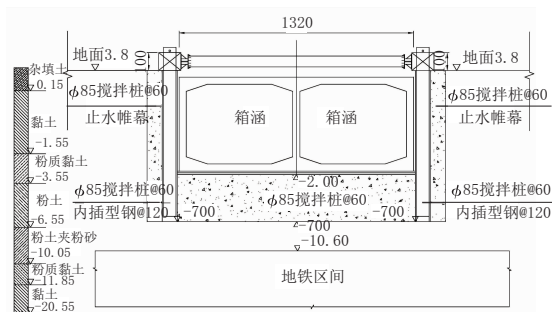


图 1 基坑围护断面图(单位:cm)

由于项目位于无锡新吴区繁忙路段,车流量较大,为避免中断交通,同时减少开挖土方量对地铁的影响,结合交通组织。本项目在基坑围护设计时,将箱涵及其围护结构分为三段、二期来进行。施工时先施工中间段  $12$  m 宽的箱涵,后施工剩余左右两段箱涵,见图 2。

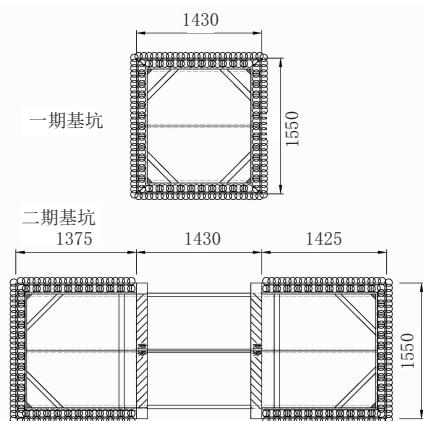


图 2 基坑分期施工示意图(单位:cm)

## 2.3 基坑稳定性计算

本项目利用理正深基坑软件进行建模计算,模型见图 3。基坑顶部及周边超载按  $20$  kPa 考虑,基坑内撑长  $13$  m,材料为 Q235,横向水平支撑按最不利间距  $7$  m 考虑。模型按照 3 个工况进行分析,工况①

为原地面开挖  $1$  m 深,工况②为加撑阶段,工况③为继续开挖至基坑底。

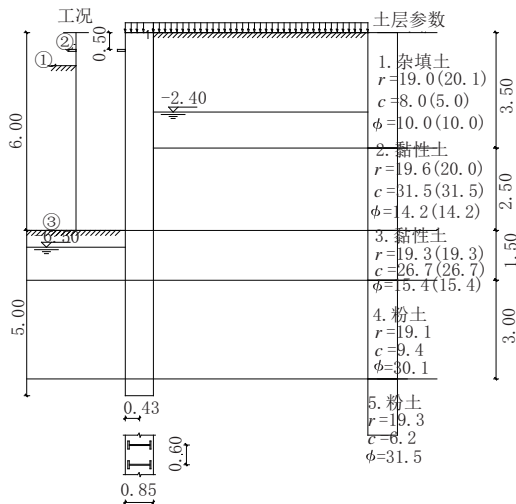


图 3 基坑计算模型(单位:m)

内撑材料抗力计算:

$$T = \varphi \times A \times f_y$$

式中: $\varphi$  为轴心受压构件稳定系数,通过长细比  $\lambda = \mu \times l/i$  查表确定; $T$  为支撑结构材料抗力,kN; $A$  为支撑构件截面面积, $m^2$ ;  $f_y$  为材料抗压强度设计值,  $kN/m^2$ 。

经过计算内撑长细比为  $14.1$ ,故轴心受压构件稳定系数取  $0.991$ ,材料抗力  $T = 0.991 \times 29.8 \times 215 = 6349$  kN。

通过理正软件计算,抗倾覆稳定性在工况①下最小  $K_s = 4.414 > 1.30$ ;抗滑移稳定性在工况③下最小  $K_s = 2.873 > 1.20$ ;整体稳定安全系数  $K_s = 1.478 > 1.30$ 。综上,本项目利用 SMW 工法桩进行箱涵的基坑围护,其稳定性满足规范要求。

## 2.4 基坑防渗截水设计

箱涵基坑底部离承压水层仅有  $1.5$  m 的距离,基坑开挖必然会造成底部承压水突涌现象,而基坑下部又存在地铁区间,普通的基坑井点降水会造成局部水压突变,从而引起地铁结构的安全隐患。为了施工能正常进行,在基坑设计时需要考虑基坑防渗截水设计。

为此,基坑开挖前需在工法桩外设置一排  $\phi 850@600$  搅拌桩,作为止水帷幕及侧向土体加固。此外,在坑内设置满布的  $\phi 850@600$  搅拌桩作为基底封水层,在达到抗突涌作用同时,兼有软土地基加固作用。抗突涌计算示意图如图 4。

本项目封水层厚度设置为  $5$  m,抗突涌计算公式为:

$$K = D\gamma / h_w\gamma_w$$

式中: $K$  为抗突涌安全系数计算值; $D$  为承压水含水

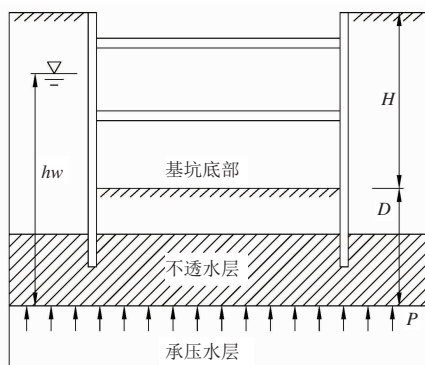


图4 基坑抗突涌计算示意图

层顶面至坑底的土层厚度,  $m$ ;  $h_w$  为承压水含水层顶面的压力水头高度,  $m$ ;  $\gamma$  为承压水含水层顶面至坑底的土层天然重度,  $kN/m^3$ ,  $\gamma_w$  为水的重度,  $kN/m^3$ 。

其中  $h_w$  水头高度根据模型取  $8.6\text{ m}$ 。故  $K=5 \times 19.180/86.000 = 1.115 > 1.10$  (规定安全系数)。根据计算,封水层设置  $5\text{ m}$  时,基坑底部土抗承压水头稳定。通过侧向及基坑底部的搅拌桩,箱涵基坑形成了底部及四周无法透水的空间,使得桥涵施工可以正常进行。

### 3 项目基坑施工要点

#### 3.1 三轴水泥土搅拌桩施工

长江路桥涵项目的基坑利用三轴搅拌机进行施工基坑开挖,应在基底加固及止水帷幕施工完毕并检测(强度、渗透性)通过后才能进行。地铁隧道正上方的三轴搅拌桩施工应进行试桩,通过检测及监测结果选定合理的施工参数:为控制三轴搅拌桩施工过程对隧道的不利影响,应对钻头搅拌下沉与搅拌提升速度、气压、浆压及水灰比等施工参数进行限制:钻头搅拌下沉及搅拌提升速度不宜大于  $0.3\text{ m/min}$ ,气压不宜大于  $0.5\text{ MPa}$ ,浆压宜控制在  $0.3\sim 0.7\text{ MPa}$ ,地基加固水灰比不宜大于  $1.2$ ,SMW工法桩水灰比不宜大于  $1.5$ 。

#### 3.2 型钢桩的施工与回收

在搅拌桩施工完成后,型钢桩需在  $30\text{ min}$  内插入,插入前应进行相关的预处理工作,如除锈,涂刷减摩材料等。插入必须采用定位导向架,在插入过程中应确保型钢垂直度,型钢插入到位后,应用钢筋悬挂构件控制型钢顶标高,并与已插好的型钢牢固连接<sup>[3]</sup>。因本项目涉及地铁隧道等结构,严禁采用锤击法或静压法沉桩,应搅拌后重新插入,避免对下部地铁结构造成破坏。

SMW工法桩的最大的优点是型钢可以回收利

用,节约成本,也避免形成地下永久障碍物<sup>[2]</sup>。然而对于基坑下存在地铁隧道等构筑物的情况,型钢桩原则上不进行拔除,以免在拔除过程中对土体产生扰动,从而影响地下构筑物。若有特殊原因必须拔除,应在监测单位指导下进行型钢拔除,如在拔除过程中出现变形趋势和异常情况,应即刻停止,并采取应急措施,以确保地铁隧道等结构安全。

#### 3.3 基坑分段分期施工

本项目将箱涵分为三段、两期来进行施工。二期基坑开挖前应在一期箱涵内部进行配重,以补偿二期基坑开挖时的卸载,配重建议取  $40\text{ kPa}$ 。可考虑对基坑附近地面进行适当压重(不超过  $20\text{ kPa}$ )的措施进行基坑开挖荷载的主动补偿。

基坑开挖对地铁的影响,除了开挖量、配重外,还体现在时间周期上。为减少坑底暴露时间,应在基坑开挖至基底后  $7\text{ h}$  内完成垫层浇筑,  $24\text{ h}$  内完成底板浇筑。在垫层及底板浇注时,混凝土中加入早强剂(底板浇注  $8\text{ h}$  后达到终凝指标),提前对钢筋放样。

### 4 结 语

SMW工法桩在工程中应用广泛,在受地铁隧道影响的基坑开挖中,采用SMW工法桩围护有以下几个优点:

(1)运用SMW工法桩的基坑围护可以进行垂直开挖,在满足基坑稳定性的同时,配合合理的施工区域划分能减少土方开挖量,将深基坑开挖对地铁的影响降至最小。

(2)通过选定合理的施工参数,能使水泥土搅拌桩施工对周边土体的扰动降至最低,有利于减少对地铁结构的影响。

(3)结合基底水泥土搅拌桩及侧向止水帷幕,能够满足基坑的防渗截水要求,便于工程施工。

通过无锡长江路桥涵基坑的工程实例,阐述了SMW工法桩在近地铁处的基坑工程中的设计思路,分析了施工中的要点,为类似的基坑工程的设计和施工提供借鉴。

#### 参考文献:

- [1] JGJ/T 199—2010, 型钢水泥土搅拌墙技术规程[S].
- [2] 林君.浅谈SMW工法桩在深基坑支护的设计与施工方法分析[J].砖瓦.2020(9):166-168.
- [3] 吴国明,章兆熊,谢兆良.型钢等厚度水泥土搅拌墙施工技术在复杂地层、嵌岩深基坑工程中的开发应用[J].岩土工程学报.2012,34(S1):394-397.