

SMW 工法桩在荆州基坑支护中的设计与应用

贺 浩, 龚艳霞, 胡 俊

(武汉地质勘察基础工程有限公司, 湖北 武汉 430000)

摘要:介绍荆州市恒大翡翠华庭项目基坑支护体系设计方案选型思路。本项目地质条件差,周边环境极为复杂,通过弹性抗力法计算模型,运用天汉软件对支护结构内力和变形进行计算,以及基坑抗隆起、抗倾覆、整体稳定性等验算,选择采用 SMW 工法。计算结果与基坑监测资料对比分析结果显示,应用 SWM 工法桩作为支护结构,达到设计合理、经济适用的效果,保证了基坑及周边建筑的安全。本工程是 SWM 工法桩在荆州市基坑支护工程中的首次应用,同时获得了显著的社会效益。

关键词:基坑支护;SWM 工法桩;型钢;水泥土搅拌桩

中图分类号:TU473.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2020)09-0070-005

Design and application of SMW method in foundation pit support in Jingzhou

HE Hao, GONG Yanxia, HU Jun

(Wuhan Geological Survey Foundation Engineering Co., Ltd., Wuhan Hubei 430000, China)

Abstract: The approach to selection of the design of the foundation pit support system for a project in Jingzhou is introduced. The geological conditions of this project are poor and the surrounding environment is extremely complicated. The SMW method was adopted through calculation of the internal force and deformation of the support structure with Tianhan Software based the elastic resistance calculation model, and verification of the foundation pit anti-uplift, anti-overturning, overall stability, etc. Comparison of the calculation results with the foundation pit monitoring data showed that use of SWM piles as the support structure provides a reasonable design and economics, and ensure the safety of the foundation pit and surrounding buildings. It is the first application of the SWM piles used in the Jingzhou foundation pit support project, and it has obtained significant social benefits.

Key words: foundation pit support; SMW piles; shaped steel; cement-soil mixed pile

0 引言

SMW 工法桩是在水泥土深层搅拌桩中插入型钢而形成的复合支护结构^[1-3],随着深基坑工程新的设计理念和施工手段的不断改进,SMW 工法桩作为一种新型的施工技术在深基坑支护设计施工中已被推广应用^[4-6],尤其在土质松软、含水量较大等地质环境差的工程中,SMW 工法桩具有安全、快捷、型钢可回收重复利用等特点^[7-8]。本文以荆州市恒大翡翠华庭基坑支护工程设计与施工为例,根据基坑开挖深度、水文地质条件、周边环境等实际情况^[9],选择 SMW 工法桩作为主要支护结构体系,为以后相似复杂环境基坑设计及应用提供参考。

1 SMW 工法桩设计理论

对于支护体系,采用弹性抗力法计算桩身内力和支护桩的变形,根据《型钢水泥土搅拌墙技术规程》(JGJ/T 199-2010),型钢水泥土搅拌墙的墙体计算抗弯刚度,只应计算内插型钢的截面刚度,在进行支护结构内力和变形计算以及基坑抗隆起、抗倾覆、整体稳定性等各项稳定性分析时,支护结构的深度应取型钢的插入深度,不应计入型钢端部以下水泥搅拌桩的作用^[10]。

作用于型钢水泥土搅拌墙的弯矩全部由型钢承担,应满足下列条件:

$$1.25\gamma_0 M_k / W \leq f \quad (1)$$

收稿日期:2019-07-28; 修回日期:2020-05-16 DOI:10.12143/j.tkgc.2020.09.012

作者简介:贺浩,男,汉族,1985 年生,工程师,土木工程专业,从事桩基工程、基坑工程设计与施工技术质量管理工作,湖北省武汉市汉阳区江城大道 288 号麦普利广场 B 座,176029305@qq.com。

引用格式:贺浩,龚艳霞,胡俊.SMW 工法桩在荆州基坑支护中的设计与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(9):70-74,89.

HE Hao, GONG Yanxia, HU Jun. Design and application of SMW method in foundation pit support in Jingzhou[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(9):70-74,89.

式中: γ_0 ——支护结构重要性系数; M_k ——作用于型钢水泥土搅拌墙的弯矩标准值, $N \cdot mm$; W ——型钢沿弯矩作用方向的截面模量, mm^3 ; f ——型钢的弯曲强度设计值, MPa 。

作用于型钢水泥土搅拌墙的剪力全部由型钢承担,应满足下列条件:

$$1.25\gamma_0 V_k S / (I t_w) \leq f_v \quad (2)$$

式中: V_k ——作用于型钢水泥土搅拌墙的剪力标准值, N ; S ——型钢计算剪应力处以上毛截面对中和轴的面积矩, mm^3 ; I ——型钢沿弯矩作用方向的毛截面惯性矩, mm^4 ; t_w ——型钢腹板厚度, mm ; f_v ——型钢的抗剪强度设计值, MPa 。

2 工程概况

2.1 工程基本情况

荆州恒大翡翠华庭项目场地位于荆州市江津西路与白云路交汇处,本项目净用地面积 $26017 m^2$,建筑面积 $127923 m^2$,距离长江约 $2 km$ 。主要由 1 栋 47 层(在建期间为荆州市规划第一高楼)、3 栋 33 层、2 栋 20 层住宅楼、1 栋地上 3 层的综合楼、2 层独立商业组成,设置 2 层地下室。基坑支护面积约 $20000 m^2$,支护轴线总长约 $620 m$,基坑计算开挖深度为 $5.15 \sim 6.75 m$ 。

2.2 基坑周边环境

(1) 基坑北侧:为市房管局、市公交站,东北角砼结构 9 层建筑(桩基础)及北侧 1~2 层砖混结构房屋(天然基础)距地下室约 $11 m$ 。

(2) 基坑西侧:仁信置业文湖怡景小区,地下室距用地红线 $8 \sim 11 m$,红线外小区建筑物 18~26 层砼结构(桩基础),距用地红线约 $7 m$ 。

(3) 基坑南侧:地下室距用地红线 $5 \sim 6 m$,坑顶局部拟设置 $4 m$ 宽临时施工道路,红线外约 $3 m$ 处有高压电线杆。红线外为白云路。

(4) 基坑东侧:地下室距用地红线约 $7 m$,坑底拟设置 $4 \sim 5 m$ 宽临时施工道路,东南角红线外侧有天然气井、天然气管线,最近处约 $1 m$ 。红线外为江津西路。

基坑周边环境如图 1 所示。

2.3 工程地质及水文地质条件

场区内自上而下地层分布依次为:①杂填土(Q^{ml})、②粉土(Q_4^{pl})、③淤泥质土(Q_4^{sl})、④粉砂(Q_4^{sl+pl})、⑤圆砾(Q_4^{sl+pl})、⑥卵石(Q_4^{sl+pl})、③层淤泥



图 1 基坑周边环境

Fig.1 Surrounding environment of the foundation pit

质土主要分布于场区东南角,最大埋置深度达到地面下 $9.0 m$,呈带状分布,大部分位于地面以下 $1.5 \sim 2 m$ 。场区淤泥带分布如图 2 黄色区域所示,典型的拟开挖基坑剖面如图 3、图 4 所示。

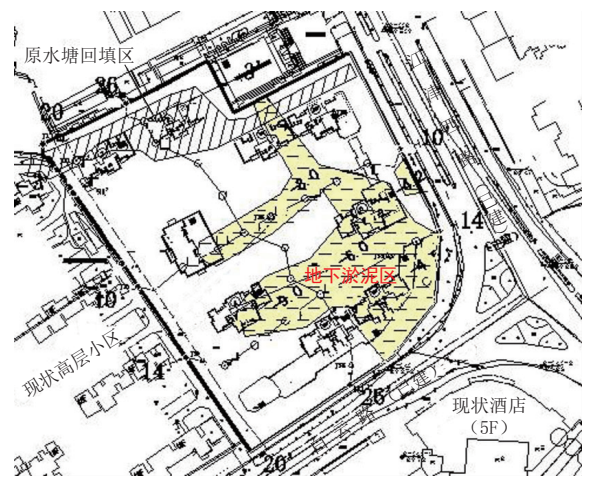


图 2 场区淤泥带分布

Fig.2 Distribution of the silt zone across the site

该场区勘察深度内存在赋存于杂填土中的上层滞水及赋存于粉砂、圆砾、卵石层孔隙中的承压水。上层滞水与地表水互相联通,水位随季节变化,无统一的自由水面;含水层厚度较大,洪(丰)水期具有承压水特征,枯水期具有潜水特征,并与实时长江水位基本一致($37 m$)。根据现场水位观测结果,承压水具有稳定连续的承压水位为 $27.14 \sim 27.7 m$,承压水位埋深 $1.9 \sim 3.0 m$,地下室底板底普挖标高 $23.85 m$,电梯基坑底最深处标高为 $18.90 m$,承压水头高差最大为 $8.24 m$ 。

2.4 基坑特点

(1) 基坑平面规模较大,属大型基坑。

(2) 基坑形状不规则,周边环境复杂,天然基础

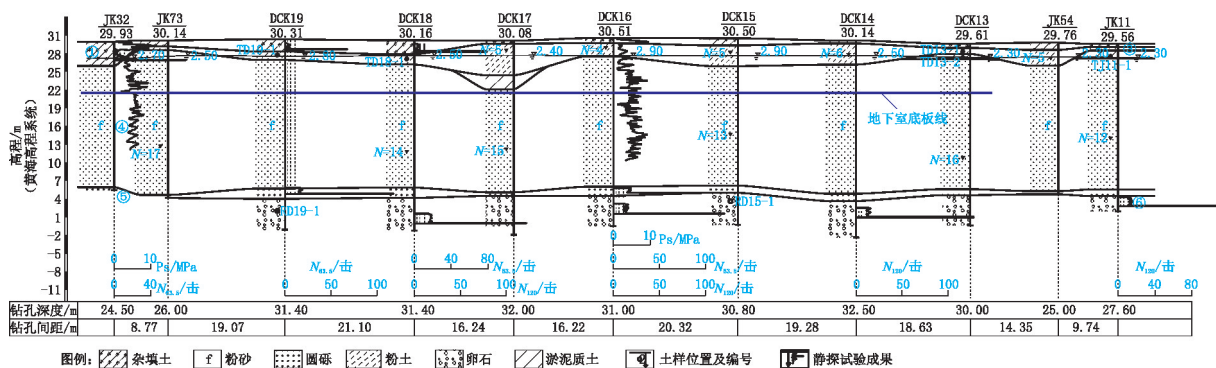


图3 典型地层剖面(东西向)

Fig.3 Typical stratigraphic profile (east-west)

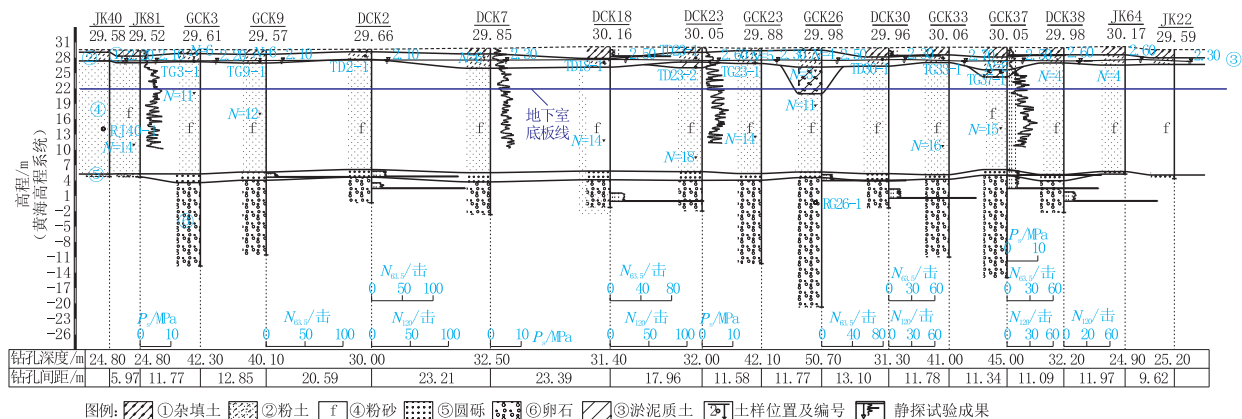


图4 典型地层剖面(南北向)

Fig.4 Typical stratigraphic profile (north-south)

老旧房屋、地下管网等需重点保护。

(3)场区地质条件较差,场区内分布条带状淤泥层。

(4)场区水文地质条件复杂,距荆江大堤较近(约2 km),含水层埋置浅、承压水头高、含水层渗透系数差别较大(粉细砂层3~5 m/d,卵石层13~15 m/d),基坑降水设计难度大。

(5)本项目属市重点工程,受关注度较高,基坑风险控制要求严。

3 基坑支护方案

基坑周边临时荷载取15 kPa,临时施工道路荷载取30 kPa,天然基础房屋荷载取15 kPa/层。水平位移控制标准35 mm,北侧老旧房屋区域及东南角天然气管线控制位移30 mm。基坑重要性等级定义为一。

三轴搅拌桩深度以满足降水帷幕要求控制,内插型钢长度以满足变形要求控制,三轴搅拌桩为 $\text{O}850\text{ mm}@600\text{ mm}$,工字钢为 $\text{H}582\times300\times12\times$

17、 $\text{H}692\times300\times13\times20$,型钢设置间距1.2 m(0.6 m)。桩顶放坡高度1~2 m,设置 $1000\text{ mm}\times600\text{ mm}$ 冠梁,为便于后期型钢回收,型钢顶面高出冠梁顶不少于0.5 m。

综合场区地质条件、周边环境、基坑平面形状及开挖深度,选择采用悬臂式排桩支护体系。排桩采用SMW工法桩,与钻孔灌注桩相比,具备以下优势:

(1)基坑侧壁大部分为松散细砂,局部为流塑状淤泥,SMW工法桩相比钻孔灌注桩+桩间或桩侧帷幕,更利于桩间土保护;且该地层钻孔灌注桩成孔难度大,质量风险高。

(2)周边地下有压管线(天然气)距基坑最近处1 m,SMW工法桩可避免取土成桩过程中的扰动对管线的影响。

(3)考虑后期基坑回填后进行型钢回收,回收后的型钢可重复使用。SMW工法桩环保性、经济性相对较好。

基坑支护典型剖面如图5、图6所示。

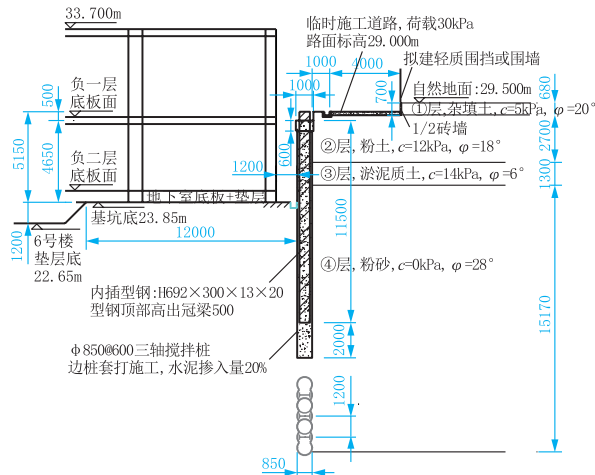
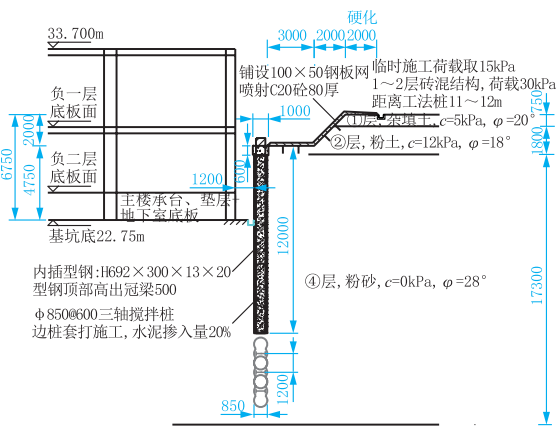


图 5 东南侧支护典型剖面

Fig.5 Typical section of the southeast support



注:北侧区域典型剖面④层粉砂埋深较浅,②层粉土、③层淤泥质土局部缺失

图 6 北侧支护典型剖面

Fig.6 Typical section of the north side support

4 基坑降水设计

基坑内共设置 49 口降水井,未开启的降水井可兼做水位观测井。设计要求每口井的出水管口应设置抑制阀(防止水倒流入井中)、水表(测定出水量)、出水口(用来取水监测含砂率)。过滤管可以采用缠丝过滤器、桥式过滤器,但降水井的出水量、含砂率必须满足设计要求^[11]。

为严格控制降水造成周边的不均匀沉降,确保基坑安全,需采取以下措施:

(1)减少降幅:基坑降水考虑至主楼承台下 1 m,超高层主楼电梯井坑中坑采用三轴搅拌桩五面封堵,坑中坑外侧三轴搅拌桩桩顶标高 22.3 m,桩长 6 m,内排三轴搅拌桩桩顶标高 18.9 m,桩长 3 m(后期开挖证明,封底做法是正确的)。

(2)分层降水:含水层渗透系数差别较大,49 口降水井采用深浅井间隔分布(见图 7)。1~29 号降水井设置深度 21 m,滤管直径 300 mm,单口降水井设计出水量 30 t/h,滤管主要设置在细砂层,细砂层内疏干降水;30~49 号降水井设置深度 28 m,滤管直径 300 mm,单口降水井设计出水量 50 t/h,滤管进入卵石层,降低承压水头。

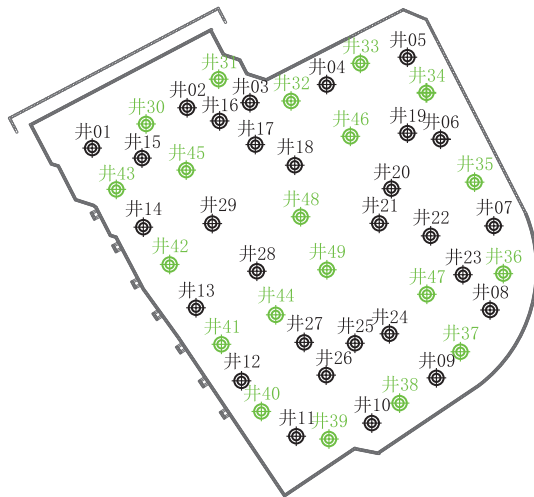


图 7 降水井平面布置

Fig.7 Layout plan of the dewatering well

(3)双重止水措施:基坑北侧天然基础老旧房屋分布区域,设置 12 m 深止水帷幕,帷幕与房屋之间设置 1 道 6 m 三轴搅拌桩,穿透并隔断场区内外淤泥层,防止淤泥层失水引起的不均匀沉降。

(4)减少降水时间:建议建设单位要求结构设计对地下室底板后浇带设置返滤措施,验算复核结构施工至地面时地下室抗浮设计,待地下室结构完成后即封闭降水井,减少降水时间。

(5)按需降水:根据地下室的开挖情况,分区域开启降水井,避免超降及过量降水,现场高峰期实际开启降水井 24 口,深井开启数量 11 口,浅井开启数量 13 口。

5 理论变形计算及基坑监测情况

运用天汉软件对支护结构内力和变形进行计算^[12],以及基坑抗隆起、抗倾覆、整体稳定性等验算,计算结果显示支护结构各计算断面桩顶水平位移为 23.2~35.7 mm,最大弯矩为 88~369 kN·m,最大剪力为 50~115 kN。

基坑监测报告显示,坑顶地面水平位移最大值为 23.41 mm(WY33 监测点),坑顶地面沉降位移

最大值 -7.71 mm (WY30 监测点), SMW 工法桩顶部最大水平位移为 21.4 mm (WY40 监测点), 位移值均处于可控状态。基坑周边的巡视显示, 基坑土方开挖及降水运行过程中, 未对周边道路、地下管网及老旧房屋造成不良影响, 没发生任何变形过大或垮塌现象。基坑设计方案达到预期效果。基坑支护现场见图 8, 基坑开挖后效果见图 9。



图 8 SMW 工法桩及冠梁完成后效果

Fig.8 SMW piles and capping beam after completion



图 9 基坑开挖后效果

Fig.9 Foundation pit after excavation

6 结语

(1) SMW 工法桩施工周期较排桩(钻孔灌注桩)短, 插入 H 型钢前涂刷减摩剂, 基坑回填后, 可以回收, 重复利用, 实现绿色施工, 与钻孔灌注桩排桩节约成本约 30% 以上。

(2) 基坑监测数据表明, 基坑以及周边邻近建筑物变形均在规范允许偏差范围内。在基坑开挖完成时, 桩顶水平位移实际值与天汉软件计算值接近。

(3) 对于水泥土搅拌桩的水泥用量等设计参数的选择, 本项目没有设置不同参数进行效果对比, 后期可进一步深入研究。

(4) 探讨止水帷幕内插型钢的支护型式的多样化发展。止水帷幕可采用 TRD、CSM 等工法^[13], 可解决帷幕深度、型钢间距的局限性; 增加内支撑或锚杆体系, 可增加该工法的支护深度, 更好地控制水平位移。

(5) 深浅井降水支护体系可考虑在武汉进行推广应用, 深井用于降低承压水头, 浅井用于疏干垂直渗透系数较小的土层中的含水。

参考文献 (References):

- [1] 刘建航, 侯学渊, 等. 基坑工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
LIU Jianhang, HOU Xueyuan, et al. Excavation engineering handbook[M]. Beijing: China Architecture and Building Press, 1997.
- [2] 章鹏. 某深基坑 SMW 工法桩支护应用研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2014.
ZHANG Peng. The research on the application of SMW engineering method on some deep foundation[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2014.
- [3] 刘霞. SMW 工法的设计理论与计算方法[D]. 南京: 南京工业大学, 2004.
LIU Xia. Design theory and calculation means of SMW engineering method[D]. Nanjing: Nanjing Tech University, 2004.
- [4] 陈强. SMW 工法在基坑支护中的应用与分析[D]. 天津: 天津大学, 2013.
CHEN Qiang. Study of the SMW method applied on foundation pit support[D]. Tianjin: Tianjin University, 2013.
- [5] 毛洁. 禹城通裕阳光豪庭基坑工程施工工艺对周边建筑物的影响分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(10): 62-65.
MAO Jie. Influence of the foundation pit construction process in Yucheng on surrounding buildings[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(10): 62-65.
- [6] 沈治新, 贾万鑫, 宋国龙. 天津崇德园基坑支护工程技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(4): 71-73.
SHEN Zhixin, JIA Wanxin, SONG Guolong. Technology of foundation pit support engineering in Chongdeyuan of Tianjin[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017, 44(4): 71-73.
- [7] 齐波. SMW 工法在基坑支护中的应用与研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2007.
QI Bo. Study of the SMW method applied on foundation pit support[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2007.
- [8] 杨晓勇. SMW 工法桩在基坑围护工程实例中的应用[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2017.
YANG Xiaoyong. The application of SMW pile in foundation pit engineering example[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2017.