

某建筑工程的深基坑支护方案选型分析

戴德权

长沙市霞凝建设有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i5.6785

[摘要] 深基坑支护体系的安全稳定性,对地下工程、地上主体工程施工安全具有重要影响,且易受到工程所在地地质水文条件、气候条件等多方面因素影响。为全面提升深基坑支护的安全、绿色、经济性,该文章以某办公综合楼项目为依托,论述了基坑支护优化理论,并对不同基坑支护方案进行了分析选型,确定了钻孔灌注排桩+角撑+对撑的基坑支护围护方案。经分析验证:此方案坑底抗隆起稳定性系数 $K_s=2.209 \geq 2.200$,流土稳定性计算安全系数 $K=10.000 \geq 1.6$,抗突涌安全系数 $K_y=1.20 \geq 1.10$ 均符合设计规范要求,验证了该支护方案的可行性。

[关键词] 建筑工程;深基坑支护;方案选型;

Selection and analysis of the deep foundation pit support scheme of a construction project

Dai Dequan

Changsha Xianing Construction Co., LTD

[Abstract] The safety and stability of deep foundation pit support system has an important impact on the construction safety of underground engineering and above-ground main engineering, and is susceptible to many factors such as geological and hydrological conditions and climatic conditions in the location of the project. In order to comprehensively improve the safety, green and economy of deep foundation pit support, this paper discusses the optimization theory of foundation pit support, based on the project of a certain office foundation pit support, analyzes and selects different foundation pit support schemes, and determines the foundation pit support scheme of bored pile + Angle support + support. After analysis and verification: the stability coefficient of pit bottom $K_s=2.209 \geq 2.200$, the calculated safety coefficient of topsoil stability $K=10.000 \geq 1.6$, and the safety coefficient of surge resistance $K_y=1.20 \geq 1.10$ meet the requirements of the design code, which verified the feasibility of the supporting scheme.

[Key words] construction engineering; deep foundation pit support; scheme selection;

引言

高层、超高层建筑深基坑支护关乎基坑坡面稳定性、地下工程施工安全性,若基坑支护方案选型不当,在施工扰动、环境水害等不利因素作用下,极易造成支护体系功能丧失、坑壁坍塌等安全质量事故。基于此,施工单位必须重视深基坑支护的设计选型工作,保证基坑支护方案的可行性和支护体系的安全稳定性,提升工程建设的施工质量。

1 工程概况

某办公综合楼项目,地上主体部分包括1栋34层办公综合楼,1栋3层商业楼,地下部分包括2层停车库、1层设备、及其他用房,共3层。地质勘测报告显示,工程所在地为坡洪积阶地,采用开挖深基坑方案,具体情况为:1)临近地块为某商业大厦用地,基坑已开挖,且开挖深度远超本工程基坑深度;2)临近商业大厦工程与本工程施工存在时间差,前期基坑挖方需后期回填,并可能部分用于主体施工料场;3)工程所在地位于季风气候带,夏季湿热多雨,本工程施工周期较长,必须全面考虑汛期降水对基坑工程的不利影响。综合工程所在地地质水文特征及以往工程经验,提出以下防汛排水建

议:1)在基坑四周合理设置挡水设施,防止汛期周围降雨积水汇入基坑;2)全面调查周围排水设施分布情况,并检查其排水性能,做好排水规划工作,防止汛期施工区域内出现严重积水问题;3)提前做好防汛排水应急预案,并配备抽水泵、沙袋等设施。

2 基坑支护优化理论

当前常用的基坑支护优化方法如下:

(1) 经验法:技术人员根据以往同类基坑工程施工支护经验,及当前基坑工程特点,选择稳定性高、安全性好,且经济性优良的支护方案;

(2) 理论计算法:选择科学可靠的验算方法,对支护体系进行可行性验算,并根据验算结果进行综合调整,以实现支护方案的优化调整;

(3) 动态监测调整法:技术人员通过布设基坑监测设备仪器,实时感知基坑稳定性参数,并对支护方案进行动态调整。

3 基坑支护围护方案选型

3.1 SMW+钢内支撑系统

SMW工法桩是通过钻掘搅拌设备将水泥浆与地基土体搅拌

混合,并插入型钢或钢板补强,形成的具有一定强度、刚度的地下墙体,可以起到较为优良的挡土、止水效果,其连续性好、施工效率高,且环保性好。基于案例工程基坑概况,该支护方案缺点如下:

(1) 该工程地质条件复杂、基坑开挖深度较大,且周围工程施工对该工程扰动较大,后期易出现支护体系变形风险;

(2) 基坑开挖规模大,型钢用量较大,工程经济性较差;

(3) 部分区域基岩埋置深度不足,且基岩埋深较大部位土体内存在孤石,SMW工法桩施工质量不易把控,故该工程不宜采用该支护方案。

3.2 地下连续墙

地下连续墙支护方案特点及本工程适用性分析如下:

本工程基坑开挖深度较大,且易受到临近工程施工扰动,该方案所形成的连续墙体刚度大、连续性好、抗变形性能强,但本工程基坑规模较大,采用该技术方案施工工程量较大,经济性和综合效益较差。

3.3 钻孔灌注排桩

钻孔灌注排桩支护方案特点及本工程适用性分析如下:

(1) 钻孔灌注排桩强度高、稳定性好,对周围土体及建筑扰动性较小;

(2) 钻孔灌注排桩施工工艺简单、施工成本低、效率高且易于控制施工质量。综合案例工程施工成本、工期、质量等,拟定采用钻孔灌注排桩支护方案组织施工。

4 支撑与锚杆选型

现阶段,基坑支护常采用支撑或锚杆,基于本工程基坑支护实际需要,其适用性分析如下:

4.1 锚杆(索)

锚杆(索)支护体系对后期取土作业影响较小,但其抗拔性较大,而该工程临近地块拟建商业大厦基坑原状土挖深较大,难以保证其支护效果,故不宜采用该支护体系。

4.2 支撑

支撑支护工艺简单、支护效果、经济性较为良好,但对后期挖方作业影响较大。本工程基坑挖方量较大,故必须重点考虑该支护体系对挖方作业的影响。

4.2.1 钢支撑优缺点

采用钢支撑体系可显著改善支撑体系受力状态,降低后期基坑形变,且具有工艺简单、施工效率高等优势,在小跨度、规则形状的基坑支护施工中具有广泛的应用,但其缺点也较为明显,具体为:1) 支撑体系占用空间较大,不利于后期机械设备开展开挖作业;2) 支撑体系整体刚度较低,后期受施工扰动等因素作用,易出现支撑体系失稳问题;3) 支护施工与挖方同步进行,施工组织、管理难度较大,易引发安全隐患,故不采用该支撑支护方案。

4.2.2 钢筋砼支撑优缺点

钢筋砼支撑体系布置灵活、施工组织难度较低,可实现分区作业,且具有较为优良的强度、刚度。但该支撑支护体系施工专业度和工期要求较高,且后期拆除作业难度较大,具体分析如下:

(1) 圆环支撑体系优点:1) 受力稳定性好。该支撑体系可显著增强支撑结构体系的强度、刚度,提升砼结构抗压性能,防止因支撑体系失稳变形引起基坑变形;2) 节约施工空间。该体系竖向支撑构件少,支护完毕后不会占用较多施工空间,易于机械挖方施工组织;3) 布置灵活,可根据主体建筑位置进行调整,便于后期主体工程施工。

(2) 圆环支撑体系缺点:1) 该工程基坑开挖面积、深度较大,且形状不规则,为保证基坑稳定及后续施工安全,需要布置至少两个圆环;2) 基坑开挖易对圆环结构受力状态造成

扰动,基坑开挖施工组织难度较大;3) 后期两个圆环需要同步拆撑,拆除作业难度大、要求高,不利于后续工程进度控制。

(3) 增加工程量估算:1) 支撑、圆环、连系梁分别长674m、414m、285m;2) 竖向支撑布设根数约为51根;3) 东侧排桩布设根数约为100根。通过以上分析可知,该支撑体系可用于本工程基坑支护。

(4) 对撑+角撑支撑体系优缺点如下:1) 优点:该支撑体系受力结构清晰,各杆件受力明确;2) 支撑杆件布设密度较大,占用施工空间较多,不利于后续机械挖方作业;3) 增加工程量估算:支撑杆、连系梁分别长1290m和590m;立柱布设根数约为54根、东侧排桩布设根数约为100根。结合本工程基坑支付实际需要,综合支护效果、工期、安全、工程量等各方面因素,拟采用对撑+角撑支撑体系,其方案布置见图1所示:

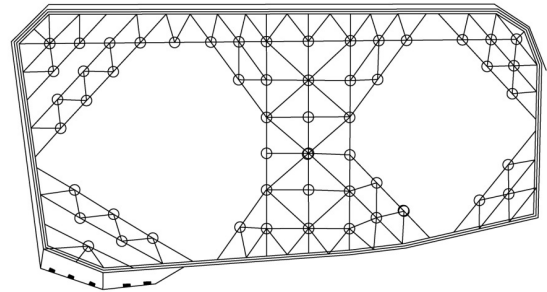


图1 布撑方案图

5 选型结论

本文结合以往同类工程施工经验及本工程基坑支护实际需要,综合分析了不同基坑支护围护方案的优劣势,确定挡土结构采用钻孔灌注排桩;基于支撑与锚杆适用性分析,确定采用支撑支护体系,并通过对圆环支撑体系和对撑+角撑支撑体系进行综合比选,确定支撑体系采用对撑+角撑支撑体系。

具体施工方案及施工组织设计阶段,仍需完善以下工作:

1) 根据各断面标高,合理确定冠梁标高;2) 方案设计完毕,须对支护方案开展抗隆起、流土稳定性及突涌验算。

6 抗隆起、流土稳定性及突涌验算

6.1 抗隆起验算

由支护体系最底层,逐层进行抗隆起验算,具体过程如下:

$$K_S = \frac{\gamma_{m2} l_d N_q + c N_c}{\gamma_{m1} (h + l_d) + q_0} \geq K_{he} \quad (1)$$

$$N_q = \tan \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)^2 e^{\pi \tan \varphi} \quad (2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \frac{1}{\tan \varphi} \quad (3)$$

支护结构最底层,计算值: $K_S = 8.065 \geq 1.800$,抗隆起稳定性符合设计要求。深度28.700m位置,计算值 $K_S = 15.417 \geq 1.800$,稳定性符合设计要求。基坑底部隆起按照以最底层支点为圆心的圆弧进行分法计算,其计算结果如下:

$$\frac{\sum (c_i l_i + (q_i b_i + \Delta G_i) \cos \theta_i \tan \varphi_i)}{\sum (q_i b_i + \Delta G_i) \sin \theta_i} \geq K_{RL} \quad (4)$$

$$K_S = 2.209 \geq 2.200, \text{坑底抗隆起稳定性满足要求。}$$

6.2 流土稳定性验算

$$K = \frac{(2l_d + 0.8D_1) \gamma'}{\Delta h \gamma_w} \geq K_f \quad (5)$$

其中: K -流土稳定性计算安全系数; K_f -流土稳定性安全系数(一、二、三级基坑支护工程, 取值分别不得低于1.6、1.5、1.4); l_d -止水帷幕深入基底深度, m; D_1 -基底距离潜水面或承压水顶面的竖向距离, m; γ' -土体浮重, kN/m^3 ; Δh -基坑内外水头差, m; γ_w -地下水重度, kN/m^3 。坑内地下水水位位于墙下方时, 无须进行流土稳定性验算。 $K=10.000 \geq 1.6$, 符合设计标准要求。

6.3 抗承压水(突涌)验算

抗承压水(突涌)示意图如图2所示。

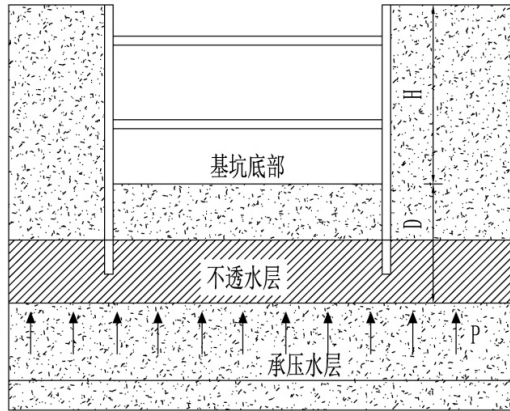


图2 抗承压水(突涌)示意图

$$K_y = \frac{P_{cz}}{P_{wy}} \quad (6)$$

其中: P_{cz} -基底至承压水顶面覆土重力, kN/m^2 ; P_{wy} -承压水水头压力, kN/m^2 ; K_y -抗突涌安全系数, 设计规定不小于1.100。

$$K_y = 36.00 / 30.00 = 1.20 \geq 1.10$$

经验算, 本工程基底抗突涌性能满足设计要求。

结论

综上所述, 该文章依托具体工程, 分析了建筑工程不同深基坑支护方案的优劣势, 并对选定支护体系进行了抗隆起、流土稳定性及突涌验算, 结论如下:

(1) 本工程施工工期较长, 且周围土体原状土挖除深度较大, 挡土结构采用钻孔灌注排桩, 可有效满足本工程基坑支护体系的刚度、稳定性要求, 且具有施工效率高、施工质量易于控制等优势;

(2) 圆环支撑体系及对撑+角撑支撑体系均可满足本工程基坑支撑支护要求, 但对撑+角撑支撑体系结构受力清晰, 挖方组织要求及后期拆除难度较低, 综合效益更加显著, 故采用该支撑方案;

(3) 钻孔灌注排桩, 联合对撑+角撑支撑体系结构, 经安全性验算结果显示: 坑底抗隆起稳定性系数 $K_S = 2.209 \geq 2.200$; 流土稳定性系数 $K = 10.000 \geq 1.6$; 基底抗突涌安全系数 $K_y = 1.20 \geq 1.10$, 均符合设计规范要求, 验证了该支护方案的可行性。

[参考文献]

[1] 卢兰萍, 安雪艳. 综合管廊深基坑支护结构变形分析及优化研究[J]. 甘肃科学学报, 2024(02): 90-94;

[2] 孙其林. 高层建筑工程深基坑支护施工技术分析[J]. 中华建设, 2024(04): 127-129;

[3] 张小波, 曹海涛, 于超. 深基坑支护施工技术在房屋建筑工程施工中的应用[J]. 中国建筑装饰装修, 2024(06): 110-112;

[4] 贾富丽, 王晓丰. 浅谈济南某基坑支护方案选型分析[C]//《建筑科技与管理》组委会. 2020年5月建筑科技与管理学术交流会议论文集, 2020: 182-184;

[5] 危俊鑫, 吴能森, 施静怡, 郑建荣, 陈兆辉. 花岗岩地层深基坑支护方案优化设计研究[J]. 河南城建学院学报, 2022, 31(02): 26-31;

[6] 刘方明, 郭曦. 软土地区复杂环境下带联络线地铁车站深基坑支护方案研究[J]. 隧道建设(中英文), 2021, 41(S2): 421-428;

[7] 李超, 管云民, 管晓琪. 滨海沉积地貌区富水砂层深基坑支护方案设计[J]. 建筑机械化, 2021, 42(09): 71-73;

[8] 谢焕真, 黄晨. 深基坑支护方案的应用与发展[C]//北京力学学会. 北京力学学会第二十五届学术年会会议论文集 2019: 1225-1226;

[9] 王延昭, 梁汝鸣, 秦春晖, 王磊. 某海边建筑深基坑支护方案探讨[J]. 建筑结构, 2020, 50(23): 134-137+103;

[10] 高峰, 王世栋, 吕玉圣, 等. 深基坑支护材料回收利用双碳研究与应用[C]//中国土木工程学会总工程师工作委员会. 中国土木工程学会总工程师工作委员会第三届总工论坛论文集, 2023: 5;

[11] 蔡海波, 彭春, 胡朝晖, 等. 探讨高层建筑工程深基坑支护施工技术[C]//广东省国科电力科学研究院. 第四届电力工程与技术学术交流会议论文集, 2023: 2;

[12] 李博, 刘延超, 周星宇. 某地铁深基坑支护结构设计计算软件对比研究[C]//中国建筑业协会深基础与地下空间工程分会, 财团法人地工技术研究发展基金会. 2023 海峡两岸岩土工程/地工技术交流研讨会论文集. 中国建筑工业出版社, 2023: 10;

[13] 郭浩天, 李向群, 孙超, 等. 季冻区越冬深基坑支护体系受力及变形特性研究[C]//中国建筑学会地基基础分会, 中国建筑科学研究院有限公司地基基础研究所, 北京金山基础工程咨询有限公司. 中国建筑学会地基基础学术大会论文集(2022). 中国建筑工业出版社, 2023: 8.D01: 10.26914/c.cnkihy.2023.027531;

[14] 孙锦锦. 超期使用深基坑支护结构变形规律分析[C]//中国建筑学会地基基础分会, 中国建筑科学研究院有限公司地基基础研究所, 北京金山基础工程咨询有限公司. 中国建筑学会地基基础学术大会论文集(2022). 中国建筑工业出版社, 2023: 5.D01: 10.26914/c.cnkihy.2023.027529;

[15] 陈文. 超近距离临近既有运营区间隧道的深基坑支护形式比选分析[C]//《施工技术(中英文)》杂志社, 亚太建设科技信息研究院有限公司. 2023年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(上册), 2023: 6.D01: 10.26914/c.cnkihy.2023.032735;