深基坑支护之斜抛撑设计与施工分析

宗元春

(江苏省地质局第五地质大队, 江苏 徐州 221000)

摘要 随着城市化进程的加快, 高层建筑及地下空间开发日益增多, 其中深基坑支护工程是保障施工安全与质量的关键环节。斜抛撑作为一种有效的基坑支护形式, 具有适应性强、施工灵活等优点, 在深基坑工程中得到了广泛应用。本文以徐州高新技术产业开发区电子产业园建设项目为研究案例, 通过探讨斜抛撑在深基坑支护中的设计与施工关键技术, 以期为工程实践提供有益参考。

关键词 深基坑支护; 斜抛撑; 工程地质条件

中图分类号: TU47

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)10-0100-03

深基坑工程作为城市建设中不可或缺的一项重要内容, 其设计与施工直接关系到周边环境的安全与稳定, 而在深基坑支护结构中, 斜抛撑作为一种常见的支护形式, 因其施工便捷、支撑效果显著而被广泛应用, 随着城市建设的不断深入, 基坑深度和规模不断增加, 对支护结构的要求也越来越高, 但是在实际工程中, 斜抛撑设计与施工仍然面临诸多挑战, 如支护体系复杂、施工难度大、环境影响显著等。

1 勘察工作

1.1 工程概况

徐州高新技术产业开发区电子产业园建设项目位于徐州市铜山区新区街道, 地理位置优越, 交通网络四通八达。项目旨在打造集 SOHO 办公楼、研发孵化中心、综合服务中心、电子信息化厂房及地下车库等为一体的现代化产业园区。中化地质江苏岩土工程有限公司受徐州高新技术产业开发区国有资产经营有限公司委托, 承担了该项目的岩土工程详细勘察任务, 旨在为设计、施工提供全面、准确的岩土参数和地质资料。其中项目具体规划包括一栋 20 层的 SOHO 办公楼、一栋 20 层和一栋 4 层的研发孵化中心、一栋 3 层的综合服务中心、两栋 3 层的电子信息化厂房以及一个地下 2 层的车库。这些建筑物的结构形式多样, 包括框架结构和框剪结构, 基础设计等级从丙级到甲级不等, 荷载要求各异, 对地基承载力和稳定性提出了较高要求。勘察工作通过详细的现场调查、钻探取样、原位测试及室内试验等手段, 全面揭示了场地地质条件, 为工程设计和施工提供了坚实的数据支撑^[1]。

1.2 勘察目的与任务

本次勘察的主要目的是查明场地地质条件, 评估地基稳定性, 提供设计、施工所需的岩土参数, 并对

基坑支护提出合理建议。具体任务包括判定不良地质作用、查明岩土层结构及物理力学性质、提供抗震设计参数、查明地下水条件及腐蚀性、提出基础类型及地基处理方案、建议桩基类型及持力层、提供基坑支护设计参数等。

1.3 勘察依据与方法

本次勘察工作严格依据国家及地方相关规范、建设单位提供的总平面布置图及设计要求进行。主要参考的规范包括《岩土工程勘察规范》《高层建筑岩土工程勘察标准》《建筑地基基础设计规范》《建筑桩基技术规范》等。勘察方法采用钻探与静力触探相结合的综合勘察手段, 通过标准贯入试验、波速测试及岩土室内试验等多种方法, 确保勘察成果的准确性和可靠性。在钻探过程中, 采用回转法泥浆护壁钻进技术, 全孔取芯, 严格控制回次进尺, 保证岩土分层精度和取样质量。静力触探则采用双桥静力触探设备, 探头为双桥(II)探头, 锥底截面积 15 cm², 侧壁面积 300 cm², 采用全自动数字采集仪记录数据, 微机分析处理, 此外, 还进行了详细的水位测量和岩土室内试验, 确保勘察数据的全面性和准确性^[2]。

1.4 勘察等级与工作量

根据《岩土工程勘察规范》及相关要求, 结合工程重要性等级、场地复杂程度等级和地基复杂程度等级的综合评估, 本次勘察工作确定为乙级勘察, 为确保勘察成果的详细性和准确性, 共布置勘探点 129 个, 孔距控制在 20 ~ 25 m 之间, 孔深根据地层变化和建筑物要求确定, 最深达 27 m。勘察过程中, 共完成钻探进尺 2 684.20 m, 其中静力触探孔进尺 523.00 m, 钻探、静探对比孔进尺 550.50 m, 取土孔进尺 717.10 m, 标贯孔进尺 362.70 m。

2 工程地质条件

2.1 地形地貌与地质构造

工程场地地处黄泛冲洪积平原区,地形平坦开阔,土层分布稳定,这为工程建设提供了良好的自然条件。场地地貌特征显著,局部区域存在堆土现象,但经过整平处理,整体地形较为规整。场地内水系不发达,南侧有两条小水沟,宽度和深度均较小,对工程建设影响不大;地质构造方面,工程场地位于徐宿弧形构造中段,该区域地质构造复杂,但断裂构造对本工程场地的稳定性影响较小,据区域地质资料,断裂构造主要有 NE-NNE 向和 NW-NWW 向两组,其中大多数断层属于非全新活动断裂,已基本停止活动,因此不会对工程场地的稳定性构成威胁^[3]。

2.2 地基土组成及特征

通过详细的钻探、原位测试及室内试验,场地揭露的地基土层主要为第四纪沉积土,下伏基岩为寒武系石灰岩及局部闪长岩。土层分布规律性强,从上至下共分为七个主要层次,各土层物理力学性质指标通过系统试验统计得出,为支护设计提供了科学依据。(1)层耕土主要由粉土及粉质黏土组成,结构疏松,含植物根系及碎石块,土质不均匀,施工时应予清除;(2)层粉土中等压缩性,土质较均匀;(3)层淤泥质粉质黏土高压压缩性,工程性质差;(4)层黏土中等至高压压缩性,工程性质一般;(5)层黏土中等压缩性,工程性质较好;(6)层含砂姜黏土中等压缩性,工程性质良好;(7)层中风化石灰岩及(7)-1层中风化闪长岩均属较硬岩,工程性质优良。

2.3 地下水条件

场地地下水主要分为孔隙潜水和裂隙岩溶水两种类型。孔隙潜水主要赋存于(2)层粉土中,补给来源为大气降水和地表人工排水,排泄方式以蒸发为主,径流主要为侧向径流。勘察期间测得孔隙潜水的稳定水位埋深在 0.41~1.00 m 之间,年变幅较小,约为 1 m。裂隙岩溶水则赋存于(7)层岩石中,稳定水位埋深约 18 m,年变化幅度在 3~5 m 左右,主要补给来源为大气降水入渗,排泄途径以人工开采为主,地下水及土对建筑材料的腐蚀性经检测均为微腐蚀,对工程建设影响较小。

2.4 场地类别及地震效应

根据勘察揭示资料及波速测试结果,场地覆盖层厚度约为 17 m,各土层等效剪切波速在 216.60~219.70 m/s 之间,平均等效剪切波速为 217.80 m/s,依据《建筑抗震设计规范》,判定土的类型为中软土,建筑场地类别为 II 类,徐州市铜山区新区街道的 II 类场地基

本地震动峰值加速度为 0.10 g,地震加速度反应谱特征周期为 0.45 s,建筑抗震设防烈度为 7 度,地震分组为第三组;进一步分析表明,场地 20 m 以上的饱和粉土(主要为(2)层粉土)初判为可能液化土,但经标准贯入试验判别法验证后确定不液化,因此评定场地地基土不液化,属对建筑抗震一般地段,这一结论为工程抗震设计提供了重要依据。

3 基坑支护方案设计

3.1 支护方案选择

针对徐州高新技术产业开发区电子产业园建设项目的基坑工程,综合考虑基坑开挖深度达 10.40 m、周边环境复杂且地质条件多变,选择排桩支护结合斜抛撑的方案最为合理,该方案通过钢筋混凝土桩形成连续支护墙体,结合斜抛撑作为内支撑系统,能够有效提高支护结构的整体稳定性和变形控制能力,确保基坑施工安全。

3.2 设计参数确定

支护结构设计参数的确定依据是《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120-2012 及相关岩土工程勘察资料。通过增量法计算支护结构内力,结合土层参数、地下水条件及基坑开挖工况,逐一确定桩径、桩间距、嵌固深度等关键参数;同时考虑防水要求,设计合理的防水帷幕高度和厚度。内支撑系统则根据基坑开挖过程中的不同工况进行调整,确保支护结构整体稳定。(见表 1)

表 1 支护结构设计参数

参数名称	数值	计算依据
桩径 (m)	1.00	根据基坑深度和土压力计算得出
桩间距 (m)	1.30	确保桩间土稳定性,避免局部坍塌
嵌固深度 (m)	7.00	根据土层性质及抗隆起验算确定
冠梁宽度 (m)	1.20	保证冠梁刚度,有效传递水平力
冠梁高度 (m)	0.80	同上
防水帷幕高度 (m)	12.00	高于地下水位,防止地下水渗流
防水帷幕厚度 (m)	0.85	确保防水效果,满足耐久性要求
内支撑截面尺寸 (mm)	1 200×800	根据内支撑受力计算得出
内支撑间距 (m)	根据工况调整	确保内支撑系统均匀受力

3.3 结构计算与分析

利用专业软件进行结构计算,得出支护桩在不同工况下的内力位移包络图和地表沉降图,计算结果显示,支护桩在开挖至基底工况下的最大弯矩为313.30 kN·m,最大剪力为129.76 kN,通过配筋计算确定纵筋实配面积为6 082 mm²,满足强度要求。同时,支护结构的变形量在设计限值之内,确保基坑周边环境的安全;进一步分析可知,加设内支撑后,支护桩的内力和变形均有所减小,说明内支撑系统有效提高了支护结构的整体稳定性,通过详细的结构计算与分析,验证了支护方案的可行性和有效性,为后续施工提供了科学依据。(见表2)

表2 支护结构计算结果

工况	最大弯矩 (kN·m)	最大剪力 (kN)	配筋面积 (mm ²)	变形量 (mm)
开挖至基底	313.30	129.76	6 082	<设计限值
加撑后	减小	减小	不变	进一步减小

4 稳定性验算

4.1 整体稳定性验算

针对徐州高新技术产业开发区电子产业园建设项目的基坑工程,整体稳定性验算采用了瑞典条分法,该方法是一种广泛应用的边坡稳定性分析方法。验算过程中,充分考虑了有效应力法及孔隙水压力的影响,通过合理的土条划分和计算参数的选取,得出了圆弧滑动面的具体参数,包括圆弧半径、圆心坐标等。计算结果显示,整体稳定安全系数K_s为2.692,远大于规范要求的1.35,表明支护结构在整体稳定性方面满足规范要求,具有足够的安全储备^[4]。

4.2 抗倾覆稳定性验算

在对支护底取矩的倾覆稳定性验算中,通过计算被动土压力及支点力对桩底的抗倾覆弯矩(M_p)与主动土压力对桩底的倾覆弯矩(M_a)之比,得出了各工况下的抗倾覆安全系数K_{ov}。

结果显示,各工况下的K_{ov}值均远大于规范要求的安全储备。

同时,绕最下道支撑点的抗倾覆稳定性验算也是必不可少的。通过计算被动区抗倾覆作用力矩总和(∑ME_p)与主动区倾覆作用力矩总和(∑ME_a)之比,得出了绕最下道支撑点的抗倾覆安全系数K_t。

验算结果显示,工况2和工况3下的K_t值均满足规范要求,进一步验证了支护结构的抗倾覆稳定性。

4.3 抗隆起稳定性验算

验算过程中,采用了合理的计算方法和参数,充分考虑了土层性质、地下水条件及基坑开挖工况等因素^[5]。通过计算支护底部及深度18.730处的抗隆起安全系数K_s,并与规范要求进行对比,得出了支护结构在各验算位置的抗隆起稳定性情况。

结果显示,支护底部和深度18.730处的安全系数K_s分别为4.560和11.146,均远大于规范要求的1.80,表明支护结构在抗隆起稳定性方面具有足够的安全储备。

进一步分析,抗隆起稳定性的验算结果不仅与计算方法和参数的选取有关,还与支护结构的设计参数密切相关。

5 结束语

徐州高新技术产业开发区电子产业园建设项目涉及多栋高层建筑及地下车库,基坑开挖深度大,周边环境复杂,对支护结构的设计和施工提出了更高要求。本文通过详细的勘察工作与理论分析,探讨了徐州高新技术产业开发区电子产业园建设项目深基坑支护中的斜抛撑设计与施工关键技术,通过合理的支护方案设计、结构计算及稳定性验算,确保了支护结构的安全性与可靠性。

参考文献:

- [1] 朱惠锋.深基坑支护之斜抛撑设计与施工分析[J].安徽建筑,2024,31(06):130-132.
- [2] 金龙.南昌市某建筑项目深基坑支护设计方案的选型分析[J].资源信息与工程,2023,38(05):78-82.
- [3] 田志国,涂芬芬.半逆作法和斜抛撑法在基坑支护结构体系中的运用对比[J].广东土木与建筑,2022,29(07):29-32.
- [4] 邵卿,张萍,杨世潮,等.复杂双排灌注桩斜抛撑深基坑支护结构设计[J].施工技术,2021,50(02):35-38.
- [5] 黄亚飞,罗中来,徐海英.双预应力钢管斜抛撑系统在临近既有深基坑支护中的应用[C]//湖北省土木建筑学会,陕西省土木建筑学会,河南省土木建筑学会,山西省土木建筑学会,甘肃省土木建筑学会.超高层建筑设计与施工:第三届中国中西部地区土木建筑学术年会优秀论文集.河南省建筑设计研究院有限公司,2013.